

文章编号 :1006 - 2106(2006)08 - 0073 - 03

双线隧道提速后的瞬变压力及缓解措施^{*}

杨 斌^{**} 谢金宝 于丽颖

(兰州交通大学 , 甘肃 兰州 730070)

摘要 研究目的 通过计算 ,分析我国双线隧道中存在的瞬变压力问题 ,并提出相应的缓解措施。

研究方法 以兰武二线中的双线隧道为例 ,采用公式法和 Matlab 多项式拟合出列车速度与最大瞬变压力的关系曲线。

研究结果 计算结果表明 :在上古浪峡隧道中 ,当列车速度超过 145 km/h 时 ,瞬变压力不能满足旅客乘车的“舒适度”标准。

研究结论 提速后 ,我国既有线上一些双线隧道的瞬变压力不能满足旅客乘车的“舒适度”标准。在以后建设中 ,应根据具体情况采取主动或被动缓解措施。

关键词 瞬变压力 双线隧道 缓解措施

中图分类号 U45 **文献标识码** A

Research on the Problem of Transient Pressure in Tunnel of China's Double Track Railway with the Trains Being Speed up and its Reduction Measures

YANG Bin ,XIE Jin - bao ,YU Li - ying

(Lanzhou JiaoTong University , Lanzhou , Gansu 730070 , China)

Abstract **Research purposes** : According to the calculation , this paper analyzed the transient problem of existing double - track tunnel and put forward the reduction measures.

Research methods :Take the double - track tunnel in the Lanzhou - Wunan for example , the relation graph of train speed and maximum pressure has been simulated and figured out with the formula.

Research results :The result of calculation indicates that transient pressure on the tunnel of Shanggulangxia can not reach the standard of comfort while traveling speed is over 145 km/h.

Research conclusions :With the trains being - speed up , the transient pressure of double - track tunnel in the existing railway can not reach the standard of comfort. In the future constrution , we should take active or passive reduction methods according to the specific situation.

Key words :transient pressure ,double - track tunnel ,reduction measures

当列车以高速突入隧道时 ,入口处的空气被压缩并以压缩波的形式沿隧道向前传播 ,当其到达隧道出口时 ,一部分以微压波的形式向周围地区辐射出去 ,另一部分向进口处反射成膨胀波。当高速列车尾部进入隧道时 ,由于列车尾部的空气补充不及时 ,压力迅速下

降形成负压区 ,同时以压缩波的形式沿隧道向前传播 ,当这两种波同时作用在列车上时 ,压力作用会增大 ,如果在双线隧道中 ,列车交会时的压力波动会更加明显。正是在上述过程中隧道壁限制了空气的侧向和上下移动 ,因而产生了压力波动 ,即瞬变压力。

* 收稿日期 2006 - 06 - 07

** 作者简介 :杨斌 ,1982 年出生 ,男 ,在读硕士研究生。

1 影响瞬变压力的主要因素

影响双线隧道瞬变压力的主要因素有阻塞比、线间距、隧道的长度和列车速度。

1.1 阻塞比

阻塞比是影响瞬变压力的主要因素,据计算分析,压力波动与隧道阻塞比有如下关系。

$$P_{\max} = K \times V^2 \times \beta^N \quad (1)$$

列车交会时 $N = 2.06 + 0.06$

式中 P_{\max} ——3 s 压力变化最大值(kPa);

V ——行车速度(m/s);

$$\beta = \frac{\text{机车横断面积}}{\text{隧道的有效净空面积}}。$$

1.2 线间距的影响

在双线隧道中,线间距对瞬变压力的影响很大,如果两线之间线间距合适,会很好地降低压力波动的影响。前联邦德国发现,当两线路间距由4 m变到4.5 m时,可以明显降低压力波动的影响。为此,规定车速为160 km/h时,两线间的中心距为4 m,车速大于200 km/h时,两线间的中心距为4.5 m,车速为300 km/h时,两线间的中心距为4.7 m。

1.3 隧道长度的影响

研究表明,隧道长度对瞬变压力有明显的影响,压力波动的程度并不随隧道长度的缩短而缓解,对于长隧道而言,以声速传播的Mach波来回反射的周期较长,同时反射过程中能量也有所衰减,而短隧道中Mach波的周期较短,反射过程中能量损失也小,致使压力波动加剧。

