

铁路工务技术手册

# 铁道



人民铁道出版社

铁路工务技术手册

# 轨 道

沈阳铁路局工务处编

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 7 9 年 · 北 京

## 内 容 简 介

铁路工务技术手册包括路基、桥涵、隧道、轨道、道岔、无缝线路、线路业务、防洪、防沙、养路机械化、采石和林业等共十二册。

本册《轨道》主要介绍铁路轨道的结构及类型、钢轨、轨枕、道床、新型轨下基础以及各种联结零件的形式、尺寸、计算数据和使用规定等详细技术资料。此外还包括道口和其它线路设备的有关规定和标准。

本册由沈阳铁路局工务处《轨道》编写组编写，韩景愈主笔。

### 铁路工务技术手册

#### 轨 道

沈阳铁路局工务处 编

人民铁道出版社出版

责任编辑 陈 健

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经营

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$  印张：22.5 字数：480千

1979年12月 第1版 1979年12月 第1次印刷

印数：0001—14,000册

统一书号：15043·6171 定价：1.80元

# 前 言

轨道是铁路线路的重要组成部分，它直接承受机车车辆的荷载。轨道强度，确定了线路的运行速度和运输能量。轨道是铁路技术设备中保证行车安全的基础。

解放以来，广大铁路职工，在党的领导下，修建了许多铁路新线，改造了大批旧有线路设备，质量有了很大的改进和提高。目前正逐步采用重长钢轨、无缝线路、轨枕板、整体道床和各种新型扣件，有计划有步骤地实现我国铁路的现代化。

根据铁道部工务局关于编写铁路工务技术手册，供现场工人、技术人员和干部参考查阅，以提高工作和技术水平的指示，我们依据《铁路技术管理规程》《铁路工程技术规范》《铁路工务规则》及有关规定，编写了这本手册。

在编写过程中，铁道部第三设计院标准处和铁道部科学研究院铁建所给予大力支持，提供了许多资料；初稿完成后，又蒙北京、上海、西安、柳州、广州、锦州、哈尔滨、济南、成都、齐齐哈尔等铁路局的同志们审阅，提供了很多宝贵意见，特此一并致谢。

本手册主要由韩景愈、刘振铎、罗文彬三位同志编写。由于我们工作及技术水平所限，书中会有很多缺点、错误，希望读者批评指正。

沈阳铁路局工务处

铁路工务技术手册《轨道》编写组

1979.6.1

# 目 录

第一章 轨道构造	1
第一节 轨道组成及其类型	1
第二节 线路平面和纵断面	2
第三节 轨距	12
第四节 水平	15
第五节 轨底坡	22
第六节 钢轨接头、轨缝	24
第七节 缩短轨	32
第八节 无缝线路	35
第二章 钢轨及其联结零件	43
第一节 钢轨类型、尺寸、计算数据	43
第二节 钢轨的材质和机械性能	70
第三节 钢轨使用规定	72
第四节 钢轨伤损的分类和发生原因	75
第五节 延长钢轨使用寿命	84
第六节 钢轨联结零件	88
第三章 轨枕与扣件	126
第一节 木枕分类及规格尺寸	126
第二节 木枕扣件	128
第三节 钢筋混凝土轨枕分类及规格尺寸	135
第四节 钢筋混凝土轨枕扣件	140
第五节 轨枕铺设使用的规定	161
第四章 轨道加强设备	167
第一节 防爬设备	167
第二节 曲线加强设备	177
第五章 道床	194
第一节 道床的功用与路基面的相互关系	194
第二节 道床横断面	195
第三节 道床材料和技术条件	207
第四节 道床病害原因分析和整治措施	209
第六章 新型轨下基础	212
第一节 概述	212
第二节 整体道床	213
第三节 整体道床扣件的选用和要求	228

第四节 轨枕板 .....	241
第七章 道口 .....	247
第一节 道口有关规定 .....	247
第二节 道口铺设规定 .....	247
第三节 道口铺面 .....	252
第四节 道口防护设备 .....	269
第八章 其他线路及线路设备 .....	275
第一节 转向线 .....	275
第二节 安全线与避难线 .....	278
第三节 驼峰线 .....	280
第四节 专用线(岔线) .....	282
第五节 车挡 .....	286
附录	
一、标准轨距铁路限界国标GB146—59 .....	289
二、线路标志和信号标志 .....	293
三、轨道材料常备数量标准及规定 .....	349
四、无缝线路常备材料和备品数量标准 .....	350
五、“螺旋道钉硫磺锚固及绝缘防锈涂料”的规定(TB/Z5—76) .....	350
六、每公里线路需用钢轨及连接零件用量表 .....	352
七、国家标准轨在不同轨温变化条件下温度力与温度应力值一览表 .....	354

