

宜万铁路别岩槽隧道地质超前预报综合技术

任少强

(中铁二十局集团有限公司,西安 710016)

[摘要] 别岩槽隧道为宜万铁路首批开工的重难点、咽喉工程,被列为宜万铁路 I 级风险隧道。该隧道地质极为复杂,尤其是溶洞和地下暗河非常发育,被形象地称施工中可能有“六冒”现象发生。文章介绍了该隧道利用综合地质超前预报技术,避免了地质灾害事故的发生,保证了安全施工,并结合实践,总结了高风险隧道的地质超前预报综合技术。

[关键词] 风险隧道;溶洞;暗河;综合超前预报

[中图分类号] U45 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2010)08-0099-08

1 前言

别岩槽隧道全长 3 721 m,进口里程 DK403 + 049,出口里程 DK406 + 770。洞身最大埋深 530 m,属深埋长大岩溶隧道。洞身穿越方斗山弧状背斜和茨竹垭断裂及一系列次级断裂,地质十分复杂。管道、溶洞、溶隙和地下暗河极为发育,并有煤层、瓦斯、天然气等不良地质,施工中极有可能发生“六冒”,即冒水、冒泥、冒气(瓦斯、天然气)、冒油、冒火(油、气燃烧、爆炸)和冒顶等地质灾害。主要地质问题如下:a. 隧道突水、突泥:隧道穿越的地层中可溶岩占 67%,岩溶发育强烈,发育有庙坪、盐井两条暗河。隧道在施工过程中可能发生大规模突水、突泥,施工风险极大;b. 天然气:隧道附近发现有建南、高峰场、寨沟湾等 3 个气田,新场、龙驹坝、茨竹垭等多个海相含气构造。隧道穿越气田区或封闭构造圈时,可能遭遇天然气,自流井组、珍珠冲组含煤地段及黑色页岩含有瓦斯;c. 茨竹垭断裂为一区域性断裂,发育在方斗山背斜中段近核部,全长 27 km,破碎带宽约 40 ~ 100 m,具多期活动性。该断裂位于三叠系巴东组非可溶岩与嘉陵江组的可溶岩之间,沿断裂带岩溶强烈发育,并发育有地下岩溶通道,岩溶水丰富。预测正常涌水量 5 451 m³/d,最大涌水量 97 269 m³/d。该隧道被宜

万总指挥部列为 I 级风险隧道。

隧道采用钻爆法施工,进出口两端掘进。面对复杂地质的高风险隧道,施工的首要任务是保证全过程的安全、顺利。结合施工经验,认真分析了决定施工安全的两个主要因素:a. 地质预报的准确程度,尤其是突发的恶性地质灾害,地质预报的作用非常关键;b. 针对地质灾害采取的应对施工措施。施工中采取了综合地质超前预报技术,通过实践不断总结,大大提高了预报准确性,使该隧道施工非常顺利,杜绝了安全事故的发生。2004 年 9 月 11 日,DK406 + 422 掌子面突然爆开,发生特大突水,水流量最大达 216 000 m³/h。因为地质预报比较准确,人员、设备及时撤离,避免了事故发生。

2 地质超前预报要探测的主要地质问题

1) 超前探测地层岩性、软弱层的位置、岩体完整程度、断裂带位置、宽度、破碎程度、富水性。

2) 超前探测岩溶洞穴、管道、含水体的位置、大小、规模、充填情况,预报突水突泥具体位置及可能带来的灾害程度。

3) 查明勘察设计阶段物探资料显示的异常体的具体位置、规模,确定其危害程度。

4) 为修改设计提供必要的地质参数:地下水压力、

[收稿日期] 2009-10-25

[作者简介] 任少强(1966-),男,陕西西安市人,教授级高级工程师,研究方向为桥梁隧道施工;E-mail:rsq-kjb@126.com

水量、含煤地层的煤质、瓦斯、天然气、水的侵蚀性等。

5) 隧道底部及周边岩溶洞穴及含水体的位置、规模。

6) 隧道突水、涌水、突泥地段、规模、流量。

7) 地表环境的监测, 地下涌水与降雨补给关系的监测。

3 地质预报技术研究内容及方法

为了使地质超前预报技术更具针对性, 效果更

显著, 采取“突出重点, 区别对待”的地质预报思路。采用物探—钻探相结合, 长—中—短预报距离相补充、宏观预报与精确预报相互验证的综合预报体系(见图1), 成功地进行了地质超前预报。

