

混凝土防渗墙的浇筑

水利电力出版社

前 言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，随着我国水利水电建设事业的迅猛发展，水利水电工程施工技术不断提高，取得了很大成绩。在水工建筑物的砂砾地基防渗技术方面，除用帷幕灌浆防渗外，一九五八年开始建造混凝土防渗墙。由于防渗墙具有用途广泛、施工进度快、建筑材料省、防渗效果好等优点，十多年来，特别是在无产阶级文化大革命和批林批孔运动的推动下，全国水利水电战线已越来越多地运用这项技术作为处理第四纪透水地基的防渗措施。

为了交流混凝土防渗墙施工的经验，个人根据工作中的体会，并收集了部分工程施工经验编写成这本小册子，以供从事混凝土防渗墙施工的同志参考，但由于个人政治和业务水平有限，施工经验不足，搜集资料不够，肯定有不少缺点、错误，热诚地希望广大读者批评指正。

编 者

一九七四年十月一日

115-81/57

毛 主 席 语 录

路线是个纲，纲举目张。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 录

前 言

第一章 概 述	1
第一节 混凝土防渗墙简介.....	1
第二节 防渗墙混凝土的一般性能.....	5
第三节 泥浆下混凝土浇筑施工要点.....	8
第二章 混凝土浇筑用机具	11
第一节 导管.....	11
第二节 孔口用具.....	16
第三节 导管的提升机械.....	20
第三章 混凝土的拌合与运输	22
第一节 混凝土的拌合.....	22
第二节 混凝土的运输与孔口料台的搭设.....	23
第四章 混凝土浇筑前的准备工作	29
第一节 施工方案的编制.....	29
第二节 导管下设与孔底冲洗.....	34
第三节 其它准备工作.....	36
第五章 泥浆下混凝土的浇筑	37
第一节 泥浆下混凝土浇筑的三个阶段.....	37
第二节 混凝土面深度的测量与施工指示图的绘制.....	41
第三节 导管的拆卸.....	44

第四节	混凝土浇筑质量的检查与控制·····	46
第六章	孔内事故的预防和处理·····	50
第一节	卡球事故的预防和处理·····	50
第二节	返浆事故的预防和处理·····	51
第三节	木球逃脱事故的预防和处理·····	52
第四节	导管接缝漏浆事故的预防和处理·····	53
第五节	卡管事故的预防和处理·····	54
第六节	导管脱空事故的预防和处理·····	55
第七节	导管破裂事故的预防和处理·····	56
第八节	挤穿副孔事故的预防和处理·····	59
附 录	粘土防渗墙泥浆下回填粘土的施工方法及质量 检查成果·····	61

第一章 概 述

第一节 混凝土防渗墙简介

混凝土防渗墙是建造在坝体或拦河闸下边的透水地层中的混凝土截水墙。墙的上部与坝体或拦河闸中的防渗体相连接，墙的下部嵌入基岩一定深度。由于混凝土防渗墙能有效地截断地下水流，从而保证坝基第四纪透水地层的渗透稳定，并大大减少第四纪透水地层的渗透流量。混凝土防渗墙和坝体中的防渗体连在一起，对于保证水库的安全，充分发挥水库效益起着重要的作用。

我国已建的数十道混凝土防渗墙，其布置型式可以综合为以下几种：

1. 壤土斜墙式土坝一般布置在斜墙脚下（见图 1）；
2. 壤土心墙式土坝一般布置在心墙下面（见图 2）；
3. 拦河闸一般布置在闸前沿20米左右的铺盖下边（见图 3）；

