

HENGYA PENGUAN YUANLI YU SHEJI

恒压喷灌原理与设计

仵峰 廖永诚 等编著



黄河水利出版社

恒压喷灌原理与设计

仵 峰 廖永诚 黄修桥 李英能 宰松梅 编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是在系统总结水利部、中国农业科学院农田灌溉研究所“六五”至“十五”期间恒压喷灌科研成果的基础上编写而成的。全书共八章,内容包括概述、喷灌系统工况分析、泵站与灌溉管网特征、水锤分析及防止、压力罐调节技术、变频恒压技术、恒压喷灌工程设计实例、恒压喷灌试验研究等。

本书可供从事农业节水技术研究的广大科技工作者和相关专业的工程技术人员与高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

恒压喷灌原理与设计/仵峰,廖永诚等编著. —郑州:黄河水利出版社,2007.12
ISBN 978-7-80734-318-9

I. 恒… II. ①仵… ②廖… III. 喷灌 IV. S275.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 182965 号

策划组稿:马广州 电话:0371-66023343 E-mail: magz@yahoo. cn

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhsclbs@126. com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:14.25

字数:350 千字

印数:1—1 200

版次:2007 年 12 月第 1 版

印次:2007 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-80734-318-9/S · 100

定价:36.00 元

《恒压喷灌原理与设计》 编委会

主 任 余开德

副主任 李英能

委 员 （按姓氏笔画排序）

王庆生 仵 峰 李久生 狄美良

宰松梅 黄修桥 龚时宏 廖永诚

前言

恒压喷灌是指在喷灌系统中利用专门的设备和运行技术,使系统工作压力保持相对恒定的一种喷灌技术。喷灌系统采用恒压装置,既可节能,又能提高喷头的喷洒质量。它是喷灌管网发展到一定阶段的必然产物,是20世纪60年代初期为保证喷灌管网系统稳定运行所采取的一项重大的技术革新,已被世界上多数国家广泛采用。我国喷灌技术的发展较晚,由于多种原因,目前机压喷灌管网系统尚很少采用恒压装置。20世纪90年代,是我国农业实现现代化的关键的第二个阶段,毫无疑问,节水与节能这两项基本国策,是完成这一阶段乃至今后第三阶段目标的重要保证,推广应用恒压喷灌技术必将大有作为。因此,我们希望本书的出版能对此有所裨益。

恒压喷灌系统的研究与建设,是“六五”期间水利部的重点科研项目。1984年我国第一个恒压喷灌系统在河南省郟县建成并交付使用,其管网规模也是当时全国单个泵站控制面积最大的,设计面积为 450 hm^2 。工程的关键设备,包括调压罐、电力自控系统、管网水锤消除装置、薄壁金属管道球形快速接头以及可连续运转2000 h以上的高质量喷头,都是按总体要求设计的新产品,设备全部国产。经过二次改造,目前这项工程已运行了20多年,仍在发挥效益。

20世纪80年代,在恒压喷灌系统设计时,没有可以借鉴的国外系统资料,当时大型喷灌管网的设计理论和方法,还有许多不成熟之处。因而,在试运行过程中,对某些技术参数和配套设备又做了部分调整,使之更趋合理。此后,又经过3年的运行观测,并对恒压喷灌泵站调压系统进一步做了专门的研究,使我们对这项综合技术的原理与设计方法的认识更为深入、更加系统。为了介绍这项技术,在此基础上,通过总结和提炼,撰写了本书。

全书共分八章。第一章为概述。简要介绍喷灌和恒压喷灌的基本概念,以及恒压喷灌的工作原理和基本特征,阀门调节、压力罐调节、水泵调速调节等压力流量调节的类型和优缺点,分析了恒压喷灌的现状并展望其发展趋势。第二章为喷灌系统工况分析。主要介绍管网工作压力与喷头工作压力的关系,提出了喷头经济工作压力的确定和管网工作压力的选择方法,从管网布置原则、管网布置形式、管网技术经济计算等方面介绍了管网系统的设计知识,并对压力周期变化对喷头洒水均匀度的影响、喷头压力周期变化时平均喷灌强度变化率等喷灌系统工况对喷灌质量的影响进行了分析。第三章为泵站与灌溉管网特征。主要介绍恒压喷灌对压力和供水量的要求、泵站的合成特性、管网的合成特性以及水泵与管网的合成特性。第四章为水锤分析及防止。主要对水泵和管网的水锤进行分析,并提出了相应的防护及消除对策。第五章为压力罐调节技术。主要介绍调压罐容积、调压系统的技术参数、调压罐结构设计和充气装置的选择与设计。第六章为变频恒压技术。主要介绍水泵变频调节,变频控制技术,喷灌泵站变频调节并对恒压喷灌节能进行分析对比。第七章为恒压喷灌工程设计实例。以河南郟县恒压喷灌设计为例,系统地介绍了调压罐设计技术。第八章为恒压喷灌试验研究。通过郟县恒压喷灌工程试运行、工程改善与观测试验和效益分

