

鐵路員工技術手冊第六卷第十一冊

牽 引 計 算

蘇聯鐵路員工技術手冊編纂委員會編

人 民 鐵 道 出 版 社

鐵路員工技術手冊第六卷第十一冊

牽 引 計 算

苏联鐵路員工技術手冊編委會編

潘世丁

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五七年·北京

鐵路員工技術手冊一書，是蘇聯鐵路工作人員必備的書籍，本社將第六卷譯文分十一冊出版。

本冊系根據蘇聯交通部頒布的「牽引計算規程」編寫的，它反映了在列車牽引與機車試驗方面所做的科學研究工作，其中並列舉了所有各種牽引（寬軌和窄軌）——蒸汽機車、內燃機車和電力機車的計算資料，可供機車製造、運用和修理部門工程師、技術員查考及研究之用，還可供機車專業學習上的參考。

第六卷主編者：В. Н. 索洛古保夫

鐵路員工技術手冊第六卷第十一冊

牽 引 計 算

ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА

ТОМ 6

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

蘇聯鐵路員工技術手冊編纂委員會編

蘇聯國家鐵路運輸出版社（1952年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1952

潘世寧 譯

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

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）

書號 839 開本 $850 \times 1168 \frac{1}{2}$ 印張 5- $\frac{1}{2}$ 插頁 1 字數 143 千

1957年10月第1版

1957年10月第1版第1次印刷

印數 0001—977 冊 定價（10）1.00元

目 录

总 論.....	1
作用於列車上的力.....	8
列車运行方程式和解算方法.....	70
制动的問題.....	100
列車运行速度和时间計算.....	108
機車对蒸汽、水、燃料和電能的消耗量.....	131
窄軌蒸汽機車的牽引計算.....	162

牽 引 計 算

總 論

牽引計算是应用力学的一部分，它的目的是要根据：а）理論力学的一般規律；б）專門佈置的機車牽引試驗和 в）运用中的經驗和先进革新者在操縱列車方面的經驗，来实际解决与列車运行有關的問題。

牽引計算包括：а）作用於列車上的各种力的确定（機車牽引力，列車运行的阻力，制动力）；б）組成並且解出在各种力的作用下的列車运行方程式。解出列車运行方程式，結果就完成了列車重量的計算、列車在区間运行所需時間的确定，和各种制动問題的解决；в）機車机械功的确定；г）水、燃料和能消耗量的确定；д）所有其他和計算有關問題的解决。

在鐵路運輸上的牽引計算，由交通部批准的特殊的『牽引計算規則』加以規定。

在牽引計算中，計算到 1 % 可以認為在所有情況下都已經有足够的准确性，而使用 25 公分長的計算尺是完全許可的。

在牽引計算中，牽引力、阻力和制动力計算到 50 公斤为止的整数；單位重量（удельная сила）一以每噸若干公斤計，算到一位小数；电流一到 5 安的整数为止；速度一以每小时若干公里計，算到一位小数；距离一在綫路断面的每單元（элемент）內以公尺計，並在計算区間距离时以公里計，算到兩位小数（以 10 公尺計）；坡度（上坡和下坡）一以千分数計，算到一位小数；列車重量（除郊区列車外）一算到 50 噸整数为止，而郊区列車一到 10 噸整数为止；水的消耗量一到 50 公斤整数；燃料消耗量一到 10

公斤整数；电能消耗量一到10瓩小时；区間時間一以分鐘計，而
对时常停车的列車計算到半分鐘，並对郊区电力列車的电动車輛
到 $\frac{1}{4}$ 分鐘；發热温度一到 1°C 。

在用圖表来表示原始数据及牽引計算結果的一个变数与另一
个变数的关系时，應該：а）把正的数值放在右面或上面，負的
放在左面或下面；б）任何一个圖表必須有代表零的橫座标軸綫
和代表零的縱座标軸綫，以及整張的格子；в）对縮尺的選擇，
應該使在用有公厘的米达尺来决定变数的值时（在格子之間）不
遭遇困难；г）座标軸綫比其他格子綫画得較粗；д）在座标軸
綫上写上变数的字母符号。

