

370

《水利水电施工》
丛书

化 学 灌 浆

刘 嘉 材

3

98921

TV543
0244

《水利水电施工》丛书

化 学 灌 浆

刘 嘉 材

水利电力出版社

《水利水电施工》丛书

化 学 灌 浆

刘 嘉 材

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4印张 85千字

1988年5月第一版 1988年5月北京第一次印刷

印数0001—3910册

ISBN 7-120-00088-8

TV·66 定 价 0.96元

内 容 提 要

本书简要而系统地介绍了化学灌浆基本知识和灌浆施工技术概况,由九章组成。主要包括:化学灌浆的基础知识,化学灌浆材料及常用配方,浆液性能及其测试,化学灌浆控制技术,岩基中的化学灌浆施工技术,软基中的化学灌浆施工技术,动水条件下的堵漏技术,处理混凝土裂缝的化学灌浆技术以及化学灌浆设备等。

本书可供从事水利水电化学灌浆的技术人员和工人阅读,亦可供其他部门从事化学灌浆的人员和院校有关专业师生参考。

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员 史梦熊

副主任委员 董其林

委员 (以姓氏笔划为序)

丁联臻	王万治	史梦熊
田 园	李文治	邢凤山
杨启声	张宏全	张林祥
沈坤卿	陈祖安	陈春槐
汪景琦	郑连第	郭之章
赵珂经	茹 智	陶芳轩
谈国良	徐曾衍	蒋元驹
曹述五	曹松润	董其林
颜振元		

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利，开发、利用和保护水资源，为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识，让更多的人了解和掌握水利科学技术，也是两个文明建设的内容之一。为此，针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要，分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新，掌握一些现代科技知识，并使水利科技成果更广泛地得到推广应用，尽快地形成生产力；为了使广大农村水利工作人员，掌握一些实用的水利基础知识，并应用于生产实际；为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史，介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用，激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业，我们组织编写了七套水利科普丛书，包括：《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时，力求做到以思想性和科学性为前提，同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足，书中可能存在某些不妥和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

1984年7月

前 言

化学灌浆是一门新的施工技术，由于它具有较好的防渗堵漏和加固地基的效能，目前正越来越多地被广泛应用于水利水电工程的地基处理。在其他工业部门如煤炭、冶金、交通、建筑、海港以及人防和军工等方面也都有较多的应用。如在地质条件复杂的岩基内建造高质量的防渗帷幕；处理断层破碎带、软弱泥化夹层；在软基内处理中、细砂层；在混凝土结构中处理事故裂缝；以及在动水条件下进行防渗堵漏等几乎都离不开化学灌浆。

我国是60年代开始研用了化学灌浆以来，迄今已有近三十年的历史、特别是最近十余年来，发展很快，不少大、中型工程如陈村、凤滩、葛洲坝和龙羊峡等水电工程都成功地应用化学灌浆解决了工程难题，并积累了丰富经验。本书是在上述经验的基础上编写而成的，目的在于普及，推广化学灌浆知识，便更多的人掌握这门新技术，以适应迅速发展中的“四化”建设的需要。

本书承孙钊高级工程师审阅特此表示感谢。由于水平所限，书中不妥之处和错误，敬请读者指正。

编著者

1987.3.28.

目 录

序

前言

第一章	概述	1
第一节	化学灌浆的发展概况	1
第二节	基本概念	2
第三节	化学灌浆的功能与用途	4
第二章	化学灌浆基础知识	7
第一节	岩基化学灌浆知识	7
第二节	动水环境中的化学灌浆知识	10
第三节	软基化学灌浆知识	11
第四节	混凝土裂缝化学灌浆知识	13
第三章	化学灌浆材料	15
第一节	水玻璃类浆材	15
第二节	丙烯酰胺类浆材	22
第三节	木质素类浆材	27
第四节	环氧树脂类浆材	33
第五节	聚氨酯类浆材	38
第六节	甲基丙烯酸酯类浆材	45
第四章	化学灌浆材料选择及浆液性能测试	49
第一节	化学灌浆材料分类	49
第二节	化学灌浆材料的选择	51
第三节	浆液性能测试	52
第五章	化学灌浆控制技术	56
第一节	概说	56
第二节	控制因素	57

