# 四、可再生能源学院

## 流型协同理论及实现方法

中低温位能及新能源(太阳能，地热能等)利用系统中包括关键的能量捕获、传递及热功转换环节，能量利用成本高，可靠性低，需要对传统利用模式及实现方法重新审视。针对大量使用的传热管中单相流动“近壁区流速小，中心区流速大”及多相传递中“液在管壁，气在中心”的关键科学问题，提出流型协同理论，主要思想是创造出与传统管内流动完全相反的相分布，即“气在管壁，液在中心”，实现管壁微米级薄液膜，使能量捕获或传递的效率成倍提升，与新能源苛刻的性能需求相适应。流型协同可通过在管内悬空插入柱状丝网结构来实现，构建了跨越丝网微米级微孔，毫米，到米级的跨尺度能量传输模型，进行了系统的冷热态实验，揭示了流型协同机理，为流型协同理论及关键技术的规模化应用奠定了理论基础。国际学术权威认定为原创成果，多次受邀在国际会议上做特邀报告。前期关于微纳流动与传热论文SCI 他引1000 余次，获得2012 年度教育部自然科学一等奖。



## 洪灾风险管理理论研究

以长江流域防洪系统为背景，基于可持续发展理论，结合我国防洪实践，把防洪系统作为社会经济、生态环境复合系统中的重要组成部分，提出防洪减灾新的科学方法，创建洪灾风险管理理论体系，奠定防洪减灾保障体系新的理论基础，具体而言，即在剖析和描述各类主要洪涝灾害风险因子和作用机理基础上，以洪涝灾害损失的量化为重点，建立灾害损失模型和普适的洪涝灾害评价指标体系；研制基于遥感RS、地理信息系统GIS 和灾害损失模型的快速评估集成系统；补充和完善快速评估理论；借鉴国内外防洪减灾成功的理论与实践，建立洪泛区和分蓄洪区洪涝灾害场景模拟模型和风险分析方法，建立用于指导洪泛区和分蓄洪区和分蓄洪区风险管理体系；针对区域（流域）防洪减灾体系，探讨综合风险的辨识、演变及转化机理，建立综合风险评估理论和方法，发展防洪减灾体系风险决策模型与技术。以期形成具有多学科交叉特色的新的风险管理理论体系。



## 生物质热解气化多相流动反应机制和应用基础

针对生物质热解气化关键技术，开展了理论分析、实验研究、数值模拟和工程验证，构筑了与多元化原料的传递过程、反应环境和装置型式，为生物质能源清洁利用提供了理论支撑。

主要创新点：

揭示了锥形床含宽粒径分布生物质双组分体系的流态化特性；

建立了挥发分析出和气化反应的宏观动力学模型；

提出了流化床内多相流动和传热放大方法。

在Biomass Technology、Fuel 和Chemical Engineering Science 等生物质、能源和化工领域国际知名刊物发表多篇学术论文，参与撰写专著《Computational Fluid Dynamics Modeling in Development of RenewableEnergy Applications》，理论研究得到国内外同行高度评价，获得专利10 余项，获2012 年教育部自然科学二等奖。

****

## 生物质电站安全经济运行关键技术

生物质直燃发电行业近年来在我国发展迅速，以引进、吸收国外技术为主。由于生物质在水分、碱金属和氯含量等方面存在巨大差异，引进设备的适应性受到挑战。结合我国国情，本项目从燃料特性与干燥预处理、炉膛结构优化设计、受热面防磨防腐防结焦和灰渣残余能量回收四个方面进行了研究。

获得授权专利和软件著作权22 项，承担国家能源领域生物质相关三项标准的制定。项目成果通过了教育部成果鉴定，鉴定意见认为本项目对我国生物质直燃发电进行了全面系统深入的研究，克服和弥补了在燃烧效率、关键部件寿命、结渣和腐蚀等方面的不足，总体处于国际先进水平。

项目成果已在全国30 余家生物质电站成功应用。我国生物质发电装机容量2015 年预计达到13000MW，该成果的推广可形节约标煤90 万吨/年的能力，具有显著的经济效益和社会效益。