1) 熟练掌握 TSP203、地质雷达、红外探测等先进的探测方法。

2) 对上述物探手段的性能、各自的优势和局限性进行研究。

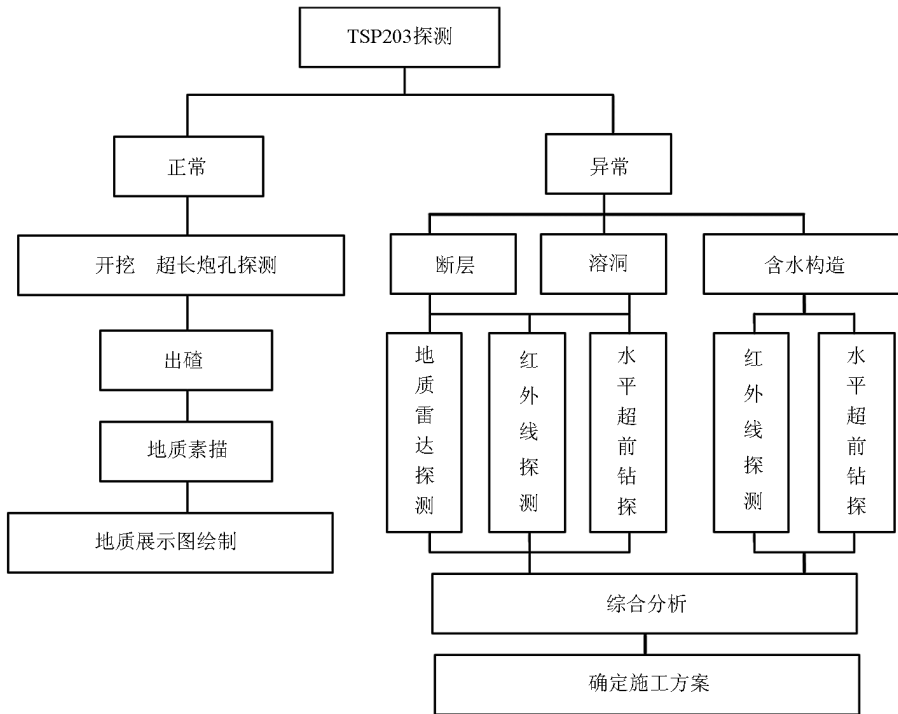


图1 地质超前预报工艺流程

Fig. 1 The process of geological prediction

3) 对物探方法和钻探方法的互补性进行研究。

4) 区别不同地质情况, 对地质超前预报的资源配置、预报方案、技术手段、预报方法的选择进行研究。

采用理论—实践—理论—实践的研究方法, 即对地质情况进行预报—跟踪开挖实际进行验证—调整参数, 改进工艺再次进行预报—继续跟踪开挖实际进行验证。

4 几种地质预报方法的实践分析

4.1 TSP 预报

TSP 预报采用的是物探手段。由于物探手段对

地质预报的间接性和多解性, 解释结果受到多种因素的影响, 加之仪器自身的缺陷, 致使 TSP 的预报经常出现较大误差, 甚至判断失误。除此之外, TSP 解释成果的准确性还与操作人员的实际经验、数据采集质量和数据分析水平有很大关系。目前, TSP 只能对地质情况进行宏观预报, 无法进行更精确的定量分析。这种情况一般由以下因素造成:

1) 数据采集过程没有严格按照要求进行, 在分析处理时未能很好地剔除干扰波和假频。

2) 单一接收器, 不能对资料进行对比分析。

3) 调谐角和搜索角对数据处理质量有一定关系, 数据处理时未能很好地选择调谐角和搜索角。

4) 物探推断不良地质体位置的准确程度与选

取的计算参数(速度)有关,而这些参数往往无法准确选取(仪器本身所致)。

5) TSP203 预报程序是以面状结构为设计模型,对点状结构物反映不明显。因此对小溶洞和充填性溶洞还无法探测。

6) 数据处理的参数不能根据实际情况选择。TSP 系统有一套供处理用的默认参数系统,数据处理人员一般都采用这套默认参数进行处理。别岩槽

隧道地质条件复杂,除了断层等界面外,岩溶的发育特征,分布、形态都没有规律可循。这套默认参数不一定适合别岩槽隧道的特殊情况。从图 2 中可以看出,在 DK406 + 425 ~ + 405 段, V_p/V_s 和泊松比 δ 均突然增大,依据探测结果处理原载可判定该段含水。但对含水体的规模尚无法估计,需用水平超前钻进一步探明。

