# 2019年国家科学技术奖提名公示内容

## 一、项目名称

农田水分信息自动采集与智能灌溉控制关键技术及应用

## 二、提名者及提名意见

**提名者：**农业农村部

**提名意见：**

我国是灌溉大国，灌溉农田比例超过了50%，但农业水资源短缺现象非常严重，成为农业持续稳定发展的重要制约因素。因此，在我国未来农业现代化过程中，对智能、精准、高效、节水的现代化灌溉技术的需要将会十分强烈。

该项目在国家“863”计划的连续资助下，对现代化灌溉系统相关组成部分的关键技术与核心设备开展了协同研究，取得了如下创新：（1）研发了多种农田水分信息自动采集技术与设备，满足了不同类型目标与尺度范围作物水分状况实时、自动监测的需要；（2）研制了基于KBE理论的智能灌溉决策系统，具有很强的自学习功能，从而不断提高系统决策的智能化，实现水肥供给的精量控制；研发了7种新的精量灌溉控制设备，具有很好的精准性、稳定性、可靠性和性价比，满足了不同应用环境的田间精量用水控制需求；（3）配套研制了智能灌溉技术支持与服务平台，为项目研发的关键技术与设备的大范围应用提供了可靠的技术支撑与服务保障。

项目共研发新设备/新产品16件，国家授权发明专利19项，实用新型专利和软件著作权29项；发表学术论文157篇，其中SCI收录论文22篇。研发的“区域土壤水分遥感监测技术”已经成为农业农村部全国耕地墒情信息监测的支撑技术，研制的智墒仪已销售6000余台，实现规模化生产与应用；集成的技术体系已在北京、重庆、河南、河北等地的自动灌溉系统建设与指导农田灌溉管理中得到大面积推广应用，取得了显著的节水、增产、增效效果。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

## 三、项目简介

灌溉现代化是农业现代化的重要组成部分。针对未来农田灌溉节水、精准、高效发展的重大需求，项目组对现代化灌溉系统两个基本组成部分“农田水分信息自动采集”和“智能灌溉决策与精量用水控制”中的一些关健技术与设备，以及系统大面积应用所需的“技术支持与服务平台”进行了10余年的协同攻关，研制了如下一些具有自主知识产权和创新性的新技术和新设备：

**1、农田水分信息自动采集技术与设备**

（1）采用独特结构与功能设计，集成融合电磁传感、无线传输、大数据、云计算和互联网+等新技术，研制了基于互联网运行、管理的智能化土壤墒情监测仪（智墒仪）；

（2）融合遥感监测与作物用水过程模拟技术，研制了物理机理明确、对地面校正依赖性小的区域土壤水分状况遥感监测系统，克服了传统方法只能监测表层土壤水分、监测周期长的局限，实现了区域墒情逐日监测，监测精度提高到92%。

（3）研制了适用于指导大田作物灌溉的“傻瓜式”灌溉预警装置，以及适用于温室作物和果树作物水分状况自动监测的植株茎变差监测仪和热脉冲茎流计等设备，并建立了相应的作物水分状况诊断指标，满足了多用途农田作物水分信息实时、自动监测的需求。

**2、智能灌溉决策和精量用水控制技术与设备**

（1）研制了基于KBE理论的信息处理与灌溉智能决策系统，使灌溉决策与控制系统具有了良好的自学习功能，能够不断提高系统灌溉决策的智能化程度，有效实现水、肥供给的精量控制。

（2）针对田间不同应用场景实施精量灌溉控制的需求，研制了7种精量灌溉控制设备。针对已有灌溉控制设备性能差、功能弱等问题，提出了“硬件可组合、软件可编程”的智能灌溉控制设备开发思路，开发了一系列控制模块、控制接口、智能采集模块，设计了基于虚拟机的控制设备用户编程模式和工具，解决了大面积农田自动灌溉控制问题，产品安装方便、性价比优。

**3、智能灌溉技术支持与服务平台**

构建了基于大数据、云计算和互联网+等新技术的智能灌溉技术支持与服务平台，包括“E生态数据平台”、“土壤墒情遥感监测系统”、“农田墒情预测和灌溉预报网络化服务系统”、“智能灌溉远程监控服务平台”等子系统，为项目研制的关键技术与设备的大面积推广应用提供了可靠的技术支撑与服务保障。

