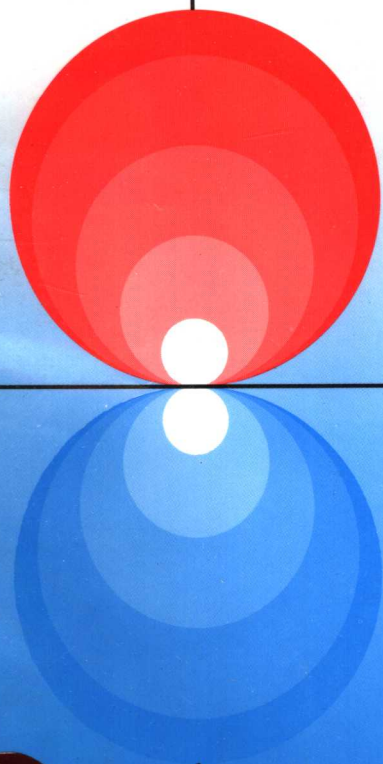


水利行业工人技术考核培训教材

FANGSHEN
QIANG
GONG

防渗墙工

主编 刘发全



黄河水利出版社

防渗墙工 刘发全主编

责任编辑:荆东亮

出版:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层

邮编:450003

印刷:黄河水利委员会印刷厂

发行:黄河水利出版社

开本:850mm×1168mm 1/32

版别:1996 年 3 月第 1 版

印次:1998 年 6 月郑州第 2 次印刷

印张:7.375

印数:1101—1600

字数:183 千字

ISBN 7-80621-046-6/TV·80

定 价:19.40 元

前 言

为了建立和完善水利行业工人考核培训体系,弥补新中国成立以来全国水利行业没有完整的、系统的工人培训教材的空白,我们组织水利行业一百多位专家学者编写了这套“水利行业工人考核培训教材”。本教材是依据劳动部、水利部联合颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准(水利)》规定的32个行业工种要求编写的,编写的内容与技术考核规范和题库相结合,并在每一章后设有思考题,能够满足水利行业技术工人考核前培训和职业技能鉴定的需要。

教材分为通用教材和专业教材两大类。通用教材共8本,分别为:《水利工程施工基础知识》、《工程力学与建筑结构基础知识》、《地质与土力学基础知识》、《水工建筑物基础知识》、《水力学与水文测验基础知识》、《水利工程制图基础知识》、《机械基础知识》、《电工基础知识》,其内容主要侧重于为30本专业教材配套使用的基础理论知识;专业教材共30本,分别为:《开挖钻工》、《水工爆破工》、《锻钎工》、《坝工模板工》、《坝工钢筋工》、《坝工混凝土工》、《钻探灌浆工》、《喷护工》、《防渗墙工》、《砌筑工》、《坝工土料实验工》、《坝工混凝土实验工》、《水工泥沙实验工》、《水工结构实验工》、《混凝土维修工》、《土石维修工》、《闸门运行工》、《水工防腐工》、《水工监测工》、《河道修防工与防治工》、《渠道维护工》、《灌区供水工》、《灌溉试验工》、《泵站机电设备维修工与泵站运行工》、《灌排工程工》、《水文勘测工》、《水文勘测船工》、《水土保持防治

工》、《水土保持测试工》、《水土保持勘测工》，其内容包括各工种的初、中、高级工的专业知识和技能知识。两类教材均突出了水利行业专业工种的特点，具有专业性、权威性、科学性、整体性、实用性和相对稳定性。它包括了本行业技术工人考核晋升技术等级时试题的范围和内容，是水利行业各工种职业技能鉴定的必备教材。

本次教材编写时参照的技术规范或规定、标准等是以1995年7月底尚在使用的为准，涉及的个别计量单位虽属非法定单位，但考虑到这些计量单位与有关规定、标准的一致性和实际使用的现状，本次出版时暂行保留，在今后修订时再予改正。

编写全国水利行业统一的工人培训教材，对于我们来说尚属首次，曾得到了各级领导、有关专家及广大水利职工的关怀和支持。经过大家一年来的辛勤耕耘和不断探索，现已面世出版了，但由于它是一项新的工作、新的尝试，不足之处在所难免，希望大家在使用中提出宝贵意见，使其日臻完善。

