

一、项目名称

农田灌溉精准调控理论创新与技术开发应用

二、提名意见

提名者：中国水利水电科学研究院

完成人：张宝忠 白美健 吴彩丽 陈鹤 徐俊增 戴玮

提名意见：该项目系统开展了作物水分状况诊断、农田灌溉过程调控等研究，提出了农田灌溉精准调控理论与技术，形成了多项创新性成果，并申请了多项发明专利，取得了显著的社会和经济效益。。

三、专利情况

序号	专利名称	专利号	法律状况
1	一种农田生长信息监控装置	ZL 2019 1 0322551. 2	授权
2	基于热电偶监测叶温升高的作物水分亏缺监测装置及其检测方法	ZL 2015 1 0582859. 2	授权
3	一种参考作物腾发量组合预测方法	ZL 2016 1 0655672. 5	授权
4	一种农田作物信息采集装置	ZL 2019 1 0322406. 4	授权
5	地面灌溉地表水流运动过程模拟方法	ZL 2016 1 0349658. 2	授权
6	一种模拟田面微地形空间分布状况的方法	ZL 2007 1 0130712. 5	授权
7	一种基于地表水深信息的地面灌溉控制方法	ZL 2015 1 0850162. 9	授权
8	给定流量下调节闸门开度的方法	ZL 2019 1 0395474. 3	授权
9	自动施肥给水控制系统及其控制方法	ZL 2018 1 0856902. 3	授权
10	一种节能农业种植用灌溉装置	ZL 2018 1 0361540. 0	授权

四、项目简介

(1) 技术背景

农田灌溉事关国家粮食安全、水安全和生态安全重大战略需求。我国很多地区灌溉主要依靠人工经验操作，灌溉技术管理薄弱，灌溉过程可控制性差，灌溉用水效率远低于世界先进水平。因此，亟待发展农田适时适量灌溉调控技术。

然而，多年来作物水分状况诊断方法不足、农田灌溉过程模拟不准确、灌溉调控装置落后等，成为制约农田精准灌溉技术的发展瓶颈。本项目正是以攻克这一技术瓶颈为目标，突破了作物水分诊断、灌溉过程模拟、调控装置研发等多项难题，构建了创新型农田灌溉精准调控理论与技术。

本项目研究成果将实现灌溉水分生产效率提高 25%以上，灌溉水利用系数提高 10%以上，在我国推广应用的节水潜力可达 50 亿 m^3 ，社会、经济和生态效益显著。

(2) 创新点

创新点 1: 创建了高精度且便于推广的一整套作物水情、农情信息诊断与预测预报方法，并研发了相应监测装置，对作物生育期内生长信息、水分亏缺程度、需耗水量进行精准评估，为农田精准灌溉提供作物水分需求信息。

1.1 通过多光谱及可见光成像原理，对作物株高、叶片数、叶面积、叶片光谱等多重指标进行自动监测，并同步获取温湿度、二氧化碳浓度等作物环境信息，研发了可调节式测控装置，实现了作物生长状况全程监测预警，突破了作物需水及早期干旱预警手段不足的瓶颈。

1.2 引入充分蒸腾物，采用一组热电偶的冷热端监测叶温变动，可直接获得作物水分亏缺状况，克服了传统方法需要同步测定叶温、气温和充分湿润表面温度的不足，为农田作物水分亏缺诊断提供了一种经济方便的高精度监测方法和装置。

1.3 通过分析参考作物腾发量估算方法在不同天气条件下的预测精度，创建了各模型在组合预测中的权重数据集，形成了基于天气预报数据的参考作物腾发量组合预测，以此减弱采用单一方法预测的不确定性，增加作物需水预测的可靠性。

创新点 2: 创建了一种田间微地形空间分布状况模拟方法和灌溉水流推进运

动模拟方程，实现了灌溉水流动态过程精准预测，同时提出了一种基于地表水深信息的地面灌溉控制方法，可实现对地面灌溉过程的精准控制。

2.1 考虑相对高程分布的随机性和空间相关性，利用 Kriging 插值法对 Monte-Carlo 生成田面相对高程数据进行空间相关性修正，创建了一种模拟田面微地形空间分布状况的方法，使模拟结果更接近真实客观的地面微地形状况，突破了农田地形参数表征长期不准确的瓶颈。

2.2 发展改进了全水动力学方程，通过输入目标畦田的地表相对高程和田面糙率、地表水入渗率初值，提出了一种地面灌溉水流运动过程模拟方法，可实现农田任意点在任何时刻的水深、流速等灌溉过程关键要素的精细表征。

2.3 创新采用自适应反馈算法，土壤入渗参数随短期地表水深信息、水流推进状况不断优化，构造了一种基于地表水深信息的地面灌溉控制方法，突破了传统方法采用固定参数导致的应用局限性和不确定性，实现了灌溉全程预测和精准控制。

创新点 3: 研发了闸门开度调节系统、自动施肥给水控制系统、农田灌溉装置等系列化的灌溉调控装置和设备，为实现农田精准灌溉提供了硬件支撑。

3.1 考虑水运动势能与动能梯度驱动的非线性特征，创建了一种给定流量下调节闸门开度的方法，突破了传统确定闸门开度的等比例分配法，有效提升了闸门对水流的控制精度。

3.2 依据土壤湿度和离子浓度采集信息，研发了可全自动施肥灌溉的控制系统及实施调控装置，实现了农田水肥施灌的适时与精准，有效提高灌溉施肥效率。

3.3 创制了采用水流动力进行水箱杂质清除的装置，实现了水箱净化和节能的双重目标，同时通过设置透水网板和流速调节机构，从而提高了灌溉均匀性。

(3) 效益

围绕相关技术和专利，形成了具有自主知识产权的系列集成软件产品及装置，已被包括政府机关、灌区管理部门、科研机构，以及企业在内的多类型单位应用，效益显著。

1、该技术已被水利部黄河流域委员会等政府机关采纳，支撑了农业用水数据管理，大幅提高了效率。

2、该技术已被河套灌区、泾惠渠灌区等列入“十四五”灌区续建配套与现

代化改造实施方案。

3、该技术已在河套灌区、冶河灌区等开展示范应用，灌溉用水效率提高 20% 以上。

4、该技术已在河海大学、新疆水科院、水利部灌溉试验总站开展应用，支撑数据管理工作。

5、该技术已由京蓝云科技有限公司等采用，向不同用户开展水情决策智能服务。

五、评价

1、该技术通过鉴定和第三方评议，具有重要创新和重大应用价值，总体达到国际先进水平。

2、该技术应用于河套灌区灌溉调度管理系统，作为“河套灌区水循环立体监测与用水生态高效调控”成果的一部分，获得了 2018-2019 年度农业节水科技奖一等奖。

3、该技术服务于西南中型灌区现代化建设规划框架体系，作为“西南中型灌区现代化建设规划方法与实践”成果的一部分，获得了 2018-2019 年度农业节水科技奖二等奖。

4、该技术已申报 2020 年度《水利先进使用技术重点推广指导目录》。

5、该技术作为水利部 2019 年先进技术产品，面向省级水行政主管部门及大型灌区管理人员开展为期 2 天的技术推介会。