内 容 提 要

为适应我国节水农业建设快速发展的需要，根据SL103—95《微灌工程技术规范》和其他有关设计规程、规范的要求，结合新疆生产建设兵团近几年来大力发展滴灌工程建设所取得的显著成就和成功经验，编制了本设计图集。

本设计图集图文并重，系统介绍了滴灌工程建设中，从水源开始，直到水流注入作物根层土壤的整个工程的主要设计步骤、设计原则、方案优选、参数计算等内容；图纸部分重点是管网系统的设计，主要包括工程平面布置图、系统运行图、节点压力图、节点连接和大样图；对农田水利规划、土建工程、水泵及农机、技术经济分析仅作了一般介绍；在工程实例及一些章节之前，配有必要的文字说明和相应参数计算的介绍，文图对应，以达到易读实用之目的。在附录中，还收录了与滴灌工程设计、建设有关的资料，力图使读者在使用时感到更加方便顺手。

为节省篇幅，本设计图集工程实例部分，重点在几个有代表性的实例中列入了详细的计算内容和文字论述，其余实例则从简介绍。图纸按技术设计阶段要求绘制，设计符合现行国家及行业有关滴灌工程的设计要求。

本设计图集主要供从事滴灌设计的工程技术人员使用，并可作为滴灌工程技术人员的培训教材，同时可供大中专学校农田水利专业师生使用参考。

图书在版编目（CIP）数据

滴灌工程设计图集/ 顾烈烽主编．—北京：中国水利水电出版社，2005

ISBN 7-5084-2850-1

Ⅰ．滴… Ⅱ．顾… Ⅲ．滴灌—设计—图集

Ⅳ．S275.6-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2005）第036448号

书　　名	**滴灌工程设计图集**
作　　者	国家节水灌溉工程技术研究中心（新疆）顾烈烽　主编
出版　发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路6号　100044）
	网址：www.waterpub.com.cn
	E-mail：sales@waterpub.com.cn
	电话：（010）63202266（总机）、68331835（营销中心）
经　　售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　　版	中国水利水电出版社微机排版中心
印　　刷	北京市兴怀印刷厂
规　　格	880mm×1230mm　横16开本　17.75印张　618千字　3彩插页
版　　次	2005年6月第1版　2005年6月第1次印刷
印　　数	0001—6000册
定　　价	**98.00**元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《滴灌工程设计图集》
编 撰 委 员 会

主　任　胡兆璋

副主任　郭庆人　杨金麒　黄耀新　张幸福

编　委　何林望　吴　磊　王从新　吴恩忍　李双全　程　兰　王新坤　胡卫东

主　编　顾烈烽

参　编　李宝珠　岳绚丽　屈　英　胡卫东　祁淑华　王春霞　王　成　胡　浩
付振师　和　瑞　苏　晨　陈明珠　纪录成　杨开文　李　文　魏辅婷
任卫新　曹　兵　陈　林　林　萍　杨树新　谭　明　梁晓峰　于　梅
雷瑞朝　阚新华

序　一

新疆生产建设兵团地处祖国西北边陲的干旱半干旱地区，水资源十分紧缺。农业是兵团的支柱产业，水成了制约兵团农业经济发展的关键因素。发展节水高效农业，实现农业可持续发展，始终是兵团经济工作的重要任务。20世纪末，在广泛引进国内外各种节水技术进行试验、示范的基础上，新疆兵团农八师大胆实践，勇于探索，率先在大田棉花生产中应用膜下滴灌技术，随后得到迅速推广，成为兵团现代精准农业体系中的重要一部分，并在短时间内辐射到全疆及周边地区，给农业现代化的建设增添了新的活力，成为实现节水型农业的主要措施。

《滴灌工程设计图集》系统地汇集了兵团滴灌技术的应用成果，总结了滴灌技术在兵团400万亩大田作物及周边地区推广中所积累的经验，是兵团大田滴灌技术模式的缩影，是滴灌技术设计的集成，是一部贴近生产、结合实际、实用性强的科技专著，非常宝贵。担任主编的顾烈烽同志，40多年来一直从事水利建设的勘测、设计和管理工作，近10多年来，更热心节水技术的推广和应用。为编撰本图集，他走遍了天山南北，考察调查了上千个滴灌项目，掌握了丰富的生产实践资料，又不断在这项技术的内涵上进行探索，使这本图集源于实践，高于实践。

希望《滴灌工程设计图集》的出版，会给滴灌建设事业的发展增加新的动力，为现代精准农业体系的建立，为实现节水型农业目标助一臂之力。

胡彩璋

2005年3月于新疆

本序作者，系新疆生产建设兵团副司令员。

序　二

我国是一个农业大国，农业是用水大户。农业生产一方面面临着干旱缺水的问题，另一方面在用水过程中水的无效流失现象又十分严重，灌溉水的利用率仅为45%左右，农田水分利用率只有1kg/m³，与国际先进水平差距很大，因而，农业节水的任务十分艰巨。尤其是西北、华北、东北地区，大部分为干旱半干旱或半湿润气候，水资源不足，远远满足不了水土开发及其他各业的发展和生态对于水资源的需求。因此，农业节水显得格外重要和紧迫。

20世纪末，地处西北的新疆生产建设兵团（以下简称兵团）在大田作物灌溉上，成功地应用推广了大田膜下滴灌技术，取得了显著的节水效益，并推动了滴灌技术向周边、西北地区，乃至全国迅速发展。与此同时，也十分需要反映这一技术应用的文字资料，《滴灌工程设计图集》便应运而生了。

由国家节水灌溉工程技术研究中心（新疆）和新疆生产建设兵团节水灌溉建设办公室组织编撰的《滴灌工程设计图集》，系统地汇集了兵团大田滴灌技术的应用成果，总结了滴灌技术在兵团400万亩大田作物及周边地区推广中所积累的经验，是兵团大田滴灌技术模式的缩影，是滴灌技术设计的集成，是一部结合生产、结合实际、实用性强的工具书，反映了膜下滴灌技术真实节水的特点——最大限度地减少田间水分蒸发量和水资源的无效流失，提高了农田水分生产效率，适应了我国大力发展节水农业的形势要求。

中国水利学会农田水利专业委员会微灌工作组组织对《滴灌工程设计图集》进行评审时，专家们一致认为，《滴灌工程设计图集》针对我国滴灌快速发展的现状，总结了兵团发展滴灌工程取得的显著成就及成功经验，系统介绍了大田滴灌系统各组成部分的设计方法，全书结合生产实践，图文并茂，这在我国尚属首次；设计图集对千亩以上大面积滴灌系统灌水小区的理解有独到创见，有

助于提高滴灌工程的设计水平。本书可供广大农业水利工作者借鉴和参考，对大田滴灌工程设计，特别对干旱、半干旱地区滴灌系统设计及应用具有重要的指导意义。

《滴灌工程设计图集》列出的14个内容丰富的实例，是从兵团千百个成功应用的生产项目中精选出来的。这些实例来自生产实践，又在理论上进行了提升，实用性很强。

相信《滴灌工程设计图集》的出版，对滴灌技术的应用和提高，使滴灌工程建设向着标准化和规范化方向迈进将起到积极作用，对我国农业高效用水的深入发展是一个有力促进。

李代鑫

2005年3月

本序作者，系水利部农田水利司司长。

前　言

水乃生命之源，水的重要价值已为世人所公认，节水已是文明先进的体现。20世纪末，新疆生产建设兵团（以下简称兵团）在滴灌建设中取得了突破性的进展。进入21世纪的几年中，滴灌更是以年平均新增85万亩的惊人速度快速发展。2004年，总面积达到400万亩，超过全国滴灌总面积的一半，成为西部大开发中一颗璀璨的明珠。而且，正在推动滴灌技术向其周边、西北地区乃至全国迅速发展，为我国节水型农业的建设谱写着辉煌的篇章。

为了总结经验、提升技术、推广先进，使滴灌建设向着规范化、模式化的方向迈进，几年来，我们考察、归纳分析了兵团已建并投产的几千个单项滴灌工程，调查总结了由国家节水灌溉工程技术研究中心（新疆）及兵团设计、施工的区内外几百个滴灌工程项目，在此基础上筛选出14个设计较优、效果显著、能代表滴灌工程技术前沿的实例，编撰成本设计图集，以适应当前滴灌建设迅猛发展的形势要求。

本设计图集图文并重，系统地汇集了在不同的地理、气候、土质、作物条件下滴灌工程技术的设计资料，重点介绍了兵团大田棉花膜下滴灌技术的设计成果，同时，对滴灌技术在玉米、加工番茄、瓜果、经济林中的成功应用也作了介绍，对已经在我国黑龙江、甘肃、内蒙古、陕西、宁夏、河北、广西以及塔吉克斯坦共和国等地的推广应用，图集也举出了部分设计实例，以让读者了解其在地域上推广应用的普遍性和适用性。

本设计图集在编撰过程中，得到了水利部农田水利司姜开鹏副司长和中国水利学会农田水利专业委员会微灌工作组的关心与指导，并在2005年1月22日邀请了张国祥、王文元、王晓玲、龚时宏、康跃虎、李光永等专家对设计图集进行了审查，提出了宝贵的意见；新疆天业集团有限公司在人力、财力等方面给予了大力支持；兵团有关师设计院提供了宝贵的滴灌资料。在此，谨向他们一

并表示衷心的感谢。

由于水平有限，经验不足，编撰时间仓促，设计图集中的缺点和疏漏在所难免，欢迎读者批评指正。

国家节水灌溉工程技术研究中心（新疆）

新疆生产建设兵团节水灌溉建设办公室

2005 年 3 月

《滴灌工程设计图集》使用说明

《滴灌工程设计图集》（以下简称《设计图集》）以文字和图纸两种形式表达的滴灌工程范围及水流途径是：灌溉水从水源进入滴灌首部枢纽，经过滤处理，由输配水管网送入田间，最后由灌水器（滴孔、滴头等）滴入作物根层土壤中。

《设计图集》共设七章和附录。其中，对反映滴灌工程技术本身内涵的第一、三、四章作了重点介绍；对水源工程、沉沙池、泵房等土建部分及技术经济分析，作了一般介绍；对农田水利规划、农田灌溉设计、农作物栽培及农业技术措施等，仅直接引用公式或参数，未作细述。读者需更深入了解时，可参阅农田水利、农业生产技术等有关规范及参考资料。

第七章滴灌工程设计实例，是本图集的核心内容。它主要按三大类作物——粮食、经济作物类，瓜果、蔬菜类和经济林、生态林类，共选取14个实例，用文字、计算和图纸进行表达。每类作物选择一个实例进行全面、详细的介绍。在第一个实例中，还介绍了项目的投资预算与经济评价，可供读者了解滴灌与地面灌效益对比的情况，其余则从简。实例中的彩色插图部分采用统一编号，以利查阅，如图13-Ⅲ-2-2，即为第13个实例，第Ⅲ类作物中第2个项目的第2张图（详见第七章中的说明）。各章文字叙述中出现的插图，其图号在章内自然排序，例如图1-3，即为第一章中第3个插图，使用时请注意区别。

本图集依据的规范为SL103—95《微灌工程技术规范》，书中简称《规范》。

目　　录

序一

序二

前言

《滴灌工程设计图集》使用说明

第一章　滴灌工程规划布置 …… 1

第一节　滴灌概述 …… 1

一、滴灌 …… 1

二、棉花膜下滴灌 …… 1

三、棉花膜下滴灌技术大面积成功应用后的作用 …… 1

第二节　滴灌工程的组成与分类 …… 1

一、滴灌系统的组成 …… 1

二、滴灌工程的分类 …… 3

第三节　滴灌工程的规划布置 …… 3

一、滴灌系统规划原则与内容 …… 3

二、规划设计所需基本资料 …… 3

三、工程规模的确定 …… 4

四、规划设计参数的确定和计算 …… 5

五、系统设计工作制度 …… 7

六、滴灌工程总体布置 …… 7

第二章　水源工程 …… 8

第一节　滴灌用水的水源分类与水质要求 …… 8

一、滴灌用水的水源分类 …… 8

二、滴灌用水的水质要求 …… 8

第二节　水源工程的分类 …… 8

第三节　水源工程的布置 …… 9

一、以地下水为水源的工程布置 …… 9

二、以地表水为水源的工程布置 …… 9

第三章　首部枢纽 …… 10

第一节　首部枢纽的组成及各部分的功能 …… 10

第二节　滴灌水的净化处理 …… 10

一、滴灌水的净化处理标准 …… 10

二、滴灌水的净化处理方法 …… 11

三、水质净化处理设施的选配 …… 11

第三节　滴灌的施肥设施 …… 14

第四节　量测、控制和保护设施及工作位置 …… 14

第五节　滴灌用水泵及其变频调节 …… 15

一、水泵的工作参数 …… 15

二、水泵工况点的确定与校核 …… 15

三、水泵选型 …… 15

四、水泵安装高程的确定 …… 16

五、水泵的变频调节 …… 16

第四章　田间管网灌水系统设计 …… 17

第一节　田间管网灌水系统的构成与作用 …… 17

一、输配水管道 …… 17

二、灌水器 …… 18

三、管道连接件与调节控制装置 …… 18
第二节 毛管、灌水器的选型与布置 …… 18
一、滴头流量与土质的关系 …… 18
二、灌水器的选型 …… 18
三、毛管的布置 …… 19
第三节 灌水小区的水力设计 …… 21
一、灌水小区的构成 …… 22
二、灌水小区中支（辅）管和毛管的水力特征 …… 23
三、灌水小区的水力设计 …… 24
第四节 管网布设要求 …… 25
一、管网布置的总要求 …… 25
二、各级管道布置的相对关系 …… 25
三、各级管道需达到的要求及对其的制约条件 …… 27
第五节 管网系统布设的方法和步骤 …… 28
一、管网系统布置的方法 …… 29
二、管网系统布置的步骤 …… 31
第六节 管网的水力计算 …… 32
一、各级管道流量推算 …… 32
二、毛管水力计算 …… 32
三、支（辅）管水力计算 …… 32
四、干管水力计算 …… 33
五、节点压力均衡验算 …… 33
六、水击压力验算与防护 …… 33
第五章 滴灌系统的土建工程及大田膜下滴灌毛管铺设与回收 …… 35
第一节 沉淀池 …… 35
一、滴灌工程沉淀池的作用及其组成部分 …… 36
二、沉淀池的设计要求 …… 36
三、沉淀池设计的主要参数 …… 36
四、沉淀池设计 …… 37
五、沉淀池水力条件的复核 …… 37
六、沉淀池的设计实例 …… 38
七、漏斗圆形排沙池 …… 41
第二节 首部枢纽中的土建工程 …… 41
一、土建部分的组成 …… 41
二、土建工程布设的注意事项 …… 41
三、土建工程的平面布置 …… 42
第三节 地埋输水管道的土建工程 …… 42
一、管槽 …… 42
二、阀门井与排水井 …… 43
三、镇墩 …… 43
第四节 大田膜下滴灌的毛管铺设与回收 …… 44
一、覆膜、播种、铺管联合作业机 …… 44
二、毛管回收机械 …… 44
三、仓库与材料设备的放置 …… 45
第六章 滴灌工程的运行与管理 …… 46
第一节 不同运行方式管网水力特性等情况的比较 …… 46
一、本设计图集设计实例1（1-Ⅰ-1）有关内容摘要 …… 46
二、不同轮灌运行方式的选择 …… 46
三、各种运行方式的比较结果 …… 57
第二节 滴灌系统的运行 …… 58
一、滴灌系统的管道冲洗和试运行 …… 58
二、滴灌系统的运行 …… 59
第三节 滴灌系统主要设备的操作与维护 …… 60
一、水泵 …… 60
二、过滤器 …… 60
三、输配水管网及其附属设施 …… 61

四、滴灌带（管） …… 61
五、施肥（药）罐 …… 62

第七章　滴灌工程设计实例 …… 63

第一节　综合说明部分 …… 63
一、设计实例的选取和分类 …… 64
二、滴灌工程规划设计流程 …… 64
三、设计实例中所用公式一览表 …… 64
四、有关本设计图集及实例中所用的专业技术名词注释 …… 64
五、设计实例中的图纸、公式和通用图例 …… 69
第二节　设计实例部分 …… 69
一、实例 1（1-Ⅰ-1）　棉花①膜下滴灌工程 …… 71
二、实例 2（2-Ⅰ-2）　棉花②膜下滴灌工程 …… 109
三、实例 3（3-Ⅰ-3）　棉花③膜下滴灌工程 …… 125
四、实例 4（4-Ⅰ-4）　棉花④膜下滴灌工程 …… 137
五、实例 5（5-Ⅰ-5）　加工番茄膜下滴灌工程 …… 149
六、实例 6（6-Ⅰ-6）　首部全移动式玉米滴灌工程 …… 159
七、实例 7（7-Ⅰ-7）　烤烟膜下滴灌工程 …… 165
八、实例 8（8-Ⅱ-1）　晚熟哈密瓜膜下滴灌工程 …… 173
九、实例 9（9-Ⅱ-2）　葡萄滴灌工程 …… 183
十、实例 10（10-Ⅱ-3）　大棚黄瓜滴灌工程 …… 195
十一、实例 11（11-Ⅱ-4）　洋葱膜下滴灌工程 …… 201
十二、实例 12（12-Ⅲ-1）　香梨滴灌工程 …… 209
十三、实例 13（13-Ⅲ-2）　长红枣滴灌工程 …… 221
十四、实例 14（14-Ⅲ-3）　杏树滴灌工程 …… 227

附录 …… 236

附录一　滴灌带（管）及灌水器规格参数表 …… 236
附录二　滴灌常用 PE 管材规格参数表 …… 238
附录三　滴灌常用 PE 管（配）件规格表 …… 238
附录四　滴灌常用 PVC—U 管材规格参数表 …… 240
附录五　滴灌常用 PVC—U 管（配）件规格表 …… 241
附录六　微灌常用稳流调压装置技术参数表 …… 243
附录七　微灌常用过滤器技术参数 …… 244
附录八　滤网规格及参数 …… 249
附录九　微灌常用施肥设施技术参数表 …… 249
附录十　滴灌常用量测装置规格参数表 …… 251
附录十一　滴灌常用控制保护装置规格参数表 …… 252
附录十二　滴灌常用水泵技术参数 …… 254
附录十三　中国农田灌溉用水水质标准（GB5084—92） …… 263
附录十四　国际农业灌溉用水水质判别表（微灌） …… 263
附录十五　泥沙沉降速度表 …… 264
附录十六　土壤质地分类及土壤干密度和水分常数 …… 265
附录十七　滴灌设计常用单位及单位换算 …… 265

参考文献 …… 267

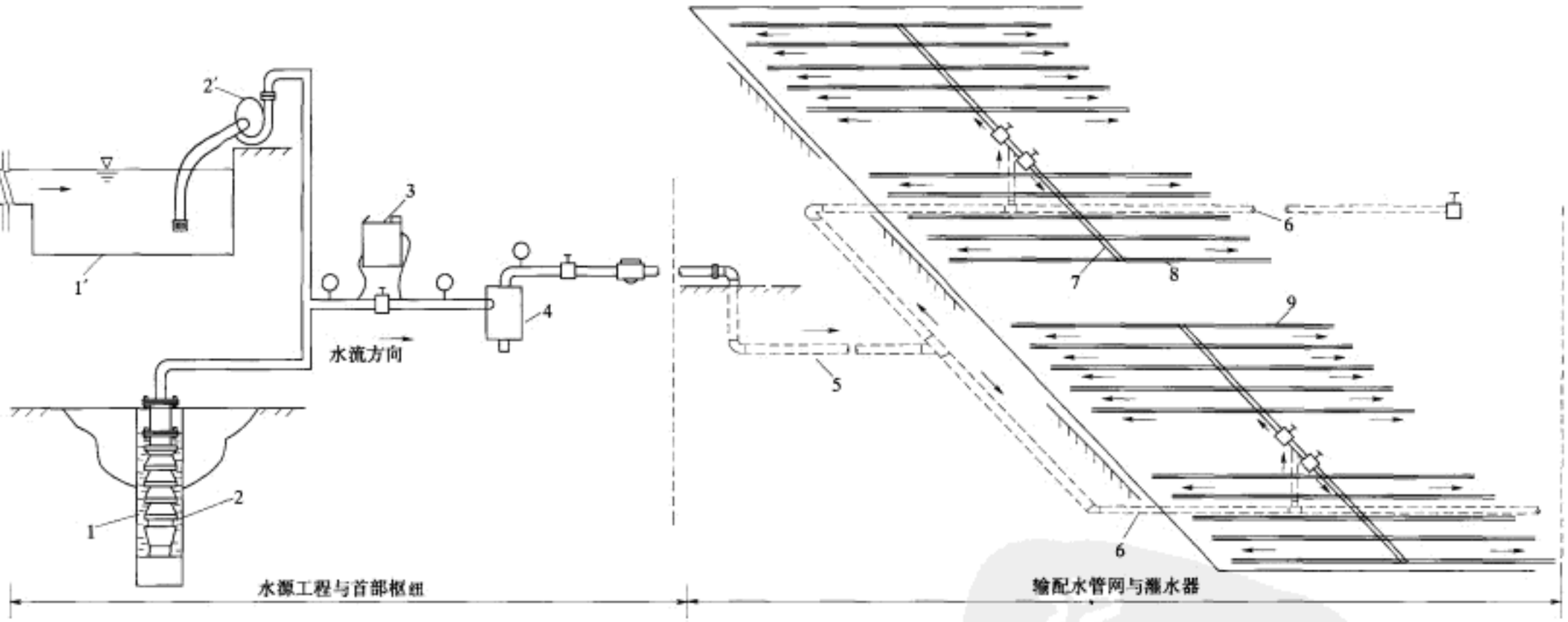


图 1-1　滴灌工程系统组成示意图

1—地下水（1′—地表水）；2—潜水电泵（2′—离心泵）；3—施肥罐；4—过滤器；5—主干管；6—分干管；7—支（辅）管；8—毛管；9—灌水器

（图中量测、控制、保护等设备、仪表未示，可参考相关章节文字和插图）

2. 首部枢纽

包括动力机、水泵、施肥（药）装置、水质净化设施和安全保护及量测控制设备。

3. 输配水管网

输配水管网沿水流方向依次为干管、支管、毛管及所需的连接管件和控制、调节设备。毛管是滴灌系统中最末一级管道，直接为灌水器提供水量。支管是向毛管供水的管道，在这一环节中，有时仅布设支管，有时增设多条与支管平行的辅助支管（简称辅管），每条辅管上布置多条（对）毛管。此时，支管通过辅管向毛管供水，这是近几年兵团在大田作物滴灌系统管网布置中普遍采用的一种形式，对轮灌运行、提高灌水均匀度起到很好的作用，具体介绍见第四章。干管是将首部枢纽与各支管连接起来的管道，起输水作用。由于滴灌系统的大小及管网布置不同，组成管网的级数也有所不同。其作用是将首部枢纽处理过的有压水流，按照要求输送分配到每个灌水单元和灌水器。

4. 灌水器

灌水器是直接向作物施水的设备，是滴灌系统中最关键的部件，其作

用是把末级管道中的压力水流均匀而稳定地分配到田间土壤，满足作物对水分的需要，还可随水施肥施药。

二、滴灌工程的分类

（1）按灌水器在田间的布设形式，分为地下滴灌和地表滴灌。

（2）按照系统首部设施及输配水管道固定形式，分为固定式、半固定式、全移动式。

（3）按系统工作压力来源，分为加压式和自压式。

（4）按种植作物，可分为粮食经济作物滴灌、瓜果蔬菜滴灌和经济林、生态林滴灌，本图集的设计实例按此分类进行介绍。

第三节　滴灌工程的规划布置

滴灌工程规划的任务是，在收集、掌握工程涉及范围内的自然、经济、社会等基本情况及其特点的基础上，因地制宜，通过多种方案的比选，确定工程总体设计方案，使之成为工程建设的依据、技术设计的前提。规划要做到切合实际、技术先进、经济合理、使用安全。因此，一个滴灌工程在实施之前应进行精心的规划。

一、滴灌系统规划原则与内容

（一）规划原则

（1）滴灌工程的规划必须与当地农业区划、农业发展计划、水利规划及农田基本建设规划相协调；应与其他灌溉技术有机地结合起来，发挥各自的优势；综合考虑与规划区域内沟、渠、林、路、输电线路、水源等布置的关系，考虑多目标综合利用，充分发挥已有水利工程的作用。

（2）近期需要与远景发展规划相结合。根据当前经济状况和今后农业发展的需要，把近期安排与长远发展规划结合起来，讲求实效，量力而行。根据人力、物力和财力，作出分期开发计划。

（3）滴灌工程规划应综合考虑工程的经济、社会和生态效益。滴灌工程的最终用户是农民，目前我国农业生产受自然条件等制约，经济发展相对滞后，能否为农民带来实效应是滴灌工程建设的基本出发点。同时，为了水资源的可持续利用和农业的可持续发展，滴灌工程的社会和生态效益也是至关重要的。因此，充分发挥滴灌技术节水、节支、增效，减轻农民的劳动强度，增加农产品产量，改善产品品质等优势，把滴灌的经济效益、社会效益和生态效益很好地结合起来，使滴灌工程的综合效益最佳，是滴灌工程规划的目标。

（二）规划内容

（1）勘测和收集基本资料。包括地形地貌、水文、水文地质、土壤、气象、作物、灌溉制度、动力和设备、乡镇生产情况和发展规划、管理方式，以及经济条件等。

（2）工程论证。根据当地自然条件、社会和经济状况等论证工程的必要性和可行性。

（3）规模确定。根据水资源状况、土地资源、农业生产结构、农场或乡镇其他产业的情况，确定工程的控制范围和规模。

（4）选择适当的取水方式。根据水源条件，选择引水或提水到高位水池、机井直接加压、地面蓄水池配机泵加压，或自压等滴灌取水方式。

（5）滴灌系统选型。要根据当地自然条件和经济条件，因地制宜地从技术可行性和经济合理性方面选择系统形式、灌水器类型。

（6）工程布置。在综合分析水源水压力方式、地块形状、土壤质地、作物种植结构、种植方向、地面坡度等因素的基础上，确定滴灌系统的总体布置方案。

（7）工程估算。选择滴灌典型地段进行计算，用扩大经济技术指标估算出整个工程的投资、设备、用工和用材种类、数量以及工程效益。

二、规划设计所需基本资料

滴灌工程规划设计，需要收集项目区的自然条件、生产条件和社会经济等方面的基本资料。

（一）自然条件

（1）地理位置及地形。包括项目区的经纬度、海拔高程及有关自然地理特征；地形图，其比例尺一般为1/1000～1/5000，图上要标清项目区范围、水源位置、交通道路、输电线路、地面附着物等。

（2）土壤。项目区的土壤特性，包括土壤质地、土层厚度、渗透系数、容重、土壤水分常数、土壤温度及盐碱情况等。

(3) 水文地质、工程地质资料。浅层地下水位及其随季节的变化，滴灌工程中各项建筑设施位置的地质条件等。

(4) 作物。作物种类、品种、种植结构及分布；各生育阶段及其天数、日需水量；当地灌溉试验资料、灌溉制度、灌水经验、主要根系活动层深度等。

(5) 水源。水源水位（机井的静水位、动水位或地表水源在灌溉期低水位、高水位），供水流量、水质分析报告；水中泥沙含量、泥沙粒径级配等。

(6) 气象。气温、湿度、蒸发量、多年平均年降水量、灌溉季节有效降水量、无霜期及最大冻土深度等。

(二) 生产条件

(1) 水利工程现状。包括引水、蓄水、提水、输水和机井等工程的类别、规模、位置、容量、配套完好程度和效益情况。

(2) 生产现状。包括作物历年平均亩产，受旱、盐碱、虫灾、干热风、低温霜冻灾害及减产情况。

(3) 动力和机械设备。包括电力或燃料供应、动力消耗情况、已有动力机械、农用耕种和收割机械情况。

(4) 当地材料和设备生产供应情况。包括滴灌工程建筑材料和各种管材、设备来源、单价、运距及当地生产的产品、设备质量、性能、市场供销情况等。

(5) 农田规划及现状。包括项目区农田规划，路、渠、林、电力线路等布置状况。

(三) 社会经济状况

(1) 项目区的行政区划和管理。包括所在县、市、乡、镇或团场、营连名称，人口、劳力、民族及文化和农业生产承包方式、管理体制、技术管理水平等。

(2) 经济条件。包括工农业生产水平、经营管理水平、劳动力管理方式及农业人口的经济状况等。

(四) 规划设计常用参数表

在进行规划设计时，常将所需的常用参数列入表 1-1 中。

表 1-1　　滴灌工程规划设计常用参数表

序号	分　项	内　　容		
1	地块	面积 A（hm^2 或亩）：	地势：	
		地理位置：	地形图：见平面布置图，包括地块周边尺寸、地面坡降、地面附着物、构筑物、水源的具体位置	
2	土壤	土壤质地（分砂土、砂壤土、壤土、壤粘土、粘土）：		
		土壤容重 γ（g/cm^3）：	田间持水量 $\theta_{田}$（%）：	土层厚度（cm）：
3	气象	年平均蒸发量（mm/年）：	年平均降雨量（mm/年）：	有效降雨强度 P_0（mm/d）：
		初霜日：	终霜日：	
4	作物	作物名称：	种植方向：	
		株行距（cm）：	作物耗水强度 E_a（mm/d）：	
5	水源	水源类型：	地下水位（m）：	
		水质 pH 值：	有机质含量：	
		水质 含沙量：	离子含量：	
6	动力			
7	管理方式			

三、工程规模的确定

规划阶段应该首先进行水土平衡分析，以确定合理的工程规模。水源为机井时，应根据机井可供流量确定最大可能的灌溉面积。水源为河、塘、渠水时，应同时考虑水源水量和经济等方面的因素确定灌区面积。关于单项工程灌水规模，目前地表水滴灌工程，一个首部系统控制的灌溉面积一般为 33.3～200hm^2（500～3000 亩）。根据新疆的特点，较为经济合理的单项工程面积为 33.3～100hm^2（500～1500 亩），不宜超过 200hm^2（3000 亩），而且大多数是灌溉单一作物。具体可依据收集到的基本资料用下列方法计算。

