

工程地质勘察中的水文地质问题探析

张建池 姚文永 李 宁

河北省地质矿产勘查开发局国土资源勘查中心（河北省矿山和地质灾害应急救援中心） 河北 石家庄 050000

摘要：随着现代工程建设的飞速发展，工程地质勘察与水文地质分析的重要性日益凸显。准确理解工程地质特性与地下水行为规律，是确保工程结构安全、稳定运行的先决条件。本文深入探讨了工程地质勘察与水文地质的核心理念，揭示其内在联系，并聚焦于水文地质问题的勘察要点与应对策略，为工程实践提供全面的理论支撑与实践指导。

关键词：工程地质勘察；水文地质；问题处理

引言：本文阐述了工程地质勘察与水文地质的基础理论，明确了勘察定义、范畴及工作流程，并详细介绍了含水层、隔水层、地下水类型及其赋存运动规律。重点分析了工程地质勘察中水文地质问题的勘察要点，水文地质调查、水文地质试验及地下水监测。针对常见的地下水渗流、化学腐蚀及浮力问题，提出了相应的计算方法、防治措施及抗浮设计策略，为工程安全与可持续发展提供了有力保障。

1 工程地质勘察与水文地质的基础

1.1 工程地质勘察概述

1.1.1 定义与范畴

工程地质勘察是对建设场地进行地质条件调查和评价的一项综合性工作。它通过地质测绘、勘探、室内实验、原位测试等手段，查明影响工程建筑物的地质因素，包括地形、地貌、地质构造、地层岩性、不良地质现象以及水文地质条件等，为工程建设的规划、设计、施工提供必要的依据及参数。工程地质勘察是土木工程领域中不可或缺的一环，直接关系到工程的安全性和经济性。

1.1.2 主要工作内容与流程

(1) 资料搜集与整理：需要搜集研究区域的地质、地形地貌、遥感照片、水文、气象、地震等已有资料，以及工程经验和已有的勘察报告等。这些资料是后续工作的基础。(2) 工程地质调查与测绘：通过现场踏勘、测量和绘图，了解场地的地层、构造、岩石和土的性质、不良地质现象及地下水等工程地质条件。这一阶段的工作是后续勘探和测试的基础。(3) 工程地质勘察：在调查与测绘的基础上，进行必要的勘探工作，包括钻探、井探、槽探、坑探等，以获取更详细的地质资料^[1]。勘探过程中，会采集岩土样品进行实验室测试。(4) 岩土测试和观测：通过土工试验、岩体力学试验和现场原型观测等手段，测定岩土的物理力学性质，为工程设计和

和施工提供依据。(5) 资料整理和编写报告：将收集到的所有资料进行整理和分析，编写工程地质勘察报告。报告应详细阐述场地的工程地质条件，对工程建设和地基处理提出建议和措施。

1.2 水文地质基本概念

1.2.1 含水层与隔水层

含水层是指能够透水和储水的岩层或土层，其孔隙或裂隙中充满了地下水。这些地下水可以在重力作用下自由流动，为工程提供水源或对施工造成影响。隔水层则是指透水性差、含水能力弱的岩层或土层，它们能够阻挡地下水的流动，对地下水的分布和运移起到控制作用。

1.2.2 地下水类型

地下水根据其埋藏条件和水力特性，可以分为多种类型，其中最常见的是潜水和承压水。潜水是埋藏于地表以下第一个稳定隔水层之上的重力水，其水面称为潜水位，随季节和气候的变化而波动。承压水则是埋藏于两个隔水层之间的地下水，在静水压力作用下，其水面高于含水层顶面，具有承压特性。

1.2.3 地下水的赋存与运动规律

地下水的赋存状态和运动规律受多种因素控制，包括地形、地貌、地质构造、岩性、气候、水文等。在自然界中，地下水通过补给、径流和排泄等过程，形成复杂的动态系统。补给主要来源于大气降水、地表水入渗和地下含水层之间的水力联系；径流则是指地下水在含水层中的流动过程；排泄则包括以泉的形式出露地表、汇入地表水体或向深层含水层排泄等。

2 工程地质勘察中水文地质问题的勘察要点

2.1 水文地质调查

2.1.1 区域水文地质条件调查

区域水文地质条件调查是宏观把握工程所在区域地下水分布、运移规律及水化学特征的基础性工作。调查内容主要包括：区域地质构造、地层岩性、地下水类

型、含水层分布与厚度、地下水流向与流速、补给排泄条件、历史水位变化等。通过收集区域地质资料、水文地质图件、遥感影像及前人研究成果,结合现场踏勘,形成对区域水文地质条件的初步认识。

2.1.2 工程场地水文地质条件调查

工程场地水文地质条件调查是在区域调查的基础上,针对具体工程场地进行的详细勘察。调查内容更加具体,包括但不限于:场地地形地貌、地层岩性变化、地下水埋深与动态变化、地下水与地表水的水力联系、特殊地质现象的分布及其对地下水的影响等。通过钻探、物探、原位测试等手段,获取第一手资料,为工程设计和施工提供准确的水文地质参数。

