

4 地下防水混凝土施工

4.1 一般规定

4.1.1 防水混凝土适用于地下工程结构主体防水，应符合下列规定：

- 1 环境温度不得高于 80 °C。
- 2 不易受强烈震动或冲击。
- 3 裂缝宽度不得大于 0.2 mm，并不得贯通。
- 4 处于侵蚀性介质中，防水混凝土的耐侵蚀性要求应符合现行

国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 和《混凝土结构耐久性设计规范》GB 50476 的有关规定。

5 结构厚度大于 250 mm。

6 钢筋保护层厚度应根据结构的耐久性和工程环境选用，迎水面钢筋保护层厚度不应小于 50 mm。

4.1.2 地下工程防水等级分为 4 级，应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 地下工程防水等级

项目	地下工程防水等级			
	1 级	2 级	3 级	4 级
防水标准	不允许渗水，结构表面无湿渍	不允许渗水，结构表面可允许有少量湿渍。 房屋建筑地下工程：湿渍总面积不大于总防水面积（包括顶板、墙面、地面）的 1%； 任意 100 m ² 防水面积上的湿渍	有少量漏水点，不得有线流和漏泥砂； 任意 100 m ² 防水面积上漏水或湿渍点数不超过 7 处，单个漏水点的漏水量	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 2 L / (m ² ·d)； 任意 100 m ² 防水面积的平均漏水量不大于

		不超过 2 处，单个湿渍的最大面	不大于 2.5 L/d，单个	4 L / (m ² ·d)
--	--	------------------	----------------	-----------------------------

续表

项目	地下工程防水等级			
	1 级	2 级	3 级	4 级
防水标准	不允许渗水，结构表面无湿渍	积不大于 0.1 m ² 。 其他地下工程：湿渍总面积不大于总防水面积的 2‰；任意 100 m ² 防水面积上的湿渍不超过 3 处，单个湿渍面积不大于 0.2 m ²	湿渍面积不大于 0.3 m ²	
设防要求	三道或三道以上设防	二道设防	一道设防或复合设防	—

4.1.3 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 100 mm，在软弱土层中不应小于 150 mm。

4.1.4 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。

4.1.5 现场施工负责人和施工员必须重视安全生产，落实安全施工责任制度、安全施工教育制度、安全施工交底制度、施工机具设备安全管理制度等。并落实到岗位，责任到人。

4.2 施工准备

4.2.1 施工前应做好下列技术准备：

- 1 熟悉图纸及相关技术文件。
 - 2 编制施工方案，确定施工工艺流程，并做好技术交底，以及质量检验和评定的准备工作。
 - 3 进行材料检验，并合格。
 - 4 完成混凝土配合比设计。
- 4.2.2 施工前准备的主要机具应包括混凝土搅拌机、混凝土输送泵管、混凝土固定泵车、手推车、振捣器、溜槽、串桶、铁锹、铁板、吊斗、计量器具、台秤等。
- 4.2.3 施工前应具备下列作业条件：
- 1 钢筋、模板工序已完成，并经过监理检查，办理了隐蔽工程验收，模板提前浇水润湿，并将模板内的杂物清理干净。
 - 2 所需的工具、机械设备齐全，并经检修试验后备用。
 - 3 技术交底已完成。
 - 4 材料已检验，配合比已确定。
 - 5 做好基坑降排水和降低地下水位工作，防止地面水流入基坑，要保持地下水位在施工底面最低标高以下不少于 50 cm。
 - 6 运输路线、浇筑顺序均已确定。
 - 7 预埋件、穿墙管、止水带等应安装完毕。

4.3 材料和质量要求

4.3.1 地下防水混凝土的材料应符合下列规定。

- 1 水泥：水泥品种应按设计要求选用。在不受侵蚀性介质和

冻融作用时，宜采用普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，采用其他品种水泥时应经试验确定；在受侵蚀性介质作用时，应按介质的性质选用相应的水泥品种。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。

2 粗骨料：碎石或卵石的粒径宜为 5 mm~40 mm，含泥量不得大于 1.0%，泥块含量不得大于 0.5%。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。其他要求应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

3 细骨料：宜用中砂，含泥量不得大于 3.0%，泥块含量不得大于 1.0%。其他要求应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

4 水：应采用不含有害物质的洁净水，应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

5 外加剂：技术性能应符合国家标准一等品及以上的质量要求。

6 掺合料：粉煤灰的级别不应低于II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通过试验确定。

7 每立方米防水混凝土各类材料总碱量（ Na_2O 当量）不得大于 3 kg，混凝土拌合物的氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.1%。

