



“十三五”职业教育规划教材

屋面与 防水工程施工

钟汉华 李秋东 主 编

张红梅 徐燕丽 李道明 王强富 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”职业教育规划教材

屋面与 防水工程施工

主 编 钟汉华 李秋东
副主编 张红梅 徐燕丽 李道明 王强富
参 编 方怀霞 黄兆东 熊 英 丁志胜 李 衍
主 审 洪 伟
主 审 张亚庆 鲁立中



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”职业教育规划教材。全书分为4个学习情境，主要包括地下工程防水施工、室内防水工程施工、外墙防水工程施工、屋面工程施工。本书结合我国当前屋面与防水工程施工的工程实际精选内容，理论联系实际，注重实践能力的培养，突出针对性和实用性，在满足学生学习需要的同时，还介绍了国内外屋面与防水工程施工的一些先进经验和技術成就。

本书可作为高职院校建筑工程技术专业及相关专业的教材，也可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

屋面与防水工程施工/钟汉华,李秋东主编. —北京:中国电力出版社, 2015. 8

“十三五”职业教育规划教材

ISBN 978-7-5123-8084-4

I. ①屋… II. ①钟…②李… III. ①屋顶-建筑防水-工程施工-高等职业教育-教材 IV. ①TU761.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第169157号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015年8月第一版 2015年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13印张 813千字

定价 28.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

本书根据高等职业教育土建类各专业人才培养目标,以施工员、建造师等职业岗位能力的培养为导向,同时遵循高等职业院校学生的认知规律,以专业知识、职业技能、自主学习能力及综合素质培养为课程目标,紧密结合职业资格认证中相关考核要求,确定本书的内容。本书根据编者多年工作经验和教学实践,在自编教材基础上修改、补充编纂而成。

屋面与防水工程施工是一门实践性很强的课程。为此,本书始终坚持“素质为本、能力为主、需要为准、够用为度”的原则进行编写。本书结合我国当前屋面与防水工程施工的工程实际精选内容,理论联系实际,注重实践能力的培养,突出针对性和实用性,在满足学生学习需要的同时,还介绍了国内外屋面与防水工程施工的一些先进经验和成就。

本书依据最新的施工及验收技术规范、标准进行编写,推荐学时 50~70。

本书由钟汉华、李秋东任主编,由张红梅、徐燕丽、李道明、王强富任副主编,由张亚庆、鲁立中主审。具体分工如下:钟汉华、张红梅、徐燕丽编写学习情境 1,李秋东、李道明、王强富编写学习情境 2,方怀霞、黄兆东、熊英编写学习情境 3,丁志胜、李衍、洪伟编写学习情境 4。

本书参考了相关专业文献和资料,未在书中一一注明出处,在此对有关文献的作者表示感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中缺点和不足在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

编者

2015 年 6 月

目 录

前言

绪论	1
学习情境1 地下工程防水施工	4
任务 1.1 地下工程防水方案	4
任务 1.2 防水混凝土施工	7
任务 1.3 水泥砂浆防水层施工	15
任务 1.4 卷材防水层施工	18
任务 1.5 涂料防水层施工	26
任务 1.6 塑料防水板防水层施工	30
任务 1.7 金属防水层施工	32
任务 1.8 膨润土防水材料防水层施工	32
任务 1.9 地下工程混凝土结构细部构造防水施工	34
任务 1.10 地下防水工程堵漏处理	42
任务 1.11 地下防水工程质量验收	45
基础训练	65
学习情境2 室内防水工程施工	67
任务 2.1 室内防水工程特征及构造	68
任务 2.2 厨房、厕浴间防水施工要求	69
任务 2.3 厕浴间防水细部构造	70
任务 2.4 厨房、厕浴间防水施工	74
任务 2.5 室内防水工程质量验收	95
基础训练	96
学习情境3 外墙防水工程施工	98
任务 3.1 外墙防水防护工程材料	98
任务 3.2 外墙墙面整体防水构造	103
任务 3.3 外墙防水防护工程施工	108
任务 3.4 外墙防水工程质量验收	111
基础训练	114
学习情境4 屋面工程施工	116
任务 4.1 屋面工程基本规定	116
任务 4.2 屋面工程类型	118
任务 4.3 屋面工程构造	120

任务 4.4 屋面工程施工 140

任务 4.5 冬期施工和雨期施工措施 171

任务 4.6 屋面工程质量验收 172

基础训练..... 199

参考文献..... 200

绪 论

1. 本课程学习目标

“屋面与防水工程施工”课程主要培养学生从事屋面与防水工程施工方面工作的能力,通过本课程主要学习地下防水混凝土施工、地下卷材与涂料附加防水层施工;屋面找平层、保温层施工;屋面柔性防水材料施工、屋面刚性防水施工、坡屋面防水施工及楼地层防水施工等内容。

