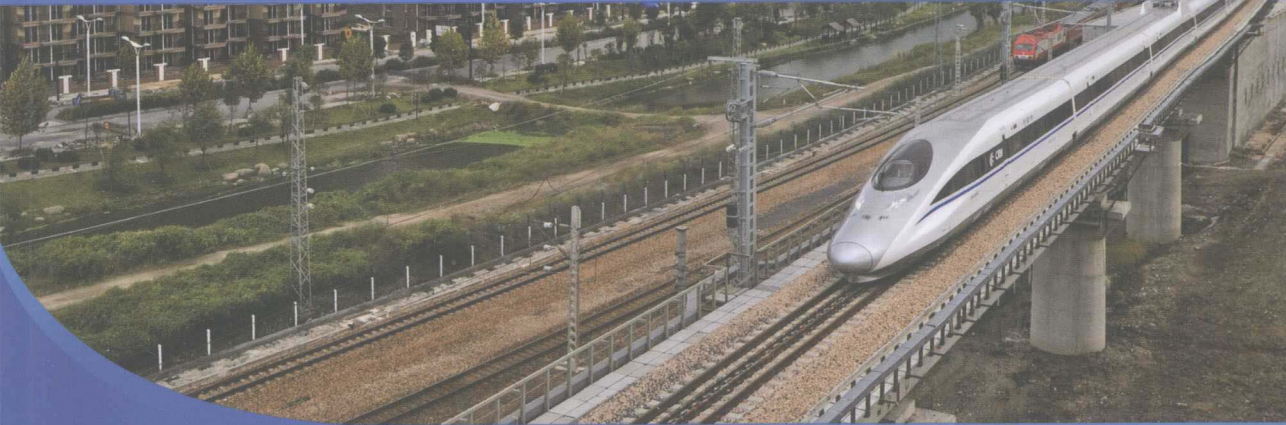


高等职业教育高速铁路系列教材



高速铁路无砟轨道

邓昌大 秦立朝 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

/// 高等职业教育高速铁路系列教材



高速铁路无砟轨道

邓昌大 秦立朝 主编
薛双纲 主审

中国铁道出版社

2012年·北京

内 容 简 介

本书为高等职业教育高速铁路系列教材之一。本书根据目前高速铁路发展状况和学生的培养目标编写,在确保基本理论和基本知识的前提下,更加注重现场的实用性、适应性和先进性。全书分为3章,主要介绍无砟轨道结构、无砟轨道施工、无砟轨道维修。

本书为高职高专高速铁路工程技术、铁道工程技术、城市轨道交通技术专业的教学用书,也可作为铁路工务和工程施工技术人员培训用书,亦可作为从事高速铁路建设养护维修人员的学习用书,以及相关专业管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路无砟轨道/邓昌大,秦立朝主编. —北京:
中国铁道出版社,2012.1
高等职业教育高速铁路系列教材
ISBN 978-7-113-13987-2

I. ①高… II. ①邓… ②秦… III. ①高速铁路—
无砟轨道—高等职业教育—教材 IV. ①U213.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 268921 号

书 名:高速铁路无砟轨道
作 者:邓昌大 秦立朝 主编

策 划:刘红梅 电话:010-51873133 读者热线:400-668-0820
责任编辑:刘红梅 邮箱:mm2005td@126.com
编辑助理:谢宛廷
封面设计:崔丽芳
责任校对:胡明锋
责任印制:李 佳

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.edusources.net>
印 刷:中国铁道出版社印刷厂
版 次:2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷
开 本:787mm×960mm 1/16 印张:11.50 字数:212千
印 数:1~4000册
书 号:ISBN 978-7-113-13987-2
定 价:24.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

高等职业教育高速铁路系列教材 编审委员会

主 任:戴力斌

副 主 任:曹 毅

委 员:(按姓氏笔画排列)

