

# 1 客货共线无砟轨道综述

## 1.1 研究背景及意义

我国现有客货共线铁路大多采用有砟轨道结构。在实际应用过程中，一方面，道床残余变形随着有砟轨道运量的增加而增大，道床粉化板结，轨道刚度不断增大，加剧了列车对轨下基础的破坏及线路几何状态的恶化；另一方面，随着行车密度和载重的提高，轨道的维修工作更趋频繁，但繁忙的干线铁路，天窗兑现率越来越低，可用于线路养护维修的时间较短，难以对线路病害进行及时维修。由于无砟轨道具有高平顺性、高稳定性、良好的耐久性和少维修等优点，已在国内外高速铁路上得到了广泛的应用。然而，由于国内外还没有大规模铺设客货共线无砟轨道的实践经验，致使客货共线无砟轨道领域技术不完善。客货共线铁路线路有别于客运专线，其将负责承担客运和货运的双重运输任务，而无砟轨道结构的受力和变形也不同于客运专线无砟轨道，同样有别于普通散体材料的有砟轨道。因此，客货共线无砟轨道为满足客车和货车的安全运行，必须同时考虑无砟轨道结构在动荷载作用下的承载能力和耐久性。如何科学维护客货共线运营，使其长期保持安全、稳定、可靠的运营品质，是现阶段面临的重大课题。

遂渝线曾存在客货共线运营的现象，且车流密度相当大，遂渝线所处的地理位置降水量丰富，由于自然环境的污染，重庆地区存在较严重的酸雨现象。酸雨对构筑无砟轨道结构的混凝土、水泥沥青砂浆（简称 CA 砂浆）等碱性水泥基材料具有较强的腐蚀性，其长期作用将加速轨道结构的破坏。无砟轨道结构在服役过程中长期承受重复列车荷载和多重环境侵蚀的作用，并且在组成无砟轨道的众多零部件中，任何一个零部件的性能、强度和结构的改变均会影响其他零部件的工作条件，从而对列车运行质量产生直接影响，甚至危及行车安全。因此有必要针对现有客货共线无砟轨道结构服役状态进行深入研究，分析无砟轨道结构在客货共线服役条件下其各部件服役状态演变规律及失效机理，以指导现场客货共线无砟轨道的养护维修和正常运营。

本书在充分搜集、整理和吸收国内外客货共线无砟轨道服役状态的基础上，以遂渝线

CRTS Ⅱ型板式无砟轨道为例,结合我国客货共线无砟轨道实际使用现状,开展客货共线无砟轨道动态性能演变机理研究,具有重要的科研价值和现实意义。

## 1.2 客货共线无砟轨道国内外应用现状

### 1.2.1 国内应用现状

我国无砟轨道线路铺设前期多采用客货共线模式,具有良好的基础及相关技术研究经验。目前,客货共线铁路铺设的无砟轨道类型主要有整体直接式、弹性支承块式、长枕埋入式、双块式、单元板式等。

#### 1. 整体直接式无砟轨道

我国整体直接式无砟轨道的研发工作始于 20 世纪 50 年代,初期曾试铺过支承块式、短木枕式、整体灌筑式等整体道床以及框架式沥青道床等多种形式。20 世纪 80 年代曾试铺过由沥青混凝土铺装层与宽枕组成的沥青混凝土整体道床,主要在车站内到发线上铺设。正线上采用最多的形式为支承块式整体道床,1965—1984 年间整体道床铺设总长度达到 300 km。

#### 2. 弹性支承块式无砟轨道

弹性支承块式无砟轨道作为减振型轨道,首先在陇海线白清隧道和安康线大瓢沟隧道铺设了试验段并取得了成功,其成果在西康线秦岭隧道、兰新线乌鞘岭隧道、黔桂线定水坝和银洞坡隧道等长大隧道中推广使用。

