

ICS

CCS

T/GXDSL

团 体 标 准

T/GXDSL — 2026

## 主要作物水肥一体化智能灌溉技术规程

Technical Regulations for Integrated Water and Fertilizer Intelligent Irrigation of  
Major Crops

（工作组讨论稿）

（本草案完成时间：2026-01-22）

2026 - - 发布

2026 - - 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

前 言 ..... III

1 引言 ..... 1

2 范围 ..... 1

3 规范性引用文件 ..... 1

4 术语和定义 ..... 2

5 系统设计要求 ..... 3

6 智能控制策略与决策模型 ..... 3

7 设备选型与性能要求 ..... 4

8 安装、调试与验收 ..... 4

9 运行、维护与管理 ..... 5

10 主要作物技术参数参考 ..... 5

11 数据管理与质量控制 ..... 5

12 附则 ..... 6

## 前 言

本文件依据GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广西产学研科学研究院提出并宣贯。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

# 主要作物水肥一体化智能灌溉技术规程

## 1 引言

水肥一体化技术是将灌溉与施肥融为一体的现代农业技术，其智能化发展是应对水资源短缺、提高水肥利用效率、实现农业可持续发展的关键路径。随着物联网、大数据、智能控制等信息技术在农业领域的深入应用，传统水肥一体化技术正加速向精准感知、智能决策、自动控制的方向演进。然而，当前在实际应用中，普遍存在系统设计不规范、设备选型不匹配、控制策略不科学、管理维护不到位等问题，导致智能灌溉系统未能充分发挥节水、节肥、增产、增效的潜力。为规范主要作物水肥一体化智能灌溉系统的设计、建设、运行与管理，明确智能控制的核心技术要求，提升系统的可靠性、精准性与易用性，特制定本规程。本规程立足于我国主要粮食作物、经济作物及园艺作物的生产实际，融合农艺要求与智能控制技术，对系统的组成、设备性能、智能决策模型、控制策略、安装调试、运行维护及数据管理等方面作出系统性规定，旨在为水肥一体化智能灌溉技术的推广应用提供标准化技术指导。本规程由广西产学研科学研究院联合农业科研单位、技术推广部门及智能装备企业共同研制。

## 2 范围

本规程规定了主要作物水肥一体化智能灌溉系统的设计、设备选型、智能控制、安装调试、运行维护及数据管理的技术要求。本规程适用于大田作物（如小麦、玉米、棉花）、园艺作物（如蔬菜、果树、花卉）等应用水肥一体化智能灌溉系统的规划、建设与运行管理。其他作物的智能灌溉可参照执行。

## 3 规范性引用文件

下列文件对于本规程的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

GB 5084-2021 农田灌溉水质标准

GB/T 19812.1-2017 塑料节水灌溉器材 第1部分：单翼迷宫式滴灌带

GB/T 50485-2020 微灌工程技术标准

NY/T 2624-2014 水肥一体化技术规范 总则

NY/T 1362-2007 节水灌溉设备现场验收规程

GB/T 36478.2-2019 物联网 信息交换和共享 第2部分：数据格式

SL 56-2013 农田水利建设项目后评价规程（相关评价方法参考）

HJ 555-2010 化肥使用环境安全技术导则

## 4 术语和定义

4.1 水肥一体化智能灌溉系统：指集成水源工程、首部枢纽、输配水管网、田间灌水器、环境信息感知设备、智能控制装备及管理软件，能够根据作物需求、土壤状况、气象条件等因素自动或半自动完成精准灌溉与施肥的综合系统。

4.2 智能灌溉控制器：指能够接收和处理传感器数据，依据预设策略或模型，自动生成并执行灌溉/施肥指令的核心控制设备。

4.3 灌溉决策模型：指基于作物需水规律、土壤水分动力学、气象学等原理建立的，用于确定灌溉时间、灌溉量及肥料配施方案的数学模型或知识规则集。

4.4 土壤水分传感器：指用于测量土壤体积含水量或基质势的传感设备。

4.5 EC/pH 在线监测仪：指能够实时监测灌溉水中或肥液电导率（EC 值）与酸碱度（pH 值）的装置。

4.6 施肥机（注肥泵）：指能够按设定比例将肥料母液精确注入灌溉管道中的设备。

4.7 变量灌溉：指根据田间不同区域的空间变异性，实施差异化灌溉水量或肥液浓度的精准作业方式。

4.8 灌溉制度：指依据作物需水规律、气候条件及土壤特性所制定的灌溉次数、灌水时间、灌水定额及灌溉周期的总称。

## 5 系统设计要求

水肥一体化智能灌溉系统的设计应遵循“因地制宜、灌肥协同、精准高效、智能管控、运维简便”的原则。系统设计前必须进行详细的现场调查，内容包括：水源情况（水量、水质、稳定性）、土壤特性（质地、容重、田间持水量、入渗率）、地形地貌、气象资料、作物种类与布局、种植制度、电力及交通条件等。灌溉水质必须符合 GB 5084-2021 的要求，对于不符合标准的灌溉水，应设计预处理设施。