第三节	控制方法	61
第六章	岩基化学灌浆施工	67
第一节	施工前的准备	67
第二节	施工程序法则	69
第三节	钻孔及冲洗	74
第四节	压水试验	76
第五节	灌浆工作	78
第七章	混凝土裂缝化学灌浆处理	86
第一节	概说	86
第二节	裂缝调查	87
第三节	裂缝灌浆设计	88
第四节	钻孔、埋嘴和封缝	93
第五节	裂缝灌浆	95
第八章	软基的化灌处理	101
第一节	概说	101
第二节	软基灌浆方法	103
第三节	软基灌浆技术	107
第九章	化学灌浆设备	110
第一节	配浆设备	110
第二节	压浆设备	111
第三节	输浆设备	115
参考文献		118

第一章 概 述

第一节 化学灌浆的发展概况

长期以来，人们一直是以水泥灌浆作为地基处理的主要手段，但是由于水泥是具有一定粒度的颗粒材料。例如普通硅酸盐水泥其最大粒径为0.088mm，对于较细小的裂隙，水泥浆难于灌入。对于防渗标准较高的工程，单纯应用普通硅酸盐水泥灌浆，有时难于满足要求，往往还需应用化学灌浆补充。因为化学浆液为液体材料，其可灌性较好。另外，在流速较大的条件下，灌入地基内的水泥浆容易被冲走。因此，在此时往往也需要使用化学灌浆。化学灌浆的出现，一方面是由于工程建设的客观需要；另一方面是随着化学材料工业的发展，出现了各类品种繁多的化学材料，这就为开展化学灌浆提供了有利条件。这些均是化学灌浆之所以得到发展的主要原因。

我国的化学灌浆课题是从50年代末期提出来的，60年代初期研究了丙烯酰胺类浆材（俗称丙凝），70年代初期研究成功了聚胺酯类浆材和环氧树酯类浆材。化学灌浆的整个发展过程是从无到有，从小到大，都是靠自力更生发展起来的。目前，我国的化学灌浆水平，在浆材方面，能够采用国产原料，成批地进行工业生产，产品能够满足国内生产建设的需要。在工艺技术方面，已经能够解决百米深的复杂地基深孔灌浆技术问题，并成功地建成了百米以上高坝的基础化学灌浆帷幕。

第二节 基 本 概 念

化学灌浆就是用一定压力按技术要求将化学浆液压入地基裂隙内达到防渗加固之目的。

一、化学灌浆所用浆液应具有的特性

(1) 浆液为溶液性浆体。

(2) 浆液的粘度较低，最低者可以与水的粘度相近，因此有较好的可灌性。

(3) 浆液的胶凝时间，可根据需要调节。

(4) 胶凝硬化后，固结体具有一定强度，其无侧限抗压强度，可根据其品种不同在较大范围内变化，从数牛顿每平方米到数百牛顿每平方米。

(5) 组成灌浆浆液的原材料（单体），一般具有不同程度的毒性，但经化学反应胶凝变硬后就不再有毒性。因此，在灌浆作业时，需要作好安全防护工作。

(6) 严格按操作规程施工，可以防止环境污染。

(7) 化学浆液对钢铁有一定的腐蚀作用，因此，灌浆泵的活塞套应采用不锈钢，盛浆用的容器宜用塑料或搪磁制品，输送浆液宜用塑料管或胶管。

二、化学灌浆与水泥灌浆的区别

化学灌浆与水泥灌浆虽然都是灌浆，但二者并不相同，这主要是由于所使用的灌浆材料本身的性质不同而决定的。这个问题，可以从以下几个方面来说明：

(一) 二者所使用的灌浆材料不同

水泥灌浆所使用的浆材是由水泥和水拌制而成，属于粒状材料浆液，而化学灌浆所用的浆材则是由化学材料制成，属于溶液性浆液。

（二）对裂隙的充填机理不同

尽管灌浆的目的是通过充填作用来封堵裂隙，但是二者的充填方式并不相同。水泥灌浆主要是通过水泥颗粒的淤填作用来封闭裂隙，而化学灌浆则是通过灌入缝隙内的浆液，由液相转变为固相或凝胶状的方式来充填和封闭裂隙的。

