

# 重庆岩溶地区深埋隧道水环境影响指标 调查方法研究

贺鑫, 雷云佩

(重庆市市政设计研究院有限公司, 重庆 400020)

**摘要:**为更好地处理岩溶地区深埋隧道水环境问题,本文以重庆岩溶地区为背景,通过隧道工程建立的水环境动态长观监测网络,研究了重庆岩溶地区深埋隧道水环境影响指标的调查方法,以期为此类问题提供参考借鉴。

**关键词:**岩溶地区;深埋隧道;水环境;调查研究

**中图分类号:**U456.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-7344(2022)16-0085-03

## 1 调查方法研究

### 1.1 野外水文地质调查

野外水文地质调查及专项水文地质勘察是隧道工程勘察中的重要步骤,通过分析预测隧道的涌水量,为设计提供地质依据。目前的隧道工程大多有较详细的野外水文地质调查及专项水文地质勘察资料,这些资料也是布置隧道地下水环境监测方案的主要依据之一。

野外水文地质调查主要包含以下主要内容:①调查含水层特征及赋存规律;②确定地下水类型和地下水的颜色、味道、气味、温度、补给排泄条件及水力联系;③调查民井、泉所处地貌或需水构造部位,出露状态,井壁结构、抽水设备、涌水量;地表水系、民井及泉水调查地表水系的流向、平均流量、最大水位、枯水期与丰水期的流量及水位;泉水的数量及涌水量;④调查民井的数量、井壁结构、深度、含水层位、抽水设备、使用情况、水量及水位变化,建立地层结构柱状图。

专项水文地质勘察是在野外水文地质调查的基础上针对隧道工程作出的更详细的水文地质工作,主要内容有:①查明隧道区的地形地貌、地层岩性组成及其地质构造特征;各类蓄水构造,划分水文地质单元。②查清隧址区地下水的类型和特征、其含水层的位置分布、高程、特点,进一步明确隧道穿越位置与其含水层相互之间的关系。③调查岩溶形态、地下水动力特点、发育规模、发育层次、控制性因素及发育规律。④查明隧址区的水文地质条件,尤其是地质构造及特征对水环境条件的影响,解析场地地下水在隧道施工开挖及后期运行中的补给、径流和排泄关系。评价地下水对隧道围岩级别、开挖以及支护的作用影响。⑤确定隧道开挖及运营期的疏干区、影响区范围,预测隧道静态涌水量、动态涌水量及总涌水量,预测隧道穿越地段在开挖过

程是否产生集中涌、突水地段位置及危害程度。⑥对隧道开挖及运营过程中汇入或涌突的地下水提出预报、预防措施及排、治水方法、措施建议。⑦评价隧道施工排水对环境生态的影响<sup>[1]</sup>。

### 1.2 遥感解译技术

#### 1.2.1 技术特点

水文地质遥感解译是指采用卫星或航空遥感数据、影像对水文地质条件解译,已然变成地区水文地质调查的主要手段。在调查过程中,分别选取对地形地貌、地层岩性、构造、地下水单元反应较敏感的波段,采取电脑智能提取和人工判断读取相呼应的方法,确定隧址区地质构造、地层以及地貌的发育特征;确定隧址区水文地质构成及含水层发育的规律;获取水文地质相关参数和相对应的地下水储量。并根据解译报告,绘制隧址区水文地质图件和其可视化影像成果。遥感解译技术在水环境调查方面可以达到以下目的:①确定水系形态、密度及方向特征,冲沟形态及其成因,河流袭夺现象,水系发育与其岩性和地质构造的关系等。②确定地形地貌形态、成因、特征类别和其分区界线;地貌与地层岩组、地质构造之间的关系;地貌其个体特征、相互关系和分布规律。③利用已有资料确定地层岩性的类别、岩层产状。地层岩性的划分应当遵从从宏观到微观的原则,从界到组,厚度可以依据分辨率和地质学解译进行推测。对工程地质条件特殊的岩性、地层的绘制,各种特殊地质现象及其范围的确定。④大中型泉点或泉点群的位置和范围,湖泊、沼泽的分布。判定其地下水的补给、径流、排泄关系。⑤断裂构造性质特征、位置、规模、延伸方向;判断断层破碎带宽度;褶皱构造类型、性质、轴线位置、长度、倾覆方向;大中型节理分布带的特征、密度及方向<sup>[2]</sup>。

### 1.2.2 系统组成

遥感是一种对地观测的综合类技术,其实现首先需要一套完整的技术设备,其次需多门学科的参加配合,因此遥感是一个复杂、系统的工程。结合定义,遥感系统主要由4部分组成:①信息源:指遥感探测的物体。②信息获取:指采用遥感相关技术设备接收、录入探测对象电磁波特性的过程。③信息处理:指通过光学仪器和电子设备对获得的遥感相关信息进行校核、分析和解译处理的技术过程。④信息应用:指技术人员按不同的目标将遥感结果运用于各领域使用的过程。