# 第一章 轨道构造

## 第一节 轨道组成及其类型

### 一、轨道组成

轨道结构是在路基面上铺设道床，在道床上铺设轨枕，轨枕之上铺设钢轨，钢轨与钢轨之间及钢轨与轨枕之间用联结零件扣紧连接而形成。轨道结构是一种由力学性质各不相同的材料所构成，它是承受机车车辆运行的动载结构。正是由于它处于动载作用之下的结构，因此，轨道结构应当经常稳定和坚固。

它的作用是引导机车车辆沿着指定的方向运行，它直接承受和传递由车轮传来的巨大压力。车轮的巨大压力首先作用在钢轨的承压面上，再依次传向轨枕、道床和路基上。且力愈往下传，其受力的面积愈大，所产生的应力就愈小。车轮踏面与钢轨之间接触应力可达 $7000\sim 9000$ 公斤/厘米<sup>2</sup>，钢轨的挠曲应力可达 $1800\sim 2400$ 公斤/厘米<sup>2</sup>。钢轨将压力传递到垫板、轨枕上，又扩大传递到道床顶面上，道床顶面的应力平均仅为 $1.5\sim 3.0$ 公斤/厘米<sup>2</sup>。经道床传到路基面上的压力则只有 $0.8\sim 1.0$ 公斤/厘米<sup>2</sup>。正由于轨道有这种传力特点，我们才有可能用不同力学性质的材料建筑它，从高强度材料一直到松散的土壤。即钢轨、联结零件使用钢材，轨枕使用木材或钢筋混凝土，道床用碎石、卵石或砂子，路基则用一般土壤或砂粘土等。

百余年来，轨道结构型式，就是按照这个特征组成的。从力的传递作用上看，它是比较合理的，从造价上看也是比较经济的。随着科学技术的发展，近二十年来，我国铁路引进国外先进技术，采用了钢筋混凝土轨枕、无缝线路、轨枕板、整体道床、各种新型扣件等新设备，从而改变和正在改变着轨道的结构型式。

### 二、轨道类型

轨道作为一个整体结构，要共同承受机车车辆所作用的垂直力、水平力、纵向力和气候的变化。所以要求轨道各组成部分具有足够的强度和稳定性，它的各部尺寸及材质要互相配合，以保证列车高速、平稳、安全和不间断地运行。

轨道类型的配备，既要在经济上作到节约，又要在技术上合理，所以对于具有不同运量 and 不同运行速度的线路，要配备不同类型的轨道。

我国正线轨道类型分为重型、次重型、中型和轻型；站线轨道划分为到发线、驼峰线、其他站线及次要站线等类。不同的轨道规定了相应的钢轨类型、轨枕配置根数和道床厚度。

在选型时，应按表 1—1 所列标准，本着由轻到重逐步加强的原则，根据近期调查运量和最高行车速度等主要运营条件确定。

#### 1. 正线轨道类型（见表 1—1）

正线轨道类型表

表 1—1

条 件	项 目	单 位	重 型	次 重 型	中 型	轻 型	
运 营 条 件	年通过总重	百万吨公里/公里	30以上	30~18	18~8	8以下	
	最高行车速度	公里/小时	≥120	120	100	70	
轨 道 条 件	钢 轨	公斤/米	60	50	43	38	
	轨 枕	钢筋混凝土枕	根/公里	1760	1760	1760~1600	1600~1520
		木 枕	根/公里	1840	1840~1760	1760~1600	1600
	道 床 厚 度	土 质 路 基	面 层	厘 米	$\frac{30}{20}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{20\sim25}{20}$
			垫 层		$\frac{15\sim20}{20}$		
	砂 路	石 基	厘 米	35	30	25~30	25

- 注：(1) 轨道类型应根据运营条件之一选定；  
 (2) 计算年通过总量，应包括净载，机车和车辆的重量，并将旅客列车的重量计算在内，单线按往返总重计算，复线按每一条线的通过总重计算；  
 (3) 土质路基，只有在垫层材料供应困难，且保证不造成路基病害的情况下，才允许采用单层道床，其厚度比照砂石路基标准增加5厘米。

2. 站线轨道类型 (见表 1—2)

站线轨道类型表

表 1—2

项 目	线 路 名 称		单 位	到 发 线	驼峰编组场内驼峰顶至 调车线第一脱鞋器末端	其它站线及次要站线	
		钢 轨		公斤/米	比正线轻一级新轨或同级旧轨	≤43	≤38
	钢筋混凝土枕		根/公里	≤1520	≤1520	≤1440	
	木 枕		根/公里	≤1600	≤1600	≤1440	
道 床 厚 度	土 路 基	无 垫 层	重 次 重 型	厘 米	30~35	25 (其它站线)	
			中 轻 型				
	有 垫 层	重 次 重 型	米	20/20	20~25/20		20 (次要站线)
		中 轻 型					
砂 石 路 基		重 次 重 型	厘 米	25	20~30	20	
		中 轻 型					20

