

文章编号: 1005-0523(2010)01-0022-07

CRTS I 型与 CRTS II 型板式无砟轨道结构特点分析

李中华

(铁道第三勘察设计院集团有限公司, 天津 300142)

摘要: 无砟轨道具有整体稳定性强、刚度均匀性好、线路平顺度高、耐久性强的突出优点, 满足客运专线和高速铁路对轨道性能的要求, 以板式无砟轨道为例, 分别介绍了 CRTS I 型板式无砟轨道与 CRTS II 型板式无砟轨道的结构组成、板型分类、断面尺寸和对线下工程设计要求, 对两种轨道系统的技术特点进行了分析, I 型轨道板比 II 型轨道板制造简单、造价稍低, II 型板式无砟轨道比 I 型板式无砟轨道几何精度高、结构整体性和纵向连续性好。

关键词: 板式无砟轨道; 结构组成; 板型分类; 轨道系统; 技术特点

中图分类号: U213

文献标识码: A

1 无砟轨道概述

根据我国《中长期铁路网规划》, 到 2020 年我国铁路将建成“四纵四横”快速客运通道及 3 个区域城际快速客运系统。高速度、高密度、长距离跨线运输是我国客运专线主要运营特点。为满足行车安全、乘车舒适和准点行车的要求, 客专和高铁线路必须具有平顺、稳定、耐久和少维修的性能^[1]。而无砟轨道具有整体稳定性强、刚度均匀性好、线路平顺度高、耐久性强的突出优点, 并可显著减少线路的维修工作量^[2]。

无砟轨道在国外高速铁路已经得到广泛应用, 并已在许多方面显示出明显的优越性, 取得了良好的技术和经济效益^[3]。我国对无砟轨道也进行了大量的研究与应用, 在桥上及隧道内已铺设过若干试验段, 比如遂渝线无砟轨道综合试验段。随着京津城际铁路(见图 1)、合武客运专线、石太客运专线的开通运营, 这些都将为我国客运专线和高速铁路的设计、施工、运营打下技术基础。



图 1 京津城际铁路

无砟轨道结构形式种类繁多, 技术性能上也各有特点^[4]。目前国际上没有对无砟轨道的统一分类

收稿日期: 2009-06-02

作者简介: 李中华(1980-), 男, 工程师, 工学硕士, 研究方向为轨道结构及线路动力响应分析。

法,按照无砟轨道结构进行分类,可分为整体结构式和直接支承结构式,按照施工工艺可分为现浇混凝土式和预制板式^[5]。本文所要分析的 CRTS I 型板式无砟轨道和 CRTS II 型板式无砟轨道均属于预制板式无砟轨道,为精简叙述,以下分别称为 I 型板式轨道和 II 型板式轨道。

2 结构组成

2.1 I 型板式轨道结构组成

I 型板式轨道由钢轨、扣件、预制轨道板、乳化沥青水泥砂浆(CA 砂浆)、混凝土凸形挡台及底座板等部分组成,轨下设置充填式垫板^[6]。I 型板式轨道结构组成示意图见图 2。

