

TSP203地质超前预报系统在中卫黄河隧道的应用

向 勇, 杨成刚

(中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: TSP203系统是新一代地质超前预报系统, 由瑞士 Amberg测量技术公司研发。TSP203系统可以对隧道掌子面前方 100~250 m 的围岩情况进行准确预报, 为隧道安全快速施工提供指导。以西气东输中卫黄河隧道施工中的 TSP203系统应用及效果为例, 具体阐述了 TSP203系统的基本原理、数据采集、数据分析、解释结果和围岩实际开挖情况对比分析, 确保了中卫黄河隧道的顺利贯通。对石油天然气管道采用隧道方式穿越大江大河和含水丰富的山体隧道的设计施工提供一定的参考价值。

关键词: TSP203系统; 中卫黄河隧道; 地质超前预报; 应用

文章编号: 1006-5539(2009)06-0052-03

文献标识码: A

0 前言

随着石油天然气长输管道建设的迅猛发展, 管道更多的采取水下隧道方式穿越大江大河, 而这些水下隧道也就成了制约整个项目建设工期的控制性工程, 因此在设计、施工中势必要选择一些新工艺、新技术, 优化施工措施, 加快施工工序, 缩短工期, 节省投资。

西气东输中卫黄河隧道是我国油气管道隧道中地质最复杂、施工难度最大的水下隧道。隧道的安全快速施工, 需要运用超前地质预报技术, 探明隧道掌子面前方的地质情况, 并根据地质情况及时调整各类支护参数, 才能在隧道施工中有效避免诸如塌方、涌水、突泥等严重性地质灾害, 达到安全快速施工的目的。TSP203超前地质预报系统由瑞士 Amberg测量技术公司开发, 由于具有预报距离长、测试时间短、预报精度高、试验费用低、对施工影响小等特点, 在国内公路、铁路和水利水电等行业隧道施工中得到广泛应用, 如乌梢岭隧道、秦岭终南山隧道、雪峰山隧道、二郎山隧道等。这些成功实施的特长隧道表明, 在做好超前地质预报工作, 并结合恰当的不良地质区段辅助工法, 即使地质条件再复杂的隧

道, 通过采取有效地预防措施, 也能确保隧道安全顺利贯通^[1]。本文主要介绍 TSP203超前地质预报系统在中卫黄河隧道黄河河床段开挖施工地质超前预报工作, 为隧道安全顺利贯通提供科学参考依据的应用情况。

1 TSP203超前地质预报系统的基本原理

TSP203超前地质预报系统由记录单元、接收单元、附件和引爆设备等组成。TSP203系统采用回声测量原理, 地震波在指定的震源点用小量炸药激发产生, 并在岩石中以球面波形式传播。当地震波遇到不规则体、不连续面、断层、岩石破碎带和岩性变化等岩石物性界面时, 一部分信号透射进入前方介质, 另一部分地震信号反射回来被高灵敏度的三分量传感器接收。由于 TSP203超前地质预报系统采取的是“多点激发、一点接收”测量方法, 多点激发产生的地震波相互跟踪检验, 故而能提供一种精确的测量。反射信号的强弱与反射界面两侧的岩性有很大关系, 反射界面两侧的岩性差异越大, 反射回来的信号越强, 预报的范围也越大^[2]。通过对地质预报仪接受的数据进行分析, 得出掌子面前方围岩

收稿日期: 2009-07-14

作者简介: 向 勇 (1981-), 男, 四川石棉人, 学士, 工程师。2003年毕业于西南科技大学土木工程专业, 现主要从事结构设计工作。电话: (028) 86014545。

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

情况的推断,进而确定围岩开挖方法和支护方式,即“动态设计、动态施工”的信息化隧道施工模式。

2 TSP203系统在中卫黄河隧道超前地质预报中的应用

中卫黄河隧道在施工至西岸斜巷与平巷交接处时,遭遇极为破碎的岩层,施工受阻。采用 TSP203地质超前预报系统配合钻孔长探,对掌子面进行超前预报,期间 434 m 长的平巷共预报了 4 次,东岸和西岸各 2 次,结合实际开挖围岩情况进行了详细的对比分析,对指导施工提供了科学的依据。

