

土工薄膜防渗技术在病险水库防渗加固工程中的应用

吕传利

(黄山市水电局 安徽黄山 245000)

TV441
TV6P7.32

摘要 根据近年来黄山市在病险水库除险加固工程中应用土工膜的实践,简要介绍土工膜在病险水库防渗加固工程中的设计和施工经验及体会。应用文中所介绍的方法黄山市已成功处理了 25 座病险水库渗漏,实践证明:土工膜防渗技术处理土坝渗漏效果明显,推广应用该技术可降低病险库工程造价。

关键词 水库;土工薄膜;除险加固;防渗

1989 年,黄山市余溪水库首次将土工薄膜用于水库土坝防渗,取得了较好的防渗效果^[1]。近年来该技术已在全市推广应用,从试点到逐步推广,已处理了 25 座水库,取得了显著效益,积累了一些成功的设计和施工经验。

1 土工薄膜防渗设计

1.1 土工薄膜材料选择

选择土工膜必须结合工程实际,根据防渗工程的工作条件、施工条件,考虑各种膜料性能、单价、产品质量等方面因素,经比较后选定。黄山市常用的防渗膜料有宽幅聚乙烯薄膜、聚氯乙烯薄膜、Rm-PVC 合金薄膜、XD-103 防水复合柔毡、PE 复合土工膜等。RmPVC 合金膜由江苏水利科学研究所研制,以 PVC 为基材,采用红泥(Rm)等无机材料高充填,应用聚合物合金技术设计配方和相应工艺所研制。XD-103 复合柔毡是在无纺布与塑膜之间加沥青涂层及添加剂压制成的复合防水材料。一布一膜土工膜是将 PE 树脂通过吹塑机吹制成型,与无纺布复合,再经整理而成。

1.2 土工膜厚度的确定

土工膜铺膜厚度与垫层平整度和材料允许拉应力及弹性模量等有关,厚度核算公式较多,垫层土体粒径 $d < 22 \text{ mm}$ 时,一般采用下式计算:

$$\delta = 0.0065 E^{1/2} \frac{H d^{1.03}}{[\sigma]^{3/2}} \quad (1)$$

式中: δ 为土工膜厚度, mm; H 为铺设薄膜范围内的最大水头, m; d 为垫层土壤最大粒径, mm; $[\sigma]$ 为膜的允许拉应力, kPa; E 为薄膜的弹性模量, kPa。

利用土工膜进行水库防渗,以前无统一的设计规范,为了安全,对计算所得理论厚度取 2~4 倍安全系数,确定设计厚度及实际厚度或层数。

1.3 土工膜防渗结构设计

土工膜防渗是以薄膜防渗、上下垫层保护组合成防渗体。由垫层—防渗层—垫层—保护层—反滤过渡层—护坡共同组成防渗系统。内坡防渗结构设计如图 1 所示。下垫层可防止膜料被刺破,并使膜料受力均匀。上垫层和覆盖土使膜料在水中不被漂起并防止膜料老化,整个防渗体周边设压重齿槽和封闭齿槽。利用土工膜防渗一定要做好整体性防渗处理,土工膜要与不透水地基和岸坡严密结合,并注意解决好排水问题。

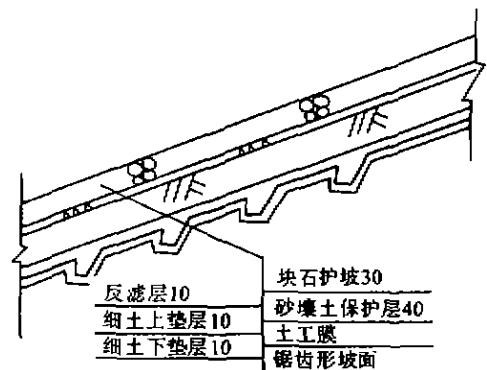


图 1 内坡防渗结构(单位:cm)

1.4 铺膜范围

铺膜范围一般从坝踵基坑底至校核洪水位,开固埋沟嵌入坝体 0.5 m。上端固埋沟如图 2 所示。坝肩铺至两岸山坡接界处,沿内坡面开沟槽至基岩或不透水层,薄膜嵌入其中,薄膜上下层均用水泥砂浆

作垫层后回填混凝土固埋,防止外部水穿越薄膜.两侧固埋沟如图3所示.

