

doi:10.3969/j.issn.1672-6073.2010.04.001

南京地铁曲线波浪型磨耗研究

郭满鸿¹ 张学华¹ 沈 钢²

(1. 南京地下铁道有限责任公司运营分公司 南京 210028; 2. 同济大学 上海 200331)

摘 要 针对发生在南京地铁曲线上的波浪型磨耗进行调查和测试,研究多种因素对黏滑振动的影响,并进行轨道振动对比测试,提出波磨预防和治理的可能措施。

关键词 城市轨道交通 波浪型磨耗 轮轨黏滑振动 地铁线路 曲线轨道

中图分类号 U213.4 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2010)04-0001-03

1 波磨的现状及测量

针对发生在南京地铁曲线上的波浪型磨耗,开展了前期调研、测量和试验分析。测试地段为地下隧道短枕式整体道床,钢轨采用 U75V P60,扣件采用 DTVI2 型。对出现波磨的 9 处曲线进行了测量,测量仪安装在曲线轨道上(如图 1 所示),曲线轨道上的测试速度为 45~65 km/h,道岔导曲线上为 25 km/h,典型测量结果如图 2 所示。统计结果显示,曲线上波磨的波长一般在 100~220 mm,多数集中在 150~200 mm,道岔曲线上的波磨波长较短,在

70~120 mm。波磨较深(大于 0.2 mm)时,外形呈正弦曲线,如图 3 所示,波磨较浅时一般不规则。



图1 波磨测量现场

2 波磨起因的分析研究

针对单轮对曲线通过的机理进行分析,考虑了轮对的弹性体扭转和弯曲振动,建立了计算模型,如图 4 所示。图 5 为模拟计算的在曲线轮轨间的黏滑振动现象,一般在缓和曲线的后半段开始发生,在圆曲线上出

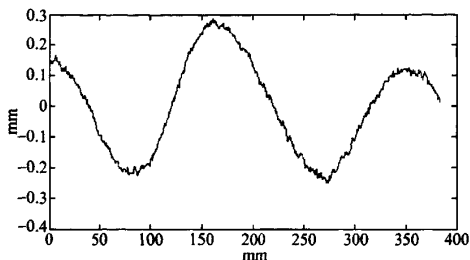


图2 曲线内轨的典型波磨测量结果

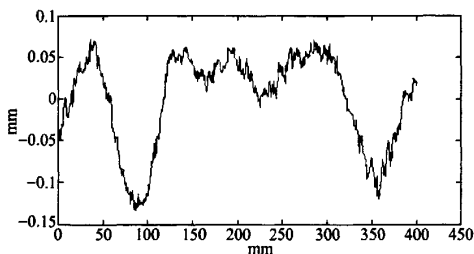


图3 不规则的波磨轮廓

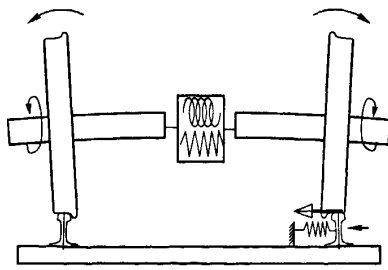


图4 单轮对(含弹性体模式)计算模型

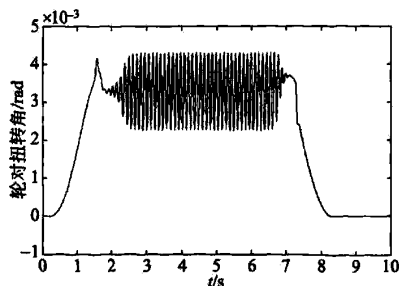


图5 在圆曲线上的轮对黏滑振动

收稿日期: 2010-05-05 修回日期: 2010-05-28

作者简介: 郭满鸿,男,大学本科,工务中心副主任,从事城市轨道交通建设及维护,guomh@126.com

现稳定的振荡,到出现缓和曲线的后半段消失。针对不同影响因素的分析,包括钢轨的横向定位刚度、轮轨间的黏着水平、弹性体的刚度、曲线半径等,初步定性并了解这些因素对黏滑振动的影响规律。