(1) 在水源供水流量稳定且无调蓄能力时，如利用机井灌溉，可用式

(1-1) 确定滴灌面积，称之为“以水定地”。反之，灌溉面积已定时可求得系统供水流量，如河、渠类水源，也可用式 (1-2) 计算，这种情况称“以地定水”。

$$A = \frac{\eta QC}{10I_s} \tag{1-1}$$

$$Q = \frac{10mA}{TC} \quad 或 \quad Q = \frac{10I_sA}{\eta C} \tag{1-2}$$

式中：A 为可灌溉面积，hm^2；Q 为可供流量，m^3/h；I_s 为设计灌溉补充强度，mm/d，$I_s = E_a - P_0 - S$，对干旱地区，$I_s = E_a$，E_a 为灌水高峰期设计日平均耗水强度，mm/d；P_0 为有效降雨量，mm/d；S 为根层土壤或地下水补给的水量，mm/d；C 为系统每日工作小时数，h/d；η 为灌溉水利用系数；m 为设计毛灌水定额，mm；T 为灌水周期，d。

(2) 在水源有调蓄能力且调蓄容积已定时，可按式 (1-3) 确定滴灌面积：

$$A = \frac{\eta_{蓄} KV}{10\sum I_i T_i} \tag{1-3}$$

式中：K 为塘坝复蓄系数，$K = 1.0 \sim 1.4$；$\eta_{蓄}$ 为蓄水利用系数，$\eta_{蓄} = 0.6 \sim 0.7$；V 为蓄水工程容积，m^3；I_i 为灌溉季节各月的毛供水强度，mm/d；T_i 为灌溉季节各月的供水天数，d。

四、规划设计参数的确定和计算

(一) 根据有关规定与调查资料和经验所取用的参数

(1) 保证率。随着降雨量及分配的变化，各年灌溉水量不同，根据历年降雨资料，用频率计算方法进行统计分析，确定不同程度的干旱年份作为设计的依据。滴灌设计保证率应根据自然条件和经济条件确定。如丰水地区或作物经济价值较高时，可取较高值；缺水地区或作物经济价值较低时，可取较低值，依据《规范》，一般不低于 85%。

(2) 灌溉水利用系数 η。指灌到田间可被作物利用的水量与水源处引进的总水量的比值，《规范》要求应不低于 0.9。

(3) 系统日工作小时数 C。根据工程运行经验，机井供水不宜超过 22h/d；地表水，对有条件的，或需实行连续供水的，也不宜超过 22h/d，剩余时间为停机故障和系统检修时间。

(4) 流量偏差率。同一灌水小区内灌水器的最大、最小流量之差与设计流量的比值，是目前滴灌工程设计中反映设计灌水均匀度的指标，用 q_v 表示。

(二) 通过计算所确定的参数

1. 允许水头偏差率 $[h_v]$

根据《规范》，用式 (1-4) 计算：

$$[h_v] = \frac{1}{x} q_v \left(1 + 0.15 \frac{1-x}{x} q_v\right) \tag{1-4}$$

式中：x 为灌水器的流态指数；q_v 为流量偏差率，%；$[h_v]$ 为允许水头偏差率，%。

2. 土壤湿润比 p

设计土壤湿润比是指被湿润土体体积与计划土壤湿润层总土体体积的比值。湿润比的大小取决于作物、滴头间距及流量、灌水量、毛管间距、土壤理化特性等因素。在工程规划设计时，湿润比常以地面以下 20～30cm 处的平均湿润面积与作物种植面积的百分比近似地表示。沿毛管灌水器间距较小时 (见图 1-2) 依据式 (1-5) 计算土壤湿润比 p：

$$p = \frac{nS_eS_w}{S_lS_r} \times 100\% \tag{1-5}$$

式中：p 为土壤湿润比，%；S_e 为滴头间距，m；S_l 为作物株距，m；S_r 为作物平均行距，m；当如图 1-2 布置时，为作物窄行与宽行距离的平均值，即 $S_r = (S_{r1} + S_{r2}) / S_n = S_L / S_n$；$S_w$ 为湿润带宽度，m，它的大小取决于土壤质地、滴头流量和灌水量大小；n 为一棵作物所占有的灌水器数目，个，$n = \frac{S_l}{S_r \times S_n}$，$S_n$ 为毛管直线布置时一条毛管灌溉的作物行数，一管一行布置时 $S_n = 1$，一管两行布置时 $S_n = 2$，…，当一行作物布置两条或两条以上毛管时 $S_n = 1/2$，$S_n = 1/3$，…；如图 1-2 所示，$S_l = 0.1m$，$S_e = 0.3m$，则 $n = \frac{0.1}{0.3 \times 2} = \frac{1}{6}$ 个。将 n 和 S_r 值代入式 (1-5) 得

$$p = \frac{nS_eS_w}{S_lS_r} \times 100\% = \frac{\frac{S_l}{S_rS_n} S_eS_w}{S_l \frac{S_L}{S_n}} \times 100\% = \frac{S_w}{S_L} \times 100\%$$

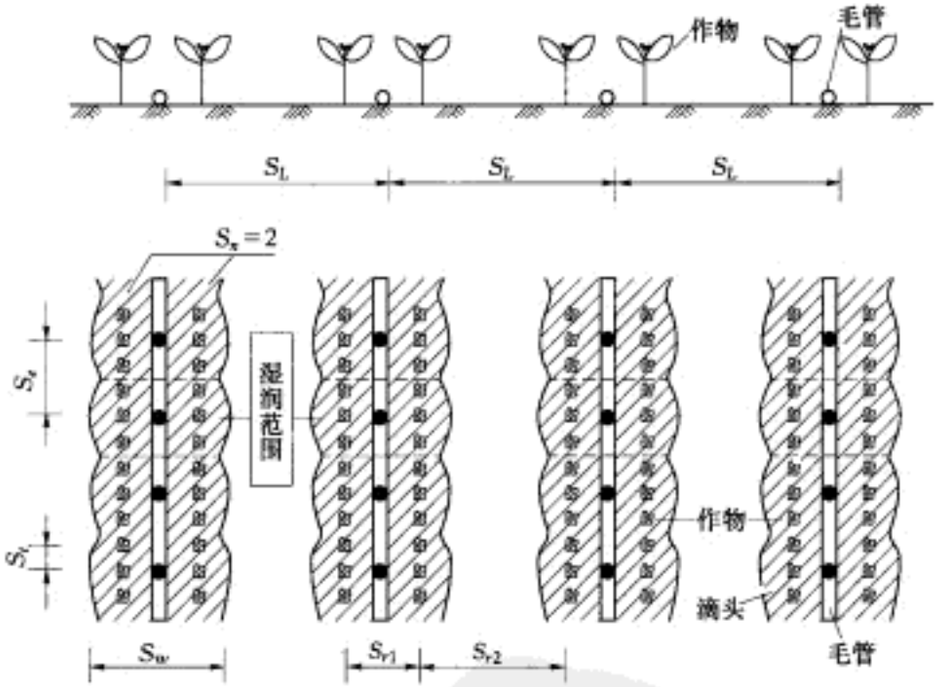


图 1-2 沿毛管灌水器间距较小时的湿润示意图

当沿毛管灌水器间距较大，湿润带直径 $D_w \leqslant S_r$ 时，如图 1-3（a）、（b）所示，用式（1-6）计算：

$$p = \frac{0.785 D_w^2}{S_r \times S_L} \times 100\% \tag{1-6}$$

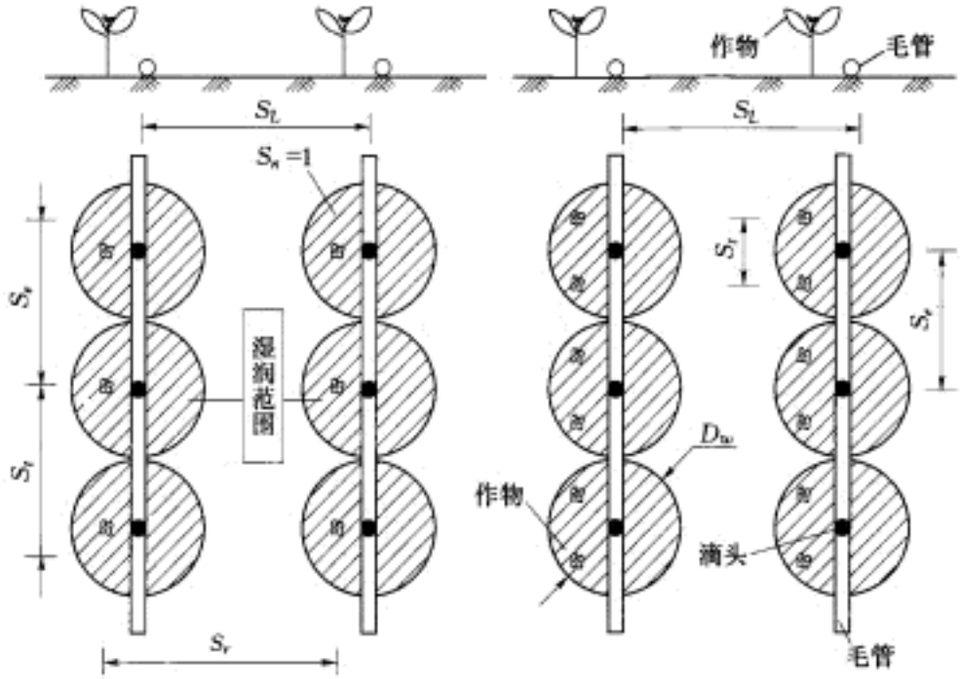
式中：D_w 为湿润带直径，m；S_L 为毛管间距，m；其余符号意义同前。

当湿润圆重叠时，即 $S_r < D_w$，则需用式（1-5）计算。

3. 设计灌溉制度

滴灌设计灌溉制度包括作物全生育期内各阶段的灌水定额、灌水周期、一次灌水延续时间。灌水定额和次数主要根据当地灌溉试验资料及生产实践经验确定。无试验资料时，可根据当地的气象资料按彭曼法计算，计算出总需水量后，根据作物各生育期的需水量确定不同时期的灌水定额及灌水周期，确定总的灌水次数，合理分配灌溉水量，在此不做赘述。

（1）设计灌水定额 m。依据《规范》3.0.5 按式（1-7）计算灌水定额 m：



（a） （b）

图 1-3 沿毛管灌水器间距较大时的湿润示意图

（a）$S_r > D_w$；（b）$S_r = D_w$

$$m = 0.1\gamma z p(\theta_{max} - \theta_{min})/\eta \tag{1-7}$$

式中：m 为设计灌水定额，mm；γ 为土壤容重，g/cm³；z 为土壤计划湿润层深度，m；θ_{max}、θ_{min} 为适宜土壤含水率上、下限（占干土重的百分比，一般 θ_{max} 为田间最大持水率的 90%，θ_{min} 为田间最大持水率的 65%）；其余符号意义同前。

（2）设计灌水周期 T。依据《规范》3.0.6 按式（1-8）计算：

$$T = (m/I_a)\eta \tag{1-8}$$

式中符号意义同前。

（3）一次灌水延续时间 t。灌水时间根据目前实践经验，一般在灌水高峰期一个轮灌组灌水延续时间在 3～10h 较适宜，时间长，滴灌带的利用率高。灌水时间与土壤吸水率、作物种植和滴头流量、间距以及滴灌带

铺设间距有关，可用式（1-9）计算。对于果树，每株树安有 n 个灌水器时，可用式（1-10）计算：

$$t = \frac{mS_eS_l}{q_d} \text{ (h/组)} \tag{1-9}$$

$$t = \frac{mS_eS_r}{nq_d} \text{ (h/组)} \tag{1-10}$$

式中：q_d 为滴头设计流量，L/h；其余符号意义同前。

五、系统设计工作制度

滴灌系统通常有续灌、轮灌、随机供水灌溉三种配水方式。在确定系统工作制度时，应考虑种植作物、水源条件、经济状况、农户承包及管理方式等因素，合理选择。

全系统续灌要求系统内全部管道同时供水，对设计灌区内所有作物同时灌水，因而系统流量大，增加工程投资，设备利用率低，所以全系统续灌多用于较小的滴灌系统。较大的滴灌系统，其灌水方式往往是以同时开启的数条（对）毛管为一个基本灌水单元，也即灌水小区（后详），运行时他们按轮灌分组依次轮流受水；对于基本灌水单元上游的各级管道，一般是上一级管道向下一级管道配水时，下一级管道轮流受水，这是目前大田滴灌系统中普遍采用的一种轮灌工作制度。随机供水灌溉适合于一个系统包含多个承包农户、种植多种作物的形式。本设计图集介绍轮灌。

（一）轮灌方式

目前应用较多的轮灌方式有以下两种：

（1）每支管上布置有若干条辅管，以一条辅管控制的灌溉范围为基本灌水单元。系统运行时，每次开启该轮灌组内的每条支管上的一条或多条辅管，该辅管上的毛管同时灌水。这样，系统流量分散，操作灵活。

（2）支管上不设辅管，以一条支管控制的灌溉范围为基本灌水单元，一条或多条支管构成一个轮灌组。每个轮灌组运行时，该轮灌组内的支管上所有毛管全部开启。一个轮灌组灌水完成后开启下一个轮灌组内的支管，关闭前一个轮灌组内的支管。此种轮灌方式水量相对集中，管理简便。

这两种轮灌方式中，以第1种方式居多。

（二）轮灌组数

灌水周期和一次灌水延续时间确定后，用式（1-11）和式（1-12）确定最大轮灌组数。

固定式系统：
$$N_{max} = \text{INT}\left[\frac{TC}{t}\right] \tag{1-11}$$

移动式系统：
$$N_{max} = \text{INT}\left[\frac{TC}{n_{移}\,t}\right] \tag{1-12}$$

实际轮灌组数利用式（1-13）计算，且须满足式（1-14）：

$$N_{轮灌组} = \frac{n_{总}\,q_d}{Q} \tag{1-13}$$

$$N_{轮灌组} \leqslant N_{max} \tag{1-14}$$

上几式中：N_{max}为最大轮灌组数，个；$N_{轮灌组}$为实际轮灌组数，个；$n_{移}$为一条毛管在所管辖的面积内移动的次数；$n_{总}$为系统滴头总数，个；INT［ ］为将括号内实数舍去小数成整数；其余符号意义同前。

（三）轮灌组划分注意事项

轮灌组的划分对系统投资影响较大，同一轮灌组内的地块集中连片，运行管理方便，但流量集中、管路投资较高；若地块过于分散，管路投资可减小，但又导致管理不便。轮灌组划分需注意以下事项：

（1）各轮灌组面积和流量相近。

（2）重视土地承包与管理方式，方便农户。

（3）轮灌组中各灌水小区相对集中，按一定的顺序编组。

（4）同一轮灌组中种植作物相同。

六、滴灌工程总体布置

规划阶段工程布置主要是在确定灌区位置、面积、范围及分区界限，选定水源位置后，对沉淀池、泵站、首部等工程进行总体布局，合理布设管线。地形状况和水源在灌区中的位置对管道系统布置影响很大，一般应将首部枢纽与水源工程布置在一起（详见第二章）。田间管网一般分为三级或四级，即：干管、支管（辅管）、毛管或主干管、分干管、支管（辅管）、毛管。毛管铺设方向与作物种植行方向一致，毛管与支（辅）管、支（辅）管与分干管一般相互垂直。毛管的选型与各级管道的相互位置关系详见第四章。

第二章　水　源　工　程

第一节　滴灌用水的水源分类与水质要求

一、滴灌用水的水源分类

水源可归成两类：即地表水和地下水。

（一）地表水

地表水包括河水、库水、泉水、湖泊水、渠水、涝坝水、池塘水等。河水集水面一般位于灌区以外，水质差异较大，常常含有一些有机或无机悬浮物，特别是洪水时期泥沙含量大；库水、湖泊水、涝坝水的集水面可能距灌区较近，水质取决于环境，并且随季节而改变；泉水的水质一般较好。地表水主要含有杂质，可归纳为如下几种。

（1）无机物：主要是粘土、砂粒等固体颗粒。

（2）有机物：各种藻类、浮游植物、枯枝败叶等。

（3）微生物：主要是浮游生物。

（4）化学杂质：碳酸盐、硫酸根离子、铁离子、镁离子等。

（二）地下水

地下水指埋藏于地面下的潜水和层间水，用水泵提水灌溉的机井水属于此类水源。一般水质较好，有机物含量低，但有的砂粒含量可能较高，也可能含有化学沉淀物质和粘粒。

二、滴灌用水的水质要求

（一）滴灌工程水质标准

滴灌属农田水利灌溉范围，其水质须符合 GB5084—92《农田灌溉水质标准》（详见本图集附录十三）。还应满足《规范》2.2.5 条中其他有关规定。因此，通常情况下还需修建初级水质净化工程（详见本章第二节）。

（二）滴灌技术对水质的要求

滴灌技术本身对水质的要求更为严格，主要是滴头（孔）因物理因素（悬浮物）、生物因素（生物生长）、化学因素（化学沉淀）造成堵塞，轻者影响灌水的质量，重者可导致滴灌系统不能使用。具体要求和水质过滤方法将在第三章等有关章节中介绍。

第二节　水源工程的分类

不同的灌溉水源，水源工程不同。以地下水为水源时，建井取水，工程相对比较单一。以地表水为水源时，按水源条件与滴灌区的相对位置可分以下几种工程，即取水、提水、蓄水、输水工程及初级水质净化工程和措施。

1. 取水工程

在河道上取水、有无坝取水及拦河式渠首取水等多种工程类型。

2. 提水工程

包括抽水泵站，有时还要多级抽水满足灌区高程要求。

3. 蓄水工程

包括水库、塘坝、蓄水池等，其主要作用是解决用水与来水时间上的差异，即调节水量。

4. 输水工程

将从河道引进或提取的水以及由蓄水工程供给的水输入灌区的工程，一般由明渠、管道、隧洞等工程。

5. 初级水质净化工程和措施

初级水质净化工程包括拦污栅、拦污筛和沉淀池等。拦污栅主要用于

河流、库塘、涝坝等含有漂浮物及其他杂质的灌溉水源，其构造简单。拦污筛用于首部枢纽水泵的进口处，用浮筒固定在水泵吸水管进口周围，用于河水、库水、湖水、塘水、涝坝水等。拦污栅与拦污筛用户可自行制作。沉淀池是解决多种水的初级净化问题且经济有效的常用方式，主要用来清除水中悬浮固体污物，也可用来处理高含铁物质的水体，其设计见第五章。

在实际应用中，水的初级净化工程视水源水质情况与首部过滤设施统一布置，共同构成滴灌工程的水质净化处理设施，其组合方式见第三章。

第三节 水源工程的布置

一、以地下水为水源的工程布置

大田滴灌灌区，一般位于平原地区，当利用井水作为水源时，要依据地下水开发利用规划，将井位尽可能选择在灌区的中心。这样，田间管网系统布置简便，主干管、分干管等主要管道长度短，节省投资，也便于管理。当规划井点在灌区周边时，则尽可能地选择在地形的高处，并且靠近连通灌区内外的交通道路、电力系统和通信设施，以便机井、泵站的建设和运行管理。

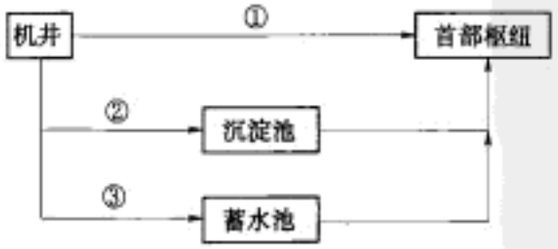


图 2-1 以地下水为水源的工程布置示意图

当灌区位于山区丘陵地带或山前冲洪积区时，井位的选择要注意利用地形落差，尽可能形成自压滴灌的条件，以节省运行费用。

图 2-1 是以地下水为水源时的水源工程布置示意图。当水质较好时，如线路①所示机井水可直接输送给滴灌工程首部枢纽设备；当水质差、含铁物质或粘粒较多时，如线路②所示机井水经沉淀池处理后，进入首部枢纽设施；当供需水量需进行调节时，需如线路③所示，经蓄水池调节，再为滴灌工程所用。

二、以地表水为水源的工程布置

以地表水为水源时，取水点的位置是水源工程的决定因素。取水点到滴灌首部枢纽间的地形、地质条件也十分重要，它直接影响到水源工程的布置形式和投资。图 2-2 是从取水点到进入首部枢纽水源工程布置示意图。

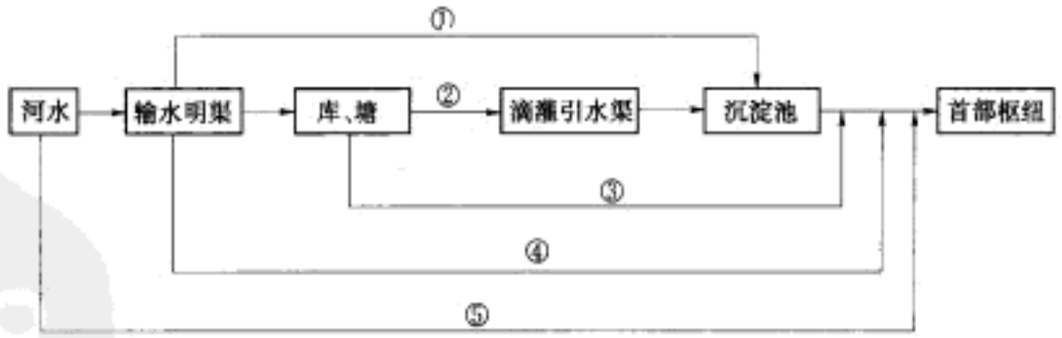


图 2-2 以地表水为水源的工程布置示意图

从图 2-2 中看出，线路①、②表示的是以明渠输水或有水库、池塘蓄水的工程布置，线路③、④、⑤是以压力管道输水的工程布置，这种布置的前提是地形造成的落差能满足滴灌工作压力的要求，并且能妥善进行水质净化处理，当压力输水管道末端压力超过滴灌系统工作压力时，还要在适当位置采取减压措施。

第三章 首 部 枢 纽

第一节 首部枢纽的组成及各部分的功能

滴灌系统的首部枢纽包括动力机、水泵、变配电设各、施肥（药）装置、过滤设施和安全保护及量测控制设施。其作用是从水源取水加压（自压水源除外）并注入肥料（农药），经净化处理后按时按量输送进管网、灌水器，担负着整个滴灌系统的加压、供水（肥、药）、过滤、量测和调控任务，是全系统的控制调配中心。

常用的动力机主要有电动机、柴油机、拖拉机以及其他一些动力输出设备，但首选电动机。动力机在滴灌系统中起着重要作用，是整个滴灌系统的能量来源。

滴灌常用的水泵主要有潜水泵、离心泵等，如果水源的自然水头（由高位水池、压力水管提供）满足滴灌系统流量和压力要求，则可省去水泵及相应的动力。

施肥（药）装置包括施肥（药）罐、文丘里施肥器、注射泵施肥装置、施肥箱等，其作用是将适于根施且速溶于水的肥料、农药、除草剂、化控药品等在施肥（药）装置中充分溶解，然后再通过滴灌系统输送到作物根部。

过滤设备是用来对滴灌用水进行过滤，防止各种污物进入滴灌系统堵塞滴头或在系统中形成沉淀。滴灌系统常用的过滤设备有旋流水砂分离器、砂过滤器、筛网过滤器、叠片式过滤器等。各种过滤设备可以在首部枢纽中单独使用，也可以根据水源水质情况组合使用，还可以与沉淀工程配合使用。

量测、控制和保护设施是为了保证滴灌系统的正常安全运行，安装在系统首部枢纽中，它们是压力与流量量测仪表（如水表、压力表等）、各种阀门（如闸阀、逆止阀、安全阀、进排气阀等）和压力流量调节器，其中有些设备还需安装到管网系统中。

第二节 滴灌水的净化处理

一、滴灌水的净化处理标准

不同的滴灌灌水器，其出水孔孔径和设计流道不同，抗堵塞性能不同，对水质净化处理的要求也不同。

1. 悬浮固体颗粒粒径标准

大量观测资料表明，多个悬浮固体颗粒可能会在灌水器流道口形成一个弧形堆积带，从而引起堵塞。要防止这种弧形堆积带的形成，对采用长流道滴头的滴灌系统，过滤器务必达到能将大于1/10（抗堵塞能力强的灌水器可用1/7）出水孔直径的杂质全部拦截。对于不同的滴灌系统过滤器的有效尺寸可用式（3-1）计算：

$$d_L \leqslant \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{10}\right) d_D \tag{3-1}$$

式中：d_L 为要求的过滤介质的有效孔径，mm；d_D 为采用的灌水器出水孔等效直径，mm。

2. 悬浮固体颗粒浓度标准

含有粒径小于推荐标准的泥沙的水流进入滴灌管道系统，就粒径而言虽然不致产生灌水器堵塞，但停灌期间可在管道内产生沉积物，第二次灌水时，这些沉积物可能形成团块涌向灌水器，从而发生堵塞。因此有必要用实验方法建立悬浮物浓度标准。

近几年，天业公司生产的单翼迷宫滴头较窄流道的等效直径为0.8mm，其1/7为0.114mm，应配120目过滤器可除去此粒径以上的固体颗粒；内镶式滴头流道的等效直径0.62mm，其1/7为0.089mm，应配180目过滤器可除去此粒径以上的固体颗粒；压力补偿式滴头出水孔孔径为0.42mm，其1/7为0.06mm，应配200目过滤器可除去此粒径以上的固体颗粒。

天业公司生产的单翼迷宫式滴灌带可通过含小于要求粒径的泥沙浑水的浓度指标为1000mg/L，内镶式滴头通过含小于要求粒径的泥沙浑水的浓度指标为650mg/L，以此作为所要求的水质标准。表3-1为天业公司推荐的该公司滴灌产品过滤精度表。

表3-1　　天业公司滴灌灌水器要求过滤设施精度表

灌水器名称	灌水器流量 (L/h)	砂过滤器选择滤料与精度		筛网过滤器	
		标　号	过滤能力（已）	目/英寸	孔径（mm）
单翼迷宫式滴灌带	1.8～3.2	#8花岗岩	100～140	120	0.125
内镶式滴灌带	2.3，2.5	#11花岗岩	140～180	180	0.089
压力补偿滴灌管	2，4，6，8	#16石英砂	150～200	200	0.074

二、滴灌水的净化处理方法

（一）机械处理方法

1. 澄清

澄清的作用是从水中除去较大的无机悬浮颗粒，经常用于湍急的地面水源，如河流和沟渠。澄清也是水质初步处理的经济而有效的方法，可大大地减少水中杂物的含量。

2. 过滤

过滤是指通过过滤设备将滴灌用水和其中所含悬浮物分离而达到滴灌灌水器所要求的水质标准的过程，是目前滴灌工程中最常用的一种水质净化处理方法。化学堵塞是比较难处理的，特别是硬质水，在高温条件下钙、镁离子会吸附、沉积在流道内，造成堵塞，处理费用较高。一般大田使用的滴灌带宜选用薄壁型的使用一个灌溉期的产品，可避免多次重复使用累积形成的长期沉积、沉淀堵塞问题，同时也可避免重复使用时，接头太多而带来的机械铺设困难。

（二）水的化学处理

水的化学处理的目的是向水中加入一种或数种化学物品，以控制生物生长和化学反应。化学处理可以单独进行，也可以与机械处理同时进行。滴灌系统中最常使用的化学处理方法是氯化处理和加酸处理。

三、水质净化处理设施的选配

滴灌系统能否正常、稳定、持久地运行与水质净化处理设施的性能、质量，以及各种类型过滤器的正确组合有着密切的关系，其选配应视水源条件和灌水器要求水质标准而定，表3-2为天业公司根据本公司生产的灌水器近几年在大田滴灌试验与实际运行中总结而来，可供参考。

表3-2　　天业公司滴灌灌水器用于不同水源时过滤设施选配表

水源类型		水　质　条　件	水质处理设施配置模式	备　注
地下水（井水）		含沙量≥10mg/L	旋流水砂分离器＋筛网或叠片过滤器	过滤精度参照表3-1
		含沙量＜10mg/L	筛网或叠片过滤器	
		铁化合物含量高或流量需调节	沉淀池或蓄水池＋筛网或叠片过滤器	
地表水	河水	悬浮物含量≥1000mg/L，含沙量大	拦污栅＋沉淀池＋拦污筛＋旋流水砂分离器＋砂过滤器＋筛网或叠片过滤器	
		悬浮物含量500～1000mg/L，含沙量中等，有机物较多	拦污栅＋沉淀池＋拦污筛＋砂过滤器＋筛网或叠片过滤器	
		悬浮物含量100～500mg/L，含沙量中等，有机物较少	拦污栅＋沉淀池＋砂过滤器＋筛网或叠片过滤器	
		悬浮物含量＜100mg/L，有机物与无机物杂质较少	拦污栅＋沉淀池＋筛网或叠片过滤器	
	渠水、库水、湖水	泥沙含量≥400mg/L，有机物含量一般	拦污栅＋沉淀池＋砂过滤器＋筛网或叠片过滤器	
		泥沙含量200～400mg/L，有机物含量一般	拦污栅＋旋流水砂分离器＋砂过滤器＋筛网或叠片过滤器	
		泥沙含量10～200mg/L，有机物含量一般	拦污栅＋砂过滤器＋筛网或叠片过滤器	
		泥沙含量＜10mg/L，有机物含量少	拦污栅＋筛网或叠片过滤器	

表 3-2 中应用最为广泛的过滤设施配置模式为“旋流水砂分离器＋砂过滤器＋筛网过滤器”、“旋流水砂分离器＋筛网过滤器”。前者通常应用在经沉淀池沉淀之后的渠水、河水塘坝水等水质较差的地表水的过滤上，设计见图 3-1；后者通常应用于井水，设计见图 3-2。在这些配置模式中，各过滤设备作用有所不同。

旋流水砂分离器的作用主要是滤去水中大颗粒高密度的固体颗粒，只有在其工作流量范围内，才能发挥出应有的水质净化效果，流量变化较大的灌溉系统不宜使用。正常运行时，如流量稳定，其水头损失也就是恒定的，一般在 3.5～7.7m 水头范围内，而在此范围以外将不能有效分离水中杂质。若水头损失小于 3.5m，说明流量太小而难以形成足够的离心力，将不能有效分离出水中的杂质。对于有机物或密度与水接近的杂质，使用这种过滤器效果很差。

