

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 4368—2023

设施种植园区 水肥一体化灌溉系统设计规范

Protected planting park—Specification for fertigation system design

2023-04-11 发布

中华人民共和国农业农村部 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。

本文件由农业农村部农业机械化推广司提出。

本文件由全国农业机械标准化技术委员会农业机械化分技术委员会(SAC/TC 201/SC 2)归口。

本文件起草单位：农业农村部规划设计研究院、上海农抬头农业发展有限公司、西安航天自动化股份有限公司、江苏绿港现代农业发展有限公司、大禹节水集团股份有限公司、北京兴业华农农业设备有限公司、河北省农林科学院农业信息与经济研究所、山西省农业机械发展中心、海淀区农业技术综合服务中心。

本文件主要起草人：张月红、尹义蕾、李恺、张学军、侯永、丁小明、王春辉、张凌凤、李思博、吴小李、于谦、蔡高贺、战国隆、朱登平、杨会甲、姜逸菲、刘坡、牛少卿、范凤翠、李红波、薛平、刘胜尧。



设施种植园区 水肥一体化灌溉系统设计规范

1 范围

本文件规定了设施种植园区水肥一体化灌溉系统设计的总体原则和要求、设计参数、工程设计、设施设备配套要求、自动控制等。

本文件适用于统一经营管理用地规模大于 2 hm² 的设施种植园区水肥一体化灌溉系统的设计。

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 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB 5084 农田灌溉水质标准

GB/T 23393 设施园艺工程术语

GB/T 33474—2016 物联网 参考体系结构

GB 50288—2018 灌溉与排水工程设计标准

GB/T 50485—2020 微灌工程技术标准

GB/T 50596—2010 雨水集蓄利用工程技术规范

NY/T 2132—2012 温室灌溉系统设计规范

NY/T 3244 设施蔬菜灌溉施肥技术通则

3 术语和定义

GB/T 23393、GB/T 50485—2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

灌溉保证率 irrigation reliability

在多年期间,灌溉用水量能够得到保证的概率。

[来源:GB 50288—2018,2.0.4]

3.2

水肥一体机 fertigation machine

根据作物需求,对水分和养分进行综合调控和一体化管理的设备。一般主要由机架、水泵、控制器、母液罐等组成。

4 总体原则和要求

4.1 应收集当地的水源、气象、地形、土壤、作物等基本资料。

4.2 应充分利用已有水利工程、田间道路、输配电、信息化等基础设施。

4.3 设计输出应绘制在比例不小于 1:2 000 的地形图上,并给出设计说明。

4.4 灌溉水质应符合 GB 5084 的规定。

4.5 有条件的地区应集蓄雨水作为灌溉水源,按照 GB/T 50596—2010 的规定将集雨工程作为水源工程统筹设计。

4.6 按照 GB/T 50485—2020 的规定进行水量平衡计算。

4.7 肥料的选择与施用应符合 NY/T 3244 的规定。

5 设计参数

5.1 灌溉保证率应不低于 90%。

5.2 灌溉水利用系数,滴灌应不低于 0.9,其他灌溉方式应不低于 0.85。

5.3 作物设计耗水强度根据当地灌溉试验资料确定,无灌溉试验资料时按表 1 选取。

表 1 设计耗水强度

作物种类	设计耗水强度参考值,mm/d
果菜、花卉、果树	3~6
叶菜、育苗	3~4
盆栽植物	2~4

5.4 灌溉系统设计日工作小时数不应超过 16 h。

5.5 各轮灌组的设计流量应尽可能一致或相近,各轮灌组之间的设计流量偏差率不宜大于 30%,按公式(1)计算。一个灌水小区内灌水器设计允许流量偏差率不应大于 20%,按公式(2)计算。

$$Q_{zv} = \frac{Q_{zmax} - Q_{zmin}}{Q_{zmax}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- Q_{zv} ——不同轮灌组的设计流量偏差率的数值,单位为百分号(%);
- Q_{zmax} ——最大轮灌组设计流量的数值,单位为立方米每小时(m³/h);
- Q_{zmin} ——最小轮灌组设计流量的数值,单位为立方米每小时(m³/h)。

$$q_v = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_d} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- q_v ——灌水器设计流量偏差率;
- q_{max} ——灌水器最大流量,单位为升每小时(L/h);
- q_{min} ——灌水器最小量,单位为升每小时(L/h);
- q_d ——灌水器设计流量,单位为升每小时(L/h)。

