

郭树龙 温 季 贾树宝 主编



节水灌溉工程技术 设计与应用



 黄河水利出版社

S 275
20141

阅 览

节水灌溉工程技术设计与应用

主 编 郭树龙 温 季 贾树宝
副主编 郭群善 姚宛艳 郭冬冬
谢成春



黄 河 水 利 出 版 社
· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书系节水灌溉工程技术培训教材。全书共分八章,主要内容包括绪论、输水系统节水技术、喷灌工程技术、微灌工程技术、集雨节水灌溉工程技术、应急抗旱灌溉技术、其他节水灌溉工程技术、灌溉自动化和附录等。

本书较系统地总结了我国常用的节水灌溉技术,包括工程规划、设计、施工和管理,并在附录中列出水泵、节水灌溉常用管道、喷头和灌水器等技术参数。内容上力求深浅适宜,图文并茂,注重理论联系实际,多举示例,突出应用,实用性和可操作性强。本书主要面向乡镇水管人员和农村基层的技术人员,亦可供相关技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉工程技术设计与应用/郭树龙,温季,贾树宝主编. —郑州:黄河水利出版社,2012.9

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0354 - 8

I. ①节… II. ①郭…②温…③贾… III. ①节约用水—灌溉工程 IV. ①S275

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 217608 号

策划编辑:李洪良 电话:0371 - 66024331 E-mail:hongliang0013@163.com

出 版 社:黄河水利出版社

网址:www.yrep.com

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 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:hhslebs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:850 mm × 1 168 mm 1/32

印张:6.50

字数:163 千字

印数:1—1 500

版次:2012 年 9 月第 1 版

印次:2012 年 9 月第 1 次印刷

定价:25.00 元

《节水灌溉工程技术与应用》

编写人员

主 编	郭树龙	温 季	贾树宝	
副 主 编	郭群善	姚宛艳	郭冬冬	谢成春
编写人员	徐海洋	王红瑞	温 婧	王红霞
	郭爱乐	王爱梅	宰松梅	高 姍
	张薇薇	高 倩	张利勇	姜 新

前 言

水作为一种宝贵的自然资源,是人类和一切生物赖以生存与发展的物质基础。在水资源相对贫乏的中国,水资源紧缺已严重影响工农业生产和城乡人民生活,水资源的短缺已成为国民经济和社会发展的瓶颈,水的充分供给和高效利用成为我国农业可持续发展的决定性因素。在农业水资源日益减少的情况下,先进的节水灌溉技术可以降低单位面积灌水量、提高水资源的产出效率。因此,节水灌溉作为一种高效用水模式,对实现农业可持续发展具有不可取代的重要作用。

本书主要面向乡镇水管人员和农村基层的技术人员,目的在于推广和普及节水灌溉技术,有助于推动我国节水灌溉事业的发展,提高水资源的利用效率。我们本着实用性强的原则进行编写,内容上力求深浅适宜,图文并茂,避免偏深偏多,注重理论联系实际,多举示例,突出应用。全书共分八章。第一章绪论,第二章至第四章分别为输水系统节水技术、喷灌工程技术和微灌工程技术,第五章为集雨节水灌溉工程技术,第六章为应急抗旱灌溉技术,第七章为其他节水灌溉工程技术,第八章为灌溉自动化,并在附录中列出了水泵、节水灌溉常用输水管道、喷头和灌水器等技术参数。

本书各章编写分工如下:第一章由温季、郭树龙、张利勇编写,第二章由贾树宝、温婧、王红霞、郭爱乐编写,第三章由郭树龙、高姗、张薇薇编写,第四章由姚宛艳、徐海洋、王爱梅编写,第五章由谢成春、郭群善、徐海洋编写,第六章由郭群善、姚宛艳、姜新编写,第七章由郭树龙、温季、王红瑞编写,第八章由郭冬冬、宰松梅、高倩编写,附录由王红瑞、温婧、王红霞编写。

在本书的编写过程中,得到了有关专家和领导的大力支持和帮助,并参考和引用了国内外文献,在此表示衷心的感谢!

