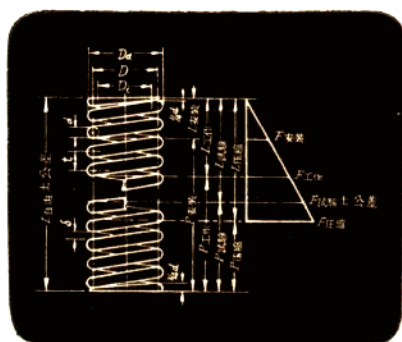


陈邕麟 编著

螺旋弹簧简易计算



机械工业出版社

內容提要 這一本「活叶」里，只談圓筒形螺旋彈簧的計算問題。在彈簧的允許最大受力、變形、鋼絲直徑和平均圈徑中有兩個是已知的时候，就可以計算彈簧的其他項目。本書介紹了三種簡易計算方法，都很實用，可以供制造彈簧的工人同志在工作時參考。

編著者：陳鳳麟

NO. 1510

1957年11月第一版 1957年11月第一版第一次印刷

787×1092¹/₃₂ 字數17千字 印張³/₄ 0,001—5,500冊

機械工業出版社(北京東交民巷27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
許可証出字第008號

統一書號T15033·756

定 價 (9) 0.11 元

工厂里日常所看到的彈簧，百分之八十以上是圓筒形螺旋彈簧，那就是說：它們的每一圈的圈徑都相同，樣子好像圓筒一樣。如圖 4 的壓力彈簧，圖 5 的拉力彈簧和圖 6 的扭力彈簧。

至于錐形（又叫宝塔彈簧）、桶形或雙曲綫的螺旋彈簧就比較少用，所以我們这里只介紹圓筒形螺旋彈簧的計算法。

可是，一般計算彈簧的公式都很复杂，而且還要查許多的材料強度表、校正系數表、甚至于還要查曲綫圖等等，使我們感到很麻煩。所以我們現在介紹幾種快速而簡易的計算法，這幾種方法就是：

1 簡易公式計算法：先介紹幾個基本公式，然後定出一種彈簧材料的標準，把基本公式簡化。如遇到材料不同的彈簧，再把結果用一定的系數來乘。這種方法雖然比較慢，但却是最基本的方法；

2 直接查表法；

3 直接查圖法。

後面兩種方法都很快，但得到的結果卻不夠精確，只能是近似值。

為了使同志們掌握計算的原理，先談談幾個名詞和介紹彈簧的符號和表示法。

一 介紹幾個名詞

1 彈簧負荷 可簡單的分為下述三類：

1) 靜負荷 完全靜止或者每分鐘的負荷變換次數不超過三次的工作狀態，例如鐘表上的彈簧，和溫度不高的安全閥彈簧

等。

2) 变换次数有限的动负荷 工作时为脉动, 或者次数不多的冲击, 或者是次数在五万到十万次以下的交变负荷。例如离合器上用的弹簧, 自动武器上的弹簧等。

3) 动负荷 又称振动弹簧。工作时受无限次的交变负荷并带有冲击性, 甚易引起材料的疲劳而断折。例如发动机的阀门弹簧, 起动器的传动弹簧, 火车及电车上用的支承弹簧及减震弹簧等。

所谓负荷的变换次数很少, 中等或很多都是相对说的, 并无严格的规定, 因此在下述的计算中, 更简单地将负荷依实用分为动负荷和静负荷两种。

受动负荷的弹簧, 如果在计算时已考虑到各种因素并能满足要求时, 而弹簧仍免不了折断, 这情况我们应该重新检查金属表面是否光洁, 是否脱碳, 裂痕等缺陷或者由于热处理不当而引起的意外。

2 旋绕比 当盘绕弹簧钢丝的时候, 把圈径绕大一点或者收小一点, 就会影响弹簧的强度。我们把弹簧的平均圈直径和钢丝直径的比, 叫做「旋绕比」(又叫做弹簧指数)。

用公式来表示是:

