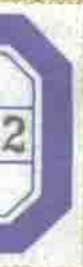


水利水电系统干部培训教材

水利工程施工

华东水利学院



水利电力出版社

水利水运工程丛书

水利工程施工

第二版



中国电力出版社

水利水电系统干部培训教材

水 利 工 程 施 工

华东水利学院

水利电力出版社

内 容 提 要

本书按主要水工建筑物施工为体系进行编写，着重叙述水利工程施工技术与施工组织的基本知识，适当编入主要工种施工的部分内容。全书除绪论外，包括基础工程施工、土石方工程及土石坝施工、混凝土工程及混凝土坝施工、水工隧洞施工、施工导流与排水、施工组织与计划、工程概(预)算等。

本书为水利水电系统干部培训班教材，也可供水利水电系统行政领导干部自学参考。

水利水电系统干部培训教材

水利工程施工

华东水利学院

*

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

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 5.875印张 127千字

1982年12月第一版 1982年12月北京第一次印刷

印数00001—19120册 定价0.65元

书号 15143·5033

编写说明

为了实现水利水电系统干部队伍的革命化、年青化、知识化和专业化，以适应四个现代化建设的需要，有关水利单位正大力组织在职干部的培训。为此，水利部组织一些有经验的同志编写了这套“水利水电系统干部培训教材”，共分13个分册：《水利工程识图》，《水利工程测量》，《建筑材料》，《工程地质及水文地质》，《土工知识》，《水力学》，《工程水文》，《灌溉与排水》，《中小河流规划》，《水工建筑物》，《水电站》，《抽水站》，《水利工程施工》。这套培训教材的编写大纲由华东水利学院拟定，并在1980年12月举行的，由水利部教育司、水利出版社和陕西省水利学校、黄河水利学校、山东省水利学校、东北水利水电学校、扬州水利学校、四川省水利电力学校等参加的编写大纲讨论会上修改定稿。

当前培训干部的主要对象是省、地、县水利水电部门的行政领导干部。培训的目的，要求他们尽快地熟悉本部门的业务知识，逐步成为内行。因此，这套教材主要面向省、地、县水利水电建设的领导干部，面向中小型水利水电工程。为此，教材涉及面较广，但内容力求简明扼要，尽可能介绍一些现代的先进技术。

近期培训干部，一般以五至六个月为一期，讲课400至500学时。故本教材的总教学时数控制在400学时左右，多余的学时各地可灵活使用，例如可用于补习文化基础课，或讲

授本地区特点的某些专题。各地举办培训班时，可根据实际需要选用本套教材中的部分分册或全部分册。本教材也可供其他有初中以上文化程度的干部自学使用。

这套培训教材中的《水利工程测量》分册，采用陕西省水利学校编写、由农业出版社出版的《简易工程测量》一书；《水力学》（借用“水文职工培训教材”中的《水力学基础》）和《抽水站》这两个分册系由扬州水利学校编写；其余各分册均由华东水利学院编写。为了将这套教材编写好，华东水利学院受水利部教育司委托成立了“水利水电系统干部培训教材编审委员会”，负责全部编审工作，该院副院长左东启为主任委员，教务处处长解启庚和王世泽教授、戴寿椿讲师为副主任委员。

在培训教材编审过程中，得到了各有关部门及兄弟院校的大力协助，谨表示衷心的感谢。

由于我们经验不足，水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正（意见请寄：南京市华东水利学院教务处）。

水利水电系统干部培训教材编审委员会

1981年6月

前 言

本书是根据水利水电系统干部培训教材编写大纲进行编写的。全书除绪论外，包括基础工程施工、土石方工程及土石坝施工、混凝土工程及混凝土坝施工、水工隧洞施工、施工导流与排水、施工组织与计划、工程概（预）算等。

本书计划课堂讲授30学时，课外应适当安排复习、辅导、答疑及作业的时间。

“水利工程施工”是介绍水利水电工程规划设计转变为工程实体的一门科学，是从事水利水电建设的干部必须学习的一门专业课程。因此，在水利水电系统干部培训计划中应占有重要地位。

参加本书编写的是华东水利学院陆孝勤和朱关年同志，由陆孝勤主编。全书由华东水利学院解启庚副教授和汪龙腾副教授及山东省水利学校邱忠良、吴安良、李连清同志审稿，绘制图表过程中承华东水利学院印刷厂协助，在此一并致谢。

