

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB50108—2001

# 地下工程防水技术规范

Technical code for waterproofing of underground works

2001—07—04 发布

2001—12—31 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中华人民共和国建设部

联合发布

中华人民共和国国家标准  
地下工程防水技术规范

Technical code for waterproofing of underground works

**GB 50108—2001**

主编部门：国家人民防空办公室  
批准部门：中华人民共和国建设部  
施行日期：2001年12月31日

中国建筑资讯网  
2001 北 京

# 关于发布国家标准 《地下工程防水技术规范》的通知

## 建标[2001]140号

根据我部《关于印发一九九八年工程建设国家标准制订、修订计划(第一批)的通知》(建标[1998]94号)的要求,由国家人民防空办公室会同有关部门共同修订的《地下工程防水技术规范》,经有关部门会审,批准为国家标准,编号为GB50108—2001,自2001年12月31日起施行,其中,3.1.8、3.2.1、3.2.2、4.1.3、4.1.6(2、3)、.1.18、4.1.22(1)、4.3.4、5.1.3、5.1.4、9.0.5(1)为强制性条文,必须严格执行。自本规范施行之日起,原国家标准《地下工程防水技术规范》GBJ108—87、《地下防水工程施工及验收规范》GBJ208—83同时废止。

本规范由国家人民防空办公室负责管理,由总参工程兵科研三所负责具体解释工作,建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部  
二〇〇一年七月四日

## 前 言

本规范是根据建设部建标[1998]94号文的要求,由主编部门国家人民防空办公室组织,具体由总参工程兵科研三所会同山西建工集团总公司等单位共同修编完成。该规范于2000年6月经全国审查会议通过,并以建设部建标[2001]140号文批准,由建设部和国家质量监督检验检疫总局联合发布。

《地下工程防水技术规范》在修编过程中,修编组经过广泛地调查研究和收集资料,在总结我国地下工程防水近年来实践经验的基础上,参考有关国际标准,并广泛征求全国有关单位的意见,对《地下防水工程施工及验收规范》(GBJ208-83)、《地下工程防水技术规范》(GBJ10887)中设计、施工方面的内容进行了修订。这次修订的主要内容有:在整体结构上,按地下工程结构主体防水、细部构造防水、排水的思路重新划分章节,进行改写;在设计内容中,增加了对防水等级标准进行量化、对采用不同施工方法的地下工程制定相应防水设计方案等内容;对常用防水方法和材料进行了较大的修改,增加了“塑料防水板防水层”的内容,对选用的材料提出了相应的技术性能指标,对防水混凝土抗渗等级的选取提出了新的规定;在细部构造防水内容中,增加了“预留通道接头”、“桩头”的防水做法,对变形缝的设计、施工补充了有关内容;增加了“逆筑结构”有关防水做法。经修订,原规范(GBJ10887)10章32节179条现为10章36节285条,这将为保证地下工程防水质量发挥重要作用。

本规范由国家人民防空办公室负责管理,具体解释由总参工程兵科研三所负责。在规范执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要修改和补充之处,请将意见和建议寄交总参工程兵科研三所(地址:河南洛阳,邮政编码:471023 传真:0379-5981432),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

**主编单位:**总参工程兵科研三所

**参编单位:**山西建工集团总公司

冶金建筑研究总院

铁道部专业设计院

中国建筑科学研究院

上海隧道工程轨道交通设计研究院

天津市人防设计研究院

上海市人防科研所

铁道部隧道局科研所

**主要起草人:**雷志梁 朱忠厚 朱祖熹 张玉玲 姚源道

李承刚 孟文斌 卓越 冀文政 梁宝华

哈成德 韩忠存 蔡庆华 沈秀芳 刘慧玲

本规范修编过程中得到北京橡胶十厂建筑防水工程公司、北京金汤建筑防水有限公司、哈尔滨雪佳防水材料厂、上海长宁橡胶厂、浙江金华华夏注浆材料有限公司的大力协助。

## 目 次

1 总 则	7
2 术 语	8
3 地下工程防水设计	10
4 工程混凝土结构主体防水	13
5 地下工程混凝土结构细部构造防水	30
6 地下工程排水	47
7 注 浆 防 水	54
8 特殊施工法的结构防水	58
9 其 他	66
10 地下工程渗漏水治理	67
附录 A 劳 动 保 护	70
本规范用词说明	71

# 1 总 则

- 1.0.1** 地下工程防水的设计和施工符合确保质量、技术先进、经济合理、安全适用的要求，制订本规范。
- 1.0.2** 范适用于工业与民用建筑地下工程、市政隧道、防护工程、山岭及水底隧道、地下铁道等地下工程防水的设计和施工。
- 1.0.3** 工程防水的设计和施工应遵循“防、排、截、堵相结合，刚柔相济，因地制宜，综合治理”的原则。
- 1.0.4** 地下工程防水的设计和施工必须符合环境保护的要求，并采取相应措施。
- 1.0.5** 地下工程的防水，应采用经过试验、检测和鉴定并经实践检验质量可靠的新材料，行之有效的新技术、新工艺。
- 1.0.6** 地下工程防水的设计和施工除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 遇水膨胀止水条 water swelling strip

具有遇水膨胀性能的遇水膨胀腻子条和遇水膨胀橡胶条的统称。

### 2.0.2 可操作时间 operational time

单组份材料自容器打开或多组份材料自混合起，至不适宜施工的时间。

### 2.0.3 涂膜抗渗性 impermeability of film coating

涂膜抵抗地下水渗入地下工程内部的性能。

### 2.0.4 涂膜耐水性 water resistance of film coating

涂膜在水长期浸泡下保持各种性能指标的能力。

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

以聚合物乳液和水泥为主要原料，加入其他添加剂制成的双组份水性防水涂料。

### 2.0.6 塑料防水板防水层 water-proofing course of water-tight plastic sheet

采用由工厂生产的具有一定厚度和抗渗能力的高分子薄板或土工膜，铺设在初期支护与内衬砌间的防水层。

### 2.0.7 暗钉圈 concealed nail washer

设置于塑料防水板内侧，并由与防水板相热焊的材料组成，用于固定防水板的垫圈。

### 2.0.8 无钉铺设 non-nails layouts

将塑料防水板通过热焊固定于暗钉圈上的一种铺设方法。

### 2.0.9 背衬材料 baCking material

嵌缝作业时填塞在嵌缝材料底部并与嵌缝材料无粘结力的材料，其作用在于缝隙变形时使嵌缝材料不产生三向受力。

### 2.0.10 加强带 strengthening band

在原留设伸缩缝或后浇带的部位，留出一定宽度，采用膨胀率大的混凝土与相邻混凝土同时浇筑的部位。

### 2.0.11 诱导缝 inducing joint

通过适当减少钢筋对混凝土的约束等方法在混凝土结构中设置的易开裂的部位。

### 2.0.12 预注浆 pre-grouting



工程开挖前使浆液预先充填围岩裂隙，达到堵塞水流、加固围岩目的所进行的注浆。可分为工作面预注浆，即超前预注浆；地面预注浆，包括竖井地面预注浆和平巷地面预注浆。

#### 2.0.13 高压喷射注浆法 high-pressurized jet grouting

将带有特殊喷嘴的注浆管置入土层的预定深度后，以 20MPa 以上的高压喷射流，使浆液与土搅拌混合，硬化后在土中形成防渗帷幕的一种注浆方法。

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

工程开挖后，在衬砌前对毛洞的围岩加固和止水所进行的注浆。

#### 2.0.15 回填注浆 back-fill grouting

在工程衬砌完成后，为充填衬砌和围岩间空隙所进行的注浆。

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

在回填注浆后需要增强防水能力时，对围岩进行的注浆。

#### 2.0.17 凝胶时间 gel time

浆液自配制时起至不流动时止这段时间。

#### 2.0.18 衬砌内注浆 lining grouting

由于衬砌缺陷引起渗漏水时，在衬砌内进行的注浆。

#### 2.0.19 复合管片 composite segment

钢板与混凝土复合制成的管片。

#### 2.0.20 密封垫沟槽 gasket groove

为使密封垫正确就位、牢固固定、并使垫片被压缩的体积得以储存，而在管片混凝土环、纵面预设的沟槽。

#### 2.0.21 密封垫 gasket

由工厂加工预制，在现场粘贴于管片密封垫沟槽内，用于管片接缝防水的垫片。分为以弹性压密止水的具有特殊形状断面的弹性橡胶密封垫和以遇水膨胀止水的遇水膨胀橡胶密封垫两类。

#### 2.0.22 螺孔密封圈 bolt hole sealing washer

为防止管片螺栓孔渗漏水而设置的密封垫圈。通常将它套在螺杆上，利用螺母、垫片压密，从而堵塞混凝土孔壁与螺栓间的孔隙，满足防水要求。

#### 2.0.23 自流平水泥 artesian cement

在低水灰比下不经振捣能使净浆、砂浆或混凝土达到预定强度和密实度的特种水泥。

## 3 地下工程防水设计

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 地下工程必须进行防水设计，防水设计应定级准确、方案可靠、施工简便、经济合理。

**3.1.2** 地下工程必须从工程规划、建筑设计、材料选择、施工工艺等全面系统地做好地下工程的防排水。

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

**3.1.4** 地下工程的钢筋混凝土结构，应采用防水混凝土，并根据防水等级的要求采用其他防水措施。

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

**3.1.6** 地下工程的排水管沟、地漏、出入口、窗井、风井等，应有防倒灌措施，寒冷及严寒地区的排水沟应有防冻措施。

**3.1.7** 地下工程防水设计，应根据工程的特点和需要搜集有关资料：

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

**3.1.8** 工程防水设计内容应包括：

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

### 3.2 防水等级

3.2.1 地下工程的防水等级分为四级，各级的标准应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 地下工程防水等级标准

防水等级	标准
一级	不允许渗水，结构表面无湿渍
二级	不允许漏水，结构表面可有少量湿渍 工业与民用建筑：总湿渍面积不应大于总防水面积(包括顶板、墙面、地面)的 1 / 1000；任意 100m <sup>2</sup> 防水面积上的湿渍不超过 1 处，单个湿渍的最大面积不大于 0.1m <sup>2</sup> 其他地下工程：总湿渍面积不应大于总防水面积的 6 / 1000；任意 100m <sup>2</sup> 防水面积上的湿渍不超过 4 处，单个湿渍的最大面积不大于 0.2m <sup>2</sup>

续表 3.2.1

防水等级	标准
三级	有少量漏水点，不得有线流和漏泥砂 任意 100m <sup>2</sup> 防水面积上的漏水点数不超过 7 处，单个漏水点的最大漏水量不大于 2.5L / d，单个湿渍的最大面积不大于 0.3m <sup>2</sup>
四级	有漏水点，不得有线流和漏泥砂 整个工程平均漏水量不大于 2L / m <sup>2</sup> · d；任意 100m <sup>2</sup> 防水面积的平均漏水量不大于 4L / m <sup>2</sup> · d

3.2.2 地下工程的防水等级，应根据工程的重要性和使用中对防水的要求按表 3.2.2 选定。

表 3.2.2 不同防水等级的适用范围

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

### 3.3 防水设防要求

**3.3.1** 地下工程的防水设防要求，应根据使用功能、结构形式、环境条件、施工方法及材料性能等因素合理确定。

1 明挖法地下工程的防水设防要求应按表 3.3.1-1 选用；

2 暗挖法地下工程的防水设防要求应按表 3.3.1-2 选用。

**表 3.3.1-1 明挖法地下工程防水设防**

工程部位		主体					施工缝					后浇带			变形缝、诱导缝								
防水措施		防水混凝土	防水砂浆	防水卷材	防水涂料	塑料防水板	金属板	遇水膨胀止水条	中埋式止水带	外贴式止水带	外抹防水砂浆	外涂防水涂料	膨胀混凝土	遇水膨胀止水条	外贴式止水带	防水嵌缝材料	中埋式止水带	外贴式止水带	可卸式止水带	防水嵌缝材料	外贴防水卷材	外涂防水涂料	遇水膨胀止水条
防水等级	一级	应选	应选一至二种					应选二种					应选	应选二种		应选	应选二种						
	二级	应选	应选一种					应选一至二种					应选	应选一至二种		应选	应选一至二种						
	三级	应选	宜选一种					宜选一至二种					应选	宜选一至二种		应选	宜选一至二种						
	四级	宜选	—					宜选一种					应选	宜选一种		应选	宜选一种						

**表 3.3.1-2 暗挖法地下工程防水设防**

工程部位		主体					内衬砌施工缝					内衬砌变形缝、诱导缝					
防水措施		复合式衬砌	离壁式衬砌、衬套	贴壁式衬砌	喷射混凝土	外贴式止水带	遇水膨胀止水条	防水嵌缝材料	中埋式止水带	外涂防水涂料	中埋式止水带	外贴式止水带	可卸式止水带	防水嵌缝材料	遇水膨胀止水条		
防水等级	一级	应选一种			—	应选二种					应选	应选二种					
	二级	应选一种			—	应选一至二种					应选	应选一至二种					
	三级	—			应选一种	宜选一至二种					应选	宜选一种					
	四级	—			应选一种	宜选一种					应选	宜选一种					

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

**3.3.3** 处于冻土层中的混凝土结构，其混凝土抗冻融循环不得少于 100 次。

**3.3.4** 结构刚度较差或受振动作用的工程，应采用卷材、涂料等柔性防水材料。

## 4 工程混凝土结构主体防水

### 4.1 水混凝土

#### I 一般规定

4.1.1 防水混凝土应通过调整配合比，掺加外加剂、掺合料配制而成，抗渗等级不得小于 S6。

4.1.2 防水混凝土的施工配合比应通过试验确定，抗渗等级应比设计要求提高一级 (0.2MPa)。

#### II 设计

4.1.3 防水混凝土的设计抗渗等级，应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 防水混凝土设计抗渗等级

工程埋置深度 (m)	设计抗渗等级
<10	S6
10~20	S8
20~30	S10
30~40	S12

注：①本表适用于IV、V级围岩（土层及软弱围岩）。  
②山岭隧道防水混凝土的抗渗等级可按铁道部门的有关规范执行。

4.1.4 防水混凝土的环境温度，不得高于 80℃；处于侵蚀性介质中防水混凝土的耐侵蚀系数，不应小于 0.8。

4.1.5 防水混凝土结构底板的混凝土垫层，强度等级不应小于 C15，厚度不应小于 100mm，在软弱土层中不应小于 150mm。

4.1.6 防水混凝土结构，应符合下列规定：

- 1 结构厚度不应小于 250mm；
- 2 裂缝宽度不得大于 0.2mm，并不得贯通；
- 3 迎水面钢筋保护层厚度不应小于 50mm。

#### III 材料

4.1.7 防水混凝土使用的水泥，应符合下列规定：

- 1 水泥的强度等级不应低于 32.5MPa；
- 2 在不受侵蚀性介质和冻融作用时，宜采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥，使用矿渣硅酸盐水泥必

须掺用高效减水剂；

3 在受侵蚀性介质作用时，应按介质的性质选用相应的水泥；

4 在受冻融作用时，应优先选用普通硅酸盐水泥，不宜采用火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥；

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。

**4.1.8** 防水混凝土所用的砂、石应符合下列规定：

1 石子最大粒径不宜大于 40mm，泵送时其最大粒径应为输送管径的 1/4；吸水率不应大于 1.5%；不得使用碱活性骨料。其他要求应符合《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》(JGJ5392)的规定；

2 砂宜采用中砂，其要求应符合《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》(JGJ5292)的规定。

**4.1.9** 拌制混凝土所用的水，应符合《混凝土拌合用水标准》(JGJ63-89)的规定。

**4.1.10** 防水混凝土可根据工程需要掺入减水剂、膨胀剂、防水剂、密实剂、引气剂、复合型外加剂等外加剂，其品种和掺量应经试验确定。所有外加剂应符合国家或行业标准一等品及以上的质量要求。

**4.1.11** 防水混凝土可掺入一定数量的粉煤灰、磨细矿渣粉、硅粉等。粉煤灰的级别不应低于二级，掺量不宜大于 20%；硅粉掺量不应大于 3%；其他掺合料的掺量应经过试验确定。

**4.1.12** 防水混凝土可根据工程抗裂需要掺入钢纤维或合成纤维。

**4.1.13** 每立方米防水混凝土中各类材料的总碱量(Na<sub>2</sub>O 当量)不得大于 3kg。

#### IV 施 工

**4.1.14** 防水混凝土的配合比，应符合下列规定：

1 水泥用量不得少于 320kg/m<sup>3</sup>；掺有活性掺合料时，水泥用量不得少于 280kg/m<sup>3</sup>；

2 砂率宜为 35%~40%，泵送时可增至 45%；

3 灰砂比宜为 1:1.5~1:2.5；

4 水灰比不得大于 0.55；

5 普通防水混凝土坍落度不宜大于 50mm。防水混凝土采用预拌混凝土时，入泵坍落度宜控制在 120±20mm，入泵前坍落度每小时损失值不应大于 30mm，坍落度总损失值不应大于 60mm；



6 掺加引气剂或引气型减水剂时，混凝土含气量应控制在 3%~5%；

7 防水混凝土采用预拌混凝土时，缓凝时间宜为 6~8h。

**4.1.15** 防水混凝土配料必须按配合比准确称量。计量允许偏差不应大于下列规定：

1 水泥、水、外加剂、掺合料为±1%；

2 砂、石为±2%。

**4.1.16** 使用减水剂时，减水剂宜预溶成一定浓度的溶液。

**4.1.17** 防水混凝土拌合物必须采用机械搅拌，搅拌时间不应小于 2min。掺外加剂时，应根据外加剂的技术要求确定搅拌时间。

**4.1.18** 防水混凝土拌合物在运输后如出现离析，必须进行二次搅拌。当坍落度损失后不能满足施工要求时，应加入原水灰比的水泥浆或二次掺加减水剂进行搅拌，严禁直接加水。

**4.1.19** 防水混凝土必须采用高频机械振捣密实，振捣时间宜为 10~30s，以混凝土泛浆和不冒气泡为准，应避免漏振、欠振和超振。

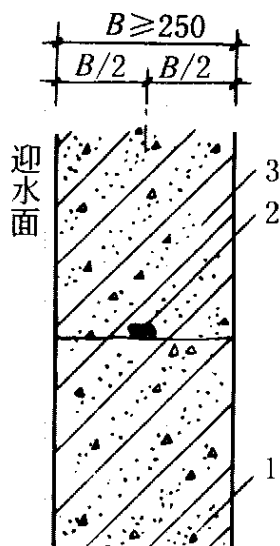
掺加引气剂或引气型减水剂时，应采用高频插入式振捣器振捣。

**4.1.20** 防水混凝土应连续浇筑，宜少留施工缝。当留设施工缝时，应遵守下列规定：

1 墙体水平施工缝不应留在剪力与弯矩最大处或底板与侧墙的交接处，应留在高出底板表面不小于 300mm 的墙体上。拱(板)墙结合的水平施工缝，宜留在拱(板)墙接缝线以下 150~300mm 处。墙体有预留孔洞时，施工缝距孔洞边缘不应小于 300mm；