本书由农业科技成果转化资金项目“大射程系列旋转式微喷头の中试与示范”(合同编号:2010GB23260584)资助。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2012年6月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第二章 输水系统节水技术	(4)
第一节 渠道防渗工程技术	(4)
第二节 低压管道输水灌溉技术	(15)
第三节 地面节水灌溉工程技术	(36)
第三章 喷灌工程技术	(39)
第一节 喷灌工程技术简介	(39)
第二节 工程规划与布置	(41)
第三节 灌溉制度	(49)
第四节 工程的设计与计算	(51)
第五节 大田喷灌工程典型设计	(54)
第六节 工程施工与安装	(59)
第七节 运行管理	(66)
第四章 微灌工程技术	(68)
第一节 微灌技术简介	(68)
第二节 微灌形式的选择	(69)
第三节 工程规划与布置	(74)
第四节 设计参数和灌溉制度	(89)
第五节 工程的设计与计算	(90)
第六节 典型工程设计——棉花试验基地滴灌工程 规划设计	(94)
第七节 工程施工与安装	(102)

第八节 运行管理	(112)
第五章 集雨节水灌溉工程技术	(115)
第一节 集雨节水灌溉工程技术简介	(115)
第二节 集雨工程来水用水量分析	(117)
第三节 集雨工程规划布置	(118)
第四节 集雨工程设计实例——河南省唐河县某项目 区集雨工程规划设计	(123)
第六章 应急抗旱灌溉技术	(134)
第一节 抗旱轻型机井技术	(134)
第二节 软管灌水技术	(159)
第三节 田间抗旱灌溉技术	(161)
第七章 其他节水灌溉工程技术	(163)
第八章 灌溉自动化	(166)
第一节 自动灌溉系统的工作原理和特点	(166)
第二节 自动灌溉系统分类	(167)
第三节 自动灌溉系统方案的设计	(170)
第四节 自动灌溉控制系统组成	(172)
第五节 自动灌溉控制系统运行操作	(174)
附 录	(177)
附录一 节水灌溉常用水泵技术参数	(177)
附录二 节水灌溉常用管道技术参数	(187)
附录三 大田喷灌喷头技术参数	(191)
参考文献	(194)

第一章 绪 论

我国是一个水资源相对短缺的国家,全国水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ,人均水资源占有量为 2 300 m^3 ,只有世界人均水平的 1/4,居世界第 109 位,是世界上 13 个贫水国之一;亩^①均水资源占有量为 1 800 m^3 ,只有世界亩均水平的 2/3。我国不仅水资源相对数量较少,且在时空分配上也存在很大差异,降水量年内、年际间变化较大,空间上降水东南多、西北少,山区多、平原少,雨量大致由东南向西北递减,81% 的水资源集中分布在长江流域及以南地区,长江以北地区人口和耕地占全国的 45.3% 和 64.1%,而水资源却只占全国的 19%,人均占有量为 517 m^3 ,相当于全国人均量的 1/5 和世界人均量的 1/20。由于降水在地区上分布不均衡,造成水资源与人口和耕地的分布极不相匹配。目前,全国有 400 多座城市不同程度地缺水,其中有 108 座严重缺水,全国乡村中还有 6 000 万人左右饮水困难。这种时空上的分布不均,越发加剧了水资源的短缺程度。随着人口的增加和社会经济的不断发展,水资源紧缺的状况进一步加剧,黄河断流的问题日益突出。我国现有耕地面积近 19 亿亩,有效灌溉面积 8 亿亩,截至 2009 年,全国节水灌溉面积 3.66 亿亩。其中:喷灌面积 0.42 亿亩,微灌面积 0.19 亿亩,低压管灌面积 0.88 亿亩,渠道防渗 1.56 亿亩,其他工程节水面积 0.61 亿亩。由于节水灌溉的推广普及,农业生产条件进一步得到了改善,抗旱能力有了提高,促进了农业和农村经济的发展;用水效率大幅度提高,缓解了部分地区农业用水的供需矛盾,

