

◎ 赵旭清 编著

# 高速铁路

## 双块式无砟轨道应用实践



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

# 高速铁路

## 双块式无砟轨道应用实践

◎ 赵旭清 编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书从双块式无砟轨道国内外最新的发展概况和研究背景入手,结合国内铁路客运专线建设的第一手资料,介绍了双块式轨枕厂规划及轨枕预制生产和无砟轨道铺筑施工的情况,并总结了我国具体工程实践经验。

本书可供从事无砟轨道结构设计、研究和施工的相关人员学习和参考,也可供关心我国高速铁路建设的各行业人士阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

高速铁路双块式无砟轨道应用实践/赵旭清 编著. —武汉:华中科技大学出版社,2012.1  
ISBN 978-7-5609-7306-7

I. 高… II. 赵… III. 高速铁路-无砟轨道-研究 IV. U213.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 167123 号

高速铁路双块式无砟轨道应用实践

赵旭清 编著

策划编辑:徐正达

责任编辑:刘万飞

封面设计:刘 卉

责任校对:代晓莺

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:湖北新华印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:7.75

字 数:120千字

版 次:2012年1第1版第1次印刷

定 价:25.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 前 言

建设铁路客运专线,是为适应新时期全面建设小康社会的要求,在主要繁忙干线上实现客货分线,使其运输能力满足经济建设和社会发展需要的重要举措。客运专线列车运行的安全性和舒适性,对轨道的平顺性和稳定性提出了更高的要求。无砟轨道具有良好的稳定性、平顺性、耐久性,结构高度低,维修工作量特别小和技术相对成熟的突出优点,在德国和日本的高速铁路上获得了广泛应用。我国无砟轨道技术研究起步较早,但理论基础薄弱,铺筑数量少,实际应用考验时间短,目前还没有形成一套系统、成熟的设计、施工和养护维修方法。在铁路客运专线建设中,认真学习借鉴世界发达国家高速铁路建设和运营的经验,研究和掌握其设计、施工技术,是铁路工程技术人员重要而紧迫的任务。

武广铁路客运专线和郑西铁路客运专线,是国内自行设计建造时速达到 350 km/h 的双线电气化客运专线,正线首次大范围采用双块式无砟轨道结构形式。这种轨道技术是在铁道部统一部署下于 2006 年 1 月由德国引进的,但国内建设和运输条件与国外存在差异,双块式无砟轨道的引进应用是个系统工程,不仅需要稳定的轨下基础、高精度的测量控制网,还要研究国外无砟轨道结构参数的适用性,并认真总结工程实践,为形成具有中国特色的轨道结构形式积累经验。

无砟轨道工程从轨枕的集中预制生产到现场铺筑施工是个完整的过程。我们理解,双块式轨枕预制生产是按照严格的工厂化封闭生产模式运转的,现场铺筑施工是野外环境下工厂化生产模式的延伸,本书试图从工厂化流水施工角度对双块式无砟轨道应用实践进行总结,具体分为 3 部分。第 1 部分重点介绍无砟轨道工程发展动态,武广铁路客运专线与郑西铁路客运专线的实践情况和编写思路;第 2 部分介绍双块式轨枕预制厂的规划设计和轨枕预制生产实践;第 3 部分介绍双块式无砟轨道的现场铺筑实践,客观总结了现场出现的质量问题与采取的措施,对下一步无砟轨道技术的推广应用提出了一些建议。本书可供从事无砟轨道结构设计、研究和施工的相关人员学习参考,也可作为无砟轨道技术培训教材。

在编写过程中,中铁十六局集团公司马栋教授级高级工程师给予了热情鼓励与关心,同时得到了中铁轨道集团公司朱娜工程师、中铁十二局集团公司李永祥工程师、中铁三局集团公司贾志强工程师、中铁四局集团公司陈建军工程师的帮助,中铁第五勘察设计院王安升教授级高级工程师和铁道部工管中心马芝仪高级工程师审阅了全部初稿,在此一并表示感谢。

无砟轨道技术涉及专业多、技术新,我们在高速铁路客运专线无砟轨道实践后用了近一年的时间来撰写本书,遇到的难度超乎想象。由于水平有限,我们在现场实践基础上探究无砟轨道结构的本质时深感力不从心,书中不妥及谬误之处,敬请读者批评指正。

