



模块 1 线路的平面和纵断面

学习目标

- (1)了解铁路线路的组成,熟悉铁路线路的空间位置表示,会认线路标志。
- (2)掌握线路平面的组成及相关计算方法,会识线路平面图。
- (3)掌握线路纵断面的组成及相关计算方法,会识线路纵断面图。

1.1 铁路线路概述

铁路线路是供铁路列车和机车车辆运行的轨道路由,简称线路。铁路线路是列车与机车车辆运行的基础,是为了完成铁路客、货运输和行车作业,以及保证各项作业的安全而设置的。

1.1.1 线路的组成

铁路线路主要由路基、轨道及桥隧建筑物组成。

(1)路基。路基是线路的基础,直接承受轨道的重量和机车车辆及其载荷的压力。路基的质量直接影响着线路的质量和列车运行安全。因此,路基必须填筑坚实,基床要强化处理,并经常保持干燥、稳定和完好的状态,以保证铁路运输安全畅通。

(2)轨道。轨道铺设在路基之上,是引导机车车辆和列车运行、直接承受机车车辆和列车巨大压力的整体工程结构。轨道必须具有足够的强度和稳定性,以满足列车按照规定的最高速度安全、平稳、不间断地运行。

(3)桥隧建筑物。桥隧建筑物包括桥梁、涵洞和隧道等。

①桥梁。桥梁是铁路线路跨越江河、深谷、溪沟、公路或另一条铁路线路时所修建的建筑物。

②涵洞。涵洞是一种修筑在路堤下部的填土中,主要用于通过少量水流的建筑物。

③隧道。隧道是铁路线路穿越山岭时,为避免开挖深路堑或为缩短迂回线的长度而修建的建筑物,还包括各种水下隧道。

1.1.2 线路的空间位置表示

铁路线路在空间上的位置是用线路中心线表示的,由线路平面和线路纵断面组成。要表示出一条线路的空间位置,就需要把三维的线路转换为二维的平面图纸,把线路分别投影在地形图和铅垂面上,即得到线路的平面和纵断面,如图 1-1 所示。

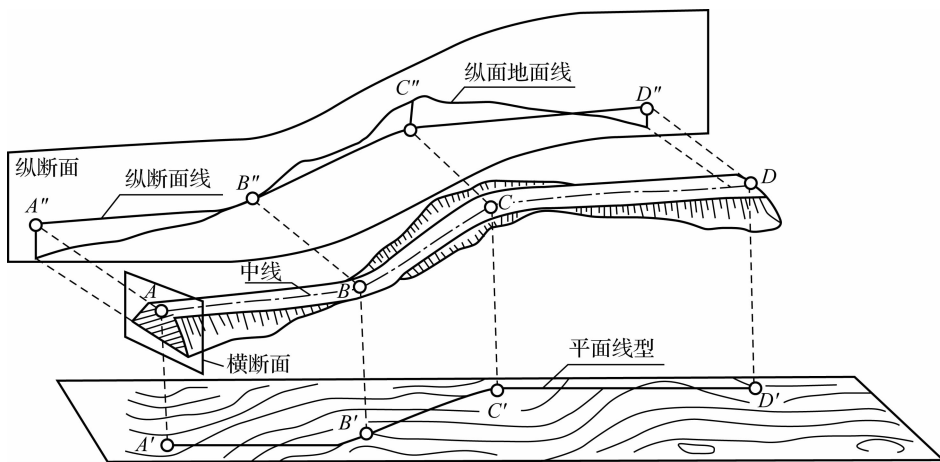


图 1-1 线路的空间位置

1.1.3 线路标志

线路标志是指为满足行车和线路养护维修要求以及司机和车长等工作上的需要,在铁路沿线设置的各种标明铁路建筑物和设备的位置及线路技术状态的标志。线路标志应设在线路内侧距线路中心不小于 3.1 m 处。线路标志按计算公里方向设在左侧,双线区段须另设线路标志时,应设在列车运行方向左侧。

普速铁路的线路标志包括公里标、半公里标、曲线标、圆曲线和缓和曲线的始终点标、桥梁标、隧道(明洞)标、坡度标,以及铁路局、工务段、线路车间、线路工区和供电段的界标。高速铁路的线路标志包括公里标、半公里标。

1. 公里标、半公里标

(1) 普速铁路的公里标、半公里标。

①公里标。公里标(图 1-2)表示从铁路起点开始计算连续里程,每一整公里处设一个。

②半公里标。半公里标(图 1-3)设在一条线路自起点计算半公里处。

(2) 高速铁路的公里标、半公里标。高速铁路的公里标、半公里标设在一条线路自起点计算每一整公里、半公里处,如图 1-4 所示。在有接触网支柱的地段,设置在距实际位置最近的接触网支柱上;在站内无接触网支柱的地段,按标准式样标注在站台侧面;在桥梁地段,

