

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 172 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《地下工程防水技术规范》的公告

现批准《地下工程防水技术规范》为国家标准,编号为 GB 50108—2008,自 2009 年 4 月 1 日起实施。其中,第 3.1.4、3.2.1、3.2.2、4.1.22、4.1.26(1、2)、5.1.3 条(款)为强制性条文,必须严格执行。原《地下工程防水技术规范》GB 50108—2001 同时废止。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
二〇〇八年十一月二十七日

前 言

本规范是根据建设部“关于印发《2005 年工程建设标准规范制定、修订计划(第一批)》的通知”建标函〔2005〕84 号的要求,由总参工程兵科研三所会同有关单位,对国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108—2001 进行修订的基础上编制完成的。

本规范共分 10 章,主要包括:总则;术语;地下工程防水设计;地下工程混凝土结构主体防水;地下工程混凝土结构细部构造防水;地下工程排水;注浆防水;特殊施工法的结构防水;地下工程渗漏水治理;其他规定。

本次修编的主要内容是:提高了防水等级为二级的地下工程防水标准;增加新的防水材料和防水施工技术;与国内外相关规范协调与接轨;重视结构耐久性和环境保护;淘汰落后的防水材料,对不适应国家发展要求的条文进行修改。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由国家人民防空办公室负责日常管理,由总参工程兵科研三所负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,随时将意见和建议反馈给总参工程兵科研三所(地址:河南洛阳,总参工程兵科研三所,邮政编码:471023),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 总参工程兵科研三所

参 编 单 位: 山西建筑工程(集团)总公司

中冶集团建筑研究总院

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

中铁工程设计咨询集团有限公司
中国建筑科学研究院
中铁隧道集团有限公司科研所
深圳大学建筑设计研究院
中国建筑业协会建筑防水分会
北京城建设计研究总院有限责任公司
中国建筑防水材料工业协会

主要起草人：冀文政 朱忠厚 张玉玲 朱祖熹 姚源道
李承刚 李治国 蔡庆华 雷志梁 张道真
曲 慧 郭德友 卓 越 哈成德 沈秀芳
潘水艳

1 总则

1.0.1 为使地下工程防水的设计和施工符合确保质量、技术先进、经济合理、安全适用的要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于工业与民用建筑地下工程、防护工程、市政隧道、山岭及水底隧道、地下铁道、公路隧道等地下工程防水的设计和施工。

1.0.3 地下工程防水的设计和施工应遵循“防、排、截、堵相结合，刚柔相济，因地制宜，综合治理”的原则。

1.0.4 地下工程防水的设计和施工应符合环境保护的要求，并应采取相应措施。

1.0.5 地下工程的防水，应积极采用经过试验、检测和鉴定并经实践检验质量可靠的新材料、新技术、新工艺。

1.0.6 地下工程防水的设计和施工，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.0.1 胶凝材料 cementitious material, or binder

用于配制混凝土的硅酸盐水泥及粉煤灰、磨细矿渣、硅粉等矿物掺合料的总称。

2.0.2 水胶比 water to binder ratio

混凝土配制时的用水量与胶凝材料总量之比。

2.0.3 可操作时间 operational time

单组分材料从容器打开或多组分材料从混合起，至不适宜施工的时间。

2.0.4 涂膜抗渗性 impermeability of film coating

涂料固化后的膜体抵抗地下水渗透的能力。

2.0.5 涂膜耐水性 water resistance of film coating

涂料固化后的膜体在水长期浸泡下保持各种性能指标的能力。

2.0.6 聚合物水泥防水涂料 polymer cement water proof coating

以聚合物乳液和水泥为主要原料，加入其他添加剂制成的双组分防水涂料。

2.0.7 高分子自粘胶膜防水卷材 self-adhesive waterproofing membrane with macromolecular carrier

以合成高分子片材为底膜，单面覆有高分子自粘胶膜层，用于预铺反粘法施工的防水卷材。

2.0.8 预铺反粘法 pre-applied full bonding installation

将覆有高分子自粘胶膜层的防水卷材空铺在基面上，然后浇筑结构混凝土，使混凝土浆料与卷材胶膜层紧密结合的施工方法。

2.0.9 自粘聚合物改性沥青防水卷材 self-adhering polymer modified bituminous waterproofing sheet

以高聚物改性沥青为主体材料，整体具有自粘性的防水卷材。

2.0.10 暗钉圈 concealed nail washer

设置于基层表面，并由与塑料防水板相热焊的材料组成，用于固定塑料防水板的垫圈。

2.0.11 无钉铺设 non—nails layouts

将塑料防水板通过热焊固定于暗钉圈或悬挂在基层上的一种铺设方法。

2.0.12 背衬材料 backing material

用于控制密封材料的嵌缝深度，防止密封材料和接缝底部粘结而设置的可变形材料。

2.0.13 预注浆 pre—grouting

工程开挖前使浆液预先充填围岩裂隙，以达到堵塞水流、加固围岩的目的所进行的注浆。

2.0.14 衬砌前围岩注浆 surrounding ground grouting before lining

工程开挖后，在衬砌前对毛洞的围岩加固和止水所进行的注浆。

2.0.15 回填注浆 back—fill grouting

在工程衬砌完成后，为充填衬砌和围岩间空隙所进行的注浆。

2.0.16 衬砌后围岩注浆 surrounding ground grouting after lining

在回填注浆后需要增强衬砌的防水能力时，对围岩进行的注浆。

2.0.17 凝胶时间 gel time

浆液自配制或混合时起至不流动时的时间。

2.0.18 复合管片 composite segment

钢板与混凝土复合制成的管片。

2.0.19 密封垫 gasket

由工厂加工预制，在现场粘贴于管片密封垫沟槽内，用于管片接缝防水的密封材料。

2.0.20 螺栓密封圈 bolt hole sealing washer

为防止管片螺栓孔渗漏水而设置的密封垫圈。

3 地下工程防水设计

3.1 一般规定

3.1.1 地下工程应进行防水设计，并应做到定级准确、方案可靠、施工简便、耐久适用、经济合理。

3.1.2 地下工程防水方案应根据工程规划、结构设计、材料选择、结构耐久性和施工工艺等确定。

3.1.3 地下工程的防水设计，应根据地表水、地下水、毛细管水等的作用，以及由于人为因素引起的附近水文地质改变的影响确定。单建式的地下工程，宜采用全封闭、部分封闭的防排水设计；附建式的全地下或半地下工程的防水设防高度，应高出室外地坪高程500mm以上。

3.1.4 地下工程迎水面主体结构应采用防水混凝土，并应根据防水等级的要求采取其他防水措施。

3.1.5 地下工程的变形缝(诱导缝)、施工缝、后浇带、穿墙管(盒)、预埋件、预留通道接头、桩头等细部构造，应加强防水措施。

3.1.6 地下工程的排水沟、地漏、出入口、窗井、风井等，应采取防倒灌措施；寒冷及严寒地区的排水沟应采取防冻措施。

3.1.7 地下工程的防水设计，应根据工程的特点和需要搜集下列资料：

- 1 最高地下水位的高程、出现的年代，近几年的实际水位高程和随季节变化情况；
- 2 地下水类型、补给来源、水质、流量、流向、压力；
- 3 工程地质构造，包括岩层走向、倾角、节理及裂隙，含水地层的特性、分布情况和渗透系数，溶洞及陷穴，填土区、湿陷性土和膨胀土层等情况；
- 4 历年气温变化情况、降水量、地层冻结深度；
- 5 区域地形、地貌、天然水流、水库、废弃坑井以及地表水、洪水和给水排水系统资料；
- 6 工程所在区域的地震烈度、地热，含瓦斯等有害物质的资料；
- 7 施工技术水平和材料来源。

3.1.8 地下工程防水设计，应包括下列内容：

- 1 防水等级和设防要求；
- 2 防水混凝土的抗渗等级和其他技术指标、质量保证措施；
- 3 其他防水层选用的材料及其技术指标、质量保证措施；
- 4 工程细部构造的防水措施，选用的材料及其技术指标、质量保证措施；
- 5 工程的防排水系统、地面挡水、截水系统及工程各种洞口的防倒灌措施。

3.2 防水等级

3.2.1 地下工程的防水等级应分为四级，各等级防水标准应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 地下工程防水标准

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; 工业与民用建筑: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 100m² 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 0.1m²; 其他地下工程:总湿渍面积不应大于总防水面积的 2/1000;任意 100m² 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 0.2m²;其中,隧道工程还要求平均渗水量不大于 0.05L/(m²·d),任意 100m² 防水面积上的渗水量不大于 0.15L/(m²·d)
三级	有少量漏水点,不得有线流和漏泥砂; 任意 100m² 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 0.3m²
四级	有漏水点,不得有线流和漏泥砂; 整个工程平均漏水量不大于 2L/(m²·d);任意 100m² 防水面积上的平均漏水量不大于 4L/(m²·d)

3.2.2 地下工程不同防水等级的适用范围,应根据工程的重要性和使用中对防水的要求按表 3.2.2 选定。

表 3.2.2 不同防水等级的适用范围

防水等级	适用范围
一级	人员长期停留的场所;因有少量湿渍会使物品变质、失效的储物场所及严重影响设备正常运转和危及工程安全运营的部位;极重要的战备工程、地铁车站
二级	人员经常活动的场所;在有少量湿渍的情况下不会使物品变质、失效的储物场所及基本不影响设备正常运转和工程安全运营的部位;重要的战备工程
三级	人员临时活动的场所;一般战备工程
四级	对渗漏水无严格要求的工程

3.3 防水设防要求

3.3.1 地下工程的防水设防要求,应根据使用功能、使用年限、水文地质、结构形式、环境条件、施工方法及材料性能等因素确定。

- 1 明挖法地下工程的防水设防要求应按表 3.3.1—1 选用;
- 2 暗挖法地下工程的防水设防要求应按表 3.3.1—2 选用。

表 3.3.1-1 明挖法地下工程防水设防要求

工程部位		主体结构						施工缝					后浇带		变形缝(诱导缝)											
防水措施		防水混凝土	防水卷材	防水涂料	塑料防水板	膨润土防水材料	金属防水板	防水砂浆	遇水膨胀止水条(胶)	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	补偿收缩混凝土	外贴式止水带	预埋注浆管	遇水膨胀止水条(胶)	防水密封材料	中埋式止水带	外贴式止水带	可卸式止水带	防水密封材料	外贴防水卷材	外涂防水涂料
防水等级	一级	应选	应选一至二种						应选二种					应选	应选二种		应选	应选一至二种								
	二级	应选	应选一种						应选一至二种					应选	应选一至二种		应选	应选一至二种								
	三级	应选	宜选一种						宜选一至二种					应选	宜选一至二种		应选	宜选一至二种								
	四级	宜选	—						宜选一种					应选	宜选一种		应选	宜选一种								

表 3.3.1-2 暗挖法地下工程防水设防要求

1. 工程部位		衬砌结构					内衬砌施工缝					内衬砌变形缝 (诱导缝)						
防水措施		防水混凝土	塑料防水板	防水砂浆	防水涂料	防水卷材	金属防水层	外贴式止水带	预埋注浆管	遇水膨胀止水条(胶)	防水密封材料	中埋式止水带	水泥基渗透结晶型防水涂料	中埋式止水带	外贴式止水带	可卸式止水带	防水密封材料	遇水膨胀止水条(胶)
防水等级	一级	必选	应选一至二种				应选一至二种					应选	应选一至二种					
	二级	应选	应选一种				应选一种					应选	应选一种					
	三级	宜选	宜选一种				宜选一种					应选	宜选一种					
	四级	宜选	宜选一种				宜选一种					应选	宜选一种					

3.3.2 处于侵蚀性介质中的工程,应采用耐侵蚀的防水混凝土、防水砂浆、防水卷材或防水涂料等防水材料。

3.3.3 处于冻融侵蚀环境中的地下工程,其混凝土抗冻融循环不得少于 300 次。

3.3.4 结构刚度较差或受振动作用的工程,宜采用延伸率较大的卷材、涂料等柔性防水材料。

4 地下工程混凝土结构主体防水

4.1 防水混凝土

I 一般规定

4.1.1 防水混凝土可通过调整配合比,或掺加外加剂、掺合料等措施配制而成,其抗渗等级不得小于 P6。

4.1.2 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。

4.1.3 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。

II 设计

4.1.4 防水混凝土的设计抗渗等级，应符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 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。

4.1.5 防水混凝土的环境温度不得高于 80°C ；处于侵蚀性介质中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。

4.1.6 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。

4.1.7 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。

III 材料

4.1.8 用于防水混凝土的水泥应符合下列规定：

- 1 水泥品种宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，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。

4.1.9 防水混凝土选用矿物掺合料时，应符合下列规定：

- 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 1596 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 4.1.9 的要求，用量宜为胶凝材料总量的 2%~5%；

表 4.1.9 硅粉品质要求

项 目	指 标
比表面积(m^2/kg)	≥ 15000
二氧化硅含量(%)	≥ 85

3 粒化高炉矿渣粉的品质要求应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB / T18046 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。

4.1.10 用于防水混凝土的砂、石，应符合下列规定：

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《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ 53 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《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ 52 的有关规定。

4.1.11 用于拌制混凝土的水，应符合国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.1.12 防水混凝土可根据工程需要掺入减水剂、膨胀剂、防水剂、密实剂、引气剂、复合型外加剂及水泥基渗透结晶型材料，其品种和用量应经试验确定，所用外加剂的技术性能应符合国家现行有关标准的质量要求。

4.1.13 防水混凝土可根据工程抗裂需要掺入合成纤维或钢纤维，纤维的品种及掺量应通过试验确定。

4.1.14 防水混凝土中各类材料的总碱量(Na₂O 当量)不得大于 3kg / m³ ；氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0. 1%。

IV 施 工

4.1.15 防水混凝土施工前应做好降排水工作，不得在有积水的环境中浇筑混凝土。

4.1.16 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 120~160mm，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。

4.1.17 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 4. 1. 17 的规定。

表 4. 1. 17 防水混凝土配料计量允许偏差

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

注：累计计量仅适用于微机控制计量的搅拌站。

4.1.18 使用减水剂时，减水剂宜配制成一定浓度的溶液。

4.1.19 防水混凝土应分层连续浇筑，分层厚度不得大于 500mm。

4.1.20 用于防水混凝土的模板应拼缝严密、支撑牢固。

4.1.21 防水混凝土拌合物应采用机械搅拌，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。

4.1.22 防水混凝土拌合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。

4.1.23 防水混凝土应采用机械振捣，避免漏振、欠振和超振。

4.1.24 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。

4.1.25 施工缝防水构造形式宜按图 4. 1. 25—1、4. 1. 25—2、4. 1. 25—3、4. 1. 25—4 选用，当采用两种以上构造措施时可进行有效组合。

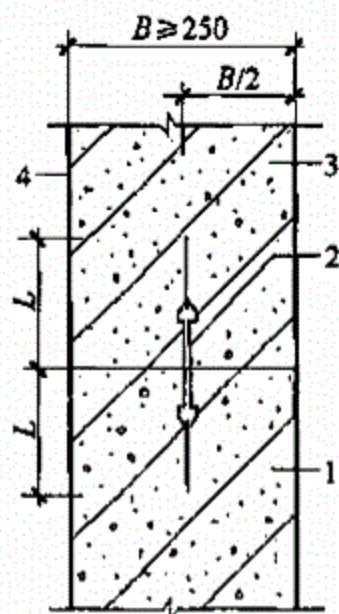


图 4.1.25-1 施工缝防水构造(一)

钢板止水带 $L \geq 150$; 橡胶止水带 $L \geq 200$; 钢边橡胶止水带 $L \geq 120$;
1—先浇混凝土; 2—中埋止水带; 3—后浇混凝土; 4—结构迎水面

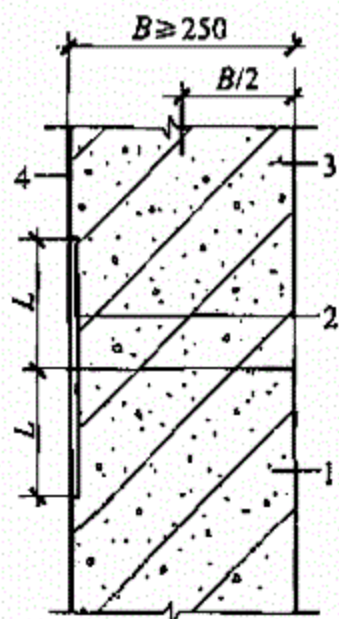


图 4.1.25-2 施工缝防水构造(二)

