

绪 论



0.1 本课程的学习目标

“屋面与防水工程施工”课程主要培养学生从事屋面与地下防水施工的能力,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;屋面防水材料施工、坡屋面防水施工等内容。



0.1.1 知识目标

- (1)掌握防水材料性能和检验方法。
- (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与质量要求。
- (4)了解屋面和防水工程施工组织方式与成本控制措施。



0.1.2 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。



0.1.3 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 and 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。



0.2 屋面与防水工程的概念

在建筑工程中,屋面与防水工程技术是一门综合性和应用性都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和生产、生活质量,改善人居环境起着重要的作用。

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、厨房和厕浴间防水、外墙防水、屋面防水。

(1)地下室的外墙和底板都位于地面以下,经常受到地面水的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。用防水材料将地下室包围起来,以阻绝水或潮气的渗透。

(2)厕浴间防水包括地面处理和墙面处理。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。墙面一般要用防水涂料处理。

(3)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或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、内部空间不被污损,为人们提供一个舒适、安全的生活环境。

(4)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。



0.3 屋面与防水工程的重要性

住宅、办公室、车间等工作生活场所如长期受到水的侵蚀,将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,而且会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、建筑物的管理等方面。建筑防水工程的任务是在综合上述因素的基础上,对建筑工程进行全方位评价,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,以满足建筑物及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,其后果必然是导致防水工程的失败。

对建筑防水工程整体质量的要求是不渗不漏,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。



0.4 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;厨房和厕浴间防水施工要求、厕浴间防水细部构造、厨房和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、外墙防水工程质量检查与验收;屋面工程基本规定、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,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,但房屋渗漏问题却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%。房屋渗漏不仅直接影响房屋的使用功能与用户安全,也会造成巨大的经济损失。在房屋渗漏治理过程中,由于措施不当,而出现年年漏、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的渗漏水问题,就要从防水工程的材料、设计、施工及管理维护等方面着手,进行系统管理和综合防治。

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,应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要严格检查,要求其不仅要符合国家或行业标准,有出厂合格证和材料准用证,而且还必须对其进行现场抽样复检,对复检不合格的材料坚决不能用,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繁杂、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)以及结构大小等具体情况,选用适合的防水材料,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,以确保工程质量。

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。防水工程在竣工验收后的长期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、使用时人为的损坏以及垃圾尘土堆积堵塞排水通道等因素的作用使防水层遭到损坏,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,如采取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修复等措施,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。

1 单元

地下工程防水施工



学习目标 >>>

知识要点	能力目标	权重
地下工程防水方案与防水等级	了解地下工程防水等级标准、明挖法和暗挖法地下工程的防水设防要求	5%
防水混凝土施工	掌握防水混凝土施工的基本要求、材料选用、结构的施工方法	20%
水泥砂浆防水层施工	掌握水泥砂浆防水层施工的基本要求、材料选用、施工方法	10%
卷材防水层施工	掌握卷材防水层施工的基本要求、材料选用、施工方法	10%
涂料防水层施工	掌握防水涂料的类型和使用要求、涂料防水层的施工方法	10%
塑料防水板防水层施工	掌握塑料防水板防水层的材料要求、施工方法	5%
金属防水层施工	掌握金属防水层的施工方法	5%
膨润土防水材料防水层施工	掌握膨润土防水材料防水层施工的材料要求、施工方法	5%
地下工程混凝土结构细部构造防水施工	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	10%
地下防水工程堵漏处理	了解地下防水工程堵漏的处理措施	5%
地下工程防水施工质量验收	掌握地下工程防水施工质量验收的方法及相关标准	15%



引 例 >>>

本工程为一个以写字楼、高层住宅、商场为主的具有多种建筑形态的建筑群,规划总建筑面积约为 34 000 m²。地下 3 层,局部 2 层,地下室面积达 3×10⁸ m²。5#楼的基础为筏形基础。现 5#楼的基



坑已基本开挖到位,基坑护壁也已施工完成。地下室三层与地下室二层的分界墙面积约为 $1\,300\text{ m}^2$,地下室二层的外墙面防水面积约为 $4\,930\text{ m}^2$,地下室三层的外墙面防水面积约为 $3\,650\text{ m}^2$ 。地下结构的防水要求高,防水施工作业面积大,防水面地形复杂。

在本工程中,针对各种复杂层面,如何做好阴阳转角处[见图 1-1(a)]、后浇带以及竖向墙面与水平地面交界处[见图 1-1(b)]、穿过迎水墙体的管道等位置的细部防水处理?



(a)阴阳转角处



(b)竖向墙面与水平地面交界处

图 1-1 防水处理



1.1 地下工程防水方案与防水等级

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,将会因地下水渗漏到工程内部而带来一系列问题,如影响施工人员在工程场地内正常地工作和生活,使工程内部装修和设备加快锈蚀。使用机械排除工程内部的渗漏水,不仅需要耗费大量的能源和经费,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。



知识链接

地下工程分为以下几类。

- (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)铁路隧道、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,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)采取防水加排水措施。排水方案通常可用盲沟排水、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。

《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 1/1 000;任意 100 m 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 0.1 m ² ; 其他地下工程:湿渍总面积不应大于总防水面积的 2/1 000;任意 100 m 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 0.2 m ² ;其中,隧道工程平均渗水量不大于 0.05 L/(m ² ·d),任意 100 m ² 防水面积上的渗水量不大于 0.15 L/(m ² ·d)
三级	有少量漏水点,不得有线流和漏泥砂; 任意 100 m 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 2.5 L/d,单个湿渍的最大面积不大于 0.3 m 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 2 L/(m ² ·d),任意 100 m ² 防水面积上的平均漏水量不大于 4 L/(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				



续表

工程部位	防水措施	防水等级			
		一级	二级	三级	四级
施工缝	遇水膨胀止水条或止水胶	应选		宜选	
	外贴式止水带	应选 2 种	应选 1~2 种	宜选 1~2 种	宜选 1 种
	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		宜选	
	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		宜选	
	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	应选		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胶	应选		宜选	
	外贴式止水带	应选 1~2 种	应选 1 种	宜选 1 种	宜选 1 种
	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		宜选	
	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				



知识链接

地下工程的耐久性很大程度上取决于结构施工过程中的质量控制、质量保证以及使用过程中的维修与管理,为此原建设部(现更名为住房和城乡建设部)出版了《混凝土结构耐久性设计与施工指南》(CCES 01—2004)(以下简称《指南》)。该《指南》根据耐久性要求将结构设计使用年限分为 100 年、50 年、30 年三个等级,地下工程的设计寿命一般超过 50 年。

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、掺合料等配制而成,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 0.2 MPa;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、抗冻和抗侵蚀性等耐久性要求。



知识链接

防水混凝土能够起到防水目的的条件,除了混凝土致密、孔隙率小、开放性孔隙少以外,还需要具有一定的厚度,这样才能使地下水在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的一定距离而停下来,因此防水混凝土结构必须具有一定的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,《混凝土质量控制标准》(GB 50164—2011)中将防水混凝土衬砌的最小厚度定为 250 mm。

防水混凝土的设计抗渗等级应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 防水混凝土的设计抗渗等级

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)。

注 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 ;处于侵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,其强度等级不应小于 C15,厚度不应小于 100 mm,在软弱土层中不应小于 150 mm。

防水混凝土结构应符合下列规定。

- (1)结构厚度不应小于 250 mm。
- (2)裂缝宽度不得大于 0.2 mm,并不得贯通。
- (3)钢筋保护层的厚度应根据结构的耐久性和工程环境选用,迎水面钢筋保护层的厚度不应小于 50 mm。



1.2.2 防水混凝土施工的材料选用

1. 水泥

在不受侵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。在受硫酸盐侵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 40 mm,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。



知识链接

在混凝土硬化过程中，石子不收缩，但石子周围的水泥浆会收缩，两者的变形不一致。石子粒径越大，周长越大，与砂浆收缩的差值就越大，就会使砂浆与石子间产生微细裂缝。这些缝隙的存在使混凝土的有效阻水截面显著减少，压力水容易透过。因此，防水混凝土的石子粒径不宜过大，以不超过 40 mm 为宜。

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的组织结构，增加其密实性和抗渗性。施工时，应根据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相应的外加剂。目前，主要的外加剂有引气剂、减水剂、三乙醇胺早强剂、氯化铁防水剂、U型膨胀剂等。

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型混凝土膨胀剂(简称UEA)，常用于有抗渗、防裂要求的地下工程、砂浆防水层、砂浆防潮层等。

4. 掺合料

(1)粉煤灰的品质应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—2017)的有关规定。

(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 $2\% \sim 5\%$ 。

表 1-5 硅粉的品质要求

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

(3)粒化高炉矿渣粉的品质应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2017)的有关规定。

(4)使用复合掺合料时，其品种和用量应通过试验确定。



知识链接

矿物掺合料的品种很多,但用于配制防水混凝土的主要有粉煤灰、硅粉及粒化高炉矿渣粉。掺合料的品质对防水混凝土性能的影响较大,故必须严格控制掺量。

粉煤灰可以有效地改善混凝土的抗化学侵蚀性(如氯化物侵蚀、碱-骨料反应、硫酸盐侵蚀等),其最佳掺量一般在20%以上,但因掺粉煤灰后混凝土的强度发展较慢,故掺量不宜过多,以20%~30%为宜。另外,粉煤灰对水胶比非常敏感,在低水胶比(0.40~0.45)时粉煤灰的作用才能得到充分的发挥。

掺入硅粉可明显提高混凝土强度及抗化学腐蚀性,但随着硅粉掺量的增加其需水量也随之增加,混凝土的收缩也明显加大,当掺量大于8%时强度会降低,因此,硅粉掺量不宜过高,以2%~5%为宜。

5. 其他材料

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

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



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。其中,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和适用范围见表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	水灰比为0.5~0.6;坍落度为30~50 mm(掺外加剂或采用泵送时不受此限);水泥用量不小于320 kg/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40 mm;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

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	引气剂防水混凝土	>2.2	含气量为3%~6%;水泥用量为250~300 kg/m ³ ;水灰比为0.5~0.6;含砂率为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20 MPa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,如泵送混凝土
	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
	氯化铁防水混凝土	>3.8	氯化铁掺量一般为水泥用量的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
膨胀剂防水混凝土		>3.8	必须掺入32.5 MPa以上的普通矿渣、火山灰和粉煤灰水泥共同使用,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320 kg/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、强度等级和耐久性的条件下,水泥用量不宜小于260 kg/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,有侵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120~160 mm,坍落度每小时损失值不应大于20 mm,坍落度总损失值不应大于40 mm。
- (7) 掺加引气剂或引气型减水剂时,混凝土的含气量应控制在3%~5%。
- (8) 预拌混凝土的初凝时间宜为6~8 h。

2) 防水混凝土的拌制

防水混凝土的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

混凝土的组成材料	每盘计量/%	累计计量/%
水泥、掺合料	±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。

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

防水混凝土拌合物在运输后如出现离析,则必须进行二次搅拌。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 300 mm 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 150~300 mm 处。墙体有顶留孔洞时,施工缝距孔洞边缘不应小于 300 mm。

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 1-2、图 1-3、图 1-4、图 1-5 选用,当采用两种以上构造形式时可进行有效组合。(钢板止水带 $L \geq 150$; 橡胶止水带 $L \geq 200$; 钢边橡胶止水带 $L \geq 120$ 。)

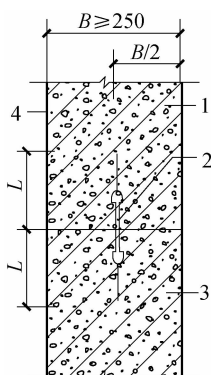


图 1-2 施工缝的防水构造(一)

1—后浇混凝土; 2—中埋止水带;
3—先浇混凝土; 4—结构迎水面

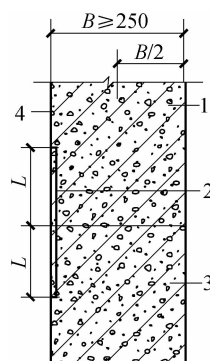


图 1-3 施工缝的防水构造(二)

1—后浇混凝土; 2—外贴止水带;
3—先浇混凝土; 4—结构迎水面

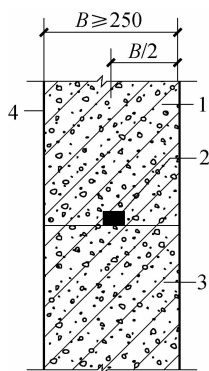


图 1-4 施工缝的防水构造(三)

1—后浇混凝土；2—遇水膨胀止水条(胶)；
3—先浇混凝土；4—结构迎水面

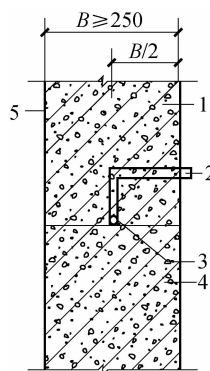


图 1-5 施工缝的防水构造(四)

1—后浇混凝土；2—注浆导管；3—预埋注浆管；
4—先浇混凝土；5—结构迎水面

(3)施工缝的施工应符合下列规定。

①水平施工缝在浇筑混凝土前,应先将其表面的浮浆和杂物清除干净,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 30~50 mm 厚的 1:1 水泥砂浆,并及时浇筑混凝土。

②垂直施工缝在浇筑混凝土前,应先将其表面清理干净,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,7 d 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注浆管时,应定位准确、固定牢靠。

4. 防水混凝土的施工

1) 模板安装

防水混凝土的所有模板,除满足一般要求外,还应特别注意模板拼缝要严密不漏浆,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。当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、螺栓上加焊方形止水环、预埋套管加焊止水环等做法。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 10 cm×10 cm 的方形止水环,且至少有一环。

(1)工具式螺栓做法。用工具式螺栓将防水螺栓固定并拉紧,以压紧固定模板。拆模时将工具式螺栓取下,再以嵌缝材料及聚合物水泥砂浆将螺栓凹槽封堵严密,如图 1-6 所示。

(2)螺栓加焊止水环做法。在对拉螺栓中部加焊止水环,止水环与螺栓必须满焊严密。拆模后应沿混凝土结构边缘将螺栓割断。此法将消耗所用螺栓,如图 1-7 所示。

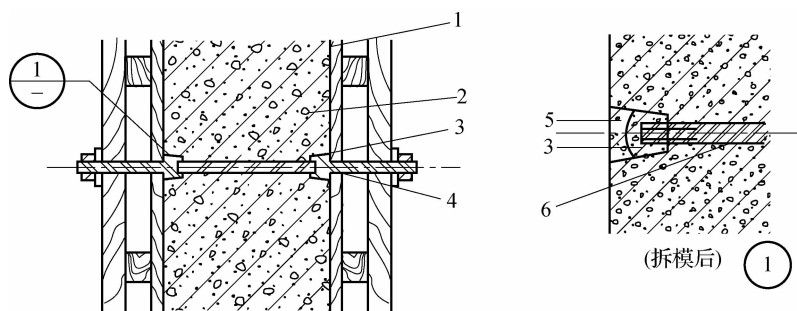


图 1-6 工具式螺栓的防水做法

- 1—模板；2—结构混凝土；3—密封材料；4—工具式螺栓；
5—聚合物水泥砂浆；6—固定模板用螺栓

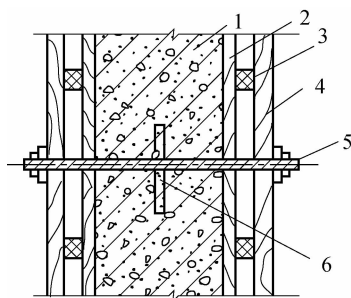


图 1-7 螺栓加焊止水环

- 1—围护结构；2—模板；3—小龙骨；4—大龙骨；5—螺栓；6—止水环

(3)预埋套管加焊止水环做法。套管采用钢管，其长度(或其长度加上两端垫木的厚度之和)等于墙厚，兼具撑头作用，以保持模板之间的设计尺寸。止水环在套管上满焊严密。支模时在预埋套管中穿入对拉螺栓拉紧固定模板。拆模后将螺栓抽出，套管内以膨胀水泥砂浆封堵密实。套管两端有垫木的，拆模时连同垫木一并拆除，除密实封堵套管外，还应将两端垫木留下的凹坑用同样方法封实，如图 1-8 所示。此法可用于抗渗要求一般的结构。

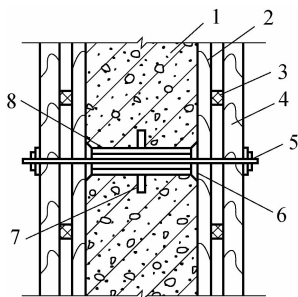


图 1-8 预埋套管加焊止水环

- 1—防水结构；2—模板；3—小龙骨；4—大龙骨；5—螺栓；6—垫木；
7—止水环；8—预埋套管



2) 钢筋施工

做好钢筋绑扎前的除污、除锈工作。绑扎钢筋时,应按设计规定留足保护层,且迎水面钢筋保护层的厚度不应小于 50 mm。应以相同配合比的细石混凝土或水泥砂浆制成垫块,将钢筋垫起,以保证保护层厚度。严禁以垫铁或钢筋头垫钢筋,或将钢筋用铁钉及钢丝直接固定在模板上。钢筋应绑扎牢固,避免因碰撞、振动使绑扣松散、钢筋移位造成露筋。钢筋及绑扎钢丝均不得接触模板。采用铁马凳架设钢筋时,在不便去掉铁马凳的情况下,应在铁马凳上加焊止水环。在钢筋密集的情况下,更应注意绑扎或焊接质量,并用自密实高性能混凝土浇筑。

3) 混凝土搅拌

选定配合比时,其试配要求的抗渗水压应较其设计值提高 0.2 MPa,并准确计算及称量每种用料,投入混凝土搅拌机。外加剂的掺入方法应遵从所选外加剂的使用要求。

防水混凝土必须采用机械搅拌。搅拌时间不应小于 120 s。掺外加剂时,应根据外加剂的技术要求确定搅拌时间。

4) 混凝土运输

运输过程中应采取措施防止混凝土拌合物产生离析,以及坍落度和含气量的损失,同时要防止漏浆。

防水混凝土拌合物在常温下应在 0.5 h 以内运至现场;运送距离较远或气温较高时,可掺入缓凝型减水剂,缓凝时间宜为 6~8 h。

5) 混凝土的浇筑和振捣

在结构中若有密集管群,以及预埋件或钢筋稠密的地方,不易使混凝土浇捣密实时,应选用免振捣的自密实高性能混凝土进行浇筑。

在浇筑大体积结构,遇有预埋大管径套管或面积较大的金属板时,其下部的倒三角形区域不易浇捣密实而形成空隙,造成漏水,为此,可在管底或金属板上预先留置浇筑振捣孔,以利浇捣和排气,浇筑后再将孔补焊严密。

混凝土浇筑应分层,每层厚度不宜超过 30 cm,相邻两层的浇筑时间的间隔不应超过 2 h,夏季可适当缩短。混凝土在浇筑地点须检查坍落度,每工作班至少检查两次。普通防水混凝土的坍落度不宜大于 50 mm。

防水混凝土必须采用高频机械振捣,振捣时间宜为 10~30 s,以混凝土泛浆和不冒气泡为准。要依次振捣密实,应避免漏振、欠振和超振。掺加引气剂或引气型减水剂时,应采用高频插入式振捣器振捣密实。

6) 混凝土的养护

防水混凝土的养护对其抗渗性能的影响极大,特别是早期湿润养护更为重要,一般在混凝土进入终凝(浇筑后 4~6 h)即应覆盖,浇水湿润养护不应少于 14 d。防水混凝土不宜用电热法养护和蒸汽养护。

7) 模板拆除

由于防水混凝土要求较严,因此不宜过早拆模。拆模时混凝土的强度必须超过设计强度等级的 70%,混凝土表面温度与环境之差不得大于 15 °C,以防止混凝土表面产生裂缝。拆模时应注意勿使模板和防水混凝土的结构受损。



8) 防水混凝土结构的保护

地下工程的结构部分拆模后,经检查合格,应及时回填。回填前应将基坑清理干净,无杂物且无积水。回填土应分层夯实。地下工程周围 800 mm 以内宜用灰土、黏土或粉质黏土回填;回填土中不得含有石块、碎砖、灰渣、有机杂物以及冻土。回填施工应均匀对称进行。回填后,在地面建筑的周围应做不小于 800 mm 宽的散水,其坡度宜为 5%,以防地表水侵入地下。

严禁在完工后的防水结构上打洞。若结构表面有蜂窝麻面,应及时修补。修补时应先用水冲洗干净,涂刷一道水灰比为 0.4 的水泥浆,再用水灰比为 0.5 的 1:2.5 的水泥砂浆填实抹平。

5. 大体积防水混凝土的施工

大体积防水混凝土的施工应符合下列规定。

- (1)在设计许可的情况下,掺粉煤灰混凝土设计强度等级的龄期宜为 60 d 或 90 d。
- (2)宜选用水化热低和凝结时间长的水泥。
- (3)宜掺入减水剂、缓凝剂等外加剂和粉煤灰、磨细矿渣粉等掺合料。
- (4)在炎热季节施工时,应采取降低原材料温度、减少混凝土运输时吸收外界热量等降温措施,入模温度不应大于 30 ℃。
- (5)在混凝土内部预埋管道时,宜进行水冷散热。
- (6)应采取保温保湿养护措施。混凝土的中心温度与表面温度的差值不应大于 25 ℃,表面温度与大气温度的差值不应大于 20 ℃,温降梯度不得大于 3 ℃/d,养护时间不应少于 14 d。