(1) 能力目标:

- 1) 具有对一般屋面与防水工程专项施工任务的基本分析能力。
- 2) 能识读施工图,选择建筑材料和施工机具。
- 3) 会编制专项施工方案,并在教师的指导下对方案进行选择。
- 4) 能进行屋面与防水工程的施工。
- 5) 会进行施工质量检查验收,会编制施工文件(工程技术资料)并进行文件归档。
- 6) 具有判断屋面与防水工程质量通病和制定防范措施的能力。

(2) 知识目标:

- 1) 掌握防水材料的性能和检验方法。
- 2) 掌握屋面与防水工程的构造层次及其作用。
- 3) 掌握屋面和防水工程的施工工艺和质量要求。
- 4) 了解屋面和防水工程施工的组织方式和成本控制措施。

(3) 素质目标:

- 1) 具有收集信息和编制工作计划的能力。
- 2) 具有观察、分析、判断、解决问题的能力和创新能力。
- 3) 具有组织、协调和沟通能力。
- 4) 具有较强的活动组织实施能力。
- 5) 具有良好的工作态度、责任心、团队意识、协作能力,并能吃苦耐劳。

2. 防水工程的概念

地下防水工程是指对工业与民用建筑地下工程、防护工程、隧道及地下铁道等建筑物(构筑物),进行防水设计、防水施工和维护管理等各项技术工作的工程实体。

在建筑工程中,防水工程技术是一门综合性、应用性很强的工程技术科学,是建筑工程技术的重要组成部分,对提高建筑物的使用功能,改善人居环境发挥着重要的作用。

屋面是建筑物最上层的外围护构件,用于抵抗自然界的雨、雪、风、霜、太阳辐射、气温变化等不利因素的影响,保证建筑内部有一个良好的使用环境,屋面应满足坚固耐久、防水、保温、隔热、防火和抵御各种不良影响的功能要求。

防水工程包括地下室防水、屋面防水、厕浴间防水和外墙防水。

(1) 地下室的外墙和底板都位于地面以下,经常受地面水渗透和地下水的侵蚀。防水和防潮措施是地下室构造设计中的一项重要内容。应用防水材料将地下室包围起来,以阻绝水

或潮气的渗透。

(2) 屋面防水一般包括屋面卷材防水、屋面涂膜防水、屋面刚性防水、瓦屋面防水、屋面接缝密封防水。

(3) 厕浴间防水包括地面防水处理和墙面防水处理。在进行防水处理之前,一定先找平地面,如果地面不平或效果不好,可能造成因防水涂料薄厚不均而导致的开裂渗漏。厕浴间的墙与地面之间的接缝处会移位,最容易渗水,地漏、墙角、管根等接缝处要使用高弹性的柔性防水涂料涂刷。墙面一般要用防水涂料处理。

外墙防水是保证建筑物(构筑物)的结构不受水的侵袭、内部空间不受水的危害的一项分部防水工程。外墙防水工程在整个建筑工程中占有重要的地位。外墙防水工程涉及建筑物(构筑物)的地下室外墙、住房外墙等诸多外墙结构,其功能就是要使建筑物(构筑物)在设计耐久年限内,防止雨水、生活用水的渗漏和地下水的侵蚀,确保建筑结构、内部空间不受到污损,为人们提供一个舒适和安全的生活环境。

3. 防水工程的重要性

住宅、办公室、车间等工作和生活场所如长期渗漏会严重损坏办公设施,精密仪器、机床设备等也会因生霉斑而失灵,甚至引起电器短路。面对渗漏现象,人们每隔数年就要花费大量的人力和物力来进行维修。渗漏不仅会扰乱人们的正常生活、工作、生产秩序,而且直接影响到整栋建筑物的使用寿命。由此可见,防水效果的好坏对建筑物至关重要。在整个建筑工程施工中,必须严格、认真地做好建筑防水工程。

防水工程是一项系统工程,它涉及防水材料、防水工程设计、施工技术、建筑物的管理等各个方面。建筑防水工程的任务是综合上述诸方面的因素,进行全方位评价,选择符合要求的高性能防水材料,进行可靠、耐久、合理、经济的防水工程设计,认真组织,精心施工,完善维修、保养管理制度,以满足建筑物(构筑物)的防水耐用年限,实现防水工程的高质量及良好的综合效益。同时,防水工程施工是一项要求较高的专业技术,所以施工专业化是保证屋面防水工程质量的关键,如果施工操作不认真、技术水平不高,必然会导致防水工程的失败。

