

髮針形曲線

唐鳳圖著

人民交通出版社

本書詳細說明髮針形曲線的組合形式，銜接方式和三種主要控制，此外，並闡述了髮針形曲線的預加位移動問題。書中所提出的許多測設髮針形曲線的方法均極簡易，便于公路測設人員學習參考之用。

書號：15044·1104-京

髮針形曲線

唐鳳圖 著

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新華書店發行

公私合營華成印刷工廠印刷

1956年4月北京第一版 1956年4月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：4 $\frac{1}{8}$ 張

全書：100,000字 印數：1~3 100冊

定價(10)：0.62元

(北京市書刊出版營業許可證出字第〇〇六號)

序

髮針形曲綫，是一種公路迴頭曲綫。稱為“髮針形”，是因為它的上下路綫一度縮成仄頸。最仄距離稱為最短頸距。這是由於彎道轉拐方向的变化超過了 180° ，亦即由於反向曲綫關係而形成的現象。

可以看出，整個髮針形曲綫，須由幾個組成部分銜接而成，包括不同方向的圓曲綫、緩和曲綫、甚至直綫或其他。綫形構成比較複雜，但在運用上却具有結合实际的機動靈活性。

因此，髮針形曲綫適應崎嶇变化的地形，可在任何受限制的环境下，用以爭取做到最經濟合理的定綫。

但是，髮針形曲綫的測設工作比較繁雜，不僅在平面和縱斷面上要符合於一定的技術標準，並在立體上也要適當地結合自然界條件。

本書的目的，在於用精確而簡化的技術方法來解決這些問題。

由於髮針形曲綫定綫問題牽涉面較廣，本書所提各種技術方法雖具系統，但其間關係是錯綜複雜的。本書各章採用的排列次序，主要是為了照顧到學習上的便利。至於系統的分類，在第一章內另有說明。

目 錄

序

第 一 章 緒 論	1
第 二 章 小 弯 道	5
例 II—A	10
例 II—B 小弯道膠版法	11
第 三 章 最 短 頸 距	15
1. 最短頸距位置	16
2. 最短頸距方向	19
3. 最短頸距值	27
例 III—A	29
例 III—B	30
例 III—B	32
例 III—Г	33
例 III—Д	34
第 四 章 反 向 联 系	36
第 五 章 双 向 对 称 式 髮 針 形 曲 綫	42
例 V—A	44
例 V—B	47
例 V—B	48
例 V—Г 展綫法	52
例 V—Д 次髮針形曲綫	57
第 六 章 預 加 位 移 計 算	59
例 VI—A	61

第七章 第三控制点	62
例Ⅶ—A	64
例Ⅶ—B	65
例Ⅶ—B	67
第八章 双向不对称式髮針形曲綫	70
例Ⅷ—A 中分綫法及導綫法	73
例Ⅷ—B 偏分綫法	75
例Ⅷ—B 移導綫法(一)	78
例Ⅷ—Γ 移導綫法(二)	79
例Ⅷ—Д 展綫法	81
例Ⅷ—E 次髮針形曲綫(第三控制点, 試算法)	85
第九章 順向联系	88
例Ⅸ—A	91
例Ⅸ—B	92
第十章 單向式髮針形曲綫	94
例Ⅹ—A 正交最短頸距(一)	98
例Ⅹ—B 正交最短頸距(二)	101
例Ⅹ—B 順向斜交	102
例Ⅹ—Γ 逆向斜交	106
例Ⅹ—Д 外位外插	109
例Ⅹ—E 外位內插	113
例Ⅹ—E 曲導綫	117
例Ⅹ—Ж 超髮針形曲綫	119
第十一章 有关髮針形曲綫測設的几个問題	122
1. 关于一般原則	122
2. 关于平面和縱断面	125
3. 关于橫断面	130
結語	133

第一章 緒 論

我國土地面積，近一千万平方公里。在地勢圖上，與其他國家大部分為綠色平原者不同，我國疆域絕大部分屬於棕褐色；高原和山地約佔全國面積三分之二，包括世界上最高最大的高原和山脈。就經濟價值來說，高原和山地並非荒瘠不毛；那里有農業、畜牧業和無數的潛在礦藏和森林寶庫。它與平原區域一樣，同樣是建設新中國不可缺少的部分。

