

TSP 法与超前钻探结合在隧道超前预报中的应用

The Application of the Method of Combining TSP Method with Advanced Drilling in Advanced Prediction of Tunnel

员宝珊 孙帅锋

中铁西北科学研究院有限公司, 中国·肃 兰州 730000

Baoshan Yuan Shuaifeng Sun

Northwest Research Institute Co.Ltd. of C.R.E.C, Lanzhou, Gansu, 730000, China

【摘要】隧道超前地质预报技术作为安全预报的重要手段,在隧道建设中被越来越重视。论文以中国汶马高速汶川隧道超前地质预报为例,在地层断裂带、富水等特殊地质段落,采用“TSP 法与超前钻探相结合”的预报方法,通过对两种方法预报结果的对比分析,形成综合预报结果,指导工程现场施工,取得较好的预报效果。

【Abstract】As an important means of safety forecast, the tunnel fore geological forecast technology has been paid more and more attention in the tunnel construction. Taking the fore geological forecast of Wenchuan tunnel of China WenMa expressway as an example, in the special geological paragraphs such as stratum fracture zone and water rich sector, the method of "combining TSP method with advanced drilling" is used. Through the comparison and analysis of the forecast results of the two methods, the comprehensive forecast result is formed to guide the construction of the engineering field, and to get the better prediction results.

【关键词】TSP 法;隧道;超前地质预报;超前钻探

【Keywords】TSP method; tunnel; fore geological forecast; advanced drilling

【DOI】<http://dx.doi.org/10.26549/gcjsygl.v1i2.552>

1 引言

在隧道施工过程中时常遇到断裂、富水等不良地质区,很容易发生塌方冒顶、涌水突泥等地质灾害,造成人员伤亡、经济损失,汶川隧道地处 5.12 汶川大地震灾区,受地震影响,当地地质环境极其薄弱,原有地质断层带被扰动,变得更加脆弱,这给隧道施工安全施工提出更大的考验。

隧道超前地质预报技术作为探测掌子面前方地层情况、预防突发地质灾害的重要手段,就显得十分重要,但是鉴于汶川隧道特殊复杂的地质情况,仅仅依靠单一的物探技术已很难满足预报需求,因此,为保证安全,采用多种预报手段相结合的方式,进行综合预报,并通过现场验证,及时修正补充预报结果。

2 探测方法及原理

经综合考虑,汶川隧道超前地质预报项目采用 TSP 法与超前钻探相结合的方法。

2.1 TSP 法

TSP 法的基本原理是利用人工激发地震波,利用地震波在不同条件岩体中会产生反射波,从而实现预判掌子面前方围岩的地质特性。TSP 法预报工作原理图如图 1 所示,地震波以球面波形式在岩体中传播,在波阻抗差异界面(断层、富水带等)产生反射和透射,采用检波器接收反射波信号,再采用

