

水利水电工程 化学灌浆监理手册

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG

HUAXUE GUANJIANG

JIANLI SHOUC

陈三潮 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利水电工程 化学灌浆监理手册

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG
HUAXUE GUANJIANG
JIANLI SHOUCHE

陈三潮 主编

水利水电工程化学灌浆监理手册

主编 陈三潮

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社

（北京）中国水利水电出版社（北京）中国水利水电出版社



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书内容包括:化学灌浆的发展,钻孔与化学灌浆施工合同技术条款,化学灌浆的设计,化学浆材,工程实例,监理实践。本书以GF 2000—0208《水利水电工程施工合同和招标文件示范文本》及SL 62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》为依据,由有化学灌浆监理实践经验的同志编写,并通过化学灌浆工程监理的实践运用得以完善,是水利水电工程化学灌浆监理领域实用性和可操作性较强的应用手册。

本书可供水利水电工程及其他化学灌浆工程监理人员学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程化学灌浆监理手册 / 陈三潮主编. —北京:
中国水利水电出版社, 2008
ISBN 978-7-5084-5559-4

I. 水… II. 陈… III. ①水利工程—化学灌浆—监督管理—手册②水力发电工程—化学灌浆—监督管理—手册
IV. TV543-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第061125号

书 名	水利水电工程化学灌浆监理手册
作 者	陈三潮 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)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 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	北京市地矿印刷厂
规 格	140mm×203mm 32开本 6.625印张 178千字 1插页
版 次	2008年6月第1版 2008年6月第1次印刷
印 数	0001—3100册
定 价	28.00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

编委会成员

主 编 陈三潮

副 主 编 杨万志 汪玉君 王 琨 赵 健
孔令柱

编写人员 唐 峰 王 烈 田 原 张荣贺
赵振威 王金玉 刘同旭 王 铮
宋 亮 李世丹 林振涛 孙 强
于常安 吕 义 刘开坤 关颖红
艾广章

审 核 王希尧

前 言

水利水电工程建设监理制的全面推广，是 20 世纪 80 年代我国水利水电工程建设领域实施的一项重大改革。它使我国水利水电工程建设管理体制开始向社会化、专业化、规范化的管理模式转变。

本书是在化学灌浆工程监理实践的基础上，参考《水泥灌浆工程监理实施细则》编写的。在国内目前尚未形成化学灌浆系统的行业标准和规范的情况下，监理工程师在监理实践中遇到和解决了许多难题，保证了化学灌浆的工程质量。

化学灌浆在国内被越来越多地应用于水库除险加固、防渗堵漏工程。灌浆材料的种类很多，编者仅结合辽宁蓁窝水库坝体水平施工缝应用水溶性聚氨酯材料实施灌浆工程的实例而言，可作为应用其他化学灌浆材料时的参考。

本书由长期从事监理工作的总监和监理工程师共同编写。主编陈三潮，副主编杨万志、汪玉君、孔令柱、王琨、赵健。各章编写具体分工如下：第一章，杨万志、王琨；第二章，汪玉君、唐峰、赵健、孙强；第三章，孔令柱、赵振威、张荣贺、刘同旭、吕义；第四章，杨万志、王铮、宋亮、李世丹；第五章，王烈、田

原、林振涛、于常安、陈三潮；第六章，陈三潮、王金玉。全书统稿工作由陈三潮完成。

由于我国尚未形成化学灌浆相关的规范、质量控制标准和监理实施细则，我们编制的监理细则、质量控制标准以及技术参数的选定尚处于摸索阶段，还需要进一步完善。因此书中不妥之处恳请批评指正。

编者

2008年3月于沈阳

目 录

前 言

第1章 化学灌浆的发展	1
第2章 钻孔与化学灌浆施工合同技术条款	5
2.1 说明	5
2.2 材料	7
2.3 设备	8
2.4 钻孔	9
2.5 钻孔冲洗和压水试验	11
2.6 灌浆试验	12
2.7 化学灌浆	14
2.8 化学灌浆工程验收	15
2.9 计量和支付	16
第3章 化学灌浆的设计	18
3.1 灌浆方案的选择	18
3.2 浆液的扩散半径	21
3.3 灌浆孔的布置	22
3.4 灌浆压力	23
3.5 灌浆量	26
3.6 灌浆工艺的确定	27
3.7 终灌标准	32
3.8 上封孔的回填	33
3.9 水溶性聚氨酯防渗灌浆的设计	34
3.10 灌浆效果及质量检查	40
第4章 化学浆材	43
4.1 聚氨酯	43

