

ICS 65. 060. 30  
CCS B90

# 团 体 标 准

T/CAAMM 205—2022/T/NJ XXXX—202X

---

温室设备 蔬菜水肥自动控制系统

Greenhouse equipment—Vegetable automatic water and  
fertilizer control system

（公示稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国农业机械工业协会  
中 国 农 业 机 械 学 会 发布



## 前 言

本文件按照 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。

本文件由中国农业机械工业协会和中国农业机械学会联合提出。

本文件由中国农业机械工业协会归口。

本文件起草单位：中国农业机械化科学研究院集团有限公司、山东物泽生态农业科技发展有限公司、寿光诚智风行信息科技有限公司、寿光博研集业信息技术有限公司。

本文件主要起草人：吴鸿欣、赵亚倩、刘新、李凤昂、胡轲、陈云鹏、王树君、朱炳前、赵宝泽、王娟、李超。

本文件为首次发布。



# 温室设备 蔬菜水肥自动控制系统

## 1 范围

本文件规定了蔬菜水肥自动控制系统的术语和定义、技术要求、检验方法、判定规则及标志、包装运输和贮存。

本文件适用于日光温室和连栋温室蔬菜种植水肥自动控制系统（以下简称自动控制系统）。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 4269.1 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 操作者操纵机构和其他显示装置用符号 第1部分：通用符号

GB/T 4798.2 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第2部分：运输和装卸

GB 5084 农田灌溉水质标准

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 6549 氯化钾

GB/T 7251.6 低压成套开关设备和控制设备 第6部分：母线干线系统(母线槽)

GB/T 9480 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 使用说明书编制规则

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 14048.1 低压开关设备和控制设备 第1部分：总则

GB/T 18209.2 机械电气安全 指示、标志和操作 第2部分：标志要求

GB 19517 国家电气设备安全技术规范

GB/T 21398 农林机械 电磁兼容性 试验方法和验收规则

GB/T 25392 农业工程 电气和电子设备 对环境条件的耐久试验

GB/T 28418 土壤水分（墒情）监测仪器基本技术条件

GB/T 31230.1 工业以太网现场总线EtherCAT 第1部分：概述

NY 1106 含腐植酸水溶肥料

NY/T 1107 大量元素水溶肥料

NY 1429 含氨基酸水溶肥料

NY 2266 中量元素水溶肥料

NY/T 2670 尿素硝酸铵溶液及使用规程

NY/T 3696-2020 设施蔬菜水肥一体化技术规范

YD/T 1050 800MHz CDMA数字蜂窝移动通信网 设备总测试规范：移动台部分

YD/T 1214 900/1800 MHz TDMA数字蜂窝移动通信网 通用分组无线业务(GPRS)设备技术要求：移动台

YD/T 1558 800MHz/2GHz cdma2000数字蜂窝移动通信网设备技术要求 移动台（含机卡一体）

T/CAMA 11-2019 温室自动水肥一体机

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**蔬菜水肥自动控制系统** vegetable water and fertilizer automatic control system

按蔬菜品种生长全过程制定水肥控制决策，控制水肥灌溉一体化设备的作业系统。

#### 3.2

**水肥灌溉一体化设备** water and fertilizer integrated equipment

将灌溉水和肥液经过滤后按比例混合，加压、检测后，通过田间管网为作物提供水分和养分需求的设备。

#### 3.3

**水肥处方图** water and fertilizer prescription chart

根据土壤养分生成的施水肥方案的文件。

#### 3.4

**工况监测装置** working condition monitoring device

对被测系统进行实时监测，并显示监测信息。

#### 3.5

**水溶性肥料** water soluble fertilizer

能够溶解于水，用于滴灌施肥和喷灌施肥的二元或三元肥料，可添加中量元素、微量元素。

#### 3.6

**土壤湿润比** percentage of wetted soil area

在计划湿润层内，通常是指湿润土与总土体的质量比。

#### 3.7

**土壤计划湿润层** soil plan wet layer

蔬菜作物灌水时计划湿润的土层深度。

### 4 技术要求

#### 4.1 一般要求

4.1.1 蔬菜水肥自动控制系统应包括环境感知系统、农业现场通讯网系统、可视化操作系统、水肥管理远程控制系統、无线通讯组网系统、水溶肥及其配施肥系统、工况监测和故障报警系统。

4.1.2 环境感知系统应能实时实现土壤温湿度监测、水肥流量监测、管道压力监测、EC值监测、pH值监测、水肥配比浓度监测，对设定的参数可修改和置入，有数字或模拟量的标准接口和显示或显示输出功能，同一型号传感器应具有良好的互换性、便于安装，无线土壤温湿度传感器基本参数应符合表1的规定。

