

# 水库蓄水过程中的水文地质勘察问题分析

罗 伟 程志旺

长江水利水电开发集团(湖北)有限公司 湖北 武汉 430014

**摘 要:** 在水库建设与运营中,水文地质勘察扮演着至关重要的角色。它不仅影响着水库的选址、设计及建设,还直接关系到水库的使用寿命和安全运行。本文将深入探讨水库蓄水过程中所面临的水文地质问题,以及如何在勘察过程中分析和解决这些问题,以期水库工程的科学决策提供参考。

**关键词:** 水库蓄水过程;水文地质;勘察问题

## 1 引言

水文地质问题在水利工程中扮演着至关重要的角色,特别是在水库蓄水过程中。水库的建设、运行和维护都会影响到工程区的水文地质环境,而这些变化反过来又会反过来影响水库的稳定性和安全性。因此,对水库蓄水过程中的水文地质问题进行深入研究,具有重要的理论和实践意义。本文将探讨水库蓄水对水文地质条件的影响,以及水文地质勘察在其中的作用和挑战,以便为今后的水库建设和管理提供科学依据。过去几十年,随着社会对水资源需求的不断增长,水库建设数量不断增多,这就对查明库区水文地质条件提出了更高的要求。随着科技的进步,水文地质勘察技术也在不断发展。目前,物探、钻探、测量和原位试验等现代化技术的应用,使得对水文地质条件的了解更加精确,为水库的选址和设计提供了更有力的支持。然而,尽管技术在进步,但水文地质问题仍然存在,这需要在理论和实践上均有所突破,以应对未来的挑战。

本文将从水文地质勘察的概述、水库蓄水对水文地质条件的影响、水文地质勘察方法和技术、水文地质问题的分析、案例研究、风险评估与管理、未来发展趋势等多个方面,深入探讨水库蓄水过程中的水文地质问题。通过本文,读者将对水文地质在水库蓄水过程中的重要性有更深入的理解,同时也能了解到当前的研究现状和未来的发展趋势。

## 2 水文地质勘察概述

水文地质勘察目的是查明地下水的分布特征、运动规律、水质状况及其与地质环境之间的相互作用关系,是地质勘察的重要组成部分。这项工作对于确保水利工程的稳定性和安全性,以及未来运行维护的顺利实施具有至关重要的作用。

(1) 水文地质勘察的内容主要包括以下几个方面:一是对地下水的分布和运动规律进行调查,确定地下水

的补给、径流及排泄等特性;二是对地下水化学成分进行分析,了解水质状况;三是对地下水的储量进行估算,包括静态储量和动态储量;四是研究地下水与地表水的相互关系,了解地下水位变化对地表水的影响;五是分析岩土体的水文地质性质,如抗渗性、透水性、膨胀性等,以及地下水对岩土体的物理力学性质的影响。此外,还要综合考虑地质构造、地震活动性、库岸稳定性等因素,进行全方位的水文地质环境评估。

(2) 水文地质勘察的方法和技术多种多样,包括物探、钻探、测量和原位试验等,这些方法可以获取到准确的地下水参数信息。物探通过测量地质物理场,如重力场、磁场和电场等,进而推断地下地质构造和水文地质条件;钻探技术则是通过钻井取样,直接获取地下岩土和地下水的信息;测量技术包括水准测量、地形测量、地质测量等,可以测量到地表及地下水面的形态、地层的厚度和地下水位的变化等。原位试验则是在现场进行的测试,如载荷试验,十字板剪切试验、原位剪切试验及注水试验等,可以直接测定岩土体的物理力学性质。

(3) 在水库工程中,水文地质勘察的作用主要表现在以下几个方面:一是为水库的选址和设计提供科学依据,通过水文地质条件的分析,可以确定水库的适宜位置和规模;二是为水库的运行和维护提供参考,通过持续的水文地质监测,可以及时发现和预防可能的水文地质问题;三是为科学管理提供支持,通过对水文地质条件的深入理解,可以制定出合理的水库运行方案和应急措施,确保水库的长期稳定运行。

水文地质勘察对于水利工程,特别是水库工程的重要性不言而喻。它对保障水库稳定运行,减少潜在风险,提高运行效率具有至关重要的作用。因此,对水文地质条件进行深入研究和科学调查,对提高水库工程的经济性和安全性具有深远意义。

### 3 水库蓄水对水文地质的影响

水库蓄水是水利工程建设的重要阶段,其过程中对水文地质环境产生的影响深远,不仅影响着水库的稳定与安全,还对周边生态系统和地质构造稳定性带来一系列挑战。本文将深入剖析水库蓄水对水文地质条件的具体影响。

