2019年度江苏省拟提名申报国家科学技术奖励通用项目公示

一、自然科学奖

1、

项 目 名 称	金属微纳结构材料的精确制备、光学新效应及应用基础
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	王振林、陈卓、詹鹏、章建辉、刘凡新
主要完成单位	南京大学

提名单位意见：

南京大学的研究团队立足于国际学术前沿和自身学术优势，多年来围绕人工微纳结构及其光学新效应、新原理中的关键科学与技术问题，在国家和省部级重大、重点等项目的支持下，通过理论设计、材料制备、性能调控及新效应演示，建立了一系列独具特色的人工微纳结构材料的精确制备与调控的新技术，获得了控制光（电磁波）激发、传播及耦合的新方法和新途径，并且提出了增强和调控光子局域态密度以实现痕量分子检测和高灵敏度生物传感的新策略。

研究团队获得了一批具有较高国际水平的原创性研究成果，部分研究成果受到了国内外同行的高度关注和认可，达到了国际领先的水平。在相关领域发表高水平SCI论文101篇，其中8篇代表性论文正面引用超过500篇次。多次在国内外学术会议上做邀请和主旨报告，并多次组织地区级相关研究领域的学术研讨会，以优秀的成绩圆满完成了所承担的科研项目。研究成果推动了微纳结构材料光物理的发展，为信息、生命科学及交叉学科的进一步发展做出了富有开拓性和系统性的贡献，为提高我国在相关领域的科技创新能力做出了重要贡献。

江苏省及相关科技部门审阅了该项目的申请材料，确认全部真实有效，并按照要求进行了公示，无异议。

提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

项目简介：

人工微纳结构材料具有可设计性，不仅能够调控材料的物理效应和性质，而且表现出了天然材料所不具备的新奇效应，因而有着重要的基础研究意义和重大应用价值。项目组在国家重大基础研究（973）计划和自然科学基金重点等项目资助下，系统研究了光波在具有人工微纳结构的贵金属材料中传播、耦合和散射等过程所产生的新效应，提出了调控和增强微纳结构贵金属材料中光子局域态密度的新原理、新策略，发展了合成单分散胶体颗粒的新方法，形成了胶体颗粒自组装与基于模板复制法的人工微纳结构金属材料制备与控制的一系列实验新技术，实现了具有高增强因子的拉曼检测原理性芯片。项目主要科学创新点如下：

1. 提出了一种由金属包裹介质微球自组织构成的金属/介质型光子晶体的物理思想，预测了其在近红外/可见光区具有宽的光子全带隙，在国际上被认为是解决反蛋白石结构制备全带隙光子晶体所面临的选材限制难题的一个重要途径；发展了单分散介质/金属–核/壳结构颗粒的制备及重力沉积自组织方法，从实验上实现了具有光子带隙的金属/介质型光子晶体。

2. 发展了胶体颗粒单步种子合成生长技术，实现了尺寸高度单分散、粒径精确可控的聚苯乙烯胶体颗粒的宏量制备，解决了以往合成方法中难以控制尺寸单分散性的技术难题，被国内外同行广泛采用；发展了多种高效的自组织方法制备出厘米尺度高质量胶体晶体，揭示了图案化衬底周期势能与毛细浸没吸引力之间的竞争机制，解决了国际上生长大面积单畴胶体晶体以及控制晶格对称性的难题。

3. 发展了无电镀化学方法与基于胶体晶体的模板及二次模板相结合的材料制备与结构控制新方法，实现了由贵金属球壳构成的有序微结构材料，精确复制了胶体颗粒的单分散性和胶体晶体的高度有序性，为高比表面积金属有序微纳结构材料的物理特性与应用研究提供了可靠的技术支撑。

4. 发现了准三维金属微纳结构中光学异常透射效应，揭示了结构中等离激元模式从局域态向扩展态的演化机制，为光场操纵和调控提供了新途径；发展了基于等离激元的光子局域态密度增强的新方法，实现了痕量分子的拉曼检测原理性芯片。

该项目的研究成果在*Phys. Rev. B*，*Adv. Mater.*，*Adv. Funct. Mater.*，*ACS Nano*等重要国际学术期刊上发表论文101篇，其中8篇代表性论文被他引583次（其中SCI他引542次），包括*Chem. Rev.*，*Chem. Soc. Rev.*，*Prog. Polym. Sci.*，*Acc. Chem. Res.*，*Adv. Phys.*，*Nano Today*，*Nature Commun.*，*Adv. Mater.*等刊物论文的重点评述和引用，表明本项目的原创性和鲜明特色，为相关学科的发展作出了贡献。多次应邀在国内外学术会议上做主旨报告和邀请报告。

客观评价：

项目组所取得的创新成果得到国内外同行的广泛正面引用和评价，其中8篇代表性论文被国内外物理、化学、材料等领域内的多种著名期刊SCI他引超过542次，单篇最高SCI他引142次。

一、对创新点1的客观评价：光子晶体的两位创始人之一，加拿大皇家科学院院士，Sajeev John教授在论文(Appl. Phys. Lett. 2004)中将我们提出的由金属包裹介质微球为组元直接获得具有宽带隙的三维光子晶体的设计（代表作1）作为国际上可见光区金属型光子晶体的三个最具代表性的理论工作之一。西班牙纳米生物研究所所长Luis Liz-Marzán教授主编的《Nanoscale Materials》一书中指出“由于材料折射率太小，采用反蛋白石结构方法不可能期望获得全带隙”，继而引用代表作1的主要结论，说明我们提出的方案解决了反蛋白石结构制备近红外光区宽带隙光子晶体所面临的选材限制问题。美国光学学会会士Ulf Peschel教授在综述文章（Adv. Mater. 2011，代表性引文1）中引用代表作1的重要结论：“理论预测由强散射性能的纳米球组成的三维金属-介质光子晶体可以打开全向光子带隙”，并指出我们提出的金属/介质型光子晶体可以由自组装技术来制备，这也是国际上多个研究组开展后续相关材料制备研究工作的动机。

澳大利亚联邦科学与工业研究学院的Haiqing Li教授在综述（Prog. Polym. Sci. 2014，代表性引文2）中评价项目组关于溶剂辅助法制备聚苯乙烯/金属-核/壳结构的工作（代表作2），指出为我们的方法可以解决“传统的原位还原反应方法存在着的金属壳层不规则并且覆盖率低等问题”，并且“可以获得厚度可调的金属壳层”。NPG Asia Materials顾问委员Seung-Man Yang教授在多篇论文中均采用了我们提出的基于静电吸附机制化学镀的方法（代表作2）选择性地将银纳米颗粒仅仅沉积在二氧化硅/聚苯乙烯复合体系中的二氧化硅表面，并在论文（Adv. Mater. 2008，代表性引文3）中两次引用我们的工作（代表作2）解释其制备银球冠阵列的机制。

二、对创新点2的客观评价：项目所发展的乳液聚合“单步”种子法制备单分散聚苯乙烯胶体微球的生长技术（代表作3），解决了以往国际上“两步法”难以控制尺寸单分散性的问题，已被国内外三十多个研究小组使用，在化学、物理等多个研究方向有重要应用。中山大学王雪华教授研究组在论文（Nanotechnology 2009）中将我们发展的微通道内毛细力作用下的微球自组装技术（代表作4）作为横向自组装胶体微球获得二维有序阵列结构的一个简单而快捷的方法。

德国大分子化学研究所所长Ulrich Jonas教授在关于胶体自组织的综述（Chem. Rev. 2015，代表性引文4）中首先将项目提出的一维周期起伏衬底上外延生长二维正方结构胶体晶体（代表作5）作为代表性工作来说明自组织的机制，进而引用代表作5的原图，并对我们获得高度有序正方晶格的方法作了具体阐述。英国物理学会会士Hartmut Löwen教授在关于凝聚态动力学晶体相场模型的综述（Adv. Phys. 2012，代表性引文5）中引用我们在外延生长二维正方结构胶体晶体方面取得的研究成果（代表作5），认为我们从实验上验证了单模晶体相场模型。

三、对创新点3的客观评价：美国加州大学终身教授殷亚东在其关于空心微纳结

构的制备和应用的综述论文（Chem. Rev. 2016，代表性引文6）中将代表作4作为基于聚合物的硬模板方法中的代表性工作，认为我们的方法“保留了胶体晶体的有序性”，可以“获得由密堆积的银球壳组成的有序金属微结构材料”。美国物理学会会士Lynden Archer教授在关于空心微纳结构的合成和应用的综述论文（Adv. Mater. 2008，代表性引文7）中认为我们在代表作4中“结合模板法与化学镀的方法，展示了这种技术可以用来制备高质量的二维和三维空心银球。与以前的包裹机制不同，这种新颖的方法通过限制每个胶体颗粒可以获得的反应前驱的量来确保均匀的包裹”。

北京大学齐利民教授在其基于胶体晶体制备二维纳米结构材料的综述性论文（Nano Today 2011，代表性引文8）中将代表作6作为一个典型特例来说明胶体晶体模板和化学镀相结合“可以作为方便而低成本的制备方法以获得不同的周期纳米结构”，同时引用代表作6的原图，不仅详细评述了我们的制备方法，还在图的说明文字和正文中强调了：“通过二次模板和化学镀结合的方法可以制备相互之间有金纳米管相连的金球壳有序阵列”。

四、对创新点4的客观评价：美国光学学会会士Ulf Peschel教授在综述文章（Adv. Mater. 2011，代表性引文1）中引用项目组在金属纳米半球壳阵列结构中取得的研究成果（代表作7）作为二维胶体晶体表面沉积金属，从而产生光学异常透射效应的代表性实验工作，进而引用代表作7的原图，指出“金属球冠厚度增加会引起金属层的拓扑变化”，并重点描述了改变金属半球壳厚度调控光学透射特性实验中观测到的多个重要特征。北京大学齐利民教授于同一年撰写了基于胶体晶体制备二维纳米结构的综述性论文（Nano Today 2011，代表性引文8），在该文中大篇幅地引用代表作7，指出我们“通过在单层胶体晶体表面沉积金属，制备了一种有序金属微结构材料。通过改变金属膜的厚度，获得了从独立的半球壳到相互连接的金属网状周期结构的几何转变”，并认为我们的工作揭示了局域和扩展传播模式的等离激元激发对准三维结构中光学异常透射效应的作用机制。

我们提出的利用高介电薄膜包覆金属纳米结构增强光子局域态密度，实现局域电场的进一步放大及其向介电包裹层和空气界面的转移，从而增强表面拉曼散射信号强度的方法（代表作8），受到了国内外知名学者和众多研究小组的广泛关注。中国科学院院士，厦门大学田中群教授在关于二氧化硅包裹金属纳米颗粒结构对拉曼信号增强的论文（J. Ram Spec. 2013）中将代表作8作为薄膜包覆金属纳米颗粒提高光学性能的代表性工作：“与没有包裹的金属颗粒相比，刘等人展示了1纳米的超薄碳基薄膜包裹的银纳米颗粒对拉曼信号有明显的增强效应”，并在论文（J. Phys. Chem. C 2015）中引用代表作8作为实验支撑，说明在其研究体系中“二氧化硅包裹层厚度作为金纳米颗粒和金膜之间的间隔距离是获得高拉曼增强因子的一个关键因素”。国际上最早研究表面增强拉曼散射的学者之一、美国纽约城市大学John Lombardi教授在综述论文Chem. Rev. 2016中引用且正面评论了代表作8，并特别指出项目组所发展的利用超薄高介电类金刚石薄膜修饰金属纳米结构表面的方法“不仅可以保护金属、提供生物相容性，更可以获得高达6个数量级的增强因子”，从而为实现痕量分子检测提供了新的技术手段。

代表性论文专著目录：

1、Three-dimensional self-assembly of metal nanoparticles: Possible photonic crystal with a complete gap below the plasma frequency/Physical Review B/王振林，陈子亭，章维益，闵乃本，沈平/2001 年 64 卷 113108 页/2001

2、Facile methods to coat polystyrene and silica colloids with metal/Advanced Function Materials/章建辉，刘俊兵，王斯祯，詹鹏，王振林，闵乃本/2004 年 14 卷 1089 页/2004

3、Preparation of monodisperse polystyrene spheres in aqueous alcohol system/Materials Letters/章建辉，陈卓，王振林，章维益，闵乃本/2003 年 57 卷 4466 页/2003

4、Two- and three-dimensional ordered structures of hollow silver spheres prepared by colloidal crystal templating/Advanced Materials/陈卓，詹鹏，王振林，章建辉，章维益，闵乃本，陈子亭，沈平/2004 年 16 卷 417 页/2004

5、Fabrication and light-transmission properties of monolayer square symmetric colloidal crystals via controlled convective self-assembly on 1D grooves/Advanced Materials/孙洁，李媛媛，董晗，詹鹏，唐超军，祝明伟，王振林/2008 年 20 卷 123 页/2008

6、Ordered array of gold nanoshells interconnected with gold nanotubes fabricated by double templating/ Advanced Materials/董雯，董晗，王振林，詹鹏，余自锃，赵小宁，朱永元，闵乃本/2006 年 18 卷 755 页/2006

7、The anomalous infrared transmission of gold films on two-dimensional colloidal crystals/Advanced Materials/詹鹏，王振林，董晗，孙洁，吴军，王慧田，祝世宁，闵乃本，资剑/2006 年 18 卷 1612 页/2006

8、Ultrathin Diamond-like Carbon Film Coated Silver Nanoparticles-Based Substrates for Surface-Enhanced Raman Spectroscopy/ACS Nano/刘凡新，曹志申，唐超军，陈玲，王振林/2010 年 5 卷 2643 页/2010

主要完成人情况：

1、王振林，排名1，南京大学副校长，教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，本项目的总负责人，对项目所提出的4个科技创新点均做出了突出性的贡献；是代表性论文1、4、5、6、7、8的通讯作者，论文1的第一作者，论文2和3的重要完成人，工作量约为90%。负责项目选题、关键科学问题凝练、研究方向把握和研究计划与进度的安排；将理论研究、材料制备、效应展示和应用探索有机结合，做出了一系列原创性的创新成果。创新性地提出了金属基宽全带隙光子晶体理论设计和实验新方法，发展了单分散胶体颗粒制备和自组织技术，提出了新型准三维等离激元晶体的制备与新颖光学效应调控及其在传感和探测方面的应用。

2、陈卓，排名2，教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，对本项目的科技创新点2和3做出了重要贡献。在本项目中发展粒径可控的具有高度单分散性聚苯乙烯微球的合成方法，提出多种有效的高质量二维、三维胶体晶体的自组织制备技术，并且结合金属纳米薄膜可控的化学镀生长工艺，发明了高度有序的二维和三维金属空心球壳阵列结构的制备及控制技术，并对其光学效应及调控进行了系统的研究。是代表性论文4的第一作者，也是代表性论文3的第二作者。

3、詹鹏，排名3，副教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，对于本项目的科技创新点2、3和4做出了重要贡献。在本项目中提出多种大面积单畴二维胶体晶体的制备工艺以及对晶格对称性的控制技术，系统研究其在不同的偏振状态下的光学色散特性；结合金属纳米颗粒的物理、化学制备技术，提出新型准三维等离激元晶体的构建，揭示了等离激元晶体的异常共振透射效应。是代表性论文7的第一作者，代表性论文5的共同通讯作者，同时也是代表性论文2、4、6的合作者。

4、章建辉，排名4，教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，对于本项目科技创新点1和2做出了重要贡献。在本项目中发展了高效的单分散介质以及介质/金属–核/壳结构胶体颗粒的制备和尺寸、形貌控制技术，利用重力自组织技术制备了金属–介电型光子晶体；是代表性论文2和3的第一作者和通讯作者，以及代表性论文4的合作者。

5、刘凡新，排名5，教授，工作单位：浙江工业大学，完成单位：南京大学，对于本项目科技创新点4做出了重要贡献。在本项目中发展了基于胶体晶体掩模技术的金属人工微纳结构材料的制备方法，研究表面介电修饰对等离激元激发的局域电场增强效应的调控，实现了表面拉曼散射信号的极大增强，为痕量分子检测提供了新手段。是代表性论文8的第一作者和共同通讯作者。

完成人合作关系说明：

该项目五位完成人完成单位均为南京大学，长期合作，共同承担并完成了多项国家重大科研项目。其中，第二完成人陈卓1999~2003年开始即在第一完成人的研究组从事研究工作，并与2003年获得硕士学位，之后与2008年留校任教，合作发表代表性论文3,4；第三完成人詹鹏2000年始在第一完成人的研究组开展研究工作，并与2006年获得博士学位，合作发表代表性论文2,4,5,6,7；第四完成人2000~2003年为第一完成人的博士后，之后留校工作，合作发表代表性论文2,3,4；第五完成人2008~2012年为第一完成人的博士后，之后在浙江工业大学开展研究工作，工作后与第一完成人的课题组有紧密的学术合作，合作发表代表性论文8。

2、

项 目 名 称	生物分子与细胞的纳米传感和分析新方法研究
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	鞠熀先、丁霖、戴志晖、董海峰、刘松琴
主要完成单位	南京大学、南京师范大学

提名单位意见：

该成果围绕生物传感中的关键科学问题，在生物分子与细胞的分析方法学研究取得系列原创成果：（1）提出纳米结构蛋白质功能化与可控组装新方法，揭示了界面蛋白质电子传递机制和纳米合金的电荷调控作用，创建了高效电化学生物传感新原理；提出国际第一支量子点电致化学发光传感器，阐明了其反应机理和能量转移、电子转移机制，并在开辟的这一新方向构建了一系列高效生物检测方法。（2）提出生物传感信号放大的新思想；首次揭示量子点与石墨烯间荧光共振能量转移机制，创建了高灵敏核酸检测新原理；开创性地建立了细胞内microRNA的原位纳米传感技术。（3）构建了细胞行为的原位监测与药敏检测新原理；首创细胞表面糖基的原位检测策略，提出该领域的奠基性工作；创建了细胞内多种分子的原位检测和动态监测新方法。（4）提出循环肿瘤细胞检测与癌症光动力治疗新策略，研制出新型可激活型靶向近红外探针，实现了光动力治疗效果的实时监测，解决了精准癌症治疗的关键问题。这些成果为生命科学研究和精准医疗提供了有力工具，在影响因子大于5的刊物发表论文200多篇，专利16件，专著4部，8篇代表论文SCI他引1553次，获教育部自然科学一等奖2次、江苏省科技一等奖1次。

提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

项目简介：

该项目围绕生物分析与传感中的关键科学问题，以生物分子与细胞高效检测新方法为目标，以纳米材料的光、电与催化性能为导向，高效集成交叉学科的新成就，在纳米材料生物功能化、分子识别、信号放大与传感新策略的研究中取得了系列原创性成果，拓宽了生命分析新领域，其重要科学发现如下：

1）提出电化学生物传感新原理与提高传感性能的调控策略，开辟了量子点电致化学发光(ECL)传感新方向。发明蛋白质功能化凝胶的气相沉积、蛋白质纳米结构可控组装、蛋白质分子印迹与纳米晶合成的简易方法，揭示了界面蛋白质的电子传递机制和纳米合金的电荷调控作用，创建了高效电化学生物传感新策略。制得国际上第一支量子点 ECL 化学与生物传感器，阐明了其反应机理和能量与电子转移机制，建立了系列性生物分子的高灵敏 ECL 检测新方法。

2）提出生物传感信号放大的新思想和一系列纳米与分子生物学信号放大新策略，拓展了核酸分析领域。建立了极高灵敏的病毒基因电化学传感方法；首次揭示量子点与石墨烯间荧光共振能量转移机制，创建了高灵敏核酸检测新策略；将核酸检测新原理引入细胞内核酸的原位检测，首次提出细胞内 microRNA 的原位纳米传感技术，实现了细胞分裂过程中不同细胞周期的胞内 microRNA 原位定量。

3）开拓细胞传感新方向，开创了细胞表面糖基的原位检测领域，实现了细胞内重要生物分子的原位分析。基于发现点 1，创建了电化学细胞毒效应研究与药敏检测新原理，和监测细胞在界面行为的新手段，首次提出细胞膜表面受体的原位电化学检测方法。设计“两表面–一分子”竞争识别新模式，发展了均相/异相、标记/无标记、多细胞/单细胞、单通道/多通道等多种原位检测和动态监测细胞表面糖基表达的电化学、拉曼、扫描比色和化学发光分析策略。建立了细胞内端粒酶与糖基转移酶活性的原位成像与定量检测新方法。

4）提出癌症疗效评估与监测新方法，为精准治疗提供了新手段。基于发现点 2，开创性地提出分子水平上检测低至 3 个循环肿瘤细胞的检测方法，并用于揭示其与癌症外科手术预后的关联。基于发现点 1，研制出新型可激活型靶向近红外探针，提出癌症光动力治疗新技术，创建了癌细胞凋亡过程中 caspase 家族演变的原位监测新方法，实现了光动力治疗效果的实时监测，解决了精准癌症治疗的关键问题，为重大疾病诊治提供了新范式。

在 IF>5 刊物发表论文 200 多篇，包括 JACS、Angew. Chem. 9 篇，Anal. Chem. 55 篇，专著 4 部，授权发明专利 16 件，获教育部自然科学一等奖 2 项，省科技一等奖 1 项、二等奖 2 项。2 位完成人成为长江学者并获国家杰出青年科学基金、1 人获国家优秀青年基金。8 篇代表论文被 SCI 他引 1553 多次，单篇最高他引 504 次，得到广泛的正面评价和应用，表明本项目成果的原创性，并引领生物传感与细胞功能分子原位分析方法学的发展。

客观评价：

该项目提出的纳米生物传感、生物分子识别、传感信号放大与高效检测新原理，开创的量子点ECL传感新方向与细胞原位分析新方法，发展的肿瘤光动力治疗和疗效监测新策略得到广泛的正面评价。8篇代表论文被SCI他引1553次，其中3篇为高被引论文，单篇最高他引504次。代表性评价如下：

对发现点1的评价：德国Erlangen中心主任Hartmann在*Chem. Soc. Rev.* 42, 3894(2013)评价“固定的血红素表现出极好的响应，由此构建了两种生物传感器。介孔硅增强了操作稳定性、延长了传感器寿命”；凝胶气相沉积制备被*J. Am. Chem. Soc.* 124, 14460(2002)称为“是酶—杂化方法学的最成功范例”。蛋白质分子印迹得到关注，美国国立卫生研究院Schwartz在*Science* 316, 695(2007)引用说明其可用作“稳定的识别试剂”。

代表论文1被IUPAC会刊*Pure Appl. Chem.* 82, 2217(2010)引用。Bioconjug. Chem.主编Rotello教授在*Chem. Rev.* 112, 2739(2012)引用本项目19篇论文，说明“金纳米修饰电极的生物传感应用”，指出“可作为电子导线，促进蛋白和电极间的电子传递，实现无试剂电化学传感”(引文1)。加拿大Dhirani在*Chem. Rev.* 108, 4072(2008)引用代表论文1等本项目5篇论文说明“已用多种生物分子证实纳米粒子促进其电活性”。*Biosens. Bioelectron.* 94, 235(2017) 评价代表性论文2“提出了将比色分析转化为电化学分析的理念”；*Sens. Actuat. B* 255, 2136(2018)评价该文“提出了对已有体系再创造的理念”，“发展的方法结合了比色分析的方便和电化学分析的高灵敏度”，并受此启发进行实验设计。

Willner教授在*Angew. Chem. Int. Ed.* 47, 7602(2008)用3个自然段和1个图评价代表论文3等 “量子点ECL是一种灵敏的测定方法，以阴极ECL机理构建了H_2O_2、葡萄糖传感器” (引文2)。Credi教授在*Chem. Soc. Rev.* 41, 5728(2012)引用本项目5篇论文，指出代表论文3第一次将量子点ECL用于传感。*Chem. Rev.* 114, 11027(2014)引用本项目33篇论文说明量子点ECL生物传感的优越性及广泛应用。美国海军实验室Medintz在*Nat. Mater.* 9, 676(2010)引用该成果指出“由于QDs的电化学性质，用于儿茶酚的检测引起广泛关注”，“该成果证实了酪氨酸转换成醌时能猝灭CdTe量子点核的荧光” 。

对发现点2的评价：英国皇家工程院院士Chhowalla在*Nat. Chem.* 2, 1015 (2010)三次引用代表论文3，指出“基于石墨烯的荧光猝灭是检测DNA和生物分子光传感器的基础” (引文3)。*Chem. Rev.* 115, 2483 (2015)四次引用该文指出“鞠等首次报道了量子点–石墨烯的荧光共振能量转移机制，灵敏度与选择性比其它FRET体系更好” (引文4)。汉堡大学肿瘤所所长Pantel在*Nat. Rev. Clin. Oncol.* 11, 145 (2014)两次引用microRNA检测的成果说明是检测microRNA的有效方法。美国海军实验室Medintz在*Chem. Rev.* 117, 536(2017)附图对其大篇幅介绍。*Chem. Soc. Rev.* 47, 4860 (2018)引用该文指出“CdTe量子点替代传统的分子信标，与GO表面有极强的相互作用，用于高灵

敏、高选择性的DNA荧光检测体系设计”，“GO的强烈荧光猝灭可有效降低量子点的荧光强度，从而降低背景信号”。本项目提出的多组分miRNA灵敏检测方法被加拿大皇家科学院院士、首席科学家X. Chris Le教授在*Chem. Rev.* 113, 2812 (2013)上给予高度评价。

对发现点3的评价：代表论文5被Bioconjug. Chem.主编Rotello教授在*Chem. Soc. Rev.* 44, 4264 (2015)引用说明“凝集素功能化纳米粒子是细胞表面传感的强有力工具”(引文5)，并被*Nat. China*作为研究亮点介绍。本项目提出的糖基原位检测方法被MIT的Strano教授在*Acc. Chem. Res.* 47, 979 (2014)评价称“鞠组做出了该领域的一项奠基性工作”。

该项目提出的细胞毒效应研究与电化学药敏检测新原理被英国纳米技术研究所和美国国家癌症研究中心在其网页分别以《中国人用纳米将活的肿瘤细胞粘在电极上》、《金纳粒子糊粘住肿瘤细胞进行研究》为题评论：“南京大学的研究者创建了一种生物相容材料，可粘住活的肿瘤细胞，使研究人员开始抗癌药物对肿瘤细胞作用的电化学研究，为提取肿瘤细胞对不同化学信号的响应提供了新手段”。提出的以单细胞纳米级高度变化为指标的细胞活性监测新方法被*Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110, 9249 (2013)引用进行数据分析和讨论。

Chem. Rev. 116, 561 (2016)对代表论文6进行了整段附图介绍和列表比较，评价本项目提出的方法可“灵敏地原位追踪活细胞内的端粒酶活性，并用于区分肿瘤细胞和正常细胞” (引文6)。*Chem. Soc. Rev.* 44, 2963 (2015)附图大段引用该文，指出“与当前端粒酶活性分析主要使用细胞提取液不同，鞠课题组专注于发展原位策略”，评价本项目工作“具有优异性能，并可评估不同细胞的端粒酶活性”。

对发现点 4 的评价：建立的循环肿瘤细胞检测与预后评估的开创性方法被 *Nat. Rev. Cancer* 8, 329 (2008)和 *Transfusion* 49, 2016 (2009)分别大段引用，说明该工作对癌转移研究的贡献，指出“RT–PCR 成功用于肿瘤病人 CTC 测定”，“灵敏检测使人们认识到外科手术导致 CTC 增加，是胃肠癌转移复发的诱因”。

代表论文 7 被 SCI 他引 187 次。*Nat. Methods* 13, 263 (2016)引用其说明当前可激活型光敏剂的设计策略 (引文 7)。*Chem. Rev.* 117, 2785 (2017)对该论文进行大段附图报道，指出“构建的光敏剂在酸性条件下具有高的单线态氧量子产率，在生理 pH 下可被彻底猝灭”，“包裹光敏剂的纳米粒子可进行高效、无副作用的活体 PDT 治疗”。Microchimica Acta 主编、Angewandte Chemie 编委 Wolfbeis 教授在 *Chem. Soc. Rev.* 44, 4743 (2015)详细介绍代表论文 8，指出“报道的多功能纳米胶束可实现肿瘤的识别和精确靶向近红外诱导肿瘤治疗”(引文 8)。谭蔚泓院士团队在 *Angew. Chem. Int. Ed.* 55, 5477 (2016)引用代表论文 8 解释肿瘤细胞在光动力治疗后的凋亡现象。Coord. Chem. Rev.副主编、韩国 Yoon 教授在 *Adv. Mater.* 29, 1606857 (2017)大段附图介绍代表论文 7，并列表比较代表论文 7 和 8 的诊疗特点。*Adv. Mater.* 29, 1604789 (2017) 四次引用代表论文 7 和 8 等 3 项工作进行纳米探针性质对比，解释实验设计原理和现象。

代表性论文专著目录：

1. Reagentless glucose biosensor based on direct electron transfer of glucose oxidase immobilized on colloidal gold modified carbon paste electrode / Biosens. Bioelectron / 刘松琴, 鞠熀先 / 2003 年 19 卷 177–183 页 / 2003.7.11

2. Aggregation of individual sensing units for signal accumulation: conversion of liquid–phase colorimetric assay into enhanced surface–tethered electrochemical analysis / J. Am. Chem. Soc. / 韦天香, 董婷婷, 王兆寅, 包建春, 屠闻文, 戴志晖 / 2015年137卷8880–8883页 / 2015.7.6

3. Electrogenerated chemiluminescence from a CdSe nanocrystal film and its sensing application in aqueous solution / Anal. Chem. / 邹桂征, 鞠熀先 / 2004 年 76 卷 6871–6876 页 / 2004.10.28

4. Fluorescence resonance energy transfer between quantum dots and graphene oxide for sensing biomolecules / Anal. Chem. / 董海峰, 高文超, 严枫, 纪晗旭, 鞠熀先 / 2010年82卷 5511–5517页 / 2010.6.4

5. Carbohydrate monolayer strategy for electrochemical assay of cell surface carbohydrate / J. Am. Chem. Soc. / 丁霖, 程伟, 王晓剑, 丁世家, 鞠熀先 / 2008年130卷7224–7225页 / 2008.5.20

6. Switchable fluorescent imaging of intracellular telomerase activity using telomerase–responsive mesoporous silica nanoparticle / J. Am. Chem. Soc. / 钱若灿, 丁霖, 鞠熀先 / 2013年135卷13282–13285页 / 2013.8.26

7. Cell–specific and pH–activatable rubyrin–loaded nanoparticles for highly selective near–infrared photodynamic therapy against cancer / J. Am. Chem. Soc / 田蒋为, 丁霖, 徐海军, 沈珍, 鞠熀先, 贾丽, 包磊, 于俊生 / 2013年135卷18850–18858页 / 2013.12.02

8. A multifunctional nanomicelle for real–time targeted imaging and precise near–infrared cancer therapy / Angew. Chem. Int. Ed. / 田蒋为, 丁霖, 鞠熀先, 杨永超, 李西兰, 沈珍, 朱志, 于俊生, 杨朝勇 / 2014年53卷9544 – 9549页 / 2014.7.15

主要完成人情况：

1. 鞠熀先，排名1，生命分析化学国家重点实验室主任，教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，该项目负责人，对发现点1–4均有创造性贡献。围绕生物分析与传感中灵敏度、精准性和实用性方面的关键科学问题，将分析化学与纳米科学、分子生物学、细胞生物学等领域的新成就相结合，构建了系列生物分子识别、纳米生物传感与信号放大新策略，提出生物分子体外高灵敏、高特异性检测和细胞原位分析新原理，建立了蛋白质纳米结构组装和高灵敏核酸检测新方法，开辟了量子点电致化学发光传感新方向，开创了细胞表面糖基的原位检测领域，发展了胞内功能分子的动态监测与癌症靶向光动力治疗新策略，对学科发展作出了贡献。是7篇代表论文的通讯作者。

2. 丁霖，排名2，教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，对发现点3和4有重要贡献。基于项目前期（发现点1与2）的工作基础，开展细胞高效传感和癌症精准治疗研究，构建了多种方便检测肿瘤细胞并监测细胞在界面上黏附、增殖与凋亡等生理行为的电化学方法；提出“两表面一分子竞争”模式，创建了一系列细胞表面聚糖的原位特异性检测策略；提出细胞内端粒酶活性的原位成像检测策略，设计了可激活型近红外光敏剂，发展了肿瘤靶向成像、光动力治疗和疗效监测一体化新方法，为致病机制研究和精准医疗提供了有力工具。是代表论文5–8的第一或共同第一作者。

3. 戴志晖，排名 3，中心主任，教授，工作单位：南京师范大学，完成单位：南京师范大学，对发现点 1 有重要贡献。原创性地用蛋白质功能化介孔分子筛，实现了一系列蛋白质的直接电化学与高灵敏的电化学生物传感应用，揭示了蛋白质与介孔分子筛的作用与调控组装规律。基于博士生阶段在南京大学的工作，进一步与导师（第一完成人）合作开展电化学生物传感研究，并将 Ni 引入 Pd_2Ag 体系，发现 Pd_2NiAg 纳米晶的五重孪晶结构，揭示了贵金属纳米合金的电荷调控作用，进一步基于这种调控手段，将比色检测原理移植到电化学传感，利用 Ag 纳米颗粒的电化学聚集，实现了电化学传感的信号放大与灵敏度检测。是代表论文 2 的通讯作者。

4. 董海峰，排名 4，生物工程与传感中心副主任，教授，工作单位：北京科技大学，完成单位：南京大学，对发现点 2 有重要贡献。集成纳米与分子生物学技术，开展高灵敏核酸检测方法研究，发展了一系列 DNA 和 microRNA 的分析新原理与新方法，提出量子点–石墨烯荧光共振能量转移新机制，以此建立了 DNA 荧光检测新方法，在 Anal. Chem. (2010) 发表后（代表论文 4）被 SCI 他引 504 次；将体外核酸识别原理引入细胞传感，首创细胞内 microRNA 的原位检测方法，并实现细胞内 microRNA 的调控。是代表论文 4 的第一作者。

5. 刘松琴，排名 5，中心主任，教授，工作单位：东南大学，完成单位：南京大学，对发现点 1 有重要贡献。开展蛋白质纳米结构组装新方法与生物传感策略研究，建立了蛋白质在金胶、介孔分子筛和 ZrO_2 等纳米粒子上的组装方法，实现了细胞色素 c、HRP、Hb、葡萄糖氧化酶和肌红蛋白的直接电化学，阐明了蛋白质与纳米材料的作用与电子传递机制以及固定化反应物的 EC 过程，提出固定化葡萄糖氧化酶电催化还原溶解氧进行葡萄糖检测的传感机制和 EC 过程提高检测灵敏度的新策略，为利用蛋白质纳米结构提高电化学检测的灵敏度提供了新途径。是代表论文 1 的第一作者。

完成人合作关系说明：

第二完成人（丁霖）为第一完成人（鞠熀先）指导的研究生（硕士–博士连读），2002年10月作为本科生开始参与该项目的研究工作。2009年6月博士毕业后留校工作，在鞠熀先课题组继续该项目的研究工作，共同发表代表性论文5–8，并共同撰写专著。

第三完成人（戴志晖）为第一完成人（鞠熀先）指导的博士研究生，2001年9月至2015年7月参与该项目的研究工作，是代表性论文2的通讯作者。其中2004年6月取得博士学位至2015年7月在南京师范大学工作期间，与第一完成人继续合作，共同发表论文多篇，共同撰写专著。

第四完成人（董海峰）为第一完成人（鞠熀先）指导的博士研究生，2008年9月至2012年12月参与该项目的研究工作，共同发表代表性论文4，共同撰写专著。

第五完成人（刘松琴）为第一完成人（鞠熀先）指导的博士研究生，2001年9月至2003年6月参与该项目的研究工作，共同发表代表性论文1，共同撰写专著。

3、

项 目 名 称	面向高效太阳能—化学能转化的光电极设计与表界面调控
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	李朝升、罗文俊、周勇、邹志刚
主要完成单位	南京大学

提名单位意见：

我单位认真审阅了该项目材料，确认真实有效，符合填写要求。

该项目由南京大学独立完成，主要针对光电极中光生载流子复合严重导致太阳能–化学能转化效率过低这一问题开展深入研究，取得了一系列原创性成果：揭示了半导体光电极/电解液界面的载流子复合机制，提出了高效光电极的构建方法；发现利用晶体各向异性可以优化光电极的光吸收和载流子传输，实现光生载流子的空间分离，减少体相复合，提高太阳能转化效率；提出了浅能级掺杂，降低光电极中载流子的体相复合，显著提升太阳能转化效率；首次实现了高效稳定太阳能分解天然海水制氢。

该项目相关研究工作得到了国内外同行权威专家的广泛认可和高度评价。8篇代表作被*Nat. Rev. Mater.*、*Nat. Energy*、*Nat. Commun.*、*Chem. Rev.*、*Chem. Soc. Rev.*等SCI他引1620次，单篇最高SCI他引470次，4篇入选ESI高被引论文。获2016年江苏省科学技术一等奖。项目组成员多次被邀请参加国际会议，并作特邀报告，对推动太阳能–化学能转化的研究和发展起到了重要作用。

提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

项目简介：

我国不合理的能源结构、日益增长的能源需求、机动车数量的迅猛增长及工业的快速扩张，排放了大量CO_2、SO_x、NO_x以及颗粒污染物，空气质量严重恶化，雾霾频现，威胁到人民的生命健康。构建高效光电极将太阳能转化为化学能，可以从源头上减少对传统化石能源的依赖，对于净化环境、节能减排、推进生态文明建设、甚至应对全球气候变化都具有重要意义。然而光电极面临光生载流子复合严重等问题，导致太阳能–化学能转化效率过低，制约了实际应用。该项目在“973”、“863”、基金委重点项目等资助下，针对这一关键科学问题展开深入研究，取得了国际同领域高度关注的研究成果。主要科学发现如下：

（1）揭示了半导体光电极/电解液界面的载流子复合机制，提出了高效光电极的构建方法。构建高效光电极需要解决光吸收、电子传输、空穴传输的问题。通过改善光生电子的收集效率，提高电解液接受质子的能力，加快表面反应动力学速率，减少表面的逆反应，提高太阳能转化的效率和稳定性。发现消除光电极的表面复合中心、抑制表面逆反应能显著提高太阳能转化效率。这为构建高效光电极提供新思路。

（2）发现利用晶体各向异性可以优化光电极的光吸收和载流子传输，实现光生载流子的空间分离，提高太阳能–化学能转化效率。通过微纳结构调控，利用不同晶向的载流子有效质量差异优化载流子传输，利用不同晶面的功函数差异实现光生载流子的空间分离，降低其体相复合，提高太阳能–化学能转化效率。发现不同晶面的光吸收系数存在巨大差异，利用特征晶面吸收有利于构建高效太阳能–化学能转化体系。美国Choi教授（*Chem. Soc. Rev.* 2013, *42*, 2321）评价该成果为“增强光吸收、设计光电极结构提供指导”。

（3）提出了浅能级掺杂，降低光电极中载流子的体相复合，显著提升太阳能转化效率；首次实现了高效稳定太阳能分解天然海水制氢。以往采用深能级掺杂拓宽光吸收范围，使光电极获得可见光响应；但是深杂质能级是光生载流子的复合中心，反而降低了整体的太阳能转化效率。本项目提出了浅能级掺杂，增大光生载流子的扩散长度，增加了载流子浓度，降低光生载流子的体相复合，显著提升太阳能转化效率，实现了高效稳定太阳能分解天然海水制氢。日本Domen教授（*ChemSusChem* 2016，9，61）认为该成果使“$BiVO_4$成为最热门的光阳极材料”。

该项目属于材料学科，注重材料、能源、化学、环境等多学科交叉融合，共发表SCI论文112篇，英文专著2部，授权发明专利10件。8篇代表作包括*Energy Environ. Sci.*（IF=30）3篇、*Adv. Mater.*（IF=21）1篇、*J. Am. Chem. Soc.*（IF=14）1篇、*Angew. Chem. Int. Ed.*（IF=12）1篇、*Adv. Funct. Mater.*（IF=13）1篇、*Phys. Chem. Chem. Phys.*（IF=3.9）1篇，被SCI他引1620次；最高单篇SCI他引470次；4篇ESI高被引论文。获2016年江苏省科学技术一等奖。

客观评价：

该项目8篇代表性论文被*Nat. Rev. Mater.*、*Nat. Energy*、*Nat. Commun.*、C*hem. Rev.*、*Nat. Commun.*、*Chem. Soc. Rev.*、*Energy Environ. Sci.*等期刊SCI他引1620次。

（一）对科学发现点1的客观评价

德国埃尔朗根纽伦堡大学Schmuki教授在*Adv. Mater.*（2016，*28*，2432）正面评价了本项目代表性论文3，“特别需要指出的是李等人通过消除Ta_3N_5光阳极表面的杂质层，获得了世界纪录的太阳能-化学能转化效率”。加拿大麦吉尔大学Mi教授在*J. Mater. Chem. A*（2016，*4*，2801）文中认为代表性论文3“消除表面复合中心和修饰电催化剂显著提高了Ta_3N_5的量子效率”，使得太阳能分解水制氢性能达到目前的“最高值”。

日本东京大学Domen教授（*Nat. Commun.* 2013，*4*，2566）正面评价了代表性论文7，认为“Ta_3N_5广泛用于太阳能分解水制氢”。Domen教授在*J. Am. Chem. Soc.*（2015，*137*，12780）文中认为代表性论文3和4利用“表面修饰电催化剂”、“原位生长薄膜”等方法能显著提高Ta_3N_5太阳能分解水制氢性能。中国科学院成会明院士在*J. Mater. Chem. A*（2016，*4*，2783）文中指出代表性论文4揭示了“利用助催化剂和电解质优化水氧化动力学”，对于构建高效稳定太阳能制氢系统的重要性。

丹麦自然科学院院士、技术科学院院士 Chorkendorff教授在（*Chem. Soc. Rev.* 2017, *46*, 1933）中引用代表性论文4的实验数据，将该成果作为光电极稳定性的重要进展之一。

英国利物浦大学Cowan教授和美国加州大学圣克鲁斯分校Li教授（*Angew. Chem. Int. Ed.* 2016, *55*, 3403）指出代表性论文5 “表面俘获的光生电子参与了氧还原的反应。减弱表面俘获光生电子的能力，有效抑制了逆反应的进行”。

（二）对科学发现点2的客观评价

美国普林斯顿大学Bocarsly教授（*Chem. Rev.* 2015, *115*, 12888）多次正面评价代表性论文6 “新颖的结构设计能够发挥各组分的优势，提升太阳能-化学能转化效率”。美国Hanson和Uribe-Romo教授（*J. Mater. Chem. A* 2017，*5*，11854）指出代表性论文6和7 “发展能将大量二氧化碳转化为碳氢燃料的技术非常必要”。

*Chem. Mater.*副主编、美国威斯康辛大学Choi教授在权威期刊*Chem. Soc. Rev.*（2013，*42*，2321）文中指出代表性论文8中“对$BiVO_4$光学各向异性的认识为增强半导体材料光吸收、设计光电极结构提供指导”。*ACS Energy Lett.*主编、美国圣母大学Kamat教授在*J. Am. Chem. Soc.*（2015，*137*，974）文中以代表性论文8的成果作为太阳能分解水器件设计的指南，开展了太阳能分解水制氢的工作。

瑞士Sivula教授和德国van de Krol教授（*Nat. Rev. Mater.* 2016, *1*, 15010）评价代表性论文8“理论预测$BiVO_4$是间接带隙半导体”并被后来的实验所证实。

（三）对科学发现点3的客观评价

Chem. Mater.副主编、美国威斯康辛大学Choi教授在*Chem. Rev.*（2015， *115*，

12839）正面评价了代表性论文1，认为“$BiVO_4$能吸收可见光，能带位置适合分解水制氢”，因而受到人们的重视。中国台湾长庚大学郑光炜教授（*J. Power Sources* 2016，*307*，329）引用了代表性论文1的海水分解制氢机理，并开展了太阳能分解海水制氢的跟踪研究。代表性论文1还得到了美国工程院Atwater院士（*Energy Environ. Sci.* 2014，*7*，3424）、中国科学院谢毅院士（*Nano Today* 2013，*8*，598）等国内外同行的正面评价。

日本东京大学Domen教授（*ChemSusChem*2016，*9*，61）认为由于代表性论文2原创性的工作，“$BiVO_4$成为研究最热门的光阳极材料”。德国亥姆霍兹柏林能源与材料中心主任van de Krol教授（*Nat. Commun.* 2013，*4*，2195）正面评价了代表性论文2，认为“Mo掺杂$BiVO_4$能提高导电性”。美国科罗拉多矿业学院Herring教授（*Energy Environ. Sci.* 2011，*4*，5028）指出代表性论文2“通过Mo掺杂可以大幅度提高$BiVO_4$的性能”。*Dalton Trans.*副主编、美国加州大学河滨分校Feng教授（*Nano. Lett.* 2012，*12*，6464）也正面评价代表性论文2，指出“Mo掺杂有效提高了$BiVO_4$的载流子迁移效率”，有利于提高太阳能转化效率。*Chem. Mater.*副主编、美国威斯康辛大学Choi教授（*Chem. Soc. Rev.* 2013，*42*，2321）高度评价了代表性论文2 “Mo掺杂使得$BiVO_4$导电性提高、载流子扩散长度增加”，提高太阳能转化效率。荷兰代尔夫特理工大学van de Krol教授（*J. Phys. Chem. C* 2012，*116*，9398）指出代表性论文2获得$BiVO_4$太阳能分解海水制氢的性能是“目前世界最高值”。

德国柏林工业大学Strasser教授（*ChemSusChem* 2016，*9*，962）认为本项目率先开展分解海水制氢工作，而且“分解海水制氢具有重要的应用前景”。代表性论文2还得到了美国科学院Bard院士（*J. Am. Chem. Soc.* 2013，*135*，11389）、中国科学院李灿院士（*ChemSusChem* 2015，*8*，4049）等国内外著名学者的正面评价。

代表性论文专著目录：

1.Photoelectrochemical cells for solar hydrogen production: current state of promising photoelectrodes, methods to improve their properties, and outlook/ Energy & Enivronmental Science / Li, ZS; Luo, WJ; Zhang, ML; Feng, JY; Zou, ZG/2013年6卷347页/2013年2月

2.Solar hydrogen generation from seawater with a modified $BiVO_4$ photoanode/ Energy & Enivronmental Science /Luo, WJ; Yang, ZS; Li, ZS; Zhang, JY; Liu, JG; Zhao, ZY; Wang, ZQ; Yan, SC; Yu, T; Zou, ZG/2011年4卷4046页/2011年10月

3.A Co–catalyst– Loaded Ta_3N_5 Photoanode with a High Solar Photocurrent for Water Splitting upon Facile Removal of the Surface Layer /Angewandte Chemie International Edition/ Li, MX; Luo, WJ; Cao, DP; Zhao, X; Li, ZS; Yu, T; Zou, ZG/2013年52卷11016页/2013年10月

4.Co_3O_4 Nanoparticles as Robust Water Oxidation Catalysts Towards Remarkably Enhanced Photostability of a Ta_3N_5 Photoanode/Advanced Functional Materials/Liao, MJ; Feng JY; Luo, WJ; Wang, ZQ; Zhang, JY; Li, ZS; Yu, T; Zou, ZG/ 2012年22卷3066页/2012年7月

5.Cathodic shift of onset potential for water oxidation on a Ti^{4+} doped Fe_2O_3 photoanode by suppressing the back reaction/ Energy & Enivronmental Science / Cao, DP; Luo, WJ; Feng, JY; Zhao, X; Li, ZS; Zou, ZG/2014年7卷752页/2014年2月

6.Photocatalytic Conversion of CO_2 into Renewable Hydrocarbon Fuels: State–of–the–Art Accomplishment, Challenges, and Prospects/ Advanced Materials/ Tu, WG; Zhou, Y; Zou, ZG/ 2014年26卷4607页/2014年7月

7.Hexahedron Prism–Anchored Octahedronal CeO_2: Crystal Facet–Based Homojunction Promoting Efficient Solar Fuel Synthesis/ Journal of the American Chemical Society/ Li, P; Zhou, Y; Zhao, ZY; Xu, QF; Wang, XY; Xiao, M; Zou, ZG/ 2015年137卷9547页/2015年8月

8.Electronic structure and optical properties of monoclinic clinobisvanite $BiVO_4$/Physical Chemistry Chemical Physics/ Zhao, ZY; Li, ZS; Zou, ZG/2011年13卷4746页/2011年10月

主要完成人情况：

1.李朝升 排名1，教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，是该项目主要负责人，对发现点1、2、3均有重要贡献。（1）提出了浅能级掺杂，降低光电极中载流子的体相复合，显著提升太阳能转化效率；首次实现了高效稳定太阳能分解天然海水制氢；（2）发现利用晶体各向异性可以优化光电极的光吸收和载流子传输，实现光生载流子的空间分离，提高太阳能转化效率；（3）揭示了半导体光电极/电解液界面的载流子复合机制，提出了高效光电极的构建方法，实现了高效太阳能–化学能转化。代表性论文1、4的通讯作者，代表性论文2、8的共同通讯作者，代表性论文1的第一作者，代表性论文3、5的主要作者之一。

2.罗文俊 排名2，副教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，是该项目主要成员，对发现点1、3有重要贡献。提出了浅能级掺杂，降低光电极中载流子的体相复合，显著提升太阳能转化效率；首次实现了高效稳定太阳能分解天然海水制氢；揭示了半导体光电极/电解液界面的载流子复合机制，提出了高效光电极的构建方法，实现了高效太阳能–化学能转化。代表性论文3、5的共同通讯作者，代表性论文2的第一作者，

3.周勇 排名3，教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，是该项目主要成员，对发现点2有重要贡献。发现利用晶体各向异性可以优化光电极的光吸收和载流子传输，实现光生载流子的空间分离，提高太阳能转化效率。代表性论文6、7的共同通讯作者。

4.邹志刚 排名4，教授，工作单位：南京大学，完成单位：南京大学，是该项目主要成员，对发现点1、2、3均有重要贡献。提出了浅能级掺杂，降低光电极中载流子的体相复合，显著提升太阳能转化效率；实现了高效稳定太阳能分解天然海水制氢；发现利用晶体各向异性可以优化光电极的光吸收和载流子传输，实现光生载流子的空间分离，提高太阳能转化效率；揭示了半导体光电极/电解液界面的载流子复合机制，实现了高效太阳能–化学能转化。代表性论文2、3、5、6–8的共同通讯作者。

完成人合作关系说明：

项目完成人李朝升、罗文俊、邹志刚在项目执行期间都是南京大学环境材料与再生能源研究中心课题组的成员，一起开展太阳能–化学能转化的相关研究。周勇2009年回国加入本项目参与相关研究工作。

李朝升自从2003年加入南京大学环境材料与再生能源研究中心后，一直与邹志刚合作研究半导体的太阳能–化学能转化（包括太阳能分解水制氢、CO_2转换与利用、太阳能分解海水制氢）。李朝升是代表性论文1、4的通讯作者，代表性论文2、8的共同通讯作者，代表性论文1的第一作者，代表性论文3、5的主要作者之一。邹志刚是代表性论文2、3、5、6–8的共同通讯作者。

2003年罗文俊作为研究生参与本项目的研究工作。罗文俊侧重研究太阳能分解水制氢和太阳能分解海水制氢。罗文俊是代表性论文2的第一作者（当时是南京大学环境材料与再生能源研究中心的博士后），代表性论文3、5的共同通讯作者（当时是南京大学环境材料与再生能源研究中心的副研究员）。

2009年周勇加入南京大学环境材料与再生能源研究中心后，参与本项目的研究工作。周勇侧重于研究CO_2转换与利用，利用太阳能将CO_2转化为碳氢燃料。周勇是代表性论文6、7的共同通讯作者。

4、

项 目 名 称	神经动力学模型群集行为分析与优化应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	曹进德、刘庆山、卢剑权、梁金玲
主要完成单位	东南大学

提名单位意见：

曹进德教授所领导的学术团队在人工智能、系统科学及其相关领域取得了一系列国际领先的创新成果。该项目研究成果深刻地揭示了神经动力学模型群集行为的内在规律，创建了一套完整分析群集神经动力学的理论体系，丰富了人工智能研究的理论与方法，对推动人工智能及其相关学科的迅猛发展、极大地拓展其应用实践做出了卓越贡献。该项目成果所发表的论文得到了国内外众多专家和学者的广泛引用和高度评价。由于成果突出，该项目完成人曾荣获两项省部级自然科学/科学技术一等奖和三项省部级自然科学/科学技术二等奖。

提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

项目简介：

神经动力学模型作为模拟大脑动态行为的一种重要数学模型，是当前人工智能研究的重要方向。作为人类智慧的源泉，人脑是极为复杂的动态系统，其动态行为分析、智能寻优建模是人工智能研究的热点。上世纪80年代，掀起人工智能研究热潮的代表性人物、美国科学院Hopfield和Tank两位院士在Science撰文指出：神经动力学系统可求解生物和认知等领域中普遍存在的智能优化问题，并强调其模型结构与动态特性将是研究神经动力学系统机理的关键所在。

此项目系统地研究了神经动力学模型的群集动态行为及优化应用等前沿课题，主要科学发现点如下：

(1) 突破了神经动力学网络的结构和参数约束，率先研究了具有非对称结构和时变参数的神经动力学网络的动态行为，揭示了参数范围广、动力学行为丰富、符合神经元动态特性的神经动力学模型的一系列内在规律，建立了完整有效的群集神经元系统渐近行为的新判据，实现了对神经动力学系统行为的准确判定。该项研究建立了神经元群集动力学模型动态行为分析的一般理论框架；

(2) 发现了群集耦合神经动力学网络的协同与演化机制，揭示了耦合强度、耦合结构等网络拓扑关系与耦合神经动力学系统动态行为演化的内在规律，探究了在不同耦合关系、不同耦合强度下的网络动态行为，实现了对群集耦合神经动力学系统动态行为的准确判定。该项研究建立了耦合神经动力学模型群集演化行为分析的一般体系结构；

(3) 建立了神经动力学方法在非光滑和局部凸优化模型构造中的设计原理，创建了基于优化和系统理论的神经动力学模型设计方法，解决了若干非凸和非光滑优化的难题，揭示了神经动力学优化方法在科学和工程应用中的实施途径，实现了神经动力学系统及其耦合模型在工程优化中的应用。该项研究建立了局部凸和非光滑优化问题的广义神经动力学优化模型的构造原理和应用方法。

此项研究的相关工作得到反馈神经网络创始人John J. Hopfield院士、双向联想记忆神经网络创始人Bart Kosko教授的正面评价。SCI机构2007年在对前十年神经网络研究成果的统计报告中，将此项研究的第一完成人列为该领域二十位Top Authors的首位。此项研究的代表性论文一篇获Thomson Reuters卓越研究奖、一篇获IEEE神经网络汇刊杰出论文奖、一篇获中国百篇最具影响国际学术论文。项目组成员三人入选Thomson Reuters/Clarivate Analytics全球高被引科学家名录，涵盖计算机科学、工程学和数学三个领域。

鉴于此项研究在神经动力学系统理论与应用领域的突出贡献，国家自然科学基金委 2009 年年度报告将此项目部分研究成果列为十五个优秀项目成果巡礼之一。项目第一完成人荣获首届全国创新争先奖。鉴于在神经网络分析中的突出贡献，项目第一完成人于 2016 年当选 IEEE 会士，此后相继当选欧洲科学院院士、欧洲科学与艺术院院士和巴基斯坦科学院院士。部分研究成果荣获 5 项省部级自然科学/科学技术一等奖和二等奖。项目成员荣获中国青年女科学家奖。

客观评价：

此项研究成果得到 IEEE 会士和国内外院士等众多学者的高度评价。

IEEE 会士、美国乔治亚理工学院 Mukhopadhyay S.教授等在代表性引文中指出："There have been a number of works on providing sufficient conditions for the global stability of various classes of neural networks [16]–[21]. Many researches have provided the mathematical estimation of the upper limit of connection weight matrices …, which guarantees global stability of DNNs [16] – [18]."这里的[16]是本项目的代表性论文。

亚太神经网络联合会前任主席、伊斯坦布尔大学计算机科学教授 Arik S.等在代表性引文中多次引用了本项目的研究成果，指出"In a most recent paper [6], the authors have considered neural networks with globally Lipschitz activation functions without requiring them to be bounded, nondecreasing and differentiable. Such an assumption allows more activation functions to be employed in neural networks."此处的[6]是本项目的代表性论文。

爱丁堡皇家学会院士、巴西科学院院士、世界科学院院士(TWAS/UNESCO)、美国物理学会院士、英国物理研究所院士 Aberdeen 大学教授 Grebogi C.(混沌控制 OGY 方法创始人之一)等在 Int. J. Non-Linear Mechanics 94 (2017, 334–342)中指出："lot of chaos control methods have been developed, e.g. delay feedback control [8], linear feedback controls [9], fuzzy control [10], adaptive control [11], impulsive control method[12], optimal control method [13], and so on" 此处的[11]为本项目的代表性论文。

NASA Langley 研究中心被美国国家科学研究委员会授予研究员荣誉的墨西哥科学院院士 Sanchez E.N.教授等在 IEEE Trans. Neural Networks 22 (2011, 497–505)中指出"It is worth mentioning that state estimation for neural networks … is also an interesting topic, which has been studied lately [12], [18]."其中[18]为本项目的代表性论文。

英国帝国理工学院 Anthony G. Constantinides 教授（英国皇家工程院院士、IEEE 终身会士）等在代表性引文中正面评价了本项目研究成果"Many existing models are designed for solving a particular form of optimization problems. For example, in [5], the model was designed for the quadratic programming problem with equality constrains."引文中引用了本项目团队的多篇论文，其中[5]是本项目的代表性论文。

美国科学促进会会士、IEEE 会士、美国加州大学圣地亚哥分校科研副校长 Miroslav Krstic 教授等在代表性引文中指出"Potential advantages of methodologies based on neural networks are (i) the fact that for specific optimization problems neural networks can guarantee finite-time convergence (see, for instance, [26]), and (ii) the fact that … some methodologies based on neural networks can deal with locally Lipschitz functions (see, for instance, [27])."这里的[26]和[27]是项目团队发表的论文，其中[27]是本项目的代表性论文。

提供SCI报告的美国汤姆森-路透公司(Thomson Reuters)2007年对过去十年间人工神经网络研究领域的主要成果进行了细致统计和分析，该项统计报告将本项目第一完成人列为该领域的20位高引作者的首位。此外，本项目部分成果曾作为15个优秀项目成果巡礼之一列入国家自然科学基金委2009年年度报告。

代表性论文专著目录：

1. Global exponential stability of Hopfield neural networks/ International Journal of Systems Science/曹进德/2001年32卷/233–236页/2001–02–01

2. Global stability conditions for delayed CNNs/ IEEE Transactions on Circuits and Systems I–Fundamental Theory and Applications/曹进德/2001年48卷/1330–1333页/2001–11–01

3. Global asymptotic stability of a general class of recurrent neural networks with time–varying delays/IEEE Transactions on Circuits and Systems – Part I: Fundamental Theory and Applications/曹进德，王钧/2003年50卷/34–44页/2003–02–19

4. Adaptive synchronization of neural networks with or without time–varying delay/ Chaos/曹进德，卢剑权/2006年16卷/013133页/2006–03–01

5. State estimation for coupled uncertain stochastic networks with missing measurements and time–varying delays: the discrete–time case/ IEEE Transactions on Neural Networks/梁金玲，王子栋，刘晓辉/2009年20卷/781–793页/2009–05–01

6. A unified synchronization criterion for impulsive dynamical networks/ Automatica/卢剑权, Ho Daniel W.C.，曹进德/2010年46卷/1215–1221页/2010–07–01

7. A one–layer recurrent neural network with a discontinuous hard–limiting activation function for quadratic programming /IEEE Transactions on Neural Networks / 刘庆山，王钧/2008年19卷/558–570页/2008– 04–01

8. A one–layer recurrent neural network for constrained pseudoconvex optimization and its application for dynamic portfolio optimization/Neural Networks/刘庆山，郭志山，王钧/2012年26/卷99–109页/2012–02–01

主要完成人情况：

1.曹进德，排名1，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是项目的主要负责人，对发现点1、2和3均有重要贡献，是代表性论文1–4的作者。建立了若干动态参数范围大、动力学行为丰富的、符合神经元活动规律的神经网络新模型，并研究其动态特征，得到了若干易于验证的新判据，这些成果对神经网络的设计和应用有重要指导意义。指导并全程参与项目的研究工作，对项目的顺利实施发挥了重要的作用。

2. 刘庆山，排名2，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是项目的主要参与者，对发现点3做出了重要贡献，是代表性论文7和8的作者。系统地建立了求解局部凸和非光滑优化问题的神经动力学模型，利用集值映射、微分包含等理论完善了具有不连续激活函数的神经动力学优化模型的稳定性分析方法，并应用该方法解决了某些科学和工程应用问题。

3.卢剑权，排名3，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是项目的主要参与者，对发现点2做出了重要贡献，是代表性论文4和6的作者。提出基于同步理论的神经网络参数估计方法，建立脉冲复杂网络同步判据的统一框架，理论上证明了判据保守性降低。

4.梁金玲，排名4，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是项目的主要参与者，对发现点2做出了重要贡献，是代表性论文5的作者。解决了时变非线性耦合网络的建模问题，针对具有不完全信息的随机复杂网络，建立了网络系统状态估计的一般理论框架。

完成人合作关系说明：

项目第一完成人曹进德教授作为负责人，提出和制定了整个项目的研究计划和实施细则，对发现点1、2和3均有重要贡献，是代表性论文1–4的作者。

项目第二完成人刘庆山教授于2002年9月在东南大学为第一完成人的硕士研究生，于2008年9月博士毕业后回到东南大学工作并继续参与本项目的研究，主要从事神经动力学优化的研究工作，对发现点3有重要贡献，是代表性论文7和8的作者。

项目第三完成人卢剑权教授于2003年9月在东南大学为第一完成人的硕士研究生，于2009年7月博士毕业后回到东南大学工作并继续参与本项目的研究，主要从事耦合神经动力学系统动态行为的分析工作，对发现点2做出了重要贡献，是代表性论文4和6的作者。

项目第四完成人梁金玲教授于2003年3月在东南大学为第一完成人的博士研究生，同时在东南大学工作并参与项目的研究，主要从事时变非线性耦合网络的建模和分析工作，对发现点2做出了重要贡献，是代表性论文5的作者。

5、

项 目 名 称	网络关联动态系统的分析与控制及应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	岳东、彭晨、窦春霞、解相朋
主要完成单位	南京邮电大学、南京师范大学、燕山大学

