

54-5

松子坑供水调节水库土坝采用复合土工膜防渗

缪 翠

钱桂枫

TW 641.2

(深圳市水务局 深圳 518001) (南京铁路分局 南京 210036)

摘要 本文论述复合土工膜在深圳市松子坑供水调节水库土坝防渗结构中的使用情况,对采用复合土工膜防渗的土坝坝体防渗结构设计、稳定分析、复合土工膜选择、复合土工膜铺设及接缝粘接施工、防渗结构施工及工序质量控制方面作了较为详细的介绍。

关键词 土坝 防渗结构 复合土工膜 水库防渗

松子坑水库是深圳市承接西枝江引水的供水调节水库,总库容 4 300 万 m^3 。一期工程总库容 2 659 万 m^3 ,兴利库容 2 324 万 m^3 ,正常蓄水位高程 66.0 m(黄海高程,下同),最大坝高 34.0 m,坝顶总长 2 940 m,坝顶高程 68.2 m。一期主体工程包括 15 座土坝,主要工程量为土石方 280.0 万 m^3 (其中坝体填方 204.3 万 m^3),复合土工膜铺设 6.5 万 m^2 ,砌石 9.0 万 m^3 ,混凝土 4.5 万 m^3 。坝型为当地材料分区多种土质坝。筑坝材料为花岗岩风化和砂砾岩风化料,渗透系数较大。土坝渗流计算结果表明,由于筑坝土料渗透系数大,主体工程中 9 座较高的土坝渗流总量达 156 m^3/d ,1#,6#,14# 坝的浸润线在下游坝坡有出逸点,且位置较高,对坝体抗滑稳定不利,必须采取有效措施,减少渗流量,降低出逸点,提高抗滑稳定性。

复合土工膜相对于常规的防渗材料而言,具有造价低廉、质地轻、施工简便易于拼接、隔水性能好、对不均匀沉陷适应性强的特点,是一种新型的防渗材料,适用于土坝及渠道的防渗止漏工程。为避免因力学强度不足造成破损以及由于阳光暴晒造成的老化变脆等问题,必须选择适当的聚合物类型,合理设计,精心施工。根据工程和施工的环境条件,松子坑水库扩建工程土坝选用了江苏常熟土工工程材料厂生产的聚氯乙烯(PVC)两布一膜复合式土工膜作防渗层。

1 防渗结构构成与稳定分析

松子坑水库土坝防渗结构由复合土工膜防渗层、保护层、盖重层三部分组成,其结构见图 1。由于土工膜后为工区细粒粘性土料,无粗细料过渡,故设计中不设垫层,利用

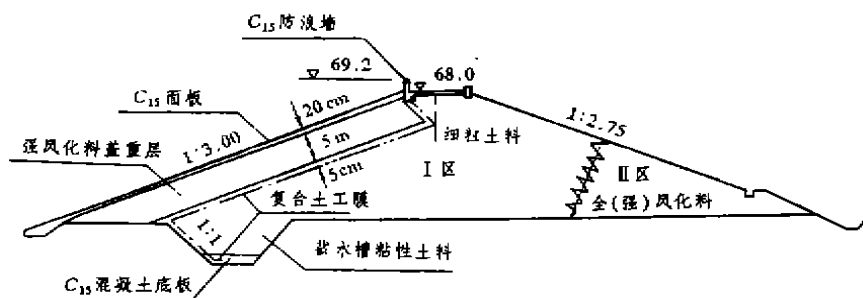


图 1 防渗结构布置图

与土工膜复合的透水性良好的无纺布作支承层,起反滤排水和扩散应力的作用,削弱土基接触尖点作用,使应力由集中区向低应力区传递,保护土工膜不被刺破。无纺布层与薄膜之间形成连续平整接触面,在膜下坡面或膜上保护层发生移动时,无纺布可起到缓冲抗力作用,防止土工膜磨损或产生过大变形。由于无纺布糙率比土工膜大,增加了土与膜之间的摩擦力,有利于坝坡和整个防渗结构的稳定。复合土工膜上表面设置了透水性良好、铺设厚度为 50 cm 的等厚风化砂保护层,避免施工过程中施工机械对复合土工膜的损坏及施工过程阳光曝晒。

