

TIELU KEYUN ZHUANXIAN SHIGONG YU ZUZHI

铁路客运专线 **施工与组织**

中铁十九局集团有限公司



西南交通大学 出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

铁路客运专线施工与组织

中铁十九局集团有限公司



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

铁路客运专线施工与组织 / 中铁十九局集团有限公司
编. —成都: 西南交通大学出版社, 2006.10
ISBN 7-81104-270-3

I. 铁... II. 中... III. ①铁路工程—工程施工—
施工技术②铁路工程—工程施工—施工组织
IV. U215

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 039503 号

铁路客运专线施工与组织

中铁十九局集团有限公司

*

责任编辑 周伶俐

责任校对 李 梅

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 29.375 插页: 1

字数: 724 千字

2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-81104-270-3

定价: 120.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《铁路客运专线施工与组织》

编写委员会

主 任	左春文	葛永利	刘金林	孙公新		
副 主 任	栾显国	侯希承				
委 员	刘汉志	史俊奉	向晋山	王跃进	施化祥	王景华
	于进江	赵永刚	梁爱国	张思高	陈国英	张 羽
	冷立新	李凤尧	刘齐山	叶元伟	刘正昶	
主 编	栾显国					
责任主编	于进江					
专业编委	轨道篇	李宝金 (组长)	刘林然	李太春		
	路基篇	邵丕锋 (组长)	王传永	祁宝贵		
	桥梁篇	高继东 (组长)	由文和	王大庆		
	隧道篇	贺宏武 (组长)	史延东			
主 审	栾显国	于进江				
专业审核	轨道篇	于进江				
	路基篇	于进江				
	桥梁篇	于进江	孙建新	李庆林		
	隧道篇	于进江	叶祖圣			

前 言

19 世纪铁路和蒸汽机车的出现,极大地推动了社会历史发展的进程。但是,第二次世界大战以后,高速公路和航空运输迅速发展,铁路受到严峻挑战,其在运输系统中的主导地位一度明显下降,以致被认为是“夕阳产业”。

然而,进入 20 世纪六七十年代,由于能源危机、环境污染、交通安全等问题的困扰,人们重新认识到了铁路的价值。1964 年,世界上第一条高速铁路——日本东海道新干线建成并投入运行,它以速度快、运能大、节省能源、安全准时、污染少、占用土地少、社会经济效益好等综合优势博得了世人的青睐,极大地激发了世界各国发展高速铁路的兴趣。继东海道新干线之后,日本又先后修建了山阳、东北、上越及北陆新干线,法国、德国、西班牙、瑞典等国也竞相发展。高速铁路已成为世界铁路发展的总趋势,成为一个国家和地区发展交通运输的战略目标之一。

改革开放以来,我国的铁路建设和铁路交通得到了快速发展,在经过几次提速后,铁路交通的运力得到了大幅度提高。但是,长期以来,由于通道运输能力不足,旅客滞留、货物堵塞,乘车难、运货难等问题一直未能得到解决,铁路运输已经成为制约经济发展的瓶颈。目前,整个京广线的交通运输压力非常大,部分区段铁路利用率已达到了 97%,几乎达到极限;京沪运输大通道连接京、津、唐环渤海经济带和沪、宁、杭长江三角洲经济带,是东北、华北通往华东的必经之路。我国现代化建设的进一步深入及国民经济高速平稳地发展,对铁路运输提出了更高的要求。

为了适应发展的需要,2004 年 1 月 7 日,国务院批准通过了《中长期铁路网规划》,其中明确指出:以一流的质量、一流的装备水平、一流的运营管理为目标的客运专线建设是实现中国铁路现代化的重要内容,是实现铁路跨越式发展的重要标志。到 2020 年,我国铁路将形成以京沪、京广、京哈、沪甬深及陇海、浙赣、青石太及沪蓉等“四纵四横”客运专线为主体、城际客运专线为扩充的快速客运专线 1 万 km 以及客货混跑快速线路 2 万 km 共计 3 万 km 的快速客运网络,同时还要建成环渤海圈、长江三角洲、珠江三角洲地区的快速客运系统铁路 2 000 km。