建筑防水工程的整体质量要求是:不渗不漏,保证排水畅通,使建筑物具有良好的防水和使用功能。建筑防水工程的质量优劣与防水材料、防水设计、防水施工以及维修管理等密切相关,因此必须高度重视。

4. 本课程的内容和特点

本课程主要学习地下工程防水混凝土、水泥砂浆防水层、卷材防水层、涂料防水层、塑料防水板防水层、金属防水层、膨润土防水材料防水层、地下工程混凝土结构细部构造等的施工要求、施工方法,地下防水工程堵漏处理,地下工程防水施工质量验收;厕浴间防水施工要求、厕浴间防水细部构造、厕浴间防水施工工艺及工程质量验收;建筑外墙防水防护工程材料、建筑外墙墙面整体防水构造、建筑外墙防水防护工程施工及质量检查与验收;屋面工程基本要求、屋面工程类型、屋面工程构造、屋面工程施工、冬期施工和雨期施工措施、屋面工程施工质量验收等。

随着近年来我国建筑技术的发展,大跨度、轻型和高层建筑日益增多,使屋面结构的变形出现较大变化,而停车场、运动场、花园等类型屋面的出现,又使屋面的功能大大增加,但房屋渗漏问题已成为我国工程建设中非常突出的问题。据调查,我国屋面存在不同程度渗

漏的占抽查总数的 35%。房屋渗漏直接影响到房屋的使用功能与用户安全,可造成巨大经济损失。在房屋渗漏治理过程中,由于措施不当,效果不好,以致出现年年漏、年年修,年年修、年年漏的现象。要从根本上解决已建房屋屋面渗漏水问题,需要从防水工程的设计、施工、材料及管理维护等方面着手,进行系统管理,综合防治。应以提高防水工程质量,杜绝渗漏为目标,从施工入手,严把材料质量关,提高设计水平和加强管理,有针对性地采取具体措施进行综合防治。

(1) 材料选用。在屋面渗漏水治理工作中,应该大力推广应用新型防水材料,首先选用技术较先进、性能较优异的高聚物改性沥青卷材及涂料、合成高分子卷材及涂料、弹塑性密封材料及新型刚性防水材料。在当前防水材料市场鱼龙混杂的情况下,必须严把材料质量关,对进入施工现场的防水材料,不仅要符合国家或行业标准,有出厂合格证和材料准用证,还必须进行现场抽样复检,复检不合格的材料坚决不用,严防假冒伪劣产品应用到渗漏水治理工程中。

(2) 屋面防水设计。设计时应根据建筑物性质、工程特点、重要程度和使用功能进行防水设防。由于目前防水材料品种较多,性能各异,适用范围不同且价格相差悬殊,因此要本着“因地制宜、按需选材、防排结合、刚柔并济、整体密封”的原则进行屋面防水设计和选材。要根据当地的最高和最低气温、日温差、屋面坡度、防水层形式(外露或非外露)及结构大小等具体情况选用适宜的防水材料,确定相应的施工方案。

(3) 精心施工。渗漏水治理工程施工是一项技术性强、标准要求高的防水材料再加工过程,因此必须由经过专业技术培训,熟悉施工规范和防水材料性能特点及适用范围的训练有素的专业防水施工队伍进行施工。在施工过程中必须严格遵守国家标准规范,认真贯彻执行工艺标准,一丝不苟、精心操作,这样才能确保工程质量。

(4) 加强管理维护。加强管理维护是降低屋面渗漏率和延长防水层使用年限的重要措施。防水工程竣工验收后在长期的使用过程中常常由于材料的逐渐老化、各种变形的反复影响、风雨冰冻的作用、雨水的冲刷、使用时人为的损坏及垃圾尘土堆积堵塞排水通道等因素使防水层遭到损坏,并导致渗漏,因此加强管理维护是提高防水工程质量的一个重要措施。定期进行屋面的保养维护,如在每年雨期来临前和入冬前对防水层进行全面清扫检查发现有损坏之处及时采取修复措施等,对降低屋面渗漏率,减少返修,节省开支,延长防水层使用年限具有十分重要的意义。