#### 3. 长枕埋入式无砟轨道

目前,长枕埋入式无砟轨道一般用于道岔区,在秦沈线沙河特大桥、渝怀线鱼嘴二号隧道及圆梁山隧道也分别进行了试铺。

#### 4. 双块式无砟轨道

客货共线双块式无砟轨道主要铺设在遂渝线无砟轨道试验段,如图 1-1 所示。遂渝线无砟轨道综合试验段全长 13.157 km,于 2007 年 1 月开通运营,试验段开通运营初期仅通行客车,2010 年开行货车,而后于 2014 年年末停运货车,设计客车速度为 200 km/h,货车速度为 120 km/h。客货共线期间,实际客车运营速度为 160 km/h,货车速度为 70 km/h。



图 1-1 遂渝线无砟轨道试验段双块式无砟轨道

### 5. 板式无砟轨道

板式轨道在我国开始研究的时间很早，早在 20 世纪 70 年代就开始研究 CA 砂浆技术。1981 年，皖赣线溶口隧道铺设了板式轨道，由于缺乏足够的经验，该试验段在后期病害较多，现已拆除。1999 年，秦沈客运专线选定了狗河特大桥和双何曲线特大桥作为板式无砟轨道的试铺地段，研究了适应于寒冷地区使用的 CA 砂浆。2003 年，赣龙线枫树排隧道内铺设了板式轨道，如图 1-2 所示。2007 年开通的遂渝线无砟轨道试验段分别在路基、桥梁和隧道内铺设了板式轨道，如图 1-3 所示。



图 1-2 赣龙线枫树排隧道内 CRTS 型板式无砟轨道



图 1-3 遂渝线无砟轨道试验段 CRTS 型板式无砟轨道

### 1.2.2 国外应用现状

国外客货共线无砟轨道技术所涉及的国家主要有德国、美国、加拿大以及南非。

#### 1. 德国

德国早期的高速铁路主要采用客货共线的运营模式，如汉诺威—维尔兹堡、曼海姆—斯

图加特、汉诺威—柏林等铁路都是客货共线线路，这些线路上铺设有 Rheda、ZUblin、BTD（直接支承在混凝土道床板上的无砟轨道）、ATD（沥青支承轨排结构）等不同的无砟轨道结构。其中，汉诺威—柏林 53%的线路采用了无砟轨道。

## 2. 美国

2000 年，美国波特兰水泥协会（PCA）开展了一项“货运与高速客运线路用无砟轨道研究与试验”的合作开发项目，目标是开发先进的无砟轨道技术。经研究筛选，确定对直接式无砟轨道（DFST）和弹性支承块式无砟轨道（IDBF）两种结构形式进行试验研究，如图 1-4 和图 1-5 所示。

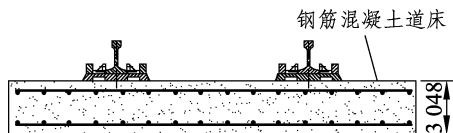


图 1-4 美国直接式无砟轨道

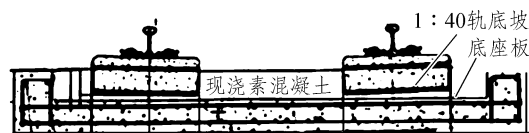


图 1-5 美国弹性支承块式无砟轨道

2003 年 7 月—2006 年 7 月由美国铁路协会（AAR）下属的美国国家运输技术中心（TTCI）在 FAST 重载线路上完成了无砟轨道现场试验及验证工作。重载列车包括 3、4 个机车以及 60~80 辆货车，牵引质量为 8 000~10 000 t，货车轴重为 354 kN；机车轴重为 290 kN，列车一般运行速度为 64 km/h。现场试验表明这两种轨道结构整体状态良好，能够保证重载列车运营的安全性，同时可以实现轨道结构的少维修。

## 3. 加拿大

加拿大 CP 公司重载线路于 1988 年在 Macdonald 隧道（见图 1-6）及 Shaughnessy 隧道内分别铺设了 15.1 km 和 1.6 km 的直接式无砟轨道结构（PACT），主要考虑减少养护维修工作量。