邓昌大 何奎元 应夏晖

李 宏 李章凤 陈志雄

陈建译 周 伟 唐新权

晔 亓 郭飞跃 谭墩枝

薛双纲

序

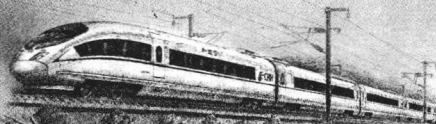


中国铁路一直认真贯彻党中央、国务院关于铁路技术装备现代化的部署,按照“先进、成熟、经济、适用、可靠”的技术方针,瞄准世界高速铁路最先进技术,通过原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新的有机结合,取得了一系列重大技术创新成果,系统掌握了时速 250 km 和时速 350 km 速度等级的涵盖设计施工、装备制造、系统集成、运营管理等高速铁路的成套技术,构建了具有自主知识产权和世界先进水平的高速铁路技术体系。目前,中国已经成为世界上高速铁路发展最快、系统技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家。

根据中长期铁路网规划,到 2020 年,铁路营业里程将达到 12 万 km 以上。其中,新建高速铁路将达到 1.6 万 km 以上;加上其他新建铁路和既有线提速线路,我国铁路快速客运网将达到 5 万 km 以上,连接所有省会城市和 50 万人口以上城市,覆盖全国 90% 以上人口。

为了建设和维护好高速铁路,确保其高效、安全、准时和舒适平稳运行,必须要有一大批掌握高速铁路建设、运用与维护等专业知识的工程技术人员,这些技术人员目前迫切需要一本适合他们要求的、同时具有一定理论深度的相关教材或技术参考书。

湖南高速铁路职业技术学院正是在上述背景下,在广泛收集国内外有关高速铁路的技术资料和调研的基础上,经过消化吸收和系统归纳整



理,结合高职学院教学特点以及国内高速铁路运营实际,组织教师和大量现场工程技术人员共同编写了高速铁路系列丛书,主要涵盖铁道工程、铁道运营管理、铁道通信、铁道信号等专业,可供高等职业院校相关专业教学使用,亦可供高速铁路施工、运营、维护等技术人员培训使用。

相信本套教材的出版会为进一步提高教学质量、帮助学生更快适应工作岗位、促进铁路职工更好地提高专业技能打下坚实的基础,为中国高速铁路的发展做出应有的贡献。

丛书编委会
2011年4月

前 言



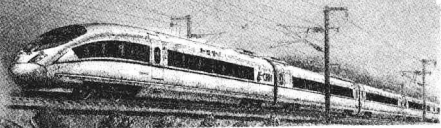
根据中国铁路中长期发展规划,全国新建高速铁路将在 2020 年超过 2.0 万 km,同时武广高铁的开通,沪杭、宜万、包西、京沪等高铁陆续建设,将使中国高速铁路形成功能强大的铁路网。为了保证高速铁路能够高速、高效、安全、准时和舒适平稳地运行,必须要培养出一批掌握高速铁路建设、营运与维护等专业知识的工程技术人员。

根据形势需要,湖南高速铁路职业技术学院从 2005 年开始编写了高速铁路相关培训教材并对在职技术人员进行培训,在广泛收集国内外有关高速铁路技术资料 and 充分调研的基础上,结合高职学院教学特点,组织编写了高速铁路各专业系列教材,《高速铁路无砟轨道》正是其中的一本。

《高速铁路无砟轨道》教材是根据目前高速铁路发展状况和学生的培养目标编写的,在确保基本理论和基本知识的前提下,更加注重现场的实用性、适应性和先进性。本书在对建成和在建高速铁路的研究基础上,介绍了高速铁路无砟轨道结构,对无砟轨道的施工及养护作了重点阐述。本书配有大量的图表,直观易学。

本书由湖南高速铁路职业技术学院邓昌大、秦立朝主编,秦立朝编写第 1 章和第 3 章,邓昌大编写第 2 章。全书由邓昌大统稿,广州铁路集团公司工务处薛双纲主审。

本书在编写过程中得到了高速铁路施工和养护企业的大力帮助,参



考了大量的文件和资料。由于参考的文献和资料较多,只能就主要的文献列于书后。在此谨向所有参考过的文献、资料的作者们表示衷心的感谢。

本书可作为高职高专高速铁路工程技术、铁道工程技术、城市轨道交通工程专业教学用书,也可作为从事相关行业有关工程技术人员及管理人员参考用书。

本书涉及的内容为高速铁路无砟轨道的新技术,各方面的技术都在不断发展之中,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正,以提高教材质量。

