

526024

● 高等学校教材

● 高等学校教材

● 北方交通大学 朱成麟 主编

铁道工程测量学

《下册》

中国铁道出版社

高等学校教材

铁道工程测量学

(下册)

北方交通大学 朱成麟 主编

西南交通大学 王兆祥 主审

中 铁 道 出 版 社

1983年·北京

内 容 简 介

《铁道工程测量学》分上、下两册出版。上册内容包括基本的测量工作和地形测量,共九章。详细介绍了水准仪、经纬仪等常用仪器及其最新型号仪器的构造和使用;高程、角度、距离和直线方向等基本测量工作的各种方法;测量误差的基本知识;大比例尺地形测量的控制和地形图的测绘及其应用。下册为铁道工程测量,共七章。介绍铁路曲线的测设;铁路新线和既有线的测量;桥、隧的施工控制测量;线路、桥梁及隧道的施工测量以及房屋和管道的施工测量;并新增加了全球定位系统(GPS)简介等测量内容。

本书是根据铁道工程专业的培养目标和要求编写的,同时也兼顾了桥梁、隧道、运输、工民建和给排水等专业的需要,可作为以上各专业的测量教材使用。

高等学校教材

铁道工程测量学

(下册)

北方交通大学 朱成熹主编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 刘桂华 封面设计 王毓平

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 12.25 字数: 302千

1989年10月 第1版 第1次印刷

印数: 1—10,000册 定价: 2.50元

前 言

根据铁道部高等学校铁道工程、桥、隧专业教材编审委员会1985年会议决定，对1979年由铁道出版社出版的试用教材《铁道工程测量学》进行修订。为便于教学分上、下两册出版。本书为下册，是在原试用教材第十章至第十五章的基础上，根据近几年来教学实践的经验和科技发展的现状修订而成。

本书上册主要讲授测量学的基本知识及基本操作方法；下册主要讲授测量学在铁道工程专业中的应用。

修订后，与原试用教材相比较，增加了既有铁路线路测量、房屋建筑测量、管道工程施工测量等章；并将原试用教材“铁路定线测量”经充实内容后改为“铁路新线线路测量”，并增写了“铁路航测中的外业控制测量与像片调绘”；将三角测量及精密导线测量二章合并为施工控制测量基础，加强了三角网条件平差，新增了测边网及边角网平差和全球定位系统（GPS）简介等内容；在施工测量中，增写了竣工测量，在铁路隧道施工测量中，把电磁波测距导线环放到了重要地位。本书经修订后，扩大了专业应用范围，突出了新技术的应用，如：应用光电测距仪测设铁路曲线、进行施工控制测量；引用激光水准仪进行房屋放样测量等。

为了帮助学生理解和巩固所学知识，每章均附有习题和思考题。

本册由北方交通大学朱成麟教授主编，西南交通大学王兆祥教授主审。参加这次修编工作的有北方交通大学杜玉先（第十章）、魏志芳（第十一、十四章）、谢世德（第十二章一至五节）、朱成麟（第十二章第六节）、廖贤明（第十三章）、刘宏谟（第十五、十六章）。

编 者

1988年9月

目 录

第十章 铁路曲线测设	1
10—1 铁路线路平面组成和平面位置的标志	1
10—2 圆曲线的测设	1
10—3 用偏角法测设圆曲线	3
10—4 用切线支距法测设圆曲线	8
10—5 圆曲线加缓和曲线的测设	9
10—6 用切线支距法测设圆曲线加缓和曲线	15
10—7 用偏角法测设圆曲线加缓和曲线	16
10—8 遇障碍时曲线的测设方法	19
10—9 控制点有障碍时曲线的测设方法	22
10—10 用光电测距仪测设铁路曲线（极坐标法）	24
10—11 曲线测设的误差规定	28
10—12 长大曲线和回头曲线的测设	29
习 题	31
第十一章 铁路新线线路测量	33
11—1 新线初测	33
11—2 新线定测	49
11—3 铁路航测中的外业控制测量与像片调绘	60
习题与思考题	66
第十二章 施工控制测量基础	67
12—1 三角测量	67
12—2 三角网按条件平差	75
12—3 测边网和边角网平差简介	89
12—4 精密导线测量	94
12—5 导线点位误差估算	96
12—6 全球定位系统（GPS）简介	99
习 题	104
第十三章 铁路施工测量	106
13—1 测设的基本工作	106
13—2 铁路线路施工测量	109
13—3 铁路桥梁施工测量	112
13—4 铁路隧道施工测量	121
13—5 竣工测量	136
习 题	138

