

山东省工程建设标准

轨道交通地下工程防水技术规程

Technical specification for waterproofing of underground
works construction of rail transportation

DB37/T 5194—2021

住房和城乡建设部备案号：J 15956—2021

主编单位：山东省建筑科学研究院有限公司

济南轨道交通集团建设投资有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

施行日期：2 0 2 1 年 1 1 月 1 日

中国建材工业出版社

2021 北京

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省质量技术监督局《关于印发〈2017 年山东省工程建设标准制订、修订计划（第一批）〉的通知》（鲁建标字〔2017〕17 号）的要求，山东省建筑科学研究院有限公司、济南轨道交通集团建设投资有限公司会同有关单位经过广泛的调查研究，依据国家相关标准，借鉴国内外工程应用经验，在广泛征求意见的基础上制定本规程。

本规程的主要技术内容是：总则、术语、基本规定、主体结构防水、细部构造防水、施工过程的结构防水、围护结构工程防水、地下工程渗漏水处理以及有关附录。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省建筑科学研究院有限公司负责具体内容的解释。在执行过程中，如有意见和建议，请反馈给山东省建筑科学研究院有限公司（地址：济南市天桥区无影山路 29 号，邮编：250031，电话：0531-85595364，邮箱：sdjkyjes@163.com），以供今后修订时参考。

本规程的主编单位、参编单位、主要起草人员、主要审查人员：

主 编 单 位：山东省建筑科学研究院有限公司
济南轨道交通集团建设投资有限公司

参 编 单 位：山东建筑大学
山东天齐置业集团股份有限公司
山东建科建筑设计有限责任公司
中铁上海工程局集团有限公司
山东鑫达鲁鑫防水材料有限公司

宏恒达防水材料有限公司

潍坊京九防水工程集团有限公司

主要起草人员：边 琦 王 伟 海 涛 王 军 胡安春

陈 奎 朱庆丰 刘 群 刘从胜 刘军光

安玉彪 孟宪林 郑宝华 聂成才 韩浩雪

台 威 李 尧 张 威 庞风洁 王风亮

主要审查人员：李秋义 王 琦 嵇 飙 石玉仁 潘玉珀

常春章 陈 刚 张长安 王履塿

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	主体结构防水	7
4.1	防水混凝土	7
4.2	水泥砂浆防水层	13
4.3	卷材防水层	15
4.4	涂料防水层	20
4.5	塑料防水板防水层	23
5	细部构造防水	27
5.1	变形缝	27
5.2	后浇带	30
5.3	穿墙管	33
5.4	埋设件	35
5.5	桩头和立柱	35
5.6	预留通道接头	38
6	施工过程的结构防水	40
6.1	明挖法施工的地下工程防水	40
6.2	矿山法施工的地下工程防水	41
6.3	盾构法施工的隧道工程防水	42
7	围护结构工程防水	45
7.1	地下连续墙	45
7.2	逆筑结构	46

7.3 地下预制叠合围护结构	47
8 地下工程渗漏水处理	48
8.1 一般规定	48
8.2 方案设计	48
8.3 治理材料	50
8.4 施工	50
附录 A 轨道交通地下工程防水材料的质量指标	51
附录 B 轨道交通地下工程防水材料相关标准	65
本规程用词说明	67
引用标准名录	68
附：条文说明	71

1 总 则

1.0.1 为了保证山东省轨道交通地下工程的防水质量，加强防水设计、施工过程质量控制，做到技术先进、经济合理、安全适用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改扩建和维修的轨道交通地下防水工程的设计、施工。

1.0.3 轨道交通地下防水工程的设计和施工应遵循“以防为主、刚柔结合、多道设防、因地制宜、综合治理”的原则。

1.0.4 轨道交通地下防水工程的设计和施工除应符合本规程外，并应符合国家现行有关标准、规范的规定。

2 术 语

2.0.1 防水等级 grade of waterproof

根据工程对防水的要求确定的结构允许渗漏水量的等级标准。

2.0.2 柔性防水层 flexible waterproof layer

具有一定柔韧性和延伸率的防水材料，如防水卷材、有机类防水涂料构成的防水层。

2.0.3 预铺防水卷材 pre-applied waterproof sheet

由主体材料、自粘胶、表面防（减）粘保护层（除卷材搭接区域）、隔离材料（需要时）构成的，与后浇混凝土粘结，防止粘结面窜水的防水卷材。

2.0.4 抗窜水性 anti water moving between layer

通过防水层与基层的完全粘结，防止水压作用下水在粘结界面内流窜的性能。

2.0.5 非固化橡胶沥青防水涂料 non-curable rubber modified asphalt coating for waterproofing

以橡胶、沥青为主要组分，加入助剂混合制成的长期保持黏性膏状体的防水涂料。

2.0.6 地下预制叠合围护结构 underground prefabricated composite retaining structure

由预制叠合桩组成的新型的基坑围护结构，并且与侧墙组成桩墙组合体系共同作为主体结构的一部分。

2.0.7 预制叠合桩 precast composite pile

预制桩通过工厂产业化批量生产，与主体结构叠合形成预制叠合桩。

3 基本规定

3.0.1 轨道交通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。

3.0.2 轨道交通地下防水工程应采用经过试验、检测和鉴定并经实践检验质量可靠的新材料、新技术和新工艺。

3.0.3 轨道交通地下工程的防水设计和防水等级应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 中 12.1 的规定。

3.0.4 车站围护结构用作主体结构或作为主体结构的一部分时，防水设计应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的规定。

3.0.5 轨道交通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耐久性的技术指标、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。

3.0.6 轨道交通地下工程的防水设防，应符合表 3.0.6-1、表 3.0.6-2 和表 3.0.6-3 的规定。

表 3.0.6-1 明挖法地下结构设防要求

工程部位		主 体				施工缝							后浇带					变形缝									
防水措施		防水混凝土	防水砂浆	防水卷材	防水涂料	膨润土防水材料	遇水膨胀止水条	外贴式止水带	中埋式止水带	水泥基渗透结晶型防水材料	外涂防水涂料	外贴防水卷材	预埋注浆管	补偿收缩混凝土	外贴式止水带	预埋注浆管	防水涂料	遇水膨胀止水条	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	预埋注浆管	
防水等级	一级	必选	应选 1~2 种				应选 2 种							必选	应选 2 种					必选	应选 2~3 种						
	二级	必选	应选 1 种				应选 1~2 种							必选	应选 1~2 种					必选	应选 1~2 种						

表 3.0.6-2 矿山法地下结构设防要求

工程部位		主 体				内衬砌施工缝						内衬变形缝				
防水措施		防水混凝土	塑料防水板	防水卷材	膨润土防水材料	遇水膨胀止水条	外贴式止水带	中埋式止水带	水泥基渗透结晶型防水材料	防水涂料	预埋注浆管浆管	中埋式止水带	外贴式止水带	可卸式止水带	防水密封材料	预埋注浆管
防水等级	一级	必选	应选 1~2 种			应选 2 种						必选	应选 2 种			
	二级	必选	应选 1 种			应选 1~2 种						必选	应选 1~2 种			

表 3.0.6-3 盾构法隧道设防要求

防水措施 措施选择 防水等级	高精度 管片	接缝防水				混凝土内 衬或其他 内衬	外防水 涂料
		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	宜选	宜选
二级	必选	必选	部分区段 宜选	可选	必选	局部宜选	对混凝土 有中等以 上腐蚀的 地层宜选

4 主体结构防水

4.1 防水混凝土

I 一般规定

4.1.1 防水混凝土应通过调整配合比，或掺加外加剂、掺合料等措施配制而成。

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的要求，并应根据地下工程所处的环境和工作条件，满足抗压、抗裂、抗冻和抗侵蚀等耐久性要求。

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 防水混凝土的设计抗渗等级

工程埋置深度 h/m	设计抗渗等级	
	现浇钢筋混凝土结构	装配式钢筋混凝土结构
$h < 20$	P8	P10
$20 \leq h < 30$	P10	P10
$h \geq 30$	P12	P12

4.1.5 防水混凝土的环境温度不得高于 80℃；当结构处于侵蚀性地层中时，防水混凝土的氯离子扩散系数不宜大于 $4 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ ，装配式钢筋混凝土结构的氯离子扩散系数应小于 $3 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 。

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 C20，厚度不应小于 100mm，在软弱土层中的厚度不应小于 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 防水混凝土最大裂缝宽度应符合表 4.1.7 的规定，并不得出现贯通裂缝。

表 4.1.7 防水混凝土最大裂缝宽度允许值

结构类型		允许值 /mm
盾构隧道管片		0.2
其他结构	水中环境、土中缺氧环境	0.3
	洞内干燥环境或洞内潮湿环境	0.3
	干湿交替环境	0.2

- 注：1 当设计采用的最大裂缝宽度的计算式中保护层实际厚度超过 30mm 时，可将保护层厚度的计算值取为 30mm；
- 2 厚度大于 300mm 的钢筋混凝土结构可不计干湿交替作用；
- 3 洞内潮湿环境指相对湿度为 45% ~ 80%。

III 材 料

4.1.8 混凝土强度等级应根据 28d 或设计规定龄期的立方体抗压强度，并应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB 50107 确定。

4.1.9 水泥性能指标应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 中的有关规定。不得使用过期或受潮结块的水泥，不得将不同品种或强度等级的水泥混合使用。

4.1.10 骨料应按下列规定选用：

- 1 细骨料性能指标应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中Ⅱ类砂的有关规定，宜采用 2 区中砂，不得使用山砂、

海砂及风化严重的多孔砂；

2 粗骨料性能指标应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 中Ⅱ类碎石的有关规定，粗骨料最大粒径不宜大于 31.5mm，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%；

3 不得使用碱活性骨料。

4.1.11 矿物掺合料应按下列规定选用：

1 粉煤灰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 中Ⅱ级粉煤灰的有关规定；

2 粒化高炉矿渣粉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 的有关规定，应采用 S95 及以上级别的矿渣粉；

3 硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的有关规定。

4.1.12 外加剂应按下列规定选用：

1 宜采用高性能减水剂、高效减水剂或聚羧酸减水剂，减水剂和引气剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的有关规定；

2 膨胀剂应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB/T 23439 的有关规定，不得使用含氧化钙类的膨胀剂配制用于海水或有侵蚀性水工程的混凝土；

3 防冻剂应符合现行行业标准《混凝土防冻剂》JC/T 475 和《混凝土防冻泵送剂》JG/T 377 的有关规定；

4 防水剂应符合现行行业标准《砂浆、混凝土防水剂》JC/T 474 的有关规定；

5 其他外加剂的性能指标应符合国家、行业及山东省现行标准的有关规定。

4.1.13 混凝土拌合用水及养护用水均应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.1.14 对可能发生碱-骨料反应的混凝土，单掺的矿物掺合料（含水泥中已掺混合材）掺量占胶凝材料总重的比例，磨细矿渣不应小于 50%，粉煤灰不应小于 40%，火山灰质材料不应小于 30%，并应降低水泥和矿物掺合料中的含碱量和粉煤灰中的氧化钙含量。胶凝材料的其他技术要求可按现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733 的规定执行。

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 防水混凝土配合比应符合下列规定：

1 施工前，应根据工程对象、设计要求及施工季节，进行混凝土施工用配合比设计和试配工作；

2 试配混凝土时应进行混凝土坍落度及其损失、含气量、泌水和凝结时间试验，并应符合下列规定：

1) 配制的混凝土坍落度损失要小，1h 动态混凝土坍落度损失不应大于 20mm，气温 28℃ 以上时，1h 动态混凝土坍落度损失不应大于 30mm；

2) 常温下，混凝土初凝时间宜在 6h ~ 8h；高温季节（气温 28℃ 以上）施工时，混凝土初凝时间宜在 15h 以上；冬期施工时，混凝土初凝时间不得小于 8h，并根据外界气温情况进行调整；混凝土终凝时间不得大于 24h；

3) 除抗冻混凝土外，混凝土的含气量宜为 3% ~ 5%；

4) 混凝土的坍落度及其损失、含气量、凝结时间应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T

50080 的有关规定；

3 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 $320\text{kg}/\text{m}^3$ ；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；

4 在保证混凝土和易性和混凝土强度的前提下，应优选减水率高的外加剂，尽量降低混凝土的水胶比，C30 混凝土的水胶比不应大于 0.46，C50 混凝土的水胶比不应大于 0.38。

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

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、膨胀剂	± 2	± 1

注：1 累计计量仅适用于微机控制计量的搅拌站；

2 计量器具应定期检定，保证计量正确。

4.1.18 防水混凝土拌合物在运输后如出现离析，不得使用。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。

4.1.19 混凝土浇筑前应对支架、模板、钢筋、保护层和预埋件等分别进行检查验收，应清理干净模板内的杂物、积水和钢筋上的污垢；模板如有缝隙，应填塞严密，模板内面应涂刷脱模剂。

防水混凝土结构内部设置的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，宜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 4.1.19）。

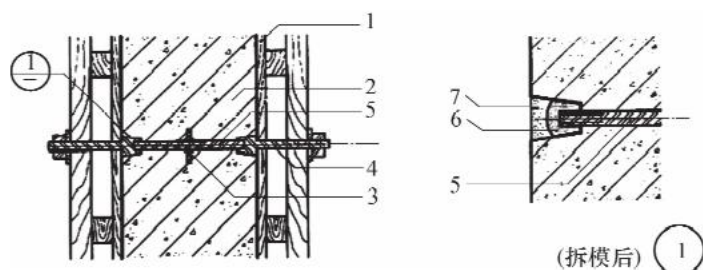


图 4.1.19 固定模板用螺栓的防水做法

- 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—嵌缝材料；7—聚合物水泥砂浆

4.1.20 车站、区间（含折返线）、通道、风道的结构突变处，区间（含折返线）与车站结合部位，通道、风道与车站的结合部位，区间与联络通道、迂回风道结合部位，区间人防段两侧等应设置变形缝。

