

水资源与水文地质对工程地质环境灾害的影响研究

林 磊

湖南省核地质与核技术应用中心 湖南 长沙 410000

摘要：随着城市化进程的加快和工程建设的不断扩大，水文地质因素在地质灾害中的作用愈发显著。本文通过分析水资源与水文地质对工程地质环境的影响，探讨了其引发地质灾害的主要机制，并提出了相应的防治措施。研究表明，合理评估水文地质条件，科学利用水资源，对预防和控制地质灾害具有重要意义。

关键词：水资源；水文地质；工程地质；环境灾害

引言

工程地质环境灾害，作为自然界与人类活动交织作用下的复杂现象，不仅阻碍了工程建设的顺利进行，更对人类社会经济发展和居民生命财产安全构成了严峻挑战。其中，地面沉降、地基变形、滑坡、岩溶塌陷等灾害类型尤为突出，它们的发生机制复杂多样，但一个共同且关键的影响因素便是水文地质条件。因此，深入探讨水资源与水文地质对工程地质环境的影响，不仅有助于揭示这些灾害的成因与演化规律，更为我们制定有效的防灾减灾策略提供了科学依据。在城市化进程加速推进的今天，工程建设活动日益频繁，对地下水资源的需求和干扰也随之增加。地下水，作为地球上最为宝贵的淡水资源之一，其动态变化与地质环境的稳定性息息相关。一方面，地下水为农业灌溉、工业生产和城市供水提供了不可或缺的水源；另一方面，不合理的开采和利用方式却导致了地下水位下降、水质恶化等一系列问题，进而触发了工程地质环境灾害的连锁反应。因此，从水资源管理的角度出发，科学评估并合理调控地下水资源的开发利用，对于维护地质环境稳定、保障工程建设安全具有不可估量的价值。

1 水资源与水文地质概述

1.1 水资源

水资源，这一地球上最为宝贵的自然资源之一，涵盖了地球表面和大气层中所有形态的水体，主要分为地表水和地下水两大类。地表水，如河流、湖泊、冰川等，以其显著的流动性和可见性成为人类最早利用的水资源形式。然而，随着人口增长和工业化进程的加速，地表水资源逐渐难以满足日益增长的用水需求，地下水的开发利用便显得尤为重要。

地下水，作为水资源的“隐形宝藏”，其重要性不言而喻。它不仅分布广泛，几乎遍布地球的每一个角落，而且由于其处于地下封闭或半封闭环境中，相对不

易受到外界污染，水质往往优于地表水。此外，地下水的开采相对简便，成本较低，因此在农业灌溉、工业生产以及城市供水等方面扮演着举足轻重的角色。然而，正是这种看似无限的资源，在人类的过度开采和不合理利用下，却逐渐显露出其脆弱的一面。

地下水的过度开采直接导致地下水位下降，进而引发一系列地质灾害。地面沉降是最为直观的后果之一，当地下水被大量抽取后，土壤中的孔隙水压力减小，土体固结压缩，最终导致地面标高降低。这一现象不仅破坏了地表的自然景观和生态环境，还对建筑物、道路等基础设施造成损害，影响城市的正常运转。更为严重的是，地下水位的下降还可能改变地下水的流动路径和速度，影响地下水的自然净化能力，进而引发水质恶化问题。

1.2 水文地质

水文地质学，作为一门交叉学科，致力于揭示地下水的形成、分布、运动规律及其与地质环境之间的相互关系。它不仅是水资源科学的重要组成部分，也是地质工程学、环境科学等多个领域的基础。通过水文地质研究，我们可以深入了解地下水的赋存条件、运移机制以及水质特征，为地下水的合理开发、利用和保护提供科学依据。

在水文地质学中，地下水位、水量、水质等参数是研究的核心内容。地下水位的变化直接反映了地下水系统的动态平衡状态，是评估地下水资源量和水文地质条件的重要依据。水量的研究则关注地下水资源的可开采量和补给能力，为制定合理的水资源开发利用方案提供数据支持。而水质的研究则更加侧重于地下水的化学成分、物理性质和生物特征等方面，以确保地下水资源的可持续利用和生态环境保护。

此外，水文地质学还关注地下水与地质环境之间的相互作用。地下水在流动过程中会与周围岩土体发生物质交换和能量传递，从而改变岩土体的物理力学性质和

化学组成。这种相互作用不仅影响地下水的运动规律和分布特征,还可能引发一系列地质灾害。因此,通过水文地质研究,我们可以预测和评估地下水位的变化趋势及其对地质环境的潜在影响,为防灾减灾工作提供重要参考。

