

灌区节水
改造技术

丛书

● 冯广志 主编

● 雷声昂 张法思 编著

灌区建筑物 加固改造

*Reinforcing and
Rehabilitation of
Irrigation Structures*



中国水利水电出版社

冯
雷声昂 张法思 编著

灌区建筑物 加固改造

*Reinforcing and
Rehabilitation of
Irrigation Structures*



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。主要介绍灌区建筑物的加固改造方法、施工技术、施工工艺、施工设备、建筑材料和施工管理。

全书共分五章,第一章主要介绍在加固改造工程中通用的先进施工技术和工艺原理;第二章至第四章分别介绍水闸、渡槽、涵洞及倒虹吸等灌区建筑物加固改造中宜于采用的施工方法和施工技术及如何实施;第五章为施工管理。

本书可供从事灌区建筑物加固改造工程设计和施工的技术人员和工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

灌区建筑物加固改造/雷声昂,张法思编著. —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 7-5084-1698-8

I. 灌... II. ①雷...②张... III. ①水工建筑物—
加固②水工建筑物—改造 IV. TV6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 082622 号

书 名	灌区节水改造技术丛书 灌区建筑物加固改造
作 者	雷声昂 张法思 编著
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	850mm×1168mm 32 开本 10.25 印张 276 千字
版 次	2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	32.00 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

我国是个农业大国，又是一个灌溉农业大国，农田灌溉历史悠久。新中国成立后，由于农业发展的需要，大力发展了灌溉工程，已建成万亩以上灌区 5690 多处，中小灌区不计其数。全国灌溉面积已达 8.37 亿亩，其粮食产量约占全国总产量的 $3/4$ ，为我国农业增产和国民经济的发展发挥了巨大的作用。

我国的灌区工程多建于 20 世纪 50~70 年代，部分灌区建筑物设计标准低，施工质量差，设施不配套。建筑物经多年运用，在复杂的自然条件和外力作用下，其材料性能和受力状态不断变化，加上管理运用不当，工程老化失修，致使病害发生、发展，功能下降。另外，随着人类对自然、社会认识的深化，水资源的优化配置，农业结构的调整和灌溉方式的改变，使得灌区现状已难以适应我国经济高速发展的需要。为此，从 20 世纪 90 年代末国家开始实施灌区续建配套节水改造工程，推动灌区的可持续性发展。

灌区长期以来存在着重建轻管现象，在一定程度上加速了灌区的功能退化。良好的管理能使工程充分发挥效益，适应环境变化，延长使用寿命。如有名的都江堰工程，已有 2000 多年的历史，至今依然是我国比较完整的灌溉工程，就是得益于历代的精心加固改建、维修养护和管理的结果。

灌区建筑物加固、改造常因老化、病害和增加、改变功能而引起。老化、病害主要有建筑物沉降或倾斜，结构变形，裂缝开

展，承载力丧失，地基渗透破坏等；增加或改变功能多因要求增大灌溉流量，增设交通桥或工作桥，提高抗震能力，改变结构形式等原因。建筑物加固改造应采取合理的实施方案、方法和技术，以取得良好的效果。

随着灌区的发展，灌区工程的建设已有一套比较完整的理论和实践经验。但灌区工程加固改造比新建工程往往更具复杂性和特殊性，其主要特点如下。

(1) 要对加固改造建筑物进行调查、了解、检测和评价。对原有结构的实有承载力进行切实的核算和科学的检测，做到既能充分利用其现有承载能力，节省施工费用，又能确保原结构不受损害。

(2) 结构经加固改造后属二次受力的组合结构，受力性能与未加固的普通结构有较大差异，存在新增加部分应力应变滞后现象和新旧两部分共同工作的问题。所以，加固改造结构在构造和施工中都有一些特殊要求。

(3) 加固改造施工一般都在工程运行情况下实施，加固改造施工应以少影响或不影响工程运用和效益发挥为原则，尽量在非灌溉期施工，缩短工期，这就使得施工场地狭窄，施工布置困难，施工组织难度加大。

(4) 加固改造工程的施工受到原有工程条件的限制，应不影响、损坏原有建筑物或相邻设施。这就要求加固改造施工除采用常规施工技术外，还必须结合工程特点，大量采用切实可行的特殊施工技术，如灌浆、托换、纠偏、喷射混凝土、水下混凝土、预应力补强、粘贴、控制爆破等。

