

水库大坝沥青混凝土心墙工程施工技术探讨

陈红元

云南华禹水利水电勘察设计有限公司, 云南 昆明 650000

摘要 : 水库大坝作为水资源调配与防洪减灾的关键设施, 其安全性与稳定性至关重要。沥青混凝土心墙凭借其良好的防渗性能、适应变形能力以及耐久性, 在水库大坝建设中得到广泛应用。因此, 本文深入探讨水库大坝沥青混凝土心墙工程施工技术。阐述了沥青混凝土心墙在水利工程中的重要性, 详细介绍了沥青混凝土原材料选择、配合比设计, 全面解析施工流程, 包括基础处理、沥青混凝土铺设、碾压等环节, 同时强调了施工过程中的质量控制要点, 旨在为提升水库大坝沥青混凝土心墙工程施工质量提供技术参考。

关键词 : 水库大坝; 沥青混凝土心墙; 施工技术; 质量控制

Discussion on Construction Technology of Asphalt Concrete Core Wall Engineering in Reservoir Dam

Chen Hongyuan

Yunnan Huayu Water Resources and Hydropower Survey and Design Co., Ltd. Kunming, Yunnan 650000

Abstract : As a key facility for water resource allocation, flood control, and disaster reduction, the safety and stability of reservoir dams are crucial. Asphalt concrete core walls are widely used in the construction of reservoir dams due to their excellent impermeability, adaptability to deformation, and durability. Therefore, this article delves into the construction technology of asphalt concrete core walls in reservoir dams. It elaborates on the importance of asphalt concrete core walls in hydraulic engineering, introduces the selection of raw materials and mix design for asphalt concrete, and comprehensively analyzes the construction process, including foundation treatment, asphalt concrete laying, rolling, and other links. Simultaneously, it emphasizes the key points of quality control during the construction process, aiming to provide technical references for improving the construction quality of asphalt concrete core walls in reservoir dams.

Keywords : reservoir dam; asphalt concrete core wall; construction technology; quality control

一、沥青混凝土心墙在水利工程中的重要性

(一) 卓越的防渗性能

沥青混凝土具有密实的结构, 其孔隙率低, 能够有效阻止水分渗透。在水库大坝中, 沥青混凝土心墙作为主要防渗体, 可大幅降低坝体的渗流量, 减少水资源损失, 防止因渗漏导致的坝体内部结构破坏, 保障大坝的安全稳定运行。研究表明, 采用沥青混凝土心墙的大坝, 其渗流量可比传统土石坝减少80%以上, 极大地提高了大坝的防渗效果。^①

(二) 良好的适应变形能力

水库大坝在运行过程中会受到多种因素影响, 如地基沉降、温度变化、地震作用等, 导致坝体产生一定变形。沥青混凝土心墙具有良好的柔性和黏弹性, 能够适应坝体的变形而不产生裂缝, 保持其防渗性能, 有效延长大坝的使用寿命。在一些地震多发地区的水利工程中, 沥青混凝土心墙在经历地震后, 依然能保持良好的防渗性能, 保障大坝安全, 充分体现了其适应变形的优势。

二、沥青混凝土原材料选择

(一) 沥青材料选择

(1) 性能要求: 用于水库大坝沥青混凝土心墙的沥青, 需具备高软化点、低针入度、良好的黏附性和抗老化性能。高软化点可保证沥青在高温环境下不流淌, 维持心墙结构稳定; 低针入度使沥青具有一定硬度, 增强沥青混凝土的承载能力; 良好的黏附性确保沥青与骨料紧密结合, 提高沥青混凝土的整体性; 抗老化性能则保证沥青在长期使用过程中性能稳定。一般来说, 用于水利工程的沥青软化点应不低于60℃, 针入度在50–80 (0.1mm) 之间, 以满足工程对沥青性能的严格要求。(2) 常见沥青类型: 通常选用道路石油沥青或水工沥青。道路石油沥青来源广泛, 价格相对较低, 经过适当改性后可满足水利工程要求; 水工沥青专门为水利工程研发, 在性能上更贴合水库大坝的运行环境, 但其成本较高。在实际工程中, 需综合考虑工程需求、成本等因素选择合适的沥青类型。例如, 对于一些小型水利工程, 在满足性能要求的前提下, 可优先选用经过改性的道路石油沥青, 以降低工