1.4 行车速度

压力瞬变现象是随着车速的提高而加剧的。ORE报告指出最大压力变化与列车速度的平方成正比。

2 我国既有隧道中的瞬变压力问题

经过前五次全国铁路的大面积提速,我国铁路既有提速线已基本实现了列车运行速度160 km/h,并且将要实施的第六次大面积提速,将首次开行速度200 km/h的旅客列车。全国铁路第六次提速范围的重点是京哈、京沪、京广、陇海、兰新、胶济、武九、浙赣等线路,但由于既有线上一些双线隧道的有效净空面积过小,提速后难以保证旅客乘车的“舒适度”。

2.1 兰武二线中的瞬变压力问题

兰武二线是兰州西至武威南段增建二线的工程,旅客列车最高速度160 km/h。线上隧道共10座,共计长34.13 km,小于1 km隧道是3.101 km/5座,1~3 km的隧道3.9 km/2座,3~6 km的隧道7 km/2座,

大于6 km的隧道20.050 km/1座。其中,上古浪峡1号隧道长664 m,隧道有效净空面积64.2 m²,兰武二线上古浪峡2号隧道长3 840 m,隧道有效净空面积64.2 m²。

技术资料:兰武二线上古浪峡2号隧道长3 840 m、隧道有效净空面积64.2 m²,SS7c型电力机车的横断面积:12.6(去掉受电弓);K值由铁道第一勘察设计院根据现场地形和环境因素确定的(不同线上隧道的K值是不同的,同一条线上隧道的K值也不尽相同。)

基于以上技术资料,由公式(1)并利用Matlab多项式拟合出如下曲线。

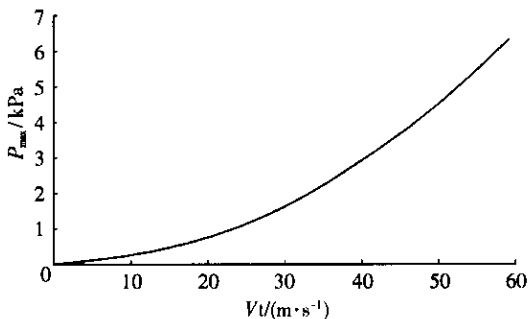


图1 列车速度与最大瞬变压力关系曲线

由图1可知:当列车速度达到145 km/h时,3 s内的 P_{\max} 等于3 kPa,此时人耳进行的主动或被动调节已不能正常缓解瞬变压力的作用。

2.2 计算分析

从图中可以看出当列车速度超过145 km/h时,3 s最大压力变化超过了3 kPa,已经超过了国际铁路联盟和欧洲铁路研究院1999年提出的隧道气压变化容许值——3 kPa/3 s,更与德国联邦铁路《铁路隧道的设计、施工和养护》(DS 853—1993)规定在高速铁路隧道建设设计时要考虑的舒适度准则相差较大,这一准则是:

在很少通过的隧道为1.25 kPa/3 s;

在经常通过的隧道为0.80 kPa/3 s;

所以,应该对我国将要再次进行提速的提速线上一些不满足旅客乘车“舒适度”原则的隧道采取有效的缓解措施。

3 瞬变压力的缓解措施

鉴于我国的现实情况,既有线上的一些双线隧道在大面积提速的压力下急需进行一定的防护和改造,新建的双线隧道应在建设初期就进行一定的支护。因此,现将双线隧道中瞬变压力的缓解措施分为以下两类。

3.1 被动缓解措施

被动缓解措施是指对既有线上的不满足现行“舒适度”原则的双线隧道进行的防护措施。

3.1.1 修建缓冲结构

当列车速度较低时,不需要采用防护措施,当速度较高时,在列车参数一定的条件下,可适当的加大隧道的有效净空面积、优化断面形状和尺寸、在洞口修建缓冲结构、利用辅助坑道。

同全封闭的缓冲结构相比。两侧开孔或顶部开孔的缓冲结构具有更好的降压结果。缓冲结构开口处,最大有效面积为隧道内轨顶面以上净空面积的1.4~1.5倍,开口面积为隧道有效面积的0.2~0.3倍时,会取得更好的降压效果。缓冲结构过短,起不到降低压力波动的作用,过长则会影响其降低压力波动的效果。缓冲结构长度在隧道断面水力直径50 m范围内为好。