根据《中长期铁路网规划》,国务院已先后对武广、郑西、石太、京津、合宁、合武、温福、福厦、甬温 9 个客运专线项目立项(其中武广、郑西、京津等试验段已招标完毕),并对部分建设工程项目的可行性报告作了批复,这预示着铁路新一轮大规模建设的序幕已经拉开,以世界一流客运专线为代表的大规模新线建设,将成为今后一段时期铁路建设的重头戏。

为了适应客运专线建设的需要,中铁十九局集团有限公司领导多次要求公司做好充分的准备工作。为了做好技术准备,客运专线技术组自 2004 年 12 月成立以来,在集团公司领导的关怀和支持下,在广泛收集资料、考察及业务培训的基础上,通过试验段投标、参与武广和温福等业主组织的指导性施工组织设计的编制以及与铁道勘察设计院设计人员的广泛接

触,基本上掌握了客运专线线路基础设施的设计特点,并结合集团公司的实际情况编写了本书,作为集团公司铁路客运专线培训教材和施工参考书。

本书从现场施工技术和组织的角度,按轨道、路基、桥梁、隧道四个部分,具体介绍了客运专线施工的关键技术,突出了“实用性、先进性、可操作性”的原则,帮助拟参与客运专线施工的广大管理人员、工程技术人员及高级技工尽快熟悉、掌握铁路客运专线施工技术,为集团公司参与客运专线的建设做好充分的准备。

本书在编写过程中大量引用了铁路客运专线施工、设计等方面的相关文献以及许多未公开发表的技术资料,由于时间仓促未能一一列出,敬请原谅,并在此向这些作者表示衷心的感谢!

由于编者理论水平和工程施工经验有限,书中不当之处敬请批评指正。

编者

2006年8月于辽阳

目 录

轨 道 篇

1 概述	3
2 旭普林无碴轨道施工	10
3 双块式无碴轨道 (Rheda2000) 架轨法施工	31
4 Bögl 板式无碴轨道施工	42
5 日本板式无碴轨道施工	67
6 无碴轨道跨区间无缝线路钢轨铺设与焊接	101
7 有碴轨道一次性铺设无缝线路	123

路 基 篇

1 概述	137
2 客运专线路基填筑施工技术	141
3 客运专线路基过渡段施工技术	154
4 路基沉降、工后沉降分析及措施	162
5 改良土填筑路基施工与组织	173
6 强夯法加固松软土地基施工与组织	182
7 CFG 桩复合地基施工与组织	186
8 水泥粉喷桩加固软土地基施工与组织	191
9 套管法施作二灰桩加固软黏土地基施工与组织	195
10 塑料排水板加固软土地基施工与组织	199
11 石方路堑光面爆破施工与组织	203
12 预应力锚索加固路堑边坡施工与组织	206
13 铁路客运专线路基施工环境保护技术措施	213
14 客运专线路基工程各种试验、检测技术	221

桥 梁 篇

1 概述	235
2 墩台沉降控制措施探讨	241
3 移动模架施工技术 with 组织	247
4 挂篮悬灌施工技术 with 组织	253

5	膺架法施工	263
6	客运专线 32 m (24 m) 简支箱梁预制	271
7	客运专线简支箱梁运输与架设	294
8	钢板桩围堰施工技术 with 组织	306
9	深水基础钢吊箱围堰施工技术 with 组织	310
10	矩形空心高墩施工技术 with 组织	316
11	水上施工栈桥及钻孔平台施工技术 with 组织	320
12	系杆拱桥施工技术	323
13	客运专线高性能混凝土施工及过程控制	331