4. 为了加固已经建成各种类型的土坝，为便于施工，混凝土防渗墙轴线一般布置在坝轴线附近（见图 4）。

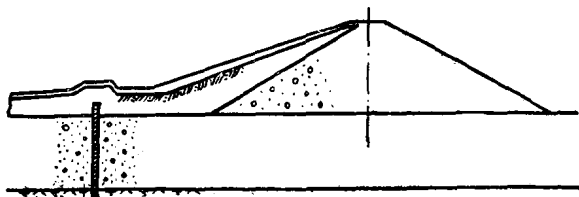


图 1 壤土斜墙式土坝混凝土防渗墙位置

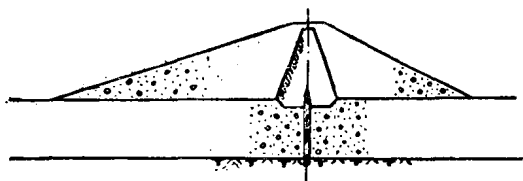


图 2 填土心墙式土坝混凝土防渗墙位置

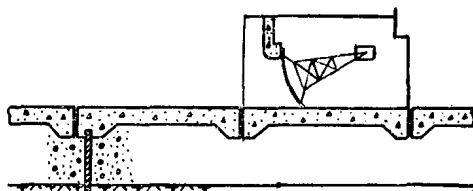


图 3 拦河闸混凝土防渗墙位置

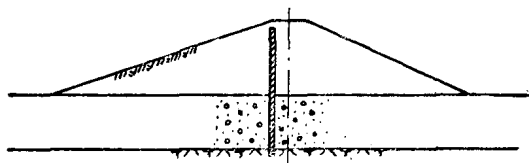


图 4 加固已成土坝混凝土防渗墙位置

混凝土防渗墙应有一定的强度，抗渗性，柔性和一定的厚度。具体要求应当根据混凝土防渗墙所承受的水头，第四纪透水地层及基岩的工程地质与水文地质条件而定。

混凝土防渗墙按截面的不同型式可以分为两种：

1. 圆孔型 这种型式的混凝土防渗墙是由许多直径60~80厘米的混凝土桩柱搭接而成。施工时，先建造单号桩柱，再建造双号桩柱，由单、双号桩柱搭接成一道墙。其有效厚度

为两桩柱的搭接厚度，一般约为桩柱直径的 $3/5 \sim 3/4$ 。圆孔型混凝土防渗墙平面布置示意图见图 5。

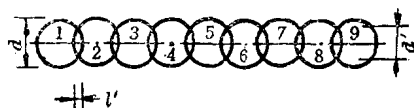


图 5 圆孔型混凝土防渗墙平面布置示意图

d —混凝土桩柱直径； d' —有效厚度； l' —搭接长度

由于圆孔型混凝土防渗墙的搭接接缝多，有效厚度较小，施工烦琐，要求钻孔的铅直度较高，成本昂贵，因此，工程上采用圆孔型混凝土防渗墙较少。

2. 槽孔型 此种混凝土防渗墙是由许多混凝土板墙套接而成。施工时，同样先建造单号槽孔，再建造双号槽孔，由单、双号槽孔套接成一道墙，其槽孔壁应平整垂直。在单号槽孔端孔钻斜的情况下，套接长度应适当增加，使套接部分的墙厚满足设计要求。我国已建成的槽孔型防渗墙，其厚度为 $0.6 \sim 1.3$ 米，一般为 0.8 米；深度最大达 64.4 米；槽孔长度最短的为 1.85 米，最长的为 38.2 米。槽孔越长，套接接缝越少，墙的防渗性能越好，但在浇筑混凝土时，要求混凝土的供应强度要大。槽孔型混凝土防渗墙平面布置示意图见图 6。

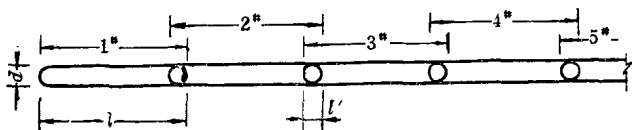


图 6 槽孔型混凝土防渗墙平面布置示意图

l —槽孔长度； l' —套接长度； d —墙厚

由于槽孔型混凝土防渗墙整体性较好，有效厚度较大，施工进度快，成本低，只要求套接处钻孔的铅直度较高，因此采用槽孔型混凝土防渗墙的较多。我国已建成数十道混凝土防渗墙，仅山东省某水库采用圆孔型混凝土防渗墙，其余均为槽孔型混凝土防渗墙。

