

營業鐵路 曲綫測量經驗

鍾 貴 麟 著

人民鐵道出版社

營業鐵路曲綫測量經驗

鍾 貴 麟 著

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五八年·北京

營業鐵路曲綫測量與新建鐵路曲綫測量不同，因為前者為已成路基和建築物所約制，所以它須要另有一套特殊計算和進行方法。本書是作者根據多年實踐經驗，把這些計算和進行方法敘述出來並加以理論說明，可供綫路養護和大修工作人員作參考。

營業鐵路曲綫測量經驗

鍾 貴 麟 著

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

(北京市建國門外七碑廟)

書號 928 開本 $850 \times 1168 \frac{1}{2}$ 印張 2 $\frac{3}{4}$ 字數 67千

1958年4月第1版

1958年4月第1版第1次印刷

印數 0001—1,100冊 定價 (10) 0.50元

目 录

序 言

第一章 營業綫路曲綫測量概說	2
I-1 營業綫路曲綫測量的特点	2
I-2 營業綫路曲綫測量的主要內容	3
第二章 現場原曲綫資料的勘測	3
II-1 測量原曲綫之切綫交角的方法	4
II-2 測定原曲綫之半徑的方法	6
II-3 檢查原曲綫之起訖樁，並自起訖樁位量至切綫上之三角点的距离，作为室內鑑定所設計新曲綫是 否符合原路基的參考	8
II-4 量得原曲綫路基之最大容許位移量；如有固定建築物限制，必須量出最大之容許位移量及其距原曲綫端之距离	8
第三章 增設緩和曲綫后新曲綫的設計	8
(甲) 單曲綫增設緩和曲綫問題	8
III-1 緩和曲綫採用螺旋綫之理論根據及其性質	8
III-2 增設适当長度之緩和曲綫的問題	11
III-3 增設緩和曲綫后对原曲綫移动量的研究	15
III-4 介紹苏联 Харпанов 講師所建議的移动圓心減少半徑的理論根據	18
III-5 根據苏联 Харпанов 講師之理論在我們實踐中得出的七点推論	20
III-6 在地形困难的条件下採用不等長緩和曲綫問題的	

研究	26
III-7 利用原曲綫長度或其切綫長度，在室內鑑定所設計之新曲綫的位移性質	31
(乙) 复心曲綫增設緩和曲綫的問題	34
III-8 在复心曲綫兩端增設緩和曲綫的方法	34
III-9 在复心曲綫中間增設緩和曲綫以連接兩單曲綫方法	36
III-10 在复心曲綫內增設三个緩和曲綫的方法	38
第四章 增設緩和曲綫后新曲綫的安設	43
IV-1 新曲綫中綫樁打在距原曲綫外軌內側 1.5公尺处之理論分析及應用	43
IV-2 儀器安設在緩和曲綫上作轉鏡點的方法及儀器安設在緩和曲綫末端倒打緩和曲綫的方法及其理論根據	49
IV-3 儀器在圓曲綫上作轉鏡的方法及其理論証明	53
IV-4 施測新曲綫時安置儀器之适宜步序，一般施測過程中誤差分析，以及容許誤差的範圍和調整方法	54
第五章 全部曲綫資料之計算及設計圖示例	60
V-1 設計新曲綫全部資料之計算方法与步序	60

序 言

由於我們祖國社会主义建設的飛躍進展，鐵路運輸事業必然要相應的發展起來；新建和營業綫路的增加，成為我國歷史上的創舉；因此除了對於逐年增加的營業綫路需要進行正常的大維修工作以外，對原有的運營綫路亦必須充份發揮其設備的利用率而進行必要的改建、修理或補強工作，以適應新的運輸量的要求。

由於我國以往對大中修工作尚缺乏完整的理論指導，因此在今天的鐵路運輸工作上就必須要我們努力的向先進的蘇聯學習。

一年多來，我們在津浦和浙千綫上一百多個曲綫測量工作摸索當中，結合學習蘇聯先進經驗，解決了一些營業綫路上曲綫測量工作的問題。這些現場的點滴經驗，我們亦作了有系統的簡單理論分析和証明，以提供從事於營業綫路曲綫測量工作同志共同研究和參考。