隧道篇

1	概述	351
2	隧道施工方法	355
3	隧道施工爆破技术	360
4	隧道初期支护施工技术	367
5	隧道施工辅助措施	377
6	二次衬砌施工技术	388
7	隧道结构防水施工技术	401
8	施工机械配套技术及工程案例	413
9	隧道施工通风与防尘技术	421
10	施工监控量测及工程的动态管理	433
11	隧道施工综合超前地质预报技术	438
12	不良和特殊地质地段施工技术	447

軌道篇



1 概 述

客运专线铁路对轨道结构的要求包括,稳定的轨道结构、平顺的运行表面、良好的轨道弹性、可靠的轨道部件、便利的养护维修。

客运专线铁路建设是一项系统工程,要满足这些要求,需要科研、设计、施工等各方面的共同努力。

1.1 客运专线轨道结构

1.1.1 有碴轨道

有碴轨道是铁路的传统结构。它具有弹性好、建设价格低廉、更换与维修方便、吸噪特性好等优点。但随着行车速度的提高,其缺点也逐渐显现。首先,由于有碴轨道不均匀下沉产生的 120 Hz 以下频率范围的激振严重,轨道破坏和变形加剧,从而造成轨道不平顺,影响列车运行的舒适性和安全性。从而使维修工作量显著增加,维修周期明显缩短。

1.1.2 无碴轨道

无碴轨道是以混凝土或(和)沥青混合料(如 CA 砂浆)取代散粒道碴道床而组成的轨道结构形式。由于无碴轨道具有轨道平顺性高、刚度均匀性好、轨道几何形位能持久保持、维修工作量显著减少等特点,在各国铁路领域,特别是高速铁路领域得到了迅速发展。但无碴轨道建造费用高、更换维修困难,一旦变形极难调整。

国外铁路无碴轨道的发展,从数量上经历了由少到多,从技术上经历了由浅到深,从品种上经历了由单一到多种,从铺设范围经历了从桥梁、隧道到路基、道岔的过程。

1) 结构形式

(1) 日本。日本是发展无碴轨道较早的国家之一,从 20 世纪 60 年代中期开始进行板式无碴轨道的研究到目前大规模地推广应用,走过了近 40 年的历程。高速无碴轨道的比例,在 20 世纪 70 年代达到 60% 以上,而 90 年代则达到 80% 以上。目前其累计铺设里程已达 2 700 多 km (其中新干线约 1 600 多 km),为世界上铺设无碴轨道最多的国家(轨道模型见图 1.1)。

在规模发展的同时,日本还不断改进、完善结构设计参数和技术条件,最终将普通 A 型(见图 1.2)和框架型(见图 1.3)板式轨道结构作为标准定型,框架型在混凝土和 CA 砂浆用量上较 A 型板减少,可减少板的成本,也可减小日温差引起的板的翘曲。最初的 A 型和框架型板为普通钢筋混凝土结构,适用于温暖地区和隧道内,在东