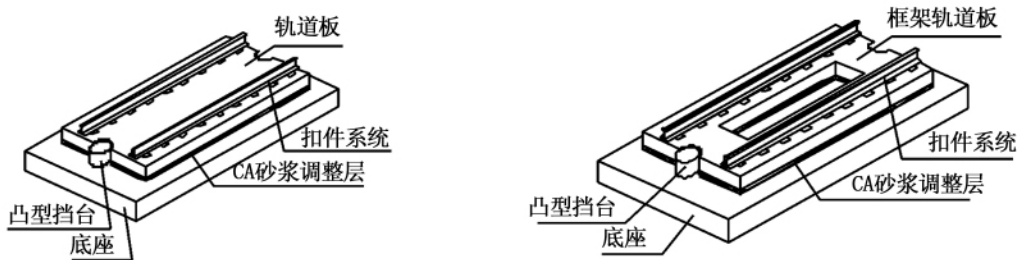
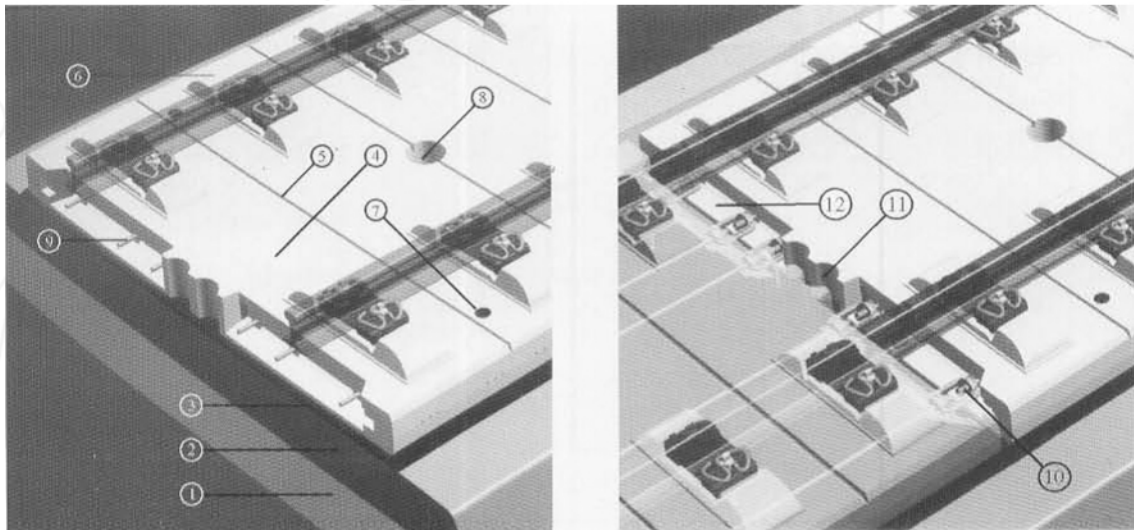


图2 I 型板式轨道结构组成示意图

2.2 II 型板式轨道结构组成

路基上 II 型板式轨道的层次构成依次为:级配碎石构成的防冻层(FSS)、30 cm 厚的沥青水泥砂浆层、20 cm 厚的轨道板、扣件系统等(见图 3)。



① 防冻层(级配碎石层) ② 水硬性材料支承层 ③ 灌浆层 ④ 预制轨道板 ⑤ 沟槽 ⑥ 承轨台 ⑦ 调高装置
⑧ 灌浆孔 ⑨ 螺纹钢 ⑩ 张拉锁件、螺母 ⑪ 窄接缝 ⑫ 宽接缝

图3 路基上 II 型板式轨道系统结构图

3 板型分类

3.1 I 型板式轨道的板型分类

I 型轨道板分为预应力平板(P)、预应力框架板(PF)和钢筋混凝土框架板(RF);按轨道板长度分为 4 962 mm、3 685 mm、4 856 mm。预应力平板(见图 4)及预应力框架板采用后张、部分预应力混凝土结构;钢筋混凝土框架板采用普通钢筋混凝土结构;配筋按截面中心对称布置;轨道板内预埋扣件绝缘套管和轨道板起吊用套管。

考虑到 I 型板式轨道在不同地区、不同环境的使用要求,设计了适用于不同线下基础的预应力平板、框架板、非预应力平板、框架板以及减振板等 I 型板式无砟轨道结构。其中预应力平板主要用于寒冷地区,框架型(见图 5)主要用于温暖地区,实际应用中可根据不同地区气候环境条件进行选型。



图 4 I 型平板式无砟轨道



图 5 I 型框架板式无砟轨道

3.2 II 型板式轨道的板型分类

3.2.1 标准预制轨道板(标准板)

标准预制轨道板长 6 450 mm、宽 2 550 mm、厚度 200 mm,混凝土的设计强度为 C55,每块板混凝土用量 3.45 m^3 ,板重约 8.6 t。

3.2.2 特殊预制轨道板(特殊板)

特殊预制轨道板为最大长 4.5 m、板厚 300 mm 的钢筋混凝土板,特殊预制轨道板设有减振系统(质量弹簧系统),必要时还可在特殊预制轨道板里安装信号设备。

3.2.3 补充型预制轨道板(补偿板)

