

文章编号: 1005-0523(2010)04-0007-06

九江长江大桥桥上长轨爬行分析

李明华, 蔡理平, 王会乾

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 九江长江大桥提速后线路问题较为严重, 而且一直未能得到有效控制, 为研究其爬行规律, 通过对桥上长轨伸缩调节器一年的爬行观测数据的分析与研究, 从总体上得出了大桥线路爬行的相关规律, 主要表现在同一线两钢轨不同步爬行, 上行线爬行量大于下行线, 总的爬行方向与基本与行车方向一致等, 同时还对引起爬行的相关原因进行了分析。

关 键 词: 九江长江大桥; 无缝线路; 爬行; 观测; 分析

中图分类号: U211.2

文献标识码: A

列车运行时, 车轮作用于钢轨上, 产生纵向水平力。这一纵向水平力能引起钢轨的纵向移动, 有时甚至带动轨枕一起移动, 钢轨的纵向移动称为线路爬行^[1]。主要发生在长大下坡、进站地段, 列车减速、限速、制动地段, 运量大、轴重大、速度高地段、线路状态不良地段等。

九江长江大桥自提速后的线路爬行与一般地段不同, 具有爬行量大、难以消除的特点。2004 年前仅在正桥线路出现过单根长轨爬行, 2004 年北引桥长轨条开始出现爬行, 到 2006 年上、下行长轨条爬行分别达到 340~450 mm。针对爬行问题, 工务部门采取了多种防爬措施, 如在部分承轨台安装单向防爬器, 并将引桥承轨台上的 WJ-I, WJ-II 型扣件的弹片扣压力加大, 可效果并不明显, 而且至今仍未根本解决。本文以大桥 18 个钢轨伸缩调节器 2008 年全年爬行观测记录为基础, 对大桥线路爬行规律进行分析与研究, 以为线路养护与维修提供参考。

1 大桥线路概况

九江长江大桥是公铁两用桥, 铁路桥全长 7 675 m(双线), 由北引桥、正桥、南引桥三部分组成, 正桥为多联多跨连续梁从北至南为 3×160 m(乙式) + 3×160 m(甲式) + $(180 + 216 + 180)$ m + 2×126 m, 其中最大跨度为 216 m, 是国内最大跨度的铁路桥梁。铁路引桥北 109 孔、南 35 孔、共 144 孔, 为跨度 40 m 箱形的预应力混凝土梁, 无碴无枕, 由梁顶混凝土承轨台上的钢轨扣件固定钢轨位置^[2]。

1.1 无缝线路布置

大桥于 1994 年 10 月 8 日开始换铺无缝线路双线^[3], 10 月 28 日完成, 引桥双线共 6 根长轨锁定, 轨温最高达 27 ℃, 最低 24.7 ℃, 正桥长轨按设计规定位置锁定。钢轨伸缩调节器(见图 1)共铺设了 18 组(见图 2)。为改善铺设无缝线路后桥梁的受力条件, 第一次在线桥上采用长轨节间配置钢轨伸缩调节器的分散应力式无缝线路设计。正桥钢梁每联每线铺设一条长轨节, 每线共 4 条轨节, 按钢梁联长不同轨节长度(以下行线为例)分别为 479.3, 475.7, 565.7, 264.0 m。北岸引桥每线铺设两条长轨节, 分别长 1 921.3 m 及 2 661.89 m, 南岸引桥每线铺设一条长轨节, 长度为 1 595.70 m(均含路基上一段长度)。上、下行线轨节长度有所不同, 皆因错开钢轨伸缩调节器位置, 使之不在同一桥墩上, 正桥调节器为单向型, 其尖轨指向行车方向。

收稿日期: 2010-04-16

基金项目: 江西省自然科学基金资助项目(2008GZC0054)

