

UDC

中 华 人 民 共 和 国 国 家 标 准

P

GB 50108-2001

地下工程防水技术规范

Technical code for waterproofing of underground works

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

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

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)、4.1.18、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》GBJ 108—87、《地下防水工程施工及验收规范》GBJ 208—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[2000]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》(GBJ 208—83)、《地下工程防水技术规范》(GBJ 108—87)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(GBJ 108—87)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。

1 总 则

- 1.0.1 为使地下工程防水的设计和施工符合确保质量、技术先进、经济合理、安全适用的要求，制订本规范。
- 1.0.2 本规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 地下工程防水的设计和施工应遵循“防、排、截、堵相结合，刚柔相济，因地制宜，综合治理”的原则。
- 1.0.4 地下工程防水的设计和施工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 no_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、建筑结构设计、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 地下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 ² 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 ² 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 ² 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 ²
三级	有少量漏水点，不得有线流和漏泥砂 任意 100m ² 。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 ² 。
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 ² ·d；任意 100m ² 防水面积的平均漏水量不大于 4L/m ² ·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 地下工程混凝土结构主体防水

4.1 防水混凝土

1 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)。

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： 本表适用于 、Ⅴ级围岩(土层及软弱围岩)。 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。

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》(JGJ 53—92)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》(JGJ 52-92)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》(JGJ 63-89)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(Na₂O 当量)不得大于 3kg。

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/m³；掺有活性掺合料时，水泥用量不得少于 280kg/m³；
- 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 $120 \pm 20\text{mm}$ ，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 $3\% \sim 5\%$ ；

7 防水混凝土采用预拌混凝土时，缓凝时间宜为 $6 \sim 8\text{h}$ 。

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 $\pm 1\%$ ；

2 砂、石为 $\pm 2\%$ 。

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 $10 \sim 30\text{s}$ ，以混凝土泛浆和不冒气泡为准，应避免漏振、欠振和超振。

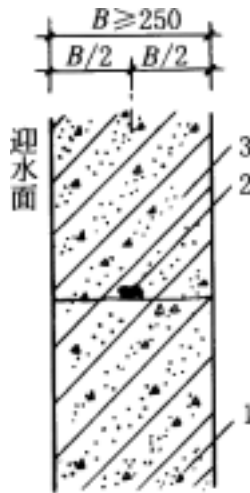
掺加引气剂或引气型减水剂时，应采用高频插入式振捣器振捣。

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 $150 \sim 300\text{mm}$ 处。墙体有预留孔洞时，施工缝距孔洞边缘不应小于 300mm

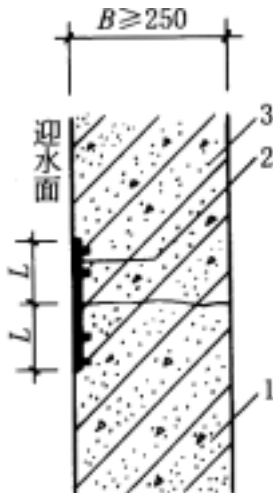
2 垂直施工缝应避开地下水和裂隙水较多的地段，并宜与变形缝相结合。

4.1.21 施工缝防水的构造形式见图 4.1.21。



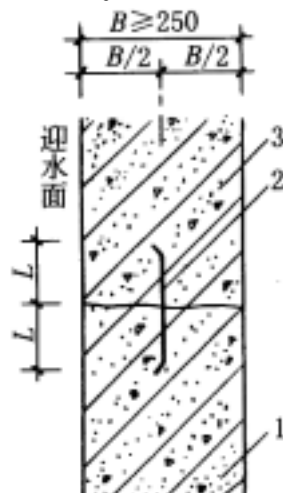
4.1.21—1 施工缝
防水基本构造(一)

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 $L = 150$
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 $L = 100$
橡胶止水带 $L = 125$
钢边橡胶止水带 $L = 120$
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：

- 1 混凝土入模温度不应低于 5℃；

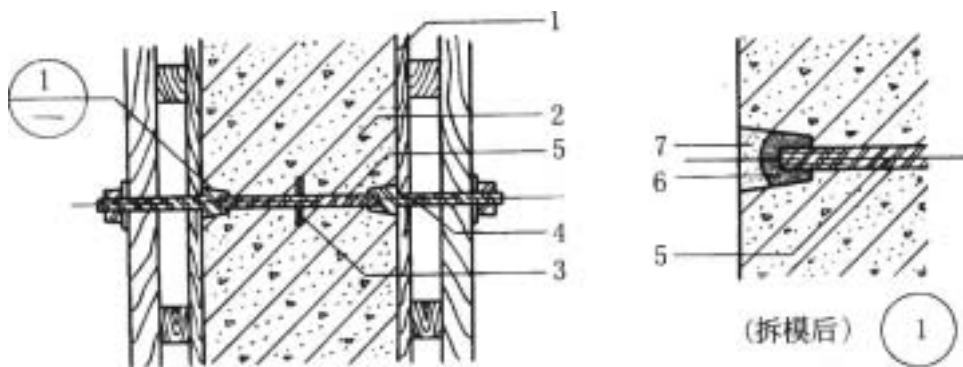


图 4.1.24 固定模板用螺栓的防水做法

- 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。

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。

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》(JGJ 63—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)	抗渗性 (MPa)	抗折强度 (MPa)	干缩率 (%)	吸水率 (%)	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	--
聚合物	> 1.0	1.2	7.0	0.15	4	> D50	14d 无变化	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。

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。

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。

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)
低温柔度()		-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
		JL ₁	JL ₂	JF ₃	JS ₁
纤维胎增强类					
拉伸强度(MPa)		8	7	5	8
断裂伸长率(%)		450	400	200	200
低温弯折性()		-45	-40	-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%。

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 基层处理剂可采取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。

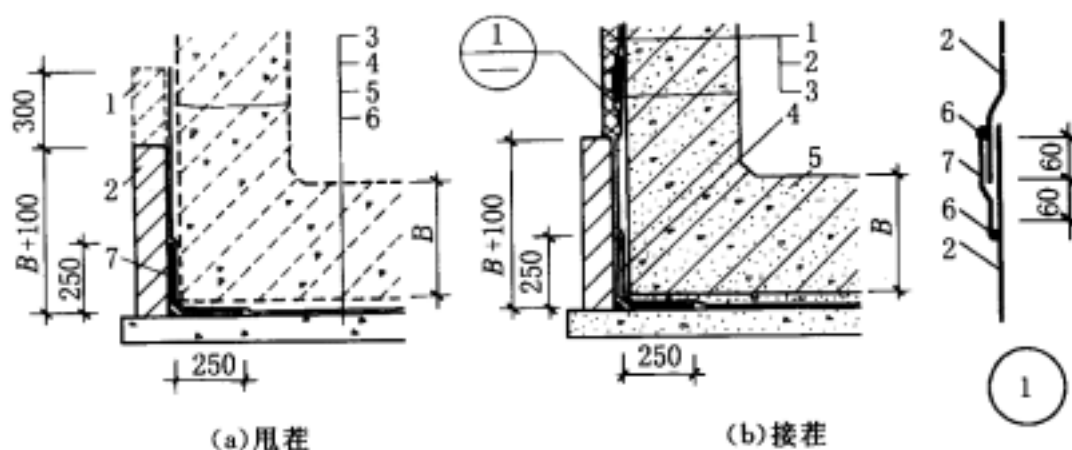


图 4.3.13 卷材防水层甩茬、接茬做法

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 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。

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。

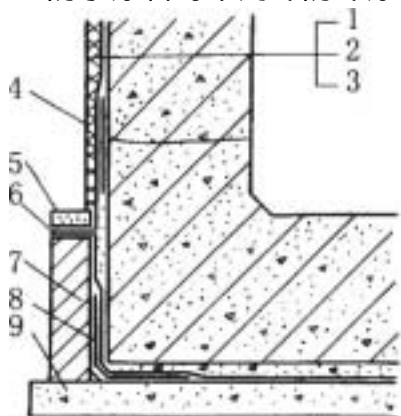


图 4.4.5-1 防水涂料外防外涂做法
1--结构墙体; 2--涂料防水层;

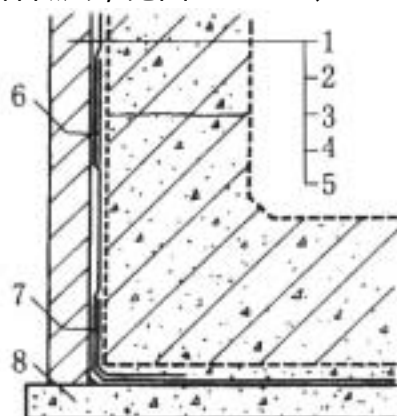


图 4.4.5-2 防水涂料外防内涂做法
1--结构墙体; 2--砂浆保护层;

3--涂料保护层；4--涂料防水加强层；3--涂料防水层；4--砂浆找平层，
5--涂料防水层搭接部位保护层；5--保护墙；6--涂料防水加强层；
6--涂料防水层搭接部位；7--永久保护墙；7--涂料防水加强层；8--混凝土垫层
8--涂料防水加强层；9--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。

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：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。

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。

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 耐刺穿性好；
- 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。

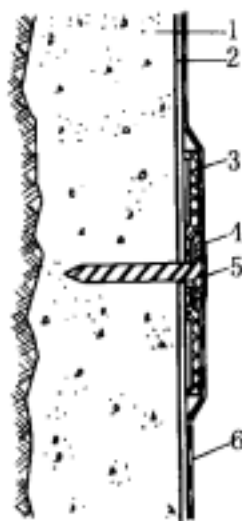


图 4.5.5 暗钉圈固定缓冲层示意图

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。

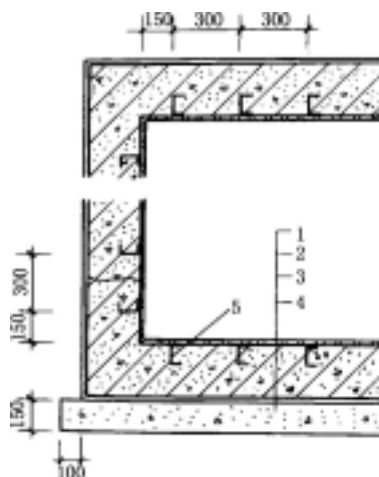


图 4.6.2 金属板防水层

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。

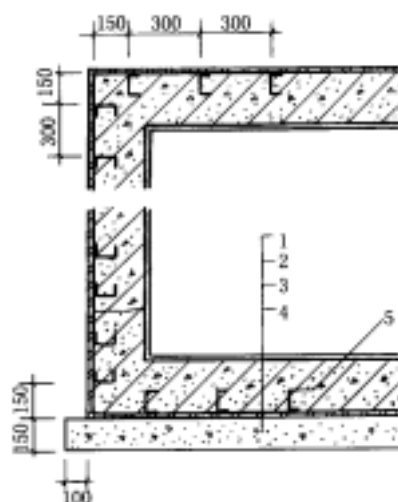


图 4.6.3 金属板防水层

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。

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。

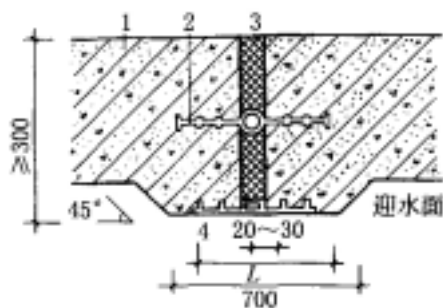


图 5.1.6-1 中埋式止水带与外贴防水层复合使用

外贴式止水带 L 300 外贴防水卷材 L 400 外涂防水涂层 L 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

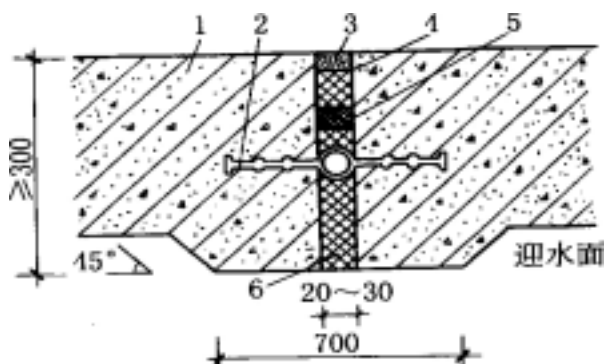


图 5.1.6—2 中埋式止水带与遇水膨胀橡胶条、嵌缝材料复合使用

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

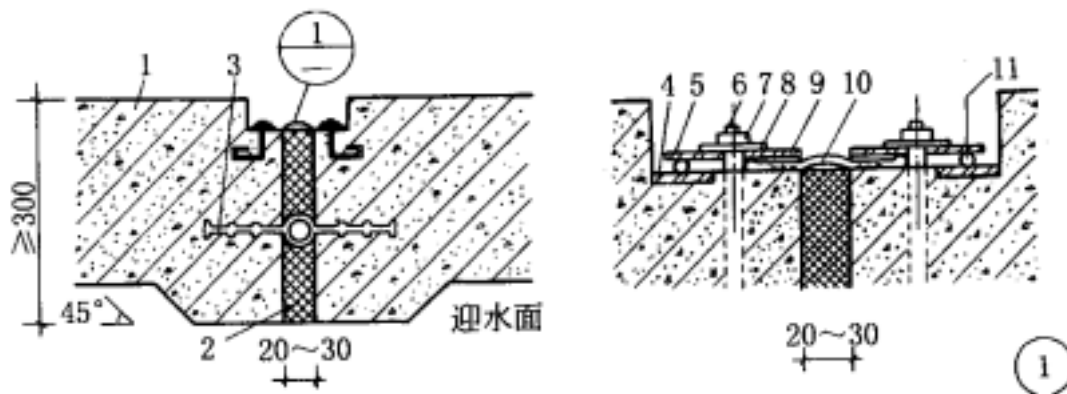


图 5.1.6—3 中埋式止水带与可卸式止水带复合使用

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-- 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。

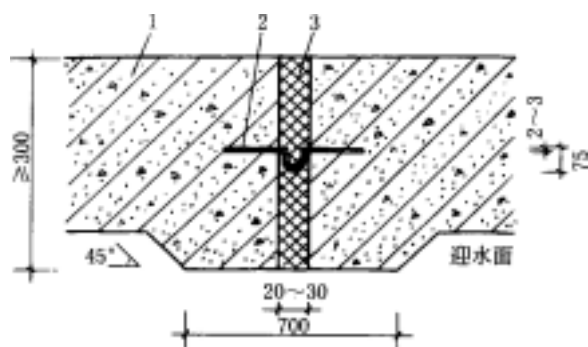


图 5.1.7 中埋式金属止水带

1--混凝土结构；2--金属止水带；3--填缝材料

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 HG 2288—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。

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；

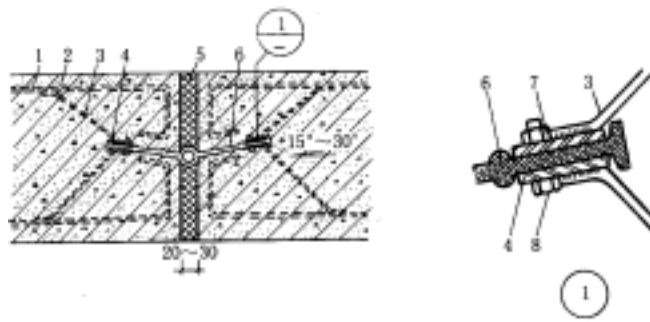


图 5.1.11 顶(底)板中埋式止水带的固定

- 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。

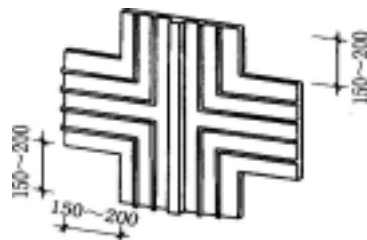


图 5.1.13-1 外贴式止水带在施工缝与变形缝相交处的专用配件

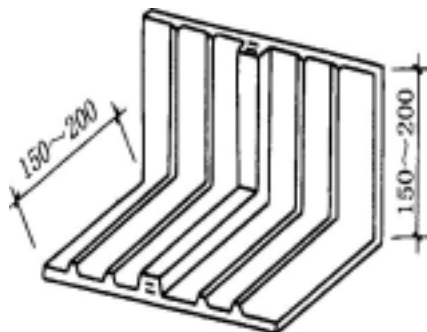


图 5.1.13-2 外贴式止水带在转角处的专用配件

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。

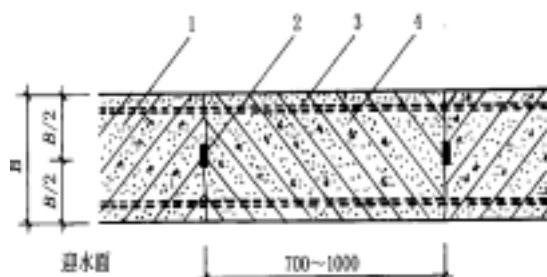


图 5.2.2-1 后浇带防水构造(一)

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

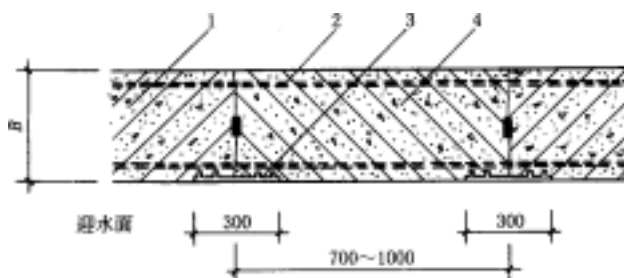


图 5.2.2-2 后浇带防水构造(二)

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

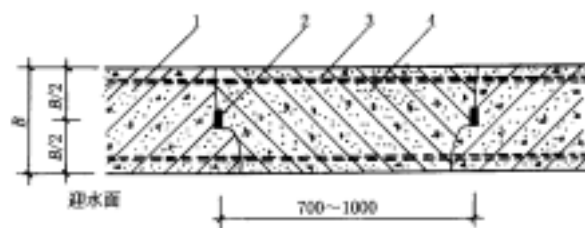


图 5.2.2-3 后浇带防水构造(三)

