

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

JGJ/T 291-2012

备案号 J 1494-2013

P

现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规程

Technical specification for construction
of plastic concrete core wall

2012-12-24 发布

2013-05-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准
现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规程

Technical specification for construction
of plastic concrete core wall

JGJ/T 291 - 2012

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 3 年 5 月 1 日

中国建筑工业出版社

2012 北京

中华人民共和国行业标准
现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规程
Technical specification for construction
of plastic concrete core wall
JGJ/T 291 - 2012

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：3 字数：78千字
2013年4月第一版 2013年4月第一次印刷
定价：15.00元

统一书号：15112·23663

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换
(邮政编码 100037)

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1561 号

住房城乡建设部关于发布行业标准 《现浇塑性混凝土防渗芯墙 施工技术规程》的公告

现批准《现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 291 - 2012，自 2013 年 5 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2012 年 12 月 24 日

前　　言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2010〕43号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 墙体材料；5 施工平台与导墙；6 成槽施工；7 塑性混凝土浇筑；8 墙段连接；9 施工质量检查。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由云南建工水利水电建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送云南建工水利水电建设有限公司（地址：云南省昆明市官渡区东郊路89号；邮编：650041）。

本规程主编单位：云南建工水利水电建设有限公司

云南建工第四建设有限公司

本规程参编单位：中国水利水电第十四工程局有限公司

云南建工集团有限公司

郑州大学

云南工程建设总承包公司

云南建工第五建设有限公司

云南省建筑科学研究院

云南省第三建筑工程公司

昆明理工大学

云南农业大学

云南省水利水电勘测设计研究院

云南润诺建筑工程检测有限公司

本规程主要起草人员：沈家文 陈文山 王天锋 俞志明
陈 杰 张雷顺 李平先 郭进军
张国林 王明聪 代绍海 庄军国
王自忠 唐忠鸿 赵永任 周建萍
焦伦杰 熊 英 李家祥 邓 岗
罗卓英 袁 梅 赵家声 曹庆明
本规程主要审查人员：肖树斌 顾晓鲁 杨 斌 高文生
龚 剑 钱力航 刘文连 江 嵩
杨再富 周永祥 仲晓林 陈忠平
张留俊 丛蒿森

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 基本规定	5
4 墙体材料	6
4.1 塑性混凝土原材料	6
4.2 塑性混凝土配合比	7
4.3 塑性混凝土性能指标	8
5 施工平台与导墙	10
5.1 施工平台的布置与结构	10
5.2 导墙的布置与结构	10
5.3 导墙与施工平台修筑	11
6 成槽施工	12
6.1 固壁泥浆	12
6.2 造孔成槽	14
6.3 清孔换浆	15
7 塑性混凝土浇筑	17
7.1 塑性混凝土的制备与运输	17
7.2 塑性混凝土地下浇筑	17
7.3 塑性混凝土地上浇筑	19
8 墙段连接	21
8.1 地下防渗芯墙墙段连接	21
8.2 地上防渗芯墙结合面处理	22
9 施工质量检查	24

9.1 工序质量检查内容	24
9.2 塑性混凝土取样	25
9.3 塑性混凝土性能检测	25
9.4 墙体质量检查	26
附录 A 施工质量检查记录表	29
附录 B 塑性混凝土配制强度计算表	44
附录 C 塑性混凝土弹性模量试验方法	45
附录 D 塑性混凝土渗透性试验方法	48
本规程用词说明	51
引用标准名录	52
附：条文说明	53

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbos	3
3	Basic Requirements	5
4	Wall Materials	6
4.1	Raw Material of Plastic Concrete	6
4.2	Mix Proportion of Plastic Concrete	7
4.3	Performance Index of Plastic Concrete	8
5	Construction Platform and Guide Wall	10
5.1	Layout and Structure of Construction Flatorm	10
5.2	Layout and Structure of Guide Wall	10
5.3	Guide Wall and Construction Flatorm Building	11
6	Trench Construction	12
6.1	Slurry of Solid Wall	12
6.2	Hole and Trench Formation	14
6.3	Hole Clean and Slurry Changing	15
7	Plastic Concrete Placing	17
7.1	Preparation and Transportation of Plastic Concrete	17
7.2	Underground Plastic Concreting Placing	17
7.3	Ground Plastic Concreting Placing	19
8	Connection between Wall Segments	21
8.1	Connection between Wall Segments of Underground Core Wall	21
8.2	Bonding Interface Treatment of Ground Core Wall	22

9	Quality Inspection of Construction	24
9.1	Quality Inspection Contents of Work Procedure	24
9.2	Sampling of Plastic Concrete	25
9.3	Performance Testing of Plastic Concrete	25
9.4	Quality Inspection of Wall	26
Appendix A	Inspecting Record Form of Construction Quality	29
Appendix B	Mixing Strength Calculation Table of Plastic Concrete	44
Appendix C	Elastic Modulus Test Method of Plastic Concrete	45
Appendix D	Permeability Coefficient test Method of Plastic Concrete	48
	Explanation of Wording in This Specification	51
	List of Quoted Standards	52
	Additions: Explanation of Provisions	53

1 总 则

- 1.0.1** 为规范塑性混凝土防渗芯墙施工，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。
- 1.0.2** 本规程适用于建筑工程塑性混凝土防渗芯墙的施工。
- 1.0.3** 塑性混凝土防渗芯墙的施工除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 塑性混凝土 plastic concrete

由水、水泥、膨润土或黏土、粗骨料、细骨料及外加剂配制而成，水泥用量较少，具有较好防渗性能、较低弹性模量、较低弹强比和较大极限变形的混凝土。

2.1.2 塑性混凝土防渗芯墙 plastic concrete core wall

以塑性混凝土为墙体材料，挖槽或立模后浇筑成型，具有较好变形性能和抗渗性能，成墙后两侧均不悬空的防渗墙体。

2.1.3 地下塑性混凝土防渗芯墙 underground plastic concrete core wall

在泥浆护壁的条件下，用各种专用机械挖槽，然后用直升导管法在槽孔内浇筑塑性混凝土形成的柔性地下防渗墙体。

2.1.4 地上塑性混凝土防渗芯墙 ground plastic concrete core wall

在地面上逐层立模、逐层分段浇筑塑性混凝土、逐层填筑两侧土体形成的地上填筑体内的防渗墙体。

2.1.5 弹强比 elastic modulus-to-strength ratio

塑性混凝土弹性模量与抗压强度的比值。

2.1.6 水胶比 water-to-binder ratio

塑性混凝土中，用水量与所有胶结材料总用量的比值。

2.1.7 胶结材料 cementing material

塑性混凝土中，水泥、膨润土、黏土、粉煤灰等掺和材料的统称。

2.1.8 导墙 guide wall

在较浅深度内平行防渗墙轴线修建的，起导向、保护孔口和

承重作用的临时挡土墙。

2.1.9 槽孔 trench

为浇筑地下防渗芯墙墙段而钻凿或挖掘的狭长深槽。

2.1.10 墙段 wall segments

混凝土防渗芯墙的一段，作为独立单元浇筑混凝土。

2.1.11 主孔 primary hole

防渗墙槽孔中第一次序施工的单孔；其编号为奇数。

2.1.12 副孔 secondary hole

防渗墙槽孔中第二次序施工的单孔，副孔位于主孔之间。

2.1.13 钻劈法 drill-split method

用钢丝绳冲击钻机钻凿主孔和劈打副孔形成槽孔的一种防渗芯墙造孔成槽施工方法。

2.1.14 钻抓法 drill-clamshell method

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

2.1.15 抓取法 grab method

只用抓斗挖槽机挖掘地层，形成槽孔的一种防渗芯墙造孔成槽施工方法。

2.1.16 铣削法 grinding

用专用的铣槽机铣削地层形成槽孔的一种防渗芯墙造孔成槽施工方法。

2.2 符 号

A——试件截面积；

C_V ——离差系数；

E_b ——塑性混凝土变形模量；

E_{PC} ——塑性混凝土弹性模量；

F_1 ——应力为 30% 轴心抗压强度时的荷载；

F_2 ——应力为 60% 轴心抗压强度时的荷载；

$f_{pcu,k}$ ——塑性混凝土设计龄期的强度标准值；

$f_{pcu,o}$ ——塑性混凝土施工配制强度；
 K ——渗透系数或测量标距；
 L ——渗水高度；
 P ——渗透压力；
 Q ——稳定流量；
 t ——概率度系数；
 α ——修正系数；
 β ——标准差与塑性混凝土施工配制强度的关系系数；
 σ ——标准差；
 ϵ_{max} ——塑性混凝土的极限应变。

3 基本规定

3.0.1 塑性混凝土防渗芯墙施工前，应具备下列文件和资料：

- 1 塑性混凝土防渗芯墙的设计图纸和技术要求；
- 2 工程地质、水文地质和气象资料；
- 3 环境保护要求；
- 4 泥浆及墙体原材料的产地、质量等。

3.0.2 在建（构）筑物及道路、管线附近建造塑性混凝土防渗芯墙时，应了解建（构）筑物的结构和基础情况，当影响安全时应制定相应保护措施。

3.0.3 在建（构）筑物及道路、管线附近建造塑性混凝土防渗芯墙时，应定期进行建（构）筑物的沉降、位移观测。

3.0.4 施工供水、供电、供浆、道路、排污、混凝土拌制等辅助设施应在开工前准备就绪，并应完成施工平台和导墙的修建。

3.0.5 开工前应根据设计要求和施工条件，完成水泥、膨润土、黏土等各种原材料的选择、检验工作。

3.0.6 开工前应完成塑性混凝土配合比的试验、设计工作；当施工准备时间较短时，可用快速试验方法或早期强度确定临时配合比；但设计龄期的试验应继续进行。

3.0.7 施工前应设置防渗芯墙中心线定位点、水准基点和导墙沉陷观测点。

3.0.8 施工过程中，应及时清除施工现场的废水、废浆、废渣，集中处理后妥善排放。

3.0.9 施工过程中，应设专人按本规程附录 A 的规定填写各项施工记录和质量检测记录。

4 墙体材料

4.1 塑性混凝土原材料

- 4.1.1** 塑性混凝土宜掺入适量膨润土。
- 4.1.2** 塑性混凝土用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。
- 4.1.3** 塑性混凝土用水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。拌制塑性混凝土不宜选用火山灰质硅酸盐水泥。
- 4.1.4** 塑性混凝土所用的膨润土应符合现行国家标准《膨润土》GB/T 20973 中“未处理膨润土”的质量标准。
- 4.1.5** 塑性混凝土中的黏性土在湿掺（泥浆）时的黏粒含量宜大于 50%，干掺时的黏粒含量宜大于 35%，含砂量均宜小于 5%。
- 4.1.6** 塑性混凝土的细骨料宜选用中砂并应符合表 4.1.6 的规定。

表 4.1.6 细骨料的品质要求

项 目	指 标		备 注
	天然砂	人工砂	
石粉含量（按质量计）（%）	—	<15	—
含泥量（按质量计）（%）	<5.0	—	—
泥块含量（按质量计）（%）	<2.0	<2.0	—
质量损失（%）	<8	—	—
单级最大压碎指标（%）	—	<25	—
硫化物及硫酸盐含量（%）	<0.5	<0.5	折算成 SO ₃ ，按质量计
有机物（比色法）	合格	合格	—
云母含量（按质量计）（%）	<2.0	<2.0	—
轻物质含量（%）	<1.0	<1.0	—

4.1.7 塑性混凝土用粗骨料应符合下列规定：

- 1 粗骨料宜采用天然卵石，也可采用人工碎石；**
- 2 当墙厚不大于 400mm 时，粗骨料应选用粒径为 5mm~20mm 的连续级配料；当墙厚大于 400mm 时，粗骨料的最大粒径不宜大于 40mm，其中粒径为 20mm~40mm 的用量不应大于总用量的 50%；**

3 粗骨料品质应符合表 4.1.7 的规定：

表 4.1.7 粗骨料的品质要求

项 目	指 标	备 注
含泥量（按质量计）（%）	<1.5	—
泥块含量（按质量计）（%）	<0.7	—
坚固性（质量损失）（%）	<5	—
硫化物及硫酸盐含量（%）	<0.5	折算成 SO ₃ ，按质量计
有机物（比色法）	合格	—
针片状颗粒（按质量计）（%）	<15	—
卵石压碎指标	<16	—
碎石压碎指标	<30	—

4.1.8 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定，并选用 I 级或 II 级粉煤灰。

4.2 塑性混凝土配合比

4.2.1 塑性混凝土配合比，应满足设计龄期的物理性能要求和施工和易性要求。

4.2.2 塑性混凝土配合比设计，宜采用正交试验设计法，并应对试验结果进行极差分析和方差分析。

4.2.3 影响试验的因素较多时，可采用均匀试验设计法，并应对试验结果进行回归分析。

4.2.4 当采用正交试验设计法或均匀试验设计法时，初选出几组基本符合技术指标要求的配合比后，应通过复选试验和终选试

验确定采用的配合比。

4.2.5 塑性混凝土中的水泥用量不应少于 $80\text{kg}/\text{m}^3$ ，膨润土的用量不应少于 $40\text{kg}/\text{m}^3$ ，胶结材料的总用量不应少于 $240\text{kg}/\text{m}^3$ ，砂率不应低于 45%，水胶比宜为 $0.85\sim 1.20$ 。

4.2.6 引气剂的掺量应根据塑性混凝土的含气量要求确定。

4.2.7 塑性混凝土施工配制强度可按下式计算：

$$f_{\text{pcu},o} = f_{\text{pcu},k} + t\sigma \quad (4.2.7-1)$$

$$\sigma = \beta f_{\text{pcu},k} \quad (4.2.7-2)$$

式中： $f_{\text{pcu},o}$ ——塑性混凝土施工配制强度 (MPa)；

$f_{\text{pcu},k}$ ——塑性混凝土设计龄期的强度标准值 (MPa)；

β ——标准差与塑性混凝土施工配制强度的关系系数；

σ ——标准差；

t ——概率度系数； t 、 β 与 $f_{\text{pcu},k}$ 的关系可按本规程附录 B 确定。

4.2.8 塑性混凝土强度保证率不应小于 80%，也不宜大于 85%；实测强度最小值不应低于设计龄期强度标准值的 75%。

4.3 塑性混凝土性能指标

4.3.1 塑性混凝土拌合物应符合下列规定：

1 地下防渗芯墙塑性混凝土拌合物的密度不应小于 $2100\text{kg}/\text{m}^3$ ；泌水率应小于 3%；入孔坍落度应为 $180\text{mm}\sim 220\text{mm}$ ，扩展度应为 $340\text{mm}\sim 400\text{mm}$ ；坍落度保持 150mm 以上的时间不应小于 1h；