**赵旭清**

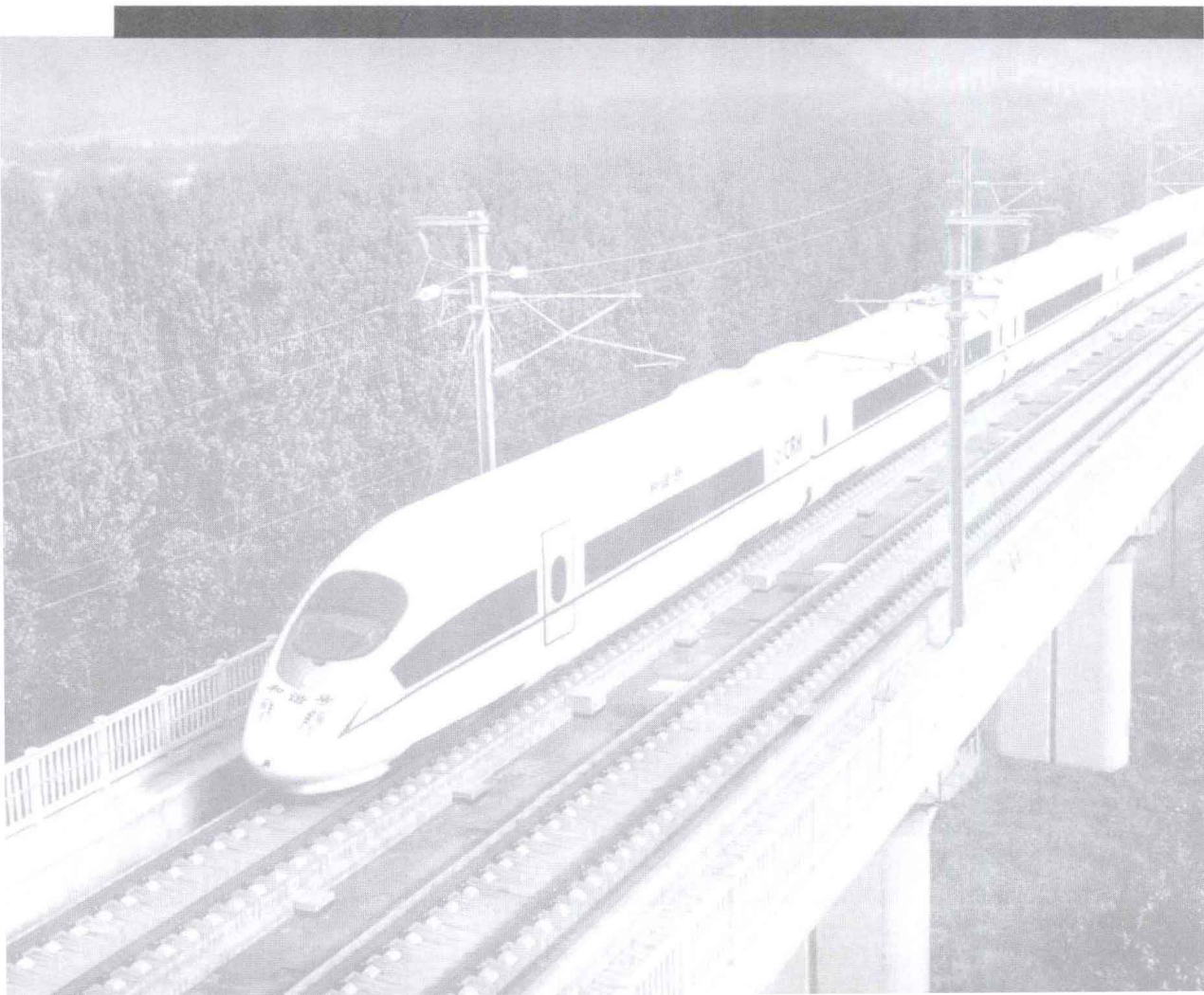
2010年1月于北京红松园

# 目 录

<b>1</b>	<b>双块式无砟轨道的发展概况和研究背景</b>	(1)
1.1	无砟轨道工程的发展动态	(3)
1.1.1	国际上的发展动态	(3)
1.1.2	国内发展动态	(6)
1.2	轨道生产施工技术	(8)
1.2.1	轨道板(轨枕)工厂预制	(8)
1.2.2	无砟轨道铺筑施工	(9)
1.3	双块式无砟轨道的实践时间	(16)
1.4	我国双块式无砟轨道的研究背景	(17)
1.5	本书的结构及内容	(18)
<b>2</b>	<b>双块式轨枕厂规划及轨枕预制生产</b>	(21)
2.1	双块式轨枕厂的选址和规划	(23)
2.1.1	双块式轨枕厂的规划设计原则	(23)
2.1.2	轨枕预制生产工艺流程	(24)
2.1.3	轨枕厂规划设计实践	(25)
2.2	轨枕的设计	(32)
2.3	国外轨枕预制生产所用的骨料和混凝土配合比	(33)
2.4	国内轨枕混凝土的原材料及技术要求	(37)
2.4.1	轨枕用骨料	(37)
2.4.2	轨枕混凝土配合比应用情况	(39)
2.4.3	轨枕混凝土用水泥品种的转换	(40)
2.5	轨枕预制生产台位操作	(41)
2.5.1	轨枕预制生产的过程	(41)
2.5.2	扣件系统的安装	(48)
2.5.3	混凝土拌合站操作	(50)
2.6	轨枕预制生产的设备配置	(52)
2.7	轨枕预制生产的劳动力组织	(58)
2.8	轨枕预制生产的质量控制	(59)
2.8.1	德国质量控制的情形	(60)
2.8.2	国内质量控制的情形	(60)
2.8.3	实际应用	(61)
2.9	轨枕厂规划及轨枕预制生产的创新和体会	(65)

