

机械制造工厂
机械动力设备修理技术手册

第一篇
第八册 弹簧 键联结

(修订第一版)

《机修手册》第一篇修订小组

本册此次修订, 弹簧部分除了对圆柱弹簧和碟形弹簧略加修改补充之外, 还增加圆锥弹簧、环形弹簧、板弹簧的设计和计算, 以及弹簧的典型结构; 键联结部分, 主要是根据新的国家标准对“平键”和“花键”两节作一些修改和补充, 此外, 增加了键联结的强度计算一节。修订本比之试用本, 较为完整。

本册是由北京内燃机总厂机修车间 (弹簧部分) 和北京机床配件厂 (键联结部分) 修订的, 顺此一并说明。

本书可供设备维修工人和技术人员参考。

弹簧 键联结

(修订第一版)

《机修手册》第一篇修订小组

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 6 · 字数 192 千字

1975 年 11 月北京第一版·1975 年 11 月北京第一次印刷

印数 00,001—64,000 定价 0.51 元

*

统一书号: 15033·4302

修 订 说 明

《机修手册》试用本从1966年开始分册出版，到1973年底，已基本出齐。自从无产阶级文化大革命以来，全国人民在毛主席革命路线的指引下，掀起抓革命、促生产的高潮，我国社会主义革命和经济建设正在飞跃前进。近几年来，广大机修工作者纷纷来信要求我们再版。我们考虑到，试用本有部分内容已陈旧了；未出版的少数分册，由于完稿时间较早，亦存在同样的问题。为此，未出版的分册也就不再出版试用本，而连同已出版的分册一起进行修订，一律作为“修订第一版”出版。

本手册修订后共分七篇。第一篇：设备修理的设计、计算与测绘；第二篇：设备零件的修复和加工工艺；第三篇：金属切削机床的修理；第四篇：铸造、锻压、起重运输设备和工业炉的修理；第五篇：动力设备的修理；第六篇：电气设备的修理；第七篇：设备的保养。

本篇是以试用本第一篇为基础进行修订的。原有的十七章，除第十七章“设备主要备件的制造工艺”划归第二篇之外，其余十六章均加保留。由于合并原有第一、二、三章为一章，另增加“标准件”一章，所以本篇现有十五章，分为十三册。即：第一章“设备修理的基本资料”（第一册）；第二章“设备修理的常用材料”（第二册）；第三章“圆柱齿轮传动”（第三册）；第四章“圆锥齿轮传动”（第四册）；第五章“蜗杆传动”（第五册）；第六章“皮带传动”和第七章“链传动”（第六册）；第八章“螺纹与滚珠丝杠副”（第七册）；第九章“弹簧”和第十章“键联结”（第八册）；第十一章“联轴器”（第九册）；第十二章“标准件”（第十册）；第十三章“滚动轴承”（第十一册）；第十四章“滑动轴承”（第十二册）；第十五章“液压传动”（第十三册）。对于保留的章节，都作了不同程度的修改与补充。其中第四章“圆锥齿轮传动”是重新编写的，第十五章“液压传动”未出过试用本，也是重新编写的。

此次修订，修订小组和各编写单位在接受广大读者对试用本的合理意见的基础上，还进行了一定的调查研究。尽管如此，修订本仍难免有不足之处或错误，希望广大读者继续提出意见和批评，以便重版时修正。

本篇修订工作是在北京市机械工业局和汽车工业公司的领导下组成修订小组负责进行的。参加修订小组的有：北京汽车制造厂，北京第一机床厂，北京内燃机总厂，北京开关厂，北京第六机床厂，北京机床配件厂，北京起重机器厂等，顺此一并说明。

目 次

一、圆柱螺旋压缩弹簧和拉伸弹簧的设计计算	9-1
1.原始数据的确定	9-1
2.圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧的计算	9-2
3.圆柱螺旋压缩弹簧的计算示例	9-4
4.压缩弹簧稳定性指标的验算	9-9
5.压缩弹簧端部型式与高度及总圈数的关系	9-10
6.圆柱螺旋拉伸弹簧的计算示例	9-11
7.具有初应力 τ_0 的拉伸弹簧	9-13
8.拉伸弹簧的工作圈数与钩环位置的关系及结构示例	9-14
9.压缩弹簧和拉伸弹簧调整的典型示例	9-16
10.组合弹簧及其计算示例	9-18
二、圆柱扭转弹簧的设计计算	9-25
1.圆柱扭转弹簧的一般计算	9-25
2.圆柱扭转弹簧的计算示例	9-27
3.圆柱扭转弹簧典型结构及应用示例	9-28
三、矩形断面弹簧的设计计算	9-30
1.矩形断面弹簧的一般计算	9-30
2.矩形断面弹簧的计算示例	9-31
四、圆锥形弹簧的设计计算	9-33
1.圆锥形弹簧的一般计算	9-34
2.圆锥形弹簧的计算示例	9-38
五、碟形弹簧的设计计算	9-45
1.碟形弹簧的型式	9-45
2.碟形弹簧的各种组合型式与特性	9-45
3.碟形弹簧的一般计算	9-47
4.碟形弹簧的计算示例	9-48
5.比值与系数	9-49
6.碟形弹簧公称尺寸的公差	9-51
7.碟形弹簧的技术要求及许用应力	9-51
六、环形弹簧的设计计算	9-53
1.环形弹簧的特性	9-54
2.环形弹簧的一般计算	9-55
3.环形弹簧的计算示例	9-57

