

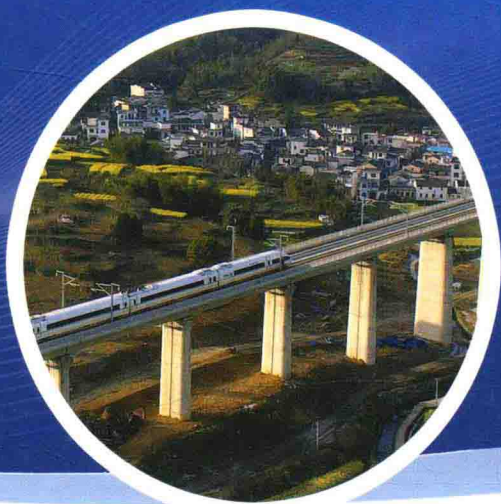


# 高速铁路无砟轨道 线路质量等级管理

GAOSU TIELU WUZHA GUIDAO

XIANLU ZHILIANG DENGJI GUANLI

徐伟昌 许玉德 谭社会 毛晓君 仲春艳 著



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路科技图书出版基金资助出版

# 高速铁路 无砟轨道线路质量等级管理

徐伟昌 许玉德 谭社会 毛晓君 仲春艳 著

中国铁道出版社

2016年·北京

## 内 容 简 介

本书以丰富高速铁路无砟轨道养修管理方法为出发点,基于设备质量全过程管理的思想,提出并实践了轨道精调和运营管理两个阶段线路质量等级管理方法。

在轨道精调阶段,介绍了无砟轨道精调体系,包括绝对和相对相结合的精调测量模式、调整量最小的精调方案设计原则、“先基准股后非基准股”的精调作业流程、质量和经济相结合的精调分析评价及全过程动态的精调数据管理等内容。在运营管理阶段,介绍了无砟轨道线路质量等级评价体系,包括不等长单元区段划分方法、几何状态与结构状态相结合的评价指标及针对性的养修措施等内容。在管理系统篇章,介绍了轨道精调阶段的轨道测控技术应用系统和运营管理阶段的无砟轨道等级管理系统。

本书可供从事高速铁路建设、维护、研究等领域的技术人员参考和使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

高速铁路无砟轨道线路质量等级管理/徐伟昌等著. —北京:

中国铁道出版社, 2016. 3

ISBN 978-7-113-21636-8

I. ①高… II. ①徐… III. ①高速铁路—无砟轨道—铁路  
线路—质量管理 IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 055863 号

书 名:高速铁路无砟轨道线路质量等级管理

作 者:徐伟昌 许玉德 谭社会 毛晓君 仲春艳 著

策 划:时 博

责任编辑:时 博 编辑部电话:010-51873141 电子信箱:crph@163.com

封面设计:崔丽芳

责任校对:孙 玫

责任印制:陆 宁 高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京铭成印刷有限公司

版 次:2016年3月第1版 2016年3月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:11.75 字数:252 千

书 号:ISBN 978-7-113-21636-8

定 价:58.00 元

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

# 前 言

高速铁路以其安全性能好、运行速度快、乘坐舒适性高等优势成为世界铁路发展的主要趋势之一。我国自1999年秦沈客运专线开工建设以来,经过广大铁路工作者的努力,已成为世界上高速铁路发展速度最快、运营里程最长的国家。

无砟轨道结构作为一种新型的轨道结构形式,改变了容易引起轨道变形的碎石道床结构,具备高整体性、高平顺性和高稳定性等特点,已成为高速铁路主要轨道形式。但由于我国高速铁路运营时间较短,无砟轨道运营维护实践经验缺乏,其设备变化规律以及与之相适应的养护维修管理体系尚处于探索阶段。

本书从科学控制轨道精调质量和综合评价线路设备质量状态入手,在高速铁路轨道精调和运营管理两个阶段提出并实践了线路质量等级管理方法。

在轨道精调阶段线路质量等级管理中,基于“精益管理”理论,应用“等级管理”方法,结合线路条件,拟定相应的精调质量目标,通过绝对和相对相结合的精调测量模式、调整量最小的精调方案设计原则、“先基准股后非基准股”的精调作业流程、质量和经济相结合的精调分析评价以及全过程动态的精调数据管理,提升轨道精调质量,从运营起点就实现线路高品质,为线路质量的全过程管理奠定坚实基础。杭长高速铁路的轨道精调实践表明,线路质量等级管理具有良好的应用效果。

在运营管理阶段线路质量等级管理中,基于“分级养修”理念,应用“等级管理”方法,结合工务设备构筑物特征、多源检测数据,提出不等长单元区段划分方法,构建几何状态与结构状态相结合的评价指标,确定评价指标中参数的阈值与权重,依据养修能力与评价结果给出针对性的措施,建立运营管理阶段无砟轨道线路质量等级评价体系,实现养修资源的合理分配和利用。沪宁高速铁路的运营管理实践表明,线路质量等级管理具有良好的应用效果。

为有效开展上述两个阶段的线路质量等级管理,在大数据背景下,利用信息化手段,分别研发了轨道精调阶段的测控技术应用系统和运营管理阶段的无砟轨道等级管理系统。

《高速铁路无砟轨道线路质量等级管理》一书凝聚着科研、建设、运营工作者的集体智慧和辛勤汗水。通过编写本书来总结高速铁路无砟轨道线路养护维修管理方面的新理念、新思路和新方法,既是对我国高速铁路无砟轨道线路养护维修管理方式的一种探究,也是新形势、新背景下高速铁路无砟轨道线路养护维修

