

土工布防冲反滤性能在黄河控导工程中的应用

张瑞洵¹, 竹怀水¹, 李效利²

(1. 黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003; 2. 惠金黄河河务局, 河南 郑州 450045)

摘要 介绍土工布的特点及其在河流控导工程中替代黏土胎所具备的优越性, 总结土工布在黄河控导工程中应用的一些注意事项。坝断面土工布的布置需要根据河水位抬升时的冲刷范围而定, 土工布宜选用保土性、透水性、防堵性和强度满足要求的无纺土工布, 保护层尽可能使用砾石。施工时土工布的拼接方式应选用缝接, 土工布与土坝胎之间应铺 1 层砂料, 以改善反滤效果。为保护土工布, 还应选择合适的抛石方式。应用结果表明, 用土工布代替黏土胎, 解决了黏土难找、易发生险情、不经济等问题, 它所产生的效益是相当显著。

关键词 土工布; 黏土胎; 黄河控导工程

中图分类号 TV861; TV49 **文献标识码** B

文章编号 1006-764X(2009)S1-0223-03

控导工程是为约束主流摆动范围、护滩保堤、引导主流沿设计治导线下泄而修建在靠近水边滩岸上的工程。该类工程属于河道整治工程的一部分, 其建筑物形式为坝垛, 包括丁坝、垛护岸。所有坝垛在结构上基本一致, 都是由土坝体、护坡、护根 3 部分组成, 见图 1。土坝体由土料筑成, 是护坡、护根的依托, 护坡一般由石料修筑, 是土坝体的防护层, 护根一般也由石料修筑, 既是护坡的基础, 也是土坝体下部的保护层。

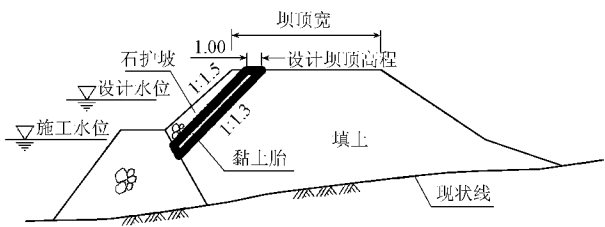


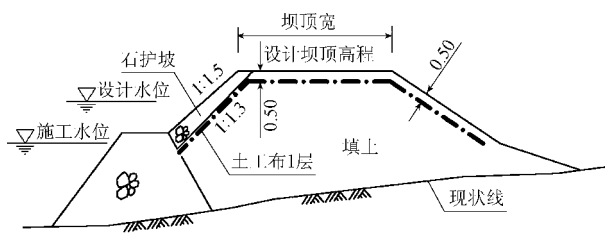
图 1 控导工程传统的坝垛结构横断面示意图

考虑工程投资, 修筑土坝体时一般就近取土。为了防止水流和风浪冲刷及达到理想的施工效果, 要求使用黏粒含量适中的壤土, GB 50286—98《堤防设计规范》^[1]规定黏粒含量宜为 15%~30%。黄河滩岸土质以粉土、砂壤土居多, 找到适宜筑坝的土料比较困难。粉土、砂壤土抗冲能力差, 控导工程施工时常在坝体和石护坡之间设置 1 层黏土胎, 黏土胎水平宽 0.5~1.0 m。近年来, 随着工农业的发展及土地的充分利用, 可供开采的黏土越来越少, 寻找黏

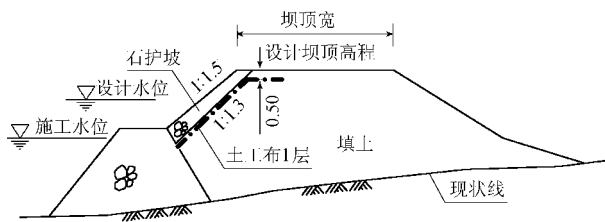
土胎的替代品是必然的。土工布以其抗拉强度高、渗透性好、耐高温、抗冷冻、耐老化、耐腐蚀、经济等优越的特性, 成为黏土胎替代品的首选。目前, 土工布已在黄河的几处控导工程上成功使用, 比如东坝头控导工程、白鹤控导工程等。

1 土工布的布置

根据土工布的作用, 主要布置方式有 2 种, 见图 2(图中未示出土工布上下端的锚固方式, 锚固结构依规范布置和施工)。



(a) 河水抬升, 坝两侧水位差大



(b) 河水抬升, 坝两侧水位持平

图 2 土工布布置横断面示意图(单位: m)

作者简介 张瑞洵(1969—)男, 河南郑州人, 高级工程师, 从事水利水电工程设计工作。E-mail: zwcddzyx@163.com

图 2(a)所示的土工布布置方式适用于坝背河侧洼地不与坝临河侧滩地连通的情况,河水位升高时,河水通过坝顶流到洼地。这样布置可避免水流严重冲刷坝的背河侧土坡;图 2(b)所示的土工布布置方式适用于坝背河侧洼地与坝临河侧滩地连通的情况,河水位升高时,河水通过通道流到洼地,当水位高过坝顶时坝两侧的水位基本相当,河水不再从坝顶向下冲刷背河侧土坡。