2.1 西气东输中卫黄河隧道工程概况

中卫黄河隧道采用“西岸斜巷+平巷+东岸斜巷”穿越黄河,隧道水平长 1 141 m 全长 1 198 m,其中西岸斜巷倾角 25° ,坡长 310 m 平巷 434 m 东岸斜巷倾角 20° ,坡长 454 m。隧道断面净空宽 4.5 m 高 4.3 m 其中直墙高 2.05 m 拱高 2.25 m。隧道址区位于腾格里沙漠与香山山脉之间的黄河谷地,隧道穿越位置附近有 F7 和 F201 两条断层。隧道主要在寒武系香山群磨盘井组 (ϵ_m) 岩层中穿越。磨盘井组岩性主要为一套灰绿色中厚层状浅海相碎屑岩沉积的细粒长石石英砂岩夹千枚状板岩、绢云母化千枚岩。砂岩成层厚度较大,单层厚度一般 5~10 m 最大厚度可达 20 m 左右。千枚状板岩和绢云母化千枚岩,成层厚度较薄,单层厚度一般 0.5~1.5 m 最大厚度 5 m 左右。砂岩与千枚状板岩、绢云母化千枚岩二者在隧道断面上所占比例平均各约为一半,部分地段所占比例变化范围值较大。泥质岩石成份由下向上逐渐增加。岩层普遍倾向 SE 倾角 $55^{\circ}\sim 83^{\circ}$ 。地层经区域动力变质,成岩较好,坚硬。砂岩呈块状风化,板岩和千枚岩呈片状及碎屑状风化,强风化层厚度约 25~45 m。

2.2 数据采集

2.2.1 准备工作

2.2.1.1 钻孔准备 (图 1)

施工单位操作人员在距离底板 1 m 高的位置连线,从距掌子面 2 m 的位置开始,沿隧道左边墙,以 1.5 m 的间距向后布置 24 个孔径 42 mm 的爆破孔 (编号为 S1~S24),孔深 1.5 m 角度为向下 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。在距最后一个爆破孔 (S24) 18 m 的隧道两侧

各钻 1 个直径 50 mm 深 2 m 的传感器孔,角度为向上 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$,高度为距隧道底面 1 m 高。所有孔应线向垂直于隧道轴向,且应保持通畅。在钻好全部传感器孔和爆破孔后,由测量人员提供每个孔的三维坐标,同时用水平角度尺和钢尺测量每个孔的角度和深度,并做好相应记录。

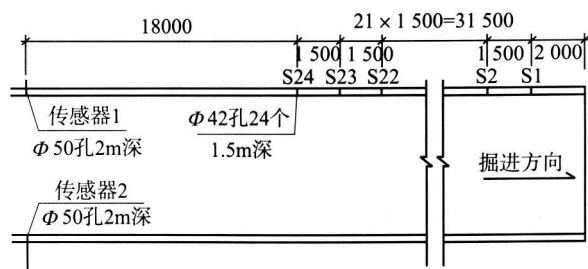


图 1 TSP203 钻孔示意图 (单位: mm)

2.2.1.2 接受器套管的埋置与爆破孔装药

接受器套管的埋置关系到接受器所收集的地震波信息的准确性。传感器孔钻好后,塞入环氧树脂药卷,然后用风枪将套管埋入孔中。由于环氧树脂凝固很快,5 min 后即可凝结牢固。当所有的爆破孔钻好后,立即在每个孔内装炸药,每孔装药量为 100 g 用瞬发电雷管连接好,装入爆破孔的底部^[3]。

2.2.2 现场测试

在所有准备工作完成后,即可进行现场测试。爆破采用逐个爆破,在掘破孔注满水后立刻进行爆破,接收器接收到的数据保存在电脑里。

2.3 预报结果及与实际开挖情况的对比分析 (表 1)