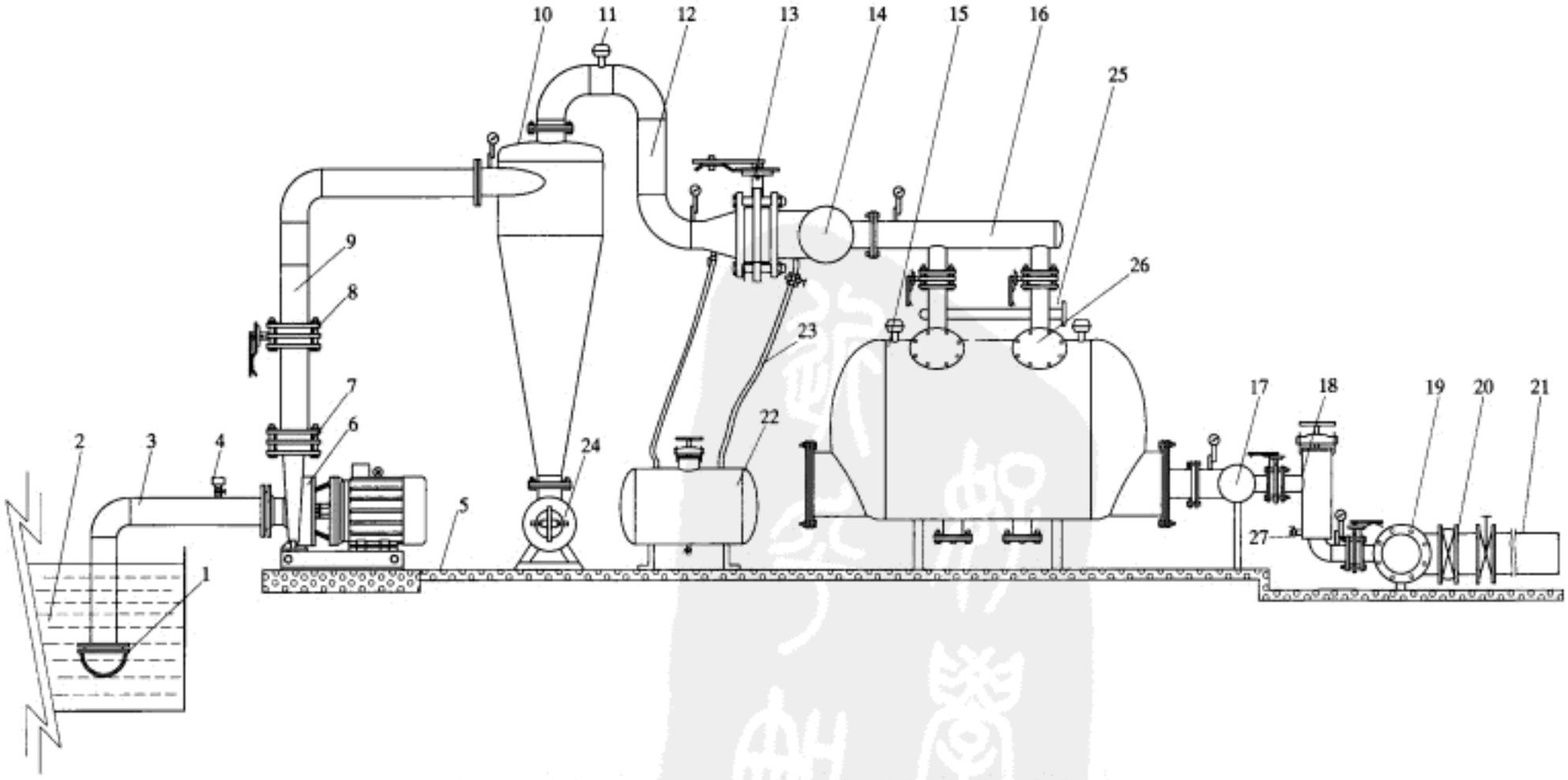


图 3-1　“旋流水砂分离器＋砂过滤器＋筛网过滤器”的配置模式示意图

1—底网；2—沉淀池；3—水泵进水管；4—水泵注水口；5—基础；6—水泵—电机；7—软联接；8—水泵出口蝶阀；9—水泵出口联接管；10—旋流水砂分离器；11—排气阀；12—联接弯管；13—施肥专用阀；14—砂过滤器主进水管；15—卧式砂过滤器；16—砂过滤器进水分管；17—砂过滤器出水主管；18—筛网过滤器；19—筛网过滤器出水主管；20—水表；21—地下管连接钢管；22—施肥罐（卧式）；23—施肥软管；24—集砂罐；25—砂过滤器排污管；26—观察、维修孔；27—筛网过滤器排污口

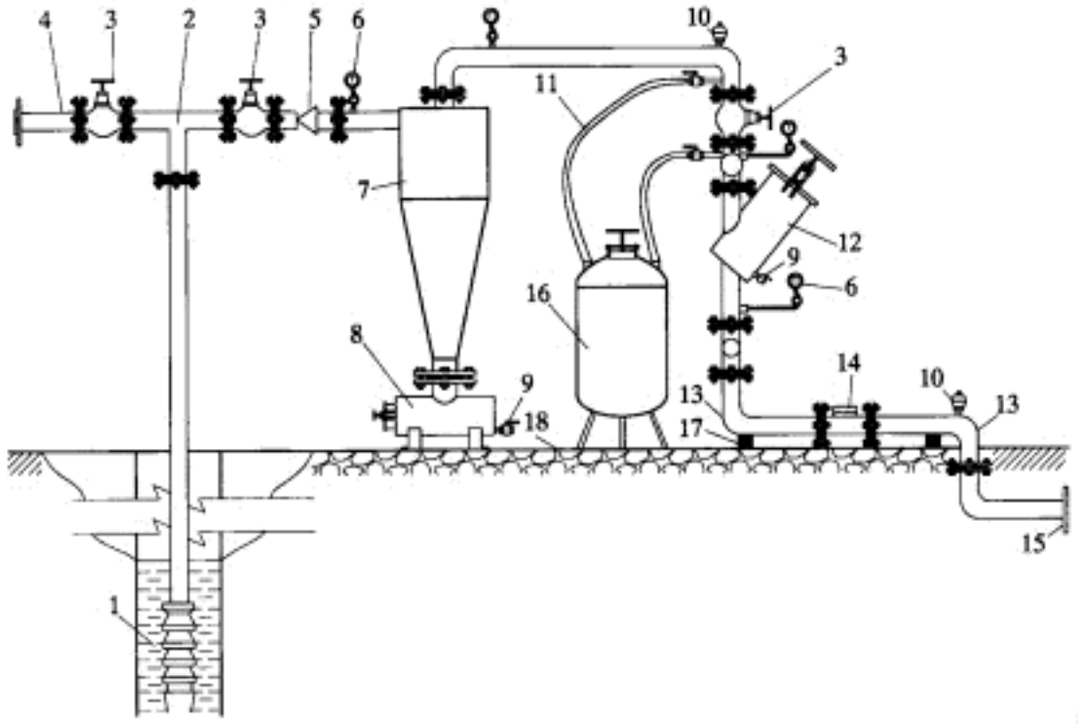


图 3-2 "水砂分离器+筛网过滤器"的配置模式示意图

1—潜水电泵；2—三通；3—闸阀；4—排水管；5—截止阀；6—压力表；7—水砂分离器；8—集砂罐；9—排污口；10—排气阀；11—施肥软管；12—筛网过滤器；13—弯管；14—水表；15—出水口；16—施肥罐（立式）；17—支撑墩；18—基础

砂过滤器处理水中的有机杂质与无机杂质都非常有效，只要水中有机物含量超过 10mg/L，均应选用此种过滤器。其工作原理是未经过滤的有压水流从圆柱状过滤罐壳体上部的进水管流入罐中，均匀通过滤料汇集到罐的底部，再进入出水管，杂质被隔离在滤料层上面，即完成过滤过程；其主要作用是滤除水中的有机杂质、浮游生物以及一些细小颗粒的泥沙。砂过滤器通常为多罐联合运行，以便用一组罐中滤后的清洁水反冲洗其他罐中的杂质，流量大需并联运行的罐越多。由于反冲洗水流在罐中有循环流动的现象，少量细小杂质可能被带到并残留在该罐的底部，当转入正常运行时为防止杂质进入灌溉系统，应在砂过滤器下游安装筛网或叠片过滤器，确保系统安全运行。合适的砂过滤系统还应具备以下条件。

（1）通过过滤器的流量应比灌溉系统的峰值流量大。

（2）合理布置排污管，以利于冲洗过滤罐和排出杂质。

（3）在泵的入口处安装拦污筛网，拦截水中漂浮的大颗粒杂质。

（4）配备有相应的量测仪表、控制与保护设备等。

砂过滤器选型应考虑以下几个因素：

（1）滤砂的厚度与级配。

（2）流量。

（3）有机物的影响。

筛网过滤器结构简单且价格便宜，是一种有效的过滤设备，其滤网孔眼的大小和总面积决定了他的效率和使用条件。当水流穿过筛网过滤器的滤网时，大于滤网孔径的杂质将被拦截下来，随着滤网上附着的杂质不断增多，滤网前后的压差越来越大，如压差过大，网孔受压扩张将使一些杂质"挤"过滤网进入灌溉系统，甚至致使滤网破裂。因此，当压差达到一定值就要冲洗滤网或者采用定时冲洗滤网的办法，确保滤网前后压差在允许的范围内。筛网过滤器有手动和自动冲洗之分，自动冲洗筛网过滤器是利用过滤器前后压差值达到预设值时控制器将信号传给电磁阀或用定时控制器每隔一段时间启动电磁阀，完成自动冲洗过程。所有筛网过滤器均应通过设计和率定，提出一般水质条件下的最大过流量指标。筛网过滤器的过滤精度常被定义为"目数"，可按式（3-2）计算：

$$M = 1/(D + a) \tag{3-2}$$

式中：M 为筛网目数，目；D 为网丝直径，in；a 为网孔的净边长，英寸。

由式（3-2）可见，相同目数的筛网，可能因网丝直径的不同，网孔直径尺寸差异很大。因此应以网孔基本尺寸作为选择过滤器的依据。

叠片过滤器是由大量很薄的圆形叠片重叠起来，并锁紧形成一个圆柱形滤芯，每个圆形叠片一面分布着许多 S 形滤槽，另一面为大量的同心环形滤槽，水流通过滤槽时将杂质滤出，这些槽的尺寸不同，过流能力和过滤精度也不同。叠片过滤器单位滤槽表面积过流量范围约为 1.2～19.4L/(h·cm²)，过流量的大小受水质、水中有机物含量和允许压差等因素的影响，厂家除了给出滤槽表面积外还应给出滤槽的体积。叠片过滤器的过滤能力也以目数表示［但不能用式（3-2）计算，这里的"目"只是个等价

概念]，一般在40～400目之间，不同目数的叠片制作成不同的颜色加以区分。手动冲洗叠片过滤器冲洗时，可将滤芯拆下并松开压紧螺母，用水冲洗即可。自动冲洗叠片过滤器自动冲洗时叠片必须能自动松散，否则叠片粘在一起，不易冲洗干净。

第三节　滴灌的施肥设施

滴灌施肥（药）采用随水施肥（药），可溶性肥料（或适于根施的可溶性药）通过施肥设施注入滴灌管道中，随灌溉水一起施给作物。常用的施肥装置中，施肥罐结构简单、造价低、适用范围广、无需外加动力，因而在大田滴灌工程中被广泛应用。如图3-1、图3-2所示，其位置一般在筛网过滤器之前，施肥罐进水口与出水口和主管相连，在主管上位于进水口与出水口中间设置施肥阀或闸阀，调节阀门开启度使两边形成压差，一部分水流经施肥罐后进入主管，因此通常将施肥罐称为压差式施肥罐。

施肥罐一般按容积选型，其计算可按式（3-3）进行：

$$V = \frac{FA}{C_0} \tag{3-3}$$

式中：V为施肥罐容积，L；F为单位面积上一次施肥量，kg/亩；A为一次施肥面积，亩；C_0为施肥罐中允许肥料溶液最大浓度，kg/L。

根据大田滴灌施肥实践经验总结，可参照表3-3选型。

表3-3　　滴灌施肥罐常用规格选型表

产品名称	规格（L）	适用系统面积（亩）	备　注
压差式施肥罐	30	<200	新疆天露节水设备厂、北京通捷公司、山东莱芜塑料制品总厂等均有生产，参照附录九
	50	200～400	
	100	400～600	
	150	600～900	
	200	900～1200	
	300	1200～1500	

第四节　量测、控制和保护设施及工作位置

量测设施主要指流量、压力测量仪表，用于首部枢纽和管道中的流量及压力测量，一般有压力表、水表等。压力表是滴灌系统中不可缺少的量测仪表，特别是过滤器前后的压力表，反映着过滤器的堵塞程度及何时需要清洗过滤器。水表用来计量一段时间内管道的水流总量或灌溉水量，多用于首部枢纽中，也可用在支管进口处。滴灌系统中大多选用水平螺翼式水表，当系统设计流量较小时可用LXS旋翼式水表。选用水表时其额定流量大于或接近设计流量为宜，不能单纯以输水管管径大小来确定水表口径，否则易造成水表水头损失过大。压力表与水表的规格见附录十，在首部枢纽中的工作位置见图3-1和图3-2。

控制设施一般包括各种阀门，如闸阀、球阀、蝶阀、流量与压力调节装置等，其作用是控制和调节滴灌系统的流量和压力。

保护设施用来保证系统在规定压力范围内工作，消除管路中的气阻和真空等，一般有进（排）气阀、安全阀、逆止阀、泄水阀、空气阀等。

滴灌中常用各种阀门的规格见附录十一，作用与安装位置见表3-4。

表3-4　　滴灌常用阀门作用与安装位置表

阀门名称	作　用	安装位置
闸阀或蝶阀	控制、调节	在首部枢纽中的安装位置见图3-1、图3-2，也用在分干管进口处
球阀	控制、调节	过滤器的冲洗口与排污口、施肥罐的进出水口、支管进口处
进排气阀	可以进气、排气，防止气阻或负压	安装于系统最高处，如图3-1、图3-2
逆止阀	防止倒流	见图3-1、图3-2
安全阀	消除水锤压力	安装于输水干管上

关于量测、控制及保护的自动化配备和设计，本设计图集未作专门介绍。主要是在已建的绝大部分大田滴灌系统中，运用得很少，没有成熟的经验提供总结和借鉴。究其原因，主要是自动化设施本身费用高，也不易配套，而缺少某一环节，整个系统运行又受影响；同时，管理人员的技术水平一时也难以跟上。个别由国外引进的首部枢纽或管网中减压阀等控制设备，配有自动化装置，但整个系统并没有配套，也难以发挥整体作用。但实现自动化毕竟是农业灌溉现代化的发展方向，因此，在今后的滴灌工程建设中，要十分重视这方面的工作。

第五节 滴灌用水泵及其变频调节

滴灌常用水泵为离心泵和井用潜水电泵。潜水电泵常用 QJ 型，离心泵常用 IS 型，泵的规格型号见附录十二。在滴灌系统中，水泵的选型、工况点的确定和安装高程的确定十分重要。

一、水泵的工作参数

水泵的工作参数主要有流量、扬程、功率、效率、转速、允许吸上真空高度、口径、比转数等，读者可参考有关专业书籍。

二、水泵工况点的确定与校核

水泵铭牌上的流量与扬程是水泵的额定流量和扬程。在不同的管路条件下，系统需要水泵提供的流量和扬程是不同的，即工况点不同。比如滴灌系统配备流量为 200m³/h、扬程为 28m 的水泵时，在滴灌系统工作时，不同的轮灌组要求水泵提供的流量和扬程均不同。因此，水泵工况点需用水泵的流量—扬程（$Q—H$）曲线与滴灌系统不同轮灌组时需要扬程曲线来共同确定。

一般来说，在无调压设施与变频装置条件下，不同轮灌组水泵的工况点不同。水泵的 $Q—H_{水泵}$ 曲线由水泵制造厂家提供，系统的需要扬程曲线，即 $Q—H_{需}$ 曲线是在滴灌管网系统与轮灌组确定的条件下求得，一个轮灌组有一条曲线，如图 3-3 所示，n 个灌组有 n 条曲线，与水泵性能曲线 $Q—H_{水泵}$ 有 n 个交点，即 1，2…n 个工况点，均在高效区即可。

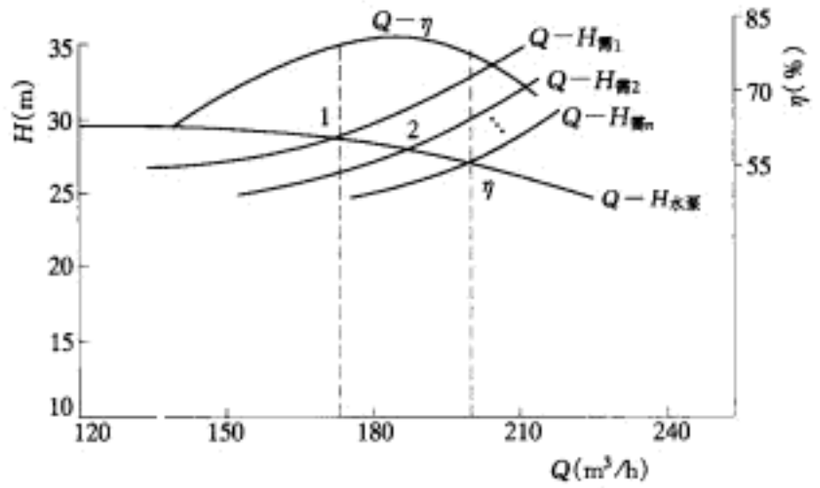


图 3-3 水泵工况点确定与校核图

$Q—\eta$—水泵流量、效率曲线；$Q—H_{水泵}$—水泵的性能曲线；$Q—H_{需1}$、$Q—H_{需2}$，…，$Q—H_{需n}$—第 1 轮灌组、第 2 轮灌组、……、第 n 轮灌组的需要扬程曲线

三、水泵选型

（一）水泵选型原则

（1）在设计扬程下，流量满足滴灌设计流量要求。

（2）在长期运行过程中，水泵工作的平均效率要高，而且经常在最高效率点的右侧运行为最好。

（3）便于运行和管理。

（4）选用系列化、标准化以及更新换代产品。

（二）水泵选型

选水泵时应考虑每个轮灌组的情况，但这样会使设计非常复杂，所以设计时可按滴灌所需流量作为设计流量，确定各级管道管径并计算出各级管道水头损失后，按式（3-4）或式（3-5）计算水泵设计扬程，然后校核水泵在各个轮灌组工作时的工况点。

离心泵：$$H_{泵} = h_{泵} + \Delta Z + f_{进} \tag{3-4}$$

潜水泵：$$H_{泵} = h_1 + h_2 + h_3 \tag{3-5}$$

式中：$H_{泵}$为系统总扬程，m；$h_{泵}$为水泵出口所需最大压力水头，m；ΔZ为水泵出口轴心高程与水源水位平均高程之差，m；$f_{进}$为进水管水头损失，m；h_1为井口所需最大压力水头，m；h_2为井下管路水头损失，m；h_3为井的动水位到井口的高程差，m。

根据确定的设计流量和扬程，查阅水泵生产厂家的水泵技术参数表，选出合适的水泵及配套动力。一般水源设计水位或最低水位与水泵安装高度（泵轴）间的高度差超过8.0m以上时，宜选用潜水电泵。反之，则可选择离心泵。

当选择水泵配套动力机时，应保证水泵和动力机的功率相等或动力机的功率稍大于水泵的功率，防止出现“大马拉小车”或“小马拉大车”的情况。

四、水泵安装高程的确定

水泵的安装高程是指满足水泵不发生汽蚀的水泵基准面（对卧式离心泵是指通过水泵轴线的水平面，对于立式离心泵是指通过第一级叶轮出口中心的水平面）高程，根据与泵工况点对应的水泵允许吸上高度和水源水位来确定。水泵的允许吸上真空高度可用必需汽蚀余量（NPSH）r或允许吸上真空高度H_s计算，水泵制造厂家提供的必需汽蚀余量（NPSH）r是额定转速的值，需用工作转速修正；而允许吸上真空高度H_s是在标准状况下，以清水在额定转速下试验得出的，须进行转速、气压和温度修正得到水泵允许吸上高度，然后参照式（3-6）计算水泵安装高程：

$$\nabla_{安} = H_{允许} + \nabla_{min} \tag{3-6}$$

式中：$\nabla_{安}$为水泵安装基准面高程，m；∇_{min}为水泵取水点最低工作水位高程，m；$H_{允许}$为水泵允许吸水高度，m；$\nabla_{安}$的确定实际上是$H_{允许}$的计算，可参考有关专业资料。

五、水泵的变频调节

滴灌系统水泵大都采用鼠笼型异步电动机，其调速方式主要是变频调速。因变频调速以其调速范围大、机械特性硬、调速精度高、平滑无级调速等优点，被诸多滴灌系统所采用。

滴灌系统变频调节需注意以下几点：

（1）变频调速调节压力值的范围。如果变频调速器调节的频率已经对应水泵的最大扬程，那么，不能再指望通过该变频调速装置来增加水泵扬程。

（2）轮灌组操作运行注意点：

1）当需从高压力点的轮灌组工况→低压力点的轮灌工况时，则需首先调整变频装置，使水泵出口压力降低，再去操作轮灌组阀门。

2）当需从低压力点的轮灌组工况→高压力点的轮灌工况时，则可以先操作轮灌组的工作阀门，再调整变频装置，从而保证灌水器不会处于高压状态。

（3）在调节轮灌组阀门过程中，若是为应急之需，则设备允许短时间过载，因为一般设备选型有超载10%～15%的余地。

第四章　田间管网灌水系统设计

第一节　田间管网灌水系统的构成与作用

根据滴灌工程的总体布置，经首部枢纽加压（自压除外）、净化处理（有时注入了肥料、农药等）后的有压水流，进干管、入支管、毛管，最后由灌水器灌入作物根部土层中，这一环节即为滴灌工程系统的田间管网灌水系统。主要包括输配水管道、灌水器及各种连接和调节控制件。

一、输配水管道

输配水管道包括干、支（辅）、毛。由于系统情况不同，有时干管又分主干管（或称总干管）、分干管。主干管承担整个系统总水量（或总流量）的输送；分干管承担其控制范围内的输水、配水（向支管）任务；支管也承担其控制范围内的输水、配水（向毛管）任务，毛管与支管直接相连并设置在其一侧或两侧，承担向灌水器连续均匀供水的任务。增设辅管时，辅管紧靠支管并与之同行，但分成若干条，从支管分水，然后再向毛管供水。实践证明，增设辅管方便运行，也不增加多少投资，是一种行之有效的管路结构。图 4－1 即是增设辅管后，支管、辅管、毛管管路结构模式示意图。

滴灌系统输配水管道管材，干管一般采用硬聚氯乙烯管（PVC—U）。目前市场上供应的 PVC—U 管，其内外径及壁厚并不一致，选用时须注意。

支管大多采用聚乙烯管（PE 管）。一部分支管采用 PVC—U 管，埋设于地下，少部分支管采用铝合金管材。辅管和毛管一般采用聚乙烯管。

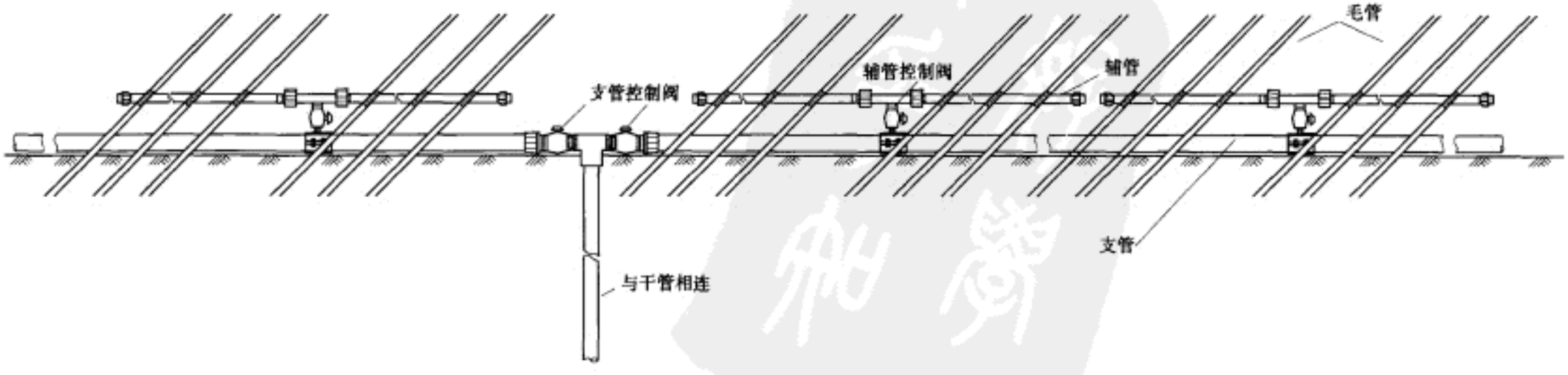


图 4－1　“支管＋辅管＋毛管”管路结构模式示意图

二、灌水器

灌水器是直接向作物施水的设备，其作用是把末级管道即毛管中的压力水流均匀而又稳定地分配到田间。灌水器质量的好坏，直接影响到灌水质量的好坏。对灌水器的要求是：出流量小、出水均匀、抗堵塞性能好、制造精度高、便于安装、坚固耐用、价格低廉等。

滴头是将压力水流变成滴状或细流状的灌水器。

滴灌管（带）是具有出水孔的管道（带），能折叠者为带，其余为管。滴灌管（带）在大田滴灌中广泛应用。

常用的滴灌管（带）和灌水器的规格型号见附录一。

三、管道连接件与调节控制装置

1. 管道连接件

管道连接件是连接管道成管网的部件，通常称之为管件或配件。管件主要有三通、四通、接头、弯头、堵头、旁通等，一般为聚乙烯和聚氯乙烯材料，常用规格见附录三与附录五。

2. 调节控制件

调节控制件有调压、稳流装置、球阀、闸阀、蝶阀等，阀门在第三章已作过叙述。调压、稳流装置用来调节管道中的压力与流量，目前应用的调压、稳流装置大多是通过改变过水断面的大小来调节流量，有毛管进口调压、稳流装置、辅管进口处调压、稳流装置和支管进口处的调压、稳流装置，规格型号见附录六。

以下按干管、分干管、支管、辅管、毛管结构（灌溉期间固定）为例，进行大田滴灌田间管网灌水系统的布设介绍。在各级管道中，有时根据需要还配备如水表、排气阀、压力表、水压阀等量测、控制和保护设备。

第二节　毛管、灌水器的选型与布置

一、滴头流量与土质的关系

近几年通过对不同滴头流量、滴水量、土壤（砂土、中壤土、重壤土）条件下滴灌运行时湿润峰的试验、观察和分析，得出以下几条滴灌条件下水分运移的初步规律，可供灌水器选型时参考。

（1）滴头流量增大，可使湿润宽度增大，而滴水量的增加，不仅使湿润宽度增加，而且深度也明显增加。

（2）对重壤土和中壤土，滴头流量不大于 3L/h，可避免产生地面径流。

（3）砂土湿润宽度较小，在不产生深层渗漏与地表径流的情况下，地表湿润直径为 0.6m 左右。

二、灌水器的选型

（一）选型应考虑的因素

灌水器种类很多，性能不一，选择是否恰当，直接影响工程的投资和灌水质量。灌水器的选择受下列多种因素的制约和影响，最后凭借设计人员的经验并通过计算、分析来选定。

1. 作物种类和种植模式

不同的作物对灌水的要求不同，相同作物不同的种植模式对灌水的要求也不同。如条播作物，要求带状湿润土壤，湿润比大，而对于果树及高大的林木，其株、行距大，需要绕树湿润土壤。作物不同的株行距种植模式，对滴头流量、间距要求也不同。

2. 土壤性质

土壤质地对滴灌入渗的影响很大，对于砂土，宜选用较大流量的滴头，以增大水分的横向扩散范围。对于粘性土壤宜选用流量小的滴头，以免造成地面径流。

3. 工作压力及范围

任何滴头都有其适宜的工作压力和范围，工作压力大，对地形适应性好，但能耗大。对每个系统，需要因地制宜选定适宜的工作压力。

4. 流量压力关系

灌水器流量对压力变化的敏感程度直接影响灌水的质量和水的利用率，选用流态指数小的灌水器对提高灌水均匀度有利，但需结合系统抗堵塞的要求及灌水器的抗堵塞性能。

5. 灌水器的制造精度

滴灌的均匀度与灌水器的制造精度密切相关，在许多情况下，灌水器

续表

作物种类	种植行距（cm）		株距（cm）	毛管布置		备注
	窄行	宽行		布置模式	毛管间距（cm）	
加工番茄	50	70	25～30	一管两行	120	参考图 4-6
	40	70			110	
	40	80			120	
玉米	30	70	22	一管两行	100	
	40	70	30		110	
	30		30		60	
甜菜	30	60	30	一管两行	90	
烤烟	90		50	一管一行	90	
洋葱	13	44	13	一管八行	135	参考图 4-7
辣椒	30	70	30	一管两行	100	参考图 4-6
	30	60	30		90	
茄子	30	70	50	一管两行	100	
万寿菊	30	70	40	一管两行	100	
香瓜	40	80	30	一管两行	120	
甜瓜	50	200	30	一管两行	250	
	40	260	30	一管两行	300	
葡萄	500		100	一管一行	500	参考图 4-8
	400		150	一管一行	400	
	300		100	一管一行	300	
生态、经济林	300-500		100～300	一管一行或两管一行	300～500	参考图 4-8、图 4-9

在兵团，经过近几年不断的实践和探索，大田棉花膜下滴灌毛管的布置形式已形成一膜两管四行（一幅地膜内，布置两条滴灌带，种植四行作物）、一膜一管四行、机械采棉一膜两管四行和一膜一管四行等地膜、作物与毛管的布置模式。在种植模式上也作了大量的试验，在不同宽度地膜上进行试验，地膜的宽度从 0.6～2.3m，结果都很好。几种大田棉花膜下滴灌作物种植模式及毛管布置形式如图 4-2～图 4-5 所示。其他大田作物一管两行布置模式如图 4-6 所示。

