

技工学校教材

蒸汽機車牵引及操纵

全国技工学校教材編审委员会

铁道部教材編审組編

人民铁道出版社

技 工 学 校 教 材

蒸汽機車牽引及操纵

全國技工學校教材編審委員會
鐵道部教材編審組編

人 民 鐵 道 出 版 社

一九六一年·北京

本書扼要地闡述了蒸汽機車牽引計算基礎知識（牽引力、運行阻力、制動力）、重點理論和實際運用中的基本問題，以及其主要計算方法，並結合蒸汽機車操作規程和現場實際經驗，全面地介紹了有關蒸汽機車的操縱問題；內容着重在操縱技術方面以及理論與實際的聯繫。另外還介紹了有關蒸汽機車操縱、操作上的必要知識。

本書除供作培養蒸汽機車乘務員的教材外，還可供在職機車乘務員及機務段技術人員學習與參考之用。

主編單位：錦州、柳州、綏化、石家莊、鄭州、大連等技工學校。

技工學校教材

蒸汽機車牽引及操縱

全國技工學校教材編審委員會

鐵道部教材編審組編

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証出字第010號

新華書店科技發行所發行

各地新華書店經售

人民鐵道出版社印刷廠印

書號1824 開本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印張 $5\frac{5}{8}$ 插頁1 字數135千

1961年10月第1版

1961年10月第1版第1次印刷

印數 0,001—6,100冊 定價（8）0.55元

目 录

緒論	1
----	---

第一編 蒸汽机車牽引計算基礎知識

第一章 牽引計算基礎知識概述	3
一 牽引計算學的建立與發展	3
二 牽引計算基礎知識的主要研究內容	4
三 牽引計算學的特點	4
第二章 蒸汽机車性能和牽引力	4
第一節 蒸汽机車牽引力的概述	4
第二節 汽缸牽引力	6
第三節 鍋爐牽引力	16
第四節 粘着牽引力	23
第五節 机車牽引特性曲綫及功率特性曲綫	28
第三章 列車運行阻力	59
第一節 列車運行阻力的概述	59
第二節 基本阻力的理論分析	62
第三節 計算机車車輛基本阻力的經驗公式	65
第四節 附加阻力	72
第五節 列車運行阻力的計算	77
第六節 減少列車運行阻力的措施	80
第四章 列車制動力	82
第一節 列車制动力的概述	82
第二節 閘瓦與車輪的摩擦係數	83
第三節 閘瓦壓力	85
第四節 列車制动力的計算	89
第五節 列車制动力的簡化計算方法(或稱換算法)	93

第二編 蒸汽機車操縱

第五章 出庫与发车准备	106
第一节 庫內作业.....	106
第二节 出庫与挂車.....	107
第三节 发车准备.....	110
第六章 发车和途中作业	111
第一节 发车时調整閥和回动手把的操縱.....	111
第二节 途中操縱作业.....	114
第七章 機車操縱的必要常識	137
第一节 移动機車时的注意事項.....	137
第二节 空轉及撒砂.....	137
第三节 旅客列車的暖汽供应.....	141
第八章 機車到达終点站后的处理及機車状态預报	143
第一节 機車到达終点站后的处理.....	143
第二节 機車状态預报.....	144
第九章 制动机使用常識	145
第一节 制动机操縱的原則.....	145
第二节 制动时的排风時間与緩解时的充风時間.....	146
第三节 过量供給和自然减压, 再制动和再緩解.....	149
第四节 正确判断停車位置的方法.....	151
第十章 制动机操縱	154
第一节 旅客列車制动机操縱法.....	154
第二节 貨物列車制动机操縱法.....	163
第三节 其他有关制动問題.....	168
附录	175
調車作业.....	175

