

# 大坝基础灌浆

水利电力部第四工程局勘测设计研究院  
水利电力部第十三工程局勘测设计院

水利电力出版社

# 大坝基础灌浆

水利电力部第四工程局勘测设计研究院  
水利电力部第十三工程局勘测设计院

水利电力出版社

续表

张

70

69

68

67

66

65

64

63

62

61

60

59

58

角

## 内 容 提 要

本书主要介绍了在大坝岩石基础上进行帷幕灌浆和固结灌浆、在砂砾石层基础上进行帷幕灌浆的各种施工方法，同时对灌浆材料、浆液配制、灌浆效果的检查以及灌浆资料的整理与分析也作了简述，并列举了国内外一些坝基灌浆工程实例，作为借鉴。书后还附有六个附录，将一般在灌浆施工中常需查用的图表、国内外坝基灌浆工程的技术指标数据，以及与灌浆有关的地质基础知识等技术资料分别编入，便于查阅参考。

本书可供从事灌浆工作的工人和技术人员参考，也可供大专院校有关专业的工农兵学员阅读。

## 大 坝 基 础 灌 浆

水利电力部第四工程局勘测设计研究院

水利电力部第十三工程局勘测设计院

执笔人：李茂芳 孙 钊

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京印刷一厂排版

长春市印刷厂印刷

1976 年 10 月北京第一版

1976 年 10 月长春第一次印刷

印数 00001—10400 册 每册 1.70 元

书号 15143·3202

# 毛 主 席 语 录

工业学大庆，农业学大寨

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

## 前 言

建国以来,在毛主席革命路线指引下,在无产阶级文化大革命和批林批孔运动推动下,水利水电建设事业有了很大的发展,建成了数以万计的大坝和水库,对工农业生产发挥了重大的作用。

随着水利水电建设事业的发展,修建的大坝越来越多,在坝基处理灌浆方面也积累了丰富的经验。

二十多年来,为了加固坝基和防止渗漏,以确保大坝安全,广大工人、干部和技术人员,高举“鞍钢宪法”旗帜,遵照毛主席“工业学大庆,农业学大寨”的教导,自力更生,在坝基处理灌浆方面做了大量的工作,为坝工建设作出了贡献。通过生产实践和科学实验,在灌浆技术、工艺和设备等革新方面也取得了一定的成绩。

为了总结我国坝基灌浆工作的经验,有助于坝工建设,我们搜集了有关灌浆资料,并结合我们在灌浆工作中的点滴体会,同时遵照“洋为中用”的方针,也参考了国外灌浆技术资料,编写了《大坝基础灌浆》一书,供有关灌浆工作人员参考。

本书在编写过程中,为了提高书稿质量,曾组织了“三结合”审查,得到了水利电力部第二工程局,第十二工程局,水利电力部科学研究所,长江流域规划办公室,安徽省水利电力局勘测设计院有关领导、工人和技术人员的大力支持和协助,提出了很多宝贵的意见;水利电力部第三工程局、第八工程局、第十工程局等单位,热情提供资料,在此一并致以谢意。

