

TSP 技术在铁路隧道超前地质预报中的应用

马建平

中铁十八局集团有限公司勘察设计院 天津 300380

【摘要】铁路隧道工程修建过程中容易受到较多因素的影响，如复杂的地质条件、施工场地存在较多的灾害源以及开挖断面大等导致整个工程在施工过程中面临较大的风险。尤其是在铁路隧道的开挖过程中，由于对开挖工作中前方的地质体特点缺乏准确的认识和判断。因此有必要在铁路隧道超前地质中应用相关技术如 TSP 技术进行预报，为铁路隧道的开挖提供重要信息支撑，降低施工建设风险。

【关键词】TSP 技术；铁路隧道；超前地质预报

引言

TSP 技术当前在中长期的铁路隧道超前地质预报中应用比较广泛，并且这一技术相对比较成熟，根据相关数据显示，这一超前地质预报技术在铁路隧道工程地质开挖工作中取得了较好的效果。基于此，本文则是对 TSP 的应用原理进行简单阐述，并对其解译原则进行和注意事项进行总结，基于此结合相关工程实例对比 TSP 的探测结果以及开挖情况，以此为同类型铁路隧道的开挖提供借鉴参考意义。

1 TSP 基本原理浅谈

TSP 地质预报技术实质上和其他反射地震波法具有相似性，其主要是在探测过程中应用了回声测量的原理。所谓地震波即确定震源点，并使用小药量发挥激发作用，对于震源点位置的确定一般来说主要是与不良地质比较接近，并布置在一侧墙边的位置，通过炮点形成一条直线，并且炮点直线是由 18-24 个炮点布成的，同时还要保证接收点和炮点在同一水平面上，具体情况如图 1 所示。另外，地震波在应用之后在岩体中会形成球面波的形式进行传播，一方面，其中一部分能够形成直达波去往接收器的方向，而此时直达波可以作为 TSP 技术对波速计算的重要依据。另一方面，其中另外一部分能够积极传播，当遇到不良地质界面时能够将部分地震信号进行反射，而另一部分可以通过折射的方式进入岩体中。一般来说，不良地质界面主要包含断层破碎带、溶洞、暗河或者不同岩性接触面等^[1]。在反射之后，具有高灵敏度的检波器能够对反射地震信号有效接收，而对于界面位置确定的标准则是为反射信号传播的时间和反射界面的距离存在正比关系。另一方面，由于反射波的能量大小以及传播速度等与地质界面的性质等存在较大的关

系，因此可以通过这些特点对探测的地质体性质和规模进行判断。

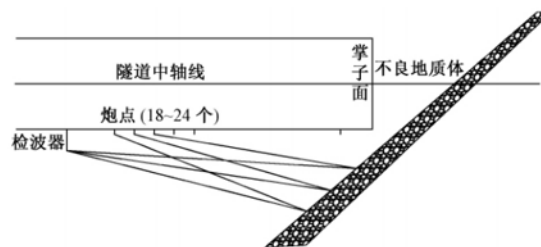


图 1 TSP 技术原理

2 地质概况

一般来说铁路隧道的地貌类型比较单一，大部分为构造侵蚀溶蚀低山-丘陵沟谷地貌，而山脊的走向大致上更偏向于东北-南南向。根据研究调查发现，大部分地段的基岩都处于裸露状，并且基岩类型主要是以寒武系中下统碳酸盐岩组^[2]。

大部分隧道区域存在多条断裂带通过的情况，并且断层破碎带岩体破碎，导致整体结构比较松散，因此具有透水强的特点，使得围岩的稳定性较差。另外，在隧道洞身内分布着结构松散的断层角砾，因此在隧道施工过程中容易发生塌方、涌水等不良安全事故，对隧道的施工极为不利。

铁路隧道大多都具有较明显的水文地质特征。在铁路隧道区内，断裂破碎带发育，同时具有平面延伸较长特点，而在大气降水和地下水的下渗补给长期的影响作用下，会使得隧道区的含水量比较丰富。但实际上铁路隧道区断层具有压扭性的特点，加上破碎带内的岩石胶结相对较好，并且裂隙宽度比较小导致铁路隧道区内的富水性和透水性存在分布不均匀的情况。

3 实例应用分析

3.1 TSP 技术观测系统的布置

本次对于 TSP 技术在应用过程中首先采用 DK418+649—DK418+769 的预报范围。然后对现场地质情况结合相关勘测资料进行认真调查分析对不良地质体和隧道轴线的方向位置之间的关系进行确定,在此基础上选择探测壁,探测壁选择的是铁路隧道进口的右边墙位置。另外结合实际情况对本次接收器的里程进行确定,通过分析选择里程为 DK418+601 的接收器更适合本次的应用,然后对炮点和接收器之间的距离合理设置,并以 18 米为准,共在第一排设置 20 个炮点,每个炮点之间的距离均为 1.5 米。将接收器按照标准放在套管中后,需要做好方向的校对工作,保证接收器与接收信号线的一端准确联系,而另一端需要及时正确与记录单元连接。最后将制好的炸药包放置在合适的位置,在完成用水充填炮孔工作,封住炮口之后进行引爆,进而对相关数据进行收集分析。