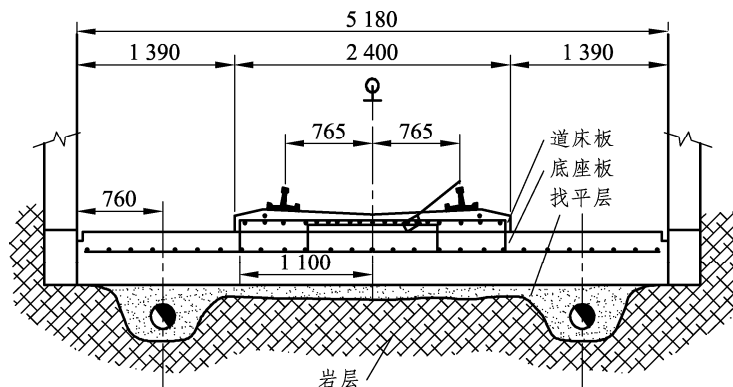


图 1-6 加拿大隧道内无砟轨道

#### 4. 南 非

南非目前有两条典型的重载铁路，里查兹湾 (Richards Bay) 运煤专线和斯申—撒尔丹哈 (Sishen-Saldanha) 铁矿石专运线。

里查兹湾运煤专线全长 588 km，线路的设计运量为 1 750 万吨/年，扩能改造后为 4 200 万吨/年。运营列车的机车轴重为 280 kN，车辆轴重为 260 kN。全线共有隧道 37 座 (共计 44 km)，其中最长隧道为 3.9 km，隧道内全部为直接式无砟轨道结构。

斯申—撒尔丹哈铁矿石专运线全长 861 km，线路设计运量 2 100 万吨/年，完成既有线扩能改造后，目前实际运量达到 6 300 万吨/年。运营列车的机车轴重 280 kN，车辆轴重 300 kN。该线只有一座隧道，长 787 m，隧道内也是采用直接式无砟轨道，如图 1-7 所示。



图 1-7 南非隧道内无砟轨道

### 1.3 客货共线无砟轨道研究现状

目前，许多国内外学者在客货共线无砟轨道领域做了大量的实践：

(1) 在客货共线无砟轨道动力特性研究方面，Steenbergen、De Jong 等通过分析轨道几何不平顺的发展与轮轨动作用力的关系，结合实测数据，得出货车低频动荷载是导致轨道结构退化的主要原因。

朱玉明通过布置有砟与无砟轨道过渡段测试点进行现场测试，分析了隧道内 CRTS 型双块式无砟轨道于客车最高速度 160 km/h 和货车轴重 250 kN、最高速度 100 km/h 运营条件下的动力响应。

Sharp Calum，Woodcock、James 等描述了一种监测轨道结构各部件振动响应的方法，并用此方法监测客、货车引起的轨道结构振动，得出货车对轨道结构的振动响应远大于客车的

结论。

Lei X、Rose J G 等通过建立三层叠合梁模型，并利用傅里叶变换，分析了轨道不平顺影响下不同车速客车和货车对轨道结构动力学响应的影响，并且指出随着轨道不平顺状态的劣化，货车对轨道的影响大于客车。

张驰易建立了重载铁路隧道内双块式以及弹性支承块式无砟轨道实体单元模型，分析了钢轨类型、扣件刚度、扣件间距及道床板尺寸等对轨道部件受力的影响规律。

(2) 在客货共线无砟轨道损伤服役状态下动力响应研究方面，曾晓辉通过板式无砟轨道的 1:5 比例模型，设计了离缝长度为 10 cm 的工况并进行了试验分析，得出离缝会造成轨道振动加速度幅值增加的结论。

杨荣山针对客货共线环境下的遂渝线的框架型板式轨道砂浆层伤损以及对修复前后的轨道板和钢轨做了动力测试试验，评估了 CA 砂浆伤损以及现场 CA 砂浆碎裂等病害的现有修复技术对轨道结构受力和行车安全的影响。

Zhu Shengyang 基于 CA 砂浆随机损伤理论分析了 CA 砂浆在初始损伤下列车通过时损伤的发展状况以及列车的动力响应。表明在 CA 砂浆有初始损伤的情况下，列车通过时动力响应有较为明显的变化，且 CA 砂浆的损伤将继续发展。