为了避免錯誤，以及易於閱讀和审查，在牽引計算中所遇到
的变数的值和計量單位，應該採用表1所列举的变数的值和計量
單位的縮写符号。

牽引計算中所採用的符号和縮写

表 1

符 号	計 量 單 位	意 义
A	公斤	在运行中从煤水車里所消耗的水量
A	瓩小时	电力機車在受电架（пантограф）上的电能总消耗量
a	瓩小时/103吨公里	电力機車在受电架上（每千吨公里总重）的电能消耗量
A _u	公里/小时·小时	加速度，以每小时的公里/小时計
A _м	公里/小时·分鐘	加速度，以每分鐘的公里/小时計
A _с	公里/小时·秒	加速度，以每秒钟的公里/小时計
		$A_u = 60 A_m = 3600 A_c$
A _m	公尺 ³	煤水車的水櫃容量
Σ _г	公斤	因注水器溢水、澆煤、灰箱和烟箱內冲水而从水櫃內消耗的水量
B _ж	公斤	蒸汽機車汽机所消耗的湿的或者过热的蒸汽量
B _к	公斤	蒸汽機車按鍋爐計算的蒸汽消耗量
B _{нн}	公斤	蒸汽機車按鍋爐計算的标准蒸汽消耗量，也就是从鍋爐內消耗的湿的或者过热的蒸汽折合为含热量640仟卡/公斤的蒸汽量
Σ _г	公斤	蒸汽機車附属机件所消耗的湿的或过热的蒸汽量

符 号	計 量 單 位	意 义
B_m	公斤	由於閘瓦的作用而發生的列車制動力
B_{km}	公斤	由於倒開汽(контрпар)而發生的列車制動力
$B_{m\theta}$	公斤	電力制動的制動力
b_m	公斤/吨	由於閘瓦的作用而發生的單位重量的制動力 $b_m = \frac{B_m}{P+Q}$
C	公斤/小时	蒸汽機車每小时的實際燃料消耗量
C_θ	公斤/小时	內燃機車發動機每小时的燃料消耗量
C	—	牽引電動機的串聯
$C\Pi$	—	牽引電動機的串-併聯
c	公尺/秒	鐵路平均速度
D	公厘, 公分	機車動輪在滾轉圓周處的直徑
D_K	公斤/小时	蒸汽機車鍋爐每小时的蒸發量
d	公厘, 公分	單脹汽缸的或內燃機的汽缸直徑
d_B	公厘, 公分	高壓汽缸直徑
d_H	公厘, 公分	低壓汽缸直徑
d_m	公厘	鐵路桿直徑
d_{km}	公厘	鐵路尾桿直徑
E	公斤	實物燃料(натурное топливо)的總消耗量
E_K	公斤	在運行中實物燃料的總消耗量
E_{cm}	公斤	在停車時實物燃料的總消耗量
E_y	公斤	標準燃料(условное топливо)的總消耗量
e	公斤/万吨公里	每万吨重吨公里實物燃料的消耗量
e_y	公斤/万吨公里	每万吨重吨公里標準燃料的消耗量
e	—	自然對數的底數
F	公斤	牽引力
F'	公斤	牽引力的瞬息數值
F_i	公斤	傳到機車動輪輪周上的指示(虛擬的)牽引力
F_K	公斤	切線牽引力, 或者在機車動輪輪周上的牽引力
$F_{K\theta}$	公斤	一個發動機發生在輪周上的(切線的)牽引力
F_θ	公斤	動力試驗牽引力, 就是用動力試驗車計量的牽引力
F_n	公斤	在列車等速運行時機車車鉤上的牽引力
f_K	公斤/吨	單位重量(每一吨列車重量)切線牽引力
G_θ	公斤/分鐘	內燃機車發動機每一分鐘的燃料消耗量
H	公尺 ²	鍋爐的蒸發面積(和水接觸的一面)
H_n	公尺 ²	過熱面積(和氣體接觸的一面)