2.2 水文地质试验

2.2.1 抽水试验

抽水试验是评估含水层渗透性能、计算水文地质参数的重要手段。试验过程中,通过在一定深度钻孔内安装抽水设备,以恒定或变化的流量抽取地下水,同时观测水位下降情况、流量变化及周围观测孔的水位响应^[2]。数据分析时,利用达西定律、泰斯公式等理论模型,计算含水层的渗透系数、储水系数等关键参数,为地下水渗流计算、地下水污染防治等提供依据。

2.2.2 注水试验

注水试验与抽水试验原理相似,但方向相反,主要用于测定非饱和带或渗透性较差的岩层的渗透性能。通过向钻孔内注入一定量的水,观测水位上升情况,结合注水时间、注水量等数据,分析岩层的渗透特性。注水试验对于评估地下工程抗渗性能、预测地下水渗流路径具有重要意义。

2.2.3 压水试验

压水试验主要用于测定岩石裂隙的渗透性能,特别是在岩溶地区或裂隙发育的岩层中。试验时,通过向钻孔内施加一定压力的水流,观测压力变化与注入水量的关系,评估裂隙的张开度、连通性及渗透性。压水试验数据对于评价地下工程围岩稳定性、设计防渗帷幕等具有参考价值。

2.3 地下水监测

2.3.1 监测点布置原则

地下水监测点的布置应遵循代表性、系统性、经济性和可操作性的原则。代表性要求监测点能够反映工程场地及周边区域地下水的主要特征;系统性则要求监测网络布局合理,能够全面覆盖关键区域和潜在风险点;经济性考虑监测成本,避免不必要的浪费;可操作性则要求监测设备易于安装、维护和数据采集。

2.3.2 监测参数与监测频率

地下水监测的主要参数包括水位、水量、水质等。水位监测是了解地下水动态变化的基础,通过定期观测水位变化,可以评估地下水的补给排泄条件及工程活动对地下水的影响。水量监测则关注地下水资源的开发利用情况,为水资源管理提供依据。水质监测则关注地下水中的化学成分、微生物含量等,评估地下水的水质状况及污染风险。监测频率应根据工程性质、地下水动态变化特征及监测目的确定。对于重要工程或地下水敏感区域,应增加监测频次,确保及时发现并应对潜在问题。

3 常见水文地质问题的分析与处理措施

3.1 地下水渗流问题

3.1.1 渗流计算方法

(1) 达西定律法:作为最基础的渗流计算方法,达西定律表述了渗流速度与水力梯度成正比的关系。在简单均质岩土体中,可直接应用达西定律计算渗流速度和水力坡降。但在复杂地质条件下,需考虑岩土体的非均质性、裂隙发育等因素,对达西定律进行修正或采用更复杂的模型。(2) 有限元法:随着计算机技术的发展,有限元法已成为渗流计算的重要工具。该方法通过将连续体划分为若干单元,在每个单元上建立渗流方程,然后利用数值方法求解整个区域的渗流场。有限元法能够处理复杂的边界条件和岩土体非均质性问题,适用于大型工程和复杂地质条件下的渗流计算。(3) 边界元法:边界元法是一种半解析半数值的方法,它通过将渗流问题的控制方程转化为边界积分方程,然后在边界上进行离散求解。边界元法具有计算精度高、降维计算等优点,特别适用于处理无限域或半无限域问题以及具有复杂边界条件的问题。

3.1.2 防治渗流破坏的措施

(1) 设置截水帷幕:截水帷幕是一种在地下连续墙或帷幕灌浆形成的阻水屏障,用于截断或减少地下水向工程结构内部的渗流。截水帷幕的设计需根据工程地质条件、水文地质条件以及工程要求确定其深度、厚度和强度。(2) 排水减压:通过设置排水孔、排水沟等排水设施,将地下水引导至工程结构外部或低洼地带,降低工程结构内部的水压力,从而减轻渗流破坏的风险。排水减压措施应与截水帷幕相结合,形成完整的防水体系。(3) 加固工程结构:对于可能受到渗流破坏影响的工程结构,如基坑、隧道等,可采取加固措施提高其抗渗流破坏能力。加固方法包括增加结构厚度、设置钢筋网、喷射混凝土等。(4) 监测预警:建立地下水监测系统,实时监测地下水位、渗流速度等参数的变化情况。