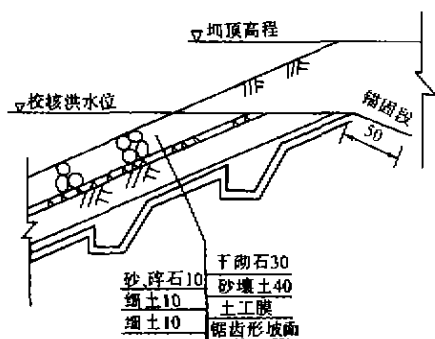


图2 上端固埋沟示意图(单位:cm)

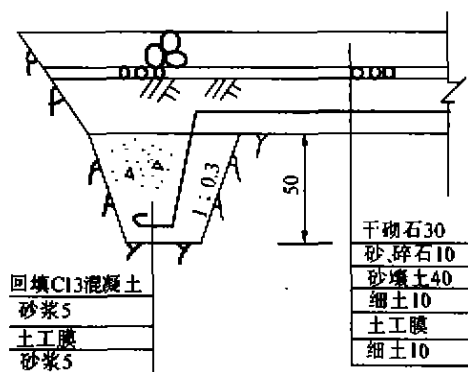


图3 两侧固埋沟示意图(单位:cm)

1.5 垫层及保护层土料与厚度

垫层一般选用筛制粉砂土或细颗粒砂质粘土,最大粒径不超过5mm,厚度5~10cm,少数水库用土工织物替代细粒料层作上下垫层.保护层土料可用库区附近粘壤土和砂壤土,但要除掉石子、杂草、树根和其它可能穿透薄膜的杂物,干容重 $\gamma_d > 1.5 \text{ t/m}^3$,含水量约为20%,夯实后垂直坝坡的厚度一般取0.3~0.5m.

1.6 抗滑稳定分析

只有满足土工膜与垫层、土工膜与保护层的抗滑稳定要求,才能保证土工膜铺设后的防渗效果.防渗体滑动指土工膜与保护层及膜与下垫层之间的滑动.土工膜沿垫层滑动可通过在坝坡面设防滑锯齿槽来解决.保护层沿土工膜滑动需进行抗滑稳定计算.当保护层渗透性良好,库水位降落,浸润面与库水位同步下降时,可用下式计算材料间的平面滑动稳定安全系数:

$$K = \frac{f}{\tan \alpha} \quad (2)$$

式中: K 为抗滑安全系数; f 为界面间的摩擦系数; α 为坝上游坡角.

当保护层透水性不良时式(2)应修改为

$$K = \frac{f \gamma_{\text{浮}}}{\gamma_{\text{饱}} \tan \alpha} \quad (3)$$

式中: $\gamma_{\text{饱}}$, $\gamma_{\text{浮}}$ 分别为保护层饱和容重和浮容重.

当保护层为粘性土,其计算公式为

$$K = \frac{f d \gamma_{\text{浮}} \cos \alpha + C}{d \gamma_{\text{饱}} \sin \alpha} \quad (4)$$

式中: d 为保护层厚度, m; C 为土料与土工膜间的凝聚力, kPa.

据了解目前仅 PE 复合土工膜厂家提供摩擦系数试验报告:膜面与亚粘土或饱和中砂摩擦系数 $f > 0.40$,布面与亚粘土或饱和中砂摩擦系数 $f > 0.50$.聚乙烯防渗膜、RmPVC 合金膜与土的摩擦系数较小,一般无摩擦特性试验报告,黄山市水库防渗工程设计时膜面与饱和粘土的摩擦系数取 0.24^[2],经稳定分析计算,薄膜与垫层间均不满足稳定要求.为提高抗滑稳定性,可采取如下工程措施:①将坝坡适当放缓;②在坝坡上设置锯齿槽;③防渗体下部坝踵附近设重力墩或挡土墙;④采用膜料表面摩擦系数较大的复合土工膜;⑤增加膜料上接触层的透水性.

