

中华人民共和国水利行业标准

SL 174—2014

替代 SL 174—96

水利水电工程混凝土防渗墙 施工技术规范

**Technical specification for construction of concrete
cut-off wall for water and hydropower projects**

2014-10-27 发布

2015-01-27 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告 (水工建筑物滑动模板施工技术规范、水工 建筑物水泥灌浆施工技术规范、水利水电 工程混凝土防渗墙施工技术规范)

2014 年第 53 号

中华人民共和国水利部批准《水工建筑物滑动模板施工技术规范》(SL 32—2014)、《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL 62—2014)、《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》(SL 174—2014) 为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水工建筑物滑动模板施工技术规范	SL 32—2014	SL 32—92	2014. 10. 27	2015. 1. 27
2	水工建筑物水泥灌浆施工技术规范	SL 62—2014	SL 62—94	2014. 10. 27	2015. 1. 27
3	水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范	SL 174—2014	SL 174—96	2014. 10. 27	2015. 1. 27

水利部

2014 年 10 月 27 日

前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按 SL 1—2002《水利技术标准编写规定》，对 SL 174—1996《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》进行修订。

本标准共有 13 章和 2 个附录。主要技术内容有：施工准备、施工平台及导墙、泥浆、槽孔建造、墙体材料、成墙施工、墙段连接、钢筋笼及预埋件、薄防渗墙施工、特殊情况处理、质量检查和竣工资料等。

本次修订的主要内容有：

- 拓展了适用范围，将原规范适用于水工建筑物松散透水地基或土石坝坝体内墙深小于 70m 墙厚 600 ~ 1000mm，拓展为墙深不大于 100m 墙厚 200 ~ 1200mm；
- 增加了薄防渗墙施工内容，即小于 400mm 防渗墙施工规范内容；
- 补充了“术语”章节的内容；
- 强调了建设单位提供的图纸、水文、气候、环境保护、地质条件等资料对防渗墙施工组织及工期、质量的重要性；
- 进一步明确了防渗墙施工不同阶段泥浆性能指标要求，以及造孔成槽施工、墙体材料及成墙工艺、接头管施工等技术参数及相关技术要求，部分技术参数更为严格；
- 各章节均根据国内外防渗墙技术发展水平，增加并细化了相关条款；
- 删除了部分已不使用或极少使用的施工工艺相关条款，如双反弧、单反弧法墙段连接施工等；
- 增加了防渗墙施工质量检查相关内容。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SL 174—96

本标准为全文推荐。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部建设与管理司

本标准解释单位：水利部建设与管理司

本标准主编单位：中国水利学会地基与基础工程专业委员会
中国水电基础局有限公司

本标准主要起草人：肖恩尚 赵存厚 孔祥生 焦家训

贺永利 邓百印 王碧峰 龚木金

鲁志军 赵明华 宋 伟 刘 健

本标准审查会议技术负责人：高广淳

本标准体例格式审查人：牟广丞

目 次

1	总则	1
2	术语	3
3	施工准备	6
4	施工平台及导墙	7
5	泥浆	9
6	槽孔建造	13
7	墙体材料	16
8	成墙施工	18
8.1	泥浆下混凝土防渗墙成墙施工	18
8.2	固化灰浆施工	19
8.3	自凝灰浆施工	19
9	墙段连接	21
10	钢筋笼及预埋件	22
10.1	钢筋笼	22
10.2	预埋管或预留孔	22
10.3	观测仪器埋设	23
11	薄防渗墙施工	24
12	特殊情况处理	26
13	质量检查和竣工资料	28
附录 A	黏土混凝土和塑性混凝土配制强度和 匀质性评定标准	30
附录 B	施工记录图表格式	32
	标准用词说明	46
	条文说明	47

1 总 则

1.0.1 为规范水利水电工程混凝土防渗墙的施工和质量检查方法，满足工程安全和功能保证性的要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水工建筑物松散透水地基或土石坝（堰）体内厚度为 400mm 及以下的薄墙、深度不大于 40m，厚度为 600~800mm、深度不大于 80m，或厚度为 1000~1200mm、深度不大于 100m 的主体工程混凝土防渗墙。当深度或厚度超出上述范围时，应进行试验论证。其他用途的地下连续墙工程可参考使用。

1.0.3 混凝土防渗墙工程施工应制定环境保护措施，废渣、污水和废浆应集中处理，避免对环境产生不良影响。同时应制定职业卫生和劳动安全措施。

1.0.4 各项施工记录应有专人在现场随着施工作业地进行使用碳素墨水笔逐项填写，做到及时、准确、真实、齐全、整洁，符合归档要求。

1.0.5 混凝土防渗墙工程的有关各方应具有必要的工程经验。施工过程中应做好工序质量控制和检查工作，检查记录应当班签认。

1.0.6 混凝土防渗墙施工前，建设单位应提供下列有关文件和资料：

- 1 施工详图阶段的防渗墙设计图纸和说明书。
- 2 墙体材料的种类、性能指标及其施工技术要求。
- 3 工程地质和水文地质资料、防渗墙轴线处的勘探孔柱状图和地质剖面图，勘探孔的间距可为 50~100m，地质条件变化较大时，勘探孔间距不宜大于 20m。
- 4 水文气象资料。
- 5 泥浆材料及墙体材料的产地、质量、储量、开采运输条

件等资料。

6 施工区域内的地下管线、地下构筑物、周边建筑物及其他特殊要求的详细资料。

7 对震动、噪声、排污等有关环境保护的要求及说明资料。

8 施工中应使用的标准以及有关的其他文件。

1.0.7 防渗墙轴线处的地质资料，应对下列项目作详细的描述：

1 地层的分层情况、厚度、颗粒组成、密实程度及透水性。

2 地下水的水位、承压水层资料。

3 基岩的地质构造、岩性、透水性、风化程度与深度。

4 可能存在的孤石、反坡、深槽、断层破碎带、岩溶洞穴等情况。

1.0.8 施工前在建设单位主持下，设计单位应向施工单位进行技术交底，说明防渗墙的设计技术要求、施工条件及与其他有关施工项目之间的关系。

1.0.9 本标准的引用标准主要有下列标准：

GB/T 50145 土的工程分类

SL 223 水利水电工程验收规程

SL 345 水利水电工程注水试验规范

SL 352 水工混凝土试验规程

SL 632 水利水电工程单元工程质量评定标准——混凝土工程

JGJ 63 混凝土用水标准

1.0.10 防渗墙施工除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 混凝土防渗墙 concrete cut-off wall

利用钻孔、挖（铣）槽机械，在松散透水地基或坝（堰）体中以泥浆固壁，挖掘槽形孔或连锁桩柱孔，在泥浆下浇筑混凝土，筑成的具有防渗性能的地下连续墙。

2.0.2 导墙 guide wall

在防渗墙施工平台的较浅深度内建造的，平行防渗墙轴线的，起导向、保护槽口和承重作用的临时挡土墙。

2.0.3 槽孔 trench

为形成防渗墙墙段而钻凿或挖掘的狭长深槽。

2.0.4 合拢槽孔 enclosure trench

实现防渗墙全墙封闭最后施工的槽孔。

2.0.5 墙段 panel

混凝土防渗墙的一段，作为独立单元浇筑混凝土，可以是直线形、T形、L形或其他形式。

2.0.6 主孔、副孔 primary hole and secondary hole

形成防渗墙槽孔的单孔中，第一次序施工的孔为主孔；位于主孔之间，第二次序施工的孔为副孔。

2.0.7 钻劈法 trenching by drilling and splitting

用冲击钻机或回转钻机钻凿主孔和劈打副孔形成槽孔的一种防渗墙造孔施工方法。

2.0.8 钻抓法 trenching by drilling and grabbing

用冲击或回转钻机先钻主孔（导孔），然后用抓斗挖掘其间副孔形成槽孔的一种防渗墙造孔施工方法。

2.0.9 抓取法 trenching by grabbing

只用抓斗挖掘地层，形成槽孔的一种防渗墙造孔施工方法。

2.0.10 铣削法 trenching by hydraulic cutter

用专用的铣槽机铣削地层形成槽孔的一种防渗墙造孔施工方法。

2.0.11 小墙 residues between primary holes and secondary holes

槽孔内相邻单孔之间及孔底未钻（挖）尽的地基土（岩）残留凸出部分。

2.0.12 梅花孔 non-rounding drilling hole

冲击钻进时，由于各种原因致使孔形不圆整的孔。

2.0.13 接头管 joint pipe

用于一期、二期槽孔套接施工，在一期槽孔浇筑混凝土前下设，混凝土浇筑过程中或浇筑完毕后拔出的圆柱形金属管或同样作用的板（管）。为便于叙述，本标准统称为接头管。

2.0.14 泥浆 slurry

膨润土或黏土分散于水中所形成的胶体悬浮液，在防渗墙施工中起固壁、冷却、携带及悬浮岩屑等作用。

2.0.15 泥皮 filter cake

造孔时泥浆向地层渗透，部分黏土颗粒附着在孔壁上形成的泥膜。

2.0.16 胶凝材料 cementing material

防渗墙墙体材料组成中，水泥、膨润土、黏土、粉煤灰等细颗粒原材料的统称。

2.0.17 黏土混凝土 clay concrete

为降低弹性模量，除水泥、粉煤灰外，掺加了占胶凝材料总量15%~25%的黏土，适合水下浇筑的流动性混凝土。

2.0.18 塑性混凝土 plastic concrete

水泥用量远低于普通混凝土，并掺加较多的膨润土、黏土等胶凝材料，适合水下浇筑的流动性混凝土，其抗压强度不大于5MPa，并具有低弹和极限应变较大的特性。

2.0.19 固化灰浆 hardened mortars

在已建成的槽孔内，以固壁泥浆为基本浆材，在其中加入水泥、水玻璃、粉煤灰等固化材料以及砂和外加剂，经搅拌均匀后

固化而成的一种低强、低弹和极限应变较大的柔性墙体材料。

2.0.20 自凝灰浆 self-hardening bentonite-cement slurry

以水泥、膨润土等材料拌制的浆液，在建造槽孔时起固壁作用，槽孔建造完成后，该浆液可自行凝结成一种低强、低弹和极限应变较大的柔性墙体材料。

2.0.21 薄防渗墙 thin cut-off wall

墙体厚度不大于 400mm 的防渗墙。

3 施 工 准 备

3.0.1 施工单位应在施工前按批准的设计及招标文件编制施工组织设计。

3.0.2 施工供水、供电、供浆、道路、排水等设施，应在开工前准备就绪。施工场地应进行平整，保证施工机械正常作业。

3.0.3 当设计墙底嵌入基岩或相对不透水层，而设计阶段防渗墙沿线的地质勘探资料不足时，应根据实际需要进行补充地质勘探。补充勘探孔的入岩深度应根据防渗墙轴线处可能存在的最大孤石确定，不宜小于 10m。

3.0.4 修筑施工平台和导墙之前，宜根据地质情况进行必要的地基处理。

3.0.5 大空隙地层成槽施工时，宜进行预处理，如预灌浓浆、振冲密实等。

3.0.6 开工之前应根据设计和施工要求、施工条件确定固壁泥浆的种类和性能指标，对料源情况进行调查，并完成泥浆配合比试验、选择工作。

3.0.7 开工之前应完成墙体材料施工配合比的试验和设计工作。当施工准备时间较短时，先施工的部分槽孔可用经验配合比施工，也可在留有一定安全裕度的情况下用 7d 或 14d 龄期的强度确定临时配合比，但 28d 龄期的试验应继续进行。

3.0.8 开工之前应根据施工要求和施工条件进行导墙和施工平台设计、建造。

3.0.9 重要或有特殊要求的工程，宜在防渗墙轴线上进行施工试验，或在地质条件类似的地点进行施工试验。

4 施工平台及导墙

4.0.1 防渗墙施工平台应坚固、平整，满足施工设备作业要求，且应高于施工期最高地下水位 2.0m 以上，当不能满足要求时，应进行专题论证。

4.0.2 当施工现场处于斜坡状态时，应构筑满足防渗墙施工需求的水平施工平台。

4.0.3 导墙宜用现浇钢筋混凝土构筑。当地质条件许可时，也可采用预制混凝土构件或现场组装的钢结构。

4.0.4 导墙的结构形式、尺寸、力学指标等，应根据防渗墙体厚度、深度、导墙下土质情况以及施工机械等施工荷载综合考虑确定，并应符合下列要求：

1 导墙应建在坚实的地基上，如地基土质松散或软弱时，修建导墙前应采取加固措施。

2 导墙高度宜在 1.0~2.0m 之间。

3 导墙内侧间距宜比防渗墙厚度大 50~200mm。

4 导墙外侧填土应夯实。夯实填土时，导墙间应采取防止导墙倾覆或位移。

5 导墙施工后，应做好相应的内支撑。

4.0.5 导墙应符合下列质量要求：

1 导墙轴线宜与防渗墙轴线重合，其允许偏差为 $\pm 15\text{mm}$ ；导墙内侧面竖直；墙顶高程允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ 。