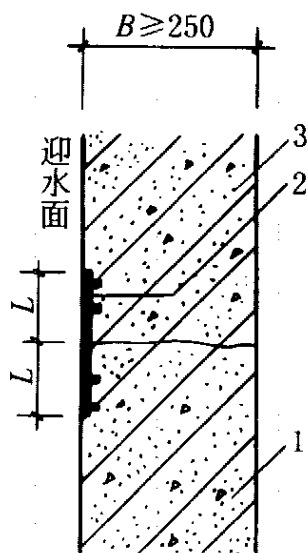
2 垂直施工缝应避开地下水和裂隙水较多的地段，并宜与变形缝相结合。

**4.1.21** 施工缝防水的构造形式见图 4.1.21。



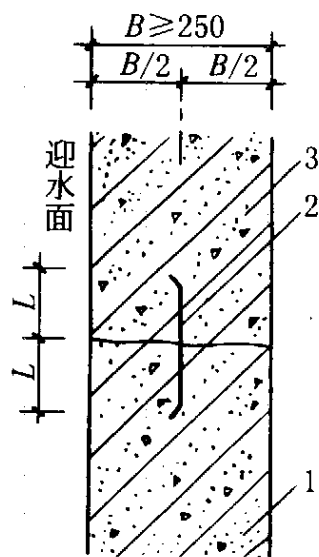
4.1.21-1 施工缝  
防水基本构造(一)

- 1—先浇混凝土；  
2—遇水膨胀止水条；  
3—后浇混凝土



4.1.21-2 施工缝  
防水基本构造(二)

- 外贴止水带  $L \geq 150$   
外涂防水涂料  $L = 200$   
外抹防水砂浆  $L = 200$   
1—先浇混凝土；  
2—外贴防水层；  
3—后浇混凝土



4.1.21-3 施工缝  
防水基本构造(三)

- 钢板止水带  $L \geq 100$   
橡胶止水带  $L \geq 125$   
钢边橡胶止水带  $L \geq 120$   
1—先浇混凝土；  
2—中埋止水带；  
3—后浇混凝土

#### 4.1.22 施工缝的施工应符合下列规定:

- 1 水平施工缝浇灌混凝土前,应将其表面浮浆和杂物清除,先铺净浆,再铺 30~50mm 厚的 1:1 水泥砂浆或涂刷混凝土界面处理剂,并及时浇灌混凝土;
- 2 垂直施工缝浇灌混凝土前,应将其表面清理干净,并涂刷水泥净浆或混凝土界面处理剂,并及时浇灌混凝土;
- 3 选用的遇水膨胀止水条应具有缓胀性能,其 7d 的膨胀率不应大于最终膨胀率的 60%;
- 4 遇水膨胀止水条应牢固地安装在缝表面或预留槽内;
- 5 采用中埋式止水带时,应确保位置准确、固定牢靠。

#### 4.1.23 大体积防水混凝土的施工,应采取以下措施:

- 1 在设计许可的情况下,采用混凝土 60d 强度作为设计强度;
- 2 采用低热或中热水泥,掺加粉煤灰、磨细矿渣粉等掺合料;
- 3 掺入减水剂、缓凝剂、膨胀剂等外加剂;
- 4 在炎热季节施工时,采取降低原材料温度、减少混凝土运输时吸收外界热量



等降温措施；

5 混凝土内部预埋管道，进行水冷散热；

6 采取保温保湿养护。混凝土中心温度与表面温度的差值不应大于 25℃，混凝土表面温度与大气温度的差值不应大于 25℃。养护时间不应少于 14d。

**4.1.24** 防水混凝土结构内部设置的各种钢筋或绑扎铁丝，不得接触模板。固定模板用的螺栓必须穿过混凝土结构时，可采用工具式螺栓或螺栓加堵头，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，并宜在迎水面涂刷防水涂料。见图 4.1.24。

**4.1.25** 防水混凝土终凝后应立即进行养护，养护时间不得少于 14d。

**4.1.26** 防水混凝土的冬期施工，应符合下列规定：

**4.1.26** 防水混凝土的冬期施工，应符合下列规定：

1 混凝土入模温度不应低于 5℃；

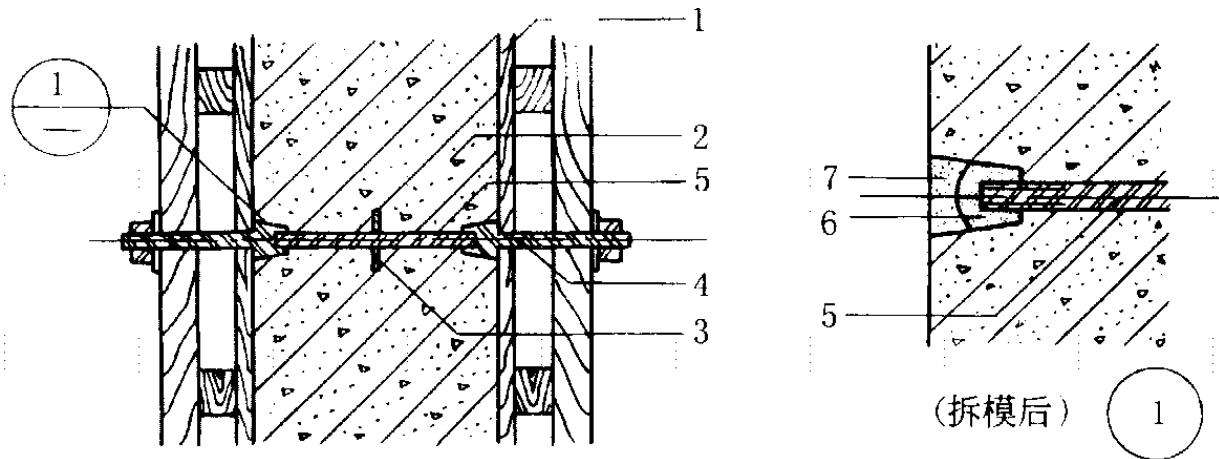


图 4.1.24 固定模板用螺栓的防水做法

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

2 宜采用综合蓄热法、蓄热法、暖棚法等养护方法，并应保持混凝土表面湿润，防止混凝土早期脱水；

3 采用掺化学外加剂方法施工时，应采取保温保湿措施。

## 4.2 水泥砂浆防水层

### I 一般规定

**4.2.1** 水泥砂浆防水层包括普通水泥砂浆、聚合物水泥防水砂浆、掺外加剂或掺合

料防水砂浆等，宜采用多层抹压法施工。

**4.2.2** 水泥砂浆防水层可用于结构主体的迎水面或背水面。

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

## II 设计

**4.2.4** 水泥砂浆品种和配合比设计应根据防水工程要求确定。

**4.2.5** 聚合物水泥砂浆防水层厚度单层施工宜为 6~8mm，双层施工宜为 10~12mm，掺外加剂、掺合料等的水泥砂浆防水层厚度宜为 18~20mm。

**4.2.6** 水泥砂浆防水层基层，其混凝土强度等级不应小于 C15；砌体结构砌筑用的砂浆强度等级不应低于 M7.5。

## III 材料

**4.2.7** 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 32.5MPa 的普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、特种水泥，严禁使用过期或受潮结块水泥；

2 砂宜采用中砂，含泥量不大于 1%，硫化物和硫酸盐含量不大于 1%；

3 拌制水泥砂浆所用的水，应符合《混凝土拌合用水标准》(JGJ63—89)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 35%。宜选用专用产品；

5 外加剂的技术性能应符合国家或行业产品标准一等品以上的质量要求。

**4.2.8** 水泥砂浆防水层宜掺入外加剂、掺合料、聚合物等进行改性，改性后防水砂浆的性能应符合表 4.2.8 的规定。

**表 4.2.8 改性后防水砂浆的主要性能**

改性剂种类	粘结强度 (MPa)	抗渗 (Mpa)	抗折强度 (MPa)	干缩率 (%)	吸水 (%)	冻融循环 (次)	耐碱性	耐水性 (%)
外加剂、掺合料	>0.5	≥0.6	同一般砂浆	同一般砂浆	≤3	>D50	10%NaOH 溶液浸泡 14d 无变化	—
聚合物	>1.0	≥1.2	≥7.0	≤0.15	≤4	>D50		≥80

注：耐水性指标是在浸水 168h 后材料的粘结强度及抗渗性的保持率。

## IV 施工

**4.2.9** 基层表面应平整、坚实、粗糙、清洁，并充分湿润、无积水。

**4.2.10** 基层表面的孔洞、缝隙，应用与防水层相同的砂浆堵塞抹平。

**4.2.11** 施工前应将预埋件、穿墙管预留凹槽内嵌填密封材料后，再施工防水砂浆层。

**4.2.12** 普通水泥砂浆防水层的配合比见表 4.2.12。

掺外加剂、掺合料、聚合物等防水砂浆的配合比和施工方法应符合所掺材料的规定，其中聚合物砂浆的用水量应包括乳液中的含水量。

**表 4.2.12 普通水泥砂浆防水层的配合比**

名称	配合比(质量比)		水灰比	适用范围
	水泥	砂		
水泥浆	1		0.55~0.60	水泥砂浆防水层的第一层
水泥浆	1		0.37~0.40	水泥砂浆防水层的第三、五层
水泥砂浆	1	1.5~2.0	0.40~0.50	水泥砂浆防水层的第二、四层

**4.2.13** 水泥砂浆防水层应分层铺抹或喷射，铺抹时应压实、抹平，最后一层表面应提浆压光。

**4.2.14** 聚合物水泥砂浆拌合后应在 1h 内用完，且施工中不得任意加水。

**4.2.15** 水泥砂浆防水层各层应紧密贴合，每层宜连续施工；如必须留茬时，采用阶梯坡形茬，但离阴阳角处不得小于 200mm；接茬应依层次顺序操作，层层搭接紧密。

**4.2.16** 水泥砂浆防水层不宜在雨天及 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。

**4.2.17** 普通水泥砂浆防水层终凝后，应及时进行养护，养护温度不宜低于 5℃，养护时间不得少于 14d，养护期间应保持湿润。

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

使用特种水泥、外加剂、掺合料的防水砂浆，养护应按产品有关规定执行。

## 4.3 卷材防水层

### I 一般规定

**4.3.1** 卷材防水层适用于受侵蚀性介质作用或受振动作用的地下工程。

**4.3.2** 卷材防水层应铺设在混凝土结构主体的迎水面上。

**4.3.3** 卷材防水层用于建筑物地下室应铺设在结构主体底板垫层至墙体顶端的基面上，在外围形成封闭的防水层。

### II 设计

**4.3.4** 卷材防水层为一或二层。高聚物改性沥青防水卷材厚度不应小于 3mm，单层

使用时，厚度不应小于 4mm，双层使用时，总厚度不应小于 6mm；合成高分子防水卷材单层使用时，厚度不应小于 1.5mm，双层使用时，总厚度不应小于 2.4mm。

4.3.5 阴阳角处应做成圆弧或 45° (135°) 折角，其尺寸视卷材品质确定。在转角处、阴阳角等特殊部位，应增贴 1~2 层相同的卷材，宽度不宜小于 500mm。

### III 材 料

4.3.6 卷材防水层应选用高聚物改性沥青类或合成高分子类防水卷材，并符合下列规定：

- 1 卷材外观质量、品种规格应符合现行国家标准或行业标准；
- 2 卷材及其胶粘剂应具有良好的耐水性、耐久性、耐刺穿性、耐腐蚀性和耐菌性；
- 3 高聚物改性沥青防水卷材的主要物理性能应符合表 4.3.6-1 的要求；

**表 4.3.6-1 高聚物改性沥青防水卷材的主要物理性能**

项目		性能要求		
		聚酯毡胎体卷材	玻纤毡胎体卷材	聚乙烯膜胎体卷材
拉伸性能	拉力(N / 50mm)	≥800(纵横向)	≥500(纵向)	≥140(纵向)
			≥300(横向)	≥120(横向)
	最大拉力时延伸率(%)	≥40(纵横向)	—	≥250(纵横向)

**续表 4.3.6-1**

项 目	性能要求		
	聚酯毡胎体卷材	玻纤毡胎体卷材	聚乙烯膜胎体卷材
低温柔度(°C)	≤-15		
	3mm 厚, r=15mm; 4mm 厚, r=25mm; 3S, 弯 180°, 无裂纹		
不透水性	压力 0.3MPa, 保持时间 30min, 不透水		

4 合成高分子防水卷材的主要物理性能应符合表 4.3.6-2 的要求。

**表 4.3.6-2 合成高分子防水卷材的主要物理性能**

项 目	性能要求				
	硫化橡胶类		非硫化橡胶类	合成树脂类	纤维胎增强类
	JL <sub>1</sub>	JL <sub>2</sub>	JF <sub>3</sub>	JS <sub>1</sub>	
拉伸强度(MPa)	≥8	≥7	≥5	≥8	≥8
断裂伸长率(%)	≥450	≥400	≥200	≥200	≥10
低温弯折性(°C)	-45	-40	-20	-20	-20
不透水性	压力 0.3MPa, 保持时间 30min, 不透水				

4.3.7 粘贴各类卷材必须采用与卷材材性相容的胶粘剂，胶粘剂的质量应符合下列

要求：

- 1 高聚物改性沥青卷材间的粘结剥离强度不应小于 8N/10mm；
- 2 合成高分子卷材胶粘剂的粘结剥离强度不应小于 15N/10mm，浸水 168h 后的粘结剥离强度保持率不应小于 70%。

#### IV 施 工

**4.3.8** 卷材防水层的基面应平整牢固、清洁干燥。

**4.3.9** 铺贴卷材严禁在雨天、雪天施工；五级风及其以上时不得施工；冷粘法施工气温不宜低于 5℃，热熔法施工气温不宜低于-10℃。

**4.3.10** 铺贴卷材前，应在基面上涂刷基层处理剂，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。基层处理剂配制与施工应符合下列规定：

- 1 基层处理剂应与卷材及胶粘剂的材性相容；
- 2 基层处理剂可采用喷涂法或涂刷法施工，喷、涂应均匀一致、不露底，待表面干燥后，方可铺贴卷材。

**4.3.11** 铺贴高聚物改性沥青卷材应采用热熔法施工；铺贴合成高分子卷材采用冷粘法施工。

**4.3.12** 采用热熔法或冷粘法铺贴卷材，应符合下列规定：

1 底板垫层混凝土平面部位的卷材宜采用空铺法或点粘法，其他与混凝土结构相接触的部位应采用满粘法；

2 采用热熔法施工高聚物改性沥青卷材时，幅宽内卷材底表面加热应均匀，不得过分加热或烧穿卷材。采用冷粘法施工合成高分子卷材时，必须采用与卷材材性相容的胶粘剂，并应涂刷均匀；

3 铺贴时应展平压实，卷材与基面和各层卷材间必须粘结紧密；

4 铺贴立面卷材防水层时，应采取防止卷材下滑的措施；

5 两幅卷材短边和长边的搭接宽度均不应小于 100mm。采用合成树脂类的热塑性卷材时，搭接宽度宜为 50mm，并采用焊接法施工，焊缝有效焊接宽度不应小于 30mm。采用双层卷材时，上下两层和相邻两幅卷材的接缝应错开 1/3~1/2 幅宽，且两层卷材不得相互垂直铺贴；

6 卷材接缝必须粘贴封严。接缝口应用材性相容的密封材料封严，宽度不应小于 10mm；

7 在立面与平面的转角处，卷材的接缝应留在平面上，距立面不应小于 600mm。

**4.3.13** 采用外防外贴法铺贴卷材防水层时，应符合下列规定：

- 1 铺贴卷材应先铺平面，后铺立面，交接处应交叉搭接；
- 2 临时性保护墙应用石灰砂浆砌筑，内表面应用石灰砂浆做找平层，并刷石灰浆。如用模板代替临时性保护墙时，应在其上涂刷隔离剂；
- 3 从底面折向立面的卷材与永久性保护墙的接触部位，应采用空铺法施工。与临时性保护墙或围护结构模板接触的部位，应临时贴附在该墙上或模板上，卷材铺好后，其顶端应临时固定；
- 4 当不设保护墙时，从底面折向立面的卷材的接茬部位应采取可靠的保护措施；
- 5 主体结构完成后，铺贴立面卷材时，应先将接茬部位的各层卷材揭开，并将其表面清理干净，如卷材有局部损伤，应及时进行修补。卷材接茬的搭接长度，高聚物改性沥青卷材为 150mm，合成高分子卷材为 100mm。当使用两层卷材时，卷材应错茬接缝，上层卷材应盖过下层卷材。

卷材的甩茬、接茬做法见图 4.3.13。

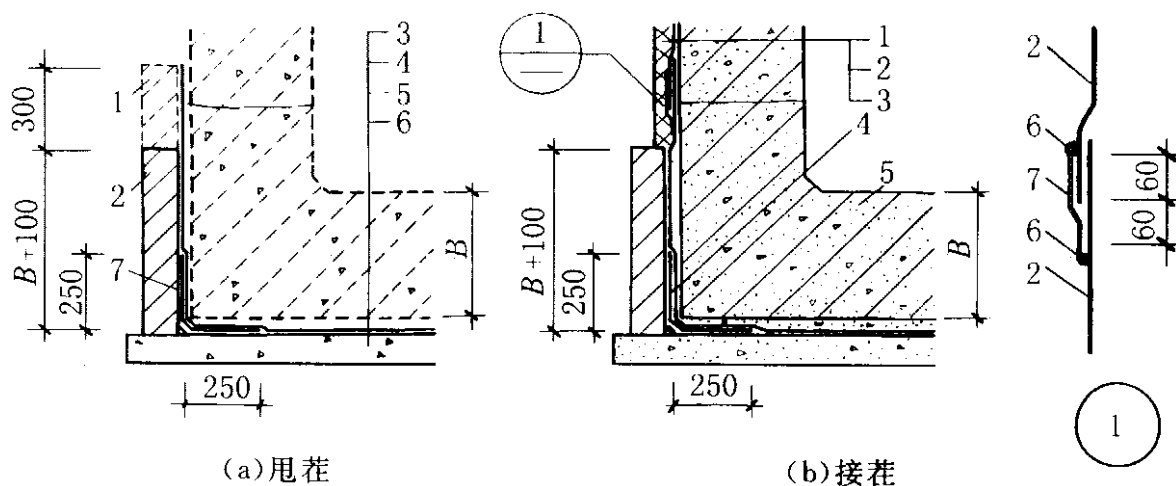


图 4.3.13 卷材防水层甩茬、接茬做法

- |             |          |          |          |
|-------------|----------|----------|----------|
| 1—临时保护墙；    | 2—永久保护墙； | 1—结构墙体；  | 2—卷材防水层； |
| 3—细石混凝土保护层； | 4—卷材防水层； | 3—卷材保护层； | 4—卷材加强层； |
| 5—水泥砂浆找平层；  | 6—混凝土垫层； | 5—结构底板；  | 6—密封材料；  |
| 7—卷材加强层     |          | 7—盖缝条    |          |