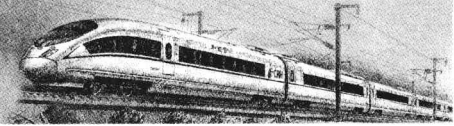
编者

2011年10月

目 录



1 无砟轨道结构	1
1.1 无砟轨道概述	1
1.2 我国无砟轨道类型	4
1.3 钢 轨	6
1.4 扣 件.....	10
复习思考题	19
2 无砟轨道施工	20
2.1 CRTS I 型板式无砟轨道施工	20
2.2 CRTS II 型板式无砟轨道施工	50
2.3 CRTS I 型双块式无砟轨道施工	110
复习思考题.....	136
3 无砟轨道维修	138
3.1 高速铁路维修组织与作业项目	138
3.2 高速铁路维修施工天窗	139
3.3 无砟轨道钢轨及扣件维修要求	141



3.4 板式无砟轨道维修	143
3.5 双块式无砟轨道维修	154
复习思考题.....	172
参考文献.....	173

1 无砟轨道结构

1.1 无砟轨道概述

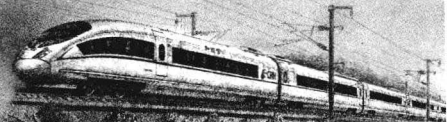
从 20 世纪 60 年代开始,无砟轨道结构在世界各地得到发展并被广泛应用。经过 40 多年的发展,无砟轨道经历数量上由少到多,技术上有浅到深,类型上由单一到多种,铺设范围上由个别地段到全线铺设的发展历程。目前高速铁路比较发达的国家大都采用无砟轨道作为主要轨道的结构形式,具有代表性的有德国的 Rheda、Zublin、BogI;日本的板式轨道;中国的 CRTS(China Railway Track System) I、II 型板式轨道、III 型轨道及 CRTS I、II 型双块式轨道等。此外,意大利、法国、奥地利、荷兰、瑞士等国均根据自己国家的铁路特点选择无砟轨道形式,在铁路上有不同程度的应用。

1.1.1 国外无砟轨道发展

为适应列车高速运行需要、提高线路稳定性和耐久性、减少线路维修工作量,世界各国研究开发了多种结构形式的无砟轨道。如日本新干线的板式、德国高速铁路的雷达(Rheda)型、英国的 PACT 型等。

日本是发展无砟轨道较早、较快的国家。早在 20 世纪 60 年代的中期,日本就开始了无砟轨道的研究与实验,考虑到预制轨道板精度容易保持、板下可设置用于调整的缓冲垫层以及方便施工与维修,最终选择了板式轨道。板式轨道已成为日本新干线的主要轨道结构形式。此外,日本根据线路的实际运营情况,为了减小因温度差异而引起的轨道板翘曲、减小 CA 砂浆损坏、降低维修工作量,同时减少轨道板体积和自重及 CA 砂浆的用量、降低生产成本和运费、获得更好的经济性,又发展了框架型轨道板。为适应东北、上越新干线寒冷气候条件的要求,研制了双向预应力结构的轨道板,以确保预应力作用范围,特别是保证轨道端部的应力水平。

德国也是世界上发展无砟轨道较早的国家之一。德国采用自主研发、统一管理的模式,即由德铁制定统一的基本设计要求,由公司、企业自行研制开发无砟轨道。自 1959 年开始研究至今,德国先后在土质路基、高架桥上以及隧道内试铺了各种混



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,形成了德国铁路的七大系列四十多种无砟轨道和比较成熟的技术规范和管理体系,研制了成套的施工机械设备和工程质量检测设备,为无砟轨道在德铁的推广应用创造了良好的条件。目前,应用较广的主要结构形式有 Rheda、Zublin 和 Bogl。

