

87.121

082445

~~142053~~

1962.11.9

9E9

避 难 线

B.M. 古尔格尼则著



人 民 铁 道 出 版 社

避 难 綫

(設計和使用的原則)

B·M·古尔格尼 著
鐵道部設計總局第五設計院 譯

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五七年·北京

一九五七年 四月十七日

保證行車安全為鐵路運輸部門最重要的工作條件，而避難綫之設置及其使用即是保證行車安全的主要措施之一，本書介紹蘇聯鐵路對於設計避難綫時所必需的基本條件，並詳細地敘述避難綫的構造和使用方法等。

本書根據蘇聯國家鐵路運輸出版社1955年莫斯科俄文出版(трансжелдориздат москва 1955)，蘇聯技術科學博士В.М.ГУРГЕНИДЗЕ所著之避難綫(УЛАВЛИВАЮЩИЕ ТУПИКИ)譯出，由鐵道部設計總局第五設計院姚傳甲，陶謀洽，王策勳，徐泰山合譯，經周俠生校閱，可供我國鐵路設計、修建和使用避難綫有關的工程技術人員參考之用。

避 難 綫

蘇聯技術科學博士В.М.ГУРГЕНИДЗЕ 著

鐵道部設計總局第五設計院譯

責任編輯 王 育 泉

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證出字第010號

人民鐵道出版社印刷廠印 新華書店發行

書號675 開本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印張2張 字數50千

1957年2月第1版第1次印刷

印數2,085冊 定價(10)0.36元

目 錄

編者的話

1. 設計避難綫的原始資料	3
2. 避難綫兩应用範圍	4
3. 設置避難綫的位置	15
4. 規定在下坡道和避難綫上行車速度的方法	21
5. 避難綫縱断面坡度的選擇	24
6. 避難綫的平面	30
7. 避難綫綫路的構造	34
8. 避難綫綫路的养护	37
9. 避難綫的使用制度	37
10. 避難綫長度和避難綫各不同点上抵消列車运行速度的計算示例	39
11. 計算避難綫A的圖解法	43
附件	
1. 計算避難綫時常用的公式	57
2. 主要參考文獻一覽表	62

編 者 的 話

保證行車安全是鐵路運輸部門最主要的工作條件之一。

所有鐵路運輸人員除了要充分掌握日益增長的運輸工作外，與各種事故進行鬥爭，也是他們主要的和重大的責任。

在業經制定各種鐵路設備的設計規程，建築規程和養護規程中，到目前為止，還有在山岳區段陡長坡道上一些與行車有關的問題沒有得到解決。

在上述鐵路區段上保證列車運行的安全的措施之一是修築避難綫，避難綫按不同的長度修建之，主要的是設在車站下坡的一側，逐漸增大其上升的坡度。

如對現有的避難綫加以分析可以看出由於避難綫的構造不適當，在接入列車時，於避難綫的起點有時即發生機車車輛堵塞區間正綫的事故。但是根據使用避難綫的經驗證明在一定的條件下避難綫是能夠充分証實它的效用的。

在設計和建築避難綫時，必須有足資作為根據的技術規程和與該問題有關的文獻。

為了在某種程度上作填補這一空白的嘗試，作者曾以所著的安全綫計算和設計技術規程問世，這一技術規程公佈後，曾在廣泛範圍內對之進行了討論。

本書出版前，對於在討論上述技術規程時所提出的各項意見和建議，作者均在本書內予以考慮。

本書介紹的避難綫設計和使用方法是適用於各種機車的通用方法。

1. 設計避難綫的原始資料

避難綫按照不同的長度和逐漸增長上坡的坡度辦法修建之。

有無修筑避難綫的必要及可能，它的長度和造價大小，都是根據列車運行的計算速度和當地地形條件來決定的。

在每種具體情況下，對於不同的列車、車輛及車輛組的運行速度，如有綫路平面圖及縱斷面圖時，可根據牽引計算確定之，同時並應考慮牽引種類，機車能力，列車重量，列車組成的特性，制動壓力，地區的气象資料，規定的列車運行辦法等。