符 号	計 量 單 位	意 义
I_r	安	發電机电流量
I_m	安	牽引電動機的勵磁電流量
I_ϕ	安	牽引電動機的電流量
I_{cp}	安	在某一段時間內的平均電流量
I_Σ	安	電力機車電動機需要的總電流量
I_a	安	電樞(якорь)電流量
i	%	坡度(上坡或下坡)以千分數計; 在數字以前的“+”號代表上坡, “-”號代表下坡
i_k	%	換算坡度(上坡或下坡), 就是, 包括了彎道的影響, $i_k = i + \gamma_r$
i_p	%	限制坡度(расчётный подъём)的坡度, 就是列車按照固定的計算速度經過的並且按照它來計算列車重量的上坡道坡度
i'_c	%	區段縱斷面調查後的坡度(上坡或下坡)
i'_d	%	在調查後的區段內代替彎道的上坡道坡度
i_c	%	調查後的區段(包括代替彎道的上坡道)的坡度, $i_c = i'_d + i'_c$
Δi	%	調查區段坡度和原來這一單元坡度差數的絕對值
K	噸	一塊開瓦上的壓力
K_p	噸	一塊開瓦上的計算壓力
l	公尺, 公里	區段長度
l	公尺, 公分	輪通行程長度
l_i	公尺	列車長度
M	公斤	蒸汽機車汽缸牽引力的模數
M	公斤公尺	轉子(ропор)上的力矩
N_i	馬力	機車的指示功率
N_k		機車在輪周上的(切線的)功率
N_n		機車車鈎上的功率
N_c	馬力	內燃機車發動機軸上的功率
N_r	馬力	發電機在端鈕上的功率
n	—	單憑蒸汽機車或內燃機汽缸數目
n_B	—	復疊蒸汽機車高壓汽缸數目
n_d	轉數/分鐘	內燃機車發動機每分鐘轉數
OP-1	—	牽引電動機磁場第一級減弱
OP-2	—	牽引電動機磁場第二級減弱
P	噸	機車連同煤水車的計算重量, 就是機車和煤水車沒有煤和水的重量

符 号	計 量 單 位	意 义
P_n	吨	機車的黏着重量, 就是機車分配到動輪軸上的重量
p_K	公斤/公分 ²	汽表指示的鍋爐常用汽压
p_i	公斤/公分 ²	蒸汽機車汽缸內或內燃機氣缸內的平均指示压力
Π	吨	車輪傳達於鋼軌的靜載重
Π	—	牽引電動機的併聯
$\Pi\Pi$	—	牽引電動機磁場全部勵磁
Q	吨	列車重量 (車輛)
Q	公尺 ³ /分鐘	使牽引發動機冷卻的空氣量
q	吨	每輛車的總重
q_0	吨	車輛每軸的載重
R	公尺 ²	爐床面積
R	公尺	弯道半徑
R	公厘, 公分	動輪半徑
r	公厘, 公分	曲拐半徑
r_1	公厘	牽引電動機軸上的齒輪半徑
r_2	公厘	動輪軸上的齒輪的半徑
S	公里, 公尺	綫路長度
S_m	公尺	總的 (計算的) 制動距離
S_d	公尺	实际的制動距離, 等於總制動距離減去制動機準備作用的時間內所經過的距離
S_{nd}	公尺	制動機準備作用的時間內所經過的距離
S_{KP}	公尺	綫路弯道區段的長度
S_c	公尺	綫路断面調查后的區段的長度
T	分鐘	時間常數 (过热公式的系数)
t	小时, 分鐘, 秒	時間
t_0	小时, 分鐘	蒸汽機車开着調整閥运行的時間
t_{p-a}	小时, 分鐘	蒸汽機車关闭調整閥运行的時間
t_x	小时, 分鐘	列車在區段內运行的時間
t_{cm}	小时, 分鐘	停車時間
t_0	秒	制動機準備動作的时间
t_{nb}	°C	外面空氣的溫度
Δt	分鐘	時間間隔
U	公斤/小时	蒸汽機車汽缸每小時蒸汽消耗量
U	伏	电压
U/N_K	公斤/馬力小时	每切綫馬力每小時的蒸汽消耗量
U_d	伏	牽引電動機集電器上的电压