系统应由水源工程、首部枢纽、输配水管网、田间灌水器、智能控制单元及信息管理平台组成。水源工程包括泵站、蓄水池、过滤器等，应保证供水充足稳定。首部枢纽是系统的“心脏”，应包含动力设备（水泵）、过滤系统（叠片/网式/砂石过滤器）、施肥系统（施肥机、肥液桶）、测量与保护装置（压力表、流量计、空气阀、逆止阀）及核心智能控制柜。智能控制柜内应集成可编程控制器（PLC）、智能灌溉控制器、EC/pH 在线监测仪、变频器及通信模块。

输配水管网包括干管、支管和毛管，其设计与材料选择应符合 GB/T 50485-2020 的要求，工作压力应满足系统最不利灌水器的需求，并考虑水锤防护。田间灌水器应根据作物类型、种植间距和土壤特性选择，如滴头、滴灌带、微喷头等，其流量均匀系数不应低于 0.95。智能控制单元由田间信息感知节点和自动执行设备构成。信息感知节点至少应布设土壤水分传感器（建议每 10-20 亩布设 1 个监测点，深度根据作物根系分布设置，如 0-20cm，20-40cm，40-60cm）、气象站（监测降雨、温度、湿度、风速、日照等）及管道压力/流量传感器。自动执行设备包括电磁阀/电动阀、水泵、施肥机等，接受控制器指令动作。

## 6 智能控制策略与决策模型

智能控制是系统的核心功能，其策略与模型直接决定灌溉施肥的科学性。系统应支持多种控制模式：手动模式、定时定量模式、基于阈值的自动控制模式、基于模型的决策控制模式。基于阈值的自动控制是最基础的智能模式，即当土壤水分传感器监测值低于预设的灌溉启动阈值时，系统自动开启灌溉，达到停止阈值时自动关闭。启动阈值和停止阈值应根据作物不同生育阶段的需水特性、土壤类型动态设置，例如，番茄果实膨大期土壤体积含水量适宜下限可设为田间持水量的 70%。

基于模型的决策控制是更高级的智能模式。系统应集成或允许用户配置灌溉决策模型。常见的模型包括：基于参考作物蒸发蒸腾量（ET<sub>0</sub>）与作物系数（K<sub>c</sub>）的作物需水量模型，利用气象站数据实时计

算  $ET_0$ ，结合不同生育期  $K_c$  值，计算每日作物需水量，进而制定灌溉计划。基于土壤水分平衡的模型，通过计算土壤水分的输入（灌溉、降水）与输出（作物蒸腾、土壤蒸发、深层渗漏）动态，确定灌溉需求。系统可融合多模型进行综合决策，并允许农艺专家通过管理平台进行人工干预和策略优化。

施肥的智能控制应与灌溉紧密结合，实现按需施肥。系统应根据作物不同生育阶段的养分需求规律，预设多个施肥配方（N:P2O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 比例及浓度）。施肥控制主要依据时间比例模式或体积比例模式，通过 EC/pH 在线监测仪进行实时闭环反馈控制。例如，系统在灌溉过程中，根据设定的注肥比例和灌溉流量，控制施肥机工作，同时 EC 监测仪实时监测混合后的肥液 EC 值，并与目标 EC 值比较，通过 PID 算法动态微调注肥泵频率，确保肥液浓度稳定在设定值  $\pm 0.2 \text{ mS/cm}$  范围内。pH 值也应控制在适宜范围（通常 5.5–6.5）内，避免养分沉淀或根系损伤。

