

機械製造技術檢查叢書

高斯傑夫著

彈簧質量的 檢查



機械工業出版社

機械製造技術檢查叢書

彈簧質量的檢查

高斯傑夫著

朱城、播志攀合譯



機械工業出版社

出版者的話

彈簧是機器中承負載荷的一種零件，現代任何一種機器中都廣泛地採用。

本書是介紹螺旋彈簧、葉片彈簧和扭桿彈簧的簡明知識，對於製造彈簧所用的材料和檢查彈簧質量的方法，都作了扼要的敘述。可以幫助現場工作人員增進彈簧製造與使用知識，了解各種最新的檢查方法以及增加彈簧使用期限的方法。

蘇聯 В. И. Гессев 著 'Контроль качества рессор и пружин' (Машигиз 1952 年第一版)

*

*

*

書號 0569

1954 年 9 月第一版 1955 年 2 月第一版第二次印刷

787×1092¹/₃₂ 39 千字 1⁷/₈ 印張 3,301—6,300 冊

機械工業出版社(北京盛甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價 3,300 元(18)

序

這套叢書是第一機械工業部蘇聯專家謝傑爾尼可夫同志介紹的，是全蘇機器製造科學工程技術協會莫斯科分會在 1949~1953 年間為技術检查工作函授教學用而出版的。它系統地介紹機械製造廠技術檢查工作的組織制度、職責權限、工藝準備的基本原則以及各車間技術檢查工作的具體做法。內容詳細具體，通俗易懂，是目前我們可以得到的最完整、最系統的有關技術檢查方面的蘇聯資料。

全書一共有 25 分冊，內容包括：技術檢查的工藝準備、法律基礎、組織機構、基本方法、分析、統計、檢查過程自動化的原理，以及鑄、鍛、鉚、鉗、熱處理、機械加工、裝配各工種檢查工作的基本原則和具體方法等。

我們工廠的技術检查工作，雖然從學習蘇聯先進的企業組織管理方法以來即隨着其他方面的管理制度逐步地建立起來了，但到目前為止，工廠技術检查工作還存在許多缺點，組織不完整，職責不明確，制度標準和方法都不健全，人員數量少，業務水平低，技術檢查科真能從積極方面做到預防廢品、保證質量的還不多見。機械工業產品質量不好，一方面造成國家巨大損失、延誤基本建設工程，另一方面打亂工廠的作業計劃，加重生產中的混亂。產品質量不好的原因雖然很多，但是技術检查工作這一環節不够健全，不能起督促、檢查、保證質量的作用，尤其是技術检查工作在目前配合不上生產和技術發展的要求，已形成日益嚴重的問題。

這套叢書的出版對如何進一步做好技術检查工作，提供了有利的條件。

本叢書因原版本印數不多取得不易，到目前為止尚缺若干冊，現先將已有各冊陸續翻譯出版。

第一機械工業部技術司 1954 年 4 月

目 次

序.....	3
引言.....	5
一 關於螺旋彈簧、葉片彈簧和扭桿彈簧的簡明知識.....	6
二 製造螺旋彈簧和葉片彈簧的材料.....	22
三 影響葉片彈簧和螺旋彈簧之耐久性的因素.....	32
四 螺旋彈簧、扭桿彈簧和葉片彈簧品質的檢查.....	43
複習題.....	58
參考文獻.....	59
中俄名詞對照表.....	60

引 言

葉片彈簧、螺旋彈簧和扭桿彈簧是機器中負荷最重的一些零件，一般在工作時都受到變動載荷，即受到疲乏作用。

在加工和檢查時，須要特別注意在工作中受到疲乏作用的零件。製造在工作中受到疲乏作用的零件時，應採用最有效的現代的方法，藉以提高零件的使用期限。

這種零件的技術檢查，是用多方面的試驗來實現的，根據這些試驗就能合理地來注意工藝過程的進程，使能保證葉片彈簧、螺旋彈簧和扭桿彈簧的優良品質及其耐久性。

這本書的任務，是要使函授研究班的學員們能熟悉葉片彈簧、螺旋彈簧和扭桿彈簧所用的各種最新檢查方法，以及增加它們使用期限的方法。

一 關於螺旋彈簧、葉片彈簧和 扭桿彈簧的簡明知識

作為一種很重要的負載很重的零件，各種螺旋彈簧、葉片彈簧和扭桿彈簧幾乎在任何一具現代的機器中都廣泛地應用。在運輸機、內燃機、鐘錶和儀器方面，彈簧更起着特別重要的作用。