提名单位意见：

本项目围绕网络关联动态系统的分析与控制核心科学难题开展研究，取得了重要突破。主要科学发现点如下：1）首次提出了基于离散事件触发和混合触发的应对控制理论方法，以通信与控制协同应对思想解决了网络不确定性对控制系统性能影响的难题；2）提出了解决异步前件下非线性系统网络控制综合的理论方法，以及非并行补偿控制方法，建立了系统解决控制结构优化且提升控制性能的方案；3）攻克了安全经济稳定的多时间尺度动态行为统一表征的难题，创建了基于多智能体的安全经济稳定控制的一体化设计理论方法。项目成果产生了重要国际影响，被美国工程院院士等国际著名学者广泛引用，8 篇代表作 SCI 他引 1253 次，5 篇代表作为 ESI 高被引论文，单篇最高 SCI 他引 363 次。总他引 3202 次，单篇最高他引 1098 次。包括 22 位瑞典皇家工程科学院院士、英国皇家工程院院士、IEEE Fellow 在内的一批国际著名学者，将代表作 1、2 写入其参编的 20 部英文著作和 23 篇长篇综述，并高度评价。基于上述发现点，项目完成人建立了多时空尺度网络协同优化控制理论方法，分析与控制方法已成为国际网络控制研究的主流方法之一。基于上述方法，发明了有源配电网、微电网的网络协同优化控制技术，形成发明专利和软著 21 件，并用于国家十三五电力援藏等重点项目，大幅度提升了系统运行的安全性与经济性。主要成果获得 2017 年中国自动化自然科学一等奖。

提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

项目简介：

以智能电网等为代表的网络关联动态系统，感知、控制与对象间通过网络关联，且系统呈现非线性、混杂性与强耦合性等典型特征，其安全经济稳定的运行控制面临重大挑战。2002年，Murray和Åström等19位国际顶级专家曾联名指出：信息网络影响下的动态系统控制是当今国际公认的挑战性难题。项目组在国家基金支持下，开展了十余年合作研究，围绕上述挑战性问题，重点研究了网络关联影响下系统控制所涉及的**“不确定网络适应性、非线性单元稳定性、混杂群体协同性”**的核心理论及其在智能电网中应用难题，取得了关键突破。主要科学发现如下：

1) 揭示网络关联影响机理并建立应对控制理论方法。表征了系统动态性能受网络不确定性的影响关系，揭示了通信机制–网络性能–控制性能间的内在关联机理，提出了基于离散事件触发和混合触发的应对控制理论方法，建立了通信机制与控制一体化设计框架。瑞典皇家工程科学院院士Johansson教授认为项目方法具有“high energy–efficiency”；俄罗斯非线性科学院院士、Automaitca最佳论文奖获得者Richard教授将事件触发控制归为国际上四种动态采样控制之一。

2) 提出非线性系统网络化稳定控制与结构优化理论方法。克服了传统并行分布补偿控制（PDC）依赖同步前件的局限，提出了异步前件下非线性系统网络控制设计的理论方法；解决了高阶异构多项式技术与多维同胚模糊理论之间的无损性转化难题，建立了非PDC型模糊控制方法，提出了优化控制结构且提升控制性能的解决方案。加拿大皇家学会院士Pedrycz教授和IEEE模糊系统先驱奖获得者、Takagi–Sugeno模糊模型提出者、东京工业大学Sugeno教授等分别评价，项目提出了齐次矩阵多项式方法、非PDC控制策略。

3) 创建混杂耦合群体多时空尺度协同优化控制方法。发掘了单元间信息关联、物理拓扑、模态切换与群体协同动态行为的内在关联关系，建立了基于多智能体集中协调分布式协同架构的多时空尺度网络协同优化控制理论方法，有效解决了微电网“源–网–荷–储”等混杂耦合群体安全经济稳定运行控制难题。IEEE Fellow\丹麦奥尔堡大学Guerrero教授和美国丹佛大学Bahramirad教授分别评价，项目提出了多智能体系统的分层架构，创建（estabilished）了运行模态的智能重构策略。

基于上述基础研究成果，有效解决了不确定网络环境下，规模化新能源和柔性负荷接入的智能电网安全经济稳定运行控制的若干难题。

发表 SCI 论文共 110 余篇，在 Springer–Verlag 和科学出版社发表专著各 1 部。**8 篇代表作**被 55 位美、英、俄、加拿大等国院士以及 IEEE Fellow 正面引用，**SCI 他引 1253 次，其中 5 篇为 ESI 高被引，2 篇入选中国百篇最具影响国际论文，单篇最高 SCI 他引 363 次。**代表作 2 和 3 被引频次分别位于 1992 年以来 IEEE TCS–II 的 3658 篇论文和 IEEE TAC 当年 365 篇论文的第 1 名。**Google Scholar 总他引 3202 次，单篇最高他引 1098 次。**项目方法已成为网络控制研究领域具有重要国际影响力的方法之一，推动了网络控制学科方向发展。基于上述贡献，**第一完成人入选 2009 年教育部长江学者，入选 2018 年全球高被引学者（Highly Cited Researchers），**2014–2017 年连续入选 Elsevier 中国高被引学者，担任 IEEE 汇刊等客座主编、副主编以及国际会议 LSMS & ICSEE 2017 总主席。主要成果获 2017 年中国自动化学会自然科学一等奖。

客观评价：

1）对科学发现点一的客观评价：

■瑞典皇家工程科学院士、英国皇家工程院院士等 10 余位国际顶级专家，将代表作 1、2 的主要贡献**在其参编的 20 部由国际著名出版社出版的著作中进行正面引用**。如，在 IEEE Fellow、IEEE PELS 可持续能源系统技术委员会主席、美国伊利诺大学 S.K.Mazumder 教授主编的“Wireless networking based control(2011)”著作中，**英国皇家工程院院士、IEEE Fellow G.W.Irwin 教授**评价，代表作[1]给出了新的 H 无穷性能分析与控制综合方法【A **new method**…was derived…】；**IEEE Fellow，美国加利福尼亚大学 J.P.Hespanha 教授**评价，**代表作[2]表征**（**formulate**）了 LMI 求解以确定最大允许传输区间的问题；**代表作[1]显示(show)了**利用时延下界可得到保守性更小的稳定性结果。

■**IEEE Fellow、美国加利福利亚大学 J.P.Hespanha 教授**在 Proceedings of the IEEE (95(1):138–162,2007. IF: 9.846)发表综述，分别在 4 页中用 **48 行详细介绍了代表作[2]在建模、分析和控制设计方面的贡献**，并评价：提出了计及丢包的确定性模型以及易于实现的控制综合方法【was **proposed**…**tractable** controller synthesis procedure】。

■**俄罗斯非线性科学院院士、Automatica 最佳论文奖、IEEE SMC 杰出奖获得者 J.P.Richard 教授**在 Automatica (54:56–64,2015. IF: 6.126)发表综述，将**代表作[3]提出的离散事件触发控制归为国际上四种动态采样控制之一，并评价该方法避免了使用专用硬件**【…**avoiding** dedicated hardware】。

■**瑞典皇家工程科学院士、IEEE Fellow K.H.Johansson 教授**在 IEEE Communications Surveys & Tutorials (20(2):978–1013, 2018. IF: 20.23）综述中，用 24 行文字对代表作[4]的贡献进行正面高度评价，如：**提出的混合事件触发机制，相比传统事件触发机制和自触发机制，降低了保守性，保证了高能效，同时获得期望的控制性能**【**reduce** conservativeness, ...guarantee the **high energy-efficiency** while preserving desired control performance】。

■**IEEE Fellow、IFAC Fellow、Automatica 主编、美国加利福尼亚大学 Andrew R.Teel 教授**在 System & Control Letters(57,378–385,2008) 中指出：本文使用的非连续李雅普诺夫函数是**受代表作[2]中李雅普诺夫函数的启发**【..is **inspired** by..】；进一步，该文以代表作[1]和[2]为主要参考，开展了其后续研究。

■**IEEE Fellow、以色列特拉维夫大学 E.Friman 教授**在 IEEE T Automatic Control (61(10): 3221–3226, 2016. IF: 5.007）中评价：代表作[3]**提出的周期触发机制能避免 Zeno 现象**【…**avoid** this Zeno phenomenon…】。

■**美国国家工程院院士、IEEE Fellow、IEEE 领域奖获得者 P.R. Kumar 教授**在 Proceedings of the IEEE (100:1287–1308, 2012. IF:9.846)发表综述，将代表作[2]视为**基于时滞微分方程框架研究网络控制系统分析与综合的主要工作之一**（此方面文中仅引用了两篇论文，一篇是代表作[2]，另一篇是国际网络控制权威专家 J.P.Hespanha 教授的论文）。

■方法被 **IEEE Fellow、IEEE 工业电子协会主席、澳大利亚皇家墨尔本理工大学 X.H.Yu 教授和 IFAC 计算智能控制技术委员会主席、IEEE TVT 汇刊区域主编、法国瓦**

朗谢纳大学 T.M.Guerra 教授用于解决广域负荷频率控制和残疾人坐姿控制问题。

2）对科学发现点二的客观评价：

■国际模糊系统学会主席、IEEE 模糊系统先驱奖获得者（共同获奖人为模糊理论先驱 Zadeh 教授）、Takagi-Sugeno 模糊模型提出者、东京工业大学 M.Sugeno 教授，在 IEEE Computational Intelligence Magazine (https://www.researchgate.net /publication/327560984 Fuzzy_Control_ Systems_Past_Present_and_Future.IF:6.61)发表的“Fuzzy Control Systems: Past, Present and Future”综述论文中，正面引用项目 6 篇论文，并评价：**提出了非 PDC 控制策略**（…has been **porposed** .., including **non-PDC control**）。

■德国杜伊斯堡-埃森大学 Steven X.Ding 教授在 IEEE T Industrial Electronics (63: 1207-1216, 2016. IF: 7.05)中评价：代表作[5]**引入采样和非采样前件偏差上界**，研究解决异步前件下非线性网络控制系统的镇定与输出跟踪控制问题。

■IEEE Fellow、IEEE 工业电子协会主席、澳大利亚皇家墨尔本理工大学 X.H.Yu 教授和 IEEE Fellow、Asia Pacific Neural Network Assembly 主席、德州农工大学 T.W.Huang 教授在 IEEE T Systems,Man,and Cybernetics:Systems (47(1):24-32. IF:5.131)中评价：针对离散时间 T-S 模糊系统控制综合，代表作[6]**提出了一种多时刻齐次多项式方法**【…**proposed** a multi-instant homogenous polynomial approach..】。

■IFAC 计算智能控制技术委员会主席、IEEE TVT 汇刊区域主编、法国瓦朗谢纳大学 T.M.Guerra 教授在 IEEE T Fuzzy Systems (DOI:10.1109/TFUZZ.2018.2882169.IF:8.415)中正面引用项目 5 篇论文，评价：代表作[6]等**引入了多时刻模糊控制方法、基于齐次多项式的松弛变量方法**，以减少控制的保守性。

3）对科学发现点三的客观评价：

■IEEE PES 杰出青年工程师奖获得者、美国丹佛大学 S. Bahramirad 教授在 IEEE Access (3:890-925, 2015)大段引用代表作[7]并评价：**提出了多层混杂控制系统，创建了运行模态智能重构策略**【…a three-level hierarchical hybrid control system **is presented,**… intelligent reconfiguration strategies …are **established**…】。

■IEEE Fellow、IEEE可再生能源技术委员会主席、丹麦奥尔堡大学J. M.Guerrero教授在Renewable and Sustainable Energy Reviews (60:1263-1273, 2016)中评价：代表作[7]**提出了多智能体系统的分层框架结构**【A hierarchical framework of MAS is **presented** in [27]】，重塑（**recalls**）了已有的分层控制结构，表征（**formulates**）了微电网的混杂控制。

■IEEE Fellow、美国凯斯西储大学 K.A.Loparo 教授在 IEEE T Power Systems(30:734-742. IF:5.255)中评价：代表作[7]引入多智能体系统方法以解决大规模配电网的控制问题.

■爱丁堡皇家学会会士、英国斯克莱德大学 X.R.Mao 教授在 Automatica (82:165-170, 2017. IF:6.126)中评价：代表作[8]与国际学者一道**创建了随机微分时滞系统的时滞依赖稳定性判据**（..stability criteria have been **estabilished** by …）.

代表性论文专著目录：

序号	论文专著名称/刊名/作者	年卷页码（xx年xx卷xx页）	发表时间（年月日）	通讯作者（含共同）	第一作者（含共同）	国内作者	SCI他引次数	他引总次数	论文署单是否含外单位
1	Network-based robust H_∞ control of systems with uncertainty/ Automatica/ Yue Dong, Han Qinglong, Lam James	2005年41卷999-1007页	2005年3月10日	岳东	岳东	岳东 Lam James（林参）	363	1098	是
2	State feedback controller design of networked control systems/ IEEE Transactions on Circuits and Systems-II/ Yue Dong, Han Qinglong, Peng Chen	2004年51卷640-644页	2004年11月15日	岳东	岳东	岳东 彭晨	251	895	是
3	A delay system method for designing event-triggered controllers of networked control systems/ IEEE Transactions on Automatic Control/Yue Dong, Tian Engang, Han Qinglong	2013年58卷475-481页	2012年6月29日	岳东	岳东	岳东 田恩刚	225	474	是
4	A Higher Energy-Efficient Sampling Scheme for Networked Control Systems over IEEE 802.15.4 Wireless Networks/ IEEE Transactions on Industrial Informatics/ Peng Chen, Yue Dong, Fei Minrui	2016年12卷1766-1774页	2015年9月24日	彭晨	彭晨	彭晨 岳东 费敏锐	9	15	否

5	Relaxed stability and stabilization conditions of networked fuzzy control systems subject to asynchronous grades of membership/ IEEE Transactions on Fuzzy Systems/ Peng Chen, Yue Dong, Fei Minrui	2014年22卷1101–1112页	2013年9月16日	彭晨	彭晨	彭晨 岳东 费敏锐	33	48	否
6	Control synthesis of discrete–time T–S fuzzy systems via a multi–instant homogenous polynomial approach/ IEEE Transations on Cybernetics/ Xie Xiangpeng, Yue Dong, Zhang Huaguang, Xue Yusheng	2016年46卷630–640页	2015年3月23日	岳东	解相朋	解相朋 岳东 张化光 薛禹胜	129	149	否
7	Multi–agent based hierarchical hybrid control for smart Microgrid/ IEEE Transactions on Smart Grid/ Dou Chunxia, Liu Bin	2013年4卷770–778页	2013年1月21日	窦春霞	窦春霞	窦春霞 刘斌	41	122	是
8	Delay–dependent exponential stability of stochastic systems with time–varying delays, nonlinearities and Markovian jump parameters/ IEEE Transactions on Automatic Control/ Yue Dong, Han Qinglong	2005年50卷217–222页	2005年2月	岳东	岳东	岳东	202	401	是
合　计							1253	3202	

主要完成人情况：

1.岳东

排名：1

行政职务：院长

技术职称：教授

工作单位：南京邮电大学

完成单位：南京邮电大学

对项目的主要学术贡献：对重要发现点一、二和三做出创造性贡献，是代表作[1,2,3,8]的第一作者，同时是代表作[4，5，6]的共同作者。

表征了系统动态性能受网络不确定性的影响关系，揭示了通信机制–网络性能–控制性能间的内在关联机理，系统性提出了网络不确定性的主动应对控制设计方法，建立了通信机制与控制一体化设计框架，分析设计方法已成为国际网络化控制研究中的主流方法之一；提出了异步前件下非线性系统网络控制设计的理论方法，解决了高阶异构多项式技术与多维同胚模糊理论之间无损性转化的难题，建立了非 PDC 型模糊控制方法；提出了各单元系统多模态切换下的稳定控制理论方法。

2.彭晨

排名：2

行政职务：无

技术职称：教授

工作单位：上海大学

完成单位：南京师范大学

对项目的主要学术贡献：对重要发现点一和二做出创造性贡献，是代表作[4,5]的第一作者，同时是代表作[2]的共同作者。

表征了系统动态性能受网络不确定性的影响关系，提出了基于离散事件触发和混合触发的应对控制方法，建立了通信机制与控制一体化设计框架，并被用于解决智能电网电压频率控制问题；克服了传统并行分布补偿控制（PDC）依赖同步前件的局限，提出了异步前件下非线性系统网络控制设计的理论方法。

3. 窦春霞

排名：3

行政职务：无

技术职称：教授

工作单位：燕山大学

完成单位：燕山大学

对项目的主要学术贡献：对重要科学发现三做出创造性贡献，是代表作[7]的第一作者。

建立了安全事件驱动的异质单元群体多模态协调序贯式切换控制方法，大幅度提

升了大扰动下安全约束的快速调节能力；发掘了单元间信息关联、物理拓扑、模态切换与群体协同动态行为的内在关联，建立了基于多智能体集中协调分布式协同架构的多时空尺度网络协同优化控制理论方法，有效解决了微电网“源–网–荷–储”等混杂单元群体安全经济稳定运行控制的难题。

4.解相朋

排名：4

行政职务：无

技术职称：副研究员

工作单位：南京邮电大学

完成单位：南京邮电大学

对项目的主要学术贡献：对重要科学发现二做出创造性贡献，是代表作[6]的第一作者。

解决了高阶异构多项式技术与多维同胚模糊理论之间的无损性转化难题，建立了非PDC型模糊控制方法，提出了优化控制结构且大幅提升控制性能的解决方案。方法用于解决光伏最大功率快速跟踪控制的难题。

完成人合作关系说明：

自2000年初，第一完成人与其他几位完成人相继开展了近二十年的合作研究。如下分别阐述第一完成人与几位完成人的关系与合作取得的研究成果。

1、第一完成人与第二完成人合作关系与合作成果

第二完成人是第一完成人的博士后，从2002年开始合作研究，围绕第一和第二贡献点的研究共同发表了32篇SCI论文，5篇代表性合作论文如下：

●**Dong Yue,** Qinglong Han, **Chen Peng**, State feedback controller design of networked control systems, *IEEE Transactions on Circuits and Systems–II*, vol.51 (11), pp.640–644, 2004

●**C.Peng**, **D.Yue**, M. R. Fei. A Higher Energy–Efficient Sampling Scheme for Networked Control Systems over IEEE 802.15. 4 Wireless Networks， *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol.12, no.5, pp.1766–1774, 2016

●**C.Peng**, **D.Yue** and M.R.Fei, Relaxed stability and stabilization conditions of networked fuzzy control systems subject to asynchronous grades of membership, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol.22, no.5, pp.1101–1112, 2014

●**C.Peng**,Q.–L.Han, **D.Yue**, Communication–delay–distribution dependent decentralized control for large–scale systems with IP–based communication networks, *IEEE Transactions on Control Systems Technology* , vol.21, no.3, pp:820–830, 2013

●**D.Yue,** E.G.Tian, Y.J. Zhang, **C.Peng**, Delay–Distribution–Dependent Stability and Stabilization of T–S Fuzzy Systems with Probabilistic Interval Delay， *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics––Part B: Cybernetics*， *Regular paper,* vol. 39, pp:503–516, 2009

2、第一完成人与第三完成人合作关系与合作成果

第一完成人与第三完成人合作研究从2011年开始，围绕混杂群体协同控制以及智能电网优化协同控制研究，到目前为止合作发表SCI论文17篇，5篇代表性合作论文如下：

●**C.X.Dou**, N. Li, **D.Yue**, et al. Hierarchical hybrid control strategy for micro–grid switching stabilisation during operating mode conversion, *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol.10, no.12, pp. 2880–2890,2016

●**C.X.Dou**, X. G. An, **D.Yue**. Multi–agent system based energy management strategies for microgrid by using renewable energy source and load forecasting, *Electric Power Components and Systems*, vol.44, no.18, pp. 2059–2072,2016

●Y.Yang, **D.Yue**, **C.X.Dou**, Distributed adaptive output consensus control of a class of heterogeneous multi–agent systems under switching directed topologies, *Information Sciences*, vol.345, pp.294–312, 2016

●**C.X.Dou**, **D.Yue**, X.B.Li, Y.S.Xue, MAS–based management and control strategies for

integrated hybrid energy system, *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* vol.12, no.4, pp.1332–1349, 2016

●**C.X.Dou**, X. An, **D.Yue**, et al. Two - level decentralized optimization power dispatch control strategies for an islanded microgrid without communication network, *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol.27, no.1, 2017

3、第一完成人与第四完成人合作关系与合作成果

第四完成人是第一完成人的博士后，从2010年开始合作，围绕网络化控制和非线性系统控制研究，合作发表了SCI论文28篇，5篇代表性合作论文如下：

●X.P.Xie, **D.Yue**, H.G.Zhang, Control synthesis of discrete–time T–S fuzzy systems via a multi–instant homogenous polynomial approach, *IEEE Transations on Cybernetics*, vol.46, no.3, pp.630–640, 2016

●X.P. Xie, **D.Yue**, X.L.Zhu. Further Studies on Control Synthesis of Discrete–Time T–S Fuzzy Systems via Useful Matrix Equalities, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 22, no.4, pp. 1026–1031, 2014.

●X.P. Xie, **D.Yue**, T.D.Ma, Xunlin Zhu. Further Studies on Control Synthesis of Discrete–Time T–S Fuzzy Systems via Augmented Multi–Indexed Matrix Approach, *IEEE Transactions on Cybernetics*, vol. 44, no.12, pp. 2784–2791, 2014

●X.P. Xie**, D. Yue,** H.G. Zhang, Y.S. Xue, Control Synthesis of Discrete–Time T–S Fuzzy System via a Multi–Instant Homogenous Polynomial Approach. *IEEE Transaction on Cybernetics*, vol.46, no.3, pp.630–640, 2015

●X.P.Xie, **D.Yue**, C.Peng, Relaxed fuzzy control synthesis of nonlinear networked systems under unreliable communication links, *Applied Soft Computing,* vol.41, pp.180–191, 2016

6、

项 目 名 称	光功能纳米材料在生物医学中的探索研究
提 名 单 位	江苏省科技厅
主 要 完 成 人	刘庄、杨凯、程亮、汪超、陈倩
主要完成单位	苏州大学

提名单位意见：

该项目是以材料科学为基础的交叉学科研究，探索了具有光吸收或光致发光功能的石墨烯纳米材料、稀土发光纳米材料以及高分子与天然生物材料在生物医学特别是肿瘤光学治疗中的潜在应用：在动物实验中实现了低光照功率下的肿瘤高效光热治疗和近红外光诱导下的大组织穿透深度光动力治疗；获得了具有良好生物安全性的光学治疗纳米载体；并通过研究材料的生物学效应提出了光学治疗介导肿瘤免疫治疗的新策略，在动物实验水平有效验证了该策略在抑制肿瘤转移复发方面具有独特的优势；基于该项目科学发现，已启动了一项针对膀胱癌的光动力免疫联合治疗临床试验。该项目研究成果引起了国际上多个团队后续追踪研究，8篇代表作总SCI他引3362次，最高单篇SCI他引1153次。相关成果被发表于Nature、Nature系列杂志和其他高水平期刊上的论文正面评价和引用。项目成果皆为该团队在苏州大学完成的原创工作。第一完成人为国家杰青、长江学者、英国皇家化学会(RSC) Fellow、美国医学与生物工程学会(AIMBE) Fellow，于2015–2018年连续入选“全球高被引科学家”，任生物材料领域国际著名期刊Biomaterials副主编，获江苏省科学技术奖一等奖、Biomaterials Science Lectureship等国内外学术荣誉。综上，基于该项目的研究成果及其国际学术影响，提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

项目简介：

该项目结合材料科学与生命医学等多学科展开前沿交叉研究，探索了具有光吸收或光致发光功能的纳米材料在生物医学特别是肿瘤诊疗方面的潜在应用。基于无机光功能材料实现了低光照功率下的肿瘤高效光热治疗和近红外光诱导的大组织穿透深度光动力治疗，基于有机功能材料构建了具有高度生物安全性的光学治疗纳米载体，并提出了光学治疗介导肿瘤免疫治疗的新策略，证明了该策略在抑制肿瘤转移与复发方面具有独特的优势和潜在临床应用价值。

（1）实现了基于无机光功能纳米材料的高效率光热与光动力治疗：针对肿瘤光热治疗中所需光功率过高的问题，发展了基于纳米石墨烯的肿瘤光热治疗与联合治疗策略，实现了低光照功率下的肿瘤光热杀灭。针对传统光动力治疗可见光穿透性差的问题，利用稀土上转换光致发光纳米材料在动物水平上首次实现了近红外光诱导的肿瘤光动力治疗，有利于提高对大体积肿瘤的疗效。研究成果被发表于 Nature 和多个 Nature 系列杂志上论文的正面评价与引用，得到了国际上的广泛关注，并引发了国内外多个团队的追踪研究。

（2）发展了基于有机光功能材料的生物相容性纳米载体：针对光学治疗中纳米材料的安全性问题，发展了基于高分子材料与天然生物材料的光学治疗纳米载体；提出了药物诱导蛋白自组装的策略，利用已被临床认可的白蛋白材料与小分子染料/化疗药物组装获得了多功能纳米药物，并用于影像导航下肿瘤光疗/化疗联合治疗，在实现高效肿瘤杀灭的同时保障了材料体系的生物安全性。该方面成果具有一定的临床转化潜力。相关工作被多个学术媒体报道，也被发表于 Chem Rev、Chem Soc Rev、Nature Commun 等期刊上的论文正面评价与引用。

（3）提出了光学治疗介导肿瘤免疫治疗的新策略：研究发现基于纳米材料的肿瘤光学治疗可诱发机体的抗肿瘤免疫反应，与临床肿瘤免疫治疗中使用的免疫检查点抑制剂结合可以实现显著的协同效应，在光热杀灭原位肿瘤的同时刺激免疫反应可有效清除体内残存肿瘤细胞并抑制肿瘤转移。该工作体现出光学治疗独特的优势，发表后得到发表于 Nature Mater、Nature Commun、Chem Rev 等期刊上论文的正面评价。基于该科学发现的后续研究，已于近期启动了一项光动力免疫联合治疗膀胱癌的临床试验：喜泊芬光动力疗法联合膀胱内卡介苗灌注免疫疗法预防中高危非肌层浸润性膀胱癌 TURBT 术后复发的单臂临床试验（注册号：ChiCTR1800019685，伦理委员会批准日期：2018 年 11 月 1 日）。

该项目的研究成果引起了国际上的广泛关注和国内外相当数量的追踪研究，8 篇代表作总 SCI 他引 3362 次，最高单篇 SCI 他引 1153 次。项目成果为该团队在苏州大学完成的原创工作。第一完成人为国家杰青、长江学者、英国皇家化学会(RSC) Fellow、美国医学与生物工程学会(AIMBE) Fellow；发表学术论文 270 余篇，总引用 4 万余次，H 因子 100；于 2015–2018 年连续入选“全球高被引科学家”，任生物材料领域国际著名期刊 Biomaterials 副主编，获江苏省科学技术奖一等奖、Biomaterials Science Lectureship 等国内外学术荣誉。

客观评价：

1，纳米石墨烯在生物医学中的应用探索在国际上的引领作用

该项目利用石墨烯独特的物理化学性质，首次实现基于石墨烯的动物体内肿瘤光热治疗（**代表性论文1，SCI他引1153次**）。该工作发表以后2010年被Nature杂志以“纳米肿瘤杀手(Nano Tumour Killer)”为题作为亮点报道。诺贝尔奖得主Novoselov教授2012年发表在Nature杂志上的题为“石墨烯路线图”综述性论文（**见他引1**）中对代表性论文1做出评述，指出“静脉注射荧光标记的PEG修饰的氧化石墨烯具有很强的肿瘤被动靶向能力，在使用低功率激光照射就可以达到很好的肿瘤治疗效果，纳米石墨烯在肿瘤光热治疗中具有潜力。” 新加坡国立大学Kian Ping Loh教授在Nature Chemistry上发表的关于石墨烯光学性质和应用的综述中（**见他引2**）也长篇幅介绍了该工作（代表性论文1），并指出“这些结果表明石墨烯在肿瘤治疗等医学应用中有着令人鼓舞的应用前景”。

在石墨烯基纳米材料的肿瘤联合治疗与影像导航光学治疗的相关研究方面，美国科学院院士斯坦福大学Hongjie Dai教授在Chem Rev（**见他引3**）发表的综述论文中详细评述了该项目的**代表性论文2**，指出“采用808 nm激光使细胞微弱升温，有利于石墨烯的内吞,从而增强光动力治疗疗效”。美国罗格斯大学Ki-Bum Lee教授在Chem Rev (2015, 115, 2483－2531) 发表的论文则指出：“杨等人发展的纳米石墨烯-氧化铁复合物具有很好的生物相容性，可实现成像指导下的肿瘤光热治疗”（**代表性论文3**）。

2，稀土上转换发光纳米材料在肿瘤诊疗方面的研究得到的广泛关注

该研究团队在国际上首次在动物水平基于稀土上转换发光纳米颗粒实现了近红外诱导下大组织穿透深度的光动力治疗 (**代表性论文4**)，该策略被国内外同行广泛借鉴和引用。新加坡国立大学Yong Zhang教授采用相近的策略，利用上转换纳米材料在动物体内实现了肿瘤靶向光动力治疗，其工作在代表性论文4发表一年之后发表于顶级医学期刊Nature Medicine（**见他引4**）。荷兰莱顿大学 Bonnet教授Nature Reviews Chemistry (2018, 2, 437－452)上则指出“上转换发光材料由于近红外光激发可用于深部组织成像和治疗”，并引用了代表性论文4。

该项目发展的磁性上转换复合纳米结构用于肿瘤多模态成像与治疗的工作（**代表性论文5**）也得到了广泛关注。新加坡国立大学Xiaogang Liu教授在Nature Nanotechnology上发表的论文（**见他引5**）中指出“上转换纳米晶体与其他纳米结构组装可以得到更多功能的纳米材料，有序自组装被证明是一种理想的能够得到多功能材料的手段”；该文中也高度评价了代表性论文4。纳米医学领域著名科学家Buffalo大学Prasad教授等在Chem Rev (2014, 114, 5161) 上发表的论文中详细介绍了代表性论文5的内容，指出：“刘等人发展了稀土磁性功能复合纳米材料，将其光学和磁学性质用于多模态成像，展示了多模态成像与治疗结合的应用优势”。此外，该论文中还引用和讨论项目团队发表的其他14篇有关上转换纳米材料生物医学应用的论文。

3，有机与天然生物材料光功能纳米载体研究在纳米医学领域内产生的影响

该项目探索了基于高分子和天然生物材料的高效安全肿瘤光学治疗，相关工作得到了国际上的广泛关注。加拿大多伦多大学 Gang Zheng 教授在 Chem. Rev.发表的综述性论文中指出“有机共轭高分子聚吡咯在近红外区具有很强的吸收作用， 可以作为很好的光热试剂用于肿瘤的光热治疗”（**代表性论文6**）。韩国高丽大学Jong Seung Kim教授在Chem Soc Rev上发表综述性论文（**见他引6**）中指出“有机共轭高分子聚吡咯在近红外激光照射下具有很好的光热效应，能够完全的杀灭肿瘤且不会复发”。美国斯坦福大学Gambhir 教授（美国医学科学院院士，Nano Lett杂志副主编）在其研究论文中（Adv Mater 2015, 27, 5184）引用该工作并认为“有机纳米材料作为安全的光热材料可用于高效肿瘤光热治疗”。

在白蛋白光学治疗载体的相关研究方面，美国国立卫生研究院Xiaoyuan Chen教授在Chem Rev发表的综述性论文（**见他引7**）中大篇幅评价和引用该项目中基于蛋白载体的光热/化疗联合治疗的工作（**代表性论文7**），同时引用了研究团队在这个方向的多篇相关文献。加拿大多伦多大学工程学院Warren C. W. Chan教授在Nature Rev Mater(2016, 1, 16014) 发表的综述性论文中指出“纳米载体可以同时装载多种药物和造影剂而成为诊疗一体的治疗剂”。中国科学院院士、发展中国家科学院院士谭蔚泓教授在Adv Mater（2017, 129, 10985）上发表的研究性论文指出“疏水性药物分子吸附到白蛋白上得到的白蛋白复合物具有显著改善的治疗效果”。

4，基于纳米材料的光学介导肿瘤免疫治疗得到的关注和后续追踪研究

该项目首次发展了一种基于纳米材料的肿瘤光学/免疫联合治疗策略，相关工作得到了国际上广泛的关注，并带动了国内外多个团队在这个方向的后续研究。生物医学工程领域知名科学家美国Harvard大学David Mooney教授在Nature Materials上发表的综述性论文（**见他引8**）指出“基于碳纳米管的光热疗法可以‘加热’肿瘤，刺激树突细胞成熟，并且能和anti-CTLA-4达到协同治疗肿瘤的效果 (**代表性论文8**)”。生物材料与生物医学工程领域顶级科学家、麻省理工学院美国三院院士Robert Langer教授在The Cancer Journal (2015, 21, 314-321)上发表的论文中也大篇幅介绍了该工作，指出：“基于碳纳米管的光热消融引起了强烈的抗肿瘤免疫反应，联合anti-CTLA-4有效的抵抗免疫细胞，显著提高了CD8/Treg的比例”。生物医学工程领域知名科学家,美国得克萨斯大学大学Tunnell教授在Advanced Drug Delivery Reviews (2017, 114, 175-183)上发表的综述性论文，指出**代表性论文8**工作是在该领域首次提出了肿瘤光热免疫联合治疗策略：“光热消融和anti-CTLA-4的联合抗肿瘤疗法极大的延长了小鼠的存活时间”。

综上，该项目研究成果在国际生物材料与纳米医学领域产生了较重要的影响，引起了国内外同行大量的追踪研究，项目8篇代表作总SCI他引3362次，被发表于Nature、Nature系列杂志和其他高水平期刊上的论文广泛引用和正面评价，项目曾获江苏省科学技术奖一等奖。

代表性论文专著目录：

1. Graphene in Mice: Ultrahigh In Vivo Tumor Uptake and Highly Efficient Photothermal Therapy /Nano Lett. /Kai Yang, Shuai Zhang, Guoxin Zhang, Xiaoming Sun, Shuit-Tong Lee, Zhuang Liu*，年卷页码：2010 年 10 卷 3318－3323 页，发表时间年月日：2010 年 8 月 4 日，通讯作者：刘庄，第一作者：杨凯，国内作者：杨凯，张帅，张国新，孙晓明，李述汤，刘庄。

2. Photothermally Enhanced Photodynamic Therapy Delivered by Nano-Graphene Oxide/ ACS Nano / Bo Tian, Chao Wang, Shuai Zhang, Liangzhu Feng, Zhuang Liu*，年卷页码：2011 年 5 卷 7000-7009 页，发表时间年月日：2011 年 8 月 4 日，通讯作者：刘庄，第一作者：田博，国内作者：田博，汪超，张帅，冯良珠，刘庄。

3. Multimodal Imaging Guided Photothermal Therapy Using Functionalized Graphene Nano-sheets Anchored with Magnetic Nanoparticles / Adv. Mater. / Kai Yang, Lilei Hu, Xingxing Ma, Shuoqi Ye, Liang Cheng, Xiaoze Shi, Changhui Li, Yonggang Li, Zhuang Liu*，年卷页码：2012 年 24 卷 1868-1872 页，发表时间年月日：2012 年 2 月 27 日，通讯作者：刘庄，第一作者：杨凯，国内作者：杨凯，胡立磊，马星星，叶硕奇，程亮，史小泽，李长辉，李永刚，刘庄。

4. Near-infrared Light Induced In Vivo Photodynamic Therapy of Cancer Based on Upconversion Nanoparticles / Biomaterials / Chao Wang, Huiquan Tao, Liang Cheng, Zhuang Liu*，年卷页码：2011 年 32 卷 6145-6154 页，发表时间年月日：2011 年 5 月 26 日，通讯作者：刘庄，第一作者：汪超，国内作者：汪超，陶惠泉，程亮，刘庄。

5. Facile Preparation of Multifunctional Upconversion Nanoprobes for Multi-modal Imaging and Dual-targeted Photothermal Therapy / Angew. Chem. Int. Ed. /Liang Cheng, Kai Yang, Yonggang Li, Jianhua Chen, Chao Wang, Mingwang Shao*, Shuit-Tong Lee, Zhuang Liu*，年卷页码：2011 年 50 卷 7385-7390 页，发表时间年月日：2011 年 6 月 28 日，通讯作者：刘庄/邵名望，第一作者：程亮，国内作者：程亮，杨凯，李勇刚，陈建华，汪超，邵名望，李述汤，刘庄。

6. In Vitro and In Vivo Near-Infrared Photothermal Therapy of Cancer Using Polypyrrole Organic Nanoparticles / Adv. Mater. / Kai Yang, Huan Xu, Liang Cheng, Chunyang Sun, Jun Wang, Zhuang Liu*，年卷页码：2012 年 24 卷 5586-5592 页，发表时间年月日：2012 年 8 月 22 日，通讯作者：刘庄，第一作者：杨凯/许欢，国内作者：杨凯，许欢，程亮，孙春阳，王钧，刘庄。

7. An Imagable and Photothermal “Abraxane-Like” Nanodrug for Combination Cancer Therapy to Treat Subcutaneous and Metastatic Breast Tumors / Adv. Mater. / Qian Chen, Chao Liang, Chao Wang, Zhuang Liu*, 年卷页码：2015 年 27 卷, 903-910 页，发表时间年月日：2014 年 12 月 12 日，通讯作者：刘庄，第一作者：陈倩，国内作者：陈倩，梁超，汪超，刘庄。

8. Immunological Responses Triggered by Photothermal Therapy with Carbon Nanotubes in Combination with Anti-CTLA-4 Therapy to Inhibit Cancer Metastasis / Adv. Mater. / Chao Wang, Ligeng Xu, Chao Liang, Jian Xiang, Rui Peng, Zhuang Liu*, 年卷页码：2014 年 26 卷，8154-8162 页，发表时间年月日：2014 年 10 月 20 日，通讯作者：刘庄，第一作者：汪超，国内作者：汪超，许立耕，梁超，项健，彭睿，刘庄。

主要完成人情况：

1. 刘庄，排名1，教授，工作单位：苏州大学，完成单位：苏州大学，是项目负责人，负责项目研究内容的整体设计，学术思想的提出和研究工作的学术指导，领导该研究团队研究了多种功能纳米材料在肿瘤光学治疗与新型诊疗技术方面的应用。对重要科学发现点1、2、3均做出了贡献，旁证材料见代表性论文1–8。

2. 杨凯，排名2，教授，工作单位：苏州大学，完成单位：苏州大学，在该项目中主要研究了纳米石墨烯在生物医学领域的应用，在基于纳米石墨烯的肿瘤成像、药物输送以及肿瘤光热治疗等方面做出许多原创性的工作，同时探索了基于有机高分子纳米材料的肿瘤光学治疗。对重要科学发现点1、2做出了贡献，旁证材料见代表性论文1，3，5，6。

3. 程亮，排名3，教授，工作单位：苏州大学，完成单位：苏州大学，在该项目中主要研究了稀土上转换发光纳米材料及其复合纳米材料在生物医学中的应用，探索了基于磁性稀土上转换复合纳米材料在影像导航下的肿瘤光热治疗，以及有机高分子纳米材料在肿瘤光学治疗方面的应用。对重要科学发现1做出了贡献，旁证材料见代表性论文3、4、5、6。

4. 汪超，排名4，教授，工作单位：苏州大学，完成单位：苏州大学，在该项目中主要研究了稀土上转换发光纳米材料在肿瘤光动力治疗等方面的应用，并探索了基于纳米材料的光学治疗介导肿瘤免疫治疗的联合疗法。对重要科学发现1、3做出了贡献，旁证材料见代表性论文2、4、5、7、8。

5. 陈倩，排名5，教授，工作单位：苏州大学（拟于2019年2月入职），完成单位：苏州大学，在该项目中主要研究了基于天然生物材料的高效安全肿瘤光学治疗，利用疏水药物诱导蛋白分子自组装的技术，构建具有肿瘤靶向能力、多模态成像和联合治疗功能的蛋白纳米药物，用于影像导航下的肿瘤光学治疗与联合治疗。对重要科学发现2做出了贡献，旁证材料见代表性论文7。

完成人合作关系说明：

该项目第一完成人和第二、第三、第四、第五完成人同属一个研究团队，项目第一完成人为团队负责人，所有科研工作均在苏州大学完成。

第一完成人刘庄和第二完成人杨凯合著代表性论文1，3，5，6。

第一完成人刘庄和第三完成人程亮合著代表性论文3、4、5、6。

第一完成人刘庄和第四完成人汪超合著代表性论文2、4、5、7、8。

第一完成人刘庄和第五完成人陈倩合著代表性论文7。

该项目第一完成人刘庄与其他四位完成人近年来合作累计发表SCI学术论文100余篇，项目第一、第二、第三、第四完成人在2016年共同获得江苏省科学技术一等奖。

7、

项 目 名 称	中国极端气候变化的观测分析及其预估研究
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	翟盘茂、江志红、李庆祥、吴志伟、陈威霖
主要完成单位	南京信息工程大学、中国气象科学研究院、国家气象信息中心

提名单位意见：

该项目在国家科技基础平台项目、国家科技支撑计划和系列国家自然科学基金的持续支持下，率先研发中国均一化逐日气候数据集，结合极端气候统计理论及其方法的完善，系统揭示了变暖背景下我国极端气候变化规律及未来响应特征。项目发表的8篇代表性论文SCI他引1265次，总他引1837次，单篇最高SCI他引581次，他引期刊包括Nature，Science，Nature Climate Change，PNAS，BAMS等国际权威刊物；其中6篇代表性论文被政府间气候变化专门委员会（IPCC）系列评估报告引用。该项目在我国极端气候变化研究领域取得的原创性成果，成为中国区域极端气候变化及其未来响应的重要依据，获得了国内外同行的高度认可与评价，扩大了我国在该领域的国际影响，推动了我国极端天气气候变化事件研究。相关成果获得2015年度江苏省科学技术奖一等奖。

我单位认真审阅了该项目材料，确认全部材料真实有效，符合报奖要求。

提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

项目简介：

自上世纪90 年代起，极端气候事件的频发和加剧造成了人类经济社会巨大损失，极端气候变化已成为全球变化研究的重大前沿课题，亦是国际社会关注气候变化的理由之一、该项目专家研制了具有国际领先水平的我国均一化气候数据集，发展了极端气候统计理论和方法，系统揭示了变暖背景下我国极端气候变化的关键特征、演变规律及其未来趋势。主要创新成果如下：

（1）创新序列非均一性研究方法，率先研制了我国均一化气候数据集，为极气候变化研究奠定了高质量资料基础。发现测站迁移、观测规范调整、环境变化、仪器变更等导致的我国气候序列近40%站点存在时间非均一性现象；建立了多模式集合、多断点检验与平均值订正结合的均一化方法，研制发布了我国第一代均一化气温数据集；进一步量化了近60 年我国气象台站迁址和观测自动化这两种主导因素引起的气温序列系统性偏差幅度；发展了参考序列构建技术和多尺度协调匹配检验方法，解决了逐日序列均一性检验与订正难题，研制发布了我国第二代均一化气温数据集，为中国极端气候研究奠定了高质量资料基础，得到了国际资料领域同行专家的广泛肯定。

（2）率先提出了极端强降水、降水强度、极端高低温、区域旱涝等极端气候变化指标系列，构建了检测极端气候时频特征的指标体系，比较系统地揭示了变暖背景下我国极端气候时空变化的关键特征和物理机理。基于极值分布理论，兼顾极端气候事件高影响和局地性特点，发展了相对和绝对阈值的极端气候变化检测方法，率先揭示出变暖背景下我国极端暖事件增多和极端低温事件和寒潮过程显著减少趋势；发现我国东部降水频率下降，西北部地区降水频率增加，全国降水强度普遍增加，极端强降水的相对贡献显著增强变化规律。提出了青藏高原积雪减少，导致华北地区对流层高压持续异常，进而触发华北陆气正反馈效应，从而引起华北乃至东北亚地区热浪发生频率增加的影响机理。

（3）提出了双向耦合动力降尺度新方法；基于模式性能集成新方案，揭示了未来变暖背景下我国极端气候的响应特征，降低了我国极端气候未来预估的不确定性。发展建立了双向耦合动力降尺度方法，初步解决了气候系统内部不同尺度转换及相互作用问题，提高了对极端气候的模拟能力。研制了典型相关分析、多状态混合马尔科夫链随机模式等系列统计降尺度模型，减小了全球模式的“冷偏差”。结合基于模式性能加权集成新方案，给出了中国未来极端气候概率预估及其不确定性分析，提高了我国区域极端气候变化未来预估的科学性和可靠性。

该项目**8篇代表性论文发表在BAMS、JC、CD等杂志上，被SCI正面他引1265次，总他引1837次，单篇最高SCI他引581次并入选ESI“高被引论文”**,他引期刊包括Nature, Science, Nature Climate Change, PNAS, BAMS, Rev. Geophys, Global Change Biol, Earth-Science Review等国际地学和环境领域的权威期刊，**其中6篇代表性论文被联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）系列报告引用**，成为中国区域极端气候变化规律及其未来响应的重要依据，推动了我国极端气候变化研究，**相关成果获得2015年度江苏省科学技术奖一等奖**。

客观评价：

项目发表的8篇代表性论文（附件1）被SCI他引1265次，总他引1837次，单篇最高SCI他引581次并入选ESI“高被引论文”,他引期刊包括Nature, Science, Nature Climate Change，PNAS, BAMS，Rev. Geophys，Global Change Biol等国际地学和环境领域的权威期刊，并被大气科学主流期刊J. Clim.，J. Geophys. Res-Atmos，Clim.Dyn.，Clim. Change等广泛引用。6篇代表性论文结论被IPCC系列评估报告作为区域极端事件变化的重要依据引用；部分成果的科学意义受到Nature climate change的重点介绍和关注，推动了我国极端气候变化研究和极端气候监测诊断业务应用。按照三个科学发现点，第三方评价分别举例如下：

对科学发现点一的客观评价：代表性论文1被IPCC第五次报告引用，作为计算中国区域变化研究的重要资料来源。澳大利亚气象和海洋学会主席、著名气候资料专家Blair Trewin博士在WIRES Clim Change(2010)的综述文章介绍了气温观测和资料问题，引用了2 篇中国专家的论文，代表性论文1 为其中之一。WMO CCl/WCRP/JCOMM气候变化及其指数（ETCCDI）联合主席，IPCC第六次评估报告极端天气气候事件章主笔（CLA）加拿大环境部Xuebin Zhang博士发表在2016年Nature Climate Change的文章，采用了代表性论文2的均一性订正方法和订正数据。WCRP极端气候大挑战联合主席、澳大利亚新南威尔士大学L.Alexander教授2015年在Int J Climatol发表文章，6次引用代表性论文1和2，并将中国均一化数据，作为ETCCDI 研发的全球极端气候指标数据集HadEX 的参考基准。在2014年欧洲气象学会期刊Geos. Instrum. Method. Data Syst.上，美欧等十九位一线均一性研究专家联合撰文综述全球和区域均一化进展，将中国（代表性论文2）、加拿大、澳大利亚和美国的均一化成果作为该领域的代表性成果。欧洲科学院院士，AGU、EGU、AMS及英国皇家气象学会会士，东安吉利尔大学气候研究中心主任P.Jones教授发表的综述文章（AAS，2016）引用代表性论文2的工作，将其作为区域数据集产品的代表性成果。美国多位学者2016年联合在JGR上引用代表性论文2，指出“目前现有中国、澳大利亚和加拿大研制了逐日均一化数据集”。

对科学发现点二的客观评价：代表性论文3入选ESI“高被引论文”。代表性论文3，4，5被IPCC第三、四、五次报告引用，作为变暖背景下中国极端气候的独特变化的重要依据。代表性论文3、5发现的中国区域“极端降水趋势变化的区域性；冬季冷日显著减少”等规律被北京大学朴世龙教授发表的Nature综述文章作为中国极端气候变化的重要事实加以引用。代表性论文4揭示的“中国区域极端低温显著上升”等变化规律被美国国家气候数据中心首席科学家、美国气象学会会士D.Easterling在Science和BAMS综述文章作为全球极端气候变化的重要证据加以引用。由AGU会士P.Y.Groisman和G.C.Hegerl，AMS前理事长、会士T.R.Karl等多位极端气候领域知名专家共同发表在J.Clim.(2005）的文章，引用代表性论文3、4结论，将其作为区域极端气候观测变化的代表性成果。美国科学院院士、英国皇家科学院院士、罗斯贝奖章获得者Brian Hoskins研究组发表在J. Clim.（2011）的文章5处引用代表性论文3，4 的工作。代表性论文3、

4揭示的东部季风降水和极端降水变化规律以及极端温度变化结论，得到了秦大河院士等主编的“中国气候与环境演变：2012”引用。代表性论文6 提出青藏高原夏季积雪变化影响华北热浪，其物理机制作为“研究亮点”被Nautre Climate Change(2015)专门报道。并被德国著名科学家、Ocean Dynamics 和J.Oceanography 杂志共同主编R.J.Greatbatch 博士正面引用。

对科学发现点三的客观评价：代表性论文8揭示了变暖背景下中国区域未来极端气候变化特征，被发表在PNAS上的文章引用，指出“根据Jiang等，21世纪即使在中等排放情形下，中国的极端事件频次也将继续增加”。代表性论文7，8揭示的中国极端气候对全球变暖的响应特征被IPCC第五次报告引用，作为中国未来极端气候变化的重要依据。代表性论文7提出的双向嵌套动力降尺度新方法，能显著改进对区域尺度极端气候的模拟能力，美国普林斯度大学地球物理流体动力学实验室（NOAA/GFDL）的数值预报专家Lucas和Lin在多篇文章重点引用本发现点的工作，指出“Chen等发现双向耦合能显著减少温度模拟的冷偏差”。中国科学院外籍院士、瑞典皇家科学院院士陈德亮教授课题组在其发表的Tellus A （2013）的文章,3次引用代表性论文7，说明气候模式对极端气候模拟能力的研究进展。日本气象厅气象研究所气候研究部主任Akio Kitoh博士在综述亚洲季风未来变化时，皆引用代表性论文7和8的结论。

代表性论文专著目录：

1.A mainland China Homogenized Historical Temperature Dataset of 1951–2004/Bull. Amer. Meteor. Soc/Qing–Xiang Li*, Hong–Zheng Zhang, Ji Chen, Wei Li, Xiao–Ning Liu, Phil Jones/2009年26卷143–153页/2009年08月01日

2.Homogenization of Chinese daily surface air temperatures and analysis of trends in the extreme temperature indices/J. Geophys. Res. Atmos./Wen–Hui Xu, Qing–Xiang Li*, Xiao–Lan L. Wang, Su Yang, Li–Juan Cao, Yang Feng/2013年118卷9708–9720页/2013年09月10日

3.Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China/Journal of Climate/Pan–Mao Zhai, Xue–Bin Zhang*, Hui Wang, Xiao–Hua Pan/2005年18卷1096–1108页/2005年04月01日

4.Changes of climate extremes in China/Climatic Change/Pan–Mao Zhai*, An–Jian Sun, Fu–Min Ren, Xiao–Nin Liu, Bo Gao, Qiang Zhang/1999年42卷203–218页/1999年05月01日

5.Trends in temperature extremes during 1951–1999 in China/Geophysical Research Letters/Pan–Mao Zhai*, Xiao–Hua Pan/2003年30卷1913–1916页/2003年9月13日

6. Possible Association of the western Tibetan Plateau Snow Cover with the Decadal to Interdecadal Variations of Northern China Heatwave Frequency/Climate Dyn/Zhi–Wei Wu*, Zhi–Hong Jiang, Jian–Ping Li, Shan–Shan Zhong, Li–Juan Wang/2012年39卷2393–2402页/2012年07月11日

7.Simulation of regional climate change under the IPCC A2 scenario in southeast China/Climate Dynamics/Wei–Lin Chen, Zhi–Hong Jiang*, Laurent Li, Pascal Yiou/2011年36卷491–507页/2010年09月29日

8.Extreme climate events in China: IPCC–AR4 model evaluation and projection/Climatic Change/Zhi–Hong Jiang *, Jie Song; Laurent Li, Wei–Lin Chen, Zhi–Fu Wang, Ji Wang/2012年110卷385–401页/2012年01月01日

主要完成人情况：

1、翟盘茂，排名 1，研究员，工作单位：中国气象科学研究院，完成单位：南京信息工程大学。对发现点 2 有重要贡献，对发现点 1 也有贡献。在极端气候指标、方法和变化规律方面开展了创新性研究，特别在围绕我国极端温度、降水变化、干旱变化等方面开展研究，揭示了我国极端气候变化趋势的规律性和关键区域特征，指出了与平均气候变化之间的联系。研制的极端气候的定义及其变化的诊断方法在国内研究和业务中应用。是代表性论文 3，4，5 的第一作者。

2、江志红，排名 2，教授，工作单位：南京信息工程大学，完成单位：南京信息工程大学。对本项目发现点 1,2,3 均有贡献。参与了气象资料均一化研究，揭示了我国极端气候变化的地域特征，研发了双向嵌套动力降尺度新方法，提出模式性能集成新方案，揭示了未来气候变暖情景下我国极端气候的响应特征。是代表性论文 7 的通讯作者，代表论文 8 的第一作者和通讯作者，代表性论文 6 的第二作者。

3、李庆祥，排名 3，教授，工作单位：中山大学，完成单位：国家气象信息中心。是本申请创新成果第 1 点的主要贡献者之一，对第 2 点亦有贡献。揭示了我国气候序列非均一性状况和产生原因，研制我国首个均一化气温数据集；发展了参考序列构建技术和多尺度协调匹配检验方法，解决基于逐日序列均一性检验与订正难题，完成基于高时间分辨率（逐日）统计检验的第二代均一化技术与气温数据集产品，定量给出了台站迁址、观测自动化导致我国气温数据产生偏差范围。是代表性论著 1 的第一作者，代表作 2 的通讯作者。

4、吴志伟，排名 4，教授，工作单位：复旦大学，完成单位：南京信息工程大学。是本申请重要发现点二的贡献者，是代表性论文 6 的第一作者和通讯作者。本人主要致力于极端天气气候事件（旱涝、极端温度变化等）发生机理的研究，发现青藏高原夏季积雪的年代际变化能通过改变华北地区的季风环流系统，影响华北热浪发生频率，所揭示的物理过程和相关机制被 Nature Climate Change 评为“研究亮点”。

5、陈威霖，排名 5，讲师，工作单位：南京信息工程大学，完成单位：南京信息工程大学。对科学发现点三有重要贡献，代表性论文 7 的第一作者。提出了用于区域极端气候精细化模拟与预测的新方法—双向耦合动力降尺度方法，其模拟冷偏差较单向嵌套减少 2℃，极端降水频次和强度更接近观测；提出了评估气候模式模拟极端气候能力的新指标和模式加权方案。以概率预估的新形式给出未来气候变化情景。

完成人合作关系说明：

本项目五名完成人具有长期合作关系，完成人1、2、3共同承担科技部基础性条件平台项目“气象科学数据共享中心课题”气象资料共享标准规范与质量控制技术研究”（2005DKA31700—01），其科研成果为本项目完成人相关研究提供了高质量资料基础；完成人2,3共同参与承担国家科技支撑计划“我国主要极端天气气候事件及重大气象灾害监测、检测和预测关键技术研究”（2007BAC29B01、2007BAC29B03）；完成人1、2、3共同指导毕业5名研究生，完成人1、2共同指导毕业3名研究生，完成人2、3共同指导毕业3名研究生；完成人2为完成人4硕士研究生的合作导师，是完成人5的硕士、博士研究生导师；五名完成人共同完成的“极端气候的统计理论和变化规律及其未来预估”项目获得2015年江苏省科学技术一等奖。

二、技术发明奖

1、

项 目 名 称	宽电压高能效集成电路设计方法及定制流程
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	时龙兴（东南大学）、杨军（东南大学）、董森华（北京华大九天软件有限公司）、刘伟平（北京华大九天软件有限公司）、陈超（东南大学）、单伟伟（东南大学）
主要完成单位	东南大学、北京华大九天软件有限公司

提名单位意见：

我单位认真审阅了该项目相关材料，相关栏目均符合国家奖励工作办公室的填写要求。按照要求，我单位和项目完成单位都已对该项目的拟提名情况进行了公示，目前无异议。

该项目首次提出了裕度弹性调节的宽电压电路设计方法。根据电路状态实时跟踪动态裕度，调整电路时序和偏置状态，以保证宽电压下存储器、逻辑和模拟射频电路可靠工作。包括：双采样的推测型低电压静态随机存储器，半路径的动态跟踪的宽电压自适应电压频率调节方法，参数跟踪的动态偏置低电压模拟/射频电路设计方法。为解决宽电压众工艺角和非高斯延时分布对电路良率和时序的影响，项目提出自适应仿真的宽电压签核流程，在保证高精度前提下，实现良率与时序的快速分析。所设计芯片的最低工作电压VDD_{min}和功耗等关键指标优于国外竞争对手。

项目共授权发明专利20项（含美国专利1项），发表SCI论文38篇，相关研究成果发表在集成电路顶级期刊固态电路IEEE JSSC，录用于国际顶级会议ISSCC存储器主题（中国大陆首次）。该项目推出业内首款宽电压高能效电路设计方法和定制流程，服务海思半导体、紫光展锐等国际前十大设计企业，在移动终端、物联网等领域取得突破性应用，近三年直接经济效益超过3.2亿元。

提名该项目为国家技术发明奖二等奖。

项目简介：

集成电路是信息技术产业的核心，是支撑经济社会发展和保障国家安全的战略性、基础性和先导性产业。能效是集成电路发展的永恒主题，在人工智能、5G通信、物联网和超级计算机国家战略需求背景下，高能效的需求尤为迫切。宽电压近阈值设计方法是国际半导体技术路线图（ITRS）公认的逼近能效极限的技术途径，但长期以来面临两大难题：①近阈值设计受工艺、电压、温度（PVT）偏差影响，良率难以保证，性能退化严重，传统设计方法已不再适用；②我国集成电路设计长期严重依赖国外EDA，自有设计工具（COT）开发能力不足。

自2011年起，在1项江苏省自然基金重点项目，5项国家自然基金，1项863重点项目支持下，开展了宽电压设计方法及定制流程的系统性研究，发明了：

（1）**裕度弹性调节的宽电压电路设计方法**。根据电路状态实时调整动态裕度，跟踪和调节电路时序和偏置状态，以保证宽电压下存储器、逻辑和模拟射频电路可靠工作。提出了双采样的推测型低电压静态随机存储器，动态跟踪位线读摆幅，调节读时序；提出了半路径的动态跟踪的宽电压自适应电压频率调节方法，动态跟踪时序余量，调节频率/电压；提出了参数跟踪的动态偏置低电压模拟/射频电路设计方法，动态跟踪关键参数，调节偏置状态。

（2）**自适应仿真的宽电压签核流程**。面向宽电压众工艺角和非高斯延时分布引发的电路良率分析和时序分析两个技术难题，摒弃基于工艺角和高斯分布的传统分析方法，提出了晶体管级系列分析方法，在保证高精度前提下，通过自适应仿真实现了良率与时序的快速分析：针对晶体管级快速高精仿真需求，提出了直接–迭代混合式稀疏矩阵并行加速算法；针对宽电压众工艺角存储器的快速高精度良率分析，提出了基于重采样策略的自适应重要采样算法；针对延时非高斯分布时序分析，提出了低差异序列和迭代自适应终止的快速蒙特卡洛仿真方法。

推出了首款宽电压设计方法和定制流程，包括时序签核、时序收敛等点工具和宽电压基础单元库，所设计芯片的最低工作电压VDD_{min}和功耗等关键指标优于国外竞争对手。

共授权发明专利20项（含美国专利1项），发表SCI收录论文38篇，其中关于推测型低电压存储器相关研究成果发表在集成电路顶级期刊固态电路IEEE JSSC，研究成果录用于国际顶级会议ISSCC存储器主题（中国大陆首次）。

该项目推出的业内宽电压高能效电路设计方法和定制流程，服务海思半导体、紫光展锐等国际前十设计企业，在移动终端、物联网等领域取得突破性应用，近三年直接经济效益超过3.2亿元。还协助国内军用存储器和现场可编程逻辑阵列定制其设计流程，大幅提高其量产良率并降低功耗。

客观评价：

1. 项目验收意见

1）863计划重点项目：高效能近阈值集成电路关键技术研究（2015AA016601），2018年10月12日通过验收。验收专家组对课题评价如下：

（1） 项目针对围绕近阈值电路的时序偏差和性能效能双重优化两个科学问题，开展 CMOS 器件模型、宽电压单元电路、宽电压片内 SRAM 存储电路，宽电压同步电路时序收敛和分析 EDA 工具等内容研究，研制了近阈值高精度器件模型、宽电压标准单元库、宽电压 SRAM 及编译器、宽电压高效能 CPU、近阈值高效能媒体处理 IP 和时序收敛签核 EDA 点工具，开发了验证移动智能终端 SoC 芯片，完成了项目研究内容和目标；

（2） 项目在自适应重要采样 AIS 良率分析方法、宽电压时序推测型 SRAM、多目标优化的标准单元库、宽电压弹性电路调节方法、CPU 错误现场纠正技术和基于 SPICE 模拟的近阈值电路时序签核方法等领域取得多项创新性成果。项目基于上述成果完成的 XTime 签核工具开发，已应用于国内外主流设计，SRAM 设计技术应用于深圳国微电子大容量存储器产品。探索并尝试建立了基于 SMIC40 纳米工艺和国内 EDA 工具宽电压设计方法和流程；

2）江苏省自然科学基金（重点研究专项）：超低功耗无线网络传感器节点关键技术研究（BK2011018），2016年1月26日通过验收。

2. 第三方测试检验报告

1）中国电子技术标准化研究院赛西实验室检测报告(2018ICT-355)：GNSS导航基带芯片工作电压0.65V，平均捕获功耗6.69mW，跟踪功耗1.01mW；GNSS导航射频接收芯片工作电压0.6V，平均功耗2.30mW。

2）中国电子技术标准化研究院赛西实验室检测报告(2018ICT-344)：宽电压高效能CPU工作电压0.5~1.1V，0.75V电压工作时能效28.62GOPS/W，低电压应用场景下效能比是常规电压的1.996~2.200倍。

