

我国特大型水利水电工程安全运行技术现状与改进方向

张子奇 王哲

中水东北勘测设计研究有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6401

[摘要] 本文探讨了我国特大型水利水电工程安全运行技术的现状,包括导截流技术、高坝稳定性评估、大流量泄流安全技术及高坝混凝土施工等方面的问题。分析了存在的技术难题与挑战,并提出了相应的改进方向,如加强复杂地质条件下的监测技术、优化泄流消能设计、提升混凝土施工控制水平及推进信息化智能化建设等。旨在为提升我国特大型水利水电工程的安全运行水平提供参考。

[关键词] 特大型水利水电工程; 安全运行技术; 现状; 改进方向

中图分类号: TV **文献标识码:** A

Present situation and improvement direction of safe operation technology of super-large water conservancy and hydropower projects in China

Ziqi Zhang Zhe Wang

Zhongshui Northeast Survey and Design Research Co., Ltd.

[Abstract] This paper discusses the present situation of safe operation technology of super-large water conservancy and hydropower projects in China, including diversion and closure technology, high dam stability evaluation, large flow discharge safety technology and high dam concrete construction. The existing technical problems and challenges are analyzed, and the corresponding improvement directions are put forward, such as strengthening the monitoring technology under complex geological conditions, optimizing the design of discharge and energy dissipation, improving the control level of concrete construction and promoting the information and intelligent construction. The purpose is to provide reference for improving the safe operation level of super-large water conservancy and hydropower projects in China.

[Key words] super-large water conservancy and hydropower projects; Safe operation technology; Current situation; Improvement direction

引言

随着我国经济的快速发展,特大型水利水电工程在能源供应、防洪抗旱、水资源调配等方面发挥着举足轻重的作用。然而,这些工程在运行过程中面临着诸多安全挑战,如复杂地质条件下的边坡稳定、大流量泄洪时的消能防冲、高坝混凝土的长期耐久性等。因此,深入研究我国特大型水利水电工程安全运行技术的现状与改进方向,对于保障工程安全、提升运行效率具有重要意义。

1 我国特大型水利水电工程安全运行技术现状

1.1 导截流技术

导截流技术在特大型水利水电工程施工中至关重要,它关系到后续工程的顺利推进以及整体工程的安全性。我国在该领域积累了丰富的经验,形成了多种行之有效的导截流方法。

然而,随着特大型水利水电工程规模持续扩大、地质条件愈发复杂,导截流技术面临着新的挑战。例如,在深厚覆盖层地区

进行截流时,由于覆盖层厚度大、透水性强,传统截流方法难以奏效。此时,需要采用更为先进的截流技术和设备,如高压射水、气垫围堰等,以确保截流工作万无一失。

此外,在截流过程中,极有可能遇到龙口合龙困难、截流戗堤失稳等问题。针对这些问题,我国科研人员开展了大量研究和试验,提出了一系列切实有效的解决方案。例如,通过优化龙口布置、加强戗堤基础处理、采用加筋土技术等措施,显著提高了截流戗堤的稳定性和抗冲能力。同时,随着计算机技术和数值模拟技术的发展,导截流技术的设计和施工越来越依赖于精确的数值模拟和预测。通过建立三维数值模型,可以对截流过程中的水流、物料运动进行细致的模拟分析,从而更准确地预测截流效果,优化施工方案,提高截流成功率。

1.2 高坝稳定性评估技术

作为特大型水利水电工程核心构筑物的高坝,其稳定性直接关系到整个工程的安全运行与长期效益。因此,水利水电工程

领域一直将高坝稳定性评估技术作为重点研究对象。目前,我国在高坝稳定性评估方面已形成了较为完善的技术体系,涵盖地质勘察、力学分析、监测预警等多个方面。

在地质勘察方面,通过详细的地质测绘、钻探、物探等手段,能够获取坝址区地质结构、岩土体物理力学性质等关键信息,为高坝稳定性评估提供基础资料。同时,紧密结合地质历史分析和地震危险性评估,对坝址区地质稳定性进行综合评价。

力学分析是高坝稳定性评估的核心环节。我国科研人员不断发展和完善各种力学模型和分析方法,如有限元法、有限差分法、离散元法等,能够准确模拟分析高坝在各种工况下的应力应变状态。这些分析方法充分考虑了坝体材料非线性、坝基变形、渗流作用等多种复杂因素,使得高坝稳定性评估更加准确。

监测预警技术在高坝稳定性评估中具有重要地位。通过在坝体及坝基布置各种监测仪器(如应变计、渗压计、倾斜仪等),能够实时监测坝体变形、渗流、应力等关键参数。一旦发现异常变化,便能及时发出预警信号,为采取应急措施提供依据。同时,利用大数据和人工智能技术,对监测数据进行深度挖掘和分析,实现高坝稳定性趋势的智能化预测,推动监测预警的智能化发展。