学习情境1 地下工程防水施工

学习目标

- 了解地下工程防水等级标准,以及明挖法和暗挖法地下工程的防水设防要求。
- 掌握防水混凝土施工的基本要求、材料选用、施工方法。
- 掌握水泥砂浆防水层施工的基本要求、材料选用、施工方法。
- 掌握卷材防水层施工的基本要求、材料选用、施工方法。
- 掌握涂料防水层施工的基本要求、材料选用、施工方法。
- 掌握塑料防水板防水层施工的基本要求、材料选用、施工方法。
- 掌握金属防水层施工的基本要求、材料选用、施工方法。
- 掌握膨润土防水材料防水层施工的基本要求、材料选用、施工方法。
- 了解地下工程混凝土结构细部构造防水施工的基本要求、材料选用、施工方法。
- 了解地下防水工程堵漏处理措施。
- 掌握地下工程防水施工的质量验收方法及相关标准。

引例导入

某工程地下室建筑面积 8877.34m^2 , 掩蔽面积 2280m^2 , 由三栋住宅楼主楼地下室、非人防地下室及人防地下室组成。本工程为地下汽车库, 共一层, 为平战结合人防工程, 平时为汽车库及设备用房, 战时为人防等级核6级常6级。本工程地上为27、29层, 地下1层, 采用框剪结构; 地下底板面标高分别为 -4.8m 、 -5.8m 、 -6.40m ; 地下车库层高分别为 3.85m 、 4.85m 、 5.45m 。

本工程 $\pm 0.000\text{m}$ 相当于黄海高程 21.050m , 自然地坪面实测在 19.500m 左右, 起伏不是很大。根据地下室施工图纸, 大面积基坑开挖深度为 3.45m 、 4.45m 、 5.05m (至标高 16.05m 、 15.05m 、 14.45m), 局部电梯井部位开挖至标高 13.1m 、 12.35m 。根据现场实际情况和场地工程地质水文地质条件、基坑开挖深度及周边环境条件, 基坑开挖放坡系数为 $1.0:1.5$ (高:宽)。

工程岩土工程勘察报告分析场地自上而下各土层的工程地质特征如下: 粗砂, 黄色、饱和、稍密-中密, 揭露厚度范围为 $0.50\sim 6.40\text{m}$; 砾砂, 黄色、饱和、稍中密, 揭露厚度范围 $3.10\sim 10.20\text{m}$ 。在勘察深度内, 场地内见地下孔隙潜水, 主要由大气降水和抚河及其支流侧向补给, 水量丰富, 属强透水层, 稳定水位埋深 $3.20\sim 5.40\text{m}$, 标高 $13.43\sim 14.90\text{m}$ 。

根据以上实际案例的情况, 应如何组织该工程的施工? 采用什么施工方案? 主要需要哪些材料?

任务1.1 地下工程防水方案

地下工程由于深埋在地下, 时刻受地下水的渗透作用, 如果防水问题处理不好, 将致使

地下水渗漏到工程内部，会带来一系列问题：影响施工人员在工程场地内正常的工作和生活；使工程内部装修和设备锈蚀加快。使用机械排除工程内部渗漏水，需要耗费大量能源和经费，而且大量的排水还可能引起地面和地面建筑物的不均匀沉降和破坏等。

地下工程分为以下类型。

- (1) 工业与民用建筑地下工程，如医院、旅馆、商场、影剧院、洞库、电站、生产车间等。
- (2) 市政地下工程，如城市共用沟、城市公路隧道、人行过街道、水工涵管等。
- (3) 地下铁道，如城市地铁区间隧道、地下铁道车站等。
- (4) 防护工程，因战时防护要求而修建的国防和人防工程，如指挥工程、人员掩蔽工程、疏散通道等。
- (5) 铁路、公路隧道、水底隧道等。

刚性防水材料的防水层是通过在混凝土或水泥砂浆中加入膨胀剂、减水剂、防水剂等，使混凝土或水泥砂浆变得密实，阻止水分子渗透，达到防水的目的。这种防水方法成本低、施工较为简单，当出现渗漏时，只需修补渗漏裂缝即可。

目前，地下防水工程的方案主要有以下几种。

- (1) 采用防水混凝土结构。通过调整配合比或掺入外加剂等方法，来提高混凝土本身的密实度和抗渗性，使其成为具有一定防水能力的整体式混凝土或钢筋混凝土结构。
- (2) 在地下结构表面另加防水层，如抹水泥砂浆防水层或贴涂料防水层等。
- (3) 采用防水加排水措施。排水方案通常可采用盲沟排水、渗排水与内排法排水等方法把地下水排走，以达到防水的目的。

国家现行标准《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2011) 根据防水工程的重要性、使用功能和建筑物类别的不同，按围护结构允许渗漏水的程度，将地下工程防水等级分为四级，各级防水标准应符合表 1-1 的要求。