表1 无线土壤温湿度传感器的基本参数

设备名称	检测对象	参 数
无线土壤温湿度传感器	温度	测量范围：-20℃~70℃；测量误差≤0.3℃；重复性（重复性标准差）≤1%。
	湿度（土壤体积含水量）	测量范围：0 RH%~50%RH；湿度在3%~10%时，相对误差的绝对值不大于5%；在15%~35%时，相对误差的绝对值不大于2.5%；在35%~45%时，相对误差的绝对值不大于5%；重复性（重复性标准差）≤2%。

4.1.3 现场通讯组网宜采用蜂窝移动通信技术组网，应用LoRa低功耗广域网通讯和4G、5G蜂窝移动通信组网，通过无线采集传感器或无线控制节点内射频装置、自动网关等设备实现水肥灌溉的控制，基本参数见表2。

表2 物联网终端的基本参数

自动网关参数	具体规格	自动网关参数	具体规格
通讯协议	LoRa/不限于	供电方式	电池（可更换）
ACK 响应时间	500ms	电池寿命	2 年/30000 次控制
下行通讯	LoRa/不限于	供电方式	太阳能/市电
指令下发	≤10 次（5s 内）	工作温度	-20℃~60℃
通讯距离	1km~5km	防护等级	IP65

4.1.4 可视化集成操作系统通过 WIFI/ZigBee/5G 通讯方式与云中心或边缘计算中心或数据存储介质连接，并同步显示农业种植管理平台内容，包括友好显示采集到的环境信息。

4.1.5 水肥远程控制系统应向终端执行单元、供电单元、灌溉控制单元发出指令，田间灌溉首部、田间管网主管和支管应能及时按指令要求灌溉施肥。

4.1.6 水肥管理软件为可视化操作软件，应实现系统整体控制、参数管理、环境数据监测、数据空间/时间分布、历史数据、预警系统、定时控制、远程控制和水肥处方图系统设置。

4.1.7 自动控制系统终端应根据时间同步记录定位信息、工作状态监测信息，并在农业种植管理平台上显示，并应具有记录信息保存至数据存储模块的功能，存储模块应至少具有一个作业周期数据的存储容量。

4.1.8 自动控制系统应具备出现故障的报警功能，并通过信号灯、显示装置、语音等方式显示或报告故障类型信息，直至取消报警。

4.1.9 操纵机构或按钮的功能标识应保持完好、清晰，并应符合 GB/T 4269.1 的规定。

4.1.10 水溶肥及配施肥系统应对水溶性肥料的浓度进行管控，大量元素水溶肥料应符合NY/T 1107要求，中量元素水溶肥料应符合NY 2266要求，含氨基酸水溶肥料应符合NY 1429要求，含腐植酸水溶肥应符合NY 1106要求，尿素硝酸铵溶液应符合NY/T 2670的要求。

4.1.11 自动控制系统存储温度范围宜为-40℃~85℃，工作温度范围为-25℃~70℃，相对湿度为5%~90%时应无任何电气故障，机壳、接插件不应有严重变形，监测装置各项功能应正常。

4.1.12 自动控制系统电磁兼容性应符合GB/T 21398的规定，控制系统不应出现电气故障、信号异常、数据包丢失现象。

4.1.13 自动控制系统的说明书应符合GB/T 9480的规定，在说明书中应给出产品的安全警示标志，并标明张贴的固定位置。

## 4.2 安全要求

- 4.2.1 自动控制系统控制柜防护等级应符合 GB/T 4208—2017中 IP65的要求。
- 4.2.2 用电设备应有接地装置, 控制器中设有漏电、过载保护装置, 电缆、电线应有保护套并且固定牢靠。
- 4.2.3 自动控制系统应具有急停功能, 出现意外情况时, 可按下急停按钮停机。
- 4.2.4 自动控制系统电气安全标志应符合GB/T 18209.2的规定。

