



高等职业技术教育“十二五”规划教材

——土木工程类

TIELU GUIDAO

铁路轨道

主 编 刘兴文



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

责任编辑 刘立

特邀编辑 胡晗欣

封面设计  HIC CULTURE



高等职业技术教育“十二五”规划教材

——土木工程类

- 线路工程
- 公路施工
- 工程测量
- 工程测量技术与应用
- 工程测量技术与应用实训
- 线桥隧测量
- 桥梁工程（公路）
- 桥梁工程（铁路）
- 城市轨道交通
- 隧道工程（第二版）
- 土力学（第二版）
- 土力学与基础工程
- 桥涵构造与识图
- 工程项目施工组织与管理
- 建筑力学
- 建筑力学试验指导
- 公路施工（第二版）
- 基础工程（第二版）
- 工程地质（第二版）
- 工程制图
- 工程制图实践训练图册
- 水力学与桥涵水文
- 地基基础土工试验与检测实训指南
- 工程力学
- 建筑结构
- 工程力学练习册
- 工程物资仓储管理
- 土木工程概论
- 工程识图
- 工程识图习题集
- 工程爆破
- **铁路轨道**
- 桥梁工程（铁路）第二版

ISBN 978-7-5643-1064-6



9 787564 310646 >

定价：43.00元

高等职业技术教育“十二五”规划教材——土木工程类

铁路轨道

主编 刘兴文

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书是校企合作开发的高职高专铁路行业土木工程类专业最新教材,符合铁路用人单位对“实用型技术人才”有关知识、技能的要求。主要介绍了不同类型铁路轨道结构及部件、铁路轨道几何形位、轨道结构力学分析、曲线轨道、无缝线路及超长无缝线路、普通及提速道岔、线路设备大修以及线路设备的养护与维修。加强了外轨超高、曲线轨距加宽、缩短轨配置、限界加宽、应力放散、道岔铺设及线路设备养护维修等铁路现场实用方法与技术措施的介绍;强化了学生应用有关规范、规则解决铁路生产现场实际技术问题能力的阐述;全面介绍了铁路线路设备大、中修、铁路轨道养护与维修的技术标准、工作内容、基本要求和办法;增加了铁路工务施工与维修安全等内容。

本书是高职高专土木工程类专业教学用书,也可供相关专业及铁路现场技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路轨道 / 刘兴文主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2011.2

高等职业技术教育“十二五”规划教材. 土木工程类
ISBN 978-7-5643-1064-6

I. ①铁… II. ①刘… III. ①轨道(铁路) - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①U213.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第016985号

高等职业技术教育“十二五”规划教材——土木工程类

责任编辑 刘立

特邀编辑 胡晗欣

封面设计 墨创文化

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>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 24.625

字数: 613千字

2011年2月第1版 2011年2月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-1064-6

定价: 43.00元

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

前 言

本教材是由西安铁路职业技术学院与郑州铁路局洛阳工务段合作开发的高职高专铁路行业土木工程类专业的新教材。本教材的特点是紧贴铁路生产现场的实际，内容新颖、实用性强，符合铁路用人单位对“实用型技术人才”的总体要求。

本教材内容精选的原则是在确保阐述基本概念、基本原理和基本方法的基础上，突出铁路现场急需的实用技术与方法、设备病害原因分析与防治措施的介绍。重点培养学生的实用技能，强化学生应用有关知识、技能、规范及规则解决铁路生产现场实际技术问题的能力培养。同时，为适应铁路“高速重载”发展趋势的需求，全面介绍了我国铁路采用各种新设备、新材料、新技术和新工艺的技术条件、技术标准、应用方法与要求，并侧重于常见病害分析及整治方法和养护与维修方法。

本教材由西安铁路职业技术学院刘兴文主编，西安铁路职业技术学院赵景民主审，西安铁路职业技术学院王秀丽、包头铁道职业技术学院韩春良、西安铁路职业技术学院赵兴寨为副主编。参加编写工作的有：西安铁路职业技术学院刘兴文（第1、2、5、6章）、西安铁路职业技术学院王秀丽（第3章）、西安铁路职业技术学院赵兴寨（第4章）、西安铁路职业技术学院王建中（第7章）、西安铁路职业技术学院徐金锋（第8章第1节部分内容，约3000字）、包头铁道职业技术学院韩春良（第8章第1节部分内容、第2~7节）。

郑州铁路局洛阳工务段刘凤恩、彭孝良同志组织全段有关部门技术人员，对本教材的编写提出了中肯的指导意见，并提供了丰富的管理、技术经验及大量的现场资料和照片；西安铁路局西安工务段杨磊、宝鸡工务段巩玉江同志为本书的编写提供了大量的现场资料，编写过程中也得到兄弟院校老师提供的诸多宝贵意见和支持，使教材的内容得到了充实和提高，西安铁路职业技术学院土木工程系对教材的编写也给予了大力支持，在此，谨向他们表示衷心感谢。朱清洁、史金龙同志为本书的编写做了大量具体的工作，在此一并表示诚挚的谢意。