2 土工布选择

土工布代替传统材料的主要目的是反滤和防冲,因此除要求土工布具有保土性、透水性、防堵性外,还要求具有一定的强度。根据 SL/T 225—98《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》^[2],分别需要满足以下条件或公式:

a. 保土性条件:

$$O_{95} \leq nd_{85}$$

式中: O_{95} 为反滤布等效孔径,mm; d_{85} 为可根据实验求得的被保护土壤特征粒径,mm; n 为经验系数,土工布处于动力作用和往复水流的区域时取 0.5。

b. 透水性条件:

$$K_g \geq 10k_s$$

式中: K_g 和 k_s 分别为土工织物及被保护土的渗透系数,cm/s。

黄河的筑坝土料为砂壤土,其渗透系数 $k_s = 5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-4}$,根据黄河控导工程的应用情况,一般取 $K_g \geq 5 \times 10^{-3}$ 。

c. 防堵性条件:

$$GR \leq 3$$

式中: GR 为梯度比,试验方法见有关规程。

筑坝土料渗透系数 $k_s = 5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-4} > 5 \times 10^{-5}$,参照规范、试验资料及近几年的运用情况, GR 应取小于或等于 3 的值。

d. 设计容许抗拉强度 T_a 计算式:

$$T_a \geq \frac{T}{F_{iD}F_{cR}F_{cD}F_{bD}}$$

式中: T 为极限抗拉强度,kN/m; F_{iD} 为考虑铺设时机械破坏的影响系数,取 1.1~2.0; F_{cR} 为考虑材料蠕变的影响系数,取 2.0~3.0; F_{cD} 为考虑化学剂破坏的影响系数,取 1.0~1.5; F_{bD} 为考虑生物破坏的影响系数,取 1.0~1.3。

土工布的撕裂强度、握持强度、胀破强度、顶破强度、接缝强度等也要符合该式。

e. 土工布类型

土工布按照制造方法分为有纺土工布和无纺土工布 2 种类型。

无纺土工布:该类型土工布柔软、丰满、厚实,具

有很好的织物间隙,有一定的抗撕裂能力,并有很好的附着力,同时还具有很好的变形适应能力及很好的平面排水能力,能起到过滤、隔离、加筋、防护等功效,是一种应用广泛的土工合成材料。

有纺土工布:一般的有纺土工布较薄,纵横向都具有相当强的抗拉强度,具有很好的稳定性能。加筋土工布的经向抗拉强度远远大于普通土工布。有纺土工布实际多应用于土工工程项目的加筋增强,具有平面隔离与保护功能,不具备平面排水功能。

由于无纺土工布过滤和排水功能较强,应用于控导工程时对强度要求不是很高,因此应选用无纺土工布作滤层。

3 土工布保护层的选择

土坝体完成后进行土工布铺设,土工布以外再裹护块石作为护坡。为避免施工中或工程运行中土工布被块石或其他物体砸烂、划破,使其优点得不到充分发挥,并防止施工时土工布被长时间暴晒而造成强度下降,需要在土工布和护坡之间增加 1 层保护层。

土工布保护层一般选择砂、砾石,有的工程因地制宜,选择草垫、预制混凝土板、黏土砖等。

近几年,黄河上新建和改建的控导工程的石护坡和土接触部位坡度一般为 1:1.3,折算成角度为 37.6°,而砂砾石料的自然休止角一般为 32°~39°,因此用砂砾石料作保护层时稳定性较差,如果考虑施工影响,砂砾石料保护层的稳定性更差。所以受坡度和施工影响,石护坡施工前,砂砾石料不能大面积铺设,需随石护坡施工高度从下向上逐渐铺设,边铺砂或砾石、边修筑石护坡,对施工速度影响较大。

砂的粒径远小于石护坡内块石之间的缝隙,在动水作用下,用作保护层的砂将会很快流失,使土工布直接与块石接触,进而可能导致土工布破坏,同时由于砂流失后护坡的块石将填补砂原来的空间,从而使石护坡变形。

草垫、预制混凝土板、黏土砖用作保护层时,由于形状规则、成片状、能大面积铺设,所以施工速度较快。草垫的缺点是工程运用时会腐烂流失,产生与铺砂相似的后果;预制混凝土板和黏土砖适应土坝体的变形能力较砂砾石料差,土坝体变形后预制混凝土板和黏土砖的尖角会对土工布产生一定的破坏作用。

综上所述,从后期应用效果上考虑,保护层应尽可能选用砾石。

4 土工布施工要点

土工布施工包括平整碾压场地、织物备料、铺

设、回填和表面防护等多道工序,一般要求达到边坡压实,削坡后坡面上达到无损伤土工织物的带尖棱硬物,无坑洼等;土工布无损伤、无污染,铺设平顺、松紧适度,与土面密贴不留空隙,顺坡面自下而上铺设,铺设时注意防护,工人应穿软底鞋等。另外还要注意以下几点:

4.1 相邻土工布的拼接方式

一般拼接方式有搭接和缝接。搭接施工简单、迅速,相邻土工布拼接一般采用搭接方式,但有往复水流作用或工作期间土工布可能发生较大位移的工程,应采用缝接方式。

黄河控导工程石护坡处于水流上下变动区,如果采用搭接方式,土工布下面的土粒将会进入夹缝,使土工布分离,减弱其对土的保护作用。

控导工程土坝体一般采用回填压实的方式修筑,土体随时间的延伸会发生回弹变形,致使压实干密度降低,河水位升高时渗水后的土体会发生软化变形,从而恶化了坝身的应力状态,促进坝身发生变形;土坝体上有时会出现动物洞穴,水进入洞穴后可能会造成局部土坝体塌陷,从而导致坝身变形。如果采用搭接方式拼接土工布,土体发生变形时可能拉开土工布。因此,控导工程的土工布反滤防冲结构应选用缝接的方式。

4.2 土工布与土坝胎的接触方式

土工布反滤机理包含2方面:一方面靠近土工布处,土较细的颗粒通过孔眼流失,余下较粗的颗粒形成骨架,离土工布越远则细颗粒流失越少,土体内便形成一个由粗颗粒到细颗粒的自然反滤层;另一方面土工布具有足够小的孔径阻挡土中骨架颗粒通过。

黄河控导工程一般采用黏粒含量10%左右的壤土,若含粉砂颗粒较多,土壤颗粒细,在水流作用下易流失,形成稳定的自然反滤层缓慢。同时,土壤流失多,土工布也容易与土壤脱离。因此,施工时应土工布与土坝胎之间铺1层砂料,以改善反滤效果。砂层厚度一般取5~10 cm。

4.3 石护坡抛石方式

施工时,为避免损伤土工布,确保施工质量,修筑石护坡时应采取合理的抛石方式。根据黄河工程经验,提供以下几种方式供参考:

方式a 土工布上铺设草垫和块石。抛石前,先在土工布上铺草垫,草垫宽1.5~2.0 m,厚度大于0.1 m,然后在草垫上排1层块石,最后从上往下抛石。

方式b 土工布上铺设混凝土板。抛石前先在土工布上铺1层混凝土预制板,然后在预制板上抛石。

方式c 利用焊制的滑槽。用1 cm厚的钢板焊接成2 m宽、1 m长、两端留接头的槽板。施工时根据不同的坡长增减槽板节数,一边抛一边提槽板,抛

到顶部无法用槽板时再人工铺排。

方式a和方式b需要事前将块石用机械车辆运至坝顶,再人工抛石,进度较慢;方式c可利用机械施工,进度较快。

5 应用成效分析

黄河控导工程中黏土胎水平宽度只有1.0 m,黏土回填及夯实的工作面太小,立模困难,夯实质量难保证;再者,自上而下抛投时对已填筑好的黏土胎会造成一定程度的扰动或破坏,使黏土坝胎难以保持其密实度,进而直接影响黏土坝胎的抗冲刷能力;黏土胎土体长期承受冻融、热胀、雨水冲蚀、河水浸泡后,破坏较快。因此,黄河洪水期间控导工程容易发生险情。黄河滩区土质粉质壤土多,黏土不易寻找,远距离调运符合质量要求的黏土则会导致工程造价偏高。

土工布抗拉强度高,抗腐蚀、抗微生物侵蚀性好,水下或土中耐久性和耐气候性能较高,质轻,方便施工,整体连续性好,适应土坝体变形能力强,所以工程使用土工布后破坏的几率小,大幅度减少了工程维护费用。因此用土工布代替黏土胎,解决了黏土难找、不经济等问题,所产生的效益很显著。

河南孟津白鹤控导工程1998年汛后修建的1~4号坝,没有铺设土工布,1999年上半年加固整修的0号、5号、6号、7号坝垛使用土工布作反滤层。1999年汛期河道行洪时该控导工程出现了多处险情,1~4号坝出现了不同程度的坝顶裂缝、坦石下蛰等险情,而0号、5号、6号、7号坝垛未出现任何险情,说明土工布防冲反滤效果很好。

6 应用前景

土工布的许多优点是黏土胎不具备的,控导工程中使用土工布后效果显著。但土工布也有许多缺点,比如抗紫外线照射性能差、耐热性能差,对施工人员要求高等。随着科学技术的进步,人们会扬长避短,让土工布更好地为人们服务。

20世纪80年代黄河工程中开始使用土工布,由于工程的局限性和对土工布的认识不足,土工布在黄河上的并未得到充分地应用,目前还处在探索试验阶段。随着土工布在工程中的逐步应用,人们对其认识会更加深刻,在黄河工程中的应用也会越来越多,越来越广泛。

参考文献:

- [1] GB 50286—98 堤防设计规范[S].
- [2] SL/T 225—98 水利水电工程土工合成材料应用技术规范[S].

(收稿日期 2009-07-28 编辑 高建群)