

地质灾害勘查与设计中水文地质参数的确定方案

杜建航 陆海龙*

云南地质工程第二勘察院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2049

[摘要] 在地质灾害勘查与设计工作中,水文地质参数的准确确定至关重要。本文详细阐述地质灾害勘查与设计中常用的水文地质参数,如渗透系数、孔隙率、给水度、水位等,并对确定这些参数的多种方法进行深入探讨,包括现场试验法、室内试验法、经验公式法以及数值模拟法等。同时,结合实际案例分析不同方法的应用情况及优缺点,旨在为地质灾害勘查与设计提供科学、合理且有效的水文地质参数确定方案,提高地质灾害防治工作的质量与效果。

[关键词] 地质灾害; 勘查与设计; 水文地质参数; 确定方案

中图分类号: D918.4 文献标识码: A

Determination scheme of hydrogeological parameters in geological hazard exploration and design

Jianhang Du Hailong Lu*

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., LTD.

[Abstract] The accurate determination of hydrogeological parameters is very important in geological hazard exploration and design. This paper describes in detail the hydrogeological parameters commonly used in geological disaster exploration and design, such as permeability coefficient, porosity, water supply degree, water level, etc., and discusses in depth many methods to determine these parameters, including field test method, laboratory test method, empirical formula method and numerical simulation method. At the same time, the application and advantages and disadvantages of different methods are analyzed based on actual cases, aiming at providing scientific, reasonable and effective hydrogeological parameter determination scheme for geological disaster exploration and design, and improving the quality and effect of geological disaster prevention and control work.

[Key words] geological disaster; Exploration and design; Hydrogeological parameters; Determine the scheme

引言

地质灾害的发生与水文地质条件密切相关。水文地质参数定量描述地下水系统的特征和行为,对于准确评估地质灾害的形成机制、预测其发展趋势以及制定合理的防治措施具有关键作用。在地质灾害勘查与设计过程中,获取准确可靠的水文地质参数是保障工作科学性和有效性的基础。然而,由于地质条件的复杂性和多样性,确定水文地质参数的方法众多且各有优劣,如何选择合适的方法并获取高精度的参数值成为亟待解决的问题。

1 地质灾害勘查与设计中常用的水文地质参数

1.1 渗透系数

渗透系数是反映岩土体渗透性能的重要参数,表示单位水力梯度下,地下水在岩土体中的渗透速度。在地质灾害勘查中,渗透系数对于评估地下水的径流速度、对岩土体的侵蚀作用以

及与滑坡、泥石流等灾害形成的关系至关重要。在滑坡体中,较高的渗透系数导致地下水快速入渗,增加岩土体的重量和动水压力,从而降低滑坡体的稳定性^[1]。

1.2 孔隙率

孔隙率是指岩土体中孔隙体积与岩土体总体积之比,反映岩土体的孔隙发育程度。孔隙率影响着地下水的储存和运移能力,较大的孔隙率通常意味着岩土体能够储存更多的地下水,并且地下水在其中的运移相对较为顺畅。在泥石流灾害勘查中,孔隙率与松散堆积物的含水量密切相关,进而影响泥石流的启动和规模^[2]。

1.3 给水度

给水度是指地下水位下降一个单位深度时,从单位面积含水层中释放出来的水量。反映含水层的释水能力,对于分析地下水位变化、地下水补给与排泄关系以及评估地面沉降等地质灾

害具有重要意义。在地面沉降研究中,给水度的准确确定有助于计算因地下水开采导致的含水层压缩量和地面沉降量。

1.4 水位

地下水位是水文地质条件的直观体现,其动态变化对地质灾害的发生发展有着显著影响。水位上升使岩土体饱水,强度降低,引发滑坡、崩塌等灾害;水位下降则导致地面沉降、地裂缝等问题。在地质灾害勘查与设计中,需长期监测地下水位的变化,获取其变化规律和影响因素,为灾害评估提供依据^[3]。

2 水文地质参数的确定方法

2.1 现场试验法

2.1.1 抽水试验

从井中抽水,人为地造成水位下降,观测井周围含水层中水位的变化,根据水位下降与抽水量、时间等参数的关系,利用相关公式计算渗透系数等参数。抽水试验适用于各类含水层,尤其是在确定含水层的渗透性能方面具有较高的准确性。在大型水利工程、城市供水水源地勘查以及地质灾害防治中广泛应用。在滑坡治理工程中,抽水试验确定滑坡体下部含水层的渗透系数,为制定排水方案提供依据^[4]。

2.1.2 注水试验

注水试验的原理是向钻孔中注水,使孔内水位上升,观测水位随时间的变化情况,依据水均衡原理计算岩土体的渗透系数等参数。注水试验适用于无法进行抽水试验的地段,如地下水位很深或含水层透水性较弱的情况。在一些山区地质灾害勘查中,由于地形复杂难以进行抽水试验,注水试验则成为一种有效的替代方法。注水试验优点是设备简单、操作方便,对场地条件要求相对较低;缺点是试验结果受岩土体的非均质性影响较大,准确性相对抽水试验略低。

