

水利水电工程基坑岩溶涌水与预测

李承中

中水北方勘测设计研究有限责任公司 天津 300222

摘要:随着社会经济的迅速发展,我国工业经济有了一定的发展,水电工程受到的影响最大,随着社会的进步,对工程质量和安全的需求也越来越大,对基坑岩溶涌水是水利工程的核心在很大程度上,基坑岩溶涌水直接影响到项目执行的整体质量,因此在进行水利工程时,必须对基坑岩溶涌水进行深入分析和预测,以确保工程顺利完成。

关键词:水利;水电工程;基坑;岩溶涌水;预测

水利和水电等水利工程的基坑工作通常位于河谷的地下水集水区。基坑岩溶涌水地区水利工程建设中常见的地质工程问题。基坑岩溶涌水可能会影响工程的持续时间、施工安全甚至工程安全,对施工和工程安全造成极大的不利影响。

一、水利水电工程基坑岩溶涌水特点

1. 不均一性。在水电工程建设中,基坑岩溶涌水的不均一性主要表现在以下两个方面。首先,由于岩溶发育的源头多种多样,存在着一定的异质性。岩体结构面发育不均匀,流体动力条件不同,岩石溶解度不同,发生一定程度的溶蚀,溶蚀的位置和方向发生,涌水进入逐渐发育过程。第二,涌水的流入不平衡。根据岩溶发育水平的不同,岩溶地下水的流失、排泄和补给情况也有所不同。换句话说,它也是涌水的地方由于岩溶水的使用寿命,岩溶水流也因季节和降雨而异,造成一定程度的不均一性^[1]。

2. 突发性。就水电工程而言,如果基坑揭露到地下水道和岩溶管道,就会造成涌水,往往造成淹没基坑,从而妨碍了进一步的工作并延误了工程。

3. 变化的涌水量幅度大。岩溶涌水量通常与降雨量密切相关,旱季往往涌水量较少,雨季涌水量较大。单个涌水点的最小涌流量小于 $0.01\text{ m}^3/\text{s}$,从而实现几个流量,变化范围从数十到数百倍^[2]。

二、水利水电工程基坑岩溶涌水的条件

基坑岩溶发育条件和岩溶动力条件是岩溶涌水的两个条件,岩溶发育与岩溶管道的侵蚀破裂有关,岩溶动力条件也是保证岩溶地下水位以下的重要条件。

1. 发育条件。岩溶涌水的大小由岩溶发育的规模决定。在岩溶涌水处,由溶岩与非溶岩接触区、暗河管道系统、溶岩断裂带、破碎带和非整合界面组成的构造破碎带是岩溶涌水的关键位置^[3]。在熔岩和非熔岩接触带,不透水层是不允许熔岩的主要结构。未溶岩是岩溶发育和地下水活动的控制边界,岩溶水在该界面排泄后聚集,易形成溶区和暗河,发生岩溶泉现象。岩溶地下水一般沿结构破碎带流失和排泄,是岩溶涌水现象的主要发生地。基坑岩溶管道系统交错,地

下水位以下暗河已有多年水,水量随降雨量变化,岩溶涌水量大。

2. 动力条件。水平、垂直、虹吸渗流带和季节变化区是岩溶地区的主要涌水量区,由水力学的相关特性和性能形成,其力学性能是水电工程基坑位于岩溶地区这4个水动力区时的重力和压力梯度流。季节性变化区出现涌水量时,岩溶涌水量取决于降雨强度,多受降雨入渗条件控制,涌水量比较集中,变化幅度比较大,突发性强,危害性比较大^[4]。

三、基坑岩溶涌水预测

必须更准确地预测岩溶涌水的出现和水量情况,以便采取有效的预防措施,确保工程的工期,并确保其安全。

1. 涌水位置和类型。根据岩溶地下水补给、径流和排泄的关系,岩溶地区的水利水电设施挖掘位于岩溶地下水排泄区,地下设施挖掘位于岩溶地下水补给、排泄和发育区;从岩溶地下水动态分布的角度来看,岩溶地区水电工程和坝基坑位于岩溶地下水丰富的季节性变化和饱水地区。岩溶地区的水利水电工程一般具有不同的岩溶涌水,但危险的类型、数量和程度取决于补给、径流、排泄和岩溶涌水类型、涌水量的发展。基坑岩溶涌水位置和类型的预测应基于测量方法和手段,例如地质测绘、物探、勘探、岩溶水文地质分析。勘察方法和手段以确定岩溶水文条件为基础,如基坑所处岩溶水文地质单元、结构、岩溶形状、大小和范围、发育规律和岩溶水的动态特征^[5]。(1) 预测涌水部位。主要是根据岩溶发育规律预测的。可溶性岩石与不溶性岩石接触的地区和相变地区通常存在涌水;可溶性岩石断层区、间断性断层区、断裂密度高区、熔融侵蚀区;坡向斜、背斜核部;暗河、岩溶泉运河的发育带。(2) 预测涌水类型。主要根据岩溶涌水类的特点和流体动力特性预测开挖岩溶水系。暗流、主要岩溶泉和岩溶运河的水流类型是管道流涌水,往往产生大量的水,达到极高的危险和难以处理的水量,以及饱水带地区存在虹吸管道诸如断层区、高断裂密度区、溶蚀破碎和层间错动带等涌水类型主要是扩散水流,通常是少量的涌水,危险性较小,处理更容易,有时在饱和区产生压力涌水。岩溶管道与溶蚀破碎、裂隙密集带等共存时,类型是流涌水扩

