

铅丝笼土工膜防渗坝的应用实践

曾庆章

(炎陵县水利水电局 湖南炎陵 412500)

关键词 小坝 土石坝 土工膜 防渗 铅丝笼 3/水坝

铅丝笼土工膜防渗坝,是 1987 年由株洲市水利水电局和炎陵县水利水电局共同设计的一种引水坝,是为解决炎陵县三河镇石子岩引水柴坝年年遭水毁,影响灌溉而提出的一种既牢固又节省投资的坝型。石子岩坝上游集雨面积 912 km^2 ,多年平均流量 $30 \text{ m}^3/\text{s}$,50 年一遇洪峰流量 $1680 \text{ m}^3/\text{s}$,其设计灌溉面积 181.9 hm^2 ,设计引用流量 $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。1987 年冬,我们将石子岩引水柴坝改建为铅丝笼土工膜防渗坝。该坝是一个分流式引水坝,自建造以来,已经过 9 年多的运行实践,在洪水、干旱的考验下,证明该坝安全可靠,取得了较好的效益。在此基础上,我们又在三河镇视田洲村、沔渡镇晓阳村、鹿原镇湖田村等地推广应用这种坝。通过修建这四座坝,我们取得了一些经验,掌握了一些技术。本文拟对铅丝笼土工膜防渗坝的设计与施工作一简要介绍。

1 设计研究

1.1 特点与构造

铅丝笼土工膜防渗坝是依靠自重来维持坝体在水压力和其它荷载作用下的抗滑稳定的,是一种重力坝(见图 1)。它的整体结构与其它圬工坝相比,有很大的差别,但是,它具有圬工坝的抗冲能力,可以做成既能挡水又能泄水的溢流坝。然而,由于这种坝靠铅丝笼把散状的块石集合为整体,一旦铅丝锈蚀拉断,块石就形成“散粒”,在水流的作用下,块石会被冲走,坝体遭破坏。所以,铅丝强度的大小,耐久与否,直接影响坝的牢固性与耐久性。

铅丝笼土工膜防渗坝的截流防渗主要靠土工膜,利用土工膜附着铅丝笼的迎水面,达到截流防渗的目的;因土工膜能拉伸,坝体又用无胶结的块石充填,几乎不受温度变化的影响,因此,坝体内不分缝。此外,这种坝的坝面,还可做成溢流坝面。下游消能可做成挑流式和底流式消能,其形状和尺寸可通过

水力学计算确定,其结构可用铅丝笼铺底,面上再浇筑一层混凝土。

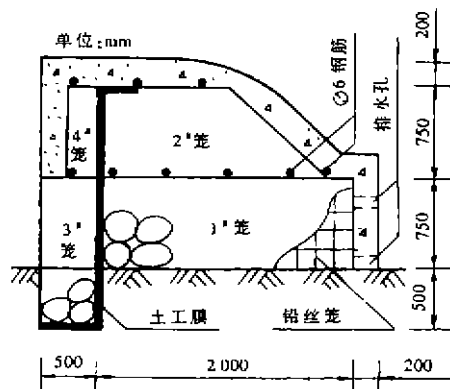


图 1 铅丝笼土工膜防渗坝示意图

铅丝笼土工膜防渗坝,坝体相似于干砌块石坝,坝体排水良好,但在坝下游面浇筑混凝土处要留有足够的排水孔。为了防止淘空坝脚,稳定坝趾,当采用分流坝时,坝轴线可以沿河势走向做成曲线;当采用横拦河坝,坝的上下游水位差小于 2 m 时,可在坝趾下游打一排木桩,起固定铅丝笼和防止淘空坝脚的作用,坝的上下游水位差大于 2 m 时,可在坝下做一消力池,保护坝脚和消能。

