

高等学校教学用书

铁路设计

第一卷 第三册

A.B.高林諾夫著

人民铁道出版社

高等學校教學用書

鐵 路 設 計

第一卷 第三冊

A·B·高林諾夫 著
王竹亭、彭秉祿 合譯

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五六年·北京

本書系經蘇聯高等教育部批准，作為鐵路運輸學院建築系的教科書。原書共分四卷。第一卷譯文現分三冊出版。本冊是第一卷第三冊，內容包括第五章（鐵路綫路的平面與斷面）和第六章（鐵路路綫要素）這兩章，可供鐵路設計和施工人員參考之用。

鐵 路 設 計

第一卷第三冊

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

蘇聯 А·В· ГОРИНОВ 著

蘇聯國家鐵路運輸出版社（一九四八年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1948

王竹亭、彭秉禮 合譯

人民鐵道出版社出版

（北京市霞公府十七號）

北京市書刊出版營業許可證出字第零壹零號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

（北京市建國門外七聖廟）

一九五六年一月初版

一九五六年八月初版第二次印刷平裝印1,510冊[累]3,090冊

書號：450開本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張12 $\frac{1}{2}$ 插圖1頁 284千字 定價（10）1.80元

目 錄

第五章 鐵路綫路的平面與斷面

對平面與斷面的一般要求

§33 鐵路站間（區間）的平面	
綫路的直綫區段與曲綫區段	2
圓曲綫的要素	4
圓曲綫半徑	6
關於曲綫半徑大小問題的簡史	7
應用小半徑曲綫的條件	8
應用大半徑曲綫的條件	11
被推薦的與最小的容許半徑	14
緩和曲綫	15
相鄰曲綫的連接	19
最小的轉向角	23
§34 縱斷面的坡度	
關於鐵路縱斷面坡度的概念	24
縱斷面坡度的分類	26
限制坡度	27
均衡坡度	30
多機坡度	32
動力坡度	36
縱斷面各設計坡度	38
有害坡度及無害坡度	39
劃一坡度與遺失坡度	40
縱斷面坡道及其連接的原則	41
豎曲綫（圓曲綫）	42
縱斷面坡道的長度	44
§35 站間（區間）鐵路平面與縱斷面各部分的相互位置	
曲綫上限制坡度的折減	48
縱斷面換坡點的位置與綫路平面及人工結構（橋隧建築物）的關係	52
§36 分界點平場的分佈	
區間與分界點	54
關於分界點平場分佈問題的實質	56
會讓站平場之分佈	57

關於分界點分佈標準問題史	60
1946年設計技規規定的分界點平場分佈的標準	65
地方綫上分界點平場的分佈	70
按規定的計算通過能力來分佈分界點平場	70
§37 分界點平場的平面與縱斷面	
對分界點平面各部分的要求	72
在分界點上容許的圓曲綫半徑	72
分界點平場範圍內曲綫的佈置	73
分界點上的同向與反向曲綫	74
分界點平場的容許坡度	74
按起動與溜走的條件、坡度限制的檢查	76
車站與會讓站平場的長度	77
車站與會讓站平場的計算長度	81
按與站間（區間）縱斷面相協調的條件、來佈置分界點平場	82
§38 縱斷面的設計	
縱斷面的型式與比例尺	83
對設計縱斷面的一般要求	95
設計縱斷面的出發（原始）資料	96
對設計縱斷面的基本技術要求	96
按列車運行安全條件、對縱斷面要求的分析	97
1946年設計技規（TY）關於設計縱斷面的標準的實質	106
用拋物綫作豎曲綫的縱斷面設計	112
在被水淹的路段（區段）上的縱斷面設計	117
橫向排水與縱向排水的保證	117
列車運行不斷性的保證	118
分界點前、上坡的設計	120
防止設計綫被雪埋和被沙埋	120
與河道及陸地交通綫相交時縱斷面的設計	121
在地質不良條件下、縱斷面的設計	122
設計縱斷面時、經濟上要求的遵守	122
鐵路平面與縱斷面的衡數	127

第六章 鐵路路綫要素

§39 鐵路路綫及決定路綫的基本因素	
關於路綫的概念	129
影響路綫的基本因素	130
§40 地表形狀、地圖及平面圖、大地綫	
地表形態	134
地勢的性徵	136

地質及水文地質的因素對地形的影響及其地貌的標誌	137
地形圖及地圖	146
工程地質圖	152
測繪綜合性的要求	155
大地綫	156
§41 航空綫及天然障礙	
航空綫	162
路綫的支點及定點	164
平面障礙及高程障礙	165
航空綫的比較綫	168
航空綫的各比較綫的縱斷面	169
§42 路綫的要素	
輔助資料對路綫設計的意義	172
路綫要素的概念	173
與既有綫聯軌處的路綫要素	174
盡頭式終端站的安設	179
與既有鐵路相交處的路綫要素	182
和公路及土路相交處的路綫要素	186
和中河、大河及通航運河相交處的路綫要素	187
水區的繞避及穿行	189
困難高程障礙的交越	190
地質惡劣地帶的繞避及交越	193
§43 設計綫方向的原則比較綫	
路綫原則比較綫的提出	194
提出路綫原則比較綫時的最重要的論據	196
在提選路綫方向原則比較綫中、對路綫逐步提高的可能性的考慮	199
§44 定綫方式的分類及路綫衡數	
按地形條件以作定綫方式的分類	200
按利用限制坡度的條件以作定綫方式的分類	204
路綫的衡數	208
附 錄	211

