

## II 型板无砟轨道结构裂缝产生机理及修补方案研究

杨金成

(中铁十七局集团第三工程有限公司,河北石家庄 050081)

摘要: 结合京沪高速铁路一标十三工区无砟轨道结构施工过程特点,介绍了轨道结构在施工前后裂缝病害出现的机理原因,系统阐述了不同情况下裂缝处理的方法及措施,处理效果符合无砟轨道结构耐久性要求,对以后同类无砟轨道结构施工具有重要参考意义。

关键词: 无砟轨道; 轨道结构; 裂缝; 机理; 修补工艺

中图分类号: U213.2+13 文献标识码: A 文章编号: 2095-0373(2012)02-0054-06

### 0 引言

应用于 CRTS II 型无砟轨道系统的轨道板称为 CRTS II 型无砟轨道板,是在吸收德国板式无砟轨道板的基础上,经改进后应用于国内高速铁路无砟轨道的新型结构<sup>[1-2]</sup>,广泛适用于时速 300 km 及以上的高速铁路。新建京沪高速铁路应用的就是 CRTS II 型无砟轨道板。京沪高速铁路一标十三工区承担京沪高铁正线轨道工程 5 DK156+882.64~DK190+314.10 段无砟轨道结构施工任务,位于天津市静海县和河北省沧州地区青县,线路总长 33.43 km。

轨道结构主体工程于 2010 年 8 月份全面完成,2012 年 3 月京沪高铁进入联调联试及试运行阶段,在此前后发现,由于受自身结构内力、温度及外界动荷载影响,轨道结构出现了不同程度的裂缝,给轨道结构耐久性、安全性产生了极大隐患<sup>[3-4]</sup>,针对这一问题,结合静态验收存在问题,通过现场排查处理的过程,不断实践和总结,对轨道结构在施工前后裂缝产生的机理进行了分析,并总结出了一套相应的处理方案及措施,下面就结合工区实际情况做一个系统的介绍。

### 1 裂缝产生机理分析与修补方案选择

#### 1.1 常见裂缝形式

无砟轨道常见的轨道结构裂缝形式主要有以下四种<sup>[5]</sup>: (1) 轨道板非预裂缝裂缝(如图 1)。(2) 轨道板宽接缝后浇混凝土的裂缝(如图 2)。(3) 沥青砂浆与轨道板离缝(图 3)。(4) 沥青砂浆斜裂缝(如图 4)。

#### 1.2 轨道板非预裂缝处裂缝机理分析及修补方案

##### 1.2.1 机理分析

轨道板表面开裂现象极少,开裂原因应为收缩、生产养护不当、储运安装过程中局部受力不均所致,一般裂缝宽度为 0.1~0.2 mm,深度约 20~30 mm。

##### 1.2.2 修补方案

由于轨道板需要承受较大动荷载,对裂缝宽度低于 0.2 mm 可采用表面封闭法处理,其他则采用自动低压灌浆的方法进行修复,修复后该裂缝处的抗拉强度数倍于原混凝土强度,确保轨道板的整体工作性和耐久性。

