

## 项目简介（限1000字）

耕地质量监测与评价是耕地“数量—质量—生态”三位一体保护的首要工作。现有业务工作主要依靠野外布点采样和室内分析等手段，周期长、成本高、效率低、对生态污染考虑不足，亟需耕地质量遥感监测与生态评价技术支撑。项目在国家重点研发计划等支持下，研发了耕地土壤污染遥感监测、基于土壤属性和土壤污染遥感反演的耕地质量监测、基于高分遥感影像和PSR模型的耕地生态质量评价、多要素多尺度跨领域耕地质量监管平台构建等技术，取得了以下创新成果：

(1) 创新了基于风险评价的耕地土壤污染热点发现技术，创建了融合GA—BPNN—Kriging的土壤重金属空间预测方法与模型，研制了土壤重金属高光谱遥感数据管理与分析系统，实现了大尺度耕地土壤污染快速监测。

(2) 提出了涵盖地形特征、土壤性状、耕作条件、土壤污染等要素的耕地质量监测与评价指标体系，创新了基于高光谱遥感数据的耕地土壤属性快速精准反演技术，构建了基于土壤属性和土壤污染遥感反演的耕地质量监测技术，支撑了四川省耕地质量监测体系建设。

(3) 提出了基于空间叠置与语义分析的耕地质量评价单元划分方法，构建了基于国产高分遥感影像数据的“压力—状态—响应”耕地质量评价方法与模型，研制了基于遥感影像数据的单元划分—指标筛选—等级评定联通的耕地质量评价系统，实现了基于高分遥感的耕地生态质量快速评价。

(4) 提出了多层次跨部门耕地质量管理业务、数据、技术共享模式，构建了业务信息“生成—提交—传递—审批—存档”的运行机制，设计了耕地质量综合监管分布式架构体系，构建了四川省耕地质量共享数据库和业务规则库，研发了多级跨域耕地质量监管平台。

项目取得发明专利8件、软件著作权8项、专著1部、论文32篇。建设了覆盖全省183个县的由5个监测区、25个监测站及3680个监测单元构成的四川省耕地质量监测体系，完成了2012年以来全省耕地质量年度更新评价与监测评价、135个县耕地质量定级及5个县耕地质量与产能评价等业务工作，开发了四川省耕地质量监管平台，实现了多级跨域耕地质量快速监测评价与智能监管服务，并为四川省第三次国土调查耕地质量等级调查评价、农村土地综合整治、国土空间生态修复及全国6省业务部门、技术机构和相关企业提供了技术支撑和数据服务，提升了技术水平、工作效率和企业自主创新能力，促进了耕地保护与质量提升，并取得经济效益近1亿元。

### 三、科技创新

#### 科技创新（限5000字）

##### 1. 立项背景：

耕地质量监测与评价可以客观地反映耕地现状，是我国开展土地整治、生态修复、农业面源污染防治等工作的基础。根据耕地“数量、质量、生态”三位一体保护要求，自然资源、农业农村和生态环境等部门开展了耕地质量年度监测与评价、土地整治、土壤污染调查等工作，四川省自1984年即开展国家级耕地质量长期定位监测工作。随着遥感等空间信息技术的发展，亟需创新耕地质量监测、评价与监管技术，支撑耕地质量监测与评价高效有序开展。

国内生态环境部门依据《土壤环境质量标准》开展土壤污染状况调查，通过设定耕地土壤的风险值和管制值评价耕地的污染状况，但缺少耕地污染与耕地质量的有效结合，无法综合表征耕地质量状况。国土部门的耕地监测与评价主要集中在耕地数量和质量方面，形成了耕地监测、评价年度工作，但对于耕地污染的调查内容、调查方式和评价指标等问题尚不明确，尚未将耕地污染要素融入到年度耕地质量监测与评价工作中，缺乏必要的理论方法和技术手段的支持。国外发达国家依托土壤环境评价监测等项目，相继研发和应用了遥感、无人机等对地观测技术实现了土地资源监测、评价与分类，有效提升了土地管理的科学性和时效性。在宏观层面对区域土地的生态安全和可持续利用的研究成果较多，主要从概念内涵、理论体系、评价方法、指标体系、动态监测等角度进行探讨，但较少关注对耕地环境质量的研究。

