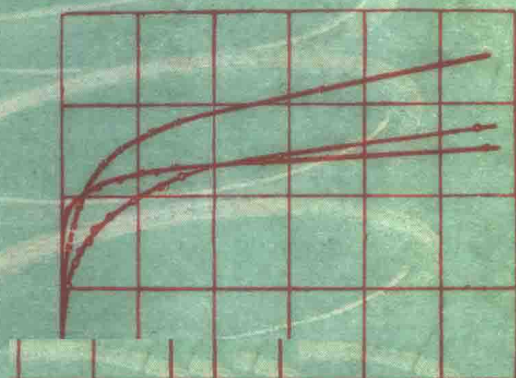


邓 洋、李家驹、曾训一 编著



彈 簧 热 处 理 工 艺 学



机 械 工 业 出 版 社

彈簧熱處理工藝學

鄧洋、李家駒、曾訓一編著



機械工業出版社

1959

出版者的話

本書主要从金屬学与热处理的观点来討論了彈簧的制造工艺,書中叙述了彈簧材料、彈簧的制造与热处理,以及彈簧的机械处理。其中,对于彈簧热处理問題作了較多的討論。

本書可供从事彈簧制造生产的工程技術員参考,也可供中等技术学校的学生閱讀。

NO. 2553

1959年6月第一版 1959年6月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字数 221 千字 印張 $10\frac{7}{16}$ 0,001—4,500 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价 (11) 1.60 元

前 言

本書根据作者在現場工作的菲薄經驗，試驗室的工作，并参考苏联、英、美等国資料編写而成。有关各种类型彈簧技术条件等的規定，均可在国家标准中找到，本書不予搜集这一部分資料。

本書主要从金屬学与热处理观点討論彈簧的制造工艺。为了完整性及閱讀的便利，特編写了第二章(金屬学与鋼的热处理基础)与第三章(金屬的机械性質与疲劳性質)，在第三章中还比較詳細的討論了彈簧的疲劳問題。除此之外，最后两章还附帶叙述了两种机械处理的方法(彈簧的噴彈及强化处理)。

在第四章內介紹了各种彈簧材料及其特性与使用范围，其中亦介紹了近年来發展起来的硼鋼彈簧材料，这种彈簧材料有高的可硬性，及良好的机械性質，使用这种材料，可大量節約貴重合金元素，故特提出，以供使用及研究部門参考。目前国内許多彈簧工厂都是使用固体燃料爐加热彈簧，利用这种爐子加热彈簧影响質量甚大，因此在第六章中專門討論了在加热过程中影响彈簧質量的因素，从而討論了采用快速加热彈簧的可能性，介紹了快速加热方法及其优点。第七章內作者提出了自己对淬火剂的試驗数据，目前現場采用淬火剂时意見不一致，这些試驗数据提供了考虑的依据；硅錳彈簧鋼的等溫淬火亦系作者在特定的試驗条件下的結果，并提出了作者的看法，供有关工厂参考。第八章介紹了目前国内广泛采用的四种彈簧鋼的回火特征，以及机械性質变化。第

九章內討論了彈性后效与松弛热处理，显然，这是針對精密的或在較高溫度使用的中、小型彈簧而言，一般大型彈簧是无須考虑这个因素的。

編写本書的目的主要是希望把作者几年来的工作彙总表达出来。在我国社会主义工业化的建設过程中，随着机器制造业的日益發展，对彈簧質量的要求日益提高，希望這本書对改进彈簧質量能有所帮助。由于作者經驗不多，水平不高，錯誤难免，請讀者指正。