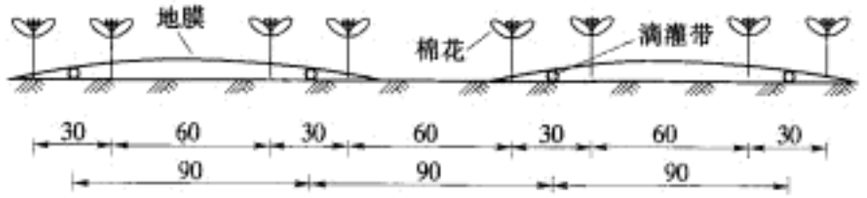


图 4-2 棉花一膜两管四行布置模式（单位：cm）

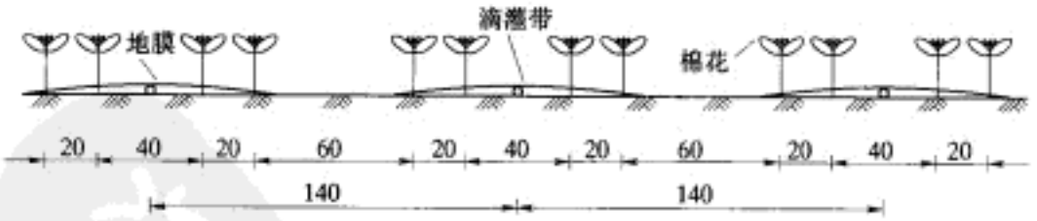


图 4-3 棉花一膜一管四行布置模式（单位：cm）

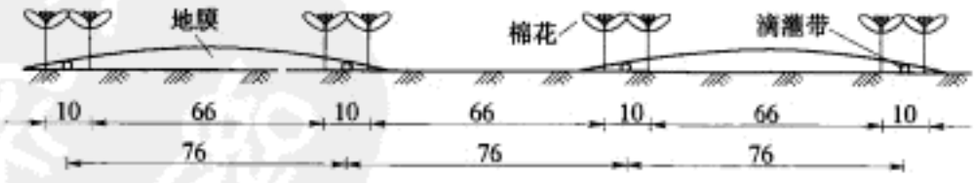


图 4-4 机械采棉一膜两管四行布置模式（单位：cm）

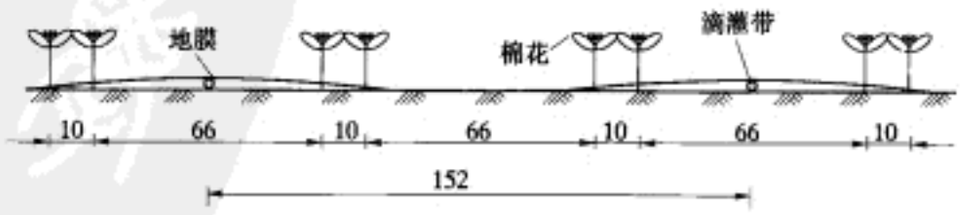


图 4-5 机械采棉一膜一管四行布置模式（单位：cm）

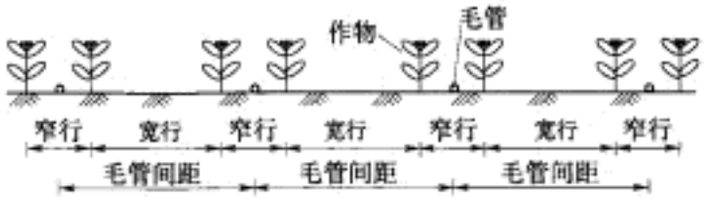


图 4-6　其他作物一管两行布置模式

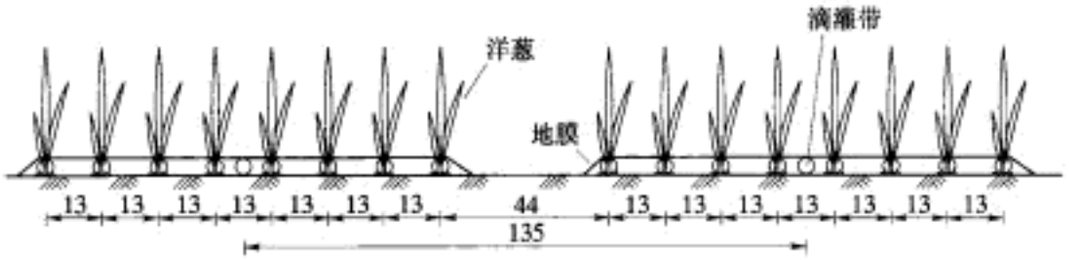


图 4-7　洋葱一膜一管八行布置模式（单位：cm）

2. 瓜果蔬菜毛管的布置形式

一般情况下，也使用一次性滴灌带，图 4-7 是洋葱一膜一管八行布置模式。不同的种植模式采用不同的毛管布置形式，见表 4-2。

3. 生态林、经济林果毛管的布置形式

需考虑树木生育期、根系特点、土壤类型与结构等因素的影响。苗期、幼树与成龄期、果树盛果期的需水量及毛管布置都应该有区别。对成龄树木开始采用滴灌，应使 50%以上根区的土壤湿润。常见有以下三种布置形式。

(1) 单行毛管直线布置。毛管顺作物行布置，一行作物布置一条毛管，如图 4-8 所示。这种布置方式适用于株行距较小的果树和幼树。对于幼树，一棵树安装 2～3 个单口出水口滴头。对于果树，可沿毛管等间距安装滴头，也可采用多孔毛管作灌水器。

(2) 双行毛管平行布置。对于高大树木，可采用双行毛管平行布置的形式，树行两侧各设一条毛管，每株树两边各安装 2～4 个滴头。这种布置形式使用的毛管数量较多。如图 4-9 所示。

(3) 单行毛管环状布置。对于成龄果树，可沿一行树布置一条毛管，围绕每一棵树布置一条环状灌水管，其上安装 5～6 个滴头。这种布置形式由于增加了环状管，因而增加了工程费用。如图 4-10 所示。

以上各种布置方式中毛管均沿作物行向布置，在山丘区毛管是沿等高线布置的。对于果树，滴头（或灌水点）与树干的距离通常为树冠半径的 2/3。

一般来说，毛管的实际铺设长度直接影响灌水的均匀度和工程费用，毛管的实际铺设长度越长，支管间距越大，支管列数（见图 4-13 和图 4-14 说明）就越少，工程投资减小，但灌水均匀度可能降低。因此，毛管的最大铺设长度应满足灌水均匀度的要求，并由水力计算确定。

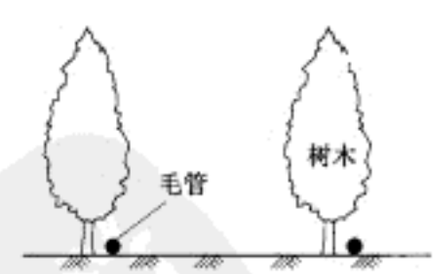


图 4-8　单行毛管直线布置图

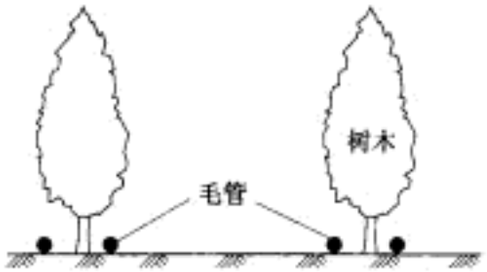


图 4-9　双行毛管平行布置图

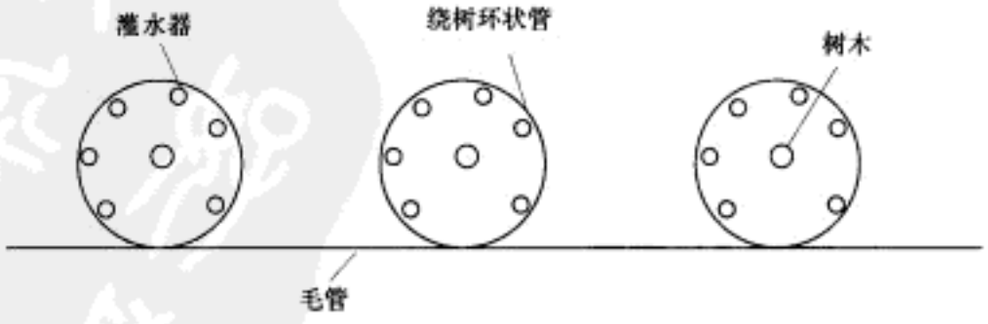


图 4-10　单行毛管灌水器环状绕树布置图（俯视图）

第三节　灌水小区的水力设计

灌水小区是构成管网及运行的基本单元，灌水小区内压力与流量偏差值要满足《规范》的规定。

的制造偏差所引起的流量变化，有时超过水力学引起的流量变化，应选用制造偏差系数小的滴头。

6. 对温度变化的敏感性

灌水器流量对水温度反应的敏感程度取决于两个因素：灌水器的流态，层流型灌水器的流量随水温的变化而变化，而紊流型灌水器的流量受水温的影响小，因此在温度变化大的地区，宜选用紊流型灌水器。灌水器的某些零件的尺寸和性能易受水温的影响，例如压力补偿滴头所用的橡胶片的弹性，可能随水温而变化，从而影响滴头的流量。

7. 对堵塞、淤积、沉淀的敏感性

抗堵塞能力差的滴头，要求高精度的过滤系统，就可能增大系统的造价。灌水器的流道或出水孔的断面越大，越不易堵塞。但过大的过水断面，小的出流量，又可能因流速过低，使细粒径杂质沉淀，造成局部堵塞。

8. 成本与价格

一个滴灌系统有成千上万的灌水器，其价格的高低对工程投资的影响很大。因而设计时，往往愿意选择价格低廉的灌水器。

（二）选型

选择灌水器要考虑以上 8 个主要因素。对于条播作物和瓜果蔬菜，选用沿毛管灌水器间距较小的滴灌带（管）较多，对于株行距较大的树木，应选用沿毛管间距较大的灌水器。表 4－1 是目前滴灌中普遍采用的出水孔流量和间距的范围，可供设计者参考。

表 4－1　　灌水器选择参考表

作物种类	土壤质地	灌水器选择	
		流量（L/h）	滴孔间距（m）
作物、瓜果蔬菜	砂土	2.1～3.2	0.3
	壤土	1.5～2.1	0.3～0.5
	粘土	1.0～1.5	0.4～0.5

在灌水时间、灌水定额确定的条件下，根据作物种植要求，确定毛管布设间距，参照表 4－1 确定滴头间距后，可按公式（4－1）计算滴头流量。对于株行距较大的林木，在确定每棵树的滴头数、灌水时间、灌水定额后用式（4－2）计算滴头流量。依据算出的滴头流量值，可以初选灌水器的类型，再根据土壤性质等因素进行比较分析，最后选定合适的灌水器。

$$q_d = \frac{mS_eS_L}{t} \tag{4-1}$$

$$q_d = \frac{mS_eS_l}{nt} \tag{4-2}$$

式中符号意义同前。

三、毛管的布置

1. 大田作物滴灌毛管的布置形式

大田作物滴灌，目前绝大部分采用廉价的一次性滴灌带，其铺设、管理、回收都很方便。毛管铺设于地表，地膜栽培时置于膜下。毛管铺设方向与作物种植方向一致，顺行直线铺设。大田滴灌作物多采用宽窄行种植，毛管布置于窄行，一条毛管可浇灌多行作物，加大了毛管间距、减少了毛管投资。表 4－2 列出的是目前大田作物滴灌毛管的布置模式，可供设计时参考。

表 4－2　　毛管布置表

作物种类	种植行距（cm）		株距（cm）	毛管布置		备　注
	窄行	宽行		布置模式	毛管间距（cm）	
棉花	30	60	8.5～12	一管两行	90	参考图 4－2～图 4－5
	30	50			80	
	28	58			86	
	25	40			65	
	10	66			76	
	20＋40＋20	60		一管四行	140	
		55			135	
	10	66			152	
	10	50			120	

（2）“辅管＋毛管”构成灌水小区，见图 4－11（*b*）。辅管进口调压时，小区允许的水头偏差需在辅管及其控制的毛管间分配，支管成为配水管道，可按经济管径的方法确定管径。

（3）“支管＋毛管”构成灌水小区，见图 4－11（*c*）、图 4－11（*e*）。图 4－11（*c*）为支管进口调压，支管上不带辅管；图 4－11（*e*）为调整管径大小进行调压，支管不带辅管。小区允许的水头偏差需在支管及其控制的毛管间分配，支管的管径需按其上所分配的允许水头偏差值确定。

（4）“支管＋辅管＋毛管”构成灌水小区，见图 4－11（*d*）、图 4－11（*f*）。图 4－11（*d*）为支管进口调压，支管上带辅管；图 4－11（*f*）为调整管径大小进行调压，支管上带辅管。小区允许的水头偏差需在支管及其控制的辅管、毛管间分配。运行时，单个或多个灌水小区构成一个轮灌组。

对于采用补偿式灌水器的滴灌工程，灌水器的流态指数一般小于 0.2，工作压力范围在 5～40m 水头之间，各灌水器工作水头要限制在其工作压力范围内，毛管的铺设长度应通过经济技术方案比选后确定。

综上所述，灌水小区可理解为滴灌工程中的水力设计、管网构成与工程运行的基本单元，灌水小区水力设计是大田滴灌工程设计中关键的环节。

二、灌水小区中支（辅）管和毛管的水力特征

（一）压力分布

构成灌水小区的支（辅）管与毛管一般为等径多孔管，假定沿管道有 N 个出口，沿水流方向孔口编号为 1、2、…、i…、N，对应每个出口的流量为 q_1、q_2、…、q_i、…、q_N，各出水口相应压力为 h_1、h_2、…、h_i、…、h_N，假设出流孔间距相等且 $q_1=q_2=\cdots=q_i=\cdots=q_N=q_d$，则其磨损比可近似用式（4－3）表示，相应压力水头可用式（4－4）表示。由式（4－3）可以绘制出能量坡度线图，如图 4－12 所示。由于分流的影响，实际上在每个孔口有一个水头跌落，从上游孔至下游孔跌落值逐渐减小。靠近上游，管道内流量较大，压力水头损失值大，压力水头线斜率大；沿管道流量逐渐减小，各段压力水头损失也逐渐减小，压力水头线斜率减小，压力水头线趋于平缓。N 个孔平均压力 h_d 在管道中的位置随 N 值不同而不同：当 $N>100$ 时，可近似认为 h_d 在 $0.38L$ 处，相应的磨损比 $R=0.73$；当 $N\leqslant100$ 时，h_d 在 $0.3\sim0.4L$ 处，相应的磨损比根据 N 值大小查阅《规范》附录 C 表 C1。

$$R_i=1-\left(1-\frac{i}{N+0.487}\right)^{m+1} \tag{4-3}$$

$$h_i=H-R_i\Delta H\pm\Delta H_i' \tag{4-4}$$

式中：R_i 为磨损比；i 为孔口编号；N 为孔口总数；m 为计算 ΔH 时所采用公式中的流量指数；h_i 为孔口 i 断面处的压力水头，m；H 为管道进口处的压力水头，m；ΔH 为管道全长的摩阻损失；$\Delta H_i'$ 为管道进口处与 i 断面处地形高差，顺坡为“＋”，逆坡为“－”，m。

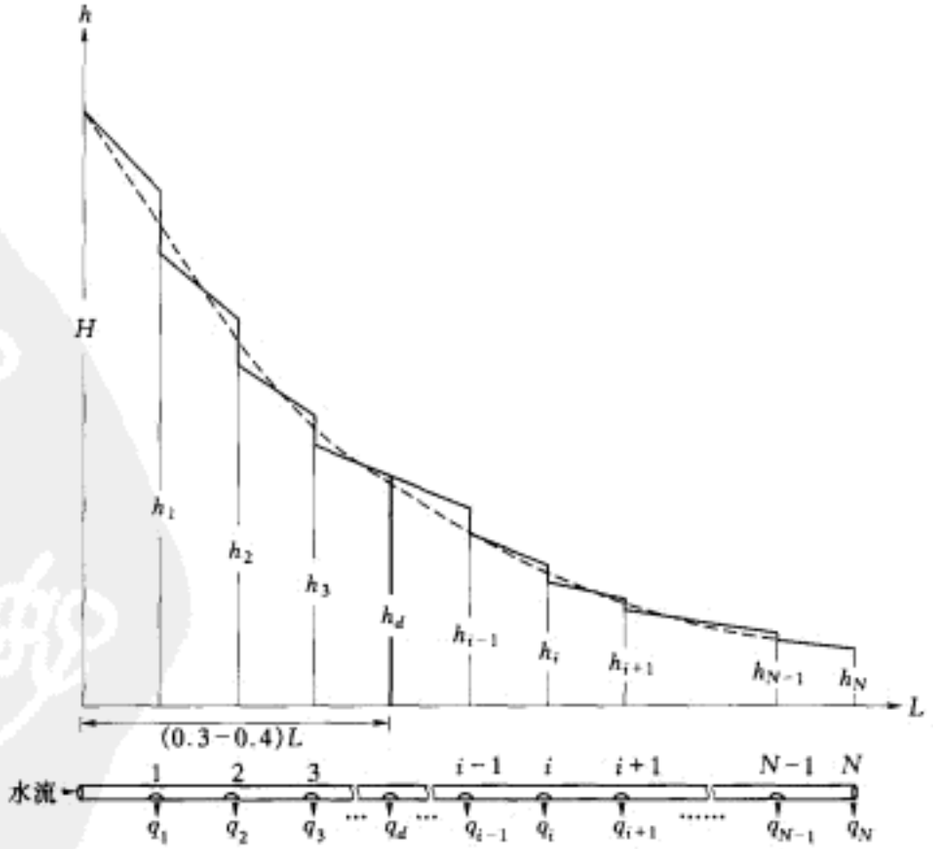


图 4－12　多孔管能量坡度线图

（二）一条毛管上最大工作水头孔口的位置

在均匀坡条件下（地形坡度为 J，平坡 $J=0$，逆坡 $J<0$，顺坡 $J>$

0)，一条毛管最大工作水头孔口的位置可能出现在毛管沿水流方向第 1 个孔或第 N 个孔（孔编号同图 4-12），其判别条件为

(1) 当 $J \leqslant 0$ 时，$h_1 = h_{max}$，$P_{max} = 1$

(2) 当 $J > 0$ 时，有

$$\frac{kfq_d^{1.75}\ (N-0.52)^{2.75}}{2.75Jd^{4.75}\ (N-1)}\begin{cases}>1, & h_1 > h_N,\ h_1 = h_{max},\ P_{max} = 1\\ =1, & h_1 = h_N = h_{max},\ P_{max} = 1 \text{ 或 } N\\ <1, & h_1 < h_N,\ h_N = h_{max},\ P_{max} = N\end{cases} \tag{4-5}$$

式中：k 为毛管水头损失扩大系数，$k = 1.1 \sim 1.2$；f 为摩阻系数；q_d 为毛管上单孔或灌水器流量，L/h；d 为毛管内径，mm；h_{max}为毛管上孔口的最大工作水头，m；h_1 为毛管上第 1 孔压力，m；h_N 为管道上第 N 孔压力，m；P_{max}为最大工作水头孔口编号；其余符号意义同前。

(三) 一条毛管上最小工作水头孔口的位置

一条毛管上最小工作水头分流孔的位置可用以下方法判定。

(1) 当 $\frac{Jd^{4.75}}{kfq_d^{1.75}} \leqslant 1$ 时，$P_{min} = N$

(2) 当 $\frac{Jd^{4.75}}{kfq_d^{1.75}} > 1$ 时，按式 (4-6) 计算：

$$P_{min} = N - \mathrm{INT}\left[\left(\frac{Jd^{4.75}}{kfq_d^{1.75}}\right)^{0.571}\right] \tag{4-6}$$

式中：P_{min}为最小工作水头孔口编号；其余符号意义同前。

(四) 一条毛管上各孔口的最大水头偏差

一条毛管上各孔口的最大水头偏差用下列方法计算：

(1) 当 $\frac{Jd^{4.75}}{kfq_d^{1.75}} \leqslant 1$ 时，按式 (4-7) 计算：

$$\Delta h_{max} = h_1 - h_N = \Delta H - \Delta H'$$

即
$$\Delta h_{max} = \frac{kfSq_d^{1.75}(N-0.52)^{2.75}}{2.75d^{4.75}} - JS(N-1) \tag{4-7}$$

(2) 当 $\frac{Jd^{4.75}}{kfq_d^{1.75}} > 1$ 且 $P_{max} = N$ 时，按式 (4-8) 计算：

$$\Delta h_{max} = h_N - h_{Pmin} = \Delta H'_{Pmin \to N} - \Delta H_{Pmax \to N}$$

即
$$\Delta h_{max} = JS(N - P_{min}) - \frac{kfSq_d^{1.75}(N - P_{min} + 0.48)^{2.75}}{2.75d^{4.75}} \tag{4-8}$$

(3) 当 $\frac{Jd^{4.75}}{kfq_d^{1.75}} > 1$ 且 $P_{max} = 1$ 时，按式 (4-9) 计算：

$$\Delta h_{max} = h_1 - h_{Pmin} = \Delta H_{1 \to Pmin} - \Delta H'_{1 \to Pmin}$$

即
$$\Delta h_{max} = \frac{kfSq_d^{1.75}[(N-0.52)^{2.75} - (N - P_{min} + 0.48)^{2.75}]}{2.75d^{4.75}} - JS(P_{min} - 1) \tag{4-9}$$

式中：Δh_{max}为一条毛管上各孔口最大水头偏差；S 为毛管上分流孔的间距，m；其余符号意义同前。

三、灌水小区的水力设计

(一) 水力设计的要求与任务

灌水小区水力设计需满足灌水均匀度要求，是通过限定同时灌水的各灌水器中，工作水头最大和最小的灌水器的流量偏差来保证，其流量偏差率需满足《规范》3.0.9 之规定，其压力水头差应在允许范围内。

灌水小区水力设计主要任务是确定小区允许水头偏差，根据灌水小区构成，将允许水头偏差进行分配并确定毛管的极限孔数和极限长度，若支（辅）管规格已经选定，还需确定支（辅）管的合适长度。

(二) 允许水头偏差及其分配

(1) 允许水头偏差的计算。灌水小区允许水头偏差 $[\Delta h]$ 依据《规范》，按式 (4-10) 计算：

$$[\Delta h] = [h_o]h_d \tag{4-10}$$

式中：$[\Delta h]$ 为灌水小区允许水头偏差，m；$[h_o]$ 为设计允许水头偏差率；h_d 为灌水器设计水头，m。

(2) 允许水头偏差的分配。以下论述参见图 4-11。

1)“一条毛管”构成灌水小区。在毛管进口安装调压稳流装置，若能使各毛管获得相同的压力与流量，支（辅）管上的水头变化不再影响灌水器出水均匀度，允许水头偏差应全部分配给毛管，即 $[\Delta h_2] = [\Delta h]$；若调压稳流装置存在着一定的偏差，使各毛管获得的压力和流量存在差异，则在计算毛管允许水头偏差值时，流量偏差率的取值应留有余地，一般取 18%～19%较为适宜。

2)“辅管＋毛管”构成灌水小区。小区允许水头偏差在毛管和辅管间

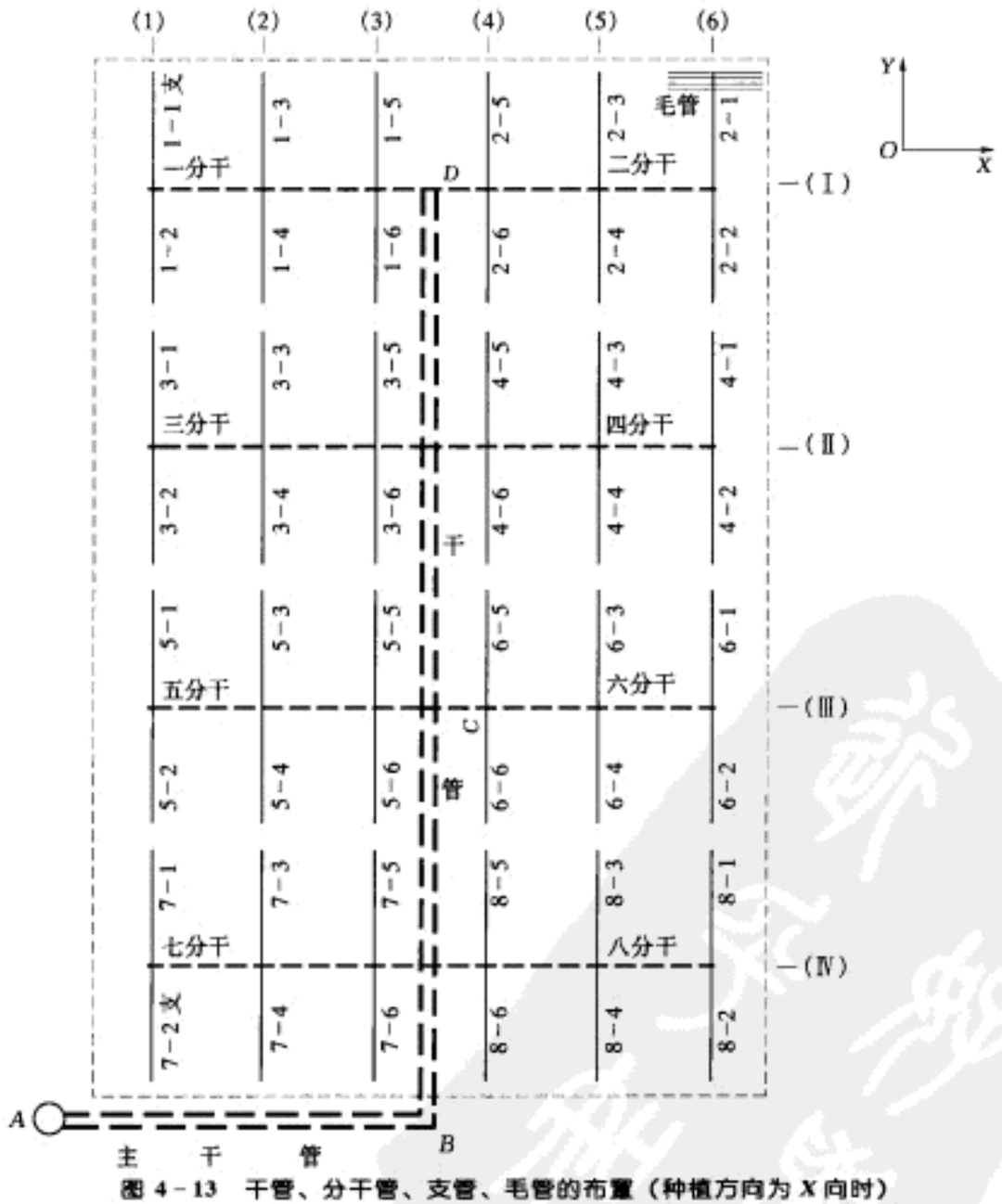


图 4-13 干管、分干管、支管、毛管的布置（种植方向为 *X* 向时）

说明：1. 支管铺设方向垂直于毛管，图中（1）、（2）、…、（6）等为各自位于同一条线上的 6 列支管序号。
2. 分干管铺设方向与毛管同向，它垂直于支管，图中（Ⅰ）、（Ⅱ）、…、（Ⅳ）等为各自位于同一条线上的 4 列分干管序号。
3. A 处为水源，图中 *ABCD* 为干管的一种布置线位。

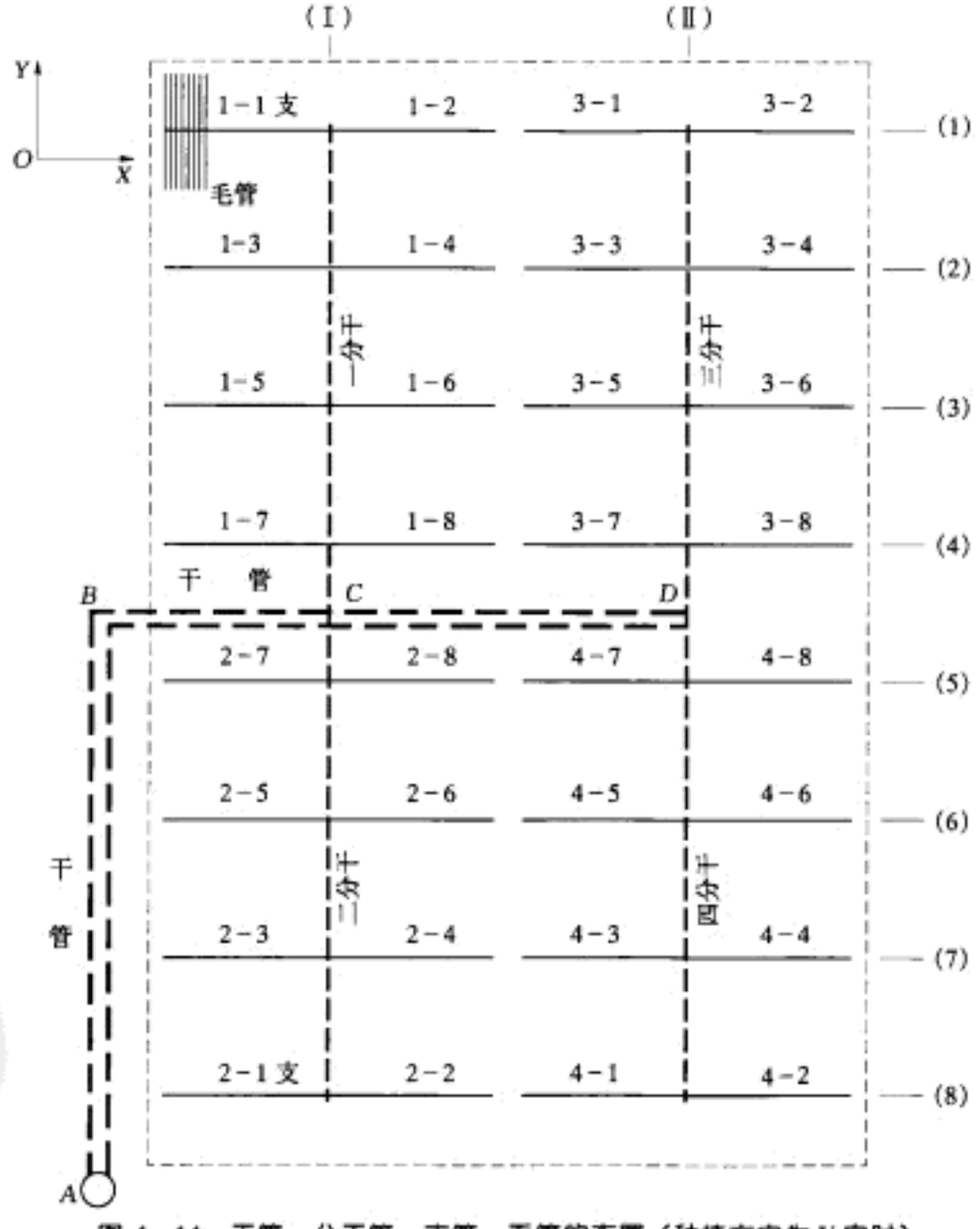


图 4-14 干管、分干管、支管、毛管的布置（种植方向为 *Y* 向时）

说明：1. 支管铺设方向垂直于毛管，图中（1）、（2）、…、（8）为各自位于同一条线上的 8 列支管序号。
2. 分干管铺设方向与毛管同向，它垂直于支管，图中（Ⅰ）、（Ⅱ）为各自位于同一条线上的 2 列分干管序号。
3. A 处为水源，图中 *ABCD* 为干管的一种布置线位。

