

92

87.32

ADN

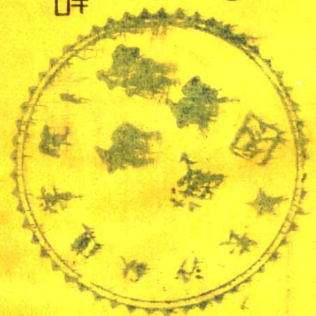
103337



公路纵断面上豎曲线 設計新法

1962.11.查

H.M.安東諾夫 著
汪新甯 譯



98
23

人民交通出版社

公路縱斷面上豎曲線設計新法
(說明及設計表)

H·M·安東諾夫著
汪 新 甯譯

人民交通出版社

公路縱斷面上豎曲綫設計新法

著 者 H·A·安東諾夫

譯 者 汪 新 甯

出版者 人民交通出版社

(北京·北兵馬司一號)

發行者 新 華 書 店

(全國各地)

全書 900×157=141,000字

1954年3月10日 初版·印數1-4500册

定價9000元

售價 0.54元

目 錄

第一節	緒言	(1)
第二節	縱斷面圓形豎曲線新設計法	(3)
第三節	編製圓形豎曲線計設表的計算圖	(6)
第四節	設計表應用舉例	(10)
第五節	縱斷面設計例題	(17)
第六節	斷面上豎曲線的繪設	(20)
根據圖 1	編製的豎曲線設計簡表	(22)
根據圖 2	編製的豎曲線設計簡表	(26)
	豎曲線設計詳表	(31)

第一節 緒 言

現在公路縱斷面圖是依據全蘇標準 OCT 6757 繪製而成。根據此標準，在縱斷面內未精確地設置豎曲線，而設計標高與坡度却是用來計算豎曲線切綫的（正切），即豎曲線的設置未予計算。工作標高的記載有二種：括號內者——切綫的標高，括號外者——豎曲線座標估計在內的標高。豎曲線的半徑及其各個部分如圖 1 所示。

因此，〔設計標高〕與〔設計坡度〕項內所註的是與豎曲線正切有關的虛標高與虛坡度，它與豎曲線上路堤的實際標高區別很大。

這些缺點使在設計與修建道路時運用縱斷面發生了困難，特別是在丘陵區的高級道路。

設計機關的實際經驗指出：在某些公路上，縱斷面全長中相當大的路段（達60%）是佈置在豎曲線上的，故而，相當多的一部分設計標高就不能說明豎曲線上設計綫的真實情況。

繪製縱斷面的方法不適合，在設置豎曲線處的斷面設計方面，會造成技術上的不完善：

（1）在繪設設計綫時，設計者要先調整與確定正切的位置，而後才可使用設計表確定豎曲線的實際位置。可見，豎曲線的佈置是在預先設計好了正切的基礎上確定的。

當設計正切時，設計者未具有對豎曲線實際佈置方面的明確概念，因此，設計綫的位置常常是不完全恰當的。

（2）根據正切設計豎曲線加多了標高計算的手續，斷面上堆滿了很多不必要的數字，並且其計算亦不方便。

在採用全蘇標準 OCT 6757 縱斷面的時候，豎曲線設計成半徑小、長度短的豎曲線，因此，其佈置與正切相差不大。同時也應該指出，現有的圓形豎曲線設計表是適合於按照正切設計豎曲線用的。