這本小冊子的內容共分五章：第一章敘述營業綫路曲綫測量的主要內容和特點；第二章是寫出對現場原曲綫資料的勘測方法；第三章是根據營業綫路曲綫測量的第一個特點設計新曲綫半徑，控制新曲綫的撥動量，以求適合原有路基的條件限制；第四章是根據營業綫路曲綫測量的第二個特點，將新曲綫的中綫樁安設在原路肩上的理論加以分析並說明其操作方法；第五章是結合一個具體的情況寫出全部曲綫資料的設計和計算以及設計圖的示例。

由於全部內容都是作者在公餘時間草成的，其中錯誤之處，希望讀者多予指正。

上海鐵路局工務處大修設計組

作者

第一章 營業綫路曲綫測量概說

在一般的运营铁路綫路上，經過了多年的行車或对曲綫的养护不良，使得曲綫的位置多少均有了改变；有些綫路在建筑时就来很好的設置綫和曲綫，而有些养路工区为了配合行車速度的要求，亦未曾用仪器来增設綫和曲綫，仅在單曲綫的兩端撥动了30~50公尺的綫和曲綫，把規定的超高度順坡在这段距离以內，这样的撥动以后，就必然的要离开了原曲綫的正确位置。所以在大中修所經過的地段，或是單項曲綫加强处所，就必须要用仪器来校正一下曲綫的正确位置，同时對於曲綫半徑在2000公尺以下者，必須增設适当長度的綫和曲綫，使列車行經曲綫部份时，达到其应有的平順性。

Ⅰ-1. 營業綫路曲綫測量的特点

1 由於營業綫路上曲綫測量是要在原有的路基条件的限制下以及一切固定建筑物限制的条件下来增設适当長度之綫和曲綫和校正原曲綫的正确位置，因此所設計的新曲綫的位置，就必须完全符合原有路基的宽度以及其他一切固定建筑物的限界，原則上不能由於增設綫和曲綫以后，而須要增列路基的費用。

2 在營業綫路上进行曲綫測量，是要在保证安全不間断行車的基础上进行的，因此在施測的过程中，由於运营綫路上来往車次很密，首先是仪器不能經常的安置於軌道中心綫上来測量，同时新曲綫的中綫樁，亦不能打在原軌道中心綫上，因为原軌道中心的石碴較厚，木樁不易打入，即使勉强打入，亦难保持正确的位置，因为在进行大中修工作时，道床必須进行清篩，使樁位

要受到移动，同时很可能所設計的新曲綫樁点就落在原軌道中心之枕木上，亦就無法打樁，而且在进行大中修工作时，枕木又必須更換和方正位置，所以樁位就不能固定下来，而必須要在附近打下几个护樁，来固定一个樁点的位置；因此就要增加施測工作中許多不必要的作業过程。

为了适应上述要求，所以在營業綫路上进行曲綫測量工作的方法，就和新綫曲綫測量有所不同。我們經過一年多来在津浦綫和浙干綫上进行了百余个曲綫測量的实践，得出以下一些經驗，並通过了有系統的理論証明，茲介紹如下。

Ⅰ-2. 營業綫路曲綫測量的主要內容

營業綫路曲綫測量主要內容包括有以下几方面：

- ① 对原有曲綫資料的收集，如原曲綫之切綫交角及原曲綫半徑等之測定等；
- ② 增設适当長度之緩和曲綫及介直綫；
- ③ 对新曲綫半徑的設計，必要时还需要改变原曲綫的种类；
- ④ 安設新曲綫和校正原曲綫的位置。

根据以上四点，我們就可以意味到它不仅仅只是一个單純的曲綫測量工作，实际上它同时要完成在綫路大中修或是單項曲綫加强工作中平面設計的主要任务。

第二章 現場原曲綫資料的勘测

測量原曲綫之現場資料的主要目的，是作为今后增設緩和曲綫及設計新曲綫的計算依据，所以不論在觀測角度上和丈量距离上数字要求的精確程度，亦同样很高，因为往往在收集現場曲綫資料中存在有某些錯誤，而陷於对新曲綫的一再盲目設計，造成多次的反工現象。