緒 論

“牽引計算及操縱”是專門研究列車在力的作用下沿軌道運動，及與其有關的一切應用問題的科學。它以力學為基礎，並對實際經驗和科學試驗所積累的資料進行分析、研究與歸納，和系統地闡明機車在牽引列車過程中的各種現象和原理，從而解決鐵路運營上（決定鐵道運營指標如：牽引重量、運行時間、燃料消耗定額和運行速度、合理選擇各綫使用的機車類型及研究最有利的機車操縱方法等）和設計上的技術問題與技術經濟問題，提高鐵路通過能力、運輸能力及降低基建投資等。

“牽引計算及操縱”是理論與實際密切結合的科學，它對鐵路運輸應該起決定性的指導作用，但在半封建、半殖民地的舊中國時代，在國民黨反動統治之下，我國鐵道科學技術處於非常落后的狀態。牽引計算及操縱都只是因襲資本主義國家一些陳舊落后的東西，阻礙着我國鐵道科學技術的發展。自從中華人民共和國成立以後，在中國共產黨的正確領導下，鐵路工人發揮了勞動積極性和創造性，總結了優秀司機們的先進經驗，並在蘇聯的無私援助下，進行了一系列的牽引熱工試驗和阻力試驗，從而制定了和我國具體情況相結合的蒸汽機車牽引計算規程，使我國的列車牽引科學踏上了獨立發展和世界先進水平的道路（對舊型機車如 Γ 和 Δ 的技術改造及和平、建設、人民等新型機車的設計與製造，都是與應用機車牽引熱工試驗資料分不開的）。

為了充分發揮機車的牽引能力，經濟地使用燃料，提高鐵路運輸能力，進一步開展“1—5—1”、“百萬元”、“安全正點立功”等紅旗競賽運動，保證列車安全、正點和多拉快跑，正確地駕駛和操縱方法對上述要求就有着極為重要的意義。雖然牽引計算為列車操縱提供了重要的理論基

础，和研究了有效利用機車功率的条件，但操縱技术仍然是一项复杂而又细致的工作，是司机技术作业能力综合的、全面的体现。它不但要求彻底熟悉機車的构造和性能，而且要求熟练地掌握各项工作方法和熟悉一切有关规章制度，以便在列車运行中正确、迅速地判断所发生的各种情况，采取必要的措施，以满足列車正常运行的要求。

建国十余年来，全国铁路工人在党的领导下，和全国工人阶级一道，发挥了无穷的智慧，創造了无数的光辉事迹，不断地提高列車牵引重量和技术速度，使機車运用效率达到了空前的水平。尤其是全国機車的旗帜，“毛澤东号”機車組，以及英雄司机郑錫坤、李紹强、孟繁本等先进事迹，給我們树立了范例。

在党的总路綫、大跃进和人民公社三面紅旗的光輝照耀下，为了完成和提前超额完成党和国家交給的光荣而艰巨的运输任务，機車乘务人員必須进一步学习毛主席著作，提高政治理論水平和无产阶级思想觉悟；学习先进工作方法，提高业务技术能力；“破除迷信，解放思想”，树立敢想敢干的共产主义风格；严格遵守铁路技术管理規程及一切有关規章命令；团結一致，搞好大协作，不断地改进与創造新的、先进的工作方法和操作技能。为把我国迅速建成一个具有現代工业、現代农业、現代科学文化的社会主义强国而奋斗。

第一編 蒸汽機車牽引計算基礎知識

第一章 牽引計算基礎知識概述

一、牽引計算學的建立與發展

牽引計算學是機車理論與實際結合最密切的一門實用科學，它不但對鐵路運輸和鐵路設計起着決定性的指導作用，並為現有機車改造及設計與機車操縱方法的改善提供了有利的參考資料。