本项目共研发新设备/新产品16件，获国家授权发明专利15项，其他知识产权27项；发表学术论文108篇，其中SCI收录21篇。

项目的研究成果得到大面积推广应用：智墒仪已销售6000余套；“区域土壤水分遥感监测技术”已成为农业农村部日常业务“全国耕地土壤墒情动态监测”的支撑技术，覆盖全国范围的所有耕地；智能灌溉控制技术和设备已用于北京、重庆、宁波等地80余万亩农田自动控制灌溉系统建设；“农田墒情预测和灌溉预报网络化服务系统”已用于指导黄淮海地区3000多万亩农田的精准灌溉管理，取得了显著的节水、增产、增效作用。

## 四、客观评价

1、科技查新结果

2018年3月中国农业科学院农业信息研究所科技查新结果证实：国内外所查文献范围内，该成果提出的6点创新，除了查新项目完成单位及其项目组成员外，未见其它相同公开文献报道，表明该项成果具有原创性。

2、科技部专家组验收结论

“十二五”863计划课题“作物需水信息采集与智能控制灌溉技术”是本项研究成果的主体依托科研项目之一，由农田灌溉研究所孟兆江研究员主持完成，项目验收组专家形成的验收意见认为，“课题全面完成了各项研究任务和考核指标，突破了一系列关键技术，形成了从作物需水信息采集到灌溉预报和农田灌溉精准控制的技术体系”。

3、科研成果专家组鉴定意见

“十一五”863计划课题“作物需水信息采集技术与设备”是本项研究成果主体依托的另一个科研项目，由农田灌溉研究所段爱旺研究员主持完成。2013年5月26日，河南省科技厅组织专家对科研成果“作物需水信息采集技术与设备”进行了鉴定，专家组一致认为“该项成果总体上达到了国际先进水平，其中在土壤水分点位监测设备和区域土壤墒情遥感监测等方面的研究成果达到国际领先水平”。

## 五、应用情况

该项成果已在多个领域得到广泛应用，主要案例有：

（1）研制的智能土壤墒情监测仪（智墒仪）已累计销售6000余套，覆盖了全国27个省（市、自治区），广泛应用于农田土壤墒情监测与灌溉用水管理、灌溉水利用系数测算、科学试验研究、农业和生态大数据监测等工作。