第十四章 既有铁路线路测量	140
14—1 线路纵向丈量及横向测绘	140
14—2 线路中线平面测量	144
14—3 线路高程测量	148
14—4 线路横断面测量	149
14—5 既有线站场测绘	150
习题与思考题	156
第十五章 房屋测量	157
15—1 房屋测量的任务与工作程序	157
15—2 房屋施工测量的基本工作	157
15—3 铁路房屋及民用建筑施工测量	157
习 题	176
第十六章 管道工程施工测量	177
16—1 管道工程测量概述	177
16—2 管道中线测量	177
16—3 管道纵横断面图测绘	179
16—4 管道施工测量	181
16—5 顶管施工测量	184
16—6 管道竣工测量和竣工图的编绘	187
思 考 题	188

第十章 铁路曲线测设

10—1 铁路线路平面组成和平面位置的标志

铁路线路，由于受地形、地物或其他因素的限制，需要改变方向。在线路改变方向处，相邻两直线间要求用曲线连结起来，以保证列车顺利通过。这种曲线称平面曲线或铁路曲线。

平面曲线主要分为圆曲线和缓和曲线。如图10—1所示，圆曲线是具有一定曲率半径的圆弧；缓和曲线是连接直线与圆曲线的过渡曲线，其曲率半径由无穷大（直线的半径）逐渐变化为圆曲线半径。根据铁道部公布的《铁路工程技术规范》规定，在铁路干线线路中都要加设缓和曲线；但在地方专用线、厂内线路及站场内线路中，由于列车速度不高，有时可不设缓和曲线，只设圆曲线。



图 10—1

在地面上标定线路的平面位置时，常用方木桩打入地下，并在桩面上钉一小钉，以表示线路中心的位置。在线路前进方向左侧约0.3m处打一标志桩，写明主桩的名称及里程。所谓里程是指该点离线路起点的距离，通常以线路起点为 $K 0 + 000.00$ 。图10—2中的主桩为直线上的一个转点（ZD），它的编号为31；其里程为 $K 3 + 402.31$ ， $K 3$ 表示3km，401.31表示公里以下的米数，即注明此桩离开线路起点的距离为3402.31m。

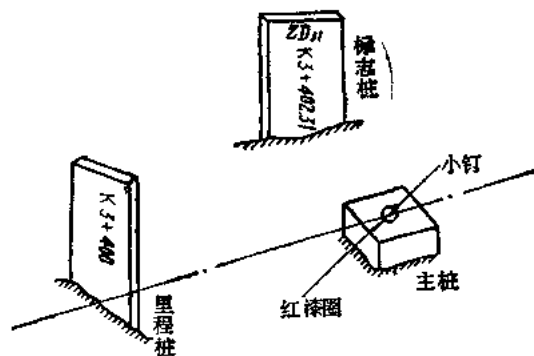


图 10—2

10—2 圆曲线的测设

一、圆曲线的主点

圆曲线的主点，如图10—3所示：

ZY——直圆点，即直线与圆曲线的分界点；

QZ——曲中点，即圆曲线的中点；

YZ——圆直点，即圆曲线与直线的分界点。

以上三点总称为圆曲线的主点。

JD ——两直线的交点，也是一个重要的点，但不在线路上。

二、圆曲线要素

T ——切线长，即交点至直圆点或圆直点的直线长度；

L ——曲线长，即圆曲线的长度（ ZY —— QZ —— YZ 圆弧的长度）；

E_0 ——外矢距，即交点至曲中点的距离（ JD 至 QZ 之距离）；

α ——转向角，即直线转向角；

R ——圆曲线半径。

T 、 L 、 E_0 、 α 、 R 总称为圆曲线要素。

其间几何关系为：

$$\text{切线长} \quad T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{曲线长} \quad L = R \cdot \alpha \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \quad (10-1)$$

$$\text{外矢距} \quad E_0 = R \cdot \sec \frac{\alpha}{2} - R = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$$

式中， α 已在定测时测出； R 已在线路设计时选定。 α 及 R 已知，即可根据公式(10-1)算出圆曲线的要素 T 、 L 、 E_0 。

实际工作中，可按 α 、 R 为引数查《铁路曲线测设用表》（以下简称曲线表），一般不需公式计算。

曲线表中的“圆曲线资料表”如表10—1，用于查算圆曲线资料。该表以 $R=100\text{m}$ 编制，若 $R \neq 100$ 时，只需将表中查得的数值乘上 $R/100$ 的系数即可。例如：当 $R=1000\text{m}$ 时，乘10； $R=500\text{m}$ 时乘5。

圆曲线资料表 ($R=100\text{m}$)