因此，根据灌区建筑物加固改造工程的特点和大量成功的工程实践经验，以及日益广泛运用的新技术、新工艺，组织编制灌区建筑物加固与改造工程的专用用书，加强技术指导，是非常必要的。

为提高灌区续建配套节水改造工程的规划、设计水平和施工质量，推广灌区建设和管理的先进技术和方法，介绍国内外最新

科技成果，更好地发挥灌区应有效益，水利部农村水利司组织编写出版“灌区节水改造技术丛书”。本书为这套丛书的第五分册，主要介绍灌区建筑物先进而适用的加固改造方法、施工技术和施工工艺，供从事灌区建筑物加固改造施工者参考。

本书共分五章。第一章至第三章和第五章由雷声昂编写；第四章由张法思编写；书中插图由靳翠红描绘。全书由雷声昂统稿。

鉴于编写时间紧迫，水平有限，书中必有不妥之处，敬请读者批评指正。特别是一些新的加固改造技术不断涌现，日新月异，散见于多种期刊杂志和网络媒体，囿于见闻，难以一一搜集，诚表歉意。

编 者

2003年12月

目 录

序

前 言

第一章 加固与改造的施工技术	1
第一节 灌浆.....	1
第二节 轻型防渗墙	24
第三节 基础托换	35
第四节 纠偏	50
第五节 喷混凝土	59
第六节 水下混凝土施工	71
第七节 预应力锚固	86
第八节 粘贴加固	98
第九节 拆除技术.....	111
第二章 水闸的加固与改造	127
第一节 地基与基础.....	127
第二节 防渗与排水设施.....	142
第三节 消能与防护设施.....	152
第四节 岸墙与翼墙.....	160
第五节 闸室.....	163
第六节 水闸混凝土缺陷补强.....	166
第七节 水闸冻害防治.....	178
第三章 渡槽的加固与改造	187

第一节	地基与基础	187
第二节	槽墩与槽台	200
第三节	槽架和梁系及桁架	209
第四节	槽身	223
第五节	进出口	228
第四章	倒虹吸和涵洞(管)的加固与改造	231
第一节	地基	231
第二节	洞(管)身	233
第三节	深缝修复	247
第四节	浅缝及剥蚀处理	256
第五节	顶管施工	275
第六节	进出口	283
第五章	施工管理	285
第一节	招标投标	285
第二节	合同管理	291
第三节	质量管理	301
第四节	进度和费用控制	306
第五节	安全生产和劳动与环境保护	310
主要参考文献		314

第一章

加固与改造的施工技术

第一节 灌 浆

灌浆是利用压力将能固结的浆液通过钻孔注入岩土孔隙或建筑物裂缝中，改善其物理力学性能，达到防渗或加固的目的。

在近年来的灌区节水改造工程中，灌浆技术得到了广泛的应用。应用范围主要有：

(1) 提高灌区建筑物地基承载力，减少地基沉降和不均匀沉降。

(2) 建筑物地基的防渗加固。

(3) 土坝坝体、坝基和渠堤堤身、堤基的防渗加固。

(4) 建筑物缺损、裂缝、空洞的补强、充填和堵漏。

(5) 隧洞塌方、衬砌破坏的灌浆加固。

(6) 灌浆法纠偏和顶升建筑物。

一、灌浆分类

(1) 按灌浆的作用分，有地基的防渗帷幕灌浆；地基的固结灌浆；地基、岸坡与建筑物之间的接触灌浆；隧洞衬砌的回填灌浆和周围山岩的固结灌浆；堤坝和建筑物裂缝处理灌浆；涌水堵漏灌浆和建筑物纠偏灌浆等。