管理阶段性成果的展示,以期对我国高速铁路无砟轨道线路养护维修管理体系的完善有所裨益。

全书主要著作人员为徐伟昌、许玉德、谭社会、毛晓君、仲春艳。其中,许玉德、徐伟昌、毛晓君负责第一章内容编写;徐伟昌、许玉德、毛晓君、仲春艳负责第二章内容编写;谭社会、邱兴华、毛晓君、沈坚锋负责第三章内容编写;仲春艳、许玉德、徐伟昌、杨建锋负责第四章内容编写;李海锋、罗庄、王胜负责第五章内容编写。

在开展高速铁路无砟轨道线路质量等级管理的研究中,得到了中国铁路总公司运输局吴细水教授级高级工程师,兰州铁路局王峰教授级高级工程师,沪昆铁路客运专线浙江有限责任公司张扬、高静华教授级高级工程师,京福铁路客运专线安徽有限责任公司张骥翼教授级高级工程师、冀福孝高级工程师,北京交通大学高亮教授,上海铁路局工务处宋国亮、李振廷、王永华、龚新斌高级工程师,上海铁路局科研院所龚佩毅教授级高级工程师等专家的支持与帮助。同济大学陶佳元、张晚晴、陈睿颖、丁荣、卢野、游堃、孙小辉、邱俊兴、李凤煜、刘婉怡等研究生参加了现场数据测试及分析工作。同济大学王午生教授和上海铁路局李庆鸿教授级高级工程师、张杰高级工程师对本书进行了审阅,并提出了建设性建议。本书还参考了最新颁布的有关规范和国内外相关文献。在此,对他们的辛勤付出表示衷心的感谢!

限于作者水平,本书错误与不当之处在所难免,敬请各位专家及广大读者批评指正。

作 者

2015年12月于上海

# 目 录

<b>1 高速铁路无砟轨道线路养护维修管理</b> .....	1
1.1 高速铁路概况 .....	1
1.2 高速铁路无砟轨道 .....	3
1.3 无砟轨道线路养护维修管理 .....	13
<b>2 高速铁路无砟轨道线路质量等级</b> .....	30
2.1 铁路等级沿革 .....	30
2.2 无砟轨道线路质量分析 .....	32
2.3 无砟轨道精调阶段线路质量等级 .....	38
2.4 无砟轨道运营管理阶段线路质量等级 .....	43
<b>3 高速铁路无砟轨道精调阶段线路质量等级管理</b> .....	60
3.1 无砟轨道精调作业准备 .....	60
3.2 无砟轨道精调测量 .....	61
3.3 无砟轨道精调作业方案设计 .....	67
3.4 无砟轨道精调作业 .....	75
3.5 无砟轨道精调分析评价 .....	83
3.6 无砟轨道精调数据管理 .....	99
<b>4 高速铁路无砟轨道运营管理阶段线路质量等级管理</b> .....	102
4.1 无砟轨道线路质量等级管理单元区段划分 .....	102
4.2 无砟轨道线路质量等级管理计算参数确定 .....	106
4.3 无砟轨道线路质量等级管理实践 .....	138
<b>5 高速铁路无砟轨道线路质量等级管理系统</b> .....	150
5.1 轨道测控技术应用系统 .....	150
5.2 无砟轨道运营阶段等级管理系统 .....	160
<b>参考文献</b> .....	173
<b>后 记</b> .....	177

# Contents

<b>1</b>	<b>Ballastless track maintenance management of high-speed railway</b>	1
1.1	General situation of high-speed railway	1
1.2	High-speed railway ballastless track	3
1.3	Maintenance management of ballastless track	13
<b>2</b>	<b>Track quality grade of high-speed railway ballastless track</b>	30
2.1	Historical evolution of railway grade	30
2.2	Track quality analysis of high-speed railway ballastless track	32
2.3	Track quality grade during ballastless track fine adjustment stage	38
2.4	Track quality grade during ballastless track operation stage	43
<b>3</b>	<b>Track quality grade management of high-speed railway ballastless track during track fine adjustment stage</b>	60
3.1	Track fine adjustment preparation of ballastless track	60
3.2	Track fine adjustment measurement of ballastless track	61
3.3	Track fine adjustment scheme design of ballastless track	67
3.4	Track fine adjustment operation of ballastless track	75
3.5	Track fine adjustment analysis and evaluation of ballastless track	83
3.6	Track fine adjustment data management of ballastless track	99
<b>4</b>	<b>Track quality grade management of high-speed railway ballastless track during track operation stage</b>	102
4.1	Unit section division of ballastless track quality grade management	102
4.2	Calculation parameters determination of ballastless track quality grade management	106
4.3	Practice of ballastless track quality grade management	138
<b>5</b>	<b>Track quality grade management system of high-speed railway ballastless track</b>	150
5.1	Track measurement and control technology application system	150
5.2	Ballastless track operation grade management system	160
	<b>References</b>	173
	<b>Afterword</b>	177

