

文章编号: 1674—8247(2020)03—0032—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.03.007

高速铁路特殊地形地貌段路基防风措施研究应用

张广丰 高志伟

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043)

摘要:兰新高速铁路联调联试、百里风区大风专项试验期间,列车通过大风区地形地貌变化地段、路堤路堑过渡段时出现车体晃动,针对这一现象,本文对特殊地形地貌段的大风流场特征及其防风措施进行了深化研究。研究表明:(1)路基防风工程的薄弱环节主要存在于地形地貌变化地段、路堤路堑挡风墙过渡段、挡风墙与路堑的过渡处等区域,其中挡风墙过渡段处的风速变化率最大;(2)通过加高挡风墙高度、“外补内切”挡风墙、延长路堤挡风墙及改变地形地貌等工程措施,可有效改变挡风墙过渡段区域的大风流场,提高列车运行的安全性和旅客舒适性。

关键词:铁路路基; 防风措施; 理论分析; 特殊地形地貌; 过渡段

中图分类号:U216.41⁺3 文献标志码:A

Research on Anti-wind Measures for Sections with Special Terrain and Physiognomy of High-speed Railway

ZHANG Guangfeng GAO Zhiwei

(China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: In response to the phenomenon that the car body shakes when the train passes through the section with change of terrain and physiognomy as well as transition section between embankment and cutting in strong wind area during the joint debugging and the special test in the 100 km wind area of Lanzhou-Xinjiang high-speed railway, the further study of strong wind flow field characteristics and anti-wind measures of section with special terrain and physiognomy is carried out in the paper. The research results show that: (1) The weak link of the anti-wind project in subgrade mainly exists in the regions with variation of terrain and physiognomy, the transition sections of embankment and cutting as well as the transition section between wind-break wall and cutting, etc. The speed variation rate of wind in the transition sections of wind-break wall reaches the largest. (2) By using engineering measures like increasing the height of wind-break wall, outside supplement and inside cutting of wind-break wall, extending the embankment wind-break wall and modifying the terrain and physiognomy, etc., the strong wind flow field characteristics are effectively changed in the transitional sections, so that the safety of the trains and comfort of passengers are also improved.

Key words: railway subgrade; anti-wind measures; theoretical analysis; special terrain and physiognomy; transition section

兰新高速铁路全长 1 776 km,作为世界上首条穿越大风区的高速铁路,其沿线风区是全世界内陆大风

收稿日期:2020-03-19

作者简介:张广丰(1977-),男,教授级高级工程师。

引文格式:张广丰,高志伟. 高速铁路特殊地形地貌段路基防风措施研究应用[J]. 高速铁路技术,2020,11(2): 32-36.

ZHANG Guangfeng, GAO Zhiwei. Research on Anti-wind Measures for Sections with Special Terrain and Physiognomy of High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(2): 32-36.

风速最高的地区。兰新高速铁路沿途经过五大风区,分别为甘肃境内的安西风区和新疆境内的烟墩风区、百里风区、三十里风区、达坂城风区^[1],其中百里风区瞬时最大风速可达60 m/s,约为12级风速的2倍,是世界铁路穿越的风区之最^[2]。

新疆大风区自然条件恶劣,人烟稀少,多为戈壁,是我国乃至世界上铁路风灾最严重的地区之一。风区内大风频繁,风力强劲,大风具有风速高、风期长、季节性强、风向稳定、起风速度快的特点^[3],历史以及近年来多次威胁兰新铁路、南疆铁路的行车安全,甚至造成了翻车等重大安全事故^[4-6]。

兰新高速铁路在联调联试、百里风区大风专项试验期间,在试验风速环境及车速条件下,列车通过大风区地形地貌变化地段、路堤路堑过渡段时出现车体晃动,但动车组的安全评判指标均在允许范围内。

