**项目名称：面向农田生态过程的定量遥感监测关键技术创新与应用**

推荐单位：北京大学

项目简介：

农田生态过程是指以农作物生产为中心的农田生态系统物质循环和能量转换的复杂过程。本项目瞄准农田生态过程复杂性特征开展定量化、动态化和立体化遥感监测的关键问题，经过十余年持续研究，形成了多项创新成果：

（1）依据电磁波与复杂地物相互作用理论，通过植被和土壤二元组分混合光谱观测试验与模拟分析，阐明了农田植被-土壤二元体系在生态过程不同阶段的响应机理，发现农田混合像元不同组分光谱贡献仅与地物组分比例有关，奠定了农田生态过程定量遥感基础。引入了基于再碰撞概率的植被冠层辐射理论，据此构建了叶面积指数、光合有效辐射比例等农田植被结构参数的反演模型，有效提高了农田生态过程主要参数的反演精度。

（2）面向农田生态过程不同阶段，研究并揭示了作物叶面积指数、叶绿素、氮素等理化参数的冠层光谱吸收、反射及其变化特征，建立了基于神经网络、支持向量机等数据挖掘技术的主要农作物遥感动态监测模型，提出了融合农田遥感反演参数和作物生长模型模拟的一种数学优化方法，通过将遥感观测“面状信息”与地面采样“点状信息”有机融合，实现了农田生态过程动态高精度监测；

（3）提出了地表参数与大气参数一体化反演以及地表温度多角度反演新方法。针对传统遥感只能获取作物冠层上部光谱信息等问题，提出了作物冠层不同层次叶倾角、叶绿素、氮素等理化参数多角度遥感探测方法，明确了不同层次理化参数的多角度光谱响应特征及敏感角度和波段。建立了运用不同观测敏感角度结合的作物上层、中层和下层叶片叶绿素和氮素垂直分布多角度反演模型。通过多角度遥感反演结果分析，明确了不同养分、水分、病虫害胁迫下的作物叶面积指数、叶绿素、氮素等理化参数响应特征及光谱响应特征，开拓出农作物健康诊断的新途径。上述科技成果分别在河北、陕西、浙江、宁夏、河南、山东、江苏、安徽等全国粮食产区和北京等多个省市进行了推广应用，促进了农业增产增效、改善了农业生态环境、保障了农产品质量安全。

主要完成单位及创新推广贡献：

（1）北京大学 是本项目的组织实施单位和主要完成单位。经过长期攻关，北京大学突破了农田生态过程重要参数的定量遥感反演关键技术，并在不同地域开展了推广应用，主要贡献包括：依据电磁波与复杂地物相互作用理论，通过植被和土壤二元组分混合光谱观测实验与模拟分析，阐明了植被-土壤二元组分在农田生态过程不同阶段的电磁波响应机理；提出了地表参数与大气参数一体化反演以及地表温度多角度反演新方法；引入了基于再碰撞概率的植被冠层辐射理论，据此构建了叶面积指数、光合有效辐射比例等农田植被结构参数的反演模型，有效提高了农田生态过程主要参数的反演精度；提出了融合农田遥感反演参数和作物生长模型模拟的一种数学优化方法，通过将遥感观测“面状信息”与地面采样“点状信息”有机融合，实现了农田生态过程动态高精度监测。依托上述研究工作，获得了多项国家发明专利与软件著作权。

（2）浙江大学 完成了“不同氮素水平的水稻高光谱诊断机理与方法研究（40171065）”、 “基于多源波谱信息的稻麦病害识别技术研究(2006AA10Z203)”等课题。通过以上课题的完成，浙江大学以水稻等农作物为研究对象，通过多年的田间小区试验和野外大田试验，获取了水稻等农作物不同品种、不同生育期、不同氮素水平、不同病虫害胁迫下的叶片和冠层光谱及其对应的生物理化参数，构建国内外参数较为完备的水稻等农作物波谱数据库，并揭示了水稻等农作物冠层和组分光谱变化规律；通过主成分分析法、波段自相关分析法、基于导数光谱的相关系数法、基于光谱指数估算模型法和逐步回归等方法，科学地确定了水稻参数遥感监测合适的光谱波段；分析了波段位置和宽度对NDVI的影响，并构建了用于水稻生物量、叶面积指数、色素含量、氮素含量等参数监测的新型光谱指数；建立了基于神经网络、支持向量机等数据挖掘方法的水稻等农作物参数高光谱遥感估算模型，并实现了高光谱遥感监测技术在农田生态过程遥感监测中的应用。