- 注：(1) 其它站线指编组线，牵出线，机车走行线和站内联络线；次要站线系指除了到发线及其他站线以外的站线。  
 (2) 编组线铺设旧轨时，每一股道应铺设同一类型旧轨。  
 (3) 改建车站时，次要站线上可保留38公斤/米以下的旧轨。  
 (4) 道岔的道床厚度不小于其连结的主要线路道床厚度。

第二节 线路平面和纵断面

为保证列车在铁路上按规定的最高速度、平稳、安全和不间断地运行，必须经常地保持线路在平面上的平顺和在纵断面上具有与牵引动力相适应的坡度。



### 一、线路平面

线路平面是由直线和曲线所组成。曲线线路一般又包括圆曲线和缓和曲线。

直线与圆曲线连接处，为了避免曲度的突然变化，要设置缓和曲线。在缓和曲线范围内，其半径从无限大逐渐平顺地递减到与圆曲线相同的半径，用以减缓列车对轨道的冲击，并与圆曲线相连接。这样，由直线、缓和曲线和圆曲线所连接起来的线路，构成了线路平面。

#### (一) 圆曲线

一个圆曲线的大小和转向的标志，有转向角、曲线半径、切线长、圆曲线长及曲线外矢距，其中主要是转向角和半径。转向角愈小、半径愈大，列车运行条件愈好。因此，若地形条件允许，应尽量采用大半径、小转向角曲线，以利于提高列车运行速度。

构成圆曲线的要素（见图1—1）有以下各项：

这几种要素的相互关系，可采用下列公式：

$$L = R \cdot \alpha \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 0.0174533 \cdot R \cdot \alpha;$$

$$T = R \cdot \tan \frac{\alpha}{2};$$

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

在实际工作中，可根据测得的转向角和选用的曲线半径，查《既有铁路曲线测设用表》求得圆曲线各有关数据。

线路曲线一般采用以下各种半径：4000、3000、2500、2000、1800、1500、1200、1000、800、700、600、550、500、450、400和350米。改建既有线和增建第二线时，曲线半径可为零数。

线路的最小曲线半径应根据铁路等级，结合行车速度和地形条件比选确定，但不得小于表1—3的规定。

最小曲线半径表

表1—3

铁路等级	最小曲线半径 (米)	
	一般地段	困难地段
I、II	800	400
III	600	350

注：(1) I级铁路系指具有重要的政治、经济、国防意义，在铁路网中起骨干作用的铁路，国家要求的远期年输送能力大于800万吨者；

(2) II级铁路系指具有一定的政治、经济、国防意义，在铁路网中起联络辅助作用的铁路，国家要求的远期年输送能力为500万吨及其以上者。

(3) III级铁路系指具有地方意义的铁路，国家要求的远期年输送能力小于500万吨者。

圆曲线又分为单心曲线和复心曲线两种。线路大修设计曲线时，应尽量采取单心曲线，仅在困难条件下设置复心曲线，但复心曲线的两个圆曲线间，应以缓和曲线连结之，其长

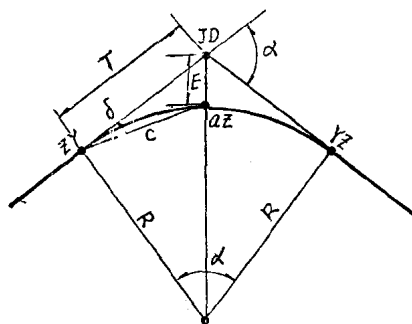


图1—1 圆曲线要素

JD—转折点； $\alpha$ —转向角； $R$ —曲线半径； $L$ —曲线长； $T$ —切线长； $E$ —外矢距； $C$ —弧长； $\delta$ —弧长 $C$ 之弦所对偏角； $ZY$ —直圆点； $QZ$ —曲线中点； $YZ$ —圆直点。

