

北京市地方标准 DB

编 号：DB11/T 581-2021

备案号：J11175-2021

轨道交通工程防水技术规程

Technical specification for waterproofing
construction of railway traffic engineering

2021-06-21 发布

2021-10-01 实施

北京市住房和城乡建设委员会
北京市市场监督管理局 联合发布

北京市地方标准

轨道交通工程防水技术规程
**Technical specification for waterproofing
construction of railway traffic engineering**

编 号：DB11/T 581-2021

备案号：J11175-2021

主编单位：北京城建科技促进会

北京城乡建设集团有限责任公司

批准部门：北京市市场监督管理局

施行日期：2021 年 10 月 1 日

2021 北 京

北京市住房和城乡建设委员会

关于发布《轨道交通工程防水技术规程》 等 9 项工程建设地方标准的通知

京建发〔2021〕226 号

各有关单位：

由北京市住房和城乡建设委员会组织北京城建科技促进会主编的《轨道交通工程防水技术规程》、北京市建设工程物资协会主编的《屋面保温隔热技术规程》、中国建筑股份有限公司主编的《多孔混凝土铺装技术规程》、北京市住房和城乡建设科学技术研究所主编的《公共建筑室内温度节能监测标准》、中建一局集团第五建筑有限公司主编的《建筑工程轮扣式钢管脚手架安全技术规程》、北京工业大学主编的《装配式低层住宅轻钢框架-组合墙结构技术标准》、北京市政建设集团有限责任公司主编的《给水与排水工程施工安全技术规程》《道路工程施工安全技术规程》《市政工程施工安全操作规程》等 9 项北京市地方标准，已经北京市市场监督管理局、北京市住房和城乡建设委员会共同批准发布。

以上标准由北京市住房和城乡建设委员会、北京市市场监督管理局共同负责管理，由标准主编单位负责具体技术内容的解释。

以上标准文本可登录北京市市场监督管理局网站（scjgj.beijing.gov.cn）查阅。

原《给水与排水工程施工安全技术规程》（DBJ01-88-2004）、《道路工程施工安全技术规程》（DBJ01-84-2004）、《市政工程施工安全操作规程》（DBJ01-56-2001）同时废止。

特此通知。

附件：批准发布的北京市地方标准目录—2021 年标字第 5 号（总第 280 号）

北京市住房和城乡建设委员会
2021 年 7 月 15 日

附件

批准发布的北京市地方标准目录
2021 年标字第 5 号（总第 280 号）

序号	标准号	标准名称	被修订标准号	批准日期	实施日期
1	DB11/T 581-2021	轨道交通工程防水技术规程	DB11/ 581-2008	2021-6-21	2021-10-1
2	DB11/T 643-2021	屋面保温隔热技术规程	DB11/T 643-2009	2021-6-21	2021-10-1
3	DB11/T 775-2021	多孔混凝土铺装技术规程	DB11/T 775-2010	2021-6-21	2021-10-1
4	DB11/T 1005-2021	公共建筑室内温度节能监测标准	DB11/T 1005-2013	2021-6-21	2021-10-1
5	DB11/T 1871-2021	建筑工程轮扣式钢管脚手架安全技术规程		2021-6-21	2021-10-1
6	DB11/T 1872-2021	给水与排水工程施工安全技术规程		2021-6-21	2021-10-1
7	DB11/T 1873-2021	装配式低层住宅轻钢框架-组合墙结构技术标准		2021-6-21	2021-10-1
8	DB11/T 1874-2021	道路工程施工安全技术规程		2021-6-21	2021-10-1
9	DB11/T 1875-2021	市政工程施工安全操作规程		2021-6-21	2021-10-1

注：以上地方标准文本可登录北京市市场监督管理局网站（scjgj.beijing.gov.cn）查阅

前 言

根据原北京市质量技术监督局《关于印发 2015 年北京市地方标准制修订项目计划的通知》（京质监发〔2015〕22 号）的要求。本规程编制组经广泛调查研究，认真总结了国内外近年来城市轨道交通建设防水技术的实际工程经验，并在广泛征求意见的基础上，对《轨道交通地下工程防水技术规程》DB11/ 581-2008 进行了修订。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 结构防水工程；5 防水工程施工；6 细部构造；7 盾构法隧道防水施工；8 注浆防水。

本规程修订的主要技术内容是：

- 1 对术语进行了删改；
- 2 对防水设防及防水质量等级的验收指标进行了调整；
- 3 对现有防水技术的施工工艺进行完善和优化；
- 4 增加注浆防水技术内容并单独成章；
- 5 改进部分细部节点的构造做法；
- 6 删除膨润土防水毯等北京轨道交通施工中不再采用的防水技术；
- 7 附录指标及检验，依据最新现行规范进行核查调整。

本规程由北京市住房和城乡建设委员会和北京市市场监督管理局共同负责管理，由北京市住房和城乡建设委员会归口并负责组织实施，北京城建科技促进会负责具体技术内容的解释。执行本规程的过程中如有意见或建议，请寄至北京城建科技促进会（北京市西城区广莲路 1 号，北京建工大厦 A 座 9 层 907 室；邮编：100055；电话：010-63965212；电子邮箱：143c@sohu.com）。

本规程主编单位：北京城建科技促进会

北京城乡建设集团有限责任公司

本规程参编单位：中建二局第三建筑工程有限公司
北京东方雨虹防水技术股份有限公司
深圳市卓宝科技股份有限公司
潍坊市宏源防水材料有限公司
北京圣洁防水材料有限公司
北京龙阳伟业科技股份有限公司
常熟市三恒建材有限公司
北京百耐尔防水材料有限公司
交科院检测技术（北京）有限公司
北京市市政工程研究院

本规程主要起草人：王建明 杜 博 谢校亭 董 玲
李 军 许 宁 周一萌 刘国庆
李小溪 胡希宝 王玉芬 杜 昕
王辰悦 牛晓凯 杨发兵 周吉龙
许玥涛 温仲慧 李洪涛 邹培刚
张 晗 周明权 杨建国 潘宏宇
胡少斌 宋晓可 马 宁 王 锐
高 洁 王立达 宋 列
本规程主要审查人：王 甦 马 昕 程 峰 孙成珩
周文琴 檀春丽 王利民

目 次

1 总则..... 1

2 术语..... 2

3 基本规定..... 4

 3.1 设计..... 4

 3.2 施工..... 6

 3.3 质量验收..... 8

4 结构防水工程..... 9

 4.1 明挖法结构..... 9

 4.2 矿山法结构..... 10

 4.3 盾构法隧道..... 11

 4.4 高架结构..... 11

5 防水工程施工..... 13

 5.1 防水混凝土..... 13

 5.2 水泥砂浆防水层..... 22

 5.3 卷材防水层..... 25

 5.4 涂料防水层..... 29

 5.5 塑料防水板防水层..... 33

6 细部构造..... 37

 6.1 变形缝..... 37

 6.2 施工缝..... 45

 6.3 后浇带..... 52

 6.4 穿墙管..... 55

 6.5 桩头和立柱..... 56

 6.6 连接接口..... 61

 6.7 埋设件与预留槽..... 65

7	盾构法隧道防水施工	66
7.1	管片结构防水	66
7.2	管片接缝防水	68
7.3	螺栓孔和注浆孔防水	73
8	注浆防水	75
8.1	一般规定	75
8.2	设计	75
8.3	材料	76
8.4	施工	77
附录 A	轨道交通地下工程防水材料的质量指标	79
附录 B	现行防水材料标准和现场抽样复验项目要求	93
	本标准用词说明	95
	引用标准名录	96
	条文说明	99

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	4
3.1	Design	4
3.2	Construction	6
3.3	Quality acceptance	8
4	Structural waterproofing	9
4.1	Waterproofing of structure by cut-and-cover method	9
4.2	Waterproofing of structure by mining method	10
4.3	Waterproofing of structure by shielding method	11
4.4	Waterproofing of elevated structure	11
5	Construction	13
5.1	Waterproof concrete	13
5.2	Mortar-based waterproof	22
5.3	Sheet membrane waterproof	25
5.4	Coating membrane waterproof	29
5.5	Plastic waterproof board waterproof	33
6	Details	37
6.1	Deformation joint	37
6.2	Construction joint	45
6.3	Post-pour joint	52
6.4	Pipeline penetrations	55
6.5	Pile head and lattice column	56
6.6	Passage junction	61
6.7	Preembedded pieces and preformed groove	65
7	Waterproof construction for shielding tunnel	66
7.1	Waterproof of segment	66
7.2	Waterproof of segment joints	68
7.3	Waterproof of bolt hole and grouting hole	73

8 Grouting	75
8.1 General	75
8.2 Design	75
8.3 Materials	76
8.4 Construction	77
Appendix A Quality index of waterproof material	79
Appendix B Related standards and field reinspection items	93
Explanation of wording in this standard	95
List of quoted standards	96
Explanation of provisions	99

1 总 则

1.0.1 为保证轨道交通工程的防水质量，加强防水施工过程质量控制，促进技术进步，做到技术先进、经济合理、安全环保，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于北京市行政区域内新建、改建和扩建的轨道交通防水工程的设计和施工。

1.0.3 轨道交通工程防水的设计和施工除应符合本规程外，尚应符合国家及北京市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 轨道交通工程防水 waterproof of railway traffic engineering

对轨道交通工程构筑物进行防水设计、防水施工等各项防水技术工作的总称。

2.0.2 明挖法 cut and cover method

由地面挖开的基坑中修筑地下结构的方法。

2.0.3 矿山法 mining method

修筑隧道的暗挖施工方法。传统的矿山法指用钻眼爆破的施工方法，又称钻爆法，现代矿山法包括软土地层浅埋暗挖法及由其衍生的其他暗挖方法。

2.0.4 盾构法 shield method

用盾构机修筑隧道的暗挖施工方法，为在盾构钢壳体的保护下进行开挖、推进、衬砌和注浆等作业的方法。

2.0.5 点固定 point fixed

通过采用一定间距的粘结点或机械固定点将防水卷材固定在基面上的安装方法。

2.0.6 刚性防水层 rigid waterproof layer

具有较高强度、无延伸能力的防水材料，如无机类防水涂料、防水砂浆、防水混凝土和金属板材等构成的防水层。

2.0.7 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。

2.0.8 防水分区系统 partitioning waterproofing system with waterstops

将透过防水层的水限制在一定范围内的防水措施。

2.0.9 防水注浆系统 grouting system for waterproofing

填充防水层和内衬结构之间的孔隙而设置的注浆系统，包括注

浆底座和注浆导管。

2.0.10 基层 substratum for waterproofing

用于防水层附着其上施工的构造层，可以由现浇混凝土、喷射混凝土或预制混凝土等构成。

3 基本规定

3.1 设计

3.1.1 设计轨道交通工程应进行防水设计。防水设计应以防为主，刚柔结合，多道设防，因地制宜，综合治理。

3.1.2 轨道交通工程的防水设计应定级准确、方案可靠、施工简便、经济合理，并应符合下列规定：

1 应根据气候条件、工程地质和水文地质状况、结构特点、施工工艺、使用要求等因素进行；

2 应根据地表水、地下水、毛细水等的作用，或人为因素引起的附近水文地质改变的影响，及市政上下水管线渗漏对防水工程的影响进行。

3.1.3 地下工程防水应采取相适应的防水措施。当结构处于贫水稳定地层，同时位于地下潜水位以上时，在确保结构和环境安全的条件下，可采取限排。

3.1.4 地下工程防水应以结构自防水为主，宜在结构迎水面设置全包柔性防水层。

3.1.5 变形缝、施工缝、后浇带、穿墙管、桩头等细部构造应采取加强防水措施。

3.1.6 选用的防水材料应环保、经济、实用、耐久、适应土建工法。

3.1.7 轨道交通地下工程的防水设计宜选用不易窜水的防水系统。

3.1.8 轨道交通地下工程防水等级应符合下列规定：

1 地下车站和机电设备集中区段的防水等级应为一，不得有渗水，结构表面无湿渍；

2 区间隧道及联络通道等附属的隧道结构防水等级应为二，顶部不得滴漏，结构表面可有少量湿渍，总湿渍面积不应大于总防水面积的 $2/1000$ ，任意 100m^2 防水面积上的湿渍不应超过 2 处，单个湿渍的最大面积不大于 0.2m^2 。其中，隧道工程平均渗漏水不得

大于 0.05L/m²·d，任意 100m² 防水面积的渗漏水量不得大于 0.10L/m²·d。

3.1.9 轨道交通高架桥桥面防水等级应为 I 级。

3.1.10 轨道交通工程防水设计应包括：

- 1 防水等级和设防要求；
- 2 防水混凝土的抗渗等级和提高混凝土结构耐久性的技术指标、质量保证措施；
- 3 柔性防水层选用的材料及其技术指标、质量保证措施；
- 4 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。

3.1.11 轨道交通地下工程的防水设防，应符合表 3.1.11-1、表 3.1.11-2 和表 3.1.10-3 的规定。

表 3.1.11-1 明挖法修建的地下结构防水措施

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	缓膨型遇水膨胀橡胶止水带(胶)	外贴式止水带	中埋式止水带	外涂防水涂料	外贴防水卷材	预埋注浆管	补偿收缩防水混凝土	外贴式止水带	预埋注浆管	防水涂料	缓膨型遇水膨胀橡胶止水带(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	预埋注浆管
防水等级	一级	必选	应选一至二种		应选二种				必选	应选二种				必选	应选二种									
	二级	必选	应选一种		应选一至二种				必选	应选一至二种				必选	应选一至二种									

表 3.1.11-2 矿山法修建的地下结构防水措施

工程部位		主体			内衬砌施工缝					内衬砌变形缝				
防水措施		防水混凝土	塑料防水板	防水卷材	橡胶止水条(胶)	缓膨型遇水膨胀	外贴式止水带	中埋式止水带	防水涂料	预埋注浆管	中埋式止水带	外贴式止水带	可卸式止水带	防水密封材料
防水等级	一级	必选	应选一至二种	应选二种					必选	应选二种				
	二级	必选	应选一种	应选一至二种					必选	应选一至二种				

表 3.1.11-3 盾构法修建的隧道防水措施

防水措施 防水等级	管片结构 自防水	接缝防水			外涂防水涂料
		密封垫	嵌缝	螺栓孔密封圈、注浆孔密封圈	
一级	必选	必选	全隧道或部分区段宜选	必选	在中等及以上腐蚀性地层应选
二级			部分区段和部位宜选		

3.1.12 轨道交通防水工程的防水材料应符合国家现行相关标准和设计要求的规定。

3.1.13 轨道交通防水工程采用新材料、新技术、新工艺时应经过试验、检测和鉴定，并经实践检验质量可靠。

3.2 施 工

3.2.1 防水工程开工前应进行设计交底及图纸会审，应掌握工程主体及细部构造防水技术要求，并编制防水工程施工方案。

3.2.2 防水工程应由专业防水队伍施工；施工人员应进行专业培训后持证上岗。

3.2.3 施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、健全的质量管理体系和施工质量检验制度。施工现场质量管理检查记录，应按相关资料管理标准的规定填写。

3.2.4 地下结构的防水施工，应建立各道工序的自检、交接检和专职人员检查的三检制度，并有完整的检查记录。未经对上道工序的检查确认，不得进行下道工序的施工。

3.2.5 防水施工应以批准的设计文件为依据，如需修改，应取得设计单位同意并签署变更设计或洽商记录后方可实施。

3.2.6 柔性防水层的施工，应在基层表面无明水的情况下进行，露天施工的防水层，不得在雨天、雪天和五级风及以上时施工。

3.2.7 防水工程所使用的防水材料，应符合下列规定：

1 应有产品合格证和性能检验报告，卷材应有生产许可证，材料品种、规格、性能等应符合国家标准规定和设计要求；

2 对进场的防水材料应按相关国家现行标准、设计要求及本规程附录 A、附录 B 的规定见证抽样复验，并提交试验报告；

3 不合格的材料不得使用。

3.2.8 防水工程施工期间，明挖法和矿山法施工的车站和区间隧道，应采取措施使基面满足防水材料施工要求。

3.2.9 防水层的施工环境气温条件应符合表 3.2.9 的规定。

表 3.2.9 防水层施工环境气温条件

防水层材料	施工环境气温
高聚物改性沥青防水卷材	冷粘法不低于 5℃，热熔法不低于-10℃
合成高分子防水卷材	冷粘法不低于 5℃，热融焊接法不低于-10℃
聚乙烯丙纶复合防水卷材	冷粘法不低于 5℃，热粘法不低于-10℃
自粘沥青防水卷材	不低于 5℃
有机防水涂料	溶剂型-5℃~35℃，水乳型 5℃~35℃
无机防水涂料	5℃~35℃
加热型防水涂料	不低于-10℃
防水混凝土、防水砂浆	5℃~35℃

3.2.10 工程采用的主要材料、构配件和设备，施工单位应对其外观、规格、型号、性能指标和质量证明文件等进行验收；防水材料进入现场应进行见证抽样复检，合格后方可使用。

3.3 质量验收

3.3.1 轨道交通地下防水工程应按规定的防水等级标准进行验收。

3.3.2 防水工程施工质量应按下列规定进行验收：

- 1** 施工质量应符合本规程和相关专业验收标准的规定；
- 2** 施工质量应符合工程设计文件的要求；
- 3** 防水工程施工质量的验收，应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行；
- 4** 隐蔽工程在隐蔽前应进行隐蔽验收，并应形成验收文件和按相关资料管理的规定填写隐蔽工程验收记录；
- 5** 涉及结构安全的试块，应按规定进行见证取样检测；
- 6** 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收；
- 7** 承担见证取样检测的单位应具有相应的资质。

4 结构防水工程

4.1 明挖法结构

4.1.1 结构防水措施应符合本规程表 3.1.11-1 的规定。

4.1.2 主体结构应采用防水混凝土，防水混凝土的抗渗等级根据混凝土结构的强度、结构型式、地下水压、结构的最大埋置深度等因素确定，并不应小于 P8，一级设防时不宜小于 P10。

4.1.3 敞口放坡施工、采用复合墙结构的明挖顺筑、盖挖顺筑和盖挖逆筑结构的迎水面应设置柔性全包防水层，柔性防水层宜选用不易窜水的防水系统，并根据不同部位设置与其相适应的保护层。

4.1.4 聚合物水泥砂浆防水层单道厚度不应小于 6mm。水泥基渗透结晶型砂浆防水层的单道厚度不应小于 20mm，水泥基渗透结晶材料掺量宜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单道厚度不应小于 18mm。

4.1.5 卷材防水层应根据施工环境条件、结构构造型式、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 高聚物改性沥青防水卷材，单独使用时应采用双道做法，厚度不应小于 4mm+3mm；与涂料复合使用时，单道厚度不应小于 4mm；

2 自粘橡胶沥青防水卷材，单独使用时应采用双道做法，与涂料复合时可采用单道做法，高分子膜基卷材每道厚度不应小于 1.5mm，聚酯胎基卷材每道厚度不应小于 3.0mm；

3 合成高分子防水卷材单道厚度不应小于 1.5mm；

4 采用预铺法施工的高分子自粘胶膜防水卷材的厚度不应小于 1.5mm；

5 聚乙烯丙纶复合防水卷材单独使用时不应小于双道，与涂料复合时可采用单道做法，卷材芯材厚度不应小于 0.5mm，粘结料厚度不应小于 1.3mm；

DB11/T 581-2021

4.1.6 涂料防水层品种及单道涂膜最小厚度要求，聚氨酯防水涂料及聚合物水泥防水涂料不应小于 2.0mm；非固化橡胶沥青防水涂料应与防水卷材叠合使用，涂膜厚度不应小于 1.5mm；水泥基渗透结晶型防水涂料不应小于 1.0mm 且用量不得小于 1.5kg/m²。

4.1.7 车站和区间隧道所选用的不同防水材料应能相互过渡、连接牢固紧密，应使其形成连续整体密封的防水体系。

4.1.8 地下连续墙用于截水时，墙体混凝土抗渗等级不应小于 P6。

4.1.9 叠合墙结构防水应符合下列规定：

1 围护结构为连续墙时，墙体的裂缝、空洞等缺陷应采用防水混凝土或防水砂浆进行修补。墙体幅面间的接缝渗漏，应采用注浆、嵌填聚合物防水砂浆进行封堵处理；

2 车站顶板迎水面应设置柔性防水层，并应对柔、刚连接过渡区进行密封处理；

3 连续墙表面应进行凿毛、清洗，进行防水处理后，再浇筑内衬防水混凝土；

4 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。

4.1.10 施工缝、后浇带、变形缝等部位的防水措施，应符合本规程表 3.1.11-1 的规定。

4.2 矿山法结构

4.2.1 结构防水措施应符合本规程表 3.1.11-2 的规定。

4.2.2 迎水面主体结构应采用防水混凝土，防水混凝土的抗渗等级根据混凝土结构的强度、结构型式、地下水压、结构的最大埋置深度等因素确定，不应小于 P8，一级设防时不宜小于 P10。

4.2.3 结构应采用复合式衬砌全包防水做法，并应设置防水注浆系统。同时根据工程需要可在施工缝、变形缝等特殊部位设置防水分区系统。

4.2.4 采用预铺反粘法施工的防水卷材应单道使用，高分子自粘胶膜防水卷材厚度不应小于 1.5mm。

4.2.5 塑料防水板应单道使用，可选用乙烯醋酸乙烯和沥青共混（ECB）、乙烯醋酸乙烯（EVA）类或其他性能相近的材料，厚度不应小于 1.5mm。

4.2.6 拱顶的内衬混凝土应设置回填注浆管。

4.2.7 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。

4.2.8 施工缝、变形缝等部位的防水措施，应符合本规程表 3.1.11-2 的规定。

4.3 盾构法隧道

4.3.1 结构防水措施应符合本规程表 3.1.11-3 的规定。

4.3.2 钢筋混凝土管片应采用防水混凝土，其抗渗等级不应小于 P10。

4.3.3 管片接缝应至少设置一道密封垫沟槽。防水材料的规格、技术性能和螺栓孔、注浆管、嵌缝槽等部位的防水措施应满足设计要求，并应符合国家现行相关标准的规定。

4.3.4 管片接缝密封垫应满足在设计水压和接缝最大张开错位值时不渗漏的要求。

4.3.5 其他工法与隧道结合处，可用刚性接头，但接缝宜采用柔性密封材料密封处理。

4.4 高架结构

4.4.1 高架桥面防水设计应以排水为主，防排结合。

4.4.2 高架桥排水系统应按重力流排水方式设计，排水系统应选择不低于 50 年一遇的暴雨重现期进行设计，应及时将桥面雨水有组织排至地面，雨水积水最大高度不应超过承轨台高度。