由于作者学术水平、教学及工作经验有限，书中难免有不足之处，敬请批评指正。

编 者

2011年1月

目 录

1 轨道结构	1
1.1 概 述	1
1.2 钢 轨	3
1.3 轨 枕	17
1.4 联结零件	24
1.5 道 床	31
1.6 轨道防爬设备	38
习题与思考题	42
2 轨道几何形位	43
2.1 机车车辆走行部分	43
2.2 直线轨道的几何形位	47
2.3 线路平面几何形位	55
2.4 线路纵断面几何形位	61
习题与思考题	61
3 轨道结构力学分析	62
3.1 概 述	62
3.2 轨道结构竖向受力的静力计算	63
3.3 轨道强度准静态计算	70
3.4 轨道各部分强度检算	73
3.5 机车车辆与轨道的相互作用	82
习题与思考题	91
4 曲线轨道	92
4.1 曲线外轨超高	92
4.2 曲线轨距加宽	98
4.3 缓和曲线	103
4.4 曲线缩短轨配置	113
4.5 曲线整正	118
4.6 曲线养护维修	133
4.7 曲线限界加宽	138
习题与思考题	141
5 无缝线路	143
5.1 概 述	143

5.2	无缝线路的基本原理	146
5.3	各种线路阻力	150
5.4	钢轨内的温度力分布规律	159
5.5	钢轨端部伸缩量计算	165
5.6	无缝线路稳定性	168
5.7	无缝线路设计	173
5.8	超长无缝线路	178
5.9	桥上无缝线路	185
5.10	无缝线路的铺设	189
5.11	无缝线路的养护维修	199
	习题与思考题	216
6	道岔	217
6.1	概 述	217
6.2	普通单开道岔的构造	218
6.3	道岔的几何形位	232
6.4	单开道岔总布置图	239
6.5	过岔速度和提高过岔速度的措施	243
6.6	特种道岔	252
6.7	提速道岔的铺设	256
6.8	提速道岔的维修与养护	266
	习题与思考题	282
7	线路设备大修	283
7.1	概 述	283
7.2	线路大、中修设计	288
7.3	线路换轨大修施工	311
7.4	线路中修	318
	习题与思考题	320
8	线路设备的养护与维修	321
8.1	概 述	321
8.2	线路设备检查	329
8.3	铁路线路维修	339
8.4	线路设备修理主要作业要求	349
8.5	大型机械化养护与维修	356
8.6	电气化铁路的维修要求	363
8.7	铁路工务施工与维修安全	366
	习题与思考题	386
	参考文献	387

1 轨道结构

1.1 概 述

1.1.1 铁路轨道的功用及特点

1. 铁路轨道的功用

轨道结构是列车行驶的基础，其主要功用是引导列车运行，直接承受车轮的动压力，并将其传递到路基或桥隧建筑物上。在电力牵引或自动闭塞区段，铁路轨道还兼作轨道电路。

2. 铁路轨道的主要特点

(1) 铁路轨道是一个由不同力学性能的材料组成的工程结构物，受到多种运营条件和自然界各种环境因素的共同影响。

(2) 各部件受力相当复杂，铁路轨道承受的力包括各种垂直力、横向水平力和纵向水平力等。作用力的主要特点是具有随机性和重复性。

(3) 为了保证列车按规定的速度在铁路轨道上运行，铁路轨道不仅要满足强度、稳定性的要求，轨道的几何形位也必须符合有关要求。如果轨道的几何形位不符合有关规定，是无法保证行车安全的。

1.1.2 轨道类型

1. 铁路轨道类型选择的原则

铁路轨道类型选择的原则是根据近期调查运量、最高行车速度等主要运营条件，确定并考虑铁路运输发展的需要，由轻到重、逐步加强。一般新建铁路，初期运量较小，可采用轻的轨道类型，以后再根据运量的增加逐步加强。

2. 我国正线轨道的类型

我国《铁路线路设计规范》将铁路正线轨道类型分为特重型、重型、次重型、中型和轻型。目前使用的铁路轨道结构可以分为两大类，一类是传统的有砟轨道结构，另一类是无砟的新型轨道结构。随着列车运量、轴重和行车速度的不断提高，有砟轨道结构也在不断地进行优化和加强，各个部件及结构也在不断地更新。轨道结构在使用性能、维修、使用周期费用以及减振降噪等方面占有相当大的优势。我国铁路正线轨道类型见表 1.1。

