

水库大坝安全管理关键时点及运维

李金粟

新疆昌吉市水利管理站（三屯河流域管理处），新疆 昌吉 831100

[摘要] 随着社会经济的不断发展和人口的增长，对水资源的需求日益加大，水库工程作为一种重要的水资源调控和利用手段，在现代社会中具有重要的地位和作用。努尔加水库，作为位于天山前山丘陵区的一项重要工程，不仅在供水保障方面发挥着关键作用，还通过防洪、改善水质、维护生态等多方面效益，为昌吉市及周边地区提供了全面的水资源保障。

[关键词] 水库大坝；管理；安全监测；除险加固

DOI: 10.33142/ec.v7i2.11146

中图分类号: TV698.2

文献标识码: A

Key Points and Operation and Maintenance of Reservoir Dam Safety Management

LI Jinli

Xinjiang Changji Water Conservancy Management Station (Santun River Basin Management Office), Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract: With the continuous development of social economy and population growth, the demand for water resources is increasing day by day. As an important means of regulating and utilizing water resources, reservoir engineering plays an important role and position in modern society. The Nurja Reservoir, as an important project located in the hilly area of the Tianshan Mountains, not only plays a crucial role in water supply guarantee, but also provides comprehensive water resource guarantee for Changji City and surrounding areas through various benefits such as flood control, water quality improvement, and ecological maintenance.

Keywords: reservoir dam; management; safety monitoring; reinforcement through risk elimination

引言

努尔加水库的建设背景与流域特征密切相关，地处三屯河流域，努尔加水库对于调节三屯河径流、提高水质、防洪抗灾具有重要战略意义。随着工程的规模不断扩大，水库的安全管理成为不可忽视的重要环节。通过对努尔加水库的分析，可以深入了解水库工程在维护生态平衡、确保供水安全和防范自然灾害方面的作用，为水资源的科学利用和可持续发展提供理论支持和实践经验。

1 努尔加水库工程概况

努尔加水库是位于天山前山丘陵区的一座重要水利工程，地理位置位于昌吉市境内，距离上游的三屯河水库约 17 公里，离下游的西干渠首 7.3 公里，离昌吉市区大约 36 公里。流域面积广达 1933.5 平方公里，地理位置得天独厚，为水库的建设提供了丰富的水资源支持。工程规模宏大，努尔加水库被划定为 III 等中型水库，总库容高达 6844 万方。拦河坝的坝顶高程达到了 883.0m，最大坝高为 72m，坝长达 468m，构成了水库的重要基础设施。水库枢纽主要包括拦河坝、表孔溢洪洞、导流兼泄洪排沙洞和放水洞，这些建筑物的合理布置在左岸，共同构成了水库枢纽的完整体系。水库的建设历程经历了近 4 年的努力，具体始于 2010 年 11 月 6 日的主体工程启动。在 2014 年 12 月 18 号成功完成蓄水阶段验收，标志着水库工程取得了阶段性的成功。而在 2015 年 1 月 23 日，水库正式开始下闸蓄水，为后续的运行提供了稳定的水源。

2 水库效益分析

2.1 供水保障效益

努尔加水库通过与已建的三屯河水库联合运行，努尔加水库实现了对三屯河径流的有效调节，使得两库总库容达到 1.03 亿方，最大调蓄能力达 7129 万方，意味着水库能够在多年内进行充分调节，有效保障了昌吉市及周边地区的城镇生活供水。努尔加水库通过联合运行，城镇生活供水保证率达到 95% 以上，有效解决了以往春灌季节出现的“卡脖子旱”问题。水库的正常蓄水位为 878.0m，死水位为 850.0m，死库容为 1440 万 m³，确保了水库在各种条件下都能够为城市提供足够的用水。农业灌溉供水保证率由设计的 75% 提高到 95%，为昌吉市及兵团 100 万亩的农业生产提供了可靠的水源支持，进了当地农业的稳定发展，确保了农业生产的顺利进行。努尔加水库在供水方面取得的显著效益不仅保障了城镇居民的生活需求，还为农业灌溉提供了可靠的水源，为当地经济社会的可持续发展做出了积极的贡献。

