水电水利
Hydropower and Water Resources
第 9 卷◆第 3 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

水电站沥青混凝土心墙堆石坝设计

白阳
新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司
DOI:10.12238/hwr.v9i3.6180

[摘　要] 建设水电站不仅能有效缓解能源供需矛盾,在推动经济社会可持续发展方面也起到十分重要的作用。沥青混凝土心墙堆石坝是水电站工程中的重要挡水建筑物,其设计水平直接关系到水电站的安全运行、经济效益以及环境影响。本文对水电站沥青混凝土心墙堆石坝设计进行了分析和探究,以期为水电站建设相关工作开展提供一定的参考。
[关键词] 水电站；沥青混凝土；心墙堆石坝；设计
中图分类号：TV331　文献标识码：A

Design of asphalt concrete core wall of hydropower station

Yang Bai
Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd
[Abstract] The construction of hydropower station can not only effectively alleviate the contradiction between energy supply and demand, but also play a very important role in promoting the sustainable development of economy and society. Asphalt concrete core wall rockfill dam is an important water retaining building in hydropower station project, and its design level is directly related to the safe operation, economic benefit and environmental impact of hydropower station. This paper analyzes and explores the design of asphalt concrete core wall rockfill dam in order to provide some reference for the construction of hydropower station.
[Key words] hydropower station; asphalt concrete; core dam; design

沥青混凝土心墙堆石坝结合了沥青混凝土的优良防渗性能与堆石坝的高强度、经济性等特点,在水利水电工程建设中得到了广泛的应用,合理的沥青混凝土心墙堆石坝设计能够有效抵御洪水、地震等自然灾害的威胁,确保大坝的稳定性和防渗性,防止坝体渗漏、滑坡等事故的发生,为水电站的安全、高效运行提供坚实保障。

1 沥青混凝土心墙堆石坝的结构与功能

1.1沥青混凝土心墙

沥青混凝土心墙作为大坝的核心防渗结构,通常位于坝体中部,处于上下游堆石体之间,心墙的主要作用是有效阻挡库水渗漏,防止坝体内部产生过大的渗透压力,确保大坝的防渗安全。

1.2堆石体

堆石体是大坝的主体支撑结构,主要承受坝体的自重以及水压力等荷载,为坝体提供稳定的支撑。堆石体的压实度对坝体的稳定性至关重要,在施工中要通过采用大型振动碾等设备进行碾压,确保堆石体的压实度达到设计要求,提高坝体的抗滑稳定性和承载能力。

1.3过渡层

过渡层位于沥青混凝土心墙与堆石体之间,起到过渡和保护作用,过渡层的存在还能减小心墙与堆石体之间的变形差异,使坝体的应力分布更加均匀,提高坝体的整体稳定性。

1.4排水系统

排水系统是沥青混凝土心墙堆石坝的重要组成部分,排水系统的合理设计和施工对于大坝的安全运行至关重要,它能够及时排除坝体和坝基内的渗水,防止因渗水积聚而导致的坝体失稳、渗透破坏等问题。

2 水电站沥青混凝土心墙堆石坝设计关键技术

2.1坝体分区设计

科学合理的坝体分区对沥青混凝土心墙堆石坝的安全稳定运行起着十分重要的作用,坝体分区设计主要是依据坝体各部分的功能需求、受力特点以及材料特性等因素进行划分,确保坝体能够满足强度、变形、防渗等多方面的要求。

首先,从强度角度设计方面,坝体的不同部位承受着不同的荷载,上文分析中提到,堆石体是坝体的主要支撑结构,因此要具备足够的强度来承受坝体的自重以及水压力等荷载,防止坝体因强度不足而发生破坏。坝体的上下游坝坡也要满足一定的抗滑稳定要求,以保证坝体在各种工况下的稳定性,在设计过程