6. 防水混凝土的养护

在浇筑后,如混凝土养护不及时,混凝土内部的水分将迅速蒸发,使水泥水化不完全。水分蒸发会造成毛细管网彼此连通,形成渗水通道;同时混凝土收缩增大,出现龟裂,抗渗性急剧下降,甚至完全丧失抗渗能力。若养护及时,防水混凝土会在潮湿的环境中或水中硬化,能使混凝土内的游离水分蒸发缓慢,水泥水化充分。水泥水化的生成物会堵塞毛细孔隙,形成不连通的毛细孔,提高混凝土的抗渗性。不同养护龄期的混凝土的抗渗性能见表 1-8。

表 1-8 不同养护龄期的混凝土的抗渗性能

养护方式	雾室养护			备 注
龄期/d	7	14	23	水灰比为 0.5,砂率为 35%
坍落度/cm	7.1	7.1	7.1	
抗渗压力/MPa	1.1	>3.5	>3.5	

7. 地下工程的冬期施工

在进行地下工程冬期施工时,必须采取一定的技术措施。因为混凝土温度为 4 ℃时,其强度的增长速度仅为 15 ℃时的 1/2。当混凝土温度降到-4 ℃时,水泥的水化作用停止,混凝土强度也停止增长。水冻结后,体积膨胀 8%~9%,使混凝土内部产生很大的冻胀应力。

如果此时混凝土的强度较低,则其会被冻裂,使得内部结构被破坏,造成强度、抗渗性显著下降。

冬期施工措施既要便于施工、成本低,又要保证混凝土的质量,具体应根据施工现场的条件进行选择。

(1)掺外加剂。这里的化学外加剂主要是指防冻剂。在混凝土拌合物拌和用水中加入防冻剂能降低水溶液的冰点,保证混凝土在低温或负温下硬化。如掺亚硝酸钠-三乙醇胺防冻剂的防水混凝土,可在外界温度不低于一10℃的条件下硬化。但由于防冻剂的掺入会使溶液的导电能力倍增,故不得在高压电源和大型直流电源的工程中应用。在施工时,还要适当延长混凝土的搅拌时间,混凝土入模温度应为正温,振捣要密实,并要注意早期养护。

(2)暖棚法。暖棚法采用暖棚加温,使混凝土在正温下硬化,对建筑物体积不大或混凝土工程量集中的工程,宜采用此法。暖棚法施工时,暖棚内可以采用蒸汽管片或低压电阻片加热,使暖棚保持在5℃以上,混凝土入模温度也应为正温。对在室外平均气温为一15℃以下的结构,应优先采用蓄热法。采用蓄热法需经热工计算,根据每立方米混凝土从浇筑完毕的温度降到0℃的过程中,透过模板及覆盖的保温材料所放出的热量与混凝土所含的热量及水泥在此期间所放出的水化热之和相平衡,与此同时混凝土的强度也正好达到临界强度。当利用水泥水化热不能满足热量平衡时,可采用原材料加热法(分别加热水、砂、石)或增加保温材料的热阻。

(3)其他方法。蒸汽加热法和电加热法易使混凝土局部热量集中,故不宜在防水混凝土冬期施工中使用。

1.3 水泥砂浆防水层施工

水泥砂浆抹面防水层可分为刚性多层防水层(普通水泥砂浆防水层)和掺外加剂(氯化铁防水剂、铝粉膨胀剂、减水剂等)的水泥砂浆防水层两种,其构造做法如图1-9所示。

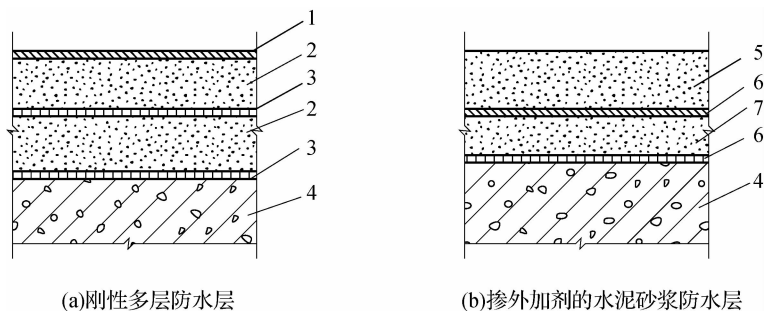


图 1-9 水泥砂浆抹面防水层的构造做法

1—水泥浆(1 mm); 2—砂浆层(45 mm); 3—素灰层(2 mm); 4—结构基层;
5—防水砂浆面层; 6—水泥浆一道; 7—外加剂防水砂浆垫层

1.3.1 防水砂浆

防水砂浆应包括聚合物水泥防水砂浆、掺外加剂或掺合料的防水砂浆,宜采用多层抹压法施工。水泥砂浆防水层可用于地下工程主体结构的迎水面或背水面,不可用于受持续振动或温度高于 80℃ 的地下工程防水。水泥砂浆防水层应在基础垫层、初期支护、围护结构及内衬结构验收合格后施工。

水泥砂浆的品种和配合比设计应根据防水工程要求确定。聚合物水泥防水砂浆的厚度,单层施工时宜为 6~8 mm,双层施工时宜为 10~12 mm;掺外加剂或掺合料的水泥防水砂浆的厚度宜为 18~20 mm。水泥砂浆防水层的基层混凝土强度或砌体用的砂浆强度均不应低于设计值的 80%。

用于水泥砂浆防水层的材料应符合下列规定。

- (1) 应使用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或特种水泥,不得使用过期或受潮结块的水泥。
- (2) 砂宜采用中砂,含泥量不应大于 1%,硫化物和硫酸盐含量不应大于 1%。
- (3) 拌制水泥砂浆用水应符合国家现行标准《混凝土用水标准》(JGJ 63—2006)的有关规定。
- (4) 聚合物乳液的外观应为均匀液体,无杂质、无沉淀、不分层。聚合物乳液的质量要求应符合国家现行标准《建筑防水涂料用聚合物乳液》(JC/T 1017—2006)的有关规定。
- (5) 外加剂的技术性能应符合现行国家有关标准的质量要求。

防水砂浆的主要性能应符合表 1-9 的要求。

表 1-9 防水砂浆的主要性能

防水砂浆种类	黏结强度 /MPa	抗渗性 /MPa	抗折强度 /MPa	干缩率 /%	吸水率 /%	冻融循环/次	耐碱性	耐水性 /%
掺外加剂、掺合料的防水砂浆	>0.6	≥0.8	同普通砂浆	同普通砂浆	≤3	>50	10% NaOH 溶液浸泡 14 d 无变化	—
聚合物水泥防水砂浆	>1.2	≥1.5	≥8.0	≤0.15	≤4	>50	—	≥80

注:耐水性指标是指砂浆浸水 168 h 后材料的黏结强度及抗渗性的保持率。

1.3.2 水泥砂浆防水层的施工要求

1. 一般要求

基层表面应平整、坚实、清洁,并应充分湿润、无明水。基层表面的孔洞、缝隙应采用与防水层相同的防水砂浆堵塞并抹平。施工前应先在预埋件、穿墙管预留凹槽内嵌填密封材料,然后进行水泥砂浆防水层的施工。

防水砂浆的配合比和施工方法应符合所掺材料的规定,其中聚合物水泥防水砂浆的用水量应包括乳液中的含水量。水泥砂浆防水层应分层铺抹或喷射,铺抹时应压实、抹平,最后一层表面应提浆压光。聚合物水泥防水砂浆拌和后应在规定时间内用完,施工中不得任

意加水。

水泥砂浆防水层的各层应紧密黏合,每层宜连续施工;必须留设施工缝时,应采用阶梯坡形槎,但离阴阳角处的距离不得小于 200 mm。

水泥砂浆防水层不得在雨天、五级及以上大风中施工。冬期施工时,气温不应低于 5℃。夏季不宜在 30℃ 以上或烈日照射下施工。

水泥砂浆防水层终凝后,应及时进行养护,养护温度不宜低于 5℃,并保持砂浆表面湿润,养护时间不得少于 14 d。

聚合物水泥防水砂浆未达到硬化状态时,不得浇水养护或直接被雨水冲刷,硬化后应采用干湿交替的养护方法。潮湿环境中,可在自然条件下养护。

2. 基层处理

基层处理十分重要,是保证防水层与基层表面结合牢固、不空鼓和密实不透水的关键。基层处理包括清理、浇水、刷洗、补平等工序,可使基层表面保持潮湿、清洁、平整、坚实、粗糙。

1) 混凝土基层的处理

(1) 新建混凝土工程处理。拆除模板后,应立即用钢丝刷将混凝土表面刷毛,并在抹面前浇水冲刷干净。

(2) 旧混凝土工程处理。补做防水层时需用钻子、剁斧、钢丝刷将表面凿毛,清理平整后再冲水,用棕刷刷洗干净。

(3) 混凝土基层表面凹凸不平、蜂窝孔洞的处理。超过 1 cm 的棱角及凹凸不平处,应剔成慢坡形,并浇水清洗干净,用素灰和水泥砂浆分层找平,如图 1-10 所示。混凝土表面的蜂窝孔洞,应先将松散不牢的石子除掉,浇水冲洗干净,用素灰和水泥砂浆交替抹到与基层面相平,如图 1-11 所示。当混凝土表面的蜂窝床面不深、石子黏结较牢固时,只需用水冲洗干净后,用素灰打底,水泥砂浆压实找平,如图 1-12 所示。

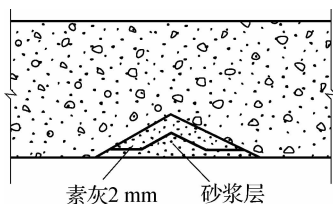


图 1-10 基层凹凸不平的处理

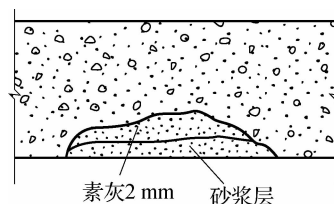


图 1-11 蜂窝孔洞的处理

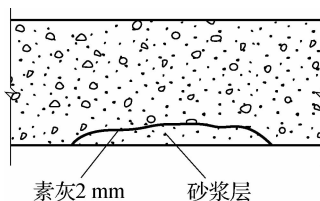


图 1-12 蜂窝麻面的处理

(4) 混凝土结构的施工缝要沿缝剔成八字形凹槽,用水冲洗后,用素灰打底、水泥砂浆压

实抹平,如图 1-13 所示。

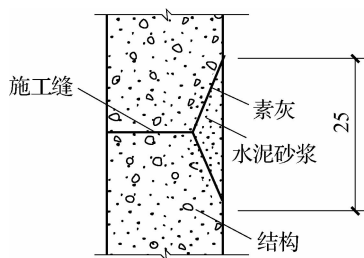


图 1-13 混凝土结构施工缝的处理

2) 砖砌体基层的处理

对于新砌体,应将其表面残留的砂浆等污物清除干净,并浇水冲洗。对于旧砌体,要将其表面酥松表皮及砂浆等污物清理干净,至露出坚硬的砖面,并浇水冲洗。

对于石灰砂浆或混合砂浆砌的砖砌体,应将缝剔深 1 cm,缝内呈直角,如图 1-14 所示。

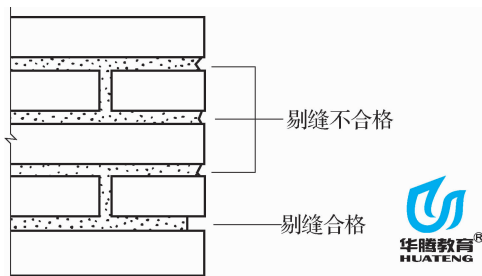


图 1-14 砖砌体的剔缝

1.3.3 水泥砂浆防水层的施工方法

1. 普通水泥砂浆防水层的施工

(1) 混凝土顶板与墙面防水层的操作。

第一层:素灰层,厚度为 2 mm。先抹一道 1 mm 厚的素灰,用铁抹子往返用力刮抹,使素灰填实基层表面的孔隙。随即在已刮抹过素灰的基层表面再抹一道厚度为 1 mm 的素灰找平层,抹完后,用湿毛刷在素灰层表面按顺序涂刷一遍。

第二层:水泥砂浆层,厚度为 4~5 mm。在素灰层初凝时抹第二层水泥砂浆层,要防止素灰层过软或过硬,过软将破坏素灰层;过硬则黏结不良,要保证水泥砂浆层薄薄压入素灰层厚度的 1/4 左右,抹完后,在水泥砂浆初凝时用扫帚按顺序向一个方向扫出横向条纹。

第三层:素灰层,厚度为 2 mm。在第二层水泥砂浆凝固并具有一定强度(常温下间隔一昼夜)时,适当浇水湿润,方可进行第三层操作,其方法同第一层。

第四层:水泥砂浆层,厚度为 4~5 mm。按照第二层的操作方法将水泥砂浆抹在第三层上,抹后在水泥砂浆凝固前,即水分蒸发的过程中,分次用铁抹子压实,一般以抹压 3~4 次为宜,最后再压光。

第五层:第五层是在第四层水泥砂浆抹压两边后,用毛刷均匀地将水泥浆刷在第四层表



面,随第四层抹实压光。

(2)砖墙面和拱顶防水层的操作。第一层是刷一道水泥浆,厚度约为 1 mm,用毛刷往返涂刷均匀,涂刷后,可抹第二、三、四层等,其操作方法与混凝土基层防水相同。

2. 地面防水层的操作

地面防水层的操作与墙面、顶板不同的地方是,素灰层(一、三层)不采用刮抹的方法,而是把拌和好的素灰倒在地面上,用棕刷往返用力涂刷均匀,第二层和第四层是在素灰层初凝前后把拌和好的水泥砂浆层按厚度要求均匀铺在素灰层上,按墙面、顶板的操作要求抹压,各层厚度也均与墙面、顶板的防水层相同。地面防水层在施工时要防止践踏,应按由里向外的顺序进行,如图 1-15 所示。

3. 特殊部位的施工

结构阴阳角处的防水层,均需抹成圆角,阴角的直径为 5 cm,阳角的直径为 1 cm。防水层的施工缝需留斜坡阶梯形槎,槎子的搭接要依照层次操作顺序层层搭接。留槎的位置一般留在地面上,亦可留在墙面上,所留的槎子均需离阴阳角 20 cm 以上,如图 1-16 所示。

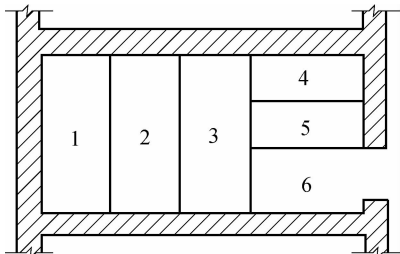


图 1-15 地面防水层的施工顺序

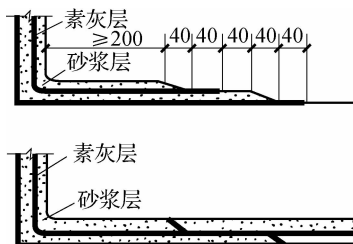


图 1-16 防水层接槎处理

1.4 卷材防水层施工



1.4.1 防水卷材的类型

按原材料性质分类的防水卷材主要有沥青防水卷材、高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材三大类,但其中的沥青防水卷材现已被逐渐淘汰。

特别提示: 卷材防水层应铺设在结构迎水面的基面上,其作用有三点:一是保护结构不受侵蚀性介质侵蚀,二是防止外部压力水渗入到结构内部引起锈蚀钢筋,三是克服卷材与混凝土基面的黏结力小的缺点。

1. 沥青防水卷材

沥青防水卷材的传统产品是石油沥青纸胎油毡。由于原料 80% 左右是沥青,沥青类建

筑防水卷材在生产过程中会产生较大污染,加之工艺落后、耗能高、资源浪费,自 1999 年以来,国家及地方政府不断发文,曾勒令除新型改性沥青类产品以外的其他产品逐步退市,并一再提高技术标准。从 2008 年开始,工业和信息化部、国家发展和改革委员会、国家质量监督检验检疫总局等部门也分别从淘汰落后产能、调整产业结构、管理生产许可证准入等方面,限制沥青类防水卷材的生产量。

2. 高聚物改性沥青防水卷材

该卷材使用的高聚物改性沥青是指在石油沥青中添加聚合物,以弥补沥青的感温性差、低温易脆裂、高温易流淌等不足。用于沥青改性的聚合物较多,主要以 SBS(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯合成橡胶)为代表的弹性体聚合物和以 APP(无规聚丙烯合成树脂)为代表的塑性体聚合物两大类。卷材的胎体主要使用玻纤毡和聚酯毡等高强材料。高强材料的主要品种有:SBS 改性沥青防水卷材、APP 改性沥青防水卷材、PVC 改性焦油沥青防水卷材、再生胶改性沥青防水卷材、废橡胶粉改性沥青防水卷材和其他改性沥青防水卷材等。

SBS 防水卷材的特点是:低温柔性好、弹性和延伸率大、纵横向强度均匀性好,不仅可以在低寒、高温气候条件下使用,而且在一定程度上可以避免结构层由于伸缩开裂对防水层构成的威胁。APP 防水卷材的特点是:耐热度高、热熔性好,适合热熔法施工,因而更适合高温气候或有强烈太阳辐射地区的建筑屋面防水。

3. 合成高分子防水卷材

合成高分子防水卷材是一类无胎体的卷材。其特点是:拉伸强度大、断裂伸长率高、抗撕裂强度大、耐高(低)温性能好等,因而对环境气温变化和结构基层伸缩、变形、开裂等状况具有较强的适应性。此外,其耐腐蚀性和抗老化性好,可以延长卷材的使用寿命,降低建筑防水的综合费用。

合成高分子防水卷材按其原料的品质分为合成橡胶和合成树脂两大类。当前最具代表性的产品是合成橡胶类的三元乙丙橡胶(EPDM)防水卷材和合成树脂类的聚氯乙烯(PVC)防水卷材。

此外,我国还研制出多种橡塑共混防水卷材,其中氯化聚乙烯-橡胶共混防水卷材最具代表性,其性能指标接近三元乙丙橡胶防水卷材。由于其原材料与价格占有一定的优势,因此,应用量正逐步扩大。

 阅读材料

高分子防水卷材发展的三个时代

高分子防水卷材经历了三个时期,即 EPDM 时代、PVC 时代、TPO 时代。

EPDM 即三元乙丙橡胶,是第一代的高分子防水卷材;随着市场的扩大、技术要求的提高,PVC 在市场上逐渐盛行。后者采用热熔焊接法施工,克服了前者在施工搭接中的缺点。

截至 20 世纪 90 年代末,TPO 防水卷材进入北美及欧洲市场。2003 年,TPO 防水材料进入中国,成为中国防水市场上高分子材料的新宠。2008 年,TPO 防水卷材在欧美高分子卷材类市场中的市场占有率跃居第一名,市场占有率在高分子类材料中连续保持在 21%以上。

TPO 防水卷材即热塑性聚烯烃类防水卷材,是以采用先进的聚合技术将乙丙橡胶与



聚丙烯结合在一起的热塑性聚烯烃(TPO)合成树脂为基料,加入抗氧化剂、防老剂、软化剂制成的新型防水卷材,属合成高分子防水卷材类防水产品。TPO防水卷材综合了EPDM和PVC的性能优点,具有EPDM的耐候能力、低温柔性和PVC的易焊接特性。而在两层TPO材料中间加设一层聚酯纤维织物后,可增强防水卷材的物理性能,提高断裂强度、抗穿刺能力。在实际应用中,TPO具有抗老化、拉伸强度高、伸长率大、潮湿屋面可施工、外露无须保护层、施工方便、无污染等综合特点,十分适于作为轻型节能屋面的防水层。

目前,TPO在欧美市场上的占有率早已远超PVC及EPDM。在中国,EPDM及PVC两种材料在市场上的占有率也在逐年缩减,而TPO的产量和销量呈上升趋势。



1.4.2 防水卷材的要求

卷材防水层宜用于经常处在地下水环境,且受侵蚀性介质作用或受振动作用的地下工程,应铺设在混凝土结构的迎水面;用于建筑物地下室时,应铺设在结构底板垫层至墙体防水设防高度的结构基础上;用于单建式的地下工程时,应从结构底板垫层铺设至顶板基面,并应在外围形成封闭的防水层。

防水卷材的品种规格和层数应根据地下工程防水等级、地下水位高低及水压力作用状况、结构构造形式和施工工艺等因素确定。卷材防水层的卷材品种可按表1-10选用,并应符合下列规定。

- (1) 卷材外观质量、品种规格应符合国家现行有关标准的规定。
- (2) 卷材及其胶黏剂应具有良好的耐水性、耐久性、耐穿刺性、耐腐蚀性和耐菌性。

表 1-10 卷材防水层的卷材品种

类 别	品种名称
高聚物改性沥青类防水卷材	弹性体改性沥青防水卷材
	改性沥青聚乙烯胎防水卷材
	自粘聚合物改性沥青防水卷材
合成高分子类防水卷材	三元乙丙橡胶防水卷材
	聚氯乙烯防水卷材
	聚乙烯丙纶复合防水卷材
	高分子自粘胶膜防水卷材