第 五 章

鐵路綫路的平面與斷面*

對平面與斷面的一般要求

爲了保證列車沿着軌道以高速而安全地運行起見，必須有一條穩固而平順的鐵路綫路，這綫路要按其幾何形狀，而表明在空間的部位，就要拿其平面與斷面作基礎。

綫路的平面圖是路基中心綫在水平面上的投影（對雙軌及多軌鐵路而言，每條綫路的平面，分別決定於相應綫路的中心綫在水平面上的投影）。

鐵路的縱斷面乃是沿着綫路路基中心綫展開在鉛垂面上的投影。

鐵路平面與斷面的設計，無論對鐵路建築的指標也好，無論對運行的指標也好，均有着極其重大的意義。列車運行速度和時間，燃料的消耗量及其他一些運營指標，在頗大的程度上，決定於鐵路的平面與斷面的性質。鐵路平面與斷面對建築鐵路所需要的工程數量，影響很大，此外，還必須考慮到在鐵路修好以後，要把鐵路平面與斷面作任何改變，在技術上會遭遇極嚴重的困難，破壞正常的運營工作，而且照例要費巨資才可以辦到。

因此，在設計鐵路平面與斷面時，應該很細緻地並詳盡無遺地，考慮到各種各樣的因素，這些因素在每個具體情況中，可能影響設計綫路最有利的幾何形狀。

每條鐵路的平面，是由直綫與曲綫所組成。縱斷面是由平坡與各種不同坡度的坡道所組成。

平面中直綫與曲綫的配合，斷面中坡道與平坡的配合，完全要看當地的地形起伏而異，而且常常隨着地質和水文地質的條件而定。

因此，平面與斷面的設計，與路綫在現地上方向的選擇是密切相關的。這些問題，將在本課程適當的章（Ⅵ與Ⅶ）中研究，在這兩章中，分別研究鐵路路綫要素與鐵路定綫。

鐵路平面與斷面，首先應該符合於行車安全與平順的要求。爲了保證這些要求，坡度的陡峻程度與平面曲綫的彎度，以及斷面與平面各組成部分長短與互相位

* (Профиль 是「斷面」，而 Продольный Профиль 是「縱斷面」，在本節內所寫的斷面—Профиль，乃是包含有縱斷面—Продольный Профиль 的意思。——譯者註)

置，應該保證列車不致斷鈎，脫軌，以及造成事故。同時，路線在平面中方向的改變及坡度的變更，要保證不使軌道與機車車輛發生劇烈的動力作用，而且不要使旅客有何不舒適的感覺。

鐵路設計技術規程規定必須遵守上述行車安全與平順的要求，而且它預先決定了以下幾點：斷面的容許坡度，平面中圓曲線的半徑，坡道的容許長度，緩和曲線的標準等等。

一方面固然必須遵守行車-技術要求，另一方面在設計平面與斷面時，經濟問題也有着更大的意義。

由於上述各要求，對鐵路平面與斷面要求的多樣性和複雜性，迄今尚未完全找到最後的與毫無疑義的解答。

還有下列問題尚未得到十分明確的解答，如：

a) 從減小機車車輛對軌道的影響與很好的分配列車緩衝的器件中的應力的觀點來看，對設計斷面坡道的要求；

6) 爲了實現高速度的可能性，並保證此時行車所需的安全性與高度的平順性，平面與斷面各組成部分的相互位置的最合理的設置。

到最近爲止，上述諸問題及其他一些類似的問題，還停留在討論與研究階段，現在還未得出詳細的解答。

因此，關於平面與斷面設計的某些原則，或者暫時完全沒有用一些明確的標準來規定，或者所用的標準，按照經驗的積累，或基於新的科學理論研究不時地予以修改。此外，還必須指出，設計平面與斷面的標準，正如任何一般設計標準一樣，不是固定不變的，而是要系統地修改和確定的。因此，本章所說明的、有關設計平面與斷面的資料，主要還應注意理論的與運營的先決條件，這些先決條件對設計平面與斷面的方法和標準是有影響的。

由於對設計站間（或譯做「區間」二字）與分界點範圍以內的平面與縱斷面的要求不同，本章包括了關於分佈分界點平場的主要知識，而站間（區間）與分界點的平面與斷面的設計，那是要分開來講的。