(1) 最直观的影响便是地下水位的显著变化。水库蓄水后,大面积地表被水体覆盖,原来的地下水位上升,尤其是在库区边缘,这种上升现象尤为明显。这种地下水位的上升可能引发一系列问题。例如,地下水位的升高可能会导致地下水位与地表水位之间的差距缩小,甚至在某些情况下,地下水可能会溢出地表形成地表径流,这不仅可能改变原有的水文循环,还可能引发土地沼泽化、盐碱化,对农田和生态环境产生不良影响。

(2) 除了对地下水位的影响,水库蓄水还可能改变地下水的运动规律。库水位升高可能改变地下水的流向,使得地下水流动路径发生改变,甚至引发地下水的回灌,影响地下水的动态平衡。这些变化可能在地质构造薄弱处引发地面沉降塌陷,对库区及其附近的人居环境构成威胁。

(3) 水库蓄水还会对地质构造稳定性产生影响。水体的重量对库岸产生压力,可能导致库岸变形,严重时甚至产生滑坡和崩塌。特别是在松散沉积层或软弱岩层中,水体压力的增加可能会引发库岸的不均匀沉降,进一步加剧地质灾害的风险。此外,蓄水可能改变地应力场,增加了水库诱发地震的可能性,如三峡水库的诱发地震监测预测系统就显示,蓄水过程中的地应力调整可能触发地震活动。

(4) 水库蓄水对地表水与地下水的相互作用也有显著影响。水体覆盖可能导致地表水体与地下水的交换增强,这可能改变水质,影响到地下水的矿化度和溶解气体含量,对生态环境和水资源质量产生长期影响。

水库蓄水对水文地质的影响是一个复杂且动态的过程,需要综合运用水文地质学、地质力学、环境科学等多学科的知识进行深入研究。为了有效降低这些影响,工程人员需要进行长期的水文地质监测,包括地下水位监测、地质变形监测、地震活动监测等,以便及时发现并采取措施应对可能出现的问题。同时,通过水文地质研究,可以为库区的合理规划和生态修复提供策略,降低蓄水对周边环境的负面影响。

### 4 水文地质勘察方法和技术

在应对水库蓄水对水文地质的影响时,水文地质勘察起着至关重要的作用。通过详细的水文地质勘察,可

以预测蓄水可能带来的地下水特征变化、地质构造稳定性等问题,从而为工程设计和施工提供科学依据。例如,在三峡工程的选址过程中,对水文地质条件的深入分析使得最终选择了地质条件优越的三斗坪坝址,有效规避了可能的地质风险。水文地质勘察是确保水库建设科学性和安全性的重要环节,其方法和技术的精度和效率对于整个工程的规划和管理至关重要。本节将详细介绍水文地质勘察的主要方法和技术,以及它们在水库蓄水过程中的应用。

(1) 地下水位监测是水文地质勘察中不可或缺的手段。通过布设地下水位观测孔,定期或实时测量地下水位的变化,可以确定地下水的补给和排泄条件,评估蓄水对地下水位的影响。在水库蓄水初期,地下水位监测尤为重要,因为此时水位上升最为显著,可能带来如土壤盐碱化、地表径流改变等问题。地下水位监测则能帮助预测和防治诸如地面沉降、地下水回灌等潜在风险。

(2) 地质钻探是水文地质勘察的关键技术之一。通过钻孔取样,可以直接获取地下岩土体及地下水,进而查明地下水的分布、运动规律以及岩土体的水文地质性质。在水库工程中,钻探技术常用于确定地下含水层的厚度、岩性、渗透性,以及地下水的化学成分。此外,钻孔也可用于进行原位试验,如注水或压水试验,以评价岩土体的渗透性能。

(3) 物探是利用地球物理场(如重力场、磁场、电场等)的变化来推断地下地质构造和水文地质条件的方法。例如,重力异常测量可以帮助识别地下的密度差异,可能揭示地下含水层的位置和厚度;而电磁法则可以探测地下含水层的导电性,间接反映地下水的分布和岩石的渗透性。这些方法在水库选址阶段尤其重要,它们能够在不破坏地下结构的情况下,提供地下水及岩土体的地质信息。

(4) 测量技术如水准测量、地形测量和地质测量,用于精确测量地表和地下水平面的形态,以及地层厚度和地下水位的变化。在水库蓄水过程中,这些测量技术能够提供地质构造的三维信息,帮助分析库区的变形情况,预测可能的地质灾害风险。例如,通过地形测量,可以监测库岸的沉降和位移,通过水准测量,可以监测地下水位的动态变化,这些数据对于水库的安全管理至关重要。

