

喷灌工程技术

任晓力

2012.07 锦州



◆ 喷灌的定义

◆ 喷灌系统类型一览

◆ 《喷灌工程技术规范》应用

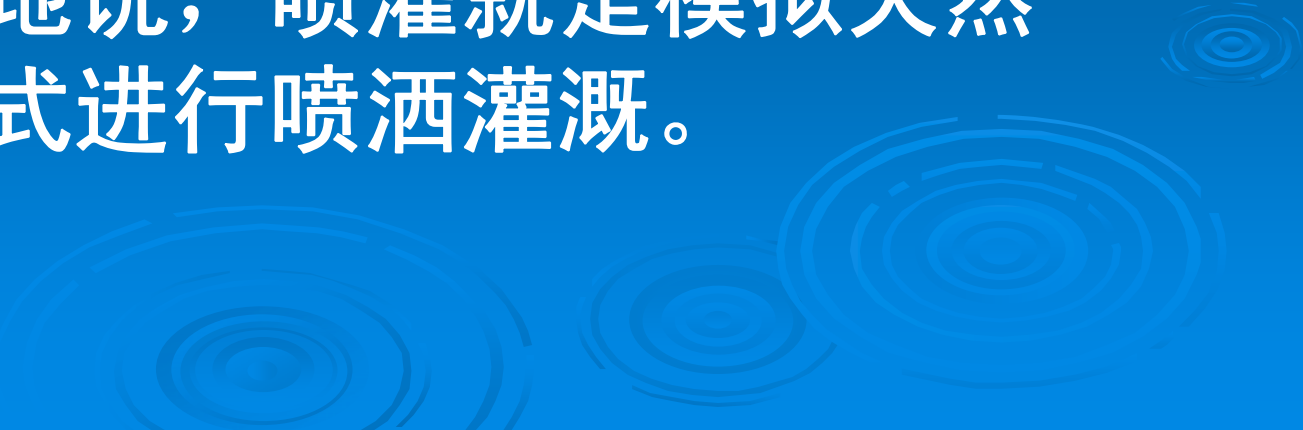
◆ 喷灌的定义



➤ 喷灌

喷灌是喷洒灌溉的简称，它是利用**专门设备将有压水流**送到灌溉地段，通过喷头以**均匀喷洒**方式进行灌溉的方法。

形象地说，喷灌就是模拟天然降雨的形式进行喷洒灌溉。



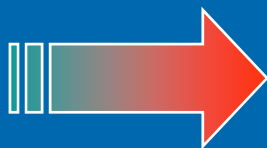


➤ 喷灌系统组成

水	(水源)
机	(动力机)
泵	(水泵)
管	(管道系统)
头	(喷头)

➤ 喷灌技术特点

优点



适应性强
增产
省水
少占耕地
节约劳力
地面灌水均匀

缺点



摇臂式喷头受风的影响大
一次性投资较高

➤ 喷灌的三大技术要素

喷灌强度、喷灌均匀度、喷洒水滴打击强度是喷灌的三大技术要素。

衡量一个喷灌工程的质量是否优良，喷灌技术的优点是否能真正发挥到极致，关键就是要看**喷灌强度、喷灌均匀度、喷洒水滴打击强度**这三大技术要素是否达到了国家标准规定的要求。

◆ 喷灌系统类型一览



➤ 喷灌系统分类

管道式喷灌系统 (定喷式)

固定管道式喷灌系统
半固定管道式喷灌系统
移动管道式喷灌系统

机组式喷灌系统

绞盘式喷灌机 (行喷式)
平移式喷灌机 (行喷式)
中心支轴式喷灌机 (行喷式)
滚移式喷灌机 (定喷式)
轻小型机组式 (定喷式)

固定管道式喷灌系统

(定喷式)



固定式 管道式喷灌系统



适用条件：地形不规则的山丘区，经济发展水平高，劳动力紧张，灌水频繁，经济作物，城市园林绿地，运动场。亩投资800 ~ 1200元。













半固定管道式喷灌系统

(定喷式)









移动管道式喷灌系统

(定喷式)







轻小型喷灌机组

(定喷式)





轻小型机组式

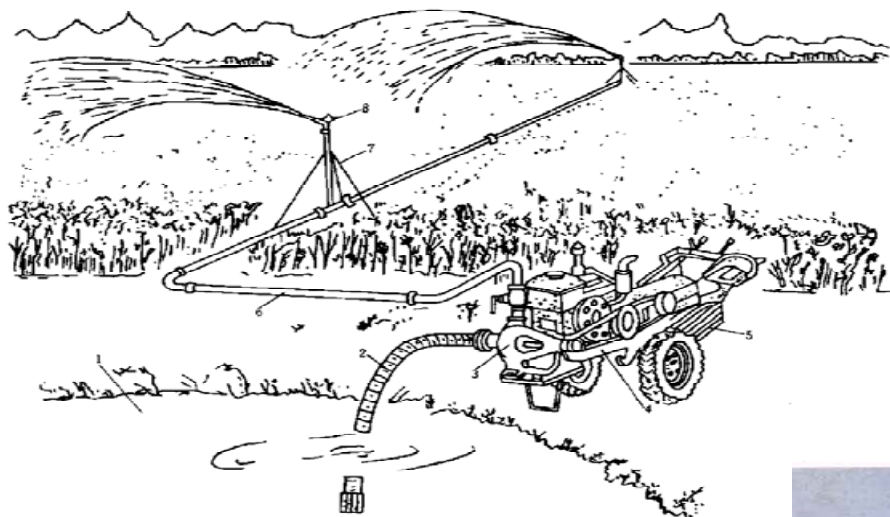


图 3-5 手扶拖拉机配套的悬挂式喷灌机
1—水源；2—吸水管；3—水泵；4—手扶拖拉机；5—皮带传动系统；6—输水管
7—竖管及支架；8—喷头

适用条件：

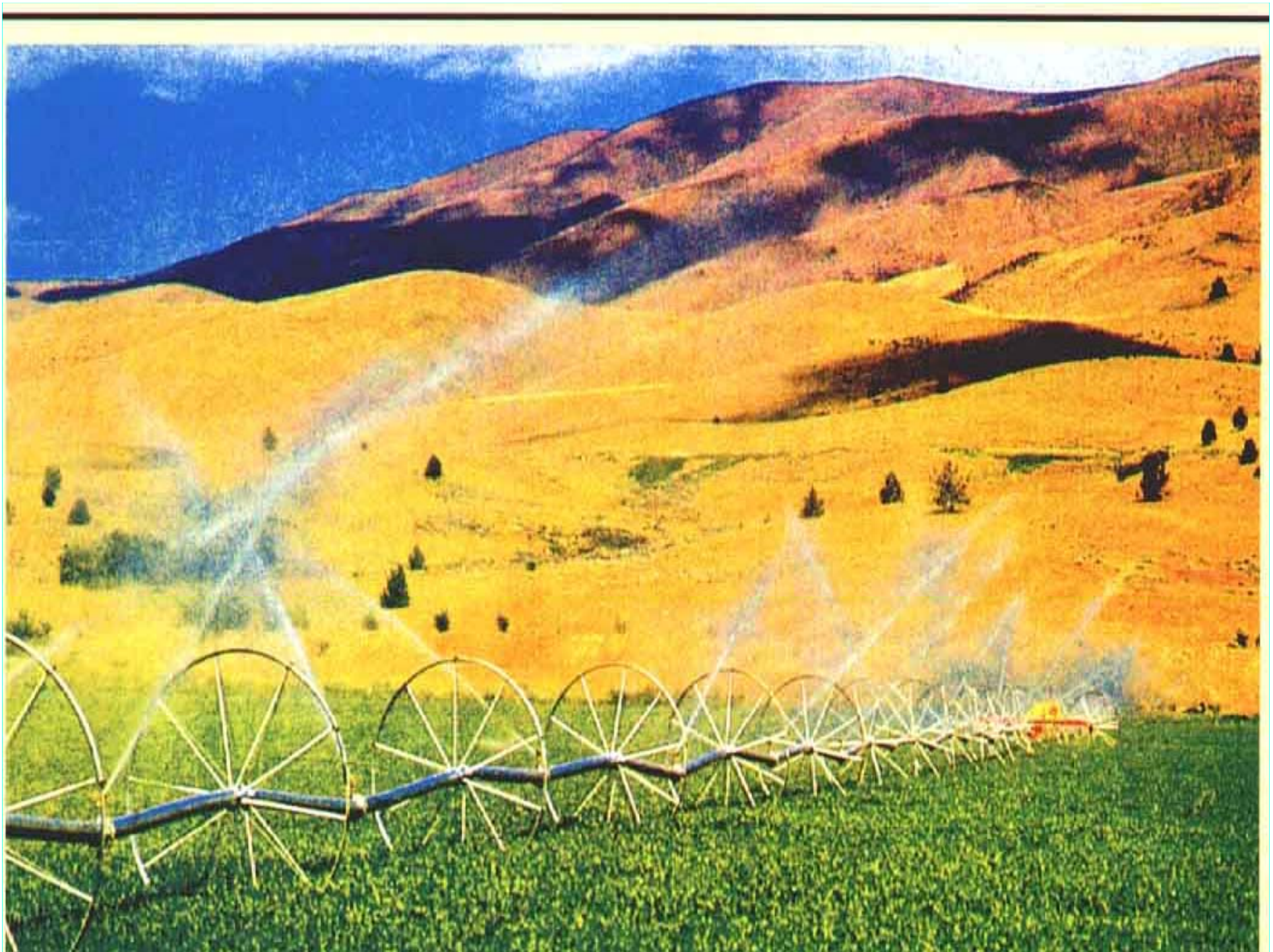
地块小，水源零星分散，小型机组作为动力，家庭果园、菜园。
亩投资100 ~ 150元。



滚移式喷灌机

(定喷式)