基于 MS Windows 平台开发的 TSP2.1 软件可以记录压缩波 (P 波) 和剪切波 (S 波) 的全部波场,并能计算出预报区域内的岩石力学参数。最终显示出掌子面前方与隧道轴线相交的同相轴及边界位面的 2D/3D 成果图。并依据上述成果图,运用地球物理知识和地质知识,结合实践经验进行 TSP 成果的分析,解释中遵循以下原则:

- 正反射振幅表明硬岩层,负反射振幅表明软岩层;
- 若 S 波反射较 P 波强,表明岩层含水丰富;
- 若 V_P/V_S 值增加或泊松比异常增大,则是有流沙、软弱夹层等原因引起;
- 若 V_P 值下降,则表明掌子面前方有裂隙发育,孔隙度增加。

表 1 中卫黄河隧道 (K0+280—K0+710)解释成果与围岩实际开挖情况对比表

开挖日期 (2007年)	预报里程	TSP203地质超前预报成果	实际开挖情况
06-05~06-28	K0+298—K0+353 K0+702—K0+670	围岩以千枚岩为主,完整性较差,裂隙发育,含水丰富,估计为Ⅴ级围岩	掌子面为千枚岩,完整性较差,裂隙发育,有线状水,按Ⅴ级围岩进行支护
08-11~08-21	K0+401—K0+450	围岩以砂岩为主,完整性较好,局部含水,估计为Ⅳ级围岩	掌子面以砂岩为主,完整性较好,局部有滴水,按Ⅳ级围岩进行支护
08-05~08-25	K0+610—K0+566	围岩以千枚岩为主,完整性较差,裂隙发育,含水丰富,估计为Ⅴ级围岩	掌子面为千枚岩,完整性较差,裂隙发育,有线状水,按Ⅴ级围岩进行支护
09-15~10-02	K0+511—K0+489	围岩以砂岩、千枚岩为主,完整性较差,裂隙发育,含水丰富,估计为Ⅴ级围岩	掌子面为砂岩夹杂千枚岩,完整性较差,裂隙发育,有线状水,按Ⅴ级围岩进行支护

3 经验总结

通过中卫黄河隧道的 TSP203超前地质预报情况与实际围岩情况的对比分析看,取得了比较理想的效果。在中卫黄河隧道施工中,共进行了 4 次超前地质预报工作,总长度达 600 多延米,预报出 5 条不同规模的断层破碎带,预报结果与实际开挖情况基本吻合,预报准确率 85% 以上。由于预报及时准确,及时调整设计支护参数,施工措施得当,为这条万里黄河最大断面、地质最复杂的钻爆隧道安全顺利贯通提供了可靠的技术保障。

TSP203超前地质预报系统具有操作简单、成果丰富、对地质体识别的准确率较高、单次测试时间短等特点,可以对隧道掌子面前方围岩工程地质和水文地质的性质、位置和规模进行比较准确的探测和预报,可以与正常施工同步进行,减少对开挖的影

响。为了更加准确地了解施工地段前方的地质情况,与水平钻孔、物探等其他超前地质预报方法结合,互相印证,以提高预报的准确率。为隧道施工和调整支护参数提供依据,及时采取有效措施,降低施工风险,避免地质事故的发生,确保施工安全,提高隧道掘进的速度,节省投资,保证隧道安全顺利高效的建成。

参考文献:

[1] 谢 平,秦 敏,李艳丽. TSP203地质超前预报系统在隧道工程的应用[J]. 中外建筑, 2008 (6): 135-137.
[2] 张景科,谌文武,雷启云. TSP203地质超前预报原理及提高精度的途经[J]. 天津城市建设学院学报, 2004 10(3), 61-63
[3] 李喜国. 中铁 18局集团西气东输中卫黄河隧道地质超前预报作业指导书[Z]. 中卫: 中铁 18局西气东输中卫项目部, 2007.