由于存在着桥梁、隧道、道岔和新线与既有线路的连接处等控制点,必要时需对预制轨道板的长度进行调整,为此可生产长度从 0.60 m 到 6.50 m 不等的预制轨道板^[7]。

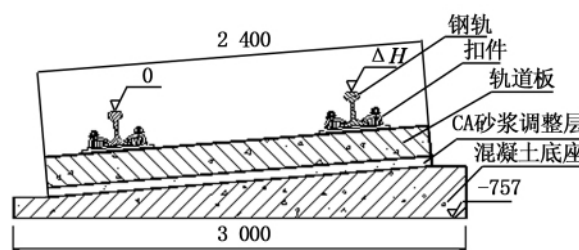


图 6 曲线路基地段 I 型板式轨道断面图(单位: mm)

4 各地段板式轨道断面尺寸

4.1 各地段 I 型板式轨道断面尺寸

直线路基地段 I 型板式轨道结构高度为 757 mm。曲线路基地段在混凝土底座上设置超高,曲线路基地段 I 型板式轨道断面图见图 6。直线桥隧地段 I 型板式轨道结构高度为 657 mm,曲线桥隧地段在混凝土底座上设置超高^[8]。

4.2 各地段 II 型板式轨道断面尺寸

桥梁地段 II 型板式轨道由钢轨、扣件、II 型板、砂浆调整层、连续底座板、滑动层、侧向挡块等组成(见图 7)。梁面设置齿槽及预埋剪力筋,梁缝处设置硬泡沫塑料板。以某曲线隧道地段为例,其 II 型板式轨道断面图见图 8。

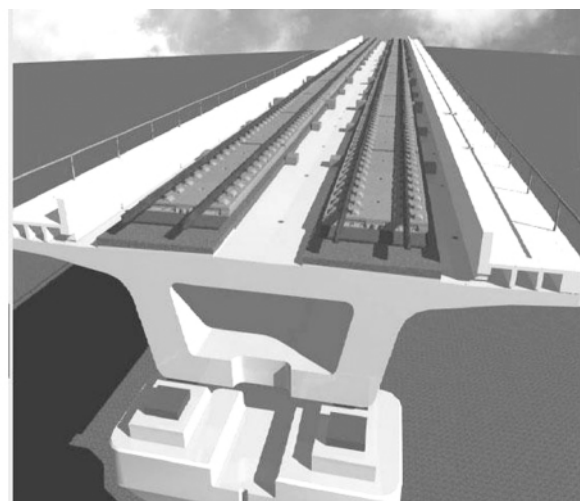


图 7 桥梁地段 II 型板式轨道结构示意图

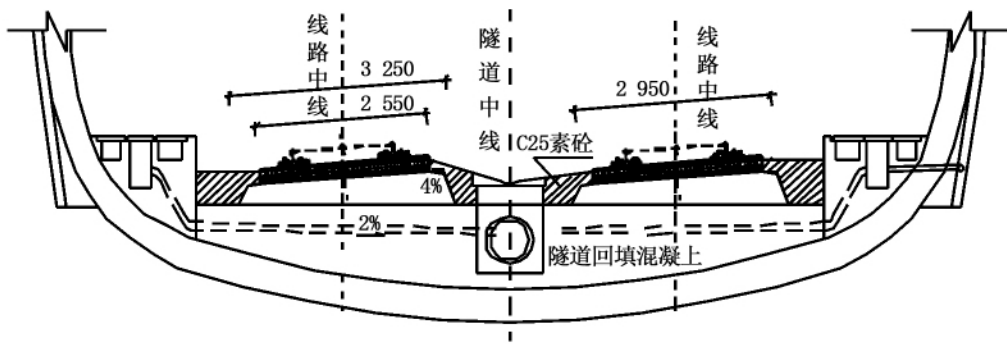


图8 曲线隧道地段 II 型板式轨道断面图(单位: mm)