# 1 高速铁路无砟轨道线路养护维修管理

高速铁路是资源节约型和环境友好型的绿色交通运输方式,以其运行速度快、安全性能好、能耗低、全天候运行等优点受到世界各国的高度重视。本章首先介绍了高速铁路的特点,国内外高速铁路的发展现状,以及高速铁路钢轨、无缝线路、扣件系统、无砟道床和高速道岔。其次,针对目前高速铁路无砟轨道运营阶段出现的结构伤损,指出无砟轨道养护维修应以结构病害整治为主。在概述目前无砟轨道线路设备维修内容、维修标准和状态评定标准的基础上,提出“状态修”与“预防修”相结合的高速铁路无砟轨道养护维修理念,认为其内涵是开展线路质量等级管理,为此需在时间维度上提前把控线路初始质量状态,在空间维度上优化线路管理单元划分方法、完善线路质量综合评价体系。

## 1.1 高速铁路概况

### 1.1.1 高速铁路的特点

我国现行《铁路主要技术政策》规定:高速铁路为新设计开行 250 km/h(含预留)及以上动车组列车,初期运营速度不小于 200 km/h 的客运专线铁路。高速铁路的特点可以概括为“五高一低”。

#### (1) 高速度

高速度是高速铁路的最主要标志,高速化成为世界铁路发展的两大趋势之一。目前,日本、德国、法国和中国等国家的高速铁路运营速度已经达到 300 km/h 及以上,试验速度更是突破了 570 km/h。

#### (2) 高正点率

高速列车采用自动控制系统,高速铁路设备的高可靠性和较高的运输组织水平保证了旅客列车的高正点率。

#### (3) 高安全性

高速列车在全封闭环境中自动化运行,有一系列完善的安全保障系统。相对于其他现代交通运输方式而言,高速列车的事故率大大降低,其安全性是其他交通工具所无法比拟的。

#### (4) 高舒适性

高速列车运行平稳,工作、生活设施齐全,座席宽敞舒适,为乘客提供高舒适性旅行环境。

#### (5) 高技术标准

高速铁路线路平纵断面、路基、轨道、桥梁、隧道等各方面选用的技术标准都高于一般



中低速铁路,其线下基础具有高平顺性、高稳定性、高可靠性等特点,保证列车以规定速度安全、平稳、舒适和不间断地运行。

#### (6) 低能源消耗

高速列车采用电力牵引,不消耗石油等液体燃料,更符合节能环保理念。据统计,以“人/公里”单位能耗进行比较,若高速铁路能耗值为 1,则大客车、小轿车和飞机能耗值分别为 2、5 和 7。

### 1.1.2 高速铁路的发展现状

高速铁路的发展可划分为三个不同的阶段,即 20 世纪 60 年代至 80 年代末的第一次建设高潮,90 年代初期形成的第二次建设高潮,以及 90 年代中期以后形成的第三次建设高潮。其中以日本、德国、法国、中国的高速铁路建设为典型代表。

#### 1.1.2.1 国外高速铁路的发展

##### (1) 日本

1964 年 10 月 1 日,世界第一条高速铁路东海道新干线建成通车,列车最高时速 210 km。这条专门用于客运的电气化、标准轨距的双线铁路,代表了当时世界一流的高速铁路技术水平,标志着世界高速铁路由试验阶段跨入了商业运营阶段。1971 年,日本国会审议并通过了《全国铁道新干线建设法》,掀起了高速铁路建设的浪潮。1975 年至 1985 年间又先后开通了山阳新干线、东北新干线、上越新干线,列车最高时速 300 km,基本形成了日本高速铁路网骨架,其后又陆续开通了北陆新干线和九州新干线。

##### (2) 法国

法国高速铁路称为 TGV(Train à Grande Vitesse)。1971 年,法国政府批准修建 TGV 东南线(巴黎至里昂,全长 417 km,其中新建高速铁路线 389 km)。TGV 东南线于 1976 年 10 月正式开工,1983 年 9 月全线建成通车,列车最高时速 270 km。1989 年至 2001 年间,法国先后建成投入运营的高速铁路有大西洋线、东南延伸线、北方线、巴黎东环线 and 地中海线,列车最高时速均为 300 km。

##### (3) 德国

德国高速铁路称为 ICE(Inter City Express)。1979 年试制成第一辆 ICE 机车,1982 年德国高速铁路计划开始实施,1985 年首次试车,以时速 317 km 打破德国铁路 150 年来的纪录,1988 年创造了时速 406.9 km 的纪录。但是德国的实用性高速铁路直到 20 世纪 90 年代初才开始修建,1991 年曼海姆至斯图加特线建成通车,列车最高时速 250 km;1992 年汉诺威至维尔茨堡线建成通车,列车最高时速 250 km。1998 年至 2002 年间,德国先后建成科隆至法兰克福线和纽伦堡至英戈尔施达特线,列车最高时速 300 km。

#### 1.1.2.2 我国高速铁路的发展

1999 年 8 月 16 日,秦沈客运专线全面开工,2003 年 10 月 12 日正式运营。秦沈客运专线是我国自主研究、设计、施工的目标时速 200 km 的第一条铁路客运专线,在该条线路上开展了大量的试验研究,为后建的高速铁路提供了宝贵的经验。