首要因素是轮轨间的蠕滑率-蠕滑力的负梯度段特征,如图6所示。当蠕滑率很小时,它们之间是线性关系;当蠕滑率较大时,蠕滑力反而下降。当曲线半径较小而转向架导向性能不良时,左右轮轨接触点很有可能处于这个负梯度段区域。从力学上看,这一负梯度段的作用相当于一负刚度。根据数学分析,这是一个不稳定的系统,即会发生振动发散,由于轮轨蠕滑的强非线性因素,将出现振荡现象。左侧车轮由于轮缘的接触,不可能在轮轨间发生横向的运动,而右侧的车轮处于自由状态,轮轨间有较大的横向间隙和纵向转动自由度。

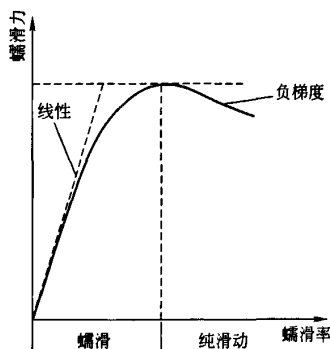


图6 蠕滑力与蠕滑率的关系

大量计算分析表明,该黏滑振动的发生规律与现场出现的波磨发生规律相吻合,即这种振动容易出现在曲线内轨的圆曲线上、曲线半径较小的区段、轮轨黏着条件较好的地下洞内的轨道上,及轨道刚度较大的整体道床上。

3 波磨成因的试验研究

为了证明波磨与黏滑振动有关的推论,设计了试验方案,图7为波磨测试方案布置图。设置了直线比较点、曲线测点1和曲线测点2,每个测点都有3个方向的加速度测点。曲线测点2与测点1不同的是在内轨顶喷涂了摩擦控制剂,这样就能获得正常波磨区段的振动与无波磨(直线区段)的差异,也能获得在内轨采取摩擦控制后的振动差异。

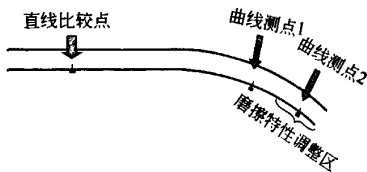


图7 波磨测试方案平面布置图

图8~图10分别为直线无波磨处和曲线测点1和2处的横向振动频谱图。可见,在直线上振动能量的分布基本均匀,在有波磨处发现70~80 Hz和150 Hz处有两个较

大的周期性振动,而有摩擦控制的测点2处150 Hz的能量基本消除。因此,可以认为,当车辆经过曲线时,轮对与轨道存在周期性的剧烈振动;当对内轨施加摩擦控制后,可以部分消减这种振动。

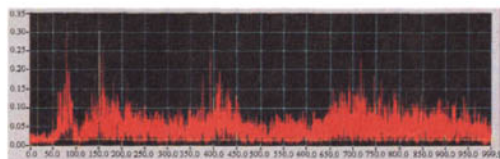


图8 无波磨处直线上的横向振动频谱

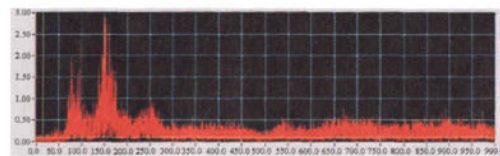


图9 曲线上有波磨处的横向振动频谱(曲线测点1)

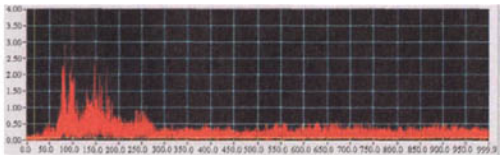


图10 曲线上有波磨处的横向振动频谱(曲线测点2)

4 波磨的可能治理对策

从以上分析可见,若所有的车辆具有极好的一致性,且运行速度一致,则容易在所经过的曲线上(特别是在圆曲线上)形成有规律的振动。这种振动往往使右侧车轮与内轨间发生大的滑动,当轮轨接触面的切向力足以破坏轨道顶面的金属材料时,或使其发生低周疲劳,则波磨就会产生。因此,在一定外界条件共同作用下的黏滑振动是地铁曲线波浪型磨耗发生的重要原因,任一个外界条件的消失,都能够使波磨消失。因此,可以制订以下预防性方案:

- 对曲线内轨进行轨顶摩擦系数的控制,并获得无负斜率段的蠕滑饱和特性;
- 对曲线外轨实施润滑,使左右轮对的扭转振动减弱,从而减缓轮轨的黏滑振动;
- 对轮踏面进行润滑,采用固体润滑剂,使踏面始终处于合理的摩擦特性;
- 采用浮轨式轨道扣件,使钢轨具有更大的柔性,使黏滑振动消失(该型扣件已经在南京地铁2号线减振要求高的上海路—新街口区间使用,尚未进行相关测试)。

5 结论

通过对南京地铁曲线上的波浪型磨耗的调研、测量/

西安城市快速轨道交通线网规划研究

杨 勃

(中铁第一勘察设计院集团有限公司 西安 710043)

摘 要 通过对西安市经济发展和交通建设的现状及城市建设重点发展状况的研究,认为西安城市轨道交通进入快速发展时期,需依照科学发展观的要求,对线网规划进一步补充和完善。在研究西安市古城特点和发展总体规划的同时,分析城市客运交通走廊和主要客运交通枢纽的特点,构思线网方案,从客流角度分析、运用广义效用函数法计算,认为“棋盘+放射型”的规划方案能保持客流量大的优点,线网直达性好,结构合理,均衡性好,对明城墙客流压力有较大缓解,其综合评价均优于其他方案,最终确定该方案为推荐方案。

关键词 西安 城市轨道交通 线网规划 客流

中图分类号 U239.5 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2010)04-0003-05

1 城市背景研究

西安地处我国东西部大经济区域结合部,是我国重要的教育、科研、装备制造业、国防军工基地,高新技术产业基地和交通枢纽城市,西部大开发的中心节点城市。

在我国区域发展的网络型经济体系中,西安位于新欧亚大陆桥的发展轴线和包柳通道的交会点上,是这条轴线上最大的经济增长点,以西安为中心的关中-天水经济区为二级经济增长极,西安作为新欧亚大陆桥中国段上规模最大、综合实力最强的城市,具有承东启西、连接南北的战略地位,是实施西部大开发战略的桥头堡和西部地区最具发展带动作用的城市。

自新中国成立以来,西安先后制定了4次城市总体规划,根据前3次总体规划城市性质的渐近演变和城市发展,西安市第4次城市总体规划城市性质为:世界闻名的历史文化古都,旅游名城;中国重要的教育、

收稿日期:2009-12-25

作者简介:杨勃,男,学士,高级工程师,从事城市轨道交通线路设计及交通规划研究工作,yb646590@163.com

试验分析及理论研究,基本上获得了波磨成因的重要理论依据。根据理论分析的结果组织了试验研究,设计了测试方案,获得了与波浪型磨耗有关的轮轨黏滑振动的重要信息,提出了可能的治理、预防方案和建议。

参考文献

- [1] 张波,刘启跃.钢轨波浪形磨损的研究分析[J].西南交通大学学报,2001,36(5):500-504.
- [2] 刘启跃,王夏秋,周仲荣.钢轨表面波浪形磨损研究[J].摩擦学学报,1998,18(4):337-340.
- [3] 张立民.轮轨接触应力与钢轨波磨分析[J].西南交通大

学学报,2003,38(1):34-37.

- [4] GB 50157—2003 地铁设计规范[S].北京:中国计划出版社,2003:50-55.
- [5] GB 50299—1999 地下铁道工程施工及验收规范[S].北京:中国计划出版社,2003.
- [6] 李克飞,刘维宁,张厚贵,等.地铁钢轨波浪形磨耗的研究分析[J].都市轨道交通,2010,23(3):1-5.
- [7] Oostermeijer K H. 钢轨波纹磨耗研究综述(英)[J].都市轨道交通,2010,23(3):6-12.

(编辑:郝京红)

Study on the Rail Corrugation on Curved Tracks of Nanjing Metro

Guo Manhong¹ Zhang Xuehua¹ Shen Gang²

(1. Affiliated Company of Operation, Nanjing Metro Corporation, Nanjing 210028;

2. Research Tongji University, Shanghai 200331)

Abstract: In situ investigation and monitoring were carried out for the rail corrugation which happened on curved tracks in Nanjing metro system to study the effects of different factors on the stick-slip vibration. Contrast measurements were also performed for rail vibration characteristics. Possible measures were proposed to prevent the corrugation.