卷材防水层的厚度应符合表1-11的规定。



表 1-11 卷材防水层的厚度

卷材品种	高聚物改性沥青类防水卷材			合成高分子类防水卷材			
	弹性体改性沥青防水卷材、改性沥青聚乙烯胎防水卷材	自粘聚合物改性沥青防水卷材		三元乙丙橡胶防水卷材	聚氯乙烯防水卷材	聚乙烯丙纶复合防水卷材	高分子自粘胶膜防水卷材
		聚酯毡胎体	无胎体				
单层厚度/mm	≥4	≥3	≥1.5	≥1.5	≥1.5	卷材: ≥0.9 黏结料: ≥1.3 芯材厚度 ≥0.6	≥1.2
双层总厚度/mm	≥(4+3)	≥(3+3)	≥(1.5+1.5)	≥(1.2+1.2)	≥(1.2+1.2)	卷材: ≥(0.7+0.7) 黏结料: ≥(1.3+1.3) 芯材厚度 ≥0.5	—

特别提示: 卷材防水层必须具有足够的厚度才能保证防水的可靠性和耐久性。地下防水工程对卷材厚度的要求是根据卷材的原材料性质、生产工艺、物理性能与使用环境等因素决定的。

选择卷材防水层的厚度时要注意以下问题。

(1) 弹性体(SBS)改性沥青防水卷材, 单层使用时, 应选用聚酯毡胎, 不宜选用玻纤胎; 双层使用时, 必须有一层聚酯毡胎。

(2) 聚乙烯膜厚度在 0.5 mm 以下的聚乙烯丙纶复合防水卷材, 不得用于房屋建筑的屋面工程和地下防水工程。

(3) 高分子自粘胶膜防水卷材宜采用厚度为 1.2 mm 的品种, 在地下防水工程中应用时, 一般采用单层铺设。

(4) 自粘类防水卷材应符合国家现行标准《自粘聚合物改性沥青防水卷材》(GB 23441—2009) 的规定。

1. 高聚物改性防水卷材的要求

(1) 自粘聚合物改性沥青聚酯胎防水卷材是弹性体改性沥青防水卷材的延伸产品, 因卷材的沥青涂盖料具有自粘性能, 故称本体自粘卷材, 其特点是采用冷粘法施工。

(2) 自粘橡胶沥青防水卷材是一种以 SBS 等弹性体和沥青为基料, 无胎体, 以树脂膜为上表面材料或无膜(双面自粘), 采用防粘隔离层的卷材, 厚度以选择 1.5 mm 或 2.0 mm 为宜。这种卷材具有良好的接缝不透水性、低温柔性、延伸性、自愈性、黏结性, 以及冷粘法施工等特点。

(3) 带自粘层的防水卷材是近年来国内研发的新产品, 是一类在高聚物改性沥青防水卷材、合成高分子防水卷材的表面涂有一层自粘橡胶沥青胶料, 或在胎体两面涂盖自粘胶料混合层的卷材, 采用水泥砂浆或聚合物水泥砂浆与基层黏结(湿铺法施工), 构成自粘卷材复合防水系统。其特点是: 使胶料中的高聚物与水泥砂浆及后续浇筑的混凝土结合, 产生较强的黏结力; 可在潮湿基面上施工, 简化防水层的施工工序; 采用“对接附加自粘封口条”连接工

艺,可使卷材接缝实现“胶粘胶”的模式。

高聚物改性沥青类防水卷材的主要物理性能应符合表 1-12 的要求。

表 1-12 高聚物改性沥青类防水卷材的主要物理性能

项 目		性能要求				
		弹性体改性沥青防水卷材			自粘聚合物改性沥青防水卷材	
		聚酯毡胎体	玻纤毡胎体	聚乙烯膜胎体	聚酯毡胎体	无胎体
可溶物含量/(g/m ²)		3 mm 厚≥2 100 4 mm 厚≥2 900			3 mm 厚 ≥2 100	—
拉伸性能	拉力/ (N/50 mm)	≥800 (纵横向)	≥500 (纵横向)	≥140(纵向) ≥120(横向)	≥450(纵横向)	≥180(纵横向)
	延伸率/%	最大拉力时≥40 (纵横向)	—	断裂时≥250 (纵横向)	最大拉力时≥3 (纵横向)	断裂时≥200 (纵横向)
低温柔度/°C		-25,无裂纹				
热老化后低温柔度/°C		-20,无裂缝		-22,无裂纹		
不透水性		压力 0.3 MPa,保持时间 120 min,不透水				

2. 合成高分子类防水卷材的要求

合成高分子类防水卷材是以合成橡胶、合成树脂或这两者的共混体为基料,加入适量的化学助剂和填充料等,经不同工序加工而成的可卷曲的片状防水材料;或把上述材料与合成纤维等复合形成两层或两层以上可卷曲的片状防水材料。合成高分子防水卷材的性能指标较高,如优异的弹性和抗拉强度,使卷材对基层变形的适应性增强;优异的耐候性能,使卷材在正常的维护条件下使用年限更长,可减少维修、翻新的费用。

按合成高分子材料的种类可分为:三元乙丙橡胶防水卷材、聚氯乙烯防水卷材、聚乙烯丙纶复合防水卷材、高分子自粘胶膜防水卷材、氯丁橡胶卷材、氯丁橡胶聚乙烯防水卷材、氯化聚乙烯防水卷材、氯化聚乙烯橡胶共混卷材。

合成高分子类防水卷材的主要物理性能应符合表 1-13 的要求。

表 1-13 合成高分子类防水卷材的主要物理性能

项 目	性能要求			
	三元乙丙橡胶 防水卷材	聚氯乙烯 防水卷材	聚乙烯丙纶复合 防水卷材	高分子自粘胶膜 防水卷材
断裂拉伸强度	≥7.5 MPa	≥12 MPa	≥60 N/10 mm	≥100 N/10 mm
断裂伸长率/%	≥450	≥250	≥300	≥400
低温弯折性	-40 °C,无裂纹	-20 °C,无裂纹	-20 °C,无裂纹	-20 °C,无裂纹



续表

项 目	性能要求			
	三元乙丙橡胶 防水卷材	聚氯乙烯 防水卷材	聚乙烯丙纶复合 防水卷材	高分子自粘胶膜 防水卷材
不透水性	压力 0.3 MPa, 保持时间 120 min, 不透水			
撕裂强度	≥25 kN/m	≥40 kN/m	≥20 N/10 mm	≥120 N/10 mm
复合强度 (表层与芯层)	—	—	≥1.2 N/10 mm	—

聚乙烯丙纶复合防水卷材由卷材与聚合物水泥防水黏结材料复合构成防水层,可在潮湿基面上施工。聚乙烯丙纶复合防水卷材生产使用的聚乙烯必须是成品原生料;卷材两面热覆的丙纶纤维必须采用长纤维无纺布;卷材必须采用一次成型工艺生产;在现场配制用于黏结卷材的聚合物水泥防水黏结材料应是由聚合物乳液或聚合物再分散性粉末等材料和水泥为主要材料组成,不得使用水泥净浆或水泥与聚乙烯醇缩合物混合的材料。

3) 防水卷材的粘贴要求

粘贴各类防水卷材应采用与卷材材性相容的胶贴材料,其黏结质量应符合表 1-14 的要求。

表 1-14 防水卷材的黏结质量

项 目		自粘聚合物改性沥青防水卷材黏合面		三元乙丙橡胶 和聚氯乙烯防水 卷材胶黏剂	合成橡胶 胶黏带	高分子自粘胶膜 防水卷材黏合面
		聚酯毡 胎体	无胎体			
剪切状态下的 黏合性(卷材— 卷材)	标准试验条件/ (N/10 mm)≥	40 或卷 材断裂	20 或卷 材断裂	20 或卷材断裂	20 或卷 材断裂	40 或卷材断裂
黏结剥离强度 (卷材—卷材)	标准试验条件/ (N/10 mm)≥	15 或卷材断裂		15 或卷材断裂	4 或卷 材断裂	—
	浸水 168 h 后 保持率/%≥	70		70	80	—
与混凝土黏结强度 (卷材—混凝土)	标准试验条件/ (N/10 mm)≥	15 或卷材断裂		15 或卷材断裂	6 或卷 材断裂	20 或卷材断裂

聚乙烯丙纶复合防水卷材应采用聚合物水泥防水黏结材料,其物理性能应符合表 1-15 的要求。



表 1-15 聚合物水泥防水黏结材料的物理性能

项 目		性能要求
与水泥基面的黏结拉伸强度/MPa	常温 7 d	≥ 0.6
	耐水性	≥ 0.4
	耐冻性	≥ 0.4
可操作时间/h		≥ 2
抗渗性/(MPa, 7 d)		≥ 1.0
剪切状态下的黏合性/(N/mm, 常温)	卷材与卷材	≥ 2.0 或卷材断裂
	卷材与基面	≥ 1.8 或卷材断裂

1.4.3 卷材防水层的施工方法

在地下防水工程中,一般把卷材防水层设置在建筑结构的外侧迎水面上,称为外防水。外防水有两种设置方法,即外防外贴法和外防内贴法。这两种防水层的铺贴法可以借助土压力压紧,并与结构一起抵抗有压地下水的渗透和侵蚀作用,防水效果良好,采用比较广泛。卷材防水层用于建筑物地下室,应铺设在结构主体底板垫层至墙体顶端的基面上,在外围形成封闭的防水层。

铺贴卷材的基层必须牢固、无松动现象;基层表面应平整干净;阴阳角处均应做成圆弧形或钝角。铺贴卷材前,应在基面上涂刷基层处理剂。当基层较潮湿时,应涂刷湿固化型胶黏剂或潮湿界面隔离剂。基层处理剂应与卷材和胶黏剂的材性相容,基层处理剂可采用喷涂法或涂刷法施工。喷涂应均匀一致,不露底,待表面干燥后,再铺贴卷材。铺贴卷材时,每层的沥青胶要求涂布均匀,厚度一般为 1.5~2.5 mm。外贴法铺贴卷材时应先铺平面,后铺立面。平、立面交接处应交叉搭接;内贴法宜先铺垂直面,后铺水平面。铺贴垂直面时应先铺转角,后铺大面。墙面铺贴时应待冷底子油干燥后自下而上进行。

卷材接槎的搭接长度:高聚物改性沥青卷材为 150 mm,合成高分子卷材为 100 mm。当使用两层卷材时,上下两层和相邻两幅卷材的接缝应错开 1/3~1/2 幅宽,并不得互相垂直铺贴。在立面与平面的转角处,卷材的接缝应留在平面距立面不小于 600 mm 处。在所有转角处均应铺贴附加层并仔细粘贴紧密。粘贴卷材时应展平压实。卷材与基层和各层卷材间必须粘贴紧密,搭接缝必须用沥青胶仔细封严。当最后一层卷材贴好后,应在其表面均匀涂刷一层厚度为 1~1.5 mm 的热沥青胶,以保护防水层。铺贴高聚物改性沥青卷材时应采用热熔法施工,在幅宽内卷材底表面均匀加热,不可过分加热或烧穿卷材,即当卷材的黏结面材料加热呈熔融状态时,立即与基层或已粘贴好的卷材黏结牢固,但对厚度小于 3 mm 的高聚物改性沥青防水卷材不能采用热熔法施工。铺贴合成高分子卷材时要采用冷粘法施工,所使用的胶粘剂必须与卷材材性相容。

1. 外防外贴法

外防外贴法是将立面卷材防水层直接铺设在需防水结构的外墙外表面,施工程序如下。



(1)先浇筑需防水结构的底面混凝土垫层;在垫层上砌筑永久性保护墙,墙下铺一层干油毡。墙的高度不小于需防水结构底板厚度再加 100 mm。

(2)在永久性保护墙上用石灰砂浆接砌临时保护墙,墙高为 300 mm 并抹 1:3 水泥砂浆找平层;在临时保护墙上抹石灰砂浆找平层并刷石灰浆。如用模板代替临时性保护墙,应在其上涂刷隔离剂。

(3)待找平层基本干燥后,即可根据所选卷材的施工要求进行铺贴。

(4)在大面积铺贴卷材之前,应先在转角处粘贴一层卷材附加层,然后进行大面积铺贴,先铺平面,后铺立面。在垫层和永久性保护墙上应将卷材防水层空铺,而在临时保护墙(或模板)上将卷材防水层临时贴附,并分层临时固定在其顶端。

(5)浇筑需防水结构的混凝土底板和墙体;在需防水结构外墙外表面抹找平层。

(6)当主体结构完成后,铺贴立面卷材时,应先将接槎部位的各层卷材揭开,并将其表面清理干净,如卷材有局部损伤,应及时进行修补。当使用两层卷材接槎时,卷材应错槎接缝,上层卷材应盖过下层卷材。卷材的甩槎、接槎做法如图 1-17 和图 1-18 所示。

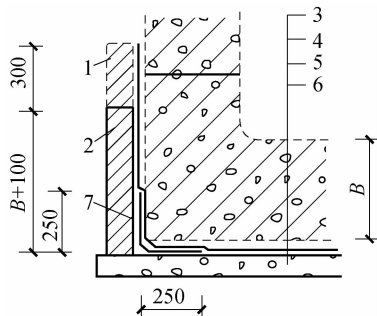


图 1-17 卷材防水层甩槎做法

- 1—临时保护墙; 2—永久保护墙; 3—细石混凝土保护层; 4—卷材防水层;
5—水泥砂浆找平层; 6—混凝土垫层; 7—卷材加强层

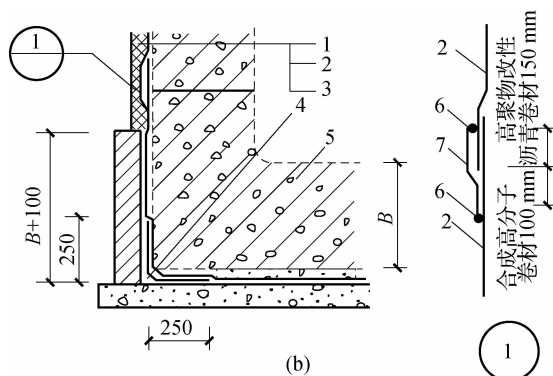


图 1-18 卷材防水层接槎做法

- 1—结构墙体; 2—卷材防水层; 3—卷材保护层; 4—卷材加强层;
5—结构底板; 6—密封材料; 7—盖缝条

(7)待卷材防水层施工完毕,并经过检查验收合格后,应及时做好卷材防水层的保护结



构。保护结构的几种做法如下。

①砌筑永久保护墙。每隔 5~6 m 即在转角处断开,断开的缝中填以卷材条或沥青麻丝;保护墙与卷材防水层之间的空隙,应随砌随用砌筑砂浆填实,保护墙完工后方可回填土。注意在砌保护墙的过程中切勿损坏防水层。

②抹水泥砂浆。在涂抹卷材防水层最后一道沥青胶结材料时,趁热撒上干净的热砂或散麻丝,冷却后随即抹一层厚度为 10~20 mm 的 1:3 水泥砂浆,水泥砂浆经养护达到强度后,即可回填土。

③贴塑料板。在卷材防水层外侧直接用氯丁系胶粘贴固定 5~6 mm 厚的聚乙烯泡沫塑料板,完工后即可回填土。亦可用聚醋酸乙烯乳液粘贴 40 mm 厚的聚苯泡沫塑料板代替。

2. 外防内贴法

外防内贴法是浇筑混凝土垫层后,在垫层上将永久保护墙全部砌好,将卷材防水层铺贴在垫层和永久保护墙上,如图 1-19 所示,施工程序如下。

(1)在已施工好的混凝土垫层上砌筑永久保护墙,保护墙全部砌好后,用 1:3 水泥砂浆在垫层和永久保护墙上抹找平层。保护墙与垫层之间须干铺一层油毡。

(2)找平层干燥后即涂刷冷底子油或基层处理剂,干燥后方可铺贴卷材防水层,铺贴时应先铺立面后铺平面,先铺转角后铺大面。在全部转角处应铺贴卷材附加层,附加层可为两层同类油毡或一层抗拉强度较高的卷材,并应仔细粘贴紧密。

(3)卷材防水层铺完经验收合格后即应做好保护层。立面可抹水泥砂浆、贴塑料板,或用氯丁系胶黏剂粘铺石油沥青纸胎油毡;平面可抹水泥砂浆,或浇筑不小于 50 mm 厚的细石混凝土。

(4)施工需防水结构的,应将防水层压紧。如为混凝土结构,则永久保护墙可当一侧模板;结构顶板卷材防水层上的细石混凝土保护层的厚度不应小于 70 mm,防水层如为单层卷材,则其与保护层之间应设置隔离层。

(5)结构完工后,方可回填土。

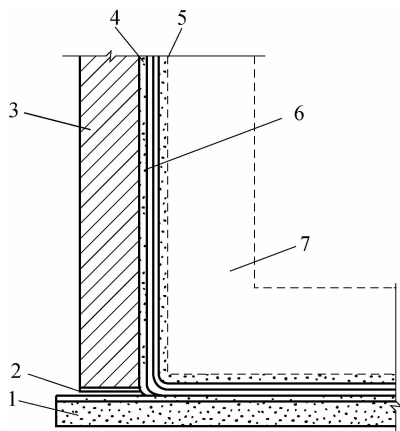


图 1-19 外防内贴法

1—混凝土垫层; 2—干铺油毡; 3—永久性保护墙; 4—找平层;
5—保护层; 6—卷材防水层; 7—需防水的结构



3. 提高卷材防水层质量的技术措施

(1)要求卷材有一定的延伸率来适应变形。采用点粘、条粘、空铺的方法可以充分发挥卷材的延伸性能,有效地减少卷材被拉裂的可能性。具体做法是:采用点粘法时,每平方米卷材下粘五点(100 mm×100 mm),粘贴面积不大于总面积的6%;采用条粘法时,每幅卷材两边各与基层粘贴150 mm宽;采用空铺法时,卷材防水层周边与基层粘贴800 mm宽。

(2)增铺卷材附加层。对变形较大、易遭破坏或易老化部位,如变形缝、转角、三面角,以及穿墙管道周围、地下出入口通道等处,均应铺设卷材附加层。附加层可用同种卷材加铺1~2层,亦可用其他材料进行增强处理。

(3)做密封处理。在分格缝、穿墙管道周围、卷材搭接缝,以及收头部位应做密封处理。施工中,要重视对卷材防水层的保护。



1.5 涂料防水层施工



1.5.1 防水涂料的类型

建筑防水涂料是一类在常温下呈无定型液态,经喷涂、刮涂、滚涂或涂刷作业,能在基层表面固化,形成具有一定弹性的防水膜物质。建筑防水涂料一般分有机类防水涂料和无机类防水涂料两种。

有机类防水涂料主要为高分子合成橡胶及合成树脂乳液类涂料。有机防水涂料常用于工程的迎水面,这是充分发挥有机防水涂料在一定厚度时有较好的抗渗性,在基面上(特别是在各种复杂表面上)能形成无缝的完整的防水膜的长处,又能避免涂料与基面黏结力较小的弱点。目前有些有机涂料的黏结性、抗渗性均较高,已用在埋深10~20 m地下工程的背水面。

无机类防水涂料主要是水泥类无机活性涂料,水泥基防水涂料中可掺入外加剂、防水剂、掺合料等,水泥基渗透结晶型防水涂料是一种以水泥、石英砂等为基材,掺入各种活性化学物质配制的一种新型刚性防水材料。它既可作为防水剂直接加入混凝土中,也可作为防水涂层涂刷在混凝土基面上。该材料借助其中的载体不断向混凝土内部渗透,并与混凝土中某种组分形成不溶于水的结晶体充填毛细孔道,大大提高混凝土的密实性和防水性,在地下工程防水中应用日益增多。聚合物水泥防水涂料是以有机高分子聚合物为主要基料,加入少量无机活性粉料,具有比一般有机涂料干燥快、弹性模量低、体积收缩小、抗渗性好的优点。

无机防水涂料可选用掺外加剂、掺合料的水泥基防水涂料、水泥基渗透结晶型防水涂料。有机防水涂料可选用反应型、水乳型、聚合物水泥等涂料。

常用的防水涂料主要有以下几种。

1. 沥青防水涂料

该类涂料的主要成膜物质是由乳化剂配制的乳化沥青和填料组成。在Ⅲ级防水卷材屋



面上单独使用时的厚度不应小于 8 mm,每平方米涂布量约需 8 kg,因而需多遍涂抹。由于这类涂料的沥青用量大、含固量低、弹性和强度等综合性能较差,因此,在防水工程中已被逐渐淘汰。

2. 高聚物改性沥青防水涂料

该类涂料的品种有以化学乳化剂配制的乳化沥青为基料,掺加氯丁橡胶或再生橡胶水乳液的防水涂料;有众多的溶剂型改性沥青涂料,如氯丁橡胶沥青涂料、SBS 橡胶沥青涂料、丁基橡胶沥青涂料等。

3. 合成高分子防水涂料

该类涂料有水乳型、溶剂型和反应型三种。其中,综合性能较好的品种是反应型的聚氨酯防水涂料。

聚氨酯防水涂料是由甲组分(聚氨酯预聚体)与乙组分(固化剂)按一定比例混合的双组分涂料。常用的品种有聚氨酯防水涂料(不掺加焦油)和焦油聚氨酯防水涂料两种。聚氨酯防水涂料大多为彩色,固体含量高,具有橡胶状弹性,延伸性好,拉伸强度和抗撕裂强度高,耐油、耐磨、耐海水侵蚀,使用温度范围宽,涂膜反应速度易于调整,因而是一种综合性能较好的高档次涂料,但其价格也较高。焦油聚氨酯防水涂料为黑色,有较大臭味,反应速度不易调整,性能易出现波动。由于焦油对人体有害,故这种涂料不能用于冷库内壁和饮水工程;室内施工时应采取通风措施。



