

文章编号:1006-2106(2014)11-0035-03

## 渝黔铁路新白沙沱长江特大桥轨道结构选型<sup>\*</sup>

王明慧 李开兰<sup>\*\*</sup>

(渝黔铁路有限责任公司, 重庆 400014)

**摘要:**研究目的:特大跨钢桥在荷载作用下有竖向位移大、自振频率较高的特点,轨道结构的选型直接影响到大桥自身的安全及列车的正常运营,本文通过对国内外钢桥轨道结构选型的介绍,结合渝黔铁路新白沙沱长江特大桥自身的特点,分析轨道结构与钢桥的适应性,确定该桥合理的轨道结构型式。

**研究结论:**(1)有砟轨道结构通过道砟厚度的微调能较好的适应新白沙沱长江特大桥钢桁桥自身以及轨道二期恒载引起的变形大的特性;(2)有砟轨道的碎石道床与该桥车桥振动时的受力特性清晰,也能够更好的适应钢桁桥自振频率高的特性;(3)有砟轨道轨道成熟和稳定的技术更有利该桥钢桁桥的建造和维护;(4)本研究成果在大跨、重载铁路钢桁桥的轨道结构选型上具有一定的参考价值。

**关键词:**渝黔铁路;长江大桥;轨道结构;选型

中图分类号:U213 文献标识码:A

## Type Selection of Track Structure on New Baishatuo Yangtze River Bridge of Chongqing – Guiyang Railway

WANG Ming – hui, LI Kai – lan

(Chongqing – Guiyang Railway Co. Ltd, Chongqing 400014, China)

**Abstract: Research purposes:** Whether the reasonable track structure is adopted or not on large span steel bridge affects directly the normal running of train because a large vertical displacement and greater natural vibration frequency under loads. This paper introduced main track structure types at home and abroad, took new Baishatuo Yangtze River Bridge of Chongqing – Guiyang Railway for example, systematically analyzed the adaptability of track structure and steel bridge, determined reasonable track structure of the bridge.

**Research conclusions:** (1) The ballasted track structure can better adapt the deformation of steel bridge and deformation caused by the track dead load on New Baishatuo Yangtze River Bridge of Chongqing – Guiyang Railway. (2) The track ballast bed and the mechanical characteristics of the bridge axle vibration is clear, which can also better adapt the characteristics of high natural vibration frequency of the steel bridge. (3) Ease of construction and maintenance comes from the mature and stable technology of the ballasted track structure. (4) The results in this paper has a certain reference value on the selection of track structure on large span or heavy haul steel bridge.

**Key words:** Chongqing – Guiyang Railway; Yangtze River Bridge; track structure; type selection

\* 收稿日期:2014-08-31

基金项目:新白沙沱长江大桥为中国铁路总公司科技研究开发计划项目(2011G026-B)

\*\* 作者简介:王明慧,1964年出生,男,教授级高级工程师;李开兰,1977年出生,男,工程师。

## 1 项目概述

渝黔铁路扩能改造工程位于重庆市西南部和贵州省北部地区,设计行车速度为200 km/h,线路正线全长345 km,主要技术标准: $V=200$  km/h, $I_{\max}=9\%$ (加力坡 $I_{\max}=18.5\%$ ), $R_{\min}=3\ 500$  m, $L=850$  m。线路自重庆西站引出,在白沙沱跨长江后经綦江、桐梓、遵义、息烽至贵阳,穿越凉风垭、娄山关、斗篷山等区域性分水岭区域,由海拔200~800 m的四川盆地过渡到海拔

800~1 600 m的贵州高原,总体为北低南高。白沙沱所属重庆境内冬暖春早、夏热秋凉,四季分明,无霜期长;空气湿润,降水充沛;多云雾,少霜雪。

新白沙沱长江特大桥全长5 320 m,主桥布置为双层(81+162+432+162+81)米钢梁斜拉桥,长920.4 m,如图1所示,建成后将成为世界上跨度最大、荷载最重的六线铁路斜拉桥,也是世界上第一座六线铁路大跨斜拉桥,及第一座双层布置形式的铁路斜拉桥。

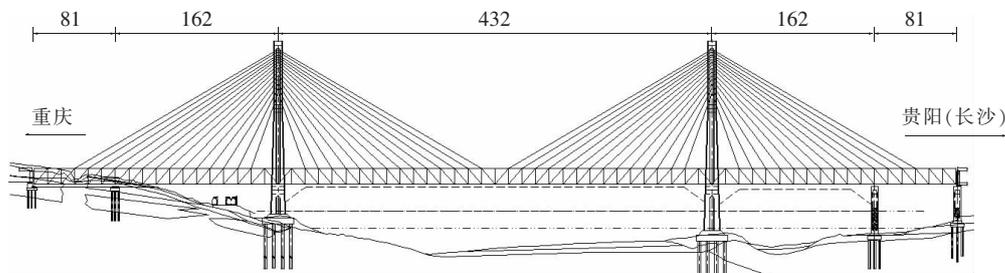


图1 新白沙沱长江特大桥主桥布置图(单位:m)

