

深厚覆盖层防渗中墙幕结合关键技术

王立彬, 燕 乔, 毕明亮, 许小东

(三峡大学水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要 分析墙幕结合技术中存在的一些关键性问题, 提出墙幕结合的布置形式和墙幕参数的确定方法; 分析墙内预埋管技术的难点, 提出了预埋管定位技术方案; 分析了墙幕搭接的合理长度问题; 详细叙述墙下钻孔和灌浆技术, 分析了墙下灌浆容易铸管的原因并提出解决方法。

关键词 深厚覆盖层; 墙幕结合技术; 墙内预埋管; 墙下帷幕灌浆

中图分类号 TV640.31

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2010)02-0063-04

Key technology of wall-curtain combination for anti-seepage of deep overburden layers/Wang Li-bin, YAN Qiao, BI Ming-liang, XU Xiao-dong (College of Hydraulic & Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: Some key problems of wall-curtain combination technology were analyzed. The layout patterns and the methods to determine parameters for wall-curtain combination were proposed. The difficulties in the embedded pipe technology were analyzed, and the location technology of the embedded pipes was put forward. The rational overlap length of wall-curtain was analyzed. The drilling and grouting technologies under walls were introduced. The causes for casting pipes of grouting under walls were analyzed, and the relevant countermeasures were proposed.

Key words: deep overburden layer; wall-curtain combination technology; wall with embedded pipes; curtain grouting under walls

深厚覆盖层是近年来开发西南山区水电工程常常遇到的一种复杂地质构造, 它具有结构松散、堆积厚度大、岩层不连续、岩性变化大、透水性强等特征, 其成分以漂卵石、块碎石、粉细砂等为主, 颗粒组成偏粗大, 颗粒级配曲线均呈由粗粒为主体的陡峻型结构到平缓型的细粒结构, 通常情况下缺乏中间粒径^[1]。对如此复杂的深厚覆盖层如何进行有效的防渗已成为近年来研究的热点。

垂直防渗是控制坝基渗流的有效措施, 其主要形式有混凝土防渗墙和帷幕灌浆。混凝土防渗墙是垂直防渗处理中首选的、最可靠的措施, 但是对于埋藏近百米以上的复杂深厚覆盖层来说, 采用防渗墙全部截断坝基渗流在目前还是很困难的, 需克服很多施工技术难题; 采用帷幕灌浆的形式又存在因工程量浩大而导致工期长、投资大的问题。因此, 采用单一的防渗墙或帷幕灌浆无法解决深厚覆盖层坝基防渗问题。经过不断实践和研究, 在有些工程中创造性地提出了墙幕结合的防渗方法。该方法可充分发挥造墙与灌浆各自的优势, 将防渗墙嵌入弱风化层一定深度, 并在防渗墙下实施帷幕灌浆, 从而形成

上有防渗墙、下有灌浆帷幕的一种联合防渗体系^[2]。

目前, 这种联合防渗体系已成功应用于多个深厚覆盖层坝基垂直防渗工程, 如三峡一、二期围堰^[3-4], 瀑布沟水电站, 冶勒水电站, 下坂地水利枢纽, 尼山水库工程^[5]等, 效果都很显著。对于此项技术主要还是依靠单一的常规防渗墙和防渗帷幕技术和经验来进行设计和施工。目前, 此项技术还没有现行规范可供指导与参照, 还存在一些重要问题值得研究和思索。本文将对墙幕结合技术中存在的一些问题进行阐述, 为今后此类工程提供一些有益的参考。

1 墙幕结合形式

目前, 墙幕结合形式呈现多样化。如新疆下坂地水利枢纽工程采用墙下幕结合墙外3排帷幕灌浆形式, 见图1(a); 四川冶勒水电站右岸地基采用上下双墙对接、下墙接帷幕形式, 见图1(b); 四川瀑布沟水电站采用2道防渗墙结合墙下接帷幕, 且在2道墙间采用固结灌浆的组合形式, 见图1(c); 云南小湾水电站上游围堰因时间所限, 采用防渗墙与5排灌浆帷幕水平组合形式等等。