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

中,可以通过采用简化Bishop法计算坝坡的稳定性,根据室内试验数据与类似工程的经验数据类比拟定坝体分区材料的线性抗剪强度指标,进而确保坝坡的抗滑稳定安全系数满足规范要求[1]。

其次,从变形要求的设计角度来说,坝体在运行过程中会受到各种因素的影响而产生变形,为了保证坝体的正常运行,必须让坝体各部分的变形协调一致。虽然沥青混凝土心墙具有良好的柔性,能够适应一定的变形,但如果坝体其他部分变形过大,也可能会导致心墙产生裂缝,影响防渗效果。

2.2材料选择设计

材料选择是水电站沥青混凝土心墙堆石坝设计的重点,堆石料、沥青混凝土、过渡料等材料的特性和性能要求对坝体的质量和安全性起着决定性作用,合理选择材料是确保水电站工程成功的关键。

首先,堆石料是坝体的主要支撑材料,其特性直接影响坝体的稳定性和承载能力。优质的堆石料应具备较高的强度和抗风化能力,在长期的水浸和风化作用下,仍能保持良好的力学性能,更好承受坝体的自重和水压力等荷载。合理的级配能够使堆石料在压实后形成紧密的结构,提高坝体的密实度和稳定性,一般来说,堆石料的粒径范围应根据坝体的不同部位进行调整,从上游到下游,粒径逐渐增大,以适应不同的受力条件,上游堆石料的粒径相对较小,能够减小对心墙的压力,下游堆石料的粒径较大,能够增强坝体的抗滑稳定性。

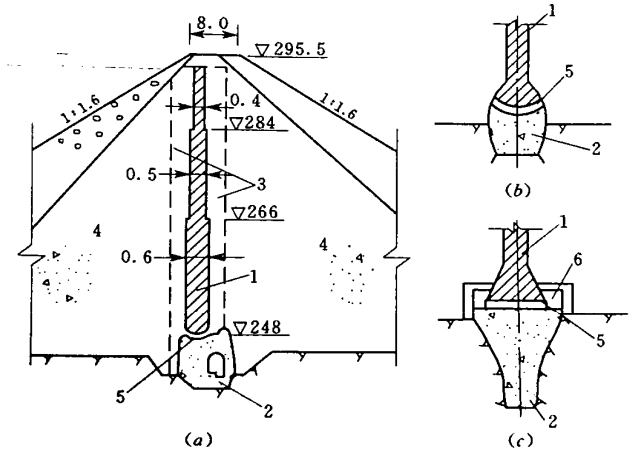
其次,沥青混凝土作为心墙的防渗材料,由沥青、骨料、填充料等按特定配合比混合而成,各组成成分的特性和比例对沥青混凝土的性能有着重要影响。其中沥青的选择至关重要,在水电站堆石坝设计过程中,要从针入度、软化点、延度等指标角度选择符合要求的优质石油沥青。选用的骨料要具有坚硬、耐磨、洁净等特点,其粒径和级配也需严格控制,而水电站堆石坝的填充料一般采用矿粉,其细度和化学成分对沥青混凝土的性能会有一定的影响。在实际中,要通过室内试验和现场试验,确定最佳的沥青混凝土配合比,确保沥青混凝土具有良好的防渗性能、抗裂性能和耐久性。

另外,过渡料是位于沥青混凝土心墙与堆石体之间的,其材料特性要求介于心墙材料和堆石体材料之间,要具有良好的级配和透水性,能够有效传递应力的同时防止心墙材料被渗流带走。过渡料的粒径一般比堆石料小,比心墙材料大,但也需要通过室内试验合理的级配设计,才能够保证其满足反滤和排水要求。

