

文章编号:1006-2106(2007)03-0021-04

# 遂渝线路基上双块式无碴轨道综合施工技术<sup>\*</sup>

秦瑞谦<sup>\*\*</sup>

(中铁八局集团有限公司, 成都 610081)

**摘要:**研究目的:随着我国铁路客运专线和高速铁路的发展,摸索适合我国国情的无碴轨道铺设施工技术,总结无碴轨道施工和维修的技术标准,已成为我国铁路发展的当务之急。

**研究方法:**遂渝线无碴轨道综合试验段是国内首次尝试在路基上成区段铺设双块式无碴轨道。施工中根据设计要求,从实践出发,不断探索和完善施工工艺,研制改进工装设备,从而攻克诸多技术难题,圆满完成了施工科研任务。

**研究结果:**动车试验各项技术指标均达到或超过了设计要求。试验段的成功建设对我国无碴轨道设计和施工具有重要指导意义。本文对双块式无碴轨道施工技术进行了重点总结,包括控制测量、道床混凝土施工及裂纹防治、低弹模混凝土摊铺、轨排组装与精调等,并对设计和施工提出了改进建议。

**关键词:**双块式无碴轨道;施工技术

中图分类号:U213 文献标识码:A

## Integrated Construction Technology for Bi-block Ballastless Track on Subgrade of Suining – Chongqing Railway

QIN Rui – qian

(The Eighth Engineering Bureau Co. Ltd of China Railway, Chengdu, Sichuan 610081, China)

**Abstract: Research purposes:** With the developments of passenger dedicated railway and high – speed railway, it is every urgent to explore the suitable construction technology for laying ballastless track in China and summing up the technical standards for construction and maintenance of ballastless track.

**Research methods:** Laying bi-block ballastless track on subgrade by section in overall test section on Suining – Chongqing Railway was the first time for China to lay such track. The construction technology and equipments were developed and improved continuously in the course of construction on the basis of design requirements, which led completing the research works of science and technology successfully.

**Research results:** The tested technical indexes of MU met or exceeded the designed requirements. The successful construction of test line has an important guidance for the design and construction of ballastless track in China. In this paper, the summary is made for the construction technology for bi-block ballastless track mainly, including control survey, ballast concrete construction, crack prevention, low elastic module concrete paving, track panel layout and fine adjustment etc. and also the modified suggestions are proposed to the design and construction of bi-block ballastless track.

**Key words:** bi-block ballastless track; construction technology

<sup>\*</sup> 收稿日期:2006-11-30

<sup>\*\*</sup> 作者简介:秦瑞谦,1960 年出生,男,高级工程师,现任遂渝无碴轨道工程指挥部副指挥长。

## 1 工程概况

遂渝线无碴轨道综合试验段位于重庆市北碚区,是遂渝铁路引入重庆枢纽的主要工程,是铁道部 2005 年重点科研项目之一(合同号 2005K004—F(G))。试验段折合单线总长 17.75 km,其中路基上双块式无碴轨道 7.04 km。2005 年 5 月工程正式开工,2007 年 1 月动车试验成功。中铁八局集团有限公司在工程实施过程中,对无碴轨道施工工艺和配套工装设备进行了研究、试制、应用和总结,并在实践中不断验证和完善,取得了一系列技术成果。“路基上双块式无碴轨道综合施工技术”是其中的成果之一。

按照铁道部标准定义,本试验段所采用的双块式均为 CRTS I 型双块式无碴轨道,即“将预制的双块式轨枕组装成轨排,以现场浇筑混凝土方式将轨枕浇入均匀连续的钢筋混凝土道床内,并适应 ZPW—2000 轨道电路的无碴轨道结构形式”。遂渝线路基上双块式无碴轨道综合施工技术主要内容有:(1) 施工控制测量;(2) 水硬性混凝土支承层摊铺;(3) 双块式轨枕预制;(4) 双块式轨排标准化组装及精确调整;(5) 道床绝缘钢筋施工与性能检测;(6) GRP3000 轨道检测系统的应用;(7) 道床混凝土施工及裂纹防治;(8) 首次铺设 100 m 定尺长钢轨施工;(9) 双块式无碴轨道主要工装设备研发。限于篇幅本文只概要阐述以上技术的部分内容。