析,对恒压喷灌进行的试验研究进行了总结。

本书由参与上述项目的科研人员分工合作编写,全书由仵峰、廖永诚、宰松梅统稿,最后由余开德、李英能、黄修桥审定。编写人员分工如下:第一章由仵峰、廖永诚、宰松梅编写;第二章由黄修桥、仵峰编写;第三章由仵峰、廖永诚编写;第四章由廖永诚、仵峰编写;第五章由廖永诚、仵峰编写;第六章由仵峰、宰松梅编写;第七章由廖永诚、黄修桥编写;第八章由廖永诚、宰松梅编写。

在我们研究恒压喷灌系统前后近 30 年的过程中,余开德、李英能、廖永诚、黄修桥、仵峰、龚时宏、狄美良、李久生、郭志新、刘新民、孙知仁、宰松梅、翟国亮、范永申、李金山、冯俊杰、李辉、邓忠、刘杨、段福义、颜廷熠、许海涛等农田灌溉研究所灌水技术室全体新老同仁参与了相关研究资料整理及工作。恒压喷灌的研究工作获得了国家“八六三”计划、水利部科研项目等的资助,得到了水利部、河南省水利厅、许昌地区水利局、郟县水利局及郟县其他有关领导的支持和帮助,对此我们表示衷心的感谢,并对中国水利水电科学研究院水利所、三门峡水工机械厂、许昌地区水利设计队、武汉大学水利水电学院等与我们协同研究的单位和同仁,表示我们最诚挚的谢意。

我们更殷切地希望关心这项事业发展的同仁,对本书的不足之处,提出宝贵的意见。

编 者

2007 年 8 月

目 录

前 言

第一章 概 述	(1)
第一节 喷灌与恒压喷灌	(1)
第二节 压力流量调节的类型	(12)
第三节 恒压喷灌发展与展望	(18)
第二章 喷灌系统工况分析	(22)
第一节 管网工作压力选择	(22)
第二节 管网系统设计	(26)
第三节 喷灌系统工况与喷灌质量	(39)
第三章 泵站与灌溉管网特征	(54)
第一节 压力和供水量	(54)
第二节 泵站合成特性	(57)
第三节 管网合成特性	(59)
第四节 水泵与管网合成特性	(64)
第四章 水锤分析及防止	(66)
第一节 水锤现象	(66)
第二节 泵站水锤	(70)
第三节 管网水锤	(71)
第四节 水锤防护及消除	(85)
第五章 压力罐调节技术	(89)
第一节 调压罐容积	(89)
第二节 调压系统技术参数	(99)
第三节 调压罐结构设计	(120)
第四节 充气装置选择与设计	(126)
第六章 变频恒压技术	(135)
第一节 水泵变频调节	(135)
第二节 变频控制技术	(144)
第三节 喷灌泵站变频调节	(148)

第四节 恒压喷灌节能分析	(151)
第七章 恒压喷灌工程设计实例	(157)
第一节 基本情况	(157)
第二节 灌区总体规划	(160)
第三节 水力计算	(171)
第四节 调压系统设计	(179)
第五节 泵站及管网水锤分析	(185)
第八章 恒压喷灌试验研究	(189)
第一节 工程概况	(189)
第二节 工程试运行	(192)
第三节 工程改善与观测试验	(193)
第四节 效益分析	(209)
参考文献	(219)

第一章 概 述

第一节 喷灌与恒压喷灌

一、喷灌

(一) 喷灌的概念

喷灌是把由水泵加压或自然落差形成的有压水,通过压力管道送到田间,再经喷头喷射到空中形成细小水滴,模拟天然降雨,把灌溉水均匀地洒落到农田,满足作物生长需水的一种灌水技术。

喷灌是一种先进的节水灌溉方式,对地形、土壤等条件适应性强,不要求平整土地,特别适宜地形复杂、土壤透水性强、用常规地面灌溉有困难的山坡地。与传统的地面灌溉相比,喷灌灌水均匀,可节水 20% ~ 30%,增产 10% ~ 20%,具有省工、省地、适应性强等优点。适用于除水稻外的所有大田作物,以及蔬菜、果树等,同时喷灌还能调节田间小气候,防止干热风 and 霜冻对作物的伤害。喷灌的最大优点是使农田灌溉从传统的人工作业变成半机械化、机械化,甚至自动化作业,加快了农业现代化的进程。

喷灌也有局限性。如受风的影响较大,在风大的情况下,会出现喷洒不匀,蒸发损失增大等问题,在炎热多风地区,无法进行有效的喷灌;对渗水率较小的土地,喷灌效果也不够理想。另外,用高矿化度的水进行喷灌时,可能影响果实的品质,同时也易被作物的叶片吸收而引起伤害。

