

中等专业学校试用教材

# 线 路

章子春 杨昌伯 等编

中国铁道出版社

中等专业学校试用教材

# 线 路

章子春 杨昌伯 等编

中 国 铁 道 出 版 社

1981年·北京

## 内 容 简 介

本书是根据1978年铁道部教育局组织制订的《线路》教学大纲编写的。包括轨道、路基、线路设计等内容。侧重于阐述施工、设计技术，兼顾养护。除作铁路中等专业学校铁道工程专业《线路》课程教材外，亦可作为铁路工程部门工人自学用。

中等专业学校试用教材

### 线 路

章子春 杨昌伯 等编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$  印张：20 字数：494 千

1981年1月第1版 1981年1月第1次印刷

印数：0001—6,000册 定价：1.60 元

# 前 言

本书是根据铁道部(78)铁教字1061号文附件《铁路中等专业学校铁道工程专业(工程局)教学计划》制定的铁路中等专业学校“线路”教学大纲编写,内容以施工、设计为主,兼顾养护。在编写中贯彻了理论联系实际的原则,吸取了我国建国以来有关线路、路基的设计和施工的经验,同时阐述了必要的理论知识,并结合铁路规章作了解释和说明。对于一些主要计算,如路基边坡稳定性检算,水沟水力计算,挡土墙检算,改建既有线及增建第二线的平面计算,焊接长钢轨轨道的有关计算等,除推导计算公式外,并附有算例,使读者易于领会和掌握。为适应我国铁路事业发展的需要,将焊接长钢轨轨道、深孔爆破、光面和预裂爆破、改建既有线和增建第二线(包括平面计算中的角图原理和应用)等有关理论知识,纳入了本书内容。

本书共分三篇八章。第一篇轨道(第一章),第二篇路基(第二章至第五章,包括路基构造、路基施工、路基排水及防护加固、特殊条件下的路基等内容),第三篇线路设计(第六章至第八章,包括铁路选线与主要技术标准、线路平面及纵断面设计、改建既有线和增建第二线等内容)。

本书由西南交通大学中专二部(即原第二铁路工程局成都铁路工程学校)编写,参加编写人员有:王谊庭、章子春、杨昌伯等同志。在教材编审过程中,得到了铁道部第二设计院、第一、三铁路工程局工程学校、衡阳铁路工程学校、原成都铁路技术学校等单位 and 有关同志的支持和帮助;铁二局孔繁琰、周风月二同志参加了编写;初稿经徐先荣、董公亮、吴耀庭等同志审阅并提出修改意见。

编 者

1979年9月

# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第一篇 轨 道             | 1   |
| 第一章 轨 道             | 1   |
| 第一节 轨道构造            | 1   |
| 第二节 轨道铺设            | 33  |
| 第二篇 路 基             | 50  |
| 第二章 路基构造            | 50  |
| 第一节 路基的基本要求         | 50  |
| 第二节 路基横断面           | 57  |
| 第三节 路基稳定性检算         | 63  |
| 第三章 路基土石方施工         | 83  |
| 第一节 土石方调配及路基放样      | 83  |
| 第二节 路堤填筑            | 94  |
| 第三节 土方机械            | 98  |
| 第四节 爆破              | 108 |
| 第五节 冬、雨季路基施工        | 128 |
| 第四章 路基排水及防护加固       | 131 |
| 第一节 路基排水            | 131 |
| 第二节 路基防护加固          | 160 |
| 第五章 特殊条件下的路基        | 190 |
| 第一节 滑坡地段路基          | 190 |
| 第二节 崩塌及岩堆地段路基       | 193 |
| 第三节 泥石流地段路基         | 195 |
| 第四节 浸水路堤            | 198 |
| 第五节 软土和泥沼地区路基       | 200 |
| 第六节 裂隙粘土地区路基        | 203 |
| 第七节 岩溶及其它坑洞地区路基     | 205 |
| 第八节 多年冻土地区路基        | 209 |
| 第九节 盐渍土地区路基         | 213 |
| 第十节 风砂雪害地区路基        | 215 |
| 第三篇 新线及改建既有线设计      | 220 |
| 第六章 铁路设计主要技术标准与铁路选线 | 220 |
| 第一节 主要技术标准          | 220 |
| 第二节 铁路选线            | 227 |
| 第七章 铁路线路平面及纵断面设计    | 245 |

|     |                           |     |
|-----|---------------------------|-----|
| 第一节 | 区间线路平面设计 .....            | 245 |
| 第二节 | 区间线路纵断面设计 .....           | 251 |
| 第三节 | 车站正线的平面与纵断面设计 .....       | 266 |
| 第八章 | 改建既有线和增建第二线 .....         | 273 |
| 第一节 | 改建既有线的正线设计 .....          | 273 |
| 第二节 | 增建第二线的正线设计 .....          | 277 |
| 第三节 | 施工中维持运营的措施 .....          | 284 |
| 第四节 | 改建既有线和增建第二线的平面计算及测量 ..... | 287 |

# 第一篇 轨 道

## 第一章 轨 道

轨道由道床、轨枕、钢轨、联结零件、道岔和防爬设备等组成。它承受着机车车辆的垂直压力、水平力和其它一些力。这些力由钢轨传给轨枕，由轨枕传给道床，逐步扩散，直到传至路基时，应力已变得很小，完全能适应路基面的承载力。实践证明，一般机车车辆通过线路时，钢轨产生的应力是1,000~1,600公斤/平方厘米，而土质路基的应力，一般只有1~2公斤/平方厘米，是符合这个道理的。

