

防渗墙施工钢结构导梁和入岩深度判别新工法

孙 路

(上海勘测设计研究院,上海 200434)

摘要 :在水利工程防渗墙施工过程中,为准确定位防渗墙轴线,需要在施工前先筑定位用的导墙,为使防渗墙墙底伸入到设计要求的岩层和深度,需要打先导孔判别墙底达到的岩层及进入岩层的深度。针对这 2 道工序提出 2 项新的施工方法:一是利用钢结构导梁代替钢筋混凝土导墙发挥防渗墙轴线定位的作用;二是利用液压抓斗上压力表显示的抓斗抓力结合地勘资料判断墙底达到的岩层以及所达到的深度。多项工程实践证明,这 2 项新工法节能环保,具有良好的经济效益,同时还可节约工期,加快施工进度。

关键词 :防渗墙施工;钢结构导梁;入岩深度判别;施工工法

中图分类号:TV543+.8

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2011)06-0059-03

New methods for determining steel structure-oriented beams and embedded depth into rock stratum for construction of cut-off walls//SUN Lu(Shanghai Investigation, Design & Research Institute, Shanghai 200434, China)

Abstract :During construction of cut-off walls in water conservancy engineering, for the accurate positioning of the cut-off wall axis, the guide wall should be built before construction. To ensure the embedded depth of the cut-off walls into the rock stratum according to the design requirements, the pilot hole should be prepared. With regard to the above work procedures, two new construction methods were proposed, namely, one was to use the steel structure-oriented beam instead of reinforced concrete guide wall as the guide wall for the positioning of the cut-off wall axis, and the other was to use the force of the pressure gauge on the hydraulic grab and to combine the geological exploration data to judge the embedded depth of the walls into the rock stratum. Various engineering cases indicate that the proposed two new methods can save energy and achieve satisfactory environmental protection and good economic benefits. By means of them, the construction time can be reduced and the construction speed can be accelerated.

Key words :construction of cut-off wall; steel structure-oriented beam; determination of embedded depth into rock stratum; construction method

在防渗墙施工过程中需要准确定位防渗墙轴线,通常使用钢筋混凝土结构的导墙来定位^[1],施工中同时需要判别防渗墙墙底是否达到设计要求的岩层和深度,通常利用先导孔来判别。这 2 道施工工序均很重要,对防渗墙施工完成后能否达到设计要求的防渗效果起重要的作用。针对这 2 道工序,丰源水库除险加固工程防渗墙施工中采用新的施工方法,既满足施工质量和设计规范的要求,又节能环保,还可节约工期,加快施工进度。

1 工程概况

丰源水库位于江西省永新县象形乡良陂村,坝址坐落于禾水支流桃花水中游,水库总库容为 1485 万 m³,是一座以灌溉为主,兼有防洪、养殖、发

电等综合效益的中型水利工程。丰源水库大坝为均质土坝,于 1965 年冬开始兴建,1972 年基本建成。2007 年 6 月经江西省水利厅组织鉴定,主坝存在严重质量及安全隐患,不能按设计正常运行,属三类坝。2009 年开始组织实施除险加固。

主坝加固主要内容之一是在大坝坝顶沿坝轴线设置混凝土防渗墙,墙厚 0.4 m;对主坝两坝肩进行帷幕灌浆防渗处理,与防渗墙一起形成一道完整的防渗体系,以截断坝体和坝基渗流,降低坝体浸润线等^[2]。

根据坝体填筑土组成成分的差异,主坝可分为 I 区和 II 区填筑土区。I 区填筑土呈棕红、灰黄色,以含砾粉质黏土为主,填筑干密度为 1.68 g/cm³,固结块剪黏聚力 $c = 10.1$ kPa,摩擦角 $\varphi = 21.1^\circ$;II 区

填筑土以灰黄或棕红色粉土质砂夹黏性土为主,填筑土干密度为 1.64 g/cm^3 ,饱和快剪黏聚力 $c = 18.0 \text{ kPa}$,摩擦角 $\varphi = 21.0^\circ$ 。坝基岩层为白垩系上统南雄群上部 (K_2nm^3)紫红色泥质粉砂岩、砾岩及砂岩呈互层或互为夹层状,其饱和抗压强度约为 $5 \sim 10 \text{ MPa}$,干强度约为 $10 \sim 20 \text{ MPa}$ ^[3]。