2.2 防洪效益

努尔加水库的设计洪水标准为 100 年一遇，校核洪水标准为 2000 年一遇，地震烈度为 8 度，水库拦河坝的坝顶高程为 883.0m，最大坝高为 72m，坝长达 468m，庞大的工程规模以及科学合理的设计使得水库在防洪方面发挥着重要的作用。水库的建成将下游的防洪标准由 20 年一遇提高到 30 年一遇。此外，水库替代了三座改造的渠

首以及新建的 80 公里防洪堤，投资估算约为 1.6 亿元，年运行费用按 3% 计取，防洪效益年值为 2022 万元。这意味着努尔加水库在防洪工作中不仅提高了下游的防洪标准，还在经济效益上取得了显著的成果。在强震和自然灾害发生时，水库通过防洪工程的多重功能，为下游地区提供了更为全面的保障。总之，努尔加水库在防洪效益方面通过提高下游防洪标准、替代防洪设施、投入经济效益等方面取得了显著成果，为水利工程的综合效益做出了积极的贡献。

2.3 水质改善与生态效益

努尔加水库的建设不仅在供水和防洪方面取得了显著效益，同时也对水质和生态环境产生了积极的改善。水库的建成有效拦截了三屯河年输砂量约为 120 万方的泥沙，使得灌溉期水质清澈度达到 90% 以上，为三屯河灌区的高效节水技术推广与应用提供了有力支持，降低了每年各乡镇清淤费用，节约了数百万元的资金。努尔加水库的存在改善了昌吉市地下水环境，为 2018 年开始对市第三水厂城镇生活供水提供清澈的地表水，使得地下水环境得到有效改善。生态效益方面，通过“两库联调”拦蓄洪水，努尔加水库成功保障了每年至少 1837 万方的生态基流。自 2015 年至今，通过河道下泄生态水 3.2 亿方，为昌吉市地下水环境的持续向好起到了积极作用，对于维持流域内植被、水生态系统和生物多样性具有重要意义。

3 水库大坝安全管理关键点

3.1 新建和蓄水阶段

3.1.1 结构稳定性和渗流监测

结构稳定性监测，通过监测大坝表面的水平和垂直位移，坝体内部的位移，以及沥青混凝土心墙的位移，系统可以实时了解结构的稳定状况。渗流监测是为了掌握水库中渗透水的情况，防范渗漏可能对结构稳定性带来的影响，主要通过监测坝体和坝基的渗流量以及防渗心墙与过滤料之间的位错，使用了渗压计和水尺等设备。

3.1.2 初次蓄水的关键时刻

初次蓄水是水库建设中的一个关键时刻，对结构的考验尤为严峻监测系统会更加密集地对大坝的各项指标进行监测，以应对蓄水可能引发的各种挑战^[4]。大坝表面的位移、坝体内部的变化，以及渗流情况都将频繁地监测，对初次蓄水过程的水位、流量等数据也进行实时监控，以确保水库的蓄水过程安全可控。

3.2 运行阶段

3.2.1 联合运行时的监测与应对

联合运行是指努尔加水库与三屯河水库的协同工作，监测系统持续关注两个水库之间的水流变化、水位波动以及联合调度对水库结构的影响，通过大坝表面位移、坝体内部位移、渗流监测等手段，实时获取水库运行状态。特别是在洪水期间，监测系统会更加密切地关注水库的洪水

响应能力。一旦监测到超过安全范围的水位或流量变化，系统将发出警报并启动应急响应措施，如泄洪、调蓄等，以确保水库安全度过洪峰期。

3.2.2 季节变化对监测的影响

水库在不同季节会面临水位、水流等方面的季节性变化，对监测系统提出了更高的要求。在干旱季节，水库水位可能下降，需要调整监测仪器的位置和参数，以保证监测的准确性；而在雨季，水库水位上升，监测系统需要更加敏感地捕捉这些变化。季节变化也对水库结构稳定性产生影响，如冰雪融化导致的水库水位上升。因此，在季节变化期间，监测系统需要更加频繁、灵敏地进行监测，及时调整参数，以确保水库的稳定运行。

3.3 强震和自然灾害时

在面对强震和自然灾害的情况下，努尔加水库采取了相应的监测与应急措施，以应对可能对水库安全带来的威胁。

3.3.1 强震时的监测与应急措施

为了及时掌握地震的发生及其对水库结构的影响，监测系统设有强震监测仪器，包括强震仪和观测房，能够实时监测地震的加速度、速度和位移量，通过预设的警戒值，一旦监测到超过安全范围的地震信号，即可启动紧急应急措施。应急措施主要包括关闭水库进出口闸门、泄洪、调整水位等，以减轻水库结构在地震中的承受力，确保水库在地震发生时能够最大限度地保持安全。

