

题目



中心支轴式喷灌机 灌溉系统规划设计

交流者：兰才有

中国农业机械化科学研究院

目 录

- 一、前言
 - 二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能
 - 三、中心支轴式喷灌机的适用性及优缺点
 - 四、节水灌溉常用水泵简介
 - 五、灌溉系统规划
 - 六、整机及主要配套件选型
 - 七、设计计算
-

一、前言

(一) 相关定义

1、喷灌系统:

由水源取水并加压后输送、分配到灌溉地段，通过喷头以均匀喷洒方式进行灌溉的灌溉系统。——《农村水利技术术语》（SL 56-2005）。

2、喷灌机:

(1) 将动力机、泵、管路、喷头、移动装置等按一定方式组合配套，具有整体性的喷灌机械。——《喷灌机械名词术语》（GB 6956-86）。

(2) 由喷头、管道、加压泵及动力机等设备集成为一体的机组。——《农村水利技术术语》（SL 56-2005）。

一、前言

(一) 相关定义

3、中心支轴式喷灌机:

(1) 喷洒支管固定在若干个塔架车上, 并绕中心支轴旋转的喷灌机。——《喷灌机械名词术语》(GB 6956-86)。

(2) 由多个自走式塔架车支承着管道, 绕中心支轴旋转的自动化喷灌机。水经中心支轴进入喷灌机, 沿径向流动, 由安装在管道上的旋转式或非旋转式喷头喷洒到田间。——《农业灌溉设备 中心支轴式和平移式喷灌机 水量分布均匀度的测定》(GB/T 19797-2005/ISO 11545: 2001)。

(3) 装有喷头的管道支撑在可自动行走的支架上, 围绕可供水的中心支轴边旋转边喷洒的**大型**喷灌机械。——《农村水利技术术语》(SL 56-2005)。

别称: 圆形喷灌机、时针式喷灌机、**指针式喷灌机**、**喷灌圈**。

一、前言

(一) 相关定义

3、中心支轴式喷灌机:

(4) 装有喷头的输水支管支撑在自动行走的塔架车上, 围绕可供水的中心支座一边旋转一边进行喷洒作业的灌溉机械。可分为中心支座固定型和拖移型中心支轴式喷灌机。——《中心支轴式喷灌机使用技术规范》(DB23/T 1499-2013)。

4、中心支座固定型中心支轴式喷灌机:

运行过程中, 中心支座始终在一个位置固定不动的中心支轴式喷灌机。——《中心支轴式喷灌机使用技术规范》(DB23/T 1499-2013)。

5、拖移型中心支轴式喷灌机:

运行过程中, 中心支座连同整个喷灌机一起可从一个位置转移到另一个或多个位置的中心支轴式喷灌机。——《中心支轴式喷灌机使用技术规范》(DB23/T 1499-2013)。

一、前言



中心支座固定型



拖移型

一、前言

(一) 相关定义

6、中心支轴式喷灌机实体长度:

中心支轴式喷灌机的中心支座中心点与末端喷头（或末端喷枪）安装部位之间的长度。——《中心支轴式喷灌机使用技术规范》（DB23/T 1499-2013）。

7、中心支轴式喷灌机有效长度:

中心支轴式喷灌机实体长度与末端喷头（或末端喷枪）射程的75%之和。——《中心支轴式喷灌机使用技术规范》（DB23/T 1499-2013）。

一、前言

(二) 相关规范性文件

- (1) GB/T 700 碳素结构钢
 - (2) GB/T 3091-2008 低压流体输送用焊接钢管
 - (3) GB 4208 外壳防护等级 (IP代码)
 - (4) GB 5084 农田灌溉水质标准
 - (5) GB 6956 喷灌机械名词术语
 - (6) GB 10395.19 农林机械 安全 第19部分: 中心支轴式和平移式喷灌机
 - (7) GB/T 18025 农业灌溉设备 电动或电控灌溉机械的电气设备和布线
 - (8) GB/T 19797 农业灌溉设备 中心支轴式和平移式喷灌机 水量分布均匀度的测定
 - (9) GB/T 21835-2008 焊接钢管尺寸及单位长度重量
-

一、前言

(二) 相关规范性文件

- (10) GB/T 24671 农业灌溉设备 承压灌溉系统图形符号
 - (11) GB/T 50085 喷灌工程技术规范
 - (12) GB 50231 机械设备安装工程施工及验收规范
 - (13) GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
 - (14) GB/T 50625 机井技术规范
 - (15) SL 56 农村水利技术术语
 - (16) SL 556 节水灌溉工程规划设计通用图形符号
-

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

中心支轴式喷灌机主要由以下5部分组成：

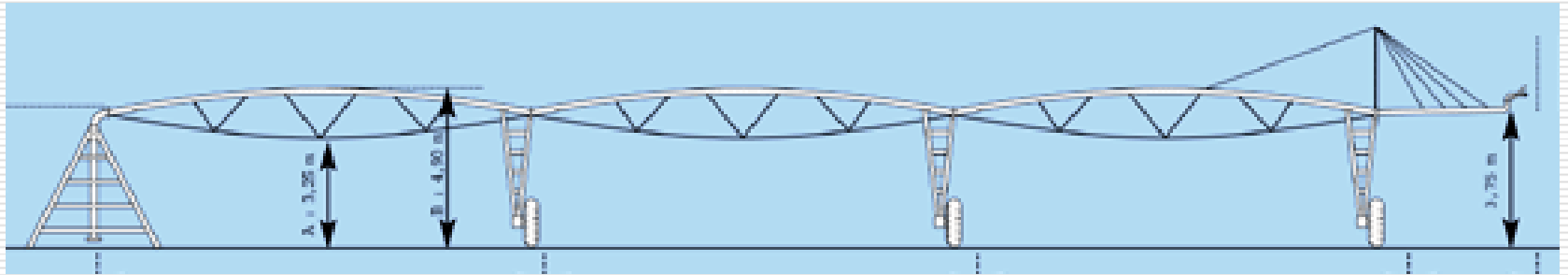
- 1、钢（金属）结构件：中心支座、桁架、塔架车、悬臂。
- 2、行走驱动装置：电机（一级）减速器、万向节、万向节护套、传动轴、传动轴套管、车轮（二级）减速器、车轮。
- 3、电气控制系统：主控箱、集电环、塔盒、指示灯、电缆。
- 4、灌水系统：U形弯管、悬吊管、压力调节器、喷头、配重、末端喷枪组件。
- 5、施肥施药装置：柱塞式施肥泵、储药箱、控制箱。



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(一) 钢结构件

中心支座 + 桁架（首跨、中间、末端）+ 塔架车 + 悬臂



中心支座

首跨桁架

塔架车

中间桁架

末端桁架

悬臂

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(一) 钢构件

1、**中心支座**：由中心支轴和钢构件组成，拖移式一般有轮胎；其上装有主控箱、集电环、内穿电缆。中心支座高度与塔架车高度一致。



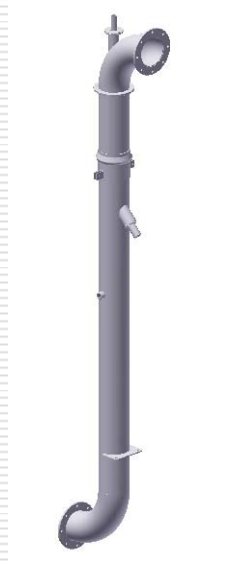
中心支座固定型



两轮拖移型



四轮拖移型



支轴弯管

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(一) 钢结构件

2、桁架：由输水支管、支撑件、拉筋等组成；桁架跨距（长度）30~63m，常用45~55m；两端由塔架车支撑，跨间采用柔性连接；输水支管直径 $\Phi 112 \sim \Phi 254\text{mm}$ ，常用 $\Phi 168$ （165）mm，壁厚2.8~3.2mm，其上设置有喷头座孔。



跨间柔性连接



钢管



喷头座孔

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(一) 钢结构件

3、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。



同步控制装置与塔盒



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(一) 钢结构件

4、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25m。两个作用：①以较低成本增加机组长度，扩大灌溉面积；②通过调整其长度，满足各种地块尺寸需求。



注：通过不同长度桁架和悬臂的优化组合，可设计出各种不同长度的喷灌机！

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(二) 行走驱动装置

(1) 包括电机减速器、万向节、万向节套筒、传动轴、传动轴护套、车轮减速器和车轮。

(2) 电机减速器通过万向节和传动轴，将动力传递给车轮减速器，带动车轮旋转，使喷灌机在田间旋转行走。

(3) 万向节护套和传动轴套管的作用是罩住旋转部件，防止对人畜造成伤害。



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(二) 行走驱动装置

电机减速器 + 万向节 + 万向节护套 + 车轮减速器 + 车轮



电机减速器



万向节



万向节护套



车轮减速器



车 轮

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(二) 行走驱动装置

1、电机减速器：

- (1) 由一组齿轮副和防水型电动机组合而成，也称一级减速器。
- (2) 电源380V、50Hz，功率0.55~1.1kW，转速1400r/min，速比约为40:1。
- (3) 安装在塔架车底梁中间，通过万向节与传动轴相连，把减速后的动力传递给车轮减速器。



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(二) 行走驱动装置

2、车轮减速器：

- (1) 属于蜗轮蜗杆型减速器，速比约为50:1。
- (2) 塔架车底梁两端各安装一台，动力输出端与车轮轮辋（钢圈）相连。
- (3) 具有自锁功能，可防止车轮向下坡方向滚动。



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(二) 行走驱动装置

3、车轮：

(1) 由轮辋（钢圈）和橡胶轮胎组成。

(2) 轮胎属农用驱动型，但对抗老化性能要求高。

(3) 轮胎型号（大小、宽度）根据田块坡度和土质选择；常用14.9-24型，最大有效外径1.304m。



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(三) 电气控制系统

包括主控制箱、集电环、塔盒、指示灯和电缆。各部件之间通过电缆连接，实现喷灌机的启动、停止、调速、安全保护等功能。



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(三) 电气控制系统

1、主控制箱：

- (1) 经由集电环向各塔盒供电。
- (2) 控制喷灌机正反向运行。
- (3) 通过内装的百分率计时器，调节喷灌机行走速度。
- (4) 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）。
- (5) 过载保护、事故报警与停机等。



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(三) 电气控制系统

2、集电环：

- (1) 内装相互绝缘的铜环以及与铜环滑动接触的碳刷；铜环固定不动，碳刷随桁架一起旋转。
- (2) 当桁架围绕中心支座旋转时，防止电缆缠绕，保证各条电气线路畅通。



外形



内部



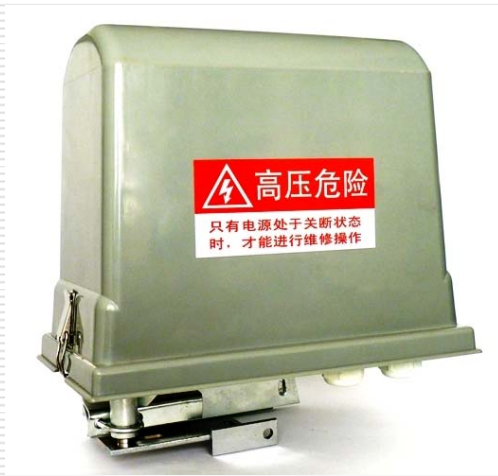
安装位置

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

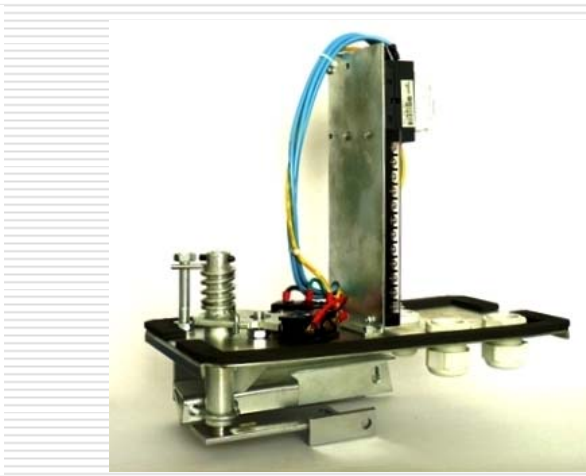
(三) 电气控制系统

3、塔盒：

- (1) 与同步控制机构配合，保证各桁架（塔架车）旋转行走同步性。
- (2) 向电机减速器供电，并提供安全保护。



外形



内部



安装位置

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(三) 电气控制系统

4、指示灯：

- (1) 中心指示灯显示喷灌机通电状态，同时起照明作用。
- (2) 末端指示灯显示末端塔架车的旋转行走状态。



中心指示灯



末端指示灯

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(三) 电气控制系统

5、电缆：

- (1) 分桁架电缆和电动机电缆两种。
- (2) 桁架电缆通常为 $4 \times 2.5\text{mm}^2 + 6 \times 1.5\text{mm}^2$ 。
- (3) 电动机电缆通常为 $3 \times 1.5\text{mm}^2 + 1 \times 1.0\text{mm}^2$ 。