1.5.2 防水涂料的使用要求

无机防水涂料宜用于结构主体的背水面;有机防水涂料宜用于地下工程主体结构的迎水面。用于背水面的有机防水涂料应具有较高的抗渗性,且与基层有较好的黏结性。

防水涂料品种的选择应符合下列规定。

(1)潮湿基层宜选用与潮湿基面黏结力大的无机防水涂料或有机防水涂料,也可采用先涂无机防水涂料,而后再涂有机防水涂料构成复合防水涂层。

(2)冬期施工宜选用反应型涂料。

(3)埋置深度较深的重要工程、有振动或有较大变形的工程,宜选用高弹性防水涂料。

(4)有腐蚀性的地下环境宜选用耐腐蚀性较好的有机防水涂料,并应做刚性保护层。

(5)聚合物水泥防水涂料应选用Ⅱ型产品。

采用有机防水涂料时,基层阴阳角应做成圆弧形,阴角直径宜大于 50 mm,阳角直径宜大于 10 mm,在底板转角部位应增加胎体增强材料,并应增涂防水涂料。

防水涂料宜采用外防外涂或外防内涂,如图 1-20 和图 1-21 所示。

掺外加剂、掺合料的水泥基防水涂料厚度不得小于 3.0 mm;水泥基渗透结晶型防水涂料的用量不应小于 1.5 kg/m²,且厚度不应小于 1.0 mm;有机防水涂料的厚度不得小于 1.2 mm。

涂料防水层所选用的涂料应符合下列规定。

(1)应具有良好的耐水性、耐久性、耐腐蚀性及耐菌性。

(2)应无毒、难燃、低污染。

(3)无机防水涂料应具有良好的湿干黏结性和耐磨性,有机防水涂料应具有较好的延伸



性及较大的适应基层变形能力。

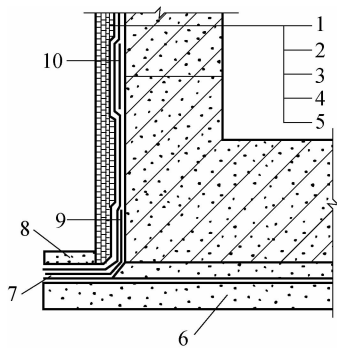


图 1-20 防水涂料外防外涂构造

1—保护墙；2—砂浆保护层；3—涂料防水层；4—砂浆找平层；5—结构墙体；
6—混凝土垫层；7—涂料防水层搭接部位；8—涂料防水层搭接部位保护层；
9—涂料防水加强层；10—涂料防水加强层

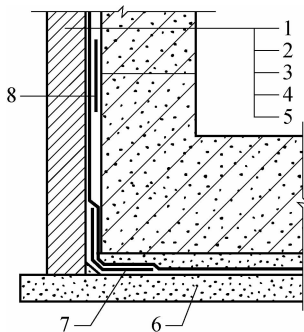


图 1-21 防水涂料外防内涂构造

1—保护墙；2—涂料保护层；3—涂料防水层；4—找平层；5—结构墙体；
6—混凝土垫层；7—涂料防水加强层；8—涂料防水加强层

无机防水涂料的性能指标应符合表 1-16 的规定，有机防水涂料的性能指标应符合表 1-17 的规定。

表 1-16 无机防水涂料的性能指标

涂料种类	抗折强度 /MPa	黏结强度 /MPa	一次抗渗性 /MPa	二次抗渗性 /MPa	冻融循环 /次
掺外加剂、掺合料水泥基防水涂料	>4	>1.0	>0.8	—	>50
水泥基渗透结晶型防水涂料	≥4	≥1.0	>1.0	>0.8	>50



表 1-17 有机防水涂料的性能指标

涂料种类	可操作时间 /min	潮湿基面黏合强度 /MPa	抗渗性/MPa			浸水 168 h 后拉伸强度 /MPa	浸水 168 h 后断裂伸长率 /%	耐水性 /%	表干 /h	实干 /h
			涂膜 (120 min)	砂浆迎水面	砂浆背水面					
反应型	≥20	≥0.5	≥0.3	≥0.8	≥0.3	≥1.7	≥400	≥80	≤12	≤24
水乳型	≥50	≥0.2	≥0.3	≥0.8	≥0.3	≥0.5	≥350	≥80	≤4	≤12
聚合物水泥	≥30	≥1.0	≥0.3	≥0.8	≥0.6	≥1.5	≥80	≥80	≤4	≤12

注 1:浸水 168 h 后的拉伸强度和断裂伸长率是在浸水取出后只经擦干即进行试验所得的值。

注 2:耐水性指标是指材料浸水 168 h 后的黏结强度及抗渗性的保持率。

1.5.3 涂料防水层的施工方法

1. 施工工艺

涂膜施工的顺序是:基层处理→涂刷底层卷材(即聚氨酯底胶、增强涂布或增补涂布)→涂布第一道涂膜防水层(聚氨酯涂膜防水材料、增强涂布或增补涂布)→涂布第二道(或面层)涂膜防水层(聚氨酯涂膜防水材料)→稀撒石渣→铺抹水泥砂浆→粘贴保护层。

涂布顺序为先垂直面,后水平面;先阴阳角及细部,后大面。每层的涂布方向应互相垂直。

1) 增强涂布与增补涂布

在阴阳角、排水口、管道周围、预埋件及设备根部、施工缝或开裂处等需要增强防水层抗渗性的部位,应做增强或增补涂布。

增强涂布或增补涂布可在粉刷底层卷材后进行,也可以在涂布第一道涂膜防水层以后进行。还有将增强涂布夹在每相邻两层涂膜之间的做法。

增强涂布的做法:在涂布增强膜中铺设玻璃纤维布,用板刷涂刮赶气泡,将玻璃纤维布紧密地粘贴在基层上,不得出现空鼓或皱折。这种做法一般为条形;增补涂布为块状,做法同增强涂布,但可做多层涂抹。

增强、增补涂布与基层卷材是组成涂膜防水层的最初涂层,对防水层的抗渗方面具有重要作用,因此,涂布操作时要认真仔细,保证质量,不得有气孔、鼓泡、皱折、翘边等现象,玻璃布应按设计规定搭接,且不得露出面层表面。

2) 涂布第一道涂膜

在前一道卷材固化干燥后,应先检查其上是否有残留气孔或气泡,如果没有,即可涂布施工;如果有,则应用橡胶板刷将混合料用力压入气孔填实补平,然后再进行第一层涂膜施工。

涂布第一道聚氨酯防水材料时可用塑料板刷均匀涂刮,要求厚度一致,大约为 1.5 mm。

平面或坡面施工后,在防水层未固化前不宜上人踩踏,涂抹施工过程中应留出施工退路,可以分区分片用后退法涂刷施工。

在施工温度低或混合液流动度低的情况下,涂层表面会留有板刷或抹子涂后的刷纹,为

此应预先在混合搅拌液内适当加入二甲苯稀释,用板刷涂抹后,再用滚刷滚涂均匀,即可保证涂膜表面平滑。

3)涂布第二道涂膜

第一道涂膜固化后,即可在其上涂刮第二道涂膜,方法与第一道相同,但涂刮方向应与第一道垂直。两道涂膜的时间间隔应根据第一道涂膜的固化程度(手感不黏)来确定,一般不小于 24 h,也不大于 72 h。

当 24 h 后涂膜仍发黏,而又需涂刷下一道时,可先涂一些涂膜防水材料再进行操作,以免影响施工质量。

4)稀撒石渣

在第二道涂膜固化之前,在其表面稀撒粒径约为 2 mm 的石渣,待涂膜固化后,这些石渣即牢固地黏结在涂膜表面,它们的作用是增强涂膜与其保护层的黏结能力。

5)设置保护层

最后一道涂膜固化干燥后,即可设置保护层。保护层可根据建筑要求设置相适宜的形式:立面、平面可在稀撒石渣上抹水泥砂浆,铺贴瓷砖、陶瓷锦砖;一般房间的立面可以铺抹水泥砂浆,平面可铺设缸砖或水泥方砖,也可抹水泥砂浆或浇筑混凝土;若用于地下室墙体外壁,可在稀撒石渣层上抹水泥砂浆保护层,然后回填土。

2.涂膜防水层施工

1)外防外涂法施工

外防外涂法施工是指将涂料直接涂在地下室侧墙板上(迎水面),再在外侧做保护层,这种做法是在底板防水层完成后,转角处在永久性保护墙上,待侧墙板主体结构完成后,再涂抹外侧涂料,接头留在永久性保护墙上,如图 1-22 所示。

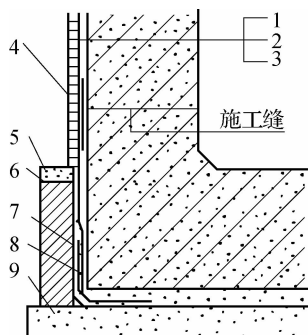


图 1-22 防水涂料外防外涂做法

- 1—结构墙体; 2—涂料防水层; 3—涂料保护层; 4—涂料防水加强层;
5—涂料防水层搭接部位保护层; 6—涂料防水层搭接部位;
7—永久保护墙; 8—涂料防水加强层; 9—混凝土垫层

2)外防内涂法施工

外防内涂法施工是指将涂料涂在永久性保护墙上,涂料上做砂浆保护层,然后施工侧墙板主体结构。永久性保护墙加支撑后可作为外模板,如图 1-23 所示。

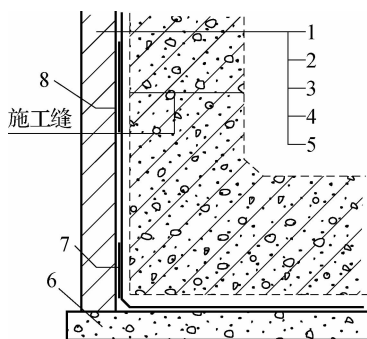


图 1-23 防水涂料外防内涂做法

1—结构墙体；2—砂浆保护层；3—涂料防水层；4—砂浆找平层；5—保护墙；
6—混凝土垫层；7—涂料防水加强层；8—涂料防水层加强层

1.6 塑料防水板防水层施工

塑料防水板防水层宜用于经常受水压、侵蚀性介质或受振动作用的地下工程防水；宜铺设在复合式衬砌的初期支护和二次衬砌之间；宜在初期支护结构趋于基本稳定后铺设。

塑料防水板防水层应由塑料防水板与缓冲层组成，可根据工程地质、水文地质条件和工程防水要求，采用全封闭、半封闭或局部封闭铺设。塑料防水板防水层应牢固地固定在基面上，固定点的间距应根据基面的平整情况确定，拱部宜为 0.5~0.8 m，边墙宜为 1.0~1.5 m，底部宜为 1.5~2.0 m。局部凹凸较大时，应在凹处加密固定点。



1.6.1 塑料防水板防水层的材料要求

塑料防水板可选用乙烯-醋酸乙烯共聚物、乙烯-沥青共混聚合物、聚氯乙烯、高密度聚乙烯类或其他性能相近的材料。

塑料防水板应符合下列规定。

- (1) 幅宽宜为 2~4 m。
- (2) 厚度不得小于 1.2 mm。
- (3) 应具有良好的耐穿刺性、耐久性、耐水性、耐腐蚀性、耐菌性。
- (4) 塑料防水板的主要性能指标应符合表 1-18 的规定。



表 1-18 塑料防水板的主要性能指标

项 目	性能指标			
	乙烯-醋酸乙烯共聚物	乙烯-沥青共混聚合物	聚氯乙烯	高密度聚乙烯
拉伸强度/MPa	≥16	≥14	≥10	≥16
断裂延伸率/%	≥550	≥500	≥200	≥550
不透水性(120 min)/MPa	≥0.3	≥0.3	≥0.3	≥0.3
低温弯折性	-35℃,无裂纹	-35℃,无裂纹	-20℃,无裂纹	-35℃,无裂纹
热处理尺寸变化率/%	≤2.0	≤2.5	≤2.0	≤2.0

缓冲层宜采用无纺布或聚乙烯泡沫塑料,缓冲层材料的性能指标应符合表 1-19 的规定。

表 1-19 缓冲层材料的性能指标

材料名称	性能指标				
	拉伸强度/(N/50 mm)	伸长率/%	质量/(g/m ²)	顶破强度/kN	厚度/mm
聚乙烯泡沫塑料	>0.4	≥100	—	≥5	≥5
无纺布	纵横向≥700	纵横向≥50	>300	—	—



知识链接

防水板的幅宽应尽量宽些,这样防水板的搭接缝数量就会少些,如 1 m 宽的防水板的搭接缝数量是 4 m 宽板的 4 倍,而搭接缝又是防水板防水的薄弱环节。但防水板的幅宽又不能过宽,否则防水板的重量会变大,而造成铺设困难。根据近年来的工程实践情况看,防水板的幅宽以 2~4 m 为宜。

防水板的厚度与板的重量、造价、防水性能有关,板过厚则较重,于铺设不利,且造价较高,但过薄又不易保证防水施工质量,根据目前我国的使用情况,在地下防水工程中使用的塑料防水板的厚度不得小于 1.2 mm。

防水板铺设于初期支护与二次衬砌之间,在二次衬砌浇筑时会受到一定的拉力,故应有足够的抗拉强度。

初期支护为锚喷支护时,支护后围岩仍在变形,即使在整个工程建成后,由于使用或地质等方面的原因,工程结构也存在着变形问题,故防水板应有较高的延伸率。

耐穿刺性是施工中对材料提出的要求,因二次衬砌时有的地段需要采用钢筋混凝土结构,在绑扎钢筋时会对防水板造成损伤,故要求防水板有一定的耐穿刺性,以免板被刺破致使其完整的防水性遭到破坏。

防水板因长期处于地下并要长期发挥其防水性能,故应具有良好的耐久性、耐腐蚀性、耐菌性。



1.6.2 塑料防水板防水层的施工方法

塑料防水板防水层的基面应平整、无尖锐突出物；基面平整度 D/L 不应大于 $1/6$ (D 为初期支护基面相邻两凸面间凹进去的深度, L 为初期支护基面相邻两凸面间的距离)。

铺设塑料防水板前应先铺缓冲层,缓冲层应采用暗钉圈固定在基面上,如图 1-24 所示。钉距应符合《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2008)的规定。

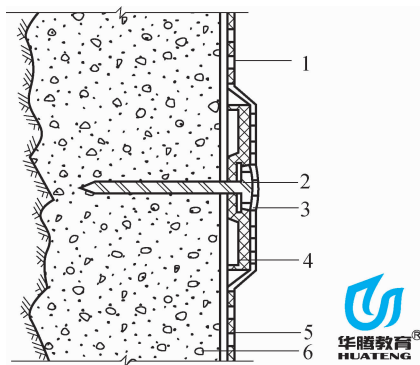


图 1-24 暗钉圈固定缓冲层

1—塑料防水板；2—射钉；3—金属垫圈；4—热塑性暗钉圈；
5—缓冲层；6—初期支护



塑料防水板的铺设应符合下列规定。

(1) 铺设塑料防水板时,宜由拱顶向两侧展铺,并应边铺边用压焊机将塑料板与暗钉圈焊接牢靠,不得有漏焊、假焊和焊穿现象。两幅塑料防水板的搭接宽度不应小于 100 mm。搭接缝应为热熔双焊缝,每条焊缝的有效宽度不应小于 10 mm。

(2) 环向铺设时,应先拱后墙,下部防水板应压住上部防水板。

(3) 塑料防水板铺设时宜设置分区预埋注浆系统。

(4) 分段设置塑料防水板防水层时,两端应采取封闭措施。

接缝焊接时,塑料板的搭接层数不得超过三层。塑料防水板铺设时应少留或不留接头,当留设接头时,应对接头进行保护,再次焊接时应将接头处的塑料防水板擦拭干净。铺设塑料防水板时,不应绷得太紧,宜根据基面的平整度留有充分的余地。防水板的铺设应超前混凝土施工,超前距离宜为 5~20 m,并应设临时挡板防止机械损伤和电火花灼伤防水板。

二次衬砌混凝土施工时应符合下列规定。

(1) 绑扎、焊接钢筋时应采取防刺穿、灼伤防水板的措施。

(2) 混凝土出料口和振捣棒不得直接接触塑料防水板。

塑料防水板防水层铺设完毕后,应进行质量检查,并应在验收合格后进行下道工序的施工。

1.7 金属防水层施工

金属防水层可用于长期浸水、水压较大的水工及过水隧道,所用的金属板和焊条的规格及材料性能应符合设计要求。金属板的拼接应采用焊接,拼接焊缝应严密。竖向金属板的垂直接缝,应相互错开。

在主体结构内侧设置金属防水层时,金属板应与结构内的钢筋焊牢,也可在金属防水层上焊接一定数量的锚固件,如图 1-25 所示。

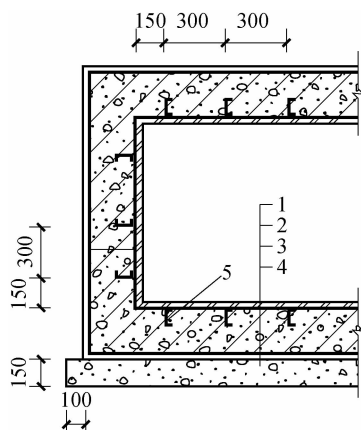


图 1-25 在主体结构内侧设置金属板防水层

1—金属板; 2—主体结构; 3—防水砂浆; 4—垫层; 5—锚固件

主体结构外侧设置金属防水层时,金属板应焊在混凝土结构的预埋件上。金属板经焊缝检查合格后,应将其与结构间的空隙用水泥砂浆灌实,如图 1-26 所示。

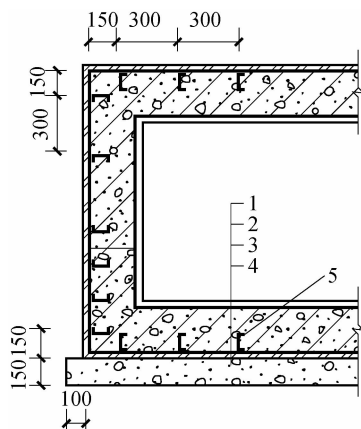


图 1-26 在主体结构外侧设置金属板防水层

1—防水砂浆; 2—主体结构; 3—金属板; 4—垫层; 5—锚固件



金属板防水层应用临时支撑加固,底板上应预留浇捣孔,并应保证混凝土浇筑密实,待底板混凝土浇筑完成后应补焊严密。如先焊成箱体,再整体吊装就位时,则应在其内部加设临时支撑,并注意应采取防锈措施。

1.8 膨润土防水材料防水层施工

膨润土防水材料包括膨润土防水毯和膨润土防水板及其配套材料,采用机械固定法铺设。膨润土防水材料防水层应用于 pH 值为 4~10 的地下环境,对含盐量较高的地下环境应采用经过改性处理的膨润土,并应经检测合格后才能使用。膨润土防水材料防水层应用于地下工程主体结构的迎水面,防水层的两侧应具有一定的夹持力。



知识链接

膨润土与淡水(不会降低膨润土膨胀功能且不含有害物质的水)反应后,将膨胀为自身重量的 5 倍、自身体积的 13 倍左右,靠黏结性和膨胀性发挥止水功能。当地下水不是淡水而是污水时,膨润土难以发挥防水功能,故不能使用普通的天然钠基膨润土,而应该使用防污膨润土。地下水是否是污水,可通过测定电子传导度(EC)、总污度(TDS)或 pH 值来确定。因为盐水的电导度比较高,故必须使用防污膨润土。



1.8.1 膨润土防水材料防水层的材料要求

铺设膨润土防水材料防水层的基层混凝土强度等级不得小于 C15,水泥砂浆的强度等级不得低于 M7.5。阴、阳角部位应做成直径不小于 30 mm 的圆弧或 30 mm×30 mm 的坡角。变形缝、后浇带等接缝部位应设置宽度不小于 500 mm 的加强层,加强层应设置在防水层与结构外表面之间。

穿墙管件部位宜采用膨润土橡胶止水条、膨润土密封膏或膨润土粉进行加强处理。

膨润土防水材料应符合下列规定。

- (1)膨润土防水材料中的膨润土颗粒应采用钠基膨润土,不应采用钙基膨润土。
- (2)膨润土防水材料应具有良好的不透水性、耐久性、耐腐蚀性和耐菌性。
- (3)膨润土防水毯非织布外表面宜附加一层高密度聚乙烯膜。
- (4)膨润土防水毯的织布层和非织布层之间应黏结紧密、牢固,膨润土颗粒应分布均匀。
- (5)膨润土防水板的膨润土颗粒应分布均匀、粘贴牢固,基材应采用厚度为 0.6~1.0 mm 的高密度聚乙烯片材。

膨润土防水材料性能指标应符合表 1-20 的要求。



表 1-20 膨润土防水材料的性能指标

项 目		性能指标		
		针刺法钠基膨润土 防水毯	刺覆膜法钠基膨润土 防水毯	胶黏法钠基膨润土 防水毯
单位面积质量/(g/m ² 、干重)		≥4 000		
膨润土膨胀指数/(mL/2g)		≥24		
拉伸强度/(N/100 mm)		≥600	≥700	≥600
最大负荷下拉伸率/%		≥10	≥10	≥8
剥离 强度	非织造布与编织布/(N/10 cm)	≥40	≥40	—
	PE膜与非织造布/(N/10 cm)	—	≥30	—
渗透系数/(cm/s)		≤5×10 ⁻¹¹	≤5×10 ⁻¹²	≤1×10 ⁻¹³
滤失量/mL		≤18		
膨润土耐久性/(mL/2g)		≥20		