针对以上问题，项目依托国家、省部等科技计划，紧扣耕地质量“监测—评价—监管”技术主线，研发了耕地土壤重金属污染空间预测、耕地土壤属性遥感反演、耕地质量生态评价等技术，构建了四川省耕地质量监测网络及遥感监测技术体系，开发了多要素多尺度跨领域耕地质量监管平台，全面提升了耕地质量、评价与监管的技术水平和工作效率，实现了基于土壤属性与污染遥感反演的耕地质量快速监测评价与智能监管。

##### 2. 科技含量

###### (1) 总体思路

围绕耕地“数量—质量—生态”三位一体保护要求，以耕地质量“监测—评价—监管”为主线，重点突破耕地土壤污染监测、耕地质量遥感快速监测、耕地质量生态评价等技术，构建了四川省耕地质量遥感监测技术体系，开发了多要素多尺度跨领域耕地质量监管平台。解决了耕地质量监测与评价指标单一、周期长、效率低、成本高等难题，实现了基于土壤属性与污染遥感反演的耕地质量快速监测评价与智能监管。

###### (2) 技术方案与创新成果

基于地统计学、土壤生态学等理论，应用遥感、机器学习等技术方法，遵循“监测—评价—监管”技术主线，开展基于土壤属性与污染遥感反演的耕地质量监测与评价。攻克了耕地土壤污染遥感监测、耕地质量遥感快速监测、耕地生态质量评价等关键技术，研发了多要素多尺度跨领域耕地质量监管平台。主要创新成果如下：

###### 1) 耕地土壤污染遥感监测技术

通过污染区耕地土壤采样化验与高光谱遥感平台实验，结合污染源调查访谈、文献分析与数据挖掘，采集分析了地形地貌、植被、水文、土壤污染源、土壤重金属高光谱等数据，构建了融合土壤、地形、污染源距离等多因素污染风险预测指标体系，创新了基于风险评价的耕地土壤污染热点发现技术，创建了融合GA-BPNN-Kriging算法的土壤重金属空间预测方法与模型，研制了具有基础数据管理、反射光谱图绘制、高光谱遥感数据操作等功能的土壤重金属高光谱遥感数据管理与分析系统，实现了大尺度耕地土壤污染快速监测。取得发明专利3件，软件著作权1项，论文7篇。

#### 2) 基于土壤属性和土壤污染遥感反演的耕地质量监测技术

探索符合四川盆地特色的耕地质量监测模式，开展了耕地质量监测分区、样点优化布设与年度监测示范工作；提出了基于先验知识的监测样点布设方法，构建了涵盖地形特征、土壤性状、耕作条件、土壤污染等要素的耕地质量监测与评价指标体系，创新了基于高光谱遥感数据的耕地土壤属性快速精准反演技术；集成土壤属性、土壤污染遥感反演技术与现有监测手段，研发了基于土壤属性和土壤污染遥感反演的耕地质量监测技术，建立了由盆西平原区、盆地丘陵低山区、盆周山地区、川西南山地区、川西北高原高山区5个监测区、25个监测站及3680个监测单元构成的省、市、县三级耕地质量监测网络。取得发明专利3件，软件著作权3项，论文11篇。

#### 3) 基于高分遥感影像和PSR模型的耕地生态质量评价技术

在系统梳理耕地质量的内涵及耕地污染、生态评价方法的基础上，分析了耕地生产能力、生态健康、空间区位等多条件综合表征，创新了基于空间叠置与语义分析的耕地质量评价单元划分方法；集成融合污染要素的评价指标体系与耕地土壤属性及重金属污染遥感反演等技术，提出了基于国产高分遥感影像数据的“压力-状态-响应”(P-S-R)耕地质量评价方法与模型；构建了基于国产高分遥感影像数据的耕地生态质量评价技术，开发了基于遥感的耕地质量快速评价系统。取得发明专利2件，软件著作权3项，论文9篇。