§ 33. 鐵路站間（區間）的平面

線路的直線區段與曲線區段

鐵路綫的平面，是由許多直綫，且在直綫方向改變的地方，是用圓曲綫與緩和曲綫聯結而成。

綫路的直綫決定於直綫長度（距離）及其方向。圓曲綫或緩和曲綫前後兩端間之距離是爲直綫的長度。

直綫的方向決定於其象限角（或方位角、或方向角）。該方向的象限角，如平

面測量中所已知的一個樣，是某一個象限中磁針的北端或南端〔由北端為北東(CB)與北西(CB)，而由南端則為南東($ЮВ$)與南西($ЮЗ$)〕與該方向之間所成的角度來計算。

如圖165所示，測量各綫與磁子午綫所成的角度， AB 與 DE 由北端算起，而 BB ， BF 及 FD 由南端算起，這樣把鐵路綫 ADE 各直綫的象限角都記在圖上。如果需要由 E 到 A 反向計算各綫的象限角，顯然，每一直綫的角度的大小未變，而象限角的方向恰與圖上所示相反，例如 ED 的象限角為 $ЮЗ74^\circ$ ， DF 的象限角為 $СЗ82^\circ$ 等等。

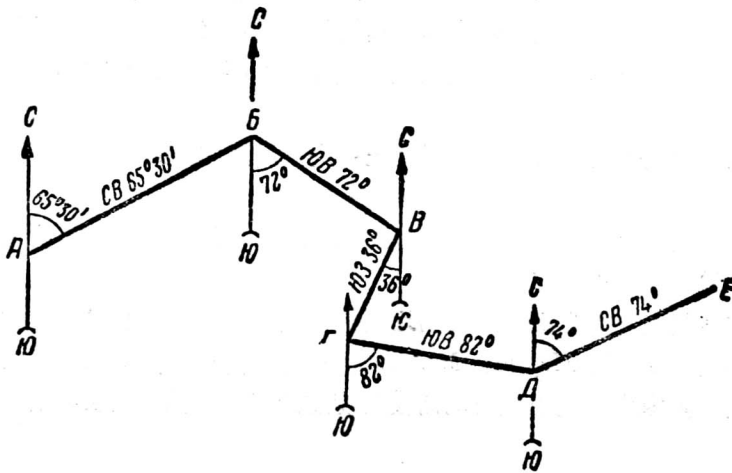


圖165. 綫路直綫區段的象限角

從保證運營最有利的觀點來看，直的綫路有着很顯著的優點。

可是修築一條直的鐵路，在某些路段中，由於許多地形和地質的障礙，一般是相當困難的。

在鐵路建築的實踐中，仍然有許多例子，在有利的地形條件下，有些鐵路成功地修建了很長的直綫距離。如 *карталы-кустанай* 綫上，直綫長度超過100公里（未修成）。*Москва-Петербург* 綫的 *Тосно-волхов* 段的直綫距離超過了70公里。以後由於建築了島式車站，在這條鐵路上最長的直綫距離縮短到28公里。在 *карталы-Акмолинск* 綫選綫設計中，最長的直綫達到51公里。在建築過程中，這條直綫縮短為43公里。

在大多數情況中，設計時爲了避免過多的工程，繞經某些個別的障礙是合理的，這樣路綫平面有些彎曲。

如圖166虛綫表示鐵路的取直方向，連結兩既定點 A 與 B 並穿過一個湖和一座山及兩條小河。實折綫爲繞經上述各障礙的路綫方向。

在這種情況下，鐵路平面爲許多直綫綫段所組成（比如在圖166上一直綫綫段 $a-b$ ， $b-c$ ， $c-d$ 等等，這些綫段彼此相交，其交角爲 α_1 ， α_2 ， α_3 ，且在直綫方向轉變處，用曲綫連結起來。

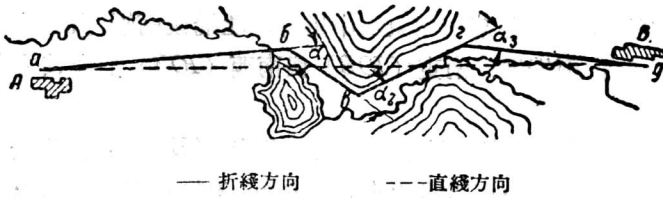


圖166. 離開直短方向的路綫

在相鄰兩轉折點間的直綫長度，隨具體情況而不同，實際上變化很大：由幾百公尺到幾千公尺，而在個別的情況甚至可以達到幾百公里。

採用在設置上與維修上最簡單而最方便的圓曲綫以聯結相鄰的直綫。在圓曲綫與直綫相連處，爲了避免綫路曲度的突然變化起見，必需設置所謂緩和曲綫，在緩和曲綫以內其半徑由 $R = \infty$ （在其與直綫相交處）平順地減到該圓曲綫的半徑數（終點處）。

鐵路總的曲綫長度，有頗大的程度上，決定於這條鐵路建築地區內地形起伏的情況。

在蘇聯的鐵路上，由於蘇聯大部分地區的地形，比較平坦，起伏變化不大，曲綫長度約爲鐵路總長度的25%。

但是在某些個別鐵路上，曲綫的比重變化還是很大的：由 *Астрахань-Красный Крест* 綫的5%到 *Пермь (Молотов) - Кунгур-свердловск* 綫的45%。

