

浅析水利水电混凝土坝设计要点

王燕¹ 罗萍² 谢兵³

1 丹江口市建设投资开发中心 2 丹江口市水利水电工程建筑勘测设计院 3 湖北二零九工程有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i7.5602

[摘要] 水利水电工程中的混凝土坝设计具有显著的社会和经济效益,但这一过程中充满了复杂的挑战。虽然混凝土坝结构坚固、适应性强,但设计必须解决一系列问题,这些问题不仅考验工程师的技术水平,还要求对地质、水文和环境等多种因素进行综合考虑。特别是在地震多发地区,抗震设计成为关键。所以如何在确保混凝土坝安全性、经济合理性和环境友好性的基础上,制定科学的设计方案并有效实施成为了当前关注的热点问题。本文针对水利水电混凝土坝的特点进行了分析,探究了混凝土坝设计基本原则以及水利水电混凝土坝设计要点分析。

[关键词] 水利水电工; 混凝土坝; 设计

中图分类号: TV331 **文献标识码:** A

Analysis on key points of water conservancy and hydropower concrete dam design

Yan Wang¹ Ping Luo² Bing Xie³

1 Danjiangkou Construction Investment Development Center

2 Danjiangkou Water Conservancy and Hydropower Engineering Building Survey and Design Institute

3 Hubei 2019 Engineering Co., LTD

[Abstract] Concrete dam design in water conservancy and hydropower projects has significant social and economic benefits, but the process is full of complex challenges. Although the concrete dam is structurally strong and adaptable, the design must solve a series of problems that not only test the technical level of engineers, but also require a comprehensive consideration of geological, hydrological and environmental factors. Especially in earthquake-prone areas, earthquake-resistant design becomes the key. So how to make a scientific design scheme and implement it effectively on the basis of ensuring safety, economic rationality and environmental friendliness has become a hot issue at present. This paper analyzes the characteristics of hydraulic and hydroelectric concrete dam, explores the basic principles of concrete dam design and analyzes the key points of hydraulic and hydroelectric concrete dam design.

[Key words] hydraulic electrician; Concrete dam; design

水利水电混凝土坝作为现代水利工程的重要组成部分,具有极高的社会效益和经济效益。其设计直接关系到工程的安全性、可靠性及长久性,因此,混凝土坝的设计需要遵循一系列严格的原则和方法,以确保其在复杂环境下的稳定运行。

1 水利水电混凝土坝的特点

1.1 结构坚固与耐久性强

水利水电工程中,混凝土坝之所以被广泛应用,首要原因便是其结构的坚固性与耐久性,这两者是保障水利水电设施长久有效运行的基石。混凝土作为一种人造石材,其抗压强度、抗拉强度和抗剪强度都非常高,能够承受巨大的水压力和其他外部荷载,确保坝体在各种极端条件下依然保持稳定。混凝土的组成材料主要包括水泥、砂石和水,这些材料在经过严格的配比、搅

拌和浇筑后,通过水化反应形成坚硬的整体。现代混凝土技术的发展,使得混凝土坝的设计寿命可以达到数百年之久。混凝土坝的耐久性不仅体现在其物理性能上,还包括其在恶劣环境条件下的抗蚀能力。在长期的运行过程中,混凝土坝会暴露在水流冲刷、冰冻融化、化学侵蚀等各种自然条件下。为提高混凝土的抗蚀能力,工程师们通常会在混凝土配合比中加入适量的外加剂,如减水剂、防腐剂和抗冻剂,以增强混凝土的抗渗性和抗裂性。