1.8.2 膨润土防水材料防水层的施工方法

基层应坚实、清洁,不得有明水和积水。膨润土防水材料应采用水泥钉和垫片固定。立面和斜面上的固定间距宜为 400~500 mm,平面上应在搭接缝处固定。膨润土防水毯的织布面应与结构外表面或底板垫层混凝土密贴;膨润土防水板的膨润土面应与结构外表面或底板垫层密贴。

膨润土防水材料应采用搭接法连接,搭接宽度应大于 100 mm。搭接部位的固定位置距搭接边缘的距离宜为 25~30 mm,搭接处应涂膨润土密封膏。平面搭接缝可干撒膨润土颗粒,用量宜为 0.3~0.5 kg/m。当立面和斜面铺设膨润土防水材料时,应上层压着下层,卷材与基层、卷材与卷材之间应密贴,并应平整无褶皱。膨润土防水材料分段铺设时,应采取临时防护措施。甩槎与下幅防水材料连接时,应将收口压板、临时保护膜等去掉,并应将搭接部位清理干净,涂抹膨润土密封膏,然后搭接固定。

膨润土防水材料的永久收口部位应用收口压条和水泥钉固定,并应用膨润土密封膏覆盖。膨润土防水材料与其他防水材料过渡时,过渡搭接宽度应大于 400 mm,搭接范围内应涂抹膨润土密封膏或铺撒膨润土粉。破损部位应采用与防水层相同的材料进行修补,补丁边缘与破损部位边缘的距离不应小于 100 mm;膨润土防水板表面膨润土颗粒损失严重时应涂抹膨润土密封膏。



1.9 地下工程混凝土结构细部构造防水施工

1.9.1 变形缝

设置变形缝的目的是适应地下工程由于温度、湿度作用及混凝土收缩、徐变而产生的水平变位,以及地基不均匀沉降而产生的垂直变位,以保证工程结构的安全和满足密封防水的要求。在这个前提下,还应满足其构造合理、材料易得、工艺简单、检修方便等要求。



知识链接

沉降缝和伸缩缝统称为变形缝,由于两者的防水做法有很多相同之处,故一般不细加区分。但实际上两者是有一定区别的,沉降缝主要用在上部建筑变化明显的部位及地基差异较大的部位,而伸缩缝是为了解决因干缩变形和温度变化所引起的变形以避免产生裂缝而设置的。沉降缝的渗漏水比较多,除了受选材、施工等诸多因素影响外,沉降量过大也是一个重要原因。在目前常用的止水带中,带钢边的橡胶止水带虽大大增加了与混凝土的黏结力,但如沉降量过大,也会使钢边止水带与混凝土脱开。

1. 基本要求

变形缝应满足密封防水、适应变形、施工方便、检修容易等要求。

用于伸缩的变形缝宜少设,可根据不同的工程结构类别、工程地质情况采取后浇带、加强带、诱导缝等替代措施。

变形缝处混凝土结构的厚度不应小于 300 mm。用于沉降的变形缝最大允许沉降差值不应大于 30 mm。变形缝的宽度宜为 20~30 mm。变形缝的几种复合防水构造形式如图 1-27~图 1-29 所示。(外贴式止水带 $L \geq 300$;外贴防水卷材 $L \geq 400$;外涂防水涂层 $L \geq 400$ 。)

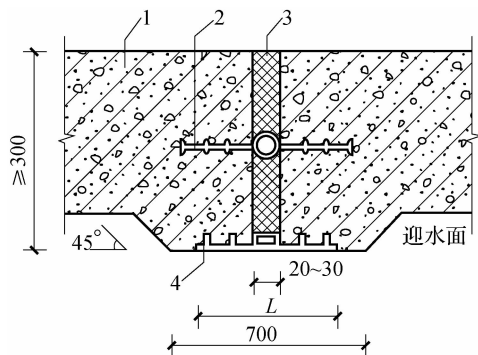


图 1-27 中埋式止水带与外贴防水层复合使用

1—混凝土结构;2—中埋式止水带;3—填缝材料;4—外贴止水带

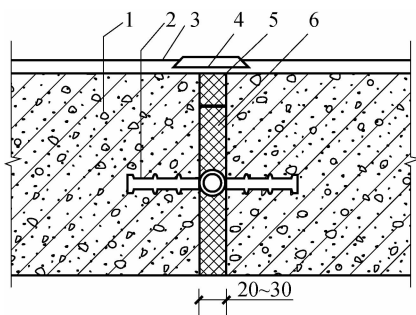


图 1-28 中埋式止水带与嵌缝材料复合使用

1—混凝土结构；2—中埋式止水带；3—防水层；4—隔离层；
5—密封材料；6—填缝材料

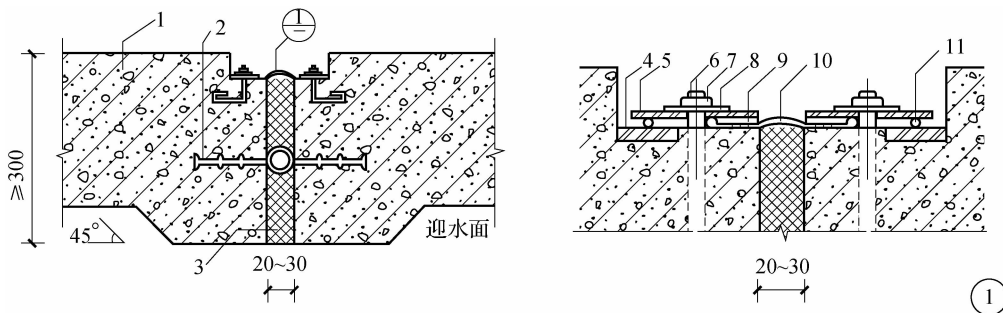


图 1-29 中埋式止水带与可卸式止水带复合使用

1—混凝土结构；2—中埋式止水带；3—填缝材料；4—预埋钢板；5—紧固件压板；
6—预埋螺栓；7—螺母；8—垫圈；9—紧固件压块；
10—Ω形止水带；11—紧固件圆钢

环境温度高于 50℃ 处的变形缝，中埋式止水带可采用金属制作，如图 1-30 所示。

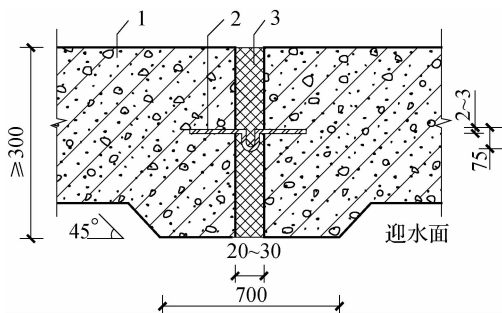


图 1-30 中埋式金属止水带

1—混凝土结构；2—金属止水带；3—填缝材料

2. 材料

橡胶止水带的物理性能应符合表 1-21 的要求。

表 1-21 橡胶止水带的物理性能

项 目		性能要求			
		B 型	S 型	J 型	
硬度/(邵尔 A,度)		60±5	60±5	60±5	
拉伸强度/MPa		≥15	≥12	≥10	
扯断伸长率/%		≥380	≥380	≥300	
压缩永久变形	70 °C×24 h,%	≤35	≤35	≤25	
	23 °C×168 h,%	≤20	≤20	≤20	
撕裂强度/(kN/m)		≤30	≤25	≤25	
脆性温度/°C		≤-45	≤-40	≤-40	
热空气老化	70 °C×168 h	硬度变化/(邵尔 A,度)	+8	+8	—
		拉伸强度/MPa	≥12	≥10	—
		扯断伸长率/%	≥300	≥300	—
	100 °C×168 h	硬度变化/(邵尔 A,度)	—	—	+8
		拉伸强度/MPa	—	—	≥9
		扯断伸长率/%	—	—	≥250
橡胶与金属黏合		断面在弹性体内			

注 1: B 型适用于变形缝用止水带, S 型适用于施工缝用止水带, J 型适用于有特殊耐老化要求的接缝用止水带。

注 2: 橡胶与金属黏合指标仅适用于具有钢边的止水带。

密封材料应采用混凝土建筑物接缝用密封胶, 不同模量的建筑物接缝用密封胶的物理性能应符合表 1-22 的要求。

表 1-22 建筑接缝用密封胶的物理性能

项 目			性能要求			
			25(低模量)	25(高模量)	20(低模量)	20(高模量)
流动性	下垂度 (N 型)	垂直/mm	≤3			
		水平/mm	≤3			
	流平性(S 型)		光滑平整			
挤出性/(mL/min)			≥80			
弹性恢复率/%			≥80		≥60	



续表

项 目		性能要求			
		25(低模量)	25(高模量)	20(低模量)	20(高模量)
拉伸模量/MPa	23℃	≤0.4	>0.4	≤0.4	>0.4
	-20℃	和 ≤0.6	或 >0.6	和 ≤0.6	或 >0.6
定伸黏结性		无破坏			
浸水后定伸黏结性		无破坏			
热压冷拉后黏结性		无破坏			
体积收缩率/%		≤25			

注:体积收缩率仅适用于乳胶型和溶剂型产品。



知识链接

止水带一般分为刚性(金属)止水带和柔性(橡胶或塑料)止水带两类。目前,由于存在生产塑料及橡塑止水带的挤出成型工艺问题,造成外观尺寸误差较大,刚性止水带物理力学性能不如橡胶止水带;橡胶止水带的材质以氯丁橡胶、三元乙丙橡胶为主,其质量稳定、适应能力强,国内外采用较普遍。

3. 施工

中埋式止水带施工应符合下列规定。

- (1) 止水带的埋设位置应准确,其中间空心圆环应与变形缝的中心线重合。
- (2) 止水带应固定,顶、底板内止水带应呈盆状安设。
- (3) 中埋式止水带先施工一侧混凝土时,其端模应支撑牢固,并应严防漏浆。
- (4) 止水带的接缝宜为一处,并应设在边墙较高的位置上,不得设在结构转角处,接头宜采用热压焊接。
- (5) 中埋式止水带在转弯处应做成圆弧形,(钢边)橡胶止水带的转角半径不应小于200 mm,转角半径应随止水带的宽度增大而相应加大。

安设于结构内侧的可卸式止水带施工时应符合下列规定。

- (1) 所需配件应一次配齐。
- (2) 转角处应做成45°折角,并应增加紧固件的数量。

当变形缝与施工缝均采用外贴式止水带(中埋式)时,其相交部位宜采用十字配件,如图1-31所示。变形缝用外贴式止水带的转角部位宜采用直角配件,如图1-32所示。

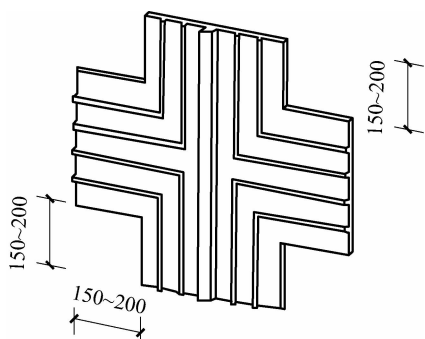


图 1-31 外贴式止水带在施工缝与变形缝相交处的十字配件

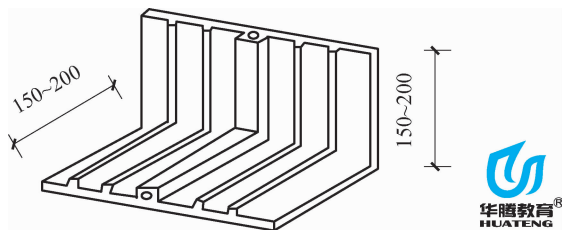


图 1-32 外贴式止水带在转角处的直角配件

密封材料嵌填施工时应符合下列规定。

- (1) 缝内两侧基面应平整干净、干燥, 并应刷涂与密封材料相容的基层处理剂。
- (2) 嵌缝底部应设置背衬材料。
- (3) 嵌填应密实连续、饱满, 并应黏结牢固。

在缝表面粘贴卷材或涂刷涂料前, 应在缝上设置隔离层。卷材防水层、涂料防水层的施工应符合规定。



1.9.2 后浇带

后浇带是在地下工程不允许留设变形缝, 而实际长度超过了伸缩缝的最大间距时, 所设置的一种刚性接缝。虽然先后浇筑混凝土的接缝形式和防水混凝土施工缝大致相同, 但因为后浇带的位置与结构形式、地质情况、荷载差异等有很大关系, 故后浇带应按设计要求留设。

后浇带应在两侧混凝土干缩变形基本稳定后施工, 混凝土的收缩变形一般在 6 周龄期后才能基本稳定, 在条件许可时, 间隔时间越长越好。



知识链接

高层建筑后浇带的施工除满足上述条件外, 还应符合国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) 的要求, 对高层建筑后浇带的施工应按规定时间进行。这里所指的“按规定时间”应通过地基变形计算和建筑物沉降观测, 并在地基变形基本稳定的情况下才可以确定。

高层建筑一般是按照上部结构、基础与地基的共同作用进行变形计算, 其计算值不应大于地基变形允许值; 必要时, 还需要分别预估建筑物在施工期间和使用期间的地基变形值。测定建筑地基沉降量、沉降差及沉降速度, 是一种十分直观的方法。一般情况下, 若沉降速度小于 $0.01 \sim 0.04 \text{ m/d}$, 则可认为已进入稳定阶段, 具体取值宜根据各地区地基土的压缩性确定。如工程需要适当提前浇筑后浇带混凝土时, 则应采取有效措施, 并取得设计单位的同意。

1. 一般要求

- (1) 后浇带宜用于不允许留设变形缝的工程部位。
- (2) 后浇带应在其两侧混凝土龄期达到 42 d 后再施工；高层建筑的后浇带施工应按规定时间进行。
- (3) 后浇带应采用补偿收缩混凝土浇筑，其抗渗和抗压强度等级不应低于两侧混凝土。
- (4) 后浇带应设在受力和变形较小的部位，其间距和位置应按结构设计要求确定，宽度宜为 700~1 000 mm。
- (5) 后浇带两侧可做成平直缝或阶梯缝，其防水构造形式宜采用如图 1-33~图 1-35 所示构造。

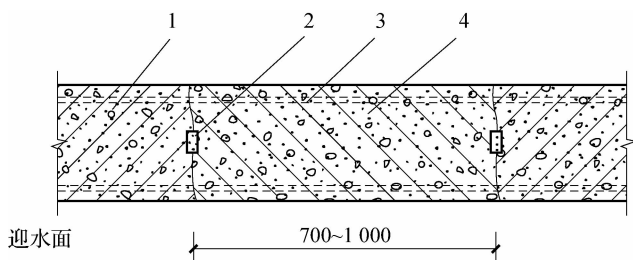


图 1-33 后浇带防水构造(一)

1—先浇混凝土；2—遇水膨胀止水条(胶)；3—结构主筋；4—后浇补偿收缩混凝土

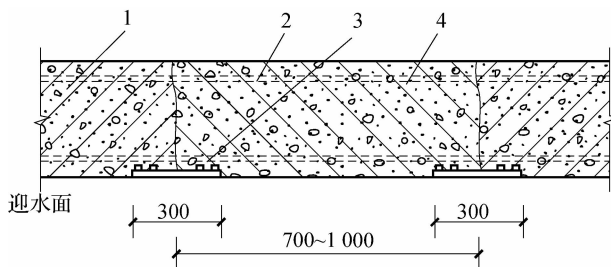


图 1-34 后浇带防水构造(二)

1—先浇混凝土；2—结构主筋；3—外贴式止水带；4—后浇补偿收缩混凝土

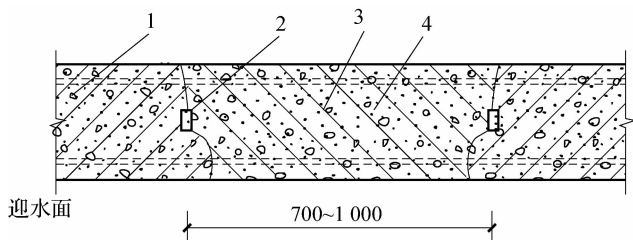


图 1-35 后浇带防水构造(三)

1—先浇混凝土；2—遇水膨胀止水条(胶)；3—结构主筋；4—后浇补偿收缩混凝土

- (6) 采用掺膨胀剂的补偿收缩混凝土，水中养护 14 d 后的限制膨胀率不应小于 0.015%，膨胀剂的掺量应根据不同部位的限制膨胀率设定值经试验确定。

2. 材料

(1)用于补偿收缩混凝土的水泥、砂、石、拌和水及外加剂、掺合料等应符合《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2008)的规定。

(2)混凝土膨胀剂的物理性能应符合表 1-23 的要求。

表 1-23 混凝土膨胀剂物理性能

项 目		性能指标	
细度	比表面积/(m ³ /kg)	≥250	
	0.08 mm 筛余/%	≤12	
	1.25 mm 筛余/%	≤0.5	
凝结时间	初凝/min	≥45	
	终凝/h	≤10	
限制膨胀率/%	水中	7 d	≥0.025
		28 d	≤0.10
	空气中	21 d	≥-0.020
抗压强度/MPa	7 d	≥25.0	
	28 d	≥45.0	
抗折强度/MPa	7 d	≥4.5	
	28 d	≥6.5	

(3)补偿收缩混凝土的配合比除应符合《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2008)的规定外,尚应符合下列要求。

- ①膨胀剂掺量不宜大于 12%。
- ②膨胀剂掺量应以胶凝材料总量的百分比表示。

3. 施工

后浇带混凝土施工前,后浇带部位和外贴式止水带处应防止落入杂物和损伤外贴止水带。后浇带混凝土应一次浇筑,不得留设施工缝;混凝土浇筑后应及时养护,养护时间不得少于 28 d。

后浇带需超前止水时,后浇带部位的混凝土应局部加厚,并应增设外贴式或中埋式止水带,如图 1-36 所示。

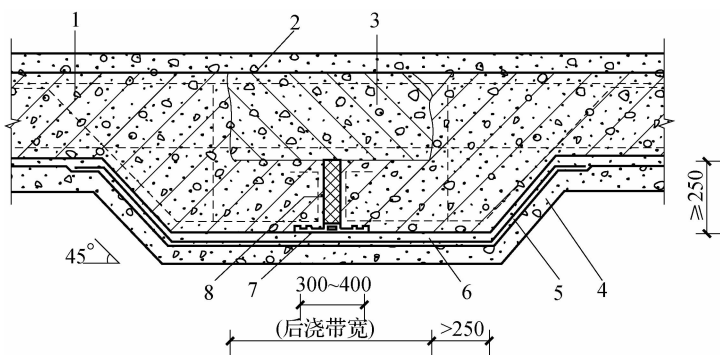


图 1-36 后浇带超前止水构造

- 1—混凝土结构；2—钢丝网片；3—后浇带；4—垫层混凝土；5—卷材防水层；
6—细石混凝土保护层；7—外贴式止水带；8—填缝材料

1.9.3 穿墙管(盒)

穿墙管(盒)应在浇筑混凝土前预埋,与内墙角、凹凸部位的距离应大于 250 mm。

结构变形或管道伸缩量较小时,穿墙管可采用主管直接埋入混凝土内的固定式防水法,主管应加焊止水环或环绕遇水膨胀止水圈,并应在迎水面预留凹槽,槽内应采用密封材料嵌填密实。其防水构造形式宜采用图 1-37 和图 1-38 所示构造。

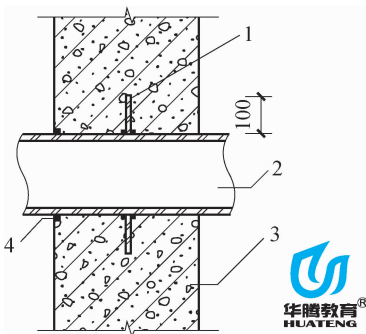


图 1-37 固定式穿墙管防水构造(一)

- 1—止水环；2—主管；3—混凝土结构；4—密封材料

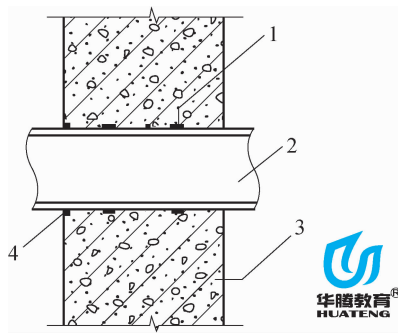


图 1-38 固定式穿墙管防水构造(二)

- 1—遇水膨胀止水圈；2—主管；3—混凝土结构；4—密封材料

结构变形或管道伸缩量较大或有更换要求时,应采用套管式防水法,套管应加焊止水环,如图 1-39 所示。

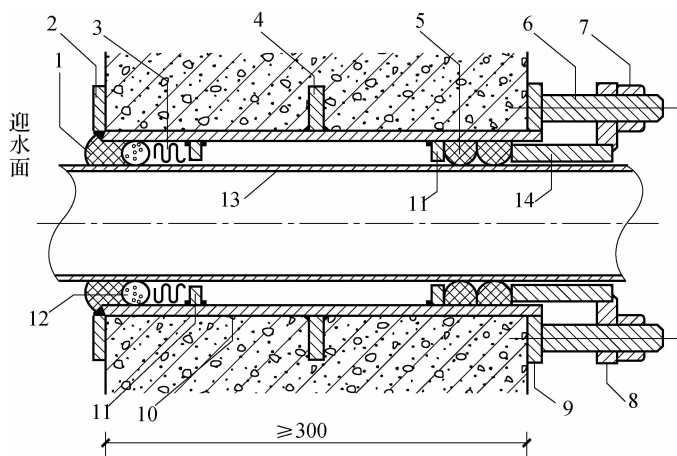


图 1-39 套管式穿墙管防水构造

- 1—密封材料；2—翼环；3—充填材料；4—止水环；5—橡胶圈；
6—双头螺栓；7—螺母；8—法兰盘；9—翼盘；10—套管；
11—挡圈；12—背衬材料；13—主管；14—短管

