

铁路曲线及其养护

吴耀庭 编著

中国铁道出版社

2001年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书内容分两部分：第一部分主要介绍缓和曲线和竖曲线的线型设计问题和有关计算公式、计算方法；第二部分介绍养护的原则和内容以及曲线轨道的加强设备等。

本书可供从事铁路线路设计、维修的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路曲线及其养护/吴耀庭编著. —北京：中国铁道出版社，2001.7
ISBN 7-113-04135-3

. 铁... . 吴... . 铁路线路-曲线-设计
铁路线路-曲线-铁路养护 .U 212.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第20434号

书 名：铁路曲线及其养护

作 者：吴耀庭

出版发行：中国铁道出版社（100054，北京市宣武区右安门西街8号）

责任编辑：王俊法

封面设计：李艳阳

印 刷：北京市燕山印刷厂

开 本：850×1168 1/32 印张：6.125 字数：157千

版 本：2001年7月第1版第1次印刷

印 数：1~3000册

书 号：ISBN 7-113-04135-3/U · 1126

定 价：18.00元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书，如有缺页、倒页、脱页者，请与本社发行部调换。

前 言

本书曾以《铁路曲线及曲线养护》书名于1995年12月出版。自出版以来，书中所涉及到的一些规章都已作了更新，同时又有几种新的规章颁布。为使本书适应当前教学、科研、设计及生产实践的需要，根据这些新的技术规范和规则，对原书进行了全面的修改。

本书的内容分两部分：一是曲线部分，主要介绍缓和曲线和竖曲线。书中用了较多的篇幅讲述缓和曲线线型设计问题，并专门用一节介绍马地泰教授的中心对称缓和曲线的若干通用公式。二是养护部分，介绍曲线方向整正和维修养护等。曲线方向整正是曲线养护工作中的重要内容。书中首先略述了渐伸线原理和计算渐伸线的方法。这对弄通校正曲线计算方法是很重要的。然后全面而系统地介绍了绳正法曲线拨道的计算方法，并举了几个典型算例，以便于读者能更好地掌握和运用绳正法曲线拨道计算的基本原理。

缓和曲线这一章基本上保持原貌。在叙述缓和曲线线型设计时，根据缓和曲线的边界条件 k_1 、 k_2 、 k_3 均为零的内在联系提出了模式方程法。此法的优点在于能将各种缓和曲线线型都归纳到统一的模式方程中来，且推导方法规律化，概念清楚，说理简明，为今后高速铁路缓和曲线的选型提供了新的途径。对缓和曲线应满足的条件中的力学条件，本书采用未被平衡横向加速度和外轮升高速度来描述。这样，可以与计算缓和曲线长度的舒适度条件前后相呼应，这比用车辆回转角速度来叙述直观得多。对缓和曲线长度的计算也作了一些补充。此外还增加了一节不等长缓和曲线应用举例的内容。

在曲线方向整正这一章中，增补了矢矩法和偏角法计算渐伸线长度的内容。因普通铁路的曲线半径较小，绳正法可以对付；而高速铁路的曲线半径较大，最小为 7 000 m，困难时为 5 500 m，要保持曲线的线形，仍需要采用矢矩法或偏角法。根据新的《铁路线路设计规范》中有关复曲线的新规定，对复曲线的部分内容作了相应的修改。最佳曲线半径的选择，采用潘可权工程师的二次差值法（差分法）公式。曲线里程计算介绍了一种新的简化算法，其精度完全能满足要求，而计算工作量则可大大节省，尤其是复曲线。拨量计算则采用杨培 教授所推导的且为现在仍沿用的“简易法”和“流水法”两种拨道计算公式。高次缓和曲线正矢的计算，采用刘思祉工程师的差分法。本书中还较好地解决了复曲线的拨道计算问题。

在竖曲线这一章中，引用了张正江工程师原来所写内容中的一些资料，在此表示感谢。

本书编写时，主要着重于基本原理和方法的阐述，务使初学者不但能知其然，而且能知其所以然。同时也希望本书对铁路工务工程系统的教学、科研、设计及生产单位的技术人员在解决曲线计算方面有所帮助。