根据大风专项试验测试数据,试验期间列车各项安全指标正常,脱轨系数在0.11~0.23之间,小于限值0.8,轮重减载率、轮轴横向力、车体横向加速度、转向架倾覆系数等其他车辆动力学安全性指标也均在安全范围内。而历次试验晃车地点印证表明,晃车主要发生在地形地貌变化地段,即路堤路堑防风结构过渡段位置前后^[7]。

为进一步提高列车通过特殊地形地貌段的安全性和旅客舒适性,对特殊地形地貌段大风流场特征及其防风措施进行深化研究是非常必要的。

1 路基过渡段大风流场特征分析

通过前期现场实车试验和部分路段现场考察发现,空气动力学性能和动力学指标较大的位置均出现在路堑挡风墙与路堤挡风墙过渡段、路堑与挡风墙过渡段、部分路堑地段等特殊位置^[8]。

针对上述问题,需要对特殊地段的流场特征进行分析研究,以提出合理的过渡段防风措施。

1.1 原始地形流场分析

根据地形等高线图,并结合现场实地考察,建立实体模型进行流场计算。

该处为路堤高路堑过渡段,属于较复杂的地形。在挡风墙上风侧的路堑中间存在一个风口,形成了一股峡谷风,此处挡风墙设施正好未修建完整,易形成峡谷风直接灌入到线路中。同时过渡段处挡风墙结构前后距离的不一致,也将导致风场发生改变。为明确过渡段周围防风设施薄弱环节形成的原因,主要从以下几个方面进行了分析:

(1) 沿线路距轨面不同高度处的水平线上的Y方

向速度分量分布

距轨面2 m和3 m高度处的水平线上Y方向速度分量分布曲线分别如图1、图2所示。其中坐标0点为路堤与过渡段连接处,坐标负值端为路堤段,正值端为路堑段。

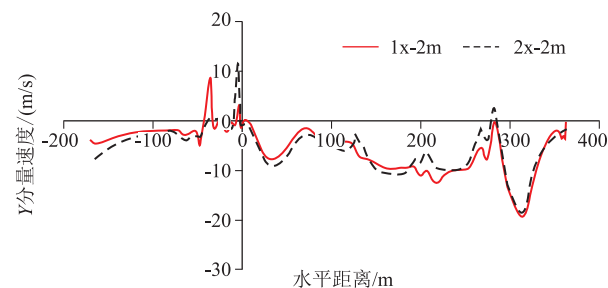


图1 距轨面2 m高度处的水平线上Y方向速度分量分布曲线图

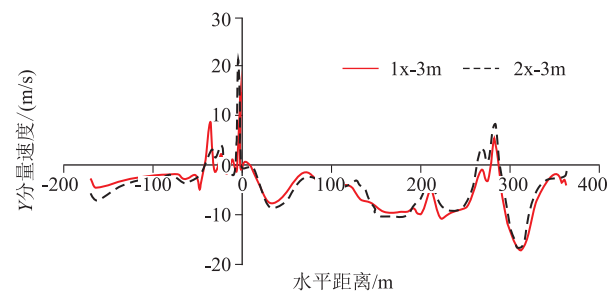


图2 距轨面3 m高度处的水平线上Y方向速度分量分布曲线图

距轨面不同高度处的水平线上Y方向速度分量分布反映出1线和2线的变化趋势基本一致,差异主要体现在风速峰值上,即2线处的风速峰值较大。线路的薄弱环节主要存在于挡风墙过渡段、挡风墙与路堑的过渡处。其中挡风墙过渡段处的风速变化率最大。