为了满足运输需要和保证行车安全，轨道的各组成部分应有足够的坚固性和稳定性，并须在结构、尺寸和材质方面互相配合。

### 第一节 轨道构造

#### 一、轨距、水平、轨底坡

轨道的钢轨直接与机车车辆的车轮接触，引导列车前进。为了确保行车安全，两轨间应保持一定的距离，轨顶面应保持一定的相对位置，这就是轨距、水平、轨底坡的由来。它们与机车车辆走行部分有密切关系，为此，要先学习车轮的有关知识。

车轮的踏面成圆锥形，如图1—1所示。

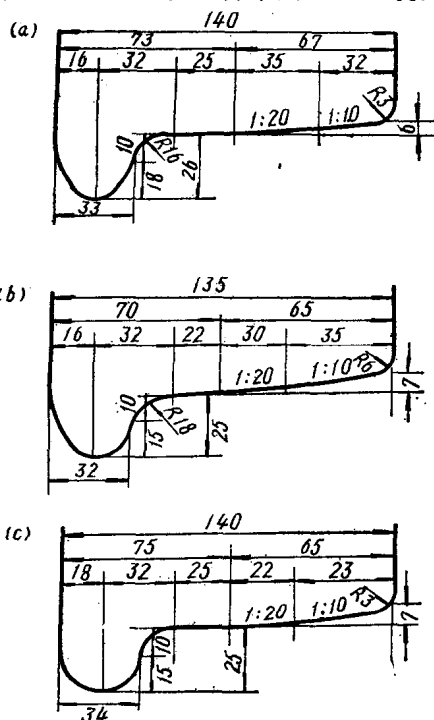
车轮踏面的斜度分为两段，一段为1:20，是经常与轨顶接触的部分；另一段为1:10，只在小半径曲线上才与轨顶接触。车轮上的轮缘，是为保证车轮在钢轨上滚动时不致脱轨而设。许多机车的主动轮轮缘较薄，前进型机车的主动轮没有轮缘，这是为了改善机车通过曲线的条件而设计的。

轮对由一根车轴和两个车轮组成，主要尺寸如表1—1。轮对内侧面之间的距离称为轮对内侧距离，轮对内侧距离加上两个轮缘的厚度即为轮对宽度。

轮对固定在车架或转向架上，在同一车架或转向架上始终保持平行。相距最远的两车轴之间的距离称为固定轴距。

#### (一) 轨距

轨距为两钢轨头部内侧间与轨道中线相垂直的



单位：毫米

图1—1 车轮踏面

(a) —— 机车车轮踏面； (b) —— 煤水车车轮及车辆钢轮踏面； (c) —— 机车导轮踏面。

轮 对 主 要 尺 寸 (毫米)

表 1—1

| 车轮名称    | 轮缘高度 | 轮 缘 厚 度 |     | 轮 对 内 侧 距 离 |      |      | 轮 对 宽 |      |      |
|---------|------|---------|-----|-------------|------|------|-------|------|------|
|         |      | 最大(正常)  | 最 小 | 最 大         | 正 常  | 最 小  | 最 大   | 正 常  | 最 小  |
| 机 车 轮   | 28   | 33      | 23  | 1356        | 1353 | 1350 | 1422  | 1419 | 1396 |
| 煤 水 车 轮 | 25   | 34      | 22  | 1356        | 1353 | 1350 | 1424  | 1421 | 1394 |
| 车 辆 钢 轮 | 25   | 34      | 22  | 1356        | 1353 | 1350 | 1424  | 1421 | 1394 |

距离。因为轨头呈圆弧形，且钢轨有向内倾斜1/20或1/40的坡度，轮缘有一定的曲线形式，轮缘与钢轨的接触点在轨顶下10～16毫米，所以我国规定在轨顶下16毫米处测量轨距。

### 1. 直线轨距

我国铁路的直线轨距为1435毫米，称为标准轨距。大于1435毫米的称为宽轨距，例如1676、1524毫米；小于1435毫米的称为窄轨距，例如1067、1000毫米等。

为了使轮对在沿着两根钢轨滚动时不致被卡住，在轮缘与钢轨之间应保持一定的空隙，称为游间，其大小如表1—2。

轮 轨 间 应 有 游 间 (毫米)

表 1—2

| 车 轮 名 称 | 游 间 |     |     |
|---------|-----|-----|-----|
|         | 最 大 | 正 常 | 最 小 |
| 机 车 轮   | 45  | 16  | 11  |
| 煤 水 车 轮 | 47  | 14  | 9   |
| 车 辆 钢 轮 | 47  | 14  | 9   |

游间过大时，列车摇晃厉害，进入曲线后，轮缘撞击钢轨，损失能量，将使速度降低。所以在高速行车地段，应把游间数值限制在最小范围内，甚至可以用减小轨距2～6毫米的办法，使游间保持最小的必要值，以减少列车摇晃和钢轨磨耗，这是一个值得注意的趋向。

### 2. 曲线轨距

为了使机车车辆能顺利通过小半径曲线地段，轨距需要加宽，如图1—2所示。曲线轨距加宽的大小与曲线半径、机车车辆的固定轴距等有关。《铁路工程技术规范》(以下简称《规范》)规定的曲线轨距加宽值，是以固定轴距为4米的车辆能顺利通过曲线为条件计算出来的，并按各类机车亦能顺利通过为条件加以检算。