4.2	丙烯酰胺类	48
4.3	硅酸盐类	50
4.4	水玻璃水泥浆	54
4.5	环氧树脂浆材	56
4.6	被灌介质强度增长机理	57
第5章	工程实例	61
5.1	凌津滩水电站二期工程坝体横缝漏水化学灌浆 处理	61
5.2	水库除险加固坝体防渗化学灌浆	64
第6章	监理实践	72
6.1	化学灌浆工程监理实施细则	73
6.2	化学灌浆工程质量检测控制标准	80
6.3	化学灌浆质量等级评定办法	88
6.4	建立化学灌浆施工质量保证体系	91
6.5	建立化学灌浆监理质量控制保证体系	96
6.6	工程验收	102
6.7	化学灌浆工程监理工作常用表格	114
附录		120
参考文献		202

第 1 章 化学灌浆的发展

化学灌浆是紧密结合生产实际的一门边缘科学,是 20 世纪 40 年代之后,随着石油化工的发展而发展起来的高分子化学的一个应用领域。化学灌浆的理论和实践是在土力学、岩石力学、工程地质、流体力学和材料科学的基础上建立和发展起来的。灌浆技术是通过钻孔埋管将某些可以凝结固化的化学材料注入地层或建筑物的孔隙或裂隙,以改善被灌体的物理力学性能——提高其强度和抗渗性能的一种岩土工程施工新技术。灌浆材料分两大类:一是悬浮固体颗粒溶液,如黏土浆和水泥浆;二是真溶液,亦化学浆。黏土水泥浆是较早使用的灌浆材料,这类材料的灌入能力明显地受到粒径尺寸的限制。一般认为浆材粒径必须小于被灌体孔隙或裂隙尺寸的 $1/10 \sim 1/3$,才能在合理的压力和速度条件下渗入地层,而不破坏地层结构。因此,早期的粒状浆材只能灌入 $K > 10^{-1} \text{ cm/s}$ 的粗砂地层和宽度大于 3mm 的裂缝 (K 为地层渗透率),而化学浆能渗入更细小的空隙裂缝,继水泥浆之后化学灌浆已成为基础工程、水工大坝基础防渗加固处理和地下工程施工处理的重要手段,是水泥灌浆的补充和发展。

化学灌浆是在水泥等粒状灌浆材料应用基础上发展起来的。据文献记载,1802 年法国人查理士·贝里尼 (Charles Berrigny) 在港口城市 Dieppe 采用黏土石灰浆灌注法修补损坏的砌筑墙,这是最早的灌浆法。1924 年英国出现了新建筑材料水泥。1938 年英国人第一次把水泥浆作为灌浆材料用于汤姆逊隧道。1880~1905 年间法国人和比利时人在煤矿开挖中使用水泥灌浆控制岩层裂隙中的地下潜流和承压水。20 世纪初美国大规模应用水泥灌浆于大坝工程处理,大量的水泥和水泥黏土浆被用于坝基岩层加固和建造防渗帷幕。化学灌浆的历史较短,1886 年德国人切

撒尔斯基 (Jeziorsky) 创造性地采用一个孔灌入硅酸盐溶液、相邻孔灌入氯化钙固化剂的土壤硅化法, 并获得专利, 这是最早的化学灌浆工程实例。1909 年比利时的勒马尔和塔蒙特发明了灌注稀硅酸盐和酸溶液混合液的一步法。1914 年法国的阿伯特·弗兰科伊斯使用硫酸铝与硅酸盐同时灌注的方法。1925 年荷兰工程师尤斯登 (E. J. Joosten) 论证了硅酸盐化学灌浆的可靠性, 并获得专利, 化学灌浆显示出明显的效果。20 世纪 50 年代以前化学灌浆材料基本上是不同的硅酸盐。硅酸盐灌浆即化学灌浆的同义语。