1.7 铺膜基面设计

当坝内坡陡于 1:2 时须对坝坡稳定进行核算并调整边坡.铺膜前应清理坝面,将坝内坡开挖成锯齿形槽.锯齿槽深 0.2m、底宽 0.2m,下部边坡垂直,上部边坡 1:1,锯齿槽齿距视土工膜材料及幅宽而定.聚乙烯薄膜一般为 1.2~1.5m.薄膜嵌入槽中以防止薄膜以上土层滑动.坝踵开挖截水槽,深入坚实土层或基岩,薄膜压在其下,用砂浆作垫层,回填混凝土后砌筑浆砌块石重力墩.重力墩的尺寸通过计算确定.部分砂卵石地基固埋及重力墩如图4所示.

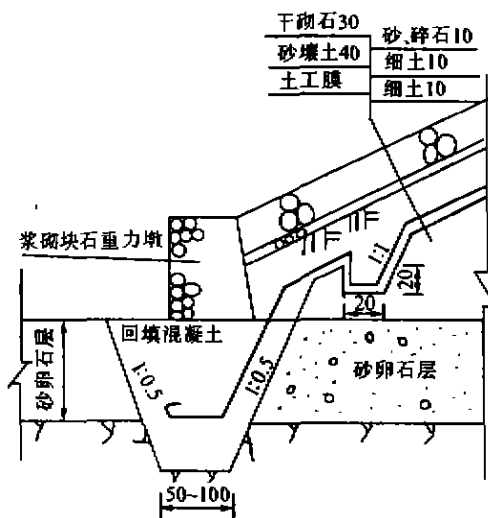


图4 部分砂卵石地基固埋及重力墩示意图(单位:cm)

1.8 护坡设计

保护层上设 10 cm 砂砾石或碎石反滤过渡层,再护砌一层 30 cm 干砌块石护坡,护坡底脚应伸入坝基,正常水位以上护坡应用砂浆勾缝或用小石子填密空隙,以防淘刷保护层.还可根据当地建筑材料情况用厚 5~8 cm, C10 混凝土板或厚 10 cm 水泥土板护坡,但纵横向每隔 3m 应设伸缩缝、用沥青砂浆或胶泥填缝.

2 土工薄膜防渗施工

2.1 施工流程

施工流程为:坝坡调整→基础开挖→铺膜基面开挖清理并夯实→防滑齿槽开挖→周边固埋沟开挖→砌重力墩→铺下垫层→铺设土工膜、薄膜连接→铺上垫层→回填夯实齿槽及保护层→周边固埋沟回填→铺反滤过渡层→砌护坡→验收.

2.2 施工工艺和要求

a. 铺膜基面清理.铺膜基面清理要求做到基面平整,无尖锐物.施工时要抽干库水,清除淤泥、乱石、杂草、杂物、树根、竹根等,按设计坝坡削坡翻松整修并严格整平坡面,夯实基面.同时要妥善处理好坝坡塌坑、裂缝、岩基上洞穴裂隙、地下泉涌等.开挖坝踵截流槽、锯齿槽和坝肩固埋沟,排水清基至岩面或不透水层,设重力墩或挡土墙将膜料压入基底.

b. 垫层材料.正确选择垫层材料,对防渗成败十分重要.塑膜和 RmPVC 膜采用的垫层材料有三种:①用细砂土作垫层,选用轻壤土、粉砂土并过筛,严格控制最大粒径在 5mm 以内;②用 200~300 g/m² 的土工织物作上下垫层;③用细土作上垫层,土工织物作下垫层.一布一膜复合土工膜用细土作上垫层,壤土作下垫层,垫层厚各 20 cm.

c. 膜料连接.土工薄膜的连接是施工的关键工序.现场连接防渗膜的方法主要有粘接法、热焊接法.塑膜与 RmPVC 及复合柔毡一般采用粘接法.其材料有沥青、氯丁胶、万能胶、专用配套粘结剂,如 EVA 胶、PE 粘合剂等.薄膜接头粘接宽度要保证 10 cm.施工时土工膜下面垫一块长 2m,宽 20~30 cm 刨光木板,用布把需粘接的土工膜上污物、水分、尘土等擦干净后,将粘合剂均匀地涂在土工膜上,接着将另一幅土工膜顺势展开粘接上去,再在面缝中贴上白色胶带纸,然后用油印滚筒来回推压 4~5 次,使接头贴紧牢固,结合紧密.PE 复合土工膜的连接一般采用热焊接法,即把 PE 复合土工膜相接的表面用专用焊接机(厚度 $\delta \geq 0.3$ mm 时)或恒温电熨斗(厚度 $\delta < 0.3$ mm 时)加热处理,使之表面熔化,沿接缝宽度 10 cm 内焊 1~2 道焊缝.