2 地上立模浇筑防渗芯墙塑性混凝土拌合物的密度不应小于 $2200\text{kg}/\text{m}^3$ ；泌水率应小于 2%；入孔坍落度应为 $140\text{mm}\sim 160\text{mm}$ ；

3 塑性混凝土初凝时间不应小于 6h，终凝时间不应大于 24h。

4.3.2 塑性混凝土的力学性能应符合下列规定：

1 28d 抗压强度应为 $1.0\text{MPa}\sim 5.0\text{MPa}$ ；

2 弹性模量宜为防渗墙周围介质弹性模量的 1~5 倍，且不

应大于 2000MPa；

3 弹强比宜为 200~500。

4.3.3 塑性混凝土的渗透系数应为 10^{-6} cm/s~ 10^{-8} cm/s，渗透破坏坡降不宜小于 300。

5 施工平台与导墙

5.1 施工平台的布置与结构

5.1.1 塑性混凝土防渗芯墙施工平台应平整、稳固，其宽度及承载能力应满足大型施工设备和运输车辆作业的需要。

5.1.2 施工平台的高度应满足顺畅排出废水、废浆、废渣的需要。

5.1.3 施工平台孔口处的高程应高出施工期最高设计地下水位2.0m以上，并应考虑施工过程中地下水位上升的影响。

5.1.4 钻机和抓斗的工作平台应分别布置在槽孔两侧。应在钻机工作平台上铺设平行于防渗墙轴线的供钻机左右移动的铁轨和枕木。倒渣平台应有向外的坡度，并敷设厚度为15cm~20cm的浆砌石或混凝土面层。

5.2 导墙的布置与结构

5.2.1 成槽施工前应先在槽孔两侧修筑导墙，导墙内侧间距宜比防渗墙厚度大80mm~160mm，有冲击钻机参与施工时取较大值，全抓斗施工时取较小值。

5.2.2 导墙的结构、断面形式及尺寸应根据地质条件、防渗墙厚度、深度和最大施工荷载确定，并应符合下列规定：

1 导墙的中心线应与防渗墙轴线重合，允许偏差为±15mm；

2 导墙宜采用矩形、直角梯形、L形等断面形式的现浇少筋混凝土结构；也可采用石砌、钢板、或混凝土预制导墙；

3 导墙的高度宜为1.0m~2.0m；导墙顶面应高出施工平台地面100mm；墙顶高程允许偏差为±20mm。

5.3 导墙与施工平台修筑

- 5.3.1** 导墙应建在坚实的地基上，对于松散或软弱地基土，应采取加固措施。
- 5.3.2** 导墙外侧应采用黏性土回填并夯实；填土时在导墙间应采取支护措施，防止导墙倾覆或位移。
- 5.3.3** 混凝土导墙一次连续浇筑的长度不应小于 20m；分段浇筑的导墙，各段之间应采用斜面搭接的方式连接。
- 5.3.4** 在填土地基上建施工平台时，应碾压密实，压实度不应小于 97%；在填料中宜含有 20%以上的黏性土，且不得掺入粒径大于 15cm 的块石。
- 5.3.5** 导墙的内墙面应垂直，并与防渗墙轴线平行，各部位的允许偏差均为±20mm。
- 5.3.6** 施工期内应对导墙的沉降、位移进行监测。

6 成槽施工

6.1 固壁泥浆

6.1.1 泥浆应符合下列规定：

- 1 拌制泥浆的土料可选用膨润土、黏土或两者的混合料；
- 2 膨润土的质量指标应符合表 6.1.1 的规定：

表 6.1.1 拌制泥浆的膨润土质量指标

项目	黏度计 600r/min 读数	塑性黏度 (mPa · s)	屈服值 / 塑性黏度	滤失量 (mL)	含水量 (%)	75μm 筛余量 (%)
指标	≥23	≥6	≤3	≤20	≤10	≤4.0

3 拌制泥浆的膨润土质量指标的测定与计算方法应符合现行国家标准《膨润土》GB/T 20973 的规定；

4 拌制泥浆的黏土应进行物理试验和化学分析。黏土的黏粒含量宜大于 45%、塑性指数组宜大于 20、含砂量应小于 5%、二氧化硅与三氧化二铝含量的比值宜为 3~4。

6.1.2 泥浆性能指标、配合比及处理剂的品种和掺加率，应根据地层特性、成槽方法、泥浆用途通过试验选定；泥浆性能指标应符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 固壁泥浆性能指标

项 目	单 位	膨润土泥浆 各阶段性能指标		黏土泥浆 性能指标
		新 制	供重复使用	
密度	g/cm ³	1.05~1.1	1.05~1.25	1.1~1.2
马氏漏斗黏度	s	32~50	32~60	32~40
失水量	mL/30min	≤30	≤50	≤30

续表 6.1.2

项 目	单 位	膨润土泥浆 各阶段性能指标		黏土泥浆 性能指标
		新 制	供重复使用	新 制
泥皮厚	mm	≤3	≤6	2~4
pH 值	—	>7	>7	7~9
含砂量	%	—	—	≤5
胶体率	%	—	—	≥96
1min 静切力	N/m ²	—	—	2.0~5.0

6.1.3 泥浆制作方法应通过试验确定。应按规定的配合比配制泥浆，各种成分的加量允许误差为±5%。当使用泥浆处理剂时，其掺量允许误差为±1%。

6.1.4 膨润土泥浆应采用立式高速搅拌机拌制，每盘搅拌时间不应少于3min；黏土泥浆应采用卧式双轴低速搅拌机拌制，每盘搅拌时间不应少于30min。

6.1.5 新制膨润土泥浆在储浆池中的存放时间不应低于24h；泥浆池中存放的泥浆应采用压缩空气或其他方法经常搅拌，保持均匀。

6.1.6 造孔泥浆和清孔泥浆宜回收，经处理后可重复使用。废弃的泥浆应妥善排放，避免污染环境。

6.1.7 防渗墙施工中应按下列规定对泥浆质量进行检测：

1 在选定制浆材料和泥浆配合比后，应按本规程表6.1.2的要求全面检测一次泥浆的性能指标；

2 对于新拌制的泥浆，每台搅拌机每班应取样检测密度、漏斗黏度、含砂量1~2次；

3 对于贮存中的泥浆，每班应从储浆池的上部和下部取样检测密度、漏斗黏度、含砂量一次；

4 对于槽孔内的泥浆，每个槽孔在挖槽过程中至少应从2个不同深度部位取样检测密度、漏斗黏度、含砂量、稳定性、胶

体率、失水量、泥皮厚度、pH 值三次；

5 清孔前应检测一次距孔底 0.5m~1.0m 处的泥浆的密度、漏斗黏度和含砂量。

6.2 造孔成槽

6.2.1 成槽方法选择应符合下列规定：

1 成槽方法应根据地层条件、设计要求和工期要求等因素进行选择；

2 当墙的厚度大于 300mm 时，可采用抓取法、钻劈法、钻抓法、铣槽法等方法成槽；

3 对于墙厚不大于 300mm 的薄型防渗墙，宜采用射水法、薄型抓斗法、锯槽法、链斗式挖槽机法等方法成槽。

6.2.2 槽孔轴线应符合设计要求，并由测量基准点控制。

6.2.3 槽孔长度应根据工程地质及水文地质条件、施工部位、成槽方法、施工机具性能、成槽时间、混凝土生产能力、浇筑导管布置及墙体平面形状等因素确定，宜为 5.0m~8.0m。

6.2.4 槽孔宜分两期间隔施工；同时施工的槽孔之间应留有安全距离。

6.2.5 成槽过程中应不断向槽内补充泥浆，泥浆面应保持在导墙顶面以下 300mm~500mm，且不应低于导墙底面。

6.2.6 对漏失地层应采取预防漏浆塌孔的措施，发现漏浆时应立即堵漏和补浆。

6.2.7 成槽施工时遇孤石或硬岩，可采用重凿冲砸或钻孔爆破的方法处理。采用爆破法时应保证槽壁安全。

6.2.8 成槽后应进行终孔质量检验，成槽质量应符合下列规定：

1 槽壁、槽底应平整，槽宽应符合设计要求；

2 孔位偏差不应大于 30mm；

3 槽孔深度（包括入岩深度）应符合设计要求；

4 孔斜率不应大于 0.6%；接头部位在任一深度处的允许偏差值，应为设计墙厚的 1/3；墙端结合面的宽度不应小于墙的

厚度。

6.2.9 采用钻劈法进行成槽施工时应符合下列规定：

- 1 根据地质条件选择合理的副孔长度；
- 2 开孔钻头直径应大于终孔钻头直径；
- 3 应经常检查钻孔偏斜情况，发现问题及时处理；
- 4 相邻主孔终孔前不得劈打其间的副孔。

6.2.10 采用钻抓法进行成槽施工时应符合下列规定：

- 1 主孔的中心距不应大于抓斗的最大开度；
- 2 应先用钻机钻进主孔，主孔检验合格后再用抓斗抓取副孔；
- 3 正确操作抓斗，经常检查孔斜情况，发现问题及时处理。

6.2.11 采用抓取法和铣削法进行成槽施工时，主孔长度应等于抓斗的最大开度或铣头长度，副孔长度宜为主孔长度的 $1/2 \sim 2/3$ 。

6.3 清孔换浆

6.3.1 槽孔终孔后，经质量检验合格后方可进行清孔换浆。

6.3.2 清孔换浆宜采用泵吸反循环法或气举反循环法，不得用抓斗抓取代替泥浆反循环清孔。

6.3.3 清孔换浆前应采用抓斗、抽砂筒等机具进行初步的清孔。

6.3.4 清孔换浆前在制浆站的储浆池内应储备足够的新鲜泥浆，在清孔换浆过程中应置换孔内 $1/2 \sim 2/3$ 的泥浆。

6.3.5 清孔换浆设备的能力应能满足清孔质量和清孔速度的需要。

6.3.6 清孔质量检验在清孔换浆完成 1h 后进行，检验结果应符合下列规定：

- 1 孔底淤积厚度不应大于 100mm；
- 2 膨润土泥浆的密度不应大于 $1.1\text{g}/\text{cm}^3$ ，马氏漏斗黏度不应大于 42s，含砂量不应大于 4%；
- 3 黏土泥浆的密度不应大于 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ ，马氏漏斗黏度不

应大于 50s，含砂量不应大于 6 %；

4 泥浆取样位置应距孔底 0.5m~1.0m。

6.3.7 清孔检验合格后应在 4h 内开始浇筑；否则在浇筑前应再次进行清孔检验；检验不合格时，应重新清孔。

6.3.8 当槽孔与已施工的墙体连接时，应对墙体表面进行刷洗，直至刷洗工具不带泥屑、孔底淤积不再增加时为止。

7 塑性混凝土浇筑

7.1 塑性混凝土的制备与运输

7.1.1 塑性混凝土制备应符合下列规定：

1 塑性混凝土应采用强制式混凝土搅拌机搅拌，应准确称取各组成材料，在投料过程中不得停止搅拌。搅拌应均匀，搅拌时间应通过试验确定。

2 黏土与膨润土宜采用湿掺法，湿掺法应符合下列规定：

- 1) 应检测黏土、膨润土的含水量，并据此调整配合比；
- 2) 水、黏土、膨润土应先拌制成均匀的泥浆储存备用；
- 3) 向搅拌机内装料的顺序宜为砂、水泥、碎石、泥浆。

3 当采用干掺法时，应先将黏土晒干、粉碎、过筛，向搅拌机内装料的顺序宜为砂、土料、水泥、碎石，干拌均匀后再加入水和外加剂搅拌至均匀。

7.1.2 塑性混凝土运输应符合下列规定：

1 应采用混凝土搅拌车运输，运输能力不应小于平均计划浇筑强度的 1.5 倍，并应大于最大计划浇筑强度；

2 在运输过程中应不停搅拌，运到施工现场后应取样检测其和易性，不合格的塑性混凝土不得使用；

3 塑性混凝土的供应和浇筑应连续进行，因故中断的时间不宜超过 40min；

4 当采用泵送方式时，应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 的规定。

7.2 塑性混凝土地下浇筑

7.2.1 塑性混凝土的性能应符合本规程第 4.3.1 条的规定。

7.2.2 地下塑性混凝土防渗芯墙浇筑前应做好下列准备工作：

1 应制定浇筑方案，其主要内容有：计划浇筑方量、浇筑高程、浇筑机具、劳动组织、混凝土配合比、原材料品种及用量、浇筑方法、浇筑顺序等；

2 应绘制浇筑槽孔纵剖面图及浇筑导管布置；

3 应检测骨料含水量，按塑性混凝土配合比进行试配和调整；

4 应在地面上对浇筑导管进行检查和试配，并作标识和记录。

7.2.3 混凝土浇筑导管的结构和布置应符合下列规定：

1 导管内径宜为 200mm~250mm，最小内径不得小于最大骨料粒径的 6 倍，最大外径根据墙厚确定；

2 一个槽孔使用两套以上导管浇筑时，导管中心距应为 3.5m~4.0m；导管中心至槽孔端部或接头管壁面的距离应为 1.0m~1.5m；当孔底高差大于 250mm 时，导管底部中心应放置在该导管控制范围内的最低处；导管出口距槽底的高度应为 150mm~250mm；

