

高校土木工程
专业指导委员会规划推荐教材

轨道工程

中南大学 陈秀方 主编
同济大学 王午生 主审



中国建筑工业出版社

CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

轨道工程

中南大学 陈秀方 主编
同济大学 王午生 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

轨道工程/陈秀方主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 7-112-06662-X

I. 轨… II. 陈… III. 轨道 (铁路) —高等学校—教材 IV. U213.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 124875 号

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

轨 道 工 程

中南大学 陈秀方 主编

同济大学 王午生 主审

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 21³/₄ 字数: 452 千字

2005 年 1 月第一版 2005 年 1 月第一次印刷

印数: 1-2500 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-112-06662-X

TU·5816 (12616)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书属高等学校土木工程专业指导委员会规划推荐教材,适用于土木工程专业本科教学,并可供工程技术人员参考。

全书共分八章,包括绪论,轨道结构,轨道几何形位,道岔,轨道力学分析,无缝线路轨道设计,轨道维护与管理,铁路噪声与振动及其控制。

本书采用铁道工程最新规范体系,反映了轨道工程技术最新动态;内容编排采用模块化方式,便于灵活取舍教材内容,以贯彻一主多辅的专业课教学思想。

责任编辑:朱首明 刘平平

责任设计:刘向阳

责任校对:李志瑛 刘玉英

前言

本书由高等学校土木工程专业指导委员会第三届五次会议确定为规划推荐教材,适用于土木工程专业道路与铁道工程及相关课群组《轨道工程》专业课教学,由中南大学主编,西南交通大学参加编写,同济大学主审。

我国铁路通过列车提速和客运专线铁路工程建设,全面推动了铁路工程技术创新。铁路轨道工程采用了新技术、新材料、新结构和新标准,原有的铁路轨道教材已不能适应时代要求,因而必须采用铁道工程最新规范体系,反映轨道工程技术最新发展水平,并以一主多辅的专业课教学思想为指导,重新组织教材内容,编写合乎现代教学要求的轨道工程教科书。本书引入了高速铁路钢轨、高速铁路道岔、新型无碴道床、新型养路机械等现代轨道工程新技术;引入了轨道不平顺谱密度管理方法与标准、无缝线路轨道新的设计方法和理论、以及车辆稳态通过曲线理论;还引入了轨道交通噪声与振动及其控制并定为专门章节。编者希望通过以上内容的引入使教材反映出现代铁路轨道工程技术及设计理论的发展水平,同时也希望能有助于推动轨道工程教学内容的创新,使之更具先进性、科学性和实用性。

全书共分8章,由陈秀方主编,王午生主审,参与编写的专家教授有:陈秀方(第1、6、7章)、刘学毅(第5章)、唐进锋和金守华(第2、8章)、江成(2.2.3无碴道床)、向俊(第3、4章)、顾经文(4.5.3国外高速道岔发展概况)、周小林(附录)。全书各章的书稿由主编人进行了内容调整和增删。

在本教材的编写过程中,得到中南大学和土木建筑学院领导的支持,并得到业内同仁的热情帮助。同济大学王午生教授,仔细审阅了书稿,并提出了许多宝贵意见。铁道部高速办赵国堂研究员,铁道部运输局吴细水高级工程师,铁道部工程技术研究所刘华高级工程师,中国铁道建筑总公司金守华高级工程师,中国铁路工程总公司高慧安高级工程师,西南交通大学王平教授,铁道科学研究院赵汝康研究员、江成研究员、顾经文研究员、王继军助理研究员等领导和专家为本书提供了宝贵的技术文献资料。博士研究生姚京成,硕士研究生张向民、唐乐、朱文珍、曾华亮、易锦、黄友剑等为本书的文献检索、书稿打印、校对及有关例题计算付出了极大艰辛。中国建筑工业出版社朱首明主任为本书的编写提出宝贵的指导意见,使之顺利出版。在此向他们致以诚挚地谢意!