对于书中不妥或错误之处，恳切希望读者批评指正。

编 者

1981年9月

目 录

第一章 绪论	1
第二章 基础工程施工	3
第一节 灌浆工程	3
第二节 地下防渗墙施工	12
第三章 土石方工程和土石坝施工	16
第一节 土石方开挖	16
第二节 土石方运输	28
第三节 土石坝填筑	31
第四章 混凝土工程及混凝土坝施工	43
第一节 骨料的开采、加工及储存	43
第二节 钢筋作业	50
第三节 模板作业	56
第四节 混凝土的制备及运输	60
第五节 混凝土的浇捣及养护	72
第六节 大体积混凝土的浇筑	75
第七节 混凝土工程特殊施工方法	79
第五章 水工隧洞施工	83
第一节 隧洞开挖方法	83
第二节 炮眼布置	87
第三节 隧洞临时支撑及出渣	89
第四节 隧洞施工的辅助工作	91
第五节 隧洞掘进的循环作业计划	94

第六节	隧洞的衬砌	95
第七节	隧洞的特殊施工技术	98
第六章	施工导流与排水	101
第一节	施工导流	101
第二节	截流	118
第三节	施工排水	122
第七章	施工组织与计划	128
第一节	水利水电工程建设程序	128
第二节	施工组织设计所需要的主要资料	129
第三节	施工组织设计的基本原则	129
第四节	施工组织设计的任务和内容	130
第五节	施工计划与组织施工作业的基本知识	131
第六节	施工进度计划	142
第七节	施工总体布置	153
第八章	工程概(预)算	170
第一节	工程概(预)算的作用及种类	170
第二节	概(预)算的内容及项目划分	170
第三节	扩大单位工程概(预)算的编制	172
第四节	总概(预)算的编制	176

第一章 绪 论

“水利工程施工”是一门理论与实践紧密结合的课程。施工学科是认识施工过程的规律，分析研究施工过程中出现的各种矛盾，并提出解决这些矛盾的方法和途径的科学。具体来说：施工课程就是研究并介绍以现代科学为基础的先进施工技术和施工机具、科学的生产组织和经济管理等方面的理论和方法，以便能够多快好省地进行水利水电工程基本建设的一门科学。

水利水电建设一般都要经过勘测、规划、设计和施工四个阶段。各阶段既有分工，又有联系。施工应以勘测、规划和设计的成果为依据。规划和设计也要认真考虑科研成果、施工条件和施工方法，并受施工实践所检验。在四个阶段中，施工起着将规划和设计的图纸转化为工程实体的作用。

水利水电工程施工的主要特点：一是工程量大、工种繁多，为了及早收到工程效益，常常要求缩短工期尽快地竣工。因此需要动用大批劳动力和配备大量施工机具，组织一支强大的技术熟练的专业队伍才能及时完成。二是工程地处河谷野外，受自然条件（水流、气温、雨雪等）的影响很大，所以施工方法和施工组织管理都要适应自然条件的变化，抓住有利时机，确保工程进度。此外，由于工程处在交通不便的偏僻地区，工地常常需要建立一整套为施工服务的附属企业和为职工生活服务的临时生活设施，以确保工程建设的顺利进行和职工生活的需要。三是水利水电工程在修建

过程中，将可能影响到其它部门（如电力、农业、交通、水产、航运等）的经济利益及上、下游地区的人民生命和财产的安全。因此在规划、设计和施工过程中均应从局部服从全局的原则出发，经过调查研究，与有关部门密切协商，统筹兼顾，在符合开发水利水电建设的方针和政策的条件下，应尽量使其它部门不受损失或少受损失。施工中应树立质量第一的观点，绝对不允许忽视工程质量。

本书为水利水电系统干部培训教材，扼要地介绍主要水工建筑物的施工方法、施工导流、施工组织设计及工程概（预）算等方面的基本概念、基本原理、基本方法。为了保持施工课的完整性及便于学习，还增加了主要工种施工的部分内容，在教学中可按地区特点、培训要求及学员文化程度作适当增减。为了提高教学效果，在课堂讲授时，可辅以挂图、模型、幻灯、电影或电视录像等教学手段，同时应布置习题和作业，组织施工现场参观等。通过各种教学环节的有机配合，方能更有效地掌握本课程的内容。

第二章 基础工程施工

水工建筑物的基础，不仅要具有足够的强度、整体性和均一性，而且要有足够的抗渗性和耐久性。

天然地基往往存在着不同程度的缺陷，需要经过人工处理，才能作为修建水工建筑物的基础。

地基处理的方法很多，要视地质情况、建筑物的类型、级别、使用要求、结构型式及施工条件等因素，并通过技术经济比较而定。例如，在风化层厚、岩石较破碎而又不能全部清除时，或者砂砾石地基较深时，往往要采用灌浆或建混凝土防渗墙等办法来提高地基强度，增加抗渗能力。对于软弱地基，可以从结构上采取措施，应用桩基、沉箱和沉井等基础将荷载传到地层深处，以提高地基的强度和稳定性。