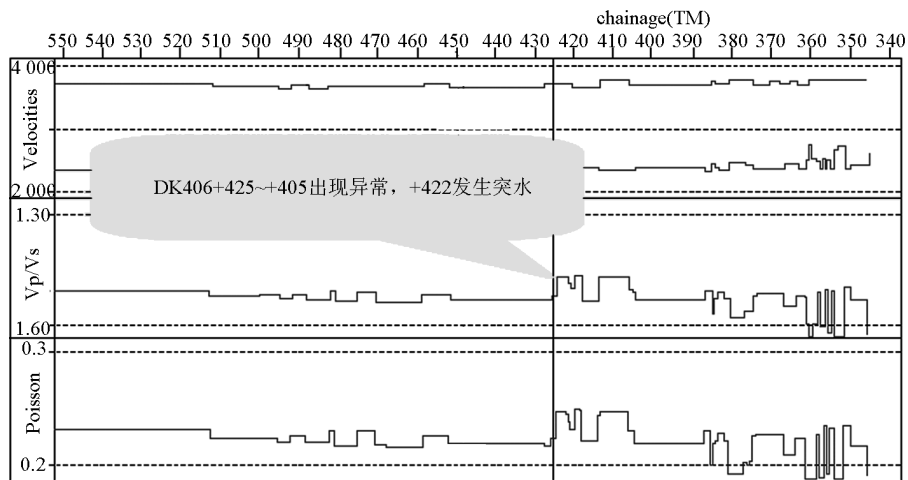


图 2 正洞 DK406 + 498.5 对掌子面前方探测情况

Fig. 2 The situation detected in front of working face at the tunnel DK406 + 498.5

4.1.1 提高预报准确性的途径

1) 数据采集是预报能否成功的前提,要认真对待数据采集过程中的每个环节: a. 必须保证炮孔和接收孔的质量:位置、深度、角度和孔径要严格按照要求施作; b. 要使传感器套管与接收孔结合紧密,充分耦合,耦合不好会产生声波干扰; c. 应使用两个接收器,便于对比分析; d. 要选用合适的炸药量,炸药量的大小要根据激发岩性、探测深度、最大偏移距等条件经试验确定,一般每炮使用 50 ~ 75 g 炸药,实践证明:当炸药量较小时,地震子波频率高,但反射波能量不足;增加炸药量能提高反射波的振幅,但当炸药量增加到某一值 Q 时,再增加炸药量,反射波的振幅增加很少,相反,会增加干扰波的能量,使探测的分辨率降低,因此,首次探测时必须经试验确定合适的炸药量; e. 所有炮孔必须采取封堵和灌水措施,保证炸药与炮孔严密耦合,以便震动波在岩体里很好地传播,炮孔灌水不好会引起声波干扰(见图 3,图 4); f. 探测过程中洞内要避免一切震动和噪音,震动和噪音同样会引起声波干扰。

2) 选择合适的调谐角和搜索角。搜索角 $\delta = 90^\circ - \omega$ (调谐角), ω 为掌子面前方隐伏地质界面或

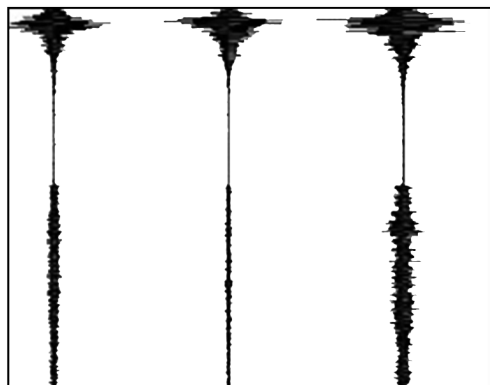


图 3 炮孔灌水不好引起的声波干扰
Fig. 3 Acoustic interference caused by bad blast hole irrigation

