

## 隧道施工地质超前预报方法

李 勇 孙喜峰 李 廷

(沈阳铁路局勘测设计总院 辽宁 沈阳 110013)

**摘 要:**隧道施工地质超前预报是一项多种方法的综合运用,对预防异常情况及掌子面前方不良地质体的存在具有重要意义,其有利于安全施工、提高效率、缩短工期、避免事故,具有较大的社会效益和经济效益。通过合理组织预报作业流程、采用多种方法和对预测结果进行综合分析,能够提供更为准确的相关信息。

**关键词** 地质超前预报 方法 预报作业流程

中图分类号 P642

文献标识码 A

### 1 地质超前预报目的

施工前对地质情况的了解,对于隧道建设有十分重要的作用。通过地质超前预报,及时发现异常情况,预报掌子面前方不良地质体的位置、产状及其围岩结构的完整性与含水的可能性,从而为隧道施工单位优化施工方案提供依据,为预防隧道突水、突泥、突气等可能形成的灾害性事故及时提供信息,使工程单位提前做好施工准备。通过预报,可以了解掌子面前方短距离内的工程地质条件及围岩类别,为施工单位正确选择开挖断面、支护设计参数和施工方法提供依据。所以隧道超前地质预报对于安全科学施工,提高施工效率,缩短施工周期,避免事故损失,具有重大的社会效益和经济效益。

### 2 地质超前预报内容

地质超前预报包括如下内容。

(1)不良地质预报及灾害地质预报:预报掌子面前方 15~100 m 范围内有无突水、突泥、坍塌、有害气体等灾害地质,并查明其范围、规模、性质,提出施工措施意见。

(2)水文地质预报:预报洞内涌水量大小及其变化规律,并评价其对环境地质、水文地质的影响。

(3)断层及其破碎带的预报:主要预报断层的位置、宽度、产状、性质、充填物的状态,是否为充水断层,并判断其稳定性程度,提出施工对策。

(4)围岩类别及其稳定性的预报:预报开挖面前方的围岩类别与设计是否吻合,并判断其稳定性,随时提出修改设计,调整支护类型,确定二次衬砌时间的意

见,报专家组审批。

(5)查明并预测隧道内有害气体含量、成分及动态变化。

(6)查明并预测膨胀岩的膨胀力、膨胀量及主要矿物成分,为工程防治提供可靠依据。

### 3 预报的方法及适用条件

#### 3.1 地面地质调查法

通过对隧道范围内进行大规模详细的地质调绘,确定各岩组的地层层序、厚度、标志层位置,结合沉积韵律,建立标准地层剖面。对地质构造进行追踪调查后,根据施工进展情况,展开有针对性的地质调绘,详尽地核对细化的勘测设计资料。在不同位置实测构造面产状,获取构造的性质、规模、范围等第一手资料,经过施工单位联测将构造位置在图上定位,利用地质作图法,把构造投影到洞身位置。在作图过程中考虑构造面的变化规律进行修正。具体作法如下:根据构造线产状将其放到洞顶,将真倾角换算成视倾角,通过计算,获取在洞身出露里程。

采用公式: $x = h \times \text{ctg } a$

$a$ —构造线在隧道方向视倾角;

$h$ —构造线洞顶地面位置点下隧道的埋深;

$x$ —预测的距离。

通过计算,获得构造线在隧道某一位置的具体里程、范围及延伸方向。

本方法适用于隧道施工前期及施工过程中判断隧道地质稳定性程度,提出施工对策。

#### 3.2 地质素描法

地质素描是对已开挖掌子面的地质状况在现场作实地调查,并进行详细编录,采集必要的数据。具体包括对掌子面地层岩性、节理发育程度、受构造影响的程度、围岩稳定状态等进行详细编录,实测岩层产状、节理产状及间距、微构造产状、断层面产状及规模等,分段测绘统计分析岩体各种参数,进行掌子面的工程地质评价,作出掌子面断面图,再据其作出常规预报展示图和分段预报通知书。

