



T/CECSxxx-202x

中国工程建设标准化协会标准

混凝土减缩密实防水剂 应用技术规程

Technical specification for application of concrete
waterproofing compacting admixtures

（征求意见稿）

（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）

XXX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

混凝土减缩密实防水剂 应用技术规程

Technical specification for application of concrete
waterproofing compacting admixtures

T/CECS XXX-202X

主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

西安建筑科技大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 2 X 年 X 月 X 日

中国 XX 出版社

202X 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕40号）的要求，编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 8 章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、减缩密实型防水混凝土、外设防水层、混凝土结构主体防水设计与施工、细部构造防水、质量验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口管理，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 2 号楼；邮编：100048，邮箱：sunyw@cbs.com.cn）。

主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司
西安建筑科技大学

参编单位：

主编起草人：

主要审查人：

目 次

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 1 | 总则 | 1 |
| 2 | 术语 | 2 |
| 3 | 基本规定 | 3 |
| 3.1 | 一般规定 | 3 |
| 3.2 | 防水等级 | 3 |
| 3.3 | 减缩密实型防水混凝土结构自防水体系 | 5 |
| 4 | 减缩密实型防水混凝土 | 6 |
| 4.1 | 一般规定 | 6 |
| 4.2 | 原材料 | 6 |
| 4.3 | 配合比设计 | 7 |
| 4.4 | 施工 | 8 |
| 5 | 外设防水层 | 11 |
| 5.1 | 一般规定 | 11 |
| 5.2 | 涂料防水层 | 11 |
| 5.3 | 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层 | 12 |
| 6 | 混凝土结构主体防水设计与施工 | 14 |
| 6.1 | 明挖法地下工程 | 14 |
| 6.2 | 矿山法隧道工程 | 16 |
| 6.3 | 蓄水类工程 | 18 |
| 6.4 | 水利水电工程 | 19 |
| 7 | 细部构造防水 | 24 |
| 7.1 | 一般规定 | 24 |
| 7.2 | 材料 | 24 |
| 7.3 | 施工缝 | 25 |
| 7.4 | 变形缝 | 29 |
| 7.5 | 后浇带 | 31 |
| 7.6 | 穿墙管 | 32 |
| 7.7 | 桩头及抗浮锚杆 | 34 |
| 7.8 | 通道接头 | 36 |
| 7.9 | 坑槽 | 36 |
| 8 | 质量验收 | 38 |
| 8.1 | 一般规定 | 38 |

| | |
|--------------------------|----|
| 8.2 减缩密实型防水混凝土 | 39 |
| 8.3 涂料防水层 | 40 |
| 8.4 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层 | 40 |
| 用词说明 | 42 |
| 引用标准名录 | 43 |
| 附：条文说明 | 45 |

Contents

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | General provisions | 1 |
| 2 | Terms | 2 |
| 3 | Basic requirements | 3 |
| 3.1 | General requirements | 3 |
| 3.2 | Waterproof grading | 3 |
| 3.3 | Self-waterproofing system of compact waterproof concrete structure | 5 |
| 4 | Reduced compaction type waterproof concrete | 6 |
| 4.1 | General requirements | 6 |
| 4.2 | Raw material | 6 |
| 4.3 | Mixture proportion design | 7 |
| 4.4 | Construction | 8 |
| 5 | External waterproof layer | 11 |
| 5.1 | General requirements | 11 |
| 5.2 | Coat waterproof layer | 11 |
| 5.3 | Cement mortar waterproofing layer mixed with mortar waterproofing agent | 12 |
| 6 | Waterproof design and construction of main body of concrete structure | 14 |
| 6.1 | Open excavation underground engineerings | 14 |
| 6.2 | Mine tunnel engineering | 16 |
| 6.3 | Water storage engineering | 18 |
| 6.4 | Water conservancy and hydropower engineering | 19 |
| 7 | Detail construction waterproof | 24 |
| 7.1 | General requirements | 24 |
| 7.2 | Materials | 24 |
| 7.3 | Construction joint | 25 |
| 7.4 | Deformation joint | 29 |
| 7.5 | Post-pour strip | 31 |
| 7.6 | Pipeline penetrations | 32 |
| 7.7 | Pile head and anti-floating anchor | 34 |
| 7.8 | Passage junction | 36 |
| 7.9 | Pile head and anti-floating anchor | 36 |
| 8 | Quality acceptance | 38 |
| 8.1 | General requirements | 38 |
| 8.2 | Reduced compaction type waterproof concrete | 39 |

| | |
|---|----|
| 8.3 Coat waterproof layer | 40 |
| 8.4 Cement mortar waterproofing layer mixed with mortar waterproofing agent | 40 |
| Explanation of wording in this specification | 42 |
| List of quoted standards | 43 |
| Addition: Explanation of provisions | 45 |

1 总 则

1.0.1 为规范混凝土减缩密实防水剂在混凝土中的应用，提升地下工程的防水性能和耐久性能，做到技术先进、经济合理、安全环保、适用耐久、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用建筑工程、轨道交通、隧道工程、综合管廊、综合水处理、坑道、水利水电等的混凝土结构自防水工程的设计、施工与质量验收。

1.0.3 本规程所采用的混凝土结构自防水技术体系是具有创新性的技术方法和措施，并经过了有关论证和验证，符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 对新技术在工程建设性能要求，确保结构工程设计使用年限内，具有防水功能的有效性。

1.0.4 混凝土减缩密实防水剂的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准和现行工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语

2.1.1 混凝土减缩密实防水剂 reducing densification water-repellent admixtures for concrete

由多种富含水泥活性无机盐按一定比例复配而成，掺入混凝土中，可显著提高混凝土的防水性、密实性、抗渗性及耐久性的防水外加剂。

2.1.2 减缩密实型防水混凝土 reduced compaction type waterproof concrete

减缩密实型防水混凝土是在防水混凝土中掺加一定比例的混凝土减缩密实防水剂，并通过调整配合比配制而成。

2.1.3 减缩密实型混凝土结构自防水体系 self-waterproof system of compact concrete structure

减缩密实型防水混凝土结构自防水体系是指防水混凝土主体结构内掺一定比例的减缩密实防水剂，通过优化配筋，采取防裂措施，并对变形缝、后浇带、施工缝等细部构造部位进行防水密封加强处理，通过智能化施工管控措施，具有独立防水功能的工程防水体系。

2.1.4 单位胶凝材料用量 binding material content per cubic meter

每立方米混凝土原材料中使用的水泥、矿物掺和料和混凝土减缩密实防水剂的质量之和。

2.1.5 混凝土减缩密实防水剂的掺量 addition percentage of waterproof compacting admixtures in binding material

混凝土中减缩密实防水剂占单位胶凝材料用量的百分含量。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 工程防水的设计和施工应遵循防、排、截、堵相结合，刚柔相济，因地制宜，以防为主、防排结合、综合治理的原则。

3.1.2 防水设计方案应方案可靠、经济合理、施工简便、耐久适用、安全环保。

3.1.3 防水设计应以减缩密实型防水混凝土自防水为主，以细部构造防水措施为重点，加强节点构造防水措施，并应满足结构使用要求。

3.1.4 采用减缩密实型混凝土结构自防水体系的防水设计工作年限应符合表 3.1.4 的规定。

表 3.1.4 混凝土结构自防水体系的防水工程设计工作年限

| 序号 | 工程类别 | 防水设计工作年限 |
|----|---------|----------------|
| 1 | 明挖法地下工程 | 不应低于工程结构设计工作年限 |
| 2 | 矿山法隧道工程 | 不应低于工程结构设计工作年限 |
| 3 | 蓄水类工程 | 不应低于工程结构设计工作年限 |
| 4 | 水利水电工程 | 不应低于工程结构设计工作年限 |

3.1.5 防水工程迎水面主体结构应采用减缩密实型防水混凝土，并应根据接缝防水设防要求采取相应的防水措施。

3.1.6 当干旱少雨地区且地下水丰水期水位低于工程底板底标高，并处于一般环境中的地下工程时，在相同防水等级下，可降低防水设防要求。

3.1.7 减缩密实型防水混凝土结构基础底板的垫层，强度等级不应小于 C20，厚度不应小于 100mm，在软弱土层中垫层厚度不应小于 150mm。

3.1.8 减缩密实型防水混凝土应在原材料选用、配合比设计、合理配筋、使用混凝土抗裂外加剂、施工、养护等环节采取减少开裂的技术措施。

3.1.9 地下工程的排水管沟、出入口、窗井、风井等，应采取防倒灌措施；严寒和寒冷地区的排水沟应采取防冻措施。

3.1.10 处于冻融环境、海洋氯化物环境及化学腐蚀环境等条件下的防水工程，应依据环境特性、耐久性要求加强防水措施。

3.2 防水等级

3.2.1 明挖法地下工程防水等级按工程防水类别和使用环境类别分为一级、二级、三级，并应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 防水等级划分

| 工程防水使用环境类别 | 地下工程防水类别 | | |
|------------|----------|----|----|
| | 甲级 | 乙级 | 丙级 |
| I类 | 一级 | 一级 | 二级 |
| II类 | 一级 | 二级 | 三级 |
| III类 | 二级 | 三级 | 三级 |

注：1. 工程防水使用环境类别为II类的明挖法地下工程，当该工程所在地年降水量大于400mm时，应按I类防水使用环境选用。

2. 暗挖法地下工程防水等级应根据工程防水类别、围岩、地下水环境及内外水压等工程地质条件和施工条件等因素进行确定。

3.2.2 工程防水使用环境类别划分应符合表3.2.2的规定。

表 3.2.2 工程防水使用环境类别划分

| 工程防水使用环境类别 | 工程类别 | | |
|------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| | 建筑与市政地下工程 | 蓄水类工程 | 水利水电工程 |
| I类 | 抗浮设防水位标高与地下结构板底标高高差 $H \geq 0m$ | 冻融环境，海洋、除冰盐氯化物环境，化学腐蚀环境 | 海洋环境、盐雾作用区、受除冰盐环境，中等腐蚀、强腐蚀环境 |
| II类 | 抗浮设防水位标高与地下结构板底标高高差 $H < 0m$ | 干湿交替环境 | 干湿交替环境、弱腐蚀环境 |
| III类 | - | 长期浸水、长期湿润环境、非干湿交替环境 | 长期处于地下或淡水水下环境 |

3.2.3 建筑工程地下工程不同工程防水类别与工程类别的对应关系，应符合表3.2.3的规定。

表 3.2.3 建筑工程防水类别与工程类别的对应关系

| 工程防水类别 | 工程类型 | | |
|--------|---|--|--------------------------------|
| | 民用建筑地下工程 | 工业建筑地下工程 | 建筑蓄水类工程 |
| 甲类 | 地下车库、旅馆、宿舍、超市、图书馆、教室、博物馆、展厅、医疗设施、实验室、设备机房、金库、音乐厅、连接通道等有人活动的民用建筑地下室及对渗漏敏感的建筑地下工程 | 机械、航空、航天、电子、信息、纺织、轻工、医药、化工、船舶、钢铁、水泥、能源等行业，对渗漏敏感的工业建筑地下工程； 存储物品价值高、遇水容易发生危险的仓库 | 建筑室内水池； 游泳池和嬉水池等对渗漏水敏感的室外水池 |
| 乙类 | 对渗漏不敏感的地下应急避难场所 | 铸造、锻造、机械加工等对渗漏不敏感的工业建筑和配套建筑地下工程 | 对渗漏水不敏感的室外水池 |
| 丙类 | 渗漏水不会影响正常使用和造成经济损失的开敞式车库、车棚、料仓等建筑物地下工程 | 渗漏水不会影响正常使用和造成经济损失的工业厂房或库房地下工程 | - |

3.2.4 市政工程地下工程及隧道工程、市政蓄水类工程防水类别与工程类别的对应关系，应符合表3.2.4的规定。

表 3.2.4 市政工程防水类别与工程类别的对应关系

| 工程防水类别 | 工程类型 | |
|--------|---------------------------------------|----------------------|
| | 市政工程地下工程及隧道工程 | 市政蓄水类工程 |
| 甲类 | 地铁车站及人行通道；变电站等设备集中区段；跨海隧道、过江隧道、湖底隧道 | 市政给水池和污水池、侵蚀性介质贮液池等 |
| 乙类 | 地铁区间隧道及联络通道；地铁车站风道等附属结构；地下过街人行通道；综合管廊 | 地表、地下水调蓄水池；雨水排水调蓄水池等 |
| 丙类 | 涵洞、出渣支(隧)道 | 人工湖、自然水体、景观水系等 |

3.3 减缩密实型防水混凝土结构自防水体系

3.3.1 减缩密实型防水混凝土结构自防水体系应符合下列规定：

- 1 确定结构自防水工程设计使用年限、工程防水类别、工程防水使用环境类别及其作用等级；
- 2 迎水面的混凝土主体结构应采用缩密实型防水混凝土，减缩密实型防水混凝土性能应符合本规程第 4 章的规定；
- 3 确定主体结构防水设防要求及接缝防水设防措施；
- 4 确定减缩密实型防水混凝土的设计抗渗等级、设计强度等级；
- 5 减缩密实型防水混凝土应采取最优级配、控制水胶比等配合比设计。
- 6 确定钢筋的混凝土保护层厚度；
- 7 提出减缩密实型防水混凝土构件裂缝控制要求；
- 8 处于侵蚀性介质环境作用应采取合理的防腐蚀措施；
- 9 采取控制结构厚度、优化结构配筋等有利于减少混凝土开裂技术措施；
- 10 采取有利于减轻环境作用、荷载作用的结构形式和布置；
- 11 优化混凝土浇筑振捣工艺，减少结构内外温差、加强混凝土养护等施工保证措施；并采取智能化施工管控流程；
- 12 对影响结构自防水功能的结构缺陷进行全面的筛查及修复。

3.3.2 减缩密实型防水混凝土结构自防水技术体系具有如下特点：

- 1 防水可与结构同寿命，防水体系中主体材料为无机材料，耐久性好，防水可与结构同寿命。
- 2 提升混凝土抗渗性、耐久性，使混凝土内部产生不连通的气泡，截断了渗水通道，大幅度提高混凝土的抗渗性及耐久性。
- 3 减少施工工序与节约工期，防水体系可取消找平层和保护层等工序，减缩密实型防水混凝土结构自防水与结构同步施工，施工便捷，节约施工工期。
- 4 便于运营维护，如果发生渗漏，可准确定位渗漏点，便于维修。对渗漏水的响应速率快，如果有渗漏，在施工期便可及时发现并维修处理，避免或减少交工验收后的隐患。
- 5 绿色环保低碳，防水体系大幅减少了有机材料的使用，对地下水、土壤等环境无污染，具有绿色环保的特点，达到材料的节约化和减量化利用，是一种绿色低碳的建造方式。

4 减缩密实防水混凝土

4.1 一般规定

4.1.1 减缩密实型防水混凝土宜采用预拌混凝土，其质量应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 和《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

4.1.2 减缩密实型防水混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于 40℃。

4.1.3 减缩密实型防水混凝土应满足抗压强度和抗渗性能，并应根据工程所处的环境和工作条件，满足抗冻和抗侵蚀等耐久性要求。并应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 有关规定。

4.1.4 受中等及以上腐蚀性介质作用的地下工程应符合下列：

- 1 减缩密实型防水混凝土强度等级不应低于 C35；
- 2 减缩密实型防水混凝土设计抗渗等级不应低于 P8；
- 3 迎水面主体结构应采用耐侵蚀性防水混凝土，外设防水层应满足耐腐蚀要求。

4.1.5 减缩密实型防水混凝土的应用环境温度不得高于 100℃，受腐蚀性介质作用的工业建（构）筑物中的减缩密实型防水混凝土技术要求还应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046、《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 和《混凝土结构设计标准》（2024 年版）GB/T 50010 的有关规定。

4.1.6 水利水电工程混凝土面板堆石坝面板混凝土应具有良好的耐久性、抗渗性、抗裂性及施工和易性，并应符合现行行业标准《水工混凝土耐久性技术规范》DL/T 5241、《水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》NB/T 10857 的有关规定。

4.1.7 水利水电工程碾压混凝土重力坝应采用减缩密实型防水混凝土结构自防水技术体系，除应满足强度要求外，尚应根据大坝的工作条件、地区气候等具体情况，分别满足抗渗、抗裂、抗冰冻、抗侵蚀等耐久性要求，应符合现行行业标准《混凝土重力坝设计规范》NB/T 35026 的有关规定。

4.2 原材料

4.2.1 用于减缩密实型防水混凝土的水泥应符合下列规定：

- 1 水泥品种宜采用符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的硅酸盐水泥、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 大体积防水混凝土宜采用中、低热硅酸盐水泥或低热矿渣硅酸盐水泥，中、低热硅酸盐水泥应按现行国家标准《中热硅酸盐水泥低热硅酸盐水泥》GB/T 200 规定执行；
- 4 不得使用过期或受潮结块的水泥，且不得将不同品种或强度等级的水泥混合使用。

4.2.2 当减缩密实型防水混凝土选用矿物掺合料时，不同品种矿物掺合料的选用应符合下列规定：

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 的有关规定，粉煤灰的级别不应低于Ⅱ级，烧失量不应大于 5%；

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；

3 复合掺合料应符合现行行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486 的有关规定；

4 使用其他掺合料时应符合国家现行相关标准的规定要求。

4.2.3 减缩密实型防水混凝土的砂石应符合下列规定：

1 石子宜选用坚固、耐久、洁净的石子；宜选用最大粒径不大于 25mm 连续级配的石子，含泥量不应大于 1.0%，泥块含量不应大于 0.5%，坚固性指标不应大于 8%，泵送时，最大粒径不应大于输送管径的 1/4，且不应大于钢筋间最小净距的 3/4；吸水率不应大于 1.5%；石子应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的有关规定；

2 砂宜选用坚硬、抗风化性强、洁净的中粗砂，不得使用未经处理的海砂，砂的含泥量和泥块含量分别不应大于 3.0% 和 1.0%，坚固性指标不应大于 8%；钢筋混凝土用砂的氯离子含量不应大于 0.03%；砂应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的有关规定。

4.2.4 拌制减缩密实型防水混凝土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。未经处理的海水严禁用于减缩密实型防水混凝土结构中混凝土的拌制和养护。

4.2.5 减缩密实型防水混凝土中参加的减缩密实防水剂，并应符合现行协会标准《混凝土减缩密

4.2.6 减缩密实型防水混凝土也可根据工程需要参加减水剂、泵送剂、抗冻剂等其他外加剂，其性能要求应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

4.2.7 减缩密实防水剂产品进场后应放置于阴凉干燥处，应防止日晒、污染、浸水，使用前应搅拌均匀，有离析、变色等现象时，应经检验合格后方可使用。

4.2.8 使用具有碱活性骨料时，减缩密实型防水混凝土中各类材料的总碱量（Na₂O 当量）不得大于 3kg/m³；氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.1%，并应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

4.2.9 水利水电工程水工混凝土原材料应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 的有关规定。

4.2.10 水利水电工程水工碾压混凝土原材料应符合现行行业标准《水工碾压混凝土施工规范》DL/T 5112 的有关规定。

4.3 配合比设计

4.3.1 减缩密实型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。并应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。

4.3.2 减缩密实型防水混凝土的配合比应符合下列规定：

1 胶凝材料用量应根据混凝土的抗渗等级和强度等级选用，其总用量不宜小于 320kg/m³；

2 砂率宜为 35%~40%，泵送时可增至 45%；

3 水胶比不宜大于 0.45，不应大于 0.50。有侵蚀性介质时水胶比不应大于 0.45。

4.3.3 大体积减缩密实型防水混凝土的配合比设计应符合现行国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496 的有关规定。

4.3.4 减缩密实型补偿收缩混凝土配合比设计应符合现行行业标准《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178 的相关规定。

4.3.5 有化学腐蚀、抗氯离子侵蚀等耐久性要求的减缩密实型防水混凝土的配合比设计，尚应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的有关规定。

4.3.6 水利水电工程水工混凝土配合比应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 的有关规定。

4.3.7 水利水电工程水工碾压混凝土配合比应符合现行行业标准《水工碾压混凝土施工规范》DL/T 5112 的有关规定。

4.4 施工

4.4.1 减缩密实型防水混凝土施工前应进行降排水，不得在有积水的环境中浇筑混凝土。

4.4.2 减缩密实型防水混凝土原材料应按配合比称量，其原材料的质量允许偏差应符合表 4.4.2 的规定：

表 4.4.2 减缩密实型防水混凝土原材料质量允许偏差（%）

| 混凝土组成材料 | 每盘计量 |
|--------------------|------|
| 水泥、掺合料 | ±2 |
| 粗、细骨料 | ±3 |
| 混凝土减缩密实防水剂、水、其他外加剂 | ±1 |

4.4.3 浇筑减缩密实型防水混凝土前，应清除模板内或垫层上的杂物。表面干燥的地基、垫层、模板上应洒水湿润；现场环境温度高于 35℃时，宜对金属模板进行洒水降温；洒水后不得留有积水。

4.4.4 减缩密实型防水混凝土应搅拌均匀，宜采用强制式搅拌机搅拌。

4.4.5 减缩密实型防水混凝土拌合物在运输、输送、浇筑过程中，严禁加水。混凝土运输、输送、浇筑过程中散落的混凝土严禁用于混凝土结构构件的浇筑。

4.4.6 当减缩密实型防水混凝土拌合物出现离析或坍落度损失后不能满足施工要求时，应加入原配合比的水泥浆或掺加同品种的减水剂进行搅拌。

4.4.7 用于减缩密实型防水混凝土的模板应拼缝严密、支撑牢固。

4.4.8 减缩密实型防水混凝土结构钢筋保护层厚度控制宜采用预制钢筋间隔件，其技术指标应符合现行行业标准《混凝土结构用钢筋间隔件应用技术规程》JGJ/T 219 的规定。其中，水泥基类钢筋间隔件应符合下列规定：

- 1 水泥砂浆间隔件的强度不应小于防水混凝土的强度；
- 2 混凝土间隔件的混凝土强度应比减缩密实型防水混凝土的强度等级提高一级以上，且不应低于 C35。

4.4.9 减缩密实型防水混凝土结构内部设置的各种钢筋或绑扎铁丝，不得触及模板。当固定模板的工具式螺栓需穿过减缩密实型防水混凝土结构时，螺栓上应满焊止水环或采取其他止水构造措施（图 4.4.9）。拆模后应清理螺栓头凹坑，并应采用防水砂浆填实、抹平。