水利行业工人考核培训教材

编审委员会

一九九五年七月

目 录

第一章 防渗墙及其施工工艺流程	(1)
第一节 防渗墙的地位和作用	(1)
第二节 防渗墙的种类	(10)
第三节 防渗墙施工工艺流程	(20)
第四节 准备工作	(24)
第二章 土及其他建筑材料	(40)
第一节 土和岩石的分类	(40)
第二节 护壁泥浆	(57)
第三节 水泥混凝土	(65)
第三章 施工机械	(78)
第一节 施工机械的种类	(78)
第二节 造孔机械	(79)
第三节 泥浆制作、输送及处理设备	(107)
第四节 混凝土机械	(120)
第四章 造孔	(137)
第一节 施工准备	(137)
第二节 泥浆系统	(143)
第三节 槽孔开挖	(153)
第四节 特殊地基的施工	(163)
第五节 事故的预防及处理	(170)
第五章 成墙	(176)
第一节 预埋件的放置	(176)
第二节 混凝土浇筑机具	(183)
第三节 混凝土浇筑	(190)

第四节	其他墙体材料填筑·····	(202)
第五节	接头的施工·····	(206)

第一章 防渗墙及其施工工艺流程

第一节 防渗墙的地位和作用

防渗墙是一种地下连续墙,是一种在地面施工,用特制的挖槽机械,在泥浆(又称稳定液、触变泥浆、安定液等)护壁的情况下,通过造孔(或槽),再回填墙体材料,逐段建造,最终在地下形成具有一定防渗能力的连续墙体。在水利水电工程中,防渗墙一般作为松散透水地基的防渗建筑物,也可作为土石坝体内的防渗设施。

一、水工建筑物及其地基

修建水利水电工程的目的,主要是为了更有效地利用水资源,使之为人造造福。为了达到防洪、灌溉、发电、供水、航运等目的,通常要修建不同类型的建筑物,用来挡水、泄水、输水、排沙等。这些建筑物就称为水工建筑物。

根据其在工程中的作用,水工建筑物可以分为以下几类:

(1)挡水建筑物 用以拦截河流,形成水库或壅高水位,如各种坝、水闸以及抗御洪水用的堤防等。

(2)泄水建筑物 用以宣泄水库(或渠道)在洪水期间或其他情况下水库(或渠道)的多余水量,以保证坝(或渠道)的安全,如各种溢流坝、溢洪道、泄洪隧洞和泄洪涵等。

(3)输水建筑物 为灌溉、发电和供水等,从水库(或河道)向库外(或下游)输水用的建筑物,如引水隧洞、引水涵管、渠道和渡槽等。

(4)取水建筑物 是输水建筑物的首部建筑,如为灌溉、发电

和供水用的进水闸、扬水站等。

(5)整治建筑物 用以改善河道的水流条件,调整水流对河床及河岸的作用以及为防护水库、湖泊中的波浪和水流对岸坡的冲刷,如丁坝、顺坝、导流堤、护底和护岸等。

此外,还有专门为灌溉、发电、航运、供水等用的建筑物,专门为过坝用的建筑物以及专门用作防渗的建筑物等。

任何建筑物都离不开大地,我们把大地中承受建筑物传来荷载的那一部分称为该建筑物的地基。地基一般分为两部分:位于建筑物基础底面以下的第一层土(或岩石)称为持力层,在其以下的统称为下卧层(如图 1-1 所示)。

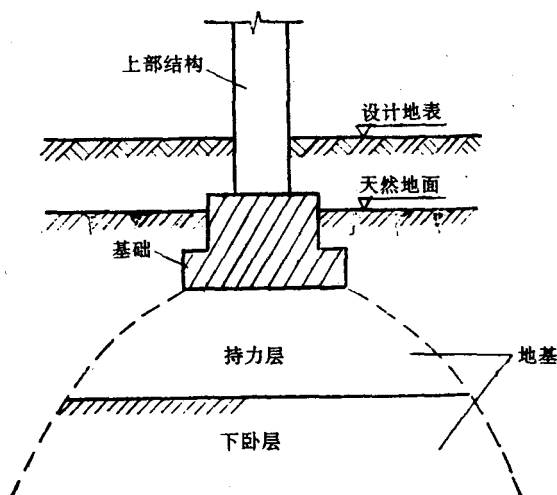


图 1-1 地基与基础示意图

建筑物地基的属性一般根据其持力层的岩性(或颗粒)来确定,由岩石构成的称为岩基,由土构成的称为土基或软基。在水利水电工程中,由于其自身的一些特性要求,通常把土基分为透水的砂砾地基和粘性土地基。所谓松散透水地基,是指由覆盖层、土状

