

TIELU GONGWU JISHU SHOUCHE

铁路工务技术手册

轨道



中国铁道出版社

铁 路 工 务 技 术 手 册

**轨 道**

(修 订 版)

铁道部工务局组织编写

中 国 铁 道 出 版 社

1998年·北京

(京)新登字063号

### 内 容 简 介

本书是铁路工务技术手册的一个分册。书中全面刊载了目前正在使用的除道岔外的所有铁道线路上部结构材料和部件的技术数据,同时也介绍了一些有关设备的养护维修作业标准和具体作业方法。与原版相比,书中除更新了大部分技术数据外,还详细阐述了轨道强度计算和无缝线路方面的内容。

本书可供铁路工务部门工程技术人员、管理干部和技术工人查阅。

### 图书在版编目(CIP)数据

轨道/刘振铎主编. —2版. —北京:中国铁道出版社,  
1998重印

(铁路工务技术手册/游进发主编)

ISBN 7-113-01204-3

I. 轨… II. 刘… III. 轨道(铁路)-技术手册 IV. U213.  
2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第22167号

铁路工务技术手册

轨 道

(修订版)

铁道部工务局组织编写

\*

中国铁道出版社出版发行

(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑 傅希刚 封面设计 翟达

北京市兴顺印刷厂印

---

开本: 787×1092 1/16 印张: 29.25 字数: 620千

1979年12月 第1版

1993年6月第2版 1998年10月第4次印刷

印数: 13001—15000册

---

ISBN 7-113-01204-3/TU·264 定价: 49.90元

# 修 订 版 前 言

为适应广大工务职工学习和工作的需要，“五五”期间，曾组织编写《铁路工务技术手册》，共分：《轨道》、《线路业务》、《路基》、《桥涵》、《隧道》、《防洪》、《林业》、《采石》、《道岔》、《养路机械》等10册。除《道岔》、《养路机械》2册于最近出版外，其余各册自1978年起已陆续出版，历经10年的应用，深受读者欢迎。对提高工务技术管理水平，贯彻铁路主要技术政策和有关规范规章，提高线桥设备质量，起到了积极作用。

十年来，随着科学技术的进步发展，新技术、新工艺、新材料在工务部门的广泛应用，以及《铁路技术管理规程》、《铁路工务规则》和有关规章已经修改，因此手册内容亦应有进一步的修改和充实，以适应当前生产需要。为此，决定于“七五”期间，对《铁路工务技术手册》作一次全面修订。

这次修订工作，组织了路局和院校的专家，在对初版进行全面总结的基础上，又做了大量的调查研究，并广泛征集各路局的经验资料的基础上，作了修改和补充，使它更具有实用、简明、准确的特点。对统一技术用语、统一规范标准，都具有现实的指导作用。

本套手册是技术应用工具书，在内容上广收博取，选材具有理论根据，且经过实践证明是切实可行的，故提供给读者，据以指导生产，达到正确贯彻现行规章的目的。主要读者对象是工务技术管理领导者和专业技术人员，包括领工员、工长均可适用。也可为广大工务职工技术学习之用。

在修订过程中得到各铁路局的积极支持，在此表示感谢。为便于读者和编者之间沟通信息，特将初版及修订版的编者名单同时刊载。

《铁路工务技术手册》修订版编委会名单：

主 任：游进发

副主任：丁益民

委 员：吴兆桐 刘振铎 童夏根 高鹤江

张定德 孙锦馨 刘馨文 税国勤

李德浚 陈 健 蒋传漪

本书初版由沈阳铁路局主编。参加编写人员有：韩景愈、刘振铎、罗文彬（均为沈阳局）。

本修订版由铁道部工务局组织编写，刘振铎任主编，陈岳源任副主编。参加编写人员有：刘振铎、陈云鹏、罗文彬、韩景愈（均为沈阳局），陈岳源（北方交通大学），薛世玺（济南局），李德浚（工务局）。