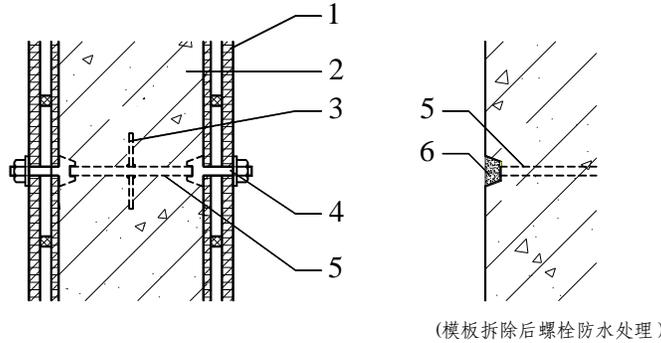


图 4.4.9 固定模板用螺栓的防水构造

1—模板；2—减缩密实型防水混凝土结构；3—止水环；4—工具式螺栓；5—固定模板用螺栓；6—防水砂浆封堵

4.4.10 减缩密实型防水混凝土应采用机械振捣，不得漏振、欠振和过振。

4.4.11 减缩密实型防水混凝土浇筑期间，混凝土与钢模、邻接的已硬化混凝土或岩土介质间的温差不得大于 15℃。

4.4.12 减缩密实型防水混凝土应保证混凝土的均匀性和密实性。混凝土宜一次性连续浇筑，当不能连续浇筑时，应分层连续浇筑，上层混凝土应在下层混凝土初凝之前浇筑完成，分层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《大体积混凝土施工标准》GB 50496 的有关规定。

4.4.13 减缩密实型防水混凝土结构外表面的裂缝、孔洞、夹渣、疏松等缺陷应修补平整。其外观质量缺陷的处理要求应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

4.4.14 在减缩密实型防水混凝土初凝前，宜对减缩密实型防水混凝土表面进行抹压处理；在减缩密实型防水混凝土终凝前，宜对混凝土裸露表面进行二次抹面处理。

4.4.15 减缩密实型防水混凝土终凝后应立即进行保湿后浇带养护，养护时间不得少于 14d。应对减缩密实型防水混凝土外露采取包裹、覆盖、喷淋洒水等保温保湿养护措施。减缩密实型防水混凝土养护应包括适当的带模养护时间，当大气相对湿度小于 50%，有风，或阳光直射时，带模养护时间不宜小于 3d；大风、大日较差环境带模养护时间宜适当延长，不宜小于 7d。

4.4.16 减缩密实型防水混凝土养护期间，混凝土芯部与表面温度差值不应大于 20℃，混凝土表面混凝土与环境之间的温差不应大于 20℃；混凝土芯部的温度不宜超过 60℃，混凝土芯部开始降温之前不得进行拆模作业；混凝土表面温度与养护水的温差不得大于 15℃。

4.4.17 现浇减缩密实型防水混凝土的冬期施工，除应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 混凝土入模温度不应低于 5℃；
- 2 减缩密实型防水混凝土养护应采用综合蓄热法、暖棚法、掺化学外加剂等方法，不得采用电热法或蒸汽直接加热法；
- 3 应采取保温保湿措施。

4.4.18 炎热季节施工时，应采用有效措施（如遮凉棚）降低原材料温度，并应减少减缩密实型防水混凝土运输时吸收外界热量。控制入模温度不宜高于 30℃。

4.4.19 大体积减缩密实型防水混凝土施工应符合现行国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496 的有关规定。

4.4.20 补偿收缩减缩密实型防水混凝土的施工应按现行行业标准《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178 有关规定执行。

4.2.21 水利水电工程水工混凝土施工应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 的有关规定。

4.4.22 水利水电工程水工碾压混凝土施工应符合现行行业标准《水工碾压混凝土施工规范》DL/T 5112 的有关规定。

5 外设防水层

5.1 一般规定

5.1.1 根据工程需要增设外设防水层时，外设防水层宜选用水泥基防水材料，水泥基防水材料包括外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料、无机水性渗透结晶型材料、掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层。

5.1.2 顶板外设防水层应在顶板结构自防水混凝土验收合格、回填之前施工；侧墙外设防水层施工完毕，达到设计要求后，应及时回填土。

5.1.3 水泥基防水材料外设防水层最小厚度和材料用量应符合表 5.1.3 的规定。

表 5.1.3 外设防水层最小厚度和材料用量

| 外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料 | 无机水性渗透结晶型材料 | 掺砂浆防水剂的水泥防水砂浆 |
|------------------------------|---------------------|---------------|
| 1.0mm 且 1.5kg/m ² | 300g/m ² | 18mm |

注：外涂型水泥基渗透结晶型防水材料干撒法施工时，应满足表中最小材料用量要求。

5.1.4 无机水性渗透结晶防水材料、掺加砂浆防水剂水泥砂浆防水层及外涂型水泥基渗透结晶型涂料防水层均不需设置保护层。

5.1.5 潮湿基层宜选用外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料、掺砂浆防水剂的水泥防水砂浆。

5.2 涂料防水层

I 材 料

5.2.1 涂料防水层主要包括外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料、无机水性渗透结晶型防水材料，其性能应符合下列规定：

1 外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料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；

2 无机水性渗透结晶型防水材料应符合现行行业标准《水性渗透型无机防水剂》JC/T 1018 和现行团体标准《无机水性渗透结晶型材料应用技术规程》T/CECS 848 的规定；

5.2.2 外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料和无机水性渗透结晶型防水材料可用于结构主体的迎水面，也可用于背水面。

II 施 工

5.2.3 涂料防水层的基层应坚实、平整、清洁，无孔洞、无裂缝，无水珠、不渗水。

5.2.4 涂料防水层的施工应符合下列规定：

1 应先做细部节点处理，再进行大面积防水涂料施工；

2 防水涂料应分层刷涂或喷涂，涂层应均匀，不得少于二遍，后一层的涂刷方向应与前一层相垂直；

3 接槎宽度不应小于100mm。

5.2.5 外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料的施工应符合下列规定：

1 现场拌合时，其用水量配比应符合产品说明书的要求，配料应采用机械搅拌；

2 施工前基层表面应平整、坚实，清洁、无浮灰，湿润、无明水，孔洞、较大缝隙等一般缺陷应修补平整；

3 应分层多遍施工，每层施工间隔时间应符合产品说明书的要求；

4 采用机械喷涂施工时，喷枪的喷嘴应垂直于基面，合理调整压力、喷嘴与基面距离。

5 施工环境温度宜为5℃~35℃，雨天、雪天和五级及以上大风的露天环境中不应施工。

4 涂料终凝后应及时进行喷雾干湿交替保湿养护，养护时间不应少于72h，不得采用浇水或蓄水养护；

5 底板迎水面干撒外涂型水泥基渗透结晶型防水材料施工时，宜在底板混凝土浇筑前1h~2h进行；底板背水面和顶板迎水面干撒外涂型水泥基渗透结晶型防水材料施工，应在混凝土初凝前随撒随抹，终凝前二次压实、收面。

5.2.6 无机水性渗透结晶型材料的施工应符合下列规定：

1 基层表面应平整、坚实、清洁、无浮灰、无明水，孔洞、较大缝隙等一般缺陷应修补平整。；

2 施工环境温度宜为5℃~45℃，应避免阳光暴晒和低温受冻，露天施工不得在雨天、雪天和五级及以上大风的环境条件下作业；

3 施工方法可采用喷涂或刷涂。喷涂时，喷涂应均匀，不得漏喷；喷涂施工后24h内应避免明水冲刷，24h后应采取保湿养护措施，养护时间不宜小于7d。

4 施工期间，作业人员应佩戴护目镜，并宜佩戴口罩。当有飞溅入眼等情况时，应采用清水冲洗。

5.3 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层

I 材 料

5.3.1 掺砂浆防水剂的防水砂浆宜采用预拌防水砂浆，宜采用多层抹压或喷涂的方法施工。并应符合现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181 的规定。

5.3.2 掺砂浆防水剂的防水砂浆的原材料，应符合下列规定：

1 水泥宜采用通用硅酸盐水泥，且应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 的规定，采用其他品种水泥时，应经试验确定；

2 细骨料最大粒径应符合相应砂浆品种的要求，不应含有粒径大于 4.75mm 的颗粒，天然砂的含泥量不应大于 1.0%。

3 拌制水泥防水砂浆用水，应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定；

4 水泥防水砂浆用砂浆防水剂的应符合现行行业标准《砂浆、混凝土防水剂》JC/T 474 的

规定。

5.3.3 掺砂浆防水剂的防水砂浆的稠度、稠度损失率和凝结时间应满足施工要求，并应符合国家现行标准《预拌砂浆》GB/T 25181 及《预拌砂浆应用技术规程》JGJ/T 223 等标准相关规定。

5.3.4 掺砂浆防水剂的砂浆防水层可用于主体结构的迎水面或背水面。

5.3.5 掺砂浆防水剂的砂浆防水层应在主体结构验收合格后方可施工。

5.3.6 掺砂浆防水剂的砂浆防水层的品种和配合比应根据防水工程要求确定。

5.3.7 掺砂浆防水剂的砂浆防水层施工时基层混凝土强度不应小于设计值的 80%。

II 施 工

5.3.8 基层表面应平整、坚实、清洁，湿润、无明水，孔洞、缝隙等缺陷应修补平整。

5.3.9 施工前应将预埋件、穿墙管周边用水泥砂浆嵌填密实。水泥防水砂浆应在减缩密实型防水混凝土基面上涂刷水泥净浆结合层或界面剂。

5.3.10 掺砂浆防水剂的防水砂浆应分层施工，各层应紧密粘合，每层宜连续施工。当间断施工时，应采用逐层坡形阶梯接槎（图 5.3.10），每层接槎的搭接长度不宜小于 150mm。分层铺抹后应压实、抹平，最后一层表面应提浆压光。基层应涂刷一层 2mm 厚的水泥浆（水灰比不大于 0.40）或掺界面剂的水泥浆，再做两层水泥砂浆，每层厚度宜为 10mm；也可在面层防水砂浆接近终凝时，在其表面均匀涂刷一层水泥浆，总厚度不宜小于 20mm。

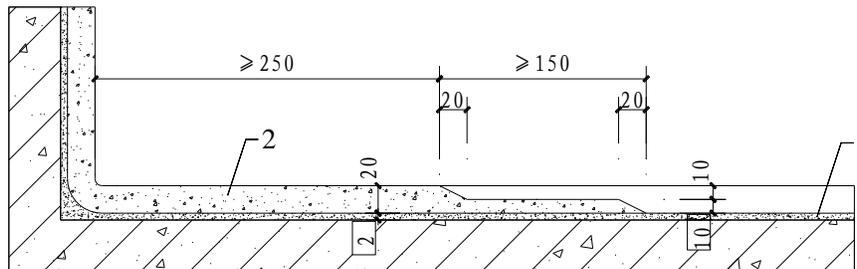


图 5.3.10 防水砂浆留槎示意图

1—水泥浆；2—掺砂浆防水剂的防水砂浆层

5.3.11 水泥砂浆拌合后应在规定时间内用完，施工过程中不得二次加水。

5.3.12 墙面施工时，掺砂浆防水剂的防水砂浆层内宜设置耐碱玻璃纤维网布作为抗裂措施

5.3.13 耐碱玻璃纤维网布的施工应符合下列规定：

- 1 在基层或找平层均匀涂抹一层砂浆防水层；
- 2 将耐碱玻璃纤维网布压入砂浆防水层内，待砂浆防水层终凝后，再抹第二道砂浆防水层，直至全部覆盖耐碱玻璃纤维网布，使耐碱玻璃纤维网布处于砂浆防水层中的中间偏外处；
- 3 抹平砂浆防水层并使其总厚度达到设计要求。

5.3.14 掺砂浆防水剂的防水砂浆终凝后应及时养护，养护温度不宜低于 5℃，并保持砂浆表面湿润。养护时间不得少于 14d。

6 混凝土结构主体防水设计与施工

6.1 明挖法地下工程

I 设计

6.1.1 地下工程减缩密实型防水混凝土结构自防水设计工作年限不应低于工程结构设计工作年限。

6.1.2 地下工程的防水设防要求，应根据防水等级、工程部位、工程地质条件、结构特点、环境及气候条件、材料性能等因素确定。

6.1.3 明挖法地下工程主体结构防水设防要求应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 明挖法地下工程主体结构防水设防要求

| 防水等级 | 防水做法 | 防水混凝土 | 内掺混凝土减缩密实防水剂 | 外防水措施 | | |
|------|----------|----------|--------------|--------------|--------------------|----------------|
| | | | | 无机水性渗透结晶防水材料 | 外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料 | 掺加砂浆防水剂水泥砂浆防水层 |
| 一级 | 不应少于 3 道 | 为 1 道，应选 | 为 1 道，应选 | 可选 1 道，任选 | | |
| 二级 | 不应少于 2 道 | 为 1 道，应选 | 为 1 道，应选 | - | | |

注：表中防水做法采用在防水混凝土中内掺减缩密实防水剂形成混凝土结构自防水体系，属于创新性技术，符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030-2023 第 1.0.3 条的规定。

6.1.5 明挖法地下工程减缩密实型防水混凝土的最低抗渗等级，应符合表 6.1.5 的规定。

表 6.1.5 明挖法地下工程减缩密实型防水混凝土最低抗渗等级

| 防水等级 | 建筑工程现浇混凝土结构 | 市政工程现浇混凝土结构 | 装配式衬砌 |
|------|-------------|-------------|-------|
| 一级 | P8 | P8 | P10 |
| 二级 | P8 | P6 | P10 |

6.1.6 减缩密实型防水混凝土结构应符合下列规定：

- 1 减缩密实型防水混凝土设计强度等级不应低于 C25。
- 2 减缩密实型防水混凝土顶板结构厚度不应小于 250mm，底板及侧墙结构厚度不应小于 250mm；变形缝处防水混凝土结构的厚度不应小于 300mm
- 3 地下工程减缩密实型防水混凝土结构配筋计算时，应以构件表面裂缝宽度限制为 0.2mm 进行配筋计算。减缩密实型防水混凝土构件表面裂缝宽度计算值裂缝宽度不得大于 0.2mm，并不得贯通；
- 4 钢筋保护层厚度应根据结构所处的环境类别和作用等级，按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 选用；

6.1.7 明挖法地下工程接缝防水设防要求应符合表 6.1.7 的规定。

表 6.1.7 明挖法地下工程接缝防水设防要求

| 工程部位 | 施工缝 | | | | | 后浇带 | | | | 变形缝 | | | | 诱导缝 | | | | | | |
|------|--------|-------------|-------|-------|----------------------|--------|----------------|----------|--------|-------------|-----------------|-------------|---------------|----------|--------|-------------------|-------------|----------|-----------------|-------------------|
| 防水措施 | 中埋式止水带 | 遇水膨胀止水胶或止水胶 | 预埋注浆管 | 型防水材料 | 混凝土界面剂或外涂型外涂型水泥基渗透结晶 | 外贴式止水带 | 减缩密实型补偿收缩防水混凝土 | 预埋注浆管 | 中埋式止水带 | 遇水膨胀止水胶或止水胶 | 外贴式橡胶止水带（底板、侧墙） | 中埋式中孔型橡胶止水带 | 外贴式止水带（底板、侧墙） | 可卸式橡胶止水带 | 密封嵌缝材料 | 外贴防水卷材或外涂防水涂料（顶板） | 中埋式中孔型橡胶止水带 | 密封嵌缝材料 | 外贴式橡胶止水带（底板、侧墙） | 外贴防水卷材或外涂防水涂料（顶板） |
| 设防要求 | 应选 | 不应少于 1 种 | | | | | 应选 | 不应少于 1 种 | | | | 应选 | 不应少于 2 种 | | | | 应选 | 不应少于 1 种 | | |

6.1.8 地下工程种植顶板采用表 6.1.5 的防水设防时，可不再另设其他耐根穿刺层。

6.1.9 基底至结构底板以上 500mm 范围及结构顶板以上不小于 500mm 范围内的回填土压实系数不应小于 0.94。

6.1.10 回填土范围 800mm 以内宜采用灰土、粘土或亚粘土回填，其中不得含有石块、碎砖、灰渣、有机杂物以及冻土。回填施工应均匀对称进行，并应分层夯实。人工夯实每层厚度不应大于 250mm，机械夯实每层厚度不应大于 300mm，并应采取保护措施；顶部回填土厚度超过 500mm 时，可采用机械回填碾压。

6.1.11 民用建筑地下室顶板防水设计应设置排水措施，将覆土中积水排至周边土体或建筑排水系统。

6.1.12 减缩密实型防水混凝土结构顶板不应采用现浇空心板或预应力混凝土空心板结构。

6.1.13 地下工程防水外墙采用复合结构时，支护结构和防水外墙之间应设置隔离层。

6.1.14 混凝土结构设计时，依据现行国家标准《混凝土结构设计标准》（2024 年版）GB/T 50010 的裂缝计算公式，按表面裂缝最大宽度限值 0.2mm 进行配筋计算。

II 施 工

6.1.15 明挖法地下工程防水施工中的降水应符合下列规定：

- 1 在浇筑底板混凝土前及地下防水工程施工期间，地下水位应低于垫层底部标高 500mm；
- 2 工程底板范围内的降水井，在降水结束后应封堵牢固、密实。

6.1.16 地下结构外墙采用叠合墙时，地下连续墙幅接缝处发生渗漏时，应采用注浆、嵌填的方式进行止水处理。

6.1.17 基坑围护结构作为外模时，围护结构面的渗漏水应采取排水、隔离等措施，不得对硬化前的混凝土造成影响。

6.1.18 地下工程施工期间，应采取防止基坑灌水以及降雨等导致地下水位升高造成基础底板上浮产生裂缝的措施。在未达到施工抗浮稳定性设计要求的施工阶段，应进行地下水水位和水压力监测。

6.1.19 对于地基不均匀、荷载差异大、体型复杂的地下防水工程应进行结构的差异沉降控制。

6.1.20 用于控制沉降差的后浇带，当沉降实测值和计算确定的后期沉降差满足设计要求后，方可进行后浇带混凝土浇筑。沉降变形观测应按国家现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 中的规定执行。

6.1.21 地下防水工程施工完毕后，应及时回填土，基坑回填不得使用淤泥、杂填土、冻土和大于150mm 粒径的石块，回填施工时不得破坏防水层。

6.1.22 明挖法地下防水工程施工应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

6.2 矿山法隧道工程

I 设计

6.2.1 矿山法隧道防排水系统应包括减缩密实型防水混凝土、接缝防水、注浆堵水、排水、防寒保温层等。

6.2.2 矿山法隧道及其他暗挖法地下工程应根据结构特点、周边环境、围岩等级、地下水环境及内外水压及施工条件等确定其防水等级。

6.2.3 矿山法隧道工程减缩密实型防水混凝土结构自防水体系防水做法应符合下列规定：

- 1 二次衬砌混凝土应采用减缩密实型防水混凝土；
- 2 隧道支护结构的喷射混凝土，宜采用掺加减缩密实防水剂的喷射混凝土；
- 3 隧道外设防水层应根据结构要求、防水等级、围岩等级、周边环境、水头压力、腐蚀情况等设置。

6.2.4 二次衬砌减缩密实型防水混凝土应符合下列规定：

- 1 减缩密实型防水混凝土的性能和原材料应符合本规范第 4 章的有关规定；
- 2 隧道二次衬砌减缩密实型防水混凝土设计强度等级不应低于 C30。
- 3 隧道支护结构采用喷射减缩密实型防水混凝土时，抗渗等级不应低于 P8。但位于高水压区或富水区隧道二次衬砌减缩密实型防水混凝土抗渗等级不应小于 P10；
- 4 隧道二次衬砌减缩密实型防水混凝土结构厚度不应小于 250mm；
- 5 隧道二次衬砌减缩密实型防水混凝土结构迎水面结构表面裂缝宽度计算值不得大于 0.2mm，并不得贯通；
- 6 钢筋保护层厚度应根据结构所处的环境类别和作用等级，按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 选用；

6.2.5 矿山法隧道工程复合式衬砌防水设防要求应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 矿山法隧道工程复合式衬砌防水设防要求

| 防水等级 | 防水做法 | 防水混凝土 | 内掺混凝土减缩密实防水剂 | 外设防水措施 | |
|------|----------|-----------|--------------|--------------|--------------------|
| | | | | 无机水性渗透结晶防水材料 | 外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料 |
| 一级 | 不应少于 2 道 | 为 1 道, 应选 | 为 1 道, 应选 | 可选 1 道, 任选 | |
| 二级 | 不应少于 2 道 | 为 1 道, 应选 | 为 1 道, 应选 | - | |

注：表中防水做法采用在防水混凝土中内掺减缩密实防水剂形成减缩密实型防水混凝土结构自防水体系，属于创新性技术，符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030-2023 第 1.0.3 条的规定。

6.2.6 矿山法隧道工程二次衬砌接缝防水设防要求应符合表 6.2.6 的规定。

表 6.2.6 矿山法隧道工程接缝防水设防要求

| 工程部位 | 施工缝 | | | | | 变形缝 | | | |
|------|---|--|----------------------------|---|-----------------------|----------------------------|---|---|----------------------------|
| 防水措施 | 料 型 水 泥 基 渗 透 结 晶 型 防 水 材 | 混 凝 土 界 面 剂 或 外 涂 型 外 涂 | 中 埋 式 止 水 带 | 遇 水 膨 胀 止 水 条 或 止 水 胶 | 预 埋 注 浆 管 | 外 贴 式 止 水 带 | 中 埋 式 中 孔 型 橡 胶 止 水 带 | 外 贴 式 中 孔 型 止 水 带 | 密 封 嵌 缝 材 料 |
| 设防要求 | 不应少于 2 种 | | | | | 应选 | | | |

6.2.7 矿山法复合式衬砌的隧道支护结构和二次衬砌结构之间应设置隔离层。

6.2.8 矿山法隧道地下工程应采取防水或防排水措施。二次衬砌结构拱顶应预留注浆孔，并在二次衬砌施工完成后进行回填注浆。

6.2.9 变形缝位置处可根据工程具体情况设置环向不锈钢接水盒，详见图 7.4.4-1。

II 施 工

6.2.9 矿山法采用复合式衬砌的隧道，应在初期支护表面无线状流水的条件下，施工二次衬砌减缩密实型防水混凝土。

6.2.10 隧道仰拱施工前，应将基底的虚渣、杂物、泥浆、积水等清理干净；每幅底板混凝土应整体浇筑，不宜留设纵向施工缝。

6.2.11 洞内注浆过程中，应监测支护结构变形、底板或道床板隆沉，并观察水沟、电缆槽、集水井、中心排水管（沟）、设备洞室等串浆情况。

6.2.12 减缩密实防水混凝土施工应符合第 4 章有关规定，外设防水层施工应符合第 5 章节的有关规定。

6.2.13 矿山法隧道防水工程施工应符合国家现行标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 和现行协会标准《隧道工程防水技术规范》CECS 370 的有关规定。

6.3 蓄水池工程

I 设计

6.3.1 处于非侵蚀性介质环境中的建筑与市政混凝土结构蓄水类防水工程宜采用减缩密实型混凝土结构自防水体系，混凝土应采用减缩密实型防水混凝土，强度等级不应低于 C25，减缩密实型防水混凝土的设计抗渗等级、结构最小厚度、允许裂缝宽度、最小钢筋保护层厚度应符合表 6.3.1 的规定。当蓄水类工程为地下结构时，其顶板厚度不应小于 250mm。

表 6.3.1 混凝土结构蓄水类工程减缩密实型防水混凝土要求

| 防水等级 | 设计抗渗等级 | 顶板最小厚度 (mm) | 底板及侧墙最小厚度 (mm) | 最大允许裂缝宽度 (mm) | 最小钢筋保护层厚度 (mm) |
|------|--------|----------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 一级 | ≥P8 | 250 | 300 | 0.2 | 35 |
| 二级 | ≥P6 | 200 | 200 | 0.2 | 30 |