2 采用接头管施工的防渗墙，其导墙配筋率及混凝土强度应满足承载力需求。

3 需要吊放钢筋笼的防渗墙，其导墙质量宜采用下列标准：

1) 导墙内墙面宜与防渗墙轴线重合，其允许偏差 $\pm 10.0\text{mm}$ 。

2) 导墙内墙面应竖直，顶面高程允许偏差 $\pm 10.0\text{mm}$ ，

导墙内墙面的允许偏差 $\pm 100\text{mm}$ 。

4.0.6 钻机轨道应平行于防渗墙轴线，应控制地基变形满足钻机施工要求，轨枕间宜充填石渣。倒渣平台宜采用现浇混凝土铺筑，其下可设置石渣垫层。

4.0.7 施工过程中，宜对导墙的沉降、位移进行观测。

5 泥 浆

5.0.1 泥浆应具有良好的流变性、稳定性、抑制性和良好的悬浮、携带岩屑能力。

5.0.2 拌制泥浆的土料可选择膨润土、黏土或两者的混合料。

5.0.3 应根据地质条件、成槽深度、成槽阶段、成槽工艺、施工条件等选择相应性能的泥浆。宜优先选用膨润土作为主材，处理剂应通过现场试验确定。

5.0.4 拌制泥浆的膨润土，应对其矿物成分和化学成分进行检查，以判断其类型。根据国内商品膨润土现状，其质量分级可按照表 5.0.4-1~表 5.0.4-3 执行。一般防渗墙工程，可用未处理膨润土制浆，当地质条件复杂、孔深超过 80m 时，宜用钻井级或 OCMA 级膨润土制浆。

表 5.0.4-1 未处理膨润土技术指标

项 目		指 标
泥浆	动塑比 $[\text{Pa}/(\text{mPa}\cdot\text{s})]$	≤ 0.75
	塑性黏度 $(\text{mPa}\cdot\text{s})$	≥ 5.0
	滤失量 (mL)	≤ 17.5

表 5.0.4-2 钻井级膨润土技术指标

项 目		指 标
泥浆	黏度计 (600r/min 读值)	≥ 30.0
	动塑比 $[\text{Pa}/(\text{mPa}\cdot\text{s})]$	≤ 1.5
	滤失量 (mL)	≤ 15.0
75 μm 筛余 (质量分数%)		≤ 4.0

表 5.0.4-3 OCMA 级膨润土技术指标

项 目		指 标
泥浆	黏度计 (600r/min 读值)	≥30.0
	动塑比 [Pa/(mPa·s)]	≤3.0
	滤失量 (mL)	≤16.0
75μm 筛余 (质量分数%)		≤2.5

5.0.5 拌制泥浆的黏土，应进行物理试验、化学分析和矿物鉴定。宜选择黏粒含量大于 45%，塑性指数大于 20，含砂量小于 5%，二氧化硅与三氧化二铝含量的比值为 3~4 的黏土。黏土的质量应按照 GB/T 50145 的规定执行。

5.0.6 泥浆的配合比，应根据地层特性、成槽方法、泥浆用途，通过试验选定。

5.0.7 泥浆性能指标的测定项目，可根据不同情况按表 5.0.7 确定。

表 5.0.7 不同阶段泥浆性能测定项目

阶 段	土 料 种 类	
	膨 润 土	黏 土
鉴定土料造浆性能	密度、漏斗黏度、失水量、静切力、塑性黏度	密度、漏斗黏度、含砂量、胶体率、稳定性
确定泥浆配合比	密度、漏斗黏度、失水量、泥饼厚、pH 值、塑性黏度、静切力	密度、漏斗黏度、含砂量、胶体率、稳定性、失水量、泥饼厚度、pH 值
施工过程	密度、漏斗黏度、含砂量、静切力、pH 值	密度、漏斗黏度、含砂量、pH 值
注：膨润土泥浆用马氏漏斗测试；黏土泥浆用 500/700 漏斗测试。		

5.0.8 膨润土浆液性能应符合表 5.0.8 的要求。

表 5.0.8 膨润土浆液性能指标 (12h)

项 目	各阶段性能指标		试验仪器
	新 制	供重复使用	
密度 (g/cm ³)	1.03~1.08	<1.15	泥浆比重秤
漏斗黏度 (s)	35~55	32~70	马氏漏斗
塑性黏度 (mPa·s)	≥8		旋转黏度计
动切力 (Pa)	≥6		旋转黏度计
静切力 (Pa)	≥9		旋转黏度计
失水量 (mL/30min)	<18	<40	失水量仪
泥饼厚 (mm)	<2.5		失水量仪
10min 静切力 (Pa)	1.4~10.0		静切力计
pH 值	7.5~10.5	8~11	pH 试纸或电子 pH 计

5.0.9 新制黏土浆液性能宜符合表 5.0.9 的要求。

表 5.0.9 新制黏土浆液性能指标 (12h)

项 目	性能指标	试验仪器
密度 (g/cm ³)	1.15~1.25	泥浆比重秤
漏斗黏度 (s)	18~25	500/700 漏斗
含砂量 (%)	≤5	含砂量测定仪
胶体率 (%)	≥96	量筒
稳定性 (g/cm ³)	≤0.03	量筒、泥浆比重秤
失水量 (mL/30min)	<30	失水量仪
泥饼厚 (mm)	2~4	失水量仪
1min 静切力 (Pa)	2.0~5.0	静切力仪
pH 值	7.0~9.5	pH 试纸或电子 pH 计

5.0.10 混凝土浇筑前泥浆性能指标宜符合表 5.0.10 的要求。当墙体深度小于 40m 时,可降低这个指标要求,其中膨润土泥浆含砂量可降低为 6%,黏土泥浆含砂量可降低为 10%。泥浆取样位置距孔底 0.5~1.5m。

表 5.0.10 混凝土浇筑前膨润土泥浆黏土泥浆主要性能指标

项 目	漏斗黏度 (s)	密度 (g/cm ³)	含砂量 (%)
膨润土泥浆	32~50 (马氏漏斗)	≤1.15	≤4
黏土泥浆	≤35 (500/700mL)	≤1.3	≤8

5.0.11 配制泥浆用水应按规范 JGJ 63 的规定执行。在施工区域的地下水或海水可能对泥浆产生污染的情况下，应进行水质分析并采取保证泥浆质量的措施。

5.0.12 拌制泥浆的方法及时间应通过试验确定。膨润土泥浆应选用高速搅拌机拌制，溶胀时间宜不小于 12h。

5.0.13 常用的泥浆处理剂有分散剂、增黏剂、降黏剂、加重剂、防漏剂等，其品种和掺加率应通过试验确定。

5.0.14 应按规定的配合比配制泥浆，各种成分的加量误差不应大于 5%。当使用泥浆处理剂时，其掺量误差不应大于 1%。储浆池内的泥浆应经常搅动，保持泥浆性能指标均一性。

5.0.15 当孔深大于 80m，地质条件复杂时，如遇强漏失地层、粉细砂层等，成槽过程及混凝土浇筑前应适当提高泥浆性能指标；当孔深较浅 (≤40m) 时，可降低泥浆性能指标。

5.0.16 泥浆的生产能力及储备量应满足施工需求。

6 槽孔建造

6.0.1 防渗墙轴线及墙顶高程，应满足设计文件要求，根据测量基准点控制。

6.0.2 槽孔建造设备和方法，可根据地层情况、墙体结构型式及设备性能进行选择，必要时可选用多种设备组合施工。可采用的成槽方法有钻劈法、钻抓法、抓取法、铣削法等。

6.0.3 确定槽孔长度时，应综合考虑工程地质及水文地质条件、施工部位、成槽方法、机具性能、成槽历时、墙体材料供应强度、墙体预留孔的位置、浇筑导管布置原则及墙体平面形状等因素。

6.0.4 合龙槽孔宜为短槽孔，并宜安排在深度较浅、地质条件较好的地方。

6.0.5 槽孔宜分期建造，同时施工的相邻槽孔之间应留有足够的安全距离。

6.0.6 采用钻劈法建造槽孔时应遵守下列规定：

1 开孔钻头直径应大于终孔钻头直径，终孔钻头直径应满足设计墙厚要求。

2 选择合理的副孔长度。

6.0.7 采用钻抓法建造槽孔时，应先用钻机钻进主孔，后用抓斗抓取副孔。采用钻抓法时，主孔的中心距离不应大于抓斗的开度。

6.0.8 采用抓取法和铣削法建造槽孔时，主孔长度应等于抓斗开度或铣头长度，副孔长度宜为主孔长度的 $1/2 \sim 2/3$ 。

6.0.9 槽孔建造时，固壁泥浆面应保持在导墙顶面以下 $300 \sim 500\text{mm}$ 。

6.0.10 建造槽孔时遇孤石或硬岩，可采用重凿冲砸或爆破等方法处理。爆破时应保证槽壁安全。对于孤石密集地层，亦可在槽

孔建造前采用钻孔预爆的方法。

6.0.11 对漏失地层应采取堵漏预防措施。发现泥浆漏失应立即堵漏和补浆。

6.0.12 施工过程中应及时清除槽孔周围的废水、废浆、废渣。

6.0.13 槽孔如需嵌入基岩，基岩面应按下列方法确定：

1 依照防渗墙轴线地质剖面图，当孔深接近设计基岩面时，开始留取岩样，根据岩样的性质确定基岩面。

2 对照邻孔基岩面高程，分析本孔钻进情况，确定基岩面。

3 当上述方法难以确定基岩面，或对基岩面产生怀疑时，应钻取岩芯予以验证和确定。钻孔深度应不小于10m。

6.0.14 基岩岩样是槽孔嵌入基岩的主要依据，应按顺序、深度、位置编号，填好标签，装箱，妥善保管。

6.0.15 槽孔建造结束后，应进行终孔质量检验，合格后方可进行清孔。

6.0.16 槽孔建造质量应按下列要求控制：

1 槽壁应平整垂直，不应有梅花孔、小墙等。

2 孔位允许偏差不大于30mm。

3 槽孔深度（包括入岩深度）应满足设计要求。

4 孔斜率：成槽施工时不应大于4‰，遇含孤石地层及基岩陡坡等特殊情况，应控制在6‰以内。采用钻劈法时，接头套接孔的两次孔位中心在任一深度的偏差值，不应大于设计墙厚的1/3。并应采取相应措施保证设计墙厚。下设接头管的端孔孔斜率，应保证接头管顺利下设和起拔。

6.0.17 清孔换浆宜选用泵吸法或气举法，槽孔较浅时亦可采用抽桶法。

6.0.18 二期槽孔清孔换浆结束前，应清除接头槽壁上的泥皮，清除泥皮宜用钢丝刷子分段刷洗，也可采用其他合适方法，合格条件是：刷子钻头上基本不带泥屑，孔底淤积不再增加。

6.0.19 清孔换浆完成1h后应进行检验，并应达到下列质量要求：

- 1 孔底淤积厚度不大于 100mm。
 - 2 槽内泥浆性能指标应满足表 5.0.10 的要求。
 - 3 清孔换浆合格后，方可进行下道工序。
- 6.0.20** 清孔检验合格后，应于 4h 内开浇混凝土，因吊放钢筋笼或其他埋设件不能在 4h 内开浇混凝土的槽孔，浇筑前应重新测量淤积厚度，如超过 100mm 须再次清孔。

7 墙体材料

7.0.1 混凝土施工配制强度宜遵循下列规定：

1 普通混凝土的配制强度按照 SL 352 的要求计算确定；黏土混凝土和塑性混凝土的配制强度宜采用离差系数法计算确定。其计算方法按附录 A 执行。固化灰浆及自凝灰浆的配制强度经过试验确定。

2 无论何种类型的防渗墙用混凝土，均宜考虑泥浆下浇筑条件对实际强度的不利影响。

7.0.2 混凝土墙体材料的入孔坍落度应为 180~220mm，扩散度应为 340~400mm，坍落度保持 150mm 以上的时间应不小于 1h；初凝时间应不小于 6h，终凝时间不宜大于 24h；混凝土的密度不宜小于 2100kg/m³。当采用钻凿法施工接头孔时，一期槽段混凝土早期强度不宜过高。

7.0.3 配制混凝土的骨料，可使用天然卵石、砾石、人工碎石和天然砂、人工砂，其品质要求应符合 SL 632 的相关规定。骨料最大粒径应不大于 40mm，且不应大于钢筋净间距的 1/4。

7.0.4 普通混凝土的胶凝材料用量不宜少于 350kg/m³，水胶比不宜大于 0.60，砂率不宜小于 40%。

7.0.5 黏土混凝土的胶凝材料用量不宜低于 350kg/m³，水胶比不宜大于 0.65，黏土掺量不宜大于水泥和黏土总量的 25%，砂率不宜小于 36%。

7.0.6 塑性混凝土胶凝材料的总量不宜少于 240kg/m³，其中水泥用量不宜少于 80kg/m³，膨润土用量不宜少于 40kg/m³，水泥与膨润土的合计用量不宜少于 160kg/m³，砂率不宜小于 45%。在满足流动性要求的前提下，宜减少用水量。塑性混凝土宜采用一级配骨料。