在多山的國家中，瑞士鐵路的曲綫長度達到37%，德國與法國曲綫長度的比重約爲31%。

圓 曲 綫 的 要 素

在鐵路上所應用的圓曲綫與緩和曲綫，在『鐵路綫路構造』課程中研究，一部分在『測量學』中研究。本章只討論一些計算圓曲綫的基本知識，這些基本知識在鐵路設計過程中常會直接碰得到的。

圓曲綫決定於轉向角 α ，轉變的方向及半徑 R 。

如圖167所示，路綫的導綫向右轉，其轉向角爲 α° ，此角等於曲綫的中心角。

我們知道，圓曲綫的主要要素，除轉向角與半徑外，還有曲綫長度 K 及由曲綫起點（或終點）到轉折點的距離（所謂切綫 T ）。圓曲綫的這些要素直接視轉向角 α° 與曲綫半徑 R 之大小而定。

曲綫長可由下列公式計算之：

$$K = \frac{2\pi R}{360} \alpha^\circ = \frac{\pi R \alpha^\circ}{180} \dots\dots\dots (201)$$

爲計算方便可利用已知值：

$$\frac{\pi}{180} = 0.0174533$$

於是

$$K = 0.01745 R \alpha^\circ.$$

切綫可由下列公式計算之：

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad \dots\dots\dots (202)$$

曲綫長度與切綫的單位由半徑的單位來決定。

在蘇聯圓曲綫由半徑來決定，而後者以公尺為單位；而在採用英制的國家中，曲綫半徑常常以呎或鏈為單位，一鏈等於66呎或20.116公尺。

在蘇聯半徑永遠是以公尺為單位，相應的 T 與 R 也以公尺來計算。因此，在新綫上，半徑均用標準值，當 $R \geq 400$ 公尺時，使半徑成為100的倍數，而用比400公尺小的半徑，使它成為50公尺的倍數，這樣不但在選綫設計中而且在運營中，都感到很方便。

在某些國家中，主要是美國，圓曲綫決定於標準弦長(C)的圓弧 AB 所對的中心角 α° 的度數(圖168)。在美國與加拿大這種標準(統一)弦長等於100呎 ≈ 30.5 公尺，而在英國 $C=1$ 鏈 ≈ 20.1 公尺；在中國所用的 C 等於20公尺。

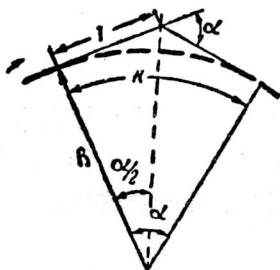


圖167. 圓曲綫的要素

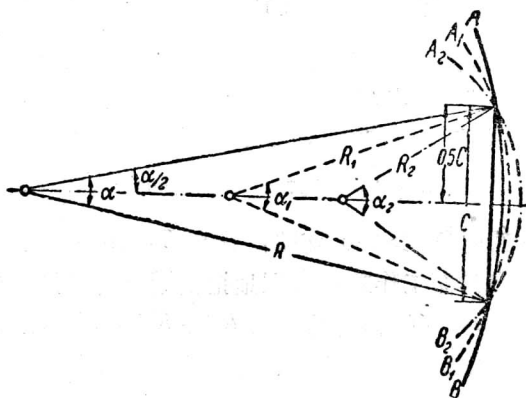


圖168. 標準弦長 C 所對的圓曲綫綫段

由圖168隨標準弦長 C 所對中心角 α° 的度數不同，可按公式(203)以求半徑：

$$R = \frac{0.5C}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad \dots\dots\dots (203)$$

對於鐵路所用比較大的曲綫半徑，可設弦長 C 等於弧長，即

$$C = \frac{2\pi R}{360} \alpha^\circ, \text{ 由此可得 } R = \frac{180C}{\pi \alpha^\circ} \quad \dots\dots\dots (204)$$

當標準弦長 $C=100$ 呎時(美國)根據公式(204)

$$R = \frac{180 \cdot 100}{\pi \alpha^\circ} = \frac{5730}{\alpha^\circ} \text{ (呎)} = \frac{1745}{\alpha^\circ} \text{ (公尺)}。$$

因而 1° 的曲綫半徑($\alpha^\circ=1^\circ$)等於(在美國)5730呎或1745公尺。這樣在美國所用的 6° 的曲綫，其半徑 $R = \frac{1745}{6} = 291$ 公尺。

選綫中圓曲綫的主要要素，必須準確到0.01公尺。因此利用公式(201)與(202)時， π 與 $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ 之值必須用五位小數值。

例如：設 $\alpha = 31^\circ 10' = 31.167^\circ$ 與 $R = 600$ 公尺，則：

$$K = \frac{\pi}{180} R \alpha^\circ = 0.01745 \times 600 \times 31.167 = 326.38 \text{ 公尺，}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \operatorname{tg} \frac{31^\circ 10'}{2} = 0.27889$$

$$T = 600 \times 0.27889 = 167.33 \text{ 公尺。}$$

實際上這些要素可由設置曲線表^①查得，表中列有各種常用半徑與不同轉向角的曲線的主要要素 K 與 T ，還有兩倍切綫與曲綫長度之差 $D = (2T - K)$ 及外距