由于我们水平所限,书中不妥或错误之处,敬请读者批评指正。

编 著 者

一九七五年九月

# 目 录

## 前 言

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第一章 概 述 .....                    | 1   |
| 第二章 岩石基础灌浆试验 .....               | 5   |
| 第一节 灌浆试验的任务与灌浆试验地段的选择 .....      | 5   |
| 第二节 灌浆试验前应做的调查研究工作 .....         | 6   |
| 第三节 灌浆试验孔的布置型式 .....             | 8   |
| 第四节 灌浆试验施工 .....                 | 11  |
| 第五节 灌浆压力的初步选定 .....              | 13  |
| 第六节 灌浆试验效果检查与试验报告的编写 .....       | 18  |
| 第七节 岩石基础灌浆试验工程实例 .....           | 20  |
| 第三章 灌浆帷幕设计 .....                 | 33  |
| 第一节 灌浆帷幕设计应考虑的问题 .....           | 33  |
| 第二节 灌浆帷幕的位置 .....                | 34  |
| 第三节 灌浆帷幕的型式和深度 .....             | 36  |
| 第四节 灌浆帷幕的厚度和长度 .....             | 39  |
| 第五节 灌浆帷幕结构的验算 .....              | 44  |
| 第六节 灌浆帷幕防渗效率的估算 .....            | 47  |
| 第四章 岩石基础帷幕灌浆孔的钻进、冲洗及压水试验 .....   | 49  |
| 第一节 钻进 .....                     | 49  |
| 第二节 冲洗 .....                     | 57  |
| 第三节 压水试验 .....                   | 62  |
| 第五章 岩石基础帷幕灌浆施工工艺 .....           | 75  |
| 第一节 灌浆的施工次序与施工方法 .....           | 75  |
| 第二节 灌浆压力的控制与使用 .....             | 80  |
| 第三节 灌浆浆液的使用与配合比的调换 .....         | 82  |
| 第四节 灌浆结束的条件与封孔 .....             | 88  |
| 第五节 灌浆过程中特殊情况的预防和处理 .....        | 90  |
| 第六节 廊道内和其他一些情况下的灌浆施工 .....       | 94  |
| 第七节 岩石基础防渗帷幕灌浆工程实例 .....         | 98  |
| 第六章 帷幕灌浆资料整理与灌浆效果检查 .....        | 112 |
| 第一节 灌浆资料的整理 .....                | 112 |
| 第二节 灌浆资料的检查与分析 .....             | 122 |
| 第三节 灌浆效果检查 .....                 | 124 |
| 第七章 岩溶地区帷幕灌浆 .....               | 128 |
| 第一节 岩溶地区防渗处理的重要性与建坝的地质勘测工作 ..... | 129 |

|             |                          |            |
|-------------|--------------------------|------------|
| 第二节         | 岩溶地区防渗帷幕灌浆的特点 .....      | 131        |
| 第三节         | 岩溶地区设置防渗帷幕遵循的原则 .....    | 133        |
| 第四节         | 岩溶地区灌浆施工技术与特殊地段的处理 ..... | 135        |
| 第五节         | 岩溶地区大坝帷幕灌浆国外工程实例 .....   | 137        |
| <b>第八章</b>  | <b>岩石基础固结灌浆 .....</b>    | <b>142</b> |
| 第一节         | 固结灌浆设计 .....             | 142        |
| 第二节         | 固结灌浆施工次序和灌浆技术 .....      | 145        |
| 第三节         | 固结灌浆效果检查 .....           | 148        |
| 第四节         | 固结灌浆工程实例 .....           | 152        |
| <b>第九章</b>  | <b>砂砾石基础灌浆试验 .....</b>   | <b>167</b> |
| 第一节         | 岩层地质条件的调查与研究 .....       | 167        |
| 第二节         | 灌浆试验孔的布置 .....           | 169        |
| 第三节         | 灌浆试验施工中应考虑几项工作 .....     | 170        |
| 第四节         | 灌浆效果的检查及灌浆试验报告的编写 .....  | 172        |
| 第五节         | 砂砾石基础灌浆试验实例 .....        | 173        |
| <b>第十章</b>  | <b>砂砾石基础帷幕灌浆 .....</b>   | <b>183</b> |
| 第一节         | 帷幕的设置与灌浆的施工次序 .....      | 183        |
| 第二节         | 钻孔方法与灌浆方法 .....          | 186        |
| 第三节         | 灌浆施工工艺 .....             | 193        |
| 第四节         | 砂砾石基础帷幕灌浆工程实例 .....      | 199        |
| <b>第十一章</b> | <b>灌浆材料 .....</b>        | <b>212</b> |
| 第一节         | 概述 .....                 | 212        |
| 第二节         | 水泥 .....                 | 213        |
| 第三节         | 粘土 .....                 | 223        |
| 第四节         | 砂 .....                  | 225        |
| 第五节         | 水 .....                  | 226        |
| 第六节         | 附加剂 .....                | 227        |
| <b>第十二章</b> | <b>浆液的配制与试验 .....</b>    | <b>229</b> |
| 第一节         | 浆液在灌浆工程上的重要性及选用的原则 ..... | 229        |
| 第二节         | 水泥浆 .....                | 229        |
| 第三节         | 粘土浆 .....                | 236        |
| 第四节         | 水泥粘土浆 .....              | 240        |
| 第五节         | 水泥砂浆及水泥粘土砂浆 .....        | 241        |
| 第六节         | 浆液的性能试验示例 .....          | 246        |
| <b>第十三章</b> | <b>化学灌浆 .....</b>        | <b>250</b> |
| 第一节         | 化学灌浆概要 .....             | 250        |
| 第二节         | 丙凝灌浆 .....               | 252        |
| 第三节         | 其他化学材料灌浆 .....           | 259        |
| 第四节         | 化学灌浆工程实例 .....           | 265        |