(2) 距离轨面不同高度处的水平面上的矢量分布

过渡段周围距离轨面3 m高度处和10 m高度处的水平面上的矢量分布分别如图3、图4所示。从矢量分布图上可以看出,在挡风墙过渡段后,三股气流在

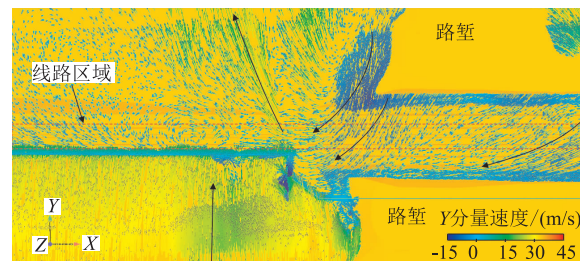


图3 过渡段周围距离轨面3 m高度处的水平面上的矢量分布图

此汇聚,分别为沿线路向路堤段流动的气流、越过挡风墙下降在挡风墙后线路上方的气流和背风侧路堑回流至线路处的气流,从而导致过渡段处风速值较大。

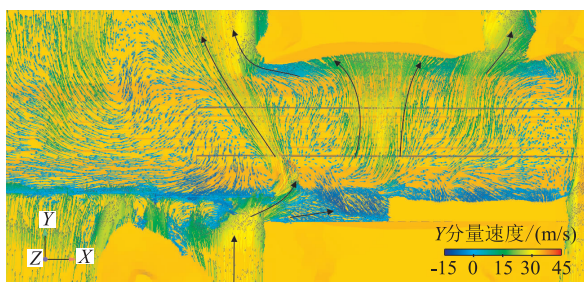


图4 过渡段周围距离轨面 10 m 高度处的水平面上的矢量分布图

挡风墙与路堑的过渡处,气流自峡谷而来,遇到挡风墙发生偏转,顺势进入到线路区域,同时高路堑上方的气流灌入到线路中,作用在下风侧路堑上,形成回流。同时发现挡风墙与路堑的过渡进入到线路的气流发生了沿线路方向的流动,即促使了挡风墙过渡段后形成沿线路向路堤段流动的气流。

(3)垂直线路方向的不同横断面处的横向平面上的矢量分布

距离过渡段 200 m 路堑段处横断面 P5 矢量分布如图 5 所示,过渡段处风速最大值对应点处的横断面矢量分布如图 6 所示。

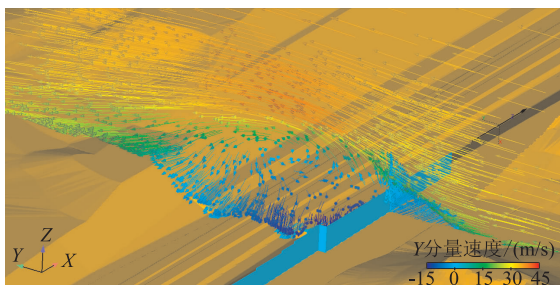


图5 距离过渡段 200 m 路堑段处横断面 P5 矢量分布图

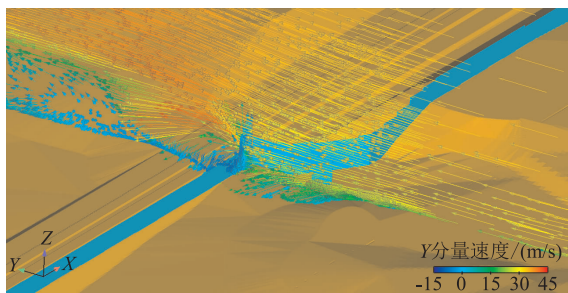


图6 过渡段处风速最大值对应点处的横断面矢量分布图

从图 5 和图 6 中可以很明显的看到,在有效的防风设施地段,线路上方一定区域的气流基本为反向流

动,即速度方向为负;而在过渡段以及高路堑防风设施能力不足的地段,明显看到较大的正向速度值。

1.2 风向角的影响分析

距轨面 3 m 高度处的水平线上,1 线和 2 线 Y 方向速度分量分布曲线分别如图 7、图 8 所示。从图中可以看出,改变方向角后,Y 方向风速的峰值及位置均出现了一定的变化。