#### 1.3 轨道板宽接缝后浇混凝土的裂缝机理分析及修补方案

##### 1.3.1 机理分析

收稿日期: 2012-02-15

作者简介: 杨金成 男 1968 年出生 高级工程师

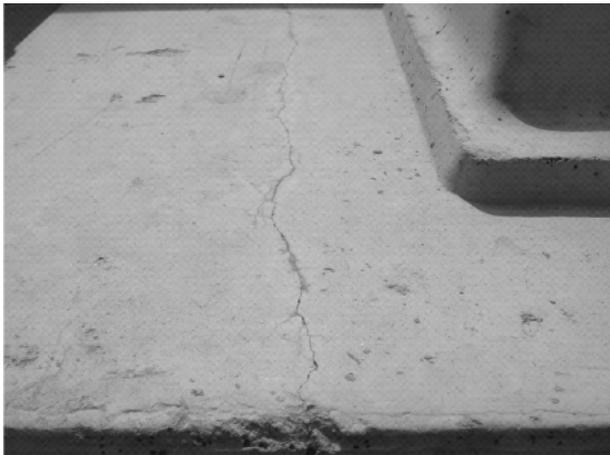


图1 轨道板非预裂缝裂缝



图2 轨道板宽接缝后浇混凝土的裂缝

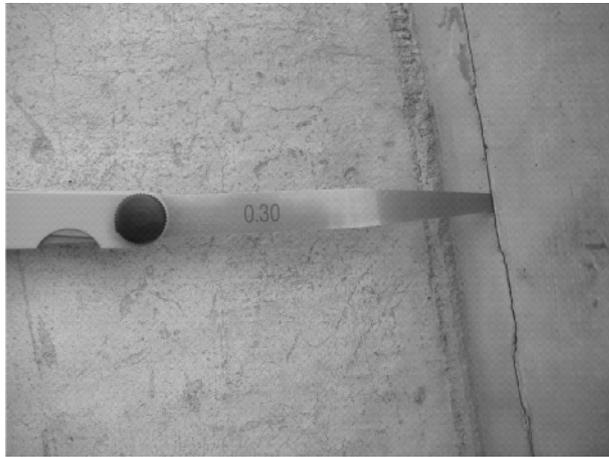


图3 沥青砂浆离缝、缺损



图4 沥青砂浆斜裂缝

轨道板宽接缝后浇混凝土与轨道板之间普遍存在界面开裂现象,一般裂缝宽度为 $0.1 \sim 2 \text{ mm}$ ,深度为贯穿缝。出现的原因主要有两点:①由于宽接缝处的混凝土为现场后浇筑,与预制轨道板之间的界面部位粘接力较差,容易产生收缩开裂;②由于温差导致混凝土轨道板和宽接缝混凝土的热胀冷缩,产生收缩变形,在最薄弱部位产生开裂。

### 1.3.2 修补方案

由于此类裂缝为非结构、活动裂缝,对轨道结构安全不会产生危害,但为了防止水和有害介质渗透到

内部,腐蚀钢筋及金属连接件,故采用柔性材料进行封闭,可抵抗反复变形,从而确保轨道系统的耐久性。

#### 1.4 沥青砂浆与轨道板离缝、缺损的机理分析及修补方案

##### 1.4.1 机理分析

经现场检查发现,沥青砂浆的离缝现象普遍存在,裂缝宽度为 0.1~2 mm,深度不等,多为表面裂缝,主要原因为沥青砂浆灌注时养护不当,从而与混凝土板之间产生离缝。在后期试运行阶段,其他单位偶尔还出现了在高温条件下轨道板失稳现象,从而产生离缝,最大值可达到 6 mm,经分析,出现此现象为轨道板纵联结构在温升情况下受压失稳,其原因为纵连张拉力不到位及宽缝裂缝修补措施不当(对裂缝采取了充填方式)。出现此现象主要位置有:轨检重复出分地段、简支梁梁跨中部、连续梁中跨及自由端、路基桥涵前后过渡段及无堆载预压地段。

沥青砂浆的缺损脱落现象普遍存在,危害较为严重,目前已出现明显的表面脱离和缺损,此类现象主要原因为沥青砂浆本体强度较低,抵抗荷载和水及冻融侵蚀的能力较弱所致,钢筋头的锈蚀也使下部沥青砂浆产生胀裂和剥落。

##### 1.4.2 修补方案

由于沥青砂浆的离缝和缺损已普遍存在,如不及时修复和处理,高铁在以后的动荷载作用下,以及紫外线辐射、水的侵蚀和冻融作用下,会加速沥青砂浆裸露部位的损坏脱落,将对行车造成安全隐患。故对于离缝小于 1 mm 的采用性能优异的柔性修补料进行整体保护,这样可以防止沥青砂浆表面受环境因素的破坏,防止老化脱落,提高沥青砂浆的使用寿命;对于离缝大于 1 mm 小于 2 mm 的,则采用低压注浆处理,填充离缝;对于轨道板失稳造成离缝较大情况,则需采取专项处理方案,后面将系统介绍。

#### 1.5 沥青砂浆斜裂缝的机理分析及修补方案

##### 1.5.1 机理分析

沥青砂浆斜裂缝的产生通常是由于砂浆层与轨道板,砂浆层与底座板存在上下反向的离缝(如图 4 所示),轨道板在外界温度及内力变化过程中造成交叉处砂浆层应力集中,从而产生斜向裂缝,此问题一般在轨道结构承受动荷载后才会慢慢凸显。

##### 1.5.2 修补方案

采用低压注浆处理,对离缝及斜裂缝处采用树脂填充。

## 2 裂缝的修补方法及工艺

### 2.1 轨道板非预裂缝处裂缝的修复

#### 2.1.1 表层封闭法

对于轨道板非预裂缝处裂缝小于 0.2 mm 的,采用表面封闭法进行处理,具体方法:A500 修补胶 + A300 通用底涂 + A6 裂缝封闭膏,此方法的优点是:施工方便,修补后具有极强粘结力和韧性,刚柔结合,能有效防止水汽、化学物质和二氧化碳等的侵入,有效防止开裂混凝土的进一步损坏,提高轨道板耐久性。存在的缺点为适合中度变形,不适合裂缝活动量过大。