石现峰假设基础不均匀沉降曲线为余弦曲线，利用 ABAQUS 有限元软件研究了相同波长、不同波幅各种工况下轨道板和底座板的附加弯矩，证明了轨道板和底座板的附加弯矩随着波幅的增加基本上都呈线性增加趋势，且混凝土底座所承受的附加弯矩比轨道板大很多。

徐庆元、李斌基于列车-轨道耦合动力学理论，建立列车-板式无砟轨道-路基三维非线性有限元耦合动力学模型，考虑自重荷载、轨道中长波随机不平顺、轨道短波随机不平顺、路基不均匀沉降荷载及无砟轨道板温度梯度荷载的共同作用，对 CRTS 型板式无砟轨道路基不均匀沉降限值进行研究。

易佳俊通过对客货共线双块式无砟轨道道床出现的病害进行研究分析，提出了相应的整治措施，并对轨道及隧道的设计、施工提出了建议。

谢旭通过现场对客货共线线路定水坝隧道内病害情况展开系统调查，分析了该隧道内支承块和整体道床病害的成因、过程和危害，并基于国内外无砟轨道病害的整治维修方法，提出了解决病害的合理整治方案。

(3) 在客货共线无砟轨道材料性能研究方面，Baoshan Huang 等通过试验研究，分析了客货共线线路新型乳化沥青混合材料的材料性能，并与混凝土以及沥青进行了对比，结果表明该乳化沥青混合材料适用于高速铁路无砟轨道以及其他路面施工。

Xi、Mitsuru S、Xiang 等进行了混凝土轴心抗压疲劳与氯离子扩散交互作用下氯离子在

混凝土中的传输性和渗透性的研究。

Kuhl、Postolopoulos 研究了累积侵蚀对钢筋混凝土的低周疲劳性能，认为侵蚀会导致疲劳过程中钢筋延性较大程度降低。

Fagerlund 对混凝土在冻融循环与单轴荷载作用下的疲劳效应进行研究，并建立了冻融的疲劳损伤方程。

徐浩通过室内实验室的 CA 砂浆浸水试验以及干湿循环试验，认为浸水时间、酸液浸泡时间以及干湿循环次数均对 CA 砂浆的力学性能有显著的影响。

刘哲通过模拟酸雨浸泡下 CA 砂浆力学性能，认为酸雨破坏了 CA 砂浆的强碱性环境，导致青苔的大量生长、结晶物生长，造成 CA 砂浆内部的结构破坏、损伤以及强度的显著降低。

向俊研究了水泥沥青砂浆劣化对 CRTS 型板式轨道动力学性能的影响。通过高速列车-板式轨道系统空间振动分析理论，重点研究了板式轨道 CA 砂浆充填层的劣化（如脱层、开裂、脆化与碎裂等）引起的轨道板悬空现象对板式轨道振动响应的影响。

（4）在客货共线线路荷载特征研究方面，梁晨、蒋金洲、徐玉波依托大秦重载铁路轨道动力学荷载长期监测数据，统计了 250 kN 轴重的 C80 重车通过半径为 500 m 曲线、半径为 800 m 曲线和直线段 3 个特征工点时列车轮轨荷载分布，并绘制了不同线路特征条件下的轨道荷载谱。

盖晓野通过建立车辆-轨道垂向耦合振动模型，分析了 CRTS 型板式轨道的轮轨力响应，并对轮轨力进行统计分析，同时分析了轨道各结构层的动力响应，并计算了轨道各结构层的动力系数。

胡所亭、牛斌、柯在田等深入研究了客货共线铁路列车的荷载图式，并提出将荷载图式中特种集中力从 250 kN 提高到 280 kN 的建议。

## 1.4 客货共线无砟轨道典型损伤调研

客货共线的养护维修技术主要针对有砟轨道，而无砟轨道的养护维修技术的适用条件也仅是针对高速铁路。调研组在充分搜集、整理和吸收国内外客货共线无砟轨道系统病害研究的基础上，通过采用资料收集与现场调查等方法，针对客货共线无砟轨道病害类型及现场维修方法进行系统总结，为明确和研究客货共线无砟轨道病害类型、成因提供基础。本节着重针对遂渝线客货共线无砟轨道病害进行跟踪调查，将无砟轨道系统病害按照不同地点归类，总结客货共线无砟轨道不同地段（CRTS 型板式、双块式、长枕埋入式）轨道系统的主要病害类型。