表10—1

角度	T	一分之差		E_0	一分之差		L	调整数		调整数	
		Δ	Δ		Δ	Δ		角度	曲线长	角度	曲线长
55°00'	52.0567			12.3782			95.9931	1'	291	1'	5
10'	52.2417	185.0	30.8	12.8237	85.6	14.3	96.2840	2	582	2	10
20'	52.4270	185.8	30.9	12.9096	85.9	14.3	96.5749	3	878	3	15
30'	52.6125	185.6	30.9	12.9959	86.3	14.4	96.8658	4	1164	4	19
40'	52.7984	185.8	31.0	13.0826	86.7	14.4	97.1567	5	1454	5	24
50'	52.9845	186.1	31.0	13.1698	87.0	14.5	97.4475	6	1745	6	29
55°00'	53.1709	186.4	31.1	13.2570	87.4	14.6	97.7384	7	2036	7	34
10'	53.3577	186.7	31.1	13.3448	87.8	14.6	98.0293	8	2327	8	39
20'	53.5446	187.0	31.2	13.4328	88.2	14.7	98.3202	9	2618	9	44
30'	53.7319	187.3	31.2	13.5215	88.5	14.8	98.6111	10	2909	10	49
40'	53.9195	187.6	31.3	13.6104	88.9	14.8	98.9020			15	73
50'	54.1074	187.9	31.3	13.6997	89.3	14.9	99.1929			20	97
										25	121
										30	145
										35	170
										40	194
										45	218
										50	242
										55	267

注： Δ 单位为 $\frac{1}{10} \text{ mm}$

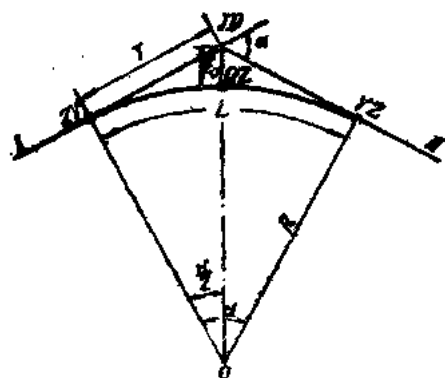


图 10—3

例：已知 $\alpha=55^{\circ}43'24''$ ， $R=500\text{m}$ ，求圆曲线各要素 T 、 L 、 E_0 。

查表10—1： $R=100\text{m}$ ； $\alpha=55^{\circ}43'24''$ 时

$$T=52.862\text{m}$$

$$L=97.256\text{m}$$

$$E_0=13.112\text{m}$$

当 $R=500\text{m}$ 时，则

$$T=52.862 \times 5 = 264.31\text{m}$$

$$L=97.256 \times 5 = 486.28\text{m}$$

$$E_0=13.112 \times 5 = 65.56\text{m}$$

三、圆曲线里程计算

圆曲线的主点必须标志里程，里程增加的方向为 $ZY \rightarrow QZ \rightarrow YZ$ 。如上例，若已知 ZY 点的里程为 $K37+553.24$ ，则 QZ 及 YZ 的里程可计算如下：

$$\begin{array}{r} ZY \quad 37+553.24 \\ + \frac{L}{2} \quad 243.14 \\ \hline QZ \quad 37+796.38 \\ + \frac{L}{2} \quad 243.14 \\ \hline YZ \quad 38+039.52 \end{array}$$

四、圆曲线主点的测设

在交点(JD)安置经纬仪，如图10—3，以望远镜瞄准Ⅰ直线方向上的一个转点，沿该方向量切线长 T 得 ZY 点；再以望远镜瞄准Ⅱ直线上的一个转点，沿该方向量切线长 T 得 YZ 点，平转望远镜至内分角线方向，量 E_0 ，用盘左、盘右分中法得 QZ 点。这三个主点规定用方桩加钉小钉标志点位。

五、圆曲线曲线点的测设

圆曲线的主点 ZY 、 QZ 、 YZ 定出后，还不能在地面上标定出圆曲线的形状，作为勘测设计及施工的依据，因而还必须在圆曲线上定出一些加密的点，这些点称曲线点。《铁路测量技术规则》规定，曲线点的间距宜为20m；在地形复杂处一般取为10m，在点上要钉设木桩，以标定曲线的形状，在地形变化处还要加钉木桩（称为加桩）。设置曲线点的工作称曲线测设。测设圆曲线常用的方法有偏角法和切线支距法。我国现场常用的方法为偏角法。

10—3 用偏角法测设圆曲线

一、用偏角法测设圆曲线的原理

偏角即弦切角

用偏角法测设圆曲线的原理 即：根据偏角及弦长测设曲线点，如图10—4，从 ZY 点出发，根据偏角 δ_1 及弦长 c （ $ZY-1$ ）测设曲线点1；根据偏角 δ_2 及弦长 c （ $1-2$ ）测设曲线点2……等。

1. 4 .