铅丝笼土工膜防渗坝,只宜在建造坝高小于 5 m 的低坝和改造原有柴坝时采用。

1.2 铅丝笼

铅丝笼的主要作用是把分散的块石集合为整体,再把多个铅丝笼组成坝体,并分层用钢筋连接,这样利用坝体的重量稳定于流水中,起到阻挡水流、壅高水位的作用。铅丝笼的形状见图 1。一般采用长方体,笼长 $1.5 \sim 2 \text{ m}$,宽 $0.5 \sim 1 \text{ m}$,高 $0.5 \sim 0.75 \text{ m}$ 。笼壁编织成 $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 网格。铅丝笼纵横铅丝的截面积,按单个铅丝笼承受的荷载确定。

作者简介:曾庆章,男,工程师,从事农田水利工程设计与管理。

竖直铅丝承受笼内所装块石的全部重量,按轴心受拉构件计算强度,确定铅丝截面积。

$$\sigma = \frac{G}{nA_j} \leq [f_j] \quad (1)$$

式中 σ 为计算铅丝承受的应力, N/mm^2 ; G 为单个笼内块石重量, N ; n 为竖向铅丝根数; A_j 为一根铅丝的截面积, mm^2 ; $[f_j]$ 为所选铅丝的强度设计值, N/mm^2 。

横向铅丝承受本铅丝笼所有荷载的水平推力,按轴心受拉构件计算强度,确定横向铅丝截面积。

$$\sigma = \frac{\sum P}{nA_j} \leq [f_j] \quad (2)$$

式中 $\sum P$ 为本铅丝笼承受的水平推力(水平水压力和泥沙压力等), N ; n 为横向铅丝根数。

1.3 土工膜

土工膜具有抗水压、耐老化、防虫蛀、能伸长等特性,厂家一般都能提供不同抗水压力的土工膜。土工膜幅宽 1~2 m,当用到两幅以上时,可设搭接口,搭接口可胶接 20 cm 膜宽,也可用缝线连接。

土工膜在坝中起截水墙的作用,用它附着在坝的上游面截水防渗。为了保护土工膜,再用一个 0.5 m 厚的铅丝笼在上游面压住土工膜,使膜不受河中漂浮物撞击刺破。土工膜两侧的石料必须无棱角,最好选用鹅卵石。

1.4 稳定计算和应力分析

坝体受力有坝身自重(取土工膜下游面的坝体,坝体干砌石容重取 $15.68 \sim 17.64 kN/m^3$)、水压力、浮托力(其大小按坝下游水位高低计算)、泥沙压力(按泥沙淤积深与坝顶相平计算)等。基本荷载组合为正常水位加相应荷载;特殊荷载组合为校核洪水位加相应荷载。抗滑稳定按下式计算:

$$K = \frac{\sum V}{\sum H} \quad (3)$$

式中 K 为抗滑稳定安全系数,取 1.1~1.5; $\sum V$ 为滑动面以上作用在坝体上所有垂直力的总和, N ; $\sum H$ 为滑动面以上作用在坝体上所有水平力的总和, N ; f 为砌体与基底的摩擦系数。

应力分析,先假设单个铅丝笼是一个整体,又由于把各个铅丝笼连接起来了,而上下层铅丝笼又错缝排列,故又假设铅丝笼的底面层是一个整体的水平面。所以,在应力分析中,近似地按重力坝计算,采用偏心受压公式估算坝底截面边缘正应力,取 1 m 坝长计算。

$$\sigma_{\text{上}} = \frac{\sum V}{B} + \frac{6 \sum M}{B^2} \quad (4a)$$

$$\sigma_{\text{下}} = \frac{\sum V}{B} - \frac{6 \sum M}{B^2} \quad (4b)$$

式中 $\sigma_{\text{上}}, \sigma_{\text{下}}$ 分别为坝底上、下游边缘垂直正应力值, N/m^2 ; $\sum V$ 为底截面以上的垂直力总和, N ; $\sum M$ 为底截面以上的所有作用力对底截面重心力矩的总和, $N \cdot m$; B 为底截面的宽度, m 。