由图1—3可知，曲线上的轨距为轮对宽度与曲线矢距之和，即：

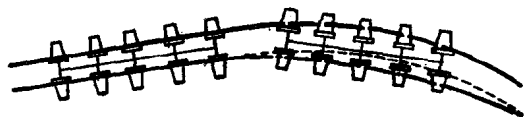


图 1—2 车辆通过曲线时需加宽轨距

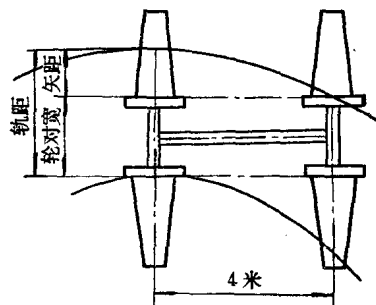


图 1—3 轨距与轮对宽和矢距的关系

$$S = q + f$$

(1—1)

式中  $S$  —— 曲线轨距 (毫米);  
 $q$  —— 机车车辆轮对宽度 (毫米);  
 $f$  —— 曲线矢距 (毫米)。

为了保证所有的车轮都能顺利通过曲线, 计算曲线轨距时,  $q$  值采用表 1—1 中的最大轮对宽度。矢距  $f$  (毫米) 则按几何原理如图 1—4 所推导出的公式 (1—2) 近似的算出。

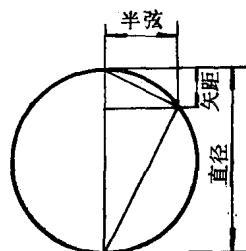


图 1—4 计算矢距的几何原理

$$f = \frac{l^2}{2R} \times 1000 \text{ (毫米)} \quad (1-2)$$

式中  $l$  —— 车辆的固定轴距 (米);  
 $R$  —— 曲线半径 (米)。

以我国车辆最大的固定轴距为 4 米代入公式 (1—2) 求得:

$$f = \frac{4 \times 4}{2 \times R} \times 1000 = \frac{8000}{R} \text{ (毫米)}$$

因此, 曲线上最大轨距  $S_{\max}$  (毫米) 为:

$$S_{\max} = q_{\max} + \frac{8000}{R} \text{ (毫米)} \quad (1-3)$$

式中  $q_{\max}$  —— 最大轮对宽 (毫米);  
 $R$  —— 半径 (米)。

不同半径的曲线, 使车辆能顺利通过所需的轨距, 可按公式 (1—3) 算得如表 1—3。

根据表 1—3 所列计算结果, 《规范》规定了曲线地段轨距加宽标准, 其值如表 1—4。

实践证明表 1—4 所列加宽值是偏大的。目前, 我国铁路已在部分线路上进行了改小曲线轨距的试验, 加宽值采取: 半径大于 350 米的曲线, 轨距不加宽; 半径小于 350 米至等于 300 米的曲线, 轨距加宽 5 毫米; 半径小于 300 米至等于 250 米的曲线, 轨距加宽 10 毫米; 半径小于 250 米时, 加宽 15 毫米。效果良好。

曲线轨距加宽是把曲线的内轨向内侧移动。轨距加宽的递减, 应在缓和曲线或直线 (没有缓和曲线时) 范围内进行, 递减率不大于 1‰。

不同半径曲线使车辆顺利通过所需轨距

表 1—3

| 曲线半径 (米)   | 1000 | 800  | 650  | 600  | 550  | 500  | 450  | 400  | 350  | 300  |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 矢 距 (毫米)   | 8    | 10   | 12   | 13   | 15   | 16   | 18   | 20   | 23   | 27   |
| 最大轮对宽 (毫米) | 1424 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 需要轨距 (毫米)  | 1432 | 1434 | 1436 | 1437 | 1439 | 1440 | 1442 | 1444 | 1447 | 1451 |

曲 线 轨 距 加 宽

表 1—4

| 曲 线 半 径 (米) | 651 及以上 | 650 ~ 451 | 450 ~ 351 | 350 及以下 |
|-------------|---------|-----------|-----------|---------|
| 轨 距 (毫米)    | 1435    | 1440      | 1445      | 1450    |
| 加 宽 值 (毫米)  | 0       | 5         | 10        | 15      |

### 3. 轨距允许误差

轨距允许误差,增宽不超过6毫米,减窄不超过2毫米。

如图1—5所示,要使列车通过曲线时,在最不利的情况下不掉道,曲线最大轨距必须满足下列要求:当一最窄轮对的轮缘磨得最薄时,一侧车轮紧贴钢轨,另一侧车轮的1/20与1/10的变坡点不致落入轨顶小圆弧以内,以免车轮沿小圆弧下滑掉道,此时允许的最大轨距 $S_{max}$ (毫米)为:

$$S_{max} = t_{min} + h_{min} + A_{min} - r \quad (1-4)$$

式中  $h_{min}$ ——车轮最小轮缘厚度(毫米);

$t_{min}$ ——轮对最小内侧距(毫米);

$A_{min}$ ——车轮内侧面至1/20与1/10踏面变坡点的最小距离(毫米);

$r$ ——钢轨头部圆弧半径(毫米)。

最不利的车轮是机车导轮,其有关尺寸为:  $t_{min}=1350$ 毫米;  $h_{min}=22$ 毫米;  $A_{min}=97$ 毫米;  $r=13$ 毫米。代入公式(1—4)得:

$$S_{max} = 1350 + 22 + 97 - 13 = 1456 \text{ 毫米}$$

所以,从车轮不掉道角度来考虑,曲线上最大轨距为1456毫米。

为了使最宽轮对也能顺利通过最小轨距,在轮轨间应有一定的游间。据实验,游间小于9毫米时,轮轨的磨耗加重,甚致车轮被卡。因此最小轨距 $S_{min}$ (毫米)为:

$$S_{min} = t_{max} + 2h_{max} + \delta_{min} \quad (1-5)$$

式中  $t_{max}$ ——最大轮对内侧距离(毫米);