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。

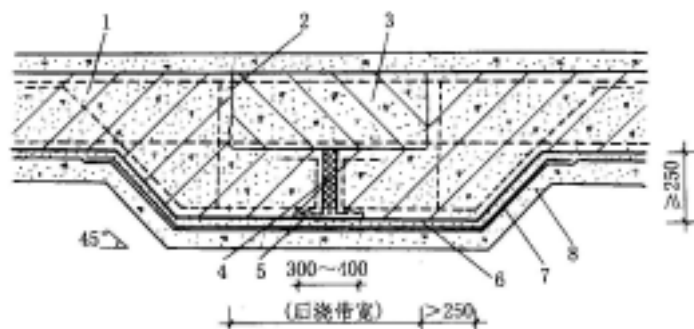


图 5.2.3 后浇带超前止水构造

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。

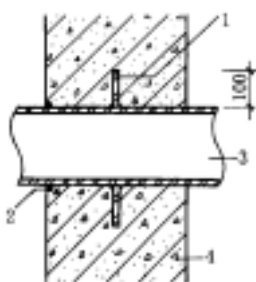


图 5.3.3-1 固定式穿墙管防水构造

1-止水环；2-嵌缝材料；3-主管；4-混凝土结构

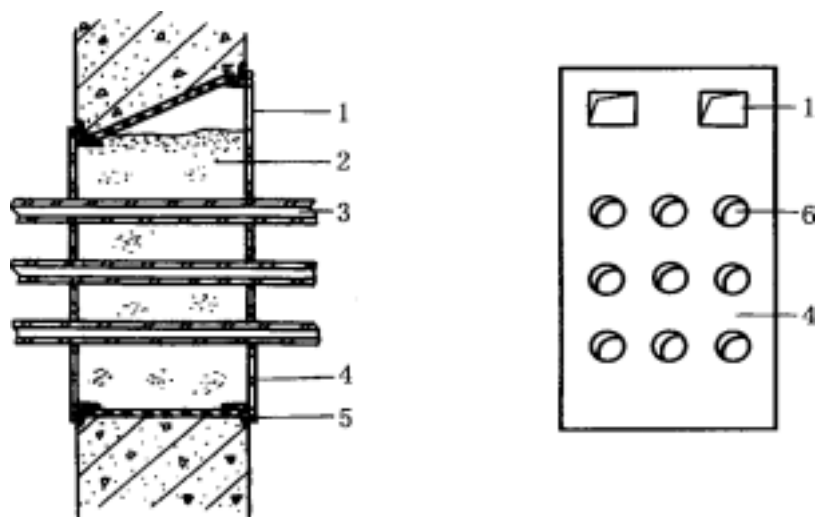


图 5.3.6 穿墙群管防水构造

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，尚应采取措施满足防护要求。

5.3.8 穿墙管伸出外墙的部位，应采取有效措施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。

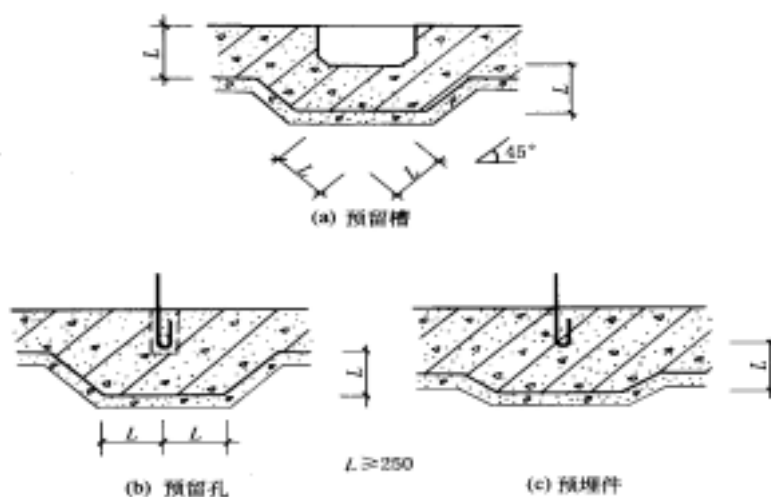


图 5.4.2 预埋件或预留孔(槽)处理示意图

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。

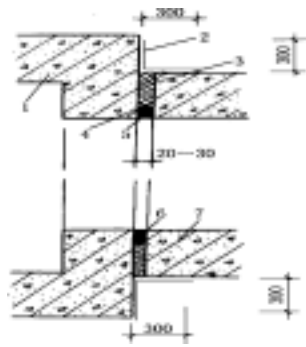


图 5.5.2-1 预留通道接头
防水构造(一)

- 1--先浇混凝土结构；2--防水涂料；
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

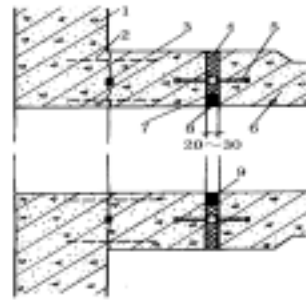


图 5.5.2-2 预留通道接头
防水构造(二)

- 1--先浇混凝土结构；2--连接钢筋；3--填缝
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

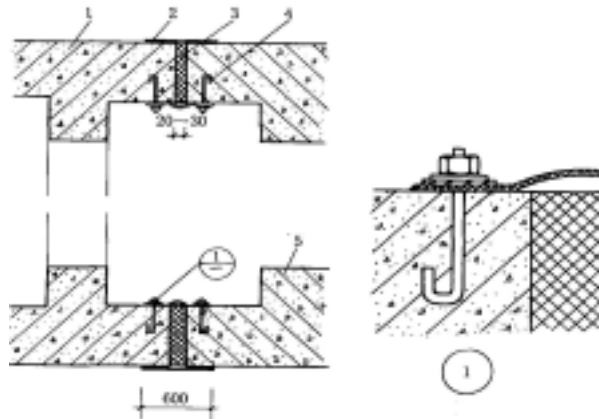


图 5.5.2-3 预留通道接头防水构造(三)

- 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。

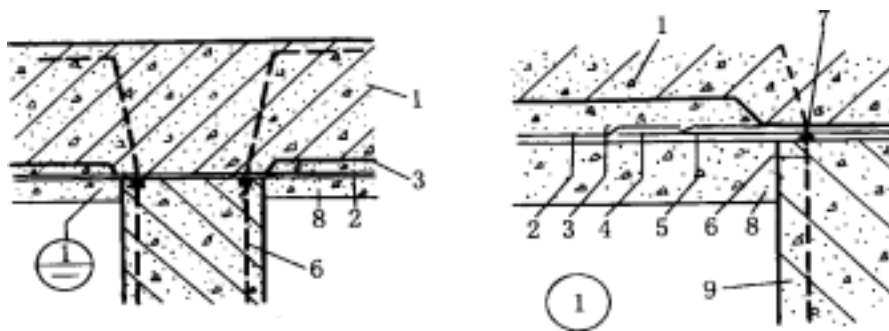


图 5.6.1—1 桩头防水构造(一)

- 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

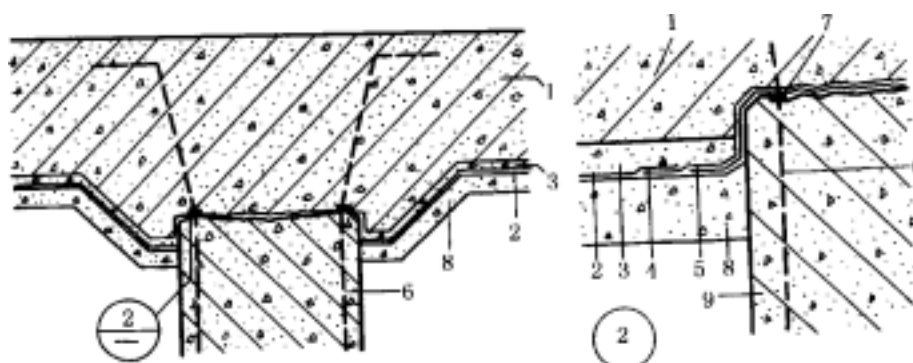


图 5.6.1—2 桩头防水构造(二)

- 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。

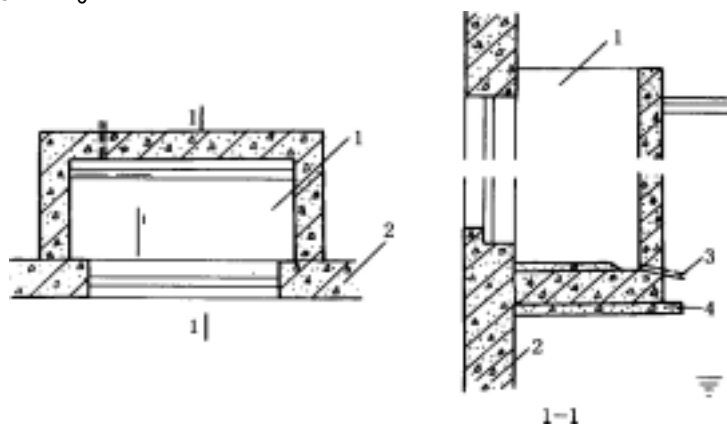


图 5.7.2 窗井防水示意图

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。

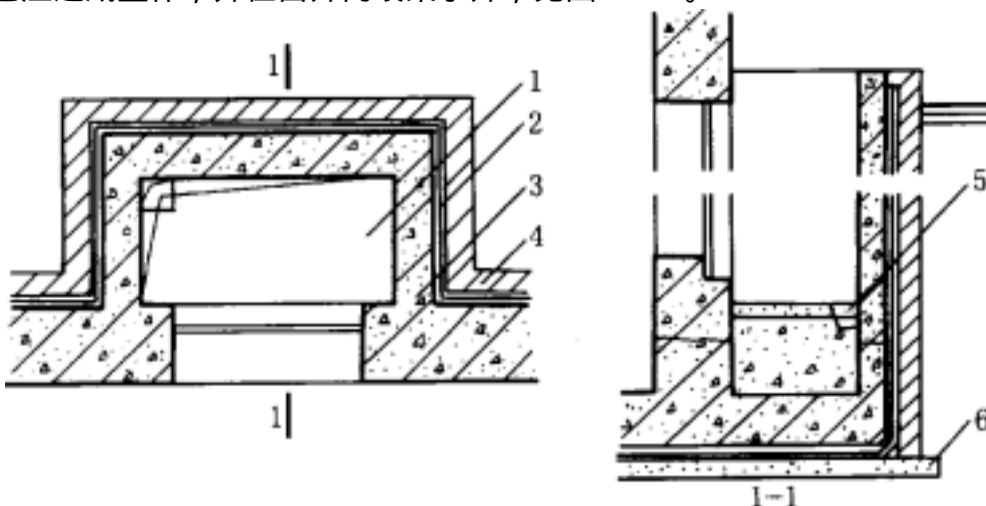


图 5.7.3 窗井防水示意图

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。

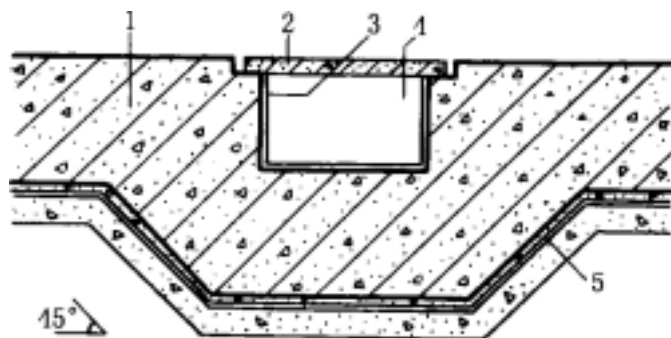


图 5.8.2 底板下坑、池的防水构造

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。

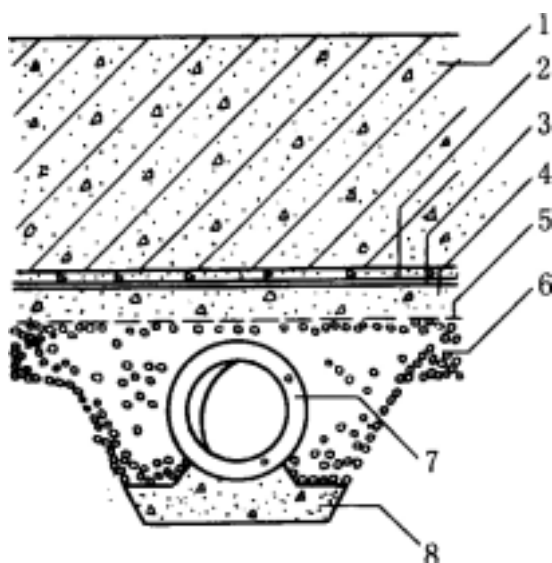


图 6.2.2 渗排水层构造

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；

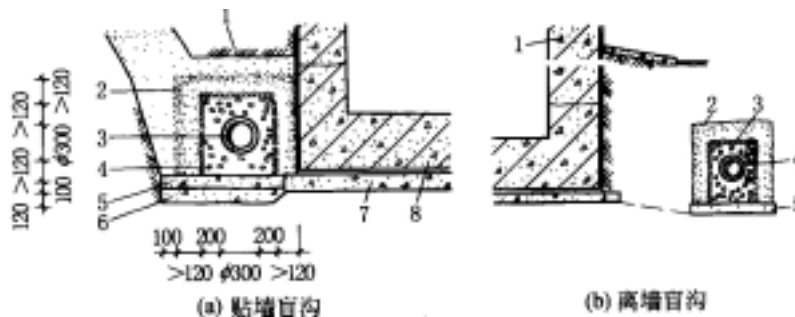


图 6.2.3 盲沟排水构造

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	

- 3 盲沟反滤层的层次和粒径组成应符合表 6.2.3 的规定；
- 4 渗排水管宜采用无砂混凝土管；
- 5 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：

- 1 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；
- 2 盲沟沿洞室纵轴方向设置的距离，宜为 5 ~ 15m；
- 3 盲沟断面的尺寸应根据渗水量及洞室超挖情况确定；
- 4 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。

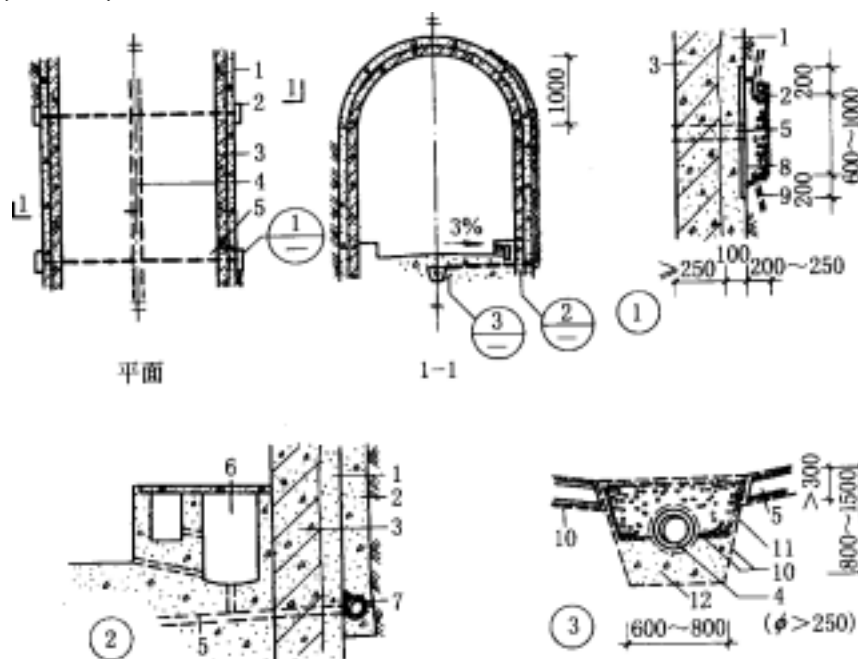


图 6.3.1 贴壁式衬砌排水构造

- 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 ³ /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 250mm；
 - 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 复合式衬砌

- 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 280g/m²；
 - 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 拱顶部宜为 600~800mm
 - 2 侧墙处不应小于 500mm。
- 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 50~100mm，间距不宜大于 6m。在侧墙和拱肩处应设检查孔，见图 6.5.2。

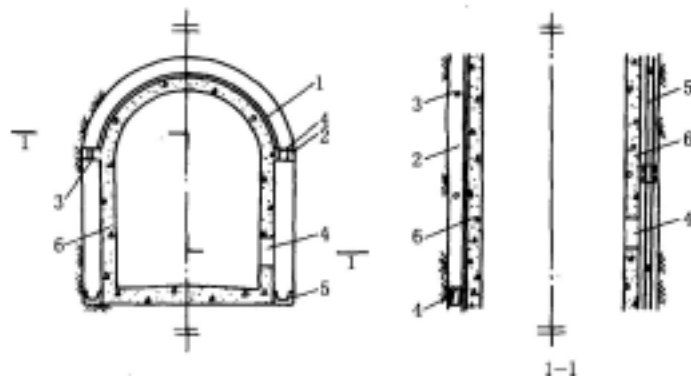


图 6.5.2 离壁式衬砌排水示意图

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);

--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，价格适宜；
 - 2 具有良好的可灌性；
 - 3 凝胶时间可根据需要调节；
 - 4 固化时收缩小，与围岩、混凝土、砂土等有一定的粘结力；
 - 5 固结体具有微膨胀性，强度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 在无水地段，应先两头，后中间；
 - 3 对竖井应由上往下分段注浆，在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 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、8.1.5—2 的规定。

表 8.1.5-1 弹性橡胶密封垫材料物理性能

序号	项 目			指 标	
				氯丁橡胶	三元乙丙胶
1	硬度(邵氏)			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 拉伸强度 MPa	3	3	2	2
	浸水 扯断伸长率%	350	350	250	250
	试验 体积膨胀倍率%	150	250	500	500
6	低温弯折-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。

成品切片测试应达到标准的 80%。

接头部位的拉伸强度不得低于上表标准性能的 50%。

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；

A₀ ——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；

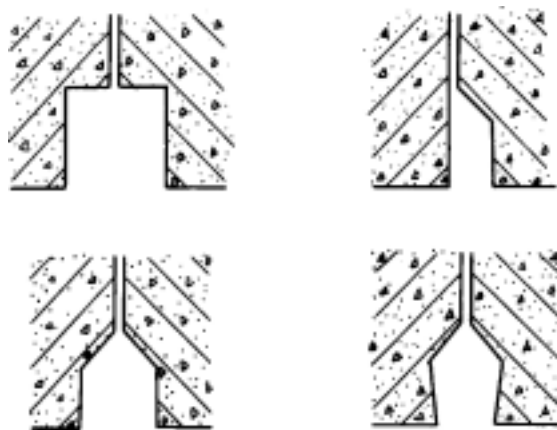


图 8.1.8 管片嵌缝槽构造形式示意图

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 ~ 400kg/m³，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 370kg/m³，采用碎石时不应小于 400kg/m³，水灰比应小于 0.6，坍落度应为 200±20mm，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；