1.2 适应性强与灵活性高

混凝土坝在水利水电工程中的广泛应用,不仅源于其坚固耐久的特性,还在于其适应性强与灵活性高,这些特性使得混凝土坝能够在各种地理、气候条件下以及不同规模的工程项目中

被广泛采用,成为现代水利水电工程中不可或缺的重要组成部分。混凝土坝具有很强的地形适应性。无论是高山峡谷中的深切河谷,还是平原地区的宽阔河道,混凝土坝都能够通过合理的设计和施工技术进行有效的适应和应用^[1]。除此以外,混凝土坝在规模上的适应性也是其一大优势。无论是小型水库的坝体建设,还是大型水电站的主坝施工,混凝土坝都能够根据具体工程要求进行灵活调整。在小型工程中,混凝土坝通常采用简化的设计和施工工艺,以节约成本和缩短工期;在大型工程中,混凝土坝则需要进行精细的设计和严格的施工管理,以确保工程质量和安全。

1.3 经济效益与社会效益显著

水利水电混凝土坝不仅是现代水利工程的重要组成部分,其经济效益和社会效益也极为显著。从经济效益的角度来看,混凝土坝的建设为水电资源的有效开发提供了保障。作为一种重要的能源基础设施,混凝土坝通过蓄水形成水库,为水力发电提供了稳定的水源。除此以外,混凝土坝的建设对提升社会稳定性和安全性具有重要意义。防洪是混凝土坝的重要功能之一,通过调节水流和蓄洪,混凝土坝有效降低了洪水对下游地区的影响,从而减少了自然灾害对人民生命财产的威胁。水库蓄水功能不仅可以缓解干旱,还可以调节流量,为农业灌溉和城市用水提供保障,这种调节功能对促进农业生产和稳定水资源供应具有重要意义,从而支持了农业经济的稳定发展。

2 混凝土坝设计基本原则

2.1 安全可靠原则

混凝土坝设计中,安全可靠原则是至关重要的基础性原则,这个原则不仅涵盖了坝体在施工和使用过程中的稳定性,还涉及到对各种潜在风险的全面考虑与应对。坝体的结构安全性是设计中必须考虑的核心问题,坝体结构的设计需确保其在各种荷载条件下能够保持稳定,包括水压力、土压力、地震荷载等。在设计阶段,工程师会采用详细的数学模型和数值模拟来评估坝体在极端条件下的表现,这些模拟结果不仅帮助工程师优化设计,还为后续的加固措施提供了依据。设计中通常会考虑多种安全系数,如抗滑移安全系数和抗倾覆安全系数,以确保在最不利的条件下坝体仍然稳定。

2.2 经济合理性原则

在混凝土坝的设计过程中,经济合理性原则至关重要。它要求在满足工程安全性和功能性的前提下,优化资源使用、降低成本,并实现最佳的经济效益。在设计混凝土坝时,工程师需要综合考虑多种因素,包括坝体的规模、设计材料、施工工艺等,通过对不同设计方案的经济分析,可以选择成本最优的方案。例如,选择不同类型的坝体(如重力坝、拦河坝或拱坝)时,需要权衡其施工成本和长期运行维护费用。重力坝虽然施工成本相对较高,但其结构稳定性较好,维护费用较低;而拱坝虽然施工成本较低,但对地质条件要求高,维护费用可能较高^[2]。因此,设计人员必须在项目的具体条件下,运用经济分析方法评估不同设计方案的经济效益,从而选择最符合经济合理性原则的方案。

2.3 环境友好性原则

在混凝土坝的设计与施工中,环境友好性原则不仅是对自然资源的尊重,更是对社会和谐与可持续发展的深刻承诺,这个原则要求在满足工程需求的同时,最大限度地减少对环境的负面影响,确保生态平衡和环境保护。环境影响评估是确保混凝土坝工程环境友好性的重要前置步骤。环境影响评估旨在系统评估工程项目对环境的潜在影响,包括水文变化、生态破坏、噪声污染和空气质量等。进行环境影响评估时,需考虑坝址的地质条件、水体情况、动植物种群以及人类活动等因素。具体来说,通过对拟建坝区的水流量、沉积物运输、生态系统健康等方面的综合分析,可以预测坝体建设对周围环境的影响,评估是否会引发生态系统失衡或水质污染。比如,在设计阶段,通过模拟坝体对流域水文条件的影响,可以预测洪水调节和水资源管理的变化,以便采取相应的缓解措施。