<b>3 无砟轨道的铺筑施工</b> .....	(67)
3.1 无砟轨道铺筑设计情况 .....	(69)
3.2 无砟轨道铺筑施工界面 .....	(69)
3.3 无砟轨道铺筑施工的前提 .....	(74)
3.4 无砟轨道铺筑施工物流规划及现场实践 .....	(75)
3.5 双块式无砟轨道的施工工艺 .....	(79)
3.5.1 工具轨法流水施工工艺 .....	(79)
3.5.2 振动嵌入法流水施工工艺 .....	(90)
3.6 铺筑施工设备配置 .....	(95)
3.6.1 施工模式 .....	(95)
3.6.2 进口设备的特点和工效情况 .....	(98)
3.7 现场生产组织 .....	(100)
3.8 铺筑施工质量控制 .....	(102)
3.8.1 工序质量的控制要点 .....	(103)
3.8.2 现场质量问题及控制措施 .....	(105)
3.9 铺筑施工管理模式 .....	(110)
3.9.1 成套机械施工管理模式 .....	(110)
3.9.2 人工简易机械施工管理模式 .....	(111)
3.10 轨道铺筑施工技术小结 .....	(111)
<b>参考文献</b> .....	(113)

# 双块式无砟轨道的 发展概况和研究背景







铁路是国家重要的基础设施、国民经济的大动脉和大众化的交通工具,在综合交通运输体系中处于骨干地位。为适应全面建设小康社会的要求,国务院批复了《中长期铁路网规划》,确定了铁路建设蓝图,其中重要的一点就是建设世界一流的铁路客运专线,在主要繁忙干线上实现客货分线,使其运输能力满足经济建设和社会发展的需要。铁路客运专线列车运行的安全性和舒适性,对轨道的平顺性和稳定性提出了更高的要求。无砟轨道是以混凝土或沥青混凝土等取代散粒体道砟道床的新型轨道,具有轨道稳定性好、刚度均匀性好、结构耐久性强、维修工作量特别小和技术相对成熟等突出优点,代表着当今世界铁路客运专线和高速铁路轨道系统结构形式的最新发展方向。发展无砟轨道技术是我国铁路迅速提升技术装备水平、实现铁路跨越式发展的重要举措之一。

无砟轨道工程需要线下工程提供结实而稳定的轨下基础、四电(通信、信号、电力、电力牵引供电)集成、轨道电路等,是当前铁路客运专线整个工程结构中与其他专业涉及最多的承上启下的专业工程,铁路客运专线的建设成败与之息息相关。就无砟轨道技术发展总体而言,目前国际上整套技术相对成熟的国家主要有德国和日本;国内在 20 世纪 60 年代与国外同步开展了整体道床的研究工作,在无砟轨道结构的设计和施工方面积累了宝贵的经验。本章首先介绍本领域的研究发展动态,并结合武广(武汉—广州)铁路客运专线与郑西(郑州—西安)铁路客运专线对双块式无砟轨道工程的应用情况进行总结。

## 1.1 无砟轨道工程的发展动态

### 1.1.1 国际上的发展动态

#### 1. 德国

德国是世界上研发无砟轨道技术较早的国家,它采用自主研发、统一管理的模式,即由德国铁路公司制定统一的技术要求,企业自主研发不同型号无砟轨道,在指定的试验室进行实尺模型激振试验及性能综合评估,并经德国铁路技术检查团认证、批准后,才有资格在线路上进行有限长度的试铺。这种体制极大地调动了全社会研发无砟轨道系统的积极性,德国铁路系统自 20 世纪 60 年代初以来在不同地段试铺了各种混凝土道床和沥青混凝土道床的无砟轨道。经过不断改进、优化和完善,形成了德国铁路无砟轨道系列和比较成熟的技术规范与管理体系,研制了成套的施工机械设备和工程质量检测设备,为无砟轨道在德国的推广应用创造了良好的条件。德国铁路公司经过运营考验的无砟轨道结构主要有 RHEDA、ZüBLIN、BERLIN、ATD、GETRAC、BöGL 等(见表 1-1)。这里,主要就 2006 年 1 月铁道部引进的 RHEDA、ZüBLIN、BöGL 轨道系统与日本板式轨道系统,简单介绍如下。