$h_{max}$ ——最大轮缘厚度(毫米);

$\delta_{min}$ ——最小游间距(毫米)。

设允许最小游间 $\delta_{min}=9$ 毫米,从表1—1查知 $t_{max}=1356$ 毫米;  $h_{max}=34$ 毫米;按公式(1—5)计算最小轨距。即

$$S_{min} = 1356 + 2 \times 34 + 9 = 1433 \text{ 毫米}$$

为了使行车平稳,轨距变化率在正线、到发线应不大于2‰,站线及专用线不大于3‰。

## (二) 水平

### 1. 直线线路的水平

两股钢轨在直线地段时,轨顶应在同一水平上。两轨顶水平的允许误差,在正线和到发线不超过4毫米,其他线不超过6毫米。同时考虑到车辆的两转向架应在同一平面上,要求正线和到发线在延长18米距离内无超过4毫米(其他线为6毫米)的三角坑。

### 2. 曲线外轨超高

列车在曲线上运行时,产生一个向外的离心力,这个力使外轨承受较大压力,钢轨磨耗加重,使旅客不舒适,严重时可使车轮脱轨、列车倾覆。因此需要将外轨抬高(超高),使车体内倾来平衡这个离心力。

曲线外轨超高的数值,视离心力的大小而定,曲线半径愈小、速度愈高、离心力就愈大,需要用来平衡离心力的超高数值也愈大。

为了保证内外轨磨耗均匀,列车通过曲线时,其加权平均速度所产生的离心力,应与外轨超高所产生的向心力相等。外轨超高值可按公式(1—6)进行计算:

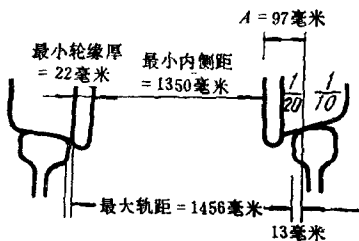


图 1—5 车轮在轨道上的最不利情况

$$\therefore \frac{Q}{g} \cdot \frac{V_p^2}{R} = Q \cdot \frac{h}{1500}$$

$$g = 9.81 \text{米/秒}^2 = 127,000 \text{公里/小时}^2$$

$$R(\text{米}) = \frac{R}{1000}(\text{公里})$$

$$\therefore h = \frac{11.8V_p^2}{R} = \frac{11.8\beta^2V_{\max}^2}{R} \quad (1-6)$$

式中  $Q$  —— 列车重量 (吨) ;

$h$  —— 曲线外轨超高 (毫米) ;

$R$  —— 曲线半径 (米) ;

$V_p$  —— 通过曲线的列车平均速度 (公里/小时) , 可通过实测各种列车速度采用算术平均法求得; 由于新建铁路无实测列车速度资料, 则可由速度系数  $\beta$  求得  $V_p$  值:

$$V_p = \beta \cdot V_{\max}$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{一般地段, } \beta = 0.8 \\ \text{上下行速度悬殊地段, } \beta = 0.65 \end{array} \right)$$

为了保证旅客舒适, 旅客列车以最大速度通过曲线时, 未被平衡离心加速度  $\alpha$  不应超过允许值, 外轨超高  $h$  可按公式 (1-7) 求得。即:

$$\frac{Q}{g} \alpha = \frac{Q}{g} \cdot \frac{V_{\max}^2}{R} - Q \cdot \frac{h}{1500}$$

$$V_{\max} \text{公里/小时} = \frac{V_{\max}}{3.6} \text{米/秒,}$$

$$g = 9.81 \text{米/秒}^2$$

$$\alpha = \left( \frac{V_{\max}}{3.6} \right)^2 \frac{1}{R} - \frac{h}{153}$$

$$\frac{h}{153} = \frac{V_{\max}^2}{13R} - \alpha$$

$$\therefore h = \frac{11.8V_{\max}^2}{R} - 153\alpha \quad (1-7)$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{一般地段, } \alpha = 0.45 \text{米/秒}^2 \\ \text{困难地段, } \alpha = 0.60 \text{米/秒}^2 \end{array} \right)$$

根据公式 (1-6)、(1-7) 计算结果, 取两者中的较大值作为外轨超高计算值。但外轨超高的最大值在一般地段不得大于150毫米, 上下行速度相差悬殊的单线上不得超过125毫米。

外轨超高的计算数值应取为5毫米的整倍数, 当计算值小于10毫米时, 该曲线可考虑不设超高。

### 3. 曲线外轨超高检算

由于列车实际速度常与计算超高时的平均速度不同, 因此外轨超高不能与行车速度完全适应, 必然产生未被平衡的离心力或向心倾覆力。为保证行车安全和旅客舒适, 一般是把这些力换算成未被平衡的超高度来加以限制。《铁路工务规则》(以下简称《规则》) 规定: 允许最大未被平衡的超高度一般为60~75毫米, 特殊情况为90毫米。

根据允许最大未被平衡超高度的规定, 可按公式 (1-8) 检算通过曲线的允许最高行车速度:

$$\begin{aligned} \therefore \quad & \frac{Q}{g} \left( \frac{V}{3.6} \right)^2 \cdot \frac{1}{R} - Q \frac{h}{1500} = Q \frac{h_0}{1500} \\ & - \frac{Q}{9.81} \left( \frac{V}{3.6} \right)^2 \cdot \frac{1}{R} - Q \frac{h}{1500} = Q \frac{h_0}{1500} \\ \therefore \quad & V = \sqrt{\frac{(h+h_0)R}{11.8}} \text{ 公里/小时} \quad (1-8) \end{aligned}$$