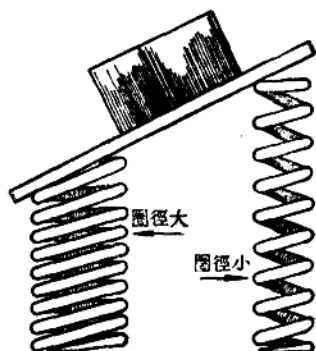
$$\text{旋绕比 } C = \frac{D}{d} = \frac{\text{圈的平均直径}}{\text{钢丝直径}^*}。$$

现在我们来看「旋绕比」和弹簧强度的关系。

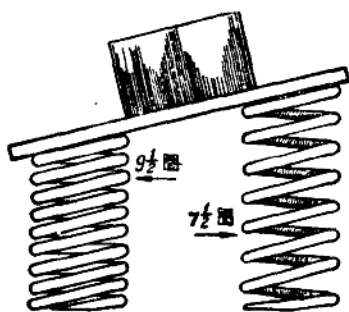
钢丝越粗, 做成弹簧的力量愈大, 这点谁也不会怀疑; 可是如果两根钢丝直径和圈数都相等, 而圈径不同时, 那么圈径大的弹簧力量反而小(图1), 这是什么道理呢?

* 假如是方钢丝就采用边长。

另外一种情况是：如圈徑相同，而圈数不等时，那么圈数多的彈簧力量反而較弱(圖 2)。这又是什么道理呢？



甲 乙
圖 1 圈数相等，圈徑小的彈
簧力量較強。



丙 丁
圖 2 圈徑相等，但圈数少的彈
簧力量較強。

道理是这样：如果把圖 1 里的彈簧甲展开变直，一定比彈簧乙的展开后的長度要長；同样的，在圖 2 里卷繞彈簧內所用的鋼絲一定比彈簧丁長。

在圖 3 里，如果我們把鋼絲展开的長度比作跳板，那么跳板長的就軟些，变形也大些；跳板短的却相反，力量反而強些。

根据上面所討論的，我們得到一个規律：

旋繞比越大，彈簧越軟；圈数愈多，彈簧也愈軟。

但是这关系也有一定的限度，那是：

旋繞比太大的时候，彈簧就会太弱以致至呈現搖擺不定的情形，所以旋繞比 C 不能大过 25。

旋繞比也不能太小，太小的时候彈簧受的应力就只是扭剪应力，寿命大大减低，所以旋繞比 C 不能小于 3。

最常用的情形是：

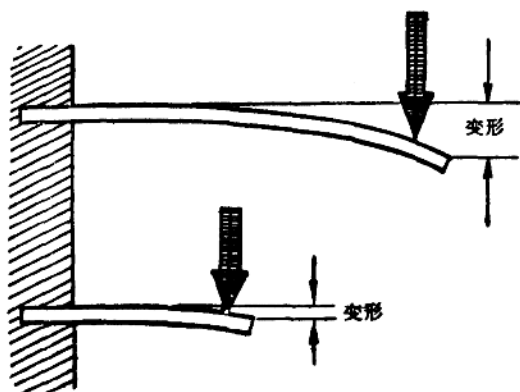


圖3 長度不同的跳板變形大小不同。

旋繞比 $C = 6 \sim 9$

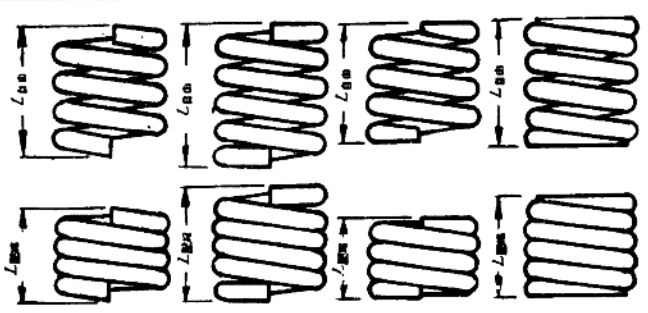
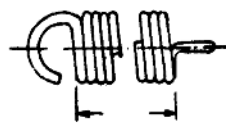
3 工作圈數和死圈數 一根壓力彈簧，必需具有下列條件：

