

重载铁路隧道底部围岩损伤机理分析

赵云建

中国铁路设计集团有限公司, 天津 300308

[摘要] 文章以某段 30 吨重载铁路中的双洞隧道为例, 从接触压力、水压力两方面入手, 对通车前、通车一个月后、通车半年后以及通车一年后的隧道底部围岩损伤进行长期监测, 明确损伤情况以及变化的规律, 旨在了解相应段隧道底部围岩损伤的机理, 并为相关从业人员提供经验参考。

[关键词] 重载铁路; 隧道; 底部围岩损伤

DOI: 10.33142/sca.v3i2.1858

中图分类号: U451.2

文献标识码: A

Damage Mechanism Analysis of Surrounding Rock at the Bottom of Heavy-load Railway Tunnel

ZHAO Yunjian

The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, Tianjin, 300308, China

Abstract: Taking a double tunnel in a 30 ton heavy-duty railway as an example, this paper starts from two aspects of contact pressure and water pressure to carry out long-term monitoring of the surrounding rock damage at the bottom of the tunnel before, one month after, half a year after and one year after opening to traffic, to clarify the damage situation and the change rule, in order to understand the mechanism of the surrounding rock damage at the bottom of the corresponding tunnel, and to provide experience for the relevant practitioners.

Keywords: heavy-load railway; tunnel; bottom surrounding rock damage

引言

就当前的铁路运输行业发展情况来看, 作为国际公认的铁路发展方向, 重载铁路运输的发展受到了重点关注。相比于其他铁路运输形式来说, 重载铁路运输有着更高的运输效率。同时, 在运输中, 会对铁路隧道底部围岩产生较大影响, 为了保证行车安全, 对重载铁路隧道底部围岩的损伤机理进行分析极为必要。

1 工程概述

某段重载铁路主要依托 30 吨重载铁路标准完成建设, 其中包含一段双洞隧道, 左侧隧道的长度为 18.125 千米、右侧隧道的长度为 18.108 千米。该段隧道处于 III 级围岩地段, 在此段线路中运行的重载列车的轴重为 30 吨; 实际通车速度为 80km/h (设计通车速度为 120km/h)。

2 重载铁路隧道现场的长期监测方案设计

为了实现对该段重载铁路隧道中的底部围岩损伤机理的确定, 需要对隧道现场落实长期监测, 方案设计具体如下:

第一, 布设测点。在本次研究中, 主要对接触压力与水压力在重载列车长时间运行条件下表现出的分布形式与变化规律展开分析, 因此, 在轨道的正下方、侧沟底部以及隧道底部围岩表面的拱脚处, 使用线路中心对称的方式完成测点的布设, 并设置传感器^[1]。此时, 传感器埋深在 981 米; 周边地质为 III 级围岩; 围岩表面土压计的量程为 2MPa; 水压计的量程为 700kPa; 采样的时间间隔控制在 0.01 秒; 采集的频率稳定在 100Hz。

第二, 传感器的选用。对于该段隧道来说, 其所处的水文地质条件具有较高的复杂程度, 为了确保最终监测结果的精准性, 主要选用了耐久性强、抗干扰性好、稳定性更高的传感器, 即光纤栅水、土压力传感器。

3 重载铁路隧道现场的长期监测结果分析

3.1 底部围岩接触压力的长期变化

结合监测数据来看, 该段隧道的底部围岩表面接触压力值变化规律可以划分为四个阶段, 具体有:

在通车前, 左拱脚处的底部围岩接触压力为 23.542MPa、左侧沟底部的底部围岩接触压力为 30.118MPa、左轨的底部围岩接触压力为 51.419MPa、拱底的底部围岩接触压力为 36.410MPa、右轨的底部围岩接触压力为 37.670MPa、右侧沟底部的底部围岩接触压力为 48.901MPa、右拱脚的底部围岩接触压力为 21.651MPa。

在通车一个月后, 左拱脚处的底部围岩接触压力为 28.324MPa、左侧沟底部的底部围岩接触压力为 38.181MPa、左轨的底部围岩接触压力为 61.445MPa、拱底的底部围岩接触压力为 57.345MPa、右轨的底部围岩接触压力为 53.465MPa、右侧沟底部的底部围岩接触压力为 50.657MPa、右拱脚的底部围岩接触压力为 24.310MPa。

在通车半年后,左拱脚处的底部围岩接触压力为 40.563MPa、左侧沟底部的底部围岩接触压力为 89.126MPa、左轨的底部围岩接触压力为 84.887MPa、拱底的底部围岩接触压力为 72.997MPa、右轨的底部围岩接触压力为 62.766MPa、右侧沟底部的底部围岩接触压力为 73.806MPa、右拱脚的底部围岩接触压力为 23.245MPa。

在通车一年后,左拱脚处的底部围岩接触压力为 78.486MPa、左侧沟底部的底部围岩接触压力为 142.505MPa、左轨的底部围岩接触压力为 113.944MPa、拱底的底部围岩接触压力为 137.812MPa、右轨的底部围岩接触压力为 93.169MPa、右侧沟底部的底部围岩接触压力为 122.846MPa、右拱脚的底部围岩接触压力为 32.444MPa。