**4.3.14** 当施工条件受到限制时，可采用外防内贴法铺贴卷材防水层，并应符合下列规定：

- 1 主体结构的保护墙内表面应抹 1:3 水泥砂浆找平层，然后铺贴卷材，并根据



卷材特性选用保护层；

2 卷材宜先铺立面，后铺平面。铺贴立面时，应先铺转角后铺大面。

**4.3.15** 卷材防水层经检查合格后，应及时做保护层，保护层应符合以下规定：

1 顶板卷材防水层上的细石混凝土保护层厚度不应小于 70mm，防水层为单层卷材时，在防水层与保护层之间应设置隔离层；

2 底板卷材防水层上的细石混凝土保护层厚度不应小于 50mm；

3 侧墙卷材防水层宜采用软保护或铺抹 20mm 厚的 1:3 水泥砂浆。

## 4.4 涂料防水层

### I 一般规定

**4.4.1** 涂料防水层包括无机防水涂料和有机防水涂料。无机防水涂料可选用水泥基防水涂料、水泥基渗透结晶型涂料。有机涂料可选用反应型、水乳型、聚合物水泥防水涂料。

**4.4.2** 无机防水涂料宜用于结构主体的背水面，有机防水涂料宜用于结构主体的迎水面。用于背水面的有机防水涂料应具有较高的抗渗性，且与基层有较强的粘结性。

### II 设计

**4.4.3** 防水涂料品种的选择应符合下列规定：

1 潮湿基层宜选用与潮湿基面粘结力大的无机涂料或有机涂料，或采用先涂水泥基类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，如用水乳型涂料，温度不得低于 5℃；

3 埋置深度较深的重要工程、有振动或有较大变形的工程宜选用高弹性防水涂料；

4 有腐蚀性的地下环境宜选用耐腐蚀性较好的反应型、水乳型、聚合物水泥涂料并做刚性保护层。

**4.4.4** 采用有机防水涂料时，应在阴阳角及底板增加一层胎体增强材料，并增涂 2~4 遍防水涂料。

**4.4.5** 防水涂料可采用外防外涂、外防内涂两种做法，见图 4.4.5-1、4.4.5-2。

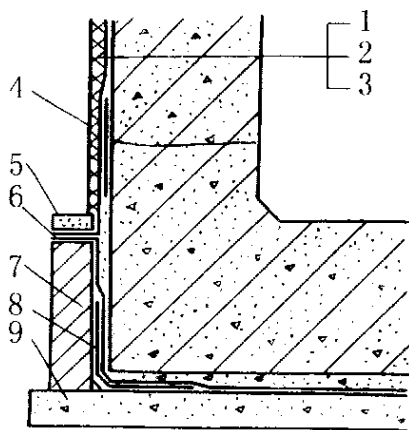


图 4.4.5-1 防水涂料外防外涂做法

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

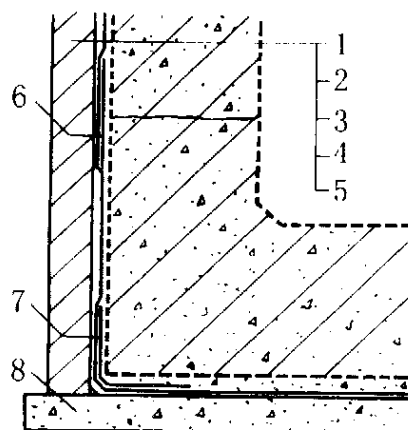


图4.4.5-2 防水涂料外防内涂做法

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

4.4.6 水泥基防水涂料的厚度宜为 1.5~2.0mm；水泥基渗透结晶型防水涂料的厚度不应小于 0.8mm；有机防水涂料根据材料的性能，厚度宜为 1.2~2.0mm。

### III 材 料

4.4.7 涂料防水层所选用的涂料应符合下列规定：

- 1 具有良好的耐水性、耐久性、耐腐蚀性及耐菌性；
- 2 无毒、难燃、低污染；
- 3 无机防水涂料应具有良好的湿干粘结性、耐磨性和抗刺穿性；有机防水涂料应具有较好的延伸性及较大适应基层变形能力。

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

表 4.4.8-1 无机防水涂料的性能指标

涂料种类	抗折强度(Mpa)	粘结强度(MPa)	抗渗性(MPa)	冻融循环
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	≥3	≥1.0	>0.8	>D50



表 4.4.8-2

有机防水涂料的性能指标

涂料种类	可操作时间 (min)	潮湿基面粘结强度 (MPa)	抗渗性(MPa)			浸水 168h 后拉伸强度 (MPa)	浸水 168h 后断裂伸长率(%)	耐水性(%)	表干 (h)	实干 (h)
			涂膜 (30min)	砂浆迎水面	砂浆背水面					
反应型	≥20	≥0.3	≥0.3	≥0.6	≥0.2	≥1.65	≥300	≥80	≤8	≤24
水乳型	≥50	≥0.2	≥0.3	≥0.6	≥0.2	≥0.5	≥350	≥80	≤4	≤12
聚合物水泥	≥30	≥0.6	≥0.3	≥0.8	≥0.6	≥1.5	≥80	≥80	≤4	≤12

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

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

#### IV 施 工

**4.4.9** 基层表面的气孔、凹凸不平、蜂窝、缝隙、起砂等，应修补处理，基面必须干净、无浮浆、无水珠、不渗水。

**4.4.10** 涂料施工前，基层阴阳角应做成圆弧形，阴角直径宜大于 50mm，阳角直径宜大于 10mm。

**4.4.11** 涂料施工前应先对阴阳角、预埋件、穿墙管等部位进行密封或加强处理。

**4.4.12** 涂料的配制及施工，必须严格按涂料的技术要求进行。

**4.4.13** 涂料防水层的总厚度应符合设计要求。涂刷或喷涂，应待前一道涂层实干后进行；涂层必须均匀，不得漏刷漏涂。施工缝接缝宽度不应小于 100mm。

**4.4.14** 铺贴胎体材料时，应使胎体层充分浸透防水涂料，不得有白茬及褶皱。

**4.4.15** 有机防水涂料施工完后应及时做好保护层，保护层应符合下列规定：

- 1 底板、顶板应采用 20mm 厚 1:2.5 水泥砂浆层和 40~50mm 厚的细石混凝土保护，顶板防水层与保护层之间宜设置隔离层；
- 2 侧墙背水面应采用 20mm 厚 1:2.5 水泥砂浆层保护；
- 3 侧墙迎水面宜选用软保护层或 20mm 厚 1:2.5 水泥砂浆层保护。

#### 4.5 塑料防水板防水层

**4.5.1** 塑料防水板可选用乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)、乙烯-共聚物沥青(ECB)、聚氯乙烯(PVC)、高密度聚乙烯(HDPE)、低密度聚乙烯(LDPE)类或其他性能相近的材料。

#### 4.5.2 塑料防水板应符合下列规定：

- 1 幅宽宜为 2~4m；
- 2 厚度宜为 1~2mm；
- 3 耐穿刺性好；
- 4 耐久性、耐水性、耐腐蚀性、耐菌性好；
- 5 塑料防水板物理力学性能应符合表 4.5.2 的规定。

**表 4.5.2 塑料防水板物理力学性能**

项目	拉伸强度(MPa)	断裂延伸率(%)	热处理时变化率(%)	低温弯折性	抗渗性
指标	≥12	≥200	≤2.5	-20℃无裂纹	0.2MPa24h 不透水

#### 4.5.3 防水板应在初期支护基本稳定并经验收合格后进行铺设。

#### 4.5.4 铺设防水板的基层宜平整、无尖锐物。基层平整度应符合 $D/L=1/6\sim 1/10$ 的要求。

D——初期支护基层相邻两凸面凹进去的深度；

L——初期支护基层相邻两凸面间的距离。

#### 4.5.5 铺设防水板前应先铺缓冲层。缓冲层应用暗钉圈固定在基层上，见图 4.5.5。

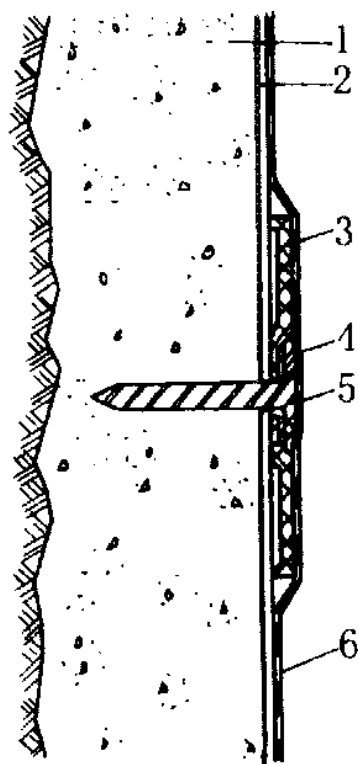


图 4.5.5 暗钉圈固定缓冲层示意图

1—初期支护；2—缓冲层；3—热塑性圆垫圈；  
4—金属垫圈；5—射钉；6—防水板

**4.5.6** 铺设防水板时，边铺边将其与暗钉圈焊接牢固。两幅防水板的搭接宽度应为 100mm，搭接缝应为双焊缝，单条焊缝的有效焊接宽度不应小于 10mm，焊接严密，不得焊焦焊穿。环向铺设时，先拱后墙，下部防水板应压住上部防水板。

**4.5.7** 防水板的铺设应超前内衬混凝土的施工，其距离宜为 5~20m，并设临时挡板防止机械损伤和电火花灼伤防水板。

**4.5.8** 内衬混凝土施工时应符合下列规定：

- 1 振捣棒不得直接接触防水板；
- 2 浇筑拱顶时应防止防水板绷紧。

**4.5.9** 局部设置防水板防水层时，其两侧应采取封闭措施。

## 4.6 金属防水层

**4.6.1** 金属防水层所用的金属板和焊条的规格及材料性能，应符合设计要求。

金属板的拼接应采用焊接，拼接焊缝应严密。竖向金属板的垂直接缝，应相互错开。

4.6.2 结构施工前在其内侧设置金属防水层时，金属防水层应与围护结构内的钢筋焊牢，或在金属防水层上焊接一定数量的锚固件，见图 4.6.2。

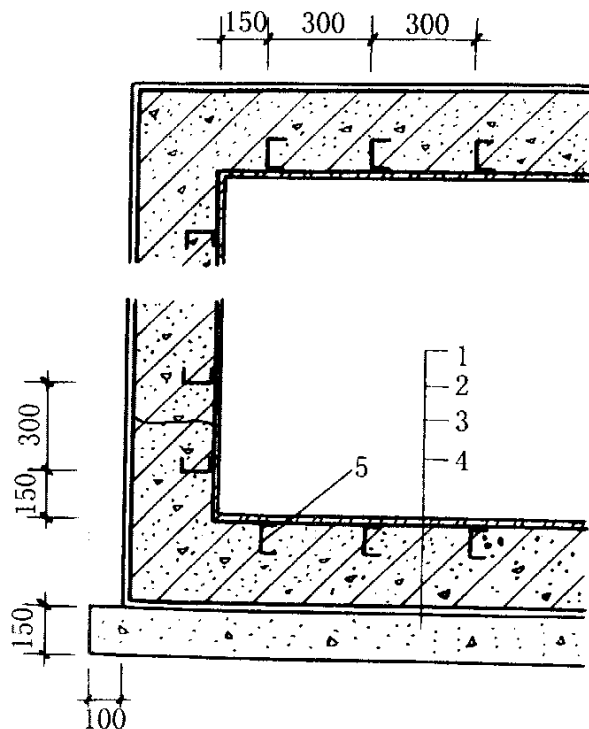


图 4.6.2 金属板防水层

1—金属防水层；2—结构；3—砂浆防水层；  
4—垫层；5—锚固筋

金属板防水层应用临时支撑加固。

金属板防水层底板上应预留浇捣孔，并应保证混凝土浇筑密实，待底板混凝土浇筑完后再补焊严密。

4.6.3 在结构外设置金属防水层时，金属板应焊在混凝土或砌体的预埋件上。金属防水层经焊缝检查合格后，应将其与结构间的空隙用水泥砂浆灌实。见图 4.6.3。

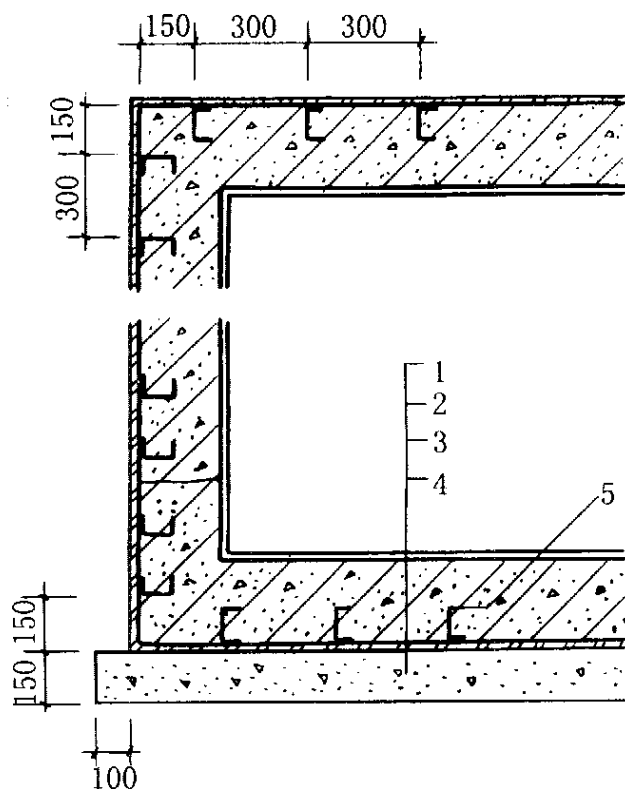


图 4.6.3 金属板防水层

1—砂浆防水层；2—结构；3—金属防水层；  
4—垫层；5—锚固筋

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

4.6.5 金属板防水层应采取防锈措施。

## 5 地下工程混凝土结构细部构造防水

### 5.1 变形缝

#### I 一般规定

- 5.1.1 变形缝应满足密封防水、适应变形、施工方便、检修容易等要求。
- 5.1.2 用于伸缩的变形缝宜不设或少设，可根据不同的工程结构类别及工程地质情况采用诱导缝、加强带、后浇带等替代措施。
- 5.1.3 变形缝处混凝土结构的厚度不应小于 300mm。

#### II 设计

- 5.1.4 用于沉降的变形缝其最大允许沉降差值不应大于 30mm。当计算沉降差值大于 30mm 时，应在设计时采取措施。
- 5.1.5 用于沉降的变形缝的宽度宜为 20~30mm，用于伸缩的变形缝的宽度宜小于此值。
- 5.1.6 变形缝的防水措施可根据工程开挖方法、防水等级按本规范表 3.3.1-1、3.3.1-2 选用。变形缝的几种复合防水构造形式见图 5.1.6-1、5.1.6-2、5.1.6-3。