七、板弹簧的设计计算	9-60
1. 矩形断面板弹簧的一般计算	9-60
2. 悬臂平板弹簧的计算示例	9-66
八、圈弹簧的设计计算	9-67
1. 发条弹簧的一般计算	9-67
2. 发条弹簧的计算示例	9-68
九、圆柱螺旋弹簧的精度等级及偏差	9-70
十、圆柱螺旋弹簧的技术要求	9-74
十一、弹簧材料的选择	9-75
1. 弹簧材料的一般要求	9-75
2. 弹簧制造工艺对型材的要求	9-75
3. 弹簧材料分类和性能	9-75
十二、弹簧热处理	9-82
十三、圆柱螺旋弹簧典型工作图	9-84
1. 压缩弹簧典型工作图	9-84
2. 拉伸弹簧典型工作图	9-85
3. 扭转弹簧典型工作图	9-85
表次(代索引)	9-86

一、圆柱螺旋压缩弹簧和 拉伸弹簧的设计计算

在设计圆柱螺旋压缩弹簧和拉伸弹簧时，弹簧指数（旋绕比 $\frac{D_2}{d}$ ） C 不应定得过低，如果 $C < 4$ ，绕制时会使钢丝的应力过大，弹性范围变小；但 C 也不应定得过大，否则，金属丝的应力很小，弹簧绕制后有显著的回弹现象，在材料弹性不均匀的情况下，弹簧直径和长度将产生显著的偏差。在机械制造中，弹簧指数 C 值通常按表 9-1-4 选取。

对于压缩弹簧，为了避免弹簧工作时侧向凸出，弹簧自由高度或长度同弹簧平均直径之比 $b \left(b = \frac{H}{D_2} \right)$ 最好不大于 3。如果有导杆等防止弹簧侧向凸出的结构， b 可大到 5。对于拉伸弹簧， b 就没有严格限制。

拉伸弹簧通常绕成并紧的弹簧，即各弹簧圈之间没有空隙。没有初应力 τ_0 的拉伸弹簧，在安装弹簧时，应给以一定的变形量，产生拉力，完成机构的力封闭。也可以通过制造方法，使之具有初应力 τ_0 。这种弹簧在工作时，只有当承受负荷大于初拉力 P_0 后，弹簧才开始变形。具有初应力 τ_0 的拉伸弹簧可使结构较为紧凑。

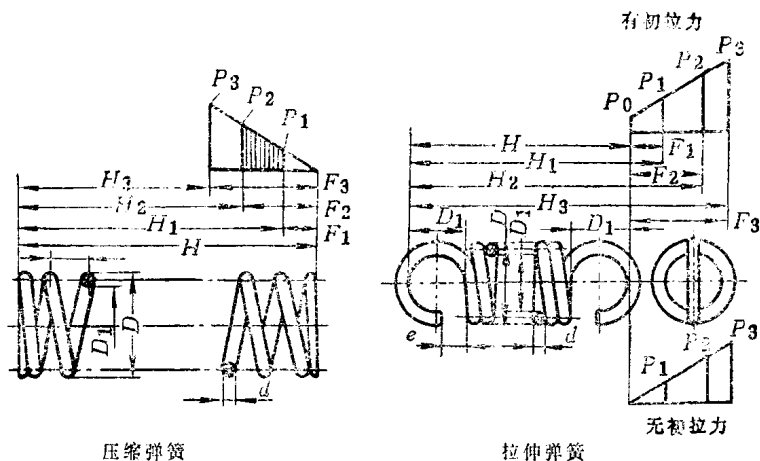
压缩弹簧通常绕成开圈弹簧。设计压缩弹簧时，最好保证其在最大工作负荷 P_2 时，各圈尚有 $0.1d$ 的间隙。否则，由于制造上和材料上的原因，在接近各圈并紧时，个别弹簧圈可能提前接触，并因而增大了弹簧的刚度。

1. 原始数据的确定

- 1) 工作负荷；
- 2) 在工作负荷下的变形量；
- 3) 弹簧材料（见表 9-11-1～表 9-11-5）及是否需要强压处理及喷丸处理（喷丸处理后，疲劳强度可提高 30～50%，使用寿命可以提高 2～2.5 倍）；
- 4) 构造型式；
- 5) 制造精度。