## 2 路基上双块式无碴轨道施工工艺流程

双块式无碴轨道施工工艺流程详见图 1。

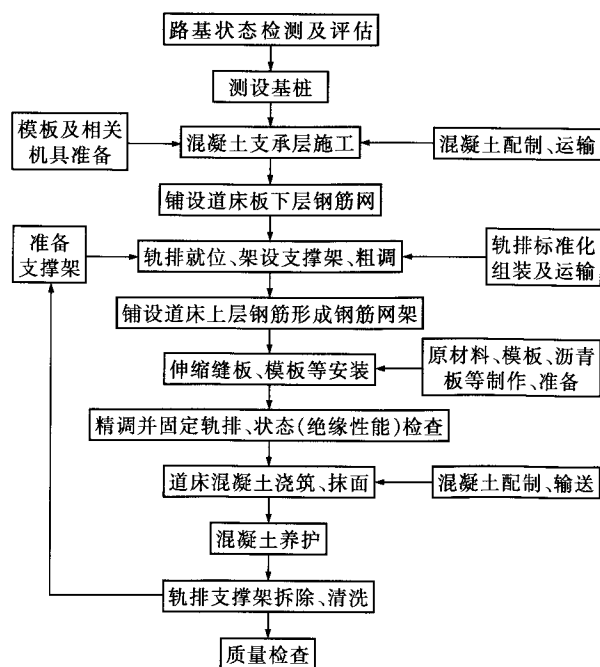


图 1 路基上双块式无碴轨道施工工艺流程图

## 3 施工精确测量技术

无碴轨道施工精确测量不同于普通线路的施工测量。无碴道床施工一次成型,钢轨可调整的余地极小,同时轨排的铺设精度直接影响着轨道的平顺性。铁道部 2006 年 10 月发布了《客运专线无碴轨道铁路工程测量暂行规定》。

施工前首先采用起闭于 GPS 点(B)级的四等导线测量的精度对线路中线进行贯通测量,采用三等水准测量对试验段内高程系统进行复测。仪器配置:根据无碴轨道测量精度要求,选用 Leica TCRA1201 全站仪(1"级)用于导线测量,Leica DNA03 数字水准仪配 3m 铟钢尺用于水准测量。先测设满足精确控制测量的基标系统。

### 3.1 基桩精度的确定

(1) 控制基桩精度:方向允许误差为 4";高程允许误差为  $\pm 1$  mm;距离允许误差为直线 1/20 000、曲线 1/10 000。(2) 加密基桩精度:直线上偏离控制基桩方向误差为  $\pm 1$  mm;曲线上偏角法测量,在偏角方向线上允许误差为  $\pm 1$  mm;每相邻基桩间距离允许误差为  $\pm 2$  mm;每相邻基桩高程允许误差为  $\pm 1$  mm。

### 3.2 控制基桩、加密基桩的设置

轨排架设精度依靠控制基桩进行控制,仪器架设方便和计算简便现场埋设控制基桩时主要考虑的因素。方向控制基桩设置在线路中线上,间距按直线 100 m、曲线 60 m 设一个,曲线控制点、变坡点和竖曲线起止点均需埋设。测量仪器采用 1"级全站仪。水准控制基桩设于线路外侧,距线路中线的距离一般为 3~4 m。测量仪器采用精密水准仪和铟钢尺,测量时前后视距离应大致相等,距离差不宜大于 2 m。基桩设置在稳固、可靠、不易破坏和便于测量的地方,防沉降、抗移动,控制点标识清晰、齐全、便于准确识别和使用。加密基桩主要考虑施工方便,可在轨排初步调整时采用,方向加密基桩应避开道床及模板支架位置,纵向间距 2.5 m。

## 4 水硬性混凝土研制及支承层摊铺施工技术

### 4.1 技术性能指标

遂渝线土质路基上双块式无碴轨道采用水硬性混凝土支承层作为底座(也称低弹模混凝土,以下简称 HGT),是一种稳定的混凝土拌合物。支撑层宽 3.6 m,厚 0.3 m,采用滑模摊铺机施工。HGT 由中铁八局自主研发,并通过了四川省科学技术成果鉴定(川科鉴字[2005]第 391 号),成果综合技术达到国内