6.3.2 建筑与市政混凝土结构蓄水类工程主体结构防水设防要求应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 建筑与市政蓄水类工程主体结构防水设防要求

| 卫生要求 | 防水等级 | 防水混凝土 | 内掺混凝土减缩密实防水剂 | 内壁防水措施 | 外壁防水措施 | 蓄水池类型 |
|----------|------|-------|--------------|---------|---------|---------|
| 水质对卫生无要求 | 一级 | 应选 | 应选 | 水泥基防水材料 | - | 其他类型水池 |
| | 二级 | 应选 | 应选 | - | - | 其他类型水池 |
| 水质对卫生有要求 | 一级 | 应选 | 应选 | 水泥基防水材料 | 水泥基防水材料 | 清水池、游泳池 |
| | 二级 | 应选 | 应选 | - | 水泥基防水材料 | |

注：水泥基防水材料指掺加砂浆防水剂的防水砂浆、外涂型水泥基渗透结晶型防水材料、无机水性渗透结晶防水材料。

6.3.3 石油化工混凝土水池应采用减缩密实型防水混凝土，混凝土强度等级不应低于 C30，设计抗渗等级、结构最小厚度、内壁防水措施应符合表 6.3.3 的规定：

表 6.3.3 石油化工蓄水类工程主体结构防水设防要求

| 污染防治分区 | 结构类型 | 防水混凝土 | 内掺混凝土减缩密实防水剂 | 设计抗渗等级 | 结构最小厚度 (mm) | 内壁防水措施 |
|---------|------|-------|--------------|--------|-------------|--------------------|
| 非污染防治区 | 水池 | 应选 | 应选 | ≥P8 | 250 | - |
| 一般污染防治区 | 水池 | 应选 | 应选 | ≥P8 | 250 | - |
| 重点污染防治区 | 水池 | 应选 | 应选 | ≥P8 | 250 | 外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料 |

6.3.4 石油化工蓄水类工程应根据装置、单元的特点和所处的区域及部位，可将建设场地划分为

非污染防治区、一般污染防治区和重点污染防治区，污染防治分区划分应符合国家标准《石油化工工程防渗技术规范》GB/T 50934 的有关规定。

6.3.5 石油化工钢筋混凝土水池的设计尚应符合现行行业标准《石油化工钢筋混凝土水池结构设计规范》SH/T 3132 的有关规定。

6.3.6 当水池承受地下水(含上层滞水)浮力时，应进行抗浮稳定验算验算时作用均取标准值，抵抗力只计算不包括池内盛水的永久作用和水池侧壁上的摩擦力，抗浮抗力系数不应小于 1.05。水池内设有支承结构时，还须验算支承区域内局部抗浮。

6.3.7 敞口水池顶端宜配置水平向加强钢筋。水平向加强钢筋内外两侧各不应少于 3 根，间距不宜大于 100mm，直径不应小于池壁受力钢筋，且不宜小于 16mm。

6.3.8 现浇减缩密实型防水混凝土水池池壁的拐角及与顶、底板的交接处，宜设置腋角。腋角边宽不宜小于 150mm。腋角内配置斜筋的直径与池壁受力筋相同，间距宜为池壁受力筋间距的两倍。

6.3.9 蓄水池水池构件内的构造钢筋，应符合下列规定：

- 1 截面厚度不大于 500mm 时，其内侧、外侧构造钢筋的配筋百分率均不应小于 0.15%；
- 2 截面厚度大于 500mm 时，其内侧、外侧均可按截面厚度 500mm 配置 0.15% 构造钢筋。

6.3.10 减缩密实型防水混凝土结构蓄水类工程的细部节点构造设计应包括施工缝、后浇带、穿墙（套）管等部位，细部防水构造做法应符合本规程第 7 章细部构造防水的规定。

II 施 工

6.3.11 蓄水类工程的防水混凝土底板和顶板，应连续浇筑且不应留设施工缝。

6.3.12 蓄水类工程的混凝土侧板，应分层交圈和连续浇筑，不应留设垂直施工缝。

6.3.13 减缩密实防水混凝土施工应符合第 4 章有关规定，外防水层施工应符合第 5 章节的有关规定。

6.3.14 水池完工后，应及时蓄水。位于室外的水池不应长期处于无水状态。

6.4 水利水电工程

I 设 计

6.4.1 水利水电工程防水工程包括地面厂房地下工程、地下厂房工程、地下附属洞室、输水系统隧道工程、混凝土坝体，但不包括泄洪建筑物。

6.4.2 水利水电防水工程宜采用混凝土内掺减缩密实防水剂的减缩密实型混凝土结构自防水体系，根据工程防水使用环境类别，减缩密实型防水混凝土的设计抗渗等级、结构最小厚度、应符合表 6.4.2 的规定。

表 6.4.2 水利水电类工程主体结构防水设防要求

| 工程防水使用环境类别 | 防水混凝土 | 内掺混凝土减缩密实防水剂 | 设计抗渗等级 | 结构最小厚度 (mm) |
|------------|-------|--------------|--------|-------------|
|------------|-------|--------------|--------|-------------|

| | | | | |
|-------|----|----|-----------|-----|
| I 类 | 应选 | 应选 | $\geq W8$ | 300 |
| II 类 | 应选 | 应选 | $\geq W6$ | 300 |
| III 类 | 应选 | 应选 | $\geq W6$ | 300 |

6.4.3 地面厂房地下室、地下厂房工程减缩密实型防水混凝土结构自防水设计工作年限不应低于工程结构设计工作年限。

6.4.4 地面厂房地下室、地下厂房工程的防水设防要求，应根据防水等级、工程部位、工程地质条件、水文地质条件、环境及气候条件、材料性能等因素确定。

6.4.5 地面厂房地下室、地下厂房工程，当采用减缩密实型防水混凝土结构时，应符合下列规定：

- 1 减缩密实型防水混凝土设计强度等级不应低于 C25；
- 2 减缩密实型防水混凝土结构配筋计算时，应以构件表面裂缝宽度限制为 0.2mm 进行配筋计算。减缩密实型防水混凝土构件表面裂缝宽度计算值裂缝宽度不得大于 0.2mm，并不得贯通；
- 3 钢筋保护层厚度应根据结构所处的环境类别和作用等级，按现行行业标准《水工混凝土结构设计规范》NB/T 11011 选用；

6.4.6 地下厂房工程外墙采用复合式支护结构时，支护结构和防水外墙之间应设置隔离层。

6.4.7 当地下附属洞室工程采用减缩密实型防水混凝土结构自防水体系时，防水做法应符合下列规定：

- 1 支护结构的喷射混凝土，宜采用掺加减缩密实防水剂的喷射混凝土。
 - 2 二次衬砌混凝土应采用减缩密实型防水混凝土；
 - 3 初期支护和二次衬砌之间已设置隔离层；
- 6.4.8** 地下附属洞室二次衬砌减缩密实型防水混凝土应符合下列规定：
- 1 减缩密实型防水混凝土的性能和原材料应符合本规范第 4 章的有关规定；
 - 2 二次衬砌减缩密实型防水混凝土设计强度等级不应低于 C25。
 - 3 支护结构采用喷射减缩密实型防水混凝土时，抗渗等级不应低于 W6。但位于高水压区或富水区的二次衬砌减缩密实型混凝土抗渗等级不应小于 W8。

6.4.9 地下附属洞室采用复合支护衬砌时，应在初期支护表面无线状流水的条件下，施工二次衬砌减缩密实型防水混凝土。

6.4.10 二次衬砌结构拱顶应预留注浆孔，并在二次衬砌施工完成后进行回填注浆。

6.4.11 当输水系统隧道等部位衬砌采用钢筋混凝土衬砌时，宜采用减缩密实型混凝土结构自防水体系，混凝土应采用减缩密实型防水混凝土。

6.4.12 混凝土面板堆石坝、混凝土重力坝、混凝土心墙堆石坝，宜采用减缩密实型混凝土结构自防水体系，混凝土应采用减缩密实型防水混凝土。

6.4.13 当混凝土面板堆石坝(图 6.4.13)采用减缩密实型混凝土结构自防水体系时，应符合下列规定：

- 1 面板混凝土应采用内掺减缩密实防水剂的减缩密实型防水混凝土；
- 2 减缩密实型防水混凝土设计强度等级不应低于 C25，1 级坝、特高坝强度等级不低于 C30；抗渗等级不低于 W8，特高坝不低于 W12。

3 减缩密实型防水混凝土结构配筋计算时,应以构件表面裂缝宽度限制为 0.2mm 进行配筋计算。减缩密实型防水混凝土构件表面裂缝宽度计算值裂缝宽度不得大于 0.2mm,并不得贯通;

4 减缩密实型防水混凝土面板厚度根据设计确定,由顶部向底部逐渐增加;低坝可采用厚度为 300mm~400mm 的等厚度面板;

5 温和地区抗冻等级不应低于 F50,其他地区抗冻等级不应低于 F100;极限拉伸值不应低于 0.85×10^{-4} ,高坝不宜低于 1×10^{-4} ;

6 面板混凝土用水泥、粉煤灰、掺合料及其他外加剂等应符合现行行业标准《混凝土面板堆石坝设计规范》NB/T 10871 的有关规定;

7 面板混凝土钢筋采用单层双向或双层双向配筋,每层每向配筋率宜为 0.3%~0.5%;

8 钢筋保护层厚度不宜小于 80mm。当采用单层双向配筋时,钢筋宜置于面板中部或偏迎水面位置;

9 面板混凝土应进行配合比设计,水灰比温和地区应小于 0.50,严寒或寒冷地区应小于 0.45。溜槽入口处混凝土的塌落度应满足施工要求,宜控制在 30mm~100mm。

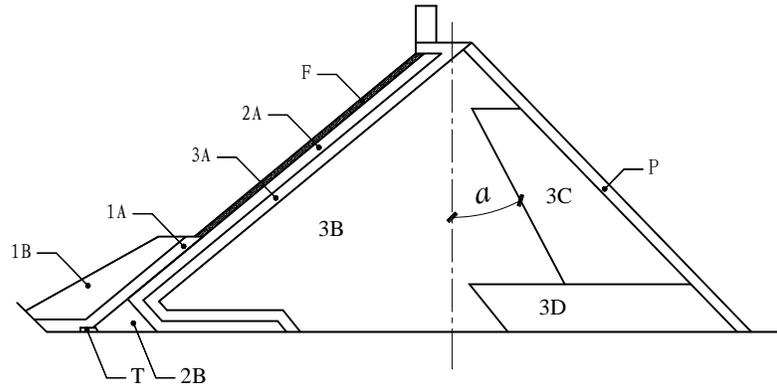


图 6.4.13 岩基上混凝土面板堆石坝分区图

1A 区—上游铺盖区; 1B 区—盖重区; 2A 区—垫层区; 2B—特殊垫层区; 3A—过渡区;

3B—上游堆石区; 3C—下游堆石区; 3D—下游排水区; F—混凝土面板; T—趾板;

P—下游护坡; α —上下游堆石区分界面与铅垂线的夹角

6.4.14 当混凝土重力坝(图 6.4.14)采用减缩密实型混凝土结构自防水体系时,应符合下列规定:

1 II 区上、下游水位变化区的坝体外部混凝土, III 区上、下游最低水位以下坝体外部混凝土应采用内掺减缩密实防水剂的减缩密实型防水混凝土;

2 IV 区坝体混凝土基础应采用内掺混凝土抗裂剂的混凝土;

3 坝体内部混凝土的强度等级不宜低于 C₁₈₀15,过流表面混凝土的强度等级不应低于 C25,经论证后过流表面混凝土可采用 180 d 设计龄期。高坝基础部位混凝土强度等级不宜低于 C₉₀20。

4 碾压混凝土坝河床部位坝体基础面宜设常态混凝土垫层或碾压混凝土及变态混凝土垫层,其厚度可根据基础开挖起伏差、温度控制及基础灌浆等要求确定,可取为 500mm~1500mm;

5 钢筋保护层厚度应根据结构所处的环境类别和作用等级,按现行国家标准《水工混凝土结构设计规范》NB/T 11011 选用;

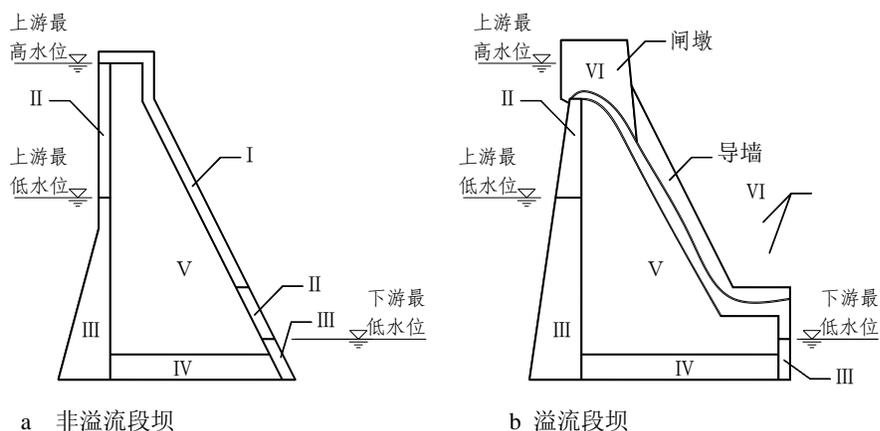


图 6.4.14 坝体混凝土分区图

I区—上、下游水位以上的坝体外部混凝土；II区—上、下游水位变化区的坝体外部混凝土；III区—上、下游最低水位以下坝体外部混凝土；IV区—坝体混凝土基础；V区—坝体内部混凝土；VI区—溢流面、泄水孔、导墙和闸墩等抗冲刷部位的混凝土；

6.4.15 混凝土心墙堆石坝混凝土内掺减缩密实防水剂、抗裂剂，心墙坝减缩密实型防水混凝土应具有所要求的强度、抗渗性、抗裂剂和耐久性。并应符合现行行业标准《碾压式土石坝设计规范》NB/T 10872 的有关规定。

6.4.16 采用减缩密实型混凝土结构自防水体系后，地下厂房渗漏积水并设计规模可按原设计进行。

II 施 工

6.4.17 分层开挖的大型地下洞室应在完成上层的锚喷支护，并待支护达到设计强度的 75%之后，方可进行下层的开挖。顶拱开挖宜采用先导洞后扩挖的方法进行，导洞开挖后，应及时跟进支护，宜先喷射减缩密实型防水混凝土和锚杆的施工，并对已揭露的断层部位进行预应力锚杆的施工。

6.4.18 大型地下洞室工程施工期间，应采取防止基坑灌水等导致地下水位升高造成基础底板上浮产生裂缝的措施。在未达到施工抗浮稳定性设计要求的施工阶段，应进行地下水水位和水压力监测。

6.4.19 对于地基不均匀、荷载差异大、体型复杂的大型地下洞室防水工程应进行结构的差异沉降控制。

6.4.20 喷射减缩密实型防水混凝土的施工应符合现行国家标准《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 及现行行业标准《水电水利工程锚喷支护施工规范》DL/T 5181 的有关规定，并应符合下列规定：

- 1 岩石面在喷射混凝土之前应做好表面处理，清除所有松散岩块及其它影响喷混凝土粘着的污迹、脏物；
- 2 喷射混凝土的施工基面需经验收合格后方可进行喷射混凝土施工作业；
- 3 喷射混凝土施工应采用湿喷法进行喷射混凝土作业，喷嘴应与喷面垂直，宜保持 0.6m~1.0m 的距离。

4 喷射混凝土作业应分段分片依次进行，喷射顺序自下而上。分层喷射时，后一层应在前一层喷射混凝土终凝后进行；喷射混凝土作业紧跟开挖工作面时，混凝土终凝到下一循环放炮时间不应少于 3h。

5 喷射厚度应符合设计图纸规定，一次喷射厚度应符合现行行业标准《水电水利工程锚喷支护施工规范》DL/T 5181 的有关规定；

6 喷射混凝土的回弹率：洞室拱部不应大于 25%，边墙不应大于 15%。回弹料不得重复使用。

7 对锚杆、钢筋网加喷射混凝土支护，钢筋网应在岩面喷射一层混凝土后铺设，钢筋网与岩面的间隙宜为 30mm~50mm，喷射混凝土应填满钢筋网与第一喷层面之间的空隙，钢筋网上的喷层厚度不应小于保护层最小厚度 20mm。

8 喷射混凝土终凝 2h 后，应喷水养护，养护时间不得小于 14d。

6.4.21 水利水电工程的防水混凝土底板和顶板，应连续浇筑且不应留设施工缝。防水混凝土侧板，应分层交圈和连续浇筑，不应留设垂直施工缝。

6.4.22 水利水电工程减缩密实防水混凝土施工应符合第 4 章有关规定，外设防水层施工应符合第 5 章的有关规定。

6.4.23 地下附属洞室防水工程施工应符合国家现行标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 和现行协会标准《隧道工程防水技术规范》CECS 370 的有关规定。

6.4.24 水利水电工程混凝土面板堆石坝面板混凝土施工应符合现行行业标准《混凝土面板堆石坝施工规范》DL/T 5128，并应符合下列规定：

1 面板基础表面及侧面整体应平整，不应由大的起伏差，不应有局部深坑或鼓包；

2 面板混凝土宜选择有利时机进行浇筑，宜避开在高温或负温季节施工，必要时应采取控制入仓温度；

3 面板混凝土浇筑工期安排宜提出填筑超高、预沉降期和沉降速率控制要求，应在坝体预沉降期及月沉降率达到设计要求的指标后施工；

4 面板混凝土出模后应及时覆盖，保温保湿，直到水库蓄水蓄水或至少 90d。寒冷地区面板混凝土应进行有效的表面保温，直到水库蓄水；

5 面板混凝土浇筑宜使用无轨滑膜，跳仓浇筑。起始三角块面板宜与主面板一起浇筑。

6.4.25 水利水电坝体工程碾压混凝土重力坝施工应符合《水工碾压混凝土施工规范》DL/T 5112 的有关规定。

7 细部构造防水

7.1 一般规定

- 7.1.1** 当减缩密实型防水混凝土浇筑需临时设置施工缝时，施工缝留设应规整，并宜垂直于构件表面。
- 7.1.2** 当浇筑减缩密实型防水混凝土时，施工缝结合面应湿润，但不得有积水。已浇筑混凝土的强度不应小于 1.2MPa。
- 7.1.3** 竖向施工缝的留置宜与后浇带或变形缝相结合。
- 7.1.4** 变形缝的设置应满足密封防水、适应变形、施工方便等要求。
- 7.1.5** 用于伸缩的变形缝宜少设，可根据建筑形式、地质条件、结构施工等情况，采用后浇带防水措施进行替代。
- 7.1.6** 变形缝处减缩密实型防水混凝土结构厚度不应小于 300mm。
- 7.1.7** 诱导缝应满足有效引导、裂而不漏的要求。
- 7.1.8** 后浇带应在其两侧混凝土龄期达到 42d 后再施工；高层建筑的后浇带施工应按规定时间进行。
- 7.1.9** 水利水电工程面板混凝土堆石坝面板、趾板、趾墙、混凝土连续板、防浪墙的周边缝、垂直缝等接缝应形成连续的密封止水系统，并应符合《混凝土面板堆石坝设计规范》NB/T 10871 的有关规定。

7.2 材 料

- 7.2.1** 自粘丁基橡胶钢板止水带(图 7.2.1)宽度不应小于 250mm，厚度不宜小于 3.8mm，镀锌钢板厚度不宜小于 0.8mm，双面应涂覆丁基橡胶且单面丁基橡胶厚度不应小于 1.5mm。其性能指标及试验方法应符合现行协会标准《自粘丁基橡胶钢板止水带》T/CECS 10015 的有关规定。
- 7.2.2** 镀锌钢板止水带(图 7.2.2)宜选用低碳钢制作，并宜镀锌处理。镀锌钢板止水带宽度不应小于 300mm，厚度不宜小于 3mm。
- 7.2.3** 钢边橡胶止水带(图 7.2.3)应选用平板型，宽度不应小于 350mm，橡胶厚度不宜小于 8mm，钢板为镀锌钢板，厚度不宜小于 1mm。其物理性能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 的有关规定。

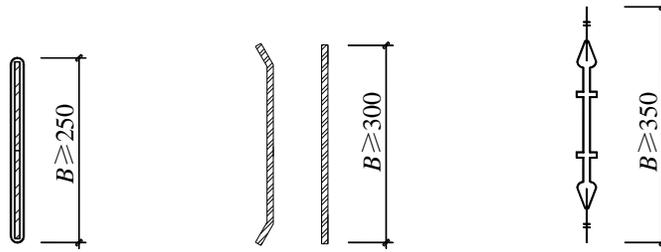


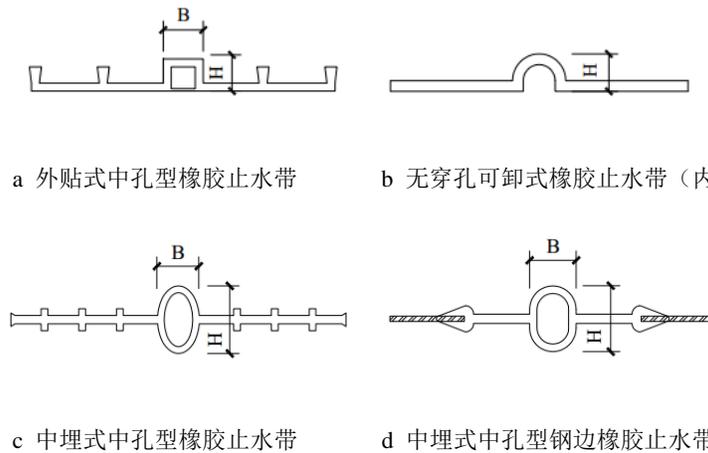
图 7.2.1 自粘丁基橡胶钢板止水带 图 7.2.2 镀锌钢板止水带 图 7.2.3 钢边橡胶止水带

7.2.4 制品型遇水膨胀止水条和腻子型遇水膨胀止水条均应具有缓膨胀性能，7d 膨胀率不宜大于最终膨胀率 60%，最终膨胀率宜大于 220%。腻子型遇水膨胀止水条的宽度和厚度均不宜小于 15mm。制品型遇水膨胀止水条和腻子型遇水膨胀止水条的物理性能应符合现行国家标准《高分子防水材料第 3 部分 遇水膨胀橡胶》GB/T 18173.3 的规定。

7.2.5 遇水膨胀止水胶为非定型产品，宽度不宜小于 10mm，厚度不宜小于 5mm；物理性能应符合现行行业标准《遇水膨胀止水胶》JG/T 312 的规定。

7.2.6 预埋注浆管的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 的规定。

7.2.7 橡胶止水带技术指标及试验方法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 的规定。橡胶止水带变形孔的宽度（B）宜为 30mm~50mm，高度（H）应根据结构变形量计算确定(图 7.2.7)。



a 外贴式中孔型橡胶止水带 b 无穿孔可卸式橡胶止水带（内衬尼龙纤维布增强）

c 中埋式中孔型橡胶止水带 d 中埋式中孔型钢边橡胶止水带

图 7.2.7 橡胶止水带常用形状

7.2.8 聚氨酯建筑密封胶性能指标及试验方法应符合现行行业标准《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482 的规定。