2. 圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧的计算

表9-1-1 圆柱螺旋压缩与拉伸弹簧的计算



序号	所 求 项 目	代号	单 位	计 算 公 式
1	弹簧金属丝或轧材直径	d	毫米	$d \geq 1.6 \sqrt{\frac{K P_2 C}{[\tau]}}$
2	最大工作负荷	P_2	公斤	根据弹簧机构上指定的工作条件确定或 $P_2 = \frac{\pi d^3}{8 K D_2} [\tau]$
3	允许扭转工作应力	$[\tau]$	公斤力/毫米 ²	根据材料按表9-11-1选取
4	弹簧指数(旋绕比)	C		$C = \frac{D_2}{d}$ (按表9-1-4选取)
5	拉伸、压缩弹簧的曲度系数	K		$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \left(\frac{0.615}{C} \right)$ (或按表9-1-5选取)
6	弹簧外径	D	毫米	$D = d + d \cdot C = D_2 + d$
7	弹簧中径	D_2	毫米	$D_2 = d \cdot C = D - d$
8	允许极限负荷	P_3	公斤	$P_3 = \frac{\pi d^3}{8 K D_2} \tau \geq 1.25 P_2$
9	允许扭转极限应力	τ	公斤力/毫米 ²	根据材料按表9-11-1选取

(续)

序号	所 求 项 目	代号	单 位	计 算 公 式
10	工作圈数	n	圈	无初应力 $n = \frac{F_2 G d^4}{8 P_2 D_2^3} \geq 2.5$ 具有初应力 $n = \frac{(F_2 - F_1) G d^4}{8 (P_2 - P_1) D_2^3} \geq 2.5$ 使拉伸弹簧在卷绕工艺过程中具有初应力, n 的计算: $n = \frac{F_2 G d^4}{8 (P_2 - P_0) D_2^3} \geq 2.5$
11	预加负荷(初拉力)	P_0	公斤	$P_0 = \frac{\pi d^3}{8 K D_2} [\tau]_0$
12	允许扭转初应力	$[\tau]_0$	公斤力/毫米 ²	当 $C \leq 10$ 时 $[\tau]_0 = (0.1 \sim 0.15) \sigma_b = (0.2 \sim 0.3) \tau$ 当 $C > 10$ 时 $[\tau]_0 = (0.05 \sim 0.10) \sigma_b = (0.1 \sim 0.6) \tau$ $[\tau]_0$ 是向制造时提出的假定的数字
13	工作行程	h	毫米	$h = F_2 - F_1$
14	最大工作负荷下的变形量	F_2	毫米	根据弹簧机构上指定的工作条件确定, 或 $F_2 = \frac{P_2}{P'} = \frac{\pi D_2^3 n}{G d K} [\tau]$
15	最小工作负荷下的变形量	F_1	毫米	$F_1 = \frac{P_1}{P'}$
16	剪切弹性模数	G	公斤力/毫米 ²	按表9-11-1选取
17	弹簧刚度	P'	公斤力/毫米	$P' = \frac{G d^4}{8 D_2^3 n} = \frac{P_2}{F_2} = \frac{P_2 - P_1}{h}$
18	极限负荷下单圈变形量	f_3	毫米	$f_3 = \frac{P_3}{P' n} = \frac{8 D_2^3 P_3}{G d^4}$
19	节距	t	毫米	$t = d + \delta$ 公式仅用于压缩弹簧, 并须使 $t \approx \frac{D_2}{3} \sim \frac{D_3}{2}$
20	间距	δ	毫米	$\delta = t - d$ 用于压缩弹簧, 一般 $\delta = f_3$
21	最大工作负荷下的间距	δ_1	毫米	$\delta_1 = \delta - \frac{P_2}{P' n} \geq 0.1 d$ 用于压缩弹簧
22	螺旋角	α	度	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{\pi D_2}$ 公式仅用于压缩弹簧, 通常 $\alpha = 6^\circ \sim 9^\circ$

(续)

序号	所求项目	代号	单位	计算公式
23	总圈数	n_1	圈	$n_1 = n + (1.5 \sim 3.5)$
24	自由高度或长度	H	毫米	对于两端拼紧不磨平的压缩弹簧: $H = \delta \cdot n + (n_1 + 1) d$ 对于两端拼紧磨平的压缩弹簧: $H = \delta \cdot n + (n_1 - 0.5) d$ 对于拉伸弹簧: $H = d \cdot n + \text{钩环尺寸}$
25	最小工作负荷下的高度或长度	H_1	毫米	$H_1 = H - F_1$
26	最大工作负荷下的高度或长度	H_2	毫米	$H_2 = H - F_2$
27	极限负荷下的高度或长度	H_3	毫米	$H_3 = H - F_3$
28	极限负荷下的变形量	F_3	毫米	$F_3 = \frac{P_3}{P'} = f_3 \cdot n$
29	压缩弹簧稳定性指标	b		$b = \frac{H}{D_2} \leq 3$ 如 $b > 3$ 须套在弹簧心轴上工作(见图9-1-1)
30	钢丝展开长度	L	毫米	压缩弹簧 $L = \frac{\pi D_2 n_1}{\cos \alpha}$ 拉伸弹簧 $L = \pi D_2 n + \text{钩环展开尺寸}$