穿墙管防水施工时应符合下列要求。

- (1) 金属止水环应与主管或套管满焊密实，采用套管式穿墙防水构造时，翼环与套管应满焊密实，并应在施工前将套管内表面清理干净。
- (2) 相邻穿墙管间的间距应大于 300 mm。
- (3) 采用遇水膨胀止水圈的穿墙管时，其管径宜小于 50 mm，止水圈应采用胶黏剂满粘固定于管上，并应涂缓胀剂或采用缓胀型遇水膨胀止水圈。

穿墙管线较多时，宜相对集中，并应采用穿墙盒。穿墙盒的封口钢板应与墙上的预埋角钢焊严，并应从钢板上的预留浇注孔注入柔性密封材料或细石混凝土，如图 1-40 所示。

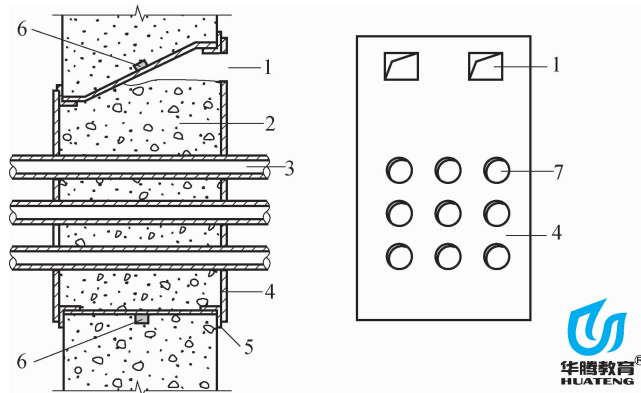


图 1-40 穿墙群管防水构造

- 1—浇注孔；2—柔性材料或细石混凝土；3—穿墙管；4—封口钢板；
5—固定角钢；6—遇水膨胀止水条；7—预留孔

当工程有防护要求时，穿墙管除应采取防水措施外，尚应采取满足防护要求的措施。穿



墙管伸出外墙的部位,应采取防止回填时将管体损坏的措施。

1.9.4 埋设件

结构上的埋设件应采用预埋或预留孔(槽)等。埋设件端部或预留孔(槽)底部的混凝土厚度(L)不得小于 250 mm,当厚度小于 250 mm 时,应采取局部加厚或其他防水措施,如图 1-41 所示。预留孔(槽)内的防水层,宜与孔(槽)外的结构防水层保持连续。

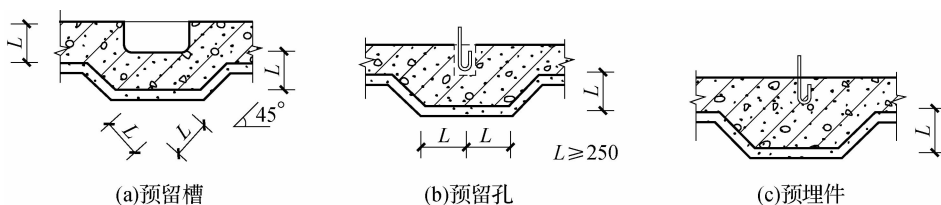


图 1-41 预埋件或预留孔(槽)处理

1.9.5 预留通道接头

预留通道接头处的最大沉降差值不得大于 30 mm。预留通道接头应采用变形缝防水构造形式,如图 1-42 和图 1-43 所示。

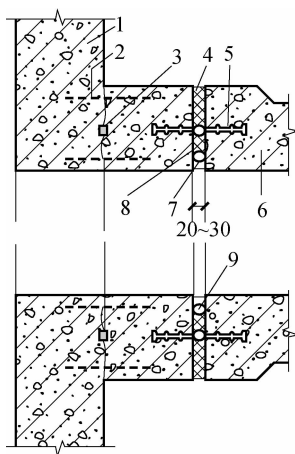


图 1-42 预留通道接头防水构造(一)

- 1—先浇混凝土结构; 2—连接钢筋; 3—遇水膨胀止水条(胶); 4—填缝材料;
- 5—中埋式止水带; 6—后浇混凝土结构; 7—密封材料;
- 8—遇水膨胀橡胶条(胶); 9—填充材料

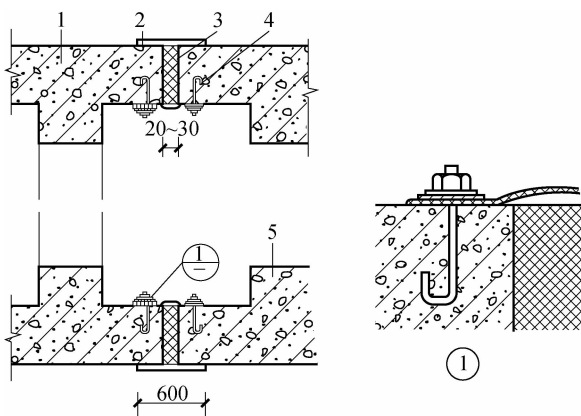


图 1-43 预留通道接头防水构造(二)

1—先浇混凝土结构；2—防水涂料；3—填缝材料；
4—可卸式止水带；5—后浇混凝土结构

预留通道接头的防水施工应符合下列规定。

(1)中埋式止水带、遇水膨胀橡胶条(胶)、预埋注浆管、密封材料、可卸式止水带的施工应符合规范规定。

(2)预留通道先施工部位的混凝土、中埋式止水带和防水相关的预埋件等应及时保护，并确保端部表面混凝土和中埋式止水带清洁，埋设件不得锈蚀。

(3)当先浇混凝土中未预埋可卸式止水带的预埋螺栓时，可选用金属或尼龙的膨胀螺栓固定可卸式止水带。采用金属膨胀螺栓时，可选用不锈钢材料或用金属涂膜、环氧涂料等涂层进行防锈处理。

1.9.6 桩头

桩头防水设计应符合下列规定。

(1)桩头所用防水材料应具有良好的黏结性、湿固化性。

(2)桩头防水材料应与垫层防水层连为一体。

桩头防水施工应符合下列规定。

(1)应按设计要求将桩顶剔凿至混凝土密实处，并应清洗干净。

(2)破桩后如发现渗漏水，应及时采取堵漏措施。

(3)涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料时，应连续、均匀，不得少涂或漏涂，并应及时进行养护。

(4)采用其他防水材料时，基面应符合施工要求。

(5)应对遇水膨胀止水条(胶)进行保护。

桩头防水构造形式应符合图 1-44 和图 1-45 的规定。

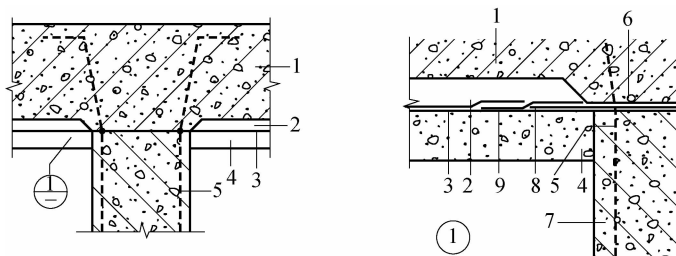


图 1-44 桩头防水构造(一)

1—结构底板；2—细石混凝土保护层；3—底板防水层；4—混凝土垫层；5—桩基受力筋；
6—遇水膨胀止水条(胶)；7—桩基混凝土；8—水泥基渗透结晶型防水涂料；9—防水层

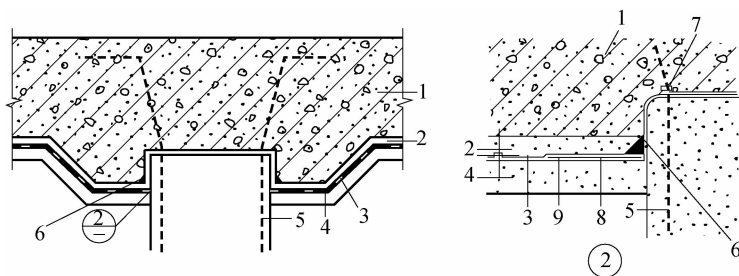


图 1-45 桩头防水构造(二)

1—结构底板；2—细石混凝土保护层；3—底板防水层；4—混凝土垫层；5—桩基受力筋；6—密封材料；
7—遇水膨胀止水条(胶)；8—水泥基渗透结晶型防水涂料；9—聚合物水泥防水砂浆



1.9.7 孔口

地下工程通向地面的各种孔口应采取防地表水倒灌的措施。人员出入口高出地面的高度宜为 500 mm,汽车出入口设置明沟排水时,其高度宜为 150 mm,并应采取防雨措施。

窗井的底部在最高地下水位以上时,窗井的底板和墙应做防水处理,并宜与主体结构断开,如图 1-46 所示。

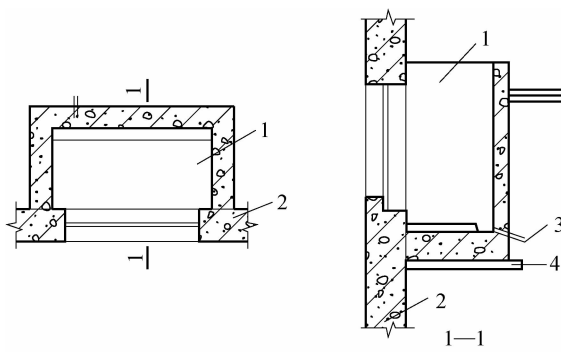


图 1-46 窗井防水构造(一)

1—窗井；2—主体结构；3—排水管；4—垫层



窗井或窗井的一部分在最高地下水位以下时,窗井应与主体结构连成整体,其防水层也应连成整体,并应在地窗井内设置集水井,如图 1-47 所示。

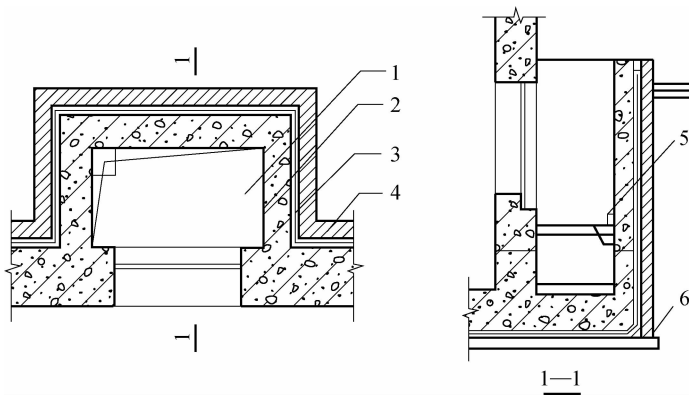


图 1-47 窗井防水构造(二)

1—窗井; 2—防水层; 3—主体结构; 4—防水层保护层; 5—集水井; 6—垫层

无论地下水位高低,窗台下部的墙体和底板都应做防水层。窗井内的底板,应低于窗下缘 300 mm。窗井墙高出地面不得小于 500 mm。窗井外地面应做散水,散水与墙面间应采用密封材料嵌填。通风口应与窗井同样处理,竖井窗下缘离室外地面高度不得小于 500 mm。

AR

1.9.8 坑、池

坑、池、储水库宜采用防水混凝土整体浇筑,内部应设防水层。受振动作用时应设柔性防水层。底板以下的坑、池,其局部底板应相应降低,并使防水层保持连续,如图 1-48 所示。

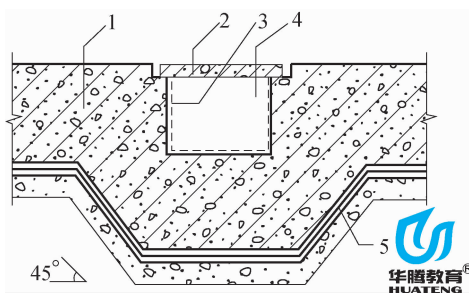


图 1-48 地板下坑、池的防水构造

1—底板; 2—盖板; 3—坑、池防水层; 4—坑、池; 5—主体结构防水层

1.10 地下防水工程的堵漏处理

1.10.1 地下防水工程的堵漏方法

根据地下防水工程的特点,针对不同程度的渗漏水情况,应选择相应的防水材料和堵漏方法进行防水结构的渗漏水处理。在拟订处理渗漏水措施时,应本着将大漏变小漏、片漏变孔漏、线漏变点漏,使漏水部位汇集于一点或数点,最后堵塞的原则进行。

对防水混凝土工程的修补,通常采用的方法是用促凝剂和水泥拌制而成的快凝水泥胶浆进行快速堵漏或大面积修补。近年来,采用膨胀水泥(或加膨胀剂)作为防水修补材料,其抗渗堵漏效果更好。对混凝土的微小裂缝,则采用化学注浆堵漏技术。

1. 快硬性水泥胶浆堵漏法

1) 堵漏材料

(1) 促凝剂。促凝剂是以水玻璃为主,并与硫酸铜、重铬酸钾及水配制而成。配制时按配合比把定量的水加热至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,然后将硫酸铜和重铬酸钾倒入水中,继续加热并不断搅拌至完全溶解,冷却至 $30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$,再将此溶液倒入称量好的水玻璃液体中,搅拌均匀,静置 0.5 h 后就可使用。

(2) 快凝水泥胶浆。快凝水泥浆胶的配合比是水泥:促凝剂=1:(0.5~0.6)。由于这种胶浆凝固块一般 1 min 左右就可凝固,因此,使用时应注意随拌随用。

2) 堵漏方法

地下防水工程的渗漏水情况比较复杂,常用的堵漏方法有堵塞法和抹面法。

(1) 堵塞法。堵塞法适用于孔洞漏水或裂缝漏水时的修补处理。孔洞漏水常用直接堵塞法和下管堵漏法。直接堵塞法适用于水压不大、漏水孔洞较小的情况。操作时,先将漏水孔洞处剔槽,槽壁必须与基面垂直,并用水刷洗干净,随即将配制好的快凝水泥胶浆捻成与槽尺寸相近的锥形团,在胶浆开始凝固时,迅速压入槽内,并挤压密实,保持 0.5 min 左右即可。当水压力较大、漏水孔洞较大时,可采用下管堵漏法。待孔洞堵塞好后,在胶浆表面抹素灰一层、砂浆一层,以作保护。待砂浆有一定强度后,将胶管拔出,按直接堵塞法将管孔堵塞。最后拆除挡水墙,再做防水层。裂缝漏水的处理方法有裂缝直接堵塞法和下绳堵漏法。裂缝直接堵塞法适用于水压较小的裂缝漏水。操作时,沿裂缝剔成八字形坡的槽,刷洗干净后,用快凝水泥胶浆直接堵塞,经检验无渗水后,再做保护层和防水层。当水压较大、裂缝较长时,可采用下绳堵漏法。

(2) 抹面法。抹面法适用于较大面积的渗水面。一般先降低水压或降低地下水位,将基层处理好,然后用抹面法做刚性防水层修补处理。操作时,先在漏水严重处用凿子剔出半贯穿性孔眼,插入胶管将水导出,这样就使“片渗”变为“点渗”,在渗水面做好刚性防水层修补处理。待修补的防水层砂浆凝固后,拔出胶管,再按“孔洞直接堵塞法”将管孔填好。



2. 化学注浆堵塞法

1) 注浆材料

(1) 氰凝。氰凝的主要成分是以多异氰酸酯与含羟基的化合物(聚酯、聚醚)制成的预聚体。使用前,在预聚体内掺入一定量的副剂(表面活性剂、乳化剂、增塑剂、溶剂与催化剂等),搅拌均匀即配制成氰凝浆液。氰凝浆液不遇水不发生化学反应,稳定性好;当浆液灌入漏水部位后,立即与水发生化学反应,生成不溶于水的凝胶体;同时释放二氧化碳气体,使浆液发泡膨胀,向四周渗透扩散直至反应结束。

(2) 丙凝。丙凝由双组分(甲溶液和乙溶液)组成。甲溶液是丙烯酰胺和 N-N'-甲撑双丙烯酰胺及 β -二甲氨基丙腈的混合溶液。乙溶液是过硫酸铵的水溶液。两者混合后很快形成不溶于水的高分子硬性凝胶,这种凝胶可以封密结构裂缝,从而达到堵漏的目的。

2) 注浆施工

注浆堵漏施工可分为对混凝土表面处理、布置注浆孔、埋设注浆嘴、封闭漏水部位、压水试验、注浆、封孔等工序。注浆孔的间距一般为 1 m 左右,并要交错布置,注浆结束,待浆液固结后,拔出注浆嘴并用水泥砂浆封固注浆孔。



1.10.2 地下防水工程的渗漏方式及治理方法

1. 混凝土墙裂缝漏水

混凝土墙面出现垂直方向为主的裂缝,有的裂缝因贯穿而漏水。治理方法如下。

(1) 清除墙外回填土,沿裂缝切槽嵌缝并用氰凝浆液或其他化学浆液灌注缝隙,封闭裂缝。

(2) 严格控制原材料质量,优化配合比设计,改善混凝土的和易性,减少水泥用量。

(3) 设计时应按设计规范要求控制地下墙体的长度,对特殊形状的地下结构和必须连续的地下结构,应在设计上采取有效措施。

(4) 加强养护,一般均应采用覆盖后的浇水养护方法,养护时间不少于规范规定。同时还应防止气温陡降可能造成的温度裂缝。

2. 施工缝漏水

施工缝漏水的治理方法如下。

(1) 处理好接缝。拆模后随即用钢丝板刷将接缝刷毛,清除浮浆,扫刷干净,冲洗湿润。在混凝土浇筑前,在水平接缝上铺设 1:2.5 水泥砂浆 2 mm 左右。浇筑混凝土时须振捣密实。

(2) 平缝表面洗刷干净,将橡胶止水条的隔离纸撕掉,居中粘贴在接缝上。搭接长度不小于 50 mm。随后即可继续浇筑混凝土。

(3) 沿漏水部位可用氰凝、丙凝等灌注堵塞一切漏水的通道,再用氰凝浆涂刷施工缝内面,宽度不小于 600 mm。

3. 变形缝漏水

变形缝漏水的治理方法如下。

(1) 采用埋入式橡胶止水带时,其质量必须合格,搭接接头要挫成斜坡毛面,用 XY-401



胶黏压牢固。止水带在转角处要做成圆角,且不得在拐角处接槎。

(2)表面附贴橡胶止水带时,应在缝内嵌入沥青木丝板,表面嵌两条 BW 橡胶止水条,上面粘贴橡胶止水带,再用压板、螺栓固定。

(3)后埋式止水带须全部剔除,用 BW 橡胶止水条嵌入变形缝底,然后重新铺贴好止水带,再浇混凝土压牢。

4. 穿墙管漏水

穿墙管漏水的治理方法如下。

将管下漏水的混凝土凿深 250 mm。如果水的压力不大,可用快硬水泥胶浆堵塞,或用水玻璃水泥胶堵漏法处理。水玻璃和水泥的配合比为 1 : 0.6。从搅拌到操作完毕不宜超过 2 min,操作时应迅速压在漏水处;也可用水泥快燥精胶浆堵漏法。水泥和快燥精的配合比为 2 : 1,凝固时间约为 1 min。将拌好的浆液直接压堵在漏水处,待硬化后再松手。

经堵塞不漏水后,随即涂刷一度纯水泥浆,抹一层 1 : 2 水泥砂浆,厚度控制在 5 mm 左右。养护 22 d 后,涂水泥浆一度,然后抹第二层 1 : 2.5 水泥砂浆,与周边要抹实、抹平。

5. 孔洞堵漏

(1)直接堵漏法。当孔洞较小、水压不太大时,可用直接堵漏法。具体操作时将孔洞凿成凹槽并冲洗干净,用配合比为 1 : 0.6 的水泥胶浆塞入孔洞,迅速用力向槽壁四周挤压密实。堵塞后,检查是否漏水,确定无渗漏后做防水层。

(2)下管堵漏法。当孔洞较大、水压较大时,可采用下管堵漏法。首先凿洞、冲洗干净,插入一根胶管,用促凝剂水泥胶浆堵塞胶管外空隙,使水通过胶管排出;当胶浆开始凝固时,立即用力在孔洞四周压实,检查无渗水时,抹上防水层的第一、二层;待防水层有一定强度后将管拔出,按直接堵塞法将管孔堵塞,最后抹防水层的第三、四层。

(3)木楔子堵塞法。木楔子堵塞法用于孔洞不大、水压很大的情况。操作时,用胶浆把一铁管稳牢于漏水处剔成的孔洞内,铁管顶端比基层面低 20 mm,管四周空隙用砂浆、素灰抹好;待砂浆有一定强度后,把一浸过沥青的木楔打入管内,管顶处再抹素灰、砂浆等,经 24 h 后,检查无渗漏时,随同其他部位一起做好防水层,如图 1-49 所示。