我國解放後，在中國共產黨和毛主席的英明領導下，鐵路運輸事業也和其他事業一樣，在社會主義經濟建設中飛躍發展，特別是1958年大躍進以來，鐵路運輸的技術隨着全國勞動人民的勞動積極性和創造性的高度發揮創造出了空前的成績。例如，解放前旧型「弓」機車在京津間的規定牽引重量不過1870噸，解放後在五大干綫上已逐漸提高到3200噸，還經常超軸牽引，有的先進乘務人員還創造了4000噸以上的記錄；同時，萬噸公里耗煤量也在迅速下降。1954年以來，在蘇聯牽引計算專家的幫助和指導下，開始在大連鐵道科學研究所機車定置試驗台上進行解放型蒸汽機車牽引熱工試驗，其後又在綫路上進行蒸汽機車和車輛阻力試驗，同時陸續試出解放、JF₆、勝利及新造人民型、建設型、和平型等各種機車的全部牽引熱工性能曲綫，試出了各主型客貨車輛的阻力曲綫，為我國蒸汽機車牽引計算打下了基礎。此外，由鐵道部牽引計算規程編纂委員會根據我國具體情況結合科學試驗研究，編制出“蒸汽機車牽引計算規程”；統一規定牽引計算方法和主要標準，解決了鐵路運營和設計中許多重要問題。所有這些，都標志着我國列車牽引科學在黨的正確領導和蘇聯的無私幫助下，已經踏上了獨立發展的道路，並正沿着世界上最先進的社會主義科學道路前進。

二、牽引計算基礎知識的主要研究內容

(一) 研究蒸汽機車牽引列車過程中所發生的與列車運行有關的力及其分力：

1. 機車牽引力——由於機車熱能變換推車輪旋轉，以及動輪荷重所給予軌面的作用，因而引起軌面對輪周的水平反作用力，使機車產生“位移”，即牽引列車運行的力；

2. 運行阻力——列車運行中，阻止列車運行的客觀存在的水平作用力；

3. 制動力——通過制動裝置，人為的控制列車運行的阻力。

(二) 根據蒸汽機車汽機、鍋爐、粘着能力三個部分，對牽引力限制的相互關係，結合起來研究機車的牽引特性——機車牽引特性曲線圖的分析；及機車功率的計算、分析，以便進一步理解蒸汽使用和燃料消耗的經濟性。

(三) 研究與找出提高機車牽引力、制動力和減少運行阻力的措施，給蒸汽機車操縱提供理論根據。

三、牽引計算學的特點

牽引計算學的特點是：以力學為基礎，以實際經驗、試驗資料為根據，為理論與實際結合最密切、有着嚴格系統性的一門實用科學，它表現在計算公式和主要計算數據大部分是從試驗中研究出來的。

為了便於解算和避免錯誤，盡量採用圖解法和計算表格；有時並用試驗曲線代替公式進行解析。

第二章 蒸汽機車性能和牽引力

第一節 蒸汽機車牽引力的概述

機車牽引力是由機車本身利用蒸汽做功所引起的外力。它是用來加速列車和克服列車運行阻力以牽引列車運行的力

量。这个外力发生在鋼軌与機車动輪踏面的接触点（实际是面），所以叫作機車动輪周牽引力，簡稱輪周牽引力或機車牽引力。

蒸汽機車牽引力是这样产生的，利用鍋炉中的水为媒介，吸收燃料燃燒的部分热量使之变为压力蒸汽的热能，再通过汽机把压力蒸汽所含的部分热能轉化为机械功，并傳送到機車动輪輪周使它作用到軌面上，这样就引起了鋼軌面对機車动輪踏面的反作用力。这个反作用力就是牽引力。

因此，蒸汽機車牽引力的大小受到機車下列三个变能部分工作能力的限制：

1. 受機車鍋炉蒸发蒸汽能力的限制；
2. 受汽机工作能力的限制；
3. 受鋼軌面所能給与車輪反作用力的能力的限制。

在一定的工况下决定蒸汽機車牽引力的太小时，应先分別求出在这一条件下受鍋炉蒸发蒸汽能力限制的、受汽机能力限制的及受动輪与軌面間粘着能力限制的機車牽引力；三者中的最小值就是該機車在这一条件下的最大牽引力。

