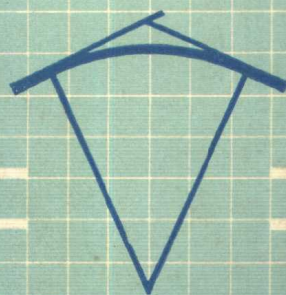
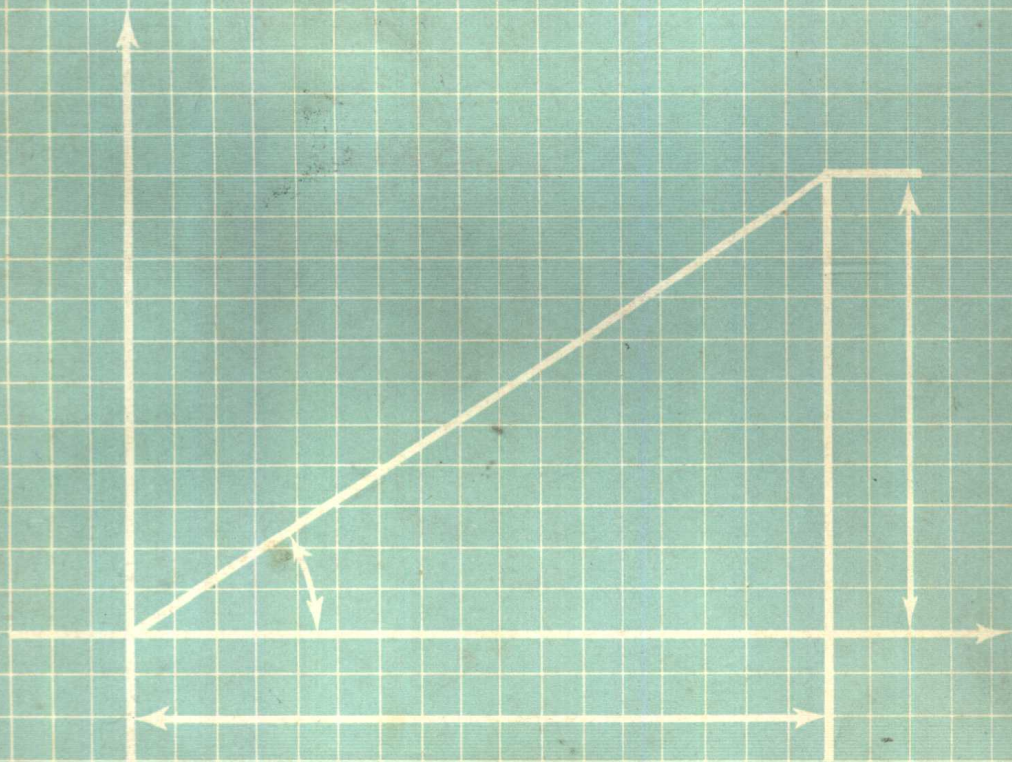


角图法校正曲线

上海铁路局工务电务组编



人民铁道出版社

角图法校正曲线

上海铁路局工务电务组编

人 民 铁 道 出 版 社

1975年·北京

角图法校正曲线

上海铁路局工务电务组编

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{8}$ 印张: 11.75 字数: 285 千

1975年12月 第1版

1975年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—8,000 册 定价(科三): 0.96 元

內 容 簡 介

本书介绍的角图法校正曲线的特点是只测偏角不测正矢。书中扼要地叙述了利用角图及渐伸线校正曲线的原理，较详细地叙述了外业测量及内业计算方法，并以实际算例加以说明。书后附有 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 的弧度表，计算时查用方便。

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，在批林批孔运动的推动下，我国社会主义革命和社会主义建设事业蓬勃发展，铁路运输任务日益繁重。铁路工务工作者，为了适应发展需要，广泛开展“工业学大庆”的群众运动，不断改进工作，提高线路质量，保证行车平稳和安全。

铁路曲线是线路上一个薄弱环节，列车在曲线上行驶，冲击轨道，使曲线变形，列车不能平稳行驶，甚至危及行车安全，因此曲线的校正工作具有十分重要的意义。

校正曲线的方法很多，在大修改建、旧线测量及第二线设计等工作中，多采用角图法。本书所介绍的是改进了的角图法。过去的角图法，既要测角度，又要测矢距，外业测量速度慢，内业计算烦琐。我们遵照毛主席关于“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的伟大教导，广大工人、技术人员在实践中对测正矢的角图法，进行了改进，外业测量只测偏角不测正矢，简化了外业测量工序，加快测量速度，同时内业计算也较简化，所以，深受现场欢迎。