外贴止水带 $L \geq 150$; 外涂防水涂料 $L = 200$; 外抹防水砂浆 $L = 200$;
1—先浇混凝土; 2—外贴止水带; 3—后浇混凝土; 4—结构迎水面

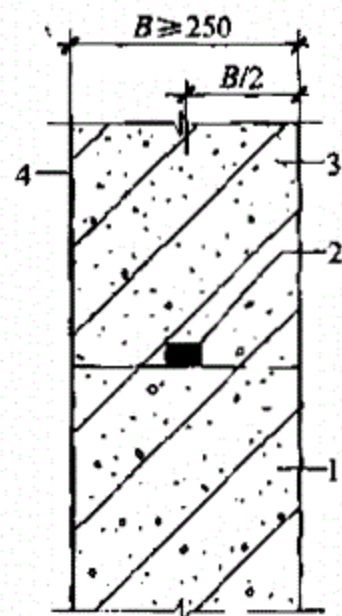


图 4.1.25-3 施工缝防水构造(三)

1—先浇混凝土;2—遇水膨胀止水条(胶);3—后浇混凝土;4—结构迎水面

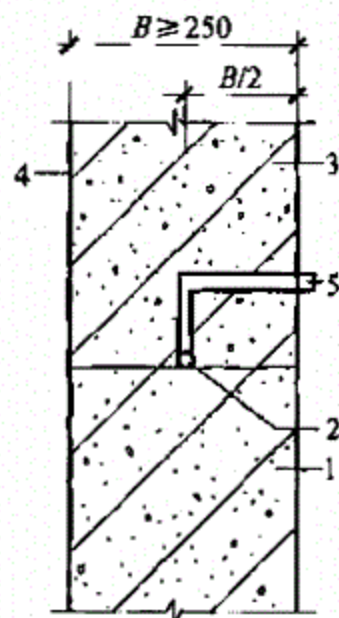


图 4.1.25-4 施工缝防水构造(四)

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

4.1.26 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 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。

4.1.27 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 60d 或 90d

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 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 混凝土内部预埋管道, 宜进行水冷散热。

6 应采取保温保湿养护。混凝土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 14d。

4.1.28 防水混凝土结构内部设置的各种钢筋或绑扎铁丝, 不得接触模板。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, 螺栓上应加焊方形止水环。拆模后应将留下的凹槽用密封材料封堵密实, 并应用聚合物水泥砂浆抹平(图 4.1.28)。

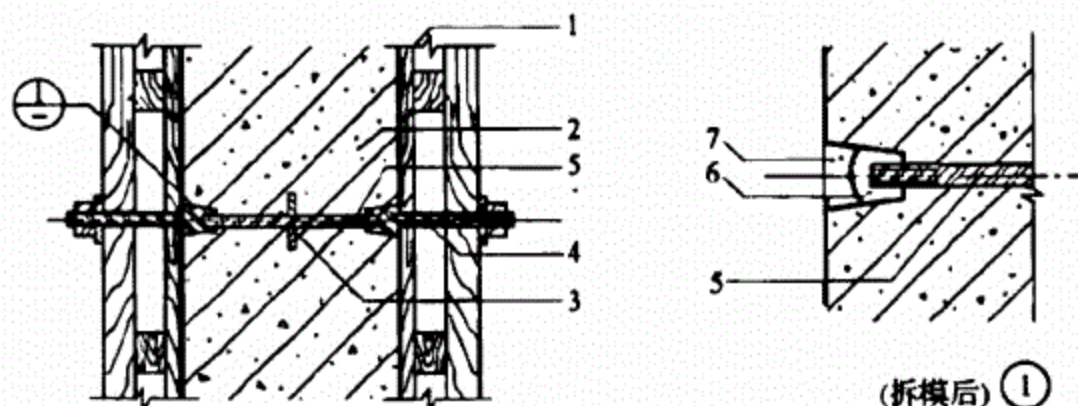


图 4.1.28 固定模板用螺栓的防水构造

1—模板, 2—结构混凝土, 3—止水环, 4—工具式螺栓;

5—固定模板用螺栓, 6—密封材料, 7—聚合物水泥砂浆

4.1.29 防水混凝土终凝后应立即进行养护, 养护时间不得少于 14d。

4.1.30 防水混凝土的冬期施工, 应符合下列规定:

1 混凝土入模温度不应低于 5℃;

2 混凝土养护应采用综合蓄热法、蓄热法、暖棚法、掺化学外加剂等方法, 不得采用电热法或蒸气直接加热法;

3 应采取保湿保温措施。

4.2 水泥砂浆防水层

I 一般规定

4.2.1 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。

4.2.2 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，不应用于受持续振动或温度高于 80℃ 的地下工程防水。

4.2.3 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。

II 设计

4.2.4 水泥砂浆的品种和配合比设计应根据防水工程要求确定。

4.2.5 聚合物水泥防水砂浆厚度单层施工宜为 6~8mm，双层施工宜为 10~12mm；掺外加剂或掺合料的水泥防水砂浆厚度宜为 18~20mm。

4.2.6 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%。

III 材料

4.2.7 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 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 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。

4.2.8 防水砂浆主要性能应符合表 4.2.8 的要求。

表 4.2.8 防水砂浆主要性能要求

防水砂浆种类	粘结强度 (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 14d 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 168h 后材料的粘结强度及抗渗性的保持率。

IV 施 工

- 4.2.9 基层表面应平整、坚实、清洁，并应充分湿润、无明水。
- 4.2.10 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。
- 4.2.11 施工前应将预埋件、穿墙管预留凹槽内嵌填密封材料后，再施工水泥砂浆防水层。
- 4.2.12 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。
- 4.2.13 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。
- 4.2.14 聚合物水泥防水砂浆拌合后应在规定时间内用完，施工中不得任意加水。
- 4.2.15 水泥砂浆防水层各层应紧密粘合，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 200mm。
- 4.2.16 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。
- 4.2.17 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℃，并应保持砂浆表面湿润，养护时间不得少于 14d。
- 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。

4.3 卷材防水层

I 一般规定

- 4.3.1 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。
- 4.3.2 卷材防水层应铺设在混凝土结构的迎水面。
- 4.3.3 卷材防水层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面上；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。

II 设 计

- 4.3.4 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。
- 4.3.5 卷材防水层的卷材品种可按表 4.3.5 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 卷材及其胶粘剂应具有良好的耐水性、耐久性、耐刺穿性、耐腐蚀性和耐菌性。

表 4.3.5 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

4.3.6 卷材防水层的厚度应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 不同品种卷材的厚度

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 粘结料: ≥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) 粘结料: ≥(1.3+1.3) 芯材厚度 ≥0.5	—

注: 1 带有聚酯毡胎体的自粘聚合物改性沥青防水卷材应执行国家现行标准《自粘聚合物改性沥青聚酯胎防水卷材》JC 898;

2 无胎体的自粘聚合物改性沥青防水卷材应执行国家现行标准《自粘橡胶沥青防水卷材》JC 840。

4.3.7 阴阳角处应做成圆弧或 45°坡角, 其尺寸应根据卷材品种确定。在阴阳角等特殊部位, 应增做卷材加强层, 加强层宽度宜为 300~500mm。

III 材 料

4.3.8 高聚物改性沥青类防水卷材的主要物理性能, 应符合表 4.3.8 的要求。

表 4.3.8 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)	3mm 厚≥2100 4mm 厚≥2900			3mm 厚 ≥2100	—	
拉伸性能	拉力 (N/50mm)	≥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 ≥30 (纵横向)	断裂时≥200 (纵横向)
低温柔度(℃)	-25,无裂纹					
热老化后低温柔度(℃)	-20,无裂缝			-22,无裂纹		
不透水性	压力 0.3MPa,保持时间 120min,不透水					

4.3.9 合成高分子类防水卷材的主要物理性能,应符合表 4.3.9 的要求

表 4.3.9 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	≥7.5MPa	≥12MPa	≥60N/10mm	≥100N/10mm
断裂伸长率	≥450%	≥250%	≥300%	≥400%

低温弯折性	-40℃,无裂纹	-20℃,无裂纹	-20℃,无裂纹	-20℃,无裂纹
不透水性	压力 0.3MPa,保持时间 120min,不透水			
撕裂强度	≥25kN/m	≥40kN/m	≥20N/10mm	≥120N/10mm
复合强度 (表层与芯层)	—	—	≥1.2N/mm	—

4.3.10 粘贴各类防水卷材应采用与卷材材性相容的胶粘材料,其粘结质量应符合表 4.3.10 的要求。

表 4.3.10 防水卷材粘结质量要求

项 目		自粘聚合物改性沥青防水卷材粘合面		三元乙丙橡胶和聚氯乙烯防水卷材胶粘剂	合成橡胶胶粘带	高分子自粘胶膜防水卷材粘合面
		聚酯毡胎体	无胎体			
剪切状态下的粘合性 (卷材-卷材)	标准试验条件(N/10mm) ≥	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
粘结剥离强度 (卷材-卷材)	标准试验条件(N/10mm) ≥	15 或卷材断裂		15 或卷材断裂	4 或卷材断裂	—
	浸水 168h 后保持率(%) ≥	70		70	80	—
与混凝土粘结强度(卷材-混凝土)	标准试验条件(N/10mm) ≥	15 或卷材断裂		15 或卷材断裂	6 或卷材断裂	20 或卷材断裂

4.3.11 聚乙烯丙纶复合防水卷材应采用聚合物水泥防水粘结材料,其物理性能应符合表 4.3.11 的要求。

表 4.3.11 聚合物水泥防水粘结材料物理性能

项 目		性能要求
与水泥基面的粘结 拉伸强度(MPa)	常温 7d	≥ 0.6
	耐水性	≥ 0.4
	耐冻性	≥ 0.4
可操作时间(h)		≥ 2
抗渗性(MPa, 7d)		≥ 1.0
剪切状态下的粘合性 (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

IV 施 工

4.3.12 卷材防水层的基面应坚实、平整、清洁，阴阳角处应做圆弧或折角，并应符合所用卷材的施工要求。

4.3.13 铺贴卷材严禁在雨天、雪天、五级及以上大风中施工；冷粘法、自粘法施工的环境气温不宜低于 5℃，热熔法、焊接法施工的环境气温不宜低于 -10℃。施工过程中下雨或下雪时，应做好已铺卷材的防护工作。

4.3.14 不同品种防水卷材的搭接宽度，应符合表 4.3.14 的要求。

表 4.3.14 防水卷材搭接宽度

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 (胶粘剂/胶粘带)
聚氯乙烯防水卷材	60/80 (单焊缝/双焊缝)
	100(胶粘剂)
聚乙烯丙纶复合防水卷材	100(粘结料)
高分子自粘胶膜防水卷材	70/80(自粘胶/胶粘带)

4.3.15 防水卷材施工前，基面应干净、干燥，并应涂刷基层处理剂；当基面潮湿时，应涂刷湿固化型胶粘剂或潮湿界面隔离剂。基层处理剂的配制与施工应符合下列要求：

- 1 基层处理剂应与卷材及其粘结材料的材性相容；
- 2 基层处理剂喷涂或刷涂应均匀一致，不应露底，表面干燥后方可铺贴卷材。

4.3.16 铺贴各类防水卷材应符合下列规定：

- 1 应铺设卷材加强层。
- 2 结构底板垫层混凝土部位的卷材可采用空铺法或点粘法施工，其粘结位置、点粘面积应按设计要求确定；侧墙采用外防外贴法的卷材及顶板部位的卷材应采用满粘法施工。
- 3 卷材与基面、卷材与卷材间的粘结应紧密、牢固；铺贴完成的卷材应平整顺直，搭接尺寸应准确，不得产生扭曲和皱折。
- 4 卷材搭接处和接头部位应粘贴牢固，接缝口应封严或采用材性相容的密封材料封缝。
- 5 铺贴立面卷材防水层时，应采取防止卷材下滑的措施。
- 6 铺贴双层卷材时，上下两层和相邻两幅卷材的接缝应错开 $1/3$ — $1/2$ 幅宽，且两层卷材不得相互垂直铺贴。

4.3.17 弹性体改性沥青防水卷材和改性沥青聚乙烯胎防水卷材采用热熔法施工应加热均匀，不得加热不足或烧穿卷材，搭接缝部位应溢出热熔的改性沥青。

4.3.18 铺贴自粘聚合物改性沥青防水卷材应符合下列规定：

- 1 基层表面应平整、干净、干燥、无尖锐突起物或孔隙；
- 2 排除卷材下面的空气，应辊压粘贴牢固，卷材表面不得有扭曲、皱折和起泡现象；
- 3 立面卷材铺贴完成后，应将卷材端头固定或嵌入墙体顶部的凹槽内，并应用密封材料封严；
- 4 低温施工时，宜对卷材和基面适当加热，然后铺贴卷材。

4.3.19 铺贴三元乙丙橡胶防水卷材应采用冷粘法施工，并应符合下列规定。

- 1 基底胶粘剂应涂刷均匀，不应露底、堆积；
- 2 胶粘剂涂刷与卷材铺贴的间隔时间应根据胶粘剂的性能控制；
- 3 铺贴卷材时，应辊压粘贴牢固；
- 4 搭接部位的粘合面应清理干净，并应采用接缝专用胶粘剂或胶粘带粘结。

4.3.20 铺贴聚氯乙烯防水卷材，接缝采用焊接法施工时，应符合下列规定：

- 1 卷材的搭接缝可采用单焊缝或双焊缝。单焊缝搭接宽度应为 60mm，有效焊接宽度不应小于 30mm；双焊缝搭接宽度应为 80mm，中间应留设 10—20mm 的空腔，有效焊接宽度不宜小于 10mm。
- 2 焊接缝的结合面应清理干净，焊接应严密。
- 3 应先焊长边搭接缝，后焊短边搭接缝。

4.3.21 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粘结材料；
- 2 卷材与基层粘贴应采用满粘法，粘结面积不应小于 90%，刮涂粘结料应均匀，不应露底、堆积；
- 3 固化后的粘结料厚度不应小于 1.3mm；
- 4 施工完的防水层应及时做保护层。

4.3.22 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、无明显积水;
- 3 卷材长边应采用自粘边搭接,短边应采用胶粘带搭接,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 10~20mm 内,应每隔 400—600mm 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。

4.3.23 采用外防外贴法铺贴卷材防水层时,应符合下列规定:

- 1 应先铺平面,后铺立面,交接处应交叉搭接。
- 2 临时性保护墙宜采用石灰砂浆砌筑,内表面宜做找平层。
- 3 从底面折向立面的卷材与永久性保护墙的接触部位,应采用空铺法施工;卷材与临时性保护墙或围护结构模板的接触部位,应将卷材临时贴附在该墙上或模板上,并应将顶端临时固定。
- 4 当不设保护墙时,从底面折向立面的卷材接槎部位应采取可靠的保护措施。
- 5 混凝土结构完成,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;卷材接槎的搭接长度,高聚物改性沥青类卷材应为 150mm,合成高分子类卷材应为 100mm;当使用两层卷材时,卷材应错槎接缝,上层卷材应盖过下层卷材。

卷材防水层甩槎、接槎构造见图 4.3.23。

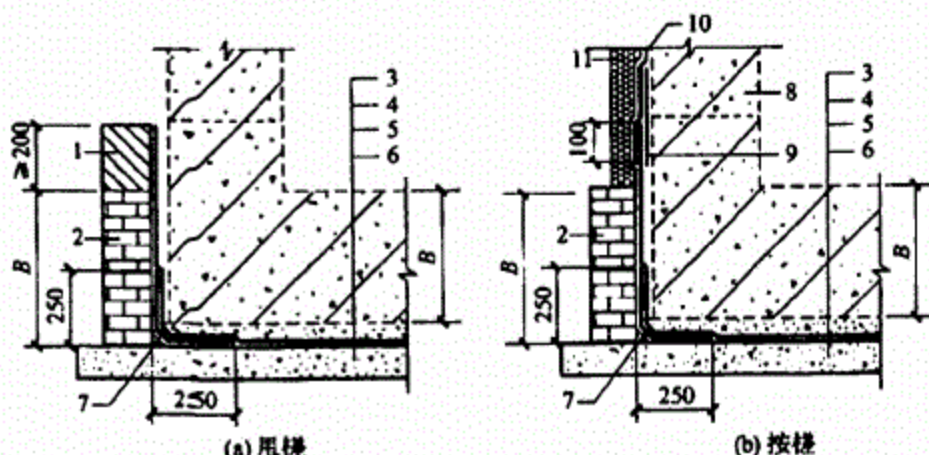


图 4.3.23 卷材防水层甩槎、接槎构造

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;8—结构墙体;