## 2 铁路钢桁桥轨道结构型式

铁路作为一项重要的交通运输方式,其关键技术之一就是轨道结构,世界上轨道结构型式主要分为两大类:有砟轨道和无砟轨道。从实际经验看,具体运用于钢桥上轨道结构主要分三类,第一类是有砟轨道,第二类是无砟轨道(板式或双块式等),第三类是特殊型式(合成树脂枕轨道等)。

### 2.1 有砟轨道

有砟轨道结构的主要构件为轨枕,轨枕类型主要分为木枕和混凝土枕,由于木枕易腐朽、机械磨损和开裂,结构寿命较短,目前常用的为混凝土枕。对于铁路钢桁斜拉桥,常采用混凝土结合梁桥面或正交异性板钢桥面,在桥面上设置钢筋混凝土承砟槽,槽内铺设砟轨道,我国的武汉天兴洲长江大桥采用的该种轨道结构,有砟轨道的养护、维修等有成熟经验可供借鉴,轨道的变形可容易进行调整,但有砟轨道自重较大,致使桥梁二期恒载较大。

### 2.2 无砟轨道

#### 2.2.1 板式无砟轨道

板式无砟轨道在铁路钢桁梁桥上也有较多的应用实例,我国香港青马大桥铺设的就是板式轨道,轨道板下为点支撑方式,轨道板两侧设有横向限位的角钢挡块,轨道板长度5~6 m,可适用桥梁的大挠度变形,板下与板侧支撑可提供轨道结构所需的纵、横向阻力,防止大坡道地段的线路爬行。中俄铁路同江特大桥主桥上采用的也是板式无砟轨道,我国目前成熟的板式无

砟轨道主要有 CRTS I 型板式和 CRTS II 型板式两种。

#### 2.2.2 双块式无砟轨道

与板式无砟轨道类似,可以在钢桥上铺设双块式无砟轨道,双块式无砟轨道结构简单、现场浇筑混凝土道床对线路的适应性非常好,具有较好的平顺性,造价低于板式无砟轨道,双块式无砟轨道施工工艺相对容易,采用预组轨排定位,自上而下的施工可确保轨道最终的施工质量,对于单线或双线铁路钢桥,双块式轨道具有良好的适应性,但对于多线、大跨桥梁,由于轨道结构现场浇筑,轨道重量逐步施加至梁面,不同线轨道的施工对其他线线形有较大影响。

#### 2.3 合成树脂枕轨道

1980年日本铁道综合技术研究所开始开发树脂合成轨枕,首先应用与桥梁和海底隧道轨枕,1985年开始在日本国铁应用,1989年随东海道新干线的提速,新干线上正式采用树脂合成轨枕。对于铁路钢桁梁桥,桥面系采用纵横梁体系,钢轨通过扣件同树脂枕连接,树脂枕通过螺栓连接钢梁,具有自重较小、耐腐蚀、耐候、抗疲劳性的优点,但树脂枕目前需要完全依靠进口,在我国还没有应用的先例,造价也很高。

铁路钢桁梁桥除了以上四种主要轨道结构型式外还有一些其他的型式,比如在京九线九江长江大桥引桥上还铺设过无砟无枕结构等。

## 3 钢桁桥轨道结构选型的主要影响因素

### 3.1 技术因素

钢桁梁桥上轨道结构选型除了考虑线路设计速

度、轨道技术成熟等一般技术因素外,还应考虑钢桁桥的特殊性和轨道结构的特征,必须考虑的技术因素有以下 4 点:

第一,轨道结构对钢桁桥变形的适应能力。钢桁桥在重载作用下,竖向位移、梁端转角较钢筋混凝土桥要大得多,特别是大跨度桥梁,主梁横向位移也较混凝土桥梁要大很多,同时轨道结构自身重量对桥梁的变形也有较大影响,后施工的轨道对本线先施工段或其他已施工线的轨道几何形位产生影响,梁上选定的轨道结构对这些变形必须有较好的适应性。

第二,轨道恒载引起桥梁变形对线性的影响。考虑到钢桁桥成桥后梁面线形存在一定误差,因此轨道结构应具有较好的线形适应性,便于调整且有较大的调整量。

第三,轨道结构应适应钢桁桥的高频振动,耐久性好。不同轨道结构在钢桁桥的高频振动条件下的受力特性是完全不一样的,在选择轨道结构时应充分分析轨道与钢梁之间的振动作用力。