4.1.21 防水混凝土的拆模与养护应符合下列规定：

1 混凝土的拆模与养护计划应考虑到气候条件、工程部位和断面、养护龄期等，必须满足有关规范对混凝土拆模时强度的要求；

2 明挖法车站、通道、风道的底板、中楼板和顶板的混凝土，宜进行覆盖并洒水方式养护，车站的顶板宜采用蓄水养护。混凝土湿养时间不应少于 14d；

3 明挖法车站、通道、风道的侧墙，拆模时间不宜少于 3d；拆模前宜沿施工缝进行浇水养护（冬施除外）；拆模后，应采用涂刷养护剂的方法养护。涂刷养护剂时，必须边拆模边涂刷，不得延误涂刷时间，不得漏刷；

4 暗挖法车站、区间（含折返线）、通道、风道等，宜采

用洒水方式养护，涂刷养护剂养护。

4.1.22 混凝土冬期季施工应符合国家、行业及山东省现行标准的有关规定。

4.2 水泥砂浆防水层

I 一般规定

4.2.1 水泥砂浆防水层宜采用聚合物水泥防水砂浆、水泥基渗透结晶型防水砂浆及掺外加剂或掺合料的防水砂浆等，宜采用多层抹压法施工。

4.2.2 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

4.2.3 水泥砂浆品种和配合比设计应根据防水工程要求确定。

4.2.4 聚合物水泥砂浆防水层厚度，单层施工宜为 6mm ~ 8mm，双层施工宜为 10mm ~ 12mm；水泥基渗透结晶型砂浆防水层的厚度不应小于 20mm，掺量为砂浆内胶凝材料的 1.0% ~ 2.5%；掺其他外加剂、掺合料等的水泥砂浆防水层厚度宜为 18mm ~ 20mm。

4.2.5 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

4.2.6 应采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、特种水泥，不得使用过期或受潮结块水泥。

4.2.7 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%。

4.2.8 拌制水泥砂浆所用的水，应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.2.9 外加剂的技术性能应符合国家现行有关标准的质量要求。

4.2.10 聚合物水泥防水砂浆的质量要求应符合现行行业标准《聚合物水泥防水砂浆》JC/T 984 的有关规定，聚合物水泥防水浆料的质量要求应符合现行行业标准《聚合物水泥防水浆料》JC/T 2090 的有关规定。

4.2.11 水泥基灌浆材料的质量要求应符合现行行业标准《水泥基灌浆材料》JC/T 986 的有关规定。

IV 施 工

4.2.12 基层表面应平整、坚实、粗糙、清洁，并应湿润、无明水。

4.2.13 基层表面的孔洞、缝隙，应采用与防水层相同的砂浆填塞抹平。

4.2.14 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。

4.2.15 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。

4.2.16 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。

4.2.17 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。

4.2.18 水泥砂浆防水层各层应紧密贴合，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；接槎应按层次顺序操作。

4.2.19 水泥砂浆防水层不得在雨天、五级及以上大风中施工。

冬季施工时，气温不应低于 5℃。夏季不宜在 30℃ 以上或烈日照射下施工。

4.2.20 水泥砂浆防水层终凝后，应及时进行养护。养护应符合下列规定：

1 养护温度不宜低于 5℃，应保持砂浆表面湿润，养护时间不得少于 14d；

2 当聚合物水泥砂浆防水层未达到硬化状态时，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。在潮湿环境中，可在自然条件下养护；

3 使用特种水泥、外加剂、掺合料的防水砂浆，养护应按产品有关规定执行。

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或复合式衬砌之间。

II 设 计

4.3.3 防水卷材的品种规格和层数，应根据地下工程防水等级、防水设防、水位和地下水的侵蚀性等因素确定。

4.3.4 卷材防水层应根据施工环境条件、结构构造形式、工程防水等级等选择材料品种和设置方式，并应符合下列规定：

1 卷材防水层应至少一层；

2 高聚物改性沥青防水卷材应采用双层做法，总厚度不宜

小于 7mm;

3 自粘聚合物改性沥青防水卷材宜采用双层做法,无胎基卷材的各层厚度不宜小于 1.5mm,聚酯胎基卷材的各层厚度不宜小于 3mm;

4 当合成高分子防水卷材单层使用时,厚度不宜小于 1.5mm;双层使用时,总厚度不宜小于 2.4mm;

5 采用预铺法施工的自粘聚合物改性沥青聚酯胎防水卷材的厚度不宜小于 4mm;高分子预铺防水卷材的厚度不宜小于 1.5mm;

6 防水卷材及其胶粘剂应具有良好的耐水性、耐久性、耐穿刺性、耐侵蚀性和耐菌性,其胶粘剂的性能应符合现行行业标准《高分子防水卷材胶粘剂》JC/T 863 的有关规定。

4.3.5 阴阳角处应做成圆弧或 45°坡角,其尺寸依据卷材品种和厚度确定。在转角处、阴阳角、施工缝等特殊部位,应增贴卷材加强层,宽度宜为 300mm~500mm。

III 材 料

4.3.6 建筑防水卷材的外观质量、品种规格应符合国家、行业及山东省现行标准的有关规定。

4.3.7 采用的建筑防水卷材的性能指标应符合附录表 A.0.1~表 A.0.6 的规定。

IV 施 工

4.3.8 卷材防水层的基面应坚实、平整、清洁,无浮浆、油污等,并应符合所用卷材的施工要求。

4.3.9 铺贴卷材严禁在雨天、雪天、五级及以上大风中施工。施工过程中下雨、下雪时,应做好已铺卷材的保护工作。

4.3.10 铺贴各类防水卷材应符合下列规定：

- 1 卷材的长、短边搭接宽度均不应小于 100mm；
- 2 卷材搭接部位应粘贴紧密、牢固，接缝口应封严或采用材性相容的密封材料封缝；
- 3 当铺贴卷材时，应先铺贴转角附加层，后铺大面防水层；
- 4 当铺贴双层卷材时，上下两层和相邻两幅卷材的接缝应错开 $1/3 \sim 1/2$ 幅宽，且两层卷材不得相互垂直铺贴；
- 5 当铺贴立面卷材防水层时，应采取防止卷材下滑的措施；
- 6 底板卷材甩槎部位应进行临时覆盖保护，侧墙应采取临时保护措施。

4.3.11 当采用“外防内贴”法铺设防水卷材时，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。

4.3.12 采用“外防外贴”法铺设防水卷材时，应符合下列规定：

- 1 平面卷材宜采用点粘法或条粘法施工，立面卷材应采用满粘法施工；
- 2 卷材应展平压实，卷材与基面、卷材与卷材间的粘结应紧密；铺贴完成的卷材应平整顺直，不得产生扭曲、皱折；
- 3 临时保护墙应采用石灰砂浆砌筑，内表面应采用石灰砂浆找平；用模板代替临时性保护墙时，应在模板表面涂刷隔离剂；
- 4 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，应将卷材临时固定在该墙上或模板上，并将顶端临时固定；
- 5 当不设保护墙时，从底面折向立面的卷材甩槎部位应采

取保护措施；

6 混凝土结构完成，当铺贴立面卷材时，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。卷材防水层的甩槎、接槎做法见图 4.3.12。

图 4.3.12 卷材防水层甩槎、接槎做法

1—临时保护墙；2—永久保护墙；3—结构底板；4—细石混凝土保护层；
5—卷材防水层；6—混凝土垫层；7—转角防水加强层；8—施工缝卷材加强层；
9—结构侧墙；10—施工缝止水带；11—侧墙防水层；12—侧墙卷材保护层

4.3.13 弹性体改性沥青防水卷材和改性沥青聚乙烯胎防水卷材的铺设，应符合下列规定：

1 采用热熔法施工，加热应均匀，以卷材表面沥青熔融至光亮为度，不得加热不足或烧穿卷材；

2 搭接缝部位应溢出热熔的改性沥青。

4.3.14 满粘法铺贴改性沥青防水卷材、自粘橡胶沥青防水卷材，应在基面涂刷基层处理剂。当基面较潮湿时，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

列规定：

- 1 基层处理剂应与卷材及其胶结材料的材性相容；
- 2 基层处理剂采用喷涂法或刷涂法施工，喷涂、刷涂应均匀一致，不露底，待表面干燥后方可铺贴卷材。

4.3.15 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 当低温施工时，宜对卷材和基面适当加热，然后铺贴卷材。

4.3.16 铺贴预铺式防水卷材时，应符合下列规定：

- 1 卷材宜单层铺设，可采用自粘法搭接，也可采用丁基橡胶胶粘带或其他胶粘带搭接，端部搭接区应相互错开；
- 2 基层表面应平整、坚固、无明水；
- 3 当立面施工时，在自粘边位置距离卷材边缘 10mm ~ 20mm 范围内，应每隔 400mm ~ 600mm 进行机械固定，并应保证固定位置被卷材完全覆盖；
- 4 浇筑结构混凝土时不得损伤卷材。

4.3.17 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厚度：采用机械碾压回填土时，不宜小于 70mm；采用人工回填土时，不宜小于 50mm；防水层与保护层之间应设置隔离层；
- 2 底板平面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。

4.3.18 当防水卷材与非固化橡胶沥青防水涂料复合使用时，宜随涂料的施工而同时铺贴，应符合下列规定：

1 非固化橡胶沥青防水涂料施工前，应确定防水卷材铺贴的方向和顺序；

2 卷材整体铺贴应按照“由远及近、先细部后大面”的顺序；

3 地下立墙卷材施工应按由下往上的顺序铺贴且应采取防止卷材下滑的措施；

4 屋面卷材施工宜平行于屋脊方向且按由低往高的方向铺贴，遇高低跨时，应先高后低；檐沟、天沟卷材施工时，宜顺檐沟、天沟方向由低至高铺贴。

4.4 涂料防水层

I 一般规定

4.4.1 涂料防水层应根据工程环境、气候条件、施工方法、结构构造形式、工程防水等级要求选择防水涂料品种。无机防水涂料宜采用水泥基渗透结晶型防水涂料、聚合物水泥防水涂料，有机涂料可采用反应型、水乳型防水涂料。

4.4.2 无机防水涂料可用于结构的迎水面或背水面，有机防水涂料宜用于主体结构的迎水面。

4.4.3 非固化橡胶沥青防水涂料及其配套材料的品种、规格、性能应符合国家、行业及山东省现行标准的有关规定，并能满足防水设计要求。

II 设 计

4.4.4 防水涂料品种的选择应符合下列规定：

1 潮湿基层宜采用与潮湿基面粘结力大的有机涂料或水泥基渗透结晶型防水涂料、聚合物改性水泥基等无机涂料，或采用先涂无机防水涂料而后涂有机防水涂料的复合涂层；

2 冬期施工宜采用反应型涂料；

3 有腐蚀性的地下环境宜采用耐腐蚀性好的反应型涂料，涂料防水层的保护层应根据结构具体部位确定；

4 埋置深度较深的重要工程、有振动或有较大变形的工程宜采用高弹性防水涂料；

5 无机防水涂料厚度宜为 2mm ~ 4mm，有机防水涂料厚度宜为 1.2mm ~ 2.5mm。

4.4.5 采用有机防水涂料时，基层阴阳角应做成圆弧形，阴角直径不宜小于 50mm，阳角直径不宜小于 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。

4.4.6 水泥基渗透结晶型防水涂料的用量不应小于 $1.5\text{kg}/\text{m}^2$ ，厚度不应小于 1.0mm，其他涂料防水层的厚度应满足设计和相关规范的要求。

III 材 料

4.4.7 防水涂料的外观质量、品种规格应符合国家、行业及山东省现行标准的有关规定。

4.4.8 防水涂料应符合下列规定：

1 具有良好的耐水性、耐久性、耐腐蚀性及耐菌性；

2 无机防水涂料应具有良好的湿干粘结性、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。

4.4.9 建筑防水涂料的性能指标应符合附录表 A.0.7 ~ 表 A.0.10 的规定。

IV 施 工

4.4.10 防水涂料基层表面应干净、无浮浆、无油污、无明水，不应有气孔、凹凸不平、蜂窝麻面等缺陷。

4.4.11 涂料施工前，基层阴阳角应做成圆弧形，阴阳角、预埋件、穿墙管等部位应进行密封或加强处理。

4.4.12 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，应及时做好已完成涂层的保护工作。

4.4.13 涂料的现场配制及施工，应严格按涂料的技术要求和产品说明书进行。

4.4.14 防水涂料应分层刷涂或喷涂，前一道涂层成膜干燥后再施工下一道涂层，涂层应均匀，不得漏刷漏涂。

4.4.15 铺贴胎体材料时，同层相邻的搭接宽度不应小于 100mm，上下层接缝应错开不小于 1/3 幅宽，且应使胎体层充分浸透防水涂料，不得有露槎及褶皱。

4.4.16 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 40mm ~ 50mm 厚的细石混凝土保护层，防水层与保护层之间应设置隔离层；