7.2.9 聚硫建筑密封胶性能指标及试验方法应符合现行行业标准《聚硫建筑密封胶》JC/T 483 的规定。

7.3 施工缝

7.3.1 明挖法地下工程施工缝防水设防应符合本规程表 6.1.7 的规定，矿山法隧道工程施工缝防水设防应符合本规程表 6.2.5 的规定。

7.3.2 墙体留设水平施工缝应符合下列规定：

1 当结构断面内采用钢板止水带或自粘丁基橡胶钢板止水带时，水平施工缝宜高出底板表面 200mm~300mm 的墙体上；

2 当结构断面内采用遇水膨胀止水胶（条）和预埋注浆管一同设置时，水平施工缝宜设置在结构底板表面；

3 板下或顶拱拱脚与墙结合的部位，宜留在板墙或拱墙接缝线以下 150mm~300mm 处；

4 当外墙有预留洞时，施工缝距孔洞边缘不应小于 300mm。

7.3.3 水平施工缝的防水构造应符合下列规定：

1 中埋式止水带可选用镀锌钢板止水带、钢边橡胶止水带或自粘丁基橡胶钢板止水带，应在结构断面的中部对称埋设(图 7.3.3-1)；

2 在施工缝的结构断面上应涂刷混凝土界面剂或外涂型水泥基渗透结晶型防水材料，外涂型水泥基渗透结晶型防水材料用量不应小于 $1.5\text{kg}/\text{m}^2$ ，且厚度不应小于 1.0mm；

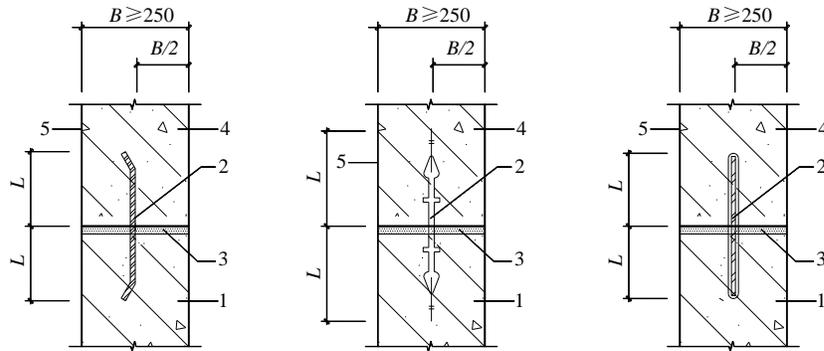


图 7.3.3-1 中埋式止水带施工缝防水构造

1—先浇减缩密实型防水混凝土结构；2—中埋式止水带；3—涂刷混凝土界面剂或水泥基渗透结晶防水涂料；

4—后浇减缩密实型防水混凝土；5—结构迎水面

3 腻子型遇水膨胀止水条或遇水膨胀止水胶单独设置时，应设置在结构断面的中部。当与中埋式止水带一同设置时，中埋止水带应设置在结构断面的中部，腻子型遇水膨胀止水条或遇水膨胀止水胶设置在结构断面距离背水面 1/4 处（图 7.3.3-2）。腻子型遇水膨胀止水条宜采用平行错搭的方式进行搭接，搭接长度不应小于 30mm；

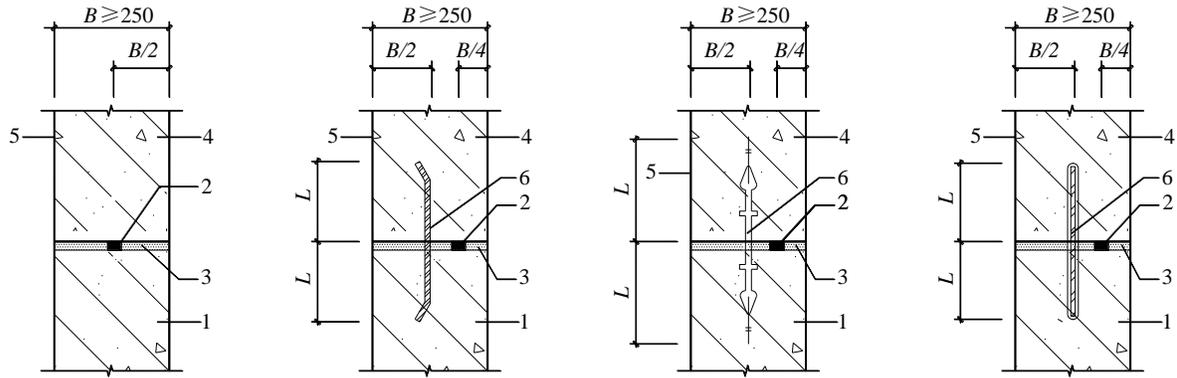


图 7.3.3-2 遇水膨胀止水条（胶）施工缝防水构造

1—先浇减缩密实型防水混凝土结构；2—遇水膨胀止水条（胶）；3—涂刷混凝土界面剂或水泥基渗透结晶防水涂料；4—后浇减缩密实型防水混凝土；5—结构迎水面；6—中埋式止水带

3 预埋注浆管单独设置时，应设置在结构断面的中部。当与中埋式止水带一同设置时，中埋设止水带应设置在结构断面的中部，腻子型遇水膨胀止水条或遇水膨胀止水胶设置在结构断面距离迎水面不小于 100mm（图 7.3.3-3）。注浆管应与先浇混凝土基层密贴，固定间距宜为 200mm～300mm；

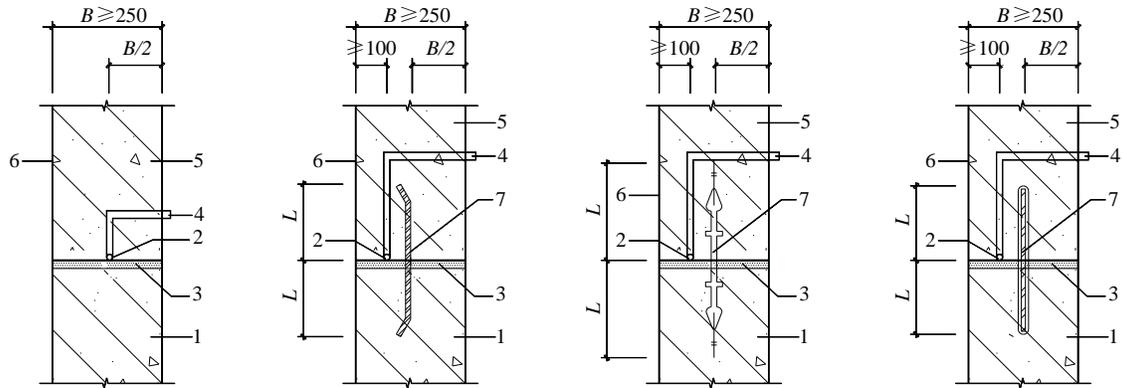


图 7.3.3-3 预埋注浆管施工缝防水构造

1—先浇减缩密实型混凝土结构；2—预埋注浆管；3—涂刷混凝土界面剂或水泥基渗透结晶防水涂料；4—注浆导管；5—后浇混凝土；6—结构迎水面；7—中埋式止水带

7.3.4 施工缝中预埋注浆管的注浆应在混凝土达到设计强度、结构装饰施工前进行。

7.3.5 施工缝界面处理施工应符合下列规定：

1 水平施工缝浇筑混凝土前，其表面宜凿毛，清除表面浮浆和杂物后，铺设水泥砂浆结合层，再涂刷混凝土界面处理剂或外涂型水泥基渗透结晶型防水材料。水泥砂浆结合层厚度不应大于 30mm，并及时浇筑混凝土；

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

7.3.6 中埋式止水带施工应符合下列规定：

- 1 中埋式止水带采用铁丝固定在结构钢筋上，固定间距宜为 400mm。固定应牢固、可靠，避免浇筑和振捣混凝土时，固定点脱落导致止水带倒伏、扭曲影响止水效果；
- 2 中埋式水平设置的止水带均采用盆式安装，盆式开孔向上，止水带与水平面夹角宜为 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ，保证振捣混凝土时止水带下部的气泡顺利排出；
- 3 中埋式橡胶止水带对接接头应采用现场热硫化连接，连接接头不应设置在结构转角部位，转角部位应呈圆弧状；“丁字”、“十字”接头应采用工厂连接。
- 4 镀锌钢板止水带接头采用焊接连接时，应满焊。焊缝处的镀层受损时，应采用防腐涂层修补；
- 5 中埋式止水带宜布置在结构的中心部位，纵向中心线应与接缝对齐，两者距离误差不得大于 10mm。止水带与接缝表面应垂直，误差不得大于 15° 。
- 6 中埋式止水带部位的模板应安装定位准确、牢固，中心线应与截面中心线重合，避免跑模、胀模等影响止水带定位的准确性。
- 7 中埋式止水带部位的混凝土必须振捣充分，应避免止水带出现扭曲或倒伏，保证止水带与混凝土咬合密实。振捣时严禁振捣棒触及止水带。
- 8 钢边橡胶止水带铆接时，铆接部位应采用自粘胶带密封。自粘丁基橡胶钢板止水带自粘搭接长度不应小于 80mm，当采用螺栓固定搭接时，搭接长度不应小于 50mm。

7.3.7 遇水膨胀止水条施工应符合下列规定：

- 1 与施工缝基面密贴。粘贴不牢、空鼓部位用水泥钉固定；
- 2 止水条采用对接连接，对接部位应密贴，不得出现翘边现象。
- 2 止水条应牢固地安装在缝表面或预留凹槽内；
- 3 止水条距混凝土边缘的距离不应小于 70mm。

7.3.8 遇水膨胀止水胶施工应符合下列规定：

- 1 止水胶胶体挤出应连续、均匀、饱满、无气泡和孔洞；
- 2 施工期间胶体固化期内应采取保护措施，不得浸水、淋水；
- 3 止水胶固化前不得浇筑混凝土。
- 4 止水胶接头部位采用对接法连接，对接应密实，不得出现脱开部位；
- 5 雨季施工时，止水胶成型后，可在表面涂刷缓膨胀剂。

7.3.9 预埋注浆管施工应符合下列规定：

- 1 单独设置时，宜设置在施工缝断面中部；
- 2 注浆管与施工缝基面应密贴并固定牢靠，固定间距宜为 200mm~300mm；
- 3 导浆管与注浆管的连接应牢固、严密；
- 4 注浆导管的末端宜采用保护盒保护，并应临时封堵严密；
- 5 注浆时宜采取较低的压力从一端向另一端、由低到高进行；
- 6 当浆液不再流入且压力损失很小时，应维持该压力并保持 2min，终止注浆；
- 7 当需要重复注浆时，应在浆液固化前清洗注浆通道；
- 8 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；

8 注浆管采用搭接法搭接，搭接宽度宜为 20mm~30mm（即有效出浆段长度），搭接部位应与基面固定牢固。

7.4 变形缝

7.4.1 明挖法地下工程变形缝防水设防应符合本规程表 6.1.7 的规定，矿山法隧道工程变形缝防水设防应符合本规程表 6.2.5 的规定。

7.4.2 变形缝最大允许变形量不宜大于 30mm。

7.4.3 建筑地下工程变形缝宽度宜为 30mm~50mm，隧道与地下轨道交通工程变形缝宽度宜为 20mm~30mm。

7.4.4 变形缝的防水措施应符合下列规定：

1 结构断面内应选用中埋式中孔型钢边橡胶止水带或橡胶止水带，止水带宽度不宜小于 350mm。

2 底板和侧墙的迎水面可选用外贴式橡胶止水带，止水带宽度不宜小于 350mm。顶板变形缝不应设置外贴式中孔型止水带。当变形缝宽度小于 30mm 时，侧墙和顶板迎水面变形缝内可嵌填密封材料。

3 附建式地下工程侧墙外贴式橡胶止水带收头应高出顶板上表面 500mm 以上，并进行收头密封处理。单建式地下工程侧墙外贴式橡胶止水带宜顶板齐平，外贴式止中孔型水带与中埋式中孔型橡胶止水带之间的空隙应采用密封材料封堵。

4 中埋式中孔型钢边橡胶止水带或橡胶止水带与外贴式中孔型橡胶止水带复合使用时（图 7.4.4-1），外贴式橡胶止水带应设置在结构迎水面。

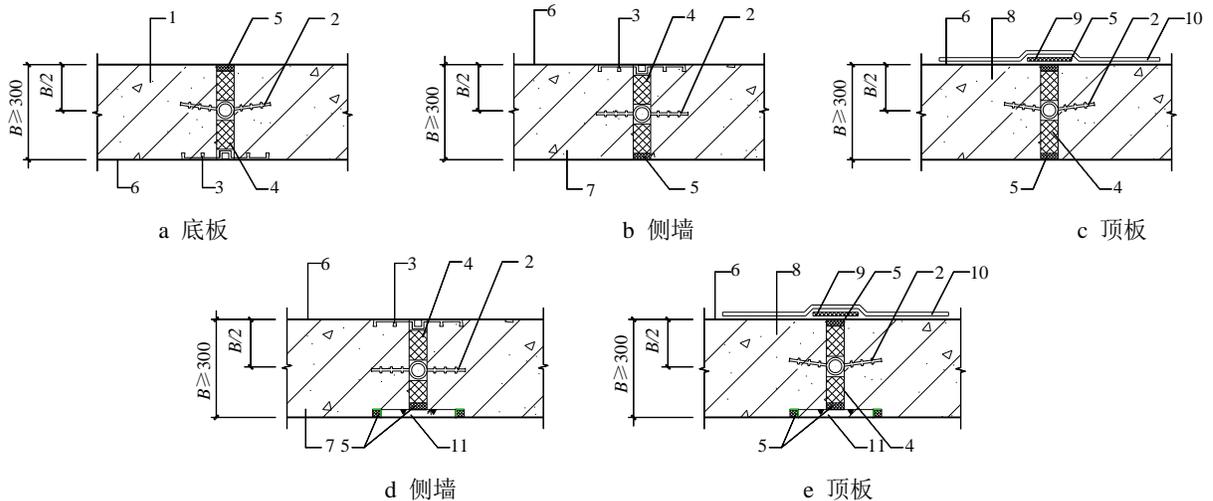


图 7.4.4-1 中埋式中孔型橡胶止水带与外贴橡胶止水带复合使用

1—底板减缩密实型防水混凝土结构；2—中埋式中孔型橡胶止水带；3—外贴式中孔型止水带；4—衬垫板；
5—密封嵌缝材料；6—结构迎水面；7—侧墙减缩密实型防水混凝土结构；8—顶板减缩密实型防水混凝土结构；
9—200mm 隔离层；10—1000mm 涂料附加防水层；11—1.0mm 不锈钢接水盒

4 中埋式中孔型钢边橡胶止水带或橡胶止水带与外贴式中孔型橡胶止水带复合使用时(图7.4.4-1),外贴式橡胶止水带应设置在结构迎水面。

7.4.5 中埋式中孔型橡胶止水带施工应符合下列规定:

1 止水带部位混凝土应振捣充分,不应出现欠振、过振或漏振,振捣时振捣棒严禁碰触止水带;

2 止水带振捣时,应有专人看护,当止水带出现脱落、扭曲、偏移、变形、移位时,应及时纠正;

3 顶板、底板止水带的下侧混凝土应振捣密实,侧墙止水带内外侧混凝土应均匀,保持止水带位置准确、平直,无卷曲现象;

4 止水带附近绑扎钢筋和焊接钢筋时,应采取保护措施;

5 止水带埋设位置应准确,其中间空心圆环应与变形缝的中心线重合,偏差不大于10mm,止水带宜设置在结构厚度的中心线部位,任意一侧混凝土厚度不小于150mm;

6 止水带在顶板和底板内水平设置时,止水带宜成盆状安装,盆式开口向上,止水带与水平面夹角宜为 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$,侧墙部位止水带应与变形缝内混凝土表面垂直设置,偏差角度不大于 15° ;

7 止水带应采取可靠的固定方式,固定件间距宜不大于400mm,固定应牢固、可靠。止水带的固定宜选用配套的支撑定位固定件,不应穿孔或用铁定固定;

8 止水带先施工一侧混凝土时,其端模应支撑牢固,避免漏浆;

9 外露的止水带应采取保护措施;

10 浇筑混凝土前应检查止水带,如有破损应进行修补;

11 止水带的接头宜为一处,且不得设在结构转角两侧各500mm范围内,橡胶止水带接头宜采用热硫化焊接,钢边部分可采用焊接或机械锚固连接;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应不大于10mm;

12 止水带在转弯处应做成圆弧形,橡胶止水带转角半径不应小于200mm,钢边橡胶止水带转角半径不应小于300mm,转角半径应随止水带的厚度增大而相应增大,转角两边各设置一套定位固定件。

7.4.6 外贴式橡胶止水带施工应符合下列规定:

1 止水带的纵向中心线与接缝对齐,误差不得大于10mm。

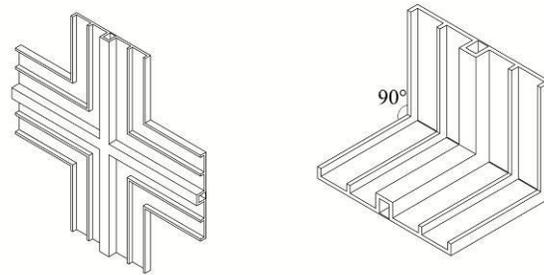
2 止水带安装完毕后,不得出现翘边、过大的空鼓等部位,以免浇筑混凝土时止水带出现过大的扭曲、位移。

3 转角部位的止水带齿条容易出现倒伏,应采用转角预制件或采取其他防止齿条倒伏的措施。

4 止水带表面严禁施做混凝土保护层,应确保止水带齿条与结构混凝土咬合密实;浇筑混凝土时,平面设置的止水带表面不得有污泥、堆积杂物等。

5 止水带应减少现场接头;橡胶类止水带现场接头宜采用热硫化对接,当无条件时,可采用未硫化的丁基橡胶腻子片粘贴搭接,搭接宽度不得小于50mm,搭接部位的齿条间应采用未硫化的丁基橡胶腻子片或密封胶进行加强密封。接头两侧止水带的纵向轴线应对齐。

6 外贴式橡胶止水带十字交叉部位及 T 型交叉部位应采用定型连接件，底板与侧墙的转角宜采用定型直角连接件（图 7.4.6）。连接件留置的接头长度不应小于 300mm。



a 十字接头连接件

b 直角连接件

图 7.4.6 外贴式橡胶止水带十字接头及直角连接件

7.4.7 密封材料嵌填施工应符合下列规定：

- 1 缝内两侧基面应平整干净、干燥，并应刷涂与密封材料相容的基层处理剂；
- 2 接缝中应设置背衬材料；
- 3 迎水面宜采用低模量密封胶，背水面宜采用高模量密封胶；
- 4 嵌填应密实、均匀、连续、饱满，并应粘结牢固；
- 5 在缝表面增设附加防水层前，应在缝上设置隔离层。

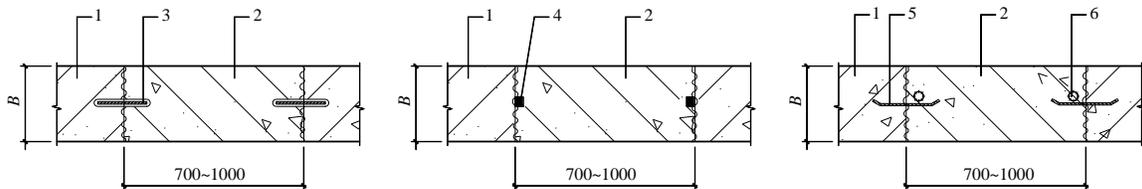
7.5 后浇带

7.5.1 后浇带间距和位置应按结构设计要求确定，宽度宜为 700 mm~1000mm。

7.5.2 后浇带内应采用补偿收缩混凝土浇筑，其抗渗性能和抗压强度等级不应低于两侧混凝土。补偿收缩混凝土的配制及原材料的质量应符合现行行业标准《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178 的规定。

7.5.3 后浇带防水措施应符合下列规定：

- 1 混凝土结构断面内可采用中埋式止水带或遇水膨胀止水条（胶）等防水措施(图 7.5.3)；
- 2 中埋式止水带可选用中埋式橡胶止水带、中埋式钢边橡胶止水带、自粘丁基橡胶钢板止水带、镀锌钢板止水带等；
- 3 后浇带处结构主筋应采用 100% 搭接；
- 4 当采用钢板止水带时，可与预埋注浆管或其他措施组合；当出现渗漏水后进行注浆填充封闭缝隙。



a 中埋式止水带

b 遇水膨胀止水条（胶）

c 镀锌钢板止水带与预埋注浆管组合

图 7.5.3 后浇带防水构造

- 1—先浇减缩密实型混凝土结构；2—后浇带补偿收缩混凝土；3—中埋式止水带；
4—遇水膨胀止水条（胶）；5—钢板止水带；6—预埋注浆管

7.5.4 当后浇带需超前止水时，应设置临时变形缝，并应符合下列规定：

1 底板后浇带留置深度应比底板厚度（B）增加 50 mm~100mm，侧墙后浇带深度应与结构侧墙相同；

2 后浇带下部用于封底的减缩密实型防水混凝土厚度不应小于 200mm，配筋应经结构计算确定，混凝土强度等级应与底板混凝土强度等级相同；

3 封底减缩密实型防水混凝土的临时变形缝宽度宜为 30mm~50mm，变形缝内防水措施应采用中埋式橡胶止水带或外贴式橡胶止水带；

4 超前止水后浇带(图 7.5.4)位置可根据工程情况设置，底板超前止水结构局部加厚厚度宜大于 200mm，后浇带宽度宜为 700mm~1000mm，并应在端部进行封头。

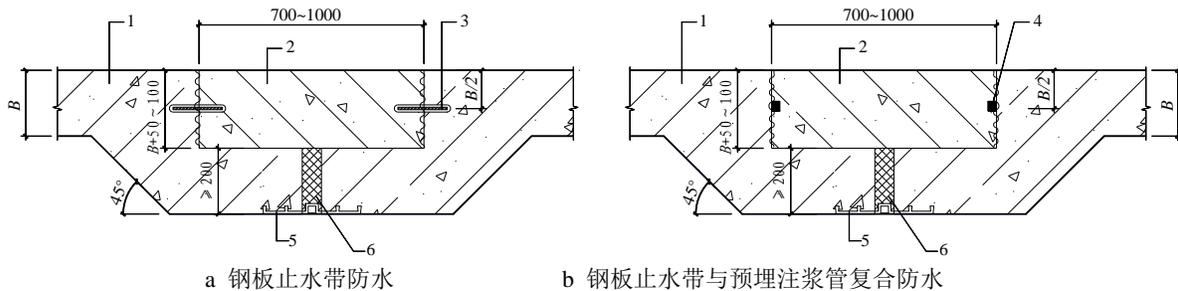


图 7.5.4 超前止水后浇带防水构造

- 1—先浇减缩密实型防水混凝土；2—后浇补偿收缩混凝土；3—中埋式止水带；
4—遇水膨胀止水条（胶）；5—外贴式止水带；6—密封嵌缝材料

7.5.5 后浇带混凝土浇筑前，应对该部位进行覆盖和保护，外露钢筋宜采取防锈措施。

7.5.6 后浇带混凝土宜一次浇筑，不得留设施工缝；混凝土浇筑后应及时养护，养护时间不得少于 28d。

7.5.7 后浇带施工应符合下列规定：

- 1 后浇带部位的混凝土施工前，交界面应做粗糙面处理；
- 2 中埋式止水带、预埋注浆管、遇水膨胀止水胶等位置应准确，安装应牢固；
- 3 后浇带内补偿收缩混凝土浇筑施工前，应将积水、垃圾等清理干净。