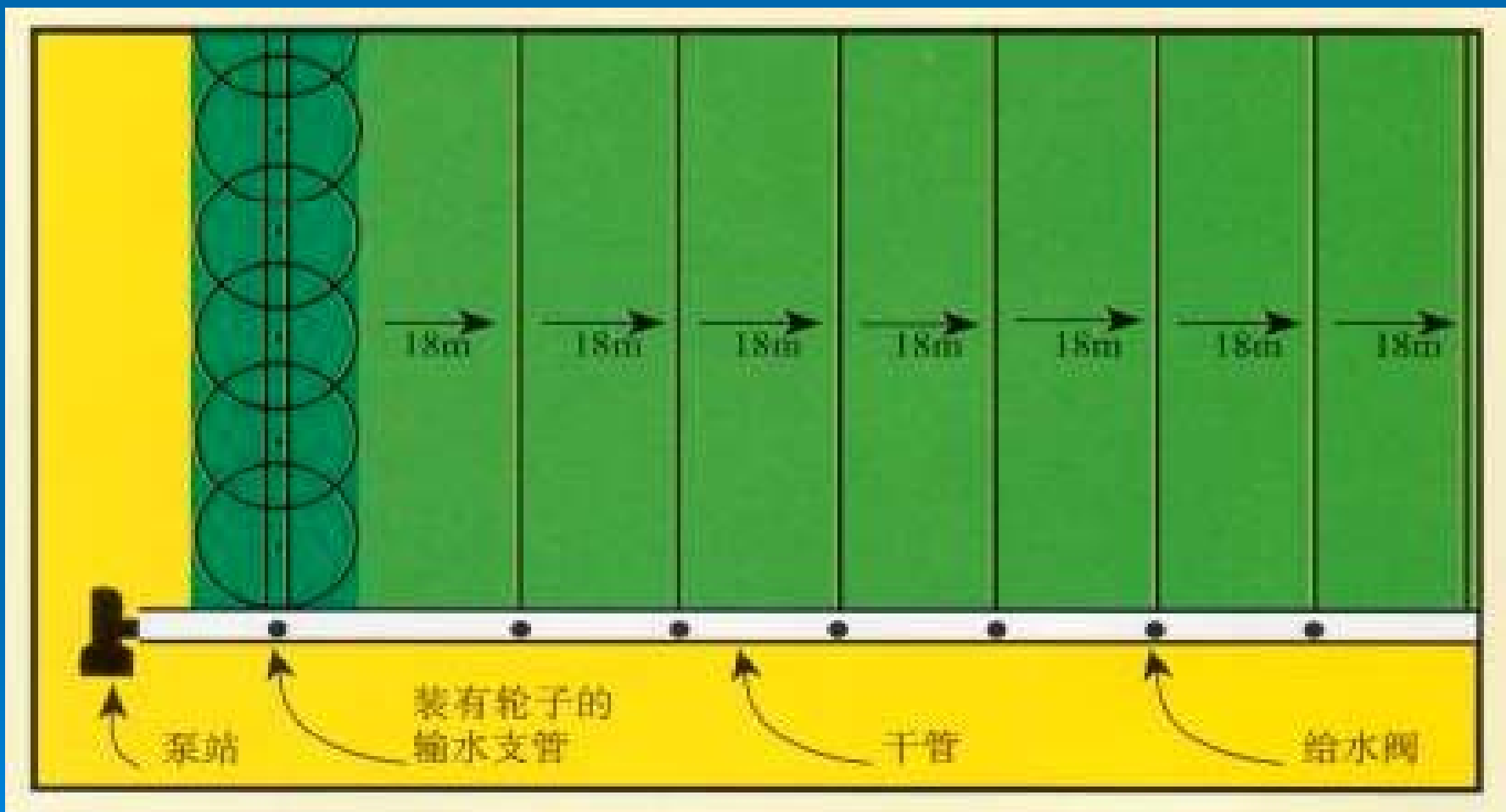








➤ 滚移式喷灌机运行方式



➤ 滚移式喷灌机的特点

- 优点**
- 半机械化，单位面积投资低；
 - 机动整体转移代替人工拆移，劳动强度较低（与轻小型喷灌机和人工拆移管道式喷灌系统相比）；
 - 安装、拆移方便；
 - 灌溉矩形地块。

- 缺点**
- 受地隙高度限制，不适用于玉米、高粱等高秆作物。

绞盘式喷灌机

(行喷式)