或块状全风化基岩组成的水工建筑物地基，一般泛指砂砾地基和透水的粘性土地基。

二、松散透水地基的防渗措施

在松散透水地基上修建水工建筑物，首先要解决的问题之一，便是防渗。

如前所述，修建水工建筑物的目的，是为了更有效地利用水资源，因此，当在松散透水地基上修建水工建筑物时，若不进行防渗处理或处理不当，势必因渗透而造成水的流失，影响工程效益的正常发挥；或者使地基产生破坏，继而危及建筑物乃至下游其他建筑物的安全；或者会造成下游土地的浸没。根据国内外统计资料，土坝失事的原因，有40%是由于渗流导致。换句话说，地基的渗透变形是水工建筑物遭受破坏的主要原因之一。因此，在松散透水地基上建造挡水、防渗建筑物，必须充分作好防渗措施。

一般来说，防渗措施可根据其作用分为减渗和截渗两种，也可根据其布置型式分为水平防渗措施和垂直防渗措施两大类。

(一)水平防渗措施

水平防渗措施主要是通过延长渗径、加密地基或淤填等手段来达到防渗的目的。其方法包括：

(1)铺盖法 这种方法通常用在坝体地基。即采用不透水或弱透水材料(通常为粘土)，从坝踵沿库底向上游铺设一定范围，将透水地基覆盖(这种结构即称为铺盖)，与坝体防渗体联成整体，来达到防渗的目的。显然，铺盖不能完全截断渗流，但它可延长渗径，降低渗透坡降，减少渗流量。因此，它属于一种减渗措施。图1-2是防渗铺盖的布置型式。

(2)淤填法 这也是一种减渗措施。具体操作是在静水或低流速情况下，将粘土沉至地基表面，利用渗透水流产生的压力将其淤灌于地基孔隙之中，减小孔隙率，从而减少渗漏量。其淤填深度一

般小于10cm,主要用于明渠底部防渗。

(3)衬砌法 这种方法主要用于渠道或其他引水建筑物。即采用不透水或弱透水材料(通常为混凝土或块石),沿渠道周边砌筑从而形成一层隔水体。显然,这种方法属于截渗措施,因而防渗效果较好。

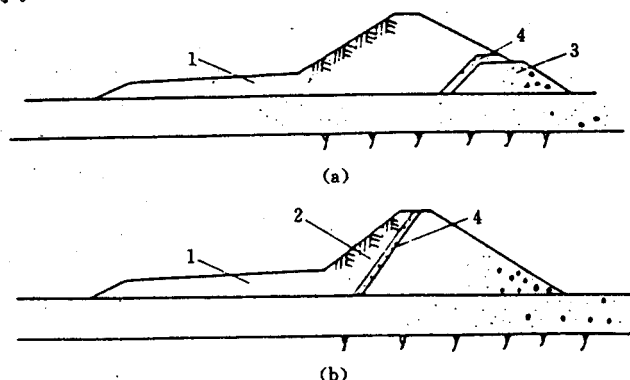


图 1-2 铺盖防渗

(a)均质土坝 (b)斜墙土坝

1——粘土铺盖 2——斜墙 3——排水棱体 4——反滤层

(二)垂直防渗措施

一般而言,垂直防渗措施属于截渗措施。它是通过置换、插入或挤压等手段,在地基中形成一道止水体,截断水流来达到防渗的目的。常用的方法有:

(1)置换法 这是一种结构简单、工作可靠、防渗效果好的方法。具体操作步骤是:先将透水地基按一定尺寸和形状(梯形、矩形或圆形)挖除(一般直达不透水层或基岩),然后再回填以不透水或弱透水材料(通常为粘土或混凝土),从而在地基中形成一道止水的墙体。

根据其开挖方式,置换法通常有截水墙(如图 1-3)和防渗墙几种。

(2)插入法 该方法是采用机械锤打、震动或水冲等方式,在透水砂砾地基中插入一排连锁板桩(通常为钢板桩、木板桩或钢筋混凝土板桩),从而形成一道不透水的板桩墙(如图 1-4)。

