

沥青心墙面板堆石坝施工技术研究

王亮亮

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：沥青混凝土心墙面板堆石坝是一种可以利用堆石坝结构融合沥青混凝土防渗心墙的新型技术手段，在水利工程项目中应用具有显著的防渗性能，变形适应能力显著。分析此结构的工艺特征、优化路径，综合结构特征、技术工艺等多种因素，了解施工工艺流程，融合信息化以及智能施工技术手段，可以有效提高水利工程项目综合质量。

【关键词】：堆石坝坝体；填筑工艺优化；运行安全管理

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.081

引言

沥青混凝土心墙堆石坝主要就是在坝体的主体结构，通过堆石或者砾石等结构构成，具有较强的支撑结构。在坝体中部位置设置了沥青混凝土防渗心墙结构，主要通过二者的协同受力作用，达到支撑、承担的目的。此结构在水利水电工程项目中应用，可以提高防渗性能，无需设置结构缝，效果显著。但是在实际的应用中，其对于技术要求严格，在项目施工中要严格控制各个工序，方可有效保障施工质量，因此，在实践中必须要基于实际状况系统分析。

1 工程项目概述

某大型水利枢纽工程项目大坝设计主要应用沥青心墙面板堆石坝材质，最大坝高为 85.6m，坝顶的长度为 420m。沥青混凝土心墙是大坝结构的关键施工位置，也是垂直防渗体积，具有固定、防渗的功能，也是大坝的关键所在。其中，根据高度进行分级设置，较高区域的心墙厚度为 80cm，利用渐变段过渡到顶部相对较薄的区域，并且与顶部钢筋混凝土浪墙实现可靠连接。

1.1 沥青混凝土心墙

主要位于坝体结构的中央偏向上游的位置，其墙顶的高程与正常的蓄水位置保持相同的状态，在心墙底部位置设置了混凝土基座以及防渗墙连接等相关设备。心墙厚度会随着坝体的高度而出现不同程度的变化，其中顶部的厚度控制在 0.6m 左右，而在底部位置其厚度则控制在 1.2m 左右，呈现一个阶梯的断面结构。

1.2 过渡层

主要就是设置在心墙的上下游两侧位置，具有过滤、排水以及协调心墙以及堆石体变形的作用。其中过渡层的材料主要就是应用连续级配碎石料。

1.3 堆石区

上游堆石区在项目施工中，主要就是利用工程开挖弱风化砂岩料，而在下游堆石区中主要就是应用新鲜或者弱风化石料。

1.4 基础防渗系统

在河床的位置主要是通过混凝土防渗强深入到基岩中，在两岸岸坡中设置灌浆帷幕以及混凝土趾板，通过此种方式可以有序混凝土基座形成一个封闭的防渗塔体系。

2 沥青心墙面板堆石坝施工技术

2.1 沥青混凝土的制备与运输

(1) 配合比设计：沥青心墙混凝土配比要基于力学性能、防渗性能为基础进行综合分析。在此项目中通过室内试验分析，通过现场试验段验证，保障配合符合设计要求。

(2) 拌合与温控：通过连续式强制拌合设备进行生产，在生产中沥青加热温度保持在 155-165℃左右。矿料加热温度保持在 170-185℃左右。混合料出机口的温度则要保持在 160-170℃。在拌合期间保障均匀性，合理控制时间，保障各个矿料的颗粒均匀包裹，不会出现花白料以及结团等问题。要基于实际状况进行温度检测，保障外观以及材质符合要求。

(3) 运输与保温：运输采用 10 吨重的自卸汽车，车厢中做好保温处理。并且将运输距离控制在 3 公里的范围以内，运输实践不得超过 30 分钟，充分保障混合材在到达工作面的时候温度不会小于 150℃。在高温季节中，运输车辆要根据实际状况适当降温，同时遇到低温或者大风等天气，必须要根据实际状况重点做好保温处理。

2.2 心墙与过渡层联合施工

(1) 施工基础要求：在沥青心墙与两侧过渡层的联合施工中，要基于同时施工，同步碾压的基础原则开展。在联合施

工中必须要始终坚持“平起施工、同步碾压、互为依托”的基础要求。其中，“平起”就是心墙与两侧过渡层要保持在相同的高程水面上，对其进行同步填筑作业，充分保障作业面平整性，避免出现高差台阶等诸多问题。而同步碾压就是过渡层碾压要保障其覆盖到心墙的边缘位置，形成嵌锁结构。“互为依托，则就是在施工中，充分保障心墙可以同侧过渡层提供一个侧向的约束能力，避免在碾压滚成中，出现侧向挤出或者失稳等状态。过渡层要将心墙作为碾压的反力支撑，充分保障边缘区域性能，提高整体的压实效果与质量。

