



# 土工膜在鱼道防渗中的运用

易兆海

(中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司, 广西 南宁 530007)

**摘要:** 针对布置在堆渣平台上的鱼道结构防渗设计问题, 对水利工程中各类水工建筑物的防渗形式进行研究。通过对类似工程防渗形式进行对比分析, 认为适宜本工程的防渗材料为防渗土工膜, 其优良的弹性和变形能力使之非常适用于膨胀或收缩基面, 可有效克服基面的不均匀沉降。它还具有防渗效果好、施工方便、工程造价更低、工程周期更短等显著特点。对土工膜的技术特点及施工注意事项进行总结, 旨在为类似工程提供参考。

**关键词:** 鱼道; 土工膜; 防渗; 健为航电枢纽

中图分类号: U 643.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)12-0047-03

## Application of geo-membrane in anti-seepage of fishway

YI Zhao-hai

(中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司, 南宁 530007, 中国)

**Abstract:** Aiming at the anti-seepage design for the fishway structure arranged on the slag pile platform, we study the anti-seepage forms for various hydraulic structures in water conservancy project. Based on the comparative analysis of the anti-seepage form of similar projects, we conclude that the anti-seepage material suitable for this project is the anti-seepage geo-membrane, the excellent elasticity and deformability of which make it very suitable for the expansion or contraction base, and which can effectively overcome the uneven settlement of the base surface. It is also has the advantages of good seepage prevention effect, convenient construction, lower project costand shorter project period. Summarizing technical characteristics and construction precautions of geo-membrane, we hope to provide reference for similar projects.

**Keywords:** fishway; geo-membrane; anti-seepage; Qianwei navigation-power junction

## 1 工程概况

健为航电枢纽鱼道位于枢纽左侧的堆渣平台上, 鱼道主要由进/出口闸、观测室、挡洪闸、过鱼断面及鱼道补水设施等组成。鱼道进口闸1高程为316.32 m, 进口闸2高程为318.13 m, 出口闸高程为333.25 m, 总长约1.85 km, 坡度约为1:93。因受场地布置条件的制约, 鱼道轴线采用蜿蜒迂回式布置。为了更贴近自然状态, 鱼道过鱼断面采用宾格网石笼的仿生态设计。鱼道运行时上、下游最高水位差约17 m, 宾格网石笼及堆渣基础透水性较强, 鱼道防渗设计是保证其后期

正常运行的关键因素<sup>[1]</sup>。

## 2 各种鱼道的防渗形式

1) 长洲水利枢纽工程鱼道位于泗化洲岛外江厂房安装间的左侧, 鱼道由进/出口段、鱼道水池、休息池、观测室、挡洪闸段等组成, 全长约1.44 km。鱼道水池为分离式结构, 由两侧边墙和底板组成。为满足施工进度和鱼道流速、流态的需要, 边墙和底板大部分采用混凝土, 仅在鱼道内侧砌筑0.4 m厚的浆砌石, 形成便于鱼类上溯的环境。其余鱼道结构均采用混凝土结构, 鱼道正常运行主

要靠混凝土进行防渗<sup>[2]</sup>。

2) 鱼梁航运枢纽工程鱼道位于枢纽右岸, 鱼道由下游段、暗涵段、上游段组成, 总长约 750 m。上、下游段墙身采用“U”形断面, 暗涵段采用城门洞形结构埋设于右岸护坡底下。鱼道墙身均采用混凝土浇筑, 每隔一段距离设置 2 cm 宽的结构缝, 缝间设置橡胶止水和铜片止水。鱼道最大运行水头约 11 m, 鱼道正常运行主要靠自身混凝土结构及止水片防渗<sup>[3]</sup>。

3) 大藤峡水利枢纽鱼道结构与长洲水利枢纽工程鱼道结构相似, 采用混凝土与浆砌石组合, 外部混凝土满足防渗要求, 内部浆砌石增加鱼道糙率, 从而达到近自然效果。

### 3 防渗土工膜在水利工程中的应用

土工膜作为防渗材料, 除了透水性小、防渗效果好以外, 还有造价低、运输方便、施工技术简单、适应变形能力强等特点, 其在水利工程中得到广泛的应用。常用土工膜防渗的水利工程部