2 侧墙背水面应采用 20mm 厚的 1 : 2.5 水泥砂浆层保护；

3 侧墙迎水面宜采用软保护材料或 20mm 厚 1 : 2.5 水泥砂浆层保护。

4.4.17 水泥基渗透结晶型防水涂料的施工应符合下列规定：

1 水泥基渗透结晶型防水涂料应按产品说明书或设计规定

的配合比严格控制用水量，配料宜采用机械搅拌；配制好的材料应色泽均匀，无结块、粉团；

2 拌制好的灰浆，从加水时起计算，宜在 20min 内用完。在施工过程中，应不时地搅拌混合料；不得向已经混合好的灰浆中加水加料；

3 多遍涂刷时，应交替改变涂刷方向；

4 涂层终凝后应及时进行喷雾干湿交替养护，养护时间不得小于 72h，不得采用浇水或蓄水养护；

5 养护完毕，经验收合格后，在进行下一道工序前，应将表面析出物清理干净。

4.4.18 非固化橡胶沥青防水涂料可采用人工刮涂法或机械喷涂法施工，施工过程应符合下列规定：

1 当人工刮涂时，应根据出料温度、环境温度以及非固化橡胶沥青防水涂料稠度，综合确定可操作时间，前后两道涂料重叠宽度不小于 50mm；

2 当使用机械喷涂时，应根据机械设备的性能参数、非固化橡胶沥青防水涂料稠度、喷幅等，确定加热温度、泵送压力、电机频率、流量、喷嘴孔径等参数；

3 人工刮涂或机械喷涂均应一遍成膜达到设计厚度，在涂料温度冷却至 50℃ 前及时铺设防水卷材；

4 涂料升温限值严禁超过闪点温度。

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防水工程。

4.5.2 塑料防水板防水层宜铺设在复合式衬砌结构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变形基本稳定后铺设。

II 设 计

4.5.4 塑料防水板防水层应由缓冲层与塑料防水板组成。

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，顶板（拱）部宜为 0.5m ~ 0.8m、边墙宜为 0.5m ~ 0.8m、底部宜为 1.5m ~ 2.0m。局部凹凸较大时，应在凹处加密固定点。

III 材 料

4.5.7 塑料防水板可采用乙烯和沥青共混（ECB）、乙烯醋酸乙烯（EVA）、聚氯乙烯（PVC）类、聚氯乙烯或其他性能相近的材料。

4.5.8 塑料防水板幅宽宜为 2m ~ 4m，厚度不得小于 1.5mm，应具有耐穿刺性、耐久性、耐水性、耐腐蚀性及耐菌性。

4.5.9 塑料防水板防水层的缓冲层宜采用无纺布或聚乙烯泡沫塑料，其性能指标应符合附录表 A.0.11 的规定。

4.5.10 暗钉圈应采用与塑料防水板相容材料，直径不应小于 80mm。其相关性能需符合现行行业标准《铁路隧道防水材料第 1 部分：防水板》TB/T 3360.1 的有关规定。

IV 施 工

4.5.11 塑料防水板防水层的基面应符合下列规定：

1 基层应坚实、无尖锐突出物、无明水；基面平整度 D/L 不应大于 $1/10$ 。

D ——初期支护基面相邻两凸面间凹进去的深度；

L ——初期支护基面相邻两凸面间的距离。

2 凸出基面的钢筋、铁管等应从根部割除，并用 $1:2.5$ 的水泥砂浆覆盖处理，覆盖层厚度应大于 20mm ，其平整度应符合本规程第 4.5.11 条第 1 款的规定。

3 阴角应采用 $1:2.5$ 的水泥砂浆做成直径不小于 50mm 的圆弧或钝角。

4.5.12 铺设塑料防水板前应先铺缓冲层，缓冲层的铺设应符合下列规定：

1 缓冲层应用暗钉圈固定在基面上，钉子表面不得超过暗钉圈平面，见图 4.5.12；钉距应符合本规程 4.5.6 条的规定；

2 缓冲层应与基层密贴，严禁拉得过紧；

3 缓冲层应采用搭接法连接，搭接宽度不应小于 50mm 。

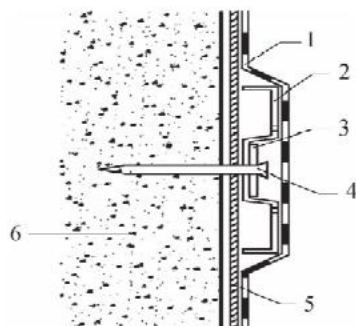


图 4.5.12 暗钉圈固定缓冲层示意图

1—塑料防水板；2—暗钉圈；3—金属垫圈；

4—水泥钉或膨胀螺栓；5—无纺布缓冲层；6—基层

4.5.13 塑料防水板防水层的铺设应符合下列规定：

1 当铺设塑料防水板时，宜由拱顶向两侧展铺，边铺边用

压焊机将塑料防水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宜小于100mm；搭接缝应为双缝焊，每条焊缝的有效宽度不应小于10mm；

2 当环向铺设时，应先拱后墙，下部防水板压住上部防水板；

3 底板和顶纵梁部位的防水板宜采用纵向铺设。

4.5.14 当接缝焊接时，塑料防水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防水板擦拭干净。

4.5.16 塑料防水板应与基面伏贴，不得绷得太紧，宜根据基面的平整度留有充分的余地。

4.5.17 塑料防水板的铺设应超前混凝土施工，超前距离宜为5m~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应符合下列规定：

1 绑扎、焊接钢筋时应有防刺穿、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防水板。

4.5.20 当塑料防水板铺设时宜设置分区预埋注浆系统。

4.5.21 塑料防水板防水层铺设完毕后，应对其进行质量检查，验收合格后，方可进行下道工序的施工。

5 细部构造防水

5.1 变形缝

I 一般规定

- 5.1.1 变形缝防水措施应符合表 3.0.6-1 和表 3.0.6-2 的规定。
- 5.1.2 变形缝应满足密封防水、适应变形、施工方便、检修容易、堵漏维修操作简单等要求。
- 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 现浇混凝土结构变形缝的宽度宜为 20mm ~ 30mm。
- 5.1.5 用于沉降的变形缝的最大允许沉降差值不应大于 30mm。
- 5.1.6 变形缝采用的中埋式止水带和外贴式止水带应为中孔型或 Ω 型。
- 5.1.7 变形缝采用的止水带宽度不应小于 300mm，中埋式止水带厚度不宜小于 5mm，外贴式止水带厚度不宜小于 4mm，止水带齿条数不宜小于 4 条，高度宜为 20mm ~ 30mm。
- 5.1.8 变形缝的常见构造形式见图 5.1.8-1 ~ 图 5.1.8-3。

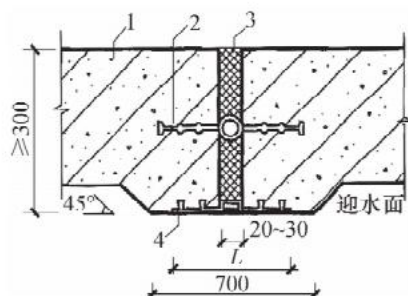


图 5.1.8-1 中埋式止水带与外贴防水层复合使用

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

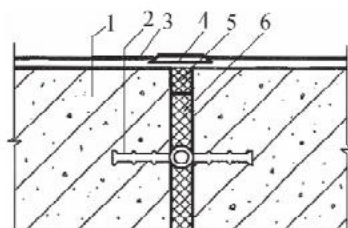


图 5.1.8-2 中埋式止水带与嵌缝材料复合使用

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 5.1.8-3 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

III 材 料

5.1.9 变形缝止水带的材质宜为橡胶类或合成树脂类，橡胶类止水带的性能指标应符合附录表 A.0.12 的规定，合成树脂类止水带的性能指标应符合附录表 A.0.13 的规定。密封胶宜采用聚硫建筑密封胶或聚氨酯密封胶，其物理力学性能应符合附录表 A.0.14、表 A.0.15 的规定。

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，止水带纵向轴线与变形缝中心线应重合；

2 顶板和底板内的止水带应呈盆状安装，并固定好；

3 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；

4 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 止水带先施工一侧混凝土时，其端模应支撑牢固，严防漏浆；

6 止水带部位的混凝土应振捣充分，不得出现欠振、过振和漏振部位，振捣时振捣棒严禁接触止水带。

5.1.11 可卸式止水带施工时，所需配件应一次配齐，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时，其相交部位宜采用图 5.1.12-1 所示的十字配件。外贴式止水带的转角部位应采用图 5.1.12-2 所示的直角配件。

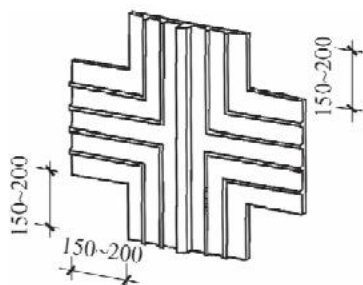


图 5.1.12-1 外贴式止水带在施工缝与变形缝相交处的十字配件

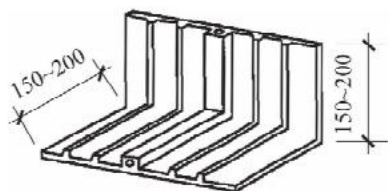


图 5.1.12-2 外贴式止水带在转角处的直角配件

5.1.13 密封材料嵌填施工应符合下列规定：

- 1 缝内两侧基面应坚实、平整干净、干燥，并刷涂与嵌缝材料相容的基层处理剂；
- 2 缝内底部应设置背衬材料或隔离膜；
- 3 嵌缝材料应连续、均匀、饱满，与缝内两侧基面粘结牢固。

5.2 后浇带

I 一般规定

5.2.1 后浇带防水措施应符合表 3.0.6-1 和表 3.0.6-2 的规定。

5.2.2 后浇带为刚性接缝，宜用于不允许留设变形缝的工程部位。

5.2.3 后浇带应在其两侧混凝土龄期达到42d后再施工。

5.2.4 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

5.2.5 后浇带应设在受力和变形较小的部位，间距宜为30m~60m，宽度宜为700mm~1000mm。

5.2.6 后浇带两侧可做成平直缝或阶梯缝，其防水构造宜采用图5.2.6-1~图5.2.6-3。

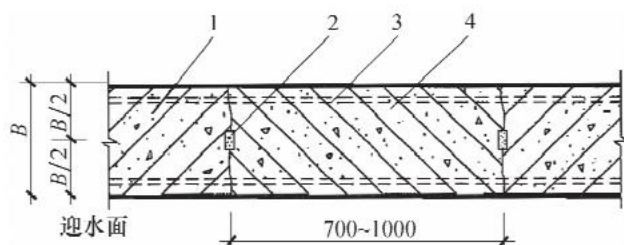


图 5.2.6-1 后浇带防水构造（一）

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

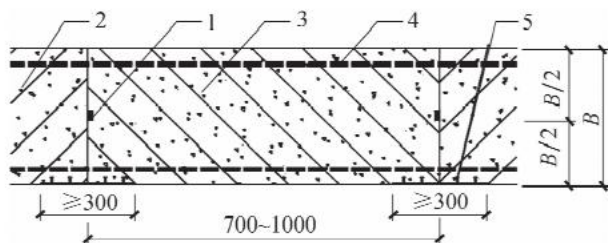


图 5.2.6-2 后浇带防水构造（二）

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

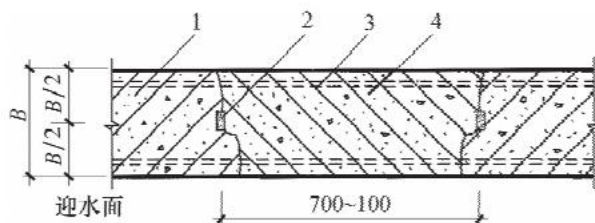


图 5.2.6-3 后浇带防水构造 (三)

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

5.2.7 采用掺加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

5.2.8 补偿收缩混凝土使用的水泥、砂、石、拌和水及外加剂、掺合料等应符合本规程第 4.1 节的有关规定，混凝土膨胀剂的物理性能应符合附录表 A.0.16 的规定。

5.2.9 后浇带两侧的接缝宜采用中埋式止水带、外贴式止水带、预埋注浆管、遇水膨胀止水条（胶）等方法加强防水。

IV 施 工

5.2.10 补偿收缩混凝土的配合比除符合防水混凝土的施工规定外，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（质量）的百分比表示。

5.2.11 后浇带混凝土施工前，应保护后浇带部位和外贴式止水带，防止落入杂物和损伤外贴式止水带。

5.2.12 当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；混凝土浇筑后应养护，养护时间不得少于 28d。

5.2.14 当后浇带需超前止水时，后浇带部位混凝土应局部加厚，并增设外贴式或中埋式止水带，见图 5.2.14。

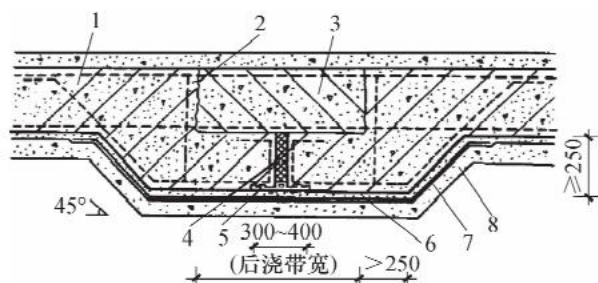


图 5.2.14 后浇带超前止水构造

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

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。见图 5.3.3-1 和图 5.3.3-2。

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

5.3.5 穿墙管防水施工应符合下列规定：

1 金属止水环应与主管满焊密实。采用套管式穿墙防水构

造时，翼环与套管应满焊密实，并在施工前将套管内表面清理干净；

2 相邻管与管的间距应大于 300mm；

3 遇水膨胀止水圈应用胶粘剂满粘固定于管上，粘贴应牢固。

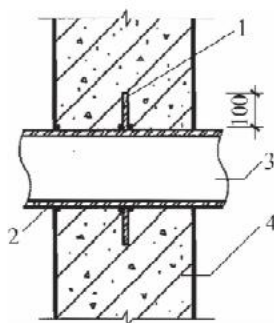


图 5.3.3-1 固定式穿墙管防水构造（一）

1—止水环；2—密封材料；3—主管；4—混凝土结构

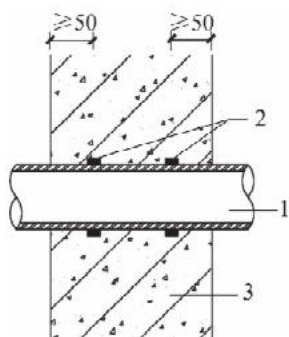


图 5.3.3-2 固定式穿墙管防水构造（二）

1—主管或套管；2—遇水膨胀止水条；3—混凝土结构

5.3.6 穿墙管线较多时，宜相对集中，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，并从钢板上的预留浇注孔注入改性沥青柔性密封材料或细石混凝土处理，见图 5.3.6。