从防渗的观点来看，搭接接缝或套接接缝（一般宽度最小为1厘米以下，最大可达3~5厘米）是混凝土防渗墙的薄弱环节，因为接缝中充填的是固壁泥浆的夹层（亦称泥皮）。压水试验结果证明：0.8米厚的槽孔型混凝土防渗墙，如套接接缝良好，能承受60~100米水头。因此施工中应尽量缩小泥浆夹层的厚度。承受高水头的混凝土防渗墙，建议对接缝进行特殊处理。

混凝土防渗墙的施工过程一般可分为：造孔前准备，造孔，终孔验收，清孔换浆，清孔验收，浇筑混凝土前的准备，泥浆下浇筑混凝土，全墙质量验收，和坝体防渗体的连接等工序。不论圆孔或槽孔，在其造孔过程中，通常采用粘土泥浆固壁。造孔方法按钻头的运动方式可分为冲击钻进和回转钻进两种。固壁泥浆按循环的方式可分为正循环、不循环、反循环三种。目前我国较多采用的造孔方法为：使用机动钢丝绳冲击钻机，“十”字钻头冲击钻进，大口径抽砂筒和接砂斗出渣，并以不循环的泥浆固壁。但在粒径200毫米以下的砂砾卵石地层中，采用回转钻进、泥浆反循环的造孔方法进度较快。

我国已建成的混凝土防渗墙的观测和运用结果证明，防渗效果普遍较为显著。但个别的由于墙身嵌入风化破碎基岩中的深度不够（仅0.5米），墙下风化破碎基岩的漏水量仍然较大，此点应引起重视。

实践证明，混凝土防渗墙适应于各种颗粒的砂砾卵石地层，在施工过程中，几乎不受地下水位和流速的影响。混凝土防渗墙有着广泛的用途，不仅可以用在水利工程上，如加放钢筋，可建成框格形结构，作为高层建筑物的基础和地下室边墙，可免去基础开挖时放坡；还可作为地下交通道的边墙，以减少开挖时与上部地面的干扰。

第二节 防渗墙混凝土的一般性能

防渗墙混凝土是掺加粘土或粉质壤土的二级配加气混凝土，其强度为中等，坍落度较高。掺加粘土或粉质壤土的目的是提高混凝土的抗渗性，降低混凝土的强度，增加混凝土的柔性，并改善混凝土的和易性。掺土率一般为水泥与粘土总重的15~25%。如采用矿渣水泥时，掺土率可低一些；采用普通水泥时，掺土率可高一些。由于粘土颗粒的保水能力较强，为维持一定的坍落度，加水量须增加，同时为维持一定的水灰比，水泥用量也随之增加。因此，从经济方面考虑，一般多掺加粉质壤土。考虑到掺加粘土或粉质壤土后对混凝土的耐久性不利，因此在掺加粘土或粉质壤土时，必须掺入加气剂，以提高混凝土的耐久性，并可提高混凝土的抗渗性。加气剂掺量一般为水泥重量的万分之一到万分之一点五，这时混凝土的含气量为5%左右。

为了增加防渗墙混凝土的柔性，必须限制28天后混凝土抗压强度为80~150公斤/平方厘米，具体数值则根据防渗墙的作用及位置而定。为便于二期孔（双号孔）的搭接或套接钻进，混凝土的早期强度不应太高。

防渗墙混凝土的抗渗标号一般为 $S_4 \sim S_9$ ，S是“渗（Shen）”的汉语拼音的第一个字母（以前习惯用B，是俄

文“渗透”的第一个字母)。具体数值则根据防渗墙承受的水头高低而定。

防渗墙混凝土的弹性模量应尽量降低,以增加墙身的抗裂能力,但因受原材料限制,一般仅能降低到 1.9×10^5 公斤/平方厘米左右,还不能令人满意。而混凝土掺加化学剂(如丙烯酰胺等化学剂)后,弹性模量显著降低(约为 1.0×10^5 公斤/平方厘米),但化学剂价格昂贵,使每立方米混凝土的成本高达600元,因此一般很少使用。