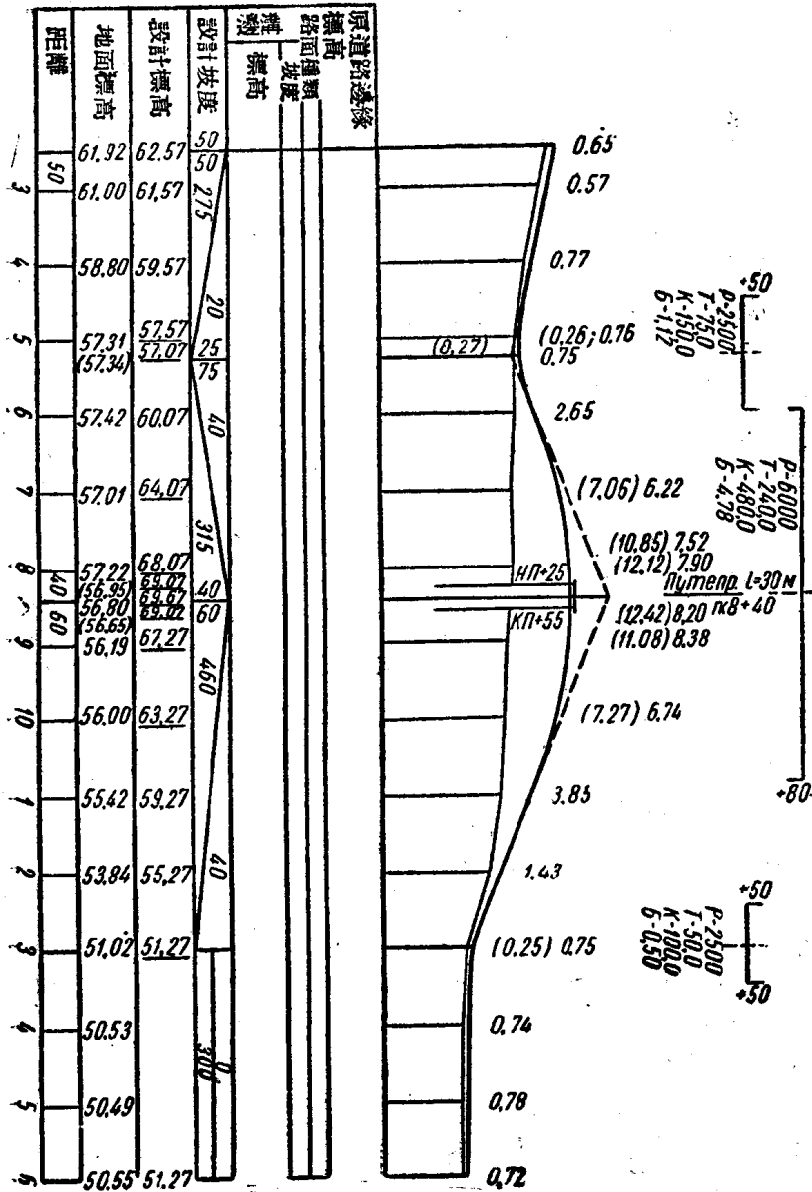


圖 1 通常的縱斷面繪製法。(着重於與豎曲線正切有關的設計標高)

現在對於公路的要求大大地提高了。高級公路是根據汽車行車速度達 100~120 公里/小時計算的，所以，設計縱斷面時必須保證汽車平穩地行駛，緩和設計綫的轉折點並改善斷面上的視度。

此外，對高級公路還提出了特殊的修建要求——公路應該清晰地填載地形起伏的重要部分。

所有這些要求，只有在正確地選擇了豎曲線的位置與半徑後方可滿足。在很多採用大半徑的豎曲線(25,000~50,000 公尺)的情形下，應該廣泛地採用由若干種半徑不同的(二、三個及二、三個以上)相連的弧組成的曲線，採這種曲線，記載地形起伏的各重要部份亦較容易。後者的設計情形完全沒有預先規定，而根據現有的豎曲線測設表，在規定的式樣範圍內，採用這種設計法幾乎也是做不到的。

上述諸點可得出這樣一個結論：現在採用的縱斷面標準及現有的圓形豎曲線設計表已經陳舊了，妨礙設計者的創造性，不能令建築者所滿意而應該改換新法。

第二節 縱斷面圓形豎曲線新設計法

爲了克服上述諸缺點，著者擬定了佈置豎曲線處縱斷面的新設計法，編製新設計表及繪製設計豎曲線處縱斷面的繪製式樣。

縱斷面新設計法包括：

(1) 設計綫不根據正切繪設，而直接根據豎曲線繪設，爲此，採用專門的曲線板及由著者編製的豎曲線設計表。表內說明關於用作座標起點的曲線上各個假定點方面的豎曲線各點之距離與高差以及與這些點相切的坡度。