- (1) 站得穩，不會左右搖擺；
- (2) 各圈平均地壓縮；
- (3) 沒有附加的變形，例如受力時並不是沿着軸心受力而是向一邊推歪等等。

為了合乎上面所講的條件，最好的辦法是把彈簧的兩頭約 $\frac{3}{4}$ 圈彎曲合攏并磨平，使中心綫平直。同時彈簧兩頭的端點，應在相反的兩邊，因此傳遞大力量的彈簧的總圈數，常常是帶有半圈的，例如 $9\frac{1}{2}$ 、 $11\frac{1}{2}$ ……等等。至於受力很小而不關重要的彈簧，可以不受上述限制（參看表1的丙和丁圖）。

彈簧兩端合攏并磨平的圈數是呆板的死圈，它是不參加工作的，叫做「死圈數」。死圈數在兩頭共占 $1\frac{1}{2}$ 到 $2\frac{1}{2}$ 圈左右。其餘的各圈則保持有一定平均的圈距，它們是參加工作的，是工作的實際負擔者，所以凡是參加工作的圈數，叫做「工作圈數」。

表1 螺旋压力弹簧的各种尾端式样和计算公式
(附拉力弹簧的长度公式)

			
端部散开	两头扭平	两头磨平, 但 末端分离	两头磨平, 末圈 压紧
$L_{\text{自由}} = nt + d$ $L_{\text{压缩}} = (n+1)d$	$L_{\text{自由}} = nt + 3d$ $L_{\text{压缩}} = nd$	$L_{\text{自由}} = nt$ $L_{\text{压缩}} = nd$	$L_{\text{自由}} = nt + 2d$ $L_{\text{压缩}} = (n+2)d$
$L_{\text{自由}}$ = 自由长度 n = 工作圈数 d = 金属丝的直径 $L_{\text{压缩}}$ = 压缩到各圈接触的長度 t = 圈的节距			
 $L_{\text{自由}} = L_{\text{压缩}} = (n+1)d$			

或[有效圈数]。一般计算弹簧力量的圈数是指工作圈数说的。例如說某一根弹簧的工作圈数是8圈时, 那么它是說, 随着两头被磨的情况, 总圈数可以不同, 即:

$$\text{总圈数} = 8 + \begin{cases} 1.5 \\ 2.0 \\ 2.5 \end{cases} = \begin{cases} 9.5 \\ 10 \\ 10.5 \end{cases} \text{ 圈。}$$

圈数越多彈簧越弱，但受力也越均匀，寿命也越长。所以彈簧受到一种交变負荷（就是忽而伸長，忽而壓縮的負荷），圈数至少为 10 圈，如果彈簧不受这种交变負荷时，那么才可以考虑圈数少于 10 圈，但也不能少于 6 圈。但如地位受限制，而圈数不得不更减少时，可用同心彈簧。

4 抗拉强度 σ_b 是把金屬絲拉到折断时的極限强度，它跟直徑的大小有关。同样材料的金屬絲，直徑（假如截面是方形的就用边長来代直徑）愈小，單位面积上的抗拉强度愈大。

5 允許弯应力 K_b 如圖 3，当鋼板受力弯曲到一定程度就会折断，为了安全起见，我們使力只在安全范围内，所产生的弯曲应力叫做允許弯应力。常用的彈簧材料允許应力可查表 5。

6 允許扭应力 K_a 彈簧受的力并不是單純的弯力，而影响彈簧使它折断的則是扭轉力。当計算彈簧受力大小的时候。为了保证彈簧的安全，并假定它是受忽伸忽縮的动負荷时，安全的扭应力只取抗拉强度的 30% 左右，叫做「允許扭应力」。

允許弯应力約等于允許扭应力的 1.25 倍。

即

$$K_b = 1.25 K_a。$$

碳鋼 60C2、鎳硅鋼 60C2H2A、鉻鉍鋼 50XΦA 的允許扭应力 K_a 列在表 5 里，但它跟鋼絲的直徑有关：

鋼絲直徑 $d < 13$ 公厘时， $K_a = 45 \sim 50$ 公斤/公厘²；

$d = 13 \sim 24$ 公厘时， $K_a \leq 45$ 公斤/公厘²；

$d = 25 \sim 40$ 公厘时， $K_a \leq 35$ 公斤/公厘²。

但为了簡化計算的公式起见，当上述的優質彈簧鋼鋼絲直徑 $d = 1 \sim 20$ 公厘，

彈簧圈的外徑 $D_a = 10 \sim 300$ 公厘时，可取

允許扭应力 $Ka \approx 40$ 公斤/公厘²。(受力是很剧烈的动負荷)