目 录

前言	3
第一章 緒論	7
一 彈簧的作用	7
二 彈簧的类别	8
三 彈簧的負荷撓度圖	13
四 彈簧的計算	16
五 彈簧的容許应力	19
第二章 金屬学与鋼的热处理基础	22
一 金屬学基础	22
二 鉄碳状态圖 (鋼的部分)	29
三 鋼的热处理基础	39
四 合金元素在鋼内的作用	60
第三章 金屬的机械性質与疲劳性質	68
一 金屬的机械性質	68
二 金屬的疲劳性質	76
第四章 彈簧材料	120
一 对彈簧材料的一般要求	121
二 热卷后淬火回火的彈簧材料	123
三 冷卷后淬火回火的彈簧材料	139
四 冷卷后低温回火的彈簧材料	140
五 在較高温度使用的彈簧鋼材	147
六 有色金屬彈簧材料	149
第五章 彈簧的制造工艺	154
一 扁彈簧 (叠板彈簧) 的制造	154
二 热卷螺旋彈簧的制造	164

三 小型螺旋彈簧的制造	174
第六章 彈簧的高溫加熱作業	178
一 彈簧的高溫加熱爐	178
二 加熱規程對彈簧質量的影響	187
三 彈簧的快速加熱	208
第七章 彈簧的淬火	215
一 淬火規程（加熱溫度和加熱時間的選擇）	215
二 淬火劑	221
三 等溫淬火	227
四 彈簧鋼絲的專利法熱處理	245
第八章 彈簧的回火	247
一 彈簧回火的重要性	247
二 回火時彈簧鋼中所發生的變化	250
三 彈簧回火規程的選擇	266
四 回火設備	270
第九章 彈性後效。松馳熱處理	274
一 彈性後效。彈簧材料的彈性後效	274
二 松馳。松馳熱處理	281
第十章 彈簧的噴彈處理	288
一 概述	288
二 噴彈設備	291
三 噴彈處理所用的彈子	298
四 噴彈工藝	301
五 噴彈過程的檢查	307
六 噴彈處理對鋼的組織及性能的影響	309
第十一章 彈簧的強化處理	318
一 圓彈簧的強化處理	319
二 板彈簧的強化處理	323
參考文獻	332

第一章 緒 論

在本書研究彈簧熱處理之先，準備把與彈簧有關的一些基本知識加以簡略地介紹。

一 彈簧的作用

彈簧是重要的機械零件，許多運輸工具及工業產品如飛機、汽車、電車、火車和儀表等都要用到它。

要把各種彈簧在各個具體場合所起的重大作用加以一一說明，那是很繁復的。這裡，我們僅舉幾個例子來說明。

汽車、火車和電車等常用到荷重彈簧。不難想象，要是沒有這些荷重彈簧，人們坐在車上將要受到多大的顛簸。

車輛不可避免地要在不平的道路上運轉。如圖 1 所示，道路在 b 處，偶然下沉一量 h ，如果車輛沒有彈簧裝置，那麼它勢必沿與道路 abc 平行的 $a_1 b_1 c_1$ 路線行進，車體到達 b 處不免要發生劇烈的速度變化。如果車輛有彈簧裝置，則車輛由 a 處向 b 處行進時，由於彈簧自動地發生預先伸張，

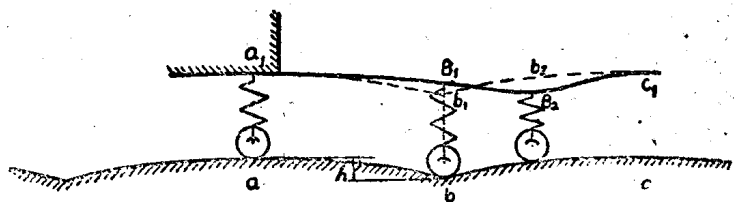


圖 1 說明車輛彈簧作用的示意圖。

車體便沿 $a_1 B_1$ 緩緩下降，車輛過 B_1 后，彈簧開始自行地逐漸壓縮，在 B_2 處，彈簧的壓縮最大，過此，彈簧又漸伸張，使車體沿 $B_2 C_1$ 緩前進。比較車體在有彈簧與無彈簧裝置所行進的路程 $a_1 b_1 c_1$ 與 $a_1 B_2 C_1$ ，可見後者的曲度變化，也就是車體的速度變化緩和多了。因此，車體得到了彈簧的緩沖作用，車輛運轉變得平穩了，人們坐在車上倍覺舒適，而對車輛和道路的損傷也將減少。