作者学术水平有限,如有疏漏,敬希指正。

目 录

第 1 章	绪论	1
第 2 章	轨道结构	5
2.1	轨道的组成	5
2.2	我国铁路轨道类型	6
2.3	钢轨	7
2.4	轨下基础	39
2.5	扣件	70
第 3 章	轨道几何形位	79
3.1	概述	79
3.2	机车车辆走行部分构造简介	80
3.3	直线轨道几何形位及其标准	88
3.4	曲线轨道几何形位及其标准	94
第 4 章	道岔	111
4.1	道岔的种类	111
4.2	单开道岔构造	114
4.3	单开道岔的几何形位	130
4.4	单开道岔总布置图设计	135
4.5	列车通过道岔的容许速度及高速道岔	145
4.6	特种道岔	156
4.7	轨道连接	161
第 5 章	轨道力学分析	170
5.1	概述	170
5.2	轨道的荷载	170
5.3	轨道结构静力计算	172
5.4	轨道结构动力作用的准静态计算法	192
5.5	轨道部件强度检算	196
5.6	轮轨相互作用	206
5.7	车辆转向架稳态通过曲线计算	219
5.8	车辆运行平稳性和安全性及其评估标准	227
第 6 章	无缝线路轨道设计	236

6.1 概述	236
6.2 长钢轨轴向温度力	237
6.3 无缝线路轨道稳定性计算	243
6.4 路基上的无缝线路轨道设计	256
6.5 桥上无缝线路	263
第7章 线路维护与管理	279
7.1 我国线路维护管理体制	279
7.2 线路修理周期	280
7.3 线路设备大修	282
7.4 线路维修	284
7.5 轨道几何形位的检测与管理	286
7.6 大型养路机械	296
第8章 轨道交通噪声与振动及其控制	305
8.1 控制轨道交通噪声与振动的意义	305
8.2 噪声与振动的基本知识	305
8.3 噪声的危害与评价	311
8.4 振动的危害与评价	318
8.5 轨道交通噪声的特点	321
8.6 轨道交通噪声的控制	323
附录 A 我国各地区最高、最低轨温表	326
附录 B $\Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right)$ 函数表	327
附录 C 国外铁路机构名称简称	328
附录 D 常用轨道工程汉英科技名词	329
参考文献	340

第1章 绪 论

现代交通运输有铁路、公路、水路、航空及管道等五种主要方式。19世纪铁路和蒸汽机的出现,极大地推动了社会发展的进程。但是,在第二次世界大战后,铁路运输受到高速公路和航空运输的严重挑战,其运输主导地位曾一度明显下降。面对世界交通运输格局的变化,世界各国铁路系统进行了调整,确立了新的发展模式,形成了以日本铁路为代表的高速客运型模式,以美国、加拿大铁路为代表的重载货运型模式和以欧洲、俄罗斯、中国铁路为代表的客货运输并重的模式。铁路为在竞争中求发展,不断进行技术创新,积极采用现代先进技术装备,改进经营管理方式,面貌焕然一新。1964年10月1日,世界上第一条高速铁路——日本东海道新干线问世,列车最高速度达到210km/h,其先进的技术装备、快捷的旅行速度、安全舒适的乘车条件以及成功的管理经验,向世人展示了现代铁路的发展前景,铁路运输从此焕发出勃勃生机。

进入20世纪70年代,由于能源危机、环境污染、交通安全等问题的困扰,人们重新审视了人类生存与发展的途径,世界普遍接受可持续发展的战略思想,将社会发展的概念从简单的经济增长拓展到经济、社会、资源环境协调发展的新高度。联合国2000年召开“可持续发展世界首脑会议”,充分体现了国际社会和各国政府对可持续发展的强烈关注。1994年,我国国务院常务会讨论并通过了《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》,将可持续发展列入21世纪发展的重要议程。“十五”期间,我国已将可持续发展战略向实施阶段全面推进。由于近代铁路运输具有速度高、运能大、能耗低、污染轻、占地少和安全性好等一系列突出优势(三种运输方式的比较见表1-1),人们重新认识了铁路运输的价值。在已形成发达交通网的日本和欧洲国家,正致力于推进高速铁路网的建设。目前全世界新建高速铁路5236km,改造后运行速度达200km/h的线路约计15000km以上。高速铁路最高运行速度可达350km/h,平均运行速度在日本达266.5km/h、法国258.4km/h。目前在建的高速铁路有:法国(460km)、德国(266km)、日本(396km)、意大利(464km)、西班牙(855km)、比利时(100km)、韩国(396km)、中国台湾省(345km)。此外,许多国家与地区都制定了修建高速铁路的计划,其中,欧盟规划2010年建成泛欧高速铁路网29000km,俄罗斯莫斯科—彼得堡420km,澳大利亚堪培拉—悉尼270km,中国北京—上海1300km等。