7.0.7 墙体采用固化灰浆，应遵守下列规定：

1 配制固化灰浆的泥浆，漏斗黏度宜为 38~58s（马氏漏斗黏度），密度应根据固化灰浆的配合比控制。

2 固化灰浆单位体积的水泥用量不宜少于 200kg/m³，水玻璃用量宜为 35kg/m³ 左右，砂的用量不宜少于 200kg/m³。

3 新拌混合浆液失去流动性的时间不宜小于 5h，固化时间不宜大于 24h。

4 原位搅拌法施工时固化灰浆的密度宜为 1.3~1.5g/cm³，置换法施工时固化灰浆的密度不宜小于 1.7g/cm³。

7.0.8 当采用自凝灰浆作墙体材料时，其配合比应遵守下列规定：

1 自凝灰浆单位体积水泥用量不应小于 100kg/m³，不宜大于 300kg/m³；膨润土的用量宜为 40~60kg/m³。

2 在拌制自凝灰浆时，可加入缓凝剂，其品种和加量通过试验确定。

3 可用粉煤灰、磨细的高炉矿渣替代部分水泥，以调节自凝灰浆的性能。

8 成 墙 施 工

8.1 泥浆下混凝土防渗墙成墙施工

- 8.1.1** 混凝土浇筑前，应拟定浇筑方案，主要包括下列内容：
- 1 绘制槽孔纵剖面图。
 - 2 计划浇筑方量、供应强度、浇筑高程。
 - 3 导管等浇筑机具及埋设件的布置与组合。
 - 4 浇筑方法、开浇顺序、主要技术措施。
 - 5 混凝土配合比、原材料品种及用量。
- 8.1.2** 混凝土的实际拌和及运输能力，应不小于平均计划浇筑强度的 1.5 倍，并大于最大计划浇筑强度。
- 8.1.3** 运至槽口的混凝土应具有良好的施工性能。混凝土的浇筑应连续进行，若因故中断，中断时间不宜超过 40min。
- 8.1.4** 泥浆下浇筑混凝土应采用直升导管法，导管内径不应小于混凝土骨料最大粒径 6 倍。
- 8.1.5** 一个槽孔使用两套以上导管浇筑时，导管中心距不宜大于 4.0m。当采用一级配混凝土时，导管中心距可适当加大，但不应大于 5.0m。导管中心至槽孔端部或接头管壁面的距离宜为 1.0~1.5m。当槽孔底部的高差大于 250mm 时，导管应布置在其控制范围的最低处，并从最低处开始浇筑。
- 8.1.6** 导管应连接可靠，管节接头宜采用快速连接方式，并进行封闭试验。应在每套导管的顶部和底节导管以上部位设置数节长度为 0.3~1.0m 的短管。开浇前，导管底口距槽底应控制在 150~250mm 范围内。
- 8.1.7** 开浇前，导管内应放入可浮起的隔离塞球或其他适宜的隔离物。开浇时宜先注入少量的水泥砂浆，随即注入足够的混凝土，挤出塞球并埋住导管底端。
- 8.1.8** 混凝土浇筑过程中应遵守下列规定：

1 导管理入混凝土的最小深度不宜小于 2m，最大深度也不宜大于 6m，在混凝土面上升较快时，可适当加大，但不宜超过 8m；当混凝土顶面接近孔口或设计墙顶高程时，为便于混凝土流动，导管理深可适当减小，但不宜小于 1m。

2 混凝土面上升速度不应小于 2m/h。

3 混凝土面应均匀上升，各处高差应控制在 500mm 以内；相邻导管底部高差不宜超过 3.0m。

4 至少每隔 30min 测量 1 次槽孔内混凝土面深度，每隔 2h 测量 1 次导管内的混凝土面深度，并在现场填绘混凝土浇筑指示图。

5 槽孔口应设置盖板，避免混凝土由导管外撒落槽孔内。

8.1.9 混凝土终浇高程应高于设计规定的墙顶高程 0.5m。

8.1.10 防渗墙墙体应均匀完整，不应有混浆、夹泥、断墙、孔洞等。

8.2 固化灰浆施工

8.2.1 固化材料加入槽孔前，应将槽孔内的泥浆搅拌均匀。水泥宜与砂搅拌成水泥砂浆加入，水泥砂浆的密度不宜小于 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 。

8.2.2 原位搅拌可根据密度要求采用气拌、机械搅拌等方法。

8.2.3 当采用气拌方法时，空压机的风压应不小于最大浆柱压力的 1.5 倍。每根风管均应下到槽孔底部，风管底部应安装水平出风花管。加料应在 2h 内结束，中途不应停风，加料结束后应继续气拌至少 30min。

8.2.4 槽孔内混合浆液固化后，应用厚度不小于 0.3m 的湿土覆盖墙顶。

8.3 自凝灰浆施工

8.3.1 自凝灰浆的拌制应采用“两步法”：第一步先将膨润土和水制成泥浆，溶胀 12h 后待用；第二步在泥浆中加入水泥、缓凝

剂、掺合料等制成自凝灰浆原浆，供挖槽使用，随制随用，不应存放。膨润土浆及自凝灰浆原浆均宜用高速搅拌机拌制。

8.3.2 应采用泥浆非循环法建造自凝灰浆防渗墙，槽孔施工设备宜选用抓斗、反铲等挖槽机械。

8.3.3 自凝灰浆防渗墙成槽施工可采用连续成槽法或间断成槽法，无论采用何种方法，成槽施工应在该部位槽内灰浆初凝前完成。

8.3.4 各槽段施工结束，静置 24h 后，应抽去泌水，补入新制灰浆。

8.3.5 槽内浆体凝固后，应用厚度不小于 0.3m 的湿土覆盖墙顶。

9 墙段连接

9.0.1 接头管（板）法施工，应遵守下列规定：

1 接头管能承受最大的混凝土压力和起拔力。接头管表面应平滑，管体连接方式应可靠、易操作。

2 选用有足够起拔能力的吊车或拔管机。

3 使用液压拔管机起拔接头管时，应验算地基及导墙的承载能力，防止槽口坍塌。

4 当接头管难以下放到预定深度时，接头管以下部分可采取钻凿法连接。

5 接头管起拔的时间应通过试验确定。

6 接头管拔出的过程中应及时向接头孔内充填泥浆。

7 起拔接头管过程中，应做好混凝土浇筑和起拔记录。

9.0.2 采用钻凿法施工接头孔时，应在已浇混凝土终凝后方可开始钻凿接头孔。

9.0.3 采用铣削法施工接头时应遵守下列规定：

1 根据槽孔深度和成槽孔斜率要求，确定铣削一期墙段混凝土（或灰浆）的长度。

2 接缝的位置应准确标记在导墙上。

3 建造槽孔时，经常测量接缝处端孔的孔斜率，并控制孔斜。

9.0.4 采用其他连接方法时应遵守下列规定：

1 平接法应严格控制接缝处端孔的孔斜率和接头洗刷质量。

2 止水带法和止水片法在接头防渗要求较高的防渗墙内使用。下设时，应采取保护措施。

10 钢筋笼及预埋件

10.1 钢筋笼

10.1.1 钢筋笼的结构尺寸应遵守下列规定：

1 钢筋笼的外形尺寸根据槽段长度、深度、接头型式及具备的起重能力等因素确定。

2 钢筋笼在主体工程墙体中的保护层厚度应不小于 75mm。

3 垂直钢筋净间距宜大于混凝土粗骨料直径的 4 倍。

10.1.2 钢筋笼分节长度应根据孔深、起吊高度、重量、在槽口总对接时间等条件综合考虑选定。

10.1.3 应采取措施防止钢筋笼在存放和吊运过程中产生扭曲变形。

10.1.4 钢筋笼较长时，应选择合适的起吊点和起吊方法。

10.1.5 钢筋笼制作允许偏差应符合下列规定：

1 主筋间距 $\pm 10\text{mm}$ 。

2 箍筋和加强筋间距 $\pm 20\text{mm}$ 。

3 钢筋笼长度 $\pm 50\text{mm}$ 。

4 钢筋笼的弯曲度不大于 1%。

10.1.6 钢筋笼入槽定位允许偏差应符合下列规定：

1 标高 $\pm 50\text{mm}$ 。

2 垂直墙轴线方向 $\pm 20\text{mm}$ 。

3 沿轴线方向 $\pm 50\text{mm}$ 。

10.2 预埋管或预留孔

10.2.1 防渗墙墙体内部可以预埋管或采用拔管法预留孔洞。

10.2.2 预埋管和拔管管模应有足够的强度和刚度，管模的结构应有利于减少起拔阻力，管接头应牢固。

10.2.3 预埋管或预留孔孔位宜布置在相邻混凝土导管间的中心

位置。

10.2.4 预埋管底部和上端宜采用角钢固定牢固，中部可用钢筋定位架定位，定位架间距 6~12m。

10.2.5 应保护好预埋管和预留孔，防止异物坠入。

10.3 观测仪器埋设

10.3.1 防渗墙内可埋设应力应变计、无应力计、钢筋计、土压力计、墙体变形测斜导管等仪器。

10.3.2 仪器埋设断面宜布置在相邻混凝土导管间的中心位置上。

10.3.3 仪器埋设前，应完成仪器的力学率定、温度率定、绝缘气密性率定，并进行电缆绝缘的气密性检查和芯线电阻检查，电缆硫化接头强度和绝缘情况检查。

10.3.4 仪器埋设时，应按设计要求严格控制其位置和方向，注意对电缆的保护，防止从槽孔口掉入异物。

10.3.5 仪器埋设完毕，应妥善保护仪器电缆。

11 薄防渗墙施工

11.0.1 薄防渗墙的成槽可根据地质条件选用薄型抓斗成槽、冲击钻成槽、射水法成槽和锯槽机成槽等方法，槽孔的孔斜率不应大于 4‰。

11.0.2 薄型抓斗成槽应符合下列要求：

- 1 薄型抓斗成槽可适用于黏土、粉土、砂和砾石地层。
- 2 开槽宽度不小于 300mm，开槽深度不宜大于 40m。
- 3 槽孔施工应分主孔和副孔，主孔和副孔长度均应小于抓斗的有效抓取长度。
- 4 采用两期槽段施工，墙段连接宜采用接头管（板）法。

11.0.3 冲击钻成槽应遵守下列规定：

- 1 冲击钻成槽可适用于各种第四纪地层和基岩地层。
- 2 槽宽不宜小于 400mm，开槽深度不宜大于 40m。
- 3 采用两期槽段施工，墙段连接宜采用接头管法或钻凿法。

11.0.4 射水法成槽应遵守下列规定：

- 1 射水法成槽适用于黏土、粉土、砂及含有少量粒径不大于 100mm 的卵砾石地层。
- 2 开槽宽度宜为 200~300mm，开槽深度不宜大于 30m。
- 3 采用两期槽段施工，槽段连接采用平接法。槽孔划分时，二期槽孔的长度应大于成型器长度 20~40mm。
- 4 二期槽孔成槽时，成形器应增加侧向喷嘴，侧向喷嘴之上应安装钢丝刷。

11.0.5 锯槽机成槽应遵守下列规定：

- 1 锯槽机成槽适用于粉土、砂土。
- 2 开槽宽度宜在 200~400mm 之间，开槽深度不宜大于 20m。
- 3 在混凝土浇筑前，槽孔间应采取安全可靠的隔离措施。

11.0.6 漏失地层应采取预防措施，发现泥浆漏失，应立即堵漏或补浆。

11.0.7 成槽后，应对槽孔质量进行全面检查。应经检查合格，方可进行清孔。

12 特殊情况处理

12.0.1 导墙严重变形，影响成槽施工时，可采取下列方法处理：

- 1 局部加固支撑。
- 2 改善导墙地基条件。
- 3 重新修筑导墙或在变形破坏部位补贴一段导墙。

12.0.2 槽孔漏浆、塌孔可采取下列方法处理：

1 导墙底部坍塌，可回填槽孔，处理塌坑或采取其他安全技术措施。

2 槽孔中下部坍塌，应及时补充浓浆。必要时可回填槽孔至坍塌部位以上，重新造孔。

3 地层严重漏浆，应迅速向槽孔内补浆并填入堵漏材料，必要时可回填槽孔。

12.0.3 混凝土浇筑过程中导管堵塞、拔脱、导管破裂漏浆或其他原因中断浇筑，应按下列程序处理：

1 将事故导管全部拔出，清洗检查导管。

2 核对混凝土面高程及导管长度，重新下设导管，确认导管插入混凝土深度不小于 1.0m。

3 抽尽导管内泥浆，继续浇筑。

12.0.4 混凝土浇筑过程中钢筋笼上浮，可采取下列措施：

1 及时减少导管在混凝土内的埋入深度。

2 对钢筋笼体锚固或压重。

3 降低混凝土浇筑速度。

12.0.5 采用接头管法施工时，对确已被混凝土凝固的接头管，可在其上下游两侧采用高压喷射灌浆或水泥灌浆包裹处理，同时清理净管体下部和内部泥浆，灌注水泥砂浆。接头管在混凝土浇筑过程中发生偏斜，或被混凝土凝筑而不能正常起拔时，可采取

下列方法处理：

1 浇筑开始时接头管发生偏斜，及时提出全部接头管板，检查后重新吊放。

2 吊放无法实施或仍产生偏斜，影响接头质量时，放弃接头管，可改为钻凿法套接。

3 接头管被凝筑，但混凝土尚未终凝时，适当加大压力起拔，可采用强力起拔与振动相结合的方法，边振边提。

4 浇筑完毕及时开挖相邻槽孔，清除管侧壁土体或混凝土后，再强力起拔。

5 对的确已被“铸死”的接头管，可在其上下游两侧采用高压喷射灌浆或水泥灌浆包裹处理，同时清理净管下部和内部泥浆，灌注水泥浆或混凝土。

12.0.6 墙段连接未达到设计要求可选择下列方法处理：

1 在接缝上游侧补贴一段新墙。

2 在接缝迎水面采用高压喷射灌浆或水泥灌浆处理。

12.0.7 防渗墙墙体发生断墙或混凝土严重混浆时，可选择下列方法处理：

1 凿除已浇筑的混凝土，重新成槽、清孔、混凝土浇筑。

2 在需要处理的墙段迎水侧补贴一段新墙。

3 在需要处理的墙段迎水面进行水泥灌浆或高压喷射灌浆处理。

4 用地质钻机在墙体内钻孔，对夹泥层用高压水冲洗，洗净后采用水泥灌浆或高压喷射灌浆处理。

12.0.8 防渗墙顶部欠浇未达到设计高程，应清除顶部混合物至新鲜混凝土，采用现浇混凝土方式至设计高程。

13 质量检查和竣工资料

13.0.1 防渗墙质量检查程序应包括工序质量检查和墙体质量检查。

13.0.2 工序质量检查应包括造孔、终孔、清孔、接头处理、混凝土浇筑（包括钢筋笼、预埋件、观测仪器安装埋设）等检查。

13.0.3 各工序检查合格后，应签发工序质量检查合格证。上道工序未经检查合格，不应进行下道工序。

13.0.4 槽孔建造的终孔质量检查应包括下列内容：

- 1 孔深、槽孔中心偏差、孔斜率、槽宽和孔形。
- 2 基岩岩样与槽孔嵌入基岩深度。
- 3 一期、二期槽孔间接头的套接厚度。

13.0.5 槽孔的清孔质量检查应包括下列内容：

- 1 接头孔刷洗质量。
- 2 孔底淤积厚度。
- 3 孔内泥浆性能（包括密度、黏度、含砂量）。

13.0.6 混凝土浇筑质量检查应包括下列内容：

- 1 导管布置。
- 2 导管埋深。
- 3 浇筑混凝土面的上升速度。
- 4 钢筋笼、预埋件、观测仪器安装埋设。
- 5 混凝土面高差。

13.0.7 墙体材料检查应遵循下列规定：

- 1 混凝土成型试件应在槽孔口现场取样。
- 2 抗压强度试件每个墙段至少成型 1 组，大于 500m^3 的墙段至少成型 2 组；抗渗性能试件每 8~10 个墙段成型 1 组。
- 3 薄墙抗压强度试件每 5 个墙段成型 1 组，抗渗性能试件每 20 个墙段成型 1 组。