然而,随着高坝建设朝着更高、更复杂方向发展,高坝稳定性评估技术面临着严峻的新挑战。例如,超高坝的长期变形和渗流特性、复杂地质条件下坝基稳定性等问题,需要进一步深入研究。未来,我国需继续加强高坝稳定性评估技术的研究与创新,不断提高评估的准确性和可靠性,为特大型水利水电工程的安全运行提供有力保障。

1.3 大流量泄流安全技术

在特大型水利水电工程运行中,应对大流量泄洪挑战至关重要。大流量泄洪时,水流通过泄洪设施的速度极高、冲击力极大。若设计或管理不当,极易引发严重的冲刷、空蚀甚至结构破坏,对工程安全构成极大威胁。大流量泄流安全技术对于保障水利水电工程的安全运行至关重要。

我国在大流量泄流安全技术方面积累了丰富的经验,并不断创新。一方面,通过优化泄洪建筑物的体型设计,采用合理的挑流鼻坎、消力池等结构,有效分散水流能量,显著减少水流对下游河床的冲刷力度。另一方面,加强泄洪建筑物材料的选择和施工工艺的控制,明显提高抗冲刷耐磨性能,延长使用寿命。

针对大流量泄流时可能出现的空蚀问题,我国进行了深入研究,并提出了一系列有效的防治措施。例如,通过优化泄洪建筑物的体型设计,避免水流在高速流动时产生空化现象;在易产生空蚀的部位采用抗空蚀材料或进行特殊处理,显著提高结构的抗空蚀能力。

此外,随着计算机技术和数值模拟技术的发展,数值模拟方法在大流量泄流安全技术设计和评估中得到了广泛应用。通过建立精确的水力模型,精确模拟大流量泄洪时的水流运动状态,准确预测可能出现的冲刷、空蚀等问题,为泄洪建筑物的设计和优化提供科学依据。

然而,大流量泄流安全技术仍面临诸多挑战。例如,极端天气条件下洪水流量的不确定性、泄洪建筑物长期运行后性能退化等问题,都需要进一步研究解决。未来,我国需继续加强大流量泄流安全技术的研究与创新,不断提高泄洪建筑物的安全性,为特大型水利水电工程的安全运行提供更加坚实的保障。

2 我国特大型水利水电工程安全运行技术存在的问题

2.1 技术难题与挑战

我国在特大型水利水电工程安全运行技术方面取得了显著成就,但仍面临诸多技术难题与挑战,这些难题和挑战直接关系到工程的安全与效益。

复杂地质条件下的工程设计与施工是首要难题。我国许多特大型水利水电工程位于地质条件极为复杂的地区,如深厚覆盖层、高地震烈度区、岩溶发育地带等。在这些地区进行工程建设,需要精确掌握地质条件、合理设计工程结构、采取有效施工措施。然而,地质条件的复杂性和不确定性给工程设计与施工带来了诸多困难,如基础处理难度大、边坡稳定性差等,给工程安全带来严重潜在威胁。

大流量泄洪时的消能防冲技术面临巨大挑战。特大型水利水电工程具备强大的泄洪能力,以应对可能发生的洪水灾害。然而,大流量泄洪时产生的高速水流能量巨大,若不能有效消能,将对下游河床和建筑物造成严重冲刷破坏。因此,设计合理的消能设施、提高消能效率、减少冲刷破坏,成为当前重要的技术难题。

高坝混凝土的长期耐久性问题不容忽视。高坝作为水利水电工程的核心构筑物,其混凝土的长期耐久性与工程的使用寿命和安全性密切相关。然而,在混凝土材料本身的复杂性以及环境因素的作用下,高坝混凝土在长期运行中容易出现裂缝、碳化、钢筋锈蚀等问题,严重影响结构的整体性能和耐久性。因此,提高高坝混凝土的长期耐久性、延长工程使用寿命,成为当前亟待解决的问题之一。

随着科技的快速发展和工程规模的不断扩大,对特大型水利水电工程安全运行技术的信息化、智能化水平提出了更高要求。实现工程运行状态的实时监测、预警和智能控制,提高工程管理效率和准确性,成为当前面临的新挑战。

2.2 管理与维护问题

在特大型水利水电工程安全运行方面,管理与维护至关重要,直接关系到工程效益的发挥以及使用寿命的延长。我国特大型水利水电工程目前在管理与维护上存在若干亟待解决的难题,情况较为严峻。

管理体系的复杂性和庞大性给管理带来了巨大挑战。特大型水利水电工程通常涉及多个部门和专业领域,管理链条长,协调难度大。在实际运行中,常出现职责不清、沟通不畅、决策迟缓等问题,导致管理效率低下,难以迅速应对突发事件。此外,随着工程规模的不断扩大和技术的不断进步,对管理人员的专业素质和管理能力提出了更高要求。然而,当前部分管理人员在知识结构、技能水平等方面存在明显不足。

工程的安全运行受到维护工作滞后性和不彻底性的严重影响。特大型水利水电工程设施庞大、结构复杂,维护工作量大、难度高。在实际操作中,常出现维护不及时、不到位的情况,潜在安全隐患未能及时发现和处理。例如,部分机械设备长期运行后缺乏必要的保养和维修,故障频发;一些监测设备老化、损坏,无法准确反映工程运行状态。这些问题不仅影响了工程的正常运行,还增加了安全事故的发生可能性。