高速铁路、高速公路、航空三种运输方式比较表

表 1-1

项 目	高速铁路	高速公路	航空	附 注
最高速度 (km/h)	350	120	900	在 1000km 旅程范围内的单位行程耗时, 铁路优于航空
单向运输能力比数	10	2	1	
能耗比数	1	6	3	美国华盛顿艾兰公司统计, 以“人·km”为单位计算所耗费的能源
CO ₂ 排放量比数	1	3	4.6	
用于治理污染的外部成本比数*	1	4	5.2	
占地面积 (亩/km)	35 (双线铁路)	105 (4 车道)		其中占用大量可耕地
安全性 (10 亿人·km 死亡人数)	1.971 (既有铁路) 0 (高速铁路)	18.929	16.006	日本统计
运输成本比数	1/5	1/2	1	

* 外部成本是某项经济活动的生产或者消费者施予他人或社会的损失。

世界铁路运输业在提高列车速度和发展高速铁路的同时, 20 世纪 60 年代, 重载铁路运输也获得长足的发展, 成为铁路现代化的又一发展方向。铁路重载运输的主要特点是, 充分利用铁路设施的综合能力, 扩大列车编组长度, 大幅度提高列车牵引总重 (5000t 以上), 从而增强运输能力, 提高运输效率, 并降低运输成本。重载运输适宜于诸如煤炭、矿石等大宗货物的长距离集中运输, 在美国、加拿大、澳大利亚、南非、巴西、俄罗斯和中国等一些幅员辽阔、资源丰富的国家发展尤为迅速。1967 年 10 月, 美国诺克福西方铁路公司 (N&W, 现已归入诺克福南方铁路公司) 在韦尔什—朴次茅斯间 250km 线路上, 开行了全长 6500m、总重 44066t 的重载列车。该列车由 500 辆煤车编组而成, 并由 6 台内燃机车分别位于列车头部和中部进行牵引。1996 年 5 月 28 日, 澳大利亚在纽曼山—海德兰港铁路线上, 试验开行了全长 5892m、总重 72191t (铁矿石净重为 57309t) 的重载列车。该列车由 10 台 Dash-8 内燃机车牵引 540 辆货车 (列车编组形式为: 3 台机车 + 135 辆货车 + 2 台机车 + 135 辆货车 + 2 台机车 + 135 辆货车 + 2 台机车 + 135 辆货车 + 1 台机车), 试验列车平均速度为 57.8km/h, 最高速度达 75km/h, 创造了重载列车的世界记录。由于美国铁路充分发挥了重载运输的优势, 使之成为盈利的运输产业, 其货运市场的份额保持在 40% 的水平, 并有上升趋势。此外, 还有加拿大、澳大利亚、巴西和南非等国的重载铁路都取得了良好的经济效益, 并在交通运输业中占有重要地位。20 世纪 90 年代初, 我国建成第一条重载铁路大同一秦皇岛运煤专线, 开行 6000t 及 10000t 重载列车。2004 年 12 月成功

开行了 20000t 重载列车, 标志我国的重载运输达到国际先进水平。此外还在京沪、京广、京哈等重要干线普遍开行了 5000t 重载列车。我国铁路货运的市场占有份额达 54.6%。