为防止库水位骤降时土工膜由于渗透压力作用向上游鼓胀破坏,保护层以外设置垂直厚度为 4 m 的强透水性盖重层,上游坝坡护面在高程 48.0 m 以下为 40 cm 厚的干砌块石,高程 48.0 m 以上采用厚度为 20 cm、强度等级 C₁₅ 的现浇混凝土石板。

1.1 土工膜选择

复合土工膜是防渗结构的主体,要求能承受铺设施工中的拉应力。在设计的运行条件下,要求保证运行期在水压力作用及基础发生较大变形时不致被鼓破、产生剪切和拉伸破坏。要求土工膜具有足够长的使用寿命,其强度不致因老化而降低到设计值以下。膜的强度、厚度直接关系到防渗结构的防渗效果,所以,必须根据设计荷载及地基不均匀沉陷情况,计算选择土工膜厚度。

选择土工膜厚度时,采用原苏联全苏科学院通过试验结合理论分析提出的聚乙烯薄膜厚度计算公式:

$$\text{荷载作用时 } \delta = 0.15d_3q\sqrt{E/\sigma^3} \quad (1)$$

$$\text{地基沉陷时 } \delta_2 = \frac{lq}{\sigma} \sqrt{\frac{l^2}{4\Delta^2} + 1} \quad (2)$$

$$\text{总膜厚 } \delta = \delta_1 + \delta_2 \quad (3)$$

式(1)~(3)中 d_3 为土的计算粒径,采用各坝工区填筑土料颗粒分析所得的平均粒径,以 mm 计; q 为膜上均布荷载,以 MPa 计,应

计入水重、盖重、保护层重; σ 为选用薄膜允许应力,以 MPa 计; E 为薄膜弹性模量,以 MPa 计; Δ 为基础沉陷量,视各项具体情况取值,以 mm 计; l 为薄膜部分水平轴向投影,按不同坝段具体情况取值,以 mm 计。

按上述公式,结合松子坑水库大坝工程的具体情况计算的薄膜厚度为 0.25 mm。设计阶段设计咨询单位根据坝体填筑的实际情况,考虑运输及铺设施工中可能产生的情况,如:薄膜可能受到施工机械与人的拉力与压力等,留出一定裕度,实际采用厚度 0.3 mm。这一点与已有统计资料表明的在坝高为 30 m 以上时,土石坝防渗层薄膜厚度不宜小于 0.3 mm 是吻合的。

松子坑水库大坝工程采用的“两布一膜”复合土工膜,产品规格为 150 g/0.3 mm/150 g(无纺布克重/膜厚/无纺布克重),渗透系数小于 1.0×10^{-11} cm/s,撕裂强度不小于 0.3 kN,圆球顶破强度不小于 1.0 kN,水力鼓破强度不小于 0.35 MPa,符合设计要求。复合土工膜产品四周留出 50 cm 边宽,边宽范围无纺布可揭开,便于施工时两幅土工膜的膜-膜粘接。配套提供的溶剂性胶水,粘接质量好、速度快。经现场试验,接缝强度高于被粘材料强度,从而保证了整个复合土工膜防渗层的完整性、抗渗性。

1.2 稳定分析

对采用复合土膜防渗的土石坝边坡进行稳定分析时,可采用与一般土石坝相同的圆弧滑裂法。由于无纺布与土、砂、砾石介质的摩擦系数小于土石介质的内摩擦系数,将影响坝坡稳定性,所以必须复核土工膜与上游侧保护层及膜后坝坡的抗滑稳定性。复合土工膜受上游水压力作用,与坝坡之间抗滑摩阻力较大,所以只计算水位降落时,盖重及保护层沿与复合土工膜接触面的抗滑稳定性。盖重层、保护层选用透水性良好的风化料,使土料与复合土工膜间的摩擦系数较大,还可以有效地降低库水位下降时浸润面不能同步下降而产生的膜前渗透压力,增大保护层及