$B = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$ 之值也列在表中。

如某轉向角 α 及半徑 R 所需的曲綫要素之值，在曲綫表中查不到時，可以取與此轉向角相同而半徑等於 1000 公尺的 K 與 T 之值，並將所得 K 與 T 之值乘以

$\frac{R}{1000}$ ，其理由從公式 (201) 與 (202) 可以看出， K 與 T 之值與半徑成正比。

例如，設 $\alpha = 72^\circ 20'$ ，半徑 $R = 800$ 公尺，在Н.В.Федоров曲綫表中，只給出這種半徑的轉向角 $\alpha \leq 30^\circ$ 的曲綫要素之值。當半徑 $R = 1000$ 公尺，而 $\alpha = 72^\circ 20'$ 時，其曲綫長度 $K_{1000} = 1262.455$ 公尺而切綫 $T_{1000} = 730.996$ 公尺；把它們化爲 $R = 800$ 公尺之相應值，即得 $K_{800} = 1262.455 \times \frac{800}{1000} = 1009.96$ 公尺而切綫 $T_{800} = 730.996 \times \frac{800}{1000} = 584.80$ 公尺。

當轉向角 $\alpha > 120^\circ$ 度時，就是 $R = 1000$ 公尺的各曲綫要素之值在曲綫表中也找不到，在外面工作時，合理地把曲綫分爲兩部分 $K' = f(\alpha')$ 與 $K'' = f(\alpha'')$ ，但是 $\alpha' + \alpha'' = \alpha$ ，（總轉向角）而 $K' + K'' = K$ （總曲綫長度）。此時應該特別注意， $T' + T''$ 不等於 T ，對總轉向角來說， $(T' + T'') < T$ 。

最簡單的方法（那怕是不完全必要的）是把已知角等分並算出所得半徑相等的兩相鄰曲綫的全部要素。

例如，在圖169上轉向角 $\alpha = 130^\circ$ ；

$$\alpha' = \alpha'' = \frac{\alpha}{2} = 65^\circ；$$

當 $R = 1000$ 公尺時，得 $T' = T'' = 637.07$ 公尺

而 $K' = K'' = 1134.46$ 公尺。

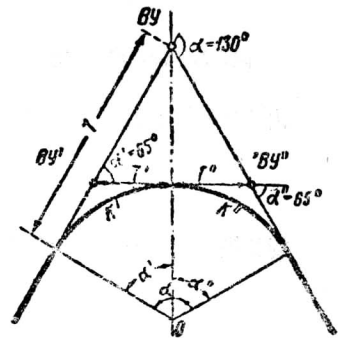


圖169. 計算 $\alpha > 120^\circ$ 時的曲綫要素

圓 曲 綫 半 徑^②

圓曲綫半徑應該分爲三種：最小容許半徑，最小被推薦的與最大被推薦的半

① Н.В.Федоров教授。設置圓曲綫與緩和曲綫野外工作表，鐵道運輸出版社1945年出版。В.Важеевск-ий教授。設置曲綫野外工作表。鐵道運輸出版社1936年出版。В.В.Леонидов 工程師，設置曲綫表（鐵路與公路）鐵道運輸出版社1933年出版。

② 本節是與 А.Н.Пономиян 教授，一起寫的。

徑。對鐵路綫路而言，最小容許半徑，首先取決於將通行於該路的機車車輛的類型。

十分明顯，鐵路容許採用的最小曲綫半徑，應當能够使列車運行。可見最小容許半徑應當根據機車車輛內接條件而定，並能完全保證安全運轉。現代蘇聯鐵路上所用的機車車輛，主要是由四軸或五軸轉向架的機車及兩軸或四軸轉向架的車輛所組成，正如經驗與特殊計算所證明的一樣，對這種列車而言，機車的內接條件起着決定性作用。

新型機車在小半徑曲綫中的內接計算，在蘇聯進行了各種不同的研究，證明當半徑很小時（參看表18）還可以保證機車的內接條件。

按機車內接條件的最小容許曲綫半徑（以公尺計）

表18

計 算 機 關	機 車 類 型					
	О	Щ	Э	ФД	СУ	ИС
全蘇鐵路運輸科學研究所 (К.П. Королёв- 機車在曲綫內的幾何內接, 1940年)	50	95	70	115	145	110
列寧格勒鐵道運輸工程學院 Кафедры 的 『機車車輛與列車牽引』	65	105	85	125	140	125

在其他許多有關新型機車曲綫內接問題的著作中，無論是由於計算方法本身或是由於影響許可標準計算的不同，所得的結果稍有一些出入。然而在所有這些著作中，對應用最廣的新型機車Э、СО、ФД、СУ與ИС而言，所得的 R_{min} 都沒有超過140—150公尺。