分配。如毛管分配的多，则毛管铺设长度增加，可使支管间距加大而减少支管用量，相应也减少辅管用量。根据近几年的大田滴灌布置经验及统计资料分析，$\beta_3=0.45\sim0.35$ 和 $\beta_2=0.55\sim0.65$ 比较合理，采用式（4-13）和式（4-12）计算。

3）“支管＋毛管”构成灌水小区。小区允许水头偏差在毛管和支管间分配。如毛管分配的多则毛管铺设长度增加，可使支管间距加大而减少支管用量，但支管铺设长度减小，分干管列数增加、用量增多。平坡条件下 $\beta_1=0.45$ 和 $\beta_2=0.55$ 比较合理，采用式（4-11）和式（4-12）计算。

4）“支管＋辅管＋毛管”构成灌水小区。小区允许水头偏差在毛管、辅管和支管间分配，$\beta_1=0.35$、$\beta_2=0.45$ 和 $\beta_3=0.2$ 比较合适，采用式（4-11）、式（4-12）和式（4-13）计算。

支管允许水头偏差 $[\Delta h_1]$ 为：$[\Delta h_1]=\beta_1[\Delta h]$　　（4-11）

毛管允许水头偏差 $[\Delta h_2]$ 为：$[\Delta h_2]=\beta_2[\Delta h]$　　（4-12）

辅管允许水头偏差 $[\Delta h_3]$ 为：$[\Delta h_3]=\beta_3[\Delta h]$　　（4-13）

式中：β_1、β_2、β_3 为分别为允许水头偏差分配给支管、毛管和辅管的比例；$[\Delta h_1]$、$[\Delta h_2]$、$[\Delta h_3]$ 为分别为支管、毛管和辅管允许的水头偏差，m。

（三）毛管极限孔数和极限长度

1. 毛管极限孔数 N_m 的计算

（1）平坡条件下，依据《规范》4.3.6 按式（4-14）计算：

$$N_m=\mathrm{INT}\left(\frac{5.446[\Delta h_2]d^{4.75}}{kSq_d^{1.75}}\right)^{0.364}\qquad(4-14)$$

（2）均匀坡时，依据《规范》附录 C 按下列步骤计算。

1）降比 r 由式（4-15）计算：

$$r=\frac{Jd^{4.75}}{kfq_d^{1.75}}\qquad(4-15)$$

2）压比 G 由式（4-16）计算：

$$G=\frac{kfSq_d^{1.75}}{h_d d^{4.75}}\qquad(4-16)$$

3）计算极限孔数：

①当降比 $r\leqslant1$ 时，按式（4-17）试算：

$$\frac{[\Delta h_2]}{Gh_d}=\frac{(N_m-0.52)^{2.75}}{2.75}-r(N_m-1)\qquad(4-17)$$

②降比 $r>1$，按下述方法确定极限孔数：

a. 计算 $p'_n=\mathrm{INT}\ (1+r^{0.571})$。　　（4-18）

b. 按式（4-19）计算 Φ：

$$\Phi=\frac{[\Delta h_2]}{Gh_d}\frac{1}{r(p'_n-1)-\dfrac{(p'_n-0.52)^{2.75}}{2.75}}\qquad(4-19)$$

c. 根据 Φ 值，试算 N_m：

当 $\Phi\geqslant1$ 时，

$$\frac{[\Delta h_2]}{Gh_d}=\frac{1}{2.75}(N_m-0.52)^{2.75}-\frac{1}{2.75}(p'_n-0.52)^{2.75}-r(N_m-p'_n)\qquad(4-20)$$

当 $\Phi<1$ 时，$\dfrac{[\Delta h_2]}{Gh_d}=r(N_m-1)-\dfrac{(N_m-0.52)^{2.75}}{2.75}$　　（4-21）

2. 毛管极限长度 L_m 的计算

毛管极限长度 L_m 可按式（4-22）计算：

$$L_m=S(N_m-1)+S_0\qquad(4-22)$$

上述各公式中：S_0 为毛管进口至首孔的距离，m；其余符号意义均同前。

第四节　管网布设要求

一、管网布置的总要求

管网是滴灌工程的主体，是施行滴水的主环节，是工程投资的主项目。管网布置要达到：适应农作物种植结构、满足其生长期各阶段适时适量的需水要求，并且结构简单，有利于管理操作，安全运行，主要管路短，投资省、效果好。

二、各级管道布置的相对关系

（1）作物种植方向是干管、分干管、支管、毛管布置方向的主导因素。

（2）干、分干、支（含辅管）、毛管四级依次成正交，即干管与分干，分干与支管（含辅管），支管（含辅管）与毛管相互垂直。

（3）尽量使分干管在干管两侧布置并力求对称，以节省投资，方便轮灌设计和运行（下同）；支管在分干管两侧布置并力求对称；毛管在支管两侧布置。

因为毛管铺设走向要与作物种植方向同向，所以，支管（含辅管）与作物种植方向垂直，分干管布设方向与作物种植方向则平行。

（4）目前滴灌系统的管网布设基本上呈“树枝状”。一般以干管为“纲”，呈“丰”字形和梳子形。

以上关系见图 4-13 和图 4-14。

三、各级管道需达到的要求及对其的制约条件

（一）毛管

（1）毛管铺设方向必须顺延作物种植方向。

（2）毛管的间距（S_L）是由作物的种植结构——株距和行距及其需水要求，结合土壤性质及毛管自身的水力特性决定的。

（3）毛管的铺设间距 S_L 一旦被确定，则毛管亩用量和本滴灌系统毛管的总用量是一个定值。即

毛管亩用量或每公顷用量：

$$L_{亩}=\frac{666.7}{S_L}\text{（m/亩）}\quad 或\quad L_{公顷}=\frac{10000}{S_L}\text{（m/hm}^2\text{）}\qquad(4-23)$$

系统毛管总用量：　　$L_{系}=L_{公顷}\times A$　　（4-24）

式中：$L_{亩}$ 为毛管亩用量，m/亩；$L_{公顷}$ 为毛管每公顷用量，m/hm²；$L_{系}$ 为系统毛管总用量，m；其余符号意义同前。

（4）毛管的计算极限长度 L_m，是毛管的最大铺设长度的限值；毛管的实际铺设长度视本地块尺寸及由其制约的支管间距来确定。但无论毛管的实际铺设长度最后确定是多长，由 3 款可知，其亩用量、系统毛管总用量不变。

（5）毛管上出水孔间距和孔的出水量由作物需水要求、土壤性质、气候条件等综合确定。对大田棉花膜下滴灌而言，近几年的生产实践提供：毛管用 PE 材料，直径 16mm，出水孔间距 0.2～0.5m，灌水器流量 1.0～3.2L/h 是比较适宜的，效果好。

（6）在平坡地形条件下，毛管与支（辅）管相互垂直，并在支（辅）管两侧对称布设。在均匀坡地形条件下，毛管在支（辅）管两侧布设，并依据毛管水力特性计算，逆坡向短，顺坡向长；当逆坡向水力特性不佳时，则仅采用顺坡向铺设。

（7）布设毛管时，不能穿越田间机耕作业道路。

（8）平坡及一定的均匀坡地形范围大多采用非补偿式灌水器，地形坡度大或起伏大时，压力变化大，则采用压力补偿式灌水器。必要时，需在毛管进口处设置压力流量调节器。

（二）支管

（1）支管往往是构成灌水小区的关键因素，支管的长短要满足小区内灌水均匀度的要求。

（2）当有辅管，并构成辅管的灌水范围内的灌水小区时，则支管的长度不受灌水小区水力特性的牵制。

当有辅管，并由毛管、辅管、支管共同形成灌水小区时，支（辅）管的长度要根据小区内允许水头差、允许流量偏差来确定，其实际铺设长度还要根据其铺设方向线上地块的长度，进行合理的调整。

（3）支管的实际铺设长度决定着分干管的列数❶，铺设长度长，分干管列数减少，对降低管网系统投资起明显作用。

（4）支管的间距是由毛管的实际铺设长度制约，并依据毛管铺设方向线上地块的尺寸合理调整决定。毛管长度长，支管间距大，支管的列数❷就减少，对降低管网系统投资起着一定的作用。

（5）按系统压力均衡需要，必要时要在支管进口处设置压力—流量调节器。

（6）就大田棉花膜下滴灌而言，支管的实际铺设长度 100～150m 较适

---

❶ 分干管列数：位于同一条布设线上的多条分干管，称为一列分干管。分干管列数少，其总量就小，见图 4-13、图 4-14 和其说明 2。

❷ 支管列数：位于同一条布设线上的多条支管，称为一列支管。支管列数少，其总量就小，见图 4-13、图 4-14 和其说明 1。

一、管网系统布置的方法

根据近几年大面积的生产实践和大量的工程设计探索，对大田滴灌工程归纳了一个实用的管网系统布置方法，即“抓两头，攻中间”。

“两头”即管网的起端和终端——干管和毛管。

“中间”即内部结构——分干管和支管。

抓“两头”，即首先要从干管和毛管开始，因为它们处于系统之首、尾，是边界，加上水流方向和作物种植方向的要求和制约，自身位置就基本被锁定了，整个管网系统就被“框”定。所以，它们是管网系统的制约者。

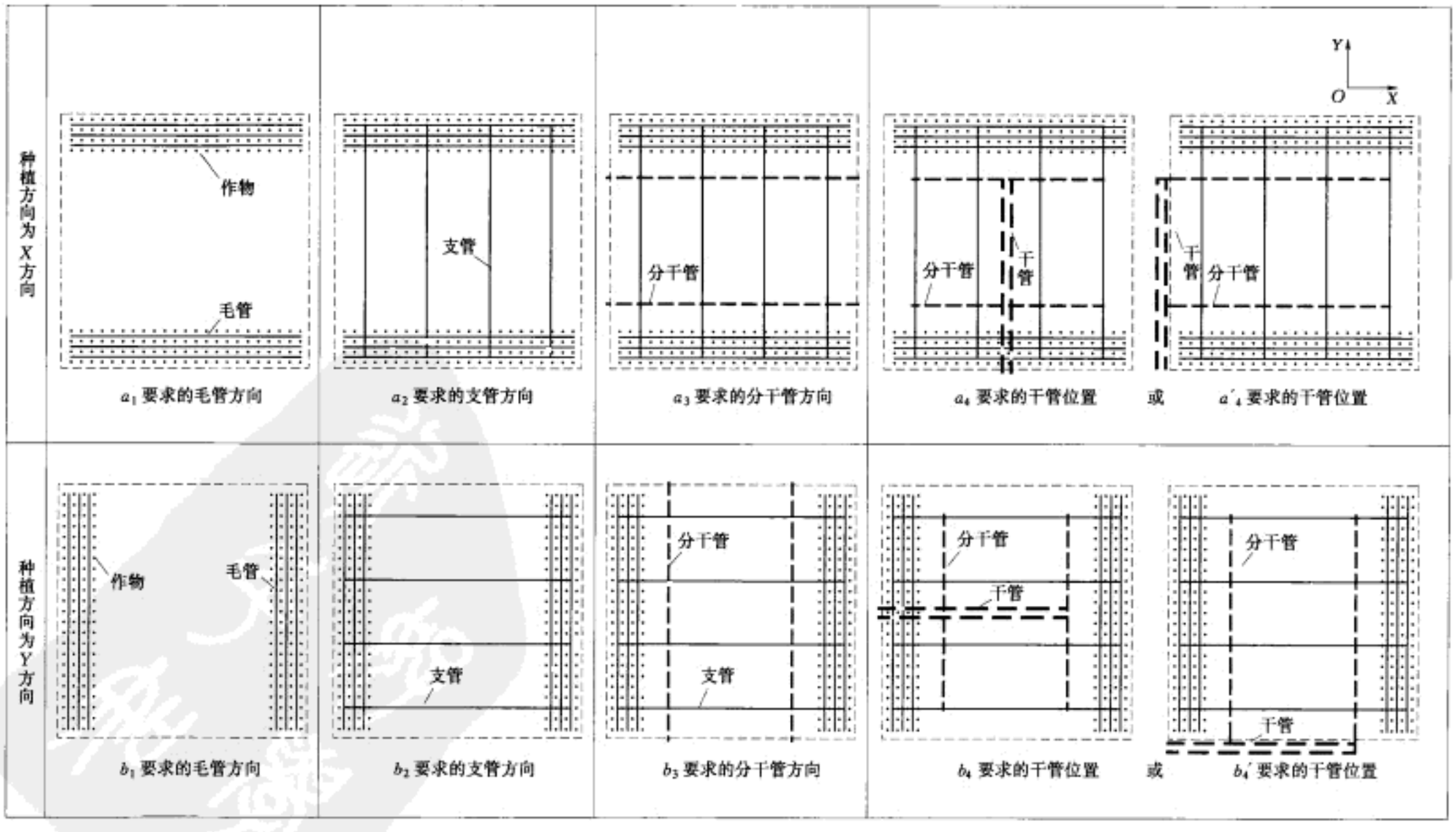


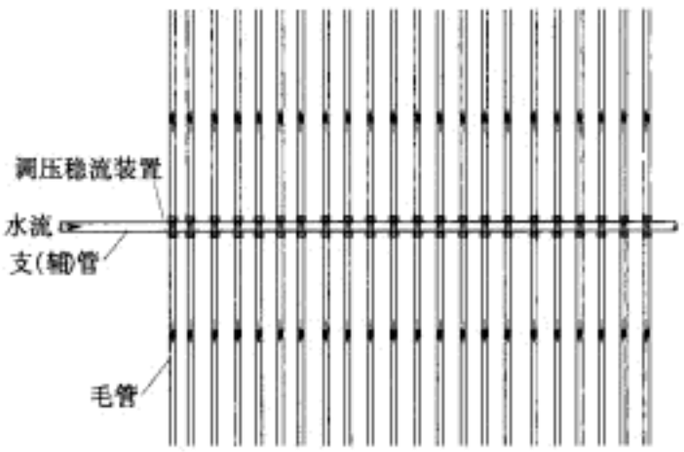
图 4－16　毛管铺设方向不同时管网系统布置的变化

一、灌水小区的构成

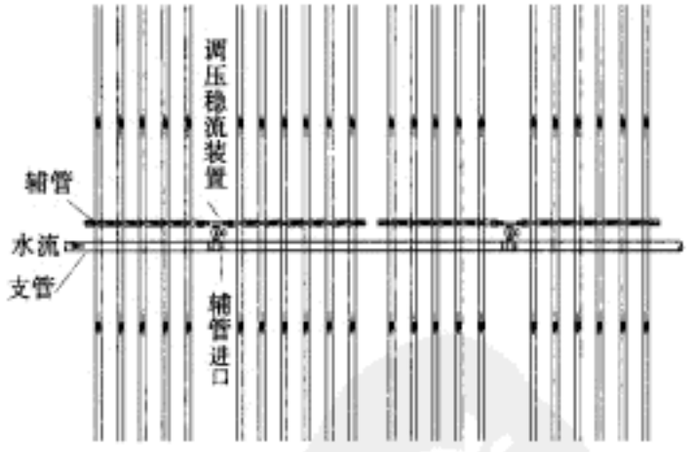
《规范》中以一条支管控制的灌溉范围为一个灌水小区，并进行水力设计。灌水小区的构成为支管和该支管控制的毛管。在近几年大田滴灌工程迅速发展的实践中，灌水小区得到了不断延伸、扩展。采用不同的灌水器，不同的调压位置，产生不同的灌水小区构成，灌水小区的水力设计也不同。

目前，滴灌绝大多数采用非压力补偿式灌水器，灌水小区构成主要有以下几种模式如图 4－11 所示。

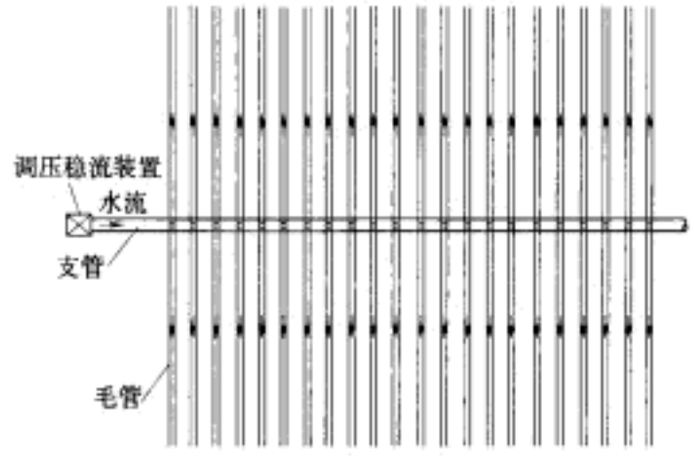
（1）“一条毛管”视作一个灌水小区，见图 4－11（*a*）。在毛管进口段调压，使各毛管进口水头相等时，小区设计允许水头偏差应全部分配给毛管，毛管的铺设长度应通过经济技术方案比选后确定。



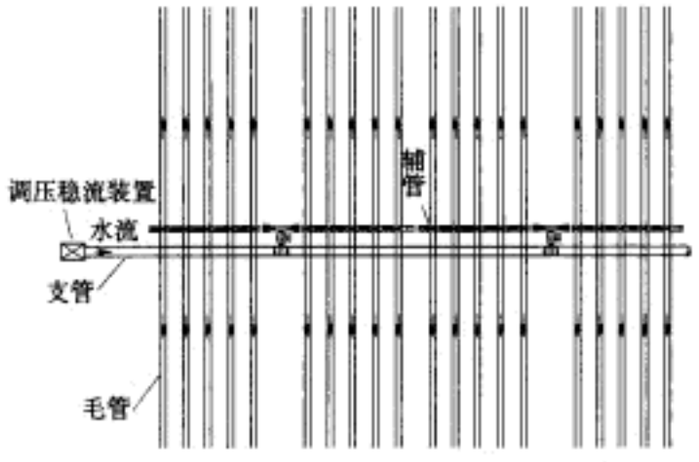
（*a*）灌水小区构成：一条毛管
调压位置：毛管进口处



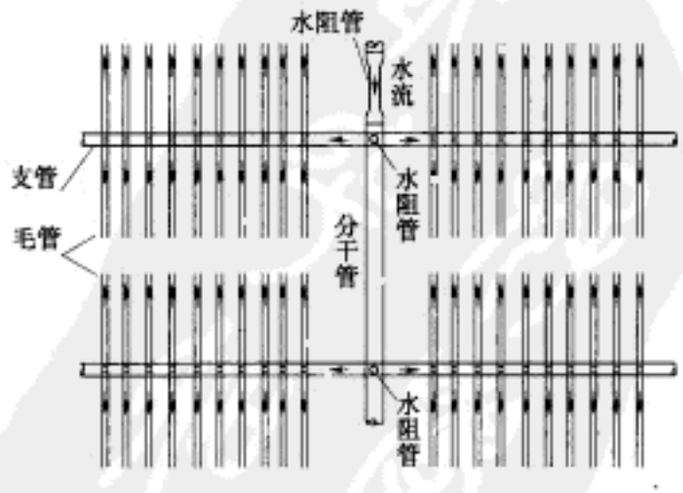
（*b*）灌水小区构成：辅管＋毛管
调压位置：辅管进口处



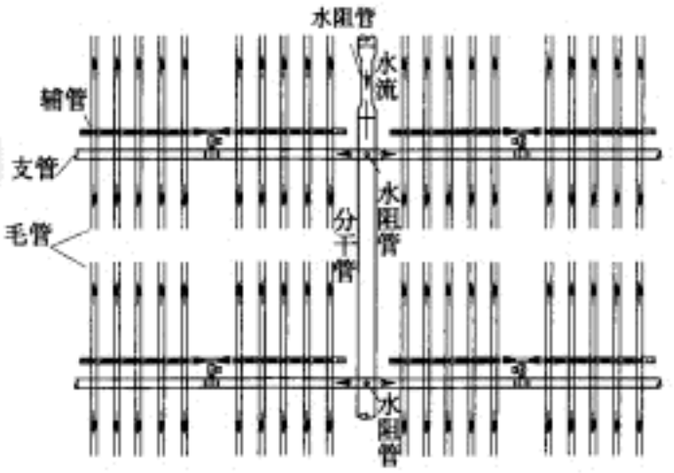
（*c*）灌水小区构成：支管＋毛管
调压位置：支管进口处



（*d*）灌水小区构成：支管＋辅管＋毛管
调压位置：支管进口处



（*e*）灌水小区构成：支管＋毛管
调压位置：分干管进口处与支管进口处



（*f*）灌水小区构成：支管＋辅管＋毛管
调压位置：分干管进口处与支管进口处

图 4－11　滴灌灌水小区的构成图

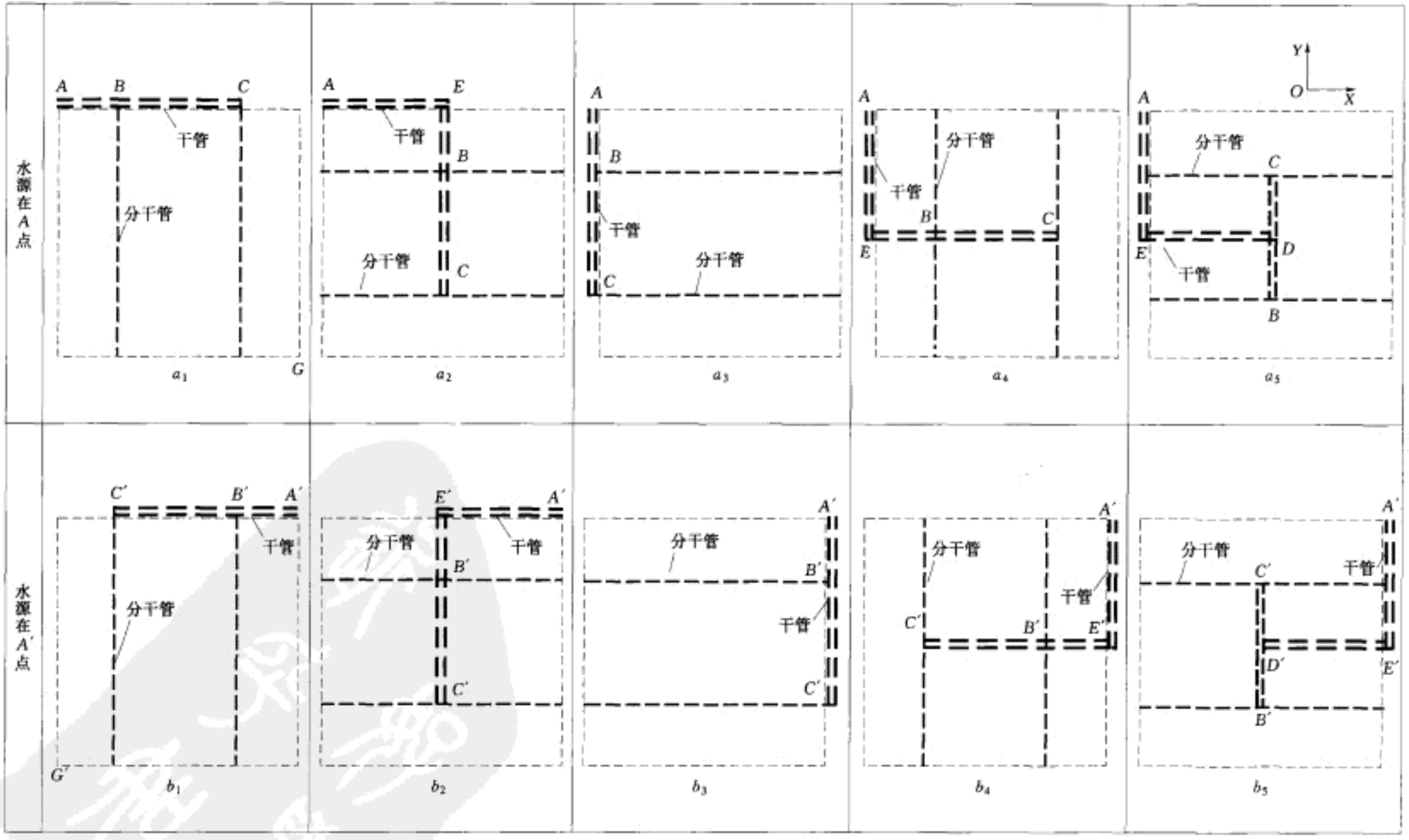


图 4－17　水源位置不同时干管位置及其铺设走向的变化

说明：1. 图中，干管的水源可以理解成地表水或地下水，如图中 A 点，是干管的进口处，可以看作是渠道来水，也可以看作该处是一口井；同理，B、C、D、E 处及 A'、B'、C'、D'、E'处均可这样理解。

2. 当水源在图中的 G 或 G'点时，干管的布置与 A、A'点的规律相同。

"攻中间"，即是分干管与支管的布置。他们牵涉的因素多又相互制约，既受首、尾——干管和毛管所制约，自身"弹性"又很大，它们的布置要平衡系统流量和压力的变化，要有利于系统轮灌运行方式及运行压力，使操作简便，安全运行，投资合理等。

二、管网系统布置的步骤

(1) 根据设计年灌溉期、作物月平均耗水强度峰值、作物补充灌溉强度等，定出作物的灌溉制度，作为管网设计的主参数。

(2) 定出毛管的铺设方向及与之相应的管网系统。根据作物的种植方向，定出毛管的铺设方向，作出毛管铺设方向不同时，管网系统的结构变化，见图 4-16。需要说明的是，对一个具体的滴灌工程，其种植方向是农业生产确定了的，图 4-16 中列出种植方向为 OX 或 OY 时，是为了比较，使人看出，种植方向不同，管网的框架结构就不同，但规律性很明显。实际设计时，取其中一个方向即可。

(3) 定出干管铺设方向的方案。当水源位置不同时，干管铺设位置的变化，见图 4-17。这里仍需说明的是，对一个具体滴灌工程，水源位置根据总体规划布置，是确定了的。图中列出的当水源位置不同时，干管位置就有不同，但有明显的规律性，实际设计时可经比选确定一个位置。

(4) 定出管网系统框架图。将图 4-16 与图 4-17 进行对照，就可以

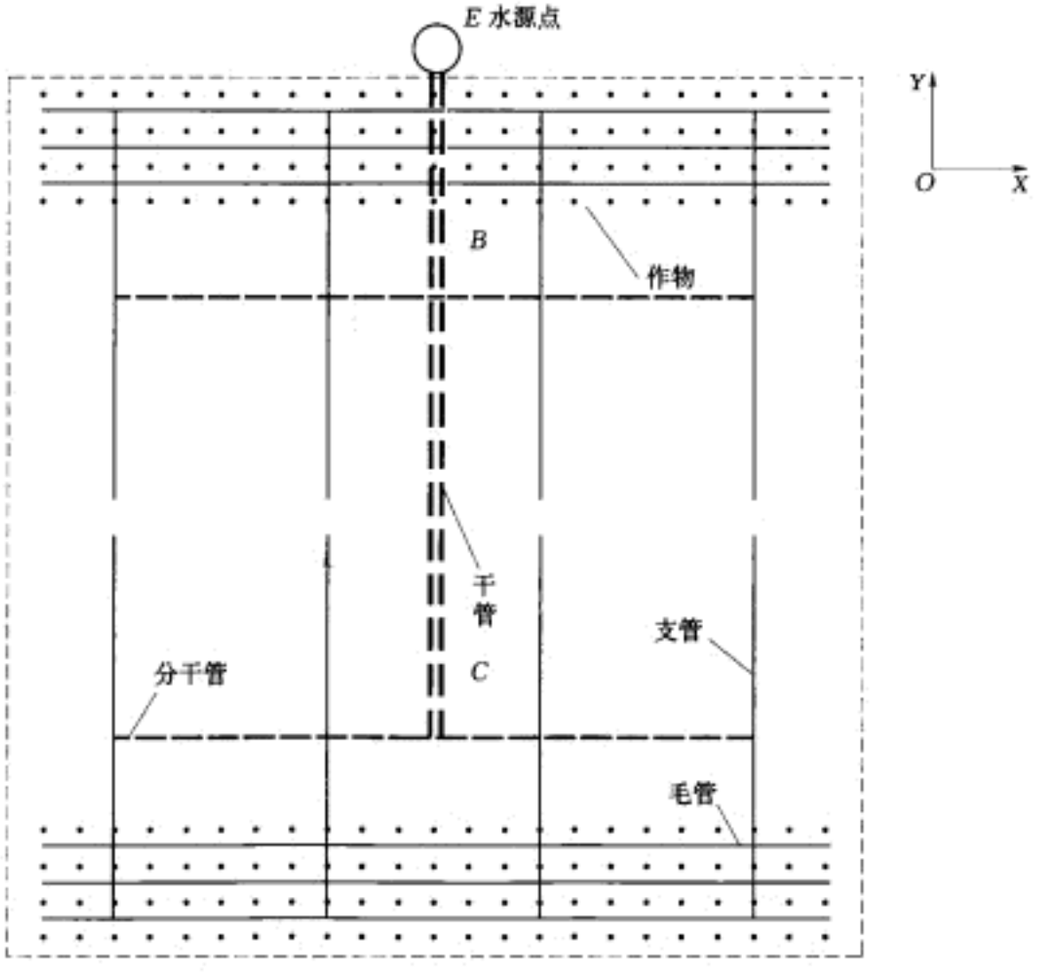


图 4-18　种植方向为 OX，干管进水口位置在 E 点时的管网系统框架图

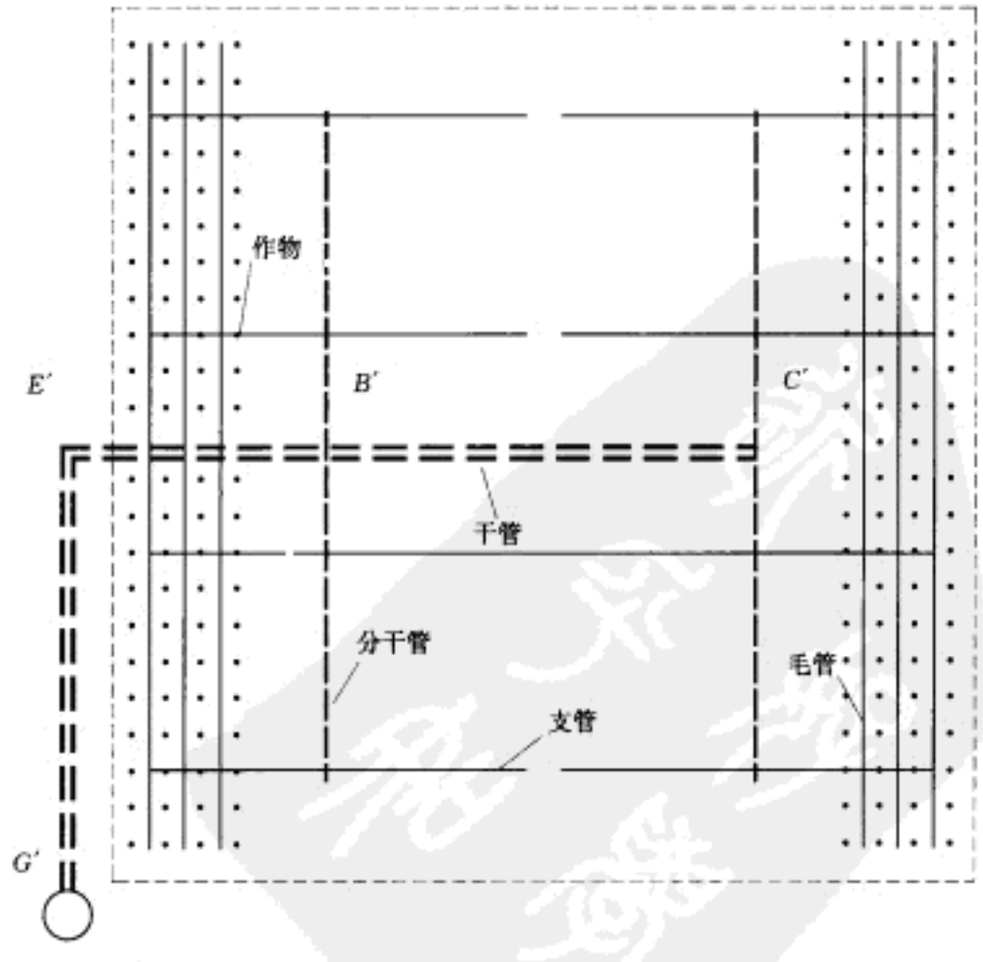


图 4-19　种植方向为 OY，干管进水口位置在 G' 点时的管网系统框架图

宜，常用 PE 管材铺设于地表，灌溉期结束后回收保管，多年使用，管径一般为 de63、de75、de90。辅管基本上采用 de32，较少采用 de40。

（7）双向布设毛管的支管，不要使毛管穿越田间机耕道路。当毛管在支管一侧布置时，支管可以平行田间道路布设。

（8）辅管的布置及其与其他管道的相互关系与支管类同，文中多处用“支（辅）管”表达，即是这个含意。详见第七章设计实例中介绍。

（9）沿毛管铺设方向地形为均匀坡时，如毛管在支管两侧双向布置，支管位置如图 4－15 所示：上、下坡毛管进口压力相等、铺设长度不同，支管位置应能使上、下坡毛管上的最小压力水头相等。具体计算见第七章设计实例 2（2－Ⅰ－2）与实例 9（9－Ⅱ－2）。