时间、速度、距离之间的正反比关系确定前方地质反射面的距离、波阻抗差异程度、波速变化等,从而达到预报的目的^[1]。图 2 为 TSP 法波形记录。

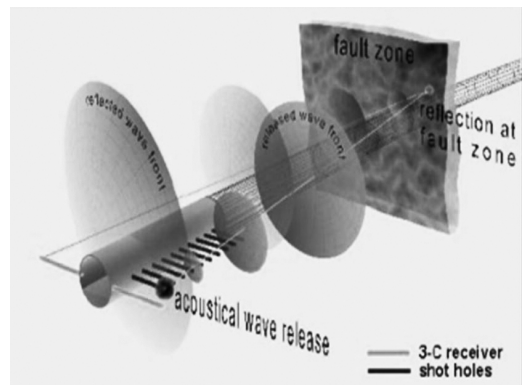


图 1 TSP 法工作原理图

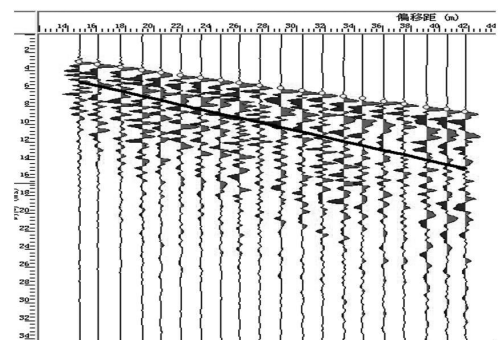


图 2 TSP 法波形记录

表 1 特征显示与围岩基本质量参数间的关系表

参数	主要数据采集	序号	涉及围岩基本质量指标	初步判断	初判围岩级别
钻速	每节钻杆起讫时间;	1	RC 岩石的坚硬程度(主控)	A:1、2、3、8、9、11、12 项 综合判识:Rc 围岩成分 及岩质坚硬程度 B:6、8 项主要参与围岩风 化程度(这项用来识别 差异风化破碎带和断层等 的佐证) A+B 综合初判 Rc 值。 C:4、10 用来判断围岩 完整性,进行 Kv 值初判 4、5、7 进行初判地下水 K1 值 D:10+临近掌子面区段的 地质素描进行初判 K2	A+B+C+D 共同初判 围岩级别
	钻头顶推力;	2	钻速的修正系数		
	转速、孔深	3			
返水	返水量	4	Kv、K1 部分判定裂隙发育程度和地下水是否发育		
	水压	5	K1 可确认是否存在隐伏水体		
	水的颜色	6	RC 主要反映的岩石的风化程度或原岩的成分		
	水的温度	7	K1 用于确认是否隐伏水体		
岩屑	换钻杆时取岩屑 (孔口段作为标准段)		Rc 岩石成分初步识别、岩石成分特征确认(应强调 对比)其中 8 项部分涉及岩体风化		
	岩屑颜色	8			
	岩屑触感	9			
特殊情况	卡钻、掉钻	10	Kv、K2 围岩完整性差或存在空腔、软硬互层的岩性		
	磨钻	11	Rc 与岩石成分有关(存在一些耐磨性材料例如二氧化 化硅或硅质胶结)		
	打滑	12	Rc 顶推力不足或者高强度合金胎体磨损过慢		

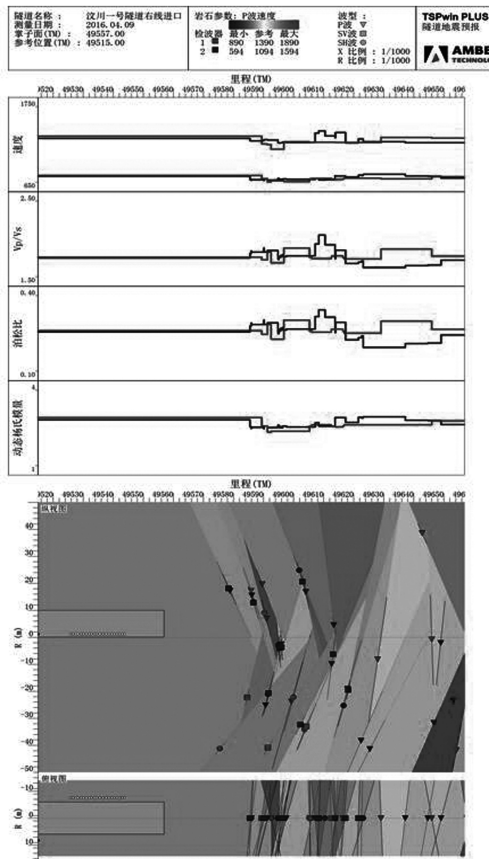


图 4 反射层位及物理力学参数成果

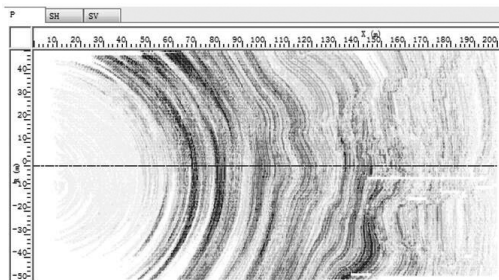


图 5 深度偏移图

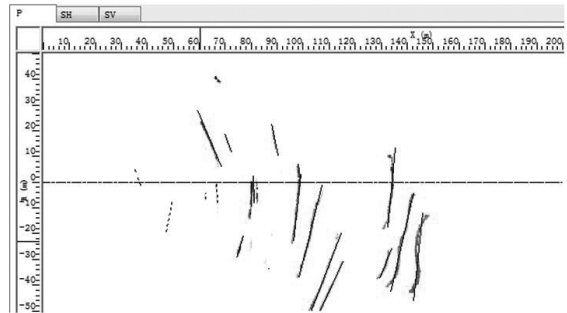


图 6 提取的反射层



图 7 钻孔现场图示



图 8 开挖照片

表 2 TSP 预报结果

预报里程	长度(m)	预报推断结果
K49+557~K49+585	28	本段围岩强风化,节理裂隙发育,围岩破碎,推断为千枚岩,岩质较均匀,稳定性差,可能发育基岩裂隙水,推断围岩级别V级。
K49+585~K49+605	20	本段围岩强风化,节理裂隙强发育,岩体极其破碎,推断为泥石流堆积块石、碎石夹松散土层,稳定性极差,可能发育地下水,推断围岩级别V级加强。
K49+605~K49+630	25	本段围岩强风化,节理裂隙发育,岩体破碎,局部可能有硬夹层,推断为泥石流堆积漂石夹松散土层,稳定性差,可能发育地下水,推断围岩级别V级。
K49+630~K49+657	27	本段围岩强风化,节理裂隙强发育,岩体极其破碎,推断为泥石流堆积块石、碎石夹松散土层,稳定性较差,可能发育地下水,推断围岩级别V级加强。