4 固化灰浆和自凝灰浆应进行抗压及抗渗试验，试验组数根据工程规模确定。

5 确需进行弹性模量试验时，弹性模量试件数量根据需要确定。

13.0.8 墙体质量检查应在成墙后 28d 进行，检查内容为必要的墙体物理力学性能指标、墙段接缝和可能存在的缺陷。检查可采用钻孔取芯、注水试验或其他检测等方法，注水试验按照 SL 345 的规定进行。检查孔的数量宜为每 15~20 个槽孔一个，位置应具有代表性。遇有特殊要求时，可酌情增加检测项目及检测频率，固化灰浆和自凝灰浆的质量检查可在合适龄期进行。

13.0.9 防渗墙单项工程的竣工资料应包括下列内容：

1 设计图纸、说明书、技术要求、设计变更及补充文件。

2 竣工报告、竣工总平面图及剖面图。

3 施工原始记录、工序质量检查资料、原材料检验资料、墙体材料及泥浆试验资料、墙内观测仪器的埋设和初期观测资料、施工期地下水位和坝体观测资料、墙体检查孔成果资料、重大事故报告。

4 有关的专题试验研究报告等。

5 工程建设大事记。

13.0.10 防渗墙单项工程的竣工验收，应按照 SL 223 的规定执行。

13.0.11 应做好防渗墙施工记录和资料统计分析整理工作，主要图表按附录 B 执行。

附录 A 黏土混凝土和塑性混凝土配制强度和匀质性评定标准

A.0.1 黏土混凝土和塑性混凝土的配制强度按式 (A.0.1) 计算:

$$f_{cu,0} = \frac{f_{cu,k}}{1 - tC_v} \quad (\text{A.0.1})$$

式中 $f_{cu,0}$ ——混凝土的施工配制强度, MPa;

$f_{cu,k}$ ——设计的混凝土强度标准值, MPa;

t ——概率度系数, 概率度系数 t 与保证率 P 的关系见表 A.0.1-1;

C_v ——强度的离差系数, 不同强度的混凝土 C_v 值见表 A.0.1-2。

表 A.0.1-1 保证率与概率度系数的关系

保证率 P (%)	75.8	80.0	82.9	85.0	90.0	93.3	95.0	97.7
概率度系数 t	0.70	0.84	0.95	1.04	1.28	1.50	1.65	2.00

表 A.0.1-2 混凝土抗压强度离差系数 C_v 的参照值

设计强度标准值 (MPa)	20~16	15~10	9~6	5~3	2~1
计算配制强度的 C_v 参照值	0.20	0.23	0.26	0.29	0.33

A.0.2 混凝土抗压强度匀质性的评定采用离差系数 (C_v) 法, 其标准见表 A.0.2。

表 A.0.2 混凝土抗压强度离差系数 C_v 的评定标准

设计强度 (MPa)	等 级			
	优秀	良好	一般	较差
20~16	<0.16	0.16~0.19	0.20~0.23	>0.23
15~10	<0.19	0.19~0.22	0.23~0.26	>0.26
9~6	<0.22	0.22~0.25	0.26~0.29	>0.29
5~3	<0.25	0.25~0.28	0.29~0.33	>0.33
2~1	<0.29	0.29~0.32	0.33~0.38	>0.38

表 B.3 导管下设及开浇情况记录表

工程项目：_____ 槽孔编号：_____ 导管编号：_____

施工单位：_____ 清孔结束时间：__年__月__日__时__分

下设时间（时：分）：__至__ 清孔验收时间：__年__月__日__时__分

一、导钢管节编号及长度

导管内径：_____ mm

管节编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
管节长度（m）										
累计管长（m）										
管节编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
管节长度（m）										
累计管长（m）										
管节编号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
管节长度（m）										
累计管长（m）										
管节编号	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
管节长度（m）										
累计管长（m）										

注：每套导管的底节编号为1，自下而上编号。

二、导管实际下设情况

导管塞直径：_____ mm

终孔验收 孔深 (m)	导管长度 (m)	孔外管长 (m)		导管下端距孔底 (m)	孔内管长 (m)
		导管放置 孔底	导管安置后		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (4) - (3)	(6) = (2) - (4)

三、开浇情况

砂浆开始注入孔内时间： 日 时 分；混凝土开始注入时间： 日 时 分 开浇过程及情况说明：
--

技术值班：

浇筑班长：

记录：

表 B.6 第 ____ 号槽孔混凝土浇筑示意图及浇筑过程记录表

工程项目：____ 槽孔长度：____ m 平均孔深：____ m 平均孔宽：____ m 计划方量：____ m³ 实浇方量：____ m³
 起止桩号：____ 清孔验收时间：____ 开浇时间：____ 终浇时间：____ 终浇高程：____ m

单孔编号	混凝土面 测量时间 (时：分)	累计浇 筑车 (盘) 数	累计浇筑 方量 (m ³) 计划 实际	累计方量—浇筑 高程曲线	气象 情况	浇筑情况说明	记录员	浇筑班 班长	技术 值班 班
高 程 (m)									
孔 深 (m)									
孔 深 (m)									
终孔验收孔深 (m)		0 50 100 150 200	累计浇筑方量 (m ³)			混凝土 运输方式			技术负责：
孔底淤积厚度 (m)		混凝土配合比： 混凝土坍落度： mm；混凝土扩散度 mm				混凝土面平 均上升速度 m/h			
导管底至孔底 距离 (mm)		施工单位：				导管埋深			监理：
						最小 (m)： 最大 (m)：			

注：本记录应采用方格纸（米格纸）绘制，图幅的长度和宽度根据孔深和槽孔长度确定。

表 B.7 防渗墙接头管下设记录表

第 _____ 号槽接头管下设记录表

工程名称：_____ 施工单位：_____

下设日期：_____年_____月_____日 编号：_____

1 号孔 孔深_____ m					3 号孔 孔深_____ m				
下设时间：__日__时__分至__日__时__分					下设时间：__日__时__分至__日__时__分				
序号	编号	管长	备注		序号	编号	管长	备注	
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				
9					9				
10					10				
11					11				
12					12				
13					13				
14					14				
15					15				
16					16				
17					17				
18					18				
19					19				
20					20				
注：接头管底节编号为 1，按由下向上顺序编号					注：接头管底节编号为 1，按由下向上顺序编号				
接头管总长 (m) (1)	孔外管长 (m) (2)	接头孔孔深 (m) (3)	孔内管长 (m) (4)= (1)-(2)	管底距孔底 (m) (5)= (3)-(4)	接头管总长 (m) (1)	孔外管长 (m) (2)	接头孔孔深 (m) (3)	孔内管长 (m) (4)= (1)-(2)	管底距孔底 (m) (5)= (3)-(4)

记录：_____ 验收：_____ 现场工程师：_____年_____月_____日

表 B.8 防渗墙接头管起拔记录表

第 _____ 号槽接头管起拔记录表

工程名称：_____ 施工单位：_____

开浇时间：_____月_____日_____时_____分 终浇时间：_____月_____日_____时_____分

强度等级：_____ 级配：_____ 气温：_____℃ 预计初凝时间：_____小时 编号：_____

1 号孔起止时间： _____月_____日_____时_____分至_____日_____时_____分						3 号孔起止时间： _____月_____日_____时_____分至_____日_____时_____分							
验收孔深：_____m 孔内管长：_____m						验收孔深：_____m 孔内管长：_____m							
序号	动作 时间 (时:分)	泵源		表压 (MPa)	升管 (m)	备注	序号	动作 时间 (时:分)	泵源		表压 (MPa)	升管 (m)	备注
		小	大						小	大			
1							1						
2							2						
3							3						
4							4						
5							5						
6							6						
7							7						
8							8						
9							9						
10							10						
11							11						
12							12						
13							13						
14							14						
15							15						
16							16						
17							17						
18							18						
19							19						
20							20						
拔管后孔深：_____m						拔管后孔深：_____m							

记录：

验收：

现场工程师：

_____年_____月_____日

表 B.9 防渗墙造孔质量检查记录表

槽孔编号：____ 槽孔长度：____ m 检查孔位：____ 桅杆高：____ m 第__页
 施工单位：_____ 施工机组：_____ 检查方法：_____ 检查时间：_____

设计孔深： m		实测孔深： m		孔位偏差： mm		钻具规格： mm	
孔 斜 检 查							
孔深 (m)	垂直墙身方向			平行墙身方向			备 注
	孔口偏差 (mm)	孔底偏差 (mm)	孔斜率 (%)	孔口偏差 (mm)	孔底偏差 (mm)	孔斜率 (%)	

机长： 质检： 记录： 监理：
 注：上游方向偏差为正值，下游方向偏差为负值；面向下游左偏差为正，右偏差为负。

表 B.10 防渗墙清孔质量检验记录表

槽孔编号：_____ 槽孔长度：_____ m 清孔方法：_____ 孔口高程：_____ m
 施工单位：_____ 施工机组：_____ 清孔日期：_____ 年 _____ 月 _____ 日

槽孔开口日期：_____ 年 _____ 月 _____ 日		清孔开始时间：_____ 时 _____ 分								
槽孔终孔日期：_____ 年 _____ 月 _____ 日		清孔结束时间：_____ 时 _____ 分								
项 目		孔 位								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
孔内 泥浆 性能	取样深度 (m)									
	取样时间 (时:分)									
	密度 (g/cm ³)									
	黏度 (s)									
	含砂量 (%)									
孔底 淤积	终孔孔深 (m)									
	测饼深度 (m)									
	淤积厚度 (mm)									
	测量时间 (时:分)									
接头 刷洗	刷洗方法	起端：_____ 末端：_____								
	刷洗遍数	起端：_____ 末端：_____								
	刷洗效果	起端：_____ 末端：_____								
说 明	检验人员签字：_____									
	_____ 年 _____ 月 _____ 日									

表 B.11 防渗墙单孔基岩面鉴定表

工程项目：_____ 槽孔编号：_____ 单孔编号：_____

施工单位：_____ 施工机组：_____ 中心桩号：_____

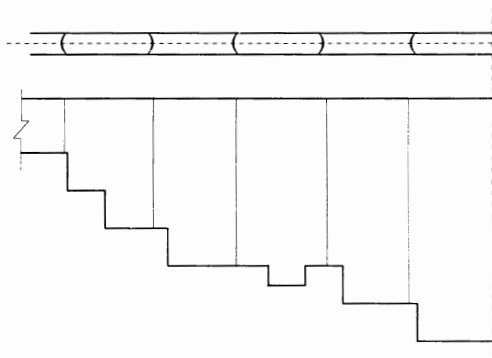
设计岩面高程：_____ m；实际岩面高程：_____ m；孔口高程：_____ m			
岩样编号	取样部位		岩样描述
	孔深 (m)	高程 (m)	
鉴定意见	基岩名称		
	基岩面深度 (m)		
	基岩面高程 (m)		
说明			鉴定成员签字： _____年____月____日

表 B.12 防渗墙造孔清孔检查合格证

工程项目：_____ 槽孔编号：_____ 槽孔长度：_____ m 起止桩号 _____

施工单位：_____ 开孔时间：_____ 终孔时间：_____ 清孔时间：_____

检验项目	质量标准	各部位质量检查结果									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
孔径孔宽 (mm)											
孔位偏差 (mm)											
终孔深度 (m)											
嵌岩深度 (m)											
最大孔斜率 (%)											
相应孔深 (m)											
泥浆密度 (g/cm ³)											
泥浆黏度 (s)											
泥浆含砂量 (%)											
淤积厚度 (mm)											
槽孔 套筒	长度 (mm)	起端					末端				
	厚度 (mm)	起端					末端				
接头 刷洗	遍数	起端					末端				
	效果	起端					末端				
施工单位说明：		验收意见：				验收成员签字：					
						年 月 日					
附件	名 称					编 号					



造孔	槽孔编号						
	起止桩号 (m)						
	槽孔长度 (m)						
	起止日期 (年-月-日)						
	造孔进尺 (m)						
	成墙面积 (m ²)						
	平均孔深 (m)						
	嵌入基岩深度 (m)						
清孔	泥浆	黏度 (s)					
		密度 (g/cm ³)					
		含砂量 (%)					
	孔底淤积厚度 (mm)						
混凝土浇筑	浇筑日期 (年-月-日)						
	浇筑方量 (m ³)						
	平均上升速度 (m/h)						
	混凝土试件	抗压强度 (MPa)					
		抗渗标号					
弹性模量 (MPa)							