## 附 录

|        |                         |     |
|--------|-------------------------|-----|
| 附录 I   | 灌浆常用数据图表 .....          | 277 |
| 附录 II  | 大坝基础灌浆主要技术指标及灌浆效果 ..... | 292 |
| 附录 III | 水文地质和工程地质 .....         | 302 |
| 附录 IV  | 钻探机械与灌浆机械 .....         | 323 |
| 附录 V   | 度量衡换算 .....             | 328 |
| 附录 VI  | 数学用表 .....              | 331 |



# 第一章 概 述

修建大坝，拦水造库，这是人们征服自然和改造自然，使其为人类造福的一个重要措施。建造大坝，一定要确保大坝的安全，否则，大坝一旦失事，将会导致巨大的灾害。

为了使大坝能够长期地、安全地正常运行，自勘测阶段起，经过设计、施工、直至大坝竣工后水库的管理和运用，均需全面地、慎重地考虑，认真地做好工作。

当大坝开始修建时，首先应做好坝基处理工作。

作为大坝基础，不论是岩石或砂砾石层，均需具有可靠的防渗性、足够的耐压性和一定程度的均质性。但一般天然岩石或砂砾石层很少具备这些条件，所以，常常需要进行处理，改善它的各项性能。如果遇到软弱、破碎、多裂隙、节理发育、渗透性大等地质条件较差的大坝基础岩石，则更需要进行处理，使之适应筑坝工程的需要。

近几十年来，各国在坝基处理方面，广泛地采用了灌浆方法，其主要优点是：效果较好，适用性较大，施工比较简单，也比较经济。

灌浆施工技术，最早是应用在修建闸和船坞工程中，即是在压力作用下，将粘土一类的浆液灌入到闸基或船坞边墙和地板的孔隙内。以后，在修建矿井、隧洞和大坝等工程中，逐渐加以使用。灌浆材料则由粘土发展到使用水泥，由于水泥的优点很多，故水泥灌浆的使用范围比较广泛。

根据技术文献记载，在二十世纪以前，没有正式进行过大坝基础灌浆。以后，由于筑坝工程的需要和发展，在大坝基础处理上才开始采用灌浆的方法。通过实践，证明效果良好。于是在建坝的过程中，使用灌浆技术愈来愈广，逐渐发展成为一种专门性的技术科学。

随着水利水电建设的发展，世界上修建的大坝愈来愈多，地质条件良好的坝址，多已尽先开工修建，近期在一些地质条件复杂的，如岩溶发育、冲积层深厚、渗透性大的地区，也逐渐修建起大坝，甚至有许多是 100 米以上的高坝。因此，针对各个坝址不同的地质条件，采取相应的加固和防渗措施，改善坝基岩石或砂砾石层的各项性能，使之适合于大坝稳定的需要，就成为在该区筑坝工程上的关键问题。

在地质条件复杂地区修建大坝，其基础灌浆的规模常常很大，施工比较艰巨，工艺技术也比较复杂。如有的大坝，其基础处理灌浆所用的水泥几乎与浇筑该坝体所用的水泥量相等；有的在岩溶地区修建大坝，其基础处理灌浆的费用甚至超过大坝的造价；有的大坝砂砾石层基础的防渗帷幕由近十排的灌浆孔组成，深达 250 米。在这种情况下，大坝的基础处理工作就更具有其特殊的重要意义。由于基础岩石的不良，灌浆的工程量大，帷幕的造价也高，故对坝基地质条件的改善，应给予足够的重视。