弦长的计算 由于铁路曲线半径甚大（最小半径为200m），20m的弦长与曲线长之差很小，在测量误差允许范围以内，一般可不计，故在测设工作中若曲线长在 20m 及 20m 以下时，就用弦长代替相应的曲线长。

二、偏角的计算

按几何关系，偏角等于弦所对应的圆心角之半。如图10—4，ZY—1曲线长为 K ，所对圆心角

$$\varphi = \frac{K}{R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

则相应的偏角

$$\delta = \frac{\varphi}{2} = \frac{K}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

当所测曲线各点间的距离相等时，以后各点的偏角则为第一个偏角 δ_1 的累计倍数。即：

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \frac{\varphi}{2} = \frac{K}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \\ \delta_2 &= 2\delta_1 \\ \delta_3 &= 3\delta_1 \\ &\dots\dots \\ \delta_n &= n\delta_1 \end{aligned} \right\}$$

(10—2)

分弦的偏角 在实际工作中，曲线点要求设置在整数（20m的倍数）里程上，即里程尾数为00，20，40，60，80m等点上。但曲线的起点ZY，中间点QZ及终点YZ常不是整数里程，因此曲线两端及中间出现小于20m的弦。这样的弦称分弦。例如前面例题中：ZY的里程为37+553.24，QZ的里程为37+796.38，YZ的里程为38+039.52，因而曲线两端及中间出现四段分弦。其所对应的曲线长分别为 K_1 ， K_2 ， K_3 ， K_4 如图10—5。

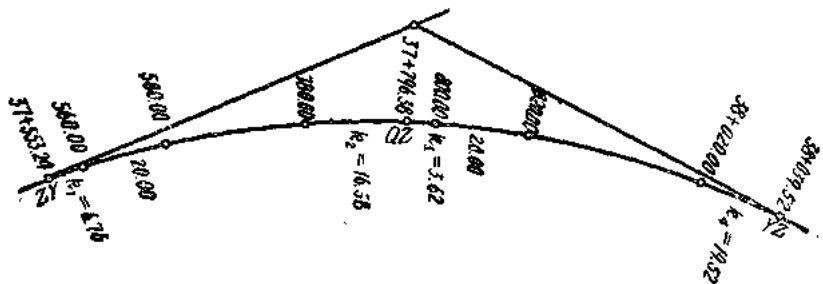


图 10—5

$$K_1 = 560.00 - 553.24 = 6.76\text{m}, \text{ 相应的偏角值 } \delta_1 = \frac{K_1}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$K_2 = 796.38 - 780.00 = 16.38\text{m}, \text{ 相应的偏角值 } \delta_2 = \frac{K_2}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$K_3 = 800.00 - 796.38 = 3.62\text{m}, \text{ 相应的偏角值 } \delta_3 = \frac{K_3}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}.$$

$$K_4 = 039.52 - 020.00 = 19.52\text{m}, \text{ 相应的偏角值 } \delta_4 = \frac{K_4}{2R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}.$$

偏角值的计算可按公式(10—2)用计算器计算,也可用曲线表进行查算。铁路曲线测设用表中《圆曲线偏角累计表》即按公式(10—2)以等间隔曲线长 $K=20\text{m}$ 制成,用以查算各曲线的偏角值,如表10—2所示。

圆 曲 线 偏 角 累 计

表10—2

$R = 500$					
曲 线 长 (m)	偏 角		曲 线 长 (m)	偏 角	
	正 拨	反 拨		'	"
20	1°08'45"	358°51'15"			
40	2 17 31	357 42 29	0.01		2.1
60	3 26 16	356 33 44	0.02		4
80	4 35 01	355 24 59	0.03		6
100	5 43 46	354 16 14	0.04		8
120	6 52 32	353 07 28	0.05		10
140	8 01 17	351 58 43			
160	9 10 02	350 49 58	0.06		12
180	10 18 48	349 41 12	0.07		14
200	11 27 33	348 32 27	0.08		17
220	12 36 18	347 23 42	0.09		19
240	13 45 04	346 14 56	0.10		21
260	14 53 49	345 06 11			
280	16 02 34	343 57 26	0.11		23
300	17 11 19	342 48 41	0.12		25
320	18 20 05	341 39 55	0.13		27
340	19 28 50	340 31 10	0.14		29
360	20 37 35	339 22 25	0.15		31
380	21 46 21	338 13 39			
400	22 55 06	337 04 54	0.16		33
420	24 03 51	335 56 09	0.17		35
440	25 12 37	334 47 23	0.18		37
460	26 21 22	333 38 38	0.19		39
480	27 30 07	332 29 53	0.20		41
500	28 38 52	331 21 08			
			0.21		43
			0.22		45
			0.23		47
			0.24		50
			0.25		52
			0.26		54
			0.27		56
			0.28		58
			0.29	1	00
			0.30	1	02
			0.31	1	04
			0.32	1	06
			0.33	1	08
			0.34	1	10
			0.35	1	12