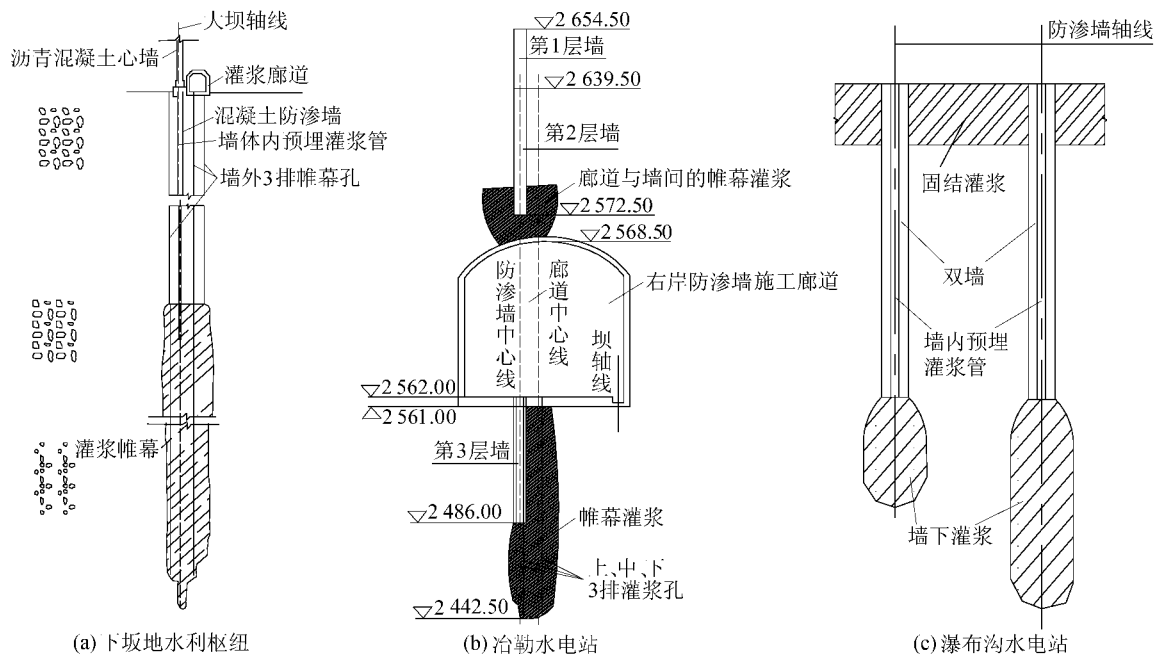


图1 墙幕结合形式布置示意图

墙幕结合形式的关键问题在于如何合理确定防渗墙深度与帷幕灌浆的厚度,实现防渗墙与帷幕深度与经济的合理组合,满足工程进度、降低造价等要求。对于防渗墙深度问题,与灌浆帷幕相比,防渗墙有防渗可靠性高的优点。因此,在保证施工质量的前提下,设计时上部防渗墙应做得尽量深,墙厚则根据防渗墙墙体材料的允许水力坡降及其承受的水头来初步确定,然后进行渗流计算、渗透稳定分析,以及强度和变形分析,以确认所选墙厚的合理性,最后根据施工设备、地质条件和环境水质等因素进行调整。灌浆帷幕的厚度主要取决于帷幕允许水力坡降的取值,在没有试验资料的情况下可凭经验取,然后根据地质条件、防渗标准、灌浆试验进行调整,以确定帷幕厚度和合理的排数。排数的多少影响着墙幕结合的布置形式,也决定着灌浆工程的难易程度以及工程进度与投资问题。如果仅需1排灌浆孔就达到帷幕厚度要求,那么灌浆孔最好布置在墙体中心线上,这样有利于整体防渗效果及保证墙幕搭接质量。如果需要多排灌浆孔,那么就存在灌浆孔如何合理布置的问题。防渗墙厚度是有限的,墙体内一般布设1排灌浆孔,最多布设2排(如冶勒水电站)。根据工程经验和统计分析,其他排灌浆孔最好对称布置,如果是奇数排,多余的1排布置在墙体下游侧。