當然，彈簧在運用中的表現是否滿意，還要看它的設計和製造，包括它的热處理是否恰當。

二 彈簧的類別

依外形分類，彈簧主要的有疊板彈簧和螺旋彈簧兩種。

疊板彈簧又分橢圓彈簧（圖2a）和弓形彈簧（圖2b）。

疊板彈簧多系大型荷重彈簧，車輛（火車、汽車、電車等）大多用這種彈簧。



圖2 疊板彈簧。

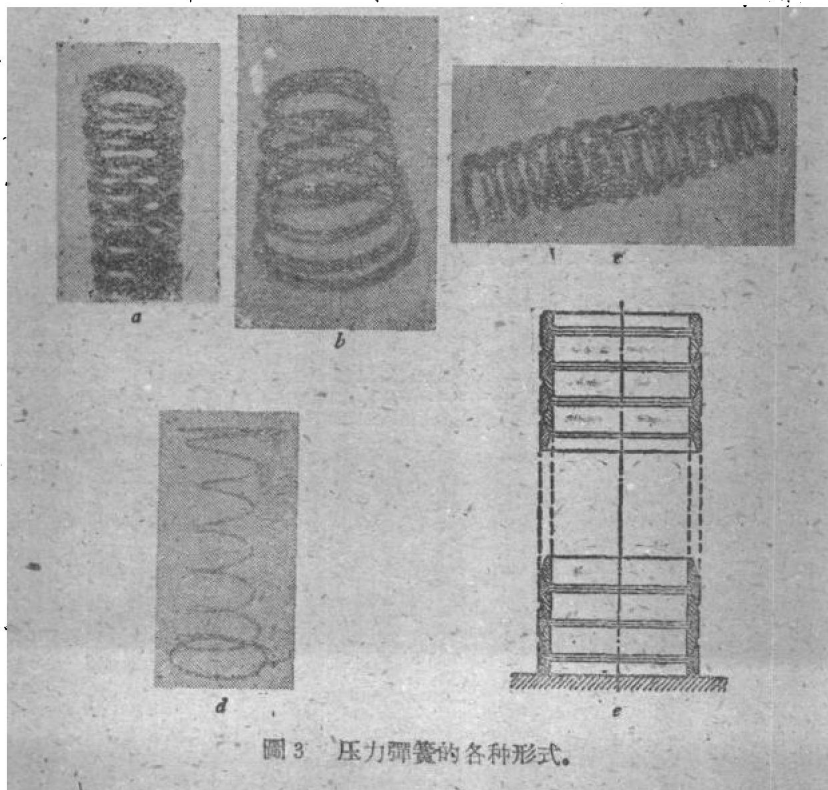
疊板彈簧是由一組簧片加上一箍構成。為了防止簧片滑動，簧片中央往往穿一圓銷，並在簧片的中綫處，一面作成縱向的槽，另一面作成縱向的筋，或者在簧片中央沖壓出一半圓的凹凸物。

疊板彈簧的一個優點是其中一部分（一個簧片或幾個簧片）折損時可以更換。

螺旋彈簧按它工作时作受負荷的性質可分为压力、拉力和扭力彈簧三大类。每类中，按其外形或其端头的构造又可分为很多小类。

压力彈簧就其外形來說，有圓柱形(圖3a)、截錐形(圖3b)、滾桶形(圖3c)和墊褥彈簧(圖3d)。后二者亦可視為双截錐形彈簧。圓柱形彈簧易于制造，一般常用。截錐彈簧有愈压愈硬的特性，只有当工作条件要求到这种特性时才用到。