图 B1 混凝土防

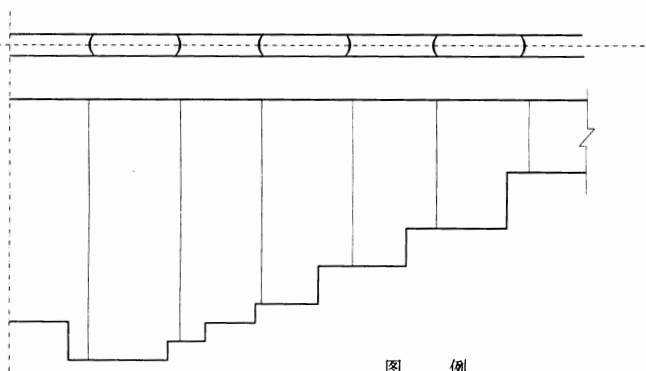
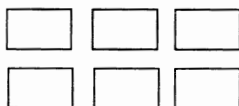


图 例



墙顶净长	m
平均深度	m
截水面积	m ²
造孔总进尺	m
混凝土总方量	m ³
总工期	日

绘图说明:

1. 纵剖面图应绘制下列内容:

- ① 墙顶高程线; ② 墙底轮廓线, 墙底高程; ③ 槽孔接缝线; ④ 地层分层线及符号;
- ⑤ 预留孔、钢筋笼、观测仪器埋设位置; ⑥ 较大事故出现部位; ⑦ 检查孔位置;
- ⑧ 勘探孔位置; ⑨ 大孤石位置。

2. 平面图应绘制下列内容:

- ① 施工轴线位置; ② 墙顶平面位置; ③ 接缝位置; ④ 预留孔、平面位置; ⑤ 墙顶起点、终点、明显的拐点桩号。

3. 检查孔的各墙段施工资料汇总表应一并绘入竣工图。

渗墙竣工图

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程混凝土防渗墙
施工技术规范

SL 174—2014

条 文 说 明

目 次

1	总则	49
3	施工准备	51
4	施工平台及导墙	53
5	泥浆	55
6	槽孔建造	59
7	墙体材料	63
8	成墙施工	68
9	墙段连接	72
10	钢筋笼及预埋件	74
11	薄防渗墙施工	76
12	特殊情况处理	78
13	质量检查和竣工资料	80

1 总 则

1.0.2 本条明确了本标准的适用范围。这一范围由原规范的墙体深度小于70m，墙体厚度600~1000mm，拓展为墙体深度不大于100m，墙体厚度200~1200mm。墙体深度和厚度超出上述范围，应通过试验作出补充规定。非主体工程或其他用途的混凝土防渗墙工程可参考使用。

近10余年来，我国在长江堤防及众多病险水库除险加固等工程中，200~400mm薄防渗墙施工技术得到了广泛应用，这些薄防渗墙的施工经验已被总结在本标准中，故本标准对原规范的适用范围作了修订。与此同时，随着我国经济建设，特别是水利水电建设向西部扩展，深墙技术也取得了长足进步。目前，我国超100m深墙已达5道之多，其中西藏旁多水电站坝基混凝土防渗墙深度达201m，超过了加拿大马利克3号坝基防渗墙132m和日本首都圈外围溢洪道3号竖井地下连续墙工程140m的世界纪录，成为世界最深防渗墙。但受经验所限，目前尚不足以将墙体深度大于100m的防渗墙施工经验总结在本标准中。

1.0.3 本条是针对我国日趋严格的环保、职业健康和安全技术措施提出的，目的是尽量避免在防渗墙施工过程中，废渣、废浆、废水等对环境的产生的不良影响，保证施工安全。

1.0.4 本条是针对施工方提出的相关要求。施工作业过程中，应按本要求执行，便于及时发现问题，及时纠正。

1.0.6 本条是针对建设单位提出的要求。目前我国防渗墙的应用及其广泛，如台山核电站防渗墙，在海边施工，准确的水文气象资料，才能保证施工组织顺利进行，避免台风及潮汐引起的安全隐患，对海水进行准确的水质分析，才能保证混凝土材料的抗海水腐蚀性；如西藏旁多水电站，海拔4100.00m，高寒缺氧，施工必须考虑人员、机械的适应能力，材料的抗冻耐寒，翔实的

资料数据可以保证防渗墙的施工顺利和合格的工程质量；本条增补了“施工区域内的地下管线、地下构筑物、周边建筑物及有其他特殊要求的详细资料”，因为随着防渗墙应用领域的扩展，建筑基坑、地铁车站等位于城市之中，需要采取针对性的保护措施，防止防渗墙施工对它的影响。

由于近年来的科技进步，防渗墙的墙体材料和泥浆材料越来越丰富，因地制宜地利用和选取原材料，使之最大限度地节能减排，保护环境。

目前，很多防渗墙工程投资主体多元化，这些工程有时要求按国外的习惯和标准施工，因此在本标准中增加了要求建设单位提供“施工中应使用的标准”的内容。

1.0.7 在防渗墙施工前，轴线处具有本条文所涉及的资料，有助于确定施工方案及工艺、选择主要施工设备、确定工期，及时进行充分且必要的施工组织，采取相应的预防措施。特别是地层的密实程度、透水性、地下水位情况，以及是否存在孤石、反坡等资料，对于防渗墙施工至关重要。地质资料不详或不准确，可能造成工艺不当，资源不足，进而延误工期。

3 施工准备

3.0.1 按照目前水利水电工程施工的管理运行体制，中标的施工单位应编制施工组织设计，其中包括对中标后施工组织设计的修改和优化、施工技术细则。这些工作对能否顺利施工至关重要。

3.0.2 本条为新增条文。目的是强调施工前场地和临时设施的重要性。

3.0.3 在防渗墙施工中，由于设计提供的防渗墙轴线处的地质剖面图通常是根据间距大于 50m 的一些勘探孔资料，或是根据离防渗墙轴线较远的一些勘探孔投影到墙轴线处绘成的，这给施工工艺的选取、主要设备的选择、施工工期的安排、施工质量的保证造成很大影响。国内时有误将孤石当成基岩的案例，由此导致墙体未嵌入基岩而漏水，而事后的处理则造成很大的经济损失。国外的防渗墙工程倾向于开工前有较密的勘探孔和较准确的墙轴线处的地质剖面图。例如，加拿大大角坝（Bighorn Dam）的防渗墙轴线处的地质勘探孔间距为 6.1m，在成槽过程中遇到基岩难以确定时，再增补勘探孔。本条推荐，补充勘探孔入岩深度一般不小于 10m，特殊情况可加深至 15m，以确保墙体入岩。

3.0.4 施工平台和导墙是混凝土防渗墙顺利施工的重要前提。修筑之前，宜根据地质情况进行必要的地基处理，如对已知的浅层孤石进行钻孔预爆或挖除，对软弱地基进行加固处理等。这样，即可保证施工平台和导墙的稳定，也有利于加快施工进度，控制孔斜。

3.0.6 固壁泥浆的种类和性能指标是防渗墙施工的核心问题。开工前对料源情况进行调查，包括膨润土类型、黏土质量等，并完成泥浆配合比试验十分必要。某些工程开工后出现反复漏浆、塌孔、卡钻、埋钻等事故，其主要原因是料源的调查及泥浆配

合比的研究不够所致。

3.0.7 事实上，多数工程开工前设计仅提供了墙体材料性能指标要求，缺少施工配合比设计。

3.0.9 本条是保留原规范中的第 2.0.5 条而成的，主要强调施工前试验的重要性。

随着国家基础设施的快速发展，对混凝土防渗墙墙体的深度、厚度都有更高要求，施工的地质条件和气候条件都比以前难度更大，获得准确的施工试验资料直接决定着工程实施的可行性和科学性。例如，武汉阳逻大桥南锚碇地连墙，紧邻长江大堤内侧，距江岸 100m，墙厚 1.5m，入岩平均深度 6m，而且要在枯水期内完成施工；四川泸定水电站坝基防渗墙设计墙深 110m，墙厚 1000mm，地质条件十分复杂；西藏旁多水电站坝基防渗墙最大深度达 201m，墙厚 1000mm，轴线处既包括冰积漂（孤）石层，也含有粉细砂透镜体等特殊地层，且地处海拔 4100.00m。

上述典型工程，在展开大规模施工之前均进行了试验研究，并取得了良好效果。故本条强调，凡具有特殊技术要求或超规范标准的防渗墙，施工前期应进行试验研究。各种试验数据和资料，将为后期施工设备选取、组织安排、关键技术的改进等提供准确的依据，并保证大规模施工得以顺利进行。

4 施工平台及导墙

4.0.1 在确定防渗墙施工平台高程条件中，最重要的是施工平台“应高于施工期最高地下水位 2.0m 以上”。对于漂（卵）砾石地层而言，只有满足此条件，固壁泥浆才能形成更广泛的“桥塞区”，其静压力才可能支撑土和地下水的侧压力，才能保持槽孔的稳定；对于东部沿海，或类似地区而言，有可能不能满足此要求，应进行专题论证。

“施工期最高地下水位”是指施工期，特别是需在汛期施工的防渗墙而言设计频率洪水所形成的水位。这个水位对防渗墙槽孔安全，乃至整个工程的成败至关重要。条文中未明确 5 年、10 年、20 年一遇洪水所形成的水位，但设计过程中必须充分考虑这一重要因素。

4.0.2 本条文是针对施工现场处于斜坡状态时提出的。在保证施工安全的情况下，尽可能减少斜坡段施工平台数量。施工平台过多不利于重型设备施工，并将增加防渗墙施工辅助环节和工序，延误工期。

4.0.3 本条为原规范第 2.0.6 条修改而成。20 世纪 60 年代，导墙是用木板和地锚拉筋建造的，费工、费时，且不安全。此后开始使用钢筋混凝土导墙，施工比较简便且比较牢固，配合其他措施后在一定程度上避免了孔口坍塌和翻机事故，因此本标准依然推荐使用钢筋混凝土导墙。预制钢筋混凝土及钢结构构件现场组装的导墙，其优点是可以周转使用，降低成本，但当导墙下地基松软或采用重型设备施工防渗墙时需谨慎使用。

4.0.4 导墙的功用不仅是在开挖槽孔时给开挖机具导向，以及保护泥浆液面处于波动状态槽口的稳定，还要承受土压及接头管等临时荷载，因此，要求其具有一定强度和刚度，并建在稳定的地基上。

导墙的结构型式常用的有矩形、直角梯形、L形、倒L形、槽钢形等。

导墙高度由槽口土质条件、所承受的荷载和槽孔施工周期等因素决定。

导墙内间距，在用抓斗、液压铰槽机建造槽孔时，一般大于设计墙厚 50~100mm；在用冲击钻机建造槽孔时，一般大于设计墙厚 100~200mm。

导墙下地基加固方法，对松散土可采用振冲碎石桩，对软弱土可采用深层搅拌桩或粉喷桩，其他的方法还有水泥灌浆和高压喷射灌浆。加固深度视地质条件而定，最小不少于 8m。

4.0.5 本条规定的质量标准适合于一般的防渗墙工程。

对于超深（孔深不小于 80m），且需采用接头管施工的防渗墙应充分考虑导墙的配筋率及混凝土强度，必要时也可将导墙高度增加至 2.5~3.0m。

4.0.6 本条文对冲击式钻机轨道铺设提出的要求，是确保造孔施工质量的重要措施。

5 泥 浆

5.0.1 本条简要地阐述了泥浆应具备的功能。

泥浆首先要具有良好的稳定性、较强的抑制性、较大的悬浮及携带岩屑能力、较小的失水量以及适当的相对密度等物理性能，以形成薄而致密的泥皮。这样才能起到支撑孔壁、稳定地层的作用。

泥浆的流变性主要是用泥浆的流变曲线和塑性黏度、表观黏度、动切力、静切力等来描述的。它在解决槽孔问题时起着十分重要的作用：①支撑并稳定孔壁；②携带岩屑；③悬浮岩屑。

泥浆的稳定性是指在正常钻进时，泥浆中的分散粗颗粒不易下沉和它们不易聚结变大而沉降的性质；泥浆的抑制性是指抑制地层或泥浆中砂及岩屑水化和膨胀的能力，抑制性越强孔壁越稳定。

5.0.3 本条阐明了选择制浆土料和处理剂的重要因素。施工条件主要包括防渗墙轴线上的工程地质、水文地质条件和土料的采购、开采、运输及质量等条件。

5.0.4 膨润土是以蒙脱石为主要矿物成分的一种黏土。在进行矿物成分分析时，可以确定黏土的类型，而根据蒙脱石含量的高低，还可初步确定其造浆性能。另外根据蒙脱石所含的高碱性阳离子的种类和含量的分析，可把膨润土划分为钠质膨润土和钙质膨润土。

对于商品膨润土的矿物成分和化学成分分析，而可依据 GB/T 5005《钻井液材料规范》鉴定与选用。

对于商品膨润土，在鉴定其土料造浆性能时，可按 GB/T 5005 的规定执行。

根据我国商品膨润土现状，能达到钻井级和 OCMA 级的膨润土甚少，或价格昂贵。按 GB/T 5005 的技术要求，能满足

“未处理膨润土”指标要求的膨润土市场上也甚为少见。因此，本条降低了“未处理膨润土”指标要求，其中的塑性黏度和滤失量均为未分散值，且已掺加了5%纯碱。按表5.0.4-1指标，一般性防渗墙工程可以使用，但在搅拌过程中需添加相应的助剂，以提高泥浆的固壁性能，以及携带和悬浮岩屑能力。对于地质条件复杂，且孔深超过80m的防渗墙工程推荐使用钻井液级膨润土制浆。