#### 4) 多要素多尺度跨领域耕地质量监管平台构建技术

系统梳理了四川省耕地质量成果管理与应用现状，调研了省、市、县三级自然资源、农业农村和生态环境等部门对耕地质量成果管理的技术需求，提出了多层次跨部门协同数据更新的业务信息统计、数据交换与分发反馈技术模式，设计了省-市-县互联互通的耕地质量综合监管分布式架构体系，建立了耕地质量监管规则库，构建了业务信息“生成-提交-传递-审批-存档”的运行机制，形成了耕地质量数据跨部门多层次共建共享、协同应用方式，研制了多要素多尺度跨领域耕地质量监管平台。取得软件著作权1项，论文5篇，专著1部。

#### (3) 实施效果

成果广泛应用于全国6省相关业务单位、研究机构与企业，为耕地质量监测与评价、耕地占补平衡、高标准基本农田建设、土地综合整治及等其它关联业务提供了技术支撑，显著提升了技术水平和工作效率；为四川省耕地质量综合管理、土地整治规划设计、国土空间生态修复等工作提供了数据、平台和技术支撑。

1) 应用耕地土壤污染遥感监测技术，有效支撑了农业农村部门土壤改良、侵蚀

治理、养分平衡、污染防治、节水灌溉、耕作管理及生态环境部门污染调查等业务工作，解决了传统污染监测效率低、成本高、精度低等难题，推动了耕地生态文明建设，贯彻了国家粮食安全战略。

2) 应用耕地质量遥感监测技术和耕地生态质量评价技术，优化了四川省耕地质量监测网络，解决了传统耕地质量监测依赖大量监测样点、效率低、成本高、周期长，耕地评价指标单一等难题，实现了大尺度耕地生态质量的快速精准监测，提升了四川省耕地质量年度监测与更新评价工作科学性和规范性，提高了耕地质量年度监测与评价工作的效率。

3) 应用多要素多尺度跨域耕地质量监管平台，构建了耕地质量数据跨部门多层次共建共享、协同应用方式，提高了四川省、市、县不同层级、不同业务部门对耕地质量成果管理效率50%，成果应用转化效率提高30%，解决了耕地质量技术、管理与服务工作条块分割、互动性差等问题，打破了省市县多层次跨部门的信息互通屏障。

### 3. 创新点

#### (1) 基于高光谱遥感数据的耕地土壤属性快速精准反演技术

现行耕地质量监测与评价主要通过野外单点采样和室内分析来获取土壤属性数据，耗时费力成本高。项目采用文献分析、考察调研与遥感实验相结合的方法，理清了不同类型耕地土壤与耕地质量的内在关联，解析了土壤质地、土壤有机质、土壤养分等关键指标对土壤光谱的响应机理；提出了基于导数变换的土壤有机质的高光谱遥感反演、ROK-ANNOK-ELMOK混合地统计土壤有机质空间变异性预测、基于一阶微分变换光谱变量的土壤全钾高光谱反演等方法；构建了多元回归、遗传算法、粒子群算法等土壤属性反演模型，形成了基于高光谱遥感的耕地土壤属性反演技术。解决了大范围土壤指标信息快速精准获取的难题，将耕地质量监测与评价周期从每年1次缩短至每月1次，效率提升60%，成本降低50%。

发明专利：201710865008.8；201810894115.8 论文：Sustainability, 2017；西南农业学报, 2019 软著：耕地质量遥感数据管理及分析系统V1.0, 2017SR512507

#### (2) 融合GA-BPNN-Kriging算法的耕地重金属污染空间预测方法

当前的污染区重金属监测依赖大量的监测样点，以点代面预测区域污染程度，存在效率、精度低、成本高等问题。项目通过样本土壤光谱反射率处理获得土壤光谱反射率曲线，选取土壤特征波段构建BP神经网络模型，采用遗传算法训练BP神经网络得出基于GA-BPNN的重金属含量非线性预测模型，引入地形、气候、植被等辅助变量，融合克里格线性预测方法，创建了融合GA-BPNN-Kriging算法的土壤重金属空间预测方法，解决了污染区重金属全面快速精准预测的难题，提升了重金属污染预测精度30%，效率提升60%。发明专利：201810557158.7；201810890341.9；201810301982.6 论文：(Sustainability, 2018, 2019；Remote Sensing, 2019；软著：土壤重金属高光谱遥感数据管理与分析系统, 2019SR0521562