压力彈簧中还有一种环彈簧(圖3e)，它已不屬於螺旋



彈簧，但它有重大的特点，即它吸收的功大部消耗于摩擦而不放出来，故有吸震作用，車輛連結处，常用它作緩冲彈簧，它的缺点是制造时需特殊成形設備。

彈簧材料的截面大多是圓的，但也可以是矩形的或方的。

压力彈簧的端头可以是各式各样的。端头可以是未并紧的（圖4a），因端头沒有平面，这样的彈簧工作时常傾斜，在螺旋比 C ($C = \frac{D}{d}$ ，如圖5， $C_1 = \frac{D_1}{d_1}$ ， $C_2 = \frac{D_2}{d_2}$ ……，一般彈簧的 C 值为4~25) 小时，傾斜大，故这种端头結構只适于螺旋比大的彈簧。

把彈簧的端头一圈磨薄則可以得到一較平的端面（圖4b）。在地位受到限制而螺旋比較小，同时希望多几圈彈簧起作用时，常采取这样的端头結構。

中等螺旋比时，約3/4圈的末圈与它前面起作用的彈簧圈并紧，但端头不磨平（圖4c）。

最常用的端头結構如圖3a。末圈有~3/4圈和前面的工作圈并紧，末圈尖端厚約 $1/4 d$ (d —綫材直徑)，并除去其棱角。

垫板彈簧的末圈可以和工作圈連接起来，如圖3d所示。

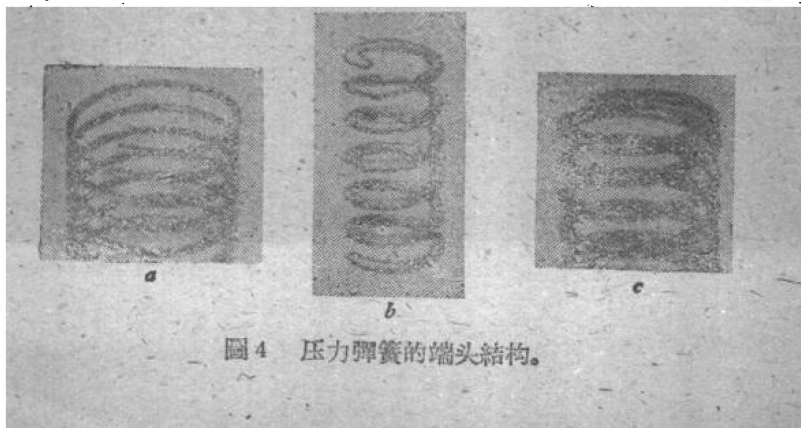


圖4 压力彈簧的端头結構。

通常，彈簧兩端的結構是一樣的，但在特殊要求下，兩端的構造也可以不同。

螺旋彈簧卷的方向，通常是沿彈簧的螺旋，由上而下時是順時針方向轉的。在并列彈簧族中，為了使彈簧不致于互相卡住，除彈簧間留間隙外，兩彈簧之間的彈簧常為反方向旋轉的彈簧，