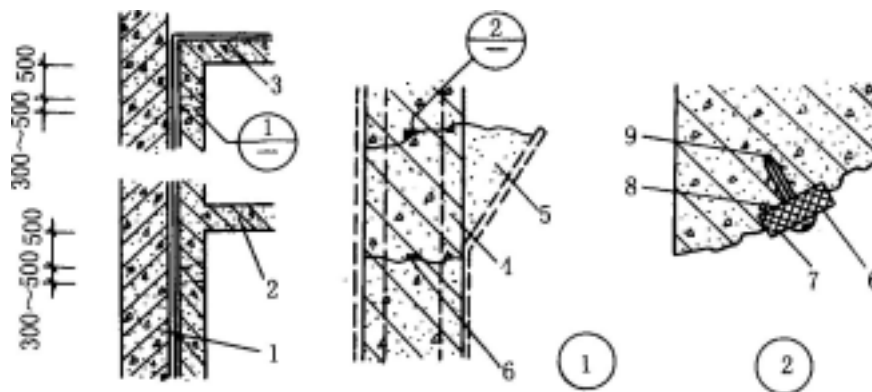


图 8.4.2 逆筑法施工接缝防水构造

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……”。

中华人民共和国国家标准

地下工程防水技术规范

GB 50108-2001

条文说明

1 总 则

1.0.1 (原规范 1.0.1, 修改条文)

地下工程由于埋在地下，时刻受地下水的渗透作用，如地下工程防水性能不好，致使地下水渗漏到工程内部，将会带来一系列问题：如影响人员在工程内正常的工作和生活；使工程内部装修和设备加快锈蚀；使用机械排除工程内部渗漏水，需要耗费大量能源和经费，而且大量的排水还可能引起地面和地面建筑物不均匀沉降和破坏；另外，据有关资料记载，美国有 20% 左右的地下室存在氡污染，而氡是通过地下水渗漏渗入地下工程内部聚积在地下工程内表面。我国地下工程内部氡污染的情况如何，尚未见到相关报道，但如地下工程存在渗漏水则会使氡污染的可能性增加。

为适应我国地下工程建设的需要，使新建、续建、改建的地下工程能合理正常地使用，充分发挥其经济效益、社会效益、战备效益，因此对地下工程的防水设计、施工内容作出相应规定是极为必要的。在设计和施工中，要贯彻质量第一的思想，把确保质量放在首位。

1.0.2 (原规范 1.0.2, 修改条文)

根据 1998 年 3 月建设部标准定额司召开的规范修订协调会的精神，本规范不再涉及验收规范的内容，故删去原条文中验收的内容。

目前，城市市政隧道修建越来越多，为适应这一情况，在本条中增加市政隧道这一内容。

关于水底隧道，根据施工方法可分为矿山法、盾构法、沉管法等，由于目前国内沉管法施工的水底隧道数量太少，所以这次修编时未将沉管法的有关内容纳入。

1.0.3 (原规范 1.0.3, 修改条文)

防水原则既要考虑如何适应地下工程种类的多样性问题,也要考虑如何适应地下工程所处地域的复杂性的问题,同时还要使每个工程的防水设计者在符合总的原则的基础上可根据各自工程的特点有适当选择的自由。原《规范》提出的防水原则基本符合上述要求,从修编过程中征求的意见来看,使用单位对这一原则也是基本满意的。

根据征求的意见,这次对原提出的原则增加了“刚柔相济”这一内容。原来的原则只规定了各种防水方法相结合,这次加的内容是从材性角度要求在地下工程中刚性防水材料和柔性防水材料结合使用。实际上目前地下工程不仅大量使用刚性防水材料,如结构主体采用防水混凝土,也大量使用柔性防水材料,如细部构造处的一些部位、主体结构需要采取柔性防水的部位,因此增加的内容是符合目前工程实际的。

1.0.4 (增加条文)

保护环境是我国的基本国策,考虑到地下工程防水施工中的噪音、材料、施工废弃物等会对周围生态环境造成不利影响,因此地下工程防水设计、施工时必须从选择施工方法、材料等方面事先考虑其对周围环境影响程度,并有针对性地采取措施,使对周围生态环境的影响减至最小。

1.0.5 (原规范 1.0.4, 修改条文)

由于材料使用是否合适是保证地下工程防水质量的关键一环,因此这次修订时对推广新材料持更加积极和慎重的态度。

1.0.6 (原规范 1.0.5, 修改条文)

根据建设部 1996 年颁发的《工程建设技术标准编写规定》第二章十四条的规定改为:“……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”典型用语。

3 地下工程防水设计

3.1 一般规定

3.1.3 (原规范 2.1.3, 修改条文)

本条将“合理确定工程防水标高”做了修改。“工程防水标高”最早的含义是地下工程防水设防高度应为地下水位高度加 1m(1m 即是毛细管水上升的高度)。在原规范编写时,“工程防水标高”被定义为地下工程防水设防高度,它不单纯地以最高地下水位而定,而应综合分析历年水位地质资料、根据工程重要性、工程建成后地下水位变化的可能性等因素而定。上面两个定义虽有差别,但都强调防水设防高度主要由地下水位而定。但地下工程不仅受地下水、上层滞水、毛细管水等作用,也受地表水的作用,同时随着人们对水资源保护意识的加强,合理开发利用水资源的人为活动将会引起水文地质条件的改变,也会对地下工程造成影响,因此地下工程不能单纯以地下最高水位来确定工程防水标高,对单建式地下工程应采用全封闭、部分封闭的防排水设计(全封闭、部分封闭系指防水层的封闭程度,部分封闭只在地层渗透性较好时采用或可采用自流排水排走流入工程内的渗漏水,此时工程结构底板可按结构受力要求考虑)。对附建式的全地下或半地下工程的设防高度,应高出室外地坪高程 500mm 以上,确保地下工程的正常使用。

3.1.4 (原规范 2.1.4, 修改条文)

防水混凝土自防水结构作为工程主体的防水措施十余年来已普遍为地下工程界所接受,根据各地的意见,修编时将原《规范》中的“宜采用防水混凝土结构”改为“应采用防水混凝土结构”。

3.1.5 (原规范 2.1.5, 修改条文)

根据目前工程实践所遇到的问题及积累的经验，新增了预留通道接头、桩头防水的内容。

3.1.8 (增加条文)

原《规范》对设计内容没做规定，因此工程防水设计时有一定的随意性，加上这条内容的目的是使防水设计规范化，使地下工程建设从设计阶段开始就对防水有明确的要求，为确保地下工程正常使用打下良好的基础。

3.2 防水等级

3.2.1 (原规范 2.2.1，修改条文)

原《规范》规定的防水等级划分为四级，经过十余年的使用，从防水工程界的反映来看基本上是符合实际的、可行的，因此这次仍保留原防水等级的划分。但原《规范》的规定也暴露以下一些问题：

- 1 有的级别没有数量指标，只有定性要求，这就给施工和验收造成一定困难。
- 2 原《规范》只规定了整个工程的渗漏水量的指标，而对工程局部的渗漏水量的指标没有规定，这就有可能造成有的工程整体渗漏水量达标，但局部渗漏水量超标，严重影响工程正常使用。

针对上述问题，修订时作了如下修改：

- 1 除一级外，其他各级都给出了定量指标。
- 2 定量指标不仅规定了整个工程的量值，也规定了工程任一局部的量值。

修订上述标准的主要依据是：

1 防水等级为一级的工程其结构内壁并不是没有地下水的渗透现象，在原规范的条文说明对此有过明确地叙述，其渗透量约在 $0.012 \sim 0.024 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ 。20 世纪 90 年代德国 STUVA 隧道防水等级规定处于完全干燥的隧道其容许渗漏水量为：10m 区间为 $0.02 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ ，100m 区间为 $0.01 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ 。根据国内外的上述看法，一级标准的结构内壁是有少量渗水的。修订组在讨论要不要对一级标准规定定量指标时认为：由于渗水量极小，且随时都为正常的人工通风所带走，因此量测极为困难，规定了这一指标后将给验收工作带来困难。而不规定定量指标，仍沿用原来的定性描述，通过感观检查也可判断工程是否达到一级标准。因此这次修订时对一级标准仍没有规定定量指标。

2 防水等级为二级的工程的渗漏水量原规范在条文说明中根据国内外资料给出了渗漏量的大概值 ($0.025 \sim 0.2 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$)，20 世纪 90 年代德国 STUVA 隧道防水等级规定处于基本干燥的隧道其容许渗漏水量为：10m 区间为 $0.1 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ ，100m 区间为 $0.05 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ ；由毛细管现象产生湿迹的隧道，即在衬砌内壁可见局部明显渗水现象，但无水珠滴落现象时其容许渗漏水量为：10m 区间为 $0.2 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ ，100m 区间为 $0.10 \text{L/m}^2 \cdot \text{d}$ 。上述德国标准中的渗漏水量的量值和我国防水等级为二级时的量值基本上是一致的。但由于这一量值仍然较小，难以准确检测，如以这一量值作为标准将给工程验收带来一定困难。在过去十年间，上海地区曾对工程渗漏水量大小与工程表面的湿迹大小进行了长期观测，尽管由于工程通风与否、风量大小、季节、湿度、温度等环境条件对湿迹的状态影响甚大，但经对大量观测数据的分析，在通风不好、工程内部湿度较大的情况下，也得到了有一些有价值的数：每 5~6 滴水约为 1mL 水量，每分钟 2~3 滴的渗水量约与 0.06m^2 湿迹相当。因此，铁道、隧道等部门在判断一个工程是否达到二级标准时，采用测量任意 100m^2 防水面积上湿迹总面积、单个湿迹的最大面积、湿迹个数的办法来判断，已得到工程界的认可。因此修订时根据工程的不同用途，规定了工程结构内壁任意 100m^2

防水面积上湿迹总面积值,单个湿迹最大面积值及湿迹个数作为判断工程是否达到二级标准的量化指标。

3 三级标准中明确规定漏点数量、每个漏点的最大渗漏量,单个湿迹的最大面积,以便于工程验收。修订后的标准严于原定的标准,是考虑三级标准的工程对防水仍有一定的要求,标准过低会影响使用。在地下工程中,顶(拱)的渗漏水一般为滴水,而侧墙则多呈流挂湿迹的形式,当侧墙的最大湿迹面积小于 0.3m^2 时,此处的渗漏仍可认为符合三级标准。

4 防水等级为四级的工程的渗漏水量保留了原整个工程渗漏水量的数值,增加了任一局部的渗漏水量的数值,其任意 100m^2 防水面积渗漏水量为整个工程渗漏水量的 2 倍。这是参照 20 世纪 90 年代德国 STUVA 防水等级中的规定,该规定中 100m 区间渗漏水量是 10m 区间的 $1/2$,是 1m 区间的 $1/4$ 。

3.2.2 (原规范 2.2.2,修改条文)

原条文中各类地下工程的防水等级予以删除,而增加了不同防水等级的适用范围。之所以作此变动,一是地下工程用途极广,原表中很难把所有工程类别一一列举;二是根据原表的规定,当某个工程的用途确定后,其整个工程的防水等级也随之确定,但实际上整个工程的不同部位、不同区域的防水等级要求还是有所差别的,如用同一防水等级来要求,这将给施工、验收带来不利的影响,也会相应提高工程造价。在设计时,可根据表中规定的适用范围,结合工程的实际情况合理确定工程的防水等级。如办公用房属人员长期停留场所,档案库、文物库属少量湿迹会使物品变质、失效的贮物场所,配电间、地下铁道车站顶部属少量湿迹会严重影响设备正常运转和危及工程安全运营的场所或部位,指挥工程属极重要的战备工程,故都应定为一级;而一般生产车间属人员经常活动的场所,地下车库属有少量湿迹不会使物品变质、失效的场所,电气化隧道、地铁隧道、城市公路隧道、公路隧道侧墙属有少量湿迹基本不影响设备正常运转和工程安全运营的场所或部位,人员掩蔽工程属重要的战备工程,故应定为二级;城市地下公共管线沟属人员临时活动场所,战备交通隧道和疏散干道属一般战备工程,可定为三级;像涵洞这类对渗漏水无严格要求的工程则定为四级。对于一个工程(特别是大型工程),因工程内部各部分的用途不同,其防水等级可以有所差别,设计时可根据表中适用范围的原则分别予以确定。但设计时要防止防水等级低的部位的渗漏水影响防水等级高的部位的情况。

3.3 防水设防要求

3.3.1 (原规范 2.3.2、2.3.3、2.3.4,修改条文)

不同防水等级的地下工程防水方案是地下工程防水界普遍关心的问题,这次修订时对此做了较大的改动。

从原《规范》编写时调研的资料和这次修编时调查了解的情况来看,地下工程的防水可分为两部分内容,一是结构主体防水,二是细部构造特别是施工缝、变形缝、诱导缝、后浇带的防水。目前结构主体采用防水混凝土结构自防水其防水效果尚好,而细部构造,特别是施工缝、变形缝的渗漏水现象较多,工程界有所谓“十缝九漏”之说。针对目前存在的这种情况,明挖法施工时不同防水等级的地下工程防水方案分为四部分内容,即主体、施工缝、后浇带、变形缝。对于结构主体,其防水采用目前普遍应用的防水混凝土自防水结构,当工程的防水等级为一级时,应再增设一至两道其他防水层,当工程的防水等级为二级时,可视工程所处的地质条件、环境条件等不同情况,应再增设

一道其他防水层。之所以做这样的规定,除了确保工程的防水要求外,还考虑到下面的因素:即混凝土材料过去人们一直认为是永久性材料,但通过长期实践,人们逐渐认识到混凝土在地下工程中会受地下水侵蚀,其耐久性会受到影响。现在我国地下水特别是浅层地下水受污染比较严重,而防水混凝土又不是绝对不透水的材料,据测定抗渗等级为 S8 的防水混凝土的渗透系数为 $5 \sim 8 \times 10^{-10} \text{cm/s}$ 。所以地下水对地下工程的混凝土、钢筋的侵蚀破坏已是一个不容忽视的问题。防水等级为一、二级的工程,多是一些比较重要、投资较大、要求使用年限长的工程,为确保这些工程的使用寿命,单靠用防水混凝土来抵抗地下水的侵蚀其效果有限,而防水混凝土和其他防水层结合使用则可较好地解决这一矛盾。对于施工缝、后浇带、变形缝,应根据不同防水等级选用不同的防水措施,防水等级越高,拟采用的措施越多,一方面是为了解决目前缝隙渗漏率高的状况,另一方面是由于缝的工程量相对于结构主体来说要小得多,采用多种措施也能做到精心施工,容易保证工程质量。暗挖法施工时,其与明挖法不同处是主体不同的衬砌措施即是不同防水等级的防水措施,二是工程内垂直施工缝多,其防水做法与水平施工缝有所区别。

此条只讲了明挖法和暗挖法施工的地下工程的不同防水等级的防水措施,其他施工方法施工的地下工程不同防水等级的防水措施拟结合其施工方法的特点放在第八章各节内叙述。

4 地下工程混凝土结构主体防水

4.1 防水混凝土

I 一般规定

4.1.1 (原规范 3.1.1, 修改条文)

由于防水混凝土的抗渗等级是根据素混凝土试件试验测得,而地下工程结构主体中钢筋密布,将对混凝土的抗渗性有不利影响,为确保地下工程结构主体的防水效果,故将地下工程结构主体的防水混凝土抗渗等级定为不小于 S6。

4.1.2 (原规范 3.3.1, 保留条文)

规定防水混凝土抗渗压力应比设计要求高 0.2MPa,是因为混凝土抗渗压力是试验室得出的数值,而施工现场条件比试验室差,其影响混凝土抗渗性能的因素有些难以控制,因此抗渗等级应提高一个等级(0.2MPa)。

设 计

4.1.3 (原规范 3.1.1, 修改条文)

此条对防水混凝土抗渗等级选用表做了较大的修改。原《规范》的选用表是参照水工混凝土抗渗等级的有关规定制定的,通过十余年使用表明,在地下工程中按最大水头和混凝土壁厚比值来确定设计抗渗等级往往选用的抗渗等级较高,不太符合工程实际的需要,如有的工程埋深 10m 左右,由于结构的壁厚不大,按原表 3.1.1 的要求,设计抗渗等级要达到 S12,这不仅造成工程成本的提高,而且由于高抗渗等级的防水混凝土水泥用量要相应增加,从而混凝土硬化时其水化热的产生量也相应增大,如果施工中不采用相应措施,则极易使混凝土产生裂缝而使工程渗漏。

现在的防水混凝土抗渗等级选用表是参照近十余年来各地工程实践经验制定的:

1 上海盾构隧道混凝土管片,其混凝土抗渗等级等于隧道埋深水压力的 3 倍,且不

得低于 0.8MPa。

2 上海宝钢某地下工程，埋深 35m，混凝土的抗渗等级为 S12。

3 近年来一些埋深 10m 左右的工程其防水混凝土的抗渗等级多为 S6 ~ S8。4.1.4 (原规范 3.1.2，保留条文)

当防水混凝土用于具有一定温度的工作环境时，其抗渗性随着温度提高而降低，温度越高则降低得越显著，当温度超过 250℃ 时，混凝土几乎失去抗渗能力，参见表 1。因此规定，最高使用温度不得超过 100℃。

表 1 不同加热温度的防水混凝土抗渗性能表

加热温度()	抗渗压力(MPa)
常温	1.8
100	1.1
150	0.8
200	0.7
250	0.6
300	0.4

4.1.5 (原规范 3.1.3，修改条文)

不少地方反映混凝土的垫层强度和厚度原规定太小，并已在工程中做了相应提高，另外，对于预拌混凝土来说，很难配出低于 C15 的混凝土，根据调研搜集的这种情况，对此条做了相应的修改。

4.1.6 (原规范 3.1.4，修改条文)

此条做了两点修改：

1 衬砌厚度由“不应小于 200mm”改为“不应小于 250mm”。其理由一是根据十余年工程实践不少地方反映原规定值偏小；二是与其他规范不一致，如《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》规定衬砌厚度不应小于 250mm。

2 原规范中钢筋保护层系指主筋的保护层厚度，由于地下工程中主筋外还有箍筋，因此箍筋的保护层厚度较薄，再加上施工中的误差，则会产生箍筋外露或保护层极薄的情况，从而会使地下水沿钢筋渗入工程内部，实际工程中也常见这种原因引起的渗漏水现象，故这次修改时加大了迎水面钢筋保护层厚度。