可设置在线路一侧的防护墙上;在隧道地段,设置在边墙上。其实际位置应在钢轨轨腰或无砟轨道底座上。



图 1-2 普速铁路的公里标



图 1-3 普速铁路的半公里标



(a)高速铁路的公里标



(b)高速铁路的半公里标

图 1-4 高速铁路的公里标、半公里标

2. 曲线标

曲线标设在曲线中点处,标明曲线中心里程、半径大小、曲线和缓和曲线长度,如图 1-5 所示。



图 1-5 曲线标



3. 圆曲线和缓和曲线的始终点标

圆曲线和缓和曲线的始终点标呈三棱柱形，侧面标有缓、直、圆字样，设在直缓、缓圆、圆缓、缓直各点处，标明所向方向为直线、圆曲线或缓和曲线，如图 1-6 所示。

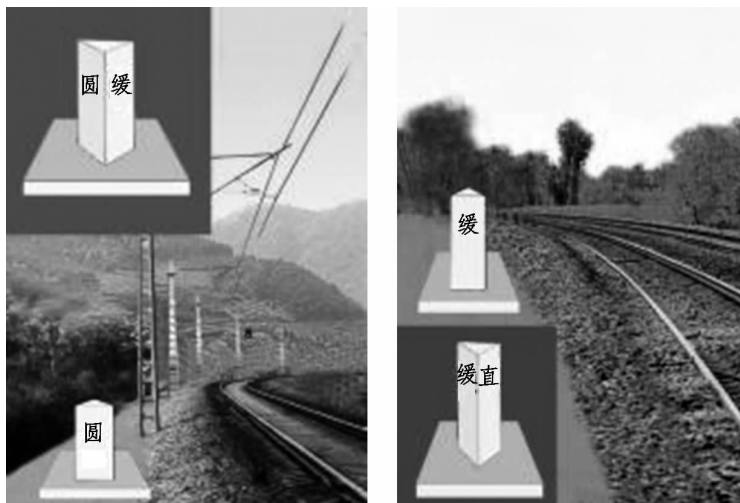


图 1-6 圆曲线和缓和曲线的始终点标

4. 桥梁标

桥梁标设在桥梁两端桥头处，标明桥梁编号、中心里程和长度，如图 1-7 所示。

5. 隧道(明洞)标

隧道(明洞)标直接标注在隧道(明洞)两端洞门端墙上，标明隧道号或名称，中心里程和长度，如图 1-8 所示。



图 1-7 桥梁标



图 1-8 隧道(明洞)标

6. 坡度标

坡度标设在线路坡度的变坡点处,两侧各标明其所向方向的上、下坡度值及长度。箭头向上斜表示上坡,箭头向下斜表示下坡,横线表示平道,如图 1-9 所示。



图 1-9 坡度标

7. 铁路局、工务段、线路车间、线路工区和供电段的界标

铁路局、工务段、线路车间、线路工区和供电段的界标设在各该单位管辖地段的分界点处,两侧标明所向的单位名称,如图 1-10 所示。



图 1-10 界标

1.2 线路平面

1.2.1 线路平面的组成

线路平面即线路中心线在水平面上的投影,表示线路中心线在平面上的具体位置,还能表明线路的曲、直变化状态,但不能反映出线路的其他特征。为缩短线路长度和改善运营条件,应尽可能设计较长的直线段。但是在实际建设中,由于受复杂多变的地面条件、运输效益、建设资金投入等条件的制约和限制,线路无法修建成理想状态,会存在曲线和坡道。为使列车由直线到曲线或由曲线到直线运行平稳,还应设置缓和曲线。因此,线路平面由直线、圆曲线及连接直线与圆曲线的缓和曲线组成。

1. 圆曲线

圆曲线是指在铁路线路转向处所设的曲线。圆曲线的基本组成要素包括曲线半径 R 、曲线转角 α 、曲线长 L 、切线长 T ,如图 1-11 所示。

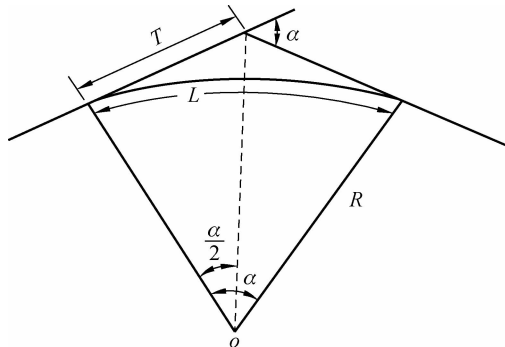


图 1-11 圆曲线的基本组成要素

在线路设计时,一般先设计出曲线转角 α 和曲线半径 R ,再按式(1-1)和式(1-2)计算出切线长 T 及曲线长 L 。

$$T = R \tan \frac{\alpha}{2} \quad (1-1)$$

$$L = R \alpha \frac{\pi}{180^\circ} \quad (1-2)$$

曲线转角 α 的大小由线路走向、绕过障碍物的需要等因素确定。曲线半径的大小反映了曲线弯曲度的大小。曲线半径越小,线路弯曲度越大,行车速度越慢,工程费用越低;相反,曲线半径越大,线路弯曲度越小,行车速度越快,工程费用越高。因此,正确、合理设计曲线半径是十分重要的。

影响曲线半径的因素主要有列车运行速度、地形条件、牵引机车的种类等,其中列车运行速度是选定最小曲线半径的主要依据。设计线路时,可根据具体条件尽可能地选用较大的曲线半径。