（3）中国科学院遥感与数字地球研究所（原中国科学院对地观测与数字地球科学中心、中国科学院遥感应用研究所合并） 在作物长势与组分参数立体化遥感监测、作物病虫害遥感监测与预测预报、地表离散参数空间扩展方面做出了突出贡献，提出了作物冠层不同层次叶倾角、叶绿素、氮素等理化参数多角度遥感探测方法，建立了运用不同观测敏感角度结合的作物上层、中层和下层叶片叶绿素和氮素垂直分布多角度反演模型，实现了作物养分早期亏缺遥感监测；研制了便携式、低成本的田间光谱观测装置和植被长势快速诊断装置（国家发明专利：ZL201210339810.0、ZL201310182889.5、ZL201210343165.X）；建立了主要作物主要病虫害遥感监测和预测预报模型，构建了全国尺度的作物病害遥感监测和预测预报系统，实现了作物病害遥感监测机理、监测方法和预测预报应用；提出了基于遥感等多源空间数据辅助下的区域地表离散参量高精度制图技术；组织实施了农情遥感监测技术与肥水药精准管理技术在地方的推广应用。

（4）西北农林科技大学 在陕西省杨凌高新农业技术产业示范区及其周边地区布置冬小麦、玉米和油菜等农作物的田间试验和示范推广工作，开展了农田生态过程主要变化特征的观测，进行农田土壤环境和作物生长生理生化参数和光谱数据采集测定，完成土壤营养元素和作物叶片叶绿素、含水量、生物量、营养元素高光谱估测模型构建，提出地面观测数据与卫星遥感影像相结合的作物长势遥感反演技术框架。

（5）中国地质大学（北京） 以作物生长模型为框架，融合地面观测数据和多源多时相遥感数据，发展了面向农田生态过程动态监测的多源数据同化技术，实现了农田生态参数的时空连续性扩展；发展了基于分形理论的不同空间分辨率下遥感反演叶面积指数尺度转换与校正技术，削弱了尺度效应对遥感反演精度的影响，促进了多源多空间尺度遥感数据协同反演。

主要知识产权证明目录

| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家（地区）** | **授权或申请号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 授权发明专利 | 一种土壤与植被混合光谱测量方法及模拟系统 | 中国 | 201310468109.3 | 2016-03-16 | ZL201310468109.3 | 北京大学 | 秦其明;孟庆野 |
| 授权发明专利 | 一种测量地表蒸散量的方法及系统 | 中国 | 201010279081.5 | 2013-06-26 | ZL201010279081.5 | 北京大学 | 秦其明;姚云军;赵少华;张宁 |
| 授权发明专利 | 一种针式粗糙度仪 | 中国 | 200910076153.3 | 2012-03-28 | ZL200910076153.3 | 北京大学 | 秦其明;沈心一;赵少华 |
| 授权发明专利 | 一种农作物总初级生产力的遥感估算方法及系统 | 中国 | 201410134058.5 | 2017-1-25 | ZL 201410134058.5 | 北京大学 | 秦其明、张宁、王金梁、吴伶 |
| 授权发明专利 | 基于统计局统计抽样调查地块实割实测数据的省级水稻单产遥感估算方法 | 中国 | 201010271905.4 | 2013-02-13 | ZL201010271905.4 | 浙江大学 | 黄敬峰;彭代亮;王福民 |
| 授权发明专利 | 室内高光谱BRDF测定系统 | 中国 | 201210052209.3 | 2014-02-06 | ZL201210052209.3 | 浙江大学 | 张垚;黄敬峰;魏晨;王秀珍 |
| 授权发明专利 | 室内光谱观测三维载物台及其应用 | 中国 | 201210009938.0 | 2014-03-26 | ZL201210009938.0 | 浙江大学 | 张垚;黄敬峰;魏晨;王秀珍 |
| 授权发明专利 | 一种基于瞬时光合速率积分的“天”尺度初级生产力的估测方法 | 中国 | 201210523512.7 | 2016-01-13 | ZL201210523512.7 | 浙江大学 | 王福民;周斌;黄敬峰;徐俊锋 |
| 授权发明专利 | 一种植被空间分布状态测量方法及装置 | 中国 | 201210339810.0 | 2015-02-04 | ZL201210339810.0 | 中国科学院对地观测与数字地球科学中心 | 黄文江;刘良云;杨贵军;孙刚;申茜;彭代亮;张清 |
| 授权发明专利 | 一种遥感反演精度检测方法及装置 | 中国 | 201210343165.X | 2015-08-05 | ZL201210343165.X | 中国科学院对地观测与数字地球科学中心 | 黄文江;谢巧云;彭代亮;张兵;刘良云;申茜;孙刚 |
| 授权发明专利 | 一种基于遥感图像的叶面积指数反演方法及装置 | 中国 | 201310182889.5 | 2015-12-02 | ZL201310182889.5 | 中国科学院对地观测与数字地球科学中心 | 黄文江;杨勤英;刘良云;彭代亮;申茜;倪丽 |