由于城市轨道交通具有较高的准时性、速达性、舒适性和安全性, 能充分利用地下空间, 节省城市用地, 并具有良好的环保效益, 一直处于世界发达国家主要城市公共交通系统的主导地位。表 1-2 列出了世界主要大城市轨道交通所占公共交通比重。虽然我国城市轨道交通尚未形成规模, 但已将其发展列入国民经济发展第十个五年计划发展纲要, 并作为拉动国民经济、特别是大城市经济发展的重大战略。目前, 北京、上海、广州、天津、大连等城市运营里程达 258km。北京、上海等 11 个城市在建城市轨道交通线路达 1000km。我国城市轨道交通将进入快速发展的兴旺时期。

世界主要大城市轨道交通所占公共交通比重

表 1-2

城 市	莫斯科	巴 黎	伦 敦	东 京	纽 约
轨道交通所占公共交通比重 (%)	56	71	57	86 (市中心地区)	70

我国铁路是世界上最繁忙的铁路, 在推动社会经济发展进程中居重要地位。据 1998 年统计, 换算运输密度高达 $2777.9 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{km/km}$, 远高于世界第二位的俄罗斯 ($1391.4 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{km/km}$), 分别是日本、美国、法国、德国的 2.0 倍、2.9 倍、8.6 倍和 8.9 倍。我国铁路为提高运输能力, 长期实施“大重量、高密度”的铁路发展策略, 取得明显成效。随着铁路运输的发展, 对于客货运输特别繁忙的干线, 将实行客货分线运输, 以提高运输质量和效益。为此, 我国铁路将继续实施既有线路提速, 推进重载运输发展, 并有计划地修建高速铁路和客运专线铁路。广深准高速铁路已建成通车, 最高速度达 200km/h, 取得良好经济效益和社会效益。计划兴建的高速铁路和客运专线有京沪、津秦、京武、武广、沈哈、沪杭、徐宝等共计 5000km; 计划兴建客货共线快速运输铁路 22 条, 共计 1.4 万 km。其中高速铁路最高速度为 300 ~ 350km/h, 客运专线和提速铁路最高速度为 200km/h, 繁忙干线快运货物列车最高速度为 120km/h。同时, 在繁忙干线开行 5000t 总重的重载列车, 在运煤专线开行 10000t 总重的重载列车, 并在重载运输铁路采用 25t 轴重大型货车。通过以上计划实施, 将使我国铁路运输技术接近或达到世界先进水平, 并在社会经济发展中发挥运输网络骨干作用。

高速铁路在市场竞争中的立命之本是其快捷、舒适、安全的旅行条件, 为适应高速行车的要求, 必须采用平顺性和稳定性极高的铁路轨道, 以保证高速列车运行的平稳性、舒适性和安全性。为充分发挥重载运输的优势, 必须采用强韧化的轨道, 以抵御重载列车对轨道结构的破坏, 延长轨道结构使用寿命, 确保列车运行安全并提高运输效能。因此, 世界各国铁路极其重视轨道结构技术的现代

化,广泛采用焊接长钢轨轨道,不断推出新型轨下基础,采用现代大型养路机械及自动化科学管理体系。轨道工程技术已成为现代铁路运输中密不可分的关键环节,在高速铁路、重载铁路及城市轨道交通工程中占有重要地位。铁路轨道工程课程的基本内容,也已成为铁道工程建设、设计、规划及管理人员的必备知识。

轨道工程课程介绍铁路轨道结构构造、技术标准、减振降噪、基本设计原理和方法以及维护管理等基本知识,为从事铁路工程和城市轨道交通建设、设计及维护管理工作奠定专业技术基础。

轨道工程课程的学习应注意理论联系实际,应通过现场参观、实习、电化教学等环节掌握必要的轨道工程结构知识和管理维护知识。对于理论计算模型及其计算分析应注意其基本理论基础、工程背景、精度要求以及获取计算参数的可行性和精确性,以培养解决工程实际问题的能力,并便于在工程中灵活应用。

轨道工程结构的理论分析,涉及较广泛的数学和力学知识,应结合课程的教学进程,复习有关基础理论知识并加以深化和扩充。

第2章 轨道结构

2.1 轨道的组成

轨道是铁路的主要技术装备之一。轨道引导列车运行，直接承受来自列车的荷载，并将其传至路基或桥隧结构物。轨道结构应具有足够的强度、稳定性和耐久性，并具有正确的几何形位，保证列车安全、平稳、不间断地运行。