2 防渗墙设计

丰源水库除险加固工程防渗墙设计参数主要包括:混凝土防渗墙厚度 0.4 m ,混凝土配合比按 C20 混凝土配制,成墙墙体抗压强度不小于 10 MPa ,墙体渗透系数不大于 $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$,极限水力坡降不小于 300。

设计对防渗墙施工的主要要求为:建造槽孔前应修筑混凝土导墙和施工平台,导墙应平行于防渗墙中心线,地基不得产生过大或者不均匀沉降,槽孔入岩部分需配合冲击钻进行,合龙槽孔应尽量安排在深度较浅、条件较好的地方,防渗墙下部要求嵌入坝基强风化基岩,嵌入深度应不小于 2.0 m ,遇大块孤石或坚硬岩石可结合冲击钻机具施工,造孔工艺采用液压抓斗成槽,按二序法施工,即先施工 I 序槽段再施工 II 序槽段。

防渗墙钢筋混凝土导墙设计断面见图 1,长度为 570 m 。

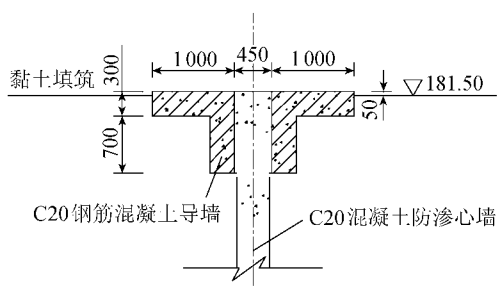


图 1 防渗墙钢筋混凝土导墙设计断面
(高程单位 m ,其他单位 mm)

3 防渗墙施工2项新工法

在水利工程防渗墙施工过程中为准确定位防渗墙轴线需要在施工前先筑定位用的导墙,通常为钢筋混凝土结构,为使防渗墙墙底伸入到设计要求的岩层并达到某一深度,需要判别墙底达到的岩层及进入岩层的深度,通常利用先导孔判别岩层及深度。该防渗墙施工中应用了 2 项新工法:一为采用钢结构导梁代替钢筋混凝土导墙的工法,简称钢结构导梁工法;二为应用成槽机械液压抓斗上的压力表所显示的液压抓斗抓力大小来判断防渗墙内土层或岩层性状进而确定入岩深度的工法,简称入岩深度判别工法。

3.1 钢结构导梁工法

在防渗墙施工过程中用于防渗墙轴线定位的导墙属于临时工程,该结构在防渗墙施工完毕之后即废弃,有的甚至还需要拆除。在丰源水库除险加固工程防渗墙施工中,采用钢结构导梁代替钢筋混凝土导墙同样起到了防渗墙轴线定位的作用。

3.1.1 钢结构导梁

该工程使用的钢结构导梁见图 2。防渗墙施工之前先制作钢结构导梁。钢结构导梁可根据钢板的长度加工,一般单根导梁长 9 m ,2 根导梁组成 1 对。导梁为 L 形,用钢板制作,钢板厚度为 10 mm 。为满足强度要求,中间加肋。制作 $5 \sim 8$ 对这样的导梁即可满足循环使用要求。一次制作完成后,可不限次数重复使用。