主要完成人情况表

1. 秦其明，排名1，教授，工作单位：北京大学，完成单位：北京大学，对本项目具体技术创新贡献：通过植被和土壤二元组分混合光谱观测实验与模拟分析，阐明了植被-土壤二元组分在农田生态过程不同阶段的电磁波响应机理，提出了光谱混合解析新模型。发明了一种测量地表蒸散量的方法及系统，提出了基于EDI的农田干旱评估新方法；发明了一种测量土壤粗糙度的针式粗糙度仪，该仪器提高了SAR数据反演土壤含水量的验证精度；提出了融合农田遥感反演参数和生态过程模型模拟的一种数学优化方法，有效提高了农田生态过程主要参数的监测精度；组织实施了农田生态过程的遥感监测与在不同地域开展了推广应用。曾获科技奖励情况：“中国农业-农村发展可持续性的区域评价、区域战略及操作途径”获教育部科技进步一等奖（2003年）。

2. 黄敬峰，排名2，教授，工作单位：浙江大学，完成单位：浙江大学，对本项目具体技术创新贡献：主持完成了“不同氮素水平的水稻高光谱诊断机理与方法研究”、“基于多源波谱信息的稻麦病害识别技术研究”等课题，制定了项目的技术路线和实施方案。阐明了利用多维光谱资料进行作物氮素估算、灾害识别的机理，建立了基于神经网络、支持向量机等数据挖掘技术的主要农作物面积、叶面积指数、叶绿素、氮素遥感动态监测模型。曾获科技奖励情况：“农业旱涝灾害遥感监测技术” 获2014年国家科学技术进步二等奖（排名第四）。

3. 黄文江，排名3，研究员，工作单位：中国科学院遥感与数字地球研究所，完成单位：中国科学院遥感与数字地球研究所（含原中国科学院对地观测与数字地球科学中心、中国科学院遥感应用研究所成果），对本项目具体技术创新贡献：在立体化遥感监测和病虫害遥感监测等方面，提出了作物冠层不同层次叶倾角、叶绿素、氮素等理化参数多角度遥感探测方法，建立了运用不同观测敏感角度结合的作物上、中和下层叶片叶绿素和氮素垂直分布多角度反演模型，实现了作物养分早期亏缺遥感监测；研制了便携式、低成本的田间光谱观测装置和植被长势快速诊断装置（国家发明专利：ZL201210339810.0、ZL201310182889.5、ZL201210343165.X）；建立了主要作物主要病虫害遥感监测和预测预报模型，构建了全国尺度的作物病害遥感监测和预测预报系统，实现了作物病害遥感监测机理、监测方法和预测预报应用。曾获科技奖励情况：“数字农业测控关键技术产品与系统”获2010年国家科技进步二等奖(排名第四）。

4. 范闻捷，排名4，副教授，工作单位：北京大学，完成单位：北京大学，对本项目具体技术创新贡献：针对农田植被参数定量遥感问题，基于叶片尺度的几何光学模型，引入再碰撞概率理论，构建了适用于连续植被和行播作物的植被二向性反射一体化模型，并以此为基础，建立了叶面积指数、光合有效辐射比例、反照率等农田植被结构参数的反演模型和方法，及遥感反演参数的尺度纠正方法，有效提高了参数遥感反演精度。