各種不同的運行速度是否可以容許，應按列車通過道岔，通過半徑小的曲線等條件以及綫路結構的強度加以檢查。

於設置避難綫時應尽可能地選擇地形條件最適當的地方。

設計避難綫時必須具有下列資料：

1. 詳細的縱斷面圖，地區等高綫平面圖，區間和需要設置避難綫的車站的特征。

2. 預定在該處設避難綫的車站和區間相鄰地區的帶等高綫地圖，其比例尺尽可能要大些。

3. 說明地區風力，風向及風的重複次數的風向圖。

4. 預定運行的最大車輛列及列車重量，並詳細說明機車車輛特征和在車輛列中的車輛編組法。

5. 在指定的區間內能經常運行的最大型和最小型的機車以及它們的特征。

6. 最大型的和最小型的車輛，最強和最弱的車鉤和制動設備的類型，它們的特征和尺寸，以便根據機車車輛部件的強度規定車鉤容許力，規定避難綫上相鄰坡度的差別。

7. 列車上具有的制動設備和制動員人數。
8. 區間內的列車運行條件——預定的運行速度、運行辦法等——即據以設計具有避難綫的分界點的全部運行條件。
9. 在區間和需設避難綫分界點內的綫路上部建築的類型和結構，用以規定最大的容許運行速度。
10. 如果是為了檢查現有的避難綫時，則是它們的平面圖、縱斷面圖、上部建築結構和使用方法。

2. 避難綫的應用範圍

根據蘇聯鐵路技術管理規程規定：「避難綫為防止在陡長下坡道上失去控制的列車、或在陡長上坡道上拉斷的列車一部份溜入佔用的區間或站內進路」。

為了制止在下坡道上失去控制的列車這一基本目的，考慮有無修建避難綫的必要，以及避難綫的長度和構造等問題，一方面取決於列車在進站前由於重力作用所引起的運行增速程度，另一方面則根據列車在運行時所生的各種摩擦阻力、空氣阻力、使用手制動機和機車逆氣時（如系電氣機車時則為逆電制動）的阻力大小來決定。

進站前下坡道的斷面和平面在一定條件下，也可以使速度在分界點現有站坪範圍內抵消，而無須修建避難綫。

在運行速度不加速的條件下，不論下坡道長度如何，所有位於該區段各分界點的站坪大小和在分界點內有設避難綫必要時的避難綫結構，將是同樣的，而在由於重力作用列車有加速運行情況時，在每一分界點的避難綫的構造將是不同的，其不同構造視下坡道的坡度和它的長度為轉移。

列車不使用制動，在不使列車加速的坡道上能以均勻的速度絕汽運行（利用構成的重力），該不使列車加速的坡道之值的求算法是：如相當於機車牽引力的列車全阻力之值於列車以最大容許的機車構造速度運行時將等於零，即

$$W = F_k = Q (w'_0 + i_k) + P (w'_0 + w_s + i_k) = 0。$$

因此，不使列車加速的坡道之值將等於

$$i_k = - \frac{Qw'_0 + P (w'_0 + w_s)}{P + Q}, \dots\dots\dots (1)$$

式中 Q ——列車重量，噸；

P ——機車重量，噸；

w'_0 ——將蒸汽機車視同普通車輛時，機車連同煤水車的比阻，公斤/噸；

w_s ——將蒸汽機車視同普通汽機在調整閘關閉狀態下，機車和煤水車的比阻，公斤/噸；

w'_0 ——混合車輛列的平均加权比阻，公斤/噸。

w'_0, w_s, w'_0 的絕對數值按照牽引計算中所採用的公式（參看附錄）求算之。

在下坡道範圍有曲線時，不使列車加速的坡道之值須增加

$$w_r = \frac{12 \Sigma \alpha^\circ}{L} = i_{k,p},$$

式中 $\Sigma \alpha^\circ$ ——轉向角總合，度；

L ——曲線影響的長度，公尺。

在這種情況下不使列車加速的坡度將等於

$$i_k = \frac{-Qw'_0 + P (w'_0 + w_s)}{P + Q} - \frac{12 \Sigma \alpha^\circ}{L} \dots\dots\dots (2)$$