3 水利水电混凝土坝设计要点分析

3.1 坝体断面的拟定

在水利水电工程中,混凝土坝的设计不仅是技术的挑战,更是对工程师智慧的考验。坝体断面的设计是整个工程的核心环节,它不仅影响坝体的稳定性和功能,还关系到工程的经济性和施工可行性。设计人员必须在考虑多种因素的基础上,制定出科学合理的断面方案,以确保坝体在使用中的稳定性与安全性。坝体断面的形状和类型选择,是坝体设计的首要问题。重力坝以其稳定的结构和较低的建造成本在工程中广泛应用,它通常具有简洁的直线或微弯形断面,这种设计使其能够有效抵抗水压力和自重。拱坝通过拱形断面将水压力有效地传递至两侧山体,适用于强岩石和紧凑地形,而其独特的设计同样要求对坝体承受能力和施工工艺有较高的要求。

3.2 溢流坝和泄水孔的布置

在水利工程设计中,溢流坝和泄水孔的布置是确保大坝安全和正常运行的关键因素,这些设施不仅在洪水管理和水库调度中发挥着至关重要的作用,而且直接关系到坝体的稳定性和结构安全。因此,对其设计和布置进行细致的分析和优化,是工程师必须面临的挑战。溢流坝的主要功能是控制和引导洪水,通过控制洪水的流量来防止大坝超载和潜在的溃坝风险。其设计不仅需要考虑到洪水流量、坝体结构以及水流特性,还需融入地形条件、施工技术和经济因素。溢流坝的布置方式主要包括溢流坝顶、溢流坝段和侧面溢流等不同类型。溢流坝顶通常位于大坝的顶部或接近顶部位置,常见于重力坝和拱坝的设计中。其布置方式要求精确计算溢流量,确保洪水能够顺畅地流过坝顶而不会造成坝体的损坏。设计时,坝顶的宽度和高度必须满足流量要求,同时考虑到防止泥沙堵塞和提升维护的便捷性。此外,调节泄水孔则用于对水库水位进行精细调节,通常配备可调节的阀门和控制系统,以实现对流量的精确控制^[3]。调节泄水孔的布置需要综合考虑水位变化、流量调节的需求以及操作的便捷性,设计时通常会设置多个调节孔,以实现更灵活的调节功能。

3.3 稳定分析

在水利水电工程中,混凝土坝的稳定性是确保其长期安全运行的核心。稳定分析在混凝土坝设计中扮演着至关重要的角色,其目标不仅是确保坝体在常规荷载下的安全,更要应对极端环境条件和动态荷载的挑战。坝体的静态稳定性是分析的基石,它涉及到坝体在自重荷载、水压力和土压力等常规条件下的行为。为保证坝体不会因水平荷载而滑移或倾覆,工程师需要通过严密的计算和模拟,例如极限平衡分析法和有限元分析法,来评估坝体的滑移和倾覆稳定性。与此同时,坝体的变形分析也至关重要,这一过程利用有限元模型模拟坝体在荷载作用下的沉降、应变和应力分布,确保坝体在实际使用中的稳定性和安全性。而在动态稳定性分析中,混凝土坝需要面对地震、洪水等非静态荷载的挑战。地震响应分析通过建立地震动模型和结构动力学模型,预测地震对坝体的影响,确保坝体能够承受地震带来的破坏。

3.4 应力分析

在水利水电工程中,混凝土坝的应力分析是一项至关重要的工作,其目的是确保坝体在各种荷载和环境条件下的结构完整性与安全性。应力分析涉及到对混凝土坝在不同工况下的应力状态进行精确的计算和评估,以防止潜在的破坏和失效。混凝土坝的应力分析需要考虑坝体受到的主要荷载,通常这些荷载包括自重荷载、水压力、土压力、风压、地震荷载等。自重荷载是坝体最基本的荷载,它直接影响坝体的整体稳定性。在混凝土坝设计中,设计师会对坝体的自重进行详细计算,以确保坝体在自重荷载下的应力分布能够保持在安全范围内。水压力是影响坝体应力的重要因素,它随着水位的变化而变化,对坝体产生不同的水平和垂直荷载。设计时,必须准确预测水压力的变化,并对坝体的承载能力进行评估。