DB11/T 581-2021

4.4.3 桥面排水系统应顺直通畅，排水设施应便于检查、维修，安装敷设的排水管材使用寿命应与桥梁结构同寿命。

4.4.4 高架桥面除轨道基础外的桥面部分应设置柔性防水层。防水层在承轨台边缘等端部应向上返不小于 40mm，上返部位以上无需设置防水层，防水层端部应进行密封。

4.4.5 高架桥桥面防水层宜采用防水涂料，涂料厚度不应小于 2.0mm，宜采用基层处理剂对基层表面进行处理。

4.4.6 防水层表面保护层宜采用抗裂纤维混凝土，厚度不应小于 40mm。

4.4.7 伸缩缝应根据构造型式设置桥梁专用变形缝止水带及其金属固定装置，并宜嵌填密封材料，形成多道防线。

4.4.8 高架桥排水管外观颜色宜与主体结构协调，不宜直排到道路路面，排水管下应设散水或与市政管沟连接。

4.4.9 地漏、落水管等疏排水装置与桥面混凝土结构的接口应加强密封防水，并应便于检查、修复。

4.4.10 高架桥柱地面以下及地面上 1m 范围为内应进行防水、防腐设计。

5 防水工程施工

5.1 防水混凝土

I 一般规定

5.1.1 应通过调整配合比，或掺加外加剂、掺合料等措施达到防水混凝土性能要求。

5.1.2 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一级。

5.1.3 防水混凝土在满足抗渗等级要求的同时，还应满足抗压、抗裂、抗冻和抗侵蚀性等耐久性要求。

II 设计

5.1.4 防水混凝土的设计抗渗等级应符合表 5.1.4 的规定。

表 5.1.4 防水混凝土的抗渗等级

结构埋置深度 h (m)	设计抗渗等级	
	一级防水等级	二级防水等级
$h < 20$	P10	P8
$20 \leq h < 30$	P10	P10
$30 \leq h < 40$	P12	P12

5.1.5 防水混凝土的使用环境温度不得高于 100°C ；处于侵蚀性介质中防水混凝土的耐侵蚀系数，应根据介质的性质按相关标准确定。

5.1.6 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。

5.1.7 防水混凝土结构底板及侧墙厚度不应小于 250mm，顶板厚度不应小于 200mm。

5.1.8 防水混凝土迎水面最大裂缝宽度不应大于 0.2mm，并不得贯通。

5.1.9 防水混凝土钢筋的混凝土保护层厚度应符合下列规定：

DB11/T 581-2021

- 1 钢筋的混凝土保护层厚度应根据结构类别、环境条件和耐久性等确定；
- 2 受力钢筋的混凝土保护层厚度不得小于钢筋的公称直径；
- 3 在一般环境条件下设计使用年限为 50 年的混凝土结构，最外层钢筋的混凝土保护层最小厚度应符合表 5.1.9 的规定；
- 4 设计使用年限为 100 年的混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度不应小于表 5.1.9 中明挖法结构数值的 1.4 倍；
- 5 保护层垫块宜采用预制高耐久性砂浆垫块，垫块强度应高于结构强度。

表 5.1.9 混凝土结构构件最外层钢筋保护层最小厚度(mm)

结构类别	地下连续墙		灌注桩	明挖法结构						钢筋混凝土管片		矿山法施工的结构		
	外侧	内侧		顶板		楼板	底板		初期支或锚喷支护			二次衬砌		
				外侧	内侧		外侧	内侧						
											外侧		内侧	外侧
保护层厚度	70	50	70	25	20	20	40	20	35	25	35	35	35	

注：1 顶进法和沉管法施工的隧道主筋的保护层厚度可采用明挖法结构的数值；
2 矿山法施工的结构当二次衬砌的厚度大于 500mm 时，钢筋的保护层厚度应采用 40mm；
3 混凝土强度等级为 C25 及以下时表中准数值应增加 5mm。

5.1.10 顶纵梁、侧墙等部位宜采用自密实混凝土。

III 材 料

5.1.11 防水混凝土使用的水泥，应符合下列规定：

- 1 宜采用符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的普通硅酸盐水泥；
- 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 水泥的比表面积宜为 300m²/kg~350m²/kg，水泥的碱含量应小于 0.6%；水泥的进场温度不宜大于 60℃；
- 4 混凝土拌和时，不得使用温度大于 60℃的水泥；

5 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。

5.1.12 防水混凝土使用的骨料，应符合下列规定：

1 石子质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 中各项技术指标的要求。砂的质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 中各项技术指标的要求；

2 采用人工砂时，技术指标应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定，并应按现行北京市地方标准《人工砂应用技术规程》DB11/T 1133 进行质量验收，不应采用海砂；

3 粗骨料粒径不宜大于 30mm，含泥量应小于 1%，宜采用粒径为 5mm~25mm 连续级配的粗骨料；

4 根据混凝土的强度等级和工程部位选择粗骨料的种类，不低于 C50 的混凝土、预应力混凝土、墙体部位混凝土宜优先选用碎石；

5 骨料的碱活性指标除符合国家标准外，还应符合现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733 的规定，采用低碱活性的骨料；

6 C55 级及以下的混凝土用细骨料含泥量不应大于 3%，C55 级以上混凝土用细骨料含泥量不应大于 2%；应采用中、粗砂，不得采用细砂，可掺加水洗的人工砂调整砂的细度模数；

7 骨料中不得混入影响混凝土性能的有害物质：不得含有冰、雪、泥块和烧结物等，也不得混入粉煤灰、水泥和外加剂等粉状材料；

8 骨料不宜直接露天堆放、曝晒，堆场上方宜设棚罩。高温季节，骨料温度不宜大于 28℃。

5.1.13 防水混凝土使用的外加剂，应符合下列规定：

1 应采用符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 技术指标的泵送剂及缓凝高效减水剂。冬季施工时，应采用符合现行行业

DB11/T 581-2021

标准《混凝土防冻剂》JC 475 中一等品技术指标的防冻剂；

2 采用的泵送或缓凝高效减水剂、防冻剂等外加剂的 28d 收缩率比不应大于 120%；

3 外加剂使用时，应做适应性试验，不得有假凝、速凝、分层或离析现象；

4 外加剂释放氨含量不得大于 0.1%；

5 外加剂中的氯离子含量应符合国家现行相关标准的规定；

6 外加剂采用水泥基渗透结晶型防水材料应具备 3 次以上的自愈和抗渗能力，第一次渗透压力比应符合现行国家标准《水泥基渗透结晶型防水材料》GB 18445 的规定，二次以上的渗透压力比均不应小于 150%，掺量为混凝土中胶凝材料的 0.8%~1.5%。

5.1.14 防水混凝土使用的水，应符合下列规定：

1 水质应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定；

2 高温季节施工时，水温不宜大于 20℃。

5.1.15 防水混凝土使用的矿物掺合料，应符合下列规定：

1 粉煤灰质量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 中用于混凝土的 F 类粉煤灰的要求，细度级别不得低于 II 级，不得使用 C 类粉煤灰；

2 掺合料在运输与储存中，应有明显标志。不得与水泥等其他粉状材料混淆；

3 粒化高炉矿渣粉的品质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/T 18046 的规定；

4 使用其他品种或复合式掺合料时，其用量应通过试验确定。

5.1.16 防水混凝土使用的辅助材料，应符合下列规定：

1 防水剂细度匀质性及受检混凝土性能应符合现行行业标准《砂浆、混凝土防水剂》JC 474 的要求；

2 膨胀剂的化学成分及性能应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB/T 23439 的规定，且 3d、7d、10d、14d、28d 水中限制膨胀

率的指标应逐渐增大；

3 膨胀剂应根据进场批次对化学成分、泌水率比、渗透高度比、凝结时间差、水中 3d、7d、10d、空气中 21d 限制膨胀率、7d 抗压和抗折强度、48h 吸水量比、细度进行抽样复验；

4 膨胀剂不应受潮，在运输过程中和存储期间已受潮的膨胀剂不得使用。正常存储的膨胀剂，出厂超过六个月后，应重新进行性能检验，合格后方可使用。

5.1.17 防水混凝土中各种材料的总碱量（ Na_2O 当量）不应大于 3kg/m^3 ；氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.06%。

IV 施 工

5.1.18 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，进行抗裂混凝土施工用配合比设计和试配工作；

2 混凝土的性能除满足抗压强度、抗渗指标等常规要求外，还应满足表 5.1.18 的限制膨胀率要求；

表 5.1.18 混凝土限制膨胀率性能指标

混凝土种类	限制膨胀率（ $\times 10^{-4}$ ）	
	水中 14d	空气中 28d
非易裂部位抗裂混凝土	≥ 1.5	≥ -3.0
易裂部位抗裂混凝土	≥ 2.0	≥ -2.0
后浇带等填充用微膨胀混凝土	≥ 2.5	≥ -2.0

注：非易裂部位包括车站、区间及折返线、风道、通道的底板和底梁或仰拱等。易裂部位包括车站、通道和风道的侧墙、中楼板、顶板或拱部衬砌，区间及折返线的边墙和拱部二衬混凝土。

3 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应小于 20mm，气温 28℃ 以上时，1h 动态混凝土坍落度损失应小于 30mm；

DB11/T 581-2021

2) 常温下混凝土初凝时间应在 10h 以上；气温 28℃高温季节以上的施工时应在 15h 以上；冬季施工时不应早于 8h，并根据外界气温情况进行调整；混凝土终凝时间不应超过 24h；

3) 除抗冻混凝土外，混凝土的含气量宜为 3.0%~5.0%；

4) 混凝土的坍落度及其损失、含气量、凝结时间应按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 进行。

4 粉煤灰的掺量宜为 15%~30%，在满足强度等级和抗渗等级等耐久性指标的前提下，应尽量提高粉煤灰的掺量，但预应力混凝土中粉煤灰掺量不得超过 25%；

5 在保证混凝土和易性和混凝土强度的前提下，应优选具有缓凝功能且减水率高的外加剂，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；

6 应在保证混凝土强度和抗渗等级等耐久性指标的前提下降低胶凝材料的总用量和水泥的用量，但胶凝材料的最少用量不应少于 320kg/m³，水泥用量不应少于 260kg/m³。

5.1.19 防水混凝土配料的计量应符合下列规定：

1 在整个生产期间，每盘混凝土各组成材料计量结果的偏差应符合表 5.1.19 的规定；

表 5.1.19 防水混凝土配料计量允许偏差

组成材料	允许偏差
水泥、掺合料	±1%
粗、细骨料	±2%
水、外加剂、膨胀剂	±1%

注：混凝土各组成材料的计量应按重量计，水和液体外加剂可按体积计。

2 每一工作班正式称量前，应对计量设备进行零点校核；

3 生产过程中应测定骨料的含水率，每一工作班不应少于一次；当含水率有较大变化以及雨天施工时，应增加测定次数，依据检测结果及时调整用水量和骨料用量；

4 计量器具应定期检定，保证计量正确。

5.1.20 防水混凝土的拌制应符合下列规定：

1 掺合料、膨胀剂和外加剂应与混凝土其他原材料一起投入搅拌机，搅拌时间不应少于 2min；

2 防水混凝土的塌落度应在搅拌站和浇筑地点分别取样检测，每一工作班不应少于 4 次，每 10 车宜不小于 1 次。在搅拌站和浇筑地点检测坍落度时，还应观察混凝土的和易性，不得存在泌水、离析、分层现象；

3 高温季节应采取有效的降温措施，尽量降低混凝土的入模温度，并对生产过程中混凝土的出机温度进行检测、记录。拌制混凝土时，应综合控制原材料的温度、搅拌站卸料开始到浇筑完毕的延续时间。

5.1.21 防水混凝土的运输应符合下列规定：

1 运输混凝土的容器和管道在冬季应有保温措施，夏季气温超过 35℃时，应有隔热措施；

2 混凝土从搅拌站到工地的运输计划应考虑到从混凝土搅拌开始到运送至工地的时间、工地的输送设备、气候条件等；车辆调度计划应考虑到浇筑场所运输和停留时间；混凝土从搅拌机卸出后到浇筑完毕的延续时间，不宜超过表 5.1.21 的规定；

表 5.1.21 混凝土从搅拌机卸出到浇筑完毕的延续时间要求

气温	延续时间（min）	
	≤C30	>C30
≤25℃	≤180	≤150
>25℃	≤150	≤120

注：掺加缓凝型外加剂的混凝土可适当延长。

3 防水混凝土拌合物在运输后如出现离析，应进行二次搅拌。当坍落度损失后不能满足施工要求时，不得直接加水。

5.1.22 防水混凝土浇筑前的准备应符合下列规定：

1 模板的安装应执行现行国家标准《混凝土结构工程施工质量

DB11/T 581-2021

验收规范》GB 50204 及《地下铁道工程施工质量验收标准》GB/T 50299 的规定，安装应牢固；

2 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，模板内的杂物、积水和钢筋上的污垢应清理干净；模板如有缝隙、应填塞严密，模板内面应涂刷脱模剂；

3 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。固定模板用的螺栓应穿过混凝土结构时，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。拆模后应采取加强防水措施将留下的凹槽封堵密实（图 5.1.22）。

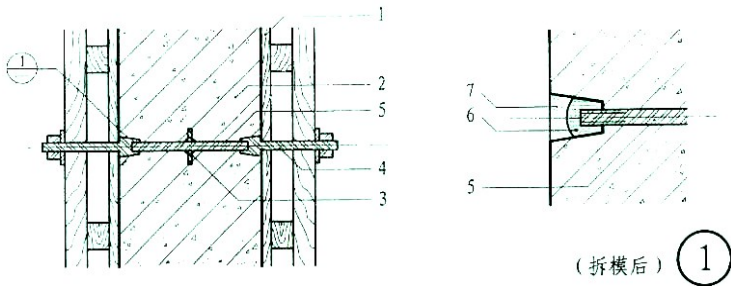


图 5.1.22 固定模板用螺栓的防水做法

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 混凝土浇筑区域及其浇筑顺序等应考虑到工程设计条件，混凝土的供给能力，运输、浇筑机械能力，气候条件，施工管理水平等。

5.1.23 变形缝和浇筑段划分应符合下列规定：

1 车站、区间及折返线、通道、风道的结构突变处，区间及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；

2 明挖法车站、通道、风道等结构混凝土应设施工缝分段浇筑，

底板、侧墙和顶板分段长度不宜超过 16m，并宜采用跳槽分段的方法施工；

3 厚度大于 800mm 的明挖法车站的底板及底梁、暗挖车站的底梁和顶梁，厚度大于 500mm 等于 500mm 的车站、区间及折返线的侧墙和顶板或拱部衬砌，应按大体积混凝土的规定施工，并应采取混凝土缓凝措施；

4 暗挖法车站、区间及折返线、通道、风道等地下结构，应按施工流程设置施工缝，分段长度以施工步骤为准，不宜超过 16m。

5.1.24 防水混凝土的浇筑应符合下列规定：

1 入模混凝土的坍落度不宜超过 160mm。顶梁等配筋密集的部位以及隧道的拱部，混凝土的入模坍落度可适当放宽，但不宜超过 200mm；

2 高温季节应降低混凝土的入模温度，且不宜超过 30℃，高温时段不宜浇筑混凝土，宜在气温较低的夜间浇筑混凝土；

3 在计划浇筑区段内应连续浇筑混凝土，混凝土接槎时间不得超过 90min。大体积混凝土浇筑时应采取缓凝措施，最多不得超过前期已浇筑混凝土的初凝时间；

4 混凝土浇筑的自由落距应控制在 3m 内，超过 3m 时应通过串筒、溜管或振动溜管等设施下落；

5 防水混凝土应采用机械振捣，以混凝土表面泛浆和不冒气泡为准，应避免漏振、欠振和过振；

6 明挖法车站、通道、风道的底板、中楼板和顶板，暗挖法车站、区间及折返线、通道和风道的仰拱，混凝土浇筑完毕后，在混凝土终凝前应进行二次抹压并进行覆盖，边抹压边覆盖；最后一次抹压时，应采取“边掀开、边抹压、边覆盖”的措施，覆盖材料应与混凝土表面严密粘贴；

7 大体积混凝土浇筑前，应按施工方案布设测温孔并按规定进行测温，同时采取有效的保温或降温措施；

DB11/T 581-2021

8 雨天施工时，应有防雨措施。冬季施工应采取混凝土防冻措施，应按现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104 进行。大风天气施工时，明挖法车站、通道结构混凝土初凝前应采取防风措施；

9 混凝土强度未达到 1.2MPa 前，不应在其上安装模板及支架，不得堆放重物。

5.1.25 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，应达到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，宜进行覆盖并洒水或涂养护剂方式养护，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；拆模前应沿施工缝进行浇水或涂养护剂养护；拆模后应采用涂刷养护剂的方法养护；涂刷养护剂时应边拆模边涂刷，不得延误涂刷时间和漏刷；

4 暗挖法车站、区间及折返线、通道、风道等，宜采用洒水方式养护，亦可涂刷养护剂养护。

5.1.26 混凝土冬施应符合国家现行相关标准的规定。

V 质量验收

5.1.27 混凝土的质量验收应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定执行。

5.1.28 补偿收缩混凝土的限制膨胀率应按现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定进行抽检。

5.2 水泥砂浆防水层

I 一般规定

5.2.1 水泥砂浆防水层宜采用预拌聚合物水泥防水砂浆、水泥基渗

透结晶型防水砂浆或掺外加剂、掺合料的预拌防水砂浆，宜采用多层抹压法施工。

5.2.2 水泥砂浆防水层应在基础垫层、初期支护、围护结构验收合格后方可施工。

II 设计

5.2.3 水泥砂浆品种和配合比设计应根据防水工程要求确定，但强度等级不应低于 M15，抗渗性能不应低于 P8。

5.2.4 水泥砂浆防水层的基层混凝土强度等级不应小于 C20。

III 材料

5.2.5 水泥砂浆防水层所用的材料应符合下列规定：

1 应采用强度等级不低于 42.5MPa 的普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、特种水泥，不得使用过期或受潮结块水泥；

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 拌制用水应符合现行行业标准《混凝土拌合用水标准》JGJ 63 的规定；

4 聚合物乳液外观应无颗粒、异物和凝固物，固体含量应大于 45%。宜选用专用产品；

5 外加剂的性能指标应符合国家或行业标准一等品以上的质量要求。

5.2.6 聚合物水泥防水砂浆的性能应符合本规程附录 A.0.24 的规定，其他防水砂浆的性能应符合表 5.2.6 的规定。

表 5.2.6 防水砂浆的主要性能指标

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
掺外加剂、掺合料的防水砂浆	0.6	≥0.8	同一般砂浆	同一般砂浆	≤3	100	10% NaOH 溶液 浸泡 14d 无 变化

IV 施 工

5.2.7 基层表面应平整、坚实、粗糙、清洁，并充分湿润、无积水。

5.2.8 基层表面的孔洞、缝隙，应采用与防水层相同配比或强度的砂浆堵塞抹平。

5.2.9 施工前应预埋件、穿墙管、预留凹槽嵌填密封材料后，再施工水泥砂浆防水层。

5.2.10 防水砂浆的配合比和施工方法应符合所掺材料的规定，其中聚合物水泥砂浆的用水量应包括乳液中的含水量。

5.2.11 水泥砂浆防水层应分层铺抹，压实、抹平，最后一层表面提浆压光。

5.2.12 聚合物水泥防水砂浆拌合后在规定时间内用完，施工中不应加水。

5.2.13 水泥砂浆防水层各层应紧密贴合、抹压密实，且宜连续施工，不宜留施工缝。如应留施工缝，应留置阶梯坡形槎，接槎宽度不小于 150mm，并距离阴、阳角或穿墙管线 250mm 以上。接槎应依层次顺序操作，层层搭接紧密。

5.2.14 砂浆防水层的阴阳角部位，应做成圆角，阴角直径宜大于 50mm、阳角直径宜大于 10mm。后浇带、施工缝、穿墙管根部等节点处应用柔性密封材料进行密封处理。

5.2.15 露天施工的水泥砂浆防水层不应在雨天及 5 级以上大风中施工。冬季施工时，气温不应低于 5℃，且基层表面温度应保持 0℃ 以上。夏季施工时，不应在 35℃ 以上或烈日照射下施工。

5.2.16 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℃，养护期间应保持湿润；

2 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；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。

5.3 卷材防水层

I 一般规定

5.3.1 卷材防水层应设置在混凝土结构的迎水面或复合式衬砌的初期支护和二次衬砌之间。

II 设 计

5.3.2 防水卷材的品种规格和防水层道数的选择，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确定。

5.3.3 合成高分子防水卷材的胶粘剂耐水性应满足现行行业标准《高分子防水卷材胶粘剂》JC/T 863 中对胶粘剂耐水性指标和设计规定。

5.3.4 卷材防水层主要性能指标除应满足设计要求，并应符合国家现行有关标准的规定。

5.3.5 阴阳角处应做成圆弧或 45°折角，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，应增贴卷材附加层，宽度不应小于 500mm；变形缝部位应增贴卷材附加层，宽度不小于 800mm。高分子自粘胶膜防水卷材，施工缝、变形缝、阴阳角等部位可不设附加层。

5.3.6 卷材防水层的厚度应符合设计及相关标准的规定。

III 材 料

5.3.7 采用的各类防水卷材的主要性能指标应符合本规程附录 A.0.1~A.0.4 的规定。

5.3.8 聚乙烯丙纶卷材中应使用原生料生产，并应采用聚乙烯与丙纶一次复合成型生产工艺。

IV 施 工

5.3.9 卷材防水层的基面应平整坚实、清洁、无浮浆、油污、无尖

DB11/T 581-2021

锐凸起物或孔隙等，并应符合所用卷材的施工要求。

5.3.10 铺贴卷材不得在雨天、雪天、五级风及其以上时露天施工；各类卷材施工环境温度应符合本规程表 3.2.9 的规定。施工过程中下雨、下雪时，应做好已铺卷材的成品保护工作。

5.3.11 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 80mm；弹性体改性沥青防水卷材、聚乙烯丙纶复合防水卷材搭接宽度不应小于 100mm；