表 1.1 正线轨道类型

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	120 ~ 160	120 ~ 160	≤ 120	≤ 100	≤ 80			
轨道 结构	钢 轨			kg/m	75	60	60	50	50	50		
	轨枕	混凝土枕		型号	—	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ或Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	
				铺枕根数	根/km	1 667	1 667	1 667 (Ⅲ) 1 760 (Ⅱ)	1 667 或 1 760	1 600 或 1 680	1 520 或 1 640	
	碎石道床 厚度	土质路基	非渗水土	双层	道砟	cm	30	30	30	25	20	20
					底砟	cm	20	20	20	20	20	15
		岩石路基	渗水土	单层	道砟	cm	35	35	35	30	30	25
					级配碎(砾)石基床	单层	道砟	cm	30	30	—	—
	无砟道床	板式道床		混凝土底座厚度	cm	≥ 15						
		长枕埋入式				≥ 17						
		弹性支承块				≥ 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. 特殊情况下采用木枕时，铺设根数可根据设计确定。
 3. 明桥面铺设木桥枕时，每千米铺设根数按《铁路桥涵设计基本规范》(TB 10002.1—99)设计。
 4. 弹性支承块式混凝土底座厚度是指支承块下混凝土厚度。

1.1.3 铁路轨道的组成

铁路有砟轨道一般由钢轨、轨枕、道床、联结零件、防爬设备和道岔等部件组成。轨道结构的类型应根据运营条件、要求的使用寿命、维修方式和维修量、铺设地点及材料的可行性等因素来选择，同时还应考虑铺设和日后维修的费用等因素，使铁路轨道在整个使用周期中的运营和维修费用最低。以最低的费用获得最高的经济和社会利益。

1.1.4 铁路运营条件

铁路运营条件是指行车速度、轴重和运量三个参数。提高行车速度，作用在铁路轨道上的动压力就增大，若轨道不平顺，如考虑车轮和轨道的不平顺，则其动压力可增加至原来的1.5~2.5倍。作用在轨道上的动压力增加，会加速铁路轨道和机车、车辆的破坏。轴重的增加也会使轨道受力增大，尤其会对钢轨产生更不利的影响，加快钢轨的伤损和破坏；运量增长，列车荷载作用次数增多，使轨道各部件疲劳损伤和永久变形积累加速，缩短铁路轨道各种设备的使用寿命。

因此，根据不同的运营条件，要求正确地选择铁路轨道类型，使之有相应的强度和稳定

性，以保证列车按规定的速度，平稳、安全和不间断地运行。

1.2 钢 轨

1.2.1 钢轨的功用、断面、类型及种类

1. 钢轨的功用

钢轨是铁路轨道的重要部件，其功用是引导机车车辆运行，直接承受车轮的荷载和冲击，并将其传布于轨枕。因此，钢轨必须为车轮提供连续、平顺和阻力最小的滚动表面。在电气化铁路或自动闭塞区段，钢轨还可兼作轨道电路。

钢轨的工作条件非常复杂，车轮作用于钢轨上的力有垂直力、横向水平力和纵向水平力。此外，气候和其他环境因素也对钢轨使用性能有一定的影响。钢轨除承受基本弯曲应力外，还有接触应力、残余应力、局部应力和温度应力等，使钢轨产生压缩、伸长、弯曲、扭转、压溃、磨损、断裂等病害，因此要求钢轨必须具有足够的强度、刚度、韧性和耐磨性能等。

钢轨首先要有足够的强度，以延长其使用寿命，又要求具有一定的塑性，以防脆性折断；它需要一定的硬度增加其耐磨性，又要有适当的韧性；其次，要有适当的刚度，抵抗挠曲，又要有可挠性，以减轻轮轨的冲击；钢轨踏面应粗糙，以增加轮轨间的黏着力，又要光滑，以减少行车阻力。以上矛盾的性能要求使钢轨的设计及制造成为一个非常复杂的问题。

2. 钢轨的断面

钢轨的力学模型是支承在连续弹性基础上的无限长梁，钢轨断面采用抵抗弯曲最佳的工字形断面。断面由轨头、轨腰和轨底三部分组成。轨头为车轮提供的滚动表面，其外形应与车轮踏面相匹配，且应耐磨和抵抗压溃，轨头宜厚一些。支承在轨枕上的轨底宜宽一些，以保证钢轨的稳定性，并具有一定的厚度，以增加刚度和抵抗锈蚀的能力。为了使钢轨有较大的承载能力和抗弯能力，要求轨腰有足够的高度和厚度，因此，从整个钢轨高度来说，应尽可能大一些，以保证有足够的惯性矩和断面系数来承受垂直动荷载；但钢轨过高，又影响其横向水平稳定性。一般要求轨高与轨底宽之比为 1.15 ~ 1.20。此外，轨头、轨腰和轨底各部分面积应比例适合，以保证在轧制过程中冷却均匀。