為了容易了解起見，首先仍從介紹一般在軌道中心綫上收集曲綫資料的方法開始，以後再在第Ⅱ-1節中再介紹關於曲綫中綫樁移設在距離原曲綫外股鋼軌內側 1.5 公尺之路肩上的測量方法。

Ⅱ-1. 測量原曲綫之切綫交角的方法

(1) 一般曲綫的切綫交點，大都落於路基以外，有時交得很遠，而視綫的障礙很多，所以除比較短小的曲綫，其切綫交點可交於路肩之上時，才使用『騎馬樁』法直接交得切綫交點的方法以外，一般曲綫都是採用一個或數個『三角點』的方法，以交得整個曲綫的交角。這樣可以主動的避開視綫上的障礙，和不容易丈量的地方，使得『三角點』均選在平寬的路肩之上，既容易安置儀器又可得到顯明的交點，其方法如下：

a) 在原曲綫之一端直綫部份的 100 公尺前後，選擇比較平直的地方，進行軌道分中，並以小釘固定軌道中心點於平整之枕木上（避開鋼軌接頭）作為『後視點』；

b) 在接近原曲綫之起點約 50 公尺之前後，選擇比較平直之處，同上方法，再作一次軌道分中，以小釘固定於平整之枕木上，作為新曲綫之『O』點；

c) 將儀器安置於『O』點之上，後視『後視點』，倒鏡即為軌道之直綫方向；

d) 在倒鏡之直綫方向上，選擇路肩上適宜點『A』作為三角點（如圖Ⅱ-1）；

e) 移鏡於曲綫之另一端，如上法定出曲綫另一端之直綫方向上三角點『B』；

f) 移鏡於三角點『B』上，測得 B 角之後，再移鏡於三角點『A』點，測得 A 角，（均需兩次正鏡，兩次倒鏡取其平均值）；

g) 在 AB 之視綫上，丈量 AB 之距離（來往兩次，取其平均值）；

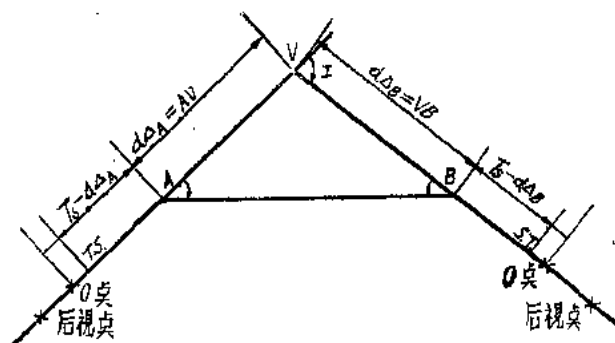


圖 I-1

$$\therefore \angle I = \angle A + \angle B,$$

$$\therefore VA = \frac{AB \sin \angle B}{\sin (\angle A + \angle B)},$$

$$VB = \frac{AB \sin \angle A}{\sin (\angle A + \angle B)}.$$

在新曲綫之切綫算定以後，即可自 A 或 B 退量 $T, -d\Delta_A$ (或 $d\Delta_B$) 以定 T.S. (或 S.T.)。

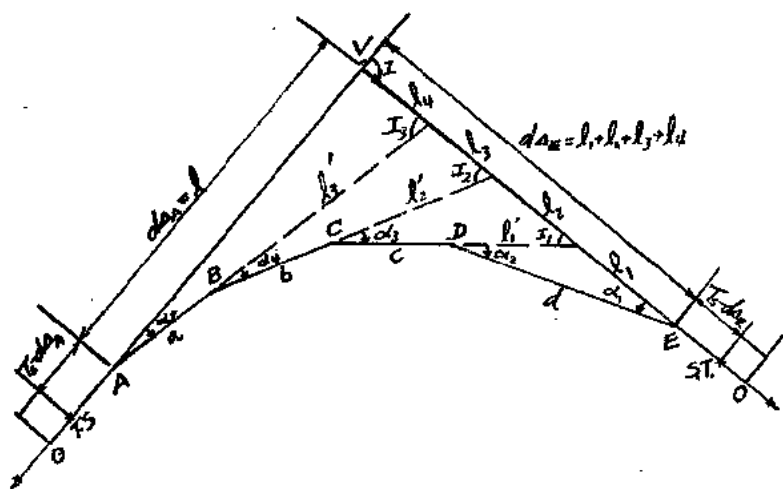


圖 I-2

(2) 如遇較大之曲綫，並非以上述採用一个三角就可以交得全部之切綫交角，或因距离丈量不便，則可改用圖II-2所示之方法，採用数个三角点之方法，如上所述之方法繼續測得各点之偏角 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \dots$ 並量得各点間之距离 $a, b, c, d, \dots$ ，所有各点之偏角均应正倒鏡各二次取其平均，以消灭仪器誤差，所有距离，均应来回量兩次，取其平均，以資核對。