3.2 解译预报与开挖验证

解译预报工作应能结合解译原则。在获取所需数据之后,要想了解勘测的实际情况,提高地质预报的准确性,就需要结合铁路隧道工程的实际情况对预报数据展开解译。一般来说,对于预报数据的解译工作应遵循以下原则:首先在对于围岩情况进行初步判断时需要以纵波波速值为依据展开解译工作,主要是因为纵波波速值与岩体特点存在较大关系,当岩体比较坚硬且致密就说明纵波波速值相应也越高,反之亦然。另外,对于掌子面后方的围岩级别进行初步判断时需要综合考虑两方面的内容,分别是以已经开挖的围岩段直达波速和围岩级别作为判断标准,另外必须结合前期的经验值展开判断工作。其次,横波速度很大程度上反映着岩体的含水情况。根据相关研究显示正常情况下横波具有比较明显的反射,并且比纵波强,则说明岩体的含水量比较大。但另外还要注意若是对比纵横波的波速,或者是泊松比两者比值出现突然变大的情况,大部分情况时因为岩体内存在流体,并且根据变化的大小值和幅度有利于判断流体的性质。对于围岩的分级不仅和围岩的波速存在密切的关系,同时岩层的陡缓情况也影响着围岩的分级。例如围岩的波速相同,正常情况下平缓性的围岩相较于比较陡的围岩来说,级别将高出半级左右^[3]。若是出现岩体的物理性质参数在某段内波动频繁的情况,大致可以判断频繁波动段的围岩破碎或是软硬岩互层的情况。值得注意的是,岩体物理性质参数实质上是用于进行初步判断,但在判断过程中还需要结合其他相关条件如深度偏移剖面图等进行验证,以此提升判断的全面性和准确性。在对数据解译过程中还需遵循的重要原则为岩体的

纵波速度不是判断围岩级别的唯一依据,只是对围岩级别的判断具有重要作用,提供一定参考依据。举例来说,若是围岩级别为三级,并且岩质比较干燥,而且节理密度稍微较低,但与含水量大以及节理密度较大的四级围岩相比,前者的纵波速度相对低得多。

3.3 TSP 技术预报结果与开挖情况对比分析

本次 TSP 技术应用的铁路隧道的里程为 DK418+009—DK419+928,总长度约为 1919 米,其中存在 102 米的最大埋深,本次通过 TSP 技术预报的范围内铁路隧道埋深在 42.5—85 米之间。同时根据勘测到的数据分析得出,在 DK418+649—DK418+769 这段的围岩级别为三级,岩性特点为弱风化,为薄层灰岩夹泥灰岩类型,并且围岩质地相对比较坚硬,为比较完整的块状结构。此外根据分析结果得出该段地下水主要是以股状淋水为主等。此外根据解译原则以及其他相关资料得出 TSP 探测结果和开挖情况大致情况对比为:在 DK418+649—DK418+665 这段里程中,TSP 技术通过勘测得出的预报情况是这部分的岩石属于弱风化灰岩,但岩体与掌子面对比存在稍微破碎的情况,岩体变软,判断存在裂隙渗水的情况,这部分的围岩级别预报为三级,与实际开挖情况具有一致性。在 DK418+665—DK418+673 这段里程中,通过 TSP 技术勘测出的预报情况得出岩质相对比较坚硬,岩体出现破碎微小的裂缝,同时存在渗水的情况,围岩级别为三级偏弱,但实际开挖情况与预报情况具有一定差异,对这段里程在实际开挖过程中发现,这段整体比较干燥,只是在局部出现了湿润的情况。在 DK418+673—DK418+703 这段里程中,TSP 技术勘测的预报情况表明这部分岩体出现稍微破碎且岩质变软的情况,同时出现微量裂缝和渗水,这一段里程的围岩为三级偏弱。对这段进行开挖工作,对预报情况进行对比具有一致性。DK418+703—DK418+736 这段里程的预报情况为岩体相对来说比较破碎,岩体出现变软情况,另外岩体局部裂隙夹泥,存在一定渗水情况,围岩级别为四级,结合实际开挖工作来看,这段里程的围岩情况与预报情况相符。另外分别对 DK418+736—DK418+749 里程和 DK418+749—DK418+769 里程应用 TSP 技术进行勘测,预报出的情况与实际围岩情况相符。因此可以说明 TSP 技术在本次实例中应用具有良好的效果,基本上探明了铁路隧道开挖的前方地质的情况,同时较为准确地确定了围岩等级,对指导铁路隧道的施工具有重要作用^[4]。

4 结论和建议

TSP 在当前铁路隧道中长期超前地质预报中发挥着重要作用,其具有较高的分辨率,有利于对远距离的探测,很大程度上提高了铁路隧道施工的安全性。但同时

TSP 还存在相应的缺陷,如整个检测成本比较高,进行预报工作的项目较多,工作比较复杂等对于勘测的准确性存在不利影响,因此在铁路隧道工程中应用 TSP 技术时还需要注重以下几方面内容:首先在铁路隧道超前地质预报过程中应用 TSP 技术必须严格遵守操作技术要求,以及施工等相关规定和规范,做好预报监督管理工作,确保采集的数据具有科学性和合理性。其次还需要对现有的单一的 TSP 观测技术以及对采集数据的处理软件及时改进,使对数据分析解译更加精准。最后在进行探测时应注重相关人员的专业素质,尽量选择经验丰富且对数据处理和解译准确的工作人员,使其能够结合施工实际情况和需求选择合理、科学的技术和方法对预测

的结果和数据不断进行验证,以此提高预报的准确性,发挥 TSP 最大作用。

【参考文献】

- [1] 陈东明. 浅议工程造价在招投标过程中运用及控制策略 [J]. 江西建材, 2017(17):223+229.
- [2] 黄昌坡. 工程造价在招投标过程中运用及控制策略探讨 [J]. 江西建材, 2017(21):219+222.
- [3] 陶叶勤. 工程造价在招投标过程中的运用及控制 [J]. 黑龙江科技信息, 2015(26):231.
- [4] 周轮, 李术才, 许振浩, 李利平, 黄鑫, 何树江, 李国家. 隧道综合超前地质预报技术及其工程应用 [J]. 山东大学学报(工学版), 2017, 47(02):55-62.