一旦发现异常情况,及时发出预警并采取相应措施,防止渗流破坏的发生。

3.2 地下水化学腐蚀问题

3.2.1 腐蚀类型

(1) 硫酸盐腐蚀:硫酸盐腐蚀主要发生在含有大量硫酸根离子的地下水中。硫酸根离子与工程材料中的钙离子结合形成硫酸钙等难溶盐,导致材料体积膨胀、开裂甚至脱落。(2) 氯离子腐蚀:氯离子是强腐蚀性离子,能够破坏金属材料的钝化膜,引发点蚀、缝隙腐蚀等局部腐蚀现象。在含有氯离子的地下水中,金属工程材料易发生腐蚀。(3) 碳酸盐腐蚀:碳酸盐腐蚀主要发生在碱性地下水环境中。碳酸根离子与工程材料中的钙、镁等离子结合形成碳酸盐沉淀,导致材料表面粗糙、孔隙率增加,降低材料的强度和耐久性。

3.2.2 耐腐蚀材料与防护措施

(1) 耐腐蚀材料:对于易受地下水腐蚀的工程结构,应优先选用耐腐蚀材料。如不锈钢、钛合金等金属材料具有良好的抗腐蚀性能;聚合物材料、玻璃钢等非金属材料也常用于耐腐蚀工程结构中。(2) 涂层保护:在工程材料表面涂覆耐腐蚀涂层,可以隔绝地下水与材料的直接接触,从而减轻腐蚀作用。涂层材料应具有良好的附着性、耐腐蚀性和耐久性,能够适应地下环境的特殊要求。(3) 阴极保护:对于金属工程材料,可采用阴极保护技术防止腐蚀。阴极保护是通过向金属表面施加一个阴极电流,使金属表面处于电化学保护状态,从而抑制腐蚀反应的发生^[1]。阴极保护技术包括牺牲阳极法和外加电流法两种。(4) 环境控制:通过调整地下水环境参数,如pH值、离子浓度等,可以减缓或抑制腐蚀作用的发生。例如,在地下水中添加缓蚀剂可以降低腐蚀速率;通过排水减压降低地下水位可以减少地下水与工程材料的接触面积和时间。

3.3 地下水浮力问题

3.3.1 浮力计算与危害

地下水浮力是指地下水对地下工程结构产生的向上作用力。浮力大小与地下水位、工程结构体积及岩土体有效重度等因素有关。浮力过大可能导致工程结构失稳、上浮甚至破坏。浮力计算通常采用阿基米德原理进行。确定地下水位高度和工程结构埋深;计算工程结构体积和岩土体有效重度;根据浮力公式计算浮力大小。在计算过程中,需考虑岩土体的非均质性、裂隙发育等因素对浮力的影响。浮力对地下工程结构的危害主要表

现在以下几个方面:一是导致工程结构失稳,如基坑侧壁坍塌、隧道管片上浮等;二是影响工程结构的使用功能,如地下室渗漏、地面沉降等;三是增加工程维护成本和安全风险。

3.3.2 抗浮设计方法与措施

(1) 合理确定地下水位:在抗浮设计中,应合理确定地下水位高度及其变化范围。这需要通过详细的水文地质勘察和长期监测数据来实现。地下水位的确定直接影响浮力大小的计算和抗浮措施的选择。(2) 增加工程结构重量:通过增加工程结构的重量来抵抗浮力作用是一种常见的抗浮方法。例如,在地下室底板下增设配重层、增加墙体厚度或采用重型材料等。增加工程结构重量时需考虑其对地基承载力的影响。(3) 设置抗浮桩或抗浮锚杆:抗浮桩和抗浮锚杆是通过将工程结构与岩土体牢固连接来抵抗浮力作用的装置。抗浮桩一般设置在工程结构底部或周边,通过桩身与岩土体的摩擦力或端承力来提供抗浮力。抗浮锚杆则是将锚杆锚入岩土体中,通过锚杆与岩土体的粘结力来提供抗浮力。(4) 采用排水减压措施:通过排水减压措施降低地下水位高度,从而减小浮力作用。排水减压措施可结合截水帷幕使用,形成完整的防水抗浮体系。排水减压时需考虑排水量、排水速度以及对周边环境的影响。(5) 设置监测预警系统:建立地下水监测预警系统,实时监测地下水位和工程结构变形情况。一旦发现异常情况及时发出预警并采取相应措施防止浮力破坏的发生。监测预警系统应与抗浮设计相结合形成完整的抗浮保障体系。

结束语:在探讨工程地质勘察与水文地质基础的过程中,我们深入理解了地下水与工程安全的紧密联系。通过细致的勘察、精确的试验与持续的监测,我们能够更好地预测和应对水文地质问题,保障工程结构的稳定与安全。展望未来,我们将继续深化研究,创新方法,为工程实践提供更加全面、精准的技术支持,共同推动工程建设的可持续发展。

参考文献

- [1]陈发波.岩土工程勘察中关于水文地质问题的研究[J].工程建设与设计,2020,(16):59-60.
- [2]王树彪.岩土工程勘察中水文地质问题研究[J].四川水泥,2020,(7):285,287.
- [3]王润伦,吴丹,蔡宇.岩土工程勘察中水文地质问题分析[J].绿色环保建材,2020,(6):233,236.