3. 行业领先机构评价意见

1）2018年度江苏省科学技术进步奖一等奖。

2）基于动态跟踪的低电压弹性时钟设计方法论文，参加2017年亚洲固态电路大会（A-SSCC）学生设计竞赛，并获得杰出设计奖（中国大陆唯一）。

3）大容量高精度并行的晶体管级电路仿真工具ALPS获2017年CITE创新产品与应用奖。

4）华大九天EDA工具V6获中国电子学会科学技术奖二等奖。

5）先进工具EDA系统开发获CEC科学技术进步奖一等奖。

6）ICExplorer集成电路设计分析调试软件被评为“北京市自主创新产品”。

4. 国际专家评价

1)团队提出的基于矢量乘法思想的低电压谐波抑制混频器,在获得了与常规结构相

近的谐波抑制比同时，功耗方面降低了 60%。对于该项工作，美国布朗大学的 IEEE Fellow Lawrence Larson 在《论现今射频电路的设计和挑战》一文中评价到：对于宽带输入信号而言，新的低功耗谐波抑制混频器结构有助于降低系统功耗。澳门大学的 Fujian Lin 评价该工作：与传统基于失量求和的谐波抑制混频器实现方式不同的是，该文提出的开关负载谐波抑制混频器使用了矢量乘法的方式来拟合近似正弦波特性的开关函数。该方法同时保留了时变 CMOS 混频器在噪声和线性度方面的优势。

2)团队提出的低电压横向电流复用结构的射频接收前端电路,用复用横向分流支路代替了传统的堆叠复用结构，可显著降低供电电压。近阈值电压领域权威机构美国密歇根大学的 A.M. Alghaihab 评价该论文时提到:该结构代表了目前超低功耗射频接收机设计的发展趋势，即将下变频器直接置于接收机的第一级，通过结构设计可以给系统降低几个毫瓦的功耗水平。

3)团队提出的基于片内时序监测的自适应电源调节技术,可根据负载情况弹性调整供电电压，显著提升能效。荷兰阿姆斯特丹通信研究中心的 GhazanfarAli 评价：该工作提出了若干种基于片上冗余监测单元的新型时序风险预测电路，可有效保证时序安全。

应用情况：

基于“裕度动态调节的宽电压电路设计方法”和“自适应仿真的宽电压电路签核流程”两项关键技术，本项目：①面向宽电压众工艺角高精度时序验证需求，研制了高性能并行电路仿真工具 ALPS；②面向宽电压时序裕量恢复和电压灵敏度分析需求，研制了工艺感知时序签核工具 XTime；③面向宽电压快速高效时序修复需求研制了宽电压时序优化工具 XTop；④面向宽电压时钟树综合策略和时钟树综合质量优化需求研制了时钟分析优化工具 Clock Explorer；⑤ 中芯国际/台积电 28nm/40nm 基础单元库，包括标准单元和片上存储器 SRAM；⑥面向特定器件（如 FPGA）的定制良率分析仿真流程。

应用于海思半导体有限公司、展讯通信有限公司、北京兆易创新科技有限公司、深圳市紫光同创电子有限公司、紫光国芯微电子股份有限公司、北京君正集成电路股份有限公司。

项目 2016–2018 年度累计实现直接经济效益超过 3.2 亿元，应用单位间接经济效益超过 7 亿元。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	海思半导体有限公司	发明点 1 和 2，包括时钟树综合工具 ClockExplorer，时序签核工具 XTime，时序优化工具 XTop，高性能并行电路仿真工具 ALPS 等	系列 SoC 芯片	2014~	刁焱秋 18603015789
2	展讯通信有限公司	发明点 1 和 2，包括时序签核工具 XTime，时序优化工具 XTop，高性能并行电路仿真工具 ALPS	系列 SoC 芯片	2014~	李孟璋 15601892347
3	北京兆易创新科技有限公司	发明点 1 和 2，包括时序签核工具 XTime，时序优化工具 XTop，高性能并行电路仿真工具 ALPS	系列低功耗微控制器 MCU 芯片	2015~	李宝魁 13426166215
4	深圳市紫光同创电子有限公司	发明点 2，包括良率分析算法	系列国产 FPGA	2016~	王佩宁 13925209267
5	深圳市国微电子有限公司	发明点 1 和 2，包括存储器良率分析方法和低功耗存储器 IP	军用大容量低功耗存储器芯片	2014~	刘建新 0755–66886088
6	北京君正集成电路股份有限公司	发明点 1 和 2，包括宽电压 TSMC 28nm 基础单元库	智能摄像头芯片	2017~	周生雷 137643 1310

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	对应发明点
DYNAMIC VOLTAGE SCALING SYSTEM BASED ON ON-CHIP MONITORING AND VOLTAGE PREDICTION	美国	US 8909999 B2	US008909999 B2	东南大学	时龙兴、单伟伟、杨军	发明点1
一种高密度、高鲁棒性的亚阈值存储单元电路	中国	ZL2009 1018360 5.8	CN101625891	东南大学	杨军、柏娜、李杰	发明点1
低电源电压高共模抑制比运算放大器	中国	ZL2012 1059164 9.6.	CN103036516B	东南大学	陈超	发明点1
一种降低电路中时序器件漏电功耗的方法	中国	ZL2013 1048545 71	CN104573148B	华大九天	周舒哲、董森华、陈彬、燕昭然	发明点2
基+B6:Q6于在线监测的自适应电压调节系统及监测路径筛选方法	中国	ZL2015 1049788 7.4	CN10518 062B	东南大学	单伟伟，徐志鹏，孙华芳	发明点2
面向超宽电压的在线监测单元及监测窗口自适应调节系统	中国	ZL2015 1054867 9.2	CN105159374B	东南大学	单伟伟，吴建兵，戴文韬	发明点1
低电源电压下高转换增益无源混频器	中国	ZL2012 1059126 1.6.	CN103078593B	东南大学	陈超	发明点1
一种基于自定时振荡环的工艺角检测电路	中国	ZL2015 1049788 7.4	CN105183062B	东南大学	单伟伟，徐志鹏，孙华芳	发明点1
一种低电压高线性度上变器及上变频信号输出方法	中国	ZL2015 1004127 3.5	CN104539241B	东南大学	陈超	发明点1
华大九天EDA工具软件V12	中国	2017SR 504269		北京华大九天软件有限公司	刘伟平、董森华	发明点2
华大九天EDA工具软件V15	中国	2018SR 481415		北京华大九天软件有限公司	刘伟平、董森华	发明点2

主要完成人情况：

1.时龙兴，排名 1，国家专用集成电路系统工程技术研究中心主任，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对发明点 1 和 2 均有重要贡献：项目总负责人，制定总体技术路线，提出了宽电压动态裕度弹性电路设计和签核方法的主要思路，并创新提出了双采样的推测型低电压静态随机存储器和参数跟踪的动态偏置低电压模拟/射频电路设计方法。

2.杨军，排名 2，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目主要研发人员，对发明点 1 有重要贡献，提出双采样的推测型低电压静态随机存储器（DS-SBVR SRAM），相比于传统方案，其性能、功耗和面积收益提升了 2.33 倍，相比于国际知名的科研机构同类技术，DS-SBVR 的 PPA 收益提升了 1.83 倍。

3.董森华，排名 3，副总经理，中级工程师，工作单位：北京华大九天软件有限公司，完成单位：北京华大九天软件有限公司，是该项目主要研发人员，对发明点 2 有重要贡献，提出了一种直接-迭代混合式稀疏矩阵并行加速算法，能够在宽电压众工艺角下实现电路快速高精度仿真，误差<1%前提下，矩阵求解加速~10 倍，整体仿真加速 3~5 倍。

4.刘伟平，排名 4，董事长，研究员级高级工程师，工作单位：北京华大九天软件有限公司，是该项目主要研发人员，对发明点 2 做出了重要贡献，提出一种低差异序列和迭代自适应终止的快速蒙特卡洛仿真方法，能够宽电压逻辑路径延时非高斯分布的时序分析，与标准蒙特卡洛仿真方法相比，误差<1%前提下仿真加速 6~10 倍。

5.陈超，排名 5，讲师，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目主要研发人员，对发明点 1 有重要贡献，提出一种动态裕度调节的射频模拟电路设计方法和电路结构。该方法通过跟踪监测射频和模拟电路的关键参数，动态调整电路工作状态。在宽电压条件下保证电路性能和可靠性。

6.单伟伟，排名 6，副教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目主要研发人员，对发明点 1 和发明点 2 均有重要贡献，提出一种基于半路径的弹性逻辑时序调节系统，通过位于芯片关键路径中的监测单元实时监测芯片时序，在时序违规时发出预警信号并及时拉伸时钟周期门控，避免时序错误。

完成人合作关系说明：

本项目成果主要由东南大学的时龙兴、杨军、陈超和单伟伟，华大九天的董森华、刘伟平共同完成。项目组成员均从事宽电压集成电路研究与产品开发，有长期稳定的合作关系。

合作完成人时龙兴、杨军、陈超和单伟伟同为东南大学教师，属同一单位，同一课题组，四人共同完成863计划重点项目、自然基金和江苏省自然基金重点项目，合著论文，具有共同知识产权，共同获得2017年度江苏省科技进步一等奖。主要完成的工作包括：提出了裕度动态调整的宽电压电路设计方法，包括：双采样的推测型低电压静态随机存储器，半路径的动态跟踪的宽电压自适应电压频率调节方法和参数跟踪的动态偏置低电压模拟/射频电路设计方法，并合作推广至紫光同创等多家设计企业。

合作完成人董森华、刘伟平系华大九天国产EDA软件的团队骨干。华大九天自从2014年起作为主要合作单位，与东南大学共同承担了863计划重点项目“高效能近阈值集成电路关键技术研究”，开发完成了多种宽电压定制流程工具：高性能并行电路仿真工具ALPS；工艺感知时序签核工具X-Time；宽电压时序优化工具X-Top；宽电压分析优化工具Clock Explorer等，并合作推广至海思半导体等多家设计企业。

2、

项 目 名 称	燃煤烟气选择性催化还原法（SCR）脱硝关键技术研发及工程应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	金保昇（东南大学）、徐海涛（东南大学）、李益国（东南大学）、孙克勤（已故）（东南大学）、张勇（东南大学）、周军（中建中环工程有限公司）
主要完成单位	东南大学、中建中环工程有限公司

提名单位意见：

我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。

该项目针对燃煤锅炉烟气氮氧化物(NOx)控制这一国家重大需求，通过发明全区域流场优化和测试技术、脱硝喷氨精准定量调控技术及脱硝与锅炉集成优化成套技术，建立了燃煤烟气选择性催化还原法(SCR)脱硝理论体系及成套技术装备。项目成果包括授权发明专利31件，发表论文80余篇，应用建成了我国第一个采用自主知识产权的燃煤电站烟气脱硝工程(国华太仓,2006年),第一个集中供热烟气脱硝工程(顺义城北,2009年),执笔制定HJ 562–2010火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法,参编GB/T 21509–2008燃煤烟气脱硝技术装备,技术推广应用至苏源环保(现中建中环)、无锡华光、蔚蓝环境、江苏中顺、明秀环境等 50 余家工程公司，应用于国电、大唐、华能、中石油、武钢等企业600多台锅炉的烟气脱硝工程，覆盖电站锅炉(135~1000 MW)、工业锅炉(75~410 t/h)和热水锅炉(29~70 MWt)各个系列，业绩分布于全国26个省、市、自治区，取得了较大规模的推广应用，近三年直接经济效益逾17亿元。先后获江苏省科学技术奖一等奖、光华工程科技奖、何梁何利基金科技创新奖。该项目成果大幅提升了我国烟气脱硝的整体技术水平，降低了技术引进的门槛和费用，加速了科学治霾的进程。

提名该项目为国家技术发明奖二等奖。

项目简介：

我国每年煤炭消费量约38.7亿吨，燃煤排放的氮氧化物（NO_x）是导致各地雾霾频发的重要原因，实现NO_x减排的关键在于SCR烟气脱硝工程的建设。我国煤种复杂多变，锅炉容量规格众多，尤其是我国50多万台工业锅炉，存在原始排放浓度虽经低氮改造后依然较高、负荷宽频快速波动、改造条件受限等难题，对超低排放的实施形成了巨大挑战，相当一部分锅炉存在NO_x超标严重、氨逃逸率过高、催化剂堵塞磨损、改造成本居高不下等问题。该项目在国家863等课题的支持下，针对上述问题开展了长达十余年的研究，主要发明点包括：

1、发明了全区域流场优化和测试技术

发明了锅炉至脱硝反应器全区域气固速度场、浓度场、温度场的脱硝数值计算方法和获取模型验证数据的大尺度同时刻网格化流场测试技术装备，以不均匀分区开孔、不均匀阀门开度解决了因烟气入口边界不均匀导致的脱硝效率低下、氨逃逸率过高、催化剂堵塞严重的难题，在氨逃逸率不超标、催化剂不堵塞的前提下脱硝效率由现有80%提升至90%，排放减少一半。

2、发明了脱硝喷氨精准定量调控技术

发明了锅炉NO_x排放浓度预测前馈和约束预测反馈结合的喷氨精准控制系统及套筒鼠笼式无极变速喷氨流量调节装置，通过智能前馈、输出预测、反馈校正、滚动优化和快速调节，解决了锅炉负荷宽幅度、高频次、快速率波动情况下对脱硝系统精准动态快速调控的难题，变负荷运行工况下NO_x波动幅度由 ± 15mg/Nm^{3}缩减至 ± 5mg/Nm^3，自动投入率达95%。

3、发明了脱硝与锅炉集成优化成套技术

发明了紧凑型烟气脱硝、风帽式喷氨混合及锅炉受热面改造等技术，解决了现役中小型锅炉普遍存在的锅炉改造空间不够、喷氨混合距离不够及低负荷运行烟温不够等“三个不够”难题，形成了脱硝与锅炉集成优化系列成套技术，大幅降低了改造难度和投资费用。

成果包括：授权发明专利31件，发表论文80余篇，应用建成了我国第一个采用自主知识产权的燃煤电站烟气脱硝工程(国华太仓，2006年)，第一个集中供热烟气脱硝工程(顺义城北，2009年)，执笔制定HJ 562–2010火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法，参编GB/T 21509–2008燃煤烟气脱硝技术装备，技术推广应用至苏源环保(现中建中环)、无锡华光、蔚蓝环境、江苏中顺、明秀环境等 50 余家工程公司，应用于国电、大唐、华能、中石油、武钢等企业600多台锅炉的烟气脱硝工程，覆盖电站锅炉(135~1000 MW)、工业锅炉(75~410 t/h)和热水锅炉(29~70 MWt)各个系列，业绩分布于全国26个省、市、自治区，取得了较大规模的推广应用，近三年新增销售额17.2亿，新增利润2.52亿元，新增税收1.2亿元。先后获江苏省科学技术奖一等奖、光华工程科技奖、何梁何利基金科技创新奖。

客观评价：

一、科技项目验收、鉴定和查新

1. 高技术研究发展计划（863 计划）“大型燃煤电站锅炉SCR 烟气脱硝技术与示范（编号2007AA061802）”验收意见：“课题完成了合同中规定的任务，达到了考核目标和技术指标；课题研制了具有自主知识产权的脱硝核心技术，课题在SCR脱硝反应器研制、SCR脱硝成套系统工艺开发与集成具有创新性；课题形成了大型燃煤电站锅炉SCR烟气脱硝技术研发团队，所取得的成果具有较好的社会、经济效益；同意通过课题验收”。

2. 江苏省科技成果转化专项资金项目“高效节能型烟气脱硝系统的关键技术研发与产业化（编号BA2015083）” 验收意见：“项目研发了还原剂扩散、混合及精确定量调控技术，通过脱硝装置与现有锅炉系统及防堵技术集成，解决了脱硝效率低、氨逃逸率高、烟气侧压降大等关键技术难题，降低了建设和运维成本，实现了超低排放。经第三方检测，目标产品各项技术指标达到合同考核要求”、“项目累计销售目标产品184套(含催化剂10036.94m)，实现销售收入78529.47万元，新增税金8219.96万元，新增利润9448.72万元。产品已在全国多个省份应用，创造了良好的社会、环境和经济效益”。

3. 教育部科技查新工作站科技查新报告：查新委托方“一种风帽式选择性催化还原脱硝喷氨混合装置”的发明专利，国内外可见研究SCR脱硝反应器的局部结构及脱硝特性等的数值模拟，也可见采用冷模试验验证。从炉膛至SCR脱硝装置全系统数值计算和冷模结合的方法优化设计和调试脱硝系统，采用基于响应曲面的设计及调试方法，国内外尚未见公开的文献报道；可见防止SCR脱硝装置堵塞的相关装置。而通过设置柔性金属筛网拦截并分离燃煤烟气中大颗粒粒径的“爆米花灰”，国内仅见查新委托方发明专利“防止爆米花灰堵塞催化剂的烟气脱硝装置”报道；可见电厂的SCR脱硝装置改造，从省煤器尾部引出，经过脱硝反应器后重新引回空预器。针对中小锅炉的烟气脱硝装置，通过隔板将高温空气预热器与低温省煤器中间隔离，将烟气入口与烟气出口设置在烟道正对的两侧同一高度，国内外尚未见公开的文献报道。

4. 中国环保产业协会主持召开“集中供热锅炉烟气脱硝系统工程技术”项目成果鉴定会，专家组鉴定意见：“针对锅炉负荷波动范围大、烟气脱硝装置入口烟气参数条件变化快、出口反馈相对滞后等特点”、“通过调整锅炉受热面结构，实现对SCR反应器入口温度的调节”，并在尿素热解制氨等方面具有创新性，总体上达到国内领先水平。

二、国内外同行评价及获奖

5. 该项目SCR烟气脱硝成套理论与技术装备方面的原始创新成果获2014年江苏省科学技术奖一等奖。

6. 因在燃煤烟气脱硫脱硝技术研发及应用的突出贡献，该项目主要完成人孙克勤获2007年度何梁何利基金科技创新奖。

7. 因在燃煤烟气脱硫脱硝技术研发及应用的突出贡献，该项目主要完成人孙克勤获2008年度光华工程科技奖。

8. 该项目中工业锅炉烟气尿素SCR脱硝技术装备获2013年国家环境保护科学技术奖二等奖。

9. 中国环境保护产业协会在2008年我国燃煤火电厂烟气脱硫脱硝技术发展现状综述中引用该项目成果："国华太仓发电有限公司7号机组600MW机组采用具有自主知识产权的SCR核心技术，设计建成的脱硝工程已于2006年1月20日成功投入运行。"

10. 中国环境保护产业协会在其2011年度综述中引用该项目成果："北京西山新干线公司和东南大学联合在顺义区城北集中供热锅炉房#3炉（64MW），实施了以锅炉结构改进+SCR工艺+尿素热解制氨为技术路线的氮氧化物控制工程，目前运行情况良好，氮氧化物排放浓度可控制在50mg/m^{3}以内，脱硝效率可稳定在90%左右，氨逃逸可低于1ppm。"

三、应用单位评价及第三方测试报告

11. 部分应用单位评价意见：无锡华光新动力环保科技股份有限公司、陕西蔚蓝节能环境科技集团有限责任公司等公司评价："解决了提高脱硝效率，减少氨泄漏、延长催化剂寿命等技术难题"。江苏盛凯环保工程有限公司评价："同国外引进技术相比，东南大学自主研发的脱硝技术具有极强的市场竞争力，尤其在中小型热电联产(35~410t/h)锅炉，运用东南大学专利锅炉改造技术、喷氨格栅及烟气漩涡强混技术可大幅缩减投资成本，提升公司盈利能力"。

12. 部分采用该项目技术建设的工程第三方检测报告：山西中环宏达环境检测技术有限公司"大唐太原第二热电厂七期2×300MW脱硝性能试验报告"、广州市粤能电力科技开发有限公司"广州市旺隆热电有限公司1号（2号）机组SCR烟气脱硝装置性能验收试验报告"显示在各负荷范围内脱硝系统脱硝效率、SO_2/SO_3转化率、氨逃逸率、压降等指标满足设计要求。

应用情况：

截止2018年，该项目发明的“燃煤烟气SCR烟气脱硝关键技术” 应用建成我国第一个采用自主知识产权的燃煤电站烟气脱硝工程（国华太仓，2006年），第一个集中供热烟气脱硝工程（顺义城北，2009年），已输出应用至苏源环保（现中建中环）、无锡华光、蔚蓝环境、江苏中顺、明秀环境等 50 余家工程公司，应用于国投、大唐、华能、中石油、西部矿业、武钢、中天等企业600多台锅炉的烟气脱硝工程，覆盖电站锅炉（135~1000 MW）、工业锅炉（75~410 t/h）和热水锅炉（29~70 MWt），分布于全国26个省、市、自治区，取得了较大规模的推广应用，大幅提升了我国烟气脱硝的整体技术水平，降低了技术引进的门槛和费用，取得了良好的经济和社会效益。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人电话	（近三年）经济和社会效益
1	中建中环工程有公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉	2005年至今	王烨 13915991198	17368万元
2	无锡华光新动力环保科技股份有限公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉	2011年至今	孙志翱 18261530720	51583.52万元
3	江苏德义通环保科技有限公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉	2016年至今	徐延忠 13770883329	8450万元
4	陕西蔚蓝节能环境科技集团有限责任公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉	2011年至今	李娜 15029218802	31000万元
5	江苏中顺节能科技有限公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉	2015年至今	代旭东 13912934484	2127万元
6	南京宇行环保科技有限公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉	2011年至今	于澈 13770823461	3900万元
7	四川苏源环保工程有限公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉	2015年至今	赵金 13770520837	7378万元
8	江苏朗润环保科技有限公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉	2016年至今	李纪章 13901529078	23720万元
9	山东兴越环保科技有限公司	发明点1、2、3	工业锅炉、热水锅炉	2009年5月至今	王海 15269199877	5724万元
10	江苏明秀环境科技有限公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉	2009年5月至今	顾洪强 13906151786	6300万元
11	江苏盛凯环保工程有限公司	发明点1、2、3	电站锅炉、工业锅炉	2008年5月至今	李博 13961602066	14472万元

注：根据上述单位开具的经济效益证明，经济效益仅统计近3年（2016~2018）。

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权(标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种选择性催化还原脱硝装置入口参数确定方法	中国	ZL201410164248.1	2016年06月08日	2098809	东南大学	金保昇，张勇，姚露，陈天杰	有效
发明专利	基于多变量区间约束预测的SCR脱硝优化控制系统及方法	中国	ZL201610141791.9	2018年05月04日	2912467	东南大学	李益国，谈晨伟，沈炯，刘西陲	有效
发明专利	烟气脱硝装置	中国	ZL201210438350.7	2014年06月11日	1415693	东南大学	徐海涛，沈凯，周长城	有效
发明专利	选择性催化还原脱硝装置的气固两相流场与喷氨优化方法	中国	ZL201410163844.8	2017年02月22日	2388879	东南大学	金保昇，张勇，陈天杰，姚露	有效
发明专利	便携式脱硝催化剂性能测试装置	中国	ZL201110116341.1	2013年10月09日	1282672	东南大学	徐海涛，沈凯，周长城	有效
发明专利	一种电站锅炉NO_x排放动态软测量方法	中国	ZL201510064480.2	2018年02月02日	2803165	东南大学	沈炯，谢翀，刘西陲，吴啸，潘蕾，李益国	有效
发明专利	喷氨格栅及其调节方法	中国	ZL201110116285.1	2012 年 12 月 26 日	1108558	东南大学	徐海涛，周长城，沈凯	有效
发明专利	一种风帽式选择性催化还原脱硝喷氨混合装置	中国	ZL201210027963.1	2013 年 12 月 04 日	1315603	东南大学	金保昇，张勇，潘志越	有效
发明专利	一种锅炉SCR脱硝改造方法及装置	中国	ZL201410115429.5	2016 年 02 月 10 日	1945776	东南大学	张勇，金保昇	有效

标准	火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法	中国	HJ 562-2010	2010 年 02 月 03 日	中华人民共和国环境保护部	中国环境保护产业协会，南京东大环保科研有限公司，北京博奇电力技术有限公司，北京国电龙源环保工程有限公司，清华同方环境工程有限公司，浙江天地人环保有限公司	孙克勤，燕中凯，张海涛，徐明志，高树骏，吴旭东，吴闫兴，赵达清，胡敬，梁印	有效

主要完成人情况：

1、金保昇，排名 1，副校长，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，主持本项目技术创新的总体规划和研究策略，发明了锅炉至脱硝反应器全区域气固速度场、浓度场、温度场的脱硝数值计算方法和获取模型验证数据的大尺度同时刻网格化流场测试技术装备，提出了风帽式喷氨混合技术。对发明点 1、2、3 均有主要贡献。获第 1 发明人授权发明专利 3 件。

2、徐海涛，排名 2，教授，工作单位：南京工业大学，完成单位：东南大学，主要负责脱硝—锅炉集成优化成套技术的开发与应用，发明了紧凑型烟气脱硝装置、套筒鼠笼式无极变速喷氨流量调节技术装备等，参与大尺度同时刻网格化流场测试技术装备研制，对发明点 1、2、3 均有贡献。获第 1 发明人授权发明专利 3 件，参编行业标准 1 项。

3、李益国，排名 3，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，主要负责喷氨精准调控系统的开发与应用。发明了锅炉 NOx 排放浓度预测前馈和约束预测反馈结合的喷氨精准控制系统，建立了基于锅炉 NOx 排放动态软测量预测模型方法。对发明点 2 有贡献。获第 1 发明人授权发明专利 1 件。

4、孙克勤（已故），排名 4，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，主要负责技术的标准化和产业应用，是 863 课题的主要负责人，对发明点 1，3 均有贡献。执笔制定行业标准 1 项 HJ 562–2010 火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法，参编国家标准 1 项 GB/T 21509–2008 燃煤烟气脱硝技术装备。

5、张勇，排名 5，副研究员，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，参与发明了锅炉至脱硝反应器全区域气固速度场、浓度场、温度场的脱硝数值计算方法和获取模型验证数据的大尺度同时刻网格化流场测试技术装备，提出了低适应低负荷运行烟温的锅炉改造技术。对发明点 1、3 均有贡献。获第 1 发明人授权发明专利 1 件。

6、周军，排名 6，高级工程师，工作单位：中建中环工程有限公司，完成单位：中建中环工程有限公司，主要负责技术的标准化和产业推广，对发明点 3 有贡献。是示范工程的主要负责人，863 课题的主要参与人，在本项目技术推广和大规模应用中解决了大量工程技术难题。

完成人合作关系说明：

“燃煤烟气选择性催化还原法（SCR）脱硝关键技术研发及工程应用”成果由东南大学的金保昇（排名1）、徐海涛（排名2）、李益国（排名3）、孙克勤（已故，排名4）、张勇（排名5）和中建中环工程有限公司的周军（排名6）六位完成人经过长期紧密合作共同完成。

项目完成人金保昇（排名1）、徐海涛（排名2）、李益国（排名3）、孙克勤（已故，排名4）、张勇（排名5）所属的完成单位均为东南大学，且均属于东南大学能源与环境学院的同一课题组，上述完成人长期合作开展燃煤烟气SCR脱硝关键技术研发及工程应用，共同承担国家863、江苏省重大科技成果转化等多项科技项目，共同开展脱硝工程的研发、设计、调试、优化工作。

2003~2008年期间，徐海涛（排名2）、孙克勤（已故，排名4）、周军（排名6）为江苏苏源环保工程有限公司（后先后更名为中环（中国）工程有限公司、中建中环工程有限公司）的同事，并与东南大学能源与环境学院金保昇（排名1）、李益国（排名3）、张勇（排名5，2004年硕士研究生，2006年提前读博，导师为金保昇，2010年9月博士毕业留校任教）课题组进行产学研合作，共同开发烟气脱硝技术，2005~2008年期间孙克勤（已故，排名4）任东南大学能源与环境学院兼职教授，合作并产出了大量成果，包括发明专利、发表论文、共同获奖等。

2008年12月，孙克勤（已故，排名4）、徐海涛（排名2）被引进至东南大学能源与环境学院工作，同属金保昇（排名1）课题组，孙克勤（已故，排名4）任东南大学特聘教授，徐海涛（排名2）攻读博士学位，孙克勤（已故，排名4）和金保昇（排名1）为其博士研究生导师，期间产出了大量成果，包括发明专利、发表论文、共同获奖等。孙克勤（排名4）2010年10月因病过世。

2008年12月至今，金保昇（排名1）、徐海涛（排名2）、李益国（排名3）、孙克勤（已故，排名4）、张勇（排名5）课题组与周军（排名6）所在企业中建中环工程有限公司保持着长期紧密合作关系，徐海涛（排名2）任中建中环工程有限公司科技副总，双方合作进行脱硝技术应对新形势、新标准、新行业的优化研究及工业应用，取得了突出成绩，中建中环入选“中国工业烟气治理十大环保企业”、“中国工业废气治理领军企业”、“中国最具社会责任感环保企业”等。

六位完成人及其所在的两家完成单位经过十余年的紧密合作，共同完成了该项目的科学研究、技术研发及工程应用工作，合作并产出了大量成果，包括发明专利、行业标准、合著论文、共同获奖等。

3、

项 目 名 称	深基础自平衡法承载力测试成套技术开发及应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	龚维明、戴国亮、易教良、施峰、薛国亚、高文生
主要完成单位	东南大学，南昌永祺科技发展有限公司，福建省建筑科学研究院有限责任公司，南京东大自平衡桩基检测有限公司，中国建筑科学研究院有限公司

提名单位意见：

我单位认真审阅了项目推荐书及附件，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励办公室的填写要求。按照要求，已将拟推荐项目情况在我单位和所有完成人所在单位进行了公示，未提出异议。

该项目发明了自平衡测试用荷载箱制造关键技术，研发了系列荷载箱设备，编制了我国首部自平衡法用荷载箱技术规程；发明了深基础承载力自平衡测试新方法，编制了我国首部江苏省和交通运输部自平衡测试规程；发明了自平衡法深基础承载力评估新方法，编制了首部住房与城乡建设部自平衡法规程。解决了超大吨位深基础承载力测试技术难题。

该项目已获授权发明专利22项、软件著作权4项；主编规范7部、参编规范2部；出版专著2部，发表论文183篇；获2000年江苏省科学技术进步一等奖，2002年该技术被科学技术部、住房与城乡建设部列为重点推广项目。与传统方法相比，该项目可节约40%～60%成本，节省50%～70%工期，已推广应用于港珠澳大桥、沪通铁路长江大桥、中马友谊大桥、马来西亚Penang二桥（东南亚第一长桥）、莫桑比克Maputo大桥（非洲第一大跨）、南水北调中线总干渠渡槽、深圳平安金融中心、肯尼亚Pinnacle Tower大厦（非洲第一高楼）等3000多个国内外重大工程，社会经济效益显著，极大推动了行业发展。

提名该项目为国家技术发明奖二等奖。

项目简介：

随着我国大规模建筑、铁路、公路、港口和海上风电等基础设施兴建，超长、超大尺寸、超高吨位深基础广泛应用，其承载力测试面临巨大挑战。如何突破传统静载法**加载吨位小、平台要求高及测试效率低**等瓶颈已成为行业重大技术难题。项目组经过20余年努力，形成了集测试装备、测试技术和承载力评价等核心发明于一体的深基础自平衡法承载力测试成套技术，取得以下发明成果：

1、发明了自平衡法用荷载箱制造关键技术与产品。针对自平衡法测试核心加载设备，首创了荷载箱单缸、双节缸及环形缸等液压推力装置，研发了串联式、并联式及串并联式油路工作方式，极大提高了加载设备可靠性；开创性地发明了荷载箱连接板中间开孔技术，解决了现浇深基础混凝土浇捣整体性及预制深基础施工下沉难题。系列成果形成了**我国首部自平衡法用荷载箱技术规程，**并产业化应用，已建成8条荷载箱生产线，年产量突破1.2万套；荷载箱加载能力高达4万吨，突破了传统静载法0.5万吨的限制。

2、发明了深基础承载力自平衡法测试新技术。针对自平衡法测试中的平衡点问题，创造性地提出了荷载箱埋设位置的确定原则；研制了预埋式与后置式两种位移传递系统，解决了超长深基础（130m）位移测量精度的技术难题；开发了满足不同国家和地区规范要求的全自动测试平台。**世界上首次应用于超大直径（8m）的根式沉井、井筒式地下连续墙和海上钢管桩等深基础承载力测试**，解决了港珠澳大桥、中马友谊大桥等重大工程深基础承载力测试的技术难题。

3、发明了自平衡法深基础承载力评价新方法。揭示了自平衡法与传统静载法荷载传递机理差异，创造性地提出了不同土层摩阻力抗压抗拔转换系数，解决了国外同类方法测试结果过于保守的问题；提出了考虑深基础压缩变形的简化等效转换理论和精确等效转换理论，建立了自平衡法深基础承载力评价新方法，**编制了我国首部地方和行业自平衡法测试规程。**从根本上解决了自平衡法测试结果评判标准难题，**成果被我国二十余部行业地方规范、教材及手册等直接引用**。

发明成果：获发明专利22项，软件著作权4项；主编规范7部、参编规范2部；出版专著2部，发表论文183篇；培养硕博士42名，获江苏省科技进步一等奖。

技术经济指标：解决超大直径（8m）、超长埋深（130m）、超大吨位（4万吨）等深基础承载力测试的行业技术难题，可**节约造价40%～60%,节省工期50%～70%**。

应用及效益：2002年该技术被科技部、住建部列为重点推广项目，2009年荷载箱获高新技术产品认证，应用于国内外3000多个重大工程，取得显著社会经济效益。

客观评价：

（一）鉴定、验收与科技查新

1.2013 年 5 月 19 日，江苏省教育厅对东南大学龚维明教授“深基础承载力自平衡测试关键技术及工程应用”成果，组织了龚晓南院士、张雁研究员、郑刚教授等 7 位专家进行鉴定，结论为：“…**创造性地提出**了荷载箱位置确定原则，…**自主研发**了系列荷载箱装置；…**编制了首部**地方和行业自平衡测试技术标准；…**国际上首次**将该法应用于根式沉井、井筒式地下连续墙和开口钢管桩测试；…研究成果在润扬、港珠澳大桥及其他重大工程中应用，取得了显著社会经济效益。成果总体达到**国际先进水平**，其中荷载箱位置确定原则和荷载箱系列装置达到**国际领先水平**。”

2.1999 年 12 月 30 日，江苏省科学技术委员会（科技厅）对东南大学龚维明教授“桩承载力自平衡测试方法的研究”成果，组织了由陶茂之教授级高工、陈肇元院士、容柏生院士等 5 位专家进行鉴定，结论为：“该方法是一种可替代传统静载测桩的自动量测**高新技术**；…研制的关键设备和系统**具有创新性**，测试数据可靠，**填补了国内空白**，成果已达到**国际先进水平**”。

3.1998 年 6 月 7 日，江苏省建设委员会（建设厅）对东南大学龚维明“桩承载力自平衡测试方法的研究”成果，组织了陶茂之教授级高工、杨林德教授、龚晓南教授等 7 位专家进行鉴定，结论为：“…该方法建立了单桩承载力计算方法，编制了测试规程并制定了质量评测标准，**为工程应用提供了理论和法律依据**，成果已达到**国际先进水平**”。

4.2004 年 3 月 8 日，江苏省苏通大桥建设指挥部针对苏通大桥水上试桩采用东南大学自平衡法的测试成果组织专家进行验收，结论为：“…分析计算方法正确，有效验证了设计；**专家组同意试桩成果通过审查，并认为可以把此成果运用于苏通大桥基础工程中**”。

5.2013 年 5 月 15 日，委托教育部科技查新中心工作站对该项目成果进行技术查新，结论为：“提出在深基础内部埋设荷载箱的测试方法，并总结了…荷载箱埋设位置，研发的不同类型荷载箱以及在用于根式沉井、井筒式地下连续墙和开口钢管桩测试，**均未见中英文公开报道**”。

（二）科技奖励与国家部委、省厅推广计划

1.“桩承载力自平衡测试方法的研究”获 2000 年度江苏省科学技术进步奖一等奖。

2.2002 年 4 月 4 日，中华人民共和国建设部将“桩承载力自平衡测试技术”项目列为 2002 年建设部科技成果推广项目，并颁发了证书。

3.2002 年 4 月 20 日，中华人民共和国科学技术部将“桩承载力自平衡测试技术”列入重点推广科技成果项目。

4.2011 年 9 月 14 日，“超长钻孔灌注桩大吨位荷载试验技术”获得交通运输建设科技成果推广证书。

（三）同行评价

1.2014 年 10 月 15 日，由国家能源局发布的电力行业标准《电力工程基桩检测技术规程》（DL/T5493–2014）第 6.2.1 条款中写道：“国内目前**对于大吨位或特殊地段的基桩通常采用东南大学龚维明教授提出的‘基桩自平衡法’进行静载试验**，‘基桩自平衡法’中的专利技术为‘桩承载力测定用荷载箱’（专利号为 ZL00219842.8）”。

2.2008 年 6 月 5 日，由前中华人民共和国铁道部发布的行业标准《铁路工程基桩检测技术规程》（TB10218–2008）第 7.1.1 条款写道：“铁路工程基桩多为长大桩，设计荷载大且多处于复杂地理环境，传统的静载方法难以适应。因此，一种新的静载试验方法—**自平衡法应运而生**。…**对于设计荷载大，地理环境复杂的桩，可采用自平衡法试验**”。

3.2002 年 12 月 18 日，由交通部发布的行业标准《港口工程基桩静载试验规程》（JTJ255–2002）第 3.1.7 条款写道：“…将荷载箱设置在桩侧摩阻力与桩端阻力能相互平衡的位置，…故称之为**自平衡加载法**。**有条件时也可引进到港口工程中**，以便使试验能省时、省力和降低试验费用”。

4.**自平衡法技术**被《桩基工程手册》（龚晓南主编）、《桩基手册》（张雁、刘金波主编）、《桩与桩基手册》（史配栋主编）、《岩土加固技术与方法》（吴立等编著）、《土木工程结构试验与检测》（周明华著）等专著教材所采用。

5.**自平衡法技术**直接被安徽省、江西省、广东省、广西省、山东省、河北省、浙江省、福建省、甘肃省、重庆市等十余部自平衡法测试技术地方规程以及港口部门、电力部门、前铁道部等行业规范所引用。

应用情况：

1．应用情况

该项目技术成功应用于我国32个省、自治区、直辖市和14个海外国家的10000多个工程的深基础承载力测试，典型重大工程如下：

高层建筑：深圳平安金融中心（600m）、沈阳宝能环球金融中心（568m）、福州世茂518大楼（518m）、南京紫峰大厦（450m）、南宁帝王大厦（276m）、珠海横琴口岸（250m）等。

跨海大桥：杭州湾跨海大桥（2002年）、东海大桥（2000年）、西堠门大桥（2004）、青岛海湾大桥（2005年）、象山港跨海大桥（2010年）、港珠澳大桥（2011年）、飞云江跨海特大桥（2016年）、舟山港主通道公路工程（2017年）等。

长江大桥：润扬长江大桥（2000年）、苏通长江大桥（2002年）、上海长江大桥（2006）、马鞍山长江大桥（2008年）、望东长江大桥（2014）、沪通铁路长江大桥（2014年，公铁两用）、五峰山长江大桥（2018年，公铁两用）等。

黄河大桥：新郑黄河大桥（2001年）、开封黄河大桥（2004年）、济南建邦黄河大桥（2008年）、兰州河口黄河大桥（2013年）、永宁黄河公路大桥（2014年）、运宝黄河大桥（2015年）等。

港口码头：重庆港主城区寸滩作业区三期工程（2010年）、江苏张家港重装码头内港池泊位（2012年）、江苏镇江港龙门港区船港物流码头工程（2013年）、湖北荆州港木沉渊港区江陵跃进综合码头（2015年）等。

海上风电：上海东海大桥海上风电场示范工程（2008年）、上海东海大桥海上风电二期工程（2013年）、上海临港海上风电二期工程（2015年）。

地铁城际：北京地铁、南京地铁、合肥地铁、天津地铁、广州地铁、深圳地铁、苏州地铁、武汉地铁、宁波地铁、南京宁天城际线等。

交通枢纽：北京西直门立交桥（2004年）、天津站交通枢纽（2007年）、天津空客A320干道七立交桥（2007年）、澳门大学横琴校区海底专用隧道（2012年）、南京火车站（2002年）、深圳广深港福田枢纽中心（2014）等。

海外项目：越南Qinyu大桥（2005年）、印尼Suramadu大桥（2006年）、马来西亚Penang二桥（2008年，东南亚第一长）、莫桑比克马普托大桥（2014年，非洲第一跨）、肯尼亚Pinnacle Tower大厦（2015年，非洲第一高），马尔代夫中马友谊大桥（2016年，珊瑚礁地质）等。

在该项目技术直接支撑下，解决了深基础承载力测试的行业重大技术难题，为重大工程设计安全、造价经济奠定了扎实可靠的基础，创造出显著的社会效益和经济效益，直接推动了自平衡测试技术的行业发展，应用前景广阔。

表3 主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	南京赛宝液压设备有限公司	发明点1	70多家测试单位应用于3000多个重大工程。	2004~2018	刘东芳(025)86133995
2	南京东大自平衡桩基检测有限公司	发明点1、2、3	贵州坝陵河特大桥、北盘江特大桥等工程	2007~2018	朱建民186518309 9
3	中交公路规划设计院有限公司	发明点1、2、3	苏通大桥、青岛海湾大桥、马来西亚槟城二桥等工程。	2006~2012	张喜刚(010)82017777
4	中铁大桥局集团武汉桥梁科学研究院有限公司	发明点1、2、3	孟加拉卡拉夫里三桥、武汉二七长江大桥、福建厦漳跨海大桥等工程。	2004–2012	马远刚(027)83550063
5	湖南省交通科学研究院	发明点1、2、3	湖南汝郴高速、衡桂高速、长湘高速、炎汝高速等工程。	2005–2012	胡柏学(0731)85215953
	河北大地建设科技有限公司	发明点1、2、3	乐宸大厦、华庭国际广场等工程。	2007–2011	高江平(0311)85898891
7	重庆市建筑科学研究院	发明点1、2、3	重庆市少年宫、公安局指挥中心、第一中级人民法院等工程。	2006–2012	孔凡林(023)63876480
8	哈尔滨市建筑工程研究设计院	发明点1、2、3	松花江松浦大桥、哈齐客运专线松花江特大桥等工程。	2006–2012	袁野13796652129
9	广东省建筑科学研究院	发明点1、2、3	广州地铁等多项工程。	2006–2012	李广平(020)87250096
10	云南华阳工程检测有限公司	发明点1、2、3	昆明高架等多个工程。	2005–2012	辜建川(0871)2339175
11	上海绿色环保能源有限公司	发明点1、2、3	东海大桥海上风电场一期、二期工程。	2008~2012	尹金华13818912379
12	天津市建筑科学研究院有限公司	发明点1、2、3	天津地铁、天津站交通枢纽后广场等。	2005–2011	徐燕(022)27410471
13	浙江省交通规划设计研究院	发明点1、2、3	台州湾跨海大桥、乐清湾跨海大桥等工程。	2011~2014	陈向阳(0571)89709000
14	宁波市轨道交通集团有限公司	发明点1、2、3	宁波地铁1、2号线等40多个车站及区间。	2008~2012	叶俊能15867801020
15	APEX LOADTEST PTE LTD（新加坡）	发明点1、2、3	Common Servce Tummel、ECO Bridge等50余个工程。	2008–2018	吴建(0065)90228001

2. 应用效果

该项技术发明克服了传统静载法的极限加载吨位小、操作平台空间要求高以及测试周期长等缺陷，形成了集测试原理、技术和装置等核心发明于一体的深基础自平衡法承载力测试成套关键技术，**成功解决了场地狭窄**（深圳广深港福田枢纽中心坑深 30 米）、**高山坡地**（云南南盘江大桥坡高 200 米）、**深水环境**（中马友谊大桥水深 46 米）**等不利因素下（超）大型深基础承载力测试的行业技术难题**，有效保障了深基础设计参数取值的合理性，为重大工程设计安全、造价经济奠定了扎实可靠的基础，对我国大规模的民生基础设施建设与发展起到重要支撑作用。

该项技术中系列荷载箱发明及编制的我国首部自平衡法用荷载箱技术规程被国内众多企业广泛采用，目前我国已建成 8 条大型荷载箱生产线，年产量突破 1.2 万套，有效促进了深基础自平衡法测试领域的产业发展。自 1996 年以来，该项深基础自平衡法承载力测试成套关键技术及其荷载箱设备已被超过 200 多家测试单位应用于港珠澳大桥、沪通铁路长江大桥、中马友谊大桥、马来西亚 Penang 二桥（东南亚第一长）、莫桑比克 Maputo 大桥（非洲第一跨）、南水北调中线总干渠渡槽、深圳平安金融中心、肯尼亚 Pinnacle Tower 大厦（非洲第一高）等 10000 多项工程的深基础承载力试验，并取得了很好的试验效果，极大推进了行业的发展。

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种用于测试钢管桩承载力的荷载箱	中国	ZL 201110008232.8	2012-07-18	1002965	东南大学	龚维明、戴国亮、薛国亚	有效
发明专利	一种悬吊式电动位移量测装置	中国	ZL 201210555046.0	2014-03-12	1362109	东南大学	龚维明、戴国亮、杨超	有效
中华人民共和国行业标准	建筑基桩自平衡法静载试验技术规程	中国	JGJ/T403－2017	2017-02-20	中华人民共和国住房和城乡建设部	东南大学、江西中联建设集团有限公司	龚维明、戴国亮、李海文、薛国亚、白永宏、孙金月、黄生根、施峰、易教良等15人	有效
发明专利	一种用于沉井自平衡法测试的荷载箱	中国	ZL 201310068673.6	2 14-02-12	1344683	东南大学	龚维明、戴国亮、薛国亚、杨超	有效
发明专利	一种后置传感器开口钢管桩内力监测设备	中国	ZL 201510000908.7	2016-11-30	2299480	东南大学	戴国亮、龚维明、秦伟	有效
发明专利	一种预制管桩荷载液压检测装置	中国	ZL 201010107812.8	2011-05-04	770732	南昌永琪科技发展有限公司	易教良、钱崑、谢仁明	有效
发明专利	叠加式桩身自反力平衡荷载箱	中国	ZL 201310371569.4	20 6-02-10	1947329	南昌永琪科技发展有限公司	易教良、万凌志、钱崑	有效
发明专利	一种自反力平衡荷载箱测试台	中国	ZL 200910186838.3	2011-05-04	772710	钱崑、易教良	钱崑、易教良	有效
中华人民共和国交通行业标准	基桩静载试验自平衡法	中国	JT/T738-2009	2009-01-24	中华人民共和国交通运输部	东南大学土木工程学院、南京东大自平衡基桩检测公司	龚维明、薛国亚、戴国亮、童小东、穆保岗	有效

中华人民共和国交通行业标准	基桩自平衡法静载试验用荷载箱	中国	JT/T875－2013	2013-10-09	中华人民共和国交通运输部	大连理工大学土木工程学院、南京宝压设备有限公司、东南大学交通学院、南京自平衡桩基检测公司等	龚维明、郑生安、薛国亚、殷开成、谭昌富、赵薇、陈彬、洪广繁、邓剑、吴益梅	有效

主要完成人情况：

1.龚维明，排名 1，学科带头人，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，项目负责人，对发明点 1、2、3 做出贡献。创造性地发明了系列荷载箱，提出了荷载箱位置确定原则，研发了预埋式和后置式位移测量系统，开发了相关自动化测试软件和管理平台。获授权国家发明专利 8 项，其中 4 项列为主要发明，主编自平衡行业规范和地方标准 6 部，其中 3 部列为主要规范，出版专著 2 本。

2.戴国亮，排名 2，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，项目主要完成人，对发明点 1、2、3 做出贡献。提出了荷载箱位置确定原则，开发了自平衡测试自动化测试软件和管理平台；提出考虑压缩变形的自平衡承载力确定的简化转换方法和精确转换方法。获授权国家发明专利 7 项，其中 4 项列为主要发明，主编自平衡行业规范和地方标准 5 部，其中 3 部列为主要规范，出版专著 2 本。

3.易教良，排名 3，教授级高工，工作单位：南昌永祺科技发展有限公司，完成单位：南昌永祺科技发展有限公司，项目主要完成人，对发明点 1、3 做出贡献。发明了系列深基础自平衡法测试用荷载箱，开发了相关自动化测试软件和管理平台。获授权国家发明专利 10 项，其中 3 项列为主要发明，参编自平衡测试技术行业技术规程 1 部，主编地方标准 1 部。

4.施峰，排名 4，总工、所长，教授级高工，工作单位：福建省建筑科学研究院有限责任公司，完成单位：福建省建筑科学研究院有限责任公司，项目完成人，对发明点 3 做出贡献。参编住建部自平衡测试技术规程 1 部，对该规范编写提出重要意见。将该项目成果转化纳入《地下连续墙检测技术规程》等标准；将本项目应用到在建福建最高楼福州 518 大厦、非洲肯尼亚 Pinnacle Tower 大厦（300m，非洲第一高）等超大型工程，扩大成果国际影响力。

5.薛国亚，排名 5，副总经理，副教授，工作单位：南京东大自平衡桩基检测有限公司，完成单位：南京东大自平衡桩基检测有限公司，项目完成人，对发明点 1、2、3 做出贡献。发明了系列荷载箱，提出了荷载箱位置确定原则，研发了预埋式和后置式位移测量系统，开发了相关自动化测试软件和管理平台。获授权国家发明专利 2 项，均为主要发明，参编自平衡行业规程和地方标准 4 部，其中 3 部列为主要规范。

6. 高文生，排名 6，副总工、所长，工作单位：中国建筑科学研究院有限公司，完成单位：中国建筑科学研究院有限公司，项目完成人，对发明点 1、3 做出贡献。参与住建部自平衡测试技术规程的制定工作，对该规范编写提出重要意见；对自平衡用荷载箱试验后刚度补强后压浆措施提出改进建议，为发明点 1 荷载箱的完善做出重要贡献；将本项目成果应用到铁路专线等工程中，扩大了该技术成果的应用领域。

完成人合作关系说明：

该项目是申报完成人团队长期合作的研究成果，凝聚了每一位完成人的创新成果和独特贡献。项目完成人主要合作关系如下：

第1完成人（教授，东南大学）是第2完成人（教授，东南大学）博士论文副导师，第2完成人在第1完成人的指导下完成与该项目相关的博士论文《桩承载力自平衡测试法的理论与实践》（2003年）。在第1完成人领导下组成团队历经20余年努力，共同完成了深基础自平衡法承载力测试成套关键技术及其推广应用。项目实施过程中，共同申请自平衡法国家授权专利，共同编制了自平衡法标准规范，共同参与江苏省教育厅组织的2013年科学技术成果鉴定，共同出版专著《桩承载力自平衡测试技术及应用》，合作发表数百篇学术论文。

第1完成人与第3完成人（教授级高工，南昌永祺科技发展有限公司总工程师）于2008年开始在自平衡测试用荷载箱、自平衡测试技术及推广应用方面开展了长期深入合作。项目实施过程中，共同编制了首部住建部标准《建筑基桩自平衡法静载试验技术规程》（JGJ/T 403–2017），共同推进了该项目规范化发展。

第1完成人与第4完成人（教授级高工，福建省建筑科学研究院有限责任公司总工程师兼地基所所长）于2005年开始在科研领域、技术应用领域等方面开展了长期密切合作。项目实施过程中，共同编制了首部住建部标准《建筑基桩自平衡法静载试验技术规程》（JGJ/T 403–2017），共同出版教材《基础工程》，共同参与《桩基手册》编写。第4完成人在非洲肯尼亚Pinnacle Tower大厦（300m，非洲第一高）等超大型工程中应用了该技术成果，对该技术的推广和应用做出了重要贡献，提升了该技术的海外影响力。

第1完成人与第5完成人（副教授，南京东大自平衡桩基检测有限公司副总经理）于1996年开始在自平衡测试用荷载箱、自动测试技术及推广方面开展了长期深入合作。项目实施过程中，共同申请自平衡法国家授权专利，共同编制了自平衡法标准规范，共同参与江苏省教育厅组织的2013年科学技术成果鉴定，对该项目技术成果的系统化做出了重要贡献。

第1完成人与第6完成人（研究员，中国建筑科学研究院有限公司副总工程师、地基基础研究所所长）于2003年开始在桩基工程领域开展了系统深入合作。项目实施过程中，共同完成了住建部标准《建筑基桩自平衡法静载试验技术规程》（JGJ/T 403–2017）编制，对该规范的编写提出重要意见，共同推进了该项目成果的规范化发展；共同参与《桩基手册》编写。第5完成人与第6完成人在项目实施过程中，共同进行了产业合作，对该技术的推广和应用做出了重要贡献。

4、

项 目 名 称	电动汽车新型动力系统与控制关键技术及应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	陈昊、戚湧、彭富明、吴丽军、杨睿诚、徐石明
主要完成单位	中国矿业大学、南京理工大学、南京理工自动化研究院有限公司、江苏智航新能源有限公司、苏州汇川技术有限公司、国电南瑞科技股份有限公司

提名单位意见：

研发电动汽车已成为人类解决能源、环境问题的一种战略选择。驱动电机系统、动力电池均为电动汽车动力系统关键技术之一，同时也是制约电动汽车产业化发展的瓶颈技术之一。该项目发明了电动汽车开关磁阻驱动电机输出转矩平滑控制方法，实现了低转速、中转速、高转速三个阶段和加速、减速、匀速运行时控制策略和控制参数间自动切换、无缝衔接，抑制了输出转矩脉动；发明了电动汽车开关磁阻驱动电机系统电气故障诊断技术，创造性地解决了非交流正弦、非直流、单极性供电电机和功率变换器故障诊断难题；发明了电动汽车高能量密度动力锂离子电池制备、充电散热新方法，该锂离子电池比能量大于230Wh/kg，容量保持率达到95%以上，电芯全自动化生产效率高，保证了电芯性能的稳定性和一致性，且充电系统散热冷却效果好；发明了电动汽车驾驶权限限制、限速、多功能测试系统，设计了电动汽车整车及驱动电机和电池组动力系统控制软件，解决了限制驾驶风险较高的人员驾驶电动汽车的技术问题，使电动汽车在满足驾驶员动力性要求的同时，又能保证车辆运行的经济性。已在国内知名电动汽车及其动力系统制造企业实施了应用，引领了新能源电动汽车动力系统驱动电机无稀土化和动力锂离子电池高镍低钴化产业发展方向，取得了显著的经济与社会效益。

该项目获得自主知识产权54件，其中美国专利授权7件、澳大利亚专利授权11件、俄罗斯专利授权7件、加拿大专利授权3件、中国发明专利授权23件，登记中国软件著作权3件；在SCI国际期刊IEEE Transactions、IET发表论文21篇。相关成果获省科技进步一等奖1项，二等奖4项。

提名该项目为国家技术发明奖二等奖。

项目简介：

研发高性能驱动电机系统，提高动力电池能量密度，既是学术界研究的热点，也是电动汽车产业界关注的焦点。课题组开展了以无稀土开关磁阻电机驱动系统、高镍锂离子动力电池及其控制为基础的电动汽车新型动力系统与控制关键技术研究，取得了如下创新成果：

创新点1：发明了电动汽车开关磁阻驱动电机输出转矩平滑控制方法，实现了低转速、中转速、高转速三个阶段和加速、减速、匀速运行时电流斩波控制与角度位置控制自动切换、无缝衔接，不受负载变化的影响，抑制了开关磁阻电动机输出转矩脉动。

创新点2：发明了电动汽车开关磁阻驱动电机系统电气故障诊断技术，创造性地解决了非交流正弦、非直流、单极性供电电机和功率变换器故障诊断难题，提高了具有高度非线性特性、电机与功率变换器机电一体的开关磁阻电机系统可靠性。

创新点 3：发明了电动汽车高能量密度动力锂离子电池制备、充电散热新方法，该锂离子电池比能量大于 230Wh/kg，容量保持率达到 95%以上，电芯全自动化生产效率高、直通率高、内阻低、容量偏差小、电压一致性好，保证了电芯性能的稳定性和一致性，仅采用一套水循环模块，占用空间小，控制方便，散热冷却效果好。

创新点4：发明了电动汽车驾驶权限限制、限速、多功能测试系统，设计了电动汽车整车及驱动电机和电池组动力系统控制软件，从而解决了限制驾驶风险较高的人员驾驶电动汽车的技术问题，避免因驾驶者猛踩油门而引起电动汽车失控，保证了电动汽车动力系统能在真实的平台上进行性能试验，使电动汽车在满足驾驶员动力性要求的同时，又能保证车辆运行的经济性，提高了车辆的续驶里程，同时还能保护电池组、驱动电机关键动力系统部件。

获得自主知识产权54件，其中美国专利授权7件、澳大利亚专利授权11件、俄罗斯专利授权7件、加拿大专利授权3件、中国发明专利授权23件，登记中国软件著作权3件；在SCI国际期刊IEEE Transactions、IET发表论文21篇。相关成果获省科技进步一等奖1项，二等奖4项。已在苏州汇川技术有限公司、江苏智航新能源有限公司、浙江特种电机股份有限公司、江苏建康汽车有限公司等推广应用，引领了新能源电动汽车动力系统驱动电机无稀土化和动力锂离子电池高镍低钴化产业发展方向，取得了显著的经济与社会效益。

客观评价：

1. 荷兰埃因霍温工业大学汽车动力传动系统专家Sava Marinkov博士对**创新点1：发明的电动汽车开关磁阻驱动电机输出转矩平滑控制方法–开关磁阻电动机宽调速范围交叉控制方法**的评价为："..这样的方法最适用于低速、高精度扭矩控制。（Four–Quadrant Control of 4/2 Switched Reluctance Machines, IEEE Transactions on IE, vol.63, no.12, pp.7393–7403, Dec. 2016.）。

2. 国际知名的开关磁阻电机专家–斯洛伐克西林钠大学Pavol Rafajdus教授对**创新点1：发明的电动汽车开关磁阻驱动电机输出转矩平滑控制方法–转矩脉动两电平、三电平抑制方法和开关磁阻电动机宽调速范围交叉控制方法**的评价为："文献[14–19]中，人们提出了各种各样的技术来使转矩脉动最小化。（Control of SRM by current profiling under normal and open phase operating condition, IET EPA, vol.11, no.4, pp.548–556, 2017.）。

3. 国际知名的开关磁阻电机专家–韩国庆星大学Jin–Woo Ahn教授对**创新点1：发明的电动汽车开关磁阻驱动电机输出转矩平滑控制方法–开关磁阻电机制动转矩闭环控制方法**的评价为："..先进的控制方法减少扭矩波动为车轮提供更平稳的动力。（Adaptive Control of SRM Drives under Variable Torque Applications, Journal of Electrical Engineering & Technology, vol. 12, no. 1, pp.134–144, Jan. 2017.）；"文献[19]提出了利用遗传算法优化开关角的开关磁阻电机制动转矩闭环控制，以提高制动能量效率。In [19],（Maximum Power Recovery of Regenerative Braking in Electric Vehicles Based on SRD, Journal of Electrical Engineering & Technology, vol. 13, no. 2, pp.800–811, April 2018.）。

4. 国际知名的电机系统故障诊断专家–葡萄牙贝拉地区大学(University of Beira Interior) Ant ó nio J. Marques Cardoso教授对**创新点2：发明的电动汽车开关磁阻驱动电机系统电气故障诊断技术**的评价为："..提出了两种采用额外电流传感器的变换器故障实时诊断方法。(A New Diagnostic Technique for Real–Time Diagnosis of Power Converter Faults in SRM Drives, IEEE Transactions on IA, vol.50, no.3, pp.1854–1860, May/June 2014.)。

5. 国际知名的开关磁阻电机专家–香港理工大学X. D. Xue博士和K. W. E. Cheng教授对**创新点2：发明的电动汽车开关磁阻驱动电机系统电气故障诊断技术**的评价为："改善开关磁阻电机系统的性能并降低成本…从故障诊断方面得到了关注…（Control and Integrated Half Bridge to Winding Circuit Development for SRMs, IEEE Transactions on II, vol. 10, no. 1, pp.109–116, February 2014.）。

6. IEEE Fellow、IEEE Transactions on Industrial Electronics主编、国家千人计划专家–意大利拉奎拉大学(University of L'Aquila) Carlo Cecati教授对**创新点2：发明的电动汽车开关磁阻驱动电机系统电气故障诊断技术**的评价为："…通过分析健康状态和单、双管短路和开路故障状态下所测电流特征的变化，提出了一种开关磁阻电机功率变换器故障诊断方法。（A Survey of Fault Diagnosis and Fault–Tolerant Techniques–Part I: Fault

Diagnosis with Model-Based and Signal-Based Approaches, IEEE Transactions on IE, vol.62, no.6, pp. 3757-3767, June 2015.）。

7. 韩国首尔国立科学技术大学Kyeong-Hwa Kim教授对**创新点2：发明的电动汽车开关磁阻驱动电机系统电气故障诊断技术**的评价为："...**利用电流实时状态实现了不对称桥功率变换器开路故障诊断**。（A Diagnostic Method of Simultaneous Open-Switch Faults in Inverter-fed Linear Induction Motor Drive for Reliability Enhancement, IEEE Transactions on IE, vol.62, no.7, pp. 4065-4077, July 2015.）。

8. 锂离子动力蓄电池系统，型号ZHP-WERC-E-144S189Ah，经国家机动车产品质量监督检验中心（上海），能量密度(PED)测试强制性检验，（检验报告编号：QM17EP1NA4101），检验结论为合格，数据为**放电能量密度为142.62Wh/Kg**。

9. 电动汽车用锂离子蓄电池，型号ZH18650-300，经国家机动车产品质量监督检验中心（上海）、国家新能源机动车产品质量监督检验中心，强制性检验（检验报告编号：QM16E11NA0623），检验结论为合格，数据为**室温容量和能量（初始容量和能量）为3.08-3.09Ah和11.088-11.124Wh，标准循环寿命500次为初始容量95.36%-95.58%，单体重量为0.048Kg(比能量**=11.088-11.124Wh/0.048Kg=**231-231.75Wh/kg)**。

10. 用电动汽车新型动力系统关键技术江苏建康汽车有限公司制造的NJC6850GBEV型纯电动城市客车，经国家客车质量监督检验中心，定型检验，（检验报告编号：QE17001H05951），检验结论为：**主要技术参数符合企业标准的要求、基本性能符合企业标准的要求、专项性能符合国家标准和企业标准的要求**。

11. 用电动汽车新型动力系统关键技术南京金龙客车制造有限公司制造的NJL6859BEV36型纯电动城市客车，经国家汽车质量监督检验中心(长春)，定型检验，（检验报告编号：QB17001WF0411），检验结论为：**主要技术参数和基本性能指标符合标准的要求**。

重要科技奖励：

获奖项目名称	获奖时间	等级	授奖单位
电动汽车新型动力系统关键技术及应用	2018	一等	江苏省
新型开关磁阻电机系统及其关键技术	2016	二等	江苏省
开关磁阻多电机系统研究	2006	二等	江苏省
开关磁阻调速电机系统理论研究	2003	二等	江苏省
双开关磁阻调速电动机并联拖动系统研究	2000	二等	江苏省

