

Hydrogeological hazards and optimization in geotechnical investigation

Yao Wang Xiaoyu Chen

Liaoning Province Geological Mineral Survey Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110034, China

Abstract

Hydrogeological conditions are critical factors affecting the stability and safety of geotechnical engineering. Insufficient understanding or improper investigation of hydrogeological hazards during geotechnical engineering surveys can lead to a series of engineering problems such as foundation instability, slope failures, and sudden water ingress in excavations. This paper emphasizes the importance of addressing hydrogeological hazards in geotechnical engineering investigations. It analyzes common types of hydrogeological hazards, including pipe gushing caused by groundwater dynamic pressure, ground deformation due to groundwater level fluctuations, and soil corrosion from groundwater chemical reactions. The focus is on optimizing hydrogeological survey strategies, which include refining investigation content, innovating survey techniques, and enhancing data analysis. Finally, corresponding engineering countermeasures are proposed.

Keywords

geotechnical engineering investigation; hydrogeological hazards; optimization strategy; engineering response; groundwater

岩土工程勘察中的水文地质危害及优化

王瑶 陈晓宇

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 中国·辽宁 沈阳 110034

摘 要

由于水文地质条件是影响岩土工程稳定性和安全性的关键因素, 因此在岩土工程勘察之中, 若对水文地质危害的认识不足或勘察不当, 便会引发地基失稳、边坡滑坡、基坑突水等一系列的工程问题。本文便阐述了岩土工程勘察中关注水文地质危害的重要性, 随后分析了常见的水文地质危害类型, 如地下水动水压力引发的管涌流砂、地下水水位变化导致的地基变形、地下水化学作用造成的岩土体腐蚀等等。而文章的重点为探讨水文地质勘察的优化策略, 其中包括完善勘察内容、创新勘察技术、强化数据分析等等, 最后还提出了相应的工程应对措施。

关键词

岩土工程勘察; 水文地质危害; 优化策略; 工程应对; 地下水

1 引言

岩土工程勘察是工程项目设计和施工的基础, 其核心任务是查明场地的工程地质条件、水文地质条件及不良地质现象, 旨在为工程设计、施工和后期运营提供科学的依据。而水文地质条件作为岩土工程勘察的重要组成部分, 对岩土体的物理力学性质、地基承载力、边坡稳定性等的重要性不言而喻。但在实际工程当中, 因忽视水文地质危害而导致的工程事故屡见不鲜。例如, 某高层建筑地基施工中, 由于未充分地勘察地下水的赋存状态和动水压力, 继而引发了管涌现象, 最终造成地基沉降不均, 被迫进行停工整改。如此不仅延误了工期, 还增加了巨额的成本。以后随着城市化进程

的加快, 各类复杂地质条件下的工程项目还会日益增多, 可水文地质条件的复杂性和隐蔽性使得其危害更难进行把控。因此急需深入地研究岩土工程勘察中的水文地质危害, 探索出科学合理的勘察优化策略。

2 岩土工程中常见的水文地质危害类型

2.1 地下水动水压力引发的危害

地下水在流动的过程中会产生动水压力, 当这种压力超过了岩土体的抗剪强度或有效应力时, 极有可能引发管涌、流砂等现象。而管涌是指在渗透水流作用下, 土中的细颗粒在孔隙通道中移动并被带出的现象, 它多发生在颗粒级配不均匀的砂土或粉土中。实践当中, 随着细颗粒的不断流失, 岩土体的孔隙会增大, 结构也逐渐地被破坏, 最终可能导致地基失稳、基坑坍塌等严重的后果。流砂则是指当动水压力达到或超过土的浮重度时, 土颗粒处于悬浮状态而丧失

【作者简介】王瑶 (1991-), 女, 满族, 中国山东定陶人, 本科, 工程师, 从事工程地质研究。

承载能力的现象。通常流砂现象只发生在地下水位以下的饱和砂土或粉土中，尤其在基坑开挖、桩基施工等过程中较为常见^[1]。一旦出现了流砂，不单单会阻碍施工的进度，还可能会导致周边地面出现沉降，影响到邻近建筑物和地下管线的安全。

2.2 地下水水位变化导致的危害

地下水水位的升降变化会对岩土体的物理力学性质产生显著的影响，进而引发一系列的工程问题。如果地下水位上升，岩土体的含水率就会增加，此时孔隙水压力随之增大，有效应力便会减小，进而导致地基的承载力变弱。面对膨胀土地区，水位上升会使膨胀土吸水膨胀，那么产生膨胀压力将会导致建筑物墙体开裂、地面隆起等病害。当地下水位下降时，可能会使岩土体因失水而收缩，然后引发地面沉降。同时由于有效应力地增加，还有可能会导致岩土体产生压密变形。若处于软土地区，这种变形可能更为显著。