计算出的正应力,要求坝底正压应力不超过石料的抗压强度,坝体内不允许出现拉应力和倾覆趋向。要求坝底上、下游边缘垂直正应力远大于零。

2 施工实践

2.1 施工步骤

a. 按照设计图编织铅丝笼。铅丝笼土工膜防渗坝的横断面,是由几个不同尺寸的铅丝笼组成(见图 1)。笼壁横筋采用 8 号铅丝,笼底和笼壁竖筋采用 12 号铅丝 2 根绞成绳状夹住 8 号铅丝,编织成 $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 网格笼子。每个笼子上方开口,并留有封口铅丝头。

b. 围水清基。当笼子编好 50% 左右,开始围水清基。这种坝的围水只要求撇开主流,使水深降至人能下水清基即可。清基不必清到岩基,在水源丰富的河流也不必清到不透水层,只要求坝的基础座落在河床稳定层。已建 4 座坝的基础,深者清基 1.5 m,浅处清基 0.5 m。但是,基础表面在一个铅丝笼范围内要平整,高低一致。

c. 摆放铅丝笼,填砌坝体。根据设计图先按坝轴线放样,再把铅丝笼沿样线排好,并在第一层铅丝笼下游两个角,打 2 根直径 10 cm 左右的生松(杉)木桩,起固定笼子和稳定坝趾作用,然后在笼内填砌块石。为了不使土工膜刺破,在坝的上游面,即土工膜的附着面,用一层鹅卵石填砌。第一层笼子砌完后,对坝的纵向进行水平测量,调整笼内高低不平的块石,使之在一个水平面上,再进行铅丝笼封口,并用 $\phi 6$ 钢筋间距 30~40 cm 沿坝纵向串连各个笼子。第一层整理完后,再进行第二层施工。这里值得注意的,一是上下层笼与笼之间的横缝要错开,二是坝面的块石要冲洗干净,以利浇筑坝面混凝土。

d. 铺设土工膜。当坝体砌完后,对坝上游面进行检查,对有可能刺破土工膜的锐物进行处理,保证表面基本平整光滑。这次兴建的 4 座坝,采用的土工膜是双面复合土工膜,幅宽 1 m。由于坝高大于 1 m,我们采用多幅连接,搭接口用尼纶线缝接。土工膜接好后,用木棒将膜卷成捆,再沿坝的上游面由坝的一端朝另一端转动铺设。铺完后,要检查土工膜是否紧贴坝基和坝面,看有无刺破膜的现象,如发现问题应及时处理,直到满足设计要求。

e. 护砌土工膜保护层。为了防止土工膜被河流上的漂浮物刺破,在土工膜的上游面,同样用铅丝笼填砌鹅卵石(见图 1),保护土工膜。然后把保护土工膜的面

层笼子与坝体铅丝笼用铅丝连接,使之成为整体。

f. 浇筑坝面混凝土。坝面混凝土的作用,一是防止铅丝生锈,起保护作用;二是以利于溢流。我们修建的4座坝,在坝面和水位变化层以上的铅丝,以及下游消能的铅丝笼表面,浇筑了20cm厚的混凝土保护层。

2.2 施工特点

a. 对基础要求不高。这种坝型的基础,适应范围比浆砌石坝更广,仅次于土坝,可以在沙石基础上筑坝,有了这个优点,给选择坝址提供了方便,对坝址的地质结构考虑可以放在次要位置,着重考虑河床稳定,下游消能防冲,两岸边坡稳定,以及坝基不透水层的深度。我们修建的石子岩坝,座落在新生界第四系全新统Q4冲积物表层上,冲积层深3~5m,表面石子粒径5~30cm,该坝清基50cm深,已运行9年,情况良好,没有发生大的变形和冲刷现象。

b. 筑坝材料易采、易购。该种坝的主要材料是块石、铅丝、土工膜。块石是坝体的填料、用量多,可就地开采,硬度一般选用Ⅵ级以上的岩石。铅丝是编织铅丝笼的材料,为了防止铅丝过早生锈,铅丝必须经过镀锌处理,以延长使用年限。土工膜起截流