英国采用的 PACT 型无砟轨道为现场浇筑的钢筋混凝土道床板,钢轨直接与道床板连接,轨底与混凝土道床板之间设连续带状橡胶垫板,钢轨为连续支承,由于承轨部位现浇施工,精度保证比较困难。1969 年开始研究和试铺,到 1973 年正式推广,并在西班牙、南非、加拿大和荷兰等国家重载和高速线的桥隧结构上应用。

奥地利开发的 OBB-PORR 板式轨道,中间设有两矩形孔,便于充填砂浆和传递水平力。轨道板底部和矩形孔四周设有隔离层。充填砂浆的同时,可在矩形孔处形成一个锥形锚块,抵抗上拔力作用。

法国高速铁路主要采用有砟轨道,运营速度能够达到 300 km/h 以上。但随着运营时间的增长,法国开始认识到无砟轨道的优越性,开始了对无砟轨道的研究与实验。在新建的地中海线,路基上铺设了 2 km、隧道内铺设了 8 km 的双块式无砟轨道。

1.1.2 我国无砟轨道发展

我国无砟轨道的研究起于 20 世纪 60 年代,与国外的研究几乎同步。初期曾试铺过支承块式、短枕式、整体浇筑式及沥青道床等,形成通用图并推广应用的仅有支承块式整体道床,在成昆线、京原线、京通线、南疆线等长度超过 1 km 的隧道内铺设,累计达 300 km。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,全部铺设在大型客站和隧道内,总长约为 10 km,但并未大量推广。此外铺设过由沥青灌注的固化道床;在京广线九江长江大桥引桥上还铺设过无砟无枕结构,长度约 7 km。

进入 20 世纪 90 年代以来,为了适应我国铁路提速以及高速铁路发展的需要,我国无砟轨道的研制工作步入了一个新阶段,在秦沈线上铺设板式无砟轨道,在渝怀线上鱼嘴 2 号隧道和圆梁山隧道内铺设长枕埋入式无砟轨道,在西康线秦岭隧道内铺设弹性支承块式无砟轨道。

为了研发具有自主知识产权的无砟轨道成套技术,积累成段铺设无砟轨道经验,2004 年铁道部决定在遂渝线建设无砟轨道试验段,对板式轨道、双块式轨道、纵连式轨道以及岔区长枕埋入式无砟轨道进行了试验研究。此后,在引进消化吸收再创新的基础上,通过京津、武广、郑西、京沪等高速铁路的建设,我国高速铁路无砟轨道进

入了快速发展时期。

京津高速铁路是我国第一条时速 300~350 km 的高速铁路,除天津站和中间站到发线采用有砟轨道外,区间正线全部采用 CRTS II 型无砟轨道,部分道岔区段采用轨枕埋入式和岔区板式无砟轨道。武广高速铁路全长 1 068.6 km,正线无砟轨道 955.7 km,设计时速 350 km/h,大规模应用了 CRTS I 型双块式轨道、CRTS I 型板式轨道、岔区板式和轨枕埋入式无砟轨道。武广高速铁路建设中,自主研发了时速 350 km 18 号无砟高速道岔,首次铺设了 50 号大号码板式无砟道岔。郑西高速铁路全长 484 km,全线铺设 CRTS II 型双块式无砟轨道。京沪高速铁路全长 1 318 km,是新中国成立以来一次建设里程最长、投资最大、标准最高的高速铁路,全线铺设无砟轨道,采用了 CRTS I 型、CRTS II 型板式无砟轨道技术。

1.1.3 无砟轨道的特点

与有砟轨道相比,无砟轨道具有以下特点:

1. 线路平顺性高

有砟轨道采用均一性较差的天然道砟材料,在列车荷载作用下其道床肩宽、砟肩堆高、道床边坡、轨枕间距及轨枕在道床中的支撑状态相对易于变化,并导致轨道几何形变。无砟轨道的下部结构均为现场工业化浇筑或厂预制件,可以保证其性能有较好的均一性,从而提高轨道的平顺性。

2. 轨道稳定性好

无砟轨道结构中,作为无缝线路稳定性计算参数的轨道纵、横向阻力不再依赖于有砟道床,其整体式轨下基础可为无缝线路提供更高和更稳定的轨道纵、横向阻力,具有更高的稳定性和更长的使用寿命。