2 卷材搭接部位应粘贴牢固、密实，接缝口可采用材性相容的密封材料封严；

3 铺贴卷材时应先铺贴转角附加层，后铺大面防水层；

4 采用外防内贴法施工的卷材可空铺或点固定，其空铺范围、固定点位置、固定方式应按设计要求确定；采用外防外贴法施工的卷材应采用满粘法施工；

5 铺贴双层卷材时，上下两层卷材应粘贴紧密，不得有空鼓部位。上下两层卷材的接缝应错开 $1/3 \sim 1/2$ 幅宽，且两层卷材不得相互垂直铺贴；相邻两幅卷材的短边搭接缝间距不应小于 1.0m；

6 热熔法铺设的卷材甩槎端头应超过结构预留搭接钢筋端部不小于 400mm；其他做法不小于 200mm；

7 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。

5.3.12 采用外防内贴法铺设防水卷材时，应符合下列规定：

1 宜选用不易产生窜水的防水系统；

2 卷材宜采用空铺法、点粘法、条粘法或机械固定法施工；铺贴立面卷材防水层时，应采取防止卷材下滑的措施。

5.3.13 采用外防外贴法铺设防水卷材时，应符合下列规定：

1 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，搭接尺寸准确，不得产生扭曲和皱折；

3 临时保护墙宜采用低标号砂浆砌筑，内表面宜采用低标号砂浆找平；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墙体上或模板上，固定点不应损伤卷材；

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可靠的保护措施；

6 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。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。卷材的甩槎、接槎做法见图 5.3.13。

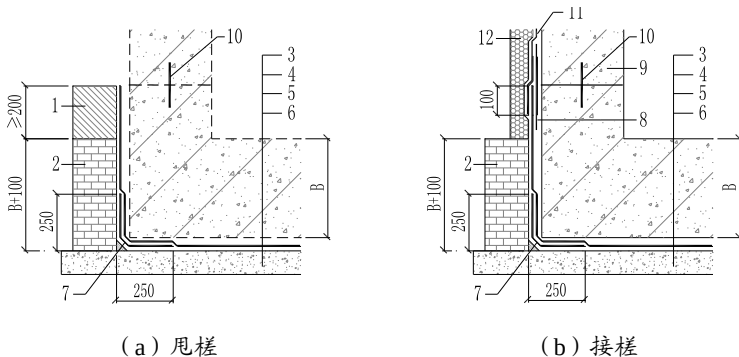


图 5.3.13 卷材防水层甩槎、接槎做法

- 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-转角防水附加层；8-施工缝卷材附加层；
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

5.3.14 满粘法铺贴弹性体改性沥青防水卷材、自粘橡胶沥青防水卷材，基层应干燥，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：

DB11/T 581-2021

- 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。

5.3.15 弹性体改性沥青防水卷材采用热熔法施工时，应符合下列规定：

- 1 加热应均匀，以卷材表面沥青熔融至光亮为度；不应过火或欠火；
- 2 搭接缝部位以溢出热熔的改性沥青宜为 2mm～5mm。

5.3.16 铺贴自粘橡胶沥青防水卷材，应符合下列规定：

- 1 卷材与基层应粘贴牢固、密实，卷材表面不得有扭曲、皱褶和起泡现象；

- 2 铺贴立面时，卷材上端应用压条固定；铺贴完成后，宜采用专用密封胶将卷材端头进行密封处理；

- 3 低温施工时，宜对卷材和基面适当加热，然后铺贴卷材。

5.3.17 铺贴聚乙烯丙纶复合防水卷材，应符合下列规定：

- 1 采用配套的聚合物水泥粘结料；

- 2 现场配制聚合物水泥防水粘结料时，应采用符合环保和耐水性要求的专用胶粘剂，不得使用水泥原浆或水泥与聚乙烯醇缩合物混合的材料；

- 3 卷材与基层粘贴应采用满粘法施工，刮涂聚合物水泥防水粘结料应均匀，不露底，不堆积；其粘结面积不应小于 90%；搭接部位的粘结应严密，不得翘边；

- 4 粘贴卷材的聚合物水泥防水粘结料的厚度控制，宜按规定的配合比计算出粘结料的重量进行检查，施工后的固化厚度不应小于 1.3mm；

- 5 卷材的长短搭接边均应挤出粘结料约 50mm～60mm 宽，接缝表面处应涂刮 1.3mm 厚、50mm 宽聚合物水泥防水胶粘材料或铺贴 100mm 宽卷材，并进行封边；

6 聚合物水泥胶粘材料固化前,不得在其上行走或进行后道工序的作业,施工后 12h 内不得淋雨;

7 夏季采取降温措施,冬季采取保温措施;

8 完工后的卷材防水层应设置保护层,做好成品保护。

5.3.18 铺贴预铺式防水卷材时,应符合下列规定:

1 卷材应单层铺设;

2 卷材宜采用自粘法或胶粘带搭接,也可采用焊接法搭接;

3 卷材端部搭接区应相互错开 $1/3 \sim 1/2$ 幅宽,避免形成集中的凸起带;

4 立面施工时,应在自粘边位置距离卷材边缘 10mm~20mm 范围内,每隔 400mm~600mm 进行机械固定,并确保固定点被后施工卷材完全覆盖;

5 卷材防水层应与现浇混凝土密贴。

5.3.19 卷材防水层铺贴完成经检查合格后,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,宜为 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 立面卷材防水层宜采用软质保护材料或铺抹砂浆层等方法进行保护。外防外贴法施工的立面卷材防水层宜采用软质保护材料隔离及砖墙保护。

5.4 涂料防水层

I 一般规定

5.4.1 无机防水涂料宜选用水泥基渗透结晶型防水涂料、聚合物水泥防水涂料,有机防水涂料可选用反应型、水乳型防水涂料。

DB11/T 581-2021

5.4.2 聚合物水泥防水涂料，有机防水涂料宜用于主体结构的迎水面，水泥基渗透结晶型防水涂料可用于结构的迎水面或背水面。

II 设 计

5.4.3 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强的无机涂料或有机涂料，或采用先涂无机涂料而后涂有机涂料的复合涂层；

2 冬季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 热熔型非固化橡胶沥青防水涂料、热熔橡胶沥青防水涂料宜与沥青类卷材复合使用；

5 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，并做刚性保护层；

6 聚合物水泥防水涂料宜选用 II 型产品。

5.4.4 防水涂料采用喷涂法施工时宜用在明挖法外防外涂部位防水，不宜用于暗挖法结构防水。

5.4.5 采用有机防水涂料和聚合物水泥防水涂料时，应在阴阳角增加一层胎体增强材料，并增涂 2 遍~3 遍防水涂料。胎体增强材料的性能指标应符合本规程附录 A.0.9 的规定。

5.4.6 涂料防水层的厚度应符合设计和相关标准的规定。

III 材 料

5.4.7 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 应难燃、低污染；并应符合现行地方标准《建筑类涂料与粘结剂挥发性有机化合物含量限值标准》DB11/ 3005 及现行行业标准《建筑防水涂料有害物质限量》JC 1066 的规定；

3 无机防水涂料应具有良好的湿干粘结性、耐磨性；

4 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。

5.4.8 防水涂料的性能指标应符合本规程附录 A.0.8、A.0.22~A.0.24 的规定，且应符合表 5.4.8-1、5.4.8-2 的规定。

表 5.4.8-1 水泥基防水涂料的性能指标

涂料种类	抗折强度 (MPa)	粘结强度 (MPa)	抗渗压力 (MPa)	冻融循环 (次)	二次抗渗 压力
掺外加剂、掺合料水泥基 防水涂料	>4	>1.0	>0.8	>D50	—
水泥基渗透结晶型防水涂料	≥4	≥1.0	>1.0	>50	>0.8

表 5.4.8-2 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	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

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

5.4.9 基面应干净、无浮浆、无油污、无明水。对于气孔、凹凸不平、蜂窝、缝隙、起砂等部位，应修补平整。

5.4.10 涂料施工前，基层阴阳角应做成圆弧形或钝角，阴角直径不宜小于 50mm，阳角直径不宜小于 10mm。

5.4.11 阴阳角、预埋件、穿墙管等部位应进行密封或加强处理。

5.4.12 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。

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

DB11/T 581-2021

5.4.14 铺贴胎体材料时，同层相邻的搭接宽度不得小于 100mm，上下层接缝应错开不小于 1/3 幅宽，且应使胎体材料充分浸透防水涂料，不得有白茬及褶皱。

5.4.15 有机防水涂料施工完后应及时施作保护层，保护层应符合下列规定：

1 底板、顶板分别采用细石混凝土保护，防水层与保护层之间应设置隔离层；

2 侧墙背水面防水层应采用 20mm 厚的 1：2.5 水泥砂浆层保护；

3 侧墙迎水面防水层宜选用软保护层或 20mm 厚的 1：2.5 水泥砂浆层保护。

5.4.16 涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料的基层应符合下列规定：

1 基层表面的蜂窝、孔洞、缝隙等缺陷应进行修补，凸出基面的钢筋头、杂物等应凿除。浮浆、浮灰、油垢和污渍等应清理干净；

2 光滑的混凝土表面应打毛处理，并用高压水冲洗干净；

3 混凝土基层应充分湿润，基层表面不得有明水。

5.4.17 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；不应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 采用喷涂施工时，喷枪的喷嘴应垂直于基面，合理调整压力、喷嘴与基面的距离；

5 涂层终凝后应及时喷雾状水养护，养护时间不得小于 72h，不得采用浇水或蓄水养护；

6 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；

7 水泥基渗透结晶型防水涂料施工和养护的环境温度宜为 $5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，应避免烈日直射下施工。

5.4.18 聚合物水泥防水涂料施工时，宜设置胎体增强材料和采用机械化喷涂施工，采用刷涂施工时宜多遍涂刷。立面施工时应避免流坠。

5.4.19 采用喷涂法施工涂料防水层，应符合下列规定：

- 1 应使用专用喷涂设备；
- 2 喷涂时，对作业面周边易污染部位应采取遮挡措施；
- 3 喷涂作业前宜涂布基层处理剂；
- 4 立面施工应按照自上而下的顺序进行施工；

5.4.20 露天施工的涂料防水层不得在雨天、雾天、五级及以上大风时施工；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；涂料施工时，应做好通风措施。

5.5 塑料防水板防水层

I 一般规定

5.5.1 塑料防水板防水层适用于处在地下水位以下，经常受水压、侵蚀性介质或受振动作用的地下防水工程。

5.5.2 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。

5.5.3 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

5.5.4 塑料防水板防水层应由缓冲层与塑料防水板组成。

5.5.5 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，采用全包或半包防水做法。

5.5.6 塑料防水板防水层应采用无钉铺设，防水板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，顶板或顶拱部位

DB11/T 581-2021

宜为 0.3m~0.5m、侧墙或立面宜为 0.5m~0.8m、底部或平面宜为 1.0m~1.5m，固定点应按梅花形布置，阴阳角两侧应适当加密。局部凹凸较大时，应在凹处加密固定点。

III 材 料

5.5.7 塑料防水板可选用 ECB、EVA 或其他性能相近的材料，其性能指标应符合本规程附录 A.0.6 的规定，采用 EVA 防水板时应进行 EVA 含量检测。

5.5.8 塑料防水板应符合下列规定：

- 1 幅宽宜为 2m~4m，厚度不应小于 1.5mm；
- 2 具有耐穿刺性好、耐久性、耐水性、耐腐蚀性、耐菌性好。

5.5.9 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，其性能指标应符合本规程附录 A.0.7 的规定。

5.5.10 暗钉圈应采用与塑料防水板同材质材料制成，其直径不应小于 80mm。

IV 施 工

5.5.11 塑料防水板防水层的基面应符合下列规定：

- 1 基层应坚实、基本平整、无明水、无尖锐突出物；基面平整度 D/L 不应大于 1/10；
- 2 凸出基面的钢筋、铁管等应从根部割除，并用 1：2.5 的水泥砂浆圆顺地覆盖处理，覆盖层厚度不得小于 20mm；
- 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。

5.5.12 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（图 5.5.12）。钉距应符合本规程第 5.5.6 条的规定；

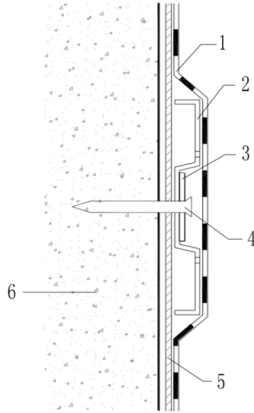


图 5.5.12 暗钉圈固定缓冲层示意图

- 1-防水板；2-热塑性圆垫圈；3-金属垫圈；
4-水泥钉或膨胀螺栓；5-无纺布缓冲层；6-基层

- 2 缓冲层应与基层密贴，不得拉得过紧；
- 3 缓冲层应采用搭接法连接，搭接宽度不应小于 50mm。

5.5.13 塑料防水板防水层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，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；
- 2 两幅塑料防水板的搭接宽度不宜小于 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；防水层搭接缝应与二次衬砌施工缝错开 1.0m~2.0m；

- 3 环向铺设时，先拱后墙，下部防水板压住上部防水板；
- 4 底板或底拱和顶纵梁部位的防水板宜采用纵向铺设。

5.5.14 接缝焊接时，塑料防水板的搭接层数不应超过三层。

5.5.15 塑料防水板的预留搭接接头应超过钢筋端部不小于 400mm，并采取保护措施。再次焊接时应将接头处的塑料防水板擦拭干净，保证焊接质量。

5.5.16 塑料防水板应与基面伏贴，不应绷得太紧，宜根据基面的平

DB11/T 581-2021

整度留有适量的余地。

5.5.17 塑料防水板的铺设应超前混凝土施工，距离宜为 5m～20m。

5.5.18 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应直接接触防水板。

5.5.19 塑料防水板表面应设置注浆系统，注浆系统的设置应符合下列规定：

1 注浆系统应尽量靠近施工缝、变形缝和穿墙管等特殊部位设置；

2 一级防水设防的地下结构，注浆系统设置间距宜为 3m～4m，顶拱部位宜加密；二级防水设防的地下结构，注浆系统设置间距宜为 4m～5m，顶拱部位应加密；

3 注浆底座应与防水板同材质，与防水板焊接牢固，焊接点应对称位于底座四周，不宜超过四处，每处焊接面积不宜大于 20mm×20mm；

4 注浆导管与注浆底座应连接牢固、紧密；注浆导管埋入结构内的部分应牢固地固定在结构钢筋上；

5 注浆导管端部应临时封堵保护。

5.5.20 塑料防水板表面可设置分区系统，分区系统宜设置在结构的变形缝等特殊部位。

5.5.21 塑料防水板表面的破损部位应采用相同材质的补丁满焊修补，焊接应牢固、密实。补丁边缘与破损边缘的最小距离不应小于 70mm。

5.5.22 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。

5.5.23 底板塑料防水板防水层上表面应采用土工布或 PE 泡沫塑料片材及厚度不小于 50mm 的细石混凝土保护，或采用厚度不小于 5mm 的纤维板进行保护。

6 细部构造

6.1 变形缝

I 一般规定

- 6.1.1 变形缝防水措施应符合本规程表 3.1.11-1 和表 3.1.11-2 的规定。
- 6.1.2 变形缝应满足密封防水、适应变形、施工便利、检修容易等要求。
- 6.1.3 地下结构应设置温度变形缝，车站结构与出入口通道等附属结构的结合部位应设置变形缝。
- 6.1.4 现浇混凝土结构变形缝的宽度宜为 20mm~30mm。

II 设计

- 6.1.5 变形缝处混凝土的厚度不应小于 300mm，且应避开变断面处。
- 6.1.6 用于沉降的变形缝的最大允许沉降差值不应大于 30mm。
- 6.1.7 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。
- 6.1.8 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。
- 6.1.9 变形缝的防水构造应符合下列规定：

1 结构顶板宜采用中埋式止水带和密封胶、接水盒复合使用（图 6.1.9-1），中埋式止水带应开口向上盆式安装，接水盒宜为不锈钢材质，断面宜为矩形，应设置于顶板背水面，接水盒宜采用膨胀螺栓固定，并应采用密封胶嵌填封边；

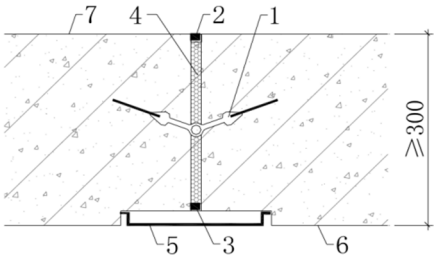


图 6.1.9-1 结构顶板变形缝防水构造

- 1-中埋式止水带；2-迎水面低模量密封胶；3-背水面高模量密封胶；
4-变形缝衬垫板；5-接水盒；6-结构背水面；7-结构迎水面

2 结构底板宜采用中埋式止水带和密封胶、外贴式止水带复合使用（6.1.9-2）图，中埋式止水带应开口向上盆式安装；

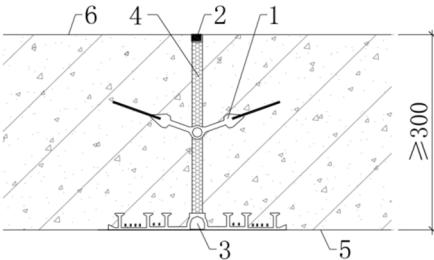


图 6.1.9-2 结构底板变形缝防水构造

- 1-中埋式止水带；2-背水面高模量密封胶；3-外贴式止水带；
4-变形缝衬垫板；5-结构迎水面；6-结构背水面

3 结构侧墙宜采用中埋式止水带、外贴式止水带、密封胶和接水盒复合使用（图 6.1.9-3），接水盒应设置于侧墙背水面，接水盒宜采用膨胀螺栓固定，并应采用密封胶嵌填封边；

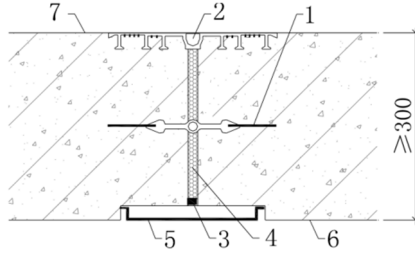


图 6.1.9-3 结构侧墙变形缝防水构造

- 1-中埋式止水带；2-外贴式止水带；3-背水面高模量密封胶；
4-变形缝衬垫板；5-接水盒；6-结构背水面；7-结构迎水面

4 变形缝处采用可卸式止水带替代接水盒时应设置在变形缝结构背水面（6.1.9-4），并宜与中埋式止水带、外贴式止水带复合使用，变形缝两侧应设置凹槽，凹槽内应预埋钢板或角钢。

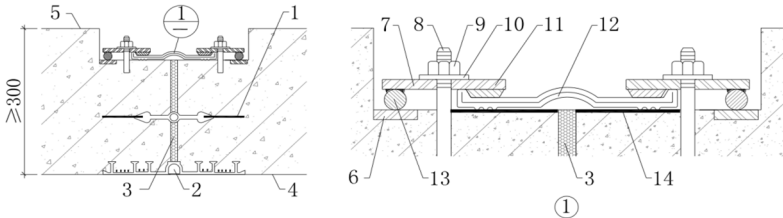


图 6.1.9-4 变形缝可卸式止水带防水构造

- 1-中埋式止水带；2-外贴式止水带；3-变形缝衬垫板；4-结构迎水面；
5-结构背水面；6-预埋钢板；7-紧固件压板；8-预埋螺栓；9-螺母；
10-垫圈；11-紧固件压块；12-Ω型止水带；13-紧固件圆钢；
14-柔性防水涂料或丁基橡胶防水密封胶

III 材料

6.1.10 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本规程附录 A.0.10 的规定，合成树脂类止水带的性能指标应符合本规程附录 A.0.11 的规定。

DB11/T 581-2021

6.1.11 止水带表面可复合缓膨型遇水膨胀橡胶止水条，钢边橡胶止水带采用的镀锌钢板镀锌量不应小于 180g/m^2 。

6.1.12 外贴式合成树脂止水带兼作分区止水带时，止水带应能够与防水层热熔焊接。

6.1.13 接水盒断面宜为矩形，宜为不锈钢材质，性能应符合《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975 的规定。

6.1.14 密封胶宜采用聚氨酯密封胶或聚硫密封胶，其性能指标应符合本规程附录 A.0.19 和本规程附录 A.0.20 的规定。

IV 施 工

6.1.15 中埋式止水带施工应符合下列规定：

1 变形缝与施工缝均用中埋式止水带时，其相交部位应采用预制的十字配件或 T 型配件；

2 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，偏差不应大于 10mm ；止水带宜设置在结构厚度的中心线部位，任意一侧混凝土的厚度不应小于 150mm ；

3 止水带水平设置时，宜采用盆式安装，盆式开口向上，与水平面夹角宜为 $20^\circ\sim 25^\circ$ ，其他部位的止水带应与变形缝内混凝土表面垂直设置，偏差角度不应大于 15° ；

4 止水带应根据现场具体情况选择适宜的固定方法，止水带的固定间距不宜大于 400mm ，固定应牢固、可靠；

5 止水带安装时不得出现扭曲、翻转等影响止水带止水效果的现象；

6 止水带在转弯处应做成圆弧形，橡胶和塑料止水带的转角半径不应小于 200mm ，钢边橡胶止水带不应小于 300mm ，转角半径应随止水带的厚度增大而相应加大；

7 止水带先施工一侧的混凝土结构，其端模应支撑牢固，严防漏浆，不应使用网模；

8 止水带部位的混凝土应振捣充分，不得出现过振、漏振部位，振捣时振捣棒不得接触止水带；

9 止水带部位的混凝土振捣时，应有专人看护，一旦止水带出现脱落、扭曲、变形时，应及时纠正；

10 在止水带附近绑扎和焊接钢筋时，应采取对止水带表面覆盖保护材料等保护措施；

11 对外露部分的止水带应采取保护措施；

12 止水带的接头不应设在结构转角处。橡胶类止水带或钢边橡胶类止水带现场接头应采用热硫化对接，钢边部分宜采用机械锚固连接；塑料类止水带现场接头应采用热熔搭接；接头应牢固、密实、不透水；接缝两侧的止水带纵向轴线应位于同一直线上，两侧止水带轴线偏差不应大于 10mm；

13 安装完毕的止水带出现破损部位时应进行修补。橡胶类止水带或钢边橡胶类止水带可在破损部位粘贴未硫化橡胶片和丁基橡胶防水密封胶粘带的方法进行修补；塑料类止水带可采用同材质的厚度不小于 1.5mm 的片材进行修补，补丁与止水带应满焊，补丁边缘距破损边缘距离不小于 50mm。