铁道部工务局

1991年

## 目 录

<b>第一章 轨道结构</b> ..... 1	<b>第四节 钢轨接头及轨缝</b> ..... 95
<b>第一节 轨道组成及类型</b> ..... 1	一、钢轨接头..... 95
一、轨道组成..... 1	二、钢轨接头分类及结构型式..... 95
二、轨道各部件的作用..... 1	三、钢轨接头使用规定..... 102
三、轨道类型..... 2	四、轨  缝..... 105
四、铁路等级划分..... 2	<b>第五节 缩  短  轨</b> ..... 112
<b>第二节 线路平面和纵断面</b> ..... 4	一、曲线内股缩短量计算..... 113
一、线路平面..... 4	二、缩短轨需要量的计算..... 113
二、线路纵断面..... 10	三、缩短轨铺设规定..... 114
<b>第三节 直线轨道几何尺寸</b> ..... 13	<b>第六节 钢轨伤损分类</b> ..... 114
一、轨  距..... 13	<b>第七节 钢轨及其联结零件使用规定</b> ..... 114
二、水  平..... 14	一、新建和改建铁路使用钢轨的规定..... 114
三、方  向..... 15	二、旧轨使用、整修技术条件..... 114
四、高  低..... 15	三、钢轨使用规定..... 118
五、轨  底  坡..... 15	四、钢轨检查规定..... 119
<b>第四节 曲线轨道几何尺寸</b> ..... 16	五、钢轨联结零件使用规定..... 120
一、曲线轨距加宽..... 16	<b>第三章 轨枕及扣件</b> ..... 121
二、曲线外轨超高..... 18	<b>第一节 木  枕</b> ..... 121
三、缓和曲线..... 23	一、木枕树种及尺寸..... 121
<b>第五节 曲线轨道行车条件</b> ..... 25	二、木枕尺寸公差及断面形状..... 122
一、脱轨条件..... 25	三、木枕的枕面铺轨范围..... 122
二、曲线最高和最低列车速度的确定..... 27	四、木枕材质缺陷限度..... 122
<b>第二章 钢轨及联结零件</b> ..... 29	五、木枕材积计算..... 123
<b>第一节 钢轨类型及尺寸</b> ..... 29	六、防腐木枕标准 (GB154—85) ..... 123
一、钢轨类型及尺寸..... 29	七、胶合再生木枕标准
二、钢轨横断面及侧面尺寸允许偏差..... 34	(TB1338—78) ..... 126
三、钢轨计算数据及理论质量、金属分配..... 35	<b>第二节 木枕扣件</b> ..... 128
四、旧轨类型及尺寸..... 36	一、木枕扣件联结形式..... 128
五、钢轨标记..... 48	二、道  钉..... 128
<b>第二节 钢轨的材质和机械性能</b> ..... 53	三、垫  板..... 131
一、钢轨钢的化学成分及机械性能..... 53	<b>第三节 混凝土枕</b> ..... 137
二、钢轨的热处理..... 53	一、混凝土枕的规格尺寸..... 137
<b>第三节 钢轨联结零件</b> ..... 54	二、混凝土岔枕的规格尺寸..... 140
一、夹  板..... 54	三、混凝土桥枕..... 145
二、接头螺栓、螺母及弹簧垫圈..... 69	<b>第四节 混凝土枕扣件</b> ..... 150
三、异型夹板..... 73	一、弹条扣件..... 150
	二、扣板式扣件..... 161

三、拱形弹片式扣件.....	172
四、弹片 I 型调高扣件.....	179
五、螺纹钢道钉锚固.....	187
第五节 混凝土宽枕及扣件.....	189
一、混凝土宽枕类型及规格尺寸.....	189
二、混凝土宽枕扣件.....	189
三、混凝土宽枕铺设要求.....	189
四、混凝土宽枕轨道与其它结构形式轨道的连接.....	193
五、混凝土宽枕铺设主要技术条件.....	194
第六节 轨枕及扣件铺设使用规定.....	194
一、轨枕铺设规定及使用条件.....	194
二、轨枕铺设数量.....	195
三、轨枕配置.....	196
四、轨枕失效标准.....	196
五、旧轨枕分类及处理.....	199
六、轨枕扣件使用规定及伤损标准.....	199
<b>第四章 道 床</b> .....	200
第一节 道床的功用和性能.....	200
一、道床的功用.....	200
二、道床的性能.....	200
三、道床材料及其技术条件.....	200
第二节 道床横断面.....	203
一、道床横断面尺寸.....	203
二、各种线路条件下的道床横断面图.....	206
第三节 道床变形和道床病害.....	212
一、道床变形.....	212
二、道床病害及其整治措施.....	213
第四节 整体道床.....	215
一、概 述.....	215
二、整体道床的类型.....	216
三、钢筋混凝土支承块式隧道整体道床.....	216
四、运营线隧道整体道床施工要点.....	224
五、整体道床轨道的养护和维修.....	225
第五节 沥青道床.....	226
一、概 述.....	226
二、正线混凝土宽枕沥青道床.....	228
三、隧道宽枕沥青道床.....	226
四、站线宽枕沥青道床.....	227
五、沥青道床混凝土宽枕铺设根数.....	227
六、沥青道床混凝土宽枕轨道扣件.....	227
七、混凝土宽枕轨道与其它轨道的连接.....	227
八、轨道板沥青道床.....	227
<b>第五章 轨道强度检算</b> .....	229
第一节 概 述.....	229
第二节 轨道强度特征参数.....	230
一、钢轨支座刚度 $D$ .....	230
二、钢轨基础弹性模量 $\mu$ .....	230
三、道床系数 $C$ .....	231
第三节 轨道结构静力计算.....	232
一、连续支承法.....	232
二、点支承法.....	234
第四节 轨道结构动力计算.....	234
一、轨道动荷载参数.....	234
二、轨道结构动力计算.....	235
第五节 轨道强度检算.....	235
一、钢轨应力检算.....	235
二、轨枕承载能力检算.....	236
三、道床顶面压应力检算.....	237
四、路基基床表面压应力检算.....	238
第六节 算 例.....	239
附 1 我国铁路机车计算资料.....	243
附 2 $\mu$ 、 $D$ 值.....	247
附 3 弹性支座连续梁的弯矩、支座下沉影响系数 $M/\eta$ .....	218
<b>第六章 无缝线路</b> .....	272
第一节 基本原理.....	272
一、温度力和温度应力.....	272
二、无缝线路结构型式.....	273
三、钢轨温度及锁定轨温.....	274
四、各种线路阻力.....	274
五、温度力图.....	278
第二节 无缝线路稳定性计算.....	280
一、概 述.....	280
二、前提条件和有关参数.....	281
三、稳定性计算公式.....	282
四、稳定性计算公式的应用.....	283
第三节 路基无缝线路设计.....	285
一、设计基本要求及轨道结构标准.....	285
二、强度及稳定性条件允许的轨温变化幅度.....	286
三、无缝线路类型及锁定轨温的确定.....	287
四、路基无缝线路结构计算.....	289
五、路基无缝线路设计算例.....	291
第四节 中跨度桥上无缝线路设计.....	295
一、附加伸缩力计算.....	295
二、附加挠曲力计算.....	297
三、桥上无缝线路设计步骤.....	299