领先水平。HGT 技术性能指标如下:

- (1) 28 d 标准试件抗压强度 15 ~ 18 MPa;
- (2) 弹性模量 5 000 ~ 10 000 MPa;
- (3) 压实率大于 100%;
- (4) 坍落度为 0, 密度不小于 2 300 kg/m<sup>3</sup>。

#### 4.2 设计原则

(1) 就地取材合理利用地方资源, 配合比有较广的地域适应性, 满足技术性能指标。

(2) 满足滑模摊铺施工要求, 在运输、集堆过程中保持干塑性(零坍落度), 不粘运输料仓, 高频振捣下可液化流动利于摊铺。

(3) 控制水泥用量 200 kg/m<sup>3</sup> 以内。

#### 4.3 摊铺准备、确定工艺参数及首次摊铺

施工前对摊铺位置、几何参数和机架水平度进行调整, 在直线路段采用钉桩或基准线法校准摊铺机底板四角高程及方向传感器。根据混凝土支承层设计高程、横坡, 测量设定 2 ~ 3 根基准线或 4 ~ 6 个基准桩, 同时调整好摊铺机机架前后左右的水平度, 令摊铺机挂线自动行走, 再往返校核 1 ~ 2 遍, 正确无误后方可开始摊铺。正式摊铺施工前应进行工艺性试验, 检验施工配合比及滑模摊铺机性能。开始摊铺的 5 m 内必须对 HGT 层标高、边缘厚度、中线、横坡度等技术参数进行复核测量。混凝土由拌合站拌制, 对地材料严格管理, 不得使用不洁和局部爆晒过热的骨料。搅拌按工艺试验时确定的参数执行, 拌和物均匀一致, 有生料、成团现象的非均质拌和物严禁用于摊铺。

#### 4.4 摊铺作业

支承层混凝土拌和物的运输宜选用自卸卡车, 并采取覆盖措施, 自由倾落高度不大于 1 m。路基表层履带行走部位应清扫干净, 摊铺位置应洒水湿润但不得积水。摊铺机应缓慢、匀速、连续不间断摊铺, 摊铺速度根据拌合物稠度和设备性能可控制在 0.8 ~ 2.0 m/min 之间, 振捣频率可在 6 000 ~ 11 000 次/min 之间调整。应防止混凝土过振、欠振、漏振。混凝土摊铺完成后应喷洒养护液或洒水覆盖养护, 养护时间一般不宜少于 7 d, 达到设计强度后方可进行道床施工。

### 5 双块式轨排组装与精确调整施工技术

#### 5.1 移动式轨排组装平台标准化施工

双块式无碴道床成型后一般不可调整, 因此施工精度要求高, 现场应设立轨排组装基地用以组装标准轨排。当场地狭窄不具备设立组装基地时, 需在工作面附近设立移动式轨排组装平台。平台配备 2 台履带式龙门吊, 可进行轨排组装、运输和安装作业。移动式

平台由走行、平衡和组装 3 部分组成, 作业工序有散枕、扣件安装、轨枕定位、轨距调整等。平台可设置在已施工好的道床上, 通过轮胎和轨行两用走行装置随施工面前移, 实现轨排组装的标准化作业, 灵活高效。

#### 5.2 轨排定位和粗调

5.2.1 轨排定位: 用液压轨排调整门吊机组将轨排吊到混凝土支承层上并初步定位, 然后安装轨排支承架。轨排支承架每隔 3 根轨枕的间距对称安装在钢轨上, 扣紧钢轨下底板, 使轨底板与轨排支承架承接面密贴。通过轨排支承架调整轨排的方向、高低、水平和中心线位置, 横向调整量为  $\pm 10$  mm, 高低调整量为  $\pm 100$  mm。