3. 钢轨的类型

钢轨类型一般以取整后的每米钢轨质量 (kg/m) 来分类。我国目前使用的标准钢轨有 75 kg/m 、60 kg/m 、50 kg/m 、43 kg/m 、38 kg/m 五种类型，其断面尺寸及几何特性见表 1.2，75 kg/m 和 60 kg/m 钢轨的断面形状如图 1.1 所示。

随着铁路向高速重载的方向发展，钢轨正在向重型化发展，目前世界上特重型钢轨已达到 77.5 kg/m 。在我国的铁路干线上，已经铺设了 75 kg/m ，以加强繁忙干线的轨道结构。

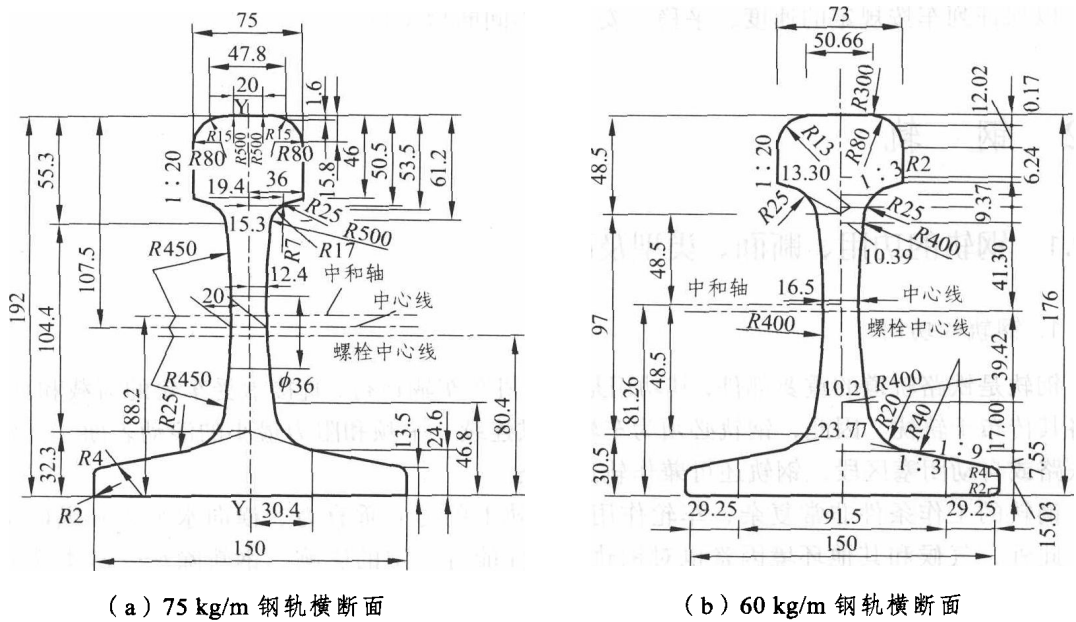


图 1.1 75 kg/m 和 60 kg/m 钢轨的断面形状 (单位: mm)

60 kg/m 和 50 kg/m 钢轨是目前我国铁路的主型钢轨, 铁路正线和新建的城市轨道大都采用 60 kg/m 钢轨。根据我国《铁路主要技术政策》的规定, 年通过总质量等于或接近 25 Mt 的线路, 均应铺设 60 kg/m 钢轨, 有计划地发展 75 kg/m 特重型钢轨的轨道结构。一般干线应以 50 kg/m 钢轨代替 43 kg/m 钢轨。

表 1.2 钢轨断面尺寸及几何特性

项 目	类型 / (kg/m)				项 目	类型 / (kg/m)			
	75	60	50	43		75	60	50	43
每米实际质量 m/kg	74.414	60.64	51.514	44.653	轨头所占面积 $A_h/\%$	37.42	37.47	38.68	42.83
断面面积 F/cm^2	95.037	77.45	65.8	57	轨腰所占面积 $A_w/\%$	26.54	25.29	23.77	21.31
重心距轨底面的 距离 y_1/mm	88	81	71	69	轨底所占面积 $A_b/\%$	36.54	37.24	37.55	35.86
对水平轴的惯 性矩 I_x/cm^4	4490	3217	2037	1489	钢轨高度 H/mm	192	176	152	140
对垂直轴的惯 性矩 I_y/cm^4	665	524	377	260	钢轨底宽 b'/mm	150	150	132	114
底部断面系数 W_1/cm^3	509	396	287	217	轨头高度 h/mm	55.3	48.5	42	42
头部断面系数 W_2/cm^3	432	339	251	208	轨头宽度 b/mm	75	73	70	70
轨底横向挠曲 断面系数 W_y/cm^3	89	70	57	46	轨腰厚度 t/mm	20	16.5	15.5	14.5