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(四) 灌水系统

包括U形弯管（鹅颈管）、悬吊管、压力调节器、配重、喷头和末端喷枪组件，其作用是随着喷灌机的旋转，向田间喷洒适量的灌溉水。



弯管



压调



倒刺接头



悬吊管



喷头

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(四) 灌水系统

1、压力调节器：

- (1) 安装在灌水系统中的喷头上游。
- (2) 当上游压力波动时，向喷头提供基本恒定的工作压力。
- (3) 常用的有15PSI (100kPa)、20PSI (140kPa) 两个压力等级。



压力调节器



安装位置



使用场景

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

附：灌溉系统常用单位及换算

(1) 流量（体积流率）：

$$1 \text{ UK gal/min (英加仑每分)} = 0.273\text{m}^3/\text{h}$$

$$1 \text{ US gal/min, GPM (美加仑每分)} = 0.227\text{m}^3/\text{h}$$

(2) 压力（压强）：

$$1 \text{ bar (巴)} = 100000\text{Pa} = 100\text{kPa} = 0.1\text{MPa}$$

$$1 \text{ mH}_2\text{O (米水柱)} = 9807\text{Pa} = 9.807\text{kPa} \approx 10\text{kPa} \approx 0.01\text{MPa}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (公斤力每平方厘米)} = 98\text{kPa} \approx 100\text{kPa} \approx 0.1\text{MPa}$$

$$1 \text{ atm (标准大气压)} = 101325\text{Pa} \approx 100\text{kPa} \approx 0.1\text{MPa}$$

$$1 \text{ at (工程大气压)} = 98067\text{Pa} \approx 100\text{kPa} \approx 0.1\text{MPa}$$

$$1 \text{ lbf/in}^2, \text{ PSI (磅力每平方英寸)} = 6894\text{Pa} \approx 7.0\text{kPa} \approx 0.07\text{MPa}$$

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(四) 灌水系统

2、喷头：

- (1) 目前国内外均采用低压喷头，分散射式、旋转式两大类。
- (2) 喷嘴直径从中心支座开始向末端逐渐增大，以保证喷灌均匀性。
- (3) 喷头距地面高度根据作物生长期的高度确定。



散射式喷头



旋转式喷头



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(四) 灌水系统

3、末端喷枪组件：

由增压泵、喷枪（旋转式喷头）、电磁阀和PE管等组成；安装在喷灌机末端。

(1) 与桁架和悬臂上的喷头同时工作时，以较低投资增加机组覆盖面积。

(2) 仅在正方形4个地角工作时，可灌溉地角的一部分面积。

(3) 当喷灌机末端有电杆、树木等障碍物时，可躲避障碍物。



末端增压泵



安装部位



旋转式喷头

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(五) 施肥施药装置

(1) 差压式施肥罐、文丘里施肥器、水动式施肥泵、比例式施肥泵等滴灌系统常用的施肥装置都可在该喷灌机中使用，但国内外最常用的是机械柱塞式施肥泵。

(2) 机械柱塞式施肥泵施肥施药系统由柱塞式施肥泵、储药罐（箱）、搅拌装置、控制箱、管道及管件等组成。

(3) 为防止化肥、农药对喷灌机输水管、作物叶面等造成伤害，施肥施药结束后，应利用灌溉水对输水管和作物叶面进行冲洗。

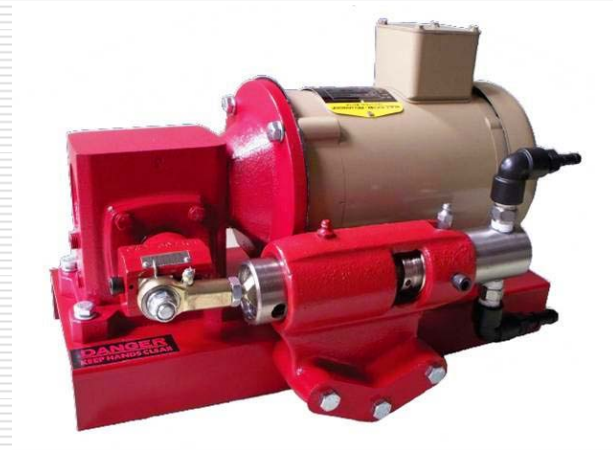
注：差压式施肥罐、文丘里施肥器等能耗很高！

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(五) 施肥施药装置



施肥施药装置

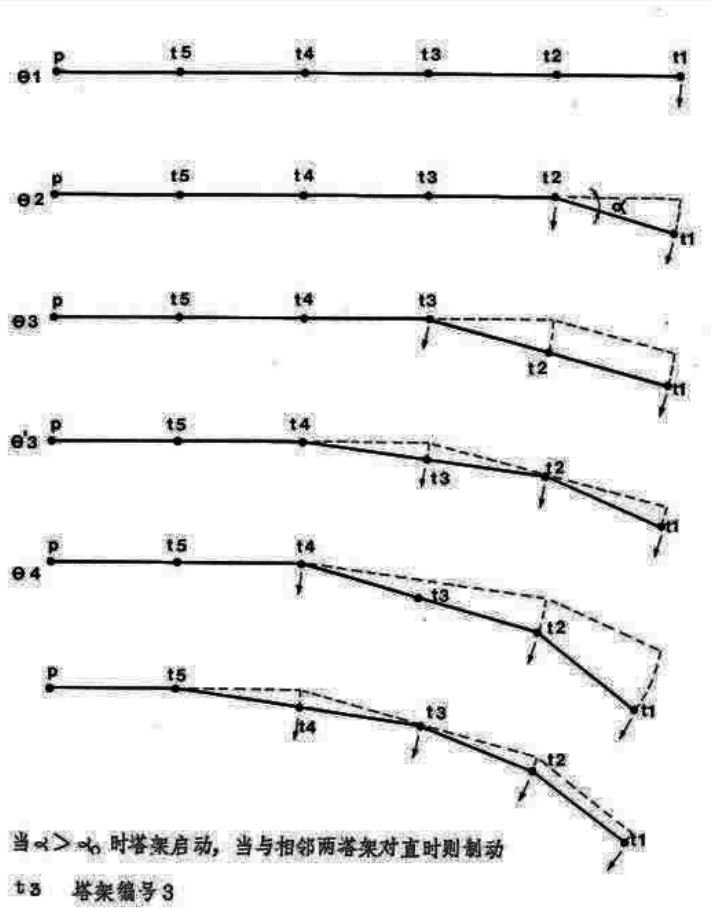
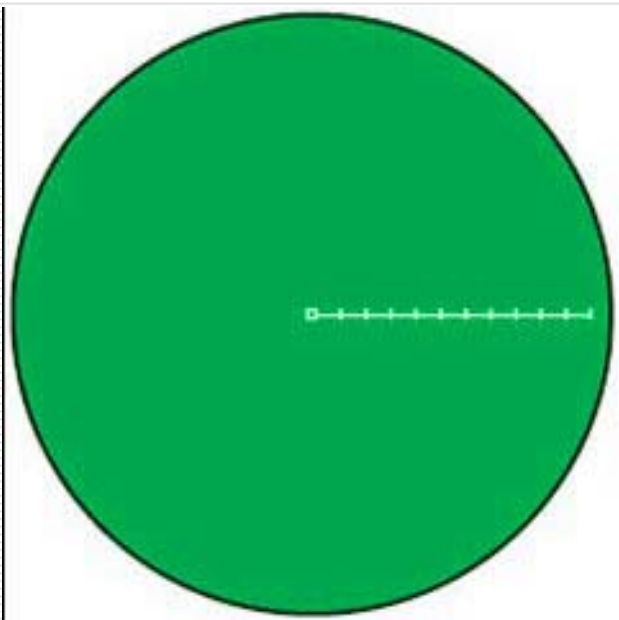


可调节柱塞式施肥泵



二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(六) 工作原理



中心支轴式喷灌机工作原理图

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(六) 工作原理

第一步：合上主控制箱总电源开关，将百分率计时器调整到最大值（100%），并将运行方向开关转换到正向位置。此时，喷灌机就做好了以最高速度正向（顺时针）旋转行走的准备。

第二步：按下行走启动按钮，三相电源经过集电环输送到各个塔盒。此时，喷灌机末端塔盒向其电机减速器供电（注意：此时由于其余塔盒的运行微动开关未接通，所以并不向它们所在塔架车的电机减速器供电），末端电机减速器的动力通过行走驱动装置传递给车轮，使车轮旋转，末端塔架车开始正向旋转行走。



主控箱仪表盘

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(六) 工作原理

第三步：开启进水口阀门，喷灌机一边正向旋转行走，一边进行喷灌作业。

第四步：当末端塔架车（桁架）与紧邻的次末端塔架车（桁架）之间构成一定角度（通常为 1° 左右）时，次末端塔架车上的同步控制机构动作，次末端塔架盒内的运行微动开关接通，通过交流接触器向其电机减速器供电，次末端塔架车开始正向旋转行走。

第五步：与上述过程相同，只要某一塔架车与左右相邻的两个塔架车之间构成一定角度（通常为 1° 左右）时，该塔架车就向前行走；反之，当某一塔架车与左右相邻的两个塔架车之间构成一条直线时，该塔架车就停止行走。

第六步：末端塔架车一直不停地向前行走，其余塔架车根据其左右相邻两个塔架车之间构成的角度行走或停止。依次原理，整台喷灌机就缓缓地正向旋转行走。

二、中心支轴式喷灌机的组成部件及功能

(六) 工作原理

第七步：当改变主控制箱内百分率计时器的设定值（例如由100%改为70%）时，末端塔架车不再一直不停的行走，而是在一分钟的时间段内，行走42秒、停止18秒。此时，整台喷灌机的行走速度就变为最高速度的70%。在喷灌机流量不变的情况下，喷灌机旋转一圈的田间灌水量就相应增加到原来的1.43倍。

第八步：将主控制箱内的运行方向开关切换到反向位置，按下启动按钮，喷灌机即开始反向（逆时针）旋转行走。其工作原理与正向运行相同。



主控制箱仪表盘



百分率计时器

三、中心支轴式喷灌机的适用性及优缺点

(一) 适用性

1、作物：适用于包括草坪、果树在内的几乎所有作物；可非常方便地实施“浅水勤灌”，特别适用于对土壤水分胁迫敏感的作物。

2、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。

3、地块形状：灌溉面积通常为圆形；加末端喷枪可浇灌一部分地角；增加地角（臂）系统几乎可灌溉正方形。



灌溉矮秆作物

灌溉果树

三、中心支轴式喷灌机的适用性及优缺点

(一) 适用性

4、**地块坡地**：各跨桁架之间采用柔性连接，在机组长度方向的坡度适应性可达30% (16.7°)；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20% (11.3°)。但当垄沟深度大于0.15m时，可能难以在坡度大于15% (8.5°)的坡地里行走。对于大管径、长跨距机组，最大适应坡度可能还要稍微小一些。（注：凡采用大中型拖拉机耕作的地块，就能采用该喷灌机）