2005 年 7 月 4 日,京津城际高速铁路开工,2008 年 8 月 1 日通车运营。京津城际高

速铁路是我国《中长期铁路网规划》中环渤海地区城际轨道交通网的重要组成部分,也是我国第一条设计时速为 350 km 的高速铁路。该线首次大面积采用无砟轨道技术,采用 500 m 长钢轨工地焊接施工工艺,铺设跨区间无缝线路。

2005 年 9 月 25 日,郑西高速铁路正式开工,并于 2010 年 2 月 6 日通车运营。郑西高速铁路是国家《中长期铁路网规划》“四纵四横”中“徐兰客运专线”的中段,沿线 80% 区段为黄土覆盖,湿陷性黄土区施工技术是最大的技术难题。

2008 年 4 月 18 日,京沪高速铁路全面开工建设,2011 年 6 月 30 日通车运营,将中国最大的两个城市北京和上海的旅行时间缩短至 4 小时 48 分钟。京沪高速铁路正线全长约 1 318 km,桥梁长度约 1 140 km,占正线长度 86.5%;隧道长度约 16 km,占正线长度 1.2%;路基长度约 162 km,占正线长度 12.3%。全线铺设无砟轨道正线约 1 268 km,占线路长度的 96.2%。

2007 年 8 月 23 日,哈大高速铁路正式开工建设,2012 年 12 月 1 日正式通车运营,是世界上第一条地处高寒地区的高速铁路,也是国家《中长期铁路网规划》“四纵四横”中“京哈客运专线”的重要组成部分。哈大高速铁路全长 921 km,其中 2/3 以上路段为高架桥梁形式,将东北三省主要城市连为一线。

截至 2015 年,我国高速铁路运营里程超过 1.9 万 km,“四纵”干线基本成形,运营里程约占世界高速铁路运营里程的 60%,居世界高速铁路里程榜榜首。高速铁路的大规模建设,不仅促进了沿线经济的快速发展,而且改变了我国人民传统的出行习惯,给国家和社会带来了巨大的经济效益和社会效益。

## 1.2 高速铁路无砟轨道

无砟轨道由于其整体性好,可为高速铁路列车提供更平顺、稳定的运行基础,已成为高速铁路的发展趋势。目前,一些国家已把无砟轨道作为轨道的主要结构形式全面推广,并成功应用于路基、隧道和高架桥上。日本新建铁路的无砟轨道铺轨里程已超过 80%,德国新建高速铁路无砟轨道铺轨里程占线路总长的 70% 以上,尽管法国在高速有砟轨道上创造了世界上最高的行车时速,但目前也开始尝试铺设无砟轨道。

无砟轨道结构由钢轨、扣件、无砟道床等组成,一般采用跨区间无缝线路、大号码道岔。

### 1.2.1 钢 轨

#### (1) 分类及成分

根据我国高速铁路相关标准,200 km/h 及以上高速客运专线应选用 U71MnG 钢轨,200~250 km/h 高速客货混运铁路应选用 U75VG 钢轨。其中,U 代表钢轨钢;71、75 代表化学成分中碳平均含量为 0.71%、0.75%;Mn 代表锰元素;V 代表钒元素;G 代表高速铁路。U71MnG 和 U75VG 钢轨的化学成分及力学性能见表 1.1 和表 1.2。

表 1.1 钢牌号及化学成分

钢牌号	化学成分(质量百分数,%)						
	C	Si	Mn	P	S	V	Al
U71MnG	0.65~0.75	0.15~0.58	0.70~1.20	≤0.025	≤0.025	≤0.030	≤0.025
U75VG	0.71~0.80	0.50~0.70	0.75~1.05	≤0.025	≤0.025	0.04~0.08	≤0.025

表 1.2 抗拉强度、伸长率和轨头顶面硬度

钢牌号	抗拉强度 Rm( MPa)	伸长率 A(%)	轨头顶面中心线硬度(HBW10/3000)
U71MnG	≥880	≥10	260~300
U75VG	≥980	≥10	280~320

注:热锯取样检验时,允许断后伸长率比规定值降低 1%(绝对值)。

工厂生产出厂的高速铁路钢轨为 100 m 定尺钢轨,为铺设无缝线路需要对钢轨进行焊接。

### (2) 钢轨焊接

钢轨焊接方式主要有固定式闪光焊接、移动式闪光焊接和铝热焊接。固定式闪光焊接是指闪光焊机在基地(或工厂)焊轨生产线焊接钢轨,焊接电源由电力网经配电变压器供电。移动式闪光焊接是指闪光焊机在铁路轨道上焊接钢轨,焊机及其配套设备的动力源是独立的车载式发电机组。铝热焊接是指以氧化铁为氧化剂,以铝粉为还原剂的一种热剂焊。道岔焊接主要采用铝热焊接方法。

### 1.2.2 无缝线路

高速铁路采用跨区间无缝线路,最大限度地减少了钢轨接头,并取消了缓冲区,线路平顺性好,整体强度高,防爬能力强,钢轨纵向力分布均匀,可保证轨道结构的高平顺性及高稳定性,实现高速列车的平稳安全运行。