材 料

4.1.7 (原规范 3.2.1，修改条文)

原《规范》规定可采用 325 号水泥，这是针对当时 325 号水泥产量较大的实际情况决定的。随着国民经济的发展，我国制定了新的水泥标准，新标准中取消了 325 号水泥，并用水泥强度等级代替原水泥标号，规定最低强度等级值为 32.5MPa，相当于原标准的 425 号水泥，因此地下工程配制防水混凝土选用水泥时应按新标准执行。

4.1.8 (原规范 3.2.2，修改条文)

泵送防水混凝土的石子最大粒径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。

4.1.10 (原规范 3.2.4，修改条文)

外加剂对提高防水混凝土的防水质量极有好处，故本条予以保留，但根据目前工程中应用外加剂种类的情况，新增了膨胀剂、防水剂、复合型外加剂等内容。另外根据国产外加剂质量情况，增加了对外加剂质量指标的要求。因目前有的外加剂产品质量仍分为几级，其各级的性能差别较大，考虑地下工程防水的使用要求，故本条增加了对外加剂产品质量要求的内容。

4.1.11 (原规范 3.2.5，修改条文)

粉煤灰、磨细矿渣粉、硅粉等均属活性掺合料，他们在水泥水化后期均参与水化反应，掺加这些材料既可填充混凝土空隙，提高密实性，又可使混凝土流动性增加，同时由于它们早期不反应，因此可降低水泥早期的水化热，各地现已大量使用这些掺合料。根据上述情况，删掉了原条文中磨细砂、石粉等内容，新增了磨细矿渣粉、硅粉等内容。至于掺加量，既与这些掺合料的磨细程度有关，也与混凝土要求的强度等级有关，使用时应根据其磨细程度和使用要求通过试验确定其用量。

4.1.12 (增加条文)

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，还要求混凝土施工完后不开裂，特别是不能产生贯穿裂缝。为了防止或减少混凝土裂缝的产生，在配制混凝土时加入一定量的钢纤维或合成纤维，可有效提高混凝土的抗裂性，近年来的工程实践已证明了这一点。但由于掺加纤维后混凝土的成本相应提高，故条文中增加了“根据工程抗裂需要”这一使用条件。

4.1.13 (增加条文)

因碱骨料反应引起混凝土破坏已成为一个世界性普遍存在的问题。由于地下工程长期受地下水、地表水的作用，如果混凝土中水泥和外加剂中含碱量高，遇到混凝土中的集料是碱活性，即有引起碱骨料反应的危险，因此在地下工程中应对所用的水泥和外加剂的含碱量有所控制，以避免碱骨料反应的发生。国内外对混凝土中含碱量的规定各不相同，英国规定混凝土每立方米含碱量不超过 3kg，对不重要工程可放宽至 4.5kg；南非一些国家认为混凝土每立方米含碱量小于 1.8kg 时较安全，1.8~3.8kg 时为可疑危害，大于 3.8kg 时为有害；北京市建委于 1995 年 3 月 1 日规定：对于应用于桥梁、地下铁道、人防、自来水厂大型水池、承压输水管、水坝、深基础、桩基等外露或地下结构以及经常处于潮湿环境的建筑结构工程(包括构筑物)必须选用低碱外加剂，每立方米混凝土掺用外加剂加入的碱量不得超过 1kg。根据以上资料，本规范建议每立方米防水混凝土中各类材料的总碱量(Na_2O 当量)不得大于 3kg。

施 工

4.1.14 (原规范 3.3.1，修改条文)

本条做了以下几点修改：

- 1 水泥标号取消了 325 号的内容，理由已在 4.1.7 中述及。
- 2 增加了泵送防水混凝土对砂率的要求，因泵送时要求混凝土有较好的流动性，故应适当提高其砂率。
- 3 水灰比的大小对防水混凝土的防水性能影响较大，根据目前外加剂的开发利用的情况，掺加减水剂后其水灰比可以降低，因此把原《规范》规定的最大水灰比 0.6 降为 0.55。
- 4 增加了预拌混凝土的坍落度的规定。目前工程实践中预拌混凝土的坍落度普遍偏高，有的高达 20cm 左右，但实际上在地下工程中并没有这种必要。在工程施工中为了达到较高的坍落度有的是采用掺加外加剂的方法，有的是采用提高水灰比的方法。

法,前者会增加工程造价,后者则可能降低混凝土的防水性能。经征求意见,认为预拌混凝土用于地下工程防水时其入泵坍落度宜控制在 $12 \pm 2\text{cm}$ 的范围内。另外预拌混凝土的搅拌地和浇筑地不在一处,从搅拌到入泵需经过一段时间,因此坍落度会有损失,如损失过大,则会影响混凝土的施工质量,所以条文中规定了坍落度的损失值,以确保混凝土的施工质量。

5 用于防水的预拌混凝土不仅由于从搅拌地到施工处需花一定时间,特别是在城市内部,因交通等问题会使这一时间更长,而且预拌混凝土多用于大型地下工程,混凝土工程量大。如果混凝土凝固时间过短,既有可能运到工地时混凝土就不能施工,更有可能在混凝土浇筑时层与层之间出现冷缝,造成工程渗漏水的隐患。缓凝时间的长短与诸如城市交通状况、搅拌地到施工地距离、天气状况、工程量的大小等很多因素有关,施工时应根据上述因素综合考虑,以确保混凝土浇筑时不会出现冷缝为原则。

4.1.18 (原规范 3.3.5, 修改条文)

根据目前工程施工的经验,增加二次掺加减水剂的方法来确保混凝土坍落度满足施工要求的内容。针对施工中遇到坍落度不满足施工要求时有随意加水的现象,本条做了严禁直接加水的规定。因随意加水将改变原有规定的水灰比,而水灰比的增大将不仅影响混凝土的强度,而且对混凝土的抗渗性影响极大,将会造成渗漏水的隐患。

4.1.20 (原规范 3.3.7, 修改条文)

墙体水平施工缝距底板的距离由不小于 200mm 改为 300mm,这是考虑现在施工中采用钢模板比较普遍,这一距离的大小应与钢模板的模数相适应。

4.1.21 (原规范 3.3.7, 修改条文)

施工缝的构造形式做了较大的改动。原规范推荐的凹缝、凸缝、阶梯缝,从十年实践来看均有不同的问题,凹缝清理困难,这使施工缝的防水可靠性降低,凸缝和阶梯缝则支模困难,不便施工,但目前这几种形式仍在应用,考虑上述情况,这次修改未予保留,即不再提倡。外贴式止水带虽造价高些,但用于施工缝防水处理效果尚好,故将此种形式列入,同时也在此列入外贴卷材、外涂涂层的方法。施工缝上敷设遇水膨胀止水腻子条或遇水膨胀橡胶条的做法目前较为普遍,且随着缓胀问题的解决,此法的效果会更好,故也列入。中埋止水带用于施工缝的防水效果一直不错,故仍予以保留。中埋式止水带从材质上看,有钢板和橡胶两种,从防水角度上这两种材料均可使用。但在防护工程中,宜采用钢板,以确保工程的防护效果。

4.1.22 (原规范 3.3.8, 修改条文)

施工缝的防水质量除了与选用的构造措施是否合理有关外,还与施工质量有很大的关系,本条根据各地的实践经验,对原条文做了较大地改动。

1 删除了原条文中凿毛的内容,因混凝土硬化后进行凿毛不仅费时费力,而且还会引起混凝土的松动,造成渗漏水隐患。增加了清除缝表面浮浆的内容,做法是在混凝土终凝后(一般来说,夏季在混凝土浇筑后 24h,冬季则在 36~48h,具体视气温、混凝土强度等级而定,气温高、混凝土强度等级高者可短些),立即用钢丝刷将表面浮浆刷除,边刷边用水冲洗干净,并保持湿润,冬季施工时则应在缝表面采取防冻措施。这不仅是因为混凝土刚刚终凝,浮浆的清除较为容易,更主要的是这层浮浆是妨碍新老混凝土结合的障碍,由于新老混凝土不能紧密结合使施工缝容易产生渗漏水。另外把 1:1 水泥砂浆层的厚度由 20~25mm 改为 30~50mm,目的是使新老混凝土结合更好,如不先铺水泥砂浆层或铺的厚度不够,将会出现工程界俗称的“烂根”现象,极易造成施工缝的渗漏水。还应注意铺水泥砂浆层或刷界面处理剂后,应及时浇灌混凝土,若时间间隔过久,

水泥砂浆已凝固或界面处理剂固化后，则起不到使新老混凝土紧密结合的作用，仍会留下渗漏水的隐患。

2 遇水膨胀橡胶止水腻子条或遇水膨胀橡胶止水条是近年来在施工缝上使用的新材料，有的地方用后效果尚好，有的地方用后效果不佳，其效果不佳的原因：一是由于降雨或施工用水等使止水腻子条或止水条过早膨胀，因此条文规定止水腻子条或止水条应具有缓胀性能；二是固定不牢固，故此条文中也明确对此作了规定。

3 中埋止水带只有位置准确、固定牢固才能起到止水作用，因此做此规定。4.1.23 (原规范 3.3.9，修改条文)

大体积混凝土近年来在地下工程中应用越来越多。大体积混凝土与普通混凝土的区别表面上看是厚度不同，但其实质的区别是由于混凝土中水泥水化要产生热量，大体积混凝土内部的热量不如表面的热量散失得快，造成内外温差过大，其所产生的温度应力可能会使混凝土开裂。因此判断是否属于大体积混凝土既要考虑厚度这一因素，又要考虑水泥品种、强度等级、每立方米水泥用量等因素，比较准确的方法是通过计算水泥水化热所引起的混凝土的温升值与环境温度的差值大小来判别，一般来说，当其差值小于 25℃ 时，其所产生的温度应力将会小于混凝土本身的抗拉强度，不会造成混凝土的开裂，当差值大于 25℃ 时，其所产生的温度应力有可能大于混凝土本身的抗拉强度，造成混凝土的开裂，此时就可判定该混凝土属大体积混凝土，并按条文中规定的措施进行施工，以确保混凝土不致开裂，造成工程渗漏水的隐患。

通过水泥水化热来计算温升值比较麻烦，《工程结构裂缝控制》(王铁梦著)中根据最近几年来的现场实测降温曲线及实测数据，经统计整理水化热温升值，可直接应用于相类似的工程，见表 2。

当使用其他品种水泥，强度等级、模板、水泥用量有变化时，应将上表中的数值乘以修正系数： $T_{\max}=T' \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$ ，各修正系数的值见表 3。

表 2 混凝土结构物水化热温升值(T')

壁厚 (m)	温升 T' (℃)	夏季(气温 32~38℃)		壁厚 (m)	温升 T' (℃)	冬季(气温+3~-5℃)	
		入模温度 (℃)	最高温度 (℃)			入模温度 (℃)	最高温度 (℃)
0.5	6	30~35	36~41	0.5	5	10~15	15~20
1.0	10	30~35	40~45	1.0	9	10~15	19~24
2.0	20	30~35	50~55	2.0	18	10~15	28~33
3.0	30	30~35	60~65	3.0	27	10~15	37~42
4.0	40	30~35	70~75	4.0	36	10~15	46~51

注：表中数据是在以下条件下获得的：水泥品种：矿渣水泥；水泥强度等级：32.5MPa；水泥用量；275kg/m³；模板：钢模板；养护条件；两层草包保温养护。

表 3 修正系数表

水泥强度等级 修正系数 k_1	水泥品种 修正系数 k_2	水泥用量 修正系数 k_3	模板修正系数 k_4
32.5MPa 1.00 42.5MPa 1.13	矿渣水泥 1.00 普通硅酸盐水泥 1.20	$K_3=W/275$ W 为实际水泥用量 (kg/m^3) 1.4	钢模板 1.0 木模板 其他保温模板 1.4

注：如遇有中间状态可用插入法确定。

现举例说明以上二表的用法。某工程混凝土厚度 2m，采用普通硅酸盐水泥强度等级为 42.5MPa，水泥用量 $360\text{kg}/\text{m}^3$ ，木模板，夏季施工，试计算最高温升。

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= T' \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \\
 &= 20 \times 1.13 \times 1.2 \times 360/275 \times 1.4 \\
 &= 49.7
 \end{aligned}$$

夏季入模温度为 32.5，则混凝土的最高温度可达 $49.7+32.5=82.2$ 。而有一类似工程的实测温度记录为 80，故上二表直接用于相似的工程中，是比较切合实际的。

根据各地大体积混凝土施工的经验，增补了大体积混凝土施工时防止裂缝产生的有关技术措施。大体积混凝土施工时，一是要尽量减少水泥水化热，推迟放热高峰出现的时间，如采用 60d 龄期的混凝土强度作为设计强度(此点必须征得设计单位的同意)，以降低水泥用量；掺粉煤灰可替代部分水泥，既可降低水泥用量，且由于粉煤灰的水化反应较慢，可推迟放热高峰的出现时间；掺外加剂也可达到减少水泥、水的用量，推迟放热高峰出现的时间；夏季施工时采用冰水拌和、砂石料场遮阳等措施可降低混凝土的出机和入模温度。以上这些措施可减少混凝土硬化过程中的温度应力值。二是进行保温保湿养护，使混凝土硬化过程中产生的温差应力小于混凝土本身的抗拉强度，从而可避免混凝土产生贯穿性的有害裂缝。

4.1.24 (原规范 3.3.10，修改条文)

根据近十年来的工程实践，只保留了螺栓加堵头这种防水效果较好的做法。在采用螺栓加堵头的方法时，人们创造出一种工具式螺栓，可简化施工操作并可反复使用，因此重点介绍了这种做法。

4.1.25 (原规范 3.3.11，保留条文)

防水混凝土的养护是至关重要的。在浇灌后，如混凝土养护不及时，混凝土内水分将迅速蒸发，使水泥水化不完全。而水分蒸发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，使混凝土抗渗性急剧下降，甚至完全丧失抗渗能力。若养护及时，防水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，提高了混凝土的抗渗性(见表 4)。

表 4 不同养护龄期的混凝土抗渗性能表

养护方式	雾 室 养 护			备注
龄期(d)	7	14	23	水灰比为 0.5， 砂率为 35%
坍落度(cm)	7.1	7.1	7.1	
抗渗压力(MPa)	1.1	> 3.5	> 3.5	

4.1.26 (原规范 3.3.12，保留条文)

地下工程进行冬季施工时，必须采取一定的技术措施。因为混凝土温度在+4 时，

强度增长速度仅为+15℃时的一半。当混凝土温度降到-4℃时，水泥水化作用停止，混凝土强度也停止增长。水冻结后，体积膨胀8%~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。

冬季施工措施，既要便于施工、成本低，又要保证混凝土质量，具体应根据施工现场条件而选择。

化学外加剂主要是指防冻剂和防冻复合剂。在混凝土拌合物拌合用水中加入防冻剂或防冻复合剂能降低水溶液的冰点，以保证混凝土在低温或负温下硬化。如掺亚硝酸钠-三乙醇胺等防冻复合剂的防水混凝土，可在外界温度不低於-10℃的条件下硬化。但由于防冻剂或防冻复合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。

暖棚法是采取暖棚加温，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，暖棚内可以采用蒸汽管片或低压电阻片加热，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，或者表面系数在6~8以下的结构，应优先采用蓄热法，如经热工计算，采用加厚保温材料或使用早强剂配合时，此法能用于表面系数大于8的结构和温度低於-15℃的情况。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（即分别加热水、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，故不宜在防水混凝土冬季施工中使用。

4.2 水泥砂浆防水层

I 一般规定

4.2.1 （增加条文）

水泥砂浆防水层原规范只提到普通水泥砂浆防水层，掺外加剂（掺合料）水泥砂浆防水层这两类，根据目前国内外刚性防水材料发展趋向及近十年来国内防水工程实践的情况，增加了聚合物水泥砂浆防水层这一类材料。

设 计

4.2.5 （原规范 4.2.4，修改条文）

根据新品种防水材料的特性及目前应用的实际情况，将防水层的厚度分二种情况重新规定，对普通水泥砂浆防水层和掺外加剂（掺合料）的水泥砂浆防水层，其厚度定为18~20mm，对聚合物水泥砂浆防水层根据施工层数的不同分别进行了规定。

材 料

4.2.7 （原规范 4.2.1，修改条文）

本条做了以下几点修改：

1 水泥强度等级改为32.5MPa，去掉原选用325号水泥的内容。原条文中“膨胀水泥”用“特种水泥”代替，以适应目前的实际情况；

2 因现在外加剂、掺合料的品种越来越多，在砂浆中掺用聚合物进行改性的做法也越来越普遍，所以有必要列出对聚合物乳液和外加剂的主要技术要求。目前使用的聚合物种类较多，在地下工程中常用的聚合物有：乙烯—醋酸乙烯共聚物、聚丙烯酸酯、有机硅、丁苯胶乳、氯丁胶乳等。

4.2.8 （增加条文）

目前掺各种外加剂、掺合料、聚合物的防水砂浆品种繁多，给设计、施工单位选用这些材料带来一定的困难，但《规范》中又不可能将他们一一列出。为便于设计、施工单位选用，现根据地下工程防水的要求，列出选用这些材料所配制的防水砂浆应满足的主要技术性能指标要求。凡符合这些指标要求的材料，设计和施工单位方可使用。

施 工

4.2.17 （原规范 4.2.7，修改条文）

本条增加了关于聚合物水泥砂浆防水层应采用干湿交替养护方法的规定。聚合物水泥砂浆防水层早期(硬化后 7d 内)采用潮湿养护的目的是为了使水泥充分水化而获得一定的强度，后期采用自然养护的目的是使胶乳在干燥状态下使水分尽快挥发而固化形成连续的防水膜，赋予聚合物水泥砂浆良好的防水性能。

4.3 卷材防水层

I 一般规定

4.3.1 （增加条文）

此条明确提出卷材防水层的适用范围，这是根据卷材的性能提出的。因为高聚物改性沥青卷材和合成高分子卷材耐腐蚀性能较好，这两类卷材中有些品种卷材延伸率较高，因此可根据工程的实际需要选用适合要求的卷材品种。

4.3.2 （增加条文）

本条提出卷材防水层应铺设在结构主体迎水面的基面上，是为保护结构主体不受侵蚀性介质作用，并为达到防御外部压力水渗入结构主体内部的目的。同时由于卷材与混凝土基面粘结力不大，卷材铺贴在迎水面则可避免卷材这一短处。