注:以切线为零方向,顺时针转动度盘安置曲线点的偏角值为“正拨”;逆时针转动度盘安置曲线点的偏角值为“反拨”。

续上表

$R = 500$								
曲线长 (m)	偏 角		曲线长 (m)	偏 角		曲线长 (m)	偏 角	
	'	"		'	"		'	"
0.36	1	14	0.71	2	26	6	20	38
0.37	1	16	0.72	2	29	7	24	04
0.38	1	18	0.73	2	31	8	27	30
0.39	1	20	0.74	2	33	9	30	56
0.40	1	23	0.75	2	35	10	34	23
0.41	1	25	0.76	2	37	11	37	49
0.42	1	27	0.77	2	39	12	41	15
0.43	1	29	0.78	2	41	13	44	41
0.44	1	31	0.79	2	43	14	48	08
0.45	1	33	0.80	2	45	15	51	34
0.46	1	35	0.81	2	47	16	55	00
0.47	1	37	0.82	2	49	17	58	27
0.48	1	39	0.83	2	51	18	1	01
0.49	1	41	0.84	2	53	19	1	05
0.50	1	43	0.85	2	55	20	1	08
0.51	1	45	0.86	2	57	弧 弦 差 值 表		
0.52	1	47	0.87	2	59			
0.53	1	49	0.88	3	02	弧 长 (m)		弧 弦 差 (mm)
0.54	1	51	0.89	3	04			
0.55	1	53	0.90	3	06			
0.56	1	56	0.91	3	08	20	1	
0.57	1	58	0.92	3	10	30	5	
0.58	2	00	0.93	3	12	40	11	
0.59	2	02	0.94	3	14	50	21	
0.60	2	04	0.95	3	16	60	36	
0.61	2	06	0.96	3	18	70	57	
0.62	2	08	0.97	3	20	80	85	
0.63	2	10	0.98	3	22	90	122	
0.64	2	12	0.99	3	24	100	167	
0.65	2	14				150	562	
0.66	2	16	1	3	26	200	1331	
0.67	2	18	2	6	53	250	2596	
0.68	2	20	3	10	19	300	4480	
0.69	2	22	4	13	45	350	7102	
0.70	2	24	5	17	11	400	10582	
						450	15034	
						500	20574	

表中第一部分是曲线长20m整倍数的偏角累计, 根据测设时经纬仪度盘安置的位置及曲线的转向, 偏角值分“正拨”与“反拨”两栏; 第二部分是不足20m曲线长所对应的偏角值。本表为 $R=500m$ 的用表。

算例: 按以上算例, 要求在圆曲线上每20m测设一曲线点。

(1) 测站设在ZY点, 如图10—6。

以切线ZY—JD为零方向, 各曲线点的偏角为“正拨”。

已知ZY的里程为 $K37+553.24$, 查各曲线点的偏角:

第一点的偏角所对应的曲线长为6.76m, 查表10—2中第二部分:

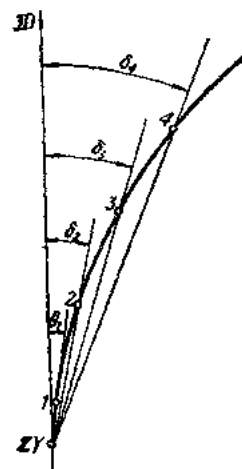


图 10—6

曲线长6m的偏角值 $20'38''$

曲线长0.76m的偏角值 $+) 2'37''$

相加得第1点的偏角值 $23'15''$

查表第一部分：曲线长20m的偏角值 $1^{\circ}08'45''$ ，累加得曲线点2的偏角值为 $23'15'' + 1^{\circ}08'45'' = 1^{\circ}32'00''$ ；同法可计算出3、4……各点的偏角值，算至QZ偏角为 $13^{\circ}55'51''$ ，其值应为 $\frac{\alpha}{4}$ ，对应的曲线长为243.14m

(本例已知 $\alpha = 55^{\circ}43'24''$)。

计算时应按里程列表如表10—3。

(2) 测站设在YZ点，如图10—7。测设另一半曲线时，以切线YZ—JD为零方向，各曲线点的偏角为“反拨”。按上述同法查表，同样按里程列出各点的偏角值如表10—4。