无缝线路设计锁定轨温应根据当地最高轨温、最低轨温及无缝线路的允许温升、允许温降计算确定,并考虑一定的修正量。桥上无缝线路设计锁定轨温还应满足钢轨断缝检算要求。

无缝线路设计锁定轨温宜按式(1.1)计算。

$$T_e = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \pm \Delta T_k \quad (1.1)$$

式中  $\Delta T_k$  ——设计锁定轨温修正值,一般为  $0^\circ\text{C} \sim 5^\circ\text{C}$ ;

$T_{\max}$  ——最高轨温;

$T_{\min}$  ——最低轨温。

设计锁定轨温上限:  $T_u = T_e + (3 \sim 5)^\circ\text{C}$ ; 设计锁定轨温下限:  $T_d = T_e - (3 \sim 5)^\circ\text{C}$ 。设计锁定轨温上、下限应满足以下条件:最大升温幅度  $\Delta T_{u,\max} = T_{\max} - T_d \leq [\Delta T_u]$ ; 最大降温幅度  $\Delta T_{d,\max} = T_u - T_{\min} \leq [\Delta T_d]$ 。

高速铁路无缝线路相邻单元轨节间的锁定轨温差不应大于  $5^\circ\text{C}$ ,同一单元轨节左右股钢轨的锁定轨温差不应大于  $3^\circ\text{C}$ 。同一区间内单元轨节的最高与最低锁定轨温差不应

大于 10℃。

### 1.2.3 扣件系统

无砟轨道主要采用 WJ-7 型、WJ-8 型、W300-1 型扣件。按轨下基础或无砟道床形式分为有挡肩和无挡肩扣件两类。

#### 1.2.3.1 WJ-7 型扣件

##### (1) 扣件组成

① WJ-7 型扣件由 T 型螺栓、螺母、平垫圈、弹条、绝缘块、铁垫板、轨下垫板、绝缘缓冲垫板、重型弹簧垫圈、平垫块、锚固螺栓和预埋套管组成,此外,为了钢轨调高的需要,还包括轨下调高垫板(或充填式垫板)和铁垫板下调高垫板,如图 1.1 所示。

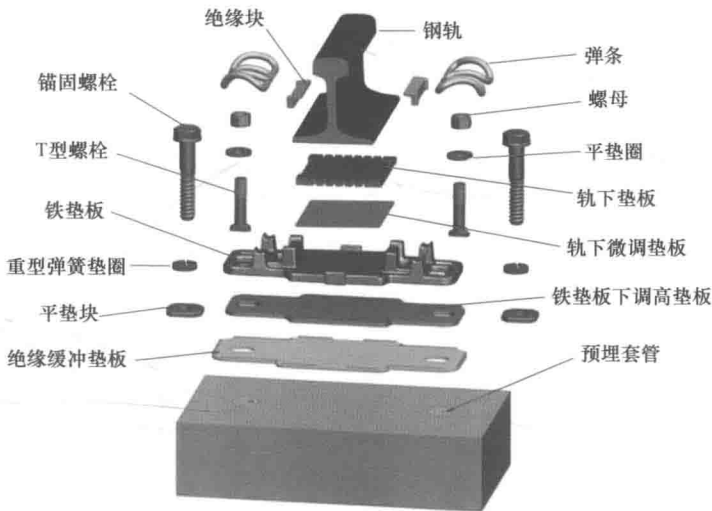


图 1.1 WJ-7 型扣件部件组成

② 弹条分为两种,即 W1 型弹条(直径为 14 mm)和 X2 型弹条(直径为 13 mm),其中,桥上采用小阻力扣件时使用 X2 型弹条。

③ 轨下垫板分为 A、B 两类,A 类用于兼顾货运的高速铁路(厚度为 12 mm),B 类用于仅运行客车的高速铁路(厚度为 14 mm),每类又分为橡胶垫板和桥上采用小阻力扣件时配套使用的复合垫板。

##### (2) 主要技术要求

① 对 T 型螺栓应进行定期涂油,防止螺栓锈蚀。

② 预埋套管中应保证有一定的防护油脂。

③ 安装铁垫板时,轨底坡方向应朝向轨道内侧。

④ 弹条养护标准:弹条中部前端下颚与绝缘块不宜接触,两者间隙不得大于 1 mm;或使用扭矩扳手检测 T 型螺栓扭矩时,W1 型弹条为 100~140 N·m,X2 型弹条为 70~90 N·m。

⑤ 锚固螺栓扭矩为 300~350 N·m。

⑥钢轨与绝缘块、绝缘块与铁垫板挡肩间缝隙之和不大于 1 mm。

⑦钢轨左右位置调整量： $\pm 6$  mm。

⑧高低调整量： $-4 \sim +26$  mm。

### 1.2.3.2 WJ-8 型扣件

#### (1) 扣件组成

①WJ-8 型扣件由螺旋道钉、平垫圈、弹条、绝缘轨距块、轨距挡板、轨下垫板、铁垫板、铁垫板下弹性垫板和预埋套管组成,此外,为了钢轨高低位置调整的需要,还包括轨下微调垫板和铁垫板下调高垫板,如图 1.2 所示。