6.1.16 可卸式止水带施工应符合下列规定：

1 可卸式止水带所需配件应成套配齐；

2 顶、底板与侧墙间的结构转角处应进行 45°折角处理；

3 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；

4 应先在止水带与混凝土的接触基层表面涂刮柔性防水涂料或粘贴丁基橡胶防水密封胶粘带，厚度不宜小于 2mm；

5 宜采用杠杆式压件系统固定止水带，使止水带与基层密贴并压紧，紧固件的间距不宜大于 400mm，转角部位的间距应适当加密至不大于 200mm（图 6.1.16）；

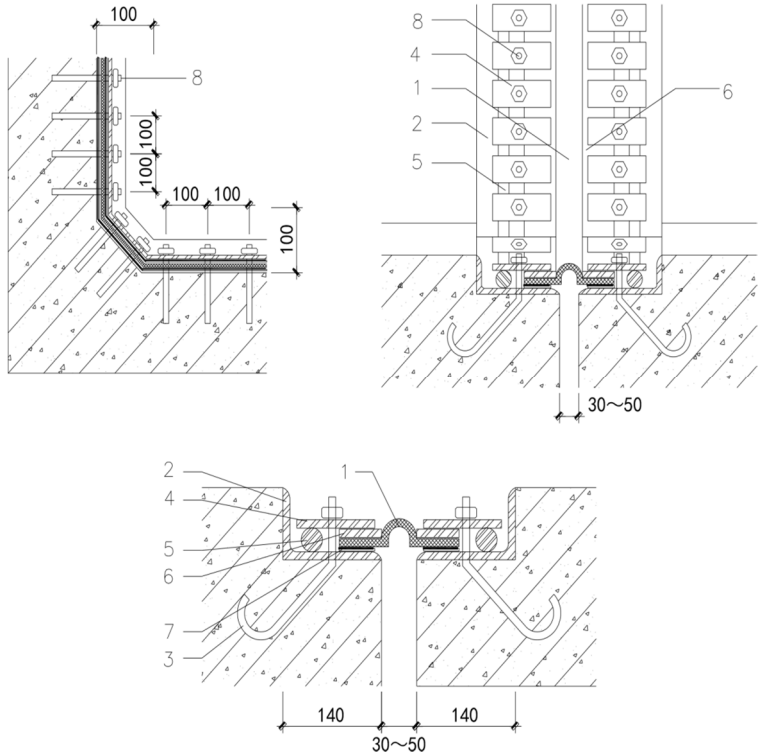


图 6.1.16 可卸式止水带安装

- 1-可卸式橡胶止水带；2-预埋角钢；3-固定埋脚；4-铁件压块；
5-圆钢平衡垫；6-通长钢板压条；7-丁基密封胶带；8-螺栓

6 先浇筑混凝土中未预埋可卸式止水带的螺栓时，可选用膨胀螺栓固定可卸式止水带；采用金属膨胀螺栓时，可用不锈钢材料或金属涂膜、环氧涂料进行防锈处理；

7 变形缝内侧地面、墙面、顶面均应采取保护措施，覆盖在变形缝上的装置应采用可拆卸式。

6.1.17 外贴式止水带施工应符合下列规定：

- 1** 变形缝与施工缝均用外贴式止水带时，其相交部位宜采用十

字配件(图 6.1.17-1)。外贴式止水带的转角部位应使用直角配件(图 6.1.17-2)。

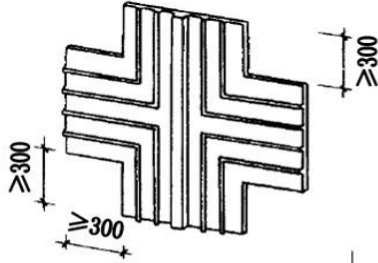


图 6.1.17-1 外贴式止水带十字形配件

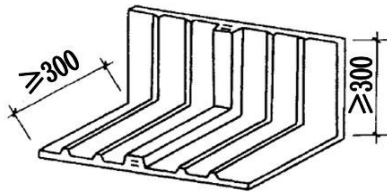


图 6.1.17-2 外贴式止水带直角配件

2 合成树脂外贴式止水带相交部位也可采用现场热熔焊接成十字型或直角接头型式,搭接宽度不应小于 30mm,搭接范围内应满焊;齿条间焊接应严密,并应采取加强措施;

3 止水带的接头不应设在结构转角处。橡胶类止水带现场接头应采用热硫化对接;塑料类止水带现场接头应采用热熔搭接;搭接宽度不宜小于 50mm,搭接范围内应热熔满焊;接头应牢固、严密、不透水;接缝两侧的止水带纵向轴线应位于同一直线上,当出现偏差时,两侧止水带轴线间距不应大于 10mm;

4 止水带埋设位置应准确,止水带纵向轴线与变形缝中心线间的偏差不应大于 10mm;

5 止水带应根据现场具体情况选择合理的固定方法;止水带设置在防水层表面上时,不得采用穿透防水层的固定方法;固定应牢

DB11/T 581-2021

固、可靠，并与固定止水带的基层密贴，不得出现空鼓、翘边等部位；

6 安装完毕的止水带齿条不得出现倒伏现象；

7 浇筑结构混凝土前，止水带表面不得有碎石、砂浆等影响齿突与现浇混凝土咬合的杂物；止水带上不应施做细石混凝土或水泥砂浆等永久保护层；

8 止水带的保护措施和破损部位的修补方法应符合本规程第 6.1.15 条中第 7 款～13 款的规定；

9 塑料止水带兼作分区用止水带时，其施工应符合下列规定：

1) 止水带纵向轴线两侧 250mm 范围内的防水板表面应干净、干燥、无油污、灰尘等现象；

2) 止水带与防水板焊接的焊缝，不得与防水板的同向焊缝叠合；与防水板的焊缝形成交叉时，应将交叉范围内的防水板搭接缝外露边缘从根部裁剪干净；

3) 止水带应采用专用焊接机热熔焊接在塑料防水板表面，焊缝宽度不得小于 30mm。焊接应牢固、可靠，不得有翘边、空鼓和漏焊。见图 6.1.17-3。

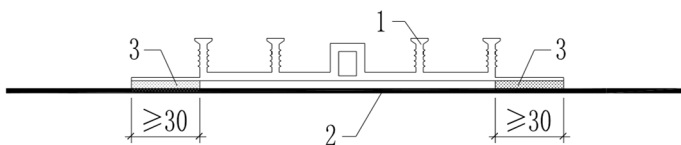


图 6.1.17-3 止水带在塑料防水板表面的安装示意图

1-外贴式止水带；2-塑料防水板；3-不透水焊接带

6.1.18 嵌缝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。

6.2 施工缝

I 一般规定

6.2.1 施工缝防水措施应符合本规程表 3.1.11-1 和本规程表 3.1.11-2 的规定。

6.2.2 施工缝处混凝土的厚度不应小于 250mm。

II 设计

6.2.3 施工缝的设置应符合下列规定：

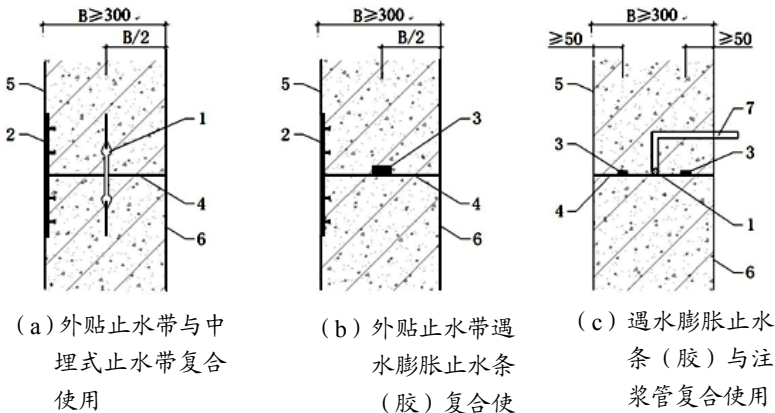
1 墙体水平施工缝不应留在剪力最大处或底板与侧墙的交接处，应留在距底板、楼板和顶板表面不小于 300mm 的墙体上；墙体有预留孔洞时，施工缝距孔洞边缘不应小于 300mm；

2 采用复合墙结构形式的结构环向施工缝设置间距不宜大于 16m，冬季施工时可适当放宽至 24m；

3 采用叠合墙结构形式的结构环向施工缝设置间距不宜大于 12m；

4 敞口开挖结构环向施工缝的设置间距不宜大于 18m。

6.2.4 施工缝的构造宜采用外贴止水带、外涂涂料与中埋式止水带、缓膨型遇水膨胀橡胶止水条（胶）复合使用，或缓膨型遇水膨胀橡胶止水条（胶）与注浆管复合使用设置防水加强措施（图 6.2.4）。



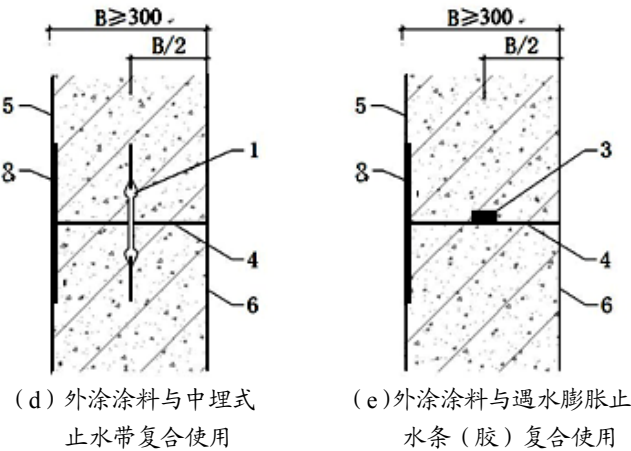


图 6.2.4 墙体施工缝防水构造

1-中埋式止水带（或注浆管）；2-外贴式止水带；3-缓膨胀遇水膨胀橡胶止水条（胶）；4-施工缝；5-结构迎水面；6-结构背水面；
7-注浆附加浆导管；8-外涂涂料

6.2.5 逆筑结构的顶板、楼板及下部 500mm 的墙体应同时浇筑，墙体的下部应做成斜面。上部施工缝宜采用止水条和预埋注浆管加强防水；侧墙应采用补偿收缩混凝土浇筑，并应在上下混凝土施工 14d 后再浇筑（图 6.2.5）。

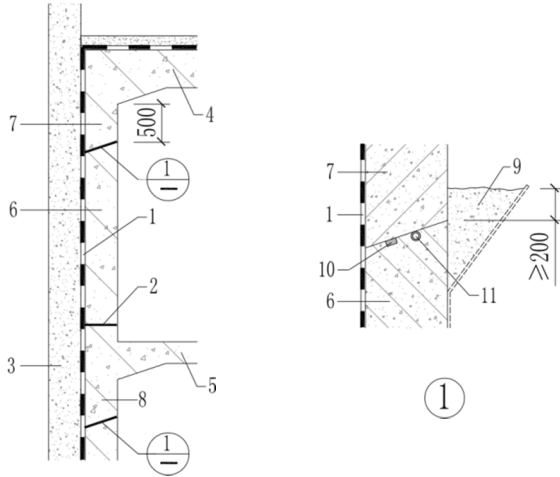


图 6.2.5 逆筑法侧墙顶部施工缝防水构造

- 1-柔性防水层；2-侧墙底部施工缝；3-支护结构；4-结构顶板；
5-结构楼板；6-侧墙补偿收缩混凝土；7-与顶板同时浇筑的侧墙混凝土；
8-与楼板同时浇筑的侧墙混凝土；9-应凿除的部分；
10-单道或双道缓膨型遇水膨胀橡胶止水条；11-注浆管

III 材 料

6.2.6 缓膨型遇水膨胀橡胶止水条（胶）应为膨润土橡胶缓膨型遇水膨胀橡胶止水条（或遇水膨胀止水胶），其性能指标应符合本规程附录 A.0.14 和本规程附录 A.0.15 的规定。膨润土橡胶缓膨型遇水膨胀橡胶止水条的邵氏硬度不宜大于 40 度。

6.2.7 膨润土橡胶缓膨型遇水膨胀橡胶止水条应具有缓膨胀性能，其 7d 的膨胀率不应大于最终膨胀率的 60%。

6.2.8 中埋式止水带可选用（钢边）橡胶类、合成树脂（塑料）类、自粘丁基橡胶钢板类、钢板类产品。止水带的宽度不宜小于 300mm，钢板止水带厚度不应小于 4mm，自粘丁基橡胶钢板止水带的钢板厚度不宜小于 1.0mm，整体厚度不宜小于 4mm。其他种类的止水带厚

DB11/T 581-2021

度不宜小于 5mm。

6.2.9 钢板止水带钢板应进行热镀锌处理或采用不锈钢材质，镀锌层平均厚度不宜小于 $70\mu\text{m}$ ，最小厚度不应小于 $55\mu\text{m}$ 。

6.2.10 外贴式止水带应为橡胶类或合成树脂类，宽度不宜小于 300mm，厚度不宜小于 4mm，止水带齿条数不宜小于 4 条，齿条高度宜为 20mm~30mm。

6.2.11 橡胶类止水带的性能指标应符合本规程附录 A.0.10 的规定，合成树脂类止水带的性能指标应符合本规程附录 A.0.11 的规定。

6.2.12 外贴式塑料止水带兼作分区止水带时，应能与防水层热熔焊接。

6.2.13 施工缝部位预埋的注浆管均应为全断面注浆管，其性能指标应符合本规程附录 A.0.16 和本规程附录 A.0.17 的规定。

IV 施 工

6.2.14 水平施工缝浇灌混凝土前，应将其表面凿毛，清除浮浆和杂物，先铺净浆或涂刷混凝土界面处理剂，再铺 30mm~50mm 厚的水泥砂浆结合层，并及时浇灌混凝土。

6.2.15 垂直施工缝浇灌混凝土前，应将其表面凿毛并清理干净，涂刷混凝土界面处理剂，并及时浇灌混凝土。

6.2.16 中埋式止水带施工应符合本规程第 6.1.15 条的规定。

6.2.17 外贴式止水带施工应符合本规程第 6.1.17 条的规定。塑料止水带与塑料防水板焊接时，两侧焊接应连续，不应透水，焊接宽度不应小于 30mm（图 6.2.17）。

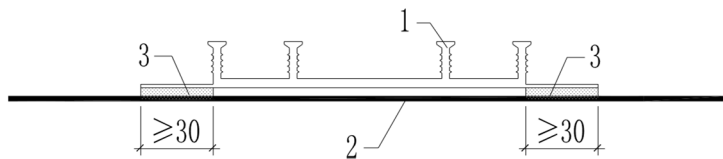


图 6.2.17 外贴式止水带与塑料防水板的焊接

1-外贴式止水带；2-塑料防水板；3-不透水焊接带；

6.2.18 自粘丁基橡胶钢板止水带的施工除应符合本规程第 6.1.15 条第 1 款、第 3 款、第 4 款、第 6 款～第 10 款的规定外，并应符合下列规定：

1 止水带应与施工缝混凝土表面垂直设置，偏差角度不应大于 15°；

2 止水带在转弯处应做成转角半径不小于 200mm 的圆弧形；

3 止水带采用自粘搭接连接，搭接宽度不小于 200mm；搭接部位两侧止水带的纵向轴线偏差不应大于 10mm；搭接完成后，应将止水带的隔离膜重新覆盖在搭接部位，必要时在搭接部位用铁丝捆绑加强；

4 止水带表面一侧的隔离膜应在合模或浇筑施工缝相应一侧的混凝土时撕掉。不得过早除掉止水带表面的隔离膜。

6.2.19 钢板止水带的施工应符合本规程第 6.1.15 条第 4 款、第 6 款、第 7 款～第 12 款的规定，并应符合下列规定：

1 止水钢板应设置在墙体中线上，止水钢板开口宜朝向迎水面，可采用钢筋焊接在主筋上支撑固定；

2 转角部位止水钢板应采用整块钢板折弯而成，焊接部位距离角部不应小于 200mm，止水钢板 T 字形连接处可采用焊接处理；

3 止水带应采用不锈钢焊条对接或搭接焊接，焊接部位应严密、不透水，焊缝外观质量标准不应低于三级，对接部位的拉伸强度不应小于母材强度的 80%，并进行防腐处理；

4 对接焊接时应采用双面焊，两侧止水带的纵向轴线偏差不应大于 5mm；

5 搭接焊时搭接长度不应小于 100mm，并将搭接部分两侧面采用电焊满焊连接，角焊缝的高度宜为 3mm；

6 止水钢板穿越箍筋、拉结筋位置应断开钢筋，断开后的钢筋应和止水钢板进行焊接；

7 止水带与缓膨型遇水膨胀橡胶止水条复合使用时，止水条应

DB11/T 581-2021

与止水带和施工缝表面粘贴密实，中间不应有空鼓、脱离等部位。

6.2.20 缓膨型遇水膨胀橡胶止水条的施工应符合下列规定：

1 施工缝表面应坚实、相对平整，不应有蜂窝、起砂等现象，否则应予清除，必要时可用防水水泥砂浆修补；

2 止水条任意一侧混凝土的厚度不应小于 50mm；

3 止水条与施工缝基面应密贴，中间不应有空鼓、脱离等现象；

4 止水条应牢固地安装在缝表面或预留凹槽内；

5 止水条采用对接法连接，对接应严密；

6 焊接钢筋时，应对止水条进行覆盖保护。

6.2.21 遇水膨胀止水胶的施工应符合本规程第 6.2.20 条的规定，并应符合下列规定：

1 止水胶采用专用注胶器挤出粘贴在施工缝表面，挤出宽度及高度应满足设计要求。挤出应连续、均匀、饱满、无气泡和孔洞；

2 挤出成形后，固化期内应采取临时保护措施，止水胶固化前不得浇筑混凝土；

3 止水胶一旦出现破损或提前膨胀的部位应割除，并在割除部位重新补注止水胶。

6.2.22 注浆管的安装应符合下列规定：

1 安装注浆管的施工缝表面应坚实、基本平整，不得有浮浆、油污、疏松、空洞、碎石团等，可用防水砂浆修补；

2 注浆导管与注浆管的连接应牢固、严密。导管的末端应临时封堵严密；

3 注浆管任意一侧混凝土的厚度不得小于 50mm；

4 注浆管与施工缝基面应密贴设置，中间不得有悬空部位。注浆管的固定间距宜为 200mm~300mm，固定应牢固、可靠；

5 每段注浆管长度不应大于 6m，注浆管与基层的固定间距不宜大于 500mm，注浆管可采用搭接法连接，有效出浆段搭接宽度宜为 20mm~30mm，搭接部位应与基面固定牢固（图 6.2.22）；

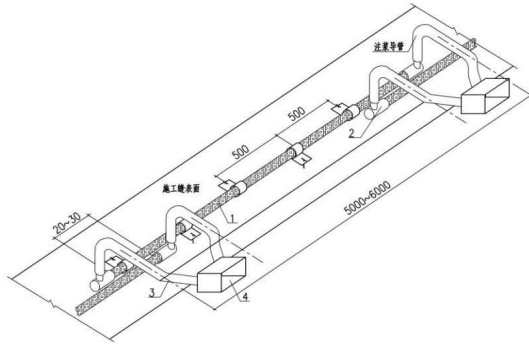


图 6.2.22 注浆管与止水条的设置方法

1-预埋注浆管；2-连接管；3-注浆导管；4-注浆导管保护盒

6 注浆管的转弯半径不宜小于 150mm，转弯部位应平缓，不得出现折角；

7 双道平行设置的注浆管之间的距离不应小于 50mm；

8 注浆导管埋入混凝土内的部分至少应有一处与结构钢筋绑扎牢固；注浆导管引出混凝土部分宜通过带有注浆底座的保护盒保护，也可采用注浆导管保护盒保护，注浆导管的引出长度不宜小于 150mm；保护盒应设置在方便的、易于接近的位置；

9 注浆管破损部位应割除，并在割除部位重新设置已经安装好注浆导管的注浆管，并与两端原有注浆管进行过渡搭接；

10 在注浆管附近绑扎或焊接钢筋作业时，应采取临时遮挡措施对注浆管进行保护。

6.2.23 注浆管的注浆施工应符合下列规定：

1 注浆方案、注浆材料、注浆压力等应由施工、设计、监理单位根据现场具体情况共同制订，并对整个注浆过程进行检查分析，确保注浆效果满足防水要求；

2 注浆应在结构施工完毕、停止降水后进行；所有预埋的注浆管均应进行注浆封堵；

3 注浆应从最低的注浆端开始,将注浆液向上挤压,并宜使注浆液低压缓进;

4 注浆液不再流入并且压力计显示压力损失小于 10%时,应维持该压力至少 2min 后可终止注浆;

5 需要重复注浆时,应使用经过核准的注浆材料。

6.3 后浇带

I 一般规定

6.3.1 后浇带防水措施应符合本规程表 3.1.11-1 和表 3.1.11-2 的规定。

6.3.2 后浇带为刚性接缝,宜用于不允许留设变形缝的工程部位。

6.3.3 后浇带应在其两侧混凝土龄期达到 42d 后再施工。

6.3.4 后浇带应采用微膨胀防水混凝土浇筑,其抗渗和抗压强度等级不应低于两侧混凝土。

II 设计

6.3.5 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。

6.3.6 后浇带两侧可做成平直缝或阶梯缝,缓膨型遇水膨胀橡胶止水条应采取防止过早膨胀措施并粘贴牢固。后浇带的防水构造可采用注浆管与缓膨型遇水膨胀橡胶止水条复合使用(图 6.3.6-1)、外贴式止水带与缓膨型遇水膨胀橡胶止水条复合使用(图 6.3.6-2)或采用阶梯缝设置缓膨型遇水膨胀橡胶止水条防水(图 6.3.6-3)。

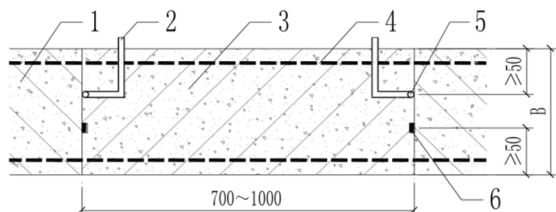


图 6.3.6-1 后浇带防水构造(一)

1-先浇混凝土; 2-注浆导管; 3-后浇微膨胀防水混凝土;