第五节 特殊地段无缝线路设计特点.....	304	一、防爬设备.....	324
一、小半径曲线无缝线路.....	304	二、曲线加强设备.....	331
二、长大坡道无缝线路.....	305	第二节 护 轨.....	338
三、大跨度桥上无缝线路.....	305	一、护轨的类型及铺设规定.....	338
四、长大隧道无缝线路.....	306	二、护轨铺设技术要求.....	341
五、寒冷地区无缝线路.....	307	第三节 车 挡.....	341
第六节 无缝线路钢轨焊接与铺设.....	307	一、土堆式车挡.....	341
一、无缝线路钢轨焊接.....	307	二、竖壁土堆式车挡.....	341
二、无缝线路铺设.....	311	第四节 线路标志及工务有关信号标志.....	343
第七节 无缝线路养护维修.....	313	第八章 道 口.....	344
一、基本要求.....	313	第一节 道口铺设有关规定.....	344
二、维修计划安排.....	313	第二节 道口铺面.....	345
三、养护维修作业要求.....	314	一、钢筋混凝土铺面板.....	345
四、单项维修作业要求.....	315	二、石铺面板.....	384
五、特殊地段无缝线路养护维修的特点.....	316	第三节 道口防护设备.....	384
六、无缝线路的应力分散与调整.....	317	附录一 标准轨距铁路限界.....	386
七、无缝线路故障处理.....	318	附录二 线路标志和信号标志.....	392
附 长钢轨和标准轨一端伸缩量表.....	319	附录三 轨道材料常备数量标准及规定.....	457
第七章 轨道加强及轨道附属设备.....	324	附录四 无缝线路常备材料、工具数量标准.....	458
第一节 轨道加强设备.....	324		

# 第一章 轨道结构

## 第一节 轨道组成及类型

### 一、轨道组成

轨道是线路设备的重要组成部分，它直接承受着机车车辆荷载的作用并引导机车车辆运行，一般由钢轨、轨枕、道床、道岔、联结零件及防爬设备组成。

轨道是运输设备的基础，机车车辆作用于轨道上的力有垂直压力、横向水平力、纵向水平力以及因温度变化所产生的温度附加力等。所以，要求轨道结构有足够的强度和稳定性；各组成部分的结构要合理，尺寸及材质要相互配合，等强配套，以保证列车规定的速度安全、平稳和不间断地运行。

### 二、轨道各部件的作用

1. 钢轨是轨道最重要的组成部件，它直接承受列车的荷载，依靠钢轨头部内侧面和机车车辆轮缘的相互作用，引导列车运行，依靠它本身的刚度和弹性把机车车辆荷载分布开来，传递给轨枕。由于机车车辆轴重的逐渐增大，行车速度的不断提高，钢轨所承受的压力也在不断增加。目前，国产机车轴重一般为23t，韶山<sub>4</sub>型电力机车轴重已达25t，最高运行速度已达120km/h，轮轨间的接触应力可达700~900MPa，轨底边缘的挠曲应力可达180~240MPa，因此对钢轨的材质和强度有更高的要求。

2. 轨枕的作用是一方面承受钢轨传下来的机车车辆的各种力，并把它分布给道床；另一方面是通过扣件把钢轨固定在规定的正确位置上，以保持轨距、轨底坡、曲线超高等，防止钢轨产生位移和爬行。

3. 道床的作用是固定轨枕的位置，防止轨枕纵、横向位移并把轨枕所承受的压力传递给路基，同时道床还起到排水的作用，可防止路基翻浆冒泥和木枕腐朽。

4. 道岔作用主要是引导列车从一条线路转向另一条线路。

5. 联结零件分接头联结零件和中间联结零件。接头联结零件有钢轨夹板和螺栓等，用于钢轨和钢轨、钢轨和道岔之间的联结，要求其有足够的强度，以承受车轮通过钢轨接头处时所产生的巨大冲击力、纵向力、横向水平力以及因温度变化钢轨所产生的温度附加力等。中间联结零件有道钉、垫板（用于木枕线路）、混凝土轨枕用螺旋道钉、扣件、橡胶垫板等。中间联结零件的作用是固定钢轨的位置，阻止钢轨的纵、横向位移，防止钢轨翻转，并将钢轨所受的力传递给轨枕。近几年来，有的工务段在混凝土轨枕地段钢轨接头两侧2~4根轨枕下增铺枕下大胶垫，用以减缓接头的冲击力，防治接头病害，起到了良好效果。

6. 防爬设备由防爬器和防爬支撑组成，用以增加钢轨和轨枕的联结，增加线路抵抗钢轨爬行的能力。对于使用弹条I型扣件的线路，由于其扣压力较大，弹性较好，因此可以不用防爬设备。



