

4.3 化学组分比率特征

地球化学组分比率是反映地热流体成因及循环深度的重要指标[5-6],研究区地热流体主要组分比率统计结果见表2。由表可知:Na⁺/K⁺比值介于59.30~114.34之间,均超过20,高于一般地热田比值范围(8~20),表明区域地热流体受温度、地层压力及围岩性质等多重因素影响,Na⁺富集程度较高。Na⁺/Ca²⁺比值9.16~26.82,比值较大表明基底温度较高,符合中低温地热田特征。Mg²⁺/Ca²⁺比值0.12~0.61,低值特征进一步印证了地热流体经历了较高温度环境的深循环过程。Cl⁻/HCO₃⁻比值0.17~0.38,Cl⁻/F⁻比值34.45~100.13,显示区域地热流体化学组分受水岩反应控制明显,Ca²⁺含量受pH值及CO₃²⁻含量影响较大。SiO₂含量24.2~29.12mg/L,与热储温度呈正相关关系,可作为区域地热流体温度指示剂。

4.4 放射性特征

研究区地热流体放射性检测结果显示,总α放射性0.043~0.066Bq/L,总β放射性0.042~0.07Bq/L,均远低于《生活饮用水卫生标准》(GB5749—2022)规定的限值(总α≤0.5Bq/L,总β≤1.0Bq/L),放射性水平安全,符合地热资源开发利用要求。

4.5 理疗与饮用价值评价

依据《地热资源地质勘查规范》(GB/T11615-2010)和《食品安全国家标准饮用天然矿泉水》(GB8537—2018)对地热流体进行评价:

理疗价值:氟含量0.5~1.31mg/L、偏硅酸含量26.62~29.12mg/L、温度38.6~40.1℃、矿化度424~600mg/L,均达到理疗矿水命名浓度,其中偏硅酸达到矿水浓度标准,具有良好的医疗保健价值。

饮用价值:界限指标中锶(0.2~0.58mg/L)、偏硅酸(26.62~29.12mg/L)满足饮用天然矿泉水要求,限量指标和污染物指标均未超标,可作为饮用天然矿泉水开发。

生活饮用:勘探1号孔氟化物含量1.31mg/L略超《生活饮用水卫生标准》限值(1.0mg/L),长期饮用可能导致氟斑牙,经处理后可作为生活饮用水。

5 地热流体成因分析

5.1 地热田成因类型

研究区地热田属受构造断裂控制的盆地沉压型中低温地热田(II-2型),其形成受热源、热储、盖层及导热水构造四大要素控制:

热源:一是地球内部深部热流通过岩石传导形成的地温梯度加热,区域地温梯度2.5~3.5℃/100m,平均3.06℃/100m;二是地层中铀、钍、钾等放射性元素衰变产生的热量,研究区位于伊犁砂岩型铀矿床分布区,放射性元素丰度较高,为地热形成提供了额外热源。

热储:核心热储层为白垩系东沟组灰白色石英砂岩,平均厚度210m,孔隙度19.2%,渗透率265mD,具备良好的储热和储水能力。

盖层:热储层上覆第四系及新近系大厚度泥岩、泥质砂岩,导热性差(热导率1.86~2.23W/(m·℃)),构成

良好的保温盖层,减少了热量散失。

导热水构造:区域北西向、东西向断裂构造发育,断裂带切割深度大,为地热流体深循环及上升运移提供了通道,同时次级断裂对地热流体起阻隔富集作用。

5.2 地热流体形成过程

研究区地热流体形成过程可概括为“补给-循环-加热-运移”四个阶段:

补给阶段:南部察布查尔山区大气降水(年降水量231.39mm)沿基岩裂隙入渗,成为地热流体的初始补给水源。

循环阶段:补给水体在重力作用下沿断裂构造向深部运移,形成深循环,循环深度达1157m,期间与围岩发生充分的水岩相互作用。

加热阶段:深循环水体通过传导作用吸收深部热量,同时溶解围岩中的钠、硅、氟等元素,使水体温度升高并形成特定化学组分特征。

运移阶段:受热流体密度差异及压力驱动,加热后的地热流体沿断裂构造向上运移,在适宜的构造部位富集,形成可供开发的地热资源。

6 结语

1)察布查尔县地热田属于中低温地热田(II-2型)受构造断裂控制的盆地沉压型地热田,热储层为白垩系东沟组灰白色石英砂岩,埋深990-1208m,热储温度40.1-46.4℃。

2)地热流体水化学类型以HCO₃·SO₄-Na、SO₄·HCO₃-Na型为主,pH值8.40-8.60,TDS424-747mg/L,属于低矿化度弱碱性水。氟、偏硅酸、温度、矿化度均达到理疗矿水命名浓度,具有很好的理疗用途。

3)地热田热源来自地温梯度及放射性元素衰变,导热水通道为察1断裂、Z1断裂等深大断裂,地热流体循环深度可达1157m。

4)察布查尔县地热资源具有广阔的开发利用前景,可用于医疗康养、洗浴、温室、农田灌溉、养殖等领域,合理开发利用将有效带动当地旅游发展,促进城市生态文明建设和经济社会可持续发展。

参考文献

- [1] 王贵玲, 蔺文静, 刘志明, 等. 中国地热资源潜力评估[C]//中国地球物理学会第二十七届年会论文集. 长沙: 中国科学技术大学出版社, 2011: 289.
- [2] 郭忠杰, 王锦国, 陈舟, 等. 云南省鹤庆西山温泉水龙潭温泉成因机制探讨[J]. 工程勘察, 2015, 43(5): 43-48, 98.
- [3] 袁星芳, 王敬, 霍光, 等. 胶东半岛洪水岗汤泉水化学特征与成因分析[J]. 地质与勘探, 2020, 56(2): 427-437.
- [4] 蒋显忠, 陆建国, 陈书建. 新疆察布查尔县地热资源勘查评价报告[R]. 乌鲁木齐: 新疆地矿局第一水文工程地质大队, 2024.
- [5] LANGELIER W F, LUDWIG H F. Graphical methods for indicating the mineral character of natural waters[J]. J Am Water Works Assoc, 1942, 34(3): 335-352.
- [6] 中华人民共和国地质矿产部. 地热资源地质勘查规范(GB/T11615-2010)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

Research on Safety Risk Identification and Whole Process Control in Water Conservancy Engineering Construction

Xiaodong Su

Guangxi Fangchenggang BNP Environmental Protection and Water Affairs Co., Ltd., Fangchenggang, Guangxi, 538000, China

Abstract

The identification of safety risks and the whole-process control in the construction of water conservancy projects are key aspects to ensure project quality and personnel safety. With the gradual expansion of water conservancy projects and the increasing complexity of construction environments, safety risks have become increasingly severe. This paper discusses the importance of safety risk identification in construction based on the current situation of water conservancy projects and analyzes commonly used risk identification methods and assessment models. By studying the construction and improvement of the safety management system for water conservancy projects, the paper proposes whole-process risk control measures before, during, and after construction. Additionally, this paper also explores the application of information technology in the safety management of water conservancy project construction, providing a theoretical basis for improving the refinement and scientific level of construction safety management.

Keywords

Water conservancy projects; Construction safety; Risk identification; Risk control; Information technology

水利工程施工安全风险识别与全过程控制研究

苏晓东

广西防城港北投环保水务有限公司, 中国·广西 防城港 538000

摘要

水利工程施工安全风险识别与全过程控制是保障工程质量和人员安全的关键环节。随着水利工程项目的规模逐渐扩大, 施工环境复杂度增高, 安全风险日益严峻。本文结合当前水利工程施工中的实际情况, 探讨了施工安全风险识别的重要性, 并分析了常用的风险识别方法与评估模型。通过研究水利工程施工安全管理体系的构建与完善, 提出了施工前、施工中和施工后的全过程风险控制措施。此外, 本文还探讨了信息化技术在水利工程施工安全管理中的应用, 为提升施工安全管理的精细化、科学化水平提供理论依据。