2 墙内预埋管技术

对于布设在墙体内部的帷幕灌浆孔如何实现成孔问题,目前有3种方法^[2]:①墙体形成后,在墙体上开钻成孔;②墙体浇筑时利用拔管技术成孔;③墙体

浇筑时采取预埋管技术成孔。在深厚覆盖层中采用墙幕结合技术时,由于防渗墙墙体深度很大,如果在成墙后采用钻机钻孔,钻孔精度要求高,钻灌比大,工期紧,难以保证钻灌工程质量和工期。如果在墙体浇筑时采用拔管法技术成孔则经济快捷,但成孔率低,且与混凝土墙体浇筑施工干扰大,技术复杂。如果在墙体浇筑时采用预埋管技术成孔,虽耗费管材,但便于成孔,成孔率高,可节省工期。因此,为了满足施工进度和质量要求,工程中往往采用墙内预埋管技术成孔,这样可节省投资和降低部分帷幕灌浆钻孔的难度。

对于墙内预埋管技术目前已到达埋管百米深度^[6],其技术难点是埋管定位和防止浇筑混凝土时混凝土料冲击埋管,使之位移偏斜,造成埋管失败。

采用定位架是预埋管定位行之有效的方法。即在防渗墙槽段划分时充分考虑埋管间距要求,并按防渗墙槽孔形状焊接制作辅助埋管定位的保持钢筋架,保持钢筋架沿埋管深度方向上每隔一定距离(要合理确定)设置1个定位架,底部位保持钢筋架距孔底不大于2.0 m,孔口保持钢筋架固定在槽口导墙上,管脚采用圆形钢筋定位架定位。若预埋钢管,则按设计成孔位置将钢管焊在保持钢筋架上固定,预埋钢管接头采用对口焊接。如预埋塑料管,则按设计成孔位置将塑料管胶接捆扎在保持钢筋架上固定,塑料管接头采用对口外套接头套捆扎胶接,埋设时采用内套钢管(防止混凝土浇筑时由于侧压力太大而导致塑料管变形或折弯)、待混凝土浇筑后拔出钢管的方法施工。图2为槽内钢筋定位架示意图。

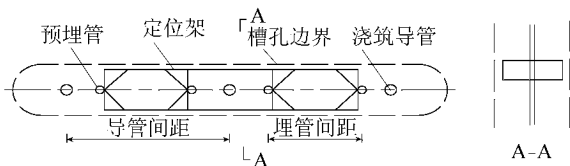


图2 槽内钢筋定位架示意图

3 墙幕搭接问题

墙幕的搭接处是防渗的薄弱环节,因为防渗墙与帷幕的防渗能力、允许水力梯度和渗透系数都是不同的,如果处理不好会形成地下水流的渗漏通道。搭接处应满足水力渗透比降和渗流量要求。

对于有多排灌浆孔的帷幕,防渗墙最好采用嵌入的形式进行墙幕搭接,见图3。此外,为了增加防渗效果,保证深厚覆盖层渗流稳定要求,也可将防渗墙下游排灌浆孔沿墙体深度方向进行全段灌浆,这样可以起到墙幕并用的双保险作用。当然这种情况主要针对墙体下游排灌浆孔较少的情况,如果排数太多,则会影响工程的工期和投资。

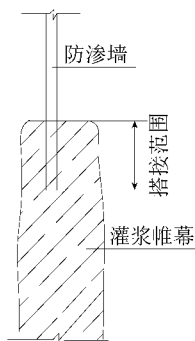


图3 插入式墙幕搭接形式

目前对于墙幕的搭接长度还没有统一规定,也很少有人针对此问题进行计算分析。在没有理论分析依据的情况下,墙幕的搭接长度可尽量长些,以延长地下水流的渗流路径,削减渗透压力,降低渗流量,满足渗透比降要求。根据工程经验,防渗墙采用嵌入帷幕的形式进行墙幕搭接,最理想的搭接长度为10 m^[7]。在坝基冰碛砂砾石覆盖层厚度达150余m的新疆下坂地水利枢纽中,坝基防渗采用的墙幕结合形式的搭接长度为10 m,经过运行检验,效果显著。

4 墙下帷幕灌浆技术

关于墙下灌浆问题存在钻孔与灌浆两大难题。对于钻孔问题,首先要注意钻孔的时间。一般在防渗墙施工完毕且在墙体达到70%强度、相邻槽孔混凝土强度达50%以上方可施工钻孔及进行灌浆作业,避免因过早施工而损坏墙体,降低防渗效果。