桁架式

单喷头式









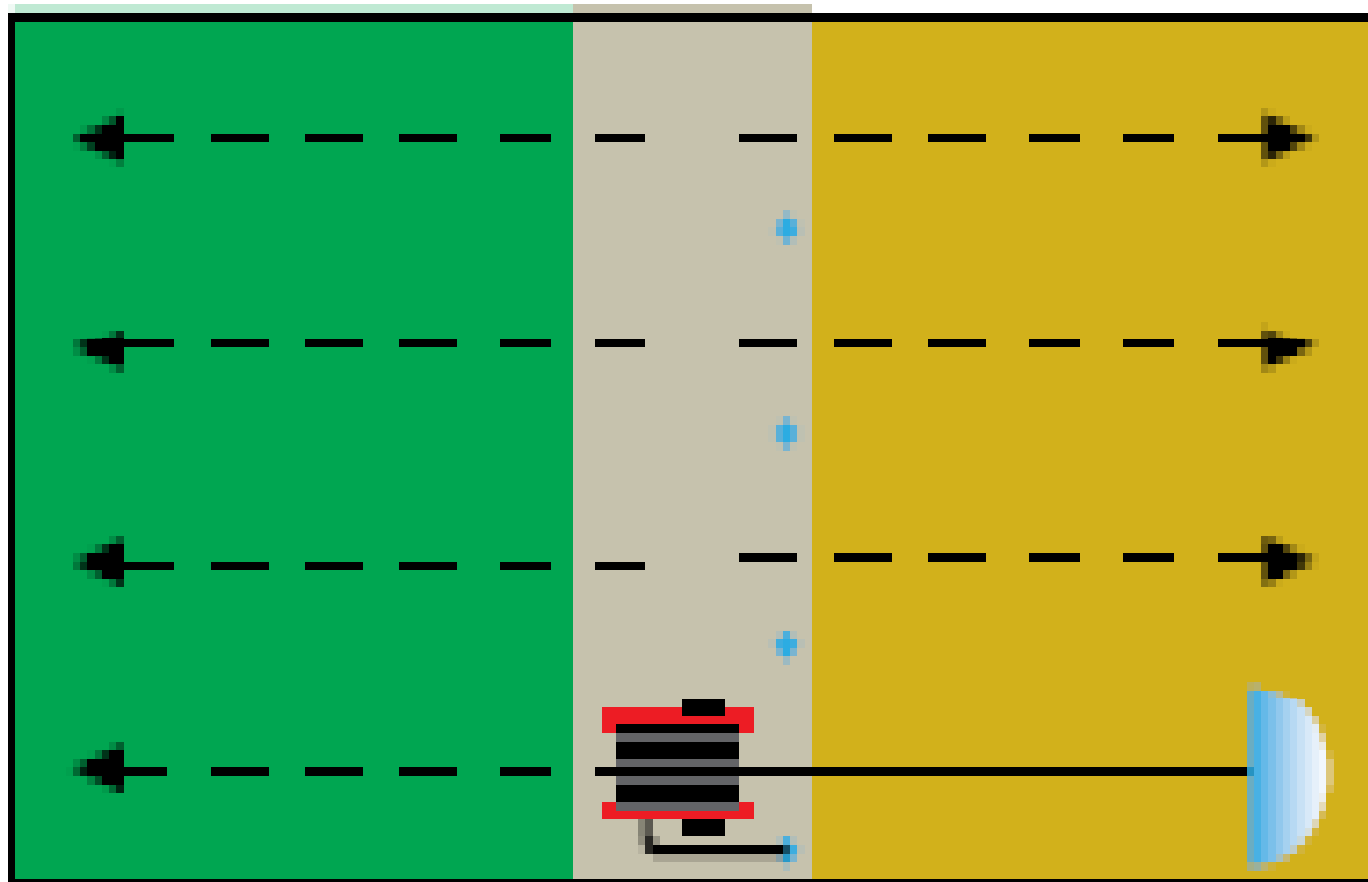








➤ 绞盘式喷灌机运行方式



➤ 绞盘式喷灌机应用中存在的问题

- 机行道宽，占地多；
- 喷头车转移费时、费工；
- 单喷头机组工作压力高，能耗大；
- 桁架式不适用于高秆作物。

平移式喷灌机

（行喷式）

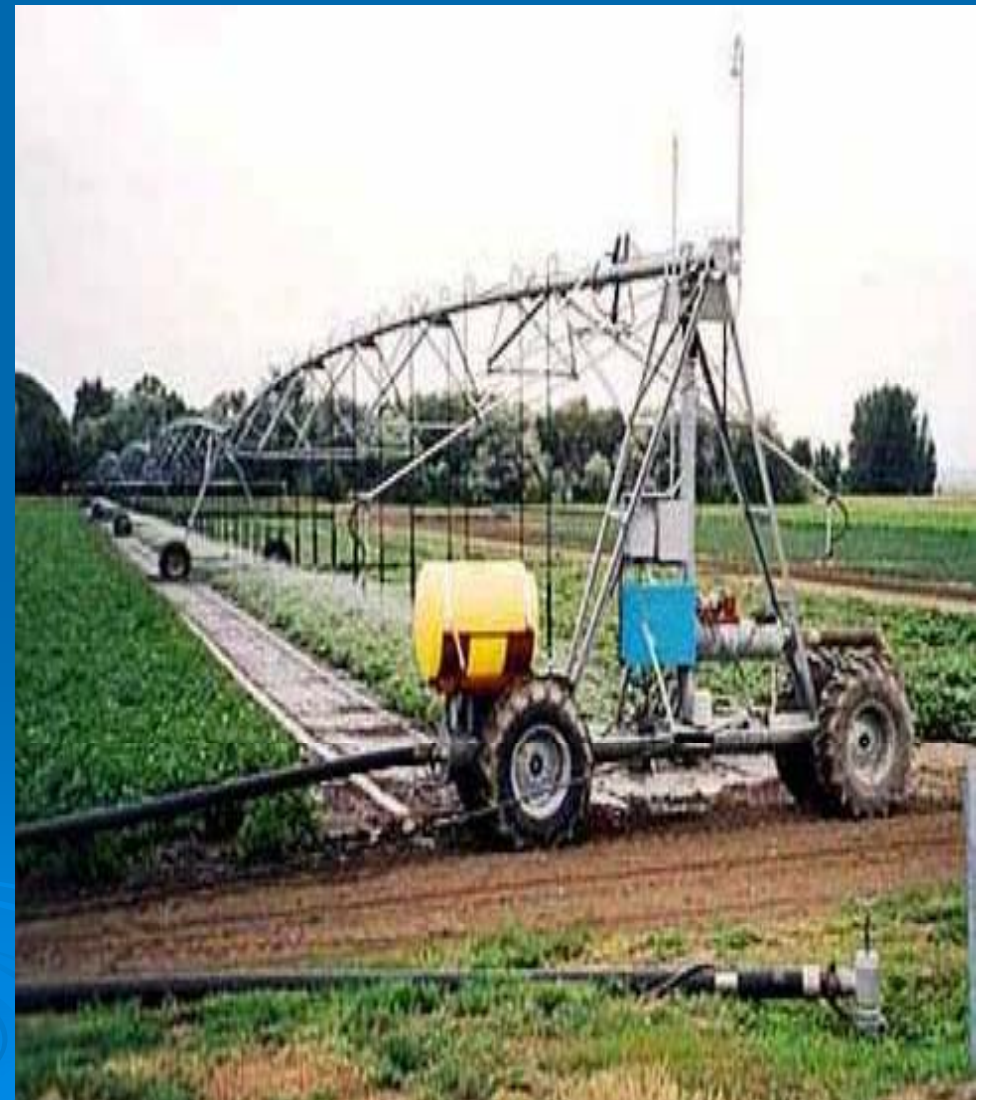








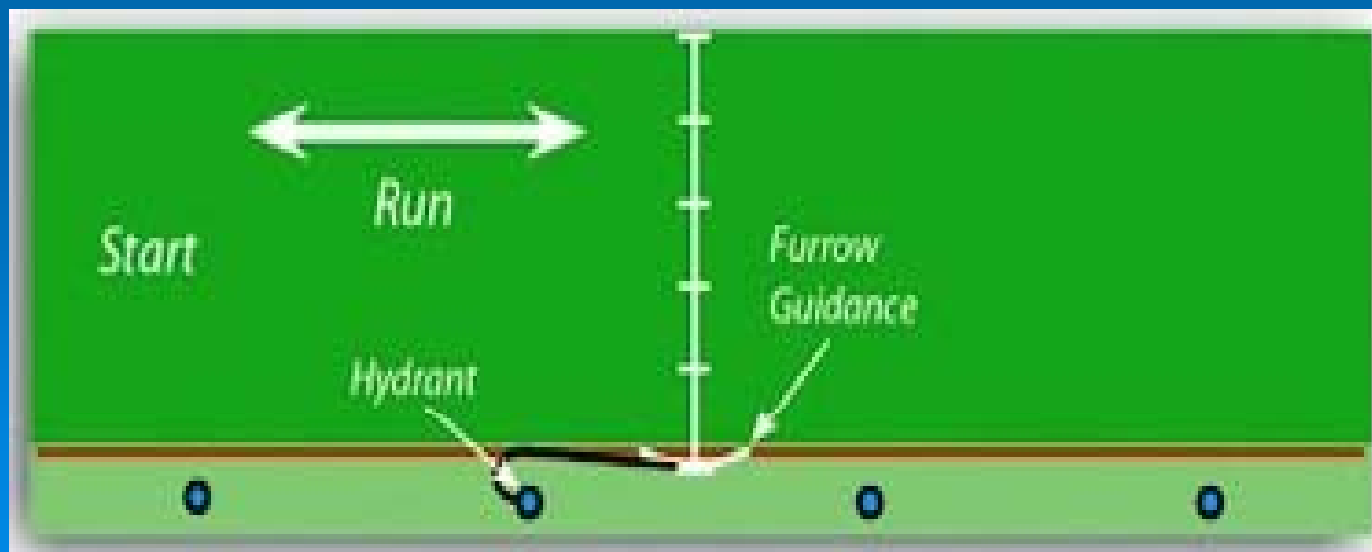
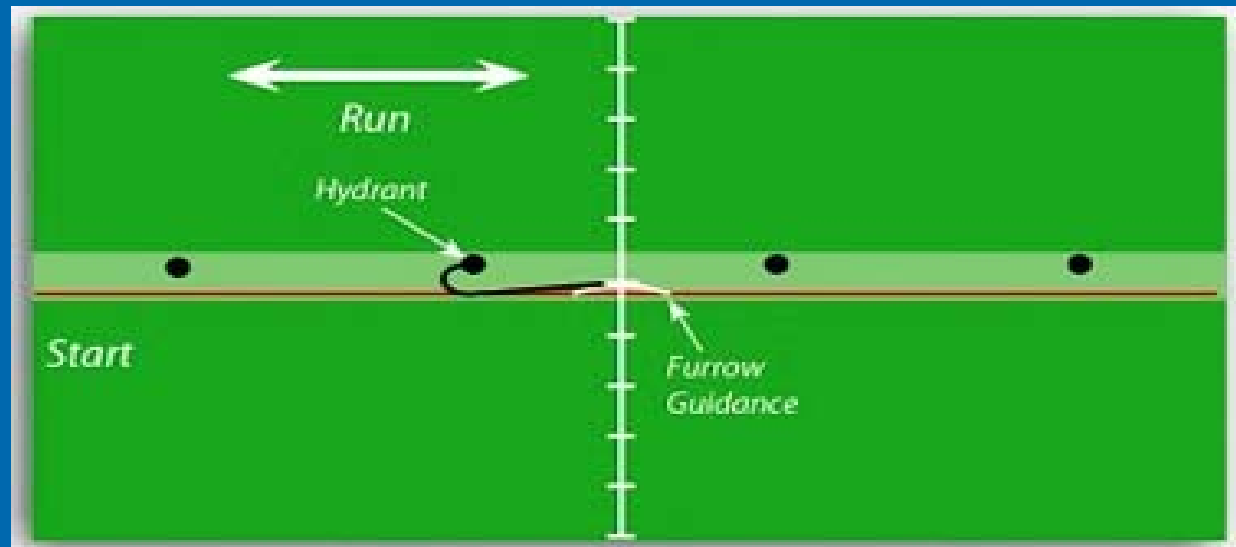
四轮+软管+端供水



四轮+渠道+中间供水



➤ 平移式喷灌机运行方式



➤ 平移式喷灌机主要特点

与中心支轴式对比

优点： —灌溉矩形地块；
—灌水均匀度高，可避免末端地表径流问题。

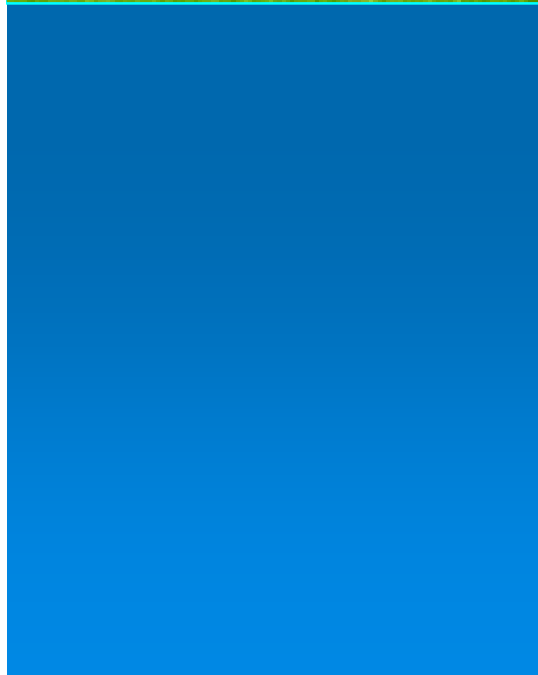
缺点： —结构较复杂，单位面积投资稍高；
—软管供水式需人工拆接、搬移软管，自动化程度低；
—渠道供水式对地块平整度、渠道防淤堵性要求高。

中心支轴式喷灌机

（行喷式）











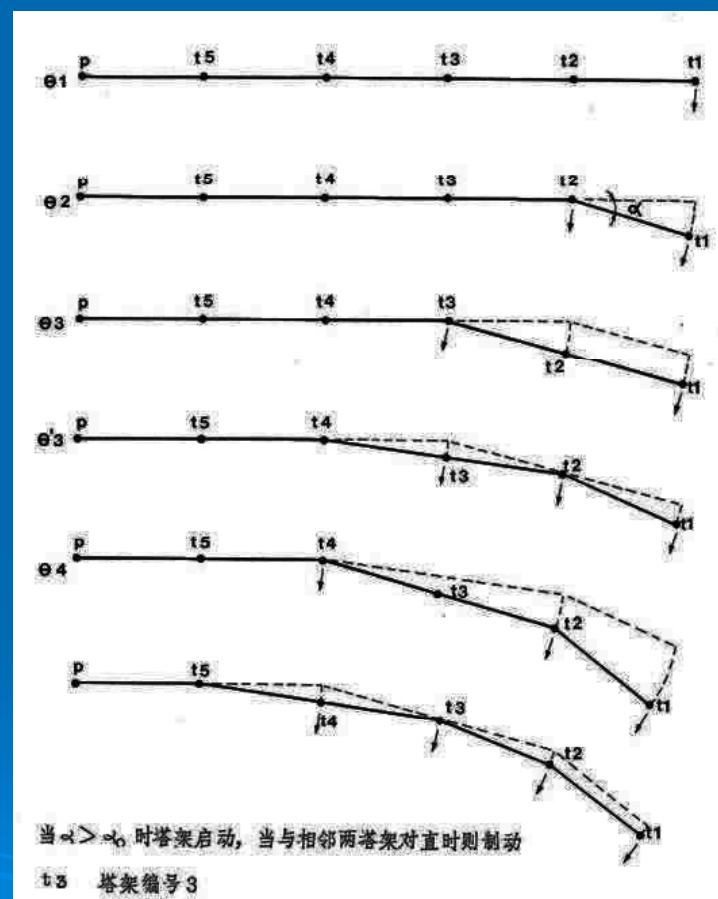
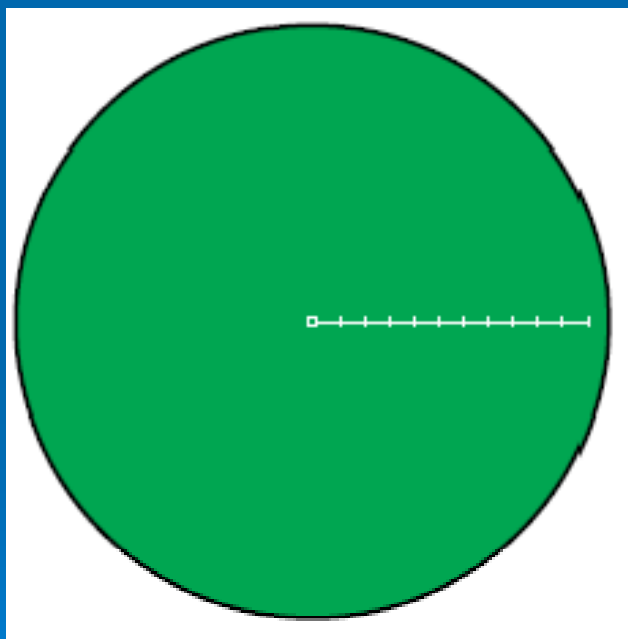








➤ 中心支轴式喷灌机运行方式







➤ 中心支轴式喷灌机适用性

作物：适用于包括草坪、果树在内的几乎所有作物。特别适用于对土壤水分胁迫敏感的作物。

土壤：适用于所有土质，可非常方便地实施“浅水勤灌”，对砂土和 砂壤土更具优越性。

地面坡度

各跨桁架之间采用柔性连接，在长度方向的坡度适应性可达 17° 左右；在垄沟较浅条件下，大部分标准型机组在行走方向坡度适应性可达 11° 左右。但当垄沟深度大于0.15m时，难以在坡度大于 8.5° 的坡地里行走。对于大管径、长距机组，最大适应坡度还要稍微小一些。

地块形状

灌溉面积通常为圆形；加末端喷枪可灌一部分地角；增加地角（臂）系统几乎可灌溉正方形，但价格将显著增加。

➤ 中心支轴式喷灌机主要特点

优点：

- 自动化程度高，可节省大量劳动力；
- 一般不需要平整土地，可节省大量费用并减少环境破坏；
- 使用寿命长（通常在20年以上），单位面积投资适中；
- 运行与维修维护费用低。

缺点：

- 机组末端喷灌强度通常大于100mm/h，容易产生短时间的地表径流；
- 普通型不能灌溉地角，漏喷面积大约占20%左右；
- 拖移式转移地块不方便；
- 带地角（臂）系统机组，单位面积投资高。

➤ 中心支轴式喷灌机主要结构

金属（钢）结构系统

中心支座、桁架、塔架车、悬臂。

行走驱动系统

电机（一级）减速器、万向节、传动轴、车轮（二级）减速器、中心套筒、轮胎。

电气控制系统

主控箱、集电环、塔盒、指示灯、电缆。

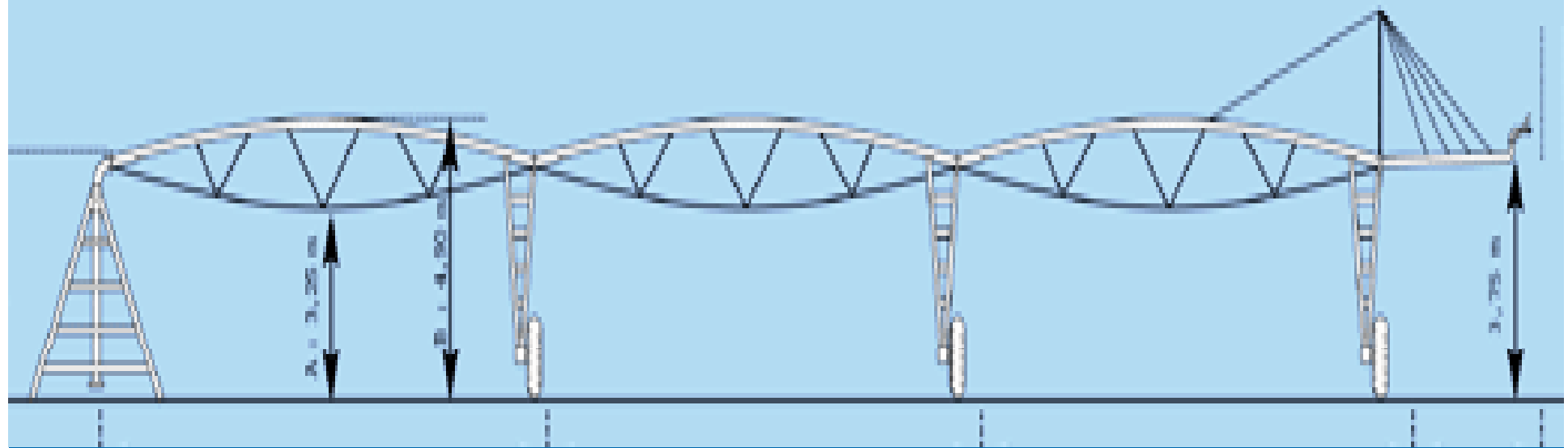
灌水系统

弯管、悬吊管、压力调节器、喷头、配重、末端喷枪组件。

可选配置

地角（臂）系统、施肥/施药装置。

金属（钢）结构系统



中心
支座

首跨
桁架

塔
架车

中间
桁架

末端
桁架

悬
臂

中心支座 由中心支轴和钢构件组成，分固定式和拖移式，中心支座高度与塔架车高度一致。



固定式



两轮拖移式



四轮拖移式



中心支轴

桁架 由输水支管、支撑件、拉筋等组成；桁架跨长30~60m；两端由塔架车支撑，跨间采用柔性连接；支管直径 $\Phi 112 \sim \Phi 219\text{mm}$ ，其上设有喷头座孔。



