

ICS 65.020.99

B 90

备案号：

NY

中华人民共和国农业行业标准

NY/T ××××—202×

设施农业园区水肥一体化灌溉管网
设计规范

Specification for fertigation pipe network design of
protected agriculture park

（征求意见稿）

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中华人民共和国农业农村部 发布

目 次

前 言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	1
5 设计参数	2
6 工程设计	2
6.1 总体布置	2
6.2 轮灌制度	3
6.3 水力计算	3
7 设备选择	5
7.1 蓄水装置	5
7.2 加压装置	6
7.3 水质净化设施及过滤装置	6
7.4 施肥装置	6
7.5 管道及附件	7
8 自动控制系统	7
8.1 一般规定	7
8.2 控制方式与系统要求	7

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。

本文件由农业农村部农业机械化管理司提出。

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。

本文件主要起草人：张月红、尹义蕾、李恺、侯永、张学军、丁小明。

设施农业园区水肥一体化灌溉管网设计规范

1 范围

本文件规定了设施农业园区（以下简称“园区”）水肥一体化灌溉管网设计的术语和定义、基本规定、设计参数、工程设计、设备选择和自动控制系统等。

本文件适用于进行规模化种植生产的园区水肥一体化灌溉管网的设计。

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 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/T 50265	机井技术规范
GB/T 50485	微灌工程技术规范
GB/T 50596	雨水集蓄利用工程技术规范
NY/T 391	绿色食品 产地环境技术条件
NY/T 2132	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界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

设施农业园区 protected agriculture park

以集中连片的塑料棚、温室等农业设施为主，进行规模化种植生产的农业园区。

3.2

水肥一体化灌溉管网 fertigation pipe network

配有灌溉及施肥装置、以便根据作物水肥需求进行清水或肥液灌溉的管道系统。

3.3

水肥一体机 fertigation machine

依据程序的设定，把不同配比的水溶性肥液、酸液注入管网系统进行分区灌溉施肥的装置。

4 基本规定

- 4.1 园区水肥一体化灌溉管网设计应收集当地的水源、气象、地形、土壤、作物、地质、环境保护、农业生产等基本资料，为科学设计提供基础依据。
- 4.2 园区水肥一体化灌溉管网设计应符合当地水资源开发利用、水利发展、农业发展、生态环境保护等规划要求，并充分利用已有水利工程、田间道路、林网、输配电、信息化等基础设施。
- 4.3 园区水肥一体化灌溉管网设计应包括园区的水源工程、首部枢纽和管网的设计，设计成果应绘制在比例不小于 1:2000 的地形图上，并应给出设计说明。
- 4.4 灌溉水的水质应符合 GB 5084 和 GB/T 50485 的规定。生产绿色食品的水质宜符合 NY/T391 的规定。
- 4.5 有条件的地区应集蓄雨水作为灌溉水源，根据 GB/T 50596 的规定将集雨工程作为水源工程统筹设计。
- 4.6 应根据 GB/T 50485 的规定进行水量平衡计算，当水源供水能力不能满足园区用水需求时，应调整种植结构、减小灌溉面积或另辟水源。
- 4.7 应选择合适配方的水溶性肥料，肥料的选择与施用应符合 NY/T 3244 的相关规定。
- 4.8 园区水肥一体化灌溉管网设计除应符合本规范外，还应符合国家及行业现行相关标准和规范的规定。

5 设计参数

- 5.1 灌溉设计保证率不应低于 95%。
- 5.2 灌溉水利用系数，滴灌不应低于 0.9，微喷灌不应低于 0.85。
- 5.3 设施种植作物设计耗水强度宜根据当地灌溉试验资料确定；无灌溉试验资料时，可从表 1 选取。

表1 设计耗水强度

设施种植作物	设计耗水强度 (mm/d)
花卉、果菜、果树	3~6
叶菜、育苗	2~4

- 5.4 灌溉系统设计日工作小时数不宜超过 16h。
- 5.5 各轮灌组的设计流量应尽可能一致或相近，同一台施肥装置控制的各轮灌组之间的设计流量相对差额宜不大于 30%，按式(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 GB/T 50485 的规定计算。

$$Q_{zv} = \frac{Q_{zmax} - Q_{zmin}}{Q_{zmax}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Q_{zv} ——不同轮灌组的设计流量相对差额，（%）；
- Q_{zmax} ——最大轮灌组设计流量值，单位为立方米每小时（m³/h）；
- Q_{zmin} ——最小轮灌组设计流量值，单位为立方米每小时（m³/h）。