2.3沥青混凝土心墙设计

沥青混凝土心墙设计有两个关键,一是确定心墙厚度,这是一项复杂且关键的工作,需要综合考虑水头高度、渗透要求、变形条件等多方面因素,比如水头高度,设计心墙厚度时考虑水头高度,既能够满足大坝在高水头作用下的防渗要求,也能够防止心墙因水头压力过大而发生渗透破坏。另外,渗透要求也是确定心墙厚度的重要依据,沥青混凝土心墙的渗透系数必须满足极低的标准,以有效阻挡库水渗漏,在设计时要根据坝体的渗流计算结果来确定心墙的厚度。变形条件同样不容忽视,坝体在运行过程中会受到地基沉降、温度变化、水压力等多种因素的影响而产生变形,沥青混凝土心墙要具备良好的适应变形能力,以防止因变形过大而产生裂缝,影响防渗效果。因此,在确定心墙厚度时,需要考虑心墙在各种变形条件下的受力情况和变形特性,比如在坝体变形较大的部位,适当增加心墙厚度,这样可以有效减小心墙的应力和变形,提高心墙的抗裂性能。在实际工程中,还需要结合工程的具体情况,如坝体的规模、重要性、地质条件等,对心墙厚度进行综合确定[2]。

二是心墙与基座的连接设计,这是沥青混凝土心墙堆石坝设计中的关键部位,连接方式会直接影响大坝的防渗性能和整体稳定性,必须采取科学合理的设计和构造措施。目前在水电站工程中,沥青混凝土心墙与基座连接的主要方式是在基座上设置齿槽,将沥青混凝土心墙嵌入齿槽内,有效传递应力,防止心墙与基座之间出现渗漏通道,以增强连接的牢固性和防渗性能,其中齿槽的深度、宽度和形状需要根据坝体的规模、水头大小以及地质条件等因素进行合理设计。另外,加强连接部位的构造也是确保连接质量的重要措施。在齿槽周边,会通过灌浆加固对基座进行适当的处理,以提高基座的强度和密实度,确保心墙与基座能够紧密结合。



沥青混凝土心墙与基岩连接形式（单位：m）

（a）台阶式心墙剖视图；（b）弧形面垫座顶面剖视图；（c）平面垫座顶面剖视图

1—沥青混凝土心墙；2—混凝土垫座；3—过渡带；4—坝壳；5—沥青砂胶；6—砂

图1 沥青混凝土心墙与基岩连接形式示意图

2.4坝坡设计

坝坡设计是水电站沥青混凝土心墙堆石坝设计的重要内容,包括了坝坡稳定性分析和坝坡防护两个方面。其中,坝坡稳定性分析是否准确,直接关系到沥青混凝土心墙堆石坝的安全运行,常用的坝坡稳定性分析方法有极限平衡法和有限元法,极限平衡法是坝坡稳定性分析中应用较为广泛的方法之一,简化Bishop法是主要的应用方式,该方法是假定土体为理想塑性材料,达到极限平衡状态时,土体将沿某一滑裂面产生剪切破坏而

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

失稳。而有限元法则是一种基于数值分析的方法，它将坝体离散为有限个单元，通过求解单元的平衡方程，得到坝体的应力、应变和位移分布，进而分析坝坡的稳定性。

另外，坝坡防护是保障沥青混凝土心墙堆石坝长期安全运行的重要措施，能够防止坝坡受到自然因素和人为因素的破坏，确保坝坡的稳定性和耐久性。常见的坝坡防护措施包括设置护坡和排水设施，其中，护坡主要作用是保护坝坡免受雨水冲刷、风浪侵蚀和冻胀破坏，常见的有干砌石护坡、浆砌石护坡、混凝土护坡等，干砌石护坡具有施工简单、成本较低的优点，适用于坝坡坡度较缓、水流速度较小的情况。浆砌石护坡则具有强度高、耐久性好的特点，适用于坝坡坡度较陡、水流速度较大的情况，而混凝土护坡具有整体性好、防护效果强的优点，常用于重要工程或对坝坡防护要求较高的部位。