5、**地块尺寸**：通常适用于大地块；小地块单位面积投资高，可能不经济。

6、**水质**：对水质要求不高；特殊条件下只需进行粗过滤（甘肃、宁夏、内蒙等引黄灌区，估计可利用黄河水经沉淀后作水源）。

7、**施肥施药**：完全可以像滴灌系统一样精确、及时地进行施肥灌溉；稍加改进，可用于喷施除草剂、杀虫剂等。

三、中心支轴式喷灌机的适用性及优缺点

(一) 适用性



灌溉甘蔗



灌溉玉米



灌溉苜蓿



灌溉蔬菜



灌溉棉花



灌溉麦类

三、中心支轴式喷灌机的适用性及优缺点

(一) 适用性



灌溉果树



田间适应性强



作物种植行为圆形



高地隙可越过采油机



灌溉水稻



采用牲畜厩水灌溉牧草

三、中心支轴式喷灌机的适用性及优缺点

(一) 适用性



三、中心支轴式喷灌机的适用性及优缺点

(二) 优缺点

1、主要优点:

- (1) 与其他所有灌溉机械(设备)相比,自动化程度最高,省工、省力。
 - (2) 单位面积投资适中,使用寿命长(通常在20年以上)。
 - (3) 运行可靠,操作方便,管理简单。
 - (4) 对土壤、作物、地块坡度等适应性强。
 - (5) 可适时调节灌水量,灌溉水利用率高。
 - (6) 低压喷洒,节能降耗,运行费用低。
 - (7) 可像滴灌一样随水施肥施药。
 - (8) 对水质要求不高(相对于微灌),一般不需要过滤。
-

三、中心支轴式喷灌机的适用性及优缺点

(二) 优缺点

2、主要缺点:

- (1) 机组末端喷灌强度通常大于100mm/h，容易产生地表径流。
- (2) 普通型（不带地角系统）机组不能灌溉地角。
- (3) 拖移型机组转移地块不方便。
- (4) 带地角（臂）系统机组，单位面积投资高。



拖移型转移前需支起塔架车转换轮胎方向

四、节水灌溉常用水泵简介

(一) 几个基本概念 (6个)

(1) 泵：将外部施加的能量转施于液体，使液体的能量增加，从而将液体提升和/或压送到所需之处的一种**能量转换机械**。

(2) 水泵：用于提升和/或压送水的泵。

(3) 水泵站：由水泵、动力设备、附属设备、管路系统和相应**建筑物**等组成的整体工程设施。



四、节水灌溉常用水泵简介

(一) 几个基本概念 (6个)

(4) 水泵机组: 水泵、动力机和传动装置等的组合, 简称机组。

(5) 抽水装置: 水泵、吸水管路和出水管路的组合, 简称装置。

(6) 吸水装置: 水泵和吸水管路的组合, 讨论泵汽蚀时也简称装置。



水泵机组

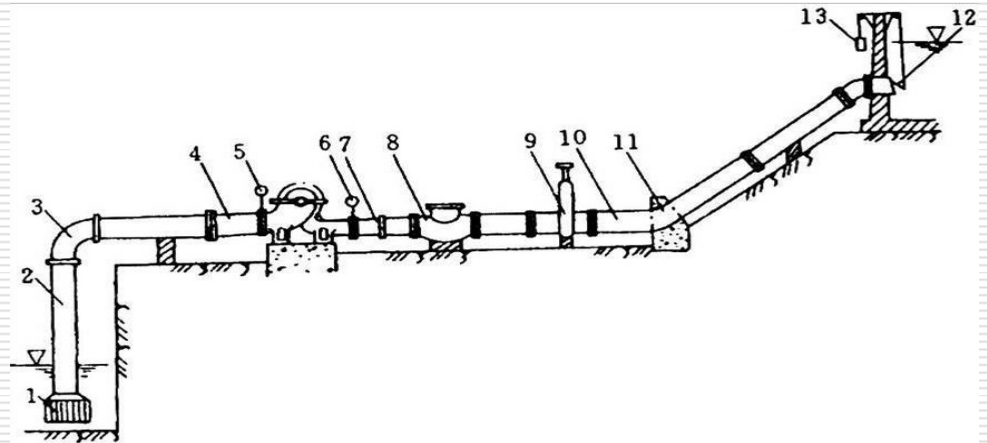


图 2-1-14 离心泵抽水装置示意图

抽水装置

四、节水灌溉常用水泵简介

几点说明:

(1) 水泵规格品种繁多, 从大类上讲, 可分为叶片式泵、容积式泵(柱塞泵、隔膜泵等)和其他类型泵(水轮泵、射流泵等)3大类。

(2) 叶片泵又可分为离心泵、混流泵和轴流泵等3种叶片类型。

(3) 节水灌溉常用的是中小型清水离心泵, 因而主要介绍离心泵。

(4) 潜水电泵是配套特殊动力机(潜水型电动机)的水泵, 按叶片类型仍有离心式、轴流式和混流式之分。大多数井用潜水电泵为多级离心泵。

(5) 大多数管道泵属于立式单级单吸离心泵, 主要用于直接从管网中取水加压的场合。

(6) 自吸泵是一种具有自吸功能的单级单吸离心泵。

四、节水灌溉常用水泵简介

(二) 离心泵性能参数 (6个)

(1) 流量 Q (m^3/h 、 m^3/s 或 L/s)

单位时间内从泵出口排出并进入输水管路的液体体积。

额定流量：水泵标牌上的流量，也称**设计流量**。

实际流量：泵出口实际流出的流量。

(2) 扬程 H (m)

单位重力的水从水泵进口到水泵出口所增加的能量。

额定扬程：水泵标牌上的扬程，与额定流量对应的扬程。

四、节水灌溉常用水泵简介

(二) 离心泵性能参数 (6个)

(3) 功率 P (kW)

(a) 有效功率 (也称输出功率或水功率): 泵传递给所输出水的功率, 用 P_u 表示。

(b) 轴功率 (也称输入功率): 泵轴所接受的功率, 用 P 表示。

(c) 配用功率 (配套功率): 与泵配套的动力机功率, 常用 $P_{\text{配}}$ 表示; 配用功率需大于轴功率。

注意: 节水灌溉常用中小型水泵, 标牌上通常仅标出配用功率, 而不标出轴功率。

四、节水灌溉常用水泵简介

(二) 离心泵性能参数 (6个)

(4) 效率 η (%)

有效功率与轴功率的比值。

水泵设计和制造质量的重要考核指标。

水泵标牌上的效率是对应于额定流量的效率，通常为泵的最高效率。

通常认为离心泵的高效区流量范围： $0.7(0.8) \sim 1.2Q$ 。

(5) 必需汽蚀余量 $(NPSH)_r$ (m)

水泵进口处单位重力水具有的超过汽化压力水头的富余能量。

计算水泵允许吸上高度的依据。

在相同的流量和转速条件下，该值越小，表示泵的抗汽蚀性能越好，反之抗汽蚀性能就越差。

四、节水灌溉常用水泵简介

(二) 离心泵性能参数 (6个)

(6) 转速 n (r/min)

水泵轴每分钟旋转的圈数。

影响水泵性能的一个重要参数，当转速变化时，上述五个性能参数都相应发生变化。

四、节水灌溉常用水泵简介

(三) 性能曲线 (4条)

1、性能曲线图

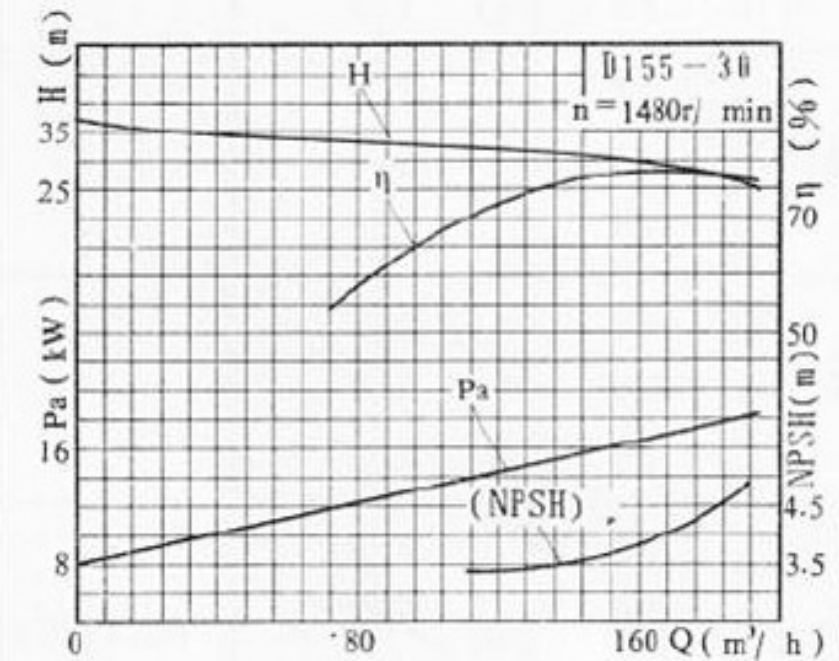
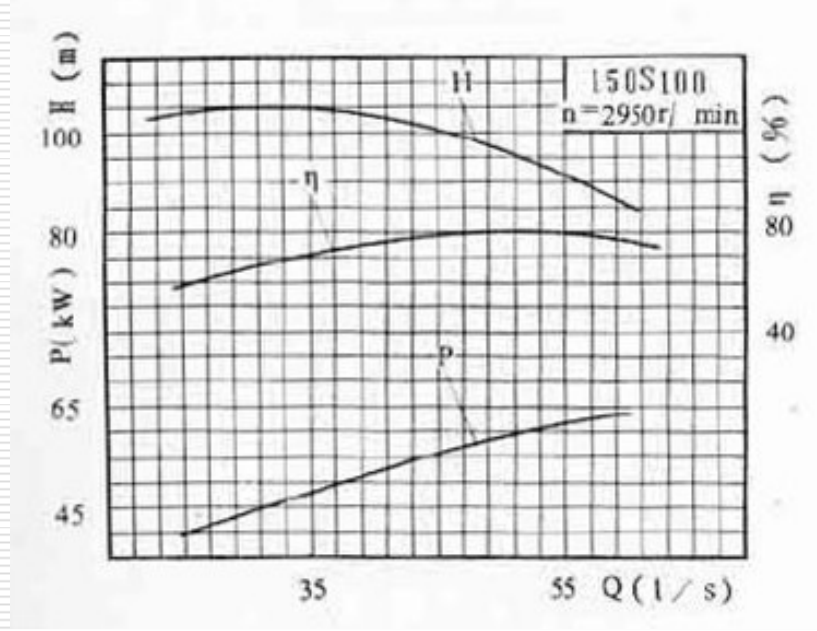
通过试验得出，描述各性能参数之间的关系。

- (1) 流量 ~ 扬程 ($Q \sim H$);
 - (2) 流量 ~ 轴功率 ($Q \sim P$);
 - (3) 流量 ~ 效率 ($Q \sim \eta$);
 - (4) 流量 ~ 必需汽蚀余量 [$Q \sim (NPSH)_r$]。
-

四、节水灌溉常用水泵简介

(三) 性能曲线 (4条)