位有土石坝(堤)上游面及防渗心墙、围堰防渗、引水渠防渗、水库库底、库岸防渗、水工隧洞等<sup>[4-5]</sup>。

土工膜因比传统材料有明显优势而被广泛应用。以犍为枢纽鱼道土工膜防渗为例, 鱼道布置于枢纽左侧回填平台上, 若采用混凝土结构防渗, 鱼道运行后可能会产生不均匀沉降导致混凝土开裂, 破坏结构的防渗效果。与混凝土防渗结构相比较, 土工膜适应变形能力更强、造价更低、施工技术更简单、工程投资更低、施工工期更短; 相对于黏土防渗, 土工膜防渗效果更好、使用年限更长, 且材料运输及施工工艺更为简单。

### 4 防渗材料比选

目前, 水利工程中常用的防渗材料主要有防渗土工膜、混凝土、黏性土等。对防渗材料的选择, 主要从防渗效果、施工与安装便捷性、使用年限、维修工程量、造价、施工工期等方面进行综合比选。各防渗材料的优缺点见表 1。

表 1 防渗材料的优缺点

防渗材料	防渗效果	使用年限/a	施工工期	施工难易程度	造价	适应变形能力
土工膜	好	20~30	较短	简单	低	强
混凝土	好	30~50	较长	难	高	差
黏土	较好	5~15	一般	难	中	较强

由表 1 可知, 土工膜的防渗效果好、施工进度较快、造价最低, 适应基础变形能力强, 使用年限较长; 混凝土防渗材料防渗效果最好, 使用寿命最长, 但其施工工序较为复杂, 施工工期长, 工程造价高, 且对结构基础要求高; 黏土防渗受施工影响较大但防渗效果较好, 使用年限最短, 对施工质量要求高, 工期长, 造价较高。

考虑到犍为工程鱼道结构布置于堆渣平台上, 要求鱼道防渗效果好且适应地基不均匀沉降的能力强, 同时要考虑防渗结构造价、工期及使用年限等因素, 综合比较最终选取土工膜作为主要的防渗材料。

### 5 鱼道断面形式

鱼道断面为梯形, 底宽 1.8~2.5 m, 坡比为

1:1~1:1.5, 底宽及坡比均可随地形调整。鱼道池长 4.2 m, 隔墙厚 0.8 m, 过鱼口竖缝平均宽度 0.6 m, 最小应大于 0.5 m。鱼道断面结构从上至下采用 800 mm 厚宾格网石笼或浆砌石、200 mm 级配碎石过渡层、0.5 mm 厚土工膜、200 mm 厚细砂和 0.3 mm 厚土工膜, 鱼道典型断面见图 1。上游设计最高水位为 335.00 m, 下游设计最低水位为 317.97 m。根据作用水头、下支持层、土工膜材料特征对土工膜进行厚度及渗漏量的计算, 最终土工膜设计如下: 防渗土工膜采用短纤针刺非织造/PE 复合土工膜, 二布一膜, 规格为 SN2/PE-12-700-0.5 和 SN2/PE-12-700-0.3。基材为 2 层短纤针刺非织造土工布基材, 即 SN2; 膜材为 1 层聚乙烯(PE); 标称断裂强度不小于 12 kN/m; 单位面积质量不小于 700 g/m<sup>2</sup>; 膜厚度分别为 0.5、

0.3 mm；耐静水压力分别 $\geq 1 \text{ MPa}$  和 $\geq 0.6 \text{ MPa}$ 。

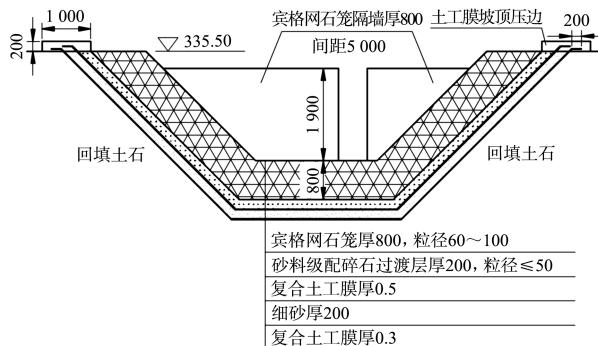


图 1 鱼道断面 (高程: m; 尺寸: mm)