在設計蒸汽機車时；这三种工作能力必須适当地配合。如果其中有某种过大或过小，都会影响它自己或其他两种工作能力的充分利用。

在牽引計算里，簡稱按汽机能力确定的牽引力为汽缸牽引力；簡稱按鍋炉蒸发蒸汽能力确定的牽引力为鍋炉牽引力；簡稱按动輪踏面与軌面間的粘着能力确定的牽引力为粘着牽引力。換句話說，它們分別表示受汽缸、鍋炉或粘着能力限制的機車牽引力。

必須指出汽缸牽引力、鍋炉牽引力和粘着牽引力，这三种按不同变能部分工作能力确定的機車牽引力，都是作用在機車动輪踏面上的外力。絕對不能将“汽缸牽引力”理解为作用在汽缸里的牽引力，或将“鍋炉牽引力”理解为作用在鍋炉內的牽引力。这三种牽引力概念是用来比較三个变能部分的工作能力的。这是在开始学习牽引計算学时，應該首先

明确的重要关键问题。

除了上述三种机车牵引力概念之外，对应于蒸汽机车机械功传递过程中的三个主要阶段，牵引力可有下述三种概念：

1. 动轮周指示牵引力 F_i （简称指示牵引力），是一种假想的动轮周牵引力。这就是假想蒸汽在汽缸内所作的指示功百分之百地毫无机械损耗地传递到动轮周。这时作用在动轮踏面上的切线反作用力为指示牵引力 F_i 。

2. 轮周牵引力或切线牵引力 F_k 是实际作用在动轮踏面上的切线反作用力。实际上机械功由汽缸传递到动轮踏面的过程中不可避免地会发生机械摩擦损耗，所以轮周牵引力总是小于指示牵引力。它们的差就是汽机的机械摩擦损耗。于是轮周牵引力

$$F_k = F_i - W'_m = F_i \eta_m \text{ 公斤,}$$

式中 W'_m ——开汽运行时汽机的机械总阻力（公斤）；

η_m ——汽机机械效率（%）。

3. 后钩牵引力 F_n 是蒸汽机车后钩实际的牵引力。由于机车在运行中自身要消耗一部分牵引力用于克服机车的总全阻力 W'_k ，所以在等速运行时

$$F_n = F_k = W'_k.$$

在机车牵引力概念中，轮周牵引力 F_k 是基本的，通常计算中都以它为依据。

第二节 汽缸牵引力

一、汽缸牵引力的计算

汽机是蒸汽机车发生牵引力的原动机，一定的汽机基本上决定了机车汽缸牵引力的大小。蒸汽机车现代化改造，如果不改变汽机和动轮直径的设计尺寸及提高蒸汽的压强和温度，那末汽缸牵引力将不会有显著的提高。这个道理将由公式（2—6）得到说明。

鍋爐內的蒸汽進入汽缸推動鞣輪，通過鞣輪杆、十字頭、搖連杆、曲拐銷等機械的傳動使動輪旋轉。假設在傳動過程中沒有絲毫摩擦損耗，那麼蒸汽在汽缸內所作的功將完全等於動輪周指示牽引力所作的功。

設：

d ——汽缸內徑（厘米）；

d_u ——汽缸鞣輪杆直徑（厘米）；

l ——汽缸鞣輪行程（厘米）；

p_i ——汽缸鞣輪在往返各一行程中，平均接受的有效蒸汽壓強，簡稱平均指示壓強（所謂有效蒸汽壓強在本書內應理解為有效推動鞣輪移動的蒸汽壓強。例如鞣輪面一側受到瞬時壓強 8 公斤/厘米²，同時它的另一側受到 1 公斤/厘米²，則鞣輪在此瞬時所受的有效壓強為 7 公斤/厘米²，不應理解為傳送到動輪周的假想有效壓強）。