地质体走向与隧道轴向的夹角,可从设计图中获得。

3) 数据分析处理是 TSP 预报的关键。在分析处理数据时特别是对结果的判定上,不能只用单一的指标,而应采用以 P 波剖面资料为主对岩层进行划分,结合横波资料对地质现象进行综合分析解释。

4) 厂家应通过调整观测系统,改进数据处理软件功能来降低对岩溶探测的局限性,进一步提高探测精度。

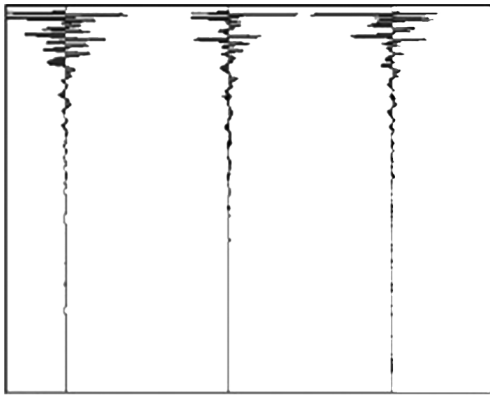


图4 没有声波干扰的地震波记录

Fig. 4 The seismic wave record without acoustic interference

度的判读上却有一定的误差,这是因为掌子面前方的地质情况复杂,介质分布极不均匀,电磁波的传播速度差异很大,而雷达系统在后期数据处理时却按照统一的传播速度来处理,因此目标体的深度值会产生一定的误差,使地质雷达的预报精度有所降低;另一方面,隧道内的探测环境与地质雷达的理论基础:“半无限空间”不吻合,加之洞内钢拱架、钢筋网、锚杆、钢轨等金属构件的影响,也降低了探测精度。

2)地质雷达探测距离过短,一次只能探测5~30 m,与目前隧道每天开挖大约5~10 m的速度很不匹配,不得不频繁地进行探测。

3)就当前的技术水平而言,地质雷达采用高频天线对隧道混凝土衬砌质量进行无损检测;岩溶隧道铺底前采用中~低频天线对隧底隐伏岩溶洞穴进行探测是一种较好的探测方法。

4)目前国内还没有为隧道地质超前预报而专门设计制作的地质雷达,仪器密封性差,洞内不易防水、防潮、防尘,易造成仪器损坏,特别是没有专门的天线,操作起来费时费力,且效果不好。因此,使用者大多选用进口雷达。

从图5上可以看出,在两处反射波比较杂乱的部分,有明显的强反射,推测为岩溶发育部位。在施工过程中,DK404+550处揭示岩溶发育,根据雷达电磁波旅行时间和旅行速度,推算岩溶发育深度为4 m左右。