调研组于 2011 年 8 月对我国已经正式开通运营的客货共线无砟轨道线路遂渝线进行

了首次调研，并于 2014 年 10 月对遂渝线线路进行了二次回访调研，同时考察了黄井线无砟轨道病害；2015 年 10 月第三次调研遂渝线，同时调研了渝怀线以及赣龙铁路线路客货共线无砟轨道病害情况；2016 年 6 月在遂渝线以及渝怀线针对客货共线无砟轨道动力特性进行了现场试验。调研中所考察的轨道形式包含 CRTS 型板式、双块式、长枕埋入式三类主型无砟轨道结构形式，对所涉及的无砟轨道病害形式做了初步统计。现场调研的基本情况如表 1-1 所示。

表 1-1 无砟轨道现场调研基本情况一览表

时 间	路局/线路名称	主要内容
2011 年 8 月	遂渝线	无砟轨道状态调查、交流学习
2014 年 10 月 8 日—12 日	遂渝线/黄井联络线	无砟轨道状态调查、交流学习
2015 年 10 月 11 日—15 日	遂渝线/渝怀线	无砟轨道状态调查、交流学习
2015 年 10 月 29 日—30 日	赣龙铁路	无砟轨道状态调查、交流学习
2016 年 6 月 14 日—29 日	渝怀线/遂渝线	无砟轨道动力特性试验

遂渝线、黄井线无砟轨道线路为全国首条无砟轨道综合试验段，试验段全长 18.49 km(遂渝线 13.137 km，黄井线 5.353 km)。遂渝线 2007 年 1 月开始运营，开通运营初期仅通行客车，于 2010 年开始同时通行货车；黄井线无砟轨道段 2009 年 7 月开通运营，自开通日起就一直处于客货共线运营模式。由于遂渝线无砟轨道伤损加剧，于 2014 年年末遂渝线停止运行货车。遂渝线机车车辆：主要机车车型为韶山 3、韶山 7、和谐 D3，车辆类型为 C70、C80 等。遂渝线列车对数情况：客车 44 列（普客 12 列、动车 32 列）、货车 2 列。黄井线列车对数情况：客车 44 列（普客 12 列、动车 32 列），货车 2 列。本次围绕遂渝线调研的主要区段分别是黄井联络线、蔡家车站、木鱼山隧道口以及张家院子桥。其中，黄井联络线涉及的轨道类型为双块式无砟轨道，蔡家车站为 CRTS 型与双块式无砟轨道，木鱼山隧道口处为双块式与长枕埋入式无砟轨道，张家院子桥处为 CRTS 型框架式无砟轨道。

渝怀线 2000 年 12 月动工，2005 年竣工，2006 年年初开行了货车，2007 年 4 月 18 日客运全线通车。渝怀线鱼嘴二号隧道无砟轨道类型为长枕埋入式。

赣龙铁路为国家一级单线铁路，自江西省赣州至福建省龙岩市，贯穿赣南、闽西，经新罗、上杭、连城、长汀、瑞金、会昌、于都，与赣州东站京九线连接，全长 290.1 km。赣龙线 2001 年 12 月 8 日开工，2004 年 12 月 30 日全线铺通，2005 年 4 月 1 日通车，2005 年 10 月 1 日开通旅客列车。其中，枫树排隧道处无砟轨道类型为 CRTS 型板式轨道。