关键词

水利工程; 施工安全; 风险识别; 风险控制; 信息化技术

1 引言

随着我国水利基础设施建设的持续推进, 水利工程规模不断扩大, 施工过程中的安全风险也逐渐增多。施工安全问题不仅关系到项目的顺利实施, 还直接影响到人员生命安全和经济社会发展。因此, 如何有效识别和控制施工安全风险, 成为了水利工程管理中的重要课题。水利工程施工具有复杂的作业环境、多变的自然条件以及高风险的作业内容, 这些因素使得施工安全风险更具特殊性。为了确保施工过程的安全高效进行, 必须在全过程中对安全风险进行有效识别与管理。本研究将重点探讨水利工程施工中的安全风险识别与全过程控制问题, 分析当前常见的风险识别方法与控制措

施, 并提出相应的优化策略, 以期为水利工程施工的安全管理提供理论支持和实践指导。

2 水利工程施工安全风险识别的重要性

施工安全风险是指在施工过程中可能对人员、设备、环境及工程质量等产生不利影响的潜在危险因素。水利工程施工涉及多个领域, 施工环境的复杂性和多变性增加了施工安全风险的发生概率。其特点包括风险种类繁多、风险的发生具有偶然性和突发性、风险控制难度大。水利工程施工中的安全风险大多是由多种因素交织形成的, 例如施工现场的高空作业、深基坑作业、大型机械的操作以及复杂的气候条件等, 都会导致事故的发生。施工安全风险往往具备时效性, 即在不同施工阶段, 面临的安全风险类型和程度会发生变化。此外, 水利工程施工的风险不仅影响施工过程, 还可能对周围环境造成长期影响, 尤其是在水利工程的水源地、生

【作者简介】苏晓东(1990—), 男, 中国广西防城港人, 本科, 从事工商管理研究。

态环境区域等特殊场所,风险的隐患极为严重^[1]。不同地域和不同施工阶段的安全管理要求也各不相同,施工方必须根据具体环境制定相应的安全保障措施。最后,水利工程建设具有较大的社会责任和公共影响,施工中出现的任何安全问题都可能对公众的生命财产安全及生态环境造成严重威胁,尤其在水库、大坝等设施建设中,安全风险的控制更为重要。

3 水利工程施工安全风险识别方法

3.1 常见的风险识别方法概述

在水利工程施工中,常见的风险识别方法主要包括经验法、检查法、流程分析法和模型分析法等。经验法依赖于项目管理人员根据过往经验对施工过程中可能出现的风险进行预测和识别。检查法则是通过对施工现场、设备、人员等方面的逐项检查,识别潜在的安全隐患。在2018年某水利工程项目中,通过检查法,项目团队识别出18项安全隐患,其中有4项风险隐患被及时整改,有效避免了事故的发生。流程分析法通过对施工过程进行详细分析,识别每个环节中可能出现的风险。例如,通过对基础施工、混凝土浇筑、机械操作等各环节的流程分析,识别出潜在的风险,并提出相应的预防措施。模型分析法则采用数值模型和仿真技术进行风险评估。通过建立施工过程的数学模型,可以计算不同条件下的风险概率,为施工管理人员提供科学的数据支持。在某些大型水利项目中,模型分析法的应用可以为风险识别提供高精度的数据,帮助管理人员预测事故发生的可能性和影响程度。综合运用这些方法,可以有效识别施工过程中的多种安全风险。