任何一個彈簧都是一個機械儲能器。彈簧受外力作用發生壓縮變形時，彈簧內便儲藏了彈性變形能。當外力的作用一停止，彈簧的彈性力便使其伸展，於是彈簧便能藉壓縮時所儲藏的能量完成其所需做的工作。在這裏，正像在任何機械能或別種能的轉換情況一樣，能量也將有一些耗損，其主要的耗損是由於摩擦和發熱。

機械製造工業中所應用的螺旋彈簧的基本形式，如圖 1 所示。

按照構造上的特點，螺旋彈簧可以分成下列四類：

- a) 抗拉彈簧(圖 1, a);
- б) 抗壓彈簧(圖 1, б~и);
- в) 抗扭彈簧(圖 1, к, л);
- г) 特種彈簧(圖 1, м, н, о)。

疊盤式抗壓彈簧(圖 1, н)適用來作為對付衝擊載荷的堅強緩衝彈簧和吸振器(倍爾維爾彈簧, ГОСТ 3057-45)。

這種彈簧的最大工作載荷可達 52 噸。

圓環彈簧(圖 1, о)應用在工作載荷 5.5~200 噸的上述場合中。

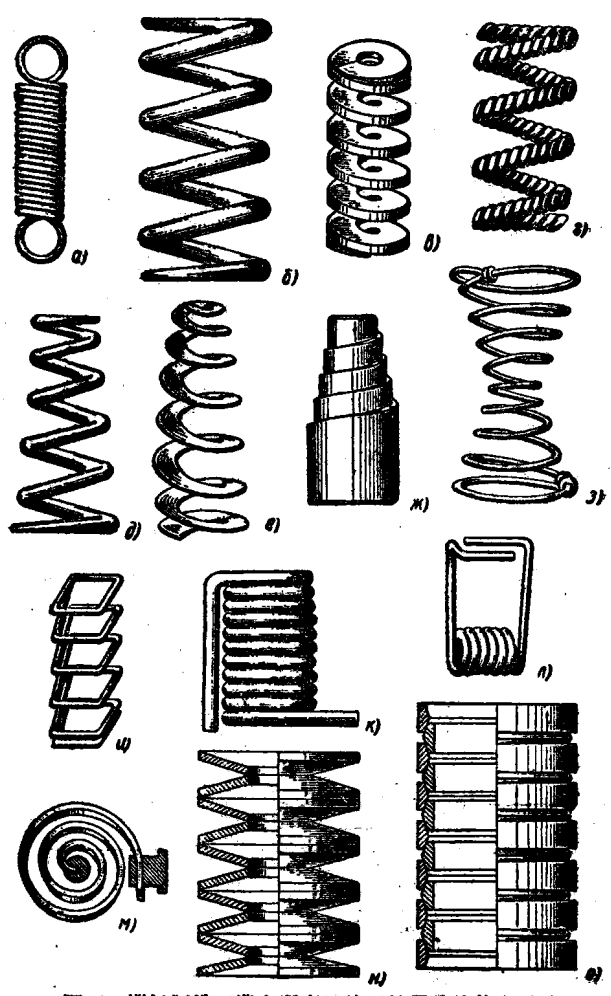


圖 1 機械製造工業中所應用的螺旋彈簧的基本形式：

a—密圈圓柱形抗拉螺旋彈簧；**b**—圓斷面桿捲成的圓柱形抗壓螺旋彈簧；**b₁**—長方形斷面桿捲成的圓柱形抗壓螺旋彈簧；**g**—金屬絲絞索捲成的圓柱形抗壓螺旋彈簧；**a₁**—圓錐形抗壓螺旋彈簧；**e**—扁平斷面金屬片捲成的拋物線形抗壓彈簧；**k**—長方形斷面金屬片捲成的望遠鏡式彈簧；**s**—具有曲線特性的墊子彈簧(刚度隨撓度逐漸增加)；**u**—捲成長方形柱狀的抗壓彈簧；**k, k₁**—圓柱形抗扭彈簧；**m**—盤簧；**n**—疊盤式彈簧(即培爾維爾彈簧)；**o**—圓環彈簧。