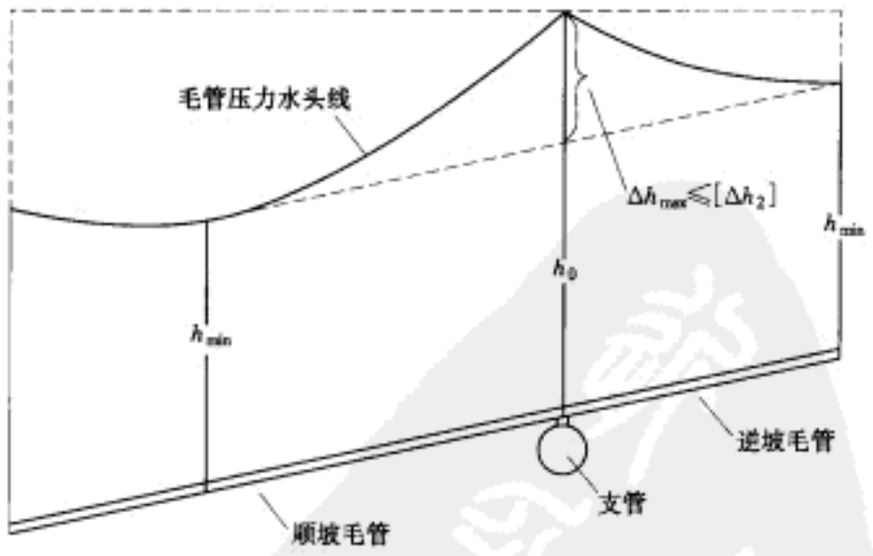


图 4－15　均匀坡条件下支管布设位置示意图

（三）分干管

（1）分干管的作用是按轮灌方案向支管配水。它的布置受支管的实际铺设长度制约。支管长度长，分干管的列数少，分干管的总数量就小。

（2）分干管与干管垂直并在干管的两侧布置，力求对称。若因干管布置的要求，有时只能在干管一侧布设。

（3）每条分干管的实际铺设长度根据支管布置确定。

（4）管网系统中分干管采用 PVC—U 管，埋设在冻土深度以下。棉花滴灌常用 de110、de160、de200 等管径作分干管。

（5）分干管布设尽量与道路、沟渠同向，以便运输、安装、维护，但需考虑由其供水的支管铺设和运行需求。

（6）减少分干管数量对降低系统投资有显著作用。

（四）干管

（1）干管是管网系统中的纲，它的起点由所灌溉地块的地形条件和形状及首部枢纽的位置来确定。其铺设位置方向决定着整个管网系统的布置和运行方式，从而决定着管网系统的总投资。

（2）一般将干管进口及其走向布置在整个滴灌区的高处，如有地形落差条件，尽可能形成自压滴灌条件。

（3）干管布设要尽量顺直，其总长度最短，在其平面与立面上尽量减少转折。

（4）干管应与道路、林带、电力线路平行布置，尽量少穿越障碍物，不要干扰油、气、光缆等线路。

（5）在可能与需要情况下，进入田间前的输水总干管兼顾综合利用的要求。

（6）干管应尽量布设在地基较好处，若只能布置在较差的地基上，要妥善处理。

（五）上一级管道向下一级管道的配水方式

一般情况下，干管（或主干管）本身为连续供水；干管向其所供水的分干管中一条集中配水或轮流向其中几条配水；分干管以轮灌方式向一条支管或一组支管依次轮流配水，支管以轮灌方式向一条或多条辅管依次轮流配水，每条辅管则为其上的所有毛管连续供水。

第五节　管网系统布设的方法和步骤

管网要依据灌水小区水力设计和农作物的种植、生长等生产条件及其所处的地块、土壤、气候等环境因素和当地或周围地区农业生产的经验等布设，务必达到管网布置的要求。

比较方便地“对号入座”，定出适应毛管铺设方向，又同水源位置结合的干管铺设方向及分干管与支管的管网系统结构框架。

如种植方向为 X 方向，水源点是 E 点，则将图 4-16（a_1）与图 4-17（a_2）联画，即可得出需要的框架图，见图 4-18。

同理，若种植方向为 Y 方向，水源点是 G'，则可以对照出图 4-16（b_1）或（$b_{1'}$）[根据地形坡度及周边道路情况定图 4-16（b_1）]，与图 4-17 的（b_2），得出所需的管网系统框架图，见图 4-19。

第六节 管网的水力计算

管网水力计算按两步进行，首先是按产生水泵出口扬程最大的管路逆水流方向从毛管→支（辅）管→干管计算各级管道水头损失和灌水小区进口所需压力，确定调压装置。再待系统水泵型号选定后，根据水泵工况点由水泵→过滤设施→干管→支（辅）管→毛管推算节点压力，进行节点压力均衡验算和水锤压力防护验算。

一、各级管道流量推算

按第一章所述，将轮灌方案确定后，按轮灌组计算各级管道中的设计流量。

1. 毛管设计流量

各毛管进口平均设计流量按式（4-25）计算：

$$Q_{毛} = Nq_d \tag{4-25}$$

式中：q_d 为毛管上灌水器或出水口的平均流量，L/h；N 为毛管上灌水器或出水口的数目。

2. 支（辅）管设计流量

一条支（辅）管同时开启的 N_1 条毛管时，用式（4-26）计算其进口流量 $Q_{支(辅)}$：

$$Q_{支(辅)} = \sum_{1}^{N_1} Q_{毛i} \tag{4-26}$$

式中：$Q_{毛i}$ 为支（辅）管上第 i 条毛管的流量，L/h。

3. 干管设计流量

干管流量需分段计算，设某段干管所控制的支（辅）管运行时同时开启数为 N_2 时，则该段干管流量 $Q_{干}$ 可用式（4-27）计算：

$$Q_{干} = N_2 Q_{支(辅)} \tag{4-27}$$

二、毛管水力计算

（一）平坡条件下毛管水力计算

1. 毛管总水头损失 $h_{毛}$

平坡条件下，依据《规范》中 4.2.2 并计入局部水头损失，按式（4-28）计算：

$$h_{毛} = \frac{\kappa f S_d q_d^m}{d^b}\left[\frac{(N+0.48)^{m+1}}{m+1} - N^m\left(1-\frac{S_0}{S_e}\right)\right] \tag{4-28}$$

式中：$h_{毛}$ 为毛管水头损失，m；f、m、b 为分别为摩阻系数、流量指数和管径系数，依次为 0.505、1.75、4.75；N 为毛管实际出水孔个数；q_d 为滴头设计流量，L/h；S_0 为进口至首孔的间距，m；k 为水头损失扩大系数，$k=1.1\sim1.2$。

2. 毛管进口工作压力 h_0

根据平坡条件下多孔出流管压力分布特点，采用平均水头法按式（4-29）计算毛管进口工作压力：

$$h_0 = h_d + R\times\frac{kfS_d q_d^{1.75}(N-0.52)^{2.75}}{2.75d^{4.75}} + \frac{kfS_0(Nq_d)^{1.75}}{d^{4.75}} \tag{4-29}$$

式中：h_d 为滴头设计工作压力，m；R 为平均磨损比；其余符号意义同前。

（二）均匀坡条件下毛管水力计算

（1）毛管上出水孔最大压差根据式（4-7）或式（4-8）或式（4-9）计算。

（2）毛管进口工作水头可根据《规范》附录中式（C14）和式（C15）或式（C20）计算。

三、支（辅）管水力计算

辅管为多孔管（孔数 $N\geqslant3$），其水力计算同毛管，包括水头损失计算

和进口压力的确定，不同的是其出水孔流量为一条毛管（单侧布设毛管）或成对毛管（双侧布设毛管时）的设计流量。

当支管呈多口出流时，其水力计算方法和辅管计算方法相同。当支管上出流孔小于3孔时，其管径由经济流速求出，作为初选管径。总水头损失依据《规范》按式（4-30）计算：

$$h_{支} = \frac{kfQ_{支}^{m}}{d^{b}}L \tag{4-30}$$

式中：f、m、b为分别为摩阻系数、流量指数和管径指数；L为支管长度，m；$Q_{支}$为支管设计流量，L/h；d为支管内径，mm；k为水头损失扩大系数，取$k=1.1\sim1.2$。

四、干管水力计算

干管水力计算按两步进行，首先按既定系统工作制度确定出产生水泵最大扬程的轮灌组运行时各级管道中流量，计算并确定合理的干管管径，再计算干管各段的水头损失。

1. 干管直径的确定

干管管径的选择，以系统运行费与投资费用之和最小来判定，并根据承受压力确定各管段的管径。经济管径的内径D'的计算[1]依据式（4-31）：

$$D' = 10(t_n x_n)^{0.15} Q_{干}^{0.43} \tag{4-31}$$

由于管材价格的变化，需用式（4-32）将管径修正：

$$D = (3900/Y')^{0.15} D' \tag{4-32}$$

式中：t_n为年运行时间，h，作物不同，灌溉制度不同，系统年运行时间不同，取值不同；x_n为电费，元/（kW·h）；$Q_{干}$为干管各段设计流量，m^3/h；Y为PVC—U管现行价格，元/t。

2. 水头损失计算

依据《规范》中4.2.1并计入局部水头损失，按式（4-33）计算：

$$h_{干} = \frac{kfQ_{干}^{m}}{d^{b}}L \tag{4-33}$$

式中：f、m、b为分别为摩阻系数、流量指数和管径指数；其余符号意义同支管水头损失计算公式。

五、节点压力均衡验算

由以上计算，并考虑首部枢纽水头损失后，可选定水泵型号。根据水泵运行工况点，确定出主干管进口工作水头后，可依据式（4-34）逐级计算下游各节点压力水头值，进行节点压力均衡验算，详见第七章设计实例有关内容。

$$h_{计} = h_{上} - \sum h_i \pm \Delta H' \tag{4-34}$$

式中：$h_{计}$为计算节点的压力，m；$h_{上}$为紧靠并向计算节点供水的上游节点的压力，m；$\sum h_i$为上游节点与计算节点之间管段的水头损失，m；$\Delta H'$为上游节点与计算节点之间高程差，顺坡为“+”，逆坡为“—”，m。

从同一节点取水的各条管线同时工作时，必须比较各条管线对该节点的水头要求。可调整各条管线与节点之间的相应管段的管径（或出地管），使各管线的工作水头偏差值在设计允许水头偏差值的范围内，也可以在各条管线的进口节点处设置调节装置，满足同样要求。如图4-20，O节点通过A、B、C、D4个节点向相应4条支管供水，显然，当节点O向4条支管同时供应等流量水量时，节点A、B、C、D因线路水头损失的不同使工作压力依次减小，若以节点D处支管1的进口压力值为设定值，则可以调节$OABCD$线路内的管径或出地管管径，使支2、支3、支4进口压力达到要求值。图4-20（a）即为调整节点A、B、C处的出地管管径；也可以在支2、支3、支4处设置调压装置，使他们的进口压力达到要求值，见图4-20（b）。

六、水击压力验算与防护

管网系统运行时，可能发生水击，管道内可能会因压力超过管材公称压力或管内出现负压而损坏管道。对于滴灌专用聚乙烯管可不进行水击压力计算，对于聚氯乙烯管依据《规范》4.5的规定进行计算和必要的防护。

[1] 经济管径的计算公式参考喷灌工程设计手册编写组，《喷灌工程设计手册》（第十章），北京：水利电力出版社，1989。

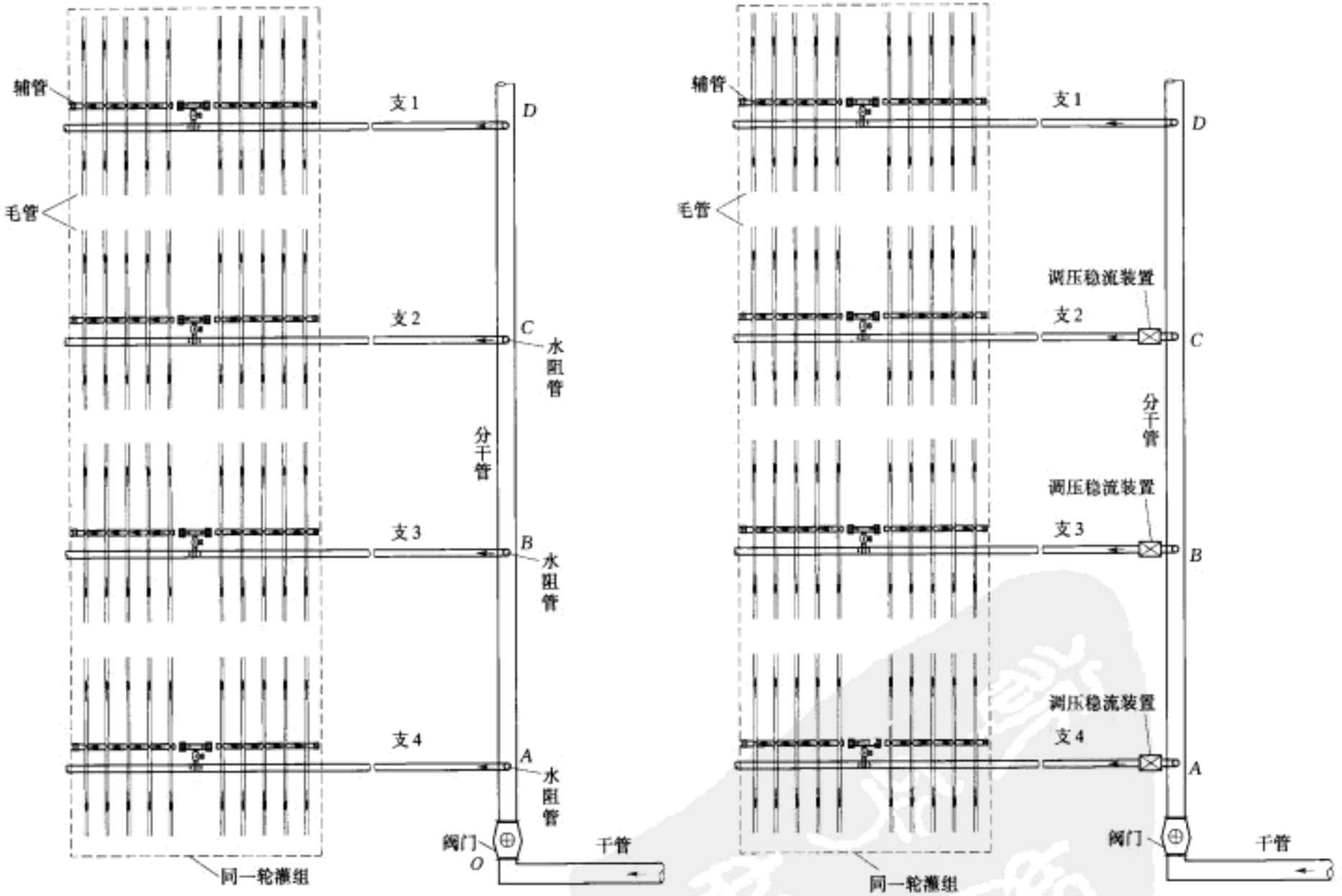


图 4-20　节点压力均衡调节图

(a) 管径调压；(b) (可在支管或辅管或毛管进口) 设置调压装置

第五章　滴灌系统的土建工程及大田膜下滴灌毛管铺设与回收

滴灌水流自沉淀池起，到田间灌水系统，涉及的土建工程主要有沉淀池，首部枢纽土建，输水管网中的管槽、各类阀门井和排水井、镇墩等，安装量测、保护、控制设施的构筑物等。本章着重对沉淀池设计进行介绍，其结构设计可参阅有关资料；同时介绍毛管的铺设与回收机械及仓库，对其他土建工程则就其作用等作简单说明，具体设计需按相关专业要求进行。

第一节　沉　淀　池

《规范》5.1.2 规定："灌溉水中有机物含量大于 100ppm，或粒径大于 500μm 时，应使用沉淀池或旋流水砂分离器作初级处理，……"。滴灌系统中，利用地表水作水源的系统很多，一般说来，水中泥沙含量大，尤其是灌溉季节通常为河流汛期，挟带的泥沙多、粒径大，所以这些滴灌系统都设有沉淀池。表 5-1 给出了新疆主要河流悬移质泥沙不同粒径含量百分比。从表中看出，粒径大于 0.05mm 者占泥沙含量总重量的 30.6%～67.5%。因目前大田滴灌所用灌水器的流道孔径一般为 0.5～1.0mm，要求所选过滤器能将大于 1/10 的流道直径的杂质拦截，即 0.05～0.1mm。所以，若将 0.05mm 定为沉淀池所需去除泥沙的设计标准粒径，就可以达到《规范》的要求。以下就沉淀池设计作一介绍。

表 5-1

新疆主要河流悬移质泥沙不同粒径含量百分比表

河　名	站　名	年　份	年平均小于某粒径沙重的百分数（%）									水沙特征
			粒　径　级（mm）									
			0.005	0.01	0.025	0.05	0.10	0.25	0.5	1.0	2.0	
喀拉喀什河	乌鲁瓦提	1985	5.3	10.5	21.5	52.1	70.7	90.1	99.3	99.8	100	平水少沙年
		1987	4.9	9.2	19.6	59.3	88.5	96.9	99.7	100		少水多沙年
提兹那甫河	江卡	1966		8.1	26.7	61.1	92.4	96.9	99.6	100		丰水多沙年
叶尔羌河	卡群	1967	1.6	5.0	17.0	39.0	64.3	85.4	96.8	100		丰水多沙年
		1975		8.3	26.3	51.3	76.2	93.3	99.7	100		少水少沙年
	48 团渡口	1975		10.2	28.1	56.2	85.0	98.1	99.99	100		少水少沙年
库山河	沙曼	1966		7.2	18.2	33.1	51.1	71.5	92.1	99.8	100	中水多沙年
盖孜河	布伦口	1967		12.0	28.4	45.5	69.3	91	98.6	99.9	100	丰水多沙年
克孜河	卡拉贝利	1966	13.6	21.4	43.3	63.6	80.4	91.7	98.1	99.8	100	多水多沙年
		1973	13.2	21.0	46.9	69.4	86.1	95.9	99.2	99.97	100	丰水多沙年
玛纳斯河	红山嘴	1967	14.7			42.3		80.5	95.5		100	少水平沙年
伊犁喀什河	托海	1977	2.0	3.5	14.0	32.5	80.0	98.0	99.0	100		少水平沙年

注　1. 本表摘自《新疆河流水文水资源》251 页表 10-1-1。
2. 除玛纳斯河属于新疆天山北坡河流，伊犁喀什河属于新疆西部伊犁河水系外，其余均属于南疆塔里木河水系。

一、滴灌工程沉淀池的作用及其组成部分

（一）沉淀池的作用

沉淀池是水质净化处理的主要设施之一，其作用有二：

（1）清除水中存在的泥沙等固体杂质。水体中一般含有泥沙等固体杂质，当含量超过了过滤器的处理能力时，可使用沉淀池作为初级过滤设施。

（2）除去铁、锰等有害杂质。水体中有溶解氧存在，且 pH 较低，铁、锰等物质以可溶的形式存在。当水中的 CO_2 由于压力的降低和温度的升高等原因而逸出，水的 pH 值增大，引起铁、锰等物质的氧化和沉淀。

（二）沉淀池的组成部分

沉淀池分为进水区、沉淀区、出水区三部分。

（1）进水区。进水区的作用是使水流均匀地分布在整个进水截面上，并尽量减少扰动，包括输水渠道和沉淀池的连接段。

（2）沉淀区。是沉淀池的主体部分，水中泥沙在此区沉淀。沉淀区的长度 $L_{沉淀池}$ 决定于水的流速 v 和停留时间 $T_{停留}$；沉淀区的宽度 $B_{沉淀池}$ 决定于流量 Q、有效水深 H_1 和水流速 v；沉淀区深度 H_3 等于沉淀区有效水深 H_1 与存泥设计深度 H_2 以及安全超高 Δ 之和，即 $H_3 = H_1 + H_2 + \Delta$。沉淀区的有效水深 H_1 一般大于 1.0m，存泥设计深度 H_2 按公式计算确定，Δ 值在 0.25m 左右。沉淀区的长、宽、深之间相互联系，应综合研究决定，还应核算表面负荷率。再者，在沉淀区末端应设置过水多孔墙，以便将水流均匀分布于整个截面上。过水多孔墙过流率一般小于 500m³/（m·d）。孔口流速不宜大于 0.15～0.2m/s。为保证多孔墙的强度，孔口总面积不宜过大。孔口断面形状宜沿水流方向逐渐扩大，以减弱出口的射流。拦污栅应设置在多孔墙上游侧。地形条件许可时要设置排沙孔排除泥沙。当不具备排沙地形条件时，需采取机械或人工排除泥沙的措施。

（3）出水区。出水区指收集经沉淀区来水的区域。为使沉淀后的水在出水区均匀流出，一般采用溢流堰溢流，溢流堰的溢流口流量可适当高于 500m³/（m·d）［详见 GBJ13—86《国家室外给水设计规范》］。

二、沉淀池的设计要求

水流从进入沉淀池开始，水流所挟带的设计标准粒径的泥沙颗粒以沉速 u_0 下沉，当水流到沉淀池出口时，大于等于设计标准粒径的泥沙颗粒沉到池底，据此进行沉淀池的设计，设计时应符合以下要求。

（1）滴灌系统的取水口尽量远离沉淀池的进水口。

（2）在灌溉季节结束后，沉淀池必须能保证清除所沉积的泥沙。

（3）滴灌系统尽量提取沉淀池的表层水。

（4）在满足沉沙速度和沉沙面积的前提下，应建窄长形沉淀池，这种形状的沉淀池比方形沉淀池的沉沙效果好。表 5－2 给出了不同粒径泥沙的沉降速度，可供设计时参考。

表 5－2　　不同粒径泥沙的沉降速度

泥沙质地	粒径（mm）	沉降速度（m/h）
粗沙	0.5～1.0	≥2280
中沙	0.25～0.5	1320
细沙	0.1～0.25	300
粉细沙	0.05～0.1	54
壤土	0.002～0.05	0.9
粘土	<0.002	0.036

（5）从过滤器反冲洗出的水应回流至沉淀池，但回水口应尽量远离滴灌系统的取水口。

三、沉淀池设计的主要参数

1. 表面负荷率（u_0）

表面负荷率是指沉淀池单位表面积的产水量，可用式（5－1）计算，其数值上等于设计标准粒径颗粒泥沙的沉速。根据渠水泥沙中极细沙比例大的特点，沉淀池的表面负荷率宜选择较小值，以利提高沉淀效率。《规范》5.1.2 条规定，沉淀池的表面负荷率不宜大于 3.0mm/s 即 10.8m/h，具体数值应根据渠水水质情况和不同的滴灌系统对水质的要求选用，建议采用 $u_0 = 0.72 \sim 7.2$m/h；

$$\nu_0 = \frac{Q}{A_{沉淀池}} \tag{5-1}$$

式中：ν_0 为表面负荷率，m/h；Q 为设计流量，m^3/h；$A_{沉淀池}$ 为沉淀池表面积，m^2。

2. 水平流速（υ）

在沉淀池中，增大水平流速，一方面因提高了雷诺数 Re 而不利于泥沙颗粒下沉，但另一方面却提高了弗劳德数 Fr 而增加了水流的稳定性，利于提高沉淀效果。根据经验，沉淀池的水平流速宜取 υ=36－90m/h。

3. 停留时间（$T_{停留}$）

沉淀池的停留时间应考虑原水水质和灌水器对水质的要求，根据沉淀池运行经验，采用 $T_{停留}$=1～3h。

4. 池的长宽比

一般认为，沉淀池沉淀区的长度和宽度之比不得小于 4。若计算得出沉淀池的宽度较大时，应进行分格，每格宽度宜为 3～8m，最大不超过 15m。

5. 沉淀池的长深比

沉淀池沉淀区长度与深度之比不要小于 10。

四、沉淀池设计

（1）沉淀池表面积 $A_{沉淀池}$（m^2）。在选定表面负荷率 υ_0（m/h）、设计流量 Q（m^3/h）两参数后，即可按式（5－2）算出沉淀池表面积 $A_{沉淀池}$：

$$A_{沉淀池} = \frac{Q}{\upsilon_0} \tag{5-2}$$

式中符号意义同式（5－1）。

（2）沉淀池长度 $L_{沉淀池}$（m）。沉淀池长度可按式（5－3）计算：

$$L_{沉淀池} = \upsilon T_{停留} \tag{5-3}$$

式中：$L_{沉淀池}$ 为沉淀池长度（m）；υ 为水平流速（m/h）；$T_{停留}$ 为停留时间（h）。

（3）沉淀池宽度 $B_{沉淀池}$（m）。沉淀池长度可按式（5－4）计算：

$$B_{沉淀池} = \frac{A_{沉淀池}}{L_{沉淀池}} \tag{5-4}$$

式中：$B_{沉淀池}$ 为沉淀池宽度（m）；其余符号意义同前。

（4）沉淀池（有效）水深 H_1（m）。按式（5－5）计算：

$$H_1 = \frac{QT_{停留}}{A_{沉淀池}} \tag{5-5}$$

式中：H_1 为沉淀池（有效）水深，m；其余符号意义同前。

（5）存泥区深度 H_2（m）。沉淀池存泥区深度按式（5－6）计算：

$$H_2 = \frac{QC_0T}{\gamma A_{沉淀池}} \tag{5-6}$$

式中：Q 为设计流量，m^3/h；C_0 为进入沉淀池的水流含设计标准及其以上粒径泥沙的浓度，kg/m^3；T 为滴灌的灌水周期，h；γ 为泥沙容重，可采用 $1780kg/m^3$。

五、沉淀池水力条件的复核

1. 水流紊动性复核

沉淀池水流的紊动性用雷诺数 Re 判别：

$$Re = \frac{3600\upsilon R_*}{\nu} \tag{5-7}$$

式中：Re 为雷诺数；υ 为水平流速，m/h；R_* 为水力半径，m；ν 为水的运动粘性系数，水温 20℃时为 1.01×106（m^2/s）；沉淀池中水流 Re 一般为 4000～15000，属紊流状态。此时水流除水平流速外，尚有上、下、左、右的脉动分速，且伴有小的涡流体，这些情况都不利于颗粒的沉淀。但在一定程度上可使浊度不同的水流混合，减弱分层流动现象。不过，通常要求降低 Re 以利颗粒沉降。降低 Re 的有效措施是减小水力半径 R_*。池中纵向分格可以达到这一目的。

2. 水流稳定性复核

水流稳定性以弗劳德数 Fr 判别，该值反映推动水流的惯性力与重力两者之间的对比关系：

$$Fr = \frac{1.296\times10^7\upsilon^2}{R_* g} \tag{5-8}$$

式中：Fr 为弗劳德数；g 为重力加数度，$9.8m/s^2$；其余符号意义同前。

Fr 增大，表明惯性力作用相对增加，重力作用相对减小，对水流相对

密度差、温度差、异重流及风浪等影响的抵抗能力强，使沉淀池中的流态保持稳定，沉淀池 Fr 宜大于 10^{-5}。增大 Fr 的有效措施是减小水力半径 $R_{水}$，通常将池纵向分格来达到这一目的。

六、沉淀池的设计实例

本设计实例选自 2001 年新疆兵团农八师 149 团场 6 万亩渠水棉花膜下滴灌工程规划设计中的沉淀池设计，设计流量为 154～370m³/h（见表 5－4），灌水器选用天业生产的单翼迷宫式滴灌带，对水质要求相同。

（一）水源水质条件

水源为渠水，在斗渠或支渠取水。斗、支渠为混凝土护面渠道。由石河子水库和跃进水库供水，在水库蓄水供水期，水中含有藻类等水生物，在七八月份，当水库泄空期间大河来水穿库而过供水时，水中主要杂质则是悬浮泥沙。据在石河子市开发区六宫渠取水样（2001 年 7 月 23 日）由新疆水环境监测中心测定的结果为：