9—卷材加强层;10—卷材防水层;11—卷材保护层

4.3.24 采用外防内贴法铺贴卷材防水层时,应符合下列规定:

- 1 混凝土结构的保护墙内表面应抹厚度为 20mm 的 1:3 水泥砂浆找平层,然后铺贴卷材。
- 2 卷材宜先铺立面,后铺平面;铺贴立面时,应先铺转角,后铺大面。

4.3.25 卷材防水层经检查合格后,应及时做保护层,保护层应符合下列规定:

- 1 顶板卷材防水层上的细石混凝土保护层,应符合下列规定:
 - 1) 采用机械碾压回填土时,保护层厚度不宜小于 70mm;
 - 2) 采用人工回填土时,保护层厚度不宜小于 50mm;
 - 3) 防水层与保护层之间宜设置隔离层。
- 2 底板卷材防水层上的细石混凝土保护层厚度不应小于 50mm。
- 3 侧墙卷材防水层宜采用软质保护材料或铺抹 20mm 厚 1:2.5 水泥砂浆层。

4.4 涂料防水层

I 一般规定

4.4.1 涂料防水层应包括无机防水涂料和有机防水涂料。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。

4.4.2 无机防水涂料宜用于结构主体迎水面,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,且与基层有较好的粘结性。

II 设计

4.4.3 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粘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。

4.4.4 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 50mm,阳角直径宜大于 10mm,在底板转角部位应增加胎体增强材料,并应增涂防水涂料。

4.4.5 防水涂料宜采用外防外涂或外防内涂(图 4.4.5—1、4.4.5—2)。

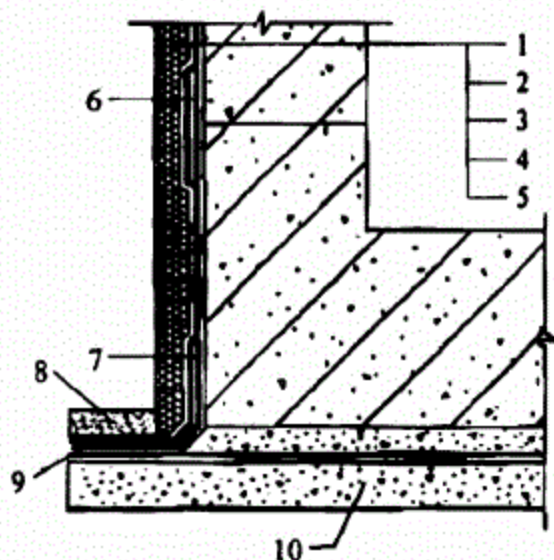


图 4.4.5-1 防水涂料外防外涂构造

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—涂料防水层加强层；7—涂料防水加强层；
8—涂料防水层搭接部位保护层；9—涂料防水层搭接部位；10—混凝土垫层

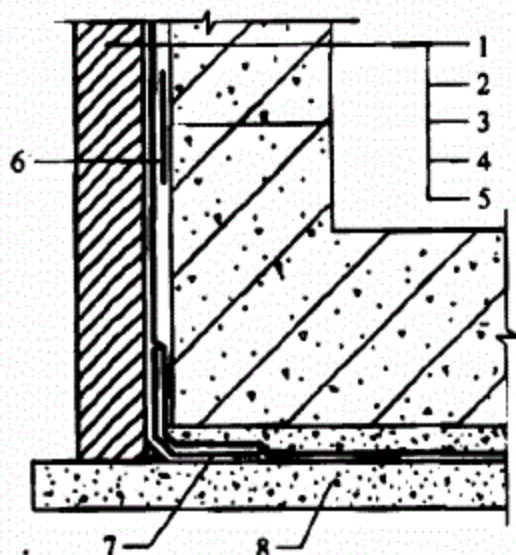


图 4.4.5-2 防水涂料外防内涂构造

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—涂料防水层加强层；7—涂料防水加强层；
8—混凝土垫层

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

III 材料

4.4.7 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粘结性和耐磨性，有机防水涂料应具有较好的延伸性及较大适应基层变形能力。

4.4.8 无机防水涂料的性能指标应符合表 4.4.8—1 的规定，有机防水涂料的性能指标应符合表 4.4.8—2 的规定。

表 4.4.8-1 无机防水涂料的性能指标

涂料种类	抗折强度 (MPa)	粘结强度 (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 4.4.8-2 有机防水涂料的性能指标

涂料 种类	可操作 时间 (min)	潮湿基 面粘结 强度 (MPa)	抗渗性(MPa)			浸水 168h 后拉伸强度 (MPa)	浸水 168h 后断裂 伸长率 (%)	耐水 性 (%)	表干 (h)	实干 (h)
			涂膜 (120min)	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 168h 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；

2 耐水性指标是指材料浸水 168h 后取出擦干即进行试验，其粘结强度及抗渗性的保持率。

IV 施 工

4.4.9 无机防水涂料基层表面应干净、平整、无浮浆和明显积水。

4.4.10 有机防水涂料基层表面应基本干燥，不应有气孔、凹凸不平、蜂窝麻面等缺陷。涂料施工前，基层阴阳角应做成圆弧形。

4.4.11 涂料防水层严禁在雨天、雾天、五级及以上大风时施工，不得在施工环境温度低于 5℃ 及高于 35℃ 或烈日暴晒时施工。涂膜固化前如有降雨可能时，应及时做好已完涂层的保护工作。

4.4.12 防水涂料的配制应按涂料的技术要求进行。

4.4.13 防水涂料应分层刷涂或喷涂，涂层应均匀，不得漏刷漏涂；接槎宽度不应小于 100mm。

4.4.14 铺贴胎体增强材料时，应使胎体层充分浸透防水涂料，不得有露槎及褶皱。

4.4.15 有机防水涂料施工完后应及时做保护层，保护层应符合下列规定：

- 1 底板、顶板应采用 20mm 厚 1: 2. 5 水泥砂浆层和 40~50mm 厚的细石混凝土保护层，防水层与保护层之间宜设置隔离层；
- 2 侧墙背水面保护层应采用 20mm 厚 1: 2. 5 水泥砂浆；
- 3 侧墙迎水面保护层宜选用软质保护材料或 20mm 厚 1: 2. 5 水泥砂浆。

4.5 塑料防水板防水层

I 一般规定

4.5.1 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。

4.5.2 塑料防水板防水层宜铺设在复合式衬砌的初期支护和二次衬砌之间。

4.5.3 塑料防水板防水层宜在初期支护结构趋于基本稳定后铺设。

II 设 计

4.5.4 塑料防水板防水层应由塑料防水板与缓冲层组成。

4.5.5 塑料防水板防水层可根据工程地质、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。

4.5.6 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平整情况确定，拱部宜为 0. 5—0. 8m、边墙宜为 1. 0—1. 5m、底部宜为 1. 5~2. 0m。局部凹凸较大时，应在凹处加密固定点。

III 材 料

4.5.7 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。

4.5.8 塑料防水板应符合下列规定：

- 1 幅宽宜为2—4m；
- 2 厚度不得小于1.2mm；
- 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 塑料防水板主要性能指标应符合表4.5.8的规定。

表 4.5.8 塑料防水板主要性能指标

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,120min (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

4.5.9 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4.5.9的规定。

表 4.5.9 缓冲层材料性能指标

性能指标 材料名称	抗拉强度 (N/50mm)	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	—	—

4.5.10 暗钉圈应采用与塑料防水板相容的材料制作，直径不应小于80mm

IV 施 工

4.5.11 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 $1/6$ 。

注：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。

4.5.12 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(图4.5.12)。钉距应符合本规范第4.5.6条的规定。

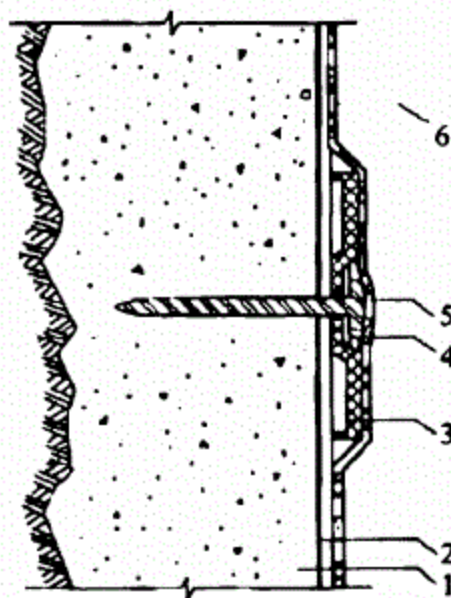


图 4.5.12 暗钉圈固定缓冲层

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

4.5.13 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 100mm。搭接缝应为热熔双焊缝，每条焊缝的有效宽度不应小于 10mm；
- 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。

4.5.14 接缝焊接时，塑料板的搭接层数不得超过三层。

4.5.15 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。

4.5.16 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。

4.5.17 防水板的铺设应超前混凝土施工，超前距离宜为 5~20m，并应设临时挡板防止机械损伤和电火花灼伤防水板。

4.5.18 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。

4.5.19 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。

4.6 塑料防水板防水层

4.6.1 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。

4.6.2 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。

4.6.3 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(图 4. 6. 3)。

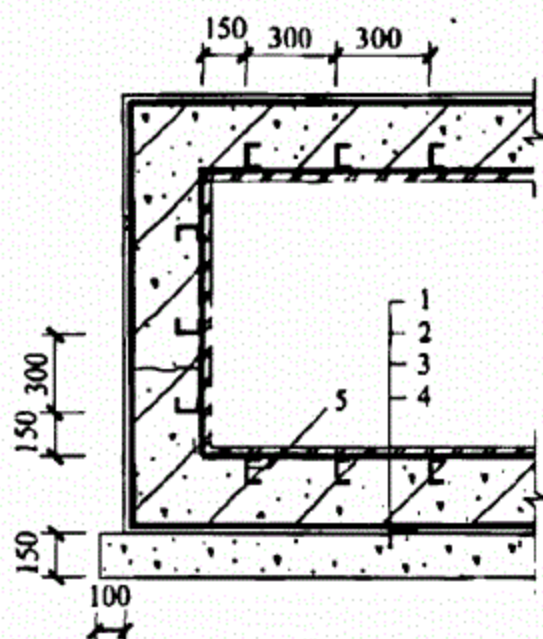


图 4. 6. 3 金属板防水层

1—金属板；2—主体结构；3—防水砂浆；
4—垫层；5—锚固筋

4.6.4 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(图 4. 6. 4)。

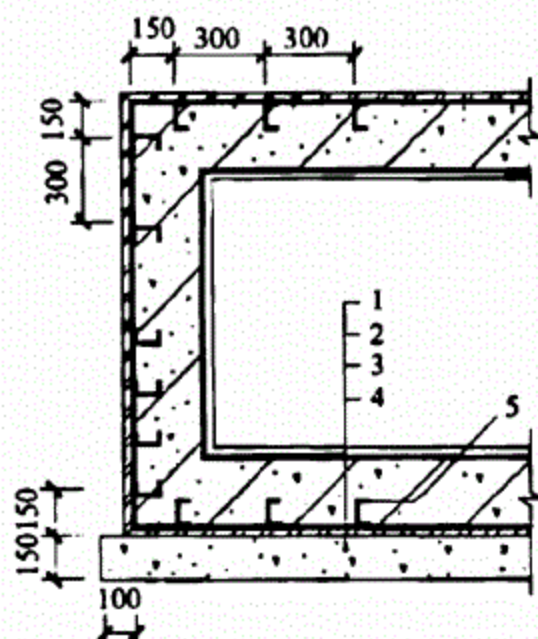


图 4.6.4 金属板防水层

1—防水砂浆;2—主体结构;3—金属板;
4—垫层;5—锚固筋

4.6.5 金属板防水层应用临时支撑加固。金属板防水层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后应补焊严密。

4.6.6 金属板防水层如先焊成箱体,再整体吊装就位时,应在其内部加设临时支撑。

4.6.7 金属板防水层应采取防锈措施。

4.7 膨润土防水材料防水层

I 一般规定

4.7.1 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。

4.7.2 膨润土防水材料防水层应用于 pH 值为 4~10 的地下环境,含盐量较高的地下环境应采用经过改性处理的膨润土,并应经检测合格后使用。

4.7.3 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,防水层两侧应具有一定的夹持力。

II 设计

4.7.4 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,水泥砂浆强度等级不得低于 M7.5。

4.7.5 阴、阳角部位应做成直径不小于 30mm 的圆弧或 30×30mm 的坡角。

4.7.6 变形缝、后浇带等接缝部位应设置宽度不小于 500mm 的加强层，加强层应设置在防水层与结构外表面之间。

4.7.7 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。

III 材 料

4.7.8 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连结紧密；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 0.6~1.0mm 的高密度聚乙烯片材。

4.7.9 膨润土防水材料的性能指标应符合表 4.7.9 的要求。

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	胶粘法钠基 膨润土防水毯
单位面积质量(g/m ² 、干重)	≥4000		
膨润土膨胀指数(ml/2g)	≥24		
拉伸强度(N/100 mm)	≥600	≥700	≥600
最大负荷下伸长率(%)	≥10	≥10	≥8

剥离 强度	非制造布·编织布 (N/10cm)	≥40	≥40	—
	PE 膜·非制造布 (N/10cm)	—	≥30	—
渗透系数(cm/s)		≤5×10 ⁻¹¹	≤5×10 ⁻¹¹	≤1×10 ⁻¹¹
滤失量(ml)		≤18		
膨润土耐久性/(ml/2g)		≥20		

IV 施 工

4.7.10 基层应坚实、清洁,不得有明水和积水。平整度应符合本规范第 4.5.11 条的规定。

4.7.11 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—500mm,平面上应在搭接缝处固定。

4.7.12 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。

4.7.13 膨润土防水材料应采用搭接法连接,搭接宽度应大于 100mm。搭接部位的固定位置距搭接边缘的距离宜为 25—30mm,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—0.5kg/m。

4.7.14 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。

4.7.15 膨润土防水材料分段铺设时,应采取临时防护措施。

4.7.16 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。

4.7.17 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。

4.7.18 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 400mm,搭接范围内应涂抹膨润土密封膏或铺撒膨润土粉。

4.7.19 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 100mm;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。

4.8 地下工程种植顶板防水

I 一般规定

4.8.1 地下工程种植顶板的防水等级应为一级。

4.8.2 种植土与周边自然土体不相连,且高于周边地坪时,应按种植屋面要求设计。

4.8.3 地下工程种植顶板结构应符合下列规定:

- 1 种植顶板应为现浇防水混凝土,结构找坡,坡度宜为 1%—2%;
- 2 种植顶板厚度不应小于 250mm,最大裂缝宽度不应大于 0.2mm,并不得贯通;
- 3 种植顶板的结构荷载设计应按国家现行标准《种植屋面工程技术规程》JGJ 155 的有关规定执行。

4.8.4 地下室顶板面积较大时,应设计蓄水装置;寒冷地区的设计,冬秋季时宜将种植土中的积水排出。

II 设计

4.8.5 种植顶板防水设计应包括主体结构防水、管线、花池、排水沟、通风井和亭、台、架、柱等构配件的防排水、泛水设计。

4.8.6 地下室顶板为车道或硬铺地面时,应根据工程所在地区现行建筑节能标准进行绝热(保温)层的设计。

4.8.7 少雨地区的地下工程顶板种植土宜与大于 1 / 2 周边的自然土体相连,若低于周边土体时,宜设置蓄排水层。

4.8.8 种植土中的积水宜通过盲沟排至周边土体或建筑排水系统。

4.8.9 地下工程种植顶板的防排水构造应符合下列要求:

- 1 耐根穿刺防水层应铺设在普通防水层上面。
- 2 耐根穿刺防水层表面应设置保护层,保护层与防水层之间应设置隔离层。
- 3 排(蓄)水层应根据渗水性、储水量、稳定性、抗生物性和碳酸盐含量等因素进行设计;排(蓄)水层应设置在保护层上面,并结合排水沟分区设置。
- 4 排(蓄)水层上应设置过滤层,过滤层材料的搭接宽度不应小于 200mm。
- 5 种植土层与植被层应符合国家现行标准《种植屋面工程技术规程》JGJ 155 的有关规定。