5.2.2 轨排粗调: 轨排粗调分水平和垂直 2 个方向, 以轨排中线与线路中线偏差不超过 10 mm 为控制标准, 一般需要 2 次调整才能完成。

#### 5.3 轨排精调

5.3.1 轨排横断面里程测量: 因线路有一定的坡度, 轨顶高程与线路里程点位置有关, 曲线地段线路里程对线路中线点位置影响更大。为确定轨排位置, 必须准确给出轨排相关横断面的准确里程位置。现场根据方向加密基桩确定的线路法线, 牵引确定轨排横断面里程, 并做标记。在 2 个标记间沿钢轨拉钢尺, 依次确定加密基桩间轨排调整支承架附近的轨排横断面里程。

5.3.2 轨排水平精调: 轨排水平精调在钢筋绑扎和立模结束后进行, 根据实际里程, 计算内外钢轨顶面标高, 并根据附近可利用的水准控制基桩点, 计算出各处钢轨顶面读尺数。相邻几榀支承架同时调整, 步调一致。轨排水平调整精度控制在 2 mm, 内外轨水平差不大于 1 mm。

5.3.3 轨排方向精调: 使用全站仪配合轨排支承架进行轨排方向精调, 在轨排相邻方向控制基桩上支立全站仪, 后视远方(100 ~ 200 m)控制基桩点, 前视轨排标准半轨距。通过调整轨排支承架横向水平丝杠精确调整轨排中线方向。考虑轨排水平和方向调整过程中的互相影响产生误差, 一般需要 2 遍精调作业, 方法相同。

5.3.4 轨排几何形位的检测: 轨排精调完成后, 采用 GRP 3000 轨道检测系统对轨排进行检测。该系统电脑自动控制, 具有自动跟踪功能, 可对轨道几何形位全面检测, 检测结果直观准确迅速。

### 6 道床混凝土施工及裂纹防治技术

#### 6.1 道床混凝土原材料要求及混凝土配制

双块式无碴轨道道床为 C40 混凝土, 结构设计使

用年限不少于 60 年。按《混凝土耐久性设计暂行规定》要求,对原材料中的碱含量和氯离子含量严格控制。

(1) 选用低碱和低水化热水泥,避免使用早强水泥,  $C_3A < 8\%$ 。在施工中一般采用中热硅酸盐水泥或低热矿渣水泥。

(2) 选用非碱活性骨料,骨料级配应在搅拌站进行,采用多级配或连续级配,级配越好孔隙率越小,对防止裂纹的产生越有利。

(3) 采用 II 级粉煤灰,其质量应符合《用于水泥和混凝土中的煤灰》(GB/T1596)的规定,总碱量小于 0.2%。

(4) 混凝土拌和用水的氯离子含量不大于 200 mg/L。

(5) 使用 FDN—SRP 萘系液态减水剂。

混凝土施工前进行原材料及配合比试验,通过对混凝土工作性、强度、自由收缩和耐久性指标、抗裂性能的对比试验确定。夏季混凝土的入模温度不超过气温,冬季不低于 10℃,入模后混凝土内部最高温度不高于 70℃。

## 6.2 道床混凝土浇筑施工

混凝土浇筑前对钢轨、扣件、支撑架和轨枕表面进行覆盖,防止污染,并对轨排状态进行复核、加固,防止混凝土施工中轨排移位。同时对混凝土支承层及轨枕洒水湿润,以利于新老界面结合。为防止混凝土浇筑过程中轨排上浮,需每隔 5 根轨枕设置 1 根地锚钢筋。浇筑过程中应使混凝土自轨枕一侧向另一侧自然流动,待混凝土充满轨枕底部后方可向前继续浇筑。对轨枕底部部位的混凝土要加强振捣,确保密实,但振捣时应避免振动棒触碰轨枕和其它固定装置。道床板抹面按找平、抹光和压光 3 个步骤进行。混凝土养生采用麻袋片和海绵板双层覆盖,夏季养护 10 d,以防止或减少混凝土表面裂纹产生。