1、性能曲线图



四、节水灌溉常用水泵简介

(三) 性能曲线

1、性能曲线图

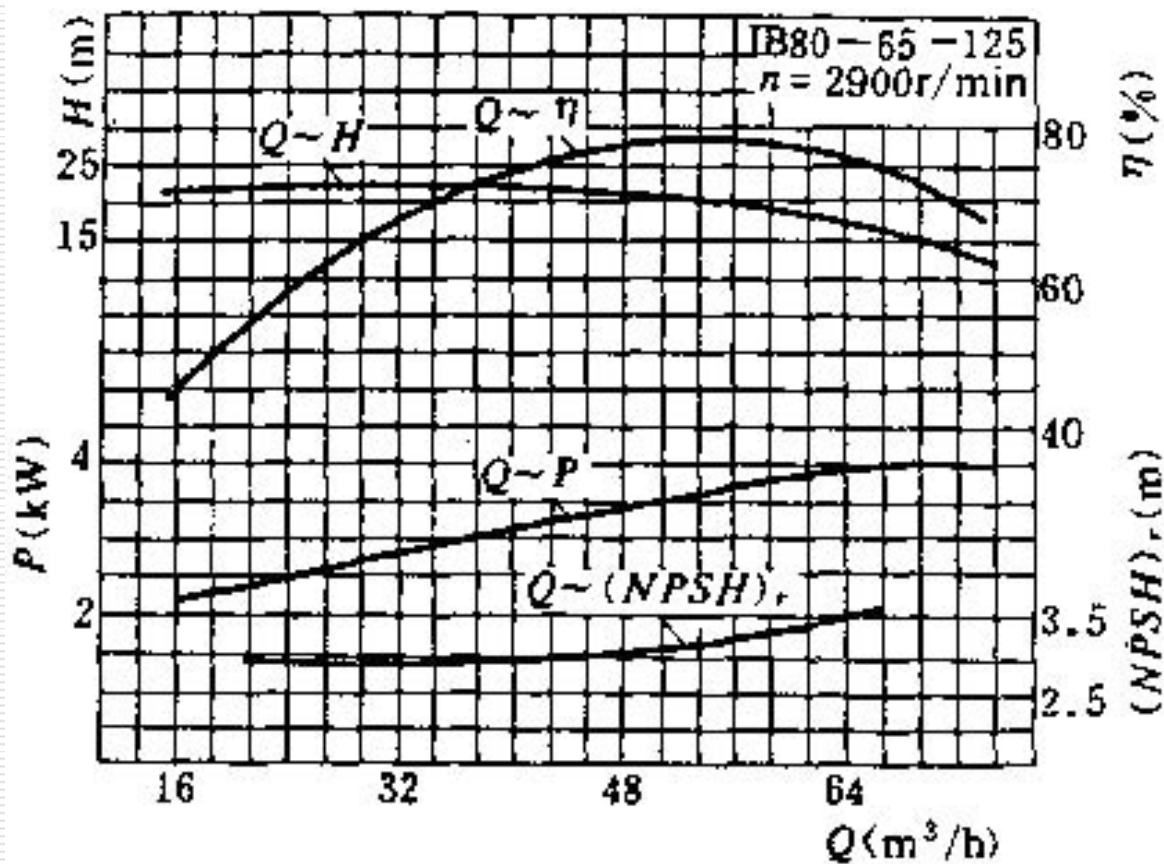


图 4-8 IB80-65-125型离心泵性能曲线

四、节水灌溉常用水泵简介

(三) 性能曲线 (4条)

2、性能曲线分析

(1) 水泵制造厂产品样本及其他技术资料中给出的性能参数和性能曲线, 是在水泵结构尺寸不变 (例如叶轮外径不切割) 和额定转速下得出的。如果这两个参数中的任意一个发生变化, 性能参数和性能曲线就将随之发生变化。

(2) 离心泵的 $Q \sim H$ 曲线通常是一条缓慢下降 (也有带驼峰的) 曲线。零流量下的扬程最高, 并随着流量的增大而逐渐减小。

思考: 关闭出口管路上的阀门, 泵压力会急剧、无限升高吗?

四、节水灌溉常用水泵简介

(三) 性能曲线 (4条)

2、性能曲线分析

(3) 离心泵的 $Q \sim P$ 曲线通常是一条近似直线的缓慢上升曲线。零流量下的轴功率最小 (约为额定功率的30%)，并随着流量的增大而逐渐增大。

思考：为什么要强调离心泵关阀起动？

(4) 离心泵的 $Q \sim \eta$ 曲线通常是一条上凸曲线。最高效率点与额定流量大体对应，并随着流量的增大或减小而逐渐减小。

思考：为什么通常推荐离心泵运行工况点的流量为 $0.7 (0.8) \sim 1.2Q$ ？

四、节水灌溉常用水泵简介

(三) 性能曲线 (4条)

2、性能曲线分析

(5) 离心泵的 $Q \sim (NPSH)_r$ 曲线通常是一条下凹的曲线。额定流量附近的汽蚀余量最小，并随着流量的增大或减小而逐渐增大。

(6) 任何一台水泵都不可能正好在额定工况点运行，性能曲线是水泵正确选型和运行管理的重要依据。

思考：仅给出最高扬程和最大流量，能否选用？

(7) 若水泵厂仅提供了 $0.7Q$ 、 Q 和 $1.2Q$ 的性能参数，未提供性能曲线，水泵选型时， $0.7 \sim 1.2Q$ 之间的其他性能参数可近似按插值法得出。

四、节水灌溉常用水泵简介

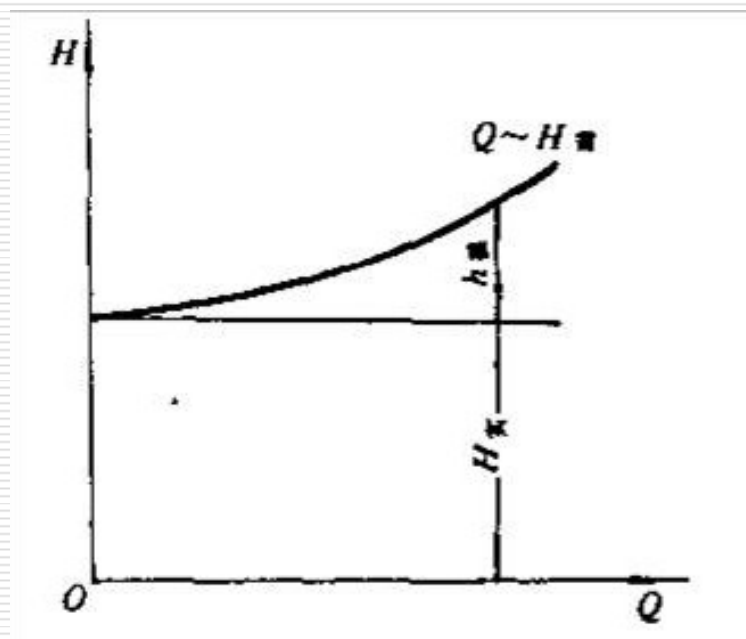
(四) 单台泵运行工况点的确定

离心泵运行时的工况点，就是在水泵型号、管路系统（包括进、出水管路和进、出水池水位）已定的情况下，求出水泵实际运行时的扬程 H 、流量 Q 、轴功率 P 、效率 η 和必需汽蚀余量 $(NPSH)_r$ 等性能参数。在水泵选型、泵站设计和运行管理中，运行工况点的确定非常重要。

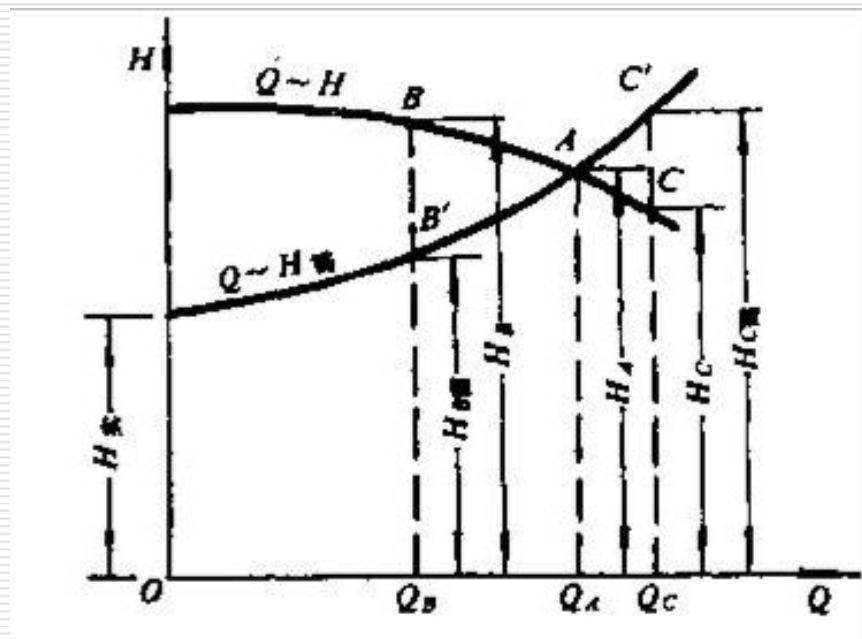
泵的运行工况点必定是泵性能曲线上的一个点，但究竟是哪一点，不仅决定于泵的自身性能，还决定于反映进、出水池水位与进、出水管路特征的管路系统性能，因而是由泵的性能和管路系统性能共同决定的。

四、节水灌溉常用水泵简介

(四) 单台泵运行工况点的确定



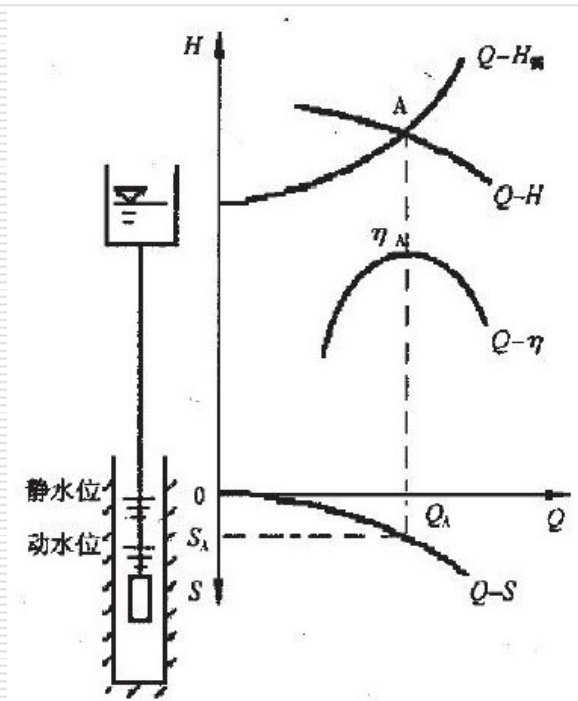
管路系统性能曲线



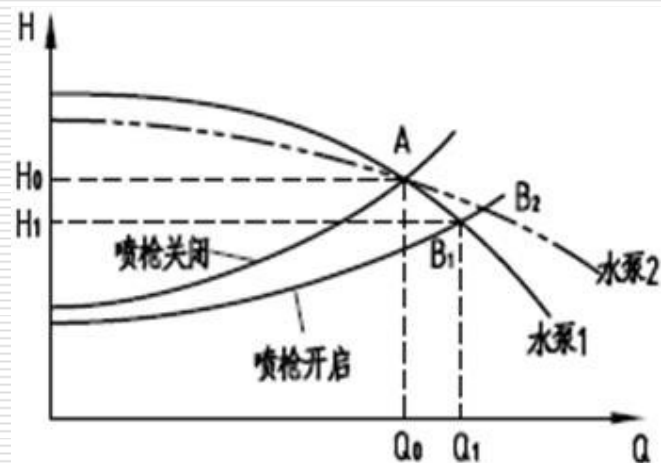
水泵运行工况点

四、节水灌溉常用水泵简介

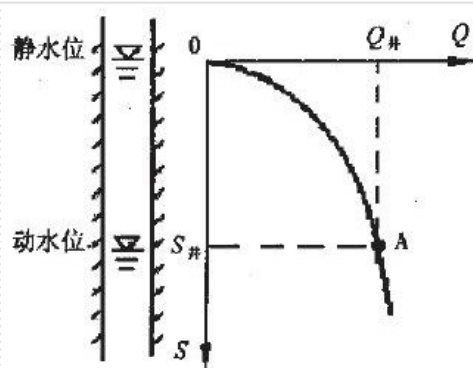
(四) 单台泵运行工况点的确定



井泵运行工况点的确定



末端喷枪开停对泵运行工况点的影响



井涌水量与降深关系曲线

四、节水灌溉常用水泵简介

(五) 串联和并联运行

1、串联运行

定义：水泵首尾相接在同一管路系统中运行。

流量：相等。？

总扬程：等于各台泵在同一流量的扬程之和。故各泵的额定流量应基本相等。 ？

思考：若额定流量不相等，应怎样布置？

四、节水灌溉常用水泵简介

(五) 串联和并联运行

2、并联运行

定义：出水管较长时，几台水泵共用一条出水管（通常对称布置）。

扬程：同型号，相等；不同型号，扬程低（尤其是关死点扬程低）的泵无法运行。

流量：同型号，等于单泵 $Q\sim H$ 曲线在同一扬程下的流量相叠加，但各泵流量小于一台泵单独运行时的流量。

思考：并联时，扬程低（尤其是关死点扬程低）的泵会出现什么损坏现象？

注：备用泵不属于并联。但如果特殊情况下需要同时运行，就是并联了。

四、节水灌溉常用水泵简介

(六) 运行工况的调节 (4种)