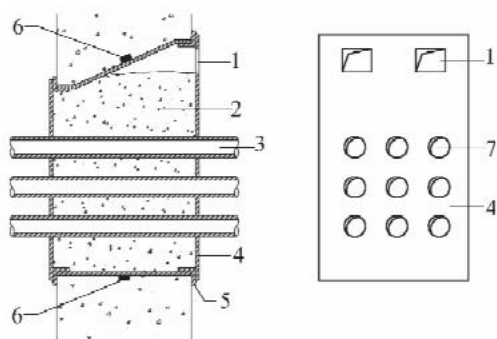


图 5.3.6 穿墙群管防水构造

- 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，穿墙管除应采取有效防水措施外，尚应采取措施满足防护要求。

5.3.8 穿墙管伸出外墙的部位，应采取有效措施进行保护。

5.4 埋设件

5.4.1 结构上的埋设件应预埋。

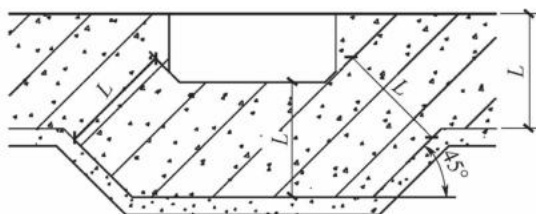
5.4.2 埋设件端部或预留孔（槽）底部的混凝土厚度不得小于 250mm，当厚度小于 250mm 时，应采取局部加厚或其他防水措施，见图 5.4.2。

5.4.3 预留孔（槽）内的防水层宜与孔（槽）外结构的防水层保持连续。

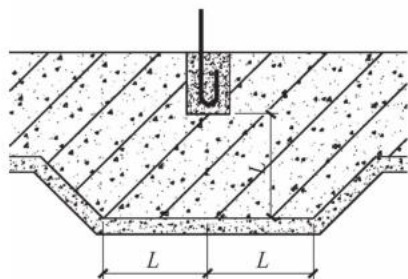
5.5 桩头和立柱

5.5.1 桩头防水设计应符合下列规定：

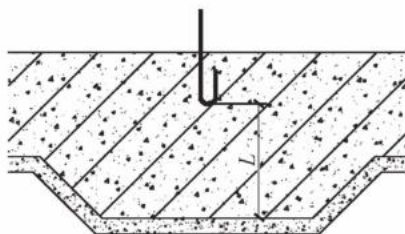
1 桩头选用的防水材料应具有能够增加混凝土的密实性、与桩头混凝土和钢筋的良好粘结性、耐水性和湿固化性等性能；



(a) 预留槽



(b) 预留孔



(c) 预埋件

图 5.4.2 预埋件或预留孔（槽）处理示意图 ($L \geq 250$)

2 桩头刚性防水层与底板柔性防水层应形成连续、封闭的防水体系；

3 桩头宜采用水泥基渗透结晶型防水涂料处理。水泥基渗透结晶型防水涂料的用量不宜小于 $2.0\text{kg}/\text{m}^2$ ，聚合物水泥防水砂浆的厚度不宜小于 20mm 。见图 5.5.1。

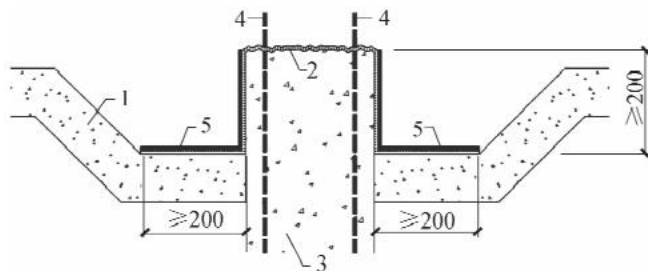


图 5.5.1 桩头刚性防水构造

1—底板垫层；2—水泥基渗透结晶型防水涂料；3—桩；
4—桩钢筋；5—聚合物水泥防水砂浆

5.5.2 桩头防水施工应符合下列规定:

- 1 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, 应采取措施进行堵漏;
- 3 水泥基渗透结晶型防水涂料应涂刷连续、均匀, 不得少涂或漏涂, 并及时进行养护;
- 4 当采用其他防水材料进行防水时, 基面应符合防水层的施工要求;

5 应对遇水膨胀止水胶(条)进行保护。

5.5.3 桩头防水构造形式见图 5.5.3-1、图 5.5.3-2。

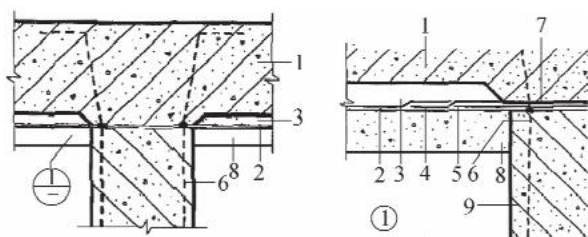


图 5.5.3-1 桩头防水构造(一)

- 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 5.5.3-2 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

5.6 预留通道接头

5.6.1 预留通道接头变形缝处的最大沉降差值不得大于 30mm。

5.6.2 预留通道接头应采取复合防水构造形式，见图 5.6.2-1、图 5.6.2-2。

5.6.3 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程第 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；明挖隧道与矿山法隧道连接时，防水层的过渡部位应设置在矿山法隧道内，并应在接口变形缝部位设置防水分区系统和注浆系统；变形缝两侧的环向注浆系统设置间距宜为 2m~3m；

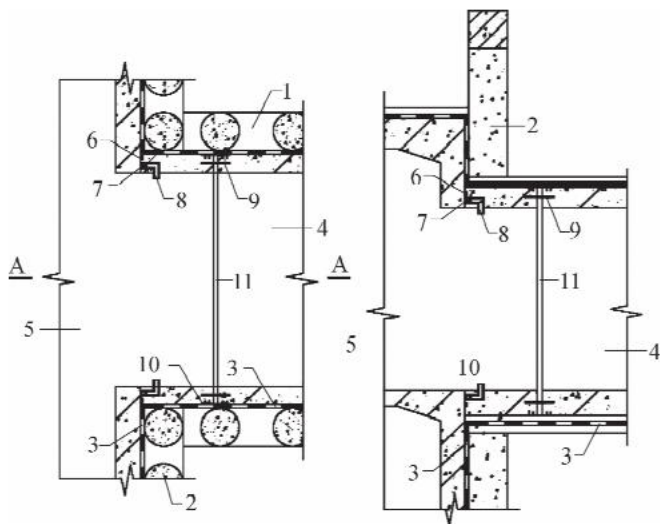


图 5.6.2-1 预留通道接头平面图一 A—A

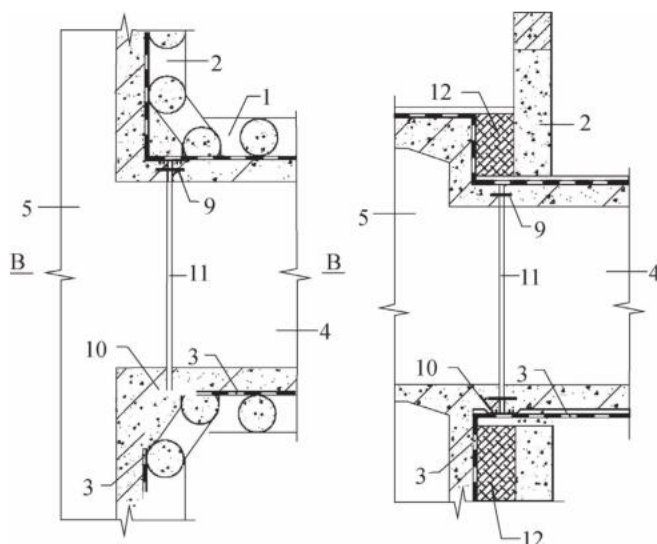


图 5.6.2-2 预留通道接头平面图二 B—B

- 1—通道支护结构；2—车站支护结构；3—柔性防水层；4—通道；
 5—车站主体；6—遇水膨胀止水胶（设置1~2）；7—注浆管；8—注浆导管；
 9—中埋式止水带；10—外贴式止水带；11—变形缝；12—砌筑砖墙或回填素土

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。

6 施工过程的结构防水

6.1 明挖法施工的地下工程防水

6.1.1 明挖法施工的地下工程防水，应采用钢筋混凝土结构自防水，并根据结构形式局部或全部增设防水层或采取其他防水措施。结构防水措施应符合表 3.0.6-1 中一级防水要求的规定。

6.1.2 明挖敞口放坡施工的地下结构和侧墙为复合墙的地下结构，应采用防水混凝土和全包防水层组成双道防线。

6.1.3 地下连续墙作为单层墙主体结构时，应符合下列规定：

1 连续墙墙体幅间接缝应采用经实践检验行之有效的防水接头；

2 车站顶板迎水面应设置柔性防水层，并应处理好柔、刚连接过渡区的密封；

3 墙体幅间接缝渗漏时，应采用注浆、嵌填弹性密封材料等进行堵漏；

4 连续墙表面应设置防水层，防水层宜采用水泥基渗透结晶型防水涂料、高渗透性改性环氧涂料或聚合物水泥防水砂浆等；

5 连续墙墙板连接的施工缝，应采用水泥基渗透结晶型防水涂料或高渗透性改性环氧涂料等加强密封；

6 地下连续墙施工时宜采用高分子泥浆护壁和水下抗分散混凝土浇筑。

6.1.4 叠合墙结构防水应符合下列规定：

1 围护结构为地下连续墙时，其支撑部位及墙体的裂缝、空洞等缺陷应采用防水砂浆或细石混凝土进行修补。墙体幅面间

的接缝渗漏时，应采用注浆、嵌填聚合物防水砂浆进行防水处理；

2 车站结构顶板迎水面应设置柔性防水层，并做好刚、柔连接过渡区的密封；

3 连续墙墙面应清洗干净并进行防水处理后，再浇筑内衬防水混凝土。

6.1.5 复合墙结构防水应符合下列规定：

1 结构顶、底板迎水面防水层与侧墙防水层宜形成整体密封防水层，并应根据不同部位设置与其相适应的保护层；

2 车站主体结构与人行通道、通风道以及区间隧道等结合部位，应根据结构构造形式选择相匹配的防水措施；

3 车站与区间隧道所选用的不同防水层应能相互过渡粘结或焊接，应使其形成连续整体密封的防水体系。

6.1.6 防水层宜选用不易窜水的防水材料或防水系统。

6.2 矿山法施工的地下工程防水

6.2.1 车站结构应采用复合式衬砌外包防水做法，并应设置防水注浆系统。同时根据工程需要在变形缝等特殊部位设置防水分区系统。

6.2.2 矿山法车站的顶纵梁部位应根据工程情况采取防、截、堵相结合的防水措施，顶部的内衬混凝土应设置回填注浆管。

6.2.3 矿山法施工的隧道结构防水，应根据含水地层的特性、围岩稳定情况和结构支护形式确定。在无侵蚀性介质、贫水的Ⅰ、Ⅱ级围岩地段的隧道结构拱、墙，宜采用复合式衬砌防水，有条件时底部可采用限排。地下水较多的软弱围岩地段，应采用全封闭式的复合式衬砌全包防水层。

6.2.4 当复合式衬砌夹层防水层选用塑料防水板时，其厚度不

宜小于 1.5mm，并应在防水板表面设置注浆系统，变形缝部位宜设置分区系统。

6.2.5 防水板与喷射混凝土基层之间应设置缓冲层；平面铺设的防水板上表面应设置刚性或柔性永久保护层。

6.2.6 防水板注浆系统的设置应符合下列规定：

1 注浆系统的环、纵向设置间距，一级设防要求时宜为 3m~4m，二级设防要求时宜为 4m~5m，顶部宜适当加密；

2 注浆系统宜靠近施工缝和变形缝等特殊部位设置；

3 注浆材料宜采用添加适量膨胀剂的水泥浆。

6.2.7 两拱相交节点处应采取防、截、堵等多道防水措施。

6.3 盾构法施工的隧道工程防水

6.3.1 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，其抗渗等级不得小于 P10，氯离子的扩散系数不宜大于 $3 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 。当隧道处于侵蚀性介质的地层时，应采取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。

6.3.2 盾构隧道衬砌防水措施应符合表 3.0.6-3 的要求。

6.3.3 管片宜进行混凝土氯离子扩散系数检测及单块抗渗检测，并应满足设计要求后再使用。

6.3.4 管片应至少设置一道密封垫沟槽。接缝密封垫宜选择具有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。

6.3.5 管片接缝密封垫应能被完全压入密封垫沟槽内，密封垫沟槽的截面积应为密封垫截面积的 1 倍~1.15 倍。密封垫的性能指标应符合附录表 A.0.17、表 A.0.18 的规定。

6.3.6 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、埋深水头的3倍水压下不渗漏的技术要求；选用的接缝密封垫应进行一字缝或T字缝耐水压检测。

6.3.7 螺栓孔防水应符合下列规定：

- 1 管片肋腔的螺栓孔口应设置锥形倒角的螺孔密封圈沟槽；
- 2 螺栓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；
- 3 螺栓孔密封圈应为合成橡胶、遇水膨胀橡胶制品。

6.3.8 嵌缝防水应符合下列规定：

- 1 在管片内侧环向与纵向边沿应设置嵌缝槽，其深宽比应大于2.5，槽深宜为25mm~55mm，单面槽宽宜为5mm~10mm；
- 2 嵌缝材料应具有良好的不透水性、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及表3.0.6-3中的防水等级要求，确定嵌缝作业区范围，采取嵌填堵水、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，嵌缝槽表面混凝土有缺损时，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。