轨道一般由钢轨、轨枕、连接零件、道床、防爬设备和道岔等组成，如图2-1所示。轨道的零部件采用不同力学性能的材料，有利于取得最佳的技术经济性能。

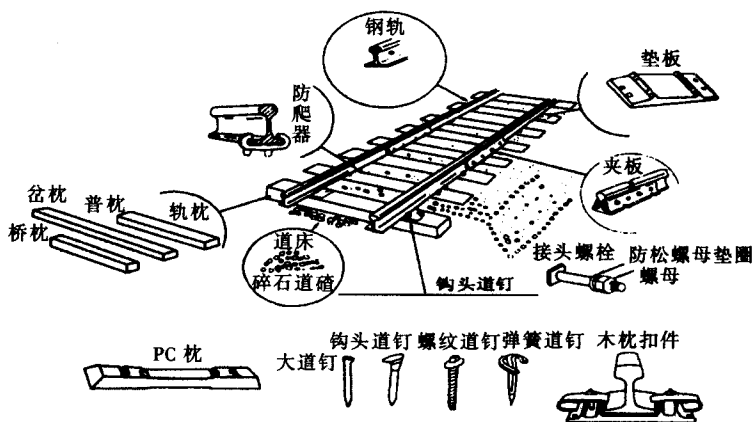


图 2-1 轨道的组成

钢轨直接和车轮接触，并提供运行阻力最小的接触面，引导列车按规定的方向运行。它将车轮荷载分布后传于轨枕。轨枕和道床共同支承钢轨，称为轨下基础。轨枕一般间隔布置，垂直于钢轨横向铺设，来自钢轨的压力经其分布后传于道床。

连接零件有两类：连接两根钢轨端部的零件称为接头连接零件；连接钢轨和轨枕的零件称为中间连接零件（亦称扣件）。接头连接零件使车轮能顺利滚过钢轨接头，并保持前后两根钢轨协调工作。扣件将钢轨和轨枕连为一体构成轨道框架，使两股钢轨保持正确的相对位置；扣件提供足够的压力，防止钢轨倾覆，阻

止钢轨的纵向移动。

防爬设备直接将钢轨上的纵向力传递于道床，能有效的防止钢轨发生纵向位移，制止钢轨爬行。

道床将来自轨枕的压力进一步分布后传至路基或桥隧结构物。道床能产生阻止轨枕纵向或横向移动的阻力。道床具有减振降噪功能，并便于排水和调整轨道的几何形位。

道岔可实现轨道的分支和交叉，使列车从一股轨道转入或越过另一股轨道。

为使轨道安全平稳的引导列车运行，轨道必须保持规定的几何形位，但轨道的几何形位在列车的作用下不断发生偏离，因而必须经常加以维护方可保持其规定的几何形位，这是轨道与一般工程结构物显著不同的工作特点。为使轨道具有保持几何形位的良好能力，轨道除应具有足够的结构强度以防止结构破坏之外，还应具有足够的刚度和弹性以防止轨道过度的几何变形及变形的积累。

随着高速重载运输的发展，轨道结构型式也随之发生变化，出现了焊接长钢轨轨道（亦称无缝线路轨道）及无碴轨道等新型轨道结构型式。

无缝线路轨道是将钢轨接头施以焊接，并采用强力的扣件锁定长钢轨，成为连续焊接长钢轨轨道。无缝线路具有良好的运营功能，行车阻力小，噪声低，可显著提高列车运行的平稳性和舒适性，并降低轨道维修工作量。无缝线路已得到世界各国铁路广泛采用，也是我国主要铁路干线的标准轨道结构型式。

无碴轨道结构是将支承钢轨的轨下基础部分即轨枕和道床以混凝土材料（或钢筋混凝土）使之成为整体结构，该整体结构称为无碴道床。以无碴道床为轨下基础的轨道称为无碴轨道。以道碴支承轨枕的轨道结构称为有碴轨道。无碴轨道结构可保持轨道几何形位的高度平顺性，并具有免维修或少维修的优点，宜用于高速铁路、高架与隧道地段及城市轨道交通的铁路线路。