## 6.3 道床混凝土裂纹防治措施

双块式无碴轨道施工的难点在于控制道床混凝土的裂纹。遂渝线前期施工中隧道内道床裂纹较多。裂纹大多从双块式轨枕端部棱角处开始沿道床横向扩展,裂纹宽度一般小于 0.2 mm,个别宽度在 0.2 ~ 0.4 mm 之间,深度一般 30 mm 左右,个别较深。严重的混凝土裂纹势必影响道床的使用寿命,虽然课题组在隧道内经过灌水试验,裂纹对轨道电路传输无明显影响,但裂纹长期存在肯定是有危害的。问题发生后攻关人员多方面分析研究、查找原因,邀请国内知名专家到现场展开专题研讨,参考国内外的施工经验,采取了诸多措施,使后期施工的路基混凝土道床裂纹得到了

有效的控制。主要措施如下:

### 6.3.1 优选混凝土原材料

(1) 采用早期水化热低的水泥降低水化热,降低熟料中  $C_3A$  和  $C_3S$  的含量,在施工中一般采用中热硅酸盐水泥和低热矿渣水泥;在不影响水泥活性的情况下,尽量使水泥的细度适当增大,以减少水化热的放热速率。

(2) 增大粗骨料的粒径,骨料总表面积越小混凝土收缩越小,采用多级配或连续级配,级配越好孔隙率越小,对防止裂纹的产生越有利。

### 6.3.2 优化混凝土配合比

(1) 减少水泥的用量可以减小水化热,所以在满足混凝土技术性能要求的情况下,采用水泥用量较少的配合比方案。

(2) 增加粉煤灰的用量。

(3) 适当降低砂用量,增大石用量。

(4) 采用自制混凝土,不用商品混凝土,因其质量不稳定,难以满足要求。

### 6.3.3 改进施工工艺

(1) 浇筑道床混凝土前将混凝土支承层或桩板路基的承载板充分润湿,保证浇筑混凝土的底层部分水份不被吸收过多。

(2) 尽量避开在太阳辐射较大时浇筑混凝土,夏季可安排在夜间施工。

(3) 振捣时间和力度应均匀一致,以表面泛浆为宜;间距要均匀,以振捣力波及范围重叠 1/2 为宜,振捣完毕表面要压实、抹平。

(4) 采取二次振捣工艺,有助于多余水份的蒸发,破坏初凝前产生的毛细管道。

(5) 即时覆膜养护。

(6) 增加收面次数,在初凝即将结束前用抹子拍打容易出现裂纹的区域,特别是双块式轨枕与新混凝土的结合部位。

(7) 注意表面隔热保护,混凝土的温差是引起温度裂纹产生原因之一,在高温季节混凝土表层升温过快,在低温季节当有冷空气或过分通风散热时降温过快,极易引起表层裂纹。

(8) 终凝后加强养护,养护是至关重要的环节,需要保证混凝土不失水,在终凝后用海绵和麻袋双层保湿养护,并根据失水状况即时补水。

(9) 当混凝土具有一定强度后,及时放松扣件,减少由于钢轨应力变化而产生裂纹。

### 6.3.4 其他措施

(1) 在双块式轨枕与道床新旧混凝土结合面涂刷

(下转第 83 页)

最佳权益性融资方案之一,能够有效解决铁路投资的结构性矛盾;铁路特许权融资具备经济学条件,具备在铁路和谐发展中应用的基础。建议有关部门进一步专题论证,并出台铁路特许权经营条例或法案,使战略投资者明确以何种方式、进入何种类型项目,并在具备条件的线路上实施。

### 参考文献:

- [1] (美)M. Fouzul Kabir Khan, Robert J. Parra. 大项目融资[M]. 朱彩虹,黄苏萍,译. 1版. 北京:清华大学出版社, 2005:22-75.

- [2] Willian D. Berry and Lowery. Understanding United States Government Growth: An Empirical Analysis of Postwar Data [R]. New York: Praeger, 1987.
- [3] 于军. 关于我国铁路融资方案的设想[J]. 中国铁路, 2005(8):25-28.
- [4] 张红凤. 西方规制经济学的变迁[M]. 北京:经济科学出版社, 2005:290-303.
- [5] 福尔克尔·布茨巴赫. 德国铁路路网股份有限公司的线路使用费体系[J]. 中国铁路, 2006(3):47-51.