$$I_1 = \alpha_1 + \alpha_2;$$

$$I_2 = I_1 + \alpha_3 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3;$$

$$I_3 = I_2 + \alpha_4 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4;$$

$$\dots\dots\dots;$$

$$I = I_3 + \alpha_5 = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5.$$

$$\frac{l_1}{\sin \alpha_2} = \frac{l'_1}{\sin \alpha_1} = \frac{d}{\sin I_1}; \quad (a)$$

$$\frac{l_2}{\sin \alpha_3} = \frac{l'_2}{\sin I_1} = \frac{c + l'_1}{\sin I_2}; \quad (b)$$

$$\frac{l_3}{\sin \alpha_4} = \frac{l'_3}{\sin I_2} = \frac{b + l'_2}{\sin I_3}; \quad (c)$$

$$\frac{l_4}{\sin \alpha_5} = \frac{l}{\sin I_3} = \frac{a + l'_3}{\sin I}.$$

根据以上之关系式，即可逐步求得曲綫兩端切綫部份三角边長：

$$AV = l;$$

$$VE = l_1 + l_2 + l_3 + l_4.$$

在新曲綫半徑选定以后求出 T_s 之長度，則可以

T_s —— AV 之長度自三角点退量出来，以定 T, S 点；同理以

T_s —— AE 之長度自三角点退量出来，以定 S, T 点之位置。

II-2. 測定原曲綫之半徑的方法

(1) 採用連續平均正矢方法求出原曲綫之半徑。

用 $R \doteq \frac{C^2}{8M}$ 之近似公式求出原曲綫之半徑，上式 C 为20公尺

之弦長； M 為全部曲綫中之連續平均正矢。

在我們實踐中，由於用20公尺弦長，所量得之連續正矢值，如相差在釐位數時，就要影響半徑相差數公尺，所以必要時還可採用40公尺之弦長量得其連續平均正矢：

$$\text{如 } R = \frac{20^2}{8M_{20}} = \frac{400}{8M_{20}}, \quad \text{則 } M_{20} = \frac{400}{8R};$$

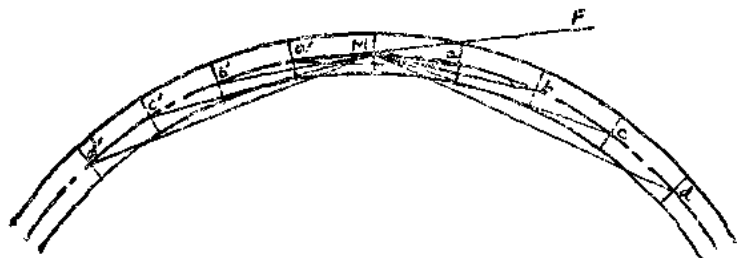
$$\text{如 } R = \frac{40^2}{8M_{40}} = \frac{1600}{8M_{40}}, \quad \text{則 } M_{40} = \frac{1600}{8R}.$$