## 7 设备选型与性能要求

关键设备的性能直接影响系统效果。水泵应选用高效节能型，其流量和扬程需满足系统设计最大需求，并留有余量（10%–15%）。过滤设备的选择应根据水质情况确定，目数或过滤精度必须高于灌水器流道最小孔径，一般要求过滤后水质达到 120 目以上。施肥机宜选用电动驱动、比例可调的文丘里施肥器、压差式施肥罐或更精确的活塞泵/隔膜泵式注肥泵，注肥比例调节范围应覆盖 1:100 至 1:1000，流量稳定性误差不大于  $\pm 3\%$ 。

传感器是感知的基石。土壤水分传感器测量范围应为 0–100% 体积含水量，精度不低于  $\pm 2\%$ ，稳定性好，漂移小。电磁阀应耐腐蚀，承压能力不低于系统最大工作压力的 1.5 倍，响应时间小于 5 秒。智能灌溉控制器应具备多通道控制能力（通常 8 路以上），支持本地触屏操作与远程联网控制，内置至少上述一种灌溉决策模型算法，可存储和运行多个灌溉施肥程序，数据存储容量不低于 1 年。

## 8 安装、调试与验收

安装施工应由专业技术人员按设计图纸进行。管道铺设应平直，埋深符合防冻和抗压要求。滴灌带铺设应确保滴孔朝上。传感器安装位置需有代表性，避免极端点位。电气安装须符合规范，做好防雷、防水、防触电措施。系统安装完成后，必须进行全面的调试与试运行。调试内容包括：管道冲洗与试压，检查无泄漏；过滤器、施肥机、阀门等设备单机调试；控制系统通电，检查传感器数据采集、控制器逻辑运算、执行器动作是否正确联动；进行整个系统的模拟自动运行测试，验证控制策略的有效性。试运

行期应不少于一个完整的灌溉周期（如 7-15 天）。验收应依据设计文件、NY/T 1362-2007 及本规程进行，重点验收系统完整性、设备性能达标情况、控制精度（如灌水均匀度、施肥浓度控制精度）及智能功能实现情况，并形成验收报告。

## 9 运行、维护与管理

日常运行管理应通过智能管理平台进行。操作人员需经培训，熟悉系统原理与操作流程。每次灌溉施肥前后，应检查首部设备运行状态、过滤器前后压力差（压差超过 0.05MPa 时应及时清洗）、肥液存量。定期（如每周）查看传感器数据、系统报警记录，分析灌溉施肥报表。系统应根据作物生育阶段和天气变化，及时在管理平台上调整灌溉制度参数和施肥配方。

维护保养是系统长期稳定运行的保障。应建立维护计划：每日巡视田间管道和灌水器是否堵塞、损坏；每月清洗过滤器、检查传感器探头、校准 EC/pH 探头（至少每季度一次）；每个灌溉季节开始前，对全系统进行彻底检查、清洗和试运行；灌溉季节结束后，进行系统排水、防冻维护，对控制器等电子设备进行保管。应建立系统运行日志、维护记录和配件更换档案。

## 10 主要作物技术参数参考

针对不同作物，系统参数设置应有差异。以华北平原冬小麦为例，全生育期灌溉定额宜为 180-220 立方米/亩，采用基于土壤水分阈值的控制，分蘖期至拔节期启动阈值可设为田间持水量的 65%，灌浆期设为 60%。施肥建议采用“基肥+追肥”一体化，通过系统在关键生育期（拔节、孕穗）追施氮肥。对于设施番茄，宜采用滴灌，全生育期灌溉定额 200-300 立方米/亩，苗期土壤水分下限可设为 70%田间持水量，结果期设为 80%。施肥应遵循“少量多次”原则，根据目标产量和养分吸收规律，制定全生育期养分供应计划，通过施肥机在每次灌溉时同步施加。具体参数需结合当地土壤测试结果和品种特性进行细化。

## 11 数据管理与质量控制

智能系统产生大量数据，应建立数据管理制度。所有灌溉、施肥、传感数据应自动上传至管理平台存储，历史数据保存期限不少于 3 年。平台应具备数据查询、统计分析、报表生成、趋势预测及导出功



能。可利用历史数据，通过机器学习等方法优化灌溉决策模型参数。应定期评估系统性能指标，如灌溉水利用效率、肥料偏生产力、系统故障率等，不断改进管理措施，实现水肥一体化智能灌溉的提质增效。

## 12 附则

12.1 本规程自发布之日起实施。

12.2 各相关单位在开展主要作物水肥一体化智能灌溉系统设计、建设与运维时，可参照本规程执行。

12.3 本规程所引用的国家标准和行业标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

12.4 随着技术进步与实践发展，本规程将适时进行修订。