2.2 我国铁路轨道类型

新建和改建铁路的轨道，应根据此设计线路在铁路网中的作用、性质、行车速度和年通过总质量确定轨道类型。轨道部件的选择应根据运输需要，均衡提高轨道结构及路基面的承载能力，实现合理匹配，并满足标准化、系列化和通用化的要求。

我国铁路正线轨道类型分为特重型、重型、次重型、中型和轻型。设计时应本着由轻到重逐步增强的原则，根据路段旅客列车设计行车速度及近期预测运量等主要运营条件按表 2-1 的规定选用。

正线轨道类型

表 2-1

项 目					单位	特重型	重 型		次重型	中型	轻型		
运营条件	年通过总质量				Mt	> 50	25 ~ 50		15 ~ 25	8 ~ 15	< 8		
	路段旅客列车设计行车速度				km/h	200 ~ 120	200 ~ 120	≤ 120	≤ 120	≤ 100	≤ 80		
轨道结构	钢 轨				kg/m	75 或 60	60	60		50	50	50	
	轨枕	混凝土枕			型号	—	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	
					铺枕根数	根/km	1667	1667	1667	1760	1667 ~ 1760	1600 ~ 1680	1520 ~ 1640
	碎石道床厚度	土质路基	非渗水土路基	双层	道碴	cm	30	30	30		25	20	20
					底碴	cm	20	20	20		20	20	15
		土质路基	渗水土路基	单层	道碴	cm	35	35	35	30	30	25	
													岩石路基
		级配碎(砾)石基床		单层	道碴	cm	30	30	—	—	—	—	
	无碴道床	板式轨道			混凝土底座厚度	cm	≥ 15						
		长枕埋入式											
		弹性支承块式					≥ 17						

注：1. 年通过总质量包括净载、机车和车辆的质量。单线按往复总质量计算，双线按每一条线的通过总质量计算；

2. 设计行车速度大于 120km/h 的新建Ⅰ级铁路轨道，应采用Ⅲ型混凝土枕；

3. 设计行车速度小于 160km/h 的改建铁路轨道，可采用Ⅱ型混凝土枕；

4. 明桥面铺设木桥枕时，每公里铺设根数按《铁路桥涵设计基本规范》(TB10002.1) 进行设计；

5. 弹性支承块式混凝土底座厚度系指支承块下混凝土厚度；

6. 特殊情况下采用木枕时，铺设根数可根据设计确定。

2.3 钢 轨

2.3.1 钢轨的功能及类型

钢轨是铁路轨道的重要组成部件。其功能在于为车轮滚动提供阻力最小的表面，并引导列车的车轮运行，直接承受车轮荷载并将其传于轨枕。在电气化铁路或自动闭塞区段，钢轨兼有轨道电路的功能。

为完成上述功能,要求钢轨具有足够的强度、耐磨性和稳定性。钢轨还应具有足够的刚度,其表面应具有良好的平顺性,使之在列车作用不至产生过大的变形,以减小列车的动力冲击。

钢轨的类型,一般以每米质量千克数表示。我国铁路钢轨的主要类型有 75、60、50kg/m 和 43kg/m。为满足高速、重载运输的要求,钢轨有向重型化发展的趋势。在提速干线、高速铁路上广泛采用 60kg/m 轨,75kg/m 轨多用于重载线路。

为满足特殊部位的需要,在标准钢轨断面上进行刨、削或特种工艺轧制形成特种断面钢轨。

新钢轨经使用后可按有关技术标准进行加工,降级成为“再用轨”使用。

2.3.2 钢 轨 断 面

作用于直线轨道钢轨上的力,其主要成分是竖直力。钢轨在列车荷载下的弯曲应力大多分布于轨头和轨底,中部轨腰部位应力接近零,其最佳断面形状为工字形,如图 2-2 所示。钢轨采用工字断面,由轨头、轨腰和轨底三部分组成,其轨头高度为 E ,轨腰厚度为 b ,轨底宽度为 B 。钢轨断面设计应综合权衡下述要求并根据技术经济合理的原则,择优确定设计方案。