#### (3) 基于高分遥感影像和PSR模型的耕地生态质量评价技术

现有耕地质量评价主要采用耕地土壤本底质量、立地条件、耕地利用、管理水平逐级修正的方法，忽略了土壤污染的影响。项目研究了耕地生产能力、生态健康、空

间区位等多条件综合表征，引入耕地污染要素（土壤重金属含量），构建了涵盖地形特征、土壤性状、耕作条件、土壤污染等要素的耕地质量评价指标体系，创新了基于国产高分遥感影像数据的“压力—状态—响应”（P—S—R）耕地质量评价模型，集成耕地土壤属性及重金属污染遥感反演技术，创建了基于高分遥感影像和PSR模型的耕地生态质量评价技术。提升了耕地质量评价的科学性和精准性。发明专利：201811270257.3；201810269592.5论文：Solid Earth,2015；Conf. on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery,2007；广东农业科学，2013；软著：耕地质量快速监测与评价系统V1.0，2013SR116345；土地调查耕地产能评价系统V1.0，2019SR0974668

4. 保密方面：无。

#### 5. 国际比较

本项目成果整体上处于国际先进水平，在基于高光谱遥感数据的耕地土壤属性快速精准反演技术、基于土壤光谱地重金属空间预测技术和基于高分遥感影像和PSR模型的耕地生态质量评价技术方面达到了国际领先水平。（1）国内外主要采用Hyperion高光谱卫星影像数据、Landsat多光谱影像数据等进行土壤有机质、速效氮磷钾含量、土壤重金属等高光谱遥感反演研究，本项目采用波普分辨率为纳米级的高光谱影像数据进行土壤属性反演研究，具有更高的反演精度，采用融合导数变换、等算法的耕地土壤属性遥感高光谱反演模型和方法，构建了土壤属性高光谱的最佳反演模型，集成土壤有机质、土壤交换性阳离子等高光谱反演技术方法，构建一套完整的耕地土壤属性快速精准反演技术。（2）国内外已有GA—BPNN在多种预测模型中的应用，如地下无人驾驶车辆自主导航技术、铁路站房结构工程投资估测、巷道围岩变形模量预测等方面的应用研究，本项目采用遗传算法训练BP神经网络得出基于GA—BPNN的重金属含量非线性预测模型，引入地形、气候、植被等辅助变量，融合克里格线性预测方法，创建了融合GA—BPNN—Kriging算法的土壤重金属空间预测方法。（3）国内外已有基于PSR模型的耕地生态安全评价、基于遥感和PSR模型的城市景观生态安全评价等研究，本项目引入耕地污染要素（土壤重金属含量），构建了涵盖地形特征、土壤性状、耕作条件、土壤污染等要素的耕地质量评价指标体系，创新了基于国产高分遥感影像数据的P—S—R耕地质量评价模型，集成耕地土壤属性及重金属污染遥感反演技术，创建了基于高分遥感影像和PSR模型的耕地生态质量评价技术。

## 四、推广应用情况

### 1、推广、应用情况及社会评价（限 2000字）

#### （1）应用情况

项目成果已在全国6省254家省、市、县自然资源、农业农村和生态环境等相关业务机构推广应用，为耕地质量监测与评价、耕地占补平衡、土地综合整治及其他关联业务工作提供了技术支撑和数据服务，提升了技术水平和工作效率，促进了“放管服”改革。建设了由盆西平原区、盆地丘陵低山区、盆周山地区、川西南山地区、川西北高原高山区5个监测区25个监测站点及3680个监测单元构成的四川省耕地质量监测体系；完成了2015—2018年度全省3个自治州18个地级市183个县总面积673.64万公顷、涉及31.18万个图斑的耕地质量更新评价及面积107.56万公顷的耕地质量监测评价工作，提高工作效率60%，每年节约省、市、县各级工作经费约1000万元，外业调查和数据化验经费800多万元；完成了四川省135个县总面积496.95万公顷的耕地质量定级工作，构建耕地质量级别体系并建设了数据库；完成了罗江县、江安县、新津县、阆中市5个县（市）的国家耕地质量和耕地产能评价试点工作，构建“两套指标体系”，制作耕地质量、耕地产能指数分布图。还为自然资源部门耕地占补平衡、第三次国土调查、农村土地综合整治、国土空间生态修复提供了数据支持，为农业农村部门土壤改良、侵蚀治理、养分平衡、污染防治、节水灌溉、耕作管理及生态环境部门污染调查等业务工作提供了技术参考。