图 2 钢结构导梁

3.1.2 钢结构导梁工法的优点

钢结构导梁工法具备以下优点^[4]:①一次制作,重复使用。钢结构导梁制作完成后,可随成槽施工的机械一起作为防渗墙施工设备的必备配件之一,不限次数重复使用。②一套导梁可满足不同厚度防渗墙施工的需要。防渗墙厚度从 $25 \sim 100 \text{ cm}$ 不等,甚至更厚均可以应用该工法。③钢结构导梁制作长度短。钢结构导梁不需要和防渗墙或者大坝同长度,只需满足防渗墙循环施工的要求即可,一般制作 $5 \sim 8$ 对,长约 50 m 。④维护成本低,使用寿命长。因导梁为钢结构,只需在使用过程中注意避免受损,基本上无维修养护成本,使用寿命也长。⑤施工进度大幅度加快。如果使用混凝土结构导墙,导墙施工及导墙结构混凝土初凝并达到设计要求的强度(该过程简称等强)需要一段时间,而采用钢结构导梁,导梁安装到位并调整好即可开始防渗墙墙体施工,施工进度大幅度加快,省去混凝土结构导墙施工及等强时间。⑥节能环保。采用钢结构导梁代替混凝土结构导墙,因导墙为临时结构故节省了钢筋及水泥在该方面的应用,而且钢结构导梁不产生新的污染,即使废弃也能作为废钢全部回收,不产生废料和污染等,既节能又环保。

以规模较小的中型水库丰源水库除险加固工程

为例,其防渗墙导墙为钢筋混凝土结构,导墙长度需与防渗墙长度相同,为 570 m,混凝土方量约为 581.4 m³,钢筋约为 17.4 t,两者加起来费用约为 35 万元。钢结构导梁每 1 m 长需要钢材 540 kg,按 50 m 长度计算约需钢材 27 t,材料及加工费合计约为 30 万元。采用钢结构导梁工法可节省 5 万元。

综上所述,采用钢结构导梁代替传统的钢筋混凝土结构导墙,从技术和经济角度看均具有很大的优势,而且钢结构导梁可重复使用,节能环保,更符合当今社会节能减排的要求。该工法在水利工程中具有推广价值。

3.2 入岩深度判别工法

3.2.1 入岩深度判别工法的原理

在防渗墙施工过程中,防渗墙入岩深度的判别是防渗墙施工质量控制的重点和难点,关系到防渗墙的防渗效果。目前均通过地勘孔和施工时所打的前导孔来确定防渗墙入岩深度,一般还需要地质工程师现场确认是否达到设计要求的入岩深度。由于防渗墙一般均为湿法施工,施工过程中实时判别水化后的岩性或土性难度非常大,准确度也不高。因此需要一种更加准确和容易操作的防渗墙入岩深度判别工法。

对于均质土石坝,防渗墙入岩达强风化基岩的这种情况完全可以通过广泛使用的防渗墙成槽施工机械液压抓斗上压力表所显示的抓斗抓力大小来判别,更直观准确。现在普遍使用的成槽机械其抓斗抓力最大工作压力均可达 38 MPa,比 C30 混凝土强度还大^[5],一般的强风化岩体强度都小于这个数值,对于均质土层,其成槽抓斗抓力更小,一般都小于 15 MPa。在现场防渗墙施工过程中,跟踪这一施工参数并和防渗墙墙体所在土层及岩层作比较,事实证明抓斗抓力大小反映的土层(岩层)特性与实际是吻合的,可以用于防渗墙入岩深度的判别。由于防渗墙一般均为主要分部工程,其成败对工程设计功能的实现影响非常大。加之现在对工期要求都比较紧,现场施工往往不打先导孔,因此推行一种简单、准确、易操作的入岩深度判别工法尤为必要,入岩深度判别工法提供了这种可行性。

3.2.2 入岩深度判别工法的应用

在丰源水库主坝防渗墙施工过程中使用液压抓斗成槽施工。防渗墙主要穿过 1 个土层和 1 个岩层,土层主要是主坝的坝身段,该坝为均质土坝,坝体为填筑土料,岩层也即坝基,主要成分为泥质粉砂岩和砂卵砾石互层。设计要求防渗墙伸入强风化基岩层不小于 2 m。施工发现,坝体填筑土成槽需要抓斗抓力大小为 10 ~ 13 MPa,强风化泥质粉砂岩或砂卵砾石