4.3.3 （增加条文）
1 近几年在渗漏治理工程中遇到有些工程地下室的卷材防水层只做在结构主体的侧墙上而底板部位不做，致使结构主体卷材防水层不交圈、不封闭，产生渗漏水。这是因为有些设计人员认为，建筑物(尤其是高层建筑)地下室的防水混凝土底板很厚，足以发挥防水作用而可不设卷材防水层造成的。

2 墙体顶端是指卷材防水层的设防高度应符合本规范 3.1.3 条规定，即高出室外地坪高程 500mm 以上。

设 计

4.3.4 （增加条文）

卷材防水层必须具有足够的厚度，才能保证防水的可靠性和耐久性。按照两层做法防水质量较优的经验，建议卷材尽可能不单层使用。高聚物改性沥青卷材双层使用时，宜采用两层 3mm 厚或一层 4mm 与一层 3mm 厚或两层 4mm 厚的方案，不宜采用较薄的 2mm 厚卷材与 4mm 厚卷材复合，因 2mm 厚卷材在热熔法施工时卷材易被烧穿，影响防水层质量。

材 料

4.3.6 (原规范 4.3.1, 修改条文)

1 删掉原条文中过时的笼统提法“采用橡胶、塑料、沥青类”等卷材。明确提出应选用现时国家要求推广的新型防水卷材,即高聚物改性沥青类和合成高分子类防水卷材。过去常用的传统防水卷材“石油沥青纸胎油毡”,由于其物理性能指标差以及在现场熬制热沥青玛碲脂存在环境污染等原因,已在各地陆续被淘汰或限制使用,故本规范不再列入。

2 目前适用于地下工程的高聚物改性沥青类防水卷材的主要品种有:(1)弹性体改性沥青防水卷材,是用苯乙烯—丁二烯—苯乙烯嵌段共聚物(简称 SBS)改性沥青和聚酯毡或玻纤毡胎体制成;(2)塑性体改性沥青防水卷材是用无规则聚丙烯(APP)等改性沥青和聚酯毡或玻纤毡胎体制成;(3)改性沥青聚乙烯胎防水卷材(JC/T 633—96)是以改性沥青为基料、高密度聚乙烯膜为胎体制成的卷材。

3 目前适用于地下工程的合成高分子卷材的类型有:(1)硫化橡胶类卷材,主要有 JL₁三元乙丙橡胶(EPPM)和 JL₂氯化聚乙烯—橡胶共混等产品;(2)非硫化橡胶类卷材,主要有 JF₃氯化聚乙烯(CPE)等产品;(3)合成树脂类卷材,主要有 JS₁聚氯乙烯(PVC)等产品;(4)纤维胎增强类卷材,主要有丁基、氯丁橡胶、聚氯乙烯、聚乙烯等产品。

4 根据地下工程防水的特殊性,增加了对卷材及其胶粘剂应具有良好的耐水性、耐久性、耐穿刺性、耐腐蚀性、耐菌性的要求。

5 除对卷材性能提出以上原则要求外,增加了对卷材内在质量要求的主要物理性能指标,并列于表 4.3.6-1 和表 4.3.6-2 中。两表列出的指标数据是为保证产品质量满足地下工程防水需要,分别从卷材标准中经过比较选其一等品或偏优等级产品技术指标编制的。

制订以上两表数据的原因在于:目前国产卷材的国家标准或行业标准的产品等级大都分为优等品、一等品、合格品三级,也有分为一等品、合格品二级的,在合成高分子防水卷材标准中,按不同制造方法把卷材分为硫化橡胶类、非硫化橡胶类、树脂类和纤维增强类,并再分品种,致使各类各级产品性能指标差异较大,质量不在同一档次上,考虑到地下工程使用年限长,耐久质量要求高,且在工程渗漏水治理时卷材无法更换等特点,因此对两类卷材产品的质量分别提出统一、较高的要求是完全必要的。

4.3.7 (原规范 4.3.2 条, 修改条文)

卷材胶粘剂的粘结质量是保证卷材防水层不产生渗漏的关键之一。采用热熔法铺贴高聚物改性沥青卷材和采用热风焊接法粘结合成树脂类热塑性卷材的接缝,卷材接缝粘结质量较易保证。本条增加的内容,主要是为保证两类卷材当采用冷胶粘剂时,冷粘法或自粘法铺贴大面积卷材时的粘结质量而提出这一要求的。

施 工

4.3.10 (原规范 4.3.2 条、4.3.4 条, 修改条文)

本条是为提高卷材与基面的粘结力而提出的统一要求。目前大部分合成高分子卷材只能采用冷粘法铺贴,为保证其在较潮湿基面上的粘结质量,故提出施工时应选用湿固化型胶粘剂或潮湿界面隔离剂。

4.3.11 (增加条文)

本条提倡高聚物改性沥青卷材采用热熔法施工,因其对基面的干燥程度要求较低,比较适合地下工程基面较潮湿、工期较紧的情况,且热熔的粘结材料系改性沥青,耐久性较好,符合防水要求。

4.3.12 (原规范 4.3.5 条, 修改条文)

1 考虑地下工程的工期一般较紧, 要求基面干燥到符合卷材铺设要求需时较长, 且防水层上压有较厚的底板防水混凝土等因素, 因此修改为卷材可空铺或用胶粘剂点粘在底板垫层上的内容。

2 为保证卷材施工时的粘结质量, 增加了热熔法和冷粘法铺贴卷材的具体要求。为保证合成高分子卷材冷粘法施工的防水层具有良好的密闭性, 故提出了热塑性卷材宜采用焊接法施工接缝的做法, 并规定了焊缝的有效焊接宽度值。4.3.13 (原规范 4.3.6 条, 修改条文)

原规范采用外防外贴法铺设卷材防水层的规定未作大的变动, 主要变动处一是增加了永久性保护墙部位采用空铺, 这是为了适应工程主体有较大变形时避免拉坏该部位的卷材。二是增加了第四款采用不设临时性和永久性保护墙的施工方法。

4.3.14 (原规范 4.3.7 条, 修改条文)

1 在原规范采用外防内贴法铺贴卷材防水层的规定中, 删去了“应将永久性保护墙砌筑在与围护结构同一垫层上”的内容, 因为永久性保护墙必须先砌筑在垫层上, 不可能与后浇筑的混凝土主体结构分设两个垫层。

2 增加了铺贴卷材后应根据卷材特性选用保护层的内容, 主要是为防止主体结构施工绑扎钢筋和浇筑混凝土时损伤卷材防水层。

4.3.15 (原规范 4.3.9 条, 修改条文)

本条主要增加了底板垫层、立墙和顶板部位卷材防水层铺贴完成后应做保护层的规定。顶板保护层细石混凝土规定较厚, 主要考虑顶板上部使用机械碾压回填土, 如采用人工回填土, 则厚度可适当减小, 但不宜小于 50mm。条文中建议保护层和防水层间设隔离层, 如采用干铺油毡, 主要是防止保护层伸缩破坏防水层。软保护层目前多采用聚乙烯泡沫塑料片材。

4.4 涂料防水层

I 一般规定

4.4.1 (增加条文)

地下工程应用的涂料既有有机类涂料, 也有无机类涂料。

有机类涂料主要为高性能合成橡胶及合成树脂乳液类涂料。无机类涂料主要是水泥类无机活性涂料, 条文中除列出过去已有的水泥基防水涂料外, 还列入现已开始应用的水泥基渗透结晶型防水涂料, 这是一种以水泥、石英砂等为基材, 掺入各种活性化学物质配制的一种新型刚性防水材料。它既可作为防水剂直接加入混凝土中, 也可作为防水涂层涂刷在混凝土基面上。该材料借助其中的载体不断向混凝土内部渗透, 并与混凝土中某种组分形成不溶于水的结晶体充填毛细孔道, 大大提高混凝土的密实性和防水性。当前国内采用聚合物水泥防水材料发展很快, 用量日益增多(日本称此类材料为水凝固型涂料), 在地下工程防水中应用日益广泛。聚合物水泥防水涂料, 是以有机高分子聚合物为主要基料, 加入少量无机活性粉料(如水泥及石英粉等)。该涂料具有比一般有机涂料干燥快、弹性模量低、体积收缩小、抗渗性好等优点, 国外称之为弹性水泥防水涂料。

4.4.2 (增加条文)

有机防水涂料常用于工程的迎水面, 这是充分发挥有机防水涂料在一定厚度时有较好的抗渗性, 在基面上(特别是在各种复杂表面上)能形成无缝的完整的防水膜的长

处，又能避免涂料与基面粘结力较小的弱点。目前有些有机涂料的粘结性、抗渗性均较高，已用在埋深 10~20m 地下工程的背水面。

无机防水涂料由于凝固快，与基面有较强的粘结力，与水泥砂浆防水层、涂料防水层粘结性好，最宜用于背水面混凝土基层上做防水过渡层。

设 计

4.4.3 (增加条文)

地下工程由于受施工工期的限制，要想使基面达到比较干燥的程度较难，因此在潮湿基面上施作涂料防水层是目前地下工程常遇到的问题之一。目前一些有机或无机涂料在潮湿基面上均有一定的粘结力，可从中选用粘结力较大的涂料。在过于潮湿基面上还可采用两种涂料复合使用的方法，即先涂水泥基防水涂料，利用其凝固快和与其他涂层防水层粘结好的特点，做成防水过渡层，而后再涂反应型、水乳型、聚合物水泥涂料。

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

4.4.4 (原规范 4.4.5，修改条文)

阴阳角处因不好涂刷，故要在这些部位设置增强材料，并增加涂刷遍数，以确保这些部位的施工质量。底板相对工程的其他部位来说承受水压力较大，且后续工序有可能损坏涂层防水层，故也应予以加强。

4.4.5 (增加条文)

根据近年来的工程实践，本条列举了防水涂料在地下工程中的两种做法。4.4.6 (增加条文)

防水涂料必须具有一定厚度才能保证防水功能，所以本条对各类涂料的厚度作了相应规定。

材 料

4.4.7 (原规范 4.4.1，修改条文)、4.4.8(增加条文)

以上两条是对材料的要求，这是根据地下工程对材料的基本要求和目前材料性能的现状提出来的。

防水涂料目前品种极多，这既使设计和施工单位在材料选择上有较大余地，又给如何选择适合于地下工程防水要求的材料造成一定难度。根据地下工程防水对涂料的要求及现有涂料的性能，在表 4.4.8-1、4.4.8-2 中分无机涂料和有机涂料两大类分别规定了其性能指标要求。要想在地下工程中充分发挥防水涂料的防水作用，一是要有可操作时间，可操作时间过短的涂料将不利于大面积防水涂料施工；二是要有一定的粘结强度，特别是在潮湿基面(即基面饱和但无渗漏水)上有一定的粘结强度，因地下工程施工工期较紧，不允许基面干燥后再进行防水涂料施工；抗渗性是防水涂料最重要的性能，对有机涂料表中分别规定涂膜、涂膜在砂浆迎水面、背水面所应达到数值；有机防水涂料的特点是有较好的延伸率，根据目前在地下工程中应用较广的几种防水涂料提出了这一指标值，考虑地下工程的使用要求，此处提出的是浸水后的延伸率值；耐水性也是用于地下工程中的涂料需要强调的一个指标，因地下工程处于地下水的包围之中，如涂料遇水产生溶胀现象，性能降低，就会失去其应有的防水功能。目前国内尚无适用于地下工程防水涂料耐水性试验的方法和标准，表中的方法和标准是根据地下工程使用要求制定的；实干时间也是实际施工中应予以注意的指标，它也是根据目前材料的实际情况提出

的。

施 工

4.4.9 (原规范 4.4.2, 修改条文)

涂料施工前必须对基层表面的缺陷和渗水处进行认真处理,因为涂料尚未凝固时,如受到外水压力的作用会使涂料无法凝固或形成空洞,形成渗漏水的隐患。基面干净、无浮浆,有利于涂料均匀涂敷,使与基面有一定的粘结力。基面干燥在地下工程中很难做到,所以此条只提出无水珠、不渗水的要求。

4.4.10 (增加条文)

基层阴阳角涂布较难,根据工程实践,规定阴阳角做成圆弧形,以确保这些部位的涂布质量。

4.4.11 (增加条文)

本条提到的部位均是防水薄弱环节,在精心施工的同时,还应有密封或加强措施,以确保这些部位的防水质量。

4.4.13 (原规范 4.4.4, 修改条文)

涂料防水性能除与涂料本身的性能有关外,一定的厚度是保证涂层良好防水性能的关键之一,因此本条规定了涂料厚度必须达到设计要求值。

由于在地下工程施工会出现施工面积较大的情况,施工搭接缝有可能出现,为确保搭接缝处的防水质量,故本条新增了搭接缝宽度的规定。

4.4.15 (增加条文)

涂料防水层的施工只是地下工程施工过程中的一道工序,其后续工序,如回填、底板侧墙绑扎钢筋、浇筑混凝土等均有可能损伤已做好的涂料防水层,特别是采用有机涂料所做的防水层,所以本条对保护层的做法做了明确的规定。

4.5 塑料防水板防水层

4.5.1 (增加条文)

塑料防水板防水层是用于初期支护与二次衬砌间的一种防水层,原《规范》称为“夹层防水层”,并在防水卷材中列为一条。这种防水做法已在地铁、隧道中广泛使用,较之以前的做法无论在材料的选用、施工的方法上都趋于成熟,有鉴于此,这次修编时单列一节予以叙述。本条列举了目前在工程中常用的一些塑料防水板材料。

4.5.2 (增加条文)

本条对塑料防水板物理力学性能作了一些规定,便于在设计施工中选用。

防水板的幅宽应尽量宽些,这样防水板的搭接缝数量就会少些,如 1m 宽的防水板的搭接缝数量是 4m 宽板的 4 倍,而搭接缝又是防水板防水的薄弱环节。但防水板的幅宽又不能过宽,否则防水板的重量变大,会造成铺设困难。根据近年来工程实践来看,防水板的幅宽以 2~4m 为宜。

防水板的厚度与板的重量、造价、防水性能有关,板过厚则较重,于铺设不利,且造价较高,但过薄又不易保证防水施工质量,根据我国目前的使用情况以 1.0~2.0mm 较为合适。

防水板系置于初期支护与二次衬砌之间,在二次衬砌浇筑时会受到一定的拉力,故应有足够的抗拉强度。

初期支护为锚喷支护时,支护后围岩仍在变形,即使整个工程建成后,由于使用或

地质等方面的原因工程结构也存在着变形问题，故防水板应有较高的延伸率值。

耐刺穿性是施工中对材料提出的要求，因二次衬砌时有的地段需要采用钢筋混凝土结构，在绑扎钢筋时会对防水板造成损伤，故要求防水板有一定的耐刺穿性，以免板被刺破使其完整的防水性遭到破坏。当二次衬砌用素混凝土浇筑时，可不考虑这一指标要求。

防水板因长期处于地下并要长期发挥其防水性能，故应具有良好的耐久性、耐腐蚀性、耐菌性。

抗渗性是防水板必备的一种性能。但目前的试验方法不能反映防水板处于地下受水长期作用这一条件，而要制定一套符合地下工程使用环境的试验方法也不是短期能解决的问题，故只好沿用现在工程界公认的试验方法所测得的数据。

防水板的物理力学性能系根据现在使用较多的几种防水板的性能综合考虑提出的，有些防水板的某些指标值可能远远大于表中的规定值，设计选用时可根据工程的要求及投资等情况合理选用。目前常用的几种防水板的性能见表 5。

表 5 几种常用塑料防水板的性能

项目 \ 品种	ECB	EVA	LLDPE	LDPE	HDPE	P 型 PVC 优等品 GB 12952--91
	Q/SSJ · J02 · 01--1999					
拉伸强度 (MPa)	15.5	20	20	16	20	15
断烈延伸率 (%)	560	600	600	500	600	250
热处理变化率 (%)	2.5	2	2	2	2	2
低温弯折性	-35 无裂纹					-20 无裂纹
抗渗透性	0.2MPa24h 无渗水					不透水

4.5.4 (原规范 4.5.2，修改条文)

防水板系在初期支护如喷射混凝土、地下连续墙上铺设，要求初期支护基层表面十分平整则费时费力，且也达不到这一要求，故条文中只提宜平整，并根据工程实践的经验提出平整度的定量指标，以便于铺设防水板。但基层表面上伸出的钢筋头、铁丝等坚硬物体必须予以清除，以免损伤防水板。

4.5.5 (增加条文)

设缓冲层的目的一是因基层表面不甚平整，铺设缓冲层后便于铺设防水板；二是能避免基层表面的坚硬物体清除不彻底时刺破防水板；三是有的缓冲层(如土工布)有渗排水性能，能起到引排水的作用。

4.5.6 (原规范 4.3.8，修改条文)

原条文中固定防水板的做法使防水板在固定处被穿过，破坏了防水板的整体性，易造成固定处渗漏水。采用暗钉圈焊接固定防水板可以消除这一弊端，确保防水板的整体性。搭接缝的连接删掉粘结法，因胶粘剂在地下长期使用很难确保其性能不变。采用焊接法时，应采用双焊缝，这一方面能确保焊接效果，另一方面也便于充气检查焊缝质量。下部防水板压住上部防水板这一规定是为了使防水板外侧上部的渗漏水能顺利流下，不至于积聚在防水板的搭接处而形成渗漏水的隐患。

4.5.7 (增加条文)

防水板的铺设和内衬混凝土的施工系交叉作业，如两者施工距离过近，则相互间易受干扰，但过远，有时受施工条件限制达不到规定的要求，且过远铺好的防水板会因自重造成脱落。根据现在施工的经验，两者施工距离宜为 5 ~ 20m。4.5.8 （增加条文）

防水板虽有一定强度，但如振捣棒直接接触防水板，有可能造成防水板的破坏，从而形成渗漏水的隐患。

浇筑拱顶时，因拱顶防水板易绷紧，从而产生混凝土封顶厚度不够的现象，因此需将绷紧的防水板割开，并将切口封焊严密，再行浇筑混凝土，以确保封顶混凝土的厚度。

4.5.9 （增加条文）

局部设置防水板时，若两侧封闭不好，则地下水会从铺有防水板部位流出，这会形成渗漏水隐患。由于防水板与混凝土粘结性不好，工程上一般采用设过渡层的方法。即选用一种既能与防水板焊接，又能与混凝土粘结的材料作为过渡层，以保证防水板两侧封闭严密。