跨间柔性连接



钢 管



喷头座孔

塔架车 由钢管、角钢组合而成的三角架，用于支撑桁架；上部安装同步控制装置和塔盒，下部安装行走驱动装置。



塔 盒

悬臂 由输水管、三角架和钢索组成，输水管直径比桁架输水管稍小，长度一般不大于20m。主要作用是根据各种地块需求设置长度，以增加机组长度，扩大灌溉面积。



行走驱动系统



传动轴

车轮（二级）减速器

万向节

轮胎

电机（一级）减速器



电机减速器



电机功率 0.55、0.75、1.1kW;

电机转速 1400r/min;

速比 约40:1

车轮减速器



速比 约50:1

喷灌机最大行走线速度

$$1400 / (40 \times 50) \times (1.304 \times 3.14) \approx 2.87 \text{m/min}$$

电气控制系统



主控箱



集电环

指示灯



塔盒



电缆及卡子

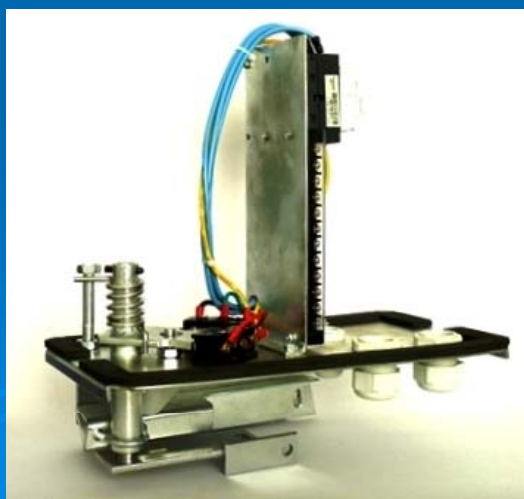
主控箱主要功能

- ◆ 经由集电环向各塔盒供电；
- ◆ 控制喷灌机正反向运行；
- ◆ 通过内装的百分率计时器，调节喷灌机行走速度；
- ◆ 监测喷灌机运行状态（塔架车运动是否受阻，相邻桁架夹角是否合适，入机压力是否合理等）；
- ◆ 过载保护、事故报警与停机等。



塔盒主要功能

- ◆与同步控制装置配合，保证各跨桁架同步性；
- ◆向电机减速器供电，并提供安全保护。

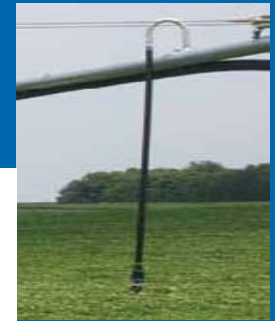


灌水系统

喷头

电磁阀

增压泵



弯管

悬吊管

压力调节器



末端喷枪组件



喷头



末端喷枪组件主要功能

- ◆与其他灌水器同时工作时，以较少的投资扩大灌溉面积。
- ◆仅在地角工作时，可灌溉一部分地角漏喷面积。
- ◆当机组末端靠近电杆、树木等障碍物时，可躲避障碍物。



注意事项 配置工作压力较高、射程较远的末端喷枪时，必须同时配置增压泵；如果末端喷枪仅在地角工作，需增加电磁阀。

可选配置



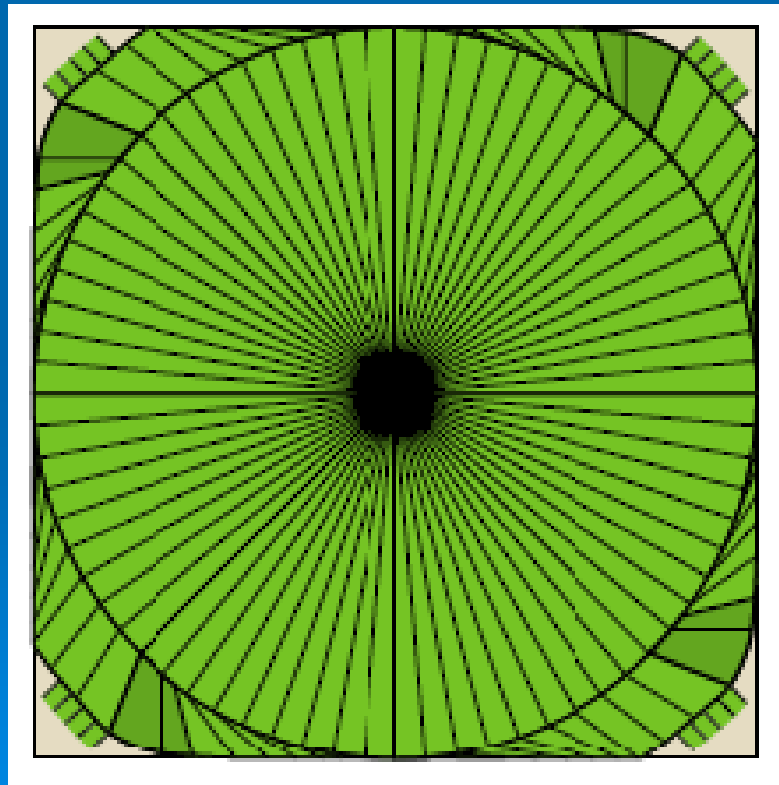
施肥/施药装置



地角（臂）系统

地角（臂）系统功能与问题

可喷灌四个地角，减少漏喷面积的70%左右；可避开机组末端障碍物；但造价高，操作维护麻烦，国内外均很少应用。



◆ 《喷灌工程技术规范》 应用



《喷灌工程技术规范》GB/T 50085-2007 (以下简称《规范》)是在对原国家标准《喷灌工程技术规范》GBJ85-85 (以下简称“原规范”)进行全面修订的基础上编制的。“原规范”于1985年12月10日发布，现《规范》于2007年4月6日发布，

《规范》在修订过程中总结了20年来喷灌工程规划设计与施工的经验，特别是节水增产重点县和节水示范项目的经验，广泛征求了全国有关规划、设计、科研、生产企业，管理等部门及专家和技术人员的意见，最后经有关部门共同审查定稿。

《规范》属于国家标准，是喷灌工程规划、设计、施工、安装及验收，应该遵循的基本准则和技术法规，是不可缺少的重要技术依据。

为了提高喷灌工程的建设质量，兴建喷灌工程应该按照《规范》的规定和要求进行。

规范是某项技术在一定历史阶段发展的产物，存在相对性和局限性。随着技术的进步，规范需要不断地修正、补充和完善。

但《规范》的规定**在现时（执行期内）是合理的，具有权威性**。没有《规范》，喷灌工程建设会混乱无序，因此要**尊重《规范》、遵循《规范》**，**对此绝不能含糊、不能动摇**。

当不按《规范》规定行事时应**特别慎重**，并且应详细阐明理由，要有科学依据，以便为今后《规范》的修订积累经验。

《规范》不能涵盖喷灌工程建设的方方面面，而且在技术上又允许不同观点各抒己见，不同方法取长补短。因此对《规范》中各项规定的严格程度采用了不同的用词，以示区别对待，如“**必须**”、“**严禁**”；“**应**”、“**不得**”；“**宜**”、“**不宜**”等。通过用词的分级，保留了很大程度的灵活性。在执行《规范》时，对此应有充分的认识。

《规范》仅是农田水利标准体系中的一个标准。因此执行《规范》应当和其他相关规范、标准紧密配合，共同执行。

《规范》共分11章，现将《规范》各章的重要性和掌握的难易程度表示如下，仅供参考。

序号	章节	重要性	掌握难易	序号	章节	重要性	掌握难易
1	总则	☆☆☆	☆	7	工程设施	☆☆	☆☆
2	术语和符号	☆☆	☆	8	工程施工	☆☆☆	☆☆
3	喷灌工程总体设计	☆☆☆☆	☆☆	9	设备安装	☆☆☆	☆☆
4	喷灌技术参数	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	10	管道水压试验	☆☆☆	☆☆☆
5	管道水力计算	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	11	工程验收	☆☆	☆
6	设备选择	☆☆☆☆	☆☆☆				

➤ 关于“术语”



移动管道式喷灌系统是指系统中全部管道可以进行移动的管道式喷灌系统。至于水源、动力机、水泵是否移动，是人工搬移、还是用小推车搬移，均可以。所以，移动管道式喷灌系统与轻小型喷灌机组，这两种类型不好严格区分。

喷洒水利用系数是指喷洒范围内地面和作物的受水量与喷头出水量的比值。它与喷灌系统的灌溉水利用系数不是一回事。喷灌系统的**灌溉水利用系数**是指喷灌管道系统输水利用系数与喷洒水利用系数的乘积。

喷洒方式是指喷头工作时所采用的**全圆、扇形或带状**等形式。

➤ 关于“喷灌工程 总体设计”



喷灌工程的总体设计应根据当地地形、土壤、气象、水文与水文地质、灌溉对象以及社会经济条件，通过技术经济分析及环境评价确定。

在进行喷灌工程设计前，必需全面搜集项目区上述基本情况，认认真真地对兴建喷灌工程进行**可行性分析**，这是喷灌工程总体设计的基础条件。

对灌溉水源工程的现状、灌溉可用水量的潜力，**特别是采用地下水灌溉时**，对机井的布局、稳定出水量、动水位，是否超采区等，要做到心中有数。

喷灌系统是一个包括水源、调蓄、加压、输配水、田间等工程的完整系统，必须进行整体统一的规划设计。

喷灌系统应尽量利用自然水头实现自压或半自压喷灌。

究竟选择哪种类型喷灌，应根据因地制宜的原则，综合考虑水源类型及位置、地形地貌、地块形状、土壤质地、降水量、风速风向、种植结构、社会经济条件、生产管理模式、当地群众的接受程度以及劳动力素质等情况来确定。

地形起伏较大、灌水频繁、劳动力缺乏、灌溉对象为高附加值的经济作物、果树、园林、花卉、绿地、露地蔬菜等，**宜选用固定管道式。**

地面较平坦、气候严寒、冻土层较深的大田粮食作物，**宜选用半固定管道式。**

土地开阔连片、田间障碍物少、集约化经营程度相对较高、使用管理者技术水平较高的大田作物、牧草，**宜选用大中型机组。**

丘陵地区零星分散耕地、水源较小较分散、无电源或供电保证程度较低，**宜选用轻小型机组。**

水源分析计算应包括**典型年**（设计代表年）选择、频率计算、水量平衡分析。

典型年是指灌溉工程设计中，根据灌溉设计保证率的要求和来水、用水情况所选定的设计代表年份。

典型年的选择通常**根据**灌区主要作物生长期降水情况、或来水、用水情况等长系列资料（15年以上系列），进行**频率计算**得到。

频率计算实际上就是以灌溉设计保证率为设计频率来确定典型年。《规范》要求喷灌工程的灌溉设计保证率不应低于85%，**以地下水为水源时不应低于90%。**

一般，农业灌溉的轮灌周期多为5~10天，与旬的时间较吻合。因此，当水源为河川径流时，通常按较长系列（ ≥ 15 年）的旬平均流量进行频率计算，来确定符合灌溉设计保证率要求的典型年。

水量平衡分析

当年总供水量 $>$ 年总用水量时，在灌水临界期：

- ①若最小供水流量 $>$ 喷灌用水量，不需蓄水；
- ②若最小供水流量 $\leq$ 喷灌用水量，但最小供水流量 $>$ (喷灌用水量 $\times$ 每天喷灌时间 / 24)，则需简易小规模蓄水，进行日调节；
- ③若②条不满足，则需建蓄水工程，进行旬调节或月调节、或季调节、或年调节。

当年总供水量 $\leq$ 年总用水量时：

- ①开辟新水源；
- ②缩小灌溉面积；
- ③调整为种植耗水量少的作物。

➤关于“喷灌技术参数”



喷头是喷灌系统中的**专用设备**。
喷头选择的是否合理，对喷洒质量的保证、喷灌工程的投资等影响很大。

喷头的技术参数包括喷头的**几何参数**、喷头的**工作参数**和喷头的**水力性能参数**。

The background of the slide is a solid blue color. In the bottom right corner, there are several concentric white circles of varying sizes, resembling ripples on water, which add a decorative touch to the presentation.