根据我国《铁路技术管理规程》(普速铁路部分),普速铁路 I、II 级铁路区间线路最小曲线半径的规定见表 1-1。《铁路技术管理规程》(高速铁路部分)规定,高速铁路区间线路最大曲线半径为 12 000 m,最小曲线半径规定见表 1-2。《铁路线路设计规范》(TB 10098—2017)规定,重载铁路平面最小曲线半径不应小于 800 m,困难条件下不应小于 600 m,特殊困难条件下经技术、经济比较确定。

表 1-1 普速铁路 I、II 级铁路区间线路最小曲线半径

单位:m

铁路等级	I			II	
路段设计行车速度/(km·h ⁻¹)	200	160	120	120	80
一般	3 500	2 000	1 200	1 200	600
困难	2 800	1 600	800	800	500

表 1-2 高速铁路区间线路最小曲线半径

单位:m

路段设计行车速度/(km·h ⁻¹)		最小曲线半径	
200	客运专线	一般	2 200
		困难	2 000
250	有砟轨道	一般	3 500
		困难	3 000
	无砟轨道	一般	3 200
		困难	2 800
300	有砟轨道	一般	5 000
		困难	4 500
	无砟轨道	一般	5 000
		困难	4 000
350	有砟轨道	一般	7 000
		困难	6 000
	无砟轨道	一般	7 000
		困难	5 500

2. 缓和曲线

缓和曲线是指为保证列车运行安全,避免离心力的突然产生和消除,使线路平顺地由直线过渡到圆曲线或由圆曲线过渡到直线,设置在直线与圆曲线之间的曲率半径逐渐变化的曲线。

缓和曲线的作用主要有:在缓和曲线范围内,随着缓和曲线的曲线半径由无穷大逐渐变化到等于其所衔接的圆曲线的半径(或由等于其所衔接的圆曲线的半径逐渐变化到无穷大),通过该线路的列车所受的离心力逐渐增加(或减少),列车不会产生强烈的横向摇摆,这有利于改善运营条件,从而保证行车安全和平顺。缓和曲线示意如图 1-12 所示。

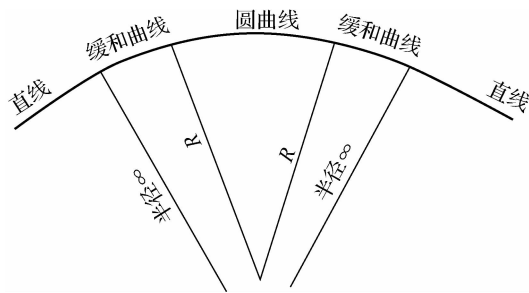


图 1-12 缓和曲线示意

缓和曲线的长度直接影响列车运行的安全性、平顺性。缓和曲线过短,显然不利于行车的安全和平顺;缓和曲线过长,又会给设置和养护带来困难。因此,缓和曲线的长度应根据曲线半径并结合该地段的行车速度和地形条件合理设计。有条件时应尽量采用较长的缓和曲线,以便创造更有利的运营条件。

3. 夹直线

夹直线是指为保证列车运行平稳,在两段相邻曲线间设置的一定长度的直线。两相邻曲线转向相同时称为同向曲线(图 1-13),转向相反时称为反向曲线(图 1-14)。图 1-13 和图 1-14 中的“HZ”(缓直)表示缓和曲线和夹直线的交点,“ZH”(直缓)表示夹直线与缓和曲线的交点。

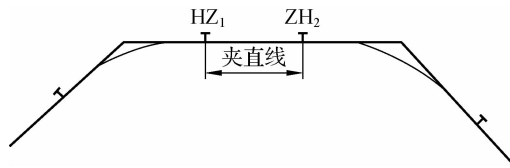


图 1-13 同向曲线

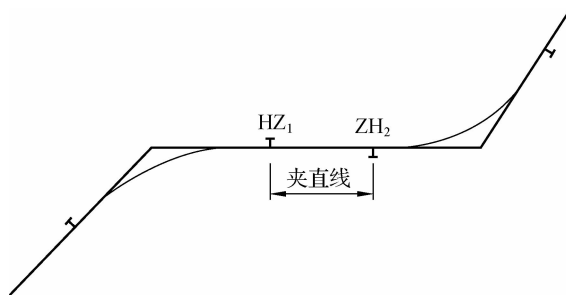


图 1-14 反向曲线

列车运行在同向曲线上时,因相邻曲线半径不同,超高高度不同,车体内倾斜度也不相同;列车运行在反向曲线上时,两曲线超高方向不同,所以车体时而向左倾斜,时而向右倾斜。这两种情况都会造成车体摇晃振动,夹直线越短,摇晃振动幅度越大。因此,为保证良好的运营条件,夹直线应尽量长一些,特别是反向曲线间的夹直线更应该长一些,因为列车

通过反向曲线时,其曲线单位附加阻力比单个曲线大,影响运行中列车的稳定与安全。

《铁路线路设计规范》(TB 10098—2017)中规定了客货共线铁路、城际铁路、高速铁路的夹直线长度。

(1)客货共线铁路的夹直线长度。客货共线铁路的夹直线长度不应小于表 1-3 规定的数值。

表 1-3 客货共线铁路夹直线最小长度

单位:m

路段设计速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)		200	160	120	100	80
工程条件	一般	160	130	80	60	50
	困难	120	80	50	40	30