4-结构主筋; 5-注浆管; 6-缓膨型遇水膨胀橡胶止水条

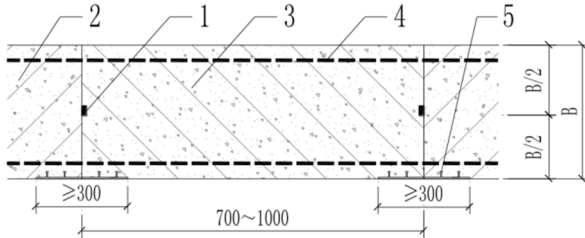


图 6.3.6-2 后浇带防水构造（二）

- 1-缓膨型遇水膨胀橡胶止水条；2-先浇混凝土；
3-后浇微膨胀防水混凝土；5-外贴式止水带；4-结构主筋

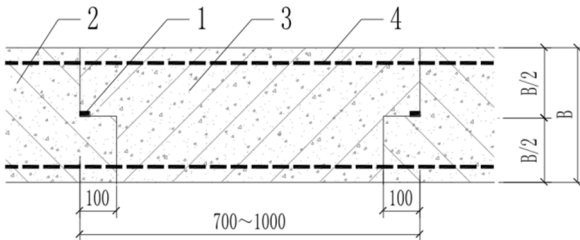


图 6.3.6-3 后浇带防水构造（三）

- 1-缓膨型遇水膨胀橡胶止水条；2-先浇混凝土；
3-后浇微膨胀防水混凝土；4-结构主筋

6.3.7 采用掺加膨胀剂的微膨胀防水混凝土，其抗渗等级不应低于结构混凝土。水中养护 14d 后的限制膨胀率不应小于 0.025%，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

6.3.8 微膨胀防水混凝土使用的水泥、砂、石、拌和水及外加剂、掺合料等应符合本规程第 5.1 节的规定。

6.3.9 混凝土膨胀剂的性能指标应符合本规程附录 A.0.27 的规定。

6.3.10 后浇带部位宜采用膨润土橡胶缓膨型遇水膨胀橡胶止水条、遇水膨胀止水胶、预埋注浆管、外贴式止水带等进行防水处理。

IV 施 工

6.3.11 微膨胀防水混凝土的配合比除应符合本规程 5.1.15 条的规定外，尚应符合下列规定：

- 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（重量）的百分比表示。

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

6.3.13 后浇带两侧的接缝处理应符合本规程第 6.2.14 条的规定。

6.3.14 采用膨胀剂拌制补偿收缩混凝土时，应按配合比准确计量。

6.3.15 后浇带混凝土应一次浇筑，不应留设施工缝；混凝土浇筑后养护时间不得少于 28d。

6.3.16 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（图 6.3.16）。

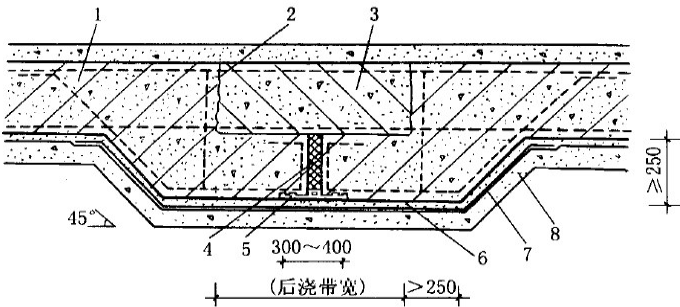


图 6.3.16 后浇带超前止水构造

- 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-混凝土垫层

6.3.17 缓膨型遇水膨胀橡胶止水条的施工应符合本规程第 6.2.20 条的规定；遇水膨胀止水胶的施工应符合本规程第 6.2.21 条的规定；预埋注浆管的施工应符合本规程第 6.2.22 条、第 6.2.23 条的规定；外贴式止水带的施工应符合本规程第 6.1.17 条的规定。

6.4 穿墙管

6.4.1 穿墙管或穿墙盒应在浇筑混凝土前预埋。

6.4.2 穿墙管与内墙角、凹凸部位的距离应大于 250mm。

6.4.3 穿墙管宜采用套管形式或主管直接埋入混凝土内的固定式防水法，套管或主管外应加焊止水环，设置缓膨型遇水膨胀橡胶止水条（图 6.4.3）。埋设于结构顶板、侧墙、底板结构并与外界连通的主管应采取可靠的防锈蚀措施。

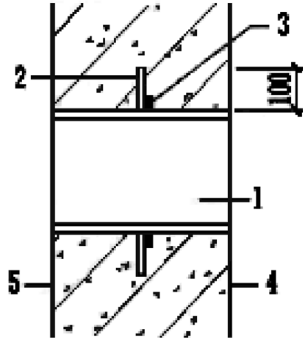


图 6.4.3-1 固定式穿墙管防水构造

1-主管；2-止水环；3-缓膨型遇水膨胀橡胶止水条；

4-结构迎水面；5-结构背水面

6.4.4 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。

6.4.5 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（图 6.4.5）。

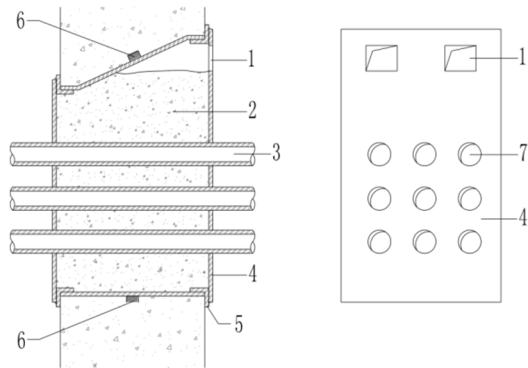


图 6.4.5 穿墙群管防水构造

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-缓膨型遇水膨胀橡胶止水条；7-预留孔

6.4.6 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。

6.4.7 穿墙管伸出外墙的部位，应采取有效措施进行保护。

6.4.8 穿墙管穿管后封堵可采用混凝土、防火泥、保温棉等，封堵应密实不透水，并应满足管道变形的要求。

6.5 桩头和立柱

6.5.1 桩头防水设计应符合下列规定：

- 1 桩顶应高出垫层表面不小于 200mm；
- 2 桩头选用的防水材料应具有与桩头混凝土和钢筋的良好粘结性和湿固化性等性能；
- 3 桩头宜采用水泥基渗透结晶型防水涂料、聚合物水泥砂浆等刚性防水材料进行综合处理；水泥基渗透结晶型防水材料的用量不宜小于 $1.5\text{kg}/\text{m}^2$ ，聚合物水泥砂浆的厚度不宜小于 20mm(图 6.5.1-1)；

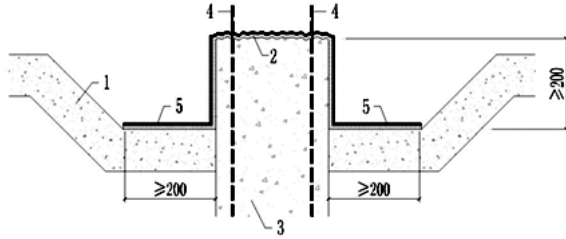


图 6.5.1-1 桩头刚性防水构造

- 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-聚合物水泥砂浆

4 桩头刚性防水层应与底板柔性防水层连为一体, 形成连续、封闭的防水体系 (图 6.5.1-2、图 6.5.1-3);

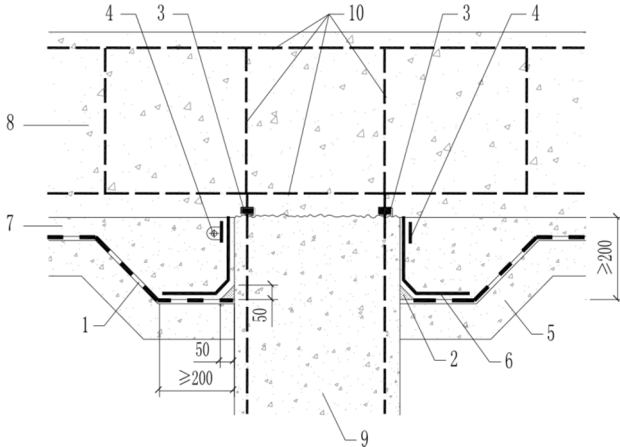


图 6.5.1-2 桩头刚、柔防水过渡构造 (一)

- 1-底板柔性防水层; 2-密封胶或缓膨胀型遇水膨胀橡胶止水条;
3-缓膨胀型遇水膨胀橡胶止水条; 4-不锈钢箍件; 5-混凝土垫层;
6-防水附加层; 7-混凝土保护层; 8-结构底板; 9-桩; 10-结构钢筋

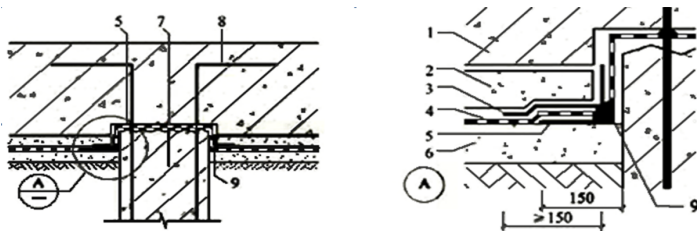


图 6.5.1-3 桩头刚、柔防水过渡构造 (二)

1-结构底板; 2-混凝土保护层; 3-防水涂料收头封口;

4-底板柔性防水层; 5-水泥基渗透结晶型防水涂料;

6-混凝土垫层; 7-桩; 8-结构钢筋; 9-密封胶

5 桩的钢筋根部宜粘贴缓膨型遇水膨胀橡胶止水条或止水胶进行密封。

6.5.2 桩头防水施工应符合下列规定:

- 1 桩头混凝土应凿毛, 露出新鲜的混凝土并清理干净;
- 2 破桩后如发现渗漏水, 应采取措施进行封堵;
- 3 水泥基渗透结晶型防水涂料和聚合物水泥砂浆层应连续、均匀, 并及时进行养护;
- 4 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 缓膨型遇水膨胀橡胶止水条应固定牢靠并采取临时保护措施。

6.5.3 立柱防水设计应符合下列规定 (图 6.5.3-1、图 6.5.3-2):

- 1 永久立柱穿过结构底板的范围内应设置缓膨型遇水膨胀橡胶止水条或止水胶进行密封处理; 临时立柱应采用止水环和缓膨型遇水膨胀橡胶止水条或止水胶进行密封处理;
- 2 根据柔性防水层的种类和立柱的断面形状选择合理的收口构造;
- 3 临时立柱周围预留的孔洞应采用膨胀混凝土填充。

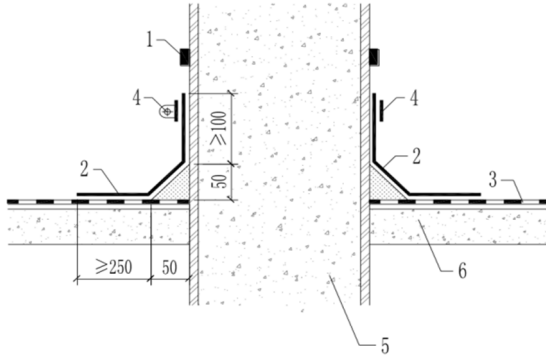
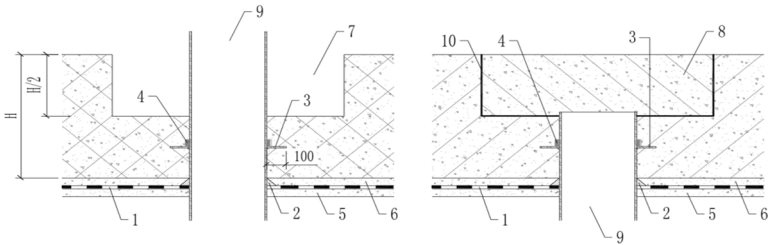


图 6.5.3-1 钢管立柱防水构造

- 1-缓膨型遇水膨胀橡胶止水条；2-防水附加层；3-防水层；
4-不锈钢箍件；5-钢管混凝土立柱；6-混凝土垫层



(a) 完成临时立柱防水

(b) 切除立柱并浇筑微膨胀混凝土

图 6.5.3-2 临时立柱防水构造

- 1-防水层；2-密封胶；3-止水环；4-缓膨型遇水膨胀橡胶止水条；
5-混凝土垫层；6-混凝土保护层；7-预留凹槽；8-微膨胀防水混凝土；
9-临时立柱；10-表面凿毛并涂刷界面剂

6.5.4 立柱防水施工应符合下列规定：

- 1 立柱表面应先打磨干净，不得有锈蚀、油污、灰尘、浮浆等部位；
- 2 止水环应与立柱焊接牢固、严密、不透水；
- 3 立柱根部柔性防水层的收口应先于底板大面防水层的施工，

DB11/T 581-2021

并应预留不少于500mm的搭接边，应采取必要的保护措施；

4 缓膨型遇水膨胀橡胶止水条或止水胶应与立柱表面粘贴牢固；

5 临时钢管柱割除后，应先在钢管柱内填充混凝土并采用封口钢板进行封堵，封堵钢板与管口四周应焊接牢固、严密、不透水；

6 临时立柱周围预留凹槽内浇筑膨胀混凝土前，应先对凹槽四周混凝土表面进行凿毛处理，并涂刷界面剂。

6.5.5 格构柱防水构造（图 6.5.5）应符合下列规定：

1 格构柱在底板厚度范围中部应设置止水钢板，格构柱内外止水钢板应与格构柱满焊，钢板每边宽度应超出格构柱不小于 100mm，钢板厚度不宜小于 3mm；

2 应在止水钢板上下格构柱四周各设置一道缓膨型遇水膨胀橡胶止水条或止水胶；

3 格构柱桩头部位应涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料；

4 防水卷材与格构柱交界处应采用密封材料密封。

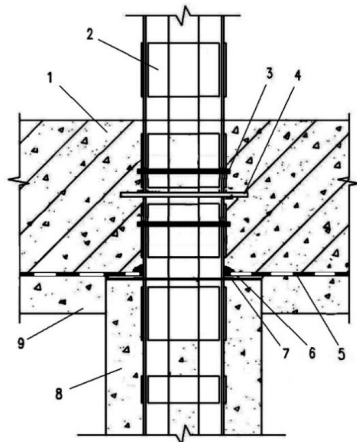


图 6.5.5 格构柱防水构造

1-结构底板；2-钢格构柱；3-缓膨型遇水膨胀橡胶止水条；4-止水钢板；

5-防水层；6-密封材料；7-水泥基渗透结晶型防水涂料；8-桩；

9-混凝土垫层

6.5.6 格构柱防水施工应符合下列规定：

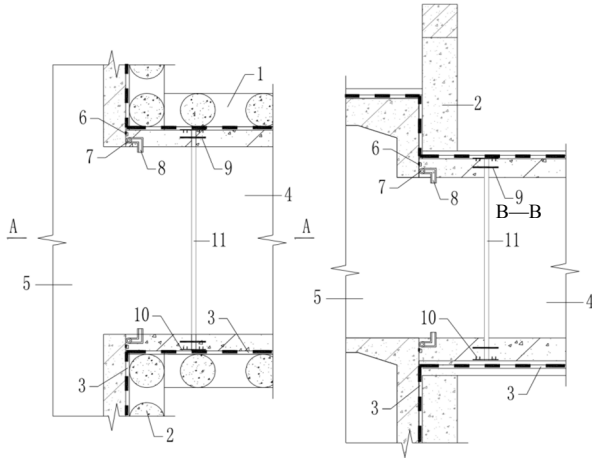
- 1** 格构柱钢板焊接前应清除格构柱上的灰尘并应进行除锈；
- 2** 格构柱内外止水钢板应与格构柱满焊，焊缝应连续饱满；
- 3** 应清除格构柱桩头部位的浮浆，涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料，涂刷应连续均匀；
- 4** 止水钢板上下沿格构柱四周各粘贴缓膨型遇水膨胀橡胶止水条或止水胶时止水条的位置宜在钢板上下各50mm左右位置，止水条应搭接不小于50mm；
- 5** 应将防水层材料根据格构柱截面尺寸裁切合适后铺贴至格构柱根部，并应在防水层材料与格构柱交界处用密封材料密封严密。
- 6** 防水构造施工完毕后应及时浇筑结构混凝土，混凝土浇筑时不应破坏防水层。

6.6 连接接口

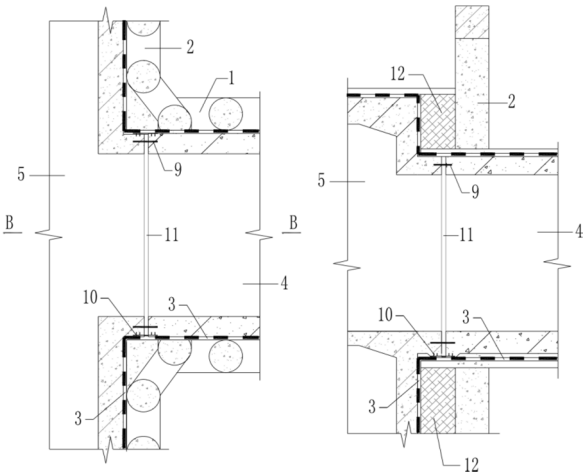
6.6.1 通道接口变形缝处的变形总量不应大于 30mm。

6.6.2 明挖车站通道接口防水构造（图 6.6.2）应符合下列规定：

- 1** 车站通道接口正常留置时，车站通道接口接缝宜设置双道缓膨型遇水膨胀橡胶止水条和预埋注浆管；
- 2** 车站通道接口结构局部外扩留置时，车站通道接口应设置为变形缝，并按变形缝防水构造处理；
- 3** 通道变形缝防水宜采用中埋式止水带与外贴止水带复合使用的防水措施，并应符合本规程第 6.2 节的规定；
- 4** 防水层的过渡层应设置在后施工部位，搭接过渡部位避开接口接缝或变形缝部位的距离不应小于 500mm。



(a) 正常预留接口通道接口防水构造



(b) 外扩预留接口通道接口防水构造

图 6.6.2 明挖车站通道接口防水构造

- 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-缓膨胀型遇水膨胀橡胶止水条；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

6.6.3 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。

6.6.4 明挖结构与盾构隧道连接时，应采用止水条或外贴式止水带对盾构隧道洞口的柔性防水层进行收口处理，形成刚柔结合的密封区；后浇环梁两侧的施工缝应采用缓膨型遇水膨胀橡胶止水条和预埋注浆管的方法进行加强（图 6.2.4c）。

6.6.5 盾构隧道与联络通道接口部位的环向施工缝应采用止水条和预埋注浆管的方法进行防水处理，并在联络通道两端变形缝部位设置分区系统和注浆系统，注浆系统的环向设置间距宜为 3m~4m，防水板的端部应进行收口处理（图 6.6.5）。

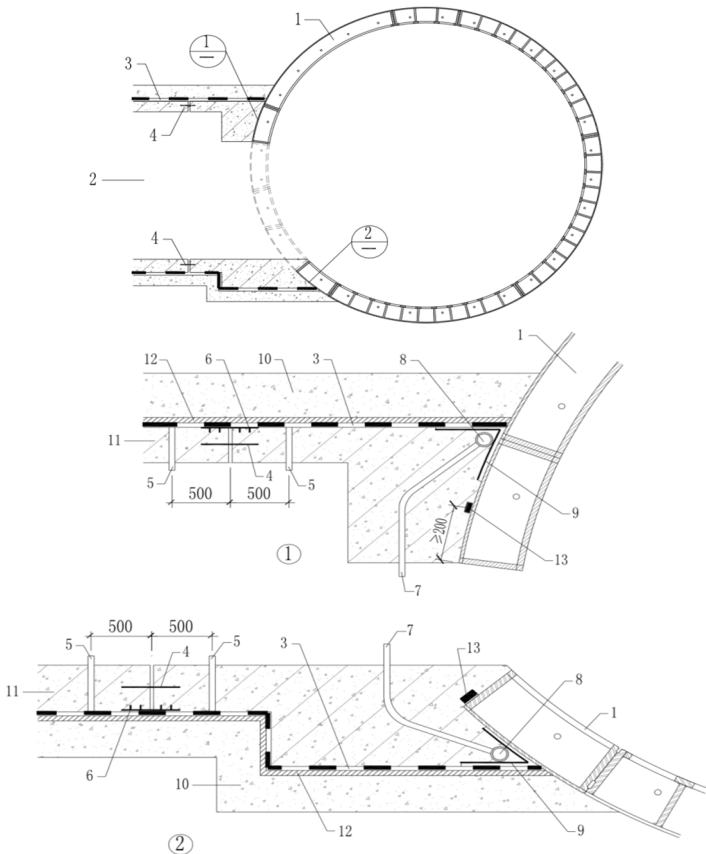


图 6.6.5 盾构隧道联络通道洞口防水构造

- 1-盾构隧道管片；2-联络通道；3-防水板；4-中埋式止水带；
5-防水板预埋注浆系统；6-外贴式（分区）止水带；7-注浆导管；
8-预埋注浆管；9-防水过渡层；10-初期支护；11-内衬结构；
12-土工布缓冲层；13-缓膨胀型遇水膨胀橡胶止水条

1 中埋式止水带、外贴式止水带、缓膨胀型遇水膨胀橡胶止水条、嵌缝材料、可卸式止水带的施工应符合本规程第 6.1 节和第 6.2 节的

规定；

2 通道接口先施工部位的柔性防水层甩槎部分、中埋式止水带、外贴式止水带等与防水相关的预埋件应采取有效的保护措施，确保止水带、防水层甩槎部分清洁，预埋件不锈蚀。

6.7 埋设件与预留槽

6.7.1 结构上的埋设件应采用预埋方式留置。

6.7.2 埋设件端部或预留槽底部的混凝土厚度不应小于250mm，当厚度小于250mm时，应采取局部加厚或其他防水措施（图6.7.2）。

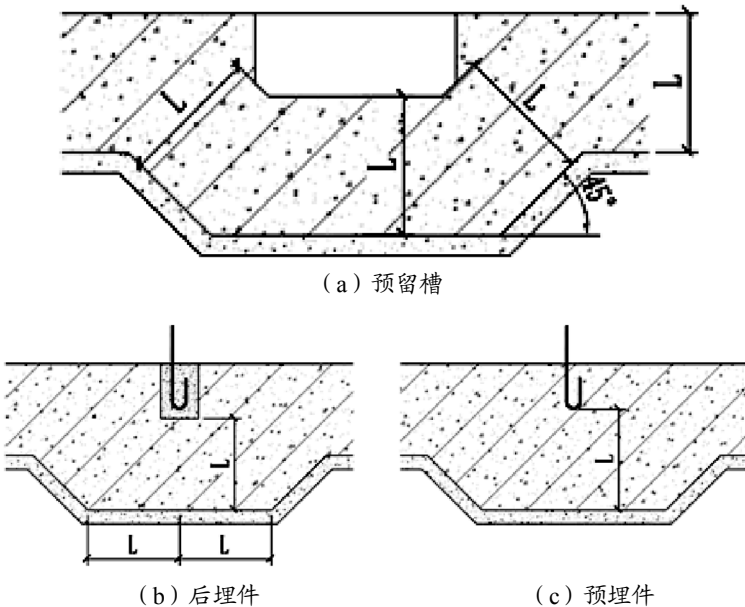


图 6.7.2 预埋件或预留槽处理示意图 ($L \geq 250$)