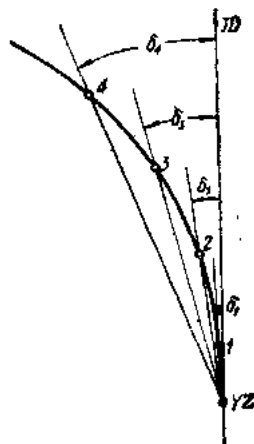


图 10—7

表10—3

里 程	曲 线 长	偏 角	注 记
不ZY 37+553.24		00'00"	切线方向
+560.00	6.76	23'15"	
+560.00	20.00	1°32'00"	
.....			
+760.00			
+780.00	20.00	12°59'33"	
QZ37+796.38	16.38	13°55'51" ($= \frac{\alpha}{4}$)	(核1)

表10—4

里 程	曲 线 长	偏 角	注 记
不YZ 38+039.52		0°00'00"	切线方向
+020.00	19.52	358°52'54"	
+000.00	20.00	357°44'09"	
.....			
37+820.00			
+800.00	20.00	346°16'36"	
QZ37+796.38	3.62	346°04'09" ($= 360^{\circ} - \frac{\alpha}{4}$)	(核)

三、用偏角法测设圆曲线的方法

以测站设在ZY点为例(如图10—6)。

(一) 将经纬仪安置于ZY点上, 度盘按 0° , 后视JD点或后视ZY点切线方向上的一个转点(ZD), 此时, 视线位于切线(ZY $\rightarrow$ JD)方向上(度盘仍保持读数为 0°)。

(二) 打开照准部, 按表10—3“正拨”拨角 $\delta_1 (=23'15'')$; 在视线上用钢尺量出弦长6.76m, 插以测钎, 定曲线点1。

(三) 打开照准部, 拨角 $\delta_2 (=1^\circ32'00'')$; 同时用钢尺自曲线点1起量, 以20m分划处对准望远镜视线, 插测钎, 定曲线点2, 拨去1点的测钎, 在地面点1钎孔处打入木板桩。

(四) 同法, 继续前进定出曲线点3、4……。最后, 测设到曲中(QZ)点。

注意: 弦长丈量是从点到点, 在QZ点的总偏角应为 $\frac{\alpha}{4}$, 与主点QZ检核所测设的QZ点点位是否闭合, 如超限, 须及时检查原因, 重新测设。

10—4 用切线支距法测设圆曲线

切线支距法即直角坐标法。用此法测设圆曲线的原理为: 以曲线起点ZY或曲线终点YZ为坐标原点, 以切线为直角坐标系的 x 轴, 切线的垂线为直角坐标系的 y 轴, 如图10—8。按曲线点的直角坐标(x , y)测设曲线点。

x 、 y 由下式计算:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= R \cdot \sin \alpha \\ y_1 &= R - R \cdot \cos \alpha \\ &= R(1 - \cos \alpha) \\ \alpha &= \frac{L}{R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \end{aligned} \right\} \quad (10-3)$$

已知 R , 又定出 L 值后, 即可求出 x 、 y 。 L 值一般定为10m、20m、30m……, 即每10m一桩。曲线表中, 编有圆曲线切线支距表, 如表10—5。

测设方法: 如图10—9所示, 设在圆曲线上每10m测设一点时, 则沿切线每10m量一点, 然后于10m处回量 $L - x_1$ 即 $10 - x_1$, 得一点, 在此点上向切线垂直方向量 y_1 , 即定出圆曲线上第1点, 于切线20m处回量 $L - x_2$ 即 $20 - x_2$, 得一点, 在此点上, 向切线垂直方向量 y_2 , 即定出圆曲线上第2点。同法, 可定出圆曲线上其余各点。

由于 y 值较小, y 轴方向可用一般定直角的方法测设, 只有在 y 值大时, 根据需要, 才用经纬仪拨直角测设 y 轴方向。

切线支距法适用于地势较平坦的地区。

$R = 300 \text{ m}$

表10—5

L	$L - x$	y
10	0.00	0.17
20	0.01	0.67
30	0.06	1.50
40	0.12	2.66
50	0.23	4.16

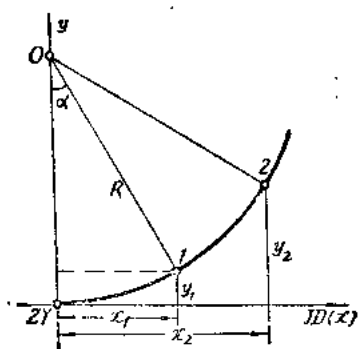


图 10-8

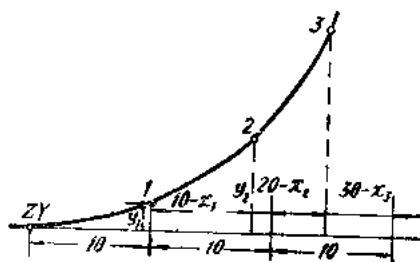
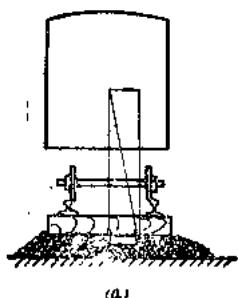