我们本着向兄弟单位学习的精神，相互交流工作中的体会，编写了《角图法校正曲线》一书。本书介绍了改进后的角图法理论、外业测量和内业计算方法以及误差分析等。为了计算便利，编制了 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 角度的弧度表，以供查用。

本书由莫春林同志执笔整理。在编写过程中得到长沙铁道学院等单位大力支持，并提出许多宝贵建议。在本书内容上还吸取了南京、上海、蚌埠等线桥大修队以及全国不少兄弟单位用角图法校正曲线的宝贵经验，在此一并致谢。

由于我们政治思想水平和业务能力的限制，书中不免有谬误之处，请大家帮助指正。

上海铁路局工务电务组

1974年9月

目 录

第一章 角图法基本原理	1
第一节 概论.....	1
第二节 角图原理.....	1
一、圆曲线的角图.....	1
二、直线段的角图.....	2
三、缓和曲线的角图.....	2
第三节 渐伸线原理.....	3
第四节 角图面积和渐伸线长度的关系.....	4
一、圆曲线角图面积和渐伸线长度的关系.....	4
二、缓和曲线角图面积和渐伸线长度的关系.....	4
第二章 外业测量	6
第一节 测量方法.....	6
第二节 各种类型的曲线测量方法.....	8
一、单曲线测设方法.....	8
二、同向曲线及复曲线测设方法.....	8
三、反向曲线测设方法.....	9
第三节 测量中的几个注意问题.....	9
第三章 内业计算	11
第一节 设计曲线半径的选配.....	11
一、设计曲线半径选配的原则.....	11
二、选择设计曲线半径方法.....	12
三、初选曲线半径的调整.....	15
第二节 设计角图面积计算.....	17
一、用平方表计算.....	17
二、用计算尺计算.....	18
三、面积累加法.....	18
四、二级差数法.....	19
第三节 缓和曲线的设置.....	20
一、缓和曲线长度.....	20
二、内移距计算.....	21
第四节 曲线最后拨距计算.....	24
第四章 各种类型的曲线计算	25
第一节 单曲线的计算.....	25
第二节 同向曲线的计算.....	32
一、计算方法.....	32

二、计算实例	34
第三节 $\alpha_1 > \alpha_2$ 的反向曲线计算	38
一、计算方法	38
二、计算实例	39
第四节 $\alpha_1 < \alpha_2$ 的反向曲线计算	42
一、计算方法	42
二、计算实例	43
第五节 不等长缓和曲线的计算	47
一、计算方法	47
二、决定不等长缓和曲线长度的方法	48
三、计算实例	51
第六节 复曲线的计算	53
一、在既有角图上选择曲线要素及计算方法	53
二、利用公式来计算曲线要素及计算方法	55
第七节 复曲线设置缓和曲线的方法	57
一、当曲率 $\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} < \frac{1}{2000}$ 时, 设置缓和曲线方法	57
二、当曲率 $\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} > \frac{1}{2000}$ 时, 设置缓和曲线方法	58
三、计算实例	62
第五章 曲线上有控制点时, 曲线半径选择方法	69
第一节 控制点位于曲线的圆曲线范围内	69
一、圆曲线上有一个控制点	69
二、圆曲线上有两个控制点	71
第二节 控制点位于缓和曲线范围内	71
一、缓和曲线上有一个控制点	71
二、缓和曲线上有两个控制点	73
第三节 曲线上有控制点的曲线半径取整范围	75
第四节 计算实例	76
一、圆曲线上有控制点	76
二、缓和曲线上有控制点	77
第六章 误差分析	82
第一节 测量误差	82
一、距离误差	82
二、测角误差	82
三、计算既有角图面积 ω_j 误差	83
第二节 减少误差的办法	84
附表	
弧度表 ($0^\circ \sim 90^\circ$)	86

第一章 角图法基本原理

第一节 概 论

在运营铁路线路上，曲线经过列车不断地运行，或由于养护不当，都有不同程度的变形，必须及时进行校正，把变化了的曲线拨正到正确位置上来。同时，由于行车速度不断提高，运量日益增长，有些曲线半径要改大，缓和曲线长度要增长，同向或反向曲线之间的夹直线要加长，复曲线要改为单曲线等，也都需要进行校正。