度按计算决定，但不应短于20米。如果条件困难不能设缓和曲线时，两个连续圆曲线的曲率差不应大于1/2000，每个圆曲线的长度不短于50米。

为使曲线上行车安全和平稳，对曲线应经常检查和拨正，以保持曲线圆顺。曲线圆度一般是用正矢来检查，正矢计算公式如下：

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

式中  $f$  —— 正矢；  
 $L$  —— 弦长；  
 $R$  —— 曲线半径。

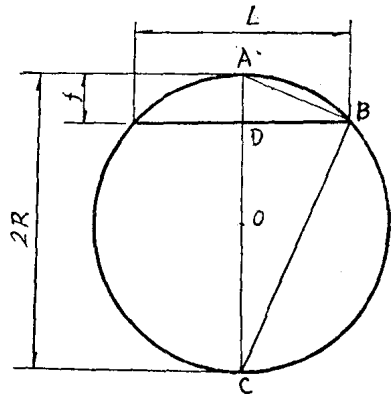


图 1-2

$f$ 、 $L$ 、 $R$ 三者的计量单位应当一致，但我们习惯把 $L$ 、 $R$ 的单位定为米，而把 $f$ 的单位定为毫米，所以使用20米的绳量正矢时， $f$ 与 $R$ 之间的换算关系为：

$$f(\text{正矢}) = \frac{50000}{R} \text{ (毫米)}$$

使用10米的绳量正矢时：

$$f(\text{正矢}) = \frac{12500}{R} \text{ (毫米)}$$

对不同半径的曲线，和不同弦长（测绳长）相对应的正矢值，见表1-4。

圆曲线正矢表

表 1-4

曲线半径 (米) $R$	正 矢 $f$ (毫米)		曲线半径 (米) $R$	正 矢 $f$ (毫米)	
	弦长 $L=20$ 米	弦长 $L=10$ 米		弦长 $L=20$ 米	弦长 $L=10$ 米
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

曲线应经常保持圆顺，曲线的圆度是用正矢来检查的。在现场用20米弦在钢轨顶面下16毫米处测量曲线正矢，规定误差不得超过表1-5所列限度。

在复心曲线大小半径连结处，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“鹅头”。

## (二) 缓和曲线

### 1. 缓和曲线的作用

为使列车从直线进入或驶离曲线时，离心力不突然发生或突然消失，并使曲线超高不突然提高或降低，轨距加宽不突然增加或减小，避免急剧的冲击作用和线路及机车车辆的破坏，

曲线正矢误差限度表 (毫米)

表 1—5

曲线半径 (米)	缓和曲线的正矢与计算正矢差		圆曲线正矢连续差		圆曲线正矢最大最小值差	
	正线及到发线	其他线	正线及到发线	其他线	正线及到发线	其他线
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

保证车辆的平稳运行,需要有一段相当长度的递增或递减的距离,使离心力逐渐地增长,为达此目的,需要一段半径逐渐变化的曲线把直线和圆曲线或不同半径的曲线连接起来,这段曲线就是缓和曲线。它的离心力变化,参看图 1—3。

2. 缓和曲线线型

缓和曲线线型有螺旋线、三次抛物线以及更多级的抛物线线型等。我国铁路目前一般采用的是螺旋线型的缓和曲线,如图 1—4。有的区段也有采用三次抛物线型的缓和曲线。

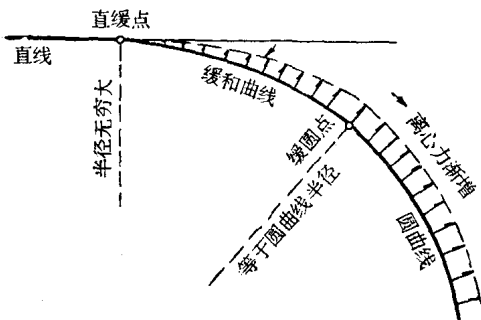


图 1—3 离心力变化示意图

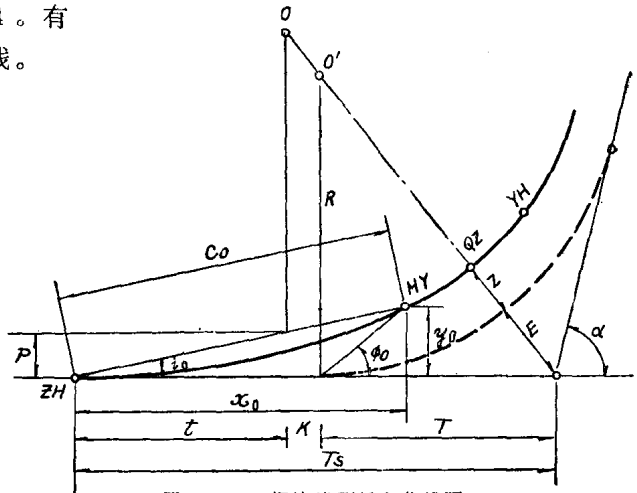


图 1—4 螺旋线型缓和曲线图

图中符号及计算采用公式:

$l_s$ ——缓和曲线长;

$\phi_0$ ——缓和曲线螺旋角,  $\phi_0 = \frac{l_s}{2R}$ ;