项目成果在电子科技大学等高校应用，为资源环境、遥感技术等领域科研和学科建设提供了应用场景和数据支撑，促进了科研成果转化应用及“产—学—研”体系的深化，培养了科技人才。

项目成果在四川省煤田测绘工程院等企业应用，提升了企业自主创新能力，取得了明显的经济效益。其中，直接参与项目工作的企业共获得高技术服务项目639项，直接经济效益近1亿元，节约开支1千余万元，综合效率提升60%以上。

#### （2）应用前景

随着国家自然资源监测与评价、国土综合整治、生态环境综合治理、高标准农田建设等工作的深入推进，对地观测与信息技术的飞跃发展，在当前应用领域将新增大量基于土壤属性与污染遥感反演的耕地质量快速监测与评价技术服务需求，带来更多市场和经济效益。通过推广项目技术成果，其影响将产生倍数效应，深入拓展到山、水、林、田、湖、草快速监测与评价，并为国土空间规划与生态保护修复等业务奠定基础，在农业、环保、水利、林业等部门具有广阔的推广前景。

#### （3）社会评价

在四川省国土整治中心等单位的应用效果反馈中，认为应用基于土壤属性与遥感反演的耕地质量监测与评价技术成果，优化了四川省耕地质量监测网络体系，提高了耕地质量评价的科学性，有效提高了耕地质量年度监测与更新评价等业务工作的效率和精度，节约了人力、物力成本50%以上，耕地质量成果的转化效率提高30%以上，拓宽了在全省土地整治、高标准标准农田建设等相关业务中的推广转化。

四川省农业科学院土壤肥料研究所应用项目成果，认为“基于土壤属性与污染遥

感反演的耕地质量监测与评价技术对于研究所开展土壤改良、土壤侵蚀模型、NUTMON养分循环模型、PEARL农药渗漏模型、节水灌溉、耕作制度、饲草育种和栽培等领域的实用技术开发以及应用推广具有技术指导和科技示范作用”。

巴中市自然资源和规划局土地整理中心等事业单位应用项目成果，认为“应用相关研究和技术成果，有力支撑了本市耕地质量监测与评价工作的开展实施，提供了科学的技术路线和方法，显著提高了工作效率；提供了多要素多尺度跨领域的耕地质量监管平台，其多层次跨部门协同数据更新的业务信息统计、数据交换与分发反馈技术模式为本市、县完善土地整治监管机制和平台起到了积极的参考作用，综合提高了信息化管理水平”。

成都理工大学、成都电子科技大学等高效与研究机构认为：“该技术成果提高了耕地质量监测与评价科学性与技术性，为全面掌握耕地现状变化、保持耕地质量等别现势性、实现耕地数量、质量、生态三位一体保护提供了重要的研究依据。提升了耕地保护研究的科技水平，项目实施期间，培养了研究生及高级职称人才20余名，提升了单位科研和技术工作水平”。

四川持恒测绘工程监理有限公司、四川省煤田测绘工程院、广东友元国土信息工程有限公司等企业认为：“通过上述技术成果的应用，完成了57个县（市、区）耕地质量年度监测与更新评价项目，应用遥感反演快速获取大尺度耕地土壤属性数据，提升了项目工作的科学性与应用性水平，显著提高了耕地监测指标获取效率，解决了工作中采样成本高、周期长等难题，节省了数据采集与化验成本50%以上，保障了项目进度和质量，同时也扩大了市场份额，直接经济收益提高了30%”。