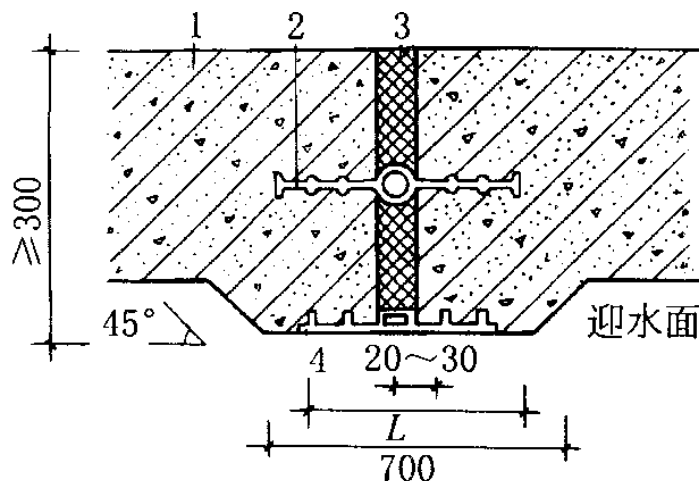


图 5.1.6-1 中埋式止水带与外贴防水层复合使用

外贴式止水带  $L \geq 300$  外贴防水卷材  $L \geq 400$  外涂防水涂层  $L \geq 400$

1—混凝土结构；2—中埋式止水带；3—填缝材料；4—外贴防水层

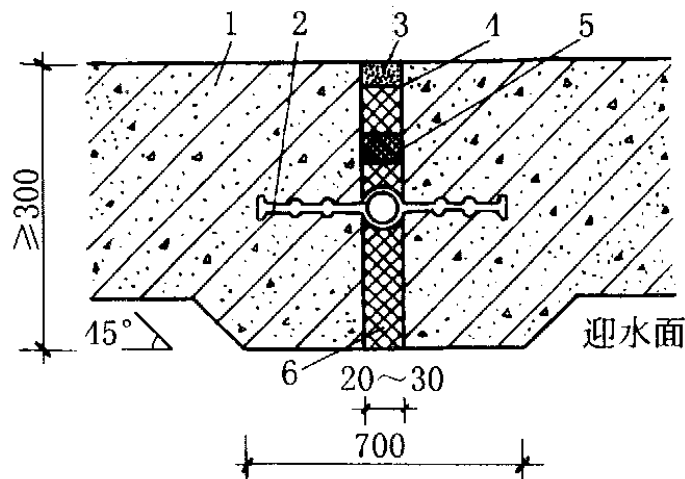


图 5.1.6-2 中埋式止水带与遇水膨胀橡胶条、嵌缝材料复合使用

1—混凝土结构；2—中埋式止水带；3—嵌缝材料；  
4—背衬材料；5—遇水膨胀橡胶条；6—填缝材料

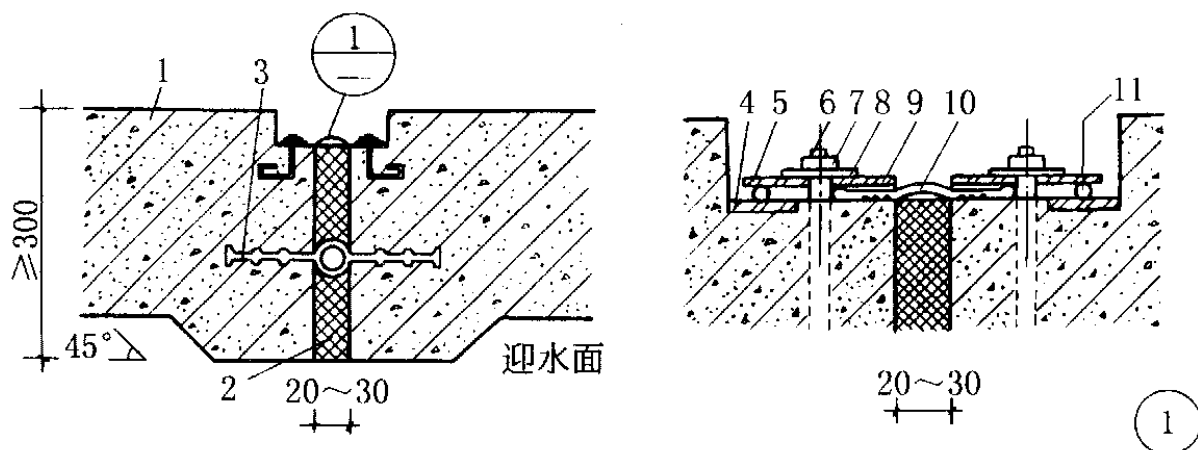


图 5.1.6-3 中埋式止水带与可卸式止水带复合使用

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

5.1.7 对环境温度高于 50℃ 处的变形缝，可采用 2mm 厚的紫铜片或 3mm 厚不锈钢等金属止水带，其中间呈圆弧形，见图 5.1.7。

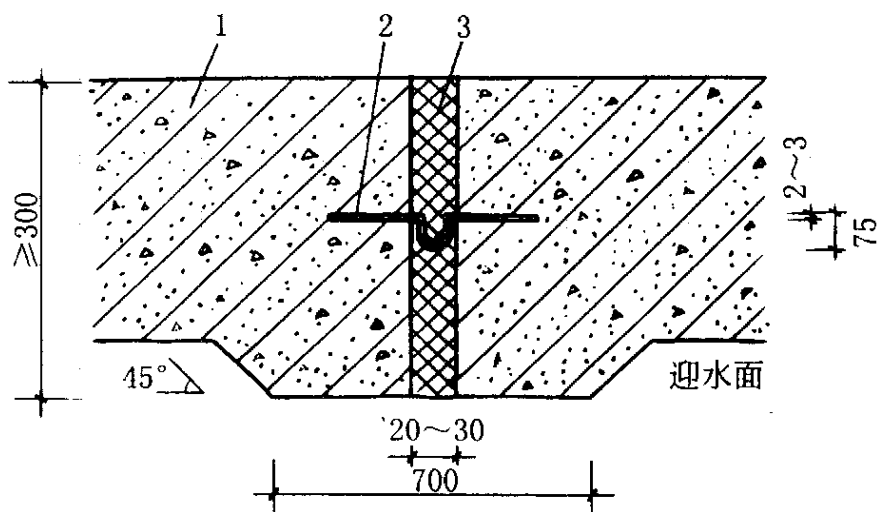


图 5.1.7 中埋式金属止水带

1—混凝土结构；2—金属止水带；3—填缝材料

### III 材 料

5.1.8 橡胶止水带的外观质量、尺寸偏差、物理性能应符合 HG2288-92 的规定。

钢边橡胶止水带的物理力学性能应符合表 5.1.8 的规定。

表 5.1.8 钢边橡胶止水带的物理力学性能

项目	硬度 (邵氏 A)	拉伸强 度 (MPa)	扯断伸 长率 (%)	压缩永久 变形 (70 ℃×24h) %	扯裂强度 (N / mm)	热老化性能(70℃× 168h)			拉伸永久 变形(70 ℃×24h 拉伸 100 %)	橡胶与钢带粘合 试验	
						硬度 变化 邵氏 A)	拉伸强 度 (MPa)	扯断伸 长率 (%)		破坏类 型	粘合强 度 (MPa)
性能 指 标	62±5	≥18.0	≥400	≤35	≥35	≤+8	≥16.2	≥320	≤20	橡胶破 坏(R)	≥6

5.1.9 遇水膨胀橡胶条的性能指标应符合本规范表 8.1.5-2 中的规定。

5.1.10 嵌缝材料最大拉伸强度不应小于 0.2MPa，最大伸长率应大于 300%，拉伸-压缩循环性能的级别不应小于 8020。

### IV 施 工

5.1.11 中埋式止水带施工应符合下列规定：

- 1 止水带埋设位置应准确，其中间空心圆环应与变形缝的中心线重合；
- 2 止水带应妥善固定，顶、底板内止水带应成盆状安设。止水带宜采用专用钢



筋套或扁钢固定。采用扁钢固定时，止水带端部应先用扁钢夹紧，并将扁钢与结构内钢筋焊牢。固定扁钢用的螺栓间距宜为 500mm，见图 5.1.11；

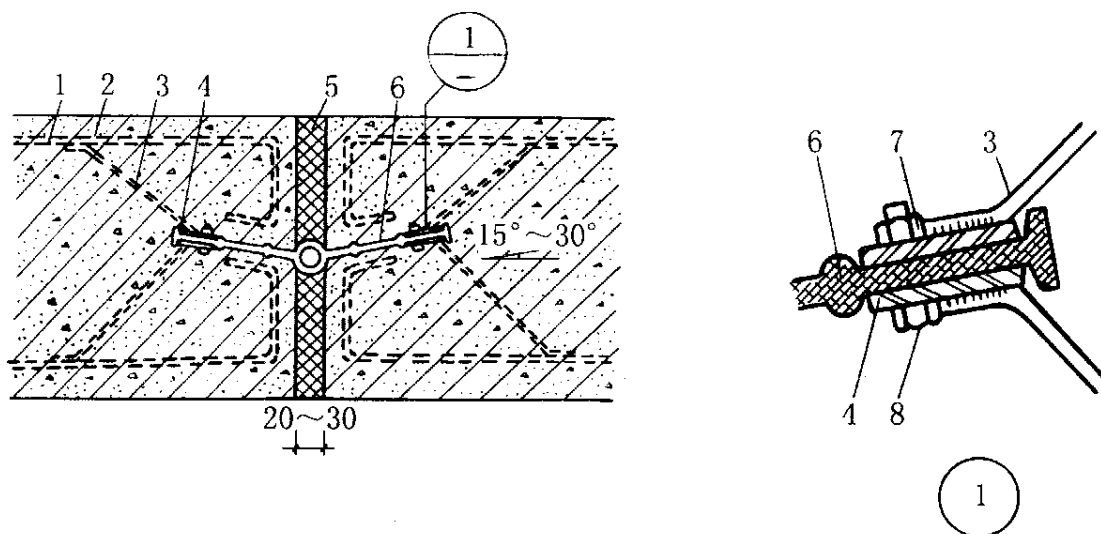


图 5.1.11 顶(底)板中埋式止水带的固定

1—结构主筋；2—混凝土结构；

3—固定用钢筋；4—固定止水带用扁钢；

5—填缝材料；6—中埋式止水带；7—螺母；8—双头螺杆

3 中埋式止水带先施工一侧混凝土时，其端模应支撑牢固，严防漏浆；

4 止水带的接缝宜为一处，应设在边墙较高位置上，不得设在结构转角处，接头宜采用热压焊；

5 中埋式止水带在转弯处宜采用直角专用配件，并应做成圆弧形，橡胶止水带的转角半径应不小于 200mm，钢边橡胶止水带应不小于 300mm，且转角半径应随止水带的宽度增大而相应加大。

**5.1.12** 安设于结构内侧的可卸式止水带施工时应符合下列要求：

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

**5.1.13** 当变形缝与施工缝均用外贴式止水带时，其相交部位宜采用图 5.1.13-1 所示的专用配件。外贴式止水带的转角部位宜使用图 5.1.13-2 所示的专用配件。

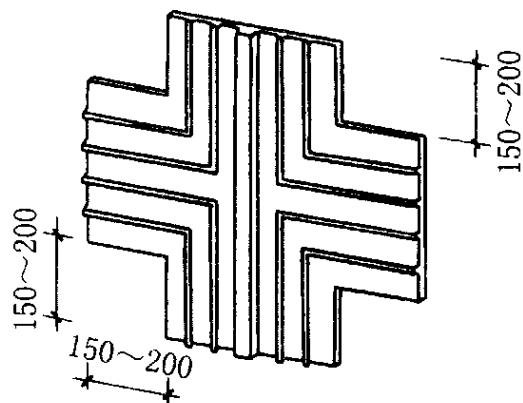


图 5.1.13-1 外贴式止水带在施工缝与变形缝相交处的专用配件

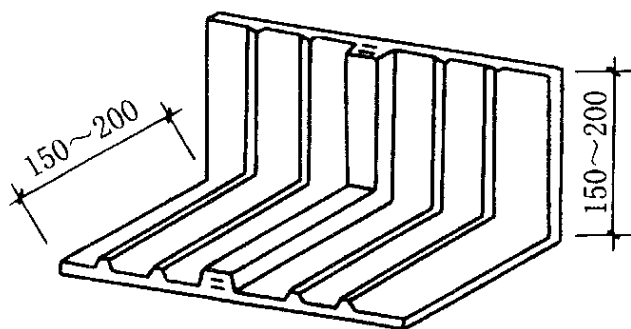


图 5.1.13-2 外贴式止水带在转角处的专用配件

**5.1.14** 宜采用遇水膨胀橡胶与普通橡胶复合的复合型橡胶条、中间夹有钢丝或纤维织物的遇水膨胀橡胶条、中空圆环型遇水膨胀橡胶条。当采用遇水膨胀橡胶条时，应采取有效的固定措施，防止止水条胀出缝外。

**5.1.15** 嵌缝材料嵌填施工时，应符合下列要求：

- 1 缝内两侧应平整、清洁、无渗水，并涂刷与嵌缝材料相容的基层处理剂；
- 2 嵌缝时应先设置与嵌缝材料隔离的背衬材料；
- 3 嵌填应密实，与两侧粘结牢固。

**5.1.16** 在缝上粘贴卷材或涂刷涂料前，应在缝上设置隔离层，而后再行施工。卷材防水层、涂料防水层的施工应符合本规范 4.3、4.4 中的有关规定。

## 5.2 后 浇 带

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

5.2.2 后浇带可做成平直缝，结构主筋不宜在缝中断开，如必须断开，则主筋搭接长度应大于 45 倍主筋直径，并按设计要求加设附加钢筋。后浇带的防水构造见图 5.2.2-1、5.2.2-2、5.2.2-3。

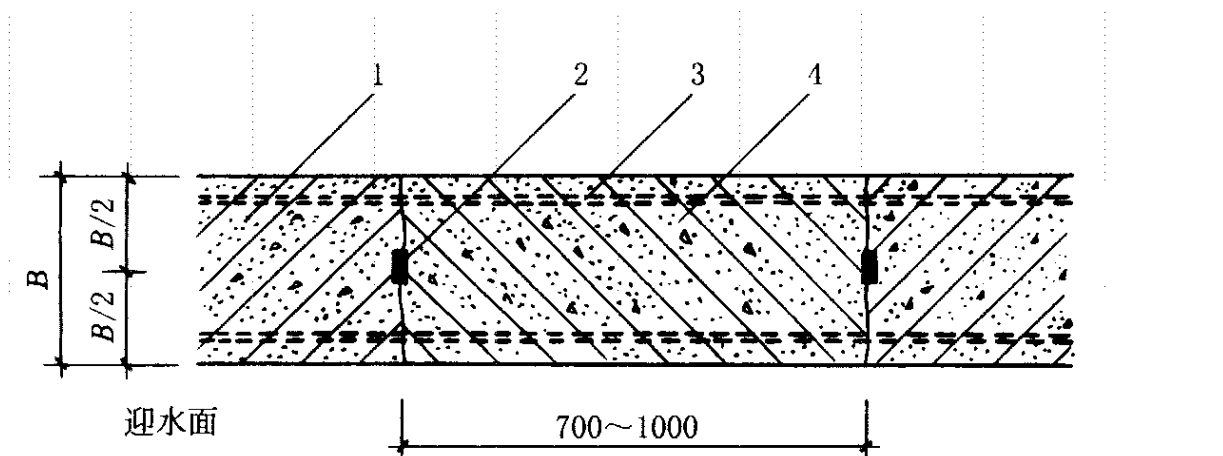


图 5.2.2-1 后浇带防水构造(一)

1—先浇混凝土；2—遇水膨胀止水条；3—结构主筋；4—后浇补偿收缩混凝土

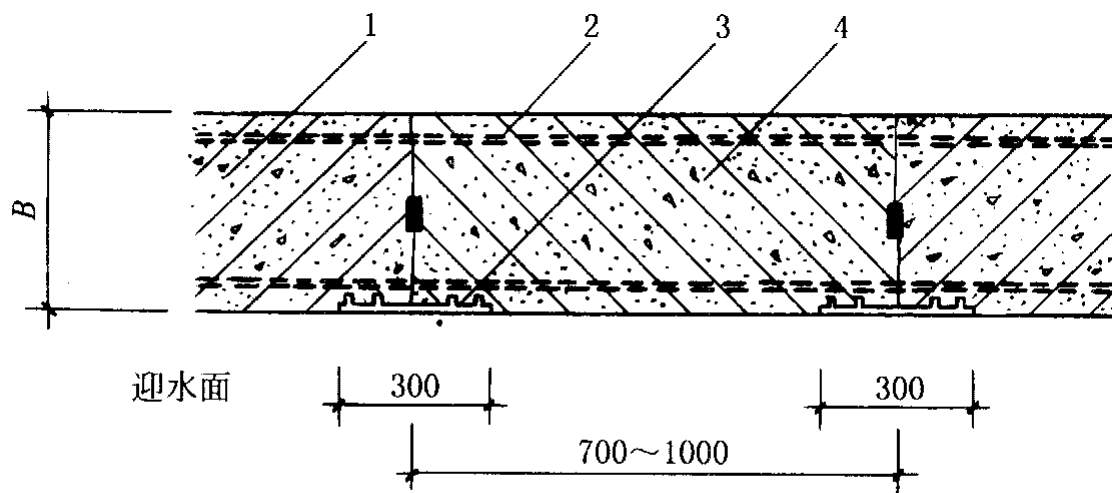


图 5.2.2-2 后浇带防水构造(二)

1—先浇混凝土；2—结构主筋；3—外贴式止水带；4—后浇补偿收缩混凝土

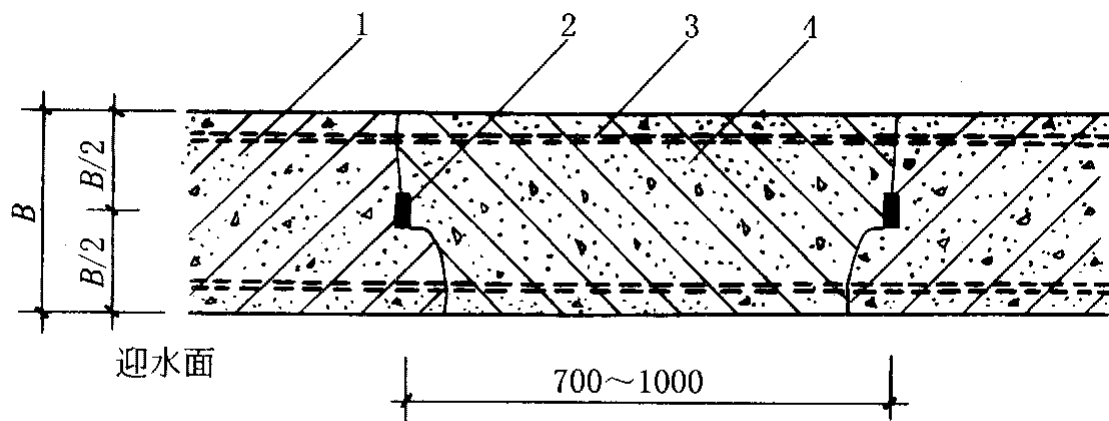


图 5.2.2-3 后浇带防水构造(三)

1—先浇混凝土；2—遇水膨胀止水条；3—结构主筋；4—后浇补偿收缩混凝土

**5.2.3** 后浇带需超前止水时，后浇带部位混凝土应局部加厚，并增设外贴式或中埋式止水带，见图 5.2.3。

**5.2.4** 后浇带的施工应符合下列规定：

- 1 后浇带应在其两侧混凝土龄期达到 42d 后再施工，但高层建筑的后浇带应在结构顶板浇筑混凝土 14d 后进行；
- 2 后浇带的接缝处理应符合本规范 4.1.22 条的规定；
- 3 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，严防落入杂物和损伤外贴式止水带；
- 4 后浇带应采用补偿收缩混凝土浇筑，其强度等级不应低于两侧混凝土；

5 后浇带混凝土的养护时间不得少于 28d。

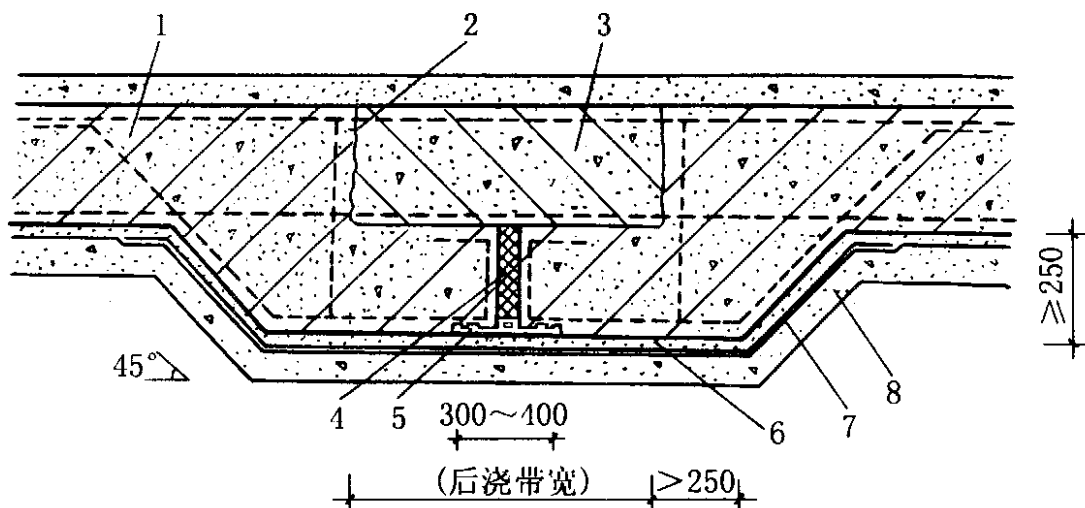


图 5.2.3 后浇带超前止水构造

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

### 5.3 穿墙管(盒)

5.3.1 穿墙管(盒)应在浇筑混凝土前预埋。

5.3.2 穿墙管与内墙角、凹凸部位的距离应大于 250mm。

5.3.3 结构变形或管道伸缩量较小时，穿墙管可采用主管直接埋入混凝土内的固定式防水法，并应预留凹槽，槽内用嵌缝材料嵌填密实。其防水构造见图 5.3.3-1、5.3.3-2。

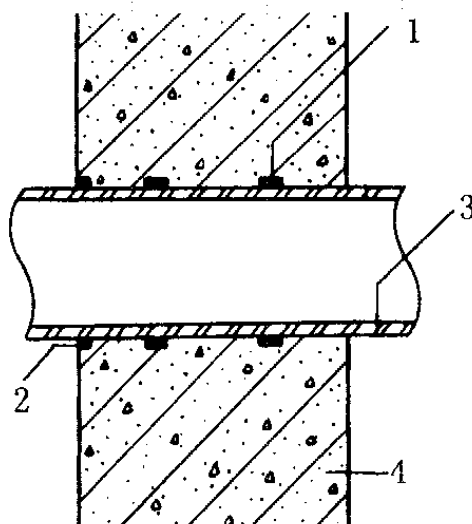


图 5.3.3-2 固定式穿墙管防水构造(二)