7.6 穿墙管

7.6.1 结构变形或管道伸缩量较小时，穿墙管应在浇筑混凝土前可将主管直接预先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。

7.6.2 穿墙管与内墙角、凹凸部位的距离不应小于 250mm。

7.6.3 管线穿墙管应采用套管式防水法，套管应加焊止水环，止水环与套管应满焊。预埋套管式穿墙管防水(图 7.6.3)应符合下列规定：

1 预埋套管可采用焊接金属翼环、粘贴自粘丁基密封胶带或遇水膨胀止水胶止水。金属翼环宽度不应小于 50mm，厚度不应小于 2mm，应与套管双面满焊；自粘丁基密封胶带宽度不应小于 20mm，厚度不应小于 2mm；遇水膨胀止水胶应双道设置，宽度宜为 10mm~15mm，厚度宜为 5mm~8mm。

2 浇筑混凝土时，应采取防止水泥浆进入套管内的措施。

3 穿墙管与套管、套管与混凝土之间，应在内外两侧端口进行密封处理。密封材料嵌入深度不应小于 20mm，且应大于间隙的 1.5 倍；中间间隙宜采用聚氨酯泡沫填缝剂填实。

4 预埋管迎水面管根应设置防水附加层。防水附加层在墙面的宽度不应小于 150mm，包裹在管道上的长度不应小于 100mm。

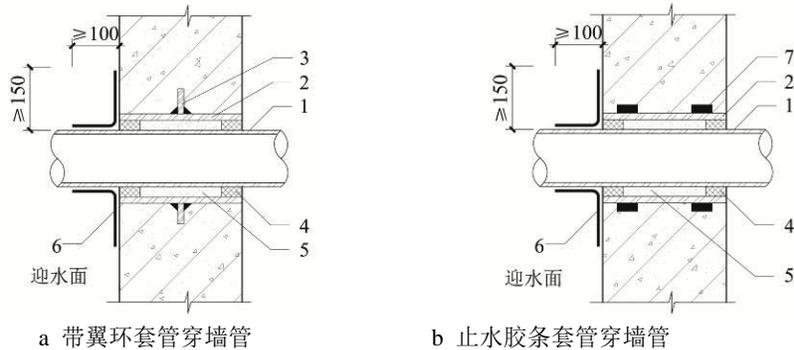


图 7.6.3 预埋套管穿墙管防水构造

1—穿墙管；2—套管；3—翼环；4—封口密封胶；

5—聚氨酯泡沫填缝剂；6—防水附加层；7—自粘丁基密封胶带或遇水膨胀密封胶

7.6.4 当后凿安装穿墙管(图 7.6.4)时，开孔尺寸应满足穿墙管要求，位置应经计算确定，并应采取机械钻孔的方法。附加防水层在墙面的宽度不应小于 150mm，包裹在管道上的长度不应小于 100mm。侧墙整体防水层应将附加层全部覆盖。

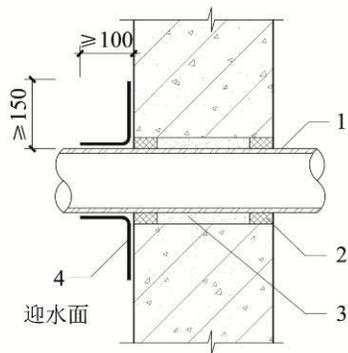


图 7.6.4 后开孔穿墙管防水构造

1—穿墙管；2—封口密封胶；3—聚氨酯泡沫填缝剂；4—防水附加层

7.6.5 同一部位多管穿墙较多时，宜采用穿墙套管群盒或钢板止水穿墙套管群(图 7.6.5)。穿墙套管群盒或钢板止水穿墙套管群应与结构钢筋焊接固定。穿墙套管群盒空腔内宜浇筑柔性密封材料、细石混凝土或无收缩水泥基灌浆料。

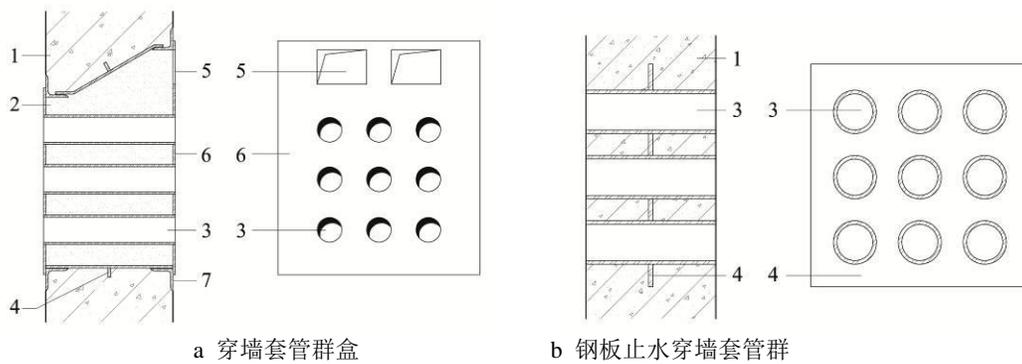


图 7.6.6 群管穿墙防水构造

1—减缩密实型防水混凝土侧墙；2—无收缩自流平水泥灌浆料；3—穿墙套管；

4—止水环、止水钢板；5—浇注孔；6—封口钢板；7—固定角钢

7.6.6 穿墙管防水施工应符合下列规定：

- 1 当采用金属翼环防水时，金属翼环应与主管或套管满焊密实；
- 2 当采用套管式穿墙防水构造时，翼环与套管应双面满焊密实；
- 3 当采用遇水膨胀止水胶防水时，止水胶应连续密封；
- 4 当采用丁基密封胶带防水时，丁基密封胶带应平行搭接，搭接宽度不应小于 50mm。

7.6.7 穿墙管伸出侧墙的部位，回填时应采取防止管体损坏的措施。

7.6.8 结构上的埋设件宜采用预埋或预留孔（槽）等方法。

7.6.9 开槽、开孔、预留孔部位，混凝土厚度不宜小于 200mm。

7.7 桩头及抗浮锚杆

7.7.1 桩头防水(图 7.7.1)应符合下列规定：

1 对于桩基工程，底板设置外设防水层时，应选用水泥基防水材料；桩头防水材料应与底板外设防水层连为一体；

2 桩头顶面、侧面及桩边的混凝土垫层面，应涂刷外涂型水泥基渗透结晶型防水材料，宽度不应小于 150mm，厚度不应小于 1.0mm，用量不应小于 1.5kg/m²；

3 桩头钢筋的根部可采用遇水膨胀止水胶密封防水，遇水膨胀止水胶的宽度不宜小于 10mm。

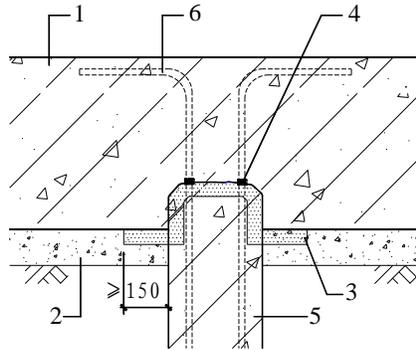


图 7.7.1 桩头部位的防水构造

- 1—减缩密实型防水混凝土底板；2—混凝土垫层；3—外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料；
4—遇水膨胀止水胶；5—桩头；6—桩头钢筋

7.7.2 抗浮锚杆防水(图 7.7.2)应符合下列规定：

- 1 对于地基采用抗浮锚杆工程，底板设置外防水层时，应选用水泥基防水材料；
- 2 混凝土表面应平整密实，缺陷部位应进行修补；
- 3 桩头顶面混凝土垫层面，应涂刷外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料，宽度不应小于 150mm，厚度不应小于 1.0mm，用量不应小于 1.5kg/m²；
- 4 外露的锚杆钢筋的根部可采用遇水膨胀止水胶密封防水，遇水膨胀止水胶的宽度不宜小于 10mm。

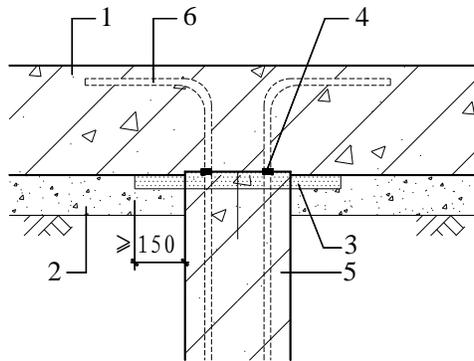


图 7.7.2 抗浮锚杆防水构造

- 1—减缩密实型防水混凝土底板；2—混凝土垫层；3—外涂型水泥基渗透结晶型防水材料；
4—遇水膨胀止水胶；5—抗浮锚杆；6—锚杆钢筋

7.7.3 桩头防水施工应符合下列规定：

- 1 应将桩顶剔凿至混凝土密实处，并应清洗干净；
- 2 破桩后如发现渗漏水，应采取堵漏措施；
- 3 桩顶及露出垫层以上的桩身四周应涂刷外涂型外涂型水泥基渗透结晶型防水材料，涂刷层范围不应小于 150mm，涂刷时应连续、均匀，不得少涂或漏涂，并应及时进行养护。当与大面积防水层的搭接宽度不小于 300mm。防水层应在桩头根部进行密封处理；
- 4 桩头钢筋的根部可嵌填腻子（缓胀）型遇水膨胀止水条（胶），遇水膨胀止水条（胶）的宽度不宜小于 10mm；

5 不得在桩头顶部涂覆柔性防水材料。

7.8 通道接头

7.8.1 预留通道接头处的最大沉降差值不得大于 30mm。

7.8.2 预留通道应从结构主体挑出长度不小于 300mm、结构厚度不小于 300mm 的接头。

7.8.3 在预留通道接驳施工前的预留通道口，应采用临时封堵的防水措施，并应在其附近设置集水坑或排水沟。

7.8.4 预留通道接可采用变形缝防水构造(图 7.8.4)，后续接头的结构尺寸不宜小于 300mm×300mm，变形缝设置要求应符合本标准第 7.4 节的有关规定。

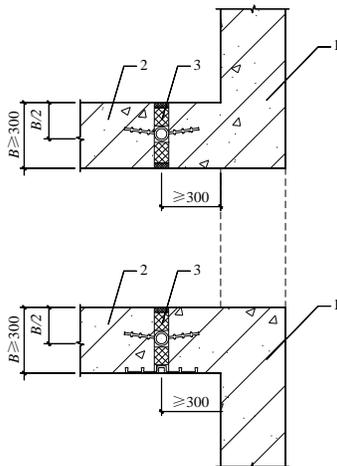


图 7.8.4 通道接头防水构造

1—先浇减缩密实型防水混凝土结构；2—后浇混凝土；3—变形缝

7.9 坑槽

7.9.1 地下工程内的坑槽应采用减缩密实型防水混凝土整体浇筑，坑底及侧壁混凝土厚度不应小于 250mm。

7.9.2 底板以下的坑槽施工时应采取降水和挡水措施。防水层的基层应符合所选防水材料的技术要求。当采用砖胎模作外模板时，砖胎模应砌筑牢固，内侧应采用砂浆抹平。底板垫层应符合本标准第 3.1.7 条的规定。

7.9.3 坑槽(图 7.9.3)外防水层应与结构底板防水层连成整体。结构内侧防水层宜选用掺砂浆防水剂的防水砂浆或外涂型水泥基渗透结晶型防水材料。

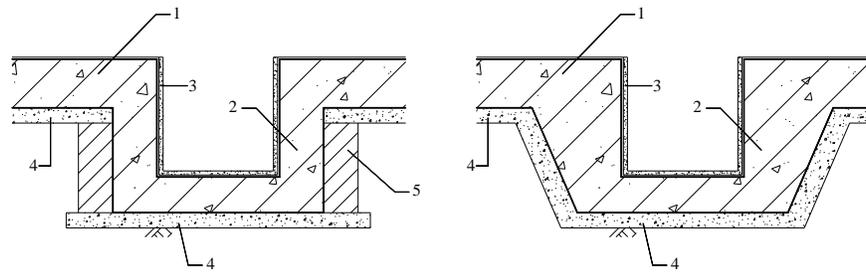


图 7.9.3 底板下坑槽防水构造

1—减缩密实型防水混凝土底板；2—减缩密实型防水混凝土坑槽壁；

3—内防水层；4—混凝土垫层；5—砖胎模

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 地下防水工程的质量应满足现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032、《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030、《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 等标准的有关规定。

8.1.2 防水工程验收时，应提交下列归档资料：

- 1 防水工程的设计文件、图纸会审记录、设计变更书等；
- 2 防水材料产品合格证、质量检验报告、进场材料复检报告；
- 3 防水施工方案及技术交底文件；
- 4 防水施工质量检验记录、渗漏水处理记录；
- 5 隐蔽工程验收记录；
- 6 淋水、蓄水或水池满水试验记录；
- 7 施工、质量验收记录。

8.1.3 防水工程质量验收合格判定标准应符合表 8.1.3 的规定。

表 8.1.3 防水工程质量验收合格地下防水工程判定标准

| 工程防水类别 | 工程类型 | |
|--------|--|--|
| | 建筑地下工程 | 市政地下工程及隧道工程 |
| 甲类 | 不应有渗水，结构背水面无湿渍 | |
| 乙类 | <p>不应有滴漏、线漏，结构背水面可有零星分布的湿渍；</p> <p>总湿渍面积不应大于总防水面积（包括顶板、侧墙、底板）的 1/1000，单个湿渍的最大面积不应大于 0.1m²；任意 100m²防水面积上的湿渍个数不应超过 2 处</p> | <p>不应有滴漏、线漏，结构背水面可见零星分布的湿渍和流挂。</p> <p>隧道顶部不允许滴漏；总湿渍面积不应大于总防水面积的 1.5/1000，单个湿渍的面积不应大于 0.15m²；任意 100m²防水面积上的湿渍、滴漏或流挂总数不应超过 3 处；单个滴漏或流挂的渗漏量不应大于 2.0L/d；工程平均渗漏量不应大于 0.05L/m² d；任意 100m²防水面积上的渗漏量不应大于 0.08L/m² d；渗漏水统计应包括湿渍和滴漏或流挂的数量、湿渍面积与渗漏量</p> |
| 丙类 | <p>不应有线流、漏泥砂，结构背水面可有少量湿渍、流挂或滴漏；</p> <p>总湿渍面积不应大于总防水面积（包括顶板、侧墙、底板）的 3/1000，单个湿渍的最大面积不应大于 0.3m²；</p> <p>任意 100m²防水面积上的湿渍个数不应超过 6 处</p> | <p>不应有线流、漏泥砂，结构背水面可有少量湿渍、流挂或滴漏；</p> <p>总湿渍面积不应大于总防水面积的 6/1000，单个湿渍的面积不应大于 0.3m²；</p> <p>任意 100m²防水面积上的湿渍、滴漏或流挂总数不应超过 6 处；</p> <p>单个滴漏或流挂的渗漏量不应大于 5.0L/d；</p> <p>工程平均渗漏量不应大于 0.2L/m² d；任意 100m²防水面积上的渗漏量不应大于 0.32L/m² d；</p> <p>渗漏水统计应包括湿渍、滴漏或流挂的数量、湿渍面积与渗漏量</p> |

8.1.4 明挖法地下防水工程施工完毕后应下列规定进行检验：

1 底板应在基坑降水撤除之后进行检查，如有渗漏应在底板背水面进行修复治理，直到无渗漏为止。

2 外侧墙检验应符合下列规定：

1) 外侧墙应在雨后观察、检查是否存在渗漏；

2) 如有渗漏应在外侧墙背水面进行修复治理，直到无渗漏为止。

3 顶板蓄水检验应符合下列规定：

1) 顶板应在施工外设防水层之前进行蓄水检验，如有渗漏，应查明原因并在迎水面进行修复治理，治理后对渗漏部位必须重新进行蓄水检验，直至无渗漏方可施工外设防水层。

2) 顶板外设防水层施工完毕后，应进行外设防水层蓄水检验，如有渗漏，应查明原因并在迎水面进行修复治理，治理后对渗漏部位必须重新进行蓄水检验，直至无渗漏为止。

3) 顶板蓄水检验时，可分区筑坝进行蓄水检验，蓄水检验持续时间不应小于 48h，蓄水高度应超过顶板面最高处不小于 30mm。

8.1.5 埋设于地下的蓄水类工程，其验收方法应按现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 的规定执行。

8.2 减缩密实型防水混凝土

8.2.1 减缩密实型防水混凝土分项工程检验验收批的抽样检验数量，应按混凝土外露面积每 100m² 抽查 1 处，每处 10m²，且不得少于 3 处。

I 主控项目

8.2.2 减缩密实型防水混凝土的原材料、配合比及坍落度应符合设计要求。

检验方法：检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

8.2.3 减缩密实型防水混凝土的抗压强度、抗渗性能必须符合设计要求。

检验方法：检查混凝土抗压强度、抗渗性能检验报告。

8.2.4 减缩密实型防水混凝土结构的施工缝、变形缝、后浇带、穿墙管、预埋件等设置和构造必须符合设计要求。

检验方法：观察检验和检查隐蔽工程验收记录。

8.2.5 修补处理后的减缩密实型防水混凝土结构表面不得有可见裂缝。

检验方法：观察、检验处理记录。

II 一般项目

8.2.6 减缩密实型防水混凝土结构表面应坚实、平整，不得有露筋、蜂窝等缺陷；预埋件位置应准确。

检验方法：观察检查。

8.2.7 减缩密实型防水混凝土结构表面的裂缝宽度应符合设计要求，且不得贯通。

检验方法：用刻度放大镜检查宽度，通过对裂缝的正面与对应的背面观察确认是否贯通。

8.2.8 减缩密实型防水混凝土结构厚度不应小于设计要求，其允许偏差应为+8mm、-5mm；主体

结构迎水面钢筋保护层厚度不应小于 50mm，其允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

检验方法：尺量检查和检查隐蔽工程验收记录。

8.3 涂料防水层

8.3.1 涂料防水层分项工程检验批的抽检数量，应按涂覆面积每 100m² 抽查 1 处，每处 10m²，且不得少于 3 处。

8.3.2 涂料防水层质量检验应符合下列规定：

I 主控项目

1 涂料防水层所用的材料及配合比应符合设计要求。

检验方法：检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

2 涂料防水层的平均厚度应符合设计要求，最小厚度不得小于设计厚度 90%。

检验方法：用针测法检查。

3 涂料防水层在转角处、变形缝、施工缝、穿墙管等部位做法应符合设计要求。

检验方法：观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

II 一般项目

4 涂料防水层应与基层粘结牢固，涂刷均匀，不得流淌、起泡、露槎。

检验方法：观察检查。

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

检验方法：观察检查。

6 侧墙涂料防水层的保护层与防水层应结合紧密，保护层厚度应符合设计要求。

检验方法：观察检查。

8.4 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层

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

8.4.2 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层质量检验应符合下列规定：

I 主控项目

1 掺砂浆防水剂的防水砂浆的原材料及配合比应符合设计要求。

检验方法：检查产品合格证、产品性能检测报告、计量措施和材料进场检验报告。

2 掺砂浆防水剂的防水砂浆的粘结强度和抗渗性能应符合设计要求。

检验方法：检查砂浆粘结强度和抗渗性能检验报告。

3 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层与基层之间应结合牢固，无空鼓现象。

检验方法：观察和用小锤轻击检查。

II 一般项目

4 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层表面应密实、平整，不得有裂纹起砂、麻面的缺陷。

检验方法：观察检查。

5 掺砂浆防水剂的水泥砂浆施工缝留槎位置应正确，接槎应按层次程序操作，层层搭接紧密。

检验方法：观察检查和检查隐蔽工程验收记录。

6 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层的平均厚度应符合设计要求，最小厚度不得小于设计厚度的 85%。

检验方法：用针测法检查。

7 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层表面平整度的允许偏差应为 5mm。

检验方法：用 2m 靠尺和楔形塞尺检查。

用词说明

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：
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：
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：
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，采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

- 《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030
- 《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》GB 55032
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 《混凝土结构设计标准》（2024年版）GB/T 50010
- 《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046
- 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086
- 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208
- 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141
- 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476
- 《大体积混凝土施工标准》GB 50496
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《石油化工工程防渗技术规范》GB/T 50934
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《中热硅酸盐水泥低热硅酸盐水泥》GB/T 200
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 《建设用砂》GB/T 14684
- 《建设用卵石、碎石》GB/T 14685
- 《预拌混凝土》GB/T 14902
- 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 《高分子防水材料第2部分 止水带》GB/T 18173.2
- 《高分子防水材料第3部分 遇水膨胀橡胶》GB/T 18173.3
- 《水泥基渗透结晶型防水材料》GB 18445
- 《预拌砂浆》GB/T 25181
- 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178
- 《混凝土结构用钢筋间隔件应用技术规程》JGJ/T 219
- 《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

《预拌砂浆应用技术规程》 JGJ/T 223
《遇水膨胀止水胶》 JG/T 312
《混凝土用复合掺合料》 JG/T 486
《砂浆、混凝土防水剂》 JC/T 474
《聚氨酯建筑密封胶》 JC/T 482
《聚硫建筑密封胶》 JC/T 483
《水性渗透型无机防水剂》 JC/T 1018
《石油化工钢筋混凝土水池结构设计规范》 SH/T 3132
《混凝土面板堆石坝设计规范》 NB/T 10871
《碾压式土石坝设计规范》 NB/T 10872
《水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》 NB/T 10857
《水工混凝土结构设计规范》 NB/T 11011
《混凝土重力坝设计规范》 NB/T 35026
《水工混凝土耐久性技术规范》 DL/T 5241
《水工碾压混凝土施工规范》 DL/T 5112
《水工混凝土施工规范》 DL/T 5144
《水电水利工程锚喷支护施工规范》 DL/T 5181
《混凝土面板堆石坝施工规范》 DL/T 5128
《隧道工程防水技术规范》 CECS 370
《无机水性渗透结晶型材料应用技术规程》 T/CECS 848
《自粘丁基橡胶钢板止水带》 T/CECS 10015