为了提高混凝土防渗墙的耐久性和节约水泥,防渗墙混凝土的水灰比应为 $0.55 \sim 0.65$,不得超过 0.65 ;砂率一般为 $32 \sim 35\%$ 。

防渗墙混凝土采用 $300 \sim 400$ 号水泥为宜。一般不宜采用高标号水泥。因为采用高标号水泥,要适应防渗墙混凝土所需的抗压强度,必须增大水灰比,这对混凝土的抗渗性不利,而且和易性不好;如果不增大水灰比,必须增加粘土或粉质壤土掺量,则对混凝土的耐久性不利,而且混凝土的坍落度相应减小。从水泥品种上来看,防渗墙混凝土以采用火山灰水泥或矿渣水泥较好。这两种水泥在水化作用后的各种生成物的碱度较低,游离石灰较少,在承受溶出性侵蚀方面比普通水泥好。

防渗墙混凝土的骨料最大粒径,根据浇筑施工的要求,以不超过40毫米为宜,二级配时粒径 $5 \sim 20$ 毫米的颗粒应占 $50 \sim 60\%$,粒径 $20 \sim 40$ 毫米的颗粒应占 $50 \sim 40\%$ 。

防渗墙混凝土是通过导管浇筑的,应有高的坍落度,并须有良好的和易性,运输中不得产生离析现象。防渗墙混凝土的坍落度要求为 $18 \sim 21$ 厘米。

防渗墙混凝土不需震捣,在已建成的防渗墙上钻孔取样

表 1

顺 序 号	每立方米混凝土实用干料重(公斤)					水 灰 比	掺 土 率 (%)	砂 率 (%)	加 气 率 (%) $\times 10^{-4}$	坍 落 度 (厘米)	性 能 指 标			水泥 品种
	水泥	粉质 壤土	砂子	水	5~20 毫米 小石	20~40 毫米 中石					28 天抗压 强度 (公斤/厘米 ²)	抗渗 标号 (S)	弹性模量 $\times 10^5$ (公斤/厘米 ²)	
1	375	75	530	240	1075		0.53	16.67	35	1.25	110	$> S_3$		矿400*
2	242	104.3	637	225.5	996.2		0.60	30	39	2.00	60.4	S_6		矿400*
3	378	94.5	534	260	1083		0.55	20	34	1.20	98	$> S_9$	2.14	矿400*
4	330	80	605	246	1100		0.60	19.5	35	1.00	80~109	S_3		矿400*
5	246	105	670	228.5	600	490	0.65	30	38	1.00	111	$> S_8$	2.20	硅500*
6	336	92	566	274	922		0.60	20	38	2.00	95	$> S_8$	1.60	矿500*
7	230	98.5	613	213	1245		0.65	30	33	1.50	118	$> S_{10}$	2.15	矿500*
8	230	93	628	231	1028		0.70	25	38	2.50	80~100	$> S_7$		矿400*
9	320	80	555	240	876	219	0.60	20	36	1.00	108	$> S_8$		硅500*
10	320	80	595	260	1058		0.65	20	36	*0.5%	80~100	$> S_8$		矿400*

* 掺加的为塑化剂。

的试验结果表明：通过直升导管浇筑的混凝土，往往较震捣的更加密实，各项性能指标的实际数值比设计数值大 1.5 倍左右。这是由于浇筑过程中混凝土自身冲击挤实的缘故。随着深度的增加，混凝土的密实度也随之增加。离防渗墙顶部 0.2~0.5 米的范围内，密实度很差，有时极易混入泥浆，一般应予凿除。因此，设计墙顶浇筑高程时，应比墙顶实际高程高 0.2~0.5 米。

防渗墙混凝土的原材料今后有待进一步研究和探讨。应在不增加墙的厚度的前提下，尽可能提高其抗渗性，增大其柔性。例如可考虑在防渗墙混凝土中掺加石棉纤维、细钢丝或尼龙丝等，以增加防渗墙的抗裂能力；研制防渗新材料，等等。