普通碳鋼和有色金屬如磷銅和青銅的允許扭应力則比上面的優質碳鋼小，要打折扣，可參閱表 2 的附注和表 5。

7 抗剪模数 G 是材料彈性的另一种計算系数。抗剪模数越大，彈簧也越硬。

鋼的 $G = 8000 \sim 8500$ 公斤/公厘²，

为了簡化計算，我們采用 $G \approx 8300$ 公斤/公厘²，做優質鋼的抗剪模数，而青銅或磷銅的抗剪模数我們采用 $G = 4000 \sim 5000$ 公斤/公厘²。为了簡化計算，也可以把公式的計算結果打一些折扣，詳見表 2 的附注。

二 計算符号和繪圖表示法

1 在計算时，我們常采用一些拉丁字母来代表各种專門名詞。現在把有关的計算符号列在下面（ L 、 F 的單位为公厘， P 的單位为公斤）：

$L_{自由}$ = 自由長度，

$L_{安裝}$ = 安裝时的長度，

$L_{工作}$ = 工作时的長度，

$L_{試驗}$ = 試驗的長度，也就是工作时的最大長度。

$L_{壓縮}$ = 压到各圈接触的高度，

$L_{總長}$ = 拉力彈簧耳鈎的总長，

$F_{安裝}$ = 安裝时的变形（即压缩或伸長量），

$F_{工作}$ = 工作时的变形，

$F_{試驗}$ = 試驗負荷下的变形，

$F_{壓縮}$ = 各圈压至互相接触的压缩量，

F = 总的压缩或伸長量，

F_1 = 在最大安全受力下，每 1 圈的壓縮或伸長量，

$P_{安全}$ = 彈簧能忍受最大的力（彈簧在這個力下仍安全），

P_1 = 壓縮 1 公厘所需的力，

$P_{安裝}$ = 安裝時的壓力，而 $P_{安裝} > 0.1 P_{工作}$ ，

P = 總的壓力，

$P_{試驗}$ = 試驗時的受力，如圈距不太大，可使 $P_{試驗} = P_{接觸}$ （如圈距太大，壓到各圈接觸時間太長，即產生永久變形）。

$P_{工作}$ = 當工作時的最大壓力，而 $P_{工作} \leq 0.8 P_{試驗}$ ，

$P_{接觸}$ = 壓到各圈互相接觸的力，

t = 圈的節距，

δ = 兩圈之間的間隙，

d = 金屬絲直徑，

a = 方形金屬絲的一邊，

D = 圈的平均直徑，

D_i = 圈的內徑，

D_a = 圈的外徑，

n = 工作圈數（有效圈數），

N = 總圈數，

K_b = 允許彎應力（公斤/公厘²），

K_a = 允許扭應力（公斤/公厘²），

G = 抗剪模數（公斤/公厘²）= $0.38 \times$ 彈性係數 E （ E 可查表 4）。

2 壓力彈簧的表示法 壓力彈簧在自由狀態時的負荷為零，普通將它壓到 $F_{安裝}$ 處使它保存一定的壓力。以後越壓越緊，在試驗時甚至於要壓到各圈接觸達 6~24 小時。圖 4 是製造壓力彈簧時工作圖表示方法，右边的小三角形代表工作時的壓力和壓縮情況。