处理方法及步骤:(1)清理裂缝;(2)基层要求,基层表面应平整、清洁、坚固、干燥;(3)嵌填缝隙:用 A500 修补胶与水泥调成稀浆,嵌入缝隙内部,充填缝隙内部,并立刻清除表面多余材料,干燥 12 h。(4)底涂处理:修复裂缝前,先粘贴防污条,防止施工时密封胶粘污板面,用 A300 通用底涂涂刷在干净的基层表面,宽度为 40 mm,在此注意:A300 底涂涂刷宽度一定要超过封闭膏的宽度,10 min 后进行嵌缝施工;(5)封闭施工:用腻子刀刮平封闭膏,修补厚度 2 mm,宽度 20 mm,完毕后揭去防污条,固化过程应防止碰损、污染;(6)养护:24 h 后固化,干燥养护 7 d 即可。

#### 2.1.2 低压灌浆法

对于轨道板非预裂缝处裂缝大于 0.2 mm 的,采用自动低压灌浆技术进行修复,确保轨道板的整体工作性和耐久性。利用低压注入原理,可对混凝土微细裂缝进行自动低压灌浆,并可对多处裂缝同时进行注浆施工,注浆时不必对混凝土进行开槽钻孔,施工快捷,可直接观察和确认注入情况,确保施工质量。

处理前需对裂缝现状进行详细调查,包括宽度、长度,是否贯通,是否漏水,开裂时间,使用材料,环境条件等,从而分析开裂原因,制定修复方案。具体处理方法及步骤:①基层处理:清除裂缝表面的灰尘、油污,确保干燥牢固,必要时用酒精清洗并保证基层的干燥、畅通,可用气泵清理,忌用水冲刷裂缝;②确定注入口:一般按15~20 cm距离设置一个注入口,贴上胶带,预留。注入口位置尽量设置在裂缝较宽、开口较通畅或开叉的部位;③配封缝胶:快干型封缝胶按照甲:乙=100:2~5的比例均匀搅拌,封缝胶初凝时间为5 min,故要现配现用,每次配量不宜过多;④封闭裂缝:将配好的封缝胶沿裂缝表面涂刷,宽度约为5 cm,留出注入口。贯通的板面裂缝板上下两面须同时封闭,如主裂缝周围有细小的分支裂缝时,细小的裂缝也须同时封闭,以防止灌浆树脂流出;⑤安设底座:揭去注入口上的胶带,用封缝胶将底座粘于注入口上,底座粘牢的同时保证注入咀的畅通;⑥配灌浆树脂:待裂缝封闭完成,封缝胶终凝后(夏季3 h,冬季6 h以上),用量杯按照比例配好树脂搅拌均匀,每次配量以500 ml为宜,防止树脂固化过快;⑦安设灌浆器:将配好的灌浆树脂注入软管中,再将软管安设在灌浆器内,把灌浆器旋紧于最端头的底座上;⑧灌浆:松开灌浆器弹簧,确认注入状态,如树脂不足可补充继续注入;⑨拆除灌浆器:待相邻的底座返浆确认本段裂缝已灌满后,拆除灌浆器;⑩点胶:30 min后用软管再次对注入口反复点胶,确保树脂初凝前底座上部胶液饱满;⑪基层复原:待树脂固化后敲掉底座及堵头,清除封缝胶,用打磨机对表面封缝胶进行打磨,恢复轨道板混凝土原貌。

(1) 工艺技术参数。①灌浆器内弹簧压力为6 kg,注入起始压力为60 kPa。②软管可装树脂量为50 g,有效注入量为40 g,一次注入不足时可继续补充。③确定树脂注入量,可根据裂缝宽、深、长度计算: $W = abcd$ ,其中, $W$ 为理论注入树脂量, $a$ 为裂缝长度, $b$ 为裂缝宽度, $c$ 为裂缝深度, $d$ 为树脂密度。根据经验,实际需用树脂约为理论量的1.3倍以上,如遇混凝土不密实可达理论量的数倍。