4.3.2 地下防水混凝土的质量应符合下列规定：

1 所用外加剂应有出厂合格证和使用说明书，现场复验其各项性能指标应合格。

2 混凝土拌制时，各组成材料的计量应准确。

3 混凝土在浇筑地点的坍落度检测，每工作班至少两次。泵送混凝土在交货地点的入泵坍落度，每工作班至少检查两次。掺引气型外加剂的防水混凝土，还应测定其含气量。

4 模板尺寸准确，模板及支撑牢固，拼缝严密，模板内无杂物。

5 配筋、钢筋保护层、预埋件、穿墙管等细部构造符合设计要求，检验合格后填写隐蔽验收单。

6 混凝土拌合物在运输、浇筑过程中应避免产生离析现象，观察浇筑施工质量，发现问题及时纠正。

7 混凝土按规定方法养护。

8 防水混凝土抗渗性能，应采用标准条件下养护混凝土抗渗试件的试验结果评定。试件应在浇筑地点随机取样后制作。连续浇筑混凝土每 500 m^3 应留置一组抗渗试件（一组为 6 个抗渗试件），且每项工程不得少于两组；采用预拌混凝土的抗渗试件，留置组数应视结构的规模和要求而定。抗渗性能试验应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定。

4.4 施工工艺及作业规定

4.4.1 地下防水混凝土的施工应按图 4.4.1 的流程进行

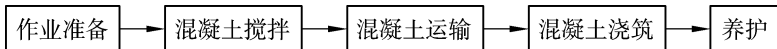


图 4.4.1 地下防水混凝土的施工流程图

4.4.2 地下防水混凝土施工应符合下列规定：

1 模板应平整，拼缝严密，并应有足够的刚度、强度，吸水性要小，支撑牢固，装拆方便，宜用钢模、木模。采用对拉螺栓固定模板时，应在螺栓中间加焊止水片（图 4.4.2-1）。

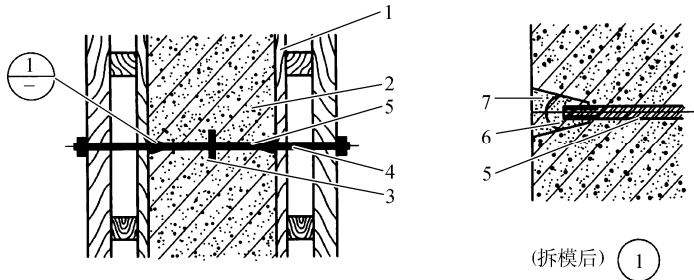


图 4.4.2-1 固定模板用螺栓的防水做法

- 1—模板；2—结构混凝土；3—止水片；4—工具式螺栓；
5—固定模板用螺栓；6—密封材料；7—聚合物水泥砂浆

2 混凝土搅拌应符合下列规定：

1) 防水混凝土拌合物必须采用机械搅拌，搅拌时间不应小于 2 min，掺外加剂时，应适当延长搅拌时间，一般为 3 min。

2) 严格按确定的施工配合比，准确称量各组成材料，并按规定投料顺序投入混凝土搅拌机。外加剂的掺加方法应遵从所选外加剂的使用要求。每工作班检查不应少于两次，且每盘混凝土各组成材料计量允许偏差应符合表 4.4.2-1 的规定。

表 4.4.2-1 混凝土组成材料计量结果允许偏差 单位：%

混凝土组成材料	每盘计量	累计计量
水泥、掺合物	±2	±1
粗、细骨料	±3	±2
水、外加剂	±2	±1

注：累计计量仅适用于计算机控制计量的搅拌站。

3) 混凝土在浇筑地点的坍落度，每工作班至少检查两次。混凝土实测的坍落度与要求的坍落度之间的允许偏差应符合表 4.4.2-2 的规定。

表 4.4.2-2 混凝土坍落度允许偏差 单位：mm

规定坍落度	允许偏差
≤40	±10
50~90	±15
>90	±20

4) 泵送混凝土在交货地点的入泵坍落度，每工作班至少检查两次。混凝土入泵时的坍落度允许偏差应符合表 4.4.2-3 的规定。

表 4.4.2-3 混凝土入泵时的坍落度允许偏差 单位：mm

所需坍落度	允许偏差
≤100	±20
>100	±30

3 防水混凝土拌合物应以最少转载次数和最短时间，从搅拌地点运输到浇筑地点，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，应加入原水胶比的水泥浆或掺加同品种的减水剂进行搅拌，严禁直接加水。经以上处理仍达不到要求时，混凝土不得用于该工程。