（2）研制的“区域土壤水分遥感监测技术”已成为农业农村部日常业务“全国耕地土壤墒情动态监测”的支撑技术，每年提交动态监测报告80余期。

（3）集成的“农田水分信息自动监测与智能灌溉控制技术”在北京、重庆、宁波等地的现代化农业园区建设中得到推广应用，累计应用面积80多万亩。

（4）集成的“农田水分信息自动监测与灌溉预报网络化服务技术”在黄淮海地区推广应用3000多万亩，起到了明显的节水、增产、增效作用，经济效益和社会效益显著。

## 六、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** | **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 | 根据作物缺水逆境生理反应进行灌溉的控制方法及其装置 | 中国 | ZL200410060260.4 | 2007.05.16 | 325716 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 高胜国，段爱旺，孟兆江，刘祖贵，张寄阳 | 有效 |
| 发明专利 | 植物茎秆直径变差测量变送器 | 中国 | ZL200410060504.9 | 2007.10.10 | 351316 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 高胜国，段爱旺，孟兆江，刘祖贵，张寄阳，肖俊夫，陈金平 | 有效 |
| 发明专利 | 农田灌溉指示装置及其使用方法 | 中国 | ZL201310095243.3 | 2015.07.08 | 1719520 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 张寄阳，宁慧峰，申孝军，刘小飞，王峰，刘浩 | 有效 |
| 发明专利 | 农田墒情远程采集发布系统 | 中国 | ZL201210343218.8 | 2017.07.02 | 1433585 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 郑文刚，高祥照，邢振，申长军，李文龙，张馨 | 有效 |
| 发明专利 | 一种无线电磁阀的射频唤醒电路 | 中国 | ZL201410053870.5 | 2016.02.10 | 1948994 | 北京农业信息技术研究中心 | 申长军，赵春江，郑文刚，邢振，王明飞，张石锐，李金雷，鲍锋，郭瑞 | 有效 |
| 发明专利 | 基于远程控制的智能注肥系统 | 中国 | ZL201110025871.5 | 2012.08.15 | 1022907 | 西安瑞特快速制造工程研究有限公司、西安交通大学 | 魏正英，卢秉恒，王永信，唐一平，何威，罗卫红 | 有效 |
| 发明专利 | 基于物联网远程控制的智能无土栽培装置 | 中国 | ZL201110025521.9 | 2012.10.10 | 1057392 | 西安瑞特快速制造工程研究有限公司、西安交通大学 | 魏正英，卢秉恒，王永信，林起崟，席贞强，杨建森，罗卫红 | 有效 |
| 发明专利 | 一种手持式土壤参数测量装置及土壤参数测量方法 | 中国 | ZL20131314423.6 | 2015.10.28 | 1827634 | 北京安赛博技术有限公司 | 余萍，黄思源 | 有效 |
| 发明专利 | 一种土壤振动的测量方法和土壤检测装置 | 中国 | ZL201210331005.3 | 2016.06.01 | 2091721 | 北京安赛博技术有限公司 | 余萍，黄思源 | 有效 |
| 软件著作权 | 农业干旱遥感监测系统V.10 | 中国 | 2014SR189252 | 2014.12.05 | 0868488 | 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 | 王利民，等 | 有效 |

## 七、主要完成人情况表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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** |
| 段爱旺 | 1 | 无 | 研究员 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 对创新点1和3做出创造性贡献。是研究项目和研究成果的总设计与管理人。对土壤水分传感器、茎变差传感器和作物热脉冲蒸腾速率测定仪等设备研发提出理论指导、设计思路、技术路线、拟解决的技术难点和关键技术等；主持完成“基于农田墒情和天气信息的灌溉预报网络化系统”研发。 |
| 孟兆江 | 2 | 无 | 研究员 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 对创新点1和3做出创造性贡献。系成果依托课题的负责人。建立了基于茎直径变化无损实时监测诊断作物水分状况的指标与技术规程，参与“基于农田墒情和天气信息的灌溉预报网络化系统”的研制；协助第一完成人总结凝练研究成果，执笔完成研究成果的多项内容。 |
| 郑文钢 | 3 | 室主任 | 研究员 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 对创新点2和3做出创造性贡献。系智能控制灌溉设备研发任务负责人，研制了多点土壤水分测量的方法及传感器、农田墒情信息自动采集系统、智能灌溉控制设备、IC卡农业用水计量等关键设备，开发了农业节水灌溉软件平台。 |
| 魏正英 | 4 | 无 | 教授 | 西安交通大学 | 西安交通大学 | 对创新点2做出创造性贡献。智能控制灌溉技术研究任务负责人。构建了基于KBE的多因素综合的作物需水信息诊断和灌溉智能决策模型；研发了适用于大田环境的农作物灌溉自动控制技术系统及数据传输设备；研制了灰色预测模糊PID控制器，实现水肥精量控制，建立基于互联网管理与控制的自动灌溉控制系统。 |
| 王利民 | 5 | 无 | 副研 | 中国农业科学院农业资源与区划研究所 | 中国农业科学院农业资源与区划研究所 | 对创新点1做出创造性贡献，主持完成区域土壤水分遥感监测及信息处理技术的研制，开发出基于SWAP模型的土壤水分遥感监测原型系统。与同类技术相比，本系统基于改进的遥感干旱指数的遥感监测算法，具有与作物生长机理密切相关的土壤水分获取技术；对地面调查依赖性小、监测机理明确、时间频次高、性价比高、区域适用性强。 |
| 马孝义 | 6 | 院长 | 教授 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 | 对创新点1做出创造性贡献。利用热脉冲原理研发出具有自适应能力、分别适用于树木和草本植物的蒸腾速率测定仪；开发出对测定仪测量数据进行接收、分析、处理的上位机监控软件；配套研制出多功能无线数据传输终端及便携式数据存储仪。 |
| 余　萍 | 7 | 无 | 高工 | 北京东方润泽生态科技股份有限公司 | 北京东方润泽生态科技股份有限公司 | 对创新点1和3做出创造性贡献。将电子技术、传感器技术、大数据、云计算和互联网技术等高度集成与融合，研发了智能化土壤墒情监测仪（智墒仪），开发了e生态数据平台，实现了墒情监测的智能化和互联网化，取得了2项相关发明专利。 |
| 张寄阳 | 8 | 无 | 研究员 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 对创新点1做出创造性贡献。参加作物需水信息采集技术与设备研发工作，基于蒸发量与作物耗水量的关系，研制出“傻瓜式”新型灌溉预警装置，构建了新疆膜下滴灌棉花和华北地区冬小麦的灌溉预警指标； |
| 张石锐 | 9 | 无 | 副研 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 对创新点1和3做出了贡献。主要负责本项目中智能节水灌溉决策方法研究和智能化灌溉控制设备研发工作。提出了利用作物蒸腾和水量平衡理论进行灌溉决策的方法。 |
| 范兴科 | 10 | 无 | 教授 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 | 对创新点2做出了创造性贡献。主要参加智能控制灌溉技术研发工作，主持研发了日光温室作物智能控制滴灌系统。 |