需要抓斗抓力大小为 21 ~ 25 MPa。根据该数值判断防渗墙穿过的是土层还是岩层,并和地勘孔资料中土层(岩层)分布深度对比,结果是完全吻合的。

该工法可通过更多工程的实践积累建立抓斗抓力大小和不同土质、不同岩质地层的对照关系,从而更加方便地判别地层岩性及入岩深度。

3.2.3 入岩深度判别工法的优点

a. 反映直观,判断准确。在防渗墙施工中建立墙体穿过不同土层(岩层)所需要的抓斗抓力大小与土层(岩层)的一一对应关系,可直观、准确地定位防渗墙墙底,使防渗墙入岩深度达到设计要求的深度,从而满足工程的防渗功能要求。

b. 省时省力,经济节约。传统使用先导孔判别防渗墙入岩深度的方法在 2 个先导孔之间的墙段采用内插的方式确定深度,内插的准确程度取决于先导孔数量的多少,往往存在一定的误差,造成防渗墙入岩深度与设计要求的入岩深度相比或深或浅。而根据抓斗抓力大小判断岩层性状并确定入岩深度则较好地解决了这一问题,不需要打先导孔,而且效果比使用先导孔判断防渗墙墙底伸入的深度更好。不仅能满足防渗要求,而且经济节约。

4 应用新工法后防渗墙施工质量评价

使用这 2 项新工法施工的防渗墙经权威部门钻孔取芯质量检测,成墙墙身抗压强度为 13.2 ~ 14.7 MPa,渗透系数为 $3.15 \times 10^{-7} \sim 5.16 \times 10^{-7}$ cm/s,渗透坡降为 308 ~ 320,防渗墙入强风化基岩深度大于 2.0 m,成墙完整性好。各项指标均完全满足设计和规范的要求。其他工程防渗墙施工应用这 2 项工法同样也满足设计和规范要求的质量标准。

5 新工法的使用条件及注意事项

5.1 新工法的使用条件

钢结构导梁工法适用于所有防渗墙成墙施工,不受其他条件限制。

入岩深度判别工法的使用受防渗墙成槽施工机械性能影响,一般应用于在均质土坝中筑防渗墙的工程案例,而且防渗墙墙底伸入的基岩岩层以强风化类软岩为主。该工法应用的前提是成槽机械能在该岩层进行成槽施工。随着成槽机械性能的提高,其应用范围会扩大到硬度更大的岩石。据最新的施工机械资料,目前防渗墙成槽机械已经可以在最大强度达 138 MPa 的岩石中成槽^[6],说明该工法应用范围可进一步扩大。

5.2 新工法注意事项

钢结构导梁工法在施工过程中(下转第 79 页)

lbnl/LBNL-48911.

[23] GRATALOUP S , BONIJOLY D , BROSE E , et al . A site selection methodology for CO₂ underground storage in deep saline aquifers : case of the Paris Basin [J] . Energy Procedia , 2009 , 1(1) : 2929-2936 .

[24] 赵仁保 , 岳湘安 , 吴亚红 , 等 . 二氧化碳气体的流动及反应特性研究 : 从微管到多孔介质 [J] . 科学通报 , 2008 , 53 (12) : 1456-1462 .

[25] 能源观察网 . 神华 CCS 示范项目产出高纯度二氧化碳液体 [EB/OL] . [2011-01-05] . <http://www.chinaero.com.cn/yjgc/mtjhly/01/84210.shtml> .

[26] 李小春 , 魏宁 . 基于混合流体自分离的二氧化碳地质封存方法 : 中国 , 10119074 [P] . 2008-06-04 .

[27] 王政 , 傅荣华 , 罗小兰 , 等 . 浅析地质封存技术在温室气体减排中的应用 [C] / 王驹 . 第三届废物地下处置学术

研讨会论文集 . 北京 : 中国岩石力学与工程学会 , 2010 : 535-542 .

[28] 庞忠和 , 杨峰田 , 段忠丰 . 二氧化碳地质封存技术发展现状与展望 [C] / 王驹 . 第二届废物地下处置学术研讨会论文集 . 北京 : 中国岩石力学与工程学会 , 2008 : 479-492 .

[29] 刘猛 , 束龙仓 , 刘波 . 地下水数值模拟中的参数随机模拟 [J] . 水利水电科技进展 , 2005 , 25(6) : 25-27 .

[30] FLETT M , GURTON R , WEIR G . Heterogeneous saline formations for carbon dioxide disposal : impact of varying heterogeneity on containment and trapping [J] . Petroleum Science & Engineering , 2007 , 57 : 106-118 .

