

超前地质预报 TSP 法在西成客专福仁山隧道施工中的应用

林亮，段景朝

(中国水利水电第五工程有限公司第二分局,四川成都 610225)

摘要:在西成客专福仁山隧道的施工中,应用 TSP 法对隧道进行了超前地质预报,有效地揭示了隧道围岩的不良地质情况,为隧道的安全施工提供了技术保障。

关键词:超前地质预报;TSP 法;隧道施工;应用

中图分类号:[TV221.2];TV52;TV54;U45

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)03-0021-03

1 概述

西成客专福仁山隧道全长 13 101.55 m。根据勘察设计文件,该隧道存在断层、涌水、岩爆等一系列不良地质情况,隧道施工存在重大安全隐患,属西成客专 5 标段指定的高风险隧道之一。为此,特采用 TSP、GPR 等一系列超前地质预报方法对未开挖的围岩进行探测,在充分了解围岩性质的基础上,安排合理的施工方法及应对措施。

表 1 福仁山隧道 1#斜井超前地质预报的项目与内容表

序号	项目	原理	仪器、设备	预报范围 /m	探测内容
1	TSP 法	地震波探测	TSP202、TSP203	100	断层破碎带、溶洞以及富水等情况
2	GPR 法	电磁波探测	地质雷达	25~30	断层破碎带、溶洞以及富水等情况
3	红外探测	红外线探测	红外线探测仪	20	富水情况
4	水平钻探	钻孔取芯	潜孔钻机	30~50	断层破碎带、溶洞、富水以及岩爆等情况

根据超前地质预报各项目的原理及特点,福仁山 1#斜井采用了多种预报方法相结合的形式对隧道围岩进行探测,其工作流程见图 1。

3 超前地质预报 TSP 的工作原理及特点

福仁山隧道 1#斜井所采用的探测仪器为瑞士安伯格公司生产的 TSP203Plus 隧道地质超前预报系统,用于预报隧道掌子面前方 0~100 m 范围内的地层状况、软弱层的位置;超前探测断层破碎带的位置、宽度;超前探测岩溶洞穴的位置、大小、充填情况;预报富水带的具体位置等。

TSP 探测是根据地震波的反射和绕射原理,人工制造一系列有规则排列的轻微震源。由三分量地震检波器在计算机的监控下采集这些震源所发出的地震波沿隧道前方及四周区域传播遭遇不良地质体(如地层层面、节理面、岩溶面,特别是

笔者依托西成客专福仁山隧道 1#斜井的施工,详细论述了超前地质预报 TSP 法的工作原理、施作方法、数据分析以及围岩开挖后的情况对比,有效地揭示了隧道围岩的不良地质情况,为隧道的安全施工提供了技术保障。

2 超前地质预报的项目与流程

福仁山隧道 1#斜井超前地质预报的项目与内容见表 1。

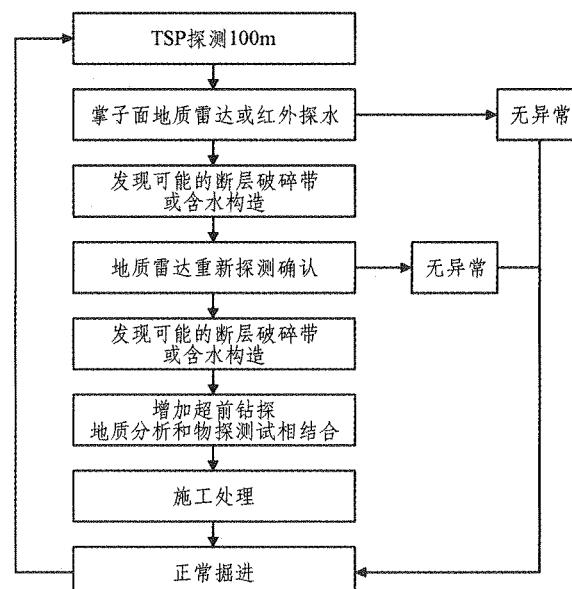


图 1 福仁山隧道 1#斜井超前地质预报工作流程图

收稿日期:2014-05-08

断层破碎带界面等)而被反射返回的地震波数据。这些回波信号的传播速度、延迟时间、波形是与相应的不良地质体的性质和分布状况紧密相关的,通过分析,可以得到前方地层的地质力学参数。

TSP203 作为一种专门为隧道超前预报设计的检测系统而被普遍采用,但在应用中,要充分考虑其边界条件,即:被探测物有足以使地震波反射的界面,而且这个界面的法线与隧道轴线的夹角越小效果越好;探测岩溶时,岩溶应有一定的延伸,形成界面,否则探测效果不好;另外,探测效果还与溶槽洞穴的发育状态有关;探测的分辨率与