校正曲线方法很多，使用较普遍的有偏角法、角图法、绳正法，还有切线支距法、弦线偏距法、弦线支距法等。

大修改建、旧线测量及第二线设计等工作，一般采用角图法。这个方法是根据既有曲线上每一测点的偏角，计算出设计曲线半径、曲线长、中心角、缓和曲线长度等值，最后求出各测点所需要的拨道量来。用角图法校正曲线，只要在外业时测出每20米（短弦长度，常用20米）测点的偏角，其余工作均可在内业计算。因此，角图法具有外业测量简单，速度快，易被现场同志掌握等优点。外业资料收集后，在室内进行计算，即可算出最满意的拨道量来，这是其它方法所不能相比的。其它方法收集外业资料都较烦琐，全部曲线要素和曲线拨量都是在外业试测决定的，如果曲线半径或缓和曲线长度选得不恰当，就要返工，影响测量工效。角图法没有上述缺点，特别是在行车较密的线路上，减少外业工作，可减少行车和测量相互干扰，保证行车和测量人身安全，所以角图法校正曲线深受现场欢迎。

另外，角图法特点就是把复杂曲线化为简单图形，便于计算和全面考虑改建，所以，有许多复杂平面设计问题，都有赖于角图法来解决。但是用角图法校正曲线也有一定的缺点，主要是室内工作量较大；此外，在测量、计算上常出现一些误差，因此如何简化内业计算工作，调整和减少误差是角图法中一个重要研究课题。

第二节 角图原理

一、圆曲线的角图

圆曲线的角图，就是用图解来表示中心角与其所对曲线长度之间的关系。圆曲线的长度，等于其所对中心角的弧度数与曲线半径的乘积，即：

$$L = R \cdot \alpha_p \dots\dots\dots (1-1)$$

式中， L —— 圆曲线长度（米）；

R —— 圆曲线半径（米）；

α_p —— 曲线长度 L 所对中心角的弧度数。

如图 1—1 所示，用横轴 AL 代表曲线长度 L ，用纵轴 $A\alpha_p$ 代表中心角弧度数 α_p ，所绘出的座标图称为角图；联结 L 、 α_p 的对应值座标的连线，如图中的 ABC_1D_1 ，称为角线；角线与纵横座标所围成的面积，称为角图面积，如角图中 $\triangle BC_1C$ 即为平面中圆曲线 BC 的角图面积。

在圆曲线内当 R 不变, α_p 与 L 成正比, α_p 越大, 则 L 越长, L 和 α_p 是直线关系式, 如图所示圆曲线的角线是直线 BC_1 。

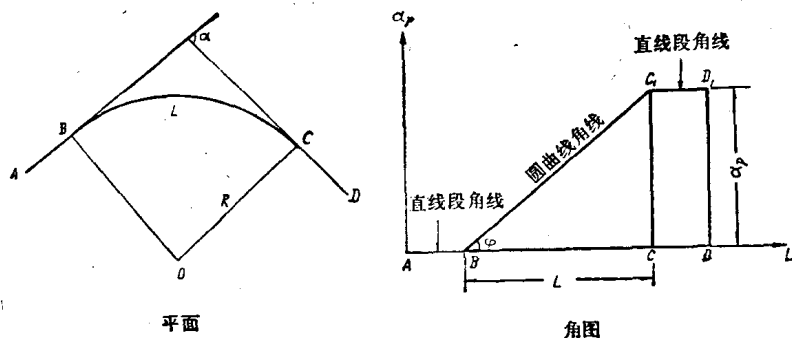


图 1-1

各种半径之圆曲线, 都有其相应之角线, 因

$$\cot \varphi = \frac{BC}{CC_1} = \frac{L}{\alpha_p} = R$$

可知半径越小, φ 值越大, 角线的倾斜度就愈陡; 半径越大, φ 值越小, 角线的倾斜度就愈缓。

圆曲线的角图面积是三角形 BCC_1 的面积。

二、直线段的角图

见图 1-1, 圆曲线的切线 AB 及 CD 的角线为 AB 、 C_1D_1 。由于直线段的中心角度数不再变化, 所以在角图上直线段的角线是平行于横轴的水平线。B 点以前的直线段角线与横轴合并, 角图面积等于零; C 点以后的直线段角线是平行于横轴且与横轴相距 α_p 的水平线, 其角图面积是角线 C_1D_1 围成的矩形 CDD_1C_1 的面积。