3. 线路养护维修工作量显著减少

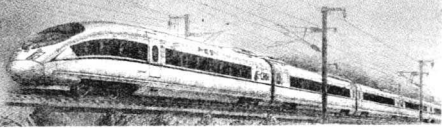
无砟轨道采用整体式轨下基础,与采用散粒体结构的有砟道床相比,在列车荷载作用下不会产生道砟颗粒磨耗、粉化,相对错位所引起的道床结构变形;在列车荷载反复作用下不会产生变形积累,使轨道几何尺寸的变化基本控制在轨下胶垫、扣件及钢轨的松动和磨损等因素之内,从而大大降低轨道几何状态变化的速率,减少养护维修工作量。

4. 耐久性好,服务期长

无砟轨道结构为整体混凝土结构,设计使用寿命为 60 年,由于该结构使得线路平顺性高,稳定性好,病害少,维修量少,使得其耐久性好,服务期长。

5. 自重轻,结构高度低

由于无砟轨道道床板的厚度比有砟轨道道床厚度要小,所以无砟轨道自重轻,结



构高度比有砟轨道低,降低跨线处结构设计高程,对于桥上无砟轨道结构可减轻桥梁二期恒载约 40%,对于隧道内无砟轨道结构可以降低隧道净空。

6. 初期投资相对较大

与有砟轨道相比,尽管无砟轨道的结构具有高度低、自重轻、桥隧工程费用降低的特点,但无砟轨道结构本身的工程费用高于有砟轨道,特别是在对振动和噪声等环境要求较高的地段,用于减振降噪措施的费用比有砟轨道要高,总的来说,无砟轨道建设初期投资大于有砟轨道。

7. 基础变形下沉修复困难

无砟轨道的永久变形可以通过扣件或 CA 砂浆进行调整,以恢复其正常的轨道几何形状。由于扣件的调整量非常有限或调整的工作困难,对于无砟轨道的变形,特别是由于线下工程的沉降所引起的轨道永久变形必须做出严格限制,无砟轨道结构属于整体结构,局部损坏对轨道整体影响较大,一旦出现病害修复困难。

1.2 我国无砟轨道类型

为了提高轨道在高速运行条件下的稳定性和耐久性。实现轨道少维修的目的,就必须考虑改变轨下基础结构形式。国外成功地开发了无砟轨道结构,主要有板式无砟轨道、雷达型无砟轨道、博格板式无砟轨道、旭普林无砟轨道、弹性支承块式无砟轨道等几种形式。我国无砟轨道结构类型主要有 CRTS I 型、CRTS II 型、CRTS III 型板式无砟轨道和 CRTS I 型、CRTS II 型双块式无砟轨道。无砟轨道类型见图 1.1 ~ 1.5 所示。