D ——動輪直徑（厘米）；

F_i ——動輪周指示牽引力（公斤）。

動輪滾動一周， F_i 所作的功為 $F_i \pi D$ ；同時在每個汽缸鞣輪往返一次（兩個行程）中，蒸汽所作的功為 $\frac{2\pi}{4} \left(d^2 - \frac{d_u^2}{2} \right) p_i l$ 。倘若機車有 n_u 個單脹式汽缸，那末根據這兩種功相等的條件，就得出假想的動輪周平均指示牽引力

$$F_i = \frac{n_u \left(d^2 - \frac{d_u^2}{2} \right) p_i l}{2 D} \quad (2-1)$$

一般雙汽缸（單脹式）機車：

$$F_i = \frac{\left(d^2 - \frac{d_u^2}{2} \right) p_i l}{D} \quad (2-2)$$

從全國主型蒸汽機車的資料統計計算，鞣輪杆橫斷面積約等於汽缸鞣輪面積（一側）的 3%。因此一般計算 F_i 時可採用下式：

$$F_i = 0.985 \frac{n_k d^2 l}{2 D} p_i, \quad (2-3)$$

双汽缸单脹式蒸汽機車，

$$F_i = 0.985 \frac{d^2 l}{D} p_i. \quad (2-4)$$

因为汽缸轉軸的功在傳送到动輪周的过程中，其中一部分为机械摩擦阻力所消耗，所以实际的动輪周平均汽缸牵引力 F_k （本編以后提到的牵引力，如果不另加說明，都是指平均牵引力）要比假想的动輪周指示牵引力 F_i 小，如前所述，动輪周的实际汽缸牵引力为

$$F_k = F_i \eta_m,$$

将式（3）代入，得

$$F_k = 0.985 \frac{n_k d^2 l}{2 D} p_i \eta_m. \quad (2-5)$$

平均指示压强 p_i 可以作为鍋炉定压 p_k 的函数表示，

$$p_i = p_k \xi,$$

因而

$$\xi = \frac{p_i}{p_k},$$

式中 ξ 称为指示压强系数。

以 $p_k \xi$ 代替 p_i ，則式（2-5）变为

$$F_k = 0.985 \frac{n_k d^2 l}{2 D} p_k \xi \eta_m. \quad (2-6)$$

对于一定型式的機車來說， $0.985 \frac{n_k d^2 l}{2 D} p_k$ 是一个常数。它基本上决定了機車牵引力有其一定的最大范围，就好像是由它規定了牵引力的規模似的。因此将 $0.985 \frac{n_k d^2 l}{2 D} p_k$ 的值称为模数牵引力，并用 M 代表。于是

$$F_k = M \xi \eta_m, \quad (2-7)$$

$$F_i = M \xi,$$

或

$$F_k = M_i \eta_m.$$

η_m 和 ξ 在牽引力計算和機車設計中是兩個很重要的數值，以後將分別闡述。它們的大小隨着機車性能、操縱方法和列車速度而變化，可從試驗中得出 $\xi = f(\rho, V, \varepsilon)$ 和 $\eta_m = f(\rho, V, \varepsilon)$ 兩種特性曲線。鐵道部鐵道科學研究院已將主型蒸汽機車的這兩種特性曲線試出，見圖2—1到圖2—10。從主型機車的這兩種特性曲線中，可以得出這樣的一般概念：機車在大開調整閥、低速度、大遮斷比時的平均 ξ 值可取為0.9， η_m 可取為0.95。因而在概略計算蒸汽機車的最大汽缸牽引力時，可使用下式（不考慮鞣輪杆面積）：

$$F_k \approx \frac{0.85 n_a d^2 l p_k}{2 D} \quad (2-8)$$

例如，解放型蒸汽機車的動輪直徑為137厘米，汽缸直徑為58厘米，行程 l 為71厘米，鍋爐汽壓為14公斤/厘米²，汽缸是兩個。在一般概略計算時，最大汽缸牽引力

$$F_k = \frac{0.85 \times 2 \times 58^2 \times 71 \times 14}{2 \times 137} = 20746 \text{ 公斤,}$$

模數牽引力

$$M = \frac{0.985 \times 2 \times 58^2 \times 71 \times 14}{2 \times 137} = 24041 \text{ 公斤.}$$