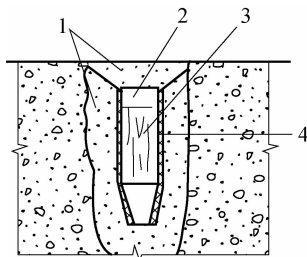


图 1-49 木楔堵漏

1—素灰和砂浆; 2—干硬性砂浆; 3—木楔; 4—铁管

6. 裂缝堵漏

(1)下线法。当水压较大、缝隙不大时,采用下线法施工。操作时,在缝内先放一线,缝长时分段下线,线间中断 20~30 mm,然后用胶浆压紧,从分段处抽线,形成小孔排水;待胶



浆达到一定强度后,用胶浆包住钉子塞住抽线时留下的小孔,再抽出钉子,由钉子孔排水,最后将钉子孔堵住做防水层。

(2)半圆铁片堵漏法。当水压较大、裂缝较大时,可将渗漏处剔成八字槽,用半圆铁片放于槽底;铁片上由小孔插入胶管,铁片用胶浆压住,水便由胶管排出。当胶浆达到一定强度时,转动胶管并抽出,再将胶管形成的孔堵住。

1.11 地下工程防水施工质量验收



1.11.1 地下工程防水施工的基本规定

(1)地下防水工程所使用防水材料的要求如下。

①地下防水工程所使用防水材料的品种、规格、性能等必须符合现行国家或行业产品标准和设计要求。

②防水材料必须经具备相应资质的检测单位进行抽样检验,并出具产品性能检测报告。

③防水材料的进场验收应符合如下要求:对材料的外观、品种、规格、包装、尺寸和数量等进行检查验收,并经监理单位或建设单位代表检查确认,形成相应验收记录;对材料的质量证明文件进行检查,并经监理单位或建设单位代表检查确认,纳入工程技术档案;材料进场后应按规定抽样检验,检验应执行见证取样送检制度,并出具材料进场检验报告;材料的物理性能检验项目全部指标达到标准规定时,即为合格;若有一项指标不符合标准规定,应在受检产品中重新取样进行该项指标复验,复验结果符合标准规定,则判定该批材料为合格。

④地下工程使用的防水材料及其配套材料,应符合《建筑防水涂料中有害物质限量》(JC 1066—2008)的规定,不得对周围环境造成污染。

(2)地下防水工程施工的要求如下。

①地下防水工程必须由持有资质等级证书的防水专业队伍进行施工,主要施工人员应持有省级及以上建设行政主管部门或其指定单位颁发的执业资格证书或防水专业岗位证书。

②在地下防水工程施工前,应通过图纸会审,掌握结构主体及细部构造的防水要求,施工单位应编制防水工程专项施工方案,经监理单位或建设单位审查批准后执行。

③地下防水工程的施工,应建立各道工序的自检、交接检和专职人员检查的制度,并有完整的检查记录。工程隐蔽前,应由施工单位通知有关单位进行验收,并形成隐蔽工程验收记录;未经监理单位或建设单位代表对上道工序的检查确认,不得进行下道工序的施工。

④地下防水工程施工期间,必须保持地下水位稳定在工程底部最低高程 0.5 m 以下,必要时应采取降水措施。对采用明沟排水的基坑,应保持基坑干燥。

⑤地下防水工程不得在雨天、雪天和五级风及其以上时施工。防水材料的施工环境温度条件应符合表 1-24 的规定。



表 1-24 防水材料的施工环境气温条件

防水材料	施工环境气温条件
高聚物改性沥青防水卷材	冷粘法、自粘法不低于 5℃,热熔法不低于-10℃
合成高分子防水卷材	冷粘法、自粘法不低于 5℃,焊接法不低于-10℃
有机防水涂料	溶剂型为-5℃~35℃,反应型、溶乳型为 5℃~35℃
无机防水涂料	5℃~35℃
防水混凝土、防水砂浆	5℃~35℃
膨润土防水涂料	不低于-20℃

(3) 地下防水工程是一个子分部工程,其分项工程的划分应符合表 1-25 的要求。

表 1-25 地下防水工程的分项工程

子分部工程		分项工程
地下 防水 工程	主体结构防水	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、金属板防水层、膨润土防水材料防水层
	细部构造防水	施工缝、变形缝、后浇带、穿墙管、埋设件、预留通道接头、桩头、孔口、坑、池
	特殊施工法结构防水	锚喷支护、地下连续墙、盾构隧道、沉井、逆筑结构
	排水	渗排水,盲沟排水,隧道、坑道排水,塑料排水板排水
	注浆	预注浆、后注浆,结构裂缝注浆

(4) 地下防水工程的分项工程检验批和抽样检验数量应符合下列规定。

① 主体结构防水工程和细部构造防水工程应按结构层、变形缝或后浇带等施工段划分检验批。

② 特殊施工法结构防水工程应按隧道区间、变形缝等施工段划分检验批。

③ 排水工程和注浆工程应各为一个检验批。

④ 各检验批的抽样检验数量:细部构造应为全数检查,其他均应符合规范的规定。

(5) 地下工程应按设计的防水等级标准进行验收。



1.11.2 地下建筑防水工程的质量验收

1. 防水混凝土

1) 一般要求

(1) 防水混凝土适用于抗渗等级不低于 P6 的地下混凝土结构,不适用于环境温度高于 80℃ 的地下工程。处于侵蚀性介质中时,防水混凝土的耐侵蚀性要求应符合《工业建筑防腐设计规范》(GB 50046—2018)和《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476—2008)的相关规定。

(2) 水泥的选择应符合下列规定。

① 宜采用普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥,采用其他品种水泥时应经试验确定。



②在受侵蚀性介质作用时,应按介质的性质选用相应的水泥品种。

③不得使用过期或受潮结块的水泥,并不得将不同品种或强度等级的水泥混合使用。

(3)砂、石的选择应符合下列规定。

①砂宜选用中粗砂,含泥量不应大于 3.0%,泥块含量不宜大于 1.0%。

②不宜使用海砂;在没有条件使用河砂时,应对海砂进行处理后才能使用,且控制氯离子含量不得大于 0.06%。

③碎石或卵石的粒径宜为 5~40 mm,含泥量不应大于 1.0%,泥块含量不应大于 0.5%。

④对长期处于潮湿环境的重要结构混凝土用砂、石,应进行碱活性检验。

(4)矿物掺合料的选择应符合下列规定。

①粉煤灰的级别不应低于二级,烧失量不应大于 5%。

②硅粉的比表面积不应小于 15 000 m²/kg, SiO₂ 含量不应小于 85%。

③粒化高炉矿渣粉的品质要求应符合《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2017)的有关规定。

(5)混凝土拌和用水应符合《混凝土用水标准》(JGJ 63—2006)的有关规定。

(6)外加剂的选择应符合下列规定。

①外加剂的品种和用量应经试验确定,所用外加剂应符合《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2013)的质量规定。

②掺加引气剂或引气型减水剂的混凝土,其含气量宜控制在 3%~5%。

③考虑外加剂对硬化混凝土收缩性能的影响。

④严禁使用对人体产生危害、对环境产生污染的外加剂。

(7)防水混凝土的配合比应经试验确定,并应符合下列规定。

①试配要求的抗渗水压值应比设计值提高 0.2 MPa。

②混凝土胶凝材料总量不宜小于 320 kg/m³,其中水泥用量不宜少于 260 kg/m³;粉煤灰掺量宜为胶凝材料总量的 20%~30%,硅粉的掺量宜为胶凝材料总量的 2%~5%。

③水胶比不得大于 0.50,有侵蚀性介质时水胶比不宜大于 0.45。

④砂率宜为 35%~40%,泵送时可增加到 45%。

⑤灰砂比宜为 1:1.5~1:2.5。

⑥混凝土拌合物的氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.1%;混凝土中各类材料的总碱量(即 Na₂O 当量)不得大于 3 kg/m³。

(8)防水混凝土采用预拌混凝土时,入泵坍落度宜控制在 120~140 mm,坍落度每小时损失不应大于 20 mm,坍落度总损失值不应大于 40 mm。

(9)混凝土拌制和浇筑过程控制应符合下列规定。

①拌制混凝土所用材料的品种、规格和用量,每工作班检查不应少于两次。每盘混凝土各组成材料计量结果的允许偏差见表 1-26。



表 1-26 混凝土组成材料计量结果的允许偏差

混凝土组成材料	每盘计量/%	累计计量/%
水泥、掺合料	±2	±1
粗、细骨料	±3	±2
水、外加剂	±2	±1

②混凝土在浇筑地点的坍落度,每工作班至少检查两次。混凝土的坍落度试验应符合《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T 50080—2016)的有关规定。混凝土坍落度允许偏差见表 1-27。

表 1-27 混凝土坍落度允许偏差

单位:mm

要求坍落度	允许偏差
≤40	±10
50~90	±15
≥100	±20

③泵送混凝土在交货地点的入泵坍落度,每工作班至少检查 2 次,混凝土入泵时的坍落度允许偏差见表 1-28。

表 1-28 混凝土入泵时的坍落度允许偏差

单位:mm

所需坍落度	允许偏差
≤100	±20
>100	±30

④泵送混凝土拌合物在运输后出现离析,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参加同品种的减水剂进行搅拌,严禁直接加水。

(10)防水混凝土抗压强度试件,应在混凝土浇筑地点随机取样后制作,并应符合下列规定。

①同一工程、同一配合比的混凝土,取样频率和试件留置组数应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)的有关规定。

②抗压强度试验应符合《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)的有关规定。

③结构构件的混凝土强度评定应符合《混凝土强度检验评定标准》(GB/T 50107—2010)的有关规定。

(11)防水混凝土的抗渗性能应采用标准条件下养护混凝土抗渗试件的试验结果评定,试件应在混凝土浇筑地点随机取样后制作,并应符合下列规定。

①连续浇筑混凝土每 500 m³ 留置一组(6 个)抗渗试件,且每项工程不得少于两组;对于预拌混凝土的抗渗试件,留置组数应视结构的规模和要求而定。

②抗渗性能试验应符合《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082—2009)的有关规定。

(12)大体积防水混凝土的施工应采取材料选择、温度控制、保温保湿等技术措施。在设



计许可的情况下,掺粉煤灰混凝土设计强度的龄期宜为 60 d 或 90 d。

(13)防水混凝土分项工程检验批的抽样检验数量,应按混凝土外露面积每 100 m² 抽查 1 处,每处 10 m²,且不得少于 3 处。

2) 主控项目

(1)防水混凝土的原材料、配合比及坍落度必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

(2)防水混凝土的抗压强度和抗渗性能必须符合设计要求。

检验方法:检查混凝土抗压强度、抗渗性能检验报告。

(3)防水混凝土结构的变形缝、施工缝、后浇带、穿墙管、埋设件等的设置和构造必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

3) 一般项目

(1)防水混凝土结构表面应坚实、平整,不得有露筋、蜂窝等缺陷,埋设件位置应准确。

检验方法:观察检查。

(2)防水混凝土结构表面的裂缝宽度不应大于 0.2 mm,且不得贯通。

检验方法:用刻度放大镜检查。

(3)防水混凝土结构厚度不应小于 250 mm,其允许偏差应为 +8 mm、-5 mm;主体结构迎水面钢筋保护层厚度不应小于 50 mm,其允许偏差为 ±5 mm。

检验方法:尺量检查和检查隐蔽工程验收记录。

2. 水泥砂浆防水层

1) 一般要求

(1)水泥砂浆防水层适用于地下工程主体结构的迎水面或背水面,不适用于受持续振动或环境温度高于 80 ℃ 的地下工程。

(2)水泥砂浆防水层应采用聚合物水泥防水砂浆,掺外加剂或掺合料的防水砂浆。

(3)水泥砂浆防水层所用的材料应符合下列规定。

①水泥应使用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥或特种水泥,不得使用过期或受潮结块的水泥。

②砂宜采用中砂,含泥量不应大于 1%,硫化物和硫酸盐含量不得大于 1%。

③用于拌制水泥砂浆的水应采用不含有害物质的洁净水。

④聚合物乳液的外观为均匀液体,无杂质、无沉淀、不分层。

⑤外加剂的技术性能应符合国家或行业有关标准的质量要求。

(4)水泥砂浆防水层的基层质量应符合下列规定。

①基层表面应平整、坚实、清洁,并应充分湿润,无明水。

②基层表面的孔洞、缝隙应采用与防水层相同的水泥砂浆填塞并抹平。

③施工前应将埋设件、穿墙管预留凹槽内嵌填密封材料后,再进行水泥砂浆防水层施工。

(5)水泥砂浆防水层施工应符合下列规定。

①水泥砂浆的配制应按所掺材料的技术要求准确计量。

②分层铺抹或喷涂,铺抹时应压实、抹平,最后一层表面应提浆压光。



③防水层各层应紧密黏合,每层宜连续施工。必须留设施工缝时,应采用阶梯坡形槎,但与阴阳角的距离不得小于 200 mm。

④水泥砂浆终凝后应及时进行养护,养护温度不宜低于 5℃,并保持砂浆表面湿润,养护时间不得少于 14 d。聚合物水泥防水砂浆未达到硬化状态时,不得浇水养护或直接受雨水冲刷,硬化后应采用干湿交替的养护方法。潮湿环境中,可在自然条件下养护。

(6)水泥砂浆防水层分项工程检验批的抽样检验数量,应按施工面积每 100 m² 抽查 1 处,每处 10 m²,且不得少于 3 处。

2) 主控项目

(1)防水砂浆的原材料及配合比必须符合设计规定。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

(2)防水砂浆的黏结强度和抗渗性能必须符合设计规定。

检验方法:检查砂浆黏结强度、抗渗性能检测报告。

(3)水泥砂浆防水层与基层之间应结合牢固,无空鼓现象。

检验方法:观察和用小锤轻击检查。

3) 一般项目

(1)水泥砂浆防水层表面应密实、平整,不得有裂纹、起砂、麻面等缺陷。

检验方法:观察检查。

(2)水泥砂浆防水层施工缝留槎位置应正确,接槎应按层次顺序操作,层层搭接紧密。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)水泥砂浆防水层的平均厚度应符合设计要求,最小厚度不得小于设计值的 85%。

检验方法:用针测法检查。

(4)水泥砂浆防水层表面平整度的允许偏差应为 5 mm。

检查方法:用 2 m 靠尺和楔形塞尺检查。

3. 卷材防水层

1) 一般要求

(1)卷材防水层适用于受侵蚀性介质作用或受振动作用的地下工程。卷材防水层应铺设在主体结构的迎水面。

(2)卷材防水层应采用高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材。所选用的基层处理剂、胶黏剂、密封材料等均应与铺贴的卷材相匹配。

(3)在进场材料检验的同时,防水卷材接缝黏结质量检验应按规范执行。

(4)铺贴防水卷材前,基面应干净、干燥,并应涂刷基层处理剂;当基面潮湿时,应涂刷湿固化型胶黏剂或潮湿界面隔离剂。

(5)基层阴阳角应做成圆弧或 45°坡角,其尺寸应根据卷材品种确定;在转角处、变形缝、施工缝、穿墙管等部位应铺贴卷材加强层,加强层宽度不应小于 500 mm。

(6)防水卷材的搭接宽度应符合表 1-29 的要求。铺贴双层卷材时,上、下层和相邻两幅卷材的接缝应错开 1/3~1/2 幅宽,且两层卷材不得相互垂直铺贴。



表 1-29 防水卷材的搭接宽度

卷材品种	搭接宽度/mm
弹性体改性沥青防水卷材	100
改性沥青聚乙烯胎防水卷材	100
自粘聚合物改性沥青防水卷材	80
三元乙丙橡胶防水卷材	100/60(胶黏剂/胶结带)
聚氯乙烯防水卷材	60/80(单面焊/双面焊)
	100(胶黏剂)
聚乙烯丙纶复合防水卷材	100(黏结料)
高分子自粘胶膜防水卷材	70/80(自粘胶/胶结带)

(7)冷粘法铺贴卷材应符合下列规定。

- ①胶黏剂涂刷应均匀,不得露底,不堆积。
- ②根据胶黏剂的性能,应控制胶黏剂涂刷与卷材铺贴的间隔时间。
- ③铺贴时不得用力拉伸卷材,并排除卷材下面的空气,辊压黏结牢固。
- ④铺贴卷材应平整、顺直,搭接尺寸准确,不得有扭曲、皱折。
- ⑤卷材接缝部位应采用专用黏结剂或胶结带满粘,接缝口应用密封材料封严,其宽度不应小于 10 mm。

(8)热熔法铺贴卷材应符合下列规定。

- ①火焰加热器加热卷材应均匀,不得加热不足或烧穿卷材。
- ②卷材表面热熔后应立即滚铺,排除卷材下面的空气,并黏结牢固。
- ③铺贴卷材应平整、顺直,搭接尺寸准确,不得有扭曲、皱折。
- ④卷材接缝部位应溢出热熔的改性沥青胶料,并黏结牢固,封闭严密。

(9)自粘法铺贴卷材应符合下列规定。

- ①铺贴卷材时,应将黏性的一面朝向主体结构。
- ②外墙、顶板铺贴时,排除卷材下面的空气,并黏结牢固。
- ③铺贴卷材应平整、顺直,搭接尺寸准确,不得有扭曲、皱折。
- ④立面卷材铺贴完成后,应将卷材端头固定,并应用密封材料封严。
- ⑤低温施工时,宜对卷材和基面采用热风适当加热,然后再铺贴卷材。

(10)卷材接缝采用焊接法施工应符合下列规定。

- ①焊接前卷材应铺放平整,搭接尺寸准确,焊接缝的结合面应清扫干净。
- ②焊接前应先焊长边搭接缝,后焊短边搭接缝。
- ③控制热风加热的温度和时间,焊接处不得漏焊、跳焊或焊接不牢。
- ④焊接时不得损害非焊接部位的卷材。

(11)铺贴聚乙烯丙纶复合防水卷材应符合下列规定。

- ①应采用配套的聚合物水泥防水黏结材料。
- ②卷材与基层粘贴应采用满粘法,黏结面积不应小于 90%,刮涂黏结料应均匀,不得露底、堆积、流淌。
- ③固化后的黏结料厚度不应小于 1.3 mm。



④卷材接缝部位应挤出黏结料,接缝表面处应刮 1.3 mm 厚、50 mm 宽的聚合物水泥黏结料封边。

⑤聚合物水泥黏结料固化前,不得在其上行走或进行后续作业。

(12)高分子自粘胶膜防水卷材宜采用预铺反粘法施工,并应符合下列规定。

①卷材宜单层铺设。

②在潮湿基面铺设时,基面应平整坚固、无明水。

③卷材长边应采用自粘边搭接,短边应采用胶结带搭接,卷材端部搭接区应相互错开。

④立面施工时,在自粘边位置距离卷材边缘 10~20 mm 内,每隔 400~600 mm 应进行机械固定,并应保证固定位置被卷材完全覆盖。

⑤浇筑结构混凝土时不得损伤防水层。

(13)卷材防水层完工并经验收合格后应及时做保护层。保护层应符合下列规定。

①顶板的细石混凝土保护层与防水层之间宜设置隔离层。细石混凝土保护层厚度:机械回填时不宜小于 70 mm,人工回填时不宜小于 50 mm。

②底板的细石混凝土保护层厚度不应小于 50 mm。

③侧墙宜采用软质保护材料或铺抹 20 mm 厚 1:2.5 水泥砂浆。

(14)卷材防水层分项工程检验批的抽检数量,应按铺贴面积每 100 m² 抽查 1 处,每处 10 m²,且不得少于 3 处。

2) 主控项目

(1)卷材防水层所用卷材及其配套材料必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)卷材防水层在转角处、变形缝、施工缝、穿墙管等部位的做法必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

3) 一般项目

(1)卷材防水层的搭接缝应粘贴或焊接牢固,密封严密,不得有扭曲、皱折、翘边和起泡等缺陷。

检验方法:观察检查。

(2)采用外防外贴法铺贴卷材防水层时,立面卷材接槎的搭接宽度,高聚物改性沥青类卷材应为 150 mm,合成高分子类卷材应为 100 mm,且上层卷材应盖过下层卷材。

检验方法:观察和尺量检查。

(3)侧墙卷材防水层的保护层与防水层应结合紧密,保护层厚度应符合设计要求。

检验方法:观察和尺量检查。

(4)卷材搭接宽度的允许偏差应为-10 mm。

检验方法:观察和尺量检查。

4. 涂料防水层

1) 一般要求

(1)涂料防水层适用于受侵蚀性介质作用或受振动作用的地下工程。有机防水涂料宜用于主体结构的迎水面,无机防水涂料宜用于主体结构的迎水面或背水面。

(2)有机防水涂料应采用反应型、水乳型、聚合物水泥等涂料;无机防水涂料应采用掺外加剂、掺合料的水泥基防水涂料或水泥基渗透结晶型防水涂料。



(3)有机防水涂料的基面应干燥。当基面较潮湿时,应涂刷湿固化型胶结剂或潮湿界面隔离剂;无机防水涂料施工前,基面应充分润湿,不得有明水。

(4)涂料防水层的施工应符合下列规定。

①多组分涂料应按配合比准确计量,搅拌均匀,并应根据有效时间确定每次配制的用量。

②涂料应分层涂刷或喷涂,涂层应均匀,涂刷应待前遍涂层干燥成膜后进行;每遍涂刷时应交替改变涂层的涂刷方向,同层涂膜的先后搭压宽度宜为 30~50 mm。

③涂料防水层的甩槎处接缝宽度不应小于 100 mm,接涂前应将其甩槎表面处理干净。

④采用有机防水涂料时,基层阴阳角处应做成圆弧;在转角处、变形缝、施工缝、穿墙管等部位应增加胎体增强材料和增涂防水涂料,宽度不应小于 50 mm。

⑤胎体增强材料的搭接宽度不应小于 100 mm,上、下层和相邻两幅胎体的接缝应错开 1/3 幅宽,且上、下层胎体不得相互垂直铺贴。

(5)涂料防水层完工并经验收合格后应及时做保护层。保护层应符合下列规定。

①顶板的细石混凝土保护层与防水层之间宜设置隔离层。细石混凝土保护层厚度:机械回填时不宜小于 70 mm,人工回填时不宜小于 50 mm。

②底板的细石混凝土保护层厚度不应小于 50 mm。

③侧墙宜采用软质保护材料或铺抹 20 mm 厚 1:2.5 水泥砂浆。

(6)涂料防水层分项工程检验批的抽检数量,应按铺贴面积每 100 m² 抽查 1 处,每处 10 m²,且不得少于 3 处。

2) 主控项目

(1)涂料防水层所用的材料及配合比必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

(2)涂料防水层的平均厚度应符合设计要求,最小厚度不得低于设计厚度的 90%。

检验方法:用针刺法检查。

(3)涂料防水层在转角处、变形缝、施工缝、穿墙管等部位的做法必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