5.0.5 根据本条中的标准尽量选择优质黏土拌制泥浆。黏粒含量大于50%的优质黏土来源有限，故本标准修订为45%。按GB/T 50145《土的工程分类标准》，塑性指数 $I_p \geq 0.73$ ($W_L - 20$)和 $I_p \geq 7$ 即为黏土，但作为制浆用黏土，其塑性指数 $I_p \geq 20$ 为宜。若施工中所用黏土不能满足此条要求，即便可以在造孔成槽过程中使用，但在清孔换浆过程中也需加入适量优质膨润土，以满足携带和悬浮岩屑需要，保证清孔质量。

5.0.6 本条所述地层特性是指地层中黏粒含量的多寡、地层密实或松散成度、是否存在粉细砂等特殊地层；成槽方法是指采用“钻劈法”、“钻抓法”、“抓取法”及“铣削法”等；泥浆用途主要是指造孔成槽或清孔换浆等阶段所用泥浆。因为不同特性的地层，不同的成槽方法，不同用途的泥浆，其配合比需做及时调整，必要时需掺加增黏剂、防漏剂、加重剂，以及可改变泥浆体系电性的助剂。

5.0.7 本条中的泥浆测定项目增加了塑性黏度、静切力两项重要指标。在实际工程中，可针对不同的施工阶段，包括成槽、清孔换浆、混凝土浇筑，以及成槽的不同工艺和成槽深浅等确定塑性黏度、动切力、静切力指标，以满足施工的特殊需要。

5.0.8 本条文中增加了重复使用泥浆的性能指标，目的是要求施工中重视重复使用泥浆的性能指标，以保证槽孔稳定。这个指标，还可根据地层情况在施工中予以调整，如漏失地层、松软地层、粉细砂地层、高承压水位地层等。

5.0.9 本条文中仅列入了1min静切力标准，原因是国内数十

道防渗墙使用的黏土泥浆试验证明，10min 静切力相对于 1min 静切力并无明显增长，这说明黏土泥浆并不具备良好的触变性。

5.0.10 本条文中对混凝土浇筑前的膨润土泥浆性能指标提出了要求，特别是当槽孔深度大于 80m 时，要特别注意混凝土浇筑前泥浆的黏度、密度以及含砂量等重要指标，保证泥浆有足够的悬浮能力，即在整个浇筑过程中不能因泥浆的悬浮力不足而导致其中的岩屑下沉过快；本条文提高了混凝土浇筑前膨润土泥浆、黏土泥浆黏度及含沙量指标。

泥浆取样位置可放宽至距孔底 0.5~1.5m，因为清孔换浆后的泥浆性能应该都是比较均一的，假如槽孔孔底和槽孔的中上部泥浆性能差异较大，则表明泥浆的静切力抑或悬浮岩屑能力不够，由此可能导致墙体质量缺陷。

在以往工程中，造成墙体出现“砂包”等渗漏通道，或是接头管起拔失败等，多数是因为清孔换浆后泥浆含沙量过高或是悬浮能力不足所致。因此，该阶段泥浆的黏度和含沙量必须予以高度重视，避免因黏度、密度和含砂量指标问题造成质量缺陷。考虑到本标准与 SL 634—2012《水利水电工程施工质量验收评定标准》不尽一致，施工质量验收评定标准应按 SL 634—2012 的规定执行。

5.0.12 高速搅拌机是指搅拌转速达 1200r/min 以上的搅拌机。旋流式搅拌机的送浆泵的泵叶也起搅拌作用，其转速达 1200r/min 以上，也属高速搅拌机。如用高速搅拌机拌制膨润土泥浆，新浆的溶胀时间可由普通搅拌机的 24h 减至 12h。

5.0.13 本条提出的泥浆处理剂，特别是加重剂（如重晶石粉、赤铁矿粉）掺加率需根据地层情况和施工的不同阶段通过计算、试验确定。加重剂在泥浆中为惰性组分，故在清孔换浆阶段避免使用加重剂。

5.0.14 泥浆主材及处理剂的掺量均要控制在本条规定范围内，特别是处理剂的误差如超过 1%，将在很大程度上改变泥浆的性

能指标或整个泥浆体系的电性。由此将给孔壁稳定、接头管起拔施工，以及墙体质量等造成不良影响，故要严格控制其掺量误差。

5.0.15 本条为新增条文。特别强调了当槽孔深度大于 80m，地质条件复杂时，在成槽过程中及混凝土浇筑前要高度重视泥浆性能指标。本标准推荐使用 MMH 正电胶等泥浆处理剂，以改善泥浆性能，提高固壁效果和悬浮能力，保证墙体质量。

6 槽孔建造

6.0.2 近年来，越来越多的先进设备应用于防渗墙工程中进行槽孔建造。但是，任何先进设备均有其局限性，同一设备不可能在所有地层中都可以达到高效施工，如先进的液压铣槽机在均质砂层中挖槽效率明显高于抓斗，却不能处理地层中的漂（块）石、孤石。所以，在地质条件复杂的地层建造防渗墙，有必要选用多种设备组合施工，以发挥各自优势。

钻劈法、钻抓法和抓取法是当前槽孔建造的常用方法。

钻劈法属于传统的槽孔建造方法，对地层适应性强，多用于砂卵石或含漂石地层中，但工效较低，其设备是冲击钻机或冲击反循环钻机。

钻抓法由钻机和抓斗配合施工，适用于多数复杂地层，总体工效高于钻劈法。钻机可以是冲击钻机、冲击反循环钻机或回转钻机等，抓斗可以是液压抓斗或机械抓斗。

抓取法为纯抓斗施工。目前国内属于较新的槽孔建造工艺，多适用于细颗粒地层，工效高于上述两种方法，但成槽精度相对稍低。施工设备可以是液压抓斗或机械抓斗。机械抓斗配以重凿也可用于复杂地基处理，甚至嵌岩作业。

铣削法是用液压铣槽机铣削地层形成槽孔的一种方法，是最新的槽孔建造方法，多用于砾石以下细颗粒松散地层和软弱岩层。该法施工效率高、成槽质量好，但成本较高。

6.0.3 本条为确定槽孔长度时的一般原则。“墙体平面形状”是指墙段的拐弯、分叉等具体形状，此时应根据结构要求和施工方便考虑墙段划分。

6.0.4 防渗墙施工中的合龙段往往要经受较大的承压水影响，此时容易造成槽壁失稳、坍塌等事故，因此宜为短槽段，并安排在深度较浅部位。必要时，建议在合拢槽孔迎水面设排水井，以

减轻承压水对孔壁稳定的影响。“条件较好”指成槽难度相对较小和地层渗漏量较小的部位，以减少槽孔建造时间和避免渗透水流对墙壁稳定的影响和对龄期较短混凝土的溶蚀。

6.0.5 如两期槽孔同时施工并相距过近，在成槽或槽孔浇筑过程中，两槽间土体可能因坍塌或被混凝土挤穿，而造成槽孔连通的事故。

6.0.6 选定钻头直径时要考虑地层特点，既能满足墙厚要求，又不加大扩孔系数，以免造成混凝土严重超方。

钻劈法的副孔长度一般为主孔直径的 1.5 倍，施工中视地层的密实程度和墙体的厚度，可作适当调整。

6.0.7 钻抓法施工时，在槽孔的两端必须钻凿主孔，其目的主要是保证墙段连接质量。槽孔中间可根据地层情况决定是否再钻凿主孔，其目的是为抓斗导向，便于切割土体。

6.0.8 抓取法和铣削法施工时，副孔长度宜为主孔长度的 $1/2 \sim 2/3$ ，是为了使抓斗施工副孔时，便于切割土体，并可保证槽孔的连通。

6.0.9 本条的规定是为了保持槽内足够的泥浆静压力，以维持孔壁的稳定。

6.0.10 由于近年来引进了先进防渗墙施工设备，开发了先进施工工艺，重凿冲砸硬岩和钻孔预爆均在实际施工中处理孤石和硬岩地层时取得了良好效果。重凿重量可达 $8 \sim 12\text{t}$ ，可以用重型抓斗主机驱动，效果明显优于传统的冲击钻头；钻孔预爆是在槽孔开挖前进行，其钻孔设备可采用岩芯钻或各类快速跟管钻机。

6.0.11 对已知的漏失地层，在开挖槽孔以前，要备足堵漏材料如黏土球、水泥、锯末等，也可在泥浆中加入单项压力封堵剂、复合堵漏剂等，或采用预灌浓浆的方法先行处理。

6.0.12 清除槽孔周围各类废弃物，是为了避免其进入槽孔污染泥浆，影响孔壁稳定或浇筑质量。

6.0.13 墙体如嵌入基岩，基岩面的确定十分关键。在以往的过程中，由于对基岩面的误判，导致坝基或其他防渗体系漏失严

重，并造成重大经济损失。因此，本条特别强调：“当难以确定基岩面，或对基岩面产生怀疑时，应钻取岩芯予以验证和确定。钻孔入岩深度应不小于10m。”特殊情况下应不小于15m，以确保墙体入岩，避免由此造成事后勘察、堵漏等经济损失。

6.0.15 槽孔建造是防渗墙施工的关键工序，必须在终孔质量检查合格后再进行清孔换浆。如终孔检查存在质量问题即进行清孔换浆，必将对墙体质量产生严重影响，修孔处理又会影响固壁泥浆质量，以后需再次清孔换浆，造成浪费。

终孔质量检查中的孔斜检测方法有多种：对于一般工程，可用测量悬吊钻头或抓斗的钢绳的偏斜值并进行计算的重锤法；对于重要或对孔形有严格要求的工程，采用超声波测井仪进行检测；成槽设备配备的测斜仪器，其测量精度经校检合格后，检测成果也可作为验收依据。

6.0.16 槽孔的孔斜率是槽孔建造质量的主要控制因素，端孔的孔斜率更是决定墙段是否可靠连接的重要因素。总体原则是要保证墙体厚度、槽段内部的连通性以及墙段连接部位的墙体厚度。

根据抓取法施工特点，并结合国内外的连墙施工经验，此处规定了孔斜率控制在6‰范围内，具体操作时仍要遵循上述原则。

需要注意的是：不能把孔斜率确定为检验和控制槽孔建造质量的唯一标准。浅槽孔孔斜率即使较大，可能超过规范的要求，但其绝对偏差值可能较小，不会影响墙段连接质量，没有必要耗费资源进行处理；对于深度较大的槽孔（比如达到80m以上），接头孔的孔斜率可能并没有超出规范要求，但绝对偏差值可能超过了设计墙体厚度的1/3，此时已不能满足墙体连接质量要求。因此，本条要求，即便遇有孤石等特殊情况，当槽孔深度较大时也应控制在6‰以内。施工中中对孔斜率既要严格控制，又要根据实际情况具体掌握。

6.0.17 清孔换浆方法根据地层特点、槽孔建造工艺综合确定。泵吸法和气举法相对于传统的抽筒法更能保证清孔质量，所以加

以推荐。抽筒法仍可在泥浆质量较好，槽孔较浅的情况下使用。

6.0.19 近年来，越来越多的防渗墙施工中采用加入 MMH、CMC 或其他助剂泥浆，不但有利于孔壁稳定，也提高了泥浆携带和悬浮岩屑能力，并有利于清孔质量。本条中的膨润土清孔控制指标未进行新的修订，施工过程中可参考近年来四川田湾河水电站、泸定水电站以及西藏旁多水电站 158m 深大坝防渗墙等工程清孔换浆指标。

6.0.20 通常情况下，清孔合格后于 4h 内开浇混凝土，是完全可以做到的。但对于槽孔深度较大且因吊放钢筋笼等不能在 4h 内开浇混凝土的工程，为确保浇筑质量，可采用提高泥浆悬浮能力等措施，保证混凝土浇筑过程中泥浆中的岩屑不会沉淀或已极慢的速率下沉。如在 4h 内不能开浇，则需重新测量淤积厚度，若不合格，须补充清孔或采取其他补救措施。

7 墙体材料

7.0.1 新增条文，是关于确定混凝土施工配制强度的建议性条文。众所周知，混凝土施工配制强度的计算，有标准差法和离差系数法两种方法，而近年来，国内多数规范采用了标准差法，其原因是：在强度等级大于 20MPa 时，在同等质量控制水平下，标准差 σ 的变化很小，用标准差法反而更方便，所以对防渗墙用普通混凝土采用标准差法计算混凝土施工配制强度是合适的。SL 352《水工混凝土试验规程》中有详细的计算方法，本条引用该标准。

本标准之所以对黏土混凝土和塑性混凝土推荐采用离差系数法，是基于以下几个原因：①这两类防渗墙用的混凝土抗压强度均很低，黏土混凝土一般在 10MPa 左右，塑性混凝土一般为 1~5MPa，随着强度等级的降低，标准差越来越小，现有的规范不适用；②这两类混凝土内所掺加的黏土和膨润土为天然矿物的制成品，造成混凝土强度的离散性较大；③用离差系数 C_v 值可以较直观地判断离散性的大小。

在本标准的编写过程中，依据有关单位和专家的研究成果和建议，并对国内 26 道不同墙体材料防渗墙的统计资料进行分析后，参照有关规范，提出适用于黏土混凝土和塑性混凝土配制强度计算的离差系数法和施工均质性的评定标准。

防渗墙混凝土是用直升导管法在泥浆下浇筑的，据国内外资料，其强度比同等级地面浇筑的混凝土强度有不同程度的降低，仅为后者的 70%~90%。所以考虑到泥浆下浇筑条件对实际强度的不利影响，设计施工配合比时应相应提高混凝土的强度等级。参照国内外经验，建议对普通混凝土可提高一个强度等级；对黏土混凝土和塑性混凝土，因其强度较低，建议提高 10%~20%。