d. 土工膜铺设.铺设土工膜不宜张拉太紧,要预留 5% 伸缩长度置成波纹状折皱,以适应基体变形.两层膜间不得夹带泥土、杂物,不得有充气现象.从土工膜铺设到上垫层及保护层回填应避免石块、重物、尖锐物体直接砸击和接触土工膜,以免薄膜刺穿破坏.

e. 周边接触边界处理.目的是防止坝基和绕坝渗漏.两侧挖周边固埋沟至新鲜基岩或坚实不透水层,固埋沟底宽 30 cm,深 50 cm,边坡 1:0.3,梯形断面,固埋沟中铺上厚 5 cm, M10 水泥砂浆,将薄膜铺在上面一半的位置,垫上厚 5 cm, M10 水泥砂浆,然后浇筑 C13 混凝土截水墙固埋薄膜,如图 3 所示.下端固埋则采用重力防滑墩,膜料嵌入其下,以防膜料和保护层滑动.上端嵌入坝体 0.5 m 固埋.

f. 保护层回填.土工膜铺好后应尽快铺土回填,防止长时间曝晒使薄膜老化.回填土要轻放,由一边向另一边依次回填,严防损坏薄膜.施工时先填锯齿槽、垫层再分层填筑保护层.保护层土质不宜过粘,回填时每层松土不超过 20 cm,便于人工夯实.

3 几点体会

3.1 土工薄膜用于水库除险效果明显

黄山市许多水库存在坝体、坝基渗漏问题,每年汛期水库不得不降低水位控制运行,这不仅影响了工程效益的发挥而且严重威胁下游人民的生命财产安全.最近几年用土工膜防渗技术处理了一些水库,绝大部分水库取得了显著的防渗效果,提高了抗洪能力,确保了水库安全运行,充分发挥了水库效益,取得了较好的经济、社会效益.该技术具有投资省、用工少、工期短、施工技术简单、适应性强、防渗效果明显、容易确保工程质量等优点.从黄山市情况看,处理土坝渗漏采用该技术比其它方案可节省投资 50% 以上.土工薄膜在病险水库除险加固工程中推广应用前景极为广阔,应结合实际,大力推广应用.

3.2 土工薄膜用于水库防渗适用条件

土工薄膜用于水库防渗适用范围很广,适用于因筑坝土质差、坝体防渗性能差、施工质量差引起全坝大面积渗漏,且坝内坡较缓,坝体稳定的中低水头土坝.特别是在缺乏防渗土料或运距太远,附近土料不宜作防渗材料,上游坡需防渗加固时,利用土工膜防渗往往是经济、合理、可靠的.利用垂直铺塑防渗技术还可进行坝基防渗.土工薄膜防渗技术一般不宜用于土坝局部防渗处理以及不能放空水库的坝体和有白蚁活动迹象、白蚁危害造成渗漏的土坝.

3.3 防渗膜料选择问题

防渗膜料选择关系到工程安全或工程造价.据调查,0.2 mm 聚乙烯薄膜单价 2.6 元/m²,两层则为

5.2元/m², 0.4mm RmPVC膜单价7.8元/m²; PE复合土工膜为8.5~13.5元/m². 考虑到普通塑膜在土坝中的使用寿命目前还没有确切实验依据, 且土料回填时稍不注意很容易将塑膜刺穿, 因此为提高水库土工膜防渗材料耐久性和安全度, 黄山市由原来采用的塑料薄膜以及RmPVC合金膜, 改为现在采用的PE复合土工膜. 塑料薄膜价格虽低, 但使用寿命短, RmPVC合金膜摩擦系数小, 每平方米价格已接近一布一膜复合土工膜. PE复合土工膜力学强度较高, 抗老化耐久性好, 抗穿刺强度高, 摩擦系数大, 且具有幅宽大、产品规格齐全、整体性好、耐腐蚀、无毒等特点. PE复合土工膜可降低对垫层级配要求, 并具有良好的排水性能, 易于消散与土体接触面上的孔隙压力和浮托力, 具有一定的变形量, 对垫层的凹凸缺陷产生的应力传递分散较快, 应变力较强, 一布一膜PE复合土工膜(0.3mm PE/150g/m²)价格约为10元/m², 因此水库防渗加固中建议膜料选用PE复合土工膜.