① 1 亩 = 1/15 hm^2 ,全书同。

进一步改善了农业生产条件,增强了农业抗旱能力,促进了农业结构调整,增加了农民收入。农业用水是我国的用水大户,其用水量约占全国总用水量的 70%,其中灌溉用水占农业用水的 90% 以上。由于灌溉方式落后,输水渠道大多为土渠,加上工程老化失修与配套不全,农业灌溉水的利用率与利用效率很低。据统计,全国平均灌溉水利用率仅为 45%,渠灌区灌溉水的利用率只有 40% 左右,井灌区也只有 60% 左右;每立方米水的粮食生产能力不足 1 kg,远低于 2 kg 以上的世界发达国家水平,水资源浪费十分严重。随着经济的发展,各行各业用水需求的大幅度增加,农业用水在社会总用水量中的比重还会不断下降,新增灌溉面积所需水量将主要通过节水挖掘,从现有用水量中解决。因此,缓解水资源短缺的根本出路是发展节水农业,实施节水灌溉,改变长期以来大水漫灌的浇地习惯,大力开发与推广节水灌溉技术,按作物最佳需水要求进行灌溉,最大限度地提高用水效率。节水灌溉是节约农业用水、缓解水资源短缺的有效途径,是转变农业增长方式,使传统农业向高产、优质、高效农业转变的重大战略举措。因此,必须大力普及推广节水灌溉技术,改变传统落后的灌溉方式,在农业灌溉领域中进行一场全面、深刻的革命。国内外目前实施的节水灌溉技术包括节水工程技术、农业耕作栽培节水技术和节水灌溉管理技术。节水灌溉工程技术是指运用先进的防渗材料或灌水方法来提高源头水、输水和灌水等环节的利用率,它包括渠道防渗、低压管道输水、喷灌、微灌和地面灌溉改进技术等;农业耕作栽培节水技术是利用耕作措施调控农田水分利用状况,充分发挥水、光、热等自然资源,提高农田生产率和水分利用效率,它包括耕作保墒、覆盖保墒、化学制剂节水和选育耐寒品种等;节水灌溉管理技术是指根据农作物的需水、耗水规律,来控制、调配水源,以最大限度地满足作物对水分的需求,实现区域效益最佳的农田水分调控管理。

发达国家都把节约用水作为一项基本国策来抓,通过制定一系列政策和法规,严格节水和用水管理,使得农业高效节水灌溉技

术发展迅速。发达国家的喷灌技术均朝着低压、节能型方向发展,积极发展喷灌的多目标利用功能,美国得克萨斯州采用的大型自走喷灌机中具有低压精准灌溉功能的占使用面积的 25%,内布拉斯加州采用圆形和平移的大型喷灌机占全州灌溉面积的 63.19%,对当地灌溉和种植业的发展起了重要的作用。以色列、美国、澳大利亚、法国、日本、韩国等是微灌技术先进的国家,随着塑料工业的迅速发展,使得滴灌系统在技术上实现了突破,滴灌面积得到了快速发展,获得了广泛的应用。2000 年,加利福尼亚地下滴灌面积达 106 万亩,是美国发展地下滴灌面积最多的州。在灌溉作物上,美国微灌技术的应用逐步由果树、蔬菜等少数经济作物向行播大田作物发展。以色列微灌面积发展到 249 万亩,占总灌溉面积的 66% 以上。美国是最早应用管道输水灌溉技术的国家之一,20 世纪 20 年代,美国加州的图乐洛克灌区最早开始尝试应用地面闸管系统和地下暗管系统,来代替地面明渠灌溉系统,并取得了节水增产的效果,在加州圣华金河谷灌区,支渠以下输水系统在 1996 年就全部实现管道化。1985 年,日本新建的灌溉渠系 50% 以上实现了管道化。