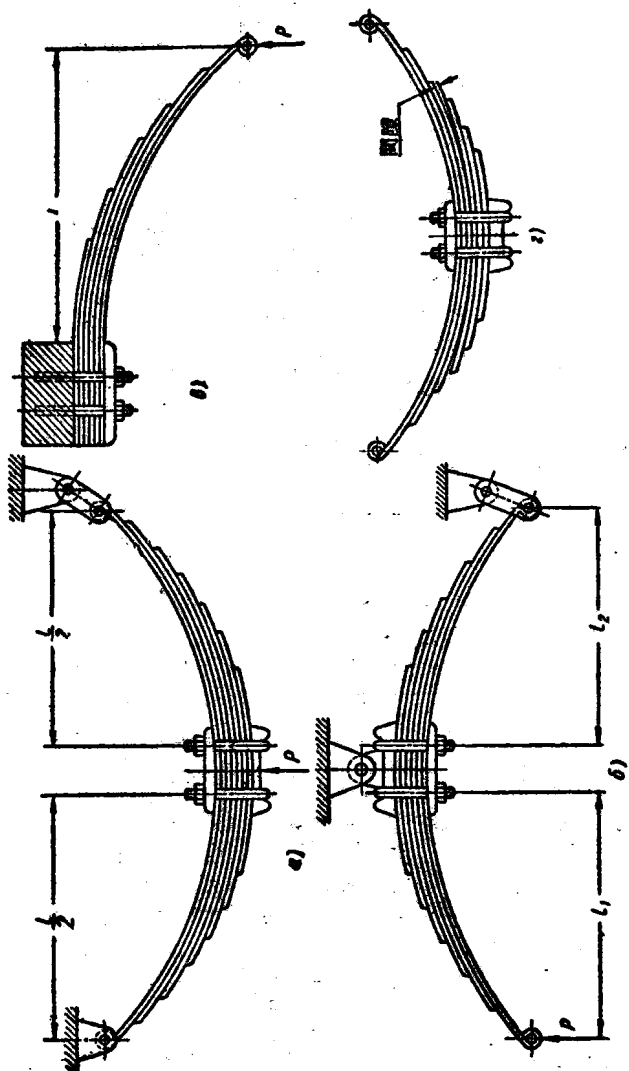


圖 2 運輸機械中所用葉片彈簧的基本形式:

a—半橢圓形葉片彈簧; б—外伸梁式支持的葉片彈簧; в—四分之一橢圓形葉片彈簧; г—漸近式葉片彈簧。

圖 2 表示運輸機械中所應用的葉片彈簧的幾種基本形式。

螺旋彈簧和葉片彈簧的基本技術特性是螺旋彈簧或葉片彈簧的撓度對載荷(公斤)的函數關係。

圖 3 是葉片彈簧的特性曲線。這是一個封閉的曲線，封閉曲線的上半部表示加上載荷時的彈簧所受載荷與彈簧撓度的關係，曲線的下半部則表示卸下載荷時載荷與彈簧撓度的關係。

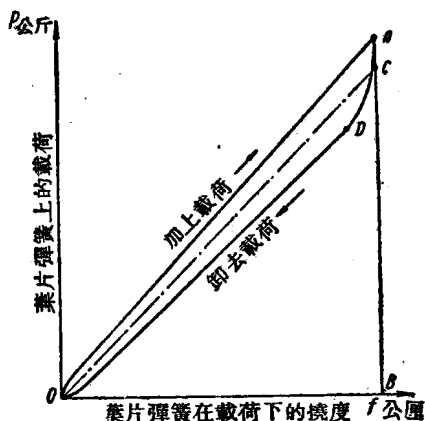


圖 3 葉片彈簧的載荷特性

摩擦的損失使葉片彈簧的特性曲線上下兩部分發生差異。圖 3 中三角形

OAB 的面積表示使葉片彈簧產生撓度載荷對彈簧所作的功，圖形 $ODAB$ 的面積則表示卸去載荷時，彈簧對載荷所作的功。這樣，封閉曲線 OAD 的面積就是克服彈簧各葉片間的摩擦所耗損的功。