二、指示壓強系數

指示壓強系數 ξ 受許多因素的影響，其中主要是與遮斷比 ε 、調整閥開度 ρ 和速度 V 有較大的關係。

1. 蒸汽從鍋爐流入汽缸的全部過程中，蒸汽與通路壁間的摩擦及蒸汽分子間的內部流阻所損失的壓力，稱為蒸汽流動減壓。它的大小主要與調整閥開度、過熱管總斷面積及汽缸鞣輪速度有關。調整閥全開、低速運行時，壓力降低的損失最小；反之，蒸汽受到的流動阻力較大，壓力降低也較大。因此，在操縱機車時要大大開調整閥，以減少壓力降低的損失。

2. 在進汽過程中的壓力降低，主要與蒸汽質量、遮斷

比及鞣鞣速度有关。过热温度高，則蒸汽进入汽缸后的凝結損失和热交换損失小；鞣鞣速度低及使用大遮断比时，蒸汽在进汽过程中的抽絲减压小；因此压强系数較大。

此外，还与汽缸排汽压力有关。排气压力过大时，則阻力大，从而降低汽缸有效压强 (P_i) 值。排汽压力主要与廢汽噴口面积和一定時間內排出的廢汽流量有关。廢汽流量愈大，排汽阻力也愈大。廢汽噴口的断面面积愈大，排汽阻力就愈小，因而排汽压力也愈小。但是如果噴口面积过大，通风就会过弱以致影响燃燒状态，使排汽的工作质量降低。因此，調整廢汽噴口面积在提高牵引力和节省燃料等方面都是很重要的研究項目，也是很复杂的研究工作。

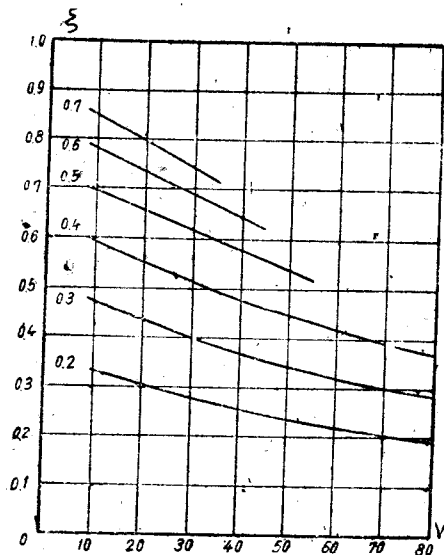


图2—1 和平型蒸汽機車 $P=1$ 时，指示压强系数
 ξ 按不同遮断比 ϵ 与速度 V 的关系曲线

图2—1至图2—6是由铁道部铁道科学研究院試驗出来的和平、建設、解放、KD、胜利等主型蒸汽機車在滿开調整閥时， ξ 值与遮断比 ϵ 及速度 V 的关系曲线。

蒸汽機車的 ξ 值必須从試驗中得出，才能正确地表达它的变化特性，不宜使用一般的計算公式或其他方法求算。分析比較 ξ 值的試驗結果，很明显地說明我国自制的和平型、建設型和人民型蒸汽機車的設計质量都远远超过旧有的解