3 拉力彈簧的表示法 圖 5 下的三角形所表示的意義和壓力

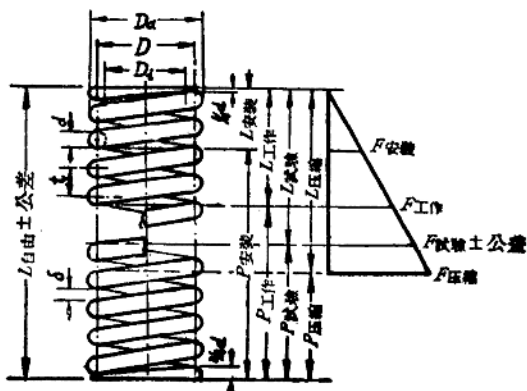


圖 4 壓縮彈簧工作圖表示法:

工作圈數: 10圈;

總圈數: $11\frac{1}{2}$ 圈 (兩頭磨平);

熱處理:

材料:

鋼絲展開長度:

旋繞方向: 右旋;

內徑或外徑標明公差:

每分鐘受力變換的次數:

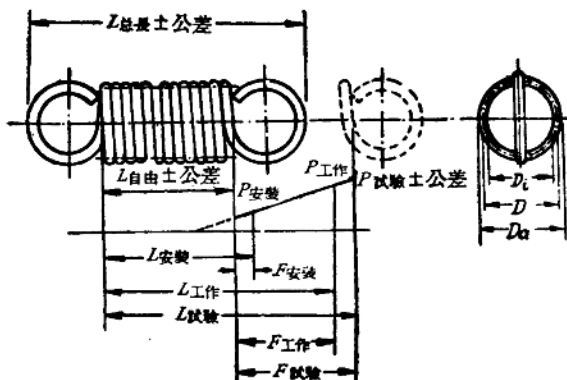


圖 5 拉力彈簧工作圖表示法:

工作圈數:

總圈數:

耳圈形式:

熱處理:

材料:

鋼絲展開長度:

旋繞方向: 右旋;

外徑標明公差:

每分鐘受力變換的次數:

彈簧相同，但它是拉伸而不是壓縮。三角形的尖頂是虛線，代表先施應力，是卷繞時預先做好的，目的是使它工作一開始就需相當大的力量才能拉得動。

4 扭簧的表示法 如圖 6， ω_1 是工作時的扭角，但最大可扭到 ω° ，超過這個範圍，便會產生永久變形。使用扭簧時多把一根短軸套在彈簧裏面以保持平直，所以內徑標明公差是必要的。至於兩腿的式樣，必須註明。

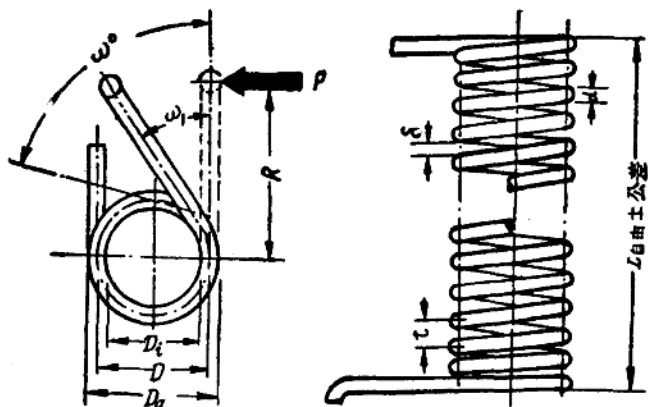


圖 6 扭簧彈的工作圖表示法：

工作圈數：	內徑或外徑標明公差：
總圈數：	旋繞方式：右旋；
熱處理：	兩腿的式樣：
材料：	每分鐘受力變換次數：
鋼絲展開長度：	

三 壓力和拉力螺旋彈簧的計算

1 簡易公式計算法 計算圓彈簧，有兩個最基本的公式：

變形公式
$$F = \frac{8D^3nP}{Gd^4} \quad (1)$$

即

$$\text{总变形} = \frac{8 \times (\text{圈平均直径})^3 \times \text{工作圈数} \times \text{总的压力}}{\text{抗剪模数} \times (\text{丝直径})^4}。$$

$$\text{核对应力的公式 } K_d = \frac{8DP}{\pi d^3} \times \left(\frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0.615}{c} \right)。 \quad (2)$$