6.7.3 预留槽周边设置防水层时，槽内应设置防水层，与周边的防水层保持连续。

7 盾构法隧道防水施工

7.1 管片结构防水

I 一般规定

7.1.1 管片结构防水包括结构自防水和管片外侧涂刷防腐防水涂层。

7.1.2 管片结构应采用钢筋混凝土管片、复合管片等装配式衬砌，管片制作时应采用高精度钢模预制成形。

7.1.3 管片结构应根据隧道穿越地层的水文地质条件、结构埋深、施工条件等进行综合设计。

7.1.4 当地下水对管片混凝土具有侵蚀性时，应采取相适应的防腐措施。

II 设计

7.1.5 管片应采用防水混凝土，其抗渗等级不得小于 P10。氯离子的扩散系数不宜大于 $3 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ 。当隧道处于对混凝土有中等以上腐蚀的地层时，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。

7.1.6 混凝土管片的裂缝宽度不应大于 0.2mm，并不得贯通。

7.1.7 管片钢筋的混凝土最小保护层厚度应满足结构耐久性要求，并不应小于本规程表 5.1.7-2 的要求。

7.1.8 钢筋混凝土管片应进行单块检漏试验，管片外表在设计抗渗压力下，恒压 2h，最大渗水深度不应超过 50mm。

7.1.9 衬砌外防水涂层，除涂抹于衬砌管片背面外，还应涂抹在环、纵面弹性密封垫外侧的混凝土上。

III 材料

7.1.10 管片用防水混凝土应符合本规程第 5.1 节防水混凝土材料要求，还应符合相关规范的规定。

7.1.11 管片如需采取防腐蚀防水涂层时宜采用水泥基渗透结晶型防水材料，也可采用改性环氧涂料等防水涂层。

7.1.12 防水涂层应符合以下规定：

- 1** 应能在盾尾密封用钢丝刷与钢板挤压磨损条件下不损伤、不渗水；
- 2** 在管片弧面混凝土裂缝宽度达到0.2mm时，涂层应能抗0.8MPa水压，长期不渗水；
- 3** 应具有良好的耐化学腐蚀性、耐候性、抗微生物侵蚀性，且无毒或低毒；
- 4** 涂层应施工简单，且能在冬季操作；
- 5** 涂层应具有防杂散电流的功能。

IV 施 工

7.1.13 管片在投入工程使用前，应依照设计文件检验管片的混凝土抗压强度、抗渗等级以及尺寸精度，表面应平整，无缺棱、掉角、麻面和露筋。

7.1.14 管片在运输、堆放、吊运和拼装过程中应做好保护工作，损坏程度影响防水效果的管片不应继续使用。

7.1.15 管片应拱形（背部朝上）放置或竖式放置。

7.1.16 涂刷作业前，应对管片表面的孔洞、缺损部位用聚合物快凝水泥填平；管片表面的突起物、砂浆、浮灰、浮砂等应清理干净。

7.1.17 涂料应拌合均匀，并按设计要求涂刷基层处理剂或直接涂刷涂料。

7.1.18 涂刷应均匀一致，不得过厚过薄。第二道涂层涂刷方向应和第一道的涂刷方向垂直。

7.1.19 每道涂层的时间间隔，应根据涂料品种、作业环境温度、湿度等确定。

7.1.20 涂层实干后，方可起吊管片，重新堆放、送井下使用。涂层没有完全固化成膜前，不得遭水淋和污染。

DB11/T 581-2021

7.1.21 当使用有机溶剂时，应注意防火、通风。施工人员应采取防护措施，施工温度应符合涂刷涂料的有关规定。

7.1.22 防水涂层的质量应符合下列规定：

- 1** 涂层应粘结牢固，表面平整，无空鼓、脱落、破损等现象；
- 2** 非渗透结晶类防水材料的涂层厚度应采用测厚仪测定，膜厚应基本均匀；
- 3** 第一道涂层如有空鼓、积液等部位，应划破后补严。

7.1.23 盾构与管片相对位置准确，防止顶进时管片碎裂，管片如遇损坏，轻微破损可就地修补，出现掉角、碎裂等问题应重新调换后方可继续进行。

7.2 管片接缝防水

I 一般规定

7.2.1 盾构隧道的衬砌管片接缝防水包括管片密封垫的粘贴和管片嵌缝密封防水。

7.2.2 管片密封垫应具有耐水性、耐动力疲劳性、耐干湿疲劳性、耐化学腐蚀性等，对水膨胀橡胶还应能长期保持其膨胀压力。材料性能稳定，与管片型号匹配。

7.2.3 管片密封垫的安装应在管片精度检测、单块管片抗渗检漏测试合格后进行。

7.2.4 管片密封垫粘贴前，应由防水工对管片的密封垫沟槽、螺栓孔密封圈凹槽、嵌缝槽进行检查，缺损或较大的气孔部位应修补平整。密封垫沟槽内的灰尘、泥砂应清理干净。

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

7.2.6 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牢固。嵌缝材料嵌填时，应先涂刷基层处理剂。嵌填应密实、平整。

II 设计

7.2.7 接缝防水应以预制成型的密封垫为主要防水措施。其性能指标应符合本规程附录 A 的规定。

7.2.8 衬砌环缝应在最大计算变形量时，仍能在隧道埋深的最大水压下不渗漏。

7.2.9 密封垫的材质、构造形式应合理，并应满足生产制作和施工工艺的要求。

7.2.10 弹性密封垫应沿管片四侧面成环设置，也可设计成[]型或 L 型。沟槽形式、截面尺寸应与弹性密封垫形式和尺寸相匹配。弹性密封垫沟槽应至少设置一道，其深度与密封垫的高度应符合下式规定：

$$\alpha = (T-A) / T \quad (7.2.10-1)$$

$$\alpha' = (T-A-B) / T \quad (7.2.10-2)$$

式中： α —弹性密封垫最大压缩率，即管片间隙压至 0mm 时的压缩率，由设计确定；

α' —弹性密封垫最小压缩率，由设计确定；

B—设计中的接缝允许张开量的 1/2；

A—要求的密封垫沟槽深；

T—要求的弹性密封垫高。

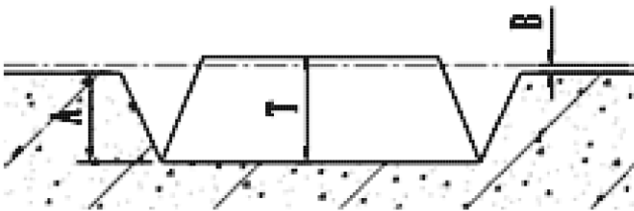


图 7.2.10 密封垫沟槽、密封垫形状截面示意图

7.2.11 接缝密封垫宜选择具有合理构造形式、良好回弹性或遇水膨胀性、耐久性、耐水性的橡胶类材料。

DB11/T 581-2021

7.2.12 弹性密封垫宜采用三元乙丙橡胶类、氯丁橡胶类、膨胀橡胶类、遇水膨胀橡胶与三元乙丙橡胶的复合材料等，弹性密封垫应符合以下规定：

1 密封垫沟槽的截面积应不小于密封垫的截面积，其关系应满足式 7.2.12 的要求：

$$A = (1 \sim 1.15) A_0 \quad (7.2.12)$$

式中：A—密封垫沟槽截面积；

A_0 —弹性密封垫截面积。

2 密封垫在长期水压作用下，当接缝张开量达到预定的 3mm～10mm 张开量时仍能满足止水要求；

3 密封垫应有足够的宽度，以满足接缝错开 3mm～10mm 时的止水要求；

4 密封垫在长期压应力作用下压缩永久变形不应大于 20%；

5 环缝间距为 0mm 时，密封垫材料的压缩力应小于千斤顶最大顶力；

6 变形缝部位的环形密封垫应能适应更大的变形量，可采用加厚或增设遇水膨胀橡胶片的方法满足防水要求；

7 封顶块采用纵向插入方式时，弹性密封垫表面宜衬入限制其拉长的尼龙线或帆布。

7.2.13 三元乙丙橡胶弹性密封垫材料的性能指标应符合本规程附录 A.0.12 的规定。

7.2.14 管片密封垫的尺寸、精度应符合设计要求。

7.2.15 框形密封垫应标明“B”、“L”、“F”等型式，并应分类堆放。

7.2.16 密封垫粘贴前，当环境温度低于 5℃ 时，应将密封垫置于 40℃～60℃ 的烘房内进行 36h 的整形处理。

7.2.17 密封垫粘结剂的性能应符合设计要求，并应密封、干燥储存。

7.2.18 嵌缝防水设计应符合下列规定：

1 隧道竖向轴线顶部两侧各 22.5° 范围以及道床混凝土范围内的嵌缝槽宜进行嵌缝处理；

2 嵌缝槽底应设斜楔口，采用定型类嵌缝材料时，嵌缝槽两侧壁应平行；采用非定型嵌缝材料时，槽口应小于槽底宽度，槽深宽比不小于 2.5，槽深宜为 25mm~55mm，单面槽宽宜为 5mm~10mm。嵌缝槽断面构造形状（图 7.2.18）。

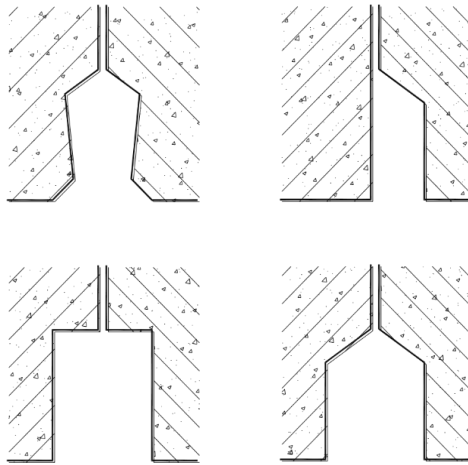


图 7.2.18 管片嵌缝槽构造形式示意图

7.2.19 非定型类嵌缝材料，应具有较好的不透水性、干湿基面的粘结性、耐久性、延伸性、抗下坠性，宜采用聚硫密封胶、聚氨酯密封胶等。

7.2.20 定型类嵌缝材料，应有与嵌缝槽混凝土面紧密接合的合适构造外形、膨胀性、耐久性，宜采用遇水膨胀橡胶及其控制膨胀材料、扩张芯材等。

IV 施 工

7.2.21 管片密封垫粘贴前应进行工艺检验，确认粘贴材料性能、工艺、效果符合要求。

DB11/T 581-2021

7.2.22 弹性密封垫的粘贴应符合下列规定：

1 管片表面应干燥、无灰尘，雨天不应进行粘贴施工；冬季进行密封垫粘贴需经烘箱预热处理；

2 采用单面涂胶法粘贴，将胶料均匀涂刷在管片凹槽内，根据环境温度和湿度进行晾胶，待手指接触不粘后才可进行粘贴；

3 粘贴前应再次检查粘结面涂胶的均匀程度；

4 密封垫的粘贴应牢固、紧密，不应有空鼓部位，密封垫表面应在一个平面上，不得歪斜、扭曲；

5 角部密封垫不得出现“耸肩”、“塌肩”；

6 密封垫粘贴后24h内，不应进行拼装；

7 当采用遇水膨胀橡胶密封垫时，其表面应涂刷缓膨胀剂，尤其拱底块密封垫表面应涂刷二道缓膨胀剂；弹性密封垫涂刷缓膨胀剂后12h内，不得进行管片拼装；

8 粘贴好密封垫的管片在进场、吊装、拼装前要逐块进行检查，发现问题及时修补。盾构隧道施工过程中应确保管片拼装精度，不应出现防水密封垫发生损坏、脱槽、扭曲和移位等现象。

7.2.23 嵌缝施工前，嵌缝槽应密实、平整，表面混凝土如有缺损，应采用聚合物水泥防水砂浆或特种水泥砂浆修补牢固。

7.2.24 嵌缝作业应符合下列规定：

1 嵌缝作业应在盾构千斤顶顶力影响范围外进行；

2 采用非定型嵌缝材料时，其作业应符合下列规定：

1) 嵌缝槽内的污垢、浮浆等应清理干净并保持干燥，渗漏水部位应进行堵漏处理；对有湿渍或慢渗的嵌缝槽，应采用可在潮湿面粘结的密封胶或膨胀密封胶；

2) 采用密封胶类材料嵌缝，应先涂冷底子油，再自上而下嵌填密封胶，嵌缝应嵌填密实，表面应平整；

3) 密封胶外表面加封加固材料时，既可直接填塞在嵌缝槽的层面，也可嵌填在密封胶的两侧。加封材料宜为聚合物水泥砂浆、环

氧密封胶、纤维水泥等，并应先涂刷混凝土界面处理剂；顶拱外封加固材料应选用速凝类材料；

4) 水膨胀腻子类密封材料应与控膨材料配合使用，槽口应封堵外加封材料。

3 采用定型嵌缝材料时，其作业应符合下列规定：

1) 嵌缝材料应就位准确，与基层密贴；

2) 环缝密封材料应无接头，密封条环缝与纵缝、段与段之间结合应紧密，必要时采用特殊十字接头密封件；

3) 设置扩张材料时，扩张材料应定位准确，与基层密贴设置，顶拱应设加固防脱落措施；

4) 采用排水型嵌缝时，应将排水孔设置在排水沟附近。

7.3 螺栓孔和注浆孔防水

I 一般规定

7.3.1 管片螺栓孔、注浆孔、吊装孔均应采取防水措施。

7.3.2 注浆孔密封圈应在管片混凝土浇筑前固定在注浆管四周，单道或多道设置；管片螺栓孔密封圈应在管片拼装时设置；注浆管盖密封圈应在管片背后注浆完毕后设置。

7.3.3 管片下井前，应对管片螺栓孔密封圈凹槽进行检查，缺损或较大的气孔部位应修补平整。螺栓拧紧前，金属件表面不应锈蚀。螺栓孔密封胶圈应定位准确，能够在螺栓拧紧压力下挤入螺栓孔密封圈沟槽内。

II 设计

7.3.4 肋腔螺栓孔口应设置螺栓孔密封圈；环、纵面螺栓孔口可设置螺栓孔密封圈。

7.3.5 螺栓孔密封圈与管片螺栓孔密封圈沟槽应匹配，并在螺帽与垫圈的作用下挤入螺孔内起到压密或膨胀止水作用。

7.3.6 螺栓孔密封圈的外形，应利于压入密封圈沟槽，使密封圈与

DB11/T 581-2021

螺栓、螺栓孔混凝土都压密止水。

7.3.7 注浆孔密封圈应包括注浆管密封圈和注浆管盖密封圈，其外形、尺寸应与注浆管、注浆管盖上预留的凹槽外形相匹配。

7.3.8 注浆管内出现渗水时，应先进行堵水，不得带水设置注浆管盖。

III 材 料

7.3.9 螺栓孔密封圈与注浆管密封圈的性能指标应符合本规程附录 A.0.15 的规定。

7.3.10 螺栓孔密封圈材料应采用氯丁橡胶、遇水膨胀橡胶，也可采用橡塑制品或塑料制品。注浆管密封圈应采用遇水膨胀橡胶制品。

IV 施 工

7.3.11 螺栓拧紧前，应确保螺栓孔密封圈定位准确，能够在螺栓拧紧压力下挤入螺栓孔密封圈沟槽内。

7.3.12 螺栓孔密封圈安装前，应确保金属件表面不存在锈蚀。

7.3.13 注浆孔密封圈应准确安装在注浆管外壁的凹槽内，并与凹槽内壁贴合紧密。

7.3.14 已经破损或提前膨胀的密封圈不得使用。

8 注浆防水

8.1 一般规定

8.1.1 应根据工程地质及水文地质按下列规定选择注浆方案：

- 1 在工程开挖前，预计涌水量大的地段、断层破碎带软弱底层，宜采用预注浆；
- 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 衬砌后应进行回填注浆；
- 4 回填注浆后仍有渗漏水时，宜采用衬砌内注浆。

8.1.2 注浆施工前应进行调查，搜集下列有关资料：

- 1 工程地质纵横剖面及工程地质、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、岩层形式、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 工程渗漏水地点、位置、渗漏形式、水量大小、水质、水压等。

8.1.3 注浆实施前应符合下列规定：

- 1 预注浆前先施做止浆墙（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。

8.2 设计

8.2.1 预注浆钻孔，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，综合分析后确定注浆孔数、布孔方式及钻孔角度。

DB11/T 581-2021

8.2.2 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10m~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，宜为毛洞高度或直径的0.5倍~1.0倍，特殊工程可按计算和试验确定。

8.2.3 衬砌前围岩注浆的布孔，应符合下列规定：

- 1 注浆加固深度宜为3m~5m；
- 2 在软弱地层或水量较大处布孔；
- 3 大面积渗漏，布孔宜密，钻孔宜浅；
- 4 裂隙渗漏，布孔宜疏，钻孔宜深；
- 5 大股涌水，布孔应在水流上游，且从涌水点四周由远到近布

设。

8.2.4 回填注浆孔的孔径，不宜小于40mm，间距宜为2m~5m，按梅花形排列。

8.2.5 岩石地层预注浆的压力，应比静水压力大0.5MPa~1.5MPa，回填注浆的压力应小于0.5MPa。

8.2.6 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 0.5Mpa~0.8MPa。

8.3 材 料

8.3.1 注浆材料选择原则应符合下列规定：

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

8.3.2 注浆材料的选用，应综合考虑工程地质、水文地质条件、注浆目的、注浆工艺、设备和成本等因素，并符合下列规定：

1 预注浆和衬砌前围岩注浆，宜采用水泥浆、水泥—水玻璃浆液。衬砌后围岩注浆宜采用水泥浆液、超细水泥浆液、自流平水泥浆液等，必要时可采用化学浆液；

2 回填注浆宜选用水泥浆液、超细水泥浆液、自流平水泥浆液、化学浆液等；

3 衬砌内注浆宜选用水泥浆液、超细水泥浆液、自流平水泥浆液、化学浆液。

8.3.3 水泥类浆液宜选用强度等级不低于42.5MPa的普通硅酸盐水泥，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。

8.4 施 工

8.4.1 预注浆钻孔深度误差应符合下列规定：

1 注浆孔深小于10m时，孔位最大允许偏差为100mm，钻孔偏斜率最大允许偏差为0.5%~1.0%；

2 注浆孔深大于10m时，孔位最大允许偏差为50mm，钻孔偏斜率最大允许偏差为1.0%。

8.4.2 岩石地层或衬砌内注浆前，应将钻孔冲洗干净。

8.4.3 注浆前应进行压水试验，测定注浆孔吸水率和地层吸浆速度。

8.4.4 回填注浆前，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。

8.4.5 回填注浆、衬砌前围岩注浆施工顺序应符合下列规定：

1 沿工程轴线由低到高，由下往上，从少水处到多水处；

2 在无水地段，应先两头，后中间；

3 对竖井应由上往下分段注浆，在每个同段内应从下往上注浆。

8.4.6 注浆过程中应加强检测，当发生围岩或衬砌变形、堵塞排水

DB11/T 581-2021

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；

8.4.7 单孔注浆结束的条件，应符合下列规定：

- 1** 预注浆各孔段均达到设计终压并稳定10min，且进浆速度小于5L/min 或注浆量达到设计注浆量的80%；
- 2** 衬砌后回填注浆及围沿注浆达到设计终压；
- 3** 其他种类浆液，满足设计要求。

8.4.8 预注浆结束前，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，必要时进行压水或抽水试验。当检查孔的吸水量大于 1.0L/min 时，应进行补充注浆。

8.4.9 注浆结束后，应将注浆孔及检查孔封填密实。

附录 A 轨道交通地下工程防水材料的质量指标

A.0.1 SBS 改性沥青防水卷材的主要物理性能应符合表 A.0.1 的要求。

表 A.0.1 SBS 改性沥青防水卷材的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	可熔物含量, g/m ² ≥	3mm	2100
		4mm	2900
2	不透水性 (0.3MPa, 120min)		不透水
3	低温柔性, -25℃		无裂纹
4	拉力, kN/50mm ≥	纵向	0.8
		横向	0.8
5	最大拉力时延伸率, % ≥	纵向	40
		横向	40
6	撕裂强度, N ≥	纵向	350
		横向	350
7	耐热度, 105℃, 2h		无滑动、流淌、滴落

注：物理性能应符合现行国家标准《弹性体改性沥青防水卷材》GB 18242 标准要求。

A.0.2 自粘橡胶沥青防水卷材的主要物理性能应符合表 A.0.2 的要求。

表 A.0.2 自粘橡胶沥青防水卷材的主要物理性能

序号	检测项目		表面材料	
			PE	D
1	不透水性	压力, MPa	0.2	0.1
		保持时间, h	120, 不透水	30, 不透水
2	拉力, N/5cm ≥		200	—
3	断裂伸长率, %≥		250	450
4	柔度		-30℃, 无裂纹	-20℃, 无裂纹
5	剥离强度, N/mm	卷材与卷材	≥1.5 或 粘合面外断裂	粘合面外断裂
		卷材与铝板		
6	热稳定性	外观	无起鼓、褶皱、滑动、流淌	
		尺寸变化率/% ≤	2	

注：物理性能应符合现行国家标准《自粘聚合物改性沥青防水卷材》GB 23441 标准要求。

DB11/T 581-2021

A.0.3 自粘聚合物改性沥青聚酯胎防水卷材的主要物理性能应符合表 A.0.3 的要求。

表 A.0.3 自粘聚合物改性沥青聚酯胎防水卷材的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	可熔物含量, g/m² ≥	2mm	1300
		3mm	2100
2	不透水性	压力, MPa ≥	0.3
		保持时间, min ≥	120
3	耐热度, °C		70 °C 无滑动、流淌、滴落
4	拉力, N/50mm ≥		450
5	最大拉力时延伸率, %≥		30
6	低温柔度, °C		-30
7	剥离强度 N/mm ≥	卷材与卷材	1.5
		卷材与铝板	
8	自粘沥青再剥离强度 N/mm ≥		1.5
9	持粘性, min ≥		15