### 三、轨道类型

正线轨道类型分特重型、重型、次重型、中型和轻型。在选型时，应根据要求的运输条件、年通过总重密度、最高行车速度，本着由轻到重逐步加强的原则，结合近期调查运量、最高行车速度等主要运营条件确定。

#### 1. 新建和改建铁路正线轨道类型 (GBJ90—85)

正线轨道类型应按表 1—1—1 所列标准选用：

正 线 轨 道 类 型

表 1-1-1

条件	项 目	单 位	特 重 型	重 型	次 重 型	中 型	轻 型	
运营条件	年通过总重密度	Mt·km·km	>60	60~30	30~15	15~8	<8	
	最高行车速度	km/h	≥120	≥120	120	100	80	
轨 道	钢 轨	kg/m	≥70	60	50	43	43~38	
	轨枕根数 预应力混凝土枕 (混凝土枕, 下同)	根/km	1840~1760	1760	1760~1680	1680~1600	1600~1520	
	木 枕	根/km	1840	1840	1840~1760	1760~1600	1600	
结 构	道床厚度 非渗水土路基	面层	cm	30	30	25	20	20
		垫层	cm	20	20	20	20	15
	岩石渗水土路基	cm	35	35	30	30	25	

- 注：① 计算年通过总重，应包括净载、机车和车辆的质量，并将旅客列车的质量计算在内。每对旅客列车上下行各按0.7Mt年货运量折算。单线应按往返总重计算，双线应按每一条线的通过总重计算。  
 ② 重型及以上轨道宜采用预应力混凝土宽枕（混凝土宽枕，下同）。混凝土宽枕每千米配置根数为1760根。  
 ③ 非渗水土路基宜采用双层道床，只有在垫层材料供应困难，且不致造成路基病害的情况下，方可采用单层道床。其厚度比照岩石、渗水土路基增加5cm。

根据实践经验，I级铁路应采用次重型及以上轨道；II级铁路可采用中型轨道；III级铁路可采用轻型轨道。

#### 2. 新建和改建铁路站线轨道结构

站线轨道结构应根据各类站线的用途，按表 1—1—2 所列标准选用。

#### 3. 线路大修采用的轨道标准应符合表 1—1—3 的规定。

### 四、铁路等级划分

在新建铁路和既有线改造以及日常工作中，经常遇到铁路等级问题。《铁路线路设计规范》规定铁路等级划分为三级。规定如下：

I级铁路——铁路网中起骨干作用的铁路，远期年客货运量大于或等于15Mt者；

II级铁路——铁路网中起骨干作用的铁路，远期年客货运量小于15Mt；或铁路网中起联络、辅助作用的铁路，远期年客货运量大于或等于7.5Mt者；

III级铁路——为某一区域服务具有地区运输性质的铁路，远期年客货运量小于7.5Mt者。

注：年货运量为重车方向，每对旅客列车上下行各按0.7Mt年货运量折算。

各级铁路旅客列车最高行车速度，应符合下列规定：

I级铁路——120km/h；

II级铁路——100km/h；

III级铁路——80km/h。

站线轨道结构

表 1—1—2

项 目		单 位	到发线 (包括编发线, 下同)	驼峰溜放线	其它站线及次要站线
钢 轨		kg/m	比正线轻一级新轨或与正线同级旧轨	≥43	≥38
混 凝 土 枕		根/km	≥1250	≥1620	≥1440
木 枕		根/km	≥1600	≥1600	≥1440
道 床 厚 度	非 渗 水 层	特 重 型	35	35	25 (其它站线)
		重 型			
		次 重 型			
		中 型			
		轻 型			
	有 砟 基 层	特 重 型	20 (面层)	25 (面层)	20 (面层)
		重 型	20 (垫层)		
		次 重 型	15 (面层)		
		中 型	15 (垫层)		
		轻 型	15 (垫层)		
岩 石、渗 水 路 基	特 重 型	cm	25	30	20
	重 型				
	次 重 型				
	中 型				
	轻 型				

注: ① 其它站线系指调车线、牵出线、机车走行线及站内联络线, 次要站线系指除到发线及其它站线以外的站线。  
 ② 驼峰溜放线系指峰顶至调车线第一脱鞋器 (或减速器) 末端的一段线路。  
 ③ 道岔的道床厚度不应小于连接的主要线路的道床厚度。

线路大修轨道标准

表 1—1—3

五年内年计划通过总重密度 Mt·km/km		>60	60~30	30~15	<15	
钢轨类型 (kg/m)		75	60	50	<50~43	
道 床 总 厚 度 (mm)	无 垫 床 的 碎 石 道 床 厚 度	一般路基	450	450	400	350
		不易风化的岩石、碎石、卵石及纯净粗中砂	350	350	300	250 (木枕) 300 (混凝土枕)
	有 垫 床 的 碎 石 道 床 厚 度		300 200	300 200	250 200	250 200
		有砟桥面上的碎石道床厚度	200 (木枕) 250 (混凝土枕)			
轨枕配置根数	木枕、混凝土枕 (根/km)	1840	1840	1840~1760	1760	