(二) 系统组成

喷灌系统可分为管道式喷灌系统和机组式喷灌系统两种形式。根据喷灌系统的工作要件,喷灌系统的组成可分为水源、机泵、管道系统及田间喷灌设备四大部分。

1. 水源

喷灌对水源没有特殊要求,河流、渠道、库塘及井泉等都可作为喷灌水源。但应注意用含泥沙量大的水源喷灌时,水中的泥沙会附着在作物的叶子或果实上,影响作物的光合作用和果品品质,高含沙水还会对喷灌设备造成磨损,减少其寿命;用溶解盐含量高的水喷灌时,易对盐分敏感作物造成伤害。因此,遇到此类情况,应采取水质处理措施,使水源水质符合喷灌的要求。

2. 机泵

喷灌系统的压力一般是通过水泵加压而产生的。通常采用离心泵、潜水泵、深井泵、自吸泵等作为提水加压工具,其配备的动力可根据水泵配套功率要求,采用电动机、柴油机、汽油机等进行配套。当水源位置比灌溉区域高出足够的高度时,也可以利用地形高差获得水头,进行自压喷灌。

3. 管道系统

喷灌管道一般分为干管、支管两级。干管可采用钢管、塑料管、铸铁管及钢筋混凝土管,

通常埋入地下。支管可埋入地下,也可铺设在地面。地埋支管可选用与干管相同的管材,地面移动支管可选用薄壁铝管、薄壁钢管及涂塑软管等。

4. 田间喷灌设备

田间喷灌设备包括喷头、竖管、支架。喷头是喷灌的主要工作部件,竖管是连接喷头与支管的专用管道,其高度依所喷灌作物的高度而定,支架主要用以支撑竖管和喷头、减少喷灌时竖管及喷头的振动。

目前市场上的喷头种类较多,按工作压力大体上可分为低压喷头、中压喷头、高压喷头(或称近射程喷头、中射程喷头、远射程喷头)三类,其主要性能指标、特点及应用范围见表 1-1。

表 1-1 喷头性能及应用范围表

类型	性能指标	主要特点	应用范围
低压喷头 (近射程喷头)	工作压力:小于 200 kPa 射程:小于 15.5 m 流量:小于 2.5 m ³ /h	射程近,水滴打击强度小	主要用于苗圃、蔬菜、园林或经济作物
中压喷头 (中射程喷头)	工作压力:200 ~ 500 kPa 射程:15.5 ~ 42 m 流量:2.5 ~ 32 m ³ /h	喷洒强度和水滴打击强度适中	适用范围广,大部分作物可以使用
高压喷头 (远射程喷头)	工作压力:大于 500 kPa 射程:大于 42 m 流量:大于 32 m ³ /h	喷洒范围大,水滴打击强度大	用于对喷洒质量要求不高的大田作物及牧草等

按喷头结构形式和喷洒特征分类,又可分为旋转式喷头、固定式喷头和喷洒孔管 3 类。

1) 旋转式喷头

利用摇臂或射流元件,在水流和弹簧的作用下,使喷头转动。配有换向机构的喷头可作扇形喷洒。市场上的旋转式喷头有水平摇臂式、垂直摇臂式、叶轮式和反作用式喷头等类型。管道式喷灌系统使用较多的 ZY 型喷头、“彩虹”喷头均属水平摇臂式喷头,流量、射程分别在 0.85 ~ 9.76 m³/h、13.4 ~ 26.5 m 之间;机组式喷灌系统多选用垂直摇臂式喷头、叶轮式喷头,流量 8 ~ 50 m³/h,射程 29 ~ 50 m,其特点是喷头工作时无撞击、振动较小、工作稳定可靠。

2) 固定式喷头

喷洒时,其零部件无相对运动的喷头称为固定式喷头。这类喷头结构简单、工作压力低、雾化程度较高,但射程近,属低压喷头。喷头工作时,水流沿切线或螺旋孔道进入喷体,沿锥形轴或壁面旋转,经喷嘴喷出的薄水层同时具有径向和切向旋转速度,在空气阻力下,裂散成小水滴洒落田间。按结构形式及其喷洒特点,可分为折射式、缝隙式、漫射式 3 种。目前国产固定式喷头单喷头流量范围为 0.048 ~ 3.66 m³/h,射程 1.70 ~ 7.66 m,工作压力 100 ~ 400 kPa。多用于花卉、苗圃、温室以及草坪喷灌。

3) 喷洒孔管

喷洒孔管由一根或几根直径较小的管子组成,在管道上半部分布一系列或多列方向不同的喷水孔,孔径 1 ~ 2 mm。根据喷水孔的分布形式,可分为单列式和多列式两种。喷洒孔管结构简单,工作压力低,喷灌强度高,由于喷射水流细小,受风影响较大,一般只用于温室、大棚内喷灌。喷洒孔管的出水孔易于堵塞,对水质要求较高。