应用情况：

本项目组直接联系的推广应用企业有：苏州汇川技术有限公司、江苏智航新能源有限公司、浙江特种电机股份有限公司、江苏建康汽车有限公司等。项目成果总体应用单位情况见下表。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人
1	苏州汇川技术有限公司	整体技术	电动汽车动力系统与控制系统	2014 年 1 月-至今	郭兆凯
2	江苏智航新能源有限公司	整体技术	电动汽车动力系统与控制系统	2015 年 1 月-至今	宋祥
3	浙江特种电机股份有限公司	整体技术	电动汽车动力系统与控制系统	2014 年 1 月-至今	吴吉铭
4	江苏建康汽车有限公司	整体技术	电动汽车动力系统与控制系统	2015 年 11 月-至今	毛平生

主要知识产权和标准规范等目录：

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	权利人	发明人
1	发明专利	Switch reluctance motor wide speed-regulation range cross-control method	美国	US 9979342B2	2018-05-22	中国矿业大学	Chen Hao, Cheng He, Yang Zhou, Wang Qing, Wang Qianlong, Huang Weilong
2	发明专利	一种锂离子电池用硅掺杂镍基正极材料的制备方法	中国	ZL201410184692.X	2016-08-24	江苏智航新能源有限公司	吴丽军，梁群，王鸣魁，肖宁
3	发明专利	一种基于交通历史记录限制驾驶权限的系统	中国	ZL201710255179.9	2018-05-18	南京理工大学	戚湧
4	发明专利	一种三相开关磁阻电机转矩脉动三电平抑制方法	中国	ZL2014104319887	2016-12-07	中国矿业大学	陈昊，石交通
5	发明专利	Braking torque closed-loop control system and method for switched reluctance motor	美国	US9871476B2	2018-01-16	中国矿业大学	Chen Hao, Cheng He, Yang Zhou, Wang Qing, Wang Qianlong, Wang Xing
6	发明专利	开关磁阻电机双主开关功率变换器主开关故障诊断方法	中国	ZL 2009101829105	2012-02-08	中国矿业大学	陈昊
7	发明专利	Fault Diagnosis Method for Freewheeling Diodes of Dual-Switch Power Converter of Switched Reluctance Motor	美国	US9316682B1	2016-04-19	中国矿业大学	Chen Hao, Wang Xing
8	发明专利	一种电动汽车动力电子多功能测试系统	中国	ZL201410387361.6	2018-05-18	南京理工自动化研究院有限公司	彭富明，方斌，姚磊
9	发明专利	一种基于 wifi 的电动汽车自适应充电控制方法	中国	ZL201410187140.4	2016-05-04	国家电网公司，国电南瑞科技股份有限公司，国网山东省电力公司电力科学研究院	徐石明，万曦，卢恒，蔡光程，高玉明，张华栋，李建祥，张浩，陈良亮，赵明宇，储毅，孙广明，汪映晖，路致远，张高阳，李充，李浩，刘现涛，何阳
10	软件著作权	汇川电动汽车驱动控制软件[简称：IEVDS] V1.0	中国	2013SR049733	2013-05-24	苏州汇川技术有限公司	杨睿诚

主要完成人情况：

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位和完成单位	项目中贡献
陈昊	1	/	教授	中国矿业大学	项目主持人，全面负责项目研究，对提名书“四、主要技术发明”中所列第 1、2 项技术发明做出了创造性贡献，7 件授权美国专利、11 件授权澳大利亚专利、7 件授权俄罗斯专利、3 件授权加拿大专利、16 件授权中国发明专利的第一发明人(见附件材料中的第(1)(4)-(7) (11)-(49)件授权发明专利)。IEEE Transactions、IET 上发表的 21 篇 SCI 检索论文的第一作者和通信作者。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。
戚湧	2	省级重点实验室主任	研究员	南京理工大学	项目主要参与人，主持电动汽车驾驶权限限制系统和限速系统研发，对提名书“四、主要技术发明”中所列第 4(1)(2)项技术发明做出了创造性贡献，2 件授权中国发明专利的第一发明人(见附件材料中的第(3)(52)件授权发明专利)。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。
彭富明	3	系主任	教授级高工	南京理工大学南京理工自动化研究院有限公司	项目主要参与人，主持电动汽车动力电子多功能测试系统研发，对提名书“四、主要技术发明”中所列第 4(3)项技术发明做出了创造性贡献，1 件授权中国发明专利的第一发明人(见附件材料中的第(8)件授权发明专利)。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。
吴丽军	4	副总经理	高工	江苏智航新能源有限公司	项目参与人，主持锂离子电池正极材料、电芯产业化设计和工艺研发，对提名书“四、主要技术发明”中所列第 3(1)(2)项技术发明做出了创造性贡献，2 件授权中国发明专利的第一发明人(见附件材料中的第(2)(50)件授权发明专利)。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。
杨睿诚	5	副总裁兼研发总监	工程师	苏州汇川技术有限公司	项目参与人，设计了电动汽车整车及驱动电机和电池组动力系统控制软件，制造和销售的电动汽车新型动力系统已经在多个电动汽车制造企业中实现运用，对提名书“四、主要技术发明”中所列第 4(4)项技术发明做出了创造性贡献，登记中国软件著作权 3 件(见附件材料中的第(10)(53)(44)件中国软件著作权)，本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 80%。
徐石明	6	总经理	研究员级高工	国电南瑞科技股份有限公司	项目参与人，主持电动汽车充电系统研发，对提名书“四、主要技术发明”中所列第 3(3)项技术发明做出了创造性贡献，2 件授权中国发明专利的第一发明人(见附件材料中的第(9)(51)件授权发明专利)。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 80%。

完成人合作关系说明：

本项目由完成人和完成单位经过长期合作研究，共同研发。中国矿业大学陈昊、南京理工自动化研究院有限公司彭富明、苏州汇川技术有限公司杨睿诚之间签有产学研合作协议，南京理工大学戚湧、南京理工自动化研究院有限公司彭富明、江苏智航新能源有限公司吴丽军、国电南瑞科技股份有限公司徐石明之间签有产学研合作协议。

陈昊排名第一、彭富明排名第二的“新型开关磁阻电机系统及其关键技术”获得2016年度江苏省科技进步二等奖，陈昊排名第一、彭富明排名第二、吴丽军排名第三、排名第六的“电动汽车新型动力系统关键技术及应用”获得2018年度江苏省科技进步一等奖。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	产业合作	陈昊，彭富明，杨睿诚	2012.1-今	新型驱动电机及其控制系统关键技术产学研合作协议书	附件	
2	产业合作	戚湧、彭富明、吴丽军、徐石明	2012.1-今	电动汽车动力锂离子电池与整车控制技术产学研合作协议书	附件	
3	共同获奖	陈昊，彭富明	2012.1-2016.12	新型开关磁阻电机系统及其关键技术	附件	
4	共同获奖	陈昊，彭富明，吴丽军，杨睿诚，	2010.1-2018.12	电动汽车新型动力系统关键技术及应用	附件	

5、

项 目 名 称	复杂大部件机器人智能钻铆关键技术与装备
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	廖文和、田威、邱燕平、刘顺涛、崔海华、诸春华
主要完成单位	南京航空航天大学、成都飞机工业（集团）有限公司、航空工业江西洪都航空工业集团有限责任公司、南京埃斯顿机器人工程有限公司

提名单位意见：

我单位认真审阅了该项目相关材料，相关栏目均符合国家奖励工作办公室的填写要求。按照要求，我单位和项目完成单位都已对该项目的拟提名情况进行了公示，目前无异议。

新一代航空航天器大部件结构复杂、开敞性差、材料体系多、加工工艺难，再加上研制转批产周期大幅度缩短，对装配精度、质量和效率都提出了更高的新要求。以工业机器人为核心的智能装配技术与装备是解决该难题的有效新途径，但机器人绝对定位精度低、刚度弱，严重影响其用于航空航天器部件高精装配，且该领域长期受到欧美发达国家技术封锁和垄断，迫切需要突破核心关键技术，研制具有自主知识产权的机器人智能装配装备，为新一代航空航天产品的研制与批产提供技术与装备保障。

该项目针对上述需求，历经十年，开展了机器人精度补偿、工艺自适应控制、钻铆一体化多功能末端执行器设计制造、机器人智能装配装备等系统研究，首次提出了基于误差相似度的工业机器人绝对定位精度补偿方法，创新了感知驱动的钻铆质量自适应控制技术与关键工艺，发明了系列化智能装配末端执行器，成功研制了单/双机器人钻铆、移动机器人铣削、爬行机器人制孔等系列机器人智能装配装备，强有力地保障了我国航空航天产品的快速研制和迅速批产。

该项目从基础理论、装配工艺、智能装备到工程应用，取得了一系列关键技术突破和原创性成果，极大提升了我国航空航天制造装备的智能化水平与竞争力，具有重要的科学价值，经济与社会效益显著，授权发明专利22项，软件著作权8项，发表相关学术论文100余篇，培养研究生50余人，近三年新增直接经济效益超10亿元，核心专利转化1999.2万元，节约外汇2500余万美元。

提名该项目为国家技术发明奖二等奖。

项目简介：

新一代航空航天器高隐身、超高机动、长寿命等跨代性能，使得大部件结构复杂、开敞性差、材料体系多、加工工艺难，对装配精度与质量提出了更高的新要求；随着研制转批产周期大幅缩短，基于机床的自动钻铆等装配装备难以满足型号多变、研制周期短、装配精度高的综合要求。以工业机器人为核心的智能钻铆技术与装备是解决该难题的有效新途径，但机器人刚度弱、绝对定位精度低，严重制约其用于航空航天器部件高精度钻铆与装配，同时该领域长期受欧美发达国家技术封锁和垄断，迫切需要突破核心关键技术，研制具有自主知识产权的机器人智能钻铆装备，为新一代航空航天产品研制与批产提供技术与装备保障。

项目针对上述问题系统研究了复杂大部件机器人智能钻铆技术，突破了机器人精度补偿、工艺状态在线监测与智能控制、钻铆一体多功能末端执行器设计、双机器人协同控制等关键技术难题，构建了机器人精度补偿理论体系，自主研发了机器人智能装配系列装备，解决了航空航天制造业对高精装配技术与装备的迫切需求，科学、经济与社会效益显著。主要发明点如下：

（1）发明了基于误差相似度的工业机器人绝对定位精度补偿方法，提出了误差相似度定量评价指标，建立了空间最优采样点多目标优化模型，形成了机器人精度补偿理论体系，将工业机器人绝对定位精度提升5倍以上。

（2）发明了叠层材料变参数自适应钻铆质量控制技术与关键工艺，提出了多源异构感知信息融合方法，建立了多质量因素耦合的工艺评估模型，发现了感知信息与钻铆连接强度和疲劳寿命的关联规律，发明了面向复杂叠层材料的智能钻铆新工艺，实现了工艺在线自适应控制，提升了装配质量。

（3）发明了面向复杂曲面的检测钻铆一体化多功能末端执行器，创新了双级气动缓冲结构，解决了弱刚性机器人钻铆稳定性差的难题，实现了钻铆、检测、监控一体化。自主研制了机器人制孔、单机器人钻铆、双机器人协同钻铆、自主移动机器人钻铣、爬行制孔等五大系列机器人智能钻铆装备，打破了国外技术封锁，为我国新一代航空航天产品精准装配提供了装备支撑。

项目成果完善了我国复杂大部件智能装配技术体系，拓宽了工业机器人应用领域，成功研制了面向航空航天复杂大部件的智能钻铆系列装备，已应用于我国歼20、歼10、L15高教机、海基导弹、天宫2号空间站等国家重点型号研制和批产，钻铆质量大幅提升：制孔质量由H9提高到H8，孔位精度由±1mm提高到±0.4mm，法向精度由5°提高到0.3°，锪窝精度从0.1mm提高到0.05mm，钻铆效率提升5–10倍，叠层材料毛刺＜50μm，铆接阶差＜0.05mm。多位院士评价，整体技术达国际先进水平，精度补偿技术国际领先。装备总体性能优于国外同类装备水平，完全自主可控，替代进口，打破国外技术垄断。成果得到成功转化，应用于国产机器人，大幅提高了机器人绝对定位精度，探索了一条国产机器人低成本高端化的新路径。

项目已获授权发明专利22项，软件著作权8项，发表SCI论文20余篇。近三年新增直接经济效益超10亿元，核心专利转化1999.2万元。项目获2018年江苏省科学技术一等奖。

客观评价：

1.院士评价

项目得到了中国工程院陈祥宝、尤政、谭建荣、林忠钦院士，中国科学院李应红院士的高度评价，认为：该项目提出的基于误差相似度的工业机器人绝对定位精度补偿方法，形成的机器人精度补偿理论体系，攻克了工业机器人应用于航空航天制造领域的关键基础问题；创新性提出的感知驱动的钻铆任务智能规划和多传感器融合的工艺在线智能评估与控制方法，研发了钻铆任务智能离线规划和在线自适应工艺控制软件，解决了航空航天器大部件装配误差在线协调技术难题；发明了复杂曲面钻铆一体化多功能末端执行器，自主研制了全系列航空航天机器人智能钻铆装配装备，首次应用于歼 10 等重点型号产品，建成了国内第一条集成电磁铆接的双机器人协同钻铆生产线，为我国航空航天器大部件精准装配提供了国产化装备支撑。上述核心技术已在国产工业机器人、智能制造装备等领域实现了转化，经济与社会效益显著。成果创新性强，具有自主知识产权，打破了国外技术封锁和垄断，总体技术达到国际先进水平，在机器人精度补偿技术方面处于国际领先。

中国航空材料研究院陈祥宝院士评价：尤其是发明了多材质、复杂叠层材料的智能钻铆新工艺方法工程应用价值高，填补了在该领域的空白。成果原创性突出，体系性强，具有自主知识产权。同时，上述核心技术已在国产工业机器人、智能制造装备等领域实现了转化，经济与社会效益显著，在军民融合领域示范意义重大。

浙江大学谭建荣院士评价：该项目成果创新建立了装配过程中多传感器感知融合模型，形成了装配质量在线评估方法，工程应用价值突出，是智能制造技术在航空航天领域的典型示范，并首次实现了大部件装配工艺的智能化应用。

上海交通大学林忠钦院士评价：自主研制了应用于歼 20/歼 10/L15 等重点型号的五大类系列化机器人装配智能装备，包括机器人制孔、单机器人钻铆、双机器人协同钻铆、移动机器人铣削、爬行机器人制孔等，这些装备结构复杂，难度大，填补了国内空白，取得了显著的军事、社会和经济效益。

空军工程大学李应红院士评价：项目提出的精度补偿理论体系完整，具有通用性，应用实践证明该理论体系能有效提升国产机器人绝对定位精度，并有望应用于航空发动机关重件加工与装配，加快我国航空发动机制造的自动化和智能化。

清华大学尤政院士评价：项目大胆创新，将机器人钻铆关键技术应用于大型非结构化航天器原位铣削加工中，突破了基于外置数控系统的机器人轨迹高精度直接控制、原位测量–装调–加工一体化、加工任务在线智能规划等关键技术，该装备的成功研制与应用充分反映出：项目组在工业机器人精度补偿理论体系、加工/装配任务智能规划方法、工艺自适应控制、一体化多功能末端执行器设计制造等核心技术积累深厚，形成了较完善的机器人高精度加工/装配技术体系。

2.获奖情况

项目成果“复杂大部件机器人智能装配关键技术与应用”获 2018 年江苏省科学技术一等奖。

3.应用单位评价

（1）成都飞机工业（集团）有限责任公司：南京航空航天大学研制的3套飞机部件智能柔性装配系统总体性能稳定、可靠，加工效率提升5倍，为歼10准时交装和歼20研制周期的缩短提供了技术和装备保障。完全可替代进口，节约外汇2000余万美元，直接经济效益7.375亿元。

（2）航空工业江西洪都航空工业集团有限责任公司：2013年公司与南京航空航天大学进行高教机翼面类部件数字化柔性装配生产线研制合作，建成了长达34米的国内首条双机器人协同钻铆生产线，加工效率提高了5–10倍，保障了L15准时交装。与进口M.Torres制孔系统相比，总体性能更优，可替代同类进口装备，节省外汇500万余美元，间接创造经济效益超过1亿元。

（3）北京卫星制造厂（航天科技集团五院）：我厂与南京航空航天大学合作研制的可移动机器人智能化柔性制造单元，通过“天宫2号”空间站舱外支架组合加工进行了应用，在国内首次实现了移动机器人在位铣削加工，各项指标满足航天器加工的精度要求，为“载人航天”等国家重大专项工程的顺利实施提供了支撑。

（4）中国航天科工集团第三研究院第二三九厂：我公司与南京航空航天大学联合成功研制了导弹舱体自动制孔系统，打破了国外技术垄断，在某型战术导弹弹体部件上进行应用，该项技术装备提升了生产线快速转产能力，满足了大批量、短周期的弹体部件快速制造需求，对于提升我公司整体导弹制造水平具有重大意义。

（5）南京晨光集团有限责任公司（航天科工集团四院）：我公司与南京航空航天大学成功研制了机器人弹体部件自动制孔系统，并在XX战略导弹弹体样件上实现验证，制孔质量提升一个等级、效率提升4倍，为我国导弹制造与装备提供了技术保障。预计创造经济效益1亿元，经济效益与军事效益显著。

（6）南京埃斯顿机器人工程有限公司：公司联合南京航空航天大学开展机器人精度补偿技术应用研究，机器人绝对定位精度从2mm提升到0.4mm，达到国际先进水平，增强了产品的市场竞争力，扩大了应用领域，为公司机器人产品进入航空航天等高端制造领域提供了技术保障。累计新增销售额1.13亿元，净利润500万元。

（7）无锡贝斯特精机股份有限公司：我公司与南京航空航天大学合作开发了面向航空制造的机器人自动钻铆系统，并将精度补偿、智能控制等关键技术推广到汽车行业，产品总体性能达到国外同类产品先进水平，累计新增产值1.8亿元，销售额1.88亿元，净利润3760万元，节省劳动成本50%以上，为加快产业升级创造先机。

应用情况：

1.应用情况

自2009年起，项目先后发明了机身部件制孔机器人、机翼部件钻铆机器人、移动铣削机器人等一系列机器人智能装配装备，在成都飞机工业（集团）有限责任公司的歼10/歼20战机、航空工业江西洪都航空工业集团有限责任公司的L15高教机、北京卫星制造厂天宫2号空间站、中国航天科工集团第三研究院二三九厂XX型海基导弹、南京晨光集团有限责任公司XX型导弹等我国重点型号上进行了应用推广，成效显著，有效提升了我国重点型号制造企业研制和批产能力、提供了强有力的技术与装备保障。同时，直接节约外汇1500万元，质量提升和效率提高，间接创造经济效益3亿元。

项目成果于2013年起在成都飞机工业（集团）有限责任公司推广应用，研制和批产了重点型号近50副机翼，近三年新增销售7.375亿元；2013年起在无锡贝斯特精机股份有限公司推广应用，联合开发了多套机器人智能钻铆装备，并将技术推广到汽车部件机器人加工生产线，近三年新增销售1.88亿元；2015年开始将精度补偿技术成果推广应用于南京埃斯顿机器人工程有限公司，提升了机器人技术指标，扩大了产品销售，近三年累积增加销售1.13亿元。近两年总计新增销售额超过3亿元，专利成果转化达1999.2万元，创办产业化公司，预期5年内形成10亿以上的市场经济效益。

主要应用单位情况

序号	单位名称	应用技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	成都飞机工业（集团）有限责任公司	发明点1、2、3	J10/J20翼面部件总体钻铆效率提高近10倍，节约外汇2000余万美元，直接经济效益7.375亿。	2010至今	何晓煦 17313221070
2	航空工业江西洪都航空工业集团有限责任公司	发明点1、2、3	提升了L15翼面部件批生产能力，效率提高了5–10倍，节约外汇500余万美元，间接经济效益超1亿元。	2015至今	李桐超 13207001210
3	北京卫星制造厂（航天科工集团五院）	发明点1、2、3	解决了天宫2号空间站大型构件的原位加工难题，提高了加工质量和加工效率。	2016至今	乐毅 13810171171
4	中国航天科工集团第三研究院第二三九厂	发明点1、2、3	满足了导弹大批量、短周期的部件快速制造需求，并在不同型号开展推广应用。	2016至今	朱前成 15650765763
5	南京埃斯顿机器人工程有限公司	发明点1	提升机器人精度，增强了企业产品市场竞争力，近两年累计新增销售额1.88亿元，净利润3760万元。	2015至今	李珍 13705156640
6	无锡贝斯特精机股份有限公司	发明点1	实现成果在航空与汽车制造领域推广。近两年累计新增销售收入1.1259亿元，新增净利润498万元，节省劳动力成本50%以上。	2014至今	陈斌 13636315401

2.应用效果

自然年	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2016	10988	446.5	6100	1220
2017	31271	1601.5	12700	2540
2018	42750	2137.5		
累计	85009	4185.5	18800	3760
主要经济效益指标的有关说明： 对应科目的总和表中所填数据为成都飞机工业（集团）有限责任公司、无锡贝斯特精机股份有限公司、南京埃斯顿机器人工程有限公司等单位应用本项目成果所取得的直接经济效益所对应科目的总和。				
其他经济效益指标的有关说明：				

项目研制成功了完全具有自主知识产权的复杂大部件机器人智能装配系统，完全掌握了该领域的核心关键技术，建立了完善的机器人精度补偿理论体系，关键装备的国产化打破了欧美发达国家的技术垄断与封锁，为我国航空航天重点型号的研制提供了装备基础；通过成果转化，推动了国产工业机器人的向高精度领域的发展；促进了军民融合，为江苏民营企业的创新发展、转型升级提供了示范，在智能制造领域培养与建立了一支高层次人才队伍。

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权类别	知识产权具体名称	国家	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专状态
发明专利	一种变参数误差辨识的机器人精度补偿方法	中国	ZL201410790884.5	2017-06-13	2516235	南京航空航天大学	田威、廖文和、洪鹏等	有效专利
发明专利	一种用于附加外部轴的机器人系统分站式精度补偿方法	中国	ZL201310059006.1	2015-03-11	1604730	南京航空航天大学	田威、廖文和等	有效专利
发明专利	多功能自动钻铆末端执行器及自动钻铆方法	中国	ZL201510072361.1	2017-05-31	24187 3	南京航空航天大学	田威、廖文和等	有效专利
发明专利	航空叠层材料变参数自适应制孔系统及方法	中国	ZL201510072284.X	2017-04-12	2443741	南京航空航天大学	田威、廖文和、张霖等	有效专利
发明专利	一种多功能钻铆执行器及其工作方法	中国	ZL201510081351.4	2015-06-17	2431285	南京航空航天大学	田威、廖文和、张霖等	有效专利

发明专利	一种用于工业机器人的空间立体网格精度补偿方法	中国	ZL201110113246 6	2012-09-26	1050893	南京航空航天大学、成都飞机工业（集团）有限责任公司	田威、廖文和、万世明等	有效专利
发明专利	基于神经网络的工业机器人空间网格精度补偿方法	中国	ZL201210007012.8	2014-12-10	1542791	南京航空航天大学	田威、廖文和等	有效专利
发明专利	一种自动钻铆机器人的法向找正方法	中国	ZL201110113060.0	2013-11-20	1308335	南京航空航天大学、成都飞机工业（集团）有限责任公司	田威、廖文和等	有效专利
发明专利	双机器人协同自动装配的智能化柔性生产线及其运行方法	中国	ZL201510583719.7	2017-3-22	2425425	南京航空航天大学、江西洪都航空工业集团有限责任公司	田威、邱燕平、廖文和等	有效专利
发明专利	一种机器人自动装配的智能化柔性生产线及其运行方法	中国	ZL201510586767.1	2017-5-10	2480818	南京航空航天大学、江西洪都航空工业集团有限责任公司	田威、邱燕平、廖文和等	有效专利

主要完成人情况：

1.廖文和，排名1，副校长，教授，完成单位：南京理工大学，兼任南京航空航天大学教授，是该项目的团队负责人，负责项目总体技术方案、技术路线、组织协调，对发明点1、2、3均有重要贡献，对本项目机器人精度补偿技术、机器人钻铆工艺自适应控制技术、智能多功能末端执行器研制和机器人智能钻铆系统研制等关键技术与创新点均作出了创造性贡献。是10项主要发明专利的发明人以及其他12项发明专利的发明人。

2.田威，排名2，系主任，教授，完成单位：南京航空航天大学，是该项目的主要研发人员，对发明点1、2、3均有重要贡献，重点发明了基于空间误差相似度的机器人精度补偿和机器人钻铆工艺自适应控制等关键技术方案，发明了钻铆一体化末端执行器结构，研制了系列化智能多功能末端执行器和机器人智能钻铆系统。是10项主要发明专利的发明人以及其他10项发明专利的发明人。

3.邱燕平，排名3，高级工程师，完成单位：航空工业江西洪都航空工业集团有限责任公司，是该项目的主要研发人员，对发明点3有重要贡献，参与L15高教机翼面类部件机器人自动装配生产线的技术方案论证，组织实施了机器人智能装配关键技术成果的应用验证与推广应用。是2项主要发明专利的发明人。

4.刘顺涛，排名4，副部长，高级工程师，完成单位：成都飞机工业（集团）有限责任公司，是该项目的主要研发人员，对发明点3有重要贡献，负责歼10、歼20等重点型号复杂大部件机器人智能装配技术与装备的技术论证，组织完成了相关关键技术成果的应用验证和推广应用。是其他3项软件著作权的著作权人。

5.崔海华，排名5，副教授，完成单位：南京航空航天大学，是该项目的主要研发人员，对发明点3有重要贡献，参与完成了智能多功能末端执行器研制和双机器人协同钻铆系统研制等技术方案的论证和项目实施。是其他2项发明专利的发明人。

6. 诸春华，排名6，执行总裁，完成单位：南京埃斯顿机器人工程有限公司，是该项目的主要研发人员，对发明点1、3均有重要贡献，完成了机器人精度补偿技术研究成果在南京埃斯顿机器人工程有限公司多款型号机器人产品上的集成应用，实现了机器人产品由低精度作业向高精度作业领域的转变，达到国际先进水平，经济效益显著。

完成人合作关系说明：

该项目是整个申报团队长期合作的研究成果。项目完成人主要合作关系如下：

项目第1完成人廖文和教授与本项目第2完成人田威教授属同单位同课题组（南京航空航天大学机电学院航空宇航制造工程系），在项目实施过程中共同获得江苏省科学技术一等奖《复杂大部件机器人智能装配关键技术与应用》；共同授权《一种用于工业机器人的空间立体网格精度补偿方法》（ZL201110113246.6）、《基于神经网络的工业机器人空间网格精度补偿方法》（ZL201210007012.8）、《多功能自动钻铆末端执行器及自动钻铆方法》（ZL201510072361.1）等20余项发明专利；并合作发表有多篇学术论文。

项目第1完成人廖文和教授与本项目第3完成人邱燕平高工长期保持项目合作关系，在项目实施过程中，共同授权《双机器人协同自动装配的智能化柔性生产线及其运行方法》（ZL201510583719.7）、《一种机器人自动装配的智能化柔性生产线及其运行方法》（ZL201510586767.1）2项发明专利；并合作发表有多篇学术论文。

项目第1完成人廖文和教授与本项目第4完成人刘顺涛高工长期保持项目合作关系，共同完成中航工业创新基金“飞机小翼部件机器制孔制孔系统控制与离线编程系统”，实现了研究成果在歼十等飞机部件批产的应用推广。

项目第1完成人廖文和教授与本项目第5完成人崔海华副教授属同课题组（南京航空航天大学机电学院航空宇航制造工程系）在项目实施过程中共同获得江苏省科学技术一等奖《复杂大部件机器人智能装配关键技术与应用》；共同授权2项发明专利；并合作发表有多篇学术论文。

项目第1完成人廖文和教授与本项目第6完成人诸春华董事长期保持项目合作关系，在国产工业机器人上实现了精度补偿技术的应用推广，并共同实现了成果主要专利的产业化推广转化。

6、

项 目 名 称	新型放射性粒子支架的研发与应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	滕皋军、郭金和、周付根、刘春俊、朱海东、李玉茜
主要完成单位	东南大学、北京航空航天大学、南京微创医学科技股份有限公司

提名单位意见：

晚期恶性肿瘤常侵犯并堵塞腔道，临床处理棘手。传统放疗及外科治疗不能快速解除腔道梗阻。支架技术虽可即刻解除腔道梗阻，但对恶性肿瘤引起的腔道梗阻无治疗作用。该项目针对这一国际性难题和临床重大需求，发明了系列放射性粒子支架及其放射治疗计划系统，实现了对空腔脏器恶性肿瘤的三维立体精确腔内放疗，首次突破了在空腔脏器恶性肿瘤进行放射性粒子植入放疗的临床禁区，成功地应用于胆管、气管、食管、及门静脉等恶性梗阻。通过完成4项前瞻性随机对照研究，证实了这一原创性技术发明能即刻打通闭塞的食管、胆管、门静脉及气管，并对导致腔道狭窄或梗阻的恶性肿瘤行近距离内放疗，有效控制腔内肿瘤生长，显著降低了支架再狭窄率，延长了患者生存时间。

该项目获授权发明专利8项，国家食药监局产品证书3项；发表SCI论文23篇，包括Lancet Oncol, J Hepatol等权威期刊；编写并主审国家行业标准1部。成果被多项国际重要指南推荐为晚期食管癌、胆管恶性梗阻及门静脉癌栓的治疗新技术。该系列支架的各项技术指标均优于同类产品。迄今已应用各种恶性腔道梗阻4500余例，解除了大量的临床难题，延长了患者的生存时间和提高了生活质量，产生了巨大的社会效益。

提名该项目为国家技术发明奖二等奖。

项目简介：

晚期恶性肿瘤常侵犯并堵塞腔道，临床处置棘手，多数不适宜外科手术治疗，传统的放疗技术则由于不能快速解除梗阻而应用受限。支架技术被广泛应用于食管和胆管恶性梗阻，虽然支架可即刻解除腔道梗阻，但由于肿瘤继续生长对支架的压迫或直接向支架内生长，支架再狭窄或堵塞率极高。针对这一国际性难题和临床重大需求，本项目发明了原创性的系列放射性粒子支架及其放射治疗计划系统，实现了对空腔脏器恶性肿瘤的三维立体精确腔内放疗，首次突破了在空腔脏器恶性肿瘤进行放射性粒子植入放疗的临床禁区，成功地应用于胆管、气管、食管及门静脉等恶性梗阻，取得显著的疗效，建立了临床治疗新标准。

主要发明创新点：

一、发明了分体套叠式放射性粒子支架及其植入装置，实现了对空腔脏器肿瘤的三维立体精确腔内放射治疗。放射生物学研究证明：与支架加粒子条植入技术比较，放射性粒子支架的放射剂量沿管腔分布更均匀。应用于恶性胆管梗阻及门静脉癌栓的治疗，结果证明放射性粒子支架可显著提升胆管和门静脉支架通畅率，并延长了患者生存期，获Ia级循证医学证据，成果被多项国际权威指南推荐。

二、发明了超顺应性放射性粒子支架，针对一体式放射性食管粒子支架纵向顺应性不足、支架植入后移位、疼痛及出血发生率高等缺陷，发明了分节式超顺应性放射性食管与气管粒子支架，成功应用于食管和气管恶性梗阻性病变，初步结果表明：应用超顺应性食管粒子支架的患者舒适度更好，并发症发生率更低；气管粒子支架可以降低支架再狭窄率和延长生存期。

三、研发了基于人工智能的放射性粒子支架专用的放射治疗计划系统，实现了快速精准获得剂量分布优化的粒子植入计划。比较传统方案，图像重建质量高、处理速度快，显著减少了粒子放置数目，降低了剂量不均匀率，有效地提升了放射性粒子支架治疗计划和计划验证的效率和质量。

该项目分别应用于胆管、气管、食管及门静脉等恶性梗阻，完成了多中心和单中心前瞻性随机对照研究4项，证明了该新型支架系统在抑制支架再狭窄和延长患者生存时间两方面都显著优于传统支架。获授权发明专利8项，国家食药监局产品证书3项，编写并主审国家行业标准1部。发表SCI论文23篇，包括Lancet Oncol, J Hepatol等权威期刊。在全国100多家医疗中心，4500多例患者应用。成果被多个国际权威临床指南推荐为晚期食管癌、胆管恶性梗阻及门静脉癌栓的治疗新技术。本项目的系列发明技术为原创性技术，被国家自然基金委门户网站首页新闻报道，路透社“医学重大进展”2次专题报道，并在美国介入放射学会年会（SIR）、世界消化介入学会年会(SGI)、世界肿瘤介入学会年会(WCIO)、亚太心血管介入放射学会年会(APSCVIR)做主题报告，产生了巨大的社会效益。

客观评价：

1.查新报告

科技查新报告结论：项目所述的三个发明点“治疗空腔脏器肿瘤的三维立体精确腔内放疗方法及其系统，分体套叠式胆管、门静脉放射性粒子支架及其植入装置”、“分节式超顺应性食管放射性粒子支架，并拓展应用于气管恶性梗阻”、“基于人工智能的放射性粒子支架专用的放射治疗计划系统”，未见有相同报道。

文献检索报告结论：根据申请人提供的查新要求和检索用词，经查阅PubMed，SCIE数据库，截止到2018年12月21日查到本课题组已发表的与成果相关的英文文献共计23篇，IF值合计为121.606，在Web of Science 核心合集中被引总计158篇次，实际被引（不包含BKCI-S 和BKCI-SSH 数据库）151篇次，其中他人引用（被除作者和合作者以外其他的人引用）120篇次。

2.客观评价

原布朗大学外科学专家Russell E White于《Lancet Oncology》同期发表述评文章“Irradiation stents: a clever, and maybe costly, fusion”。在该文中对该发明进行了大篇幅描述：“我向朱和他的同事们表示祝贺，因为他们独创性地发明了新技术和新器械，并且积极地开展随机对照临床研究。他们的这项技术创新可能会让患者在支架置入后获得更长的生存时间……”评述最后总结道：“……朱和他的同事们采用‘一石二鸟’的策略，研究结果也验证了他们的设想：与传统支架相比，这种新型内照射支架能够持久的改善吞咽困难症状并且延长生存时间……”[Lancet Oncol. 2014 May;15(6):546-7]。

哈佛大学教授、《The New England Journal of Medicine》副主编Julie R. Ingelfinger于该杂志发表了综述文章“Esophageal carcinoma”，对该发明进行了评价：“……支架置入同时联合高剂量近距离照射则可以延长晚期食管癌患者生存时间……”[N Engl J Med. 2014 Dec;371(26):2499-509]。

中国学者刘庄在《Nature Biomedical Engineering》发表论文：“使用内照射粒子支架可以避免外照射放疗引起的显著系统毒性” [Nat Biomed Eng. 2018 Aug; 2(8): 611-621]。Utrecht大学医学中心的著名放射治疗专家Peter S. N. van Rossum 比较了不同食管支架局部治疗食管癌的多个RCT研究，认为我们发明的食管放射性粒子支架“既结合了自伸展金属支架快速解决吞咽困难的优势，又结合了放射治疗长期疗效的优势”[Nat Rev Gastroenterol Hepatol. 2018 Apr;15(4):235-249]。

Karolinska Institute著名食管癌及胃癌外科学专家Jesper Lagergren在《Lancet》发表的“Oesophageal cancer”综述文章认为：吞咽困难是食管癌的最主要的问题，而我们发明的支架结合放射性粒子的方法“可能是解决吞咽困难的最佳方案”[Lancet. 2017 Nov 25;390(10110):2383-2396]。

2016年，Utrecht 大学医学中心的Wouter F. W. Kappelle在《Expert Opinion on Drug Delivery》杂志发表“Challenges in oral drug delivery in patients with esophageal dysphagia”时指出：“与裸自膨式金属支架相比，装载了放射性粒子的自膨式金属支架或许是一

个引人注目的新选择。这种支架的植入的好处在于，它可以在对吞咽困难进行长期改善的同时，不增加并发症的风险。该研究证明了放射性粒子金属支架在治疗吞咽困难时的及时疗效与长期效果”[Expert Opin Drug Deliv. 2016 May;13(5):645–58]。

2016年，本项目组的食管放射性粒子支架多中心RCT研究成果被纳入2016版欧洲胃肠内镜学会临床指南：“食管粒子支架植入可以快速改善吞咽困难，而且近距离照射治疗可以使这一症状得到长期缓解”[Endoscopy. 2016 Oct;48(10):939–48]。

国家自然科学基金门户网站对本项目三维立体精确食管内放疗支架用于治疗恶性食管梗阻作了首页新闻报道。路透社医学版也对分体套叠式放射性粒子支架治疗恶性胆道梗阻的成果作了专题报道，认为是“肿瘤和医学重大进展”。

2016年关于“Malignant Biliary Obstruction: Evidence for Best Practice”的综述文章提出了金属支架置入治疗恶性胆管梗阻的主要问题，即支架术后容易再狭窄，文章在探讨支架应该如何改良设计时提到该发明并进行评论：“为了克服传统自膨式金属支架置入后肿瘤向内生长，容易造成支架再狭窄的重要缺陷，有学者设计出载有^{125}I放射性粒子的新型自膨式金属支架，有效地延长了支架通畅时间和病人生存时间（朱等人的研究结果显示新型^{125}I粒子支架组的平均生存时间为8个月，较传统支架组的3个月明显延长）”[Gastroenterol Res Pract., 2016;2016:3296801]。

欧洲胃肠内镜学会临床指南（2017版认为：胆管放射性粒子支架可以显著延长恶性胆管梗阻患者的生存时间，并推荐其为恶性胆管梗阻患者的姑息性引流的治疗方案。[Endoscopy. 2018 Sep;50(9):910–930]。

《EBioMedicine》在本项目组论文“A Novel Tracheobronchial Stent Loaded with 125I Seeds in Patients with Malignant Airway Obstruction Compared to a Conventional Stent: A Prospective Randomized Controlled Study”发表同期刊登题为“Conventional Versus Therapeutic Stents for Airway Malignancies: Novel Local Therapies Underway”的述评：“放射性粒子支架作为一类新型的具有局部治疗作用的气管支架，其作用时间更长，可弥补传统药物涂层支架中药物浓度只能维持有限的时间的缺陷” [EBioMedicine. 2018 Jul;33:10–11]。

应用情况：

项目组为一医研企紧密合作的研发与应用团队，临床转化成果显著。已累计临床推广应用放射粒子支架4865套，患者4500余例；临床应用单位遍及全国100余家临床医疗中心，包括上海瑞金医院、郑州大学附属第一医院、浙江大学附属第一医院等三级甲等医院，取得了显著的临床疗效。

2．应用效果（限 2 页）

承担本项目的三家单位在放射性粒子支架系列产品研发、手术方式设计、临床验证，治疗计划系统的改进和创新方面已处于国际前沿。项目组委托国家食品药品监督管理局及江苏省医疗器械检测所对生产的支架产品进行一系列的检验，结果表明产品均符合国家标准要求。

经济效益：项目主要完成单位之一南京微创医学科技股份有限公司通过对非血管支架关键技术的开发，目前已经发展成为行业领域的龙头企业，在国际市场上占有重要的份额，其中，放射性粒子支架为其重要的原创性产品。

2011–2018年项目发明放射性粒子支架系列产品的销售量4865套，销售总额共计516万元，依据公司产品销售利润率计算，新增利润105万元，新增税收31万元。

社会效益：

本项目在实施期间，围绕发明的系列新型放射性粒子支架系统和相应植入技术在各类继续教育项目，国内外介入治疗和放射粒子学术大会进行报道和培训，听众达数万人次，推动了中国介入治疗技术由模仿学习向创新发展。该项目在国际上产生重大影响，包括在美国介入放射学会年会（SIR 2017），世界消化介入学会年会(SGI 2017，2018)，世界肿瘤介入学会年会(WCIO 2016)，亚洲栓塞会议（GEST Asia 2017， 2018），亚太心血管介入放射学会年会(APSCVIR 2014，2016，2018)做主题报告，使中国的原创技术传遍世界，领引国际前沿，产生了巨大的社会效益。

本项目的研发过程中汇集了临床医学、生物工程、计算机信息技术等多学科人才，促进了医研企的合作，如东南大学与南京微创医学科技股份有限公司共建了“江苏省微纳生物医疗器械设计与制造重点实验室”、“江苏省非血管腔道内支架工程技术研究中心”形成了多学科跨领域深度交叉融合的合作新模式—临床驱动的医疗器械创新模式，提高了我国医疗器械自主产品研发能力。

项目开展以来，受相关机构委托，本项目组起草了高于行业标准的产品企业标准：《非血管支架通用技术要求》；完成设计过程控制的企业标准：《医疗器械产品实现：设计开发过程通用要求及指南》。本项目的相关部分产品已获得国家药监局的注册证，并正在准备申请欧盟CE和美国FDA认证。

本项目成果已被多个国际临床指南所推荐，包括2016和2017版欧洲胃肠内镜学会临床指南，成为晚期食管癌、胆管恶性梗阻、门静脉癌栓的治疗新技术，具有广阔的临床应用前景。同时，也极大地提升了我国介入医师在国际介入治疗领域的影响力和话语权。

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
中华人民共和国医药行	放射性粒籽植入治疗计划系统剂量计算要求和试验方法	中国	YY/T 0887-2013	2013/10/21	国家食品药品监督管理总局	北京航空航天大学	冯健;周付根;赵良东;崔智	有效
授权发明专利	可携带内照射粒子装置及其制造模具和制造方法	中国	201510442771	2018/1/23	2790895	南京微创医学科技股份有限公司	郭金和;滕皋军;潘长网;李玉茜;徐宏剑;冷德嵘;刘春俊	有效
授权发明专利	用于治疗肿瘤的三维立体精确腔内放疗方法及其系统	中国	201410626491	2018/2/23	2824339	滕皋军、董永华、冷德嵘	滕皋军;郭金和;董永华;冷德嵘;刘春俊;朱海东	有效
授权发明专利	一种超顺应性的可回收覆膜分段支架及其制备方法	中国	201410619021.1	2017/1/18	2353774	南京微创医学科技股份有限公司	冷德嵘;高小龙;李玉茜;陈晓丹;韦建宇;李常青;胡洁	有
授权发明专利	一种基于前景聚集度和背景先验的显著性物体检测方法	中国	201610531085.5	2017/11/3	2682581	北京航空航天大学	李露;郑玉;周付根	有效
授权发明专利	一种基于场景光照图的大场景非直接光照方法	中国	201410422870.8	2017/1/18	2353874	北京航空航天大学	周付根;资粤;吴福祥	有效
软件	放射性粒子源植入治疗计划系统6.0（简称BTPS）	中国	2009SR033599	2009/8/21	软著登字第0160598号	北京天航科霖科技发展有限	周付根	有效
论文	A novel biliary stent loaded with 125I seeds in patients with malignant biliary obstruction: Preliminary results versus a conventional biliary stent	中国				东南大学	朱海东*，郭金和*，朱光宇，何仕诚，方文，邓钢，秦永林，李国昭，Douglas M. Coldwell，滕皋军	
论文	Conventional stents versus stents loaded with 12^5 iodine seeds for the treatment of unresectable oesophageal cancer: a multicentre, randomised phase 3 trial	中国				东南大学	朱海东*，郭金和*，茅爱武*，吕维富*，纪建松*,王文辉，吕宾，杨瑞民g，吴伟，倪才方，闵捷,朱光	
论文	Irradiation stents vs. conventional metal stents for unresectable malignant biliary obstruction: A multicenter trial	中国				东南大学	朱海东*，郭金和*，黄明*，纪建松*，徐浩*，陆建*，黎海亮,王文辉，李玉亮，倪才方，施海彬，肖	

主要完成人情况：

1、滕皋军，排名1，东南大学附属中大医院院长，主任医师、教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学 ，是本项目的负责人，参与本项目所有研制、临床试验、推广等工作，在发明点1、2做出了主要贡献，带领完成了治疗空腔脏器肿瘤的三维立体精确腔内放疗方法及其系统、分节式超顺应性放射性粒子支架、放射性粒子支架专用的放射治疗计划系统的发明、临床试验和推广。以通讯作者发表相关论文12篇，获得授权相关发明专利2项，其中代表成果为“用于治疗肿瘤的三维立体精确腔内放疗方法及其系统”（排名第1）。

2、郭金和，排名 2，东南大学附属中大医院血管与介入科副主任，主任医师、教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学 ，是本项目主要参与者，负责系列粒子支架的研发、动物实验、临床应用推广，在发明点 1、2 作出了重要贡献。主要负责系列粒子支架的设计和其生物学应用、动物实验、临床应用推广。以通讯作者或第一作者发表相关论文 8 篇，获得授权相关发明专利 2 项，其中代表成果为“可携带内照射粒子装置及其制造模具和制造方法”（排名第 1）。

3、周付根，排名 3，教授，工作单位：北京航空航天大学，完成单位：北京航空航天大学，是本项目的重要参与者，在发明点 3 做出了重要贡献，主要负责在基于人工智能的放射性粒子支架专用的放射治疗计划系统的研发、优化和临床应用方面。获得授权相关发明专利 2 项，编写并主审国家行业标准 1 部。其中代表成果为“放射性粒籽植入治疗计划系统剂量计算要求和试验方法”。

4、刘春俊，排名 4，高级经济师，工作单位：南京微创医疗科技股份有限公司，完成单位：南京微创医疗科技股份有限公司，本项目的重要参与者，在发明点 1、2 做出了重要贡献。负责所有粒子支架研制支架的设计、生产、改进、注册、质量监控、临床推广。参与授权发明专利 4 项。其中，主要代表性成果为“用于治疗肿瘤的三维立体精确腔内放疗方法及其系统（排名第 5）。

5、朱海东，排名 5，副主任医师，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学 ，是本项目主要参与者，在发明点 1、2 作出重要贡献。主要负责主要负责系列粒子支架的设计和其生物学应用、动物实验、临床应用推广，以及实验数据的采集、整理，论文总结及发表。以第一作者发表相关论文 3 篇，获得授权相关发明专利 1 项。其中，主要代表性成果为“用于治疗肿瘤的三维立体精确腔内放疗方法及其系统”（排名第 6）。

6、李玉茜，排名 6，工作单位：南京微创医疗科技股份有限公司，完成单位：南京微创医疗科技股份有限公司，是本项目的参与者，在发明点 1、2 做出了重要贡献。主要参与相关粒子支架的设计、生产、注册、质量监控及临床推广。获得授权发明专利 3 项。其中代表成果为“一种超顺应性的可回收覆膜分段支架及其制备方法” 的授权专利（排名第 3）。

完成人合作关系说明：

项目完成人滕皋军、郭金和和朱海东同属于东南大学附属中大医院，在新型放射性粒子支架的设计与应用、临床试验验证及最终成果推广方面开展紧密合作，共同完成了4项前瞻性临床试验、合作发表了学科领域内顶级SCI论著3篇（见七、主要知识产权和标准规范等目录）。

项目完成人刘春俊和李玉茜同属于南京微创医学科技股份有限公司（前身为南京微创医学科技有限公司）。多年来，滕皋军、郭金和等一直和南京微创医学科技股份有限公司保持紧密合作关系，共同参与了新型放射性粒子支架的设计与研发，共同申请了两项国家发明专利《可携带内照射粒子装置及其制造模具和制造方法》和《用于治疗肿瘤的三维立体精确腔内放疗方法及其系统》。

项目完成人之一周付根隶属于北京航空航天大学，一直从事放射性粒子支架剂量计算及优化相关研究，编写放射性粒子源植入治疗计划系统软件，获得了1项软件著作权，并参与编写和制定了放射性粒子支架放射计量执行的行业标准。自2008年开始，周付根团队受东南大学附属中大医院滕皋军团队、南京微创医学科技有限公司等委托，开展“可携带放射性粒子腔道内支架放射治疗系统研制”合作，双方在新型放射性粒子支架的治疗计划设计及优化方面开展密切合作，为该新型支架的研制成果奠定了重要基础。

三、科学技术进步奖

1、

项 目 名 称	“悟空”号暗物质粒子探测卫星
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	常进、朱振才、安琪、李华旺、郭建华、孙志宇、诸成、刘树彬、彭文溪、马涛、苏弘、藏京京、张云龙、沈卫华、张飞
主要完成单位	中国科学院紫金山天文台、中国科学院微小卫星创新研究院、中国科学技术大学、中国科学院近代物理研究所、中国科学院高能物理研究所、中国科学院国家空间科学中心

提名单位意见：

暗物质可能是一种全新的基本粒子，一旦发现，将引发物理学的革命。暗物质粒子湮灭或衰变会产生宇宙射线(尤其是电子)和伽马射线，因此对这些高能粒子的精确测量可以用来间接探测暗物质粒子。中国科学院紫金山天文台领导合作单位的科研团队完成了“悟空”号暗物质粒子探测卫星DAMPE（Dark Matter Particle Explorer）的研制。“悟空”号于2015年12月17日顺利发射并成功开机工作，实现了我国空间科学天文卫星零的突破。

与国际同类的空间探测器相比，“悟空”号在TeV (万亿电子伏特)能段能量分辨率最高、所测得的TeV电子的纯净度最高、对电子和伽马射线的工作能段最高(可达10TeV)，为天文学家打开了TeV的新观测窗口。

“悟空”号获得“第18届中国国际工业博览会”创新金奖、“第46届日内瓦国际发明展”大会金奖，入选“国家十二五科技成果展”、“伟大的变革——庆祝改革开放40周年大型展览”等多个展览。“悟空”号连续两年（2016、2017年）入选习近平总书记新年贺词，十九大政府工作报告中也将“悟空号”暗物质粒子探测卫星项目作为科技创新的例证。“悟空”号的相关成果获得2017年安徽省科学技术一等奖、2018年江苏省科学技术一等奖（已完成公示）。

作为我国空间科学卫星系列的首发星，“悟空”号的成功研制极大推动了我国高能空间探测的发展。

提名该项目为国家科学技术进步奖一等奖。

项目简介：

大量的天文观测数据表明宇宙中除了标准粒子物理模型能够描述的普通物质，还存在着总质量更多的暗物质。一般认为它们是一种全新的基本粒子，一旦发现，将打开新物理世界的大门、引发物理学的革命。

暗物质粒子湮灭或衰变会产生宇宙射线(尤其是电子宇宙线)和伽马射线，因此对这些高能粒子的精确测量可以用来间接探测暗物质粒子。中科院紫金山天文台1998年提出了探测高能电子宇宙线的新方法，并于2011年12月在中国科学院空间科学战略先导专项的支持下，领导完成了“悟空”号暗物质粒子探测卫星DAMPE（Dark Matter Particle Explorer）的研制。四年里，研发团队（中国科学院紫金山天文台、微小卫星创新研究院，中国科学技术大学，中国科学院近代物理研究所、高能物理研究所、国家空间科学中心）取得了如下创新性成果：国际上最高能量分辨、超低本底的TeV电子探测器设计及工程实现；高灵敏、大动态范围的高能宇宙线核素的探测器设计及工程实现；低噪声、高密度的空间读出电子学设计及研发；以载荷为中心的一体化卫星系统设计及工程实现。

“悟空”号于2015年12月17日顺利发射并成功开机工作，实现了我国天文卫星零的突破，被英国Nature杂志评价为“开启了中国空间科学(新)时代”（Dark-matter probe launches the era of Chinese Space Science）。卫星系统表现优异，其在轨测试在项目工程大总体组织的评审上获得100分（满分）的殊荣。

与国际同类的空间探测器相比，“悟空”号暗物质粒子探测卫星在TeV (万亿电子伏特)能段的能量分辨率最高、所测得的TeV 电子的纯净度最高、对电子和伽马射线的工作能段最高(可达10TeV)，为天文学家打开了TeV的新观测窗口。2017年12月7日，“悟空”号的首批科学成果在Nature发表，引发了广泛的国际关注。Science杂志评论说“探测结果表明了该国空间科学的崛起”。

“悟空”号获得“第18届中国国际工业博览会”创新金奖、“第46届日内瓦国际发明展”大会金奖，入选“国家十二五科技成果展”、“伟大的变革——庆祝改革开放40周年大型展览”等多个展览。“悟空”号入选2011年、2013年-2016年中国十大天文进展，首批科学成果入选“两院院士评选2017年中国十大科技进展新闻”。“悟空”号连续两年（2016、2017年）入选习近平总书记新年贺词，十九大政府工作报告也将“悟空号”暗物质粒子探测卫星项目作为科技创新的例证。“悟空”号暗物质粒子空间探测团队2016年底入选“中国科学院‘十二五’突出贡献团队”、2018年获得“中国科学院杰出科技成就奖”。“悟空”号的有效载荷研发成果分别获得安徽省科学技术一等奖（2017年）和江苏省科学技术一等奖（2018年，已完成公示）。

此外，作为我国空间科学卫星系列的首发星，“悟空”号的成功研制为中国将来的高能辐射探测任务，如已经立项的“先进天基太阳天文台（ASO-S）卫星”、中国空间站的“高能宇宙辐射探测设施HERD”等，积累了丰富的工程经验和管理经验，推动了我国高能空间探测的发展。

客观评价：

“悟空”号暗物质粒子探测卫星实现了我国天文卫星零的突破（Chang et al. 2017）；并被Nature（《自然》）杂志评价为“开启了中国空间科学时代”(http://www.nature.com/news/china-s-dark-matter-satellite-launches-era-of-space-science-1.19059)。中国空间科学战略性先导科技专项负责人吴季与欧空局前副局长罗格·博内在《自然》杂志上发表联合署名的评论文章《Maximize the impacts of space science 》中，也专门提到了“悟空”号的成功。

“悟空”号经过近5年的研制攻克了多项关键技术，完成了原理样机、工程样机和飞行件，每个阶段组织的多轮专家评审均给出很高的评价，同时项目组也发表了多篇论文。“悟空”号到目前为止获得的主要评价包括：

1）工程研制各阶段的验收结论

“悟空”号暗物质粒子探测卫星从立项、完成正样飞行件研制到在轨测试等各阶段在工程大总体组织的各种评审中均获得了参会专家的高度评价：在项目立项综合论证会上，包括孙敬良院士在内的航天五院、航天八院的专家认为“科学目标和工程目标明确…具有重大科学意义。工程提出的技术指标和总体技术方案论证充分、合理可行”；卫星出厂评审会上，工程大总师艾长春研究员、叶培建院士、吴岳良院士、顾逸东院士、孟执中院士等专家认为“经过各项试验验证表明卫星功能与性能满足任务研制总要求，评审组一致同意通过评审”。

2）在轨测试结论

在2016年3月8日卫星工程大总体组织的在轨测试评审上给出了我国航天项目中罕见的100分满分。评审专家组认为“测试结果表明，系统、分系统、软件工作状态正常、稳定，整星功能、性能满足研制总要求……，加权后整星指标评定为100分”。

3）科学应用观测结果证明

暗物质粒子探测卫星交付用户（地面支撑系统、科学应用系统）使用，经过18个月的在轨观测后，科学家利用探测器的数据在Nature（《自然》）上发表了首批关于高能电子的观测结果（DAMPE Collaboration, Direct detection of a break in the teraelectronvolt cosmic-ray spectrum of electrons and positrons, Nature, 2017.12, 552: 63~66）。Science杂志评论说“探测结果表明了该国空间科学的崛起”。《自然》大中华区科学总监印格致：“虽然我们现在还不知道这些结果代表着什么，但是这些结果出乎我们意料，它有可能将改变我们看待宇宙的方式。”中国科学院院长白春礼：“如果新粒子是暗物质，是重大的突破；如果它不是暗物质，也是很重要的发现。因为它甚至不像暗物质那样被理论预测过。”

4）多次入选中国十大天文进展

“悟空”号暗物质粒子探测卫星DAMPE的工程研制和在轨测试任务多次入选中国十大天文进展（2011年、2013年、2014年、2015年、2016年）。

5）获奖情况

“悟空”号的相关成果：“暗物质粒子探测卫星核心探测器–BGO量能器”获得2017年安徽省科学技术一等奖，“悟空号暗物质粒子探测器”获得了2018年江苏省科学技术一等奖（已完成公示）。

“悟空”号获得“第18届中国国际工业博览会”创新金奖、“第46届日内瓦国际发明展”大会金奖, 2016年底“悟空”号暗物质粒子空间探测团队的入选“中国科学院‘十二五’突出贡献团队” 和2018年获得“中国科学院杰出科技成就奖”。

6）文献查新结论

综合国内外公开发表文献，查新结果表明：相对于国际上同类探测器（如美国的Fermi卫星探测器、空间站上的AMS–02实验等），暗物质粒子探测器（即卫星有效载荷）利用比它们少的重量和功耗（1.4吨重量、300瓦功率左右的设计约束下），完成了更高能段、更好能量分辨和本底抑制水平的探测器：观测能段（～10TeV），能量分辨本领（好于1.5%@0.8TeV），本底抑制水平（～10^5@TeV）。

“悟空”号设计寿命为 3 年，截止到 2018 年 12 月已经在轨正常运行 3 年，根据卫星目前的状态有望将寿命延长到 5 年以上。卫星的长寿命将为我国的暗物质研究提供更多宝贵的数据，也显著地提高了此次实验的性价比。

应用情况：

a）探测器设计、工程研制成果

经过工程研制的艰难奋斗，项目组克服了种种困难，先后完成了原理样机、初样鉴定件（工程样机）和正样飞行件的设计与建造，“悟空”号于2015年12月17日在酒泉卫星中心成功升空。这是我国首次独立完成如此复杂的空间高能粒子物理实验仪器设计和建造并成功发射。“悟空”号在工程实施上突破了多项关键技术，特别是探测器设计方面，采用了卫星首席科学家常进研究员的设计思想，使得整个探测器大大减轻了重量以便在轻量化的经济型卫星平台上工作，为国家节省了大量的发射费用。项目中关于以载荷为中心的卫星一体化设计思想、探测器的结构轻量化工程设计方法、低噪声高密度的空间读出电子学技术等已经应用于紫金山天文台目前承担的空间科学先导专项二期项目“先进天基太阳天文台（ASO-S)卫星”的探测项目中。ASO-S卫星已经立项，预计2022年发射。同时，本项目关于高能粒子的探测方法和定标技术等也为中国空间站上的“高能宇宙辐射探测设施（HERD）”的探测器提供了技术参考。

b）科学应用成果

“悟空”号暗物质粒子探测器在轨运行期间，项目团队继续负责探测器的在轨运行、在轨标定等工作。由于“悟空”号优异的性能，2016年12月15日在南京举行的“悟空”升空一周年学术年会上，所有与会专家又一次都给“悟空”的表现打了100分。中科院暗物质项目监理组给出的结论是：“我们从项目启动就从第三方视角对该工程进行监理。卫星工程取得了圆满成功，目前卫星在轨运行正常，有效载荷工作稳定……。”目前，“悟空”号已在轨运行3年，工作正常，观测数据稳定增长，每天收集到约500万个高能宇宙射线事例的数据，迄今已完成全天区覆盖6次，共探测有效事例约56亿个，其中5GeV-10TeV区间的高能电子数量已经超过300万个。在粒子的能量测量、本底抑制（粒子鉴别）方面达到同类装置世界最高水平，电荷测量、方向测量与世界最高水平相当，打开了TeV以上能区观测的一扇窗口。探测器数据每天及时向数据处理和科学研究团队发布，参与数据分析的团队主要来自中国科学院紫金山天文台、近代物理研究所、高能物理研究所、中国科学技术大学、瑞士日内瓦大学、意大利佩鲁贾大学、巴里大学、萨兰托大学等。用户单位利用探测器18个月的数据在Nature上发表了首批关于高能电子的观测结果（DAMPE Collaboration, Direct detection of a break in the teraelectronvolt cosmic-ray spectrum of electrons and positrons, Nature, 2017.12, 552: 63~66），另外一篇关于高能质子的观测结果也已经向Science杂志投稿。随着数据的不断增长，预计会有更多的科学结果发布。

表：使用探测器数据进行科学分析的主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话/邮箱	经济、社会效益
中国科学院紫金山天文台	“悟空”号暗物质粒子探测卫星的观测科学数据	2015年至今	伍健/15996236566 wujian@pmo.ac.cn	利用“悟空”号暗物质粒子探测卫星的观测数据进行数据分析及科学研究
中国科学技术大学			黄光顺/13225753796 hgs@ustc.edu.cn	
中国科学院近代物理研究所			张亚鹏/ 18293163423 y.p.zhang@impcas.ac.cn	
中国科学院高能物理研究所			乔锐/ 15011404524 qiaorui@ihep.ac.cn	
瑞士日内瓦大学			Xin Wu/+41 223796272 Xin.Wu@cern.ch	
意大利INFN佩鲁贾，佩鲁贾大学			Giovanni Ambrosi/+39 3473691160 giovanni.ambrosi@pg.infn.it	
意大利INFN巴里，巴里大学			Mario Nicola Mazziotta/+39 080 5443163 marionicola.mazziotta@ba.infn.it	
意大利格兰萨索科学研究所 GSSI			Ivan De Mitri/ +39 0862 4280 447 ivan.demitri@gssi.it	