3. 圆柱螺旋压缩弹簧的计算示例

表9-1-2 根据压缩弹簧具体工作条件确定数值

序号	项 目	代 号	单 位	例 1	例 2
1	工作负荷	P_2 或 $P_1 P_2$	公斤	$P_2 = 100$	$P_1 = 20 P_2 = 50$
2	工作负荷下的变形量	F_2 或 h $= F_2 - F_1$	毫米	$F_2 = 20$	$h = 10$
3	负荷性质			静负荷均匀增加	均匀增加
4	弹簧材料 (按表9-11-1选)			60Si2Mn	碳素弹簧钢丝
5	结构形式			两端各拼紧 1 圈并磨平	两端各拼紧 1 圈并磨平
6	精度等级			2 级	2 级

表9-1-3 压缩弹簧计算所求项目

序号	所求项目	代号	单位	计算公式	例 1	例 2																																
1	允许扭转 极限应力	τ	公斤力/ 毫米 ²	按表9-11-1选用	$\tau = 75$	$\tau = 0.5\sigma_b$																																
2	允许扭转 工作应力	$[\tau]$	公斤力/ 毫米 ²	按表9-11-1 附注选取	$[\tau] = 0.8\tau = 60$	暂取 $[\tau] = 60$																																
3	弹簧外径	D	毫米	按 P_{100} 值查表 9-1-6确定 D, d 值 $P_{100} = \frac{100 \times P_2}{[\tau]}$	$P_{100} = \frac{100 \times 100}{60}$ $= 166$ 由表9-1-6查得 接近 $P_{100} = 166$ 的 弹簧尺寸有三种:	$P_{100} = \frac{100 \times 50}{60}$ $= 83$ 由表9-1-6查得接 近 $P_{100} = 83$ 的弹簧 尺寸有三种:																																
	钢丝直径	d		<table><tr><td>d</td><td>D</td><td>P_{100}</td><td>f_{100}</td><td>d</td><td>D</td><td>P_{100}</td><td>f_{100}</td></tr><tr><td>6</td><td>45</td><td>177</td><td>8.10</td><td>4</td><td>25</td><td>92</td><td>3.4</td></tr><tr><td>5</td><td>28</td><td>159</td><td>3.08</td><td>4</td><td>28</td><td>83.7</td><td>4.53</td></tr><tr><td>5</td><td>25</td><td>175</td><td>2.24</td><td>4.5</td><td>36</td><td>93.3</td><td>7.16</td></tr></table>	d	D	P_{100}	f_{100}	d	D	P_{100}	f_{100}	6	45	177	8.10	4	25	92	3.4	5	28	159	3.08	4	28	83.7	4.53	5	25	175	2.24	4.5	36	93.3	7.16	取 $D = 45$ $d = 6$ $P_{100} = 177$ $f_{100} = 8.10$	取 $D = 25$ $d = 4$ $P_{100} = 92$ $f_{100} = 3.4$
			d	D	P_{100}	f_{100}	d	D	P_{100}	f_{100}																												
			6	45	177	8.10	4	25	92	3.4																												
5	28	159	3.08	4	28	83.7	4.53																															
5	25	175	2.24	4.5	36	93.3	7.16																															
4	弹簧中径	D_2	毫米	$D_2 = D - d$	$D_2 = 45 - 6 = 39$	$D_2 = 25 - 4 = 21$																																
5	极限负荷	P_3	公斤	$P_3 = \frac{P_{100} \tau}{100}$ $\geq 1.25P_2$	$P_3 = \frac{177 \times 75}{100}$ $= 133 > 1.25P_2$	$P_3 = \frac{92 \times 72.5}{100}$ $= 66.6 > 1.25P_2$																																
6	工作圈数	n	圈	$n = \frac{F_2}{f_2}$ $f_2 = \frac{f_{100}}{P_{100}} P_2$ f_{100} 根据表9-1-6 或: $n = \frac{F_2 - F_1}{f_2 - f_1}$ $f_2 - f_1 = \frac{f_{100}}{P_{100}} (P_2 - P_1)$	$f_2 = \frac{8.1}{177} \times 100$ ≈ 4.58 $n = \frac{20}{4.58} = 4.36$ 取 $n = 4.5$	$f_2 - f_1$ $= \frac{3.4}{92} (50 - 20)$ $= 1.11$ $n = \frac{10}{1.11} \approx 9$ 取 $n = 9$																																
7	节距	t	毫米	$t = d + \delta$ $\approx \frac{D_2}{3} \sim \frac{D_2}{2}$ 当弹簧自由高度 不受限制时 $\delta = f_3$ 并满足 $\delta - f_2 \geq 0.1d$	$f_3 = \frac{8.1}{177} \times 133$ $= 6.1$ $t = 6 + 6.1$ $= 12.1 \approx \frac{D_2}{3}$ $\delta - f_2 = 6.1 - 4.58$ $= 1.52 > 0.1d$	$f_3 = \frac{3.4}{92} \times 66.6$ $= 2.48$ $t = 4 + 2.48 = 6.48$ 取 $t = 6.5 \approx \frac{D_2}{3}$ $\delta - f_2 = 2.48 - 1.11$ $= 1.37 > 0.1d$																																
8	螺旋角	α	度	$\tan \alpha = \frac{t}{\pi D_2}$ 并满足 $\alpha = 6^\circ \sim 9^\circ$	$\tan \alpha = \frac{12.1}{\pi \times 39}$ $= 0.099$ $\alpha = 5.7^\circ \approx 6^\circ$	$\tan \alpha = \frac{6.5}{\pi \times 21}$ $= 0.09$ $\alpha = 5.7^\circ \approx 6^\circ$																																