4.8.10 地下工程种植顶板防水材料应符合下列要求:

- 1 绝热(保温)层应选用密度小、压缩强度大、吸水率低的绝热材料,不得选用散状绝热材料;
- 2 耐根穿刺层防水材料的选用应符合国家相关标准的规定或具有相关权威检测机构出具的材料性能检测报告;
- 3 排(蓄)水层应选用抗压强度大且耐久性好的塑料排水板、网状交织排水板或轻质陶粒等轻质材料。

III 绿化改造

4.8.11 已建地下工程顶板的绿化改造应经结构验算,在安全允许的范围内进行。

4.8.12 种植顶板应根据原有结构体系合理布置绿化。

4.8.13 原有建筑不能满足绿化防水要求时,应进行防水改造。加设的绿化工程不得破坏原有防水层及其保护层。

IV 细部构造

4.8.14 防水层下不得埋设水平管线。垂直穿越的管线应预埋套管,套管超过种植土的高度应大于 150mm。

4.8.15 变形缝应作为种植分区边界,不得跨缝种植。

4.8.16 种植顶板的泛水部位应采用现浇钢筋混凝土,泛水处防水层高出种植土应大于 250mm。

4.8.17 泛水部位、水落口及穿顶板管道四周宜设置 200~300mm 宽的卵石隔离带。

5 地下工程混凝土结构细部构造防水

5.1 变形缝

I 一般规定

5.1.1 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。

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

5.1.3 变形缝处混凝土结构的厚度不应小于 300mm。

II 设计

5.1.4 用于沉降的变形缝最大允许沉降差值不应大于 30mm。

5.1.5 变形缝的宽度宜为 20—30mm。

5.1.6 变形缝的防水措施可根据工程开挖方法、防水等级按本规范表 3.3.1—1、3.3.1—2 选用。变形缝的几种复合防水构造形式,见图 5.1.6—1—5.1.6—3。

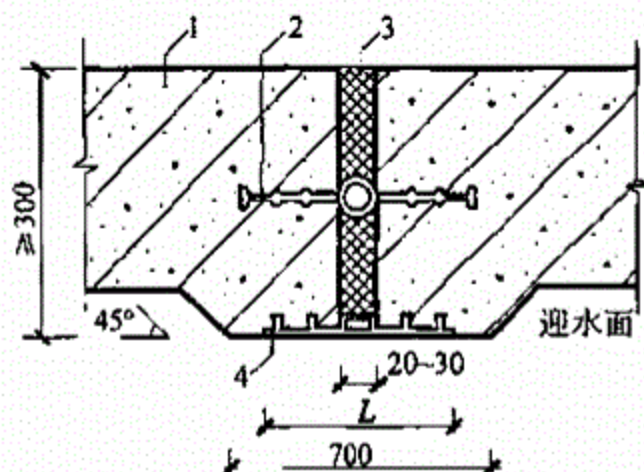


图 5.1.6-1 中埋式止水带与外贴防水层复合使用

外贴式止水带 $L \geq 300$

外贴防水卷材 $L \geq 400$

外涂防水涂层 $L \geq 400$

1—混凝土结构;2—中埋式止水带;3—填缝材料;4—外贴止水带

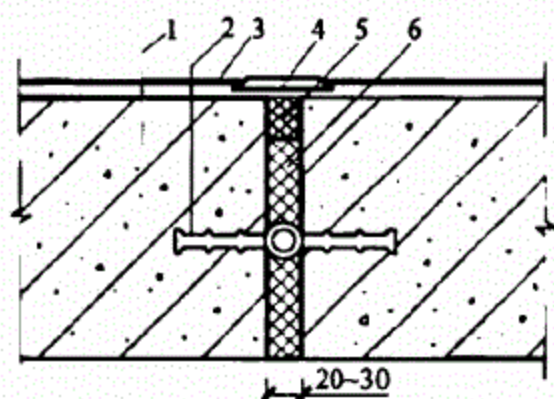


图 5.1.6-2 中埋式止水带与嵌缝材料复合使用

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

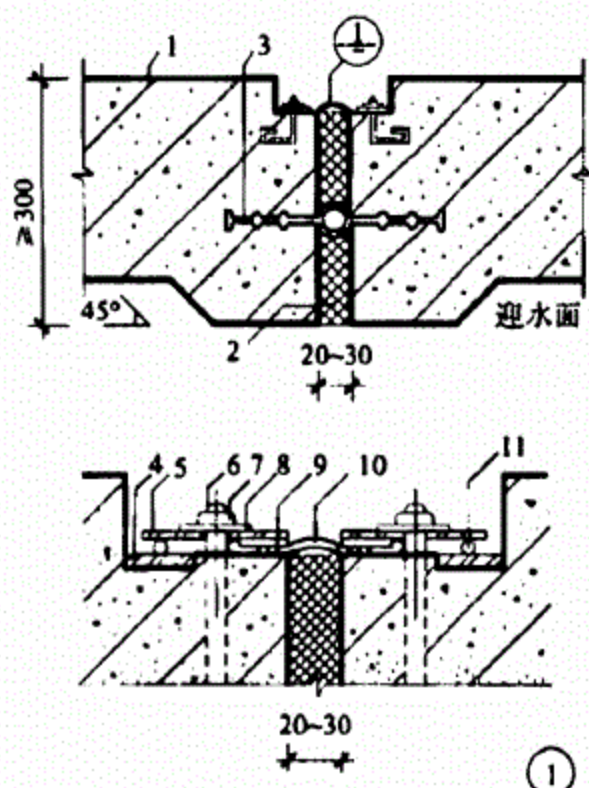


图 5.1.6-3 中埋式止水带与可卸式止水带复合使用

1—混凝土结构；2—填缝材料；3—中埋式止水带；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型止水带；11—紧固件圆钢

5.1.7 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(图 11.7)。

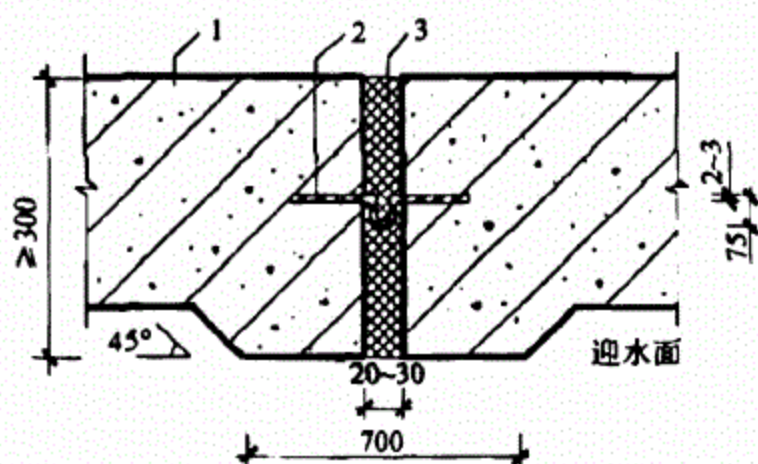


图 5.1.7 中埋式金属止水带

1—混凝土结构；2—金属止水带；3—填缝材料

III 材料

5.1.8 变形缝用橡胶止水带的物理性能应符合表 5.18 的要求。

表 5.1.8 橡胶止水带物理性能

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℃×24h, %	≤35	≤35	≤25
	23℃×168h, %	≤20	≤20	≤20
撕裂强度(kN/m)		≥30	≥25	≥25
脆性温度(℃)		≤-45	≤-40	≤-40

续表 5.1.8

项 目			性能要求		
			B 型	S 型	J 型
热空气老化	70℃×168h	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℃×168h	硬度变化(邵尔 A,度)			+8
		拉伸强度(MPa)			≥9
		扯断伸长率(%)		—	≥250
橡胶与金属粘合			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;

2 橡胶与金属粘合指标仅适用于具有钢边的止水带。

5.1.9 密封材料应采用混凝土建筑接缝用密封胶,不同模量的建筑接缝用密封胶的物理性能应符合表 5.1.9 的要求

表 5.1.9 建筑接缝用密封胶物理性能

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	
拉伸模量(MPa)		23℃ -20℃	≤0.4 和 ≤0.6	>0.4 或 >0.6	≤0.4 和 ≤0.6	>0.4 或 >0.6
定伸粘结性			无破坏			
浸水后定伸粘结性			无破坏			
热压冷拉后粘结性			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。

IV 施 工

5.1.10 中埋式止水带施工应符合下列规定:

- 1 止水带埋设位置应准确,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、底板内止水带应成盆状安设；
- 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，应设在边墙较高位置上，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200mm，转角半径应随止水带的宽度增大而相应加大。

5.1.11 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。

5.1.12 变形缝与施工缝均用外贴式止水带(中埋式)时，其相交部位宜采用十字配件(图5.1.12—1)。变形缝用外贴式止水带的转角部位宜采用直角配件(图5.1.12-2)。

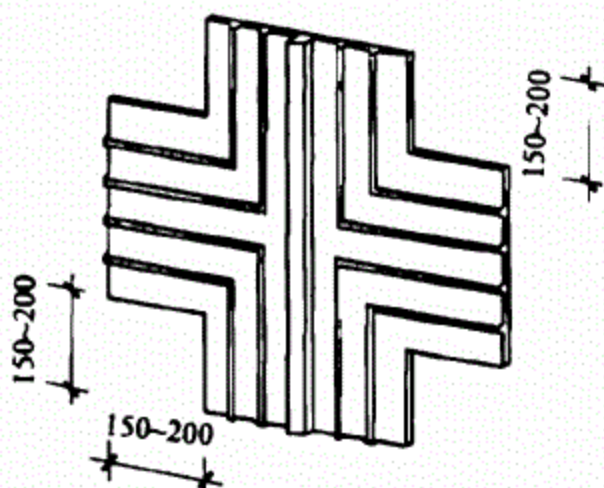


图 5.1.12-1 外贴式止水带在施工缝与变形缝相交处的十字配件

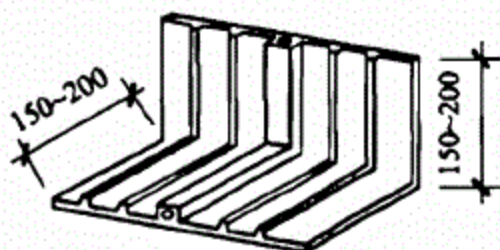


图 5.1.12-2 外贴式止水带在转角处的直角配件

5.1.13 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，并应粘结牢固。

5.1.14 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本规范第 4.3 和 4.4 节的有关规定。

5.2 后 浇 带

I 一般规定

5.2.1 后浇带宜用于不允许留设变形缝的工程部位。

5.2.2 后浇带应在其两侧混凝土龄期达到 42d 后再施工;高层建筑的后浇带施工应按规定时间进行。

5.2.3 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。

II 设 计

5.2.4 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 700-1000mm。

5.2.5 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图 5.2.5—1—5.2.5—3。

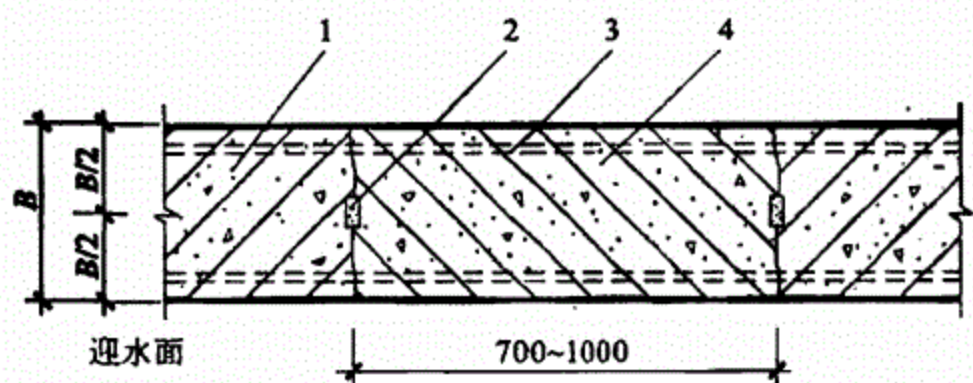


图 5.2.5-1 后浇带防水构造(一)

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

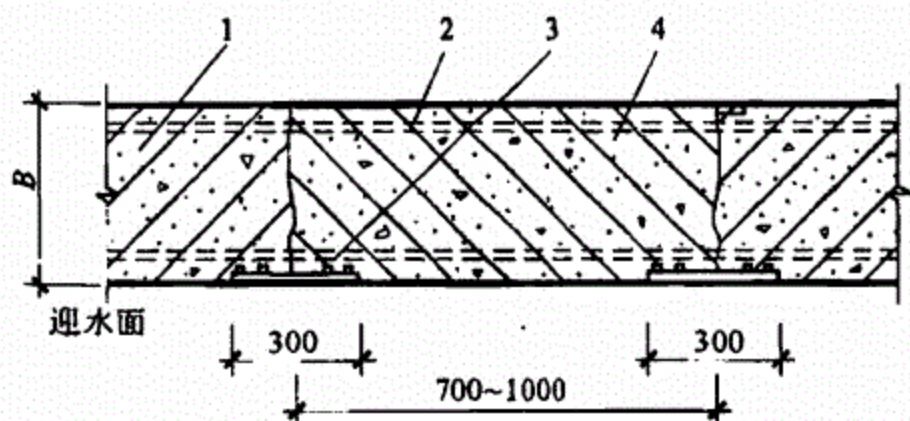


图 5.2.5-2 后浇带防水构造(二)

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

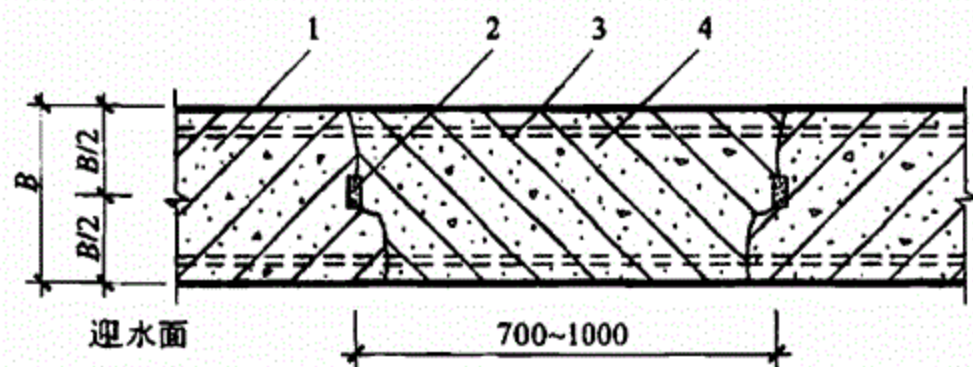


图 5.2.5-3 后浇带防水构造(三)

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

5.2.6 采用掺膨胀剂的补偿收缩混凝土，水中养护 14d 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。

III 材料

5.2.7 用于补偿收缩混凝土的水泥、砂、石、拌合水及外加剂、掺合料等应符合本规范第 4.1 节的有关规定。

5.2.8 混凝土膨胀剂的物理性能应符合表 5.2.8 的要求。

表 5.2.8 混凝土膨胀剂物理性能

项 目			性能指标
细 度	比表面积(m^2/kg)		≥ 250
	0.08mm 筛余(%)		≤ 12
	1.25mm 筛余(%)		≤ 0.5
凝 结 时 间	初凝(min)		≥ 45
	终凝(h)		≤ 10
限制膨胀率(%)	水中	7d	≥ 0.025
		28d	≤ 0.10
	空气中	21d	≥ -0.020
抗压强度(MPa)	7d		≥ 25.0
	28d		≥ 45.0
抗折强度(MPa)	7d		≥ 4.5
	28d		≥ 6.5

IV 施 工

5.2.9 补偿收缩混凝土的配合比除应符合本规范第 4.1.16 条的规定外，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。