三、缓和曲线的角图

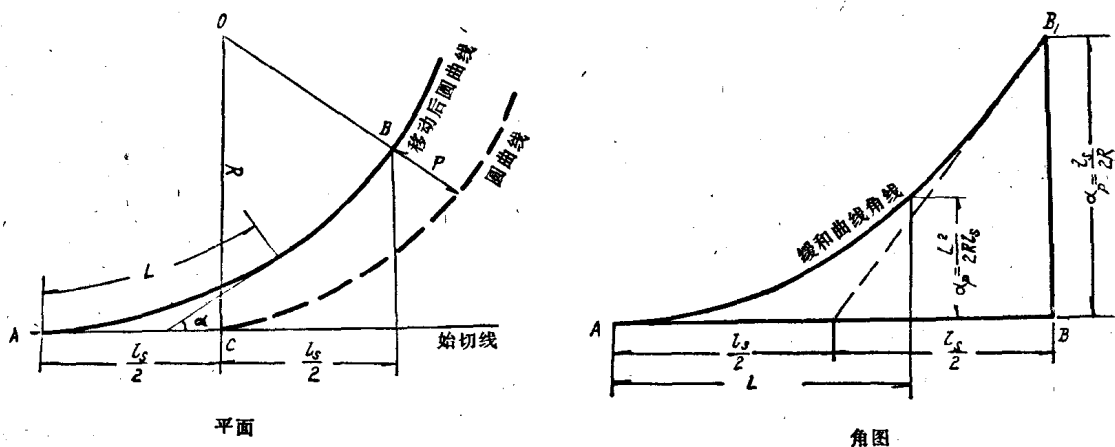


图 1-2

见图 1-2, 纵座标为:

$$\alpha_p = \frac{L^2}{2Rl_s} \dots \dots \dots (1-2)$$

式中: α_p ——缓和曲线上任一点切线与始切线之交角的弧度数;
 L ——缓和曲线起点至其上任一点距离(米);
 R ——圆曲线半径(米);
 l_s ——缓和曲线全长(米)。

当 $L = l_s$ 时, 缓和曲线末端 B 点的 $\alpha_p = \frac{l_s}{2R}$, 所以, 缓和曲线的角线 AB_1 , 是二次方抛物线, 缓和曲线角图面积是 ABB_1 。

既有曲线经过不断行车或养护不当, 都有不同程度的变形, 各段圆弧的半径也就稍有不同, 因此, 既有曲线圆曲线的角线实际上是一条倾斜的折线, 缓和曲线角线也是一条稍有变形的二次方抛物线。

利用角图校正曲线时, 首先应选定合理的曲线半径和缓和曲线长度, 然后计算出设计曲线的角图面积和既有曲线相应的角图面积相比较, 求出拨道量来, 从而将不良曲线拨动到正确位置上来。

第三节 渐伸线原理

按照角图法的理论, 既有曲线在拨动时是按着渐伸线轨迹而移动的。

渐伸线的几何意义如下, 见图 1—3, 设曲线 AB 表示轨道中心线的平面位置, 称为“轨线”。这条轨线可认为是一条没有伸缩性的理想的细线, 曲线一端固定在 A 点, 把另一端 B 按着轨线始切线方向拉离其原位, 使拉开之直线随时保持与轨线相切, 则 B 点移动的轨迹 $B_1B_2B_3B_4$ 是 B 点的渐伸线, 从 B 点沿渐伸线到 B_4 点的弧长称为 B 点的渐伸线长度, 用 E 来表示。

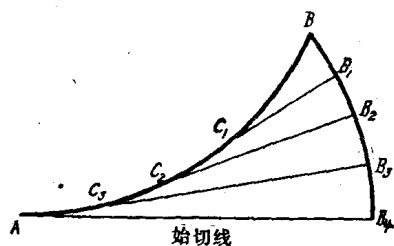


图 1—3

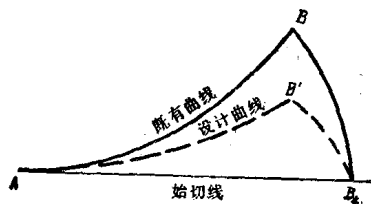


图 1—4

根据渐伸线的定义, 作出下面两点假定:

1. 在拨正曲线时, 曲线上任何一点的移动, 都是沿着渐伸线移动的。

这条假定提供了计算拨量的依据, 见图 1—4, 首先计算出既有曲线 B 点渐伸线长度 $E_j = \widehat{BB_4}$, 再计算拨正后设计曲线上相应点 B' 的渐伸线长度 $E_s = \widehat{B'B_4}$, 假定曲线拨动前后长度不变, 则两条渐伸线在始切线上有一个共同点 B_4 , 则 B 点拨动距离, 等于两渐伸线长度之差, 即 B 点拨动距离 $\Delta E = E_j - E_s$ 。当 ΔE 为正值时, 表示曲线外挑; 当 ΔE 为负值时, 表示曲线内压。

2. 曲线拨动前后不改变其长度。

事实上曲线拨动前后长度有变化, 曲线外挑时线路增长, 而曲线内压时线路缩短。一般说来, 同一个曲线有的点内压, 有的外挑, 而且每点拨量不会很大, 可以认为拨正后曲线长度不会改变, 所以, 这条假定在曲线拨正计算中可以满足精度上的要求。

根据渐伸线假定和特性, 可以导出渐伸线长度基本公式 (积分推导过程从略) 为:

$$E = \int_{L_1}^{L_2} \alpha \cdot dL \dots \dots \dots (1-3)$$

式中: dL ——是曲线在 $L_1 \sim L_2$ 范围内长度;

α ——见图 1-3, 是始切线与该计算点的切线间夹角。

用上述基本公式可以推出圆曲线和缓和曲线的渐伸线长度公式, 从而可以根据既有曲线每测点的相应偏角计算出渐伸线长度 (即等于既有角图面积) 再与设计曲线的渐伸线长度 (即等于设计角图面积), 加以比较, 而得出每点拨量。

第四节 角图面积和渐伸线长度的关系

一、圆曲线角图面积和渐伸线长度的关系

1. 圆曲线渐伸线长度公式

见图 1-5 设 B 为曲线上任一点, L 为圆曲线弧长, 在 A 点处 $L_1 = 0$, B 点 $L_2 = L$, 所以 $\alpha = \frac{L}{R}$, 代入公式 (1-3), 则渐伸线长度为:

$$E = \int_0^L \frac{L}{R} \cdot dL = \frac{L^2}{2R} \dots \dots \dots (1-4)$$

设 φ 为 B 点对始切线 OA 的偏角 (即外业测量时每 20 米测点的偏角), 则有 $\varphi = \frac{\alpha}{2} = \frac{L}{2R}$, 代入公式 (1-4), 则渐伸线长度为:

$$E = L \cdot \varphi \dots \dots \dots (1-5)$$

2. 圆曲线角图面积

见图 1-5, 圆曲线上任一点 B 的角图面积为三角形 ABB_1 面积, 则角图面积为:

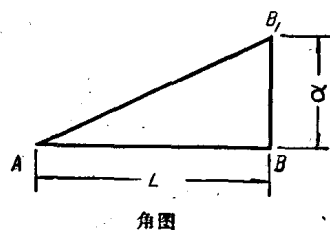
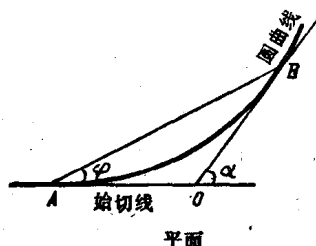


图 1-5

$$\omega = \frac{1}{2} AB \cdot BB_1 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \alpha = \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{R} = \frac{L^2}{2R} \dots \dots \dots (1-6)$$

由公式 (1-4) 和公式 (1-6) 可知 $E = \omega$, 这就证明了圆曲线上任一点至曲线起点的角图面积, 等于该点距始切线的渐伸线长度。

二、缓和曲线角图面积和渐伸线长度的关系

1. 缓和曲线渐伸线长度公式

见图 1-6, 设 B 为缓和曲线上任一点, L 为缓和曲线上 AB 弧长, 在 A 点时 $L_1 = 0$,

在B点 $L_2 = L$ ，我们目前采用三次方抛物线型缓和曲线，因而缓和曲线上任何一点切线与曲线起点始切线所成之角度为： $\alpha = \frac{L^2}{2Rl_s}$ 。化为弧度就是 α_p ，即是公式（1—2），代入公式（1—3）则：

$$E = \int_0^L \frac{L^2}{2Rl_s} \cdot dL = \frac{L^3}{6Rl_s} \dots \dots \dots (1-7)$$