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权(标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权(标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
论文	The DArk Matter Particle Explorer mission	中国	Astro particle Physics,2017.10, 95:6~24	2017年10月01日	doi:10.1016/j.astropartphys.2017.08.05	中国科学院紫金山天文台等“悟空”号DAMPE合作组单位	悟空号合作组：含常进、安琪、郭建华、孙志宇、刘树彬、彭文溪、马涛、苏弘、藏京京、张云龙、沈卫华、张飞	其他有效的知识产权
论文	The plastic scintillator detector for DAMPE	中国	Astroparticle Physics，2017.9, 94:1~10	2017年09月01日	doi:10.1016/j.astropartphys.2017.06.004	中国科学院近代物理研究所	余玉洪、孙志宇、苏弘等	其他有效的知识产权
发明专利	一种紧凑布局的一体化卫星	中国	ZL 2015 1 0706358.0	2017年10月27日	2672317	上海微小卫星工程中心（现更名为中国科学院微小卫星创新研究院）	诸成，张文巧，李华旺，朱振才，王建平，陈博，常亮，宋炜胥，何涛，刘瑞，吉彦超	有效专利
论文	The calibration and electron energy reconstruction of the BGO ECAL of the DAMPE detector	中国	NIM A，2016.11, 836: 8–104	2016年11月01日	doi:10.1016/j.nima.2016.08.015	中国科学技术大学，中国科学院紫金山天文台	张志永，王驰，董家宁，文思成，张云龙 等	其他有效的知识产权
论文	Design of the Readout Electronics for the BGO Calorimeter of DAMPE Mission	中国	IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE,2015.12,62(6)	2015年12月01日	DOI: 10.1109/TNS.2015.2479091	中国科学技术大学	封常青，张德良，张俊斌，高山山，杨迪，张云龙，张志永，刘树彬，安琪	其他有效的知识产权
论文	Design of the readout electronics for the DAMPE Silicon Tracker detector		CHINESE PHYSICS C, 2016 , 40 (11) :116101	2016年09月01日	DOI: 10.1088/1674–1137/40/11/116101	中国科学院高能物理研究所等	张飞，彭文溪，龚轼等	其他有效的知识产权
论文	Dark Matter Particle Explorer: The First Chinese Cosmic Ray and Hard γ–ray Detector in Space	中国	Chin. J. Space Sci. 2014, 34(5): 550–557	2014年10月01日	doi:10.11728/cjss2014.05.550	中国科学院紫金山天文台	常进	其他有效的知识产权
发明专利	一种星载空间晶体阵列探测器的保护结构	中国	ZL201510294511.3	2017年06月16日	2520954	中国科学院紫金山天文台	常进、胡一鸣、陈灯意、郭建华、蔡明生、宫一忠	有效专利
发明专利	暗物质粒子探测卫星塑闪阵列探测器前端电子学机箱	中国	ZL 2015 1 0893747.9	2018年05月11日	2921075	中国科学院近代物理研究所	杨雅清、杨鹏、苏弘、孔洁、孙志宇、余玉洪	有效专利
计算机软件著作权	暗物质粒子探测卫星载荷数管总线通讯管理软件	中国	2016SRBJ0803	2015年08月13日	BJ42222	中国科学院国家空间科学中心	梁耀明，沈卫华	其他有效的知识产权

主要完成人情况

姓名	常进	排名	1	职务	副台长	职称	研究员
工作单位	中国科学院紫金山天文台			完成单位	中国科学院紫金山天文台		
主要贡献	对创新点1、2、3均有贡献。为卫星首席科学家，负责科学目标、载荷配置方案						

姓名	朱振才	排名	2	职务	副主任	职称	研究员
工作单位	中国科学院微小卫星创新研究院			完成单位	中国科学院微小卫星创新研究院		
主要贡献	对创新点4有贡献。卫星指挥，提出卫星一体化设计并推动卫星研制						

姓名	安琪	排名	3	职务	国家重点实验室主任	职称	教授
工作单位	中国科学技术大学			完成单位	中国科学技术大学		
主要贡献	对创新点1、3均有贡献。卫星副总师，负责卫星有效载荷的研制						

姓名	李华旺	排名	4	职务		职称	研究员
工作单位	中国科学院微小卫星创新研究院			完成单位	中国科学院微小卫星创新研究院		
主要贡献	对创新点4有贡献。卫星总师，领导完成了关键技术攻关和卫星研制						

姓名	郭建华	排名	5	职务		职称	研究员
工作单位	中国科学院紫金山天文台			完成单位	中国科学院紫金山天文台		
主要贡献	对创新点1,3有贡献。载荷副总师，负责有效载荷整体集成测试和标定						

姓名	孙志宇	排名	6	职务		职称	研究员
工作单位	中国科学院近代物理研究所			完成单位	中国科学院近代物理研究所		
主要贡献	对创新点2有贡献。塑闪阵列探测器副主任设计师，完成了塑闪阵列探测器的研制工作						

姓名	诸成	排名	7	职务	所长	职称	研究员
工作单位	中国科学院微小卫星创新研究院			完成单位	中国科学院微小卫星创新研究院		
主要贡献	对创新点4有贡献。卫星副总师，负责卫星的结构和热控						

姓名	刘树彬	排名	8	职务	副系主任	职称	教授

工作单位	中国科学技术大学	完成单位	中国科学技术大学
主要贡献	对创新点1,3有贡献。BGO量能器主任设计师，负责量能器的研制		

姓名	彭文溪	排名	9	职务		职称	副研究员
工作单位	中国科学院高能物理研究所			完成单位	中国科学院高能物理研究所		
主要贡献	对创新点3有贡献。硅阵列探测器主任设计师，负责硅阵列探测器的研制						

姓名	马涛	排名	10	职务	支部书记	职称	研究员
工作单位	中国科学院紫金山天文台			完成单位	中国科学院紫金山天文台		
主要贡献	对创新点1有贡献。中子探测器分系统主任设计师，负责中子探测器的研制						

姓名	苏弘	排名	11	职务		职称	研究员
工作单位	中国科学院近代物理研究所			完成单位	中国科学院近代物理研究所		
主要贡献	对创新点2、3有贡献。塑闪阵列探测器副主任设计师，负责塑闪阵列探测器中读出电子学的研制						

姓名	藏京京	排名	12	职务		职称	副研究员
工作单位	中国科学院紫金山天文台			完成单位	中国科学院紫金山天文台		
主要贡献	对创新点1有贡献。载荷副总师，负责有效载荷的探测器模拟、束流标定实验的数据处理						

姓名	张云龙	排名	13	职务		职称	副研究员
工作单位	中国科学技术大学			完成单位	中国科学技术大学		
主要贡献	对创新点1有贡献。BGO量能器分系统副主任设计师，负责BGO量能器分系统中探测器部分的研制						

姓名	沈卫华	排名	14	职务		职称	副研究员
工作单位	中国科学院国家空间科学中心			完成单位	中国科学院国家空间科学中心		
主要贡献	对创新点3有贡献。载荷数管分系统副主任设计师，参与数管的设计，并负责数管的研制管理和质量控制。						

姓名	张飞	排名	15	职务		职称	副研究员
工作单位	中国科学院高能物理研究所			完成单位	中国科学院高能物理研究所		
主要贡献	对创新点3有贡献。硅阵列探测器副主任设计师，负责硅阵列探测器中读出电子学的研制						

主要完成单位及创新推广贡献：

主要完成单位	创新推广贡献
中国科学院紫金山天文台	中国科学院紫金山天文台为“悟空”号暗物质粒子探测卫星首席科学家所在单位。本单位组织科研人员提出了本项目的研究科学目标，基于自有的创新方法完成探测器设计，并以本单位为主导积极向国家、科学院申请项目立项，并获得经费支持。 本单位承担了项目组管理的任务，提供项目实施所需要的人员、配套经费、办公和实验室场所等条件，组织相关科研人员完成了探测器，即有效载荷，方案阶段（电性件）、初样阶段（鉴定件）和正样阶段（飞行件）的工程研制，把探测器交付给卫星系统，并最终组织完成项目的验收工作。 本单位积极推广暗物质粒子探测器的应用工作，组织探测器的在轨运行并将探测器的数据提供给合作组的科学家分析。探测器数据的科学研究获得了国家重点研发计划（基于暗物质粒子探测卫星的科学研究）、国家基金委联合基金等的支持。合作组利用探测器的数据，2017年12月在Nature上发表了关于高能电子能谱的最新结果，获得了国际上广泛关注。以此同时，本单位也积极推广将暗物质粒子探测器的技术成果应用在本单位目前承担的“先进天基太阳天文台”的硬X射线成像仪载荷上。
中国科学院微小卫星创新研究院	中国科学院微小卫星创新研究院作为暗物质粒子探测卫星的卫星总体单位，牵头组织完成了暗物质粒子探测卫星系统的研制以及发射任务，针对有效载荷的特点，充分发挥了中国科学院特有的创造型思维，创新性地提出了“以有效载荷为中心、以实现科学任务为目标的整星一体化设计”理念，突破了整星与载荷的等温化、大惯量试验关键技术，形成了卫星系统解决方案并领导完成了暗物质粒子探测卫星的研制、发射及测试。
中国科学技术大学	中国科学技术大学作为负责单位承担研制了暗物质粒子探测卫星有效载荷的核心探测部分——BGO量能器。 作为有效载荷BGO量能器分系统负责单位，承担BGO量能器的物理性能仿真、设计优化工作；通过对BGO量能器开展蒙特卡洛模拟分析，指导探测器的设计。完成全部探测器及电子学的设计、性能测试及分析工作。 作为有效载荷BGO量能器分系统负责单位，负责并开展BGO量能器分系统关键技术（BGO晶体大动态范围设计）攻关工作，按期按质完成，该工作整理成文章并在国际期刊NIM-A进行发表，评委认为该技术“非常吸引人，是一个出色的设计，并对国际上其他类似实验有着推广意义”。该关键技术在欧洲核子中心利用高能粒子束进行验证，并在卫星入轨后正常运行。申请国家发明专利一项并获得授权。以第一单位发表SCI、EI收录期刊文章二十余篇。其中在相关领域顶级国际期刊 NIM-A2篇，IEEE Trans. Nucl. Sci. 3 篇， JINST 1 篇；国内顶级期刊Chin. Phys. C 9篇。积极推广项目关键技术—“BGO晶体大动态范围设计”在其他国家重大工程上的应用。

中国科学院近代物理研究	中国科学院近代物理研究所是中国科学院空间战略科技先导专项暗物质粒子探测卫星DAMPE（“悟空”号）研制项目的参研单位，承担并完成了暗物质粒子探测卫星DAMPE科学载荷中关键探测器之一的“塑闪阵列探测器PSD”的研制与建造任务。所研制的探测器主要技术指标全面优于设计要求，达到国际先进水平。为卫星科学研究目标的实现做出重要贡献。
中国科学院高能物理研究所	硅阵列探测器(STK)是“悟空”号暗物质粒子探测卫星的重要科学载荷之一，是我国目前研制的规模最大、最复杂的空间探测器单机，在低噪声、低功耗、高密度读出等指标上均达到国际先进水平。 中国科学院高能物理研究所作为硅阵列探测器分系统的责任单位，除负责分系统总体设计和研制管理外，还具体完成了读出电子学设计和研制、结构/热设计和实施、可靠性设计及试验验证等重要工作，最终按照工程进度要求，高质量地完成了硅阵列探测器产品的交付。硅阵列探测器在轨连续运行已超过三年，期间工作状态、性能稳定，和其他载荷一起获取了大量宇宙线数据，为宇宙线研究提供了径迹、电荷等重要信息，并实现对高能伽马射线的转换测量，为我国第一幅伽马射线全天分布图的产生做出了突出贡献。
中国科学院国家空间科学中心	载荷数管分系统是“悟空”号暗物质粒子探测卫星的各探测器和卫星平台之间的纽带，为各探测器和卫星平台之间提供集中式的交互接口，实现了对有效载荷BGO量能器、硅阵列探测器、塑闪阵列探测器的28个探测器电子学前端FEE，中子探测器和4台高压供电机箱的遥测、遥控、数据采集和存储管理，以及有效载荷系统的二次电源供配电。 中国科学院国家空间科学中心作为载荷数管分系统的责任单位，负责分系统的总体设计和研制管理，高质量地完成了载荷数管分系统六台设备（载荷管理器、载荷数据处理器和DC-DC电源机箱A/B/C/D）的研制。载荷数管分系统在轨运行已超过三年，工作正常，支持各探测器顺利开展在轨科学探测并获取了大量宇宙线数据，为科学应用系统后续的科学成果产出提供保障。 作为一种通用的高可靠、高集成度设计的星载数据管理系统，载荷数管分系统的技术成果将在后续的航天工程任务中得到更广泛的应用和推广。

完成人合作关系说明：

“悟空”号暗物质粒子探测器卫星由中国科学院紫金山天文台提出，是我国空间科学卫星系列的首发星。该项目分有效载荷（即暗物质粒子探测器）和卫星平台两大部分，其中有效载荷包括载荷总体（中国科学院紫金山天文台负责）和5个分系统：塑闪阵列探测器分系统（中国科学院近代物理研究所负责）、硅阵列探测器分系统（中国科学院高能物理研究所负责）、BGO量能器分系统（中国科学技术大学、中国科学院紫金山天文台负责）、中子探测器分系统（中国科学院紫金山天文台负责）、载荷数管分系统（中国科学院国家空间科学中心负责）。卫星平台由中国科学院微小卫星创新研究院负责研制。各完成人在项目中的关系及对本项目的贡献如下表所示：

姓名	所在单位	承担的主要任务简述
常进	中国科学院紫金山天文台	首席科学家，负责科学目标、载荷配置方案
朱振才	中国科学院微小卫星创新研究院	卫星指挥，提出卫星一体化设计并推动卫星研制
安琪	中国科学技术大学	卫星副总师，负责卫星有效载荷的研制
李华旺	中国科学院微小卫星创新研究院	卫星总师，领导完成了关键技术攻关和卫星研制
郭建华	中国科学院紫金山天文台	载荷副总师，负责有效载荷整体集成测试和标定
孙志宇	中国科学院近代物理研究所	塑闪阵列探测器副主任设计师，完成了塑闪阵列探测器的研制工作
诸成	中国科学院微小卫星创新研究院	卫星副总师，负责卫星的结构和热控
刘树彬	中国科学技术大学	BGO量能器主任设计师，负责量能器的研制

彭文溪	中国科学院高能物理研究所	硅阵列探测器主任设计师,负责硅阵列探测器的研制
马涛	中国科学院紫金山天文台	中子探测器分系统主任设计师,负责中子探测器的研制
苏弘	中国科学院近代物理研究所	塑闪阵列探测器副主任设计师,负责塑闪阵列探测器中读出电子学的研制
藏京京	中国科学院紫金山天文台	载荷副总师,负责有效载荷的探测器模拟、束流标定实验的数据处理
张云龙	中国科学技术大学	BGO量能器分系统副主任设计师,负责BGO量能器分系统中探测器部分的研制
沈卫华	中国科学院国家空间科学中心	载荷数管分系统副主任设计师,参与数管的设计,并负责数管的研制管理和质量控制
张飞	中国科学院高能物理研究所	硅阵列探测器副主任设计师,负责硅阵列探测器中读出电子学的研制

2、

项 目 名 称	宁麦系列弱筋小麦品种选育及配套技术研究与应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	马鸿翔、郭文善、姚金保、马传喜、王龙俊、姜东、杨学明、朱新开、张鹏、张平平
主要完成单位	江苏省农业科学院、扬州大学、安徽农业大学、南京农业大学、江苏省农业技术推广总站、江苏明天种业科技股份公司、江苏三零面粉集团公司、江苏红旗种业股份有限公司

提名单位意见：

该项目针对长江中下游麦区优质弱筋小麦产业中存在的弱筋小麦种质资源与品种匮乏、品质与抗病丰产等性状难以协调、弱筋小麦量质协调栽培技术有待完善等问题，在国家及部省多个项目支持下，以弱筋小麦产业化为目标，从弱筋专用小麦遗传育种及栽培技术研发两方面着手，通过弱筋小麦优异种质创制、品质抗性等性状的分子定位和遗传机制解析，建立弱弱小麦品质评价和聚合育种技术，选育高产抗病优质弱筋专用小麦品种，同时通过弱筋小麦品质形成生理生化机制研究，研发肥水运筹和生化调控技术，构建量质协调标准化栽培技术体系，将弱筋小麦品种与配套技术集成在生产上推广应用，结合产业化示范在江苏及安徽等弱筋小麦优势产区大面积推广，取得了重大技术创新突破和极为显著的社会经济效益。在农业供给侧结构性改革，农业提质增效中具有广阔应用前景。

中国农学会组织专家对项目评审认为，该成果总体水平居国际先进，抗赤霉病高产弱筋小麦品种育成及弱筋小麦量质协调栽培技术体系研发方面处于国际领先水平。

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。

提名该项目为国家科技进步二等奖。

项目简介：

长江中下游冬麦区是我国第二大小麦产区，也是我国三大优质专用小麦产区中唯一的优质弱筋小麦主产区。随着社会经济发展，市场对优质专用小麦需求日益增加，但弱筋小麦产业发展存在着弱筋小麦优异种质和专用品种匮乏、品质与抗病丰产难以协调、育种效率较低以及量质协调栽培体系不完善等技术问题。项目组以弱筋小麦产量和品质协同提高为标，通过弱筋小麦新种质创制、品质指标筛选及分子标记开发，运用聚合育种技术，育成宁麦系列弱筋小麦新品种，构建量质协调栽培技术体系，促进了弱筋小麦产业发展。

1．育成了我国首个品质稳定的弱筋小麦宁麦9号，填补了优质丰产弱筋小麦品种空白，在株型上实现了淮南品种大穗型向多穗多粒型的突破。创制了宁麦9号为核心的育种群体和HMW-GS缺失突变体。不同育种单位以宁麦9号作为骨干亲本育成了23个通过审定的新品种。

2、定位宁麦9号弱筋小麦品质、抗病等重要性状QTL，开发与低蛋白、SRC、抗赤霉病等连锁分子标记，利用SRC和谷蛋白大聚体微量测定法、标记辅助选择、加倍单倍体培育及幼胚快速成苗技术与常规育种相结合，建立弱筋小麦聚合育种技术体系。

3、以宁麦9号为核心亲本育成了穗粒结构协调、抗病、优质弱筋的宁麦13、生选6号、宁麦18和宁麦24等4个弱筋小麦品种。育成的宁麦13引领我国弱筋小麦品种产量水平迈上亩产650公斤的台阶，为我国推广面积最大的弱筋小麦品种，持续推广时间长，面积稳定上升，也是目前长江中下游麦区推广面积最大的小麦品种。

4、探明了宁麦系列弱筋小麦籽粒产量和品质形成规律，从碳、氮物质积累与运转、酶学及激素平衡等方面揭示了其生理生化机制，明确了“适期早播、增加苗数、减氮前移、生化调控”量质协调技术途径，构建了弱筋小麦量质协调栽培技术体系。

审定弱筋小麦品种5个，获国家发明专利5件，制定地方标准14项，发表论文122篇，其中SCI论文18篇，获江苏省科技奖一等奖1项和农业部农牧渔业丰收奖1项。宁麦系列弱筋小麦品种累计推广面积1.016亿亩，近三年推广面积2893万亩，新增利润17.0687亿元，总经济效益19.9617亿元。

客观评价：

中国农学会组织专家进行第三方评价，评价结果为：该成果总体水平居国际先进，抗赤霉病高产弱筋小麦品种育成及弱筋小麦量质协调栽培技术体系研发方面处于国际领先水平。

农业部科技查新工作站科技查新结论：（1）除课题组发表的文献外，国内外公开发表的文献，未见品质稳定性超过宁麦9号的弱筋小麦品种的报道，未见通过EMS诱变获得高分子量谷蛋白亚基缺失的弱筋小麦突变体报道，未见与宁麦9号蛋白质含量、溶剂保持率、小麦赤霉病抗性性状QTL定位及相关分子标记开发的报道。（2）除宁麦9号外，未见其他大面积栽培品种作为赤霉病主效抗病QTL*Fhb1*主要来源的报导。（3）国内外公开发表的文献中，从碳氮物质积累与运转、酶及激素平衡方面揭示弱筋小麦品质形成的生理生化机制为项目组首先报道。（4）除宁麦13外，未见稻麦轮作条件下的弱筋小麦品种大面积示范机收实产验收超过600公斤亩产的报道。

应用情况：

宁麦9号、宁麦13、宁麦18、生选6号和宁麦24宁麦系列弱筋小麦品种已经在江苏、安徽淮河以南麦区大面积种植，截止2018年累计推广面积1.016亿亩，近三年推广面积2893万亩，新增利润17.0687亿元，总经济效益19.9617亿元。其中宁麦13为我国推广面积最大的弱筋小麦品种，持续推广时间长，面积稳定上升，也是目前长江中下游麦区推广面积最大的小麦品种。

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权

1、宁麦9号（品种审定证书）

2、宁麦13（品种审定证书）

3、生选6号（品种审定证书）

4、宁麦18（品种审定证书）

5、宁麦24（品种审定证书）

6、一种弱筋小麦育种的亲本选配方法（国家发明专利）ZL201410537651.4

7、一对用于筛选小麦赤霉病抗性的引物序列及其应用（国家发明专利）ZL20131013279.2

8、小麦幼胚培养结合标记选择快速转育抗赤霉病主效QTL（国家发明专利）ZL201010175150.8

9、一种高分子量谷蛋白亚基检测样品的制备方法（国家发明专利）ZL201510073536.0

10、小麦谷蛋白含量快速分析方法（国家发明专利）ZL200910232769.5

11、一种饼干直径量具（实用新型专利）ZL201520366058.8

12、一种小麦加工品质实验室推车（实用新型专利）ZL201620935518.9

技术标准与规范

1、宁麦9号饼干糕点专用小麦DB32/T416–2000

2、沿江地区优质弱筋小麦宁麦9号生产技术规程DB32/T598–2003

3、沿海地区优质弱筋小麦宁麦9号生产技术规程DB32/T599–2003

4、优质弱筋小麦“宁麦13”生产技术规程DB32/T088–2006

5、饼干糕点专用小麦宁麦9号DB32/T416–2007

6、弱筋小麦宁麦13栽培技术规程DB32/T1252–2008

7、优质弱筋小麦宁麦13生产技术规程DB32/T–1477–2009

8、弱筋小麦全程机械化农艺技术规程DB32/T1567–2009

9、丘陵农区中筋、弱筋小麦高产栽培技术规程DB32/T1951–2011

10、沿海农区弱筋、中筋小麦栽培技术规程DB32/T 1952–2011

11、沿江农区弱筋小麦高产栽培技术规程DB32/T 1953–2011

12、小麦苗期冻害诊断与防御技术规程DB32/T2437–2013

13、小麦拔节期冻害诊断与补救技术规程DB32/T2432–2013

14、弱筋小麦宁麦18生产技术规程DB32/T3282–2017

主要完成人情况：

1.马鸿翔，排名1，研究员，工作单位：江苏省农业科学院，完成单位：江苏省农业科学院，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

主持科技跨越计划、原原种生产基地建设、产业技术体系、科技成果转化资金等项目，负责项目研究方案制定与实施。研究开发与品质抗病基因紧密连锁的分子标记，利用分子标记辅助选择、幼胚培养、单倍体加倍、聚合育种等育种技术相结合，建立弱筋小麦多基因聚合育种技术体系，育成综合抗病性强的弱筋小麦宁麦18、生选6号和宁麦24。构建宁麦9号育种群体遗传群体，开发分子标记，主持推广宁麦13、生选6号等小麦品种。

2.郭文善，排名2，农学院书记，教授，工作单位：扬州大学，完成单位：扬州大学，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

负责弱筋小麦优质高产高效栽培技术研究。通过不同栽培措施、生化调节剂等对弱筋小麦品种宁麦9号和宁麦13籽粒产量和品质影响的研究，揭示了影响弱筋小麦品质形成的生理生化机制，构建了弱筋小麦量质协调的优质高产高效栽培技术体系，提炼出了以“适期早播、适度密植、氮肥前移、排水降渍和生化调控”为核心内容的弱筋小麦调优栽培技术体系。该技术体系已在弱筋小麦生产上得到广泛应用，取得了显著社会经济效益。

3.姚金保，排名3，研究员，工作单位：江苏省农业科学院，完成单位：江苏省农业科学院，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

参与或主持育成宁麦系列弱筋小麦品种5个。明确了宁麦9号产量和品质性状遗传特性，解析了宁麦9号目前作为优良亲本的主要原因在于其穗粒数、单株产量等优良性状的一般配合力高，且具有控制这些性状较多的显性基因，发表SCI论文5篇，获得国家发明专利8件。参与主持宁麦9号、宁麦13、宁麦18、宁麦24示范推广工作，在2008年省农委组织的优质高产小麦竞赛活动中，宁麦13荣获江苏淮南“麦王”称号作出了较大贡献。

4. 马传喜，排名4，副校长，教授，工作单位：安徽农业大学，完成单位：安徽农业大学，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

明确了基因型效应是影响小麦溶剂保持力的主要因素；环境对蔗糖溶剂保持力的影响最大；溶剂保持力的稳定性因基因型而异，同时基因型间各溶剂保持力的稳定性变化趋势亦不一致。主持研发了小麦加倍单倍体培育技术，筛选和创制了一批弱筋品质稳定优异小麦材料。主持宁麦系列品种在安徽的示范推广。

5. 王龙俊，排名5，副站长，推广研究员，工作单位：江苏省农业技术推广总站，完成单位：江苏省农业技术推广总站，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

在项目核心示范区负责建立弱筋小麦高产示范方（片）、超高产攻关田等，广泛开展优质弱筋小麦品种高产高效栽培技术培训，为实现宁麦9号和宁麦13小麦品种快

速推广应用和大面积均衡增产作出了重大贡献。此外，在弱筋小麦示范推广过程中，首次探索出了弱筋小麦产业化的二种模式，一是“地方龙头企业＋推广部门＋农户”模式；二是“外地龙头企业+流通企业+基地农业服务公司+农户”，通过上述二种模式，促进了江苏优质弱筋小麦产、供、加、销一体化，实现了弱筋小麦→饼干专用粉→饼干链式开发。

6. 姜东，排名6，研究院副院长，教授，工作单位：南京农业大学，完成单位：南京农业大学，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

主持弱筋小麦品质调控机理研究。明确播期、库源改变和水氮互作等栽培措施可能通过影响籽粒千粒重调控戊聚糖含量。阐明不同筋力小麦品种HMW-GS形成存在明显差异，适当增施氮肥有利于宁麦9号灌浆后期HMW-GS和GMP的积累，但施氮过多则降低宁麦9号籽粒HMW-GS和GMP含量。同时，参与宁麦系列弱筋小麦试验示范和高产创建工作。

7. 杨学明，排名7，研究员，工作单位：江苏省农业科学院，完成单位：江苏省农业科学院，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

参与育成宁麦13、宁麦18、宁麦24和生选6号4个弱筋小麦品种。参与宁麦9号、宁麦13原原种生产以及示范推广工作。负责弱筋小麦新种质创制和新品种选育工作。获得和申请国家发明专利4件、植物品种权保护1件，制订宁麦13地方标准1项。

8.朱新开，排名8，对本项目技术创造性贡献：

参与主持弱筋小麦优质高产高效栽培技术研究。通过对宁麦9号、宁麦13小麦产量与品质形成生理、碳氮物质积累与运转、酶活性及激素含量与平衡等方面的研究，阐明了弱筋小麦高产稳产优质抗逆栽培的生理机制。组装集成3套适合不同地区的优质弱筋小麦高产栽培模式，制定颁布了多项省级地方标准。

9. 张鹏，排名9，研究员，工作单位：江苏省农业科学院，完成单位：江苏省农业科学院，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

参与育成宁麦18、宁麦24和生选6号3个弱筋小麦品种。参与宁麦13原原种生产以及示范推广工作。负责弱筋小麦新种质创制和新品种选育工作。获得和申请国家发明专利2件、植物品种权保护1件。

10.张平平，排名10，研究员，工作单位：江苏省农业科学院，完成单位：江苏省农业科学院，是该项目主要负责人，对本项目技术创造性贡献：

参与育成宁麦18、宁麦24和生选6号3个弱筋小麦品种。参与宁麦9号、宁麦13原原种生产以及示范推广工作。创制了稳定遗传的Ax1、Dx2、Bx7、By8、Dy12亚基缺失突变体，并对这些缺失进行饼干品质分析。

主要完成单位及创新推广贡献：

一、江苏省农业科学院，排名1，创新推广贡献：

1、创制了我国首个品质稳定的优质专用弱筋小麦品种宁麦9号，以宁麦9号为优异种质创制了稳定遗传的Ax1、Dx2、Bx7、By8、Dy12亚基缺失突变体，这些突变体的饼干加工品质均优于野生型宁麦9号，这为弱筋小麦品种培育奠定了坚实的理论和物质基础。

2、探明了宁麦9号主要品质性状包括蛋白质含量、4种溶剂保持力（SRCs）及抗赤霉病性遗传机制及连锁分子标记，优化确定了影响饼干品质的4项关键选择指标——碳酸钠SRC、水SRC、蔗糖SRC和吹泡仪P/L，提出了优质弱筋小麦品质筛选指标，确立弱筋小麦早代品质筛选指标。

3、将弱筋小麦品质指标和赤霉病、白粉病抗性连锁的分子标记辅助选择与加倍单倍体培育及幼胚快速成苗技术结合，建立了弱筋小麦多基因聚合育种技术体系，实现了一年5代表型和标记选择，育种与选择效率提高了5倍。

4、针对宁麦9号茎秆软和籽粒小的问题，提出稳定穗数、提高千粒重和改进茎秆质量为目标的弱筋小麦产量和品质协同改良的育种策略。以宁麦9号为核心亲本，利用创制的茎秆质量好、携带抗白粉病*Pm4a*基因的高产弱筋小麦新种质，采用常规育种与现代生物技术相结合，育成了宁麦13、生选6号、宁麦18和宁麦24。宁麦13为我国推广面积最大的弱筋小麦品种，也是当前长江中下游麦区推广面积最大品种。

5、主持完成了宁麦9号、宁麦13两项国家科技跨越计划以及生选6号科技部成果转化资金等项目的实施，推动了弱筋小麦示范推广和生产应用。

二、扬州大学，排名2，创新推广贡献：

作为项目第二完成单位，充分利用校内外优质而丰富的教育教学和科学研究资源，组织作物栽培、土壤肥料、植物保护、植物生理、农技推广及农业生物技术等多学科、多专业的技术力量，全面负责并组合了江苏淮南麦区宁麦系列弱筋小麦品种的优质高产栽培技术研究、试验示范及推广应用等一系列工作；同时信托学院为江苏省基层农技人员培训基地及新型职业农民培训基地优势，组织专家、教授加强了弱筋小麦量质协调栽培技术培训，进一步促进了宁麦系列弱筋小麦在江苏淮南麦区乃至长江中下游麦区大面积推广。

三、安徽农业大学，排名3，创新推广贡献：

1、通过对不同地点的小麦溶剂保持力分析，明确了基因型效应是影响小麦溶剂保持力的主要因素；环境对蔗糖溶剂保持力的影响最大；溶剂保持力的稳定性因基因型而异，同时基因型间各溶剂保持力的稳定性变化趋势亦不一致。

2、与江苏省农科院合作建立了小麦染色体消失法创制加倍单倍体技术体系，筛选和创制了一批弱筋品质稳定优异小麦材料，为弱筋小麦品种培育提供了坚实的物质基础。

3、协助组织宁麦24在安徽省品种展示、观摩推介以及高产优质栽培技术培训。

四、南京农业大学，排名4，创新推广贡献：

1、研究播期、库源改变和水氮互作对宁麦9号籽粒戊聚糖含量的影响，结果发现栽培措施可能在很大程度上主要通过影响籽粒千粒重调控了籽粒戊聚糖含量。

2、阐明不同筋力小麦品种HMW-GS形成存在明显差异，适当增施氮肥有利于宁麦9号灌浆后期HMW-GS和GMP的积累，但施氮过多则降低宁麦9号籽粒HMW-GS和GMP含量。

3、参与宁麦系列弱筋小麦试验示范和高产创建工作。

五、江苏省农业技术推广总站，排名5，创新推广贡献：

1、主持完成了宁麦9号国家科技跨越计划项目的实施，推动了宁麦9号在2001-2008年期间在弱筋小麦生产上大面积应用，并成为江苏省主导品种

2、协作完成了宁麦系列弱筋小麦在多个地区的适应性试验及产量鉴定试验，负责栽培技术在全省多个地区的落实与应用。

3、负责组合宁麦系列弱筋小麦品种在全省品种展示试验，组合农业专家、种子企业、各市作栽站管理相关部门观摩推介，使宁麦13在全省迅速推广，并成为长江中下游麦区推广面积最大小麦品种。

4、积极协调有关农技推广、种业公司、粮食流通、食品加工企业及示范基地农民种植专业合作社等单位，协作共同实施宁麦系列弱筋小麦产业化开发。

六、江苏明天种业科技股份公司，排名6，创新推广贡献：

协作完成宁麦13小麦品种推广转化。

七、江苏三零面粉集团公司，排名7，创新推广贡献：

协作完成宁麦系列弱筋小麦订单收购及产业化开发。

八、江苏红旗种业股份有限公司，排名8，创新推广贡献：

协助进行生选6号示范推广

完成人合作关系说明：

主要完成人马鸿翔、姚金保、杨学明、张鹏、张平平等5人为江苏省农业科学院科研人员，同属江苏省农业科学院粮食作物研究所麦类作物创新团队，马鸿翔为团队负责人，为完成本成果的主体人员。

主要完成人郭文善、王龙俊、姜东、马传喜、朱新开等5人为该项目协作完成单位成员，承担了本项目相应的研发与示范推广工作。

项目组对所有参加人员按投入和贡献大小进行了评估排序，所有项目组成员对此予以认可。

3、

项 目 名 称	极端工况化工泵理论与关键技术及应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	袁寿其、朱荣生、王秀礼、黄彪、任旭东、付强、康灿、宋浩杰、肖功槐、王洋
主要完成单位	江苏大学、北京理工大学、上海凯泉泵业（集团）有限公司、大连深蓝泵业有限公司、沈阳鼓风机集团石化泵有限公司、江苏海狮泵业制造有限公司、湖南耐普泵业股份有限公司

提名单位意见：

随着石化装置高参数化和大型化，高温高压、低温高空化、特殊介质等极端工况不断出现，对极端工况化工泵需求日益迫切，而我国已有现代化工泵理论与水力设计技术、耐磨耐腐增效技术无法满足极端工况要求，长期依赖进口，国家对此高度重视，将极端工况化工泵产品列入重大技术装备研制和重大产业技术开发专项规划，全力推进自主化。

项目依托国家水泵及系统工程技术研究中心、石油和化工行业泵及系统节能技术重点实验室，在国家科技支撑计划、国家自然科学基金重点项目等课题资助下，开展产学研协同攻关，对极端工况化工泵理论、关键技术和典型产品进行了全面、系统、深入的研究。创新了低温空化模型、水力设计方法、激光空化强化和耐磨耐腐涂层等理论与关键技术；研制出220万吨/年加氢裂化装置高分油液力透平泵、1600LK4.58–30 LNG接收站用大型立式长轴泵及HXK400–S1旋壳式轴封注水泵等8种高端典型化工泵产品并替代进口，占全国同类产品市场份额50%以上。实现了极端工况化工泵设计理论与关键技术的整体性突破，性能指标达到了国际领先水平。

项目获授权发明专利46件，发表SCI/EI检索论文98篇，修制定国家及行业标准4项，出版著作4部；获得省部级科技进步一等奖2项。研究成果已在利欧集团、上海东方泵业集团有限公司等30余家大中型企业应用。

经审核，确认提名材料真实有效，相关栏目填写符合要求，并已公示完毕，无异议。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

项目简介：

极端工况化工泵是百万吨加氢裂化工程、大型压水堆核电站、陆上输油管线工程、低温液体转运等国家重点工程和能源战略储备中介质输送的“心脏”，随石化装置高参数化和大型化，高温高压、低温高空化、特殊介质等极端工况不断出现，而我国已有现代化工泵理论与水力设计技术、耐磨耐腐增效技术无法满足极端工况要求，被美、德等少数国家垄断且受技术封锁，严重制约了我国石化行业重点工程和能源战略建设的科技进步，国家对此高度重视，将极端工况化工泵产品列入重大技术装备研制和重大产业技术开发专项规划，全力推进自主化。

该项目在国家科技支撑计划、国家自然科学基金重点项目等项目资助下，依托国家水泵及系统工程技术研究中心、石油和化工行业泵及系统节能技术重点实验室，开展产学研协同攻关。在低温空化模型、水力设计方法、激光空化强化技术和耐磨耐腐功能涂层技术等理论与关键技术实现了全面突破，关键指标达到了国际领先水平。

主要科技创新：

（1）建立了空化特性多尺度、多物理场测量分析技术，创新了考虑旋涡运动对汽液相间质量传输过程影响的旋涡空化模型，揭示了瞬态质量传输过程与溃灭压力波的相互作用机理，创建了高空化水力设计方法，研制出极限温度–200℃、空化比转速达5000的低温化工泵水力模型，实现了高空化低温化工泵的突破。

（2）建立了高温高压化工泵全特性归一化数学模型分析技术，构建了液力透平高效能量回收的流动设计理论；攻克了大型高温高压透平泵参数化设计与制造技术，解决了高温（480℃）高压（20MPa））工况下高可靠运行的行业难题。

（3）创建了多相介质高效输送设计技术；建立了高效化工泵变工况设计方法。与国际同类产品相比，研制的输油泵4个工况的效率分别提高了4.1%、4.7%、5%、4.4%，解决了复杂工质变工况下化工泵高效运行的关键难题。

（4）研制出化工泵用耐磨耐腐功能的氧化石墨烯基涂层技术，提出了化工泵表面激光强化方法，应用表明：化工泵全寿命周期提高6%–20%，在全寿命周期内化工泵能效指标提高3%–8%，攻克了极端工况化工泵寿命短与能耗高等行业难题。

研制出220万吨/年加氢裂化装置液力透平泵、1600LK4.58–30 LNG接收站用大型立式长轴泵及HXK400–S1旋壳式轴封注水泵等8种典型极端工况化工泵产品，**整体达到了国际先进水平，关键性能指标达到了国际领先水平，填补了国内空白并替代进口，占全国同类产品市场份额50%以上。**

修制定国家及行业标准4项，获授权发明专利46件，发表SCI/EI检索论文98篇，出版著作4部；获得省部级科技进步一等奖2项。研究成果已在利欧集团、上海东方泵业集团有限公司等30余家大中型企业应用。

据15家企业近三年统计，累计新增销售额53亿元、新增利润约7.5亿元，成功应用在中石油、中石化、中海油、西部管道等国家大型石油化工重点工程，促进了石油化工和能源工业的经济建设，预计每年可节电9.1亿千瓦时，节约32.8万吨标准煤，减少CO_2排放85.9万吨，推动了化工泵行业科技进步，取得了突出的经济和社会效益。

客观评价：

1、应用评价

由上海凯泉泵业（集团）有限公司研制的大型地下水封石洞油库用潜没油泵，在泵效率、振动等方面达到国际领先水平，实现了大型地下水封石洞油库核心设备国产化，填补了国内空白。被中国施工企业管理协会授予**2016–2017年度国家优质工程金质奖**。

2、科技成果鉴定

220万吨/年加氢裂化装置液力透平泵、1600LK4.58–30 LNG接收站用大型立式长轴泵及HXK400–S1旋壳式轴封注水泵等8种典型极端工况化工泵产品分别由中国机械工业联合会组织的同行专家鉴定意见为产品整体达到了国际同类产品先进水平，水力性能达到了国际领先水平，填补了国内空白。

3、项目验收意见：

（1）“十二五”国家科技支撑计划“典型离心泵关键技术研究及工程示范应用”项目验收意见：

项目通过开展石油化工泵、舰船用泵和核电用泵等相关研究，提出了离心泵多工况水力设计方法，建立了水泵系统运行机理与节能模拟试验装置，完成了相关样机研制及工程示范应用，相关技术指标达到了项目要求。项目研制的石油化工泵、船用离心泵及磁力泵得到了推广应用，取得了明显的社会和经济效益。

（2）江苏省科技支撑项目“旋壳式核电上充泵关键技术研发”(编号 BE2010168)项目验收意见：

项目按 ASME BPVC 规范完成旋壳式核电上充泵产品相关标准进行设计制造,解决了皮托管水力模型研发难题；进行了承压件的应力分析、抗震试验等分析，完成了江苏核电 KBA 系统上充泵的研发及样机制造；构建 10kV 高压试验分析平台，完成江苏核电 KBA 系统上充泵样机的功能试验及抗震试验。

4、权威机构试验测试报告

（1）由北京航天智控监测技术研究院对上海凯泉泵业 KSY2871 的振动进行检测可知：

上海凯泉泵业KSY2871与德国鲁尔泵业ZLMIP 530/06输油泵在在2113m^3/h、2358m^3/h、2552m^3/h、2882m^3/h 流量下进行比较； KSY2871输油泵从流量1723m^3/h 开始起，其振动数据降低到 B 级，且在 2828m^3/h 时振动数据达到 A 级，**总体运行状况优于 ZLMIP 530/06德国鲁尔输油泵**。

（2）LNG 液下泵产品试验报告

2014年上海凯泉泵业集团有限公司委托机械工业排灌机械产品质量检测中心（镇江）对**LNG**液下泵进行了试验，如表所示的试验结果表明该产品效率高于日本任原的产品，性能达到了国际领先水平。

5、获奖情况

项目研究成果“高端化工泵关键技术研究及工程应用”获2018年江苏省科技进步一等奖；“盐类溶液输送泵阀关键技术研究及工程应用” 获2011年中国机械工业科技进步一等奖。

应用情况：

项目组坚持理论创新、关键技术突破、高端典型产品开发、标准修制定和推广应用并举的方针，充分利用国家水泵及系统工程技术中心、石油和化工行业泵及系统节能技术重点实验室、流体机械及工程国家重点学科、江苏产业研究院建立的技术应用推广服务体系，不断加强成果的推广应用，满足社会对极端工况化工泵产品的迫切需求。制定的国家和行业标准已在政府部门、企业、科研院所、设计单位、质量监督机构、用户单位及相关行业得到贯彻执行和广泛应用，规范了行业发展。

据不完全统计，项目研究成果已先后转让、应用和技术辐射了江苏、山东、上海、浙江、湖南、湖北、辽宁和陕西等数十家企业，相关产品已经被国内千余家化工企业应用，推动我国化工泵研究领域的整体进步。项目产品通过参与市场竞争，在国家能源战略和石油化工等领域打破了国外垄断，产品性能指标达到了国际领先水平，具有极大推广应用价值。

具体应用情况：

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	上海凯泉泵业（集团）有限公司	创新点2、3	主要应用在油泵、KZA、KZE、lc-x、KQSN型等系列产品，约占全国同类产品市场份额8%-30%。	2008年至今	肖功槐/021-69595442
2	大连深蓝泵业有限公司	创新点1	主要应用在高端低温泵系列产品，约占全国同类产品市场份额40%以上。	2009年至今	任宝龙/0411-86424190
3	沈阳鼓风机集团石化泵有限公司	创新点2、3	主要应用在液力透平与输油泵等高端化工泵，在高端市场约占全国同类产品市场份额25%以上。	2012年至今	闫强/024-25800105
4	湖南耐普泵业股份有限公司	创新点1、4	主要应用在LB/LK型、潜液式永磁低温泵等高端化工泵，在LNG储运领域用LB/LK型高端市场约占全国同类产品市场份额30%以上。	2007年至今	黄飞宇/0731829571 29
5	江苏海狮泵业制造有限公司	创新点3、4	主要应用在HXK型、HTCN型、HIC型、HNA型等系列产品，其中HXK型旋壳泵约占全国同类产品市场份额60%以上。	2009年至今	项伟/0523847640 82
6	利欧集团有限公司	创新点2、3	主要应用在液力透平、富甲醇泵、精制柴油泵、凝析油外输泵、贫液泵，约占全国同类产品市场份额8%-25%。	2010年至今	张灵波/0576899888 88

7	上海东方泵业（集团）有限公司	创新点3、4	主要应用在DFSJH型、DHDFAY-M1型、DFAY-H2型、DFMSD型等系列产品，约占全国同类产品市场份额10%-20%。	2008年至今	谭达人/021-33719400
8	山东硕博泵业有限公司	创新点3	主要应用在LTNA型与DAS型等系列产品，其中DAS系列在除磷领域约占全国同类产品市场份额30%以上。	2012年至今	高丽萍/05332278273
9	江苏双达泵阀集团有限公司	创新点3、4	主要应用在BR系列、BMA型、BMRS型、BMRD型、VDD型、SDZA型，其中SDZA系列在煤化工领域约占全国同类产品市场份额60%以上。	2005年至今	严建华/052384318567
10	江苏亚梅泵业集团有限公司	创新点3	主要应用在BW型、YMGW型、YTL型等系列产品，约占全国同类产品市场份额5%-8%。	2010年至今	朱巧君/052384313669
11	陕西航天动力高科技股份有限公司	创新点2、3	主要应用在液力透平、低温泵等系列产品，约占全国同类产品市场份额3%-5%。	2010年至今	蒋婷/02981881811
12	三联泵业股份有限公司	创新点3、4	主要应用在ASP5330型、ASP5320型、ASP5350型、ASP5560型等系列产品，在固液渣浆领域约占全国同类产品市场份额10%左右。	2012年至今	李开兵/0555-5324732
13	山东双轮股份有限公司	创新点3	主要应用在SLWX型、SBB5型、SBB1型、SKY型、SADY型等系列产品，约占全国同类产品市场份额12%左右。	2009年至今	刘军/06315786686
14	江苏飞跃机泵集团有限公司	创新点4	主要应用在FZUM型、GLZ型、FCDL型等系列产品，约占全国同类产品市场份额12%以上。	2011年至今	胥娟/05238432199
15	湖州三井低温设备有限公司	创新点2	主要应用在LNG潜液泵、多级低温离心泵、低温离心泵，在低温泵领域约占全国同类产品市场份额15%左右。	2013年至今	吴波/05722287769

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权类别	知识产权具体名称	国家	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	一种离心泵气液两相流全特性分析方法	中国	ZL201510348702 3	2018.1.19	2786192	江苏大学	朱荣生;王学吉;付强；王秀礼;刘永；张本营	有效
发明专利	激光空化强化高性能水泵材料的方法	中国	ZL201510141497 3	2017.06.27	2534567	江苏大学	任旭东；吴坤;袁寿其;佟艳群;何浩；卢加兴;左成亚;王德顺;周睿；王杰	有效
发明专利	基于间隙流的多级泵转子动力密封的设计方法	中国	ZL201510323406 8	2017.4.12	2445585	江苏大学	付强；张本营;朱荣生;王秀礼;王学吉；刘永	有效
发明专利	一种水下激光空化强化轴套的装置及其强化方法	中国	ZL201610427582 0	2018.01.16	2783378	江苏大学	任旭东；王杰;袁寿其;佟艳群;任云鹏；何浩	有效
发明专利	一种多相混输泵叶轮的多工况设计方法	中国	ZL201310744358 0	2017.11.17	2704770	江苏大学	付强；王秀礼;朱荣生	有效
发明专利	一种离心泵变工况水力设计方法	中国	ZL201510197020 7	2016.11.23	2295403	江苏大学	王秀礼;王学吉;朱荣生；付强	有效
发明专利	一种大型高温高压透平泵用叶片及制造方法	中国	ZL201710107374 7	2018.4.24	2832125	江苏大学	司翔宇;王秀礼;朱荣生;卢永刚;钟伟源；李扬;张国玉	有效
发明专利	一种单吸双流道叶轮及其设计方法	中国	ZL201610010183 4	2018.2.27	2830059	江苏大学	王秀礼;王学吉;卢永刚；王洋;朱荣生	有效
发明专利	一种低汽蚀无过载离心泵的叶轮水力设计方法	中国	ZL201410179326 5	2016.4.6	2017506	江苏大学	王秀礼;朱荣生;付强；王洪亮	有效
发明专利	一种离心泵动静部件间隙优化设计方法	中国	ZL 201410159183.1	2018.6.1	2564052	江苏大学	邓鑫；袁寿其;袁建平；裴吉;司乔瑞；李亚林	有效

主要完成人情况：

1.袁寿其

排名 1，研究员，校党委书记，工作单位：江苏大学，完成单位：江苏大学，项目负责人，对创新点 1、2、3、4 均有重要贡献，负责项目总体方案设计、组织与实施并在全行业推广应用，是国家科技支撑计划：典型离心泵关键技术研究及工程示范应用（2011BAF14B00）技术负责人、国家自然科学基金重点项目：水力机械空化特性及对策（51239005）项目负责人，授权专利 16 件（其他附件 2–1 专利列表），以第一作者或者通讯作者发表论文 30 余篇（其他附件 2–2 论文列表）。

2.朱荣生

排名 2，研究员，工作单位：江苏大学，完成单位：江苏大学，对创新点 2、3 均有重要贡献，具体与江苏双达泵阀集团有限公司合作开发了 SDZA 水煤浆加压气化装置气化关键泵系列水力模型、与江苏海狮泵业制造有限公司合作开发了 HXK 型旋壳泵系列产品；提出了离心泵气液两相流全特性分析方法和故障诊断分析方法，授权专利 6 件（其他附件 2–1 专利列表），以第一作者或者通讯作者发表论文 12 篇（其他附件 2–2 论文列表）。

3.王秀礼

排名 3，副研究员，工作单位：江苏大学，完成单位：江苏大学，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，具体与上海凯泉泵业集团有限公司合作开发了 LNG 接收站用立式长轴泵与管线输油泵系列产品，参与 HXK 型旋壳泵和水煤浆加压气化装置气化关键泵的研制工作；提出了变工况、高空化及液力透平设计方法，授权专利 7 件（其他附件 2–1 专利列表），以第一作者或者通讯作者发表论文 10 篇（其他附件 2–2 论文列表）。

4.黄彪

排名 4，研究员，系副主任，工作单位：北京理工大学，完成单位：北京理工大学，对创新点 1 有重要贡献，具体是创新了低温化工泵非定常空化流动多物理场测试技术，建立了多尺度空化载荷特性的测量与分析技术；提出了瞬变工况下旋涡空化模型和空化预测模型，以第一作者或者通讯作者发表论文 8 篇（其他附件 2–2 论文列表）。

5.任旭东

排名 5，教授，研究生院常务副院长，工作单位：江苏大学，完成单位：江苏大学，对创新点 4 有重要贡献，在水力部件微细裂纹激光强化延寿方法、激光高空化强化与激光快速打印化工泵壳体的装置及方法等方面做出了创新，授权专利 4 件（其他附件 2–1 专利列表），以第一作者或者通讯作者发表论文 7 篇（其他附件 2–2 论文列表）。

6.付强

排名 6，副研究员，泵系统研发部部长，工作单位：江苏大学，完成单位：江苏大学，对创新点 3 有重要贡献，具体是提出了多相混输多工况水力设计方法和多级泵转子动力密封设计方法，授权专利 5 件（其他附件 2–1 专利列表），以第一作者或者通讯作者发表论文 8 篇（其他附件 2–2 论文列表）。

7.康灿

排名 7，教授，院党委书记，工作单位：江苏大学，完成单位：江苏大学，对创新点 3 有重要贡献，具体是研制一种高温化工泵用轴承冷却装置，由 Springer 出版《Research Methods in Fluids Engineering》英文专著 1 部，“盐类溶液输送泵阀关键技术研究及工程应用”项目作为第二完成人获得中国机械工业科学技术一等奖，以第一作者或者通讯作者发表论文 8 篇（其他附件 2–2 论文列表）。

8.宋浩杰

排名 8，教授，工作单位：陕西科技大学，完成单位：江苏大学，对创新点 4 有重要贡献，具体是创新性地研制出耐磨、减阻和抗腐蚀一体化的石墨烯/聚合物有机复合涂层，成功研制出化工泵用的导轴承材料，以第一作者或者通讯作者发表论文 6 篇（其他附件 2–2 论文列表）。

9.肖功槐

排名 9，教授级高工，工作单位：上海凯泉泵业（集团）有限公司，完成单位：上海凯泉泵业（集团）有限公司，对创新点 3 有重要贡献，具体是主要负责输油泵系列产品研制，作为中缅原油管道输油泵的国产化项目主要负责人，负责管线输油泵的总体方案设计、结构设计与可靠性试验研究等方面的工作，2014 年 12 月中国机械工业联合会鉴定意见为：各项性能满足运行工况要求，电动输油主泵达到了国际同类产品先进水平，发表论文 2 篇（其他附件 2–2 论文列表）。

10.王洋

排名 10，研究员，工作单位：江苏大学，完成单位：江苏大学，对创新点 2 有重要贡献，提研制出了用于透平泵的双向蜗壳结构形式，具体对项目的研究结构进行了总结与凝练,制定了 4 项相关化工泵产品的国家或行业标准（其他附件 2–4 列表），获授权发明专利 2 项（ZL201210502947.3、ZL201310166889.6）。

主要完成单位及创新推广贡献：

(一)江苏大学

（1）在极端工况化工泵关键技术研究中做了大量工作，包括前期调研、可行性分析、理论分析、试验研究等。获授权发明专利 46 件,软件著作权 3 件，修制定国家或行业标准 4 项,发表相关 SCI/EI 论文 78 篇。（2）提出了全特性、变工况、多相混输多工况、高空化、液力透平等水力设计方法，建立了化工泵理论与设计技术。（3）提出了激光空化强化和耐磨耐腐功能的涂层技术，解决了化工泵耐腐耐磨的行业难题。

(二)北京理工大学

（1）形成了具有自主技术和特色的空化非定常流场以及空泡溃灭载荷特性的多尺度的测量与分析技术。（2）针对化工泵瞬变过渡过程中动边界空化问题，建立了考虑旋涡运动对汽液相间质量传输过程影响的旋涡空化模型，发展了旋涡空化流动的计算方法。（3）成功研制了低温介质非定常空化流动多物理场测量平台，获得了液氮在大范围温度变化条件下的空化特征和随温度变化规律，建立了包含质量传输、动量传输和能量传输过程的热流体空化流动理论和预测方法。

(三)上海凯泉泵业（集团）有限公司

（1）承担了输油泵、LNG 接收站用立式长轴泵等系列产品的研制工作。（2）参与终端市场调研，走访末端用户，吸收国外先进技术，按项目要求对产品进行了更创新性开发以保质保量地满足用户的需求。（3）参与制定国家及行业标准，并负责相关技术的推广。（4）搭建了国内企业中最大的高温高压泵试验测试系统，以满足不同高温高压泵的性能测试与热冲击测试，以确保产品的可靠性。

(四)大连深蓝泵业有限公司

（1）承担立式多级低温液氧泵系列产品样机设计、制造及试验验证工作；（2）参与终端市场调研，走访末端用户，吸收国外先进技术，按项目要求对产品进行了更新设计与优化。（3）根据产品的使用情况，在试验验证、定点试销的基础上上，推出了系列立式多级低温液氧泵产品。（4）建立了立式多级低温液氧泵系列产品的生产流水线，确保产品生产和设计的符合性，同时建立了–135℃~–200℃三条加气装置系统的低温试验台。

(五)沈阳鼓风机集团石化泵有限公司

（1）负责高温高压液力透平系列产品样机设计、制造及试验验证工作。（2）根据项目的技术要求，解决极端工况化工泵产品制造过程中的一些技术难题，如材料的耐磨耐腐技术、极端工况化工泵结构与密封问题及其它国家重点石化工程用化工泵的急需攻克的行业难题。（3）多次主持或参与化工泵行业会议，对极端工况化工泵进行技术推广。（4）建立了极端工况化工泵产品的多项企业标准，并作为主要完成单位参与制定了化工泵的国家与行业标准。

(六)江苏海狮泵业制造有限公司

（1）对旋壳泵系列产品进行了创新性开发，针对旋壳泵的结构特点，采用翼型集

流管制造技术，在降低摩擦损失基础上增加了介质的集流效果；提出转鼓与集流管对旋技术，在保证现在结构尺寸不变的情况下实现了压力倍增；采用动静耦合加节流环的低压组合密封技术，解决了高压泵普遍存在的高压密封难题。（2）根据产品的使用情况，在试验基础上，推出了 HXK 型旋壳泵系列产品。

(七)湖南耐普泵业股份有限公司

（1）负责产品设计、试制、生产、试验、用户使用及产品定型后的批量生产与产业化工作。（2）参与国家、行业标准的起草工作，并在整个行业内进行推广。（3）根据项目技术要求，解决了大流量、超长轴 LNG 接收站用立式长轴泵制造过程中存在的技术难题，如可靠性设计技术、振动与噪声问题及产品的维修和保养等工作。（4）在 LNG 接收站用立式长轴泵和低温化工泵研制过程中，通过技术创新并获得了自主知识产品，授权发明专利多项。

完成人合作关系说明：

（一）第1完成人袁寿其与各完成人的合作关系如下：

（1）与**第 2 完成人朱荣生**、**第 3 完成人王秀礼**、**第 6 完成人付强**共同发表论文 12 篇，共同获得知识产权 3 件，共同立项国家科技支撑计划：典型离心泵关键技术研究及工程示范应用（2011BAF14B00）项目 1 项；

（2）与**第 4 完成人黄彪**共同立项国家自然科学基金重点项目：水力机械空化特性及对策（51239005）项目 1 项；

（3）与**第 5 完成人任旭东**共同发表论文 5 篇，共同知识产权 4 件；

（4）与**第 7 完成人康灿**共同发表论文 1 篇；

（5）与第 2 完成人朱荣生、第 3 完成人王秀礼、第 6 完成人付强、**第 8 完成人宋浩杰**、**第 9 完成人肖功槐**获得 2018 年江苏省科技进步一等奖“高端化工泵关键技术研究及工程应用”。

（二）其他完成人的合作关系如下：

第2完成人朱荣生与第3完成人王秀礼、**第10完成人王洋**共同获得知识产权2件。

4、

项 目 名 称	奥沙利铂系统化疗治疗原发性肝癌的疗效和安全性及其推广应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	秦叔逵、华海清、吴 穷、龚新雷、杨柳青、刘 琳、刘秀峰、王 琳、陈映霞、杨 燕
主要完成单位	南京中医药大学、南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院）、蚌埠医学院第一附属医院

提名单位意见：

“奥沙利铂系统化疗治疗原发性肝癌的疗效和安全性及其推广应用”研究项目，紧紧围绕晚期肝癌治疗困难，预后恶劣，特别是缺乏有效的系统化疗药物和方案，迫切需要突破的现状，对于奥沙利铂治疗肝癌的有效性、安全性及其作用机制，从基础到临床进行了系列、规范化的创新研究，尤其是前瞻性、随机对照、国际多中心Ⅲ期临床研究，发现和充分证明奥沙利铂为主方案治疗晚期肝癌疗效确切，安全性良好，发表了一系列重要论文、国内外学术会议报告和推广应用，获得国际国内学术界的广泛认可和高度评价。基于上述研究成果，国家食品与药品监督管理局（CFDA）已于2013年批准了奥沙利铂系统化疗治疗晚期肝癌的新适应证，因此，成为全球首个亦是唯一的经过国家药监部门批准的治疗肝癌的系统化疗药物。该项目突破了以往原发性肝癌不能化疗或化疗无效的禁区，改变了国内外肝癌的临床治疗策略和实践方法。

有关研究成果已被美国国立综合癌症网络（NCCN）《肝胆癌临床实践指南》、亚太肝病协会、日本和韩国的专家共识/指南收录，连续7年被国家卫健委列入两版的《原发性肝癌诊疗规范》中推荐，在全国推广应用，因其具有价格便宜、纳入医保报销和使用便利等优势，明显减轻了患者和家庭的经济负担，符合国情和满足临床需求，取得了巨大的社会效益，获得2017年“江苏省科学技术一等奖”等奖项。

我单位已认真审阅了该项目的相关材料，提名该项目为国家科学技术进步二等奖。

项目简介：

原发性肝癌治疗棘手，预后极差，晚期患者生存期仅3～4个月。传统化疗药有效率低，无生存获益。2008年，索拉非尼获准治疗晚期肝细胞癌（HCC），但客观有效率仅仅2–3%，生存获益有限，且价格昂贵（5万人民币/月，不在医保报销范围），大多数患者无法或无经济能力使用，迫切需要寻求新的有效药物。项目组在国内、外率先采用奥沙利铂治疗晚期肝癌，进行了一系列、规范化的研究，获得以下创新成果：

1.首次证明奥沙利铂为主的系统化疗治疗晚期HCC的有效性和安全性，使其获得国家药监局的批准，增加了治疗HCC的新适应证，成为全球首个获批的肝癌系统化疗药物。

（1）FOLFOX4方案(奥沙利铂+氟尿嘧啶、亚叶酸钙)一线治疗晚期HCC疗效显著：在实验室转化研究、Ⅰ期和Ⅱ期研究的基础上，牵头组织前瞻性、随机对照、国际多中心Ⅲ期临床研究(EACH研究)，371例患者随机接受FOLFOX4方案(184例)或阿霉素(187例)治疗，结果FOLFOX4组的mOS为6.47个月，明显高于阿霉素组的4.9个月(P=0.0425)，且安全性良好。FOLFOX4方案有效性不亚于索拉非尼，而花费仅为后者的1/5，纳入医保全额报销，适合国情，业已成为我国晚期肝癌患者的重要选择。

（2）XELOX方案(奥沙利铂+卡培他滨)、GEMOX方案(奥沙利铂+吉西他滨)一线治疗晚期肝癌，前者6个月生存率为68.2%，1年总生存率为57.7%，疗效不亚于FOLFOX 4方案；后者也获得了一定的效果。

（3）首次报道使用FOLFOX4方案治疗索拉非尼失败的晚期肝癌有较好的效果：mOS 7.5 个月。首次报道FOLFOX4方案治疗肝癌可致乙肝病毒再激活，为我国制定“HBV/HCV相关性HCC抗病毒治疗专家共识”提供了重要依据。

2.从多角度、多层次阐明了奥沙利铂治疗肝癌的作用机制，发现奥沙利铂具有抗肝癌细胞增殖、诱导凋亡和抗肝癌血管生成以及调节与肝癌侵袭转移密切相关的多种蛋白表达的作用。

3.系统研究了奥沙利铂联合其他抗肿瘤药物治疗PHC的作用，发现联合索拉非尼、人参皂苷Rg3、消癌平及复方苦参等具有协同增效作用，为临床上探索奥沙利铂联合用药提供了可靠依据。

已发表相关论文56篇，其中SCI论文 17篇，包括全球肿瘤学领域顶级杂志《Journal of Clinical Oncology 》。多次在国内、外会议上报告，被评为“中国临床肿瘤学十大进展”，获得江苏肿瘤医学科技一等奖和江苏省科学技术一等奖；连续列入国家卫健委制定的《原发性肝癌诊疗规范》和中国临床肿瘤学会《原发性肝癌诊疗指南》，在全国推广应用。日本和韩国已将奥沙利铂系统化疗列入国家肝癌诊疗规范；亚太专家共识推荐其作为重要的治疗手段之一；自2015年起美国NCCN指南连续4年引用，推荐其作为晚期肝癌的治疗策略之一，因此，改变了肝癌的临床治疗策略和实践方法，在国内、外范围影响较大。

客观评价：

1.军队医疗成果鉴定证书

该项目完成后，在原解放军总后卫生部的组织下，由全军卫生专业科学技术成果鉴定委员会对该研究成果作出了鉴定，认为：“该研究率先在国内外探讨了奥沙利铂治疗晚期肝癌的治疗效果，进行了大规模的、规范化的、前瞻性、随机对照、多中心Ⅲ期临床研究，该研究方案显著提高了晚期肝癌的治疗效果，已得到国内、外同行的广泛认可并写入NCCN指南，是我国首次影响到国际肿瘤临床指南的突破性文献，在国际上具有一定先进性，值得推广应用。该研究具有很好的社会效益和经济效益。”