6.3.9 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，并按本规程第4.5节的有关规定执行。

6.3.10 管片外防水涂层应符合下列规定：

1 涂层应具有良好的耐化学腐蚀性、抗微生物侵蚀性和耐水性，并应无毒或低毒；

2 涂层应能在盾构密封用钢丝刷与钢板挤压条件下不损伤、不渗水；

3 在管片外弧面混凝土裂缝宽度达到 0.2mm 时，涂层应能在最大埋深处水压或 0.8MPa 水压下不渗漏；

4 涂层应涂刷在衬砌背面和环、纵缝橡胶密封垫外侧的混凝土上。

6.3.11 竖井与隧道结合处可采用刚性接头，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。变形缝环面应粘贴垫片，同时应采用适应变形量大的弹性密封垫。

7 围护结构工程防水

7.1 地下连续墙

7.1.1 地下连续墙用作主体结构时，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 单元槽段整修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 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；

9 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；

10 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。

7.1.2 地下连续墙与内衬构成的复合式衬砌应符合下列规定；

1 应根据基坑基础形式、支撑方式内衬构造特点选择防水层；

2 墙体施工应符合本规程第 7.1.1 条第 3~9 款的规定，应按设计规定对墙面、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；

3 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程表 3.0.6-1 选用，并应与地下连续墙墙缝互相错开。

7.2 逆筑结构

7.2.1 直接采用地下连续墙作围护的逆筑结构，应符合本规程第 7.1.1 条的规定。

7.2.2 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 地下连续墙的施工应符合本规程第 7.1.1 条第 3~7 款、第 9 款的规定；

2 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 300mm~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；

3 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程细部构造防水的有关规定。

7.2.3 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程第 7.2.2 条第 2、3 款的规定。

7.3 地下预制叠合围护结构

7.3.1 地下预制叠合围护结构施工前应掌握施工区域的地质资料，查明周边环境、不良地质现象及地下障碍物，并应编制设计及施工方案。

7.3.2 预制叠合桩应委托有资质的厂家进行生产，混凝土预制桩的起吊、运输、存放及验收应符合方案要求。

7.3.3 当预制叠合桩间进行喷射混凝土施工时应预留凹槽，侧墙施工时，在凹槽位置应涂刷遇水膨胀止水胶。

7.3.4 预制叠合桩的桩面应凿毛并清理干净，与主体侧墙之间应满涂水泥基渗透结晶防水涂料。

8 地下工程渗漏水处理

8.1 一般规定

- 8.1.1** 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。
- 8.1.2** 渗漏水治理施工时应按先顶（拱）后墙再底板的顺序进行。
- 8.1.3** 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。
- 8.1.4** 治理过程中应选用无毒、无污染、耐久性好、耐候性好的材料。
- 8.1.5** 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。
- 8.1.6** 地下工程渗漏水治理，应由防水专业设计人员组成的并有防水资质的专业施工队伍承担。

8.2 方案设计

- 8.2.1** 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 工程所在位置的水文地质条件、周围环境的变化；
- 3 渗漏水的现状、流量、流速、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。

8.2.2 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排水，先辨识渗漏裂缝，待基面无明水或干燥后，用防水砂浆、聚合物水泥砂浆、挂网水泥砂浆或防水涂料等封堵渗漏裂缝，再做加强处理；

2 引排水孔最后封闭；

3 必要时采用贴壁混凝土衬砌。

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

8.2.4 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。

8.2.5 结构仍在变形、未稳定的裂缝，应待结构稳定后再进行处理。

8.2.6 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、改性环氧树脂或改性聚氨酯等，必要时可在止水后再做混凝土衬砌。

8.2.7 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，再嵌填遇水膨胀止水条或其他密封材料，也可采用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、涂抹防水涂料或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。

8.3 治理材料

8.3.1 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。

8.3.2 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改性聚氨酯或丙烯酸盐等化学浆液。

8.3.3 防水抹面材料宜选用掺外加剂、防水剂、聚合物乳液的水泥砂浆。

8.3.4 防水涂料宜选用与基面粘结强度高和抗渗性好的材料。

8.3.5 导水、排水材料宜选用排水板、金属排水槽或渗水管等。

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

8.4 施 工

8.4.1 地下工程渗漏水治理施工应按制订的方案进行。

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

8.4.3 治理过程中应随时检查治理效果，并应做好隐蔽施工记录。

8.4.4 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。

8.4.5 渗漏水治理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。

附录 A 轨道交通地下工程 防水材料的质量指标

表 A.0.1 弹性体改性沥青防水卷材的性能指标

序号	检测项目		指标
1	可溶物含量/ (g/m^2)		≥ 2900
2	耐热性 105℃	滑动/mm	≤ 2
		试验现象	无流淌、滴落
3	低温柔性		-25℃, 无裂缝
4	不透水性 120min		0.3MPa, 不透水
5	最大峰拉力/ ($\text{N}/50\text{mm}$)		≥ 800
6	最大峰时延伸率/%		≥ 40
7	浸水后质量增加/%		≤ 1.0
8	热老化	拉力保持率/%	≥ 90
		延伸率保持率/%	≥ 80
		低温柔性	-20℃, 无裂缝
		尺寸变化率/%	≤ 0.7
		质量损失/%	≤ 1.0
9	渗油性/张数		≤ 2
10	接缝剥离强度/ (N/mm)		≥ 1.5
11	卷材下表面沥青涂盖层厚度/mm		≥ 1.0
12	人工气候加速老化	外观	无滑动、流淌、滴落
		拉力保持率/%	≥ 80
		低温柔性	-20℃, 无裂缝

表 A.0.2 聚酯胎自粘聚合物改性沥青防水卷材的性能指标

序号	检测项目		指标
1	可溶物含量/ (g/m ²)	3mm	≥2100
		4mm	≥2900
2	拉伸性能	拉力/（N/50mm）	3mm≥600
		最大拉力时延伸率/%	4mm≥800
			≥40
3	耐热性		70℃无滑动、流淌、滴落
4	低温柔性		-30℃，无裂纹
5	不透水性		0.3MPa，120min 不透水
6	剥离强度/ (N/mm)	卷材与卷材	≥1.0
		卷材与铝板	≥1.5
7	钉杆水密性		通过
8	渗油性/张数		≤2
9	持粘性/min		≥15
10	热老化	最大拉力时延伸率/%	≥40
		低温柔性	-28℃，无裂纹
		剥离强度 卷材与铝板/ (N/mm)	≥1.5
		尺寸稳定性/%	≤1.0
11	自粘沥青再剥离强度/（N/mm）		≥1.5

表 A.0.3 种植屋面用耐根穿刺(SBS类)防水卷材的性能指标

序号	检测项目		指标
1	可溶物含量/(g/m ²)		≥2900
2	耐热性 105℃	滑动/mm	≤2
		试验现象	无流淌、滴落
3	低温柔性		-25℃, 无裂缝
4	不透水性 120min		0.3MPa, 不透水

续表 A.0.3

序号	检测项目		指标
5	最大峰拉力/ (N/50mm)		≥800
6	最大峰时延伸率/%		≥40
7	浸水后质量增加/%		≤1.0
8	热老化	拉力保持率/%	≥90
		延伸率保持率/%	≥80
		低温柔性	-20℃, 无裂缝
		尺寸变化率/%	≤0.7
		质量损失/%	≤1.0
9	渗油性/张数		≤2
10	接缝剥离强度/ (N/mm)		≥1.5
11	卷材下表面沥青涂盖层厚度/mm		≥1.0
12	人工气候加速老化	外观	无滑动、流淌、滴落
		拉力保持率/%	≥80
		低温柔性	-20℃, 无裂缝

表 A.0.4 高分子类预铺防水卷材的性能指标

序号	检测项目		指标
1	拉伸性能	拉力/ (N/50mm)	≥600
		拉伸强度/MPa	≥16
		膜断裂伸长率/%	≥400
		拉伸时现象	胶层与主体材料无分离现象
2	钉杆撕裂强度/N		≥400
3	抗穿刺强度/N		≥350
4	抗冲击性能 (0.5kg·m)		无渗漏
5	抗静态荷载		20kg, 无渗漏
6	耐热性		80℃, 2h 无滑移、流淌、滴落
7	低温弯折性		主体材料 -35℃, 无裂纹

续表 A.0.4

序号	检测项目		指标
8	低温柔性		胶层 -25℃, 无裂纹
9	渗油性/张数		≤1
10	抗窜水性 (水力梯度)		0.8MPa/35mm, 4h 不窜水
11	不透水性 (0.3MPa, 120min)		不透水
12	与后浇混凝土剥离强度/ (N/mm)	无处理	≥1.5
		浸水处理	≥1.0
		泥沙污染表面	≥1.0
		紫外线处理	≥1.0
		热处理	≥1.0
13	与后浇混凝土浸水后剥离强度/ (N/mm)		≥1.0
14	卷材与卷材剥离强度 (搭边) / (N/mm)	无处理	≥0.8
		浸水处理	≥0.8
15	卷材防粘处理部位剥离强度/ (N/mm)		≤0.1 或不粘合
16	热老化 (80℃, 168h)	拉力保持率/%	≥90
		伸长率保持率/%	≥80
		低温弯折性	主体材料 -32℃, 无裂纹
		低温柔性	胶层 -23℃, 无裂纹
17	尺寸变化率/%		≤±1.5

表 A.0.5 湿铺防水卷材的性能指标

序号	检测项目		指标		
			H	E	PY
1	可溶物含量/ (g/m ²)		—		≥2100
2	拉伸性能	拉力/ (N/50mm)	≥300	≥200	≥500
		最大拉力时伸长率/%	≥50	≥180	≥30
		拉伸时现象	胶层与高分子膜或胎基无分离		

续表 A.0.5

序号	检测项目		指标		
			H	E	PY
3	撕裂力/N		$H \geq 20$	≥ 25	≥ 200
4	耐热性 (70℃, 2h)		无流淌、滴落, 滑移 $\leq 2\text{mm}$		
5	低温柔性 (-20℃)		无裂纹		
6	不透水性 (0.3MPa, 120min)		不透水		
7	卷材与卷材剥离强度 (搭接边) / (N/mm)	无处理	≥ 1.0		
		浸水处理	≥ 0.8		
		热处理	≥ 0.8		
8	渗油性/张数		≤ 2		
9	持粘性/min		≥ 30		
10	与水泥砂浆剥离强度 / (N/mm)	无处理	≥ 1.5		
		热处理	≥ 1.0		
11	与水泥砂浆浸水后剥离强度 / (N/mm)		≥ 1.5		
12	热老化 (80℃, 168h)	拉力保持率/%	≥ 90		
		伸长率保持率/%	≥ 80		
		低温柔性 (-18℃)	无裂纹		
13	尺寸变化率/%		± 1.0	± 1.5	± 1.5
14	热稳定性		无起鼓、流淌, 高分子膜或胎基边缘卷曲最大不超过边长 1/4		

表 A.0.6 聚乙烯丙纶复合防水卷材的性能指标

序号	检测项目		指标
1	拉伸强度 / (N/cm)	常温 (23℃)	≥ 60
		高温 (60℃)	≥ 30
2	拉断伸长率/%	常温 (23℃)	≥ 400
		低温 (-20℃)	≥ 300

续表 A.0.6

序号	检测项目		指标
3	撕裂强度/N		≥50
4	不透水性 (0.3MPa, 30min)		无渗漏
5	低温弯折		-20℃, 无裂纹
6	加热伸缩量/mm	延伸	≤2
		收缩	≤4
7	热空气老化 (80℃ × 168h)	拉伸强度保持率/%	≥80
		拉断伸长率保持率/%	≥70
8	耐碱性 [饱和 Ca(OH) ₂ 溶液 23℃ × 168h]	拉伸强度保持率/%	≥80
		拉断伸长率保持率/%	≥80
9	人工气候老化	拉伸强度保持率/%	≥80
		拉断伸长率保持率/%	≥70
10	粘结剥离强度 (片材与片材)	标准试验条件/ (N/mm)	≥1.5
		浸水保持率 (23℃ × 168h) /%	≥70
11	复合强度 (表层与芯层) /MPa		≥0.8

表 A.0.7 水泥基渗透结晶型防水涂料的性能指标

序号	检测项目		指标
1	含水率/%		≤1.5
2	细度, 0.63mm 筛余/%		≤5
3	氯离子含量/%		≤0.10
4	施工性	加水搅拌后	刮涂无障碍
		20min	刮涂无障碍
5	抗折强度/MPa, 28d		≥2.8
6	抗压强度/MPa, 28d		≥15.0
7	湿基面粘结强度/MPa, 28d		≥1.0

续表 A.0.7

序号	检测项目		指标
8	砂浆抗渗性能	带涂层砂浆的抗渗压力/ MPa, 28d	报告实测值
		抗渗压力比(带涂层)/%, 28d	≥ 250
		去除涂层砂浆的抗渗压力/MPa, 28d	报告实测值
		抗渗压力比(去除涂层)/%, 28d	≥ 175
9	混凝土抗渗性能	带涂层混凝土的抗渗压力/MPa, 28d	报告实测值
		抗渗压力比(带涂层)/%, 28d	≥ 250
		去除涂层混凝土的抗渗压力/MPa, 28d	报告实测值
		抗渗压力比(去除涂层)/%, 28d	≥ 175
		带涂层混凝土的第二次抗渗压力/MPa, 56d	≥ 0.8

表 A.0.8 聚合物水泥防水涂料的性能指标

序号	检测项目		指标
1	固体含量/%		≥ 70
2	拉伸强度	无处理/MPa	≥ 1.2
		加热处理后保持率/%	≥ 80
		碱处理后保持率/%	≥ 60
		浸水处理后保持率/%	≥ 60
		紫外线处理后保持率/%	≥ 80