在项目施工中，必须要基于实际状况合理控制，保障心墙与过渡层上升速度相同，各个层级之间的填筑厚度保持协同。同时，心墙与过渡层之间的接触面积呈现平顺性，密实性，不会出现缝隙等诸多问题。最后，过渡层碾压作业中要保障心墙边缘位置挤压力度示意，避免力度不足而出现的结合不良等问题，也要有效避免因为力度过大而出现的变形等问题。

(2) 摊铺工艺：心墙主要应用一台沥青混凝土摊铺机进行标准化作业，对单层全幅进行摊铺处理。将摊铺的厚度基于碾压试验控制在 25cm 左右，压实之后厚度控制在 20cm。同时，摊铺速度要保持在 1.5-2.5m/min，充分保障整体的均匀性、持续性。在施工中过渡层主要就是通过推土机配合装在设备进行标准化摊铺作业，保障摊铺的表面与心墙顶面呈现水平的状态，并且将误差控制在 ±2cm 以内。同时，心墙与过渡层之间的接缝要保持平顺性，禁止出现台阶或者凹陷等质量问题。摊铺施工中，厚度与均匀性是质量控制的核心所在。主要就是应用插入式测厚设备进行标准化检测分析。每层摊铺厚度控制在 25cm 左右，保障摊铺作业符合要求，过渡层与摊铺面高差不得高于 2cm，保障心墙两侧受力均匀性。

(3) 联合碾压工艺：碾压充分提高了心墙密实程度，也是保障层间结合的核心所在。在施工中，要始终遵守“先边后中，先快后慢、先静后振”的基础碾压原则。其中，碾压施工参数如表 1 所示。

表 1 心墙与过渡层联合碾压施工参数表

碾压部位	碾压设备	碾压程序	碾压速度(km/h)	振动参数	重叠宽度(cm)
沥青心墙	2.5t 小型振动碾	静压 2 遍→ 振动 6 遍→ 静压 1 遍	静压 1.5/ 振动 2.5	振幅 0.6mm, 频率 45Hz	≥20
过渡层	10t 振动碾	静压 2 遍→ 振动 4~6 遍 →静压 1 遍	静压 1.8/ 振动 2.5	常规振动	-

在碾压作业中，充分保障心墙与过渡层之间的碾压符合要求，呈现紧密的衔接状态。而在过渡层碾压中，振动碾的碾压轮要深入到心墙边缘位置 5-10cm 左右，充分保障心墙与过渡层之间的嵌锁、协同压实作业。在项目作业中，要重点控制温度、厚度以及碾压、层间等关键参数。在施工通过红外热成像设备进行温度的监控，保障每车混合料温度示意，将出口口温度控制在 160-170 摄氏度作业。在到达工作区域之后，温度不得小于 150℃。同时，初碾温度不得小于 145℃。终碾压温度不得小于 120 摄氏度。在环境温度不足 5℃ 的时候，要通过低温施工方案进行及时管控。

(4) 层间结合处理：在每层心墙碾压作业之后，必须要基于实际状况进行标准化处理。在上一层摊铺作业之后，要通过高压风等及时清除表面的浮土，保障整体清洁性，然后喷涂 0.3-0.5kg/m² 左右的热沥青层，温度控制在 160-170℃ 左右，将其作为主要的层间粘结界。最后要做好冷接缝处理，保障符合设计要求。

2.3 面板与基础连接施工

上游面板主要为现浇混凝土面板材质，厚度控制在 0.4m 左右，根据实际状况进行分块浇筑作业。面板与沥青心墙连接位置主要就是通过心墙底部的混凝土结构基座浇筑形成。在基座的顶面可以预埋“L”型铜止水以及橡胶止水带，根据实际状况设置沥青胶结层结构。

(1) 沥青心墙底部与基座施工：沥青心墙底部与基座结合面要根据实际状况进行标准化处理，基座与防渗墙连接主要应用“植筋+槽孔”构造结构进行处理。在施工中主要在防渗墙顶部位置预埋插筋，保障基座内插筋至少 50cm；并且要在防渗墙中设置宽度为 20cm、深度为 15cm“U”型槽，内部设置膨胀型止水条。在进行底部混凝土浇筑作业中，要保障混凝土充分灌入槽内，并且要与止水条呈现紧密结合的状态。完成浇筑作业之后，沿基座结构域防渗墙接缝位置进行标准化的回填灌浆，充分保障整体压力符合要求。