悬浮泥沙含量：4801mg/L。

粒径小于 0.005mm 占 19.3%（粘土）。

粒径小于 0.01mm 占 31.2%（细泥土，粘土）。

粒径小于 0.05mm 占 78.7%（粗细泥土，粘土）。

粒径小于 0.1mm 占 91.5%（极细沙，粗细泥土，粘土）。

粒径小于 0.5mm 占 100%（中、细沙，粗细泥土，粘土）。

平均粒径：0.041mm。

2001 年 7 月 26 日，做了泥沙沉降实验，其中沉降速度为自测，含沙量等由新疆水环境监测中心测定。实验结果为：

原水（渠水）含沙浓度 2374mg/L，泥沙最大颗粒直径 0.5mm。

经整理后的含沙浓度（水面以下 1.7m 处）、停留时间与沉降速度见表 5－3。

（二）设计参数选用

表面负荷率 $v_0=0.3\text{mm/s}=1.08\text{m/h}$；停留时间 $T_{停留}=1.25\text{h}$；水平流速 $v=10\text{mm/s}=36\text{m/h}$。

（三）沉淀池设计计算

沉淀池表面积 $A_{沉淀池}$、沉淀池长度 $L_{沉淀池}$、沉淀池宽度 $B_{沉淀池}$、有效水深 H_1、存泥设计深度 H_2 分别依据式（5－2）～式（5－6）计算，结果见表 5－4，矩形沉淀池水力条件复核见表 5－5。

表 5－3　　渠水泥沙沉降实验数据

序　号	停留时间 (min)	泥沙沉降速度 (mm/s)	悬浮泥沙含量 (mg/L)	沉淀量 (mg/L)	备　注
1	0		2374		原渠水水样
2	10	2.83	1818	556	
3	20	1.42	1720	654	
4	30	0.94	1478	896	
5	40	0.71	1363	1011	
6	60	0.47	1113	1261	
7	90	0.31	632	1742	
8	120	0.24	480	1894	

根据沉淀池工作条件，以矩形沉淀池宽度作为梯形沉淀池的有效水深底面的底宽，计算结果见表 5－6，梯形沉淀池的水力条件复核见表 5－7。

以上设计成果汇总见表 5－8 及图 5－1。

表 5－4　　矩形沉淀池设计尺寸表

序号	设计流量 (m^3/h)	沉淀区						放空孔直径 (m×孔数)
		表面积 $A_{沉淀池}$ (m^2)	长度 $L_{沉淀池}$ (m)	宽度 $B_{沉淀池}$ (m)	有效水深 H_1 (m)	存泥容积 V (m^3)	存泥深度 H_2 (m)	
1	154	143	45	3.2	1.35	55	0.4	0.125×2
2	170	157	45	3.5	1.35	60	0.4	0.125×2
3	184	170	45	3.8	1.35	66	0.4	0.125×3
4	310	287	45	6.4	1.35	110	0.4	0.12×4
5	338	313	45	7	1.35	120	0.4	0.125×5
6	370	343	45	7.6	1.35	132	0.4	0.125×5

注　1. 毛用水率为 0.154m³/（h·亩）。

2. 沉速 $v_0=0.0003\text{m/s}$，停留时间 $T_{停留}=1.25\text{h}$，水平流速 $v=10\text{mm/s}$。

表 5-5　　矩形沉淀池水力条件复核表

序号	沉淀区参数			水流紊动性复核				水流稳定性复核
	宽度 $B_{沉淀池}$（m）	有效深度 H_1（m）	水平流速 v（m/s）	断面积 W（m^2）	湿周 X（m）	水力半径 $R_水$（m）	雷诺数 Re	弗劳德数 Fr
				$B_{沉淀池}H_1$	$B_{沉淀池}+2H_1$	W/X	VR/r	$V^2/(R_水 g)$
1	3.2	1.35	0.01	4.16	5.8	0.72	7129	1.42×10^{-5}
2	3.5	1.35	0.01	4.55	6.1	0.75	7426	1.36×10^{-5}
3	3.8	1.35	0.01	4.94	6.4	0.77	7624	1.32×10^{-5}
4	6.4	1.35	0.01	8.32	9	0.92	9109	1.11×10^{-5}
5	7	1.35	0.01	9.1	9.6	0.95	9406	1.07×10^{-5}
6	7.6	1.35	0.01	9.88	10.2	0.97	9604	1.05×10^{-5}

注　1. 水温 20℃时，水的运动粘性系数 $\nu=1.01\times10^{-6}$（m^2/s）。

2. 判别标准为：雷诺数 $Re>500$（紊流）；弗劳德数 $Fr>1.0\times10^{-5}$（流态稳定）。

3. 重力加速度 $g=9.81$（m/s^2）。

表 5-6　　梯形沉淀池设计尺寸表

序号	设计流量（m^3/h）	沉淀区								
		长度 $L_{沉淀池}$（m）	有效深度 H_1（m）	宽度（m）	边坡 $1:m$	超高（m）	容积 V（m^3）	深度 H_2（m）	底宽 b（m）	边坡 $1:m$
1	154	45	1.35	3.2	1:1.3	0.2	55	0.4	2.7	1:1.3
2	170	45	1.35	3.5	1:1.3	0.2	60	0.4	3	1:1.3
3	184	45	1.35	3.8	1:1.3	0.2	66	0.4	3.3	1:1.3
4	310	45	1.35	6.4	1:1.3	0.2	110	0.4	5.9	1:1.3
5	338	45	1.35	7	1:1.3	0.2	120	0.4	6.5	1:1.3
6	370	45	1.35	7.6	1:1.3	0.2	132	0.4	7.1	1:1.3

表 5-7　　梯形沉淀池水力条件复核表

序号	沉淀池参数			水流紊动性复核				水稳复核	
	宽度（m）	有效深度 H_1（m）	边坡 $1:m$	水平流速 v（m/s）	断面积 W（m^2）	湿周 X（m）	水力半径 $R_水$（m）	雷诺数 Re	弗劳德数 Fr
1	3.2	1.35	1:1.3	0.01	6.27	7.36	0.85	8416	1.20×10^{-5}
2	3.5	1.35	1:1.3	0.01	6.66	7.66	0.87	8614	1.17×10^{-5}
3	3.8	1.35	1:1.3	0.01	7.05	7.96	0.89	8812	1.15×10^{-5}
4	6.4	1.35	1:1.3	0.01	10.43	10.56	0.99	9802	1.03×10^{-5}

续表

序号	沉淀池参数			水流紊动性复核				水稳复核	
	宽度（m）	有效深度 H_1（m）	边坡 $1:m$	水平流速 v（m/s）	断面积 W（m^2）	湿周 X（m）	水力半径 $R_水$（m）	雷诺数 Re	弗劳德数 Fr
5	7	1.35	1:1.3	0.01	11.21	11.16	1	9901	1.02×10^{-5}
6	7.6	1.35	1:1.3	0.01	11.99	11.76	1.02	10000	1.00×10^{-5}

注　1. 当水温 20℃时，水的运动粘性系数 $\nu=1.01\times10^{-6}$ m^2/s。

2. 判别标准为：雷诺数 $Re>500$（紊流）；弗劳德数 $Fr>1.0\times10^{-5}$（流态稳定）。

3. 重力加速度 $g=9.81m/s^2$。

表 5-8　　沉淀池设计成果汇总表

序号	设计流量（m^3/h）	长度 $L_{沉淀池}$（m）	深度（m）				矩形沉淀池宽度（m）	梯形沉淀池	
			总深 H（m）	有效水深 H_1（m）	存泥深 H_2（m）	超高（m）		底宽 b（m）	边坡 $1:m$
1	154	45	1.95	1.35	0.4	0.2	3.2	2.7	1:1.3
2	170	45	1.95	1.35	0.4	0.2	3.5	3	1:1.3
3	184	45	1.95	1.35	0.4	0.2	3.8	3.3	1:1.3
4	310	45	1.95	1.35	0.4	0.2	6.4	5.9	1:1.3
5	338	45	1.95	1.35	0.4	0.2	7	6.5	1:1.3
6	370	45	1.95	1.35	0.4	0.2	7.6	7.1	1:1.3

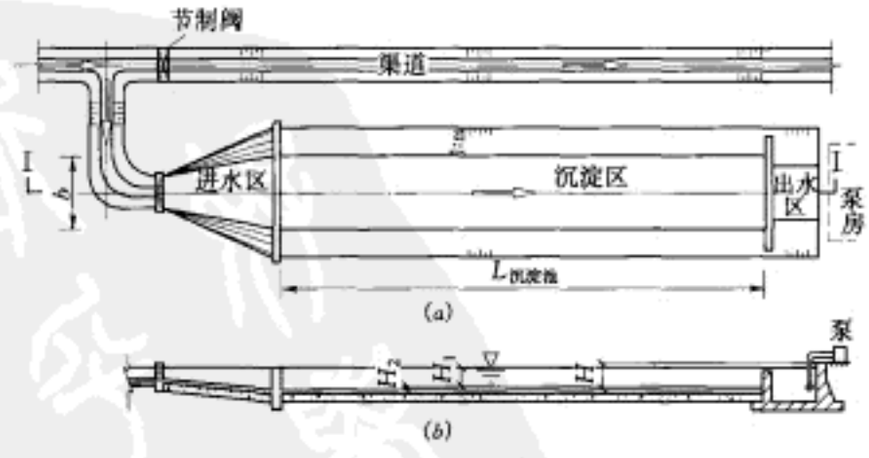
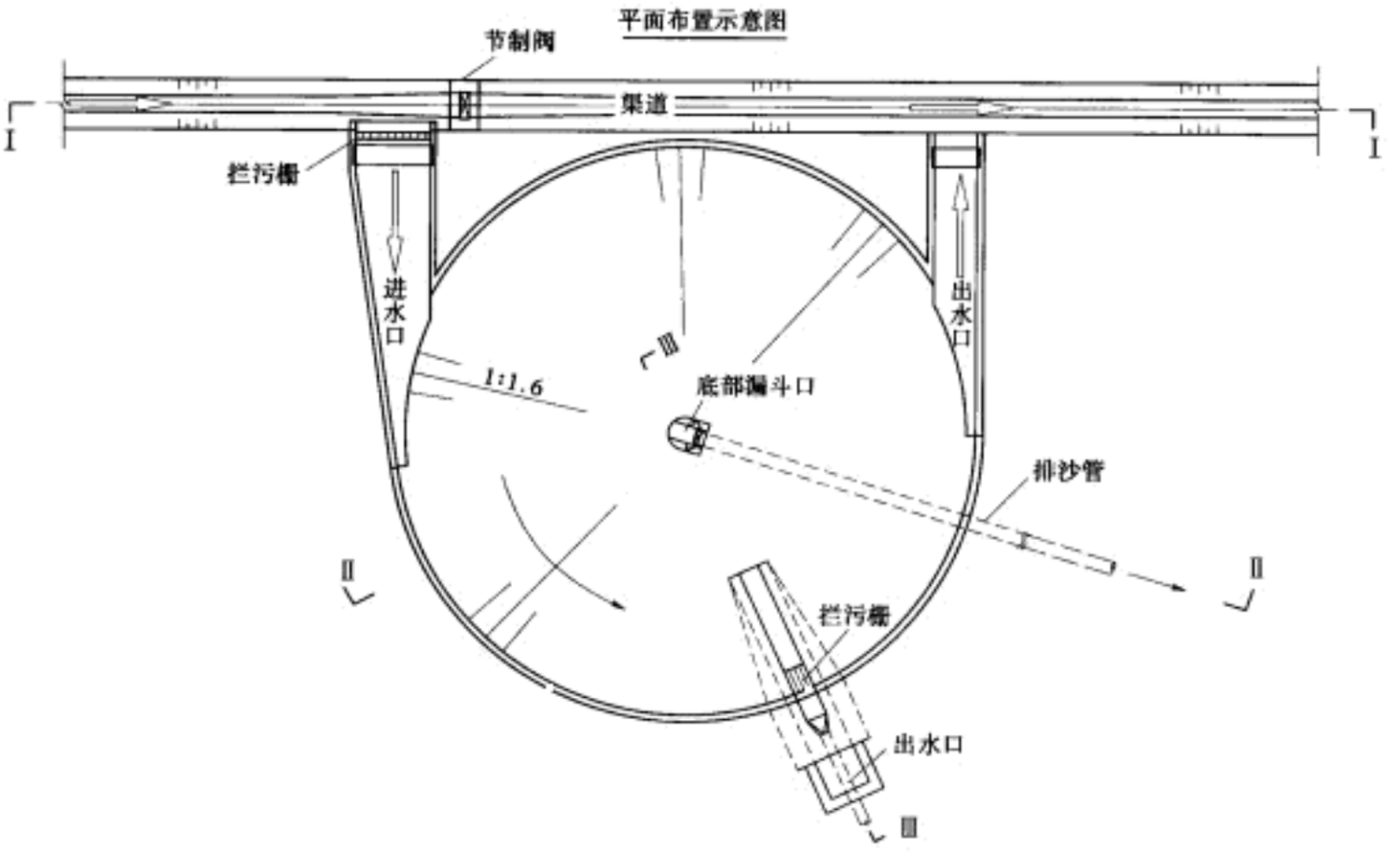


图 5-1　沉淀池结构示意图

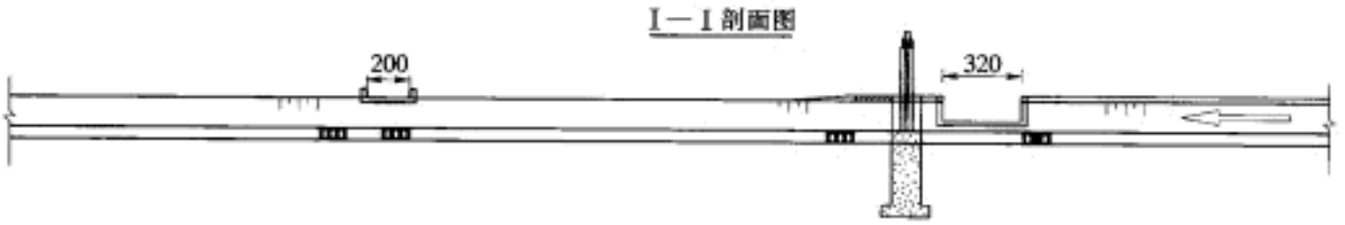
（a）平面图；（b）Ⅰ—Ⅰ剖面图

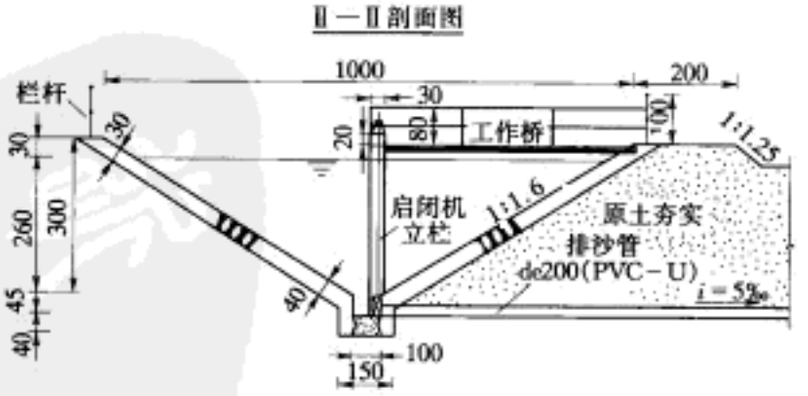
说明：1. 本图为梯形沉淀池设计图，尺寸见表 5-6。

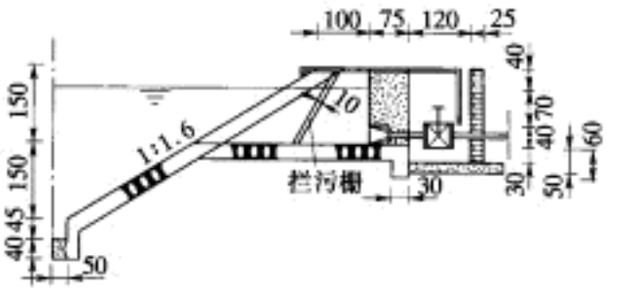
2. 本沉淀池可供利用地表水滴灌的工程进行水的净化处理时参考，沉淀池结构可参考有关专业资料因地制宜进行设计。



(a)







(b)

图 5-2　漏斗圆形排沙池设计图（单位：cm）

(a) 平面图；(b) 剖面图

说明：本滴灌系统面积 1422 亩，设计流量 237m³/h，水源为河水。平面图中，圆形池上口直径 10m，底部漏斗口直径 1m，池深 3.0m，池中水深 2.6m，池底设底孔冲沙闸门接排沙暗管。

七、漏斗圆形排沙池

在新疆水利水电行业工程建设中，漏斗圆形排沙池形式应用较多，近几年用于渠水、河水滴灌工程水质初级处理，效果较好（可排出泥沙粒径 $D \geqslant 0.1$mm 的泥沙）。其排沙线路是：挟沙水流经渠道进入圆形漏斗池中，水流在池中旋转，泥沙进入漏斗底部，经排沙管输出池外，清水则经出口返回渠道。图 5-2 为新疆兵团农五师 88 团渠水滴灌漏斗圆形排沙池平面布置图，其水力计算和结构设计请查阅有关资料。

第二节　首部枢纽中的土建工程

一、土建部分的组成

首部枢纽中的土建工程包括水泵与净化设施的基础、泵房、配电间、管理房等。

水泵与净化设施的基础一般为混凝土结构，主要满足强度、刚度与尺寸要求，以承受荷载，不发生沉陷和变形。

泵房是滴灌首部枢纽土建工程中的重要构筑物之一，用来布置滴灌工程首部枢纽中的机电设备（如水泵、动力机和控制表盘等）。泵房结构应安全可靠、耐久；泵房基础应具有足够的强度、刚度和耐久性；地基应具有足够的承载能力和抗震稳定性。

配电间用来布置配电设备，常常紧挨着泵房修建，离机组较近，以节省投资。配电间的尺寸主要取决于配电设备的数目和尺寸，以及必要的安装、操作与检修的空间；其地面高程应高出泵房地面高程 10～15cm，以避免地面积水使电气设备受潮。

管理房为机电设备操作人员及滴灌系统运行管理人员提供值勤、办公场所，还可放置一些检修工具等。

二、土建工程布设的注意事项

合理布设首部枢纽中的土建工程，对节约工程投资，发挥滴灌工程经济效益，延长机电设备使用寿命，保证系统安全经济运行等有着重要的作用，在布设时注意以下几点：

（1）布置应尽量紧凑、合理，以节约工程投资。

（2）室内布置应力求整体有序，并留有通道，以便于操作运行及各种设备与设施的安装和检修。

（3）当过滤、施肥等设备布置在室内时，应布设专门的排水设施，以便将过滤器等设备的反冲洗污水排到室外，避免泵房内地面积水影响运行。

（4）应满足通风、采光、散热要求。

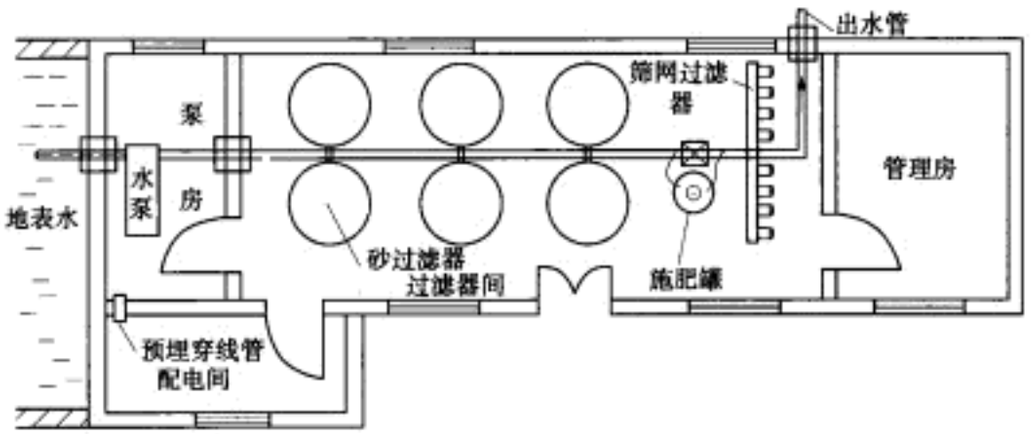


图 5-3　首部枢纽中各部分平面布置示意图
（水源为地表水、过滤器放于室内时）

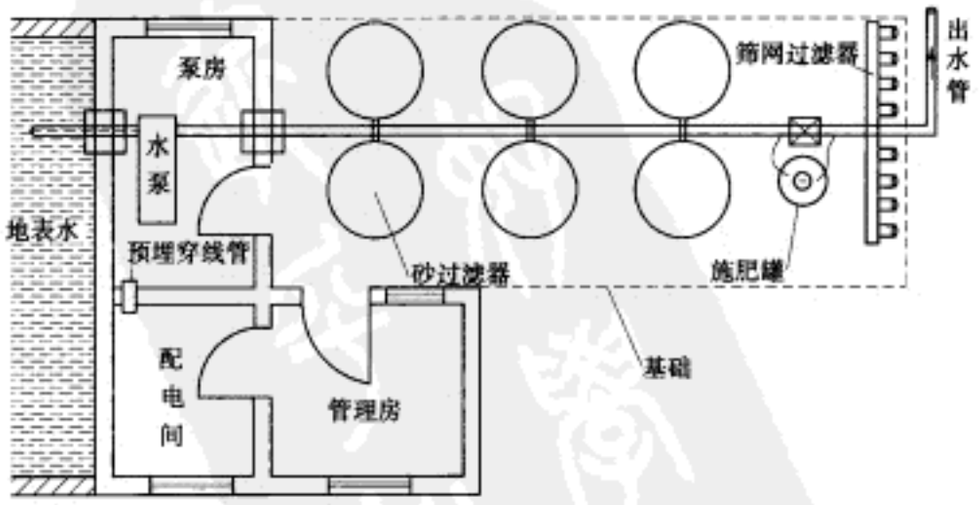


图 5-4　首部枢纽中各部分平面布置示意图
（水源为地表水、过滤器放于室外时）

三、土建工程的平面布置

目前在工程实践中，主要有四类平面布置形式：

（1）水源为地表水、过滤设施放置于室内。此类平面布置如图 5-3 所示，建筑面积较大，工程造价较高。

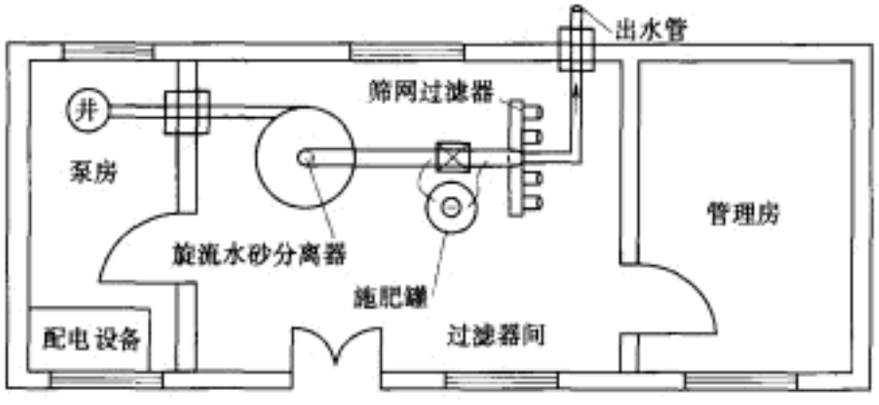


图 5-5　首部枢纽中各部分平面布置示意图
（水源为地下水、过滤器放于室内时）

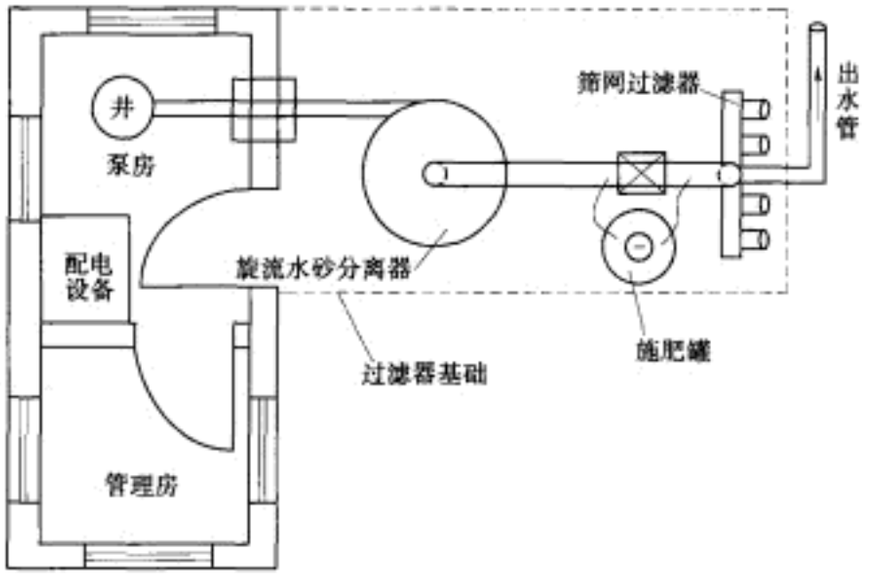


图 5-6　首部枢纽中各部分平面布置示意图
（水源为地下水、过滤器放于室外时）

（2）水源为地表水、过滤设施放置于室外。此类平面布置如图 5-4 所示，建筑面积较小，工程造价较低，但室外的设备易受风沙、雨雪等因素的影响而降低使用效果及缩短工作年限。

（3）水源为地下水、过滤设施放置于室内，此类平面布置如图 5-5 所示。

（4）水源为地下水、过滤设施放置于室外，此类平面布置如图 5-6 所示。

具体设计请参阅相关专业资料。

第三节　地埋输水管道的土建工程

地埋输水管道的土建工程包括管槽、阀门井、排水井、镇墩与支墩等。

一、管槽

管槽是放置地下埋管的土建工程，一般滴灌工程的干管和有些滴灌工程的支管埋设于地表以下。

（一）管槽形式

管槽的断面主要有矩形、梯形和复合式三种形式（见图 5-7）。采用哪一种形式应根据项目区土质、地下水位、管材种类和规格、最大冻土层深度及施工方法确定。

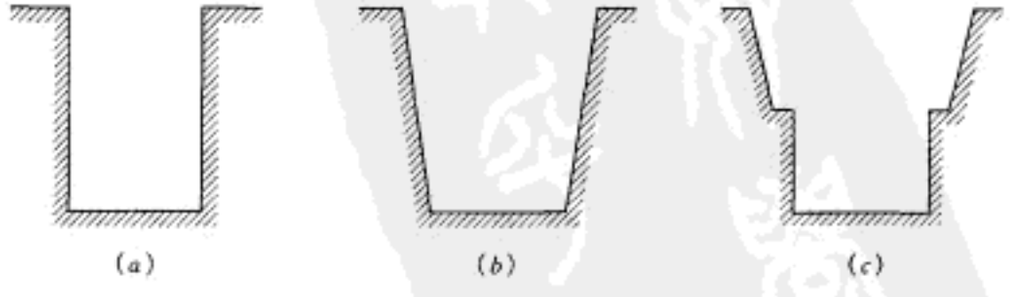


图 5-7　管槽断面图
（a）矩形断面管槽；（b）梯形断面管槽；（c）复合式断面管槽

（二）管槽尺寸

根据实践经验，管槽深度和宽度可用式（5-9）～式（5-11）确定，管槽深度除满足式（5-11）外，有时还要考虑地面荷载及机耕等要求。对于塑料管，其最小埋设深度不得小于70cm。

$D \leqslant 200$mm 的管材：　$B = D + 0.3$　（5-9）

$D > 200$mm 的管材：　$B = D + 0.5$　（5-10）

$$H \geqslant D + h_{冻} + 0.1 \quad (5-11)$$

式中：B 为管槽底部宽度，m；D 为管道外径，m；H 为管槽开挖深度，m；$h_{冻}$ 为最大冻土层深度，m。

（三）管槽开挖注意事项

（1）管槽槽底为弧形时，管子的受力条件最好，因此应尽可能地将管基挖成弧形。

（2）管线应尽量避开软弱、不均质地带和岩石地带，如无法避开，需进行基础处理。

（3）对于塑料管、钢管一般采用原土地基即可。对于松软土或填土应进行夯实，夯实密度应达到设计要求；当地下水位较高，土层受到扰动时，一般应铺碎石垫层进行处理；对于坚硬岩石可采取超挖再回填沙土的办法处理，超挖深度不应小于10cm。

（4）为方便安装，管槽开挖时弃土应置于管槽一边30cm以外。

（5）管底坡度应均匀，以便管道排空积水。

（6）将管槽底部石块、杂物清除干净，并一次整平。

二、阀门井与排水井

阀门井是滴灌系统必需的附属设施，一般在地下管道的各种阀门（如闸阀、蝶阀、减压阀等）安装处均需设置，用来启闭、保护及检修阀门，其尺寸大小以便于人工操作为宜。其结构如图5-8所示。

排水井也是管道附属设施，其作用有二：

（1）寒冻地区防冻保护。即停灌季节，在冷冻出现以前，释放管道系统中的余水，达到防冻的目的。

（2）冲洗管道时排出污水，以防管道中的污物沉淀等堵塞滴灌系统。

排水井的设置位置在管道低洼处和干管末端。图5-9为排水井结构示意图，排水阀一般采用PVC—U或ABS材质的球阀，以便安装与操作。

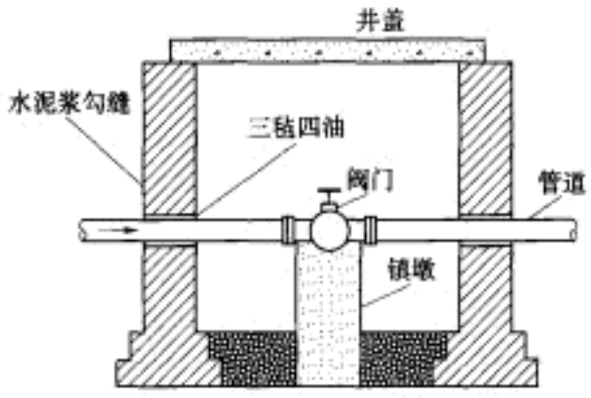


图5-8　阀门井结构示意图

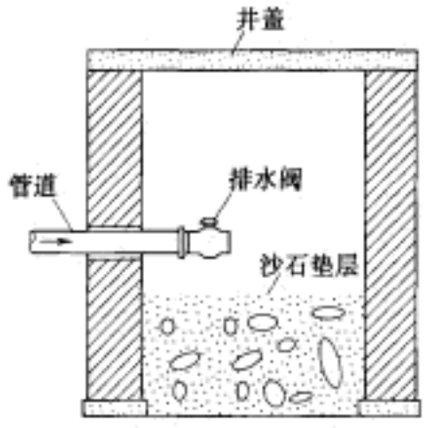


图5-9　排水井结构示意图

三、镇墩

（一）镇墩的结构形式

镇墩是指用混凝土、浆砌石等圬工砌体定位管道，借以承受管中由于水流方向改变、管道自重和温度变形等原因引起的推、拉力。镇墩可分封闭式和开敞式两种。封闭式结构简单，对管道固定和受力较好，应用较普遍；开敞式易于检修，但镇墩处管壁受力不均匀，用于管道对镇墩作用力不大的情况。