因為必須考慮到曲綫半徑稍有一些富餘和設置與養護曲綫時可能的不準確性，可用的最小半徑只限於150—180公尺之內。

顯然，最小容許半徑絕對不應小於這些數值，而且實際上只有在特殊複雜條件與在次級綫路上的標準軌距鐵路才採用這種最小容許半徑。其值可達180—200公尺。

設計地方綫時，如果假設在其上通行一種特殊機車，而這種機車特別適合內接於小半徑曲綫上，（即有單獨內接轉向架的活接與半活接機車），曲綫半徑似乎還可用得小一些。例如，在設計與修築南高加索（Зкавказская）鐵路經過 Сурамский（蘇拉姆）山脊區段時，建議採用活接機車，所用最小容許半徑等於128公尺（60俄丈）。後來，改用Э型機車，曲綫半徑 $R=128$ 公尺，改為 $R=150$ 公尺。這就是現在蘇聯幹綫鐵路網上最小的半徑。

在次級綫上，還可碰到更小的曲綫半徑。例如在南高加索鐵路的Тквибульская支綫上， $R_{min}=115$ 公尺。

關於曲綫半徑大小問題的簡史

在我國（蘇聯）鐵路設計最初階段，曲綫半徑（如同其他設計要素一樣）是沒有標準的，

而是依憑以往修建鐵路的經驗來決定。

在俄羅斯最早鐵路建築地區中，由於地形條件相當有利，在這些鐵路上所用的曲綫半徑是比較大的。例如彼得堡（Петербург）—莫斯科（Москва）鐵路的曲綫半徑，現在還是全國鐵路網中最大的：其值由3200到7200公尺。以後在建築鐵路中，不可避免地碰到了許多曲綫半徑的大小對工程數量與建築費用有極大嚴重的影響。結果，關於在困難條件下、容許減小曲綫半徑的問題，就發生了。

蘇聯最早的鐵路設計標準，製定於1873年^①，容許在山岳地區，最小的半徑採用 $R = 425$ 公尺（200俄丈）。

以後批准了許多鐵路設計的個別技術規程，容許採用 $R_{\text{мин}} = 300$ 公尺（150俄丈），甚至可以採用250公尺（120俄丈）。這種半徑在設計烏拉爾（Урал）與西伯利亞（Сибирь）鐵路中，應用很廣。

最早鐵路設計與建築的標準技術規程（1899年）規定幹綫的最小曲綫半徑為640公尺（300俄丈），在困難條件下，容許用 $R_{\text{мин}} = 540$ 公尺（250俄丈）及進站地段可用 $R_{\text{мин}} = 425$ 公尺（200俄丈）。

這些技術規程實行了一個很長的時間（一直到1925年）而且我國大部分的鐵路都按照這些技術規程設計與建築的。這也就說明為什麼在大多數的營業鐵路上 $R_{\text{мин}} = 640$ 公尺的情況。

蘇聯從1925年起到現在這一個時期中，設計鐵路時，採用最小容許半徑為300公尺，而在特別困難條件下，甚至可以達到250—200公尺（隨設計鐵路的等級而定）。

在許多西歐國家中，關於最小曲綫半徑的問題，各有所不同。大多數國家，在起初建築鐵路時，毫無理論與實際上的根據，採用了相當大曲綫半徑。以後（1850—1870年），隨着多山國家（意大利，奧地利，瑞士）鐵路建築的發展，爲了減輕建築的困難和成本起見，開始採用相當小的半徑（ $R_{\text{мин}} = 180—190$ 公尺）。

由於暴露了小曲綫半徑對運轉的缺點，第三階段限制最小半徑值爲 $R_{\text{мин}} = 250—300$ 公尺。

總之，在西歐最主要國家的鐵路網上，曲綫半徑 $R < 500—600$ 公尺的距離是相當短的。

在美國建築的鐵路所用的曲綫半徑要小得多，尤其是在大力開展鐵路建築的年代中，爲了最大限度地減小建築費，用極小的容許半徑來修建鐵路。

現在，美國有許多鐵路的半徑，還是小於175公尺；甚至在幹綫上也就是如此（Балтимор—Огайо鐵路和北太平洋幹綫就有 $R_{\text{мин}} = 146$ 公尺）。

根據AREA最近所製定的標準，規定各級鐵路的最小半徑 $R_{\text{мин}} = 175—291$ 公尺。

應用小半徑曲綫的條件

雖然容許曲綫半徑甚至可以小於200公尺，而與鐵路的實踐不相抵觸，可是採用上述小半徑的曲綫在運轉上，帶來了很多的缺點，其中最主要的如下：

- 1) 必須限制行車速度；
- 2) 增加鋼軌與輪緣的磨耗；
- 3) 必須加強彎道；
- 4) 減小機車動輪與鋼軌的黏着係數；

^① 「官有鐵路選線實施須知」，1873年。

5) 增加路綫長度。

這些缺點分別研究如下。

由於需要保證行車安全，必須限制小半徑曲綫上的行車速度，同時，這是用小半徑曲綫最嚴重缺點之一。

這個因素的影響，隨着列車速度增加而增加，且對客運繁忙的路綫來說，有着特殊重要的意義。從前貨車速度不超過40—50公里/小時，客車不超過80—90公里/小時，小半徑曲綫不會帶來特殊運轉上的缺點，而現在設計新幹綫時，必需以貨車每小時80—100公里與客車每小時不小於120—130公里的最大速度的計算值，來解決曲綫半徑的問題。