同时排水设施也是坝坡防护的重要组成，主要作用是及时排除坝坡内的积水，降低坝坡的浸润线，减小渗透压力，提高坝坡的稳定性。排水设施主要包括坡面排水和坝体排水，其中坡面排水通常采用排水沟的形式，在坝坡表面设置纵横交错的排水沟，将雨水引至坝脚的排水系统，能够有效地排除坝坡表面的雨水，减少雨水对坝坡的冲刷。坝体排水则通过在坝体内部设置排水棱体、排水管等设施，将坝体内的渗水引至坝外，排水棱体一般采用粒径较大的石料堆筑而成，具有良好的透水性，能够有效地排除坝体内部的渗水，提高坝坡的稳定性[3]。

2.5抗震设计

抗震设计也是水电站沥青混凝土心墙堆石坝设计的重要内容，做好抗震设计，首先要进行地震响应分析，常用的地震响应分析方法主要有反应谱法和时程分析法，其中反应谱法是一种基于地震反应谱理论的分析方法，通过将地震动的加速度时程转化为反应谱，来计算结构在地震作用下的响应。利用反应谱法能够计算出坝体在不同振型下的地震响应，如地震作用下的水平地震力、竖向地震力以及坝体各部位的位移等，得到坝体在设计地震作用下的地震响应结果，为坝体的抗震设计提供了重要依据。时程分析法是一种直接对地震动加速度时程进行积分求解的方法，它能够更真实地反映坝体在地震过程中的动态响应，通过时程分析法的计算，能够得到坝体在地震作用下的加速度、位移以及应力应变等时程曲线，分析这些时程曲线能够了解坝体在地震过程中的振动周期、加速度放大倍数、应力集中部位等，在实际工程中，通常会综合运用反应谱法和时程分析法进行地震响应分析，确保分析结果的可靠性[4-5]。

在明确了地震响应分析结果基础上，就要设计抗震措施，主要包括加强坝体结构和设置抗震构造，其中加强坝体结构是提高坝体抗震能力的关键。在坝体结构设计中，合理的坝坡坡度能够有效增强坝体的稳定性，一般来说，适当放缓坝坡可以减小坝体在地震作用下的下滑力，提高坝体的抗滑稳定性。设置抗震构造是抗震措施设计的重要内容，在坝体与地基的连接部位设置齿槽和锚固钢筋，能够增强坝体与地基的连接强度，防止坝体在地震作用下与地基脱离。另外，在坝体内部设置抗震缝也是常用的抗震构造措施之一，抗震缝的设置可以将坝体分成若干个独立的部分，减少地震作用下坝体各部分之间的相互作用，避免因应力集中而导致坝体破坏。

3 结束语

水电站沥青混凝土心墙堆石坝设计包括了坝体分区、材料选择、沥青混凝土心墙设计、坝坡设计和抗震设计等关键环节，在每一个环节要注重细节处理，加强对各个环节的质量控制，为沥青混凝土心墙堆石坝工程的安全运行提供科学设计依据。

[参考文献]

[1]柏俊磊,张华明,李天宇,等.金沙江上游巴塘水电站沥青混凝土心墙堆石坝设计[J].四川水力发电,2024,43(3):134-140.

[2]李胜东,张中兵,秦开文,等.马鞍山水库沥青混凝土心墙堆石坝分区优化设计研究[J].四川水利,2023,44(4):94-97.

[3]姚夏繁,赵二峰.不同基座高度对沥青混凝土心墙堆石坝受力特性的影响研究[J].水电能源科学,2024,42(4):119-122.

[4]王鑫.狭窄基坑沥青混凝土心墙施工技术[J].工程建设与设计,2023(15):159-161.

[5]李勇,李炎隆,温立峰,等.沥青混凝土心墙堆石坝心墙拱效应研究[J].水利水运工程学报,2023(1):119.

作者简介：

白阳(1983--),女,汉族,山西吕梁人,现就职于：新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司,高级工程师,大学本科,研究方向：水利水电工程设计。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.