喷头的几何参数

进水口直径 (D)

指喷头空心轴或进水口管道的内径。

喷嘴直径 (d)

指喷嘴流道等截面段的直径。

喷射仰角 (α)

指喷嘴出口处射流与水平面的夹角。

喷头的工作参数

喷头流量 (q_p)

是指单位时间内喷头喷出的水量。

喷头工作压力 (h_p)

是指喷头工作时在距其进口下200mm处的实测压力值。

喷头射程 (R)

是指喷头正常工作时喷洒有效湿润范围的半径。即喷头在无风条件下正常工作时，雨量筒中每小时收集的水深为0.3mm/h（喷头流量低于250L/h时0.15mm/h）的那一点到喷头中心的水平距离。

喷头的水力性能参数

喷灌强度 (ρ)

指单位时间内喷头喷洒在灌溉土地上的水深。

水滴打击强度

指在喷头喷洒范围内单位受水面积上喷洒水滴对土或作物的打击动能。

喷头水量分布曲线

指沿喷头水量分布图（以喷头为中心的一组近似同心圆）的直径取剖面绘出的喷头径向水量分布的曲线。压力适中时，喷头水量分布曲线近似一个等腰三角形。显然单喷头在其喷洒范围内水量分布是不均匀的。

喷灌的技术参数

基本参数

质量控制参数

设计参数

工作参数



基本参数

灌溉设计保证率

一般以正常供水或供水不破坏的年数占总年数的百分比表示。它反映了在多年运行中，灌区用水量能得到充分满足的几率。

作物蒸发蒸腾量 (ET)

作物蒸发蒸腾量又称为作物需水量，是指在一定的耕作、栽培、土壤、气候条件下，作物生育期所必须消耗的水量，包括植株蒸腾和棵间蒸发所消耗的水量。

作物蒸发蒸腾量应依据当地喷灌试验资料确定；无资料时可根据气象、作物资料，利用修正彭曼法计算。

灌溉水利用系数

是指管道输水利用系数与喷洒水利用系数的乘积。管道输水利用系数可取0.95~0.98；喷洒水利用系数：

当风速 $< 3.4\text{m/s}$ 时，取0.8~0.9；

当 $3.4\text{m/s} \leq \text{风速} \leq 5.4\text{m/s}$ 时，取0.7~0.8。

设计风速、风向

设计风速采用设计代表年灌溉季节作物月平均蒸发蒸腾量峰值所在月份的多年平均风速值；

设计风向取上述月份的主风向；无主风向时，按风向多变设计。

质量控制参数

设计喷灌强度

喷灌强度是指单位时间内喷洒在地面上的水深，它是一个类似雨强的概念。

定喷式喷灌系统

设计喷灌强度不得大于土壤允许喷灌强度（见下表）。有良好覆盖时表中数据可提高20%；

行喷式喷灌系统

设计喷灌强度可略大于土壤允许喷灌强度。

土壤类别	允许喷灌强度（mm/h）
砂土	20
砂壤土	15
壤土	12
壤粘土	10
粘土	8

设计喷灌强度是容易满足要求的，若设计喷灌强度不满足要求时可进行适当调整。

- ①在允许的情况下加大喷头组合间距；
- ②重新选择小直径喷嘴或设计工作压力低的喷头，使喷头流量的减小大于喷洒覆盖面积的减小；
- ③改变同时喷洒喷头的工作方式。

（喷头工作方式按多行多喷头同时作业、双行多喷头同时作业、单行多喷头同时作业、单喷头作业的顺序，喷灌强度可逐步减小。）

喷灌均匀系数

喷灌均匀系数是用来表征喷头组合喷灌以后，喷洒面积上水量分布均匀程度的参数。

定喷式喷灌均匀系数不应低于0.75，行喷式不应低于0.85。

在设计中可通过控制以下因素实现喷灌均匀系数的要求：

- ①喷头组合间距；
- ②喷头的喷洒水量分布；
- ③喷头工作压力。

喷灌雾化指标

喷灌雾化指标是用来衡量喷头喷射出的水流的粉碎程度的。从这个角度来反映喷灌时，受水面积内水滴对土壤和作物的打击强度。

$$W_h = h_p / d$$

式中 h_p —喷头工作压力水头，mm；
 d —喷头主喷嘴直径，mm。

作物种类	适宜的雾化指标 W_h
蔬菜及花卉	4000~5000
粮食作物、经济作物及果树	3000~4000
饲草料作物及草坪	2000~3000

喷头的组合间距

喷头的组合间距可按下表计算选取。

设计风速 (m/s)	组合间距	
	垂直风向 (<i>a</i>)	平行风向 (<i>b</i>)
0.3~1.6	(1.1~1.0) <i>R</i>	1.3 <i>R</i>
1.6~3.4	(1.0~0.8) <i>R</i>	(1.3~1.1) <i>R</i>
3.4~5.4	(0.8~0.6) <i>R</i>	(1.1~1.0) <i>R</i>

- 表中：
- ① *R* 为喷头射程；
 - ② 在每一挡风速中可按内插法取值；
 - ③ 风向多变时喷头应按正方形布置，选垂直风向栏的数值。

喷灌系统中喷头的工作压力

喷灌系统中喷头的工作压力应满足以下条件：

- ①设计喷头工作压力均应在该喷头所规定的压力范围内；
- ②任何喷头的实际工作压力不得低于喷头设计工作压力的90%；
- ③同一条支管上任意两个喷头之间的工作压力差应在喷头设计工作压力的20%以内；
- ④若不能满足上述要求时，应将喷灌系统划分压力区，分区进行设计。

设计参数

设计灌溉定额

灌溉定额是指作物播种前及全生育期单位面积的总灌水量（或总灌水深度）。

设计灌溉定额应依据典型年的灌溉试资料确定，或按水量平衡原理确定。它等于作物全生育期内各次灌水定额之和。

灌水定额通俗地讲，可以这么理解：

将土壤看作是装水的容器，计算它能够装多少水。这个容器长、宽无限（也可以看作是单位面积），高为计划湿润层深度。但容器本身不是空的，而是装满了土，土颗粒之间空隙可以用来装水。但①水不能完全把空隙充满，那样透气不好，会形成渍涝；②开始装水的起点又不能等到空隙间没了水，那样作物会旱死。因此，灌溉的起点是作物将要发生凋萎的某个值（适宜土壤含水量下限），灌溉的终点是比较接近土壤田间持水率的某个值（适宜土壤含水量上限）。故计算出来的是净灌水定额。

最大灌水定额

最大灌水定额是在保证喷灌工程灌溉设计保证率的前提下，用来控制喷灌系统的最大规模的一个参数。

$$m_s = 0.1h\rho(\beta_1 - \beta_2)$$

式中 h —计划湿润层深度，cm；

ρ —土壤容重，g/cm³；

β_1 —适宜土壤含水量上限（占田间持水率的重量百分比）；

β_2 —适宜土壤含水量下限（占田间持水率的重量百分比）。

设计灌水定额

设计灌水定额应根据作物的实际需水要求（如考虑当年的实际降水情况）和试验资料选择，但要满足：

$$m \leq m_s$$

设计灌水周期

设计灌水周期是指相邻两次灌水允许的最大间隔时间。在这段时间内灌溉系统可能在持续不断地工作，也可能只工作一段时间。如在规划设计中，设计灌水周期为7天，灌溉系统可以在5~6天内灌完，但第二次灌水应在7天后开始。所以，一次实际灌水时间可以 $\leq$ 设计灌水周期，但不能小的太多。

设计灌水周期应根据当地试验资料确定，资料缺乏时，可按下式计算，计算结果应取整。

$$T = \frac{m}{ET_d}$$

式中 ET_d —作物日蒸发蒸腾量，取典型年灌水高峰期平均值，mm/d。

延长灌水周期不能扩大喷灌系统控制面积

用延长灌水周期来扩大喷灌系统控制面积的说法是**概念性的错误**，灌水周期的概念是所灌的水（灌水定额）可以维持作物消耗的时间 T ，过了时间 T ，在不考虑降雨的情况下，系统必须重新开始给作物灌水。不可以去灌其他土地。

如果延长灌水周期，则必须加大灌水定额。这样一来，仅灌完原控制面积的周期又要延长，仍不能去灌其他土地。

扩大喷灌系统控制面积只有3种办法：

- ①增大系统设计流量；
- ②延长设计日灌水时间，但极限值 $<24\text{h}$ ；
- ③通过种植结构调整、选用节水品种和采取各种节水农艺措施，实现减少作物日蒸腾蒸发量。

灌水次数

灌水次数应根据当地试验资料确定。
缺少试验资料时，可根据典型年按水量平衡原理拟定的灌溉制度确定，或依当年的降水情况确定。

工作参数

设计日灌水时间 (h)

为了提高喷灌工程的设备利用率和利用效率，降低亩投资，喷灌系统的设计日灌水时间不能太少。

如半固定管道式系统，若每年灌10次水，灌水周期为7天，则每年总共工作70天。如果每天工作时间过少，那么设备利用率会太低。

喷灌系统类型	固定管道式			半固定管道式	移动管道式	定喷机组式	行喷机组式
	农作物	园林	运动场				
设计日灌水时间 (h)	12~20	6~12	1~4	12~18	12~16	12~18	14~21

一个工作位置的喷洒时间 (t)

$$t = \frac{mab}{1000q_p\eta_p}$$

式中 a — 喷头布置间距, m;
 b — 支管布置间距, m;
 q_p — 喷头设计流量, m³/h。

一天工作位置数(n_d)

$$n_d = \frac{t_d}{t}$$

一天工作位置数应当是整数，如果计算出不是整数应取整。（通过适当调整一个位置的灌水时间和设计日灌水时间，将一天工作位置数凑成整数。）

同时工作喷头数 (n_p)

$$n_p = \frac{N_p}{(n_d T)}$$

式中 N_p —灌区的喷头总数。

半固定管道式或移动管道式喷灌系统的同时工作喷头数应当是一条支管所布置喷头数的整数倍；对于固定管道式喷灌系统，同一个阀门控制的喷头应该同时工作。

➤关于“管网布置”



管网布置原则

在方便运行管理的前提下，尽量分散流量，减小管径；

尽量使管道总长度短；管道纵剖面应力求平顺，减少折点，高处应设进排气阀，低处和末端应设泄水阀；刚性连接的硬管应设伸缩装置。

管道系统布置**应主要服从地形条件**，干管尽量垂直等高线；支管在丘岭山区应平行等高线布置，在垄作田应与作物种植方向一致；有可能时宜将支管布置成垂直主风向。

地埋管道的埋深要根据气候条件、地面荷载和机耕要求等确定，尽量避免管道穿越道路和沟渠，**高寒地区应有防冻措施**。

Decorative water ripples are located in the bottom right corner of the slide, consisting of several concentric circles of varying sizes, creating a ripple effect on the blue background.