注: ① 道床厚度原则上应按轨型确定, 如遇轨型较轻而运量较高时, 应按运营条件并考虑近期可能更换的新轨型确定。  
 ② 在运量很小, 行驶轻型机车或行车速度较低的线路上和在隧道车站范围内, 确因受建筑物限制时, 可以适当降低道床厚度, 但在正线上, 木枕地段碎石道床厚度不得低于200~250mm, 混凝土枕地段不得小于300mm, 站线上碎石道床厚度不得低于200mm。  
 ③ 在大中修清筛道时, 无垫层的碎石道床, 其枕下落筛厚度不得少于300mm, 道床总厚度不足300mm者, 应全部清筛。

## 第二节 线路平面和纵断面

### 一、线路平面

线路平面是指线路中心线在水平面上的投影，由直线和曲线组成。曲线一般又分圆曲线和缓和曲线。

#### 1. 直线

列车在直线上运行时条件最好，在同样的坡度下，列车运行阻力最小，行车最平稳，速度不受限制。因此，线路平面应尽量多采用长直线。

#### 2. 圆曲线

曲线的组成如图 1—2—1 所示。

##### (1) 圆曲线的基本要素

- ① 曲线中心角 ( $\alpha$ ) 和曲线交角相等；
- ② 曲线半径 ( $R$ )；
- ③ 曲线的切线长 ( $T$ )；
- ④ 曲线外矢距 ( $E$ )；
- ⑤ 曲线长度 ( $C$ )；
- ⑥ 缓和曲线长度 ( $l$ )。

图中虚线为无缓和曲线时的情况，实线为有缓和曲线时的情况。

##### (2) 圆曲线基本要素之间的关系

一个曲线，知道其半径 ( $R$ ) 和转向角 ( $\alpha$ ) 之后，其它各要素均可计算出来。

如图 1—2—1 所示，

$$C = R \cdot \alpha \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$E = R \cdot \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$$

在实际运用中，可根据曲线半径和转向角从《既有铁路曲线测设用表》中查得其它数值。曲线半径越大，转向角越小，列车运行条件越好，列车允许速度越高。所以最小曲线半径的大小是铁路等级的重要标志。

##### (3) 铁路曲线半径系列

我国铁路曲线半径采用以下数值：4000、3000、2500、2000、1500、1200、1000、800、700、600、550、500、450、400、350和300m。特殊困难条件下，可采用上列半径间10m整倍数的曲线半径。

##### (4) 最小曲线半径的确定

铁路的最小曲线半径应根据铁路等级并结合行车速度和地形等条件比选确定。

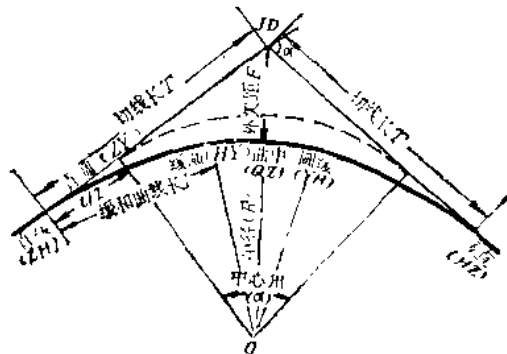


图 1—2—1 曲线各要素  
 ZY——单圆曲线始点(直圆点); YZ——单圆曲线终点(圆直点); ZH——缓和曲线始点(直缓点); HZ——缓和曲线终点(缓直点); HY——缓和曲线接圆曲线之交界点(缓圆点); YH——圆曲线接缓和曲线之交界点(圆缓点); QZ——整个曲线的中央点(曲中点)。

① 对高速客运专线，最小曲线半径应保证旅客列车以最高速度通过时，欠超高不超过允许值；

$$\text{即 } R_{\text{min}} = \frac{11.8V_{\text{max}}^2}{h_{\text{max}} + \Delta h_{\text{欠}}} \quad (\text{m})$$

② 我国绝大多数铁路是客货共线，客货列车的行车速度和实设超高是确定最小曲线半径的基本依据。

$$\begin{aligned} \Delta h_{\text{欠}} &= \frac{11.8V_{\text{max}}^2}{R_{\text{min}}} - h = \frac{11.8V_{\text{max}}^2}{R_{\text{min}}} - \frac{11.8V_p^2}{R_{\text{min}}} = \frac{11.8(V_{\text{max}}^2 - V_p^2)}{R_{\text{min}}} \\ \Delta h_{\text{过}} &= h - \frac{11.8V_{\text{min}}^2}{R_{\text{min}}} = \frac{11.8V_p^2}{R_{\text{min}}} - \frac{11.8V_{\text{min}}^2}{R_{\text{min}}} \\ &= \frac{11.8(V_p^2 - V_{\text{min}}^2)}{R_{\text{min}}} \end{aligned}$$

整理上式得：

$$R_{\text{min}} = \frac{11.8(V_{\text{max}}^2 - V_p^2)}{\Delta h_{\text{欠}}} \quad (\text{m})$$

$$R_{\text{min}} = \frac{11.8(V_p^2 - V_{\text{min}}^2)}{h_{\text{G}}} \quad (\text{m})$$

$$R_{\text{min}} = \frac{11.8(V_{\text{max}}^2 - V_{\text{min}}^2)}{\Delta h_{\text{欠}} + \Delta h_{\text{过}}} \quad (\text{m})$$