5.2.10 后浇带混凝土施工前，后浇带部位和外贴式止水带应防止落入杂物和损伤外贴止水带。

5.2.11 后浇带两侧的接缝处理应符合本规范第 4.1.26 条的规定。

5.2.12 采用膨胀剂拌制补偿收缩混凝土时，应按配合比准确计量。

5.2.13 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 28d。

5.2.14 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(图 5.2.14)。

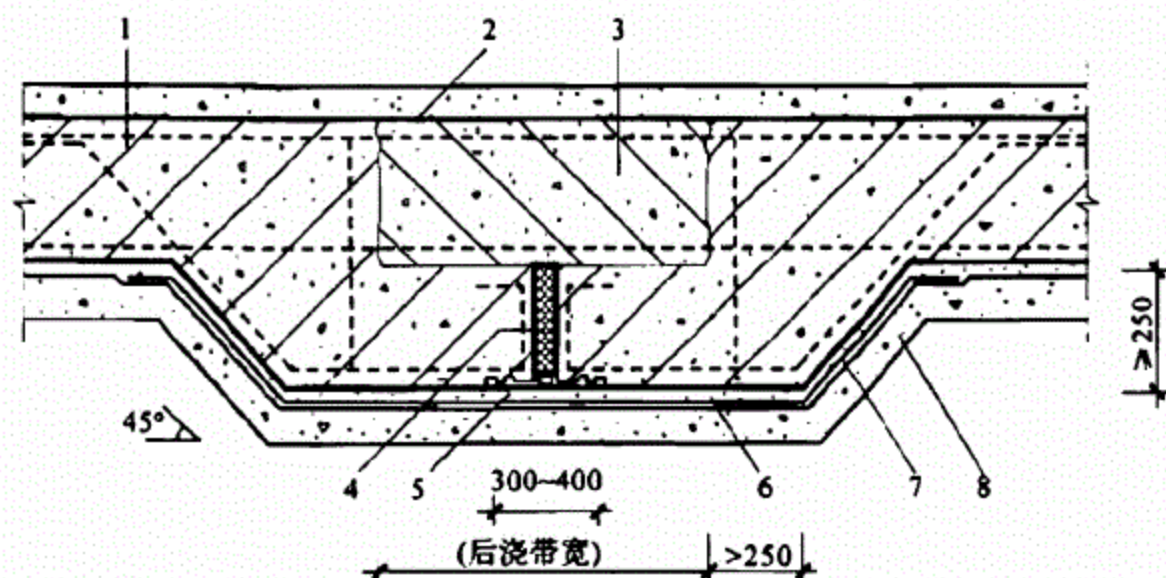


图 5.2.14 后浇带超前止水构造

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

5.3 穿墙管(盒)

5.3.1 穿墙管(盒)应在浇筑混凝土前预埋。

5.3.2 穿墙管与内墙角、凹凸部位的距离应大于 250mm。

5.3.3 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 5.3.3—1 和 5.3.3—2。

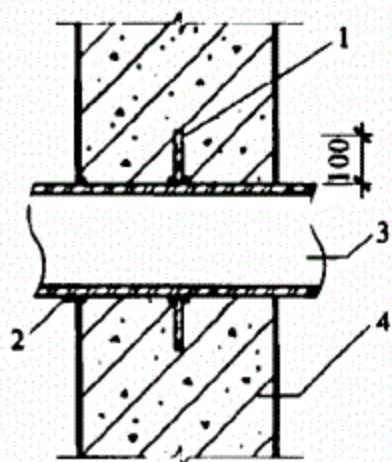


图 5.3.3-1 固定式穿墙管防水构造(一)
1 止水环;2—密封材料;3—主管;4—混凝土结构

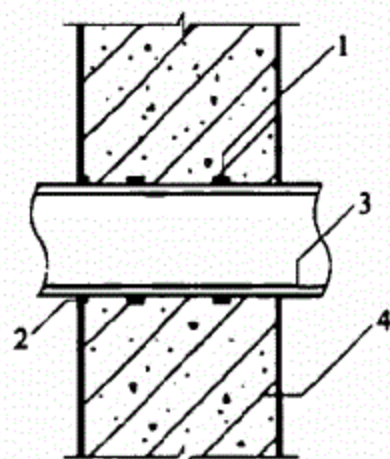


图 5.3.3-2 固定式穿墙管防水构造(二)
1—遇水膨胀止水圈;2—密封材料;3—主管;4—混凝土结构

5.3.4 结构变形或管道伸缩量较大或有更换要求时,应采用套管式放水法,套管应加焊止水环(图 5.3.4)

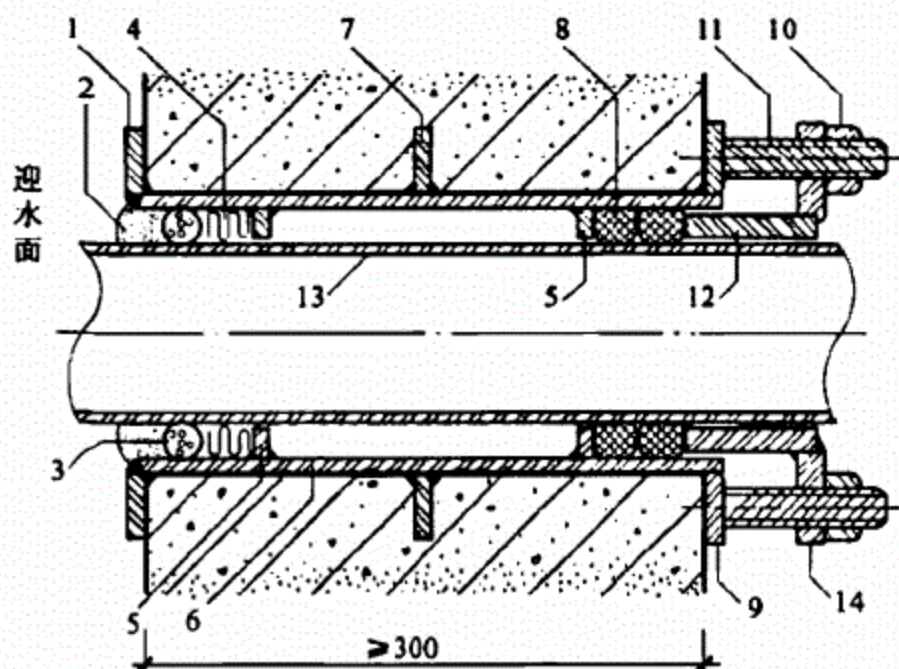


图 5.3.4 套管式穿墙管防水构造

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

5.3.5 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 300mm;
- 3 采用遇水膨胀止水圈的穿墙管, 管径宜小于 50mm, 止水圈应采用胶粘剂满粘固定于管上, 并应涂缓胀剂或采用缓胀型遇水膨胀止水圈。

5.3.6 穿墙管线较多时, 宜相对集中, 并应采用穿墙盒方法。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(图 5.3.6)。

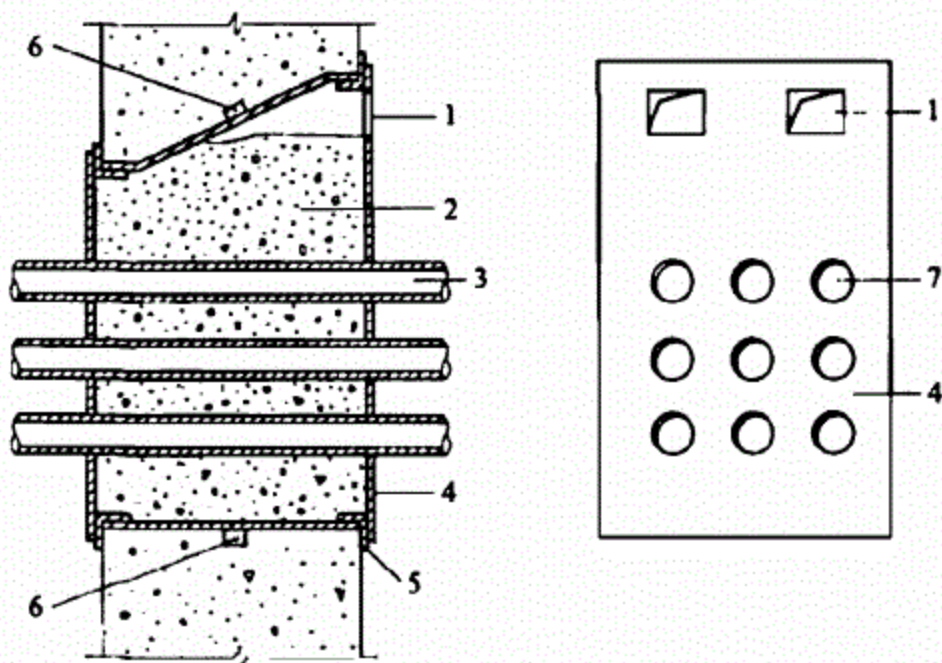


图 5.3.6 穿墙群管防水构造

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

5.3.7 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。

5.3.8 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。

5.4 埋设件

5.4.1 结构上的埋设件应采用预埋或预留孔(槽)等。

5.4.2 埋设件端部或预留孔(槽)底部的混凝土厚度不得小于 250mm，当厚度小于 250mm 时，应采取局部加厚或其他防水措施(图 5.4.2)。

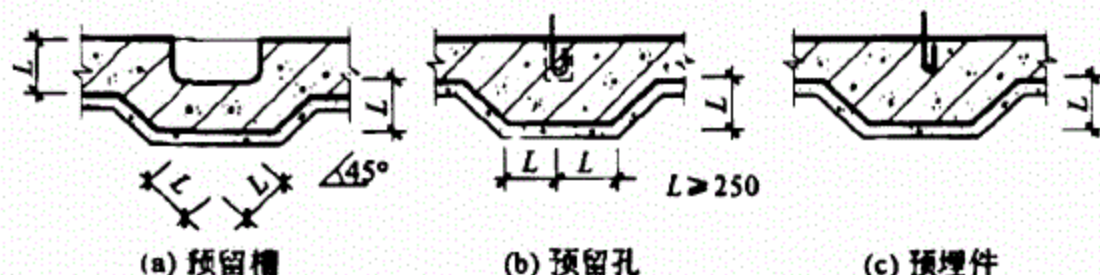


图 5.4.2 预埋件或预留孔(槽)处理

5.4.3 预留孔(槽)内的防水层，宜与孔(槽)外的结构防水层保持连续。

5.5 埋设件

5.5.1 预留通道接头处的最大沉降差值不得大于 30mm。

5.5.2 预留通道接头应采取变形缝防水构造形式(图 5. 5. 2—1、5. 5. 2—2)。

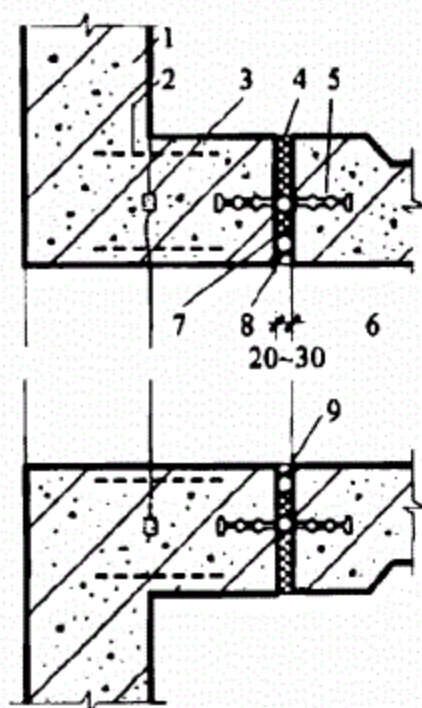


图 5.5.2-1 预留通道接头防水构造(一)

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—遇水膨胀橡胶条(胶);8—密封材料;9—填充材料

5.5.3 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本规范第 5.1 节的有关规定;

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 采用图 5. 5. 2—1 的防水构造时,在接头混凝土施工前应将先浇混凝土端部表面凿毛,露出钢筋或预埋的钢筋接驳器钢板,与待浇混凝土部位的钢筋焊接或连接好后再行浇筑;

4 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。

5.6 桩头

5.6.1 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粘结性、湿固化性;
- 2 桩头防水材料应与垫层防水层连为一体。

5.6.2 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。

5.6.3 桩头防水构造形式应符合图 5.6.3—1 和 5.6.3—2 的规定。

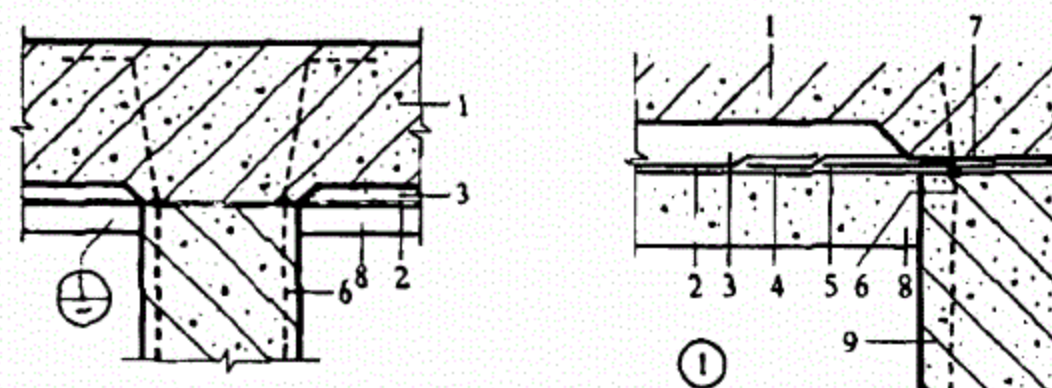


图 5.6.3-1 桩头防水构造(一)

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

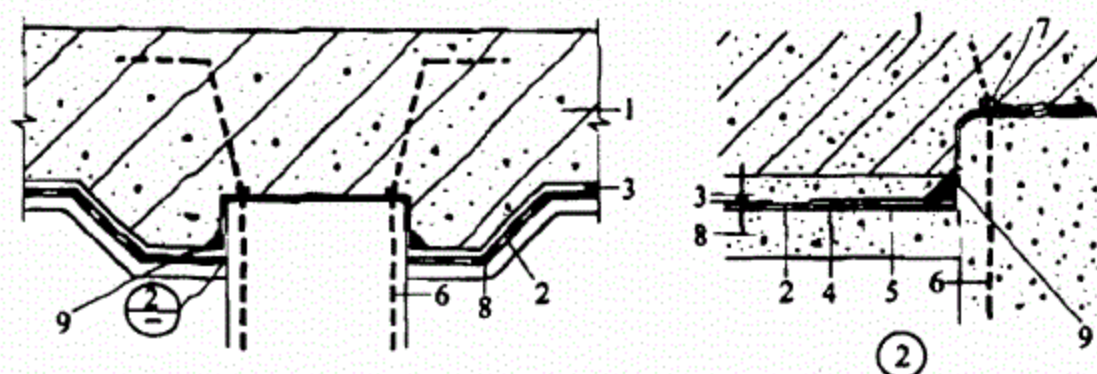


图 5.6.3-2 桩头防水构造(二)