对于预埋灌浆管的墙体,在进行墙下钻孔前应先用测斜仪检查预埋管的孔斜度,检查其在墙体施工时是否受到碰撞或挤压导致灌浆管孔偏斜过大或埋管失败。对预埋管偏斜过大或埋管失败以至于无法施工的灌浆管孔,为了保证墙下帷幕的完整与连续性,必须在原孔旁重新钻孔灌浆或设加密灌浆孔,这样就必须克服在墙内钻孔的难题。因此,在墙体浇筑时应小心保护预埋管,尽量避免埋管失败。检查完后进行扫孔,再在防渗墙底部开始钻孔。在预埋管内进行钻孔要严格控制孔的斜度,以保护墙体不被破坏。

对于在墙外复杂的深厚覆盖层中钻孔也是公认的难题。在实际工程中往往选择多种手段、多种设备进行合理组合,充分发挥各种设备的优势。已有的大型工程实践证明,在现有的施工技术水平下进行设备的合理组合和方案优选是可以满足复杂深厚覆盖层钻孔需求的,这一点在新疆下坂地工程中得到很好的体现。采用SM-400型跟管钻机钻进至孔深40 m,以下地层采用XY-42型岩芯钻机配金刚石钻头、泥浆护壁钻进。空钻段钻孔以岩芯管作为护壁套管,穿过严重失浆地层时,结合掏芯钻进法、堵漏式灌浆等工艺,变径钻进,最后一级岩芯管(管径不小于91 mm)作为下部灌浆段护壁管。灌浆段钻进采用 $\varnothing 76$ 金刚石钻头、泥浆固壁钻进^[8]。

对于灌浆问题,若墙体采用预埋钢管法成孔,宜采用自上而下分段钻孔,孔口封闭、孔内循环法灌浆。若墙体采用预埋塑料管成孔或钻机钻探成孔,宜采用自上而下分段钻孔灌浆,灌浆采用孔内阻塞、孔内循环法灌注,阻塞器下设至灌浆段顶,以保护墙体安全。

对于在墙下深孔内进行灌浆,当注入率偏小时常出现回浆变浓现象,如不及时处理,几分钟之内钻杆即会铸管,带来巨大的损失并严重影响正常施工。分析其原因:①由于深厚覆盖层地质的特点,墙下灌浆孔段较深,浆液在孔内高速流动时对孔壁产生扰动、冲刷,孔壁内的沙粒成分逐渐被浆液冲刷掉并大量进入浆液中,随着灌浆时间的延长,孔内循环浆液中细、粗沙粒以及小卵石成分增多,致使浆液变浓;②由于循环灌浆本身的特点,在深孔帷幕灌浆过程中浆液在狭窄通道上远距离、长时间地流动摩擦将产生大量热量,使浆液温度迅速升高,水化过程加快,黏度剧增,导致浆液变浓。③当灌浆段遇到超固结的粉质壤土层或粉细沙层时,地层致密完整,基本上不吸浆,即使在高压下也无法将其劈裂,此时的高压灌浆仅能起到进一步挤密压实粉质壤土层或粉细沙层的作用,地层会出现吸水不吸浆的现象,致使

浆液变浓,发生铸管现象。在深厚覆盖层帷幕结合工程中曾出现过此类现象,如四川冶勒水电站工程^[9]、新疆下坂地水利枢纽工程^[10]。关于此类问题的解决还要依靠对灌浆工艺和浆液性能的研究。如在冶勒水电站工程中,帷幕灌浆的孔深普遍超过100 m,根据国内灌浆施工经验,在孔深超过100 m的灌浆段进行循环式高压浓浆灌注时存在较大的铸管危险。而在生产性试验中也出现了以上特殊情况,如在大规模施工中继续使用纯水泥浆,产生铸管的风险大,对工程的顺利实施十分不利。经国内众多基础处理工程专家咨询,改用稳定性极高的膨润土水泥浆才得以解决此问题。再如重庆小南海水库地震崩塌堆积天然坝体帷幕灌浆施工中采用了孔口旋升封闭器,它的特点是在整个灌浆过程中可以不中断灌浆过程,同时使射浆管在孔口灵活旋转和升降。孔口封闭器通过射浆管的旋升作用能有效地破坏浆液的絮凝结构,避免灌浆过程中造成铸管事故。

墙下灌浆尤其要注意墙底接触段。由于前期防渗墙施工时孔底沉积了大量岩屑和泥皮,结构松散,是墙下灌浆施工中的薄弱环节,该处也是帷幕结合的关键部位,因此要认真处理。工程中一般采用加大灌浆压力的方法达到致密灌浆的效果。采用较高的灌浆压力,既可以尽量将岩屑和泥皮排挤出去,又可以提高接触段的灌注量,在此形成一个较致密的能承受较高渗透破坏比降的搭接段,以保证帷幕搭接处的渗透安全。