表 1-1 德国无砟轨道结构形式

整体结构		直接支承结构	
现浇混凝土式		预制板式	轨枕或支承块
带轨枕或支承块	不带轨枕或支承块		
RHEDA	FFC	BöGL 板式	ATD
ZüBLIN	BES	普通 A 型板式	GETRAC
BERLIN	BTE	框架板式	BTD
HEITKAMP	HOCHETIEF	减振 G 型	SATO
弹性支承块式	RESENGLEIS	IPA 板式	WALTER
	PACT		

### 1) RHEDA 双块式轨道系统

RHEDA 双块式轨道系统主要应用在武广铁路客运专线正线中,它于 1972 年首先在德国的 RHEDA 车站铺筑而命名,其主要发展历程如图 1-1 所示。

#### (3) 柏林RHEDA HST系统

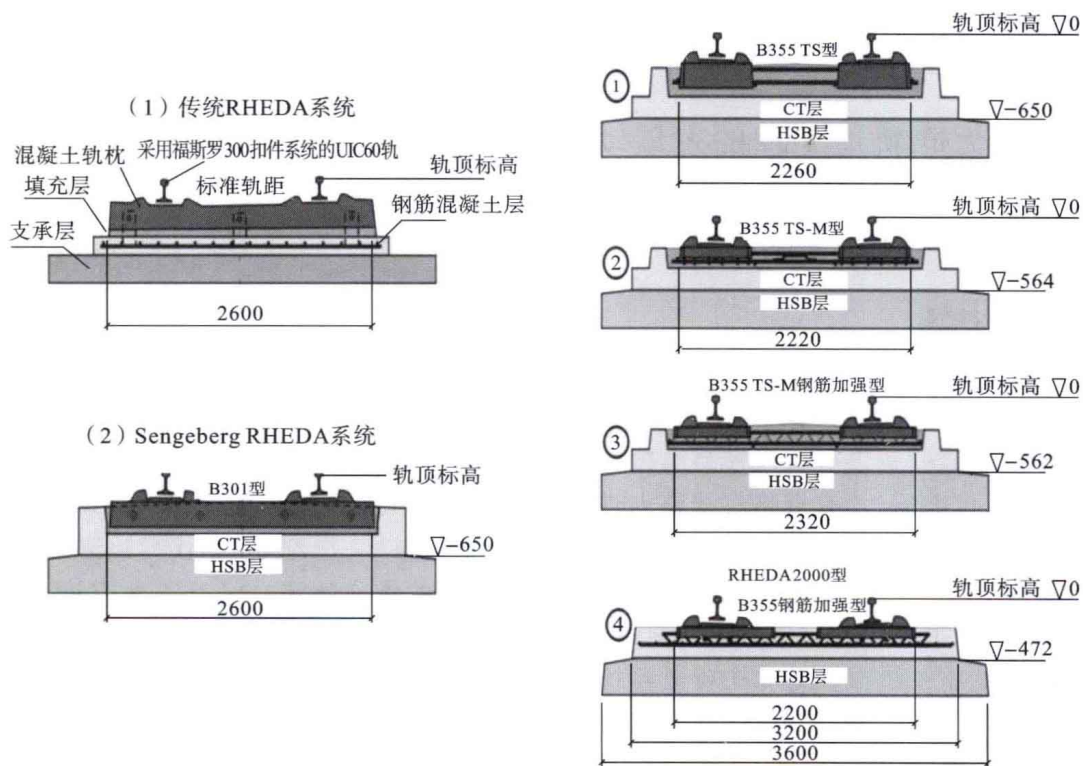


图 1-1 RHEDA 轨道结构形式发展历程

由图 1-1 知,RHEDA 轨道结构由最初的轨枕直接埋入式,发展到槽形轨道结构和最近的 RHEDA2000 轨道结构,构成 RHEDA2000 轨道系统的关键元件是由钢筋三角桁架连接组成的双块式轨枕。轨枕内的钢筋三角桁架需在自动化程度较高的数控桁架焊接生产线加工制作(尺寸精度能稳定保持),桁架部分外露且浇筑到道床板混凝土中,这样就保证了轨枕与混凝土道床板之间的有效结合。轨道扣件系统的联结套管锚定在双块式轨枕内。

### 2) ZüBLIN 双块式轨道系统

ZüBLIN 双块式轨道系统主要应用在郑西铁路客运专线正线中,它所采用的轨枕结构与 RHEDA2000 轨道系统的相似,也是在环形轨枕生产线上预制生产的;不同的是,ZüBLIN 双块式轨道系统使用的轨枕桁架钢筋高度低,且全部预埋在轨枕块中。ZüBLIN 双块式轨枕如图 1-2 所示。