#### 1.4.1 遂渝线蔡家车站 CRTS 型板式轨道典型损伤调研

遂渝线自 2010 年开通货车，因轨道服役性能劣化日渐严重，于 2014 年年末停止运行货



车，针对蔡家车站 CRTS Ⅰ型板式轨道现场调研的结果如图 1-8 所示。

遂渝线蔡家车站 CRTS Ⅰ型板式无砟轨道跟踪调研横道图																									
时间	2007	2010	2011				2012	2013	2014				2015				2016								
	全年	全年	8	9	10	11	12	全年	全年	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
运行客车	—————																								
运行货车	—————																								
遂渝线蔡家车站 K126+688~K139+825	线路刚开始运营，暂未运行货车，轨道状态完好，修复工作少																								
蔡家车站 DK136+700~K137+799	2010年开始通行货车，轨道系统病害加剧，2011年8月现场调研发现 CA 砂浆挤出、掉块等问题严重																								
蔡家车站 DK137+040~K137+045	2014年6月工务段针对 CA 砂浆外挤病害进行灌胶修补，对砂浆层边缘进行封边处理																								
蔡家车站 K126+688~K139+825	2014年10月现场调研，砂浆挤出处理过的轨道状态良好，蔡家其他区域 CA 砂浆损坏严重，同时存在其他病害，如凸台离缝、锚穴脱落等																								
蔡家 DK137+040~K137+070 K137+080~K137+090	蔡家车站 8 块板 CA 砂浆挤出严重，灌胶修补已经不能满足维修要求，遂于 2014 年 11 月进行 CA 砂浆整体更换处理																								
渭井上行 (原蔡家区段) K132+535~K137+430 渭井下行 K137+260~K137+265	渭井线 9 块轨道板砂浆挤出病害在 2014 年发展不明显，但是 2015 年发展明显，工务段于 2015 年 4 月进行 CA 砂浆整体更换																								
蔡家车站 137+260	2015 年 10 月现场调研发现，更换后的 CA 砂浆状态良好，但该区域其他部位仍然存在 CA 砂浆挤出病害、凸台离缝等问题																								
蔡家车站 DK138+800 附近	调研组于 2016 年 6 月针对 CRT Ⅰ型板式轨道现场试验，测试轮轨力，轨道各部件位移、加速度																								
蔡家 K132+410~K137+635	15 块板 CA 砂浆挤出，掉块严重，注浆修补已经不能满足维修要求，工务段于 2015 年 7 月对其进行 CA 砂浆层更换处理																								

图 1-8 遂渝线蔡家车站 CRTS Ⅰ型板式轨道跟踪调研横道图

### 1. 2011 年 CRTS Ⅰ型板式无砟轨道典型损伤调研

2011 年 8 月项目组对遂渝线无砟轨道试验段进行了现场考察，并对一些区段的破坏进行访查、收集与统计，如表 1-2 所示。

表 1-2 遂渝线蔡家段无砟轨道病害调查表

里程	挤浆破坏长度/m	里程	挤浆破坏长度/m
136.700 左	15	138+020 左	3
724 左	10	100 左	5
798 左	10	120 左	1
895 左	5	200 左	5
900 左	5	139+580 左	1
975 左	5	609 左	1
995 左	10	230 左	10
137.092 左	20	240 左	15
100 左	15	290 左	10



120 左	15	390 左	25
130 左	5	410 左	20

续表

里程	挤浆破坏长度/m	里程	挤浆破坏长度/m
210 左	10	490 左	6
390 左	3	500 左	8
400 左	15	520 左	10
420 左	15	590 左	15
600 左	5	615 右	15
700 左	10	650 左	20
800 左	15	700 左	10
880 左	10	770 左	1
970 左	10	790 左	3
		799 左	8
合计：402			

现场考察结果表明遂渝线无砟轨道试验段砂浆存在不同程度的破坏，其中所调查的蔡家段破坏长度约占破坏总长的 13%。遂渝试验段的 CA 砂浆采用灌注袋施工，因此不存在 CA 砂浆与轨道板的脱黏问题，但现场调查表明，遂渝线 CRTS 型板式无砟轨道的局部也出现了较为严重的破坏（见图 1-9），具体表现在：