(2)城际铁路的夹直线长度。城际铁路的夹直线长度根据式(1-3)和式(1-4)计算,并不应小于表 1-4 规定的数值。

$$\text{一般条件下: } L \geq 0.6v \quad (1-3)$$

$$\text{困难条件下: } L \geq 0.4v \quad (1-4)$$

式中, L 为夹直线长度(m); v 为设计速度(km/h)。

表 1-4 城际铁路夹直线最小长度

单位:m

设计速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)		200	160	120
工程条件	一般	120	100	80
	困难	80	70	50

(3)高速铁路的夹直线长度。高速铁路的夹直线长度根据式(1-5)和式(1-6)计算,并不应小于表 1-5 规定的数值。

$$\text{一般条件下: } L \geq 0.8v \quad (1-5)$$

$$\text{困难条件下: } L \geq 0.6v \quad (1-6)$$

式中, L 为夹直线长度(m); v 为设计速度(km/h)。

表 1-5 高速铁路夹直线最小长度

单位:m

设计速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)		350	300	250
工程条件	一般	280	240	200
	困难	210	180	150

4. 曲线附加阻力

列车在空旷地段沿平直轨道运行时受到的阻力为基本阻力,包括车轴与轴承之间、轮轨之间的阻力,以及钢轨接头对车轮的撞击阻力等,这些阻力在列车运行时是一直存在的。附加阻力是指列车在线路上运行时受到的额外阻力,随列车运行条件或线路平、纵断面情况而定。当列车通过曲线线路时,由于受惯性的作用,外侧车轮轮缘紧压外轨,磨耗增大,又由于曲线线路外轨长于内轨,外轮在外轨上滑行等原因,运行中的列车所受阻力比在直线上运行



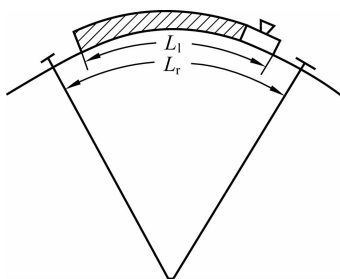
所受阻力大,两者之差称为曲线附加阻力。

(1)单位曲线附加阻力的计算。单位曲线附加阻力是指列车在曲线线路上运行时,曲线附加阻力与列车质量之比,我国通常用下列试验公式计算:

①列车整列运行在曲线上。列车整列运行在曲线上,即列车长度小于等于曲线长度的情况,如图 1-15 所示。该情况下单位曲线附加阻力的计算公式为

$$\omega_r = \frac{A}{R} \quad (1-7)$$

式中, ω_r 为单位曲线附加阻力(N/kN); A 为试验得出的常数,我国通常采用 600; R 为曲线半径(m)。



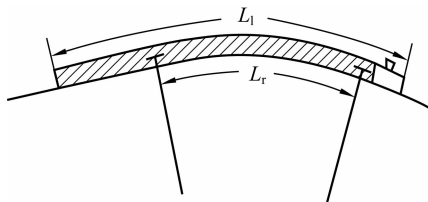
L_1 —列车长度; L_r —曲线长度。

图 1-15 列车整列运行在曲线上

②列车只有一部分运行在曲线上。列车只有一部分运行在曲线上,即列车长度大于曲线长度的情况,如图 1-16 所示。该情况下单位曲线附加阻力的计算公式为

$$\omega_r = \frac{A}{R} \cdot \frac{L_r}{L_1} \quad (1-8)$$

式中, ω_r 为单位曲线附加阻力(N/kN); A 为试验得出的常数,我国通常采用 600; R 为曲线半径(m); L_r 为曲线长度(m); L_1 为列车长度(m)。



L_1 —列车长度; L_r —曲线长度。

图 1-16 列车只有一部分运行在曲线上

(2)曲线附加阻力的计算。曲线附加阻力的计算是在单位曲线附加阻力的基础上进行的,计算公式为

$$W_r = \omega_r Q_g \quad (1-9)$$

式中, W_r 为曲线附加阻力(N); ω_r 为单位曲线附加阻力(N/kN); Q_g 为列车重力(kN)。

曲线半径越小,曲线附加阻力越大,运营条件就越差。同时,小半径曲线还会限制列车

的运行速度,加剧轮轨之间的磨耗,增加轨枕、轨距杆、轨撑等轨道设备及轨道养护维修费用。但是在困难地段,小半径曲线容易适应地形,对工程条件有利。因此,线路设计时,必须根据该铁路的最高设计速度由小到大合理地选用曲线半径。

1.2.2 线路平面图

铁路线路平面图是指用一定的比例尺(1:2 000 或 1:10 000)和规定的符号,把铁路线路中心线及其两侧的地面情况投影到水平面上绘出的图,如图 1-17 所示。