由上式比較，可知採用40公尺弦長所量得之連續正矢比用20公尺長之弦所量得之正矢，正好大四倍，則其誤差，亦可減小四倍。

但是對於圓心角較大，而半徑較小的曲綫，即使曲綫半徑差誤1公尺，對原曲綫的位移量影響亦很大，因此為精確測定原曲綫之半徑，尚可採用下述方法。

(2) 採用平均偏角法求出原曲綫之半徑。

在單曲綫中部任選一點，進行軌道分中於平直之枕木上，如圖Ⅰ-3所示之 M 點，並以鋼尺在 M 點兩邊，逐次沿軌中心綫量得20公尺，並同樣進行軌道分中，順次得出 $a, b, c, \dots$ 及 $a', b', c' \dots$ 等點，直到曲綫之起訖點附近為止。將儀器安設於 M 點上，並將游標對 0° ，後視 a' （或 a ）點，倒鏡前視 a 點，測得偏角 $\angle FMa = \angle a + \angle a' = 2\angle a$ ，即等於20公尺弦之偏角二倍。依次測得 $\angle aMb, \angle bMc \dots$ 。同樣測得 M 點他一端之20公尺弦上各



圖Ⅰ-3

EF 为 C 点之切綫，

$KM \parallel AN$ ，

$$\therefore \angle COL = S_c = \angle OGM = \angle GFN,$$

而 $\angle CAN = i_c$, $\angle BAN = i$ 。

BH 为 B 点之切綫，緩和曲綫上任一点 B 之切綫交角 $\angle BHN = \angle S$ (即螺旋角)。

S_c 为緩和曲綫之末点切綫交角，亦即緩和曲綫之中心角。

dl 是在緩和曲綫上截取任一小段長度，其兩端之切綫交角为 ds 。

設 dl 之緩和曲綫上半徑为 R ，緩和曲綫末点之圓曲綫半徑为 R_c ，

則

$$dl = R ds, \quad ds = \frac{dl}{R}。$$

因 $\frac{e}{l} = \text{常数} = K'$ ， e 为超高度， l 为超高遞減之長度，

而

$$e = \frac{GV^2}{gR} = \frac{GV^2}{g} \times \frac{1}{R} = \frac{K}{R}。$$

代入上式，

$$\frac{\frac{K}{R}}{l} = \text{常数} = K', \quad \text{即} \quad \frac{K}{R} = lK',$$

$$\therefore Rl = \frac{K}{K'} = \text{常数 } C,$$

$$\therefore Rl = R_c \times l_s, \quad R = \frac{R_c l_s}{l}。$$

代入上式，

$$ds = \frac{l dl}{R_c l_s}。$$

兩邊積分得

$$\int_0^s ds = -\frac{1}{R_c l_s} \int_0^l l dl,$$

$$\therefore S = \frac{l^2}{2R_c l_s} = \frac{1}{2C} l^2,$$

$$S_c = \frac{1}{2C} l_s^2 = \frac{l_s^2}{2R_c l_s} = \frac{l_s}{2R_c} = \frac{\frac{l_s}{2}}{R_c}.$$

$\therefore l = R_c \theta$ (在圓曲綫中),

$\therefore \frac{l}{2} = R_c S_c$, 表示 S_c 为介曲綫一半長所对之圓心角。

$$\therefore \frac{l_s}{2} = \frac{S_c}{D_c} \times 20, \quad \therefore S_c = \frac{l_s D_c}{40},$$

$$\therefore S = \frac{l^2}{2R_c l_s}; \quad \therefore S \propto l^2.$$

故 $i_1 : i_c = \left(\frac{l_s}{N} \right)^2 : l_s^2$ (N 为緩和曲綫上椿数,

$\therefore i_1 = \frac{i_c}{N^2} = \frac{S_c}{3N^2}$, i_1 为緩和曲綫第一椿上偏角,

i_c 为緩和曲綫总偏角)

$$i_2 = 2^2 i_1 = 4 i_1,$$

$$i_3 = 3^2 i_1 = 9 i_1,$$

.....,

$$i_c = N^2 i_1 = \frac{S_c}{3} \text{ (詳后)}.$$

如以垂直座标 x, y 表示, 則

$$dx = dl \sin s, \quad dy = dl \cos s,$$

因 S 值甚小, 故 $\sin s \doteq s, \quad \cos s \doteq 1$;

$$\therefore dx = s dl, \quad dy = dl, \quad \therefore y = l,$$

$$\int dx = \frac{1}{2R_c l_s} \int l^2 dl = \frac{1}{2R_c l_s} \times \frac{1}{3} l^3 = \frac{1}{6} \times \frac{l^3}{R_c l_s},$$