中国工程建设协会标准

混凝土减缩密实防水剂

应用技术规程

T/CECS XXX-202X

条文说明

制定说明

本规程《混凝土减缩密实防水剂应用技术规程》制定过程中，编制组进行了广泛的调查和研究，总结了我国工程建设中混凝土减缩密实防水剂应用的实践经验，同时参考了国外先进技术，通过对混凝土减缩密实防水剂对混凝土防水性能、抗裂性能、自愈合性能的试验研究，取得了混凝土减缩密实防水剂对提高混凝土抗渗性、抗裂性、耐久性及自愈合性能方面的重要技术参数。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《混凝土减缩密实防水剂应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 1 | 总则 | 48 |
| 2 | 术语 | 49 |
| 3 | 基本规定 | 50 |
| 3.1 | 一般规定 | 50 |
| 3.2 | 防水等级 | 51 |
| 3.3 | 减缩密实型防水混凝土结构自防水体系 | 52 |
| 4 | 减缩密实型防水混凝土 | 53 |
| 4.1 | 一般规定 | 53 |
| 4.2 | 原材料 | 53 |
| 4.3 | 配合比设计 | 55 |
| 4.4 | 施工 | 55 |
| 5 | 外设防水层 | 58 |
| 5.1 | 一般规定 | 58 |
| 5.2 | 涂料防水层 | 58 |
| 5.3 | 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层 | 58 |
| 6 | 混凝土结构主体防水设计与施工 | 60 |
| 6.1 | 明挖法地下工程 | 60 |
| 6.2 | 矿山法隧道工程 | 61 |
| 6.3 | 蓄水类工程 | 61 |
| 6.4 | 水利水电工程 | 62 |
| 7 | 细部构造防水 | 65 |
| 7.1 | 一般规定 | 65 |
| 7.2 | 材料 | 66 |
| 7.3 | 施工缝 | 66 |
| 7.4 | 变形缝 | 68 |
| 7.5 | 后浇带 | 70 |
| 7.6 | 穿墙管 | 71 |
| 7.7 | 桩头及抗浮锚杆 | 72 |
| 7.8 | 通道接头 | 72 |
| 7.9 | 坑槽 | 72 |

1 总 则

1.0.2 本条规定了产品的应用范围。

1.0.3 本条规定了实现《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 中第 2.2.2 条的防水工作年限的总性能目标，所采用的在防水混凝土中掺加减缩密实防水剂构成的混凝土结构自防水体系是具有创新性的技术方法和措施，可操作性强，耐久性好，经过有关论证和大量工程案例实际证明，符合现行国家标准《建筑与市政防水通用规范》GB 55030-2022 第 1.0.3 条的规定。

1.0.4 产品应用于混凝土结构自防水地下工程所涉及不同的工程类别、国家标准或行业标准，在使用中除应执行本规范外，还应按所属工程类别符合现行有关国家或行业标准规范的规定。

2 术语

2.1.2 由于构成地下工程主体结构的混凝土需要经过浇筑施工完成，在施工过程中混凝土内部不可避免会形成一些孔隙，混凝土内部的孔隙将变成水渗透的通道，混凝土内部的孔隙主要包括水泥石和骨料间的孔隙、粗细骨料界面的孔隙以及混凝土内部裂隙。形成这些孔隙的内因是水胶比和粗骨料的种类，外因则是混凝土拌合物的和易性、浇筑振捣密实度、硬化混凝土收缩裂缝、使用过程中的腐蚀或外力引起的裂缝等。因此其渗透性主要取决于内部孔隙的数量、形状和尺寸。

在防水混凝土中掺入减缩密实防水剂，搅拌后在混凝土中均匀分布，与水泥矿物成分、水化析出物发生化学反应，生成凝胶体和结晶体，改善集料与胶凝材料的胶结，充分填充混凝土内部孔隙。既能改善混凝土的和易性及泵送性，又能使水泥熟料充分水化，提高混凝土抗裂性，降低早期收缩。当混凝土内部产生微裂缝时，产品活性剂激发混合材料中的活性物质，与水化析出物进行二次水化，进一步使凝胶增多，使混凝土内部的孔隙率进一步下降，细微裂缝自行愈合，少量掺入即可有效阻止水分子渗透，显著提高提升混凝土物理性能、密实性、抗裂性、抗渗性和耐久性。

设计减缩密实型防水混凝土，不仅要考虑其抗渗等级，更重要的是要考虑结构体的抗渗性能。通过降低水胶比、选择渗透性低的岩石骨料、增加水泥用量都能够显著提高混凝土的抗渗等级，但是高水泥用量会增加混凝土收缩开裂风险，反而导致结构抗渗性降低。因此针对混凝土主体结构渗透的原因，采取掺加减缩密实防水剂等外加剂和粉煤灰等矿物掺合料，提高混凝土的密实度、降低收缩开裂风险，是配制减缩密实型防水混凝土的有效措施。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 工程防水基本设计原则应综合考虑工程项目的多样性、环境的复杂性和特殊性，便于确定防水方案的可行性和有效性。

“防”是指地下工程迎水面主体结构采用防水混凝土浇筑，并根据工程的重要性采用其他附加防水措施，使工程具有防止地下水渗入的能力。

“排”是指在地下工程中设置排水措施，避免地下水压对结构的不利影响，或将透过混凝土裂缝、接缝、孔洞等通道产生的渗漏水集中导排。地下工程的排水要根据结构形式和水文地质条件进行设计，并要考虑长期排水可能引起的地基不均匀沉降、荷载变化等后果。

“截”是指在工程所在的地表设置排水沟、截洪沟、导排水系统，将地表水、雨水尽快排走，防止和减少雨水下渗，减少水源进入工程内部的几率。

“堵”是在围岩有裂隙水时，采用注浆或嵌填等方法堵住渗漏水，为后续施工创造有利条件；或在工程建成后对渗漏水部位采用注浆、嵌填、抹面等方法将渗水通道堵塞。

“刚柔相济”中的“刚”主要是指以掺加减缩密实防水剂的混凝土为基础的混凝土结构自防水，变形缝、施工缝、后浇带、穿墙套管等细部节点采用变形能力强的柔性材料相结合的优势，共同发挥作用，以降低渗漏水概率，提升地下工程防水的可靠性。

良好的防水工程是一个综合效果的体现，因此在勘察、设计、施工和运营维护的每个环节，根据工程所处环境的水文地质条件、工程防水要求和耐久性要求，选择适宜的防水措施。

3.1.2、3.1.3 防水设计须从源头抓起，提升防水性能和耐久性能需要从设计理念做起。防水设计原则应以结构自防水设计为基本出发点，“以混凝土自防水为主，因地制宜，综合治理，防排结合”。在实际工程中，往往重视外设防水材料，而轻视防水混凝土自身的耐久性能，造成大量资源浪费。目前大量实际工程方案设计论证和专题技术研讨会，基本达成共识：防水设计的根本在于“钢筋混凝土结构自防水”，这是其他任何防水措施都无法替代的。无论是采用全包防水还是采用局部防水，其最终防水效果都取决于混凝土自身的防水、抗渗、抗裂质量。因此，应当树立以混凝土自防水为防水之本的设计理念，确保防水混凝土达到规定的密实性、抗渗性、抗裂性及自愈性能，才能有效地防水、防腐，从而提高耐久性。

地下工程防水系统在建(构)筑物使用过程中一旦发生渗漏，将严重影响使用功能，并可能影响结构耐久性和安全性，且在进行渗漏水治理时外设防水层难以更换，且维修成本较高，故在勘察、设计、施工、验收和运维各个阶段，应加强科学管理，综合运用材料、工艺、装备等相关技术措施，确保在地下工程结构设计工作年限内，具有预期有效的防水功能。

3.1.4 本条规定了明挖法地下工程、隧道工程、蓄水类工程及水利水电工程防水设计工作年限最低要求。工程防水设计工作年限是指工程防水系统在不需进行大修即可按预定目的使用的年限，是工程防水设计的重要参数和性能目标，影响着防水材料选用和工程防水做法。规定“地下工程

防水设计工作年限不应低于工程结构设计工作年限”，是要求建设工程有关各方提高对防水工程重要性的认识，提升混凝土结构自身耐久性和防水工程的质量水平，使防水设计使用年限应该与结构同寿命。

结构使用寿命是土建工程质量得以量化的集中表现。主体结构设计使用年限在量值上与建筑物的合理使用年限相同。

3.1.5 本条主要强调在主体结构迎水面采用减缩密实型防水混凝土的同时，根据接缝防水设防要求做好细部节点的防水处理。

3.1.6 “干旱少雨地区”是指年均降雨量在 300mm 以内的地区，考虑到这些地区降雨的时间不均衡性（如短时间内的暴雨）、工程竣工后使用过程中周边水环境的变化，以及海绵城市建设中对地下水水位的影响，故强调干旱少雨的同时仍需满足地下丰水期水位长期低于底板标高的条件。所谓“一般环境”是根据现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 划分的结构所处的 I 类环境。同时满足这三个条件时，可在同等防水设防等级的基础上，可适当减少防水设防措施。

3.1.7 根据国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010-2010（局部修订）第 4.1.2 条规定，素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20，混凝土结构垫层一般为素混凝土，故，此处规定混凝土垫层强度等级不低于 C20 的规定。

3.1.8 本条提出减缩密实型防水混凝土采取减少开裂的技术措施。包括以下措施办法：采用优化级配和高品质的骨料，调整水泥及其他胶凝材料种类、细度及用量，使用混凝土抗裂外加剂，控制水胶比(用水量)等配合比设计，合理配筋，控制结构厚度，优化浇筑振捣工艺，减少结构内外温差及加强养护等。

3.2 防水等级

3.2.1 防水等级是采取防水措施的重要指标，由工程防水类别和工程防水使用环境类别共同确定。防水等级是一种等级分类法，是为了便于制定目标、指导并评判防水工程的实施所采用的指标。防水等级具有层级属性，其实质是防水功能的有效性。无论是防水系统预期要实现的目标，还是所采取的防水措施，防水有效性都可以采用可靠度或者防水失效概率进行判定。

3.2.2 地下工程需要考虑地下水、地表水、土壤毛细吸水等的影响，影响地下工程的主要环境条件包括：气候区、降水、土壤类型、土壤中含有的水分、地下水位高度与基础底面高差、地下的腐蚀性介质等。为便于地下工程使用环境类别划分，本规范采用“抗浮设防水位标高与地下结构板底标高高差”为判定条件，划分明挖法地下工程防水使用环境类别。抗浮设防水位是指建筑工程在施工期和使用期内满足抗浮设防标准时可能遭遇的地下水最高水位，或建筑工程在施工期和使用期内满足抗浮设防标准最不利工况组合时地下结构底板底面上可能受到的最大浮力按静态折算的地下水水位。

对蓄水类工程，将冻融环境、海洋氯化物环境、除冰盐等其他氯化物环境、化学腐蚀环境，这些对混凝土结构耐久性不利的使用环境，归为 I 类防水使用环境；将干湿交替环境，定义为 II 类防水使用环境；将长期浸水、长期湿润环境和非干湿交替的环境，定义为 III 类防水使用环境。

当同时存在几类环境作用时，按较高等级执行。

3.2.3 3.2.4 本规程依据《建筑与市政工程防水通用规范》GB 50030-2022条文说明2.0.3条，将工程类型与工程防水功能重要程度划分出更具有可操作性的建筑物、构筑物。有利于设计师根据工程类型可直观的判断工程防水类别。依据工程类型与工程防水功能重要程度将工程防水类别分为甲、乙、丙三类。其中，甲类工程的防水功能重要程度最高，乙类次之，丙类最低。

3.3 减缩密实型防水混凝土结构自防水体系

3.3.1 减缩密实型防水混凝土结构自防水体系是指防水混凝土主体结构内掺减缩密实防水剂，通过优化配筋，采取防裂措施，并对变形缝、后浇带、施工缝等细部构造部位进行防水密封处理，采取施工管控措施，通过精细化的施工管控流程，具有独立防水功能，可不外设防水层的防水体系。

通过本条规定的减缩密实型防水混凝土结构自防水体系全方面管理控制，可保证达到《建筑与市政防水通用规范》GB 55030 中的工程防水设计工作年限总性能目标。

4 减缩密实防水混凝土

4.1 一般规定

4.1.1 减缩密实型预拌混凝土是指由水泥、粗骨料、细骨料、水、掺入的减缩密实防水外加剂以及矿物掺合料等组分按一定比例，在搅拌站经计量、拌制后，在规定时间内运输至施工现场的混凝土拌合物。减缩密实型预拌混凝土采用了先进的工艺技术，专业化生产管理，因此相较于现场搅拌的混凝土，产品质量好，非常适合有较高质量要求的减缩密实型防水混凝土。

4.1.2 地下防水工程中，温度应力引起的冷缩以及混凝土失水引起的干缩是导致防水混凝土产生收缩裂缝的主因。国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496-2018 的 3.0.4 条规定，混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于 50℃，由于减缩密实型防水混凝土对裂缝的要求高于一般大体积混凝土，故本规程规定温升值不宜大于 40℃。

4.1.3 由于地下工程的减缩密实型防水混凝土是承受荷载的结构主体，因此应满足相应的设计抗压强度，而且减缩密实型防水混凝土又作为地下工程防水性能最根本的屏障，需满足抗渗性能要求，才能保证在相应设计条件下的受力性能和防水效果。对处于冻融循环、化学介质环境的防水混凝土，尚应满足相应的耐久性要求。混凝土结构耐久性设计的主要目标，是为了确保主体结构能够达到规定的设计使用年限，满足建筑物的合理使用寿命要求。

4.1.4 本条对在中等及以上腐蚀性介质条件下使用的防水混凝土应采用内掺混凝土自愈型防腐抗裂剂的耐侵蚀性防水混凝土，可以延缓或阻止腐蚀性介质对结构及钢筋的不利影响，又可增加混凝土的抗渗性、自愈性及耐久性。对特殊的腐蚀性条件或工程要求，可进行专项防腐防水设计。

4.1.5 当减缩密实型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。

4.1.6 面板混凝土相对较薄，且承受较大的动水压力，为满足面板混凝土的抗渗性和抗裂性及耐久性，需在面板混凝土中内掺减缩密实防水剂、抗裂剂以提高面板混凝土的抗渗性、抗裂性及耐久性，以满足工程使用要求。

4.2 原材料

4.2.1 目前工程中推荐使用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 规定，硅酸盐水泥混合材料掺量为 0~5%，普通硅酸盐水泥混合材料掺量为 5%~20%，因此混凝土搅拌站使用这种硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥生产防水混凝土时，可以另行掺加粉煤灰和矿渣粉等掺合料。如果没有合格的矿物掺合料，也可以采用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥制备防水混凝土，但是需要通过试验确定抗渗等级达到设计要求。

在受侵蚀性介质或冻融作用时，可以根据侵蚀介质的不同，选择相应的水泥品种或矿物掺合料。研究表明，粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥的耐硫酸盐侵蚀性能优于普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥，在普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥中掺加适量的活性矿物掺合

料能够大幅度提高其耐硫酸盐侵蚀性能。

结块水泥的活性会显著降低，因此配制防水混凝土不得使用结块水泥。不同品种或强度等级的水泥混合使用，会影响混凝土的强度、抗渗性、凝结时间等性能。

4.2.2 矿物掺合料品种很多，主要包括粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、钢渣粉、磷渣粉、石灰石粉、天然火山灰等；使用过程中常常采用两种或两种以上的矿物掺合料按一定比例混合使用，又称复合掺合料。但目前用于配制防水混凝土的矿物掺合料主要是粉煤灰和粒化高炉矿渣粉。低品质粉煤灰、烧失量大的粉煤灰会直接影响混凝土的抗渗性能，因此对其进行限制。

1 粉煤灰的掺量详见国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T50146 和行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 中有关规定。

2 用于水泥和混凝土中的矿渣属于水淬矿渣(将浮于铁水表面的熔渣排出时用水急冷得到的矿渣)。水淬矿渣通过碱性激发能发挥其潜在的水硬性。若将矿渣干燥、磨细达到(400~600)m²/kg 的细度，活性还会进一步增大，一般高于粉煤灰的活性。目前已有比表面积达到 800m²/kg 以上的超细矿渣。中国土木工程协会标准《混凝土结构耐久性设计与施工指南》CCES 01 规定:磨细高炉矿渣的比表面积不宜小于 350m²/kg，但过度磨细的矿渣也不利于控制混凝土的水化热和防裂。依据国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T18046-2017，矿渣作为混凝土的掺合料可按 7d 和 28d 的活性指数分为 S105、S95、S75 三个级别。

4.2.3 泵送减缩密实型防水混凝土的石子最大粒径还应根据输送管的管径决定，其石子最大粒径不应大于管径的 1/4，否则将影响泵送。

不经净化处理的海砂含有大量的氯离子，后者会加速混凝土中钢筋的锈蚀。在没有河砂的条件下，应对海砂进行净化处理后才能使用，海砂的使用应符合现行行业标准《海砂混凝土应用技术规程》JGJ 206 的规定。为保护环境，减少天然河砂资源过度开发，可使用机制砂制备出性能符合要求的防水混凝土。

4.2.4 拌制混凝土用水能够直接影响混凝土拌合物的工作性能和硬化混凝土的力学性能、耐久性。

4.2.5 减缩密实型防水混凝土要起到防水作用，除混凝土本身具有较高的密实性、抗渗性以外，还要求混凝土具备良好的抗裂性。为了防止或减少混凝土裂缝的产生，在配制防水混凝土时加入一定量的减缩密实防水剂，不仅提升了混凝土的防水功能，还有效提高了混凝土的抗裂性和裂缝自愈性能。

4.2.8 本条规定当使用碱活性骨料时，才控制混凝土的碱含量，目的是预防碱骨料反应。使用非活性骨料，没有必要控制混凝土的碱含量。

当混凝土中碱在有水的环境中，遇到碱活性骨料时，可能引起碱骨料反应危及结构的耐久性，故要避免或减少碱骨料反应的发生。当使用活性骨料时，国内外标准对混凝土中含碱量的规定各不相同。一般认为每立方米混凝土中的碱含量不大于 3kg 时，即使使用碱活性骨料，也不会导致碱骨料反应。根据以上资料，本规程规定每立方米防水混凝土中各类材料的总碱量(Na₂O 当量)不得大于 3kg。

氯离子含量高会导致混凝土中的钢筋锈蚀，是影响结构耐久性的主要危害之一。为了减少氯盐的危害，在配制减缩密实型防水混凝土时，首先应严格控制混凝土各种原材料(水泥、矿物掺

合料、骨料、拌合水和外加剂等)中的氯离子含量,本条规定氯离子含量不应超过胶凝材料总量的0.1%。

4.3 配合比设计

4.3.1 混凝土抗渗等级是试验室的试配数值,而混凝土生产和施工过程中的不确定因素会影响其抗渗性能,因此抗渗等级需要提高一个等级(0.2MPa)。即规定试配防水混凝土的抗渗等级比设计要求提高0.2MPa。

4.3.2 1 工程实践证明,配制减缩密实型防水混凝土时,应控制减缩密实型防水混凝土中胶凝材料的总用量不小于 $320\text{kg}/\text{m}^3$,以满足防水混凝土最低抗渗等级P6的最低要求。但是,抗渗等级P6的普通防水混凝土密实性不高,抗渗性和抗裂性较低,干燥收缩较大,混凝土在使用过程中是带裂缝工作,并不完全是自防水的结构,而是具有一定渗透性,不能作为混凝土结构自防水以满足地下工程防水设计工作年限与结构同寿命。因此,在满足最小胶凝材料用量的基础上,掺入一定量的混凝土减缩密实型防水剂,使混凝土在获得所需抗压强度的同时,能获得良好的耐久性、抗渗性、抗化学侵蚀性、抗裂性及自愈合性等技术性能,并可降低成本,节约水泥,减排二氧化碳。

2. 在配置减缩密实型防水混凝土时使用减水剂的情况下,可适当提高砂率,能够改善混凝土拌合物的和易性,进而保证防水混凝土的施工效果;但是砂率太高,会增大混凝土在施工期间的干燥收缩值。砂率为35%~40%时,可以获得效果良好的防水混凝土。对于泵送混凝土,如果粗骨料级配不好,可以适当增加砂率,以保障施工性能。

3. 水胶比是确保减缩密实型防水混凝土抗渗性能的关键技术指标,降低水胶比不仅能够提高混凝土的抗渗性能,而且能够提高混凝土抵抗化学介质腐蚀的能力。

4.3.3 大体积混凝土是指混凝土结构实体最小几何尺寸不小于1m的大体量混凝土,或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土。地下工程底板浇筑时经常会使用大体积混凝土技术。大体积混凝土配合比设计的关键是要通过原材料选择和配合比设计,控制硬化过程中水泥水化放热,避免因结构内部和表面温差过大造成开裂。在使用过程中,应符合现行国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496的有关规定。

4.3.4 与减缩密实型防水混凝土相比,减缩密实型补偿收缩混凝土不仅抗渗性能优越,而且更不容易收缩开裂,其配合比设计的关键指标是限制膨胀率,详见现行行业标准《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178的有关规定。

4.4 施工

4.4.1 减缩密实型防水混凝土施工前应及时排除基坑内的积水,并保证在施工过程中基坑处于无水状态。降雨、地面水的流入以及施工用水的积存都将增大防水混凝土拌合物配合比的水胶比,直接影响混凝土的密实性、抗渗性和抗压强度。

4.4.2 需要严格控制减缩密实型防水混凝土的原材料计量误差,是保证减缩密实型防水混凝土性

能的十分重要的因素之一。

4.4.3 为保证减缩密实型防水混凝土浇筑质量，应清除残留在模板内或垫层上的杂物。现场环境温度过高，干燥的表面会吸附混凝土中的水分，影响混凝土特性，需要洒水降温。现场环境温度指工程施工时，现场实测到的大气温度。

4.4.5 因随意加水将改变原有规定的水胶比，而水胶比的增大将不仅影响混凝土的强度，而且对混凝土的密实性、抗裂性、抗渗性及耐久性影响极大，将会造成渗漏水的隐患。运输、输送、浇筑过程中散落的混凝土，不能保证混凝土拌合物的工作性和质量，所以严禁使用。

4.4.7 为保证减缩密实型防水混凝土的施工质量，要求施工模板接缝拼装要严密，这样才能保证混凝土不漏浆。

4.4.8 现行行业标准《混凝土结构用钢筋间隔件应用技术规程》JGJ/T 219 中规定，用于混凝土结构表面钢筋保护层厚度控制的钢筋间隔件可采用水泥基类、塑料类两大类，其中以水泥基类预制件为主。本条规定使用预制钢筋间隔件，有助于保证混凝土结构钢筋保护层厚度，提高结构的耐久性。

4.4.9 在螺栓上设置止水环或采取其他止水措施，可以显著减少螺栓孔的渗漏。当采用钢板止水环时，止水环高度应大于 30mm，厚度不应小于 3mm，并双面满焊。对螺栓的两头进行封堵，并涂抹防水砂浆，一是保护螺栓，防止免遭锈蚀，二是增加了该部位的防水措施。

4.4.10 漏振、欠振和超振都会严重影响防水混凝土的质量，尤其是漏振和欠振会显著降低减缩密实型防水混凝土的密实度，因此防水混凝土切忌漏振和欠振。与人工插捣相比，机械振捣具有更强的激振力，更能够保证混凝土振捣质量，故减缩密实型防水混凝土应采用机械振捣。