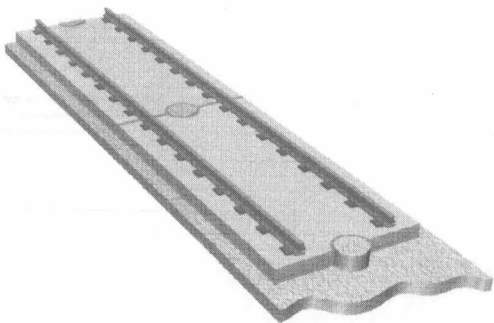


图 1.1 日本板式无碴轨道模型

北、上越新干线等寒冷地区则采用双向预应力 A 型板。

另外，为解决新干线的噪声振动问题，实现客运专线高速铁路发展与社会环保兼容的目的，经试验后，将减振 G 型（见图 1.4）板式轨道作为标准形式在减振降噪区段铺设。

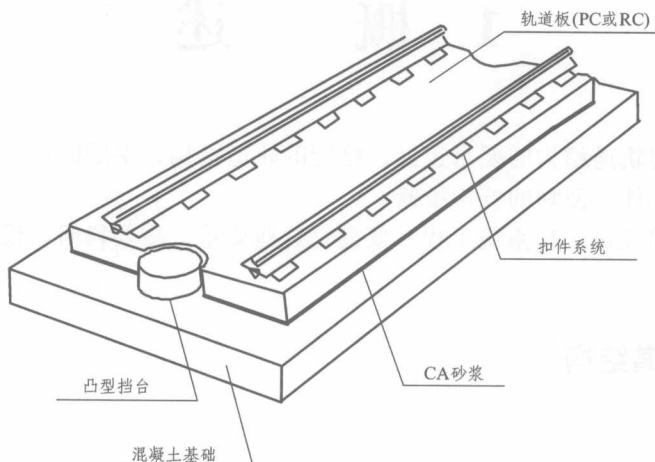


图 1.2 日本普通 A 型板式轨道结构

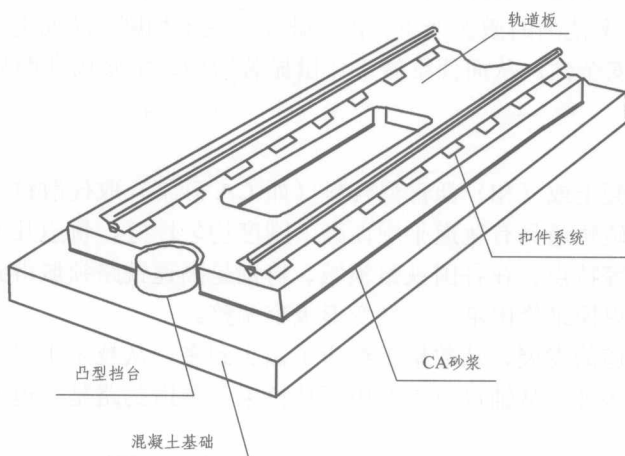


图 1.3 日本框架型板式轨道结构

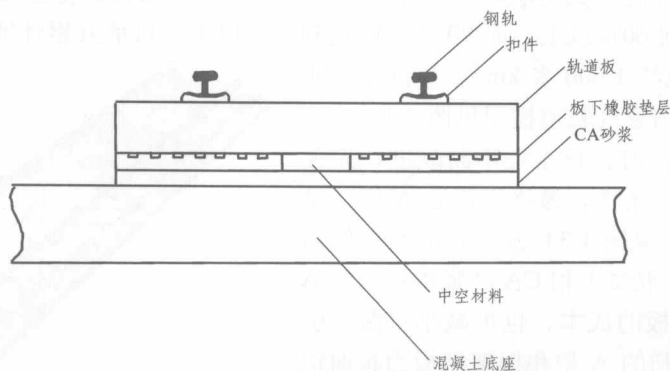


图 1.4 日本减振 G 型板式轨道结构

以上各类板式轨道大多应用于山阳、东北、上约等新干线的隧道、高架桥结构上，而适合应用于土质路基上的日本板式轨道则是 1968 年提出的 RA 型板式轨道，但这种轨道在东海道新干线上 2.3 km 的试铺并不成功，一些地段使用一年后就出现下沉，轨道板陷入铺装层。后经进一步的试验研究，直至 1993 年才首次在北陆新干线土质路基（强化路基）上成功铺设了 10.8 km。

(2) 德国。德国也是研究无碴轨道较早的国家之一。德国的无碴轨道结构由各个公司自行开发，经德铁许可后便可投入使用。目前正式批准的无碴轨道结构形式有 5 种：Züblin 型（见图 1.5）、Rheda 型（见图 1.6）、Bögl 型（见图 1.7）、ATD 型、Getrac 和 Berlin 型。与其他国家不同的是，德铁首先在车站试铺无碴轨道，接着解决了土质路基铺设无碴轨道的问题，然后逐渐推广到隧道、桥梁上，从而为全区间铺设无碴轨道创造了条件。基于客运专线铁路有碴轨道线路的维修工作量大、道碴粉化及道床累计变形速率加快，德铁决定在所有隧道内、道岔区、制动区间以及 300 km/h 的线上均采用无碴轨道。