此外,维护工作的开展受到维护资金不足的制约。特大型水利水电工程维护工作资金投入需求量大,包括设备更新、设施维修、人员培训等。然而,由于资金来源有限、分配不合理等原因,维护资金难以满足实际需求,导致一些必要的维护工作无法按时进行,工程设施老化、损坏问题进一步加剧。

3 我国特大型水利水电工程安全运行技术的改进方向

3.1 加强复杂地质条件下的监测技术

我国特大型水利水电工程多兴建于复杂地质状况区域,诸如深厚覆盖层区域、高地震烈度区域、岩溶发育地段等。此类复杂地质状况为工程的安全运行带来诸多难题与挑战。故而,强化复杂地质条件下的监测技术手段,是保障工程安全且稳定运行的关键所在。

就复杂地质条件而言,应当构筑全方位、多层次的监测体系架构。该体系需涵盖地质变形监测、地下水动态监测、地震活动监测等诸多层面,借助综合运用多种监测方式,例如全球定位系统(GPS)定位、合成孔径雷达干涉测量(InSAR)、微震监测等技术手段,实现对地质条件的全面性、实时性监测。这些先进技术的运用,能够即时察觉地质条件的细微变动,进而为工程的安全运行提供预警提示。

同时,要切实提高监测数据处理与分析能力。利用大数据、云计算等现代信息技术,对监测数据进行深度挖掘、透彻分析,充分提取有价值信息,为工程的安全评估提供科学依据。通过建立地质条件变化预测模型,提前预警可能出现的地质灾害,及时采取相应防范措施,确保工程的安全。此外,要加强监测设备的研发与更新。针对复杂地质条件下的特殊需求,研发高灵敏度、高稳定性的监测设备,以提高监测数据的准确性和可靠性。同时,定期维护、精准校准监测设备,确保其正常运行无误,为工程的安全运行提供有力保障。

在加强监测技术的同时,也要注重监测人员的培训与管理。通过定期举办培训班、技术交流会等活动,以提高监测人员的专业素质和技能水平。而且需要建立完善监测人员管理制度,明确其职责和权限,确保监测工作顺利进行。

3.2 优化泄流消能设计

在特大型水利水电工程里,合理的泄流消能设计对工程安

全与稳定运行至关重要。随着工程规模扩大、泄洪需求增加,传统泄流消能方式难以满足实际需求,因此,优化泄流消能设计亟待解决。

优化泄流消能设计要从泄流建筑物体型设计入手,通过精细数值模拟和物理模型试验,将泄流建筑物体型优化得能更有效分散水流能量,减少对下游河床的冲刷程度。比如采用异形鼻坎、宽尾墩等新型结构,可使水流流态得到良好改善,提高消能效率。同时结合工程实际,合理确定泄流建筑物的尺寸和布置,确保其在各种工况下运行得安全、稳定。要注重消能工的选择和布置。根据工程特点及泄洪需求,选择合适的消能工(如底流消能、面流消能、挑流消能等),并将其位置布置合理。通过消能工的作用,将水流能量充分转化为热能或其他形式能量耗散,以降低水流对下游的破坏力。此外,要考虑采用联合消能方式(如底流与面流联合消能、挑流与底流联合消能等),使消能效果明显提高。

在优化泄流消能设计过程中,要充分考虑工程的经济性和可行性。通过技术经济比较,准确选择最优设计方案,确保工程在满足安全要求的同时,取得良好的经济效益和社会效益。同时,要注重与施工、运行等环节协调配合,确保设计方案实施顺利、运行有效。最后,要加强泄流消能设计的监测和评估工作。通过实时监测泄流建筑物的运行状态和消能效果,及时发现潜在安全隐患并妥善处理。并且定期对泄流消能设计进行评估和优化,以适应工程运行过程中的变化和新需求。

4 结束语

我国特大型水利水电工程在安全运行技术方面已经取得了显著成就,但仍然面临着诸多技术难题与挑战。通过加强复杂地质条件下的监测技术、优化泄流消能设计、提升混凝土施工控制水平以及推进信息化智能化建设等措施的实施,有望进一步提升我国特大型水利水电工程的安全运行水平。未来,随着科技的不断进步和创新能力的不断提升,我国特大型水利水电工程的安全运行技术将迎来更加广阔的发展前景。

[参考文献]

- [1]戴会超,曹广晶.我国特大型水利水电工程安全运行技术现状与改进方向[J].水电能源科学,2008,26(6):83-88,199.
- [2]伍廷福.我国特大型水利水电工程安全运行技术现状与改进方向[J].商品与质量,2019(21):184.
- [3]郑龙仙.我国特大型水利水电工程安全运行技术现状与改进方向[J].建筑工程技术与设计,2017(9):2155.

作者简介:

张子奇(1993--),男,汉族,吉林榆树人,工程师,大学本科,研究方向为水利水电工程。