3.2 水利工程施工安全风险评估方法

水利工程施工安全风险评估是对识别出的风险进行定量分析,以便对其进行优先级排序和管理。在风险评估中,常用的方法包括风险矩阵法、故障树分析法(FTA)、层次分析法(AHP)等。风险矩阵法通过将风险的发生概率和后果严重性结合,形成风险矩阵,用以评估各项风险的优先处理顺序。例如,在某水利项目的风险评估中,项目团队通过构建风险矩阵,将风险按发生概率和后果的严重程度分为高、中、低三个等级,从而确定了应优先处理的五项高风险问题。故障树分析法通过将复杂的系统故障分解成多个子问题,逐一分析其原因及后果,评估各个子风险对整体安全的影响。在某些大型水利工程项目中,故障树分析法可以帮助团队识别深层次的潜在风险,并提供详细的风险控制策略。层次分析法则通过构建层次结构,分析多个因素对风险的影响,从而确定最关键的风险因素。例如,在某水利项目的施工安全评估中,通过层次分析法发现,机械设备的操作不当是导致安全事故的主要因素,从而制定了加强设备操作培训的措施。通过这些评估方法,施工团队能够科学地识别和评估风险,并为风险控制提供有力支持。

3.3 定量与定性风险识别技术的结合应用

定量与定性风险识别技术的结合应用能够全面、系统

地评估水利工程施工中的安全风险。定性风险识别技术主要依赖专家经验和判断,适用于识别一些难以量化的安全风险,如施工人员的不安全行为、组织管理上的缺陷等。通过访谈、问卷调查等方式,结合专家的经验 and 直觉,能够对施工现场的潜在风险进行识别并加以评估。定量风险识别技术则依赖于数据分析和数学模型,能够对已识别的风险进行数值化评估。例如,基于历史数据和统计分析,采用概率分析方法来评估某一特定风险发生的可能性和影响程度。在实际应用中,定性技术能够帮助识别难以量化的主观风险,而定量技术则可以提供准确的数据支持。通过将两者结合,可以弥补单一方法的不足,确保风险识别的全面性和准确性。例如,在某水利项目中,通过定性与定量结合的方法,项目团队在施工前识别出15项潜在风险,并通过定量分析确定了其中7项高风险因素,为制定安全管理措施提供了科学依据。这种结合应用能够为水利工程施工中的安全管理提供更加精准的决策支持^[2]。

4 水利工程施工安全风险控制措施

4.1 施工前风险评估与规划

在水利工程施工前,风险评估与规划是确保施工安全的重要环节。根据2019年某水利项目的风险评估数据,施工前通过详细的现场勘查和专家分析,识别出主要安全风险点,包括高空作业、深基坑施工和机械设备操作等。对这些风险点的详细规划和预防措施帮助项目管理团队有效减少了发生意外的概率。通过风险评估模型,将高风险项目(占总项目的25%)与低风险项目(占总项目的70%)明确划分,为后续的安全管理提供了明确的方向。风险规划还包括施工人员的安全培训计划和安全设备的提前布置,以确保每个环节都能达到安全标准。施工前的风险评估为项目的顺利推进奠定了基础,降低了总体施工风险,使得事故发生率在项目实施初期就得到有效控制^[3]。

4.2 施工过程中的风险监控与应对

在水利工程施工过程中,实时的风险监控与应对措施至关重要。在2018年的一项水利项目中,施工现场每日进行安全检查,发现并解决了15个潜在的安全隐患,其中5个被即时修复。通过安装实时监控系統,能够实时捕捉施工过程中存在的机械设备故障、气象变化等信息,确保工程进度不受安全问题影响。施工过程中的风险监控不仅依赖技术手段,还需要现场管理人员的持续跟进和数据分析。比如,通过风险预警系统,在接到气象预警的24小时内,对施工现场的人员进行疏散和设备加固,避免了恶劣天气带来的潜在危险。此外,施工过程中应急处理措施也在多次模拟演练中得到完善,确保一旦发生突发事件,能够迅速做出反应,将损失降到最低。

4.3 施工后的安全检查与评估

施工后,安全检查与评估同样不可忽视。根据2017年某水利项目的后评估数据,项目完成后的安全检查发现了9