普通形式的葉片彈簧(圖 2, a, b, c)，還有簧圈的螺距和直徑都是常數的螺旋彈簧，其平均的特性曲線是直線(圖 3 中的直線 OC)。簧圈的螺距或直徑有變化的螺旋彈簧(如圖 1 中的 a, b, c, d, e)，還有漸近式的葉片彈簧(圖 2, f)其特性曲線是曲線或者階梯形。

對於特性曲線是直線的葉片彈簧和螺旋彈簧，其剛度通常用剛度係數 $C = \frac{P}{f}$ 表示，這一係數實際上就是使葉片彈簧產生一公厘的撓度或螺旋彈簧產生一公厘彈性下沉所需的載荷

(公斤)。 C 的數值愈小，葉片彈簧或螺旋彈簧就愈富於彈性； C 值越大，則彈簧愈硬。

試比較各種不同形式的葉片彈簧的剛度，當各彈簧的重量和大小相同，而各彈簧斷面上的載荷也相等時，則比較的結果指出，四分之一橢圓形的葉片彈簧(圖 2, ϵ)最富於彈性。外伸梁式支持的葉片彈簧(圖 2, δ)的剛度是四分之一橢圓形葉片彈簧剛度的 2 倍，半橢圓形葉片彈簧，(圖 2, a)的剛度則是四分之一橢圓形葉片彈簧剛度的 4 倍。

最富彈性的螺旋彈簧是盤簧(圖 1, κ)和圓柱形螺旋彈簧(圖 1, a, δ)，並且其彈性隨彈簧圈數的增加而增高。剛度最大的螺旋彈簧是望遠鏡式彈簧(圖 1, μ)疊盤式倍爾維爾彈簧(圖 1, η)和圓環彈簧(圖 1, θ)。

在葉片彈簧製造工廠作試驗時，尋常僅限於決定葉片彈簧在其規定的工作載荷下的撓度。相反地在試驗螺旋彈簧時，就要校驗螺旋彈簧在具有規定的工作長度(即高度)時所需的載荷。如果葉片彈簧和螺旋彈簧的特性曲線不是直線，則進行試驗時要定出特性曲線上的兩點，這兩點中的一點通常指明曲線的曲折點。

在進行這樣的試驗時，常常需要用簡單計算方法來決定葉片彈簧、扭桿彈簧和螺旋彈簧的受力、應力和變形。

以下就是關於這種計算的簡明知識。

1 圓柱形螺旋彈簧

圓柱形螺旋彈簧是成螺旋形的桿，即按照一定的幾何形狀捲成螺旋線形狀的鋼絲，如圖 4 所示。

當彈簧受到外力而被壓縮時，發生彈性下沉(撓度 f)而彈

簧中的力則與撓度的大小成正比地增加。

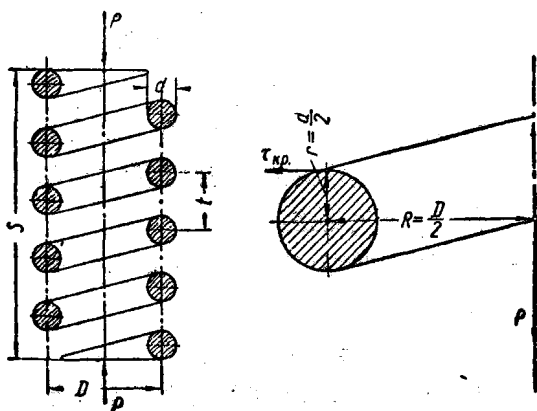


圖4 受到外力作用螺旋彈簧的工作情況：

S —彈簧長度， D —彈簧直徑； d —鋼絲直徑； t —螺距（等於用彈簧圈數除彈簧長度， $\frac{S}{n}$ ）； n —彈簧圈數。

現在我們來研究彈簧任一橫斷面上的工作情況，自圖4的右圖中可見，用圓桿捲成的彈簧在 P 力的作用下，將因扭矩而發生扭轉，扭矩等於 $M = PR$ 。因此彈簧的計算通常應用‘材料力學’課程中的扭轉公式：