6 工程设计

6.1 总体布置

6.1.1 应综合考虑水源位置、面积大小、作物栽培模式、管理维护等因素,按技术可行、投资经济、供水供肥均匀、使用安全、管理方便的原则进行灌溉首部 and 管网布置。

6.1.2 河水、渠道、泉水等作为水源时,应设前池或蓄水装置。

6.1.3 收集雨水作为水源时,应优先收集温室屋面雨水。雨水蓄水装置的布置宜方便利用其他水源作为补充水源。

6.1.4 灌溉首部按下列规定进行布置:

- a) 加压装置及泵房宜布置在靠近其控制灌溉范围中心;
- b) 施肥装置根据园区规模和使用要求等设置一套或多套;
- c) 采用水肥一体机作为灌溉施肥装置时,一套装置控制的最大面积不宜大于 25 hm²。

6.1.5 管道布置应短而直,并避开地下电力、通信、燃气等设施。

6.1.6 管道分级由毛管开始依次向上分为支管、分干管和干管,上下级管道应垂直布置,减少折点。

6.1.7 管道的覆土深度,应根据土壤冰冻深度、地面荷载、机耕深度、管道材质及管道交叉等条件确定。管顶最小覆土深度应不小于冻土深度,行车道下的管道覆土深度应不小于 0.70 m。

6.2 轮灌制度

6.2.1 灌溉系统允许的最大轮灌组数按公式(3)和公式(4)计算。

$$N_{\max} = \frac{t_d \eta m q_d}{I_a S_r S_t} \dots\dots\dots (3)$$

$$n = \frac{S_t}{S_e \times S_n} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

N_{\max} ——允许的最大轮灌组数的数值,单位为个;

t_d ——日运行小时数的数值,单位为小时(h/d);

η ——灌溉水利用系数;

n ——每株植物的灌水器个数的数值,单位为个;

q_d ——灌水器设计流量的数值,单位为升每小时(L/h);

I_a ——设计供水强度的数值,等于设计耗水强度,单位为毫米每天(mm/d);

S_r ——植物的行距的数值,单位为米(m);

S_t ——植物的株距的数值,单位为米(m);

S_e ——灌水器间距的数值,单位为米(m);

S_n ——一条毛管灌溉的作物行数。

6.2.2 设计轮灌组数应不大于允许的最大轮灌组数,并结合管道布置和运行管理要求,划分轮灌组。

6.3 水力计算

6.3.1 设计流量和管径

6.3.1.1 单个温室设计流量按公式(5)计算。

$$Q_d = \frac{S n q_d}{1000 S_r S_t} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

Q_d ——单个温室设计流量的数值,单位为立方米每小时(m^3/h);

S ——单个温室同时灌溉的面积数值,单位为平方米(m^2)。

6.3.1.2 分干管设计流量为其控制范围内同时灌溉的温室设计流量之和,按公式(6)计算。

$$Q_f = \sum Q_d \dots\dots\dots (6)$$

式中:

Q_f ——分干管设计流量的数值,单位为立方米每小时(m^3/h)。

6.3.1.3 干管流量等于同时工作的分干管流量之和,按公式(7)计算。

$$Q_g = \sum Q_f \dots\dots\dots (7)$$

式中:

Q_g ——干管设计流量的数值,单位为立方米每小时(m^3/h)。

6.3.1.4 分干管、干管管径按公式(8)估算内径,再根据管材规格确定合适的管径。

$$d = 18.8 \times \sqrt{\frac{Q_x}{v}} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

d ——管内径的数值,单位为毫米(mm);

Q_x ——计算管段设计流量的数值,单位为立方米每小时(m^3/h),分干管 $Q_x = Q_f$,干管 $Q_x = Q_g$;

v ——管内流速的数值,单位为米每秒(m/s),可取 0.9 m/s~1.5 m/s。

6.3.2 设计压力

6.3.2.1 分干管、干管沿程水头损失按公式(9)计算。常用管材的沿程水头损失系数、流量指数和管径指数按表 2 选用。

$$h_f = f \frac{Q^m}{d^b} L \dots\dots\dots (9)$$

式中：
 h_f ——管道沿程水头损失量的数值，单位为米(m)；
 f ——沿程水头损失系数；
 Q ——管道设计流量的数值，单位为升每小时(L/h)；
 m ——流量指数；
 b ——管径指数；
 L ——管道长度的数值，单位为米(m)。