防渗墙混凝土的配合比设计，首先应在室内作各种配合比试验，然后经过第一个槽孔的混凝土试浇加以确定。其试验方法与普通水工混凝土的试验方法相同。现将我国十道混凝土防渗墙的混凝土配合比和性能指标列入表 1。

第三节 泥浆下混凝土浇筑施工要点

防渗墙泥浆下混凝土的浇筑采用直升导管法。

迄今为止，国内外建造混凝土防渗墙和水中混凝土浇筑的工程实践证明：直升导管法是混凝土防渗墙泥浆下浇筑的较好的方法。其主要优点是施工简便，质量易保证，进度快。

直升导管法的施工要点为：将法兰盘连接的内径 230 毫米的导管下至距孔底 10~12 厘米处，导管内放一直径 220 毫米的木球，以便开浇时把混凝土和泥浆隔开（图 7-a）；开浇时，先用坍落度为 18~21 厘米的水泥砂浆，再用稍大于导管容积的同样坍落度的混凝土，一下子把木球压至管底（图

7-b)；满管后，提管25~30厘米，使木球跑出管外，混凝土流至孔内，再立即把导管下到原处，使导管底部插入已浇筑的混凝土中（图7-c）；然后迅速检查导管接缝及管壁是否漏浆，若不漏浆，立即开始连续浇筑混凝土，随着混凝土面的不断上升，导管相应提升，断续拆管（图7-d），连续浇筑，直至将混凝土浇筑到设计规定高程。

泥浆下混凝土浇筑质量的好坏，直接关系着混凝土防渗

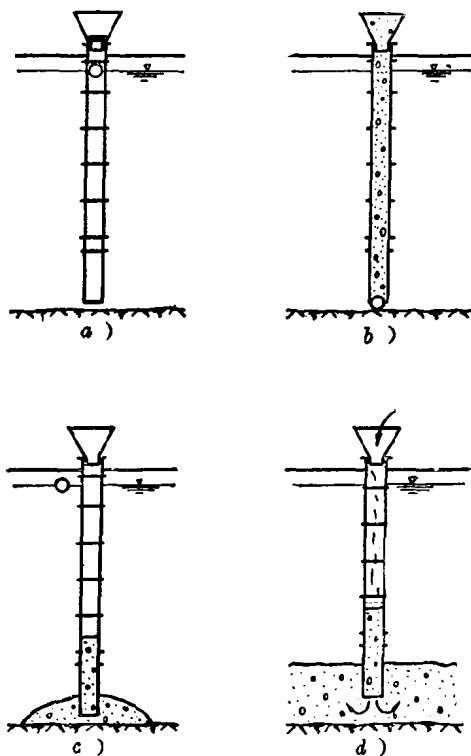


图 7 泥浆下混凝土浇筑施工要点示意图

墙性能的优劣。因此，我们不但要重视造孔的质量，而且更要重视泥浆下混凝土浇筑的质量。

为了保证混凝土浇筑的质量，采用直升导管法必须做到以下几点：

1. 混凝土的坍落度为18~21厘米，并有良好的和易性，运输过程中不得离析，不合格的混凝土不应浇入孔内。骨料最大粒径以控制在40毫米为宜。

2. 从开浇到终浇，必须连续浇筑，一气呵成，不得中断。

3. 混凝土的供应强度（每小时混凝土拌合后运输至孔口的数量），起码应使槽孔内混凝土面的上升速度大于或等于1米/时，最好大于2米/时。在一般情况下，要求混凝土供应强度要大，以利保证浇筑质量。

4. 导管的法兰盘接缝和管壁不得漏浆，导管连接好后，要成一直线，其同心度误差应小于管长的0.1%，导管间距应小于或等于混凝土扩散半径的两倍。

5. 导管应始终埋入混凝土中，埋入长度最好不小于1米，不大于5米，防止产生脱空现象。

防渗墙混凝土的浇筑方量虽小，但具有一环扣一环的特点。一环出事，影响全局，影响质量。因此，组织工作必须细致严密，使参加浇筑的人员分工明确，齐心协力，多快好省地完成浇筑任务。