续表 A.0.8

序号	检测项目		指标
3	断裂伸长率	无处理/%	≥200
		加热处理/%	≥150
		碱处理/%	≥150
		浸水处理/%	≥150
		紫外线处理/%	≥150
4	低温柔性		-10℃, 无裂纹
5	粘接强度	无处理/MPa	≥0.5
		潮湿基层/MPa	≥0.5
		碱处理/MPa	≥0.5
		浸水处理/MPa	≥0.5
6	不透水性 (0.3MPa, 30min)		不透水

表 A.0.9 聚氨酯防水涂料的性能指标

序号	检测项目		指标
1	固体含量/%	单组分	≥85.0
		多组分	≥92.0
2	表干时间/h		≤12
3	实干时间/h		≤24
4	流平性		20min 时, 无明显齿痕
5	拉伸强度/MPa		≥2.00
6	断裂伸长率/%		≥500
7	撕裂强度/(N/mm)		≥15
8	低温弯折性		-35℃, 无裂纹
9	不透水性		0.3MPa, 120min, 不透水
10	加热伸缩率/%		-4.0 ~ +1.0
11	粘结强度/MPa		≥1.0
12	吸水率/%		≤5.0

续表 A.0.9

序号	检测项目		指标
13	定伸时老化	加热老化	无裂纹及变形
14	热处理 (80℃, 168h)	拉伸强度保持率/%	80 ~ 150
		断裂伸长率/%	≥450
		低温弯折性	-30℃, 无裂纹
15	碱处理 [0.1% NaOH + 饱和 Ca(OH) ₂ 溶液, 168h]	拉伸强度保持率/%	80 ~ 150
		断裂伸长率/%	≥450
		低温弯折性	-30℃, 无裂纹
16	酸处理 (2% H ₂ SO ₄ 溶液, 168h)	拉伸强度保持率/%	80 ~ 150
		断裂伸长率/%	≥450
		低温弯折性	-30℃, 无裂纹

表 A.0.10 非固化橡胶沥青防水涂料的性能指标

序号	项目		技术指标
1	闪点/℃		≥180
2	固含量/%		≥98
3	粘结性能	干燥基面	100% 内聚破坏
		潮湿基面	
4	延伸性/mm		≥15
5	低温柔性		-20℃, 无断裂
6	耐热性/℃		65
			无滑动、流淌、滴落
7	热老化 (70℃, 168h)	延伸性/mm	≥15
		低温柔性	-15℃, 无断裂
8	耐酸性 (2% H ₂ SO ₄ 溶液)	外观	无变化
		延伸性/mm	≥15
		质量变化/%	±2.0

续表 A.0.10

序号	项目		技术指标
9	耐碱性 [0.1% NaOH + 饱和 Ca(OH) ₂ 溶液]	外观	无变化
		延伸性/mm	≥15
		质量变化/%	±2.0
10	耐盐性 (3% NaCl 溶液)	外观	无变化
		延伸性/mm	≥15
		质量变化/%	±2.0
11	自愈性		无渗水
12	渗油性/张		≤2
13	应力松弛/%	无处理	≤35
		热老化 (70℃, 168h)	
14	抗窜水性/0.6MPa		无窜水

表 A.0.11 塑料防水板的性能指标

序号	检测项目		指标		
			EVA	ECB	PE
1	拉伸性能	断裂拉伸强度/MPa	≥18	≥17	≥18
		拉断伸长率/%	≥650	≥600	≥600
2	撕裂强度/ (kN/m)		≥100	≥95	≥95
3	不透水性 (0.3MPa, 24h)		无渗漏		
4	低温弯折性 (-35℃)		无裂纹		
5	加热伸缩量/mm	延伸	≤2		
		收缩	≤6		
6	热空气老化 (80℃ × 168h)	断裂拉伸强度/MPa	≥16	≥14	≥15
		拉断伸长率/%	≥600	≥550	≥550
7	耐碱性 [饱和 Ca(OH) ₂ 溶液 × 168h]	断裂拉伸强度/MPa	≥17	≥16	≥16
		拉断伸长率/%	≥600	≥600	≥550

续表 A. 0. 11

序号	检测项目		指标		
			EVA	ECB	PE
8	人工候化	断裂拉伸强度保持率/%	≥ 80		
		拉断伸长率保持率/%	≥ 70		
9	刺破强度/N	1. 5mm	≥ 300		
		2. 0mm	≥ 400		
		2. 5mm	≥ 500		
		3. 0mm	≥ 600		

表 A. 0. 12 橡胶止水带的性能指标

序号	检测项目		指标		
			B、S	JX	JY
1	硬度（邵尔 A）/度		60 $\pm$ 5	60 $\pm$ 5	40 ~ 70
2	拉伸强度/MPa		≥ 10	≥ 16	≥ 16
3	拉断伸长率/%		≥ 380	≥ 400	≥ 400
4	压缩永久变形/%	70℃ $\times$ 24h, 25%	≤ 35	≤ 30	≤ 30
		23℃ $\times$ 168h, 25%	≤ 20	≤ 20	≤ 15
5	撕裂强度/（kN/m）		≥ 30	≥ 30	≥ 20
6	脆性温度/℃		≤ -45	≤ -40	≤ -50
7	热空气老化 70℃ $\times$ 168h	硬度变化（邵尔 A）/度	$\leq +8$	$\leq +6$	$\leq +10$
		拉伸强度/MPa	≥ 9	≥ 13	≥ 13
		拉断伸长率/%	≥ 300	≥ 320	≥ 300
8	臭氧老化 50×10^{-8} ; 20%, (40 $\pm$ 2)℃ $\times$ 48h		无裂纹		
9	橡胶与金属粘合		橡胶间破坏	—	—
10	橡胶与帘布粘合强度/（N/mm）		—	5	—

表 A. 0. 13 塑料止水带的性能指标

序号	检测项目		指标		
			EVA	ECB	PVC
1	拉伸强度/MPa		≥16	≥14	≥10
	扯断伸长率/%		≥550	≥500	≥200
2	撕裂强度/ (kN/m)		≥60		≥50
4	低温弯折性		-35℃无裂纹		-25℃无裂纹
6	热空气老化 (80℃×168h)	外观 (100% 伸长率)	无裂纹		
		拉伸强度保持率/%	≥80		
		扯断伸长率保持率/%	≥70		
7	耐碱性 Ca (OH) ₂ 饱和溶液 (168h)	拉伸强度保持率/%	≥80		
		扯断伸长率保持率/%	≥90		≥80

表 A. 0. 14 聚硫建筑密封胶的性能指标

序号	检测项目		指标		
			20HM	25LM	20LM
1	密度/（g/cm ³ ）		规定值±0.1		
2	流动度	下垂度（N型）/mm	≤3		
		流平性（L型）	光滑平整		
3	表干时间/h		≤24		
4	适用期/h		≥2		
5	弹性恢复率/%		≥70		
6	拉伸模量/MPa	23℃	>0.4 或	≤0.4 和 ≤0.6	
		-20℃	>0.6		
7	定伸粘结性		无破坏		
8	浸水后定伸粘结性		无破坏		
9	冷拉-热压后粘结性		无破坏		
10	质量损失率/%		≤5		

表 A. 0. 15 聚氨酯建筑密封胶的性能指标

序号	检测项目		指标		
			20HM	25LM	20LM
1	密度/（g/cm ³ ）		规定值±0.1		
2	流动度	下垂度（N型）/mm	≤3		
		流平性（L型）	光滑平整		
3	表干时间/h		≤24		
4	挤出性/（ml/min）		≥80		
5	适用期/h		≥1		
6	弹性恢复率/%		≥70		
7	拉伸模量/MPa	23℃	>0.4	≤0.4	
		-20℃	或>0.6	和≤0.6	
8	定伸粘结性		无破坏		
9	浸水后定伸粘结性		无破坏		
10	冷拉-热压后粘结性		无破坏		
11	质量损失率/%		≤7		

表 A. 0. 16 膨胀剂的性能指标

序 号	检测项目		指标值	
			I 型	II 型
1	细度	比表面积/ (m^2/kg)	≥ 200	
		1.18mm 筛筛余/%	≤ 0.5	
2	凝结时间	初凝/min	≥ 45	
		终凝/min	≤ 600	
3	限制膨胀率/%	水中 7d	≥ 0.035	≥ 0.050
		空气中 21d	≥ -0.015	≥ -0.010
4	抗压强度/MPa	7d	≥ 22.5	
		28d	≥ 42.5	

表 A.0.17 弹性橡胶密封垫的性能指标

序号	检测项目		指标		
			氯丁橡胶	三元乙丙橡胶	
1	硬度（邵尔 A）/度		50 ~ 60	I 型	II 型
				50 ~ 60	60 ~ 70
2	硬度偏差/度		± 5		
3	拉伸强度/MPa		≥10.5	≥9.5	≥10
4	拉断伸长率/%		≥350	≥350	≥330
5	压缩永久变形/%	70℃ × 24 $\frac{0}{-2}$ h, 25%	≤30	≤25	≤25
		23℃ × 72 $\frac{0}{-2}$ h, 25%	≤20	≤20	≤15
6	热空气老化 70℃ × 96h	硬度变化/度	≤8	≤6	≤6
		拉伸强度降低率/%	≤20	≤15	≤15
		拉断伸长率降低率/%	≤30		
7	防霉等级		不低于二级		

表 A.0.18 遇水膨胀橡胶密封垫的性能指标

序号	检测项目		指标	
1	硬度（邵尔 A）/度		42 ± 10	45 ± 10
2	拉伸强度/MPa		≥3.5	≥3
3	拉断伸长率/%		≥450	≥350
4	体积膨胀倍率/%		≥250	≥400
5	反复浸水试验	拉伸强度/MPa	≥3	≥2
		拉断伸长率/%	≥350	≥250
		体积膨胀倍率/%	≥250	≥300
6	低温弯折（-20℃ × 2h）		无裂纹	无裂纹

附录 B 轨道交通地下工程防水材料相关标准

类别	标准名称	标准号
防水卷材	1 弹性体改性沥青防水卷材	GB 18242
	2 自粘聚合物改性沥青防水卷材	GB 23441
	3 种植屋面用耐根穿刺防水卷材	GB/T 35468
	4 预铺防水卷材	GB/T 23457
	5 湿铺防水卷材	GB/T 35467
	6 高分子防水材料 第 1 部分：片材	GB/T 18173. 1
	7 聚氯乙烯（PVC）防水卷材	GB 12952
	8 改性沥青聚乙烯胎防水卷材	GB 18967
	9 地下工程防水技术规范	GB 50108
防水涂料	1 聚氨酯防水涂料	GB/T 19250
	2 聚合物水泥防水涂料	GB/T 23445
	3 非固化橡胶沥青防水涂料	JC/T 2428
密封材料	1 聚氨酯建筑密封胶	JC/T 482
	2 聚硫建筑密封胶	JC/T 483
	3 混凝土接缝用建筑密封胶	JC/T 881
	4 丁基橡胶防水密封胶粘带	JC/T 942
其他防水材料	1 高分子防水材料 第 2 部分：止水带	GB/T 18173. 2
	2 高分子防水材料 第 3 部分：遇水膨胀橡胶	GB/T 18173. 3
	3 高分子防水材料 第 4 部分：盾构法隧道管片用橡胶密封垫	GB/T 18173. 4
	4 高分子防水卷材胶粘剂	JC/T 863
	5 铁路隧道防水材料 第 1 部分：防水板	TB/T 3360. 1

续表

类别	标准名称	标准号
其他防水材料	6 公路工程土工合成材料 防水材料 第1 部分：塑料止水带	JT/T 1124. 1
	7 遇水膨胀止水胶	JG/T 312
刚性防水材料	1 水泥基渗透结晶型防水材料	GB 18445
	2 砂浆 、混凝土防水剂	JC/T 474
	3 混凝土膨胀剂	GB/T 23439
	4 聚合物水泥防水砂浆	JC/T 984

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”，

有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 2 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》
GB/T 50082
- 3 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
- 4 《地铁设计规范》 GB 50157
- 5 《地下防水工程质量验收规范》 GB 50208
- 6 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 7 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 8 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 9 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 10 《建设用砂》 GB/T 14684
- 11 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 12 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/
T 18046
- 13 《高分子防水材料 第1部分：片材》 GB/T 18173.1
- 14 《高分子防水材料 第4部分：盾构法隧道管片用橡胶
密封垫》 GB/T 18173.4
- 15 《弹性体改性沥青防水卷材》 GB 18242
- 16 《水泥基渗透结晶型防水材料》 GB 18445
- 17 《混凝土膨胀剂》 GB/T 23439
- 18 《自粘聚合物改性沥青防水卷材》 GB 23441
- 19 《预铺防水卷材》 GB/T 23457
- 20 《湿铺防水卷材》 GB/T 35467
- 21 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55

- 22 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 23 《聚氨酯建筑密封胶》 JC/T 482
- 24 《聚硫建筑密封胶》 JC/T 483
- 25 《聚合物水泥防水砂浆》 JC/T 984
- 26 《铁路隧道防水材料 第 1 部分：防水板》 TB/T 3360. 1

山东省工程建设标准

轨道交通地下工程防水技术规程

Technical specification for waterproofing of underground
works construction of rail transportation