表 1-1 地下工程防水等级标准

防水等级	防水标准
一级	不允许渗水，结构表面无湿渍
二级	不允许漏水，结构表面可有少量湿渍； 房屋建筑地下工程：总湿渍面积不应大于总防水面积（包括顶板、墙面、地面）的 1/1000；任意 100m ² 防水面积上的湿渍不超过 2 处，单个湿渍的最大面积不大于 0.1m ² ； 其他地下工程：湿渍总面积不应大于总防水面积的 2/1000；任意 100m ² 防水面积上的湿渍不超过 3 处，单个湿渍的最大面积不大于 0.2m ² ；其中，隧道工程平均渗水量不大于 0.05L/（m ² ·d），任意 100m ² 防水面积上的渗水量不大于 0.15L/（m ² ·d）
三级	有少量漏水点，不得有线流和漏泥沙； 任意 100m ² 防水面积上的漏水或湿渍点数不超过 7 处，单个漏水点的最大漏水量不大于 2.5L/d，单个湿渍的最大面积不大于 0.3m ²
四级	有漏水点，不得有线流和漏泥沙； 整个工程平均漏水量不大于 2L/（m ² ·d），任意 100m ² 防水面积上的平均漏量不大于 4L/（m ² ·d）

明挖法和暗挖法地下工程的防水设防应按表 1-2 和表 1-3 选用。

表 1-2 明挖法地下工程防水设防

工程部位	防水措施	防水等级			
		一级	二级	三级	四级
主体结构	防水混凝土	应选			宜选
	防水卷材	应选 1~2 种	应选 1 种	宜选 1 种	—
	防水涂料				
	塑料防水板				
	膨润土防水材料				
	防水砂浆				
	金属防水板				
施工缝	遇水膨胀止水条或止水带	应选 2 种	应选 1~2 种	宜选 1~2 种	宜选 1 种
	外贴式止水带				
	中埋式止水带				
	外抹防水砂浆				
	外涂防水涂料				
	水泥基渗透结晶型防水涂料				
	预埋注浆管				
后浇带	补偿收缩混凝土	应选			
	外贴式止水带	应选 2 种	应选 1~2 种	宜选 1~2 种	宜选 1 种
	预埋注浆管				
	遇水膨胀止水条（胶）				
	防水密封材料				
变形缝、诱导缝	中埋式止水带	应选			
	外贴式止水带	应选 2 种	应选 1~2 种	宜选 1~2 种	宜选 1 种
	可卸式止水带				
	防水密封材料				
	外贴防水卷材				
	外涂防水涂料				

表 1-3 暗挖法地下工程防水设防

工程部位	防水措施	防水等级			
		一级	二级	三级	四级
衬砌结构	防水混凝土	必选	应选	宜选	宜选
	防水卷材	应选 1~2 种	应选 1 种	宜选 1 种	宜选 1 种
	防水涂料				
	塑料防水板				
	膨润土防水材料				
	防水砂浆				
	金属防水板				

续表

工程部位	防水措施	防水等级			
		一级	二级	三级	四级
内衬砌 施工缝	遇水膨胀止水条或止水带	应选 1~2 种	应选 1 种	宜选 1 种	宜选 1 种
	外贴式止水带				
	中埋式止水带				
	防水密封材料				
	水泥基渗透结晶型防水涂料				
	预埋注浆管				
内衬砌变形缝、 诱导缝	中埋式止水带	应选			
	外贴式止水带	应选 1~2 种	应选 1 种	宜选 1 种	宜选 1 种
	可卸式止水带				
	防水密封材料				

任务 1.2 防水混凝土施工

1.2.1 防水混凝土施工的基本要求

防水混凝土可通过调整配合比，或掺加外加剂、掺和料等措施配制而成，其抗渗等级不得小于 P6；防水混凝土的施工配合比应通过试验确定，试配混凝土的抗渗等级应比设计要求提高 0.2MPa；防水混凝土应满足抗渗等级要求，并应根据地下工程所处的环境和工作条件，满足抗压、抗冻和耐蚀性等耐久性要求。

防水混凝土能防水的条件，除了混凝土致密、孔隙率小、开放性孔隙少以外，还需要有一定的厚度，这样可使地下水从混凝土中渗透的距离增大，即阻水截面加大。当混凝土内部的阻力大于外部水压力时，地下水就只能渗透到混凝土中一定距离而停下来，因此防水混凝土结构必须有一定厚度才能抵抗地下水的渗透。考虑到现场施工的不利因素及钢筋混凝土中钢筋的引水作用，国家现行标准《混凝土质量控制标准》（GB 50164—2011）把防水混凝土衬砌的最小厚度定为 250mm。