## 八、主要完成单位及创新推广贡献

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **排序** | **完成单位** | **创新推广贡献** |
| 1 | 中国农业科学院农田灌溉研究所 | 农田灌溉研究所是本项成果主要依托的3个“863”课题的牵头单位，主持课题的技术路线总体设计和立项工作，组建研究团队，部署研究任务组织分工与协作。在成果中，具体承担作物水分信息自动采集技术与设备的研发。针对我国农业生产中缺少实时、准确监测作物水水分信息的设备，现有设备国产化程度低，系统化、配套性差，长期依赖进口，价格高，维护难等问题，研究团队分工协作，研制了新型土壤水分监测设备，提高了监测结果的稳定性、准确性和通用性，实现了运行管理的智能化与互联网化；研制了新型茎变差传感器，确定了适宜的茎变差数据采集时间和传感器优化布设方式，建立了作物不同生育时段的缺水诊断指标和量化阈值，以及综合考虑环境因子影响的定量诊断模型，构建了基于茎直径变化量无损、实时、连续监测作物水分状况的技术体系。基于蒸发量监测研制出“傻瓜式”灌溉预警装置，耗水量监测误差小于5%，预警时间误差小于2d；区域土壤水分遥感监测系统，具有对地面调查依赖性小、监测机理明确、时间频次高、性价比高、区域适用性强的优点。并研究提出土壤水分监测探头布设及其数据标准化处理方法。  组织与实施示范区建设与项目成果推广应用工作。基于蒸发量的灌溉预警装置在新疆生产建设兵团棉花和河南冬小麦灌溉管理上得到大面积推广；集成的区域土壤水分智能监测与灌溉预报管理技术在河南、河北得到大面积应用，取得了显著的节水、增产效果。 |
| 2 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 北京农业智能装备技术研究中心是北京市科委在全国率先成立的专门从事农业智能装备技术研究开发的高技术重点实验室。中心在数字农业监控技术研究应用上已形成较好的工作基础，长期从事农业自动化、信息化智能化方向的研究，在节水灌溉研究领域形成了理论研究、设备开发、推广应用相结合的研发优势。  在本项成果形成过程中，北京农业智能装备技术研究中心从农业生产实际出发，针对农业生产中节水灌溉存在的问题提出了利用基于作物蒸腾的水量平衡法进行精准灌溉的智能决策方法，并发挥自身优势，设计研发了支持该智能决策方法的智能灌溉控制器，推动智能节水灌溉技术从理论走向实践。针对实际生产中自动化节水灌溉设施安装难、成本高的问题，提出了一种无线阀门控制方法，该方法采用超低功耗的无线射频技术，保证内部电源供电续航时间的情况下，实现了较长距离的无线通讯。利用该方法设计的田间无线阀门控制器应用过程中避免田间布线且具有较高的稳定性，极大的降低了自动化灌溉控制设备的安装难度和成本，为自动化节水灌溉技术的推广和应用创造了条件。  在本项目推广应用中，北京农业智能装备技术研究中积极的利用本项目中的研究创新成果在全国不同地区建立示范基地，在实际生产中验证创新成果的社会效益和经济效益，为项目创新成果不断改进升级提供了有力支撑，同时扩大了本项目在节水灌溉研究领域的影响力。 |