采用重型钢轨可延长其疲劳寿命，减小轮轨接触应力、附加动应力和轨道的残余变形。虽然铺设投资大，但日后的经济效益高。

钢轨类型的选择要根据运输条件综合考虑。在技术上应保证强度、韧性、耐磨性和稳定性；在经济上要保证合理的大修周期，以减少养护维修工作量。

(1) 钢轨的标准长度。

我国铁路钢轨按其长度分为 100 m、50 m、25 m 和 12.5 m 四种长度，通称为标准轨。其中标准轨的长度有 25 m 和 12.5 m 两种；在客运专线上使用的定尺轨长度分别为 50 m 和 100 m。对于 75 kg/m 钢轨，只有 25 m 一种长度。短于标准轨长度者称为短尺轨或短轨。

(2) 标准缩短轨。

在曲线上还需要使用标准缩短轨。对 25 m 和 12.5 m 标准长度的钢轨都分别有三种相应的标准曲线缩短轨，我国铁路上对短尺轨的长度也有一定的规定，标准缩短轨和短尺轨的长度见表 1.3。

表 1.3 钢轨长度

标准轨长度/m	曲线缩短轨/m			短尺轨/m				
12.5	12.46	12.42	12.38	9.0	9.5	11.0	11.5	12.0
25.0	24.96	24.92	24.84	21.0	22.0	23.0	24.0	24.5

(3) 钢轨的长度公差。

我国铁路规定，标准轨的长度是在 20 °C 条件下测量的长度。12.5 m 钢轨的长度公差为 ± 6 mm；25 m 钢轨的长度公差为 ± 10 mm。

1.2.2 钢轨用钢的钢号

钢轨从材质的角度看，主要是 U71Mn、U74 以及近年开发使用的 PD₂、PD₃、稀土钢轨以及合金轨。其中 PD₃ 钢轨在强度、硬度和使用寿命上都占优势，近年来得到了广泛应用。根据钢轨的化学成分及其强度级别（最低抗拉强度），可分为碳素钢轨（780 MPa、880 MPa）、微合金钢轨（980 MPa）、低合金钢轨（1 080 MPa）；按交货状态可分为热轧钢轨（碳素钢轨、微合金钢轨、低合金钢轨）和热处理钢轨（热轧钢轨热处理后 1 180 ~ 1 280 MPa）。热处理钢轨按其工艺条件又可分为离线热处理钢轨（钢轨轧制冷却后再进行热处理）及在线热处理钢轨（利用轧制余热对其进行热处理）。一般强度为 1 080 MPa 及以上的钢轨被称为耐磨轨或高强度钢轨。

钢号为 U71、U74 中的 U 表示钢轨的符号，71、74 表示钢轨含碳量为 0.71%、0.74%，其他 C_v、M_n、S_i 表示这种钢轨的合金成分，序号 1~3 为普通碳素钢轨，4~6 为低合金钢轨，U71 M_n 为中锰钢轨，其质量较高，可延长钢轨的使用寿命；U71 M_n S_{iy} 为高硅钢轨，其耐磨性是碳素钢轨的 2~4 倍。

1.2.3 钢轨的接头

在铁路轨道上钢轨与钢轨之间用夹板联结和螺栓联结，这个联结处称为钢轨接头。钢轨接

头构造是由钢轨、夹板和螺栓组成的。钢轨接头是铁路轨道的薄弱环节之一。据统计，在铺设 12.5 m 标准轨的线路上，整治接头病害的费用占线路维修费用的 40%；增加行车阻力约 25%。

我国铁路轨道的钢轨接头采用相对悬空式接头。曲线地段外股应使用标准长度钢轨，内股应使用厂制缩短轨调整钢轨接头位置。剩余少量相错量，应利用钢轨长度误差量在曲线内调整，有困难时可在直线上调整。直线地段应按钢轨长度误差量配对使用。在每节轨上，相错量不应大于 3 mm，并应前后、左右抵消，在两股钢轨上累计相错量最大不得大于 15 mm。