解放前，我国修建的坝和水库为数极少。解放后，在伟大领袖毛主席和中国共产党的英明领导下，社会主义建设欣欣向荣，蒸蒸日上，农业、工业、基本建设和科学技术等都获得了巨大的成就。水利水电建设事业也是突飞猛进，取得了很大的进展。在主要的大江、

大河及其支流上,在中、小型河流上,依照不同的目的,修建起各种类型、各种材料、各种高度的坝,据不完全统计,自1949年至1972年的二十三年间,修建的高度大于15米的坝达12517<sup>①</sup>座,其中30~60米高的坝为1196座,大于60米的高坝46座。由于这些水利水电工程的建成,大大地增加了农田的灌溉面积,有效地控制了洪水,提供了廉价的电力,对工农业的生产起到了有力的推动作用。

修建的大坝愈来愈多,基础处理灌浆工作也随之由浅至深,由简易施工至特殊处理,有了很大的发展和提高,积累了丰富的实践经验。地质条件比较简单的坝址,我们能够处理好;地质条件复杂的坝址,由于经过了详细的勘查与研究,采用了新技术,我们也能处理好,在其上成功地建起了大坝和水库。例如03号坝、04号坝的基础中均有大断层和软弱破碎带,05号坝基础中不仅有断层破碎带,还有溶洞,16号坝基础则为深厚的砂砾石层,渗透系数大达900米/昼夜,虽然这些坝的地质条件复杂,但经过了妥善的灌浆处理,大坝历经十多年的运行,一切正常,说明基础灌浆的效果是良好的。

近十几年来,为解决某些特殊的坝基地质问题,国内开始了化学材料灌浆,用它来改善坝基的地质条件,也取得了良好的效果。但化学材料灌浆尚属于一种较新的灌浆技术,今后需要继续研究,通过实践,不断改进和提高。

## 一、大坝基础灌浆的作用

大坝基础灌浆,简单地说,就是把那种既具有流动性又具有胶凝性的浆液或化学溶液,按规定的浓度,通过机械和特设的钻孔,用压力压送到基础岩石或砂砾石层中。这些浆液,压入到岩石中的裂隙或砂砾石层中的孔隙,填实空隙,经硬化、胶结、形成结石,加强固结与防渗性能,起到改善基础地质条件的作用,从而满足坝基设计的要求。

## 二、大坝基础灌浆的重要性

大坝多是修建在峡谷的河流上,其基础不是岩石就是砂砾石。天然岩石主要由于受到地质作用和风化作用,一般都具有裂隙、断层等地质构造现象。又由于长期受地下水的侵蚀,一般常形成大的裂隙或溶洞。河床的砂砾石层都是松散的,不仅孔隙率大,其颗粒间的绝对空隙尺寸也很大。这些岩石或砂砾石层若作为大坝的基础,则必然是透水的,而基础的力学性能也多不能满足大坝稳定的要求。为此,常常需要进行处理。

由于坝基地质条件、建坝目的和大坝类型的不同,基础灌浆处理的方法和施工技术的繁简程度也不一样。地质条件比较好的,灌浆工作就简单些,容易些;地质条件复杂或是需要修建高坝的,则灌浆工程量就要大些,施工也要艰难些。

如果坝基不做处理或处理不当,常会造成损失。轻者漏水,水库不能发挥应有效益;严重者,会招致大坝失事。如西班牙的蒙特热克坝,虽然大坝仍然屹立,由于基础岩石渗

<sup>①</sup> 台湾省的大坝数暂未统计在内。

漏严重，水库长期不能蓄水。又如美国的赫尔斯·巴尔坝是修建在岩溶区的灰岩上，大坝建成后，曾断断续续地进行灌浆处理，历时长达26年之久，由于始终未能有效地解决严重的渗漏问题，最后被迫放弃该坝。由于基础处理不善而招致大坝失事，造成严重损失的，在世界上也是有这样例子的。