7.0.2 本条与原规范第 5.2.1 条的内容相同，是关于混凝土墙体材料施工性能的具体要求。实践证明，入槽坍落度低于 180mm 浇筑将很困难，因此实际坍落度应以槽孔口测量数据为准。入槽坍落度保持 150mm 以上的时间不小于 1h，对于孔内混凝土的均匀扩散很重要，所以必须同时提出。初凝时间过短会给混凝土浇筑施工和接头孔拔管施工造成困难，终凝时间过长会影响施工进度。混凝土的密度过小不利于混凝土充分置换孔内泥浆，所以应予适当限制。当采用钻凿法施工接头孔时，一期墙段混凝土的 7d 强度不宜大于 10MPa。

7.0.3 本条由原规范第 5.2.3 条修改、扩充而成。

将“配制混凝土的骨料宜优先选用天然卵石、砾石和中、粗砂”修改为“可使用天然卵石、砾石、人工碎石和天然砂、人工砂”。

使用山砂、特细砂和含有活性骨料、黄锈和钙质结核等骨料应经过试验论证。经过试验论证其不影响设计要求的墙体材料的物理力学性能指标，则可使用。郑州龙湖调蓄工程 81.93 万 m^2 的塑性混凝土防渗墙使用了当地的天然特细砂，其细度模数为 0.7，通过室内混凝土配合比试验和施工混凝土取样成型试件试验，其试验结果均满足设计要求的墙体材料的物理力学性能指标。

7.0.4 本条由原规范第 5.2.2 条修改、扩充而成，修改补充要点如下：

(1) 将“水胶比不宜大于 0.65”改为“水胶比不宜大于 0.60”，并增补“砂率不宜小于 40%”。普通混凝土是刚性墙体材料，主要用于对强度和抗渗性能要求较高的地下连续墙工程。胶凝材料的用量、水灰比是决定混凝土强度、抗渗性和耐久性的主要因素，故参照国内外的有关规范和施工经验，并考虑水下浇筑的不利因素，本条提出了其配合比参数的控制下限。

(2) 删除“水泥标号不宜低于 325 号”。GB 175《通用硅酸盐水泥规范》规定了各种水泥的强度等级，不在此重复。

7.0.5 新增条文，是关于黏土混凝土配合比参数的推荐性条文。黏土混凝土在 20 世纪 90 年代以前，是我国建造防渗墙使用最多的墙体材料，我国已修建的防渗墙中约有 76% 的工程用的是黏土混凝土。黏土混凝土的变形模量仍然大大高于地基，仍属刚性墙体材料，不可与塑性混凝土相混淆。黏土混凝土中的黏土也可用膨润土替代，但其掺量较低，一般为水泥和膨润土总量的 10% 左右。

黏土混凝土中黏土的掺加率一般为水泥和黏土总重量的 20% 左右。对黏土混凝土的强度要求不高，一般为 7.0 ~ 12.0MPa，但抗渗等级较高 (>W6)，故对水胶比、黏土掺量和最低胶凝材料用量须有一定的限制。由于黏土的吸水量较大，黏土混凝土的水胶比上限可略高于普通混凝土，但不宜大于 0.65。由于黏土具有一定的保水作用，且含有部分砂粒，故黏土混凝土的砂率下限小于普通混凝土，为 36%。

7.0.6 新增条文，是关于塑性混凝土配合比参数的建议性条文。塑性混凝土是一种水泥用量较少，并掺加膨润土、黏土的塑性墙体材料。它的变形模量接近地基的变形模量，在外荷作用下能适应地基的变形，从而大大改善了墙体的应力状态，在强度较低的情况下，墙体也不会开裂。

20 世纪 70 年代以来，国外对塑性混凝土做了大量的试验研究工作。我国从 20 世纪 80 年代中期开始研究和应用塑性混凝土防渗墙。自 1982 年第 14 届国际大坝会议以来的历届国际大坝会议均对塑性混凝土防渗墙进行了讨论，对防渗墙塑性混凝土应具有的特性取得下列共识：

(1) 弹性模量为地基弹性模量的 1 ~ 5 倍，一般不大于 2000MPa，极限变形可达 1% ~ 5%。

(2) 28d 的抗压强度一般为 1.0 ~ 5.0MPa，弹强比一般为 150 ~ 500。

(3) 渗透系数的变化范围一般在 $n \times 10^{-6} \sim n \times 10^{-8}$ cm/s。

(4) 渗透破坏坡降至少可达 200 ~ 300。

总体来看，国外塑性混凝土的水泥用量和水胶比与国内有所不同，故其物理力学性能指标也略有差异（见表1）。在总结国内外经验的基础上，本标准对其配合比参数提出了控制范围。如进一步研究国外的设计和施工经验，其配合比仍有优化的可能。

表1 国内外塑性混凝土配合比和性能指标对照表

项目	水泥用量 (kg/m ³)			水胶比			渗系数透 (cm/s)	抗压强度 (MPa)
	最高	最低	平均	最高	最低	平均		
国外	195	47	97.9	1.97	1.23	1.74	$n \times 10^{-6} \sim n \times 10^{-7}$	1~2
国内	210	80	143.1	1.30	0.78	0.99	$n \times 10^{-7} \sim n \times 10^{-9}$	2~5

7.0.7 本条由原规范第5.2.4条修改、扩充而成，是关于固化灰浆墙体材料配合比及性能的原则性条文。其修改补充要点如下：

(1) 增补漏斗黏土是采用何种漏斗黏度测量仪器测量的。测量漏斗黏度的仪器有1006型漏斗黏度计（即标准漏斗黏度计、500/700mL漏斗黏度计）和马氏漏斗黏度计（即946/1500mL漏斗黏度计）。这两种漏斗的容积不同，测得的数据不同，而且使用这两种漏斗黏度计测得的漏斗黏度之间没有一定的对照关系。

(2) 固化灰浆以固壁泥浆为基本浆材，对它的要求是密度尽可能高一些，而黏度不宜太高或太低，这样形成的灰浆固结体较均匀，具有较高的强度和抗渗性能。水泥用量的大小是影响固化灰浆强度和抗渗性能的重要因素，参照国内外的工程实例，确定了水泥用量不少于200kg/m³这个指标。

(3) 增补“置换法施工时固化灰浆的密度不宜小于1.7g/cm³”。固化灰浆的固化工艺有原位搅拌法和置换法。原位搅拌法是将槽孔内的泥浆中加入水泥等固化材料，砂子、粉煤灰等掺合料，水玻璃等外加剂后，在槽孔内经机械搅拌或压缩空气搅拌后形成固结体的一种施工方法；置换法是水泥等固化材料，砂子、粉煤灰等掺合料，水玻璃等外加剂搅拌后通过浇筑导管置换

槽孔内的部分泥浆后形成固结体的一种施工方法。因此，原位搅拌法要求固化灰浆的密度可以小一些，而置换法要求固化灰浆的密度就要大一些，否则，置换的效果就不太好，影响固化灰浆的质量。

7.0.8 新增条文，是关于自凝灰浆材料配合比及性能的原则性条文。

1 水泥用量如低于 $100\text{kg}/\text{m}^3$ ，自凝灰浆将难以凝固。如水泥用量 $300\text{kg}/\text{m}^3$ ，其流动性的减弱和凝结时间的缩短，均不利于成槽施工。

2 为了保证成槽过程中浆液有较长时间的流动性，拌制自凝灰浆可加入缓凝剂。但如果成槽速度很快，或在气温较低的情况下施工，也可不掺加缓凝剂。

3 用粉煤灰、磨细的高炉矿渣替代部分水泥，可延长浆液的初凝时间，并改善其凝结体的性能。

8 成 墙 施 工

8.1 泥浆下混凝土防渗墙成墙施工

8.1.2 “最大计划浇筑强度”是指最长槽孔在浇筑过程中能满足混凝土面计划上升速度的混凝土浇筑强度。

8.1.3 防渗墙混凝土需在泥浆下用导管浇筑，单个槽孔必须一次连续浇完，不得中断时间过长。否则孔内混凝土的流动性将大幅度下降，不但造成浇筑困难，容易发生堵管事故，而且对成墙质量会产生不利影响，故有必要对浇筑中断时间作出明确规定。欧洲规范规定：“应尽量避免中断时间超过 15min，超过 30min 以上的中断将会对防渗墙墙体质量及稳定性造成潜在危险”。DL/T 5199《混凝土外加剂应用技术规范》中规定不宜超过 40min。考虑到国内近年来随着技术进步及设备更新，故此处将中断时间规定为不宜超过 40min，总体上能保证混凝土防渗墙的墙体质量。

8.1.4 混凝土浇筑导管的直径过小容易发生堵管事故，甚至引发严重的质量事故，故在选择导管直径时应注意它与最大骨料粒径的匹配关系，国内外某些同类规范规定导管直径不小于最大骨料粒径的 6 倍，故建议浇筑二级配混凝土采用直径 240mm 以上的导管，直径 150mm 的导管一般只适用于浇筑薄型混凝土防渗墙。

8.1.5 参照国外同类标准并结合实际工程经验，对导管平面布置的规定做了修改，放宽了限制，原因是只要混凝土的施工性能和导管理深满足要求，导管布置在本条建议的范围内，浇筑质量是能够保证的，限制过严不利于导管的布置。

8.1.6 本条规定了导管的结构和开浇时导管底部至孔底距离。此距离小于 150mm 不利于导管内泥浆排出，易发生塞管事故，超过 250mm，在混凝土供应不上时，会造成返浆、混浆事故。

实际操作方法是：先将导管放至槽底，然后向上提升 150～250mm，将导管安放在槽口的井架上。

8.1.7 使用能被泥浆浮起的隔离塞球，可有效地隔离管内的泥浆与混凝土，防止混浆和堵管事故。开浇时先注入少量砂浆，主要目的也是防止堵管事故。如果用和易性好的一级配混凝土，也可不采取这一措施。

8.1.8 导管理深对于预防墙体出现裹浆夹泥等质量缺陷至关重要，参照国外有关资料，在本标准中明确了三种情况下的导管理深情况，一般情况下，导管需埋入混凝土的最小深度为 2m；当混凝土浇筑接近孔口（或者设计墙顶高程）时，此时混凝土自重压力变小，导管理深可以进一步减小为 1m，以便于混凝土的顺利浇筑。

一般说来，提高混凝土面上升速度有利于保证混凝土浇筑质量，尤其是当今国内防渗墙逐渐向更深、更宽的方向发展之时，提高混凝土的浇筑速度就显得尤为重要。国外的规范规定为不小于 3m/h，考虑到目前国内防渗墙施工的实际能力，尤其是在许多水利工程中地方施工队伍也参与施工，规范中规定浇筑速度不小于 2m/h。

要使浇筑过程顺利，还有一个前提条件是混凝土的流动阻力应大于护壁液的流动阻力。泥浆与混凝土的流动性能关系见图 1，随着浇筑速度增加，混凝土与护壁液的流动阻力差距也在增大。这也是地下连续墙顶部混凝土质量可以通过快速浇筑加以改善的主要原因。基于此原因，对混凝土浇筑面的上升情况应有最小速度的规定。

按规定准确测量混凝土面深度，可预防或及时发现浇筑事故。

8.1.9 本条规定的目的是为了保证墙顶混凝土的质量，因为顶面附近的混凝土在浇筑过程中长时间与泥浆接触，质量较差，且存在混浆层，故应当挖除。

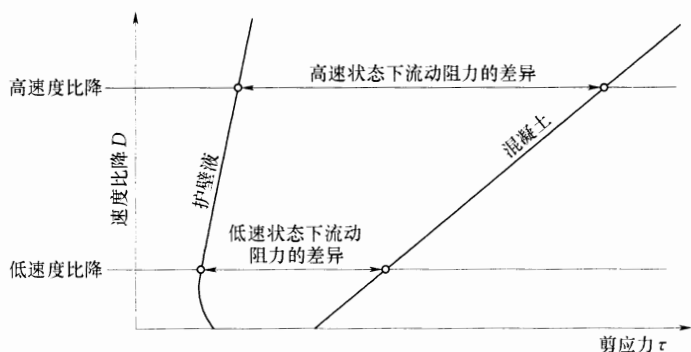


图 1 泥浆与混凝土的流动性能关系

8.2 固化灰浆施工

8.2.1 提高水泥砂浆的密度是为了减少固化灰浆的含水量，以提高其密实性和抗渗性能。

8.2.2 当设计要求的密度在 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以下时，宜采用气拌法；当设计要求的密度大于 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 时，宜采用机械搅拌法。

8.2.3 当采用气拌法施工时，空气压力须克服槽内浆柱压力和管路阻力才能将压缩空气送入槽底，并使泥浆搅动。根据施工经验，供气额定压力不小于孔内最大浆柱压力的 1.5 倍才能正常施工。风管底部结构及下管深度的规定是避免槽底局部漏拌的重要措施。

气拌法的加料时间不宜过长，一般在 2h 内结束，否则浆液的流动性下降并使初期胶凝结构破坏，不利成墙质量。加料过程中突然停风会使浆液的流动性大幅度降低，难以重新启动。

8.2.4 本条规定是为了避免墙顶脱水干裂。

8.3 自凝灰浆施工

8.3.1 制取自凝灰浆原浆如采用将所有原材料一次搅拌的“一步法”，由于膨润土未充分溶胀，制得的浆液易离析，泌水率高。

采用高速搅拌机制浆，不仅灰浆泌水率低，也可提高凝结体的强度和抗渗性能。

8.3.2 建造防渗墙槽孔的方法，按泥浆的功用和排渣的方式可分为循环法和非循环法。前者泥浆有携带钻渣的功能，用泥浆泵连续排渣；后者泥浆无此功能，钻渣用斗体间断由槽内挖出。因自凝灰浆密度高，会凝结，所以只能采用非循环法，且最适用的施工设备是间断出渣的抓斗和反铲。抓斗开挖深度可达40m，而反铲最大开挖深度不大于12m。