### 1.2.3 基本原理

遥感探测所用的电磁波波段是指从紫外线、可见光、红外线直至微波的不同光谱段。地球上的所有物体(即目标对象),比如大气、土地、水、植物和建筑等,在其温度大于绝对零度(即 $0^{\circ}\text{K}=-273.15^{\circ}\text{C}$ )的情况下,它们自身都具备反射、吸收、透射和辐射电磁波的性质。当阳光从宇宙途经大气层照射至地球表面时,地面上的物体会对由太阳光所形成的电磁波产生反射吸收。因为不同物体物理、化学特征以及其入射光波长不同,所以它对入射光的产生的反射率也会不一样。

## 1.3 钻孔水文监测

地下水其水位动态变化,能直观、有效地反应各含水层的水文地质条件。因此,长时段对多层含水层的水位动态变化实施监测,了解分析地下水动态变化规律,是了解水文地质条件变化、准确确定防治水手段的基础性工作。

钻孔水文监测在地质灾害防治工程、复杂矿井水位和水温监控等方面已有大量的应用,其主要的优点是直观,除了能直观、有效地反映各含水层的水文地质条件,还能直接侧得水温、水质等参数。钻孔水文监测可采用人工观测,也能采用信息化自动监测。人工观测水位需要工作人员利用标尺或皮尺人工测量,人工操作有时无法满足时效性,有些意外突发情况的加急处理甚至就在仅有的一两分钟内,因此行之有效的实时性的监测变得相当重要。水文地质钻孔多分布于原始山貌,道路少且较分散,如果距离远还需辅以交通工具,耗费时间和精力,经济性和安全性都较差。目前已开发出各种无线数据传输网络对钻孔水文钻孔数据进行实时采集,整理传输,达到监测与预警功能,其优点是方便、自动化,能保证数据的实时性。

## 1.4 钻孔示踪同位素测试技术

### 1.4.1 基本原理

同位素示踪测试技术是指采用放射性同位素或经密集且稀少稳定核素作为示踪剂,探究各种物理、化学、生物、环境以及材料等学科科学类问题的技术。由

示踪原子或分子组成的物质叫示踪剂。易于探测的核性质原子即为示踪原子(又称标记原子)。包含示踪原子的化合物,为标记化合物。示踪原子在原理上几乎可以标记所有的化合物。单标记化合物为被单一原子标记的化合物,双标记化合物为被两种原子标记的化合物。

### 1.4.2 主要优势

同位素示踪技术在水文地质学中主要应用于钻孔地下水流速、流向和垂向流的确定,解析探究不同深度、不同岩性岩石渗透系数以及确定隧道涌水段落的方位。主要有以下优点:①灵敏度高,放射性示踪法测得的标准为 $10^{-14}\sim 10^{-18}$ 克,能够从1010多个非放射性原子中检测出一个放射性原子。目前敏感性较好的重量分析天平要比它低 $10^8\sim 10^7$ 倍敏感度,现目前最精确的方法-化学分析法也很难测到 $10^{-12}\text{g}$ 水平。②其方法简单,测定放射性可不被其他一些非放射性物质的干预,可简化较多烦琐的物质分离步骤。它可采用某些放射性同位素释放出透射能力强的 $\gamma$ 射线,在体内示踪时在体外测量测得结果,其可以充分简练实验的过程,达到非破坏性分析。伴随着液体闪烁计数的进步,一些发射软 $\beta$ 射线的放射性同位素如 $^{14}\text{C}$ 和 $^3\text{H}$ 在生物及医学试验中也得到非常普遍的使用。③其定位定量精确,代谢物质它的转移和转化可通过放射性同位素示踪法精准测得,与相关形态学技术互相融合,可明确放射性示踪剂其在组织和器官中的定量分布;而且对一些组织和器官准确定位可达到细胞水平、亚细胞水平甚至分子水平。④其符合生理条件,在实验中所采用的放射性标记化合物的用量是极少量的,其对体内相应物质原有的重量变动是微乎其微的,体内的生理过程仍然会维持正确的均衡状态,获取分析后的结果适合生理条件,进而可以客观反应应有的事物本质。

### 1.4.3 主要缺陷

放射性同位素示踪法有以上相关优势,但其也有一些缺陷:如需要进行放射性同位素试验的相关人员继续接受一些针对性的培训,要具有一定的安全防护手段和条件,并且当今极个别元素(如氧、氮等)还没有适合的放射性同位素等等。在做相关实验时,还要务必重视到示踪剂的同位素效应以及放射效应问题。其中同位素效应所指的是放射性同位素与相对应的普通元素在化学性质上保存的细微不同所导致的部分性质上的显著区别,针对轻元素,同位素效应会相对严重,由于同位素之间它的质量判定是成倍增加的,如 $^3\text{H}$ 的质量是 $^1\text{H}$ 的三倍, $^2\text{H}$ 的质量是 $^1\text{H}$ 的两倍,当采用氚水( $^3\text{H}_2\text{O}$ )作为示踪剂时,其在普通 $\text{H}_2\text{O}$ 中的含量不宜偏大,否则会导致水它的物理常数、细胞膜的渗透和细胞质粘性等变化。采用放射性同位素时它的用量均应小