国内外的经验证明,节水灌溉可以根据作物不同生长期的需水要求,适时、适量地进行科学灌溉。它可以提高水的有效利用率,大幅度节约农业灌溉用水;可以节省渠道和畦埂占地,扩大种植面积,提高土地利用率和复种指数;可以提高农业劳动生产率,节省灌溉用工、节约能源和减轻农田基本建设的工作量;可以带来农业种植结构和耕作技术的重大变革,提高农产品的产量、质量和效益,实现农业增产和农民增收;可以推进农业的现代化和管理的科学化,提高机械化水平和集约化程度,进一步解放和发展农业生产力;可以扩大节水灌溉设备和材料的国内需求,拉动经济增长,吸纳农村劳动力,增加就业机会和带动节水灌溉设备的产业化。它是促进国民经济可持续发展和农业现代化的一项革命性措施。在全国范围内大力推广、全面普及节水灌溉技术意义重大。

第二章 输水系统节水技术

第一节 渠道防渗工程技术

渠道防渗技术是指为了减少渠道输水的渗漏,提高渠系水利用系数,而在渠床建立不易透水的防护层,防止和减少各级渠道在输水过程中的渗漏损失,是我国干旱半干旱地区目前应用最广泛的节水工程技术之一。根据国内外的实测结果,一般渠灌区的干、支、斗、农渠采用黏土夯实能减少渗漏损失量的 45% 左右,采用混凝土衬砌能减少渗漏损失量的 70% ~ 75%,采用塑料薄膜衬砌能减少渗漏损失量的 80% 左右;对大型灌区渠道防渗可使渠系水利用系数提高 0.2 ~ 0.4,减少渠道渗漏损失量的 50% ~ 90%。因此,积极推进渠系防渗,是减少输水损失的重要技术措施。目前,防渗衬砌的材料主要有灰土、砌石、水泥石、沥青混凝土、混凝土、复合土工膜料等,其中混凝土材料占有很大的比重。

一、常用形式

目前渠道防渗技术常用的几种形式如下。

(一) 土料防渗

土料防渗就是将输水渠基用土夯实或者在渠床表面铺一层夯实的土料防渗层,包括压实素土、黏砂混合土、三合土、四合土、灰土等。

1. 特点和适用条件

土料防渗具有一定的防渗效果($0.07 \sim 0.17 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$),

能就地取材,工程造价低廉,技术简单,群众容易掌握,但允许流速小,抗冻耐久性差,故土料防渗适用于气候温和的地区与流速较小的中、小型渠道,且当地应有丰富的土料资源。当防渗要求高,当地砂石料缺乏,难以采用时,可利用土壤固化剂对土料进行固结处理。

2. 防渗结构和材料

土料防渗一般由等厚的土料防渗层构成。如用于寒冷地区,则应根据冰冻情况,加设 30 ~ 50 cm 厚的保护层。为了防止三合土、四合土、灰土等混合土料防渗层由于温度变化等引起裂缝,可每隔 3 ~ 4 m 设一条伸缩缝。为了提高土料防渗层的表面强度,可用水泥砂浆抹面 1 cm,亦可在灰土、三合土和四合土防渗层表面涂刷一层 1:10 ~ 1:15 的硫酸亚铁溶液。素土的选用和混合土料的配合比应通过试验确定最大干容重和最佳含水率,按照强度最大、渗透系数最小的原则选用防渗土料。素土和黏砂混合土应进行泡水试验,若发现试件崩解或呈混浊液,应改换素土和调整黏砂混合土的配合比。

3. 施工要点

土料防渗要做到“六防”,即“防渗、防冻胀、防湿胀、防干缩、防滑坡和防冲刷”。除必须有合理的设计外,施工质量直接影响其效果和寿命。因此,施工时必须掌握好削坡清淤、配料、拌和、铺料、锤实和养护等各个环节,主要应注意如下几点:

(1) 土料的原材料应粉碎、过筛,素土粒径不应大于 2 mm,石灰不应大于 5 mm。

(2) 施工中应严格控制配合比和含水率,拌和后含水率与最佳含水率的偏差值不大于 1%。

(3) 混合土料宜先干拌后湿拌。

(4) 铺筑顺序是三合土、四合土、灰土先渠坡后渠底,素土、黏砂混合土先渠底后渠坡。当防渗层厚度大于 15 cm 时,应分层铺

筑,铺筑时应边铺筑边夯实,夯实后土料的干容重不得小于设计容重。

(二) 水泥土防渗

1. 特点和适用条件

水泥土防渗分为干硬性水泥土和塑性水泥土两种,北方多用前者,南方多用后者。水泥土具有较好的防渗效果,能就地取材,造价低,技术简单,群众容易掌握,其水泥用量与低强度等级混凝土的水泥用量相当,允许流速小,抗冻性差。它适用于温和地区,且附近有砂土和砂壤土但缺乏砂石料的渠道。

2. 施工要点

(1) 水泥土所用土料应风干、粉碎、过 5 mm 筛。

(2) 水泥土铺筑应做到配料准确、拌和均匀、摊铺平整、浇捣密实。铺筑水泥土前应洒水润湿渠基 0.5 h 左右,将拌好的水泥土,按先渠坡后渠底的顺序均匀地铺筑。初步抹平后,宜在表面撒一层厚 2 mm 的水泥,随即揉压抹光。应连续铺筑,每次抹料从加水至铺筑宜在 1.5 h 内完成。

(3) 设置保护层的塑性水泥土,其保护层应在塑性水泥土初凝前铺设完毕。当保护层为水泥砂浆时,应在水泥砂浆上刷一层水泥浆,用钢板压光,并且养护两周以上。

(三) 混凝土防渗

1. 特点和适用条件

混凝土衬砌渠道具有防渗抗冲效果好、输水能力大、经久耐用、便于管理等特点,因而适用于各种地形、气候和运行条件的大、中、小型渠道。

2. 施工要点

混凝土衬砌按施工方法分为现浇和预制两种。现浇混凝土防渗层时,除有分块的两侧挡板和伸缩成型夹板外,还应有外模板,否则施工质量不易保证。为节约模板、提高质量、降低成本,可采

用活动模板和分块跳仓法、滑模振捣器法施工。近十几年来,使用衬砌机浇筑 U 形混凝土渠道,在土基梯形和 U 形渠道上采用喷射混凝土以及对塑料养护剂的试验应用是混凝土衬砌施工技术的重要发展。现浇完毕后,应及时收面、及时养护。混凝土预制板初凝后即可拆模,强度达到设计强度的 70% 方可运输,安砌应平稳、坚固,砌缝应用水泥砂浆填满、压平、抹光。

(四) 膜料防渗

1. 特点和适用条件

膜料防渗是用塑料薄膜或者沥青玻璃纤维布油毡或者复合类膜料作防渗层,其上设保护层的防渗方法。膜料防渗性能好,适应变形能力强,南、北方均可采用,特别是北方冻胀变形较大的地区,效果理想。

2. 施工要点

膜料防渗的施工程序为渠道基槽开挖整平、薄膜加工及铺衬、保护层回填夯实三个步骤。膜料防渗施工质量的核心问题是在施工过程中保持膜层的完整和土保护层的边坡稳定。土渠层的铺膜基槽可采用梯形、台阶形、五边形和锯齿形等断面形式。当渠槽开挖整平后,首先进行灭草处理,然后根据渠道大小将膜料加工成大幅,自渠道下游向上游、由渠道一岸向另一岸铺设膜料,膜料应留有小褶,并平贴渠基。保护层的回填夯实直接影响保护层的稳定和衬砌的防渗效果。土保护层可用压实法或浸水泡实法填筑,刚性材料保护层的施工方法与相同材料防渗层的施工方法相同。