$i_0$ ——缓和曲线偏角,  $i_0 = \frac{\phi_0}{3}$ ;

$x_0$ ——缓和曲线横坐标,

$$x_0 = l_s - \frac{l_s^3}{40R^2} + \frac{l_s^5}{3456R^4};$$

$y_0$ ——缓和曲线纵坐标,

$$y_0 = \frac{l_s^2}{6R} - \frac{l_s^4}{336R^3};$$

$C_0$ ——缓和曲线弦长,  $C_0 = x_0 \cdot \sec i_0$ ;

$t$ ——曲线横坐标外移量,

$$t = x_0 - R \cdot \sin\phi_0;$$

$p$  —— 圆曲线内移量,

$$p = y_0 - R(1 - \cos\phi_0);$$

$L_s$  —— 总曲线长,  $L_s = L + l_s$ ;

$T_s$  —— 总切线长,  $T_s = T + t + K$ ;

$E_s$  —— 总外距长,  $E_s = E + Z$ ;

$K$  —— 切线长增量;

$Z$  —— 外距长增量;

ZH —— 直缓点;

HY —— 缓圆点;

YH —— 圆缓点;

HZ —— 缓直点。

三次抛物线型缓和曲线的基本特征是: 在缓和曲线起点(直缓点或缓直点), 曲率半径  $\rho = \infty$ , 曲率  $K = 0$ ; 在缓和曲线终点(缓圆点或圆缓点), 曲率半径  $\rho = R$ , 曲率  $K = \frac{1}{R}$ , 即在缓和曲线上, 曲线半径从  $\rho = \infty$  连续渐减为  $\rho = R$ , 曲率从  $K = 0$  连续渐增为  $K = \frac{1}{R}$ 。

### 3. 缓和曲线长度

缓和曲线长度主要是根据圆曲线半径和列车通过的速度来确定。它的长度要保证行车平稳和乘客舒适, 减小车轮对钢轨的冲撞, 并满足超高的顺坡长度。

缓和曲线长度, 一般应不短于  $10 \times$  超高(米)  $\times$  最高行车速度(公里/小时);

特别困难地段不短于  $7 \times$  超高(米)  $\times$  最高行车速度(公里/小时)。

计算结果取10米整数, 其最小长度不得短于20米, 如原线路的缓和曲线标准较高时, 可采用原线路标准。

设置缓和曲线后, 余下的圆曲线长度不得小于20米(相当于一辆货车的长度)。

轨道养护维修时, 由于查找设计资料比较困难, 更由于多年行车, 实际情况与原设计有所出入, 因此, 要根据超高顺坡、轨距递减、正矢递减的需要, 来确定缓和曲线的长度。这三个因素中以超高为主, 如能满足超高的需要, 其他两个因素也能得到满足。缓和曲线长度见表1-6。

#### (三) 曲线间的直线长度

两相邻曲线, 转向角方向相同的叫做同向曲线, 转向角方向相反的叫反向曲线。

为了保证列车运行的平稳, 防止车辆由于突然转向而造成的震动, 就必须在相邻曲线的缓和曲线间设置直线段, 这段直线叫做夹直线。参看图1-5及图1-6。

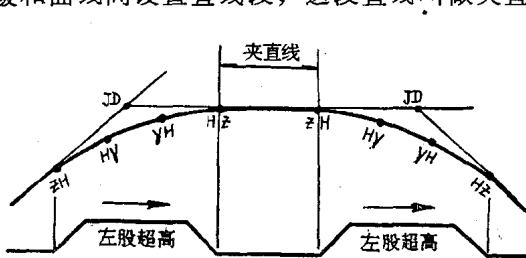


图1-5 同向曲线线路联接示意图

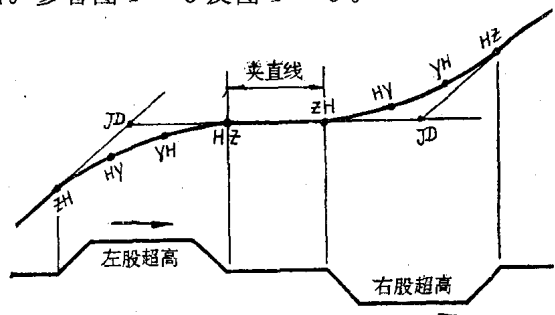


图1-6 反向曲线线路联接示意图

缓和曲线长度表

表 1—6

曲线半径 (米)	缓和曲线长度表 (米)									备 注
	I 级 铁 路			II 级 铁 路			III 级 铁 路			
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)		
4000	30	30	20	20	20	20	20	20		
3000	40	30	20	30	20	20	20	20		
2500	50	40	20	30	30	20	20	20		
2000	60	50	30	40	30	20	20	20		
1800	70	60	30	40	30	20	20	20		
1500	80	70	40	50	40	30	30	20		
1200	100	80	50	60	50	30	30	30		
1000	120	100	60	70	60	40	40	30		
800	150	120	70	90	70	40	50	40		
700	150	120	90	100	80	50	50	40		
600	140	110	90	110	90	60	60	50		
550	140	110	90	130	110	70	70	50		
500	130	100	90	130	100	80	70	60		
450	120	100	80	120	100	80	80	60		
400	120	90	80	120	90	80	90	70		
350	110	90	70	110	90	70	100	70		
300	100	80	70	100	80	70	100	70		
250							90	70		