2.科技查新报告

该项目完成后，通过南京大学科技查新站进行查新，结论:“课题组将FOLFOX4方案用于治疗晚期原发性肝癌早于国内外相关文献报道；对奥沙利铂抗肝癌作用机制的研究，虽有文献涉及对肿瘤血管生成、肝癌细胞增殖与凋亡的研究，但均为某个方面机制研究，未见有对肝癌肿瘤血管生成、肝癌细胞增殖与凋亡的系统研究；对开展亚太地区FOLFOX4方案治疗晚期原发性肝癌研究，实现开放性、多中心联合对肝癌Ⅲ期临床随机对照的研究，除该项目课题组研究成果，国内外尚未见其他文献报道，亦未见有关奥沙利铂与人参皂苷Rg3、消癌平、复方苦参等药物联合应用协同增效的系统研究报道。”

3.国内外同行对该项目的关键指标的系统评价

该项目研究结果多次在国际、国内的重要学术大会上报告交流，包括ASCO年会、ESMO年会、ILCA年会和CSCO年会等，并且在国际著名杂志上发表，受到广泛关注和高度评价。主要研究成果已被多次引用；2010年FOLFOX4方案为中华医学会等三家全国学会的《原发性肝癌诊治专家共识》所推荐，2011年和2017年被列入国家卫健委制定的两版《原发性肝癌诊治规范》，2018年列入中国临床肿瘤学会《原发性肝癌诊疗指南》，作为我国晚期肝癌患者的标准治疗之一进行推荐，并且在全国推广应用，改变了肝癌临床治疗策略。日本和韩国已将奥沙利铂为主的系统化疗列入“国家肝癌诊疗规范”；亚太肝病协会的专家共识也已推荐奥沙利铂为主系统化疗作为重要的治疗手段之一；美国国家NCCN指南引用了该研究成果，从2015年版起连续4年已推荐作为晚期肝癌的治疗策略之一，因此，在国内、外改变了肝癌的临床治疗策略和实践方法。基于上述成果，2013年，国家CFDA批准奥沙利铂增加新适应证，成为全球第一个亦是唯一的获得国家批准用于晚期原发性肝癌的系统化疗药物；2014年，泰国也批准了奥沙利铂治疗肝癌的新适应症。该研究成果曾被评为“2013年中国临床肿瘤学十大进展”，项目负责人因此获得“2014年中国临床肿瘤学年度成就奖”，获得2015年度“江苏肿瘤医学科学技术奖一等奖”和2017年度“江苏省科学技术奖一等奖”，并且被中央电视台“新闻联播”等多家媒体所宣传报道。

应用情况：

1.研究成果促使奥沙利铂在中国获得肝癌治疗适应症，在全国推广应用。项目组牵头组织的EACH研究是迄今亚太地区和全球规模最大的肝癌系统化疗的研究，而且也是全球唯一获得阳性结果的系统化疗研究，促使中国药监部门批准奥沙利铂用于治疗原发性肝癌，FOLFOX4方案已成为晚期肝癌的标准方案在全国得到推广应用。

2.牵头组织制定我国原发性肝癌诊疗规范和共识，在全国推广应用。2009年，中国抗癌协会肝癌专业委员会（CSLC）、中国临床肿瘤学会（CSCO）、中华医学会肝病学分会肝癌学组组织制定了《原发性肝癌规范化诊治专家共识（2009年）》；2011年，受国家卫生部医政司委托牵头组织编写了具有行政法规性质的《原发性肝癌诊疗规范（2011年版）》，由卫生部、行业协会等单位在全国部署培训、推广和执行，效果明显；2017年，组织修订《原发性肝癌诊疗规范（2017年版）》；2018年，牵头组织编写中国临床肿瘤学会原发性肝癌诊疗指南，目前全国多家医院已将奥沙利铂为主的方案列为肝癌的标准治疗使用于临床。

3.研究成果多次参加国际、国内学术会议和推广应用：应邀在ASCO年会、ESMO年会、ILCA年会和CSCO年会等具有国际影响力的会议上报告研究成果；在国内学术会议上报告100余次。多篇研究论文在全国各类会议上交流并获奖，其中“消癌平注射液联合奥沙利铂对肝癌血管生成的影响”在第十二届全国中西医结合肿瘤学术大会上荣获“中国中西医结合学会—金港榄香烯优秀论文奖励基金”二等奖；“奥沙利铂和人参皂苷Rg3不同序贯方式作用于人肝癌细胞株SMMC-7721作用的实验研究”、“人参皂苷Rg3、索拉非尼、奥沙利铂单药和联合抗肝癌血管生成的动物实验研究”分别在第十五届、第十六届全国临床肿瘤学大会上荣获“CSCO-丽珠中医药临床肿瘤学基金优秀论文奖”。研究成果被评为“2013年度中国临床肿瘤学十大进展”；项目负责人因此获得“2014年中国临床肿瘤学年度成就奖”，获得2015年度“江苏肿瘤医学科学技术奖一等奖”和2017年度“江苏省科学技术奖一等奖”，其成果被中央电视台“新闻联播”等多家媒体所报道。项目组成员也多次参加了国际国内学术会议，介绍和推广研究成果和经验，促进了相关领域的科技交流与合作。

4.通过发表一系列相关的学术论文，积极推广研究成果：该项目在国际、国内核心期刊上发表了学术论文56篇，其中SCI论文17篇，主研究的2篇关键论文分别发表在国际顶级杂志《Journal of Clinical Oncology》（IF 20.982分）和《The Oncologist》（IF4.789分）上。

5.通过培养人才和举办学术会议，推广研究成果：项目组共培养了博士后2名,博士生3名，硕士研究生25名。通过连续多年举办或协办全国性学术会议，如中国临床肿瘤学大会、全国肿瘤姑息治疗大会、中国临床肿瘤学会肝胆胰肿瘤大会以及江苏省癌症康复与姑息治疗大会等，积极推动学术成果在临床的应用，提高临床医生的肝癌治疗水平。

6.通过科普宣传和患者教育，推广学术成果：项目组成员通过《中央电视台》、《江

苏电视台》、《南京电视台》、《健康报》、《扬子晚报》、《金陵晚报》、《现代快报》、《南京晨报》等媒体以及南京市癌友协会等群众组织，针对原发性肝癌的预防与治疗积极开展科普教育，破除人们认为肝癌是“不治之症”的疑惑，使许多欲放弃治疗的患者通过奥沙利铂为主的系统化疗方案治疗，显著提高了生活质量，延长了生存时间。

主要知识产权和标准规范等目录：

1.国家卫健委《原发性肝癌诊疗规范（2011 年版）》；
2.国家卫健委《原发性肝癌诊疗规范（2017 年版）》；
3.中国临床肿瘤学会（CSCO）《原发性肝癌诊疗指南（2018.V1）》；
4.美国国立综合癌症网络（NCCN）《肝胆癌临床实践指南（2015 年--2018 年）》；
5.日本、韩国和亚太肝病协会的“原发性肝癌诊疗专家共识/规范”；
6.国家药品食品管理监督局批准奥沙利铂为主的系统化疗治疗肝癌的批准文件和药物说明书。

主要完成人情况：

1.秦叔逵，排名 1，全军肿瘤中心主任，主任医师，工作单位：南京中医药大学，南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），完成单位：南京中医药大学、南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），是该项目主要负责人，全面负责该项目的临床试验和实验研究及推广应用工作,在该项目的工作量占本人工作总量的70%。主要贡献：对应创新点(1)、(2)、(3)，均作出了创造性贡献：(1) 在国内外首次证明了奥沙利铂为主的方案系统化疗治疗晚期原发性肝癌的有效性和安全性，使奥沙利铂成为全球首个获批的肝癌系统化疗药物。(2)从多角度、多层次阐明了奥沙利铂治疗肝癌的作用机制。(3)系统地研究了奥沙利铂联合其他药物治疗 PHC 的作用，发现奥沙利铂联合索拉非尼、人参皂苷 Rg3、消癌平及复方苦参等具有协同增效作用。作为第一作者或通讯作者发表论文 23 篇，其中 SCI 论文 9 篇。

2.华海清，排名 2，肿瘤内科副主任，主任医师，工作单位：南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），完成单位：南京中医药大学、南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院）。协助项目负责人负责该项目的临床试验和实验研究及推广应用工作,在该项目的工作量占本人工作总量的 70%。主要贡献：对应创新点(1)、(2)、(3)，均作出了创造性贡献：(1) 在国内外首次证明了奥沙利铂为主的方案系统化疗治疗晚期原发性肝癌的有效性和安全性，使奥沙利铂成为全球首个获批的肝癌系统化疗药物。(2)从多角度、多层次阐明了奥沙利铂治疗肝癌的作用机制。(3)系统地研究了奥沙利铂联合其他药物治疗 PHC 的作用，发现奥沙利铂联合索拉非尼、人参皂苷 Rg3、消癌平及复方苦参等具有协同增效作用。作为第一作者或通讯作者发表论文 9 篇。

3.吴穷，排名3，肿瘤科教授，工作单位：蚌埠医学院第一附属医院，完成单位：蚌埠医学院第一附属医院，参与该项目的部分临床研究工作和实验研究工作及项目推广应用。在该项目的工作量占本人工作总量的60%。主要贡献：对应创新点(1)、(2)，均作出了创造性贡献：(1) 在国内外首次证明了奥沙利铂为主的方案系统化疗治疗晚期原发性肝癌的有效性和安全性，使奥沙利铂成为全球首个获批的肝癌系统化疗药物。(2)阐明了奥沙利铂治疗肝癌耐药的作用机制。作为第一作者或通讯作者发表论文13篇，其中SCI论文6篇。

4.龚新雷，排名4，肿瘤内科副主任医师，工作单位：南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），完成单位：南京中医药大学、南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），协助成果第一申报人做好课题的各项工作，积极参与课题实施和临床研究；资料收集、分析总结、论文撰写发表以及成果应用推广。在该项目的工作量占本人工作总量的50%。主要贡献：对应创新点(1)：积极参与奥沙利铂为主的系统化疗治疗肝细胞癌的国际多中心Ⅲ期临床试验，使FOLFOX4方案成为肝癌的标准治疗方案之一；组织临床研究，发现奥沙利铂联合卡培他滨安全有效；对于索拉非尼或其他系统治疗失败进展的患者，换用或联合含奥沙利铂的方案化疗，可逆转其耐药性而部分有效，为肝癌二线治疗提供了重要选择。作为第一作者或通讯作者发表论文7篇，

其中SCI论文1篇。

5.杨柳青，排名5，肿瘤内科副主任医师，工作单位：南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），完成单位：南京中医药大学、南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），协助成果第一申报人做好课题的各项工作，积极参与课题实施和临床研究；资料收集、分析总结、论文撰写发表以及成果应用推广。在该项目的工作量占本人工作总量的50%。主要贡献：对应创新点(1)：协助成果第一申报人组织开展并积极参与奥沙利铂为主的系统化疗治疗肝细胞癌的国际多中心Ⅲ期临床试验，使FOLFOX4方案成为肝癌的标准治疗方案之一；组织临床研究发现奥沙利铂联合卡培他滨治疗PHC安全有效，为PHC一线治疗提供了重要选择。作为第一作者或通讯作者发表论文2篇。

6.刘琳，排名6，肿瘤内科副主任医师，工作单位：南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），完成单位：南京中医药大学、南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院）；协助成果第一申报人做好课题研究工作，包括积极参与临床研究、资料收集、分析总结、论文撰写发表以及成果应用推广等。在该项目的工作量占本人工作总量的50%。主要贡献：对应创新点(1)：协助成果第一申报人组织开展并积极参与奥沙利铂为主的系统化疗治疗肝细胞癌的国际多中心Ⅲ期临床试验，使FOLFOX4方案成为肝癌的标准治疗方案之一；参加了奥沙利铂联合卡培他滨治疗PHC的研究。作为第一作者或通讯作者发表论文2篇，其中SCI论文1篇。

7.刘秀峰，排名7，肿瘤内科主任，主任医师，工作单位：南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），完成单位：南京中医药大学，南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院）；协助成果第一申报人做好课题的实施和临床研究工作。在该项目的工作量占本人工作总量的40%。主要贡献：对应创新点(1)：协助成果第一申报人组织开展并积极参与奥沙利铂为主的系统化疗治疗肝细胞癌的国际多中心Ⅲ期临床试验，使FOLFOX4方案成为肝癌的标准治疗方案之一；组织临床研究，发现联合卡培他滨治疗肝癌安全有效；对于索拉非尼或其他系统治疗失败进展的患者，换用或联合含奥沙利铂的方案化疗，可逆转其耐药性而部分有效，为肝癌的二线治疗提供了重要选择。参与发表论文4篇。

8.王琳，排名8，肿瘤内科副主任，主任医师，工作单位：南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），完成单位：南京中医药大学，南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院）；协助成果第一申报人做好课题的实施和临床研究工作。在该项目的工作量占本人工作总量的40%。主要贡献：对应创新点(1)：协助成果第一申报人组织开展并积极参与奥沙利铂为主的系统化疗治疗肝细胞癌的国际多中心Ⅲ期临床试验，使FOLFOX4方案成为肝癌的标准治疗方案之一；组织临床研究，发现联合卡培他滨治疗PHC安全有效。参与发表论文2篇。

9.陈映霞，排名9，肿瘤内科副主任，主任医师，工作单位：南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院），完成单位：南京中医药大学，南京中医药大学附属八

一医院（东部战区总医院）；协助成果第一申报人做好课题的实施和临床研究工作。在该项目的工作量占本人工作总量的40%。主要贡献：对应创新点(1)：协助成果第一申报人组织开展并积极参与奥沙利铂为主的系统化疗治疗肝细胞癌的国际多中心Ⅲ期临床试验，使FOLFOX4方案成为肝癌的标准治疗方案之一；组织临床研究，发现联合卡培他滨治疗PHC安全有效。参与发表论文2篇。

10.杨燕，排名10，肿瘤科副主任医师，工作单位：蚌埠医学院第一附属医院，完成单位：蚌埠医学院第一附属医院，参与该项目的部分临床研究工作和实验研究工作及项目推广应用。在该项目的工作量占本人工作总量的40%。主要贡献：对应创新点(1)、(2)，均作出了创造性贡献：(1) 参与在国内、外首次证明了奥沙利铂为主的方案系统化疗治疗晚期原发性肝癌的有效性和安全性，使奥沙利铂成为全球首个获批的肝癌系统化疗药物。(2)阐明了奥沙利铂治疗肝癌耐药的作用机制。作为第一作者或通讯作者发表论文5篇，其中SCI论文4篇。

主要完成单位及创新推广贡献：

南京中医药大学作为该项目的第一完成单位，积极支持有关研究，提供学术指导和科研经费。南京中医药大学附属八一医院（东部战区总医院）作为项目的第二完成单位，全面负责本课题的选题、科研设计，研究实施、资料收集、分析总结、论文撰写、发表以及成果应用推广等过程。主要由第一完成人牵头负责，统一安排和组织实施，全体完成人共同进行具体工作。

对该项目科技创新的主要贡献：（1）组织多中心国际临床研究，证明了奥沙利铂为主的方案系统化疗治疗晚期原发性肝癌的有效性和低毒性，研究成果已列入国家卫健委《原发性肝癌诊疗规范》中，在全国推广应用；奥沙利铂也获得药品食品管理监督局批准奥沙利铂为主的系统化疗治疗肝癌，成为全球首个获批的肝癌系统化疗药物；而2015年起，美国NCCN《原发性肝胆癌临床实践指南》已连续4年推荐含奥沙利铂的系统化疗用于晚期肝癌,因此，改变了肝癌的治疗策略和临床实践。（2）从多角度、多层次阐明了奥沙利铂治疗肝癌的作用特点和机制，发现奥沙利铂具有抗肝癌细胞增殖、诱导凋亡和抗肝癌血管生成以及调节肝癌细胞通路的作用；（3）系统地研究了奥沙利铂联合其他若干药物治疗PHC的作用，发现奥沙利铂联合索拉非尼、人参皂苷Rg3、消癌平及复方苦参等具有协同增效作用，为临床上探索联合用药提供了可靠依据。

推广应用情况：研究成果已被写入国家卫健委《原发性肝癌诊疗规范》中，在全国得到推广应用，取得了良好的社会和经济效益。

蚌埠医学院第一附属医院作为项目的第三完成单位，主要参与该项目的部分临床研究和实验研究工作，以及推广应用。主要贡献：(1) 参加了部分临床研究和项目推广应用工作，在临床研究和推广应用工作中作出重要贡献。(2)参与部分实验工作，帮助阐明了奥沙利铂治疗肝癌耐药的作用机制。

完成人合作关系说明：

第1完成人是该项目主要负责人，全面负责该项目的临床试验和实验研究及推广应用工作；第2完成人协助第1完成人负责该项目的临床试验和实验研究及推广应用工作；第1、2、3、4、5、6、7、8、9完成人共同开展该项目的临床研究工作及推广应用工作；第1、2、3完成人共同主持开展实验研究工作。

5、

项 目 名 称	复杂动载荷作用下飞航装备结构动力学分析关键技术及应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	费庆国、李彦斌、姜东、仝宗凯、张大海、吴邵庆、张培伟、廖涛、何顶顶、董萼良
主要完成单位	东南大学、北京机电工程研究所

提名单位意见：

该项目突破了飞航装备复杂动载荷重构、飞航装备结构动力学高保真建模与修正、复杂动载荷环境下飞航装备响应预示等技术瓶颈，建立了复杂动载荷作用下飞航装备结构动力学分析关键技术体系。

研究成果已成功应用于我国第一型自主研制的全程超声速反舰导弹、第一型自主研制的陆基远程巡航导弹、第一型自主研制的超声速空地反辐射导弹，解决了三型超声速飞航装备复杂动载荷作用下结构动力学分析难题，显著提升了总体单位飞航装备自主研制水平，具有重要的推广应用价值。基于该项目研究成果，已获授权国家发明专利30项、软件著作权1项，发表SCI论文35篇、EI论文65篇。

项目主要成果于2018年获江苏省科学技术奖一等奖。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

项目简介：

飞航装备主要指在大气层内（包括临近空间）依靠空气动力飞行的制导装备，具有极强的战术突防能力，以及一定的战略威慑能力。速度是飞航装备提升战场生存概率和突防能力的关键，但是更高的速度将使新型飞航装备面临更复杂的动力学载荷环境。随着反舰、巡航等飞航装备的全面高速化，我国长期采用的“静力学设计、动力学考核”设计路线已经不能满足新型飞航装备的研制需求。因此，复杂动载荷作用下飞航装备结构动力学分析技术已经成为新型飞航装备研制必须突破的瓶颈技术，也是打破欧美技术封锁、推动我国飞航装备从仿制向高水平自主研制转型的核心技术。

十余年来，该项目在飞航装备重点工程关键技术攻关任务的牵引下，在教育部新世纪优秀人才支持计划等课题的持续资助下，针对复杂动载荷作用下飞航装备结构动力学分析这一关键科学技术问题，突破了飞航装备复杂动载荷的重构、结构动力学高保真建模与修正以及高精度响应预示等诸多难题，取得主要创新性成果如下：

（1）飞航装备复杂动载荷重构技术。针对飞航装备服役过程中面临的复杂动力学环境，特别是装备飞行中动载荷无法测量这一瓶颈问题，提出了空间分布随机动载荷分解技术，提出了随机动载荷空间分布及统计特征的识别方法，攻克了连续载荷向离散结构网格投影的难题，首次建立了基于有限测点响应的飞航装备复杂动载荷重构技术。

（2）飞航装备结构动力学高保真建模与修正技术。针对复杂机械连接、新型复合材料等飞航装备结构动力学建模难点，提出了典型机械连接性能表征方法，建立了典型机械连接结合面刚度与预紧力之间的映射关系，提出了复合材料参数识别技术，提出了基于子结构的结构动力学模型修正技术，首次建立了“分级建模、逐级验证”的飞航装备结构动力学高保真建模与修正技术。

（3）复杂动载荷环境飞航装备响应预示技术。针对飞航装备服役条件下面临的宽频高强噪声环境、进气道保护罩分离引起的冲击载荷等，提出了基于瞬态能量法的冲击载荷响应预示技术，提出了复杂动载荷与结构耦合的结构响应预示技术，攻克了高频模态能量向局部响应转换的难题，首次建立了复杂动载荷环境飞航装备全频段响应预示技术。

已获授权国家发明专利30项，软件著作权1项，在国内外重要刊物发表SCI论文35篇，EI论文65篇。成果已成功应用于我国第一型自主研制的全程超声速反舰导弹、第一型自主研制的陆基远程巡航导弹、第一型自主研制的超声速空地反辐射导弹。项目主要成果于2018年获江苏省科学技术奖一等奖。

客观评价：

1.科学技术成果鉴定

中国振动工程学会主持了“航空航天装备使役状态分析的数字化关键技术及应用”成果鉴定，以贲德院士领衔的鉴定委员会评价该项目：首次系统建立了航空航天装备动力学服役环境的时空重构数字化技术、创建了复杂航空航天装备数字化表征技术途径、突破了耦合环境下时变及非线性结构响应预示瓶颈问题，并指出“该项研究技术难度大，成果创新性强，具有自主知识产权，达到国内领先、国际先进水平”。

2.项目技术同行学术评价

该项目发表了一系列具有学术性和创新性的论文，并被国际同行引用和评述。国内外知名学者相关引用或评价如下：动力学领域的国际权威巴黎东大C. Soize教授在期刊Journal of Computational Physics发表的论文中引用了该项目代表性论文，对不确定性随机分布式载荷重构方法进行了论述；麻省理工学院O. Buyukozturk教授在期刊Smart Materials and Structures发表的论文中引用了该项目代表性论文，借鉴了该项目中的载荷分解技术。比利时鲁汶大学C. Droz教授在Composite Structures发表的论文中引用了该项目代表性论文，参考了该项目中结构性能表征方法；结构动力学研究领域的国际权威，斯旺西大学M. I. Friswell教授、利物浦大学J. E. Mottershead教授在Applied Mathematical Modeling发表的论文中对该项目中方法进行了评述，指出所采用的方法可以准确表征结构的不确定性。Y. Stoynov教授在International Journal of Solids and Structures发表的论文中引用了该项目代表性论文，借鉴了该项目中的动载荷作用下结构力学行为方面的工作。

应用情况：

该项目成果已成功应用于北京机电工程研究所主持的三型自主研制的超声速飞航装备。解决了复杂飞航装备结构建模精度低的难题，实现了飞航装备服役状态的三维高精度预测，为总体单位飞航装备复杂结构使役状态分析水平的提升做出了重要贡献，具有广泛的推广应用前景。该项目的有效实施可以大幅提升我国飞航装备以及其他航空航天装备的自主研制水平，可为国家安全战略、国民经济发展做出重要贡献，社会效益显著，预期在同类飞航装备以及其他航空航天装备设计中有广阔应用前景。

表2 该项目技术推广应用情况

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	北京机电工程研究所	飞航装备使役状态分析关键技术及应用	第一型自主研制的全程超声速反舰导弹	2010年09月至2013年07月	唐奇/13381127257
2	北京机电工程研究所	飞航装备使役状态分析关键技术及应用	第一型自主研制的陆基远程巡航导弹	2013年01月至2015年09月	郭滨/15001186662
3	北京机电工程研究所	飞航装备使役状态分析关键技术及应用	第一型自主研制的超声速空地反辐射导弹	2012年10月至2015年09月	李乃田/13811007441

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种考虑预紧力的螺栓连接结合面刚度模拟方法	中国	ZL201610614537.6	2018年02月06日	2805805	东南大学	姜东，曹芝腑，费庆国，谭志勇	有效
发明专利	基于分段常函数正交基的随机动态载荷分解技术	中国	ZL201610390659.1	2017年11月03日	2680953	东南大学	李彦斌，费庆国，廖涛，吴邵庆，陈强	有效
发明专利	一种基于对偶模态方程的确定性声固耦合响应预示方法	中国	ZL201710403615.2	2018年04月24日	2899448	东南大学	费庆国，张鹏，李彦斌，吴邵庆，杨轩，姜东	有效
发明专利	一种跑道形螺栓连接结构的有限元建模方法	中国	ZL201610023913.4	2017年09月19日	2629498	东南大学	廖涛,李彦斌,费庆国,吴邵庆,董萼良	有效
发明专利	基于聚类分析的复合材料结构有限元模型修正方法	中国	ZL201710568512.1	2018年03月23日	2853208	东南大学	费庆国，曹芝腑，姜东，刘璟泽	有效
发明专利	一种随机动载荷空间分布及统计特征的识别方法	中国	ZL201710476795.7	2018年06月12日	2957753	东南大学	吴邵庆，费庆国，李彦斌，陈强，董萼良	有效
发明专利	不同坐标系间载荷的投影方法	中国	ZL201611251330.3	2017年12月22日	2748258	东南大学	朱锐，费庆国，杭晓晨，姜东，陈强	有效
发明专利	一种非平稳随机动态载荷下的声振响应分析方法	中国	ZL201610383627.9	2017年09月19日	2629480	东南大学	李彦斌，费庆国，吴邵庆，廖涛，张鹏	有效
发明专利	一种针对复杂结构的瞬态能量响应高精度预示方法	中国	ZL201710981468.7	2018年06月19日	2967832	东南大学	费庆国，陈强，李彦斌，吴邵庆，杨轩，王攀	有效
发明专利	一种计及非共振传输的中频动响应预示方法	中国	ZL201710377978.3	2018年06月19日	2964910	东南大学	李彦斌，张鹏，费庆国，吴邵庆，杨轩，姜东	有效

主要完成人情况：

1.费庆国，排名 1，先进技术与装备院副院长，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，是该项目主要负责人与组织者，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，建立了复杂动载荷作用下飞航装备结构动力学分析的技术体系，完成了关键技术攻关。

2.李彦斌，排名 2，讲师，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对创新点 2、3 有重要贡献，负责飞航装备复杂动载荷重构技术、复杂动载荷环境飞航装备响应预示关键技术攻关。

3.姜东，排名 3，讲师，工作单位：南京林业大学，完成单位：东南大学，对创新点 1、3 有重要贡献，负责飞航装备结构动力学高保真建模与修正技术、复杂动载荷环境飞航装备响应预示关键技术攻关。

4.仝宗凯，排名 4，副总师，工作单位：北京机电工程研究所，完成单位：北京机电工程研究所，对创新点 1、2、3 均有重要贡献，负责复杂动载荷作用下飞航装备结构动力学分析关键技术在总体单位飞航装备研制中的验证与应用。

5.张大海，排名 5，讲师，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对创新点 1、2 有重要贡献，负责飞航装备复杂动载荷重构技术、飞航装备结构动力学高保真建模与修正关键技术攻关。

6.吴邵庆，排名 6，副教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对创新点 2、3 有重要贡献，完成了空间分布随机动载荷重构技术、复杂动载荷环境下局部响应预示等关键技术攻关。

7.张培伟，排名 7，副教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对创新点 1、2 有重要贡献，完成了随机动载荷分解技术、复合材料参数识别技术等关键技术攻关。

8.廖涛，排名 8，工程师，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对创新点 1、2 有重要贡献，完成了典型机械连接建模与参数识别技术、复杂动载荷的结构网格投影技术等关键技术攻关。

9.何顶顶，排名 9，工程师，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对创新点 1 有重要贡献，完成了飞航装备结构动力学模型修正关键技术攻关。

10. 董萼良，排名 10，副教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，对创新点 2 有重要贡献，完成了空间分布随机动载荷重构关键技术攻关。

主要完成单位及创新推广贡献：

1.东南大学：全面主持项目的研究工作，是创新成果的第一完成单位。在飞航装备重点工程关键技术攻关任务的牵引下，在教育部新世纪优秀人才支持计划等课题的持续资助下，针对复杂动载荷作用下飞航装备结构动力学分析这一关键科学技术问题，突破了飞航装备复杂动载荷的重构、结构动力学高保真建模与修正以及高精度响应预示等诸多难题，取得系列创新性成果，并联合北京机电工程研究所实施项目技术成果转化及推广。

2.北京机电工程研究所：是我国飞航装备研制重要总体单位，主要负责项目技术成果转化及应用，是研究成果的主要验证与应用单位，研究成果已成功应用于该单位主持研制的我国第一型自主研制的全程超声速反舰导弹、第一型自主研制的陆基远程巡航导弹、第一型自主研制的超声速空地反辐射导弹。

完成人合作关系说明：

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同获奖	费庆国、姜东、张大海、张培伟、仝宗凯、何顶顶、李彦斌、吴邵庆、董萼良、廖涛	2005–2015	江苏省科学技术一等奖：航空航天装备使役状态分析的数字化关键技术及应用	获奖证书	
2	共同立项	费庆国、姜东、张大海、张培伟、仝宗凯、何顶顶、李彦斌、吴邵庆、董萼良、廖涛	2005–2015	航空航天装备使役状态分析的数字化关键技术及应用	鉴定证书	
3	共同知识产权	李彦斌、费庆国、吴邵庆	2010–2018	基于分段常函数正交基的随机动态载荷分解技术	发明专利	
4	共同知识产权	姜东、费庆国	2010–2018	一种考虑预紧力的螺栓连接结合面刚度模拟方法	发明专利	
5	共同知识产权	李彦斌、费庆国、吴邵庆	2010–2018	一种非平稳随机动态载荷下的声振响应分析方法	发明专利	
6	共同知识产权	费庆国、姜东	2010–2018	不同坐标系间载荷的投影方法	发明专利	
7	共同知识产权	李彦斌、费庆国、吴邵庆、董萼良	2010–2018	一种跑道形螺栓连接结构有限元建模方法	发明专利	
8	共同知识产权	费庆国、李彦斌、吴邵庆、姜东	2010–2018	一种基于对偶模态方程的确定性声固耦合响应预示方法	发明专利	

6、

项 目 名 称	纳米机器人技术在肝癌诊疗中的应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	张业伟，董晓臣，嵇振岭，张婷
主要完成单位	东南大学，南京工业大学,江苏省肿瘤医院

提名单位（专家）意见：

该项目以“生物信息”、“人口健康”国家重大需求为导向，紧紧围绕“原发性肝癌”这一严重危害我国人民健康的疾病为中心，立足于信息科学与生命科学的前沿交叉，创新性地将基因转移技术和纳米材料技术完美结合，带来了肝癌智能化多模诊疗新思维，主要创新点及意义：**（1）**首次破译了肝癌细胞表面受体IGF-1R蛋白信息，大大提高肝癌诊断精确率。**（2）**首次揭示了肝癌细胞对放疗、化疗、生物治疗不敏感内在机制；同时证实了$IL\text{-}18^{Micro}$/ LINC00312/ $IGF\text{-}1R^{HCC}$信号网络的存在，并进行肝癌诊断芯片和抗肝癌DC瘤苗的开发，有效预防和降低肝癌发病率。**（3）**基于1、2创新点，率先研发了纳米机器人技术，实现肝癌智能化多模诊疗，突破性解决肝癌患者高死亡率这一难题。

上述研究成果达到国际领先水平，并获得国内外同行高度评价。获授权国家发明专利20项、2018年江苏省科学技术一等奖、2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖、2010年宁夏科学技术进步一等奖，在本专业国际权威期刊上共计发表相关SCI论文140篇，为我国肝癌“精准诊治”提供了新理论和新技术支持，有力推动了我国肝癌防控事业的进步，具有重要的社会效益和重大社会意义。

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。

提名该项目为国家科学技术进步奖 二 等奖。

项目简介：

原发性肝癌在我国是第四位常见恶性肿瘤，发病率40万人/年，占全球一半以上，死亡率36万人/年，居第三位，是严重危害人类健康的疾病。目前肝癌最有效的治疗方法是外科手术治疗，但术后5年复发转移率仍高达40-70%。主要是因原发性肝癌发生发展内在机制不明，从而导致肝癌“发现难、治愈更难”。该项目在973计划、国家杰出青年科学基金等十余项国家级项目的支持下，紧紧围绕我国肝癌高发病率、高复发率和高死亡率“三高”问题，率先基于医工结合理念，将基因转移技术与纳米技术有机融合，最终实现肝癌“智能化多模态诊疗”，达到显著提高肝癌患者生存率，为我国原发性肝癌“精准诊疗”提供了新理论和新技术支持。主要创新点包括：

1、首次破译了肝癌细胞表面受体IGF-1R蛋白信息，显著提高肝癌诊断精确率。基于获取了肝癌细胞IGF-1R蛋白生物信息，设计出检测肝癌患者外周血中IGF-1R浓度变化来诊断肝癌，该技术易于操作和掌握，已在全国五家大型三甲医院成功推广应用，与传统AFP的检测相比较，可将原发性肝癌的诊断准确率由51.1%提高至83.3%，效果显著。此项新技术对肝癌高危人群筛查，为肝癌“早发现、早治疗”提供有效保证，国际肝胆胰协会原主席、香港中文大学刘允怡院士，在该项目验收评价中指出：该研究具有独特创新性和后续的临床应用价值。

2、首次借助生物信息科学技术，揭示了肝癌细胞对放疗、化疗、生物治疗不敏感的内在机制。首次发现在肝癌细胞IGF-1R上游有一条新的lncRNA-IRAIN（抑癌基因），该基因不仅具有抑癌功能，还是导致肝癌细胞对放化疗、生物治疗不敏感的关键靶基因；证实了肝癌微环境与肿瘤细胞之间串话信号网络（$IL\text{-}18^{Micro}$/LINC00312/$IGF\text{-}1R^{HCC}$）的存在，揭示了LINC00312（促癌基因）通过调控该网络来促进肝癌恶性进展的内在机制；基于上述发现，与正大天晴药业、先声药业分别开发肝癌诊断芯片和抗肝癌DC瘤苗，有效预防和降低肝癌发病率。

3、率先研发了基于纳米机器人技术的肝癌多模态诊疗新技术。基于1、2创新点，将肝癌特异性标志物IGF-1R配体IGF-1和IRAIN基因生物信息与DPP衍生物光敏剂DTDPP键接，开发了具有人工智能的纳米机器人，可以精准靶向肝脏肿瘤部位，通过光学成像高灵敏度、高选择性地勾勒肿瘤轮廓，有效提高“肝癌可视化诊断”的精确率；在热成像与光声成像的介导下展示出高效的光热和光动力协同作用，有效杀伤肝癌细胞，同时纠正肝癌细胞内抑癌基因功能缺陷；还可以用于肝癌手术“可视化导航”，确保手术切缘肿瘤无残留，最终实现肝癌“智能化多模态诊疗”。该成果已在国内两家诊治肝癌最具代表性大型三甲医院成功推广应用，使肝癌患者5年生存率由5%提高至24%，5年复发转移率由40-70%降低至20-33%；研究成果获美国著名生物医学工程专家Xiaoyuan Chen教授、香港科技大学Benzhong Tang院士、新加坡国立大学Bin Liu教授高度评价。

上述研究成果达到国际领先水平，获授权国家发明专利20项，有力推动了我国肝

癌防控事业的进步，具有良好的社会效益和重大社会意义；同时获2018年江苏省科学技术一等奖、2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖、2010年宁夏科学技术进步一等奖；在本专业国际权威期刊上共计发表相关SCI论文140篇。

客观评价：

1.验收评价

2012年4月19日，国际肝胆胰协会原主席、香港中文大学刘允怡院士（中国科学院）在对“供者凋亡细胞静脉输注在异种肝移植中所产生体液免疫机理研究（30600576）”这一国家自然科学青年基金项目，验收评价中指出：该研究分析肝癌的蛋白质组学，CD90、IGF-1R可以作为肝癌肿瘤免疫学检测指标，IGF-1R有望成为诊断肝癌和判断患者预后的指标。这些研究成果具有创新性和后续的临床应用价值。

2012年12月6日，国家自然科学基金项目，HIF通路在肝癌发生与发展中的作用（61141013）结题报告中指出：围绕着肝癌精准诊疗这一重要问题展开研究，研究结果证实了IGF-1R表达与原发性肝癌中患者生存密切相关，可以作为诊断肝癌的靶标。

2012年12月14日，国家自然科学基金项目，化学分散法制备单层石墨烯及其场效应晶体管性能研究（50902071）结题报告中指出：芳香族化合物将有利于改变石墨烯的电子结构，为探索提高石墨烯场效应晶体管的电学性能提供研究思路，并推动石墨烯场效应晶体管在纳米传感器领域的应用，拓展了纳米粒子的用途。

2013年12月12日，国家自然科学基金项目，化学气相沉积法制备石墨烯薄膜及其器件的生物传感性能（61076067）结题报告中指出：探索可控制备高质量单层石墨烯薄膜的工艺参数；改变石墨烯带隙的有效方法，提高石墨烯场效应晶体管的电学性能；研究石墨烯晶体管对生物分子（如DNA、蛋白质、葡萄糖、各种细胞分泌物等）的电子识别和实时检测性能。上述结果为纳米机器人的开发奠定了基础。

2016年12月8日，江苏省科技计划项目，基于石墨烯场效应晶体管的纳米电子生物传感器研究（BK20130046）验收报告中指出：该项目计合成多种DPP和Bodipy结构的光敏剂，研究了其在肿瘤光动力、光热及其协同治疗领域的应用性能，有利于肿瘤的早期检测与治疗一体化的研究。

2016年12月20日，国家自然科学基金项目，针尖石墨烯纳米场效应晶体管生物传感器的研究（21275076）结题报告中指出：针尖石墨烯纳米场效应晶体管，经表面修饰和功能化改性后展现出对DNA、癌症标记物等微量样品的选择性电子识别性能，具有高灵敏、高选择性的纳米电子生物传感器特性。研究结果初步具备了智能化特性。

2018年01月11日，国家自然科学基金项目，IGF2/IGF-1R信号通路与肝癌靶向性基因治疗的关系研究（61371066）结题报告中指出：本课题组首次发现CD90、IGF-1R、hTERT的表达与肝癌发生发展呈正相关，而与肝癌患者生存率呈负相关；发现IGF-1R对P53具有重要的调控功能；阐明了肝癌发生、发展的新机制；证实了IGF-1R、P53可以作为肝癌精准诊疗靶基因，为肝癌基因治疗拓展新的思路。

2.科技成果评价

文章引用评价

（1）美国著名生物医学工程专家Xiaoyuan Chen教授（中美核医及分子影像学会主

席、美国NIH分子影像及纳米医学实验室首席科学家）在（Chemical Reviews 2017, 117, 13566-13638）评价：“该光敏剂（纳米机器人）在单一光源照射激发下，展现出高效的光热、光动力的协同作用。”

（2）香港科技大学Benzhong Tang院士（中国科学院）在（ACS Nano 2017, 11, 7177-7188）评价：“以申请人制备的三苯胺取代吡咯并吡咯二酮光敏剂举例，该光敏剂（纳米机器人）具有良好的温度升高速率和有效的最终温度，可以有效杀伤肿瘤细胞，是现已制备最好的光热试剂。”

（3）新加坡国立大学Bin Liu教授在（ACS Nano 2017, 11, 10124-10134）评价：“该光敏剂（纳米机器人）具有良好的光热、光动力治疗作用，同时该光敏剂在体内降解迅速，具有体内清除快的优势。”

3.科技奖励

（1）2018年江苏省科学技术一等奖，项目名称：肝癌多模态诊疗。

（2）2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖，项目名称：肝癌的可视化诊治。

（3）2010年宁夏科学技术进步一等奖，项目名称：宁夏人体包虫病综合防控技术研究与干预效果评价。

（4）2013年江苏省科学技术进步三等奖，项目名称：肝脏保存液及肝移植免疫机制的研究。

（5）2016年江苏省科学技术进步三等奖，项目名称：IGF1R在肝癌临床诊疗中的应用。

（6）2016年宁夏科学技术进步三等奖，项目名称：CD90、IGF-1R、hTERT作为HCC早期诊断标志物的筛选和应用及IGF-1R的靶向治疗。

4.学术界评价

项目申请人张业伟2016年受邀在澳门第十届国际IEEE上，做了题名《Destruction of IL-18/IL-18BP High Expression Cycle Balance Promotes Occurrence of Hepatocellular Carcinoma》特邀报告。

应用情况：

项目组开发了利用IGF-1R作为检测肝癌的新靶标，研究成果已经在全国5家知名三甲医院推广，成功应用于618例临床样本的检测，与传统AFP的检测相比，可以将原发性肝癌诊断准确率由51.1%提高至83.3%；纳米机器人技术已经成功应用于肝癌精准诊疗，最终实现肝癌“智能化多模态诊疗”，在国内两家诊治肝癌最具代表性大型三甲医院成功推广应用，共计17例原发性肝癌患者获得卓有成效的诊治，诊治后肝癌患者5年生存率由5%提高至24%，5年复发转移率由40-70%降低至20-33%，上述研究成果具有重大的社会意义，有力地推动了我国肝癌防控事业的进步。

重要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	江苏省肿瘤医院	评估基于IGF-1R-DPP基光敏剂“可视化诊疗”肝癌技术的应用	应用于59例患者的筛查，成功筛查17例肝癌患者；纳米机器人有效治疗5例肝癌患者	2013.01-至今	项进/13905173223
2	东南大学附属中大医院	评估基于IGF-1R-DPP基光敏剂“可视化诊疗”肝癌技术的应用	应用于213例患者的筛查，成功筛查117例肝癌患者；纳米机器人有效治疗12例肝癌患者	2013.01-至今	嵇振岭/13705153488
3	南京医科大学第二附属医院	IGF-1R在肝癌临床诊疗中的作用	应用于129例患者的筛查，成功筛查37例肝癌患者	2010.01-2015.03	张建平/18951762705
4	牡丹江医学院	外周血$CD45^{-}CD90^{+}$、IGF-1R和hTERT mRNA测定在诊断早期肝细胞癌中的作用	应用于62例患者的筛查，成功筛查45例肝癌患者	2010.06-2013.02	初彦辉/13614608899
5	宁夏医科大学总医院	外周血$CD45^{-}CD90^{+}$、IGF-1R和hTERT mRNA测定在诊断早期肝细胞癌中的作用	应用于155例患者的筛查，成功筛查60例肝癌患者	2010.01-2013.02	杜勇/13895655876

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
SCI 论文	Multi-target lentivirus specific to hepatocellular carcinoma: In vitro and in vivo studies	中国	WOS:000316167400016	2013; 58(3):502-8	张业伟（第一作者）；张业伟（通讯作者）	杂志：Journal of Hepatology	张业伟,牛坚，鲁翔，杨银学，赵何伟，何侠，尹国文，吴金道，严栋梁，孙静锋，闻鉴非，冯继锋，薛焕洲	IF=14.911
发明专利	一种具有肿瘤靶向性光敏剂及其制备方法和应用	中国	Zl201510897115.X	2018 年 8 月 10 日	第 3029233 号	南京工业大学	董晓臣，张琪，蔡宇，唐倩云，黄维	有效
发明专利	一种小分子有机纳米肿瘤光热治疗试剂的制备方法	中国	201610431612.5	2018 年 8 月 07 日	第 3026404 号	南京工业大学	董晓臣，张琪，黄维，蔡宇，唐倩云	有效
发明专利	二碘代苯乙烯型氟化硼二吡咯-透明质酸光敏剂的制备与应用	中国	Zl201510161765.8	2017 年 4 月 12 日	第 2443235 号	南京工业大学	董晓臣，张琪，史华夏，顾桂英，刘长兵，黄维	有效
发明专利	一种钴酸镍纳米中空多面体的制备方法	中国	Zl201510052096.0	2017 年 2 月 22 日	第 2392340 号	南京工业大学	董晓臣，孙陈诚，杨骏，黄维	有效
发明专利	一种原位制备α-硫化镍与碳的纳米棒状复合材料的方法	中国	ZL201410354191.1	2017 年 2 月 1 日	第 2365446 号	南京工业大学	董晓臣，孙陈诚，黄维	有效
发明专利	一种制备纳米级立方体状四氧化三钴的方法	中国	ZL201310000874.2	2014 年 12 月 10 日	第 2443235 号	南京工业大学	董晓臣，黄维，刘湘梅，龙庆	有效

发明专利	一种硅纳米片掺杂钴酸镍及其制备方法	中国	ZL2015100770025	2017 年 04 月 05 日	第 2440302 号	南京工业大学	马铭泽，杨骏，董晓臣，黄维	有效
发明专利	形貌可控二氧化锰三维石墨烯复合材料的制备方法	中国	ZL 201210075362.8	2014 年 11 月 19 日	第 1523037 号	南京邮电大学	黄维；董晓臣；赵强；刘淑娟	有效
发明专利	一种操作面直径可调节的单孔腹腔镜手术用柔性套管	中国	ZL2013106848887.6	2015 年 6 月 17 日	第 1699439 号	东南大学	王栋，嵇振岭，孙义新，吴巍	有效

主要完成人情况

1. 张业伟，排名1

行政职务：东南大学附属中大医院医务处主任

技术职称：教授、主任医师、研究员

工作单位：东南大学

完成单位：东南大学

作为该项目最主要负责人，依托多项国家自然科学基金项目，对创新点1,2,3均有创造性贡献：首次将IGF-1R蛋白信息作为诊断肝癌的标志物，大大提高肝癌诊断精确率；首次揭示了肝癌细胞对放疗、化疗、生物治疗不敏感的内在机制，开发肝癌诊断芯片和抗肝癌DC瘤苗；率先研发了纳米机器人技术，并推广应用于肝癌的临床诊治。基于上述创造性贡献，以第一完成人获2018年江苏省科学技术一等奖、2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖和2010年宁夏科学技术进步一等奖等6项科技进步奖。

2. 董晓臣，排名2

行政职务：南京工业大学数理科学学院院长

技术职称：教授

工作单位：南京工业大学

完成单位：南京工业大学

是该项目主要负责人，对创新点3做出创造性贡献，负责近红外有机半导体光敏剂的结构设计及肿瘤光治疗应用研究。设计开发了一系列基于吡咯并吡咯二酮的近红外有机光敏剂，着重于肝癌可视化诊治的基础和临床研究，取得了7项发明专利。以第二完成人获2018年江苏省科学技术一等奖和2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖。

3. 嵇振岭，排名3

行政职务：东南大学附属中大医院普外科主任

技术职称：教授、主任医师

工作单位：东南大学

完成单位：东南大学

是该项目主要参与人，对创新点1做出创造性贡献：负责“IGF-1R在肝癌临床诊断中的应用”中的工作，收集肝癌患者的临床资料和标本，协助推广IGF-1R在肝癌诊断中的应用。有较高的肝癌诊治水平，并参与纳米机器人在肝癌手术导航中应用的研究，精准切除肿瘤，使肿瘤无残留，并获授权发明专利1项。

4. 张婷，排名4

行政职务：无

技术职称：副主任医师

工作单位：江苏省肿瘤医院

完成单位：江苏省肿瘤医院

是该项目主要参与人，对创新点1做出创造性贡献：负责“IGF-1R在肝癌临床诊断

中的应用”中的工作，进行肝癌患者标本的实验操作和数据整理，协助推广IGF-1R在肝癌诊断中的应用。依托超声专业，开展了肝癌的光声成像等研究，对肝癌诊断水平的提高做出了贡献。以第四完成人获2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖。

主要完成单位及创新推广贡献：

1. 东南大学附属中大医院

东南大学作为该项目的主研单位，全面负责项目的总体研究、项目的集成及成果的推广应用。张业伟教授作为学科带头人组建了独立的研究团队，施瑞华、冯亚冬、嵇振岭作为团队骨干，依托多项国家自然科学基金项目，立足于信息科学与生命科学的前沿交叉，对肝癌的发生发展、复发和转移展开了系统的研究，创新性地将基因转移技术和纳米材料技术完美结合，带来了肝癌智能化多模诊疗新思维。

首次破译了肝癌细胞表面受体IGF-1R蛋白生物信息的获取与处理及信号网络建立机制，将IGF-1R浓度变化作为新型肝癌诊断方法，成功应用于5家知名大型三甲医院，使原发性肝癌诊断准确率由51.1%提高至83.3%，大大提高肝癌诊断精确率，相关研究成果发表于肝脏病学国际权威期刊Journal of Hepatology上；首次借助生物信息技术，揭示了肝癌细胞对放疗、化疗、生物治疗不敏感内在机制，并进行肝癌诊断芯片和抗肝癌DC瘤苗的开发；率先研发了纳米机器人技术，实现肝癌智能化多模诊疗，使肝癌患者5年生存率由5%提高至24%，5年复发转移率由40-70%降低至20-33%，上述研究成果具有重大的社会意义，有力地推动了我国肝癌防控事业的进步。

本单位上述创新，获授权发明专利1项，以第一完成单位获得了2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖（肝癌的可视化诊治），2018年江苏省科学技术一等奖（肝癌多模态诊疗）。

2.南京工业大学

南京工业大学作为第二完成单位，为该团队申请科研项目、完成研究提供了坚实保障。近年来，依托南京工业大学，董晓臣教授建立了有机半导体成像及肿瘤治疗的研究团队，搭建了完整的材料制备、表征以及肿瘤可视化诊疗实验室，先后主持和完成国家杰出青年科学基金、973计划前期研究专项等二十余项基金，牵头研发了基于吡咯并吡咯二酮（DPP）智能光敏剂DTDPP，该智能DTDPP纳米颗粒具有良好的生物相容性、有效的近红外吸收、精准靶向治疗和多功能协同作用，在人体肝癌治疗上展示出高效的光热和光动力协同治疗效果，可以有效精准靶向杀伤肝癌细胞。在基因信息工程的基础上，将DTDPP与IGF-1和IRAIN接枝，研发了新型纳米机器人，精准靶向肝脏肿瘤部位，通过光学成像高灵敏度、高选择性地勾勒肿瘤轮廓，有效提高“肝癌可视化诊断”的精确率；在热成像与光声成像的介导下展示出高效的光热和光动力协同作用，有效杀伤肝癌细胞，同时纠正肝癌细胞内抑癌基因功能缺陷；还可以用于肝癌手术“可视化导航”，确保手术切缘肿瘤无残留，最终实现肝癌“智能化多模态诊疗”。该研究成果已经应用于临床推广，极大减轻了肝癌患者因手术带来的痛苦和家庭经济负担，同时大大提高了肝癌诊疗水平。

本单位依托上述创新，获授权发明专利7项。以第二完成单位获得了2018年高等学

校科学研究优秀成果二等奖（肝癌的可视化诊治），2018年江苏省科学技术一等奖（肝癌多模态诊疗）。

3.江苏省肿瘤医院

江苏省肿瘤医院作为该项目的第三完成单位，本项目依托江苏省肿瘤生物治疗中心、江苏省肿瘤精准医学临床研究中心，及江苏省肿瘤医院的全国首批基因测序临床应用试点等平台，保障了“纳米机器人技术在肝癌诊疗中的应用”项目的顺利进行。本单位为该项目的实施提供了充足的人力、物力和财力支持，提升了超声科的综合实力，为后续研究工作奠定了基础，负责“IGF-1R在肝癌临床诊断中的应用”中的工作，进行肝癌患者标本的实验操作和数据整理，协助推广IGF-1R在肝癌诊断中的应用。同时，本单位在人才引进和人才培养方面给予了大力支持。

本单位依托上述创新，以第三完成单位获得了2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖（肝癌的可视化诊治）。

完成人合作关系说明：

本人为本项目的总体负责人和第一完成人张业伟，来自东南大学附属中大医院。

该项目由东南大学附属中大医院张业伟**（第1完成人）**、南京工业大学董晓臣**（第2完成人）**、东南大学附属中大医院嵇振岭**（第3完成人）**、江苏省肿瘤医院张婷**（第4完成人）**。

本人（第1完成人）与本项目董晓臣（第2完成人）、张婷（第4完成人）共同获得2018年高等学校科学研究优秀成果二等奖（项目名称：肝癌的可视化诊治；获奖人员：张业伟，董晓臣，邵进军，张婷；获奖单位：东南大学，南京工业大学，江苏省肿瘤医院）；**本人（第1完成人）与本项目董晓臣（第2完成人）、张婷（第4完成人）共同获得2018年江苏省科学技术一等奖**（项目名称：肝癌多模态诊疗；获奖人员：张业伟、董晓臣、邵进军、许文景、周家华、潘峥、余泽前；获奖单位：东南大学附属中大医院，南京工业大学）。

东南大学附属中大医院嵇振岭（第3完成人）与江苏省肿瘤医院张婷（第4完成人）**于2011年签署“IGF-1R作为新型标志物诊断肝癌的应用”的技术合作书，共同推广IGF-1R作为肝癌的诊断靶标。**

7、

项 目 名 称	冠状动脉分叉病变发病机制及治疗技术的研究
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	陈绍良、张俊杰、叶飞、田乃亮、刘志忠、林松、单守杰、葛震、李小波、吴志明
主要完成单位	南京市第一医院

提名单位意见：

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。

该项目组发明了治疗冠脉分叉病变的双对吻挤压术技术，系列临床研究证实其显著优于经典挤压、裙裤及即兴支架等传统技术；创立了左主干病变的分型方法并有效筛选高危患者和判断预后；建立了区分简单和复杂分叉病变的标准，为科学选择治疗技术及预测不良事件提供了可靠依据；研究了异常的内皮切应力促发冠脉狭窄的分子生物学机制；论证了双对吻挤压技术显著均一地降低内皮切应力、切应力梯度及紊乱流是其有效性的流体力学机制；运用腔内影像学技术分析了冠脉分叉病变特征、双对吻挤压技术的成功标准及其临床疗效显著的影像学机理；发明了分叉血管开口专用支架用于分叉病变的精准治疗，已实现工业化生产；从药物动力学、基因多形性及血小板功能学角度探索了药物抵抗、易损斑块及支架内血栓的发生机制与治疗策略。

项目组发表SCI收录论文161篇，累计影响因子518.37，被SCI引用2388篇次； 8篇代表性论文累计影响因子66.925，被SCI引用409篇次；主编和参编专著27部。多次受邀在国内外学术大会专题演讲和手术直播、在国内外千余家医院手术演示教学。双对吻挤压技术已被欧洲心脏病学会2018年血运重建指南和中国冠心病经皮介入治疗指南纳入并推荐，在全世界超过3000家医院广泛应用。

该项目获得2018年江苏省科学技术奖一等奖。对照国家科技进步奖授奖条件，提名该项目为国家科技进步奖二等奖。

项目简介：

课题组围绕分叉病变这一主题和双对吻挤压(DK)术这一核心发明技术，主要技术内容和技术指标如下:

1、发明双对吻挤压技术、循证医学研究明确了该技术的长期有效性及机制

发明DK术，最终对吻扩张达100%、膨胀满意率达98%。DKCRUSH Ⅰ－ Ⅶ系列国际多中心随机研究证实DK术显著降低术后1–5年内不良事件率。DK术显著优于其它术式。

2、建立危险评分体系，筛选高危患者、预测分叉病变术后疗效

建立NERS及NERS II危险分层系统，优化左主干及高危患者的筛选、判断预后。创立了区分简单和复杂分叉病变的DEFINITION标准,指导冠脉分叉病变的精准治疗。

3、内皮切应力(ESS)降低是促发冠脉分叉病变及介入术后再狭窄的核心机制

研发出离体测定ESS的软件，发现ESS异常分布及梯度增大是分叉病变形成、支架内再狭窄和血栓的始动机制，也是药物的主要靶标。DK术显著降低ESS梯度及炎性反应。

4、冠脉腔内影像学研究明确了分叉病变特征及优化介入技术的机制

运用腔内影像技术明确易损斑块最常见于近端的ESS异常增高区域；论证了DK术显著获益的影像学机制。建立了预测FFR<0.8的最小管腔面积界定值；证实了介入术后即刻FFR与近远期预后相关。

5、发明并成功转化药物洗脱分叉病变专用支架

发明并成功转化雷帕霉素涂层的分叉专用支架，并已在临床应用多年，进一步实现分叉病变的精准治疗。新型小檗碱洗脱支架在转化中。

6、药物动力学、基因多形性及形态学研究明确了支架内血栓的发生机制

阐明氯吡格雷抵抗的环境因素（药物–药物间的相互作用）、ACS患者氯吡格雷抵抗的遗传机制和物质基础、及严重OSAS患者血小板聚集功能异常升高的机制。发现支架内血栓最好发于金属钢梁重叠段，与局部斑块内新生血管及ESS异常有关。

7、全球广泛应用、改写了国内外指南

共获得专利授权6项。在分叉病变领域发表SCI收录论文161篇，累计影响因子518.37，被SCI引用2388篇次；8篇代表性论文影响因子66.925，被SCI引用409篇次；主编和参编专著27部。项目组多次受邀在国内外顶级学术大会进行专题演讲和手术直播、在国内外千余家医院手术演示教学。DK术已被欧洲心脏病学会2018年血运重建指南和中国冠心病经皮介入治疗指南纳入并推荐，业已在全世界超过3000家医院广泛应用。不仅显著降低医疗费用，且极大地改善了患者生活质量。

客观评价：

一、已发表论著的查引报告

教育部科技查引工作站对“冠状动脉分叉病变发病机制及治疗技术的研究”中所发表的8篇代表性论文收录引用检索报告表明；8篇代表性论文累计影响因子66.925，被WOS引用436篇次、SCI引用409篇次。

二、权威杂志引用与学术评价情况

1、世界著名的意大利心脏病学家Antonio Colombo教授在其评论（JACC Cardiovasc Interv 2013;6:146–148）中针对该研究写到：>80%的患者属于Medina 1,1,1型分叉病变，入选的分支病变狭窄长度>15mm，病变十分复杂，强烈表明对于此类复杂的分叉病变应该首选DK Crush术为代表的双支架术。

2、瑞典的Y–Hassan教授评论到(Circ Cardiovasc Interv 2011;4:e19)：DKCRUSH II入选的全部是真正复杂的分叉病变，DK Crush术完美的对吻确保了其长期的疗效。

3、美国DeMaria教授在总结2011年标志性临床研究时指出（JACC 2012;59:503–537）：DKCEUSH II研究入选了到目前为止最为复杂的分叉病变，其结果表明DK Crush术具有显著降低事件的突出作用，成为PCI的标志性技术。

4、美国DeMaria教授于2014年针对DKCRUSH III的研究结果，在总结2013年冠心病治疗突出成就时写道(JACC 2014;63:570–602)：该研究在系列DKCRUSH研究基础上，入选了左主干末端真性分叉病变，再次显示了DK Crush技术的优异疗效。

5、荷兰Nam教授研究论文 (JACC 2011;58:1211–1218)：新近发表的NERS积分优于传统SYNTAX积分系统，前者将患者临床指标、病变指标和PCI术中的关键指标均纳入到NERS系统中，因而更加全面准确地预测PCI术后的事件发生率。这与荷兰Farooq教授(Eur Heart J 2012;33:3098–3104)及Iqbal教授的高度评价一致(JACC Cardiovasc Interv 2014;7:464–470)。

6、中国阜外医院高润林教授在其论著中写道（Heart 2010;96:415–418）：中国学者陈绍良教授团队发明的DK Crush技术已经显示出良好的临床疗效。

7、意大利Latib教授撰文(Eurointervention 2010;6:181–187)：何时需要双支架术这个问题已经有了答案，DKCRUSH系列研究已经告诉了我们。

8、韩国Koo BK教授针对DKCRUSH VI研究的述评中，详细介绍了该研究的重大贡献及意义（JACC Cardiovasc Interv 2015;8:547–549）。指出：该研究的结果不仅为流体力学的临床意义提供了极具价值的数据，同时为使用FFR引导分叉病变介入治疗的方法、时机和结果判断提供了指导性作用。

9、丹麦Thuesen教授评价(JACC Cardiovasc Interv 2015;8:1343–1345)：DK技术取得的突出成绩证明对于复杂分叉病变使用DK Crush术的可靠性。

10、Minneaplois心脏中心的Emmanouil Brilakis，Nicholas Burke及Subhash Banerjee三位教授联合撰文高度评价了DK Crush技术，认为其是“一分耕耘，一分收获”(No pain,No gain)的最佳体现。团队长达10余年的分叉病变系列研究，最新结果再次表明：

DK Crush相比Provisional Stenting较复杂\更具挑战，但病人获益最多，这才是PCI所追求的(JACC 2017;70:2618–2619)。

11、项目组关于IVUS指导支架介入术的部分研究成果发表于（Int J Cardiol. 2013;168:1364–1369），同期杂志编委为其配发 “Can anatomy be used as a surrogate for physiology? The IVUS conundrum”的述评（Int J Cardiol.2013;168:631–632），编委Sen S等人指出，研究提出了IVUS在单冠状动脉病变患者中预测FFR<0.8的最佳临界值（optimal cutoff value）。

12、2018年欧洲心脏病学会（ESC）《心肌血运重建指南》（Eur Heart J. 2018; (00): 1–96. doi:10.1093/eurheartj/ehy394）推荐DK crush术式用于治疗复杂左主干分叉病变。

三、高被引论文情况

(1)项目组负责人**2014至2017年度连续被爱思唯尔（Elsevier）出版公司评为“中国高被引学者”**。2015年广东省人民医院谭宁教授在BMC Cardiovascular Disorders杂志上公布了2004–2015年中国大陆被引用次数最多的100篇（TOP100）心血管领域论文，本项目组负责人的论文列首位。

(2)DKCRUSH–II研究于2013年获“南京市自然科学优秀论文一等奖”；

(3)Comparison between the NERS score and the SYNTAX score in outcome prediction for unprotected left main stenting于 2011年获“南京市自然科学优秀论文优秀奖”。

四、项目学术影响力情况及中国医学论坛报评价

DK Crush术及左主干分叉病变介入治疗的原创研究成果已在全球数千家心脏中心应用和推广，连续多年专门为世界最高水平心血管病学术会议（如美国的TCT、ACC，欧洲的PCR、亚洲的AICT及PCR Asia、CIT等）实施手术卫星直播并作大会专题演讲。如Brilakis 教授与Rab教授所描写(JACC 2017;70:2618–2619; JACC Cardiovasc Interv. 2017; 10(9):849–865）：当面对复杂尤其是左主干末端分叉病变时，DK Crush技术会告诉你如何治疗患者。

中国医学论坛报的总结性评价：虽然众多的 DKCRUSH 研究还在进行中，但系列研究的趋势已从单纯的影像学结果过渡至术后的临床终点，并结合生理学指标预测术后的不良事件；陈绍良课题组已将众多的分叉病变进一步分类为简单和复杂两型，以此指导该病变处理的策略（单支架或双支架术）；DEFINITION 研究的结果显示简单分叉病变以单支架术处理，而复杂分叉病变则以双支架术（尤其是 DK 术）处理的预后最佳。纵观 DKCRUSH 系列研究，课题组的研究方向已由单纯技术过渡到策略，并以此指导更为广泛的冠脉分叉病变的介入治疗。