(编辑 马 丽)

(上接第24页)

界面剂。

(2) 采用DB型裂纹修补剂对表面裂纹进行修补。

## 7 CRTS I型双块式无碴轨道设计与施工的改进建议

(1) 在设计轨道结构时应尽量采用TB2、TB3型双块式轨枕,生产制造方便,轨枕与道床现浇混凝土结合性好。

(2) 双块式轨枕应考虑无环流配筋,有利于提高轨道电路传输性能。

(3) 将双块式轨枕所用主筋直径加大,即 $\phi 12$ 改为 $\phi 14$ , $\phi 14$ 改为 $\phi 16$ ,在运输和现场施工时轨枕不易扭曲变形。

(4) 混凝土轨枕的周边棱角应改为圆角,避免现浇混凝土在该部位的应力集中,减少裂纹产生的因素。

(5) 现场施工应推广使用混凝土界面剂,使新老混凝土结合更加牢固,亦可减少道床裂纹。

(6) 在客货混营线路中最好采用双块式无碴轨道,其更利于大轴重货车运行。

(7) 施工中要优化施组加快进度,尽量考虑在路基一侧修筑施工便道,方便物流组织。

(8) 要充分重视和研究气温对混凝土和钢轨施工的影响。

## 8 结论

双块式无碴轨道综合施工技术,是国内首次针对土质路基上双块式无碴轨道施工而开展的施工工艺及配套装备的研究,填补了国内无碴轨道施工技术的一项空白。遂渝线无碴轨道综合试验段动车试验成功,为我国客运专线建设及无碴轨道发展提供了技术支持。双块式是无碴轨道主要形式之一。本技术具有完全自主知识产权,适用于客运专线和轨道交通中双块式无碴轨道的施工,施工机械化程度高、进度快,造价相对低,质量易保证,适合无碴轨道建设发展需求,有很好的推广应用前景。

### 参考文献:

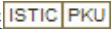
- [1] 何华武. 无碴轨道技术[M]. 北京:中国铁道出版社, 2005.
- [2] 钱立新. 世界高速铁路技术[M]. 北京:中国铁道出版社, 2003.
- [3] 中国铁道建筑总公司. 铁道部客运专线铁路轨道工程施工质量验收暂行标准[S]. 北京:中国铁道出版社, 2005.
- [4] 铁道部. 客运专线无碴轨道铁路工程测量暂行规定[S]. 2006.

(编辑 慕成娟)

遂渝线路基上双块式无砟轨道综合施工技术

作者：[秦瑞谦, QIN Rui-qian](#)

作者单位：[中铁八局集团有限公司, 成都, 610081](#)

刊名：[铁道工程学报](#) 

英文刊名：[JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)

年, 卷(期)：[2007, 24\(3\)](#)

被引用次数：[5次](#)

参考文献(4条)

- [何华武](#) [无砟轨道技术](#) 2005
- [钱立新](#) [世界高速铁路技术](#) 2003
- [中国铁道建筑总公司](#) [铁道部客运专线铁路轨道工程施工质量验收暂行标准](#) 2005
- [铁道部](#) [客运专线无砟轨道铁路工程测量暂行规定](#) 2006

引证文献(5条)

- [曾勇](#), [王海彦](#), [肖杰灵](#) [隧道内双块式无砟轨道施工技术](#)[期刊论文]-[铁道建筑](#) 2009(8)
- [胡启斌](#) [路基上双块式无砟轨道简易工装施工技术](#)[期刊论文]-[铁道建筑技术](#) 2010(1)
- [张宪丽](#) [武广客运专线双块式无砟轨道施工工艺](#)[期刊论文]-[中国科技博览](#) 2010(12)
- [陈卫东](#) [武广客运专线路基上双块式无砟轨道施工工艺](#)[期刊论文]-[山西建筑](#) 2008(22)
- [严少发](#), [丁立金](#), [王善高](#) [隧道内CRTS I 型双块式无砟轨道施工关键技术](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2009(11)

引用本文格式：[秦瑞谦, QIN Rui-qian](#) [遂渝线路基上双块式无砟轨道综合施工技术](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2007(3)