失去控制的列車，以最大構造速度駛近車站時，可以基本比阻 w_0 ，空氣阻力 w_{ep} （在順風時大於 10 公尺/秒），三個車輛（按照制動員的人數）和煤水車的手制動，以及蒸汽機車底逆汽作用的影响抵消其速度而使之停止。

列車基本比阻之值將等於

$$w_0 = \frac{Qw'_0 + P (w'_0 + w_s)}{P + Q} \dots\dots\dots (3)$$

在基本比阻公式內已包括了風速 10 公尺/秒以內的空氣阻力，計算出的空氣阻力將等於：

$$w_{cp} = \frac{C_{xn} F_n}{P+Q} \cdot \frac{\rho}{2} [(v_n - v_s)^2 - (v_n + 10)^2], \dots\dots\dots (4)$$

式中 C_{xn} ——全列車空氣阻力的係數；在這裡 $C_{xn} F_n$ 將等於

$$C_{xA} F_A + 0.170 x_s F_s + 0.15(n-2) C_{xs} F_s + 0.25 C_{xA} F_s;$$

C_{xA} ——機車空氣阻力的係數，等於0.96；

C_{xs} ——單個車輛空氣阻力的係數，等於1.05；

F_n ——垂直於列車運行方向的機車車輛單位面積；

F_A 及 F_s ——機車及車輛面積；

ρ ——空氣密度，等於0.125；

v_n ——列車速度，公尺/秒；

v_s ——風的速度，公尺/秒。

用手制動時三輛四軸車和煤水車的單位制動力按照下列公式求算：

$$b_m = \frac{1000[nbK'_p + mK''_p]}{P+Q} \varphi_{kp}, \dots\dots\dots (5)$$

式中 n ——用手制動的車的輛數，等於3；

b ——每車手制動的車的軸數，等於4；

m ——煤水車手制動的軸數，等於4；

K'_p ——在車輛一個軸上的閘瓦壓力，以公噸計，等於2；

K''_p ——在煤水車一個軸上的閘瓦壓力，以公噸計，等於4；

φ_{kp} ——輪撞閘瓦底摩擦係數，等於 $\varphi_{kp} = \frac{32}{3v+100}$ ；

v ——在制動開始時的列車行駛速度。

如適當的改變公式(5) . 可以採取下式：

$$\begin{aligned} b_m &= \frac{1000 (3 \times 4 \times 2 + 4 \times 4)}{P+Q} \cdot \frac{32}{3v+100} = \\ &= \frac{1280000}{(P+Q) \cdot (3v+100)} \cdot \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

逆汽的單位制動力[⊖]

⊖ 在月電氣機車牽引時可以逆電制動代替。

$$b_{kn} = \frac{2.5M_{1\varphi_{kp}}}{P+Q}, \dots\dots\dots (7)$$

式中 M_1 ——牽引力系数，公斤。

但逆汽力 $2.5M_{1\varphi_{kp}}$ 受到粘着力的限制，即

$$2.5\varphi_{kp}M_1 \leq 1000\psi_k P_k,$$

式中 ψ_k ——粘着系数；

P_k ——蒸汽機車的粘着重量。

因此，沿分界点站坪上行駛的列車全單位阻力（全比阻）即成为

$$w_n = w_o + w_{cp} + b_m + b_{kn}. \dots\dots\dots (8)$$

既知全比阻即可求出在綫路不同範圍內使速度由最大速度起逐漸降落的各段綫路長度（为了求得足够的精确性，应採取其有10公尺/秒的速度变化範圍）：

$$S_n = \frac{2 \times 4.17 (v_1^2 - v_2^2)}{w'_n + w''_n}, \dots\dots\dots (9)$$