## 4.3 性能要求

### 4.3.1 自动控制要求

- 4.3.1.1 自动控制系统应根据各类传感器远程探测土壤的温湿度信息数据以及植物不同生长期所需水肥信息, 按照不同植物生长要求给出灌溉方案。及时向水肥灌溉设备下达水肥灌溉指令。
- 4.3.1.2 自动控制系统应根据工况监测传感器采集到的数据、按不同蔬菜对肥料需求自动调节水肥阀的流量开关, 各种蔬菜需要的土壤湿润比与土壤计划湿润层深度应结合当地蔬菜生长农艺确定, 也可参考附录 A 选取。
- 4.3.1.3 自动控制系统EC调控偏差范围不应大于10%, pH值调控偏差范围不应大于 $\pm 0.1$ 。
- 4.3.1.4 自动控制系统应具备对作业工况、水肥系统的漏施和缺肥进行实时监控并报警的功能。
- 4.3.1.5 自动控制系统应具备系统运行异常自动报警、压力超高报警、欠压报警、EC值和pH值超限报警、储肥桶液位低报警和设备缺水报警等功能。
- 4.3.1.6 EC值和pH值超限自动调整触发准确率不应低于95%。

### 4.3.2 控制模式

自动控制系统主机分为以下操作模式:

- a) 手动模式下可手动开启或关闭灌溉设备;
- b) 时控模式下可对每个灌溉分区设置每天至少3个时间段的定时灌溉, 每个灌溉分区可以单独设置时段, 每个分区可以单独设置开启水肥料通道。
- c) 一键模式下可一键开启和关闭所有灌溉分区的轮灌操作, 所有分区灌溉同样的时长和肥料, 轮灌结束自动停止灌溉。

以上控制模式可全选, 也可选任意一种。

### 4.3.3 无线通讯

- 4.3.3.1 自动控制系统应支持基于 GB/T 31230.1 的现场总线通信之一。
- 4.3.3.2 自动控制系统通信模块的最大发射功率应符合YD/T 1214、YD/T 1050、YD/T 1558的要求。
- 4.3.3.3 通信模块误码率或误块率等无线信道质量参数应符合 YD/T 1214、YD/T 1050、YD/T 1558 的要求。

## 4.4 系统安装

- 4.4.1 设备控制柜安装应符合GB/T 5226.1的规定, 控制箱内外布线应符合GB/T 7251.6的规定, 控制箱元件应符合GB/T 14048.1的规定。
- 4.4.2 设备使用的电器件、电器导线、电器连线、控制装置的设计应符合 GB 19517 的规定。
- 4.4.3 所有外协外购件均应检验合格或有供方检验合格证方可安装。



## 5 检验方法

### 5.1 检验程序

自动控制系统的验收分为下列阶段：

- a) 对自动控制系统的气候环境适应性和电磁兼容性及第4章的一般要求进行检验；
- b) 对水肥施肥机的各种机械设备进行安装完整后现场检验第4章自动控制系统要求的符合性。

### 5.2 一般要求

5.2.1 按4.1.1~4.1.9的要求逐项进行检验，可采用下列方法：

- a) 查看设计文件和操控系统标志；
- b) 水肥灌溉一体化设备主要操作系统使用说明；
- c) 系统运行使用说明；
- d) 维护保养说明；
- e) 培训记录；
- f) 开机查验方式。

5.2.2 按 4.1.11 的要求进行气候环境试验，试验应符合 GB/T 25392 的规定，气候环境适应性试验后，应无任何电气故障，机壳、接插器不应有严重变形，试验后监测装置各项功能应正常。

5.2.3 按 4.1.12 的要求进行电磁兼容性试验，试验应符合 GB/T 21398 的规定，控制系统不应出现电气故障、信号异常、数据包丢失现象，试验后各项功能应正常。

5.2.4 按 4.1.13 的要求检查使用说明书，确定是否符合 GB/T 9480 的规定，对产品的安装、使用、调整、维修的说明是否满足要求。

### 5.3 现场检验

#### 5.3.1 检验条件

5.3.1.1 自动控制系统应经制造商质量检验部门检验合格，自动控制系统所控制的水肥一体化设备安装调试完毕，并应符合 NY/T 3696-2020 的规定。

5.3.1.2 环境温度宜为 4℃~50℃，相对湿度宜为 5%~90%，大气压力宜为 0.080MPa~0.106MPa，工作电压宜为 220V±22V 或 380V±38V。

5.3.1.3 试验用水应符合 GB 5084 的规定。

5.3.1.4 试验用氯化钾肥料应符合 GB/T 6549 的规定。

5.3.1.5 试验场地满足设备的安装与运行要求。

5.3.1.6 试验用仪器设备应经过计量检定或校准且在有效期内。仪器设备准确度应符合表3的要求。

表3 仪器设备准确度要求

序号	被测参数名称	测量范围	准确度要求
1	时间	0h~24h	1s/d
2	温度	0℃~40℃	1℃
3	湿度	0%RH~100%RH	5%
4	流量	0m <sup>3</sup> /h~250m <sup>3</sup> /h	2级
5	压力	0MPa~1.6MPa	0.5级
6	绝缘电阻	0.01MΩ~500MΩ	10级

表 3 仪器设备准确度要求（续）

序号	被测参数名称	测量范围	准确度要求
7	电导率	0 $\mu$ S/cm~5000 $\mu$ S/cm	2.0%
8	pH 值	6.0~7.0	$\pm$ 0.02

5.3.1.7 土壤水分检测仪应符合 GB/T 28418 的规定。

### 5.3.2 功能要求检验

5.3.2.1 将水肥自动控制系统设备置于正常施肥工作状态，打开可视化集成操作系统，按 4.1.4 的要求逐项检查系统是否齐全。

5.3.2.2 环境感知系统应正常显示环境数据监测的各项内容，监测点应选择在地面比较平坦的监测范围内，根据土层厚度、蔬菜生长发育阶段等综合确定土壤含水量采集点数目及其采集点深度。

5.3.2.3 检查控制系统终端是否有同步记录定位信息、作业状态监测信息，并将记录信息保存至数据存储模块的功能。

5.3.2.4 现场手动操作控制系统调整水溶性肥料的浓度，并观察其功能是否有效。

5.3.2.5 远程控制方式检测至少距离水肥灌溉区域1km的位置，用远程控制方式按时控模式对灌溉分区设置至少1个时间段的灌溉定时，每个灌溉分区可以单独设置时段、设置开启肥料通道，考核水肥自动控制系统远程控制功能是否有效。

5.3.2.6 土壤传感器的埋设深度应根据作物种类和作物的生产周期确定，土壤传感器的数量根据所需要的监控项目、种植面积或根据设计要求确定，水肥机放置于种植棚的出入口，靠近围墙和水源，主管路沿种植区边长大的一次铺设，每隔1米左右（根据作物种植间距可调整）打2个孔引出滴灌带的安装孔。滴灌带垂直于主管路延伸到种植区另一端。

### 5.3.3 性能检测

#### 5.3.3.1 EC调控准确度

EC调控准确度检测应符合 T/CAMA 11-2019中6.3.2的规定。

#### 5.3.3.2 pH调控准确度

pH调控准确度检测应符合 T/CAMA 11-2019中6.3.3 的规定。

#### 5.3.3.3 报警功能

人为调整水肥控制系统压力超高报警、欠压报警、EC 值和 pH 值超限报警、储肥桶液位低报警和设备缺水报警，从上述项目任意挑选一种项目考核自动控制系统的报警功能是否有效。

#### 5.3.3.4 EC 值超限自动调整触发率

设备工作稳定后，人工调节灌溉水主管流量降低至EC值超限保护装置，触发设备自动调整注肥流量，维持EC值在安全范围内，记录正常触发的次数，测量50次，按公式（1）计算EC值自动调整触发准确率。

$$\alpha = \frac{R}{50} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\alpha$  ——EC值自动调整触发准确率；

$R$  ——正常触发次数。

### 5.3.3.5 EC 值和 pH 值超限报警率

1.1.1.1 EC 值和 pH 值由系统设定，根据 4.3.1.6 内容对应调整，对每个报警参数重复测试 5 次，按公式（2）计算超限报警率。

$$X = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{5 \times N} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$X$ ——超限报警率；

$n_i$ ——第  $i$  个参数报警成功次数；

$N$ ——测试参数个数。

5.3.3.6 土壤计划湿润层深度应根据作物种类和作物生长周期确定，把湿度传感器埋置于湿润层深度下方，设定控制器的控制湿度不小于 50%，开启设备进行灌溉，检查土壤达到设定湿度的时间，同时用温湿度检测仪检测传感器处的土壤湿度，并与传感器的数据进行对比。

### 5.3.4 安全

5.3.4.1 用绝缘电阻测量仪 500 V 档位，测量电机、电气控制装置对地的冷态绝缘电阻，测 3 处，结果取最小值。

5.3.4.2 按 4.2 的要求逐项检验，标志可用目测的方法，急停功能可模拟人工按下急停按钮，电源关闭观察系统是否停止运行。

## 6 检验规则

### 6.1 出厂检验

每台产品在出厂前应经质量检验部门检验合格，检验合格出厂的产品应有产品合格证书。

### 6.2 型式检验

6.2.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品鉴定和产品转厂生产；
- b) 正式生产后如结构、工艺、材料等方面有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

6.2.2 抽样方案应符合 GB/T 2828.1 的规定。采用特殊检查水平 S-1，整机抽取 2 台，在企业近 6 个月内生产的未经使用的合格产品中随机抽取。抽样基数不少于 5 台。

6.2.3 检验项目按对产品质量的影响程度，分为 A、B、C 三类，A 类为对产品质量有重大影响的项目，B 类为对产品质量有较大影响的项目，C 类为对产品质量影响一般的项目，检验项目分类见表 4。

表 4 检验项目分类表

不合格分类	序号	项目名称	条款编号	出厂检验	型式检验
A	1	安全要求	4.2	√	√
	2	水肥自动控制系统组成	4.1.1	√	√
	3	环境感知系统	4.1.2	√	√
	4	现场通讯组网	4.1.3	√	√
	5	可视化集成操作系统	4.1.4	√	√
	6	水肥管理远程控制系统	4.1.5	√	√
B	1	水肥管理软件功能	4.1.6	√	√
	2	控制系统终端信息贮存	4.1.7	√	√
	3	故障报警功能	4.1.8 4.3.1.4	—	√
	4	操纵机构或按钮	4.1.9	√	√
	5	水溶性肥料浓度管控	4.1.10	—	√
	6	水肥灌溉指令的下达	4.3.1.1	—	√
	7	自动调节水肥阀的流量	4.3.1.2	—	√
C	1	系统耐候性	4.1.11	—	√
	2	电磁兼容性	4.1.12	—	√
	3	EC 值和 pH 值调控准确度	4.3.1.3	—	√
	4	EC 值和 pH 值超限报警功能	4.3.1.5	—	√
	5	EC 值超限自动调整触发率	4.3.1.6	—	√
	6	自动控制模式	4.3.2	—	√
	7	无线通讯要求	4.3.3	—	√
	8	自动控制系统安装	4.4	—	√
	9	使用说明书	4.1.13	√	√
	10	标牌	7.1	√	√
注：“√”检验项目；“—”表示不检验项目。					

### 6.3 判定规则

6.3.1 抽样检验合格判定按表 5，表中 AQL 为接收质量限，Ac 为接收数，Re 为拒收数。被检样机的 A、B、C 项目不合格数均不超过相应的接收数，方可判定被检产品合格，否则判定为不合格。

6.3.2 订货单位抽检产品质量时，按合同进行。接收质量限和检验批量，由供货方和订货方确定。

表 5 抽样判定表

抽样方案	检验项目分类	A	B	C
	检验项目数	6	7	10
	检验水平	S-1		
	样本数	2		
判定方案	AQL	6.5	25	40
	Ac Re	0 1	1 2	2 3

## 7 标志、包装、运输和贮存

### 7.1 标志

产品应在显著部位设置持久明晰的标牌，标牌应符合 GB/T 13306 的规定，其内容应包括：

- a) 产品名称、型号；
- b) 制造厂全称及商标；
- c) 制造年、月和出厂编号；
- d) 产品主要参数；
- e) 产品执行的标准。

### 7.2 产品包装箱应采用不易洗刷或脱落的涂料作如下标记：

- a) 发货单位名、产品名称、型号；
- b) 收货单位名称、地址；
- c) 包装箱外形尺寸及毛重；
- d) “防潮”“向上”“小心轻放”等标记；
- e) 规定叠放层数的标记。
- f) 包装标志应符合 GB/T 191 的规定。

### 7.3 包装

#### 7.3.1 产品应用木箱包装，有防潮、防震等措施。

#### 7.3.2 管件、过滤器等安装附件应放入木箱包装。

#### 7.3.3 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定，以下文件应封存在防水的文件袋内：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 产品验收单、保修卡。

### 7.4 运输

运输应符合GB/T 4798.2的规定，不应有剧烈振动、撞击，装卸过程中不应。产品在装卸及运输过程中不应摔掷、翻滚和重压，并注意轻装轻卸。

### 7.5 贮存

贮存场所应干燥、清洁、通风良好、无腐蚀性介质和远离磁场，应有防潮、防腐等措施。



附录 A  
(资料性)  
土壤湿润比与湿润层深度

各种蔬菜需要的土壤湿润比与土壤计划湿润层深度可参考表 A. 1。

表 A. 1 土壤湿润比与计划湿润层深度

作物	土壤湿润比/ %		计划湿润层深度/ cm	
	滴灌	微喷灌	前期	中后期
茄果类	45~55	—	10~20	30
根茎类	45~55	—	10~20	30~40
叶菜类	60~90	70~100	10~20	30