表 3 超前钻探预报结果

预报里程	长度(m)	钻探特征显示	预报推断结果
K49+557~K49+587	30	冲洗液颜色为灰褐色,粗颗粒,钻进速度较快,钻进过程中钻进速度无较大变化,冲击器声音较小,反水量无较大变化。	本段围岩强风化,围岩破碎,推断为千枚岩夹绢云石英千枚岩,属较软岩,岩质较均匀,稳定性差,推断围岩级别V级。
K49+587~K49+608	21	冲洗液颜色为灰白色、黄色,钻进速度快,细颗粒,钻进速度变化不明显,钻进过程中冲击器声音较小,有轻微突钻、夹钻现象,反水量有增大趋势。	本段围岩强风化,节理裂隙强发育,岩体极其破碎,推断为泥石流堆积块石、碎石夹泥质及岩屑充填,稳定性极差,地下水较发育,推断围岩级别V级加强。
K49+608~K49+625	17	冲洗液颜色为灰白色、黄色,钻进速度较快,粗颗粒、细颗粒,局部钻进速度变化较大,钻进过程中冲击器声音较大,有突钻、夹钻现象,反水量增大。	本段围岩强风化,节理裂隙发育,岩体破碎,局部存在硬夹层,推断为泥石流堆积漂石夹泥质及岩屑充填,稳定性差,地下水发育,推断围岩级别V级。
K49+625~K49+637	12	冲洗液颜色为灰白色,钻进速度快,细颗粒,钻进速度变化不明显,钻进过程中冲击器声音较小,有轻微突钻、夹钻现象,钻孔完成后有股状地下水渗出。	本段围岩强风化,节理裂隙强发育,岩体极其破碎,推断为泥石流堆积块石、碎石夹泥质及岩屑充填,稳定性极差,地下水发育,推断围岩级别V级加强。

3.2.3 综合预报结果分析

通过对比 TSP 法探测结果与超前钻探分析结果,基本可以较全面地分析 K49+557~K49+657 段的地质情况,综合分析如下:

①两种方法探测结论相近,钻探预报里程误差最小,TSP 法预报里程误差在可接受范围内。

②综合分析结论:K49+557~K49+587 段为千枚岩夹绢云石英千枚岩,围岩破碎,节理裂隙发育,稳定性差,推断为V级围岩;K49+587~K49+608 段为泥石流堆积块石、碎石夹泥质岩屑等,围岩极易破碎,稳定性极差,地下水较发育,推断为V级加强围岩;K49+608~K49+625 段为泥石流堆积漂石夹泥质岩屑等,围岩破碎,稳定性差,地下水发育,推断为V级围岩;K49+625~K49+657 段为泥石流堆积块石、碎石夹泥质岩屑等,围岩极易破碎,稳定性极差,地下水发育,推断为V级加强围岩^⑥。

在开挖过程中,对掌子面地质情况进行详细的地质编录,比对预报结果,实际揭露地质情况与预报探测结论基本一致,准确率达 90%,基本达到预报目的,图 8 为实际开挖掌子面,揭示此段地层以漂石、块石、碎石为主,夹泥质岩屑充填,地下水发育^⑦。

4 结语

通过项目的实践,积累了较丰富的经验,对隧道超前地质

预报工作的重要性有更深刻的认识,总结得出如下几点结论:

①隧道超前地质预报技术是预防隧道施工地质灾害的重要手段,做好预报工作,准确判断和掌握掌子面前方围岩状况,是每个地质预报工程师最主要的职责。

②对于断层破碎带、煤层瓦斯、富水等特殊地质地段,应采用综合预报手段,以物探手段结合超前水平钻探,效果最好、准确率最高。

③采用综合预报手段时,还应做好地质编录及验证工作,提高预报准确性,及时修正预报结果,积累经验。

参考文献:

- [1]何振起,李海,梁彦忠.利用地震反射法进行隧道施工地质超前预报[J].铁道工程学报,2000(4):81-85.
- [2]刘志刚,刘秀峰.TSP 在隧道隧洞超前预报中的应用与发展[J].岩石力学与工程学报,2003(4):23-24.
- [3]丁恩保,凌荣华,马继平.隧道工程地质预报方法探讨[J].工程地质学报,1995,3(1):28-34.
- [4]温树林,吴世林.TSP203 在云南元磨高速公路隧道超前地质预报中的应用[J].云南交通科技,2002,18(6):18-24.
- [5]张甲龙.贵昆铁路乌蒙山 2 号隧道 TSP 施工技术[J].安徽建筑,2008(6):45.
- [6]周列茅.TSP 超前预报技术在隧道工程中的应用[J].工程与建设,2011(6):12.
- [7]赵晓勇,杨长卫.汶茂断层错动对汶川 1# 隧道的的影响研究[J].铁道建筑,2015(2):12-13.