

灌区节水
改造技术

丛书

- 冯广志 主编
- 张展羽 吴玉柏 编著

渠系改造

*Canal System
Rehabilitation*



中国水利水电出版社

灌区节水
改造技术

M
书

- 冯广志 主编
- 张展羽 吴玉柏 编著

渠系改造

*Canal System
Rehabilitation*



中国水利水电出版社

· 内容提要 ·

本书系“灌区节水改造技术丛书”之一。全书针对我国实际情况，总结了国内外渠系改造的成功经验，分别就渠系改造方案选择；灌溉渠道断面设计；渠道防渗工程设计；渠道防冻工程设计；渠道改造专门问题（如滑坡、防洪、特殊土基、水土保持、防沙清淤等）进行了较系统的阐述。特别重点介绍了相关原则、方法途径和相应的技术措施。

本书面向基层水利技术人员编写，同时可供从事农村水利科研、教学和生产管理者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

渠系改造/张展羽, 吴玉柏编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2004

(灌区节水改造技术丛书/冯广志主编)

ISBN 7-5084-1757-7

I. 渠... II. ①张...②吴... III. 灌溉渠道—灌区改造改善 IV. S274.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 094715 号

书 名 作 者 出 版 发 行	灌区节水改造技术丛书 渠系改造 张展羽 吴玉柏 编著 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 刷 格 次 印 数 定 价	中国水利水电出版社微机排版中心 北京市兴怀印刷厂 850mm×1168mm 32开本 11.25印张 302千字 2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷 0001—4100册 35.00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

灌区节水改造技术丛书

编 委 会

名誉主任 翟浩辉

主任委员 冯广志

副主任委员 姜开鹏 王国仪 顾宇平

委 员 赵竞成 李远华 闫冠宇 张绍强

刘云波 党 平 张凤泉 丘传忻

张展羽 徐云修 胡和平 雷声昂

杨 晴

丛书主编 冯广志

丛书副主编 姜开鹏 顾宇平 李远华 赵竞成

闫冠宇

序

由几百万个大中小灌区组成，总灌溉面积8亿多亩的灌溉农田是我国粮食等农产品的主要生产基地，它占全国耕地面积的43%，生产的粮食约占全国粮食总产量的3/4。我国的气候条件与欧美一些国家不同，那里农业对灌溉的需求不十分迫切，经常是风调雨顺；而我国，洪涝干旱自然灾害频繁，人均占有水资源量少，人均占有耕地面积也大大低于世界平均水平，要在气候条件不利、耕地有限、水资源有限的条件下生产出数量多、质量优的农产品，满足十多亿人不断提高的生活水平的需求，为经济社会快速持续协调发展提供强有力的支撑，惟一的途径是加强农业基础设施建设，改善不利的农业生产条件，增强农业抗御自然灾害的能力，提高单位面积的产出和效益。灌溉在我国农业生产、农村经济发展，乃至整个经济社会发展中有着十分重要的地位和作用。

过去几十年，我国灌溉事业发展迅速，取得了举世瞩目的成就，发挥出巨大的经济、社会和生态环境效益。但是，约2/3的灌溉设施建于20世纪50~70年代，受当时经济社会发展水平和物力、财力条件限制，许多灌区边规划、边设计、边施工，由农民队伍采用群众运动的方法建设，资金、钢材、水泥不足，就因陋就简，土法上马，造成工程技术标准低，施工质量差，病险隐患多，大量渠道和建筑物长期配套不齐，成为“半拉子”工程。长期存在的重建建设轻管理的指导思想，以及缺乏法制保障、不科学的管理体制和运行机制，一方面造成灌区功能和性质模

糊，资产权属不清，管理体制不顺，维护责任不落实，水费入不敷出，维修养护不及时，设施老化破损，超期服役，带病运行。另一方面带来管理粗放，用水效率和效益不高，人为加剧了灌溉用水的供需矛盾。这两大问题对灌区巩固、效益发挥和可持续发展构成了极大威胁。