2.3 地下水化学作用造成的危害

地下水当中含有多种化学成分，且这些成分与岩土体发生化学作用时，会对岩土体产生腐蚀、软化等危害。目前地下水对混凝土的腐蚀是常见的化学危害之一，以腐蚀机理为标准可将其分为结晶类腐蚀、分解类腐蚀和结晶分解复合类腐蚀。其中，结晶类腐蚀产生的主要原因是地下水中的硫酸盐等成分与混凝土中的水化产物反应，生成了膨胀性晶体，进而导致混凝土开裂破坏；分解类腐蚀则是地下水的酸性或碱性过强，与混凝土发生了化学反应，随即降低混凝土的强度和耐久性^[2]。

2.4 承压水引发的危害

承压水为充满于两个隔水层之间的含水层中的地下水，其具有一定的水头压力。实际在岩土工程勘察和施工中，若未探明承压水的分布和水头压力，极其有可能引发严重的工程事故。因为当基坑开挖深度达到或超过承压含水层顶板时，承压水的水头压力可能会顶裂或冲毁基坑底板，导致突水事故的发生。而突水不仅会淹没基坑，影响到施工进度，还可能会因大量涌水引发周边地下水位出现下降，引发地面沉降、建筑物开裂等次生灾害。

3 岩土工程勘察中水文地质勘察的优化方向

3.1 完善水文地质勘察内容

传统的岩土工程勘察更具侧重于岩土体的物理力学性质，对水文地质条件的勘察不够全面。因此为了有效地识别水文地质危害，需要完善勘察的内容，将水文地质勘察贯穿于勘察的全过程之中。像勘察前期，就应收集区域水文地质资料，其中包括地下水的类型、分布、埋藏条件、补给排泄关系等等。而在勘察的过程中，需要详细地查明含水层的岩性、厚度、渗透性、富水性等参数，以及隔水层的分布和隔水性。同时要重点关注到地下水的动态变化，比如水位的季节性变化、年变化幅度以及水位升降对岩土体性质的影响。

面对于可能存在承压水的场地，必须查明其承压水的水头高度、含水层厚度和分布范围，并计算出承压水对基坑底板的浮力^[3]。此外还应分析地下水的化学成分，评价其对于建筑材料的腐蚀性，进而为工程设计提供可靠的水文地质参数。

3.2 创新水文地质勘察技术方法

如今随着科技的发展，越来越多的先进技术被应用于水文地质勘察中，而这些技术的应用能够提高勘察的精度和效率，为识别水文地质危害提供更加有力的支持。物探技术便是水文地质勘察的重要手段之一，其涵盖了高密度电法、地质雷达、地震折射波法等等，能够快速查明地下含水层的分布、水位埋深、断层破碎带等信息。同时钻探技术的不断创新也为水文地质勘察提供了保障，如水文地质钻探采用的绳索索取芯技术，便能够提高岩芯的采取率，帮助相关人员准确地判断含水层的位置和岩性。抽水试验、注水试验等原位测试技术则能够帮助相关人员获取含水层的渗透系数、导水系数等关键参数，它们为分析地下水的运动规律和评价水文地质危害提供了依据。

近些年来，遥感技术和地理信息系统（GIS）在水文地质勘察中的应用也日益广泛。遥感技术的优势为能够快速获得大范围的地表水文信息，如河流、湖泊、湿地的分布等等；GIS则能够对各种水文地质数据进行整合、分析和处理，并且构建起水文地质信息系统，为工程决策提供可视化的参考依据。

3.3 强化水文地质数据分析与评价

在获取了丰富的水文地质数据后，还需要对其进行深入的分析与评价，如此才能准确地识别水文地质危害，为工程设计提供更为科学的依据。首先应对收集到的水文地质数据进行整理和校验，以确保数据的准确性和可靠性。然后运用水文地质学、土力学、岩石力学等理论，来分析地下水的运动规律、水位变化趋势、水化学特征等内容。基于数据分析的基础，还要进行水文地质危害评价，当中包括评价管涌、流砂、地基变形、腐蚀等危害的可能性和危害程度。对于重要的工程项目，应额外建立水文地质数值模型，提前模拟地下水的运动和水位变化，以此预测出不同工程条件下可能会出现的水文地质危害。更要将水文地质评价结果与工程设计相结合，多方面的提出具备针对性的防治措施。

3.4 加强勘察与设计、施工的协同配合

水文地质勘察并不是一个孤立的环节，它与工程设计、施工是紧密相关的。而为了确保勘察成果能够有效地指导工程实践，则要加强勘察、设计、施工三方的协同配合。就勘察阶段来说，设计人员应参与到勘察方案的制定过程中，务必明确设计对于水文地质参数的需求，勘察人员则应及时地与设计人员进行沟通，向其反馈勘察过程中发现的水文地质问题^[4]。随即为施工阶段，勘察单位有义务配合施工单位进行现场验槽，要根据实际揭露的地质和水文情况，对勘察成果进行验证和补充。