程成本；而对于大型、重要的水利工程，为确保工程质量和长期稳定性，可选用水工沥青。^[2]

（二）骨料选择

（1）粗骨料：粗骨料应质地坚硬、清洁、级配良好。其粒径范围一般根据工程设计确定，通常为5–25mm。粗骨料的抗压强度、压碎值等力学性能指标需满足相关标准要求，以保证沥青混凝土的强度。同时，粗骨料的形状应尽量接近立方体，减少针片状颗粒含量，提高沥青混凝土的施工和易性。一般要求粗骨料的抗压强度不低于80MPa，压碎值不大于15%，针片状颗粒含量不超过15%，以确保其在沥青混凝土中发挥良好作用。（2）细骨料：细骨料宜采用天然砂或机制砂，要求其颗粒坚硬、洁净、级配合理。细骨料的细度模数一般控制在2.4–3.0之间，以保证沥青混凝土的和易性与密实度。细骨料中含泥量、泥块含量应严格控制，避免影响沥青与骨料的黏附性能。细骨料的含泥量应不超过3%，泥块含量应不超过1%，以保障沥青混凝土的质量。^[3]

（三）填料选择

（1）性能要求：填料在沥青混凝土中起填充孔隙、增强黏结的作用。常用的填料有石灰岩矿粉等，要求其干燥、洁净，无团粒结块。填料的亲水系数应小于1，以保证其在沥青中良好的分散性和与沥青的亲和力。亲水系数过大的填料，会导致沥青与骨料之间的黏附力下降，影响沥青混凝土的性能，因此严格控制填料的亲水系数至关重要。（2）质量控制：在填料采购过程中，需对其各项性能指标进行严格检验，确保符合设计要求。在储存和使用过程中，要采取防潮、防雨措施，防止填料受潮变质影响沥青混凝土性能。例如，可在仓库地面铺设防潮层，对填料进行密封储存，在使用前检查其是否有结块现象，如有问题及时处理。

三、沥青混凝土配合比设计

（一）目标配合比设计

（1）确定矿料级配：根据工程设计要求和骨料特性，通过筛分试验确定粗骨料、细骨料和填料的比例，形成连续级配的矿料级配曲线。矿料级配应满足沥青混凝土的强度、和易性以及防渗性能要求，同时考虑施工工艺的可行性。在确定矿料级配时，需综合考虑骨料的粒径分布、形状等因素，通过多次试验调整，使矿料级配达到最优状态，以保证沥青混凝土的各项性能。（2）确定沥青用量：采用马歇尔试验等方法，以不同沥青用量制备沥青混凝土试件，测定其密度、稳定度、流值等物理力学性能指标。绘制沥青用量与各性能指标的关系曲线，根据设计要求的性能指标范围，确定最佳沥青用量。一般来说，沥青用量的微小变化会对沥青混凝土的性能产生显著影响，因此需精确测定最佳沥青用量，以确保沥青混凝土的性能满足工程要求。^[4]

（二）生产配合比设计

（1）热料仓筛分：在沥青混凝土搅拌设备生产过程中，对各热料仓的骨料进行筛分，了解热料仓骨料的实际级配情况。根据热料仓筛分结果，调整冷料仓的进料比例，使热料仓骨料级配接近目标配合比的矿料级配。由于热料仓骨料在生产过程中可能会

出现级配波动，通过及时的筛分和调整，可保证生产出的沥青混凝土质量稳定。（2）确定生产配合比：按照调整后的热料仓骨料比例，结合目标配合比确定的最佳沥青用量，进行试拌。对试拌的沥青混凝土进行性能检测，根据检测结果微调沥青用量和矿料级配，确定最终的生产配合比，以保证生产出的沥青混凝土满足工程质量要求。在试拌过程中，需对沥青混凝土的各项性能进行全面检测，包括密度、孔隙率、强度等，根据检测结果对生产配合比进行优化。^[5]