式中  $V_{\text{max}}$ ——最高行车速度 (km/h)；

$V_{\text{min}}$ ——最低行车速度 (km/h)；

$V_p$ ——平均速度 (km/h)；

$\Delta h_{\text{欠}}$ ——欠超高 (mm)；

$\Delta h_{\text{过}}$ ——过超高 (mm)；

$h$ ——实设超高 (mm)；

$R_{\text{min}}$ ——最小曲线半径 (m)。

③ 《铁路技术管理规程》(1992年9月1日起实行)规定各级铁路的最小曲线半径如表1-2-1。

特殊困难条件下的个别曲线，经技术经济比选和鉴定审批，可采用小于表1-2-1规定的最小曲线半径。

改建既有或增建第二线时，最小曲线半径应结合既有线路标准比选确定。困难条件下按上述标准改建将引起巨大工程的个别曲线，原有曲线可予保留。

增建第二线时，两线间距离不变的并行地段的曲线，应设计为既有线的同心圆曲线。改建既有线和增建第二线的曲线半径可为零数。

### 3. 缓和曲线

为了使列车从直线进入圆曲线时不致因离心加速度和垂直加速度突然发生而使旅客产生不适，同时也不致因曲线外轨超高突然增加而使列车产生颠覆，要求直线与圆曲线间有一个曲率渐变的过程。直线与圆曲线间应采用缓和曲线连接。缓和曲线长度 (m) 一般应不短于  $9 \times$  超高度 (m)  $\times$  容许最高行车速度 (km/h)，特别困难地段不短于  $7 \times$  超高度 (m)  $\times$  容许最高行车速度 (km/h)，计算结果取10m整数。如原线路的缓和曲线标准较高时，应采用原线路标准。

两缓和曲线间圆曲线最小长度，太短就会使一辆客车同时跨越圆曲线两端的缓和曲线，引起振动加剧，影响行车平稳，故要求中间圆曲线长度不小于全轴距的长度。我国客车全轴距22型为19.4m、25型为20.4m、双层客车为20.9m，故《铁路线路设计规范》规定不小于20m。

#### 4. 曲线正矢

为使列车行车安全和平稳，曲线应保持圆顺。在线路养护维修工作中，衡量曲线是否圆顺，常用测量和检查曲线正矢的办法，要求实量缓和曲线正矢与计算正矢之差、圆曲线正矢连续差和圆曲线正矢最大最小值差不能超过规定的数值。否则，说明曲线方向不良，将影响行车平稳和安全，并能引起其它线路病害，必须马上进行拨正。

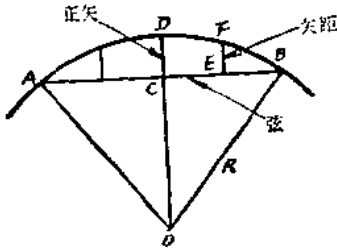


图 1-2-2 曲线正矢图

最小曲线半径表 (m) 表 1-2-1

铁路等级	一般地段	困难地段
I	1000	400
II	800	400
III	600	350

注：不符合上述规定的需经铁道部批准。

曲线半径、弦长和正矢之间的关系如图 1-2-2 所示。

图中：AB为弦长，用C表示 (m)；CD为正矢，用f表示 (mm)，AO、BO为半径，用R表示 (m)。

曲线半径 (R)、弦长 (C) 和正矢 (f) 之间的关系如下式：

$$f = \frac{C^2}{8R}$$

当弦长为20m时，

$$f = \frac{20^2}{8R} = \frac{50}{R} (\text{m}) = \frac{50000}{R} (\text{mm})$$

当弦长为10m时，

$$f = \frac{10^2}{8R} = \frac{12.5}{R} (\text{m}) = \frac{12500}{R} (\text{mm})$$

为使用方便，对不同半径的曲线，分别计算出弦长20m和10m的正矢，列表如 1-2-1 2。

为了经常保持曲线圆顺，用20m弦在钢轨踏面下16mm处测量的正矢，其误差不得超过表 1-2-3 的规定。

#### 5. 复曲线

一个由不同半径的曲线段所组成的曲线叫复曲线。因为复曲线上各曲线段的圆心不是一个，所以也叫复心曲线。

设计曲线时应尽量考虑采用单曲线，仅在困难条件下保留复曲线。复曲线相邻两个圆曲线间应用缓和曲线连接，其长度按计算确定，且不小于20m。如因条件困难不能设缓和曲线时，两个圆曲线的曲率差不应大于 1/2000，且每个圆曲线的长度不得短于50m。

#### 6. 曲线间的夹直线

圆曲线正矢表

表 1-2-2

曲线半径 $R$ (m)	正矢 $f$ (mm)		曲线半径 $R$ (m)	正矢 $f$ (mm)	
	弦长20 m	弦长10 m		弦长20 m	弦长10 m
200	250.0	62.5	800	62.5	15.6
250	200.0	50.0	850	58.8	14.7
300	166.7	41.7	900	55.6	13.9
350	142.9	35.7	950	52.6	13.2
400	125.0	31.2	1000	50.0	12.5
450	111.1	27.8	1200	41.7	10.4
500	100.0	25.0	1500	33.4	8.4
550	90.9	22.7	1800	27.8	7.0
600	83.3	20.8	2000	25.0	6.2
650	76.7	19.2	2500	20.0	5.0
700	71.5	17.9	3000	16.7	4.2
750	66.7	16.7	4000	12.6	3.1