20 世纪 50 年代后随着有机化学的发展, 美国于 1951 年研制出了丙烯酰胺浆材 (AM-9), 日本于 1963 年研制出同类产品 (日东-ss), 我国于 1965 年投产 (丙凝)。20 世纪 50~80 年代的 30 多年是化学灌浆发展最快的时期, 先后开发出丙凝、丙强、甲凝、木质素、尿醛树脂、聚氨酯、水溶性聚氨酯、环氧树脂、不饱和聚酯树脂、丙烯酸盐、酸性水玻璃等数十种化学灌浆新材料。

化学灌浆的应用范围较广, 主要用于防渗堵漏和补强加固, 大致有如下几方面:

- (1) 大坝基础防渗帷幕和基础加固。
- (2) 混凝土坝及混凝土建筑物裂缝补强灌浆及加固处理。
- (3) 铁路隧道开凿中动水堵漏和软弱带处理。
- (4) 矿井建设中的止水和加固。
- (5) 地下建筑物的防水和加固。
- (6) 石油钻井中灌浆堵水驱油。
- (7) 桥基加固及桥体裂缝补强。
- (8) 文物保护及修复等。

我国的化学灌浆起步较晚, 1954~1956 年中国科学院化学所和有关部门开始土壤硅化电化学加固的研究工作。1958 年为三峡工程做准备, 建立了岩基专题研究组, 提出深覆盖层防渗补强和坝体混凝土裂缝补强加固两大课题, 并列入了我国《十二年

科学发展规划》。中国科学院广州化学研究所、中国水利水电科学研究院、长江科学院、华东勘测设计研究院等单位进行了分子化学灌浆材料和灌浆技术的系统研究。1959 年 5 月在京召开了有关专家灌浆座谈会，随后提出的研究报告中指出：木质素磺酸钙对水泥浆有分散作用，硅酸盐、环氧树脂、甲基丙烯酸甲酯等材料有灌浆应用前景。由于青铜峡、丹江口等大型水电工程的建设，迫切需要化学灌浆，各方面加强了研究工作，60 年代研制出了丙凝、甲凝和环氧树脂浆材，并用于大坝基础和混凝土裂缝灌浆处理；70 年代开发了聚氨酯系列浆材；80 年代开发了丙烯酸盐和酸性水玻璃。为了总结化学灌浆的成果，交流经验，从 1968 年起水电系统举办过七次全国性的化学灌浆学术交流会。近几年岩石锚固与灌浆工程协会还组织过大型的国际学术交流会，这些交流会的文献资料全面总结了各种化学灌浆材料及其在水电、煤炭、冶金、交通、建筑和石油等方面的工程应用。目前基本上国外使用的材料国内都有相应的产品。在水电系统中许多大的水电工程坝基帷幕灌浆，均进行了先水泥灌浆、后化学灌浆：规模较大的如丹江口、陈村的丙凝灌浆，筏窝水库除险加固坝体施工缝的防渗聚氨酯灌浆，凤滩坝基聚氨酯灌浆，龙羊峡断层破碎带 G4 劈裂带的环氧灌浆处理，青铜峡大坝、东江大坝的裂缝处理等，其工程规模和技术水平在世界化学领域都称得上先进水平。

化学灌浆技术的应用和发展已有近百年的历史。近 40 年来飞速发展，取得了明显的成就。化学灌浆技术的发展是生产力发展的客观需要，是石油化工及相关科学技术基础上发展起来的，有它自己的优势，已解决了许多别的技术难以解决的工程疑难问题，显示出它的发展潜力。

从事化学灌浆的人很多，已形成了一个初具雏形的产业。混凝土裂缝处理，基础工程防渗加固处理等都在应用化学灌浆。但是，目前还缺乏行业的标准和技术规范，使设计和质量检查都感到无章可循，这是发展中急需解决的问题。

我国是发展中的大国,基础工程规模很大,已建和在建工程都存在许多问题需要化学灌浆技术。为了满足市场的需要,我们应深入研究把像水玻璃这样料源广、价格便宜又无毒性污染的材料推向市场,把有特殊性能的材料和工艺技术推向市场,使我们的化学灌浆技术和理论的提高发展到一个新的水平。