5 结 论

a. 帷幕的组合形式关系到技术、进度、投资等多方面,要综合考虑确定,在技术可行的情况下,上部防渗墙要做得尽量深,以保证坝基垂直防渗的有效性。

b. 在墙体内采用预埋管技术成孔,可节约工期和降低部分帷幕灌浆钻孔的难度,满足工程质量与

进度的要求。

c. 帷幕的搭接处是防渗的薄弱环节,要保证搭接质量,合理确定搭接长度。

d. 墙下帷幕灌浆易发生铸管现象,解决此问题要依靠对灌浆工艺与浆液性能的研究。

参考文献:

- [1] 陈海军,任光明,聂德新,等.河谷深厚覆盖层工程地质特性及其评价方法[J].地质灾害与环境保护,1996,7(4):53-59.
- [2] 熊进,祝红,董建军.长江三峡工程灌浆技术研究[M].北京:中国水利水电出版社,2003.
- [3] 丁晓文,赵胜.三峡右岸一期土石围堰基础处理设计与施工[J].人民长江,1999,30(12):16-17.
- [4] 熊进.二期围堰基础帷幕灌浆设计与实践[J].中国三峡建设,1999(7):14-15.
- [5] 杜青,高峰,刘希成,等.帷幕连体防渗技术在尼山水库的实践[J].水利规划与设计,2007(2):34-36.
- [6] 沈文华,龚木金,刘建发.下坂地水库坝基防渗墙预埋灌浆管试验施工[C]//夏可风.2004 水利水电地基与基础工程技术——中国水利学会地基与基础工程专业委员会 2004 年学术会议论文集.赤峰:内蒙古科学技术出版社,2004:199-201.
- [7] 周春选,杨智睿,王健.新疆下坂地水库坝基防渗处理设计[J].水利学报,2005(S1):612-616.
- [8] 宋玉才,王廷勇,陈斌.浅析下坂地工程帷幕灌浆试验钻孔工艺和方法[C]//夏可风.2004 水利水电地基与基础工程技术——中国水利学会地基与基础工程专业委员会 2004 年学术会议论文集.赤峰:内蒙古科学技术出版社,2004:209-212.
- [9] 卢剑虹.冶勒水电站深厚覆盖层帷幕灌浆施工[J].水电站设计,2006,22(1):53-58.
- [10] 覃新闻,王继柏,宋玉才,等.下坂地坝基深厚覆盖层帷幕灌浆现场试验工艺研究[J].工程地质学报,2006,14(3):419-423.

(收稿日期 2009-06-03 编辑 高建群)

(上接第 20 页)

- [4] GIAM S K, DONALD I B. Determination of critical slip surfaces for slopes via stress-strain calculations [C]//5th Australia New Zealand Conference Geomechanics. Sydney: [s. n.]. 1988:461-464.
- [5] 殷宗泽,吕擎峰.圆弧滑动有限元土坡稳定分析[J].岩土力学,2005,26(10):1525-1529.
- [6] 周资斌,章青,吴锋.弹塑性有限元和刚体极限平衡法混合分析土坡稳定[J].安徽建筑工业学院学报:自然科学版,2003,11(3):5-8.
- [7] 邵龙潭,唐洪祥,韩国城.有限元边坡稳定分析方法及其应用[J].计算力学学报,2002,18(1):81-87.

- [8] MATSUI T, SANYK Y C. Finite element slope stability analysis by shear strength reduction technique [J]. Soils and Foundations, 1992,32(1):59-70.
- [9] DAWSON E M, ROTH W H, DRESCHER A. Slope stability analysis by strength reduction [J]. Geotechnique, 1999,49(6):835-840.
- [10] GRIFFITHS D V, LAME P A. Slope stability analysis by finite elements [J]. Geotechnique, 1999,49(3):387-403.
- [11] 张培文,陈祖煜.弹性模量和泊松比对边坡稳定安全系数的影响[J].岩土力学,2007,27(2):299-303.
- [12] 钱家欢,殷宗泽.土工原理与计算[M].北京:中国水利水电出版社,1995.

(收稿日期 2009-06-12 编辑 高建群)