2.1.3 渗水试验

渗水试验的原理是在野外现场开挖试坑,向试坑内注水,观测水在岩土体中的渗透情况,根据渗透速度和试坑尺寸等参数计算渗透系数。渗水试验主要用于测定浅层岩土体的渗透性能,如在研究浅层滑坡、泥石流灾害时,了解地表松散堆积物的渗透特性。渗水试验优点是试验方法简单、直观,成本较低;缺点是只能反映浅层岩土体的渗透情况,代表性有限,且受试坑开挖过程中对岩土体扰动的影响。

2.2 室内试验法

2.2.1 岩土样渗透试验

岩土样渗透试验采集岩土体样品,在实验室利用渗透仪对样品施加一定的水力梯度,测量通过样品的流量,根据达西定律计算样品的渗透系数。岩土样渗透试验适用于对岩土体样品进行详细的渗透性能研究,能获取不同类型岩土体的基本渗透参数。在地质灾害勘查初期,通过室内岩土样渗透试验对不同地层的岩土体渗透性能进行初步了解,为现场试验提供参考。岩土样渗透试验优点是试验条件易于控制,可对不同性质的岩土体进行系统研究;缺点是室内试验样品尺寸相对较小,难以完全反映现场岩土体的宏观非均质性,所得参数与实际情况存在一定偏差。

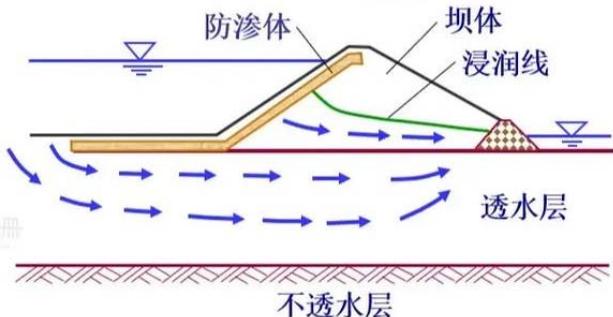


图1 岩土样渗透试验

2.2.2 孔隙率测定试验

孔隙率测定试验测量岩土体样品的总体积、孔隙体积等参数,计算孔隙率。常用的方法有比重瓶法、水银注入法等。比重瓶法是利用岩土体样品在水中的重量变化计算孔隙体积;水银注入法是根据水银在一定压力下注入岩土体孔隙的体积来测定孔隙率。孔隙率测定试验用于准确测定岩土体的孔隙率,为分析地下水储存和运移条件提供基础数据。在研究含水层特性以及岩土体与地下水相互作用关系时经常使用。

2.2.3 给水度测定试验

给水度测定试验对饱和岩土体样品进行排水试验,测量排水前后样品的重量或体积变化,计算给水度。通常采用重力排水法,即将饱和的岩土体样品置于特定容器中,让其在重力作用下排水,观测排水量与样品体积的关系。给水度测定试验主要用于确定岩土体的给水度,为研究地下水动态变化和含水层释水能力提供参数。在分析地面沉降、地下水开采等问题时具有重要应用。给水度测定试验优点是能够在实验室条件下较为准确测定岩土体样品的给水度;缺点是与现场实际情况存在一定差异,现场岩土体的非均质性和复杂的边界条件难以在室内试验中完全模拟。

2.3 经验公式法

2.3.1 基于岩土体类型的经验公式

根据大量的实际勘查数据和试验结果,总结出不同类型岩土体的水文地质参数与岩土体物理性质之间的经验关系,建立相应经验公式。对于砂土,可根据其粒径、孔隙比等参数与渗透系数的统计关系建立经验公式。在缺乏详细现场试验数据的情况下,可利用经验公式对水文地质参数进行初步估算。适用于地质条件相对简单、岩土体类型较为单一的地区,如一些小型地质灾害勘查项目或在勘查初期快速获取参数的大致范围。

2.3.2 区域经验公式

针对特定区域,通过对该区域内大量水文地质勘查资料的分析和总结,建立适用于该区域的水文地质参数经验公式。这些公式考虑了区域内的地质构造、地层岩性、气候等综合因素对水文地质参数的影响。区域经验公式在区域地质灾害勘查与防治规划中具有重要应用价值,在某一山区进行地质灾害普查时,可利用该区域已有的经验公式快速估算不同地段的水文地质参数,为初步评估灾害风险提供依据。区域经验公式优点是考虑区