3 导管的强度应能承受最大浇筑压力，导管的连接和密封应可靠，导管连接后的斜率不应大于 0.5%。

7.2.4 塑性混凝土浇筑过程应符合下列规定：

1 塑性混凝土浇筑前，在导管内应放入可浮起的隔离球或隔离物；浇筑时应先注入少量水泥砂浆，再注入塑性混凝土挤出隔离球或隔离物，并埋住导管出口；

2 导管埋入塑性混凝土的深度应为 1.0m~6.0m；

3 塑性混凝土浇筑应连续进行，塑性混凝土面的上升速度不应小于 2m/h，随着塑性混凝土面的上升及时提升、拆卸导管；

4 塑性混凝土的浇筑面应保持均匀上升，各处的高差不应大于 500mm；

5 每隔 30min 应测量一次槽孔内塑性混凝土面的高度，每隔 2h 应测量一次导管内塑性混凝土的高度，并做好记录。

7.2.5 发现导管漏浆、堵塞、提升困难及塑性混凝土面上升速度与实浇混凝土量严重不符时，应立即停止浇筑，并查明原因及时处理。

7.2.6 防渗墙实际浇筑高程应高于设计墙顶高程 500mm。

7.3 塑性混凝土上浇筑

7.3.1 地上塑性混凝土防渗芯墙浇筑前应先立模；模板形式应根据设计要求选用；可采用钢模板，也可采用砌石模板。

7.3.2 钢模板安装应符合下列规定：

- 1** 模板应具有足够的强度、刚度和稳定性；
- 2** 模板的板面应清洁、平整接缝处应严密、不漏浆；
- 3** 模板应便于安装和拆卸；
- 4** 模板制作和安装的偏差应在允许范围内；
- 5** 模板板面应涂刷隔离剂。

7.3.3 钢模板的拆卸应符合下列规定：

- 1** 拆模时的强度应达到设计要求；
- 2** 不应损伤塑性混凝土墙体；
- 3** 拆模后应及时在墙体两侧填土。

7.3.4 砌石模板施工应符合下列规定：

1 所用石料应坚硬、完整，石料表面应无泥土、灰尘等污物；

2 毛石砌体的灰缝厚度宜为 20mm~30mm，砂浆应饱满；石块间较大的空隙应先填砂浆，后用石块嵌实；不得先填石块后塞砂浆；

3 砌筑第一层毛石时，应先铺砂浆再砌毛石，并使毛石的大面朝下；

4 浆砌体砌筑到预定分层高度后，应将其与塑性混凝土墙体的结合面用 M7.5 级砂浆抹平；

- 5** 一边砌石一边应进行两侧的填筑。

7.3.5 地上塑性混凝土防渗芯墙浇筑应符合下列规定：

1 应分层浇筑，分层厚度宜为 2.0m~2.5m。当防渗芯墙的长度较大时，每一浇筑层尚应分段施工，分段长度宜为 12.0m~20.0m。

2 采用分段跳块浇筑方法时，每一块的浇筑应连续进行。

3 采用不分段通仓浇筑方法时，应根据塑性混凝土的拌合、运输、浇筑能力和模板安装速度等确定浇筑层的高度。每层浇筑应连续进行，相邻两层的浇筑间隔时间不应超出塑性混凝土的初凝时间。

4 浇筑过程应符合下列规定：

- 1)** 浇筑前应将模板内的杂物清理干净，并湿润模板或砌体；
- 2)** 塑性混凝土的浇筑面应均匀上升；
- 3)** 不符合质量要求的混凝土不应入仓；
- 4)** 在浇筑过程中应防止发生模板漏浆、松动和变形；
- 5)** 应避免出现塑性混凝土离析现象。

7.3.6 对塑性混凝土防渗芯墙的养护应符合下列规定：

1 每浇筑一层都应采用塑料薄膜覆盖养护；

2 浇筑完毕后，应采用塑料薄膜或厚度不小于 300mm 的湿土覆盖墙顶，养护时间不应少于 14d；

3 应做好测温记录，记录每天的最高温度和最低温度。

8 墙段连接

8.1 地下防渗芯墙墙段连接

- 8.1.1 在保证槽孔稳定的前提下，宜减少墙段接缝。
- 8.1.2 墙段连接可采用接头管法、钻凿法、铣削法等。
- 8.1.3 墙段连接采用接头管法时，应符合下列规定：
 - 1 接头管应能承受最大的混凝土压力和起拔力，其连接应可靠，接卸应方便；
 - 2 接头管直径不应小于设计墙厚，接头管的长度、结构和下设深度应满足设计要求和拔管需要；
 - 3 拔管成孔所用的吊车、拔管机等设备应具有足够的起吊、拔管能力；
 - 4 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；
 - 5 接头管吊放时要准确，允许偏斜率为 0.5%；
 - 6 接头管的开始起拔时间和管外混凝土的脱管龄期应通过试验确定，各部位混凝土的实际脱管龄期与预定脱管龄期相差不得大于 20min；
 - 7 应经常微动接头管，观察拔管阻力；拔管间断时间不得大于 30min；当管内泥浆面不下降时，不得继续拔管；
 - 8 应随着接头管拔出、管内泥浆面下降及时向接头管内充填泥浆；
 - 9 应做好混凝土浇筑记录和拔管记录，根据记录显示的情况确定每次拔管的时间和高度，及时起拔接管。
- 8.1.4 墙段连接采用钻凿法时应符合下列规定：
 - 1 在已浇一期墙段混凝土终凝后方可开始钻凿接头孔；
 - 2 一、二期墙段至少搭接一钻长度（与墙厚相同）；当一期

墙段的端孔向内偏斜时，应根据偏斜情况向一期墙段方向适当移动接头孔的开孔位置；

3 墙段套接两次钻孔中心的允许偏差为墙厚的 1/3，墙段连接处的墙厚应满足设计要求。

8.1.5 墙段连接采用铣削法时，应符合下列规定：

1 一期墙段的长度应根据槽孔的深度和孔斜率由设计确定，二期墙段的长度宜等于铣槽机铣头的长度；

2 二期槽孔的开孔位置应根据一期墙段端孔的实测孔斜率确定；

3 接缝的位置应准确，并应将其标记在导墙上。

8.2 地上防渗芯墙结合面处理

8.2.1 地上墙体与地基或地下墙体之间的连接应符合下列规定：

1 地上墙体与地基或地下墙体的连接应采用混凝土基座；

2 墙体与岸坡连接应采用混凝土垫座；

3 基座、垫座应采用渐变扩大断面形式，底宽应为墙宽的(2~3)倍；

4 混凝土基座、垫座表面应进行处理，结合面的质量应满足设计要求。

8.2.2 同一层塑性混凝土分段浇筑时，各段之间可采用垂直面加止水带的连接方式，也可采用斜面搭接方式。

8.2.3 墙段间采用斜面搭接时应符合下列规定：

1 宜通仓浇筑，不留施工缝。

2 在先浇塑性混凝土尚未初凝时浇筑后浇塑性混凝土，可不对结合面进行处理。

3 在先浇塑性混凝土初凝后浇筑后浇塑性混凝土时，应按下列规定对结合面进行处理：

1) 应清除结合面上的浆膜、松软层和松动泥石；

2) 应对结合面进行刷毛和清洗，并排除积水；刷毛后的粗糙度应均匀；

- 3) 应对结合面充分湿润，在结合面上摊铺一层厚度为10mm~15mm的界面剂。界面剂宜采用砂浆或水灰比为1:1的水泥浆；
- 4) 应采用柔性刷来回刷压界面剂(2~3)次，使界面剂均匀；
- 5) 界面剂摊铺工作完成后，应立即浇筑后塑性混凝土。

4 结合面应设纵向键槽。

8.2.4 地上塑性混凝土防渗芯墙墙段间垂直结合面的处理应符合下列规定：

- 1 拆除墙端模板后，应清除浆膜等杂物，进行刷毛处理，粗糙度应均匀；
- 2 浇筑邻段塑性混凝土墙时，墙端结合面应保持湿润状态；
- 3 分期施工的墙段连接处宜采取止水措施，止水做法应符合设计要求。

9 施工质量检查

9.1 工序质量检查内容

9.1.1 施工质量检查应按施工工序逐项进行。

9.1.2 上道工序检查未合格时，不得进入下道工序。

9.1.3 工序质量应按本规程第4、5、6、7章的有关规定检查下列项目：

- 1** 施工平台：平整度、台面尺寸、高程；
 - 2** 导墙：中心线位置、高度、强度、顶面高程、内侧间距等；
 - 3** 模板：强度、刚度、稳定性、位置、尺寸、密封性等；
 - 4** 槽孔：孔位、孔深、孔斜、槽宽、入岩深度、墙段连接等；
 - 5** 泥浆：原材料、密度、黏度、稳定性、含砂量等；
 - 6** 清孔：孔内泥浆性能、孔底淤积厚度、接头孔刷洗质量等；
 - 7** 塑性混凝土制备：原材料、配合比、性能等；
 - 8** 浇筑：导管间距、埋深、混凝土面上升速度、终浇高度、孔口取样试件的坍落度、扩展度、凝结时间、28d龄期的抗压强度、弹性模量和渗透系数等；
 - 9** 墙段连接：接头孔的直径、垂直度、成孔深度、搭接墙厚等；
 - 10** 结合面处理：刷毛、清理、界面湿润度、厚度、止水措施等；
 - 11** 养护：覆盖、浇水、湿润、养护时间等。
- 9.1.4** 应做好施工记录和资料统计分析整理工作。
- 9.1.5** 施工质量检查尚应依据下列文件和资料：

- 1 设计图纸、说明书、技术要求、设计变更及补充文件；
- 2 各施工工序的施工记录和质量检查记录。

9.2 塑性混凝土取样

- 9.2.1 塑性混凝土取样应在浇筑地点随机进行。
- 9.2.2 应在塑性混凝土开始浇筑前，检查塑性混凝土的坍落度和扩展度，每班取样检查不应少于 2 次。
- 9.2.3 对于塑性混凝土抗压强度试件，每个墙段取试样不应少于一组；不分缝通仓分层浇筑时，每浇筑 100m^3 取试样不应少于一组。
- 9.2.4 对于塑性混凝土弹性模量试件，每 10 个墙段取试样不应少于一组；不分缝通仓分层浇筑，每浇筑 500m^3 取试样不应少于一组；当采用不同配合比时，每种配合比取试样不应少于一组。
- 9.2.5 对于塑性混凝土抗渗性能试件，每 3 个墙段取试样不应少于一组；不分缝通仓分层浇筑，每浇筑 300m^3 取试样不应少于一组；当采用不同配合比时，每种配合比取试样不应少于一组。
- 9.2.6 对于塑性混凝土抗压强度试验和抗渗性能试验，每组试样不应少于 3 个；对于弹性模量试验，每组试样不应少于 3 个。

9.3 塑性混凝土性能检测

- 9.3.1 坍落度与扩展度试验应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定。
- 9.3.2 凝结时间试验应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定。
- 9.3.3 抗压强度试验应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。

但试验时应选用最大加载能力为 300kN 的加载设备，且应具有加荷速度指示装置或加荷速度控制装置。加荷应连续均匀，

加载速度不应大于 0.10 MPa/s 。

9.3.4 弹性模量可采用本规程附录 C 的试验方法测定，也可采用其他操作可行、误差可控的方法测定。

9.3.5 渗透系数宜采用本规程附录 D 的流量法测定，也可采用其他操作可行、误差可控的方法测定。渗透系数的合格率不应低于 80%。

9.4 墙体质量检查

9.4.1 墙体质量检查应在成墙 28d 后进行。

9.4.2 墙体质量检查应包括下列内容：

- 1 墙体的均匀性、完整性、密实性及墙厚；
- 2 墙体的抗压强度、弹性模量、变形模量、渗透系数、渗透破坏坡降等物理力学性能指标；
- 3 墙段连接质量、墙体与周边地基、岩体的接触质量。

9.4.3 墙体质量应根据墙体形式、厚度、强度以及检测设备采用下列一种或几种方法检测：

- 1 钻孔取芯检查；
- 2 注（压）水试验检查；
- 3 开挖检查；
- 4 无损检测。

9.4.4 钻孔取芯检查应符合下列规定：

- 1 强度小于 3.0 MPa 和墙厚小于 400mm 的墙体，不宜进行钻孔取芯和压水试验；
- 2 钻孔应位于墙体轴线上，孔位应随机布置，且宜在墙段接头处布置部分骑缝直孔和穿过墙段接缝的斜孔；
- 3 钻孔斜率应小于 0.4% ；
- 4 每 10 个施工槽孔应有一个检查孔，每个标段的检查孔不应少于 3 个，或根据验收要求确定；
- 5 取芯钻孔应与注水试验孔相结合；进行注水试验的检查孔应有部分骑缝钻孔；

- 6** 检查孔孔径不应大于墙厚的 1/3，宜为 91mm~130mm；
 - 7** 塑性混凝土检查孔应采用金刚石双管取芯钻具或金刚石薄壁钻头钻进；钻进时应采取低钻压、低转速、小水量等防止孔壁和芯样破坏的措施；
 - 8** 应对检查孔芯样进行抗压强度、弹性模量、变形模量试验；芯样试件的抗压强度试验应符合本规程第 9.3.3 条的规定；
 - 9** 芯样试件的弹性模量、变形模量试验应符合本规程第 9.3.4 条的规定；当试件的尺寸较小时，试验可在土工三轴试验仪上进行；
 - 10** 对所有检查孔的芯样均应进行岩性描述，工程竣工验收前所有芯样均应妥善保存；
 - 11** 防渗芯墙留下的检查孔应及时用 0.5:1 的微膨胀水泥浆或水泥砂浆回填。
- 9.4.5** 开挖检查墙体质量应符合下列规定：
- 1** 开挖应在防渗墙两侧同时进行；
 - 2** 探坑数应根据验收要求确定，且不少于 3 个；
 - 3** 至少有一个开挖位置在墙段连接处；
 - 4** 探坑长度宜为 3.0m~5.0m，深度宜为 2.5m~5.0m，宽度不宜小于 1m；
 - 5** 探坑开挖后应检查下列项目：
 - 1)** 墙体及墙段搭接处的厚度；
 - 2)** 墙体表面的平整度和垂直度；
 - 3)** 墙段的连接处的接缝宽度、接触面形状、充填物性质等；
 - 4)** 塑性混凝土是否均匀密实，有无夹泥、混浆、孔洞、断墙等现象。

- 9.4.6** 注水试验应符合下列规定：
- 1** 采用操作简单、试验迅速、水头压力较小的钻孔注水试验方法；
 - 2** 墙厚大于 400mm、抗压强度大于 3.0MPa 的塑性混凝土