防水混凝土设计抗渗等级应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 防水混凝土设计抗渗等级

工程埋置深度 H (m)	设计抗渗等级
$H < 10$	P6
$10 \leq H < 20$	P8
$20 \leq H < 30$	P10
$H \geq 30$	P12

注 1. 本表适用于 I、II、III 类围岩（土层及软弱围岩）。
2. 山岭隧道防水混凝土的抗渗等级可按国家现行有关标准执行。

防水混凝土的环境温度不得高于 80°C ；处于耐蚀性介质中的防水混凝土的耐侵蚀要求应根据介质的性质按有关标准执行。

防水混凝土结构底板的混凝土垫层，强度等级不应小于 C15，厚度不应小于 100mm，在软弱土层中不应小于 150mm。

防水混凝土结构应符合下列规定。

(1) 结构厚度不应小于 250mm。

(2) 裂缝宽度不得大于 0.2mm，并不得贯通。

(3) 钢筋保护层厚度应根据结构的耐久性和工程环境选用，迎水面钢筋保护层厚度不应小于 50mm。

1.2.2 防水混凝土施工的材料选用

1. 水泥

在不受耐蚀性介质和冻融作用的条件下，宜采用普通硅酸盐水泥（普通水泥）、硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥；若选用矿渣硅酸盐水泥，则必须掺用高效减水剂。在受硫酸盐耐蚀性介质作用的条件下，可采用火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥或抗硫酸盐硅酸盐水泥。在受冻融作用的条件下，应优先选用普通硅酸盐水泥，不宜采用火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥。不得使用过期或受潮结块的水泥。

2. 砂、石骨料

(1) 宜选用坚固耐久、粒形良好的洁净石子；最大粒径不宜大于 40mm，泵送时其最大粒径不应大于输送管径的 $1/4$ ；吸水率不应大于 1.5%；不得使用碱活性骨料；石子的质量要求应符合国家现行标准的有关规定。

(2) 砂宜选用坚硬、抗风化性强、洁净的中粗砂，不宜使用海砂；砂的质量要求应符合国家现行标准的有关规定。

3. 外加剂

外加剂主要是以吸附、分散、引气、催化，或与水泥的某种成分发生反应等物理、化学作用，来改善混凝土内部组织结构，增加其密实性和抗渗性的。应根据对防水混凝土工程的工程结构和施工工艺等的具体要求，选用适宜的外加剂。目前主要有引气剂、减水剂、早强剂、防水剂、膨胀剂等。

目前常用的引气剂有松香酸钠、松香热聚物等，常用于一般防水工程和寒冷地区对抗冻性、耐久性要求较高的防水工程中；常用的减水剂有亚甲基二萘磺酸钠（NNO）、亚甲基双甲基萘磺酸钠（MF）、木质素磺酸钙、糖蜜等，常用于一般防水工程及对施工工艺有特殊要求的防水工程，如用于泵送混凝土及捣固困难的薄壁型防水结构；常用的早强剂如三乙醇胺，常用于工期紧，需要早强的防水工程；常用的防水剂如氯化铁，常用于人防工程、水池、地下室等；常用的膨胀剂如 U 形混凝土膨胀剂（简称 UEA），常用于要求抗渗、防裂的地下工程、砂浆防水层、砂浆防潮层等。

4. 掺和料

(1) 粉煤灰的品质应符合国家现行标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB/T 1596—2005）的有关规定，粉煤灰的级别不应低于Ⅱ级，烧失量不应大于 5%，用量宜为胶凝材料总量的 20%~30%，当水胶比小于 0.45 时，粉煤灰用量可适当提高。

(2) 硅粉的品质应符合表 1-5 的要求，用量宜为胶凝材料总量的 2%~5%。

表 1-5 硅粉的品质要求

项 目	指 标
比表面积 (m ² /kg)	≥15 000
二氧化硅含量 (%)	≥85

(3) 粒化高炉矿渣粉的品质要求应符合国家现行标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2008) 的有关规定。

(4) 使用复合掺和料时，其品种和用量应通过试验确定。

5. 其他材料

(1) 配筋。配置直径为 4~6mm、间距为 100~200mm 的双向钢筋网片，可采用乙级冷拔低碳钢丝，性能符合标准要求。钢筋网片应在分格缝处断开，其保护层厚度不小于 10mm。