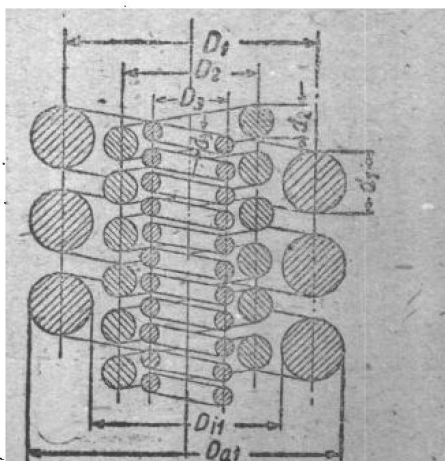


圖 5 并列彈簧族。

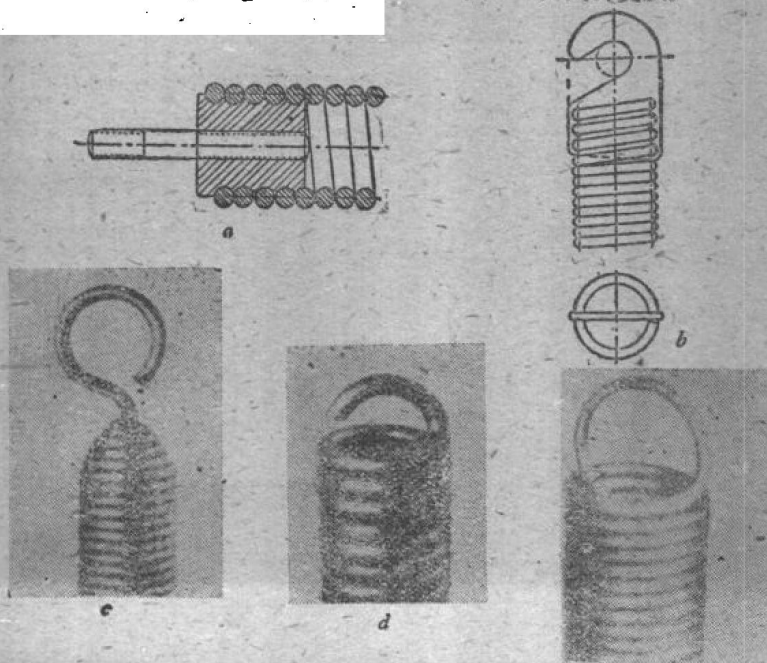


圖 6 拉力彈簧的卷耳。

例如圖 5 所示，旋轉方向反常的彈簧，在制造圖紙上應特別注明。

拉力彈簧的特点是它的外形總是圓柱形的，並總是圓截面材料卷制的。圈與圈之間或是緊貼的（可具有初壓力），或是鬆動的，或是微有間隙的。

拉力彈簧末端的卷耳，可有很多不同的形狀，幾種重要的示於圖 6。

圖 6 a 所示的卷耳的優點是能可靠地傳遞較大的力量，但較貴。圖 6b, c 和圖 6a 近似，造價較便宜。圖 6d, e 的形式是較常見的。

扭力彈簧和拉力彈簧一樣，差不多都是圓截面綫材制造成圓柱形。它和拉力彈簧不同之點是為了減少摩擦力，彈簧圈與圈之間應有少許間隙。圖 7 所示是典型的形式。扭力彈簧受力後扭轉的方向最好是使它的圈與圈并緊的方向。

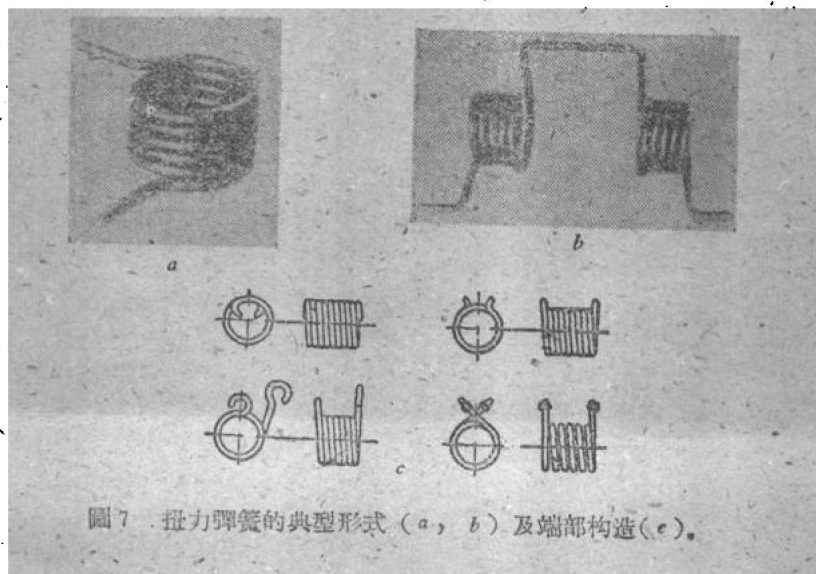


圖 7 扭力彈簧的典型形式 (a, b) 及端部構造 (c)。

三 彈簧的負荷撓度圖

給彈簧一定的載荷 P ，它便產生相應的變形或撓度 f 。例如，拿螺旋彈簧來說，加負荷于一壓力彈簧，它便下沉一定的距離；加負荷于一拉力彈簧，它便伸長一定的距離；加一定扭矩于一扭力彈簧，它便有一定的扭轉角。