图 10-9

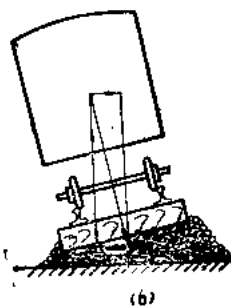
10—5 圆曲线加缓和曲线的测设

一、缓和曲线的概念

列车在曲线上运行时,会产生离心力,离心力的大小取决于列车重量、运行速度和圆曲线的半径。由于离心力的影响,使曲线外轨的负荷压力骤然增大;内轨负荷压力相应减小,当离心力超过某一限度时,列车就有脱轨和倾复的危险。为了抵消离心力的不良影响,铁路在曲线部分采用外轨超高的办法,即把外轨抬高一定数值,使车辆向曲线内倾斜,以平衡离心力的作用,从而保证列车安全运行。图10—10(a)、(b)示采用外轨超高前、后的情况。此外,由于车辆的构造要求,需进行内轨加宽,如图10—11。无论是外轨超高还是内轨加宽都不可能突然进行,而是逐渐完成,因此在直线与圆曲线之间加设一段平面曲线,其曲率半径 ρ 从直线的曲率半径 ∞ (无穷大)逐渐变化到圆曲线的半径 R ,这样的曲线称为缓和曲线或过渡曲线。在此曲线上任一点 P 的曲率半径 ρ 与曲线的长度 l 成反比,如图10—12所示,以公式表示为:



(a)



(b)

图 10—10

$$\rho \propto \frac{1}{l}$$

或

$$\rho \cdot l = C$$

(10—4)

式中 C 为常数,称曲线半径变更率。

C 值的确定:

设 l_0 为缓和曲线总长。

已知缓和曲线($ZH \rightarrow HY$ 的终点 HY (圆曲线起点)的曲率半径即圆曲线的半径 R ,

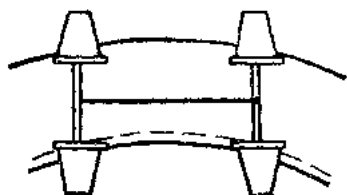


图 10-11

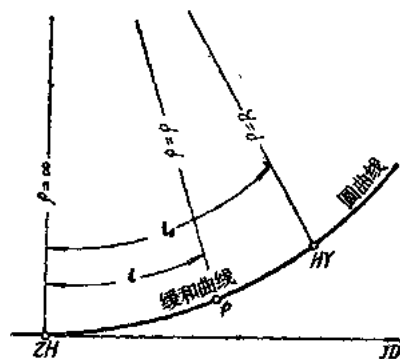


图 10-12

在此点上,

$$\rho = R, \quad l = l_0$$

故

$$C = \rho \cdot l = R \cdot l_0 \quad (10-5)$$

式 (10-4) 或 (10-5) 是缓和曲线必要的前提条件。在实用中, 可采取符合这一前提条件的曲线作为缓和曲线。常用的有辐射螺旋线及三次抛物线。我国采用辐射螺旋线。

二、缓和曲线方程式

按上列前提条件导出缓和曲线上任一点的坐标 x 、 y 为:

$$x = l - \frac{l^3}{40c^2} + \frac{l^5}{3456c^4} \dots\dots$$

$$y = -\frac{l^3}{6c} + \frac{l^5}{336c^3} - \frac{l^7}{42240c^5} \dots\dots$$

实际应用时, 舍去高次项, 代入 $c = R \cdot l_0$, 采用下列公式:

$$\left. \begin{aligned} x &= l - \frac{l^3}{40R^2l_0^2} \\ y &= -\frac{l^3}{6Rl_0} \end{aligned} \right\} \quad (10-6)$$

上式的导证于后节介绍。

式 (10-6) 表示以直缓 (ZH) 点或缓直 (HZ) 点为原点, 以直缓 (ZH) 点或缓直 (HZ) 点上缓和曲线的切线为横轴的直角坐标系中缓和曲线上任一点的直角坐标。如图 10-13 所示:

l 为缓和曲线上任一点 p 到直缓 (ZH) 点的曲线长;