本章将介绍灌浆工程和地下防渗墙的施工。

第一节 灌浆工程

灌浆就是在岩石、砂砾石地基或建筑物中预先钻孔，将浆液通过压力灌入地基或建筑物孔隙中，经胶结后，即可提高地基或建筑物的强度和密实度，改善其整体性和抗渗性。

水工建筑物的基础灌浆分帷幕灌浆、固结灌浆和接触灌浆三种。帷幕灌浆的目的是在坝基下形成一道阻水帷幕，从而减少坝基渗漏和扬压力。它的特点是：钻孔深、灌浆压力较大、孔呈线状排列。固结灌浆的目的是为了固结岩石的裂

隙，提高地基的整体性和承载能力。它是在建筑物基础上进行一群低压浅孔灌浆。接触灌浆的目的是使混凝土坝体和岩石基础结合良好。

灌浆材料有水泥、粘土、沥青和化学材料等。水泥灌浆因操作简便，效果可靠，故应用最广。粘土灌浆只能起防渗作用，一般用于临时性工程或次要工程作防渗处理。水泥-粘土浆广泛用于砂砾石地基处理，它改善了纯粘土和纯水泥灌浆的工作条件，节省了水泥。沥青和化学灌浆仅用在较特殊的条件下。

一、岩石地基的灌浆

不论是帷幕灌浆还是固结灌浆，灌浆作业都包括：钻孔、冲洗、简易压水试验、灌浆、回填封孔等工作。

(一) 钻孔

当孔深较大时，一般采用回转式岩芯钻机，常用的型号是XU-100型和XJ-100型，在坑道或大坝廊道中灌浆用KD-100型。当孔深较浅时，常用风钻钻孔。

根据岩石的性质，分别采用硬质合金钻头、钢砂钻头和金钢石钻头。VI-VII级以下的岩石多用硬质合金钻头；VII级以上用钢砂钻头；石质坚硬且较完整的用金刚石钻头。



图 2-1 同一排灌浆孔
施工次序图

钻孔灌浆顺序：对帷幕灌浆孔而言，其顺序为先下游排孔，后上游排孔，最后为中间排孔。对同一排孔而言，一般按照 2~4 次逐次加密施工。

图 2-1 为三次逐次加密的施工顺序，第一次孔距为 8~12 米，最终孔距为 2~3 米。固结灌浆孔的孔位布置多采用梅

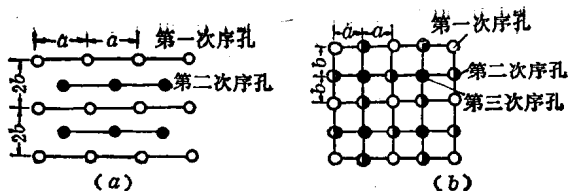


图 2-2 固结灌浆孔的布置

(a)梅花型, (b)方格型

花型和方格型(图2-2)。

(二) 冲洗

在钻孔完毕后,灌浆之前(安装好灌浆塞后),要进行钻孔及岩石裂隙的冲洗。必须把残存于孔底、孔壁裂隙中的岩粉、铁砂粉及泥砂等物冲洗干净,或推到灌浆处理的范围之外。一般可利用钻机的供水管,通过钻机的钻杆进行冲洗,也可采用压力水和压缩空气轮流吹洗。可以单孔或群孔进行冲洗(见图2-3),直到排出清水为止。

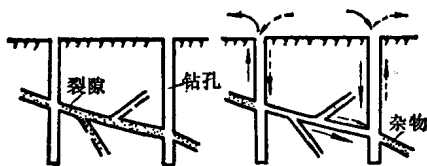


图 2-3 群孔冲洗裂隙示意图

(三) 压水试验

灌浆前进行压水试验,是为了了解岩层裂隙和渗透情况,供选定灌浆方法、配合比和预估灌浆量参考。另一方面也是为了检查整个灌浆系统的可靠性。

压水试验结果是以单位吸水量表示。单位吸水量 ω 是在一米水头压力的作用下，钻孔中每米试验段每分钟压入岩壁裂隙中的水量（升/分·米·米），即：

$$\omega = \frac{Q}{L \cdot P}$$

式中 Q ——流量（升/分）；

L ——试验段长（米）；

P ——总压力，即压力表压力加上表至地下水位的距离，换算成水柱高（米）。

（四）灌浆

（1）按浆液的灌注方式 分为纯压式和循环式（图2-4）。纯压式浆液全扩散到岩石的裂隙中去，不再返回灌浆桶，适用于裂隙发育而渗透性大的孔段；循环式浆液在压力作用下进入孔段，一部分进入裂隙扩散，余下的浆液经回浆管路流回到浆液搅拌筒中去。循环式灌浆使浆液在孔段中始终保持流动状态，减少浆液中颗粒沉淀，灌浆质量高，国内外大坝岩石地基灌浆工程大都采用此法。