(2) [設計標高] 項內填寫路基的實際標高。標高根據豎曲線設計表而計算之。

(3) [設計坡度] 項內指示豎曲線的符號。坡度數只寫豎曲線與直線路段相啣接處的坡度(在切點上)或曲線半徑改變處的坡度。

(4) 斷面之上記載一行實際工作標高，斷面上的直線路段也有同樣的記載。

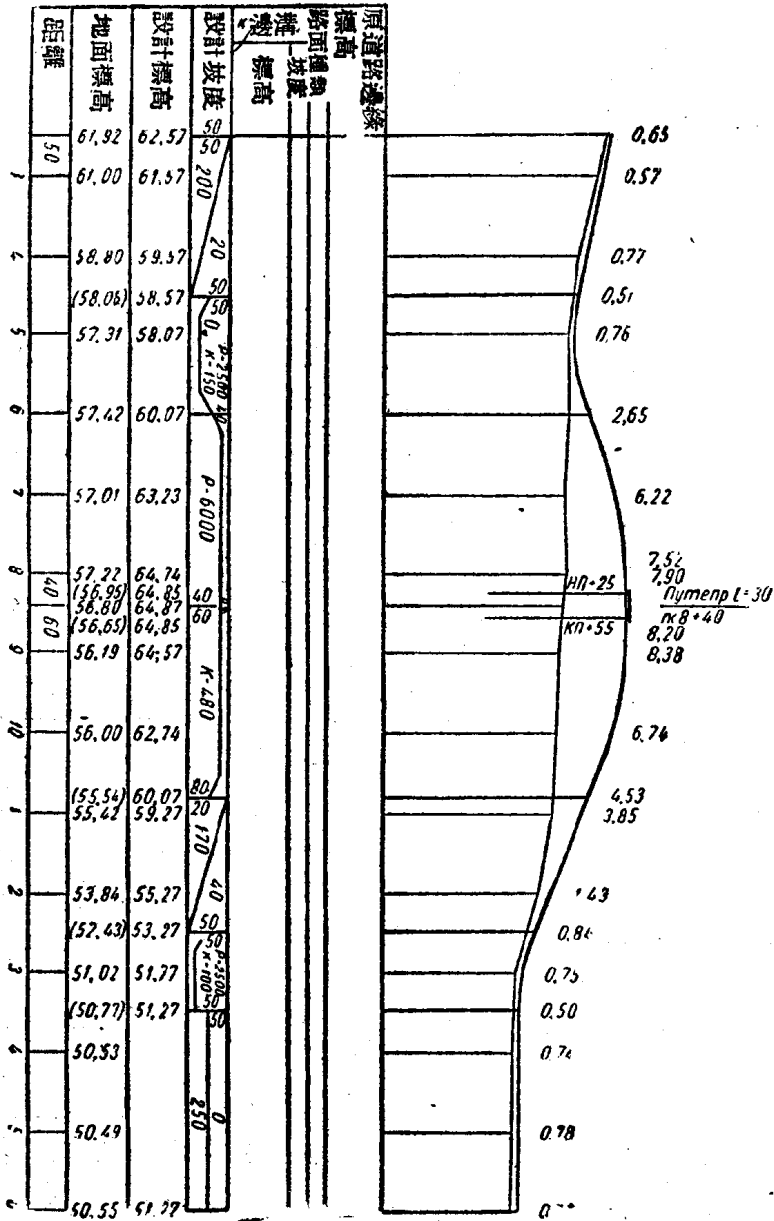


圖 2 新的縱斷面繪製與設計法

(5) 豎曲線在斷面上的符號可除去。著者建議的斷面繪製式樣如圖 2。

新設計法在實踐中曾作試驗及現為設計機關所採用。

這個新方法的實質在於代替正切位置的設計及將豎曲線繪在圖中，像現在所採用的一樣，在縱斷面中直接設計豎曲線的位置。

具有新圓形豎曲線設計表，表內載有座標（距離 l 與高差 h ）及與豎曲線各點相切的坡度，才可改用新設計法。

為了按照新設計法設計必須有豎曲線板。

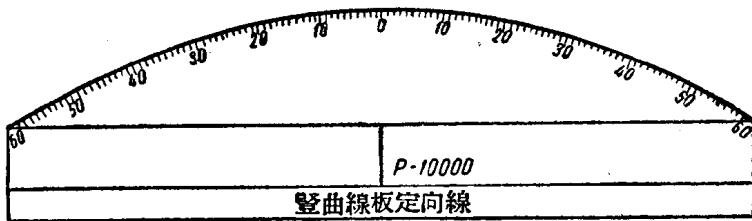


圖 3 豎曲線設計用的豎曲線板

豎曲線板上沿其周像刻有與曲線各點相切的坡度刻度數（千分之一的），可使豎曲線與相鄰的直線路段很容易地啣接起來；順次地改變豎曲線半徑（成複曲線狀）；連接反向曲線及（利用坡度數）使曲線圖形與表中所列的曲線精確的數字座標相一致。

豎曲線板由賽璐珞製成。在設計縱斷面時，有成效地採用了第一種豎曲線板式樣（如圖3），乃是各種半徑的豎曲線之外形，是由斷面比例尺上截下的一段，在其周緣上刻有帶數字的刻度點，與各點相切的切綫都有指示坡度。為了確定豎曲線板在圖上的方向，可作一水平線與垂直線。