4.6 金属防水层

4.6.1 （原规范 4.5.1，修改条文）

金属板防水层在一般工业与民用建筑工程中很少使用，仅用在抗渗要求高、且面积较小的工程，如冶炼厂的浇铸坑、电炉基坑等。金属板包括钢板、铜板、铝板、合金钢板等。金属板和焊条应由设计部门根据工艺要求及具体情况确定，故对选材问题本规范不作限制。

金属板防水层采用焊接拼接，检验焊缝质量是至关重要的。对外观检查 and 无损检验不合格的焊缝，应予修整或补焊。

4.6.2 （原规范 4.5.2，修改条文）

为了清楚地表示金属防水层的内防水做法，增加了图 4.6.2。

在内防水做法时，金属防水层是预先设置的，因此金属防水层底板上应预留浇捣孔，以便于底板混凝土的浇捣、排气，确保底板混凝土的浇捣质量。

4.6.3 （原规范 4.5.3，修改条文）

为了更清楚地表示金属防水层外防水的做法，增加了图 4.6.3。

4.6.4 （原规范 4.5.4，保留条文）

有些炉坑金属防水层，系焊接成型后整体吊装，应采取内部加设临时支撑和防止箱体变形措施。

4.6.5 （原规范 4.5.5，保留条文）

金属板防水层应加保护，本规范只提到了防锈，对金属板需用的其他保护材料应按设计规定使用。

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 （原规范 8.1.1，修改条文）

地下工程设置变形缝的目的是为了在工程伸缩、沉降变形条件下，结构不致损坏，因此变形缝防水设计首先要满足密封防水、适应变形的要求，在这个前提下，还应考虑

施工、检查、维修方便，材料易得。

5.1.2 (增加条文)

伸缩缝的设置距离一直是防水工程界关心的问题，就这一问题的探索和实践目前一直十分活跃，但尚未取得一致的看法。国外对伸缩缝间距的规定有三种情况，一是前苏联、东欧、法国等国家，规定室内和土中的伸缩缝间距约为 30 ~ 40m，而英国规定处于露天条件下连续浇筑钢筋混凝土构造物最小伸缩缝间距为 7m；二是美国，没有明确规定伸缩缝的间距，而只要求设计者根据结构温度应力计算和配筋自己确定合理的伸缩缝间距；三是日本，虽有要求，如伸缩缝间距不大于 30m，施工缝间距为 9m，但设计人员往往按自己的经验和各公司的内部规定进行设计。国内规定伸缩缝间距为 30m，但由于地下工程的规模越来越大，而在城市中建设的地下工程工期往往有一定的要求，加上多设缝以后缝的防水处理难度较大，因此工程界采取了不少措施，如设置后浇带、加强带、诱导缝，以求取消伸缩缝或延长伸缩缝的间距。后浇带是过去常用的一种措施，这种措施对减少混凝土干缩和温度变化收缩所产生裂缝起较好地抑制作用，但由于后浇带需待一定时间后才能浇筑混凝土，故对工期要求较紧的工程应用时受到一定限制。加强带是近年来工程界尝试使用的一种新的方法，它是在原规定的伸缩缝间距上，留出 1m 左右的距离，浇筑混凝土时缝间和其他地方同时浇筑，但缝间浇筑掺有膨胀剂的补偿收缩混凝土，宝鸡、沧州、济南等地采用这种方法后，伸缩缝间距可延长至 60 ~ 80m。诱导缝是上海地铁近年来采用的一种方法，在原设置伸缩缝的地方作好防水处理，并在结构受力许可的条件下减少这部分(1m 左右)位置上的结构配筋，有意削弱这部分结构的强度，使混凝土伸缩产生应力造成的裂缝在这一位置上产生，采用这一措施后其他部位混凝土裂缝明显地减少，这一方法虽有一定效果，但尚不能完全令人满意。

根据上述情况，条文作了相应规定。

5.1.3 (增加条文)

因变形缝处是防水薄弱环节，特别是采用中埋式止水带时，止水带将此处的混凝土分为二部分，由此会对缝处的混凝土抵抗地下水渗透造成不利影响，因此条文作了变形缝处混凝土局部加厚的规定。

设 计

5.1.4 (增加条文)

沉降缝和伸缩缝统称变形缝，由于两者防水做法有很多相同之处，故一般不细加区分。但实际上两者是有一定区别的，沉降缝主要用于在上部建筑变化明显的部位及地基差异较大的部位，而伸缩缝是为了解决因干缩变形和温度变化所引起的变形时避免产生裂缝而设置的，因此修编时针对这点对两种缝作了相应的规定。沉降缝渗漏水目前工程上比较多，除了选材、施工等诸多因素外，沉降量过大也是一个重要原因。因目前所用的最好材料，如带钢边的止水带虽大大增加了与混凝土的粘结力，但如沉降量过大，也会造成钢边止水带与混凝土脱开，使工程渗漏。根据现有材料适应变形能力的情况，本条规定了沉降缝最大允许沉降差值。

5.1.5 (原规范 8.1.2，修改条文)

对防水要求来说，如果用于沉降的变形缝宽度过大，则会使处理变形缝的材料在同一水头情况下所承受的压力增加，这对防水是不利的，但如变形缝宽度过小，在采取一些防水措施时施工有一定难度，无法按设计要求施工。根据目前工程实践，本条规定了宽度的取值范围，如果工程有特殊要求，可根据实际需要确定宽度。用于伸缩的变形缝在板、墙等处往往留有剪力杆、凹凸樁，接缝宽了不利于结构受力与控制沉降。

5.1.6 (原规范 8.1.3、8.1.4、8.1.5, 修改条文)

随着地下空间的开发利用,地下工程的数量越来越多,埋置深度越来越深,由于变形缝是防水薄弱环节,因此变形缝的渗漏成为地下工程的通病之一。究其原因,除变形缝防水施工难度较大外,原来的防水措施仅考虑一道防线过于单薄也是原因之一。在本规范表 3.3.1-1、3.3.1-2 中根据防水等级和工程开挖方法对变形缝的防水措施作了相应的规定,本条中只列举几种复合形式作为例子。

5.1.7 (原规范 8.1.7, 修改条文)

金属止水带适应变形能力较差,制作较难,故在环境温度较高场合使用较为合适。在具有一定加工能力,变形缝变形量不太大时,也可用在一般的温度环境中。

材 料

5.1.8 (增加条文)、5.1.9 (增加条文)、5.1.10 (增加条文)

上述几条是对变形缝所用材料的性能(卷材、涂料已在 4.3、4.4 中列出)的规定,便于设计、施工人员选用。遇水膨胀橡胶条根据材料现状和地下工程对材料的要求列出一些性能指标。地下工程使用的嵌缝材料根据变形缝的功能和目前材料的性能列出了三项指标,因变形缝应具有一定的变形能力,有时还需具有反复变形的能力,所以提出了拉伸压缩循环性能级别这一指标。8020 中的 80 是指在 80 的情况,目前材料中对温度的要求有 70、80、90 三种温度情况,地下工程温度虽没有那么多高,但考虑其他性能指标的要求,故选了 80 这种;20 是指每次拉伸压缩的变形量,这一变形量值也分为三级,有 5、10、20,由于地下工程中的变形缝对反复变形有较高的要求,故选了 20 这一指标。

施 工

5.1.11 (增加条文)

变形缝的渗漏水除设计不合理的原因之外,施工不合理也是一个重要的原因,针对目前存在的一些问题,本条作了一些规定。

中埋式止水带施工时常存在以下一些问题:一是埋设位置不准,严重时止水带一侧往往折至缝边,根本起不到止水的作用。过去常用铁丝固定止水带,但铁丝在振捣力的作用下会变形甚至振断,故其效果不佳,规范推荐目前使用的专用钢筋套和扁钢两种方法。在采用扁钢固定止水带时,先用扁钢固定止水带,而后将扁钢(扁钢的宽度应小于 40mm,以 20mm 为宜,厚度宜为 2~3mm)焊在结构的主钢筋上,可避免产生这一弊端;二是顶、底板止水带下部的混凝土不易振捣密实,气泡也不易排出,且混凝土凝固时产生的收缩易使止水带与下面的混凝土产生缝隙,从而导致变形缝漏水。根据这种情况,条文中规定顶、底板中的止水带安装成盆形,有助于消除上述弊端;三是中埋式止水带的安装,在先浇一侧混凝土时,此时端模被止水带分为二块,这给支模固定造成困难,故条文中规定端模要支撑牢固,严防漏浆。施工时由于端模支撑不牢,不仅造成漏浆,而且也不敢按规定要求进行振捣,致使变形缝处的混凝土密实性较差,从而导致渗漏水;四是止水带的接缝是止水带本身的防水薄弱处,因此接缝数愈少愈好,考虑到工程规模不同,缝的长度不一,故对接缝数量未做严格的限定;五是转角处止水带不能折成直角,故条文规定转角处应做成圆弧形,以便于止水带的安设。

5.1.12 (增加条文)

可卸式止水带全靠其配件压紧橡胶止水带止水,故配件质量是保证防水的一个重要因素,因此要求其配件一次配齐,特别是在两侧混凝土浇筑时间有一定间隔时,更要确保配件质量。

另外，转角处的可卸式止水带还存在不易贴严的问题，故在转角处除要做成 45° 折角外，还应增加紧固件的数量，以确保此处的防水施工质量。

5.1.14 （增加条文）

实心的遇水膨胀止水条遇水后在三个方向上都会发生膨胀，其中，横方向的膨胀有助于挤密缝隙，对防水有利，长度方向上的膨胀不是我们所需要的，因为这一膨胀使止水条变长而胀出缝外，解决的方法，一是采用牢固的固定措施，限制止水条的运动；二是不采用实心的遇水膨胀橡胶条，条文中推荐了几种形式，对抑制遇水膨胀橡胶条在长度方向的膨胀都有明显的作用。

5.1.15 （增加条文）

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

5.1.16 （增加条文）

在缝上材料变形时的应变值大小不仅与材料变形量的绝对值大小成正比，而且与缝的原始宽度成反比，在缝上设置隔离层后，比如在缝上先放置 40~60mm 聚乙烯泡沫棒，可起到增加缝的原始宽度的作用，这使得在缝变形大小相同的情况下，材料变形的应变值大小确不相同，加了隔离层后材料变形的应变值可以减小，使材料更能适应缝间的变形。

5.2 后 浇 带

5.2.1 （原规范 8.2.1，修改条文）

后浇带部位在结构中实际形成了两条施工缝，对结构在该处的受力有些影响，所以应设在受力较小的部位，因后浇带的接缝系刚性接缝，故也应设在变形较小的部位。

后浇带的间距系根据近年来工程实践总结出来的。其宽度为了同国家有关规范一致也作了相应修改。

5.2.2 （原规范 8.2.2，修改条文）

增加了结构主筋是否断开的规定，以与国家其他规范一致。

5.2.3 （增加条文）

后浇带如有水情况下施工，很难把缝清理干净，从而无法保证接缝的防水质量，因此在地下水位较高，需要进行超前止水时，可采用本条所推荐的方法。

5.2.4 （原规范 8.2.3，修改条文）

后浇带应在两侧混凝土干缩变形基本稳定后施工，混凝土的收缩变形值在龄期为 6 周后才能基本稳定，因此规定龄期达 6 周后再施工。在条件许可时，间隔时间越长越好。高层建筑后浇带的施工时间是根据国家其他规范的规定确定的。

后浇带的两条接缝实际是两条施工缝，因此缝的处理应符合防水混凝土施工缝的处理规定。

要想保证后浇带部位的防水质量，必须保持带内清洁，同时也应对预设的防水设施进行保护，否则很难保证防水质量。

后浇带采用补偿收缩混凝土，是为了使新旧混凝土粘结牢固，避免出现新的收缩裂缝造成工程渗漏水的隐患。

5.3 穿墙管(盒)

5.3.1 (原规范 8.3.1, 保留条文)

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

5.3.2 (增加条文)

本条规定的距离要求是为了便于防水施工和管道安装施工操作。

5.3.3 (原规范 8.3.2, 修改条文)

穿墙管外壁与混凝土交界处是防水薄弱环节,穿墙管中部加上止水环可改变水的渗透路径,延长水的渗透路线,加遇水膨胀橡胶则可堵塞渗水通道,从而达到防水目的。针对目前穿墙管部位渗漏水较多的情况还增设一道嵌缝防水层,以确保穿墙管部位的防水性能。另外,止水环的形状以方形为宜,以避免管道安装时所加外力引起穿墙管的转动。

5.3.4 (原规范 8.3.4, 保留条文)

当穿墙管与混凝土的相对变形较大或有更换要求时,管道外壁交界处会产生间隙而渗漏,此时采用套管式穿墙管,可使穿墙管与套管发生相对位移时不致渗漏。

5.3.5 (增加条文)

止水环的作用是改变地下水的渗透路径,延长渗透路线。如果止水环与管不满焊,或满焊而不密实,则止水环与管接触处仍是防水薄弱环节,形成工程在此处的漏水隐患,故止水环与管一定要满焊密实。套管内因还需采用其他防水措施,故其内壁表面应清理干净,以保证防水施工的质量。

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

5.3.7 (增加条文)

对有防护要求的地下工程,穿墙管部位不仅是防水薄弱环节,也是防护薄弱环节,因此此时的措施要兼顾防水和防护两方面的要求。

5.3.8 (增加条文)

伸至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。

5.4 埋 设 件

5.4.1 (原规范 8.4.1, 保留条文)

埋设件的预先埋设是为了避免破坏工程的防水层,如采用滑模式钢模施工确无预埋条件时,方可后埋,但必须采用有效的防水措施。

5.5 预留通道接头

5.5.1 (增加条文)

参见本规范 5.1.4 条的条文说明。

5.5.2 (增加条文)

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。条文中三种防水构造做法，既能适应较大沉降变形，同时由于遇水膨胀止水条、可卸式止水带、嵌缝材料等均是在通道接头完成后才设置的，所以比较适合通道接头防水这种特殊的情况。

5.5.3 （增加条文）

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

5.6 桩 头

5.6.1 （增加条文）

近年来因桩头处理不好形成的渗漏水引起工程底板渗漏水的情况时有发生，因此桩头部分应做防水处理，条文的防水构造是近年来应用效果较好的几种做法。

5.7 孔 口

5.7.1 （原规范 8.5.1，修改条文）

10 年来的实践表明，原定的出入口高出地面的高度偏低，时常造成孔口倒灌现象，现予以适当加高。

5.7.2 （原规范 8.5.2，保留条文）

窗井的底部在最高地下水位以上时，为了方便施工，降低造价，利于泄水，窗井的底板和墙宜与主体断开，以免窗井底部积水流入窗内。

6 地下工程排水

6.1 一般规定

6.1.1 （原规范 7.1.1，修改条文）

地下工程排水是指采用各种排水措施，使地下水能顺着预设的各种管沟排到工程外，以降低地下水位，减轻地下水对衬砌结构的威胁，达到使工程不渗漏的目的。

当排水口高程低于最高洪(潮)水位时，为防止洪(潮)水倒灌，应在排水口处采取自密封措施。

6.1.2 （原规范 7.1.2，修改条文）

近几年来，地下工程采用复合式衬砌的结构越来越多，防水效果也较好，根据这种情况增加了复合式衬砌的内容。

6.2 渗排水与盲沟排水

6.2.1 （增加条文）

渗排水、盲沟排水适用于无自流排水条件的地下工程，具体采用时应对地下水文及地质情况分析后确定。

对地下水较丰富、土层属于透水性砂质土的地基，应设置渗排水层；对常年地下水

位低于建筑物底板，只有丰水期在短期内水位较高、土层为弱透水性的地基，可考虑盲沟排水。

6.2.2 （增加条文）

本条介绍渗排水层的构造、施工程序及要求。设计渗排水层时，对材料来源还应因地制宜。

渗排水法是将排水层渗出的水，通过集水管流入集水井内，然后采用专用水泵机械排水。集水管可采用无砂混凝土集水管或软塑盲管，可根据工程的排水量大小、造价等因素进行选用。

6.2.3 （增加条文）

盲沟排水，一般设在建筑物周围，使地下水流入盲沟内，根据地形使水自动排走。如受地形限制，没有自流排水条件，则可设集水井，再由水泵抽走。

6.3 贴壁式衬砌

6.3.1 （增加条文）

贴壁式衬砌在隧道、坑道应用较多，由于多数有自流排水条件，因此在做好衬砌本体防水的同时，也要充分利用自流排水条件，形成完整的防排水系统。6.3.2 （增加条文）

贴壁式衬砌的排水系统可分为两部分，一部分是将围岩的渗漏水从拱顶、侧墙引至基底即本条介绍的盲沟、盲管(导水管)、暗沟等几种方法。一部分是将水引至工程的基底排水系统。盲沟所用的材料来源广泛，造价低，但施工较麻烦；特别是拱顶部分。而拱顶部分采用钻孔引流措施时，由于拱部钻孔较困难，还需先设钻孔室，投资较大，所以只作为一种措施以供选择。盲管(导水管)施工简单，但造价高，因此选用什么方法可根据工程所处的实际情况和造价的高低来进行。

6.3.4 （增加条文）

盲管(导水管)即弹塑软式透水管，是以高强弹簧钢丝为骨架，经特殊防腐处理绕成的弹簧圈，外包无纺布和高强涤纶丝而成。它具有良好的透水性且不易堵塞，能随围岩基面紧贴铺设。导水管铺设的位置和每处铺设的数量应根据现场围岩的渗漏水具体情况确定。

6.3.6 （增加条文）

纵向集水盲管汇集拱顶、侧墙围岩表面下渗的地下水，而后通过排水明沟将水排至工程外。横向排水沟是将衬砌后排水明沟未排走的水及底板下部水引至中心排水盲管排走。

6.4 复合式衬砌

6.4.1 （增加条文）

复合式衬砌近年发展较快，在铁路隧道、地下铁道工程中已大量使用。在使用过程中特别是在长大隧道的使用中，发现初期支护和内衬紧密结合时，内衬混凝土干缩时因受初期支护的约束，易使内衬混凝土产生裂缝，从而形成工程渗漏水的隐患，在两层衬砌中设置一道防水板防水层，不仅增加了一道防水防线，而且也使内衬混凝土干缩时的约束大大减少，使内衬混凝土的裂缝变少，提高了结构主体防水能力，故本节只叙述初期支护与内衬结构中间设有防水板的复合式衬砌。

6.4.2 （增加条文）

参见本规范 4.5.4、4.5.5 的条文说明。

6.4.3 (增加条文)