5 对线下工程设计要求

5.1 对路基设计要求

5.1.1 I 型板式轨道对路基设计要求

曲线超高在混凝土底座上设置,底座两侧铺设厚 0.08 m 的沥青混凝土,路基中间设置线间集水井^[9],无砟轨道范围内的水向两侧及线间集水井排出(见图 9)。

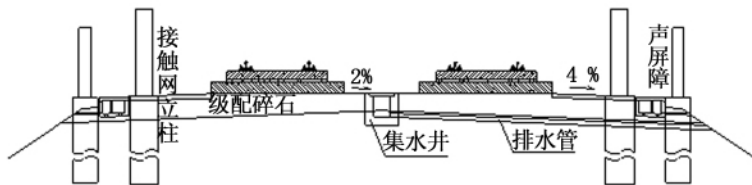


图9 路基地段 I 型板式轨道示意图

5.1.2 II 型板式轨道对路基设计要求

曲线超高在路基基床表层设置,直线地段采用 C25 混凝土填封层向线路两侧排水,曲线地段采用线间集水井排水^[10]。在摩擦板、端刺及过渡板设置区域,路基填料需根据摩擦板长度不同进行个别设计。

5.2 对桥梁设计要求

5.2.1 I 型板式轨道对桥梁设计要求

曲线超高在混凝土底座上设置。底座范围内梁面不设防水层和保护层,轨道中心线 2.6 m 范围内的梁面在梁场预制时应进行拉毛处理,梁体采用预埋套筒植筋与底座连接;以 I 型 4962 板为例,梁体预埋钢筋(见图 10)。底座范围外铺设防水层及保护层,桥面采用三列排水方式。

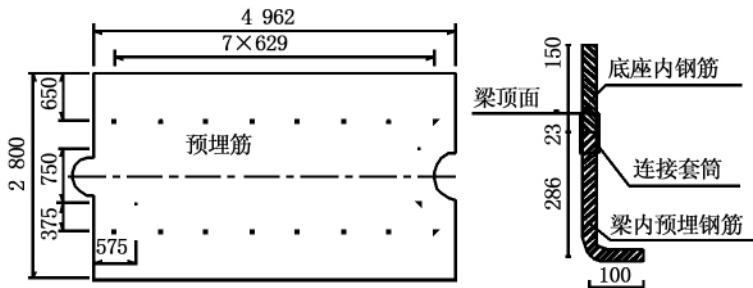


图10 I 型板式轨道预埋钢筋图(单位: mm)

5.2.2 II 型板式轨道对桥梁设计要求

曲线超高在底座混凝土板上设置,连续底座板与梁面间铺设两布一膜滑动层,梁缝处设置预埋剪力筋并铺设硬泡沫塑料板,底座两侧每隔一定距离设置侧向挡块^[11]。排水方式采用三列排水,桥面设置加高

平台。以 32 m 简支梁为例,Ⅱ型板式轨道侧向挡块及剪力钢筋布置图(见图 11)。

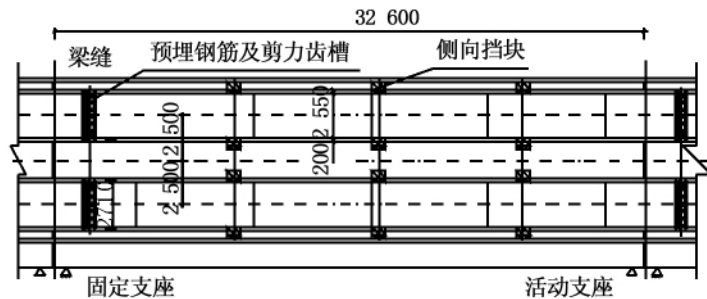


图 11 Ⅱ型板式轨道侧向挡块及剪力钢筋布置图(单位:mm)

5.3 对隧道设计要求

I 型板式轨道曲线超高在混凝土底座上设置,排水方式为三列排水;Ⅱ型板式轨道曲线超高在混凝土支承层上设置,排水方式为三列排水。

6 轨道系统技术特点

6.1 I 型板式轨道技术特点

6.1.1 I 型板式轨道的整体性能

I 型板式轨道结构高度低,道床宽度小。I 型框架板式轨道可节省钢筋和混凝土料,降低桥梁的二期恒载,造价较低,但没有降低轨道板实际承受列车荷载的有效强度,不影响列车荷载的传递。在隧道内应用时可减少隧道的开挖断面。I 型板式轨道在基础上设置了凸形挡台,凸形挡台与混凝土底座板同步施工,依靠凸形挡台对轨道板进行定位,施工相对简便。