作者简介: 李明华(1963—)男, 教授, 研究方向为土木工程施工技术与工程。

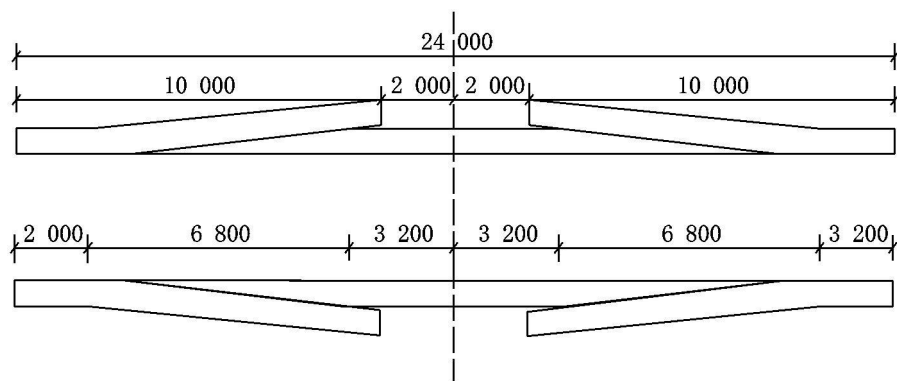


图1 双向型伸缩调节器示意图(mm)



图2 九江长江大桥钢轨伸缩调节器布置示意图

1.2 轨道结构

正桥明桥面为木枕,采用K形分开式扣件^[3],按桥面系及轨道的伸缩要求,扣件分段布置成“松”和“紧”两种类型。

引桥无砟无枕桥面,轨道直接置于钢筋混凝土承轨台上,在轨道与承轨台之间,安置专用扣件。每股钢轨下有一条承轨台,每条承轨台又分成若干平面尺寸为74 cm×80 cm(横桥向×顺桥向)的小块承轨台,其上安设两副正轨扣件(间距为50 cm)及一副护轨扣件。各小块承轨台之间预留20 cm缝隙,以便于维修线路时扣件的安装并兼作排水通道。引桥无缝线路钢轨扣件是特别按九江桥情况设计的一种专用低扣压力,WJ-I型弹片扣件。

2 爬行观测数据分析

为确保列车正常运行,桥上钢轨爬行与爬行调整始终在进行,但爬行没有得到根本控制。为研究爬行相关规律,拟以2008年全年度爬行观测记录进行分析。由于引起钢轨爬行的因素很多,如钢轨锁定情况、梁部类别与跨度、线路坡度等,为方便研究,这里不作考虑;温度方面根据钢轨自由伸缩量理论^[4] $\Delta L = \alpha \cdot \Delta t \cdot L$ (式中: ΔL 为自由伸缩量, α 为钢轨的线胀系数, Δt 为轨温变化幅度, L 为钢轨长度)可知,温度引起的线路爬行只与温度变化和钢轨长度有关,而温度引起钢轨长度的变化会“热胀”,也会“冷缩”,因而当最后温差很小时,可以忽略温度影响,从而进一步简化分析。

从爬行观测记录可知,2月轨温为11℃,与12月9℃较为接近,可以忽略温度影响,分析时以1月钢轨所在位置为基准,分析其他各月的相对其爬行的相关规律。

2.1 逐月累计爬行分析

根据统计分析,略去2~12月2℃温差可能产生的影响,假定以行车方向为正,18组温度伸缩器2~12月逐月累计爬行量分析如下。

2.1.1 下行线路

下行线路 1,3 组轨温伸缩器位于北引桥,其余基本位于正桥,逐月累计爬行情况列于表 1,爬行规律分析如图 3,图 4。从图表中可以知道:

- (1) 2~5 月线路左右股均表现较为稳定,相对爬行量不大,年底变化略为复杂;
- (2) 从总体上看,每组伸缩器上均有爬行发生,但除 1,5 组外,各组伸缩器爬行波动不大,波形图基本呈水平状态;
- (3) 从波形图上看,1,5 组表现出较大的波动,6 月左股 5 组出现与行车方向相反的较大爬行,8 月左股的 1,5 组,右股的 1 组出现与行车方向相同的较大爬行;
- (4) 累计爬行图没有出现“S”曲线形式,也没有出现“正弦波”形状,说明线路爬行不是累加的,也没有全部受温度应力的控制或影响。