(续)

序号	所求项目	代号	单位	计算公式	例 1	例 2
9	总圈数	n_1	圈	$n_1 = n + (1.5 \sim 3.5)$	$n_1 = 4.5 + 2 = 6.5$	$n_1 = 9 + 2 = 11$
10	自由高度	H	毫米	对于两端拼紧不磨的压缩弹簧: $H = 8 \cdot n + (n_1 + 1) d$ 对于两端拼紧磨平的弹簧: $H = 8 \cdot n + (n - 0.5) d$	$H = 6.1 \times 4.5 + (6.5 - 0.5) \times 6 = 63.4$ 取 $H = 63.5$	$H = 2.5 \times 9 + (11 - 0.5) \times 4 = 64.5$
11	在最大工作负荷(P_2)作用下弹簧的高度	H_2	毫米	$H_2 = H - F_2$, 如果 F_2 为未知数, 则 $F_2 = \frac{P_2 h}{P_2 - P_1}$	$H_2 = 63.5 - 20 = 43.5$	$H_2 = 64.5 - 16.7 = 47.8$
12	在最小工作负荷(P_1)作用下弹簧的高度	H_1	毫米	$H_1 = H - (F_2 - h)$		$H_1 = 64.5 - (16.7 - 10) = 57.8$
13	稳定性指标	b		$b = \frac{H}{D_2} \leq 3$ (满足稳定性要求)	$b = \frac{63.5}{39} = 1.63 < 3$	$b = \frac{64.5}{21} = 3.07$ (基本满足要求)
14	弹簧刚度	P'	公斤力/毫米	$P' = \frac{G d^4}{8 D_2^3 n} = \frac{P_{100}}{n f_{100}}$	$P' = \frac{177}{4.5 \times 8.1} = 4.87$	$P' = \frac{92}{9 \times 3.4} = 2.91$
15	展开长度	L	毫米	对于压缩弹簧: $L = \frac{\pi D_2 n_1}{\cos \alpha}$	$L = \frac{3.14 \times 39 \times 6.5}{0.99} = 805$	$L = \frac{3.14 \times 21 \times 11}{0.99} = 733$

弹簧指数(旋绕比) C , 可按表 9-1-4 选取。当必要时, 允许采用表 9-1-4 规定以外的 C 值。

表9-1-4 弹簧指数(旋绕比) C 的数值

d (毫米)	0.2~0.4	0.45~1	1.1~2.2	2.5~6	7~16	18~42
$C = \frac{D_2}{d}$	7~14	5~12	5~10	4~10	4~8	4~6

与弯曲度有关的系数 K 和 K_1 按表 9-1-5 选取。

表9-1-5 弹簧曲度系数 K 和 K_1 的数值

$C = \frac{D_2}{d}$	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	12	14
K	1.40	1.35	1.31	1.28	1.25	1.23	1.21	1.20	1.18	1.17	1.16	1.15	1.14	1.12	1.10
K_1	1.25	1.20	1.19	1.17	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.09	1.09	1.08	1.07	1.06