即

$$\text{内应力} = \frac{8 \times \text{圈平均直径} \times \text{总压力}}{3.1416 \times (\text{丝直径})^3} \times \left(\frac{4 \times \text{旋绕比} - 1}{4 \times \text{旋绕比} - 4} + \frac{0.615}{\text{旋绕比}} \right)。$$

計算方彈簧的基本公式是：

$$F = \frac{5.6 \times D^3 \times n \times P}{Ga^4}。 \quad (3)$$

$$\text{核对应力的公式 } \tau = \psi \times \frac{D \times P}{a^3}。 \quad (4)$$

式中 ψ 是系数，和旋绕比有下面的关系：

旋绕比 C	4	5	6	8	12	15	20
系数 ψ	3.25	3.1	3	2.8	2.7	2.65	2.6

例 1 一个小螺旋压力弹簧用機車碳鋼彈簧 55C2 制成，鋼絲直徑 $d = 10$ 公厘，平均圈徑 $D = 41$ 公厘，工作圈數 $n = 10$ ，自由長度 $L_{\text{自由}} = 168$ 公厘，壓縮到各圈接觸後長度 $L_{\text{接觸}} = 120$ 公厘，求（1）用多少力才能壓到各圈接觸？（2）又查表 5 知 55C2 彈簧鋼受靜力的扭剪力時，最大能承受 60 公斤/公厘²，問上述彈簧施行全壓縮時，會不會引起永久變形？

〔解〕 把公式（1）變化為

$$P_{\text{接觸}} = \frac{Gd^4 F}{8D^3 n}，$$

自由長度是 168 公厘，壓縮後的長度是 120 公厘，所以總壓縮 $F = 168 - 120 = 48$ 公厘，又由材料手冊查得 $G = 8000$ 公斤/公厘²，

$$\text{故 } P_{\text{接觸}} = \frac{8000 \times 10^4 \times 48}{8 \times 41^3 \times 10} = \frac{8000 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 48}{8 \times 41 \times 41 \times 41 \times 10}$$

= 696 公斤 (即用 696 公斤才能壓到各圈接觸)。

將旋繞比 $C = \frac{D}{d} = \frac{41}{10} = 4.1$ 代入公式 (2) 得內應力

$$K_d = \frac{8DP}{\pi d^3} \left(\frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0.615}{c} \right) = \frac{8 \times 41 \times 696}{3.1416 \times 10 \times 10 \times 10} \left(\frac{4 \times 4.1 - 1}{4 \times 4.1 - 4} + \frac{0.615}{4.1} \right) \\ = 101 \text{ 公斤/公厘}^2。$$

但 55C2 號鋼最大能受扭剪力 75~80 公斤/公厘²，所以施行全壓縮時，因所產生的內應大到 101 公斤/公厘²，會引起永久變形，即壓短了以後彈不回來。

由上面的公式和計算里，須要 (1) 查材料的抗剪模數 G ，(2) 求旋繞比 C 的影響，(3) 查出材料抗扭剪的最大負荷來核對計算的結果。這樣計算起來，嫌太麻煩、太慢。

為了簡化計算，我們不妨假定幾種常用的優質彈簧鋼如硅鋼 60C2、鎳硅鋼 60C2H2A 和鉻鈮鋼 50XΦA，在劇烈的動負荷下，

鋼絲直徑 $d = 1 \sim 20$ 公厘，

允許扭應力 $K_d = 40$ 公斤/公厘²，

抗剪模數 $G = 8300$ 公斤/公厘²。

即得下面簡易的計算公式表 (表 2)。

例 2 柴油機的油門閥彈簧用鉻鈮鋼做成，它的直徑 $d = 6$ 公厘，彈簧外徑 $D_a = 50$ 公厘，問在忽伸忽縮劇烈的變換動負荷下，這彈簧的安全受力 $P_{\text{安全}}$ 等於多少？每一圈的變形 F_1 等於多少？

