

文章编号:1003-1995(2005)09-0085-03

两桥(隧)之间短路基沉降控制标准研究

蔡成标¹, 魏永幸²

(1. 西南交通大学 列车与线路研究所, 成都 610031; 2. 铁道第二勘察设计院 地路处, 成都 610031)

摘要:针对两桥(隧)之间短路基设计,应用列车—线路耦合动力学理论和模型,分析了不同的车辆运行速度、不同的路基沉降、不同的过渡段长度对不同动力性能的运行车辆舒适性的影响,得出了两桥(隧)之间短路基沉降的控制标准以及“刚性路基”和“以桥代路”方案的适用性。

关键词:桥隧间短路基 沉降 控制标准 车辆—轨道耦合动力学

中图分类号:U213.1+57 **文献标识码:**A

0 前言

由于铁路中存在桥梁、涵洞、隧道等工程结构物,因此轨下基础有很大的差异,这也决定了轨道的刚度和变形在线路纵向是变化的和不均匀的。其中以桥台与路基连接处的轨道最为严重。由于设计和施工的原因,路桥过渡段在运营后初期沉陷较大,往往形成较严重的线路病害,需要频繁进行维修才能保证轨道的平顺性。

为了减轻因线路不均匀变形引起的轮轨动力作用及对车辆运行平稳性的影响,就需要把路基沉降控制在一定范围以内,同时在路桥(隧)连接处设置过渡段。我国对此已进行了较为系统的研究,其成果已纳入相关规范。但是,值得注意的是,对于高速和快速铁路(尤其是在山区),还不可避免地存在两桥(隧)之间的短路基设计问题。显然,在短路基两头与桥(隧)的连接处均应设置过渡段。即便如此,当短路基长度较短时,车辆在路基一端激发的振动尚未充分衰减就可能已经到达短路基的另一端,使车辆的振动加剧,从而影响行车的平稳性。秦沈客运专线的行车试验也证实,当两桥之间路基长度 $<150\text{ m}$ 时,出现了明显的行车不舒适现象。为此,铁道部建技[2003]97号文明确规定:Ⅰ级铁路桥梁较密集地段,两台尾之间路基长度 $<150\text{ m}$,且能满足设桥条件时,应以桥代路形式通过。国外对于两桥(隧)之间的短路基,通常采用加强路基、提高刚度、减少沉降的做法,但并未见系统研究成果,在我国则更缺乏理论研究和工程实践。因此,研究确定两桥(隧)之间短路基应采用的合理参数,使之满足行车舒适性的要求,是我国快速客运专线以及其它高

标准山区铁路设计亟需解决的关键技术问题,具有重要的现实意义。

1 研究方法 with 模型

列车通过两桥(隧)之间短路基的过程本质上是一个轮轨动态相互作用过程,线路的状态和车辆的性能是决定轮轨相互作用大小的两个重要方面。线路方面主要考虑路桥(隧)过渡段长度、短路基的沉降、短路基的长度等因素,车辆方面主要考虑客车车辆的乘坐舒适性。在本研究中将机车车辆和线路作为一个相互作用、相互影响的大系统,采用车辆—轨道耦合动力学仿真方法,以行车舒适性为评价标准,对不同性能的车辆在不同的行车速度、不同的路基长度、不同的路基沉降条件下的行车舒适性进行全面系统的仿真分析。

根据路基两端是桥梁或隧道采用不同的列车—线路耦合动力学模型。图1为列车与两桥之间短路基的动力学分析模型。在实际分析中,通过轨下基础刚度的变化来模拟桥梁挠度对车辆动力学性能的影响。

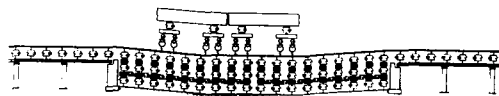


图1 列车—桥梁上轨道—土路基轨道—桥梁上轨道动力学分析模型

在仿真计算中轨道不平顺按与我国干线不平顺比较接近的美国六级谱考虑。两桥(隧)之间短路基上的轨面不平顺为路基沉降与随机不平顺的总和。图2为短路基长为 100 m 、路基沉降为 5 cm 、过渡段长度为 20 m 情况下的轨面垂向不平顺示意图。