（三）所采用的压浆方式不同

由于水泥灌浆的浆液是一种稳定性较差的浆液，因此实际灌浆时以采用循环式灌浆法为好。而化学灌浆则不能采用循环式而必须采用纯压式。因为在化学浆液中，一旦加入催化剂并被压入灌浆孔之后，就不允许重新返回浆桶。

（四）所采用的灌浆设备不同

水泥灌浆一般应用单泵，采用柱塞式泵较多。而化学灌浆在正常情况下，宜采用比例泵并应配以测量流量的装置。当浆液的胶凝时间较长时，才允许使用单泵和单液法灌注。当化学灌浆的规模很小时，还可以应用更简单的压浆筒来进行灌浆。

（五）控制标准不同

水泥灌浆的控制标准是在规定的灌浆压力作用下，吸浆量降低到规定数值时即可结束，而化学灌浆则是当灌入的浆量足以满足设计要求的扩散半径时即可结束。

以上仅列举了化学灌浆和水泥灌浆的一些主要不同之处，目的在于说明化学灌浆具有一些不同于水泥灌浆的特殊性，在进行化学灌浆时，千万不能把水泥灌浆的那一套方法搬到化学灌浆中来应用。

化学灌浆的费用比水泥灌浆高。在实际工程中，往往是先灌水泥浆以充填较大裂隙，然后根据需要再进行化学灌浆，以便充填较细小的裂隙。

第三节 化学灌浆的功能与用途

一、化学灌浆的功能

化学灌浆主要有两大功能：即防渗堵漏和加固补强。现分述如下：

（一）防渗堵漏

1. 防渗

防渗主要是指防止水在微细裂隙中的渗透，而这种微细裂隙，用普通的水泥灌浆是难于灌注的，只有用化学灌浆才能灌注。这是因为化学浆液是溶液性浆液，对细裂隙具有良好的灌入性能。也许有人会提出这样的问题，细微裂隙中的渗漏对水的损失并不会构成大的影响，何必去处理它呢？对的，微细裂隙中的渗漏损失是很小的，有时甚至可能是微不足道的。但是在这个问题的另一方面则是不可被忽视的，即有许多微细裂隙，有良好的传递水压力的作用。在实践中就曾有过这样的现象：坝基的防渗灌浆帷幕经过普通水泥灌浆以后，渗漏量已经减小了，但幕后坝基扬压力仍然较高，降不到设计所要求的标准。在水泥灌浆的基础上进行了化学灌浆后，坝基扬压力（结合排水）下降到了低于设计要求的标准。这充分显示了化学灌浆的防渗功能。

2. 堵漏

化学灌浆的堵漏功能比较突出地表现在动水堵漏方面。蓄水建筑物由于某种原因而发生漏水，这种漏水往往具有一

定流速，用一般的水泥灌浆很难堵住，因为水泥颗粒容易被动水带走。在此情况下，可采用化学灌浆加以封堵。因为灌入漏水通道中的化学浆液，其胶凝时间可以控制到很短，以使浆液从液态转变到凝胶态或固态的转变过程可以在极短的时间内完成，从而能够堵住漏水。

（二）维修与加固

1. 维修

一个完整的混凝土建筑物，由于某种原因而遭到破坏，出现裂缝，可以用化学灌浆修理补强以恢复其整体性。化学灌浆之所以有这种功能，它主要是化学浆液凝固变硬后，具有比较高的粘结强度和力学强度。