我国铁路两相邻曲线间的夹直线的最小长度列于表 1—7。

两相邻曲线间的夹直线最小长度表 (米)

表 1—7

夹 直 线 长 度	不 得 短 于	特 殊 情 况 下
两 同 向 曲 线 间	50	允许缩短到30
两 反 向 曲 线 间	30	两个缓和曲线可以直接连接但不得重叠

(四) 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. 直线部分见表 1—8

表 1—18所列是标准规定，现有站内线间距离不符规定的，应逐步改造。在未改造前，如需在线间装设高柱信号机时，其限界暂准在正线上为2100毫米，到发线上为1950毫米，在调车作业较多的线路上，应尽量采用信号托架。

2. 曲线部分

列车行驶在曲线上时，转向架可以随线路的曲度而转动，但车身是一个整体，不能随之弯曲。所以，车体两端突出于曲线外侧，而中部偏入于曲线内侧，因而两相邻曲线上的车辆之间的净空减少（如图 1—7）。如果相邻两曲线的外轨超高不同时，车体倾斜度也影响净空的减小，如图 1—8。

为了保持相邻曲线上车体有一定净空，以及线路上的车辆与邻近的建筑物保持一定净空，所以曲线部分需要加宽。

车体偏入曲线内侧的距离  $f$ ，根据平面几何定理得出：

表 1—8

顺序	名称	线间最小距离 (毫米)	备注	
1	复线区间	4000	两侧机车车辆限界加两个侧灯宽度加两侧预留安全量 $2 \times 1700 + 2 \times 100 + 2 \times 200 = 4000$	
2	三线及四线区间的第二线至第三线	5300	两个建筑限界半宽度加信号机最大宽度 $2 \times 2440 + 410 = 5290 \approx 5300$	
3	站内正线, 到发线和与其相邻线	5000	一侧线路通行超限货物 (2440) 的限界加另一侧线路装有信号机的限界 (2150) 加信号机最大宽度 $2440 + 2150 + 410 = 5000$	
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	与第二项相同
		线间装有水鹤	5500	两线均通过超限货物列车 (2440 × 2) 加水鹤最大宽度 (550) 加水鹤防寒层 (60) $2440 \times 2 + 550 + 60 = 5490 \approx 5500$
5	相邻两股道只有一股通过超限货车	线间装有高柱信号机	5000	与第三项相同
		线间装有水鹤	5200	一侧通行超限货物 (2440) 加另一侧不通行超限货物 (2150) 加水鹤最大宽度及其防寒层 (500 + 60), $2440 + 2150 + 500 + 60 = 5150$
6	换装线	3600	机车车辆限界 (2 × 1700) 加余留安全量 (200), $2 \times 1700 + 200 = 3600$	
7	较大编组站的站修线与相邻一股道	8000	为考虑站修作业方便及安全	
8	其他站线	4600	机车车辆限界 (2 × 1700) 加侧灯宽 (2 × 100) 加列车摇摆度和行人安全量 (1000) $2 \times 1700 + 2 \times 100 + 1000 = 4600$	

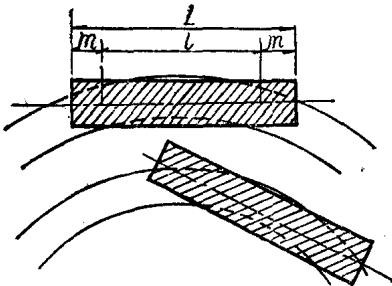


图 1—7 曲线线间距加宽平面示意图

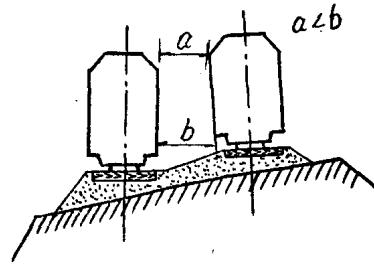


图 1—8 曲线线间距加宽横断面示意图

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

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

在计算需要最大的加宽量时, 车体长度采用 26 米, 转向架中心销间距  $l$  采用 18 米。将  $l = 18$  米代入上式, 即可求得车体向曲线内偏入量:

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

由于曲线外轨超高  $h$  而引起的车体内倾所需线路内侧加宽量  $x$ ，可由图 1—9 所示图形来计算，并近似地取两钢轨踏面间的距离为 1500 毫米，则：

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

式中  $x$  —— 车体内倾所需线路内侧加宽量；

$H$  —— 车体高度；

$h$  —— 外轨超高；

1500 —— 两股钢轨踏面中心线间距离。

因此，曲线内侧需要的总加宽量  $W_{内}$  为：

$W_{内} = f + x$  代入  $f$  和  $x$  的值时，则：

$$W_{内} = \frac{40500}{R} + \frac{H}{1500} \times h$$

曲线外侧需要的加宽量  $W_{外}$ ，根据图 1—10 所示，可按下列式计算：

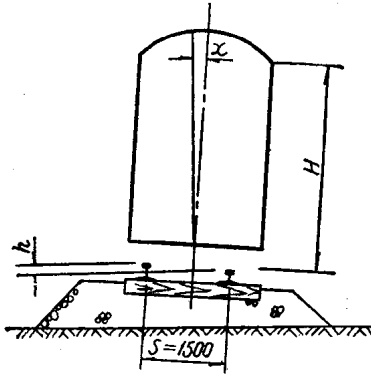


图 1—9 曲线外轨超高所需内侧限界加宽示意图

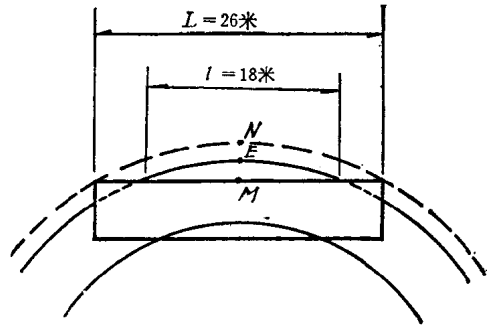


图 1—10 曲线外侧加宽示意图

$$\begin{aligned} W_{外} &= NE = NM - EM \\ &= \frac{26^2}{8R} \times 1000 - \frac{18^2}{8R} \times 1000 = \frac{44000}{R} \text{ (毫米)} \end{aligned}$$

曲线地段上的线路中心线间距离计算，列于表 1—9。

曲线中心线间距离加宽表

表 1—9

曲线半径 (米)	外侧线路外轨超高大于内侧线路外轨超高时 (毫米)	在其他任何情况下 (毫米)	曲线半径 (米)	外侧线路外轨超高大于内侧线路外轨超高时 (毫米)	在其他任何情况下 (毫米)
4000	55	20	600	320	140
3000	70	30	550	335	155
2500	85	35	500	350	170
2000	110	45	450	370	190
1800	120	50	400	390	210
1500	145	55	350	420	240
1200	180	70	300	460	280
1000	215	85	250	520	340
800	270	105			
700	300	120			

在线路大修或维修过程中，一定要注意，不要侵入建筑限界。

## 二、线路纵断面

### (一) 坡度

线路纵断面是由各种不同坡道组成的，其中有两点高程相同的平道；有两点高程不同的坡道。坡度就是一个坡道两端点的标高差与其水平距离之比。我国铁路线路纵断面的坡度用千分数表示，其符号是*i*‰，见图 1—11。

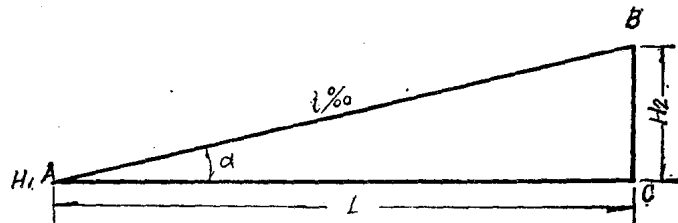


图 1—11 线路纵断面

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

式中 *i* —— 坡度；

*H*<sub>1</sub>, *H*<sub>2</sub> —— 两端点的标高；

*L* —— 两端点的水平距离；

$\Delta H$  —— 两端点的标高差。

上坡用 (+) 表示；下坡用 (-) 表示；平坡用 (0) 表示。

#### 1. 限制坡度

限制坡度应根据铁路等级、地形、牵引动力条件和运输要求比选确定。在考虑与邻接铁路牵引定数相协调时，应尽量统一。在越岭或采用平缓坡度将引起巨大工程的地段，经过比选，可采用加力牵引坡度。