注：中间数值按插值法或用下式计算：

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}$$

$$K_1 = \frac{4C-1}{4C-4}$$

表9-1-6 圆柱拉伸弹簧和压缩弹簧的规定负荷 (P_{100})
及其相应的单圈变形量 (f_{100})

d	D	P_{100}	f_{100}	d	D	P_{100}	f_{100}	d	D	P_{100}	f_{100}
0.3	2.5	0.40	0.53	1.4	9	11.8	1.37	3.0	16	59.9	1.62
	3	0.34	0.83		10	10.7	1.77		18	54.0	2.24
	4	0.25	1.60		11	9.74	2.20		20	49.1	2.99
0.5	3	1.50	0.37		12	8.93	2.70		22	45.0	3.83
	4	1.16	0.80	1.6	14	7.70	3.98		25	40.2	5.26
	5	0.94	1.37		10	14.8	1.34		28	36.1	6.92
	6	0.79	2.12		11	13.5	1.72	3.5	20	76.6	2.29
0.8	7	0.68	3.00		12	12.5	2.15		22	70.4	2.99
	5	4.27	0.52	1.8	14	11.3	3.16		25	63.1	4.12
	6	3.14	1.08		16	10.0	4.36		28	36.8	5.55
	7	2.72	1.66		11	19.0	1.42	4.0	32	50.1	7.86
	8	2.40	2.19		12	17.7	1.77		22	103	2.16
1.0	9	2.13	2.91	2.0	14	15.2	2.47		25	92.0	3.40
	10	1.95	3.71		16	13.5	3.56		28	83.7	4.53
	6	6.00	0.75		18	12.2	4.95		32	73.7	6.25
	7	5.23	1.13		12	24.0	1.50	4.5	36	66.3	8.48
	8	4.61	1.59	2.5	14	20.9	1.91		40	60.0	11.1
1.2	9	4.15	2.10		16	18.6	3.18		25	128	2.76
	10	3.78	2.74		18	16.6	4.25		28	117	3.65
	11	3.44	3.43		20	15.0	5.50	5.0	32	104	5.25
	12	3.16	4.22		14	39.7	1.49		36	93.3	7.16
	8	7.72	1.19	2.5	16	35.4	2.26		40	79.7	9.24
1.2	9	6.82	1.60		18	31.9	2.95	5.0	25	175	2.24
	10	6.37	2.12		20	28.9	4.06		28	159	3.08
	11	5.77	2.64		22	26.4	5.02		32	141	4.45
	12	5.38	3.54						36	127	6.08

(续)

d	D	P_{100}	f_{100}	d	D	P_{100}	f_{100}	d	D	P_{100}	f_{100}
5.0	40	116	7.90	12	60	1010	5.39	25	130	4220	12.6
	45	104	10.6		70	892	8.28		140	3975	16.9
	50	93.9	13.7		80	835	10.7		150	3740	18.8
6.0	32	241	3.12		90	708	16.2		160	3540	22.4
	36	216	4.50		100	645	21.1	28	140	5500	12.6
	40	196	5.94	14	70	1376	6.30		150	5160	15.5
	45	177	8.10		80	1230	9.15		160	4920	18.3
	50	160	10.5		90	1092	12.6		180	4450	25.2
	55	146	13.4		100	993	16.5	30	150	6300	13.5
	60	135	16.4		110	922	21.6		160	5990	16.0
7.0	36	334	2.94		120	851	26.6		180	5385	22.5
	40	306	4.55	16	80	1800	7.19		200	4865	29.9
	45	278	6.30		90	1635	9.95	32	160	7190	14.4
	50	250	8.30		100	1475	13.6		180	6520	19.5
	55	231	10.7		110	1357	17.3		200	5895	27.2
	60	213	13.4		120	1260	21.6		220	5420	34.6
8.0	40	449	2.80	18	130	1174	26.3	36	180	9060	16.1
	45	408	5.00		90	2268	8.08		200	8230	22.1
	50	368	6.65		100	2060	11.1		220	7660	28.4
	55	338	8.60		110	1945	14.2		240	7130	35.4
	60	314	10.7		120	1756	18.0	40	200	11200	17.9
9.0	45	568	4.05	20	100	2802	8.98		220	10310	23.6
	50	516	5.45		110	2586	11.8		240	9580	30.0
	55	480	7.10		120	2400	15.0		260	8900	37.1
	60	441	8.95		130	2230	18.6		280	8360	45.3
	70	383	13.5		140	2098	22.6	42	220	11970	21.3
10	50	700	4.47	22	110	3390	9.86		240	11070	27.5
	55	645	5.88		120	3126	12.8		260	10250	34.2
	60	599	7.36		130	2930	15.8		280	9510	41.7
	70	524	11.3		140	2742	19.6				
	80	463	15.9		150	2598	23.2				

注: P_{100} 值是当弹簧产生应力 $\tau = 100$ 公斤力/毫米²时的负荷, 按下式计算:

$$P_{100} = \frac{\pi d^3}{8KD_2} \tau$$

f_{100} 值是相应于 P_{100} 时的单圈变形量, 按下式计算:

$$f_{100} = \frac{8P_{100}D_2^3}{Gd^4}$$

式中 $G = 8000$ 公斤力/毫米²。

实际允许的最大工作负荷 $P_2 = \frac{P_{100}}{100} [\tau]$ (τ 值按表9-11-1选取)