于其安全范围内的剂量,在生物机体保证在严格的允许范围,以免对实验对象造成辐射和损伤,而导致取得错误的结果。

### 1.5 物探技术

地球物理勘探多使用的物理性质(岩石)有密度、电导率、磁导率、热导率、弹性、放射性。与其相适应的物探方法有重力勘探、磁法勘探、地震勘探、电法勘探、地温法勘探以及核法勘探。依据探测地理位置和区域它又可以划分为:地面地球物理勘探、航空地球物理勘探、海洋地球物理勘探以及钻孔地球物理勘探等。

地面物探方法主要有电、磁、重、震、放射性等5种方法,使用最多的是电法,其次有放射性探测法、甚低频磁法等。水文物探,包括地面物探、水文测井等组成。在探水方面,主要有以下4种方法。

#### 1.5.1 电法

电法分为直流电法和交流电法,后者有音频电磁法、瞬变电磁法等。以直流电法为例,主要有电测深与电剖面法,指分别测量纵向的地质情况改变和不同深度沿剖面方向的地质情况改变。电法具有共同点,都是在人工电场的作用下进行探测。从找矿物探演化而来的电法探水,因为一般测来的是地下的非动态信息,所以在探测结果反映的曲线中就无法分辨探测信息是来自静态矿产还是动态地下水,探测成果存在多解释性。

#### 1.5.2 放射性探水法

是指采用天然放射性元素(氟)在基岩裂隙中聚集造成反常的放射性,设备能够测得异常情况,但异常基岩裂隙带是张开并且可填充的,是否有水流动依然无法判断,故与目测断层探水差别不大,也存在多解的可能性。

#### 1.5.3 甚低频磁法

是指运用甚低频探测仪测取地下磁场它随空间改变的方法,因城市中通信电子、电气、等设备会产生强电磁干扰,此法在人群密集区、城市建成区、郊外生产区等难以开展探测工作。

#### 1.5.4 三维地震法

三维地震勘探是指用反射波法实施,三维反射波法和二维反射波法在基础原理上有许多相同之处,二者所不一样的是三维地震采用的是高密度(即在 $12.5\text{m}\times 12.5\text{m}$ 的面积中便采集一个数据)的不同形式的面积观测系统,所以三维地震又可才称为面积观测法。

上述地震法的共性点是将找寻固体矿产的物探方法运用到找地下水。地质体物性综合值可通过地面仪器测量,属于静态信息,所测得的物理量是固体矿产还是地下水,全凭测试分析人员的主观或其累积实践经验所决定。通过以上方法探水的成功率仅有40%~

50%,物探曲线的多解性是其根源所在。以上手段只可以判断地下有无低阻区,对于地下有无水、水量有多大等信息是难以准确知道的。

### 1.6 水化学分析

水化学分析主要是针对调查获得的相应水点的流量、温度、酸碱值、电导率、矿物质浓度、含盐度、阻抗值以及酸碱电位值等常规参数实施现场原位测试,还包括水样的化学物理简分析、全分析或专项分析,以分析地下水的水质、类型、水化学特征和其对工程的影响。

## 2 隧道地下水环境调查方法的适用范围

上文对野外水文地质调查、遥感解译技术、钻孔水文监测、钻孔示踪同位素测试技术、物探技术和水化学分析6种调查方法进行了综述,现将各个方法的作用和适用范围总结如表1所示。

表1 隧道地下水环境调查方法的总结

调查方法	作用和适用范围
野外水文地质调查	基础性工作,是隧道水环境调查与监测工作布置的基础
遥感解译技术	地形地貌、地表水系调查
钻孔水文监测	直观地观测地下水情况,包括水位、水质、水量等
示踪同位素测试技术	确定地下水流速、流向、岩石渗透系数及隧道涌水位置
物探技术	探测地下可能存在的富水区及破碎带、导水通道等
水化学分析	确定水流量、温度、pH、腐蚀性等物理化学特征

如表1所示,各个方法在隧道工程水环境调查中具有各自不同的作用,在实际工程中,应根据水环境调查的目的综合选用一种或几种方法。

## 3 结语

随着城市化的发展,道路基础建设的需要,在重庆山区地形条件下不可避免的穿山越岭。目前已有隧道的开挖对生态环境的影响十分明显,主要表现在水资源的破坏及引发的地表塌陷问题,其社会影响及经济损失巨大,环境保护问题日益突出。研究隧道工程与水环境的相互影响,对减低隧道施工造成的地下水灾害,提高隧址区水环境的保护措施,完善隧道工程设计均具有十分重要的意义。

### 参考文献

- [1] 江忠彦,吴修嵘.水文地质及工程地质勘察关键要素探究[J].中国标准化,2019(6):100-101.
- [2] 贺邵生.工程地质勘察与水文地质评价的分析关键点[J].工程建设与设计,2018(23):68-69.

收稿日期:2022-03-03

作者简介:贺鑫(1987—),男,汉族,陕西商洛人,本科,工程师,主要从事岩土工程方面工作。