1. 钢轨接头的分类

我国钢轨接头的形式，从结构上来分可分为普通接头和尖轨接头两种形式。

1) 普通接头

它是我国普通线路、无缝线路普遍采用的接头联结形式，可分为以下三种形式。

(1) 按其相对于轨枕的位置，可分为悬空式和双枕承垫式两种，如图 1.2、图 1.3 所示。

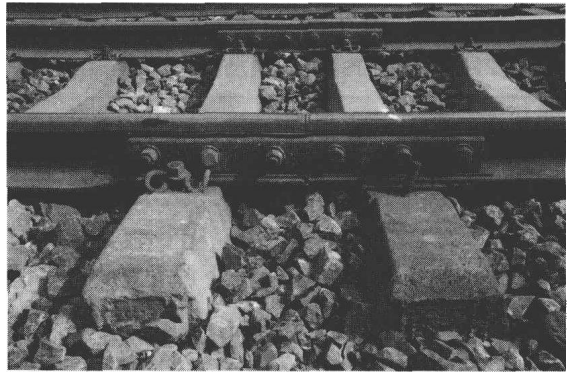


图 1.2 悬空式接头

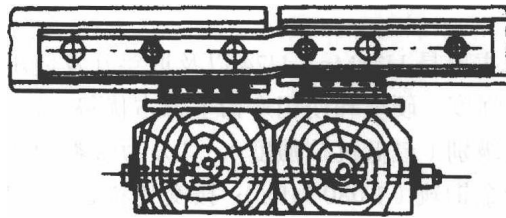
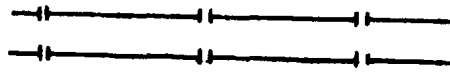
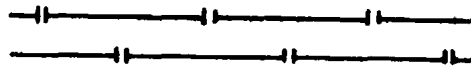


图 1.3 双枕承垫式接头

(2) 按两股钢轨接头相互位置分为相对式和相错式两种，相对式接头如图 1.4 (a) 所示，相错式接头如图 1.4 (b) 所示。



(a) 相对式



(b) 相错式

图 1.4 相对式和相错式接头

(3) 按其用途可分为普通接头、异形接头、导电接头、绝缘接头、冻结接头、胶结绝缘接头等。

① 异形接头：用于联结不同类型断面的钢轨，异形接头可分为焊接的异型接头和用接头联结零件联结的异型接头两种。如图 1.5 所示。

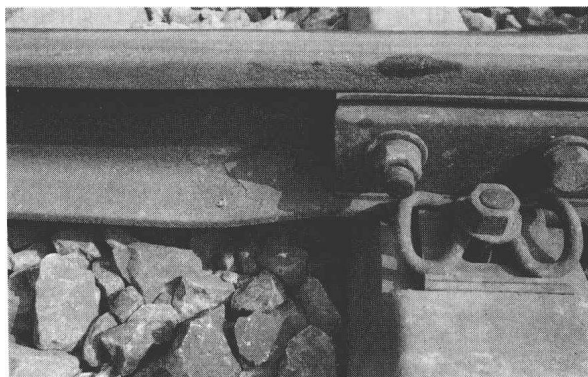


图 1.5 异形接头

② 导电接头：用于自动闭塞区段及电力牵引地段，供传导轨道电流或作为牵引电流回路。轨间传导联结装置用两根 $\phi 5$ mm 左右的镀铸铁丝组成，如图 1.6 所示。



图 1.6 导电接头

③ 绝缘接头：用于自动闭塞区段闭塞分区两端钢轨接头。使钢轨、夹板与螺栓之间，螺栓孔四周以及轨端之间均用尼龙绝缘套管和尼龙绝缘垫片，将电流隔断，如图 1.7 所示。

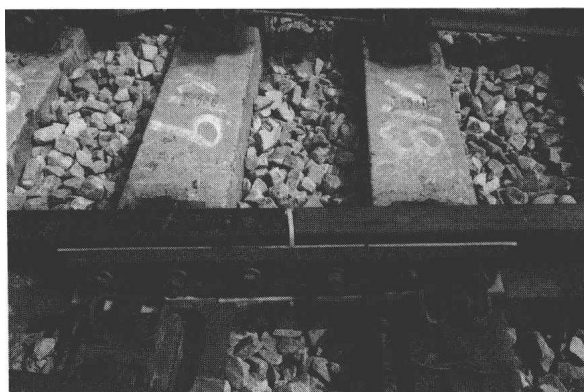


图 1.7 绝缘接头

④ 冻结接头：用月牙垫片填塞螺栓孔的方法，阻止钢轨自由伸缩的接头。

⑤ 胶结绝缘接头：用高强度胶黏剂，将钢轨和夹板胶合成一整体的接头。胶合层由胶黏剂与玻璃布组成，具有黏结和绝缘性能。

2) 尖轨接头

尖轨接头是指接头用尖轨和弯折基本轨组成的联结形式，如图 1.8 所示，是用于特大钢桥上无缝线路的尖轨接头。它允许接头处钢轨随轨温变化有较大的伸缩。我国设计的尖轨接头最大伸缩量可达 1 000 mm，因此，这种接头又称伸缩接头或温度调节器。在我国铁路上除在温度跨度大于或等于 100 m 的钢桥上使用外，寒冷地区自动的放散应力式无缝线路也曾使用过，以适应接头处有较大的伸缩量。