根据规定，各级铁路的最大限制坡度一般不超过表 1—10 所列数值：

最大限制坡度表

表 1—10

I 级铁路	一般地段 6%	困难地段 12%
II 级铁路	12%	
III 级铁路	15%	

各级铁路的加力牵引坡度不超过 20%，如必须超过时，应提出充分依据，并经铁道部批准。但加力牵引坡度在内燃牵引的铁路上，最大不得超过 25%，电力牵引的铁路上，最大不得超过 30%，蒸汽牵引的铁路上仍不大于 20%。

加力牵引坡度的数值应根据限制坡度，采用的机车类型和加力牵引方式计算确定。采用相同类型的机车双机牵引时，各种限制坡度相应的双机牵引坡度，可采用表 1—11 的数值。

双机牵引坡度表

表 1—11

限制坡度 (%)	双机牵引坡度			限制坡度 (%)	双机牵引坡度		
	内燃牵引	电力牵引	蒸气牵引		内燃牵引	电力牵引	蒸气牵引
4	8.5	9.0	8.5	8	16.0	16.5	15.5
5	10.5	11.0	10.5	9	17.5	18.0	17.0
6	12.5	13.0	12.0	10	19.5	19.5	19.0
7	14.0	14.5	14.0	11~15	20.0	20.0	20.0



## 2. 坡段长度

坡段的长度，决定于列车长度。坡段长度的设置应尽量长些，一般不短于表 1—12 规定。

坡 度 长 度 (米)

表 1—12

远 期 到 发 线 有 效 长 度	1050	850	750	650	550
坡 段 长 度	500	400	350	300	250

在改善线路原有坡度时，应尽可能设计长的坡段，一般不短于该区段到发线有效长的一半，个别困难地段，每坡段长度应不短于200米。

### (二) 竖曲线

坡度的变更形式，可分为凸、凹两种，见图 1—12 (a) 及图 1—12 (b)。

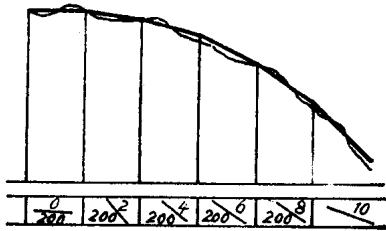


图 1—12 (a) 凸形纵断面示意图

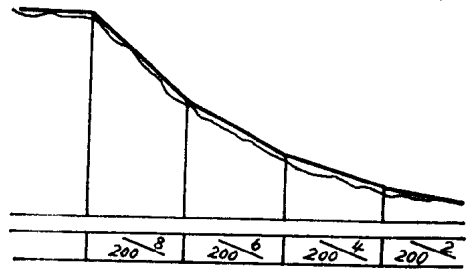


图 1—12 (b) 凹形纵断面示意图

不同形式的变坡对于列车运行的影响也不同。相邻坡段的坡度代数差应尽量小些，最大不得超过重车方向的限制坡度。为了保证列车运行平稳，规定 I、II 级铁路相邻坡段的坡度代数差大于 3‰、III 级铁路大于 4‰ 时，在相邻坡段处应设置竖曲线。

竖曲线通常有圆曲线型竖曲线及抛物线型竖曲线两种。

1. 相邻坡段的坡度代数差大于 3‰，采用圆曲线型竖曲线时（圆曲线型竖曲线是一种大半径的圆曲线），竖曲线半径应根据运营条件采用 20000~10000 米；困难条件下应不小于 5000 米。

圆曲线型竖曲线不应侵入缓和曲线、道岔及无碴桥梁上。

2. 采用抛物线型竖曲线时，每 20 米竖曲线长度的变坡率，凸形应不大于 1‰，凹形应不大于 0.5‰。

抛物线型竖曲线最好设计在平面曲线两端的缓和曲线之外，仅在困难条件下，允许重迭而不受缓和曲线的限制。

抛物线型竖曲线不能设在无碴桥梁上。

竖曲线半径偏大些较好，特别是高速行车地方尤为有利，可使列车运行得以平稳。

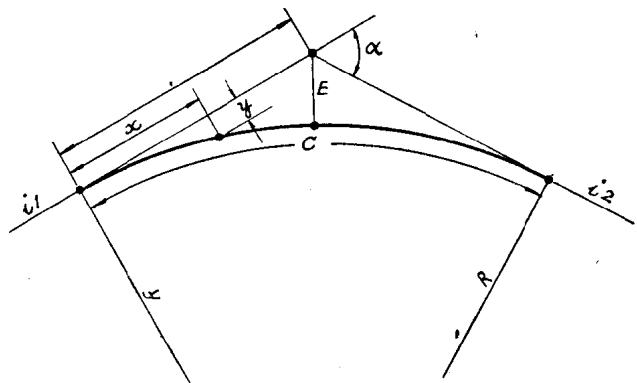


图 1—13 圆曲线型竖曲线