式中 S_n ——速度由 v_1 变化至 v_2 时列車駛过的綫路長度；

v_1 及 v_2 ——始速及終速；

w'_n 及 w''_n ——相当於始速及終速的全比阻

如將由最大速度降落到零所得到的綫路長度加算一起可以求出使列車停止的水平站坪長度，因而也可解决有無必要建造避難綫的問題。

同时可以根据分界点現有的站坪長度求出在該下坡道上所应規定的最高速度（如在分界点範圍內有坡度和曲綫时，在計算公式(8)及(9)內，应列入坡度和曲綫阻力的有关符号）。

規定不使列車加速坡度和求算站坪長度的方法，以具体例子說明之，茲以 3 型蒸汽機車重125噸，車輛列重600噸，其二軸車每輛總重 $q'_{cp} = 25.9$ 噸， $\beta_2 = 50\%$ ，四軸車每輛總重 $q'_{cp} = 61.9$ 噸， $\beta_4 = 50\%$ ，機車構造速度 $v_k = 65$ 公里/小时，为原始資料：

$$\text{以 } w'_o = 2.2 + 0.01v_k + 0.0003v_k^2,$$

得出 $w'_0 = 2.2 + 0.01 \times 65 + 0.0003 \times 65^2 = 4.12$ 公斤/噸

$w_s = 6.8$ 公斤/噸;

$$\begin{aligned} w'_0 &= \beta_2 \left(1.4 + 0.02 v_k + \frac{0.5 v_k}{q'_{\sigma p}} \right) + \beta_4 \frac{65 + v_k}{12 + 0.55 q'_{\sigma p}} = \\ &= 0.5 \left(1.4 + 0.02 \times 65 + \frac{0.5 \times 65}{25.9} \right) + \\ &+ 0.5 \frac{65 + 65}{12 + 0.55 \times 61.9} = 3.41 \text{ 公斤/噸,} \end{aligned}$$

按照公式 (1) 得出不使列車加速坡度之值如下:

$$\begin{aligned} i_k &= - \frac{Q w'_0 + P (w'_0 + w_s)}{P + Q} = \\ &= - \frac{600 \times 3.41 + 125 (4.12 + 6.8)}{125 + 600} = -4.7\%。 \end{aligned}$$

相应地可以算出下列坡度:

当 $v_k = 80$ 公里/小时 5.3%

$v_k = 90$ 公里/小时 5.6%

$v_k = 100$ 公里/小时 6%

假定在上段綫路內曲綫轉向角总数 $\Sigma \alpha^\circ = 304^\circ$, 其长度 $L = 2400$ 公尺时, 則按公式 $i_{kp} = - \frac{12 \Sigma \alpha^\circ}{L}$ 得出与曲綫影响相抵消的附加坡度將等於

$$i_{kp} = - \frac{12 \times 304}{2400} = -1.52\%,$$

而上述重量列車在关闭調整閥不使用制动的条件下可以均衡速度在其上行駛的总計最大下坡將等於:

$v_k = 65$ 公里/小时 时,

$$i_k + i_{kp} = -4.7 - 1.52 = -6.22\%$$

$v_k = 80$ 公里/小时 时,

$$i_k + i_{kp} = -5.2 - 1.52 = -6.72\%$$

$v_k = 90$ 公里/小时 时,

$$i_k + i_{kp} = -5.6 - 1.52 = -7.12\%$$

$v_k = 100$ 公里/小时 时,

$$i_x + i_{xp} = -6.0 - 1.52 = -7.52\%$$

根据所採用的原始資料其运行速度和最大坡度的关系，表示在綫圖內（圖1）。

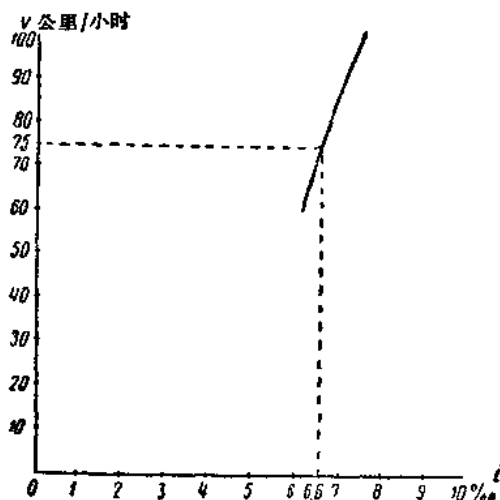


圖 1

从上例和綫圖中可以看出，甚至在有相当長的下坡道的区間里，假如关闭蒸汽機車調整閥，失去控制时的运行速度也不会超过綫圖內所示的最大数值。

於求算停車所需站坪長度之际，如运行速度为 10—100 公里/小时时，可利用以上列举的 (3)，(4)，(6) 及 (7) 公式，茲採取：

蒸汽機車橫斷面積·····	12.6 平方公尺
車輛的橫斷面積·····	10.0 平方公尺
在列車內全部車輛·····	14 輛
順風風速·····	20 公尺 / 秒
蒸汽機車牽引力系數·····	26100 公斤
运行阻力的結果列於下表。	

在分界点站坪上的阻力

表 1

計算 速度	基本比阻 w_0 〔按照公式 (3)〕	空氣比阻 w_{cp} 〔按照公式 (4)〕	單位制動力 b_m 〔按照公式 (6)〕	單位蒸汽制 動力 w_{en} 〔按照公式 (7)〕	列車全比阻 w_n 〔按照公式 (8)〕
10	2.24	+0.45	13.58	16.0	32.3
20	2.54	-0.12	11.04	16.0	29.5
30	2.90	-0.68	9.20	15.1	26.61
40	3.25	-1.25	8.02	13.1	23.12
50	3.64	-1.81	7.06	11.5	20.41
60	4.05	-2.39	6.31	10.3	18.27
70	4.50	-2.85	5.70	9.3	16.65
80	4.93	-3.53	5.19	8.5	15.09
90	5.4	-4.08	4.77	7.8	13.89
100	5.9	-4.65	4.41	7.2	12.86

在站坪範圍內使速度由 100 降至 90 公里，由 90 降至 80 公里，並一直降至零的綫路長度，以及站坪的全長，利用表 1 內的資料按公式 (9) 求算之。

在行車速度變更時的綫路各小段的長度和站坪長度

表 2

計 算 速 度 公里 / 小時	$w'_n + w''_n$ $\frac{2}{\text{公斤/噸}}$	綫路各小段長度 S_n , 公尺	為了抵消所需 站坪的長度
100	13.40	591.2	2437.0
90	14.5	488.3	1845.8
80	15.9	93.4	1357.0
70	17.5	309.7	963.6
60	19.34	237.2	653.9
50	21.76	172.4	416.7
40	24.86	117.4	244.3
30	28.05	74.3	126.5
20	30.9	40.5	52.6
10	34.45	12.1	12.1
0	—	—	0