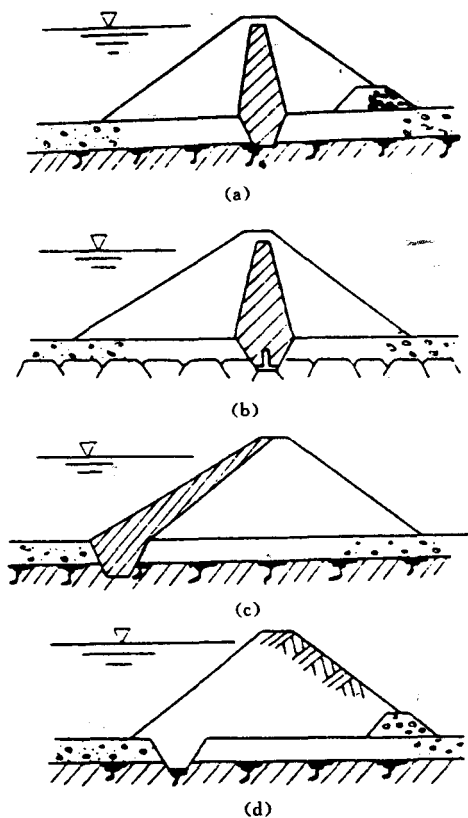


图 1-3 截水墙

(a)心墙—截水墙 (b)心墙—齿墙—截水墙

(c)斜墙—截水墙 (d)均质土坝下的截水墙

板桩墙的优点是施工速度快捷,施工技术较简单,施工时不受地下水的影响;缺点是防渗效果较置换法差(主要是锁口处还有渗

漏), 且对地基要求较高, 不适宜于坚硬地基或存在大量漂石或大孤石的地基, 一般只适用于深度小于 20m 的地基。

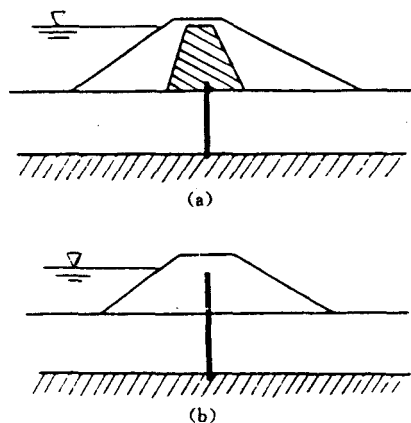


图 1-4 板桩灌注墙及高压喷射灌浆板墙布置形式

(3) 加密法 这是通过灌注或加压等手段, 将透水地基的孔隙填充或密闭, 从而达到防渗的一种方法。属于这种方法的措施有以下几种:

1) 灌浆帷幕 利用压力经注浆管向地基内灌入各种浆液, 如水泥粘土浆、化学浆液等, 充填地基孔隙, 并与基土颗粒胶结形成渗透系数较小的防渗帷幕(如图 1-5)。

灌浆帷幕的优点是施工灵活性大, 适应性强, 形成的帷幕具有一定的强度和防渗性能, 适应地基变形能力好, 可以处理深厚覆盖层; 缺点是工艺复杂, 成本较高。主要用于组成均匀的砂砾地基、渗透系数较大的深厚砂砾石层或局部不便于用其他防渗方法施工的地层。