DB37/T 5194—2021

条文说明

目 次

1	总则	75
3	基本规定	76
4	主体结构防水	77
4.1	防水混凝土	77
4.2	水泥砂浆防水层	79
4.3	卷材防水层	79
4.4	涂料防水层	80
4.5	塑料防水板防水层	82
5	细部构造防水	84
5.1	变形缝	84
5.2	后浇带	85
5.3	穿墙管	86
5.4	埋设件	87
5.5	桩头和立柱	87
5.6	预留通道接头	87
6	施工过程的结构防水	88
6.1	明挖法施工的地下工程防水	88
6.2	矿山法施工的地下工程防水	88
6.3	盾构法施工的隧道工程防水	89
7	围护结构工程防水	90
7.1	地下连续墙	90
7.2	逆筑结构	90
7.3	地下预制叠合围护结构	90
8	地下工程渗漏水处理	93

8.1	一般规定	93
8.2	方案设计	93
8.3	治理材料	94
8.4	施工	95

1 总 则

1.0.1 本条说明了本规程的编制目的。山东省的轨道交通建设快速发展。目前青岛、济南开通地铁后，潍坊、烟台、淄博、济宁等地市也已提出地铁建设规划。国内的现行标准、规范多为地下工程或者隧道工程，工程范围比较广，北京、西安等省市的地方标准不适于山东省的实际情况，为了保证山东省轨道交通地下工程的防水质量，加强防水施工过程质量控制，制定本规程。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围。

1.0.4 本条明确了本规程与其他国家现行有关标准的关系。除应符合工程建设相关标准的要求外，尚应符合安全、环保、卫生等标准的相关规定。

3 基本规定

3.0.3 《地下工程防水技术规范》GB 50108—2008 的 1.0.3 中要求的设计和施工原则为：防、排、截、堵相结合，刚柔并济，因地制宜，综合治理。《地铁设计规范》GB 50157—2013 中 12.1 的规定更为详尽，因此，本规程规定轨道交通地下工程的防水设计和防水等级应符合《地铁设计规范》GB 50157 中 12.1 的规定。

3.0.6 轨道交通地下工程的防水设防要比一般地下工程的要求严格，因此，相比《地下工程防水技术规范》GB 50108—2008 中的设防要求，去掉了三级和四级的要求，保留一级和二级的要求。

4 主体结构防水

4.1 防水混凝土

I 一般规定

4.1.2 混凝土抗渗压力是试验室得出的数值，而施工现场条件比实验室差，影响混凝土抗渗性能的因素复杂且难以控制，因此抗渗等级应提高一个等级（0.2MPa）。

4.1.3 地下工程所处的环境较为复杂、恶劣，结构主体长期受浸泡、侵蚀以及冻融、干湿交替的作用，随着时间的推移，逐渐产生劣化，故防水混凝土的配制首先应以满足抗渗等级要求作为主要设计依据，同时也应根据工程所处环境条件和工作条件需要，相应满足抗压、抗裂、抗冻和抗侵蚀等耐久性要求。

II 设 计

4.1.5 当防水混凝土用于具有一定温度的工作环境时，其抗渗性随着温度提高而降低，温度越高则降低越显著，因此规定，最高使用温度不得超过 80℃。

4.1.7 防水混凝土具备一定的厚度，会使地下水渗透的距离增大，也就是阻水截面加大，当混凝土内部的阻力大于外部水压力时，地下水就只能渗透到混凝土中一定距离而停下来，因此防水混凝土结构必须有一定厚度才能抵抗地下水的渗透。

在地下工程中宽度小于 0.2mm 的裂缝多数可以自行愈合，所以规定裂缝宽度不得大于 0.2mm，并不得贯通。

III 材 料

4.1.10 由于防水混凝土水泥用量相对较高，使用粉细砂更易产生裂缝，因此应优先采用中砂。海砂含有氯离子（ Cl^- ），会对混凝土产生破坏，因此严禁使用海砂。

在混凝土硬化过程中，石子越大，与砂浆收缩的差值越大，使砂浆与石子间产生细微裂缝。因此，防水混凝土的石子粒径不宜过大，以不超过 31.5mm 为宜。泵送防水混凝土的石子最大粒径不应大于管径的 1/4，否则将影响泵送。

4.1.11 矿物掺合料品种很多，但用于配制防水混凝土的矿物掺合料主要是粉煤灰、硅粉及粒化高炉矿渣粉。掺合料的品质对防水混凝土性能影响较大，掺量必须严格控制。

IV 施 工

4.1.15 大气降雨、地面水的流入以及施工用水的积存都将影响防水混凝土拌合物的配比，增大其坍落度，延长凝结硬化时间，直接影响混凝土的密实性、抗渗性和抗压强度。

4.1.18 随意加水将改变原有规定的水灰比，而水灰比的增大将不仅影响混凝土的强度，而且对混凝土的抗渗性影响极大，将会造成渗漏水的隐患。

4.1.21 防水混凝土的养护是至关重要的。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，抗渗性急剧下降，甚至完全丧失抗渗能力。若养护及时，水泥水化充分，水泥水化生成物堵塞毛细孔隙，能够提高混凝土的抗渗性。

4.1.22 地下工程进行冬期施工时，必须采取一定的技术措施。因为混凝土温度在 4℃ 时，强度增长速度仅为 15℃ 时的 1/2。当

混凝土温度降到 -4°C 时，水泥水化作用停止，混凝土强度也停止增长。水冻结后，体积膨胀 $8\% \sim 9\%$ ，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，就会被冻裂，使混凝土内部结构破坏，造成强度、抗渗性显著下降。

4.2 水泥砂浆防水层

II 设 计

4.2.4 根据防水砂浆的特性，对砂浆防水层的厚度进行了规定。

IV 施 工

4.2.20 聚合物水泥砂浆早期采用潮湿养护的目的是使水泥充分水化而获得一定的强度，后期采用自然养护的目的是使胶乳在干燥状态下使水分尽快挥发而固化形成连续的防水膜。

4.3 卷材防水层

I 一般规定

4.3.2 卷材防水层应铺设在结构迎水面的基面上，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粘结力小的缺点。

II 设 计

4.3.4 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。

III 材 料

4.3.6、4.3.7 由于防水卷材产品标准的某些技术指标不能满足地下工程的需要，考虑到地下工程使用年限长、质量要求高、工程渗漏维修不易更换材料等特点，故本规程以其产品标准为基础，结合地下工程的特点和需要，经研究比较，制定出适应地下防水工程要求的防水卷材物理性能，列于附录表 A.0.1 ~ 表 A.0.6 中。

IV 施 工

4.3.8 为提高卷材与基面的粘结力而提出的要求。

4.3.15 自粘聚合物改性沥青防水卷材的特点是冷粘法施工，满足环保节能要求。铺贴自粘聚合物改性沥青防水卷材，为了提高卷材与基面的粘结性，涂刷基层处理剂和铺贴卷材时将搭接部位适当加热是十分必要的。

4.3.18 非固化橡胶沥青防水涂料在液流态时与复合铺贴的防水卷材粘结效果最佳，构成复合防水层后其防水能力最强。因此，本条规定防水卷材宜与非固化橡胶沥青防水涂料同时施工，即非固化橡胶沥青防水涂料施工至基层后，立即滚铺卷材，确保防水效果。当不能同步铺贴时，也应使防水卷材在非固化橡胶沥青防水涂料恢复至黏流态前铺贴完毕。

4.4 涂料防水层

I 一般规定

4.4.2 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粘结力较小的弱点。无机防水涂料由于凝固快,与基面有较强的粘结力,最宜用于背水面混凝土基层上做防水过渡层。

II 设 计

4.4.4 地下工程要使基面达到比较干燥的程度较难,有一些有机或无机涂料在潮湿基面上均有一定的粘结力,可从中采用粘结力较大的涂料。在过于潮湿的基面上还可采用两种涂料复合使用的方法,即先涂无机防水涂料,利用其凝固快和与其他涂层防水层粘结好的特点,做成防水过渡层,再涂有机涂料。

冬期施工时,由于气温低,用水乳型涂料已不适宜,此时宜采用反应型涂料。溶剂型涂料也适于在冬期施工使用,但由于涂料中溶剂挥发会给环境造成污染,故不宜在封闭的地下工程中使用。

4.4.5 阴阳角、变形缝、施工缝等特殊部位因不好涂刷,故要在这些部位设置增强材料,并增加涂刷遍数,以确保这些部位的施工质量。

4.4.6 水泥基渗透结晶型防水涂料中活性成分的拥有量是一定的,必须有一定的厚度或单位面积用量才能保证防水的可靠性和耐久性。

IV 施 工

4.4.11 基层阴阳角涂布较难,做成圆弧形,以确保这些部位的涂布质量。

4.4.16 涂料防水层的施工只是地下工程施工过程中的一道工序,其后续工序,如回填、底板及侧墙绑扎钢筋、浇筑混凝土等

均有可能损伤已做好的涂料防水层，因此应及时做保护层。

4.4.18 本条对非固化橡胶沥青防水涂料的施工要求做出规定。

由于非固化橡胶沥青防水涂料属于热熔型改性沥青防水涂料，在施工现场将涂料加热至一定温度使其变为液流态时，方具备刮涂的可操作性。由于温差原因，液流态涂料会与空气发生热交换，导致热量损失，当温度降低至一定程度后，液流态涂料会逐渐转化为黏流态，使刮涂性能降低。因此，必须规定非固化涂料从液流态转变为黏流态的过程间隔时间。

闪点温度即涂料的燃点温度，由于配方不同，不同厂家所生产的非固化橡胶沥青防水涂料可能有所区别。为保障现场施工安全，防止火灾发生，此处将闪点温度限定为180℃。

4.5 塑料防水板防水层

I 一般规定

4.5.2 塑料防水板铺设在初期支护与二次衬砌之间，不仅起防水作用，对初期支护和二次衬砌还起到隔离和润滑作用，防止二次衬砌混凝土因初期支护表面不平而出现开裂，保护和发挥二次衬砌的防水效果。

II 设 计

4.5.4 塑料防水板防水层必须先铺设缓冲层，这样一方面有利于无钉铺设工艺的实施，另一方面防止防水板被刺穿。

III 材 料

4.5.8 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，但防水板的幅宽又不能过宽，否则防水板的重量变大，

会造成铺设困难。防水板过厚则较重，于铺设不利，且造价较高，但过薄又不易保证防水施工质量。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刺穿性，以免板被刺破使其完整的防水性遭到破坏。

IV 施 工

4.5.12 设缓冲层，一是因基层表面不太平整，铺设缓冲层后便于铺设防水板；二是能避免基层表面的坚硬物体清除不彻底时刺破防水板；三是有的缓冲层（如土工布）有渗排水性能，能起到引排水的作用。为保证防水层施工质量，应先铺垫层，再铺设防水板，真正达到无钉铺设。

4.5.14 层数太多，焊接后太厚，焊接机无法施焊，采用焊枪大面积焊接质量难以保证，但从工艺要求上难以避免三层，超过三层时，应采取措施避开。

4.5.17 防水板的铺设和内衬混凝土的施工是交叉作业，如两者施工距离过近，则相互间易受干扰，但过远，有时受施工条件限制达不到规定的要求，且过远铺好的防水板会因自重造成脱落。

5 细部构造防水

5.1 变形缝

I 一般规定

5.1.2 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，还应考虑施工方便、检修容易、堵漏维修操作简单等要求。

II 设 计

5.1.5 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粘结力，但如沉降量过大，也会造成钢边止水带与混凝土脱开，使工程渗漏。

IV 施 工

5.1.10 止水带水平设置时下部的混凝土不易振捣密实，气泡也不易排出，且混凝土凝固时产生的收缩易使止水带与下面的混凝土产生缝隙，从而导致变形缝漏水。止水带安装成盆形，有助于消除上述弊端。

止水带安装时不得出现扭曲、翻转等现象，止水带部位的混凝土振捣时，应有专人看护，当止水带出现脱落、扭曲、偏移、变形时，应及时纠正。应采取保护措施保护外露部分的止水带，避免后续施工过程中造成破坏。

与止水带接触的混凝土表面应坚实、平整、干净、干燥，无灰尘、起皮、掉砂等现象。

5.1.11 当采用外贴式止水带时，在变形缝与施工缝相交处，由于止水带的形式不同，现场进行热压接头有一定困难；在转角部位，由于过大的弯曲半径会造成齿牙不同的绕曲和扭转，同时减少转角部位钢筋的混凝土保护层。

5.1.13 要使嵌填的密封材料具有良好的防水性能，除了嵌填的密封材料要密实外，缝两侧的基面处理也十分重要，否则密封材料与基面粘结不紧密，就起不到防水作用。另外，嵌缝材料下面的背衬材料不可忽视，否则会使密封材料三向受力，对密封材料的耐久性和防水性都有不利影响。

5.2 后浇带

I 一般规定

5.2.3 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龄期为 6 周后才能基本稳定，在条件许可时，间隔时间越长越好。

5.2.4 补偿收缩混凝土是在混凝土中加入一定量的膨胀剂，使混凝土产生微膨胀，在有配筋的情况下，能够补偿混凝土的收缩，提高混凝土的抗裂性和抗渗性。

II 设 计

5.2.5 后浇带部位在结构中实际形成了两条施工缝，对结构在该处的受力有些影响，所以应设在变形较小的部位。后浇带的宽度主要考虑：一是对后浇带部位和外贴式止水带的保护，二是对落入后浇带内的杂物清理，三是对施工缝处理和埋设遇水膨胀止

水条，故后浇带宽度宜为 700mm ~ 1000mm。

III 施 工

5.2.11 为了保证后浇带部位的防水质量，必须保证带内清洁，同时也应对预设的防水设施进行有效保护，否则很难保证防水质量。

5.2.13 后浇带采用补偿收缩混凝土，可以避免出现新的收缩裂缝造成工程渗漏水的隐患，如果后浇带施工留设施工缝，就会大大降低后浇带的抗渗性，因此强调后浇带混凝土应一次浇筑。