本书的编写限于笔者的理论水平和实践经验，一定有不少写得不妥当的地方，恳请读者批评指正。

书中大部分插图由铁道部株洲车辆工厂吴华同志协助绘制。在此一并表示衷心感谢。

编 者

2001 年 3 月

目 录

第一章 引 论.....	1
第一节 曲线的分类.....	1
第二节 曲线的技术条件与要求.....	2
一、平面曲线.....	2
二、竖 曲 线	8
第二章 曲线超高	12
第一节 超高的计算	12
一、超高计算公式	12
二 行车速度的测定	14
第二节 未被平衡超高容许值	14
第三节 曲线上最大超高的限制	17
第四节 曲线上允许的行车速度	19
一、客、货列车共线运行时	19
二、客车专线上	21
第五节 未被平衡超高的检算	22
一、未被平衡欠超高 $h_{欠}$	22
二、未被平衡过超高 $h_{过}$	22
三、超高算例	22
第六节 《设规》中曲线超高的计算	25
一、曲线超高的允许设置范围	25
二、曲线超高的计算	25
三、曲线超高表	27
第七节 超高顺坡	28
第三章 缓和曲线	31
第一节 缓和曲线应满足的条件	31

第二节	缓和曲线的通用公式及其特性	34
一、	缓和曲线的参变方程	34
二、	缓和曲线的曲率	35
三、	缓和曲线的中心角	35
四、	缓和曲线的纵坐标	36
五、	圆曲线的内移量和起点后退距离	37
六、	缓和曲线的一个重要特性	38
第三节	缓和曲线的模式方程及其基本线型	38
一、	缓和曲线的模式方程	38
二、	缓和曲线的基本线型	39
第四节	缓和曲线线型设计	40
一、	一段式曲线	42
二、	二段式曲线	48
三、	三段式曲线	52
第五节	缓和曲线线型总结	66
第六节	缓和曲线长度的计算	70
一、	保证行车安全	70
二、	保证旅客的舒适度	71
第七节	不等长缓和曲线应用举例	78
一、	计算公式	78
二、	举 例	79
第四章	曲线方向整正	81
第一节	渐伸线原理	81
一、	渐伸线定义	81
二、	渐伸线的计算公式	81
第二节	渐伸线的计算	82
一、	既有曲线测设方法略述	82
二、	渐伸线的计算方法	83
第三节	最佳曲线半径的选择	91
第四节	拨量计算	93

一、流水法公式	94
二、简易法公式	95
三、绳正法曲线拨量计算公式的又一推导方法	96
第五节 曲线正矢计算	98
一、圆曲线正矢	98
二、三次缓和曲线正矢	99
第六节 曲线转角计算.....	103
第七节 曲线上正矢总和.....	104
一、整个曲线上的正矢总和.....	104
二、缓和曲线上的正矢总和.....	105
第八节 曲线里程计算.....	106
一、常用算法.....	106
二、简化算法.....	110
第九节 整正曲线的基本原则和要求.....	111
一、整正曲线的两个基本原则.....	111
二、整正曲线的两个基本要求.....	112
第十节 曲线拨道计算例题.....	114
一、流水法拨道计算.....	117
二、简易法拨道计算.....	125
第十一节 复曲线拨道计算.....	127
一、复曲线的渐伸线图及其绘制.....	127
二、复曲线上圆圆 (YY) 点坐标的计算	130
三、中间缓和曲线的长度和里程的计算.....	131
四、中间缓和曲线的方程式及其性质.....	131
五、中间缓和曲线正矢的计算.....	133
六、两圆直接相连时, 圆圆 (YY) 点附近两点 正矢的计算.....	136
七、复曲线拨道计算例题.....	138
第十二节 曲线上有控制点时拨道计算的特点.....	148
第十三节 曲线型超高顺坡时的缓和曲线拨道计算	

方法.....	151
第十四节 道岔连接曲线的整正.....	160
第五章 竖曲线.....	163
第一节 竖曲线的计算.....	163
一、圆曲线形竖曲线.....	163
二、抛物线形竖曲线.....	166
三、连续短坡竖曲线.....	168
第二节 变坡点位置的确定.....	170
第六章 曲线缩短轨的布置.....	173
第一节 曲线内股缩短量的计算.....	173
一、圆曲线内股缩短量.....	173
二、缓和曲线内股缩短量.....	174
三、曲线内股总缩短量 $E_{总}$	174
第二节 厂制缩短轨的适用范围.....	174
第三节 缩短轨需要量的计算及其布置.....	175
一、曲线外轨铺设标准长度钢轨的根数 N_0	175
二、曲线内股需要缩短轨的根数 N	175
三、缩短轨的布置.....	176
四、算 例.....	176
第四节 曲线上成段更换钢轨时空头与搭头的计算.....	180
第七章 曲线维修养护.....	182
第一节 维修养护的原则和内容.....	182
第二节 曲线轨道加强设备.....	182
第三节 小半径曲线上无缝线路的维修养护.....	183
第四节 延长钢轨使用寿命.....	185