表 2 常用管材的沿程水头损失系数、流量指数和管径指数

管材类别	沿程水头损失系数(f)	流量指数(m)	管径指数(b)
聚氯乙烯管	0.464	1.770	4.770
聚乙烯管	0.505	1.750	4.750

6.3.2.2 管道局部水头损失按公式(10)计算。局部阻力系数按表 3 选用。当参数缺乏时，可按沿程水头损失的一定比例估算，干管、支管宜取对应管道沿程水头损失的 0.05~0.1，毛管宜取对应管道沿程水头损失的 0.1~0.2。

$$h_j = \xi \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (10)$$

式中：
 h_j ——局部水头损失的数值，单位为米(m)；
 ξ ——局部阻力系数的数值；
 g ——重力加速度的数值，单位为米每秒方(m/s²)，取 9.8 m/s²。

表 3 局部阻力系数(ξ)

局部阻力设施	ξ							
90°弯头	0.9							
45°弯头	0.4							
三通转弯	1.5							
三通直流	0.1							
截止阀	3.0~5.5							
全开蝶阀	0.1~0.3							
全开闸阀	d,mm	15	20~50	80	100	150	200~250	300~450
	ξ	1.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.08	0.07

6.3.2.3 灌溉系统设计压力应在最不利轮灌组条件下按公式(11)计算。其中，沿程水头损失为系统取水点至最不利轮灌组进口的所有管段沿程水头损失(含灌溉首部沿程水头损失)，局部水头损失为系统取水点至最不利轮灌组进口的所有管段局部水头损失(含灌溉首部局部水头损失)。

$$H = Z_p - Z_b + h_0 + \sum h_f + \sum h_j \dots\dots\dots (11)$$

式中：
 H ——灌溉系统设计压力，单位为米(m)；
 Z_p ——最不利轮灌组管网进口的高程的数值，单位为米(m)；
 Z_b ——系统取水点的设计水位高度的数值，单位为米(m)；
 h_0 ——最不利轮灌组进口设计压力，单位为米(m)。

6.3.2.4 按 GB/T 50485—2020 中 5.4 和 5.5 的规定，进行节点压力均衡、水锤压力验算与防护的设计。

7 设施设备配套要求

7.1 蓄水装置

- 7.1.1 需要进行水量调蓄时,应设置蓄水装置。
- 7.1.2 应综合考虑便捷性、经济性、使用时间等因素选择蓄水装置的类型。场地条件允许时,宜采用开挖覆盖土工膜的水池;场地条件有限制时,可采用装配式蓄水罐。
- 7.1.3 干旱、半干旱地区的蓄水装置宜采用封闭式,寒冷地区的蓄水装置应采取保温防冻措施。
- 7.1.4 蓄水装置容积可按 1 d~3 d 的需水量确定。
- 7.1.5 收集温室屋面雨水作为灌溉水源时,蓄水装置容积按公式(12)计算;收集其他集流面雨水时,蓄水容积按 GB/T 50596—2010 中 5.4 的规定计算。

$$V_y = \frac{S_w k_w P K}{1000} \dots\dots\dots (12)$$

式中:
 V_y —— 雨水蓄水容积的数值,单位为立方米(m^3);
 S_w —— 收集雨水的温室屋面面积的数值,单位为平方米(m^2);
 k_w —— 温室屋面的年集流效率的数值,取 0.8~0.9;
 P —— 多年平均降雨量,单位为毫米(mm),由气象资料确定;
 K —— 容积系数,按表 4 取值。

表 4 雨水蓄水工程容积系数(K)

多年平均降水量,mm	≤500 mm	>500 mm~800 mm	大于 800 mm 地区
容积系数	0.55~0.6	0.4~0.5	0.35~0.45

7.2 加压装置

- 7.2.1 地形高差不超过 50 m 的园区,可采用集中加压装置供水方式;地形高差超过 50 m 的园区,可采用自压或分级加压装置供水方式。
- 7.2.2 加压装置宜采用变频恒压供水设备,供水流量应不小于各轮灌组的最大设计流量,供水压力应不小于轮灌组设计压力的要求。
- 7.2.3 变频恒压供水设备的出水压力波动不大于 0.02 MPa。
- 7.2.4 变频恒压供水设备应设 1 台备用泵,备用泵的供水能力不小于最大一台工作泵的供水能力。