8.3.3 本条中所谓的“连续成槽法”是指防渗墙分期施工，而两期之间不待凝，连续成槽和成墙的一种方法。这种方法适用于墙体深度小、土质松软的地层。而“间断成槽法”是指在相邻一期槽孔建造完成后，自凝灰浆终凝后再开挖二期槽孔的一种方法，这种方法适用于挖槽时间较长的地层，其缺点是需挖除两期槽孔搭接段灰浆，浆液损耗较大。

在工程开工前，要对灰浆的凝固特性进行试验，并以初凝时间确定槽孔的最长开挖时间。

8.3.5 本条规定是为了避免墙顶脱水干裂。

9 墙 段 连 接

9.0.1

1 接头管法是在国内外使用最多的一种墙段连接方法。该方法是在建造完成的一期槽孔混凝土浇筑前，在其端孔处下入接头管，待混凝土初凝后，用专用机械将接头管拔出后，在两期槽孔之间形成一定形状的曲面接头。

2 根据多个工程的经验，正常情况下接头管的起拔阻力为 $0.3\sim 0.5t/m^2$ ，可根据此参数确定起拔阻力，安全系数可选取 $2\sim 3$ 。

3 采用接头管法时，要保证地基及导墙有足够的承载力，特别要避免孔口坍塌。必要时，导墙下部地层可进行部分置换，以保证接头管起拔。

4 由于孔形、孔斜等原因，特别是槽孔较深时，接头管时常难以设到预定深度，此时，接头管以下部分可采用钻凿法连接。

5 正确确定开始拔接头管的时间是该工法成败的关键。过早不能成孔，过晚可能造成铸接头管事故。按国内外的施工经验，接头管开始起拔应在混凝土初凝之前进行，一般控制在混凝土的贯入阻力在 $0.3\sim 3.5MPa$ 之间进行。对某一具体工程，除了依据混凝土初凝时间之外，还要考虑气温、混凝土配比、混凝土面上升速度、接头管埋深等因素，通过试验来确定开始拔接头管的时间。

6 如不能及时用泥浆充填接头孔，往往会致强度很低的混凝土坍塌，接头孔周围的覆盖层也可能在地下水的作用下坍入孔内。

7 在拔接头管施工中，做好混凝土浇筑和拔接头管的记录，才能严密地控制拔接头管时间和整个拔接头管过程，避免发生

事故。

9.0.2 钻凿法是一种我国最早并广泛采用的墙段连接方法，即采用冲击式钻机在已浇筑的一期槽两端主孔中套打一钻，重新钻凿成孔，在墙段间形成半圆形接缝连接的一种方法，它适用于低强度（ $<20\text{MPa}$ ）的墙体材料。对于强度大于 20MPa 的混凝土可降低其早期强度，使接头处混凝土易于钻凿，以保证墙体连接厚度。墙体深度一般不宜大于 50m 。

过早钻凿接头孔，会对已浇的混凝土造成损害。

10 钢筋笼及预埋件

10.1 钢筋笼

10.1.1 钢筋笼的结构尺寸不仅要依据墙体应力应变计算的结果，还要充分考虑防渗墙施工工艺，方便施工，确保墙体的整体质量，从而使钢筋笼真正发挥作用。

1 钢筋笼的外形尺寸指的是其长、宽、高的尺寸，也包括其横断面的形状（矩形或两端为正反弧形）、笼的分节数量。因起重能力限制，每个槽段也可并列下设几个钢筋笼。

2 钢筋笼外应有足够厚度的保护层，除了为防止钢筋被侵蚀，也是为了留有足够的流散净宽，以有利于混凝土扩散，保证浇筑质量。

3 合理的钢筋间距可保证混凝土顺利扩散。对在泥浆下浇筑的钢筋混凝土结构（桩、墙等），国内规范多数没有明确地规定钢筋间距，所以参考日本、英国、德国的规范或资料，并结合若干工程实例，提出了相关规定。对于泥浆质量、混凝土质量相对较好，浇筑速度较高的工程，垂直钢筋的净间距可以适当缩小，但一般不小于骨料直径的3倍。

10.1.2 提出了决定钢筋笼分节长度的几个主要因素，总的要求是分节数量越少越好。

10.1.3 钢筋笼在堆放、装卸运输、起吊过程中，如发生变形，将给吊放安装钢筋笼带来困难。一般可采取的措施有：

- (1) 加工时，视需要增设架立钢筋、斜拉补强钢筋。
- (2) 堆放时，安装钢筋组装框架。
- (3) 装卸和起吊时，使用型钢起吊架。

10.1.4 选择合适的起吊点和起吊方法是防止钢筋笼在起吊和下设过程中产生变形，通常情况下可采用两点法起吊。下设时，对准槽孔中心线缓慢下沉，避免钢筋笼碰撞槽壁。

10.2 预埋管或预留孔

10.2.1 墙下基岩灌浆或墙体变位测斜管等仪器埋设，均在防渗墙浇筑混凝土后进行，如在墙上钻孔，费时费力，且不易保证质量，所以一般采用预埋管或管模成孔。

10.2.3 经验证明，在预埋管和拔管管模不用定位架或钢筋笼定位时，只有按本条的规定布置预埋管和预留孔的孔位，才有可能保证成孔质量。

10.2.4 为防止预埋管在混凝土扩散推力下移位而影响成孔质量，管底和上端的固定尤为重要。管底的固定可采取加防滑定位盘等措施，上端应与导墙牢固连接。三峡水利枢纽工程二期围堰防渗墙创造的定位架预埋钢管法，灌浆预埋管成功率达96.5%，为深防渗墙下灌浆埋管提供了成功的经验。

10.3 观测仪器埋设

10.3.2 从理论上讲，两导管间的中心距离在混凝土浇筑过程中受到的两侧推力是均等的，可防止仪器移位和损坏。

10.3.4 在仪器埋设过程中，从槽口掉入异物是易发事故，必须注意防止。

11 薄防渗墙施工

11.0.1 采用抓斗成槽、冲击钻成槽、射水法成槽、锯槽机成槽建造混凝土防渗墙时，在施工前宜作现场工艺试验，确定有关施工参数，并编制专项施工措施设计，以保证工程质量。

隐蔽工程具有质量缺陷不易被发现、事后难于补救等特点，且国内的施工单位很多，其水平参差不齐，施工中的过程控制是保证质量的最重要手段，槽孔的孔斜率是一个重要指标，孔斜率不大于 0.4‰，以利于接头管的下设、套接混凝土的钻凿及墙段连接的平整垂直。

11.0.2 薄型抓斗一般是指成槽宽度不大于 400mm 的抓斗。堤基防渗工程的防渗面积通常较大，普通抓斗成墙的施工成本较高，一般较少采用。

1 薄型抓斗对地层的适应能力较强，配合冲击重凿也可适应含少量漂石的地层，但工效较低。

2 薄型抓斗多为液压式抓斗，受油缸尺寸的制约，现在国内生产的薄型抓斗厚度不小于 300mm。开槽深度超 40m 时的工效较低。

3 槽孔施工分主、副孔时的施工工效较高，槽段的连续性好。主、副孔长度均应小于抓斗的有效抓取长度是保证地层不被漏抓的有效措施。

4 槽段连接采用接头管（板）法在堤防工程中被广泛采用，工艺成熟，槽间连接质量可靠，墙体连续性好，工效快、成本低，故推荐使用。

11.0.3

1 冲击钻机是建造防渗墙的传统机械，但工效较低，其优点是对地层的适用性最广，在堤防工程中一般用于砂卵石层和基岩地层优势较明显。

2 槽宽小于 400mm 时，钻头重量较轻，施工工效很低。开槽深度大于 40m 时，工效也大大降低。

11.0.4

1 国内第三、第四代射水成槽机对地层的适应性较强，但对粒径不大于 100mm 的卵砾石地层的施工工效仍较低。

2 由于射水法防渗墙槽段间采用平接方式，受孔斜率的影响，开槽深度大于 30m 时的接头质量不宜控制。

3 在槽孔划分时要准确确定一期、二期槽孔的尺寸。二期槽孔划分长度如果小于成形器长度，成形器会在成槽过程中发生水平偏斜；过大时，又会造成两期墙段搭接不上。施工经验表明，二期槽孔划分长度大于成形器长度 20~40mm 比较合适。

4 因槽段连接采用平接法，为保证接头质量，首先要严格控制槽孔的斜率，同时一期槽孔端部混凝土面上的泥土要冲洗干净，因此，二期槽段接头孔施工时要有侧向射流和钢丝刷。

11.0.5

1 国内的锯槽机主要有链斗式和液压式两种，由于链斗式挖槽机工程实例较少，在此所指的锯槽机专指液压锯槽机。由于黏土粘在刀头上，不易清除，因此锯槽法不太适用黏性土地层；对于石块等坚硬异物也不适应。

2 受国内目前设备性能的制约，开槽深度大于 20m 时的机械故障率较高，工效较低，施工质量难以保证。

3 锯槽机是连续成槽，因此要隔断成相对独立的槽段，混凝土才能正常浇筑。槽段间的隔离带要稳定、可靠，避免在浇筑时发生破坏，影响接头质量。

11.0.6 对于漏失地层，要求在开孔之前就要做好堵漏的准备，储备各种不同的堵漏材料如黏土球、锯末、水泥等和足够的泥浆。一旦发现泥浆漏失，就可及时采取措施，防止因泥浆漏失严重而塌孔。

11.0.7 槽孔质量全面检查是指槽孔的孔斜、孔深、宽度和连续性等。

12 特殊情况处理

12.0.1 新增条文。导墙变形直接影响造孔质量甚至使防渗墙槽孔建造无法继续施工。

本条为发生的特殊情况应采取的解决办法，是经过多个工程实践摸索出的较有效、较实际可行的处理措施。

12.0.2 本条针对严重漏失地层提出了处理方法。首先要迅速补浆，且相继将堵漏材料、防漏剂直接投入槽孔内，也可用导管或灌浆管把堵漏浆体送至漏浆部位。如效果不明显，为防意外事故发生，确有必要时，可将槽孔用适当的材料进行回填，然后重新进行造孔。

12.0.3 本条明确规定了在进行混凝土浇筑过程中，由于导管堵塞、拔脱、导管破裂漏浆或其他原因中断浇筑，无法继续施工时，必须采取的行之有效的解决办法。

文中所述的插入混凝土深度，指重新下设的导管底口插入实测混凝土面以下的深度，一般不低于 1.0m，以确保继续浇筑时不混浆。

12.0.4 在防渗墙和地下连续墙施工中，在混凝土浇筑过程中，钢筋笼上浮事故时有发生。引起钢筋笼上浮的原因有：①清孔换浆质量不好，泥浆中的沉渣或砂粒裹住钢筋，增大了混凝土与钢筋间的摩擦力，混凝土上升的浮托力将钢筋笼托升；②先浇入的混凝土出现假凝或初凝现象，在其上升面的顶部形成一个与钢筋笼连成一体的“硬盖”，后浇入的混凝土将钢筋笼顶升。对于前者，只要注意清孔换浆质量即可避免，后者事前要从混凝土配比、浇筑强度等几个方面来解决。上浮事故发生后，降低导管埋深是有效的方法。

12.0.5 近年来，随着混凝土防渗墙施工技术的发展，防渗墙墙段连接采用接头管已在许多工程中使用，并积累了较为丰富的经

验。本条文所列的处理方法效果较好，且能保证防渗墙质量。

12.0.6 本条提出了混凝土浇筑质量事故可选用的处理办法。在采取本条第2款建议的方法时，应注意灌浆与高压喷射灌浆桩孔与原墙的连接紧密且良好。

12.0.7 本条第2款方法中采用补贴一段新墙时，其与原墙质量好的部位搭接的长度，最少应满足“钻凿法”套接接头的平圆弧的长度。第3款的方法适用于地层可灌性较好的情况。第4款的方法适用于墙体混凝土有内部夹泥的情况。

13 质量检查和竣工资料

13.0.1 防渗墙工程的质量检查程序，分为工序质量检查和墙体质量检查。工序质量检查在施工过程中进行，墙体质量检查在成墙后抽查。

13.0.8 对墙体质量检查时间的规定，是为了更正确地反映墙体质量，如工程由于特殊原因需提前进行检查时，对取芯率等指标不宜提出过高要求。对于塑性混凝土，由于其强度很低，取芯率高低以及试验数据不能直接作为评判质量的标准。无损检测如超声波法和弹性波透射层析成像法（简称 CT 法）等，可用于墙体质量检测，但由于物探的局限性，其检测结果只能作为对墙体综合评价的依据之一。薄塑性混凝土墙一般采用物探方法检查，可以在墙体做探坑取样做室内试验。可以在墙体上部做注水检验，也可以提前下设预埋管通过注水检查预埋管下部某段的渗透指标。

对防渗墙墙体取芯后进行物理力学性能试验所得到的成果，以及钻孔注水试验的成果，是评价墙体质量的重要依据，但要注意，其指标一般低于槽口取样的试验成果，这是正常现象。

确定检查孔数量的原则：既要全面反映墙体的质量情况，又要考虑在墙体上钻孔过多而对其产生不利影响。根据经验，在防渗墙轴线上每 100m 左右布置一个检查孔的比例较为适中，考虑到防渗墙的槽长一般为 6~8m，为便于操作，故以槽孔数量来确定检查孔的数量。防渗墙长度大于 3km 时，检查孔数量可以适当减少。

13.0.9 竣工资料中包括“墙内观测仪器埋设和初期观测资料”方面的内容，其原因是在埋有仪器的防渗墙，这些资料不仅能更全面地评价工程质量，也是为了在长期运行过程中能取得可靠的观测数据。

“工程建设大事记”主要记录施工过程中有关批示和批文、重要会议、设计重大变化、施工期渡汛抢险及其他重要事件等，作为附件可单独成册。