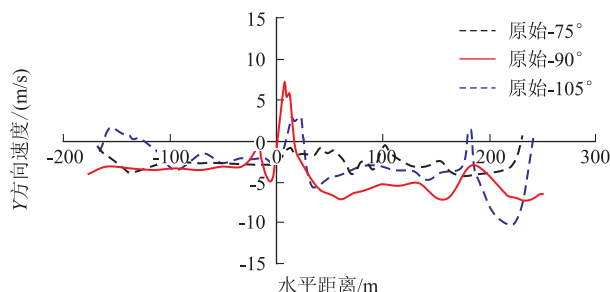


图7 距轨面 3 m 高度处的 1 线的 Y 方向速度分量分布曲线图

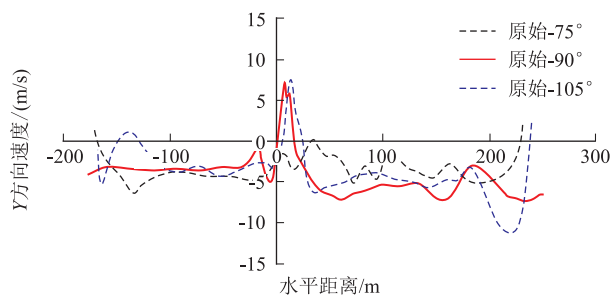


图8 距轨面 3 m 高度处的 2 线的 Y 方向速度分量分布曲线图

2 路基过渡段防风措施研究

结合兰新二线铁路沿线的地形地貌以及防风设施改造施工可行性的实际情况,防风措施主要从线路内和线路外两方面进行研究。线路内从改善线路周围局部风场的思路出发,无论线路外风场如何剧烈变化,只需保证线路内所关心的区域风场处于一个相对稳定的区间内,从而在列车通过时,确保满足列车的运行要求即可;线路外主要在迎风侧切断直接进入线路关心区域的气流,背风侧避免地形因素导致的气流回流(高路堑或者防风过渡段处)和气流泄流口(路堑与对面连接处)。通过这些措施,改变线路内外的风场情况,限制进入到线路内的气流,从而达到改善线路内相应区域的风场的目的。

为改善过渡段周围的流场,研究确定了加高既有挡风墙、在过渡段处设置“外补内切”挡风墙、延长路堤挡风墙至路堑内、改变挡风墙外侧地形特征等多种防风措施,以达到最优的防风效果。

2.1 加高过渡段挡风墙

(1)对既有路堤路堑过渡段的横向挡风墙和路堑挡风墙采用加高挡风墙的方式进行补强,加高的过渡段挡风墙横断面如图9所示。

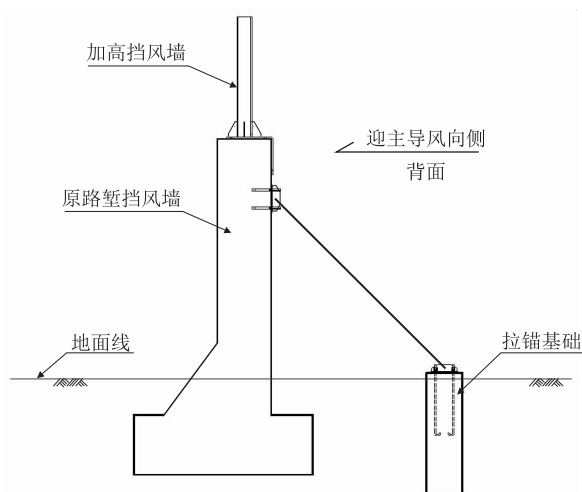


图9 加高的过渡段挡风墙横断面示意图

(2)加高挡风墙采用屏式钢结构挡风墙,立柱采用H型钢,挡风板采用波纹板。加高挡风墙的间距按照既有挡风墙的立柱间距布置,H型钢通过法兰盘锚固在既有挡风墙立柱上,挡风墙横向设H型钢,与立柱钢螺栓连接并焊接,挡风板采用与横向H型钢及立柱螺栓锚固的方式。