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

5.7 孔口

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

5.7.2 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(图 5.7.2)。

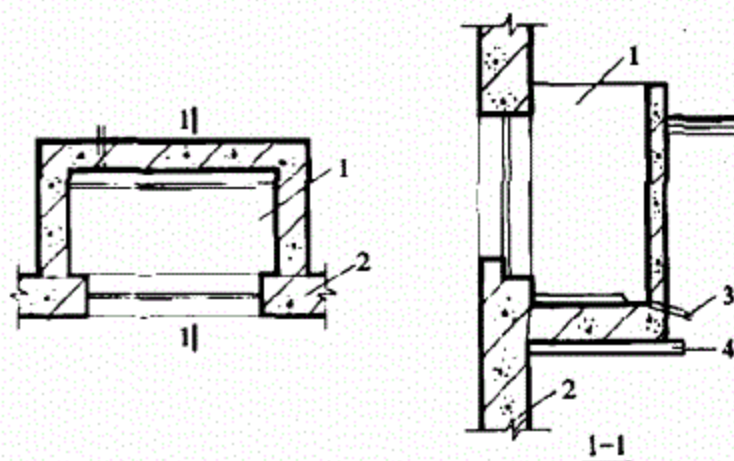


图 5.7.2 窗井防水构造

1—窗井；2—主体结构；3—排水管；4—垫层

5.7.3 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(图 5.7.3)。

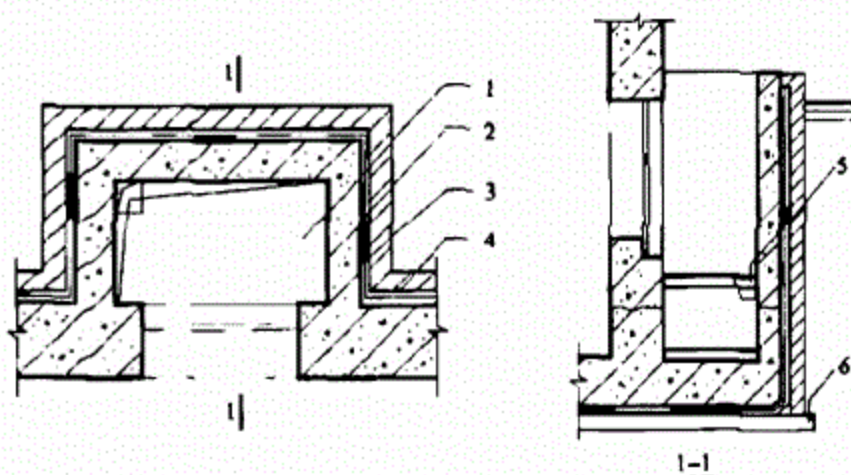


图 5.7.3 窗井防水构造

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

5.7.4 无论地下水位高低，窗台下部的墙体和底板应做防水层。

5.7.5 窗井内的底板，应低于窗下缘 300mm。窗井墙高出地面不得小于 500mm。窗井外地面应做散水，散水与墙面间应采用密封材料嵌填。

5.7.6 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 500mm。

5.8 坑、池

5.8.1 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。

5.8.2 底板以下的坑、池，其局部底板应相应降低，并应使防水层保持连续(图 5. 8. 2)。

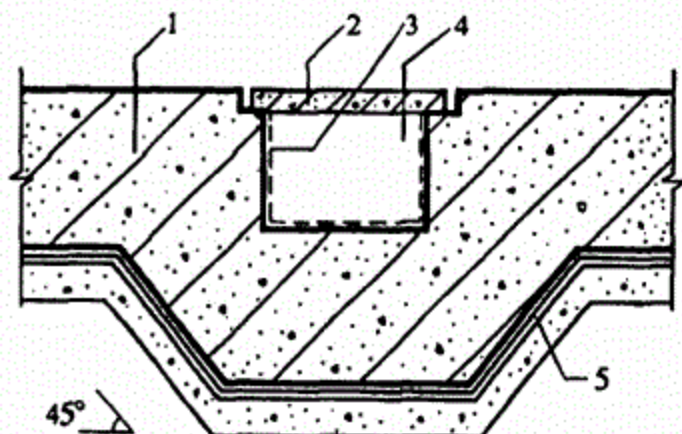


图 5.8.2 底板下坑、池的防水构造

1—底板；2—盖板；3—坑、池防水层；4—坑、池；5—主体结构防水层

6 地下工程排水

6.1 一般规定

6.1.1 制定地下工程防水方案时，应根据工程情况选用合理的排水措施。

6.1.2 有自流排水条件的地下工程，应采用自流排水法。无自流排水条件且防水要求较高的地下工程，可采用渗排水、盲沟排水、盲管排水、塑料排水板排水或机械抽水等排水方法。但应防止由于排水造成水土流失危及地面建筑物及农田水利设施。通向江、河、湖、海的排水口高程，低于洪(潮)水位时，应采取防倒灌措施。

6.1.3 隧道、坑道工程应采用贴壁式衬砌，对防水防潮要求较高的工程应采用复合式衬砌，也可采用离壁式衬砌或衬套。

6.2 设计

6.2.1 地下工程的排水应形成汇集、流径和排出等完整的排水系统。

6.2.2 地下工程应根据工程地质、水文地质及周围环境保护要求进行排水设计。

6.2.3 地下工程采用渗排水法时应符合下列规定：

- 1 宜用于无自流排水条件、防水要求较高且有抗浮要求的地下工程；
- 2 渗排水层应设置在工程结构底板以下，并应由粗砂过滤层与集水管组成(图 6. 2.

3);

3 粗砂过滤层总厚度宜为 300mm, 如较厚时应分层铺填, 过滤层与基坑土层接触处, 应采用厚度 100~150mm, 粒径 5~10mm 的石子铺填; 过滤层顶面与结构底面之间, 宜于铺一层卷材或 30~50mm 厚的 1: 3 水泥砂浆作隔浆层;

4 集水管应设置在粗砂过滤层下部, 坡度不宜小于 1%, 且不得有倒坡现象。集水管之间的距离宜为 5—10m。渗入集水管的地下水导入集水井后应用泵排走。

6.2.4 盲沟排水宜用于地基为弱透水性土层、地下水量不大或排水面积较小, 地下水位在建筑底板以下或在丰水期地下水位高于建筑底板的地下工程, 也可用于贴壁式衬砌的边墙及结构底部排水。

盲沟排水应设计为自流排水形式, 当不具备自流排水条件时, 应采取机械排水措施。

6.2.5 盲沟排水应符合下列要求:

1 宜将基坑开挖时的施工排水明沟与永久盲沟结合。

2 盲沟与基础最小距离的设计应根据工程地质情况选定; 盲沟设置应符合图 6. 2. 5—1 和图 6. 2. 5—2 的规定。

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;

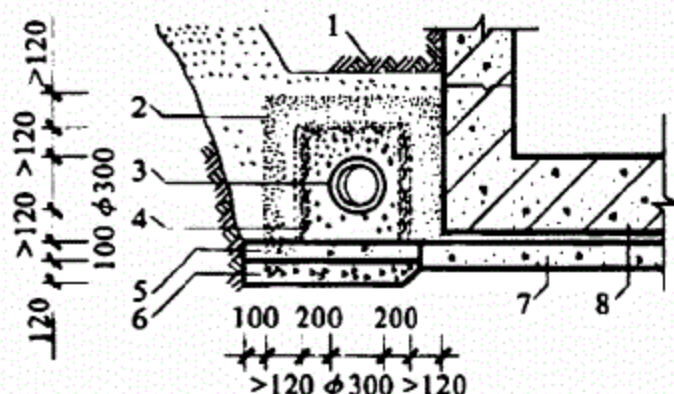


图 6.2.5-1 贴墙盲沟设置

1—素土夯实;2—中砂反滤层;3—集水管;
4—卵石反滤层;5—水泥/砂/碎石层;6—碎石夯实层;
7—混凝土垫层;8—主体结构

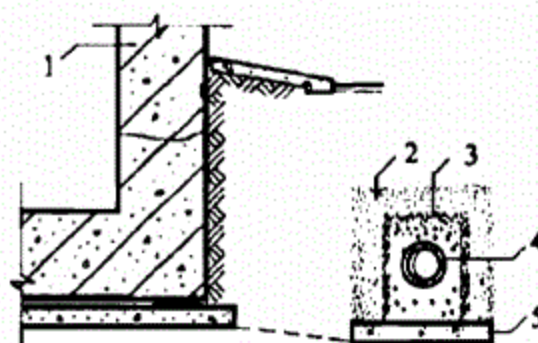


图 6.2.5-2 离墙盲沟设置

1—主体结构;2—中砂反滤层;3—卵石反滤层;
4—集水管;5—水泥/砂/碎石层

表 6.2.5 盲沟反滤层的层次和粒径组成

反滤层的层次	建筑物地区地层为砂性土时 (塑性指数 $IP < 3$)	建筑物地区地层为粘性土时 (塑性指数 $IP > 3$)
第一层(贴天然土)	用 1~3mm 粒径砂子组成	用 2~5mm 粒径砂子组成
第二层	用 3~10mm 粒径小卵石组成	用 5~10mm 粒径小卵石组成

4 渗排水管宜采用无砂混凝土管;

5 渗排水管应在转角处和直线段每隔一定距离设置检查井,井底距渗排水管底应留设 200~300mm 的沉淀部分,井盖应采取密封措施。

6.2.6 盲管排水宜用于隧道结构贴壁式衬砌、复合式衬砌结构的排水，排水体系应由环向排水盲管、纵向排水盲管或明沟等组成。

6.2.7 环向排水盲沟(管)设置应符合下列规定：

- 1 应沿隧道、坑道的周边固定于围岩或初期支护表面；
- 2 纵向间距宜为 5~20m，在水量较大或集中出水点应加密布置；
- 3 应与纵向排水盲管相连；
- 4 盲管与混凝土衬砌接触部位应外包无纺布形成隔浆层。

6.2.8 纵向排水盲管设置应符合下列规定：

- 1 纵向盲管应设置在隧道(坑道)两侧边墙下部或底部中间；
- 2 应与环向盲管和导水管相连接；
- 3 管径应根据围岩或初期支护的渗水量确定，但不得小于 100mm；
- 4 纵向排水坡度应与隧道或坑道坡度一致。

6.2.9 横向导水管宜采用带孔混凝土管或硬质塑料管，其设置应符合下列规定：

- 1 横向导水管应与纵向盲管、排水明沟或中心排水盲沟(管)相连；
- 2 横向导水管的间距宜为 5~25m，坡度宜为 2%；
- 3 横向导水管的直径应根据排水量大小确定，但内径不得小于 50mm。

6.2.10 排水明沟的设置应符合下列规定：

- 1 排水明沟的纵向坡度应与隧道或坑道坡度一致，但不得小于 0.2%；
- 2 排水明沟应设置盖板和检查井；
- 3 寒冷及严寒地区应采取防冻措施。

6.2.11 中心排水盲沟(管)设置应符合下列规定：

- 1 中心排水盲沟(管)宜设置在隧道底板以下，其坡度和埋设深度应符合设计要求。
- 2 隧道底板下与围岩接触的中心盲沟(管)宜采用无砂混凝土或渗水盲管，并应设置反滤层；仰拱以上的中心盲管宜采用混凝土管或硬质塑料管。
- 3 中心排水盲管的直径应根据渗排水量大小确定，但不宜小于 250mm。

6.2.12 贴壁式衬砌围岩渗水，可通过盲沟(管)、暗沟导入底部排水系统，其排水系统构造应符合图 6.2.12 的规定。

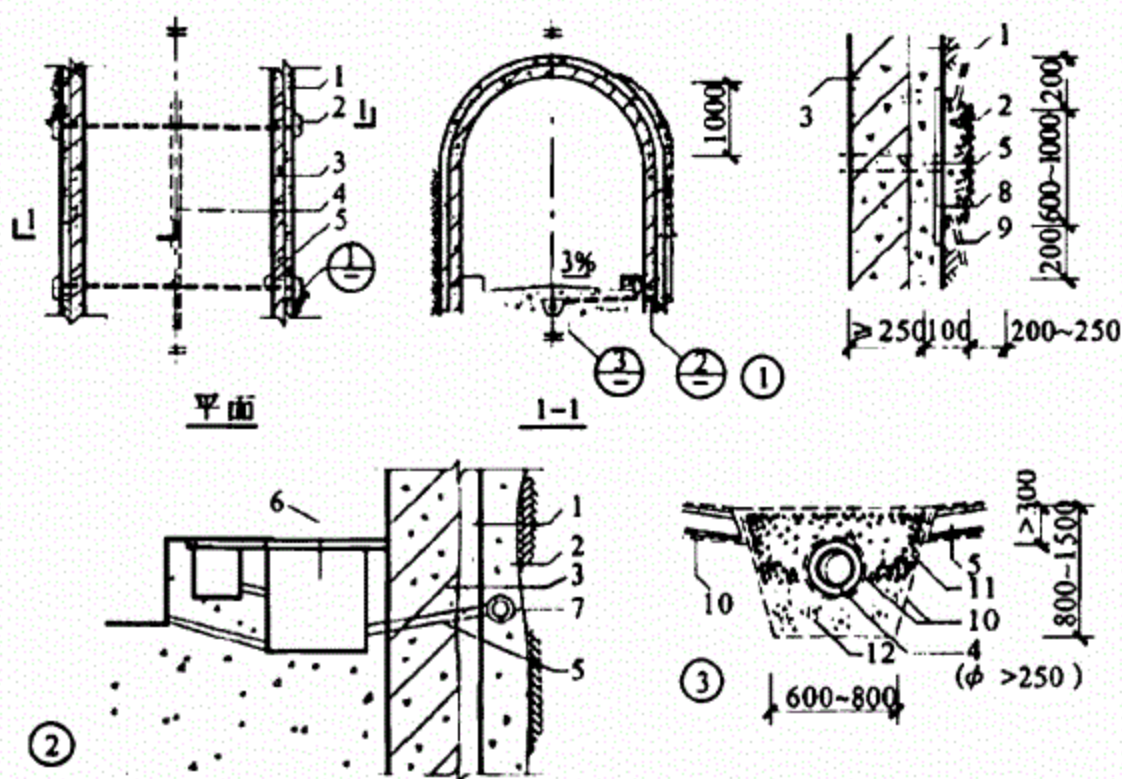


图 6.2.12 贴壁式衬砌排水构造

- 1—初期支护;2 盲沟;3—主体结构;4 中心排水盲管;
5—横向排水管;6—排水明沟;7—纵向集水盲管;8 隔浆层;
9—引流孔;10—无纺布;11—无砂混凝土;12—管座混凝土

6.2.13 离壁式衬砌的排水应符合下列规定:

- 1 围岩稳定和防潮要求高的工程可设置离壁式衬砌,衬砌与岩壁间的距离,拱顶部宜为 600~800mm,侧墙处不应小于 500mm;
- 2 衬砌拱部宜作卷材、塑料防水板、水泥砂浆等防水层;拱肩应设置排水沟,沟底应预埋排水管或设置排水孔,直径宜为 50~100mm,间距不宜大于 6m;在侧墙和拱肩处应设置检查孔(图 6.2.13);
- 3 侧墙外排水沟应做成明沟,其纵向坡度不应小于 0.5%。

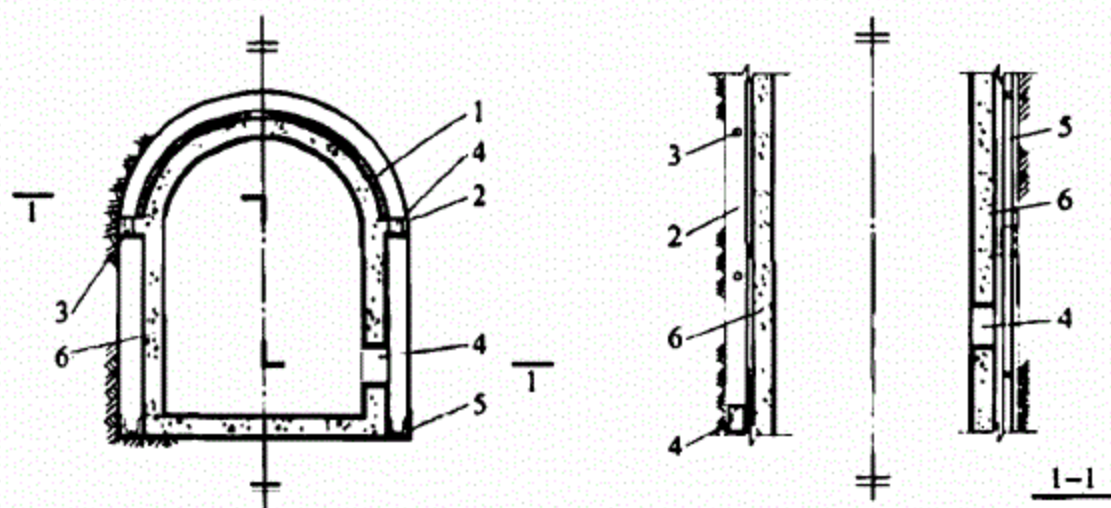


图 6.2.13 离壁式衬砌排水构造

1—防水层；2—拱肩排水沟；3—排水孔；4—检查孔；5—外排水沟；6—内衬混凝土

6.2.14 衬套排水应符合下列规定：

- 1 衬套外形应有利于排水，底板宜架空。
- 2 离壁衬套与衬砌或围岩的间距不应小于 150mm，在衬套外侧应设置明沟；半离壁衬套应在拱肩处设置排水沟。
- 3 衬套应采用防火、隔热性能好的材料制作，接缝宜采用嵌缝、粘结、焊接等方法密封。