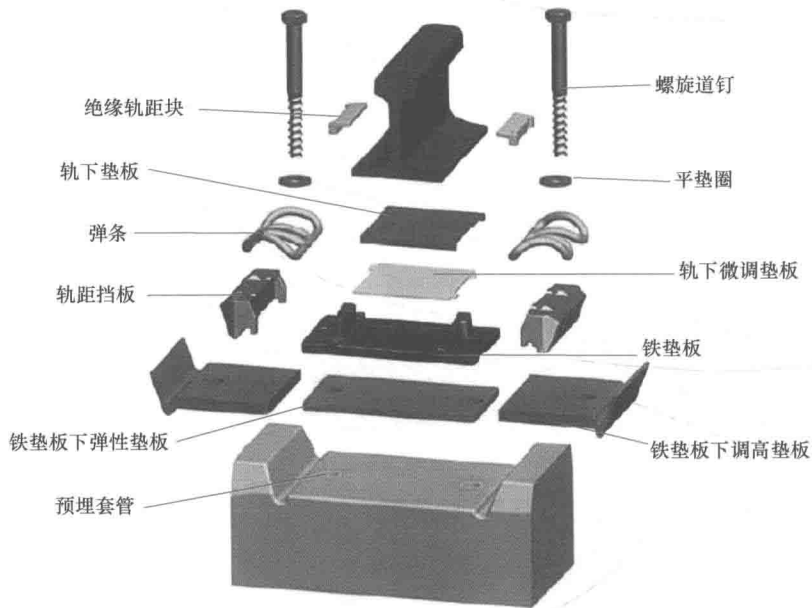


图 1.2 WJ-8 型扣件部件组成

②弹条分两种,即 W1 型弹条(直径为 14 mm)和 X2 型弹条(直径为 13 mm),其中,桥上采用小阻力扣件时使用 X2 型弹条。

③轨距挡板分为两种,即一般地段用轨距挡板和夹板处用接头轨距挡板。

④铁垫板下弹性垫板分为 A、B 两类(厚度均为 12 mm)。A 类弹性垫板用于兼顾货运的高速铁路,B 类弹性垫板用于仅运行客车的高速铁路。

⑤螺旋道钉分为 S2 型和 S3 型两种,在扣件正常状态安装或钢轨调高量不大于 15 mm 时用 S2 型螺旋道钉,调高量大于 15 mm 时用 S3 型螺旋道钉。

#### (2) 主要技术要求

①预埋套管中应保证有一定的防护油脂。

②夹板处应采用接头轨距挡板和绝缘轨距块。

③弹条养护标准:弹条中部前端下颚与绝缘轨距块不宜接触,两者间隙不得大于 1 mm;或使用扭矩扳手检测螺旋道钉扭矩时,W1 型弹条为  $130 \sim 170$  N·m,X2 型弹条为  $90 \sim 120$  N·m。

④轨距挡板应与承轨槽挡肩密贴,间隙不大于 1 mm;钢轨与绝缘轨距块、绝缘轨距块与铁垫板挡肩间缝隙之和不大于 1 mm。

⑤钢轨左右位置调整量:±5 mm。

⑥高低调整量:−4~+26 mm。

### 1.2.3.3 W300-1 型扣件

#### (1)扣件组成

①W300-1 型扣件分为 W300-1a 型和 W300-1u 型两种。扣件由弹条、绝缘垫片、轨距挡板、螺栓、轨下垫板、铁垫板、弹性垫板和预埋套管等组成,为满足高低调整需要,还包括调高垫板,如图 1.3 所示。

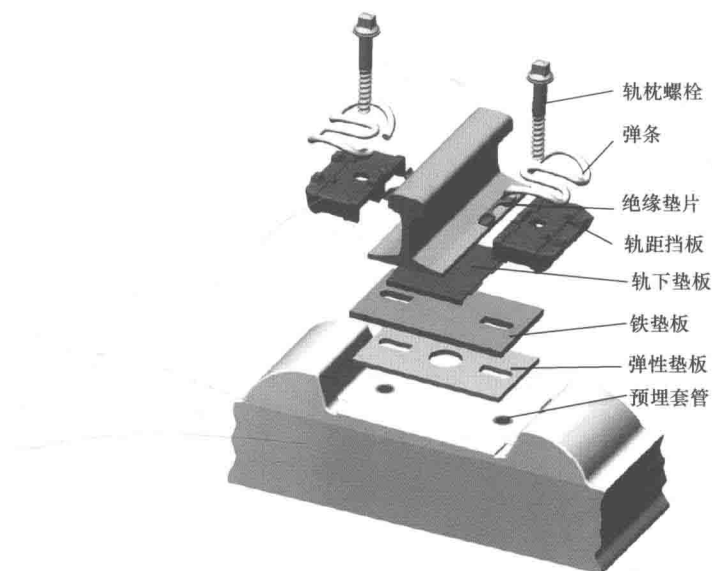


图 1.3 W300-1 型扣件部件组成

②弹条分为两种,即 SKL15 型弹条(直径为 15 mm)和 SKLB15 型弹条(直径为 13 mm),其中,桥上采用小阻力扣件时使用 SKLB15 型弹条。

③标准规格螺栓(Ss36-230)长度为 230 mm。为满足高低调整需要,配有长度为 240 mm 和 250 mm 的螺栓。

④标准规格轨下垫板(Zw692-6)厚度为 6 mm。为满足高低调整需要,配有厚度为 2 mm、3 mm、4 mm、5 mm、7 mm 和 8 mm 的轨下垫板。