第一章 引 论

第一节 曲线的分类

铁路线路在空间的位置,是由线路的平面和纵断面所决定的。线路平面是指线路在水平面上的投影。线路纵断面是指线路纵向展开后在竖直面上的投影。

线路平面由若干直线所组成,在相邻两直线的连接处用圆曲线连接。列车在曲线上行驶时产生离心力。为了平衡离心力,外轨设有超高。超高是按平均速度设置的。当列车速度高于平均速度时,产生欠超高;当列车速度低于平均速度时,产生过超高。在小半径曲线上,还将轨距适当加宽,以利列车顺利通过。所有这些直线上都不存在。为了消除这些影响,于是在直线与圆曲线之间加设变曲率的缓和曲线予以过渡。一般圆曲线两端的缓和曲线是等长的;有时因某些缘故,也可以是不等长的。

如果因地形限制或其他原因,而不能用单圆曲线连接相邻两直线时,可以用两个或两个以上曲率方向不同的不同半径的圆曲线连接,这样的曲线称为复曲线。因半径不同,外轨超高也不同。如相邻两圆曲线的曲率差小于或等于表 4—13 规定的数值时,可以直接相连;如相邻两圆曲线的曲率差大于表 4—13 规定的数值时,应加设中间缓和曲线。

中间缓和曲线的一端为小圆,另一端为大圆;普通缓和曲线的一端为圆曲线,另一端为直线,直线的曲率为零,即半径为 ∞ ,若半径不为 ∞ 而为大圆时,这样的缓和曲线就是复曲线的中间缓和曲线。所以说,常用的缓和曲线实际上是复曲线中间缓和曲线的特例。同样,两圆曲线直接相连的复曲线,如大圆的半径为 ∞ 时,这个复曲线就变成单圆曲线。

平面曲线还包括道岔侧向与相邻平行线路间的连接曲线。

线路的纵断面是由若干坡度线所组成。若相邻两坡度的代数差超过允许值时，应用竖曲线连接。一般情况下竖曲线采用圆曲线，也可以采用抛物线。个别情况下，还可以采用连续短坡曲线。

第二节 曲线的技术条件与要求

一、平面曲线

1. 圆曲线的最大半径 $R_{m\ ax}$

圆曲线半径过大，不仅测设不方便，也不利于养护维修。京沪高速铁路上规定一般不宜大于 12 000 m，个别不大于 14 000 m。《铁路线路设计规范》(以下简称《设规》)规定我国普通铁路上最大圆曲线半径为 10 000 m。

2. 圆曲线的最小半径 $R_{m\ in}$

圆曲线的最小半径 $R_{m\ in}$ 取决于行车速度 (最高速度 $v_{m\ ax}$ 和最低速度 $v_{m\ in}$) 和超高 (实设超高 $h_{实}$ 、允许最大超高 h_0 、允许欠超高 $h_{欠}$ 和允许过超高 $h_{过}$)。

(1) 全高速客运专线上 $R_{m\ in}$ 用下式计算

$$R_{m\ in} = 11.8 \frac{v_{m\ ax}^2}{h_{实} + h_{欠}}$$

(2) 客、货列车及高、中速列车共线运行的线路上， $R_{m\ in}$ 用下式计算

$$R_{m\ in} = 11.8 \frac{v_{m\ ax}^2 - v_{m\ in}^2}{h_{欠} + h_{过}}$$

式中 $v_{m\ ax}$ 和 $v_{m\ in}$ —— 客车与货车或高速与中速客车的速度 (km/h)；

R —— 曲线半径 (m)。

1999 年《铁路技术管理规程》(以下简称《技规》)规定普通铁路区间线路的 $R_{m\ in}$ 见表 1—1。

区间线路最小曲线半径表

表 1—1

铁路等级	路段设计行车速度 (km/h)	最小曲线半径 (m)	
		一般	困难
	160	2 000	1 600
	120	1 200	800
	80	500	450
	120	1 000	800
	80	450	400
	100	600	550
	80	400	