續表 1

符 号	計 量 單 位	意 义
U	伏	电力机车受电架上的电压
u	公斤	用蒸汽工作时, 汽缸内蒸汽每一单程所消耗的蒸汽量
u_{11}	公斤/公斤	每公斤燃料的实际蒸汽蒸发量
u_{111}	公斤/公斤	每公斤标准煤的标准蒸汽蒸发量, 等於10.93公斤/公斤
V	公里/小时	速度
V_{11}	公里/小时	制动车离开始时的速度
V_{111}	公里/小时	終点的速度
W_{11}	公斤	車列(車輛)总阻力
W_{111}	公斤	作为一列連結着的車輛的列車总阻力
w_0	公斤/吨	在不用电运行时电动机和傳动机械所产生的單位重量阻力
w_3	公斤/吨	在絕汽运行时蒸汽機車連同煤水車每噸重量的机械阻力
w_0'	公斤/吨	機車作为車輛的單位重量(若是蒸汽機車就連煤水車在內)的基本阻力
w_0''	公斤/吨	車輛的單位重量基本阻力
w_{11}	公斤/吨	作为一列連結着的車輛的列車的單位重量总阻力
w_r	公斤/吨	由於弯道而产生附加的列車單位重量阻力
w_m	公斤/吨	起动时附加的列車單位重量阻力
w_{111}	公斤/吨	機車在动輪輪周上的單位重量机械阻力
γ	公斤/公尺 ² 小时	燃料燃燒率, 就是每平方公尺爐床面积上每小时燃燒燃料的重量
γ_{11}	公斤/公尺 ² 小时	在运行中的燃料燃燒率
γ_0	公斤/公尺 ² 小时	在停車时的燃料燃燒率
z_{11}	公斤/公尺 ² 小时	按汽机需要的鍋爐蒸發傳热面蒸發率, 就是蒸汽機車汽机對於每平方公尺鍋爐蒸發傳热面所需要的每小时蒸汽消耗量
z_{111}	公斤/公尺 ² 小时	鍋爐蒸發率, 就是每平方公尺鍋爐蒸發傳热面每小时發生的蒸汽的公斤数
z_{1111}	公斤/公尺 ² 小时	同上, 但是折合为标准蒸汽
z_0	公斤/公尺 ² 小时	在停止时和关着調整閥运行时, 和附屬机件所消耗的蒸汽相适应的鍋爐蒸發傳热面的蒸發率
$\varnothing$	—	燃料的技术換算当量, 就是代替一公斤实物燃料的标准燃料公斤数
α	—	在蒸汽機車开屏調整閥运行时, 考虑到鍋爐蒸汽消耗量大于汽机用汽量的系数
α	度	弯道中心角, 以度数計
β	—	考虑到过热對於鍋爐蒸發量影响的系数

符 号	計 量 單 位	意 义
β	—	考虑到注水器省水的损失和澆煤、冲灰箱和烟箱所消耗的水量的系数
γ	—	考虑到在列车运行时轉动質量影响的系数
γ	—	考虑到由于乏汽注水器、混合式給水預热器和煤水车的冷凝器送回鍋爐内冷凝蒸汽的系数
δ	—	制动压力系数，就是閘瓦压力与車輪对鋼軌的靜載重的比
ϵ	—	單蒸汽机的充滿程度（进汽遮断点）
ξ	公里/小时 ²	在 1 公斤/吨的力作用于列車上时的列車加 速度，以每小时的公里/小时計（ A_q ）。在所有 情況下， ξ 的值可以作為 120 公里/小时 ² ，在加速时可能的誤差被減速时的誤差所抵銷
η_{θ}	—	牽引电动机的效率（在它的軸上）
η_r	—	主电流發電机的效率
η_{θ}	—	齒輪傳动的效率
η_n	—	从主發動机軸到动輪軸的全部傳动的效率
η_{π}	—	鍋爐效率
η_{π}	—	汽机的或發電机的机械效率
η_{θ}	—	电力機車在动輪輪周上的效率
θ	°C	牽引电动机繞圈的計算温度
ψ	—	列車制动系数，等於所有的閘瓦对車輪压力的总和与列車重量的比
λ	千卡/公斤	标准蒸汽的含热量，等於 610 千卡/公斤
μ	—	齒輪傳达到动輪軸上的傳动比数
ξ	—	指示压力系数，等於比数 p_{π}/P_{π}
ρ	—	調整閘的开度，以全开为成数計算
σ	克	內燃機車發動机每一次喷射的燃料供給量，以克計
τ	°C	牽引电动机繞圈的过热度，就是繞圈的温度超过外面空气温度的度数
τ_{∞}	°C	在試驗台上持久工作情況下牽引电动机繞圈的过热度
τ_0	°C	在計算時間开始时牽引电动机繞圈的过热度
τ_0	°C	煤水車內水的温度
τ_{num}	°C	給水預热器或乏汽注水器供給鍋爐的水的温度
φ_0	—	車輪在滾轉时和鋼軌間的摩擦系数
φ_{π}	—	閘瓦和輪箍間的摩擦系数
φ_{np}	—	閘瓦的計算摩擦系数，等於在閘瓦的計算压力 $K_p = 1.75$ 吨时的摩擦系数
ψ	—	滾轉的車輪和鋼軌間的物理的黏着系数
ψ_{π}	—	动輪和鋼軌間的計算黏着系数