第四,轨道结构与桥面连接简单,施工方便。应考虑轨道结构与桥面系的协同,应选择结构简单,便于组织快速施工和安装,便于施工机械的使用。

### 3.2 造价因素

应在轨道结构生命周期内、同时结合对桥梁结构造价的影响来考虑其经济性,因此,除了应考虑工程结构造价以及建设组织成本外,如施工的繁杂程度、施工效率、既有技术和设备利用等,还应考虑维修成本,如维修工作量的大小、轨道形位调整的能力和难以程度,以及轨道结构二期恒载对钢桁桥结构的影响,如轨道结构二期恒载对钢桁桥用钢量的影响。

### 3.3 环境因素

主要考虑轨道结构的减振降噪特性。

## 4 新白沙沱长江特大桥轨道结构选型分析

渝黔铁路新白沙沱长江大桥成桥状态跨中主梁下扰 104 毫米,在六线荷载折减下桥梁竖向位移 609 m,主桥第一阶横向、竖向和扭转基频分别为 0.274 Hz、0.421 Hz、0.798 Hz,大桥南北引桥及渝黔全线均采用有砟轨道结构。综合国内外轨道结构研究现状,以及渝黔铁路新白沙沱长江大桥的特性,对主桥分别采用有砟轨道、CRTS I 型板式无砟轨道、CRTS I 型双块式无砟轨道、合成树脂轨枕四种轨道结构型式进行了比较分析。

### 4.1 有砟轨道分析

有砟轨道结构主要包括混凝土轨枕和道砟层。道床采用一级水洗碎石道砟,单线道床宽度 3.6 m,道床

顶面低于轨枕承轨面 4 cm,且不高于轨枕中部顶面,承砟槽内道砟填平。有砟轨道可方便的适应各种线形,通过微调道砟的厚度解决钢梁的竖向位移,通过反复起拨道工作可消除后施工的轨道对先施工轨道产生的几何形位以及钢桁桥成桥后梁面线形施工误差和运营后累积的变形误差,且调整量可足够大;有砟道床属于碎石组合体结构,钢桥的高频振动作用于道床后能得到有效的消减,道砟位于到砟槽内,几何形状及受力状态基本不会发生变化;有砟轨道设置承砟槽,承砟槽与桥面间设剪力钉,结构简单易施工,铺轨技术简单成熟;有砟轨道造价较低,维修工作简单,但工作量较大,运营维修成本较高,经测算生命周期内综合成本略高于无砟轨道,约为 1.08 : 1,有砟轨道自重为 6.5 t/单线延米,为无砟轨道的 2 倍,但占全桥总荷载 181 t/延米的比例较小;有砟轨道有一定的弹性,可实现减振降噪要求。

### 4.2 无砟轨道分析

#### 4.2.1 CRTS I 型板式无砟轨道分析

CRTS I 型板式无砟轨道主要结构为轨道板、CA 砂浆充填层、缓冲垫层、底座,轨道板采用强度等级为 C55 的横向预应力混凝土结构,标准轨道板尺寸 4 400 mm × 2 400 mm × 190 mm,轨道结构设计高度为 668 mm。预制厂对轨道板承轨台进行打磨,轨道板编号与现场铺设位置一一对应。板式无砟轨道对线形要求极高,对桥梁的变形适应能力较低,需限制轨道板长度,通过调整支座高度和扣件调整能力实现线路的线性,调整能力有限;道床板为预应力混凝土结构,根据车桥耦合振动分析理论,其自振频率低于钢桁梁,其受力特性需要进一步试验和理论研究;支座可直接与桥面系钢板连接,但安装复杂,定位时间长,轨道板的预制、运输和安装施工繁杂;造价较高,约为有砟轨道的 2 倍,维修工作量较少,但病害维修极困难,生命周期成本略低于有砟轨道,自重 2.8 t/单线延米,为有砟轨道的 0.5 倍;轨道板弹性较小,降噪需通过扣件或支座刚度专门设计来实现。

#### 4.2.2 CRTS I 型双块式无砟轨道分析

CRTS I 型双块式无砟轨道采用钢筋混凝土结构,现场浇注成型,混凝土强度等级为 C40。由双块式轨枕、道床板、支撑层等组成,轨道结构设计高度为 730 mm。双块式无砟轨道对桥梁的变形适应能力以及因钢桁梁自振产生的受力特性与板式无砟轨道相似;底座可直接与桥面系钢板连接,但道床在钢桁桥上依次浇筑,荷载依次增加,桥梁变形不断变化,施工控制线形困难;造价较高,维修工作量较少,生命周期成

(下转第 49 页 To P. 49)