200 km/h 客运专线铁路, 区间线路最小曲线半径为 2 800 m, 困难情况下, 最小曲线半径为 2 200 m。

广深准高速铁路的 R_{min} 见表 1—2 (单位: m)。

表 1—2

v (km/h)	一般地段	困难地段	个别地段
160	1 600	1 400	1 400
200	3 000	2 600	2 200

京沪高速铁路采用 300/160 km/h 共线运行模式 (基础设施满足 350 km/h 的要求), 最小曲线半径一般情况下, 不应小于 7 000 m, 困难情况下, 不小于 5 500 m。

3. 超高

(1) 允许的最大超高 h 。

外轨超高是有一定限度的, 一是要保证列车一旦在曲线上停车, 若遇到大风时, 不致使列车有颠覆的危险; 二是各次列车的行车速度不同, 所产生的未被平衡横向加速度, 不致相差太大。我国规定各种铁路上的允许最大超高 h_0 双线地段为 150 mm, 单线地段为 125 mm; 京沪高速铁路上为 180 mm。

(2) 允许最大的欠超高 $h_{欠}$ 。

在普通铁路上, 客车的速度一般都大于平均速度, 客车通过

曲线时产生欠超高。允许最大的欠超高 $h_{\text{欠}}$ 决定于旅客乘车的舒适度。《铁路线路维修规则》(以下简称《维规》)规定:一般应不大于 75 mm, 困难情况下应不大于 90 mm。《设规》中规定:一般 70 mm, 困难 90 mm, 既有线改造时 110 mm。

广深准高速铁路上规定:一般地段为 90 mm, 困难地段为 110 mm。

(3) 允许最大的过超高 $h_{\text{过}}$ 。

在普通铁路上, 货车的速度一般都小于平均速度, 货车通过曲线时产生过超高。过超高的危害比欠超高大得多。过超高过大, 容易使货物移位, 由于外轮荷载的减轻, 可能使外轮爬上钢轨而造成脱轨事故。

我国各种客、货混运线上均规定:一般为 30 mm, 困难时不得大于 50 mm。

在客运专线上, 旅客所承受的离心加速度和向心加速度的能力大体相同。在中、远期高速铁路上将以高速列车为主, 应保证高速列车的舒适度。铁科院研究建议:允许欠超高 $h_{\text{欠}}$ 和允许过超高 $h_{\text{过}}$ 的取值一致。舒适度良好时为 40 mm, 舒适度一般时为 80 mm, 舒适度较差时为 110 mm。

4. 缓和曲线的线型与长度

缓和曲线的基本线型是三次螺旋线。外轨超高顺坡是直线形的, 曲线两端有折角存在, 列车通过时产生摇晃, 降低了旅客的舒适度。当速度不断提高后, 应采用曲线形的超高顺坡, 以消除端点的折角。曲线形超高顺坡的缓和曲线为高次缓和曲线, 种类繁多, 计算复杂, 铺设与养护都比较困难。为了降低曲线的方次, 常将曲线分成二段, 使其在中点相连, 但整个曲线仍然是曲线形的。为了改善铺设与养护条件, 在曲线中部插入一段直线形超高顺坡的三次曲线, 而两端仍是曲线形的, 这样就形成了三段式的缓和曲线。缓和曲线的线型详见后面的第三章。

高次缓和曲线只是解决了曲线端点的连接条件, 缓和曲线当中的变化情况应由缓和曲线的长度来解决。缓和曲线的长度取决

于列车运行的安全度和旅客乘车的舒适度。当列车进入缓和曲线时，外轮升高，前轴内轮离开轨面呈悬空状态。若悬空高度超过轮缘高度时，可能会导致车轮脱轨，超高顺坡坡度 i 就是根据悬空高度不超过轮缘高度这一要求决定的。外轮升高时，产生了未被平衡的横向加速度和升高速度，这两个速度都是以旅客不会感受到任何不愉快的感觉为限。

《维规》中对普通铁路只规定了外轮升高速度（超高时变率） f_0 。在一般情况下， $f_0 = 32 \text{ mm/s}$ ，顺坡坡度 $i_0 = \frac{1}{9v}$ ；困难情况下， $f_0 = 40 \text{ mm/s}$ ， $i_0 = \frac{1}{7v}$ 。当 $\frac{1}{7v}$ 大于 2‰ 时，按 2‰ 设置（只适用于线路容许速度 v 为 70 km/h 及以下的曲线）。