4 混凝土浇筑与振捣应符合下列规定。

1) 防水混凝土浇筑前，应认真清理干净模板内的杂物和钢筋上的油污、泥浆等，对模板的缝隙和孔洞应予堵严；若为木模板，还应浇水湿润，但不得积水。

2) 柱、墙模板内的混凝土浇筑时，当无可靠措施保证混凝土不产生离析，其自由倾落高度应符合以下规定：粗骨料料径大于 25 mm 时，不超过 3 m；粗骨料料径不大于 25 mm 时，不超过 6 m。否则应使用串筒、溜槽或导管等工具，以防产生石子堆积，影响质量。在结构中若有密集管群，以及预埋件或钢筋稠密之处，混凝土浇筑振捣不易密实时，可改用相同抗渗等级的细石混凝土，以保证质量。

3) 混凝土应分层浇筑。当用插入式振捣器时，浇筑层厚度为振捣器作用部分长度的 1.25 倍；当用表面式振动器时，浇筑层厚度为 200 mm。

4) 防水混凝土应采用机械振捣密实，其振捣时间宜为 10 s ~ 30 s，以混凝土开始泛浆和不冒气泡为准，并应避免漏振、欠振和超振。

5) 防水混凝土的浇筑应连续进行。必须间歇时，尽量减少留设施工缝。当分层浇筑时，防水混凝土应分层连续浇筑，分层厚度不得大于 500 mm。应在前层混凝土初凝之前，将次层混凝土浇筑完毕。

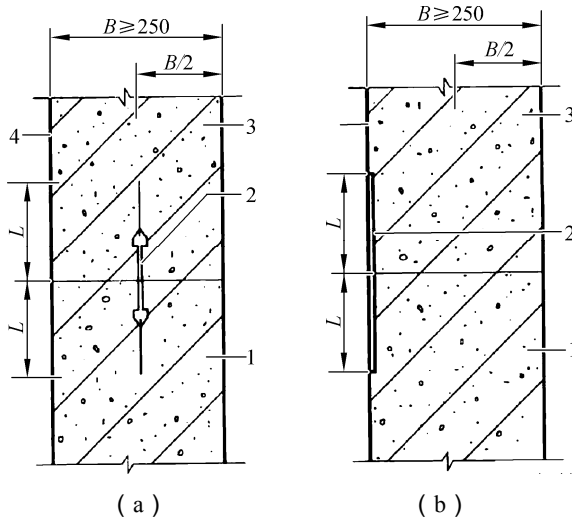
5 施工缝的留设应符合下列规定。

1) 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：

墙体水平施工缝不应留在剪力最大处或底板与侧墙的交接处，

应留在高出底板表面不小于 300 mm 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 mm ~ 300 mm 处。墙体有预留孔洞时, 施工缝距孔洞边缘不应小于 300 mm。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。

2) 施工缝的防水构造形式可做成不同形式, 如埋设膨胀止水条、外贴防水层、中埋止水带、预埋注浆管等。水平施工缝防水构造形式宜按图 4.4.2-2 (a)、(b)、(c)、(d) 选用, 当采用两种以上构造措施时可进行有效组合。



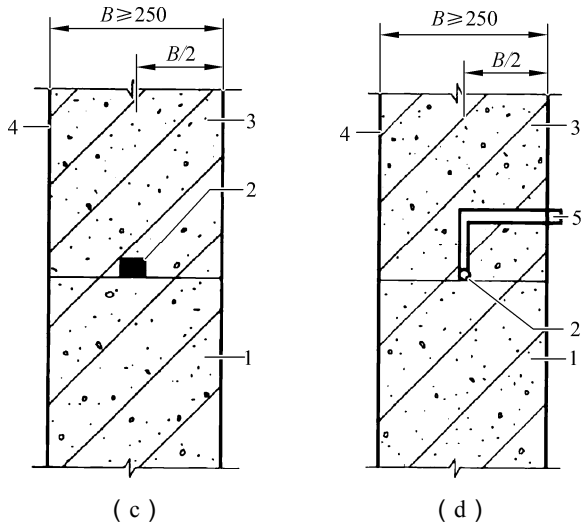


图 4.4.2-2 水平施工缝防水构造

- (a) 钢板止水带 $L \geq 150$ ；橡胶止水带 $L \geq 200$ ；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—结构迎水面
- (b) 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—外贴止水带；3—后浇混凝土；4—结构迎水面
- (c) 1—先浇混凝土；2—遇水膨胀止水条（胶）；3—后浇混凝土；
 4—结构迎水面
- (d) 1—先浇混凝土；2—预埋注浆管；3—后浇混凝土；
 4—结构迎水面；5—注浆导管

3) 水平施工缝浇筑混凝土前，应将其表面浮浆和杂物清除，然后铺设净浆或涂刷混凝土界面处理剂、水泥基渗透结晶型防水涂料等材料，再铺 30 mm ~ 50 mm 厚的 1:1 水泥砂浆或涂刷混凝土界面处理剂，并及时浇筑混凝土；垂直施工缝浇筑混凝土前，应将其