应用情况：

本课题组建立的**左主干病变分型方法及危险积分系统已经被全球同行应用**，并得到了高度评价。左主干病变分型方法为临床选择科学、合理的介入技术提供依据，从而避免严重并发症的发生。NERS危险分层系统通过对左主干及分叉病变患者进行危险分层后，筛选出高危患者，并据此选择正确的介入治疗技术，因而具有重要的临床指导价值；NERS II是在前述积分基础上进一步凝练出的高效危险分层系统；DEFINITION标准是项目组通过大数据和长期研究建立的针对所有分叉病变的危险积分系统。2017年JACC:Cardiovascular Intervention首次发表专家共识，在全球范围内介绍和推广本项目组的NERS、NERS II及DEFINITION危险评分系统，强化左主干及分叉病变介入治疗的方法选择、原理、技术标准和手术规范。所以，**中国标准首次成为指导世界心血管介入治疗的准则**，它宣告中国已经告别了亦步亦趋的时代，转而进入引领世界的新时代。

本课题组通过系列临床研究**奠定了DK crush技术治疗分叉病变的核心及领导地位**，它不仅显著减少慢性并发症（如支架内再狭窄、TLR和TVR），而且更显著地降低安全性终点事件（支架内血栓和靶血管心肌梗死）的发生率。2018年JACC杂志主编及专家团队这样描述DK crush的技术优势：它改变了左主干末端分叉病变的治疗理念，为如何选择介入术式提供了宝贵的数据；极低的支架内血栓发生率彻底颠覆了过去关于双支架术的应用规律。

DK Crush术及左主干分叉病变介入治疗的原创研究成果已在全球数千家心脏中心应用和推广。自2008年以来继续举办十届“冠状动脉分叉病变峰会（CBS）”，每年有来自20余个国家和地区近百名国际心血管病专家及国内各个省份1000余专家学者荟聚金陵，为国内外医界同仁搭建学术交流平台。2015年为了更加有效指导外国医生运用DK技术及强化他们对分叉病变的理解，EuroPCR大会专门设置了“How to learn DK crush（如何学习DK crush技术）”日程，由项目组详细解说DK Crush技术的要点和临床研究结果；2016年位于美国的TCT大会专门设置了“Nothing is better than DK crush for coronary bifurcation lesion（DK技术是治疗冠脉分叉病变的最优术式）”；同时项目组负责人也被美国哥伦比亚大学、美国心脏病学会（ACC）增补为TCT2017年大会副主席；除此之外，散布于欧洲（SYNERGY、EBC、JIM等）和美国（CHIP、ACC、AHA、C3等）的顶级学术大会都毫无例外地需要本项目组的大部分成员参与日程设置、学术讲座、手术示范、病例指导等多项学术任务；凡此均体现了本项目研究成果及项目组在世界范围内的国际影响力。由此可见，**DK crush技术诞生于中国、应用于全世界，它是中国心血管介入界傲视全球之作**。

自2006年始本项目已经陆续在包括国内和国外（美国哥伦比亚大学、纽约大学Beth医学中心、哈佛大学、斯坦福大学、印度尼西亚国家心脏中心、意大利都灵大学等）数千家知名的心脏中心应用和推广。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	Beth Israel Medical Center,New York,USA	Performance of DK Crush Stenting	DK Crush technique 100例	2007–2014	Tak W.Kwan+1–212–334–3507
2	ST.MARY Medical Center Hobart,IN,USA	DK Crush Stenting for Coronary Bifurcation Lesions	DK Crush technique 167	2008–2012	Thach Nguyen219–756–1410
3	Medistra Hospital,Jakarta,Indonesia	DK Crush Stenting for Coronary Bifurcation Lesions	DK Crush technique 300例	2010–2018	Teguh Santoso+62 21 5210184
4	Pederzoli Hospital,Peschiera del Garda,Verona I	DK Crush Stenting for Coronary Bifurcation Lesions	DK Crush technique 186例	2015–2018	Imad Sheiban+39 0456449022
5	中国人民解放军沈阳军区总医院	冠状动脉分叉病变发病机制及治疗技术的研究	DK Crush技术治疗复杂分叉病变患者151例	2015–2018	韩雅玲 13804063149
6	空军军医大学第一附属医院	冠状动脉分叉病变发病机制及治疗技术的研究	DK Crush技术治疗复杂分叉病变患者55例	2015–2018	陶凌 15002955798
7	上海交通大学医学院附属瑞金医院	冠状动脉分叉病变发病机制及治疗技术的研究	DK Crush技术治疗复杂分叉病变患者200例	2013–2018	张瑞岩 13601911729
8	中国人民解放军第八一医院	冠状动脉分叉病变发病机制及治疗技术的研究	DK Crush技术治疗复杂分叉病变患者58例	2012–2018	赵艳芳 13951643293
9	西安交通大学附属第一医院	冠状动脉分叉病变介入诊疗技术的实验及临床研究	DK Crush技术治疗复杂分叉病变患者11例	2009–2011	袁祖贻 13571828319
10	大庆油田总医院	冠状动脉分叉病变介入诊疗技术的实验及临床研究	DK Crush技术治疗复杂分叉病变患者15例	2009–2010	温尚煜 13704676597

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
实用新型	分叉血管开口支架	中国	ZL 2007 2 0147780.8	2008-4-2	第1036816号	北京乐普医疗器械有限公司；南京雅达佳文化传媒有限公司	陈绍良	有效专利
实用新型	分叉血管支架	中国	ZL201 32 0471887.3	2014-1-29	第3383836号	陈绍良	陈绍良	有效专利
论文	Study comparing the double kissing (DK) crush with classical crush for the treatment of coronary bifurcation lesions: the DKCRUSH-1 Bifurcation Study with drug-eluting stents.		2008; 38(6): 361 - 371.	2008. 6	Eur J Clin Invest（IF=2.784）	南京市第一医院	陈绍良	其他有效的知识产权
论文	Comparison between the NERS (New Risk Stratification) score and the SYNTAX (Synergy between Percutaneous Coronary Intervention with Taxus and Cardiac Surgery) score in outcome prediction for unprotected left main stenting.		2010;3(6):632-641	2010.6	JACC Cardiovasc Interv（IF=5.862）	南京市第一医院	陈绍良	其他有效的知识产权
论文	A randomized clinical study comparing double kissing crush with provisional stenting for treatment of coronary bifurcation lesions: results from the DKCRUSH-II		2011;57(8):914-920	2011.2	J Am Coll Cardiol（IF=14.156）	南京市第一医院	陈绍良	其他有效的知识产权

	(Double Kissing Crush versus Provisional Stenting Technique for Treatment of Coronary Bifurcation Lesions) trial							
论文	Diagnostic accuracy of quantitative angiographic and intravascular ultrasound 2 parameters predicting the functional significance of single de novo lesions.		2013;168(2):1364–1369	2013.9	International Journal of Cardiology.（IF=6.175）	南京市第一医院	陈绍良	其他有效的知识产权
论文	Comparison of double kissing crush versus Culotte stenting for unprotected distal left main bifurcation lesions: results from a multicenter, randomized, prospective DKCRUSH–III study.		2013;61(14):1482–1488	2013.8	J Am Coll Cardiol（IF=15.343）	南京市第一医院	陈绍良	其他有效的知识产权
论文	Impact of the complexity of bifurcation lesions treated with drug–eluting stents: the DEFINITION study (Definitions and impact of complEx biFurcation lesIons on clinical outcomes after percutaNeous coronary IntervenTIOn using drug–eluting steNts)		2014;7(11):1266–1276	2014.11	JACC Cardiovasc Interv（IF=7.345）	南京市第一医院	陈绍良	其他有效的知识产权

论文	Randomized Comparison of FFR-Guided and Angiography-Guided Provisional Stenting of True Coronary Bifurcation Lesions: The DKCRUSH-VI Trial (Double Kissing Crush Versus Provisional Stenting Technique for Treatment of Coronary Bifurcation Lesions VI)		2015;8(4):536-546	2015 .4	JACC Cardiovasc Interv（IF=7.63）	南京市第一医院	陈绍良	其他有效的知识产权
论文	Clinical Outcome After DK Crush Versus Culotte Stenting of Distal Left Main Bifurcation Lesions: The 3-Year Follow-Up Results of the DKCRUSH-III Study		2015;8(10):1335-1342	2015.8	JACC Cardiovasc Interv（IF=7.63）	南京市第一医院	陈绍良	其他有效的知识产权

主要完成人情况：

姓　　名	陈绍良	排　　名	1
技术职称	主任医师、教授	行政职务	副院长、心内科主任
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		
对本项目技术创造性贡献： 为 DK Crush 技术的发明者；项目总负责人，负责本项目的总体设计，制定研究总体方案、技术路线与实施计划、多中心募集、研究质控，以及数据统计结果的分析、论文的撰写、修改、发表；主持完成本项目发病机制及治疗技术的研究与临床推广应用。 主要贡献：是该项目负责人，对创新点 1、2、3、4、5、6、7 均有重要贡献。8 篇代表性论文的第一作者及通讯作者，获专利授权 6 项。 本项目占本人工作总量的 80%。			

姓　　名	张俊杰	排　　名	2
技术职称	副主任医师	行政职务	心内科副主任
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		
对本项目技术创造性贡献： 参与本项目多中心临床研究；参与 DKCRUSH 技术的分析；负责剪切力测定与分析、IVUS 与 OCT 研究。 主要贡献：对创新点 1、2、3、4、6 均有重要贡献。8 篇代表性论文的主要参与作者。 本项目工作占本人工作量 70%。			

姓　　名	叶飞	排　　名	3
技术职称	主任医师	行政职务	心内科副主任
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		
对本项目技术创造性贡献： 参与本项目多中心临床研究；负责 DK Crush—Ⅳ研究和 OCT 研究。 主要贡献：对创新点 1、2、4 具有重要贡献。8 篇代表性论文的主要参与作者。 本项目工作占本人工作量 70%。			

姓　　名	田乃亮	排　　名	4
技术职称	主任医师	行政职务	心内科副主任
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		
对本项目技术创造性贡献： 参与本项目多中心临床研究；负责临床随访。 主要贡献：对创新点 1、3、4、5 具有重要贡献。代表性论文 4、6、7 的参与作者。 本项目工作占本人工作量 70%。			

姓　　名	刘志忠	排　　名	5
技术职称	主任医师	行政职务	无
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		
对本项目技术创造性贡献： 参与本项目临床研究患者入选；参与临床随访、分子生物学实验研究及部分数据统计分析。 主要贡献：对创新点 1、2、4、5 具有重要贡献。代表性论 4、7 的参与作者。 本项目工作占本人工作量 70%。			

姓　　名	林松	排　　名	6
技术职称	主任医师	行政职务	无
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		
对本项目技术创造性贡献： 参与本项目多中心临床研究；参与冠状动脉造影随访。 主要贡献：对创新点 1、2、3 具有重要贡献。代表性论文 4、7 的参与作者。 本项目工作占本人工作量 70%。			

姓　　名	单守杰	排　　名	7
技术职称	副主任医师	行政职务	无
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		

对本项目技术创造性贡献：
参与本项目多中心临床研究；参与临床及冠状动脉造影随访、负责部分 IVUS 研究。
主要贡献：对创新点 3、4 具有重要贡献。代表性论文 7 的参与作者。
本项目工作占本人工作量 70%。

姓　　名	葛震	排　　名	8
技术职称	主治医师	行政职务	无
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		

对本项目技术创造性贡献：
重点参与本项目病例入选；负责临床及冠状动脉造影随访。
主要贡献：对创新点 1、2、4、5 具有重要贡献。代表性论文 7 的参与作者。
本项目工作占本人工作量 70%。

姓　　名	李小波	排　　名	9
技术职称	主治医师	行政职务	无
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		

对本项目技术创造性贡献：
参与本项目病例入选；参与临床及冠状动脉造影随访。
主要贡献：对创新点 2、4 具有重要贡献。
本项目工作占本人工作量 70%。

姓　　名	吴志明	排　　名	10
技术职称	副主任医师	行政职务	无
工作单位	南京市第一医院		
完成单位	南京市第一医院		

对本项目技术创造性贡献：
参与本项目病例入选；临床及冠状动脉造影随访；参与 IVUS 随访。
主要贡献：对创新点 1、2、4 具有重要贡献。
本项目工作占本人工作量 70%。

主要完成单位及创新推广贡献：

南京市第一医院作为完成单位是系列研究的基地，也是课题负责人的唯一供职单位。为了保障项目组的顺利开展给予了大力支持。在配套的研究基地、仪器设备等方面，提供了坚实的经济及政策扶持，免费为所有的患者复查冠状动脉造影及血管内超声，确保了项目的正常高效进行。完成单位是全国最早成立随访中心、冠心病生物标本及大数据库的医院，本项目组成功发明了DK Crush技术后，在此基础上顺利完成了DKCRUSH系列国际多中心高质量临床研究。

DK Crush术及左主干分叉病变介入治疗的原创研究成果已在全球数千家心脏中心应用和推广。自2008年以来继续举办十届“冠状动脉分叉病变峰会（CBS）”，每年有来自20余个国家和地区近百名国际心血管病专家及国内各个省份1000余专家学者荟聚金陵，为国内外医界同仁搭建学术交流平台。2015年为了更加有效指导外国医生运用DK技术及强化他们对分叉病变的理解，EuroPCR大会专门设置了“How to learn DK crush（如何学习DK crush技术）”日程，由项目组详细解说DK Crush技术的要点和临床研究结果；2016年位于美国的TCT大会专门设置了“Nothing is better than DK crush for coronary bifurcation lesion（DK技术是治疗冠脉分叉病变的最优术式）”；同时项目组负责人也被美国哥伦比亚大学、美国心脏病学会（ACC）增补为TCT2017年大会副主席；除此之外，散布于欧洲（SYNERGY、EBC、JIM等）和美国（CHIP、ACC、AHA、C3等）的顶级学术大会都毫无例外地需要本项目组的大部分成员参与日程设置、学术讲座、手术示范、病例指导等多项学术任务。均体现了本项目研究成果及项目组在世界范围内的国际影响力。

自2006年始本项目已经陆续在包括国内和国外（美国哥伦比亚大学、纽约大学Beth医学中心、哈佛大学、斯坦福大学、印度尼西亚国家心脏中心、意大利都灵大学等）数千家知名的心脏中心应用和推广。

完成人合作关系说明：

本项目完成人共有10人，陈绍良、张俊杰、叶飞、田乃亮、刘志忠、林松、单守杰、葛震、李小波、吴志明。具体分工和合作关系如下：

第一完成人陈绍良，为DK Crush技术的发明者；项目总负责人，负责本项目的总体设计，制定研究总体方案、技术路线与实施计划、多中心募集、研究质控，以及数据统计结果的分析、论文的撰写、修改、发表；主持完成本项目发病机制及治疗技术的研究与临床推广应用。主导完成科技创新1、2、3、4、5、6、7。为8篇代表性论文的第一作者及通讯作者，获专利授权6项。

第二完成人张俊杰，参与本项目多中心临床研究；参与 DKCRUSH 技术的分析；负责剪切力测定与分析、IVUS 与 OCT 研究。对创新点 1、2、3、4、6 均有重要贡献。8 篇代表性论文的主要参与作者。

第三完成人叶飞，参与本项目多中心临床研究；负责 DK Crush—Ⅳ研究和 OCT 研究。对创新点 1、2、4 具有重要贡献。8 篇代表性论文的主要参与作者。

第四完成人田乃亮，参与本项目多中心临床研究；负责临床随访。对创新点 1、3、4、5 具有重要贡献。代表性论文 4、6、7 的参与作者。

第五完成人刘志忠，参与本项目临床研究患者入选；参与临床随访、分子生物学实验研究及部分数据统计分析。对创新点 1、2、4、5 具有重要贡献。代表性论文 4、7 的参与作者。

第六完成人林松，参与本项目多中心临床研究；参与冠状动脉造影随访。对创新点 1、2、3 具有重要贡献。代表性论文 4、7 的参与作者。

第七完成人单守杰，参与本项目多中心临床研究；参与临床及冠状动脉造影随访、负责部分 IVUS 研究。对创新点 3、4 具有重要贡献。代表性论文 7 的参与作者。

第八完成人葛震，重点参与本项目病例入选；负责临床及冠状动脉造影随访。对创新点 1、2、4、5 具有重要贡献。代表性论文 7 的参与作者。

第九完成李小波，参与本项目病例入选；参与临床及冠状动脉造影随访。对创新点 2、4 具有重要贡献。

第十完成人吴志明，参与本项目病例入选；临床及冠状动脉造影随访；参与 IVUS 随访。对创新点 1、2、4 具有重要贡献。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	论文合著	陈绍良/1 张俊杰/2 叶　飞/3	2008. 6	Study comparing the double kissing (DK) crush with classical crush for the treatment of coronary bifurcation lesions: the DKCRUSH–1 Bifurcation Study with drug–eluting stents. /Eur J Clin Invest	代表性论文1	陈绍良 G Mintz 通讯作者
2	论文合著	陈绍良/1 叶　飞/6	2010.6	Comparison between the NERS (New Risk Stratification) score and the SYNTAX	代表性论文2	陈绍良通讯作

		张俊杰/7		(Synergy between Percutaneous Coronary Intervention with Taxus and Cardiac Surgery) score in outcome prediction for unprotected left main stenting. /JACC Cardiovasc Interv		者
3	论文合著	陈绍良/1 张俊杰/3 叶　飞/4	2011.2.	A randomized clinical study comparing double kissing crush with provisional stenting for treatment of coronary bifurcation lesions: results from the DKCRUSH-II (Double Kissing Crush versus Provisional Stenting Technique for Treatment of Coronary Bifurcation Lesions) trial./J Am Coll Cardiol/	代表性论文3	陈绍良通讯作者
4	论文合著	陈绍良/1 叶　飞/5 张俊杰/6 田乃亮/9 刘志忠/10 林　松/11	2012.12	Diagnostic accuracy of quantitative angiographic and intravascular ultrasound 2 parameters predicting the functional significance of single de novo lesions. International Journal of Cardiology.	代表性论文4	陈绍良通讯作者
5	论文合著	陈绍良/1 张俊杰/5 叶　飞/6	2013.8	Comparison of double kissing crush versus Culotte stenting for unprotected distal left main bifurcation lesions: results from a multicenter, randomized, prospective DKCRUSH-III study./ J Am Coll Cardiol	代表性论文5	陈绍良通讯作者
6	论文合著	陈绍良/1 张俊杰/6 叶　飞/7 田乃亮/19	2014.11	Impact of the complexity of bifurcation lesions treated with drug-eluting stents: the DEFINITION study (Definitions and impact of complEx biFurcation lesIons on clinical outcomes after percutaNeous coronary IntervenTIOn using drug-eluting steNts)./ JACC Cardiovasc Interv	代表性论文6	陈绍良通讯作者
7	论文合著	陈绍良/1 叶　飞/2 张俊杰/3 田乃亮/5 刘志忠/6 林　松/7 单守杰/8 葛　震/9	2015 .4	Randomized Comparison of FFR-Guided and Angiography-Guided Provisional Stenting of True Coronary Bifurcation Lesions: The DKCRUSH-VI Trial (Double Kissing Crush Versus Provisional Stenting Technique for Treatment of Coronary Bifurcation Lesions VI). /JACC Cardiovasc Interv	代表性论文7	陈绍良 Gregg W.Stone通讯作者
8	论文合著	陈绍良/1 张俊杰/5 叶　飞/6	2015.8	Clinical Outcome After DK Crush Versus Culotte Stenting of Distal Left Main Bifurcation Lesions: The 3-Year Follow-Up Results of the DKCRUSH-III Study. /JACC Cardiovasc Interv.	代表性论文8	陈绍良通讯作者

8、

项 目 名 称	转底炉高效处理钢铁流程含铁、锌尘泥资源关键技术集成与示范
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	刘俭、吴道洪、施一新、王汝芳、毛瑞、谢善清、杜屏、殷惠民、高峰、曹志成
主要完成单位	江苏沙钢集团有限公司、江苏省冶金设计院有限公司、江苏省沙钢钢铁研究院有限公司、神雾科技集团股份有限公司

提名单位意见：

转底炉高效处理钢铁流程含铁、锌尘泥资源关键技术集成与示范项目属于环保类固废资源循环再利用项目，采用转底炉直接还原技术处理含铁、锌尘泥等固废，使固废中的有价元素全部得以循环利用，凸显了循环经济的理念，具有非常显著的经济效益和环境效益。在项目实施过程中，完成单位不断攻克技术难题，进行突破创新，开发了多项具有完全自主知识产权的关键核心技术与装备成套技术，最终在江苏沙钢集团有限公司建成了世界上最大的转底炉处理冶金尘泥资源循环利用示范工程，为我国钢铁企业固废资源的循环利用提供了良好的示范与借鉴。

该项目形成了拥有自主知识产权的国际领先的含铁、锌尘泥等工业固废综合处理工艺，是冶金环保领域固废处理的一项重大突破，授权各类专利80余项，起草标准3项，打破了国外相关技术的垄断。基于关键技术、核心设备的研发与应用，沙钢转底炉处理含铁、锌尘泥生产线可实现大规模、低能耗、专业化、高质量的运行，同时还可协同处理铁尾矿等大宗固废，经济效益、环境效益和社会效益显著。该项目成果获得了2017年中国循环经济协会科学技术一等奖和2018年江苏省科学技术一等奖。

提名该项目为国家科技进步奖二等奖。

项目简介：

发展循环经济是转变经济增长方式，实现钢铁工业可持续发展的必由之路，发展循环经济要求钢铁企业提高资源利用效率，对生产过程中产生的废物进行综合利用，并延伸到废旧社会物资回收和再生利用。为了实现我国钢铁工业可持续健康发展，有效提高资源利用效率，降低污染排放，对钢铁生产过程中产生的废弃物开展资源化重用的研究具有十分重要的意义。含铁尘泥是钢铁流程产生的主要固废之一，其产量一般为钢产量的10%左右，2017年我国的钢产量为8.3亿吨，则全国钢铁行业每年产生的含铁尘泥总量约为8000万吨，数量非常庞大，故对含铁尘泥进行资源化利用的意义非常重大。

沙钢是中国最大的民营钢铁企业，承担着推动中国钢铁行业科技进步的重要使命。“十二五”以来，沙钢确立了“创新驱动，环保优先”发展理念，围绕“打造精品基地，建设绿色钢城”的总体战略目标，按照国家环保法的要求，结合企业生产经营和工艺装备特点全面实施节能减排低碳化发展战略，将深化节能环保实现清洁生产作为加快结构调整加速转型升级的重要平台。

沙钢坚持不懈开展节能环保创新工程，通过多年的努力，完成了转底炉高效处理钢铁流程含铁、锌尘泥资源关键技术集成与示范项目，项目在转底炉含铁、锌尘泥处理关键技术上取得了重大突破，开发了具有自主知识产权的蓄热式转底炉处理含铁、锌尘泥成套工艺及装备，掌握了转底炉生产的关键工艺参数，解决了烟气系统堵塞无法回收锌、锌品位低的世界性难题，在沙钢建成了全球最大的转底炉循环利用含铁、锌尘泥的示范工程，每年可处理含铁、锌尘泥30万吨，生产金属化球团20万吨，氧化锌粉尘7000吨，项目的各项成果均在沙钢转底炉上得到应用，形成了多项具有完全自主知识产权的关键技术。

沙钢转底炉处理含铁尘泥生产线可实现大规模、低能耗、专业化、高质量的运行，同时可处理部分铁矿尾矿等大宗固废，技术及装备均属于世界领先水平。自投产以来，转底炉作业率达到了92.5%，金属化球团的平均金属化率达到85.6%以上，转底炉脱锌率为94%～97%，锌元素回收率平均达到95%，回收的ZnO粉尘中Zn品位大于60%，金属化球团已作为废钢替代品在沙钢的电炉、转炉生产中使用，彻底解决了钢铁企业含铁、锌尘泥资源循环回收利用的难题。该技术成果实现了示范工程内固废、污水的零排放，具有良好的经济效益、环境效益和社会效益。

客观评价：

（1）项目验收

项目承担了“十二五”国家科技支撑计划课题：30万吨/年钢铁冶炼粉尘转底炉锌铁回收与多金属循环利用技术及示范（2011BAC06B08），并于2015年6月通过了科技部组织的课题验收。

（2）科技成果鉴定

项目通过了中国金属学会组织的科技成果鉴定，认为项目针对钢铁行业含铁尘泥处理难题，开发出了具有完全自主知识产权的转底炉处理含铁尘泥、综合回收铁、锌的成套工艺技术和装备，建设了年处理量30万吨的转底炉生产线，实现了连续、稳定的工业化运行，很好的解决了含锌尘泥处理和资源综合回收利用问题。项目成果在关键技术上取得了突破，主要设备实现国产化，投资省，设备运行稳定，指标先进，达到国际先进水平。

项目通过了中国循环经济协会组织的科技成果鉴定，认为项目实现了核心转底炉设备的国产化和大型化，转底炉连续、稳定运行5年，作业率达到了92.5%，球团平均金属化率达到85.6%以上，转底炉脱锌率为94%～97%，锌元素回收率平均达到95%，回收ZnO粉Zn平均品位大于60%，金属化球团已作为废钢替代品在电炉、转炉生产中使用，很好的解决了含锌尘泥处理和资源综合回收利用难题。项目技术成熟度高，指标优于国内外同类技术，整体工艺技术及装备达到国际领先水平”。

（3）获奖情况

项目成果获得了2017年中国循环经济协会科学技术一等奖和2018年江苏省科学技术一等奖。

应用情况：

依托本项目技术成果，沙钢正在新建二期转底炉项目，年处理含铁尘泥量高达50万吨，处理规模和技术水平均为世界之最，同时还有金川集团、攀钢、淮钢、印尼等十几项工程化项目正在建设或推进之中，项目总额近200亿元。2017年我国的钢产量为8.3亿吨，约产生8000万吨含铁尘泥，如全部采用转底炉技术进行处理，可生产金属化球团约5200万吨，解决24000多人就业，年新增产值720亿左右，因此，转底炉高效处理含铁、锌尘泥工艺技术具有非常广阔的应用前景和重大的社会、经济、环境意义。

主要知识产权和标准规范等目录：

该项目形成了拥有自主知识产权的国际领先的含铁、锌尘泥等工业固废综合处理工艺，是冶金固废处理领域的一项重大突破，授权各类专利80余项，起草标准3项，打破了国外相关技术的垄断。

（1）主要专利情况

序号	专利类型	专利名称	国别
1	发明	冷固结球团烘干系统及方法	中国
2	发明	一种直接还原铁冷却装置	中国
3	发明	一种转底炉水封槽排渣装置	中国
4	发明	冶金固废处理转底炉烟气系统防堵方法	中国
5	发明	煤基直接还原铁转底炉及其燃烧方法	中国
6	发明	旋转料床设备及其铺装料机构	中国
7	发明	旋转料床设备及其出料机构	中国
8	发明	转底炉处理含锌粉尘回收氧化锌的方法	中国
9	发明	含碳球团转底炉直接还原提铁降硫的方法	中国
10	发明	一种实现厚料层还原的转底炉炉底结构	中国
11	发明	转底炉和利用该转底炉冶炼金属矿的方法	中国
12	发明	处理锌浸出渣的方法和系统	中国
13	发明	湿法锌冶炼渣的直接还原的方法和系统	中国
14	发明	处理铅锌冶炼渣的转底炉和方法	中国
15	发明	处理铅锌冶炼渣的转底炉和方法	中国
16	发明	用于处理含铅锌冶炼渣的转底炉	中国
17	发明	转底炉炉底及具有该转底炉炉底的转底炉	中国
18	发明	双层环型转底炉	中国
19	发明	蓄热式燃烧装置	中国
20	发明	旋转式加热装置	中国
21	实用新型	一种处理含锌粉尘的方法及系统	中国
22	实用新型	一种转底炉	中国
23	实用新型	一种处理烧结粉尘的系统	中国
24	实用新型	一种烧结粉尘的综合处理系统	中国
25	实用新型	一种烧结粉尘的处理系统	中国
26	实用新型	一种处理含锌粉尘的系统	中国
27	实用新型	转底炉	中国
28	实用新型	用于烘干冷固结球团的系统	中国
29	实用新型	冶金固废处理转底炉烟气系统防堵装置	中国
30	实用新型	适用于转底炉生产的高炉污泥烘干系统	中国
31	实用新型	转底炉水封槽排渣装置	中国
32	实用新型	一种链篦式兰炭烘干机	中国
33	实用新型	用于转底炉的含碱冶金粉尘预处理系统	中国
34	实用新型	一种转底炉烟气处理系统	中国
35	实用新型	用于转底炉直接还原铁的冷却装置	中国

36	实用新型	用于冷却直接还原铁的装置	中国		
37	实用新型	一种实现厚料层还原的转底炉炉底结构	中国		
38	实用新型	旋转料床设备及其铺装料机构	中国		
39	实用新型	旋转料床设备及其出料机构	中国		
40	实用新型	大型三通换向阀	中国		
41	实用新型	步进式气动调节阀	中国		
42	实用新型	小型双关三通换向阀	中国		
43	实用新型	一种蓄热式富氧燃烧装置	中国		
44	实用新型	防堵式蓄热选择性催化还原脱硝装置	中国		
45	实用新型	燃烧器	中国		
46	实用新型	一种带吹扫功能的三关四通换向阀	中国		
47	实用新型	Y 形三通换向阀	中国		
48	实用新型	布料装置	中国		
49	实用新型	一种多功能燃烧装置	中国		
50	实用新型	蓄热式装置	中国		
51	实用新型	转底炉烟气蓄热脱硝的系统	中国		
52	实用新型	分层蓄热式脱硝燃烧器	中国		
53	实用新型	转底炉烟气脱硝系统	中国		
54	实用新型	转底炉烟气脱硝系统	中国		
55	实用新型	蓄热装置和蓄热式燃烧器	中国		
56	实用新型	燃烧装置	中国		
57	实用新型	蓄热室	中国		
58	实用新型	一种翻转上料装置	中国		
59	实用新型	料仓	中国		
60	实用新型	转底炉	中国		
61	实用新型	换热装置	中国		
62	实用新型	一种下料仓自动松料系统	中国		
63	实用新型	一种下料仓的多驱动自动松料系统	中国		
64	实用新型	螺旋送料装置	中国		
65	实用新型	一种移动式布料装置的控制系统	中国		
66	实用新型	一种单螺旋多点入料机	中国		
67	实用新型	一种布料机	中国		
68	实用新型	一种多螺旋正反转入料机	中国		
69	实用新型	双层布料设备	中国		
70	实用新型	一种自力式卸料装置	中国		
71	实用新型	一种星型卸料阀	中国		
72	实用新型	一种吹扫接头装置及换向吹扫系统	中国		
73	实用新型	一种下落式均匀布料系统	中国		
74	实用新型	上料设备	中国		
75	实用新型	蓄热式多孔介质燃烧器组件	中国		
76	实用新型	燃烧装置	中国		
77	实用新型	一种转底炉	中国		

78	实用新型	蓄热式脱硝燃烧器	中国	
79	实用新型	转底炉水封槽排渣装置	中国	
80	实用新型	一种固体废热回收系统	中国	

（2）标准

序号	名称	标准号	类别
1	直接还原转底炉能效限定值及节能评价值	STCE1007-2013	团体标准
2	钢铁行业蓄热式燃烧技术规范	YB/T4209-2010	行业标准
3	《转底炉余热回收利用技术规范》	/	行业标准

主要完成人情况：

排名	姓名	行政职务	技术职称	工作单位/完成单位	对本项目贡献
1	刘　俭	第一副总裁	研究员级高工	江苏沙钢集团有限公司	担任项目召集人兼项目总指挥，全面负责本项目的总体技术方案、工程转化方案和工程项目建设方案的选择和确定，指挥沙钢转底炉处理含锌尘泥30万吨/年示范工程的建设。对创新点1–6均有重要贡献。
2	吴道洪	董事长	教授级高工	江苏省冶金设计院有限公司	在该项目中担任项目副总指挥，负责本项目的基础理论研究、项目工程技术转化、核心主体设备的开发、研究以及项目建设过程中整体方案制定和决策。对创新点1–4有重要贡献。
3	施一新	总经理	研究员级高工	江苏沙钢集团有限公司	在该项目中担任项目副总指挥，负责本项目的总体技术方案、工程转化方案和工程项目的建设方案的选择和确定，重点负责沙钢转底炉处理含锌尘泥30万吨/年示范工程的建设和运行后工艺的调试、优化。对创新点2–6均有重要贡献。
4	王汝芳	副总经理	高级工程师	神雾科技集团股份有限公司	担任项目工程化设计小组组长，全面负责本项目工程技术转化工作，特别是转底炉烟气处理技术、转底炉大型化设计整体方案的制定和决策。对创新点2–4有重要贡献。
5	毛　瑞	环保副总工	高级工程师	江苏省沙钢钢铁研究院有限公司	本项目中主要负责转底炉工艺优化方向的研究工作，负责转底炉新型粘结剂开发、转底炉金属化球团渣系优化以及含铁尘泥–铁矿尾矿协同处理生产金属化球团等项目的研发工作。对创新点1、4、5有重要贡献。

6	谢善清	总工程师	高级工程师	神雾科技集团股份有限公司	具体负责粉尘预处理技术和副产品处理的研究和开发，提出了具体的方案，形成了专有技术。参与本项目的技术方案、工程转化方案和工程项目建设方案的选择和确定。对创新点1、2有重要贡献。
7	杜　屏	副经理	高级工程师	江苏省沙钢钢铁研究院有限公司	指导转底炉新型粘结剂开发、转底炉金属化球团渣系优化以及含铁尘泥–铁矿尾矿协同处理生产金属化球团等项目的研发工作。对创新点1、4、5有重要贡献。
8	殷惠民	总工程师	教授级高工	江苏省冶金设计院有限公司	负责转底炉还原技术、转底炉烟气处理技术、转底炉大型化设计的整体方案制定和决策。负责本项目工程技术转化工作。对创新点1、2、4有重要贡献。
9	高　峰	主任	工程师	江苏沙钢集团有限公司	担任沙钢转底炉处理含锌尘泥30万吨/年示范工程的建设小组组员，在本项目工程化建设中，协助解决项目工程化过程中装备问题。对创新点1、2有重要贡献。
10	曹志成	副总经理	教授级高工	江苏省冶金设计院有限公司	在项目中负责转底炉直接还原、转底炉烟气处理等技术的研发工作，提出了具体的方案，形成了专有技术。参与本项目的基础理论研究和项目工程技术转化。对创新点3、4有重要贡献。

主要完成单位及创新推广贡献：

序号	主要完成单位	创新推广贡献
1	江苏沙钢集团有限公司	牵头开展“转底炉高效处理钢铁流程含铁、锌尘泥资源关键技术集成与示范”项目，全面负责本项目总体技术方案、工程转化方案和工程项目建设方案的选择和确定。在项目实施过程中对多种方案和研究成果进行选择和确认，对项目所有创新点和研究成果进行系统化集成，形成了“转底炉处理含铁、锌尘泥资源循环利用”系统工程成果。
2	江苏省冶金设计院有限公司	作为“转底炉高效处理钢铁流程含铁、锌尘泥资源关键技术集成与示范”项目第一协作单位，重点负责本项目的基础理论研究、项目工程技术转化、核心主体设备的开发设计、研究以及项目建设过程中整体方案制定和决策。
3	江苏省沙钢钢铁研究院有限公司	开展转底炉工艺优化方面的研发工作，如转底炉优化配矿技术、转底炉新型粘结剂开发以及含铁尘泥与铁矿尾矿协同处理技术研究等工作，负责沙钢转底炉工艺技术的集成和优化改进。
4	神雾科技集团股份有限公司	负责蓄热式转底炉直接还原制备金属化球团成套技术与装备的开发，研究开发低热值煤气蓄热式烧嘴燃烧技术、转底炉设备大型化技术以及含铁尘泥氧化回收ZnO技术，参与项目工程技术转化。

完成人合作关系说明：

本成果系江苏沙钢集团有限公司（刘俭、施一新、高峰）、江苏省冶金设计院有限公司（吴道洪、殷惠民、曹志成）、江苏省沙钢钢铁研究院有限公司（毛瑞、杜屏）和神雾科技集团股份有限公司（王汝芳、谢善清）联合共同完成。

江苏沙钢集团有限公司与江苏省冶金设计院有限公司等公司共同承担了“十二五”国家科技支撑计划课题：30万吨/年钢铁冶炼粉尘转底炉锌铁回收与多金属循环利用技术及示范（2011BAC06B08），并于2015年6月通过了科技部组织的课题验收。

项目成果第一完成人江苏沙钢集团有限公司刘俭与各合作单位负责人协商，一致同意共同申报国家科技进步奖。

9、

项 目 名 称	血液系统疾病出凝血异常诊疗新策略的建立及推广应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	吴德沛、阮长耿、韩悦、武艺、陈苏宁、黄玉辉、王兆钺、戴克胜、傅建新、赵益明
主要完成单位	苏州大学附属第一医院、苏州大学

提名单位意见：

血液疾病是危害人类生命健康的严重公共卫生问题，其中出凝血异常机制复杂，诊治困难，难治患者死亡率高。项目组历时20年，在国家重大科技专项等数十项国家和省部级科技项目资助下，依托高水平平台，围绕血液系统疾病出凝血异常的机制、诊断及治疗三方面进行深入研究，取得了一系列成果。

项目组发现一系列血小板活化的新分子，阐明多种出凝血异常新机制，创建苏州系列单抗及诊断试剂盒，成为出凝血疾病诊断的国际标准试剂；建立了国内首个出凝血疾病分子诊断平台，开发难治性出血性疾病和重症出凝血疾病的治疗新方案，创建移植后出凝血异常诊疗新方法。成果共发表论文614篇，中华系列期刊论文135篇，SCI收录期刊论文202篇，代表性论文发表在*JAMA*系列、*Blood*、*J Clin Invest*等国际高水平杂志，SCI他引1080次。授权国家发明专利7项。主持制定国内出凝血异常诊疗共识4项，培训相关专业人员1.8万人次，相关诊疗策略已推广至国内主要三甲医院和基层医院，提升了我国相关领域的整体诊疗水平。

提名该项目为国家科技进步二等奖。

项目简介：

血液系统疾病严重危害人民生命健康，其中出凝血异常机制复杂，诊治困难，难治患者病死率超过80%。项目组历时20年，在国家重大科技专项等数十项国家和省部级科技项目资助下，围绕血液系统疾病出凝血异常的机制、诊断及治疗三方面进行深入研究，取得了一系列成果。

1、发现血小板活化的新分子并阐明凝血分子的关键作用机制。①发现二硫键异构酶ERp57和ERp72，以及程序性坏死信号分子RIP3可促进血小板活化，揭示了血小板活化的新机制；②发现血小板表面O型聚糖唾液酸化修饰可阻止肝脏Kupffer 细胞对血小板的清除，阐明了抑制血小板破坏的新途径；③揭示血管性血友病因子、凝血因子XII及其前体分子参与止血的重要机制，提供了抗栓治疗的新靶点。上述研究为出凝血疾病精准诊疗提供了科学依据。成果发表于*Blood*、*J Clin Invest*、*J Exp Med*、*PNAS*等国际权威期刊。

2、建立血液系统疾病出凝血异常精准诊断新技术。①针对血小板活化多环节开发了共5大类、190余种单克隆抗体，成为国际血小板研究的标准试剂，实现了血小板相关疾病的分子诊断，开发了vWF-瑞斯托霉素诊断试剂盒，获国际血栓与止血学会推荐；②发现并鉴定遗传性出血性疾病相关的FGB外显子与ABCG等新型突变，写入国际血液学经典教科书《威廉姆斯血液病学》，建立国内唯一的出凝血疾病分子诊断平台；③发现了补体蛋白、PAI-1等移植后出凝血并发症诊断标志物，获得美国血液学会推荐。上述成果发表于*Haematologica*、*J Thromb Haemost*等血液学权威杂志，授权发明专利6项，填补了国内外多项空白。

3、创建血液系统疾病出凝血异常一系列治疗新方案。①发现高剂量地塞米松治疗免疫性血小板减少症（ITP）的关键机制，建立维甲酸治疗难治性ITP新方案，被美国血液学会推荐为挽救治疗的首选方案；②首次应用t-PA治疗移植后肝窦隙阻塞综合征（SOS），治疗有效率较前提高54%，该疗法作为SOS的重要治疗方法在国内推广；③在国际上首次应用低剂量地西他滨治疗移植后难治性血小板减少，有效率大幅度提高，成果发表于*JAMA Oncol*。④主持编写了血管性血友病、血栓性血小板减少性紫癜的诊断与治疗等4部中国专家共识，规范了诊疗流程，提升了相关疾病的诊疗水平。

本成果共发表论文614篇，SCI论文202篇，总影响因子807.89分，在*Nat Rev Immunol*、*JAMA Oncol*、*Blood*、*J Clin Invest*、*J Exp Med*、*Leukemia*等影响因子大于10分的期刊发表论文14篇。SCI论文他引1080次。授权国家发明专利7项。主办亚太血栓与止血会议等国际会议7次、全国学术会议20余次，在国际学术会议作大会报告138次。参编《内科学》统编教材4部；主编专著7部。培养博士89名、硕士360名，成为血液病学优秀人才的重要培养基地。本成果推广至全国主要三甲医院及基层医院，获得巨大的社会效益。

获省部级一等奖2项、二等奖4项。

客观评价：

1、获科技奖励及认证

该成果获得江苏省科技进步一等奖1项（2018，已公示）、教育部科技进步一等奖1项（2018，已公示）、江苏省科技进步二等奖1项（2000）、教育部科技进步二等奖2项（2006、2008）、国防科学技术进步二等奖1项（2001）。完成单位获批国家重点学科（2002）、卫生部血栓与止血重点实验室（2007）、国家重点临床专科（2011）、国家血液病临床医学研究中心（2018，已公示）。

2、论文收录及引用证明

该成果共发表论文614篇，其中SCI收录论文202篇，总影响因子807.89分，SCI总引1222次，他引1080次。

3、同行学术评价

完成人阮长耿院士担任亚太血栓与止血学会第四届主席、中华医学会血液学分会第七届主委；吴德沛教授担任中华医学会血液学分会第十届候任主委；韩悦教授担任中华医学会血液学分会血栓与止血学组副组长；陈苏宁教授担任中华医学会血液学分会青年委员会副主委，获得学术界高度评价。

1）针对科技创新一“血小板活化新分子”的客观评价

针对项目组报道的ERp57促进血小板活化的研究，国际著名血液学专家JM Gibbins教授（英国雷丁大学心血管与代谢研究所所长）在*Blood*杂志发表同期评述，指出：“In this issue of Blood, Wang *et al* identify an important role for platelet-derived extracellular ERp57, a thiol isomerase enzyme, in platelet integrin regulation and recruitment into a growing thrombus…… may enable new antithrombotic drug development.”（“在这期*Blood*杂志，王等人鉴定了血小板来源的二硫键异构酶ERp57，在血小板聚集和血栓形成中起重要作用……为研发新型抗栓药物提供了基础”）。

国际血栓与止血学会前任主席、美国哈佛医学院血栓与止血学部主任B Furie教授、美国血液学会前任主席BS Coller教授分别在*Blood*（2016）、*Nat Commun* (2017)、*J Biol Chem*（2013）等杂志高度评价了项目组提出的ERp57对血栓形成的关键作用。

2）针对科技创新一“抑制血小板破坏新途径”的客观评价

针对项目组提出的O型聚糖保护血小板不被肝脏Kupffer细胞清除的机制，美国哈佛大学医学院布列根和妇女医院KM Hoffmeister教授在*Blood*杂志发表综述指出“A recent study demonstrated that hepatic AMR promotes preferential adherence to and phagocytosis of desialylated and/or platelets that lack O-glycans……These findings provide further insight into an essential role for core 1 O-glycosylation of platelets in their clearance in the liver.”。“近期一项研究发现肝脏表面AMR可促进去唾液酸化或缺乏O型聚糖的血小板粘附及吞噬……这些发现为进一步研究O型聚糖在肝脏清除血小板中的作用提供了基础。”

3）针对科技创新二“SZ系列单抗及诊断试剂”的客观评价

针对项目组研发的SZ123单克隆抗体，2014年汤森路透最有影响力科学家、伯明翰

大学GY Lip教授对此进行了高度评价，指出SZ123是目前亲和力最高的vWF抗体。针对项目组发现的TSP1与vWF竞争性结合机制，鲁汶大学生命科学部主席K Vanhoorelbeke教授、美国华盛顿大学DW Chung教授、爱荷华大学AK Chauhan教授分别在*Blood*杂志撰文予以肯定。针对项目组创建的vWF-Risto辅因子活性检测新方法，国际血栓与止血学会将其纳入标准化方法学目录并作为指南推荐。项目组主持制定《血管性血友病诊断与治疗中国专家共识》。

4）针对科技创新二“遗传性出血性疾病基因异常”的客观评价

针对项目组报道的系列遗传性出凝血疾病的基因异常，美国科学院院士WF DeGrado高度肯定了项目组报道的巨大血小板综合征相关的GPIX A146T突变，该发现被写入国际血液经典教科书《威廉姆斯血液学》。针对项目组发现的FGB外显子突变可作为无纤维蛋白原血症的诊断依据，西班牙巴塞罗那生物医学研究所所长P Garc í a de Frutos教授予以高度赞扬并在血栓与止血领域顶尖期刊*Thromb Haemost*上撰写同期焦点评论（Editorial Focus）。西班牙抗凝治疗指南制定者JR Gonz á lez-Porras教授在国际血栓与止血顶级杂志*J Thromb Haemost*上指出项目组报道的类固醇血症相关的ABCG5、ABCG8共12种突变，为国际上最大的一组报道。

5）针对科技创新二“移植相关出凝血异常诊断标志物”的客观评价

针对项目组发现的补体系统异常活化在移植相关血栓性微血管病（TA-TMA）发病中的机制，国际TA-TMA诊断标准的制定者、辛辛那提儿童医学中心主任S Jodele教授给予肯定并撰文指出：“Their data showed …… indicating that these complement markers are likely specific for TA-TMA”，“他们的数据显示……这些补体蛋白可作为TA-TMA的特异性标志”，并将其纳入TA-TMA诊断体系；项目组发现出凝血疾病中膜联蛋白II的重要作用，这一发现被纳入*Blood*期刊“How I treat” 系列“恶性血液病急症处理”专题。此外，项目组主持制定国内《血栓性血小板减少性紫癜诊断与治疗中国专家共识》。

6）针对科技创新三“出凝血异常治疗新方案”的客观评价

针对项目组创建的多个通过调节循环Treg细胞治疗难治性免疫性血小板减少症（ITP）患者的新方案，其中高剂量地塞米松方案的单篇论文获得他引88次，在2009-2016年期间，先后被19篇*Blood*期刊论文引用。国际ITP指南制定者，加拿大多伦多大学JW Semple教授、宾夕法尼亚大学DB Cines教授分别多次在*Blood*和*Nat Rev Immunol*等杂志撰文肯定项目组发现，指出高剂量地塞米松可扩增Treg细胞和mDC细胞；美国血液学会指南制定者、纽约血液中心执行主任K Yazdanbakhsh教授在*Blood*期刊论文中高度评价了项目组发现。此外，哈佛大学Danar-Faber癌症中心临床血液中心主任R Grace教授推荐将项目组提出的雷帕霉素治疗方案作为难治性ITP二线方案。

针对项目组发现的全反式维甲酸通过调控Treg细胞比例及功能来治疗ITP的新机制，*Lancet Haematol*发文指出“this study was the first trial that evaluated the efficacy of ATRA in patients with primary immune thrombocytopenia”，“这是第一个评价ATRA治疗原发性ITP

的研究”；美国血液学会出凝血疾病专家委员会主席、美国宾夕法尼亚大学血液病中心主任A Cuker 教授在*Blood*杂志撰文推荐了项目组提出的维甲酸方案，指出：“We reserve them for severely refractory patients with a history of serious or life-threatening bleeding”，“我们推荐它用于难治或既往有重症出血病史的患者”。

应用情况：

本成果共发表论文614篇，中华系列论文135篇，SCI收录论文202篇，总影响因子807.89分，在*Nature*系列、*JAMA*系列、*Blood*、*J Clin Invest*、*J Exp Med*、*Leukemia*、*PNAS*等本专业权威期刊发表论文16篇。SCI论文他引1080次。主办国际学术会议7次、全国学术会议20余次，在国际学术会议作大会报告138次。项目组发现的遗传性出血性疾病基因改变被写入国际血液学经典教科书《威廉姆斯血液病学》；主持制定出凝血诊疗中国专家共识4项；发现了移植后TMA诊断标志物被国际指南推荐，建立了地西他滨治疗移植后血小板减少新技术并在国内主要移植单位推广；参编《内科学》统编教材4部（五年制6、7、8版，八年制第2版）；主编专著7部。获批卫生部首批血液病专科医师培训基地，培养技术骨干506人，举办国家及省级继续教育学习班31次，培训专科医生1.8万人次。建立了出凝血异常诊疗技术培训和推广中心，20年共完成TTP、VWD等诊断1万余例。建立了卫生部血栓与止血重点实验室，苏州系列单抗应用于全球200余家单位，建立的vWF-瑞斯托霉素检测技术成为国际诊断标准技术。培养博士89名、硕士360名，其中1人获得全国优博论文、1人获得全国优博提名。

主要知识产权和标准规范等目录：

1.授权发明专利：具有血小板粘附和聚集抑制活性的双特异性单链抗体；权利人：苏州大学附属第一医院；授权号：ZL02111104.9；发明人：阮长耿；

2.授权发明专利：识别血小板膜糖蛋白的单克隆抗体及其在抗血栓治疗中的应用；权利人：阮长耿、叶庆炜；授权号：ZL02125227.0；发明人：阮长耿、叶庆炜；

3.授权发明专利：抗人血管性血友病因子A3区的双功能性单克隆抗体；权利人：苏州大学；授权号：ZL200910027568.1；发明人：阮长耿、赵益明；

4.授权发明专利：一株抗人血小板膜糖蛋白Ibα人鼠嵌合型单克隆抗体及其应用；权利人：苏州大学；授权号：ZL201110441972.0；发明人：阮长耿、赵益明、季顺东、杨剑锋、江淼、沈飞；

5.授权发明专利:地西他滨在治疗造血干细胞移植后血小板减少中的应用;权利人：苏州大学附属第一医院；授权号：ZL201410186295.6；发明人：吴德沛、韩悦、梁建英、朱明清、马骁、吴小津、陈峰、仇惠英、孙爱宁、阮长耿；

6.授权发明专利：一种杂交瘤细胞及其产生的单克隆抗体和应用；权利人：苏州大学；授权号：ZL201410184173.3；发明人：武艺、周俊松、陈凤梧；

7.授权发明专利：糖类在制备治疗血小板数量相关疾病的药物中的应用；权利人：苏州大学；授权号：ZL201310547607.7；发明人：戴克胜。

主要完成人情况：

1. 吴德沛，排名第一，教授、主任医师，工作单位：苏州大学附属第一医院；完成单位：苏州大学附属第一医院，是该项目主要完成人，对创新点2、3均有重要贡献。发现了移植后出凝血诊断标志物，首次建立移植后肝窦隙阻塞综合征（SOS）、移植后血小板重建不良等及移植后出凝血并发症管理策略。主持推动了科研成果的临床转化，并将相关诊疗技术向全国推广。

2. 阮长耿，排名第二，中国工程院院士、教授，工作单位：苏州大学附属第一医院；完成单位：苏州大学附属第一医院，是该项目主要完成人，对创新点1、2、3均有重要贡献，主持开发了苏州系列单抗及相关试剂盒，实现了血小板相关疾病分子诊断。主持编写了血管性血友病、血栓性血小板减少性紫癜的诊断与治疗等4部中国专家共识。

3. 韩悦，排名第三，教授、主任医师，工作单位：苏州大学附属第一医院；完成单位：苏州大学附属第一医院，是该项目主要完成人，对创新点2、3均有重要贡献，明确了补体蛋白、PAI-1等出凝血诊断标志物的临床意义；建立移植后难治性血小板减少、重症出血等并发症的新型治疗技术，并推广全国。

4. 武艺，排名第四，教授，工作单位：苏州大学；完成单位：苏州大学，是该项目主要完成人，对创新点1有重要贡献，发现二硫键异构酶ERp57和ERp72在血小板活化的重要作用，揭示了血小板活化的新机制。

5. 陈苏宁，排名第五，教授、主任医师，工作单位：苏州大学附属第一医院；完成单位：苏州大学附属第一医院，是该项目主要完成人，对创新点2、3均有重要贡献，创建了血液肿瘤二代测序检测新方法以及出凝血并发症治疗新方法，显著降低出凝血异常死亡率。

6. 黄玉辉，排名第六，教授，工作单位：苏州大学；完成单位：苏州大学，是该项目主要完成人，对创新点1有重要贡献，发现血管内皮细胞与T细胞和IFN-γ的相互作用，揭示了血管通透性在免疫治疗预后的重要意义。

7. 王兆钺，排名第七，教授、主任医师，工作单位：苏州大学附属第一医院；完成单位：苏州大学附属第一医院，是该项目主要完成人，对创新点2、3均有重要贡献，发现并鉴定遗传性出血性疾病相关的新型突变，建立维甲酸治疗难治性ITP新方案，成为ITP挽救治疗的首选方案。

8. 戴克胜，排名第八，教授，工作单位：苏州大学附属第一医院；完成单位：苏州大学附属第一医院，是该项目主要完成人，对创新点1有重要贡献，发现程序性坏死信号分子RIP3在血小板活化中的重要作用，揭示了血小板活化的新机制。

9. 傅建新，排名第九，副教授，工作单位：苏州大学附属第一医院；完成单位：苏州大学附属第一医院，是该项目主要完成人，对创新点1有重要贡献，发现血小板表面O型聚糖在血小板的清除过程中的作用机制，阐明了抑制血小板破坏的新途径。

10. 赵益明，排名第十，副研究员，工作单位：苏州大学附属第一医院；完成单位：苏州大学附属第一医院，是该项目主要完成人，对创新点2有重要贡献，开发多种血小板单克隆抗体及vWF-瑞斯托霉素诊断试剂盒，成为国际血小板研究的标准试剂。

主要完成单位及创新推广贡献：

1、苏州大学附属第一医院是卫生部首批三级甲等医院，为江苏省卫计委直属的省级重点医院，苏南地区医疗指导中心。连续五年在中国地级城市医院100强排行榜中雄踞榜首。苏州大学附属第一医院血液病学是首批硕士和博士学位授予单位，是国家血液病临床医学研究中心（已公示）、教育部国家重点学科、卫健委国家临床重点专科、省“优秀临床医学中心”。苏州大学附属第一医院作为本项目的第一完成单位，为本项目的顺利开展提供的资源和贡献包括：提供良好的科研场所和实验设备，并在研究人员配备和设备配置方面给予了大力支持；为实验平台的建立提供充足的科研基金；为本专业博士、硕士的培养提供有利条件；医院相关部门包括科技处在相关课题申报、项目管理等方面给予全力指导和支持。

2、苏州大学是国家“211工程”重点建设高校、“2011计划”首批入选高校、“双一流”建设入列高校、国防科技工业局和江苏省人民政府共建高校，是江苏省属重点综合性大学。苏州大学在科研场所及设备配置方面，给予大力支持，协助实验室平台的建立，并提供充足的科研基金；在人才建设方面，积极引进博士后、海外优秀人才，大力建设人才队伍，并提供科研基金支持；此外，注重博士、硕士的培养，建立奖学金制度；学校相关部门在课题申报、项目管理等方面给予全力指导和支持。

完成人合作关系说明：

1、共同立项：

2009 年赵益明牵头，阮长耿参加国家科技重大专项项目：新型抗人血小板膜糖蛋白 Ib 单抗药物 SZ2 的临床前研究；2017 年阮长耿牵头，吴德沛、韩悦、武艺、戴克胜、陈苏宁、黄玉辉、王兆钺、赵益明共同承担江苏省血液学协同创新中心项目。

2、共同获奖：

2015 年吴德沛、阮长耿、韩悦、陈苏宁作为完成人共同获得 2015 年江苏省科技进步一等奖；2016 年吴德沛、阮长耿、韩悦、陈苏宁作为完成人共同获得 2016 年国家科技进步二等奖；2018 年吴德沛、阮长耿、韩悦、王兆钺、赵益明、傅建新作为完成人共同获得 2018 年江苏省科技进步一等奖（已公示）。

3、论文合著：

2004 年阮长耿、王兆钺、傅建新共同在 *Thromb Haemost* 发表论文；2011 年吴德沛、阮长耿、王兆钺共同在 *Leuk Res* 发表论文；2015 年吴德沛、阮长耿、韩悦共同在 *JAMA Oncol* 发表论文；2017 年阮长耿、戴克胜共同在 *PNAS* 发表论文；2018 年吴德沛、阮长耿、韩悦、武艺、黄玉辉、王兆钺、赵益明共同在中国血液流变学杂志发表论文。

4、专著合著：

2007 年阮长耿、吴德沛共同主编《现代血液病诊断治疗学》；2010 年吴德沛主编《临床造血干细胞移植》，韩悦、陈苏宁参加编写；2013 年吴德沛、陈苏宁、韩悦共同编写《白血病诊疗临床实践》。

5、共同知识产权：

2010 年阮长耿、赵益明作为发明人共同授权发明专利：抗人血管性血友病因子 A3 区的双功能性单克隆抗体（ZL200910027568.1）；2016 年吴德沛、阮长耿、韩悦作为发明人共同授权发明专利：地西他滨在治疗造血干细胞移植后血小板减少中的应用（ZL201410186295.6）。

项目组成员均系苏州大学、苏州大学附属第一医院工作人员，有多篇共同合著的论文和多个合作项目，限于篇幅，上述仅举例说明。

特就完成人合作关系说明如上。

10、

项 目 名 称	乳腺癌规范化诊疗基础上的精准诊断改进与治疗耐药机制的应用研究
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	唐金海、冯继锋、孙飘扬、付丽、赵建华、吴建中、许勇、刘晓安、查小明、王凤良
主要完成单位	江苏省人民医院、江苏省肿瘤医院、恒瑞医药集团有限公司、天津市肿瘤医院

提名单位意见：

我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。按照要求，我单位和项目完成单位都已对该项目拟推荐情况进行了公示，目前无异议。该项目历时10余年，取得了以下重要科技新成果：

1、首次推行乳腺癌规范化综合诊疗体系，并建立了一系列外科手术新技术，取得了一系列经济及社会学效益；

2、在乳腺癌规范化综合诊疗体系的基础上，改进了乳腺癌精准诊断的内容，发现了新的乳腺癌类型：浸润性微乳头状癌（invasive micropapillary carcinoma，IMPC），首创其病理诊断标准，并发现了其重要的致病机制；

3、在乳腺癌规范化综合诊疗体系的引导下，针对药物治疗中的耐药问题，进行了一系列基础及应用研究，发现了外泌体（Exosome）介导的乳腺癌耐药关键机制，开发出具有自主知识产权的新一代逆转内分泌抵抗的药物：SERD；SHR9549，已逐步应用于临床。

上述成果已为国内多家三甲医院应用，社会经济效益显著。该项目共计发表SCI论文110余篇，单篇论文最高他引超130次，其中一些论文被Cancer cell、Cancer Research、Chemical Society Reviews、Blood、Blood review等国际高水平杂志引用。相关内容多次被写入国内外指南，主编论著8部，获批发明专利3项。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

项目简介：

乳腺癌在国内外一直居女性恶性肿瘤之首。我国女性乳腺癌发病率以每年2%的速度递增，目前占所有女性新发肿瘤的15%，新发高达30万例，死亡率占女性肿瘤的6.9%，每年死亡约17万例。在我国大样本的乳腺癌患者临床诊治过程中，常常存在治疗过度或治疗不足，影响患者的生活质量和生存，阻碍了乳腺癌精准诊疗的发展。该项目针对这一困境，率先推行乳腺癌规范化综合诊疗体系，10余年来，力求完善乳腺癌精准诊疗内容，取得了如下创新性成果：

1、率先推行乳腺癌规范化综合诊疗体系，取得一系列经济及社会学效益。（1）该项目早于10余年前回顾性分析了我国多中心上万例乳腺癌病例，**首次创立并完善了具有我国特色的乳腺癌规范化综合诊疗的技术规范方案**，首次出版《乳腺癌综合诊治规范化手册》，在全国多家医院推广应用，得到专家同仁的广泛赞扬；（2）在此过程中建立了一系列**外科手术新技术**，如：前哨淋巴结活检新技术，切口设计与创新，皮瓣保护方案等，缩短了手术时间，使乳腺损伤最小化，改善了患者的身心健康。（3）规范化综合诊疗推行后，**平均每例患者可节约诊疗成本约2.14万元，全国范围内推行，每年可节约27.90亿元的医疗费用**，具有良好的经济学效益。开展了乳腺癌患者心理干预治疗，心理量表评价显示，患者生活质量，心理功能状况明显改善，具有良好的社会学效益。该内容获得2010年江苏省科技进步奖一等奖。

2、在规范化综合诊疗体系的基础上，改进了乳腺癌精准诊断的内容。（1）首次发现了新的乳腺癌类型：浸润性微乳头状癌（IPMC），并首创其病理诊断标准，多次被写入国内外病理诊断指南；**临床应用使IMPC患者的5年生存率提高到了90.2%**；（2）发现了其重要的病理形态学及分子生物学相关机制，进一步指导了临床诊疗。**该内容获得2010年及2016年天津市科技进步奖一等奖,2009年中国抗癌协会科技奖一等奖，2016年何梁何利科学与技术进步奖。**

3、**在规范化综合诊疗体系的引导下，针对治疗中的耐药问题，进行了一系列基础及应用研究。**（1）首次提出并证实在肿瘤微环境中，乳腺癌细胞化疗耐药性信息（miRNAs、P糖蛋白等）可被微泡或外泌体（microvesicles or exosomes）携带并传递给周围药物敏感的乳腺癌细胞进而导致耐药。**代表论文最高被他引超130次，被Cancer cell、Cancer Research等国际高水平杂志引用。**研究成果**在全球最大的乳腺癌会议——圣安东尼奥乳腺癌大会上报道**；（2）针对他莫昔芬治疗耐药后困境，首次提出降解ER α 受体的耐药逆转策略，创新性地研制了具有我国自主知识产权的全新结构的新一代口服内分泌药物：SERD SHR9549。体内外研究显示，**类比氟维司群SHR9549吸收更为迅速，口服生物利用率更高，耐受性良好，已经逐步进入临床应用。该内容获得2017年江苏省科技进步一等奖。**

该项目共计发表SCI论文110余篇，单篇论文最高他引超130次，该项目多项内容被写入国内外权威指南。主编论著8 部，获批国家发明专利3项，连续主办8届全国乳腺癌高峰论坛，标志着我国乳腺癌研究跻身国际前列。