3.5 坝体构造设计

在水利水电工程中,混凝土坝的坝体构造设计是确保坝体结构稳定性和功能性的关键环节。坝体构造设计不仅涉及到坝体的几何形状和尺寸,还包括材料选择、结构形式、施工方法等多个方面。一个科学合理的坝体构造设计应能够有效地应对各种外部荷载,保障坝体在长期使用中的安全性和可靠性。以下是坝体构造设计的主要内容和细节。坝体的几何形状和尺寸设计是构造设计中的基础,混凝土坝的几何形状主要包括坝体的断面形状、坝高、坝顶宽度等。坝体的断面形状通常有重力坝、拱坝、拱重力坝等形式。重力坝依靠自重抵抗水压力,其设计重点在于坝体的稳定性和抗滑移性;拱坝则通过弯曲的坝体

将水压力传递到两侧的岩体上,其设计重点在于坝体的受力分析和拱形设计;拱重力坝结合了拱坝和重力坝的优点,其设计需要综合考虑两种坝型的优点。坝高是影响坝体稳定性和功能的重要参数,高坝需要特别注意应力分布和稳定性问题。坝顶宽度的设计则涉及到坝体的稳定性、溢流设施的设置和维护空间等。

3.6 坝基处理

坝基处理是水利水电工程中至关重要的一环,对于混凝土坝的整体稳定性、耐久性及其安全性具有直接的影响。坝基处理的主要任务是为坝体提供一个稳定的基础,以确保坝体在长期荷载作用下不发生沉降、滑移或破坏。坝基的勘察与评估是坝基处理的前提,对坝基进行详细的地质勘察,包括岩土工程勘察、地质结构分析和水文气象调查,是确保坝基处理方案合理性的基础,这些勘察工作可以帮助工程师了解坝基的地质构造、土体性质、地下水情况等关键因素。地质勘察通常包括钻探取样、原位测试,这些数据可以用于判断坝基土体的承载能力、稳定性以及对坝体的适应性^[4]。此外,坝基的稳定性分析也是坝基处理的重要内容。坝基的稳定性分析包括滑坡分析、沉降分析和变形分析等。滑坡分析主要用于判断坝基在水流或地震等荷载作用下是否会发生滑坡现象。沉降分析用于评估坝基在荷载作用下的沉降量,确保坝体不会因沉降而发生破坏。变形分析则关注坝基在不同荷载条件下的变形情况,确保坝基能够在正常使用过程中保持稳定。稳定性分析通常依赖于工程力学和地质学理论,运用数值模拟技术对坝基进行全面评估。

4 结束语

水利水电混凝土坝设计是一项复杂而系统的工程,需要综合考虑安全、经济、环境等多方面因素,通过科学的设计和严格的施工管理,确保坝体在运行中的稳定和长久性,从而为社会提供可靠的水资源保障和防洪安全。未来随着技术的不断进步,混凝土坝的设计将更加精细和科学,为水利工程的发展作出更大的贡献。

[参考文献]

- [1]黄阿油.顺昌县张源水库堆石混凝土坝设计方法探析[J].地下水,2023,45(06):266-267+300.
- [2]梁辉.混凝土坝—地基体系整体稳定地震易损性分析和抗震安全评价[D].中国水利水电科学研究院,2019.
- [3]卞小草.混凝土坝施工进度仿真建模与方案优选[D].武汉大学,2017.
- [4]华荣孙.那比水电站碾压混凝土坝设计优化及快速施工综述[J].人民珠江,2013,34(06):67-70.