(2) 按照地基岩土的构成分，有岩石灌浆；砂砾石灌浆和土体灌浆。

(3) 按照使用压力分，有常压灌浆和高压灌浆。

(4) 按照灌浆工艺所依据的理论划分，有渗入性灌浆；劈裂灌浆和压密灌浆。

二、灌浆材料

灌浆材料有水泥浆、粘土浆、水泥粘土浆、水泥砂浆、水泥粘土砂浆、化学材料浆等。选用何种材料进行灌浆，应根据灌浆的目的、地质情况和其他技术经济条件而定。

(一) 水泥浆

水泥浆是由水泥和水拌制而成（水泥颗粒悬浮其中）的浆液，为了改进浆液性能，有时在浆液中加入少量的添加剂，如速凝剂、减水剂、稳定剂及其他外加剂。水泥浆胶凝性好、固结强度高、抗渗性能好，水泥灌浆工艺设备简单，操作方便。但水泥浆凝固慢，抗侵蚀性能差，又受到水泥粒径的限制。所以水泥浆只适用于缝隙（孔隙）比较大（大于 $0.15\sim0.2\text{mm}$ ），地下水流速比较小（小于 $80\sim200\text{m/d}$ ），侵蚀性不严重的岩层、混凝土、浆砌石，以及粗砂、砂砾石地基的灌浆。

水泥浆所采用的水泥品种，应根据灌浆目的和环境水的侵蚀作用由设计确定，一般采用普通硅酸盐水泥或硅酸盐大坝水泥。当有耐酸或其他要求时，可用抗酸水泥或其他类特种水泥。水泥标号：回填灌浆不低于 325 号，帷幕和固结灌浆不低于 425 号，坝体接触灌浆不低于 525 号。

(二) 粘土浆

粘土浆是由粘土和水拌制成的泥浆。它具有取材方便、成本低、颗粒细、可以灌入微细缝隙、浆液稳定性好、抗地下水侵蚀能力强等优点。但它的固结性能较差，固结强度低，抵抗渗压和冲蚀能力低。因此一般只适用于低水头渠堤、土坝的裂缝处理灌浆和防渗加固灌浆。

选择灌浆用的粘土，一般应满足以下要求：

- (1) 塑性指数大于 17。
- (2) 粘粒（粒径小于 0.005mm ）含量不小于 $40\%\sim50\%$ 。
- (3) 粉粒（粒径 $0.005\sim0.05\text{mm}$ ）含量不大于 $45\%\sim50\%$ 。
- (4) 砂粒（粒径 $0.05\sim0.25\text{mm}$ ）含量不大于 5% 。

(三) 混合浆

1. 水泥粘土浆

水泥粘土浆是由水泥和粘土混合而成的浆液。它比单纯的水泥浆成本低，流动性好，又较单纯的粘土浆胶结性能好，固结速度快，在水下也可凝固，固结后强度高，所以适用范围也得到了推广。目前，堤坝的粗砂、砂砾石地基的防参加固，几乎都是采用水泥粘土浆灌注。

2. 水泥砂浆

水泥砂浆具有流动度较小，不易流失，固结强度高，粘结力强，耐久性和抗渗性好等优点。常用于地下水流速较大的岩溶、岩石破碎带的灌浆，以及建筑物地基、堤身、堤基孔隙较大部位的防参加固。

3. 水泥粘土砂浆

水泥粘土砂浆具有较好的抗渗性、稳定性和一定的固结强度。三种材料在浆液中各有其主要作用。水泥起固结强度作用，粘土促进浆液的稳定，砂则主要用来填充空洞裂缝。所以它是静水头较大情况下大孔隙地层充填灌浆的理想浆液。

(四) 化学材料浆

化学浆液所用的原材料，总的来说有两大类：一类是无机化合物，主要有水玻璃类及某些无机盐类；另一类是有机化合物，有木质素类、丙烯酰胺类、环氧树脂类、甲基丙烯酸酯类和聚氨酯类等。这些化学材料都各有特性，可针对不同的工程、部位和目的要求进行选择，以解决水泥或粘土灌浆难以解决的问题。

化学浆液有以下优点：

(1) 粘度很低，有的和水接近，可灌性好，凡是水能流入的细小裂缝和粉细砂层，一般化学浆液也能灌入。

(2) 固化时间可以根据地层的孔隙率、渗透性、浆液粘度、灌浆压力和要求的浆液扩散范围等因素进行调节。并且其粘度的增长有明显的突变过程，对于处理集中渗漏甚为有效。

(3) 由化学浆液形成的胶凝体，其渗透系数很低，一般可达 $10^{-6} \sim 10^{-8} \text{cm/s}$ ，甚至更小，抗渗性能强，防渗效果好，同时还