4.4.12 混凝土均匀性是为了保证混凝土的物理性能和力学性能，混凝土浇筑的密实性是为了保证混凝土强度等级及抗渗性。对于每一块浇筑区域最好保证一次连续性浇筑。若因留设施工缝和后浇带分隔后，也因保证每个区域应一次连续浇筑。当施工中因为各种原因不能一次连续浇筑时，间隔时间也尽量缩短，最长时间间隔应保证上层混凝土在下层混凝土初凝前覆盖。

混凝土分层振捣最大厚度应与采用的振捣设备相匹配，以免发生因振捣设备原因而产生漏振或欠振情况。

4.4.14 防水混凝土浇筑完毕后，在初凝前，对混凝土表面进行抹压处理，每次抹面可采用铁板压光磨平两遍或用木楔抹平搓毛两遍的施工工艺，能够有效消除混凝土的塑性收缩裂缝，对于提高混凝土结构的防水性能具有很好的作用。

4.4.15 减缩密实型防水混凝土的养护是至关重要的。混凝土在前 14d 内硬化速度速度快，早期塑性收缩和干燥收缩较大，在这段时间内不能进行有效的保湿养护，易于造成混凝土开裂。减缩密实型防水混凝土养护是补充水分或降低失水速率，防止混凝土产生裂缝，确保达到混凝土各项性能指标的重要措施。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。而水分蒸发会造成毛细管网彼此连通，形成渗水通道，同时混凝土收缩增大，出现龟裂，抗渗性急剧下降，甚至完全丧失抗渗能力。在混凝土初凝、终凝抹面处理后，应及时进行养护工作。若混凝土养护及时，混凝土在潮湿的环境中或水中硬化，能使混凝土内的游离水分蒸发缓慢，水泥水化充分，水泥水化生成物堵塞毛细孔隙，因而形成不连通的毛细孔，提高混凝土的抗渗性。

覆盖养护可采用塑料薄膜、麻袋、草帘等进行覆盖；喷涂养护剂养护是通过养护液在混凝土

表面形成致密的薄膜层，以达到混凝土保湿目的。洒水、覆盖、喷涂养护剂等养护方式可单独使用，也可同时使用。

4.4.17 进行冬期现浇混凝土施工时，应采取一定的技术措施。因为环境温度为 4℃时，混凝土强度的增长速度仅为 15℃时的 1/2。当环境温度降到-4℃时，水泥水化作用基本停止，混凝土强度也停止增长。水冻结后，体积膨胀 8%~9%，使混凝土内部产生很大的冻胀应力。如果此时混凝土的强度较低，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。

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

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

蒸汽加热法和电加热法，由于易使混凝土局部热量集中，故不宜在现浇防水混凝土冬期施工中使用。

5 外设防水层

5.1 一般规定

5.1.1 本条规定的外设防水层以水泥基为主要成分的防水材料，其与主体结构减缩密实型防水混凝土具有很好的相容性，且使用年限能够与主体减缩密实型防水混凝土结构相匹配。

5.1.2 应在主体混凝土自防水结构施工完毕且蓄水验收合格时，再施工外设防水层。外设防水层施工完毕后，应严格控制结构顶板遭受堆载、上车等重型荷载作用，外荷载会导致施工好的外设防水层及混凝土自防水结构产生次生漏水裂缝，

侧墙外设防水层施工完毕后，应及时回填土。回填土能够对外设防水层起到保温、保湿及保护作用，避免外设防水层失水干缩或受外荷载作用开裂失效。

5.1.4 无机水性渗透结晶防水材料、掺加砂浆防水剂水泥砂浆防水层及外涂型水泥基渗透结晶型涂料防水层属于刚性防水材料，无需设置保护层，减少施工工序、缩短施工工期。

5.2 涂料防水层

I 材料

5.2.2 柔性防水材料由于强度和刚度不高，只能施作于防水混凝土的迎水面。刚性外设防水层其自身具有很好的强度和刚度，因此既可以施作于防水混凝土的迎水面，也可以施作于防水混凝土的背水面。

5.3 掺砂浆防水剂的水泥砂浆防水层

I 材料

5.3.1 预拌砂浆是指专业生产厂生产的湿拌砂浆或干混砂浆。

5.3.3 根据现行国家标准《预拌砂浆》GB/T 25181-2010 的规定，对湿拌防水砂浆按稠度可分为 50mm、70mm、90mm；按凝结时间可分为 $\geq 8h$ 、 $\geq 12h$ 、 $\geq 24h$ ；按强度等级可分为 M10、M15、M20；按抗渗等级可分为 P6、P8、P10；拉伸粘结强度（14d）不小于 0.2MPa，收缩率（28d）不大于 0.15%。

5.3.4 掺砂浆防水剂的砂浆防水层自身具有很好的强度和刚度，既可以施作于防水混凝土的迎水面，也可以施作于防水混凝土的背水面。

II 施工

5.3.10 掺加砂浆防水剂的防水砂浆具有更低的孔隙率，防水性能也比普通水泥砂浆效果好很多，

而且工艺比较简单。

5.3.11 施工过程中二次加水会增大砂浆的水灰比，降低防水砂浆的抗渗性和抗裂性。

5.3.14 充分养护可以保证砂浆的防水性能。温度低于 5℃后，防水砂浆凝结时间长，固化慢，容易失水干裂，甚至可能引起表面起砂，影响防水性能。

6 混凝土结构主体防水设计与施工

6.1 明挖法地下工程

I 设计

6.1.1 本条规定采用减缩密实型防水混凝土结构自防水体系，从设计、施工、验收和运维各个阶段科学管理，应用新工艺、新技术，可确保在地下工程结构设计工作年限内，具有预期有效的防水功能。

6.1.3 工程实践证明，在防水混凝土内掺减缩密实防水剂形成的减缩密实型混凝土结构自防水体系，具有更好的抗裂性、抗渗性、自愈性和耐久性。可满足结构地下一级防水“不允许渗水，结构表面无湿渍”的要求。保障了混凝土后期强度的发展。确保在地下工程结构设计工作年限内，地下工程防水功能的有效性。无需再多道设置外设防水层造成浪费，满足国家建设环境工程保护、卫生健康、材料资源节约和合理利用等相关规定。是具有创新的技术方法和措施，并经过了有关论证及实际工程案例验证，符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030-2022 第 1.0.3 条的规定，能够达到相应的工程防水工作年限总性能目标要求。是现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030-2022 规范的补充。

6.1.5 地下工程主体混凝土结构中钢筋密布，对混凝土的抗渗性有不利影响，为确保地下工程主体结构自防水效果，故将地下工程防水等级为一级、二级结构主体防水抗渗等级定位不小于 P8。

6.1.6 1 本条规定与现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030-2022 规定一致。

2 防水混凝土结构达到一定的厚度才能有效阻止地下水渗透并承受荷载作用，故规定“防水混凝土结构厚度不应小于 250mm”。本条规定与现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008 和《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030-2022 规定一致。

3 一般情况下，防水混凝土内掺减缩密实防水剂后，宽度小于 0.2mm 的地下工程裂缝可以自行愈合，所以本条规定地下工程减缩密实型防水混凝土迎水面的裂缝宽度不得大于 0.2mm，并不得贯通，可以满足结构地下一级防水“不允许渗水，结构表面无湿渍”的要求。

国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T50476-2019 第 3.5.5 条规定“有自防水要求的混凝土构件，其横向弯曲的表面裂缝计算宽度不应超过 0.20mm”。混凝土结构的表面裂缝最大宽度的计算值 0.2mm 可根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的相关公式计算。

4 钢筋保护层厚度是从混凝土表面到钢筋（包括纵向钢筋、箍筋和分布钢筋）公称直径外边缘之间的最小距离，与《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T50476 的规定一致。

6.1.7 外贴式止水带在顶板处无法设置，可采用防水卷材或防水涂料附加层替代并与侧墙上外贴式止水带连接。

表中“外贴防水卷材或外涂防水涂料”指接缝处的防水附加层。中埋式止水带包含中埋式橡胶止水带、中埋式钢边橡胶止水带、自粘丁基橡胶钢板止水带、镀锌钢板止水带等。

6.1.8 设置耐根穿刺防水层的目的是为了为了保护柔性防水层，避免植物根系穿刺柔性防水层，使外设柔性防水层失效。由于减缩密实型自防水混凝土结构内部的 PH 值大于 12，属于高碱性环境，植物根系在此高碱性环境中无法生存，因此采用减缩密实型混凝土结构自防水体系，外设防水层采用水泥基刚性防水材料时，无需再设置柔性耐根穿刺层防水保护措施。

6.1.9 本条规定回填土压实系数是为了保证填土与地下室外墙之间的有效接触，增加土堆基础的约束作用，增加基侧土对地下结构的阻抗，有利于增加侧墙防水的有效性。因此，要求地下室四周回填土应均匀分层夯实。

6.1.10 回填密实程度与回填土的质量和级配有很大关系，因此对回填土质也提出了相应的要求。具有一定密实性的回填层是良好防水工程的有力保障，有利于阻挡降水对地下工程防水的影响。疏松的回填不仅没有防水作用，还使得肥槽形成积水，成为一个贮水区。为此本条规定在回填土范围 800mm 以内宜采用灰土、粘土、粉质粘土等回填，考虑到有的地区取土困难，可采用原土，但不得夹有石块、碎砖、灰渣及有机杂物等，也不得使用冻土回填。

6.1.11 顶板会因降雨或浇灌形成的滞水，对顶板防水不利。应通过设置排水层，将覆土中积水排至周边土体或建筑排水系统中。

6.2 矿山法隧道工程

I 设计

6.2.1 为了提高隧道防排水质量，隧道工程的防水应通过各个环节和道工序的控制和配合，形成一个完整的防排水体系，以达到排堵结合，综合治理的目的。

6.2.6 为加强二次衬砌施工缝和变形缝部位接缝防水措施，在接缝部位结构断面内和结构表面两方面应采取的防水措施。其中，中埋式中孔型橡胶止水带应为变形缝密封防水优先选用的措施。

6.2.8 注浆材料宜采用水泥—水玻璃双液注浆，围岩富水地段注浆材料中宜掺加适量的减缩密实防水剂进行双液注浆。

6.3 蓄水池工程

I 设计

6.3.1 本规范中蓄水类工程包括了建筑工程、市政给水排水工程、消防、环境工程、园林景观工程中的各类混凝土、砌体、土工结构水池或填埋场等，不包括大型水利蓄水工程的水库、水坝和塘堰。

减缩密实型防水混凝土是混凝土蓄水类工程防水中重要的一道防线，设计中应首先注重结构自防水的设计要求，再辅以其他防水措施。

本条规定了减缩密实型防水混凝土的设计抗渗等级、混凝土结构构件厚度、最大允许裂缝宽度和最小钢筋保护层厚度等减缩密实型防水混凝土基本要求。当水池结构顶板承受水压时，顶板厚度不应小于 250mm 的规定。

6.3.2 对于蓄水水质有卫生要求的地下混凝土结构水池，为避免水渗漏入池内而影响蓄水水质，应在池外壁增设防水层。对于无水质要求的混凝土结构水池，防水的目的是阻止池内水向外渗漏，因此应在内壁设置防水层即可。对于超高水压的特殊水池，应结合具体工程情况对防水材料的耐水压性能提出要求。

6.3.6 抗浮稳定验算应包括整体抗浮与局部抗浮。当水池内设置中间支承结构时，由于抗浮力分布不均匀，分布在底板下的地下水浮力有可能使单独的支承结构发生轴向上移，从而造成底板与顶板开裂。为此，本条规定须验算支承区域内的局部抗浮，以保证安全。另外，本规程虽明确了池内盛水为永久荷载，但在抗浮验算时应考虑放空情况，即不考虑池内盛水。

6.3.8 在水池池壁的拐角和与顶、底板的交接处，由于应力集中而设置腋角，以改善其受力状态，并规定了构造钢筋的大小与间距。

6.4 水利水电工程

I 设计

6.4.1 地下厂房包括主厂房及副厂房、主变压器室及变副厂房，地下洞室包括进厂交通洞、通风兼安全洞、母线洞、出线洞等。输水系统隧洞包括引水隧洞和尾水隧洞。大坝包括心墙堆石坝和面板堆石坝。

6.4.2 水利水电设计抗渗等级是依据《水工混凝土结构设计规范》NB/T11011 及《水工混凝土试验规程》SL352 的相关要求，对水利水电工程应满足行业的设计要求。

6.4.3 由防水混凝土和外设防水层共同构建的地面厂房地下室、地下厂房工程防水系统，在建筑物使用工程中一旦发生渗漏，将影响使用功能，并可能影响结构耐久性和安全性，且在进行渗漏水治理时，外设防水层难以更换，且维修成本非常高。本条规定是要求建设工程有关各方提高对防水工程重要性的认识，在勘测、设计、施工、验收和运维各个阶段，加强科学管理，综合运用材料、工艺、装备等相关技术措施，确保在地下工程结构设计工作年限内，具有预期有效的防水功能。

6.4.4 对于水利水电类地下厂房工程的岩壁渗漏水通常采用以排水廊道及排水幕的“排”为主。在环绕地下厂房、主变洞和尾闸洞周边设置三层排水廊道，并在上下层排水廊道之间设置竖向排水幕，以降低厂房边墙和顶拱的地下水位；在排水幕后厂房边墙和顶拱设置短排水孔，将洞室周围的渗水引排至排水廊道内。厂房渗漏水经底层排水廊道汇集至渗漏集水井，集水井上游侧设有排水支洞与底层排水廊道相接，再经主厂房安装场上游侧设有一条竖井内的排水钢管用水泵抽至顶层排水廊道。抽至顶层排水廊道后，由自流排水廊道自流至厂外。地下厂房各层沿岩壁四周设置排水沟，将各层地面排水排入由排水沟、地漏和排水管等组成的排水系统。将渗漏水与各层地面排水合为一个系统，工程防水需要综合排水和防水的要求，做到以排为主、防排结合，一般需要采取多种措施综合实施。

6.4.5 第 1 条现行强制性工程建设规范《混凝土结构通用规范》GB55008 规定，钢筋混凝土结构构件的混凝土的强度等级不应低于 C25。第 2 条根据相关研究表明，一般情况下宽度小于 0.2mm

的地下工程裂缝多数可以自行愈合，所以本条规定地面厂房地下室、地下厂房工程防水混凝土迎水面的裂缝宽度不得大于 0.2mm，并不得贯通。

6.4.6 隔离层可采用水泥基渗透结晶型防水涂料、聚氨酯防水涂料、聚合物水泥防水涂料等。

6.4.7 在严寒与寒冷地区进厂交通洞、通风兼安全洞路面易结冰。进厂交通洞作为车辆及行人的主要通道，通风兼安全洞作为通风与人员疏散的通道。路面结冰后摩擦系数较小，给行车及行人交通带来风险，严重的影响交通洞的正常运行，甚至会导致交通事故；排水沟结冰造成沟渠堵塞、排水不畅，进一步加剧路面积水冻结成冰；顶拱渗水形成的悬挂冰柱带来高空坠落危险，对下部通行的车辆及行人带来风险；边墙渗水附着管线结冰，可能会对管线带来损害等，严重时会导致发生安全事故，故而建议采取相应的加强措施。

6.4.8 第 2 条现行强制性工程建设规范《混凝土结构通用规范》GB55008 规定，钢筋混凝土结构构件的混凝土的强度等级不应低于 C25。

6.4.9 二次衬砌施工缝是渗漏水的高发部位，为加强防水效果，应在初期支护表面无线状流水的条件下施工二次衬砌减缩密实型防水混凝土。

6.4.10 二次衬砌拱顶部位混凝土施工时因重力作用，使得防水层与混凝土之间普遍存在空隙，无法粘结密实，致使顶拱部位渗漏水滴落。为防止此处积水而导致的渗漏，应在防水层与二次衬砌之间设置注浆并填充密实。

6.4.11 输水系统分为引水系统和尾水系统两部分。引水系统主要建筑物包括上水库进/出水口、引水事故闸门井、引水调压室、引水隧洞、高压管道（主管、钢筋混凝土岔管、支管）。尾水系统主要建筑物包括尾水支洞、尾水事故闸门室、尾水混凝土岔管、尾水调压室（含尾调通气洞）、尾水隧洞、下水库进/出水口（含尾水检修闸门井）等。考虑到经济性，引水隧洞和尾水隧洞普遍采用钢筋混凝土衬砌，为了提高其抗渗性能，宜采用减缩密实型混凝土结构自防水体系。

6.4.12 目前水利水电类堆石坝采用混凝土为主要材料，为了提高大坝的抗渗性能，宜采用减缩密实型混凝土结构自防水体系。

6.4.13 第 2 条 大坝是一个项目的最重要工程之一，从安全角度考虑，尤其作为常规水电站，大坝的安全关乎国计民生，从而对抗渗等级提出了更高的要求。

第 5 条考虑到我国幅员辽阔，参照《民用建筑热工设计规范》GB50176,包括严寒、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖、温和地区 5 个气候区。对于温和地区抗冻等级指标可以适当降低。

6.4.15 混凝土心墙坝是指大坝中间起抗渗防水作用的混凝土结构，混凝土心墙上、下游坝壳用砂砾石或堆石等透水料，心墙与坝壳间设砂砾石过渡层。

6.4.16 整个地下厂房的渗漏水，全部汇集到渗漏积水井，即使采用减缩密实型混凝土结构自防水体系后，仍需要按原设计规模进行，从一定程度上可减少渗漏积水井内水泵的运行与维护的周期与成本。

II 施 工

6.4.17、6.4.18 对于地下厂房工程由于开挖高度一般在 50~60 米之间，故需要及时地进行喷混凝土和锚杆的施工，以确保安全文明施工。喷混凝土和锚杆的施工应在初期支护结构基本稳定，并经

隐蔽工程检验合格后进行施工。初期支护基层表面应平整、无尖锐凸起。

6.4.19 对于水利水电地下厂房工程机电设备荷载差异大、机组体型比较复杂，工艺要求比较高，开挖高度比较高，故需要进行结构的差异沉降控制。

6.4.20 1 当基层表面有杂物、积水时，应采用压力水（风）冲洗表面积水及疏排裂隙渗漏水等；

3 本条给出了喷射混凝土常规的施工工艺，如有其他特殊要求时，另行论证确定；

4 分层喷射时，后一层应在前一层混凝土终凝后进行，若终凝 1h 后再行喷射，应先用风水清洗喷层表面；

7 如发现脱落的喷层或大量回弹量被钢筋网“架住”，必须及时清除，不得包裹在喷层内；

7 细部构造防水

7.1 一般规定

7.1.1 施工缝留设位置应在设计阶段宜留在结构受力较小且便于施工的位置。在混凝土浇筑过程中不得随意变更位置，需要变更位置时，缝留设位置应经设计单位确认。

7.1.2 为保证新老混凝土充分结合，在已硬化的混凝土表面上继续浇筑混凝土前，应充分湿润施工缝，且避免施工缝积水。先浇混凝土强度应达到 1.2MPa，是确保不损坏先浇部分的混凝土。

7.1.3 主体结构的底板、外墙和顶板部位的竖向施工缝的留置，宜与后浇带或变形缝相结合，以适应环境温度变化、混凝土收缩、结构不均匀沉降等因素影响。

7.1.4 设置变形缝的目的有四个方面：一是将不同沉降差异结构单元进行分开；二是将连续结构长度控制在一定的范围内，以减少混凝土收缩总量；三是分割超长结构，以减少由结构不均匀沉降造成的开裂；四是先后施工的两个结构，由于间隔时间较长而设计的施工工艺留缝，这种留缝也有调节沉降差异，减少混凝土收缩裂缝的作用。变形缝是地下防水工程中最为薄弱的部位，后期出现渗漏的可能性较大，所以在满足密封防水的前提下，还应满足构造合理、工

7.1.5 由于变形缝防水工艺比较复杂，出现渗漏的机率较高，维修难度大，因此建议少设变形缝。

沉降变形缝设置主要考虑到缝两侧结构地基方案的不同，地基承载力差异较大，产生不均匀沉降差。可通过采取不同地基处理方案来调整基础沉降差异，提高结构刚度等措施，减少或取消沉降变形缝的设置。

伸缩变形缝防水措施施工难度较大，措施复杂，工程项目工期紧张的情况下，一旦某一个措施施工不到位，就会引发渗漏风险。因此，尽可能减少变形缝的设置。如采取后浇带、诱导缝、跳仓法施工等措施，以取消伸缩缝或延长伸缩缝的间距。

7.1.6 变形缝处由于要设置中埋式止水带等防水措施，属于薄弱部位，在过薄的混凝土板中埋置中埋式橡胶止水带，可能会造成局部混凝土开裂，容易产生渗漏风险。故本条规定变形缝处混凝土结构厚度不小于 300mm。但当变形缝背水面安装可卸式止水带时，因预埋角钢嵌入混凝土，会减少混凝土厚度，但不应小于 250mm，此部位可局部增加混凝土厚度。

7.1.7 诱导缝也称控制缝、引导缝，现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 中明确，引导缝是采取弱化截面的构造措施，引导混凝土裂缝在规定的部位产生，并预先做好防渗、止水等措施。

诱导缝设置在多地震国家已普遍采用，是减少结构裂缝的措施之一。我国对诱导缝防水没有明确的标准规定，部分工程设置的诱导缝，在起到诱导裂缝的同时也出现渗漏水。设置诱导缝的目的是将结构混凝土可能发生的无规则开裂，引导至设计的部位，同时预先采取防水措施，控制诱导缝位置开裂后不会出现渗漏水现象。

7.1.8 后浇带应在两侧混凝土变形稳定后施工，混凝土收缩变形一般在 42d 龄期后才能稳定，条件许可时，间隔时间越长越好。

高层建筑后浇带的施工应按规定时间进行。现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规范》JGJ 3 中提出，混凝土的收缩需要相当长的时间才能完成，一般 45d 后收缩大约可以完成 60%。高层建筑一般是按上部结构、基础与地基的共同作用进行变形计算，其计算值不应大于地基变形允许值；必要时，还需要分析预估建筑物在施工期间和使用期间的地基变形值。测定建筑地基沉降量、沉降差及沉降速度，是一种十分直观的方法。一般情况下，若沉降速度小于 0.01m/d~0.04m/d，可以认为已进入稳定阶段，具体取值宜根据各地区地基土的压缩性确定。当工程需要提前浇筑后浇带，应采取有效措施，并取得设计单位同意。比如现行行业标准《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178 中规定“当后浇带两侧混凝土采用补偿收缩混凝土时，后浇带施工时间可提前到 28d 或更早”。

7.1.9 接缝防水是防止面板坝渗漏水的关键技术之一，应形成连续的止水封闭系统。

7.2 材 料

7.2.1 自粘丁基橡胶钢板止水带主要有镀锌钢板、不锈钢板、铝板等金属材料作芯材，厚度为 0.5 mm~0.8mm，止水钢板双面涂覆自粘丁基橡胶，单面厚度约为 2 mm~3mm。也有用树脂板作为芯材的止水带，主要材质有聚乙烯板、乙烯-醋酸乙烯板等，厚度为 0.8 mm~1.2mm。