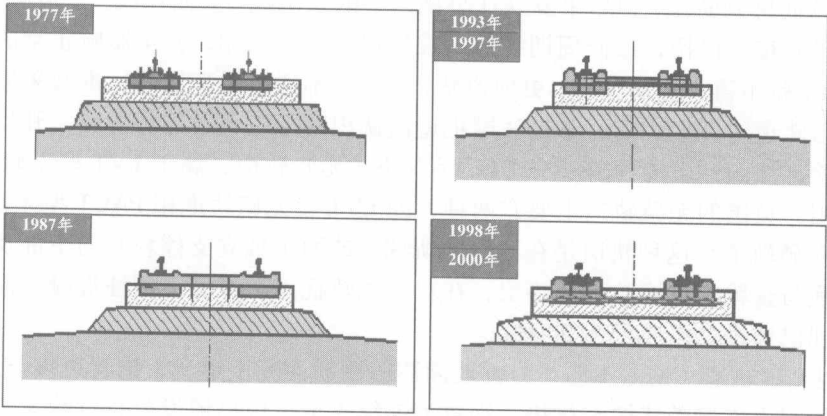


图 1.5 德国 Züblin 型无碴轨道结构

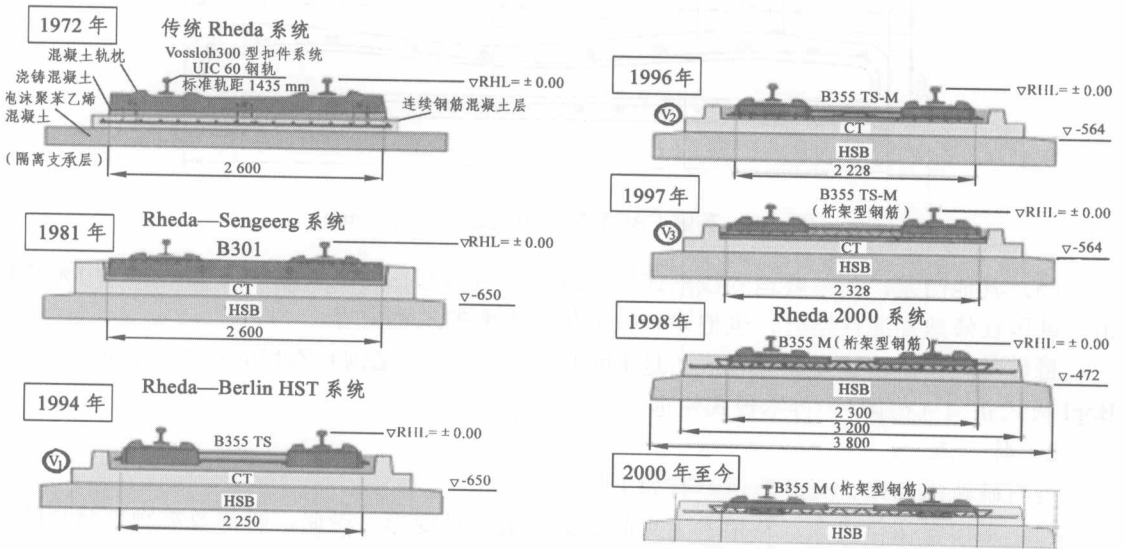


图 1.6 德国 Rheda 型无碴轨道结构

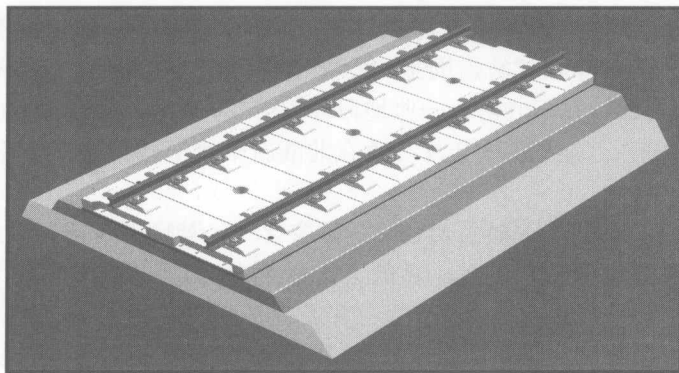


图 1.7 德国 Bögl 型板式无碴轨道结构

(3) 法国。法国是以有碴轨道为代表的高速铁路国家，一直以有碴轨道能以 270~300 km/h 运营而感到骄傲。但后来发现在早期建造的东南线、大西洋线上，道碴的粉化严重，使轨道几何尺寸难于保持，维修周期缩短，维修费用大大增加，甚至影响正常的运营，结果使用不到 10 年就不得不全面大修，更换道碴，且不得不通过提高道碴标准及采取一些辅助措施来维持有碴轨道的高速运营。于是法国也逐渐认识到无碴轨道的优越性，开始了无碴轨道的研究与试验。法国开发的 VSB-STEDEF 是双块式无碴轨道，属于 LVT 型无碴轨道。

(4) 英国。英国的无碴轨道主要有两种，即 LVT 型无碴轨道和 PACT 型无碴轨道。

LVT 型无碴轨道：这种轨道是在双块式轨枕（或两个独立支撑块）的下部及周围设橡胶套靴，在块底与套靴间设橡胶弹性垫层，在双块式轨枕周围及底下灌注混凝土而成形，为减振型轨道，现已铺设总长度约为 360 km。

PACT 型无碴轨道（见图 1.8）：为就地灌注的钢筋混凝土道床，钢轨直接与道床相连接，轨底与道床之间设连接带状橡胶衬垫，钢轨为连续支承，现已铺设总长度约为 80 km。