四、水库大坝沥青混凝土心墙施工流程

（一）基础处理

（1）坝基清理：在沥青混凝土心墙施工前，需对坝基进行全面清理，清除坝基表面的浮土、杂物、松散岩石等，确保坝基表面平整、坚实。对于坝基中的软弱夹层、断层等地质缺陷，应按照设计要求进行处理，如采用灌浆、置换等方法进行加固。坝基清理的质量直接影响沥青混凝土心墙与坝基的结合效果，因此必须严格按照设计和规范要求进行操作，确保坝基清理彻底。（2）结合层施工：在清理后的坝基表面铺设一层结合层，通常采用水泥砂浆或乳化沥青等材料。结合层的作用是增强沥青混凝土心墙与坝基之间的黏结力，防止渗水。结合层应均匀铺设，厚度符合设计要求，并保证其平整度和压实度。结合层的厚度一般控制在2–3cm，通过严格控制铺设厚度和施工质量，可有效提高沥青混凝土心墙与坝基的黏结强度。^[6]

（二）沥青混凝土铺设

（1）沥青混凝土运输：采用专用的沥青混凝土运输车辆，对运输车辆进行保温处理，防止沥青混凝土在运输过程中温度降低过快。运输车辆在装料前应涂刷隔离剂，防止沥青混凝土黏附在车厢上。运输过程中，车辆应平稳行驶，避免急刹车和颠簸，减少沥青混凝土的离析现象。一般要求运输车辆的保温性能能够保证沥青混凝土在运输过程中的温度损失不超过10°C，以确保沥青混凝土的施工性能。（2）沥青混凝土摊铺：采用摊铺机进行沥青混凝土摊铺作业。摊铺机的摊铺速度应根据沥青混凝土的类型、温度以及铺筑厚度等因素合理确定，一般控制在2–6m/min。在摊铺过程中，要保证摊铺机的匀速行驶，避免中途停顿，确保沥青混凝土摊铺的平整度和连续性。同时，要控制好沥青混凝土的摊铺温度，一般要求在140–160°C之间，以保证沥青混凝土的和易性和压实效果。通过安装自动找平装置和温度传感器等设备，可精确控制摊铺机的摊铺速度和沥青混凝土的摊铺温度，提高摊铺质量。^[7]

（三）沥青混凝土碾压

（1）初压：初压的目的是使沥青混凝土初步稳定。采用轻型钢轮压路机或轮胎压路机进行初压，碾压速度一般控制在2–3km/h。初压应紧跟摊铺机进行，碾压遍数一般为2–3遍，初压后沥青混凝土的压实度应达到85%–90%。初压过程中，应注意压路机的行驶轨迹和碾压顺序，确保沥青混凝土均匀受压，初步形成稳定结构。（2）复压：复压是沥青混凝土压实的关键环节，主要目的

是提高沥青混凝土的密实度。采用重型钢轮压路机或振动压路机进行复压，碾压速度一般为3~5km/h。复压遍数根据沥青混凝土的类型和压实度要求确定，一般为4~6遍，复压后沥青混凝土的压实度应达到设计要求的98%以上。在复压过程中，可根据沥青混凝土的压实情况调整压路机的振动频率和振幅，以提高压实效果。（3）终压：终压的作用是消除沥青混凝土表面的轮迹，使表面平整。采用轻型钢轮压路机进行终压，碾压速度一般为2~3km/h，碾压遍数为1~2遍。终压应在沥青混凝土温度降至规定的终压温度之前完成，一般终压温度不低于110℃。终压时，应缓慢匀速行驶，确保沥青混凝土表面平整光滑，无明显轮迹。^[8]

五、水库大坝沥青混凝土心墙施工质量控制要点

（一）原材料质量控制

（1）进场检验：对每一批次进场的沥青、骨料、填料等原材料，均需按照相关标准进行严格的质量检验。检验项目包括沥青的三大指标（针入度、软化点、延度）、骨料的物理力学性能指标、填料的亲水系数等。只有检验合格的原材料方可用于工程施工。在进场检验过程中，应建立严格的检验记录制度，对每一批次原材料的检验结果进行详细记录，以便追溯和管理。（2）储存管理：原材料的储存条件对其质量有重要影响。沥青应储存在专用的沥青储罐中，保持储罐的温度稳定，防止沥青老化。骨料应分类堆放，防止不同规格骨料混杂，同时采取防雨、防尘措施，避免骨料含水率变化和污染。填料应储存在干燥、通风的仓库中，防止受潮结块。例如，沥青储罐可配备加热和保温装置，确保沥青储存温度在规定范围内；骨料堆放场地应设置排水系统，避免雨水积聚影响骨料质量。^[9]