⑤标准规格轨距挡板分为 Wfp15a 型挡板(适用于 W300-1a 型扣件)和 Wfp15u 型挡板(适用于 W300-1u 型扣件)两种。为满足钢轨左右位置调整需要,配有 Wfp15a±1 (Wfp15u±1)~ Wfp15a±8(Wfp15u±8)各 16 种规格。

#### (2)主要技术要求

①预埋套管中应保证有一定的防护油脂。

②弹条养护标准:弹条中部前端与轨距挡板前端突起部分不宜接触,两者间隙不大于 1 mm,或使用扭矩扳手检测螺旋道钉扭矩时,SKL15 型弹条为 210~250 N·m,SKLB15

型弹条为  $150\sim 180\text{ N}\cdot\text{m}$ 。

③轨距挡板应与承轨槽挡肩密贴,钢轨与轨距挡板间隙不大于  $1\text{ mm}$ 。

④钢轨左右位置调整量:  $\pm 8\text{ mm}$ 。

⑤高低调整量:  $-4\sim +26\text{ mm}$ 。

#### 1.2.4 无砟道床

无砟道床是以混凝土或沥青混合料等取代散粒碎石道床而组成的结构形式。目前,我国常用的无砟道床有 CRTS I 型板式、CRTS II 型板式、CRTS III 型板式、双块式以及道岔区轨枕埋入式、道岔区板式等几种结构形式。

##### (1) CRTS I 型板式无砟道床

CRTS I 型板式无砟道床是在现浇的钢筋混凝土底座上铺装预制轨道板,通过砂浆充填层调整高低水平,通过凸形挡台进行限位的单元板式无砟道床结构形式,如图 1.4 所示。

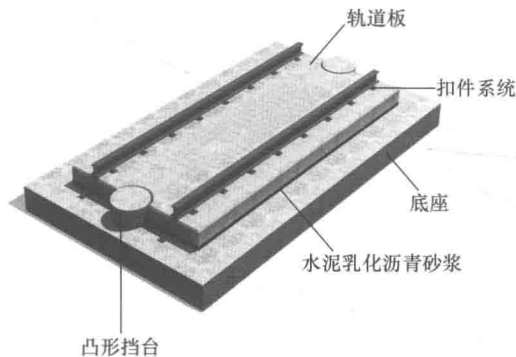


图 1.4 CRTS I 型板式无砟道床结构

混凝土轨道板有预应力平板(P)、预应力框架板(PF)、普通钢筋混凝土框架板(RF)等多种形式,目前多采用预应力平板,即 P 型轨道板。

充填层采用低弹模水泥乳化沥青砂浆,主要采用袋装法施工,充填层厚度设计值为  $50\text{ mm}$ ,弹性模量为  $100\sim 300\text{ MPa}$ 。

凸形挡台有圆形和半圆形两种,其中,半圆形凸形挡台主要应用于梁端和过渡段等特殊部位。凸形挡台半径  $260\text{ mm}$ ,高  $250\text{ mm}$ ,圆形凸形挡台圆心位于板缝中心线上,半圆形凸形挡台圆心位于相连轨道板端面。凸形挡台和轨道板半圆缺口之间灌注凸台树脂,与凸形挡台一起限制轨道板的纵横向位移,抵抗纵横向作用力,并传递荷载。同时,凸台树脂可以提供合适的弹性,有效地缓解列车纵横向的冲击。

混凝土底座分段设置。路基地段  $2\sim 4$  块轨道板设置一道底座伸缩缝;桥梁地段每块轨道板设置独立混凝土底座;隧道地段一般  $2$  块轨道板设置一道底座伸缩缝,遇隧道沉降缝对应设置伸缩缝。

##### (2) CRTS II 型板式无砟道床

CRTS II 型板式无砟轨道是将预制 CRTS II 型轨道板通过水泥沥青砂浆调整层,铺设

在现场摊铺的混凝土支承层(路基、隧道)或现场浇筑的钢筋混凝土底座(桥梁)上的纵连板式无砟道床结构形式。

路基及隧道地段 CRTS II 型板式无砟道床结构由轨道板、水泥乳化沥青砂浆调整层、支承层等部分组成,如图 1.5 所示。桥梁地段 CRTS II 型板式无砟道床结构由轨道板、水泥乳化沥青砂浆充填层、底座板、滑动层、高强度挤塑板、侧向挡块及弹性限位板等部分组成。台后路基设置锚固结构(包括摩擦板、土工布、端刺)及过渡板。

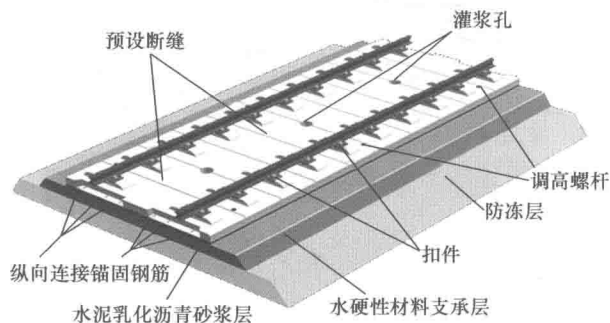


图 1.5 CRTS II 型板式无砟道床结构

轨道板分为三类:标准轨道板(铺设于区间线路的一般区间,长度 6 450 mm)、特殊轨道板(铺设于起终点和岔区两端,长度 6 365 mm)、补偿板(根据线路情况合理布置,长度由布板软件计算确定)。板间采用张拉锁件张拉连接,混凝土封填。