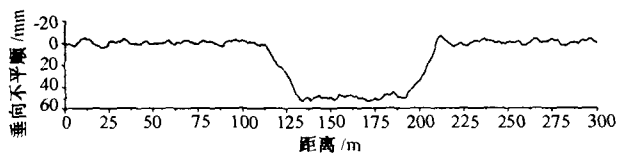


图2 两桥(隧)之间短路基轨道的轨面不平顺示意图

2 动力学仿真分析方案

在研究中主要考虑不同动力性能的车辆(“先锋号”动车、“中华之星”拖车、德国 ICE3 拖车),动力学分析方案如表 1 所示。

表 1 两桥(隧)之间短路基动力学分析方案

车辆类型	行车速度 (km/h)	路基长度 /m	路基沉降 /cm	过渡段 长度/m
“先锋号”动车	160、200	30	2.5、5.0、 7.5、10.0	15
“中华之星”拖车		60、100、150	5.0、10.0、 15.0、20.0	15、20、 25、30
“中华之星”拖车	250、300	30	2.5、5.0、 7.5、10.0	15
德国 ICE3 拖车		60、100、150	2.5、5.0、 7.5、10.0	15、20、 25、30

注:共计 416 种分析方案。

3 动力学仿真结果及评价标准

3.1 车辆动力学性能评价标准

车体振动加速度和 Sperling 平稳性指标是我国评定机车车辆动力学性能的两个基本指标。我国关于 200~350 km/h 的轨检车动态不平顺管理标准对车体垂向振动加速度的规定为:日常保养 0.1 g、舒适度 0.15 g、紧急补修 0.2 g;机车车辆运行平稳性标准为: Sperling 平稳性指标 < 2.5 为优、> 2.5 而 < 2.75 为良、> 2.75 而 < 3.0 为合格。

3.2 动力学仿真结果

根据以上各种动力学分析方案的仿真结果,将接近于车体振动加速度及平稳性指标舒适度标准或合格标准的工况整理成表 2、表 3、表 4、表 5。

4 结论

合理确定两桥(隧)之间的短路基的设计参数是一个非常复杂的问题,它不仅涉及实际线路运营车辆类型和运行速度,还涉及线路条件、过渡段的设计等众多因素。本研究应用列车—线路耦合动力学理论和模型

表 2 行车速度及线路条件对车辆运行
平稳性的影响(过渡段长度 30 m)

车速 (km/h)	路基 长度/m	路基 沉降/cm	“中华之星” 拖车		“先锋号”动车 (ICE3 拖车)	
			车体加 速度/g	平稳性 指标	车体加 速度/g	平稳性 指标
160	30	2.5	0.132	2.071	0.165	2.251
200			0.178	2.439	0.225	2.755
250			0.204	2.486	(0.137)	(2.285)
300			0.259	2.568	(0.151)	(2.331)
160	60	10.0	0.137	2.102	0.163	2.211
200		5.0	0.141	2.394	0.158	2.570
250		5.0	0.174	2.470	(0.144)	(2.293)
300		2.5	0.194	2.595	(0.147)	(2.391)
160	100	15.0	0.173	2.226	0.214	2.336
200		10.0	0.189	2.531	0.242	2.680
250		7.5	0.210	2.564	(0.158)	(2.376)
300		5.0	0.207	2.433	(0.140)	(2.311)
160	150	15.0	0.168	2.250	0.203	2.330
200		10.0	0.146	2.524	0.217	2.655
250		10.0	0.197	2.711	(0.152)	(2.592)
300		7.5	0.187	2.625	(0.142)	(2.441)

表 3 行车速度及线路条件对车辆运行
平稳性的影响(过渡段长度 25 m)

车速 (km/h)	路基 长度/m	路基 沉降/cm	“中华之星” 拖车		“先锋号”动车 (ICE3 拖车)	
			车体加 速度/g	平稳性 指标	车体加 速度/g	平稳性 指标
160	60	10.0	0.158	2.140	0.186	2.232
200		5.0	0.147	2.304	0.180	2.544
250		5.0	0.193	2.556	(0.155)	(2.348)
300		5.0	0.209	2.677	(0.162)	(2.457)
160	100	10.0	0.157	2.160	0.191	2.227
200		5.0	0.132	2.242	0.172	2.559
250		5.0	0.190	2.519	(0.134)	(2.331)
300		2.5	0.163	2.352	(0.127)	(2.208)
160	150	10.0	0.157	2.158	0.151	2.180
200		10.0	0.189	2.703	0.224	2.795
250		7.5	0.183	2.643	(0.142)	(2.487)
300		5.0	0.171	2.501	(0.129)	(2.284)

分析了运行速度、路基沉降、路基长度、过渡段长度对“先锋号”动车、“中华之星”拖车、德国 ICE3 拖车三种客运车辆运行舒适性的影响,通过大量的动力学仿真分析,得出了以下几点结论:

1) 两桥(隧)之间的短路基沉降的控制标准应与实

表 4 行车速度及线路条件对车辆运行平稳性的影响(过渡段长度 20 m)