(三) 喷灌技术三要素

喷灌的技术要求包括喷灌设计保证率、设计灌水周期和灌水定额、喷洒水利用系数、喷灌均匀系数、喷头组合间距、设计喷灌强度、雾化指标、设计日工作时数、喷头的工作压力、喷灌压力分区等 10 余项技术指标。其中,喷灌强度、雾化指标、喷灌均匀系数是最主要的 3 个指标,通称为喷灌技术三要素。

1. 喷灌强度

单位时间内喷洒在田间的水量称为喷灌强度,单位为 mm/h。影响喷灌强度的主要因素有单喷头的喷灌强度、喷头的组合间距等。

喷灌强度必须与土壤的入渗速度相适应,不高于允许喷灌强度,以保证喷洒水及时渗入土壤中。喷灌强度过大,将会在田间产生积水或径流;喷灌强度过小,不但会延长达到设计灌水定额所需的时间,而且会增大灌溉水的漂移损失,降低灌溉水的利用率。

一般情况下,设计喷灌强度不能大于土壤的稳定入渗速度。但对于行走式喷灌系统,其喷灌强度可略大于土壤的入渗速度,即在喷洒过程中,可以在田间出现短时间内来不及入渗的小水洼,但不允许产生地面径流。

喷灌系统设计时,用允许喷灌强度加以控制。允许喷灌强度的确定主要取决于喷灌的土壤类型、地形坡度、植被等,不同土壤的允许喷灌强度及不同坡度的允许喷灌强度的降低率如表 1-2、表 1-3 所示。在作物覆盖良好时,喷灌强度可在上述数值的基础上提高 20%。

表 1-2 不同土壤的允许喷灌强度

土壤类型	允许喷灌强度(mm/h)
砂土	20
砂壤土	15
壤土	12
壤黏土	10
黏土	8

表 1-3 不同坡度的允许喷灌强度的降低率

地面坡度(%)	允许喷灌强度降低率(%)
<5	0
5~8	20
9~12	40
13~20	60
>20	75

2. 雾化指标

雾化指标又称水滴打击强度,用以确定单位受水面积内水滴对作物或土壤的打击动能,主要与喷洒水滴大小、降落速度和密度相关。对同一喷嘴而言,打击强度越小,说明喷头的雾化指标越高。由于打击强度难以量测,多用喷头工作压力与主喷嘴直径之比(即雾化指标)来表示。

雾化指标必须满足作物或土壤的要求,雾化指标太低,意味着水滴打击强度过大,会损伤作物或破坏土壤团粒结构,造成作物减产。不同作物适宜的雾化指标不同:蔬菜及花卉大于 4 000,大田作物或果树为 3 000~4 000,草地及园林绿化为 2 000~3 000。

3. 喷灌均匀系数

喷灌均匀系数是指喷洒水在田间分布的均匀程度,是衡量喷灌质量好坏的一项主要指标,通常用下式计算:

$$C_u = (1 - \frac{\Delta h}{\bar{h}}) \quad (1-1)$$

式中: C_u 为喷灌均匀系数; $\bar{h}$ 为各测点喷洒水深的平均值,mm; Δh 为各测点喷洒水深的平均差,mm。

喷灌均匀系数与喷头结构、工作压力、喷头的布置形式、喷头的组合间距、喷头的转动均匀性、竖管的倾斜度、地面坡度及风速风向等因素有关。《喷灌工程技术规范》(GB/T 50085—2007)规定,定喷式喷灌系统喷灌均匀系数不应低于0.75,行喷式喷灌系统不应低于0.85。

(四)喷灌标准支管

喷灌支管,是指一个喷灌工程的管网系统中,安装有多个喷头同时进行喷灌的最末一级固定或移动管道,如图1-1所示。因喷灌地块的大小、长短不完全相同,喷灌支管的长度、管径和在喷灌支管上所带的喷头数量也不完全相同,甚至可能出现较大的差异。

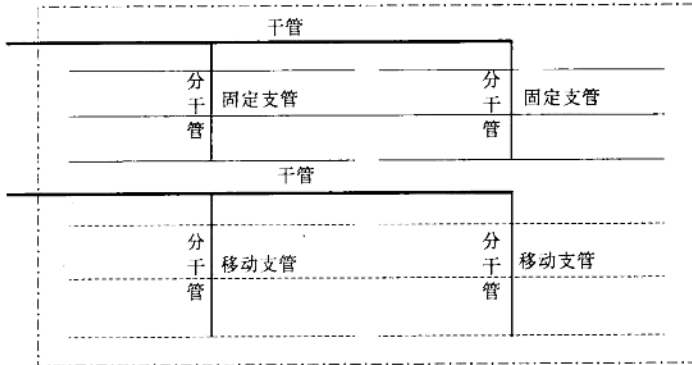


图1-1 喷灌田间管网布置示意图

喷灌标准支管是指长度、管径、所带喷头的数量和流量基本相同,适宜于全灌区多数地块采用的支管,可作为一种设计规格标准,以指导灌区工程设计时对末级喷灌管道流量参数的确定。