广深准高速铁路上的超高时变率 f_0 与《维规》中的规定相同。欠超高时变率（ h ）采用 $h = \frac{S_1}{g} [] = \frac{S_1}{g} (0.030 \sim 0.034) = (45 \sim 51) \text{ mm/s}$ 。

京沪高速铁路上采用： f_0 为 25.25 mm/s 和 30.86 mm/s ； h 为 22.5 mm/s 和 37.5 mm/s 。

根据计算所得的缓和曲线长度取其大者，并取整为 10 m 的倍数。曲线形超高顺坡的缓和曲线长度再乘以展长系数。

复曲线中间缓和曲线的长度按计算决定，但不应小于 20 m 。

5. 圆曲线和夹直线的最小长度

两缓和曲线之间的圆曲线长度一般不应小于 20 m ，为的是不使同一车辆同时跨在两个缓和曲线上（客车的定距为 18 m ）。从维修保养方面考虑，为保持曲线圆顺，也希望圆曲线上至少有两个正矢点，以便绳正曲线，故也不应小于 20 m 。

两相邻曲线间的夹直线长度，应考虑以下诸因素：

(1) 维修保养的要求

为了能正确保持直线方向，夹直线长度不宜短于 $2 \sim 3$ 根钢轨，即 $50 \sim 75 \text{ m}$ ，至少也要有一根钢轨在直线上，即不短于 25 m 。

(2) 行车平稳的要求

列车从一个曲线经过夹直线转至另一个曲线的运行过程中，由于外轨超高的变化引起车辆的横向摇摆。为了减缓这种变化过程，使列车平稳运行，夹直线长度最好不宜短于2~3节客车长度，即50~75 m，最少也应有一节客车长度，即25 m。

为了避免列车连续通过缓和曲线起、终点产生的冲击振动频率，与车辆自振频率相吻合而发生振动迭加或共振，夹直线长度L应按下式计算：

$$L = \frac{v \cdot T}{3.6} = v \quad (\text{m})$$

式中 T——车辆自振周期 (s)；

v——行车速度 (km/h)。

当行车速度为70~100 km/h时，振动周期的波长一般为50~70 m。

《维规》中规定：夹直线长度不短于25 m。反向曲线间不足25 m时，正线可不短于20 m，站线上可不短于10 m。

《设规》中取(0.4~0.8) v_{max} ，见表1—3。

表 1—3

v_{max} (km/h)	140	120	100	80
一般	110	80	60	50
困难	70	50	40	30

为了避免因改建既有线和增建第二线引起大量工程，最小长度不得小于20 m。

广深准高速铁路取(0.45~0.6) v_{max} ，见表1—4。

表 1—4

v_{max} (km/h)	160	200
一般	100	120
困难	70	90

广深准高速铁路属既有线改建，为了减少改建工程量，个别地段允许反向曲线的相邻两缓和曲线直接相连。

京沪高速铁路取(0.6~0.8) v_{max} 。

当 $v_{\text{max}} = 350$ km/h时，一般为280 m，困难时为210 m。

6. 连接曲线

道岔后连接曲线的半径不得小于该道岔的导曲线半径，但也不宜大于导曲线半径的 1.5 倍。因曲线长度较短，不设缓和曲线。

道岔与连接曲线之间应有一个过渡的直线段。正线道岔（直向）与曲线之间的直线段长度不得短于 20 m；站线道岔与曲线或道岔与其连接曲线之间的直线段长度以能满足超高顺坡和轨距加宽的需要。如设置的超高和轨距加宽均为 15 mm，顺坡率和加宽递减率均为 2‰时，则需要 7.5 m 的直线段。困难情况下或道岔后的两线间距较小时，不得小于 6 m，则顺坡率不得大于 2.5‰；加宽递减率不得大于 3‰。