式中  $h_0$ ——未被平衡的超高度(毫米)。

外轨超高值既不能太大也不能太小。小的程度要能保证列车以较高速度通过时不致发生脱轨和倾覆事故；大的程度要能保证列车以低速通过或在曲线上停车时，不致产生危及列车安全的向心倾覆力。

#### 4. 外轨超高设置办法

合理地设置外轨超高，可以减少曲线钢轨的磨损和压溃，延长钢轨使用年限。若外轨磨损、内轨压溃、内轨切压枕木，说明超高过大；若轨道外闯、外轨垂直磨损过大而有压溃、内轨侧面磨损，则是超高太小。发现超高值不当时，可通过测速观察和计算，经过几次调整，找到合适的数值。

外轨超高应在整个缓和曲线内递减顺坡；未设缓和曲线者，则以不大于2%的递减率在直线段顺接。其顺坡长度的计算式为：

$$\begin{aligned} l_0 & \geq 10 \times h \times V_{\max} \\ \text{困难时 } l_0 & \geq 7 \times h \times V_{\max} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} l_0 & \geq 10 \times h \times V_{\max} \\ l_0 & \geq 7 \times h \times V_{\max} \end{aligned}} \right\} (1-9)$$

式中  $l_0$ ——外轨超高顺坡长度(米)；

其余符号同前。

计算结果应取为10的整倍数。

【例】在某一铁路线上，实地观测列车通过半径为600米的曲线时，得出以下速度及次数：

6列旅客快车速度(公里/小时)为：

$$84.8, 73.3, 81.0, 73.5, 72.8, 80.1.$$

6列旅客列车速度为：

$$62.7, 65.5, 62.8, 58.0, 74.3, 67.9.$$

6列货物列车速度为：

$$75.8, 74.3, 60.5, 42.4, 43.9, 41.9.$$

采用算术平均法计算得：

$$V_p = \frac{\sum V}{N} = 66.7 \text{ 公里/小时}$$

据此计算超高为：

$$h = 11.8 \frac{V_p^2}{R} = \frac{11.8 \times 66.7^2}{600} = \frac{52654}{600} \approx 90 \text{ 毫米}$$

按未被平衡超高60毫米进行检算：

利用公式(1-8)得最高速度为：

$$\begin{aligned} V_{\max} &= \sqrt{\frac{(h+h_0)R}{11.8}} \\ &= \sqrt{\frac{(90+60) \times 600}{11.8}} \\ &\approx 87 \text{ (公里/小时)} \end{aligned}$$

由此看出, 该曲线上设置90毫米的超高时, 在未被平衡超高度60毫米的限度内, 列车运行的最高速度为87公里/小时, 这与该曲线上的实测最高行车速度84.8公里/小时很接近, 是安全的。

在该曲线上实际最低行车速度为41.9公里/小时, 设置90毫米的超高, 是否对低速所产生的未被平衡的超高度也能保持在60毫米之内, 须做如下的检算:

$$\begin{aligned}
 \text{求最低速度: } V_{\min} &= \sqrt{\frac{(h-h_0)R}{11.8}} \\
 &= \sqrt{\frac{(90-60) \times 600}{11.8}} \\
 &\approx 39(\text{公里/小时}) < 41.9(\text{公里/小时})
 \end{aligned}$$

检算证明, 在这个曲线上设置90毫米的超高, 不论通过最高速度84.8公里/小时和最低速度41.9公里/小时的列车, 所产生的未被平衡超高度都能在60毫米之内, 因此这个超高度是合理的。

### (三) 轨底坡

前面已经说过, 车轮踏面斜度为1/20一段是经常与轨顶接触部分, 为使钢轨中心受力, 需要钢轨相应地内倾, 钢轨的这种内倾度称为轨底坡。过去规定轨底坡为1/20, 自1965年起, 我国铁路的轨底坡标准改为1/40。

在木枕地段, 轨底坡是通过楔形垫板设置的。钢筋混凝土轨枕的承轨槽事先就按轨底坡的规定做成斜面, 不须另设垫板。

轨底坡设置不当会使轨顶偏磨。若轨顶外边磨亮, 说明轨底坡太大; 若轨顶里边磨亮, 说明轨底坡太小。若发现钢轨偏磨情况, 应调整轨底坡, 使车轮压在钢轨轴线上, 减少钢轨的磨耗和损伤。

## 二、轨道组成

根据运量、机车轴重和运行速度等条件, 轨道分为重型、次重型、中型及轻型四种, 具体规定如表1—5。

各 种 类 型 轨 道 标 准

表 1—5

| 条 件        |             | 项 目    |            | 单 位      | 重 型             | 次 重 型           | 中 型                     | 轻 型                     |
|------------|-------------|--------|------------|----------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| 运 营<br>条 件 | 年 通 过 总 重   |        |            | 百万吨 / 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<br>条 件 | 钢 轨         |        |            | 公斤/米     | 60              | 50              | 43                      | 38                      |
|            | 轨枕根数        | 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<br>垫 层 | 厘 米      | $\frac{30}{20}$ | $\frac{25}{20}$ | $\frac{20 \sim 25}{20}$ | $\frac{15 \sim 20}{20}$ |
|            |             | 砂、石质路基 |            | 厘 米      | 35              | 30              | 25~30                   | 25                      |