(2) 聚丙烯抗裂纤维。聚丙烯抗裂纤维为短切聚丙烯纤维，纤维直径 0.48μm，长度 10~19mm，抗拉强度 276MPa，掺入细石混凝土中，抵抗混凝土的收缩应力，减少细石混凝土的开裂。掺量一般为每立方米细石混凝土中掺入 0.7~1.2kg。

1.2.3 防水混凝土结构的施工方法

防水混凝土结构是指因本身的密实性而具有一定防水能力的整体式混凝土或钢筋混凝土结构。防水混凝土适用于有防水要求的地下整体式混凝土结构。

1. 防水混凝土的种类

防水混凝土一般分为普通防水混凝土、外加剂防水混凝土和膨胀剂或膨胀水泥防水混凝土三大类。外加剂防水混凝土又分为引气剂防水混凝土、减水剂防水混凝土、三乙醇胺防水混凝土、氯化铁防水混凝土。各种防水混凝土的技术要求、适用范围见表 1-6。

表 1-6 防水混凝土的技术要求和适用范围

种 类		最大抗渗压力(MPa)	技术要求	适用范围
普通防水混凝土		>3.0	水灰比 0.5~0.6；坍落度 30~50mm (掺外加剂或采用泵送时不受此限)；水泥用量不小于 320kg/m ³ ；灰砂比 1:2~1:2.5；含砂率不小于 35%；粗骨料粒径不大于 40mm；细骨料为中砂或细砂	一般工业、民用及公共建筑的地下防水工程
外加剂防水混凝土	引气剂防水混凝土	>2.2	含气量为 3%~6%；水泥用量 250~300kg/m ³ ；水灰比 0.5~0.6；含砂率 28%~35%；砂石级配、坍落度与普通混凝土相同	适用于北方高寒地区对抗冻要求较高的地下防水工程及一般的地下防水工程，不适用于抗压强度大于 20MPa 或耐磨性要求较高的地下防水工程
	减水剂防水混凝土	>2.2	选用加气型减水剂。根据施工需要分别选用缓凝型、促凝型、普通型的减水剂	钢筋密集或薄壁型防水构筑物，对混凝土凝结时间和流动性有特殊要求的地下防水工程
	三乙醇胺防水混凝土	>3.8	可单独掺用，也可与氯化钠复合掺用，也能与氯化钠、亚硝酸钠三种材料复合使用	工期紧迫、要求早强及抗渗性较高的地下防水工程

续表

种 类		最大抗渗压力(MPa)	技术要求	适用范围
外加剂防水混凝土	氯化铁防水混凝土	>3.8	氯化铁掺量一般为水泥的 3%	水中结构、无筋少筋、厚大防水混凝土工程及一般地下防水工程,砂浆修补抹面工程。薄壁结构不宜使用
明矾石膨胀剂防水混凝土		>3.8	必须掺入 32.5MPa 以上的普通矿渣硅酸盐、火山灰质硅酸盐和粉煤灰硅酸盐水泥共同使用,不得单独代替水泥。一般外掺量占水泥用量的 20%	地下工程及其后浇缝

2. 防水混凝土的拌制

(1) 防水混凝土的配合比。

防水混凝土的配合比应符合下列规定。

- 1) 胶凝材料用量应根据混凝土的抗渗等级和强度等级等选用,其总用量不宜小于 320kg/m³;当强度要求较高或地下水有腐蚀性时,胶凝材料用量可通过试验调整。
- 2) 在满足混凝土抗渗等级、强度等级和耐久性条件下,水泥用量不宜小于 260kg/m³。
- 3) 砂率宜为 35%~40%,泵送时可增至 45%。
- 4) 灰砂比宜为 1:1.5~1:2.5。
- 5) 水胶比不得大于 0.50,有耐蚀性介质时水胶比不宜大于 0.45。
- 6) 防水混凝土采用预拌混凝土时,入泵坍落度宜控制在 120~160mm,坍落度每小时损失值不应大于 20mm,坍落度总损失值不应大于 40mm。
- 7) 掺加引气剂或引气型减水剂时,混凝土含气量应控制在 3%~5%。
- 8) 预拌混凝土的初凝时间宜为 6~8h。

(2) 防水混凝土的拌制。

防水混凝土配料应按配合比准确称量,其计量允许偏差应符合表 1-7 的规定。

表 1-7 防水混凝土配料计量允许偏差 (单位:%)