又设 φ 是B点对始切线OA偏角，由缓和曲线性质可知 $\varphi = \frac{\alpha}{3} = \frac{L^2}{6Rl_s}$ ，代入公式（1—7）即得：

$$E = L \cdot \varphi \dots \dots \dots (1-8)$$

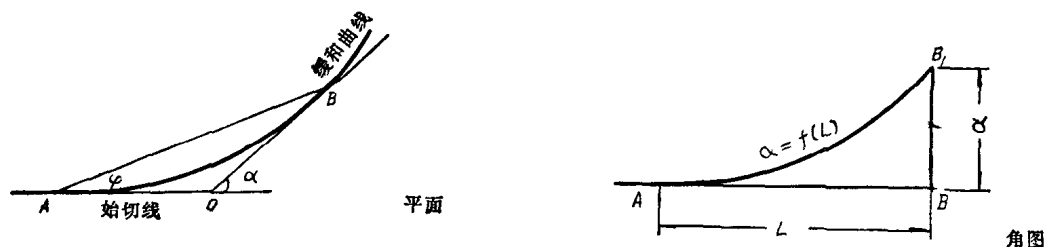


图 1—6

2. 缓和曲线角图面积

见图1—6，因为缓和曲线角线是二次方抛物线，其函数 $\alpha = f(L) = \frac{L^2}{2Rl_s}$ ，缓和曲线角线与纵横座标围成面积：

$$\omega = \text{面积} ABB_1 = \int_0^L \frac{L^2}{2Rl_s} \cdot dL = \frac{L^3}{6Rl_s} \dots \dots \dots (1-9)$$

从公式（1—7）和公式（1—9）可知： $E = \omega$ ，这也证明了缓和曲线上任何一点至缓和曲线起点的角图面积，等于该点距始切线的渐伸线长度。

根据以上所述，可得出下面几点结论：

（1）不论是圆曲线还是缓和曲线上任一点至曲线起点的角图面积，都等于该点距始切线的渐伸线长度。

（2）曲线上任一点的拨动量等于该点的既有曲线渐伸线长度与设计曲线渐伸线长度之差，也等于既有曲线角图面积与设计曲线角图面积之差。

（3）不论是圆曲线还是缓和曲线上任一点的渐伸线长度（即等于角图面积）都可用公式 $E = L \cdot \varphi$ 来计算。这个公式是外业测量的理论依据，外业测量时只要测出每一个测点对始切线的偏角 φ 及相应弧长 L ，就能计算出每点的渐伸线长度来。

在计算既有曲线的渐伸线长度时，可根据外业测量资料用公式 $E = L \cdot \varphi$ 来计算。但设计曲线渐伸线长度，如果用上述公式来计算，就显得困难了，由于渐伸线长度等于角图面积，所以利用计算角图面积方法来求得渐伸线长度就简便得多了。设计曲线角图面积在圆曲线内用公式 $\omega_s = \frac{L^2}{2R}$ ，在缓和曲线内是用公式 $\omega_s = \frac{L^3}{6Rl_s}$ 来计算。

第二章 外业测量

第一节 测量方法

公式 $E = L \cdot \varphi$ 是外业测量的依据，只要测出每测点对始切线偏角 φ 及相应的弧长 L ，就可以计算出既有曲线渐伸线长度，具体测量方法如下。

1. 丈量距离

用钢尺沿着既有曲线外轨，每20米测量曲线各测点位置，用白色油漆在钢轨腰部写明里程，在钢轨头部划一白线，标明位置。测量起、终点要在明显的直线上，一般在曲线起终点外20米，对于原有曲线没有加设缓和曲线或缓和曲线过短，校正曲线时，根据需要，应增加缓和曲线长度，为了不使缓和曲线位置留在测量范围之外，测量起、终点距曲线起、终点距离，可适当增加至40~60米，或更长些。

各测点间的距离应为20米，但按上述丈量距离时还必须加上一个放长量，因为曲线半径是指轨道中心而言，而外股轨线要比轨道中心线长一些，所以沿着曲线外股钢轨头部内侧边测量时应加一个放长量：

$$\left. \begin{aligned} (1) \quad & \text{在圆曲线范围内，每20米放长量} = \frac{14.35}{R} \text{ (米)} \\ & \text{在圆曲线范围内另桩号放长量} = \frac{1.435 \times c}{2R} \text{ (米)} \end{aligned} \right\} \dots\dots (2-1)$$