6 工程设计

6.1 总体布置

6.1.1 应综合考虑水源位置、地形地貌、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水源工程、首部枢纽和管网布置。

6.1.2 井水作为灌溉水源时，宜布设于灌溉控制范围的中心，首部枢纽宜设在机井房内。井距及井数根据 GB/T 50265 的规定确定。

6.1.3 河水、渠道、泉水等作为水源时，宜在水源附近布设前池或蓄水装置。

6.1.4 收集雨水作为水源时，应优先收集温室屋面雨水，不宜收集机动车道路等有严重污染威胁受雨面上的雨水。雨水蓄水装置的布置宜方便利用其他水源作为补充水源。

6.1.5 需建沉淀池时，宜与蓄水装置结合修建。

6.1.6 首部枢纽可按下列规定进行布置：

- a) 加压装置及泵房宜靠近其灌溉控制范围的中心布置。
- b) 施肥装置可根据园区规模和使用要求等设一套或多套。
- c) 采用水肥一体机作为灌溉施肥装置时，一套可控制最大面积宜不超过 400 亩。

6.1.7 管道布置宜短而直，并避开地下电力、通信、燃气等设施。

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

6.1.9 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。管顶最小覆土深度不应小于冻土深度，行车道下的管道覆土深度不宜小于 0.70m。

6.1.10 园区可根据作物品种、肥料需求特性设一套或多套灌溉管网，相同作物或肥料需求特性相似的作物可共用一套灌溉管网。

6.2 轮灌制度

6.2.1 园区宜采用轮灌制度，水源到施肥装置的管网连续供水，施肥装置到作物的管网轮流供水。

6.2.2 灌溉系统允许的最大轮灌组数按式（2）和式（3）确定：

$$N_{\max} = \frac{t_d \eta n q_d}{I_a S_r S_t} \dots\dots\dots (2)$$

$$n = \frac{S_t}{S_e \times S_n} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- N_{\max} ——允许的最大轮灌组数，（个）；
- t_d ——日运行最大时数，单位为小时（h）；
- η ——灌溉水利用系数；
- n ——每株植物的灌水器个数，单位为个；
- q_d ——灌水器设计流量，单位为升每小时（L/h）；
- I_a ——设计供水强度，等于设计耗水强度，单位为毫米每天（mm/d）；
- S_r ——植物的行距，单位为米（m）；
- S_t ——植物的株距，单位为米（m）；
- S_e ——滴头间距，单位为米（m）；
- S_n ——一条毛管灌溉的作物行数。

6.2.3 设计轮灌组数可按式（4）确定，并结合管道布置和运行管理要求，划分轮灌组。

$$N \leq N_{\max} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- N ——设计轮灌组数，（个）；
- N_{\max} ——允许最大轮灌组数，（个）。

6.3 水力计算

6.3.1 设计流量和管径

6.3.1.1 单个温室或大棚设计流量可按式（5）计算。

$$Q_d = \frac{Snq_d}{1000S_r S_t} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Q_d ——单个温室或大棚设计流量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）；

S ——单个温室或大棚同时灌溉的面积，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或大棚设计流量之和，可按式（6）计算。

$$Q_{分} = \sum Q_d \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$Q_{分}$ ——分干管设计流量，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，可按式（7）计算。

$$Q_{干} = \sum Q_{分} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$Q_{干}$ ——干管设计流量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）。

6.3.1.4 分干管、干管管径可按式（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，单位为毫米（ mm ）；