上列实例的被抵消速度与站坪长度之间的关系用图解法表明於圖 2 上。

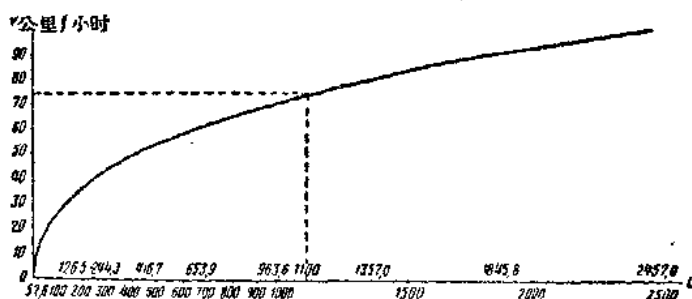


圖 2

利用圖 2 的綫圖和已有的一定长度的站坪可为採取的計算資料算出最大容許速度（例如在站坪为 1100 公尺时，速度为 75 公里/小时），而基於这一速度可以按照圖 1 的綫圖算出列車沿下坡道运行时能不增加速度和保証它在不設避難綫的情况下能在車站上停車的最大坡度。

在一切長大下坡道上，其数值超过上列公式算出者时，在蒸汽機車关闭調整閥失去控制的情况下列車將加速运行，超重列車沿这样陡長下坡道上运行是最困难和最危险的，而且这下坡道愈陡和長，則列車沿它下駛愈困难，因此在有陡長坡道区段的分界点上应設避難綫。

为了規定避難綫需要的構造——它的断面、长度和位置——必須明了在下坡道上失去控制列車在不同点上的运行速度，应当查明列車進入下坡道时的速度，列車在其上达到最大容許速度一段坡道的长度，和假使不能制动，列車在其上即增速至容許速度以上时一段坡道的长度。

既知綫路坡度，始速及終速和运行比阻就可以求出列車在綫路个别段落的通过時間和它的长度。

列車通过綫路段落時間按下列公式求算之：

$$t = \frac{v_2 - v_1}{2(i - w_n)} \text{ 公尺, } \dots\dots\dots (10)$$

式中 v_1 及 v_2 ——在該段落內的始速及終速, 公里/小时;

i ——这一段內的綫路坡度, ‰;

w_n ——列車运行全比阻, 公斤/噸

列車由速度 v_1 变换至 v_2 所經過的綫路長度, 为

$$S = \frac{1000(v_2^2 - v_1^2)}{240(i - w_n)} = \frac{4.17(v_2 + v_1)(v_2 - v_1)}{(i - w_n)} = 8.34(v_2 + v_1)t \text{ 分鐘 } (11)$$

於自动制动机失效而要使用手制动机时至其起作用时止需要某些時間。

根据統計資料这一時間在貨車可以採用 0.5 分鐘, 而在客車 1.0 分鐘, 在这一時間內, 列車在無制动的状态下运行, 假使已确定始速 v , 則列車达到的速度將等於

$$v_2 = 2t(i - w_n) + v_1 \dots\dots\dots (12)$$

而通过的綫路 $S = 8.34 (v_2 + v_1) t$ 。

進入下坡道的最初速度 v_1 須採用牽引計算者, 用蒸汽機車牽引时最小速度可採用 10 公里/小时, 而用电汽機車牽引时, 則採用 15 公里/小时。

茲举例研究列車下坡的情况, 列車重量 $125 + 600 = 725$ 噸, 下坡坡度 $i = -28.7\%$, 速度由 10 变化至 35, 以后又至 65 和 100 公里/小时, 阻力数值按表 1 所示, 而列車通过个别坡段的時間和它的長度將按公式 (10) 及 (11) 求算。

計算的結果引在下表內。

表 3

始 速 v_1 , 公里 / 小时	終 速 v_2 , 公里 / 小时	阻 力 $\frac{w_1 + w_2}{2}$, 公斤 / 噸	列車通过綫路 的时间 t , 分鐘	綫路长度 S , 公尺
10	35	2.7	0.48	180.2
35	65	3.7	0.60	500.0
65	100	5.1	0.74	1018.3
总 計	—	—	1.82	1698.5

由此可見，重725噸的列車在28.7%下坡道上於1.82分鐘內，速度即達到100公里/小時。但是，使手制動機發生作用需要30秒，在上述情況下，如從速度10公里/小時起即開始制動，則在這一時間內，在下坡道上最大容許速度將達35公里/小時。