5)TSP探测解译人员不应仅仅停留在对仪器的掌控上,而应学习和掌握必要的地质知识,这对提高TSP的探测解译水平至关重要。

6)TSP探测解译人员应跟踪隧道开挖,根据开挖揭示的地质情况对探测解译结果进行对比分析,及时调整参数,不断提高预报精度。

7)TSP探测应和其他超前预报手段结合起来,形成物探—钻探,长距离—短距离相结合的综合预报体系,全面分析前方的地质情况。

4.2 地质雷达

1)地质雷达在隧道超前预报中具有探测速度快、分辨率高、图像容易识别的优点。但在目标体深

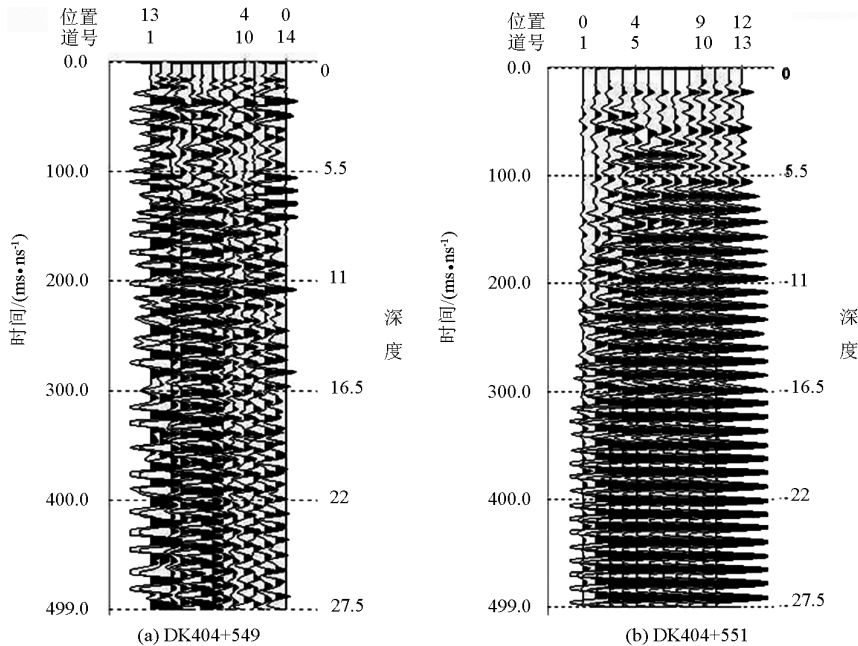


图5 DK404+549和DK404+551隧底横测线雷达剖面图

Fig. 5 Radar profile of horizon line belong to the bottom of tunnel DK404+549 and DK404+551

4.3 红外探测仪

1) 利用红外探测仪能方便快捷地探测出隧道周边隐伏的含水构造,优点是不言而喻的。但其本身也有局限性,即无法获得水量、水压和探测点与含水构造的确切距离。这是红外探测技术的一大缺憾。但不管怎样,作为一种物探手段,红外探测技术毕竟有其独特的优势。在地质超前预报的诸多手段里,红外探测技术是其他探测方法无法替代的。

2) 通过大量的探测发现,在红外探测过程中探测距离必须大于 60 m,只有这样才能得到数据曲线的整体表现形式,以便运用曲线的整体变化趋势来判断发生突涌水的可能性,这样可减少局部突变因素对判断的影响。

3) 在探测过程中发现,掌子面与前方围岩含水性的差异越大,红外探测的结果越准确。具体表现为:如果掌子面干燥,对前方的含水构造容易探测出来;反之,如果掌子面湿润或本身有较大涌水,即使前方有更大的含水构造,也很难探测出。这一特点使红外探水的应用存在一定的局限性。

4) 红外探测仪在探测时很容易受到外界环境的影响,目前发现对其影响较大的有:高能热源场(如行驶的汽车、正在作业的装载机、通风机、灯泡等)的存在;掌子面围岩与后方围岩的温度差异、掌子面附近的施工用水,支护中混凝土的水化热,放炮后的距离温差等。

5) 红外探测技术现场操作比较容易,对探测曲线的分析判定则相对困难。好在隧道开挖可以及时对判定结果进行验证。相信经过“判定—验证—调整”的不断实践,就一定能逐步积累经验,使红外探测技术日臻成熟,成为地质超前预报的一把利器,更好地服务于隧道施工。

图 6 是在别岩槽隧道 DK406 + 725 断面上探测的曲线。可以看出,4 条探测曲线虽有起伏,但相距不远,且大致和横轴平行,说明前方 20 m 范围内为正常场,没有含水构造。隧道开挖揭示的地质情况证明上述分析判定是正确的。

从图 7 中看出,断面差值探测曲线有明显升高趋势,因此判定隧道前方有含水构造。开挖实践证明,上述分析判定是正确的。当掘进至 DK406 + 540 时,线路左测拱顶处出现裂隙水,水量约 $50 \text{ m}^3/\text{h}$;至 DK406 + 536 时,出水点转移至隧底,且水量增大至 $198 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

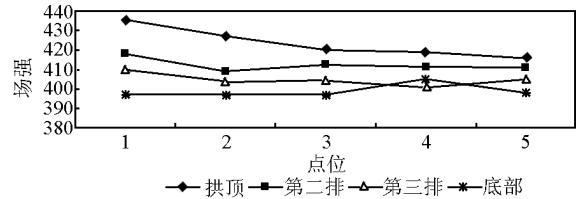


图 6 别岩槽隧道 DK406 + 725 断面红外探测曲线图
Fig. 6 Infrared search detection curve chart of Bieyancao Tunnel DK406 + 725