注：物理性能指标应符合现行国家标准《自粘聚合物改性沥青防水卷材》GB 23441 标准要求。

A.0.4 聚乙烯丙纶复合防水卷材的主要物理性能应符合表 A.0.4 的要求。

表 A.0.4 聚乙烯丙纶复合防水卷材的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	断裂拉伸强度, N/cm	常温 ≥	60
		60°C ≥	30
2	胶断伸长率, %	常温 ≥	400
		-20°C ≥	10
3	撕裂强度, N ≥		20
4	不透水性 (0.3MPa, 30min)		无渗漏
5	低温弯折, °C ≤		-20
6	加热伸缩量*, mm	延伸<	2
		收缩<	4

续表 A.0.4

序号	检测项目		指标
7	热空气老化* (80℃×168h)	断裂拉伸强度保持率, % $\geq$	80
		胶断伸长率保持率, % $\geq$	70
8	耐碱性 (10%Ca(OH) ₂ 常温×168h)	断裂拉伸强度保持率, % $\geq$	80
		胶断伸长率保持率, % $\geq$	80
9	粘结剥离强度 (片材与片材)	N/mm (标准状态试件) $\geq$	1.5
		浸水保持率 (常温×168h)	70
10	复合强度 (FS2 无纺布与芯材), MPa $\geq$		1.2

注: 物理性能应符合现行国家标准《高分子防水材料 第1部分: 片材》GB/T 18173.1 复合片材 FS2 标准要求。

A.0.5 聚合物水泥防水胶结料的主要物理性能应符合表 A.0.5 的要求。

表 A.0.5 聚合物水泥防水胶结料的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	与水泥基层的拉伸粘结强度, MPa $\geq$	常温 7d	0.6
		耐水	0.4
		耐冻融	0.4
2	操作时间, h $\geq$		2.0
3	抗渗性能, MPa $\geq$	抗渗压力差 7d	0.2
		抗渗压力 7d	1.0
4	剪切状态下的粘合性, N/mm, 常温 $\geq$	卷材与卷材	2.0
		卷材与基底	1.8

A.0.6 塑料防水板的主要物理性能应符合表 A.0.6 的要求。

表 A.0.6 塑料防水板的主要物理性能

序号	检测项目		指标	
			EVA	ECB
1	断裂拉伸强度, MPa $\geq$	常温	16	14
		60℃	6	5
2	扯断伸长率, % $\geq$	常温	550	500
		-20℃	350	300
3	撕裂强度, kN/m $\geq$		60	60

续表 A.0.6

序号	检测项目		指标	
			EVA	ECB
4	不透水性（120min）		0.3MPa 无渗漏	0.3MPa 无渗漏
5	低温弯折，℃ ≤		-35	-35
6	加热伸缩量，mm <	延伸	2	2
		收缩	6	6
7	热空气老化（80℃×168h）≥	断裂拉伸强度保持率，%	80	80
		扯断伸长率保持率，%	70	70
		100%伸长率外观	无裂纹	无裂纹
8	耐碱性（10%Ca(OH) ₂ 常温×168h）≥	断裂拉伸强度保持率，%	80	80
		扯断伸长率保持率，%	90	90
9	粘结剥离强度（片材与片材）	N/mm（标准状态试件）≥	1.5	
		浸水保持率（常温×168h），% ≥	70	

注：物理性能应符合《高分子防水材料第 1 部分：片材》GB/T 18173.1 标准规定。

A.0.7 缓冲层用短纤针刺非织造土工布的主要物理性能应符合表 A.0.7 的要求。

表 A.0.7 短纤针刺无纺布（缓冲层）的主要物理性能

序号	项目	指标
1	纵横向断裂强度，kN/m ≥	15.0
2	标称断裂强度对应伸长率，%	20～100
3	顶破强力，kN ≥	2.5
4	单位面积质量偏差率，%	±5
5	幅宽偏差率，%	-0.5
6	厚度偏差率，%	±10
7	纵横向撕破强力，kN ≥	0.40

注 1 第 4 项～第 6 项标准值按设计或协议。

2 物理性能应符合现行国家标准《土工合成材料 短纤针刺非织造土工布》GB/T 17638 标准规定。

A.0.8 聚氨酯防水涂料的主要物理性能应符合表 A.0.8 的要求。

表 A.0.8 聚氨酯防水涂料的主要物理性能

序号	检测项目		指标	
			I	II
1	固体含量, % $\geq$		85.0	
2	表干时间, h $\leq$		12	
3	实干时间, h $\leq$		24	
4	拉伸强度, MPa $\geq$		2.00	6.00
5	断裂伸长率, % $\geq$		500	450
6	撕裂强度, N/mm $\geq$		15	30
7	低温弯折性		-35℃, 无裂纹	
9	加热伸缩率, %		-4.0~+1.0	
10	粘结强度, MPa $\geq$		1.0	
11	吸水率, % $\leq$		5.0	
12	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, % $\geq$	450	400
		低温弯折性	-30℃, 无裂纹	

注：物理性能应符合现行国家标准《聚氨酯防水涂料》GB/T 19250 标准要求。

A.0.9 防水涂料胎体增强材料的主要物理性能应符合表 A.0.9 的要求。

表 A.0.9 防水涂料胎体增强材料的主要物理性能

序号	检测项目		指标	
			聚酯无纺布	玻纤网布
1	外观		均匀无团状, 平整无皱褶	
2	拉力 (宽 50mm)	纵向 (N)	≥ 150	≥ 90
		横向 (N)	≥ 100	≥ 50
3	延伸率	纵向 (%)	≥ 10	≥ 3
		横向 (%)	≥ 20	≥ 3

DB11/T 581-2021

A.0.10 （钢边）橡胶止水带的主要物理性能应符合表 A.0.10 的要求。

表 A.0.10 （钢边）橡胶止水带的主要物理性能

序号	检测项目		指标
			B 型、S 型
1	硬度（邵氏），度		60±5
2	拉伸强度，MPa ≥		12
3	断裂伸长率，% ≥		380
4	压缩永久变形	70℃×24h， % ≤	35
		23℃×168h， % ≤	20
5	撕裂强度，kN/mm ≥		30
6	脆性温度，℃		-45
7	热空气老化 （70℃×168h）	硬度变化（邵氏），度 ≤	+8
		拉伸强度，MPa ≥	10
		扯断伸长率，% ≥	300
8	臭氧老化 50pphm: 20%，48h		无裂纹
9	橡胶与金属粘合		断面在弹性体内

- 注：1. B 代表用于变形缝的止水带；S 代表用于施工缝止水带；
2. 性能指标应符合现行国家标准《高分子防水材料 第 2 部分：止水带》
GB/T 18173.2 标准要求。

A.0.11 EVA 和 ECB 止水带的主要物理性能应符合表 A.0.11 的要求。

表 A.0.11 EVA 和 ECB 止水带的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	拉伸强度，MPa ≥		12
2	扯断伸长率（常温），% ≥		400
3	撕裂强度，kN/m ≥		50
4	低温弯折，℃≤		-35
5	硬度（邵氏 A），度		70±5
6	热空气老化 （80℃×168h）	断裂拉伸强度保持率，% ≥	80
		扯断伸长率保持率，% ≥	70
		100%伸长率外观	无裂纹
7	耐碱性（10%Ca(OH) ₂ 常温 ×168h）	断裂拉伸强度保持率，% ≥	80
		扯断伸长率保持率，% ≥	90

A.0.12 三元乙丙（EPDM）橡胶弹性密封垫的主要物理性能应符合表 A.0.12 的要求。

表 A.0.12 三元乙丙（EPDM）橡胶弹性密封垫的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	邵氏硬度，度		67±5
2	拉伸强度，MPa ≥		10
3	断裂伸长率，% ≥		330
4	低温硬度变化（-15℃×24h），度 ≤		+15
5	压缩永久变形（70℃×24h），% ≤		25
6	热空气老化 （70℃×96h）	邵氏硬度变化，度	+6
		拉伸强度变化率，% ≥	-15
7	（70℃×96h）断裂伸长率变化率，% ≥		-30
8	防霉等级（参照 GB2423-16-81J 测试）		不低于一级（即零级与一级）

- 注：1. 管片接缝间距为 6mm 时，密封垫应能抵抗 0.8MPa 的水压；
2. 以上指标为成品切片测试的数据，若只能以胶料制成试样测试，则其力学性能数据应达到本规程的 120%；
3. 性能指标应符合现行国家标准《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 标准要求。

A.0.13 遇水膨胀橡胶的主要物理性能应符合表 A.0.13 的要求。

表 A.0.13 螺栓孔密封圈和注浆管密封圈遇水膨胀橡胶胶料的主要物理性能

序号	检测项目		指标	测试标准
1	邵氏硬度，度		45±7	按 GB/T531 测试
2	拉伸强度，MPa ≥		3	按 GB/T528 测试
3	扯断伸长率，% ≥		350	按 GB/T528 测试
4	体积膨胀倍率，% ≥		400	按 GB18173.3 测试
5	反复浸水试验	拉伸强度，MPa ≥	2	按 GB/T528 测试
		扯断伸长率，% ≥	250	按 GB/T528 测试
		体积膨胀倍率，% ≥	500	按 GB18173.3 测试
6	低温弯折（-20℃×2h）		无裂纹	按 GB12952 测试
7	防霉等级		达到与优于 2 级	参照 GB2423-16-81J 测试

- 注：1. 净水膨胀率% = (膨胀后体积/膨胀前体积) × 100%；
2. 成品切片测试应达到标准的 80%，若只能以胶料制成试样测试，则其拉伸强度、扯断伸长率的性能数据应达到本规定的 120%；
3. 硬度为推荐项目。

DB11/T 581-2021

A.0.14 膨润土橡胶缓膨型遇水膨胀橡胶止水条的主要物理性能应符合表 A.0.14 的要求。

表 A.0.14 膨润土橡胶缓膨型遇水膨胀橡胶止水条的主要物理性能

序号	检测项目	指标
1	抗水压力, MPa $\geq$	2.5
2	96h 吸水膨胀倍率, % $\leq$	180
3	最大吸水膨胀倍率, % $\geq$	300
4	密度, g/cm ³	1.4±0.1
5	耐热性, 80℃, 2h	无流淌
6	低温柔性, -20℃, 2h, 绕 ϕ 20mm 圆棒	无裂纹
7	耐水性 (浸泡 240h)	整体膨胀无碎块

注：物理性能应符合《膨润土橡胶遇水膨胀止水条》JG/T 141 标准要求。

A.0.15 遇水膨胀止水胶的主要物理性能应符合表 A.0.15 的要求。

表 A.0.15 遇水膨胀止水胶的主要物理性能

序号	检测项目		技术指标
1	固化前	密度, g/cm ³	规定值±0.1
		固含量, % $\geq$	85
		下垂度, mm $\leq$	2
		表干时间, h $\leq$	24
2	固化后	断裂伸长率, % $\geq$	400
		抗拉强度, MPa $\geq$	1.0
3	吸水膨胀倍率 (室温, 蒸馏水), % $\geq$		220

注：物理性能应符合现行行业标准《遇水膨胀止水胶》JG/T 312 标准要求。

A.0.16 硬质塑料、橡胶管或螺旋管骨架注浆管的主要物理性能应符合表 A.0.16 的要求。

表 A.0.16 硬质塑料、橡胶管或螺旋管骨架注浆管的主要物理性能

序号	检测项目	指标
1	注浆管外径偏差, mm	±0.1
2	注浆管内径偏差, mm $\geq$	±0.1
3	覆盖材料扯断永久变形, %, $\leq$	10
4	抗压变形量, mm, $\leq$	2

续表 A.0.16

序号	检测项目	指标
5	出浆孔间距, mm ≤	20
6	出浆孔直径, mm	3~5

注：物理性能应符合现行国家标准《混凝土接缝防水用预埋注浆管》GB/T 31538 标准要求。

A.0.17 不锈钢弹簧管骨架注浆管的主要物理性能应符合表 A.0.17 的要求。

表 A.0.17 不锈钢弹簧管骨架注浆管的主要物理性能

序号	检测项目	指标
1	注浆管外径偏差, mm	±1.0
2	注浆管内径偏差, mm	±1.0
3	不锈钢弹簧钢丝直径, mm ≥	1.0
4	不锈钢弹簧钢丝间距, (100mm) 圈	≥12
5	抗压强度, N/mm ≥	70
6	滤布渗透系数 K ₂₀ , mm/s ≥	0.05
7	等效孔径, O ₉₅ <	0.074

注：物理性能应符合现行国家标准《混凝土接缝防水用预埋注浆管》GB/T 31538 标准要求。

A.0.18 丁基橡胶密封防水胶粘带的主要物理性能应符合表 A.0.18 的要求。

表 A.0.18 丁基橡胶防水密封胶粘带的主要物理性能

序号	试验项目		指标
1	持粘性, min ≥		20
2	耐热性, 80℃, 2h		无流淌、龟裂、变形
3	低温柔性, -40℃		无裂纹
4	剪切状态下的粘合性, N/mm	防水卷材 ≥	2
5	剥离强度, N/mm	防水卷材 ≥	0.4
		水泥砂浆板 ≥	0.6
		彩钢板 ≥	

续表 A.0.18

序号	试验项目			指标
6	剥离强度 保持率, %	热处理 (80℃, 168h)	防水卷材 ≥	80
			水泥砂浆板 ≥	
			彩钢板 ≥	
		碱处理 [饱和 Ca(OH) ₂ 溶液, 168h]	防水卷材 ≥	80
			水泥砂浆 ≥	
			彩钢板 ≥	
		浸水处理, 168h	防水卷材 ≥	80
			水泥砂浆板 ≥	
			彩钢板 ≥	

注：1. 第 4 项仅测试双面胶粘带；
2. 第 5、6 项测试 R 类试样时采用防水卷材和水泥砂浆板基材，测试 M 类试样时采用彩钢板基材；
3. 物理性能应符合现行行业标准《丁基橡胶防水密封胶粘带》JC/T 942 标准要求。

A.0.19 聚氨酯密封胶的主要物理性能应符合表 A.0.19 的要求。

表 A.0.19 聚氨酯密封胶的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	密度, g/cm ³		规定值±0.1
2	下垂度, mm ≤		3
3	表干时间, h ≤		24
4	挤出性, mL/min ≥		80
5	适用期, h ≥		1.0
6	弹性恢复率, % ≥		70
7	拉伸模量, MPa ≤	23℃	0.4
		-20℃	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—热压后的粘结性		无破坏
11	质量损失率, % ≤		7.0

注：1. 挤出性仅适用于单组分产品；
2. 试用期仅适用于多组分产品，允许采用供需双方商定的其它指标值；
3. 物理性能应符合现行行业标准《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482 标准要求。

A.0.20 聚硫建筑密封胶的主要物理性能应符合表 A.0.20 的要求。

表 A.0.20 聚硫建筑密封胶的主要物理性能

序号	检测项目		指标	
			A 类	B 类
1	密度, g/cm ³		规定值±0.1	
2	适用期, h		2~6	
3	表干时间, h ≤		24	
4	渗出性指数, ≤		4	
5	流变性	下垂度 (N 型), mm ≤	3	
		流平型 (L 型)	光滑平整	
6	低温柔性, ℃		-30	-40
7	拉伸粘结性, ≥	最大拉伸强度, MPa	1.2	0.2
		最大伸长率, %	100	400
8	恢复率, % ≥		90	80
9	拉伸—压缩循环性能	级别	8020	9030
		粘接面破坏面积, %≤	25	
10	加热失重, % ≤		10	6

注: 1. A 类适用于背水面嵌缝, B 类适用于迎水面嵌缝;

2. N 型适用于立缝或斜缝而不塌落的非下垂型, L 型适用于水平接缝能自动流平成光滑平整表面的自流平型;

3. 性能指标应符合现行行业标准《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 标准要求。

A.0.21 水泥基渗透结晶型掺合剂的主要物理性能应符合标表 A.0.21 的要求。

表 A.0.21 水泥基渗透结晶型掺合剂的主要物理性能

序号	试验项目		指标
1	外观		均匀、无结块
2	减水率, %<		8
3	抗压强度比	7d, % ≥	100
		28d, % ≥	100
4	含气量, %≤		3.0
5	凝结时间差	初凝, min >	90
		终凝, h	—
6	收缩率比 (28d), % ≤		125

续表 A.0.21

序号	试验项目		指标
7	混凝土抗渗性能	掺防水剂混凝土抗渗压力*（28d），MPa	报告实测值
		抗渗压力比/%，28d ≥	200
		掺防水剂混凝土的第二次抗渗压力（56d），MPa ≥	报告实测值
		第二次抗渗压力比/%，56d ≥	150
* 基准混凝土 28d 抗渗压力应为 $0.4^{+0.0}_{-0.1}$ MPa，并在产品质量检验报告中列出			

注：物理性能应符合现行国家标准《水泥基渗透结晶型防水材料》GB 18445 标准要求。

A.0.22 水泥基渗透结晶型防水涂料的主要物理性能应符合表 A.0.22 的要求。

表 A.0.22 水泥基渗透结晶型防水涂料的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	外观		均匀、无结块
2	施工性	加水搅拌后	刮涂无障碍
		20min	刮涂无障碍
3	抗折强度，MPa ≥ 28d		2.8
4	抗压强度，MPa ≥ 28d		15.0
5	湿基面粘结强度，MPa ≥ 28d		1.0
6	混凝土 抗渗性能	带涂层混凝土抗渗压力*（28d），MPa	报告实测值
		抗渗压力比（带涂层）/%，28d ≥	250
		去除涂层混凝土抗渗压力*（28d），MPa	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（56d），MPa ≥	0.8
* 基准混凝土 28d 抗渗压力应为 $0.4^{+0.0}_{-0.1}$ MPa 并在产品质量检验报告中列出			

注：物理性能应符合《水泥基渗透结晶型防水材料》GB 18445 标准要求。

A.0.23 聚合物水泥防水涂料的主要物理性能应符合表 A.0.23 的要求。

表 A.0.23 聚合物水泥防水涂料的主要物理性能

序号	检测项目		指标
1	固体含量, %		70
2	拉伸强度	无处理, MPa $\geq$	1.8
		加热处理后保持率, % $\geq$	80
		碱处理后保持率, % $\geq$	70
		浸水处理后保持率, % $\geq$	70
3	断裂伸长率	无处理, % $\geq$	80
		加热处理, %	65
		碱处理, %	65
		浸水处理后保持率, % $\geq$	65
4	低温柔性 ($\Phi 10\text{mm}$ 棒)		-10℃无裂纹
5	不透水性, 0.3MPa, 30min		不透水
6	潮湿基面粘结强度, MPa $\geq$		1.0
7	抗渗性 (背水面), MPa $\geq$		0.8

注：物理性能应符合现行国家标准《聚合物水泥防水涂料》GB/T 23445 标准要求。

A.0.24 聚合物水泥防水砂浆的主要物理性能应符合表 A.0.24 的要求。

表 A.0.24 聚合物水泥防水砂浆的主要物理性能

序号	检测项目			指标	
				I 型	II 型
1	凝结时间		初凝/min≥	45	45
			终凝/h ≤	24	24
2	抗渗压力，MPa	涂层试件	7d ≥	0.4	0.5
		砂浆试件	7d ≥	0.8	1.0
			28d ≥	1.5	1.5
3	抗压强度，MPa		28d ≥	18	24.0
4	抗折强度，MPa		28d ≥	6.0	8.0
5	柔韧性（横向变形能力） ≤			1.0	
6	粘结强度，MPa		7d ≥	1.0	
			28d ≥	1.2	
7	耐碱性[饱和 Ca(OH) ₂ 溶液，168h]			无开裂，剥落	
8	耐热性[100℃水，5h]			无开裂，剥落	
9	抗冻性-冻融循环（-15℃～+20℃），25 次			无开裂，剥落	
10	收缩率，%	28d ≤	0.15		

注：物理性能应符合现行行业标准《聚合物水泥防水砂浆》JC/T 984 标准要求。

DB11/T 581-2021

A.0.25 混凝土膨胀剂的主要物理性能应符合表 A.0.25 的要求。

表 A.0.25 膨胀剂的主要物理性能

序号	检测项目			指标
1	细度	比表面积, m ² /kg ≥		250
		0.08 mm筛余, % ≤		12
		1.25 mm筛余, % ≤		0.5
2	凝结时间	初凝, min ≥		45
		终凝, h ≤		10
3	限制膨胀率, %	水中	7d ≥	0.025
			28d ≤	0.10
		空气中	21d ≥	-0.02
4	抗压强度, MPa	7d ≥		25.0
		28d ≥		45.0
5	抗折强度, MPa	7d ≥		4.5
		28d ≥		5.5

注：物理性能应符合现行行业标准《混凝土膨胀剂》JC 476 标准要求

附录 B 现行防水材料标准和现场抽样复验项目要求

B.0.1 现行轨道交通地下防水工程材料标准应按表 B.0.1 的规定选用。

表 B.0.1 轨道交通地下防水工程材料标准

类别	标准名称	标准号
防水卷材	1.高分子防水材料 第 1 部分：片材	GB/T 18173.1
	2.弹性体改性沥青防水卷材	GB 18242
	3.自粘橡胶沥青防水卷材	GB 23441
	4.自粘聚合物改性沥青聚酯胎防水卷材	GB 23441
防水涂料	1.聚氨酯防水涂料	GB 19250
	2.聚合物乳液建筑防水涂料	JC/T 864
	3.聚合物水泥防水涂料	GB/T 23445
密封材料	1.聚氨酯建筑密封胶	JC/T 4 82
	2.聚硫建筑密封胶	JC/T 483
	3.丁基橡胶防水密封胶粘带	JB/T 942
	4.混凝土建筑接缝用密封胶	JC/T 881
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.膨润土橡胶缓膨型遇水膨胀橡胶止水条	JG/T 141
刚性防水材料	1.砂浆、混凝土防水剂	JC 474
	2.混凝土膨胀剂	JC 476
	3.水泥基渗透结晶型防水材料	GB 18445
防水材料试验方法	1.沥青防水卷材试验方法	GB/T 328
	2.建筑胶粘剂通用试验方法	GB/T 12954
	3.建筑密封材料试验方法	GB/T 13477
	4.建筑防水涂料试验方法	GB/T 16777
	5.建筑防水材料老化试验方法	GB/T 18244

B.0.2 现行轨道交通地下防水工程材料的现场抽样复验应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 轨道交通地下防水工程材料抽样复验