[31] 王媛 . 二氧化碳地质处置的研究进展 [R] . 郑州 : 中国力学大会环境力学分会 , 2009 .

(收稿日期 2011-03-14 编辑 骆超)

(上接第 61 页) 因导梁有足够的强度和刚度 , 一般不易损坏 , 为确保导梁有效、准确地定位防渗墙轴线和稳定防渗墙槽口 , 操作施工机械时应尽量避免机械臂及抓斗冲撞导梁 , 一般槽口宽度比防渗墙成槽宽度大约 5 cm , 在成槽过程中起吊和降落臂板时注意控制臂板起吊和降落的速度 ; 发生机械臂碰撞导梁而使导梁移位、槽口变形时及时纠正导梁位置 , 夯实导梁后填土即可。

入岩深度判别工法应用过程中 , 首先需结合地勘资料建立防渗墙墙身穿过的土层 (岩层) 和液压抓斗上压力表所显示的抓斗抓力大小的一一对应关系。先进行多个槽段施工检验 , 证明其结果与地质资料和设计图纸所反映情况相吻合再进行该工法的应用。根据压力表显示数值和土层 (岩层) 对应关系 , 当显示达到设计要求伸入的岩层时记录初始深度 , 由此往下再伸入设计要求的深度 , 即满足防渗墙墙底伸入岩层的深度。

6 结 语

在水利工程防渗墙施工过程中应用钢结构导梁和入岩深度判别新工法 , 能提高防渗墙施工质量且节能环保 , 具有良好的经济效益 , 同时还可节约工期 , 加快施工进度。这 2 项工法值得进一步推广。

参考文献 :

[1] DL/T5199—2004 水利水电混凝土防渗墙施工规范 [S] .

[2] 上海勘测设计研究院 . 永新县丰源水库除险加固工程初步设计报告 [R] . 上海 : 上海勘察设计院 , 2009 .

[3] 上海勘测设计研究院 . 永新县丰源水库除险加固工程施工图阶段工程地质勘察报告 [R] . 上海 : 上海勘察设计院 , 2009 .

[4] GB50017—2003 钢结构设计规范 [S] .

[5] SL191—2008 水工混凝土结构设计规范 [S] .

[6] 德国宝峨公司 . 宝峨 GB 液压抓斗详细资料 [EB/OL] . [2009-11-26] . http://www.bauerchina.net/C_Products_HydraulicGrab.htm . (收稿日期 2011-05-09 编辑 骆超)

(上接第 68 页)

参考文献 :

[1] 黄汉禹 , 刘海洋 . 韩江下游及三角洲河段河床变化分析 [J] . 中山大学学报 , 2001(S4) : 10-13 .

[2] JTJ 214—2000 内河航道与港口水文规范 [S] .

[3] GBJ 50139—2004 内河通航标准 [S] .

[4] JTJ 213—1998 海港水文规范 [S] .

[5] JTJ 311—1997 通航海轮桥梁通航标准 [S] .

[6] GBJ 139—1990 内河通航标准 [S] .

[7] 唐银安 . 不稳定流航道水文分析 [J] 水运工程 . 1997(8) : 23-27 .

[8] 周作付 , 何建华 , 邓年生 , 等 . 受人工采砂影响明显河道设计最低通航水位探讨 [J] . 水运工程 . 2003(8) : 33-36 .

[9] 罗春 . 赣江下游设计最低通航水位计算方法 [J] . 水利水电工程学报 , 2003(4) : 54-56 .

[10] 吴玲莉 , 张玮 , 高龙琨 , 等 . 长江下游感潮河段设计通航水位计算方法比较 [J] . 水利水电科技进展 , 2005 , 25 (4) : 36-38 .

[11] 张幸农 , 陈长英 , 吴建树 , 等 . 感潮河段设计通航水位确定方法及标准初探 [J] . 水道港口 , 2006(4) : 243-248 .

[12] 周焕 , 张真奇 , 傅联森 , 等 . 浙江北部航道设计通航水位的探讨 [J] . 中国水运 , 2009(3) : 17-19 .

(收稿日期 2010-12-27 编辑 方宇彤)