（二）施工过程质量控制

（1）温度控制：沥青混凝土施工过程中的温度控制至关重要。从沥青混凝土的搅拌、运输、摊铺到碾压，各个环节都要严格控制温度。搅拌温度一般控制在160~180℃，运输过程中温度损失应控制在10~20℃以内，摊铺温度不低于140℃，碾压温度根据不同碾压阶段有相应要求。通过安装温度传感器、使用红外测温仪等手段，实时监测沥青混凝土的温度，确保施工温度符合要

求。在施工现场，应设置专门的温度监测点，对各个施工环节的温度进行实时记录和监控，如发现温度异常及时调整施工工艺。

（2）压实度控制：压实度是沥青混凝土心墙质量的关键指标。在碾压过程中，采用核子密度仪等设备对沥青混凝土的压实度进行实时检测。根据检测结果，及时调整碾压参数，如碾压遍数、碾压速度、压路机类型等，确保沥青混凝土的压实度达到设计要求。同时，要注意碾压的均匀性，避免出现漏压或过压现象。在压实度检测过程中，应按照规定的检测频率进行抽样检测，确保检测数据的代表性和准确性。^[10]

（三）质量检测与验收

（1）常规检测项目：在沥青混凝土心墙施工过程中，需进行多项常规质量检测，包括沥青混凝土的密度、孔隙率、渗透系数、抗压强度等。按照规定的检测频率，对沥青混凝土进行抽样检测，确保各项性能指标符合设计和规范要求。例如，沥青混凝土的密度应控制在2.3~2.4g/cm³之间，孔隙率不超过3%，渗透系数不大于 1×10^{-7} cm/s，抗压强度不低于3MPa，通过严格的常规检测，保证沥青混凝土心墙的质量。（2）无损检测技术应用：采用无损检测技术，如地质雷达、超声波检测等，对沥青混凝土心墙的内部质量进行检测。地质雷达可检测沥青混凝土心墙内部的空洞、裂缝等缺陷，超声波检测可评估沥青混凝土的均匀性和强度。通过无损检测技术，及时发现心墙内部潜在的质量问题，采取相应措施进行处理，保障沥青混凝土心墙的质量。在无损检测过程中，应根据工程实际情况选择合适的检测方法和参数，确保检测结果的准确性和可靠性。

六、结论

总之，水库大坝沥青混凝土心墙工程施工技术涵盖原材料选择、配合比设计、施工流程以及质量控制等多个关键环节。通过合理选择原材料、科学设计配合比、严格把控施工流程以及加强质量控制，能够确保沥青混凝土心墙的施工质量，充分发挥其在水库大坝中的防渗、适应变形和耐久性等优势。在未来的水利工程建设中，应持续关注沥青混凝土心墙施工技术的发展，不断优化施工工艺，提高工程质量，为水利事业的可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 李翔. 水库大坝碾压式沥青混凝土心墙施工工艺 [J]. 中国高新科技, 2023, (07): 146~148.
- [2] 王瑞乐. 水库大坝碾压式沥青混凝土心墙施工及质量控制 [J]. 河南水利与南水北调, 2022, 51 (06): 52~53.
- [3] 胡育, 华钢. 阿拉沟大坝碾压式沥青混凝土防渗心墙冬季施工技术 [J]. 长江工程职业技术学院学报, 2021, 38 (01): 20~24.
- [4] 吴小军. 振捣式沥青混凝土心墙施工技术在水库大坝施工中的应用 [J]. 农业科技与信息, 2020, (23): 114~115+118.
- [5] 鲁浦吐拉·木提里浦. 水库碾压式沥青混凝土心墙施工技术 [J]. 河南水利与南水北调, 2017, 46 (08): 37~38.
- [6] 郭惠明. 大坝碾压式沥青混凝土心墙施工技术探析 [J]. 黑龙江水利科技, 2016, 44 (10): 102~104.
- [7] 赵靖伟. 水利大坝工程混凝土防渗加固措施研究 [J]. 陕西水利, 2020, (10): 174~175.
- [8] 刘冬华. 浅析水库大坝帷幕灌浆试验施工 [J]. 长江技术经济, 2020, 4 (S2): 203~204+207.
- [9] 童朝波. 水库沥青心墙工程施工技术研究 [J]. 河南建材, 2019, (06): 62+64.
- [10] 蒋晓云. 关峡水库沥青心墙砂砾石坝心墙设计 [J]. 甘肃农业, 2017, (20): 42~44.