3) 一般项目

(1)涂料防水层应与基层黏结牢固、涂刷均匀,不得流淌、起泡、露槎。

检验方法:观察检查。

(2)涂层间夹铺胎体增强材料时,应使防水涂料浸透胎体、覆盖完全,不得有胎体外露现象。

检验方法:观察检查。

(3)侧墙涂料防水层的保护层与防水层应结合紧密,保护层厚度应符合设计要求。

检验方法:观察检查。

5. 塑料防水板防水层

1) 一般要求

(1)塑料防水板防水层适用于经常承受水压、侵蚀性介质或有振动作用的地下工程。塑料防水板宜铺设在复合式衬砌的初期支护与二次衬砌之间。

(2)塑料防水板防水层的基面应平整,无尖锐突出物,基面平整度 D/L 不应大于 1/6。



(3)初期支护的渗漏水,应在塑料防水板防水层铺设前封堵或引排。

(4)塑料防水板的铺设应符合下列规定。

①铺设塑料防水板前应先铺缓冲层,缓冲层应用暗钉圈固定在基面上;缓冲层搭接宽度不应小于 50 mm;铺设塑料防水板时,应边铺边用压焊机将塑料防水板与暗钉圈焊接。

②两幅塑料防水板的搭接宽度不应小于 100 mm,下部塑料防水板应压住上部塑料防水板。接缝焊接时,塑料防水板的搭接层数不得超过 3 层。

③塑料防水板的搭接缝应采用双焊缝,每条焊缝的有效宽度不应小于 10 mm。

④塑料防水板铺设时宜设置分区预埋注浆系统。

⑤分段设置塑料防水板防水层时,两端应采取封闭措施。

(5)塑料防水板的铺设应超前二次衬砌混凝土施工,超前距离宜为 5~20 m。

(6)塑料防水板应牢固地固定在基面上,固定点间距应根据基面平整情况确定,拱部宜为 0.5~0.8 m,边墙宜为 1~1.5 m,底部宜为 1.5~2.0 m;局部凹凸较大时,应在凹处加密固定点。

(7)塑料防水板防水层分项工程检验批的抽样检验数量,应按铺设面积每 100 m² 抽查 1 处,每处 10 m²,但不得少于 3 处。焊缝检验应按焊缝条数抽查 5%,每条焊缝为 1 处,但不得少于 3 处。

2) 主控项目

(1)塑料防水板及其配套材料必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)塑料防水板的搭接缝必须采用双缝热熔焊接,每条焊缝的有效宽度不应小于 10 mm。

检验方法:双焊缝间空腔内充气检查和尺量检查。

3) 一般项目

(1)塑料防水板应采用无钉孔铺设,其固定点的间距应符合规范规定。

检验方法:观察和尺量检查。

(2)塑料防水板与暗钉圈应焊接牢靠,不得漏焊、假焊和焊穿。

检验方法:观察检查。

(3)塑料防水板的铺设应平顺,不得有下垂、绷紧和破损现象。

检验方法:观察检查。

(4)塑料防水板搭接宽度的允许偏差为-10 mm。

检验方法:尺量检查。

6. 金属板防水层

1) 一般要求

(1)金属防水板适用于抗渗性能要求较高的地下工程,金属板应铺设在主体结构的迎水面。

(2)金属板防水层所采用的金属材料 and 保护材料应符合设计要求。金属板及其焊接材料的规格、外观质量和主要物理性能,应符合国家现行有关标准的规定。

(3)金属板的拼接及金属板与工程结构的锚固件连接应采用焊接。金属板的拼接焊缝应进行外观检查 and 无损检验。



(4)金属板表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时,其深度不得大于该板材厚度的负偏差值。

(5)金属板防水层分项工程检验批的抽样检验数量,应按铺设面积每 10 m^2 抽查 1 处,每处 1 m^2 ,且不得少于 3 处。焊缝表面缺陷检验应按焊缝的条数抽查 5%,且不得少于 1 条焊缝;每条焊缝检查 1 处,总抽查数不得少于 10 处。

2) 主控项目

(1)金属板和焊接材料必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)焊工应持有有效的执业资格证书。

检验方法:检查焊工执业资格证书和考核日期。

3) 一般项目

(1)金属板表面不得有明显凹面和损伤。

检验方法:观察检查。

(2)焊缝不得有裂纹、未熔合、夹渣、焊瘤、咬边、烧穿、弧坑、针状气孔等缺陷。

检验方法:观察检查和使用放大镜、焊缝量规及钢尺检查,必要时采用渗透或磁粉探伤检查。

(3)焊缝的焊波应均匀,焊渣和飞溅物应清理干净。保护层不得有漏涂、脱皮和反锈现象。

检验方法:观察检查。

7. 膨润土防水材料防水层

1) 一般要求

(1)膨润土防水材料防水层适用于 $\text{pH}=4\sim 10$ 的地下环境中。膨润土防水材料防水层应用于复合式衬砌的初期支护与二次衬砌之间以及明挖法地下工程主体结构的迎水面,防水层两侧应具有一定的夹持力。

(2)膨润土防水材料中的膨润土颗粒应采用钠基膨润土,不应采用钙基膨润土。

(3)膨润土防水材料防水层基面应坚实、清洁,不得有明水,基面平整度应符合规范要求,基层阴阳角应做成圆弧或坡角。

(4)膨润土防水毯的织布面与膨润土防水板的膨润土面,均应与结构外表面密贴。

(5)膨润土防水材料应采用水泥钉和垫片固定;立面和斜面上的固定间距宜为 $400\sim 500\text{ mm}$,平面上应在搭接缝处固定。

(6)膨润土防水材料的搭接宽度应大于 100 mm ;搭接部位的固定间距宜为 $200\sim 300\text{ mm}$,固定点与搭接边缘的距离宜为 $25\sim 30\text{ mm}$,搭接处应涂抹膨润土密封膏。平面搭接缝处可干撒膨润土颗粒,其用量宜为 $0.3\sim 0.5\text{ kg/m}$ 。

(7)膨润土防水材料的收口部位应采用金属压条与水泥钉固定,并用膨润土密封膏覆盖。

(8)转角处和变形缝、施工缝、后浇带等部位均应设置宽度不小于 500 mm 的加强层,加强层应设置在防水层与结构外表面之间。穿墙管件宜采用膨润土橡胶止水条、膨润土密封膏进行加强处理。

(9)膨润土防水材料分段铺设时,应采取临时遮挡防护措施。

(10)膨润土防水材料防水层分项工程检验批的抽检数量,应按铺贴面积每 100 m^2 抽查



1 处,每处 10 m²,且不得少于 3 处。

2) 主控项目

(1) 膨润土防水材料必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

(2) 膨润土防水材料防水层在转角处和变形缝、施工缝、后浇带、穿墙管等部位的做法必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

3) 一般项目

(1) 膨润土防水毯的织布面或防水板的膨润土面,应朝向工程主体结构的迎水面。

检验方法:观察检查。

(2) 立面或斜面铺设的膨润土防水材料应上层压住下层,防水层与基层、防水层与防水层之间应密贴,并应平整无折皱。

检验方法:观察检查。

(3) 膨润土防水材料的搭接和收口部位应符合规范规定。

检验方法:观察检查。

(4) 膨润土防水材料搭接宽度的允许偏差应为-10 mm。

检验方法:观察和尺量检查。



1.11.3 细部构造防水工程的质量验收

1. 施工缝

1) 主控项目

(1) 施工缝用止水带、遇水膨胀止水条或止水胶、水泥基渗透结晶型防水涂料和预埋注浆管必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2) 施工缝的防水构造必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

2) 一般项目

(1) 墙体水平施工缝应留设在高出底板表面不小于 300 mm 的墙体上。拱、板与墙结合的水平施工缝,宜留在拱、板和墙交接处以下 150~300 mm 处;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。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(2) 在施工缝处继续浇筑混凝土时,已浇筑的混凝土抗压强度不应小于 1.2 MPa。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3) 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、涂刷混凝土界面处理剂或水泥基渗透结晶型防水涂料,再铺 30~50 mm 厚的 1:1 水泥砂浆,并及时浇筑混凝土。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4) 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,并及时浇筑混凝土。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(5)中埋式止水带及外贴式止水带的埋设位置应准确,固定应牢靠。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(6)遇水膨胀止水带应具有缓膨胀性能。止水条与施工缝基面应密贴,中间不得有空鼓、脱离等现象;止水条应牢固地安装在缝表面或预埋凹槽内;止水条采用搭接连接时,搭接宽度不得小于 30 mm。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(7)遇水膨胀止水胶应采用专用注胶器挤出黏结在施工缝表面,并做到连续、均匀、饱满,无气泡和孔洞,挤出宽度及厚度应符合设计要求;止水胶挤出成型后,固化期内应采取临时保护措施;止水胶固化前不得浇筑混凝土。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(8)预埋式注浆管应设置在施工缝断面中部,注浆管与施工缝基面应密贴并固定牢靠,固定间距宜为 200~300 mm;注浆导管与注浆管的连接应牢固、严密,导管埋入混凝土内的部分应与结构钢筋绑扎牢固,导管的末端应临时封堵严密。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

2. 变形缝

1) 主控项目

(1)变形缝用止水带、填缝材料和密封材料必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)变形缝的防水构造必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)中埋式止水带的埋设位置应准确,其中间空心圆环与变形缝的中心线应重合。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

2) 一般项目

(1)中埋式止水带的接缝应设在边墙较高的位置上,不得设在结构转角处;接头宜采用热压焊接,接缝应平整、牢固,不得有裂口和脱胶现象。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(2)中埋式止水带在转角处应做成圆弧形。顶板、底板内止水带应安装成盆状,并宜采用专用钢筋套或扁钢固定。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)外贴式止水带在变形缝与施工缝相交部位宜采用十字配件;外贴式止水带在变形缝转角部位宜采用直角配件。止水带的埋设位置应准确,固定应牢靠,并与固定止水带的基层密贴,不得出现空鼓、翘边等现象。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4)安设于结构内侧的可卸式止水带所需配件应一次配齐,转角处应做成 45°坡角,并增加紧固件的数量。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(5)嵌填密封材料的缝内两侧基面应平整、洁净、干燥,并应涂刷基层处理剂;嵌缝底部



应设置背衬材料;密封材料嵌填应严密、连续、饱满,黏结牢固。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(6)变形缝表面粘贴卷材或涂刷防水涂料前,应在缝上设置隔离层和加强层。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

3. 后浇带

1) 主控项目

(1)后浇带用遇水膨胀止水条或止水胶、预埋注浆管、外贴式止水带必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)补偿收缩混凝土的原材料及配合比必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

(3)后浇带防水构造必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4)对于掺膨胀剂的补偿收缩混凝土,其抗压强度、抗渗性能和限制膨胀率必须符合设计要求。

检验方法:检查混凝土抗压强度、抗渗性能和水中养护 14 d 后的限制膨胀率检测报告。

2) 一般项目

(1)补偿收缩混凝土浇筑前,后浇带部位和外贴式止水带应采取保护措施。

检验方法:观察检查。

(2)后浇带两侧的接缝表面应先清理干净,再涂刷混凝土界面处理剂或水泥基渗透结晶型防水涂料;后浇带混凝土的浇筑时间应符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)遇水膨胀止水条、遇水膨胀止水胶的施工应符合规范规定;预埋注浆管、外贴式止水带的施工应符合规范规定。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4)后浇带混凝土应一次浇筑,不得留施工缝。混凝土浇筑后应及时养护,养护时间不得少于 28 d。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

4. 穿墙管

1) 主控项目

(1)穿墙管用遇水膨胀止水条和密封材料必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)穿墙管防水构造必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

2) 一般项目

(1)固定式穿墙管应加焊止水环或环绕遇水膨胀止水圈,并做好防腐处理。穿墙管应在主体结构迎水面预留凹槽,槽内应用密封材料嵌填密实。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(2)套管式穿墙管的套管与止水环及翼环应连续满焊,并做好防腐处理。套管内表面应



清理干净,穿墙管与套管之间应用密封材料和橡胶密封圈进行密封处理,并采用法兰盘及螺栓进行固定。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)穿墙盒的封口钢板与混凝土结构墙上预埋的角钢应焊平,并从钢板上的预留浇注孔注入改性沥青密封材料或细石混凝土,封填后将浇注孔口用钢板焊接封闭。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4)当主体结构迎水面有柔性防水层时,防水层与穿墙管连接处应增设加强层。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(5)密封材料嵌填应密实、连续、饱满,黏结牢固。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

5. 埋设件

1) 主控项目

(1)埋设件用密封材料必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)埋设件防水构造必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

2) 一般项目

(1)埋设件应位置准确,固定牢靠;埋设件应进行防腐处理。

检验方法:观察、尺量和手扳检查。

(2)埋设件端部或预留孔、槽底部的混凝土厚度不得小于 250 mm。当混凝土厚度小于 250 mm 时,应局部加厚或采取其他防水措施。

检验方法:尺量检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)结构迎水面的埋设件周围应预留凹槽,凹槽内应用密封材料嵌填密实。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4)用于固定模板的螺栓必须穿过混凝土结构时,可采用工具式螺栓或螺栓加堵头,螺栓上应加焊止水环。拆模后留下的凹槽应用密封材料封堵密实,并用聚合物水泥砂浆抹平。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(5)预留孔、槽内的防水层应与主体防水层保持连续。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(6)密封材料嵌填应密实、连续、饱满,黏结牢固。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

6. 预留通道接头

1) 主控项目

(1)预留通道接头用中埋式止水带、遇水膨胀止水条或止水胶、预埋注浆管、密封材料和可卸式止水带必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)预留通道接头防水构造必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。



(3)中埋式止水带的埋设位置应准确,其中间空心圆环与变形缝的中心线应重合。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

2)一般项目

(1)预留通道先浇筑混凝土结构、中埋式止水带和预埋件应及时保护,预埋件应进行防锈处理。

检验方法:观察检查。

(2)遇水膨胀止水条、遇水膨胀止水胶的施工应符合规范规定;预埋注浆管的施工应符合规范规定。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)密封材料嵌填应密实、连续、饱满,黏结牢固。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4)用膨胀螺栓固定可卸式止水带时,止水带与紧固件压块以及止水带与基面之间应结合紧密。采用金属膨胀螺栓时,应选用不锈钢材料或进行防锈处理。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(5)预留通道接头外部应设保护墙。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

7. 桩头

1)主控项目

(1)桩头用聚合物水泥防水砂浆、水泥基渗透结晶型防水涂料、遇水膨胀止水条或止水胶和密封材料必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2)桩头防水构造必须符合设计要求。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)桩头混凝土应密实,如发现渗漏水应及时采取封堵措施。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

2)一般项目

(1)桩头顶面和侧面裸露处应涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料,并延伸至结构底板垫层150 mm处;桩头周围300 mm范围内应抹聚合物水泥防水砂浆过渡层。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(2)结构底板防水层应做在聚合物水泥防水砂浆过渡层上并延伸至桩头侧壁,其与桩头侧壁接缝处应采用密封材料嵌填。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3)桩头的受力钢筋根部应采用遇水膨胀止水条或止水胶,并应采取保护措施。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4)遇水膨胀止水条、遇水膨胀止水胶的施工应符合规范规定。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(5)密封材料嵌填应密实、连续、饱满,黏结牢固。

检验方法:观察检查和检查隐蔽工程验收记录。



8. 孔口

1) 主控项目

(1) 孔口用防水卷材、防水涂料和密封材料必须符合设计要求。

检验方法: 检查产品合格证、产品性能检测报告和材料进场检验报告。

(2) 孔口防水构造必须符合设计要求。

检验方法: 观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

2) 一般项目

(1) 人员出入口高出地面的距离不应小于 500 mm; 汽车出入口设置明沟排水时, 其高出地面的距离宜为 150 mm, 并应采取防雨措施。

检验方法: 观察和尺量检查。

(2) 窗井的底部在最高地下水位以上时, 窗井的墙体和底板应做防水处理, 并宜与主体结构断开。窗井下部的墙体和底板应做防水处理。

检验方法: 观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3) 窗井或窗井的一部分在最高地下水位以下时, 窗井应与主体结构连成整体, 其防水层也应连成整体, 并应在窗井内设置集水井。窗井下部的墙体和底板应做防水层。

检验方法: 观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(4) 窗井内的底板应低于窗下缘 300 mm。窗井墙高出室外地面的距离不得小于 500 mm; 窗井外地面应做散水, 散水与墙面间应采用密封材料嵌填。

检验方法: 观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(5) 密封材料嵌填应密实、连续、饱满, 黏结牢固。

检验方法: 观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

9. 坑、池

1) 主控项目

(1) 坑、池防水混凝土的原材料、配合比及坍落度必须符合设计要求。

检验方法: 检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

(2) 坑、池防水构造必须符合设计要求。

检验方法: 观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3) 坑、池、储水库内部防水层完成后, 应进行蓄水试验。

检验方法: 观察检查和检查蓄水试验记录。

2) 一般项目

(1) 坑、池、储水库宜采用防水混凝土整体浇筑, 混凝土表面应坚实、平整, 不得有露筋、蜂窝和裂缝等缺陷。

检验方法: 观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(2) 坑、池底板的混凝土厚度不应小于 250 mm。当底板的厚度小于 250 mm 时, 应采取局部加厚措施, 并使防水层保持连续。

检验方法: 观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

(3) 坑、池施工完成后, 应及时遮盖和防止杂物堵塞。

检验方法: 观察检查。



1.11.4 特殊施工法结构防水工程的质量验收

1. 锚喷支护

1) 一般要求

(1) 锚喷支护适用于暗挖法地下工程的支护结构及复合式衬砌的初期支护。

(2) 喷射混凝土施工前,应根据围岩裂隙及渗漏水的情况,预先采用引排或注浆堵水。

(3) 喷射混凝土所用原材料应符合下列规定。

① 选用普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥。

② 中砂或粗砂的细度模数宜大于 2.5,含泥量不应大于 3%。干法喷射时,含水率宜为 5%~7%。

③ 采用卵石或碎石,粒径不应大于 15 mm;含泥量不应大于 1%;使用碱性速凝剂时,不得使用含有活性二氧化硅的石料。

④ 不含有害物质的洁净水。

⑤ 速凝剂的初凝时间不应大于 5 min,终凝时间不应大于 10 min。

(4) 混合料必须计量准确、搅拌均匀,并符合下列规定。

① 水泥与砂石质量比宜为 1:(4~4.5),砂率宜为 45%~55%,水胶比不得大于 0.45,外加剂和外掺料的掺量应通过试验确定。

② 水泥和速凝剂称量允许偏差均为 $\pm 2\%$,砂石称量允许偏差均为 $\pm 3\%$ 。

③ 混合料在运输和存放过程中严防受潮,存放时间不应超过 120 min。当掺入速凝剂时,存放时间不应超过 20 min。

(5) 喷射混凝土终凝 2 h 后应采取喷水养护,养护时间不得少于 14 d。当气温低于 5℃ 时,不得喷水养护。

(6) 喷射混凝土试件制作组数应符合下列规定。

① 地下铁道工程应按区间或小于区间断面的结构,每 20 延米拱和墙各取抗压试件一组;车站取抗压试件两组。其他工程应按每喷射 50 m³ 同一配合比的混合料或混合料小于 50 m³ 的独立工程取抗压试件一组。

② 地下铁道工程应按区间结构每 40 延米取抗渗试件一组;车站每 20 延米取抗渗试件一组。当其他工程有抗渗要求时,可增做抗渗性能试验。

(7) 锚杆必须进行抗拔力试验。同一批锚杆每 100 根应取一组试件,每组 3 根,不足 100 根也取 3 根。同一批试件抗拔力平均值不应小于设计锚固力,且同一批试件抗拔力的最低值不应小于设计锚固力的 90%。

(8) 锚喷支护分项工程检验批的抽样检验数量,应按区间或小于区间断面的结构每 20 延米检查 1 处,车站每 10 延米检查 1 处,每处 10 m²,且不得少于 3 处。

2) 主控项目

(1) 喷射混凝土所用原材料、混合料配合比以及钢筋网、锚杆、钢拱架等必须符合设计要求。

检验方法:检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

(2) 喷射混凝土抗压强度、抗渗性能和锚杆抗拔力必须符合设计要求。