域特征,在该区域内具有较好的适用性;缺点是区域经验公式的适用范围有限,不能直接应用于其他区域,且随着区域内地质条件的变化或新资料的积累,公式需不断修正和完善。

2.4 数值模拟法

基于地下水动力学原理,建立描述地下水运动的数学模型,将研究区域的地质条件、边界条件和初始条件等信息输入模型,通过数值计算模拟地下水的流动过程,反演或预测水文地质参数。常用的数值模拟方法有有限差分法、有限元法等。数值模拟法适用于复杂地质条件下的水文地质参数确定,尤其是在研究区域范围较大、地质结构复杂且存在多种边界条件和影响因素的情况下。例如,在大型城市地面沉降模拟、流域尺度的地下水与地质灾害相互作用研究中,数值模拟法能够综合考虑各种因素,准确地确定水文地质参数并预测地质灾害的发展趋势。数值模拟法优点是能充分考虑地质条件的复杂性和各种因素的相互作用,对水文地质参数的模拟结果较为接近实际情况,并且可以进行多种情景模拟和预测;缺点是建立数值模型需要大量的地质、水文地质数据,模型构建和参数调试过程较为复杂,对计算能力要求较高,且模拟结果的准确性依赖于输入数据的可靠性和模型的合理性。

3 实际案例分析

3.1 工程背景

某山区存在一处滑坡体,其前缘紧邻一条乡村公路,后缘靠近山坡顶部,滑坡体下方约500米处便是一座拥有200余户居民的村庄,严重威胁到居民的生命财产安全。为制定有效的滑坡治理方案,需要准确确定滑坡体及周边岩土体的水文地质参数。

3.2 参数确定方法及过程

3.2.1 现场试验

采用抽水试验确定滑坡体下部含水层的渗透系数。在滑坡体附近布置了一口抽水试验井和3口观测井,观测井分别距离抽水试验井5米、10米和20米。进行了稳定流抽水试验,抽水流量稳定保持在10立方米/小时,持续抽水48小时。根据抽水试验数据,利用裘布依公式计算得到渗透系数为1.5m/d。同时,通过渗水试验测定了滑坡体表层松散堆积物的渗透系数,渗水试验采用双环法,内环直径为0.5米,外环直径为1.0米,试验过程中保持内环水位恒定,经过多次测量,得到表层松散堆积物的渗透系数为0.05m/d。

3.2.2 室内试验

采集滑坡体不同部位的岩土体样品共5组,进行孔隙率和给水度测定试验。利用比重瓶法测得孔隙率平均值为0.35,重力排水法测得给水度平均值为0.2。

3.2.3 数值模拟

建立该滑坡区域的地下水数值模型,模型范围以滑坡体为中心,向四周扩展500米,模型网格精度为5米×5米。将现场试验

和室内试验得到的参数作为初始值输入模型,通过模拟地下水在滑坡体中的流动过程,对参数进行了反演和优化。经过多次调试和验证,最终确定的渗透系数为1.6m/d,孔隙率为0.36,给水度为0.21,这些参数能够较好地拟合实际观测的地下水位变化情况,模拟水位与实测水位的平均误差在0.5米以内。

3.2.4 参数应用及效果

根据确定的水文地质参数,设计滑坡体排水系统,包括在滑坡体中设置排水盲沟和排水孔。排水盲沟采用直径为0.5米的波纹管,每隔10米设置一条,长度根据滑坡体坡度和地形确定,最长的盲沟长度达到80米;排水孔直径为0.1米,深度为10米,按照梅花形布置,孔间距为5米。通过排水系统的运行,有效地降低滑坡体中的地下水位,平均水位下降1.5米。经过一段时间的监测,滑坡体位移明显减小,每月位移量从治理前的5厘米降低到治理后的1厘米以内,稳定性得到显著提高,证明所确定的水文地质参数的准确性和合理性。

4 结论

在地质灾害勘查与设计中,现场试验法能直接反映实际地质条件,但存在工作量大、成本高的问题;室内试验法可对岩土体样品进行详细研究,但与现场实际情况存在一定差异;经验公式法计算简便,但准确性有限;数值模拟法能综合考虑复杂因素,但对数据和计算要求较高。在实际工作中,应根据地质灾害的类型、勘查区域的地质条件、工作目的和要求以及可利用的资源等因素,合理选择一种或多种方法相结合来确定水文地质参数。结合实际案例分析可知,综合运用多种方法确定的水文地质参数能够为地质灾害防治提供科学、可靠的依据,有效提高地质灾害勘查与设计工作的质量和效果,保障人民生命财产安全和生态环境的稳定。

参考文献

- [1]王冬.弱透水层多类型水文地质参数自动优选方法[J].地质灾害与环境保护,2023,34(2):98-103.
- [2]黄昌杰.水工环地质勘查在地质灾害治理中的应用[J].西部资源,2023(1):137-138.
- [3]肖晔.地质灾害发育区的工程地质条件研究[J].世界有色金属,2022(3):143-145.
- [4]廖明勇.地质灾害面域~单体风险评估方法研究与应用[D].重庆:重庆大学,2022.

作者简介:

杜建航(1998--),男,汉族,云南腾冲人,本科,助理工程师,从事水工环地质、岩土工程、地热地质研究。

*通讯作者:

陆海龙(1995--),男,汉族,云南腾冲人,本科,助理工程师,从事水工环地质、岩土工程、地热地质研究。