缓冲结构长度计算公式为:

$$L = d_t \left(\frac{v_0}{v^*} - 1 \right) \quad (1)$$

式中 d_t ——隧道断面水力直径;

L ——缓冲结构长度;

v^* ——列车视在速度;

v_0 ——列车进洞速度。

3.1.2 修建竖井

竖井(斜井、横洞)的存在会缓解压力波动的程度。

计算表明:竖井位置对减压效果的影响很大,但不是处于任何位置都能有较好的效果。同时,无端增加竖井的数量及加大竖井的面积,也不能收到很好的效果。

根据Mach波叠加情况可以理论的得到竖井缓解压力波动作用的最佳位置,具体计算公式如下:

$$\frac{4M^2}{(1-M)^2} < \frac{X}{L} = \frac{2M}{1+M} \quad (2)$$

式中 X ——竖井距隧道进口的距离;

L ——隧道长度;

M ——Mach波数,即 $M = \frac{V}{C}$;

其中 V ——车速;

C ——声速。

3.2 主动缓解措施

主动缓解措施是指对于新建隧道时应采取的一些设计思想和防护方法。

3.2.1 改变车体形状成流线型,尽量缩小机车的横断面积,如果车头部分有合适的形状并且车辆的密闭性也很好,则压力波动的影响可以减少20%~30%,这种方法在日本的应用较为广泛。

3.2.2 增大隧道的有效净空面积,增大隧道的有效净空面积就减少了阻塞比,进而也就减少了压力波动的影响。这种方法在德国较为提倡,并且我国新建的大多数铁路双线隧道也都采用了这种方法。

4 结束语

4.1 计算证明:隧道的瞬变压力与列车速度的平方成正比,并且当列车速度超过145 km/h时,压力波动较为明显。

4.2 提速后,当列车通过既有线上一些双线隧道时,产生的瞬变压力已不能满足旅客乘车时的“舒适度”原则。

4.3 为了缓解瞬变压力的影响,结合我国具体情况,既有隧道应主要采用被动缓解措施,新建隧道应主要采用主动缓解措施。

4.4 我国西南地区以山地、丘陵居多,应该再适当增大隧道有效净空面积的前提下进行车体形状的改造。而对于我国东北、华北、以及长江中下游平原地区,采用增大隧道净空面积的措施则较为合理。

参考文献:

- [1] Fox, J. A. and Henson, D. A. The prediction of the magnitudes of Pressure transients generated by a train entering double tunnel, Proc[J]. Inst. Civil Eng. 1971(49): 53 - 69.
- [2] Dayman B and Vardy A. E. Alleviation of tunnel air pressure transients - 1 experimental program[A]. proc 3rd Int Symp on the aerodynamics and ventilation of vehicle tunnels[C]. paper H2, BHRA, Sheffield, UK, March, 1979.
- [3] 王建宇. 列车通过隧道时诱发的空气动力学问题和高速铁路隧道设计参数[J]. 隧道译丛, 1995(1): 3 - 13.

(编辑 慕成娟)

双线隧道提速后的瞬变压力及缓解措施

作者: [杨斌](#), [谢金宝](#), [于丽颖](#), [YANG Bin](#), [XIE Jin-bao](#), [YU Li-ying](#)
作者单位: [兰州交通大学](#), [甘肃](#), [兰州](#), [730070](#)
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): [2006](#) (8)
被引用次数: 1次

参考文献(3条)

1. [Fox J A;Henson D A](#) [The prediction of the magnitudes of Pressure transients generated by a train entering double tunnel](#) 1971(49)
2. [Dayman B;Vardy A E](#) [Alleviation of tunnel air pressure transients-I experimnetal program](#) 1979
3. [王建宇](#) [列车通过隧道时诱发的空气动力学问题和高速铁路隧道设计参数](#) 1995 (01)

引证文献(1条)

1. [韩华轩](#). [王英学](#) [客运专线山区长隧道的乘客气压舒适度研究](#)[期刊论文]-[石家庄铁道学院学报](#) 2009 (2)

引用本文格式: [杨斌](#). [谢金宝](#). [于丽颖](#). [YANG Bin](#). [XIE Jin-bao](#). [YU Li-ying](#) [双线隧道提速后的瞬变压力及缓解措施](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2006 (8)