		表 1 下行钢轨(左/右股)逐月累计爬行量分析									mm
月 份	轨温 /℃	温度伸缩器组别									
		1 组	3 组	5 组	7 组	9 组	11 组	13 组	15 组	17 组	
1	0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
2	11	-67/-97	33/68	-80/-34	33/69	85/-83	-84/-85	72/63	159/204	20/55	
3	15	-67/-97	33/68	-80/-34	33/69	85/-83	-84/-85	72/63	159/204	20/55	
4	18	-62/-101	27/60	-123/-40	44/78	103/-100	-106/-106	88/80	145/198	-53/62	
5	31	-124/-191	170/101	-294/-155	59/94	169/-91	-71/-119	128/123	87/106	23/32	
6	21	-125/-240	70/110	-808/-201	59/107	138/-81	-109/-151	105/101	127/146	42/57	
7	42	-145/-276	87/141	-383/-269	68/128	219/-42	-36/-81	164/158	85/134	63/96	
8	37	480/544	87/141	-436/-318	53/72	191/-68	-56/-89	141/135	101/180	66/137	
9	35	501/540	85/141	-500/-294	45/61	147/-112	-108/-142	105/99	86/-7	113/1	
10	22	515/565	80/122	-366/27	20/-40	146/-51	-101/-142	105/100	131/155	57/65	
11	13	555/641	31/85	-366/46	3/-116	111/-109	-87/-97	68/65	162/186	48/61	
12	9	577/698	10/55	-323/140	-9/-78	87/-171	-168/-212	53/46	179/204	10/32	

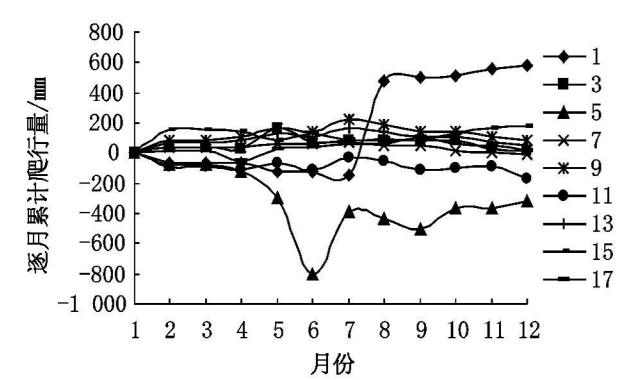


图 3 下行钢轨左股逐月累计爬行分析图

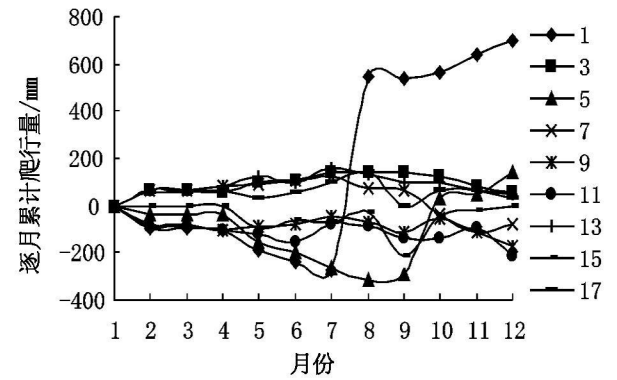


图 4 下行钢轨右股逐月累计爬行分析图

2.1.2 上行线路

上行线路 2,4 组轨温伸缩器位于北引桥,其余基本位于正桥,逐月累计爬行情况列于表 2,爬行规律分析如图 5,图 6。从图表中可以知道:

- (1) 上行爬行情况明显比下行线复杂,左右股仅 2~3 月线路表现稳定,相对爬行量不大,后期波动量

较大;

(2) 从总体上看,每组轨温伸缩器均有爬行发生,大部分波形图呈现大致水平,说明相对变化不大。正值多于负值,说明总的爬行与行车方向一致;

(3) 从波形图上看,左股 6,8,10 组,右股 2,10 组爬行变化大。左股 8,10 组 4 月份发生与行车方向一致的较大爬行,此后逐步变小;左股 6 组,右股 10 组变化量较大;