| 3 | 西安交通大学 | 构建了基于物联网的智能灌溉远程控制系统。系统将无线通讯技术与Internet、单片机控制及数据库相结合，通过手机、固定电话或PC机即可远程控制农田灌溉设备。相对于其他现场灌溉控制系统，该系统可大幅度节约人力成本；相对基于Arm嵌入式开发平台的控制系统，该系统具有更高的稳定性，且不易受外界电磁信号干扰，有足够大的数据存储空间，并可以常年不间断运行。  开发了基于知识工程（KBE）的智能灌溉决策支持技术。首次将KBE技术应用于农田灌溉智能化和精准化控制，并融合了传感技术、嵌入式技术、控制技术和各类节水灌溉临界控制指标或阈值，形成基于知识工程和物联网的远程智能灌溉控制系统，主要特点是：灌溉知识自学习，多种决策模型选择，经典和智能融合。原始气象数据作为预测ET0的基本输入参数, 灌溉预测所需的气象数据直接从网络上获取。经实际检验，该技术的实际预测精度可达92%以上。  研制了灰色预测模糊PID控制器。融合灰色理论、模糊数学、控制论和PID技术，开发了用于灌溉系统智能精准控制的灰色预测模糊PID控制器。仿真结果和实验结果均表明灰色预测模糊PID控制比模糊PID控制器和传统PID控制器具有更强的适应性，良好的控制性能和鲁棒性；系统暂态响应的上升时间和调整时间减小显著，系统实时性好；系统的最大超调量有所增加，可以提高调速系统的速度跟踪特性。将灰色预测模糊PID控制器与水肥智能精量灌溉控制机的设计、优化、开发及制造相结合，实现了水肥精量控制。 |
| 4 | 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 | 将SWAP模型与遥感数据结合对土壤水分进行反演，由单点模式发展到区域尺度，实现区域范围监测。将水量平衡分量按日为单位作为模型输出，实现了日动态监测。  引进了雷达数据对土壤水分进行监测，缩小受云雨等天气的影响，有效弥补可见光监测时的数据缺失问题，具有全天候持续土壤水分监测的能力。  研制的“区域土壤水分遥感监测技术”已成为农业农村部日常业务“全国耕地土壤墒情动态监测”的支撑技术，每年提交动态监测报告80余期。区域墒情监测结果与地面定点监测结果相配合，对河南省、河北省的冬小麦灌溉管理提供指导，取得了显著的节水、增产作用。 |
| 5 | 西北农林科技大学 | 研制了分别适用于木本植物和草本植物使用的热脉冲蒸腾速率测定仪，测量误差小于5%，仪器整体功耗低于30毫安，可更好发适应野外长期连续监测需求。该设备实现了数据自动采集、低功耗运行、移动盘存储和无线信号传输，系统稳定性、适用性和灵敏度都有了大幅度的提高，与以色列、日本和新西兰等国生产的同类产品相比，在性能相同的基础下，成本降低30%以上。  开发出作物需水量实时接收系统，能够对灌区的作物需水量信息进行估算和预报。基于众多气象要素对ET**0**影响程度的分析，并结合人工神经网络技术，建立了基于日平均空气湿度、日最高气温、日最低气温和日平均气温等4个主控因子稳健可靠的人工神经网络模型，具有较好的普适性，实际应用于农田土壤墒情预测与灌溉预报系统之中，具有较高的可靠性和预测精度。 |
| 6 | 北京东方润泽生态科技股份有限公司 | 在充分研判国内外土壤墒情监测技术现状、存在问题，以及未来农业现代化发展对墒情监测设备需求及技术支持需求的基础上，借助现代工业设计中用户体验的分析技术，结合互联网、大数据和物联网的颠覆性理论，重新设计了产品结构，继承了管式和插针式优势，弥补了其不足之处，开发了面向大规模、多元化应用场景的新一代智能土壤墒情测量仪。智墒仪将物联网通讯终端、数据存储和处理单元、多深度水分及温度传感器、高性能电池在一个管中集成；低能耗，可用太阳能电池供电，无外部供电工作时间超过30天，15分钟现场操作，无土壤扰动，无需现场校准，智能启停，极大降低人力安装与维护需求；产品生命期数据完整记录及备份，支持大数据分析及移动设备访问。  目前设备广泛应用于各个领域，包括河南、河北的区域农田墒情自动监测，内蒙、新疆等地的灌溉水有效利用系数监测，以及中国农业科学院、中国农业大学等单位的科研工作和赤峰市、蒙草集团的农业大数据和草原生态大数据采集等项目。 |