在蘇聯與大多數西歐國家的鐵路上，最大速度 $V_{\text{макс}}$ 與半徑的關係所用的公式頗為相近，把這些公式的係數稍加修整後其形式如下：

貨列車 $V_{\text{макс}} = 4 \sqrt{R}$ (公里/小時)；

客列車 $V_{\text{макс}} = 4.3 \sqrt{R}$ (公里/小時)。

按照這兩個公式，計算所得各種不同曲綫半徑的容許最大速度 $V_{\text{макс}}$ 列在表19中。

表19

R	$V_{\text{макс}}$	
	貨 運	客 運
200	55	65
300	70	80
400	80	90
500	90	100
600	100	110
700	110	120
800	115	130

由此可見，保證現代運行速度，必需採用 $R_{\text{мин}} \geq 600—800$ 公尺。

我們祖國鐵路上許多經驗資料，可以說明小半徑曲綫鋼軌的磨耗，同時德國和美國的調查，同樣也可說明這一點。

Ускова工程師根據綫路與建築科學研究所(Научно-исследовательский институт пути и Строительства)試驗區段所得來的資料，在1940年，發表了蘇聯鐵路上鋼軌磨耗的材料；在德國鐵路上，Диль工程師關於巴頓鐵路的資料，是著稱的；在美國鐵路上，則有Дж.Гёнт等人有關這方面的資料。圖170表示Ускова與Диль所加工的關於鋼軌磨耗的資料，這種磨耗是對縱斷面的平均條件而言(磨耗單位以平方公厘計)。圖171表示Дж.Гёнт(美國)所得關於曲綫半徑與貨運量對鋼軌壽命的影響的資料。

雖然根據上述不同的資料，鋼軌磨耗的絕對值，發生極大的差別，然而所有實驗資料足夠地證實了鋼軌磨耗及其壽命與半徑大小的特殊關係。

由上述各種半徑曲綫的鋼軌磨耗資料，可以得出以下結論：在 $R > 1000$ 公尺的曲綫上，鋼軌磨耗實際上不超過直綫路段上的磨耗； $R < 600—800$ 公尺時，鋼軌磨耗就有了顯著的增加，致使鋼軌壽命急劇地縮短。

關於輪緣磨耗與曲綫半徑大小的關係的資料還沒有得到。大概可以估計，輪緣磨耗與半徑大小的關係同鋼軌磨耗與曲綫半徑大小的關係，是相同的。

彎道的加強。蘇聯鐵路運轉經驗確定，由於水平力作用的影響，爲了提高線路的穩固性，彎道必須加強，這種加強在小半徑彎道上（小於 600 公尺）特別重要而且完全必需。

交通人民委員部（НКПС）的綫路與建築科學研究所1941年對這個問題的特別研究及各已成鐵路運轉資料的整理加工，確定了許多可能的辦法，以提高不同半徑彎道的穩固性，其法就是增加鋼軌下的枕木數目，設置鋼的軌距連桿，用碎石道碴替代砂碴，加寬碴床棱體及設置許多軌撐。

視半徑之大小與各種不同機車內接於小半徑曲綫的裝備之不同，在蘇聯鐵路上，製定了兩種加強彎道的辦法。關於這兩種加強彎道的辦法，在「鐵路綫路構造」課程中已經詳細研究。這裏主要的只評價半徑的大小對加強綫路的複雜性與所需費用的影響。