6.3 材料

6.3.1 环、纵向盲沟(管)宜采用塑料丝盲沟，其规格、性能应符合国家现行标准《软式透水管》JC 937 的有关规定。

6.3.2 中心盲沟(管)宜采用预制无砂混凝土管，强度不应小于 3MPa。

6.3.3 塑料排水板的规格和性能应符合国家现行标准《塑料排水板质量检验标准》(JTJ / T 257 和本规范第 4.5 节的有关规定。

6.4 施工

6.4.1 纵向盲沟铺设前，应将基坑底铲平，并应按设计要求铺设碎砖(石)混凝土层。

6.4.2 集水管应放置在过滤层中间。

6.4.3 盲管应采用塑料(无纺布)带、水泥钉等固定在基层上，固定点拱部间距宜为 300~500mm，边墙宜为 1000~1200mm，在不平处应增加固定点。

6.4.4 环向盲管宜整条铺设，需要有接头时，宜采用与盲管相配套的标准接头及标准三通连接。

6.4.5 铺设于贴壁式衬砌、复合式衬砌隧道或坑道中的盲沟(管),在浇灌混凝土前,应采用无纺布包裹。

6.4.6 无砂混凝土管连接时,可采用套接或插接,连接应牢固,不得扭曲变形和错位。

6.4.7 隧道或坑道内的排水明沟及离壁式衬砌夹层内的排水沟断面,应符合设计要求,排水沟表面应平整、光滑。

6.4.8 不同沟、槽、管应连接牢固,必要时可外加无纺布包裹。

7 注浆防水

7.1 一般规定

7.1.1 注浆方案应根据工程地质及水文地质条件制定,并应符合下列要求:

- 1 工程开挖前,预计涌水量大的地段、断层破碎带和软弱地层,应采用预注浆;
- 2 开挖后有大股涌水或大面积渗漏水时,应采用衬砌前围岩注浆;
- 3 衬砌后渗漏水严重的地段或充填壁后的空隙地段,应进行回填注浆;
- 4 衬砌后或回填注浆后仍有渗漏水时,宜采用衬砌内注浆或衬砌后围岩注浆。

7.1.2 注浆施工前应搜集下列资料:

- 1 工程地质纵横剖面图及工程地质、水文地质资料,如围岩孔隙率、渗透系数、节理裂隙发育情况、涌水量、水压和软土地层颗粒级配、土壤标准贯入试验值及其物理力学指标等;
- 2 工程开挖中工作面的岩性、岩层产状、节理裂隙发育程度及超、欠挖值等;
- 3 工程衬砌类型、防水等级等;
- 4 工程渗漏水的地点、位置、渗漏形式、水量大小、水质、水压等。

7.1.3 注浆实施前应符合下列规定:

- 1 预注浆前先施作的止浆墙(垫),注浆时应达到设计强度;
- 2 回填注浆应在衬砌混凝土达到设计强度后进行;
- 3 衬砌后围岩注浆应在回填注浆固结体强度达到 70% 后进行。

7.1.4 在岩溶发育地区,注浆防水应从探测、方案、机具、工艺等方面做出专项设计。

7.2 设计

7.2.1 预注浆钻孔的注浆孔数、布孔方式及钻孔角度等注浆参数的设计,应根据岩层裂隙状态、地下水情况、设备能力、浆液有效扩散半径、钻孔偏斜率和对注浆效果的要求等确定。

7.2.2 预注浆的段长,应根据工程地质、水文地质条件、钻孔设备及工期要求确定,宜为 10~50m,但掘进时应保留止水岩垫(墙)的厚度。注浆孔底距开挖轮廓的边缘,宜为毛洞高度(直径)的 0.5—1 倍,特殊工程可按计算和试验确定。

7.2.3 衬砌前围岩注浆应符合下列规定:

- 1 注浆深度宜为 3~5m;
- 2 应在软弱地层或水量较大处布孔;
- 3 大面积渗漏时,布孔宜密,钻孔宜浅;

- 4 裂隙渗漏时,布孔宜疏,钻孔宜深;
- 5 大股涌水时,布孔应在水流上游,且自涌水点四周由远到近布设。

7.2.4 回填注浆孔的孔径,不宜小于 40mm;间距宜为 5~10m,并应按梅花形排列。

7.2.5 衬砌后围岩注浆钻孔深入围岩不应大于 1m,孔径不宜小于 40mm,孔距可根据渗漏水情况确定。

7.2.6 岩石地层预注浆或衬砌后围岩注浆的压力,应大于静水压力 0.5—1.5N/Pa,回填注浆及衬砌内注浆的压力应小于 0.5MPa。

7.2.7 衬砌内注浆钻孔应根据衬砌渗漏水情况布置,孔深宜为衬砌厚度的 1/3~2/3,注浆压力宜为 0.5~0.8MPa。

7.3 材料

7.3.1 注浆材料应符合下列规定:

- 1 原料来源广,价格适宜;
- 2 具有良好的可灌性;
- 3 凝胶时间可根据需要调节;
- 4 固化时收缩小,与围岩、混凝土、砂土等有一定的粘结力;
- 5 固结体具有微膨胀性,强度应满足开挖或堵水要求;
- 6 稳定性好,耐久性强;
- 7 具有耐侵蚀性;
- 8 无毒、低毒、低污染;
- 9 注浆工艺简单,操作方便、安全。

7.3.2 注浆材料的选用,应根据工程地质条件、水文地质条件、注浆目的、注浆工艺、设备和成本等因素确定,并应符合下列规定:

1 预注浆和衬砌前围岩注浆,宜采用水泥浆液或水泥—水玻璃浆液,必要时可采用化学浆液;

2 衬砌后围岩注浆,宜采用水泥浆液、超细水泥浆液或自流平水泥浆液等;

3 回填注浆宜选用水泥浆液、水泥砂浆或掺有膨润土的水泥浆液;

4 衬砌内注浆宜选用超细水泥浆液、自流平水泥浆液或化学浆液。

7.3.3 水泥类浆液宜选用普通硅酸盐水泥,其他浆液材料应符合有关规定。浆液的配合比,应经现场试验后确定。

7.4 施工

7.4.1 注浆孔数量、布置间距、钻孔深度除应符合设计要求外,尚应符合下列规定:

1 注浆孔深小于 10m 时,孔位最大允许偏差应为 100mm,钻孔偏斜率最大允许偏差应为 1%;

2 注浆孔深大于 10m 时,孔位最大允许偏差应为 50mm,钻孔偏斜率最大允许偏差应为 0.5%

7.4.2 岩石地层或衬砌内注浆前,应将钻孔冲洗干净。

7.4.3 注浆前,应进行测定注浆孔吸水率和地层吸浆速度等参数的压水试验。

7.4.4 回填注浆时,对岩石破碎、渗漏水量较大的地段,宜在衬砌与围岩间采用定量、重复注浆法分段设置隔水墙。

7.4.5 回填注浆、衬砌后围岩注浆施工顺序,应符合下列规定:

- 1 应沿工程轴线由低到高,由下往上,从少水处到多水处;
- 2 在多水地段,应先两头,后中间;
- 3 对竖井应由上往下分段注浆,在本段内应从下往上注浆。

7.4.6 注浆过程中应加强监测,当发生围岩或衬砌变形、堵塞排水系统、窜浆、危及地面建筑物等异常情况时,可采取下列措施:

- 1 降低注浆压力或采用间歇注浆,直到停止注浆;
- 2 改变注浆材料或缩短浆液凝胶时间;
- 3 调整注浆实施方案。

7.4.7 单孔注浆结束的条件,应符合下列规定:

- 1 预注浆各孔段均应达到设计要求并应稳定 10min,且进浆速度应为开始进浆速度的 1/4 或注浆量达到设计注浆量的 80%;
- 2 衬砌后回填注浆及围岩注浆应达到设计终压;
- 3 其他各类注浆,应满足设计要求。

7.4.8 预注浆和衬砌后围岩注浆结束前,应在分析资料的基础上,采取钻孔取芯法对注浆效果进行检查,必要时应进行压(抽)水试验。当检查孔的吸水量大于 $1.0\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}$ 时,应进行补充注浆。

7.4.9 注浆结束后,应将注浆孔及检查孔封填密实。

8 特殊施工法的结构防水

8.1 盾构法隧道

8.1.1 盾构法施工的隧道,宜采用钢筋混凝土管片、复合管片等装配式衬砌或现浇混凝土衬砌。衬砌管片应采用防水混凝土制作。当隧道处于侵蚀性介质的地层时,应采取相应的耐侵蚀混凝土或外涂耐侵蚀的外防水涂层的措施。当处于严重腐蚀地层时,可同时采取耐侵蚀混凝土和外涂耐侵蚀的外防水涂层措施。

8.1.2 不同防水等级盾构隧道衬砌防水措施应符合表 8.1.2 的要求。

表 8.1.2 不同防水等级盾构隧道的衬砌防水措施

措施 选择 防水等级	防水 措施	接 缝 防 水					外防水涂料
		高精度管片	密封垫	嵌 缝	注入密封剂	螺孔密封圈	
一 级		必选	必选	全隧道或部分区段应选	可选	必选	对混凝土有中等以上腐蚀的地层应选,在非腐蚀地层宜选
二 级		必选	必选	部分区段宜选	可选	必选	对混凝土有中等以上腐蚀的地层宜选
三 级		应选	必选	部分区段宜选	—	应选	对混凝土有中等以上腐蚀的地层宜选
四 级		可选	宜选	可选	—	—	—

8.1.3 钢筋混凝土管片应采用高精度钢模制作,钢模宽度及弧、弦长允许偏差宜为 $\pm 0.4\text{mm}$ 。

钢筋混凝土管片制作尺寸的允许偏差应符合下列规定:

- 1 宽度应为 $\pm 1\text{mm}$;
- 2 弧、弦长应为 $\pm 1\text{mm}$;
- 3 厚度应为 $+3\text{mm}$, -1mm 。

8.1.4 管片防水混凝土的抗渗等级应符合本规范表 4.1.4 的规定,且不得小于 P8。管片应进行混凝土氯离子扩散系数或混凝土渗透系数的检测,并宜进行管片的单块抗渗检测。

8.1.5 管片应至少设置一道密封垫沟槽。接缝密封垫宜选择具有合理构造形式、良好弹性或遇水膨胀性、耐久性、耐水性的橡胶类材料,其外形应与沟槽相匹配。弹性橡胶密封垫材料、遇水膨胀橡胶密封垫胶料的物理性能应符合表 8.1.5—1 和表 8.1.5-2 的规定。

表 8.1.5-1 弹性橡胶密封垫材料物理性能

序号	项 目			指 标	
				氯丁橡胶	三元乙丙胶
1	硬度(邵尔 A,度)			45±5~60±5	55±5~70±5
2	伸长率(%)			≥350	≥330
3	拉伸强度(MPa)			≥10.5	≥9.5
4	热空气 老化	70℃×96h	硬度变化值(邵尔 A,度)	≤+8	≤+6
			拉伸强度变化率(%)	≥-20	≥-15
			扯断伸长率变化率(%)	≥-30	≥-30
5	压缩永久变形(70℃×24h)(%)			≤35	≤28
6	防霉等级			达到与优于 2 级	达到与优于 2 级

注:以上指标均为成品切片测试的数据,若只能以胶料制成试样测试,则其伸长率、拉伸强度的性能数据应达到本规定的 120%。

表 8.1.5-2 遇水膨胀橡胶密封垫胶料物理性能

序号	项 目	性 能 要 求		
		PZ-150	PZ-250	PZ-400
1	硬度(邵尔 A,度)	42±7	42±7	45±7
2	拉伸强度(MPa)	≥3.5	≥3.5	≥3

8.1.6 管片接缝密封垫被完全压入密封垫沟槽内,密封垫沟槽的截面积应大于或等于密封垫的截面积,其关系宜符合下式:

$$A = (1 \sim 1.15) A_0 \quad (8.1.6)$$

式中 A ——密封垫沟槽截面积;

A_0 ——密封垫截面积。

管片接缝密封垫应满足在计算的接缝最大张开量和估算的错位量下、埋深水头的 2—3 倍水压下不渗漏的技术要求;重要工程中选用的接缝密封垫,应进行一字缝或十字缝水密性的试验检测。

8.1.7 螺孔防水应符合下列规定:

1 管片肋腔的螺孔口应设置锥形倒角的螺孔密封圈沟槽;

2 螺孔密封圈的外形应与沟槽相匹配,并应有利于压密止水或膨胀止水。在满足止水的要求下,螺孔密封圈的断面宜小。

螺孔密封圈应为合成橡胶或遇水膨胀橡胶制品,其技术指标要求应符合本规范表 8.1.5—1 和表 8.1.5—2 的规定。

8.1.8 嵌缝防水应符合下列规定:

1 在管片内侧环纵向边沿设置嵌缝槽,其深宽比不应小于 2.5,槽深宜为 25—55mm,单面槽宽宜为 5~10mm;嵌缝槽断面构造形状应符合图 8.1.8 的规定。

2 嵌缝材料应有良好的不透水性、潮湿基面粘结性、耐久性、弹性和抗下坠性。

3 应根据隧道使用功能和本规范表 8.1.2 中的防水等级要求,确定嵌缝作业区的范围与嵌填嵌缝槽的部位,并采取嵌缝堵水或引排水措施。

4 嵌缝防水施工应在盾构千斤顶顶力影响范围外进行。同时,应根据盾构施工方法、隧道的稳定性确定嵌缝作业开始的时间。

5 嵌缝作业应在接缝堵漏和无明显渗水后进行,嵌缝槽表面混凝土如有缺损,应采用聚合物水泥砂浆或特种水泥修补,强度应达到或超过混凝土本体的强度。嵌缝材料嵌填时,应先刷涂基层处理剂,嵌填应密实、平整。

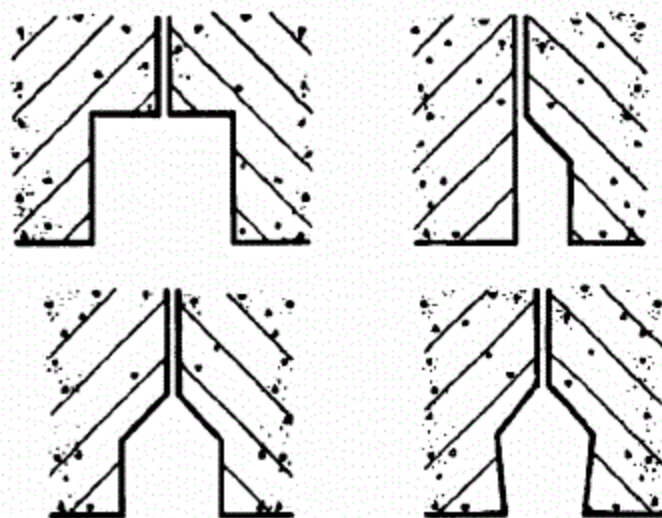


图 8.1.8 管片嵌缝槽断面构造形式

8.1.9 复合式衬砌的内层衬砌混凝土浇筑前,应将外层管片的渗漏水引排或封堵。采用塑料防水板等夹层防水层的复合式衬砌,应根据隧道排水情况选用相应的缓冲层和防水板材料,并应按本规范第 4.5 和 6.4 节的有关规定执行。

8.1.10 管片外防水涂料宜采用环氧或改性环氧涂料等封闭型材料、水泥基渗透结晶型或硅氧烷类等渗透自愈型材料,并应符合下列规定:

1 耐化学腐蚀性、抗微生物侵蚀性、耐水性、耐磨性应良好,且应无毒或低毒;

2 在管片外弧面混凝土裂缝宽度达到 0.3mm 时,应仍能在最大埋深处水压下不渗漏;

3 应具有防杂散电流的功能,体积电阻率应高。

8.1.11 竖井与隧道结合处,可用刚性接头,但接缝宜采用柔性材料密封处理,并宜加固竖井洞圈周围土体。在软土地层距竖井结合处一定范围内的衬砌段,宜增设变形缝。变形缝环面应贴设垫片,同时应采用适应变形量大的弹性密封垫。

8.1.12 盾构隧道的连接通道及其与隧道接缝的防水应符合下列规定:

- 1 采用双层衬砌的连接通道,内衬应采用防水混凝土。衬砌支护与内衬间宜设塑料防水板与土工织物组成的夹层防水层,并宜配以分区注浆系统加强防水。
- 2 当采用内防水层时,内防水层宜为聚合物水泥砂浆等抗裂防渗材料。
- 3 连接通道与盾构隧道接头应选用缓膨胀型遇水膨胀类止水条(胶)、预留注浆管以及接头密封材料。

8.2 沉井

8.2.1 沉井主体应采用防水混凝土浇筑,分段制作时,施工缝的防水措施应根据其防水等级按本规范表 3.3.1—1 选用。

8.2.2 沉井施工缝的施工应符合本规范第 4.1.25 条的规定。固定模板的螺栓穿过混凝土井壁时,螺栓部位的防水处理应符合本规范第 4.1.28 条的规定。

8.2.3 沉井的干封底应符合下列规定:

- 1 地下水位应降至底板底高程 500mm 以下,降水作业应在底板混凝土达到设计强度,且沉井内部结构完成并满足抗浮要求后,方可停止;
- 2 封底前井壁与底板连接部位应凿毛或涂刷界面处理剂,并应清洗干净;
- 3 待垫层混凝土达到 50% 设计强度后,浇筑混凝土底板,应一次浇筑,并应分格连续对称进行;
- 4 降水用的集水井应采用微膨胀混凝土填筑密实。

8.2.4 沉井水下封底应符合下列规定:

- 1 水下封底宜采用水下不分散混凝土,其坍落度宜为 $200\pm 20\text{mm}$;
- 2 封底混凝土应在沉井全部底面积上连续均匀浇筑,浇筑时导管插入混凝土深度不宜小于 1.5m;
- 3 封底混凝土应达到设计强度后,方可从井内抽水,并应检查封底质量,对渗漏水部位应进行堵漏处理;
- 4 防水混凝土底板应连续浇筑,不得留设施工缝,底板与井壁接缝处的防水措施应按本规范表 3.3.1—1 选用,施工要求应符合本规范第 4.1.25 条的规定。

8.2.5 当沉井与位于不透水层内的地下工程连接时,应先封住井壁外侧含水层的渗水通道。

8.3 地下连续墙

8.3.1 当沉井与位于不透水层内的地下工程连接时,应先封住井壁外侧含水层的渗水通道。

8.3.2 沉井水下封底应符合下列规定:

- 1 单层地下连续墙不应直接用于防水等级为一级的地下工程墙体。单墙用于地下工程墙体时,应使用高分子聚合物泥浆护壁材料。
- 2 墙的厚度宜大于 600mm。

3 应根据地质条件选择护壁泥浆及配合比,遇有地下水含盐或受化学污染时,泥浆配合比应进行调整。

4 单元槽段修整后墙面平整度的允许偏差不宜大于 50mm。

5 浇筑混凝土前应清槽、置换泥浆和清除沉渣,沉渣厚度不应大于 100mm,并应将接缝面的泥皮、杂物清理干净。

6 钢筋笼浸泡泥浆时间不应超过 10h,钢筋保护层厚度不应小于 70mm。

7 幅间接缝应采用工字钢或十字钢板接头,锁口管应能承受混凝土浇筑时的侧压力,浇筑混凝土时不得发生位移和混凝土绕管。

8 胶凝材料用量不应少于 400kg/m³,水胶比应小于 0.55,坍落度不得小于 180mm,石子粒径不宜大于导管直径的 1/8。浇筑导管埋入混凝土深度宜为 1.5~3m,在槽段端部的浇筑导管与端部的距离宜为 1~1.5m,混凝土浇筑应连续进行。冬期施工时应采取保温措施,墙顶混凝土未达到设计强度 50%时,不得受冻。

9 支撑的预埋件应设置止水片或遇水膨胀止水条(胶),支撑部位及墙体的裂缝、孔洞等缺陷应采用防水砂浆及时修补;墙体幅间接缝如有渗漏,应采用注浆、嵌填弹性密封材料等进行防水处理,并应采取引排措施。

10 底板混凝土应达到设计强度后方可停止降水,并应将降水井封堵密实。

11 墙体与工程顶板、底板、中楼板的连接处均应凿毛,并应清洗干净,同时应设置 1~2 道遇水膨胀止水条(胶),接驳器处宜喷涂水泥基渗透结晶型防水涂料或涂抹聚合物水泥防水砂浆。

8.3.3 地下连续墙与内衬构成的复合式衬砌,应符合下列规定:

1 应用作防水等级为一、二级的工程;

2 应根据基坑基础形式、支撑方式内衬构造特点选择防水层;

3 墙体施工应符合本规范第 8.3.2 条第 3~10 款的规定,并按设计规定对墙面、墙缝渗漏水进行处理,并应在基面找平满足设计要求后施工防水层及浇筑内衬混凝土;

4 内衬墙应采用防水混凝土浇筑,施工缝、变形缝和诱导缝的防水措施应按本规范表 3.3.1—1 选用,并应与地下连续墙墙缝互相错开。施工要求应符合本规范第 4.1 和 5.1 节的有关规定。

8.3.4 地下连续墙作为围护并与内衬墙构成叠合结构时,其抗渗等级要求可比本规范第 4.1.4 条规定的抗渗等级降低一级;地下连续墙与内衬墙构成分离式结构时,可不要求地下连续墙的混凝土抗渗等级。

8.4 逆筑结构

8.4.1 直接采用地下连续墙作围护的逆筑结构,应符合本规范第 8.3.1 和 8.3.2 条的规定。

8.4.2 采用地下连续墙和防水混凝土内衬的复合式逆筑结构,应符合下列规定:

1 可用于防水等级为一、二级的工程。

2 地下连续墙的施工应符合本规范第 8.3.2 条第 3~8、10 款的规定。

3 顶板、楼板及下部 500mm 的墙体应同时浇筑,墙体的下部应做成斜坡形;斜坡形下部应预留 300~500mm 空间,并应待下部先浇混凝土施工 14d 后再行浇筑;浇筑前所有缝面应凿毛、清理干净,并应设置遇水膨胀止水条(胶)和预埋注浆管。上部施工缝设置遇水膨胀止水条时,应使用胶粘剂和射钉(或水泥钉)固定牢靠。浇筑混凝土应采用补偿收缩混凝土(图 8.4.2);

4 底板应连续浇筑，不宜留设施工缝，底板与桩头相交处的防水处理应符合本规范第 5.6 节的有关规定。

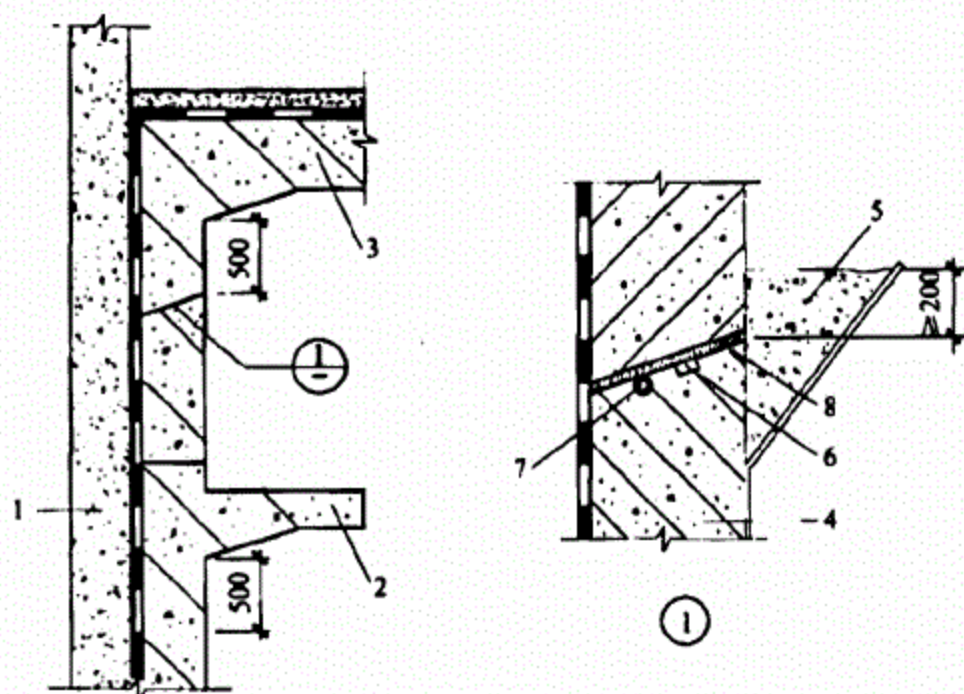


图 8.4.2 逆筑法施工接缝防水构造

1—地下连续墙；2—楼板；3—顶板；4—补偿收缩混凝土；5—应凿去的混凝土；
6—遇水膨胀止水条或预埋注浆管；7—遇水膨胀止水胶；8—粘结剂

8.4.3 采用桩基支护逆筑法施工时，应符合下列规定：

- 1 应用于各防水等级的工程；
- 2 侧墙水平、垂直施工缝，应采取二道防水措施；
- 3 逆筑施工缝、底板、底板与桩头的接缝做法应符合本规范第 8.4.2 条第 3、4 款的规定。

8.5 逆筑结构

8.5.1 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。

采用引排措施时，应采用耐侵蚀、耐久性好的塑料丝盲沟或弹塑性软式导水管等导水材料。

8.5.2 锚喷支护用作工程内衬墙时，应符合下列规定：

- 1 宜用于防水等级为三级的工程；
- 2 喷射混凝土宜掺入速凝剂、膨胀剂或复合型外加剂、钢纤维与合成纤维等材料，其品种及掺量应通过试验确定；
- 3 喷射混凝土的厚度应大于 80mm，对地下工程变截面及轴线转折点的阳角部位，

应增加 50mm 以上厚度的喷射混凝土；

4 喷射混凝土设置预埋件时，应采取防水处理；

5 喷射混凝土终凝 2h 后，应喷水养护，养护时间不得少于 14d。

8.5.3 锚喷支护作为复合式衬砌的一部分时，应符合下列规定：

1 宜用于防水等级为一、二级工程的初期支护；

2 锚喷支护的施工应符合本规范第 8.5.2 条第 2—5 款的规定。

8.5.4 锚喷支护、塑料防水板、防水混凝土内衬的复合式衬砌，应根据工程情况选用，也可将锚喷支护和离壁式衬砌、衬套结合使用。

9 地下工程渗漏水治理

9.1 一般规定

9.1.1 渗漏水治理前应掌握工程原防水、排水系统的设计、施工、验收资料。

9.1.2 渗漏水治理施工时应按先顶(拱)后墙而后底板的顺序进行，宜少破坏原结构和防水层。

9.1.3 有降水和排水条件的地下工程，治理前应做好降水、排水工作。

9.1.4 治理过程中应选用无毒、低污染的材料。

9.1.5 治理过程中的安全措施、劳动保护应符合有关安全施工技术规定。

9.1.6 地下工程渗漏水治理，应由防水专业设计人员和有防水资质的专业施工队伍承担。

9.2 方案设计

9.2.1 渗漏水治理方案设计前应搜集下列资料：

1 原设计、施工资料，包括防水设计等级、防排水系统及使用的防水材料性能、试验数据；

2 工程所在位置周围环境的变化；

3 渗漏水的现状、水源及影响范围；

4 渗漏水的变化规律；

5 衬砌结构的损害程度；

6 运营条件、季节变化、自然灾害对工程的影响；

7 结构稳定情况及监测资料。

9.2.2 大面积严重渗漏水可采取下列措施：

1 衬砌后和衬砌内注浆止水或引水，待基面无明水或干燥后，用掺外加剂防水砂浆、聚合物水泥砂浆、挂网水泥砂浆或防水涂料等加强处理；

2 引水孔最后封闭；

3 必要时采用贴壁混凝土衬砌。

9.2.3 大面积轻微渗漏水和漏水点，可先采用速凝材料堵水，再做防水砂浆抹面或防水涂层等永久性防水层加强处理。

9.2.4 渗漏水较大的裂缝,宜采用钻斜孔法或凿缝法注浆处理,干燥或潮湿的裂缝宜采用骑缝注浆法处理。注浆压力及浆液凝结时间应按裂缝宽度、深度进行调整。

9.2.5 结构仍在变形、未稳定的裂缝,应待结构稳定后再进行处理。

9.2.6 需要补强的渗漏水部位,应选用强度较高的注浆材料,如水泥浆、超细水泥浆、自流平水泥灌浆材料、改性环氧树脂、聚氨酯等浆液,必要时可在止水后再做混凝土衬砌。

9.2.7 锚喷支护工程渗漏水部位,可采用引水带或导管排水,也可喷涂快凝材料及化学注浆堵水。

9.2.8 细部构造部位渗漏水处理可采取下列措施:

1 变形缝和新旧结构接头,应先注浆堵水或排水,再采用嵌填遇水膨胀止水条、密封材料,也可设置可卸式止水带等方法处理;

2 穿墙管和预埋件可先采用快速堵漏材料止水,再采用嵌填密封材料、涂抹防水涂料、水泥砂浆等措施处理;

3 施工缝可根据渗水情况采用注浆、嵌填密封防水材料及设置排水暗槽等方法处理,表面应增设水泥砂浆、涂料防水层等加强措施。

9.3 治理材料

9.3.1 衬砌后注浆宜选用特种水泥浆,掺有膨润土、粉煤灰等掺合料的水泥浆或水泥砂浆。

9.3.2 工程结构注浆宜选用水泥类浆液,有补强要求时可选用改性环氧树脂注浆材料;裂缝堵水注浆宜选用聚氨酯或丙烯酸盐等化学浆液。

9.3.3 防水抹面材料宜选用掺各种外加剂、防水剂、聚合物乳液的水泥砂浆。

9.3.4 防水涂料宜选用与基面粘结强度高和抗渗性好的材料。

9.3.5 导水、排水材料宜选用排水板、金属排水槽或渗水盲管等。

9.3.6 密封材料宜选用硅酮、聚硫橡胶类、聚氨酯类等柔性密封材料,也可选用遇水膨胀止水条(胶)。

9.4 施工

9.4.1 地下工程渗漏水治理施工应按制订的方案进行。

9.4.2 治理过程中应严格每道工序的操作,上道工序未经验收合格,不得进行下道工序施工。

9.4.3 治理过程中应随时检查治理效果,并应做好隐蔽施工记录。

9.4.4 地下工程渗漏水治理除应做好防水措施外,尚应采取排水措施。

9.4.5 竣工验收应符合下列规定:

1 施工质量应符合设计要求;

2 施工资料应包括施工技术总结报告、所用材料的技术资料、施工图纸等。

10 其他规定

10.0.1 地下工程与城市给、排水管道的水平距离宜大于 2.5m，当不能满足时，地下工程应采取有效的防水措施。

10.0.2 地下工程在施工期间对工程周围的地表水，应采取截水、排水、挡水和防洪措施。

10.0.3 地下工程雨季进行防水混凝土和其他防水层施工时，应采取防雨措施。

10.0.4 明挖法地下工程的结构自重应大于静水压力造成的浮力，在自重不足时应采取锚桩或其他抗浮措施。

10.0.5 明挖法地下工程防水施工时，应符合下列规定：

- 1 地下水位应降至工程底部最低高程 500mm 以下，降水作业应持续至回填完毕；
- 2 工程底板范围内的集水井，在施工排水结束后应采用微膨胀混凝土填筑密实；
- 3 工程顶板、侧墙留设大型孔洞时，应采取临时封闭、遮盖措施。

10.0.6 明挖法地下工程的混凝土和防水层的保护层验收合格后，应及时回填，并应符合下列规定：

- 1 基坑内杂物应清理干净、无积水。
- 2 工程周围 800mm 以内宜采用灰土、粘土或亚粘土回填，其中不得含有石块、碎砖、灰渣、有机杂物以及冻土。
- 3 回填施工应均匀对称进行，并应分层夯实。人工夯实每层厚度不应大于 250mm，机械夯实每层厚度不应大于 300mm，并应采取保护措施；工程顶部回填土厚度超过 500mm 时，可采用机械回填碾压。

10.0.7 地下工程上的地面建筑物周围应做散水，宽度不宜小于 800mm，散水坡度宜为 5%。

10.0.8 地下工程建成后，其地面应进行整修，地质勘察和施工留下的探坑等应回填密实，不得积水。工程顶部不宜设置蓄水池或修建水渠。

附录 A 安全与环境保护

A.0.1 防水工程中不得采用现行国家标准《职业性接触毒物危害程度分级》GB 5044—8 中划分为Ⅲ级(中度危害)和Ⅲ级以上毒物的材料。

A.0.2 当配制和使用有毒材料时，现场必须采取通风措施，操作人员必须穿防护服；戴口罩、手套和防护眼镜，严禁毒性材料与皮肤接触和入口。

A.0.3 有毒材料和挥发性材料应密封贮存，妥善保管和处理，不得随意倾倒。

A.0.4 使用易燃材料时，应严禁烟火。

A.0.5 使用有毒材料时，作业人员应按规定享受劳保福利和营养补助，并应定期检查身体。