盖重层的稳定性。

松子坑水库土坝采用等厚度、透水性良好的保护层,浸润面随库水位一同下降,可不考虑渗透压力作用,其抗滑稳定安全系数

$$K = \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (4)$$

式中 f 为复合土工膜与保护层、摩擦系数,取 0.577; α 为盖重层、保护层填筑坡角,取 18.5° 。

计算所得 $K = 1.73$, 满足抗滑稳定要求。

2 复合土工膜铺设与防渗结构施工

2.1 防渗屏障形成

在铺设复合土工膜之前,按设计断面开挖截水槽,清基后浇筑截水槽强度等级 C_{15} 的混凝土底板,当底板厚度达 25 cm 时,上游侧水平铺入复合土工膜底端,埋设长度 60 cm (见图 2)。再浇筑底板混凝土至设计厚度 50

cm。复合土工膜的另一端沿截水槽上游侧 1:1 边坡上升至坝基高程,截水槽回填后,开始填筑坝体,复合土工膜沿坝体上游坡随坝体回填上升至高程 67.15 m 后,埋入防浪墙内(见图 3)。两侧岸坡截水槽一并上升到高程 67 m 与防浪墙连接,构成上下左右整体的防渗屏障,达到减少渗漏的目的。

2.2 防渗结构施工

复合土工膜由截水槽上升到坝基面后,防渗结构施工包括:填筑坝体、平整坡面、铺膜、接缝粘接、接缝检查、保护层、盖重层填筑等几道工序。

a. 坝体填筑。坝体填筑执行碾压式土石坝施工技术规范。

b. 平整坡面。在 I 区土料填筑到一定高度(一般为 2~3 m)后,采用反铲进行机械削坡,再用人工清理坡面,找平凹凸点剔除草

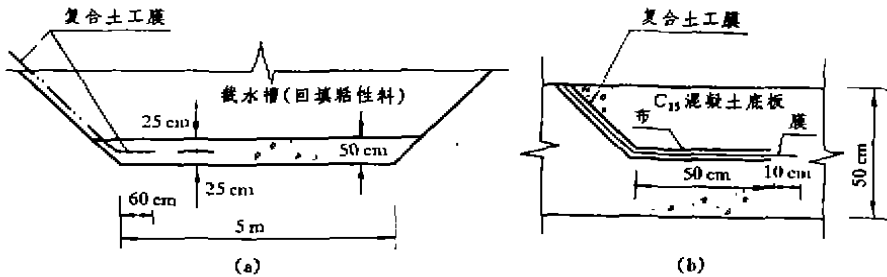


图 2 复合土工膜与截水槽连接图

(a)复合土工膜埋设;(b)大样图

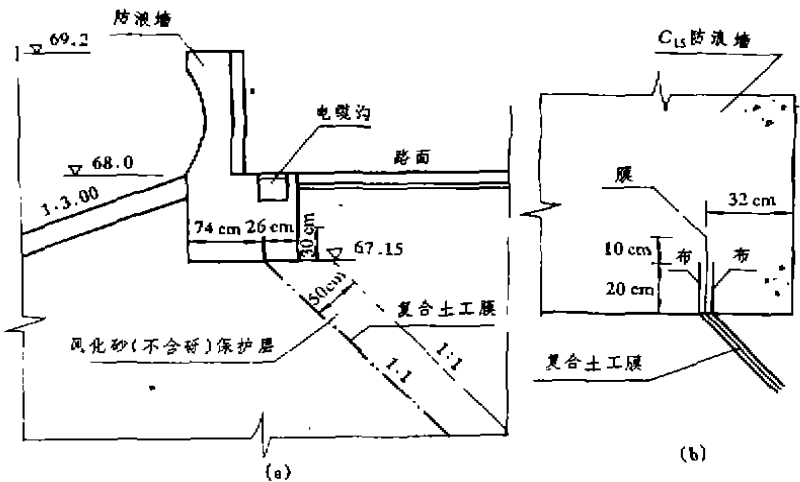


图 3 复合土工膜与防浪墙连接图

(a)坝顶复合土工膜铺设图;(b)复合土工膜与防浪墙连接大样图

根、树根和土块等尖锐物,人工夯实坡面,使坝坡基土密实度达到设计要求。

c. 铺膜。为配合水库蓄水,采取自下而上横向铺设土工膜的方式。铺膜时不宜拉得太紧,适当留些褶皱,褶皱率取3%为宜,以适应坝坡沉陷变形。在斜坡或垂直部位要留20~30 cm 折叠伸缩带。铺膜时应注意测量地形,合理布置膜面,做到准确计划用料尺寸。对幅间接缝尺寸要予以特别注意,严防接缝错开。铺好的土工膜应立即覆盖,避免阳光直接照射。铺膜时严禁施工人员穿带钉鞋进入作业区。防止石块、工具砸落膜面及机械施工时损坏土工膜,预留的接头应卷起,埋入土中,做好标志,妥善保护。