(五) 沥青混凝土防渗

1. 特点和适用条件

沥青混凝土衬砌属于柔性结构,其防渗能力强,适应变形性能好,造价与混凝土相近,适用于冻害地区。

沥青混凝土衬砌分有、无整平胶结层两种。一般岩石地基的渠道才考虑使用整平胶结层。为提高沥青混凝土的防渗效果,防

止沥青老化,在沥青混凝土表面涂刷沥青马蒂脂封闭层。涂刷的沥青马蒂脂必须满足在高温下不流淌、在低温下不脆裂、具有较好的热稳定性和变形性能的要求。沥青混凝土衬砌每隔 4~6 m 应设置横向伸缩缝,以适应外界温度变化对衬砌的影响。沥青混凝土防渗一般采用等厚断面,中、小型渠道为 5~6 cm,大型渠道为 8~10 cm。整平胶结层应能填平岩石基面。沥青马蒂脂的厚度一般为 2~3 mm。冻脂性土基,当渠坡采用楔形断面时,坡顶厚度一般为 5~6 cm,坡度厚度为 8~10 cm。

2. 施工要点

沥青混凝土衬砌正式施工前,必须先进行试铺筑,以确定沥青混合料的配合比、摊铺厚度、施工温度、碾压遍数等工艺参数。沥青混凝土衬砌施工工序是:铺筑整平胶结层→铺筑防渗层→涂刷封闭层。碾压是沥青混凝土衬砌施工的关键环节,按选定的摊铺厚度均匀摊铺后,先静压 1~2 遍,再振动压实。压实渠坡时,上行振动,下行静压。压实过程中应严格控制施工温度和碾压遍数。渠道衬砌效果如图 2-1 所示。



图 2-1 渠道衬砌效果

二、渠道防渗典型工程设计——新乡县七里营镇渠道防渗工程

典型设计项目区位于河南省新乡县七里营,属引黄人民胜利

渠灌区,规划采取井渠双配套灌溉模式,考虑到引黄条件,故防渗渠道设计以引黄河水为主。

(一) 设计灌水定额和设计灌水周期

1. 设计灌水定额

按照《灌溉与排水工程设计规范》(GB 50288—99)中公式:

$$M = 10^2 \gamma H (W_{\max} - W_{\min})$$

式中 M ——灌水定额, m^3/hm^2 ;

γ ——计划湿润层土壤干容重, $\gamma = 1.5 \text{ t}/\text{m}^3$;

H ——计划湿润层, $H = 0.6 \text{ m}$;

$W_{\max}$ ——允许土壤含水量上限(%),占干土重的 27%;

$W_{\min}$ ——允许土壤含水量下限(%),占干土重的 18.9%。

经计算: $M = 729 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 即净灌水定额为 $50 \text{ m}^3/\text{亩}$ 。

2. 设计灌水周期

作物种植以小麦—玉米或小麦—水稻为主,根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB 50288—99)中冬小麦与玉米的灌水延续时间规定,结合项目区实际情况,综合确定设计灌水周期 $T = 7 \text{ d}$ 。

(二) 灌溉渠道工程设计

渠道引水流量采用以下公式:

$$Q = MA / (86400\eta T)$$

式中 Q ——渠道设计流量, m^3/s ;

M ——灌水定额, $\text{m}^3/\text{亩}$, $M = 50 \text{ m}^3/\text{亩}$;

A ——渠道控制面积,亩,农渠控制面积 250 亩;

η ——渠道水利用系数,取 0.80;

T ——灌水天数,农渠取 2~3 d。

经计算:农渠流量 $Q = 0.09 \text{ m}^3/\text{s} = 324 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

(三) 斗渠规划布置

项目区内南北向共规划两条主干路,将该区分为三块。为方便管理并减少农渠与主干路多次交叉,所以在每一方地均布置一