2 水资源与水文地质对工程地质环境的影响

在探讨工程地质环境稳定性与可持续发展的过程中,水资源与水文地质条件无疑扮演了至关重要的角色。它们不仅直接影响土壤的物理力学性质,还通过复杂的相互作用机制,对地面稳定性、地基承载力及特殊地质现象(如砂土液化、岩溶塌陷)产生深远影响。以下是对这些影响的深度分析。

2.1 地面沉降

地面沉降,作为一种缓变型地质灾害,其根本原因在于地下水的过度开采导致的地下水位下降。当地下水位持续下降时,原本由水填充的土壤孔隙逐渐被空气取代,土壤颗粒间的有效应力显著增加。这一过程促使土壤颗粒重新排列,土壤体积压缩,进而引发地面沉降。值得注意的是,地面沉降是一个累积性的过程,初期可能难以察觉,但长期以来,将对建筑物、基础设施乃至整个城市的地表形态造成显著影响。

此外,地面沉降还伴随着一系列连锁反应。例如,地下管道的破裂、建筑物的倾斜与开裂等,不仅增加了维护成本,还可能对居民的生命财产安全构成威胁。更为严重的是,地面沉降还可能影响地下水资源的自然补给与循环,进一步加剧水资源短缺和水质恶化问题。

2.2 地基变形

地基变形是工程建设中必须高度重视的地质灾害之一。软土层因其高压缩性、低渗透性和易变性,成为地基变形的主要发生区域。地下水位的升降会显著改变软土层的孔隙水压力分布,进而影响其有效应力和抗剪强度。当地下水位下降时,孔隙水压力减小,有效应力增加,软土层趋于压密;反之,当地下水位上升时,孔隙水压力增大,软土层可能因浮力作用而隆起。这种由地下水位变化引起的地基变形,对建筑物的稳定性和安全性构成了严峻挑战。

特别是在复杂水文地质条件下,如存在多层含水层、弱透水层或地下水流速变化较大的区域,地基变形的预测与防治更为困难。因此,在工程建设前,必须进行详细的水文地质勘察和地基承载力评估,以制定合理的地基处理方案,确保工程安全。

2.3 砂土液化和岩溶塌陷

砂土液化是地震等外力作用下的一种特殊地质现

象。当地下水位较高且土层中细砂或疏松土含量较高时,地震波的传播会使这些土体瞬间失去承载力,呈现液化状态。液化后的土体如同流体一般,无法支撑上部结构物的重量,导致建筑物倒塌或地基失效。砂土液化的发生与地下水位的波动、土层的物理性质以及地震波的强度等因素密切相关。

岩溶塌陷则是由地下水长期溶蚀作用形成的洞穴在特定条件下突然坍塌所致。地下水在流动过程中会不断溶解可溶岩(如石灰岩)中的矿物质,形成地下空洞。当空洞上方的土体受到外力作用(如降雨、振动等)或地下水动力条件发生变化时,可能发生突然坍塌,形成岩溶塌陷。岩溶塌陷具有突发性强、破坏力大的特点,对地面建筑、交通设施及居民生活构成严重威胁。

综上所述,水资源与水文地质条件对工程地质环境的影响是多方面的、复杂的。它们通过改变土壤的物理力学性质、影响地下水的动态平衡以及引发特殊地质现象等方式,对地面稳定性、地基承载力及工程安全构成挑战。因此,在工程建设中,必须充分考虑水资源与水文地质因素的影响,加强水文地质勘察与监测工作,科学规划和管理水资源,以确保工程的安全与可持续发展。

3 防治措施

面对水资源与水文地质对工程地质环境造成的潜在威胁,采取科学、全面且有效的防治措施显得尤为重要。这些措施不仅旨在缓解当前的地质灾害风险,更着眼于未来的可持续发展。以下是对具体治理技术措施的深度分析。

3.1 合理利用水资源

3.1.1 强化地下水资源管理

首先,建立健全地下水资源管理制度,明确地下水的开采权限、总量控制和监测要求。通过设立合理的开采限额,确保地下水位的稳定,防止因过度开采导致的地面沉降等灾害。同时,利用现代科技手段,如遥感、GIS(地理信息系统)和物联网技术,对地下水资源进行动态监测,及时掌握其变化情况,为科学决策提供数据支持。

3.1.2 推广节水技术与措施

节水是缓解水资源压力、减少地下水开采量的有效途径。应大力推广节水灌溉、雨水收集利用、工业循环用水等节水技术和措施,提高水资源的利用效率。此外,加强公众节水意识教育,鼓励社会各界共同参与节水行动,形成全社会节约用水的良好风尚。

3.2 实时监测水文地质条件

3.2.1 建立监测保护系统

建立覆盖广泛、功能完善的地下水等地质环境监测保护系统,实现对水文地质条件的实时监测和预警。该系统应包括地下水水位、水质、水温、流速等参数的监测点,以及数据处理、分析和预警平台。通过实时监测数据,可以及时发现地下水水位异常波动、水质恶化等问题,为采取应急措施提供时间窗口。