充填层采用高弹模水泥乳化沥青砂浆,设计厚度为 30 mm,弹性模量 7 000~10 000 MPa。

路基、隧道地段采用连续的混凝土支承层结构,宽度为 3 250 mm、2 950 mm,厚度为 300 mm。桥上采用连续的钢筋混凝土底座,宽度为 2 950 mm,直线地段厚度为 190 mm,曲线地段厚度根据设计确定。

滑动层为桥上 CRTS II 型板式无砟轨道系统的组成部分,为“两布一膜”结构,即两层土工布夹一层土工膜,其中下层土工布通过胶粘剂粘在梁面防水层或梁面上。隔离桥梁和轨道间的相互作用,减小桥梁伸缩引起的钢轨和板内纵向附加力,可在大跨度连续梁上取消小阻力扣件和伸缩调节器。

高强度挤塑板材质为挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板,宽度为 2.95 m,长度为 1.45 m,厚度为 50 mm,布置在梁端。采用粘结剂固定在梁面加高平台的凹槽内,可减小梁端转角对无砟轨道结构的影响,确保轨道结构的安全。

扣压式侧向挡块长度一般为 800 mm。限位板设置在侧向挡块与底座板的接触面上,通过锚固连接件与侧向挡块内的钢筋固定。

### (3) CRTS III 型板式无砟道床

CRTS III 型板式无砟道床是在现浇的钢筋混凝土底座或混凝土支承层上铺装预留连接钢筋的预制混凝土轨道板,中间设置自密实混凝土层的无砟道床结构形式,如图 1.6 所示。

轨道板采用预应力结构,板顶面设置承轨台,板底预留连接钢筋,通过轨道板与自密



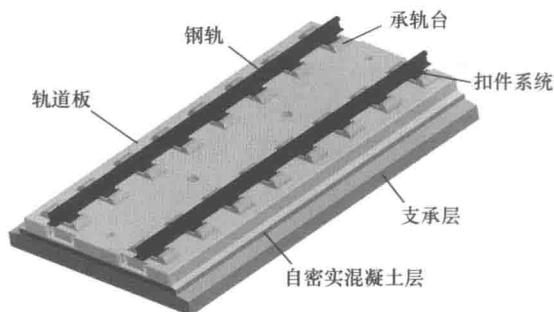


图 1.6 CRTS III 型板式无砟道床结构

实混凝土之间的粘结以及连接钢筋限制轨道板纵横向位移。轨道板类型有 P5350、P5600、P4925 和 P4856 等；轨道板宽度为 2 500 mm，厚度为 190 mm 或 210 mm；扣件间距分 687 mm、630 mm、617 mm 等。

自密实混凝土层强度等级 C40，四周与轨道板侧面齐平，厚度设计值一般为 100 mm 左右。自密实混凝土层间设置钢筋网片或冷轧焊网。

底座(支承层)现场浇筑完成，路基地段宽度为 3 100 mm，厚度为 200~300 mm；桥梁和隧道区段宽度为 2 900 mm，厚度一般为 200 mm 左右。当轨道板纵向连续设置时，采用混凝土支承层；当轨道板单元设置时，采用混凝土底座，顶面限位凹槽。路基地段 2~4 块轨道板设置一道底座伸缩缝；桥梁地段对应每块轨道板设置独立混凝土底座；隧道地段一般 2 块轨道板设置一道底座伸缩缝，遇隧道沉降缝对应设置伸缩缝。

灌注自密实混凝土，通过其良好的流动性，在底座限位凹槽处形成凸台。凹槽四周设置弹性缓冲垫层，与凸台一起限制轨道板的纵横向位移，抵抗纵横向作用力，并传递荷载。同时，弹性缓冲垫层可提供合适的弹性，有效缓解列车纵横向的冲击。

#### (4) 双块式无砟道床

双块式无砟道床包括 CRTS I 型和 CRTS II 型双块式无砟道床两种。CRTS I 型双块式无砟道床是将预制双块式轨枕组装成轨排，以现浇混凝土的方式将轨枕埋入道床板中。CRTS II 型双块式无砟道床是将预制双块式轨枕组装成轨排，以机械振动方式将轨排压入混凝土中。两种类型双块式无砟道床差异主要在施工工艺上，故统称为双块式无砟道床结构，如图 1.7 所示。

路基地段无砟道床由双块式轨枕、道床板、支承层等部分组成，道床板为纵向连续的钢筋混凝土结构。

桥梁地段无砟道床由双块式轨枕、道床板、隔离层、底座(或钢筋混凝土保护层)、凹槽(或凸台)周围弹性垫层等部分组成。道床板及底座沿线路纵向分块。道床板宽度范围的底座或保护层顶面应设置隔层。

隧道地段无砟道床由双块式轨枕、道床板等部分组成，道床板为纵向连续的钢筋混凝土结构。

#### (5) 轨枕埋入式无砟道床

路基上岔区轨枕埋入式无砟道床由岔枕、道床板及混凝土支承层(下部基础)组成。