7.3 水质净化设施及过滤装置

- 7.3.1 从江河、湖泊、水库、山溪、塘坝等取水时,取水口处应设置拦污栅;含沙量较大的水源,需修建沉淀池进行预处理。
- 7.3.2 过滤器应根据水源水质状况和灌水器的要求进行选择。过滤器类型及组合方式按 NY/T 2132—2012 中 4.2 的规定选取。
- 7.3.3 施肥装置下游应设置过滤精度不低于 100 目的筛网过滤器或叠片过滤器。
- 7.3.4 灌溉首部中的过滤器公称流量应不小于最大设计流量,管道上的过滤器公称流量应与该处管道设计流量相一致。
- 7.3. 过滤器公称压力应不低于最大设计压力。

7.4 施肥装置

- 7.4.1 施肥装置宜选用水动比例注肥器或水肥一体机。
- 7.4.2 选用的水肥一体机应符合下列规定:
 - a) 吸肥能力、输出流量和公称压力满足其控制范围内最大压力轮灌组及最大流量轮灌组的相应要求;

- b) 通道数量满足园区种植作物所需肥料的种类和调节 pH 功能的要求；
- c) 输出营养液稳定后的电导率(EC)调控准确度不小于 85%、酸碱度(pH)波动不大于 ± 0.2 ；
- d) 母液罐的材质应耐腐蚀、不透光,其容积按一个灌溉周期母液用量确定,不宜低于 200 L;容积大于 500 L 时应设搅拌装置。

7.5 管道及附件

7.5.1 管材和管件及连接方式的公称压力应不低于设计压力。

7.5.1 管材宜采用聚氯乙烯、聚乙烯塑料管。

7.5.1 应按下列要求配置管道附件：

- a) 需计量的管段上设置水量计量装置；
- b) 与城镇生活给水管道直接连接的引水管上设置防倒流装置；
- c) 干支管的首端宜设控制阀,干支管的末端、管网低点设冲洗排水阀,埋地管道的阀门处设置阀门井或阀门箱；
- d) 水泵出水管上设置压力表、检修阀门、止回阀或水泵多功能控制阀；
- e) 在灌溉首部最高处、管道起伏段的高处、顺坡管道节制阀下游侧、逆坡管道节制阀上游侧及可能出现负压的管段,设置进排气阀。

7.6 灌水器

7.6.1 灌水器应根据土壤、作物及种植模式、灌水器水力特性等因素选择滴灌管(带)、滴箭、滴头或微喷头。

7.6.2 灌水器的制造偏差系数应不大于 0.07。

7.6.3 倒挂式微喷头应具备防滴漏功能。

8 自动控制

8.1 自动控制系统应能在设定的时间、流量等参数下自动运行完成分区轮灌,也可通过人工发送指令或操作控制界面切换为人工控制模式完成指定分区灌溉,并支持本地及远程进行灌溉轮灌组的编制、修改、查询。

8.2 自动控制系统一般包括控制箱、分区电磁(动)阀及阀门控制器及通信系统。

8.3 控制箱应符合下列规定：

- a) 密封并符合 GB/T 4208—2017 规定的 IP55 及以上防护等级；
- b) 能在温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度不大于 95%(无凝露)的工作环境下运行及保存；
- c) 有浪涌保护器及接地装置；
- d) 采用线槽或金属管与外部传感器、电磁阀等设备连接,不得使用电缆。

8.4 控制箱与最远分区电磁阀距离不大于 200 m 且分区电磁阀数量小于 20 个时,应采用有线控制方式,直接供电驱动分区电磁阀,并使用外部 24 V 继电器对分区电磁阀进行隔离保护。

8.5 采用带有物联网功能的自动控制系统,应符合 GB/T 33474—2016 中表 2、表 4 及表 6 对物联网系统、通信和信息的规定。

8.6 自动控制系统应具备对灌溉首部设备(水泵、施肥装置、过滤器等)、灌溉执行机构(灌溉电磁阀、电动阀等)的通讯状态及运行状态进行监测的功能,能够准确反映灌溉执行的运行状态及通讯状态。

8.7 自动控制系统应具备数据存储功能,存储所采集的阀位状态、传感器参数等实时数据和历史数据,存储时间不少于 90 d。存储单元应具备断电保护功能。