3.2.2 完善预警与响应机制

在监测保护系统的基础上,建立完善的预警与响应机制。当监测数据出现异常变化时,应立即启动预警程序,向相关部门和公众发布预警信息。同时,根据预警级别和灾害类型,制定相应的应急响应预案,明确应急响应流程、责任主体和处置措施。通过快速、有效的应急响应,可以最大限度地减少地质灾害对人民生命财产安全的威胁。

3.3 加强地质勘查和评估

3.3.1 深入地质勘查

在工程建设前,必须进行深入的地质勘查工作。通过钻探、物探、化探等多种手段,查明区域内的地质构造、岩性、水文地质条件等基本情况。特别是对于可能存在地质灾害风险的区域,要进行加密勘查和专题研究,准确评估地质灾害的发生概率和危害程度。

3.3.2 科学评估与决策

在地质勘查的基础上,进行科学的评估与决策。根据勘查结果和地质灾害风险评估报告,制定合理的防治措施和应急预案。对于地质灾害易发区域,应采取避让、治理或减轻影响等措施;对于重要工程设施,应采取加强支护、提高抗震能力等工程措施。同时,加强与相关部门的沟通协调,确保防治措施的有效实施。

3.4 科学规划和管理

3.4.1 融入水文地质因素的城市规划

在城市规划和建设中,应充分考虑水文地质因素的影响。将水文地质条件作为城市规划的重要参考依据之一,合理布局和规划水资源利用和工程建设项目。避免在地质灾害易发区域进行大规模开发建设活动;在地下水资源丰富且敏感的区域,应严格控制开采活动并加强保护。

3.4.2 强化施工管理

加强对施工过程的监督和管理是确保工程质量、减少地质环境破坏的关键。应建立健全施工管理制度和监管机制,明确施工单位的责任和义务。加强对施工方案的审查和优化工作,确保施工方案符合规范要求并减少对地质环境的影响。同时,加强对施工现场的巡查和检

查力度,及时发现并纠正违规行为。

3.4.3 推动综合治理与生态修复

针对已发生的地质灾害和受损的地质环境,应采取综合治理与生态修复措施。通过工程治理、生物治理等多种手段相结合的方式,恢复地质环境的稳定性和生态功能。例如,对于地面沉降区域可以采取回填、加固等工程措施进行治理;对于岩溶塌陷区域可以采取植被恢复、土壤改良等生态修复措施进行治理。通过综合治理与生态修复工作的实施,可以逐步改善地质环境状况并提高其抵御自然灾害的能力。

4 结论

水资源与水文地质作为地质环境的重要组成部分,其状态变化对工程地质环境的稳定性具有深远影响。本文深入分析了水资源过度开采、地下水位波动以及复杂水文地质条件如何引发地面沉降、地基变形、砂土液化和岩溶塌陷等地质灾害,并强调了这些灾害对人类社会和自然环境造成的严重威胁。通过提出一系列防治措施,包括合理评估水文地质条件、科学规划和管理水资源利用、加强实时监测与预警系统建设、深化地质勘查与风险评估以及推动综合治理与生态修复等,我们明确了应对这些挑战的方向和路径。这些措施不仅旨在减少当前地质灾害的发生频率和强度,更着眼于长远的可持续发展,确保人类活动与自然环境的和谐共生。展望未来,随着科技的进步和研究的深入,我们有必要进一步探索水文地质因素与地质灾害之间的复杂关系,揭示其内在机制和演变规律。这将为防灾减灾提供更加精准、科学的依据和技术支持,助力我们构建更加安全、稳定、可持续的地质环境。同时,加强国际合作与交流,共同应对全球性水资源与地质环境问题,也是未来努力的重要方向。

参考文献

- [1] 湛宏伟,杨瑶,黄荷,等. 基于氩同位素示踪的洞庭湖区枯水期湖水与地下水交互作用研究[J]. 地质前沿,2024,31(2):423-434.
- [2] 孙英,周殷竹,周金龙,等. 新疆喀什噶尔河下游平原区地下咸水中碘形态及碘富集成因[J]. 地球科学,2024,49(2):781-792.
- [3] 马涛,李文莉,韩双宝,等. 黄河流域陕西省地下水分布特征、影响因素及开发潜力[J]. 中国地质,2023,50(5):1432-1445. DOI:10.12029/gc20220401001.
- [4] 白凡,周金龙,周殷竹,等. 吐鲁番南盆地平原区地下水污染风险评价[J]. 环境科学,2023,44(8):4325-4333.