(3)路堑挡风墙及横向挡风墙加高后,为保证路堑挡风墙的安全,在相应的挡风墙立柱上设置拉锚结构。

2.2 “外补内切”挡风墙

(1)对横向宽度较大且地形条件允许的路堤路堑挡风墙过渡段采取设置“外补内切”挡风墙的形式进行补强,与路堤挡风墙夹角为 30° ，“外补内切”挡风墙平面布置如图10所示。

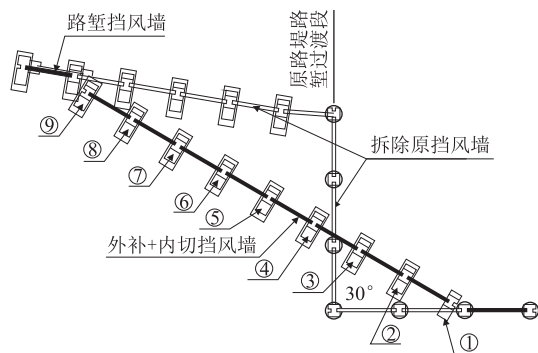


图10 外补内切挡风墙平面布置图

(2)地形条件复杂,难以直接设置“外补内切”挡风墙时,采用横向前1~2跨加高,剩余内切挡风墙的措施。

(3)“外补内切”挡风墙采用钢筋混凝土扶壁式挡风墙,墙高4~6 m。

2.3 延长路堤挡风墙

(1)以路堤挡风墙为起点,向路堑方向延伸挡风墙,延长路堤挡风墙平面如图11所示。

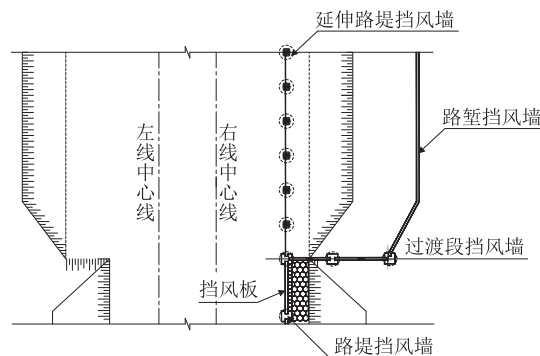


图11 延长路堤挡风墙平面示意图

(2)延长路堤挡风墙采用屏式钢结构挡风墙,立柱采用H型钢柱,挡风屏采用普通钢板。

(3)挡风墙间距3.0 m,立柱基础采用钢筋混凝土基础。基础内预留地脚螺栓以及定位钢板。H型钢柱通过法兰盘锚固在钢筋混凝土基础上。

(4)延长路堤挡风墙挡风屏结构透风率自起点5%渐变过渡至20%。

2.4 改变地形地貌

部分地段挡风墙外侧山包顶高度高于既有挡风墙顶高度,为保证挡风墙有效高度,将迎风侧山包挖除,改变风的流畅,以达到防风效果。

3 结论

从兰新高速铁路通车后的实际运行情况来看,晃车点基本消除,说明上述针对特殊地形地貌段的防风措施可有效改变挡风墙过渡段区域的大风流场,提高列车运行的安全性和旅客舒适性。

(1)路基防风工程的薄弱环节主要存在于地形地貌变化地段、路堤路堑挡风墙过渡段、挡风墙与路堑的过渡处等区域,其中挡风墙过渡段处的风速变化率最大。

(2)在有效的防风设施地段,线路上方一定区域的气流基本为反向流动,即速度方向为负;而在过渡段以及高路堑防风设施能力不足的地段,有明显较大的正向速度值。

(3)通过加高挡风墙高度、“外补内切”挡风墙、延长路堤挡风墙以及改变地形地貌等工程措施,可有效改变挡风墙过渡段区域的大风流场,提高列车运行的安全性和旅客舒适性。

参考文献:

[1] 李鲲. 大风区高速铁路新型防风设施研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(2): 756-762.
LI Kun. Research on New Anti-wind Facility of High-speed Train in Strong Wind Area [J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2012, 43(2): 756-762.