1—遇水膨胀橡胶圈；2—嵌缝材料；3—主管；4—混凝土结构

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

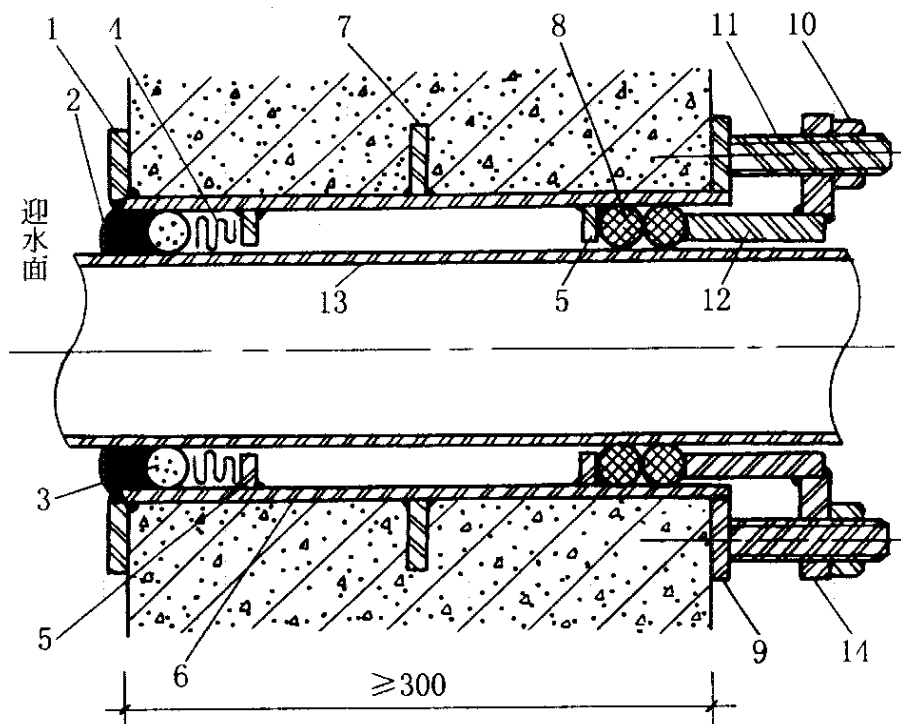


图 5.3.4 套管式穿墙管防水构造

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

5.3.5 穿墙管防水施工时应符合下列规定：

- 1 金属止水环应与主管满焊密实。采用套管式穿墙管防水构造时，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 管与管的间距应大于 300mm；
- 3 采用遇水膨胀止水圈的穿墙管，管径宜小于 50mm，止水圈应用胶粘剂满粘固定于管上，并应涂缓胀剂。

5.3.6 穿墙管线较多时，宜相对集中，采用穿墙盒方法。穿墙盒的封口钢板应与墙上的预埋角钢焊严，并从钢板上的预留浇注孔注入改性沥青柔性密封材料或细石混凝土处理，见图 5.3.6。

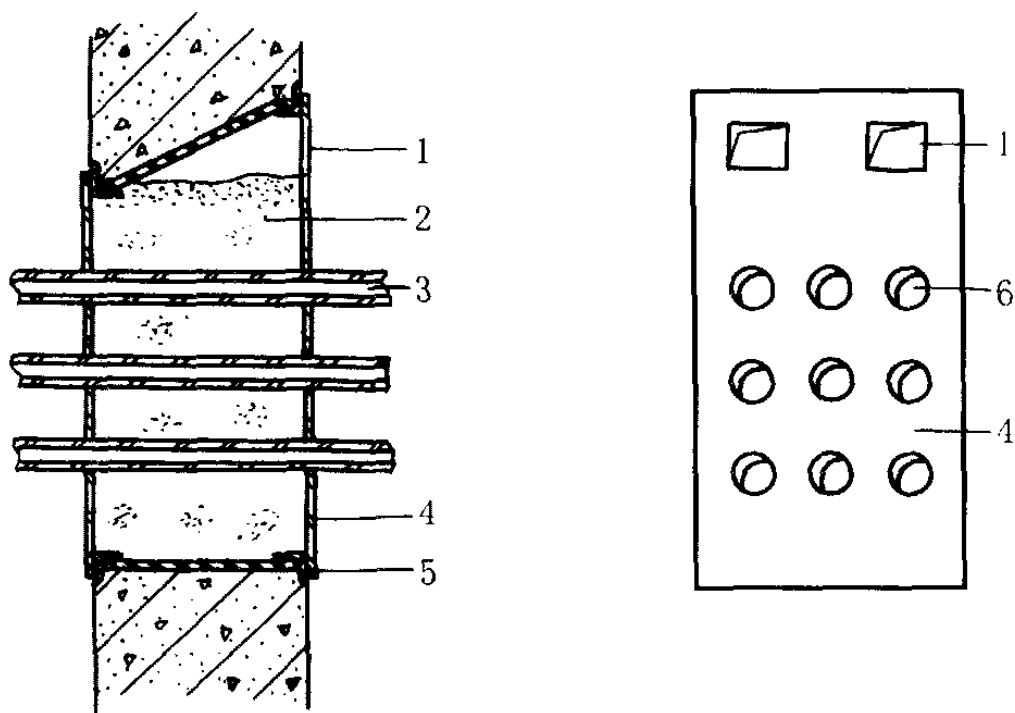


图 5.3.6 穿墙群管防水构造

1—浇注孔；2—柔性材料或细石混凝土；3—穿墙管；

4—封口钢板；5—固定角钢；6—预留孔

5.3.7 当工程有防护要求时，穿墙管除应采取有效防水措施外，尚应采取满足防护要求。

5.3.8 穿墙管伸出外墙的部位，应采取有效措施防止回填时将管损坏。

## 5.4 埋设件

5.4.1 结构上的埋设件宜预埋。

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

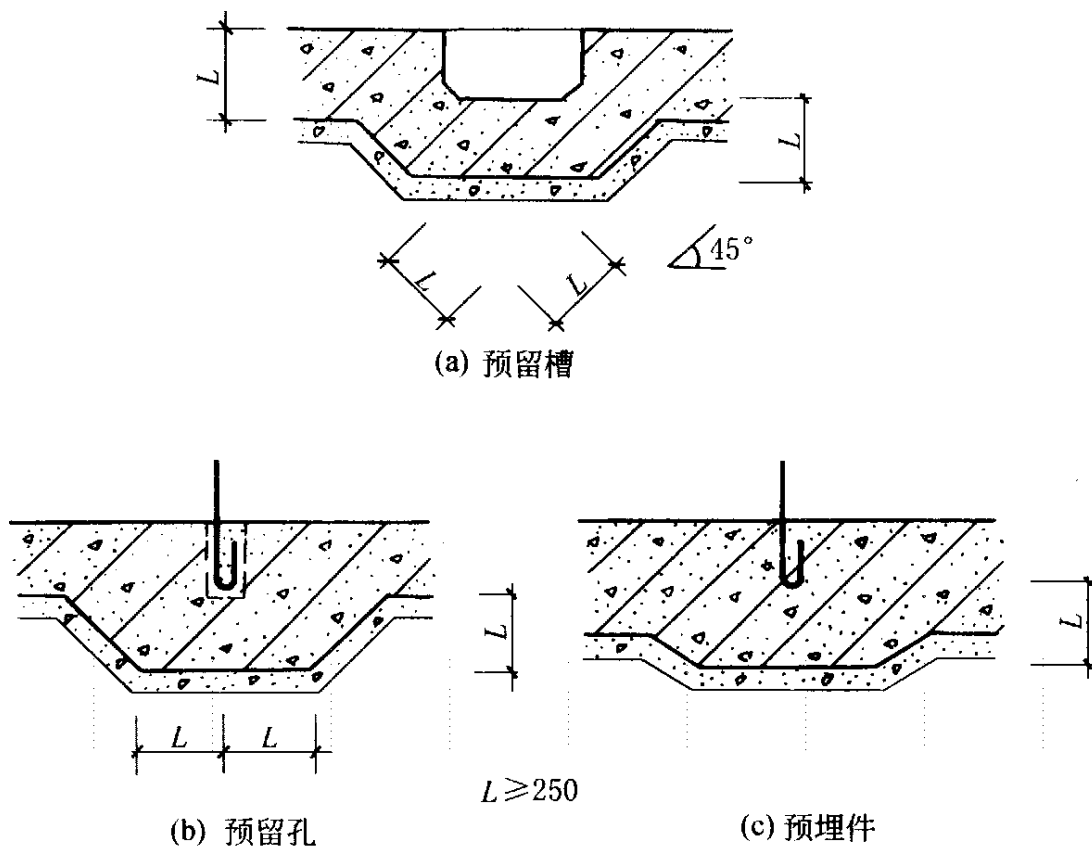


图 5.4.2 预埋件或预留孔(槽)处理示意图

5.4.3 预留孔(槽)内的防水层，宜与孔(槽)外的结构防水层保持连续。

## 5.5 预留通道接头

5.5.1 预留通道接缝处的最大沉降差值不得大于 30mm。

5.5.2 预留通道接头应采取复合防水构造形式，见图 5.5.2-1、5.5.2-2、5.5.2-3。



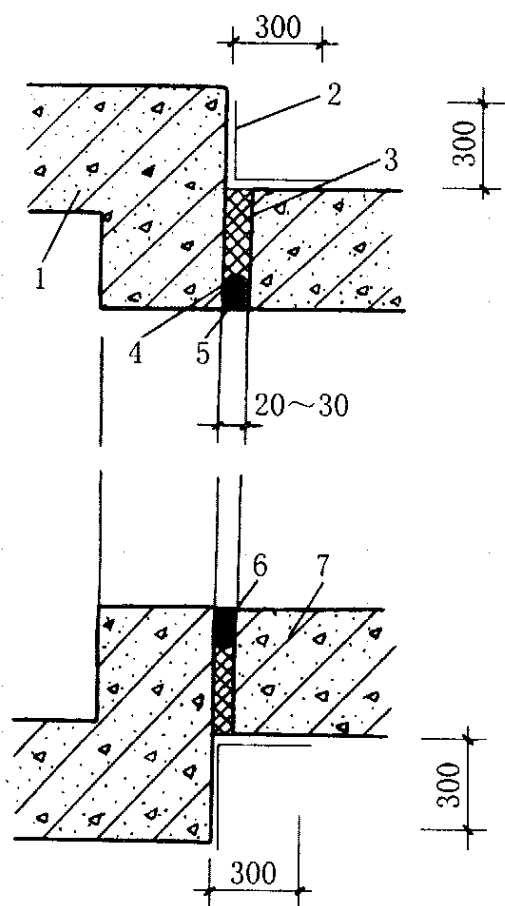


图 5.5.2-1 预留通道接头  
防水构造(一)

- 1—先浇混凝土结构；2—防水涂料；  
3—填缝材料；4—遇水膨胀止水条；  
5—嵌缝材料；6—背衬材料；  
7—后浇混凝土结构

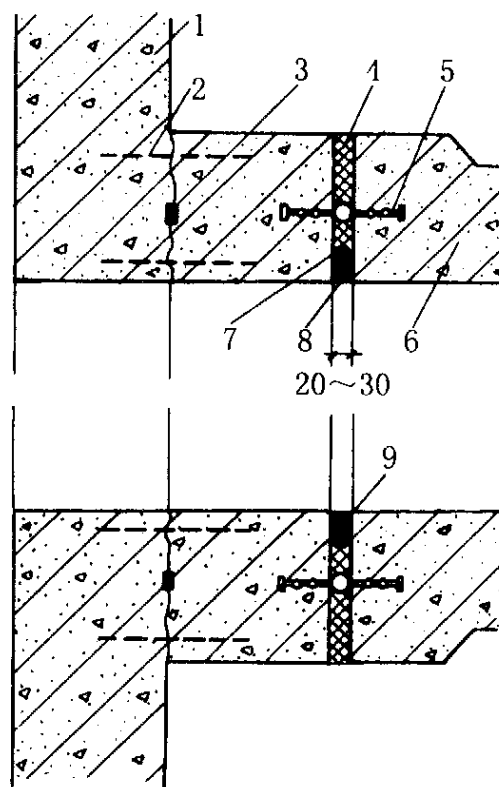


图 5.5.2-2 预留通道接头  
防水构造(二)

- 1—先浇混凝土结构；2—连接钢筋；  
3—遇水膨胀止水条；4—填缝材料；  
5—中埋式止水带；6—后浇混凝土结构；  
7—遇水膨胀橡胶条；8—嵌缝材料；  
9—背衬材料

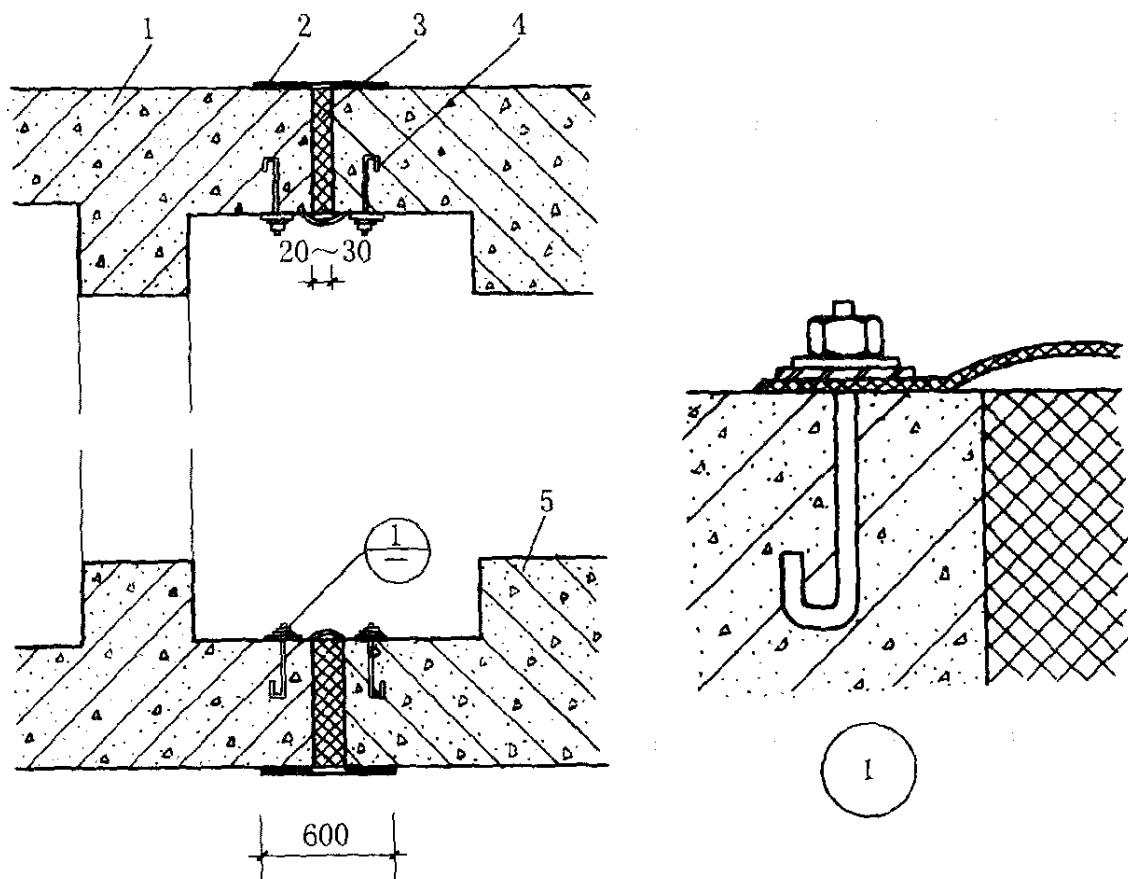


图 5.5.2-3 预留通道接头防水构造(三)

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

### 5.5.3 预留通道接头的防水施工应符合下列规定：

- 1 中埋式止水带、遇水膨胀橡胶条、嵌缝材料、可卸式止水带的施工应符合本规范 5.1 中的有关规定；
- 2 预留通道先施工部位的混凝土、中埋式止水带、与防水相关的预埋件等应及时保护，确保端部表面混凝土和中埋式止水带清洁，埋件不锈蚀；
- 3 采用图 5.5.2-2 的防水构造时，在接头混凝土施工前应将先浇混凝土端部表面凿毛，露出钢筋或预埋的钢筋接驳器钢板，与待浇混凝土部位的钢筋焊接或连接好后再行浇筑；
- 4 当先浇混凝土中未预埋可卸式止水带的预埋螺栓时，可选用金属或尼龙的膨胀螺栓固定可卸式止水带。采用金属膨胀螺栓时，可用不锈钢材料或用金属涂膜、环氧涂料进行防锈处理。

## 5.6 桩 头

5.6.1 桩头防水构造形式见图 5.6.1-1、5.6.1-2。

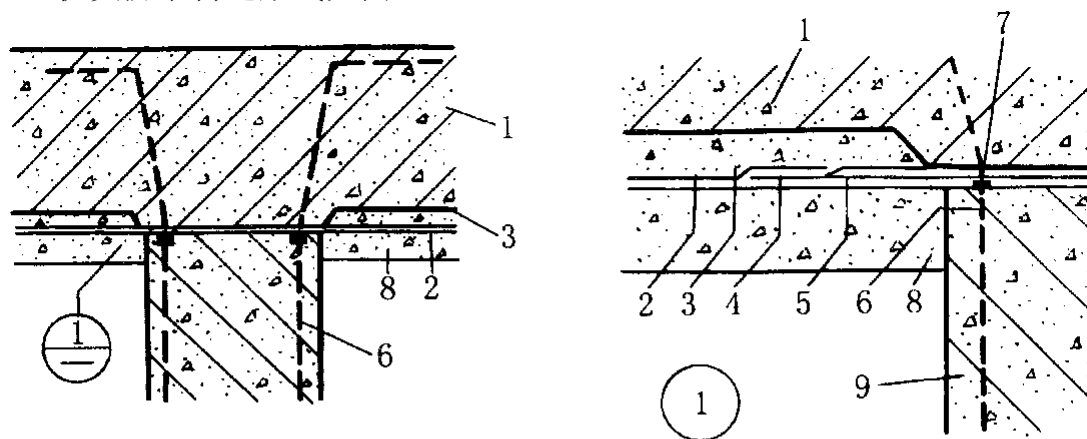


图 5.6.1-1 桩头防水构造(一)