防渗芯墙可采用钻孔压水试验。压水试验的压力不造成墙体破坏。

9.4.7 对不宜采用钻孔取芯方法检查的墙体，可采用超声波法和弹性波透射层析成像法等方法，对墙体质量进行综合评价。

附录 A 施工质量检查记录表

A.0.1 地下塑性混凝土防渗芯墙施工平台质量检查记录表应按表 A.0.1 采用。

表 A.0.1 地下塑性混凝土防渗芯墙施工平台质量检查记录表

工程名称			施工单位			
检查部位						
项次	检查项目	质量标准	检查结果			
1	填筑密实度	不小于 97%				
2	平台布置	满足施工需要				
3	平台高程	孔口处高于设计地 下水位 2.0m 以上	平台高程			
			地下水位			
4	平台平整度	偏差小于 1%				
5	平台表面硬化	满足设计要求				
6	成槽机械轨道	位置及高程 偏差均小于 5mm				
施工单位 检查评定结果	质量检查员： 年 月 日					
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师： 年 月 日					

A.0.2 地下塑性混凝土防渗芯墙施工导墙质量检查记录表应按表 A.0.2 采用。

表 A.0.2 地下塑性混凝土防渗芯墙施工导墙质量检查记录表

工程名称			施工单位			
检查部位						
项次	检查项目	质量标准	检查结果			
1	导墙结构形式	符合设计要求				
2	导墙地基	坚实且无大块石				
3	中心线位置	允许偏差±15mm				
4	导墙高度	允许偏差±20mm				
5	顶面高出地面高度	50mm~100mm				
6	导墙顶面高程	允许偏差±20mm				
7	导墙内侧间距	允许偏差±20mm				
施工单位 检查评定结果	质量检查员：_____ 年 月 日					
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师：_____ 年 月 日					

A.0.3 地上塑性混凝土防渗芯墙模板安装质量检查记录表应按表 A.0.3 采用。

表 A.0.3 地上塑性混凝土防渗芯墙模板安装质量检查记录表

工程名称				施工单位	
分部工程名称				模板层数	
项次	检查项目	质量标准		检查结果	
1	模板类型	符合设计要求			
2	内侧宽度	符合设计要求			
3	模板高度	符合设计要求			
4	模板垂直度	符合设计要求			
5	定位和支撑	具有足够的刚度、强度和稳定性			
6	模板板面	砌石模板面 浇筑前应湿润			
		钢模板面应清洁、 平整、光滑、涂隔离剂			
7	模板接缝	模板接缝应严密			
施工单位 检查评定结果		质量检查员：		年 月 日	
监理（建设） 单位验收结论		监理工程师：		年 月 日	

A. 0.4 地下塑性混凝土防渗芯墙成槽和造孔质量检查记录表应按表 A. 0.4-1、表 A. 0.4-2 采用。

表 A. 0.4-1 地下塑性混凝土防渗芯墙成槽质量检查记录表

工程名称			施工单位				
槽孔编号			起止桩号				
成槽方法			终孔日期	年 月 日			
项次	检查项目	质量标准	检查结果				
1	槽孔长度	符合设计要求					
2	槽孔宽度	符合设计要求					
3	槽孔位置	轴线方向误差 ≤50mm；侧面 方向误差≤30mm	侧面方向误差				
			轴线方向误差				
4	槽孔深度	满足设计要求					
5	孔斜率	不大于 0.6%					
6	墙端结合面 宽度	不小于设计墙厚	墙厚				
			结合面宽度				
7	入岩或嵌入 不透水层深度	满足设计要求					
施工单位 检查评定结果	质量检查员：				年 月 日		
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师：				年 月 日		

表 A.0.4-2 地下塑性混凝土防渗芯墙造孔质量检查记录表

施工单位_____施工机组_____检查孔位_____第_____页
槽孔编号_____槽孔长度_____m 桅杆高_____m 检查时间_____

机长 质检 记录 监理

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。

A. 0.5 地下塑性混凝土防渗芯墙清孔质量检查记录表应按表 A. 0.5 采用。

表 A. 0.5 地下塑性混凝土防渗芯墙清孔质量检查记录表

工程名称		施工单位	
槽孔编号		起止桩号	
清孔方法		清孔检查时间	
清孔开始时间		清孔结束时间	
项次	检查项目	质量标准	检查结果
1	孔底淤积厚度	不大于 100mm	
2	孔内泥浆密度	膨润土泥浆 $\leqslant 1.10\text{g/cm}^3$ 黏土泥浆 $\leqslant 1.25\text{g/cm}^3$	
3	孔内泥浆黏度	马氏漏斗黏度 $\leqslant 42\text{s}$	
4	孔内泥浆含砂量	膨润土泥浆 $\leqslant 4\%$ 黏土泥浆 $\leqslant 6\%$	
5	接头洗刷	钻头基本不带泥屑， 孔底淤积不再增加	
施工单位 检查评定结果	质量检查员： 年 月 日		
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师： 年 月 日		

A.0.6 塑性混凝土拌合质量检查记录表应按表 A.0.6 采用。

表 A.0.6 塑性混凝土拌合质量检查记录表

工程名称		施工单位	
槽孔编号		起止桩号	
单元工程量		天气	
项次	项目	设计指标	检验结果
1 原材料称量 配合比	水泥____ kg		
	砂子____ kg		
	石子____ kg		
	粉煤灰____ kg		
	膨润土____ kg		
	黏土____ kg		
	外加剂____ kg		
水____ kg			
2 砂子含水量			
3 黏土含水量			
4 拌合时间	符合设计要求		
5 孔口坍落度	18cm~22cm		
6 孔口扩展度	34cm~40cm		
施工单位 检查评定结果	质量检查员： 年 月 日		
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师： 年 月 日		

A.0.7 地上塑性混凝土防渗芯墙浇筑质量检查记录表应按表A.0.7采用。

表 A.0.7 地上塑性混凝土防渗芯墙浇筑质量检查记录表

工程名称			施工单位	
浇筑层数			仓号	
浇筑方式			单元工程量	
项次	检查项目	质量标准	检查结果	
1	前层混凝土浇筑结束时间	浇筑间隔时间不大于混凝土初凝时间		
2	开始浇筑时间	同上		
3	仓内清理	仓内杂物清理干净		
4	本层浇筑高度	应符合设计要求		
5	浇筑仓长	应符合设计要求		
6	模板接缝	严密不漏浆		
7	混凝土面上升速度	应符合设计要求		
8	模板稳定性	不发生松动、弯曲和不允许的位移		
施工单位 检查评定结果	质量检查员：			年 月 日
监理(建设) 单位验收结论	监理工程师：			年 月 日

注：若结合面为施工缝，应进行结合面处理；若设止水措施，应符合设计要求。

A. 0.8 地下塑性混凝土防渗芯墙浇筑质量检查记录表应按表 A. 0.8 采用。

表 A. 0.8 地下塑性混凝土防渗芯墙浇筑质量检查记录表

工程名称			施工单位			
槽孔编号			起止桩号			
槽孔长度			计划方量			
开浇时间			终浇时间			
检查项目	质量标准	检查结果				
导管	导管直径	符合规程要求				
	导管中心间距	3.5m~4.0m				
	导管至槽端距离	1.0m~1.5m				
	管底距槽底距离	15cm~25cm				
	导管埋深	1m~6m				
混凝土 浇筑	混凝土面上升速度	不小于 2m/h				
	混凝土面高差	在 0.5m 以内				
	浇筑中断时间	不超过 40min				
	终浇高程	高于设计墙顶 50cm				
	实浇方量	大于计划浇筑方量				
施工单位 检查评定结果	质量检查员： 年 月 日					
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师： 年 月 日					

A. 0.9 地上塑性混凝土防渗芯墙结合面处理质量检查记录表应按表 A. 0.9 采用。

表 A. 0.9 地上塑性混凝土防渗芯墙结合面处理质量检查记录表

工程名称			施工单位			
浇筑层数			结合面位置			
结合面形式			处理时间			
检查项目		质量标准	检查结果			
墙体与地基连接	与地基连接方式	符合设计要求				
	与岸坡连接方式	符合设计要求				
	结合面处理	符合设计要求				
墙段结合面	刷毛遍数	(3~5) 遍				
	粗糙度均匀性	粗糙度均匀				
	结合面湿润	洒水湿润				
	止水装置	符合设计要求				
施工缝结合面	刷毛均匀性	粗糙度均匀				
	结合面清理	符合规程要求				
	界面剂	符合设计要求				
	止水措施	符合设计要求				
施工单位 检查评定结果	质量检查员：_____ 年 月 日					
监理(建设) 单位验收结论	监理工程师：_____ 年 月 日					

A. 0.10 塑性混凝土防渗芯墙墙段连接质量检查记录表应按表 A. 0.10 采用。

表 A. 0.10 塑性混凝土防渗芯墙墙段连接质量检查记录表

工程名称		施工单位	
接头孔编号		接头孔桩号	
设计墙厚		接头孔深度	
检查项目		质量标准	检查结果
钻凿法 墙段 连接	接头孔直径	符合设计要求	
	接头孔实际深度	符合设计要求	
	第一次钻孔孔形	孔斜率≤0.3%	
	第二次钻孔孔形	孔斜率≤0.3%	
	一、二次钻孔 中心偏差	小于 1/3 墙厚	
	墙段搭接厚度	符合设计要求	
接头管 法墙段 连接	第一次钻孔孔形	孔斜率≤0.3%	
	接头管直径	不小于设计墙厚	
	接头管下设深度	符合设计要求	
	接头管下设位置	中心偏差≤3cm	
	拔管成孔效果	孔壁完整无坍塌	
	拔管成孔率	大于 90%	
施工单位 检查评定结果	质量检查员：		年 月 日
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师：		年 月 日

A. 0.11 塑性混凝土防渗芯墙浇筑取样质量检查记录表应按表 A. 0.11 采用。

表 A. 0.11 塑性混凝土防渗芯墙浇筑取样质量检查记录表

工程名称		施工单位	
槽孔编号		起止桩号	
浇筑层数		仓号	
检查项目	质量标准		检查结果
施工性能	坍落度	18cm~22cm, 每班检查 2 次, 开浇前必须检查	
	扩展度	34cm~40cm, 应每班检查 2 次, 开浇前必须检查	
	黏聚性	无离析, 应每班检查 2 次, 开浇前必须检查	
力学与抗渗性能	抗压强度试件	每个墙段至少取样一组; 不分缝通仓分层浇筑 每 100m ³ 至少取样一组	
	弹性模量试件	每 10 个墙段至少取样一组; 通仓分层浇筑每 500m ³ 至少取样一组; 不同配合比至少取样一组	
	渗透系数试件	每 3 个墙段应取样一组; 通仓分层浇筑每 300m ³ 至少取样一组; 不同配合比至少取样一组	
施工单位 检查评定结果	质量检查员: _____ 年 月 日		
监理(建设) 单位验收结论	监理工程师: _____ 年 月 日		

A. 0. 12 塑性混凝土防渗芯墙体检查孔和钻孔取芯质量检查记录表应按表 A. 0. 12-1 和表 A. 0. 12-2 采用。

表 A. 0. 12-1 塑性混凝土防渗芯墙体检查孔质量检查记录表

工程名称		施工单位			
槽孔编号		混凝土龄期			
钻孔位置		钻孔编号			
防渗墙厚度		设计抗压强度			
钻头形式		主轴转速			
检查项目	质量标准	检查结果			
钻孔位置	符合监理要求				
钻孔角度	符合监理要求				
钻孔数量	符合监理要求				
芯样直径	符合监理要求				
钻孔深度	符合监理要求				
岩芯采取率	符合监理要求				
孔斜率	应小于 0.4%				
施工单位 检查评定结果	质量检查员： 年 月 日				
监理（建设） 单位验收结论	监理工程师： 年 月 日				

表 A. 0.12-2 塑性混凝土防渗芯墙体钻孔取芯质量检查记录表

钻孔编号				钻孔位置			
钻具类型				钻孔角度			
进给速度				取样时间	自 _____ 至 _____		
序号	钻头规格 (mm)	进尺 (m)	孔深 (m)	芯样长度 (m)	芯样 块数	采取率 (%)	芯样外观 质量
施工单位 检查评定结果		质量检查员：_____ 年 月 日					
监理(建设) 单位验收结论		监理工程师：_____ 年 月 日					

A. 0.13 塑性混凝土防渗芯墙墙体开挖质量检查记录表应按表A. 0.13采用。

表 A. 0.13 塑性混凝土防渗芯墙墙体开挖质量检查记录表

工程名称			施工单位		
探坑编号			探坑位置		
混凝土强度			设计墙厚		
探坑尺寸			开挖时间		
开挖部位	检查项目		质量标准	检查结果	
上游侧	墙体外观质量	墙体厚度	不小于设计厚度		
		搭接厚度	不小于设计墙厚		
		墙体表面	平整、垂直		
		墙段结合面	结合紧密无夹泥		
		混凝土质量	密实、均匀，无蜂窝、 混浆、夹泥现象		
下游侧	墙体外观质量	墙体厚度	不小于设计厚度		
		搭接厚度	不小于设计墙厚		
		墙体表面	平整、垂直		
		墙段结合面	结合紧密无夹泥		
		塑性混凝土质量	密实、均匀，无蜂窝、 混浆、夹泥现象		
施工单位 检查评定结果		质量检查员：_____ 年 月 日			
监理（建设） 单位验收结论		监理工程师：_____ 年 月 日			

附录 B 塑性混凝土配制强度计算表

B. 0.1 保证率与概率度系数的关系应符合表 B. 0.1 的规定。

表 B. 0.1 保证率与概率度系数的关系

概率度系数 t	0.525	0.675	0.840	1.040	1.280	1.645	3.000
保证率 P (%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	99.9

B. 0.2 标准差与设计标准强度和概率度系数的关系应符合表 B. 0.2 的规定。

表 B. 0.2 标准差与设计标准强度和概率度系数关系

$f_{pcu,k}$ (MPa)	1~2	3~5	6~9	10~15
t				
0.70	0.43	0.36	0.32	0.27
0.80	0.45	0.38	0.33	0.28
0.90	0.47	0.39	0.34	0.29
1.00	0.49	0.41	0.35	0.30
1.10	0.52	0.43	0.36	0.31
1.20	0.55	0.44	0.38	0.32
1.30	0.58	0.47	0.39	0.33
1.40	0.61	0.49	0.41	0.34
1.50	0.65	0.51	0.43	0.35
1.60	0.70	0.54	0.45	0.36
1.70	0.75	0.57	0.47	0.38
1.80	0.81	0.61	0.49	0.39
1.90	0.88	0.65	0.51	0.41
2.00	0.97	0.69	0.54	0.43