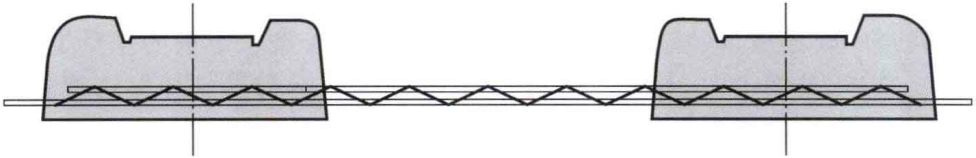


图 1-2 ZüBLIN 双块式轨枕

### 3) BöGL 板式轨道系统

BöGL 板式轨道系统主要应用在京津城际轨道交通正线中,与日本板式轨道系统的最大区别是:BöGL 轨道板中施加了横向预应力,在工厂车间预制完成后由数控磨床对轨道板的承轨台部位按设计线路的状况进行精细打磨,之后再到现场进行定位铺装。BöGL 板式轨道的系统组成与数控磨床工作情形分别如图 1-3、图 1-4 所示。

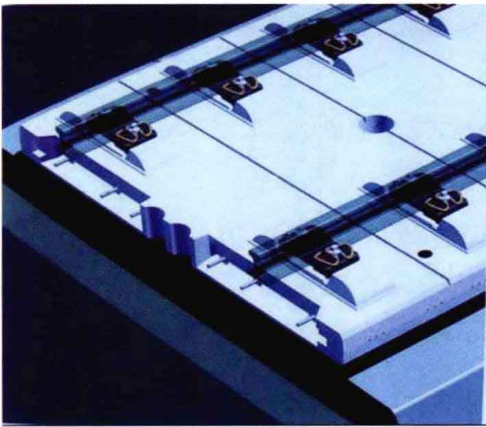


图 1-3 BöGL 板式轨道系统的组成

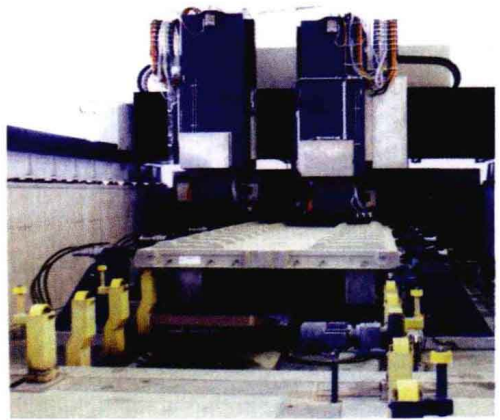


图 1-4 数控磨床工作现场

## 2. 日本

日本研发无砟轨道采取有组织的统一研发推广模式,在 20 世纪 60 年代中期就开始板式无砟轨道结构系统的理论研究和试验。其应用首先从桥梁和隧道开始,在既有干线和新干线上先后铺筑了 20 多处近 30 km 长的试验段;在土质路基上的应用经历了 30 多年的发展历程,开展了大量的室内外试验研究工作。逐步形成了现在成熟的无砟轨道系统,日本在 1986 年提出 RA 型板式轨道(见图 1-5),经过性能试验后,于 1971 年在东海道本线和新干线的营业线上试铺,使用 1 年后出现由于路基下沉而引起的轨道板不平顺现象。20 世纪 90 年代初,为改善 RA 型板式轨道所用沥青的温度敏感性和耐久性,日本提出用混凝土道床取代沥青混凝土道床的结构方案,并用普通 A 型(见图 1-5)轨道板取代 RA 型板式轨道,实现了板式轨道结构形式的统一,并于 1991 年正式铺筑在土质路基上。为节省板式轨道的建设成本、减小轨道板的翘曲,在标准 A 型轨道板的基础上研制出框架式轨道板(见图 1-6),并推广应用;为使高速列车运行满足环保法规对振动、噪声的要求,在一些特殊要求地段还铺筑了减振型轨道板。