2. 加固

将软弱地基用化学灌浆方法处理以提高其强度，这就是化学灌浆的加固功能。有些化学灌浆浆材，如环氧树脂、甲凝等，在胶凝硬化后，具有较高的力学强度。

二、化学灌浆的用途

（一）在水利水电工程方面

- （1）坝基防渗灌浆帷幕。
- （2）岩基中的断层破碎带和软弱泥化夹层处理。
- （3）软基细砂层处理。
- （4）含细粒多的砂砾石地基处理。
- （5）混凝土水工建筑物的裂缝补强处理。
- （6）堵漏处理。

（二）在其它土木工程方面

- （1）隧洞、矿井等地下工程在掘进中，对软弱地层的止水和加固进行预先灌浆。

- (2) 油井和地质勘探孔的涌水和钻孔护壁处理。
- (3) 流砂层处理。
- (4) 桥基处理。
- (5) 钢板桩联接处的止水处理。
- (6) 给水排水工程中输水管道的止水处理。
- (7) 工业民用建筑工程复杂地基处理。
- (8) 钢筋混凝土结构事故缺陷处理。

综上所述，可以看出化学灌浆这门技术已被广泛应用于国民经济的许多部门，它所起的作用正日益受到重视。

第二章 化学灌浆基础知识

目前在水利水电工程中化学灌浆主要用于岩基处理、软基处理、混凝土结构裂缝处理、动水堵漏等。在进行这些处理的设计和施工时，需要注意的一些主要问题，作为化学灌浆的基础知识。

第一节 岩基化学灌浆知识

岩石地基处理，一般均以水泥灌浆为主，只是当采用水泥灌浆方法进行处理难于奏效时，才应用化学灌浆，对于岩基来说，化学灌浆主要对象是微细裂隙、断层、软弱夹层和地基中地下水流速大的情况下的防渗堵漏处理。

一、微细裂隙的化灌处理

实践表明，在一般地质条件下，坝基中的防渗帷幕经过符合规范要求的水泥灌浆之后，大都能达到设计标准。但是在有些特殊地质条件下，坝基中的微细裂隙用水泥浆难于灌入，而这些裂隙都能够传递水压力。对于这种地质条件，水泥灌浆的效果是不明显的，而往往需要应用化学灌浆来处理。

对微细裂隙进行化学灌浆时，在设计和施工方面需要注意以下几点：

- (1) 化学灌浆宜于在水泥灌浆结束之后再进行。
- (2) 微细裂隙的防渗灌浆，可以选择的化灌材料有丙

凝、水溶性聚氨酯和AC-MS等。

(3) 每个孔段应灌浆量，必须按计划严格掌握，过多过少都不好。灌量过多，会造成浆材浪费，同时还会堵塞幕后的排水区域，使排水孔不能正常排水；灌量过少，会形不成帷幕，达不到防渗目的。

(4) 为了保证相邻孔的经济而又有效的连接，灌浆扩散半径和灌浆孔距之间应保持以下关系（图2-1）。

$$R = 0.71d$$

式中 R —— 灌浆扩散半径；

d —— 孔距。

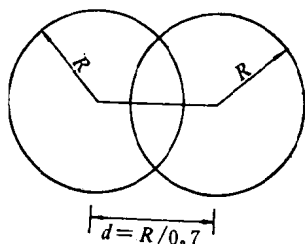


图 2-1 灌浆孔距与浆液扩散半径关系

R — 浆液扩散半径； d — 孔距

(5) 为了使灌入地基内的浆液，比较准确地预定位置胶凝，必须严格控制浆液的胶凝时间。当地下水处于流动状态时，胶凝时间的控制，尤其显得重要，因为它关系到灌浆工作的成败。

二、断层的化灌处理

断层是岩体在构造应力作用下形成的断裂面。实践表明，在绝大多数的岩基内都有断层存在，只是数量多少和构造破