附录 C 塑性混凝土弹性模量试验方法

C.0.1 塑性混凝土弹性模量宜采用边长为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的棱柱体试件，也可采用 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的圆柱体试件和边长为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的棱柱体试件。

C.0.2 压力试验机应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。

C.0.3 塑性混凝土标准养护时间为 28d，相同配合比、相同龄期、相同养护条件的 6 个试件为一组。

C.0.4 试验方法应符合下列规定：

1 试件应保持潮湿；试件从养护室取出后，应将其表面与上下承压板面擦净，立即进行试验；

2 试件端面应平整；

3 试件长度的允许误差为 1mm；

4 取 3 个试件测定塑性混凝土轴心抗压强度，另取 3 个试件测定塑性混凝土的弹性模量；

5 将试件放在试验机的上下压板中间，上下压板与试件之间应放置钢垫板；承压面平整度允许误差为边长的 0.03%；试件的中心应与试验机下压板中心对准；开动试验机，当垫板与压板将接触时，如有明显偏斜，应调整球座，使试件受压均匀；

6 应变的测定标距采用试件全长；变形测量可采用千分表、百分表或电子位移计等；测量时应将测表安装在磁性表架上，磁性表架安装在试验机的下承压板上，测表表头与上承压板边缘接触；测表应分别安装在试件两侧对称位置，分别测量整个试件两侧的变形值；

7 试验前先进行试件对中预压；加载至试件应力为 0.10MPa，保持 90s 后记录变形值；接着进行正式预压，连续均

匀加载至试件应力为轴心抗压强度的 60% (F_2)，保持 60s 后记录变形值，然后卸载至轴心抗压强度的 30% (F_1)，并保持 60s；加载速度不应大于 0.10 MPa/s ，变形速度不应大于 $10 \mu\text{m/s}$ ；

8 两侧变形测量仪读数差值与其平均值之比应小于 15%，否则应重新对中试件再试验；

9 预压后进行正式试验。从 F_1 连续均匀加载至 F_2 ，保持 60s 后记录变形值；然后加载至破坏，并记录破坏荷载和极限变形值（图 C. 0.4）。

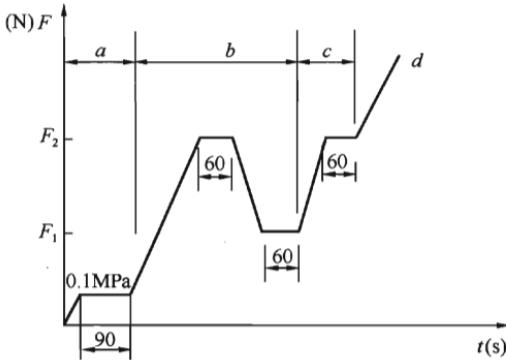


图 C. 0.4 弹性模量试验加荷过程示意图

F —荷载； t —时间； a —对中预压； b —正式预压；

c —弹性模量测试； d —至试件破坏

C. 0.5 塑性混凝土的弹性模量和变形模量计算应符合下列规定：

1 塑性混凝土的弹性模量应按下式计算，计算值应精确至 10 MPa ：

$$E_{PC} = \frac{\alpha (F_2 - F_1) L}{A \Delta L} \quad (\text{C. 0. 5-1})$$

式中： E_{PC} ——塑性混凝土弹性模量（MPa）；

F_1 ——应力为 30% 轴心抗压强度时的荷载（N）；

F_2 ——应力为 60% 轴心抗压强度时的荷载（N）；

A ——试件承压面积（ mm^2 ）；

L ——测量标距（mm）；

ΔL ——应力从轴心抗压强度的 30% 增加到 60% 试件两侧

变形的平均值 (mm);

α ——修正系数。当试件长径比为 2 时, $\alpha=0.9$; 当试件长径比为 3 时, $\alpha=0.95$ 。

2 塑性混凝土的变形模量应按下式计算:

$$E_b = \frac{\alpha(F_2 - F_1)L}{A \Sigma \Delta L} \quad (\text{C. 0. 5-2})$$

式中: E_b ——塑性混凝土变形模量 (MPa);

$\Sigma \Delta L$ ——应力从 0.1MPa 至轴心抗压强度 60% 时试件的累计变形 (mm)。

3 塑性混凝土极限应变应按下式计算:

$$\epsilon_{\max} = \frac{100 \Delta L_{\max}}{L} \quad (\text{C. 0. 5-3})$$

式中: ϵ_{\max} ——塑性混凝土的极限应变 (%);

L ——测量标距 (mm);

ΔL_{\max} ——从对中荷载至试件破坏前的试件总变形 (mm)。

C. 0. 6 试验结果确定应符合下列规定:

1 应将三个试件测试值的算术平均值作为该组试件的弹性模量值;

2 三个试件中有一个试件的轴心抗压强度值与用于确定检验控制荷载的轴心抗压强度值相差超过 20% 时, 弹性模量值应按另两个试件测试值的算术平均值计算;

3 三个试件中有两个试件的轴心抗压强度值与用于确定检验控制荷载的轴心抗压强度值相差超过 20% 时, 此次试验结果无效。

附录 D 塑性混凝土渗透性试验方法

D. 0. 1 渗透试验装置应符合下列规定：

1 塑性混凝土渗透仪的构造应符合图 D. 0. 1 的规定；

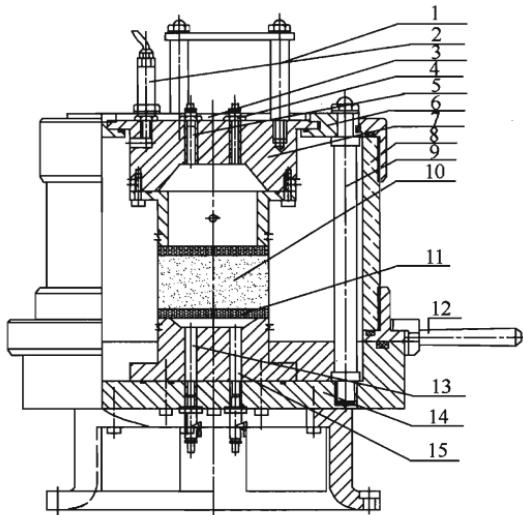


图 D. 0. 1 塑性混凝土渗透仪构造图

1—压力室活动上盖把手；2—接周围压力；3—压力室活动上盖；4—上排水排气管；5—接量管；6—压力室上盖；7—顶帽；8—压力室壁；9—压力室立柱；10—试样；11—透水石；12—把手；13—接渗透压力；14—压力室底座；15—下排水排气管

2 压力源采用气压，通过压力控制柜和封闭的压力水箱将气压转换成水压。试验时可根据试件混凝土的配合比和性能指标选择围压和渗透压力组合，试验压力宜为 0~6MPa。围压应大于渗透压力的 1.5 倍，可采用水压也可采用气压；

3 渗透试验仪及气、水管路各部件之间的连接应牢固，密

封应良好，不得漏气、漏水。试件四周应采用密封胶、乳胶膜和大于试验压力的围压密封；

4 试件上下各垫一块透水石，由下部进水，上部出水，出水管应连接带刻度的量水管。在渗透试验装置压力室的上、下部各设一个排气孔，试验前可通过施加少许围压和渗透压力将安装试件时带入的气体全部排出。

D.0.2 试件准备应符合下列规定：

1 试件应为直径 150mm、高度 120mm 的圆柱体；

2 3 个同时制作、同样养护、同一龄期的试件为一组，分别测其渗透系数；

3 试件龄期应为 28d；应在标准养护条件下达到试验龄期的前几天将试件上下表面打毛，并在清水中浸泡饱和；试验前一天从养护室取出并擦拭干净；

4 试件表面晾干后应在其圆柱面上涂一层厚度为 0.5mm~1.0mm 的密封胶，套上乳胶膜，乳胶膜向上、向下各伸出 5cm。

D.0.3 渗透试验方法应符合下列规定：

1 试验前，将试件按三轴剪力试验方法装入压力室，旋紧压力室上盖，并检查压力室是否有漏气、漏水现象；

2 确定压力室密封完好后，施加少许压力将乳胶膜与试件之间的空气通过排气管排出，也可采用真空抽气装置把气体抽出；

3 当试件内部排气完成后，在压力室内施加一定的围压，将试件内部多余的水排出，确定无多余水和气体后方可进行渗透试验；

4 在压力室内施加设定的围压和渗透压力，渗透压力应小于围压。应确保乳胶膜贴紧试件，防止绕渗。渗透压力宜为 0.2 MPa~0.5MPa，常用 0.24 MPa，围压应大于渗透压力的 1.5 倍；

5 应持续观测量水管读数，直至渗流稳定；然后连续记录数次渗流量读数，得到稳定的渗流量，由此通过计算确定渗透系数和渗透比降；

6 渗透系数试验完成后，对同一试件继续逐步加压至可能达到的最大压力或渗透破坏压力；由此通过计算确定最大渗透比降或渗透破坏比降。

D. 0. 4 渗透系数应按下式计算：

$$K = \frac{QL}{100AP} \quad (\text{D. 0. 4})$$

式中： K ——渗透系数（cm/s）；

Q ——稳定流量（cm³/s）；

A ——试件截面积（176. 71cm²）；

P ——渗透压力（MPa）；

L ——渗水高度（cm）。

D. 0. 5 宜取三个试件得出的渗透系数平均值作为试验的结果数据；当有一个试件或一个数据不能用时，可取另外两个数据的平均值作为试验的结果数据。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080
- 2 《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 3 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 4 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 5 《膨润土》 GB/T 20973
- 6 《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T 10
- 7 《混凝土用水标准》 JGJ 63

中华人民共和国行业标准

现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规程

JGJ/T 291 - 2012

条文说明

制 订 说 明

《现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规程》JGJ/T 291 - 2012，经住房和城乡建设部 2012 年 12 月 24 日以第 1561 号公告批准、发布。

本规程制订过程中，编制组进行了大量的调查研究，总结了我国塑性混凝土防渗芯墙施工的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过塑性混凝土配合比试验、渗透性试验等取得了塑性混凝土防渗芯墙的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文的规定，《现浇塑性混凝土防渗芯墙施工技术规程》编制组按章、节、条编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1 总则.....	57
2 术语和符号.....	58
2.1 术语	58
3 基本规定.....	59
4 墙体材料.....	61
4.1 塑性混凝土原材料	61
4.2 塑性混凝土配合比	63
4.3 塑性混凝土性能指标	65
5 施工平台与导墙.....	67
5.1 施工平台的布置与结构	67
5.2 导墙的布置与结构	67
5.3 导墙与施工平台修筑	68
6 成槽施工.....	69
6.1 固壁泥浆	69
6.2 造孔成槽	70
6.3 清孔换浆	73
7 塑性混凝土浇筑.....	75
7.1 塑性混凝土的制备与运输	75
7.2 塑性混凝土地下浇筑	76
7.3 塑性混凝土地上浇筑	77
8 墙段连接.....	79
8.1 地下防渗芯墙墙段连接	79
8.2 地上防渗芯墙结合面处理	80

9 施工质量检查	82
9.1 工序质量检查内容	82
9.2 塑性混凝土取样	82
9.3 塑性混凝土性能检测	83
9.4 墙体质量检查	83

1 总 则

1.0.2 本规程适用于建筑工程中的地下塑性混凝土防渗墙工程和地上填筑体内的塑性混凝土防渗墙工程的施工。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 在塑性混凝土制备过程中，可单掺膨润土或单掺黏土，也可掺入膨润土又掺入黏土。

2.1.9 混凝土防渗墙分段施工，单元工程浇筑混凝土前称“槽孔”，浇筑混凝土后称“墙段”。“槽孔”由数个单孔组成，单孔分为主孔和副孔，主孔和副孔相间布置，先施工主孔，后施工副孔，主孔和副孔连通后形成槽孔。由于各墙段之间要搭接相当墙厚的长度，槽孔与墙段在轴线方向的长度不一定相同。“槽孔”是指槽形的孔，而不是圆形的孔，是多年来混凝土防渗墙施工的专用名词。

3 基本规定

3.0.1 本条文所涉及的资料是施工单位编制施工方案、组织施工必备的基本资料。为保证施工的顺利进行，开工前施工单位必须积极主动收集各种与施工有关的施工要求和施工条件资料，特别是地质资料。地质资料的主要内容如下：

1 防渗芯墙中心线处的勘探孔柱状图和地质剖面图，深基坑支护设计的专项勘察报告；

2 地基的分层情况、厚度、颗粒组成、密实程度及透水性；

3 地下水的水位、承压水资料；

4 基岩的岩性、地质构造、透水性、风化程度与深度；

5 可能存在的孤石、反坡、深槽、断层破碎带等情况。

当地质资料不足时应进行补充勘探。

3.0.2、3.0.3 在建（构）筑物附近修建混凝土防渗墙，往往会对建（构）筑物产生一定影响，引起建（构）筑物沉降、位移和裂缝等。因此，应了解建（构）筑物的结构与基础情况，在施工中对建（构）筑物进行监测十分重要，发现问题应及时采取有效措施处理。

3.0.4~3.0.7 这四条涵盖了塑性混凝土防渗芯墙施工的主要准备工作。混凝土防渗芯墙施工的辅助设施多，准备工作量大，而且往往要求在极短的时间内完成。准备工作是否按时到位关系到项目的成败，施工管理者必须精心筹划。

3.0.8 塑性混凝土防渗芯墙施工需使用大量的水和泥浆，废水、废浆的清理和排放问题关系到施工现场的安全和对周边环境的影响，应认真考虑，妥善安排。

3.0.9 塑性混凝土防渗芯墙工程是地下隐蔽工程，施工质量难以全面检查，存在的质量问题难以及时发现，发现后难以补救；

因此必须严格控制施工过程质量，以工作质量和行为质量来保证工程质量。各种专用的施工记录和检测记录是反映施工过程质量、工序质量的重要依据，必须认真填写，妥善保存。

4 墙体材料

4.1 塑性混凝土原材料

4.1.1 膨润土是一种以蒙脱石矿物为主的黏土，其主要特性是能够大量吸水膨胀，亲水性强，在浓度较小的情况下就能制成稳定的泥浆。膨润土颗粒水化后能够吸附大量的水分子，从而减少了混凝土中能够自由移动的水分子数量，提高了混凝土的抗渗性能；同时膨润土颗粒能与水泥水化后的产物形成网状结构胶体，提高了混凝土的变形性能。