(a) 砂浆层积水



(b) 砂浆挤出



(c) 砂浆层掉块

(d) 砂浆碎化

图 1-9 遂渝线 CRTS Ⅱ型板式无砟轨道 CA 砂浆破坏

(1) 砂浆脆化严重，现场通过手捏发现砂浆已无沥青材料的柔韧性。

(2) 和 2009 年相比，CA 砂浆已经出现大面积、大规模破坏，部分充填层已到了必须更换的地步，其余的估计剩余使用寿命已不到两年。

(3) 边角处砂浆竖向开裂，并呈弧状露出轨道板，显示轨道板对充填层有较强的挤出作用（类似板压圆饼），而导致砂浆破坏。

(4) 部分 CA 砂浆已严重粉化，在现场轨道板下方的黑稀泥状物质中可看到大量砂粒，砂浆已粉化至砂粒级水平，沥青与砂及水泥已全部剥离。

(5) 现场积水相当严重，由于遂渝线地处重庆地区，降雨量较为丰富，导致充填层大面积积水。

(6) 灌注袋上长满青苔和各种植物，生长茂盛，灌注袋出现大面积剥开。

(7) 灌浆修补后的充填层仍然出现了较强的挤出破坏，这表明一般的修补可能并不能完全解决问题。

(8) 灌注袋毁损严重，在现场已经看不到完整的灌注袋样，CA 砂浆直接暴露在空气中。

## 2. 遂渝线蔡家车站 CA 砂浆挤出病害修补

随着蔡家车站砂浆层破损越发严重，2014 年 5 月，铁科院与工务段也采取了相应的修补措施，对砂浆层挤出严重的地方，采用灌胶方式进行修补，并对砂浆层边缘进行封边处理。

(1) 修复位置。

遂渝线 K137+040 ~ K137+045，无砟轨道 CA 砂浆外挤病害处。

(2) 修复方法。

对病害处进行封闭，同时留出 SKD801 灌缝胶的灌缝口，待 SKD803 修补胶达到设计强度后，将 SKD801 灌缝胶灌入病害处。

(3) 具体修复流程。

进行 SKD803 修复胶修复时，应保证轨道整体稳定性，其整修方案如下：

敲掉松动的 CA 砂浆块，预埋注胶管，如图 1-10 所示。

然后用 SKD803 修补胶封闭 CA 砂浆层。

待 SKD803 胶固化后用加压灌注配制好的 SKD801 灌缝胶 Ⅱ型，注入到饱满为止。

待灌缝胶 Ⅱ型固化后（固化时间为 50 min 左右）除掉注胶管。

最后涂刷 XYPEX（赛柏斯）浓缩剂。

施工流程：

第一阶段：每 6 m 预埋注胶管，封闭裂缝，用时 60 min。

第二阶段：注入 SKD801 灌缝胶 Ⅱ型，用时 60 min。



施工材料用量：

每 3 m 预备双组分聚硫密封膏 20 kg；

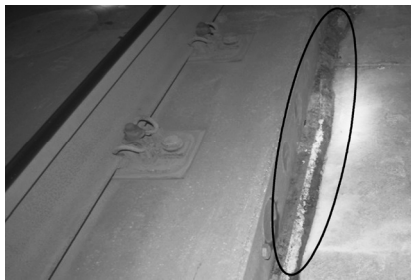
每 3 m 预备 SKD801 灌缝胶 型 40 kg。



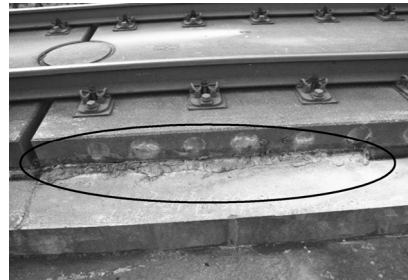
图 1-10 注胶管埋设

### 3. 2014 年 CRTS 型板式无砟轨道典型损伤调研

2014 年 10 月调研组对蔡家车站区段的 CRTS 型板式无砟轨道病害调研，针对 2014 年 5 月 CA 砂浆外挤修复的 CRTS 型板进行观察，其修复前后效果如图 1-11 所示。



(a) 修复前 CA 砂浆挤出

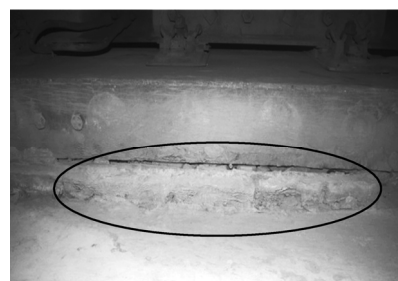
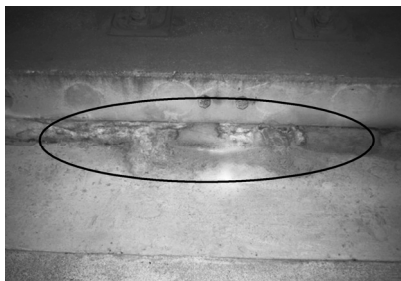