$$\therefore x = \frac{1}{6R_c l_s} y^3 = Ky^3,$$

此为『立体抛物线』之方程式又称为螺旋线。

$$\text{而 } CN = x_c = \frac{l_s^3}{6R_c l_s} = \frac{l_s^2}{6R_c},$$

$$CQ = \frac{KC^2}{2R_c} = \frac{\left(\frac{l_s}{2}\right)^2}{2R_c} = \frac{l_s^2}{8R_c} = \frac{3}{4}x_c,$$

$$\therefore QN = p = \frac{1}{4}x_c = \frac{l_s^2}{6R_c} \times \frac{1}{4} = \frac{l_s^2}{24R_c}.$$

又因 $\sin i \approx \frac{x}{l}$ ($\because i$ 甚小),

$$\therefore i \approx \frac{x}{l} = \frac{l_s^3}{6R_c l_s} / l = \frac{l_s^2}{6R_c l_s},$$

而

$$S = \frac{l^2}{2R_c l_s}.$$

由上两式比较, 得

$$i = \frac{1}{3}S, \text{ 及 } i_c = \frac{1}{3}S_c.$$

又

$$\angle ACF = S_c - i_c = S_c - \frac{S_c}{3} = \frac{2}{3}S_c,$$

或

$$\angle ACF = 3i_c - i_c = 2i_c.$$

III-2. 增设适当长度之缓和曲线的问题。

a 增设适当长度之缓和曲线的原因。

列车自直线部份运行到曲线部份时, 或是行经半径不同的复曲线上, 由于半径突然的改变, 列车就受到不同的离心推力的影响, 使列车运行不稳定。

为了逐步消灭这种横向的推力, 在半径由无穷大 (即直线部

份) 而过渡到半徑为 R 的曲綫上, 或是行徑复心曲綫由曲綫半徑为 R_1 过渡到 R_2 之間, 插入一段逐步变更半徑的螺旋綫, 作为緩和曲綫, 以适应这个要求; 而使曲綫的外軌超高度, 全部在介曲綫長度中遞減進行之, 如此則列車以等速运行到緩和曲綫上时, 因其半徑隨曲綫長度而变更, 故其离心力亦隨其运行在各个瞬息間不同半徑的緩和曲綫上变更, 这种逐漸变更之离心力, 則以逐漸遞減之外軌超高度来平衡之, 使其合力仍垂直作用於軌道中心綫上, 則無橫向推力發生, 換言之: 即兩股鋼軌所受之反应力, 則完全相等, 与列車运行在直綫上的情况完全相同, 如圖 III-2 所示 (圖設緩和曲綫之長度为 60 公尺之例)。

因緩和曲綫上任何一点之半徑与其長度乘积为一常数 (詳上节)

$$\text{則 } R \times l = C \text{ (常数)}, \quad \text{故 } R \times l = R_c \times l_c.$$

$$\text{而 } R_1 \times 10 = R_c \times 60, \quad \therefore R_1 = \frac{60 \times R_c}{10} = 6R_c/1;$$

$$R_2 \times 20 = R_c \times 60, \quad \therefore R_2 = \frac{60 \times R_c}{20} = \frac{6R_c}{2};$$

$$R_3 \times 30 = R_c \times 60, \quad \therefore R_3 = \frac{60 \times R_c}{30} = \frac{6R_c}{3};$$

.....

$$R_5 \times 60 = R_c \times 60, \quad \therefore R_5 = \frac{60 \times R_c}{60} = \frac{6R_c}{6} = R_c;$$

$$R_6 \times 0 = R_c \times 60, \quad \therefore R_6 = \frac{R_c \times 60}{0} = \infty.$$

离心力則由列車运行在緩和曲綫上不同之半徑上而逐漸变更如 $F = \frac{W}{g} \times \frac{V^2}{R}$, 式中 W 为列車重量; V 为列車速度; R 为列車运行在曲綫之半徑。

根据以上求出介曲綫上各樁上之半徑, 代入上式即可求出其离心力 F 。