随着我国基础工程建设的发展,各种工程疑难问题对灌浆技术的要求,必将更有力地推动化学灌浆材料与工艺技术的发展。

第2章 钻孔与化学灌浆

施工合同技术条款

2.1 说明

2.1.1 范围

本章规定适用于本合同施工图纸所示各建筑物的钻孔和灌浆，其内容包括：

(1) 钻孔。包括灌浆孔、检查孔、钻取岩芯孔和试验孔。钻孔内容包括：钻孔、冲洗、压水试验、灌浆前孔口加塞保护等全部钻孔作业。

(2) 灌浆。化学灌浆适用的范围为水工建筑物裂缝、结构的补强和防渗堵漏，以及基岩和地下洞室特殊部位的加固和防渗堵漏等。灌浆包括：灌浆材料、设备、灌浆试验、灌浆施工和灌浆工程验收等全过程。

2.1.2 承包人的责任

(1) 承包人应按本技术条款的规定以及施工图纸和监理人的指示，完成本工程的全部钻孔和灌浆作业，包括提供其所需的人工、材料、设备及其他辅助设施。

(2) 承包人应根据施工图纸和本技术条款的规定，编制灌浆试验大纲，进行灌浆试验，并通过试验择优选定灌浆施工参数。

(3) 承包人应在施工前详细了解工程的地形地质和水文地质情况。在不良地质段进行钻孔和灌浆时，应采取有效的保护措施。承包人根据实际情况，需要修改钻孔布置、钻灌参数和钻灌程序时，应将修改的钻灌措施计划报送监理人审批。

2.1.3 主要提交文件

2.1.3.1 施工措施计划

在灌浆作业开工前 56 天, 承包人应根据灌浆试验成果以及本技术条款的规定或监理人指示, 提交一份钻孔和灌浆施工计划报送监理人审批, 其内容包括:

- (1) 钻孔和灌浆工程的施工平面布置图。
- (2) 钻孔和灌浆的材料和设备。
- (3) 钻孔和灌浆的程序和工艺。
- (4) 钻孔和灌浆的质量保证措施。
- (5) 灌浆试验大纲。
- (6) 钻孔和灌浆的施工人员配备。
- (7) 施工进度计划等。

2.1.3.2 施工记录和质量报表

承包人应在施工过程中, 提交钻孔和灌浆工程的各项施工记录和质量报表, 其内容应包括:

- (1) 钻孔和灌浆工程各项目完成工程量和累计工程量。
- (2) 灌浆工程原材料试验和质量检验成果。
- (3) 钻孔岩芯取样试验成果。

(4) 《钻孔记录班报表》(附录表 2-8-1)、《钻孔清洗表》(附录表 2-8-2)、《钻孔压水试验记录表》(附录表 2-8-3)、《化学灌浆记录表》(附录表 2-8-4)。

(5) 质量报表: 《化学灌浆工程单孔钻孔质量评定表》(附录表 2-5-3)、《化学灌浆工程单孔质量评定表》(附录表 2-5-4)、《化学灌浆单元钻孔质量检验评定表》(附录表 2-5-5)、《化学灌浆单元工程质量评定表》(附录表 2-5-6)、《化学灌浆浆液质量评定表》(附录表 2-5-7)、《单元工程施工质量报验单》(附录表 2-2-10)、《分部工程施工质量评定表》(附录表 2-2-1)、《单位工程施工质量评定表》(附录表 2-5-2)。

- (6) 质量事故处理记录。

2.1.3.3 完工验收资料

承包人应为钻孔和灌浆工程的完工验收提交以下资料:

- (1) 灌浆工程的竣工图。
- (2) 钻孔岩芯取样试验的岩芯实物、柱状图和摄影资料。
- (3) 质量检查和质量事故处理报告。
- (4) 监理人要求提供的其他完工验收资料。

2.1.4 引用标准和规程规范

- (1) SL 62—94《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》。
- (2) SL 25—92《水利水电工程钻孔压水试验规程》。
- (3) DL/T 5100—1999《水工混凝土外加剂技术规程》。
- (4) SDJ 204—81《水利水电工程岩石试验规程》(试行)。
- (5) DL 5006—92《水利水电工程岩石试验规程》(补充部分)。
- (6) 根据浆材的性能,参照有关化学方面的试验规程。