(b) 2014 年进行封边处理后

图 1-11 CRTS 型板式轨道 CA 砂浆修补前后

除修复位置处 CA 砂浆外，调研组发现该区段 CRTS 型板式无砟轨道病害仍然存在，如 CA 砂浆层失效、凸台树脂离缝等。

(1) CA 砂浆层失效，如图 1-12 所示。



(a) 砂浆层掉块 (b) 砂浆层白浆渗出

图 1-12 CA 砂浆层 I 级伤损

从图 1-12 中可以看出, CA 砂浆层 I 级伤损具体表现为 CA 砂浆层与轨道板和混凝土底座板之间出现离缝, 且有白浆渗出的痕迹, CA 砂浆层同时出现细微裂纹。根据现场观察, CA 砂浆层 I 级伤损沿轨道纵向均有不同程度的分布。

从图 1-13 中可以看出, CA 砂浆层 II 级伤损较 CA 砂浆层 I 级伤损严重, 具体表现为 CA 砂浆层挤出量较大 (小于 50 mm), 且 CA 砂浆层本身粉化、掉块较严重。根据现场观察, CA 砂浆层 II 级伤损主要分布在轨道板板端处。



(a) 砂浆层掉块 (b) 砂浆挤出

图 1-13 CA 砂浆层 II 级伤损

从图 1-14 可以看出, CA 砂浆层 III 级伤损最严重。根据现场观察, 可以发现 CA 砂浆层 III 级伤损主要分布在轨道板板端处。



(a) 砂浆层粉化 (b) 砂浆层悬空

图 1-14 CA 砂浆层 III 级伤损

CA 砂浆还存在较多的轨道板下 CA 砂浆整体压出病害, 病害如图 1-15 所示, 压出的 CA

砂浆层基本上没有粉化、掉块。



图 1-15 CA 砂浆层整体压出

(2) 凸台树脂离缝。

此次调研发现 CRTS Ⅱ 型板式无砟轨道还存在凸台周围环形树脂离缝的现象，如图 1-16 所示。

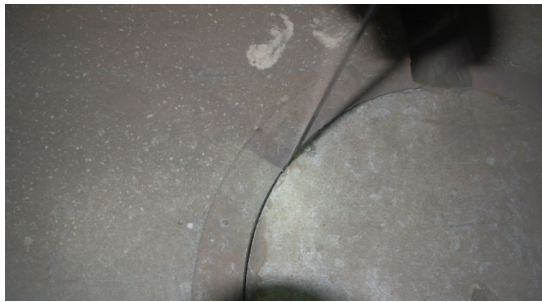


图 1-16 凸台环形树脂离缝

根据现场情况的发现，离缝出现在环形树脂和凸型挡台之间，宽度一般为 2~3 mm。且由于施工工艺的原因，凸型挡台有高出或低于轨道板的情况。

(3) 其他病害。

如图 1-17 所示，底座板破损主要表现为底座板与底座板连接处混凝土掉块，导致底座板缺角，内部钢筋裸露在空气中。



图 1-17 底座板破损

每个 CA 砂浆灌浆孔喷浆方向一致,均顺着列车行驶方向呈放射状分布,如图 1-18 所示。



图 1-18 CA 砂浆灌浆孔喷浆

如图 1-19 所示,轨道板横向预应力钢筋封锚处混凝土有不同程度的脱落,但横向预应力钢筋锚固螺栓并未露出。



图 1-19 轨道板横向预应力钢筋封锚混凝土脱落

部分地段,路基出现渗浆现象(见图 1-20),主要表现:路基和底座板之间出现裂缝,缝隙处有白浆冒出的痕迹,底座板周边路基上有白浆冒出后流过的痕迹。