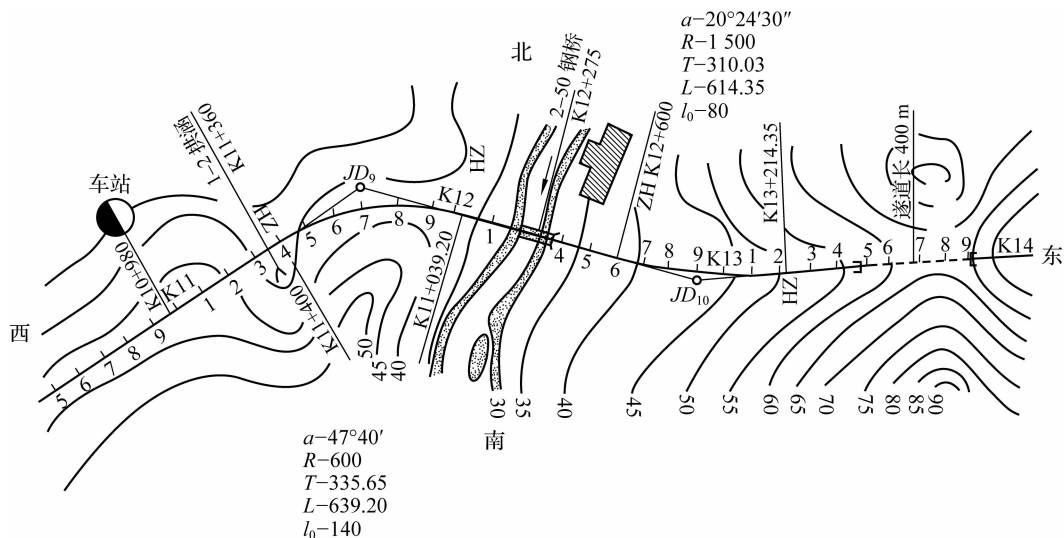


图 1-17 铁路线路平面图

(1)线路平面。图 1-17 中的粗实线为线路中心线,可以从图中看出线路的走向及直、曲线情况,虚线部分为隧道。该段线路包括三段直线、两段曲线。

(2)线路里程标和百米标。线路自起点开始,每到整公里处注有线路里程标,如 K12 为设计的里程 12 km 处。在各里程标之间整百米处注有百米标,如图 1-17 中线路中心线上的 1,2,3,⋯,9。

(3)曲线要素和起、终点里程。在各曲线内侧平行于线路注有曲线要素。曲线起点 ZH(直缓点)和终点 HZ(缓直点),以及 HY(缓圆点)和 YH(圆缓点)的里程数应垂直于线路标注在曲线内侧。

(4)各种建筑物。铁路沿线的桥梁、涵洞、隧道、车站等建筑物,应以规定的图例符号表示,并标明其类型、有关尺寸及所在位置的中心里程等。

(5)地形。铁路线路平面图中用等高线来表示铁路线路经过地的地面起伏形状。例如,山顶的等高线闭合,数值从中心向四周逐渐降低;盆地或洼地的等高线闭合,数值从中心向四周逐渐升高;等高线越密集,地形越陡峭,等高线越稀疏,坡度越舒缓,等高线重合处为悬崖。

1.3 线路纵断面

1.3.1 线路纵断面的组成

线路纵断面是指线路中心线纵向展直后在铅垂面上的投影,表示线路的起伏状况,其标高为路肩标高或轨顶标高。为了适应地面的起伏,铁路线路上除了平道以外,还修建了不同的坡道。线路纵断面的组成要素有平道、坡道及设于变坡点处的竖直线。

1. 坡道的坡度

铁路线路坡道的坡度大小用千分率表示,即一段坡道两 endpoints 的高差 h 与水平距离 L 之比,用 i 表示。坡道的坡度示意图如图 1-18 所示。

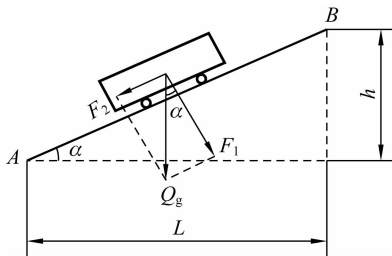


图 1-18 坡道的坡度示意图

坡度的计算公式为

$$i = 1\,000\%_0 \times \frac{h}{L} = 1\,000\%_0 \tan \alpha \quad (1-10)$$

式中, i 为坡度; h 为坡道两 endpoints 的高度差(m); L 为坡道两 endpoints 的水平距离(m); α 为坡道段线路中心线与水平线的夹角。

若设 $h=5\text{ m}$, $L=4\,000\text{ m}$, 则坡度 $i=1.25\%_0$ 。铁路线路根据地形的变化分为上坡、下坡和平道。上坡、下坡是按照列车运行方向来区分的,通常用“+”表示上坡,用“-”表示下坡,用“0”表示平道。例如, $-2\%_0$ 表示线路每 1 km 的水平距离降低 2 m , $+2\%_0$ 表示线路每 1 km 的水平距离升高 2 m 。