(1) 变速调节

相似定律



表明：同一台水泵，当转速改变时：
流量与转速的一次方成正比，
扬程与转速的二次方成正比，
轴功率与转速的三次方成正比。

同一台泵在不同转速下的变速公式
比例律

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

四、节水灌溉常用水泵简介

(六) 运行工况的调节 (4种)

关于水泵的变频调速与控制:

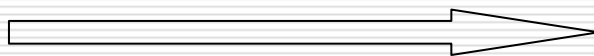
- (1) 利用了水泵的什么原理?
 - (2) 节能的原理是什么?
 - (3) 什么情况下采用才有意义?
 - (4) 有盲目应用的趋势。
-

四、节水灌溉常用水泵简介

(六) 运行工况的调节 (4种)

(2) 变径调节

叶轮切割公式



表明：同一台水泵，当叶轮外径在一定限度内改变时：

流量与叶轮外径的一次方成正比；

扬程与叶轮外径的二次方成正比；

轴功率与叶轮外径的三次方成正比。

注：车削水泵叶轮外径非常简单。

$$\frac{Q_a}{Q} = \frac{D_{2a}}{D_2}$$

$$\frac{H_a}{H} = \left(\frac{D_{2a}}{D_2}\right)^2$$

$$\frac{P_a}{P} = \left(\frac{D_{2a}}{D_2}\right)^3$$

D_2 ——叶轮外径；

a ——车削后的水泵参数。

四、节水灌溉常用水泵简介

(六) 运行工况的调节 (4种)

(3) 变阀调节

改变出水管路中阀门的开度，使管路系统性能改变，调节水泵运行工况。管路中的阀门关小，局部水头损失增大，管路系统性能曲线向左上方移动，水泵运行工况点也向左上方移动。阀门关得越小，局部水头损失越大，流量也就越小。

变阀调节不仅造成额外损失，还减少了流量，很不经济。由于简单易行，在实践中大量采用。

(4) 变角调节 (不讨论)

四、节水灌溉常用水泵简介

附：节水灌溉用机井的测试与技术改造

——《黑龙江水专学报》，2004（3），富锦市水务局：潘秀华、王志辉、王凤云
所测80眼井中，能源单耗平均为12.15kW·h/kt·m；最高为52.98kW·h/kt·m，
是部颁标准的8.2倍；综合装置效率平均为22.39%，最低的仅为5.13%。

（1）井泵配套不合理，大马拉小车：平均地形扬程为13.5m，而实际平均额定扬程为29.47m，使水泵工况偏离高效区，既增加了能源消耗，又缩短了水泵的运行寿命。

（2）配套线路不合理：变压器容量小，输电线路过长，导线断面小，线损严重，使水泵电机长期在欠压情况下运行，导致能耗过高，甚至造成烧毁电机。

（3）水泵输水管路装置不合理：错把泵厂设施中井泵要求的最小安装直径和水泵要求的最小输水管径，作为最佳直径。虽可节省费用，但由于出水管口水流不畅，阻力加大，在同流量情况下能耗过高。

（4）下泵位置不合理：大部分泵下得过深，使水泵工况偏离高效区，增加无效扬程和水头损失，使能耗增高。

四、节水灌溉常用水泵简介

(七) 常用水泵概览

到目前为止，我国节水灌溉单项工程的控制面积一般不大，因而所需的灌溉水流量不大，又因节水灌溉系统的工作压力也不高，并向低压发展的趋势，所以节水灌溉常用的水泵为中小型清水离心泵（少数为混流泵）或其在结构上的变种，包括普通离心泵、增压泵、自吸泵和潜水电泵等。

四、节水灌溉常用水泵简介

1、普通离心泵

1.1 IS和IB型离心泵

性能参数范围:

进口直径: 50~200mm;

流量 Q : 6.3~400m³/h;

扬程 H : 5~125m;

配用功率 $P_{配}$: 0.55~110kW;

转速 n : 2900和1450r/min两种。

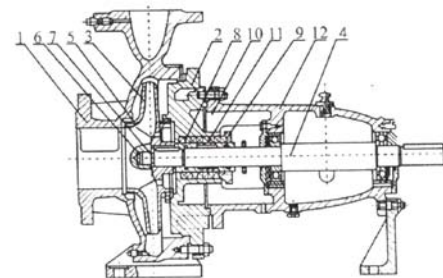
主要特点:

常用中小型单级单吸卧式离心泵;

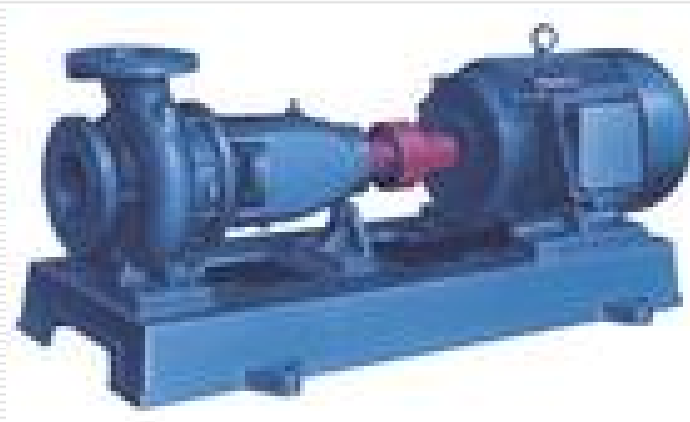
适用范围广;

按国际标准设计,通用性强;

悬臂式结构,价格低。



IS、ISR、ISF、ISW、ISJ 型单吸离心泵结构简图



四、节水灌溉常用水泵简介

1、普通离心泵

1.1 IS和IB型离心泵

型 号 Type	转 速 Speed n (r/min)	流 量 Capacity Q (m³/h)	扬 程 Head H (m)	效 率 Eff. η (%)	配用功率 Power Ne (kW)	汽蚀余量 (NPSH) _r (m)
80-50-250	2900	35	82	56	22	2.3
		50	80	64		2.5
		65	76	68		3.0
	1450	17.5	20.5	53	3.0	2.0
		25	20	62		2.3
		32.5	18.8	65		3.0
80-50-315	2900	35	127	45	45	2.3
		50	125	55		2.5
		65	122	58		3.0
	1450	17.5	32.4	42	5.5	2.0
		25	32.0	52		2.3
		32.5	31.2	55		3.0
100-80-125	2900	70	22	73	11	4.0
		100	20	81		4.3
		130	15.3	73		5.0
	1450	35	5.7	73	1.5	2.0
		50	5.0	78		2.5
		65	3.8	71		3.5

100-80-160	2900	70	34	74	15	3.0
		100	32	80		3.5
		130	28.4	80		4.5
	1450	35	8.5	71	2.2	2.0
		50	8.0	77		2.5
		65	7.0	74		3.5
100-65-200	2900	70	55	74	22	3.0
		100	50	78		3.6
		130	42.5	75		4.8
	1450	35	13.8	70	4.0	2.0
		50	12.5	75		2.3
		65	10.5	70		3.0
100-65-250	2900	70	82.6	66	37	3.3
		100	80	75		3.3
		130	74	75		5.0
	1450	35	20.9	62	5.5	2.0
		50	20.0	71		2.3
		65	18.5	71		3.0

四、节水灌溉常用水泵简介

1、普通离心泵

1.2 S型双吸离心泵

性能参数范围:

进口直径: 150~1200mm;

流量 Q : 160~11000m³/h;

扬程 H : 11~125m;

配用功率 $P_{配}$: 22~1150kW;

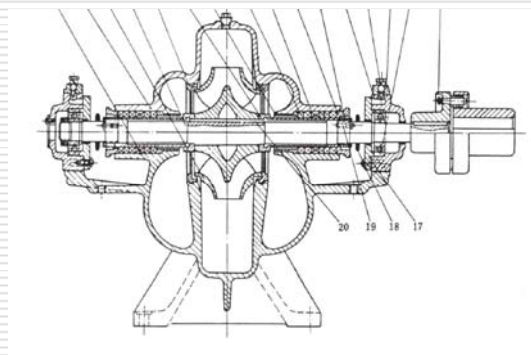
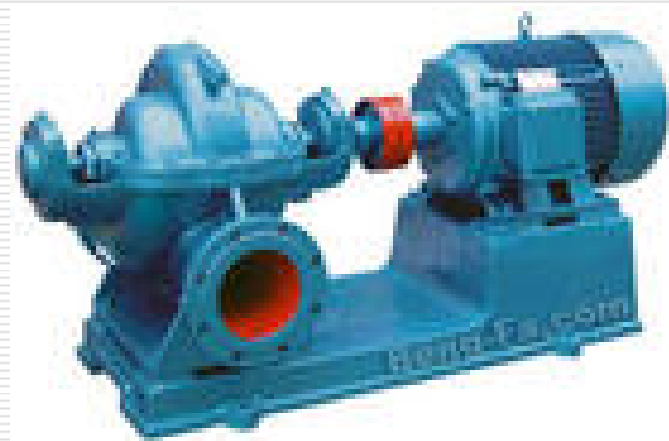
转速 n : 2950~730r/min, 共4种。

主要特点:

常用中大型卧式离心泵, 适用范围广;

单级单吸水平中开式结构, 维修方便;

结构稍复杂, 价格偏高。



四、节水灌溉常用水泵简介

1、普通离心泵

1.3 D型多级离心泵

性能参数范围:

进口直径: 40~200mm, 共7种。

流量 Q : 6.3~450m³/h;

扬程 H : 50~650m;

配用功率 $P_{配}$: 3~440kW;

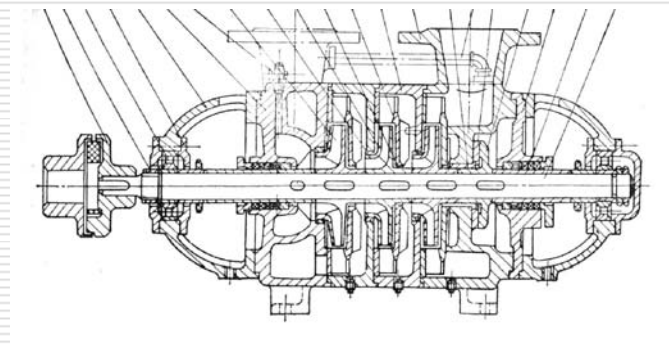
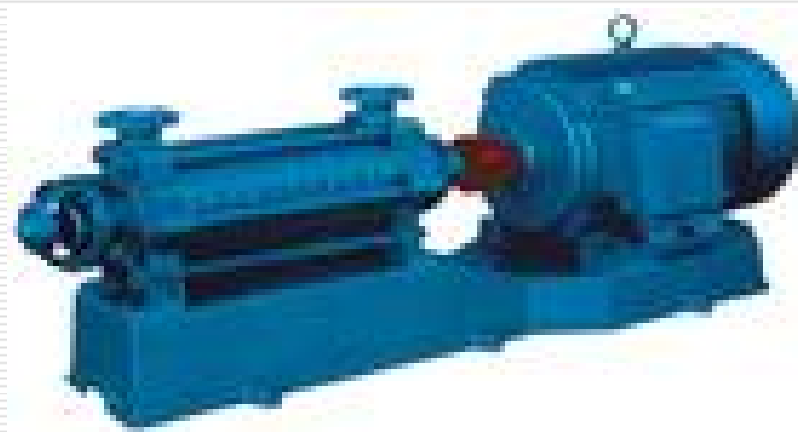
转速 n : 2900和1450r/min两种。