曲线正矢误差限度

表 1-2-3

曲线半径 (m)	缓和曲线正矢与计算正矢之差 (mm)		圆曲线正矢连续差 (mm)		圆曲线正矢最大最小值差 (mm)	
	正线及到发线	其它线	正线及到发线	其它线	正线及到发线	其它线
250及以下	7	8	14	16	21	24
251~350	6	7	12	14	18	21
351~450	5	6	10	12	15	18
451~650	4	5	8	10	12	15
651及以上	3	4	6	8	9	12

注：在复心曲线大小半径连接处，实测正矢与计算正矢的容许差，按大半径曲线的缓和曲线规定办理。缓和曲线与直线连接处，不得有反弯或“鹤头”。

- (1) 两相邻曲线转向方向相同的曲线叫同向曲线，如图 1-2-3。
- (2) 两相邻曲线转向方向相反的曲线叫反向曲线，如图 1-2-4。

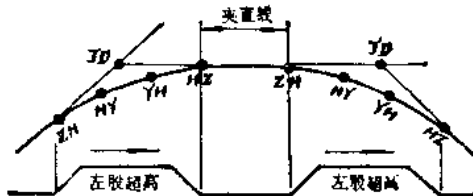


图 1-2-3 同向曲线示意图

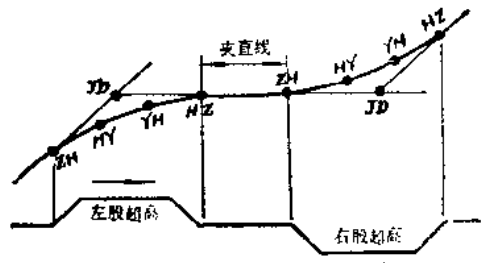


图 1-2-4 反向曲线示意图

- (3) 为了使列车运行平稳，防止列车由于突然转向而引起摇摆和震动，就必须在相邻

曲线或缓和曲线间设置一段直线，这段直线就叫夹直线。夹直线要有一定的长度，如夹直线太短，则列车通过时，因频繁转换方向，列车对钢轨的横向推力加大，线路正确位置不易保持。维修实践证明，夹直线长度不宜短于2~3节钢轨长，即50~75m，困难条件下也不应少于1节轨长，即25m。客车从第一个曲线进入第二个曲线时，因二曲线超高不同，未被平衡的横向加速度频繁变化，将引起车辆左右摇晃，反向曲线路段更为严重。为保证行车平稳，旅客舒适，延缓其摇摆过程，夹直线长不宜短于2~3节客车长度。我国最大客车全长为26.6m，故夹直线长度不宜短于53.2~79.8m。

客车通过夹直线时要跨越2个直缓点，直缓点处轮轨冲击加剧，引起转向架弹簧振动。为了保证2个直缓点产生的振动不致叠加，保证旅客舒适，夹直线应有足够长，以使客车通过夹直线的时不不小于弹簧振动消失的时间。因此列车速度120km/h时夹直线长为70m，列车速度为100km/h时夹直线长为62m，列车速度为80km/h时夹直线长为54m。根据以上分析，我国铁路规定夹直线的最小长度如表1—2—4。

夹直线最小长度 (m) 表 1—2—4

铁路等级	一般地段	困难地段
I	80	40
II	60	30
III	50	25

线路大中修时，两曲线间的夹直线长度，原则上应不低于原线路标准。

7. 线间距离的标准规定

我国铁路区间及站内两相邻线路中心线间的标准距离规定如下。

(1) 直线部分线间距离标准 (见表 1—2—5)

线间距离的标准规定

表 1—2—5

顺序	线路中心线间距	线间最小距离 (mm)	备 注
1	双 线 区 间	4000	两侧机车车辆限界，加两侧灯宽加两侧安全量 $2 \times 1700 + 2 \times 100 + 2 \times 200 = 4000$ 一线通过一级超限货物，另一线通过一级货物加侧灯加富裕量 $1900 + 1700 + 100 + 300 = 4000$
2	三线及四线区间的第二线至第三线	5300	两个建筑限界半宽加信号机最大宽度 $2 \times 2440 + 410 = 5290 \approx 5300$
3	站内正线、到发线与其相邻线	5000	正线、到发线通过超限货物列车限界，(采用建筑限界2400) 另一线安装信号机限界 (2150) 加信号机宽 $2440 + 2150 + 410 = 5000$
4	相邻两股道均需通行超限货物列车	线间装有高柱信号机	5300 与第2项同
		线间装有水鹤	5500 两线均通行超限货物列车 (建筑限界 $2 \times 2400$ 加水鹤最大宽550加防寒层厚60) $2440 \times 2 + 550 + 60 = 5490 \approx 5500$
5	相邻两股道只有一股通过超限货物列车	线间装有高柱信号机	5000 与第3项同
		线间装有水鹤	5200 一侧通行超限货物 (建筑限界2440)，另一侧可通行超限货物，加水鹤最大宽度及防寒层厚 $2440 + 2150 + 550 + 60 = 5150 \approx 5200$
6	铺设列检小轨道的两到发线	5500	
7	换装线	3600	机车车辆限界加侧灯宽 $1700 \times 2 + 200 = 3600$
8	编组站、区段站的站修线与相邻一条线	8000	考虑站修作业方便及安全
9	牵出线与其相邻线	6500	
10	其它站线	4600	机车车辆限界加侧灯宽加列车摆动及行人安全限界 $1700 \times 2 + 100 \times 2 + 1000 = 4600$