2.2 材 料

2.2.1 说明

承包人应负责采购、运输、储存、保管钻孔和灌浆所需的全部材料。每批采购的外加剂、掺合料和化学灌浆材料等,均应符合有关材料质量标准,并附有生产厂的质量证明书。每批材料入库前均应按规定进行检验验收,承包人应及时将检验成果报送监理人。

2.2.2 外加剂

经监理人批准,承包人可在浆液中掺入速凝剂以及监理人指示或批准的其他外加剂。各种外加剂的质量应符合 SL 62—94 2.1.7 的有关规定。

2.2.3 化学灌浆材料

化学灌浆的材料包括:环氧树脂类、水玻璃类、木质素类、

聚氨酯类、丙烯酸盐类、丙烯酰胺类、甲基丙烯酸类、脲醛树脂类等。

承包人采购的化学灌浆材料应附有生产厂的质量证明书和产品使用说明书。所有化学灌浆材料应按供货单位或制造厂家推荐的方法装运、储存和使用；化学灌浆材料应放置在低温、干燥、避光和通风良好的仓库内，设专人保管；对易燃、易爆、有毒和有腐蚀作用的材料应采取安全防护措施。

承包人应根据施工图纸或监理人指示选用化学灌浆材料。

2.3 设 备

2.3.1 钻孔设备

(1) 承包人在地下洞室及其他封闭区域中使用气动钻孔设备时，应带有消音器和除尘装置，不得使用内燃机驱动的钻孔设备。

(2) 化学灌浆的钻孔设备与水泥灌浆钻孔设备相同，为了减少孔内占浆，应采用小孔径钻具进行钻孔，钻机和钻头应根据工程的地质条件选用。

(3) 取岩芯的各类灌浆孔、检查孔等的钻孔应采用回转式钻机，按孔径要求采用金刚钻头或硬质合金钻头，不得使用碾砂钻头。

(4) 使用的钻孔冲洗和压水试验设备，水泵的工作压力应按施工图纸的要求选定，并应保证在所有压力下都有足够的供水量，保证压力稳定、出水均匀、工作可靠。

(5) 承包人应准备足够的流量计、压力表、压力软管、供水管及阀门等备品。

2.3.2 灌浆设备

(1) 化学灌浆制浆应使用不受化学灌浆液侵蚀的专门制浆设备，并易于拆卸和检修。

(2) 化灌泵应满足耐腐蚀要求,能灌注本工程规定压力和浓度的化学浆液,并要求灌浆泵的压力平稳、控制灵活、操作简单、拆洗和检修方便。

(3) 承包人提供的灌浆泵性能应与灌浆液的类型和浓度相适应,其容许工作压力应大于最大灌浆压力的1.5倍,并应有足够的排浆量和稳定的工作性能。

(4) 灌浆管路应保证浆液流动畅通,并能承受1.5倍的最大灌浆压力。灌浆泵和灌浆孔口处应安装压力表,进浆管路亦应安装压力表。所选用的压力表在使用前应进行率定,使用过程中应经常检查核对,不合格和已损坏的压力表严禁使用。压力表和管路之间应设有隔浆装置。

(5) 灌浆塞应与采用的灌浆方法、灌浆压力及地质条件相适应,胶塞应具有良好的膨胀性和耐压性能,在最大灌浆压力下能可靠地封闭灌浆孔段,并易于安装和卸除。

(6) 化学灌浆时,应采用监理人批准的化学灌浆专用制浆机和灌浆设备。

(7) 所有灌浆设备、仪器、仪表均应始终保持工作状态正常,并应配有足够的备用设备。电力驱动的设备,应在接地良好并经确认能保证施工安全时,方可使用。

2.4 钻 孔

2.4.1 说明

(1) 钻孔的孔位、深度、孔径、钻孔顺序和孔斜等应按施工图纸要求和监理人指示执行。

(2) 在钻孔过程中,应进行孔斜测量,并采取措施控制孔斜,孔斜应符合图纸要求。

(3) 钻孔结束,承包人应会同监理人进行检查验收,检查合格,并经监理人签认后,方可进行下一步操作。