(2) 沥青心墙以及岸坡连接施工：沥青心墙以及岸坡连接位置的施工中，必须要符合技术流程。两岸岸坡在开挖之后，形成台阶状态，同时，在岸坡岩石面上根据技术流程进行混凝土趾板的浇筑作业，止水域拉毛符合要求之后进行后续的施工作业。在心墙域岸坡连接位置的混凝土沥青，要设置“扩大接触面”构造结构。主要就是在心墙边缘位置 3m 左右，削减沥青混凝土摊铺厚度到 10cm，并且要基于要求进行分两层摊铺处理，形成一个阶梯过渡模块，方可有效避免应力集中等问题。第四，上游面板域心墙连接。在上游混凝土面板的施工中要进行分块浇筑处理，其中每块的宽度设置为 12m，板厚度为 0.4m，另外，保障面板的底部位置域心墙顶部之间的水平缝符

合要求,在面板迎水面的位置上设置复合土工膜附加防渗层结构。保障面板与心墙水平搭接长度控制在1.0m,其中搭接区中的心墙表面材质要预先涂刷乳化沥青层,符合标准之后在进行面板混凝土的浇筑作业,构建“刚柔过渡”的缓冲区域。

2.4 特殊气候施工技术

(1) 雨季施工:雨季施工是施工影响最大的外在因素之一。因此,为了提高沥青心墙面板堆石坝质量,必须要构建精确的气象预警管理系统,施工现场设置完善的、安全的防护措施。在降雨来临之前,应用振动碾快速将已经摊铺的混合料进行收面压实。如果降雨导致心墙表面出现温度变化显著,积水等诸多问题,必须要严格执行技术流程,将受到影响的混合料层铲除,重新处理之后最对其进行施工处理。

(2) 低温施工:在环境温度不足5℃的时候,则可以启动低温施工预警管理模块。

通过骨料加热处理,将温度控制在195℃以内,保障出口温度控制在170~180℃左右。同时,要及时优化运输路径,通过保温措施,减少运输时间。在施工中要快速碾压作业,有效减少混合料暴露时间。在施工中通过分段施工进行处理,完成一段要及时进行保温处理。在温度不足-5℃的时候,则要及时停止施工作业。

3 效果分析

沥青心墙是大坝的核心防渗透,施工质量直接关系到工程项目的运输安全性。必须要基于技术体系、标准以及施工流程等多个角度构建完善的质量监控管理体系。

因此,在大坝沥青心墙施工完成后,根据技术要求以及标准进行水库蓄水试验、通过长期渗流监测分析各项性能是否符合技术要求。

成品检测是保障施工质量的关键,其主要检测项目包括了渗透系数、力学以及层间结合强度、变形能力等多种因素。其

参考文献:

- [1] 巩转定,白东轩,康青建,等.沥青混凝土心墙碎石土蓄水坝地震响应[J].特种结构,2026,43(01):71-78.
- [2] 张立建,孔锐,陈健,等.基于离散元法的沥青混凝土心墙与过渡层接触面剪切作用机制研究[J/OL].水力发电,1-8.
- [3] 沈富宏,王光辉.碾压式沥青混凝土心墙坝上游坝坡防护面板滑模施工方法研究[J].西北水电,2025,(06):130-138.
- [4] 孙世平.沥青混凝土心墙现场铺筑试验在沥青心墙坝中的意义和作用[C]//《施工技术》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2022年全国土木工程施工技术交流会论文集(下册).云南建投第一水利水电建设有限公司,2022:350-355.
- [5] 李江,夏世法,汪正兴,等.新疆严寒地区沥青面板坝应用技术支持与展望[J].水利规划与设计,2021,(12):97-103.

中渗透系数评估防渗性能的核心所在,在施工重视要对每上升5m的高程心墙进行取样,通过室内标准化状态进行渗透试验分析。保障坝体在不同高程断面,可以基于要求进行现场钻孔注水试验,并且根据实际状况对其进行反复的复核分析。其中,在此项目中主要就是在坝体5个不同高程断面的心墙上进行现场注水试验。是的渗透系数分布控制在标准范围中,其主要测试结果表2所示。

表2 沥青心墙渗透系数现场检测结果

检测断面 高程(m)	测点位置	渗透系数 ($\times 10^{-9}$ cm/s)	设计允许值 ($\times 10^{-8}$ cm/s)	合格 判定
EL.310	心墙中部	3.2	1.0	合格
EL.340	心墙中部	1.8	1.0	合格
EL.370	心墙中部	2.5	1.0	合格
EL.390	心墙中部	8.5	1.0	合格
EL.410	心墙中部	1.2	1.0	合格
平均值	-	3.44	-	-

4 结语

沥青心墙面板材质的堆石坝结构在水利水电工程项目中应用,可以有效满足复杂地质结构中的应用需求。在应用中此种技术可行性高,可以有效满足工艺技术要求,同时具有较强的防渗透、变形控制能力,其气候适应性强,具有显著的综合效益。而随着现代技术工艺的不断发展,在今后的发展中要融合多种现代化技术、无人机以及新材料工艺,方可有效提高沥青心墙面板堆石坝施工质量,继而为我国水利水电工程项目持续发展奠定基础。