车速 (km/h)	路基 长度/m	路基 沉降/cm	“中华之星” 拖车		“先锋号”动车 (ICE3 拖车)	
			车体加 速度/g	平稳性 指标	车体加 速度/g	平稳性 指标
160	60	10.0	0.190	2.255	0.225	2.384
200		5.0	0.161	2.372	0.206	2.648
250		5.0	0.200	2.569	(0.155)	(2.396)
300		5.0	0.223	2.726	(0.180)	(2.510)
160	100	10.0	0.194	2.329	0.230	2.385
200		5.0	0.172	2.473	0.206	2.672
250		5.0	0.210	2.702	(0.138)	(2.448)
300		2.5	0.172	2.452	(0.139)	(2.267)
160	150	10.0	0.174	2.269	0.195	2.298
200		5.0	0.134	2.411	0.167	0.134
250		5.0	0.151	2.551	(0.118)	(2.325)
300		5.0	0.183	2.605	(0.149)	(2.378)

表 5 行车速度及线路条件对车辆运行平稳性的影响(过渡段长度 15 m)

车速 (km/h)	路基 长度/m	路基 沉降/cm	“中华之星” 拖车		“先锋号”动车 (ICE3 拖车)	
			车体加 速度/g	平稳性 指标	车体加 速度/g	平稳性 指标
160	60	5.0	0.158	2.158	0.194	2.332
200		5.0	0.187	2.582	0.263	2.873
250		5.0	0.218	2.699	(0.157)	(2.463)
300		5.0	0.228	2.797	(0.210)	(2.557)
160	100	5.0	0.150	2.154	0.170	2.284
200		5.0	0.198	2.640	2.238	2.838
250		2.5	0.162	2.550	(0.131)	(2.297)
300		2.5	0.199	2.551	(0.155)	(2.335)
160	150	5.0	0.141	2.110	0.174	2.236
200		5.0	0.166	2.549	0.224	2.752
250		5.0	0.194	2.688	(0.139)	(2.424)
300		5.0	0.232	2.726	(0.171)	(2.467)

际运营车辆的条件相结合。从计算结果可以看出,在线路条件相同情况下,“先锋号”动车、“中华之星”拖车、德国 ICE3 拖车的动力响应依次从大到小,说明德国 ICE3 拖车的动力学性能最好、“中华之星”拖车其次,“先锋号”动车较差。路基沉降的控制标准应满足实际运营车辆的舒适度要求。

2) 路桥(隧)过渡段的长度对运行车辆的舒适性有很大的影响。对于两桥(隧)之间短路基应尽可能设置相对较长的过渡段,建议采用 30 m。

3) 当两桥(隧)之间短路基的长度 < 30 m 时,路基沉降控制标准为 2 cm。

4) 当两桥(隧)之间短路基的长度在 60 m 左右时,160 km/h 对应的路基沉降控制标准为 10 cm;200 ~ 250 km/h 对应的路基沉降控制标准为 5 cm;300 km/h 以上对应的路基沉降控制标准为 2 cm。

5) 当两桥(隧)之间短路基的长度在 100 m 左右时,160 km/h 对应的路基沉降控制标准为 15 cm;200 ~ 250 km/h 对应的路基沉降控制标准为 7 cm;300 km/h 以上的路基沉降控制标准为 5 cm。

6) 当两桥(隧)之间短路基的长度在 150 m 左右时,160 km/h 对应的路基沉降控制标准为 15 cm;200 ~ 250 km/h 对应的路基沉降控制标准为 10 cm;300 km/h 以上对应的路基沉降控制标准为 7 cm。

7) 对于时速 200 km 的新建铁路,当两桥(隧)之间路基长度 > 100 m 时可考虑采用“刚性路基”或“以桥代路”的方案,而对于设计速度 250 km/h 以上的快速客运专线或高速铁路,采用上述方案的路基范围应扩大到 150 m。

修回日期:2005 - 06 - 20

(责任编辑 王 红)

北京三条地铁线投保两百亿

北京地铁四号线、五号线、十号线工程与人保、太平洋保险公司签订了建筑安装险及第三者责任险,这是北京市首次对地铁安装工程投保,合同保险金额为 200 亿元。它既是目前我国地铁建设史上投保金额最大的项目,也是世界上近年来投保金额最大的工程项目之一。

据北京轨道交通建设管理股份有限公司有关负责

人介绍,此次保险涉及地铁四号线、十号线的土建和安装及五号线的安装工程。本市八通线、五号线都曾进行过土建投保,此次将安装工程一并投保,依照国际风险管理模式,将本项目的风险管理和保险安排放在了项目管理中的重要位置。

目前,地铁四号线、五号线、十号线一期已陆续开工建设,预计 2008 年前建设完成。

摘自《城市轨道交通文摘》