根据隧道岩层的倾角,结合标准地层剖面确定岩层层位,采用公式计算,预测预报某一软弱岩层在洞身的位置,并根据其稳定性提出施工措施建议。该方法对掌子面前方的地层岩性空间具体位置预测是十分准确的。

断层及微构造在掌子面出现,实测产状后分析断层、微构造的产出规律,据其在掌子面部位、构造走向与隧道轴向的关系作出地质预报图。

本方法适用于隧道开挖后,根据掌子面地质状况,进一步对掌子面前方地质情况作出判断并随时提出修改意见。

### 3.3 钻速测试法

运用钻孔台车打眼时钻进速度的变化及岩粉的鉴定和泥浆的颜色变化来预测打眼深度范围内的地质情况。首先长期记录钻孔台车在不同围岩内打眼的情况,进行积累统计,每种岩石的钻速有一定的范围值。而后根据其范围值及泥浆颜色变化和岩粉鉴定,通过对比分析,推测前方打眼深度范围内的地质情况。接近断层时宜采用该方法,也可以探测前方地下水情况。建立不同岩质的钻速、岩粉、泥浆颜色、地下水情况积累统计对照表。

本方法适用于隧道施工开挖中,根据钻孔台车打眼记录的统计分析预测前方深度范围内的地质情况,尤其在接近不良地质地段前采用。

### 3.4 综合物探测试法

在地质超前预报的过程中可采用多种物探测试方法:

(1)采用 SE1243PEN 型综合工程探测仪进行负视速度法测试。该方法的原理是根据声波在不同介质中传播速度及能量的变化来预测前方的地质情况。该方法是利用 8~12 个检波器在不同位置同时接收同一个震动源(放炮)在介质中传来的声波,并且把接收到的声波变化记录到计算机内,通过计算机的处理及后期判释工作来预测的,同时也可将前方围岩的纵波波速测出,根据纵波波速给出围岩类别。

(2)采用 RAMAC-II 型地质雷达进行的地质雷达法测试。

(3)采用浮点动测仪进行高密度地震法测试。

(4)采用 WDJ-1 电法仪进行电法测试。

这些方法适用于与其他方法对比分析。结合地面地质调查及掌子面地质素描的情况,进行综合分析对比,预测掌子面前方地质情况。

### 3.5 水文地质条件的预测

(1)洞外井、泉量测的方法。根据隧道范围内村庄居民、民用的水井及泉点分布情况,确定井、泉是否直接影响居民的用水和牲畜饮水问题。对这些井、泉的水量动态变化进行长期系统的动态量测,建立规范的记录档案。对民井采用长期的量测水位,对泉采用长期量测水量。一般采用容量法、三角堰法、流速法等,每月量测 2~4 次,据施工进度和季节变化加密观测,绘制水位及流量的动态变化曲线,分析隧道洞内涌水的补给来源、影响范围,确定洞内涌水与地表井泉是否存在水力联系,对井、泉水位异常分析研究其原因,及时提出工程处理措施,从而保证隧道影响范围内居民的生活用水及生态环境。

(2)洞内水文地质预报的方法。

洞内涌水量的预测在熟悉既有勘测设计资料、岩组层序及地质构造特点的基础上,通过对洞内单掌子面涌水量动态变化的长期观测记录,掌握地下水初期涌水量、衰减涌水量和稳定涌水量的变化规律,综合分析地层、断层线性构造等特点。结合基岩裂隙水的运移特点,查明地下水的补给、迳流及排泄途径,对未开挖段开展水文预报工作。

采用容量法、三角堰法、梯形堰法、规则断面流速法、水泵抽水量法等获取掌子面附近涌水量的实际数据。分析地质素描资料,对岩层组合的含水性、节理裂隙的张开程度及充填情况等特点,得出地下水的局部补给来源、涌水条件及影响范围,从而预报施工前方常规地段的水文地质条件。

根据隧道范围内断层性质,断层破碎带规模及成分、结构特征及胶结程度,以及断层两侧一定范围断层影响带内节理裂隙情况及贯通性等特征,对地下水水量及赋存条件和连通关系进行综合分析,从而对断层破碎带及断层影响带内地下水水量进行预报。

通过分析既有的水文地质资料、气象资料及一些钻孔的抽提水试验资料,根据施工前方的地层岩性、地质构造、节理裂隙情况,再结合洞内长期实测水量的综合分析对比,对掌子面前方每延米涌水量进行预测。

在隧道的开挖过程中对洞内涌水量进行连续实测工作,根据其地层岩性、地质构造、岩石的节理、裂隙的发育程度及充填情况等特征,对掌子面前方涌水量进行定性定量的预测,并与开挖实际涌水量对比反分析。由于洞内涌水量的大小与施工部位、方法、速度等关系密切,涌水量遵循由大变小的变化规律。

### 3.6 超前导坑法和水平钻机超前探测法

超前导坑法比较直观,精确度高。采用上导坑开挖地段也较多,因此在上导坑进行预报工作是十分重要的。在上导坑采用地质素描、地质作图等手段,在图解分析基础上对小掌子面及全断面前方的地层、岩性地质构造、水文地质情况进行地质超前预测。

根据小导坑出露的地质情况,通过编录、作图、计算等正确预报大断面的地质情况,使施工单位可在主隧道开挖断面达到不良地段之前采取相应的支护措施。

水平钻机超前探测法是通过水平钻机在掌子面进行钻探、采取岩芯等工作,了解前方地质条件。但对施工干扰较大,适用于探测前方严重的突水突泥段。

这两种方法适用于有条件或进一步需详细了解隧道开挖位置前方地质及水文地质情况,采取的相应措施。

### 3.7 有害气体的预测方法

有些隧道通过区地层为煤系地层,为了使施工顺利进行安全进行,采用沼气-氧气两用报警仪,在隧道进行长期跟踪量测,采取数据,进行预报,根据数据的积累统计分析,对掌子面前方的有害气体进行预测,为隧道安全施工提供科学依据。

在坑道开挖时,工作面上瓦斯量超过1.0%,就不准放炮;超过0.2%,人员就要全部撤出工作面。一般主风流处瓦斯含量不得超过0.5%,总回风风流处不得超过0.75%。

### 3.8 利用节理裂隙统计分析进行预测

隧道通过区地层受构造运动的影响,形成了较多的节理、裂隙及断层。而节理、裂隙与断层的发展变化是有一定规律的。通过长期量测、分析、统计其节理产状、间距、贯通性等情况,得出节理、裂隙、断层的发展渐变规律,预报预测掌子面前方是否发育断层及微构造。

## 4 预报的形式

### 4.1 长期预报单

在分析既有的设计资料后,进行详细地质调绘核对补充设计资料,综合分析判释物探测试等工作,通过综合分析得出结论,向施工单位提交掌子面前方50~100 m左右的地质、地下水情况及施工措施建议,以书面形式提出长期预报单。

### 4.2 常规预报单

通过掌子面地质素描、有害气体的量测、针对性地面调绘等工作,再结合长期预报单的情况,进行地质作图,预测掌子面前方15~30 m的工程地质条件、水文地质条件、围岩类别、有害气体的情况等,并提出相应施工措施建议,以书面形式连续向施工单位提交预报通知单(一式两份)。

### 4.3 简单说明及口头通知

根据掌子面的地质情况及前方不良地质情况,以口头或作草图的形式向施工单位主管技术领导解释预报单的情况,并重点说明施工中最应注意的问题,作为施工组织安排的参考依据。

## 5 预报流程安排

地质超前预报是隧道在整个施工过程中的一个重要环节,直接影响到施工的组织 and 安排,该项工作作业流程主要安排如图1。

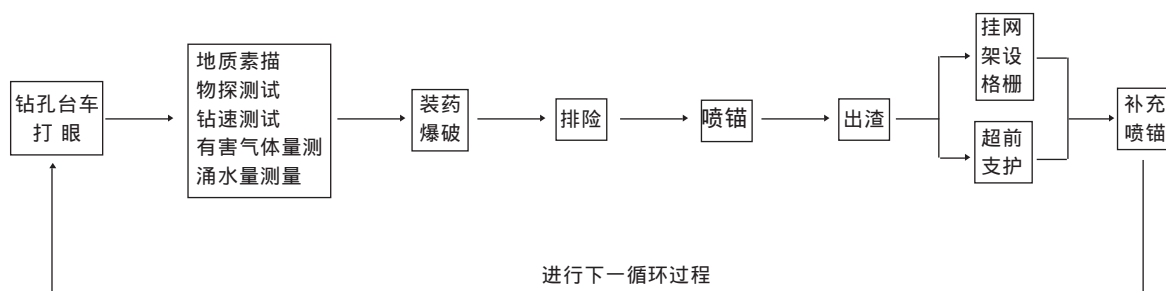


图1 地质超前预报工作作业流程图

Fig. 1 Flow chart of the procedure of geological prediction

## 6 经验与体会

(1) 铁路隧道施工中,多座隧道超前预报结果表明其具有实效性好、准确度高等特点。

(2) 地质超前预报准确率受施工单位配合程度影响较大,应把该项工作纳入施工工序,施工单位应与设计预报人员密切配合,就会在隧道建设中显现其优越性,达到防灾减灾的目的。

(3) 水文地质条件是制约长大隧道施工的关键,基岩裂隙水涌水条件规律性不强,定量预报开挖时的初期涌水量效果不理想,以后应加强这一方面的工作。

(4) 利用地震反射法进行物探测试工作,在硬质岩中,测试前方不良界面是比较准确的,而在软质岩中测试前方围岩界面是存在有一定的误差。

(5) 在整个地质超前预报中,利用区域地层对比法

辅以物探测试工作,进行长距离的构造轮廓预报是成功的。利用地质素描及钻孔台车接长钻杆打眼,进行短距离的预报工作灵活方便,实用性强,准确率高。经过综合分析基岩裂隙、节理等变化情况,结合对地下水涌水量的量测,对前方地下水定性定量预测是成功的。

(6) 勘测设计资料的准确性同样影响预报的精度,地质超前预报是勘测设计阶段工程地质工作的延续。总结实际地质状况与设计不一致的部分进行对比,有助于提高以后地下工程的勘测质量。

## 参考文献:

- [1] 王石春. 隧道施工地质超前预报探测中的地质作用[J]. 铁路地质与地基, 1995, (2).
- [2] 吴治生. 南岭隧道的地质超前预报及体会[J]. 铁路地质与地基, 1992, (1).

# METHODS OF GEOLOGICAL PREDICTION IN TUNNEL ENGINEERING

LI Yong, SUN Xi-feng, LI Ting

(Institute of Surveying and Designing, Shenyang Bureau of Railway, Shenyang 110031, China)

**Abstract:** The geological prediction in tunnel engineering is a comprehensive application of multiple methods. It is significant to prevent and deal with abnormal situations and the existence of unfavorable geologic bodies ahead of the faces. The prediction is favorable for safely constructing, improving efficiency, reducing construction period and avoiding accidents, with great economic and social benefits. The accurate information can be provided by a reasonable organization of predicting procedure and a comprehensive analysis on the predicted results with multiple methods.

**Key words:** geological prediction; method; predicting procedure

作者简介:李勇(1970—),男,工程师,1994年毕业于西安矿业学院地质系,现从事岩土工程工作,通讯地址:沈阳市沈河区北站路110-甲2号,邮政编码:110013。