1. 标准支管的长度

喷灌标准支管的长度与喷灌均匀系数,喷灌类型区地块的大小、宽度、地形坡度,操作运行和投资等因素有关,需通过技术经济比较后来确定。

1) 喷灌均匀系数因素

喷灌均匀系数是衡量喷灌质量好坏的三大技术指标之一。如果喷灌均匀系数差,就难以达到省水、增产的目的。为了保证较好的喷洒质量和较高的喷灌均匀系数,《喷灌工程技术规范》(GB/T 50085—2007)规定,在同一条支管上,任意两个同时工作喷头的工作压力差,应在设计喷头工作压力的20%以内。如果喷灌支管过长,就有可能出现不满足这一规定的情况,这时需要加大支管管径,减少其水头损失,满足上述20%压力差的规定。但应注意,随着支管管径的增大,工程的田间投资增大,半固定式喷灌移动管道的难度也加大。

2) 地形因素

在平原地区,地形平坦,坡度小,一般为1/500~1/2 000。地块通常为矩形条田,长400~600 m,宽为150~250 m,地块面积一般为6~15 hm²。

当地块宽度 B 大于150 m,且具有这种宽度地块的面积为喷灌区总面积的80%以上时,考虑到操作管理的方便,喷灌标准支管长度 L 可由下式确定:

$$L = \frac{1}{2}(B - A) \quad (1-2)$$

式中: L 为喷灌标准支管的长度,m; B 为喷灌区绝大多数地块的宽度,m; A 为喷头间距,m。

如图 1-2 所示。

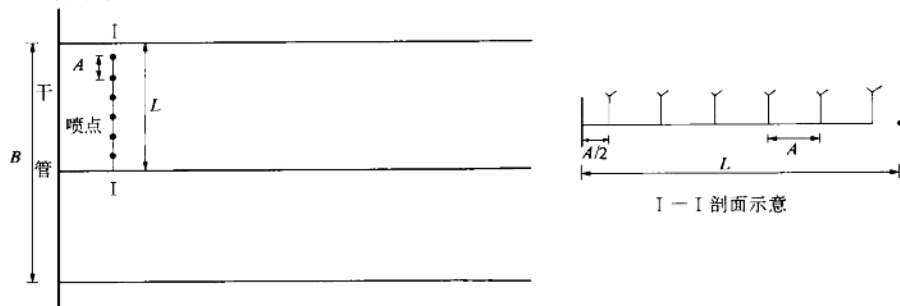


图 1-2 平原区标准支管($B > 150 \text{ m}$)

当地块宽度 B 小于 150 m 时,喷灌标准支管长度 L 由下式确定:

$$L = B - \frac{1}{2}A \quad (1-3)$$

式中符号的意义与式(1-2)相同,并见图 1-3。

在丘陵地区,地形地貌比较复杂,起伏大,坡度陡,沟壑纵横。地块多为梯田,大小、长短、宽窄差异较大。因此,在丘陵地区,喷灌标准支管的长度一般比平原地区要短些,但其最小长度应不少于匹配 4 个喷头所需要的长度。计算方法可参考式(1-2)和式(1-3)。

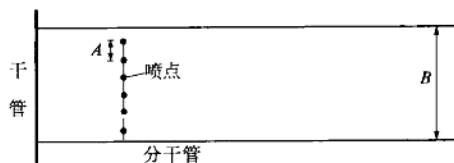


图 1-3 平原区标准支管($B \leq 150 \text{ m}$)

3) 操作运行因素

方便操作运行管理是确定喷灌标准支管长度的重要原则之一。支管长度应控制在一个地块之内,以不跨越田间主干道和宽度超过 2 m 的沟渠为限,否则将会给操作运行和管理带来许多不便。对于半固定式喷灌而言,喷灌支管是移动工作的,如果移动喷灌支管跨越道路,就会妨碍交通,或者损坏移动管道;移动喷灌支管跨越沟渠,将给管道的连接和移动造成困难。当然,支管过长,也会增加移动支管的难度,特别是在地形复杂的丘陵区。

2. 标准支管的流量

标准支管的流量主要与支管长度、喷头型号和喷头数量有关。

1) 喷头选配

对于固定式喷灌,安装在喷灌支管上的喷头型号(或喷头的大小)不受限制。但考虑到能耗和技术、经济及投资等因素的合理性,应选配 PY-30 型或相当于 PY-30 型以下各种型号喷头,最大不得超过 PY-40 型喷头或相当于 PY-40 型喷头主要性能的喷头;否则,能耗将过高,而使运行费大幅度上升,系统也将偏离其经济范围。