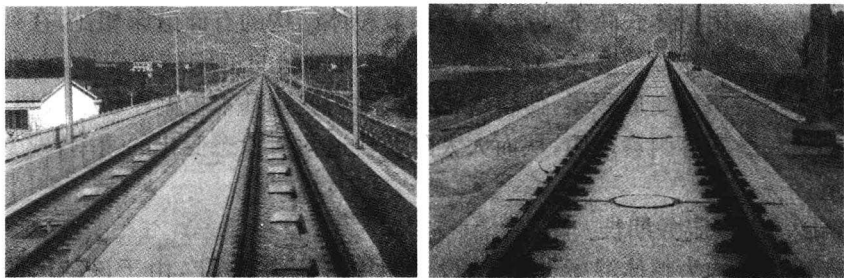


图 1.1 CRTS I 型板式无砟轨道

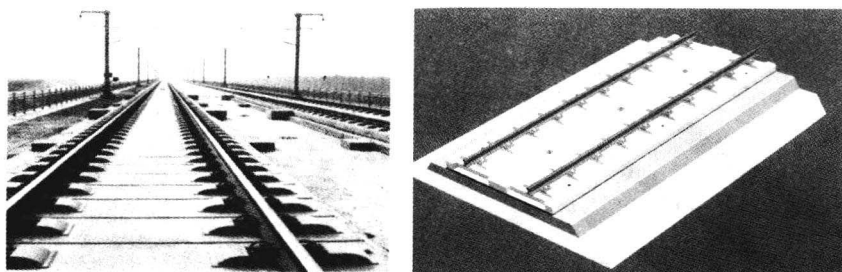
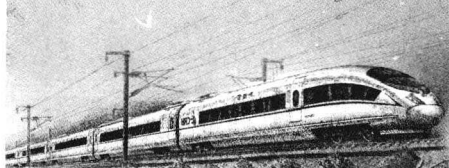


图 1.2 CRTS II 型板式无砟轨道

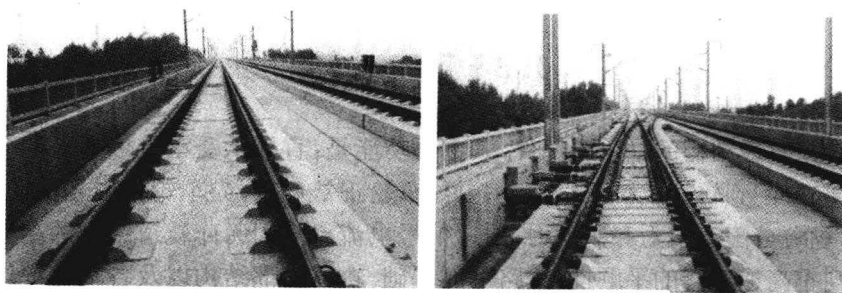


图 1.3 CRTS I 型双块式无砟轨道

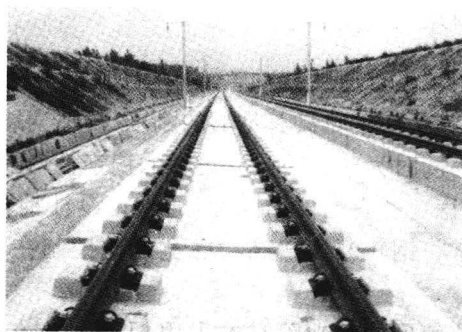


图 1.4 CRTS II 型双块式无砟轨道

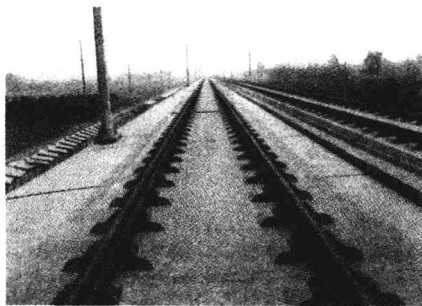
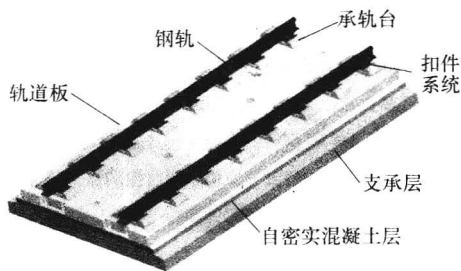
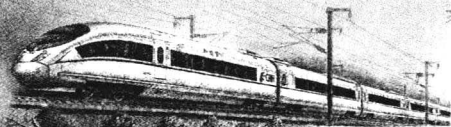


图 1.5 CRTSⅢ型无砟轨道

1.3 钢 轨

钢轨是轨道结构的最重要部件,其主要功能是:直接承受车轮传递来的荷载,并将其传递、分配到轨枕或轨下基础上;引导车轮正常运行;为车轮提供光滑的运行踏面,通过黏着分配牵引力和制动力;传递信号电流。采用无砟轨道结构的高速铁路,为保证列车高速运行的平顺性,线路下部基础、轨道上部结构以及各轨道部件,都要为钢轨的正常工作提供良好条件。而钢轨内在的质量、材质性能、断面公差、平直度等都是钢轨正常使用的必要保证。