表 1—2—5 所列的是线间距标准规定，现有站内线间距不符规定的，应逐步改造。在未改造以前如需在线间装设高柱信号机时，其限界暂准在正线、到发线上为 2100mm。

(2) 曲线部分线间距加宽

列车在曲线上行驶时，由于车体不能随曲线弯曲，车体两端突出曲线外侧，中部偏入曲线内侧，因而两相邻曲线上行驶列车的净空就要减小，如图 1—2—5。另外如果外侧曲线的超高大于内侧曲线的超高，外侧车体的倾斜度大于内侧曲线车体的倾斜度，车体间的净空也要减小，如图 1—2—6。

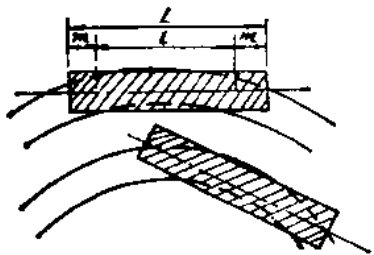


图 1—2—5 曲线线间距加宽平面示意图

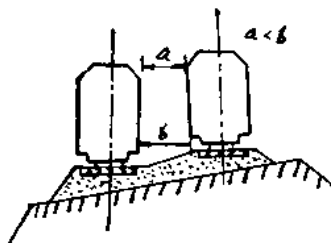


图 1—2—6 曲线线间距加宽横断面示意图

为了保持两相邻曲线上的车体与邻近建筑物间有一定净空，曲线地段线间距需要另行加宽。

① 曲线内侧加宽量计算，车体内移量计算公式如下：

$$f = \frac{l^2}{8R}$$

式中  $f$  —— 车体偏入曲线内侧的距离；  
 $l$  —— 车体两转向架中心销间的距离；  
 $R$  —— 曲线半径。

在计算最大加宽量时，车体长度采用 26m 转向架中心销间的距离  $l$  采用 18m，代入上式得：

$$f = \frac{18^2}{8R} \times 1000 = \frac{40500}{R} \text{ (mm)}$$

由于曲线地段外轨需设超高，从而引起车体内倾，曲线内侧所需加宽量  $x$  可据图 1—2—7 来计算。

$$x = \frac{H}{1500} \times h$$

式中  $x$  —— 车体内倾所需线路内侧加宽量；  
 $H$  —— 车体高度，我国采用  $H = 3600\text{mm}$ ；  
 $h$  —— 曲线外轨超高；  
 1500 —— 两股钢轨中心距离。

因此曲线内侧所需总加宽量  $W_{内}$  为

$$W_{内} = f + x = \frac{40500}{R} + \frac{H}{1500}h \text{ (mm)}$$



② 曲线外侧加宽量计算

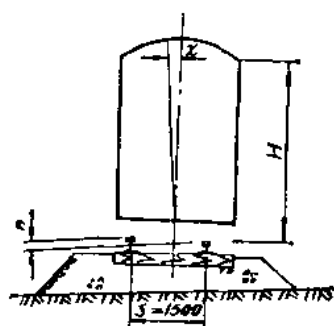


图 1—2—7 曲线外轨超高所需内侧限界加宽示意图

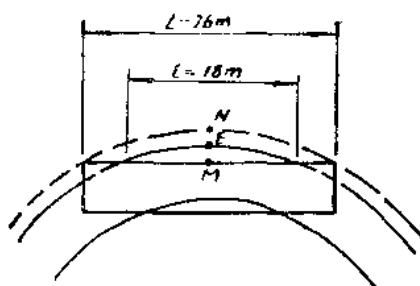


图 1—2—8 曲线外侧加宽示意图

据图 1—2—8，曲线外侧所需加宽量  $W_{外}$  的计算公式为

$$W_{外} = NE = NM - EM$$

$$= \frac{26^2}{8R} \times 1000 - \frac{18^2}{8R} \times 1000 = \frac{4400}{R} \text{ (mm)}$$

根据各种曲线半径计算出的线路中心线间所需加宽量列于表 1—2—6 中。

曲线间距加宽数值 (mm)

表 1—2—6

曲线半径 (m)	外侧线路曲线超高大于内侧线路曲线超高时	其它情况	曲线半径	外侧线路曲线超高大于内侧线路曲线超高时	其它情况
4000	55	20	600	335	40
3000	75	30	550	315	155
2500	90	35	500	300	170
2000	115	45	450	280	190
1500	150	55	400	265	210
1200	185	70	350	245	240
1000	225	85	300	225	280
800	280	165	250	200	340
700	315	120			

注：采用中间曲线半径时，曲线间距加宽值可用插入法求得，并取整至 5 m。

二、线路纵断面

线路纵断面是指线路中心线展开后在纵向垂直面上的投影，它由许多平直线段、斜直线段和坡段连接处所设竖曲线组成。线路纵断面图上标有线路坡度、坡长及相邻坡段的连接。

1. 坡度

纵断面各相邻直线段起终点的标高差与其水平距离之比，就叫该直线的坡度。我国铁路纵断面的坡度用千分数表示，其符号为  $i\%$ ，见图 1—2—9。

$$i = \frac{H_2 - H_1}{L} = \frac{\Delta H}{L} \times 1000$$

式中  $i$  —— 坡度，

$H_1, H_2$  —— 两变坡点的标高，