具有较好的稳定性和耐久性。

(4) 固结体的抗压和抗拉强度一般都较高(只有丙凝、铬木素的抗压强度较低),特别是与被灌体有较好的粘结强度。

化学浆液除有上述优点外,也还存在一些问题。如除水玻璃外,大都有不同程度的毒性,如使用不当,易造成环境污染;另外,化学材料一般都存在老化问题,需长期观察和检验。

各类化学材料的详细特性、作用及适用范围请参阅有关资料文献。

(五) 灌浆材料的选择

表 1-1 为几种常用灌浆材料的主要特点和适用范围。

表 1-1 几种灌浆材料的主要特点和适用范围

名 称	主 要 特 点	适 用 范 围	备 注
水泥浆	施工简单、方便; 浆液凝结时间较长	粗砂地基的防渗加固	可灌性差
粘土浆	材料来源广, 价廉; 强度低	堤身的防渗加固	
水泥粘土浆	价格低, 使用方便	粗砂地基的防渗加固	可灌性比水泥浆好
水泥—水玻璃浆液	施工要求高, 浆液 凝结时间短, 且容易 调节	动水状态下粗砂地 基的防渗加固	在特殊情况下使用
水泥砂浆	强度高, 价格便 宜, 但施工要求较高	较大孔隙的充填加 固和防渗处理	易沉淀, 可灌性 差, 在特殊情况下使 用
水玻璃浆液	浆液粘度与水接 近, 可灌性好, 但价 格较高	细砂层和粉砂层地 基的防渗加固	在水泥等颗粒状浆 液满足不了可灌性要 求时采用

在上述材料中, 堤防防渗加固多采用水泥浆和水泥粘土浆; 对于水泥浆或水泥粘土浆难于灌入的细砂层和粉砂层, 可采用水玻璃浆液; 一些非均质粉砂土可采用水泥和水玻璃浆液分别灌注的方法, 达到复合加固防渗的目的。

复合灌浆是先用水泥灌浆，使水泥浆液先行填充地基土体中的孔洞和裂隙，经 48h 的沉淀固化后进行清孔，并再灌注水玻璃浆液（如酸性水玻璃浆液）。这样既可充分发挥水泥浆液强度高的特点，又可以充分利用水玻璃浆液可灌性强的优点。

三、灌浆工艺

在灌区加固改造工程中，灌浆大量应用于加固地基和在透水地基中构筑防渗帷幕。下面简单介绍固结灌浆和防渗帷幕灌浆的施工工艺。

（一）灌浆孔的布设

固结灌浆孔常布置成方格形、梅花形和六角形，如图 1-1 所示。方格形布孔的主要优点是便于补孔，对地质条件复杂的地基宜采用这种方法，而梅花形和六角形布孔则不便于补孔，对预计灌浆后不需补孔的地基多采用这两种布孔形式。

防渗帷幕灌浆孔当帷幕承受水头较小时，一般布置 1~2 排孔即可，当承受水头超过 20m 时，可增至 2~3 排。

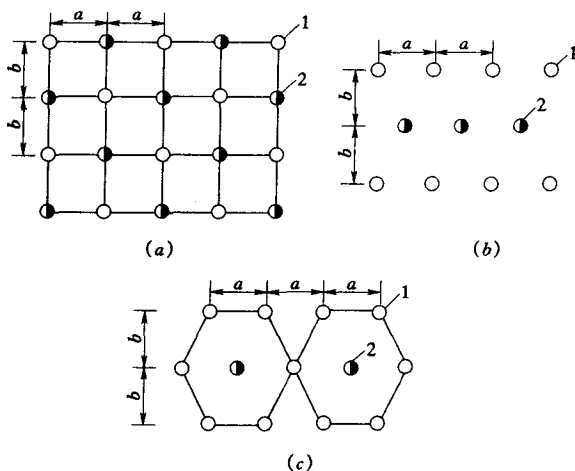


图 1-1 固结灌浆孔布设图

(a) 方格形布孔图；(b) 梅花形布孔图；(c) 六角形布孔图
a—孔距；b—排距；1—第Ⅰ次序孔；2—第Ⅱ次序孔