管网布置形式

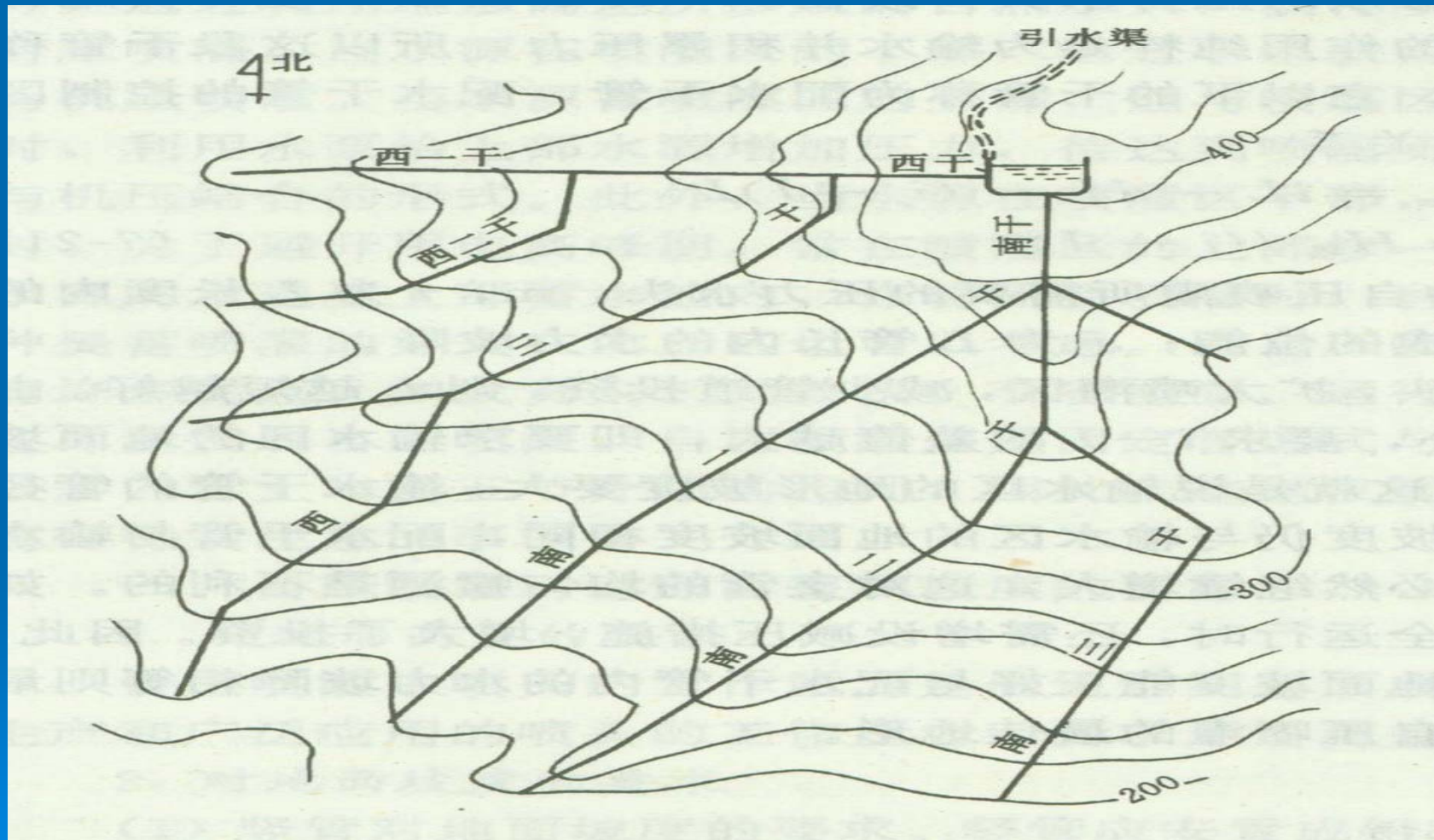
应根据水源位置和类型、地形地貌、地块形状、作物种植方向、耕作方式、劳动力条件、用水管理方便等确定管网形式。

平原地区地势平坦，地块规则，管网布置常采用“丰字形”或“梳子形”。

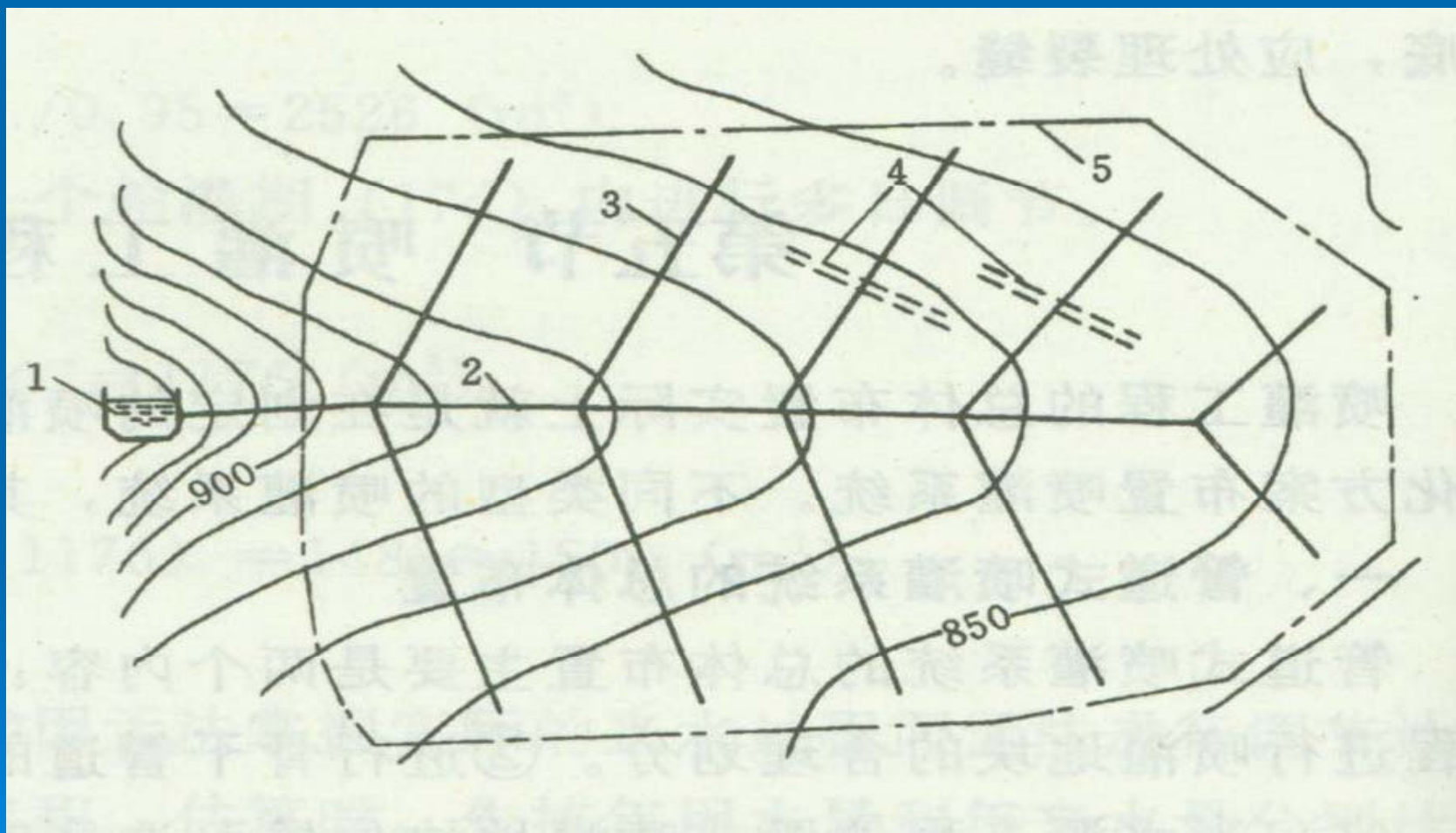
山区、丘陵区由于地形复杂，地块不规整，管网布置常采用“树枝形”布置，有明显山脊的地形也可采用“鱼骨形”。