在半固定式喷灌系统中,由于喷灌支管是移动的,喷灌移动支管上所配置喷头的大小除受能耗、技术经济因素的制约外,最重要的是稳定性。当喷头过大时,在运行过程中摆动幅度大,支撑困难,稳定性差。根据试验和工程实践,喷灌移动支管上所配置的喷头,以采用 ZY-2 型或 PY-20 型最为适宜。

当采用 ZY-2 型喷头时,单喷头流量为 $3 \sim 4.5 \text{ m}^3/\text{h}$,射程为 $19 \sim 22 \text{ m}$,喷头组合间距为 $18 \sim 24 \text{ m}$ 。当喷灌支管长度确定后,即可确定喷头数量。

例如,喷灌区地块宽度为 240 m ,则喷灌标准支管长度 L 按式(1-2)确定,设喷头间距

$A = 18 \text{ m}$, 则

$$L = (B - A) / 2 = (240 - 18) \div 2 = 111 (\text{m})$$

由图 1-2 和图 1-3 知, 喷灌支管上的第一个喷头距支管首端的距离为喷头间距 A 的一半, 喷灌支管上所配置的喷头数为:

$$n = (L - A/2) / A + 1 \quad (1-4)$$

式中: n 为喷灌支管上安装的喷头数量; 其余符号的意义同前。

则

$$n = (111 - 18/2) \div 18 + 1 = 6.67 (\text{个})$$

因喷头数量只能为自然数, 故取 $n = 7$ 个。

又如地块宽度为 140 m 时, 则喷灌标准支管长度 L 由式(1-3)确定, 设喷头间距为 20 m , 则

$$L = B - A/2 = 140 - 20 \div 2 = 130 (\text{m})$$

喷头数量仍按式(1-4)计算

$$n = (L - A/2) / A + 1 = (130 - 20 \div 2) \div 20 + 1 = 7 (\text{个})$$

2) 喷灌标准支管流量

当喷头型号、支管长度和喷头数量确定后, 即可按下式求得标准支管的流量 q

$$q = n \times q_0 \quad (1-5)$$

式中: q 为喷灌标准支管的流量, m^3/h ; q_0 为单喷头流量, m^3/h ; 其余符号的意义同前。

例如, 某半固定式喷灌工程中, 喷灌移动标准管长度为 99 m , 喷头型号为 ZY-2 型, 喷嘴直径采用 7 mm , 工作压力为 300 kPa , 单喷头流量 q_0 为 $3.2 \text{ m}^3/\text{h}$, 射程为 19.1 m , 支管上的喷头数量为 5 个, 则喷灌移动标准支管的流量为

$$q = n \times q_0 = 5 \times 3.2 = 16 (\text{m}^3/\text{h})$$

综合上述分析后认为: 喷灌标准支管长度一般为 $80 \sim 120 \text{ m}$, 最长不超过 140 m , 最短不宜小于 60 m ; 而支管上的喷头数以 $5 \sim 7$ 个为宜, 以 8 个为上限, 4 个为下限。其他有关参数可见表 1-4。

表 1-4 喷灌标准支管主要参数

喷灌方式	喷头型号	喷头工作压力 (kPa)	单喷头流量 (m^3/h)	喷头间距 (m)	喷头个数 (个)	标准支管流量 (m^3/h)	标准支管长度 (m)
半固定式	ZY-2	300	3.20	18	6	19.20	99
		400	3.69	24	6	22.14	132
	PY-20	300	2.96	18	6	17.76	99
		350	3.18	20	6	19.08	110
固定式	ZY-2	300	5.29	22	6	31.74	121
		400	6.09	25	6	36.54	137.5
	PY-20	300	2.96	18	6	17.76	99
		350	3.18	20	6	19.08	110
	PY-30	300	5.02	24	6	30.10	132
		400	6.96	28	5	34.80	126

二、恒压喷灌

(一) 恒压喷灌的概念

恒压喷灌是指在喷灌系统中采用专门的设备和运行技术, 使系统工作压力保持在相对

恒定范围的一种喷灌技术。恒压喷灌具有喷洒质量好、耗能低,能消除水锤,保障管网安全等优点。

喷灌的大规模发展是从第二次世界大战以后开始的,在系统形式上,当时欧美等许多发达国家大都采用集中取水的管网供水系统,配以人工移动的田间喷灌装置。由于喷灌管网用水由农户自己掌握,移动喷灌装置投入数量和用水流量的大小具有随机性,水泵提供的水压力会不断发生波动,难以保证水泵在最佳工况区稳定运行,不仅造成能源浪费,而且影响喷洒质量,尤其在管网控制面积比较大的情况下,矛盾更为突出。大约在 20 世纪 60 年代初期,开始出现了恒压喷灌系统,恒压设备也随着技术的进步,日趋现代化。在美国和俄罗斯已经大规模采用自动化程度很高的自走式喷灌装置的今天,在采用管网供水的条件下,由于系统内用水的随机性依然存在,为了保证良好的喷洒质量和节约能耗,在喷灌供水系统上采用恒压装置依然有着广阔的应用前景。应当指出的是,恒压喷灌系统这一名词,只是在我国目前的条件下,为了区别于大多数没有采用恒压装置的喷灌管网,而提出来的一个特定概念。在国外由于喷灌管网已经普遍采用了恒压装置,因而并不存在恒压喷灌系统这一专用名称。