3.3.2 自然灾害应对策略

在自然灾害发生时，监测系统通过多种手段，包括水库水位监测、坝体位移监测等，全面掌握水库的运行状态。应对自然灾害的策略涵盖了多个方面，包括预警系统的建设、监测系统的灵敏度提升，以及相关人员的培训与演练。通过及时有效的应对措施，水库能够在自然灾害发生时最大程度地减小损失，确保水库运行的安全性和稳定性。

4 水库大坝运维管理

4.1 水库大坝安全监测项目概述

4.1.1 大坝表面位移监测

大坝表面位移监测是努尔加水库安全监测中的关键项目之一，通过引入先进的监测技术以实现对大坝表面水平和垂直位移的实时监控^[1]。监测设备被布置在大坝表面的关键位置，以捕捉任何可能发生的位移情况，水平位移数据提供了对大坝整体稳定性的直观了解，而垂直位移数据则有助于判断大坝的沉降状况。通过密集的监测布点，及时发现并记录大坝表面的微小变化，监测结果将在监测中心进行实时分析和评估，快速响应任何潜在的结构位移风险。大坝表面位移监测系统的运行频率和高精度仪器的使用确保了对水库工程稳定性的全方位关注。

4.1.2 坝体内部位移监测

坝体内部位移监测，通过引入引张线式水平位移计、杆式沉降仪等先进设备，确保对坝体内部变形的高精度测

量。监测系统被布置在坝壳料关键区域，实时监控垂直和水平方向的位移情况，监测数据的精确获取对于预测坝体内部结构的潜在变化趋势至关重要，更好地了解结构变形的性质和规律，为长期稳定性的评估提供可靠的数据支持。

4.1.3 溢洪洞和放水洞监测

努尔加水库的溢洪洞和放水洞通过渗压计、钢筋计等高精度监测仪器的布置，监测这些关键洞口的状态以及洞体结构可能发生的变化^[2]。监测数据通过密集的监测布点，能够实时追踪溢洪洞和放水洞的工作状态，及时发现潜在问题，确保水库在各种工况下的安全稳定运行。

4.2 监测断面布置与仪器选用

4.2.1 横剖面和纵剖面布置

水库监测涉及横剖面和纵剖面的布置，在横剖面方面，监测点分布覆盖了垂直于河流方向的区域，其中重要的监测位置包括坝顶、左岸和右岸；在纵剖面上，监测点位于水流方向上，包括进口、洞口、出口等关键位置，以便全面追踪水库内部水文动态。通过这样的布置，能够全面把握水库工程的动态变化，实现对横向和纵向变形的精准监控。

4.2.2 监测仪器详解

监测仪器的选择对于数据的准确采集至关重要，在努尔加水库的监测体系中，采用了引张线式水平位移计、杆式沉降仪、渗压计、钢筋计等高精度仪器^[3]。引张线式水平位移计用于大坝表面位移监测，通过张紧的测线来实现水平位移的高精度测量；杆式沉降仪主要用于坝体内部位移监测，能够实时记录坝壳料的沉降情况；渗压计和钢筋计则应用于溢洪洞和放水洞的水力学监测，监控洞口水压和结构变形的变化。

4.3 监测频率和数据处理

监测频率和数据处理是水库大坝安全监测中的重要环节。在强震监测方面，制定合适的频率，以确保对地震事件的敏感性和实时性，及时捕捉到潜在的地质灾害风险，为采取紧急应对措施提供准确数据支持。观测数据的收集与汇总通过精心设计的数据收集系统，确保各监测点数据的高效获取。而后，通过科学的数据汇总方法，清晰呈现水库大坝各项监测数据，为进一步分析和应对提供基础。

4.4 安全监测工作的人工干预与养护

在水库大坝安全监测中，通过定期的人工校测和定期检查，能够及时发现潜在的问题并采取相应的维护措施，从而确保监测设备的准确性和可靠性。人工校测主要包括对各监测项目的仪器进行手动检测，通过定期的人工校测，及时发现并解决仪器的漂移、误差等问题，确保监测数据的真实性。定期检查监测设备的硬件和软件，通过检查设备的运行状态、零部件的磨损情况，及时更换老化部件，我们能够提高设备的寿命和可靠性。