总体来说,在通车一个月后,拱结构与底部围岩之间的接触压力较大,可能会发生损伤,这种损伤主要是由于反复碾压(局部脱空加重)导致;在通车半年后,左侧沟底部的底部围岩接触压力增大,可能会导致相应区域以及附近临近点位置的长期效应加重;在通车一年后,左侧沟底部、拱底的底部围岩接触压力进一步增大,且左侧隧道底部围岩的接触压力增量高于右侧隧道,表明该段铁路隧道中左侧隧道的底部围岩更容易发生损伤、结构失稳的现象。

3.2 底部围岩水压力的长期变化

结合监测数据来看,该段隧道的底部围岩水压力值变化规律可以划分为四个阶段,具体有:

在通车前,左拱脚处的底部围岩水压力为 50.673MPa、左侧沟底部的底部围岩水压力为 58.605MPa、左轨的底部围岩水压力为 111.765MPa、拱底的底部围岩水压力为 38.528MPa、右轨的底部围岩水压力为 54.694MPa、右侧沟底部的底部围岩水压力为 36.000MPa、右拱脚的底部围岩水压力为 18.605MPa。

在通车一个月后,左拱脚处的底部围岩水压力为 87.420MPa、左侧沟底部的底部围岩水压力为 88.527MPa、左轨的底部围岩水压力为 184.804MPa、拱底的底部围岩水压力为 93.714MPa、右轨的底部围岩水压力为 99.587MPa、右侧沟底部的底部围岩水压力为 56.530MPa、右拱脚的底部围岩水压力为 30.620MPa。

在通车半年后,左拱脚处的底部围岩水压力为 112.358MPa、左侧沟底部的底部围岩水压力为 87.623MPa、左轨的底部围岩水压力为 239.804MPa、拱底的底部围岩水压力为 10.173MPa、右轨的底部围岩水压力为 104.070MPa、右侧沟底部的底部围岩水压力为 63.289MPa、右拱脚的底部围岩水压力为 33.470MPa。

在通车一年后,左拱脚处的底部围岩水压力为 133.453MPa、左侧沟底部的底部围岩水压力为 139.389MPa、左轨的底部围岩水压力为 250.931MPa、拱底的底部围岩水压力为 132.294MPa、右轨的底部围岩水压力为 122.523MPa、右侧沟底部的底部围岩水压力为 84.622MPa、右拱脚的底部围岩水压力为 38.625MPa。

总体来说,在通车前,左轨下方的水压力与接触压力均较高,表明隧道底部围岩空隙所产生的脱空会加重损伤;在通车一个月后,观测到所有测点的水压力均有所增高,由于左轨下方存在局部脱空,所以该区域的水压力增高幅度最大;在通车半年后,轨道下方围岩的损伤情况有所加重,造成这一现象的主要原因为重载列车的长时间运行;在通车一年后,左轨、左侧沟底部、拱底位置的水压力均有所增高,且明显高于右侧隧道,导致这一现象的主要原因在于,在重载列车的长时间运行条件下,左轨下方的积水持续冲刷底部围岩,促使处于松散状态的岩石块随着地下水运动形成缺陷,最终导致局部脱空的问题加剧。

3.3 底部围岩接触压力与水压力之间的关系

通过对比通车前、通车一个月后、通车半年以及通车一年后的底部围岩接触压力与水压力,能够得出:在通车前,隧道底部围岩的接触压力分布相对均匀,左右侧基本呈现出对称的状态,而受到施工因素的影响(存在虚碴),在负载重载列车的长时间运行条件下,左侧隧道内底部围岩的接触压力与水压力更大,特别是左轨区域;在通车一个月后,左轨位置的底部围岩损伤进一步加剧,该位置及其周边测点的水压力表现出上涨的趋势,特别是在地下水的影响下,这些测点区域的底部围岩稳定性更低;受到水压力增高的影响,附近测点的水压力也会随之增高,导致隧道底部围岩损伤加重,引导局部脱空,隧道整体的稳定性与使用安全性下降^[2];由于左轨测点的水压力持续增高,促使左侧沟底部、拱底测点的水压力也随之增大,致使左侧隧道的底部围岩水压力(损伤)高于右侧隧道;结合上文得出的分析数据,可以将重载铁路隧道底部围岩的损伤划分为贴合密实、局部脱空、脱空贯通三个发展阶段。

4 总结

综上所述,结合对重载铁路隧道底部围岩的长时间监测,能够得出导致围岩损伤的主要因素为接触压力以及水压力;当某观测点水压力较高的情况下,随着重载列车的长时间运行,该点及附近测点的水压力会进一步增高,造成局部脱空,降低了隧道底部围岩的稳定性;在地下水的影响下,原本水压力较大的测点区域的底部围岩稳定性更低,极易导致脱空贯通。

[参考文献]

- [1] 李自强,王明年,于丽,等.重载铁路隧道底部围岩损伤机理研究[J].铁道学报,2019(7):162-170.
 [2] 郭名春,李栋,刘建斌,等.煤系地层隧道围岩稳定性数值分析[J].公路交通科技:应用技术版,2018(08):229-231.
 作者简介:赵云建(1991.7-),男,毕业院校:西南交通大学;现就职单位:中国铁路设计集团有限公司;职务:助理工程师。