式中： R —— 曲线半径 (米)；

c —— 另桩分弦长度 (米)。

$$\left. \begin{aligned} (2) \quad & \text{缓和曲线第一桩 (20米) 放长量} = \frac{\text{缓和曲线总放长量}}{\text{缓和曲线总桩数平方}} \\ & = \frac{A}{N^2} = B \text{ (米)} \\ & \text{缓和曲线第二桩 (40米) 放长量} = 3B \\ & \text{缓和曲线第三桩 (60米) 放长量} = 5B \\ & \text{缓和曲线第四桩 (80米) 放长量} = 7B \\ & \dots\dots\dots \\ & \text{一般缓和曲线长度是10米的倍数，故10米之放长量} = \frac{A}{N_1^2} \text{ (米)} \end{aligned} \right\} \dots\dots (2-2)$$

式中：

$$A = \frac{\text{圆曲线整桩之放长量} \times \text{缓和曲线长度}}{40}$$

$$N = \frac{\text{缓和曲线长度}}{20}$$

$$N_1 = \frac{\text{缓和曲线长度}}{10}$$

2. 测量偏角

(1) 见图 2-1 置经纬仪于测量起点 A ，垂球对准外股钢轨头部内侧边，以度盘

4. 埋设外移桩

测设曲线后，一般要隔一段时间再进行曲线拨正工作，所以在施工前，原有曲线位置还在不断错动变化，这时用已计算好的拨道量进行拨道就不免要有误差，因此可用埋设外移桩的办法解决。顺着每一测点法线方向，在距外股钢轨内侧1.5~2.0米处路基上埋设木桩（桩径 $5 \times 5\text{cm}$ ，长 0.4m ），此距离正好在道床坡脚处最适宜，见图2-2。距离太近，在道床坡脚内，要扒动石碴影响打桩效率，在大修工程时，道床须要彻底清筛，木桩易扒松，甚至扒除；距离太远，打在路肩上，易被行人踢松，不易保存。

根据道床厚薄，选一适宜距离。例如桩顶距原有曲线外股钢轨头部内侧2.0米，设某一点向外拨动 0.1m ，施工时，把原有曲线外股钢轨头部内侧边位置拨动到距桩钉（木桩上钉有小铁钉）1.9米处位置，即为设计曲线位置，某点内压 0.15m ，则桩钉距设计曲线外轨钢轨头部内侧为2.15米。所以原有曲线测设后，不管曲线位置是否发生变化，设置了固定木桩就可以根据桩钉距原有曲线外股钢轨头部内侧边距离，加或减每点拨动量来拨动曲线至正确位置。

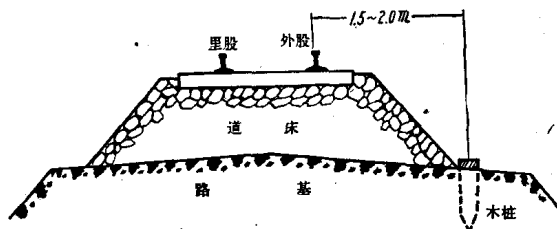


图 2-2

5. 劳力组织

这种方法，外业测量时，全部只需4名测量人员，拉链时二人前后链，一人记录，另一人用油漆在轨腰上标明位置。测量各测点偏角时，一人司镜，一人记录，一人对后点，一人跑前点。对点者用测钎对准外股钢轨头部内侧边，埋设木桩时，木桩运至现场后，一人运散木桩，二人量木桩至外股钢轨头部内侧边距离，另一人打木桩。

第二节 各种类型的曲线测量方法

既有曲线测量方法按几种不同曲线分述如下：

一、单曲线测设方法

这类曲线测设方法，在前面一节已经介绍过。

二、同向曲线及复曲线测设方法

两个方向相同，中间夹一较短直线段的曲线称为同向曲线。同向曲线和单曲线测设方法是一样的，一般夹直线较短，它的方向就难于确定，不必把每个曲线分开单独来测量，可从第一条曲线起点连续的测至第二条曲线终点，见图2-3。