1.3.1 高速铁路钢轨特点

随着铁路的发展,列车运行速度和轴重不断增加,钢轨断面形状不断得到改进,尺寸也随之不断增大。为了使钢轨具有足够的刚度,要适当增加钢轨高度,以保证钢轨有较大的水平惯性矩,同时为使钢轨具有足够的稳定性,在设计轨底宽度时应尽量宽一些。为了使刚度和稳定性有最佳的匹配,通常在设计钢轨断面时应控制轨高与轨底之比,高速铁路通常将钢轨断面轨高与底宽之比控制在 1.14~1.20(UIC60 为 1.14,CHN60 为 1.17)。

目前,国外高速铁路使用的钢轨除日本采用 JIS 60 kg/m 钢轨断面外,法国、德国、西班牙、意大利以及韩国等都采用 UIC 60 kg/m 钢轨断面。中国使用 CHN 60 kg/m 钢轨断面,即原有的 60 kg/m 轨头形式,尺寸与 UIC60E1 钢轨没有实质性差异。钢轨的断面示意如图 1.6 所示。钢轨各部分的尺寸及特征见表 1.1。

钢轨定尺长度不仅反映了一个国家的钢轨生产水平,而且也能反映钢轨使用部

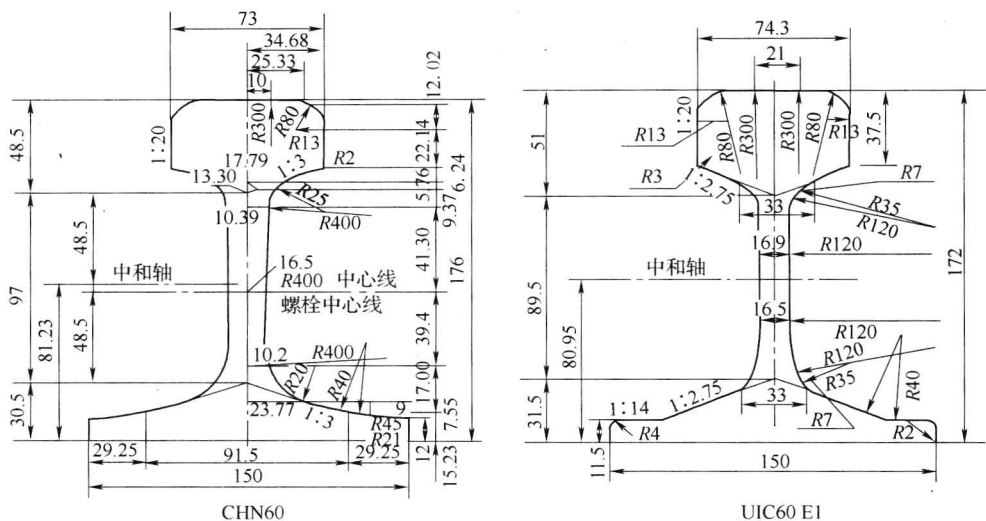


图 1.6 钢轨断面示意图(单位:mm)

门的管理水平。我国钢轨的标准长度有 12.5 m、25 m 及 100 m。钢轨的焊接接头始终是线路上的薄弱环节,接头越少对行车越有利。对高速铁路而言,钢轨定尺长度越长,对确保高平顺性的轨道越有利。所以,高速铁路应采用符合相应技术标准的 60 kg/m 的 100 m 定尺钢轨焊接。

高速铁路要求钢轨安全使用性能好,几何尺寸精度高、平直度好。为此国外高速铁路较为发达国家均采用强度等级为 800~880 MPa 的碳素热轧钢轨,并采用炉外精炼、真空脱气、大方坯连铸等先进技术进行钢轨的冶炼,我国新建的高速铁路均采用强度等级为 880 MPa 级 U71Mn 钢轨。

表 1.1 CHN60 和 UIC60 钢轨断面尺寸及特性

项 目	CHN60	UIC60
钢轨高度(mm)	176	172
钢轨底宽(mm)	150	150
轨头高度(mm)	48.5	51
轨头宽度(mm)	73	74.3
轨腰厚度(mm)	16.5	16.5
轨头圆弧(mm)	300-80-13	300-80-13
钢轨高度与钢轨底宽之比	1.17	1.15