[2] 王争鸣. 兰新高铁穿越大风区线路选线及防风措施设计[J]. 铁道工程学报, 2015, 32(1): 1-6.
WANG Zhengming. Design of Route Selection and Windproof Measures for Strong Wind-hit Section of Second Double Line of Lanzhou-Urumqi Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2015, 32(1): 1-6.

[3] 何永旺. 兰新高铁百里风区防风明洞设计[J]. 铁道工程学报, 2017, 34(6): 55-59.
HE Yongwang. Design of the Wind-resistant Gallery in Lanzhou-Xinjiang High Speed Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2017, 34(6): 55-59.

[4] 吴炜. 高速铁路大风地区挡风结构破坏性试验研究[J]. 铁道建筑, 2017, 57(6): 53-57.
WU Wei. Destructive Test Study of Wind-break Structure along High Speed Railway in Gale Area [J]. Railway Engineering, 2017, 57(6): 53-57.

[5] 唐士晟, 史永革, 张小勇. 新疆铁路百里风区大风特征统计分析[J]. 铁道技术监督, 2011, 39(1): 36-40.
TANG Shisheng, SHI Yongge, ZHANG Xiaoyong. Statistical Analysis on Characteristics of the Strong Wind along the 100 km-long Wind Area in Xinjiang Region [J]. Railway Quality Control, 2011, 39(1): 36-40.

[6] 拉有玉, 李永乐, 何向东. 兰新铁路第二双线防风技术及工程设

计[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2010, 23(4): 104-108.

LA Youyu, LI Yongle, HE Xiangdong. Wind-resistant Technology and Design for Second Double Line of Lanzhou-Urumqi Railway [J]. Journal of Shijiazhuang Tiedao University (Natural Science), 2010, 23(4): 104-108.

[7] 杨斌, 刘堂红, 杨明智. 大风区铁路挡风墙合理设置[J]. 铁道科学与工程学报, 2011, 8(3): 67-72.

YANG Bin, LIU Tanghong, YANG Mingzhi. Reasonable Setting of Wind-break Wall on Railway in Strong Wind Areas [J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2011, 8(3): 67-72.

[8] 周丹, 田红旗, 鲁寨军. 大风对路堤上运行的客运列车气动性能的影响[J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(4): 6-9.

ZHOU Dan, TIAN Hongqi, LU Zhaijun. Influence of Strong Crosswind on Aerodynamic Performance of Passenger Train Running on Embankment [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2007, 7(4): 6-9.

[9] 中铁第一勘察设计院集团有限公司. 新建铁路兰州至乌鲁木齐第二双线防风过渡段挡风墙补强工程[R]. 西安: 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2015.

China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd. Reinforcing Project of Wind Break Wall in Anti-wind Transitional Section of the Second Double Line of the New Lanzhou-Urumchi Railway [R]. Xi'an: China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 2015.

[10] 中南大学, 兰新铁路新疆有限公司, 乌鲁木齐铁路局等. 特殊地形地貌条件下防风设施过渡段流场分析及优化——兰新二线过渡段研究成果[R]. 长沙: 中南大学, 2016.

Central South University, Lanzhou-Xinjiang Railway Xinjiang Co., Ltd, China Railway Urumchi Group Co., Ltd, et al. Analysis and Optimization of Flow Field in Transitional Section of Anti-wind Facilities under Conditions of Special Terrain and physiognomy-Research Results of Transitional Section of Lanzhou-Xinjiang Railway Second Line [R]. Changsha: Central South University, 2016.

(编辑:车晓娟 白雪)