ICS
CCS

团　体　标　准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

植物工厂种植单元立体物流输送装备作业性能评价规范

Assessment standard of vertical conveyors operating performance for cultivation unit in plant factory

（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：华南农业大学、珠海益品农业科技有限公司、广州实凯机电科技有限公司、广东弘科农业机械研究开发有限公司、仲恺农业工程学院、河南科技大学、浙江理工大学。

本文件主要起草人：牟英辉、辜松、刘国维、马稚昱、欧娟爱、杨艳丽、初麒、辜美章、刘霓红、金鑫、夏红梅、刘厚诚、杨意、韦鸿钰、程俊峰、李慧玲、褚璇、马义东、童俊华、张雷。

本文件为首次发布。

植物工厂种植单元立体物流输送装备作业性能评价规范

1 范围

本文件规定了植物工厂种植单元立体物流输送装备的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、评价方法等内容。

本文件适用于植物工厂种植单元立体物流输送装备（以下简称立体输送装备）的作业性能评定，其它温室种植单元立体物流输送装备性能评价也可参照使用。

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，仅该日期的对应版本适用于本文件；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 10595-2017 带式输送机

GB/T 23580-2009 连续搬运设备 安全规范 专用规则

GB 5226.1 机械安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件

GB/T 35739-2017 物流仓储配送中心成件物品连续垂直输送机

GB/T 1032-2012 三相异步电动机试验方法

GB/T 6892-2015 一般工业用铝及铝合金挤压型材

GB/T 15706.1-2007 机械安全 基本概念与设计通则 第 1 部分：基本术语和方法

GB/T 8923.1-2011 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 13306 标牌

GB/T 2589-2020 综合能耗计算通则

GB/T 1243 传动用短节距精密滚子链、套筒链、附件和链轮

GB/T 700-2006 碳素结构钢

GB/T 39907-2021 果蔬类周转箱尺寸系列及技术要求

JGJ 82-2011 钢结构高强度螺栓连接技术规程

NY/T 1408.6-2016 农业机械化水平评价 第 6 部分：设施农业

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

栽培基质 culture substrate

具有保水、保肥及通透性，对植物根系有支撑作用的固体物质。

3.2

栽培杯 hydroponic net cup

用于承放栽培基质，在侧面或底面有镂空结构的杯状容器。

3.3

种植单元 cultivating unit

用于固定安置栽培杯，并可以被移动搬运、尺寸统一的托盘类容器。

注：尺寸为长 600mm、宽 400mm（GB/T 39907-2021）

3.4

栽培区 cultivation zone

指植物工厂中实施栽培生产的区域。

3.5

作业区 operating zone

植物工厂中实施栽培生产以外作业的区域。

注：主要包括播种、种苗移植、成菜采收、种植单元清洗等作业区域。

3.6

种植单元容量 number of plants in a cultivating unit

每个种植单元中容纳栽培植物的数量。

3.7

立体栽培架 vertical cultivating frame

植物工厂栽培区中放置种植单元、辅助种植单元输入输出作业的立体结构。

注：其上配置营养液循环输送管道、人工光源等装置。

3.8

种植单元立体物流输送装备 vertical conveyors for cultivating unit

在植物工厂的作业区、栽培区及两区之间输送种植单元的装备。

注：主要包括针对种植单元进行立体输送的输送线、穿梭车、升降机以及搬运车等设备。

3.9

栽培系统输送干线 main conveying line of cultivating system

种植单元从栽培区立体栽培架至作业区作业装备的主要输送线路。

3.10

栽培系统输送支线 branch conveying line of cultivating system

种植单元从立体栽培架内部至输送干线的输送线路

3.11

栽培系统输送干线作业率 conveying capacity of main conveying line

在栽培区立体栽培架与作业区作业装备之间单位时间内输送的种植单元面积。

3.12

栽培系统输送支线作业率 conveying capacity of branch conveying line

在栽培区立体栽培架与作业区作业装备之间单位时间内输送的种植单元面积。

3.13

输送循环耗时 cycle time for cultivating unit conveying

立体物流输送装备输送不同位置单位栽培面积的植物作业循环消耗的平均时长。

3.14

系统输送作业率差异 deviation ratio of convey capacity

输送批量种植单元时，最快和最慢输送循环耗时与平均输送循环耗时差的绝对值占平均输送循环耗时

的比率。

3.15

同层输送作业率差异 deviation ratio of same layer convey capacity

单个栽培架中同一层内输送批量种植单元时，最快和最慢输送循环耗时与平均输送循环耗时差的绝对值占平均输送循环耗时的比率。

3.16

作业可靠性 reliability

立体输送装备在规定时间内无故障完成规定输送功能的概率。

3.17

输送装置 conveying equipment

播种、移植、采收、包装和清洗等设备之间输送种植单元等生产资材的装备。

3.18

输送系统 conveying system

将各种输送装置和输送线路有机结合在一起，创造出与作业节奏相匹配的物流系统。

3.19

升降装置 elevating system

设置在栽培层旁用以提升或下降种植单元的装置。

3.20

地面输送装置 ground transporting device

使输送种植单元在不同栽培架之间移动的装置