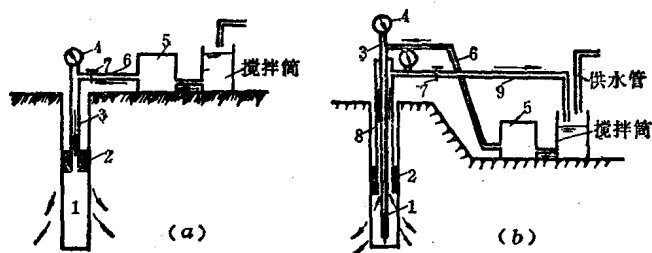


图 2-4 浆液灌注方式

(a) 纯压式；(b) 循环式

1—灌浆段；2—灌浆塞；3—灌浆管；4—压力表；5—灌浆泵；6—进浆管；7—阀门；8—孔内回浆管；9—回浆管

(2) 按灌浆孔中的灌浆程序 可分为一次灌浆和分段灌浆二种方法。

1) 一次灌浆用在灌浆深度不大, 孔内岩性基本不变, 裂隙不大而岩层又比较坚固的情况下, 可将孔一次钻完, 采取一次灌浆的方法。

2) 分段灌浆是用于灌浆孔深度较大, 孔内岩性又有一定变化而裂隙又大时。因为裂隙性质不同的岩层需用不同浓度的浆液进行灌浆, 而且所用的压力也不相同。此外, 裂隙大则吸浆量大, 灌浆泵不易达到冲洗和灌浆所需的压力, 从而不能保证灌浆质量。在这种情况下, 可将灌浆孔划分为几段, 分别采用自下而上或自上而下的方法进行灌浆工作, 灌浆段长度一般保持在5米左右。

自下而上分段灌浆法的灌浆孔, 可一次钻到设计深度。用灌浆塞按规定段长依次塞住灌浆, 自下而上直到孔口。这种方法比较方便, 因为灌浆孔钻完后即可将钻机撤走。但这种方法只有在没有垂直的或近于垂直的裂缝时才能采用, 否则浆液会沿裂缝上窜绕过灌浆塞进到孔的上部, 引起埋塞事故, 并可能把上部孔段四周的裂缝堵死, 使上段的灌浆质量受到严重影响。

自上而下分段灌浆法的施工步骤如图2-5所示; 这种方法的灌浆孔只钻到第一孔段深度后, 即进行该段的冲洗、压水试验和灌浆工作。经过待凝规定时间后, 再钻开孔内水泥结石, 继续向下钻第二孔段, 进行第二孔段的冲洗、压水试验和灌浆工作。依次反复, 直到设计深度。此法的缺点: 钻机需多次移动; 每次需多钻一段水泥结石, 同时必须等上一段水泥浆凝固后才能进行下一段的工作。但它有很多优点: 主要是第二孔段以下各段灌浆时可避免沿裂隙冒浆; 埋塞事

故也不存在；上部岩石经灌浆提高了强度，下段灌浆压力可逐步加大，从而扩大灌浆有效半径，进一步保证了质量；此外，也可避免孔壁坍塌事故。

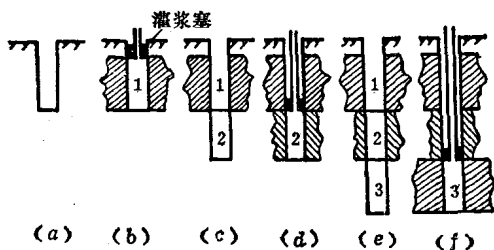


图 2-5 自上而下分段灌浆示意图

(a)、(b)第一段钻孔灌浆；(c)、(d)第二段钻孔灌浆；(e)、(f)第三段钻孔灌浆

1、2、3—分段灌浆顺序

一般而言，当地表岩层比较破碎，下层岩层比较完整时，在一个孔位可将二种方法混合使用，即上部采用自上而下法，下部采用自下而上法。

(3) 灌浆压力 应根据灌浆试验的成果（或同类工程的经验）选定。在不致破坏岩基和坝体的前提下，尽可能采用比较高的压力。但压力也不能过高，否则会使裂隙扩大，引起岩层或坝体的抬动变形。

(4) 浆液浓度 灌浆过程中，必须根据吸浆量的变化情况，适时调整浆液的浓度，使岩层的大小裂隙既能灌满又不浪费。最常用的是限量法。开始用最稀一级浆液灌浆。在灌入一定的浆液量后，如单位吸浆量没有明显减少时，即将浆液变浓一级进行灌注，如此下去，逐级变浓直至结束。如单位吸浆量有明显减少，此时不宜改变浆液浓度。如按规定改变浓度后，发现灌浆压力突然增加或单位吸浆量突然减