(5) 原位试验是在实地进行的测试,如载荷试验,十字板剪切试验、原位剪切试验及注水试验等,可以直接测定岩土体的物理力学性质,如承载力、剪切强度、渗透系数等。这些试验数据对于设计水库的防渗系统、

评估库岸稳定性以及预测地下水的渗透和运动都至关重要。原位试验通常与钻探技术结合使用,确保得到的数据准确可靠。

(6) 随着科技的进步,新的勘察技术和方法也在不断涌现。遥感技术可以快速获取大范围的地形、土壤湿度和地表水分布信息,为初步评估水库选址的水文地质条件提供直观的参考。地理信息系统(GIS)能够整合来自不同来源的地质、水文数据,进行综合分析,帮助识别潜在的水文地质风险。数值模拟技术,如有限元分析、水动力学模型,可以模拟蓄水过程中的地下水流动、库岸变形等复杂过程,为水库设计和管理提供更精确的预测。

### 5 水文地质勘察问题分析

水库蓄水过程中的水文地质问题分析是确保工程安全和运行效率的关键环节。尽管现代技术如物理勘察、钻孔、测量和原位试验等已大大提升了水文地质勘察的精度,但仍存在一些挑战和问题,需要在实践中不断解决和优化。

(1) 数据获取的局限性是水文地质勘察的一个主要问题。尽管钻探和钻孔技术可以获取地下岩土和地下水的直接信息,但其成本高昂,且受制于地理条件,无法实现大规模、高精度的连续监测。同时,物探虽能提供大范围的地质信息,但对地下具体构造的细节描述可能不够准确。因此,如何更高效、低成本地获取地下地质结构和水文参数,是当前水文地质勘察需要解决的首要问题。

(2) 水文地质条件的动态变化难以预测。水库蓄水后,地下水位的上升和地下水运动规律的改变是一个复杂的过程,会受到气候、地质构造和人类活动的多重影响。当前的数值模拟技术虽然能提供一定的预测能力,但面对复杂的地质环境,模型的准确性和可靠性仍有待提高。为了更准确地预测蓄水对水文地质的影响,需要结合理论研究、现场试验和监测数据,持续优化和验证模型。

(3) 水文地质勘察与工程设计的协同性不足。有时,水文地质数据的获取和分析晚于工程设计的进度,导致设计可能基于不完整或过时的信息。这种状况可能导致设计的不足,比如防渗系统的不合理设计,或者对库岸稳定性的低估。优化数据采集与设计的流程,确保

信息及时、准确地传递和应用,是提高工程质量和安全的关键。

(4) 水文地质风险的评估和管理机制还有待完善。虽然已有地震监测预测系统如三峡水库的系统,但这些系统往往侧重于特定风险,如诱发地震。对于其他潜在风险,如地下水污染、地表沉降等,风险评估体系还需进一步完善。充分考虑不同风险的相互作用,建立全面的风险评估框架,有利于制定更有效的应对策略。

(5) 水文地质数据的共享与利用存在障碍。在多学科、多部门参与的水库工程中,数据的获取、管理与共享可能存在壁垒,导致信息的重复采集和利用率低下。建立统一的数据管理平台,促进信息的无缝对接和高效利用,将有助于提升整体工作效率。

为应对这些问题,未来的研究和实践应着重于提升数据获取技术的效率和准确性,发展更为精确的预测模型,优化水文地质数据与工程设计的协同,完善风险评估体系,以及推动数据共享平台的建设。通过这些努力,水文地质勘察将能够更好地服务于水库工程,确保其蓄水过程中安全稳定运行,为水资源管理提供有力保障。

### 6 结束语

水文地质勘察在水库蓄水过程中起着决定性作用。通过精准的勘察,我们可以预先识别潜在风险,采取有效的预防措施,确保水库的安全运行。同时,不断积累的实践经验和技术进步也将推动水文地质勘察方法的创新及发展,为未来的水库建设提供更有力的保障。面对新的挑战,我们应持续深化研究,提升水文地质勘察精度,为水资源的可持续利用做出更大贡献。

### 参考文献

- [1]刘胜,郑克勋,王森林.连通试验在山区沟谷岩溶水库渗漏勘察中的应用[J].水利与建筑工程学报,2022,20(01):108-113.
- [2]黄玉红,周泽军.水库渗漏勘察内容及方法[J].河南水利与南水北调,2021,50(03):50-51.
- [3]陈黎.实例分析强岩溶地区水库渗漏勘察及评价[J].河南水利与南水北调,2021,50(02):58-59+73.
- [4]陈成林.水利水电工程的水文地质勘察策略[J].西部资源,2020,(05):118-120.
- [5]王少敏.工程地质与水文地质的应用研究[J].智库时代,2018,(44):231-232.