(二)恒压喷灌系统的组成

按功能划分,恒压喷灌系统由恒压喷灌泵站和管网两大部分组成。两部分功能是互相联系、不可分割的。在水源位置较低,水质无须进行特殊处理,喷灌范围地形基本平坦的条件下,恒压喷灌系统也可以由水源泵站、调蓄水池、恒压喷灌泵站和管网等 4 部分组成。为了表述方便,以压力罐调节技术为例,给恒压喷灌系统从组成上勾画出一个典型轮廓,分述如下。

1. 水源泵站

恒压喷灌水源泵站包括 4 个部分:

- (1)能满足从水源最高和最低水位取水要求的移动式或固定式泵站;
- (2)满足喷灌系统最大日运行时数内的用水量要求,与喷灌用水和调蓄水池相匹配的水泵及真空泵等附属设备;
- (3)从水源泵站向调蓄水池送水的输水管道及进气阀、排气阀、排污阀等附属设备;
- (4)受调蓄水池水位控制的水泵自动启闭装置。

2. 调蓄水池

- (1)具有 1~3 d 调节功能的蓄水池;
- (2)与蓄水池连接的恒压喷灌泵站前池及拦污栅、闸门等附属设施;
- (3)控制水源泵站自动启闭的水位计。

3. 恒压喷灌泵站

- (1)水泵宜装设于前池(或调蓄池)最低水位以下;
- (2)多台扬程及最佳工况范围基本相同的离心泵或潜水泵;
- (3)具备自流向管网充水条件时,可利用水泵进出水管作为充水管路;
- (4)不能自流充水时,可设置一台充水用小流量水泵;
- (5)多台泵并联通过集水管向管网送水的管路上装设必要的闸阀、排气阀等附属设备;
- (6)与集水管相连的以水位或水、气压形式发出设计最高、最低供水压力信号,并能在水泵组合切换前一定时间内,保持管网设计工作压力与泵站出水管连接的调压罐;
- (7)在调压罐气体空间非封闭条件下,有自动调整、保持调压罐信号准确所必须的限位仪表、充气泵和进排气阀等附属设备;

(8)根据压力信号,按设计程序启动或关闭水泵组合,并能判别压力升高的原因,避免因水锤压力引起水泵和空压机误动作的电气装置;

(9)能显示输出压力、流量、水泵运行状况、蓄水池水位和调压罐液位等重要参数的仪表;

(10)出现故障时由自动运行转入手动运行的水泵组合切换装置。

4. 喷灌管网

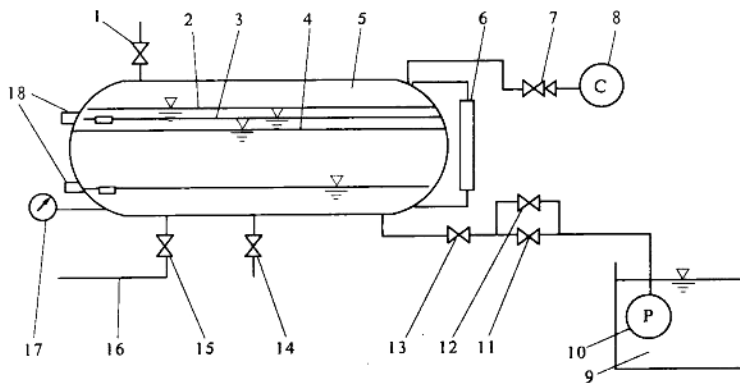
恒压喷灌系统的管网部分因田间喷灌装置的不同而异。20 世纪 70 ~ 80 年代以来,世界各国较多采用的田间喷灌装置可分为三大类:自走式喷灌装置。包括时针式喷灌机、直线移动式喷灌机、绞盘式喷灌机等;移动式喷灌装置。包括二级管道移动、一级管道移动、季节移动或灌溉时轮流移动,以及滚轮移动等;固定式喷灌装置。

所有的喷灌管网都必须具备以下条件:

- (1) 给水栓或竖管出口水压力必须符合设计要求;
- (2) 能承受泵站运行时的无流量静水压力;
- (3) 各级管线的凸起处应设置排气阀;
- (4) 管网中应设有水锤消除装置;
- (5) 冻土层内管线低处应设有排水阀;
- (6) 各级管道首、末端设置闸阀;
- (7) 管线个别部分如因地形原因压力过高,应设置限压装置;
- (8) 给水栓布置应符合田间喷灌装置的运行要求;
- (9) 根据用户的分布情况设置量水表;
- (10) 给水栓或竖管应有机械耕作时的保护装置。