隨着國民經濟的全面開發，我國廣大高原山嶺區域的交通運輸，成為急待解決的問題；除作為幹綫的鐵路和部分水運空運運輸外，全面運輸的溝通和發展，主要有賴於公路。

我國現有公路十餘萬公里。其中大部分為以前反動政府因內戰需要而修築，工程質量異常低劣。路綫的分佈也極不平衡，東部密而西部稀，與全國地勢西高東低的情形，恰成對照。

現在我國已開始有計劃的經濟建設，運輸量將迅速增長。公路建設，無論在數量及質量方面無疑地均將迅速提高。

中華人民共和國發展國民經濟的第一個五年計劃（1953—1957年）規定：“五年內，由中央投資修建的公路共10,000公里以上，新增加通車里程約7,000公里以上。修建的主要方面是西南少數民族地區的公路和邊疆、沿海重要的公路。”

1956年到1957年全國農業發展綱要（草案）中的第三十二條規定：“從1956年開始，按照各地情況，分別在五年、七年或者十二年內，基本上建成全國地方道路網。”由此可見，我國公路建築的規模是如何巨大。

如所週知，西南少數民族地區及邊疆多為山嶺區域。因此，正確解決山區築路的技術問題，是有重大意義的。

修築山區公路，最主要的困難是路基土石方數量龐大；在
施工期間，要消耗大量的勞動力及物力。公路完成以後，路面
等可以逐步改善，而帶有永久性的路基則改善困難。為了整體
設計，應儘可能地降低工程造價，並照顧運輸上的長久利益，
適應行車要求。在技術工作中，必須重視定綫工作質量的提高。

在山嶺區域定綫，平面及縱斷面上常常受到限制。為了展
長路綫以爭取高差，就需要設置大偏角的迴頭曲綫。迴頭曲綫
過去被認為山區路綫上最弱的一環；認為要做到足夠的技術標
准，不僅定綫困難，並須耗費大量的工程投資。因此常常因陋
就簡，過分降低技術標準；終至車輛經過，常須換排擋，打倒
車，甚或翻車肇事。但是，這些缺點，是可以而且必須在遵循
經濟合理性和技術可能性的原則下予以解決的。

髮針形曲綫是迴頭曲綫的一種，也可以說是高級的一種，
其特徵在於最短頸距。由於最短頸距，綫路可能盤旋於陡峻的
山坡；由於最短頸距，可以結合地形情況，降低工程數量；且
由於最短頸距，在大多數崗壟起伏的情形下，可顯著地適應於
結合自然地勢。

髮針形曲綫的組成部分以及若干數值的計算均較普通曲綫
複雜，往往局部數值的增減，牽動其他部位，甚或破壞整個綫
路的合理銜接。另一方面，孤立片面的設計，不能結合地形，
必然造成工程浪費；過於遷就地形，綫路處於被動，則曲折
過甚。

這些缺點，通過適當地處理，是可以合理解決的。

主要的方法，首先在於掌握各種髮針形曲綫組合部分的銜
接規律，組合中存在的那些機動性，並利用它來結合實際地

形。

其次还在于明确髮針形曲綫的主要控制部位，控制部位如何与自然环境相結合，以及如何根据控制部位進行綫路組合的銜接設計。

最后还在于簡化髮針形曲綫的計算公式和主要測設程序，使它簡易、精確、迅速、易于普及，並易于作比較設計。

以上三項是測設髮針形曲綫的基本技術原則。

下面，自第二至第十章，為本書的主体。分配如下：

1. 髮針形曲綫的主要組合形式有三种，分別于下列三章中叙述：

第五章——双向对称式髮針形曲綫；

第八章——双向不对称式髮針形曲綫；

第十章——單向式髮針形曲綫。

2. 髮針形曲綫綫路的銜接，有反向及順向兩種，为分析髮針形曲綫形式的直接基礎，分別于以下兩章中叙述：

第四章——反向联系；

第九章——順向联系。

另有关于各种形式髮針形曲綫的預加位移問題，列于以下一章：

第六章——預加位移計算。

3. 髮針形曲綫測設，有三种主要控制，分別于下列三章中叙述：

第二章——小弯道；

第三章——最短頸距；

第七章——第三控制点。

也可以說，本書主体各章，基本上討論兩個問題：

1. 綫路銜接；

2. 实地控制。

綫路联系（銜接）的理論和方法，在第四、第六和第九章中討論。結合实际情况的主要控制問題，在第二、第三和第七章中討論。上述問題在各种形式髮針形曲綫中的运用，則于第五、第八和第十章中敘述。