(2) 主要材料。灌浆树脂以改性环氧为主,采用的为工程师系列灌浆树脂,型号及特点如表1所示。

表1 树脂配合比及特点

型号	甲:乙 (质量比)	可灌裂缝 宽度/mm	特点、使用性
AB-1	4:1	>0.05	优先用于混凝土裂缝,低粘度,高强度,干燥环境用
AB-2	4:1	>0.5	用于较宽混凝土裂缝,粘度较AB-1大,可干燥或略湿环境用
AB-3	4:1	>1.0	粘度大于AB-2,高强度,干燥或潮湿环境用
AB-4	1:1	>0.3	用于活缝,高韧性低收缩,防裂补强
AB-5	1:2	>0.5	可绕性树脂,延伸率高,用于活缝
AB-6	单组分	>1.5	用于空鼓等大缝、活缝,韧性好

前三种型号适合13~25℃下使用,超过此温度范围,需重新调整配比。环境温度超过25℃,可适当减少乙组分用量(如:甲:乙=4:0.8~1),避免发热过快;低于10℃,可适当增加乙组分用量(如:甲:乙=4:1~1.2),以加快反应速度。树脂一次配合量以不超过500 ml为宜,30 min内用完,以免发热过快爆聚,切忌一次多配。

(3) 辅助材料。快干型封缝胶是与自动低压灌浆器配套使用的裂缝表面封闭和粘底座胶,它固化快捷,粘结牢固。主要参数:初凝时间5~20 min;可灌浆时间为1~3 h后;配比为甲:乙=100:2~5。使用方法:按比例拌匀甲乙组分,刮严刮实,确保裂缝封严,底座粘牢,封缝宽度为3~5 cm;现场施工时,可用4 cm宽的开刀取出三开刀甲组分,不超过200 g,挤1 cm长的乙组分,均匀搅拌作为一次的用量,注意乙组分用量少因此必须充分搅拌。

(4) 主要辅助工具。气泵(清理裂缝);600 ml量杯(配树脂胶);4 cm宽开刀、小刮板(配封缝胶);医用手套、防护镜(防护用);酒精、棉丝(清洗灌浆器);手提打磨机(清理基层)。

## 2.2 轨道板宽接缝后浇混凝土的裂缝的修补

### 2.2.1 开槽嵌填法

A300通用底涂+A6裂缝封闭膏,此方法的优点是适合活动裂缝,价格便宜,耐久性好。

(1) 基层要求。基层表面应平整、清洁、坚固、干燥。

(2) 开槽。沿裂缝表面开出10 mm×10 mm的U型槽,清洁,干燥。

(3) 底涂处理。修复裂缝前,先粘贴防污条,防止施工时密封胶粘污板面,用 A300 通用底涂涂刷在干净的基层表面,10 min 后进行嵌缝施工。

(4) 嵌缝施工。将 A6 裂缝封闭膏用腻子刀嵌缝,先嵌填板缝两侧,然后挤满板缝中部,用腻子刀刮平,修补膏的表面略高出基层 3 mm,避免收缩产生凹陷,完毕后揭去防污条,固化过程应防止碰撞、污染。

(5) 养护。24 h 后固化,干燥养护 7 d 即可。

### 2.2.2 表面封闭法

处理方法见 2.1.1,另需注意 A6 裂缝封闭膏修补厚度一定要大于 2 mm,否则影响其反复拉伸性能。

### 2.3 沥青砂浆与轨道板离缝、缺损的修补

对于砂浆离缝小于 1 mm 的,采用表面修补、整体保护的方法。具体处理的方法及步骤:(1) 基层:基层表面应平整、粗糙、清洁、无油污、无浮灰等现象;(2) 底涂处理 2 遍:修复裂缝前,先粘贴防污条,防止施工时密封胶粘污板面,用 A300 通用底涂涂刷在干净的基层表面,涂刷 2 遍,间隔 15 分钟后进行下一步施工;(3) 表面修补、整体保护:将 A6 裂缝封闭膏刮抹沥青砂浆离缝与缺损部位,厚 2 mm,完成后揭去防污条,固化过程应防止碰撞、污染;(4) 养护:24 h 后固化,干燥养护 7 d 即可。

对于砂浆离缝大于 1 mm 的,则要采取低压灌浆和加固措施。具体处理方法及步骤为:(1) 对离缝轨道板 1、2、9、10 承轨台进行钻孔植筋锚固处理,锚固位置如图 5 所示。钻孔植筋锚固采用直径 28 mm、长 340 mm 的 HRB500 剪力筋,孔深度 390 mm,如图 6 所示;(2) 植筋锚固后对离缝轨道板进行注浆修补处理,填充离缝,修补方法参见 2.1.2。由于是立面施工,注浆时应注意从最低位的底座自下而上开始,拆除灌浆器后,及时用堵头将底座堵死防止树脂溢出。