這種式樣的豎曲線板每個設計員都很容易製成的。

在繼續改進的過程中，豎曲線板的式樣會有某些修改：除了刻在豎曲線板周緣上的用以指出具有一定坡度相切切點的位置刻度外，在此豎曲線板上並畫有這些切點的方向（如圖 4）。利用這種豎曲線板大大地簡化了設計方法，因為，不僅可很明顯地看出，在各種不同的具體情況下應該採用怎樣的豎曲線，而且很容易確定設計綫上直線路

段與曲線相切時的縱坡度應怎樣大小。

第三節 編製圓形豎曲線設計表的計算圖

道路上所採用的各種豎曲線不外二類：凸形豎曲線與凹形豎曲線。

曲線的圓心在曲線之下者為凸形豎曲線，而曲線的圓心在曲線之上者為凹形曲線。

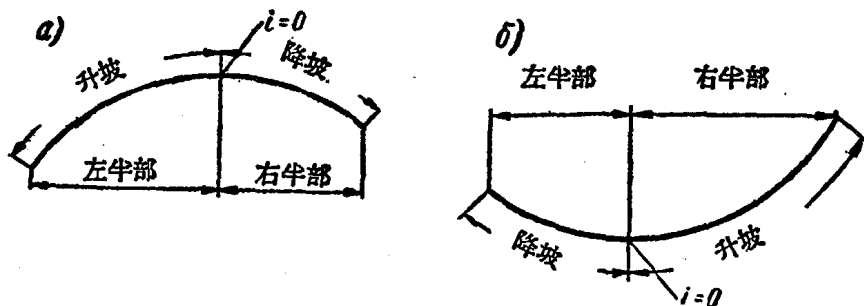


圖 5 豎曲線之種類：a——凸形豎曲線、b——凹形豎曲線。

與曲線相切的坡度，如果切綫的方向（根據斷面的導綫，即自左至右）離直線水平綫而向上者（在上坡上）則為正數，如果切綫的方向向下者（在下坡上）為負數。

由於切綫坡度的正負號不同，豎曲線有升坡與降坡二部分。該路段上所有的切綫都是正坡度者所謂豎曲線升坡，反之，該路段上所有的切綫都是負坡度者所謂豎曲線降坡。在曲線頂上，切綫成一水平綫，即其坡度等於零。在曲線的降坡上一切切綫均為負坡度（如圖5）。

由於斷面特性的不同，豎曲線可採用各種不同的升降坡。

在上坡時，可以採用凸形與凹形的升坡，而在下坡時，可採用凸形與凹形的降坡，在從上坡改變到下坡去時為凸形曲線的升坡與降坡，在下坡改變到上坡去時為凹形曲線的升坡與降坡。

分佈在曲線頂點右左二邊，即在切綫與曲線成水平綫的點的兩邊部分所謂豎曲線的左半部與右半部。

豎曲線上的各點表示切綫與該點相切的一定坡度。與曲線相切

的，具有一定半徑的曲線上之任何一點間的距離是有一定坡度的，在這些點之間的高差也是固定不變的。所以，將座標起點作為曲線某一點的位置即可編製設計表，在此設計表中曲線的其餘各點都表示離座標起點的距離 l 及在此點之上的高差 h 。

這種設計表可以確定具有一定坡度的曲線上任何一點間的距離及高差。將設計表中具有一定坡度 i 的座標起點或曲線上任何一點與樁號和斷面的標高相連，即可求出離所求點的距離，並定出其高出起點的高差，因而亦是它的標高。

本書所載的圓形豎曲線設計表，為便於設計是按二個計算圖編製的。

計算圖 1

在這個計算圖中（如圖 6）將點 A 作為座標起點，其餘一切距離與高差都按與此點的比率而定。在編製設計表時，座標起點位置的選擇要考慮到：與點 A 成傾角的正切—— $\text{tg}\beta$ ——比在設計

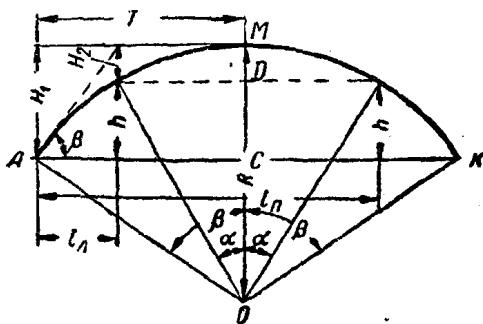


圖 6 編製設計表用的計算圖 1

具有一定半徑的豎曲線道路時所採用的最大縱坡度大一些。同時也要考慮到，在最低級道路上設計大半徑曲線的可能性。因而，求出了角 β 的一定數值（如圖 6）就可以確定距離 $AC = T' = R \sin \beta$ 和高度 $MC = H_1 = R(1 - \cos \beta)$ ，此距離與高度對於該半徑的設計表是固定不變的。

在曲線左半部，離座標起點的距離為 l_n 的任何一點的高差等於： $h = MC - MD = H_1 - H_2$ ，或由三角法得：

$$h = R(\cos \alpha - \cos \beta);$$

凹形曲線的高差則相反。

角 α 餘弦的函數按三角函數表經過角 α 的正弦而求得。角 α 的正弦按下式求得：

$$\sin \alpha = \frac{T' - l_n}{R}.$$

距離順次每改變一公尺，即可求出與之相應的高差 h 。

位於曲線右半部之點，也可用類似的方法計算之。曲線二端間的全長 $AK = 2T$ 。設計表上載有離座標起點的二種距離：在曲線左半部者為 l_n ，在曲線右半部者 l_r 。距離的總和 $l_n + l_r$ 時常等於 $2T$ 。

表中同時也載有與曲線各點相切的坡度數（縱坡度）。

計算圖 2

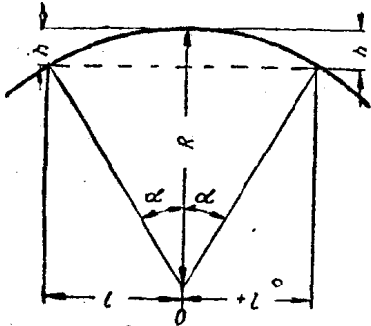


圖 7 編製設計表用的計算圖

在這計算圖中以豎曲線頂點作為座標起點（如圖 7）切綫與之成水平綫。高差 h 為負數（因低於座標起點的緣故）並按下式確定：

$$-h = R(1 - \cos \alpha)$$

對於凹形曲線的高差則為正數。

角 α 的函數也可經過角 α 的正弦而求出。角 α 的正弦由下式求得：

$$\sin \alpha = \frac{l}{R}$$

距離 l 順次每改變一公尺，即可求出與之相應的高差。

在編製設計表時，高差的計算其精確度達一公分，而坡度的精確度達千分之一。

設計圓形豎曲線時，要解決下列諸問題：

設計的第一個階段，不先詳細計算一切插點的標高就確定設計綫的總略圖。按照起點上已知的——樁號位置，該點高的標高和切綫坡度（縱坡度）——可決定豎曲線末端上或其他特徵點上的樁號位置和該點高的標高。

為了解決這些問題，可根據二個計算圖來編製簡單設計表，在此表內的距離及高差是用於曲線的特徵點的，與這些點相切的坡度卻巧是千分之一倍，即精確度相當於道路的縱坡度數。

設計的第二個階段，計算出分佈在豎曲線範圍內的樁號與一切插點的標高。為了解決這些問題，也可根據二個計算圖來編製設計表，此表中：在半徑 10,000 公尺以內時，以距離每改變一公尺來計

算高差，半徑自 15,000 公尺至 50,000 公尺時，以距離每改變二公尺來計算高差。

編成的設計表可用作設計下列諸半徑的豎曲線：

豎曲線半徑	900	500	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000
最小坡度 (千分之一)	100	100	80	80	80	80	80	60	60
續表									
豎曲線半徑	6000	10000	15000	20000	25000	50000			
最小坡度 (千分之一)	60	60	40	30	30	20			

對於半徑 6,000 公尺以內的豎曲線只能編製設計詳表。在半徑 15,000 公尺及以上的豎曲線，以距離每改變二公尺來計算高差。插點用內插法求之。

一切問題的解答無論按計算圖 1 或計算圖 2 結果是相同的。下面是設計表實際應用方面的幾項注意。

1. 計算圖 1 中，分佈在高於曲線座標起點之上的各點具有正高差，而分佈在低於座標起點之下的各點具有負高差。所以凸形豎曲線的各點為正高差，而凹形豎曲線——負高差。

計算圖 2 中，凸形豎曲線為負高差，而凹形豎曲線為正高差。

2. 測設表所載的高差，如果是設置凸形曲線——對計算圖 1 來說為正高差，對計算圖 2 來說為負高差。

對於設置凹形豎曲線，高差的絕對值是不變的。

3. 根據圖 1 計算時，為了確定分佈在曲線左半部的；具有規定坡度的各點間的距離應該採用設計表內左行所載之數（對於凸形曲線坡度為 $+i$ ），而如果分佈在曲線右半部者——則用設計內右行之數（對於凹形曲線坡度為 $-i$ ）；當各點分佈在曲線各個不同的半部時，對於左面的點應該取左行的距離，而對於右面的點——取右行的距離。換句話說，左面的點是左行的距離，右面的點——右行的距

離。

根據圖 2 計算時，必須記住，分佈在曲線左半部各點的距離是負數，而右半部者為正數。

應用計算圖 1 設計的順序及計算凸形曲線的標高（當高差數加起點標高時）以自左至右較更適合。

應用圖 2 設計，例如：設計橋梁或立體交叉的兩端時，其標高的確定，以「自中間開始」為宜，在設計凹形曲線時，根據由圖 2 編製的設計表來計算標高，亦以「自中間開始」為宜。

在設置大半徑的長曲線時（半徑 15,000~20,000 公尺），有時將兩種計算圖混合應用設計更為適宜：左半部根據圖 1 設置，而右半部根據圖 2 設置。

第四節 設計表應用舉例

採用豎曲線設計簡表確定豎曲線總位置

例 1：半徑 10,000 公尺的凸形豎曲線升坡自某點開始，此點上的切綫具有坡度 +25%。求至與曲線相切成坡度 +10% 的豎曲線點的高差與距離。

根據圖 1 計算

根據設計簡表(第25頁)可查得：半徑 10,000 公尺；坡度 +25% 之點(註) $l_1=349$ 公尺和 $h_1=14.83$ 公尺；坡度 +10% 之點 $l_2=499$ 公尺和 $h_2=17.46$ 公尺。

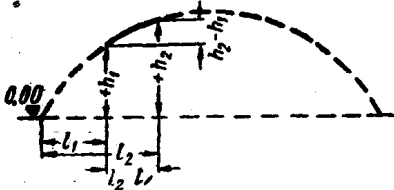


圖 8 根據圖 1 設計豎曲線的升坡

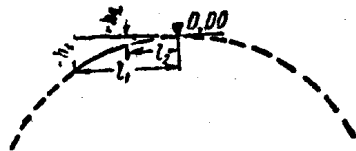


圖 9 根據圖 2 設計豎曲線的升坡

(註) 此處和以後將 L 曲線上的某點，此點的切綫具有坡度……簡稱為 L 坡度……之點。

從圖中（見圖 8）很清楚地可看出：該二點間的距離： $l=499-349=150$ 公尺；該二點間的高差： $h=17.46-14.83=2.63$ 公尺。

根據圖 2 計算（如圖 9）

根據設計簡表第二十八頁我們可查得：

$l_2 = -100$ 公尺， $h_2 = -0.50$ 公尺和 $l_1 = -250$ 公尺和 $h_1 = -3.13$ 公尺。

欲求的距離與高差等於： $l = -100 - (-250) = 150$ 公尺； $h = -0.50 - (-3.13) = 2.63$ 公尺。

根據圖 2 計算時，離分佈在曲線左半部各點的距離應該是負數，而對於分佈在右半部各點則為正數。

設計自坡度 -25% 轉至 -10% 的：半徑 10,000 公尺的凹形豎曲線降坡時也可應用此表。各項數字也載於同一頁中，也有絕對數值，但高差的符號應該相反。

從圖 10, a 中可清楚地看出：根據圖 1 計算時得： $l = 499 - 349 = 150$ 公尺；

$h = -17.46 - (-14.83) = -2.63$ 公尺。

根據圖 2 計算時（如圖 10.6）：

$l = -100 - (-250) = 150$ 公尺；

$h = 0.5 - 3.13 = -2.63$ 公尺。

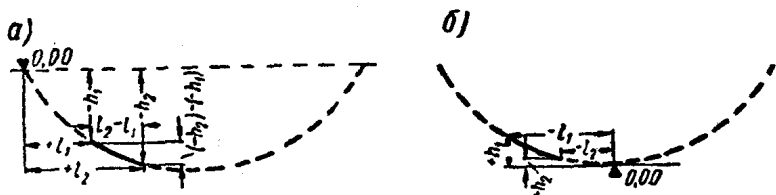


圖 10 豎曲線降坡的設計： a—根據圖 1 b—根據圖 2

為了根據已知的坡度 $\pm 25\%$ 之點的樁號與設計點高的標高來計算出坡度 $\pm 10\%$ 之點的樁號與該點高的標高，只要在這個點的樁號上加 150 公尺，如果在第一種情形下加 $+2.63$ 到設計標高上，而在第二種情形下減去 -2.63 即可。

例 2：具有升降坡的曲線的設計。

自坡度 $+8\%$ 開始至坡度 -20% 終了的半徑 10,000 公尺的凸形豎

曲線。求這兩點間的距離與高差（如圖11）。

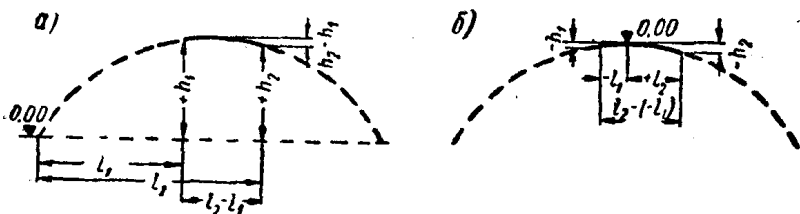


圖 11 凸形豎曲線的設計: a)—根據圖 1 b)—根據圖 2

根據圖 1 計算

根據設計表第二十五頁坡度 +8 可查得: $l_1 = 519$ 公尺和 $h_1 = 17.64$ 公尺, 同頁上坡度 -20 可查得: $l_2 = 799$ 公尺 (因為坡度是負數, 故點在曲線的右半部, 且距離應取第二行的距離,) $h_2 = 15.96$ 公尺。

欲求的距離與高差等於:

$$l = 799 - 519 = 280 \text{ 公尺及 } h = 15.96 - 17.64 = -1.68 \text{ 公尺。}$$

根據圖 2 計算

根據設計表規定的坡度可查得:

$$l_1 = -80 \text{ 公尺, } h_1 = -0.32 \text{ 公尺及 } l_2 = 200 \text{ 公尺; } h_2 = -2.0 \text{ 公尺。}$$

欲求的距離與高差等於:

$$l = 200 - (-80) = 280 \text{ 公尺, } h = -2.00 - (-0.32) = -1.68 \text{ 公尺。}$$

我們可分析一下, 當曲線自坡度 -8% 的降坡開始至坡度 +20% 的升坡終了時的情形 (如圖 12)。

如上述例題一樣, 凹形豎曲線的半徑為 10,000 公尺, 凹形曲線的高差則相反。

這時, 根據圖 1 (如圖 12, a) 計算時, $l = 799 - 519 = 280$ 公尺;

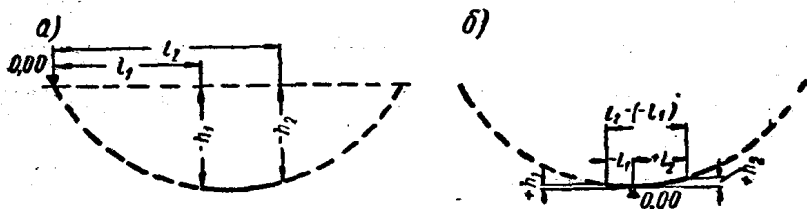


圖 12 凹形豎曲線的設計: a)—根據圖 1 b)—根據圖 2

$$h = -15.96 - (-17.64) = +1.68 \text{ 公尺。}$$

根據圖2 (如圖12·6) 計算時: $l = 200 - (-80) = 280$ 公尺; $h = 2.0 - 0.32 = +1.68$ 公尺。

例 3: 設計凸形豎曲線的降坡。

半徑 15000 公尺的曲線起點上坡度為 -12% , 終點上為坡度 -38% 。求這兩點間的距離與高差。

根據圖 1 計算 (如圖 13, a)

自設計表中 (第二十四頁與第二十五頁) 查得:

$$l_1 = 780 \text{ 公尺}; \quad h_1 = 10.93 \text{ 公尺};$$

$$l_2 = 1170 \text{ 公尺}; \quad h_2 = 1.18 \text{ 公尺};$$

欲求的距離等於: $l_2 - l_1 = 1170 - 780 = 390$ 公尺;

欲求的高差等於: $h_2 - h_1 = 1.18 - 10.93 = -9.75$ 公尺。

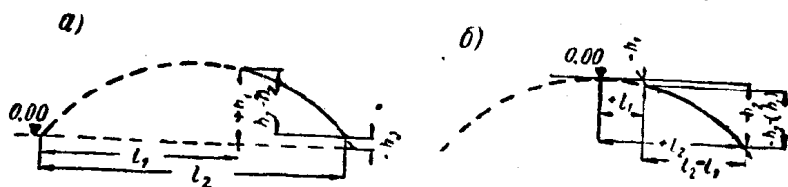


圖 13 凸形豎曲線降坡的設計: a—根據圖 1 b—根據圖 2

既然切綫坡度為負數, 故此二點分佈在曲線的右半部而距離應取自右行。

根據圖 2 計算 (如圖 13, b)

自設計表查得:

$$l_1 = 180 \text{ 公尺}; \quad h_1 = -1.08 \text{ 公尺};$$

$$l_2 = 570 \text{ 公尺}; \quad h_2 = -10.83 \text{ 公尺}。$$

欲求的距離: $570 - 180 = 390$ 公尺。

欲求的高差: $-10.83 - (-1.08) = -9.75$ 公尺。

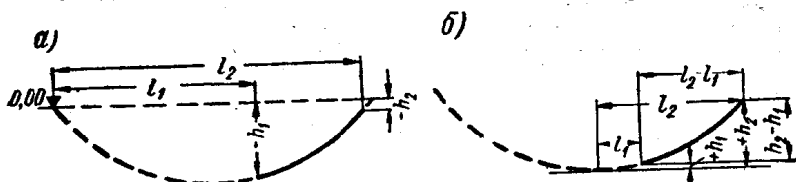


圖 14 凹形豎曲線升坡的設計: a—根據圖 1 b—根據圖 2