主要特点:

常用中小型卧式多级离心泵;

多在工矿中应用;

适用于流量小、扬程高的场合。



四、节水灌溉常用水泵简介

1、普通离心泵

1.4 DL型多级离心泵

性能参数范围:

进口直径: 50~100mm;

流量 Q : 12.6~100m³/h;

扬程 H : 24.4~200m;

配用功率 $P_{配}$: 3~90kW;

转速 n : 2900和1450r/min两种。

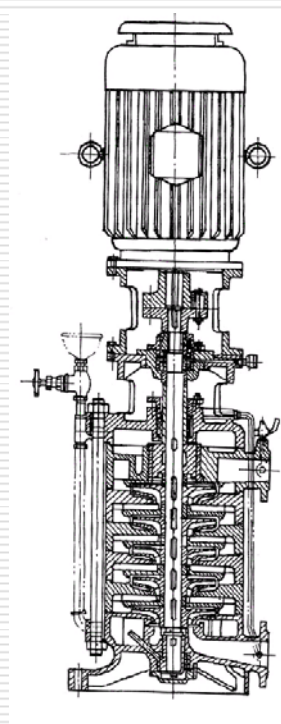
主要特点:

常用中小型立式多级离心泵;

多在工矿中应用;

适用于流量小、扬程高的场合;

占地面积小, 噪音低, 适用于园林灌溉。



四、节水灌溉常用水泵简介

2、增压泵

2.1 SG型管道泵

性能参数范围:

进、出口直径: 25~200mm;

流量 Q : 3~450m³/h;

扬程 H : 5~125m;

配用功率 $P_{配}$: 0.55~90kW;

转速 n : 2900、1450和975r/min三种。

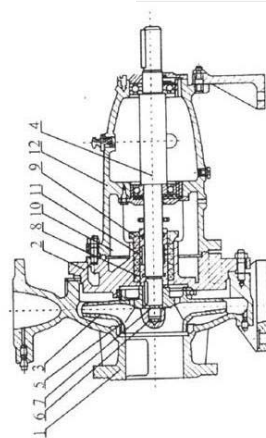
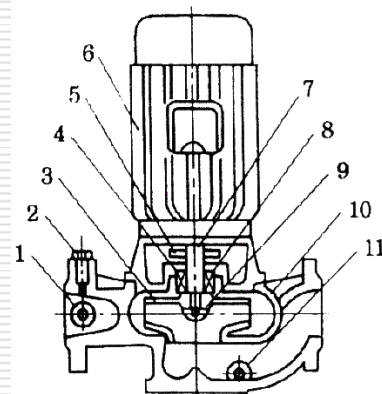
主要特点:

单级单吸立式结构, 价格低;

常用中小型管道离心泵, 多在工矿中应用;

电动机与水泵直联, 结构简单;

进出口直接与管道相连, 安装方便, 节省占地。



IS、ISK、ISF、ISW、ISJ 型单吸离心泵结构简图

四、节水灌溉常用水泵简介

2、增压泵

2.2 喷灌机末端增压泵

性能参数:

进口尺寸: 2.5" 管螺纹;

出口尺寸: 2" 管螺纹;

额定流量 Q : 18m³/h;

额定扬程 H : 25m;

配用功率 $P_{配}$: 2.2kW;

额定转速 n : 2875r/min.

主要特点:

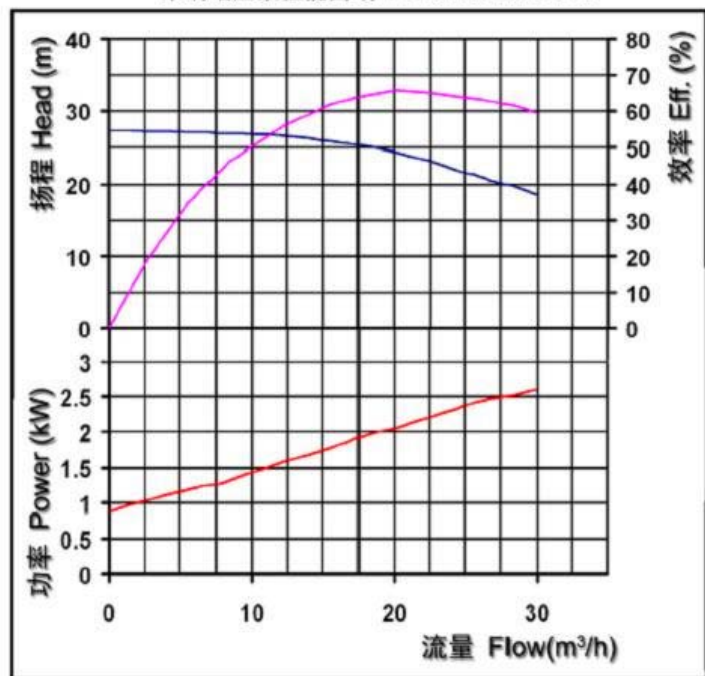
中心支轴式喷灌机专用;

立式结构, 安装方便;

配套防水型电动机。



末端增压泵性能曲线 Performance Curve



四、节水灌溉常用水泵简介

3、自吸泵

BPZ型自吸式喷灌泵

性能参数范围:

进口直径: 50~80mm;

流量 Q : 12~72m³/h;

扬程 H : 28~56m;

配用功率 $P_{配}$: 3~15kW;

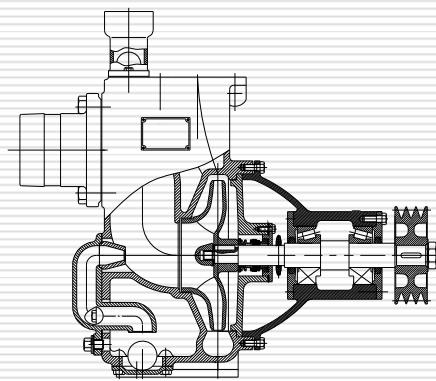
转速 n : 2600、2900和3000r/min 三种。

主要特点:

单级单吸卧式悬臂结构, 价格低;

无需底阀, 适用于移动式灌溉系统;

同时考虑与柴油机和电动机合理配套。



BPZ自吸泵

四、节水灌溉常用水泵简介

4、潜水电泵

QJ型井用潜水电泵

性能参数范围:

适用井径: 100 ~ 400mm;

流量 Q : 2 ~ 500m³/h;

扬程 H : 9 ~ 598m;

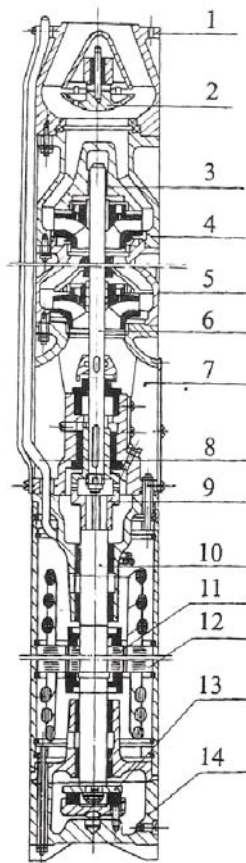
配用功率 $P_{配}$: 0.55 ~ 220kW;

转速 n : 2900和1450r/min两种。

主要特点:

最常用的井用潜水电泵;

性能参数范围广。



QJ 型井用潜水电泵



四、节水灌溉常用水泵简介

(八) 水泵选型的方法和步骤

(1) 根据平均扬程，利用水泵产品样本或其他技术资料中的水泵系列谱图、性能曲线或性能参数表，初步选出扬程符合要求、流量不等的几种水泵，并根据灌溉设计流量和每种泵型的额定流量，算出所需泵型的台数。

(2) 根据初步选出的水泵，确定管径大小及管路布置方式，绘制管路特性曲线。根据水泵性能曲线和管路特性曲线求出在设计、平均、最高和最低扬程下的工作点。校核所选水泵在设计扬程下的流量是否满足要求，在平均扬程下是否在高效区运行，在其他扬程下能否稳定、安全运行。

(3) 根据吸入装置条件计算泵站装置汽蚀余量，并根据必需汽蚀余量校核所选水泵在所有工况点能否满足汽蚀要求。

(4) 只有所选水泵能同时满足上述(2)和(3)要求，才能确定所选泵型合理。如不符合要求，可采用调节措施或另选泵型。

五、灌溉系统规划

（一）基本原则

- （1）贯彻执行国家、地方相关方针政策、法律法规和规范。
 - （2）与当地水资源综合规划、水利发展规划等相协调。
 - （3）与农艺措施相结合，全面实现农业高效用水。
 - （4）充分利用已有的水利、电力、交通等基础设施。
-

五、灌溉系统规划

(二) 需收集的灌溉区域基本资料

- (1) 灌溉区域地形图：特别留意电线杆、高大建筑物、林带等。
 - (2) 土壤资料：用于选择和配置喷头、计算设计灌水定额等。
 - (3) 作物资料：用于确定设计日最大需水强度、计划湿润层深度等；**中心支轴式喷灌机使用寿命长，应考虑使用期内可能种植的各种作物。**
 - (4) 水源资料：用于进行水量平衡计算，确定水泵类型、供水管路布置等。
 - (5) 气象资料：用于确定田间喷洒水利用系数、设计日最大需水强度等。
 - (6) 能源动力资料：用于确定水泵配套动力机类型。
 - (7) 道路交通资料：用于考虑供水管路布置、中心支座位置、机组长度等。
-

五、灌溉系统规划

(三) 需收集的喷灌机技术资料

(1) 喷灌机进水口（支轴弯管下端接口）的接口形式和尺寸：

接口法兰公称直径、公称压力（注意螺栓孔中心距、孔数、孔径）。

(2) 所需的电源电压、频率、相数和容量：

注意美国的电压、频率与我国不同。

(3) 桁架跨距（长度）尺寸系列：

大约为34.5m、40.5（40）m、46.2m、52（50）m、57.6m、63m等，注意各个厂家略有不同。

(4) 桁架输水管规格尺寸系列和材质：

输水管外径有 $\Phi 112\text{mm}$ 、 $\Phi 133\text{mm}$ 、 $\Phi 141\text{mm}$ 、 $\Phi 168(165)\text{mm}$ 、 $\Phi 194\text{mm}$ 、 $\Phi 203\text{mm}$ 、 $\Phi 219\text{mm}$ 、 $\Phi 254\text{mm}$ 等；材质有热浸镀锌钢、铝合金、不锈钢、PVC内衬等。



五、灌溉系统规划

(三) 需收集的喷灌机技术资料

(5) 悬臂长度尺寸系列和悬臂输水管规格尺寸:

悬臂长度有6m、12m、18m、24m等; 悬臂输水管直径多为 $\Phi 112\text{mm}$ 。

(6) 桁架输水管喷头座孔间距尺寸系列:

有1.92 (2) m、2.88 (3) m等。

(7) 地隙高度尺寸系列:

有2.2m、2.6m、2.9m、3.2m、3.5m、4.4m等。

(8) 塔架车行走驱动装置总速比及电机减速器电动机额定功率:

总速比多为2000: 1; 电动机功率有0.55kW、0.75kW、1.1kW (注意美国频率折算到我国频率下的功率)。

五、灌溉系统规划

(三) 需收集的喷灌机技术资料

(9) 车轮轮胎规格型号系列:

有11.2-24、11.2-38、14.9-24、16.9-24等; 另有橡胶履带, 用于稻田。

(10) 推荐采用的喷头类型和技术参数:

多采用D3000、R3000型等。

(11) 推荐采用的末端喷枪组件类型和技术参数:

各种水平摇臂式、垂直摇臂式换向型喷头均可采用; 需收集其流量、工作压力、射程、喷洒水量分布图等。

(12) 电气控制系统功能:

包括基本功能和增加功能, 例如末端喷枪地角喷水、自动停机、自动返回等。

五、灌溉系统规划

(四) 水源水量分析计算

(1) 水源供水量和灌溉系统用水量进行平衡分析计算:

每个灌溉系统都上升到水资源高度, 进行水资源平衡分析计算, 可能有难度, 也没意义——个人观点。

(2) 水源的来水过程不能满足灌溉系统用水要求时, 应修建蓄水设施。

① 来水过程: 指地表水, 例如已有灌区的渠道, 应弄清来水时段、来水量等;

② 蓄水设施: 《喷灌工程技术规范》7.1.3条规定: 对于兼起调蓄作用的工作池, 当工作池为完全调节时, 其容积应能满足系统作物一次关键灌水的要求。

注: 蓄水池容积需考虑许多因素, 没有简单公式。

五、灌溉系统规划

(五) 规划设计控制参数

(1) 灌溉设计保证率:

地下水, 不低于90%; 其他水, 不低于85%。

(2) 设计喷灌强度:

以喷灌机末端的喷灌强度为控制数值。允许喷灌机末端土壤表面积水, 但不宜产生径流。

(3) 设计喷灌均匀系数:

不应小于0.85。当配有末端喷枪时, 末端喷枪的喷灌面积可不加入设计喷灌均匀系数计算。喷灌均匀系数应按GB/T 19797的规定进行测定。

(4) 设计喷灌雾化指标:

标准规定不科学, 但能够满足。

五、灌溉系统规划

(六) 田间规划布置

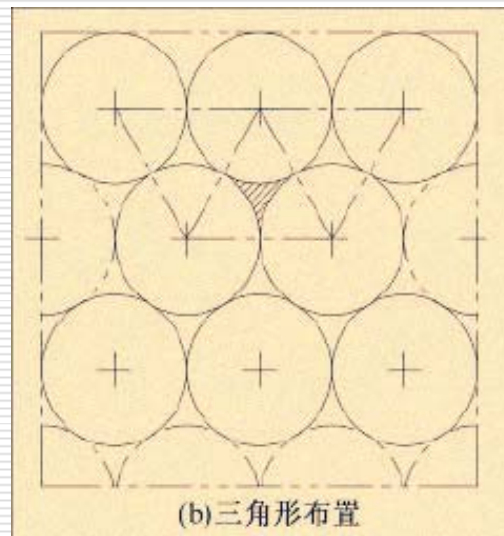
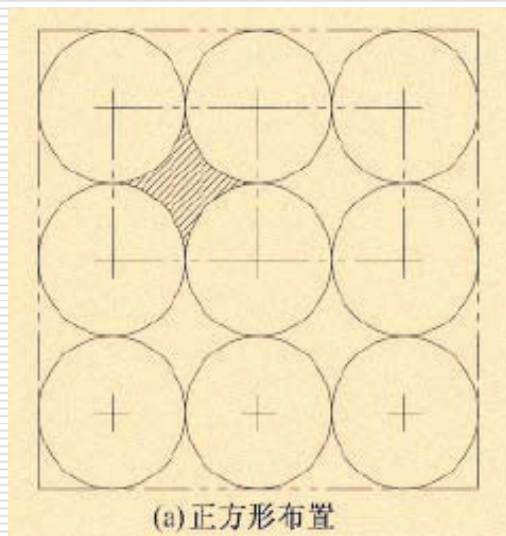
1、中心支座位置的确定:

- (1) 灌溉区域或灌溉地块的漏灌面积最小。
- (2) 距水源和/或电源最近。
- (3) 喷灌机实体长度覆盖范围内，无电线杆、高大建筑物、古树名木等超过地隙高度的不可搬迁（拆移）障碍物。

注：如果障碍物距中心支座位置较远，可采用喷灌机正、反向运行的方式躲开。

- (4) 喷灌机安装及维修维护方便。
 - (5) 在非灌溉季节长期停用时，可停放在便于看护的位置。
-

五、灌溉系统规划



- (1) 正方形布置漏灌面积为21.5%，三角形布置为9.3%；后者覆盖面积提高12个百分点。
- (2) 正方形布置为9台机组，三角形布置为14台；后者投资较高。
- (3) 90度和180度扇形喷洒机组，可采用拖移型，以降低投资。
- (4) 此例为规则地块；当地块形状不规则时，应采用不同长度的机组组合。

五、灌溉系统规划

(六) 田间规划布置

2、喷灌机与相邻设施（物体）之间的距离（安全性）：

(1) 任意两台相邻喷灌机中心支座之间的距离，至少比这两台喷灌机实体长度之和大3m。（没依据，保证相邻机组不相撞又能喷到水为度）

(2) 末端喷头（喷枪）与建筑物、树木等障碍物之间的距离，不小于2m。（没依据，保证不相撞又能喷到水为度）

(3) 末端喷头（喷枪）与道路之间的距离应符合相关交通道路标准的规定。（美国可能是9m）

(4) 末端喷头（喷枪）与电力线路之间的距离应符合相关电力标准的规定。（美国可能是15m）

五、灌溉系统规划

(六) 田间规划布置

3、供水方式的确定:

(1) 当水源为地下水时, 应优先采用“一机一井”的供水方式。当单井涌水量不能满足一台喷灌机流量需求时, 可采用“一机多井”的供水方式, 但应认真进行水力计算与分析, 确定合理的水泵运行工况点流量、扬程等参数, 保证各台水泵均在高效区运行。

(2) 当水源为地表水时, 优先采用管道供水方式。

六、整机及主要配套件选型

(一) 整机

- (1) 应选用经过法定机构检测或认定合格的喷灌机。
- (2) 同一灌溉区域宜采用同一制造厂家生产的喷灌机。
- (3) 喷灌机的整机安全性应符合GB 10395.19的规定。
- (4) 优先选用中心支座固定型喷灌机。
- (5) 当符合下列两个条件之一时，可选用拖移型喷灌机：
 - 喷灌机实体长度不大于300m；
 - 灌溉区域地形较平坦，且所灌溉地块之间能开辟出拖移的通道。
- (6) 喷灌机有效长度的确定：
 - 中心支座固定型喷灌机的有效长度不小于200m；

注：中心支轴式喷灌机最大有效长度不宜大于600m。

六、整机及主要配套件选型

(一) 整机

——桁架输水管外径为168.3 (165) mm的喷灌机，有效长度不宜大于450m;

——有效长度大于450m时，靠近中心支座处的若干跨桁架输水管应采用外径不小于193.7mm的管道。

(7) 当符合下列条件时，宜在喷灌机上增设末端喷枪组件：

——末端喷枪与其他喷头同时喷水进行全圆运行作业，扩大喷灌机单机控制面积；（注：不宜大力推广）

——末端喷枪只在四个地角进行喷灌作业，减少地角漏喷面积；

——利用末端喷枪喷射出的水流越过地边的电线杆、树木等障碍物。

(8) 喷灌机的地隙高度应能满足所灌溉作物生长高度的需求。

六、整机及主要配套件选型

(二) 主要结构件

- (1) 所有钢结构件均应进行整体热浸镀锌处理。
- (2) 当选用桁架输水管外径为168.3 (165) mm普通焊接钢管的喷灌机时，输水管壁厚不应小于3.0mm。
- (3) 桁架拉筋端头宜采用整体热镦成型工艺制造。
- (4) 塔架车底梁宜为无缝钢管。
- (5) 行走驱动装置应采用护套、套管加以保护。
- (6) 所用的螺栓、螺母等紧固件应为高强度等级 (8.8g)。



六、整机及主要配套件选型

(三) 电气设备与电气控制系统

- (1) 电气设备的额定电压和频率应与国家常规电网相一致。
- (2) 主控制箱、集电环、塔架盒等电气控制设备箱盒的防护等级应符合GB 10395.19的规定。
- (3) 电机减速器和末端增压泵配套电动机的防护等级不应低于GB 4208的规定的IP44级。(注：偏低)
- (4) 电气控制系统应具有下列基本功能：
 - 电源接通与断开；
 - 电流、电压等电量参数显示与检测；
 - 正向运行、反向运行和停止；
 - 百分率计时器接通与断开；

注意：国外厂商应要求其提供中文操作界面和说明书！

六、整机及配套件选型

(三) 电气设备与电气控制系统

——塔架车（桁架）同步运行控制和安全控制。

(5) 喷灌机电气控制系统宜具有下列增加功能：

——主阀门（或水泵）开启与停止控制信号；

——末端增压泵启动与停止；

——限位自动停机和/或自动返回；

——进水口水压波动自动停机；

——过雨量自动停机；

——电压和电流超限安全保护。



(6) 当灌溉区域开阔且位于雷电多发地区时，喷灌机电气控制系统应采取防雷电措施。

六、整机及主要配套件选型

(四) 喷头组件及其配置

(1) 喷头的选择和配置可由灌溉系统设计者完成，也可根据设计者提出的要求由喷灌机制造厂或经销商完成。

(2) 喷头类型的选择宜符合下列规定：

——当灌溉区域土壤为黏土或壤黏土时，采用旋转式阻尼喷头；

——当灌溉区域土壤为砂土、砂壤土或壤土，且喷灌机有效长度大于300m时，靠近中心支座部位采用散射式喷头，末端采用旋转式阻尼喷头；

——当灌溉区域土壤为砂土或砂壤土，且喷灌机有效长度不大于300m时，采用散射式喷头。

注：两种喷头不同点见下页图。

六、整机及主要配套件选型

D3000型散射式喷头

喷头高度 0.9m 时喷洒直径 Throw Dimeter at 0.9m

Water Pressure 工作压力 (bar)	喷嘴编号 Nozzle Size								
	09	14	18	24	28	32	36	42	50
	喷洒直径 Throw Diameter (m)								
0.4	3	4	5	6	7	7	7	8	8
0.7	4	6	7	9	9	10	10	10	9
1.0	5	7	9	10	11	11	12	12	12
1.4	5	9	10	12	12	13	13	13	13

R3000型旋转式阻尼喷头

喷头高度 0.9m 时 喷洒直径 Throw Dimeter at 0.9m

Water Pressure 工作压力 (bar)	喷嘴编号 Nozzle Size										
	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44	50
	喷洒直径 Throw Diameter (m)										
1.0	13	14	15	15	15	15	15	16	16	16	16
1.4	14	15	15	16	16	17	17	17	17	17	16
1.7	15	16	17	17	18	18	18	18	18	18	17

说明:

在配套喷嘴型号（直径）、工作压力和悬吊高度相同的条件下，R3000型比D3000型喷洒直径大（射程远），不容易产生地表径流。

六、整机及主要配套件选型

(四) 喷头组件及其配置



1952年 ———→ ———→ ———→ ———→ 2012年

六、整机及主要配套件选型

(四) 喷头组件及其配置

(3) 优先采用“等间距不同喷嘴直径”的喷头配置方式。

(4) 设计喷头工作压力应在所选喷头的规定工作压力范围内。

注：喷头（喷嘴）参数表里列出的最低和最高压力之间的压力，就是该喷头的额定工作压力范围。

(5) 应根据设计喷头工作压力，在喷头进水口上游配置适当的压力调节器。（压力调节器进口压力水头应至少比出口高3.4m）

(6) 喷头宜采取悬吊安装方式；悬吊高度根据所灌溉作物的生长高度确定。

(7) 悬吊管应采用抗老化性能良好的软管，并应在其下部设置配重。

注：D3000型和R3000型喷头配套喷嘴性能参数表见下页。

六、整机及主要配套件选型

D3000型和R3000型喷头配套喷嘴性能参数表-1

喷嘴 编号 Code	喷嘴 颜色 Color	工作压力 Pressure (bar)							
		0.4	0.7	1.0	1.4	1.7	2.0	2.7	3.4
		喷嘴流量 Flow (m ³ /h)							
09		0.077	0.100	0.120	0.140	0.157	0.172	0.197	0.220
10		0.095	0.122	0.150	0.172	0.193	0.211	0.243	0.272
11		0.113	0.148	0.179	0.209	0.232	0.254	0.293	0.329
12		0.138	0.179	0.218	0.252	0.281	0.308	0.356	0.400
13		0.161	0.209	0.256	0.295	0.331	0.361	0.418	0.467
14		0.186	0.241	0.293	0.338	0.379	0.415	0.479	0.536
15		0.215	0.279	0.343	0.395	0.443	0.485	0.560	0.626
16		0.245	0.317	0.388	0.449	0.502	0.549	0.635	0.710
17		0.277	0.359	0.438	0.506	0.568	0.622	0.718	0.799
18		0.308	0.397	0.485	0.563	0.629	0.688	0.794	0.887
19		0.347	0.447	0.547	0.634	0.709	0.774	0.895	1.001
20		0.386	0.497	0.611	0.704	0.788	0.863	0.997	1.112
21		0.418	0.540	0.661	0.763	0.854	0.935	1.081	1.208
22		0.463	0.599	0.733	0.847	0.947	1.035	1.196	1.337
23		0.504	0.649	0.794	0.919	1.026	1.126	1.299	1.453
24		0.554	0.718	0.877	1.013	1.133	1.242	1.433	1.603
25		0.599	0.774	0.947	1.094	1.222	1.340	1.546	1.728
26		0.652	0.840	1.028	1.187	1.328	1.456	1.680	1.880
27		0.697	0.900	1.103	1.274	1.424	1.560	1.839	2.014

注：D3000型喷头设计工作压力不宜太高——→过度雾化。

六、整机及主要配套件选型

D3000型和R3000型喷头配套喷嘴性能参数表-2

28		0.761	0.981	1.201	1.387	1.551	1.699	1.962	2.194
29		0.813	1.049	1.285	1.483	1.658	1.817	2.098	2.348
30		0.869	1.121	1.376	1.587	1.775	1.943	2.246	2.512
31		0.922	1.190	1.456	1.680	1.880	2.059	2.377	2.659
32		0.990	1.290	1.564	1.807	2.021	2.214	2.557	2.859
33		1.056	1.363	1.783	1.928	2.155	2.359	2.725	3.047
34		1.121	1.447	1.834	2.046	2.289	2.507	2.895	3.236
35		1.181	1.526	1.869	2.157	2.411	2.643	3.052	3.411
36		1.204	1.603	1.964	2.266	2.534	2.777	3.206	3.586
37		1.326	1.712	2.098	2.423	2.707	2.966	3.424	3.829
38		1.403	1.810	2.219	2.561	2.863	3.136	3.622	4.049
39		1.481	1.912	2.341	2.705	3.023	3.311	3.824	4.272
40		1.555	2.009	2.461	2.841	3.177	3.481	4.019	4.494
41		1.649	2.128	2.607	3.011	3.365	3.686	4.258	4.760
42		1.726	2.228	2.727	3.149	3.522	3.858	4.453	4.980
43		1.808	2.335	2.859	3.302	3.691	4.042	4.669	5.219
44		1.891	2.441	2.990	3.452	3.860	4.228	4.882	5.459
45		1.982	2.560	3.134	3.618	4.045	4.431	5.117	5.720
46		2.071	2.672	3.272	3.779	4.226	4.628	5.345	5.975
47		2.176	2.807	3.438	3.972	4.440	4.864	5.616	6.280
48		2.261	2.920	3.577	4.130	4.796	5.059	5.841	6.531
49		2.341	3.023	3.702	4.274	4.780	5.234	6.046	6.758
50		2.446	3.158	3.867	4.467	4.994	5.471	6.317	7.063

注：R3000型喷头配套喷嘴不宜小于20号——→旋转不稳定。

六、整机及主要配套件选型

(五) 配套设施与设备

(1) 电源容量应根据行走驱动装置和电气控制系统所需的功率确定（未包含供水系统水泵配套电动机功率）。

(2) 当水源为地下水时，供水系统配套水泵宜采用井用潜水电泵或长轴深井泵；当水源为地表水时，供水系统配套水泵宜采用卧式离心泵；当采用已有供水管网，且压力不能满足灌溉系统要求时，宜选用管道泵增压。

(3) 配套水泵的设计运行工况点应在水泵的高效区内（水泵设计流量为额定流量的0.7倍~1.2倍）。

六、整机及主要配套件选型

(五) 配套设施与设备

(4) 中心支轴弯管附近和喷灌机末端应设置压力观测装置；压力观测装置的量程宜为设计入机压力的1.5倍。

(5) 优先选用立式（竖直）安装的末端增压泵。

(6) 宜在进水口与供水系统连接处设置开关阀、调节阀、流量（或水量）量测装置、施肥（药）装置等。

(7) 所选施肥（药）装置的注入量（注入速率）应能调节；肥（药）储存设备应耐腐蚀。



增压泵立式安装



增压泵水平安装

七、设计计算

(一) 喷灌机长度

1、喷灌机实体长度：

$$L_s = \sum_1^n l_i \times n_i + l_x$$

式中：

L_s —— 喷灌机实体长度，（m）；

l_i —— 第*i*种桁架跨距（长度），（m）；

n_i —— 第*i*种桁架的数量，（跨）；

l_x —— 末端悬臂长度，（m）。

七、设计计算

(一) 喷灌机长度

2、喷灌机有效长度:

$$L_Y = L_S + 0.75 \times R$$

式中:

L_Y ——喷灌机有效长度, (m);

L_S ——喷灌机实体长度, (m);

R ——喷灌机末端喷头 (或末端喷枪) 的射程, (m)。

七、设计计算

(二) 喷灌机灌溉控制面积

1、末端喷枪与其他喷头同时喷洒机组在一个作业位置的覆盖面积：

$$A_0 = [(a/360) \times \pi \times L_y^2] / 10000$$

式中：

A_0 ——末端喷枪与其他喷头同时喷洒的喷灌机在一个作业位置的覆盖面积，（ hm^2 ）；

a ——喷灌机田间运行扇形角度，（ $^\circ$ ）；

L_y ——喷灌机有效长度，（ m ）。

七、设计计算

(二) 喷灌机灌溉控制面积

2、末端喷枪仅在设定范围内喷洒的机组在一个作业位置的覆盖面积：

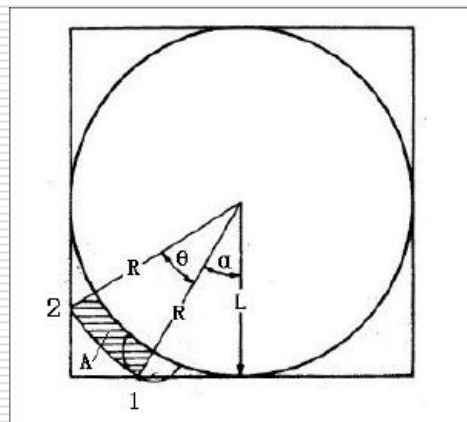
$$A_1 = \left[(a/360) \times \pi \times L_s^2 + A_q \right] / 10000$$

式中：

A_1 ——末端喷枪仅在设定范围内喷洒作业的喷灌机在一个位置的覆盖面积，（ hm^2 ）；

A_q ——喷灌机运行中末端喷枪在设定范围内的覆盖面积，（ m^2 ）；

L_s ——喷灌机实体长度，（ m ）。



七、设计计算

(二) 喷灌机灌溉控制面积

3、灌溉控制面积 A 按下列方法确定：

- (1) 中心支座固定型喷灌机的灌溉控制面积，根据末端喷枪运行方式，按上述两个公式之一直接计算得出；
 - (2) 拖移型喷灌机，根据末端喷枪运行方式，按上述两个公式之一分别计算在各个作业位置的覆盖面积，并将其相加得出灌溉控制面积。
-

七、设计计算

(三) 喷灌机设计流量

1、作物日最大需水量:

$$W = 10 \times I \times A$$

式中:

W ——作物日最大需水量, (m^3);

I ——设计日最大需水强度, (mm/d), 取作物需水临界期的平均日需水量;

A ——喷灌机灌溉控制面积, (hm^2) 。

七、设计计算

(三) 喷灌机设计流量

2、喷灌机设计流量：

$$Q = \sum_{1}^{n_1} q_i + q_m \quad \text{且} \quad Q \geq W / (t \times \eta_p)$$

式中：

Q —— 喷灌机设计流量，（ m^3/h ）；

q_i —— 第 i 个喷头在设计工作压力下的流量，（ m^3/h ）；

n_1 —— 喷灌机安装的喷头总个数，（个）；

q_m —— 末端喷枪在设计工作压力下的流量，（ m^3/h ）；

t —— 设计日灌水时间，（ h/d ），宜在14~21h之间取值（可取22h以上）；

η_p —— 田间喷洒水利用系数（风速低于3.4m/s，取0.85~0.9；风速为3.4m/s~5.4m/s，取0.75~0.8。

七、设计计算

(四) 喷灌机设计入机压力水头

$$H = h_m + h_f + \Delta z$$

式中：

H —— 喷灌机设计入机压力水头，（m）；

h_m —— 最不利喷头的设计工作压力水头，（m）；

h_f —— 喷灌机进水口到最不利喷头之间的输水管水头损失，（m）；

Δz —— 喷灌机进水口与最不利喷头安装位置运行轨迹最高点之间的高程差，（m）。

七、设计计算

(五) 喷灌机运行参数

1、设计灌水定额:

$$m = 0.1 \times h \times (\beta_1 - \beta_2) \quad \text{或} \quad m = 0.1 \times \gamma \times h \times (\beta_1' - \beta_2')$$

式中:

m ——设计灌水定额, (mm);

h ——计划湿润层深度, (cm);

β_1 ——适宜土壤含水量上限 (体积百分比);

β_2 ——适宜土壤含水量下限 (体积百分比);

γ ——土壤容重, (g/cm^3);

β_1' ——适宜土壤含水量上限 (重量百分比);

β_2' ——适宜土壤含水量下限 (重量百分比)。

七、设计计算

(五) 喷灌机运行参数

2、设计灌水周期:

$$T = m / I$$

式中:

T ——设计灌水周期, (d);

m ——设计灌水定额, (mm);

I ——设计日最大需水强度, (mm/d)。

七、设计计算

(五) 喷灌机运行参数

3、喷灌机旋转一圈所需的最短时间：

$$t_{\min} = (L_f \times i) / (30 \times D \times n)$$

式中：

t_{\min} —— 喷灌机旋转一圈所需的最短时间，（h）；

L_f —— 中心支座中心点与末端塔架车之间的距离，（m）；

i —— 行走驱动装置总速比；

D —— 配套轮胎有效直径，（m）；

n —— 行走驱动装置配套电动机额定转速，（r/min）。

七、设计计算

(五) 喷灌机运行参数

4、喷灌机旋转一圈的设计灌水深度：

$$h = (I \times t_{\min}) / (t \times x)$$

式中：

h ——喷灌机旋转一圈的设计净灌水深度，（mm）；

I ——设计日最大需水强度，（mm/d）；

t_{\min} ——喷灌机旋转一圈所需的最短时间，（h）；

t ——设计日灌水时间，（h/d）；

x ——百分率计时器的设定值，宜在30%~100%之间取值。

结束语

敬请批评指正，欢迎切磋交流。

谢谢！

姓 名：兰才有

宅 电：010-62228419

手 机：13501375506

电子邮箱：lancaiyou@sina.com