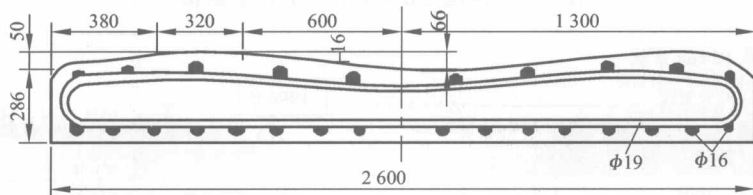


图 1.8 英国 PACT 型无碴轨道（单位：mm）

(5) 其他国家。荷兰客运专线高速铁路路基土质不好，软土较多，但也积极采用无碴轨道。韩国在修建高速铁路时，也把无碴轨道作为重要的工程内容。

目前与我国铁路建设联系较多的是 Rheda 双块式轨道（德国）、Züblin 双块式轨道（德国）、Bögl 板式轨道（德国）、日本板式轨道。

2) 特点

与有碴轨道相比，无碴轨道具有如下特点：

(1) 采用整体化道床，从根本上克服了道碴道床易变形、粉化、脏污及需频繁修复的弱点，轨道稳定性好，线路养护维修工作量显著减少，养护维修费用只占有碴轨道养护维修费用的 20%~30%，线路利用率高。

(2) 钢轨扣件与整体化道床连接,施工后的轨道状态及几何形位能长久保持,提高列车运行的安全性;客货混跑时的曲线过超高和欠超高不会引起轨道位置的改变。

(3) 耐久性好,延长了使用寿命,在使用期结束时可整体更换。

(4) 钢轨刚度的均匀性好,能满足高速运行舒适性和对轨道高平顺性的要求。

(5) 轨道结构高度低、自重轻,可减轻桥梁二期恒载,降低隧道净空。

(6) 避免优质道碴的使用、环境破坏及高速运行时的道碴飞溅。

(7) 轨道可供一些道路车辆使用。

(8) 经济效益好。

① 从寿命周期成本综合考虑;

② 运营额外费用少;

③ 交通系统的磨损程度相对较小;