Q_x ——计算管段设计流量，单位为立方米每小时（ m^3/h ），分干管 $Q_x=Q_{分}$ ，干管 $Q_x=Q_{干}$ ；

v ——管内流速，单位为米每秒（ m/s ），可取 $1.2 m/s \sim 1.5 m/s$ 。

6.3.2 设计水头

6.3.2.1 分干管、干管沿程水头损失按式（9）计算公式中直接加上多孔系数？。

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

式中：

h_f ——管道沿程水头损失，单位为米（ m ）；

f ——摩阻系数；

Q_g ——管道设计流量，单位为升每小时（ L/h ）；

m ——流量指数；

b ——管径指数；

L ——管道长度，单位为米（ m ）。

6.3.2.2 常用管材的摩阻系数、流量指数和管径指数，可按表 2 选用。

表2 常用管材的摩阻系数、流量指数和管径指数

管材	摩阻系数 (f)	流量指数 (m)	管径指数 (b)
硬塑料管	0.464	1.770	4.770
聚乙烯管	0.505	1.750	4.750

6.3.2.3 管道局部水头损失一般按沿程水头损失的一定比例估算，干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。必要时，管道局部水头损失可按式（10）计算。

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

式中：

- h_j ——局部水头损失，单位为米（m）；
- ξ ——局部阻力系数；从哪里查？
- g ——重力加速度，单位为米每秒方（ m/s^2 ），为 $9.81 m/s^2$ 。

6.3.2.4 灌溉系统设计水头，应在最不利轮灌组条件下按式（11）计算：

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

式中：

- H ——灌溉系统设计水头，单位为米（m）；
- Z_p ——最不利轮灌组管网进口的高程，单位为米（m）；
- Z_b ——系统取水点的设计水位，单位为米（m）；
- h_0 ——最不利轮灌组进口设计水头，单位为米（m）；
- $\sum h_f$ ——系统取水点至最不利轮灌组进口的管道沿程水头损失（含首部枢纽沿程水头损失），单位为米（m）；
- $\sum h_j$ ——系统取水点至最不利轮灌组进口的管道局部水头损失（含首部枢纽局部水头损失），单位为米（m）。

6.3.2.5 根据 GB/T 50485 的规定，进行节点压力均衡和水锤压力验算与防护的设计。

7 设备选择

7.1 蓄水装置

7.1.1 需要进行水量或水质调节时，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。场地条件许可时，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 蓄水装置作为灌溉用水的水量调节构筑物时，有效容积应按 1 个灌水周期内蓄水装置的补水量和其控制面积灌溉需水量的差值确定。

7.1.5 收集塑料棚、温室的屋面雨水作为灌溉水源时，蓄水装置容积可按式（12）计算；收集其他集流面雨水时，蓄水容积按 GB/T 50596 的规定计算。

$$V_y = \frac{S_w k_w P K}{1000 (1 - \alpha)} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- V_y ——雨水蓄水容积，单位为立方米（ m^3 ）；
- S_w ——收集雨水的塑料棚、温室屋面面积，单位为平方米（ m^2 ）；
- k_w ——塑料棚、温室屋面的年集流效率，可取 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；
- α ——蓄水工程蒸发、渗漏损失系数，取 0.05~0.10；
- K ——容积系数，可按表 3 取值。

表3 雨水蓄水工程容积系数 (K)

多年平均降水量 (mm)	250mm~500mm 地区	>500mm~800mm 地区	>800mm 地区
塑料棚、温室灌溉	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 50m 的园区，宜采用集中加压装置供水方式；地形高差超过 50m 的园区，宜采用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，供水流量应不小于轮灌组设计流量的最大值，供水压力应满足最不利轮灌组的设计压力要求。

7.2.3 变频恒压供水设备的出水压力波动不宜超过 0.02MPa。

7.2.4 变频恒压供水设备应设 1 台备用泵，备用泵的供水能力应不小于最大一台工作泵的供水能力。

7.2.5 变频恒压供水设备各水泵宜设独立的吸水管路，吸水管流速宜为 0.8 m/s~1.2m/s；各水泵出水管应设止回阀，出水管流速宜为 1.5 m/s~2.0m/s。

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可按 NY/T2132 的规定选取。

7.3.3 施肥装置的出水管上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 首部枢纽中的过滤器公称流量不宜小于设计流量最大值的 120%，管道上的过滤器公称流量应与该处管道设计流量相一致。