在负荷 P_2 作用下, 实际的单圈变形量: $f_2 = \frac{f_{100}}{P_{100}} P_2$

本表也适用于青铜制的弹簧的计算, 但在换算单圈变形量时, 应增加一倍(因青铜的 $G = 4000$ 公斤力/毫米²), 即实际在负荷 P_2 作用下青铜制的弹簧单圈变形量。

$$f_2 = \frac{f_{100}}{P_{100}} \cdot 2P_2$$

4. 压缩弹簧稳定性指标的验算

圆柱螺旋压缩弹簧的稳定性指标 $b = \frac{H}{D_2}$ 超过一定值时, 弹簧受力后会弯曲而凸出来, 随着压缩弹簧支承方式不同, 其稳定性指标 b 也不同。

两端固定时,

$$b = \frac{H}{D_2} < 5.3$$

一端固定一端回转时,

$$b = \frac{H}{D_2} < 3.7$$

两端回转时,

$$b = \frac{H}{D_2} < 2.6$$

如果设计的弹簧的 b 值大于上面数值, 应设置导杆或导套, 弹簧与导杆或导套的间隙 a 可按表 9-1-7 选择; 如果其稳定性指标超过规定的数值, 而在结构上又不允许装设导杆或导套时, 则弹簧允许的最大工作负荷应按临界负荷 P_L 值验算。

$$P_2 \leq \frac{P_L}{k'}$$

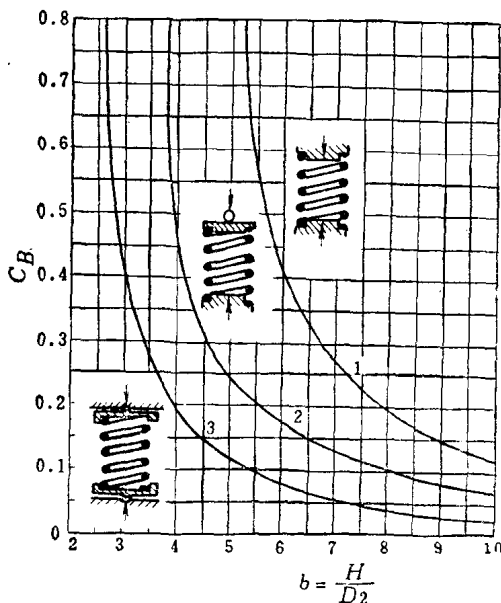


图9-1-1 不稳定系数 C_B 与稳定性指标 b 的关系

1—两端固定; 2—一端固定, 一端回转; 3—两端回转

式中 $P_L = C_B P' H$ ——临界负荷;

C_B ——不稳定系数, 由图 9-1-1 根据不同支承方式及 b 值查出;

$$P' = \frac{Gd^4}{8D_2^3n} = \frac{P_2 - P_1}{h} \text{ —— 弹簧刚度,}$$

H ——弹簧自由长度;

P_2 ——最大工作负荷;

P_1 ——最小工作负荷;

h ——弹簧工作行程;

k' ——安全系数 (一般不小于 2~2.5)。

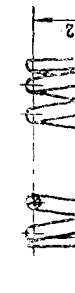
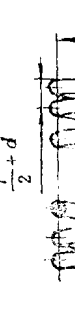
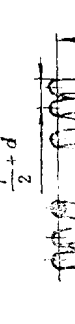
表9-1-7 弹簧与导杆或导套的间隙

(毫米)

$D - d$	<10	10~18	18~30	30~50	50~80	80~120	120~150
a	1	2	3	4	5	6	7

5. 压缩弹簧端部型式与高度及总圈数的关系

表9-1-8 压缩弹簧端部型式与高度及总圈数的关系

弹簧端部型式	端部不并紧、不磨平	端部不并紧、磨平 $\frac{1}{4}$ 圈	端部并紧、不磨平，支承面为 1
			
总圈数 n_1 自由高度 H 并紧高度 H_4	$n + \frac{n+1}{2}d$	$n + \frac{1}{2} \frac{nt}{nt+1}d$	$n + 2 \frac{nt+2.5}{(n+3)d}$
弹簧端部型式	端部并紧、磨平、支承为 $\frac{3}{4}$ 圈	端部并紧、磨平、支承为 1 圈	端部并紧、磨平、支承为 $1\frac{1}{4}$ 圈
			
总圈数 n_1 自由高度 H 并紧高度 H_4	$n + 1.5 \frac{nt+d}{(n+1)d}$	$n + 2 \frac{nt+1.5d}{(n+1.5)d}$	$n + 2.5 \frac{nt+2d}{(n+2)d}$