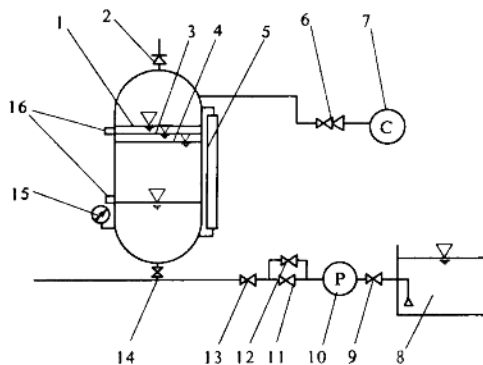
三、恒压喷灌的工作原理

恒压喷灌系统之所以能将系统工作压力稳定在一定范围内,是因为系统内装设有调压罐及自控设备。调压罐按安装形式分为立式和卧式;按内部构造分为水气自然分隔型和隔膜分隔型;按水流通过形式又可分为全通型和旁通型。如图 1-4、图 1-5、图 1-6 所示。



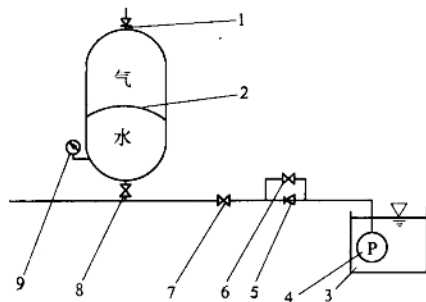
1—安全阀;2—空压机启动水位;3—水泵停止水位;4—空压机停止水位;5—调压罐;6—水位计;
7—空压机进气阀;8—空压机;9—前池;10—潜水电泵;11—逆止阀;12—闸阀;13—闸阀;
14—排泥阀;15—电磁阀;16—出水管;17—电接点压力表;18—液位继电器

图 1-4 卧式全通水气自然分隔调压罐



1—空压机启动水位；2—安全阀；3—水泵停止水位；
4—空压机停止水位；5—水位计；6—空压机进气阀；
7—空压机；8—前池；9—闸阀；10—离心泵；
11—逆止阀；12—闸阀；13—闸阀；14—电磁阀；
15—电接点压力表；16—液位继电器

图 1-5 立式旁通水气自然分隔调压罐



1—充气阀；2—隔膜；3—前池；4—潜水电泵；
5—逆止阀；6—闸阀；7—闸阀；
8—电磁阀；9—电接点压力表

图 1-6 立式旁通水气隔膜分隔调压罐

现以水气自然分隔型调压罐运行过程为例,来说明恒压喷灌的工作原理。

水气自然分隔型调压罐运行过程:

(1) 关闭调压罐下的闸阀。开动空气压缩机,往罐内充气,使罐内气体到达设计起始压力。

(2) 接通管网,启动水泵到水压力大于罐内起始压力时,调压罐进水电磁阀开启,随着水压力增大,罐内水位逐渐上升,至罐内压力到达调压上限时,关闭水泵,喷灌系统即可以投入运行。

(3) 随着灌区喷头的开启,罐内水位压力下降到泵启动水位,此时罐内压力下降到调压下限,压力开关动作,各泵按规定的程序开启,投入自动运行。当供水大于用水时,罐内水位上升至泵停止水位,罐内压力又达到调压的上限,各泵自动关闭,如此反复进行。

(4) 罐内的空气由于被水流带走,而使气压降低,罐内的水位将会上升到泵停止水位以上,液位控制继电器动作,启动空压机,压缩罐中的水,使水位下降至空压机停止水位,液位控制继电器动作,关闭空压机,如此反复,使罐中水位保持在设计最高和最低水位范围之内。

(5) 当系统产生水锤时,如果压力不高,则罐内上部空气受到压缩,吸收水锤的能量。由于水锤发生时罐内水位波动的速度很快,而泵和空压机的启闭又有延时继电器控制,不会马上动作,因此不影响泵的运转。如果水锤压力很大,超出调压罐的许可压力,则罐顶的安全排气阀被冲开,空气与部分水被排出罐外,保护调压罐的安全。水锤过后又按以上的过程投入运行。

(6) 如果所有的泵都已开启,罐内的水位仍然从最低水位下降(在灌区用水超过设计最大流量或管道破裂时发生),则泵站自动停机,调压罐下的电磁阀随即关闭,防止泄空调压罐。

四、恒压喷灌系统的基本特征

喷灌向恒压方向发展,是喷灌系统的随机用水特点决定的,也是喷灌发展到一定阶段的必然产物。在采用水泵直接加压的条件下,喷灌系统供水流量 Q 与供水压力水头 H 之间的