7.3.5 过滤器的公称压力不应低于最大设计水头。

7.4 施肥装置

7.4.1 园区施肥装置宜选用比例施肥泵或水肥一体机，可参照表 4 选取。

表4 施肥装置选用

设备类型	适宜栽培模式	种植规模
比例施肥泵	土壤栽培、基质栽培	根据设备的流量确定。
水肥一体机	土壤栽培	根据设备吸肥能力、输出流量、控制阀门数量等进行确定。
	基质栽培	
	水培、雾培	

7.4.2 园区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压力最不利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) 旁路式水肥一体机输出压力宜大于注入主管道对应点压力的 0.2Mpa 以上，并小于主管道的公称压力；

d) 输出水肥液稳定后的 EC 调控准确≥80%、pH 调控误差≤±0.2；

e) 母液罐的材质应耐腐蚀、不透光，其容积按其控制面积的一个灌溉周期母液用量确定，不宜低于 200L；容积大于 500L 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水头。

7.5.2 管材宜采用聚氯乙烯、聚乙烯塑料管材，选用其他管材应从技术经济角度进行方案比选分析。

7.5.3 应合理配置管道附件，保证各级管道流量均匀、压力稳定、安全运行。

a) 需计量的管段上应设置水量计量装置；

b) 与城镇生活给水管道直接连接的引水管上应设防置倒流装置；

c) 干支管的首端宜设控制阀，干支管的末端、管网低点宜设冲洗排水阀，埋地管道的阀门处宜设置阀门井或阀门箱；

d) 水泵出水管上宜设置压力表、检修阀门、止回阀或水泵多功能控制阀；

e) 水肥一体机进水口、过滤器出水口宜设置持压阀；

f) 在首部枢纽最高处、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，应设置进排气阀。

8 自动控制系统

8.1 一般规定

8.1.1 设施种植面积超过 20 亩的园区宜配置采用水肥一体机的灌溉施肥自动控制系统。

8.1.2 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 控制方式与系统要求

8.2.1 自动控制系统一般包括系统控制箱、分区电磁阀及阀门控制通信系统。

8.2.2 系统控制箱体应符合下列规定：

a) 应密封并符合 IP65 以上防护等级；

b) 应能在工作环境为温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $0\%\sim 95\%$ (无凝露)的条件下运行及保存；

c) 应有可靠的接地、防浪涌、防雷击功能；

d) 应采用线槽或金属管与外部传感器、电磁阀等设备连接，不得直接使用电缆。

8.2.3 单次轮灌时长不足 1h 的园区，宜采用驱动电源为交、直流 24V(15V \sim 30V)的电磁阀；单次灌溉时长大于等于 1h 的园区，宜采用脉冲电磁阀。

8.2.4 系统控制箱与最远分区电磁阀距离小于等于 200m 且分区电磁阀数量小于 20 个时，宜采用直接供电驱动方式控制分区电磁阀，并使用外部交、直流 24V 继电器对分区电磁阀进行隔离保护。

8.2.5 系统控制箱与最远分区电磁阀距离大于 200m 且网络覆盖稳定、信号干扰小时，宜采用远距离无线通信控制分区电磁阀，而网络未覆盖或覆盖信号不稳定时宜采用远距离总线通信控制分区电磁阀。。

8.2.6 系统控制箱与最远分区电磁阀距离大于 200m 且而网络未覆盖或覆盖信号不稳定时，宜采用远距离总线通信控制分区电磁阀。

8.2.7 远距离无线通信宜采用低功耗广域网技术，如 LoRa、NB-IoT 以及 4G、5G 等；且应采用与对应通讯技术相符合的标准通讯协议，实现短传输时延、远程控制、低功耗。

8.2.8 所有通信模块及设备应采用全防水工艺，并宜具备反馈电磁阀执行情况故障信号的功能。

8.2.9 采用带有物联网功能的自动控制系统，应满足 GB/T 33474-2016 中表 2、表 4 及表 6 对物联网系统、通信和信息的实体描述。

8.2.10 自动控制系统应具备对灌溉系统首部设备（水泵、施肥装置、过滤器等）以及灌溉执行机构（灌溉电磁阀、电动阀等）的通讯状态及运行状态监测功能，能够准确反映灌溉执行的运行状态及通讯状态，保障灌溉系统安全可靠运行。

8.2.11 自动控制系统应具备数据存功能，用于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；存储单元应具备断电保护功能，断电后所存储数据不丢失。