3.21

栽培系统内输送生产率 delivery productivity

单位时间内输送的种植单元数量。

4 技术要求

4.1 立体输送装备应按照流程批准的产品图样和技术文件制造。

4.2 工作环境条件要求

4.2.1 工作环境温度为+15℃~+40℃。

4.2.2 工作环境湿度小于或等于 80%。

4.2.3 电源采用 AC380/220V。

4.3 整机性能要求

4.3.1 立体输送装备运行应平稳，无异常声响。

4.3.2 立体输送装备运行时应无种植单元卡阻或掉落。

4.3.3 立体输送装备满载运行时，实际输送速度与设计输送速度偏差不大于±5%。

4.3.4 立体输送装备输送能力应符合设计要求。

4.3.5 立体输送装备在运行时的噪声声压级不应超过 75 dB（A）。

4.4 部件要求

4.4.1 牵引件采用金属链条时，链条应符合 GB/T 1243 的要求。

4.4.2 承载装置材料应采用力学性能不低于 GB/T 700-2006 中规定的 Q235A 和 GB/T 6892-2015 中规

定的 6061。

4.4.3 整体机架采用高强度螺栓连接时，连接强度不应低于 JGJ 82 中的规定。

4.4.4 涂装前，结构件应进行除锈处理，处理等级应达到 GB/T8923.1—2011 中的 Sa21/2 级或 St3 级的要求。涂层外观应色泽鲜明，平整光滑，无漏底、花脸、流痕、起泡和起皱。

4.4.5 选用的动力系统满足 GB/T 1032-2012 试验要求。

4.4.6 标记铭牌的要求按照 GB/T 13306。

4.5 安全要求

4.5.1 在立体输送装备明显位置设置“危险、警告和注意”等安全警示标识。

4.5.2 立体输送装备的金属结构及电气设备应有可靠的接地，且接地电阻均不大于 1 MΩ 。

4.5.3 立体输送装备的电气设备及元器件的选择和安装，应符合 GB 5226.1-2008 的有关规定。

4.5.4 在立体输送装备的易挤夹部位应设置安全保护装置，并符合 GB/T 23580 的规定。

4.5.6 在立体输送装备操作柜或其它适当位置应设有紧急停止开关。

5 作业性能要求

在第 4 章规定的作业条件下，立体输送装备的作业性指标（以水培叶菜栽培为例）应符合表 1 的规定。

表 1 作业性能指标检测方法

序号	项目名称	检测方法对应的条款
1	种植单元容量	计数法
2	栽培系统输送干线作业效率	6.3
3	栽培系统输送支线作业效率	6.4
4	系统输送作业率差异	6.5
5	同层输送作业率差异	6.6
6	平均故障率	6.7

6 试验方法

6.1 试验条件和准备

6.1.2 试验开始前，各项指标正常情况下，立体输送装置先预热运行 5min 以上，确保流畅运行。

6.1.3 检测用仪器、设备应经过计量检定或校准，且在有效期内。

6.2 目测检查

6.2.1 目测检查安全标识、链条导向、出入口保护装置、导轨接口是否符合安装要求。

6.2.2 运行过程中，立体输送装置应平稳且无异响，无卡链、脱轨等现象。

6.3 栽培系统输送干线作业效率

使用计时器，记录 1 分钟内从输送干线起点至终点的种植单元的数量。重复上述步骤，一共 3 次，统计种植单元数量的平均值，向下取整。按式（1）计算栽培系统平均输送作业率

$$\eta_1 = 60\left[\left(\frac{Sf_1+Sf_2+Sf_3}{3}\right)\right] \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

η_1—栽培系统输送干线作业效率，单位为 m^2/h；

S—单个种植单元的面积，单位为 m^2；

f_i—第 i 次输送的种植单元数量，单位为个

6.4 栽培系统输送支线作业效率

栽培系统输送支线作业效率按式（2）进行计算。

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{n} \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

η_2—栽培系统输送支线作业效率，单位为 s；

n—栽培系统输送支线数量，单位为条

6.5 系统输送作业率差异

使用计时器，记录栽培系统内种植单元最快和最慢输送循环耗时长，并按照式（3）进行计算系统输送作业率差异。

$$\eta_3 = 2\left|\frac{t_n - t_m}{t_{n+t_m}}\right| \times 100\% \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

η_3—系统输送作业率差异，

t_n—栽培系统内最快输送循环耗时，单位为 s；

t_m—栽培系统内最慢输送循环耗时，单位为 s；

6.6 同层输送作业率差异

使用计时器，记录栽培系统内输送种植单元时，距离栽培区出口最远的种植单元和最近的种植单元作业时间与其平均时间的差异。按式（4）计算栽培系统输送作业率偏差。

$$\eta_4 = 2\frac{|t_h - t_i|}{t_h + t_i} \times 100\% \quad \cdots\cdots (4)$$

式中：

t_h—单个立体栽培架内最快输送循环耗时，单位为 s；

t_i—单个立体栽培架内最快输送循环耗时，单位为 s；

6.7 平均故障率

使用计时器，按一个月 720 小时为标准，记录故障时间和故障维修时间，通过式（5）计算平均故障率。

$$k = \frac{T_1 + T_2}{720} \times 100\% \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

k—平均故障率；

T_1—设备故障停止运行时间，单位为 h；

T_2—设备故障维修时间，单位为 h；

7 作业性能评价

按照表 2 对所有检测项目进行检测评价，判定植物工厂种植单元立体物流输送装备作业性能。

表 2 作业性能评分标准

序号	项目名称	合格指标要求	满分指标要求	得分

1	种植单元容量	≥15 株/平方米	≥25 株/平方米	10
2	栽培系统输送干线作业效率	≥150 平方米/小时	≥200 平方米/小时	20
3	栽培系统输送支线作业效率	≥干线作业效率/支线数量	合格	20
4	系统输送作业率差异	≤50%	≤20%	20
5	同层输送作业率差异	≤30%	≤10%	20
6	平均故障率	(＜50h)7%	＜30h	10

根据各项指标的实际测定值，按照表 2 规定的得分标准，利用插值法，计算每一项指标的得分，按式（6）计算总得分。

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_i \cdots\cdots\cdots\