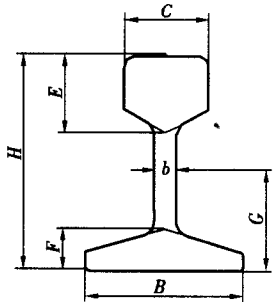


图 2-2 钢轨断面

钢轨头部是直接接触车轮的部分,应具有抵抗压溃和耐磨的能力,故轨头应大而厚,其外形应与车轮踏面相适应。钢轨头部顶面应有足够的宽度,以使其上面滚动的车轮踏面和轨头顶面磨损均匀。钢轨头部顶面应轧制成为隆起的圆弧形,使车轮传来的压力更集中于钢轨截面对称轴。工程经验表明,合理的轨顶圆弧有利于减少钢轨剥离损伤。较轻型钢轨的顶面,常轧制成一个半径为 300mm 的圆弧;而较重型钢轨的顶面,则用三个半径分别为 80、300、80mm 或 80、500、80mm 的复合圆弧组成。

钢轨腰部必须有足够的厚度和高度,以满足强度条件。轨腰的两侧为曲线。轨腰和钢轨头部及底部的连接,必须保证夹板有足够的支承面。足够的轨腰高度,使轨头和轨底面积分布在远离中性轴的部位,以增强钢轨的抗弯刚度;同时,钢轨高度应保证其稳定性要求。

钢轨底部直接支承在轨枕顶面上。为保持钢轨的抗倾覆稳定性,轨底应有足够的宽度和厚度,并具有必要的刚度和抵抗锈蚀能力。

为减少局部应力,保持整个钢轨断面的应力均匀变化,并顾及生产工艺的要求,轨腰和轨头、轨底之间的连接,以及断面上其他连接均用圆弧。

为使钢轨轧制后冷却均匀,并保证钢轨品质的稳定性,要求轨头、轨腰和轨

底的面积分配有一个适当的比例。

按照上述要求,我国 60kg/m 和 75kg/m 钢轨标准尺寸如图 2-3 所示,各型钢轨的尺寸和断面特性见表 2-2。UIC60kg/m 钢轨断面如图 2-4 所示。日本 60kg/m 钢轨断面如图 2-5 所示。表 2-3 列举了一些国家钢轨尺寸及断面特性的对比。

钢轨断面尺寸及特性

表 2-2

项 目	单位	类 型			
		75	60	50	43
每米质量 M	kg	74.414	60.64	51.514	44.653
断面积 F	cm ²	95.04	77.45	65.8	57
重心至轨底面距离 y_1	mm	88	81	71	69
对水平轴惯性矩 I_x	cm ⁴	4489	3217	2037	1489
对竖直轴惯性矩 I_y	cm ⁴	661	524	377	260
下部断面系数 w_1	cm ³	509	396	287	217
上部断面系数 w_2	cm ³	432	339	251	208
钢轨横向挠曲断面系数 w_y	cm ³	89	70	57	46
轨头所占面积 A_h	%	37.42	37.47	38.68	42.83
轨腰所占面积 A_w	%	26.54	25.29	23.77	21.31
轨底所占面积 A_b	%	36.04	37.24	37.55	35.86
钢轨高度 H	mm	192	176	152	140
钢轨底宽 B	mm	150	150	132	114
轨头高度 h	mm	55.3	48.5	42	42
轨头宽度 b	mm	75	73	70	70
轨腰厚度 t	mm	20	16.5	15.5	14.5

60kg/m 钢轨比较表

表 2-3

型 号		中 国 60 轨	日 本 60 轨	美 国 CF&1119 轨	UIC 60 轨
轨重 (kg/m)		60.64	60.8	59.03	60.34
断面积 (mm ²)		7745	7750	7516	7686
断面尺寸 (mm)	轨高	176	174	173	172
	底宽	150	145	140	150
	头宽	73	65	67	74.3
	腰厚	16.5	16.5	16	16.5
惯性矩 (cm ⁴)	I_x	3217	3090	2972	3055
	I_y	524	512		513