(4) 累计爬行图同样没有出现“S”曲线形式,也没有出现“正弦波”形状,说明线路爬行不是简单累加,也未全部受温度控制与影响;

(5) 爬行量累计过程的曲线呈波形,说明爬行过程是复杂的,当然也可能存在运行过程中的人工养护干预,但最终爬行还是未能得到控制。

表 2 上行钢轨(左/右股)逐月累计爬行量分析

月 份	轨温 /℃	温度伸缩器组别									mm
		2 组	4 组	6 组	8 组	10 组	12 组	14 组	16 组	18 组	
1	0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
2	11	54/26	44/-171	-17/-20	-40/-34	68/87	-73/-171	-132/-187	149/32	40/-59	
3	15	107/124	57/-205	-4/-60	-40/-34	68/87	-73/-171	-132/-187	149/32	40/-59	
4	18	124/133	61/-190	557/-52	540/-41	710/395	-49/-96	-21/-73	304/46	51/-66	
5	31	221/268	45/-219	37/-61	550/-48	873/152	12/-91	-73/-128	196/77	78/-106	
6	21	260/334	-43/-230	60/-73	571/-70	825/119	-22/-126	-91/-147	113/125	80/-108	
7	42	296/372	26/-241	101/-35	563/-110	889/314	50/-57	-48/-101	216/95	53/-127	
8	37	320/425	27/-210	376/-33	572/-69	838/160	27/-76	-61/-110	204/87	35/-142	
9	35	319/426	26/-283	162/-48	545/-101	796/106	-22/-126	-101/-153	105/137	44/-137	
10	22	313/453	37/-184	106/-76	566/-79	723/96	-27/-129	-101/-155	178/62	68/-127	
11	13	257/269	57/-275	-54/-115	494/-44	647/41	-31/-130	-136/-191	147/32	72/-123	
12	9	199/208	82/-211	-241/-156	475/-42	573/22	-100/-201	-158/-208	138/20	75/-112	

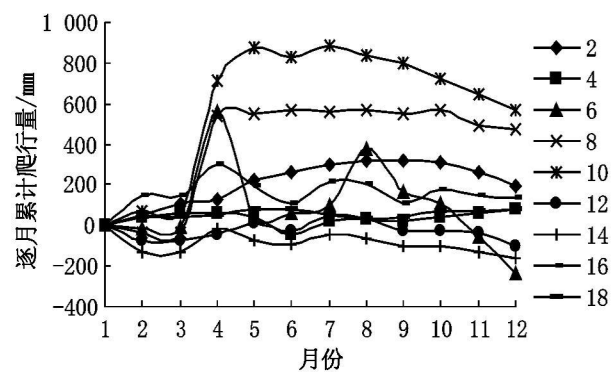


图 5 上行钢轨左股逐月累计爬行分析图

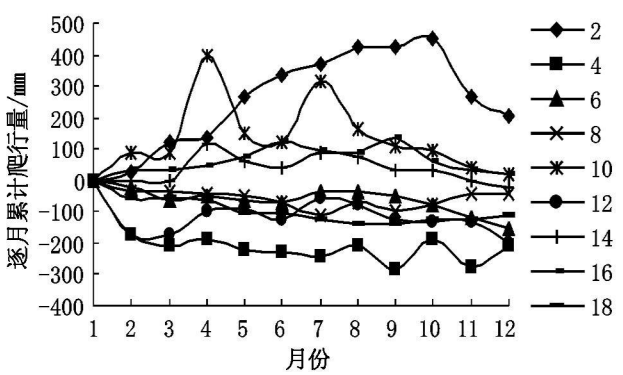


图 6 上行钢轨右股逐月累计爬行分析图

2.2 总体累计爬行分析

根据统计分析,将表 1,表 2 数据总的累计爬行情况列于表 3,相关爬行总的变化规律如图 7。从图表中可以看出如下规律:

- (1) 每条线左右钢轨均有爬行,但并非同步爬行,说明两股钢轨的线路工作条件并不一样;
- (2) 上行左股爬行量大于右股,而下行左股爬行量小于右股;
- (3) 上行线爬行量大于下行线。上行左股最大爬行 1 043 mm,下行右股爬行 714 mm;
- (4) 上行右股总爬行出现与左股反向情况,即左股爬行与行车方向一致,右股则与行车方向相反;

- (5) 钢轨总的爬行方向基本与行车方向一致;
- (6) 两端伸缩器尤其是北端 1#、2# 伸缩器爬行量大,正桥爬行量小。

表 3 钢轨下行爬行累计量分析

类别	温度伸缩器组别									合计
	1 组	3 组	5 组	7 组	9 组	11 组	13 组	15 组	17 组	
下行左股	577	10	-323	-9	87	-168	53	179	10	416
下行右股	698	55	140	-78	-171	-212	46	204	32	714

表 4 钢轨上行爬行累计分析

类别	温度伸缩器组别									合计
	2 组	4 组	6 组	8 组	10 组	12 组	14 组	16 组	18 组	
上行左股	199	82	-241	475	573	-100	-158	138	75	1 043
上行右股	208	-211	-156	-42	22	-201	-208	20	-112	-680

3 爬行原因分析

3.1 常规原因

九江长江大桥钢轨爬行与一般无缝线路一样,爬行原因是多方面的,一般有如下原因:

(1) 钢轨弹性形变。钢轨在动荷载下不断发生弹性挠曲形变,且顺着行车方向作弹性移动。钢轨在弹性形变过程中长度也发生变化,车轮作用在轨枕间时,钢轨因下沉而变长,弹起时会变短,弹起时钢轨后面被列车压死,迫使钢轨向前微移,这种长度的节奏变化,促使钢轨产生爬行,而且大多与行车方向一致;

(2) 列车制动。在长大下坡地段、车站进站地段、列车减速地段、限速或将停车等情况下,由于列车的制动产生的应力引起同列车运行方向相同的线路爬行;

(3) 运行纵向力附加力^[5]。在双线地段,爬行方向与列车运行方向基本相同,列车运行方向的下坡爬行量较大;

(4) 轴重及速度。轴重及速度大的列车所引起的爬行大,反之相对爬行小一些;

(5) 温度变化。由于钢轨受温度变化的影响,产生温度伸缩力^[6],也常常会引起线路的爬行;

(6) 接头撞击。车轮在轨道接头处会撞击钢轨,轨缝越大车轮产生的撞击力越大,引起的爬行越大;

(7) 线路状态。钢轨轻、轨枕根数少、道床不足或捣固不实等引起的爬行较为严重;

(8) 曲线超高。在曲线地段,外轨超高与速度不相适应,则由于两股钢轨受力不均,其爬行量也不一致,如超高不足,外轨受力大,其爬行也大,反之超高过大,内轨受力越大,形成内轨较严重的爬行。

3.2 特别原因

(1) 上行左股爬行量大于右股,而下行左股爬行量小于右股。这与线路在北引桥 011 至 039 号墩间位于 2 000 m 曲线半径上(曲线总长约 1 090 m)有关,存在超高的设置与速度要求不相适应;

(2) 上行线爬行量大于下行线。上行左股最大爬行 1 043 mm,下行右股爬行 714 mm。因为九江长江大桥的线路设置是南、北引桥都有 4‰的坡度,正桥是平坡。当上行列车从正桥驶出开始下坡,大部分列车都会采取制动降速,尤其是货车会采取这种方式;