膨润土在塑性混凝土中的作用，普通黏土不能完全取代，适量掺用膨润土是必要的；但膨润土在混凝土中能发挥作用的数量有限，掺量过多会降低混凝土的流动性，势必大幅度提高水胶比，从而降低混凝土的强度和抗渗性能。

综上所述，塑性混凝土中有必要掺膨润土，但不宜大量单掺膨润土，有条件时适量掺加黏土、粉煤灰等材料更有利改善塑性混凝土的性能，降低工程造价。

4.1.3 按照现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175，火山灰质硅酸盐水泥是在硅酸盐水泥熟料中掺入20%~40%的火山灰质混合材料，再加适量的石膏磨细制成的一种水硬性胶凝材料。由于这种水泥需水量较大，要比普通硅酸盐水泥增加10%~15%的用水量，易泌水，故塑性混凝土不宜选用火山灰质硅酸盐水泥。按照现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175，复合硅酸盐水泥也允许掺加20%~50%的活性混合材料或非活性混合材料，因此要谨慎使用。

4.1.4 天然膨润土有钠基膨润土和钙基膨润土两种。我国膨润土资源丰富，以钙基膨润土为主，钙基膨润土占膨润土储量的绝大部分。钠基膨润土的制浆性能优于钙基膨润土。

根据现行国家标准《膨润土》GB/T 20973，国产商品膨润土分为：钻井膨润土、未处理膨润土和OCMA膨润土三种。其中“钻井膨润土”是石油钻井用的天然钠基膨润土，制浆性能好，但料源极少，价格昂贵。“OCMA膨润土”是经过人工钠化处理的钙基膨润土，性能符合石油钻井配制泥浆要求；但产量较少，价格昂贵。“未处理膨润土”是未经人工化学处理的天然钙基膨润土，料源广，是防渗墙施工常用的膨润土；用它拌制固壁泥浆时须加分散剂，但可用于配制塑性混凝土；因为在混凝土中并不要求膨润土具有很高的分散性。

4.1.5 本条是对用于拌制塑性混凝土的普通黏土的性质要求。黏土的性质不仅与矿物成分有关，而且与天然颗粒细度有关。黏土颗粒越细，其水化能力越强，吸附的水分子越多。黏粒是指黏土中粒径小于0.005mm的颗粒，黏土中的黏粒含量越高，其黏性越强，塑性指数越大。用于墙体材料黏土的性能指标应略低于制浆黏土性能指标；实践证明，黏粒含量大于40%、塑性指数大于17的黏土已完全能满足配制塑性混凝土的要求。

4.1.6 细骨料（砂）的品质和用量直接影响到塑性混凝土的和易性和物理力学性质。配制塑性混凝土宜采用中砂，按现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684的规定，其细度模数为3.0~2.3。

本规程采用现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684中的品质标准。考虑到塑性混凝土原材料含有膨润土、黏土等，对砂的“含泥量”和“泥块含量”指标有所放宽。天然砂“含泥量”、天然砂和人工砂“泥块含量”均为现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684中的Ⅲ类砂标准；“石粉含量”取小于15%，这比现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684中“石粉含量”Ⅲ类指标7%放宽了许多。其他品质要求都是Ⅱ类标准。

4.1.7 降低粗骨料粒径和加大砂率有利于改善塑性混凝土的变形性能，但同时也加大了工程造价，增加了料源困难。国外塑性混凝土防渗墙的最大骨料粒径一般为32mm。我国厚度400mm以下的塑性混凝土防渗墙的最大骨料粒径都限制在20mm。厚度

大于 400mm，特别是墙厚 600 mm 以上的塑性混凝土防渗墙，最大骨料粒径多为 40mm。根据现实情况，只对厚度 400mm 以下的薄型塑性混凝土防渗墙明确规定最大骨料粒径为 20mm；厚度大于 400mm 的塑性混凝土防渗墙的最大骨料粒径可为 40mm，但限制粒径 20mm~40mm 粗骨料的用量。

现行国家标准《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685 中粗骨料按卵石、碎石技术要求分为三类。塑性混凝土本身强度较低，且含有黏土、膨润土，因此没有必要选用较高的卵、碎石压碎指标和含泥量指标。本规程表 4.1.7 中的针片状颗粒指标和含泥量指标均为现行国家标准《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685 中的Ⅲ类标准。考虑到耐久性和抗腐蚀性需要，硫化物及硫酸盐含量和质量损失取Ⅰ类指标。

4.2 塑性混凝土配合比

塑性混凝土的性能和材料组成与普通混凝土不同，由于掺加了大量的黏土、膨润土，造成水泥用量减少、用水量增大；为降低塑性混凝土的弹性模量，加大了砂率，减小了粗骨料粒径。普通混凝土配合比设计方法不再适用于塑性混凝土配合比设计。

4.2.1 考虑到普通混凝土和目前塑性混凝土都取 28d 抗压强度、弹性模量和渗透系数为标准值，以及尽量减少施工工期、试验周期等因素，本规程规定将塑性混凝土 28d 抗压强度、弹性模量和渗透系数作为标准值。

塑性混凝土抗压强度随龄期的变化规律与普通混凝土不同，抗压强度早期增长速度较慢，中期增长较快，后期增长又放缓。试验表明，塑性混凝土 28d 抗压强度约为 90d 抗压强度的 60%。塑性混凝土防渗墙原型观测和试验资料表明，塑性混凝土的渗透系数随着龄期延长而变小，龄期 1 年至 2 年，渗透系数可减小 10~20 倍。由于塑性混凝土强度随龄期的增加有较大程度的提高，渗透性有较大程度的降低，使其后期的安全性提高。

4.2.2 正交试验设计法在试验点设计上遵循“均衡分散性”与

“整齐可比性”的正交性原则。在已有塑性混凝土配合比设计中，正交试验设计法得到了较为广泛的应用。塑性混凝土配合比设计，宜采用正交试验设计法。

采用正交试验设计，应正确确定试验因素和水平，选用合适的正交表进行表头设计，列出试验方案并按试验方案进行试验。对正交试验设计试验结果，应进行极差分析和方差分析。

4.2.3 在因素多、水平多的情况下，可采用与正交试验设计法相比试验次数较少的均匀试验设计法。采用均匀试验设计法应正确确定试验因素和水平，选用合适的均匀试验设计表及使用表，根据使用表列出试验方案，按试验方案进行试验。对均匀试验设计试验结果，应采用回归分析法处理试验数据。为了减小试验误差对结果的影响，每一组配合比试验的试件数不应少于3个，各因素量值水平宜适度增加。

4.2.5 本条根据国内外研究成果和实际工程资料提出了塑性混凝土原材料用量的合理范围，可供塑性混凝土配合比设计参考。

对塑性混凝土中骨料掺量认识不一，已建工程掺量在 $1200\text{kg}/\text{m}^3 \sim 1800\text{kg}/\text{m}^3$ 。有研究者认为 $900\text{kg}/\text{m}^3 \sim 1300\text{kg}/\text{m}^3$ 为宜，也有研究者认为还可以再减少。研究表明，对于最大骨料粒径为20mm的塑性混凝土，骨料掺量约为 $1500\text{ kg}/\text{m}^3$ 较为合适。如果掺量过大，将使塑性混凝土中的骨料相互接触，增大弹性模量。

根据正交试验结果，塑性混凝土中掺加水泥质量10%~40%的粉煤灰对降低弹强比有利。

4.2.7 本条提出了塑性混凝土配制强度计算方法的建议。配制强度的计算，有均方差(σ)法和离差系数(C_v)法，前者是离散性的绝对值，后者是离散性的相对值。近年来，国内多数规范采用了均方差法，其原因是，在强度等级大于20MPa时，在同等质量控制水平下， σ 的变化很小，用标准差法反而更方便；所以对于普通混凝土采用均方差法是合适的。塑性混凝土的强度较低，受天然材料性质的影响，抗压强度的离散性较大，强度均方

差极不稳定，现有规范不适用；而不同强度塑性混凝土的离差系数却相对稳定，离差系数随强度大小变化有一定的规律性，强度越小离差系数越大；通过离差系数可以较直观地判断混凝土强度离散性的大小，故本条推荐采用离差系数法。

有关专家对国内已建塑性混凝土防渗墙的统计资料进行分析后，提出的塑性混凝土抗压强度离差系数（ C_v ）可按表 1 采用。

表 1 塑性混凝土抗压强度离差系数 C_v

设计抗压强度标准值 (MPa)	9~6	5~3	2~1
计算配制抗压强度的 C_v 的参照值	0.26	0.29	0.33

考虑到现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中混凝土配制强度的计算是采用标准差法，本条中的塑性混凝土施工配制强度计算公式仍用标准差表示，但这里的标准差须根据离差系数统计数据求得， $\sigma = \beta f_{pcu,k}$ ， $\beta = C_v / (1 - tC_v)$ 。附录 B 规定了标准差与塑性混凝土施工配制强度的关系系数 (β) 与设计强度标准值 ($f_{pcu,k}$) 和概率度系数 (t) 的关系。

4.2.8 考虑到塑性混凝土的早期强度较低，后期强度增长较快，90d 的强度约为 28d 强度的 1.5 倍；用 28d 龄期强度作为标准强度不尽合理。此外塑性混凝土强度的离散性较大，对施工强度的保证率和最低强度均不宜要求过高。塑性混凝土防渗芯墙深埋地下，主要起防渗作用，有 80% 以上的强度保证率即可满足要求。

4.3 塑性混凝土性能指标

4.3.1 本条规定了防渗墙塑性混凝土拌合物的性能指标，对塑性混凝土拌合物的密度、保水性、流动性提出了具体要求。实践证明，满足这些要求才能保证施工顺利进行，才能保证成墙质量。

地下防渗墙塑性混凝土密度过小不利于混凝土充分置换孔内泥浆，应予以限制。塑性混凝土拌合物泌水率是衡量塑性混凝土保水性的指标，泌水率低混凝土的匀质性、稳定性好。

塑性混凝土应有适宜的稠度和良好的和易性。实践证明，对于泥浆下浇筑的混凝土，入孔坍落度低于180mm浇筑很困难，因此实际坍落度应以孔口测量数据为准。为了使浇入孔内的塑性混凝土均匀扩散，达到一定的扩散半径，塑性混凝土从入孔到扩散基本结束，坍落度保持在150mm以上的时间不应小于1h。

为了保证塑性混凝土的黏聚性，本条规定扩展度应为340mm~400mm。扩展度太小，施工性能差；扩展度太大，黏聚性差，会导致混凝土离析。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。

4.3.2 本条指出了塑性混凝土的力学性能指标，这是国际上业界人士公认的塑性混凝土适用范围；具体到某一个工程，抗压强度与弹性模量如何匹配，是一个还没有完全解决的问题，往往会发生矛盾。

28d弹性模量与28d抗压强度的比值称为弹强比。弹强比是评价塑性混凝土性能的主要指标。弹强比越小，墙体受力后的应力状态越好。塑性混凝土配合比设计的主要目标就是在强度满足要求的前提下，尽量降低弹强比；这个目标需要经过大量的试验工作才能达到。

4.3.3 本条指出了塑性混凝土的抗渗性能指标。渗透系数的变化范围较大(10^{-6} cm/s~ 10^{-8} cm/s)，这是因为塑性混凝土原材料的种类较多，配合比复杂。塑性混凝土抗渗性能完全能满足一般工程的需要，但由于强度较低，干缩量较大，抗渗等级只能达到W1~W3，所以不能在常规混凝土渗透仪上进行试验，只能用流量法测其渗透系数。

5 施工平台与导墙

5.1 施工平台的布置与结构

5.1.1 施工平台的宽度应满足施工需要，指满足施工设备和运输车辆作业与行走的需要。其中施工设备的选择受地层、工期等客观条件的影响，不同的施工设备和工艺对平台宽度的要求差别很大，故在此对平台宽度不便作出统一的规定。

5.1.2 塑性混凝土施工需要使用大量的水和泥浆，能否顺畅排出废水、废浆、废渣关系到环境保护和槽孔安全，如果废水倒渗孔内就会造成塌孔事故；要解决这一问题施工平台必须与四周的地面有一定的高差。

5.1.3 在防渗墙造孔施工过程中，孔内泥浆面相对于地下水位的高差越大，浆柱压力对孔壁的支撑作用越大，因此施工平台的高度对槽孔的稳定有重要影响，在确定施工平台高程时必须首先考虑槽孔的安全。一定要避免因为想节省工程量而造成大面积塌孔，这样会造成更大的损失。

指明是孔口处的高度是因为施工平台不是平的，防渗墙槽孔两边的钻机平台和倒砂平台为排水、排浆向外都有一定的坡度，只有导墙的顶面是平的，此处的高程最大，称孔口高程，孔内泥浆面的高度由它控制。

不同的施工期设计洪水频率，最高地下水位是不同的，这里不写清楚，设计单位和施工单位在确定施工平台高程时无所适从。

实践证明，施工平台高出地下水位 2m 是最低要求，现在普遍使用的膨润土泥浆密度很小，有条件时施工平台宜高一些。

5.2 导墙的布置与结构

5.2.1 导墙的功用不仅是在开挖槽孔时给开挖机具导向，保护

泥浆液面处于波动状态槽口的稳定，还要承受土压及施工机械等荷载，并要支撑混凝土导管、钢筋笼、接头管（板）等临时荷载；因此防渗墙施工前一定要先修导墙。导墙应具有一定强度和刚度，并应建在稳定的地基上。

导墙内间距，在用抓斗、液压铣槽机成槽时，宜大于设计墙厚 $80\text{mm} \sim 100\text{mm}$ ；在用冲击钻机成槽时，宜大于设计墙厚 $100\text{mm} \sim 160\text{mm}$ 。