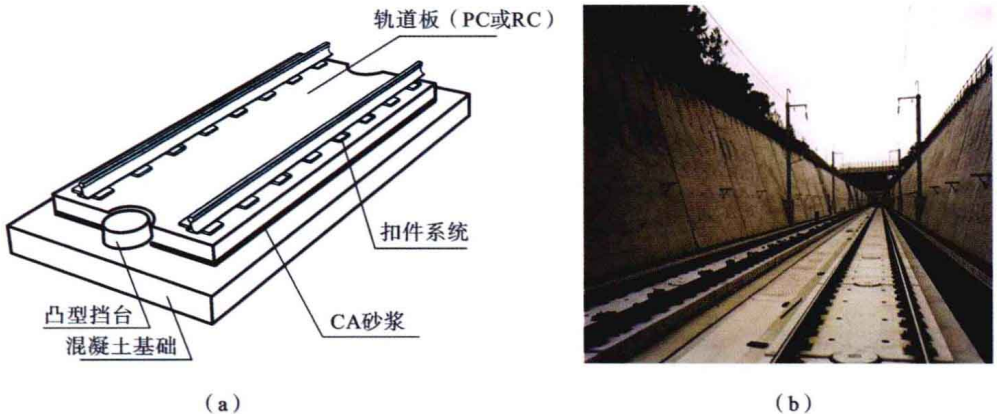


图 1-5 日本普通 A 型板式无砟轨道

(a) 结构 (b) 现场使用情况

板式轨道的现场铺装是在凸形挡台上设置测量基准点,以此来精确测量轨道板的位置;通过楔形千斤顶将轨道板位置精确调整固定后,灌注 CA 砂浆形成稳定的板式轨道结构。由此,构成了适用于不同情况的板式轨道系列。

### 1.1.2 国内发展动态

国内对无砟轨道的研究始于 20 世纪 60 年代,初期试铺过刚性支承块式、短木枕式、整体灌注式等整体道床以及框架式沥青道床等多种形式,正式推广应用

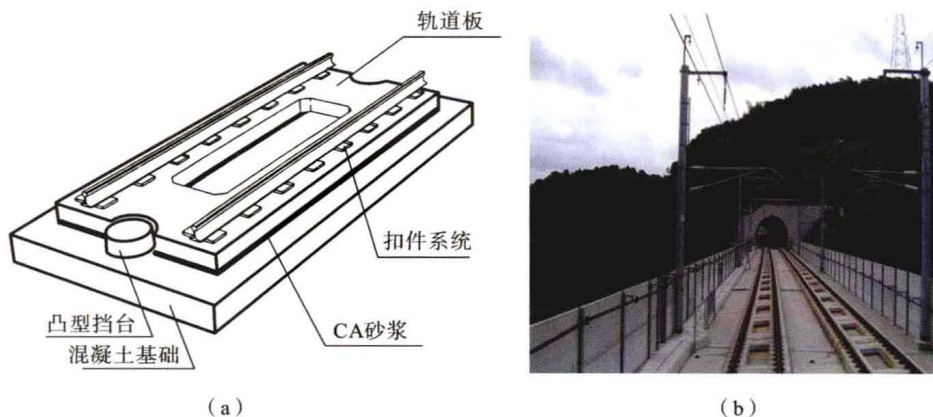


图 1-6 日本框架型板式无砟轨道

(a) 结构 (b) 现场使用情况

的只有刚性支承块式整体道床。这种道床在成昆(成都—昆明)线、京原(北京—原平)线、京通(北京—通辽)线、南疆(吐鲁番—库尔勒)线等长度超过 1 km 的隧道内铺筑过,总长度约 300 km。20 世纪 80 年代在大型客站和隧道内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,总长度约 10 km。在京九(北京—九龙)线九江长江大桥引桥上铺筑过无砟轨道,长度约 7 km。此后的 20 多年间,国内在无砟轨道的结构设计、施工方法,轨道基础的技术要求,以及出现基础沉降病害时的整治等方面,积累了宝贵的经验。

1995 年,国内开始对弹性支承块式无砟轨道结构(见图 1-7)进行研究,1996—1997 年在陇海(连云港—兰州)线白清隧道和西康(西安—安康)线大瓢沟隧道铺筑试验段,成果在秦岭隧道内推广使用,之后在宁西(南京—西安)线、兰武(兰州—武威)复线、宜万(宜昌—万州)线、襄渝(襄阳—重庆)线等的隧道内广泛应用,累计长度达 200 km。随着京沪(北京—上海)高速铁路可行性研究的进展,无砟轨道受到更大的关注。在“九五”国家科技攻关专题“高速铁路无砟轨道设计参数的研究”中,提出了适用于高速铁路桥隧结构上的 3 种无砟轨道形式(长枕埋入式、弹性支承块式和板式)及其设计参数;在铁道部科技计划项目“高速铁路高架桥上无砟轨道关键技术的试验研究”中,完成了上述 3 种无砟轨道实尺模型的铺设及各种性能试验;初步提出了高架桥上无砟轨道的施工方案和高速铁路无砟轨道桥梁徐变上拱的限值与控制措施,建立了高架桥上无砟轨道车线桥耦合模型并进行了仿真计算,初步分析了高架桥上无砟轨道的动力特性与车辆走行性能。1999 年完成了“秦沈铁路客运专线桥上无砟轨道设计、施工技术条件”的研究与编制,并在秦沈(秦皇岛—沈阳)铁路客运专线的沙河特大桥试铺长枕埋入式无砟轨道、狗河特大桥直线段和双河特大桥区线段试铺板式无砟轨道。