通过大规模建设开发，绝大多数地方容易开发的水土资源多已开发，新建灌区的难度和造价越来越大，而已有灌区无论是灌溉面积，还是用水效率都还有很大的潜力可挖。因此，对现有灌区进行续建配套、节水改造是一项投资省、见效快、效益大的工作，是当前和今后相当长时间里灌区工作的重点之一。要保障我国人口高峰时的粮食安全，为全面建设小康社会提供坚实的物质保障，使灌区工作在新世纪再上新台阶，必须坚持实行“两改一提高”的原则（二改是续建配套、节水改造和以用水户参与管理为主要内容的灌区管理体制的改革，提高用水效率和效益，增强服务功能），调整工作思路，转变指导思想，克服就事论事单纯围绕工程技术抓灌区建设的旧习惯，把灌区的巩固、改造和发展纳入流域、区域经济社会发展全局，紧紧围绕农业生产、农村经济发展中心任务，充分考虑水资源和环境的承载能力，把工程技术与经济、社会、资源、生态环境、政策、管理等有机结合，把灌区作为一个整体，用系统工程的方法抓灌区改造与改革。

进行灌区续建配套与节水改造，一方面要解决所需资金，另一方面要充分依靠科技。灌区节水改造是一项极其复杂的工作，不能像新建灌区那样在白纸上画图，也不能过分迁就原有设施不合理的现状，更不能把原有设施废弃重建，没有现成的经验和模式可照搬，各地都在探索实践中。针对当前灌区节水改造中缺少技术参考书这一情况，水利部农村水利司于2002年初决定组织力量编写一套灌区节水改造技术丛书。丛书共分6册，由专业知识比较扎实，有丰富实践经验的同志编写。该书的定位不是学术专著和教科书，也不是技术手册，而是实用性强的技术参考书。在编写过程中，作者们收集分析整理了灌区建设与改造的有关资

料，吸收了近一二十年国内外新技术新成果，力求体现新形势下中央的治水方针和调整治水工作思路的要求，做到内容系统完整，概念清楚，论述充分，技术先进实用，紧密围绕生产急需，为从事灌区规划、设计、施工、管理工作的一线人员服务。由于收集到的资料有限，以及受作者水平的局限，本书可能会存在不足甚至错误之处，敬请读者批评指正。

本丛书主编为冯广志，第一册《灌区节水改造规划》由沈荣开、冯广志、杨晴编写；第二册《灌区信息化建设》由胡和平、田富强编写；第三册《渠系改造》由张展羽、吴玉柏编写；第四册《灌区建筑物加固改造》由雷声昂、张法思编写；第五册《灌区建筑物老化病害检测与评估》由徐云修、方坤河编写；第六册《泵站改造》由丘传忻、李继珊编写。

在编写本丛书过程中，得到了水利部农村水利司灌溉节水处的指导和支持，还得到许多省水利厅、设计院、灌区、高等院校、科研单位的支持帮助，得到许多同志在资料提供等方面的支持，特别是水利水电出版社为本书编写出版投入很大人力、物力，做了大量工作，在此一并表示衷心的感谢。

冯广志

2003年11月

前 言

在灌区工程中，渠系工程担负着全灌区的输配水任务。布局合理、配套完善、行水通畅的渠系工程，是灌区工程发挥正常效益的前提条件。渠系工程在整个灌区工程的投入中所占比重较大：对于水库灌区，渠系工程投资约占工程总投资的45%~60%；对于引水灌区，则所占比重就更大了，高达60%以上。因此，渠系工程是灌区的基础工程。