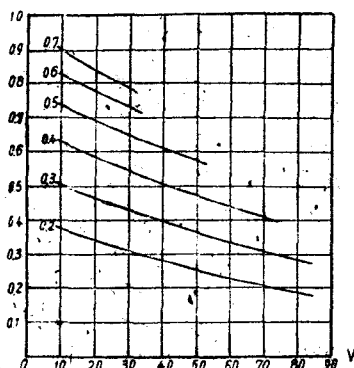


图2-2 建设型蒸汽机车 $p=1$ 时，指示压强系数 ξ 按不同遮断比 ε 与速度 V 的关系曲线

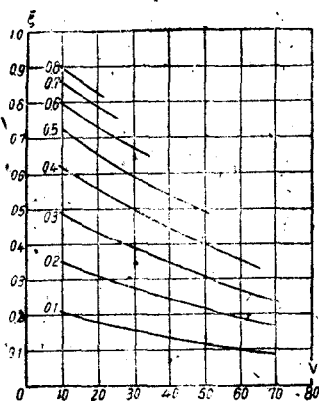


图2-3 解放型蒸汽机车 $p=1$ 时，指示压强系数 ξ 按不同遮断比 ε 与速度 V 的关系曲线

放、KD₁等型机车，表现在相对应的 ξ 值较大，特别在高速时更大。

三、汽机机械效率

蒸汽机车开汽运行时的汽机机械效率 η_m ，是实际牵引力 F_k 与假想没有机械阻力的牵引力 F_i 的比值。于是

$$\eta_m = \frac{F_k}{F_k + W'_m} = \frac{F_k}{F_i} \quad (2-9)$$

从曲线图求出 p_i ，按式(2-3)算出 F_i ；从机车试验台或动力试验车的动力计测出 F_k ，即可算出 η_m 值。 η_m 值在牵引试验的计算中用来修正 F_i 和 F_k 曲线。在进行牵引计算中很少用它，因为机车牵引力 F_k 已经不包括汽机阻力在内。但是这并不等于说它不重要。

机车闭汽运行时的汽机阻力 W'_m 与开汽运行时的汽机阻力 W'_m 不一样。在牵引计算中 W'_m 值是很重要的数据，因为列车经常会遇到闭汽运行（这些问题将在第三章说明。这里只说明 W'_m 与 W'_m 在作用上是两种不同的数据，以提起初学

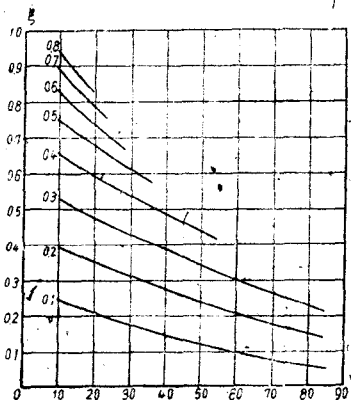


图2-4 KD7型蒸汽機車 $P=1$ 时，指示压强系数 ϵ 按不同遮断比 ϵ 与速度 V 的关系曲线

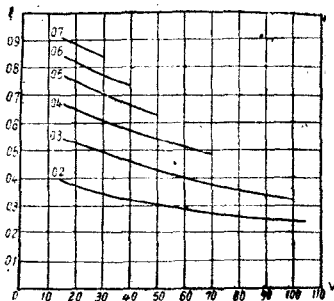


图2-5 人民型蒸汽機車 $P=1$ 时，指示压强系数 ϵ 按不同遮断比 ϵ 与速度 V 的关系曲线

者的注意)。

汽机的机械阻力主要是与油脂及气温有关，与操纵方法或运行速度的变化关系不大。它比牵引力 F_x 值小得多，可以说基本上是一个变化很少的数据。又因蒸汽機車牵引力随速度增加或遮断比减少而下降的程度比較快，所以机械效率 η_m 在大遮断比或低速时比較高，在小遮断比或高速时比較低。图2-7~图2-10是鉄道部鉄道科学研究院試驗出来的我国主型蒸汽機車的汽机机械效率曲线。从图中可以看到：

在大遮断比及低速时汽机机械效率約在94~96%間，在小遮

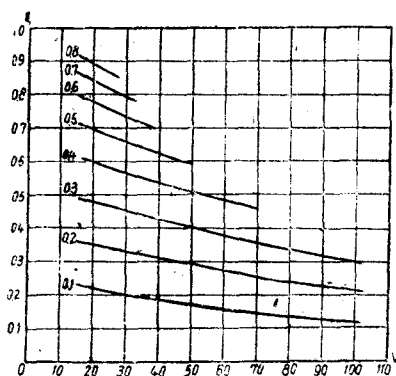


图2-6 胜利型蒸汽機車 $P=1$ 时，指示压强系数 ϵ 按不同遮断比 ϵ 与速度 V 的关系曲线