P 與 f 間關係的圖解叫負荷-撓度圖，或叫彈簧的特性綫。負荷-撓度圖可用試驗求出，以下將要指出，它常常可用計算獲得。

許多彈簧（例如標準的螺旋彈簧包括壓、拉、扭力彈簧和疊板彈簧加壓力時的情況）的負荷-撓度圖是過原點 O 的直綫（圖 8）（有初應力的拉力彈簧的撓力圖不過原點）。當然，直綫關係限在彈性限度（定義見第三章，圖 8 中相當於 P_e ）以下，超過彈性極限以後，由於材料發生屈服，增加同樣負荷產生的變形增大，並且這時撓度中包含有本質上不同的不可逆的，即解除負荷後不同變到 O 點的永久變形 f_r 。這里，我們可以看出，作為提高材料的強度以及提高材料的彈性極限的熱處理的重要性。

以下將要指出，負荷-撓度圖中的 α 角度與材料成分的波動及熱處理沒有多大關係。而主要與設計有關。例如，螺旋彈簧的情形，是螺旋比大、圈數多，則 α 角小。

負荷-撓度圖也可以是非直綫的，例如截錐螺旋彈簧便是。如圖 9 所示，在 A 以後，引起一定變形所需負荷愈來愈大。這個現象發生的原因是與這種彈簧的特性有關的。很容易理解，彈簧受壓時，近錐底的簧圈，因螺旋比大，它的 α 角小，易于壓縮而先行壓縮，錐底的簧圈愈壓愈靠近而失去

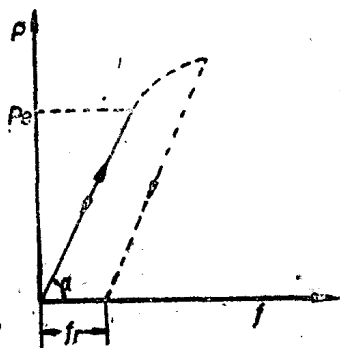


圖 8 直線性彈簧負荷-撓度圖。

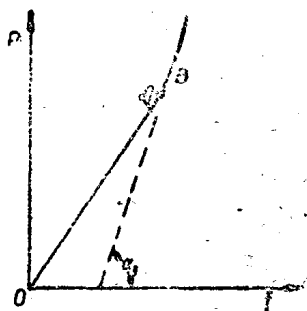


圖 9 截錐彈簧的負荷-撓度圖。

作用，一方面簧圈減少了；另一方面，參加壓縮的是螺旋比愈來愈小的簧圈，這兩種情況都使得彈簧表現為愈壓愈硬。

引起單位變形所需要的負荷，我們常稱之為彈簧的剛度 k ，每單位負荷所引起的撓度，我們常稱之為彈簧的彈度 i 。當計算 k 和 i 時所用的重量、長度的單位相同時， k 與 i 互為倒數，即 $k \times i = 1$ 。

在直線負荷-撓度圖的情形下，對一定設計一定材料製造的彈簧， k 與 i 均為常數，分別等於 $\operatorname{tg} \alpha$ 和 $\operatorname{ctg} \alpha$ 。對於曲線型負荷-撓度圖的彈簧，其 k ， i 不再為常數，而需在曲線上（例如圖 9 B 點）引切綫求其 $\operatorname{tg} \alpha_1$ 和 $\operatorname{ctg} \alpha_1$ 。前面提到的截錐彈簧愈壓愈硬的特性便是彈簧的剛度愈來愈大或彈度愈來愈小。