3.4 应用土工膜防渗必须确保工程质量

推广应用土工膜防渗技术首先必须科学设计,

(上接第29页)

达1325万元. 如水费按农业用水0.016元/m³计算, 则其水费收益每年为68.8万元. 两项合计节水增产效益1393.8万元/a.

3.2 社会效益

同河道护岸、堤(坝)护坡采用土工织物一样也是十分明显的. 67万m²土工膜渠道防渗如采用钢筋混凝土(素混凝土), 厚度按10cm计, 总体积可达6.7万m³, 总重为16万多t, 其材料运输量是非常大的, 而应用土工膜防渗, 总重只有125~150t, 两者相差1000多倍; 如采用粘土防渗, 厚度按0.5m计算, 总体积可达33.5万m³, 总重为55.2万t, 是土工膜防渗运输量的4000多倍; 7.4万m²水库防渗、截潜土工膜, 如采用粘土防渗, 其厚度按1.0m计算, 体积为7.4万m³, 总重达12.21万t, 是应用土工膜约14.8t的8000多倍, 可见减少运输量、节约能源的效果非常显著. 此外, 采用土工膜防渗还具有减少用地, 简化施工管理, 提高工效, 可使工程尽早产生效益, 促进化纤工业发展等多方面社会效益.

十多年来土工织物、土工膜在辽宁省水利工程上的应用与推广获得了巨大的经济效益和社会效益, 其节省工程直接投资达6051万元, 综合经济效益为2.2193亿元.

(收稿日期: 1999-01-18 编辑: 张志琴)

严把材料质量关, 其次要精心施工, 严格按《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》操作. 施工时要耐心细致, 切莫急于求成, 忽视质量, 铺膜前应检查基面是否仍有小碎石、尖锐物. 施工中要注意土工膜保护, 以防损坏和老化, 铺设完毕要检查薄膜有无破损, 是否需要修补, 接缝是否紧密. 要经常检查齿槽和固埋沟尺寸、垫层和保护层土料质量、填土厚度、填土夯实质量等. 要重视质量监督检查, 严格检查验收, 每道工序完成需经质检人员验收合格后, 方可进行下一工序, 不合格的要及时返工. 此外, 要加强运行期维修管理, 发现保护层沉陷、裂缝、局部滑塌等应及时整修, 只有保证保护层断面完整, 才能保持较理想的防渗效果.

参考文献

- 1 吕传利. 塑料薄膜在余溪水库防渗加固中的应用. 安徽水利科技, 1992(2): 61~63
- 2 沈世贤, 彭明. XD-103防水复合柔毡在土石坝防渗工程中的应用. 水利工程技术, 1992(4): 29~32

(收稿日期: 1998-08-22 编辑: 张志琴)

·简讯·

✓ 东北和华北两大电网联网工程开工

自1997年我国电力紧张状态暂时缓解以来, 我国电力建设的重点从电源建设转向电网建设. 一方面是改造原有电网, 特别是农村电网, 另一方面是向全国联网方向进军.

东北电网和华北电网是我国两个大的跨省电网, 为实现两大电网间的资源优化配置, 紧急事故支援, 提高两电网供电的可靠性和系统抗扰动能力, 国家电力公司决定实施两电网的联网工程, 这在全国联网的宏伟蓝图中, 具有里程碑的意义.

联网工程的500kV迁绥线路, 起点是河北省丰润县的迁西500kV变电所, 终点是辽宁省绥中地区的绥中发电厂, 途经河北省的丰润、滦县、迁安、卢龙、抚宁、秦皇岛和辽宁省的绥中7县市, 全长166.6km.

该线路工程由华北和东北两电力设计院设计, 河北、北京、吉林和东北4个送变电公司负责施工, 中国超高压输电建设公司担任监理工程师.

该工程开工大会已于1999年8月在抚宁召开, 预计到2000年三季度完工, 实现两大电网联网.

(吴冀高供稿)