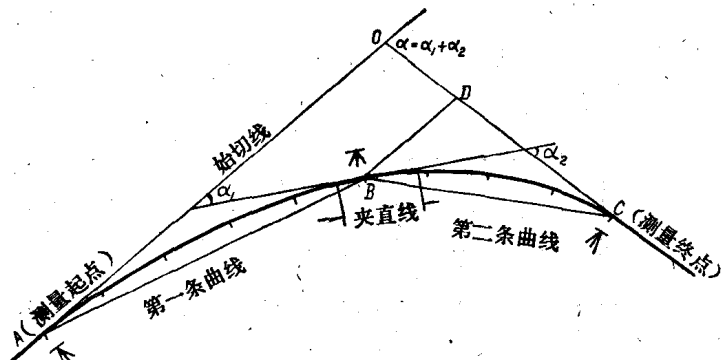


图 2-3

设A、B、C为置镜点，根据一般单曲线测设方法，测出 $\angle OAB$ 、 $\angle DBC$ 、 $\angle BCD$ ，因为 $\angle DBC$ 是C点对始切线的

累加偏角, $BD \parallel OA$,

则, $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 = \angle DBC + \angle BCD \dots\dots\dots (2-3)$

所以每一曲线转角 α_1 , α_2 及夹直线是通过图解和计算而定出的。

当同向曲线夹直线等于零, 且两个曲线半径不等, 就称为复曲线, 其测量方法和同向曲线测量是一样的。

三、反向曲线测设方法

反向曲线是指两个方向相反, 其夹直线又较短的曲线称为反向曲线, 见图 2-4。

反向曲线测量方法和同向曲线测量方法基本相同, 也是从第一条曲线连续的测至第二条曲线终点。不过要注意, 测第一条曲线是沿着外股钢轨头部内侧边测量, 当测至第二条曲线时, 为了测设方便, 不须换边测量, 仍是沿着下股钢轨头部内侧边测量, 在丈量里程时, 就要考虑第一条曲线每20米加一个放长量, 第二条曲线下股就要考虑缩短量 (其数值亦等于放长量)。

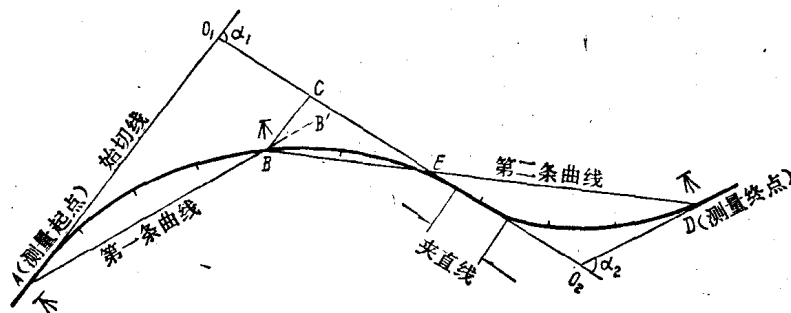


图 2-4

当曲线半径小于 650 米时, 轨距要加宽, 都是移动下股钢轨来达到加宽数值。此时, 在轨道中心进行测量, 就较准确。

两条曲线转角 α_1 , α_2 在测量过程中的关系式见图 2-4。

设 A、B、D 为置镜点, 用一般测量方法测出 $\angle O_1AB$ 、 $\angle CBD$ 、 $\angle BDO_2$, BD 与 O_1O_2 交点为 E。

$$\because \angle CBB' = \angle O_1AB', BC \parallel O_1A$$

$$\therefore \alpha_1 = \angle O_1CB$$

$$\text{在 } \triangle O_2ED \text{ 中, } \alpha_2 = \angle O_2ED + \angle O_2DB$$

$$\text{在 } \triangle BCE \text{ 中, } \alpha_1 = \angle O_1CB = \angle CBE + \angle BEC$$

$$\therefore \angle O_2ED = \angle BEC$$

$$\therefore \alpha = \alpha_1 - \alpha_2 = \angle CBE - \angle O_2DB = \angle CBD - \angle O_2DB \dots\dots\dots (2-4)$$

α_1 或 α_2 及夹直线通过图解和计算而定出。

对于同向或反向曲线, 除非夹直线过短, 外业测量时尽量不合并, 这样内业整理省事, 避免绘制角图等工作。

第三节 测量中的几个注意事项

1. 测量曲线时, 其切线方向应预先定好, 测量起点必须放在鹅头部分以外的直线段,