

ICS
CCS

团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

植物工厂作业与生产管理系统 性能评价方法

Performance evaluation method for unmanned plant factory operation and
production management system

(征求意见稿)

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》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的提出和发布单位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、广东省良种引进服务公司、上海大地园艺种苗有限公司、广东弘科农业机械研究开发有限公司。

本文件主要起草人：牛康、周利明、赵博、董鑫、高晟博、陈凯康、李璐、廖娜。

本文件为首次发布。

植物工厂作业与生产管理系统性能评价方法

1 范围

本标准规定了植物工厂作业与生产管理系统的术语和定义、系统架构、系统功能和要求。

本文件适用于由管理部门、企业和农业生产主体等建设和使用的植物工厂作业与生产管理系统（以下简称“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 37693-2019 信息技术 基于感知设备的工业设备点检管理系统总体架构

GB/T 36531-2018 生产现场可视化管理系统技术规范

GB/T 17547 信息技术 开放系统互连 数据链路服务定义

T/CALI 1201-2022 人工光型植物工厂光环境技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

远程监测数据 remote monitoring data

植物工厂内部设备和传感器系统所产生的作业状态数据，包括植物工厂内部自动化设备、空气温度、湿度、二氧化碳、pH 监测等传感器数据。

3.2

环境气候控制 environmental climate control

通过植物工厂内部传感器系统与环境控制系统，逐渐改变温度和二氧化碳以及光照参数，避免瞬间剧烈变化，以更好地模拟自然户外条件。

4 系统架构

4.1 基本架构

植物工厂作业与生产管理系统主要由控制平台、数据信息层、设备执行层和传感器层等部分构成。远程控制系统宜部署在云服务器上，具有可伸缩性、敏捷性、工作负荷安全性和高可用性。系统结构见图 1。



图 1 植物工厂作业与生产管理系统框架图

4.2 控制平台

作业与生产管理系统控制平台应能够实现不同的功能控制需求，提供桌面应用、WEB 应用和移动应用。

4.3 数据信息层

4.3.1 数据来源

系统应至少能够接收下列途径来源的数据：

- 植物工厂监测终端采集数据，包括设备信息、作业参数、运行状态等；
- 满足标准通信协议的其他市场终端转发数据，可通过植物工厂作业与生产管理系统转发协议对接；
- 通过手工录入的系统基础数据；
- 满足标准规范的其他系统或者相关系统的共享数据（通过接口实现）。

4.3.2 数据处理

4.3.2.1 系统应每日在服务器空闲时间处理前一天的作业数据。

4.3.2.2 系统应具有支持实时展示植物工厂作业与生产管理系统运行情况的功能以及对当日作业数据分析的功能，并应生成作业信息，提供支持植物工厂作业与生产管理系统运行和预警的数据。

4.3.3 数据存储

4.3.3.1 系统应具有基于不同结构数据提供不同数据存储方式的功能。

4.3.3.2 系统应能按终端和时间进行分表存储位置数据，并应存储通过空间剖分算法处理后的作业地块数据，多媒体数据应基于文件传输协议（FTP）进行存储。

4.3.4 数据访问

系统应保证高并发下的性能和可靠性，并应具有负载均衡能力。

4.3.5 数据呈现方式

4.3.5.1 系统应能实时显示传入数据，并支持实时数据更新显示。

4.3.5.2 系统应能显示各项数据的历史记录内容，并以适当方式呈现。

4.3.5.3 系统应具有通过指定格式的文件将相关数据导出的功能。

4.3.6 通信协议

系统应具有基于传输控制协议（TCP）、用户数据协议（UDP）和 TCP 协议的终端协议与通讯服务器连接和数据交互的功能。

4.4 设备执行层

设备执行层主要由立体物流输送、播种机、收菜机、清洗机、堆垛机、包装机、气流输送机、泵系统、人工光系统等组成。其中各作业单元和单独或并行组网运行，各作业装备具备与上位机传输作业状态的通讯和控制功能。

4.5 传感器层

传感器层主要由温度传感器、湿度传感器、CO₂ 传感器、风速传感器、营养液 EC 传感器、PH 传感器、光照传感器、CCD 传感器和液位传感器等组成。其中各传感器单元和单独或并行组网运行，应具备接收上位机控制的通讯和控制功能。

5 系统功能

5.1 基础信息管理

系统应能实现基础信息管理，并应具有下列功能：

——支持现有植物工厂内基础数据的采集和整合，实现播种、育苗、移植、采收、清洗、装箱、转运、堆垛等装备物流化联动作业管理；

——具备环境、营养液、长势、品质及产量等参数存储、分析及管理功能，为各类参数设置、托管服务、智慧决策提供支撑。

5.2 智能环境调控

5.2.1 温、湿度调控

系统应能实现对植物工厂温湿度环境进行监测与调控，应满足以下要求：

——系统应实现对植物工厂室内温度在 18-30℃ 之间进行实时调控；

——系统应实现对植物工厂室内相对湿度在 RH 50-90% 之间进行实时调控；

——系统应根据特殊情况下的具体要求温度与湿度值进行控制；

——系统内的温度检测探头测量精度应低于 1℃，且需要对测量传感器定期校准；

——系统内的湿度检测探头测量精度应低于 4% RH，且需要对测量传感器定期校准。

5.2.2 CO₂ 浓度调控

系统应可以实现对植物工厂内 CO₂ 浓度进行监测与调控，应满足以下要求：

——系统应能将植物工厂二氧化碳平均浓度在 600-1800 ppm 之间灵活调节；

——系统应根据种植工艺提出的具体参数对二氧化碳浓度值准确调控；

——系统内的二氧化碳浓度检测探头测量精度应低于 5%，且需要对测量传感器定期校准；

——工作人员在现场操作时，系统应能将二氧化碳浓度控制在 2000 pp 以下。

5.2.3 风速调控

系统应能实现对种植架风速进行调控，应符合以下要求：

——系统应实现对种植架每层风速 0.5-4 m/min 范围内进行调节；

——应将种植架每层通风风凯噪音控制在 15 db 以下。

5.2.4 营养液调控

系统应能实现对无机盐营养液进行调控，应符合以下要求：

——系统应具有对无机盐营养液的酸碱度进行实时监测功能，对于 pH 范围超出或低于 5.5-6.5 时可以进行快速的酸碱度调节，并将测量精度控制在 ± 0.1 pH；

——系统应能准确快速的对无机盐营养液的 EC 值进行监测，对于 EC 值范围超出或低于 2.0-4.5 ms/cm 时可以进行及时的 EC 值调节，并将测量精度控制在 ± 0.1 EC；

——系统应具有测量监测无机盐营养液工作液温的功能，可以实现将工作液温应保持在 18-22℃范围内，测量精度不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；

——系统应能对无机盐营养液中的溶解氧 DO 值进行实时监测，可以将范围控制在 5 mg/L 以上。

5.2.5 光照调控

系统可以实现对植物工厂内光照进行监测与调控，应满足以下要求：

——系统能实现对植物工厂内人工光源进行控制，实现补光调节；

——系统应能通过植物工厂内外设置的遮阳网实现遮光调节；

——系统可以实时监测光照强度，可以根据不同作用和需求进行光照调节；

——系统应将 10000 hr 光源 SQD 峰值偏移控制在 3 nm 以内；

——系统应将 10000 hr 光源 PPF 衰减量控制在 10 % 以内。

5.3 生产监测管理

系统应能实现种植区植物长势监测管理，并应具有下列功能：

——根据终端上传的设备参数数据，计算并记录植物工厂各节点实时植物长势情况；

——基于植物工厂作业与生产管理系统终端上传的数据，识别设备状态和各环节运行状态，综合分析生产作业效率；

——基于植物工厂作业与生产管理系统各节点上传的数据，分析植物工厂生产工况和更新预警数据；

——通过可视化的方式，呈现目标植物工厂作业与生产相关数据。

5.4 巡检拍摄

系统应能通过巡检拍摄图片来实现种植区长势信息的获取，并应具有下列功能：

——可以根据不同巡检任务需求对巡检拍摄内容做出调整，规划最优巡检路径；

——巡检拍摄的种植区照片中应明确标记出图片的区位信息、拍摄时间和拍摄机位等信息；

——巡检拍摄范围应包含所有重点部位、重点场所，形成多个相互关联的封闭圈；

——系统可以进行合理的巡检调整和距离控制，故障巡视、特殊巡视可根据需求调整巡检重点；

——每日巡检结束后，系统应将巡检图像导出保存，并分析查找缺陷，图像分析工作应于巡检结束后 1

个工作日内完成。

5.5 系统自检

植物工厂作业与生产管理系统具备自检功能，通过蜂鸣器和显示屏幕明确表示系统当前状态，其中包括立体物流输送系统、播种机、移植机、收菜机、清洗机、堆垛机、包装机、环境传感器的工作状态。若出现故障，则通过蜂鸣器、显示屏幕或者语音提示方式报告显示故障类型信息。

5.6 链路管理

5.6.1 链路连接

系统链路保持应符合下列要求：

——远程节点终端与系统之间的链路建立后，按 GB/T 17547 的要求，每隔固定时间，由远程节点终端向系统发送一个链路保持数据包，用于验证链路的畅通性；

——系统收到链路保持数据包后，向程运维终端发送对应的链路保持数据包。

5.6.2 链路断开

系统链路断开应按下列方式判断：

——根据 TCP 协议本身的策略规定，判断远程节点终端断开连接；

——同一个注册编号的远程节点终端建立了新连接，表明原连接已经断开；

——在规定时间内未收到远程节点终端发送的链路保持数据包，表明链路已经断开。

5.7 数据补发

系统数据补发应满足下列要求：

——当系统与远程节点终端间的数据通信突然中断，且远程节点终端发送的数据尚未发送时，系统应具有记录远程节点终端中断时间并记录数据的功能；

——在通信链路恢复或重建后，后续数据将继续从中断时间的数据发送。系统收到后续数据后，应仍按时间顺序记录存储。

6 系统要求

6.1 系统建设原则

系统建设应遵循下列基本原则：

——标准化：系统设计应采用相关国际、国家和行业标准规定的技术；

——开放性：系统应提供标准接口，符合通用性、互换性要求；

——实用性：系统应满足植物工厂作业与生产管理、远程监测服务的特点、实际需求和发展趋势；

——先进性：系统总体架构应选择先进、成熟技术。

6.2 系统运行性能

6.2.1 系统在常规环境条件下应能安全可靠运行。

6.2.2 系统数据在线存储时间应不少于 3 个月，数据存储应具有可靠性、易用性、可维护性和标准依从性。

6.2.3 植物工厂生产条件下，装备生产作业控制系统，实现播种、育苗、移植、采收、清洗、装箱、转运、堆垛等装备物流化联动作业管理，单流程节点响应时间 $\leq 15s$ 。

6.2.4 植物工厂生产条件下，系统支持监测节点接入量 ≥ 500 个。

6.2.5 植物工厂生产条件下，系统内部传感器检测准确率 $\geq 90\%$ 。