地势平坦，地块整齐，用水户多且用水随机性大时，管网布置也可采用环状管网。

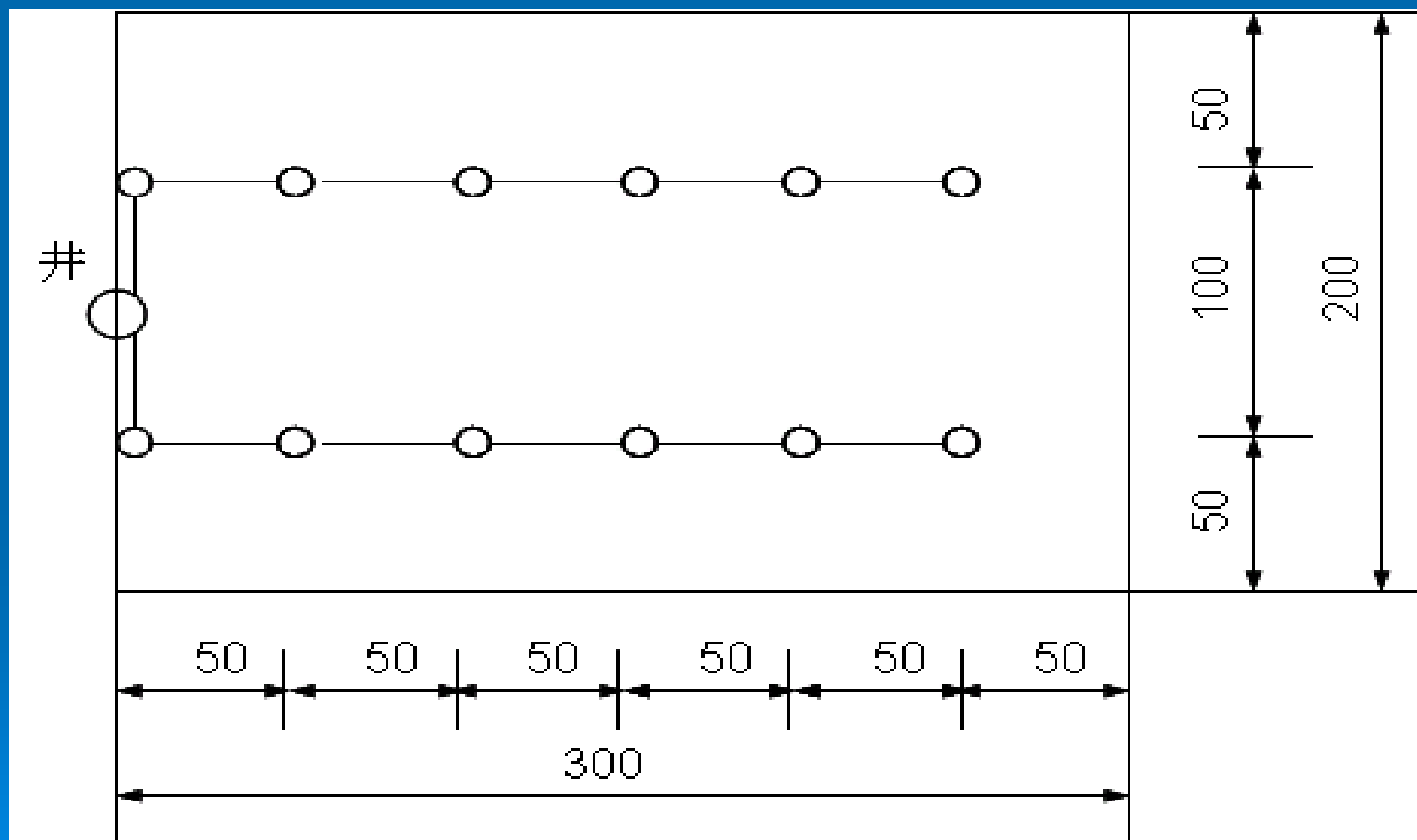
树枝形布置



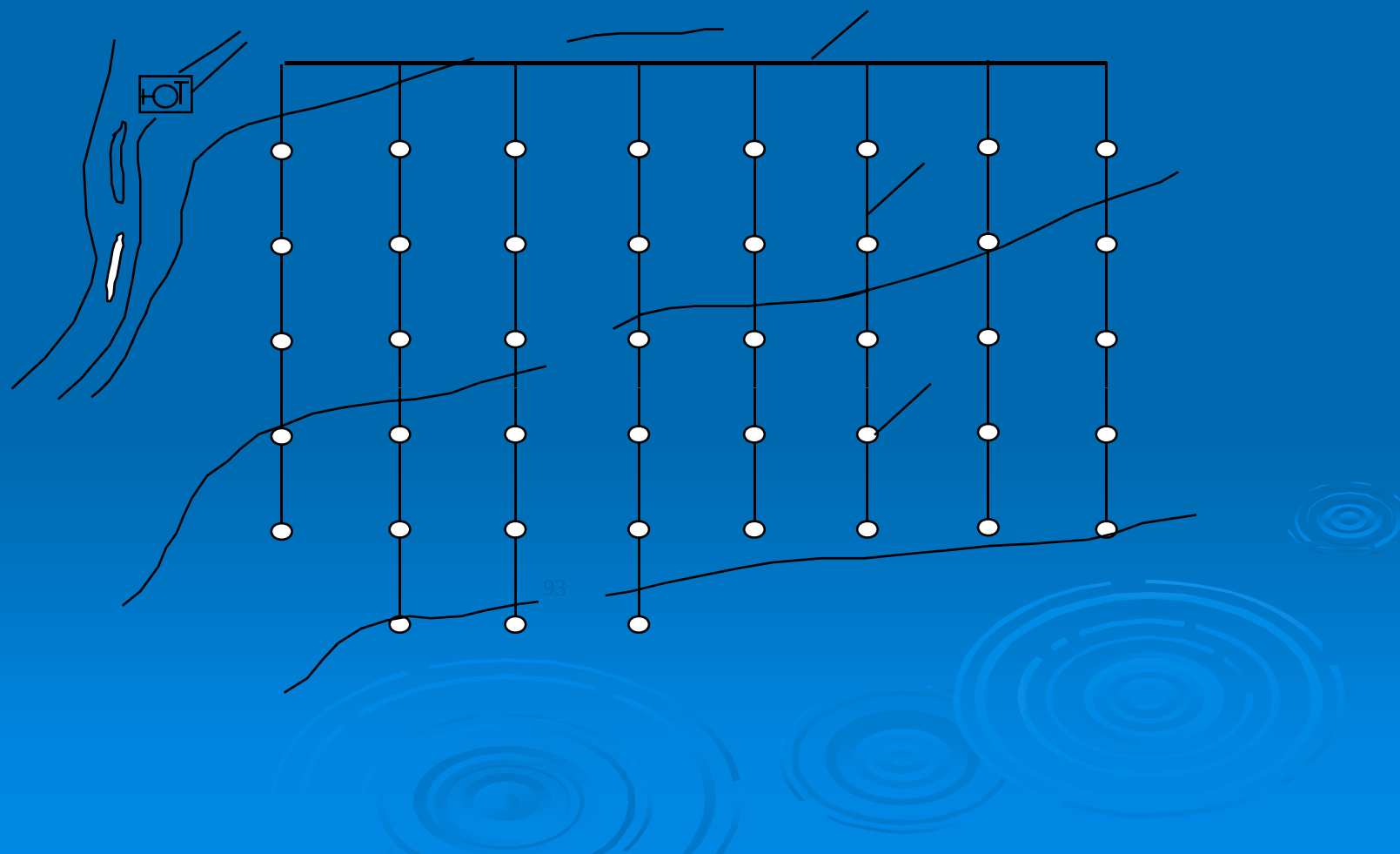
鱼骨形布置



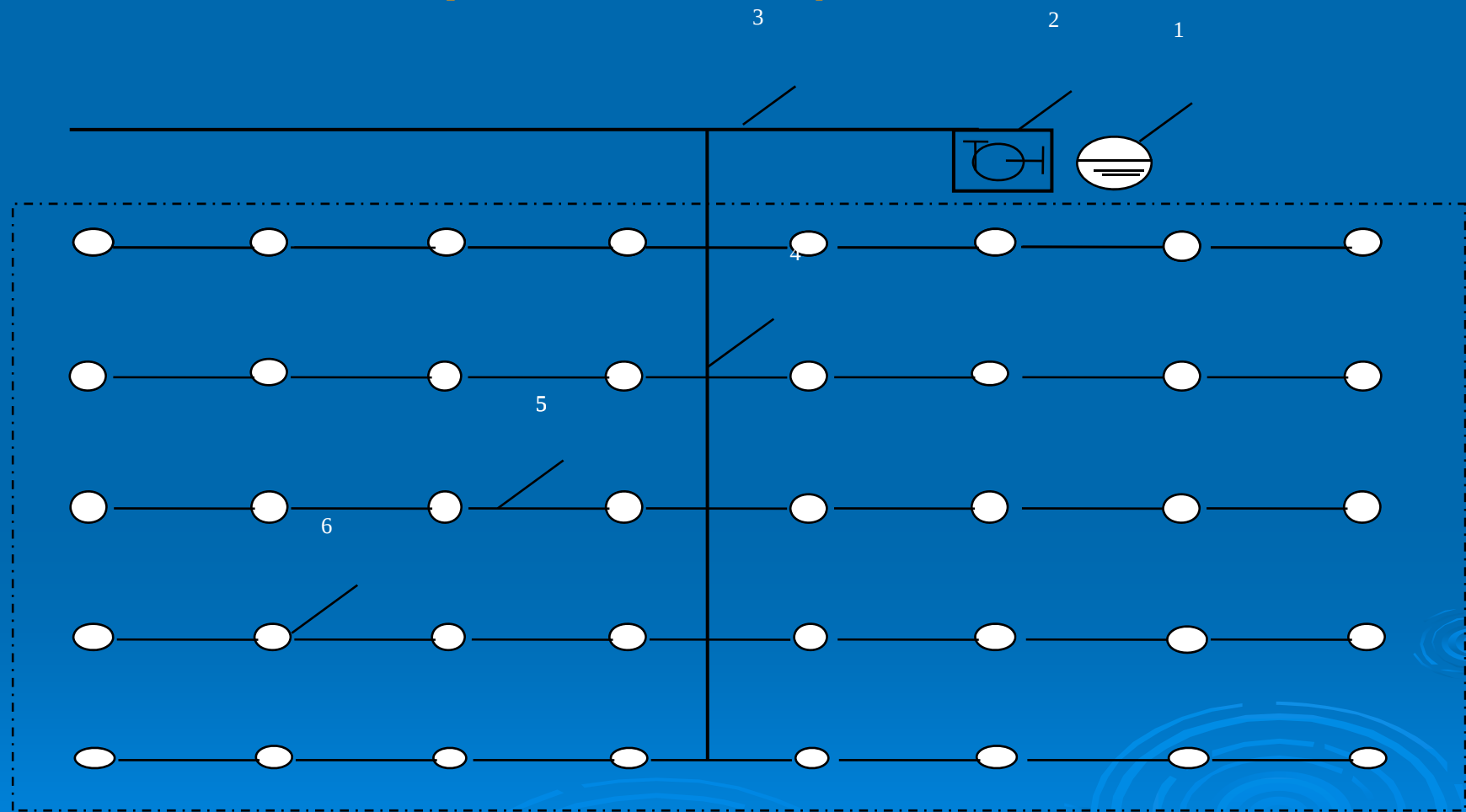
π 形布置



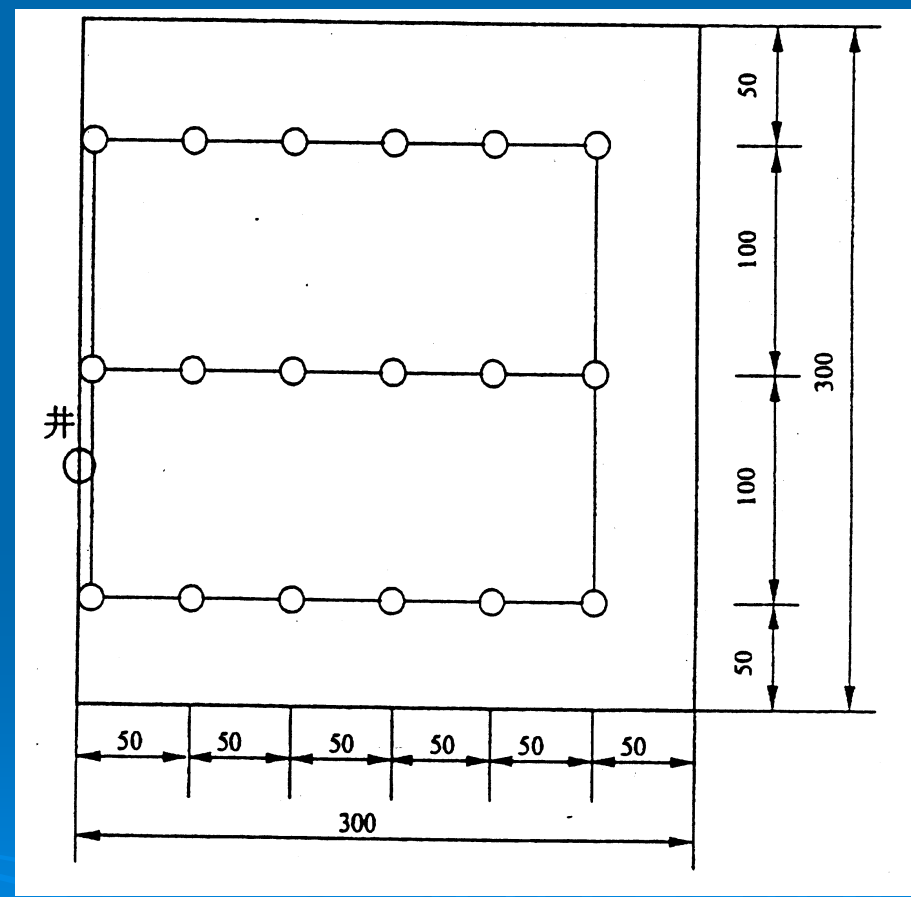
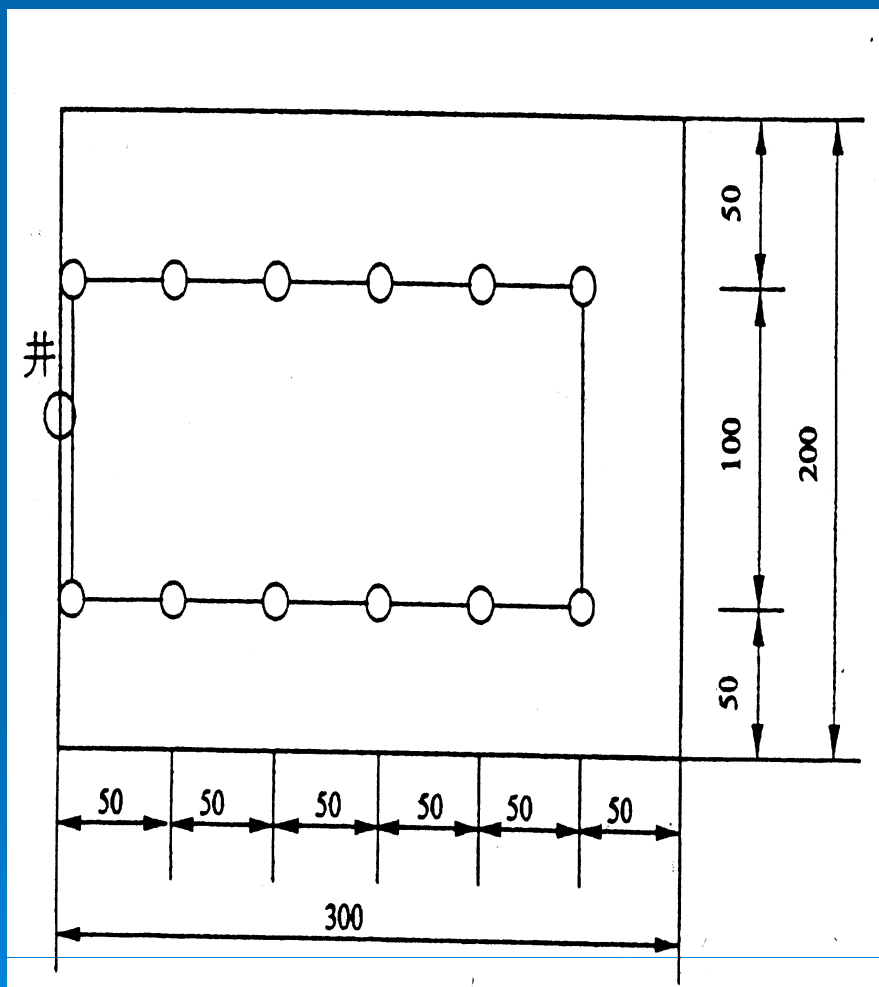
梳子形布置