5.2.2 由于施工荷载较大，采用现浇钢筋混凝土结构导墙较为安全，其断面形式常用的有矩形、直角梯形、L形、倒L形、[形等。在地质条件合适、槽孔施工周期较短的情况下，也可用钢结构导墙，其优点是可周转使用，降低成本。

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。由于导墙底面必须低于泥浆面，导墙的高度一般为 $1.0\text{m} \sim 2.0\text{m}$ 。为了防止污水流入槽孔和便于成槽施工，导墙顶面应高出施工平台地面 $50\text{mm} \sim 100\text{mm}$ 。

5.3 导墙与施工平台修筑

5.3.1 地下防渗墙成槽施工过程中，不论漏浆发生在什么部位，塌孔均发生在上部孔口处，因此导墙下面的地基必须坚固密实。

5.3.2 导墙外侧应采用黏性土回填并夯实是为了防止施工平台上的废水、废浆倒流槽孔。在导墙间加设撑顶支护是防止导墙倾覆或位移的重要措施。

5.3.3 在防渗墙成槽施工过程中，导墙相当于孔口的两根连续梁，长度越大，承载能力越大。

5.3.4 在工期紧张的情况下，填方地基一般难以做到密实，特别是底部与原地面的结合处，容易发生漏浆塌孔事故。填筑施工平台时往往采用开挖料，里面的大块石若不清除，将给防渗墙成槽施工造成极大的困难。

6 成槽施工

6.1 固壁泥浆

6.1.1 本条对泥浆原材料的品质提出了要求。泥浆原材料有膨润土和普通黏土（简称“黏土”）两种。膨润土泥浆性能优于黏土泥浆，如采用循环出渣、回收净化再重复使用的工艺，其耗量和成本将大幅度下降，对环境的污染也小，因此宜优先选用膨润土制浆。在当地无较好的黏土，而膨润土因运距等原因成本太高时，可考虑使用两种土料的混合料制浆，其配比通过试验确定。

膨润土是以蒙脱石为主要矿物成分的一种黏土。根据蒙脱石含量的高低，可把膨润土划分为钠质膨润土和钙质膨润土，钠质膨润土优于钙质膨润土。

本规程表 6.1.1 中的膨润土质量指标根据现行国家标准《钻井液材料规范》GB/T 5005 和《膨润土》GB/T 20973 制定，但根据原石油部《钻井用膨润土》SY/T 5060 和防渗墙施工实际情况作了适当调整。防渗墙施工常用的是未处理钙基膨润土；故只能参照钻井用“未处理膨润土”的质量指标，根据塑性混凝土防渗墙施工的实际需要提出膨润土的质量指标；不能过高，也不能缺项；否则在实际工作中无法操作，难以保证质量。

黏土的成分复杂、物理性质不一，本条要求应对黏土进行物理试验和化学分析，当黏土的黏粒含量难以达到 40% 的指标时，应适当掺加膨润土。

6.1.2 本条依据国外的资料和近年来国内应用膨润土泥浆的实践经验，制定了膨润土泥浆和黏土泥浆的性能指标。该指标应根据地层情况如漏失地层、松软地层、高承压水位地层等因素予以修正。

以往现场测试泥浆黏度的仪器有两种，一种是苏式漏斗

(500/700mL)，一种是采用 API (美国石油协会) 标准的马氏漏斗 (946/1500mL)；黏土泥浆用苏式漏斗，膨润土泥浆用马式漏斗；国外多用马式漏斗，本规程中统一采用马式漏斗，以便与国际接轨。

泥浆密度是一项对于槽壁稳定非常重要的指标，不能只有上限没有下限，泥浆密度太小不能保证槽孔安全，故本条将新制膨润土泥浆的密度定为 $1.05\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.10\text{g}/\text{cm}^3$ ，将重复使用膨润土泥浆的密度定为 $1.05\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.25\text{g}/\text{cm}^3$ 。

6.1.3 膨润土泥浆应充分搅拌，充分溶胀后再使用，否则会影响泥浆的失水量和黏度。不同的膨润土、拌制方法、泥浆浓度，需要的搅拌时间和溶胀时间不同，应通过试验确定。

6.1.4 高速搅拌机是指搅拌转速达 $1200\text{r}/\text{min}$ 以上的搅拌机，膨润土泥浆用低速搅拌机难以搅拌均匀，而含有大量土块的普通黏土不可能用高速搅拌机搅拌，粉碎后的黏土也可用高速搅拌机搅拌。

6.1.5 一般情况下膨润土与水均匀混合后 3h 就有较大的溶胀，经过一天就可达到完全溶胀。新制泥浆需要提前使用时，应适当延长搅拌时间。泥浆池中的泥浆应采用压缩空气或其他方法经常搅拌，使之保持均匀。

6.1.6 泥浆回收重复使用是泥浆管理的重要环节，对于环境保护、节省材料、降低造价均有重要意义。常用的泥浆处理设备为泥浆净化机，泥浆净化机由振动筛和旋流除砂器组成。

6.1.7 本条规定了泥浆质量检查制度，是保证泥浆质量，乃至整个工程质量的重要措施。

6.2 造孔成槽

6.2.1 地下防渗芯墙施工常用的造孔成槽方法是钻劈法和钻抓法。钻劈法是用钢丝绳冲击钻机先钻主孔（导孔），然后劈打副孔连通成槽的施工方法。钻抓法是先用击钻机钻主孔（导孔），然后用抓斗挖槽机抓取副孔连通成槽的施工方法。钻劈法是最早

使用的成槽方法，特点是能适应各种地层，但工效较低；目前在含有孤石、漂石的复杂地层中造孔仍然离不开钻劈法。钻抓法充分发挥了两种成槽设备的优势，施工速度快，但抓斗对地层的适应能力较差。

随着施工技术的进步，成槽方法在不断改进。在地质条件复杂的地层中修建防渗墙，应灵活机动地选择成槽方法和成槽机具。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。

6.2.2 本条是关于控制防渗墙施工轴线的要求。

6.2.3 本条为确定槽孔长度的一般原则。地下防渗墙施工，通常是将整个墙体长度按墙设计平面构造要求和施工可能性划分为若干单元槽段，按一定顺序进行的。

槽段划分就是确定单元槽段的长度。单元槽段越长，墙段接头数量越少，可提高墙体整体性和防渗能力，简化施工，提高工效。但由于种种原因，单元槽段长度受到限制，必须根据设计要求和施工条件综合考虑确定。决定单元槽段长度的因素主要有：设计构造要求，墙体深度和厚度；地质、水文条件，开挖槽面的稳定性；对相邻建（构）筑物的影响；成槽机械的一次挖槽长度；泥浆生产和护壁能力；单位时间内塑性混凝土供应能力；导管的作用半径；起拔接头管的能力；施工技术的可能性；连续操作有效工作时间等。其中最重要的是槽壁的稳定性。单元槽段的长度多取5m~8m，也有取10m甚至更长的情况。

6.2.4 地下槽孔防渗墙须分段施工，分段长度一般为5m~8m。为了加快进度和保证安全，一般采用间隔施工的方法，即先施工1、3、5、7、9号槽段，后施工2、4、6、8、10号槽段，先施工的称“一期槽段”，后施工的称二期“槽段”。在单个槽孔里面也是采用这种方法施工。在某些特殊情况下也可能相邻槽孔同时施工，这时就要注意防止发生两个槽孔串通事故。

6.2.5 本条规定是为了保持槽内具有足够的泥浆静压力，以维持孔壁稳定。计算和实践表明，保持泥浆面高于地下水位2m以

上能保持槽内有足够的泥浆静压力。从开始成槽施工到混凝土浇筑结束之前的这段时间内都需要进行浆面控制。

6.2.6 当已知存在漏失地层时，应做好堵漏材料和处理方案准备，在成槽前或成槽过程中发现问题及时进行处理。预防漏浆主要有下列措施：

- 1 对槽孔两侧一定深度内土体进行加密处理；
- 2 在槽孔两侧地基预先进行高压喷射注浆或水泥灌浆；
- 3 使用防渗性能良好、黏度较大的固壁泥浆；
- 4 在松散、漏失地层中钻进，应随时向孔内投入适量黏土，以增加孔底泥浆的稠度；
- 5 必要时在泥浆中加入防漏失材料。

处理漏浆主要有下列措施：

- 1 发生大量漏浆时应立即起钻，中断造孔，迅速向槽孔内补充泥浆，保持浆面高度不低于导墙底部；
- 2 在泥浆中掺加膨润土、粉煤灰、锯末、棉子壳、纸屑、麻屑、人造纤维等堵漏材料；
- 3 向孔底投放黏土、水泥、砂、碎石、黏土球等堵漏材料，用钻头捣实并挤入漏浆孔洞。

6.2.8 槽孔成槽后应进行终孔质量检验，检验不合格不得进入清孔、浇筑工序，要重新修孔。槽孔终孔是指：整个槽孔中的各个单孔全部钻到了经过监理确认的终孔深度；各个单孔之间全部连通，没有障碍物，孔宽全部满足要求；各单孔和单孔之间的孔斜率全部在允许的范围内；墙段之间的搭接厚度满足设计要求。

槽孔终孔检验，可以采用重锤法，也可以采用超声波法，超声波法的检测结果比较准确，对于重要或对孔形有严格要求的工程，应采用超声波测井仪进行检测。

重锤法就是直接用造孔钻头在全槽孔内按一定的上下、左右间距逐点检查，通过测量钻头钢丝绳在孔口的偏斜距离，计算出钻头所在部位的偏斜距离，然后根据孔深计算出各测点的孔斜率。终孔检验时必须有监理人员在场监督并确认检查结果。

6.2.9 钻劈法属于传统的成槽工艺，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。

6.2.10 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。

6.2.11 抓取法为纯抓斗施工，目前在国内属于较新的槽孔建造工艺，多适用于细颗粒地层，工效高于上述两种工艺，但成槽精度相对稍低。施工设备可以是液压抓斗或钢丝绳抓斗。钢丝绳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，是最新的槽孔建造工艺，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。

6.3 清孔换浆

6.3.1 槽孔终孔质量检验合格，经监理签发合格证后方可进行清孔换浆。

6.3.2 清孔的方法主要有抽筒法、泵吸反循环法、气举反循环法、潜水泵法等。由于泵吸法和气举法相对于传统的抽筒法更能保证清孔质量，提高清孔速度，因此本条规定清孔换浆方法宜采用泵吸法或气举法。

泵吸法中的反循环泵吸法是一种常用的清孔方法。该方法是将砂石泵吸浆管下至孔底，沿墙轴线移动，将孔底携渣泥浆抽至孔外，同时自孔口注入新鲜泥浆。

在槽深小于 50m 时，泵吸法效率较高。当槽深较大时，宜采用气举法，气举法清孔深度可达 100m 以上。

6.3.3 初步清孔是指用抓斗或抽砂筒将孔底的大块钻渣先捞出孔外，以免在反循环清孔时堵塞排渣管。但不得用抓斗抓取代替泥浆反循环清孔。

6.3.4 为了保证槽孔浇筑时混凝土自上而下置换孔内泥浆的效

果，必须在清孔前用新鲜泥浆置换孔内的大密度、大黏度、大含砂量泥浆。不合格泥浆主要集中在槽孔下部，故不一定要将全槽孔泥浆都换出。

6.3.5 清孔换浆设备的能力主要是指：反循环砂石泵的排量、扬程，空压机的压力、排量，排渣管的直径等。

6.3.6 本条规定了清孔换浆质量指标和检测时机。要求清孔换浆结束1h后再进行清孔质量检查，是因为在清孔过程中被悬浮起来的泥砂在混凝土浇筑开始之前还会沉降到孔底。

6.3.7 槽孔清孔检验合格后，要下设完浇筑导管才能开始浇筑混凝土，一般4h是足够的；若由于孔深过大等原因造成延误，孔底淤积厚度可能增加，这时就要重新清孔。清孔方法有潜水砂石泵法、导管法等。

6.3.8 对后期槽孔一端或两端圆弧形塑性混凝土孔壁上附着的泥皮应进行刷洗，最后一遍刷洗完毕后，掉落在端孔内的淤积物的厚度应在规定的限度以内。

7 塑性混凝土浇筑

7.1 塑性混凝土的制备与运输

7.1.1 塑性混凝土的制备与普通混凝土基本相同，只是增加了掺入黏土、膨润土等工序。由于膨润土容易成团，很难搅拌均匀，所以要求采用强制式搅拌机搅拌，并适当延长搅拌时间；最好是采用湿掺法。搅拌时间一定要通过试验确定。

黏土和膨润土的掺入有两种方法：干掺法和湿掺法。干掺法是指将水泥、膨润土、黏土等与骨料先混合搅拌，然后再加水搅拌。由于黏土中含有水分和土块，干掺前需先晒干、粉碎、过筛后装袋备用。

湿掺法是事先将黏土、膨润土拌制成泥浆备用，不是搅拌混凝土时先在混凝土搅拌机内直接拌制泥浆。搅拌泥浆须用专用设备，在混凝土搅拌机内不可能搅拌均匀；特别是黏土泥浆需要较长的搅拌时间，不可能在混凝土搅拌过程中完成。要注意的是，泵送泥浆的最大浓度只能达到10%~14%。

7.1.2 为了保证塑性混凝土的质量，对混凝土拌合物运输的基本要求是：运输能力要够；运输中不离析、不漏浆；运输时间要短，保证运至孔口的混凝土应具有良好的施工性能。

“最大计划浇筑强度”是指最长槽孔或计划一次连续浇筑的几个槽孔，在浇筑过程中能满足混凝土面上升速度要求的浇筑强度。

浇筑中断往往是由于机械故障、突然停电等原因造成。中断时间过长导管和孔内的混凝土将失去流动性，从而导致堵管事故，甚至断墙事故。

7.2 塑性混凝土地下浇筑

7.2.1 塑性混凝土的施工性能主要是指塑性混凝土的流动性和黏聚性。流动性用坍落度和扩展度两个指标表示。黏聚性尚无现场快速检测方法，只能目测。为保证塑性混凝土的施工性能满足要求，浇筑前应测试骨料含水量；并进行混凝土试配，必要时调整配合比。开浇后第一车混凝土必须取样检测混凝土的坍落度，发现问题及时调整。