为了保证混凝土浇筑的质量，防渗墙开工之后，应在覆盖层较薄的地方，先造出一个长约5米左右的小槽孔，进行试验性混凝土浇筑，给第一次参加泥浆下混凝土浇筑的同志们一次实际锻炼的机会，以便从中总结经验。许多工地就因此突破了“第一块槽孔混凝土必然浇不好”的旧框框，圆满地完成了浇筑任务。

第二章 混凝土浇筑用机具

第一节 导 管

导管通常是用2~3毫米厚的普通钢板，卷成内径为230毫米的圆筒焊接而成。两节导管采用法兰盘连接。

导管分中间管，短管，脚管三种。

中间管和短管的两端均有法兰盘，结构相同，仅长度不同（图8）。中间管长2.0米。短管长分0.3，0.5，0.8，1.0米四种。导管上端的第2~4节和倒数第2~3节一般安装短管，以便在开浇或终浇阶段混凝土浇筑困难时使用。

导管的末节安装脚管。脚管一端有法兰盘，另一端为了加固，用8毫米厚、150毫米宽的钢板圆筒包住，以免管口变形，结构见图9。当设计混凝土顶面距槽孔孔口大于2米时，脚管长度可选用3米；小于2米时，脚管长度可选用2米。

无论多少节导管连接在一起，应成一垂直线，不应是一曲线或斜线。实践证明：如成为一曲线时，浇筑过程中提管阻力较大；如成为一斜线时，

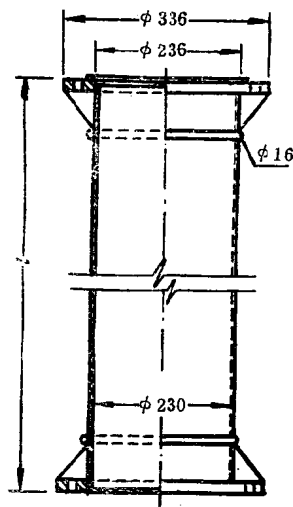


图8 中间管和短管结构图

则流动的混凝土会使导管向偏斜方向移动，以致偏离施工方案规定的位置。如移动的距离较大时，还得重下一根导管来代替。

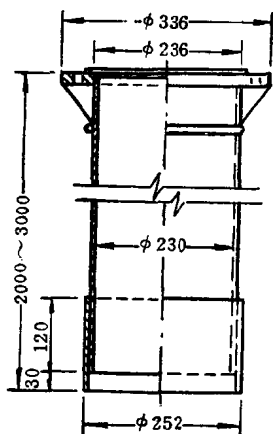


图 9 脚管结构图

各节导管连接在一起不成为一条垂直线的原因有两点：一是上、下端法兰盘的同心度低；二是法兰盘平面和管身中心线不垂直。为保证导管连接后成一垂直线，要求上、下端法兰盘的同心度偏差值不大于管长的0.1%，法兰盘平面与管身中心线的垂直偏差值不大于0.1~1.0毫米。

导钢管身接缝的焊接质量必须良好，在混凝土冲力作用下不应开裂，否则，将发生导管破裂事故，严重影响混凝土浇筑的质量和进度。计算结果表明：2毫米厚导管焊缝良好可以承受200公斤/平方厘米的拉应力（焊缝拉应力的安全系数为4.2），能用于30米以内槽孔的混凝土浇筑。3毫米厚的导管，如焊缝良好可以承受300公斤/平方厘米的拉应力，能用于30~60米的槽孔浇筑混凝土。60米以上的槽孔浇筑混凝土时，仍可使用3毫米厚导管，但焊缝应加固，一般的加固方法见图10。

两节以上导管连接一起在地面作充水承压试验时，应根据工地的最大孔深来确定试验压力（参见表2）；要求试验持续15分钟以上，不得漏水。

导钢管身内壁不平整度的圆偏差应小于±2毫米，