6.1.2 I 型板式轨道的制造和施工

I 型轨道板为工厂预制,其质量容易控制,施工速度快^[12];由于其采用“由下而上”的施工方法,施工过程中不需工具轨;在特殊减振及过渡段区域,通过在轨道板底粘贴弹性橡胶垫层,易于实现下部基础对轨道的减振要求。在桥上铺设 I 型板时,受桥梁不同跨度的影响,需要不同长度类型的轨道板配合使用;曲线地段铺设时,线路超高顺坡、曲线矢度的实现对扣件系统的要求较高;I 型板式轨道中 CA 砂浆调整层的施工质量直接影响轨道的耐久性;I 型板式轨道的制造、运输和施工专业性较强,包括: I 型板的制造、运输、吊装、铺设;CA 砂浆的现场搅拌、试验、运输和灌注;轨道状态调整过程中的充填式垫板、树脂灌注等。

由于水泥沥青砂浆调整层的存在,受自然环境因素的影响较大,为提高 I 型板式轨道的耐久性,对于轨道板底的 CA 砂浆调整层,以灌注袋的形式取代初期模式的直接灌注,以减少 CA 砂浆层的环境暴露面,从而实现轨道结构少维修的设计初衷。

6.2 Ⅱ型板式轨道技术特点

6.2.1 Ⅱ型板式轨道的制造与施工

Ⅱ型板采用横向预应力结构,通过设置预裂缝控制随机裂纹产生。采用工厂化预制,其生产车间(见图 12),每块板上有 10 对承轨台,承轨台的精度用机械打



图 12 Ⅱ型轨道板生产车间

磨并由计算机控制。通过数控机床打磨工艺获得高精度的轨道几何,轨道板具有唯一性。轨道板之间通过纵向精轧螺纹钢筋连接,较好地解决了板端变形问题,行车舒适度较高。

工地施工时,不需对每个轨道支撑点进行调节,使工地测量工作大大减少。工地的主要工作是沥青水泥砂浆层的灌注,灌浆层在灌注 5~6 h 后即可硬化,具有可修复性。除在每个钢轨支撑点处(轨道扣件)有调高余量外,还可以调整 II 型板本身的高程。

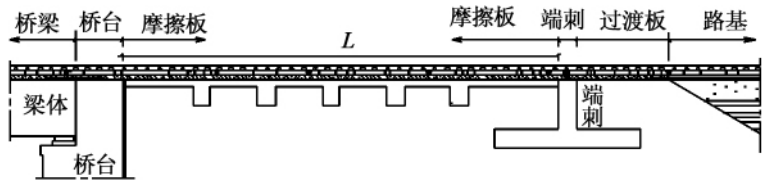


图 13 端刺、摩擦板及过渡板纵断面示意图

6.2.2 各地段 II 型板式轨道的技术特点

路基、隧道地段现场混凝土浇筑量较少,钢轨调整工作量很低,施工进度快。通过高精度的测量和轨道板精调系统,轨道几何形位精确,II 型板铺设后轨道几何精度高,最大限度地降低了铺轨后的精调工作,人为因素干扰小。通过轨道板间纵向连接解决了板端部变形问题,轨道结构整体性好、线路平顺度高。

桥梁地段 II 型板及底座采用连续结构主要承受纵向荷载,侧向挡块作为横向限位结构承受横向荷载。通过设置滑动层隔离轨道系统与桥梁的相互作用,大跨连续梁地段可取消钢轨伸缩调节器。而对于顶面无覆土且全长超过 40m 的桥梁结构铺设桥上 II 型板式轨道时,桥梁两端路基上应设置端刺、摩擦板及过渡板(见图 13)。

6.3 板式轨道技术参数

两种板式轨道都要求充填式垫板表面光滑平整、修边整齐,两个工作面上的承压范围内,因橡胶垫板引起的沟槽表面凸出量不得超过 0.8 mm,充填式垫板的绝缘电阻不小于 1 MΩ。充填式垫板疲劳试验后,厚度变化率不大于 5%。