$$\tau_{kp} = \frac{2PR}{\pi r^3}, \quad (1)$$

式中 τ_{kp} ——扭轉時的剪應力（公斤/公厘²）；

P ——作用在彈簧上的外力（公斤）；

R ——簧圈的半徑，即 $\frac{D}{2}$ （公厘）；

r ——圓桿斷面的半徑，即 $\frac{d}{2}$ （公厘）。

如果已知最大許用剪應力 τ_{max} ，就可以用這一公式進行計算。

彈簧所受的最大工作力等於:

$$P_{\max} = \frac{\pi d^3}{8D} \cdot \tau_{\max} \quad (2)$$

在 $P_{\max}$ 力作用下, 彈簧的彈性撓度等於:

$$f = n \frac{\pi D^2}{Gd} \cdot \tau_{\max}, \quad (3)$$

式中 f ——彈簧的彈性撓度(公厘); 它等於彈簧在自由狀態下的原有高度與彈簧在使其產生剪應力 $\tau_{\max}$ 的載荷下的高度之差。

G ——扭轉彈性模數(鋼之扭轉彈性模數是 $G = 8000 \sim 8500$ 公斤/公厘²)。

扭桿彈簧

在現代運輸機械中, 爲了緩衝急劇的衝擊和陡振, 以及旋轉運動的急劇變換等等情況, 已開始廣泛地採用在工作時作扭轉的彈性軸(扭桿彈簧)。彈性軸能在某些時間內蓄積扭轉變形能, 而緩和了機器運動部分的衝擊。

帶動汽車後輪的輪軸是這種扭桿彈簧的一個例子, 支承機器履帶轉子或汽車輪子的曲柄固結地連接着的彈性軸(圖5), 也是一個例子。

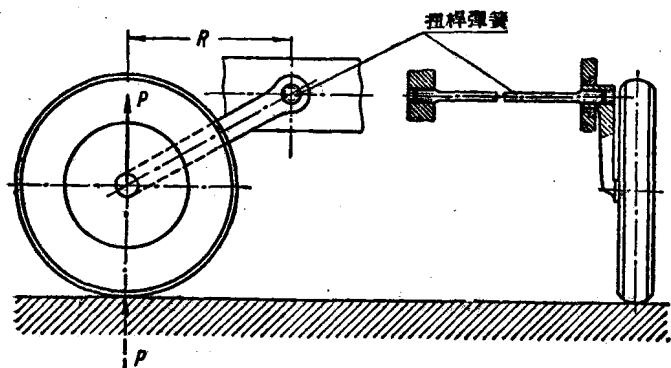


圖5 運輸機械中所用扭桿彈簧的例子

在有些運輸機械的製造中，扭桿彈簧已經完全代替了葉片彈簧和螺旋彈簧支座。

扭桿彈簧的扭矩可以用下列‘材料力學’課程中的公式表示之(圖6)。

$$M = PR \quad (4)$$

式中 M ——扭矩(公斤/公厘);
 P ——外力(公斤);
 R ——外力 P 作用的臂距(公厘)。

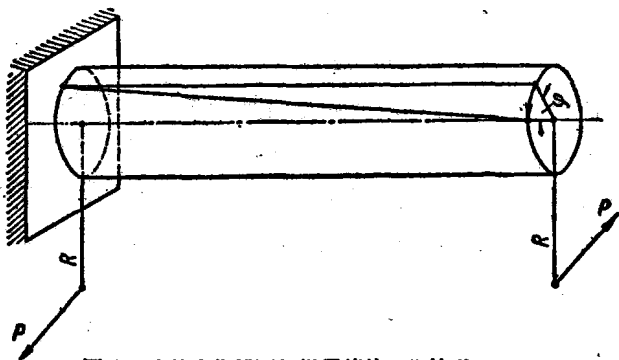


圖6 在外力作用下扭桿彈簧的工作情況

扭轉變形(扭轉角) φ 等於:

$$\varphi = \frac{\tau_{\max} \cdot l}{r \cdot G}, \quad (5)$$

式中 φ ——扭轉角(以 π 為單位, 即以弧度表示, $360^\circ = 2\pi$);
 $\tau_{\max}$ ——最大扭轉應力(公斤/公厘²);
 l ——受到扭轉作用的斷面間軸的長度(公厘);
 r ——軸的半徑(公厘);
 G ——扭轉彈性模數(公斤/公厘²)。