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

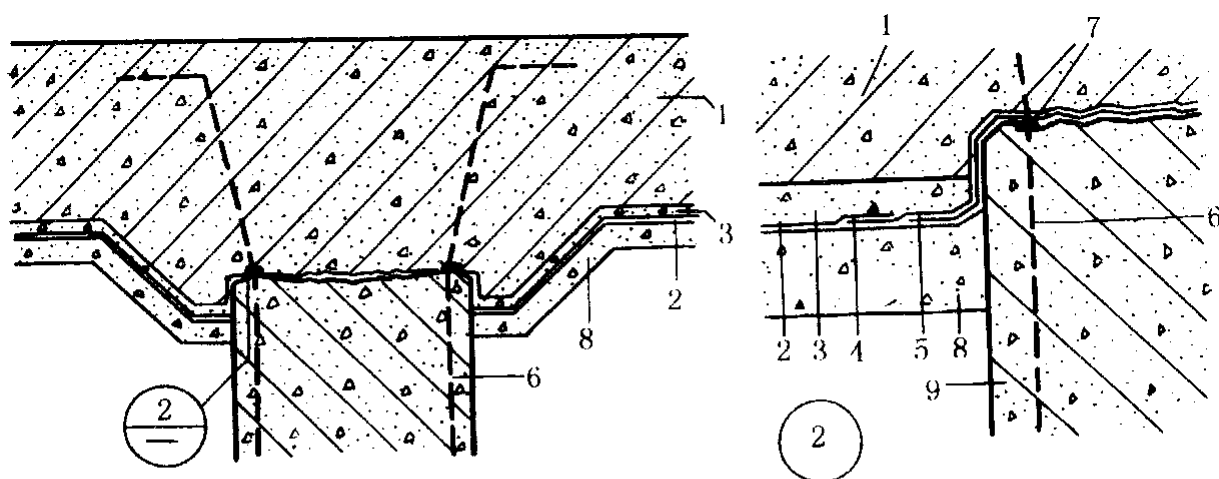


图 5.6.1-2 桩头防水构造(二)

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

5.6.2 桩头防水施工应符合下列要求：

- 1 破桩后如发现渗漏水，应先采取措施将渗漏水止住；
- 2 采用其他防水材料进行防水时，基面应符合防水层施工的要求；

3 应对遇水膨胀止水条进行保护。

## 5.7 孔 口

5.7.1 地下工程通向地面的各种孔口应设置防地面水倒灌措施。人员出入口应高出地面不小于 500mm，汽车出入口设明沟排水时，其高度宜为 150mm，并应有防雨措施。

5.7.2 窗井的底部在最高地下水位以上时，窗井的底板和墙应做防水处理并宜与主体结构断开，见图 5.7.2。

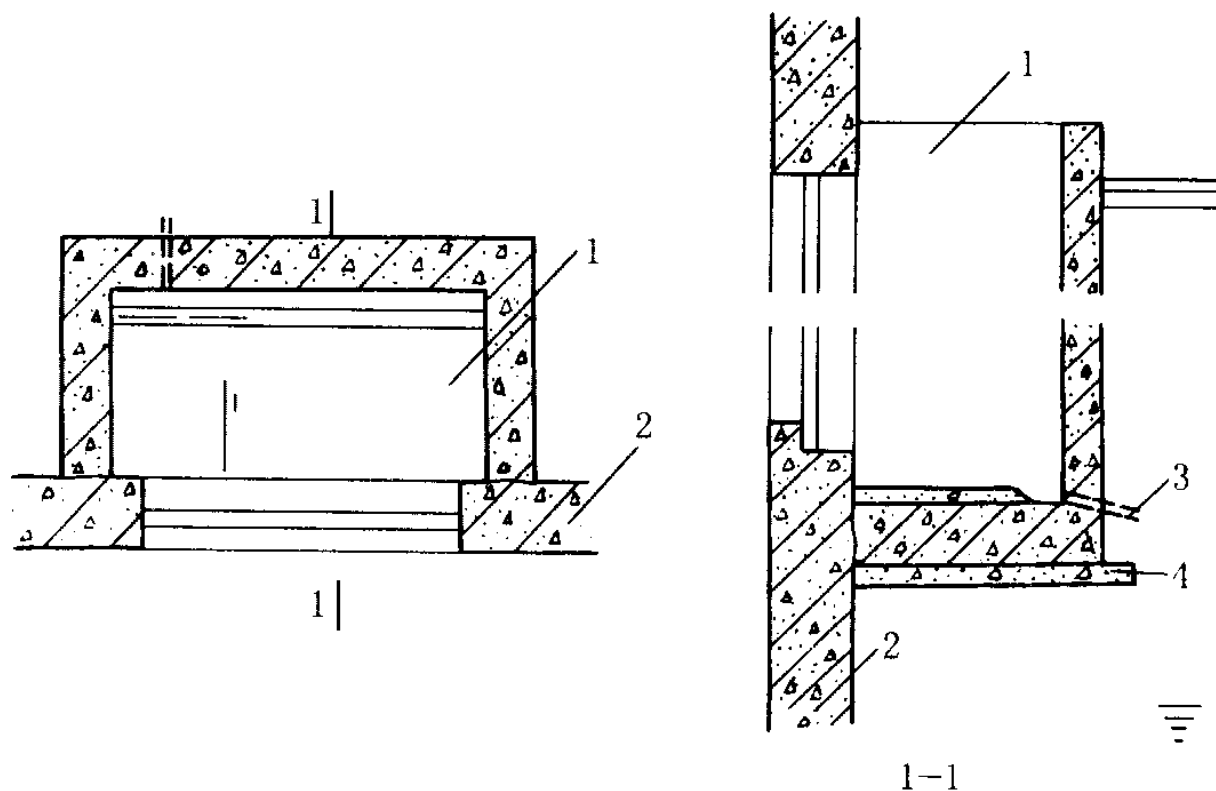


图 5.7.2 窗井防水示意图

1—窗井；2—主体结构；3—排水管；4—垫层

5.7.3 窗井或窗井的一部分在最高地下水位以下时，窗井应与主体结构连成整体，其防水层也应连成整体，并在窗井内设集水井，见图 5.7.3。

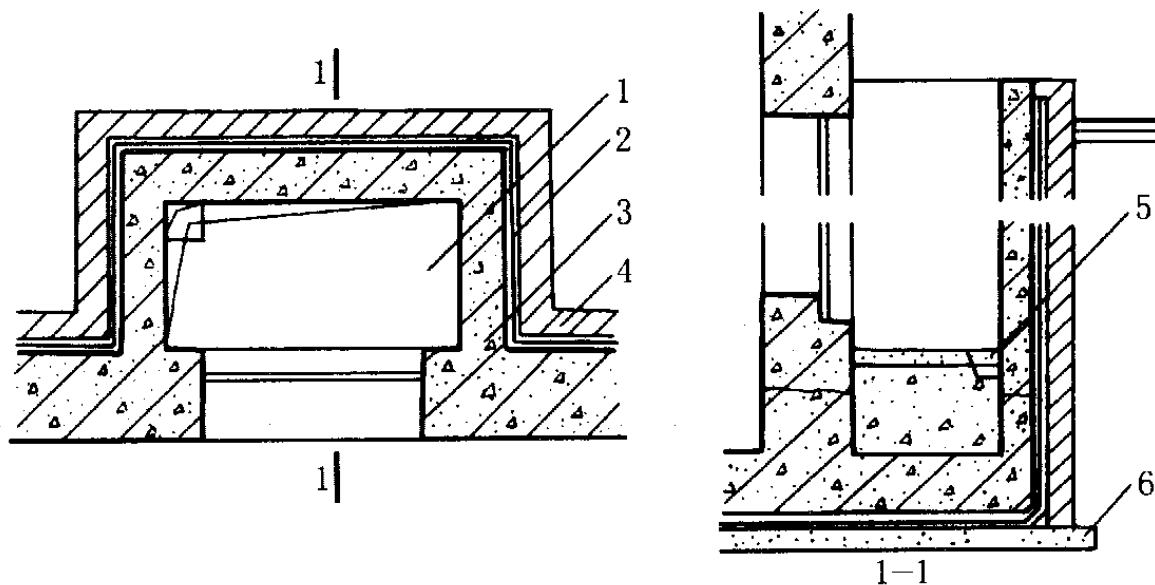


图 5.7.3 窗井防水示意图

1—窗井；2—防水层；3—主体结构；

4—防水层保护层；5—集水井；6—垫层

**5.7.4** 无论地下水位高低，窗台下部的墙体和底板应做防水层。

**5.7.5** 窗井内的底板，应比窗下缘低 300mm。窗井墙高出地面不得小于 500mm。窗井外地面应作散水，散水与墙面间应采用密封材料嵌填。

**5.7.6** 通风口应与窗井同样处理，竖井窗下缘离室外地面高度不得小于 500mm。

## 5.8 坑、池

**5.8.1** 坑、池、储水库宜用防水混凝土整体浇筑，内设其他防水层。受振动作用时应设柔性防水层。

**5.8.2** 底板以下的坑、池，其局部底板必须相应降低，并应使防水层保持连续，见图 5.8.2。

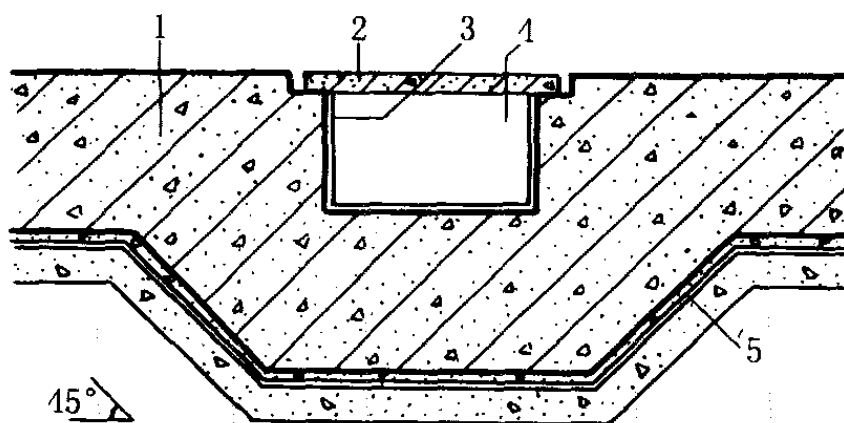


图 5.8.2 底板下坑、池的防水构造

1—底板；2—盖板；3—坑、池防水层；

4—坑、池；5—主体结构防水层

## 6 地下工程排水

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 有自流排水条件的地下工程，应采用自流排水法。无自流排水条件且防水要求较高的地下工程，可采用渗排水、盲沟排水或机械排水。但应防止由于排水危及地面建筑物及农田水利设施。

通向江、河、湖、海的排水口高程，低于洪(潮)水位时，应采取防倒灌措施。

**6.1.2** 隧道、坑道宜采用贴壁式衬砌，对防水防潮要求较高的应优先采用复合式衬砌，也可采用离壁式衬砌或衬套。

### 6.2 渗排水与盲沟排水

**6.2.1** 渗排水、盲沟排水适用于无自流排水条件、防水要求较高且有抗浮要求的地下工程。

**6.2.2** 渗排水应符合下列要求：

- 1** 渗排水层设置在工程结构底板下面，由粗砂过滤层与集水管组成，见图 6.2.2；
- 2** 粗砂过滤层总厚度宜为 300mm，如较厚时应分层铺填。过滤层与基坑土层接触处，应用厚度为 100~150mm、粒径为 5~10mm 的石子铺填；过滤层顶面与结构底面之间，宜干铺一层卷材或 30~50mm 厚的 1:3 水泥砂浆作隔浆层；
- 3** 集水管应设置在粗砂过滤层下部，坡度不宜小于 1%，且不得有倒坡现象。集水管之间的距离宜为 5~10m。渗入集水管的地下水导入集水井后用泵排走。

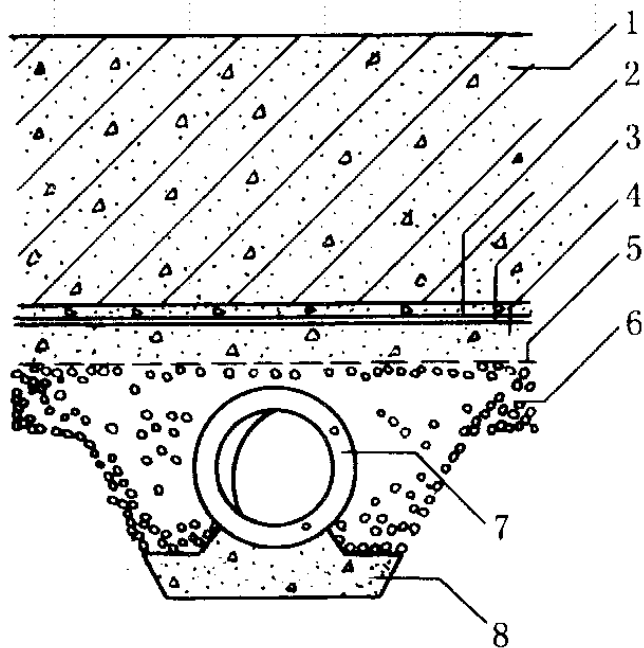


图 6.2.2 渗排水层构造

- 1—结构底板；2—细石混凝土；3—底板防水层；4—混凝土垫层；  
5—隔浆层；6—粗砂过滤层；7—集水管；8—集水管座

### 6.2.3 盲沟排水应符合下列要求：

- 1 宜将基坑开挖时的施工排水明沟与永久盲沟结合；
- 2 盲沟的构造类型、与基础的最小距离等应根据工程地质情况由设计选定。盲沟设置见图 6.2.3；



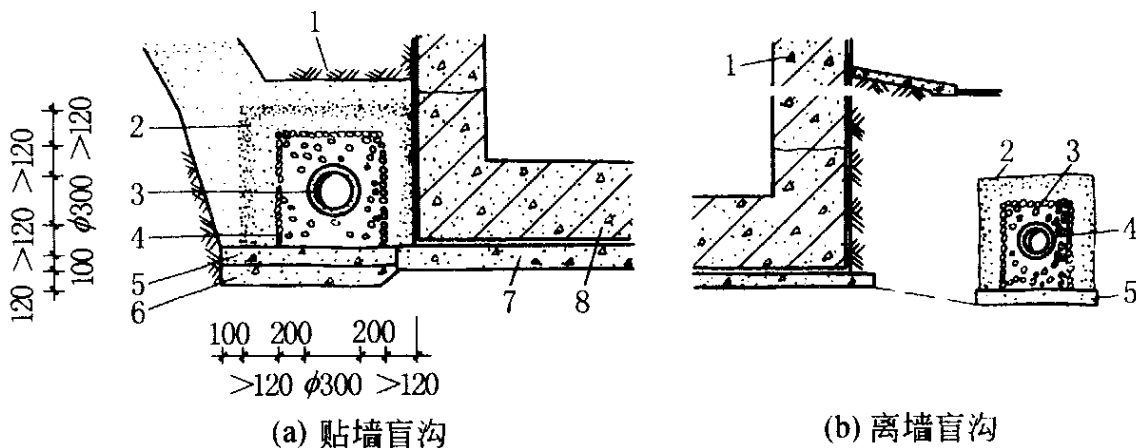


图 6.2.3 盲沟排水构造

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

- 盲沟反滤层的层次和粒径组成应符合表 6.2.3 的规定；
- 渗排水管宜采用无砂混凝土管；
- 渗排水管在转角处和直线段设计规定处应设检查井。井底距渗排水管底应留深 200~300mm 的沉淀部分，井盖应封严。

表 6.2.3 盲沟反滤层的层次和粒径组成

反滤层的层次	建筑物地区地层为砂性土时(塑性指数 $IP < 3$ )	建筑物地区地层为粘性土时(塑性指数 $IP > 3$ )
第一层(贴天然土)	用 0.1~2mm 粒径砂子组成	用 2~5mm 粒径砂子组成
第二层	用 1~7mm 粒径小卵石组成	用 5~10mm 粒径小卵石组成

### 6.3 贴壁式衬砌

6.3.1 贴壁式衬砌排水系统的构造见图 6.3.1。

6.3.2 贴壁式衬砌围岩渗漏水可通过盲沟、盲管(导水管)、暗沟导入基底的排水系统。

6.3.3 采用盲沟排水时，盲沟的设置应符合下列规定：

- 盲沟宜设在衬砌与围岩间。拱顶部位设置盲沟困难时，可采用钻孔引流措施；
- 盲沟沿洞室纵轴方向设置的距离，宜为 5~15m；
- 盲沟断面的尺寸应根据渗水量及洞室超挖情况确定；
- 盲沟宜先设反滤层，后铺石料，铺设石料粒径由围岩向衬砌方向逐渐减小。

石料必须洁净、无杂质，含泥量不得大于 2%；

5 盲沟的出水口应设滤水篦子或反滤层，寒冷及严寒地区应采取防冻措施。

6.3.4 采用盲管(导水管)排水时，盲管(导水管)的设置应符合下列规定：

- 1 盲管(导水管)应沿隧道、坑道的周边固定于围岩表面；
- 2 盲管(导水管)的间距宜为 5~20m，当水较大时，可在水较大处增设 1~2 道；
- 3 盲管(导水管)与混凝土衬砌接触部位应外包无纺布作隔浆层。

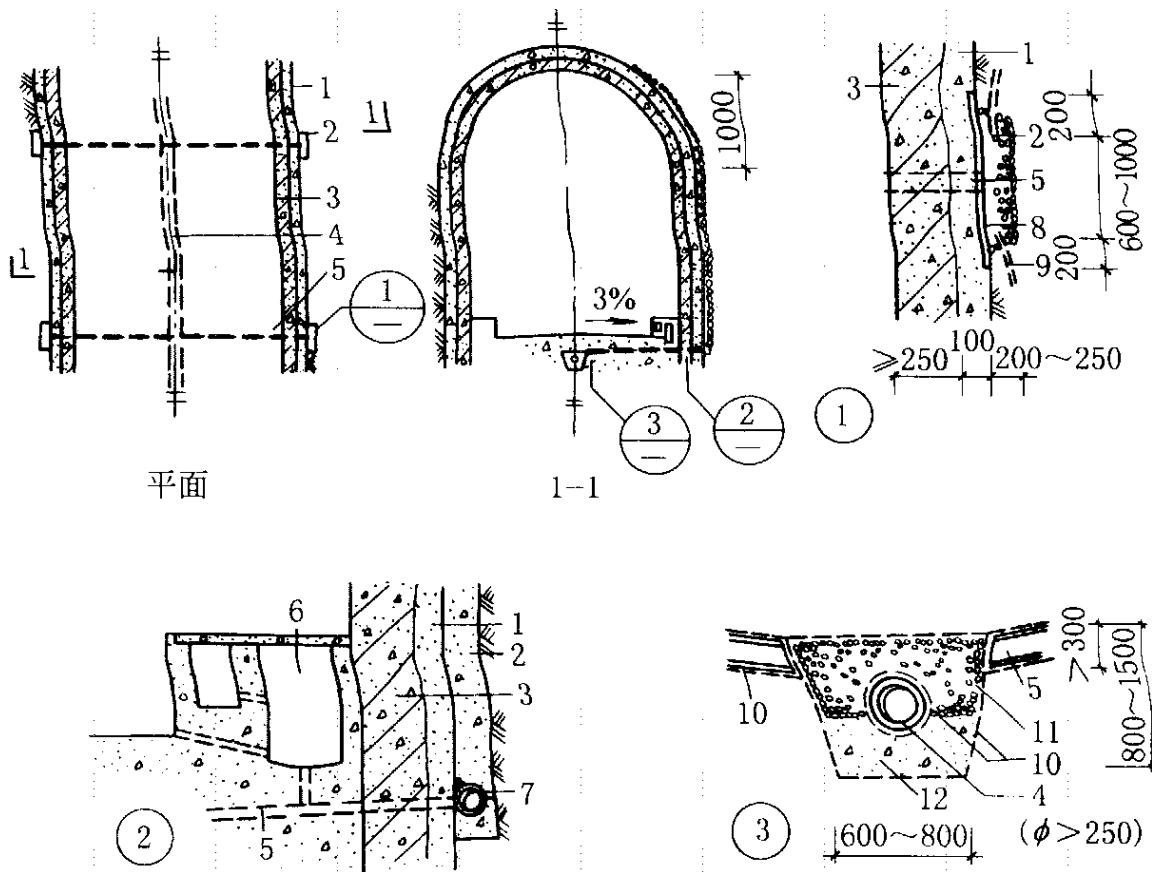


图 6.3.1 贴壁式衬砌排水构造

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

6.3.5 排水暗沟可设置在衬砌内，宜采用塑料管或塑料排水带等。

6.3.6 基底排水系统由纵向集水盲管、横向排水管、排水明沟、中心排水盲管组成。

6.3.7 纵向集水盲管的设置应符合下列要求：

- 1 应与盲沟、盲管(导水管)连接畅通；
- 2 坡度应符合设计要求，当设计无要求时，其坡度不得小于 0.2%；

3 宜采用外包加强无纺布的渗水盲管，其管径由围岩渗漏水量的大小决定。

### 6.3.8 横向排水管的设置应符合下列要求：

- 1 宜采用渗水盲管或混凝土暗槽；
- 2 间距宜为 5~15m；
- 3 坡度宜为 2%。

### 6.3.9 排水明沟的设置应符合下列规定：

- 1 排水明沟的纵向坡度不得小于 0.5%。铁路公路隧道长度大于 200m 时宜设双侧排水沟，纵向坡度应与线路坡度一致，但不得小于 0.1%；
- 2 排水明沟的断面尺寸视排水量大小按表 6.3.9 选用；