注: 计算年通过总重应包括净载、机车和车辆的重量, 并将旅客列车的重量计算在内, 单线按往复总重量计算, 双线按每一条线的通过总重量计算。

### (一) 钢轨及其联结零件

钢轨的作用是支承机车车辆并引导车轮运行；它直接承受来自车轮的力并把力传给轨枕，为车轮的运动提供阻力最小的表面。在电气化铁道或自动闭塞区段，钢轨还兼作轨道电路。

#### 1. 钢轨接缝、长度

我国标准钢轨长度为12.5米及25米两种。用于曲线上的标准缩短轨有：比12.5米标准长度缩短40、80、120毫米的三种；比25米标准长度缩短40、80、160毫米的也是三种。在正线临时插入的短轨长度不得短于6米（站线为4.5米）。

为了便于钢轨伸缩，铺轨时在两根钢轨的接头处，应留出适当的轨缝。在不考虑线路爬行的情况下，轨缝的大小随钢轨长度和轨温的不同而变化。除焊接长钢轨和冻结接头钢轨外，轨缝的大小由下式计算：

$$a = 0.0118(t_{\max} - t)L - C \quad (1-10)$$

式中  $a$  —— 轨缝尺寸（毫米）；

$t_{\max}$  —— 当地钢轨可能达到的最高轨温（℃），其值一般为当地历年最高气温加20℃；

$t$  —— 铺轨时钢轨温度（℃）；

$L$  —— 钢轨长度（米）；

$C$  —— 接头和钢轨基础阻力限制钢轨自由伸缩的数量（毫米）。12.5米钢轨使用三级鱼尾螺栓， $C$ 值为1~2毫米；25米钢轨使用二级鱼尾螺栓， $C$ 值暂定为7毫米，使用三级鱼尾螺栓暂定为3~4毫米。

为了防止夏天轨缝挤严、便于拨道，预留轨缝应略大于计算轨缝；一般25米钢轨多留3~4毫米；12.5米钢轨多留2毫米。

钢轨随轨温变化而伸缩，需使轨端螺栓孔的直径大于螺栓杆的直径；但由于螺栓孔和螺栓杆直径尺寸限制，轨缝也不能太大，否则可能拉弯甚至拉断螺栓。这个构造上允许的最大轨缝称为构造轨缝，我国生产的各种钢轨的构造轨缝为16毫米。

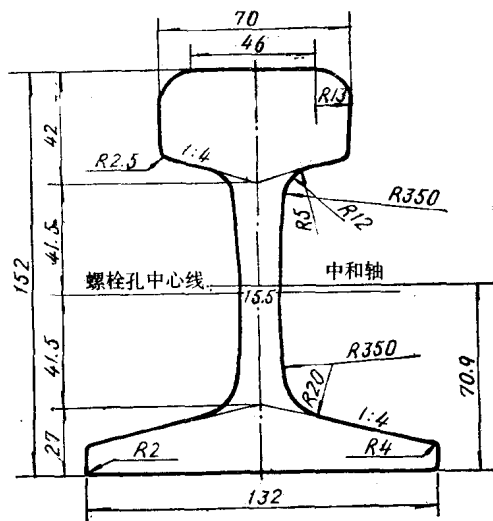
钢轨以每米的大致重量公斤数表示其种类。我国生产的钢轨有50、45、43及38公斤/米4种，目前，38公斤/米钢轨已停止生产，60公斤/米钢轨正在部分线路上试铺。

钢轨断面形状为工字形，如图1-6（50公斤/米钢轨标准断面）所示，由轨头、轨腰及轨底三部分组成，其主要特征和尺寸如表1-6。

#### 2. 钢轨使用期限及延长使用的措施

钢轨的强度、耐磨性及抵抗冲击的性能，在很大程度上取决于钢轨的材质，也就是取决于钢的化学成分、金属组织以及钢轨的生产工艺过程和热处理质量。

钢轨的化学成分，除含铁外还含有碳、锰、硅、硫、磷等。钢的含碳量高，可以增加强度、硬度和耐磨性。但含碳量过高也会使钢轨的塑性和冲击韧性降低，所以一般钢轨钢的含碳量不能超过0.82%。提高锰的含量、适当增加硅的含量，都能增加钢轨的强度、硬度和韧



单位：毫米

图1-6 50公斤/米钢轨标准断面

性。硫和磷都是有害杂质，应尽量减少，不容许超过规定的限度。

我国自1965年以来，用AP<sub>1</sub>（鞍钢—平炉—1）中锰合金钢制造50公斤及43公斤钢轨。援建坦赞的45公斤钢轨则用WP<sub>2</sub>（武钢—平炉—2）高硅含铜钢制造，这些钢的化学成分及强度如表1—7所示。

标准钢轨主要特征及尺寸

表1—6

| 钢 轨 类 型<br>(公斤/米) | 每 米 重<br>(公斤) | 截 面 积<br>(厘米 <sup>2</sup> ) | 轨 高 (毫米) | 底 宽 (毫米) | 头 宽 (毫米) | 头 高 (毫米) | 腰 厚 (毫米) |
|-------------------|---------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 38                | 38.73         | 49.50                       | 134      | 114      | 68       | 39       | 13.0     |
| 43                | 44.65         | 57.00                       | 140      | 114      | 70       | 42       | 14.5     |
| 45                | 45.11         | 57.61                       | 145      | 126      | 67       | 44       | 14.5     |
| 50                | 51.51         | 65.80                       | 152      | 132      | 70       | 42       | 15.5     |
| 60                | 60.35         | 77.08                       | 176      | 152      | 73       | 48       | 17.0     |