### 三、大坝基础灌浆的分类与应用

(1) 按照灌浆的作用，主要分为固结灌浆、帷幕灌浆和接触灌浆。

**固结灌浆：**固结灌浆一般是在岩石表层钻孔，进行灌浆。

固结灌浆的主要目的是：1) 改善岩石力学性能，如提高岩石的弹性模量和岩石的承载强度，提高岩石的密实度，增进岩石的均一性，减少岩石变形和不均匀沉陷；2) 改善岩石条件，减少坝基岩石开挖深度；3) 基础岩石表层大面积的固结灌浆和帷幕前面较深钻孔的固结灌浆，对截断基础岩石内的渗流有利，可以增进帷幕的防渗效能。

固结灌浆施工的特点是：孔浅、孔多，灌浆孔在坝基内呈面状分布，当岩石裂隙中充填有粘土等杂质时，常需要划分孔组，使用风水进行群孔冲洗，而后进行群孔灌浆。

**帷幕灌浆：**帷幕灌浆是在坝基内，平行于坝轴线并多在其上游处，用灌浆方法将浆液灌入到岩石的裂隙或砂砾石层的空隙中去，形成一道防渗的条带，类似帷幕形状，称为灌浆帷幕。因其主要作用是防渗，故又称防渗帷幕。

帷幕灌浆主要目的是：1) 截断基础渗流，保证设计水头，以满足水库及坝工设计的经济效益；2) 降低基础扬压力，从而使大坝断面可以减小，节省工程量，降低造价，缩短工期；3) 防止集中渗流，避免在基础中发生冲刷、管涌，保证坝基渗透稳定和大坝安全。

帷幕灌浆施工的特点是：钻孔较深，钻孔呈线形排列，多采用单孔灌浆。由于孔深，灌浆压力也较大。

**接触灌浆：**在岩石基础上修建重力坝，在坝体混凝土与岩石接触面间，常常需要进行灌浆，其主要目的是：加强两者间的紧密结合和基础的整体性，提高坝体的抗滑稳定，并增进岩石固结与防渗的性能。

(2) 按照大坝基础岩类的构成，又可分为岩石灌浆和砂砾石层灌浆。

岩石灌浆多采用水泥作灌注材料。当岩石裂隙多、空洞大、吸浆量很大时，为了节省水泥，降低工程造价，改善浆液性能，常加用砂或其他材料；而当裂隙细微，水泥浆难以灌入，基础的防渗不能达到设计要求时，近年来已开始采用化学材料灌浆的方法处理。

砂砾石层灌浆，其目的主要是防渗，一般多采用水泥粘土浆进行灌注，施工技术比较复杂。

(3) 按照灌注材料，主要可分为水泥灌浆、水泥粘土灌浆和化学灌浆。

灌注材料中最常用的是水泥，因为它的优点很多，因此水泥灌浆使用范围很广，除大坝岩石基础等各项灌浆需用外，在大坝接缝灌浆，隧洞灌浆和水工建筑物混凝土补强灌浆等方面均可应用。

水泥、粘土与水混合经搅拌后即可配制成水泥粘土浆，其使用范围较小，多用于砂砾

石层灌浆。

化学灌浆是近期发展起来的一种新的灌浆技术，其浆液是由化学材料配制而成，由于成本较高，目前尚多用于水工建筑物特殊问题的处理上。

大坝基础灌浆是一种特殊的隐蔽性工程，所以，施工过程中的各种原始记录工作与技术资料整理工作非常重要，其内容与整理方法在第六章中详述。

大坝基础处理的方法，多种多样，灌浆是其中比较常用的一种，它的优点很多，但也有一定的局限性，并不是任何基础问题都能靠它来解决。所以在考虑如何进行大坝基础处理时，应根据坝工需要和实际的地质条件，可以采用一种或几种方法相结合的处理方式，则更为有利。

## 第二章 岩石基础灌浆试验

由于各地区的地质条件不同，水工设计对大坝岩石基础的要求也不尽相同，故以往同类工程的灌浆经验，只能做为参考，不宜直接搬用。为了使灌浆设计、施工更符合实际情况，布置更为合理，常常需要先期在工地进行灌浆试验，以试验所得的成果做为基础灌浆设计、施工的主要参考资料。

灌浆试验是一项比较繁杂而又细致的试验性工作，为了一项特殊目的，常常需要使用多种方法，反复地进行试验。灌浆试验工程量虽不大，但由于严格要求依照次序施工，其工艺又多是探索和试验性的；同时因施工场地小，使用钻机数目受限，因此灌浆试验施工时间可能较长，如欲做此项工作，应提前做好安排。