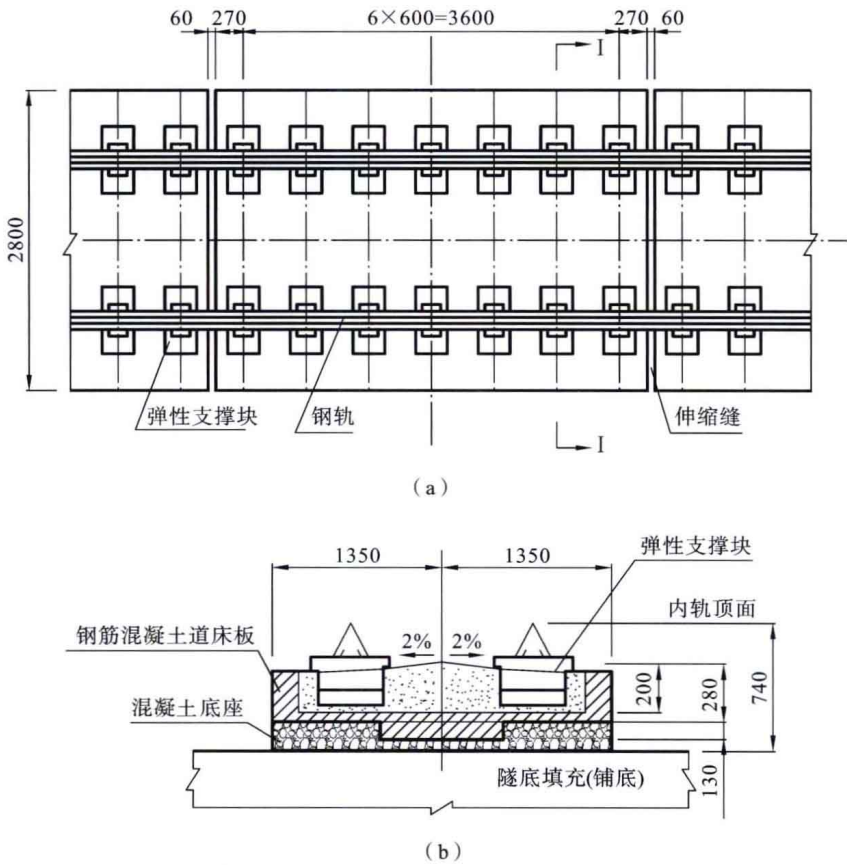


图 1-7 弹性支承块式无砟轨道结构  
(a) 平面布置 (b) 横截面 I—I

## 1.2 轨道生产施工技术

从上述无砟轨道结构形式的发展来看,无论哪种轨道系统都是以工厂集中生产的混凝土预制件——轨道板(或轨枕)为关键元件,因此无砟轨道工程的生产施工技术应该首先从轨道板(或轨枕)的工厂预制开始。鉴于国内无砟轨道结构研究没有形成系统,谈不上有配套的专业生产技术,这里主要结合铁道部 2006 年技术引进的轨道板(或轨枕)的工厂预制生产情形进行简要说明。

### 1.2.1 轨道板(轨枕)工厂预制

轨道板的工厂预制可根据是否施加预应力及预应力施加方向细分成不同的类型,因此轨道板的预制生产分为独立模床法和一体式模床法两种。独立模床法相对简单,每个模床有自己独立的蒸汽养护系统,在浇筑混凝土并蒸汽养护完

成后,吊出轨道板放置养护池进行二次养护;一体式模床法则在安装好一条生产线的全部预应力筋并完成相关准备工作后,统一进行混凝土浇筑和蒸汽养护,待养护完成后吊出轨道板,在数控磨床上对承轨台部位根据线路参数精细打磨。武广铁路客运专线广州试验段和武汉先建段采用独立模床法生产的轨道板,而京津(北京—天津)城际轨道交通和京沪高速铁路则采用一体式模床法生产的轨道板,其标准工厂布置方式如图 1-8 所示。

对双块式轨枕的工厂预制,国外主要采用环形生产线来组织生产,而国内的预应力轨枕目前主要采用  $2 \times 4$ 、 $2 \times 5$  流水机组法和养护池养护的方式来组织生产。武广铁路客运专线和郑西铁路客运专线所采用的轨枕生产线就是如此,它们在生产细节上又根据是否需要在生产线上安装扣件系统有所区分,基本的轨枕环形预制生产线布置如图 1-9 所示。

## 1.2.2 无砟轨道铺筑施工

### 1. 板式无砟轨道

无砟轨道铺筑的施工精度如表 1-2 所示。

为控制现场铺筑施工中的人为误差不至于超标,国外在无砟轨道技术推广过程中逐步减少现场人工施工,通过细致专业化分工和专用设备工装来保证现场施工的质量,逐步形成了成套的专业工装机械和与之相应的施工工艺。总体来讲,国外的无砟轨道施工以成套机械设备为基础,“以设备工装保工艺,以工艺保施工质量”,细化施工工序与人员分工,严格工序质量控制与签字制度,通过多使用专用机械来减少人为的施工误差。