## 6 土工膜施工要点

土工膜施工前应做好以下准备工作：平整场地，清除鱼道内各种锥形、尖锐杂物；备料时应先将窄幅缝接，并裁剪成要求尺寸；作业范围周边应做好安全防护围挡；连接、检测、修补人员均应经过专项培训并考核合格。

土工膜施工宜在 $5\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，风力 $<5$  级，并在无雨、无雪、无沙尘天气下进行。若遇到特殊环境需要施工，应在施工前进行工艺试验，并采取有效的防护措施。

土工膜施工工序安排应符合以下规定：土工膜施工应在基础验收合格后进行。各道施工工序应严格检查验收，前道工序未验收合格，不得进行下道工序。进行下道工序或相邻工程施工时，应对已完成工序的土工膜进行妥善保护。在铺设开始后，严禁在可能危害土工膜安全的范围内进行放炮、开挖、凿洞、电焊、燃烧、排水、运输等交叉作业。

土工膜下支持层为回填土石，应在土工膜铺设前按设计要求进行碾压密实，表面无大粒径颗粒集中。基础表面应平整光滑，基底应密实均匀。土工膜摊铺前应清除夹杂在织物中的断针头等尖锐物。

土工膜铺设施工应符合以下要求：铺设时应平顺、松弛适度，与下支持层贴实，不宜褶皱、悬空，有损坏处应修补或更换。应随铺随压，在膜的边角处每隔 $2\sim 5 \text{ m}$  放 1 个 $20\sim 30 \text{ kg}$  的砂袋压重。坡面铺设时，土工膜在坡顶和坡底应予固定，临时

压重物不应在坡面上滚动下滑。铺设时，应根据当地气温变化幅度和产品说明书要求留足够余幅，便于拼接和适应气温变化。应边铺边检查土工膜外观质量，标识、记录并修补检查出的轻微缺陷。

土工膜连接方式采用焊接，焊接形式宜采用缝宽 $2\times 10 \text{ mm}$  的双焊缝搭接，跨沟槽、转角等特殊部位及修补可采用单焊缝焊接。采用自动调温、调速的焊机。焊接过程中，应针对环境条件的改变及时调整焊接参数。焊接前，应在现场进行小样条试焊，初步确定焊接的温度和速度。试焊成品应在现场进行张拉检验，接缝焊接强度不低于母材强度的 85%。焊接前应将焊缝搭接面清洁干净，做到无水、无尘、无垢。焊缝部位上、下膜应熔接为一个整体，不应有虚焊、漏焊。焊接缝 $2 \text{ h}$ 内不得承受任何拉力。土工膜母材缺陷应修补，补疤每边应超过破损部位 $10\sim 20 \text{ cm}$ 。针眼、孔洞、碳化部位可采用补丁修补，虚焊、漏焊可重新焊接。补丁修补采用与主膜同材质的土工膜。

土工膜与混凝土的连接方法是在混凝土结构中沿连接方向预埋与土工膜相同材料的基础埋件，通过热熔焊接的方法连接土工膜与土工合成材料埋件。

土工膜铺设及连接施工结束并验收合格后，应及时进行上保护层施工。上保护层各项技术指标应满足设计要求。坡面保护层应自下而上、分区分块依序进行施工。与土工膜直接接触的土石料不得夹杂任何有损土工膜的尖锐物、块石等。

## 7 结语

1) 在堆渣平台上采用土工膜对鱼道结构进行防渗设计，充分利用土工膜弹性和变形能力，有效克服基础不均匀沉降对防渗结构带来的影响，防渗效果显著。

2) 土工膜相对于传统混凝土和黏土防渗材料，具有结构简单、施工方便、防渗效果好、材质轻便运输、适应变形能力强、造价更低、工期更短等特点，被广泛运用于水利工程中并收到良好的效果。

(下转第 59 页)