(3) 上行右股总爬行出现与左股反向情况,即左股爬行与行车方向一致,右股则与行车方向相反。主

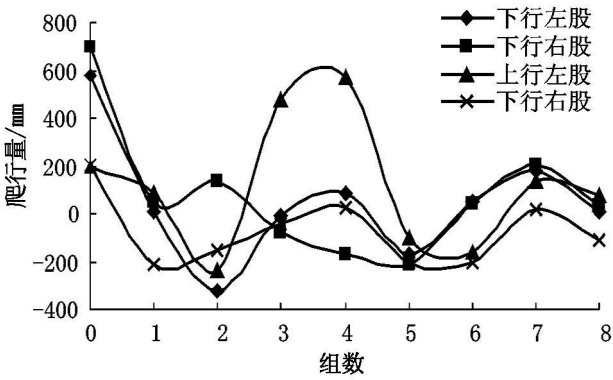


图 7 九江长江大桥钢轨爬行累计分析图

要是由于轨道纵向阻力的偏心作用,造成了两股钢轨同向不同速的位移。九江长江大桥上的线路原设计两根轨的松、紧区长度是一样长的,所以内、外股钢轨的扣件阻力是一样的,这段线路未考虑列车重心偏移对钢轨爬行的影响,加上提速以后,钢轨的松、紧区也未重新设计过,钢轨始终不断地出现爬行现象:

(4) 钢轨总的爬行方向与基本与行车方向一致。这与一般线路爬行规律相似,除列车制动等原因外,还因钢轨弹性形变和小阻力扣件的附加力^[7]引起;

(5) 两端伸缩器尤其是北端 1#、2# 伸缩器爬行量大,正桥爬行量小。这与伸缩器控制的钢轨长度有关,因为北引桥每股道中有一组双向温度伸缩器;

(6) 从波形图上看,1 组、5 组表现出较大的波动,在 6 月左股 5 组出现与行车方向相反的较大爬行,8 月左股的 1 组、5 组,右股的 1 组出现与行车方向相同的较大爬行。而此两组伸缩器的尖轨指向正好与行车方向相反,所以爬行情况复杂很多,可能是钢轨因温度应力的累计后集中释放的结果,也可能是养护过程中对爬行进行了修正;

(7) 在线路养护方面也存在问题。因为提速以后,对轨道养护标准提高了,养护职工为了忙于消灭轨道水平、高低问题,都是采用临时性抄垫办法。另外,在轨底垫了一种又薄又硬又光滑的尼龙板,这种尼龙板放在轨底使得钢轨爬行更为容易,不易控制^[8]。

参考文献:

- [1] 陈岳源. 铁路轨道[M]. 北京:中国铁道出版社,2004:37.
- [2] 赵煜澄. 九江长江大桥(铁路桥)养护特点[J]. 桥梁建设,1997(2):1-6.
- [3] 耿家文. 阜淮线淮河大桥明桥面线路爬行的原因分析及整治[J]. 铁道建筑,2001(1):13-14.
- [4] 广钟岩,高慧安. 铁路无缝线路[M]. 4 版. 北京:中国铁道出版社,2005:16.
- [5] 李斌,韩峰. 桥上无缝线路钢轨纵向附加力研究[J]. 甘肃科技,2004,20(2):115-116.
- [6] 彭旭民,秀芬. 桥上无缝线路温度伸缩力的分析与研究[J]. 桥梁建筑,2006(1):12-14.
- [7] 徐庆元,陈秀方. 小阻力扣件桥上无缝线路附加力[J]. 交通运输工程学报 2003,3(1):26-27.
- [8] 谭小伟,洪汉麟. 无砟无枕桥上长钢轨爬行分析[J]. 江西铁道,2009(1):45-46.

An Analysis of the Long Rail Crawling on Jiujiang Yangtze River Bridge

Li Minghua, Cai Liping, Wang Huiqian

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: After train-speeding, the problems of train lines of Jiujiang Yangtze River Bridge are more serious and can not be effectively controlled. To study the laws of the long rail crawl, some relevant laws of the long rail crawl of the bridge has been obtained from the analysis and research of the long rail crawl data, which is obtained from the observation of the stretching regulators for a year. The laws include that the two rails in the same line are not synchronized; the crawling amount of up line is greater than that of down line, and the direction of total rail crawl are the same with that of running trains. Meanwhile, some reasons of the rail crawl are analyzed.

Key words: Jiujiang Yangtze River Bridge; continuously welded rails; rail crawl; observation; analysis

(责任编辑 王全金)