## 新型微纳结构太阳能电池的设计与开发

大力发展可再生能源与清洁能源是实现社会可持续发展的有利措施。太阳能是一种清洁的可再生能源，开发低成本、高效率的太阳能电池可促进社会与经济的可持续发展。迄今为止，降低成本与提高效率一直是光伏领域急需突破的技术难题。本研究从纳米材料与结构出发，设计与研制新型高效的微纳结构太阳能电池，开发电池的柔性功能。利用纳米材料与结构，设计并研制了染料敏化太阳能电池与硅微纳结构太阳能电池，为太阳能电池的增效手段与新型太阳能电池的低成本制作奠定了技术基础。同时，开发的超薄硅片与柔性硅微纳结构薄膜的制作技术，可应用于设计柔性太阳能电池，将进一步拓宽太阳能电池的应用领域。本项目发表SCI 论文20 余篇，申请专利30 余项，获得授权11 项。所报道的研究成果受到国内外同行关注。

|  |
| --- |
|  |
|  |

## 高效、宽光谱染料敏化太阳电池

染料敏化太阳电池作为一种新型的太阳电池已成为光伏领域研究的热点之一。其最大光电转换率达到了15%，制作成本仅为硅太阳电池的1/5～1/10，寿命却能达到20 年以上。本课题组在国家自然科学基金、教育部新世纪优秀人才、南方电网重点项目等课题的支持下面向染料敏化太阳电池的发展的关键问题，分别从阳极薄膜结构、电池光吸收技术、电池封装技术等方面出发，研发出了具有高光电转换效率和广谱吸收系性能的染料敏化太阳电池。获得了具有三维连续网络、旋节分相、一维纳米等纳微结构的阳极薄膜，有效地提高了光生电子的传导、电解质的渗透和光散射；开发了基于全光谱吸收的上转换、双金属耦合等离激元技术实现了太阳电池从可见光－近红外的宽光谱吸收，电池最大光电转换效率超过7％；开发出可多次填充电解液的可充式太阳电池封装技术提高了大面积太阳电池的长期稳定性。

|  |
| --- |
|  |
|  |

## 高效聚合物太阳电池材料与器件的研究

聚合物太阳电池具有成本低、重量轻、可采用溶液加工技术大面积柔性制备等突出优点而备受关注。另外有机材料种类繁多、可设计性强，有希望通过材料的设计和器件结构的优化来提高太阳电池的性能。一旦在能量转化效率和稳定性方面取得进一步突破,将极大地改变目前的能源结构,引发一场新的能源革命,其市场前景将十分巨大。

目前聚合物太阳能电池中最成功的器件结构是如图1 所示的本体异质结结构。它由共轭聚合物电子给体和PCBM（C60 的可溶性衍生物）电子受体的共混膜（光电活性层）夹在高功涵透明阳极（ITO）和低功涵阴极（Ca、Mg、Al 等）之间所组成。近年来，我们在共轭聚合物给体材料、富勒烯衍生物受体材料和太阳电池电极界面材料方面开展了大量的研究工作并取得了一系列有意义的研究结果，发表SCI 论文60 余篇，被引用2000 余次。

****

## 风电机组能量转换机理与发电过程特性研究

本课题得到国家“863”计划项目、国家科技支撑计划项目资助。主要研究内容包括：风电机组多尺度建模、特性分析与系统优化，风电机组流固耦合机理与特性分析，风力发电过程运行优化及安全控制算法。主要创新点如下：

（1）开展了风电机组风轮、传动系、塔架、发电机、变流器等部件和整机的多尺度建模研究，揭示了风电机组能量转换机理和特性。

（2）针对风电机组非线性控制系统，提出了风电机组凸优化控制方法，实现了减缓风电机组波动性载荷和全局功率优化。

（3）研究了风电机组叶片的流固耦合效应和风力发电过程的波动性特征，获取了柔性超长大阻尼叶片的功率输出特性。



## 风电机组流固耦合机理与特性研究

风电机组是由风轮、塔架和机舱等部件组成的多自由度柔性系统，该柔性系统各部件与随机波动的自然风相互作用，形成了风电机组与湍流风场复杂的流固耦合系统。深入研究风电机组与湍流风场流固耦合机理和动态响应特性是安全高效利用风能发电的关键科学问题。

在湍流风、风切变、阵风和偏航等非定常气动条件下，基于计算流体动力学（CFD）和计算结构动力学（CSD）对机组系统进行全三维流固耦合数值模拟，研究了叶片变形和塔架位移与气流的相互作用，分析了变形和位移对叶片和塔架载荷的影响，研究了叶片的动态失速特性，获得了不同气动条件下机组系统的振动响应特性和系统稳定性特征。研究成果在陆上1.5MW、2MW 和海上3MW、5MW 风电机组的研究开发项目中应用。