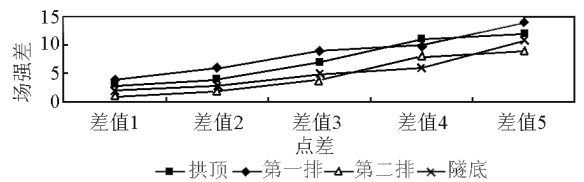


图 7 别岩槽隧道 DK406 + 541 ~ 585 段
红外探测断面差值曲线图
Fig. 7 The difference value curve chart of the Bieyancao Tunnel between DK406 + 541 and DK406 + 585

4.4 水平超前钻探法

水平超前钻探其实钻孔并非“水平”,一般至少带有 $3^\circ \sim 5^\circ$ 的仰角,便于钻探过程中岩屑随回水排出,不至于卡钻。钻探时也可根据需要调整仰角至需要的度数。

超前钻探主要用于探测断层、溶腔、突水、涌泥、煤层、瓦斯等不良地质。由于探测的距离长,探明的不良地质距工作面较远,因此,便于提前调整施工方案和技术措施。钻孔还可提前排水、排泥、排气,起到卸压作用,减少突水、突泥和煤与瓦斯突出的危险性。

钻孔根据需要布设。一般情况下 1 ~ 3 个孔,特殊情况下可布设更多钻孔。开钻前技术人员要测量钻孔的方位和倾角,以便换算钻孔的深度和钻探到达的位置。

钻探过程中技术人员跟班作业,认真观察回水的颜色和混浊情况,每钻进 2 m 收集一次岩屑,岩屑烘干后供判定岩性用。钻进过程中根据钻进速度、推力、扭矩等情况结合烘干后的岩屑判断围岩的地质情况,并做好记录。

与 TSP203、地质雷达以及红外探测等物探方法相比,超前水平钻探具有更直观、更准确的特点。超前钻探虽是“一孔之见”,却能起到“管中窥豹”的作

用。其缺点是超前钻探与隧道开挖相互干扰,不能同时作业。

4.5 超短距离(5 m)钻探法

超短距离(5 m)钻探法是在隧道掘进过程中,每次打眼时采用5 m钻杆在隧道掌子面不同部位打8~10个探测孔,而开挖每循环进尺最大控制在3 m以内,使工作面始终保持距不良地质2 m以上的安全距离(岩盘)。当探孔出现不良地质征兆时,可及时采取应对措施。

5 m探测孔均匀布置在掌子面不同位置,可根据掌子面的地质情况进行调整。出水点、出泥点、出气点(瓦斯、天然气)和溶蚀等异常情况都要进行探测。周边眼位置的探测孔要有一点的外插角,以便控制隧道周边的地质情况。

超短距离(5 m)钻探法是水平超前钻探法的补充和延伸,它克服了水平超前钻探法“一孔之见”的缺憾。这种探测方法简单易行,避免了钻机的频繁移动,不中断隧道的正常掘进,大部分探测孔还可兼作炮眼。因此,超短距离(5 m)钻探法是一种简便、易行、实用的探测方法。

4.6 地质素描与综合分析法

在隧道的开挖过程中,围岩的岩性、产状、构造等地质现象都反映在掌子面和两侧边墙上,如实记录掌子面和两侧边墙上的围岩信息对预报前方的地质情况有很高的参考价值。地质情况的综合分析是建立在对地质资料充分了解基础上的,同时要具备相应的地质知识。

对地质资料的综合分析分两种情况:一是短期预报,即每次放炮后进行地质素描时,根据现场的地质信息并结合其他资料对前方的地质情况进行短距离预报。预报距离从几米、十几米到几十米不等。施工队可根据预报情况及时调整施工方案和支护措施。二是综合其他资料如TSP203探测、地质雷达、红外探测、地质素描以及水平超前钻探等探测成果进行综合分析,对前方的地质情况做出包括短距离预报在内的更长距离的预报。以下列举地质分析的部分例子。

4.6.1 根据地质情况制定预报方案

上场之初,在制定别岩槽隧道地质超前预报方案时,区别进、出口不同地质情况,分别采取不同的预报方案:

隧道进口主要是以砂岩、页岩、粉砂岩为主的煤系地层。该地层岩性松软,但因没有可溶性地层和

断层,所以不会发生突泥、突水(可能有小股渗流)情况,施工中应以防煤层瓦斯、防隧道坍塌为主。对隧道进口的地质超前预报采取以超短距离(5 m)钻探法为主,红外线探测配合,必要时用水平钻探验证的方法,并加强瓦斯检测。