4.5 监测数据分析与报告编制

监测数据的分析与报告编制，通过采用科学的数据分

析方法和工具，能够深入挖掘监测数据的信息，为大坝的安全运行提供有力支持。在数据分析方面，通过对这些数据的持续监控和深入分析，我们能够及时识别潜在风险和异常情况，从而采取必要的预防措施。报告的编制，通过对监测数据的定期整理和归档，制定年度报告，详细总结了大坝的监测成果和运行状况。

4.6 设备维护与保养

通过实施定期维护计划，保证监测设备的正常运行和延长其使用寿命，包括巡检、清洁、校准传感器，及时更换老化零部件，以提高设备可靠性和降低潜在故障风险。制定全面的保养准则，从操作规范到环境保护，确保设备在适宜的环境中运行，防止因操作不当或环境恶劣导致的损坏。

4.7 人员培训与应急演练

监测人员是水库安全的第一道防线，他们的专业素养和应急处置能力直接关系到水库工程的可靠性。在监测人员的培训计划中，要注重监测仪器的使用原理、操作技能、故障排除等方面，以确保监测人员能够熟练掌握所有监测项目的操作流程，还要有水库工程安全管理的法规、标准和操作规程等方面的内容。应急演练也是确保监测人员在紧急情况反应速度的重要一环，演练内容要有各类突发事件，包括强震、洪水等紧急情况处理，演练频率应根据水库工程的运行情况和当地气象水文特点进行调整，以确保监测人员随时能够熟练应对各类突发情况。定期培训和演练将提高监测人员在紧急情况下的应变能力，确保水库工程安全可靠地为社会提供服务。

4.8 数据管理与信息化建设

数据的安全性和完整性对水库工程的稳定运行至关重要，建立多层次的数据备份系统，确保监测数据在任何情况下都能得到及时、完整的恢复。引入先进的信息技术，实现对监测数据的实时监控、远程访问和分析处理，提高了数据的利用效率，为监测人员提供了更便捷的工作手段。未来，将不断更新信息系统，引入更先进的技术，以适应科技的快速发展，进一步提升水库工程的管理水平。

4.9 工程管理维护

水库大坝的工程管理维护是确保水库安全运行的重要环节，包括对大坝结构、设备和基础设施的全面管理和维护。在结构稳定性和渗流监测方面，先进的监测技术用于确保大坝能够有效抵御各种外部力量，渗流监测则聚焦于大坝体的渗透性，以及时预防潜在的渗流问题。工程管理维护在水库初次蓄水阶段显得尤为关键，团队需特别关注初次蓄水的关键时刻，确保大坝和相关设备在正常运行之前经过了适当的测试和调整。在季节变化方面，考虑到温度变化等因素可能引起的膨胀和收缩，团队需要灵活调整监测策略，以保持水库在不同季节的安全性和稳定性。团队需要在这些突发状况下采取紧急监测和应急措施，对可能受到影响的区域进行实时监测，并迅速采取必要的保

护措施，以最大限度地减少可能的损害。

5 结语

努尔加的建设为昌吉市及周边地区提供了可靠的供水保障，调节了三屯河径流，提高了城镇生活供水和农业灌溉供水的保障率，同时防洪效益显著提升。其次，水库运行促进了灌溉水质的改善，成功阻拦了泥沙，使灌溉水质清澈度达到 90%以上，在生态方面也取得了积极成果，通过“两库联调”拦蓄洪水，年均保障了至少 1837 万方的生态基流，有效维护了昌吉市地下水环境。

[参考文献]

[1] 易会明. 基于云模型的水库大坝安全评价方法研究与

应用[J]. 红水河, 2022, 41(6): 1-6.

[2] 康芳华. 芦围水库大坝安全管理应急预案分析[J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(12): 243-247.

[3] 张道成. 研究大中型水库大坝安全关键问题[J]. 水上安全, 2023(3): 121-123.

[4] 邹红, 何敏. 龙门下库水库大坝安全综合评价[J]. 人民黄河, 2023, 45(1): 171-172.

作者简介: 李金粟 (1976. 2—), 毕业院校: 新疆农业大学, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位名称: 昌吉市水利管理站, 职务: 努尔加水库管理所副所长, 职称级别: 高级工程师。