### 第一节 灌浆试验的任务与灌浆试验地段的选择

#### 一、灌浆试验的任务

- (1) 论证坝基采用灌浆方法处理在技术上的可能性，效果上的可靠性和经济上的合理性。
- (2) 推荐合理的施工程序、良好的施工工艺、合宜的灌浆材料和最优的浆液配合比。
- (3) 提供有关的技术数据，如孔距、排距、防渗帷幕厚度和深度以及有关灌浆施工定额资料；选定灌浆压力，提出灌浆机械设备意见等，作为编制基础灌浆设计和施工技术要求文件的依据。

#### 二、灌浆试验的布置

灌浆试验工作一般是在工程的技术设计阶段或当水工建筑物的位置已经基本确定的情况下进行的。对一些重要的工程，或基础地质条件复杂，如有构造断裂、透水性严重、岩层特别软弱，因而基础处理对修建大坝具有关键性的影响时，有的工程则在初步设计阶段即进行灌浆试验。

#### 三、灌浆试验的内容

灌浆试验主要包括下述内容：

- (1) 制定灌浆试验工作计划，编制灌浆试验技术任务书。

- (2) 制定钻孔、冲洗、压水试验和灌浆工艺等项的技术要求和施工方法。
- (3) 灌浆质量检查与灌浆效果鉴定的方法和标准。
- (4) 灌浆材料、浆液及浆液结石等的物理、力学和化学性质的试验工作。
- (5) 灌浆试验资料的整理分析，试验成果的解释及编写试验报告。

#### 四、灌浆试验地段的选择

正确地选择灌浆试验地段，对将来正确地指导基础灌浆有着重要的意义。选择灌浆试验地段时，一般要考虑下面几个条件：

(1) 试验地段的地质情况应具有代表性。通常灌浆试验地段可考虑选在相当于未来灌浆地区所具有的中等偏劣的地质条件的地段上。

(2) 帷幕灌浆试验地段，可以选在拟定的防渗帷幕的上游部位，当帷幕灌浆试验完毕后，即使灌浆质量未达到原规定要求，也不影响将来防渗帷幕的修建，同时，还可起到幕前深孔固结作用，有利于坝基的防渗。如果地质条件比较简单、对灌浆质量有把握时，灌浆试验地段也可选在拟定的防渗帷幕线上，这样，所得到的灌浆成果资料，更符合实际地质条件。灌浆试验完毕后，本试区即可做为防渗帷幕的一部分，从而可以节省防渗帷幕的工程量。

固结灌浆试验地段，一般可选在坝址区需要处理的部位。灌浆试验完毕后，就做为将来基础固结灌浆处理的一部分。

(3) 由于灌浆试验的目的不同，在地质条件复杂而差别又大的情况下，在筑坝区域内，可根据需要，按照实际的具体情况，选择几个有代表性的地段进行试验。有些大型的坝，当所在地区的地质条件复杂而又多变化时，为了不同的试验目的和各种技术措施的比较，常选择3~4个地段进行灌浆试验。如02号坝，为了给右坝肩的基础处理，地下厂房顶部岩石的加固，左岸断层的防渗和副坝砂砾石基础的防渗与稳定提供设计所需的基本资料，选择了四个地段进行灌浆试验。国外如巴基斯坦的孟格拉坝，做了四个地段的岩石基础灌浆试验和一个地段的砂砾石层灌浆试验。

(4) 选择灌浆试验地段时也应考虑地形、供水情况，试验区的运输条件，是否受河流水情影响以及试验场地铺设的难易等。

### 第二节 灌浆试验前应做的调查研究工作

#### 一、灌浆试验前应进行的调查工作

- (1) 了解坝址区的地质情况，如断层、裂隙、破碎带等的性质和情况。
- (2) 分析各种不利的地质条件，如大裂隙、破碎带、软弱夹层、岩溶洞穴和填充物的情况等。