1949年新中国成立以来，我国灌溉事业得到了迅速发展，全国共建成万亩以上灌区5600多处，拥有各类输水渠道310多万公里，其中干、支级渠道占39.7%，斗、农渠占60.3%，灌溉工程在抵御自然灾害、保障农业生产发展方面发挥了重要作用。由于种种原因，我国的灌区工程，尤其是渠系工程设计标准普遍偏低，许多工程配套差，老化失修严重。渠道80%以上为土质渠，渠系水利用系数平均不到0.5，输水损失严重。渠道冻胀破坏、滑坡、淤积等也是渠系运行中经常出现的问题。由于农业、农作物结构的调整，管理及运行模式的改变，使得需水要求和灌溉过程发生了显著改变，对灌区渠系的布局、断面、结构防渗防冻等提出了新的要求，必须进行改造。加强和做好灌区渠系改造，提高输水效率、输水保证率和灌溉水利用率，是保证灌区正常运行和促进经济社会可持续发展的有效途径。

本书是按照水利部农村水利司关于灌区改造的工作部署，面向基层水利技术人员编写的。全书针对我国实际情况，总结了国

内外渠系改造的成功经验，分别就渠系改造方案选择，渠道断面设计，渠道防渗工程设计，渠道防冻工程设计，以及渠道滑坡、防洪、特殊土基、水土保持、防沙清淤等专门改造问题进行了较系统的阐述，重点介绍渠系改造的原则、方法途径和相应的技术措施。因此，本书也可供从事农村水利科研、教学、生产管理者参考。

本书共分6章，其中第一章由张展羽编写；第二章由张展羽、朱成立编写；第三章和第四章由吴玉柏编写；第五章由朱强、吴玉柏编写；第六章由张展羽编写。全书由张展羽、吴玉柏统稿。

在编写过程中，我们参考和引用了一些相关书籍的资料，恕不一一列出。渠系改造技术涉及面广，新理论、新技术发展迅速。由于作者水平所限，书中难免有遗漏和不足之处，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2003年10月

目 录

序 前言

第一章 绪论	1
第一节 我国的灌溉渠道工程.....	1
第二节 国内外渠系工程技术概况及发展趋势.....	8
第二章 渠系改造方案的选择	24
第一节 渠系改造的原则和内容及规划步骤	24
第二节 渠首工程的改造	30
第三节 渠道系统的改造	49
第四节 工程实例	70
第三章 灌溉渠道断面设计	77
第一节 渠道流量的推算	77
第二节 渠道纵横断面的设计	91
第三节 渠道改造断面的设计.....	120
第四章 渠道防渗工程设计	126
第一节 概述.....	126
第二节 渠道防渗工程设计和施工的基本规定.....	134
第三节 土料防渗.....	148
第四节 水泥土防渗.....	158
第五节 砌石防渗.....	166

第六节	膜料防渗	176
第七节	混凝土防渗	189
第五章	渠道防冻工程设计	224
第一节	概述	224
第二节	渠道防冻胀设计基本参数的确定	240
第三节	渠道衬砌冻胀防治的设计方法	254
第四节	渠系建筑物防冻胀的设计方法	269
第五节	渠道其他冻害防治的设计方法	281
第六章	渠系改造专门问题	286
第一节	渠道滑坡改造	286
第二节	特殊土基渠道改造	292
第三节	渠道沿线水土保持防护林改造	305
第四节	渠道防洪改造	330
第五节	渠系防沙清淤改造	337
参考文献		344

第一章

绪 论

第一节 我国的灌溉渠道工程

一、灌溉渠道工程建设的历史与现状

我国大部分地区位于北温带和亚热带，受季风影响，形成东南多雨、西北干旱、夏秋多雨、冬春干旱的特点。根据降水量的大小和农作物对灌溉的要求，全国可分为三个不同的灌溉地带。即多年平均降水量小于 400mm 的常年灌溉地带，多年平均降水量大于 400mm、小于 1000mm 的不稳定灌溉地带，和多年平均降水量大于 1000mm 的补充灌溉地带。其中，常年灌溉地带主要包括西北内陆和黄河中上游部分地区。由于雨量稀少，常年灌溉是发展农业的必要条件。该地区土地面积 410 万 km^2 ，占全国国土面积的 42.6%。不稳定灌溉地带主要包括黄淮海地区和东北地区。这一地区由于受季风的强烈影响，降水时空变化都很大，常发生数年连旱或连涝。水利工程必须灌排并重，旱涝兼治，该地区土地面积 196 万 km^2 ，占全国国土面积的 20.5%。补充灌溉地带主要包括长江中下游，珠、闽江地区及部分西南地区，该地区虽然降水量丰沛，但降水的年际和季节分配不均。这一地区是我国水稻的主要产区，一般都需要补充灌溉。该地区土地面积 344 万 km^2 ，约占全国国土面积的 35.9%。