作用於列車上的力

牽 引 力

機車發動部分借助於鋼軌而產生的、作用於車輪中心並使車輪圍繞着它和鋼軌接觸點而轉動的力，叫作牽引力。有時也把機車發動部分所引起的、按機車運行方向，由鋼軌作用於機車動輪上的外力（鋼軌的水平反作用力），叫做牽引力。

牽引力的作用點

在任何機車上，總可以找到必然是兩種不同的而且互相平衡的內力偶（轉動力矩）：a）使動輪發生和車架作相對轉動的力偶，б）使車架發生和車輪作相對轉動的力偶。

這兩對力偶是由於機車發動部分所產生的機械功而發生的。

把轉動力矩整理一下，結果在所有的情况下都得到如圖 1 所表示的情形。

在作用於車架上的力矩和作用於車輪上的力矩的一個力（也就是作用於輪周上的力）與作用於車軸上的多餘的力所成的力矩（在任何機車上作用於車輪上的力矩都產生這樣一個力偶）互相對抗（或平衡）的結果，就得到了車輪的移轉。

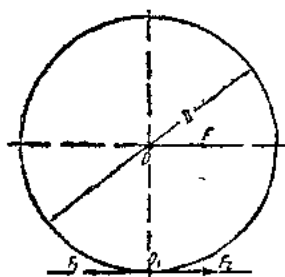


圖 1 牽引力情況

在車輪和鋼軌的接觸點上（圖 1）由車輪向鋼軌作用的水平力 $O_1 F_1$ ，按作用與反作用的規律，引起由鋼軌向車輪作用的、等於力 $O_1 F_1$ 的水平反作用力 $O_1 F_2$ 。這兩個力把車輪和鋼軌聯結在一起，把車輪從機車的系統中取出來，並把它放在綫路系統之內。這時候，作用於輪軸上的力 OF ，對於機車來說，顯示為一個外力。它引起車輪圍繞着作為瞬時中心的點 O_1 作滾轉運動，

而就是这个力，使機車前进；所以力 OF 是機車的推动力。

但是，常常不是把力 OF 、而是把鋼軌作用於車輪的水平反力 O_1F_2 叫作輪周牽引力。它虽然並不牽引機車前进，但是對於整个機車來說，显然是推动力 OF 發生的首先的外部条件。

輪周牽引力 $O_1F_2 = O_1F_1 = OF$ ；同时它等於：

$$O_1F_2 = F_k = p - \frac{r}{R} \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta},$$

这是由蒸汽機車一个汽缸所發生的，

式中 β ——搖桿和通过汽缸和主动輪中心的軸綫所成的角度，

α ——曲拐半徑与上面同一軸綫所成的角度。

對於牽引电动机是按電車式悬挂的电力機車和用电力傳动的內燃機車

$$O_1F_2 = F'_k = M \frac{r_2}{Rr_1};$$

若电力機車和用电力傳动的內燃機車的牽引电动机是裝在动軸上时，則

$$O_1F_2 = F'_k = \frac{M}{R}。$$

以上所說的力 $O_1F_2 = F_k$ 是在車輪滾轉时不断改变的牽引力的瞬息間的数值（尤其是蒸汽機車），因为这时轉动力矩是变动的。为了使所有的計算易於进行，也由於機車具有很大的重量，很小的速度改变能引起牽引力的改变，因而採用了平均牽引力这一概念（按車輪轉动一周的功來說），这个平均牽引力就叫作機車牽引力 F_k 。