两种板式轨道 CA 砂浆的技术要求见表 1。

表 1 两种板式轨道 CA 砂浆的技术要求表

序号	项目	单位	I 型轨道板技术要求	II 型轨道板技术要求
1	拌合物温度	℃	5~40	5~35
2	流动度	s	18~26	80~120
3	含气量	%	8~12	≤10.0
4	弹性模量	MPa	100~300	7 000~10 000
5	膨胀率	%	1.0~3.0	0~2.0
6	表观密度	kg·m ⁻³	>1 300	≥1 800
7	抗压强度(1d)	MPa	>0.10	≥2.0
8	抗压强度(7d)	MPa	>0.70	≥10.0
9	抗压强度(28d)	MPa	>1.80	≥15.0

6.4 II 型板式无砟轨道工程分析

京津城际铁路采用了 II 型板式无砟轨道,自开通运营以来,状态良好。采用 60 g·m⁻¹ 钢轨、Vossloh300-1 型扣件,其轨道板为单向预应力、有挡肩结构,经过数控磨床对承轨台的精密打磨,轨道几何精度较高。通过布设精测网和精调系统,轨道几何形位精准,行车安全性和舒适性高。

7 结束语

I 型板式轨道与 II 型板式轨道在结构上差异较大,I 型板式轨道在板间设置凸形挡台,II 型板式轨道板间通过张拉锁件连接其纵向螺纹钢筋。I 型板式轨道外形上分为平板和框架板,II 型板式轨道外形上

分为标准板、特殊板和补偿板。曲线路桥隧地段Ⅰ型板式轨道的超高均设置在混凝土底座上,曲线路桥隧地段Ⅱ型板式轨道的超高分别设置在路基基床表层、连续底座板、混凝土支承层上。除路基地段Ⅱ型板式轨道外,双线地段两种轨道的排水方式均采用三列排水。Ⅰ型板比Ⅱ型板制造简单、造价稍低。Ⅱ型板式无砟轨道比Ⅰ型板式无砟轨道几何精度高、整体性和纵向连续性好。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部. 铁建设函[2005]754号客运专线无砟轨道设计指南[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
- [2] 中华人民共和国铁道部. 铁建设[2007]47号新建时速300~350 km客运专线铁路设计暂行规定[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [3] 何华武. 无砟轨道技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005: 27-46.
- [4] 卢祖文. 客运专线铁路轨道[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005: 35-58.
- [5] 雷晓燕. 轨道结构动力分析的傅里叶变换法[J]. 铁道学报, 2007, 29(3): 67-71.
- [6] 赵国堂. 高速铁路无砟轨道结构[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006: 12-29.
- [7] 闫红亮. 京津城际铁路无砟轨道设计综述[J]. 铁道建筑, 2008(增刊): 10-15.
- [8] 王其昌, 韩启孟. 板式轨道设计及施工[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2002: 9-43.
- [9] 田利民. 客运专线无砟轨道系统设计[J]. 中国铁道科学, 2008, 29(1): 13-16.
- [10] 卿三惠, 陈权, 胡建. 高速铁路CRTSⅡ型板式无砟轨道施工关键设备及施工技术研究[J]. 铁道工程学报, 2008(7): 22-27.
- [11] 张恩龙. CRTSⅡ型无砟轨道板制造技术[J]. 铁道工程学报, 2008(增刊): 16-19.
- [12] 钱立新. 世界高速铁路技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003: 17-32.

An Analysis on Structural Characteristics of CRTS I and CRTS II Slab Ballastless Track

Li Zhonghua

(The Third Railway Survey and Design Institute Group Co. Ltd., Tianjin 300142, China)

Abstract: Ballastless Track has prominent merits of integral stability, smooth grade and endurance which can meet the needs of PDL and high speed railway. Taking slab track as an example, structural composition, slab type, cross dimensions and claim for below-the-line design of CRTS I slab ballastless track and CRTS II slab ballastless track are introduced separately, the double track systematic technical characteristics is analyzed. Manufacturing track slab I is easier than manufacturing track slab II, and cost of track slab I is slightly lower than that of track slab II. Slab ballastless track II is much better than slab ballastless track I on the aspect of geometrical accuracy, structural integrality and longitudinal continuity.

Key words: slab ballastless track; structural composition; slab type; track system; technical characteristics

(责任编辑 刘棉玲 吴泽九)