自粘丁基橡胶钢板止水带是在一定宽度（100mm~300mm）和厚度（0.4mm~1.0mm）的镀锌钢板上，双面包覆未硫化丁基橡胶（自粘），再在外面包覆可多次剥离的隔离膜构成。

7.2.2 镀锌钢板止水带是比较传统的防水作法，应用广泛。

7.2.5 遇水膨胀止水胶是一种单组分、无溶剂，性状为无定型膏状。采用专用注胶枪挤出后粘贴在施工缝表面，固化成型后的断面尺寸为（8~10）mm×（18~20）mm，固化后遇水膨胀的聚氨酯类建筑密封胶，具有双重密封止水功能。当水进入接缝时，利用橡胶的弹性（以压缩应力止水）和遇水膨胀体积增大（以膨胀压止水）填塞缝隙，起到止水作用。可应用于不规则的基面接缝防水，且施工简便，可操作性强。

7.2.6 施工缝预埋注浆系统是指混凝土结构施工时，利用预先埋设好的不易变形注浆管系统，向设定在结构外表面的导浆管端口注入浆液，浆液固化后密封接缝区域缝隙和孔洞。**7.2.7** 本条给出了一些常用止水带的形式，中孔形状可以做成椭圆，也可以做成矩形等多种形式，具体工程可根据需要，对橡胶止水带进行专项设计。

现行国家标准《高分子防水材料第 2 部分 止水带》GB/T 18173.2 中 B 型产品适用于变形缝止水带，S 型产品适用于施工缝止水带。用于超前止水后浇带的止水带属于临时止水功能，现行国家标准《高分子防水材料第 2 部分 止水带》GB/T 18173.2 规定的 B、S 类材料均可使用。

7.3 施 工 缝

7.3.2 当混凝土坍落度较小时，施工缝位置高出底板 300mm 部分的墙体混凝土容易振捣密实。当采用坍落度较大的流态泵送混凝土时，同时浇筑底板（楼板）和高出底板 300mm 以上的外墙，流态混凝土会从吊模底部流出。因此，现场大多数情况下不进行振捣，导致底板（楼板）与外墙的阴角处，出现蜂窝、麻面和烂根现象，渗漏情况更加普遍，故允许施工缝位置可留设在结构底

板表面处，难免此处渗漏情况发生。本条墙体施工缝留设位置与底板结构上表面的距离为 0mm~300mm，符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666 的规定。

7.3.3 本条列举了水平施工缝防水的基本构造形式。

1 自粘丁基橡胶钢板止水带现场施工时，将其固定在施工缝中，剥离浇筑区域的隔离膜，然后浇筑混凝土。利用自粘丁基橡胶的柔性和与混凝土中胶凝材料之间的离子反应，实现（橡）胶-胶（胶凝材料）界面的粘结，加上中部钢板的止水作用，达到混凝土施工“冷缝”的密封。相比于传统镀锌钢板止水带，其施工的便捷性和密封的可靠性都得到了显著提升。

2 当采用腻子型遇水膨胀止水条时，应在先浇筑混凝土初凝前在表面上用木楔预留一道沟槽，拆模养护到龄期后，将腻子型遇水膨胀止水条的一半固定在槽内。如未预留凹槽，则可在基层表面剔凿干净后嵌填遇水膨胀止水胶。遇水膨胀止水胶可单一使用，也可双道使用，也可以在两道遇水膨胀止水胶中间设置预埋注浆管。

现场腻子型遇水膨胀止水条搭接有上下搭接、对接、平行错搭等方式，为避免止水条的搭接不恰当，引起施工缝渗漏，故本条推荐腻子型遇水膨胀止水条的搭接宜采用平行错搭方式，平行错搭即止水条的搭接部位在同一水平面内平行搁置。

3 预埋注浆管是指在混凝土浇筑时，在施工缝位置预先埋设注浆管布置系统的一种接缝防水措施，可单独使用，或与中埋式止水带配合使用。也可与遇水膨胀止水条（胶）配合使用，设置在两道遇水膨胀止水条（胶）中间。

4、5、6 侧墙结构迎水面的施工缝处设置附加防水层时，以缝为中心对称涂刷外涂型水泥基渗透结晶型防水材料、防水涂料或聚合物水泥防水砂浆，所用材料应与侧墙所用防水材料相匹配。

7.3.4 本条规定了施工缝采取预埋注浆管系统作为一种防水措施时的注浆时机。施工缝注浆时，如果混凝土结构尚未稳定，容易破坏结构，注浆效果不理想或起不到预期的效果，所以本条明确要求施工缝注浆应待结构基本稳定和混凝土达到设计强度后进行，同时宜在结构装饰施工前进行。

7.3.5 水平施工缝混凝土粗糙表面存在的浮浆、浮渣、疏松石子等杂质较多，配筋较密，如不清理干净，后浇混凝土在此处容易出现烂根问题，从而导致施工缝防水失效。

水平施工缝界面处理是将先浇混凝土用钢丝刷将表面浮浆、浮渣、疏松石子等杂质剔除，边刷边用水冲洗干净，并保持湿润，涂刷外涂型水泥基渗透结晶型防水材料或混凝土界面处理剂，在浇筑混凝土前，再铺 30mm 厚的水泥砂浆结合层，可使新旧混凝土结合的更好。

如遇埋置较深的地下工程侧墙水平施工缝难以铺设水泥砂浆结合层时，可凿毛后，直接涂刷界面处理剂或外涂型水泥基渗透结晶型防水材料。

7.3.6 施工缝用中埋式止水带施工时，应注意以下问题：1）止水带埋设位置不准确：防水构造要求止水带在结构主断面应居中，且缝上下各为止水带宽度的二分之一；2）止水带固定不牢靠：固定止水带时可采用短钢筋、薄钢板或铁丝，将其与钢筋骨架焊牢或绑牢；3）钢板止水带接头采用焊接连接时，应满焊。当焊接过程中接头处镀锌层损坏时，要采取措施进行修补，保证其防水功能。目前常采用环氧富锌防腐涂料进行修补。

7.3.7 遇水膨胀止水条施工前，应在施工缝表面预留凹槽。水平施工缝处用木条在混凝土初凝后进行压槽；垂直施工缝可采用端模表面固定木条、橡胶条等方式。并应牢固地安装在缝表面或预留凹槽内，并与施工缝基面密贴。止水条宜在结构主断面居中敷设，当不能居中敷设时，距混凝土

土边缘距离不应小于 70mm，目的是避免止水条在完全封闭的状态下，因其遇水产生体积膨胀，造成后浇混凝土结构的开裂或局部破损。已经遇水膨胀的部位应割除，并重新安装止水条。

7.3.8 施工前应预先将混凝土表面凿毛处理，涂刷混凝土界面处理剂或外涂型水泥基渗透结晶型防水材料后，方可施做止水胶。如外涂型水泥基渗透结晶型防水材料发生粉化，需及时清理干净并重新涂刷，保证基面与止水胶的粘结效果。在止水胶附近进行焊接作业时，应对止水胶进行覆盖保护。雨季施工时，止水胶一旦出现破损部位或提前膨胀的部位，应割除，并在割除部位重新粘贴止水胶。

7.3.9 施工缝处采用预埋注浆管系统时，导浆管与注浆管的连接需牢固、严密，注浆之前应对导浆管末端进行封闭，以免杂物进入导管产生堵塞，影响注浆效果。注浆管指全断面注浆管，采用专用固定件固定在施工缝表面，并每隔 5m~6m 两端各引出一根注浆导管。

安装注浆管的施工缝表面应坚实、平整，不得有浮浆、油污、疏松、空洞、碎石团等，否则应予以清除。安装注浆管范围的基层应保持平整，必要时采用防水砂浆进行局部找平，以确保注浆管任何部位均与施工缝表面密贴，应确保注浆管不得有悬空部位。注浆管的固定间距宜为 200mm~300mm，固定应牢固、可靠。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。

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外部的长度不宜小于 150mm；注浆导管引出端应设置在方便注浆操作的位置。注浆导管任意部分均不得出现挤扁或直弯，以免影响浆液的流动，导管开孔端应进行临时封堵，以免异物进入。

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。

7.4 变形缝

7.4.2 控制变形缝的沉降差值及水平张开量主要是为了防止中埋式止水带被拉坏。当变形缝发生拉伸或沉降时，中埋橡胶止水带中孔被拉变形，当超过中孔变形量后，止水带橡胶就处于弹性拉应力状态，长期应力状态下的橡胶止水带很容易加速破坏。侧墙及转角部位同时存在沉降与水平拉伸变形时，止水带受到了剪切和拉伸力，使得圆孔扭曲拉伸，止水带容易被剪拉破坏。

7.4.3 变形缝承担着适应沉降、热胀冷缩等变形的功能。变形缝的张开量受混凝土收缩及温差等因素影响，结构越长，变形总量越大。止水带会承受水压力而拉伸，当超过变形缝宽度时，止水带会被拉裂破坏而漏水。缝宽过窄，止水带定心孔过小而不能发挥其变形调节作用。故应根据变形缝的宽度设计合适的中埋式止水带。在变形缝内设置中埋式中孔型橡胶止水带，其适应变形的机理是中间的定心孔变形调节。

7.4.4 随着地下空间的开发利用，地下空间规模越来越大，调节沉降和伸缩用的变形缝在地下工程中的运用较为普遍。由于变形缝防水技术要求高，施工难度大等原因，其渗漏成为地下工程的主要质量通病之一。

中埋式止水带宽度：常用中埋式止水带有中埋式橡胶止水带和中埋式钢边橡胶止水带两种，一般宽度为 350mm~400mm。埋入混凝土中的止水带，不会因为埋入越长而止水效果越好，所没

必要太宽。而且埋入混凝土中的橡胶止水带会影响局部混凝土受力。因此，埋入混凝土中的长度以不被拉出，而且有一定界面长度，以延长渗水路径为原则。

外贴式止水带：底板外贴式止水带通常用钉子固定在垫层上或防水层表面，混凝土直接浇筑在其上面。侧墙外贴式止水带固定在外墙外模板上，拆模后嵌入混凝土中。在顶变形缝部位，外贴式止水无法采用预先安装或后嵌入的方法安装止水带，所以外贴式橡胶止水带不可以在顶板部位使用。

侧墙的外贴式止水带到顶板面时有二种方法收头。当有上部结构时（附建式），外贴式止水带一直延伸至上部结构墙面，并高出室外地面 500mm 终止，上部结构外墙变形缝盖板压在外贴式止水带上，形成顺水搭接。当地下室上部无结构时（单建式），外贴式止水带到顶板面齐断，无论顶板变形缝迎水面采用卷材防水还时采用密封胶嵌缝防水，外贴式止水带与中埋式止水带之间的空隙应采用密封材料进行封堵，形成止水堵头。

当底板采用外贴式止水带而侧墙迎水面采用密封胶或防水卷材防水时，也存在相同问题。底板外贴式止水带应在侧墙或底板以上收头。当底板有外挑时，底板外贴式止水带上翻至外挑底板面平齐；当无底板外挑时，止水带到底板与墙板的水平施工缝止。

迎水面防水：变形缝迎水面防水是比较复杂的问题，底板、侧墙、顶板的防水方法不能连贯通用，这样就涉及不同材料之间的衔接问题，一旦衔接部位进水，会造成整个迎水面防水失败。

用于变形缝的外贴式止水带宽度通常为 350mm~400mm。当变形缝宽度不大于 30mm 时，可在迎水面缝内嵌填密封胶。过宽的变形缝意味着承受更大的水压，在拉力和大水压作用下，密封胶容易与基面脱开，而且过宽的缝需要填入大量的密封材料，性价比不经济。

7.4.5 5 止水带安装固定如不准确，将造成中孔埋入混凝土中，结构变形时，空腔无法起到适应变形拉伸的作用；

6 为防止混凝土施工造成止水带位置偏移，可采用在止水带边缘用扁铁夹持，并将扁铁与结构钢筋电焊固定等方法进行固定。水平安装的止水带在混凝土浇筑时，可能出现止水带下面混凝土空穴现象，若采用盆状安装方式，混凝土施工时可将止水带下方的气体排出，使止水带与周边混凝土粘结密实；

7 变形缝两边混凝土施工时，中埋式止水带的固定比较困难，设置端模的作用一是保证混凝土的密实性，二是固定止水带，保证止水带处于中心位置；钢边橡胶止水带固定相对方便一些，中埋式橡胶止水带需要通过通长扁钢条固定在结构钢钢筋上。

10 安装完毕的止水带如出现破损时，橡胶类止水带可在破损部位粘贴未硫化橡胶片热硫化焊接或丁基橡胶防水密封胶冷粘的方法进行修补；

11 采用热硫化的焊接方法，能较好地保证橡胶止水带接头质量。热硫化焊接的方法可在工厂完成，也可将焊接设备运至现场对接。当采用现场对接方式时，一定要焊接密实；

12 由于橡胶有一定的厚度，需要适当的弯折方法，中埋式、外贴式和可卸式止水带都应根据使用部位，采用不同的转角方式。

7.4.6 大型地下工程中会遇到+交叉和 T 字交叉变形缝，交接处的连接件是止水带形成整体防水的关键，连接件的关键技术要求是中间变形孔要连通，以适应结构变形。

7.4.7 密封材料嵌填施工应符合下列规定：

- 1 缝内两侧基面应平整干净、干燥，并应刷涂与密封材料相容的基层处理剂；
- 2 接缝中应设置背衬材料；
- 3 迎水面宜采用低模量密封胶，背水面宜采用高模量密封胶；
- 4 嵌填应密实、均匀、连续、饱满，并应粘结牢固；
- 5 在缝表面增设附加防水层前，应在缝上设置隔离层。

7.4.7 建筑地下工程由于变形缝较宽，一般不采用嵌填密封胶的方法。但当结构侧墙采用外贴式止水带时，只能到地下室顶板位置，此时，可以将外贴式止水带在高出顶板迎水面 500mm 以上部位进行收头封堵，然后在顶板平面的变形缝内嵌填密封胶。

隧道与轨道交通地下工程变形缝由于宽度较小，可以在迎水面或背水面嵌填密封材料进行防水。

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也不可忽视，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。

7.5 后浇带

7.5.1 后浇带部位在结构中实际形成了两条施工缝，受环境温度变化、混凝土收缩、结构不均匀沉降等因素影响，在梁、板（包括基础底板）、墙等结构中预留的具有一定宽度且经过一定时间后再浇筑，使结构成为连续整体的部位。行业标准《高层建筑筏形与箱形基础技术规范》JGJ6-2011 规定：当筏形与条形基础的长度超过 40m 时，应设置永久性的沉降缝和温度收缩缝，当不设置时，应采取设置沉降后浇带、温度后浇带、诱导缝等措施。

后浇带为连续整体结构的分区，在未封闭阶段应尽可能发挥调节结构变形的作用。后浇带宽度及设置的位置主要以便于施工为主。从减少后浇混凝土收缩考虑，后浇带的宽度小一些为好，如果只考虑到垃圾清理和浇筑混凝土操作，留有 300mm 左右的空间比较适合。当后浇带采用中埋式钢板止水带时，加上 150mm 每边止水钢板宽度，后浇带宽度取 600mm 为宜。如果不选用钢板止水带防水，在保证清理和浇筑混凝土作业的前提下，可以适当减小后浇带宽度。后浇带的设置间距以结构设计规范要求的连续混凝土结构最长限距为原则进行布置。

7.5.2 后浇带采用补偿收缩混凝土，是利用内掺膨胀剂的膨胀效应，减少新旧混凝土界面产生收缩裂缝。由于后浇带只是技术间歇所需要留置，封闭后仍为一个整体结构，因此，后浇带内的混凝土其抗压强度、抗渗等级等性能指标与整体结构混凝土保持一致或略高于两侧混凝土。

7.5.3 后浇带封闭后，由于整体结构和混凝土间还有少量变形，后浇带新旧混凝土接缝部位会出现微裂缝，建议采用能适应一定变形而又可以止水的自粘丁基橡胶钢板止水带是比较适合的防水措施。

由于钢板止水带与混凝土之间属于刚性连接。在混凝土内应力作用下，钢板止水带与后浇混凝土之间会出现微小的相对位移，这种微滑移位会造成钢板止水带处微裂缝的产生，进一步会使后浇带部位产生渗漏水。因此，使用镀锌钢板止水带时，建议和预埋注浆管配合使用效果更好。

7.5.4 在施工阶段降水停止后，为解决地下水不会从未封闭的后浇带部位进入地下室内，可采用

带有临时止水功能的后浇带防水措施，也称超前止水后浇带。但对于复合式和叠合式结构侧墙的后浇带，通常无法采取超前止水措施。

7.5.5 后浇带预留后，应对后浇带内外露钢筋采取防锈保护的措施。并在底板后浇带上面覆盖木板等保护措施，以防后浇带内掉入杂物，且保证行人施工安全。在浇筑后浇带混凝土时，应对进入的杂物和积水进行清理。如果有积泥不容易清理时，可用高压水枪进行清理。

7.5.6 混凝土养护是减少裂缝的重要措施之一，后浇带补偿收缩混凝土养护时间要严格执行，充分的养护。后浇带混凝土应一次性浇筑，不得留设施工缝，以减少渗漏隐患。

7.5.7 在浇筑后浇带混凝土前，应将杂物和积水清理干净，并将交界面凿毛处理，否则影响后浇带施工质量，进而造成后浇带渗漏问题发生。

7.6 穿墙管

7.6.1 穿墙管包括穿墙套管或后接管道的短管，应在浇筑混凝土前预埋，主要是为了避免混凝土及防水层施工完成后再重新开洞，破坏防水层而形成渗漏水的隐患。短管是管道直接穿墙的形式，施工时先埋置一段与管道相同的短管，在整体管道安装时，将管道与短管相连接。

7.6.2 本条规定的距离要求是为了便于防水施工和穿墙管安装施工操作。

7.6.3 套管与混凝土之间可以采用止水翼环，也可以采用丁基密封胶带或遇水膨胀止水胶等措施进行防水处理。穿墙管与套管或混凝土之间的间隙应采用柔性密封材料封堵防水。迎水面管根采用柔性防水涂料进行防水加强处理，主要起到密封防水的作用。主防水层可以是涂料，也可以是防水卷材，主防水层均应该将附加防水层覆盖，同时注意收头的密封处理。

7.6.4 由于设计或其他原因，穿墙管部位或直径发生变化，原预埋套管无法满足要求，只能重新开孔穿管。穿管的部位有可能影响到结构受力，其位置应由结构工程师复核确认。开孔时采用机械钻孔，可减少因人工敲凿施工破坏混凝土结构。当工程有防护要求时不宜采用此种形式的穿墙管。

7.6.5 当穿墙管与混凝土的相对变形较大或有更换要求时，穿墙管外壁交界处会产生间隙而渗漏。法兰式压环密封套管结构比较复杂，适用于相对位移大，水压较高的管道安装。

7.6.6 群管穿墙不容易固定位置，可以采取双面钢板做成封闭盒状，以避免套管间隙混凝土浇捣不密实。由于穿墙套管群盒制作及安装比较麻烦，实际工程较少采用。根据实践经验，群管穿墙可采用单片钢板止水穿墙套管群的简便方法。

7.6.7 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，或满焊但不密实，则止水环与管的接触处仍是防水薄弱环节，故止水环与管一定要双面满焊密实。套管内还需采用其他防水措施，内壁表面也应清理干净，以保证防水质量。

7.6.8 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。如施工时采取在管的下部加支撑的方法，回填时在管的周围细心操作等，以杜绝此类现象发生。

7.6.9 埋设件的预埋埋设是为了避免在混凝土上打孔而造成混凝土部位减薄发生渗水现象，特别是进行较深较大的设备基础安装时，很容易造成结构损伤和渗漏水。但实际工程后打孔安装的现象

象还是比较普遍。如果是后打孔安装，应采取可靠的防水措施。

7.6.10 本条只规定了开槽、开孔、预留孔部位处的混凝土厚度不小于 200mm，局部混凝土如果需要加厚或增加配筋，由设计根据受力计算确定。混凝土与预埋件有很好的握裹粘结性，不必进行特别防水措施。墙面预埋电线管比较普遍，一般也不需要特别的防水处理。

7.7 桩头及抗浮锚杆

7.7.1 根据行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 规定，桩顶嵌入承台内的长度对于中等直径的桩不宜小于 50mm，对于大直径的桩不宜小于 100mm。桩头与混凝土底板有间断性，不在一个平面。因此，底板如需设置外设防水层时，为了保证底板防水层的连续性，桩顶防水与底板防水层应保持有效的衔接。一般采用水泥基防水材料，如水泥基渗透结晶防水材料或掺砂浆防水剂的防水砂浆。

在实际工程中，存在水沿桩头钢筋渗入底板的情况，因此，桩头顶面有渗漏水现象时，先进行堵漏处理，同时可在桩头钢筋的根部采用遇水膨胀止水胶进行防水。

7.7.2 地下工程抗浮措施通常采用抗拔桩和抗浮锚杆。当底板需设置外设防水层时，为了保证底板防水层的连续性，抗浮锚杆防水材料 with 底板防水层应保持有效的衔接。一般采用水泥基防水材料，如外涂型水泥基渗透结晶防水材料或掺砂浆防水剂的防水砂浆，可充分将钢筋间隙、锚杆周边涂刷到位。

7.7.3 工程桩有多种形式，人工挖孔灌注桩、钻孔灌注桩、空心桩、预应力高强混凝土管桩等，除了摩擦桩外，端承桩的沉桩深度受地质影响会有很大差异，桩顶需要通过截桩使桩顶达到要求标高，截桩后的桩顶通常是很不平整的，同时有松动混凝土块存留。防水施工时，桩顶松动不实的混凝土部分应剔凿并清洗，以保证防水效果；

桩身桩顶有渗水的部位应在防水施工前进行化学注浆等堵漏处理，然后再进行桩顶外涂型水泥基渗透结晶型防水材料施工。

7.8 通道接头

7.8.3 设置排水设施，便于通道后接时及时排除明水，有利于防水施工操作；也为通道使用后可能发生的渗漏治理提供方便，减少对正常使用的影响。

7.8.4 预留通道接头是防水的薄弱环节之一，这不仅由于接头两边的结构重量及荷载可能有较大差异，从而可能产生较大的沉降变形，而且由于接头两边的施工时间先后不一，其间隔可达几年之久。因此不仅要解决好中埋式中孔型橡胶止水带临时保护问题，也要解决好间隔期间先完工一侧正常使用的问题。

7.9 坑 槽

7.9.1 地下工程内的坑槽主要有集水坑、电梯井坑、深沟、设备基坑等。为达到防水抗渗要求，坑底和侧壁混凝土厚度不宜小于 250mm。

7.9.2 由于地下工程内的坑槽一般低于底板，在高地下水地区降水比较困难，很多工程因为坑内有积水，混凝土浇筑不密实而造成渗漏现象，所以坑槽混凝土施工前应在坑内采取排水措施，并应维持排水至混凝土终凝后结束。

7.9.3 地下工程内的坑槽的外防水一般采用水泥基防水材料，如外涂型水泥基渗透结晶防水材料或掺砂浆防水剂的防水砂浆。也可根据项目情况，选择其他防水材料。