④ 乘客满意会带来更高的效益。

(9) 轨道必须建于坚实、稳定、不变形或有限变形的基础上,一旦下部基础变形下沉超出轨道可调整范围或导致轨道结构损伤等,其修复和整治将十分困难。

(10) 振动噪声相对较大。

(11) 初期投资相对较大。

1.1.3 跨区间无缝线路

所谓跨区间无缝线路即轨条与轨条、轨条与道岔直接焊接,轨条之间直接传递纵向力和位移量。跨区间无缝线路的应用,最大限度地减少了铁路轨道的钢轨接头,从而为高速列车提供安全、平稳的运行条件。

按照无缝线路的基本原理,焊接长钢轨的温度应力与轨温变化幅度有关,而与焊接长钢轨的长度无关,因此,从理论上讲,无缝线路可以无限长。经过我国铁路工作者的多年努力,一度限制无缝线路发展的“四大禁区”(桥上无缝线路、小半径无缝线路、大坡道无缝线路、寒冷地区无缝线路)已被一一突破,这更为跨区间无缝线路的铺设奠定了坚实的技术基础。

跨区间无缝线路是轨道结构的重大变革,是铁路建设的发展趋势,已成为当今轨道结构现代化的主要标志。我国已在沪宁线大修中成功焊接了一根全长 223.2 km 的跨几十个区间的超长无缝线路,秦沈客运专线首创新线建设一次铺设无缝线路(200.918 km)。世界各国高速铁路无一例外全部采用一次铺设无缝线路。

1.2 客运专线建设中有碴与无碴两种轨道的比较

有碴轨道与无碴轨道的比较,主要应从技术和经济两方面来综合分析。

1.2.1 技术比较

1) 线路平纵断面和轨道结构特性

无碴轨道结构由于其几何形位有较高的稳定性,可以选用较经济的线路平纵断面参数。

无碴轨道建成后,如要改变超高、竖曲线坡段长度、缓和曲线长度或曲线半径,将比有碴轨道困难得多,增设道岔也同样很困难。但无碴轨道具有较小的线路横断面和较低的建筑高度。

2) 轨道几何形位的施工验收质量

两种轨道结构的几何形位, 在施工验收时均能达到高质量水平。

3) 在列车载荷作用下的轨道质量

在评价轨道结构的质量时, 最重要的一个标准是在新线建设中所建造的轨道几何形位在运营载荷作用下能否长久保持。

在新线建设时, 有碴轨道往往能达到高质量的几何形态, 但在列车载荷反复作用下它会迅速恶化, 而无碴轨道结构在这方面却具有绝对的优势。

4) 维 修

日本和德国无碴轨道现有的维修资料表明, 无碴轨道维修只有一些日常的检查工作, 无需进行轨道修理工作。只是无碴轨道到有碴轨道的过渡段有恢复其轨道状态的维修工作, 这就说明了有碴轨道结构的不稳定性。

为了保证高速行车的安全与平稳, 有碴轨道需要每年进行综合维修, 每隔几年要进行一次大修, 以全面恢复轨道几何形态, 特别是在高速线上, 还要提前进行道床脏污、磨损(粉化)的清筛或更新换碴工作。

无碴轨道上便于公路救援车行走; 有碴轨道上公路救援车无法行走。

5) 石材选用

有碴轨道必须选用优质石材作为道碴; 无碴轨道要求石材满足混凝土粗骨料质量即可。

1.2.2 经济比较

经济比较应根据两种轨道结构的工程投资和维修费用, 并通过经济计算来进行。

1) 工程投资

日本板式轨道的工程投资费用最初控制为不超过有碴轨道的 2 倍, 现在已降至 1.3 倍。德国无碴轨道初期投资是有碴轨道的 3 倍, 后经改进, 现已降至 1.5 倍, 并认为如不超过 1.3 倍, 在经济上无碴轨道比有碴轨道有利。