**表 6.3.9 排水明沟断面**

通过排水明沟的排水量 (m <sup>3</sup> / h)	排水明沟净断面(mm)	
	沟宽	沟深
50 以下	300	250
50~100	350	350
100~150	350	400
150~200	400	400
200~250	400	450
250~300	400	500

3 排水明沟应设盖板，排污水时应有密闭措施；

4 在直线段每 50~200m 及交叉、转弯、变坡处，应设置检查井，井口须设活动盖板；

5 在寒冷及严寒地区应有防冻措施。

### 6.3.10 中心排水盲管的设置应符合下列要求：

- 1 中心排水盲管宜采用无砂混凝土管或渗水盲管，其管径应由渗漏水量大小决定，内径不得小于  $\phi 250\text{mm}$ ；
- 2 中心排水盲管的纵向坡度和埋设深度应符合设计规定。

6.3.11 贴壁式衬砌应用防水混凝土浇筑。防水混凝土及细部构造的施工要求应符合本规范 4.1 和第 5 章中的有关规定。

## 6.4 复台式衬砌

6.4.1 初期支护与内衬结构中间设有塑料防水板的复合式衬砌的排水系统设置要求，除纵向集水盲管应设置在防水板外侧并与缓冲排水层连接畅通外，其他均应符合

合本规范 6.3 的有关规定。

**6.4.2** 初期支护基面清理完后，即可铺设缓冲排水层。缓冲排水层用暗钉圈固定在初期支护上。暗钉圈的设置应符合本规范 4.5.5 条的规定。

**6.4.3** 缓冲排水层选用的土工布应符合下列要求：

- 1 具有一定的厚度，其单位面积质量不宜小于  $280\text{g/m}^2$ ；
- 2 具有良好的导水性；
- 3 具有适应初期支护由于荷载或温度变化引起变形的能力；
- 4 具有良好的化学稳定性和耐久性，能抵抗地下水或混凝土、砂浆析出水的侵蚀。

**6.4.4** 塑料防水板可由拱顶中心向两侧铺设，铺设要求应符合本规范 4.5.6、4.5.7 条的规定。

**6.4.5** 内衬混凝土应用防水混凝土浇筑。防水混凝土及细部构造的施工要求应符合本规范 4.1、4.5.8 和第 5 章中的有关规定。浇筑时如发现防水板损坏应及时予以修补。

## 6.5 离壁式衬砌

**6.5.1** 围岩稳定和防潮要求高的工程可设置离壁式衬砌，衬砌与岩壁间的距离应符合下列规定：

- 1 拱顶上部宜为  $600\sim 800\text{mm}$ ；
- 2 侧墙处不应小于  $500\text{mm}$ 。

**6.5.2** 衬砌拱部宜作卷材、塑料防水板、水泥砂浆等防水层。拱肩应设置排水沟，沟底预埋排水管或设排水孔，直径宜为  $50\sim 100\text{mm}$ ，间距不宜大于  $6\text{m}$ 。在侧墙和拱肩处应设检查孔，见图 6.5.2。

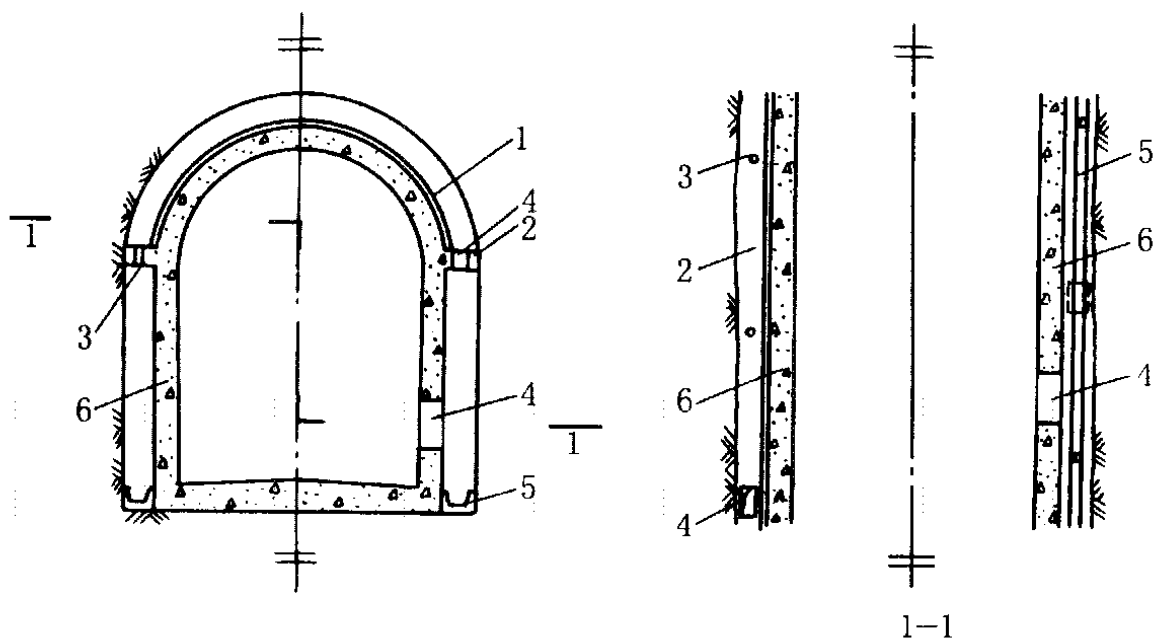


图 6.5.2 离壁式衬砌排水示意图

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

6.5.3 侧墙外排水沟应做明沟，其纵向坡度不应小于 0.5%。

## 6.6 衬 套

6.6.1 衬套应采用防火、隔热性能好的材料，接缝宜采用嵌填、粘结、焊接等方法密封。

6.6.2 衬套外形应有利于排水，底板宜架空。

6.6.3 离壁衬套与衬砌或围岩的间距不应小于 150mm，在衬套外侧应设置明沟。半离壁衬套应在拱肩处设置排水沟。

## 7 注浆防水

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 注浆包括预注浆(含高压喷射注浆)、后注浆(衬砌前围岩注浆、回填注浆、衬砌内注浆、衬砌后围岩注浆等),应根据工程地质及水文地质条件按下列要求选择注浆方案:

- 1 在工程开挖前,预计涌水量大的地段、软弱地层,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 衬砌后渗漏水严重的地段或充填壁后的空隙地段,宜进行回填注浆;
- 4 衬砌后或回填注浆后仍有渗漏水时,宜采用衬砌内注浆或衬砌后围岩注浆。

**7.1.2** 注浆施工前应进行调查,搜集下列有关资料:

- 1 工程地质纵横剖面图及工程地质、水文地质资料,如围岩孔隙率、渗透系数、节理裂隙发育情况、涌水量、水压和软土地层颗粒级配、土壤标准贯入试验值及其物理力学指标等;

- 2 工程开挖中工作面的岩性、岩层产状、节理裂隙发育程度及超、欠挖值等;
- 3 工程衬砌类型、防水等级等;
- 4 工程渗漏水的地点、位置、渗漏形式、水量大小、水质、水压等。

**7.1.3** 注浆实施前应符合下列规定:

- 1 预注浆前先做止浆墙(垫),其在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的70%后进行;
- 3 衬砌后围岩注浆应在回填注浆固结体强度达到70%后进行

**7.1.4** 在岩溶发育地区,注浆防水应从勘测、选料、布孔、注浆施工等方面作出专业设计。

**7.1.5** 在注浆施工期间及工程结束后,应对水源取样检查,如有污染,应及时采取相应措施。

### 7.2 设计

**7.2.1** 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。

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

**7.2.3** 高压喷射注浆孔间距应根据地质情况及施工工艺确定，宜为 0.4~2.0m。

**7.2.4** 高压喷射注浆帷幕宜插入不透水层，其深度应按下式计算：

$$d = \frac{h - b\alpha}{2\alpha} \quad (7.2.4)$$

式中 **d**—帷幕插入深度(m)；

**h**—作用水头(m)；

**α**—接触面允许坡降，取 5~6；

**b**—帷幕厚度(m)。

**7.2.5** 衬砌前围岩注浆的布孔，应符合下列规定：

- 1 在软弱地层或水量较大处布孔；
- 2 大面积渗漏，布孔宜密，钻孔宜浅；
- 3 裂隙渗漏，布孔宜疏，钻孔宜深；
- 4 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。

**7.2.6** 回填注浆孔的孔径，不宜小于 40mm，间距宜为 2~5m，可按梅花形排列。检查注浆孔宜深入岩壁 100~200mm。

**7.2.7** 衬砌后围岩注浆钻孔深入围岩不应小于 1m，孔径不宜小于 40mm，孔距可根据渗漏水的情况确定。

**7.2.8** 岩石地层预注浆或衬砌后围岩注浆的压力，应比静水压力大 0.5~1.5MPa，回填注浆及衬砌内注浆的压力应小于 0.5MPa。

**7.2.9** 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。

## 7.3 材 料

**7.3.1** 注浆材料选择原则：

- 1 原料来源广，格适宜；
- 2 具有良好的可灌性；
- 3 凝胶时间可根据需要调节；
- 4 固化时收缩小，与围岩、混凝土、砂土等有一定的粘结力；
- 5 固结体具有微膨胀性，强度能满足开挖或堵水要求；
- 6 稳定性好，耐久性强；



- 7 具有耐侵蚀性；
- 8 无毒、低污染；
- 9 注浆工艺简单，操作方便、安全。

**7.3.2** 注浆材料应根据工程地质、水文地质条件、注浆目的、注浆工艺、设备和成本等因素，按下列规定选用：

- 1 预注浆和衬砌前围岩注浆，宜采用水泥浆液、水泥-水玻璃浆液，超细水泥浆液、超细水泥-水玻璃浆液等，必要时可采用化学浆液；
- 2 衬砌后围岩注浆，宜采用水泥浆液、超细水泥浆液、自流平水泥浆液等；
- 3 回填注浆宜选用水泥浆液、水泥砂浆或掺有石灰、粘土、膨润土、粉煤灰的水泥浆液；
- 4 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。

**7.3.3** 水泥类浆液宜选用强度等级不低于 32.5MPa 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，必须经现场试验后确定。

## 7.4 施 工

**7.4.1** 预注浆钻孔误差应符合下列要求：

- 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 1%；
- 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 0.5%。

**7.4.2** 岩石地层或衬砌内注浆前应将钻孔冲洗干净。

**7.4.3** 注浆前，应进行压水试验，测定注浆孔吸水率和地层吸浆速度。

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

**7.4.5** 回填注浆、衬砌后围岩注浆施工顺序，应符合下列要求：

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

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

- 1 降低注浆压力或采用间歇注浆，直到停止注浆；



- 2 改变注浆材料或缩短浆液凝胶时间；
- 3 调整注浆实施方案。

7.4.7 高压喷射注浆的工艺参数应根据试验确定，也可按表 7.4.7 选用，并在施工过程中进行修正。

**表 7.4.7 高压喷射注浆工艺参数**

项目	压力 (Mpa)						输浆量(L / min)	喷嘴直径 (mm)	提升速度 (mm / min)
	单管法	双重管法		三重管法					
	浆液	浆液	空气	水	空气	浆液			
指标	20~30	20~30	0.7	20~30	0.7	2~3	40~150	2.0~3.0	50~200

7.4.8 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，且进浆速度为开始进浆速度的 1/4 或注浆量达到设计注浆量的 80%；
- 2 衬砌后回填注浆及围岩注浆达到设计终压；
- 3 其他各类注浆，满足设计要求。

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

7.4.10 注浆结束后，应将注浆孔及检查孔封填密实。

## 8 特殊施工法的结构防水

### 8.1 盾构法隧道

**8.1.1** 盾构法施工的隧道，宜采用钢筋混凝土管片、复合管片、砌块等装配式衬砌或现浇混凝土衬砌。装配式衬砌应采用防水混凝土制作。当隧道处于侵蚀性介质的地层时，应采用相应的耐侵蚀混凝土或耐侵蚀的防水涂层。

**8.1.2** 不同防水等级盾构隧道衬砌防水措施应符合表 8.1.2 的要求。

**表 8.1.2 不同防水等级盾构隧道的衬砌防水措施**

措施选择 防水等级	防水措施	高精度管片	接缝防水				混凝土内衬或其他内衬	外防水涂料
			密封垫	嵌缝	注入密封剂	螺孔密封圈		
一级		必选	必选	应选	可选	必选	宜选	宜选
二级		必选	必选	宜选	可选	应选	局部宜选	部分区段宜选
三级		必选	必选	宜选	—	宜选	—	部分区段宜选
四级		可选	宜选	可选	—	—	—	—

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

钢筋混凝土管片制作尺寸的允许偏差应符合下列规定：

- 1 宽度为  $\pm 1\text{mm}$ ；
- 2 弧、弦长为  $\pm 1\text{mm}$ ；
- 3 厚度为  $+3\sim-1\text{mm}$ 。

**8.1.4** 管片、砌块的抗渗等级应等于隧道埋深水压力的 3 倍，且不得小于 S8。管片、砌块必须按设计要求经抗渗检验合格后方可使用。

**8.1.5** 管片至少应设置一道密封垫沟槽。接缝密封垫宜选择具有合理构造形式、良好回弹性或遇水膨胀性、耐久性、耐水性的橡胶类材料，其外形应与沟槽相匹配。弹性密封橡胶垫与遇水膨胀橡胶密封垫的性能应符合表 8.1.5-1、8.1.52 的规定。

表 8.1.5-1 弹性橡胶密封垫材料物理性能

序号	项 目		指 标	
			氯丁橡胶	三远乙丙胶
1	硬度(邵氏)		45±5~60±5	55±5~70±5
2	伸长率(%)		≥350	≥330
3	拉伸强度(MPa)		≥10.5	≥9.5
4	热空气老化 (70℃×96h)	硬度变化值(邵氏)	≤+8	≤+6
		拉伸强度变化率(%)	≥-20	≥-15
		扯断伸长率变化率(%)	≥-30	≥-30
5	压缩永久变形(70℃×24h)(%)		≤35	≤28
6	防霉等级		达到与优于 2 级	达到与优于 2 级

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

表 8.1.5-2 遇水膨胀橡胶密封垫胶料物理性能

序号	项 目		指 标				
			PZ—150	PZ—250	PZ—400	PZ—600	
1	硬度(邵氏 A)，度*		42±7	42±7	45±7	48±7	
2	拉伸强度，MPa	≥	3.5	3.5	3	3	
3	扯断伸长率%	≥	450	450	350	350	
4	体积膨胀倍率%	≥	150	250	400	600	
5	反复 浸水 试验	拉伸强度 MPa	≥	3	3	2	2
		扯断伸长率%	≥	350	350	250	250
		体积膨胀倍率%	≥	150	250	500	500
6	低湿弯折-20℃×2h		无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	
7	防霉等级		达到与优于 2 级				