表 1-2 无砟轨道铺筑的容许偏差

项 目	容 许 偏 差	检 验 工 具
轨距	$\pm 1 \text{ mm}$	轨检小车
高低	间隔 5 m 的点: $\pm 2 \text{ mm}$	20 m 弦
	间隔 150 m 的点: $\pm 10 \text{ mm}$	全站仪,轨检小车
水平	$\pm 1 \text{ mm}$	轨检小车
扭曲(基长 6.25 m)	2 mm	轨检小车
方向	间隔 5 m 的点:2 mm	20 m 弦
	间隔 150 m 的点:10 mm	全站仪,轨检小车
轨枕间距	$\leq 650 \text{ mm}$	卷尺
绝缘电阻	2 M $\Omega$	兆欧表



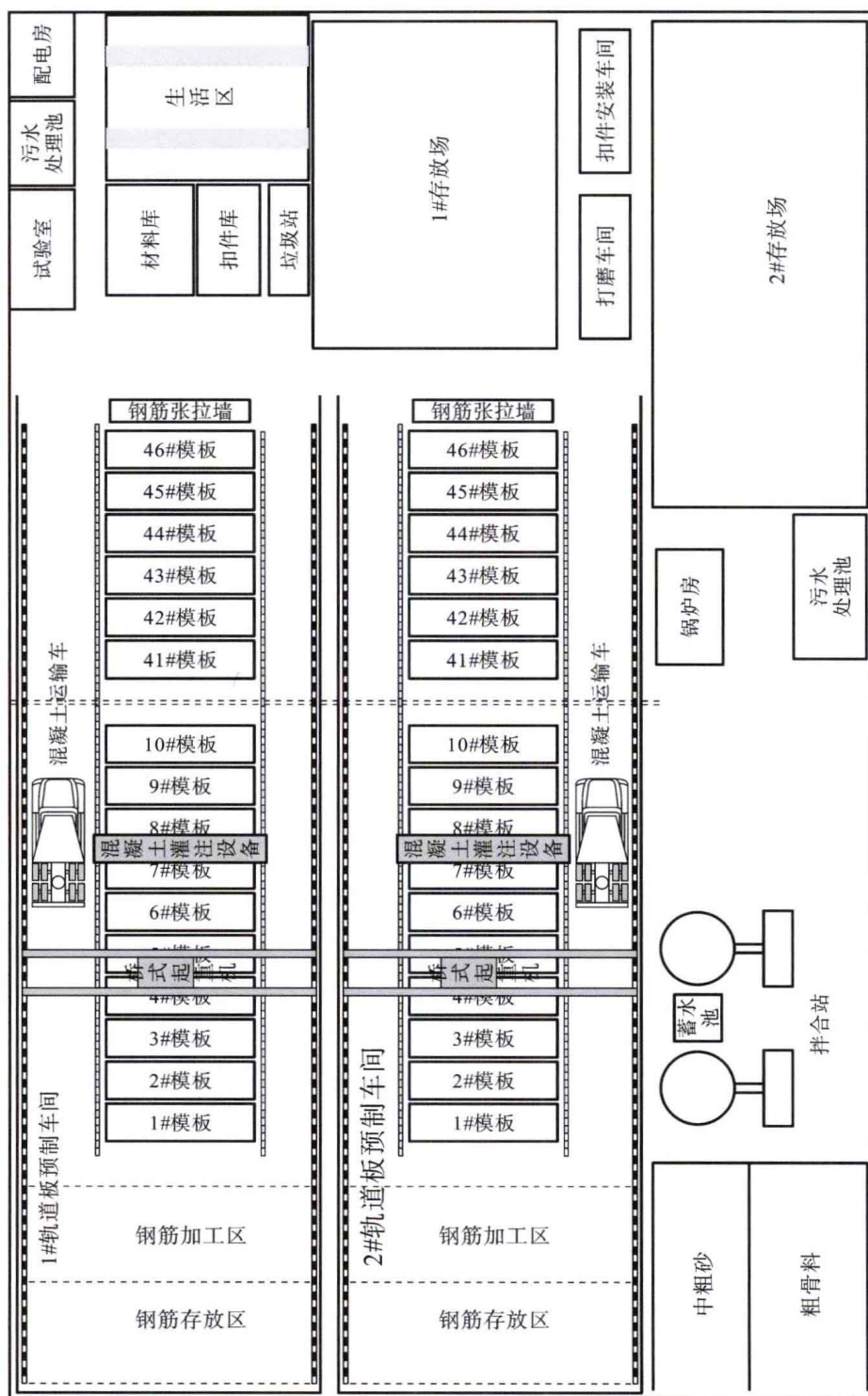


图 1-8 京津城际轨道交通轨道板预制厂标准布置图