牽引力的各种概念

在機車上，机械功的傳達分为三个主要的連續的阶段：а）在蒸汽機車的汽缸內，或者在內燃機車发动机的汽缸內，或者在电力機車的电动机軸上；б）通过傳动机械作用於鋼軌上；в）作用在車鈎上。和这些情况相适应，牽引力的概念也分为下列三

种:

α) 指示(汽缸)牵引力, 或者在电动机轴上的牵引力, —— F_i ;

δ) 切綫牵引力, 或者在动輪輪周上的牵引力, —— F_{κ} ;

ε) 機車車鈎上的牵引力(有效牵引力) —— F_n 。

指示牵引力 F_i —— 是根据在动輪轉动一周內所作的功 $F_i \pi D$ 等於機車汽缸內的蒸汽或气体在这同一周內所作的功的条件所确定的一种虚拟的牵引力。这种牵引力叫作虚拟的, 因为在确定它时, 並未把推动机械和汽閥机械的部件摩擦所損失的功減去。

切綫牵引力 F_{κ} —— 由鋼軌向機車动輪輪周上作用的实际牵引力。

切綫牵引力用下列方法来确定:

α) 對於蒸汽機車——确定这一牵引力所根据的条件是: 在动輪轉动一周內所作的功, 等於汽缸內蒸汽所作全部功扣除推动机械和汽閥机械部件的摩擦力在动輪轉动一周內所作的功;

δ) 對於內燃機車——根据在动輪轉动一周內所作的功, 等於內燃机气缸內气体的功扣除必要的輔助机件(压風机, 冷却器)和傳动机械阻力在动輪轉动一周內所作的功的条件来确定;

ε) 對於电力機車——根据动輪轉动一周內所作的功, 等於电动机轴上的力在这同一周內所作的功扣除傳动机件阻力所作的功的条件来确定。

切綫牵引力永远小於指示牵引力。

$$F_{\kappa} = F_i \eta_m = F_i - P w_m, \quad (1)$$

式中 $\eta_m = \frac{F_{\kappa}}{F_i} = 1 - \frac{P w_m}{F_i}$ ——机械效率。

車鈎上的牵引力 F_n ——對於列車來說, 这是个外力, 作用於機車后面的第一輛車的車鈎上。确定这个力所根据的条件是: 在列車等速运行时, 在機車动輪轉动一周內所作的功 $F_n \pi D$ 等於

切綫牽引力的功減去機車全部阻力（作為車輛的阻力、坡道阻力和彎道阻力）所作的功，也就是

$$F_n = F_k - Pw' = F_k - P(w'_0 + i + w_r). \quad (2)$$

動力試驗牽引力 F_θ —— 直接用動力試驗車計量的在機車和在它后面的第一輛車之間的牽輓裝置上作用着的實際力量。動力試驗牽引力 F_θ 只有在機車等速運行時才等於車鉤上的牽引力 F_n 。在加速運行時 $F_\theta < F_n$ ，因為切綫牽引力 F_k 的一部分功消耗在增高機車的動能上，並且由車鉤所傳達的牽引力小於按公式（2）所計算的。在機車減速運行時（沒有制動） $F_\theta > F_n$ ，因為作用於牽輓裝置上的力由於機車動能的減小而增大：

$$F_\theta = F_n \pm P\Delta V, \quad (3)$$

式中 ΔV —— 速度的增量，以半分鐘內的公里 / 小時計。

對於所有各種機車（蒸汽、內燃和電力）的牽引計算都只按機車在動輪輪周上所發生的切綫（實際的）牽引力 F_k 來進行。

相應於牽引力的各種概念，也應該把機車發生的各種功率分別開來：指示的，切綫的，在車鉤上的和用動力試驗車得到的。

假設 F —— 牽引力，以公斤計，而 V —— 速度，以公里 / 小時計，那末，機車的功率

$$N = \frac{FV \times 1000}{60 \times 60 \times 75} = \frac{FV}{270} \text{ 馬力}; \quad (4)$$