2. 坡道附加阻力

坡道附加阻力是指列车在坡道上运行时受到的由坡道引起的阻力。如图 1-18 所示,列车在坡道上行驶时,其重力 Q_g 可分解为 F_1 和 F_2 两个分力, F_1 由轨道的反作用力平衡, F_2 平行于轨道坡面,即为坡道的坡度引起的坡道附加阻力。坡道附加阻力用 W_i 表示,计算公式为

$$W_i = Q_g \cdot \sin \alpha \quad (1-11)$$

式中, W_i 坡道附加阻力(N); Q_g 为列车重力(kN); α 为坡道段线路中心线与水平线的夹角。

铁路线路坡度的夹角很小,如 $i=30\%$ 时, α 仅为 $1^\circ 44'$, 而 α 很小时, $\tan \alpha \approx \sin \alpha$, 因此计算公式可变形为

$$W_i = Q_g \tan \alpha \quad (1-12)$$

又因 $i = \tan \alpha$, 则

$$W_i = Q_g i \quad (1-13)$$

单位坡道附加阻力是指坡道附加阻力与列车质量之比,用 w_i 表示。

(1) 当列车整列位于坡道上时,单位坡道附加阻力的计算公式为

$$w_i = \frac{W_i}{Q_g} = i \quad (1-14)$$

式中, w_i 为单位坡道附加阻力(N); W_i 为坡道附加阻力(N); Q_g 为列车重力(kN)。

(2) 当列车只有一部分位于坡道上时,单位坡道附加阻力的计算公式为

$$w_i = \pm \frac{W_i}{Q_g} \cdot \frac{L_r}{L_l} = \pm i \cdot \frac{L_r}{L_l} \quad (1-15)$$

式中, w_i 为单位坡道附加阻力(N); W_i 为坡道附加阻力(N); Q_g 为列车重力(kN); L_r 为坡道长度(m); L_l 为列车长度(m)。

坡道的坡度越大,列车上坡时的坡道阻力也越大,在列车速度相同的条件下,同一辆机车所能牵引的列车质量也就越小。

3. 变坡点与坡段长度

变坡点是指相邻两坡段的交点,两变坡点间的距离为坡段长度。从运营角度来看,纵断面的坡段越长,变坡点越少,越有利于列车平稳运行,但在地形条件困难时,较长的坡段又会增加工程量。一般情况下,坡段长度不短于远期列车长度的一半,使一个列车长度范围内不超过两个变坡点,以降低变坡点附加力的叠加影响所引起列车运行的不平稳性。《铁路线路设计规范》(TB 10098—2017)中规定的各类线路最小坡段长度如下:

(1) 客货共线铁路旅客列车。

① 旅客列车设计速度为 200 km/h 的路段,一般条件下,坡段长度不宜小于 600 m 且不宜连续使用;困难条件下,坡段长度不应小于 400 m 且不应连续使用。

② 旅客列车设计速度为 160 km/h 的路段,坡段长度不应小于 400 m 且不应连续使用两个以上。

③ 旅客列车设计速度小于 160 km/h 的路段,应符合下列规定:

a. 坡段长度不宜小于表 1-6 规定的数值。

表 1-6 旅客列车设计速度小于 160 km/h 路段的最小坡段长度

单位:m

远期到发线有效长度	$\geq 1\ 050$	850	750	650
最小坡段长度	400	350	300	250

b. 凸形纵断面顶部为缓和坡度差而设置的分坡平段的长度不应小于 200 m。

c. 困难条件下,因坡度减缓或折减而形成的坡段、长路堑内为排水而设置的“人”字坡坡



段,长度均可减至 200 m。

(2)城际铁路。城际铁路正线宜设计为较长的坡段。一般条件下,最小坡段长度不应小于 400 m;困难条件下,最小坡段长度不应小于 200 m 且不宜连续使用。

(3)高速铁路。高速铁路正线宜设计为较长的坡段。一般条件下,最小坡段长度不应小于 900 m 且不宜连续使用;困难条件下,最小坡段长度不应小于 600 m 且不应连续使用。列车全部停站的车站两端坡段长度不应小于 400 m。

4. 竖曲线

竖曲线是指线路纵断面上的圆曲线。车辆经过变坡点时,会产生振动和竖向加速度,同时由于坡度变化,车钩会产生一种附加应力。车辆经过变坡点时的状态如图 1-19 所示。当车辆经过凹凸地点时,相邻车辆处在不同的坡道上,易产生车钩上下错移,这些现象将会随相邻坡段坡度代数差的增加而加剧,甚至会发生断钩、脱钩等事故。因此,为使列车在纵断面上不以折线运行,两相邻坡段应以竖曲线连接。

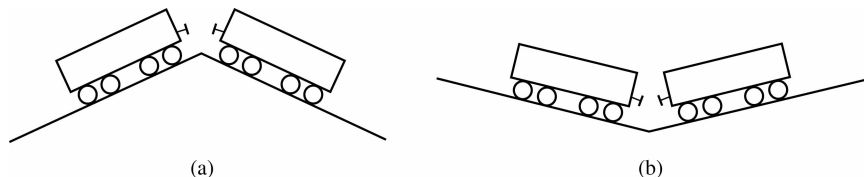


图 1-19 车辆经过变坡点时的状态

《铁路线路设计规范》(TB 10098—2017)中对竖曲线的设置规定如下:

(1)客货共线及重载铁路。

①路段设计速度为 160 km/h 及以上的地段,当相邻坡段的坡度差大于 1‰时,竖曲线半径不得小于 15 000 m。

②路段设计速度小于 160 km/h 的地段,当相邻坡段的坡度差大于 3‰时,竖曲线半径不得小于 10 000 m。

(2)城际铁路。设计速度为 160 km/h 及以上的线路,当相邻坡段的坡度差大于或等于 1‰时,采用圆曲线型竖曲线连接;设计速度为 160 km/h 以下的线路,当相邻坡段的坡度差大于或等于 3‰时,采用圆曲线型竖曲线连接。城际铁路线路最小竖曲线半径见表 1-7。

表 1-7 城际铁路线路最小竖曲线半径

单位:m

设计速度/(km·h ⁻¹)		200	160	120	120 以下
工程条件	一般	15 000	15 000	10 000	5 000
	困难	10 000	8 000	5 000	3 000

(3)高速铁路。

①正线相邻坡段的坡度差大于或等于 1‰时,应采用圆曲线型竖曲线连接,最小竖曲线半径应根据设计速度按表 1-8、表 1-9 选用。

表 1-8 高速铁路线路最小竖曲线半径

设计速度/(km·h ⁻¹)	350	300	250
最小竖曲线半径/m	25 000	25 000	20 000

表 1-9 高速铁路线路限速地段最小竖曲线半径

设计速度/(km·h ⁻¹)	200	160	120	80
最小竖曲线半径/m	15 000	15 000	10 000	5 000

②竖曲线与平面圆曲线不宜重叠设置,困难条件下重叠设置时,最小曲线半径和最小竖曲线半径应符合表 1-10 的规定。

表 1-10 竖曲线与平面圆曲线重叠设置时的最小曲线半径和最小竖曲线半径 单位:m

设计速度/(km·h ⁻¹)		350	300	250
最小曲线半径	工程条件一般	7 000	5 000	3 500
	工程条件困难	6 000	4 500	3 000
最小竖曲线半径		25 000	25 000	20 000

5. 换算坡度

若坡道上有曲线,则列车在坡道上运行时遇到的单位附加阻力是单位曲线附加阻力(w_r)与单位坡道附加阻力(w_i)之和,用 w_z 表示,计算公式为

$$w_z = w_r + w_i \quad (1-16)$$

曲线附加阻力无负值,坡道附加阻力有正、负,上坡取“+”,下坡取“-”。

前文已证明单位坡道附加阻力在数值上等于该坡道的坡度。因此,总的单位附加阻力也可用一个相当的坡道附加阻力代替,这个相当的坡道称为换算坡道。换算坡道的坡度称为换算坡度或加算坡度,用 i_h 表示,其计算公式为

$$i_h = i + w_r \quad (1-17)$$

由此可知,当坡道上有曲线时,列车上坡运行时坡道就显得更陡,而下坡运行时坡道则显得平缓。

6. 限制坡度

每条铁路线路都由许多平道和不同坡度的坡道组成,坡道的坡度不同,对列车质量的影响也不同。某个区间或区段内对牵引质量起限制作用的坡道为限制坡度,即一台机车牵引规定质量的列车车辆以规定的计算速度做等速运行时能爬上的最大坡度。

一条铁路线路的限制坡度越小,机车牵引质量越大,运营效率越高。但采用过小的限制坡度又可能造成土石方工程量过大,提高线路造价。因此,线路的限制坡度应根据铁路等级、地形类别来确定。

(1)普速铁路。《铁路技术管理规程》(普速铁路部分)中规定的 I、II 级铁路区间线路最大限制坡度见表 1-11。

表 1-11 I、II 级铁路区间线路最大限制坡度

铁路等级		I		II	
		一般	困难	一般	困难
牵引种类	电力	6.0‰	15.0‰	6.0‰	20.0‰
	内燃	6.0‰	12.0‰	6.0‰	15.0‰

(2)高速铁路。《铁路技术管理规程》(高速铁路部分)规定高速铁路区间正线的最大坡度不宜大于 20‰,困难条件下经技术经济比较后不应大于 30‰。动车组走行线的最大坡度不宜大于 30‰,困难条件下不应大于 35‰。当动车组走行线的最大坡度大于 30‰时,宜铺设无砟轨道。

1.3.2 线路纵断面图

铁路线路纵断面图是指用一定的比例尺(水平方向为 1:10 000,垂直方向为 1:1 000)和规定的符号,将平面图上的线路中心线展直后投影到铅垂面上,并注有线路平面和纵断面有关资料的图,如图 1-20 所示。

由图 1-20 可知,铁路线路纵断面图由上、下两部分组成。上部分表示线路纵断面的概貌和沿线主要建筑物特征;下部分是表格,主要标注出路肩设计高程和设计坡度等。线路上方数字为路基填方高度,下方数字为路基挖方高度。路基填、挖高度等于地面标高与路肩设计标高之差。图中还注明了各主要建筑的位置、类型和有关尺寸。

(1)连续里程。一般从线路起点车站的旅客站房中心起算,在每一整公里处注明里程。

(2)线路平面。线路平面是表示线路直、曲变化的示意图。凸起部分表示右偏角曲线,凹下部分表示左偏角曲线,凸起与凹下的斜线转折点依次为 ZH、HY、YH、HZ 点。在 ZH 和 HZ 点处注有距前百米标的距离。曲线要素标注于曲线内侧,两相邻曲线间的水平线为直线段。从纵断面图上可看出曲线所在处的坡度情况。