混凝土养护时间对混凝土的抗渗性尤为重要，混凝土早期脱水或养护过程中缺少必要的水分和温度，抗渗性将大幅度降低甚至完全消失。

5.2.14 后浇带如有水情况下施工，很难把缝清理干净，不能保证接缝的防水质量，因此在地下水位较高时，可采用超前止水。

5.3 穿墙管

5.3.1 预先埋设穿墙管，主要是为了避免浇筑混凝土完成后，再重新凿洞破坏防水层，形成工程渗漏水的隐患。

5.3.2 本条规定的距离要求是为了便于防水施工和管道安装施工操作。

5.3.3 穿墙管中部加上止水环可改变水的渗透路径，延长水的渗透路线；加遇水膨胀橡胶则可堵塞渗水通道，从而达到防水的目的。针对目前穿墙管部位渗漏水较多的情况，再增设一道嵌缝防水层，以确保穿墙管部位的防水性能。

5.3.4 当穿墙管与混凝土的相对变形较大或有更换要求时，管道外壁交界处会产生间隙而渗漏，此时采用套管式穿墙管，可使

穿墙管与套管发生相对位移时不致渗漏。

5.3.5 止水环的作用是改变地下水的渗透路径，延长渗透路线。如果止水环与管不满焊，或满焊而不密实，则止水环与管接触处仍是防水薄弱环节。套管内因还需采用其他防水措施，故其内壁表面应清理干净，以保证防水施工的质量。

管间距离过小，防水混凝土在此处不易振捣密实，同时采用其他防水措施时，因操作空间太小，易影响其他防水措施的质量。

5.3.8 伸出迎水面外的穿墙管可能在回填时被损坏，一旦损坏不仅影响使用，而且可能形成渗漏水通道，故应采取可靠措施。

5.4 埋设件

5.4.1 埋设件的预先埋设是为了避免破坏工程的防水层。

5.5 桩头和立柱

5.5.1 近年来，因桩头处理不好而引起工程渗漏水的情况时有发生，分析其原因，主要是在桩头钢筋与混凝土间、底板与桩头间的施工缝或混凝土桩身与地基土两者膨胀收缩不一致形成缝隙。本条规定了桩头所用防水材料的性能，并强调桩头防水应与主体防水连成一体，形成整体防水性。

5.6 预留通道接头

5.6.3 由于预留通道接头两边施工时间先后不一，因此特别要强调中埋式止水带的保护，以免止水带受老化影响降低其性能，同时也要保持先浇部分混凝土端部表面平整、清洁，使遇水膨胀止水条和可卸式止水带有良好的接触面。而预埋件的锈蚀将严重影响后续工序的施工，故应保护好。

6 施工过程的结构防水

6.1 明挖法施工的地下工程防水

6.1.4 在设计中，车站顶板通常采用附加柔性防水层，围护结构的钢筋接驳器、地下墙接缝等薄弱处采用水泥基渗透结晶防水材料或其他刚性封堵材料进行防水加强后再浇筑内衬墙组成叠合侧墙，底板靠密实混凝土自防水。从施工实践来看，侧壁支护墙与内衬结构共同组成叠合墙结构，也可以体现出加强了内衬侧壁的防水。

6.1.5 复合墙的内衬墙与围护结构之间设置了防水层，因此内衬墙与围护结构之间是完全分开的。顶板、侧墙和底板防水层应封闭，形成外包防水体系，并根据防水层种类和设置部位的不同，选择合理的防水层临时或永久保护措施。而车站和出入口通道、通风道以及区间隧道的接口部位的防水层甩槎容易在后续浇筑内衬混凝土和破除围护结构时出现破损，造成主体和附属结构之间防水层接槎困难，因此应对该处防水层甩槎采取合理的保护措施及防水加强措施。而车站和附属结构及区间隧道由于工法不同，采用的防水层材料种类有可能不同，不同防水层材料应采取合理措施做到密封过渡，使防水层形成连续封闭的防水体系。

6.2 矿山法施工的地下工程防水

6.2.3 矿山法施工的隧道的防水措施，通常采用复合衬砌全包防水构造。复合式衬砌除采用防水混凝土外，还需做夹层柔性防水层。

6.2.4 目前矿山法隧道柔性防水材料通常采用塑料类，如乙烯

- 醋酸乙烯共聚物 (EVA)、乙烯-醋酸乙烯共聚物沥青 (ECB)、聚氯乙烯 (PVC) 等。工程实践证明, 在铺设塑料防水板、绑扎钢筋和浇筑振捣混凝土时容易出现破损。而塑料防水板与二衬混凝土之间通常不密贴, 地下水从防水层破损部位进入防水层与结构迎水面之间, 并到处流动, 导致“窜水”现象, 这就给后期堵漏维修带来困难。而设置注浆系统是解决塑料防水板窜水问题的关键。

注浆系统由焊接在防水板表面的注浆底座和穿过二衬的注浆导管组成, 注浆底座是为了确保浇筑二衬混凝土时水泥等细颗粒不会进入注浆底座并流出, 注浆导管与底座相连, 主要起到成孔并引导浆液进入的作用。二衬结构施工完毕后, 利用注浆导管进行回填注浆处理, 注浆材料一般采用 1 : (2 ~ 3) 的水泥浆液, 并添加 8% ~ 10% 的膨胀剂或其他添加剂。注浆的目的是使浆液凝固后填充防水板与二衬迎水面之间的窜水通道, 同时也利用浆液将结构迎水面的裂缝、孔洞封堵严密, 起到提高结构自防水能力的作用。分区系统主要包括与防水板同材质的外贴式止水带, 将外贴式止水带用专用焊接设备焊接在防水板表面, 止水带的凸起齿条与二衬混凝土密实咬合, 人为将隧道划分成各自独立的防水区域。但工程实践证明, 隧道顶板 (顶拱) 部位的混凝土浇筑不易密实, 同时阴阳角部位止水带齿条容易倒伏、止水带接头部位不易焊接严密等, 导致分区效果不好。因此提出宜在变形缝部位进行分区, 不提出分区面积的具体要求。

6.3 盾构法施工的隧道工程防水

6.3.1 当隧道处于侵蚀性介质中时, 可在管片迎水面涂刷水泥基渗透结晶型防水材料、高渗透改性环氧、环氧聚氨酯等防水防腐涂层。

7 围护结构工程防水

7.1 地下连续墙

7.1.2 地下连续墙作为复合衬砌的一部分，不直接作为主体结构的墙体使用，而主体结构用防水混凝土浇筑时，可用作防水等级为一、二级工程。但应指出，由于地下连续墙和直接作主体结构的墙体在板的位置上的钢筋连为一体，此处防水如处理不好，极易形成渗漏水通道，而一旦直接作主体结构的墙体渗漏，很难找出渗漏水点，因此作主体结构的墙体，特别是这些细部构造的施工更要精心。

7.2 逆筑结构

7.2.1 逆筑法是由上而下逐层进行地下工程结构施工的一种方法。近十年来采用此种方法施工的工程日渐增多，无论是单建式地下工程还是附建式地下工程均有采用。除地下连续墙不用再加设临时支撑外，其他做法均与 7.1.1 条相同。

7.3 地下预制叠合围护结构

7.3.2 预制叠合桩的混凝土强度一般是达到 70% 后起吊，达到 100% 后进行运输。桩起吊时应采取相应措施，保证安全平稳，保护桩身质量。水平运输时，应做到桩身平稳放置，严禁在场地上直接拖拉桩体。方桩应放置在水平地面上，吊运时有专人指挥，严禁因相邻方桩挤压造成桩体质量的损坏。

预制叠合桩进场需提供以下资料且为原件：

- 1) 钢筋原材合格证、进场复试试验报告。

2) 外加剂、水泥出厂合格证、复试报告。

3) 砂石料试验报告。

4) 混凝土出厂合格证、混凝土强度报告、混凝土合格证、配合比选定报告。

- 5) 直螺纹套筒进场合格证、型式检验报告。
- 6) 钢筋机械连接试验检测报告。
- 7) 焊条合格证。
- 8) 穿孔塞焊试验检测报告。
- 9) 预制构件出厂合格证，至少包含以下项目：
- a. 合格证编号；
 - b. 适用标准编号；
 - c. 方桩规格、长度、分类；
 - d. 混凝土强度等级；
 - e. 外观质量及尺寸偏差检测结果；
 - f. 方桩编号；
 - g. 制造厂厂名、制造日期、出厂日期；
 - h. 检验员签名或盖章。

产品临时标志（喷涂至桩身）至少包含以下内容：桩编号、类型（例 C001/C002）、生产日期、检验状态。

表 1 预制叠合桩进场验收标准

项目		允许偏差/mm
桩长		± 20
横截面边长		± 5
预埋接驳器	预埋件位置	± 10
	预埋件数量	不得缺少
	外露长度	0, -5
露筋		不应有

续表 1

项目	允许偏差/mm
蜂窝	桩顶桩间不应有，其他位置不得超过桩整体面积 5%
裂缝	宽度不得大于 0.25mm，横向裂缝不超过边长一半
桩端砼疏松	不应有
外形缺陷	不宜有，局部调角深度不大于 10mm
接驳器封堵	封堵齐全
桩顶板钢板及桩连接件焊接	焊接饱满，无夹渣

8 地下工程渗漏水处理

8.1 一般规定

8.1.1 在渗漏水治理前，熟悉掌握工程的原防排水设计、施工记录和验收资料，对原防排水的位置、施工中的防水设计变更、材料选择做到心中有数，可为治理时的方案制订带来帮助。

8.1.3 地下工程渗漏水治理中要重视排水工作，主要是将水量大的渗漏水排走，目的是减小渗漏水压，给防水创造条件。排水的方法通常有两种，一种是自流排水，另一种是机械排水，当地形条件允许时尽可能采取自流排水，只有受到地形条件限制的时候，才将渗漏水通过排水沟引至集水井内，用水泵定期将水排出。

8.1.4 防水堵漏时，应尽量选用无毒的防水材料，以保护施工人员身体和周围环境。为防止污染环境，除了对现场废水、废液妥善处理外，施工时还应对周围饮用水源加强监测。

8.2 方案设计

8.2.2、8.2.3 大面积的渗漏水是地下工程渗漏水的主要表现形式之一，它在渗水的工程中所占比例高达 95% 以上，几乎所有的渗水工程都存在这类问题。造成这类渗水的原因来自设计与施工两方面。表现特征为：渗水基面多为麻面；渗水点有大有小，且分布密集；渗水面积大。

大面积严重渗漏水一般采用综合治理的方法，即刚柔结合多道防线。首先疏通漏水孔洞，引水泄压，在分散低压力渗水基面上涂抹速凝防水材料，然后涂抹刚柔性防水材料，最后封堵引水孔洞。并根据工程结构破坏程度和需要采用贴壁混凝土衬砌加强

处理。其处理顺序是：

大漏引水—小漏止水—涂抹快凝止水材料—柔性防水—刚性防水—注浆堵水—必要时贴壁混凝土衬砌加强。

大面积的轻微渗漏水 and 漏水点是指漏水不十分明显，只有湿迹和少量滴水的点。这种形式的渗水处理一般采用速凝材料直接封堵，也可对漏水点注浆堵漏，然后做防水砂浆抹面或涂抹柔性防水材料、水泥基渗透结晶型防水涂料等。当采用涂料防水时防水层表面要采取保护措施。

8.2.7 在地下工程渗漏水中细部构造部位占主要部分，尤其是变形缝几乎是十缝九漏。由于该部位的防水操作困难，质量难以保证，经常出现止水带固定不牢、位置不准确、石子过分集中于止水带附近或止水带两侧混凝土振捣不密实等现象，致使防水失败。施工缝和穿墙管的渗漏水在地下工程中也比较常见。对于这些部位的渗漏水处理，可采用以下方法：施工缝、变形缝一般是采用综合治理的措施即注浆防水与嵌缝和抹面保护相结合。具体做法是：将变形缝内的原密封材料清除，深度约 100mm，施工缝沿缝凿槽，清洗干净，漏水较大部位埋设引水管，把缝内主要漏水引出缝外，对其余较小的渗漏水用快凝材料封堵；然后嵌填密封防水材料，并抹水泥砂浆保护层或压上保护钢板，待这些工序做完后，注浆堵水。

穿墙管与预埋件的渗水处理步骤是：将穿墙管或预埋件周围的混凝土凿开，找出最大漏水点后，用快凝胶浆或注浆的方法堵水，然后涂刷防水涂料或嵌填密封防水材料，最后用掺外加剂水泥砂浆或聚合物水泥砂浆进行表面保护。

8.3 治理材料

8.3.1 在地下工程中，围岩与衬砌之间存在一定的间隙，这种

间隙有大有小。为防止围岩漏水危及衬砌结构，往往根据工程的需要进行注浆处理。注浆时为节省材料，一般是注入水泥浆液，掺有膨润土、粉煤灰等掺合料的水泥浆，水泥砂浆等粗颗粒材料。

8.3.2 壁后注浆的目的是堵水与加固，封堵混凝土衬砌由于施工缺陷所造成的渗漏水。混凝土毕竟是密实性的材料，壁内缺陷很小，粗颗粒的材料如水泥浆液很难达到预期的堵水目的。因此必须选择渗透性能好的灌浆材料，使其在一定压力下渗入衬砌结构内起到堵水加固的作用。超细水泥由于其对环境不存在污染，可以灌入细度模数 $M_k = 0.86$ 的特细和粉细砂层以及宽度小于 $30\mu m$ 的裂隙中，已在一些地下工程渗漏水治理中应用，取得了较好的防水效果。所以本条推荐超细水泥和目前常用的环氧树脂、改性聚氨酯等浆液。

8.4 施 工

8.4.2 在渗漏水治理的各道工序中，有的属于隐蔽工程，如嵌缝作业的基面处理、注浆工程等，它关系到防水的质量好坏，必须做好施工中的记录工作，随时进行检查，发现问题及时处理，上道工序未经验收合格，不得进行下道工序施工，确保堵漏工作的质量。