採用牽引力 F 的各種概念，即得：

$$N_i = \frac{F_i V}{270}; \quad N_k = \frac{F_k V}{270};$$

$$N_n = \frac{F_n V}{270}; \quad N_\theta = \frac{F_\theta V}{270}.$$

牽引力的限制

在所有的機車上，都是把從外面引入的能量轉變為對外的機械功。對於蒸汽機車和內燃機車，能量是在燃料的化學能量的形

式下引入的，對於電力機車——電能的形式。每一個能量轉變機械都只能轉變一定數量的能量。

所以，按照能量轉變的各種情況，採用下列各種牽引力的限制的概念：

α) 對於蒸汽機車，牽引力的值被鍋爐、汽機和黏着所限制。所以分別為：按鍋爐的牽引力，按汽機的牽引力和按黏着的牽引力。

這些牽引力中的最小者限制着在運用中對整個機車功率的利用。按照鍋爐、汽機和黏着來把牽引力分類是假定的並且只是在比較機車主要部件的工作能力時才有意義；

δ) 對於內燃機車，也有三種牽引力的限制：按發動機的牽引力，按傳動機械的牽引力和按黏着的牽引力；

ε) 對於電力機車（直流的或者不變換成直流的交流電力機車）只有兩種牽引力的限制：按牽引電動機的牽引力和按黏着的牽引力。在機車以外（在發電站內）的發電機的能力通常比電動機的能力大得多，並且事實上不限制電力機車的能力。在變換電流的交流電力機車內還採用着整流器。

按黏着的機車牽引力

牽引力不能大於破壞動輪和鋼軌間黏着關係並使其開始空轉的那個最大值。在不發生空轉情況下，可能得到的最大牽引力對機車黏着重量之比叫做黏着係數（物理的黏着係數），就是

$$\psi = \frac{F_{\kappa \max}}{1000 P_{\kappa}},$$

因此 $F_{\kappa \max} \leq 1000 P_{\kappa} \psi$, (5)

就是，按黏着的牽引力和黏着重量成正比。

物理的黏着係數隨許多因素而變動，無法加以精確的理論計算，並且要根據專門的試驗研究來確定。

為了得到按黏着的計算牽引力，採用計算的黏着係數，就

是，在機車動輪輪周上最可靠能實現的牽引力對機車黏着重量之比。計算的黏着係數小於物理的；它的值是根据一系列的在運用情況下機車工作的試驗所得到的，並且是規定列車重量的基本標準之一。

按照現行的標準，採用計算的黏着係數等於：

對於蒸汽機車

$$\psi_k = \frac{1}{a + 0.035V}, \quad (6)$$

式中 a 的數值列舉在表 2 內。

蒸汽機車在各種 a 的數值時隨速度而改變的計算黏着係數列舉於表 3 內。

a 的 數 值

表 2

機車類別	a
汽機對稱的貨運機車	3.8
汽機不對稱的貨運機車	4.6
汽機對稱的客運機車	4.0
汽機不對稱的客運機車	4.8

按公式 $\psi_k = \frac{1}{a + 0.035V}$ 計算的黏着係數

表 3

$a \backslash V$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
3.8	0.263	0.252	0.241	0.231	0.222	0.214	0.206	0.199	0.192	0.186	0.180
4.0	0.250	0.240	0.230	0.221	0.213	0.205	0.198	0.191	0.185	0.180	0.174
4.6	0.218	0.210	0.202	0.195	0.189	0.183	0.177	0.172	0.167	0.162	0.158
4.8	0.208	0.201	0.194	0.188	0.182	0.176	0.171	0.166	0.161	0.157	0.153

按照交通部中央科學研究院的研究結果，並且正在請求批准的一個新的牽引計算規則^①的草案，對蒸汽機車的計算黏着係數建議採用下列公式 (6a) 或者按照表 3a：

① 在本章印刷時草案已經被批准了。