我国的地理位置、光热资源为我国农业发展提供了良好的基础，但由于水资源不足，降水量时空分布不均，供需矛盾突出，水旱灾害频繁，影响范围遍及全国。在这种特定的自然条件下，只有修建水利工程，抵御水旱灾害，才能为我国农业生产和国民经济创造一个稳定发展的环境。灌溉工程的作用在于通过引水、

蓄水、配水等措施，改变地面水资源的时空分布，开发利用地下水资源，解决水资源供需矛盾，适时适量地满足农作物需水要求。灌溉渠道工程是灌溉工程的重要组成部分，它包括从水源取水的渠首工程、向灌区各个部分输水和分配水量的渠道工程及其建筑物，为了保证灌水质量而修建的田间工程等，灌溉渠道工程通常又称为渠系工程。渠系工程遍布整个灌区，控制范围广、投入高，合理的规划、设计是灌溉工程正常发挥功能的关键。

中国是世界文明古国之一，又是农业大国。几千年来，中国人民兴建了无数的灌溉工程，为农业发展、民族的生存和发展写下了壮丽篇章。早在 4000 多年前，我国就有了临河挖渠、凿井吸水的灌溉工程。相传在夏商时期，黄河流域就在井田中布置“沟洫”，即古代用作灌溉排水的渠道工程。公元前 6 世纪，楚国人民在今安徽省寿县兴建蓄水灌溉工程芍陂，构筑成周长 65km，总库容 1.71 亿 m^3 的大型水库，修建渠道工程引蓄淝水，发展灌溉。公元前 4 世纪，魏国的西门豹在今河北省的漳水两岸主持修建 12 条引漳水灌溉兼起分洪作用的综合利用灌溉工程。秦汉时期是我国第一个全国统一国力强盛时期，灌溉工程建设大大促进了当时社会经济的发展。秦国蜀郡李冰主持修建的都江堰工程位于四川省灌县，始建于公元前 256 年，从岷江引水，灌溉川西平原几百万亩良田，使成都平原成为“水旱从人，不知饥馑”的“天府之国”。完美的设计和科学管理使这个伟大的灌溉工程 2000 多年来长盛不衰，至今仍发挥着它的巨大效益。郑国渠位于陕西省关中平原的北部，始建于公元前 246 年，是秦始皇统一六国前兴建的灌溉工程。郑国渠从泾河引取富含细粒泥沙的水流，淤灌盐碱地 270 万亩，起到了灌溉、施肥、改碱三重效益，使关中地区成为我国最早的基本经济区。汉代灌溉工程发展的重心仍在关中，汉武帝时，引渭水修建兼灌溉与漕运两用的漕渠，建引北洛河的龙首渠、引泾水的白渠及引渭灌溉的成国渠。当时关中地区耕地只占全国的 1/3，人口只占全国的 3/10，而财富则为全国的 3/5。为了巩固边防，屯兵垦殖，汉代还在河西走廊和

黄河河套地区修建了一些大型灌溉引水工程。宁夏的秦渠、汉渠以及浙江的鉴湖等都是秦汉时期修建的大型灌溉工程。20世纪前期，著名水利专家李仪祉先生在陕西关中平原主持兴建泾惠渠、渭惠渠和洛惠渠等大型灌区，为我国积累了用现代技术建设和管理渠系工程的丰富经验。