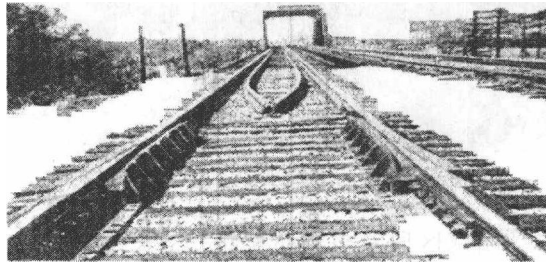


图 1.8 尖轨接头

2. 钢轨接头位置的有关规定

《铁路线路修理规则》规定：下列位置不应有钢轨接头，否则应将其焊接、冻结或胶结。

- (1) 明桥面小桥的全桥范围内。
- (2) 钢梁端部、拱桥温度伸缩缝和拱顶等处前后各 2 m 范围内。
- (3) 设有温度调节器的钢梁的温度跨度范围内。
- (4) 钢梁的横梁顶上。
- (5) 平交道口铺面范围内。

3. 预留轨缝

普通线路上钢轨与钢轨之间留有一定的缝隙，称为轨缝。每节钢轨通过夹板和接头螺栓将其联结起来，但随着轨温的变化，钢轨会发生伸缩现象，这些伸缩量由钢轨螺栓孔、夹板螺栓孔与螺栓杆之间的间隙来提供，其构造本身所具有的最大轨缝值，称为构造轨缝。如果轨缝超过构造轨缝，接头螺栓就要承受剪力。在铺轨施工时，如需要预留一定的轨缝（称为预留轨缝），预留轨缝大小也要适当。

1) 预留轨缝的技术条件

- (1) 当轨温升高到当地最高轨温时，轨缝应大于或等于零，轨端不承受压力。
 - (2) 当轨温降低到当地最低轨温时，轨缝应小于或等于构造轨缝，接头螺栓不承受剪力。
- 按上述技术条件，到酷暑季节时，轨缝应不挤严；到严寒季节时，轨缝应小于构造轨缝。上述两项技术条件的最根本要求是：轨端不受压力，螺栓不受剪力。

2) 预留轨缝的计算

《铁路线路修理规则》规定，普通线路钢轨接头，应根据钢轨长度与钢轨温度计算预留

轨缝。轨缝的标准尺寸按下列公式计算：

$$a_0 = \alpha \cdot L(t_z - t_0) + \frac{1}{2} a_g \quad (1.1)$$

式中 a_0 ——铺设、更换钢轨或调整轨缝时的预留轨缝 (mm)；

α ——钢轨的线膨胀系数， $\alpha = 0.0118 \text{ mm}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

t_0 ——铺轨或调整轨缝时的轨温 ($^\circ\text{C}$)；

a_g ——构造轨缝值 (mm)，对于 38、43、50、60、75 kg/m 钢轨考虑一定的安全系数后，规定统一采用 $a_g = 18 \text{ mm}$ ；

L ——钢轨长度 (m)；

t_z ——更换钢轨或调整轨缝地区的中间轨温 ($^\circ\text{C}$)，其值为

$$t_z = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

其中 T_{\max} ， T_{\min} ——当地历史最高和最低轨温 ($^\circ\text{C}$)，各地区采用的最高、最低轨温由铁路路局规定。

由于 a_g 的限制以及接头阻力和基础阻力 C 值的关系，不是所有地区都能铺设 25 m 长的钢轨。根据轨温和轨缝的变化规律，在确定 a_g 和 C 值的情况下，以 T_{\max} 时轨缝 $a_{\min} = 0$ 、 T_{\min} 时轨缝 $a_{\max} = a_g$ 为条件，可以得到允许铺轨的年轨温差 $[\Delta T]$ 为

$$[\Delta T] = \frac{a_g + 2C}{\alpha \cdot L} \quad (1.2)$$

式中 $[\Delta T]$ ——允许铺轨的年轨温 ($^\circ\text{C}$)；

C ——接头阻力和基础阻力限制的钢轨伸缩量 (mm)，可参考表 1.4。

表 1.4 接头螺栓扭矩与 C 值之间的关系

项目	单位	25 m 钢轨						12.5 m 钢轨	
		最高、最低轨温差 $> 85^\circ\text{C}$			最高、最低轨温差 $\leq 85^\circ\text{C}$				
轨型	kg/m	60 以上	50	43	60 以上	50	43	50	43
螺栓等级		10.9	10.9	8.8	10.9	10.9	8.8	10.9	8.8
扭矩	N·m	700	600	600	500	400	400	400	400
C 值	mm	6			4			2	