5. 任华忠，排名5，助理教授，工作单位：北京大学，完成单位：北京大学，对本项目具体技术创新贡献：主要开展了多源遥感数据的大气纠正、地表温度与发射率反演模型的构建以及农田重要参数的地面测量与验证；提出了从机载多角度中红外与热红外数据同步反演地表温度和发射率的新模型，实现了像元尺度的地表温度角度归一化；研制地表温度、大气水汽等关键参数反演系统。

6. 常庆瑞，排名6，教授，工作单位：西北农林科技大学，完成单位：西北农林科技大学，对本项目具体技术创新贡献：承担陕西省杨凌高新农业技术产业示范区及其周边地区冬小麦、玉米和油菜等农作物的田间试验，开展了农田生态过程主要变化特征的观测，进行农田土壤环境和作物生长生理生化参数和光谱数据采集测定，构建土壤营养元素和作物叶片叶绿素、含水量、生物量、营养元素的高光谱估测模型，提出地面观测数据与卫星遥感影像相结合的作物长势遥感反演技术框架。曾获科技奖励情况：陕西省科技进步一等奖1项；陕西省科技进步二等奖1项；中国科学院科技进步一等奖1项；中国科学院科技进步二等奖1项。

7. 吴伶，排名7，讲师，工作单位：中国地质大学（北京），完成单位：北京大学，对本项目具体技术创新贡献：以作物生长模型为框架，融合地面观测数据和多源多时相遥感数据，发展了面向农田生态过程动态监测的多源数据同化技术，实现了农田生态参数的时空连续性扩展；发展了基于分形理论的不同空间分辨率下遥感反演叶面积指数尺度转换与校正技术，削弱了尺度效应对遥感反演精度的影响，促进了多源多空间尺度遥感数据协同反演。

8. 王福民，排名8，副教授，工作单位：浙江大学，完成单位：浙江大学，对本项目具体技术创新贡献：通过在红光和近红外波谱范围内不断扩展波段宽度，建立不同波段宽度对应的NDVI与叶面积指数之间的定量关系，经过分析比较发现使用NDVI估算水稻LAI的最佳波段宽度为15nm，并从理论上证明了当窄波段满足一定条件时，其植被指数对生物参数估算效果将好于或等于宽波段指数；针对水稻大部分时间是以水或水土混合物为背景而不是以土壤为背景的特点，通过试验优化了基于土壤背景的植被指数WDVI、SAVI、SAVI2、TSAVI的参数，提高了对于水稻叶面积的估算精度。

9. 张垚，排名9，助理研究员，工作单位：浙江大学，完成单位：浙江大学，对本项目具体技术创新贡献：开展了水稻等农作物的田间和区域调查试验，开展了农田作物生理特征和生态过程的农作物生物物理化学参数在多维遥感监测中的响应机制研究，构建叶片水平高光谱二向反射测试测定体系和多种农田生物物理化学参数同时反演模型，为农田多角度遥感监测和使用多种生理生态遥感反演同时监测作物长势提供了技术支撑。

10. 叶回春，排名10，助理研究员，工作单位：中国科学院遥感与数字地球研究所，完成单位：中国科学院遥感与数字地球研究所，对本项目具体技术创新贡献：开展了区域复杂农田生态过程下的地表参量空间变异特性与制图方法研究，提出了基于遥感数据、地形数据、土地利用面状数据等多源空间数据辅助的区域地表离散参量高精度制图技术，为区域农田生态过程模型模拟提供了可靠的地表输入参数。开展了农田作物养分立体化遥感监测研究，组织实施了农田养分定量化精准管理技术与旱情监测技术在地方的推广应用。

11.张成业，排名11，博士研究生，工作单位：北京大学，完成单位：北京大学，对本项目具体技术创新贡献：开展了小麦、玉米等农作物的田间调查和试验，采集了农作物叶面积指数、叶绿素、冠层反射率光谱、农田土壤含水量等地面数据，开展了农田二元组分（植被-土壤）混合光谱变化规律的研究，对植被和土壤二元组分混合光谱观测试验的数据进行了分析和处理，参与构建了农田混合像元光谱的模拟模型，为农田生态过程遥感监测提供了科学依据和理论基础。

12.吴自华，排名12，博士研究生，工作单位：北京大学，完成单位：北京大学，对本项目具体技术创新贡献：开展了小麦、玉米等农作物的田间调查和试验，开展了农田微波遥感数据、热红外数据分析和处理，参与农田作物估产模型构建与农田生态过程遥感监测数据分析。