但是，漫长的封建社会束缚了生产力的发展，特别是19世纪以来，由于帝国主义的入侵，我国沦为半封建半殖民地社会，生产发展缓慢，水利建设停滞不前，古代兴建的许多灌溉工程都因年久失修而湮灭，保留下来的工程大都残缺不全，效益低下。至1949年，全国只有灌溉面积2.4亿亩，旱作灌溉面积4800万亩，人均占有灌溉面积仅0.44亩，灌溉排水工程的基础十分薄弱。

1949年新中国成立以来，经过半个世纪大规模农村水利基本建设，我国农村灌溉工程的数量、效益和抵御水旱灾害的能力都有很大提高，与1949年相比，全国灌溉面积增加了3倍，达8.22亿亩，其中农田灌溉面积7.67亿亩，林果灌溉面积3460多万亩，牧草及其他灌溉面积1900多万亩。全国共有万亩以上灌区5600多处，灌溉面积3.31亿亩，占全国农田灌溉面积的43%，其中30万亩以上大型灌区183处，灌溉面积1.32亿亩，占全国农田灌溉面积的17%。全国机电排灌动力保有量7020万kW，固定泵站50万处，装机2141万kW，流动机组装机1694万kW，农用机井装机3046万kW。1996年与1949年相比，全国耕地面积虽然减少3%，人口增加1.26倍，但粮食总产却从1132亿kg，增加到了5045.4亿kg，增加了3倍多，人均粮食由209kg增加到412kg，增长了一倍多。灌溉工程在抵御自然灾害，保障农业生产发展和我国粮食安全方面发挥了巨大的作用。许多灌区，例如：宁夏、内蒙古、河南、山东等省（区）的引黄灌区和由老灌区改造扩建而成的四川省的都江堰灌区，陕西省的泾惠渠、洛惠渠和宝鸡峡引渭灌区，许多新灌区，如安徽的淠史杭灌区、湖南的韶山灌区等，都已成为中国商品粮和经济作物的

重要基地。中国的灌溉工程确保了粮食和棉花产量居世界首位，用占耕地不到一半的可灌溉耕地，生产了占全国总产量 2/3 的粮食，和占全国总产量 3/4 的棉花；用占世界 7% 的耕地，养活了占世界 22% 的人口，为农业生产的现代化和可持续发展打下了良好的基础。

在灌溉工程中，渠系工程担负全灌区灌溉输配水任务，是灌区工程的动脉。一方面，布局合理、配套完善的渠系工程是灌区工程发挥正常效益的前提条件。历史的经验表明，渠系工程规划设计合理，管理、维修、改造科学及时的灌区灌溉效益高，使用寿命长，反之，则灌区工程长期不能发挥设计效益，或工程很快报废、淘汰。另一方面，渠系工程投入在整个灌区工程投入中所占的比重较大。据统计，就水库灌区而言，渠系工程投资占工程总投资的 45% ~ 60%，而引水灌区所占比重就更大了，高达 60% 以上。因此，从某种意义上讲，渠系工程是灌区的基础工程。目前，我国万亩以上灌区中，共建有各类固定灌溉渠道 310 多万 km，几个代表性灌区的渠道工程情况见表 1-1。灌溉渠道 80% 以上为土质渠，渠系水利用系数很低，平均不到 50%，加上水源变化，灌区经济发展，土地利用和农作物结构调整等因素，灌区来水、用水情况均发生变化，以前建造的很多灌溉工程其设计标准包括控制范围，已不再能够满足灌区发展要求，灌区渠系工程改造显得越来越重要。

表 1-1 典型灌区渠系工程概况表

灌区名称	地 点	灌溉面积 (万亩)		渠首 流量 (m^3/s)	干渠 条数 (条)	干渠 总长 (km)	备 注
		设计	有效				
淠史杭灌区	安徽六安市	1124.0	943.0	539	32	1387.6	水库系统引水 自流引水
河套灌区	内蒙古临河市	1100.0	850.0	620	14	991	
青铜峡灌区	宁夏银川	582.0	460.0	320	9	1083	水库引水 为固定 渠道总长
玛纳斯河灌区	新疆石河子市	360.0	315.4	105		17000	