隧道出口主要以石灰岩、白云质灰岩、泥灰岩为主的可溶性岩层组成,岩溶发育,地下水丰富;方斗山背斜的核部位于该段,并有F₂、F₃断层。隧道出口是发生突水、突泥的主要地段。对隧道出口的地质超前预报,以地质雷达探测、水平超前钻探、红外线探测和超短距离(5 m)钻探法为主,并施以TSP203探测。

实践证明,以上方案是符合现场实际和预报需要的。方案的优点就在于区别不同情况,最大限度地发挥了各种探测手段的长处,满足了地质超前预报的需要,同时也尽可能地节约了成本。

4.6.2 对岩溶的预报

岩溶问题是世界性难题,因为它复杂多变,其形态、规模无规律可循,因此对岩溶的预报非常困难。尽管如此,我们还是从中发现了一些有用的信息,使预报取得了一定成效。

岩溶主要发生在石灰岩等可溶性地层中。岩溶的发育程度主要取决于围岩的溶蚀性。就围岩的溶蚀性而言,石灰岩>白云质灰岩>白云岩>泥灰岩。就地貌特征来说,由于洼地有利于水的聚集和下泄,因此洼地下石灰岩的岩溶往往更为发育。DK405+700~+500段具备了最适合岩溶发育的全部要素,因此这一段岩溶可能较为发育,并有可能出现较大涌水。开挖揭示的地质情况证明地质人员的预报是符合实际情况的。这一段为中厚层石灰岩,质纯,岩层近于直立,含大量裂隙水,拱顶和边墙出现多处管道出水点。进行水平超前钻探时,从钻孔往出射水,射水距达6 m,现场测水压为1.2 MPa,涌水量达400 m³/h。

4.6.3 对软弱岩层的预报

自DK405+350开始,掌子面岩层逐渐变为灰白色薄层泥灰岩和褐色中厚层灰质泥岩及其互层。泥灰岩和泥岩质软,遇水软化、泥化,开挖过程中易坍塌、掉块。由于泥灰岩基本不具溶蚀性,泥岩又具隔水性质,因此这一段岩层不会出现岩溶和涌水、突水,施工中应从防岩溶、防涌、突水转为防坍塌上来,加强了初期支护,并把水平超前钻孔从3个减为1个。在DK405+350~+120长距离的软岩施工中,

取得了良好的效果。

4.6.4 对背斜核部构造的预报

向斜和背斜的核部是应力集中的部位,在向斜和背斜的核部往往发育有断裂、褶皱等此一级构造。虽然设计图并未标注方斗山背斜核部发育有次一级构造,但隧道在穿越方斗山背斜核部前,可能出现次一级构造对施工的影响。隧道开挖至 DK405 + 146 ~ + 138 时,产状突变,倾角由 $0^{\circ} \sim 1^{\circ}$ 突变至 $68^{\circ} \sim 70^{\circ}$,出现了小型断裂。由于提前做好了防范准备,所以未造成大的影响。

从图 8 中得知,DK406 + 422 溶洞涌水量与降雨有一定的补给关系。涌水洪峰一般在最大降雨量 5 ~ 6 h 后出现。这一规律使施工单位在洪峰到来之前能提前做好防范工作,避免了不必要的损失。

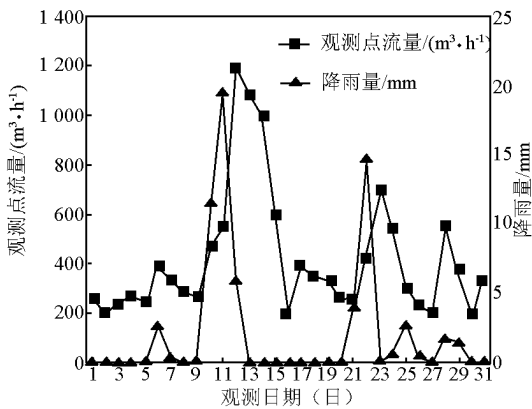


图 8 别岩槽隧道 DK406 + 422 溶洞袭夺庙坪暗河流量与降雨量历时关系曲线图

Fig. 8 Underground river flow captured by the karst cave of Bieyancao Tunnel DK406 + 422 and rainfall depth duration curve