7. 小半径曲线轨距加宽

为了使机车车辆能顺利通过曲线，尽可能减少行车阻力、轮轨磨耗及机车车辆对轨道的破坏，故在小半径曲线上，轨距应适当加宽。我国的旧加宽标准是按固定轴距为 4 m 作为计算依据的，这既不符合实际情况，加宽的半径范围也较广。目前，我国多数货车的固定轴距为 1.75 m，客车的固定轴距最大为 2.7 m。新的加宽标准是以固定轴距最大的车辆能以“自由偏转”的位置，即车辆转向架（两轴转向架）的前轴外轮导向，而后轴内外轮轮缘和钢轨之间呈无横向作用力的状态，顺利通过曲线时计算轨距加宽值。然后用最大轴距的机车和少数固定轴距最大的车辆，对按车辆要求所确定的轨距加宽值进行检算，并考虑在最不利的条件下，车轮踏面在轨头上的覆盖面不少于 30 mm 的要求，来确定新的加宽标准。

《技规》中对轨距加宽的规定如表 1—5（《维规》中的标准同）。

表 1—5

R (m)	加宽值 (mm)
R ≥ 350	0
350 > R ≥ 300	5
R < 300	15

未按表 1—5 规定的标准调整前的线路可维持表 1—6 规定的标准。

表 1—6

R (m)	加宽值 (mm)
R > 650	0
650 R > 450	5
450 R > 350	10
R 350	15

曲线轨距加宽值应在缓和曲线全长范围内均匀递减。在复曲线上,轨距加宽值应在正矢递减范围内递减。

8. 曲线圆度标准

曲线的圆度是用半径 R 或曲率 $\frac{1}{R}$ 表示的。铁路曲线用测半径的方法来检查曲线的圆度是有困难的。现场多采用测正矢的方法,检查相应曲线半径的圆度。如果曲线是圆顺的,曲线上的正矢应与计算的相符合。曲线因列车的不断运行,其圆度是难以保持的,常常被打乱而呈不很圆顺的状态。为了保证行车安全,应对曲线进行不定期的(经常保养)和定期的(综合维修)拨正,以使曲线的圆度误差在容许的范围内。

《维规》中关于轨道几何尺寸容许误差,见本书第四章的表 4—6。

二、竖曲线

在线路纵断面的变坡点处设置竖曲线,是为了保证列车通过时,不致发生脱钩和脱轨事故,并保证旅客的舒适度。在普通铁路上,对前二者考虑得多些;而在高速铁路上,主要是由后者这一条件所确定。

(一) 对竖曲线的有关规定

1. 圆曲线形竖曲线

《设规》规定、级和级铁路相邻坡段的坡度差分别大于

3‰和 4‰时，应用圆曲线形竖曲线连接。其半径分别采用 10 000 m 和 5 000 m。

《铁路线路设备大修规则》规定相邻坡段的坡度差大于 3‰时需设置圆曲线形竖曲线。其半径为 20 000 ~ 10 000 m，困难地段不小于 5 000 m。

广深准高速铁路规定相邻坡段的坡度差 $i \geq 1‰$ 时，采用圆曲线形竖曲线。允许的竖向加速度为 0.021 g，相应的竖曲线半径为 15 000 m。

京沪高速铁路规定相邻坡段的坡度差 $i \geq 1‰$ 时，采用圆曲线形竖曲线。允许的竖向加速度为 0.040 g，相应的竖曲线半径为：

250 > v 160 km/h 时，R = 15 000 m；

300 > v 250 km/h 时，R = 20 000 m；

v > 300 km/h 时，R = 25 000 m。

2. 抛物线形竖曲线

《设规》规定改建既有线和增建第二线时，若既有线为抛物线形竖曲线，且折算竖曲线半径不小于圆曲线形的规定时，则可保留既有线的坡段连接标准。

《铁路线路设备大修规则》规定若相邻坡段的坡度差大于 2‰时，需设置抛物线形竖曲线。每 20 m 竖曲线长度的变坡率：凸形应不大于 1‰，凹形应不大于 0.5‰。

广深准高速铁路规定如原有竖曲线为抛物线形且能满足高速运行要求而无需改建的地段，仍保留原状。

3. 连续短坡竖曲线

在个别情况下，为了减少工程量或消灭断钩处所，当相邻两坡段的坡度急剧变化时，可采用连续短坡竖曲线连接。关于连续短坡竖曲线的技术要求，我国的技术规范中没有述及，根据国外有关铁路设计的图书资料中介绍，短坡长度应为钢轨长度的倍数，一般为 25 ~ 75 m，以利于线路维修养护；坡度的变更率由 0.5‰ ~ 0.75‰，一般为 0.5 的倍数。这样纵断面就形成一个具有半径极大的圆曲线内接着一个多边形。这种连续短坡曲线是被作为一个坡