国产钢轨化学成分及强度

表1—7

| 钢轨类型 | 化 学 成 分 % |           |           |       |       |           | 抗 拉 强 度               | 备 注             |
|------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-----------------------|-----------------|
|      | 碳         | 锰         | 硅         | 磷     | 硫     | 铜         |                       |                 |
| 50公斤 | 0.65~0.77 | 1.10~1.40 | 0.15~0.30 | ≤0.04 | ≤0.04 | —         | ≥90公斤/毫米 <sup>2</sup> | AP <sub>1</sub> |
| 43公斤 | 0.65~0.77 | 1.10~1.40 | 0.15~0.30 | ≤0.04 | ≤0.04 | —         | ≥90公斤/毫米 <sup>2</sup> | AP <sub>1</sub> |
| 45公斤 | 0.65~0.77 | 0.80~1.20 | 0.70~1.10 | ≤0.04 | ≤0.04 | 0.20~0.40 | ≥90公斤/毫米 <sup>2</sup> | WP <sub>1</sub> |

钢轨使用期限视其所受损伤、磨耗和锈蚀程度而定，超过规定的伤耗标准后应立即更换。据有关部门于1970年对以往的钢轨使用情况分析得知，若以通过钢轨的运输总吨数计算其平均使用寿命时，50公斤钢轨为4~5亿吨，43公斤钢轨为2.7亿吨。

为了延长钢轨的使用期限、节约钢材，除了提高钢材质量、改进钢轨断面外，还必须加强和改进轨道结构。如大量采用焊接长钢轨轨道和新型轨下基础等新技术；加强轨道维修，提高设备质量，以改善钢轨在轨道中的工作条件；对损伤、磨耗的钢轨进行焊补修理；对磨耗严重的小半径曲线增设防磨护轨等。这些措施都可以延长钢轨的使用期限，为国家节约钢材。

### 3. 钢轨联结零件

钢轨联结分为中间联结和接头联结两类。接头联结指钢轨与钢轨的联结，其联结零件包括夹板、螺栓、垫圈等。

中间联结为钢轨与轨枕之间的联结，其主要功用是阻止钢轨对于轨枕的纵横向移动，保持钢轨的正确位置。中间联结零件通称扣件，包括道钉、扣板、垫板及垫圈等。我国铺设木枕的轨道所采用的扣紧方式如图1—7所示。

用于钢筋混凝土轨枕的扣件可分为扣板式和弹片式两种类型。扣板式扣件的扣紧方式和结构型式如图1—8所示。

扣板式扣件由硫磺锚固、扣板、铁座、螺纹道钉（连同弹簧垫圈及螺帽）、弹性垫层衬垫及铁座下绝缘缓冲垫片等组成。我国目前采用的标准为“70型扣板式刚性扣件”。

拱形弹片式扣件如图1—9所示。

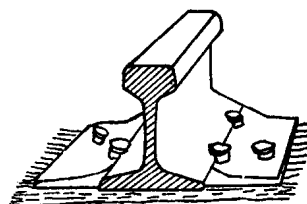


图1—7 木枕的扣紧方式

拱形弹片式扣件由硫磺锚固、拱形弹片、轨距挡板、螺纹道钉及螺帽、轨下垫层、木垫层及轨距挡板下垫片等组成。它的扣板是用弹簧钢制成的拱形弹片，截面尺寸6×70毫米，在一般受荷条件下，能持久保持弹片的弹性。弹片具有一定的拱度，在调整水平时可采用不同厚度的衬垫。拱形弹片一端压住钢轨底部顶面，另一端支承在轨距挡板上。

## (二) 轨枕

轨枕的作用是承受钢轨传下的竖直力和水平力，并把力传布于道床，有效地保持钢轨的轨距、方向和位置。

轨枕种类按材料分为木枕、钢筋混凝土轨枕和钢枕。道岔内轨枕和钢桥上的轨枕分别称为岔枕和桥枕，其长度有2.6~4.85米多种；普通轨枕长度为2.5米。

在一节钢轨内的轨枕布置如图1—10所示。

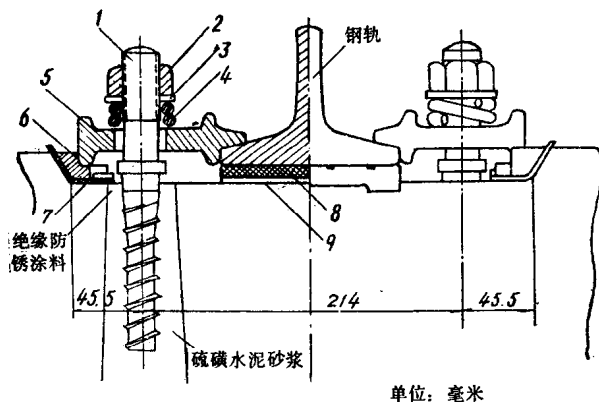


图1—8 扣板式扣件

- 1——螺纹道钉；2——螺母；3——平垫圈；4——弹簧垫圈；5——扣板；6——铁座；7——绝缘缓冲片；8——绝缘缓冲垫板；9——衬垫。

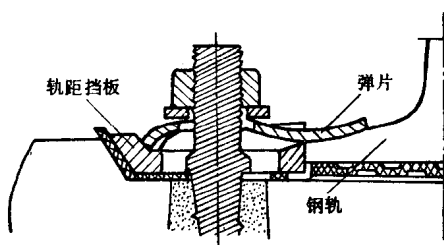


图1—9 拱形弹片式扣件

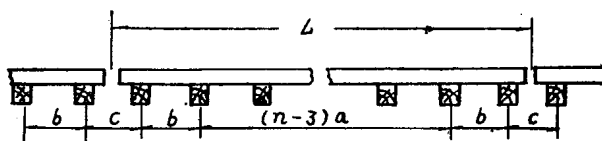


图1—10 一节钢轨的轨枕布置

一般规定：轨枕间距  $a > b > c$ 。采用50公斤钢轨时，木枕间距  $c = 440$  毫米，钢筋混凝土轨枕间距  $c = 520$  毫米；采用43公斤钢轨时， $c = 500$  毫米。 $a$  和  $b$  的计算方法如下：