5 结语

1) 经实践总结,对地质超前预报的各种方法有了全新的认识。对几种预报方法各自的优势、适用范围和局限性有了深入的了解。

TSP203 系统探测距离远,抗干扰能力强,但分辨率低,难以查清 2 m 以下的不良地质体,探测缓倾角断层和溶洞效果不明显,对于小溶洞和充填性溶洞更是无法探测。

地质雷达探测溶洞效果好,分辨率高,可查清 0.3 m 以上的不良地质体,其缺点是抗干扰能力差,探测的深度较小,只能探测工作面前方 5 ~ 30 m 范围内的地质情况;地质雷达对探测环境要求苛刻,不

能在有水、泥和电磁干扰的环境中使用,这一缺憾使地质雷达的使用率大为降低。

红外线探测仪仅限于探测前方 20 m 范围内含水地层和含水构造,无法探测水量、水压和与含水构造的确切距离。

水平超前钻探法直观、准确,但费工、费时,不能与隧道开挖同时进行。

地质素描与综合分析法花费少且效果明显,但必须是地质专业人员方能胜任,这在一定程度上限制了该项技术的推广应用。

因此,在预报方法和手段的使用上,应根据探测对象有针对性地选择其中的几种,不必全上,但也不能仅用其中的一种。这样既注重了探测效果,又节约了成本。

2) 对于一般隧道(包括瓦斯隧道),采用超短距离(5 m)钻探法为主,水平超前钻探法为辅的探测手段即可满足施工需要;探测断层可考虑使用地质雷达、水平超前钻探和超短距离(5 m)钻探法(组合一);或 TSP203、水平超前钻探和超短距离(5 m)钻探法(组合二),采用以上两种组合中的任何一种即可满足探测断层的需要;对于岩溶隧道,则应采用地质雷达、水平超前钻探、红外探测和超短距离(5 m)钻探法相结合的综合预报手段。但不管探测什么地质情况,不论采取哪种探测手段,都离不开综合分析这种最基本的预报方法。

3) 与钻探方法不同的是物探方法采取的是间接手段,探测结果具有多解性。TSP 系统和 RAM/ACGPR 探地雷达以及 HY-303 红外线探测仪虽然是先进的探测仪器,分别代表了各自领域内的先进水平,但并非完美的仪器。由于仪器自身的缺陷,致使物探法的预报往往存在较大误差。目前,TSP 系统等物探方法只能对地质情况进行宏观预报,无法进行精确的定量分析。宜万线 TSP 探测的有效率为 60%。在探测手段上,应对物探方法以正确的定位,切忌不恰当地夸大其效能和作用。

4) 没有一种地质超前预报方法具备单独作战的能力。因此,必须把这些方法有机地结合起来,各“兵种”协同作战,取长补短,相互验证,才能提高预报效果。

5) 地质超前预报工作是施工地质复杂隧道的一项重要工序和有效手段。施工单位能根据地质超前预报成果提前改变和调整施工方法,避免由于施工方法不当给施工带来的损失,优点是不言而喻的。

别岩槽隧道的施工实践证明,只要对前方的地质情况探测清楚,采取的处置方法得当、及时,任何复杂地质条件下可能引发的地质灾害都是可以避免的,

甚至可以用较小的代价化解和减少不良地质给施工带来的高风险和大损失。

Ahead geological forecasting technology of Bieyancao Tunnel on Yichang–Wanzhou Railway

Ren Shaoqiang

(China Railway 20th Bureau Group Corporation, Xi'an 710016, China)

[**Abstract**] Bieyancao Tunnel is a key project and listed as level I risky tunnel on Yichang–Wanzhou Railway. This tunnel's geological condition is very complex especially the developed karst cave and underground river. It is considered that serious geological disasters called “LiuMao” phenomena are most likely to occur in construction process. The article introduced that with the help of comprehensive ahead geological forecasting, this tunnel assured the safety and avoided the geological hazard accidents. It also summarizes the comprehensive geological prediction technology of risky tunnel based on the practice.

[**Key words**] risky tunnel; Karst cave; underground river; comprehensive ahead geological forecasting