d. 接缝。为保证防渗性能,复合土工膜接缝必须严密。选用粘结剂前应进行试验,保证接缝强度不低于原材料的强度并具有较强的抗水性能。本工程选用的溶剂性胶水虽具有初粘力大、耐久性好、粘结速度快、抗水性好的优点,但对PVC薄膜具有化学腐蚀融合作用,所以涂胶时应在5 cm宽范围内注胶,用刮板刮匀,使胶水均匀布满在经清洗干净的粘合膜面上,既要防止漏胶、漏粘,又要防止过量涂胶,使土工膜受腐蚀而造成强度降低或破坏。接缝粘接前准备好木垫板、剪刀、米尺、刮板、干净抹布等粘接工具。粘接时除对接缝处的薄膜进行粘接外,还需对薄膜上下层的无纺布进行粘接,以起到共同抗力的作用。粘接后采用砂袋沿缝对接合面加压,防止土工膜接合面开胶、翘张或内存气泡而形成渗透通道。粘合过程和粘合后两小时内应保证粘合面不承受任何拉力。进行下一道工序前,应检查接缝,发现漏粘应及时补粘。

e. 保护层、盖重层铺(填)筑。在铺设土工膜之后应紧接着铺设保护层,以免土工膜暴露时间过长,受过量紫外线照射而降低强度。保护层设计层厚50 cm,采用人工拍实,禁止采用机械铺设。在保护层铺设完毕后,方可进行盖重层与护面施工。盖重层填筑方法,要求与Ⅱ区强风化料相同。

3 质量控制

要保证防渗结构的防渗效果,必须通过质量控制来保证施工质量。质量控制应注意以下两个环节。

a. 在使用之前,对厂家提供的复合土工膜产品进行抽样检查,测定各项物理力学性能指标,发现不符合设计要求的产品,立即停止使用。

b. 在防渗结构施工全过程中对每一道工序及其上、下道工序的施工质量进行控制,包括:①检查膜后坝坡平整夯实情况,要求清除砾石等尖锐物及树根、草皮,使坝坡基土满足设计要求;②检查复合土工膜施工准备情况及现场条件是否满足要求,确保铺膜顺利施工;③现场检查复合土工膜有无因制作及施工不当造成的撕裂、刺破,一经发现,应及时处理;④检查复合土工膜接缝质量,进行现场接缝强度试验,若有漏粘、错粘(如薄膜与无纺布相接)、开胶、接缝宽度不足及注胶过多造成薄膜破坏等现象,应立即返工;⑤检查复合土工膜与周边建筑物(如截水槽底板、防浪墙底座)连接是否严密;⑥检查保护层铺设是否及时,铺设厚度、铺设方法是否满足设计要求,对盖重层填筑按规范取样,检查是否达到密实度要求。对上述各项检查认真记录,制成完整的质检评定表,作为竣工验收的依据。

4 结束语

a. 松子坑水库土坝采用复合土工膜作防渗层,使水库渗漏损失减少至最低限度,对引水成本昂贵的供水调节水库而言,具有重要的经济价值和现实意义。

b. 采用复合土工膜作防渗层,成功地解决了本工程几座土坝浸润线在下游坝坡逸出的问题,优化了坝体结构,降低了工程造价、节省了投资。

c. 松子坑水库扩建工程采用造价低廉、施工简便、质量易于控制的复合土工膜防渗层防渗,在本地区尚属首次,为今后修筑该类型的大坝积累了经验。(收稿日期:1995-10-05)