续表

灌区名称	地 点	灌溉面积 (万亩)		渠首 流量 (m ³ /s)	干渠 条数 (条)	干渠 总长 (km)	备 注
		设计	有效				
宝鸡峡引 渭灌区	陕西咸阳市	296.6	282.8	95	6	413	
泾惠渠					5	378	含支渠长度
松涛灌区	海南儋县	222.0	102.8	85	11		水库引水
韶山灌区	湖南湘乡市	100.0	100.0	45	5	240	
梨树灌区	吉林梨树县	54.0	45.0	60	5257	3239	斗渠以上渠道
红旗渠	河南林州市	54.0	41.0	23	10	304	

二、渠系改造面临的任务

我国的灌区工程大部分是 20 世纪 50 年代“大跃进”时期和 60~70 年代大搞农田基本建设时期兴建的，大量工程已进入老化期。由于种种历史原因，灌区工程尤其是渠系工程，设计标准普遍偏低，再加上重骨干，轻配套，重建设，轻管理，因此，许多工程配套差、尾工大，老化失修严重。许多灌区只修建了渠首、干渠和部分支渠，支渠以下的斗、农渠和相应建筑物都配套不全。据分析，现有的设施，有 50% 的骨干建筑，40% 的渠系建筑物和 32% 的衬砌渠道被破坏。有的工程，配套率不到 20%。由于施工质量、配套等先天不足原因，管理、维修、养护等后天失调因素，导致大量灌区工程渠系瘫痪，效益衰减，难以为继。据 1992 年对 195 处大型灌区的调查结果表明，骨干建筑物的损坏率为 40%，其中 20% 已报废和失效，渠道险工断占 28.6%。渠系改造面临的任务主要有以下几个方面。

(一) 渠首工程的改造

随着国民经济的发展，工农业生产对水的需求量不断增加，不少灌区其水源工程的来水量因上游开发，用水量增加而呈下降趋势，小于原来的设计流量；大量灌区，由于农业、农作物结构的调整，管理及运行模式的改变，使得需水流量过程

也发生了显著改变。来水和用水两方面的变化使得原有的渠首工程不能满足引水要求。应进行灌区改造总体规划，复核灌区渠首工程规模。

1. 选择设计保证率和分析水源可供水量、流量、水源水位等参数

这些参数有的是过去设计不够细致或不够合理，因此与实际运行偏差较大，后续工程未配套甚至无法实施，导致工程不能达到预期效果。应进行流域来水量复核，按长系列资料（一般都有30年以上）计算引水枢纽（或蓄水设施）的来水量，以此确定可供水量、流量及引水水位。

2. 灌溉面积、引水流量、渠首水位的复核

灌区的设计灌溉面积、有效灌溉面积、实际灌溉面积有一定差距，灌区经过几十年的运行，环境条件发生了不同程度的改变，应按实际灌溉面积予以统计。同时，应进一步分析统计灌区作物的组成和种植比例，根据现代农业的发展趋势和节水灌溉措施，分析不同作物的灌溉制度及灌水率，确定灌区引水流量。由于灌区调整、面积变化，灌区内工程及防渗措施建设，渠首所要求的设计引水水位也发生了变化，应重新计算复核。

3. 灌区水源来水与用水的平衡分析

根据计算复核后的水源来水流量、水位和灌区需水流量、渠首设计水位进行来、用水平衡分析，确定满足灌区改造要求的流量、水位条件，校核渠首引水枢纽工程规模、尺寸，提出应改造的工程项目、改造措施及规模。

4. 渠首控制工程的改造

对有坝取水工程，计算溢流坝长宽、堰顶高程、非溢流坝顶高程及进水闸闸宽、底高等工程参数，分析上游防护工程改造范围，确定工程的改造方案。对抽水取水工程，计算泵站流量、扬程等工程参数，确定泵站进出水建筑物，机组及泵房的改造方案。对无坝取水工程，应复核进水闸实际过流量、渠首引水水位是否满足灌区自流灌溉要求，确定扩建、改建工程方案。