## 九、完成人合作关系说明

完成人段爱旺、孟兆江、张寄阳等均为作物水分信息自动采集与灌溉预报系统研发团队主要成员，已进行长期合作。段爱旺是本项目负责人，主持项目立项和总体设计，对土壤水分传感器、茎变差传感器和作物热脉冲蒸腾速率测定仪等设备研发提出理论指导、设计思路、技术路线、拟解决的技术难点和关键技术等；主持灌溉预报与网络化服务系统的研发；孟兆江是“十五”至“十二五”863计划课题的骨干成员，参与立项报告和研究实施方案的撰写，协助组织协调研究团队成员间的科研合作与学术交流活动，参与撰写课题验收报告与相关文字材料；张寄阳承担项目子课题研究任务，研制出“傻瓜式”新型灌溉预警装置。

王利民、马孝义和余萍是作物水分信息自动采集研究任务的主要合作者。其中，王利民主要与刘战东等合作，承担区域土壤水分遥感监测技术系统研发，开发出基于SWAP模型的土壤水分遥感监测原型系统；马孝义主要参加作物需水信息采集技术与设备研发，利用热脉冲原理研发出具有自适应能力的分别适用于树木和草本植物的蒸腾速率测定仪；开发出对测定仪测量数据进行接收、分析、处理的上位机监控软件；配套研制出多功能无线数据传输终端及便携式数据存储仪；余萍与灌溉所成员合作，原创研发了智能化土壤墒情监测仪（智墒仪），实现了农田墒情监测的智能化和互联网化，为通过实时监测土壤水分状况实现作物精准灌溉控制提供了技术与设备支撑；合作研制了土壤墒情预测与灌溉预报网络化服务系统，有效拓宽了墒情监测技术的应用与服务范围。

主要完成人郑文刚和张石锐，是智能灌溉控制设备研究团队主要成员。郑文刚是智能灌溉控制设备研发任务负责人，在项目的需求分析、组织协调、成果应用推广以及产品产业化方面做出了突出贡献；提出了智能控制设备及系统成果核心的技术框架结构，组织研发了智能灌溉控制器与机井水电计量控制器，组织了成果的应用示范，建立了区域推广联系和用户信息反馈渠道，加速了成果的产业化；张石锐主要承担本任务中智能节水灌溉决策方法研究工作，研究提出了利用作物蒸腾和水量平衡理论进行灌溉决策的方法，该方法避免了利用土壤水分进行灌溉决策时空间差异大的问题。提出了利用休眠唤醒技术降低无线阀门控制器的功耗，并研究了具体的实现方法。在项目实施过程中，作为主要的硬件研发人员组织和参与了灌溉控制器、无线阀门控制器的研制工作。

魏正英和范兴科是智能灌溉控制技术研发团队主要成员。魏正英是是智能灌溉控制技术研发任务负责人，主要贡献是研发出面向灌溉智能诊断及控制策略的农田水、肥信息及土壤、作物、气象等环境信息的采集系统；构建了基于KBE的多因素综合的作物需水信息诊断和灌溉智能决策模型；研发了适用于大田环境的农作物灌溉自动控制技术系统及数据传输设备；研制灰色预测模糊PID控制器，实现水肥精量控制，建立基于不同灌溉方式的系列化自动灌溉控制系统。范兴科是魏正英团队的骨干成员，承担温室灌溉智能控制系统研发任务，创造性贡献是：提出了日光温室番茄、辣椒等作物不同生育期生长适宜的土壤水分上下限指标，为作物的缺水诊断提供了科学依据；开发出日光温室作物水分亏缺状况智能诊断与灌溉决策软件及操作平台系统，与温室灌溉计算机控制系统通过模块组装，节点链接，实现了温室作物的水分亏缺智能诊断与灌溉自动控制。