无纺布起两个作用，一是起保护作用，防止防水板被具有表面凹凸不平基面的喷射混凝土损坏，因大面积施工时极难作到基面平整、无砂浆等坚硬凸起物，而要起到这一作用，无纺布就必须有一定的厚度，故此条中规定了单位面积质量的最小限值；二是起渗排水作用，因此要求其导水性良好；由于渗排水是要长期进行的，故要求具有良好的化学稳定性，应耐地下水(包括有腐蚀性的地下水)、微生物等的腐蚀；初期支护后，围岩仍在继续变形，因此也要求无纺布有适应这种变形的能力。

6.4.4 (增加条文)

防水板由拱顶中心向两侧铺设，施工人员可同时进行施工互不干扰，且防水板的自重可分散到两侧，自重荷载不致集中，有利于施工操作与安装固定，同时也便于相邻板间焊接牢固。

6.5 离壁式衬砌

6.5.1 (原规范 7.3.1，保留条文)

衬砌与围岩间距离主要是为便于人员检查、维修而定的最小尺寸。

6.5.2 (原规范 7.3.2，修改条文)

原条文中拱部外表面的防水层称附加防水层，在征求意见时，部分工程界人士对此提法提出异议，为避免混乱起见，取消原规范中的附加防水层提法，凡有附加防水层提法的地方均用防水层的名称替代。

6.6 衬 套

6.6.1 (原规范 7.4.1，修改条文)

原条文列举了用于衬套的材料，但普通玻璃钢防火性能不能满足地下工程防火对材料的要求，而金属板因其导热系数大，在衬套内外温差较大时容易结露，影响衬套内部的使用功能。故本条修改后对材料性能只作原则规定，以避免产生目前工程中应用的弊端。

6.6.2 (原规范 7.4.2，保留条文)

衬套外形要有利于排水，一般可用人字形坡或拱形，底板架空则有利于防潮。

6.6.3 (原规范 7.4.3，保留条文)

为便于设置排水沟，保证一定的空气隔离层厚度，以提高防潮效果，因此规定离壁衬套与衬砌或围岩的间距。

7 注浆防水

7.1 一般规定

7.1.1 (原规范 5.1.1，修改条文)

注浆分类方法很多，按地下工程施工顺序可为预注浆和后注浆；按注浆目的可分为加固注浆和堵水注浆；按浆液扩散形态可分为渗透注浆和劈裂注浆等等。本条是按地下工程施工顺序划分的。

高压喷射注浆原规范在“特殊施工法的结构防水”一章中单列一节，修订时考虑它仅是一种特殊的注浆方法，且不是用作结构，故把它移入此章，因它多在工程开挖前使

用，故把它列在预注浆范畴。

本条所列条款可单独进行，也可按工程情况采用几种注浆，确保工程达到要求的防水等级。

7.1.2 (原规范 5.1.2, 修改条文)

此条仅增加了应搜集工程防水等级的内容，因工程的防水等级与注浆所采用的方法、材料及注浆的造价密切相关。

7.1.3 (原规范 5.1.3, 修改条文)

预注浆(特别是工作面预注浆)时为防止浆液从工作面漏出，必须做止浆墙。止浆墙有平底式或单级球面式，其厚度按以下经验公式求得：

(1)单级球面形止浆墙：

$$B = \frac{p_0(r^2 + h^2)^2}{4r^2h^2[\]} \approx \frac{p_0r}{[\]} \quad (1)$$

式中 B——单面球形止浆墙厚(m)；

p_0 ——注浆终压(MPa)；

r——开挖半径(m)；

h——球面矢高(m)；

[]——混凝土允许抗压强度(MPa)，即止浆墙设计强度。

(2)平底式止浆墙：

$$B_n = \frac{p_0r}{[\]} + 0.3r \quad (2)$$

式中 B_n ——平底式止浆墙厚度(m)。

由于止浆墙厚度是按止浆墙混凝土设计强度计算的，预注浆时混凝土止浆墙必须达到设计强度才可进行。

为保证注浆安全和质量，一般止浆墙的安全系数取 2~3。

7.2 设计

7.2.2 (原规范 5.3.2, 修改条文)

预注浆的段长，不仅要考虑工程地质和水文地质条件，主要是把相同孔隙率或裂隙宽度的地层放在同一注浆段内，以便浆液均匀扩散，而且要考虑工作实际，不使成本增大过多，还需要考虑钻孔时间，充分发挥钻机效率，缩短工程建设工期。

注浆段长的选用，原规范条文说明中建议为 20~50m，但随着液压凿岩台车的引进，其最大凿岩能力(108 孔)为 15m，孔深 10m 内效率发挥最好，因此，此次修改为 10~50m。由于开挖后要留 2~3m 止浆岩墙，注浆段越长，开挖也越长，工期越短；但钻孔越深，钻孔速度越低，进度越慢。因此，合理选择段长是加快注浆工期的关键。

7.2.8 (原规范 5.4.5, 修改条文)

注浆压力是浆液在裂隙中扩散、充填、压实、脱水的动力。注浆压力太低，浆液就不能充填裂隙，扩散范围也有限，注浆质量也差。注浆压力太高，会引起裂隙扩大，岩层移动和抬升，浆液易扩散到预定注浆范围之外，造成浪费。特别在浅埋隧道，会引起地表隆起，破坏地面设施，造成事故，因此，合理选择注浆压力，是注浆成败的关键。

原条文规定，预注浆压力应比静水压力大 2~4MPa，回填注浆压力应比静水压力大 0.1~1.0MPa。实践证明，该压力显得太高，特别是回填注浆，结构强度往往承受不了。因此修改为预注浆比静水压力大 0.5~1.5MPa，回填注浆及衬砌内注浆压力应小于

0.5MPa。

7.2.9 (原规范 5.3.6, 修改条文)

衬砌内注浆通常用于处理结构渗漏水,为防止壁后泥砂涌入影响注浆效果或浆液流失,因此规定孔深宜为壁厚的 $1/3 \sim 2/3$ 。

7.3 材 料

7.3.2 (原规范 5.2.2, 修改条文)

注浆材料的品种很多,且某种材料不能完全符合所有条件,因此必须根据工程水文地质条件、注浆目的、注浆工艺及设备、成本等因素综合考虑,合理选择注浆材料。

1 预注浆、衬砌前堵水注浆,注浆情况比较复杂,裂隙孔隙有大有小,裂隙宽度大于 0.2mm 的岩层或砂子平均粒径大于 1.0mm 的粗砂地层可采用水泥浆、水泥-水玻璃浆;裂隙宽度小于 0.2mm 的岩层或平均粒径小于 1.0mm 的中细砂层,且堵水要求较高,可采用超细水泥浆,超细水泥-水玻璃浆,特殊情况下可采用化学浆液。也可将水泥浆和化学浆配合使用。

2 防水混凝土衬砌一般孔隙小、裂缝细微,普通水泥浆颗粒大,难以注入,必须选用特种水泥浆或化学浆。

特种水泥浆是除普通水泥浆之外的其他水泥浆,如超细水泥浆,自流平水泥浆、硫铝酸盐水泥浆等等。

7.3.3 (原规范 5.2.3, 修改条文)

本条将 325 号水泥删掉,改为强度等级不低于 32.5MPa 的普通硅酸盐水泥,其改动理由见 4.1.7 的修订说明。

7.4 施 工

7.4.1 (增加条文)

钻孔精确度是注浆效果好坏的关键,因此,要尽量保证开孔误差和钻孔偏斜率。

一般孔按规范条文控制,但对堵水要求较高的孔或单排注浆帷幕孔,可按设计要求,不受此限。

7.4.4 (原规范 5.4.2, 修改条文)

根据近年来的实践,条文中增加了设置止水墙的做法。

7.4.7 (原规范 6.6.5, 修改条文)

高压喷射注浆工艺参数,和工程地质条件关系相当密切,因此,注浆前应在相似(或相同)地层进行试验。当无条件试验时,可采用工程类比法按表 7.4.7 选用,在施工过程中修改完善。

7.4.8 (原规范 5.4.6, 修改条文)

本次修改中预注浆增加了注浆量的控制,主要为了防止因其他原因造成压力升高或进浆量减少。修改了进浆速度,原规范规定适合于岩石大、中裂隙的单液水泥注浆,对细小裂隙或空隙较小的地层,进浆速度很慢,大部分开始就达到 50L/min 以下,因此改为原速度的 $1/4$,较适合于“充填-堵塞-再充填-饱满”的注浆规律。

7.4.9 (增加条文)

注浆结束前,为了检验注浆效果,防止开挖时发生坍塌涌水事故,必须进行效果检查。通常是在分析资料的基础上采取钻孔取芯法进行检查。有条件时,还可采用物探法

等方法进行检查。

分析资料时要结合注浆设计、注浆记录、注浆结束标准,分析各注浆孔的注浆效果,看哪些达到了,哪些是薄弱环节,有无漏注或未达结束标准的孔,原因何在,如何补救等等。

钻孔取芯法是按设计要求在注浆薄弱地方,钻检查孔,检查浆液扩散、固结情况,取芯率,并进行压力(抽水)试验,检查地层的吸水率(透水率),计算渗透系数及开挖时的出水量。

8 特殊施工法的结构防水

8.1 盾构法隧道

8.1.1 (原规范 6.1.1, 修改条文)

原条文对盾构法隧道防水作了总体规定,故予以保留。其中“工程处于侵蚀性介质时,应采用……耐侵蚀性附加防水层”一句,因这种防水层为涂于管片外背面的防水涂料而非防水卷材、防水砂浆类材料,故明确地改写为“外防水涂料”。

8.1.2 (增加条文)

针对不同防水等级的盾构隧道确定相应的防水措施。表 8.1.2 主要依据国内多年盾构隧道防水的实践总结,同时参照了盾构隧道建设实践较多的上海市的市标“盾构法隧道防水技术规程”而制定;考虑到“阴极保护与金属埋露件防腐”等主要是关于防腐蚀措施,“回填注浆”措施主要是控制盾构推进,防止地面沉降,它们虽与防水也有关系,但不直接影响防水等级,故不予列入。

对嵌缝密封的意义与功效国内外评价不尽相同,因此即使防水等级为一级的工程也不要求“必选”,而用“应选”。混凝土内衬往往也是加强初次衬砌的防水措施,它可以按要求全断面或局部(如底部)采用,但考虑到造价、工期等因素,对防水等级为一级的工程用“宜选”,二级的工程为“局部宜选”。应该指出的是,随着盾构法施工技术的发展,除了二次衬砌(内衬)在减少,嵌缝作业也有减少的趋势。

外防水涂料采用与否,虽然由地层中是否有侵蚀性介质为主要确定因素,隧道防水等级为次要因素。但外防水涂料不仅有防腐蚀作用,也能起到防渗作用,故仍列入。在一级防水等级中用“宜选”,在二、三级防水等级中,因并非隧道经过的全部地段都有侵蚀性介质,并且各地段埋深差异也可能很大,因而要求也不尽相同,故规定“部分区段宜选”。

8.1.3 (原规范 6.1.2, 修改条文)

管片的精度直接影响拼装后隧道衬砌接缝缝隙的防水,应予列入。考虑到精度不高的砌块可用于防水等级 4 级的隧道工程,因此,原 6.1.2 条对管片尺寸精度规定为“不应大于 1.5mm”,就欠妥当了。本条对钢筋混凝土管片的制作钢模及管片本身的尺寸误差作了相应规定,以保证管片拼装后隧道衬砌接缝缝隙的防水性能。

8.1.4 (增加条文)

管片抗渗等级应等于埋深的 3 倍,且不得小于 0.8MPa 的理由是:

- 1 目前盾构法隧道管片防水混凝土 C30 时,混凝土试块的抗渗等级都大于 S8,通常达 S10。
- 2 国内施工的盾构隧道管片混凝土试块抗渗等级均大于 S8。
- 3 根据国内外地下工程对密封材料的抗水压要求,有不少是按抗实际水压力的 3 倍

进行设计，显然管片抗渗等级至少应与接缝抗水压能力相当。

为此，条文中规定混凝土管片设计的抗渗等级应等于埋深水压力的 3 倍，且不得小于 0.8MPa，而管片混凝土试块的抗渗应大于主体抗渗压力 0.2MPa。

8.1.5 (原规范 6.1.3，修改条文)

原 6.1.3 条除个别字有差错作调整外，仍予保留，但改为 8.1.5。

密封垫是衬砌防水的首要防线。因此，应对其技术性能指标作出规定。由于目前密封垫的材质以氯丁橡胶、三元乙丙橡胶为主，这里将弹性密封垫分列为氯丁橡胶与三元乙丙橡胶。遇水膨胀橡胶(但 PZ-600 型应慎用)应用得也多，技术也较成熟，所以通过表 8.1.5-1、8.1.5-2 将这三种(包括以它们为主、适量加入其他橡胶为辅的混合胶)材料的部分性能作为检验项目。所列性能指标中的防霉、热老化等性能检测较繁杂，可列入形式检验项目。遇水膨胀橡胶的技术性能指标及测试方法，作为国家标准已作出规定，这里按国家规定列出。溶出物量是一项反映耐久性的重要指标，它受试件断面、浸泡时间、浸泡量，试件是否受约束等影响，故此指标可作试验时比较，未作正式指标列入。按规定，密封垫应直接从成品切片制成试样测试，由于遇水膨胀橡胶密封垫的断面尺寸一般较小，难以由成品切片检测，故宜从胶料制成试样。

8.1.6 (增加条文)

本条文规定“密封垫沟槽截面积”应大于、等于“密封垫的截面积”，这样才能使密封垫在完全压缩，即接缝张开 0mm 状态下可藏于密封沟槽。但是若接缝初始已设置一定厚度的传力衬垫，形成初始缝隙时则“沟槽截面积”应等于、大于密封垫与传力衬垫形成缝隙面积的差值。

8.1.7 (原规范 6.1.4，修改条文)

早期螺孔密封圈直接设在环纵面螺孔口来防水防腐蚀的，由于固定困难等问题，现几乎不再使用。在管片肋腔螺孔口加工成锥形的沟槽较方便，也利于螺孔密封圈的固定与压密，因而成为普遍的做法。

螺孔密封圈与沟槽相匹配的含义是它的外形与构造最利于在沟槽中压密与固定，最利于防水。

螺孔密封圈虽也有石棉沥青、塑料等制品，但最多的还是橡胶类制品(包括遇水膨胀橡胶)，故条文中加以突出。

8.1.8 (原规范 6.1.3，修改条文)

鉴于目前嵌缝槽的形式已趋于集中，可以归结成图 8.1.8 所示的几类，并对槽的深、宽尺寸及其关系加以定量的规定。

与地面建筑、道路工程变形缝嵌缝槽不同，因隧道衬砌嵌缝材料在背水面防水，故嵌缝槽槽深应大于槽宽，又由于盾构隧道衬砌承受水压较大，相对变形较小，因而嵌缝材料应是：(1)中、高弹性模量类的防水密封材料，如聚硫、聚氨酯、改性环氧类材料，也可以是有限制膨胀措施下的遇水膨胀类腻子或密封材料等未定形类材料；(2)特殊外形的预制密封件为主，辅以柔性密封材料或扩张型材料构成复合密封件。

根据我国常用的定形与不定形两类材料特性以及施工的要求，参考德国 STUVA、美国盾构隧道接缝密封膏应用指南及日本有关实践，提出的嵌缝槽深宽比为 > 2.5 。

“嵌缝作业区的范围和嵌填嵌缝槽的部位应视工程的特点与要求而定”这一规定，是因为底部嵌缝对防止隧道，尤其是铁路隧道沉降是必要的；整环嵌缝对水工隧道减少流动阻力是有利的；顶部嵌缝对防止渗漏影响公路隧道、地铁隧道的运营安全与防腐蚀是需要的。

8.1.9 (原规范 6.1.7，修改条文)

复合式衬砌在盾构隧道中也有使用，根据实际工程的经验增加了缓冲层、防水板的应用等规定。

8.1.10 (增加条文)

对有侵蚀性介质的地层，或埋深显著增加的地段等需要增强衬砌防腐蚀、防水能力时，需要采用外防水涂料。它既可以是防水涂料涂抹，又可以是水泥基防水粉类在混凝土表面干撒抹平压实。

上海地铁一号线、新加坡地铁线、香港地铁二线采用的分别是环氧-焦油氯磺化聚乙烯、环氧-聚氨酯、环氧-焦油、改性沥青类，在埃及哈迈德·哈姆迪水下公路隧道管片外背面也有类似材料采用，在委内瑞拉加拉加斯地铁以及国内几条地铁新线将部分采用水泥基渗透结晶型防水涂料。

涂刷了外防水涂料后，衬砌的渗透系数有明显下降，通常可达到原有值的 1/10，但因工程实例有限，在条文中未作具体规定。

8.1.11 (原规范 6.1.6，修改条文)

为满足环缝变形要求，变形缝环面上需设置垫片，因而变形缝密封垫的高度加厚。通常是在原密封垫表面用同样材料的橡胶薄片，或遇水膨胀橡胶薄片迭合或复合，作为适应变形量大的密封垫。

8.2 沉 井

8.2.1 (原规范 6.3.1，修改条文)

各种沉井因用途不同对防水的要求也不同。由于沉井施工的环境与明挖法相近，故不同防水等级的沉井施工缝防水措施可参照明挖法的防水措施。

8.3 地下连续墙

8.3.2 (原规范 6.4.2、6.4.3、6.4.4、6.4.5、6.4.7，修改条文)

地下连续墙在原《规范》编写时仅仅是作为地下工程周围土体支护的一种措施，而现在这种施工方法在有的地下工程中还作为内衬墙来使用。采用地下连续墙既做工程周围土体的支护，又兼做地下工程的内衬，作为永久性结构的一部分，无疑对降低工程造价、缩短工程周期、充分利用地下空间都极为有利，但由于地下连续墙的钢筋混凝土是在泥浆中浇筑，影响混凝土质量的因素较多，从耐久性考虑较不利，加上连续墙幅间接缝的防水处理难度较大，通常不适合防水等级为一级的地下工程，但也不强制性限制，因为不少地铁车站已采用单层地下墙为主体结构，且防水效果尚好，尤其在强调采用高分子稳定浆液作为护壁泥浆时，混凝土的质量，包括耐久性得到提高，故规定为不宜用作防水等级为一级的地下工程中。根据修改后防水等级适用范围的规定，有的工程各部位防水等级可有差别，故不能说采用地下连续墙直接作主体结构的墙体的整个工程均为防水等级为二级以下的工程，当其工程顶、底板的防水等级要求较高，而墙面防水等级较低或受施工环境限制时，则可使用地下连续墙直接作主体结构的墙体。