Key words: urban rail transit; rail corrugation; stick-slip vibration; metro line; curved tracks

作者: 郭满鸿, 张兴华, 沈钢, [Guo Manhong](#), [Zhang Xuehua](#), [Shen Gang](#)
作者单位: 郭满鸿, 张兴华, [Guo Manhong](#), [Zhang Xuehua](#) (南京地下铁道有限责任公司运营分公司, 南京, 210028), [沈钢](#), [Shen Gang](#) (同济大学, 上海, 200331)
刊名: 都市轨道交通 
英文刊名: [URBAN RAPID RAIL TRANSIT](#)
年, 卷(期): 2010, 23 (4)

参考文献(7条)

1. [Oostermeijer K H](#) 钢轨波纹磨耗研究综述(英) 2010(03)
2. 李克飞;刘维宁;张厚贵 地铁钢轨波浪形磨耗的研究分析[期刊论文]-都市轨道交通 2010(03)
3. GB 50299-1999地下铁道工程施工及验收规范 2003
4. GB 50157-2003地铁设计规范 2003
5. 张立民 轮轨接触应力与钢轨波磨分析[期刊论文]-西南交通大学学报 2003(01)
6. 刘启跃;王夏秋;周仲荣 钢轨表面波浪形磨损研究 1998(04)
7. 张波;刘启跃 钢轨波浪形磨损的研究分析[期刊论文]-西南交通大学学报 2001(05)

本文读者也读过(10条)

1. 郭满鸿. 张兴华. 沈钢. [GUO Manhong](#). [Zhang Xuehua](#). [Shen Gang](#) 地铁曲线钢轨波浪形磨耗机理的研究[期刊论文]-现代城市轨道交通2009(4)
2. 王志平. [Wang Zhiping](#) 重载快速大运量干线60kg/m钢轨接头波形磨耗成因分析及防治对策[期刊论文]-铁道标准设计2005(10)
3. 楚永萍. [Chu Yongping](#) 钢轨波浪型磨耗对地铁车辆振动性能的影响[期刊论文]-城市轨道交通研究2009, 12(8)
4. 张兴华 城市轨道交通钢轨波浪形磨耗的产生和预防[期刊论文]-上海铁道科技2008(1)
5. 张兴华. 宗清泉. 郭满鸿. 吕春笑 轮轨异常磨耗成因分析[期刊论文]-现代城市轨道交通2006(4)
6. 沈钢. 张兴华. 郭满鸿. [Shen Gang](#). [Zhang Xuehua](#). [Guo Manhong](#) 地铁曲线钢轨波浪型磨耗的测量分析[期刊论文]-城市轨道交通研究2011, 14(4)
7. 徐力. 沈钢. [XU Li](#). [SHEN Gang](#) 波浪形磨耗对重载钢轨安定性及轮轨接触力的影响[期刊论文]-铁道机车车辆2009, 29(4)
8. 任利惠. 周劲松. 沈钢. [REN Li-hui](#). [ZHOU Jin-song](#). [SHEN Gang](#) 一种基于转速反馈的独立轮对的主动导向控制方法[期刊论文]-中国铁道科学2006, 27(1)
9. 洪燎. 沈钢. [Hong Liao](#). [Shen Gang](#) 便携式轨道车辆车轮不圆度及直径测量装置[期刊论文]-城市轨道交通研究2009, 12(2)
10. [Ernesto Garía Vadillo](#). [José A. Tárrago](#). [Gorka Garate Zubiaurre](#). [Carlos Angulo Duque](#). 孙晓静. 聂志理. [Ernesto García Vadillo](#). [José A. Tárrago](#). [Gorka Garate Zubiaurre](#). [Carlos Angulo Duque](#). [Sun Xiaojing](#). [Nie Zhili](#) 轨枕间距对钢轨波磨的影响[期刊论文]-都市轨道交通2010, 23(2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dskgjt201004001.aspx