注：1. n ——工作圈数（起变形作用的圈数）， t ——弹簧节距， d ——钢丝直径；2. 支承圈数系指端部不起变形作用的圈数。

6. 圆柱螺旋拉伸弹簧的计算示例

表9-1-9 根据拉伸弹簧具体工作条件确定数值

序号	项 目	代 号	单 位	例
1	最大工作负荷	P_2	公斤	$P_2 = 50$
2	最小工作负荷	P_1	公斤	$P_1 = 20$
3	工作行程	h	毫米	$h = 40$
4	负荷性质			静负荷均匀增加
5	弹簧材料			碳素弹簧钢丝 II 组
6	结构形式			全环型
7	精度等级			2 级

表9-1-10 拉伸弹簧计算所求项目

序号	所 求 项 目	代号	单 位	计 算 公 式	例																
1	允许扭转极限应力	τ	公斤力/毫米 ²	按表9-11-1选取	$\tau = 0.5\sigma_b$																
2	允许扭转工作应力	$[\tau]$	公斤力/毫米 ²	按表9-11-1附注选取	$[\tau] = 0.5 \times 150 \times 0.75 = 56$																
3	弹簧外径	D	毫米	按 P_{100} 值查表确定 D, d 值 $P_{100} = \frac{110 \times P_2}{[\tau]}$	$P_{100} = \frac{150 \times 50}{56} = 89.4$ 由表9-1-6查得 $P_{100} = 89.4$ 的弹簧尺寸有三种																
					<table><tr><th>d</th><th>D</th><th>P_{100}</th><th>f_{100}</th></tr><tr><td>4</td><td>25</td><td>92.0</td><td>3.4</td></tr><tr><td>4.5</td><td>36</td><td>93.3</td><td>7.16</td></tr><tr><td>5</td><td>50</td><td>93.9</td><td>13.7</td></tr></table>	d	D	P_{100}	f_{100}	4	25	92.0	3.4	4.5	36	93.3	7.16	5	50	93.9	13.7
	d	D	P_{100}	f_{100}																	
4	25	92.0	3.4																		
4.5	36	93.3	7.16																		
5	50	93.9	13.7																		
	钢丝直径	d			取 $f = 25$ $d = 4$ $P_{100} = 92$ $f_{100} = 3.4$																

(续)

序号	所求项目	代号	单位	计算公式	例
4	弹簧中径	D_2	毫米	$D_2 = D - d$	$D_2 = 25 - 4 = 21$
5	允许极限负荷	P_3	公斤	$P_3 = \frac{P_{100} \tau}{100}$ $\geq 1.25 P_2$	$P_3 = \frac{92 \times 75}{100}$ $= 69 > 1.25 P_2$
6	工作圈数	n	圈	f_{100} 根据表 9-1-6 或: $n = \frac{F_2 - F_1}{f_2 - f_1}$ $f_2 - f_1 = \frac{f_{100}}{P_{100}}$ $(P_2 - P_1)$	$f_2 - f_1 = \frac{3.4}{92}$ $(50 - 20) = 1.11$ $F_2 - F_1 = h = 40$ $n = \frac{40}{1.11} = 36$
7	弹簧刚度	P'	公斤力/毫米	$P' = \frac{G d^4}{8 D_2^3 n}$ $= \frac{P_{100}}{n f_{100}} = \frac{P_2 - P_1}{h}$	$P' = \frac{50 - 20}{40} = 0.75$
8	弹簧的曲度系数	K		$K = \frac{4C - 1}{4C - 4}$ $+ \left(\frac{0.615}{C} \right)$ 查表 9-1-5	$C = \frac{D_2}{d} = \frac{21}{4}$ $= 5.25$ $K = 1.295$
9	允许扭转初应力 $[\tau]_0$	公斤力/毫米 ²		当 $C \leq 10$ 时选 $[\tau]_0 = (0.10 \sim 0.15) \sigma_b$	取 $[\tau]_0 = 0.1 \sigma_b$ $= 0.1 \times 150 = 15$
10	预加负荷	P_0	公斤	$P_0 = \frac{\pi d^3}{8 K D_2} [\tau]_0$	$P_0 = \frac{\pi 4^3 \times 15}{8 \times 1.295 \times 21}$ $= 13.9$
11	计算假想变形	x	毫米	$x = \frac{P_0 F_2}{P_2 - P_0} = \frac{P_0}{P'}$	$x = \frac{13.9}{0.75} = 18.5$
12	极限负荷下的变形量	F_3	毫米	$F_3 = \frac{P_3 - P_0}{P'}$	$F_3 = \frac{69 - 13.9}{0.75} = 73.6$
13	最大工作负荷下的变形量	F_2	毫米	$F_2 = \frac{P_2 - P_0}{P'}$	$F_2 = \frac{50 - 13.9}{0.75} = 48.1$