散流，既危险又难以处理^[6]。

2. 涌水量预测。岩溶涌水量预测除总裂隙涌水量预测外，主要是集中管道涌水量预测和最大涌水量预测。在岩溶涌水量预测中，首先要明确岩溶发育规律和水文地质条件，建立包括岩溶含水系统边界条件、补给源在内的客观实用水文地质概念模型地形条件、岩溶程度、岩体透水性、大气降水和地下水水位变化、涌水量动态特征等水文地质参数建立了符合水文地质概念的数学模型。岩溶涌水量预测方法有水平衡法、水文地质对比法、水文地质解析法、水文地质数值法和非线性理论法等。水平衡法、水文地质分析法和水文地质比较法为主要常用的方法^[7]。水量平衡法是目前基坑涌水量预测的主要方法之一，它应用水量平衡原理，研究某一平衡区某一平衡期的收入与地下水流量和支出的关系，建立地下水平衡方程，从而计算出基坑涌水量的预测量。计算公式如下

$$Q = \frac{1000 \cdot a \cdot A \cdot X}{d \cdot 86400} S$$

式中涌水量 Q(立方米/秒)；a 为平衡区的集水面积 (km²)；a 渗透系数，x 降水量 (毫米)；d 平衡期内的天数，s 地下水流入坑内的水量占地下水流出总量的比例。岩溶水储存在溶解裂隙、岩溶管中，具有非均质性和湍流的特点。平衡水的方法是考虑这些特性，从而避免了基于稀疏介质中孔隙水是均匀和层压的理论的分析解和数值解。因此，从理论上讲，水均衡法预测基坑岩溶水比分析和数值解更现实。然而，在采用水平衡法时，对参数的理解和选择有很大差异，其计算结果也有明显差异。在集水面积方面，由于岩溶地区的溶解路径纵横，水和透水性极不均匀，存在岩溶水的冲击，岩溶地区的集水范围特别复杂，其岩溶地下水有水脊梁，往往与地形不一致。因此，在计算汇流面积时，不能简单地由地形的水文脊线来确定，必须通过对岩溶水文地质条件的综合研究来决定。在渗透系数方面，受地形、植被、地下水位埋深、降雨状况、岩溶发育、土石期含水量的影响，传统做法根据渗透条件而定，选择范围为 0.3~0.6，甚至在一个地区当降雨量在一定范围内，降雨量和渗透率呈线性关系时，在计算渗透率时，以 m 为线性段，将蒸发 z 视为变量，利用观测数据用最小二乘法求解渗透率

$$a: a = \frac{\sum M_i X_i}{\sum X_i^2}$$

式中，M_i 为渗透量 (mm)，其值为 X_i - Y_i - Z_i；X_i 降雨量 (毫米)；Y_i 是表在整个地区的流出量，换算为流出深度 (毫米)；Z_i 每次蒸发 (毫米)。为了验证变量 m、x 之间

的线性相关性，必须在计算之前找到相关系数

$$r = \frac{\sum (M_i - \bar{M})(X_i - \bar{X})}{\sqrt{\sum (M_i - \bar{M})^2 \sum (X_i - \bar{X})^2}}$$

在要求精度大于 0.7 的情况下，通常认为 r 是不宜采用。至于径流水在地下水总流量中所占的比例，包括均衡区岩溶地下水的计算排放总量，径流水占地下水总流量的比例，即 s=1.0；在计算出的均衡区岩溶部分的排泄区内进行，基坑涌水量只占地下水径流的一部分，即 S<1.0，s 值应根据对以下岩溶水文地质条件的深入研究来确定水平衡办法的最大好处是预测流入万人坑的水量，而不论水文状况如何，但预测的准确性取决于均衡项和平衡因素的确定，只有提高这些因素的准确性才能保证这些因素的准确性^[8]。

如上所述，随着社会的发展和进步，水利水电项目的建设要求越来越高，基坑岩溶涌水处理要求也越来越高。因此，在实施水电工程时，需要深入了解基坑岩溶涌水情况，并在施工的具体背景下制定有效的处理计划。只有预测基坑岩溶涌水达标，才能确保项目建设和安全可靠，进一步促进水电项目的长期发展。

参考文献：

- [1] 吴泰. 论水利水电工程基坑岩溶涌水与预测[J]. 建筑工程技术与设计, 2019(34):680 - 680.
 - [2] 李惠. 试论水利水电工程基坑岩溶涌水与预测[J]. 科技与创新, 2019(01):116 - 116, 117.
 - [3] 秦春. 论水利水电工程基坑岩溶涌水与预测[J]. 水利水电技术, 2019(8):50-53.
 - [4] 王卫. 株溪口水电站一期基坑强岩溶涌水分析及处理[J]. 湖南水利水电, 2019(2):3-5.
 - [5] 李玲. 多级集水井结合混凝土压盖技术处理强岩溶涌水[J]. 人民长江, 2019(19):20-23, 63.
 - [6] 王雪. 银盘电站三期工程基坑岩溶渗漏分析及处理措施[J]. 人民长江, 2019(6):1-5.
 - [7] 杨娜. 引子渡水电站建设过程中出现的主要工程地质问题及处理对策地球与环境[J]. 地球与环境, 2019(S1).
 - [8] 张国. 水均衡法预测岩溶区坑道涌水量的一些见解[J]. 中国岩溶, 2019(3).
- 通讯作者：李承中，出生年月：1982年7月，男，汉族，籍贯：天津 学历：本科，职称：高级工程师，研究方向：水文地质勘察、邮箱：410606130@qq.com