防渗作用,具有防虫蛀、抗拉强、重量轻等特点,可到工厂购买,是防渗的好材料。

c. 施工质量容易控制。铅丝笼土工膜防渗坝与浆砌石坝比较,它下受块石的含泥量和水泥砂浆的终凝时间、温度影响。这种坝只要求把笼内块石砌稳,填满、填实,达到坝体设计容重即可。坝横断面形状由几个铅丝笼组合而成,施工时按设计图把铅丝笼分层组合。这种坝由于采用了铅丝笼和土工膜,坝体不留伸缩缝。

3 经济效益

以石子岩坝为例,该坝原为柴坝,灌溉农田133.3hm²。柴坝一年内被洪水冲毁几次,每年维修坝要5000多元材料费和300多个人工,维修期间还影响农田灌溉。1987年将该柴坝改建为铅丝笼土工膜防渗坝,设计坝长188m,坝高1.5m,施工周期158d。工程总投资51650元,单位长度投资274.73元/m,仅为相应浆砌石坝造价的1/3。由于该坝型又比柴坝牢固,洪水标准和灌溉保证率都比柴坝高,因而节省了维修费用和人力,保证了灌溉引水量,是值得推广的一种简易坝型。

(收稿日期:1997-04-09 编辑:马敏峰)

欢迎订阅《人民长江》月刊

全国优秀科技期刊 全国中文核心期刊

《人民长江》系水利部长江水利委员会主办的水利水电综合性技术月刊。1955年创刊以来,立足于长江流域、面向国内外进行长江治理开发的全方位报道。办刊宗旨:宣传开发治理长江方针;报道长江水电建设成就;交流水利水电技术成果;促进科研管理、学术讨论;传播国外水利建设经验;提供高新科技动态信息。本刊权威性强,内容丰富,信息量大,实用性强,是广大读者了解长江水利水电建设与发展的窗口。

《人民长江》每月20日在武汉出版,大16开本,彩色封面装帧。本刊国内外公开发售,国内邮发代号:38-22,全国各地邮局均可订阅;国际邮发代号:M962,由中国国际图书贸易总公司代理发行(北京399信箱)。请欲订阅本刊的读者就近到当地邮局办理订阅手续,每册定价4.50元(从1999年起),全年定价54.00元。

《大坝观测与土工测试》1999年征订启事

《大坝观测与土工测试》是由中华人民共和国电力工业部主管,电力工业部南京电力自动化研究院主办的全国性科技刊物,公开发售。1977年创刊以来,比较系统和全面地反映了我国在大坝观测与土工测试方面的主要活动和科技成果;宣传推广国内外本行业的新技术、新经验。本刊主要刊登混凝土坝及土石坝安全监测、岩土工程及地基基础室内及原位试验技术等方面的学术论文、研究报告、工程经验、专题综述,特别是各种测量、传感、记录、显示仪表的设计研制的文章。同时还向读者介绍有关的国家标准、国外科技成果,报道国内外的学术及行业动态。优先刊登国家和部、省各类科技基金资助项目的重要研究成果。读者对象为水电、水利、铁道、建筑、冶金、煤矿、石化等部门行业的科技人员、大中专院校师生及施工现场的工程技术人员。

《大坝观测与土工测试》1995年、1997年连续两届被评为江苏省优秀科技期刊。

《大坝观测与土工测试》为双月刊,逢双月20日出版,48页,定价5.00元,采用国际A4(大16开)开本;配有计算机彩色、黑白广告创意系统,由专业美工精心设计,制作上乘,印刷精美。国内统一刊号:CN32-1190/TV,国内发行代号28-39。欢迎广大读者到当地邮局办理订阅手续,若错过订阅时间,可直接汇款至编辑部补订。本刊开展广告业务,欢迎惠顾。地址:南京323信箱《大坝观测与土工测试》编辑部;邮编:210003;电话:(025)3429900-2507;传真:(025)3421949。