在彈簧並列或串聯的時候，很容易證明，彈簧的彈度具有相當於電學系統中電阻的性質，即在並列時（圖 10 a，圖 5）：

$$\frac{1}{i_c} = \frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_2} + \frac{1}{i_3} + \dots, \quad (1)$$

式中 i_c ——彈簧的彈度；

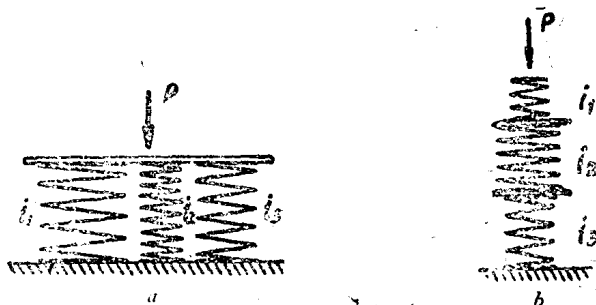


圖10 彈簧的并列与串联。

串联时 (圖10 b):

$$i_c = i_1 + i_2 + i_3 + \dots \quad (2)$$

剛度則与上述性質相反,

并列时: $K_c = k_1 + k_2 + k_3 + \dots \quad (3)$

串联时: $\frac{1}{K_c} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \dots \quad (4)$

在理想的即无摩擦的情况下, 在加減負荷时, 彈簧的負荷-撓度圖是同一条綫。但在有摩擦的情况下便不然, 如圖11所示的車輛板簧的情形。加負荷时, 負荷-撓度圖下方的面积代表加負荷时彈簧所吸收的功; 減負荷时, 負荷-撓度圖下方的面积表示減負荷时彈簧所放出的功, 显然两面积之差 (圖11影綫区) 表示消耗于內摩擦的功。如果加減負荷时 負荷-撓度圖遵循同一綫, 則表示功未損失。根据一般的經驗, 內摩擦过大, 彈簧的剛度大增, 影响車輛的平穩运轉, 尤其在發生震动时如此, 因此, 为了減小板間摩擦, 組成彈簧时最好在板上塗以

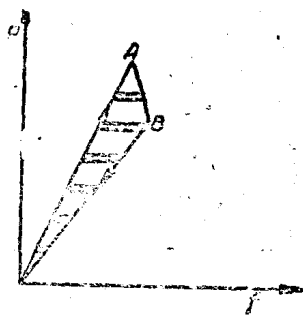


圖11 消耗于摩擦的示功圖。

潤滑油。但是應該強調指出，摩擦的作用不总是有害的，相反的，我們可以利用它消震。如圖 3 e 所示的環彈簧，由于環間接觸面積很大，摩擦力很大，負荷-撓度圖上的環狀面積很大，極有利于消耗車輛的有害沖擊，因而常用作為車輛連接處的緩沖彈簧。

四 彈簧的計算

這里，我們只簡要地討論彈簧的計算，而不推導公式，原因是我們的目的不在于鑽研設計，而在于了解可能與熱處理有關的一些問題。

疊板彈簧 對於弓形彈簧：

$$\text{彎曲應力 } \sigma = \frac{3P(L-a)}{2nBh^2} \text{ 公斤/公厘}^2 \quad (5)$$

$$\text{撓度 } f = \frac{3P(L-a)^3}{8EnBh^3} \text{ 公厘} \quad (6)$$

式中 P ——彈簧荷重(公斤)；
 L ——彈簧全長(公厘)；
 a ——彈簧撞寬度(公厘)；
 n ——彈簧的片數；
 B ——彈簧板的寬度(公厘)；
 h ——彈簧板的厚度(公厘)；
 E ——彈性系數 (公斤/公厘²)。

彈簧所受應力情況是凹面受彎曲張應力，凸面受彎曲壓應力，且二者數值相等。由於設計的形狀簧片在距離簧撞同一距離處應力均相等。為了使上下簧片密合，常常是將下面的簧片作成弧度較大的形狀，因而彈簧實際的受力還附加一初應力。