探测深度成反比,与探测目的物的体积成正比,物探将其称之为洞径比,即探测深度与被探测物的直径之比,一般洞径比大于 20 时分辨率严重降低。

4 超前地质预报 TSP 的工作方法

在实际施工中,超前地质预报 TSP 的工作流程为:钻孔——装少量炸药——引爆制造地震波——接收器采集数据——数据分析处理——得出预报结果。超前地质预报 TSP 的钻孔分为接收器孔与爆破孔,爆破孔中装少量炸药并逐孔引爆,所产生的地震波依次返回至接收器(孔),其钻孔装药等技术参数如表 2 所示。

表 2 福仁山隧道 1#斜井超前地质预报 TSP 钻孔装药技术参数表

序号	项目	接收器孔	爆破孔
1	钻孔数量	共 2 个,对称分布两侧边墙	共 24 个,位于隧道一侧边墙
2	钻孔直径	φ50	φ40
3	钻孔深度	1.9 m	1.5 m
4	药卷直径	/	φ32
5	装药量	/	100 ~ 200 g
6	炮孔定向	垂直隧道轴向上倾 10°	垂直隧道轴向,下倾 20°,以便向孔内注水
7	钻孔高度	离地面(隧底)高 1.5 m 左右, 距离隧底 1.5 m 左右	离地面(隧底)高 1.5 m 左右
8	钻孔位置	距离掌子面约 55 m	第 1 个炮孔距同侧接收器孔 15 ~ 20 m,炮孔间距 1.5 m 左右

接收器孔、爆破孔与隧道的断面位置关系如图 2、3 所示。

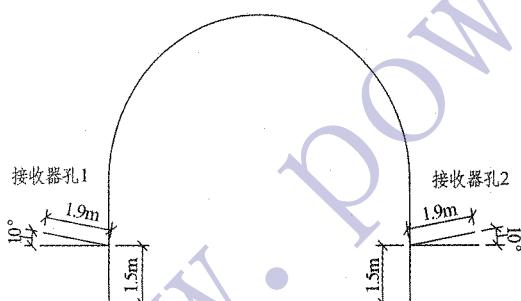


图 2 福仁山隧道 1#斜井超前地质预报 TSP
接收器孔布置断面图

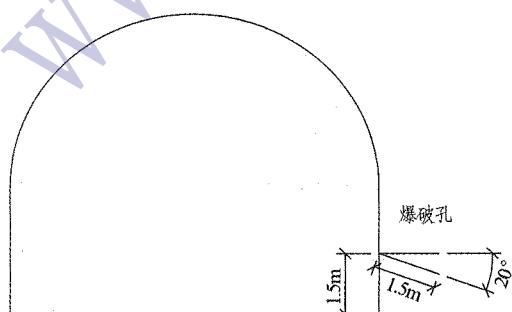


图 3 福仁山隧道 1#斜井超前地质预报 TSP
爆破孔布置断面图

接收器孔、爆破孔与隧道的平面位置关系如图 4 所示。

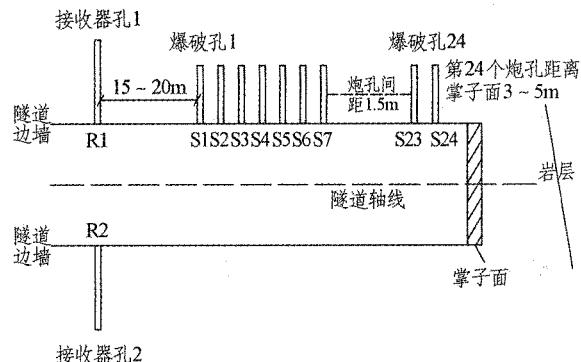


图 4 福仁山隧道 1#斜井超前地质预报 TSP
布孔平面图

5 超前地质预报 TSP 的数据分析

对于现场采集的地震波数据,需要运用 TSP203Plus 配套的计算机软件对这些数据进行分析处理。以福仁山隧道 1#斜井里程斜 01 + 35 ~ 斜 02 + 35 为例,P 波深度偏移剖面及提取的反射层如图 5、6 所示。

通过对计算机软件进行分析处理得出以下结论:

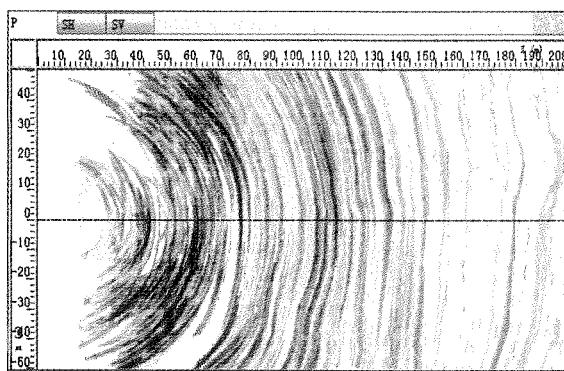


图5 P波深度偏移剖面图

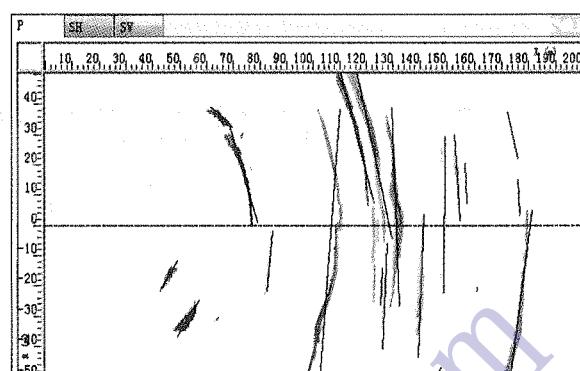


图6 提取的反射层图

表3 福仁山隧道1#斜井里程斜01+35~斜02+35 TSP分析结果表

序号	预报里程	物性参数	预测预报分析	综合地质编录以及勘察资料得出的结论及建议
1	X01 + 35 ~ 斜 X01 + 65, 长度为 30 m	该段围岩平均波速 $V_p = 4900$ m/s, $V_s = 2800$ m/s; 泊松比为 0.24 ~ 0.32, 动态杨氏模量为 44 ~ 58 GPa	较当前开挖面, 该段围岩平均波速略有波动, 泊松比、动态杨氏模量波动略有波动, 存在少量反射界面	存在少量反射界面, 推断围岩工程性质与当前开挖面相当, 岩体较完整, 存在裂隙水
2	X01 + 65 ~ 斜 X01 + 92, 长度为 27 m	该段围岩平均波速 $V_p = 5000$ m/s, $V_s = 2800$ m/s; 泊松比为 0.25 ~ 0.32, 动态杨氏模量为 50 ~ 65 GPa	较前一段, 该段围岩波速波动较大, 泊松比、动态杨氏模量波动较大, 存在较强的反射界面	存在较强的反射界面, 推断岩体完整性变差, 裂隙水较为发育, 围岩工程性质较当前开挖面变差。建议开挖后应及时支护, 防止围岩变形, 并加强排水措施
3	X01 + 92 ~ X02 + 35, 长度为 43 m	该段围岩平均波速 $V_p = 4500$ m/s, $V_s = 2600$ m/s; 泊松比为 0.22 ~ 0.39, 动态杨氏模量为 45 ~ 53 GPa	与前段相比, 该段围岩波速变小, 泊松比、动态杨氏模量数值波动剧烈, 强反射界面密集	该段强反射界面密集, 推断该段为断层带, 岩体破碎, 裂隙水发育, 围岩工程性质差。建议施工时应加强支护和排水措施, 以防止出现坍塌和涌水等现象

6 超前地质预报 TSP 的结果对比

在对福仁山隧道1#斜井里程斜01+35~斜02+35开挖后, 我们对开挖后的围岩情况与超前

地质预报TSP给出的推论进行了比较, 结果发现预报的结果与实际情况符合率达到90%以上, 可以满足施工需要。

表4 福仁山隧道1#斜井里程斜01+35~斜02+35段预报与实际结果对比表

序号	预报里程	预报结果	实际围岩情况
1	X01 + 35 ~ 斜 X01 + 65, 长度为 30 m	存在少量反射界面, 推断围岩工程性质与当前开挖面相当, 岩体较完整, 存在裂隙水	岩体完整, 在斜01+48、斜01+56处拱顶左侧存在渗水现象
2	X01 + 65 ~ 斜 X01 + 92, 长度为 27 m	存在较强反射界面, 推断岩体完整性变差, 裂隙水较为发育, 围岩工程性质较当前开挖面变差。开挖后应及时支护, 防止围岩变形并加强排水措施	岩体裂隙较发育, 在斜01+82、斜01+90处拱顶及边墙部位渗水严重
3	X01 + 92 ~ X02 + 35, 长度为 43 m	该段强反射界面密集, 推断该段为断层带, 岩体破碎, 裂隙水发育, 围岩工程性质差。施工时应加强支护和排水措施, 以防坍塌和涌水等现象出现	岩体破碎, 开挖后存在拱顶掉块现象。围岩多处漏水, 以水柱、水帘形式涌出

7 结语

在西成客专福仁山隧道1#斜井的施工中, 运用TSP法成功地对隧道围岩情况实施了预报, 发现多处不良地质情况并及时采取了处理措施, 为隧道的正常施工提供了技术保障。

但是, 在TSP法实施过程中, 噪声(如通风机、空压机)、机械振动(如挖掘机、自卸车)等环境因素都会对地震波造成影响, 从而使数据分析产生误差。对此, 一方面要结合勘察设计文件, 采

用多种超前地质预报项目相结合的方法比照进行(如GPR法、红外探测、超前钻探); 另一方面, 要尽最大努力减小震动干扰, 才能使超前地质预报TSP法的结果得到保证。

作者简介:

林亮(1983-), 男, 甘肃天水人, 项目副总工程师, 工程师, 从事水电及铁路工程施工技术与管理工作;
段景朝(1982-), 男, 河南三门峡人, 项目经理助理, 工程师, 从事水电及铁路工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)