7.2.2 本条是对混凝土浇筑准备工作的要求，这些准备工作对于泥浆下混凝土浇筑是必须的，关系到槽段浇筑的成败，必须提前认真做好。除了自身的准备工作外，还要与供料方、供电方、试验室等外协单位协商好配合事项。

7.2.3 本条是对浇筑导管的要求。导管是泥浆下混凝土浇筑的关键环节，事前应对导管的直径、壁厚、管节长度、结构、强度、连接方式、管节配置等进行精心设计，精心选择，精心加工，认真检查。导管在槽段中布置应符合设计和规范要求。本规程第 6.2.8 条规定了孔斜率不应大于 0.6%，故相应规定导管不能有过大的弯曲，下到孔中部分的斜率不应大于 0.5%，否则下管时会破坏孔壁。

7.2.4 本条是对浇筑过程控制的要求。槽段泥浆下浇筑是不可直观的隐蔽工程，必须以过程质量、工艺质量、行为质量保证工程质量，因此地下防渗墙浇筑施工有严格的工艺要求和记录要求。在浇筑过程中必须按预定的间隔时间测量、记录混凝土面上升、导管埋深等情况，导管的提升、拆卸操作必须严格根据记录和规程要求进行。

7.2.5 本条是对浇筑事故处理的要求。槽段浇筑前要有预防事故的措施和处理事故的预案，要准备好各种处理事故的工具材料。发生事故后要查明原因，尽快组织力量妥善处理，尽量减少损失。

7.2.6 墙顶难免有少量混浆混凝土需要凿除，故超浇 50cm。

7.3 塑性混凝土地上浇筑

7.3.1 地上塑性混凝土防渗芯墙的成墙方式可分为两类，一类是在既有建筑物上开挖浇筑成墙，它的施工过程与地下防渗墙基本相同；另一类是从地基向上建槽浇筑成墙，这种成墙方式需要模板。模板可分为两种，一是永久性模板，即成墙后模板不拆除。另一种是非永久性模板，即需要拆除的模板。永久性模板多采用浆砌石体，即砌石模，非永久性模板多采用钢模板。

砌石模不仅可以利用芯墙两侧的砌石体作模板，节省木材与钢材，而且砌石体弹性模量与墙体弹性模量之比约为2~11，是较理想的模量搭配。砌石模的厚度取决于槽内浇筑塑性混凝土和砌石模两侧填土压实产生的侧向压力，应通过计算确定，使其在侧向压力作用下不发生位移。当砌石与浇筑过程采用“层砌层浇”方式时，已有工程采用的砌石模厚度约为0.6m~1.0m。当塑性混凝土芯墙采用薄层通仓浇筑时，砌石模厚度可以减小到0.35m~0.40m。

7.3.2 塑性混凝土防渗芯墙浇筑采用钢模板时，为了保证模板的强度、刚度和稳定性，模板安装一般采用对拉配合外部斜撑；为了防止漏浆，模板之间的接缝通常用胶带粘贴或敷设泡沫双面胶条，为拆模方便，钢模应涂隔离剂或采取其他易脱模的措施。

7.3.3 塑性混凝土拆模时的强度不宜具体规定，应在综合考虑模板类型、施工进度、塑性混凝土强度等因素后确定，必要时进行试验。塑性混凝土强度达到其表面及棱角不因拆模而损伤时方可拆模。拆模时不应敲打，敲打会对墙体造成损伤。拆模困难时应查找模板安装、拆模时间与方法等原因。若模板安装后，两侧不填土，先浇筑塑性混凝土，拆模后，应及时填土。

7.3.4 砌筑砌石模时，应在砌筑前洒水湿润，否则，在浇筑时会引起塑性混凝土失水，造成墙体侧面干缩裂缝和影响塑性混凝土与砌石之间的粘结。

7.3.5 地上塑性混凝土防渗芯墙是通过安装模板或砌石代替模

板，逐层浇筑成型的防渗墙。浇筑时应有足够的拌合、运输能力，宜采用不分缝通仓浇筑方式。不分缝通仓浇筑又分为通仓薄层浇筑和通仓厚层浇筑。每层浇筑厚度，应根据后层浇筑时，前层浇筑的塑性混凝土仍未初凝的原则确定。

7.3.6 砌石模防渗墙两侧的砌石为永久性模板，防渗墙的侧面养护不存在问题；钢模等非永久性模板，每浇筑一层拆模后立即填土，墙体侧面也不需要再采取其他养护措施。塑性混凝土防渗墙养护主要指逐层浇筑时的养护，每浇筑一层都应及时采用塑料薄膜覆盖墙顶。

8 墙段连接

8.1 地下防渗芯墙段连接

8.1.1 防渗墙墙段连接处是薄弱环节，在能保证槽段稳定的前提下，尽量加大槽段长度，减少墙段接头。

8.1.2 防渗墙墙段连接有：钻凿法、接头管法、双反弧法、铣削法等，常用的是钻凿法和接头管法。钻凿法直接用钻机钻接头孔，不需另外的设备，操作简便；但接头孔容易偏斜，且浪费工时和材料。接头管法的成孔效果较好，质量有保证，现在多采用接头管法，逐渐淘汰钻凿法。

8.1.3 拔管成孔成败的关键是正确选择并适当控制混凝土的脱管龄期。起拔早了会造成混凝土孔壁坍塌，不能成孔；起拔晚了会危及孔口的安全。防渗墙混凝土能成孔的最小脱管龄期与混凝土的特性、孔径、孔深、浇筑速度、温度等因素有关，一般为5h~8h，甚至更长，必须通过试验确定，并在开始浇筑时取样复核。混凝土的龄期应从浇筑导管底口高于此部位后（此点的混凝土已处于静止状态后）开始计算。

为了掌握接头管外各接触部位混凝土的实际龄期，应详细掌握混凝土的浇筑情况，因此，施工前应绘制能够全面反映混凝土浇筑、导管提升、接头管起拔过程的记录表。该记录表上既有各种施工数据，又有多条过程曲线，能直观地判断各部位混凝土的龄期、应该脱管的时间和实际脱管龄期。在施工中应及时、准确地记录施工过程。浇筑施工与拔管施工应紧密配合，浇筑速度不宜过快。开浇3h后开始微动，此后活动接头管的间隔时间不应超过30min，每次提升1cm~2cm，以消除混凝土的粘结力。微动的时间不宜过早，也不宜过于频繁，否则对混凝土的凝结和孔壁稳定不利。当管底混凝土的龄期达到确定的脱管龄期后，就可

以按照混凝土的浇筑速度逐步起拔接头管。

8.1.4 墙段连接钻凿法即施工二期墙段时在一期墙段两端套打一钻的连接方法，其接缝呈半圆弧形，一般要求接头处的墙厚不小于设计墙厚。

接头孔偏斜对墙段连接处的墙厚有不利影响。由于墙体混凝土与四周地层的硬度不同，所以钻孔时极易发生偏斜；特别是深度较大的接头孔，钻孔时间越长混凝土的强度越高，越容易发生偏斜，越往下越难打。所以施工接头孔时，既要严格控制孔斜，又要抓紧时间、加快进度。

8.1.5 墙段连接采用铣削法适用于用液压双轮铣槽机成槽的防渗墙工程。采用铣削法时，一期墙段之间的距离小于铣槽机铣头的长度，铣槽机从上到下同时铣掉两个一期墙段的端部，形成的墙段接缝不是弧形，而是锯齿形。铣削法成败的关键在于控制和掌握两侧一期墙段的孔斜，正确选择铣削位置，确保从上到下都能同时铣到两侧的一期墙段。

8.2 地上防渗芯墙结合面处理

8.2.1 本条是关于地上防渗芯墙与地基连接的要求。为了防止墙体与地基的连接处出现渗漏，一方面要求地基应具有足够的强度，另一方面应采取连接技术措施。如在塑性混凝土防渗芯墙与地基或地下防渗墙的连接处设置混凝土基座，在塑性混凝土防渗芯墙与岸坡的连接处设置混凝土垫座。

8.2.2~8.2.4 地上塑性混凝土防渗芯墙立模分段分层浇筑，分层厚度为 $2.0\text{m}\sim 2.5\text{m}$ ，每一层分段长度为 $12\text{m}\sim 20\text{m}$ ，各段之间采用斜面或直面连接。先浇混凝土初凝结束前继续浇筑的，结合面不需处理。先浇塑性混凝土初凝结束后再浇筑的，二者的结合面称施工缝，施工缝应进行处理。无论是力学性能还是抗渗性能，施工缝都是较差的位置之一。施工缝处理的好坏，直接影响塑性混凝土防渗墙的性能。根据试验，结合面的性能与结合面粗糙度、湿润程度和界面剂有关。

到目前为止，国内外还没有相应规范或规程对结合面粗糙度评定方法做出明确规定，均匀刷毛基本能满足粗糙度要求。结合面湿润程度对结合面性能有较大影响。若结合面干燥，界面剂会因失水收缩，收缩产生的剪力会削弱结合面结合强度。湿润结合面水分不宜过多，不得留有积水。试验表明，界面处于饱和状态最好。界面剂可采用与塑性混凝土具有同样配合比（不含粗骨料）的砂浆或 1：1 的水泥净浆，试验表明，二者的性能相近。刷界面剂非常重要，应使其均匀、细腻、密实。

9 施工质量检查

9.1 工序质量检查内容

9.1.1 对防渗墙工程的质量检查，可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。

9.1.2 每道工序都要有详细的施工记录和检查记录。

9.2 塑性混凝土取样

9.2.1 取样试验是为了了解施工中浇筑的塑性混凝土性能，对塑性混凝土的性能和墙体质量进行评定，因此应在浇筑地点的孔口随机取样。

9.2.2~9.2.6 抽取试件组数应以拌合批次、浇筑量、台班、墙段、层次等一个或几个作为控制因素。

槽孔塑性混凝土防渗墙和分缝跳块浇筑的模板塑性混凝土防渗墙，每个墙段不论体积多少，抗压强度试件至少取样一组。

不分缝通仓分层浇筑的模板塑性混凝土防渗墙，分层为控制因素，以该因素所得试件试验结果，有利于评价每层浇筑质量，但若一层浇筑的塑性混凝土方量较小，取样频率就会太高，因此，应与浇筑方量结合确定取样次数，本规程规定每浇筑 100m^3 取样不应少于一组。

抗渗试验、弹性模量试验较抗压强度试验复杂，故检查频次应减少，只取少量的检测数据。

上述抽取试件组数是基于同配合比、同批次拌合，当配合比或拌合批次不同时，即使是同一墙段或层，也应增加抽样组数。每组抽取试件个数，应符合第 9.3 节塑性混凝土性能检测要求。为稳妥起见，每组试件个数可适度增加。

9.3 塑性混凝土性能检测

9.3.3 本规程要求抗压强度试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。但应注意，由于塑性混凝土强度较普通混凝土强度低得多，因此对加载设备与加载速度的要求与《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 有所不同。

9.3.4 塑性混凝土由于强度低、变形大，不能采用常规弹性模量试验方法。本规程采用标距取试件全长、减少预压次数并缩短预压时间的试验方法，同时要求用同一试件的总变形量计算出变形模量和极限应变，以全面反映所测试塑性混凝土的变形性能。

9.3.5 现行行业标准《混凝土抗渗仪》JG/T 249 和劈开法测试混凝土的相对渗透系数主要存在下列问题：

1 由于塑性混凝土的体积收缩量较大，采用常规试验设备和试验方法环缝密封问题不容易解决，对试验结果影响较大；

2 塑性混凝土的强度较低，劈开时破裂面不完整，难以准确测量渗透距离；而且试验时间太长，工作量太大，试验费用过高；

3 塑性混凝土的吸水率难以测定，因为塑性混凝土不能脱水，脱水后就会立即破散，将试件烘干后再吸水的办法不可行；

4 塑性混凝土中水的存在形式与普通混凝土不同，有能移动的自由水分子，也有被膨润土颗粒吸附的不能自由移动的水分子，一概清除不符合塑性混凝土吸水率的实际情况。

所以塑性混凝土的渗透性试验采用流量法，通过测定渗透压力和渗透流量直接得出渗透系数。

9.4 墙体质量检查

9.4.4 钻孔取芯是墙体质量检查的方法之一。通过对芯样的检查、试验了解墙体塑性混凝土有无夹泥和冷缝、是否密实、与基岩面接触情况、墙底沉渣厚度等。

芯样直径应考虑骨料最大粒径的影响，芯样直径一般不宜小于骨料最大粒径的6倍，骨料最大粒径越大，钻孔直径应越大。但墙厚较薄时，钻孔直径过大，会影响墙体整体性，损伤较为严重。

取芯钻孔孔斜率对芯样成功率有较大影响。为了保证钻孔有较高的垂直度，取芯钻孔孔斜率不宜大于0.4%。

取芯钻孔深度宜控制在5.0m~8.0m。当取芯深度较深时，由于孔斜率、振动、芯样应力释放等因素，芯样破碎较严重。

钻孔应选择合适的孔径。粗骨料最大粒径小、墙体厚度薄、孔径可小些；粗骨料最大粒径大、墙体厚度大，孔径可大些。本条规定孔径不应大于墙厚的1/3，宜为70mm~150mm。

芯样抗压强度试验宜使用直径100mm、高径比1:1的塑性混凝土圆柱体试件。若采用小直径芯样试件，其直径不应小于70mm。试验表明：同样养护、同样龄期的直径100mm或直径70mm~75mm、高径比1:1的塑性混凝土圆柱体试件与边长150mm的立方体试件抗压强度基本相当。

9.4.5 本条规定当塑性混凝土防渗芯墙达到一定龄期后，沿墙轴线布设开挖检查点，检查墙体的均匀性和完整性、墙段连接和厚度。由于只能在上部进行开挖检查，故检查结果不作为墙体质量综合评价的主要依据。

9.4.6 塑性混凝土墙体中的检查孔孔壁粗糙，孔径大小不一，卡塞困难，做注水试验时不能完全照搬规程规范，要根据具体情况采用既合理又简便的试验方法。

9.4.7 对于塑性混凝土，由于其强度很低，取芯率高低不应作为评判质量的标准。可采用无损检测如超声波法和弹性波透射层析成像法（简称CT法）等方法进行墙体质量检测，但由于物探的局限性，其检测结果只能作为对墙体质量综合评价的依据之一。



统一书号：15112 · 23663
定 价： 15.00 元