(3)百米标和加标。在两公里标之间的整百米处标注百米标数。在百米标之间地形突变点标注加标,其数字为距前百米标的距离,单位均为米。

(4)地面高程。在百米标和加标处标注地面高程。

(5)设计坡度。两竖线间向上或向下的斜线、水平线分别表示上坡、下坡和平道。线上所注数字为坡度值,线下所注数字为坡段长度。

(6)路肩设计标高。在各变坡点、百米标、加标处标注路肩设计标高,精度为 0.01 m。

(7)工程地质特征。简明扼要地填写沿线各路段重大不良的地质现象、主要地层构造等情况。

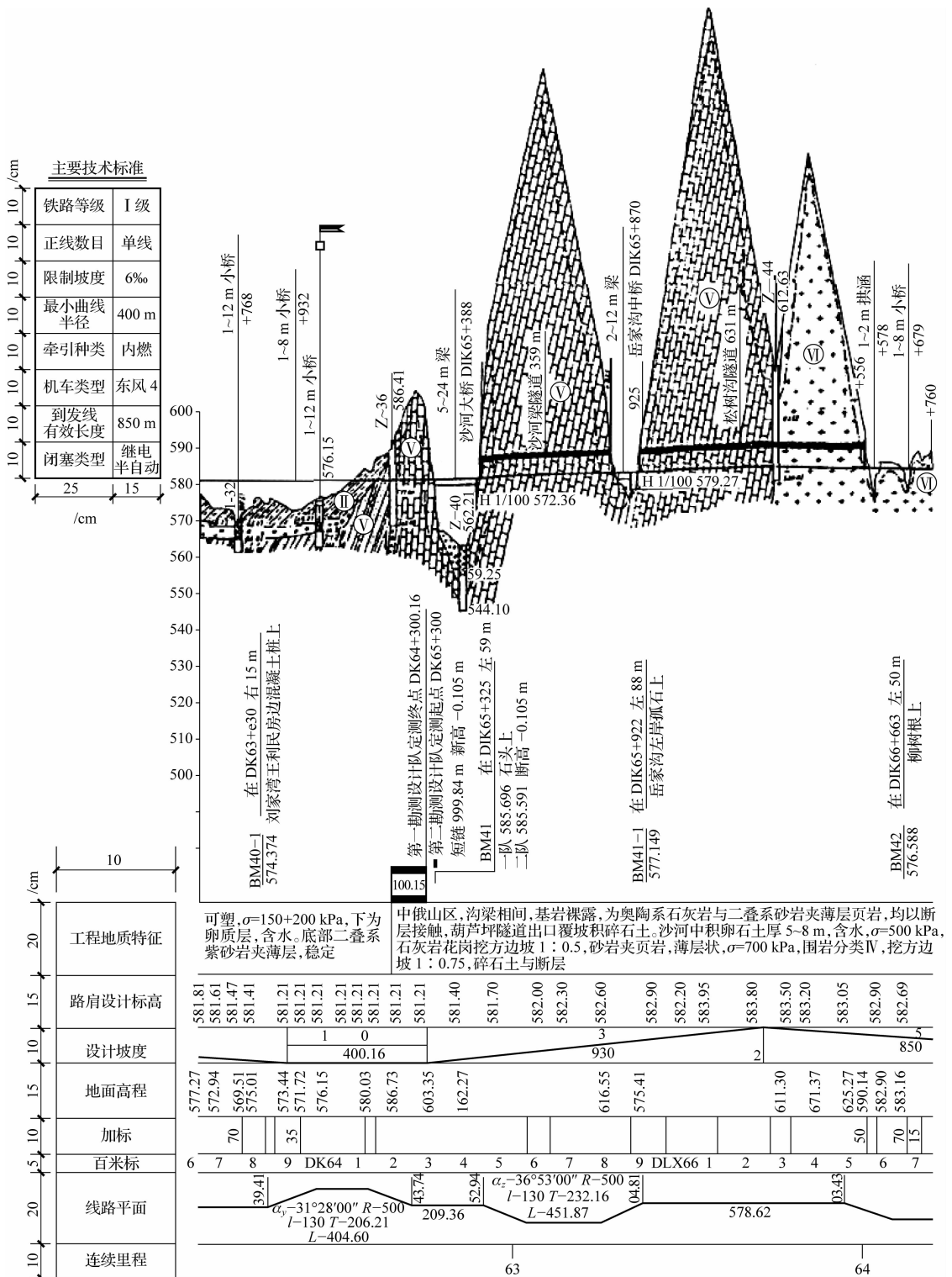


图 1-20 铁路线路纵断面图



思考与练习

- (1) 普速铁路和高速铁路分别有哪些线路标志?
- (2) 什么是圆曲线、缓和曲线?
- (3) 什么是线路平面图? 什么是线路纵断面图?
- (4) 如何确定曲线附加力?
- (5) 若坡道两端点的高度差为 8 m, 坡道两端点的水平距离为 10 km, 那么该坡段的坡度是多少?