2) 旋喷墙 这是利用带有特殊喷嘴的注浆管、喷射脉动高压浆液, 切割并搅拌土体, 使之与浆液胶结从而形成防渗墙体的一种

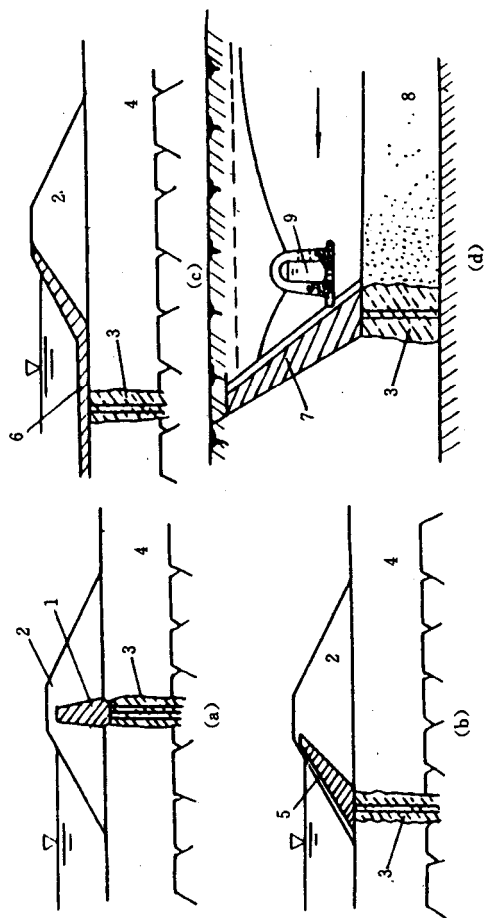


图 1-5 灌浆帷幕布置示意图

(a) 帷幕在心墙下 (b) 帷幕在上游斜坡坡脚下 (c) 帷幕在上游铺盖下

(d) 帷幕在截渗墙下

1——心墙 2——坝体 3——灌浆帷幕 4——砂砾石
5——斜坡 6——铺盖 7——截渗墙 8——流砂层 9——集水廊道

方法。

这种方法的优点是适用范围广,特别适用于软弱地基和粉、细砂地基;缺点是工艺复杂,且不能用于粒径在 50mm 以上的砾石、卵石地基以及堆积松散、含有块石、存在大裂隙的人工填土地基。

3) 灌注墙 这是一种将打桩与灌浆结合起来的防渗措施。首先用工字型钢板桩打入地基,然后在拔桩的同时,灌注浆液充填拔桩形成的空隙及附近的地基孔隙,依靠挤密、填充作用达到防渗目的。其优点是成墙速度快,施工效率高;缺点是墙体厚度较小(仅 10~30cm),只适用于低水头建筑物的地基防渗。

三、防渗墙的起源及其发展

综上所述,采用置换法构筑垂直防渗,是一种结构可靠、防渗效果好的防渗办法,因而使用较早,也较为广泛。采用这种方法,最大的难点或其关键工序之一是开槽。

早些时候,沟槽的开挖只是按一般的开挖方式进行。为确保沟槽边壁的稳定,沟槽只能采用梯形断面。显然,当要求开挖深度较大时,开挖工程量及回填工程量都很大。这种方法的使用受开挖深度限制,一般只能用于透水地基厚度小于 15m 的工程。

后来,人们发明了用支撑或沉井的办法,可以将沟槽断面改为矩形。在支撑或沉井的保护下,沟槽边壁的稳定得到改善,因而开挖深度亦可增大,使置换法的应用范围得以拓宽(其理论开挖深度可达 60m),但这种方法仍不能在松散砂层较厚时使用。此外,它还受到地下水的影响,当地下水较为丰富时,井点排水费用太高或者不能取得满意的效果,因此这种方法的使用也受到限制。

能否在松散透水地基中挖成深度较大的沟槽,成了置换法应用的关键问题。

事实上,利用泥浆护壁钻孔,在石油钻井施工中早就开始应用,问题是能否钻出孔径较大的孔并由之扩展成槽。1950 年,意大

利人在米兰的一个工程中首先引进这项技术,从而开创了防渗墙这一施工工艺。

最早的防渗墙是桩柱式。后来,为建造等厚的防渗墙,又发展了槽孔式。其施工机械也从冲击钻、抓斗等发展到回转钻,钻头从独头发展为多头,护壁用的浆液也从泥浆发展到其他稳定液,等等。所有这些,都为防渗墙的广泛应用打下了良好的基础。

防渗墙能用于任何地基且效果很好。如 50 年代中期,意大利的玛利亚·奥·拉哥坝,其防渗墙就是在含有大孤石的 42m 深的砂砾层中建成的。又如美国的狼溪坝,坝基石灰岩漏水,为此,穿过坝体(高 79m)及石灰岩造孔建造防渗墙,最大深度 85m,打进石灰岩内深度一般为 5m,最深达 22m,建成后效果很好。再如我国的葛洲坝上游横向土石围堰,堰体大部分填料系水中抛填的砂砾石,所建混凝土防渗墙在施工期堰体变形尚未稳定的情况下即行蓄水发电,经后期基坑抽水对围堰运行进行监测,发现防渗效果良好。迄今为止,防渗墙建造的最大深度已达 131m(70 年代在加拿大马尼克 3 号土坝建造的防渗墙深度)。