〔解〕 材料和受力情況，適用表中的簡易公式。

$$(1) P_{\text{安全}} = 15.7 \frac{d^3}{D} = 15.7 \times \frac{6 \times 6 \times 6}{50 - 6} = 15.7 \times \frac{216}{44} = 77 \text{ 公斤。}$$

$$(2) F_1 = 1.5 \frac{D^2}{d \times 100} = 1.5 \times \frac{(50 - 6)^2}{6 \times 100} = 1.5 \times \frac{44 \times 44}{600}$$

$$= 4.87 \text{ 公厘。}$$

表2 圓筒形螺旋彈簧計算簡易公式表

金屬絲 断面	$P_{\text{安全}}$ = 彈簧能承受 安全之力(公斤)	F_1 = 在 $P_{\text{安全}}$ 下, 每 一圈的變形	P_1 = 變形 1 公厘所需 之力(公斤)
圓	$P_{\text{安全}} = 15.7 \frac{d^3}{D}$	$F_1 = 1.5 \frac{D^2}{100d}$	$P_1 = 1040 \frac{d^4}{D^3n}$
方	$P_{\text{安全}} = 17 \frac{a^3}{D}$	$F_1 = 1.1 \frac{D^2}{100a}$	$P_1 = 1480 \frac{d^4}{D^3n}$

附注: 1. 簡易公式中的条件是: ①彈簧受忽伸忽縮的交變負荷; ②材料用
優質彈簧鋼, 如 60C2, 60C2H2A, 50XΦA, 并經淬火; ③ $K_d = 40$
公斤/公厘², $G = 8300$ 公斤/公厘²; ④旋繞比 $c > 6$ 。

2. 如果受力情況或材料改變, 那麼應用上面的結果需乘以下面的倍
數:

①仍為優質彈簧鋼, 但受靜負荷時, $P_{\text{安全}}$ 或 F_1 = 公式結果 $\times 1.5$;

②普通碳鋼, 卷繞 { 受動負荷: $P_{\text{安全}}$ 或 F_1 = 公式結果 $\times 0.4$;
后不淬火時: { 受靜負荷: $P_{\text{安全}}$ 或 F_1 = 公式結果 $\times 0.6$ 。

③鋼或 { 受動負荷時: $P_{\text{安全}}$ = 公式結果 $\times 0.4$, F_1 = 公式結果
青銅 { $\times 0.7$;
受靜負荷時: $P_{\text{安全}}$ = 公式結果 $\times 0.625$, F_1 = 公式結
果 $\times 1.1$ 。

3. 如 $c < 6$, 須用公式(2)來核對应力。

例 3 接上例, 如工作圈數 $n = 10$ 。①求總變形 F 多少? ②
將這彈簧壓縮 20 公厘, 要用多少力? ③如果這根彈簧的末端式樣
是屬於表 1 中的丁型。圈距 $t = 12$ 公厘時, 求它的壓縮到各圈互
相接觸的長度 $L_{\text{接觸}}$ 和④自由長度 $L_{\text{自由}}$ 。

[解] (1) 由表 3 下面的公式① $F = F_1 \times n$, 所以:

總變形 $F = F_1 \times n = 4.87 \times 10 = 48.7$ 公厘。

(2) 壓縮 1 公厘所需的力

$$P_1 = 1030 \frac{d^4}{D^3n} = 1030 \frac{6 \times 6 \times 6 \times 6}{44 \times 44 \times 44 \times 10} = 1.57 \text{ 公斤,}$$

所以壓縮 20 公厘時要用力 $P = 20 \times 1.57 = 31.4$ 公斤。

(3) 彈簧在各圈接觸時的高度查表 1 得

$$L_{\text{總}} = (n+2)d = (10+2) \times 6 = 72 \text{ 公厘。}$$

(4) 自由長度查表 1

$$L_{\text{自由}} = nt + 2d = 10 \times 12 + 2 \times 6 = 132 \text{ 公厘。}$$

例 4 一根優質彈簧鋼，受動負荷的閥彈簧的已知數如下：
 $d = 3$ 公厘， $D_a = 25$ 公厘， $K_a = 40$ 公斤/公厘²，求它的安全受力 $P_{\text{安全}}$ 和每一圈的變形 F_1 。