（二）镇墩设置位置

镇墩设置要考虑传递力的大小和方向，并使之安全地传递给地基。一般在管道分岔、拐弯、变径、末端、阀门位置和直管处，每隔一定距离设置镇墩，可参照图5-10。

（三）镇墩技术要求

（1）镇墩设计内容包括镇墩自身的强度、校核镇墩抗滑和抗倾稳定性、验算地基强度及稳定性等，陡坡管段还要考虑管道自重、管内水重的分力，由稳定计算确定镇墩大小。

（2）封闭式镇墩必须将管道包于其中，厚度不小于20cm。

（3）混凝土镇墩标号不小于C15，现场浇注，48h后才能进行部分回填。

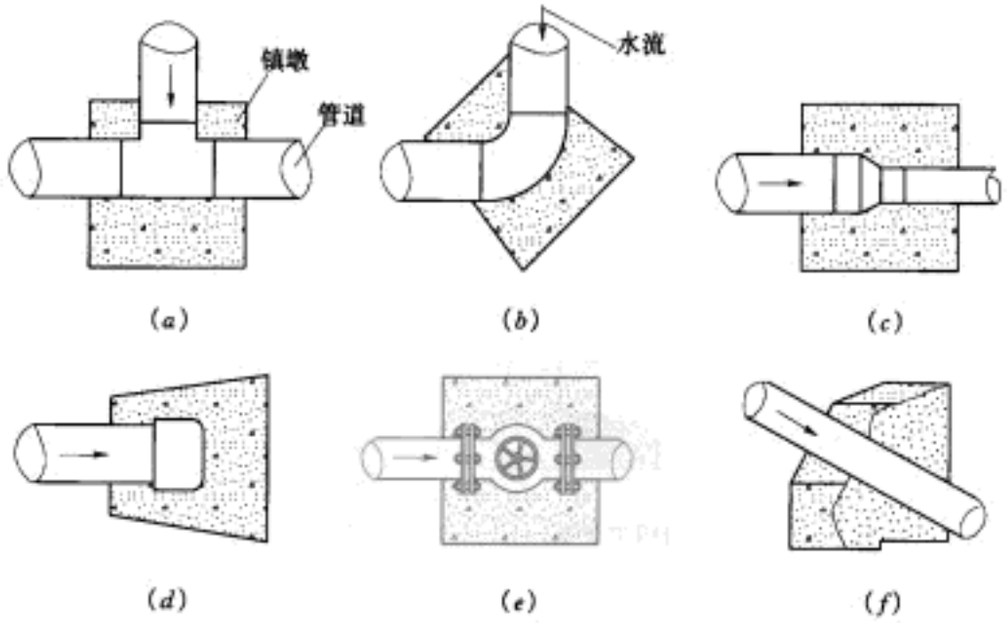


图 5-10 镇墩设置位置示意图

(a) 管道分叉；(b) 管道拐弯；(c) 管道变径；(d) 管道末端；(e) 阀门位置；(f) 陡坡管段

第四节 大田膜下滴灌的毛管铺设与回收

一、覆膜、播种、铺管联合作业机

1. 用途

覆膜、播种、铺管联合作业机主要由以下几部分组成：机架部分、铺管装置、铺膜装置、播种装置、镇压整形装置和覆土装置，作业时一次完成膜床整形—铺管—铺膜—膜边覆土—膜上点播—膜孔覆土—镇压等多项工序。图 5-11 所示场面为覆膜、播种、铺管联合作业机正在作业。

2. 主要技术参数

主要技术参数：外形尺寸、工作幅宽、一次铺管根数、配套动力、重量、作业速度与生产率、株行距、偏移度等。



图 5-11 覆膜、播种、铺管联合作业机作业

3. 作业注意事项

(1) 土地平整，无杂草杂物和过多土块以及过厚干土层。

(2) 如采用单翼迷宫式滴灌带，在铺设过程中，必须将流道凸面朝上，并且在地边留有一定的余量，以防止铺设过紧造成安装困难。

(3) 必须使毛管与定位轮成 90°，使其在张力均衡状态下自然播种，尤其不能向毛管施以额外张力造成回缩。

(4) 机具与毛管接触部位应顺畅平滑，转动灵活，不能有毛刺或外加摩擦力，以免对毛管造成损伤。

(5) 机具进入工作状态后，严禁倒退。

(6) 机具应定期保养与检修。

二、毛管回收机械

1. 用途

用于机械回收不同规格的毛管，如滴灌带、滴灌管等。一般情况下既可直接在有秸秆的地里回收，也可在秸秆粉碎还田后的地里回收。

2. 主要技术性能指标

主要技术性能指标：外形尺寸、结构重量、工作幅宽、收管行数、配套动力、作业速度、回收率、损伤率等。

3. 毛管回收注意事项

（1）在回收毛管前，应先将支（辅）管等与毛管相连的其他管道收回，并将同行毛管连接可靠。

（2）回收好卸下的毛管卷盘，用软绳捆扎好，以便运输与再利用。

（3）应定期保养与检修。

三、仓库与材料设备的放置

一个滴灌系统在灌溉季节结束后，需回收的管材设备、配件等有时数量是很大的，还有一些备品备件等也需有仓库存放保管，以供来年使用。如铺设于地表的支管、辅管、多年使用的滴灌管（带）及配件等每亩达10kg以上。在设计仓库时要考虑以下几点：

（1）仓库应设在距滴灌区较近的地方且交通方便，新建仓库尽量与首部枢纽土建工程相结合，不占或少占耕地。

（2）仓库设计要满足各种材料的堆放高度要求，例如一般PVC—U管材允许堆放高度为1.5m，PE软管允许堆放高度为2m，滴灌带允许堆放高度为3m。

（3）需要采取防止鼠害的措施。

（4）仓库内温度不宜超过40℃。

（5）仓库内材料设备存放布置要考虑按在田间铺设的顺序分区，不同设备放置于不同位置，以适应铺设的需要。

（6）工程施工用临时库房可以与永久性的仓库建设结合起来，以节省投资。有条件时，也可利用旧房整修后作为库房。仓库的面积容量要适当。

第六章　滴灌工程的运行与管理

滴灌系统运行时，管网系统中，正在运行的管路处在压力流状态下，一处水力状态发生变化，将使全系统运行管路中的水力状态发生相应的变化。目前，大田滴灌系统普遍采用轮灌运行工作制度，不同的轮灌运行组，水流途径不同，产生管网系统水力状态也不同，设计上要求对不同水力状态的管路进行节点压力均衡验算，以采取相应措施，满足灌水均匀度的要求。

本章将依据《规范》"4.4 节点的压力均衡"要求，针对不同的轮灌运行方式下管网系统水力状态的变化，采取调整部分管道直径或出地管管径的办法，达到相应节点压力水头的要求，对由此产生的系统投资、年运行费和管理工作进行比较和分析，寻求出有利的运行方式，避开不利的运行方式。

为了节省篇幅，以下利用本图集第七章的设计实例 1（1-Ⅰ-1）中的基本资料及规划设计成果，来进行这一比较分析。

第一节　不同运行方式管网水力特性等情况的比较

一、本设计图集设计实例 1（1-Ⅰ-1）有关内容摘要

该滴灌系统平面布置如图 6-1 所示（详见第七章实例 1 中的图 1-Ⅰ-1-1），图中：*OABC* 为主干管，他与本地块南北向对称轴 *Y*—*Y* 重合，三分干、四分干与本地块的东西向对称轴 *X*—*X* 重合；一分干与二分干、三分干与四分干、五分干与六分干分别承担面积相同的条田 1、条田 2 和条田 3 的灌溉任务；每条分干管上均布置 6 条支管，每条支管上布置 12 条辅管，它们紧靠支管并与之伴行，每条辅管上布置长度相同的毛管。支管、辅管、毛管在灌溉期铺设在地面，他们相互间的连接关系如图 6-1 所示；主干管、分干管铺设在地下，分干管通过出地管与支管相连。

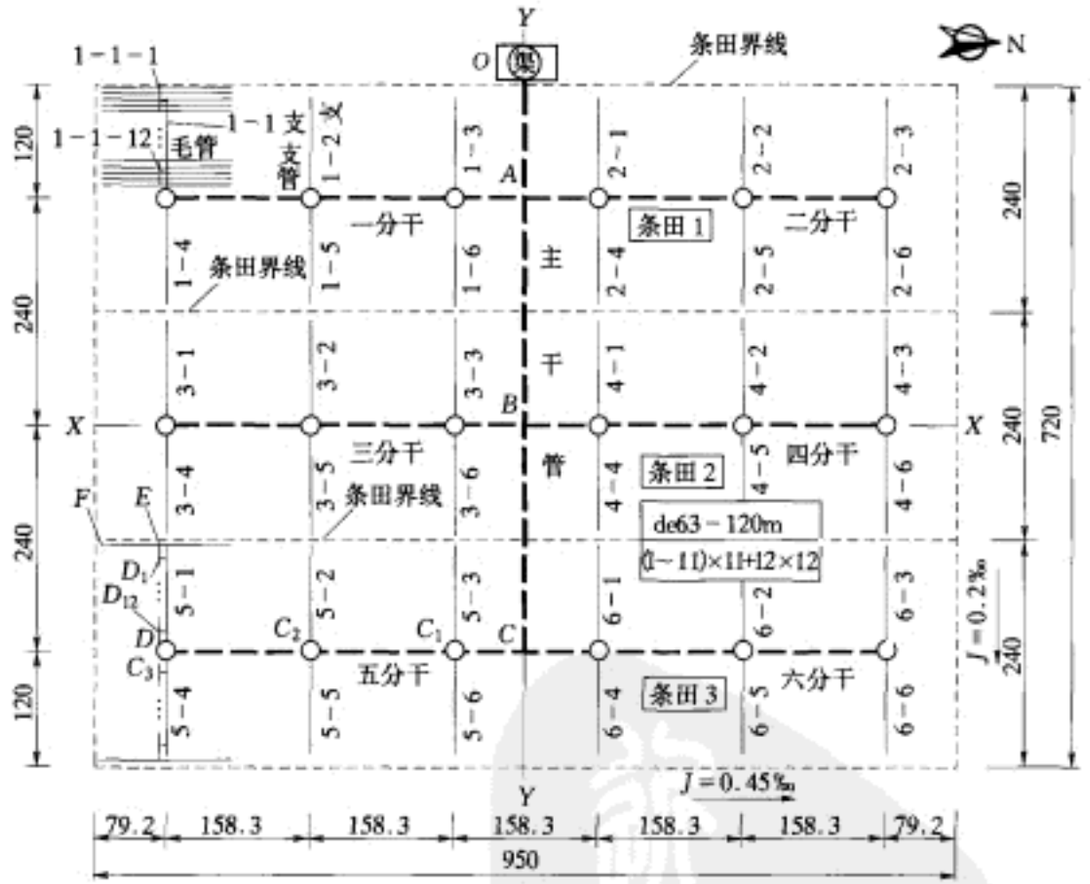
规划设计的有关参数如下：地块总面积 1026 亩，系统设计流量 $Q=187m^3/h$，灌水器一次灌水延续时间 $t=4.5h$，灌水周期 $T=6d$，水泵日运行时间 $C=18h$，轮灌组数 $N=24$ 组，每天有 4 个轮灌组运行。

二、不同轮灌运行方式的选择

由上介绍可算得，本系统共有 6 条分干管，36 条支管，432 条辅管，按每天 4 个轮灌组运行，每个轮灌组需同时开启 18 条辅管。使同时开启的 18 条辅管在位置上安排得恰当，是轮灌编组的关键。即如果将其安排得分散，相应管段中流量就分配得少，水头损失就减少，或可使管径减小。反之，若安排得集中，则相应管段中分配的流量大，水头损失增加或需增大管径。

本次运行方式比较，按辅管所控制的运行范围为一个灌水小区，用调整支管进口上游的分干管管径、出地管或主干管管径，使每次轮灌组内各灌水小区灌水均匀度满足要求。据此，在系统总供水流量均相同的条件下，利用本地块及管网布置的对称性，将系统轮灌运行方式划分为具有代表性的 6 种，并列表进行比较，即不同轮灌运行方式轮灌组分布及运行表，见表 6-1。第Ⅰ种至第Ⅴ种运行方式时产生水头损失最大的水力线路及节点压力计算见表 6-2～表 6-6。

为了比较支管流量加大时所产生的轮灌运行方式及管路水力状态变化，分析由此产生的管路投资、年运行费及管理工作的差别，在表 6-1 中，列出了第Ⅵ种运行方式，其与前 5 种运行方式的不同点是，每条支管同时开启 2 条辅管，使系统流量分配在每个轮灌组同时开启的 9 条支管中（第 1～5 种运行方式均为每次同时开启 18 条支管）。其产生水头损失最大的水力线路及节点压力计算见表 6-7。



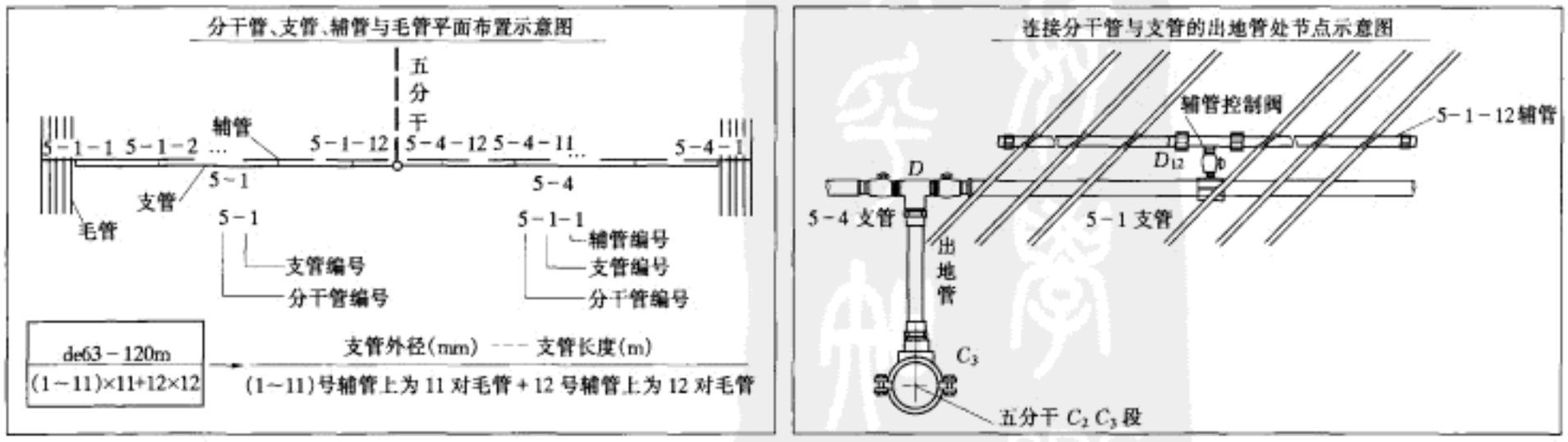
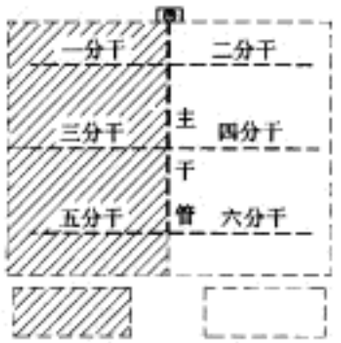
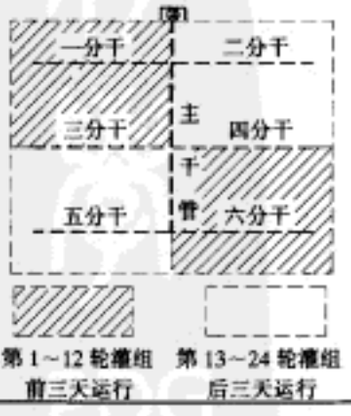
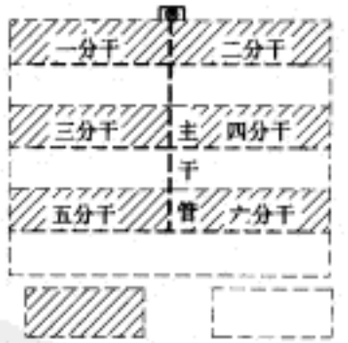


图 6－1　本图集设计实例 1 管网平面布置简图（单位：m）

表 6-1　　不同轮灌运行方式下轮灌组的分布与运行表

轮灌运行方式		轮灌组数	同时开启的管道编号及同时开启的各管道条数小计						轮灌组分布示意图	水头损失最大/小轮灌组	备注
			分干管		支管		辅管				
				小计		小计		小计			
第Ⅰ种	前三天	第1组↓第12组	一	3	1、2、3、4、5、6	18	1～12号辅管依次开启（第1组为1号辅管，……，第12组为12号辅管）	18	 第1～12轮灌组 前三天运行　第13～24轮灌组 后三天运行	1或13/12或24	说明见表下注
			三		1、2、3、4、5、6						
			五		1、2、3、4、5、6						
	后三天	第13组↓第24组	二	3	1、2、3、4、5、6	18	1～12号辅管依次开启（第13组为1号辅管，……，第24组为12号辅管）	18			
			四		1、2、3、4、5、6						
			六		1、2、3、4、5、6						
第Ⅱ种	前三天	第1组↓第12组	一	4	1、2、3、4、5、6	18	1～12号辅管依次开启（第1组为1号辅管，……，第12组为12号辅管）	18	 第1～12轮灌组 前三天运行　第13～24轮灌组 后三天运行	13/12	
			二		1、2、3、4、5、6						
			三		1、2、3						
			四		1、2、3						
	后三天	第13组↓第24组	三	4	4、5、6	18	1～12号辅管依次开启（第13组为1号辅管，……，第24组为12号辅管）	18			
			四		4、5、6						
			五		1、2、3、4、5、6						
			六		1、2、3、4、5、6						
第Ⅲ种	前三天	第1组↓第12组	一	4	1、2、3、4、5、6	18	1～12号辅管依次开启（第1组为1号辅管，……，第12组为12号辅管）	18	 第1～12轮灌组 前三天运行　第13～24轮灌组 后三天运行	1或13/12或24	
			三		1、2、3						
			四		1、2、3						
			六		1、2、3、4、5、6						
	后三天	第13组↓第24组	二	4	1、2、3、4、5、6	18	1～12号辅管依次开启（第13组为1号辅管，……，第24组为12号辅管）	18			
			三		4、5、6						
			四		4、5、6						
			五		1、2、3、4、5、6						

续表

轮灌运行方式		轮灌组数	同时开启的管道编号及同时开启的各管道条数小计						轮灌组分布示意图	水头损失最大/小轮灌组	备　注
			分干管		支　管		辅　管				
				小计		小计		小计			
第Ⅳ种	前三天	第1组↓第12组	一	6	1、2、3	18	1～12号辅管依次开启（第1组为1号辅管，……，第12组为12号辅管）	18		1或13/12或24	
			二		1、2、3						
			三		1、2、3						
			四		1、2、3						
			五		1、2、3						
			六		1、2、3						
	后三天	第13组↓第24组	一	6	4、5、6	18	1～12号辅管依次开启（第13组为1号辅管，……，第24组为12号辅管）	18			
			二		4、5、6						
			三		4、5、6						
			四		4、5、6						
			五		4、5、6						
			六		4、5、6						
第Ⅴ种	前三天	第1组↓第12组	一	6	1、3、4、6	18	1～12依次开启（第1组为1号辅管，……，第12组为12号辅管）	18		1/24	说明见表下注
			二		3、6						
			三		1、3、4、6						
			四		3、6						
			五		1、3、4、6						
			六		3、6						
	后三天	第13组↓第24组	一	6	2、5	18	1～12依次开启（第13组为1号辅管，……，第24组为12号辅管）	18			
			二		1、2、4、5						
			三		2、5						
			四		1、2、4、5						
			五		2、5						
			六		1、2、4、5						

续表

轮灌运行方式		轮灌组数	同时开启的管道编号及同时开启的各管道条数小计						轮灌组分布示意图	水头损失最大/小轮灌组	备注
			分干管		支管		辅管				
				小计		小计		小计			
第Ⅵ种	前三天	第1组↓第6组	一	3	1、2、3	18	1～12按顺序开启（第1组为1、2号辅管，……，第6组为11、12号辅管）	18		1、7、13、19/6、12、18、24	说明见表下注
			三		1、2、3						
			五		1、2、3						
		第7组↓第12组	一	3	4、5、6	18	1～12按顺序开启（第7组为1、2号辅管，……，第12组为11、12号辅管）	18			
			三		4、5、6						
			五		4、5、6						
	后三天	第13组↓第18组	二	3	1、2、3	18	1～12按顺序开启（第13组为1、2号辅管，……，第18组为11、12号辅管）	18			
			四		1、2、3						
			六		1、2、3						
		第19组↓第24组	二	3	4、5、6	18	1～12按顺序开启（第19组为1、2号辅管，……，第24组为11、12号辅管）	18			
			四		4、5、6						
			六		4、5、6						

注 1. 以第Ⅰ种运行方式为例，表中表达的内容是：灌水周期为6天，前三天1～12轮灌组运行，灌水范围在一分干、三分干和五分干；后三天运行13～24轮灌组，灌水范围是二分干、四分干和六分干。前三天第1～12组运行时，每组均同时开启一、三、五分干及其上的6条支管，共18条支管，即1—1支～1—6支、3—1支～3—6支、5—1支～5—6支，表中简写为1、2、3、…、6。在这18条支管上，每组开启其上的1条辅管，共18条，第1组为1号辅管，依次开启，第12组是12号辅管。后三天运行第13～24轮灌组，与上述类同，不再赘述。详见第七章实例1中的图1-Ⅰ-1-2。表中其他种轮灌运行方式亦于此类同，不重复说明。

2. 表中水头损失最大、最小轮灌组的确定是根据流量分配情况，按离水源距离最长的水力计算线路中管路的水头损失最大而定的。反之，即定为水头损失最小。

续表

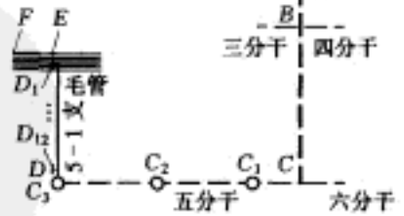
轮灌运行方式		轮灌组数	同时开启的管道编号及同时开启的各管道条数小计						轮灌组分布示意图	水头损失最大/小轮灌组	备注
			分干管		支管		辅管				
				小计		小计		小计			
第Ⅵ种	前三天	第1组↓第6组	一	3	1、2、3	18	1～12按顺序开启（第1组为1、2号辅管，……，第6组为11、12号辅管）	18		1、7、13、19/6、12、18、24	说明见表下注
			三		1、2、3						
			五		1、2、3						
		第7组↓第12组	一	3	4、5、6	18	1～12按顺序开启（第7组为1、2号辅管，……，第12组为11、12号辅管）	18			
			三		4、5、6						
			五		4、5、6						
	后三天	第13组↓第18组	二	3	1、2、3	18	1～12按顺序开启（第13组为1、2号辅管，……，第18组为11、12号辅管）	18			
			四		1、2、3						
			六		1、2、3						
		第19组↓第24组	二	3	4、5、6	18	1～12按顺序开启（第19组为1、2号辅管，……，第24组为11、12号辅管）	18			
			四		4、5、6						
			六		4、5、6						

注 1. 以第Ⅰ种运行方式为例，表中表达的内容是：灌水周期为6天，前三天1～12轮灌组运行，灌水范围在一分干、三分干和五分干；后三天运行13～24轮灌组，灌水范围是二分干、四分干和六分干。前三天第1～12组运行时，每组均同时开启一、三、五分干及其上的6条支管，共18条支管，即1—1支～1—6支、3—1支～3—6支、5—1支～5—6支，表中简写为1、2、3、…、6。在这18条支管上，每组开启其上的1条辅管，共18条，第1组为1号辅管，依次开启，第12组是12号辅管。后三天运行第13～24轮灌组，与上述类同，不再赘述。详见第七章实例1中的图1-Ⅰ-1-2。表中其他种轮灌运行方式亦于此类同，不重复说明。

2. 表中水头损失最大、最小轮灌组的确定是根据流量分配情况，按离水源距离最长的水力计算线路中管路的水头损失最大而定的。反之，即定为水头损失最小。

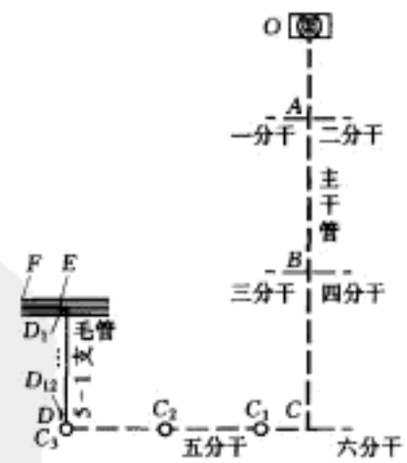
表 6-3　　第Ⅱ种运行方式第 13 轮灌组（水头损失最大）水力线路计算及节点压力水头计算表

计算线路	各级管道	节点名称	计算管段					地面标高（m）	水面线标高（m）	节点压力水头（m）	计算线路示意图
			管段名称	长度（m）	流量（m^3/h）	管径（mm）（外/内）	沿程水头损失/总水头损失（m）				
$F \downarrow E \downarrow D_1 \downarrow D \downarrow C_3 \downarrow C_2 \downarrow C_1 \downarrow C \downarrow B \downarrow A \downarrow O$	毛管	F	FE	79.2	0.472	—/16	1.33/1.46			7.21	
	辅管（5-1-1）	E	ED_1	5	5.66	32/28.8	0.44/0.48			8.67	
	支管（5—1 支）	D_1	D_1D	115	10.4	63/61.2	2.03/2.23			9.15	
	出地管	D	DC_3	1	20.8	63/59	0.07/0.08			11.38	
	五分干管	C_3	C_3C_2	158.3	20.8	110/105	0.73/0.8			11.46	
		C_2	C_2C_1	158.3	41.6	160/152.6	0.43/0.47			12.26	
		C_1	C_1C	79.2	62.3	160/152.6	0.44/0.48			12.73	
	主干管	C	CB	240	124.7	200/190.8	1.54/1.70			13.21	
		B	BA	240	187.0	225/214.6	1.80/1.98			14.91	
		A	AO	120	187.0	225/214.6	0.86/0.95			16.89	
		O								17.84	



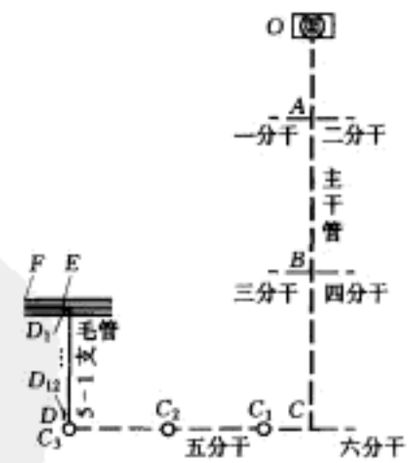
注　表下注内容见表 6-2。

表 6-4　　第Ⅲ种运行方式第 13 灌组（水头损失最大）水力线路计算及节点压力水头计算表

计算线路	各级管道	节点名称	计算管段					地面标高（m）	水面线标高（m）	节点压力水头（m）	计算线路示意图
			管段名称	长度（m）	流量（m^3/h）	管径（mm）（外/内）	沿程水头损失/总水头损失（m）				
$F \downarrow E \downarrow D_1 \downarrow D \downarrow C_3 \downarrow C_2 \downarrow C_1 \downarrow C \downarrow B \downarrow A \downarrow O$	毛管	F	FE	79.2	0.472	—/16	1.33/1.46			7.21	
		E								8.67	
	辅管（5-1-1）		ED_1	5	5.66	32/28.8	0.44/0.48				
		D_1								9.15	
	支管（5-1 支）		D_1D	115	10.4	53/61.2	2.03/2.23				
		D								11.38	
	出地管		DC_3	1	20.8	63/59	0.07/0.08				
		C_3								11.46	
	五分干管		C_3C_2	158.3	20.8	110/105	0.73/0.8				
		C_2								12.26	
			C_2C_1	158.3	41.6	160/152.6	0.43/0.47				
		C_1								12.73	
			C_1C	79.2	62.3	160/152.6	0.44/0.48				
		C								13.21	
	主干管		CB	240	62.3	160/152.6	1.31/1.44				
		B								14.65	
			BA	240	124.7	200/190.8	1.55/1.70				
		A								16.35	
			AO	120	187.0	225/214.6	0.86/0.95				
		O								17.3	

注　表下注内容见表 6-2。

表 6-4　　第Ⅲ种运行方式第 13 灌组（水头损失最大）水力线路计算及节点压力水头计算表

计算线路	各级管道	节点名称	计算管段					地面标高（m）	水面线标高（m）	节点压力水头（m）	计算线路示意图
			管段名称	长度（m）	流量（m^3/h）	管径（mm）（外/内）	沿程水头损失/总水头损失（m）				
$F \downarrow E \downarrow D_1 \downarrow D \downarrow C_3 \downarrow C_2 \downarrow C_1 \downarrow C \downarrow B \downarrow A \downarrow O$	毛管	F	FE	79.2	0.472	—/16	1.33/1.46			7.21	
		E								8.67	
	辅管（5-1-1）		ED_1	5	5.66	32/28.8	0.44/0.48				
		D_1								9.15	
	支管（5-1 支）		D_1D	115	10.4	53/61.2	2.03/2.23				
		D								11.38	
	出地管		DC_3	1	20.8	63/59	0.07/0.08				
		C_3								11.46	
	五分干管		C_3C_2	158.3	20.8	110/105	0.73/0.8				
		C_2								12.26	
			C_2C_1	158.3	41.6	160/152.6	0.43/0.47				
		C_1								12.73	
			C_1C	79.2	62.3	160/152.6	0.44/0.48				
		C								13.21	
	主干管		CB	240	62.3	160/152.6	1.31/1.44				
		B								14.65	
			BA	240	124.7	200/190.8	1.55/1.70				
		A								16.35	
			AO	120	187.0	225/214.6	0.86/0.95				
		O								17.3	

注　表下注内容见表 6-2。