混凝土组成材料	每盘计量	累计计量
水泥、掺和料	±2	±1
粗骨料、细骨料	±3	±2
水、外加剂	±2	±1

注 累计计量仅适用于微机控制计量的搅拌站。

使用减水剂时,减水剂宜配制成一定浓度的溶液。

防水混凝土拌和物应采用机械搅拌,搅拌时间不宜小于 2min。掺外加剂时,搅拌时间应根据外加剂的技术要求确定。

防水混凝土拌和物在运输后如出现离析,必须进行二次搅拌。当坍落度损失后不能满足施工要求时,应加入原水胶比的水泥浆或掺加同品种的减水剂进行搅拌,严禁直接加水。

3. 防水混凝土施工缝的处理

(1) 防水混凝土应连续浇筑, 宜少留施工缝。当留设施工缝时, 应符合下列规定。

1) 墙体水平施工缝不应留在剪力最大处或底板与侧墙的交接处, 应留在高出底板表面不小于 300mm 的墙体上。拱(板)墙结合的水平施工缝, 宜留在拱(板)墙接缝线以下 150~300mm 处。墙体有顶留孔洞时, 施工缝距孔洞边缘不应小于 300mm。

2) 垂直施工缝应避开地下水和裂隙水较多的地段, 并宜与变形缝相结合。

(2) 施工缝防水构造形式宜按图 1-1~图 1-3 选用, 当采用两种以上构造措施时可进行有效组合(钢板止水带 $L \geq 150$, 橡胶止水带 $L \geq 200$, 钢边橡胶止水带 $L \geq 120$)。

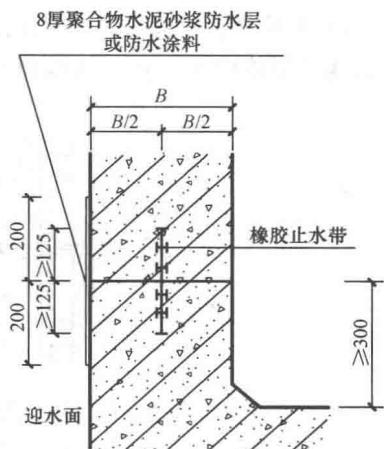


图 1-1 施工缝做法(一)

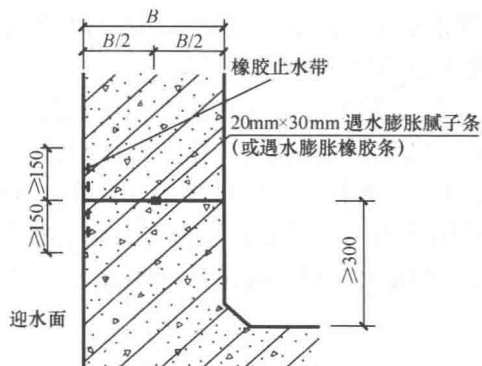


图 1-2 施工缝做法(二)

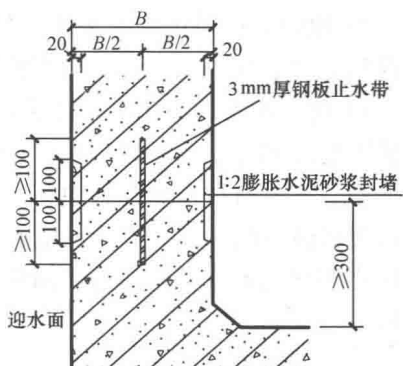


图 1-3 施工缝做法(三)

(3) 施工缝的施工应符合下列规定。

1) 水平施工缝浇筑混凝土前, 应将其表面浮浆和杂物清除, 然后铺设净浆或涂刷混凝土界面处理剂、水泥基渗透结晶型防水涂料等材料, 再铺设 30~50mm 厚的 1:1 水泥砂浆, 并应及时浇筑混凝土。

2) 垂直施工缝浇筑混凝土前, 应将其表面清理干净, 再涂刷混凝土界面处理剂或水泥基渗透结晶型防水涂料, 并应及时浇筑混凝土。

3) 遇水膨胀止水条(胶)应与接缝表面密贴。

4) 选用的遇水膨胀止水条(胶)应具有缓胀性能, 7d 的净膨胀率不宜大于最终膨胀率的 60%, 最终膨胀率宜大于 220%。

5) 采用中埋式止水带或预埋式注浆管时, 应定位准确、固定牢靠。

4. 防水混凝土施工

(1) 模板安装。防水混凝土所有模板, 除满足一般要求外, 应特别注意模板拼缝严密不漏浆, 构造应牢固稳定, 固定模板的螺栓(或铁丝)不宜穿过防水混凝土结构。固定模板用的螺栓必须穿过混凝土结构时, 可采用工具式螺栓、螺栓加堵头、螺栓上加焊止水环等做法。止水环尺寸及环数应符合设计规定。如设计无规定, 则止水环应为 10cm×10cm 的方形