客观评价：

（一）鉴定评价

1、2009年获得**中国抗癌协会科技奖一等奖**

2、2010年获得**江苏省科技进步奖一等奖**

3、2010年获得**天津市科技进步奖一等奖**

4、2016年获得**天津市科技进步奖一等奖**

5、2016年获得**何梁何利奖**

6、2017年获得**江苏省科学技术奖一等奖；**

（二）论文引用及评价

项目共计发表SCI论文超110余篇，单篇论文被他引超130次。研究成果被肿瘤领域顶级期刊Cancer Treatment Reviews, Drug Resistance Updates, Cancer Research, JNCI-Journal of the National Cancer Institute等引用。其中，肿瘤基础研究顶级杂志Cancer cell 于2016年发表针对创新点3中的微泡参与肿瘤转移的调控综述，尤其报道了该研究的研究成果：miRNAs通过的微泡介导致乳腺癌化疗耐药的机制（Cancer Cell. 2016 Dec 12;30(6):836-848）。Journal of clinical investigation杂志也发文指出，该研究创新点3的微泡相关miRNAs研究是奠定发现的外泌体传递至受体细胞影响受体细胞功能的基石（J Clin Invest. 2016 Apr 1; 126(4):1208-15.）；Clinical cancer research杂志上的anti-miR-155研究强调了我们发现的miR-155在乳腺癌中的重要作用（Clin Cancer Res. 2017 Jun 1;23(11):2891-2904）；德国著名病理学家Hans发表在Breast Cancer的文章中评价创新点2中的IMPC预后研究成果："是敲定了IMPC不良预后的研究"；国内同行发表在中华病理学杂志的文章采用创新点3的IMPC病理诊断标准，并特指为“天津肿瘤医院提出的诊断标准”（杨雯娟等，中华病理学杂志,2015,(1):48-52）。

此外，本团队系列研究成果也被医学交叉领域的Chemical Society Reviews、Progress in Polymer Science, Advanced Drug Delivery Reviews, Journal of Controlled Release、Blood、Nature Communications等国际著名杂志引用。

（三）著名专家评价：

针对创新点1：中国抗癌协会乳腺癌专业委员会名誉主任沈镇宙教授认为“其可贵之处在于将自身的临床实践与国内外最新的研究进展有机地结合起来，充分体现了乳腺癌个体化、规范化综合治疗的理念”。黎介寿院士的评价认为:“本手册可帮助读者为患者选择合适的综合诊疗方案,有着良师益友的作用”。

（四）专著引用评价：

针对创新点2：国际乳腺经典著作《Rosen’s Breast Pathology》2014收录引用，其中关于准确揭示IMPC发病和不良预后的成果，书中写到“有些黏液癌中含有微乳头成分，是 IMPC 的变异型还是粘液癌的变异型，至今还没有定论”（见 p85）。2015 年付丽的研究结果解决了这个难题，首次明确提出它是粘液癌的微乳头状亚型，其生物学行为介于二者之间，病理应单独诊断出来，以使临床高度重视。解决了国际上又一

难题。

（五）国际及国内标准评价

针对创新点2：被《WHO Classification of Tumours of the Breast》2012采用，用于IMPC的发病及预后预测部分（注：这是被WHO乳腺肿瘤分类首次采用的国内乳腺病理界的成果）；诊断标准被写入国家卫计委首部《乳腺癌诊疗规范》2011

（六）查新评价：经查新，除该研究团队外，未见相同文献报道或早于课题组的文献报道。

（七）知识产权评价：该研究获批发明专利3项。

应用情况：

推广应用情况

（1）发表论文在学术界进行推广：

共计发表论文 110 余篇，单篇论文最高他引超 130 次，其中一些论文被 Cancer cell、Cancer Research、Chemical Society Reviews、Blood、Blood review 等国际高水平杂志引用。

（2）申请专利在学术界进行应用推广

获批中国发明专利许可 3 项。

（3）成果被写入国内外指南及专著，推广应用范围

《WHO Classification of Tumours of the Breast》2012 纳入创新点 2 的成果、国际乳腺经典著作《Rosen's Breast Pathology》2014 纳入创新点 2 的成果；被写入首部卫计委《乳腺癌诊疗规范》，使成果被国内外同行广泛应用。

（4）成果转化产出新药并进行了临床试验，发表专著扩大推广和辐射范围

基于乳腺癌内分泌耐药成果，研制了具有自主知识产权的全新结构的内分泌药物（SERD SHR9549），已进入临床试验 1 期，起着逆转他莫昔芬耐药的作用。并撰写 8 部乳腺专著，使成果被国内同行广泛应用。

（5）通过组织会议、巡讲进行推广

就该项目研究成果受邀在国际著名会议及国内大型学术会议上作专题报告 100 余次，主办 8 届全国乳腺癌高峰论坛。创新点 2 的内容成为美国专科病理医生培训内容并受邀授课，累计培训人数超过万人次。创新点 3 的内容在全球最大的乳腺癌会议——圣安东尼奥乳腺癌大会上报道；

（6）推广应用至全国的医院

该项目相关内容在全国多家医院广泛应用，取得一系列经济及社会学效益，显著改善乳腺癌患者的身心健康。

主要知识产权和标准规范等目录：

发明专利：

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	突变型 p53 基因反义表达载体及其制备方法	中国	ZL200410094011.7	2008,11,19	第 443343 号	天津医科大学附属肿瘤医院	付丽 许少峰 张斌 张媛媛 冯玉梅	有效专利
发明专利	乳腺塑形装置	中国	ZL201510054862.7	2017 年 7 月 21 日	第 2559350 号	江苏省肿瘤医院	唐金海、李建	有效专利
发明专利	桥梁分子 1-siRNA 干扰序列及融合表达载体	中国	ZL200910067842.8	2010 年 12 月 29 日	第 720626 号	天津医科大学附属肿瘤医院	马勇杰，谷峰，王冰冰，牛瑞芳，付丽	有效专利

标准规范：

《乳腺癌综合诊治规范化手册》唐金海主编

主要完成人情况：

1、姓名：唐金海

排名：1,

行政职务：院长

技术职称：教授

工作单位：江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）

完成单位：江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）

对项目技术创造性贡献：作为该项目的负责人，负责项目整体的设计、规划和实施。在该项目研究工作中投入的工作量占工作总量的 70%。首次主导推行乳腺癌规范化诊疗，并创新性地提出了 Exosome 介导的全新化疗耐药产生机制，为项目做出了大量贡献。并且为项目的实施提供了重要的信息资源和科学指导,协调组织各个科研小组的工作，对科研进度进行调节，是该项目的第一完成人和产权所有者，参与完成了包括项目的创新点 1，2，3 中的所有内容。

2、姓名：冯继锋

排名：2

行政职务：院长

技术职称：教授

工作单位：江苏省肿瘤医院（南京医科大学附属肿瘤医院）

完成单位：江苏省肿瘤医院（南京医科大学附属肿瘤医院）

对项目技术创造性贡献：作为该项目的第二负责人，投入工作量占工作总量的 60%，对该研究项目和研究团队建设具有重大作用，引导整个项目实施过程中的人才培养和梯队建设，相关研究成果受到国内外广泛认可，参与完成本项目的创新点 1，3。

3、姓名：孙飘扬

排名：3

行政职务：董事长

技术职称：研究员

工作单位：恒瑞医药集团有限公司

完成单位：恒瑞医药集团有限公司

对项目技术创造性贡献：作为该项目的第四负责人，负责项目整体的设计、规划和实施。在该项目研究工作中投入的工作量占工作总量的 60%。创新性地研发了针对乳腺癌的内分泌治疗治疗全新药物，并且为项目的实施提供了重要的信息资源和科学指导,协调组织和指导各个科研小组的工作，并对科研进度进行调节，主要完成了创新点 3。

4、姓名：付丽

排名：4

行政职务：科主任

技术职称：教授

工作单位：天津市肿瘤医院（天津医科大学肿瘤医院）

完成单位：天津市肿瘤医院（天津医科大学肿瘤医院）

对项目技术创造性贡献：在该项目研究工作中投入的工作量占工作总量的 60%，发现问题，提出并确定研究总体思路、方案及方法，研究、实践、推广应用。在创新点 2 中作出创造性贡献，是相关规范、指南的执笔人。

5、姓名：赵建华

排名：5

行政职务：无

技术职称：研究员

工作单位：江苏省肿瘤医院（南京医科大学附属肿瘤医院）

完成单位：江苏省肿瘤医院（南京医科大学附属肿瘤医院）

对项目技术创造性贡献：在该项目研究工作中投入的工作量占工作总量的 50%，具体负责 Exosome 致乳腺癌化疗耐药的实验项目的指导和整体实施，系统地整合分析了乳腺癌细胞外泌体传递 miRNAs 功能与耐药的相关性；参与完成该项目的创新点 3。

6、姓名：吴建中

排名：6

行政职务：主任

技术职称：研究员

工作单位：江苏省肿瘤医院（南京医科大学附属肿瘤医院）

完成单位：江苏省肿瘤医院（南京医科大学附属肿瘤医院）

对项目技术创造性贡献：作为该项目的第六负责人，工作量占工作总量的 50%，协助指导 Exosome 致乳腺癌化疗耐药的转化研究。为项目的实施提供了重要的信息资

源和科学指导,协调组织各个科研小组的工作，对科研进度进行调节，对资源成果进行整合，负责研究课题的立项、设计、实施和工作总结，协助完成该项目的创新点 1，3。

7、姓名：许勇

排名：7

行政职务：无

技术职称：教授

工作单位：江苏省肿瘤医院（南京医科大学附属肿瘤医院）

完成单位：江苏省肿瘤医院（南京医科大学附属肿瘤医院）

对项目技术创造性贡献：在该项目研究工作中投入的工作量占工作总量的 50%，承担了协助该项目有关化疗耐药方面的基础实验工作，并整理得出一些相关数据，验证了第一完成人所发现的全新的化疗耐药产生机制，协助完成了本项目的创新点的 3。

8、姓名：刘晓安

排名：8

行政职务：科主任

技术职称：教授

工作单位：江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）

完成单位：江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）

对项目技术创造性贡献：在该项目研究工作中投入的工作量占工作总量的 40%，具体负责乳腺癌内分泌耐药的实验项目的指导和整体实施，为乳腺癌外科手术新技术提供指导，协助完成该项目的创新点 1，3。

9、姓名：查小明

排名：9

行政职务：主任

技术职称：副教授

工作单位：江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）

完成单位：江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）

对项目技术创造性贡献：在该研究中投入工作量占工作总量的40%，协助完成创新点1，3，对乳腺癌外科规范化诊疗提供外科手术操作指导，并协助乳腺癌耐药基础与应用实验的开展。

10、姓名：王凤良

排名：10

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）

完成单位：江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）

对项目技术创造性贡献：在该项目研究工作中投入的工作量占工作总量的40%。负责研究课题的指导、实施和总结。主要工作为鉴定了不同乳腺癌细胞分泌的外泌体传递miRNAs的分子图谱，验证了miRNAs可通过外泌体将耐药信息由耐药乳腺癌细胞向敏感乳腺癌细胞传递，系统地分析了乳腺癌细胞外泌体传递miRNAs功能与耐药的相关性，协助完成该项创新点3.

主要完成单位及创新推广贡献：

1、江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）作为该项目的第一完成单位，负责该系列研究的总设计，进行该系列研究的资料分析，总结，全面指导和监督该系列研究的执行，为该系列研究的主要执行单位，指导并参与了该系列研究成果的推广应用，承担了该项目有关化疗耐药方面的基础与临床实验工作，并整理得出一些相关数据，验证了第一完成人所发现的全新的化疗耐药产生机制。对该项目实施给予了大力支持，在实验室人才队伍建设、配套的仪器设备、实验室用房、国内外合作交流等各方面提供保障，并提供仪器设备购置和研究的配套经费和运行经费，确保项目的正常进行。

2、江苏省肿瘤医院承担了部分该项目有关化疗耐药方面的基础与动物实验工作，验证了第一完成人所发现的全新的化疗耐药产生机制。为项目的组织实施提供了重要的信息资源和科学指导，对确保项目的顺利实施给予了最大程度的帮助。医院为项目实施提供部分研究经费及设备，为继续教育培训班提供培训场所，为临床试验提供临床研究伦理学指导。

3、江苏恒瑞医药股份有限公司是一家从事医药创新和高品质药品研发、生产及推广的医药健康企业，是国内最大的抗肿瘤药、手术用药和造影剂生产基地，是国家“重大新药创制”专项孵化器基地、国家抗肿瘤药技术创新产学研联盟牵头单位，建有国家靶向药物工程技术研究中心、国家博士后科研工作站。是国家发改委、科技部等九部委联合评审的“国家第一批创新企业百强工程试点企业”。协助完成本项目创新点 3。

4、天津市肿瘤医院是集医、教、研于一体的三级甲等肿瘤专科医院，是国家肿瘤临床医学研究中心。乳腺病理研究室是国家临床重点学科、教育部乳腺癌防治重点实验室和教育部乳腺癌创新团队所在地，团队带头人为完成人付丽教授，参与项目的策划、组织实施、总结推广和申报，主要完成该项目的创新点 2，并促进了成果广泛推广应用。

完成人合作关系说明：

说明一：

第一完成人唐金海是江苏省人民医院院长，中国医院协会副会长，中国医师协会乳腺疾病培训委员会副主任委员，中国抗癌协会常委、中国抗癌协会乳腺专业委员会常务委员，中国临床肿瘤学会（CSCO）执行委员会委员。专业重点乳腺癌基础及临床研究，领头完成该研究。

说明二：

第二完成人冯继锋是江苏省肿瘤医院院长，中华医学会理事、中华医学会肿瘤分会委员、中国抗癌协会临床肿瘤学协作委员会（CSCO）常务执委、中国抗癌协会化疗专业委员会副主委、淋巴瘤专业委员会委员、乳腺癌专业委员会委员、江苏省肿瘤科医疗质量控制中心主任、江苏省医学会化疗与生物治疗分会主任委员、江苏省抗癌协会化疗专业委员会常务主任委员。专业重点是肿瘤内科治疗，共同完成了创新点1,3。

说明三：

第三完成人孙飘扬是江苏恒瑞医药股份有限公司董事长，国家药典委员会委员，全国人大代表，享有国务院政府特殊津贴。主持和参加了多次国家 863 计划，国家新药重大创制专项，参与多个新药研发，其中一类新药十余项。研究重点为肿瘤创新药物开发。第三完成人与江苏省人民医院在多项新药重大专项上有着紧密合作，共同完成了创新点

说明四：

第四完成人付丽是中华医学会肿瘤专业委员会乳腺学组副组长、中国抗癌协会乳腺癌专业委员会副主任委员兼乳腺病理学组组长、中国女医师协会病理专业委员会主任委员。专业重点乳腺病理诊断及研究，共同完成了创新点 2。

其余完成人均直接参与该项目的设计，规划及具体实施。

11、

项目名称	TX-RFTI-1 射频肿瘤治疗仪
提名单位	江苏省
主要完成人	戴耀良，王永炎，史俊富，黄传伟，马潇潇，方祝元，罗耀昌，冯继锋，陈世晞，尹国文，姜宗义，张耀明，薛志斌，赵昕昕，金娟
主要完成单位	江苏天鑫医疗科技有限公司，中国人民解放军军事医学科学院，江苏省肿瘤医院，江苏省中医院，南京天亿医疗科技有限公司，东部战区总医院

提名单位意见：

经审阅，该项目材料属实，经公示目前无异议。

自该项目获得立项以来，公司依托中国人民解放军军事医学科学院、北京肿瘤医院、南京工业职业技术学院等医疗和科研机构，组织国内外 10 多名知名医疗和诊疗设备研发专家和教授，经过多年的不懈努力，终于圆满完成了第四代射频肿瘤治疗仪、单柄多针电极的设计研发和小批量生产。通过系统的临床研究，新一代射频肿瘤治疗仪优化了射频肿瘤消融技术，有效增大射频组织消融病灶范围，建立有效的影像实时监控，优化系统设计参数，实现了智能化操作，达到了项目的预计目标。该产品填补了肿瘤治疗领域的空白，达到了国际先进水平。

先后取得了射频肿瘤治疗仪两个发明专利证书。获得了软件企业认定证书、取得了“肿瘤治疗仪控制软件”软件产品登记证书、获得中国国际专利与名牌特别金奖，企 业和项目产品多次获得国家、省、市等相关部门所颁发的各类奖项。

完成在海南医学院附属医院、北京佑安医院、江苏省肿瘤医院、安徽省太和县中医院、北京广安门中医院等医疗机构进行临床病例的检测、跟踪、评估，使用效果良好，达到了国际领先水平。修订并完善了肿瘤治疗仪的企业产品技术标准。

提名该项目为国家科学技术进步奖一等奖。

项目简介：

“天马鑫”TX–RFTI–1 射频肿瘤治疗仪为现代高科技医疗器械项目，和解放军军事医学科学院于2000年联合研发，目前已由第一代产品提升到第四代，由原来的单针增加到三针，功率由原来的120W增加到180W，软件1–4代嵌入仪器结构中，提升了针对晚期肿瘤患者的治疗效果。

该项目的研发和升级改造，开创了现代治疗肿瘤的方法和手段。射频消融治疗方法替代了传统方法，其优点是延缓寿命，使晚期肿瘤患者的生命由1–3年提高到7–8年（最长的病例14年），治疗费用由8–10万减少到2–3万，住院时间由2–3个月减少到5–7天，大大减轻了病人的痛苦，提高了该医疗技术的社会效益和经济效益。

该项目获得两项发明专利，一、射频肿瘤治疗仪（专利号：ZL 2007 1 0108336.X），二、多针冷循环电极（专利号：ZL 2007 1 0019486.3）。2009年被评为国际特别金奖（三类产品唯一金奖），受到国内外专家的一致认可。该项目2010年获得全国工商联科技进步二等奖，2015年获得中国产学研一等奖。

“天马鑫”TX–RFTI–1 射频肿瘤治疗仪为高科技医疗器械项目，被国家发改委（批文号：发改办高技【2008】2223 号）和江苏省科技厅（批文号：苏科函【2008】255号)列为国家和省重点开发的高科技项目，并得到了研发费用的有利支持，促进了研发的成功。

为中医领域治疗肿瘤填补了空白。曾益新（中国科学院院士、肿瘤治疗专家）对该项目高度评价和认可，要求在3–4年时间内在全国三甲三乙2816家医院全面推广使用，并由国家健康卫生委下达文件（国卫办医发【2017】7号、京卫医【2018】39号），率先由北京医院、协和医院、北京大学第一医院、北京大学人民医院、首都医科大学宣武医院、首都医科大学附属北京友谊医院、首都医科大学附属北京朝阳医院、北京肿瘤医院、首都医科大学附属北京地坛医院、首都医科大学附属北京佑安医院、北京中医药大学东方医院、中国医学科学院肿瘤医院等12家医院设立培训基地，规范肿瘤治疗仪的临床治疗标准，培训医务工作者，在全国各大医院严格执行肿瘤治疗的标准与规范，保证治疗仪获得良好的治疗效果，达到该高科技项目高标准治疗肿瘤的疗效和优势。

该项目在国际上获得了一致好评，特别是美国和俄罗斯（美国卫生部签约了 5 亿人民币采购订单，俄罗斯卫生部派来考察，目前在采购注册中）

该项目的圆满成功，得益于党的领导和中国特色的社会主义制度的优越和改革开放的伟大决策，解决了发达国家难以解决的难题，为世界肿瘤患者和中国的肿瘤患者带来了福音。同时减轻了国家对肿瘤治疗费用的压力，解决了传统的费用高、肿瘤患者压力大、痛苦大的难题，并有力支持国家扶贫工作，缓解“因病返贫”的压力。该项目凝聚了研发专家的心血，被称之为“20 年磨一剑”，经过近 20 年的努力，专家和公司锲而不舍，终于磨出了解决肿瘤难题的现代的治疗方法和手段。

客观评价：

1.与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

射频肿瘤治疗仪及相关设备的研发是近 10 年来新兴的肿瘤微创治疗领域研究热点．电极是整个设备的核心部件和关键技术，决定着整个设备的性能和治疗效果。然而目前商品化电极，单次射频组织热灭活治疗的有效范围仍局限在 3—4 厘米以内．按外科标准要达到肿瘤局部根治性切除，必须完整切除肿瘤并外加至少 0.5—1 厘米周围组织。也就是说，目前的 RFA 技术只能够有效地治疗直径小于 3 厘米大小的肿瘤，这显然远远不能满足临床治疗的实际需要。

该项目重大关键技术的突破在于射频肿瘤治疗仪核心技术部件“多针冷循环电极”的研发。我们在高渗盐水组织内灌注射频灭活技术的基础上，研制了新一代中空冷循环电极，在不增加电极体积的前提下，显著的扩大了组织灭活范围，使射频肿瘤灭活技术从以往的姑息性治疗手段向根治性治疗转变，居于国际领先水平。就技术而言，美国同类仪器采用单针单控且不能循环，治疗肿瘤范围 5cm 以下。天马公司经过多年研发，在该电极制造技术上取得重大突破，将电极扩大为 3 针 3 控，能均匀循环，治疗肿瘤范围提高为 25cm。与美国的同类仪器相比，我公司产品的功率由美国的 120W 扩大到 160W，能够治疗中、大肿瘤。临床上采用 3 针中空冷循环电极进行 RFA 治疗，组织灭活范围大，疗效满意。TAE 和 RFA 的联合运用治疗大肝癌，优势互补，为大肝癌的微创治疗提供了一种新模式。

射频治疗仪国产化的研制，填补了国内空白，该设备与美国 Radionics 生产的同类产品相当，性能可靠安全，临床治疗效果良好，完全达到了既定的技术指标，而价格明显低于进口产品。不仅使广大的患者受益，而且节约外汇，促进本国高级医疗器械产业发展。

2．研发的新一代射频肿瘤治疗仪经医疗机构临床疗效验证

（1）北京佑安医院肿瘤微创治疗中心临床效果验证

北京佑安医院肿瘤微创中心是我国最大的肿瘤微创治疗中心，其中肝癌和肺癌微创消融治疗达到国际领先水平。

中国肿瘤微创治疗技术创新战略联盟理事长郑加生教授团队、北京佑安医院肿瘤微创治疗中心已利用本公司自主研发的 TM-RFTI 射频肿瘤治疗仪开展微创手术达上千例，取得了良好的临床疗效。

（2）江苏省肿瘤医院射频肿瘤治疗仪临床效果验证报告

江苏省肿瘤医院暨江苏省肿瘤防治研究所、南京医科大学附属医院是一座全民所有制的三级甲等肿瘤专科医院，现为全省肿瘤防、治、研、教、技术指导中心。聚集了全省肿瘤基础研究、肿瘤临床医学最大的专家群体，肿瘤诊治学科齐全，专科优势突出，其中肿瘤科和肿瘤胸外科均为国家临床重点专科建设项目单位。

江苏省肿瘤医院介入科自 2007 年 5 月起在 B 超引引下应用江苏天鑫医疗科技有限公司生产的 TM-RFTI 冷循环射频消融（RFA)治疗肝癌病例并取得了临床满意疗效，其

临床验证成果刊登在了《介入放射学杂志》，具体内容如下：

《介入放射学杂志》（2008 年 1 月第 17 卷第 1 期）刊登了江苏省肿瘤医院介入科（陈世晞、尹国文、徐卫东、席玮）和超声聚刀科（章明）的《超声引导下经皮射频消融治疗中晚期肝癌的临床研究》论文。该论文研究的目的是评价 B 超引导下冷循环射频消融（RFA)治疗中晚期肝癌的临床疗效及并发症，方法是采用超声引导下经皮穿刺冷循环 RFA 治疗中晚期肝癌 25 例，其中转移性肝癌 8 例，原发性肝癌 17 例，每个病灶进行 RFA 治疗 1–2 次。其中 8 例患者术前给予 3 次 TACE 治疗。术后通过增强 CT 扫描评价疗效，结果 10 个病灶完全坏死，余 15 个病灶大部分坏死，随访半年，25 例患者现全部存活且生存质量明显提高。结论是超声引导下经皮穿刺冷循环 RFA 治疗中晚期肝癌短期效果满意，值得推广。

（3）射频肿瘤治疗仪临床效果验证报告

经医药管理局同意，对江苏天鑫医疗科技有限公司生产的“天马鑫”射频肿瘤治疗仪产品的有效性、安全性进行了临床验证，2002 年至 2004 年期间，共临床观察验证 11 例肝癌住院病人，其中原发性肝癌 8 例，转移性肝癌 3 例，共有瘤体 26 个。经 CT 影像引导下使用射频肿瘤治疗仪在手动模式下，输入功率 0–120W 调节，根据肿瘤直径决定治疗时间为 12–36 分钟。

临床效果评价和治疗观察结果：

临床治愈：受治肿瘤体积缩小、完全坏死，无肿瘤残存，无转移灶；

显效：受治肿瘤体积缩小、大部分坏死，有少许活瘤残存；

其中 2 例转移性肝癌患者目前肝内出现新的转移病灶，8 例原发性肝癌患者复查效果满意。

应用情况：

（1）该项目除已在全国几十家医院临床医用外，还在全国建立数个射频肿瘤治疗仪项目研发、治疗示范中心，以江苏省为重点设立30个治疗培训中心。同时公司在北京设立办事处，并在江苏、上海等主要地区设立代理商，在全国形成销售网络。公司已与解放军军事医学科学院、0、江苏省肿瘤医院、北京佑安医院、南京工业职业技术学院等科研院所建立了长期产学研合作关系，为项目的顺利实施提供了保证。

（2）在江苏省肿瘤医院、盐城肿瘤医院、南通肿瘤医院、上海东方肝胆医院、北京301医院、北京武警总医院、广州中山肿瘤医院、西安西京医院等25家三级甲等医院或肿瘤专业医院，合作建立射频肿瘤治疗仪技术操作培训中心和治疗示范中心，由医院提供地点、人力、技术，我公司配备射频肿瘤治疗仪和所需配套电极，并提供培训。

操作培训中心和治疗示范中心的建立主要是为了在全国培养一支专业性强，在设备大量投放市场后能够进行临床操作指导的专业人才队伍。各中心配备各自医院治疗肿瘤的专家，我公司将对这些专家进行操作培训，专家将结合自身在治疗肿瘤方面的经验，共同建立射频肿瘤治疗仪的操作规范。

（3）本项目销售对象主要是国内外医院和医疗器械销售公司。公司具有健全的营销网络体系，已与全国多家重点医院建立紧密合作关系，并与多家有实力的专业代理销售合同，确保公司新产品的营销计划得以实现，公司还进一步国家重点医院机构合作，在华北、东北、中西部等地区设立射频肿瘤医疗中心和治疗仪销售办事处，以形成一个贯穿全国的营销网络，同时积极开拓国际市场销售服务网络的建设，计划在2017年开始产品出口国际市场。

（4）与传统外科技术相比，微创治疗技术具有创伤小，并发症少，病人恢复快等优点。近 10 多年来射频组织灭活技术上有了重大突破，因此而成为肿瘤微创治疗领域的热门研究课题。RFA已广泛的应用于临床，除了肝脏肿瘤外，RFA成功地治疗脑肿瘤，乳腺肿瘤，肺肿瘤，肾脏，肾上腺肿瘤，腹膜后肿瘤以及骨肿瘤也相继有报导。目前全世界已治疗了数万例肝癌病人，癌肿直径3cm以下的治疗结果令人鼓舞。RFA治疗肝癌的手术死亡率，并发症发生率均低于传统外科切除手术，而治疗效果与手术切除相仿。

(5)目前，射频肿瘤治疗仪已在全国几十家医院临床应用，主要用于对肝脏肿瘤、肾脏肿瘤、肺脏肿瘤、乳房肿瘤、脑肿瘤、子宫肿瘤、骨肿瘤等的治疗，如江苏省肿瘤医院、0、、二军大东方肝胆医院、上海四五五医院、北京中日友好医院肿瘤研究所、武警部队总医院、解放军 301 医院、南京军区总医院、中山医科大学广州肿瘤医院等，经临床验证，射频肿瘤治疗后 7 天、三个月、直至三年后复查，有效率分别为87%、82%、70%，获得显著的临床效果。

(6) 江苏省肿瘤医院对“超声引导下经皮射频消融治疗中晚期肝癌的临床研究”表明:RFA 治疗中晚期肝癌效果满意，值得推广。总结江苏省肿瘤医院和上海东方肝胆

医院等18所医院超过500例临床治疗应用研究，证明经RFA治疗后病灶大部分坏死，部分病灶完全坏死，随访发现患者生存期延长，生活质量提高。与国外研究报导大致相仿，但治疗的适应症可以加大，所能安全消融灭能的肿瘤直径增大。

(7)江苏天鑫医疗科技有限公司研制的国产射频肿瘤治疗仪性能可靠安全，临床治疗效果良好，完全达到了既定的技术指标，而价格约为进口设备费用的三分之一，为该技术向临床推广应用提供了前提条件，广大的患者特别是经济困难的患者可以得益于该项治疗。RFA和TAE联合运用扩大了组织灭活范围，优势互补，相得益彰，具有创伤小、恢复快、并发症少、部分患者可完全灭活肿瘤细胞等优点。已成为晚期肝癌患者姑息治疗的重要治疗方法之一。

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	射频肿瘤治疗仪	中国	ZL 200710108336.X	2009年2月4日	第468789号	江苏天鑫医疗科技有限公司	戴耀良;史俊富	有效
发明专利	多针冷循环电极	中国	ZL 200710019486.3	2009年1月7日	第459189号	江苏天鑫医疗科技有限公司	戴耀良	有效
软件著作权	天亿射频肿瘤治疗仪控制软件V4.0	中国	2015SR111748	2015年05月06日	软著登字第0998834号	南京天亿医疗科技有限公司	南京天亿医疗科技有限公司	有效

主要完成人情况

序号	公示姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
1	戴耀良	1	董事长兼总经理	高级经济师	江苏天鑫医疗科技有限公司	江苏天鑫医疗科技有限公司	在射频肿瘤治疗仪的整个设计，开发，研织临床试验和应用，开拓国内外市场中做贡献。
5	王永炎	5	顾问	中国工程院院士	中国工程院	中国工程院	王永炎院士为我们中医射频肿瘤治疗仪根本性的最高指导意见，把射频肿瘤治疗中医的原理和理论，做了精辟的指导。
2	史俊富	2	副总	总工程师	中国人民解放军军事医学科学院	中国人民解放军军事医学科学院	史俊富作为公司的总工程师协助第一完引进，吸收，消化，设计，制作对项目做的规划和设计，任劳任怨，善始善终，坚八年，完成了射频肿瘤治疗仪，成功升级三，四代，为圆满成功做出了极大贡献。
3	黄传伟	3	总监	技术总监	中国人民解放军军事医学科学院	中国人民解放军军事医学科学院	黄传伟技术总监协助总工程师为项目和师全面协助工作。
4	马潇潇	4	软件技术总监	中级工程师	江苏天鑫医疗科技有限公司	江苏天鑫医疗科技有限公司	马潇潇软件技术总监为天马鑫射频肿瘤的嵌入性软件一，二，三，四代软件设计制作工作。
6	方祝元	6	培训中心主任	院长	江苏省中医院	江苏省中医院	方祝元在国家中医药管理局指导下并由医药管理局授权挂牌为全国中医领域对瘤治疗仪的临床使用中医技术进行规范训临床工作人员和临床专家，为全国中医构在技术指导做出特殊贡献。

7	罗耀昌	7	治疗中心主任	主任	广西中医大一附院	广西中医大一附院	罗耀昌作为中医领域的专家为项目带进行临床实施和操作起了带头作用，实施在理论和实际操作起了带头作用
8	冯继锋	8	主任	主任	江苏省肿瘤医院	江苏省肿瘤医院	冯继锋，陈世曦，尹国文省肿瘤医院马鑫射频肿瘤治疗仪在临床治疗肿瘤国治疗肿瘤系统起了示范和带头指用，无论在治疗病数量和病例的质量表论文起了关键骨干和指导作用。
9	陈世晞	9	主任	主任			
10	尹国文	10	主任	主任			
11	姜宗义	11	副总工	高级工程师	东部战区总医院	东部战区总医院	姜宗义是医疗行业在全国前茅专家，疗器械领域有极大的影响和造诣，无理论和实际操作对射频肿瘤治疗仪项了关键举足轻重的作用。
12	张耀明	12	副总工	高级工程师	江苏天鑫医疗科技有限公司	江苏天鑫医疗科技有限公司	张耀明为射频肿瘤治疗仪在智能化的上起了积极的作用。
13	薛志斌	13	副总工	高级工程师	江苏天鑫医疗科技有限公司	江苏天鑫医疗科技有限公司	薛志斌是对射频肿瘤治疗仪软件一，三，四代做了顶层设计，并从理论上指导。
14	赵昕昕	14	生产部经理	工程师	江苏天鑫医疗科技有限公司	江苏天鑫医疗科技有限公司	赵昕昕作为制造部经理，对射频肿瘤仪制作精品起了关键作用。
15	金娟	15	技术总监	工程师	江苏天鑫医疗科技有限公司	江苏天鑫医疗科技有限公司	金娟作为技术总监协助赵昕昕在肿瘤仪的制作及射频肿瘤治疗仪针的制作起了关键作用。

完成人合作关系说明：

1.完成人戴耀良，江苏天鑫医疗科技有限公司董事长兼总经理。戴耀良先生在引进、消化、吸收国外同类产品的基础上，经过群策群力和呕心沥血的攻关，终于研制成功了具有独立自主知识产权的“天马鑫”射频肿瘤治疗仪这一高科技产品。该产品经医院分别对肝肺等实体肿瘤病人进行临床治疗效果显著，一致确认该产品具有微创、安全、不开刀、不放疗、痛苦小、恢复快、费用少、疗效好等优点。“天马鑫”射频肿瘤治疗仪同样填补了国内空白，性能均达到了当代国际领先水平，获得两项国家发明专利。

2.完成人史俊富，总工程师，参与江苏天鑫医疗科技有限公司主持的江苏省卫生厅项目“射频肿瘤治疗仪”的研制。任课题副组长。

3.完成人黄传伟，技术总监，参与了本项目整体方案和技术路线的制定，完成了射频发生器射频调制模块、信号采集模块、CPU 模块等设计、调试工作，提出了双通道高速数据采集系统的数据采集方案并予以实现，参与了制定自动控制模式的专家控制策略并予以实现。参与了初步样机的组装、调试和改进工作，并参与样机的认证工作。作为技术顾问之一，全程参与仪器的产业化，负责产品生产的技术指导，售后技术以及临床试用的技术指导。

4.完成人马潇潇，软件技术总监，“天马鑫”TX-RFTI-1 射频肿瘤治疗仪软件，在升级过程中不断地攻克了如射频信号对软件执行的干扰，多路信号冲突丢失数据，显示电压电流延时干扰，网络远程数据采集容错处理等诸多技术难点，经过实验调试、软件测试与技术升级改造等方法，修改了软件存在的各类问题，在保证疗效的基础上，通过提高输出功率与设置功率过载保护等方法，改善了设备的功能性能指标，以实现该射频肿瘤治疗仪稳定可靠的治疗能力。

5.完成人王永炎，中国工程院院士，主持了射频肿瘤治疗仪的论证和推广工作。。

6.完成人方祝元，培训中心主任，在江苏省中医院成立肿瘤射频治疗培训中心。

7.完成人罗耀昌，治疗中心主任，负责临床中的信息反馈，并在研发中加以改进。

8.完成人冯继锋，省肿瘤医院院长，长期跟踪反馈射频肿瘤治疗仪的临床效果。

9.完成人陈世曦：省肿瘤医院主任，长期跟踪反馈射频肿瘤治疗仪的临床效果。

10.完成人尹国文，省肿瘤医院主任，长期跟踪反馈射频肿瘤治疗仪的临床效果。

11.完成人姜宗义，副总工程师，协助项目第一负责人进行科研设计分析和技术指导，总结提出技术创新要点及协助射频技术理论教学和培训，负责部分申报项目资料收集和填报等。

12.完成人张耀明，副总工程师，协助项目第一负责人进行科研设计分析和技术指导，总结提出技术创新要点及协助射频技术理论教学和培训，负责部分申报项目资料收集和填报等。

13.完成人薛志斌，副总工程师，高级工程师，协助项目第一负责人进行科研设计分析和技术指导，总结提出技术创新要点及协助射频技术理论教学和培训，负责部分申报项目资料收集和填报等。

14.完成人赵昕昕，生产部经理，全面负责仪器设备的生产，安装，调试和售后服务，质量机构负责人。

15.完成人金娟，技术总监，参与 TM-RFTI-1 射频肿瘤治疗仪的开发研制和设计，全面负责射频肿瘤治疗仪的冷循环电极的生产调试和检验，配合生产部生产，调试仪器，检验仪器，为射频肿瘤治疗仪的生产检测尽力。

12、

项 目 名 称	面向柔性光电子的微纳制造关键技术与应用
提 名 单 位	江苏省
主 要 完 成 人	陈林森、方宗豹、周小红、浦东林、朱鹏飞、魏国军、叶燕、朱昊枢、朱鸣、张恒
主要完成单位	苏州大学、苏州苏大维格科技集团股份有限公司

提名单位意见：

柔性光电子器件正在向着超薄、高光效和智能化方向发展，已有技术和工艺装备已不适应柔性衬底的微纳功能创新要求，迫切需要发展在柔性衬底上高效加工复杂功能结构的微纳制造技术。

该项目突破了针对面向柔性光电子的微纳制造关键技术问题展开攻关，首次提出了基于数字化设计的微纳混合光场的直写技术，发明了结构光场亚纳米精度调控的纳米光刻技术，发展了光学级卷对卷双面纳米压印/转印的柔性制造工艺，开发了系列化柔性微纳功能结构材料与器件，其主要技术指标均优于国内外同类研究报道的结果。突破了大面积（70吋）衬底（翘曲100微米）上微纳3D形貌高效制造的国际最好指标，结构深度可达50微米（深度分辨率<50纳米）。自主研发了系列微纳3D光刻直写设备、光场调控纳米光刻设备和柔性微纳增材制造工艺，填补了行业空白。

通过产学研深度融合，建立了国际上首个“微纳柔性制造工艺平台”，在柔性材料、显示照明、科学研究领域获得广泛应用。不同功能的柔性功能材料与器件应用于华为、亚马逊、微软、小米等国际知名企业；紫外激光直写光刻设备应用于中电科集团等多家研究所，在核心器件研制方面弥补了短板；微纳3D光刻设备应用于清华大学等数十家高校与企业，实现出口，提升了我国柔性光电子与新材料自主可控的创新能力。

鉴于该项目在微纳制造技术的重要突破、对行业技术进步的贡献及产生经济社会效益，提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

项目简介：

柔性光电子技术是支撑下一代信息通讯、新能源、新材料及军事等领域的关键技术，涉及颠覆性应用以及巨大产业规模。研究表明，微纳结构形貌、排列精度与一致性等决定了材料的宏观光电子特性，也是设计新材料、新功能器件的新途径。而已有技术和装备已不适应微纳结构柔性材料与器件的创新需求。

推进柔性光电子的应用，必须攻克大面积微纳结构的高精度、高效率制备瓶颈，基于纳米压印/转印的柔性制造，不可避免地面临大面积功能模具设计和一致性复制制造问题：(1)海量数据处理与向微纳结构的转化，决定了后继材料或器件的功能；(2)结构高保真度（3D形貌）与精度调控（亚纳米精度），决定了材料特性；(3)柔性加工模式、效率与一致性，决定了成本的合理性。

苏州大学、苏大维格多年来在国家自然基金重大研究计划重点（集成）项目、国家重大863计划先进制造领域重大项目、国家重大科学仪器设备开发专项和国家国际科技合作专项等支撑下，致力于解决面向柔性光电子应用的微纳制造关键技术问题：

首创了基于空间+位相光调制“结构光场”方法，通过数字结构光场脉冲叠加的模式，逐面连续扫描曝光实现了微纳3D形貌（深度0-50um，深度分辨率优于50nm，横向分辨率100nm）高效制备，比国际上传统步进方法至少快1个量级。发明了通过位相光学元件在傅里叶变换系统的平移与旋转，利用双远心投影光学系统的缩微干涉效应，不仅实现了近衍射极限的分辨率，更在在输出光场中实现了小于1nm的结构调控精度，为光子材料/器件的创新提供了不可或缺的原创手段。研制了70吋微纳直写光刻设备，为大面积柔性材料的压印模具制备提供了关键装备。发明了“深纹微纳光刻+UV纳米压印+约束填充/生长”的微纳柔性增材新工艺，突破了数十年来需刻蚀制备柔性电路的传统工艺，通过微纳结构实现了大尺寸高性能透明导电膜和无蚀刻的绿色制程。在兼顾高透明度同时，其导电性和屏蔽指标，比传统透明导电材料高2个量级。

通过产学研深度融合，自主研发微纳制造的工艺装备，包括“数字光场微纳3D直写设备”、“结构光场调控纳米光刻设备”和“柔性双面纳米压印/转印工艺设备”，完成单位之一苏大维格建立了国际上首个“数字化设计的微纳柔性制造平台”，攻克了相关大面积微纳结构模具及其应用工艺，为柔性光电子材料/器件的创新和应用，提供了源头性技术，促进成果落地与转化。

上述发明技术获得美国发明专利2项，国家发明专利26件。研究成果和工作进展被Adv. Material作为内封面报道。基于专利技术研发的高端微纳设备被国内外企业、高等院所、军方等采购应用。一批柔性功能材料/器件正在行业形成颠覆性替代应用，不仅包括华为、小米、京东方等中国品牌，也在欧美、日本品牌（微软、友达光电、夏普、亚马逊、HP等）广泛应用。近三年，新增直接销售28亿元。为未来柔性可穿戴、柔性显示、薄膜光学成像、智能交互与屏蔽终端、电磁隐身材料等军民应用的关键部件/材料提供了重要保障。

客观评价：

（1）政府与行业组织评价

1）该项目成果获得2018年度江苏省科学技术奖一等奖。

2）国家863计划重大项目“面向绿色生产的微纳柔性制造工艺装备”**技术验收评价A（2015年12月）**；受国家科技部邀请，作为“国家863计划”**标志性成果，参加国家“十二五”科技创新成就展**（2016年6月）。习近平总书记、党和国家领导人参观。本成果作为国家高技术研究代表性成果在香港、澳门参加展览，万钢部长给予很高评价。

3）国家重大科学仪器设备开发专项2012YQ170004，技术验收评价A（2017.10）。苏大维格研制的纳米图形化设备在包括清华、南大等高校，中国电科集团、兵器209所、公安部相关单位等，全国近百家企业应用，出口以色列、韩国、俄罗斯等。

4）完成单位之一苏州苏大维格科技集团股份有限公司长期从事微纳光学与柔性制造的研发与产业应用，是深交所A股唯一以微纳光电材料与器件为主营业务的创新企业，在十二五至十三五期间，先后主持承担了国家863计划重大项目和国家科学仪器设备开发专项，长期与芬兰国家技术研究院VTT合作，建立了“微纳柔性制造创新工艺平台”为核心的“数码激光成像与显示国家工程研究中心”，并获国家发改委批准，与华为、京东方等联合研究项目。近三年，相关微纳创新产品新增直接销售28亿元。

5）苏州大学牵头获首批“2011计划”国家协同创新计划。该项目第一完成人任“微纳柔性制造专业创新中心“主任。2015年5月，刘延东副总理在视察“苏州纳米科技协同创新中心”时，听取该项目第一完成人汇报，刘副总理对该项目纳米技术创新成果和产业化给予了充分肯定和鼓励，希望在纳米协同创新和成果产业化方面更上一层楼，做出表率。2018年12月，“2011计划”纳米科技协同创新中心，接受科技部科技评估中心结束验收，评为“优秀”。

6）该项目在“亚纳米精度纳米光刻方法、结构光场的微纳3D直写方法与技术、UV纳米功能压印模具与技术”的进展作为国家自然科学基金委–重大研究计划–“纳米制造的基础研究”集成项目的代表性成果。该重大研究计划结束评估获评“优秀”（2018年11月）。

上述由国家相关部委批准的计划、组织的项目成果验收、评估和奖励，以及产业的投入和应用，充分表明了该项目发明创造的价值和水平。

（2）第三方评价和同行评价

1）相关发明专利被他引近200次。包括Intel、Canon、LG化学，华星显示、京东方BOE、美国Northwest University，中科院、南大、上海交大等。该项目第一完成人获**首届“江苏省专利发明人奖”**（共十名，2017年1月，江苏省人民政府颁发）。有两项发明专利获中国专利优秀奖：2016年度，三维激光打印方法与系统201310166341.1和2015年度，一种微光栅亚像素三维光学图像及其制作方法 201010238377.2。

2）研究成果收到国内外同行的广泛关注。2014年6月16日，央视《新闻联播》

头条新闻，报道苏州深化科技创新和人才作用时，重点报道了该项目成果在微纳制造的产业化情况，收到国内外良好的反馈和评价。

3）该项目第一完成人应邀在国内外纳米科技论坛和学术会议上，多次做大会报告。在中欧纳米制造论坛、慕尼黑光电论坛等作大会邀请报告。国际纳米科技领军人物现场访问交流，给予高度评价。加州大学伯克利分校**张翔教授（美国国家工程院院士）**访问后，**评价本项目的纳米研究工作属于世界顶级水平**（国内外专家与领导陪同，2017年4月31日）。国际纳米压印学者美国密西根大学终生教授 Lay.J. Guo 郭灵杰，每年来访做交流。美国国家科学院院士杨培东教授参访交流（2017年9月），对该项目纳米制造的成效表示震惊，希望开展深度合作。2018年7月12日，苏州大学高技术产业研究院召开了“基于下一代柔性光电子制造技术的大口径薄膜透镜关键技术”专家咨询会，童庆喜、薛永祺、潘君骅三位院士等与会专家一致认为，“陈林森项目组在微纳制备方面已经具有了非常好的装备制造能力与难得的基础技术优势”。

4）TOP 期刊发表论文，EES（IF29.5, Freestanding transparent metallic network based ultrathin, foldable and designable super capacitors, Energy & Environmental Science，2017，内封面）；AM(IF>18.6, Toward Scalable Flexible Nanomanufacturing for Photonic Structures and Devices, Adv. Mater，28页，2016内封面）。

5）受邀参加第四届“军民融合发展高技术装备成果展”（中央军民融合发展委员会主办，2018年10月），代表了近两年在国防和民用领域的最新成果，在中央核心展区展示了微纳3D光刻设备、柔性光电子材料、微纳结构透明导电膜、大尺寸电容触控系统和电磁隐身屏蔽材料。党和国家领导人、军委领导参观该项目成果。央视新闻直播间多次报道。

6）2018年1月19日，科技部万钢部长在苏大维格公司展示厅现场考察该项成果后，评价为纳米领域真正的原创成果的产业化，鼓励申报和建立国家级微纳柔性制造创新中心。

7）中科院上海科技查新咨询中心7份出具查新咨询报告：未见国内外其他单位的相同报道：连续变空频纳米光刻技术与设备、大幅面激光深纹直写工艺与装备；透明导电膜的制造方法；连续灰度变化数字模板的微纳图像处理方法；纳米结构薄膜和器件的UV纳米压印工艺；彩色纳米光变色膜及柔性纳米制造方法、超薄导光板（膜）纳米压印工艺与装备。

应用情况：

（1）装备应用：通过苏大维格公司的研制与推广，清华大学、上海交大、北京工大、北航、中电科集团 14 所、13 所、兵器209所、韩国未来创新研究所和数十家企业采购 200 余台套，用于 MEMS、 矢量光场、THz 器件、纳米光子晶体、3D 图像的研发和加工。高端微纳装备在国内外著名大学、研究机构和企业的应用，表明了该项目成的技术水准。

（2）新材料产业应用：在苏大维格集团子公司–苏州维业达触控科技有限公司建立了业内首条透明导电膜工艺产线，专门生产大尺寸电容触控屏（15.6 吋~65 吋），产品主要销售美国、欧盟和日本等国的著名品牌，成为国际上少数能提供 65 吋高性能电容触控屏的高技术企业。苏大维格集团生产的纳米3D成像材料在高露洁、日本iiyama品牌客户等应用。

（3）在显示照明行业的应用：自 2015 年来，苏大维格集团子公司维旺公司，建立了双面纳米压印产线，超薄导光器件在微软 Surface Pro4 应用后，由于综合性能优势，AUO（友达光电）、璨宇光电、京东方、龙腾光电、京东方等国际大企业，采用该项目产品（2kk/月），用于平板电脑、笔记本超薄显示照明，取代注塑或丝印导光板。2017 年向大尺寸显示器和 TV（55–65 吋）延伸，小米 TV 订单 50k/月，高光效超薄导光板（600mm × 1200mm） 被美国最大平板 LED 照明企业采购（订单 200k/月），预期，2019 年订单扩大 5 倍以上。应用品牌（宏基触控显示终端、微软Surface Pro，夏普Sharp、HP笔记本、华为、三星、亚马逊平板等电子产品）。正形成行业颠覆性替代应用。

（4）行业合作应用：与公安部相关机构深度合作，成果之一号牌光场3D签注设备，2016 年 11 月开始，在全国号牌生产管理系统中应用；动态 3D 飘带线签注技术和柔性反光材料，2017 年在全国新能源汽车号牌中采用。成果的全国应用产生了显著的社会经济效益。

（5）与国内外领头企业前瞻合作： a) 与华为“2012 实验室”开展炫光膜项目研发，2017 年批量应用。b) 与京东方合作共同研究基于纳米光刻的 AR 近眼显示器件。c）与国外著名企业（苹果指纹识别芯 片供应商）开展纳米波导器件研究。d）与国防领域的五十余家研究机构合作，通过军民融合推 进柔性微纳先进材料在国防领域的深度应用。这些产业创新合作既是共同研发也是市场机会培育。

（6）创建“新型研究院”，探索产业创新的新途径： 以本项目创新模式为基础，2017 年 2 月份，创立“中为柔性光电子智能制造研究院”，首期 注册资金 1 亿元，3 年投资 5 亿元（苏州工业园区在基础研究设施上投入 2 亿元），打造有国际 影响力的柔性光电子智能制造功能创新平台，推进产业技术创新、企业培育、资本与产业对接的融创平台。

主要知识产权和标准规范等目录：

序号	类别	名称	国家	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利(标准)有效状态
1	发明专利	三维激光打印方法与系统	中国	ZL201310166341.1	2015/12/2	第1866758号	苏州苏大维格光电科技股份有限公司	陈林森;楼益民;浦东林;袁晓峰;朱鹏飞;魏国军;张瑾;朱鸣;李恒;胡进;申溯	有效
2	发明专利	并行光刻直写系统	中国	ZL201010170978.4	2012/8/22	第1028074号	苏州苏大维格光电科技股份有限公司;苏州大学	浦东林;胡进;朱鹏飞;魏国军;陈林森	有效
3	发明专利	一种激光直写光刻系统与方法	中国	ZL201410042111.9	2015/10/28	第1829351号	苏州苏大维格光电科技股份有限公司	朱鹏飞;浦东林;胡进;陈林森;朱鸣;魏国军	有效
4	发明专利	一种彩色图像形成方法	中国	CN201110219806.6	2012/12/12	第1098357号	苏州大学;苏州苏大维格光电科技股份有限公司;苏州维旺科技有限公司	周小红;钟海云;方宗豹;韦雄;吴建丰;陈林森;温源;张恒;张勇	有效
5	发明专利	一种透明导电膜及其制作方法	中国	ZL201010533228.9	2013/7/3	第1229419号	苏州苏大维格光电科技股份有限公司;苏州大学	陈林森;周小红;朱鹏飞;吴智华;浦东林	有效
6	发明专利	纳米转印方法及纳米功能器件	中国	ZL201510696751.6	2017/3/22	第2422407号	苏州大学;苏州苏大维格光电科技股份有限公司	陈林森;刘艳花;周小红;方宗豹;王涛;杨颖;沈悦;朱昊枢	有效

7	发明专利	基于微网格金属的电磁屏蔽罩及其制备方法	中国	ZL201410464874.2	2017/9/1	第2605686号	苏州大学;苏州苏大维格光电科技股份有限公司	方宗豹;陈林森;周小红;浦东林;朱鹏飞	有效
8	发明专利	一种微光栅亚像素三维光学图像及其制作方法	中国	ZL201010238377.2	2012/2/15	第910575号	苏州苏大维格光电科技股份有限公司;苏州大学	魏国军;浦东林;胡进;陈林森;温源;张瑾	有效
9	发明专利	Apparatus for manufacturing light guide film	美国	US8961166B2	2015/2/24	US008961166B2	苏州苏大维格光电科技股份有限公司;苏州大学	吴智华;周小红;方宗豹;申溯;魏国军;浦东林;陈林森	有效
10	发明专利	Colored, dynamic, and amplified safety film	美国	US9372287B2	2016/6/21	US009372287B2	苏州苏大维格光电科技股份有限公司;苏州大学	叶燕;陈林森;申溯;周云;周小红;胡进;朱鹏飞;浦东林;魏国军	有效

主要完成人情况：

第一完成人：陈林森，院长，研究员，董事长。工作单位：苏州大学；完成单位：苏州大学。对创新点1、2、3均有重要贡献，主要贡献为：（1）主要核心专利发明者，提出了连续变频光场调控方法、基于纳米结构的三维激光打印方法、基于纳米压印的透明导电膜等增材制造方法，（2）领导了微纳柔性制造平台工艺装备和成果转化应用，包括亚纳米精度的纳米光刻、灰度3D直写、卷对卷UV纳米压印转印等设备自主研制和制造工艺流程，组织推动了中试和成果应用；（3）建立了项目一体化设计的产学研协同创新的组织模式。获2018年度江苏省科学技术奖一等奖（1/10）、2016年度中国专利优秀奖，排名第一。

第二完成人：方宗豹，博士，光子器件研发负责人。工作单位：苏州大学；完成单位：苏州大学。对创新点2、3均有重要贡献，主要贡献为：（1）主要负责卷对卷纳米直接压印技术研究和超薄导光器件的微纳结构设计、关键工艺链建立与产业化应用工作；（2）研究了一套导光网点自适应的优化设计流程。快速对不同深度、不同直径的网点参数进行优化，快速获得导光器件最佳导光效率下的网点参数，为模具制造提供重要指导；（3）解决了超薄导光器件光学设计、性能模拟与优化，卷对卷压印工艺提升中的关键难题，为超薄导光技术成果转化提供了重要支撑。2018年度江苏省科学技术奖一等奖（2/10）。

第三完成人：周小红，研究中心副主任，副研究员。工作单位：苏州大学。对创新点2、3均有重要贡献，主要贡献为：（1）主要开展了嵌入型微纳金属–介质结构的透明导电薄膜与传感器的材料与产品的研发；（2）开展了“嵌入”金属–介质的微纳功能结构的工艺研究；负责了透明导电薄膜与传感器的量产工作。（3）研制了透明电极/导电薄膜，“镂空透明金属薄膜”电磁屏蔽、透明导光薄膜等，材料性能行业领先。获2018年度江苏省科学技术奖一等奖（3/10），2016年度高校科研成果奖二等奖（1/9）。

第四完成人：浦东林，研究中心主任助理，副研究员。工作单位：苏州大学；完成单位：苏州大学。对创新点1、2均有重要贡献，主要贡献为：（1）提出了基于空间+位相联合调制的微纳结构并行直写方法，提出了直写光刻设备构架；（2）主持了多种型号的直写光刻装备工程化开发，并推动深纹、3D结构的直写光刻工艺开发，使之与压印、填充和生长等微纳柔性增材制造工艺更好配合；（3）主持微纳直写光刻设备的仪器系列化开发，推动商业化并在国内外成功应用。获2015年度江苏省科学技术奖二等奖（1/10）、2016年度高校科研成果奖二等奖（4/9）。

第五完成人：朱鹏飞，仪器装备事业部总工程师，高级工程师。工作单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司；完成单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司。对创新点1、2均有重要贡献，主要贡献为：（1）提出了基于3D导航聚焦飞行曝光方案，设计控制算法，解决了大幅面直写光刻伺服调焦问题与高速化直写效率问题；（2）提出了基于纳秒脉冲时序的多线程内存队列管理操作的高效SLM数据上载方法，实现了海量数据高效实时上载技术和高精度灰度、深纹曝光控制；（3）设计了直写光刻系统的软件构架，组织完成了的软件编写并稳定运行。获得2015年度江苏省科学技术奖二等奖（2/10）。

第六完成人：魏国军，副研究员。工作单位：苏州大学；完成单位：苏州大学。对创新点1、2均有重要贡献，主要贡献为：（1）提出了像素化微结构的光刻方法，不仅通过不同空频微纳米结构形成3D图像，同时提升了纳米图形直写效率，在微结构直写速率比传统激光直写提高20余倍；（2）解决了空间与位相光SLM+PLM混合调制下的光刻工艺，实现了在同一幅面上不同微纳结构特征和不同分辨率的快速直写，对柔性光电子的应用做出了具有创新性的工作。获得2015年度中国专利优秀奖，排名第一；2018年度江苏省科学技术奖一等奖（6/10）。

第七完成人：叶燕，副研究员。工作单位：苏州大学；完成单位：苏州大学。对创新点1、2均有重要贡献，主要贡献为：（1）基于四独立参量光场调控方法，做了验证工作，在此基础上，提出了变参量位相元件对微纳米光场的复合调控方法。（2）发明了反射性彩色滤光片等多项发明专利，并参与了“结构色”纳米印刷的理论设计和实验制备工作，设计了基于纳米微腔结构、光栅调制的纳米微腔结构等不同纳米结构的颜色显示方案，参与制备了光变色膜样品。获得2018年度江苏省科学技术奖一等奖（4/10）。

第八完成人：朱昊枢，技术中心总监。工作单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司；完成单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司。对创新点2有重要贡献，主要贡献为：（1）参与了“结构色”纳米印刷的批量化生产，设计了基于纳米微腔结构、光栅调制的纳米微腔结构等不同纳米结构的颜色显示方案，参与制备了光变色膜样品以及实现其批量化生产。（2）参与纳米结构薄膜和器件的卷对卷 UV 压印工艺设备设计、样品制作已经批量化生产。实现50nm~20um 结构批量生产，速度达到 60m/min。获得2018年度江苏省科学技术奖一等奖（8/10）。

第九完成人：朱鸣，工程师。工作单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司；完成单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司。对创新点1有重要贡献，主要贡献为：（1）参与了海量数据处理的软件工作，实现了海量数据处理，支持大幅面微纳灰度图像大数据转化处理，实现了大幅面的深纹图形的直写制版；（2）参与了微纳结构图像的处理软件工作，实现了自定义格式的图像数据的定制化；（3）相关纳米压印结构的图形（2D、3D）数字化设计软件；获得2016年度中国专利优秀奖（8/11），2018年度江苏省科学技术奖一等奖（9/10）。

第十完成人：张恒，高级工程师。工作单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司；完成单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司。对创新点3有重要贡献，主要贡献为：（1）负责研究了激光刻蚀工艺研究，应用于超薄导光膜微结构模具制造，开发了大数据量超薄导光器件网点的随机路径优化设计软件、多脉冲激光刻蚀软件。（2）提出了提出将整副网点进行分层的算法，解决了局部网点密度过高的问题，同时开发了随机优化软件，按照网点坐标最近的原则运行，极大地缩短了模具的制造时间。从而，具有了自主高端超精密柔性导光器件模具的完整技术，填补了我国行业空白。（3）参与了卷对卷压印超薄导光器件的关键制造工艺研究。

主要完成单位及创新推广贡献：

第一完成单位：苏州大学

苏州大学“光学工程”为一级博士点学科，拥有先进光学制造技术教育部重点实验室、现代光学技术江苏省重点实验室、江苏省数码激光图像与新型印刷工程研究中心等平台。在微纳光学器件、微纳制造、柔性微纳材料加工和器件设计等方面，拥有国内领先和国际先进的研究条件，为项目提供了重要支撑条件。团队对本项目的技术创新做出突出贡献，主要体现在关键技术突破和成果工程化研发过程中的方法创新。

团队在微纳光刻技术与工艺、微纳结构理论、微纳米压印关键技术等研究中，形成高水平的研究积累，取得一批创新性、具有重要影响的成果。研发衍射位相光学器件，解决了位相调控光场调制方法，提供了光学系统设计，为系统和产品试验提供测试条件，进行多种检测和评价。

积极进行"产学研合作"，牵头获首批“2011 计划”国家协同创新计划。由国家重点实验室和省重点实验室与苏大维格公司紧密合作，优势互补。苏大维格提供了良好的运行机制、资金、工程化人才的保障，通过公司的市场需求牵引，本项目团队高质量、高水平地实现了本项成果创新、转化和产业化。

第二完成单位：苏州苏大维格科技集团股份有限公司

面向行业科技发展趋势，提出研究计划，在创新机制、风险承担和项目实施中起主导作用。提供1万平米的项目平台建设和研发场地。公司建有国家发改委批准的国家地方联合工程研究中心、江苏省微纳柔性制造工程研究中心，企业博士后工作站，在公司范围内，组织项目实施，配置主要骨干研发人员，开展全方位研发工作，包括微纳工艺装备、中试条件建设、测试和工程化试验，直到性能达到行业最好要求，或者满足客户需求。

建立了超薄微纳结构材料（器件）“卷对卷纳米压印量产工艺线”和“片对片纳米压印量产工艺线”，这是实现产业化的重要基础，属于行业前瞻性和突破性技术。积极开拓成果产业化，公司推进与大企业合作，向国内外、高等院所和国外市场推广，促进了成果落地和被市场采用。尤其在面对国外顶级客商上，全力以赴沟通，以高水平、高品质的创新成果和产品，保障了成果的应用和经济效益的提升。

完成人合作关系说明：

由完成人陈林森，方宗豹，周小红，浦东林，朱鹏飞，魏国军，叶燕、朱昊枢、朱鸣、张恒共十人共同申报2019年度国家科技进步奖。其中陈林森，方宗豹，周小红，浦东林，魏国军，叶燕所属单位为苏州大学；朱鹏飞，朱昊枢，朱鸣，张恒所属单位为苏州苏大维格科技集团股份有限公司。

项目完成人及其团队合作紧密，具体如下：

第一完成人和其他完成人分别有共同授权的核心发明专利。

十位完成人共同承担并完成了国家自然科学基金委–重大研究计划–“纳米制造的基础研究”集成项目、国家863计划重大项目“面向绿色生产的微纳柔性制造工艺装备”、国家重大科学仪器设备开发专项“纳米图形化直写与成像检测仪器的研发与应用”。

十位完成人为“2011计划”纳米科技协同创新中心子课题负责人和核心成员，共同推进了项目成果在企业和市场的推广应用。