(3) 调查坝址区的水文地质情况, 如基础岩层的透水性, 地下水流速, 含水层的埋藏条件和地下水的性质等。

## 二、灌浆试验地段选定后应进行的研究工作

灌浆试验地段选定后, 为了编制灌浆试验工作计划, 初步制定灌浆技术要求, 确定灌浆材料和浆液的试验, 还应该继续深入地做一些研究工作。

### 1. 岩性的研究

对于岩石种类、成分、岩层构造、岩性特征要做仔细的了解和研究, 因为这些因素对选择钻孔方法和灌浆技术措施有很大的影响。实践表明, 钻孔的结构、钻进方法和钻孔方向, 在很大程度上决定于岩石的硬度, 岩层的完整性或松散程度以及层面和裂隙的倾斜方向。灌浆的方法和灌浆压力的大小, 在一定程度上也是根据岩石的种类和层面的方向而定的。

有时为了解决一项特殊地质问题的处理, 也常常需要选定一个试验地段, 布置一些试验工作。例如 01 号坝的第四试验地段是专门为解决破碎带的处理效果而布置的; 某工程为了探索断层破碎带的夹泥冲洗和处理, 也进行了冲洗灌浆试验。

### 2. 裂隙、空洞性质的研究

岩石中的裂隙和空洞是灌浆的直接对象, 要取得良好的灌浆效果, 必须首先对裂隙和空洞做详尽的研究。搞清它们的性质, 如裂隙的宽度尺寸, 空洞的大小, 裂隙的方向, 分布的情况, 裂隙中填充物的种类和填充的密实程度等, 对选择灌浆方法、灌注材料、钻孔方法、冲洗措施, 有着很大的影响。譬如, 为了减少钻孔工程量, 增进灌浆效果, 钻孔的孔向布置以与裂隙的方向相垂直为好; 裂隙或空洞很大时, 需要采取灌浓浆, 或掺用粗粒材料灌注; 裂隙或空洞中有填充的粘土质等杂物时, 往往需要采取冲洗措施, 以清除这些填充物, 为有效的灌浆创设条件。

### 3. 基础岩层渗透性的研究

岩石的渗透性是布置灌浆试验, 选定灌浆方法的主要依据。目前在基岩中主要是用压水试验的方法, 求得岩石的单位吸水量, 以了解岩石的渗透性质。

根据岩石单位吸水量所编制的渗透剖面图, 可以做为确定防渗帷幕深度、厚度以及灌浆试验孔应如何布置的主要资料。所以, 在灌浆试验前, 详细摸清基础岩石的渗透性是非常必要的。

### 4. 灌注材料的调查与研究

基础灌浆除主要所用的水泥外, 有时需要较多数量的粘土或砂做为掺合料。在灌浆试验前, 对这些材料的产地、储量、性能以及开采运输条件等需做充分的调查和研究, 并选取试样送试验室进行物理力学及化学性能试验。

在基础的单位吸水量已经很小, 岩石裂隙又细微的情况下, 如果对这样的基础岩石既要求固结, 又要求提高防渗标准时, 一般则需使用更细的水泥作灌注材料。对这种高强度的水泥, 可根据情况自己加工磨细, 并进行性能试验研究或是寻找外源, 专门定制供应。

若高细度的水泥仍不能满足灌浆要求时, 则需考虑用化学灌浆材料进行灌注试验。

### 5. 灌浆浆液的性能试验

适宜的灌浆材料和浆液是取得良好灌浆效果的重要因素。因此在灌浆试验前, 对所拟使用的各种灌浆浆液也应进行各项试验。如果考虑在浆液中需加入某些附加剂或掺合料, 当其加入并配制好后, 同样地需要进行试验, 了解它们的性能, 最后选定合宜的材料及适用的浆液。

需要进行试验的各种材料的名称、试验的项目、试验的要求等, 均应在灌浆试验技术任务书中予以写明。

灌浆材料和浆液的性能试验的细节见第十一章和第十二章。

### 6. 地下水的水质分析

了解地下水与河水的水质, 鉴定其有无侵蚀性, 这与选用灌浆材料的品种有关。如 02 号坝基础的地下水具有硫酸盐的侵蚀性, 故采用抗酸水泥做灌浆材料。

## 第三节 灌浆试验孔的布置型式

灌浆试验孔的布置型式, 主要是根据水工建筑物对基础的要求, 灌浆试验的目的和基础岩层的地质条件而定的。由于上述的要求, 目的和条件各个工程往往不同, 所以灌浆试验孔的布置也没有一定的规律和型式。