第一種辦法是：規定增加枕木數目，設置鋼的軌距連桿及用碎石道碴替代砂碴，在重型機車沿着曲綫以困難的內接運行之下，許可用曲綫半徑650—600公尺或更小一些。

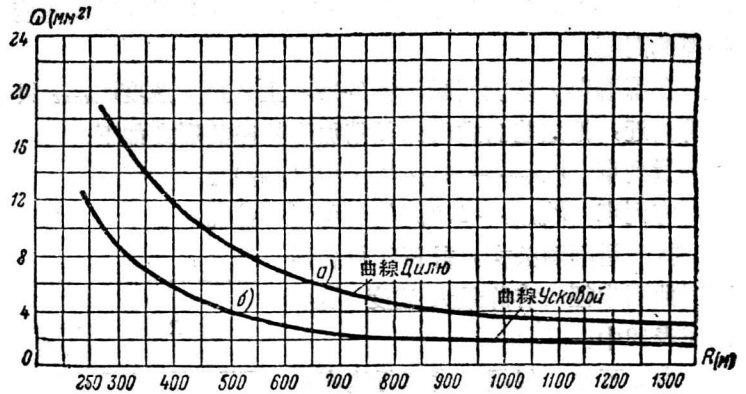


圖170. 不同半徑曲綫的鋼軌磨耗曲綫

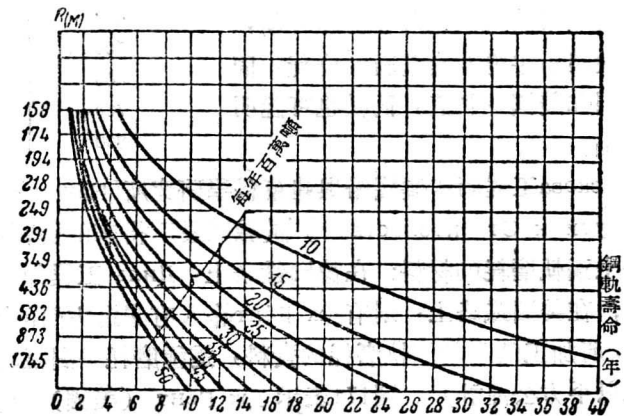


圖171. 不同半徑曲綫的鋼軌壽命

第二種辦法：規定增加一定枕木數目，設置鋼的軌距連桿，加寬碴床棱體，還設置軌撐，許可用曲綫半徑 $R=600—1200$ 公尺。

這樣從減少綫路上部構造的造值和保養費的觀點來看，最希望的曲綫半徑爲 $R \geq 1000—1200$ 公尺，因爲這種半徑的彎道，一般來說，不需要特別加強。如所用曲綫半徑爲 $R < 1000$ 公尺，但不小於 600 公尺，還可以認爲是相當有利的，因爲這種曲綫，一般只需稍爲加強就夠了，彎道的保養費增加不多。

最不希望的，顯然是曲綫 $R < 600$ 公尺，因爲用這種半徑，彎道需要大力加強，

而且要經常注意它們的保養。

在小半徑曲線上，黏着係數之減小，許多實際觀察已經證實了。關於黏着係數減小數值之資料，在 §7 中已經講過，下面只闡明試驗列車在半徑 $R < 600$ 公尺的曲線上，多次實驗所得的結果。

圖172表示 $\psi = f(v)$ 曲線，這個曲線是按照用 Ξ^p 與 Ξ^m 機車牽引的試驗列車所得的資料所畫；這些資料是由托姆斯克（Томск）電氣機械鐵道運輸工程學院的科學研究組，在 Карташов 教授指導下得來的。這些資料證明了在 $R = 300 \sim 400$ 公尺的曲線上，黏着係數大約低於直線上的黏着係數約10~12%左右。

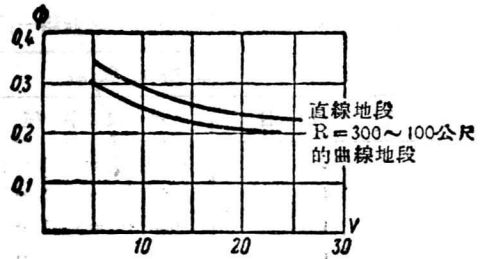


圖172. 實驗曲線 $\psi = f(v)$

我國路網電氣化區段上試驗列車給出以下幾點結論：

1. 在南高加索（Закавказский）鐵路的 Сурамск 山脊上，當 $R = 150$ 公尺時，試驗得出 $\psi = 0.16 - 0.19$ （電氣機車 ВЛ）。
2. 在 Пермск 鐵路的 Кизел—Чусовая 段，當 $R = 250$ 公尺時，曾得出 $\psi = 0.18 - 0.19$ （電氣機車 ВЛ）。
3. 在斯大林（Сталинская）鐵路的 Долгинцев—Запорожье 段，當 $R = 600$ 公尺時，得出 $\psi = 0.22 - 0.26$ （電氣機車 ВЛ）。

這些資料證明：用電氣牽引時，實際上只有當 $R = 600$ 公尺時才可實現 $\psi = 0.24$ 的計算值。用較小的半徑時，所能實現的 ψ 較計算值要小。

當然，所得資料，對決定計算 ψ 與 R 的關係而言，還是不夠的，但是當 $R < 600$ 公尺時，黏着係數降低這一事實，是可以確定的。

增加路線長度，應用小半徑曲線，而轉向角不變，致使路線增長，轉向角愈大，增長愈嚴重（當轉向角 $\alpha = 90^\circ$ ， $R = 300$ 公尺的曲線比 $R = 1000$ 公尺的曲線，路線長度增大400公尺）。

應注意的是：減小半徑照例應與加大轉向角相配合，以便更好的與地形相吻合，以減少工程數量，而且在這種情況下，一般路線的增長，比保持轉向角不變還要大。

從分析小半徑曲線的缺點看來，可以認為 600 公尺半徑是那條的一條界綫，低於這條界綫，急劇地使綫路相應各區段的運轉質量變壞。

半徑 $R \geq 600$ 公尺的曲線與較小半徑（ $R < 600$ 公尺）的曲線，在以上所研究的幾項指標上，有顯著的區別。

應用大半徑曲線的條件

在世界鐵路的實踐中，最大曲線半徑（平面）一般沒有超過5000公尺。用更大