對於所計算的列車在其他坡度上於蒸汽機車關閉調整閥運行時的同樣資料，可在圖3的綫圖上找出，該圖上的垂直綫為運行速度 v ，而水平綫則是綫路長度 s 和時間 t 。

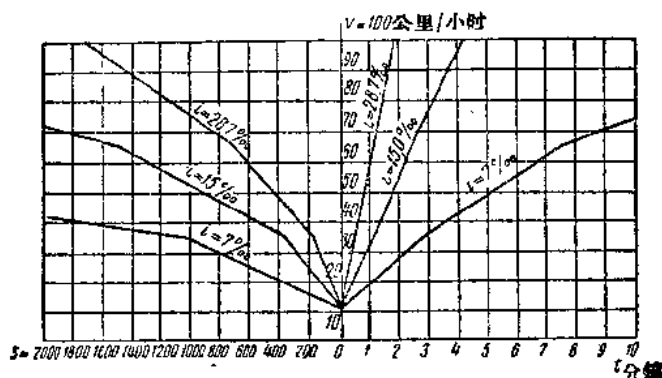


圖 3

以上所採取的是列車在 $v=10$ 公里/小時開始制動，但在許多情況下可能在列車已達最大容許速度以後才開始制動，即如，在速度達到 $v=35$ 公里/小時後才開始制動時，在準備制動機使之發生作用時間內根據公式(12)速度昇高的數值等於：

$$v_2 = 2(i - w)t + v_1 = 2(28.7 - 3.7)0.5 + 35 = 60 \text{ 公里/小時。}$$

考慮到加速度由60變化至100公里/小時，按照表1資料平均阻力將等於：

$$w = (18.27 + 12.86) / 2 = 15.56 \text{ 公斤/噸。}$$
 增加速度到100公里/小時需要的时间為

$$t = \frac{v_2 - v_1}{2(i - w)} = \frac{100 - 60}{2(28.7 - 15.56)} = 1.52 \text{ 分鐘,}$$

經過綫路的長度將等於：

$$S = 8.34 (v_1 + v_2) t = 8.34 (60 + 100) 1.52 = 2029 \text{公尺。}$$

由此可見列車在下坡道 $i = -28.7\%$ 上假使充分利用列車所有制動力，如下坡長度超過2029公尺時，速度將超過100公里，這樣可以作出結論，在我們許多的綫路上失去控制的列車在陡長坡道增加的速度能大於100公里/小時。

但是這一速度在計算避難綫時應作為列車在曲線通過的最大計算速度，眾所周知，在曲線上的外軌超高是按下列公式計算的：

$$h_{\text{外}} \geq \frac{500 \frac{v^2}{R} + 24.3 v_s^2 - 20342}{125 \frac{v^2}{R} + 31784}, \dots\dots\dots (13)$$

式中 v ——運行速度公里/小時；
 v_s ——側面的風速，公尺/秒；
 R ——曲線半徑，公尺；
 $h_{\text{外}}$ ——外軌超高。

於無風時如將公式 (13) 加以改變，最大速度將等於

$$v = \sqrt{\frac{31784 h_{\text{外}} R + 20342 R}{500 - 125 h_{\text{外}}}} \dots\dots\dots (14)$$

如最小半徑為200公尺和外軌超高為0.05公尺時，按照公式 (14) 算出的最大容許速度為95公里/小時，而在具有軌岔1/11号的道岔上和半徑300公尺的曲線上，最大容許速度約為110公里/小時。

進入避難綫最大速度規定為100公里/小時的正確性在南高加索鐵路各站上已經証實在那里有過以速度100公里/小時左右的列車進入車站避難綫內沒有發生脫軌情況。

由此可見，假使在小的半徑曲線上的行車速度大於100公里/小時，在未駛到分界點避難綫之前列車就可能脫軌，而為了使列車在區間增加速度到100公里/小時之處停車，就可能需要專設的