R 为圆曲线半径;

l_0 为缓和曲线总长度。

当 $l = l_0$ 时, 则 $x = x_0$, $y = y_0$, 代入 (10-6) 式, 得:

$$x_0 = l_0 - \frac{l_0^3}{40R^2}$$

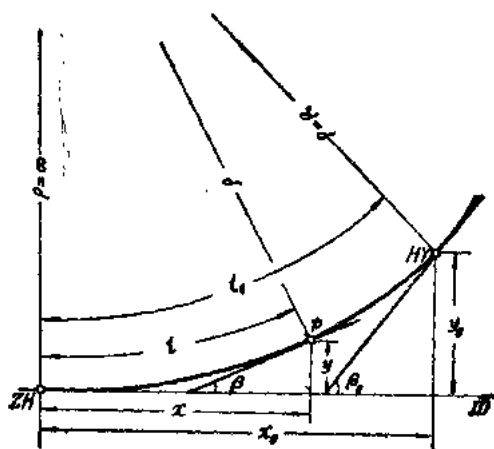


图 10-13

$$y_0 = \frac{l_0^2}{6R}$$

(10—7)

x_0 、 y_0 为缓圆(HY)点或圆缓(YH)点的坐标。

三、缓和曲线常数

图10—14(b)是没有加设缓和曲线的圆曲线。为了在圆曲线与直线之间加入一段缓和曲线 l_0 ,原来的圆曲线需要在垂直于其切线的方向移动一段距离 p ,因而圆心就由 O 移到 O_1 ,而原来的半径 R 保持不变,如图10—14(a)。缓和曲线是由整个曲线的起点ZH或终点HZ开始到缓和曲线的终点HY或YH与圆曲线相连接。

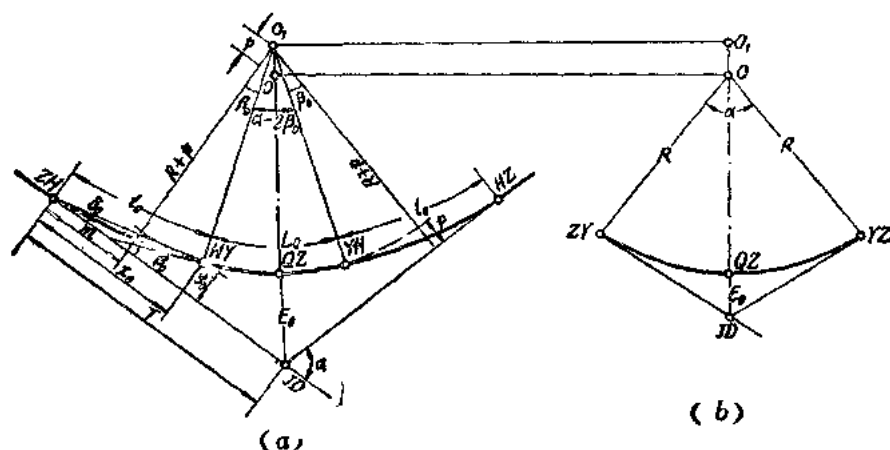


图 10—14

由图中还可看出,缓和曲线约有一半的长度是靠近原来的直线部分,而另一半是靠近原来的圆曲线部分,原来圆曲线的两端其圆心角为 β_0 。相对应的那部分圆弧,现在由缓和曲线所代替,因而圆曲线只剩下HY到YH这段长度即 L_0 。现在由于在圆曲线两端加设了等长的缓和曲线 l_0 后,曲线的主点为:直缓点(ZH),缓圆点(HY),曲中点(QZ),圆缓点(YH),缓直点(HZ)。

β_0 为缓和曲线的切线角,即在缓圆点HY(或圆缓点YH)的切线与直缓点ZH(或缓直点HZ)的切线交角,亦即圆曲线HY→YH两端各延长 $\frac{l_0}{2}$ 部分所对应的圆心角。

δ_0 为缓和曲线偏角,即从直缓点(ZH)测设缓圆点(HY)或从缓直点(HZ)测设圆缓点(YH)的偏角。

自圆心 O_1 向ZH点或HZ点的切线作垂线,并将圆曲线两端延长至此垂线,则 m 为切垂距,即ZH(或HZ)至垂足的距离。

p 为圆曲线移动量,即垂线长与圆曲线半径 R 之差。

β_0 、 δ_0 、 m 、 p 、 x_0 、 y_0 等称为缓和曲线常数。

x_0 、 y_0 的计算式已如上(10—7)式,其余 β_0 、 p 、 m 、 δ_0 计算式为: