

隧道超前地质灾害预报综述

毛正君¹, 倪万魁¹, 付晓刚²

(1. 长安大学 地测学院, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学 环工学院, 陕西 西安 710054)

摘要:隧道超前地质灾害预报在隧道施工中是十分重要的环节。文章对隧道超前地质灾害预报内容、原则、形式、方法、流程方面的研究现状进行了论述。着重对隧道超前地质灾害预报的各种方法进行了分析对比。隧道超前地质灾害预报的方法各有优缺点和局限性,应该取长补短,综合分析,根据实际情况确定应该采取的方法及其组合。在隧道超前地质灾害预报工作中,必须处理好与施工单位的关系。

关键词:隧道;超前地质灾害预报;预报方法;综述

文章编号:1003-8035(2007)04-079-03

中图分类号:P642.2

文献标识码:A

0 引言

在国外隧道超前地质灾害预报工作是重要且不可或缺的施工工序。重视隧道超前地质灾害预报工作已成为管理部门和广大工程技术人员的一致。我国自20世纪80年代在南岭山脉大瑶山隧道、北京军都山隧道和其它一些隧道的施工中,才开始其研究和试验工作^[1]。本文从隧道超前地质灾害预报内容、原则、形式、方法、流程方面对其进行了论述。着重对隧道超前地质灾害预报的各种方法进行了分析对比。

1 隧道超前地质灾害预报内容

超前地质灾害预报包括如下内容:①断层、岩脉及破碎带的预报。预报其位置、规模、富水性及充填物的状态等;②对可能构成不稳定块体的大裂隙预报。预报长、大的夹泥或不夹泥、延展长度达隧道跨度1/2的大节理、易开裂的层面及其未查明的含水性^[2];③查明并预测隧道内有害气体含量、成分及动态变化^[3];④水文地质预报。包括地下水类型、补给形式,可能突水、涌水的位置以及水量的大小;⑤围岩类别预报。预报开挖面前方的围岩类别是否与设计吻合,并判断其稳定性^[4]。⑥地应力及岩爆预报。预报地应力的高低、隧道轴线方向与地应力最大水平挤压应力轴之间关系及岩爆的可能位置、级别^[5]。

2 隧道超前地质灾害预报原则

在隧道超前地质灾害预报工作中,坚持“规范、全程、适宜、及时”的总原则,以及“以地质方法为基础,地质方法与物探方法相结合、长距离超前地质灾害预

报与短距离超前地质灾害预报相结合、物探先行钻探验证”的隧道超前地质灾害预报方法选择原则。

“规范”是指在编制标书时就设计好了隧道施工期间的超前地质灾害预报工作内容及方法,在施工期间有专门从事超前地质灾害预报工作的技术人员和用于超前地质灾害预报的工作设备、仪器及制定了完善的管理制度和应对突发地质灾害的措施^[6]。“全程”是指隧道超前地质灾害预报工作必须贯穿于隧道施工的全过程。“适宜”是指在不同的围岩条件下采用不同的隧道超前地质灾害预报方法。“及时”是指隧道超前地质灾害预报工作必须体现出及时性,以便随时指导施工开挖。

3 隧道超前地质灾害预报形式

超前地质灾害预报形式有^[4]:①长距离超前地质灾害预报单。在分析已有设计资料的基础上,对设计资料进行补充地质调绘,并汇同物探测试等工作,预报掌子面前方80~200m左右(甚至更远处)的地质灾害情况并提出施工措施建议,以书面形式提出长距离超前地质灾害预报单。②短距离超前地质灾害预报单。通过掌子面地质素描、有害气体的量测及针对性的地面调绘并辅以相应物探测试等工作,再结合长距离预报单,预报掌子面前方15~30m的地质灾害情况并提出施工措施建议,以书面形式连续向施工单位提交短距离超前地质灾害预报单(一式两份)。③口头

收稿日期:2006-11-16; **修回日期:**2006-11-27

作者简介:毛正君(1983—),男,宁夏固原人,在读硕士研究生,主要从事地质灾害方面的研究。

通知。根据已经获得的超前地质灾害信息以口头形式向施工单位主管技术领导做出说明,以作为施工组织安排的参考依据。

4 隧道超前地质灾害预报方法

隧道超前地质灾害预报方法可根据预报距离或探测原理分类^[7]。按照预报距离可分为长距离和短距离超前地质灾害预报两类。是超前地质灾害预报工作步骤中的先、后两步。各有不同预报距离,采用不同的方法和技术手段,承担不同的任务,具有不同的精度^[5]。长距离超前地质灾害预报采用的预报方法主要有工程地质调查法、断层参数预测法和 TSP 等

仪器探测法。短距离超前地质灾害预报又称为跟踪预报,是长距离超前地质灾害预报的深化和映证。其主要的预报方法有掌子面编录预测法、地质雷达法等。

按照探测原理可分为直接法、间接法及其它方法。直接法有地质法和钻孔探测法。间接法亦称物探法,主要有隧道地震超前预报系统(TSP)、水平声波剖面(HSP)法、陆地声纳法、地质雷达(GPR)法和红外探水法等。其它方法有超前导坑法、断层参数预测技术和掌子面地质编录预测法等。隧道超前地质灾害预报方法的原理及优缺点见表 1。

表 1 隧道超前地质灾害预报方法原理及优缺点^{[1][2][7][8][9]}

Table 1 The theories and advantages/disadvantages of tunnel advanced geological hazards prediction methods

方法	原理	优缺点
地质调查法	通过调查与分析地表和隧道内的工程地质条件,了解隧道所处地段的地质结构特征,推断前方的地质情况	不占用施工时间,在隧道埋深较浅、构造不太复杂的情况下有很高的准确性,但对人员要求高,在构造比较复杂地区和隧道埋深较大的情况下,工作难度较大,准确性较差
断层参数预测法	预报工作面前方隐伏断层的位置和破碎带厚度(宽度),并且通过断层产状与隧道走向和隧道断面高度及宽度资料预测其影响隧道的长度	预报距离长、对隧道施工干扰小、节约投资费用、适用范围广,但靠有限之“见”预报范围有限,特别是在地层岩性变化极为复杂的隧道中预报的难度很大
掌子面编录推测法	参考勘察设计资料,通过掌子面已揭露地质体(岩层、不良地质体等)进行地质观测与编录。对掌子面前方一定范围内可能出现的不良地质体及位置进行有依据的推断	可以随时掌握隧道掌子面的地层产状、岩性、构造等的变化情况,但在构造比较复杂地区和隧道埋深较大的情况下,该方法工作难度较大,准确性较差
TSP 探测法	是一种用于超前预报隧道开挖面前方地质情况变化的地下反射地震波技术。它利用地震波的反射原理进行不良地质探测	适用范围广、预报距离长、对隧道施工干扰小、节约投资费用、提交资料及时。但精度低,且因探测对象复杂多变,各种杂波干扰严重,有效波的识别与分离困难
水平声波剖面法	是弹性波反射法的一种。探测时不占用掌子面。将发射源和接收换能器布设在隧道两侧的浅孔中,发、收位置均在平行于隧道地面的同一水平面上,从而构成一“水平声波剖面”。在该剖面内向空间激发并接收振动(声波)信号,采用时域、频域中的时差、频差与地质相结合的方法确定反射面的空间方位并“投影”到该剖面上。即可确定反射面的出露里程及性质	不占用开挖工作面的工作时间,对施工干扰小,减少了高频衰减,提高了对前方反射面的空间定位精度,分辨率高,但探测精度低,且因探测对象复杂多变,各种杂波干扰严重,有效波的识别与分离十分困难,因而有时难以获得好的结果
地质雷达法	利用无线电波检测地下不良地质介质分布和对不可见目标或地下界面进行扫描,以确定其内部形态和位置的电磁技术。主要用于探测地下水、断层及其影响带等	操作简便,准确性较高,但探测距离短,有效波识别及其成果解译较困难
陆地声纳法	在隧道掌子面上用锤击方式产生弹性波,并在激震点旁用检波器接收。弹性波向掌子面前方深处传播,遇到断层、大节理、岩脉、溶洞及其它不良地质界面会产生反射。由检波器接收到这些反射波,就能反映前方的不连续面	仪器为国产设备,价格便宜,工作费用较低;仪器设备轻便,操作简单;工作时间短,预报距离长。但信噪比较低;缺乏速度参数,对夹层确定厚度的人为因素大,多层情况下探测效果更差;实际工作中并不能做到真正的垂直反射。沿岩面传播的表面波和前方地质界面反射回的各种转换波实际上还是会被接收器所接收,因而波现象往往很复杂
红外探水法	通过接收岩体红外辐射场强,根据围岩红外辐射场强的变化值来确定掌子面前方或洞壁四周是否有隐伏的含水体。能预测隧道外围空间及掘进面前方 30m 范围内是否存在隐伏地下水体或含水构造	仪器小巧轻便,操作简单,不占用施工时间,资料分析简洁、快速、直观。但探测距离短,可知前方 30m 范围内有没有地下水。至于水量大小、水体宽度及具体位置无法确定

续表

方法	原理	优缺点
钻孔探测法	钻孔探测又可分为利用TBM上配备的超前钻机、超前水平钻及超深风钻孔等	预报距离长,在允许占用施工时间条件下工作条件好、工作量较少但占用施工时间,施工费用高
超前导坑法	分为超前平行导坑及超前正洞导坑。前者是利用与隧道平行的导坑进行资料收集。后者布置在正洞中。导坑先行施工,对导坑揭露出的地质情况进行收集整理。并据此对主体工程的施工地质条件进行预报	比较直观,精度高,预报距离长。但成本高,构造条件复杂地区准确度不高
现场测试法	分为钻速测试、压水试验、地应力现场测量(试)3种。钻速测试是让钻机在钻进过程中保持压力不变,测试钻进速度。根据钻进速度的不同来确定软弱层的位置。压水试验是通过现场压水试验来测定岩体的单位吸水量,从而了解岩体的破碎情况和裂隙的充填情况。	钻速测试设备简单,操作简单,不占开挖时间。但钻速测试在硬岩破碎带中钻速变化不大,预测效果不佳。压水试验所需设备简单、操作方便,但测试时间较长
数值模拟法	分为地应力场的数值模拟预测法、三维网络模拟法2种。前者是为了对隧道整体原始地应力状态以及二次应力场的发育分布规律进行宏观预测而进行反演分析和研究。后者是对块体危岩的预报	三维网络模拟法可较为准确的定位块体危岩的空间位置,为锚固支护提供很好的参考,避免了支护的盲目性。但在预报模型的选择及叠加断层的确定上,需要与其它一些方法配合

5 隧道超前地质灾害预报流程

5.1 研究直接资料。直接资料包括基础地质资料、地表地质调查资料、掌子面地质素描。基础地质资料主要有区域性地质资料、隧道勘测资料、隧道设计资料。根据基础地质资料可以宏观了解隧道所在地的工程地质和水文地质情况。根据地表地质调查获得的地面水系分布、露头岩石的岩性、地层产状等,推断隧道处的地质状况,作为施工时的参考。在隧道开挖过程中,不间断地进行掌子面地质素描是判断围岩类别的最直接资料。

5.2 分析间接资料。间接资料指通过物探技术获取的地质信息。对于采用物探技术必须长短结合,使其相互印证,提高超前地质灾害预报的准确性。同时还应该结合直接地质信息进行预报工作(图1)。

5.3 根据前两步获取的直接及间接地质信息,如果可以确定掌子面前方无不良地质及特殊地质现象。则不实施超前钻探。否则,需要进行超前钻探。

5.4 对采用各种超前预报获得的资料进行归纳、分析、对比,提出最终预报结论和隧道施工建议。

6 结语

隧道超前地质灾害预报是隧道施工中十分重要的一个环节。有效的隧道超前地质灾害预报将保证施工安全。在隧道超前地质灾害预报工作中必须注意两点:首先,超前地质灾害预报的方法各有优缺点和局限性,应该取长补短,综合分析,根据实际情况确定应该采取的方法及其组合,从而提高预报的准确度。其次,隧道超前地质灾害预报准确度受施工单位

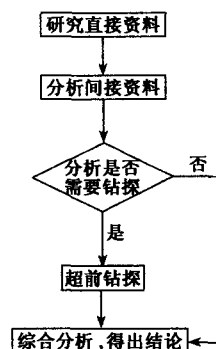


图1 隧道超前地质灾害预报流程^[9,10]

Fig.1 Tunnel advanced geological hazards prediction procedure

配合程度影响较大。必须处理好与施工单位的关系,使隧道超前地质灾害预报工作达到事半功倍的效果。

参考文献:

- [1] 张志龙,等.公路隧道施工超前地质预报技术方法研究现状综述[J].公路交通科技,2005,(9):126-128.
- [2] 孙广忠,等.军都山隧道快速施工超前地质预报指南[M].北京:中国铁道出版社,1990.26-46.
- [3] 任光明,等.深埋长隧道有害气体的预测与防治[J].中国地质灾害与防治学报,2001,(4):64-67.
- [4] 李勇,等.隧道施工地质超前预报方法[J].地质与资源,2004,(2):119-122.
- [5] 徐则民,等.长大隧道岩爆灾害研究进展[J].自然灾害学报,2004,(2):16-24.
- [6] 刘录刚.超前地质预报在雁门关隧道施工中的综合应用[J].西部探矿工程,2004,(4):111-113.

(下转第87页)

Fuzzy evaluation for quality of mining geological environment in Jiangsu Province

LIU Hong¹, ZHANG Hong-bin²

(1. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China;

2. Transportation College, Southeast University, Nanjing 210018, China)

Abstract: Mine geological environment evaluation is a complex systemic work, because there are lots of influence factors, it is difficult to confirm the factor's value by uniform standard, there is not yet a standard evaluation method by now. This paper taking the topography and terrain features, rock and soil body engineering geological properties, exploitation mineral resources kind, exploitation method, the destroy of natural landscape, history landscape, geological remains, the destroy of water resource, the destroy and occupy of land resource, the vulnerability of geological hazard, the harm degree of geological hazard, exploitation, management plan of mine resource, the difficult degree of the mine ecology environment resume and renovate et ac, 11 influence indexes of mine geological environment as evaluation factors, by using fuzzy evaluation method, construct math model and subordinate matrix, divide the mine geological environment of Jiangsu Province into 4 grades: good, rather good, rather poor and poor, the result provides the foundation for the protection and renovate of the mine geological environment in Jiangsu Province.

Key words: Fuzzy evaluation; mining geological environmental quality; evaluation factors; Jiangsu Province

(上接第 81 页)

[7] 何小新,等.隧道掘进超前地质预报技术的比较与选择

[J]. 矿山机械, 2005, (8): 6-8.

[8] 陈建峰.隧道施工地质超前预报技术比较[J].地下空间

间, 2003, (1): 5-8.

[9] 齐传生,等.圆梁山隧道综合超前地质预报技术[J].铁道勘察, 2004, (5): 52-56.

[10] 李国锋,等.特殊地质公路隧道动态设计施工技术[M].

北京:人民交通出版社, 2005. 19-105.

Review on advanced geological hazards prediction of tunnel

MAO Zheng-jun¹, NI Wan-kui¹, FU Xiao-gang²

(1. College of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Shaanxi Xi'an 710054, China;

2. College of Environment Science and Engineering, Chang'an University, Shaanxi Xi'an 710054, China)

Abstract: The tunnel advanced geological hazards prediction is an extremely important procedure in tunnel construction. In this paper, it has made profound elaboration on the content, the principle, the form, the method and the procedures of the tunnel advanced geological hazards prediction. Specially, it makes the analysis and comparison of the tunnel advanced geological hazards prediction methods. Each of the tunnel advanced geological hazards prediction method has both the strong and the weak points and limitation. According to the actual situation, in choosing methods, it should apply the strong points and avoid the weak points, then take the comprehensive analysis. In the work of the tunnel advanced geological hazards prediction, it should deal well with the relation of the construction departments.

Key words: tunnel; advanced geological hazards prediction; prediction method; review