1958 年,我国在山东青岛市的月子口水库的砂砾地基中成功地建成了第一道桩柱式混凝土防渗墙。此后(同年),在密云水库的白河主坝中,采用槽孔施工,仅用了 7 个多月的时间,就在含有较大卵石的冲积层地基中,建成了一道长 593m、深 44m、厚 0.8m 的槽板式混凝土防渗墙,而且实践表明防渗效果良好。随后,在毛家村、西斋堂、龚嘴、碧口、铜街子等工程中相继得以应用,取得了良好的效果。迄今为止,国内防渗墙最大深度为 81.9m(黄河小浪底工程防渗墙深度)。

由于防渗墙具有结构可靠,防渗效果好,能适应各种不同地质条件,且施工时几乎不受地下水的影响,成墙厚度和深度都较大等优点,又可以在距已有建筑物十分邻近的地方施工,因此被广泛应用于土石坝、混凝土闸坝地基、土石围堰的堰体和地基、混凝土坝

加固及其他防渗建筑物的防渗措施。特别是当地基中含有较多卵石、巨砾或孤石时,采用其他防渗措施比较困难,而采用防渗墙虽然进度较慢,但技术上是可行的。

随着自身工艺技术的不断改进和发展,防渗墙很快被推广到铁路、公路、矿井、城市建筑等领域,除防渗外,其功能还扩充到承重、挡土等(因而统称为地下连续墙)。在水利水电工程中,对深厚覆盖层中的混凝土防冲墙以及对病险土石坝的坝体或坝基加固等也可采用这项工艺。

第二节 防渗墙的种类

一、按墙体材料分

防渗墙的墙体材料大体上可分为刚性材料和柔性材料两类。根据墙体材料的不同,防渗墙可分为以下几种。

(一)混凝土防渗墙

混凝土是防渗墙工艺创立初期常用的材料,当前除在坝体较高、防渗墙受力较大的工程外,一般已较少采用。

混凝土防渗墙具有一定的刚度,不仅防渗效果好,而且具有一定的承载能力,适用于各种土层及风化岩层。缺点是进度较慢,成本较高。

(二)钢筋混凝土防渗墙

一般而言,混凝土防渗墙都具有一定的抗拉能力。但对于有的防渗墙,在上游水压力的作用下,可能发生较大的水平位移,墙内拉应力较大,纯混凝土的抗拉强度也就不能满足要求,这就必须在防渗墙拉力较大的部位配置钢筋,从而形成了钢筋混凝土防渗墙。在混凝土中加入钢筋后,墙内拉应力由钢筋承担,钢筋还可限制裂缝的发展,从而保证了墙的防渗效果。

(三)塑性混凝土

在地基变形不大的地段,使用塑性混凝土是比较经济的。试验证明,在普通水泥混凝土中,掺加粘土(通常其掺加量在 30% 以内)可适当降低混凝土的变形模量,甚至可使其变形模量降至与砂砾石接近,以防止产生裂缝。我国多数防渗墙是采用粘土混凝土。

(四)灰浆防渗墙

在只有防渗要求的地段,也可以采用水泥灰浆作为防渗墙墙体材料。根据其施工方式,灰浆防渗墙可分为自凝式灰浆防渗墙和固化灰浆防渗墙两种。

所谓自凝式,亦称保留式,它是在造孔时将水泥掺以适量的缓凝剂,加入护壁泥浆中,待造孔完毕后,保留在槽孔内的泥浆自行凝结形成墙体。

固化灰浆防渗墙在开挖成槽时,仍采用一般的膨润土泥浆护壁,只是在槽孔形成后,直接向槽内护壁泥浆中添加水泥或水玻璃等,使之凝固成墙;或先将槽孔中的泥浆逐渐抽出,用砂土分离机分离后,在回收的膨润土泥浆中加入 10%~20% 的水泥,搅拌后(此时称为固化灰浆)再通过加压泵从位于槽底的管口送回槽内,待将全部护壁泥浆置换完毕,槽内固化灰浆自行凝固形成墙体。

灰浆防渗墙具有成本低、适应地基变形能力强的优点,但因其墙体强度较低,且施工质量难以保证(可能因浆液发生初凝或搅拌不均等受到影响),因而一般只适用于浅层且土粒较小的地基。

(五)粘土防渗墙

对于那些在施工期处于地下水位以上且没有承重要求的防渗墙也可以采用粘土作为墙体材料。

粘土防渗墙一般可就地取材,且无需专门的浇筑或回填机械,因此成本低。此外,粘土防渗墙的柔性好,适应变形能力强。但是,因其强度低,且施工中需一定的固结时间,故不宜在施工期地下水位较高的地段使用。