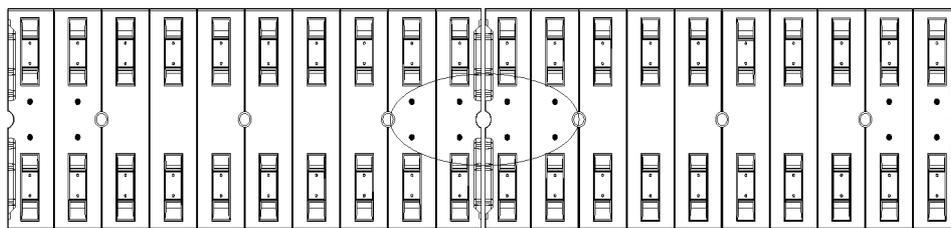


图 5 锚固位置(一)

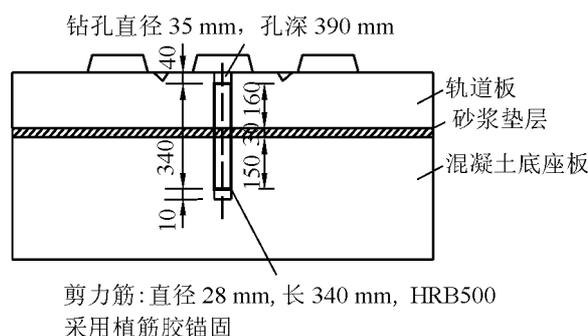


图 6 锚固位置(二)(单位:mm)

### 2.4 沥青砂浆斜裂缝的修补

对离缝及斜裂缝处进行注浆修补处理,填充离缝,修补方法参见 2.1.2。

## 3 结语

文中列举的几类裂缝的处理方法目前在国内外工程中也已广泛使用,修复效果可靠。同时,基于京沪高铁处理裂缝的经验,对这几类裂缝的状态,成因和后期耐久性影响进行了大量调研,在工区内部及一标段对修复方法进行了实验对比,修补效果显著,质量可靠,可以在客专及高速铁路中推广使用。

(下转第 72 页)

[2]彭世古. 沙漠地区公路设计、施工与环保养护[M]. 北京: 人民交通出版社 2004.

[3]新疆高速公路建设管理局. 阿拉尔~和田沙漠公路防沙体系调查报告[R]. 石河子: 新疆高速公路建设管理局 2009.

## Application of Sand Resistance Rate in Sand-prevention Engineering System Design for Highway in Tall Dune Desert

Zhang Yinghui

(The Fifth Company of China Railway 15th Construction Bureau Co., Ltd., Luoyang 471002, China)

**Abstract:** Sand-resistance rate and sand-transport strength are the main indexes for determining the protection type and its width in the sand-prevention engineering system design. According to practical conditions, and combined with typical topography, sand-prevention engineering system design can be optimized for deserted highway with tall sand dunes using the measured sand resistance rate. Practice shows it is a realistic and feasible method to determine the sand-prevention design parameters.

**Key words:** sand resistance rate; deserted highway; tall sand dunes region; sand-prevention engineering system design

(责任编辑 车轩玉)

(上接第 58 页)

## 参 考 文 献

- [1]王海良, 秦宝河, 任权昌. CRTS II 型板式无砟轨道混凝土轨道板预应力施工关键技术[J]. 铁道建筑技术, 2010(3): 80-81.
- [2]田其义, 王军文, 石岩, 等. CRTS II 型板式无砟轨道轨道板力学性能试验研究[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2010, 23(4): 36-40.
- [3]中华人民共和国铁道部. 铁建设[2009]218号 高速铁路 CRTS II 型板式无砟轨道施工质量验收暂行标准[S]. 北京: 中国铁道出版社 2009.
- [4]周志亮. 客运专线无砟轨道轨道板裂缝控制技术[J]. 铁道建筑技术, 2010(8): 63-65.
- [5]赵国堂. 高速铁路无砟轨道结构[M]. 北京: 中国铁道出版社 2006.

## Research on Generating Mechanism and Repairing Scheme of Structural Cracks of CRTS II in High Speed Railway

Yang Jincheng

(No. 3 Engineering Co. Ltd. of China Railway 17th Bureau Group., Shijiazhuang 050081, China)

**Abstract:** According to ballastless track structure construction process of the thirteenth working area of Beijing-Shanghai high speed railway, this paper introduces the mechanism reason for the cracks in the track structure in construction, systematically elaborates crack treatment methods and measures under different conditions. The treatment effect can meet with ballastless track structure durability requirements, which may provide reference for later similar ballastless track construction.

**Key words:** ballastless track; track structure; crack; mechanism; repair technology

(责任编辑 刘宪福)