丰字形布置



环形布置



➤关于“管道水力计算”



管道水头损失计算

管道水力计算主要是计算压力管网中各级管道的水头损失，其目的是为了合理选定各级管道的管径、管材压力等级和确定喷灌系统的设计扬程。

管道水头损失

$$\text{管道水头损失} = \text{沿程水头损失} + \text{局部水头损失}$$

沿程水头损失计算（ h_f ）

沿程水头损失计算公式是一个指数多项式，式中各系数、指数的值与各参数的单位相关，必须相对应。

$$h_f = \frac{fLQ^m}{d^b}$$

式中 h_f —沿程水头损失，m；
 f —摩阻系数；
 L —管长，m；
 Q —流量， m^3/h ；
 d —管内径，mm；
 m —流量指数；
 b —管径指数。

当 h_f 、 L 的单位为m、 d 的单位为mm、 Q 的单位为 m^3/h 时， f 、 m 、 b 数值表如下：

管材		f	m	b
混凝土管、 钢筋混凝土管	$n=0.013$	1.312×10	2	5.33
	$n=0.014$	1.516×10	2	5.33
	$n=0.015$	1.749×10	2	5.33
钢管、铸铁管		6.25×10	1.9	5.1
硬塑料管		0.948×10	1.77	4.77
铝管、铝合金管		0.861×10	1.74	4.74

支管沿程水头损失计算

支管是多口出流管道，它是指同一直径的管道上，沿程有等距、等量出流，但末端无出流的状态。

$$h'_{fz} = Fh_{fz}$$

式中

h'_{fz} — 支管沿程水头损失，m；

F — 多口系数；

h_{fz} — 无出流支管沿程水头损失，m。

塑料管、铝管的多口系数 F 的值

开口数	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$X=1$	0.47	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40
$X=0.5$	0.41	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38

X 等于支管上第一个喷头距支管首端的距离与支管上喷头间距的比值。通常选 $X=0.5$ 。

局部水头损失计算 (h_j)

$$h_j = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

式中 h_j —局部水头损失, m;
 v —过水断面平均流速, m/s;
 g —重力加速度, 9.8 m/s² ;
 ζ —局部水头损失系数。

在实际工程设计中, 为简化局部水头损失计算, 局部水头损失通常按沿程水头损失的10%~15%计。

管径的确定

支管以上管道（干管、分干管）管径的确定

按费用最小原则确定，即采用经济管径。其估算公式为：

$$\text{当 } Q < 120 \text{ m}^3/\text{h} \quad D = 13 \sqrt{Q}$$

$$\text{当 } Q > 120 \text{ m}^3/\text{h} \quad D = 11.5 \sqrt{Q}$$

式中 Q — 管道流量, m^3/h ;
 D — 管道内径, mm 。

经济管径中的流速为经济流速，最小流速不应低于 0.3 m/s ，最大流速不宜超过 2.5 m/s 。

喷灌支管管径可通过下式反求

$$h_{fz}' = F f L Q^m / d^b$$

式中 ①各符号的意义同前;

② h_{fz}' 最大取 $0.2h_p$, 当地形有坡度时应从 $0.2h_p$ 减去高差。

注意: 计算出的各级管道的管径, 均必须整合成标准管径。

水锤压力验算

当关阀历时 $T \geq 40L / a_w$ ，可不验算水锤压力。

（式中 L 为管长， a_w 为水锤波传播速度。）

如果水锤压力超过管道试验压力、水泵最高反转转速超过额定转速1.25倍、管道水压接近汽化压力时，则应采取相应的水锤防护措施。如安装安全阀、空气阀、逆止阀等管道控制件，安装水锤消除器等。

地面坡度较大顺破铺设的管道，必须考虑管道中的静水压力。

喷灌系统设计流量和设计水头确定

喷灌系统设计流量 (Q) 确定

$$Q = \frac{n_p q_p}{\eta}$$

式中 Q - 喷灌系统设计流量, m^3/h 。

喷灌系统设计水头 (H)

找出运行中的最不利管线，用最不利喷点压力水头按下式计算喷灌系统设计扬程：

$$H = Z_d - Z_s + h_s + h_p + \sum h_f + \sum h_j$$

式中

- H — 喷灌系统设计水头，m；
- Z_d — 典型喷点地面高程，m；
- Z_s — 水源水位高程，m；
- h_s — 典型喷点的竖管高度，m；
- h_p — 典型喷点喷头的工作压力水头，m；
- $\sum h_f$ — 由水泵进水管至典型喷点喷头进口处之间管道的沿程水头损失，m；
- $\sum h_j$ — 从水泵进水管至典型喷点喷头进口处之间管道的局部水头损失，m。

找出运行中的最不利管线，用支管入口压力水头按下式计算喷灌系统设计扬程：

$$H = Z_{\text{支}} - Z_s + H_{\text{支}} + \sum h_f + \sum h_j$$

式中 H — 喷灌系统设计水头，m；
 Z_d — 支管入口地面高程，m；
 Z_s — 水源水位高程，m；
 $H_{\text{支}}$ — 支管入口工作压力水头，m；
 $\sum h_f$ — 由水泵进水管至支管入口处之间管道的沿程水头损失，m；
 $\sum h_j$ — 由水泵进水管至支管入口处之间管道的局部水头损失，m。

支管入口工作压力的近似确定

按支管上工作压力最低的喷头推算：

$$H_{支} = h_f' + \Delta Z + 0.9h_p$$

按降低 $0.25h_{f \text{ 首、末}}$ 来计算：

$$H_{支} = h_f' + \Delta Z + h_p - 0.25 h_{f \text{ 首、末}}$$

式中

$H_{支}$ — 支管工作压力，m；

h_f' — 支管沿程水头损失，m；

ΔZ — 支管入口地面高程到工作压力最低的喷头进水口的高程差，m；

h_p — 喷头设计工作压力，m；

$h_{f \text{ 首、末}}$ — 支管上首末两喷头间管段的沿程水头损失，m。

➤关于“设备选择”



喷灌设备选择

喷灌工程必须选择通过产品认证、市场美誉度高、价格适中、售后服务好的设备和管材。

喷头应优先选择低压喷头、抗风性好的喷头。同一轮灌区内的喷头应尽量选择同一型号。

所选管材的管径、压力等级和强度应满足喷灌工程设计成果要求。移动管道应安装方便、可靠。

离心泵（井泵均为离心泵）出口处必须安装
闸阀，启动时为关阀启动。

所选水泵应在高效区内运行。同型号水泵不
对称布置时，并联运行后每台水泵的流量均小于
水泵单独运行时的流量。

首部应设置压力量测和流量量测及控制装置。

公称直径大于50mm的开关阀不宜采用快速开
启和关闭的阀门，如球阀。

喷灌机组的选择应根据水源、地形、作物、耕作方式、动力资源和管理体制等选择。

同一灌区宜采用同一制造厂家生产的喷灌机组。

行喷式喷灌机的通过能力应能满足土壤、地形、所灌作物生长高度的要求。



中心支轴式喷灌机选型

选择中心支轴式喷灌机前，应充分了解项目区水源类型，机井涌水量、动水位及位置，地块形状与尺寸，田间障碍物，是否需要布置多台机组，农用电力配套，机井配套，作物种类，是否需随水施肥等情况。

根据水源可供水量、地块形状、作物种类等选择中心支轴式喷灌机的输水管管径、跨数、地隙高度、末端悬臂组件规格等。

应按选定的中心支轴式喷灌机组合，选配水泵机组。当采用2井供一机时，应明确每眼机井向并联点提供的流量和扬程。

若在一块地上布置几台中心支轴式喷灌机时，喷灌机可按正方形或三角形布置。（三角形布置漏喷面积较小）

中心支轴式喷灌机作业时，应加强灌溉管理与设备操作维护，严格按设计编制的灌溉制度实施“浅水勤灌”。

绞盘式喷灌机选型

单喷枪式75-300TX绞盘喷灌机

单喷枪式75 - 300TX绞盘喷灌机							
PE管 外径 75mm PE管 长度 270m		水 涡轮 TX20	喷 头 RW25/SRW35 最大控制带长 345m		一次最大灌溉面积 80亩 最大控制带宽度 77m		
喷嘴 直径 mm	喷头工 作压力 Mpa		射 程 m	控制带 宽 度 m	流 量 m ³ /h	灌水量	
		喷头行走速度 - 喷灌机进口压力					
		20mm				25mm	30mm
		m/h - Mpa				m/h - Mpa	m/h - Mpa
22.0	0.30	42	70	32.2	23-0.73	18-0.72	15-0.72
	0.35	43	73	34.8	24-0.83	19-0.83	16-0.82
	0.40	45	76	37.2	24-0.93	20-0.94	16-0.92

绞盘式喷灌机选型主要考虑水源可供水量、地块形状、作物种类、能源供应情况等。

根据地形尺寸和作物种植方向，可对地块进行条田划分。条田的单向长度最好大于250m，可减少机组移动次数。

➤关于“设备安装”



塑料管道安装

聚氯乙烯管 宜采用承插式橡胶圈止水连接、承插连接或套管粘接；

聚乙烯硬管 宜采用承插式橡胶圈止水连接、螺纹连接或热熔对接；

聚丙烯硬管 不宜用粘接法连接。

钢筋混凝土管道安装

钢筋混凝土管道通常采用承插式连接。

平地安装时 承口宜朝向水流
来水方向。

坡地安装时 承口应向上。

➤关于“管道水压试验”



管道安装完毕填土定位后，应进行管道水压试验。

水压试验选用的压力表应经校验合格且精度不低于1.0级，表的量程宜为管道试验压力的1.3-1.5倍。

水压试验包括耐水压试验和渗水量试验。先做耐水压试验，再做渗水量试验。前者合格，后者不再做；前者不合格，后者合格也认为是合格。

➤关于“工程验收”



工程验收包括**施工期间验收**和**竣工验收**。

喷灌的隐蔽工程必须在施工期间验收。

竣工验收时应对工程的设计、施工和工程质量作出全面评价。

验收合格的工程应填写验收报告（如**隐蔽工程验收报告**、**竣工验收报告**等）。

因地制宜

注重效益

学好规范

用心设计

选好设备

精心施工

优化服务

科学管理



谢谢！