由式 (1.2) 计算可知，对于 12.5 m 长钢轨，在我国任何地区都可铺设；对于 25 m 钢轨， $[\Delta T] = 101.7^\circ\text{C}$ ，近似地只能在年轨温差 100°C 以下地区铺设，而温度大于 100°C 的地区应做个别设计。

在允许铺轨的最大年轨温差 $[\Delta T]$ 范围内，并不是在所有的轨温下都能铺设的，在年轨温差 ΔT 大的地区，在接近 T_{\max} (或 T_{\min}) 的轨温下铺轨后，轨温达到 T_{\max} (或 T_{\min}) 时，轨缝就不能满足 $a_{\max} \leq a_g$ (或 $a_{\min} \geq 0$)，因此必须限制其铺轨轨温。另外，用式 (1.1) 中 a_0 作为预留轨缝，并在铺轨后为检查轨缝计算方便，将铺轨时允许铺轨的轨温上、下限定为

允许铺轨轨温的上限

$$[t_{0s}] = t_z + \frac{a_g}{2\alpha \cdot L} \tag{1.3a}$$

允许铺轨轨温的下限

$$[t_{0x}] = t_z - \frac{a_g}{2\alpha \cdot L} \tag{1.3b}$$

25 m 长的普通线路， $a_g = 18 \text{ mm}$ ，可以求得 $a_g/2\alpha L = 30.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。因此，《铁路线路修理规则》规定，应当在 $(t_z - 30 \text{ }^\circ\text{C}) \sim (t_z + 30 \text{ }^\circ\text{C})$ 内铺设或调整轨缝。

1.2.4 钢轨材质、热处理及力学性能

为了使钢轨有足够的强度、刚度、韧性及良好的耐磨性和硬度，且坚固耐用，除了选用适当的钢轨类型外，在很大程度上还应注重钢轨的材质、生产工艺和热处理等方面的问题。钢轨的化学成分是影响其力学性能、焊接性能和其他使用性能的基本因素，也是钢轨材质纯净度的指标。

钢轨的主要成分是铁 Fe，其次是碳 C。含碳量增加，钢轨的抗拉强度、耐磨性及硬度均迅速增加，但含碳量越高，钢轨越脆，钢的延伸率、断面收缩率和冲击韧性反而下降。所以，含碳量一般不超过 0.82%。其他成分还有锰 Mn、硅 Si、磷 P、硫 S 等。锰可以提高钢的强度和韧性，除去氧化铁、硫夹杂物。而硅易与氧化合，能除去钢中的气泡，增加密度，使钢轨密实而细致。钢中含有限的硅能提高钢的强度、硬度，而不影响塑性。磷的含量过高，使钢轨具有冷脆性，在冬季严寒地区易突然折断。硫不溶于铁内，所以不论其含量多少，均生成硫化铁，使金属在 $800 \text{ }^\circ\text{C} \sim 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ 发脆，因而，在轧制及加工时易产生次品。我国钢轨钢主要钢种的化学成分和机械性能见表 1.5。

表 1.5 我国钢轨钢主要钢种的化学成分和机械性能

序号	钢号	化学成分/%						抗拉强度 (N/mm^2)	延伸率 /%
		C	Si	Mn	Cu	P	S		
1	U71	0.64~0.77	0.13~0.28	0.60~0.90		≤ 0.04	≤ 0.05	785	10
2	U74	0.67~0.80	0.13~0.28	0.70~1.00		≤ 0.04	≤ 0.05	785	9
3	U71Cu	0.65~0.77	0.15~0.30	0.70~1.00	0.10~0.40	≤ 0.04	≤ 0.05	785	9
4	U71Mn	0.65~0.77	0.15~0.35	1.10~1.50		≤ 0.04	≤ 0.04	883	8
5	U71MnSi	0.65~0.75	0.85~1.15	0.85~1.15		≤ 0.04	≤ 0.04	883	8
6	U71MnSiCu	0.65~0.77	0.70~1.10	0.80~1.20	0.10~0.40	≤ 0.04	≤ 0.04	883	8
7	PD ₂	0.74~0.82	0.15~0.35	0.70~1.00		≤ 0.04	≤ 0.04	1 175**	11
8	PD ₃	0.70~0.78	0.50~0.70	0.75~1.05	0.04~0.08*	≤ 0.035	≤ 0.035	980	10
9	BNbRE	0.70~0.82	0.06~0.09	0.90~1.30		≤ 0.04	≤ 0.04	980	8

注：*PD₃ 中微钒的含量，**PD₂ 全长淬火钢轨。