### 一、单 孔

在初步设计阶段, 当遇到地质情况比较复杂的地区, 有的在该处布置一个钻孔, 或是利用地质勘探孔做灌浆试验, 求得岩石的可灌性能, 了解注入量多少及其他一些有关数据, 以便对用灌浆方法处理这种基础有一初步概念。

### 二、单排孔直线式

试验孔按直线排列的布置型式, 就是单排孔直线式。这种布孔型式又可分为同次序等距孔和同次序不等距孔的两种基本型式。

(1) 同次序等距孔型式 在同次序孔中间, 等距插孔, 做为下一次序孔, 见图 2-1, 即  $AC = CB = \frac{L}{2}$ ,  $AD = DC = CE = EB = \frac{L}{4}$ 。这种布孔型式, 具有平行试验的意义, 在同样孔距条件下, 其试验成果易于分析和正确地反映灌浆的效果。

(2) 同次序不等距孔型式 第 I 次序孔中间的插孔为不等距, 见图 2-2, 即  $AC \neq CB$ 。以后, 在  $AC$ 、 $CB$  各自区段内, 再中间插孔时, 则均为等距, 即  $AD = DC = \frac{L_1}{2}$ ,  $CE = EB = \frac{L_2}{2}$ 。这种布孔型式, 可以得到较多的不同孔距的灌浆资料。



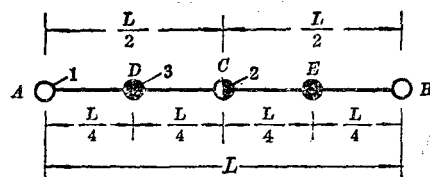


图 2-1 同次序等距孔型式  
1—第 I 次序孔；2—第 II 次序孔；3—第 III 次序孔； $L$ —第 I 次序孔距

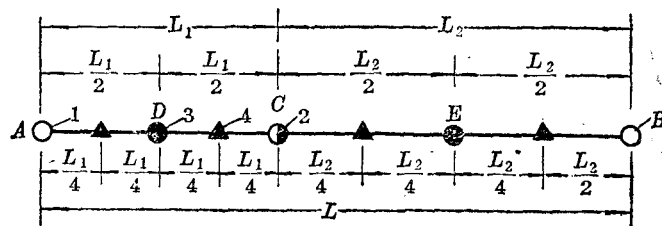


图 2-2 同次序不等距孔型式  
1—第 I 次序孔；2—第 II 次序孔；3—第 III 次序孔；4—第 IV 次序孔； $L$ —第 I 次序孔距

### 三、双排孔型式

灌浆帷幕如欲以两排钻孔组成时，灌浆试验则可以采用这种布孔型式，见图 2-3。

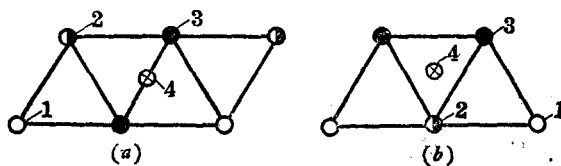


图 2-3 双排孔型式  
1—第 I 次序孔；2—第 II 次序孔；3—第 III 次序孔；4—检查孔

### 四、三排孔型式

图 2-4 的布孔型式是三排孔型式的一种。这种布孔型式，既有直线式的加密性质，也有四面围住，逐渐缩小范围的加密性质。对于三排钻孔组成的灌浆帷幕来讲，这种布孔的灌浆试验有着一定程度的代表性。

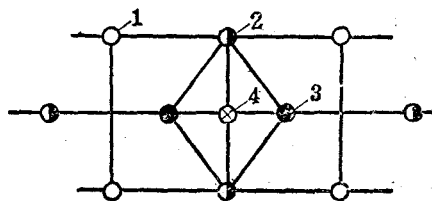


图 2-4 三排孔型式  
1—第 I 次序孔；2—第 II 次序孔；3—第 III 次序孔；4—检查孔