注：\*硬度为推荐项目。

①成品切片测试应达到标准的 80%。

②接头部位的拉伸强度不得低于上表标准性能的 50%。

③体积膨胀倍率 =  $\frac{\text{膨胀后的体积}}{\text{膨胀前的体积}} \times 100\%$ 。

**8.1.6** 管片接缝密封垫应满足在设计水压和接缝最大张开值下不渗漏的要求。密封垫沟槽的截面积应大于等于密封垫的截面积，当环缝张开量为 0mm 时，密封垫可完全压入储于密封沟槽内。其关系符合下式规定：

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

式中  $A$ —密封垫沟槽截面积；

$A_0$ —密封垫截面积。

**8.1.7** 螺孔防水应符合下列规定：

1 管片肋腔的螺孔口应设置锥形倒角的螺孔密封圈沟槽；

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

螺孔密封圈应是合成橡胶、遇水膨胀橡胶制品。其技术指标要求应符合表 8.1.5-1、8.1.5-2 的规定。

**8.1.8** 嵌缝防水应符合下列规定：

1 在管片内侧环纵向边沿设置嵌缝槽，其深宽比大于 2.5，槽深宜为 25~55mm，单面槽宽宜为 3~10mm。嵌缝槽断面构造形状宜从图 8.1.8 中选定；

2 不定形嵌缝材料应有良好的不透水性、潮湿面粘结性、耐久性、弹性和抗下坠性；定形嵌缝材料应有与嵌缝槽能紧贴密封的特殊构造，有良好的可卸换性、耐久性；

3 嵌缝作业区的范围与嵌填嵌缝槽的部位，除了根据防水等级要求设计外，还应视工程的特点与要求而定；

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

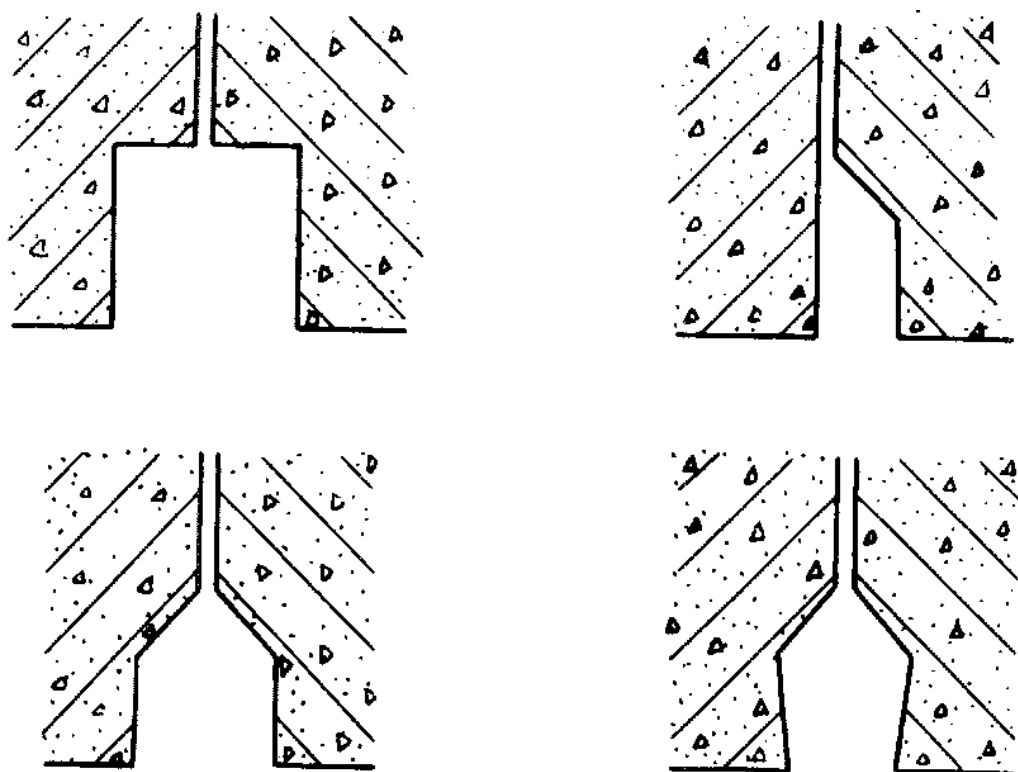


图 8.1.8 管片嵌缝槽构造形式示意图

5 嵌缝作业应在接缝堵漏和无明显渗水后进行，嵌缝槽表面混凝土如有缺损，应采用聚合物水泥砂浆或特种水泥修补牢固。嵌缝材料嵌填时，应先涂刷基层处理剂，嵌填应密实、平整。

8.1.9 双层衬砌的内层衬砌混凝土浇筑前，应将外层衬砌的渗漏水引排或封堵。采用复合式衬砌时，应根据隧道排水情况选用相应的缓冲层和防水板材料，并按本规范 4.5 和 6.4 的有关规定执行。

8.1.10 管片外防水涂层应符合下列规定：

- 1 耐化学腐蚀性、抗微生物侵蚀性、耐水性、耐磨性良好，且无毒或低毒；
- 2 在管片外弧面混凝土裂缝宽度达到 0.3mm 时，仍能抗最大埋深处水压，不渗漏；
- 3 具有防杂散电流的功能，体积电阻率高；
- 4 施工简便，且能在冬季操作。

8.1.11 竖井与隧道结合处，可用刚性接头，但接缝宜采用柔性材料密封处理，并宜加固竖井洞圈周围土体。在软土地层距竖井结合处一定范围内的衬砌段，宜增设变

形缝。变形缝环面应贴设垫片，同时采用适应变形量大的弹性密封垫。

## 8.2 沉 井

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

**8.2.2** 沉井施工缝的施工应符合本规范 4.1.22 条的有关规定。固定模板的螺栓穿过混凝土井壁时，螺栓部位的防水处理应符合本规范 4.1.24 条的有关规定。

**8.2.3** 沉井的干封底应符合下列规定：

1 地下水位应降至底板底高程 500mm 以下，降水作业应在底板混凝土达到设计强度，且沉井内部结构完成并满足抗浮要求后，方可停止；

2 封底前井壁与底板连接部位应凿毛并清洗干净；

3 待垫层混凝土达到 50%设计强度后，浇筑混凝土底板，应一次浇筑，分格连续对称进行；

4 降水用的集水井应用微膨胀混凝土填筑密实。

**8.2.4** 沉井水下封底应符合下列规定：

1 封底混凝土水泥用量宜为  $350\sim 400\text{kg/m}^3$ ，砂率为 45%~50%，砂宜采用中、粗砂，水灰比不宜大于 0.6，骨料粒径以 5~40mm 为宜。水下封底也可采用水下不分散混凝土；

2 封底混凝土应在沉井全部底面积上连续均匀浇筑，浇筑时导管插入混凝土深度不宜小于 1.5m；

3 封底混凝土达到设计强度后，方可从井内抽水，并检查封底质量，对渗漏水部位进行堵漏处理；

4 防水混凝土底板应连续浇筑，不得留施工缝，底板与井壁接缝处的防水措施按本规范表 3.3.1-1 选用，施工要求应符合本规范 4.1.22 条中的有关规定。

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

## 8.3 地下连续墙

**8.3.1** 地下连续墙应根据工程要求和施工条件划分单元槽段，应尽量减少槽段数量。墙体幅间接缝应避开拐角部位。

**8.3.2** 地下连续墙用作结构主体墙体时应符合下列规定：

1 不宜用作防水等级为一级的地下工程墙体；

2 墙的厚度宜大于 600mm;

3 选择合适的泥浆配合比或降低地下水位等措施,以防止塌方。挖槽期间,泥浆面必须高于地下水位 500mm 以上,遇有地下水含盐或受化学污染时应采取措施不得影响泥浆性能指标;

4 墙面垂直度的允许偏差应小于墙深的 1/250;墙面局部突出不应大于 100mm;

5 浇筑混凝土前必须清槽、置换泥浆和清除沉渣,沉渣厚度不应大于 100mm,并将接缝面的泥土、杂物用专用刷壁器清刷干净;

6 钢筋笼浸泡泥浆时间不应超过 10h。钢筋保护层厚度不应小于 70mm;

7 幅间接缝方式应优先选用工字钢或十字钢板接头,并应符合设计要求。使用的锁口管应能承受混凝土灌注时的侧压力,灌注混凝土时不得位移和发生混凝土绕管现象;

8 混凝土用的水泥强度等级,不应低于 32.5MPa,水泥用量不应少于  $370\text{kg}/\text{m}^3$ ,采用碎石时不应小于  $400\text{kg}/\text{m}^3$ ,水灰比应小于 0.6,坍落度应为  $200\pm 20\text{mm}$ ,石子粒径不宜大于导管直径的 1/8。浇筑导管埋入混凝土深度宜为 1.5~6m,在槽段端部的浇筑导管与端部的距离宜为 1~1.5m,混凝土浇筑必须连续进行。冬季施工时应采取保温措施,墙顶混凝土未达到设计强度 50%时,不得受冻;

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

10 顶板、底板的防水措施应按本规范表 3.3.1-1 选用。底板混凝土达到设计强度后方可停止降水,并应将降水井封堵密实;

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

**8.3.3** 做地下连续墙与内衬构成的复合式衬砌,应符合下列规定:

1 用作防水等级为一、二级的工程;

2 墙体施工应符合本规范 8.3.2 条 3~10 款的规定,并按设计规定对墙面凿毛与清洗,必要时施作水泥砂浆防水层或涂料防水层后,再浇筑内衬混凝土;

3 当地下连续墙与内衬间夹有塑料防水板的复合式衬砌时,应根据排水情况选用相应的缓冲层和塑料防水板,并按本规范 4.5 和 6.4 中的有关规定执行;

4 内衬墙应采用防水混凝土浇筑,其缝应与地下连续墙墙缝互相错开。施工缝、



变形缝、诱导缝的防水措施应按本规范表 3.3.1-1 选用，其施工要求应符合本规范 4.1.22 条及 5.1 中的有关规定。

## 8.4 逆筑结构

8.4.1 直接用地下连续墙作墙体的逆筑结构应符合本规范 8.3.1、8.3.2 条的有关规定。

8.4.2 采用地下连续墙和防水混凝土内衬的复合式逆筑结构应符合下列规定：

- 1 用作防水等级为一、二级的工程；
- 2 地下连续墙的施工应符合本规范 8.3.2 条 3~8 款和 10 款的有关规定；
- 3 顶板、楼板及下部 500mm 的墙体应同时浇筑，墙体的下部应做成斜坡形；斜坡形下部应预留 300~500mm 空间，待下部先浇混凝土施工 14d 后再行浇筑；浇筑前所有缝面应凿毛，清理干净，并设置遇水膨胀止水条，上部施工缝设置遇水膨胀止水条时，应使用胶粘剂和射钉(或水泥钉)固定牢靠。浇筑混凝土应采用补偿收缩混凝土。防水处理见图 8.4.2；

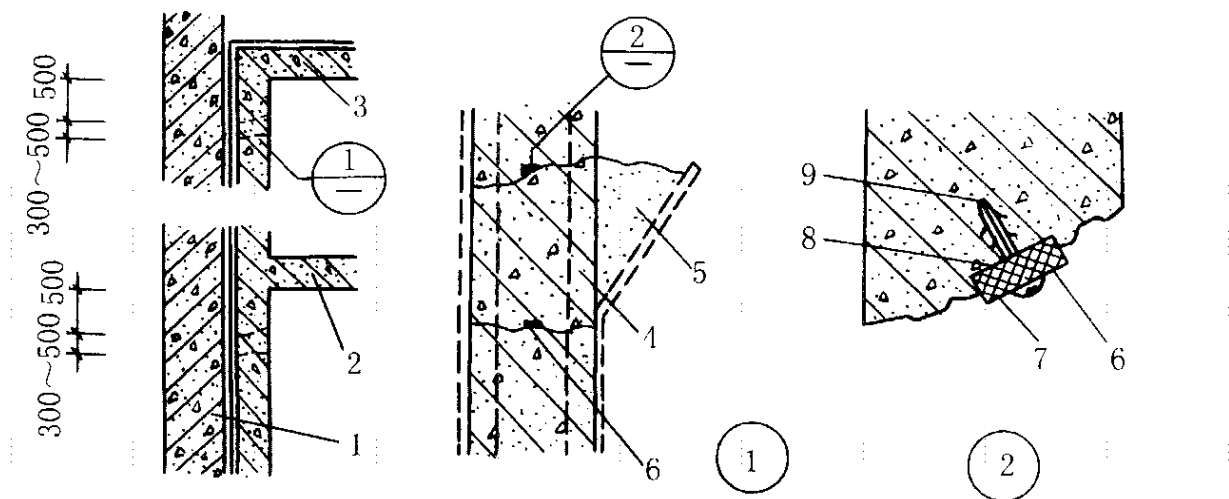


图 8.4.2 逆筑法施工接缝防水构造

1—地下连续墙；2—楼板；3—结构顶板；4—补偿收缩混凝土；

5—应凿去的混凝土；6—遇水膨胀止水条；

7—缓胀剂；8—粘结剂；9—射钉

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

8.4.3 采用桩基支护逆筑法施工时应符合下列要求：

- 1 用于各防水等级的工程；



- 2 侧墙水平、垂直施工缝，应有二道防水措施；宜用遇水膨胀止水条和防水涂料；
- 3 逆筑施工缝、底板、底板与桩头的做法应符合本规范 8.4.2 条 3、4 款的规定。

## 8.5 锚喷支护

**8.5.1** 喷射混凝土施工前，应视围岩裂隙及渗漏水的情况，预先采用引排或注浆堵水。

采用引排措施时，应采用耐侵蚀、耐久性好的塑料盲沟、弹塑性软式导水管等柔性导水材料。

**8.5.2** 锚喷支护用作工程内衬墙时应符合下列规定：

- 1 适用于防水等级为三、四级的工程；
- 2 喷射混凝土的抗渗等级，不应小于 S6。喷射混凝土宜掺入速凝剂、减水剂、膨胀剂或复合外加剂等材料，其品种及掺量应通过试验确定；
- 3 喷射混凝土的厚度应大于 80mm，对地下工程变截面及轴线转折点的阳角部位，应增加 50mm 以上厚度的喷射混凝土；
- 4 喷射混凝土设置预埋件时，应做好防水处理；
- 5 喷射混凝土终凝 2h 后，应喷水养护，养护的时间不得少于 14d。

**8.5.3** 锚喷支护作为复合式衬砌一部分时，应符合下列规定：

- 1 适用于防水等级为一、二级工程的初期支护；
- 2 锚喷支护的施工应符合本规范 8.5.2 条 2~5 款的规定。

**8.5.4** 根据工程情况可选用锚喷支护、塑料防水板、防水混凝土内衬的复合式衬砌，也可把锚喷支护和离壁式衬砌、锚喷支护和衬套结合使用。

## 9 其他

**9.0.1** 地下工程与城市给水排水管道的水平距离宜大于 2.5m，限于条件不能满足这一要求时，地下工程应采取有效的防水措施。

**9.0.2** 地下工程在施工期间对工程周围的地表水，应采取有效的截水、排水、挡水和防洪措施，防止地面水流入工程或基坑内。

**9.0.3** 地下工程雨季进行防水混凝土和其他防水层施工时应有防雨措施。

**9.0.4** 明挖法地下工程的结构自重应大于静水压头造成的浮力，在自重不足时必须采用锚桩或其他措施。抗浮力安全系数应大于 1.05~1.1。施工期间应采取有效的抗浮力措施。

**9.0.5** 明挖法地下工程施工时应符合下列规定：

1 地下水位应降至工程底部最低高程 500mm 以下。降水作业应持续至回填完毕；

2 工程底板范围内的集水井，在施工排水结束后应用微膨胀混凝土填筑密实；

3 工程顶板、侧墙留设大型孔洞，如出入口通道、电梯井口、天棚口等，应采取临时封闭、遮盖措施。

**9.0.6** 明挖法地下工程的混凝土和防水层的保护层在满足设计要求、检查合格后，应及时回填。并应满足以下要求：

1 基坑内杂物应清理干净，无积水；

2 工程周围 800mm 以内宜用灰土、粘土或亚粘土回填，其中不得含有石块、碎砖、灰渣及有机杂物，也不得有冻土。

回填施工应均匀对称进行，并分层夯实。人工夯实每层厚度不大于 250mm，机械夯实每层厚度不大于 300mm，并应防止损伤防水层；

3 工程顶部回填土厚度超过 500mm 时，才允许采用机械回填碾压。

**9.0.7** 地下工程上的地面建筑物四周应作散水，宽度不宜小于 800mm，散水坡度宜为 5%。

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

**9.0.9** 地面新建工程破坏已建地下工程的防水层时，地面工程承建单位必须将其修缮完整。

## 10 地下工程渗漏水治理

### 10.1 一般规定

- 10.1.1** 地下工程渗漏水治理应遵循“堵排结合、因地制宜、刚柔相济、综合治理”的原则。
- 10.1.2** 渗漏水治理前应掌握工程原防、排水系统的设计、施工、验收资料。
- 10.1.3** 渗漏水治理施工时应按先顶(拱)后墙而后底板的顺序进行，应尽量少破坏原有完好的防水层。
- 10.1.4** 有降水和排水条件的地下工程，治理前应做好降水和排水工作。
- 10.1.5** 治理过程中应选用无毒、低污染的材料。
- 10.1.6** 治理过程中的安全措施、劳动保护必须符合有关安全施工技术规定。
- 10.1.7** 地下工程渗漏水治理，必须由防水专业设计人员和有防水资质的专业施工队伍完成。

### 10.2 治理顺序

- 10.2.1** 地下工程渗漏水治理前，应调查以下内容：
- 1 渗漏水的现状、水源及影响范围；
  - 2 渗漏水的变化规律；
  - 3 衬砌结构的损害程度；
  - 4 结构稳定情况及监测资料。
- 10.2.2** 渗漏水的原因分析应从设计、施工、使用管理等方面进行：
- 1 掌握工程原设计、施工资料，包括防水设计等级、防排水系统及使用的防水材料性能、试验数据；
  - 2 工程所在位置周围环境的变化；
  - 3 运营条件、季节变化、自然灾害对工程的影响。
- 10.2.3** 渗漏水治理过程中，应严格每道工序的操作，上道工序未经验收合格，不得进行下道工序施工。
- 10.2.4** 随时检查治理效果，做好隐蔽施工记录，发现问题及时处理。
- 10.2.5** 竣工验收应符合下列要求：
- 1 施工质量应符合设计和规范要求；

2 施工资料齐全，包括施工技术总结报告、所用材料的技术资料、施工图纸等。

### 10.3 材料选用

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

**10.3.2** 衬砌内注浆宜选用超细水泥浆液，环氧树脂、聚氨酯等化学浆液。

**10.3.3** 防水抹面材料宜选用掺各种外加剂、防水剂、聚合物乳液的水泥净浆、水泥砂浆、特种水泥砂浆等。

**10.3.4** 防水涂料宜选用水泥基渗透结晶型类、聚氨酯类、硅橡胶类、水泥基类、聚合物水泥类、改性环氧树脂类、丙烯酸酯类、乙烯-醋酸乙烯共聚物类(EVA)等涂料。

**10.3.5** 导水、排水材料宜选用塑料排水板，铝合金、不锈钢金属排水槽，土工织物与塑料复合排水板、渗水盲管等。

**10.3.6** 嵌缝材料宜选用聚硫橡胶类、聚氨酯类等柔性密封材料或遇水膨胀止水条。

### 10.4 治理措施

**10.4.1** 大面积严重渗漏水可采用下列处理措施：

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

2 引水孔最后封闭；

3 必要时采用贴壁混凝土衬砌加强。

**10.4.2** 大面积一般渗漏水和漏水点，可先用速凝材料堵水，再做防水砂浆抹面或防水涂层加强处理。

**10.4.3** 渗漏水较大的裂缝，可用速凝浆液进行衬砌内注浆堵水，渗水量不大时，可进行嵌缝或衬砌内注浆处理，表面用防水砂浆抹面或防水涂层加强。

**10.4.4** 结构仍在变形、未稳定的裂缝，应待结构稳定后再进行处理，处理方法按本规范 10.4.3 条执行。

**10.4.5** 有自流排水条件的工程，除应做好防水措施外，还应采用排水措施。

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

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

**10.4.8** 细部构造部位渗漏水处理可采用下列措施：

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

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

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

## 附录 A 劳动保护

- A.0.1** 使用有毒材料时，作业人员应按规定享受劳保福利和营养补助，并应定期体检。
- A.0.2** 配制和使用有毒材料时，必须着防护服、戴口罩、手套和防护眼镜，严禁毒性材料与皮肤接触和入口。
- A.0.3** 有毒材料和挥发性材料应密封贮存，妥善保管和处理，不得随意倾倒。
- A.0.4** 使用易燃材料时，应严禁烟火。
- A.0.5** 使用有毒材料时，施工现场应加强通风。

## 本规范用词说明

一、为便于执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1.表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2.表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3.表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

二、条文中指明应按其他有关标准和规范的规定执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。非必须按所指定的标准和规范的规定执行时，写法为“可参照……”。