4 应对水文地质危害的工程措施

4.1 针对地下水动水压力的工程措施

管涌、流砂等由动水压力引发的危害,应该采取降水、防渗、反滤等工程措施进行控制。其中降水是控制动水压力的最有效的方法,其原理是通过降低地下水位,减小渗透水流的水头差,从而降低动水压力。当前常用的降水方法有轻型井点、喷射井点、管井井点等等,实践中应根据场地的地质条件、地下水位埋深和降水深度等因素选择合适的降水方式。防渗措施则主要被用于阻止地下水进入施工区域,其能够减少动水压力的影响。像基坑工程,就可采用地下连续墙、钢板桩、帷幕注浆等防渗结构,使其形成封闭的防渗体系,达到阻止地下水渗透的效果。反滤层则是防止管涌的重要措施,即在渗流出口处铺设一定级配的砂石反滤层,允许水通过但阻止土颗粒的流失,如此便能保护岩土体的结构稳定。

4.2 针对地下水水位变化的工程措施

地下水水位变化所带来的危害,需要采取相应的水位控制和地基处理措施进行应当。针对于地下水位上升可能引发的问题,可以选择采取排水、截水等措施来降低地下水位,又或者是对膨胀土等特殊岩土体进行改良处理,如掺入石灰、水泥等材料,以此减少其膨胀性。对于地下水位下降可能导致的地面沉降,则应合理地控制地下水的开采量,必要时可以采取人工回灌的措施,进而维持地下水位的稳定。但在软土地区,建议采用预压法、深层搅拌法等地基处理方法,经由提高地基土的强度和压缩模量,来减少水位下降引起的沉降。

4.3 针对地下水化学腐蚀的工程措施

为了防止地下水对于工程材料的腐蚀,需要根据地下水的化学性质选择合适的建筑材料和防腐措施。比如混凝土结构,建议采用抗硫酸盐水泥、耐腐蚀骨料等,其可提高混凝土的抗腐蚀能力,或者是在混凝土表面涂刷防腐涂层,使其形成物理屏障,从而阻止腐蚀性介质的侵入。而对于钢筋混凝土中的钢筋,则可采用阴极保护法、涂刷防锈漆等措施来防止锈蚀。若处在地下水腐蚀性较强的地区,便需要采用玻璃钢、塑料等非金属材料来替代金属材料制作管道、构件等^[5]。比如某化工园区污水处理厂的建设中,由于地下水中氯离子浓度较高,它对钢筋的腐蚀性较强,因此在设计中采用了环氧树脂涂层钢筋,并在混凝土中掺入阻锈剂,进而有效地提高了结构的抗腐蚀性能。

4.4 针对承压水危害的工程措施

承压水危害的应对关键是在基坑设计和施工中应采取有效的降压和防渗措施。在基坑开挖深度接近或者是超过承压含水层顶板时,就应进行承压水降压处理,即通过管井抽水等方式来降低承压水的水头压力,以此确保基坑底板的稳定性。对于降压的过程而言,一定要严格地控制水位下降速率,避免因降压过快而引发的地面沉降等次生灾害。面对重要的基坑工程,则可采用“降压+防渗”的联合措施,如在基坑周边设置防渗帷幕,进而阻止承压水向基坑内渗透,同时结合管井降压,即可减少降压对于周边环境的影响。像某超深基坑工程就采用了地下连续墙作为防渗帷幕,在坑内还同步设置了降压井,最终成功的将承压水水头压力控制在安全范围内,确保了基坑施工的安全。

5 结语

水文地质危害在岩土工程之中是不可忽视的重要问题,其类型多样,包括了动水压力引发的管涌流砂、水位变化导致的地基变形、化学作用造成的腐蚀以及承压水引发的突水等等。上述这些危害一旦出现,不只会影响工程的施工进度和质量,还威胁着工程的安全运营。经研究可得,通过完善水文地质勘察内容、创新勘察技术方法、强化数据分析与评价以及加强勘察与设计、施工的协同配合等优化策略,便能提高水文地质勘察的质量,得以准确识别水文地质危害。但针对不同类型的水文地质危害,还需与采取相应的工程措施,如降水、防渗、地基处理、防腐等,这样才能有效地规避或减轻其影响,为岩土工程的安全稳定提供保障。

参考文献

- [1] 刘继朋.岩土工程中水文地质勘察的质量控制及路径探究[J].建筑与装饰,2025,(13):88-90.
- [2] 王芳.岩土工程勘察中的水文地质危害及优化措施[J/OL].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(4)[2023-04-01].
<https://www.cqvip.com/doc/journal/2010228827753383425>.
- [3] 陈武.岩土工程勘察中的水文地质危害及优化措施[J/OL].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4)[2023-04-01].
<https://www.cqvip.com/doc/journal/2010228864681247233>.
- [4] 肖星球.岩土工程勘察中的水文地质危害及优化措施[J].低碳世界,2022,12(01):52-54.
- [5] 吴新宇,谢德芳.岩土工程勘察中的水文地质危害及优化策略分析[J].中国金属通报,2023,(05):144-146.