地下连续墙直接作主体结构的墙体时，需要有一定的厚度才能保证工程达到所要求的防水等级。根据近年来工程实践经验，其厚度以不小于 0.6m 为宜。

成槽精度越高，对防水越有利，但施工难度加大，根据目前的施工水平提出成槽精度小于 1/250。

幅间接缝是防水的薄弱环节，根据工程实践提出两种较好的形式。锁口管的质量也

是影响幅间接缝防水质量的一个因素，所以条文中也对此作了相应要求。

8.3.3 (增加条文)

地下连续墙作为复合衬砌的一部分时，由于还有内衬墙，而内衬墙均用防水混凝土浇筑，因此可用做防水等级为一、二级工程。但应指出，由于地下连续墙和内衬墙在板的位置上的钢筋连为一体，此处防水如处理不好，极易形成渗漏水通道，而一旦内衬墙渗漏，很难找出渗漏水点，因此内衬墙，特别是这些细部构造的施工更要精心。

为了解决地下连续墙与内衬墙因钢筋相连造成防水难度加大这一问题，有些工程的内衬墙与地下连续墙已不相连，在两者之间的塑料防水板防水层可以连续铺设形成一个完整的防水层，防水效果很好，故本条第三款对此做了相应的规定。

8.4 逆筑结构

8.4.1 (增加条文)

逆筑法是由上而下逐层进行地下工程结构施工的一种方法。近 10 年来采用此种方法施工的工程日渐增多，无论是单建式地下工程还是附建式地下工程均有采用。除地下连续墙不用再加设临时支撑外，其他做法均与 8.3.2 条相同。

8.4.2 (增加条文)

当采用地下连续墙和防水混凝土内衬的复合式衬砌的逆筑法施工时，为确保整个工程的防水等级达到一、二级，必须处理好逆接施工缝的防水。逆接施工缝与顶板、中楼板的距离要较大些，否则不便于逆接施工缝处的混凝土浇筑施工；逆接施工缝采用土胎模，容易作成斜坡形，目前工程中也常用这种形式，故本条予以推荐；在浇筑侧墙混凝土时，一次浇筑至逆接施工缝在施工时要方便快捷些，但这样的做法于防水不利，因逆接施工缝本身就是防水薄弱环节，一次浇至逆接施工缝时，由于混凝土沉降收缩、干燥收缩等原因会在逆接施工缝处形成裂缝，造成渗漏水隐患，又因整个侧墙的工程量较大，如全部用补偿收缩混凝土浇筑则会使工程造价增加，故本条中规定逆接施工缝处采用二次浇筑，待先浇混凝土收缩大部分完成后再进行浇筑，以确保逆接施工缝处的防水质量。

8.4.3 (增加条文)

在城市地下工程的建设中，特别是处于闹市区和交通繁忙地带的单建式地下工程建设中，为了尽量减少施工对城市生活的影响，在地下水位较低(低于地下工程底部标高)的区域，也常采用不用地下连续墙的逆筑法施工。这种方法施工时顶板的防水处理较容易，可参照明挖法施工的做法，逆接施工缝的做法可参照 8.4.2 的规定。比较难办的是由于没有地下连续墙这一初期支护，而施工时为了安全不可能把结构内的土体一次挖除，而需边挖边浇筑混凝土侧墙，这就会留下一些垂直施工缝，而垂直施工缝又与水平施工缝、逆接施工缝相交，给防水处理带来较大难度。故施工时在保证安全的前提下应尽量少留垂直施工缝，需要留设时一方面要作好垂直施工缝本身的防水，同时也要作好垂直施工缝与水平施工缝、逆接施工缝相交处的防水处理，确保工程的防水要求。逆筑法的底板应一次浇筑，同时按防水等级的要求作好底板与侧墙、桩柱相交处的防水处理。

8.5 锚喷支护

8.5.2 (原规范 6.5.2、6.5.3、6.5.4、6.5.5，修改条文)

锚喷支护的混凝土因是喷射施工，影响混凝土的质量因素较多，因此不宜单独用于防水等级高的工程的内衬墙。

因影响喷射混凝土的抗渗性能的因素多,匀质性较差故规定喷射混凝土的抗渗等级不应小于 S6。外掺料对喷射混凝土的抗渗性能影响较大,特别是对收缩开裂及后期强度下降有较大影响,故选用前应通过试验确定。

地下工程变截面及曲线转折点的阳角,即突出部位,喷射混凝土的质量往往不易保证,原规定增加厚度稍小,现根据工程实践经验改为 50mm。

8.5.3 (增加条文)

复合式衬砌既有防水板防水层,又有内衬防水混凝土,故可用于防水等级为一、二级的工程。

9 其 他

9.0.1 (原规范 9.0.1, 修改条文)

城市给排水管道与地下工程的水平距离原来的规定实际很难做到,故对此作了相应修改。并增加了当达不到这一要求时应采取有效防水措施的内容。

9.0.4 (原规范 9.0.4, 保留条文)

明挖法地下工程在回填前,由于地下水位上升,工程浮起破坏事故曾多次发生。例如武汉某工程位于亚粘土地区,埋深 6.75m,地下水位-1.0m,建筑面积 850.39m²,工程为三跨结构。1980 年工程主体完工后,尚未回填,大雨将工程全部淹没,工程上浮 1.8m,造成工程底板断裂破坏。因此工程应有抗浮力措施。

9.0.5 (原规范 9.0.5, 修改条文)
根据各地工程实践,地下水位应降到工程底部最低标高 500mm 以下较为合理。如控制距离较小,往往会造成基础施工困难,而影响地下工程防水质量。

由于一般工程的抗浮力均考虑工程上部覆土的重量,如在防水工程完工而尚未回填时就停止抽水,则有可能由于水位上升而造成工程上浮,导致工程防水层破坏,因此规范规定降水作业直至回填作业完毕为止。

9.0.6 (原规范 9.0.6, 修改条文)

工程实践证明,密实的回填是工程防水的一道防线,而疏松的回填不仅起不到防水作用,还使得回填区成为一个积水区。回填密实与否与土质关系密切,因此对土质也相应提出了要求。为此,“规范”规定在工程范围 800mm 以内采用灰土、粘土、亚粘土、黄土回填,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、灰渣及有机物等,也不得用冻土。

采用机械进行回填碾压时,土中产生的压应力随着深度增加而逐渐减少,超过一定深度后,工程受机械回填碾压影响减小,其深度与施工机械、土质、土的含水量等因素有关。

1 《铁路工程技术规范》条文说明:“涵顶具有不少于 1m 的填土厚度时,机械才能越过涵顶。”因为涵顶填土厚度 1m 以上时,一般说来涵洞可以消除机械冲击影响,并可将机械压力匀散减小。

2 10t 压路机碾压最佳含水量状态下的轻亚粘土,其压实影响可达 0.45m,若为重粘土,则只能达到 0.3m。

3 北京地铁规定:回填厚度超过 0.6m,才允许采用机械回填碾压。

综合上述数据,规范规定允许机械回填碾压时的回填厚度值。

9.0.9 (增加条文)

新建工程破坏已建工程原有防水层这是近年来出现的新情况,作出此条规定是为了确保地下工程的防水质量不受人为因素的损坏。

10 地下工程渗漏水治理

10.1 一般规定

10.1.1 (增加条文)

地下工程的渗漏水是普遍存在的现象,渗水形式也多种多样。治理原则的提法比较多:如“大漏变小漏,缝漏变点漏,片漏变孔漏,逐渐缩小渗漏水范围,最后堵住漏水”。又如“拱顶以排为主,侧墙以堵为主”或“拱堵侧排”等。这些提法都是从某一工程的堵漏特点出发,具有一定的局限性。渗漏水治理是一个综合过程,由于渗水形式千变万化,因此修编中提出在渗漏水治理时应根据工程的不同渗水情况采用“堵排结合,因地制宜,刚柔相济,综合治理”的原则,供从事这方面工作的人员参考应用,灵活掌握。

10.1.2 (增加条文)

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

10.1.5 (增加条文)

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

10.1.7 (增加条文)

防水施工是技术性强、标准要求较高的防水材料再加工过程,应由有资质等级证书的防水专业施工队伍来承担,操作人员必需经过专业培训,考核合格,并取得建设行政主管部门所发的上岗证方可进行施工。虽然我国的建筑防水从业人员迅猛发展,各类防水专业施工队伍形成了一定规模,但在市场经济发展过程中存在着施工队伍良莠不齐,素质较差等问题,不少从业人员中,真正了解建筑防水工程的构造、材料特点、使用方法以及具备施工操作技能的人员很少,并且民工队伍较多,很难确保堵漏工程的质量,有的工程经过几个施工队伍处理后还存在渗水的现象时有发生。为保证国家财产不受重大损失和确保堵漏工程的质量,防水工作应由专业设计人员和具有防水资质的专业队伍来完成。

10.2 治理顺序

10.2.1 (增加条文)

地下工程渗漏水治理的关键是查清渗漏原因及渗水对工程的破坏程度,找准渗水的确切位置对症下药。渗漏水查找可采用下面的方法:漏水量较大或比较明显的部位,可直接观察确定。慢渗或不明显的渗漏水,可将潮湿表面擦干,均匀撒一层干水泥粉,出现湿痕处即为渗水孔眼或缝隙。对于大面积慢渗,可用速凝胶浆在漏水处表面均匀涂一薄层,再撒一层干水泥粉,表面出现湿点或湿线处即为渗漏水位置。

10.2.2 (增加条文)

地下工程的渗漏水原因很多,有客观原因也有人为因素,两者往往互相牵连,很难将某一工程的渗漏水原因分析清楚。综合起来分析,主要有设计、施工、材料和使用管理四个方面,有关部门对全国210个混凝土衬砌的地下构筑物调查结果统计表明,四个方面造成渗漏水的比例为:施工占48%,设计占26%,材料占20%,管理占6%。

施工方面，主要是混凝土施工时对灰砂比、水灰比等控制不严，单方水泥用量不准，混凝土施工质量欠佳，少振、漏振、欠振，蜂窝、孔洞麻面等缺陷较多，以及特殊部位的防水处理不当，成品养护不周等。

设计方面主要有以下原因：

1 未考虑生产生活用水的排放对地下水位的影响，在开挖时由于未发现地下水而取消了原设计的防水方案；工程使用过程中由于生活用水等导致地下水位上升引起漏水。

2 对上层滞水和地表水认识不足，没有采用应有防水措施而造成工程渗水。

3 防水方案选择不当导致渗水。

材料方面导致渗水的原因有：

1 防水材料质量低劣或以次充好。

2 特殊部位材料选择不当。

3 配套材料质量不过关等。

10.2.4 （增加条文）

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

10.3 材料选用

10.3.1 （增加条文）

在地下工程中，围岩与衬砌之间存在有一定的间隙，这种间隙有大有小。为防止围岩漏水危及衬砌结构，往往根据工程的需要进行注浆处理。注浆时为节省材料，一般是先注入水泥浆液，掺有膨润土、粉煤灰等掺合料的水泥浆、水泥砂浆等粗颗粒材料。

10.3.2 （增加条文）

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

10.3.3 （增加条文）

在地下工程结构的内表面和外表面做防水砂浆抹面防水，是我国传统的简便有效的防水方法，特别是在结构自防水或外贴卷材防水失败后，往往用这种方法补救。防水砂浆做法很多，五层抹面是最普通的方法，它不使用任何防水外加剂，仅利用不同配比的素浆和砂浆分层次交错抹压而成连续封闭的整体防水层，这种方法 40 年代就已应用，具有几十年的历史。随着防水技术的发展，普通防水抹面已被掺有各种外加剂，防水剂和聚合物乳液的砂浆所代替，且技术性能有很大进步，施工程序也有所简化。

在国外，防水砂浆的使用也很普遍，下表列举日本防水砂浆在各种工程上的应用情况，从表 6 可以看到，砂浆防水在日本地下防水中无论新建工程还是旧有工程渗漏水补修中的使用比例都很大，且有逐年上升的趋势。

表 6 日本防水砂浆使用情况表

年度	地下防水		屋面防水		外墙防水		室内防水	
	新工程	旧工程	新工程	旧工程	新工程	旧工程	新工程	旧工程
1981	17.5%		1%		19.5%			
1983	19.6%	9.2%	0	0	9.5%	3.6%	25.2%	24.4%
1984	23%	16.1%	0.6%		7.8%	5.1%	30.4%	20.3%

用于防水砂浆的外加剂品种主要有萘磺酸盐、三聚氰胺磺酸盐、松香皂、氯化物金属盐、无机铝盐、有机硅等。

聚合物乳液的种类有很多种，但国内常用的主要是聚醋酸乙烯乳液、苯丙乳液、丙烯酸酯共聚乳液、环氧树脂及氯丁胶乳等。

10.3.4 (增加条文)

涂料由于可在各种形状的部位进行涂刷施工，因此在地下工程渗漏水治理中也常用到。根据地下工程防水特点，材料性能和近年来的施工实践，本条列举了在地下工程常用的涂料种类。

10.3.6 (增加条文)

嵌缝材料按材性可分为合成高分子密封材料、高聚物改性沥青密封材料及定型密封材料，地下工程中使用的嵌缝材料为合成高分子密封材料和定型密封材料。

合成高分子密封材料多采用聚硫橡胶类、聚氨酯类等材料，它们的性能应符合 5.1.10 的规定。

定型密封材料的主要品种有遇水膨胀橡胶条，自粘性橡胶止水条等。遇水膨胀橡胶条是以改性橡胶为基料而制成的一种新型防水材料，它一方面具有橡胶制品的优良弹性和延展性，起到弹性密封作用；另一方面当结构变形量超过材料的弹性复原率时，在膨胀倍率范围内具有遇水膨胀的特性，起到以水止水的功能，这种双重止水机理提高了防水效果，目前这种防水材料有各种定型产品。自粘性橡胶是由特种合成橡胶掺入各种助剂加工而成的弹塑性腻子状聚合物，它具有橡胶腻子充填空隙的性能，同时在一定压力下又具有与混凝土良好的粘着性能。它们主要用于地下工程的变形缝、施工缝、穿墙管等接缝的防水。

在地下工程中由于经常受水侵蚀，使用密封防水材料时要注意以下问题：

- 1 密封材料经常承受水压作用易产生较大拉伸变形，不宜使用圆形或方形背衬材料，应用薄片背衬材料，并防止三面粘结。
- 2 材料不能因长期受水浸泡而产生溶胀，污染水质。
- 3 受震动、温差、结构变形等影响接缝并产生活动时，要选用弹性或弹塑性好的密封材料。
- 4 密封材料与基层的粘结，不能因为长期浸水而造成粘结老化，发生粘结剥离破坏，因此应选择适当的耐水基层处理剂。

10.4 治理措施

10.4.1 (增加条文)

大面积的渗漏水是地下工程渗漏水的主要表现形式之一，它在渗水工程中所占比例高达 95% 以上，几乎所有的渗水工程都存在这类问题。造成这类渗水的原因来自设计与施工两方面。表现特征为：(1) 渗水基面多为麻面；(2) 渗水点有大有小，且分布密集；(3) 渗水面积大。

大面积严重渗漏水一般采用综合治理的方法，即刚柔结合多道防线。首先疏通漏水孔洞，引水泄压，在分散低压力渗水基面上涂抹速凝防水材料，然后涂抹刚柔性防水材料，最后封堵引水孔洞。并根据工程结构破坏程度和需要采用贴壁混凝土衬砌加强处理。其处理顺序是：大漏引水 小漏止水 涂抹快凝止水材料 柔性防水 刚性防水 注浆堵水 必要时贴壁混凝土衬砌加强。

10.4.2 (增加条文)

大面积的一般渗漏水 and 漏水点是指漏水不十分明显，只有湿迹和少量滴水的点。这种形式的渗水处理一般采用速凝材料直接封堵，也可对漏水点注浆堵漏，然后做防水砂浆抹面或涂抹柔性防水材料、水泥基渗透结晶型防水涂料等。当采用涂料防水时防水层表面要采取保护措施。

10.4.3 (增加条文)

裂缝渗漏水一般根据漏水量和水压力来采取堵漏措施。对于水压较小和渗水量不大的裂缝，可将裂缝按设计要求剔成一定深度和宽度的“V”槽，槽内用速凝材料填压密实即可。对于水压和渗水量都较大的裂缝常采用注浆方法处理。注浆材料有环氧树脂、聚氨酯等，也可采用超细水泥浆液。裂缝渗漏水处理完毕后，表面用掺外加剂防水砂浆、聚合物防水砂浆或涂料等防水材料加强防水。

10.4.5 (增加条文)

地下工程渗漏水治理中要重视排水工作，主要是将大的渗漏水排走，目的是减小渗漏水压，给防水创造条件。排水的方法通常有两种，一是自流排水，一种是机械排水，当地形条件允许时尽可能采取自流排水，只有受到地形条件限制的时候，才将渗漏水通过排水沟引至集水井内，用水泵定期将水排出。

10.4.7 (增加条文)

喷射混凝土和锚杆联合支护，不仅是安全可靠的支护形式，而且是在岩层中构筑地下工程最为优越的衬砌形式，这种方法在铁路隧道，冶金矿山工程等地下工程中都已大量采用。喷锚支护一般作为临时支护来考虑，要想作为永久衬砌必须解决防水问题。

喷射混凝土施工前，要对围岩渗水情况进行调查，对不同的渗水形式采用不同的防水方法。明显的裂隙渗漏水 and 点漏水，可采用下弹簧管、半圆铁皮、钻孔引流等方法将渗漏水排走。大面积的片状渗漏水，可用玻璃棉等做引水带，紧贴岩壁渗水处，将水引到排水沟内。无明显渗漏水或间歇性渗水地段，可在两层喷射混凝土层间用快凝材料做防水层。当喷射混凝土层有明显的渗漏水时，可采用注浆的方法堵水，注浆孔深度根据裂隙情况而定，一般为 1.8 ~ 2.0m，常用的注浆材料有水泥—水玻璃、聚氨酯等，注浆压力 0.3 ~ 0.5MPa。

10.4.8 (增加条文)

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

穿墙管与预埋件的渗水处理步骤是：将穿墙管或预埋件四周的混凝土凿开，找出最

大漏水点后，用快凝胶浆或注浆的方法堵水，然后涂刷防水涂料或嵌填密封防水材料，最后用掺外加剂水泥砂浆或聚合物水泥砂浆进行表面保护。