要把角 φ 換算成度數, 必須將公式(5)中 φ 角的數值乘以係數57.3。

這樣排列的葉片形成一個有相等彎曲強度富於彈性的梁。

裝配的葉片彈簧，其各葉片是由特殊壓成的突出處來使其互相固定的(圖 7)。

固定彈簧葉片的其他方法，例如：在平板上鑽和打出對穿的孔，是不好的，因為孔洞和其尖銳的邊緣可以成為葉片在運用中毀裂的根源。

葉片彈簧工作時受到彎曲。當外力在橫方向加在梁的兩個支點之間的中點上(圖 8, a)，或者加在肱梁(只有一端固定的梁稱為肱梁如圖 8, б)的自由一端，就產生彎曲現象。有兩個支點的梁彎曲時，所發生的彎矩和應力，用下式計算：

$$M_{usz} = \frac{P \cdot l}{4}, \quad (9)$$

M_{usz} ——在兩個支點上的梁中心處的彎矩(公斤公厘)；

P ——作用於兩支點間中心距離處的外力(公厘)；

l ——支點間的距離(公厘)。

對於肱梁(圖 8, б)，

$$M_{usz} = Pl. \quad (9a)$$

如所週知，梁彎曲時，梁斷面上受到最大應力的是離中性層最遠的那些層的材料(通過斷面重心而平行於斷面基線的平面稱為中性層)。

長方形斷面梁的中性層位於斷面高度的一半處，而最大應力發生在梁表面的頂層和底層處(圖 8, в)，其值為：

$$\sigma_{usz} = \pm \frac{M_{usz} \cdot z}{J}. \quad (10)$$

式中 σ_{usz} ——最大彎曲應力(公斤/公厘²)；

M_{usz} ——彎矩(公斤公厘)；

z ——自應力層到中性層的距離(公厘)；

J ——抗彎慣性矩(或慣性矩，公厘⁴)這表示梁斷面的剛

度特性。

彈簧葉片斷面是長方形者，其抗彎慣性矩是：

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (11)$$

式中 b —— 斷面寬度；

h —— 斷面高度。

把公式(11)中 J 的值代入公式(10)，並用 $s = \frac{h}{2}$ ，就得出長方斷面受彎平板彎曲應力計算的特殊公式：

$$\sigma_{usz} = \pm \frac{6M}{b \cdot h^2}, \quad (12)$$

或者根據已知的支點中間處的載荷 P 計算：

$$\sigma_{usz} = \pm 1.5 \frac{P \cdot l}{b \cdot h^2}. \quad (13)$$

對於肋梁(圖 8, б)

的場合，

$$\sigma_{usz} = \frac{6Pl}{b \cdot h^2}. \quad (14)$$

由許多不同長度葉片組成的葉片彈簧是一種與等斷面剛性梁不同的變斷面的彈性梁，它的抗彎強度在全部長度上都大約相等。

斷面高度 h 為常數，但寬度 b 不同的抗彎等強度梁，具有三角形的形狀(圖 9, а)。這樣的梁的尺寸 b 、 h 和 l 由下列兩個方程式決定：

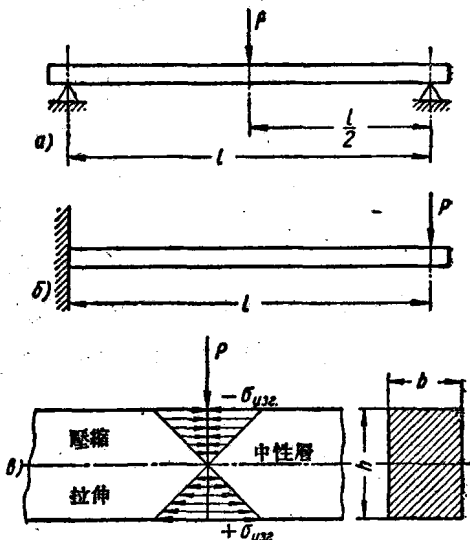


圖 8 梁的橫彎曲圖：
а—雙支點梁，б—肋梁，в—橫彎曲時梁斷面上發生的應力。

$$b = \frac{6Pl}{\sigma_{usz} h^2} \quad (15)$$