此外, 为满足高速运输的需要, 不得不强化有碴轨道, 使其向重型化发展。这样, 在造价比值上无碴轨道将更为有利。

在比较有碴轨道和无碴轨道的工程造价时, 必须考虑无碴轨道所具有的较经济的线路平纵断面参数、较小的线路横断面、较低的建筑限界高度等特征, 如此, 其工程造价还可降低。

2) 维修费用

无碴轨道维修工作量较少, 维修费用明显低于有碴轨道, 甚至无需进行维修也可在长期高速运营中保持良好的乘坐舒适性。

根据现有的资料, 无碴轨道的维修费用日本为有碴轨道的 0.53 倍, 德国为有碴轨道的 1/3~1/5, 实现了轨道的少维修化, 这是无碴轨道结构的最突出优点。

3) 综合经济比较

无碴轨道使用年限可达 60 年; 有碴轨道使用年限一般为 30 年, 且每 15 年需更换道碴。根据德国、日本等发达国家的运行经验来分析, 用生命周期成本来评价有碴与无碴轨道的优劣, 无碴轨道较明显的处于上风。

从以上比较可见: 发展无碴轨道铁路(尤其在运输繁忙的大通道上)更能适应人们日益

加快的工作与生活节奏；更能体现以人为本的人性化理念；更能适应社会经济的快速发展；更能实现长久的经济效益。

1.3 客运专线轨道对施工的要求

1.3.1 更新观念

(1) 客运专线铁路轨道施工质量是决定客运专线铁路运营质量的重要因素。客运专线铁路轨道的平顺性、稳定性、强度和刚度初始状态很重要，较差的初始质量状态在开通后会导致轨道质量急剧下降，降低运营质量。国外专家认为，通过维修不可能把线路质量提高到比初始质量更高的程度，也就是说，线路的初始质量决定了其终身质量。

(2) 客运专线铁路轨道施工是精细的工作，不是普通建筑安装工程。国外对轨道的施工要求已经达到了非常高的程度，我国客运专线铁路的轨道安装标准，也应满足速度目标值的要求。

(3) 客运专线高速铁路建设是一项系统工程，它的优越性不是通过轨道自身就能实现的，它同时还对路基、桥涵、隧道等结构有着极高的要求。

1.3.2 调整方法

就施工领域而言，施工工艺、施工机械、控制手段都应根据客运专线轨道结构形式的发展进行相应的调整，这样才能既满足能力与精度要求，又可形成规模化的快速施工。

1.4 编制内容简介

目前，国际上无碴轨道形式多样，而且都在进一步发展完善，彼此相比各具特色、各有优缺点。

本篇就与我国相关较大的德国 Züblin 型双块式轨道、德国 Rheda2000 型双块式轨道、德国 Bögl 板式轨道、日本板式轨道等四种无碴轨道的施工工艺、设备选用、控制方法进行了论述。其中应用规范为我国规范（已达到国际先进水平）。

1.4.1 跨区间无缝线路的施工方案

跨区间无缝线路的施工，目前有两种方案，即短轨过渡方案和一次铺设无缝线路方案。

短轨过渡方案 即先铺短轨有缝线路并经初期运营，待路基、道床在列车作用下密实、稳定之后，保持道床、轨枕不动，将短轨更换为长轨条并焊接成无缝线路。这种经短轨有缝阶段线路过渡而铺设的无缝线路，容易使钢轨接头部位的路基、道床受到破坏，使之在强度、弹性及其结构均匀性等方面成为固有的薄弱环节。而且这些已经形成的薄弱环节具有“记忆”特征，不可能通过维修手段彻底根除，他们将长期影响线路的平顺性和均匀性，不能满足高速列车的运营要求，同时也加大了养护维修工作量。

一次铺设无缝线路方案 即不经短轨过渡，新铺设长钢轨焊成无缝线路。在无缝线路铺设之后，能够保证高速线路的质量，因此本篇仅介绍了一次铺设无缝线路方案的机械化施工。