由图1—10可知：

$$a = \frac{L - c - 26}{n - 2} \quad (1-11)$$

式中  $a$ ——中间轨枕间距（毫米），应取整数值；

$b$ —— $a$  和  $c$  之间的过渡间距（毫米），一般近似于  $\frac{a+c}{2}$ ；

$c$ ——接头处轨枕间距（毫米），一般  $a > b > c$ ；

$n$ ——每节轨排下的轨枕根数；

$L$ ——每节轨排长度（包括一个轨缝）（毫米）。

先设

$$b = \frac{a+c}{2}$$

代入公式（1—11）则：

$$a = \frac{L - 2c}{n - 2}$$

将算出的  $a$  值凑成整毫米数，再根据  $a$  及  $c$  求  $b$ 。根据公式（1—11）则：

$$b = \frac{L - c - (n-3)a}{2} \quad (1-12)$$

由此求得的轨枕间距如表 1—8 所示。

### 1. 木枕

木枕的特点是弹性好、重量轻、制作简单和使用方便；缺点是道钉易松动、轨距易改变和使用年限短。各种木枕规格如表 1—9 所示。

轨 枕 间 距

表 1—8

| 钢轨类型             | 钢轨长度<br>(米) | 每公里轨<br>枕 根 数 | 每节钢轨<br>枕枕根数 | c (毫米) |              | b (毫米) |              | a (毫米) |              |
|------------------|-------------|---------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|
|                  |             |               |              | 木 枕    | 钢筋混凝土<br>轨 枕 | 木 枕    | 钢筋混凝土<br>轨 枕 | 木 枕    | 钢筋混凝土<br>轨 枕 |
| 50<br>公 斤        | 12.5        | 1600          | 20           | 440    | 520          | 594    | 597          | 640    | 635          |
|                  |             | 1680          | 21           | 440    | 520          | 544    | 549          | 610    | 605          |
|                  |             | 1760          | 22           | 440    | 520          | 524    | 532          | 580    | 575          |
|                  |             | 1840          | 23           | 440    | 520          | 534    | 544          | 550    | 545          |
|                  |             | 1920          | 24           | 440    | —            | 469    | —            | 530    | —            |
|                  | 25          | 1600          | 40           | 440    | 520          | 537    | 589          | 635    | 630          |
|                  |             | 1680          | 42           | 440    | 520          | 486    | 544          | 605    | 600          |
|                  |             | 1760          | 44           | 440    | 520          | 497    | 559          | 575    | 570          |
|                  |             | 1840          | 46           | 440    | 520          | 459    | 527          | 550    | 545          |
|                  |             | 1920          | 48           | 440    | —            | 472    | —            | 525    | —            |
| 43、<br>38<br>公 斤 | 12.5        | 1520          | 19           | 500    | 500          | 604    | 604          | 675    | 675          |
|                  |             | 1600          | 20           | 500    | 500          | 564    | 564          | 640    | 640          |
|                  |             | 1680          | 21           | 500    | 500          | 559    | 559          | 605    | 605          |
|                  |             | 1760          | 22           | 500    | 500          | 541    | 541          | 575    | 575          |
|                  |             | 1840          | 23           | 500    | 500          | 504    | 504          | 550    | 550          |
|                  |             | 1920          | 24           | 500    | —            | 491    | —            | 525    | —            |
|                  | 25          | 1520          | 38           | 500    | 500          | 617    | 617          | 665    | 665          |
|                  |             | 1600          | 40           | 500    | 500          | 599    | 599          | 630    | 630          |
|                  |             | 1680          | 42           | 500    | 500          | 554    | 554          | 600    | 600          |
|                  |             | 1760          | 44           | 500    | 500          | 565    | 565          | 570    | 570          |
|                  |             | 1840          | 46           | 500    | 500          | 537    | 537          | 545    | 545          |
|                  |             | 1920          | 48           | 500    | —            | 509    | —            | 522    | —            |

各 种 木 枕 规 格 (厘米)

表 1—9

| 种 类        |       | 长 度           | 厚 度  | 面 宽                               | 底 宽 | 侧 高     |
|------------|-------|---------------|------|-----------------------------------|-----|---------|
| 普通木枕       | I 类   | 250           | 16   | 16~22                             | 22  | 11~16   |
|            | II 类  | 250           | 14.5 | 15~20                             | 20  | 10~14.5 |
|            | III 类 | 250           | 13.5 | 13~19                             | 19  | 9~13.5  |
| 道岔木枕       |       | 260~485每15进一级 | 16   | 16                                | 22  | 11~16   |
| 桥 梁<br>木 枕 |       | 300           | 宽×高  | 20×22, 20×24, 20×26               |     |         |
|            |       | 320           | 宽×高  | 22×28, 24×30                      |     |         |
|            |       | 340           | 宽×高  | 24×30                             |     |         |
|            |       | 420、480       | 宽×高  | 20×22, 20×24, 22×26, 22×28, 24×30 |     |         |