序号	材料名称	现场抽样数量	外观质量检验	物理性能检验
1	高聚物改性沥青防水卷材	大于 1000 卷抽 5 卷, 每 500~1000 卷抽 4 卷, 100~499 卷抽 3 卷, 100 卷以下抽 2 卷, 进行规格尺寸和外观质量检验。在外观质量检验合格的卷材中, 任取一卷做物理性能检验。	断裂、皱褶、孔洞、剥离、边缘不整齐, 胎体露白、未浸透, 撒布材料粒度、颜色, 每卷卷材的接头。	拉力, 最大拉力时延伸率, 低温柔度, 不透水性。
2	合成高分子防水卷材	大于 1000 卷抽 5 卷, 每 500~1000 卷抽 4 卷, 100~499 卷抽 3 卷, 100 卷以下抽 2 卷, 进行规格尺寸和外观质量检验。在外观质量检验合格的卷材中, 任取一卷做物理性能检验。	折痕、杂质、胶块、凹痕, 每卷卷材的接头。	断裂拉伸强度, 扯断伸长率, 低温弯折, 不透水性。
3	无机防水涂料	每 10t 为一批, 不足 10t 按一批抽样。	包装完好无损, 且标明涂料名称, 生产日期, 生产厂家, 产品有效期。	抗折强度, 粘结强度, 抗渗性。
4	有机防水涂料	每 5t 为一批, 不足 5t 按一批抽样。	包装完好无损, 且标明涂料名称, 生产日期, 生产厂家, 产品有效期。	固体含量, 拉伸强度, 断裂延伸率, 柔性, 不透水性。
5	胎体增强材料	每 3000m ² 为一批, 不足 3000m ² 按一批抽样。	均匀, 无团状, 平增, 无褶皱。	拉力, 延伸率。
6	合成高分子密封材料	每 2t 为一批, 不足 2t 按一批抽样。	均匀膏状物, 无结皮、凝结或不宜分散的固体团块。	拉伸粘结性, 柔性。
7	高分子材料止水带	每月同标记的止水带产量为一批抽检。	尺寸公差; 开裂, 缺胶, 海绵状, 中心孔偏心; 气泡, 杂质, 明疤。	拉伸强度, 扯断伸长率, 撕裂强度。
8	缓膨胀遇水膨胀橡胶止水条	每月同标记的止水条产量为一批抽检。	尺寸公差; 开裂, 缺胶海面状; 凹痕, 气泡, 杂质, 明疤。	拉伸强度, 扯断伸长率, 体积膨胀倍率。
9	预埋注浆管	每 500m 为一批, 不足 500m 按一批抽样。	表面应无破损、开裂、脱线、脱胶。	注浆管内、外径, 抗压强度 (或外径变形 30% 的压力)。
10	遇水膨胀止水胶	每 100L 为一批, 不足 100L 按一批抽样。	包装完好无损, 且标明材料名称, 生产日期, 生产厂家, 产品有效期。	表干时间、延伸率、抗拉强度、体积膨胀倍率。

本标准用词说明

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”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2 条文中指明应按照其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| 1 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 | GB/T 50080 |
| 2 《地下工程防水技术规范》 | GB 50108 |
| 3 《混凝土外加剂应用技术规范》 | GB 50119 |
| 4 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 | GB 50204 |
| 5 《地下铁道工程施工质量验收标准》 | GB/T 50299 |
| 6 《预防混凝土碱骨料反应技术规范》 | GB/T 50733 |
| 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 《结构用不锈钢无缝钢管》 | GB/T 14975 |
| 12 《土工合成材料 短纤针刺非织造土工布》 | GB/T 17638 |
| 13 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 | GB/T 18046 |
| 14 《高分子防水材料 第1部分：片材》 | GB/T 18173.1 |
| 15 《高分子防水材料 第2部分：止水带》 | GB/T 18173.2 |
| 16 《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 |
| 17 《弹性体改性沥青防水卷材》 | GB 18242 |
| 18 《水泥基渗透结晶型防水材料》 | GB 18445 |
| 19 《聚氨酯防水涂料》 | GB/T 19250 |
| 20 《自粘聚合物改性沥青防水卷材》 | GB 23441 |
| 21 《聚合物水泥防水涂料》 | GB/T 23445 |
| 22 《混凝土接缝防水用预埋注浆管》 | GB/T 31538 |
| 23 《混凝土膨胀剂》 | GB/T 23439 |
| 24 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 | JGJ 52 |

DB11/T 581-2021

25	《混凝土用水标准》	JGJ 63
26	《建筑工程冬期施工规程》	JGJ 104
27	《混凝土泵送剂》	JC 473
28	《砂浆、混凝土防水剂》	JC 474
29	《混凝土防冻剂》	JC 475
30	《混凝土膨胀剂》	JC 476
31	《聚氨酯建筑密封胶》	JC/T 482
32	《聚硫建筑密封胶》	JC/T 483
33	《高分子防水卷材胶粘剂》	JC/T 863
34	《丁基橡胶防水密封胶粘带》	JC/T 942
35	《聚合物水泥防水砂浆》	JC/T 984
36	《膨润土橡胶遇水膨胀止水条》	JG/T 141
37	《遇水膨胀止水胶》	JG/T 312
38	《人工砂应用技术规程》	DB11/T 1133
39	《建筑类涂料与粘结剂挥发性有机化合物含量限值标准》	DB11/ 3005

北京市地方标准

轨道交通工程防水技术规程

**Technical specification for waterproofing
construction of railway traffic engineering**

DB11/T 581-2021

条文说明

2021 北 京

目 次

2	术语	103
3	基本规定	104
3.1	设计	104
4	结构防水工程	105
4.1	明挖法结构	105
4.4	高架结构	105
5	防水工程施工	106
5.1	防水混凝土	106
5.3	卷材防水层	109
5.4	涂料防水层	110
5.5	塑料防水板防水层	110
6	细部构造	112
6.1	变形缝	112
6.2	施工缝	113
6.5	桩头和立柱	113
7	盾构法隧道防水施工	114
7.2	管片接缝防水	114
7.3	螺栓孔和注浆孔防水	114
8	注浆防水	115
8.1	一般规定	115

2 术 语

2.0.18 合成树脂外贴式止水带即目前常用的塑料外贴式止水带，塑料外贴式止水带为其口语称呼。

3 基本规定

3.1 设计

3.1.5 结构缝部位、后浇带、穿墙管、桩头等部位容易出现渗漏问题，一般在结构内部应有针对性的进行加强，其中结构缝、后浇带应采取多道设防的原则依据 3.1.11 条选择不同的加强措施，穿墙管、桩头等部位应在其与结构交界面部位设置加强措施。

3.1.11 表中的中埋式止水带，泛指中埋式橡胶止水带、中埋式钢板止水带、中埋式钢边橡胶止水带、中埋式塑料止水带以及带有自粘层的中埋式止水带。接缝构造措施中的外贴防水卷材附加层，应优先选用具有防窜水性能的卷材，如预铺防水卷材、丁基胶类的自粘卷材等。表 3.1.11-3 中的部分区段和部位中，部分区段一般指区间进出洞部位附近 15~20 环，联络通道两侧 5~10 环。

3.1.12 依据北京市重大项目建设指挥部办公室下发的《北京市轨道交通建设领域新技术新产品新系统新制式应用安全风险评估管理办法（试行）》（京轨建指〔2012〕9号）文件的相关要求执行。

4 结构防水工程

4.1 明挖法结构

4.1.6 非固化橡胶沥青防水涂料可作为一道防水层，但应与卷材复合使用，不得单独作为防水层使用。

4.4 高架结构

4.4.5 目前桥面常用防水层为 2.0mm 厚聚氨酯防水涂料，八通线桥面选用双组分聚氨酯防水涂料，后续轨道交通主要选择单组份聚氨酯防水涂料。近年来，喷涂聚脲防水涂料、喷涂橡胶沥青防水涂料均在一些其他城市轨道交通工程中有所应用，在满足相关规范要求的前提下，也可选用。

5 防水工程施工

5.1 防水混凝土

5.1.7 依据《地铁设计规范》GB 50157-2013 第 11.6.1 条确定，本条规定的迎水面最大裂缝宽度限制适用于一般环境，对于腐蚀性环境，应依据相关规范提高裂缝宽度限值要求。

5.1.9 混凝土保护层指混凝土构件中，起到保护钢筋避免钢筋直接裸露的那一部分混凝土，即从混凝土表面到最外层受力钢筋公称直径外边缘之间的最小距离。

保护层最小厚度的规定是为了使混凝土结构构件满足的耐久性要求和对受力钢筋有效锚固的要求。混凝土保护层厚度大，构件的受力钢筋粘结锚固性能、耐久性和防火性能越好。但是，过大的保护层厚度会使构件受力后产生的裂缝宽度过大，就会影响其使用性能和安全，而且由于设计中是不考虑混凝土的抗拉作用的，过大的保护层厚度还必然会造成经济上的浪费。因此设计中一般是采用最小值的。

根据新版的《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010（2015 版）规定，保护层厚度不再是纵向受力钢筋（非箍筋）外缘至混凝土表面的最小距离，而是从混凝土碳化、脱钝和钢筋锈蚀的耐久性角度考虑，“以最外层钢筋（包括箍筋、构造筋、分布筋等）的外缘计算混凝土的保护层厚度”。因此该标准修订后保护层设计厚度与原来的规定厚度有所增加。

本标准规定的保护层厚度与新版的国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010（2015 版）规定原则保持一致，并根据不同部位及环境因素进行了细化。表 1 为国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010（2015 版）表 8.2.1 规定的保护层厚度。

表 1 混凝土保护层最小厚度 (mm)

环境类别	板、墙、壳	梁、柱、杆
一	15	20
二 a	20	25
二 b	25	35
三 a	30	40
三 b	40	50

关于第 4 款使用年限 100 年的结构保护层厚度取 1.4 倍的规定，是考虑混凝土碳化速度的影响，与国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010（2015 版）保持一致。

本标准规定地下室底板迎水面保护层厚度取 40mm，与新版国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010（2015 版）保持一致，小于国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008 规定的 50mm，但考虑到保护层厚度定义的改变，40mm 加上箍筋厚度后，实际保护层厚度基本国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008 的规定一致或略有增加。

5.1.10 顶纵梁、侧墙等部位混凝土结构厚度较小，如采用普通混凝土需进行振捣密实，振捣时很容易造成外部防水层的破坏，因此建议采用自密实混凝土。

5.1.12 砂石骨料作为混凝土中最主要的原材料，占混凝土重量的 2/3 以上。砂石原料的好坏，决定着骨质量的好坏，对混凝土的性能同样有影响。在进行砂石骨料生产时要选用物理和化学性能相对稳定，质地均匀的岩石作为骨料的原材料。

砂石骨料具有天然砂和人工砂两种，凡经除土处理的机制砂、混合砂都统称为人工砂。机制砂是由机械破碎、筛分制砂，粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，但不包括软质岩，风化岩石的颗粒，混合砂是由机制砂和天然砂混合制成的砂。这里，混合物砂没有规定混合比例，只要求能满足混凝土各项性能的需要。但必须指出，一旦使

DB11/T 581-2021

用混合砂，无论天然砂的比例占多大，都应当执行人工砂的技术要求和检验方法。

制砂机生产出来的机制砂性能好，有利于提高制砂的抗裂性能，可以常年加工开采等优点。天然砂具有外形圆滑，质地坚硬开采费用低等特点，是比较理想的原料。但是天然砂的原料岩石种类众多，形成的原因也比较复杂，还含有某些不稳定的化学物质或者有害成分。机制砂相对于天然砂成本较高一点，但是后期处理相对较低所以使用人工制砂（机制砂）也是不错的选择。

5.1.15 掺入粉煤灰可改善新拌混凝土的和易性，抑制新拌混凝土的泌水，提高混凝土的后期强度，降低混凝土的水化热，改善混凝土的耐久性。另外，粉煤灰化学组成与特点导致其于混凝土中不但具备填充密实及微集料的作用，且还具备不同的程度其表面吸附以及火山灰的效应，延缓混凝土凝结的时间。

粉煤灰根据它含游离氧化钙的含量来进行分类，分为 F 类（低钙灰）、C 类（高钙灰）和复合灰，根据粉煤灰的细度进行分级，分为 I 级、II 级和 III 级，使用时，需先确定类别，然后才进一步分辨是几级灰。

国外把 CaO 含量超过 10% 的粉煤灰称为 C 类灰，而低于 10% 的粉煤灰称为 F 类灰。

F 类粉煤灰具有火山灰性能，常作混凝土掺和料，它比 C 类粉煤灰使用时的水化热要低；C 类粉煤灰其本身具有一定的水硬性，除具有火山灰性能外，同时显示某些胶凝性，常用作水泥混合料；C 类粉煤灰含钙量高，含有相对较多的游离氧化钙，用作混凝土、砂浆掺合料可能会造成体积安定性不良等一系列后果，且水化热较高，因此，本规程规定不得采用 C 类粉煤灰。

根据国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596-2017 表 1 的规定，I 级：细度不大于 12.0% 需水量不大于 95% 烧失量不大于 5.0%，II 级：不大于 25.0% 需水量不大于 105% 烧失量不大

于 8.0% ， III级：不大于 45.0% 需水量不大于 115% 烧失量不大于 10.0% 。

5.1.16 防水剂受检混凝土性能是指泌水率比、凝结时间差、渗透高度比、48h 吸水量比等性能。

5.1.18 胶凝材料包括水泥、膨胀剂和掺合料等，规定水泥最少用量是因为现在水泥生产中大量掺加粉煤灰，水泥标号强度已接近实际值，因此收纳柜用使用中不宜再大幅减少水泥用量。

5.1.20 在拌制地点及浇筑地点检查混凝土的坍落度或工作度，每一个工作班至少 2 次，防水混凝土的坍落度应做到在搅拌站每一工作班检测两次，对应的到达现场再检测两次，共计四次，以记录坍落度损失。“每 10 车不小于 1 次”是根据具体工作班时长和每车具体搅拌方量有关，不做强制要求。

5.1.21 防水混凝土拌合物在运输过程中由于运输车辆转速较低，容易出现离析现象，且会导致坍落度损失较大，不能满足施工要求时，此时，应加入原水灰比的水泥浆或二次掺加减水剂进行搅拌后使用，不得直接加水。

5.3 卷材防水层

5.3.5 依据《地下工程防水技术规范》GB 50108 报批稿中关于高分子自粘胶膜防水卷材附加层规定：“预铺防水卷材采用预铺反粘施工工艺，施工缝、变形缝、阴阳角等部位不需施做附加层，管根部位可用自粘胶带或涂料做附加层。”参照此规定，高分子自粘胶膜防水卷材施工时在施工缝、变形缝、阴阳角等部位可取消附加层。

5.3.8 聚乙烯丙纶卷材成品的加工工艺，有一次复合成型的，也有二次复合成型的，由于二次成型的工艺质量难以保证，故要求采用一次复合成型工艺的产品。

5.3.12 不易产生窜水的防水系统是指防水层能与结构满粘并粘结牢固的防水做法，一旦渗漏后，渗漏水能控制在较小的范围内，根

DB11/T 581-2021

据渗漏水点的位置很易找到结构及防水层的破损位置，便于渗漏维修。如卷材采取空铺、条粘等工艺施工时，一旦出现破损，则渗漏水很容易在卷材与结构间流动，容易出现窜水，无法准确找到破损点，增大后期维修难度。

5.3.13-3 临时保护墙砌筑和内表面抹平采用低标号砂浆，以便于日后拆除，拆除时应保护好防水层。

5.3.17-2 使用素水泥浆抗裂性差、水化反应难以完全，致使粘贴的聚乙烯丙纶卷材易收缩变形，造成粘接部位产生裂缝，应采用满足粘结与防水功能并符合环保要求的材料。聚乙烯醇缩合物混合的材料，不符合环保要求，应禁止使用。

5.3.19-3 采用砖墙对外防外贴法立面卷材进行保护取材方便、工艺简单、保护效果好，可按照回填土的厚度调整砌筑高度；采用预制板进行保护，规格单一，固定在隔离层表面较困难。软质保护材料宜使用 XPS，不应采用 EPS 板。

5.4 涂料防水层

5.4.4 在暗挖法结构防水中，如果防水涂料采用喷涂法施工后防水层很易被后续工艺破坏，造成大范围渗漏，且几乎无法维修，因此，本规程规定防水涂料采用喷涂法施工时不宜用于暗挖法结构防水。

5.5 塑料防水板防水层

5.5.6 无钉铺设是指将塑料防水板通过热焊固定于暗钉圈上的一种铺设方法，采用先铺设防冲击缓冲垫层，安装特制热塑性塑料垫片即暗钉圈，然后将防水板热合焊接固定在上面，防水板搭接采用焊接，焊缝密实，强度高。防水板无钉眼穿孔破坏，保证了防水板的整体防水效果。该工法工序简单，易于操作，成本低，性能好。

5.5.7 塑料防水板是一种以高分子材料为主材，以挤出法或压延法生产的均质片材，多用于轨道交通矿山法防水，目前主要采用乙烯

醋酸乙烯和沥青共混即 ECB 防水板和乙烯醋酸乙烯即 EVA 防水板。ECB 防水板主材为黑色，单面热复合约 0.2mm 厚与主材相容的白色 EVA 薄膜，总厚度一般为 2.0mm，执行《高分子防水材料 第 1 部分：片材》GB/T 18173.1 中 JS3 标准，EVA 防水板为白色半透明片材，一般厚度为 1.5mm，执行《高分子防水材料 第 1 部分：片材》GB/T 18173.1 中 JS2 标准。

目前市场上出现了用 PP 替代部分 EVA 造假现象，采用 PP 后会使用防水板的耐久性降低，也会是防水板如软度不够增加施工难度，影响施工质量，因此，本规程规定采用 EVA 防水板时应进行 EVA 含量检测。

5.5.10 暗钉圈是指设置于塑料防水板内侧，由与防水板相热焊的材料组成，用于固定防水板的圆形热塑性塑料垫片，通过水泥钉将缓冲层和暗钉圈固定在基层上，塑料防水板通过与暗钉圈焊接固定。因此，要求暗钉圈采用与塑料防水板相同材质或可与塑料防水板熔焊在一起的材料制成。



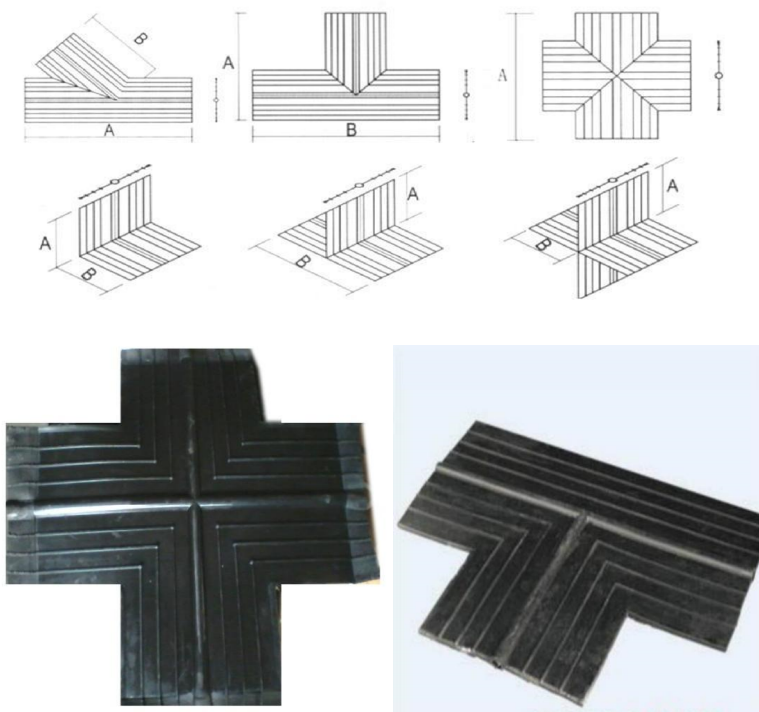
图 2 暗钉圈

5.5.11 基面平整度 D/L 是指初期支护基面相邻两凸面间凹进去的深度 D 与初期支护基面相邻两凸面间的距离 L 的比值。

6 细部构造

6.1 变形缝

6.1.15 止水带的接头处理工作是止水带施工中的重要环节，橡胶止水带接头方式主要有两种：一种是采用冷粘法，一般采用粘胶搭接式、粘胶复合式，一种是采用止水带热熔焊机硫化对接现场焊接。接头采用预制配件可保证连接质量。



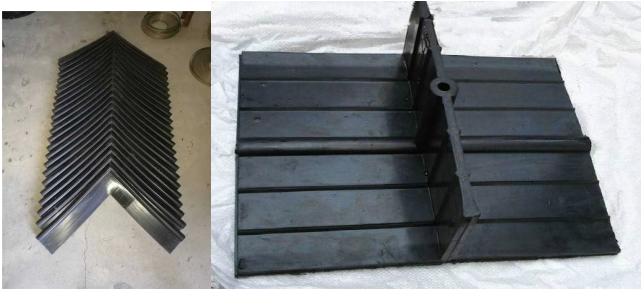


图3 止水带预制配件形式

10 为防止焊接施工时，对已安装完毕的止水带造成破坏，需要对临近焊接作业部位的止水带进行覆盖保护，保护材料应具有一定强度，不应采用可燃物。

6.2 施工缝

6.2.9 热镀锌执行标准为《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912。

6.5 桩头和立柱

6.5.5 格构柱止水钢板常设置在底板混凝土中部位置，常与遇水膨胀橡胶止水条配合使用。



图4 格构柱止水钢板

7 盾构法隧道防水施工

7.2 管片接缝防水

7.2.15 框形密封垫分为“B”（标准）、“L”（邻接）、“F”（封顶）三种型式。

7.3 螺栓孔和注浆孔防水

7.3.4 肋腔螺栓孔口通常制成锥形倒角。

8 注浆防水

8.1 一般规定

8.1.1 轨道交通工程注浆包括预注浆、后注浆（衬砌前围岩注浆、回填注浆、衬砌内注浆）。

北京市地方标准
《轨道交通工程防水技术规程》
(DB11/T 581-2021)
(2021 年 10 月第 1 版)

* * * * *

北京城建科技促进会
如有印装质量问题，可寄我会退换

地 址：北京市西城区广莲路 1 号建工大厦 A 座 9 层 910-1 室
邮 编：100055
电 话：63989081 转 801，63964562
网 址：www.cjjch.net
微信公众号：BJCJJKCJ

北京城建科技促进会