〔解〕 外徑 $D_a = 25$ ，所以平均圈徑 $D = 25 - 3 = 22$ 公厘。

$$(1) P_{\text{安全}} = 15.7 \frac{d^3}{D} = 15.7 \times \frac{3 \times 3 \times 3}{22} = 19.3 \text{ 公斤。}$$

$$(2) F_1 = 1.5 \frac{D^2}{n \times 100} = 1.5 \times \frac{22 \times 22}{3 \times 100} = 2.44 \text{ 公厘。}$$

例 5 設上例題的鋼絲斷面不是圓形，而是方形，即 $a = 3$ 公厘，試求 $P_{\text{安全}}$ 和 F_1 。

$$〔解〕 P_{\text{安全}} = 17 \frac{a^3}{D} = 17 \times \frac{3 \times 3 \times 3}{22} = 20.8 \text{ 公斤}$$

$$F_1 = 1.1 \times \frac{D^2}{a \times 100} = 1.1 \times \frac{22 \times 22}{3 \times 100} = 1.77 \text{ 公厘。}$$

由這例子和上面的例 4 比較，方彈簧比圓斷面彈簧要強一些。這是因為方面積比圓面積大的關係。

例 6 假若例 4 的彈簧材料不是優質彈簧鋼，而是青銅做成的，請求出受動力時的最大安全受力 $P_{\text{安全}}$ ，和每一圈的變形 F_1 。

〔解〕 根據表 2 里的附注，求得：

$$(1) P_{\text{安全}} = \text{公式結果} \times 0.4 = 19.3 \times 0.4 = 7.72 \text{ 公斤。}$$

$$(2) \text{ 當受力 } 7.72 \text{ 公斤時，每一圈的變形：} F_1 = \text{公式結果} \times 0.7 = 2.44 \times 0.7 = 1.71 \text{ 公厘。}$$

把這個例子跟例 4 比較，青銅絲做的彈簧比鋼絲軟得多了。

例 7 接上例，如這根青銅彈簧的工作圈數 $n = 8$ ，圈距 $t = 6$ 公厘，求 (1) 設受力 $P_{\text{工作}} = 5$ 公斤時，總變形（即壓縮）

F 等于多少? (2) 假设这根弹簧的末端样子像表 1 中的丙型, 求它的自由长度 $L_{自由}$ 和压到各圈接触的长度 $L_{接触}$ 。

[解] (1) 由例 6 我们知道这根弹簧受力 7.72 公斤时, 每一圈的变形是 1.71 公厘, 现在受力 5 公斤, 它每一圈的变形是多少? 这可以用比例来解, 即:

$$7.72:5=1.71:x,$$

$$x = \frac{5 \times 1.71}{7.72} = 1.1 \text{ 公厘}。$$

或 代入表 3 下面的公式:

$$F_{工作} = \frac{P_{工作} \times F_{数值}}{P_{数值}} = \frac{5 \times 1.71}{7.72} = 1.1 \text{ 公厘, 跟上面计算的结果是}$$

一样的。再由该表下面的公式①: $F = F_1 \times n$, 所以得

$$\text{总变形 } F = F_1 \times n = 1.1 \times 8 = 8.8 \text{ 公厘}。$$

(2) 由表 1 的公式, $L_{自由} = nt = 8 \times 6 = 48$ 公厘;

$$L_{接触} = nt = 8 \times 3 = 24 \text{ 公厘}。$$

2 直接查表法 表 3 是根据优质弹簧钢的允许扭应力 $K\sigma = 40$ 公斤/公厘² 和抗剪模数 $G = 8300$ 公斤/公厘², 并依照前面学过的公式计算得的结果, 列为一表, 所以直接查这个表跟用公式计算的结果, 完全相同。

表中数值分为上数字和下数字, 上数字代表最大安全受力 $P_{安全}$, 下数字代表在安全受力下, 每 1 圈的变形 F_1 。应用时注意尾末所附的公式和说明。

例 8 试用表 3 来求例 2 和例 4 的结果。

[解] (1) 例 2 直接查表得

$$P_{安全} = 77 \text{ 公斤, 和 } F_1 = 4.87 \text{ 公厘}。$$

(2) 例 4 直接查表得

$$P_{安全} = 19.3 \text{ 公斤, 和 } F_1 = 2.44 \text{ 公厘}。$$