上述各章內，常包括很多例題。大多數例題，应視為与本文不可分割的組成部分；因为若干技術方法是与运用分不開的，为了敘述方便，即在例題中一次敘明。这种情形，在第五、第八及第十章中討論各种形式的髮針形曲綫時，採用最多。

此外，在有些部分中，由于正文已經比較詳細地說明了問題，不必太多举例，甚或不必举例。在这种情况下，例題的作用，僅屬計算举例，或至多作点補充，重心仍在正文。

本書各章內容及例題的敘列方式，在不損害系統性的原則下，尽可能地使之由淺入深，希望能便于學習和普及。第五章 V—A 及 V—B 兩例，並附列对數計算。

本書提供的測設髮針形曲綫的技術方法，以爭取直捷簡易，同時保證精確，並提高質量效果為原則。但是，希望不以每个例題的簡易而低估了髮針形曲綫綫路的变化性及多面性的複雜性質。

每一例題或每一种例題，一般在其重點問題方面，敘述或處理得比較仔細。非重點部分，有時不免簡略，甚或省略，例如除第二章以外，一般小彎道曲綫半徑皆假定 30 公尺，除第六章外，一般皆暫時避開預加位移計算之煩等。希注意实际应用時，結合所有有关問題考慮，不应生搬硬套。

本篇的綫路處理技術原理，除山區公路的髮針形曲綫以外，在丘陵區甚或平原區，凡地面仄狹，綫路迂迴，以及桥头

引道、立体交叉匝道等，無論平面或縱断面遭受限制困難時，均可考慮採用，作經濟合理的解決。

當然，全部工程技術測設工作，包括許多內容。就髮針形曲綫來說，本書討論範圍集中於一個主要問題——綫路的確定。這是整個髮針形曲綫測設工作中最重要的關鍵。綫路定好以後，其他有關工作，也就可以正確而且容易地加以解決。髮針形曲綫測設工作中的其他內容，如平面及縱橫断面、緩和曲綫、工程數量、必要時的排水設備、擋土牆、標誌護欄以及在定綫以前即需進行的勘測工作、地質調查等等，現有的技術書籍和資料中，一般有比較明確的或習慣的技術方法可以引用，所以不再列於本書以內。

第二章 小 弯 道

小弯道是髮針形曲綫的主曲綫。在髮針形曲綫各部分中，小弯道的曲綫半徑最小，對汽車行駛來說，是整個髮針形曲綫最弱的一環。因此，在地形條件及工程經濟範圍內，爭取最大的小弯道曲綫半徑（註1），是提高髮針形曲綫設計標準的關鍵。

理論上，在一定平面內，圓曲綫是保持最大曲綫半徑“低”值的唯一形式。任何其他曲綫，雖然部分曲綫半徑可能更大，但同時必須另一部分曲綫半徑縮小，以相抵償（如圖Ⅱ—1）。不獨縮小的曲綫半徑影響行車舒暢，且變化的曲綫半徑，亦比固定的曲綫半徑增加駕駛上控制方向盤的困難。因此，小弯道曲綫形式，除必要的緩和曲綫部分外，以採用單一的圓曲綫（單曲綫）最為理想。當然，有時由於地形條件，或其他必要原因，仍可考慮加設複式或其他形式曲綫。

小弯道中心位置，是髮針形曲綫測設中第一種控制（其他

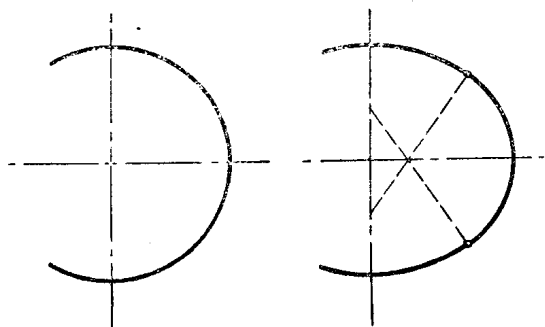


圖 II-1

种控制，为最短頸距和第三控制点，見后）。小弯道中心位置的選擇，亦即小弯道位置的選擇，第一个原則是要爭取最平坦的地面。在實地上，可以用任何种測尺或繩尺作半徑就地試划比較曲綫；或在大型等高綫圖上，作紙上研究比較。須注意以上曲綫，僅系公路中綫，必須預留出半幅路基及可能需要填挖边坡或边溝的寬度。

公路中綫，在路綫直綫部分，代表路幅中分綫。在髮針形曲綫的小弯道上，由于路面兩側加寬不同，中綫位置距內側邊緣較外側稍远。例

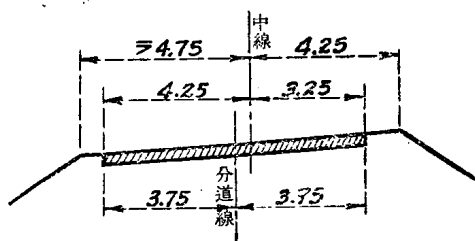


圖 II-2

如Ⅶ級技術标准，路面正常寬度 5.5 公尺，路基 8.5 公尺。小弯道路面加寬 2 公尺（參閱註 1 中表 1），分配外側 0.5 公尺，內側 1.5 公尺。外側路肩 1.0 公尺，內側路肩至少 0.5 公

尺。中綫位置，距內側路面邊緣 4.25 公尺，外側 3.25 公尺，如圖 II—2。有時为使上下行車輛掌握車道位置便利起見，于路面中間設分道綫或分道欄，其位置应在路面中分綫上，如圖所示。

假如沿山坡傾斜綫，切出小弯道曲綫的半个圓周（圖 II—3, a），則上点位于挖方，下点位于填方（圖 II—3, 6）。設

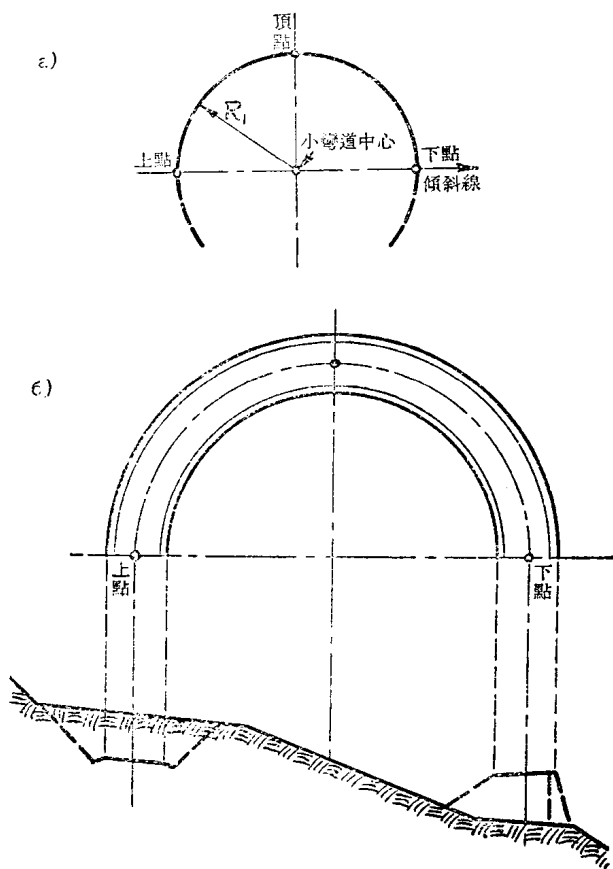


圖 II—3

R_1 为小弯道曲线半径, i_1 为小弯道纵坡, 上下点间路线设计高差一般为 $\pi i_1 R_1$, 而上下两点地面高差减去设计高差, 等于上下点填挖高度之和。

小弯道位置选择的第二个原则, 为争取小弯道上下点平均设计高 (或顶点设计高, 圖 II—3, a) 接近于上下点平均地面高。

小弯道上下点平均设计高, 可以从导线上适当标高点结合估计路线距离推算, 亦可以从最短颈距两端点设计高推算。在双向对称式髮针形曲线情形下, 导线上两适当的相对标高点设计高之平均值, 或最短颈距两端点设计高之平均值, 等于小弯道上下点平均设计高, 如圖 II—4。在双向不对称式或单向式髮针形曲线情形下, 由于小弯道位置之偏向于一面, 导线对点或最短颈距两端点之平均设计高, 与小弯道上下点平均设计高稍有出入, 相差比例与小弯道偏向程度及地形倾斜线之变化有关。

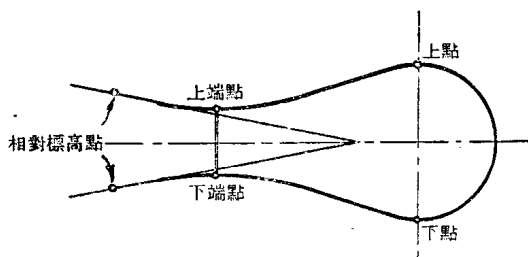


圖 II—4

一般地说, 根据上述第一个原则, 小弯道上下点地面高差愈小, 填挖工程总数量愈少。根据第二个原则, 小弯道上下点平均设计高与平均地面高愈接近, 填方与挖方愈能接近平衡。但是工程经济, 仅从缩减土石方的填挖数量及争取平衡还不

够，地質情况、土石成份、岩石走向、挖方開槽后的边坡穩定性、填方需否擋土牆以及擋土牆基礎情况等，都可能影响填挖是否宜于平衡，还是多挖或多填更为適宜。所以，在選擇小弯道位置的同时，要作实地調查，結合从導綫所要求的設計高，比較估計。

盤山路綫，達到適宜的髮針形曲綫地區時，需要的設計高不一定与小弯道地面高度情形恰能適合。有時即使適合，由于導綫高差过大或縱坡限制，綫路需要展長。这些都使选用最適宜小弯道位置变为複雜。

適宜的小弯道位置，有比較固定的或比較机動的。比較固定的，是由于地形或其他条件限制，小弯道位置不宜作过多的机動，或移動后对工程經濟或路基穩定影响太大。比較机動的，可區別为縱向机動或橫向机動。縱向机動的小弯道位置，属于狹長地帶，便于作展綫或密切結合縱断面設計的考慮。橫向机動的小弯道位置，属于橫向傾斜比較平緩、但縱向变化比較突出的地形，便于作調整設計高与地面高，或爭取平均設計高接近平均地面高的考慮。縱向及橫向均机動的小弯道位置，属于平坦地面，如無其他原因，小弯道曲綫半徑可以充份加大，或假定最短頸距地區亦相当平坦時，可以不採用髮針形曲綫，而代以鐘形或馬蹄形等簡單形式的迴头曲綫。

在土石工程數量方面，整个髮針形曲綫中，小弯道填挖常佔最大部分。在已有地形条件下，結合縱断面及橫断面設計要求，以及填挖边坡情况等繁複綜錯問題，实际上常不易迅速確定小弯道最適宜位置，充份利用自然地形最有利的部位，降低工程數量，以及选取尽可能大的及合理的小弯道曲綫半徑。为此建議採用小弯道膠板（詳例Ⅱ—B），以协助提高設計工作的效率。

有時為加設緩和曲線，圓曲線中綫須向內讓出一定距離，稱為位移（詳第六章）。普通讓出位移的方法有二：移動圓曲線中心或減小圓曲線半徑。但在髮針形曲線小弯道上，移動圓曲線中心讓出兩端位移事實上不可能，而小弯道曲線半徑已經不大，如系通過結合實際條件而作出最適當的選定，更不宜于再減。因此，為了保持小弯道中心位置及曲線半徑，並照顧為加設緩和曲線所需的位移值，建議在作平面分析時結合第六章預加位移計算方法設計。須注意在其他各章內所列有關例題，為示例的便利，均暫將位移問題拋開，實際應用時應整體考慮。圖 II—5，a 示修築后的小弯道包括緩和和曲線的路面略況，b 示設計中綫及預置位移佈置情形。

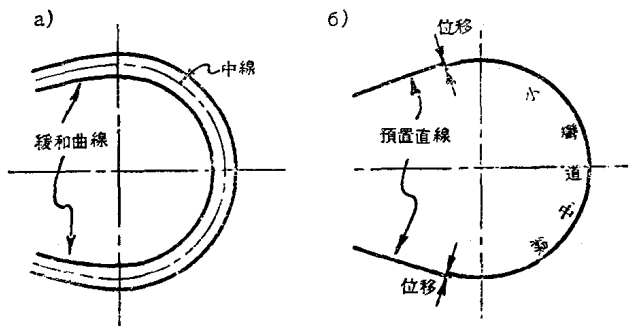


圖 II—5

〔例 II—A〕：

設小弯道地位略如圖 II—6，小弯道曲線半徑 R_1 須等于或大于 30 公尺，小弯道縱坡 $i_1 = 0.03$ ，上下點平均設計高 291.98

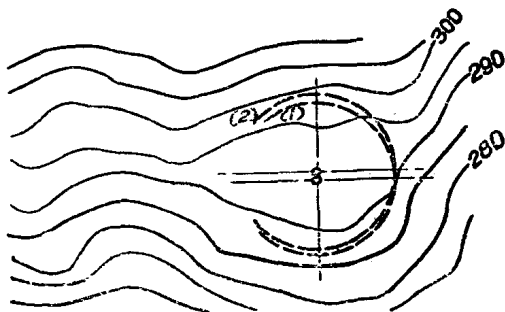


圖 II—6

公尺。圖上虛綫表示小彎道考慮位置。

(I) $R_1 = 30$ 公尺:

上点地面高 298.16

下点地面高 285.90

地面高差 12.26 公尺。

上下点平均地面高 292.03 公尺。

上下点設計高差: $-\pi \times 0.03 \times 30 = 2.83$ 公尺。

$12.26 - 2.83 = 9.43$ 公尺 (上下点填挖高度和)。

上点設計高 $291.98 + 1.415 = 293.395$ 。

下点設計高 $291.98 - 1.415 = 290.565$ 。

$298.16 - 293.395 = 4.765$ 。

$290.565 - 285.90 = 4.665$ 。

填挖高度和 $= 9.43$ 公尺。

(II) $R_1 = 32$ 公尺:

上点地面高 299.10

下点地面高 286.02

地面高差 13.08 公尺。

上下点平均地面高 292.56 公尺。

上下点設計高差: $-\pi \times 0.03 \times 32 = 3.02$ 公尺。

$13.08 - 3.02 = 10.06$ 公尺 (上下点填挖高度和)。

上点設計高 $291.98 + 1.51 = 293.49$ 。

下点設計高 $291.98 - 1.51 = 290.47$ 。

$299.10 - 293.49 = 5.61$ 。

$290.47 - 286.02 = 4.45$ 。

填挖高度和 $= 10.06$ 公尺。

[例 II—B]: 小彎道膠版法。

小彎道膠版, 每組由兩塊組成。圖 II—7 為適于常用技術

标准之一种，刻划比例 $1:500$ ，限于用縮尺 $1/500$ 地形断面，规格如下：

1. 小弯道曲线半径 $R_1 \geq 30$ 公尺；
2. 小弯道纵坡 $i_1 = 0.03$ ；
3. 超高横坡 $i_g = 0.06$ ；
4. 路面加宽 2 公尺（外侧加宽 0.5 公尺，内侧加宽 1.5 公尺）；
5. 路基宽度 9 公尺（中綫以外 4.25 公尺，中綫以内 4.75 公尺）。

膠版合攏，小弯道曲线半径 R_1 指标，正指 30 公尺綫。膠版拉開，指标值逐渐增加，同时代表上下点挖方与填方兩断面的水平距离与高差亦比例加大。断面上的横綫可作填挖高度参考。結合断面边坡綫（挖方划 $1:1$ 、 $1:0.5$ 、 $1:0.1$ 三种，填方划 $1:1.5$ 、 $1:1$ 、 $1:0.75$ 三种，其他情况參酌变更），可以迅捷的观察和比較填挖情况。

膠版兩端横綫，指示在所标示的小弯道曲线半径時上下点平均設計高之所在。当膠版合攏時，半径指标 30 公尺，平均設計高在 30 横綫上。

圖Ⅱ—8 为兩塊膠版構造及刻划間隔之基本尺寸。为便于应用，膠版質量要求有足够的透明，刻划則要求有顯著的顏色。

用小弯道膠版，不僅可如例Ⅱ—A 了解中綫填挖高度，並可以進一步地結合路基边坡与地質情况，調整填挖断面，更精確地確定小弯道位置。

設考慮从小弯道位置，通过上下点方向作地形断面（略如圖Ⅱ—9）縮尺比例縱向与橫向相同，並等于小弯道膠版之縮尺比例。