

第 26 篇 弹 簧

主 编 樊文萱
编写人 樊文萱
审稿人 程 铭

第1章 螺旋弹簧

1 圆柱螺旋弹簧的型式、代号及参数系列

构型式及代号见表 26.1-1。普通圆柱螺旋弹簧的尺寸系列见表 26.1-2。弹簧中径 D 和弹簧材料直径 d 的比值,即旋绕比 C 的荐用值见表 26.1-3。

用冷卷或热卷制作的圆柱螺旋弹簧的典型端部结

表 26.1-1 端部结构型式及代号(摘自 GB/T1239.6—1992)

类型	代号	简 图	端部结构型式	类型	代号	简 图	端部结构型式
冷卷压缩弹簧 (Y)	Y I		两端圈并紧并磨平 $n_2 = 1 \sim 2.5$	冷卷拉伸弹簧 (L)	L VI		长臂小圆钩环
	Y II		两端圈并紧不磨 $n_2 = 1.5 \sim 2$		L VII		可调式拉簧
	Y III		两端圈不并紧 $n_2 = 0 \sim 1$		L VIII		两端具有可转钩环
热卷压缩弹簧 (RY)	RY I		两端圈并紧并磨平 $n_2 = 1.5 \sim 2.5$	热卷拉伸弹簧 (RL)	RL I		半圆钩环
	RY II		两端圈制扁并紧磨平或不磨 $n_2 = 1.5 \sim 2.5$		RL II		圆钩环
冷卷拉伸弹簧 (L)	L I		半圆钩环		RL III		圆钩环压中心
	L II		圆钩环	扭转弹簧 (N)	N I		外臂扭转弹簧
	L III		圆钩环压中心		N II		内臂扭转弹簧
	L IV		偏心圆钩环		N III		中心臂扭转弹簧
	L V		长臂半圆钩环				

(续)

类型	代号	简 图	端部结构型式	类型	代号	简 图	端部结构型式
扭转弹簧 (N)	NN		平行双扭弹簧	扭转弹簧 (N)	NVI		单臂弯曲扭转弹簧
	NV		直臂扭转弹簧				

注： n_2 是弹簧端部的支承圈数。

表 26.1-2 普通圆柱螺旋弹簧尺寸系列(摘自 GB/T1358—1993)

弹簧材料 截面直径 d/mm	第一系列	0.1	0.12	0.14	0.16	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6
		0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	4.5
		5	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45
		50	60	70	80								
	第二系列	0.08	0.09	0.18	0.22	0.28	0.32	0.55	0.65	1.4	1.8	2.2	2.8
		3.2	4.2	5.5	6.5	7	9	11	14	18	22	28	32
		38	42	55	65								
弹簧中径 D/mm		0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
		2.2	2.5	2.8	3	3.5	3.8	4	4.2	4.5	5	5.5	6
		6.5	7	7.5	8	8.5	9	10	12	14	16	18	20
		22	25	28	30	32	38	42	45	48	50	52	55
		58	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
		115	120	125	130	135	140	145	150	160	170	180	190
		200	210	220	230	240	250	260	270	280	300	320	340
		360	380	400	450	500	550	600	650	700			
有效圈数 $n/\text{圈}$	压缩弹簧	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75
		5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
		11.5	12.5	13.5	14.5	15	16	18	20	22	25	28	30
	拉伸弹簧	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
自由高度 H_c/mm	压缩弹簧 (推荐选用)	14	15	16	17	18	19	20	22	25	28	30	35
		40	45	50	55	60	65	70	80	90	100		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	32	35
		38	40	42	45	48	50	52	55	58	60	65	70
		75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	130	140
		150	160	170	180	190	200	220	240	260	280	300	320
		340	360	380	400	420	450	480	500	520	550	580	600
		620	650	680	700	720	750	780	800	850	900	950	1000

注：1. 本表适用于压缩、拉伸和扭转的圆截面圆柱螺旋弹簧。

2. 优先采用第一系列。

3. 拉伸弹簧有效圈数除按表中规定外，由于两勾环相对位置不同，其尾数还可为 0.25、0.5、0.75。

表 26.1-3 旋绕比 C 的荐用值(摘自 GB/T1239.6—1992)

材料直径 d/mm	0.2~0.4	0.5~1.0	1.1~2.2	2.5~6.0	7.0~16	≥ 18
旋绕比 C	7~14	5~12	5~10	4~9	4~8	4~16

2 弹簧材料及许用应力

弹簧多数在变应力下工作,它的性能和使用寿命,很大程度上取决于材料的选择。要求材料具有较高的疲劳极限、屈服点和足够的冲击韧度。对热成型的弹簧还要求材料有良好的淬透性、低的过热敏感性和不易脱碳等性能。

大型弹簧主要用热轧弹簧钢经热卷成型后,再经淬火回火处理制成,其材料的直径一般在 5mm 以上。小型弹簧多用冷拉(轧)弹簧钢丝冷卷成型后,只进行退火处理制成。弹簧常用的材料及其性能见表 26.1-4。其中部分弹簧钢丝及青铜线的抗拉强度见表 26.1-5~7。

圆柱螺旋弹簧按所受载荷的情况分为三类:

I 类——受循环载荷作用次数在 1×10^6 次以上的弹簧;

II 类——受循环载荷作用次数在 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^6$ 次范围内及受冲击载荷的弹簧;

III 类——受静载荷及受循环载荷作用次数在 1×10^3 以下的弹簧。

三类弹簧的许用切应力 τ_p 和许用弯曲应力 σ_{bp} 的值从表 26.1-8 中选用。

在选取材料和确定许用应力时,遇到下列情况应作适当修正:

1) 对重要的弹簧,其损坏对整个机械有重大影响时,许用应力应适当降低。

2) 经强压处理的弹簧,能提高其疲劳极限,对改善载荷下的松弛有明显效果,可适当提高许用应力。

3) 经喷丸处理的弹簧,也能提高疲劳强度或疲劳寿命,其许用应力可提高 20%。

4) 当工作温度超过 60℃ 时,应对切变模量 G 进行修正,其修正公式为

$$G_t = K_t G$$

式中 G ——常温下的切变模量;

G_t ——工作温度下的切变模量;

K_t ——温度修正系数,其值从表 26.1-9 中查取。

表 26.1-4 弹簧常用材料(摘自 GB/T1239.6—1992)

标准名称	牌 号	直径规格 /mm	切变模量 G /GPa	弹性模量 E /GPa	推荐硬 度范围 (HRC)	推荐温 度范围 /℃	性 能
碳素弹簧钢丝 GB4357	25~80 40Mn~70Mn	B 级:0.08~13.0 C 级:0.08~13.0 D 级:0.08~6.0	79	206	—	-40~130	强度高,性能好。B 级用于低应力弹簧,C 级用于中等应力弹簧,D 级用于高应力弹簧
琴钢丝 GB4358	60~80 T8MA~T9A 60Mn~70Mn	G1 组:0.08~6.0 G2 组:0.08~6.0 F 组:2.0~5.0					强度高,韧性好。用于重要的小弹簧,G2 组较 G1 组强度高,F 组主要用于阀弹簧
阀门用油淬火回火碳素弹簧钢丝 GB4359	65Mn 70	2.0~6.0				-40~150	强度高,性能好。用于内燃机阀门弹簧或类似用途弹簧
油淬火回火碳素弹簧钢丝 GB4360	55、60、60Mn 65、65Mn、70、 70Mn、75、80	A 类、B 类 2.0~12.0					强度高,性能好。适用于普通机械用弹簧,B 类较 A 类强度高

(续)

标准名称	牌 号	直径规格 /mm	切变模量 G /GPa	弹性模量 E /GPa	推荐硬 度范围 (HRC)	推荐温 度范围 /℃	性 能
油淬火回火硅锰 弹簧钢丝 GB4361	60Si2MnA	A 类、B 类、C 类 2.0~14.0	79	206	—	—40~200	强度高,弹性好。易 脱碳,用于较高载荷的 弹簧。A 类用于一般用 途弹簧,B 类用于一般 用途和汽车悬挂弹簧, C 类用于汽车悬挂弹 簧
阀门用油淬火回 火铬硅弹簧钢丝 GB4362	55CrSi	1.6~8.0				—40~250	有较高的疲劳强度, 用于较高工作温度的 高应力内燃机阀门弹 簧或其他类似弹簧
阀门用油淬火回 火铬钒弹簧钢丝 GB2271	50CrVA	1.0~10.0				—40~210	
硅锰弹簧钢丝 GB5218	60Si2MnA 65Si2MnWA 70Si2MnA	1.0~12.0			45~50	—40~200	强度高,有较好的弹 性,易脱碳。用于普通 机械的较大弹簧
铬钒弹簧钢丝 GB5219	50CrVA	0.8~12.0			45~50	—40~210	高温时强度性能稳 定,用于较高工作温度 下的弹簧,如内燃机阀 门弹簧等
阀门用铬钒弹 簧钢丝 GB5220	50CrVA	0.5~12.0					
铬硅弹簧钢丝 GB5221	55CrSiA	0.8~6.0				—40~250	高温时强度性能稳 定,用于较高工作温度 下的高应力弹簧
弹簧用不锈钢丝 YB(T)11	A 组 1Cr18Ni9 0Cr19Ni10 0Cr17Ni12Mo2 B 组 1Cr18Ni9 0Cr18Ni10 C 组 0Cr17Ni8Al	A 组 B 组 C 组 0.8~12.0	71	193		—200~300	耐腐蚀,耐高、低温, 用于腐蚀或高、低温工 作条件下的小弹簧

(续)

标准名称	牌 号	直径规格 /mm	切变模量 G /GPa	弹性模量 E /GPa	推荐硬 度范围 (HRC)	推荐温 度范围 /℃	性 能
硅青铜线 GB3121	QSn3-1	0.1~6.0	41	93	90~100 HB	-40~120	有较高的耐腐蚀和防磁性能。用于机械或仪表等用弹性元件
锡青铜线 GB3124	QSn4-3 QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4 QSn7-0.2		40			-250~120	有较高的耐磨损,耐腐蚀和防磁性能。用于机械或仪表等用弹性元件
铍青铜线 GB3134	QBe2		44			129	37~40
热轧弹簧钢 GB1222	65Mn	5~80	78	197	45~50	-40~120	弹性好,用于普通机械用弹簧
	55Si2Mn 55Si2Mn8 60Si2Mn 60Si2MnA					-40~200	较高的疲劳强度,弹性好,广泛用于各种机械、交通工具等用弹簧
	55CrMnA 60CrMnA				47~52	-40~250	强度高,抗高温,用于承受较重载荷的较大弹簧
	50CrVA				45~50	-40~210	高的疲劳性能,抗高温,用于较高工作温度下的较大弹簧

注:当工作温度大于60℃时,切变模量应进行修正,其公式为 $G_t = K_t G$, 温度修正系数 K_t 的值见表 26.1-9

表 26.1-5 弹簧钢丝的抗拉强度 σ_b (摘自 GB/T1239.6—1992) (MPa)

钢丝直径 /mm	碳素弹簧钢丝 GB4357			琴 钢 丝 GB4358			弹簧用不锈钢丝 YB(T)11		
	B 级	C 级	D 级	G1 组	G2 组	F 组	A 组	B 组	C 组
0.08	2400	2740	2840	2893	3187		1618	2157	
0.09	2350	2690	2840	2844	3138		1618	2157	
0.10	2300	2650	2790	2795	3080		1618	2157	
0.12	2250	2600	2740	2746	3040		1618	2157	
0.14	2200	2550	2740	2697	2991		1618	2157	1961
0.16	2150	2500	2690	2648	2942		1618	2157	1961
0.18	2150	2450	2690	2599	2883		1618	2157	1961
0.20	2150	2400	2690	2599	2844		1618	2157	1961
0.22	2110	2350	2690						
0.23				2550	2795		1569	2059	1961
0.25	2060	2300	2640						
0.26				2501	2746		1569	2059	1912
0.28	2010	2300	2640						
0.29				2452	2697		1569	2059	1912
0.30	2010	2300	2640						
0.32	1960	2250	2600	2403	2648		1569	2059	1912
0.35	1960	2250	2600	2403	2648		1569	2059	1912
0.40	1910	2250	2600	2364	2599		1569	2059	1912
0.45	1860	2200	2550	2305	2550		1569	1961	1814
0.50	1860	2200	2550	2305	2550		1569	1961	1814
0.55	1810	2150	2500	2256	2501		1569	1961	1814

(续)

钢丝直径 /mm	碳素弹簧钢丝 GB4357			琴 钢 丝 GB4358			弹簧用不锈钢丝 YB(T)11		
	B 级	C 级	D 级	G1 组	G2 组	F 组	A 组	B 组	C 组
0.60	1760	2110	2450	2206	2452		1569	1961	1814
0.65	1760	2110	2450	2206	2452		1569	1961	1814
0.70	1710	2060	2450	2158	2403		1569	1961	1814
0.80	1710	2010	2400	2108	2354		1471	1863	1765
0.90	1710	2010	2350	2108	2305		1471	1863	1765
1.00	1660	1960	2300	2059	2256		1471	1863	1765
1.20	1620	1910	2250	2010	2206		1373	1765	1667
1.40	1620	1860	2150	1961	2158		1373	1765	1667
1.60	1570	1810	2110	1912	2108		1324	1667	1569
1.80	1520	1760	2010	1883	2053		1324	1667	1569
2.0	1470	1710	1910	1814	2010	1716	1324	1667	1569
2.2	1420	1660	1810						
2.3				1765	1961	1716	1275	1569	1471
2.5	1420	1660	1760						
2.6				1765	1961	1667	1275	1569	1471
2.8	1370	1620	1710						
2.9				1716	1912	1667	1177	1471	1373
3.0	1370	1570	1710						
3.2	1320	1570	1660	1667	1863	1618	1177	1471	1373
3.4	1320	1570	1660	1667	1814	1618	1177	1471	1373
4.0	1320	1520	1620	1618	1765	1589	1177	1471	1373
4.5	1320	1520	1620	1569	1716	1520	1079	1373	1275
5.0	1320	1470	1570	1520	1667	1471	1079	1373	1275
5.5	1270	1470	1570	1471	1618		1079	1373	1275
6.0	1220	1420	1520	1422	1563		1079	1373	1275
6.5	1220	1420					981	1275	
7.0	1170	1370					981	1275	
8.0	1170	1370					981	1275	
9.0	1130	1320						1128	
10.0	1130	1320						981	
11.0	1080	1270							
12.0	1080	1270						883	
13.0	1080	1220							

表 26.1-6 弹簧钢丝的抗拉强度 σ_b (摘自 GB/T1239.6—1992) (MPa)

钢丝直径 /mm	阀门用油淬火回火碳素弹簧钢丝 GB 4359	油淬火回火碳素弹簧钢丝 GB 4360		油淬火回火硅锰合金弹簧钢丝 GB 4361			阀门用油淬火回火铬硅合金弹簧钢丝 GB 4362	阀门用油淬火回火铬钒合金弹簧钢丝 GB 2271
		A 类	B 类	A 类	B 类	C 类		
1.0								1667
1.2								1667
1.4								1667
1.6							1961	1667
1.8							1961	1667
2.0	1422	1618	1716	1569	1667	1765	1912	1618
2.2	1422	1569	1667	1569	1667	1765	1912	1618
2.5	1422	1569	1667	1569	1667	1765	1912	1618
3.0	1422	1520	1618	1569	1667	1765	1912	1618
3.2	1422	1471	1569	1520	1618	1716	1863	1569
3.5	1422	1471	1569	1520	1618	1716	1863	1569
4.0	1422	1422	1520	1471	1569	1667	1814	1520
4.5	1373	1373	1471	1471	1569	1667	1814	1520
5.0	1373	1324	1422	1471	1569	1667	1765	1471
5.5	1324	1275	1373	1471	1569	1667	1765	1471

(续)

钢丝直径 /mm	阀门用油淬火回 火碳素弹簧钢丝 GB 4359	油淬火回火 碳素弹簧钢丝 GB 4360		油淬火回火硅锰 合金弹簧钢丝 GB 4361			阀门用油淬火回火 铬硅合金弹簧钢丝 GB 4362	阀门用油淬火回火 铬钒合金弹簧钢丝 GB 2271
		A 类	B 类	A 类	B 类	C 类		
6.0	1324	1275	1373	1471	1569	1667	1716	1471
6.5		1275	1373	1471	1569	1667	1716	1422
7.0		1226	1324	1422	1520	1618	1667	1422
7.5				1422	1520	1618		
8.0		1226	1324	1422	1520	1618	1667	1373
8.5				1422	1520	1618		
9.0		1226	1324	1422	1520	1618		1373
9.5				1373	1471	1569		
10.0		1177	1275	1373	1471	1569		1373
10.5				1373	1471	1569		
11.0		1177	1275	1373	1471	1569		
11.5				1373	1471	1569		
12.0		1177	1275	1373	1471	1569		
13.0				1373	1471			
14.0				1373	1471			

表 26.1-7 青铜线的抗拉强度 σ_b (摘自 GB/T1239.6—1992) (MPa) .

材 料	硅青铜线 GB 3123			锡青铜线 GB 3124			铍青铜线 GB 3134		
	0.1~2	>2~4.2	>4.2~6	0.1~2.5	>2.5~4	>4~5	状 态	硬化调质前 的拉力试验	硬化调质后 的拉力试验
线材直径 /mm							软	343~568	>1029
抗拉强度 σ_b	784	833	833	784	833	833	1/2 硬	579~784	>1176
							硬	>598	>1274

表 26.1-8 弹簧的许用应力 (摘自 GB/T1239.6—1992) (MPa)

钢丝类型 或材料		油淬火回 火钢丝	碳素钢丝 琴钢丝	不锈钢丝	青铜线	65Mn	55Si2Mn 55Si2MnB 60Si2Mn 60Si2MnA 50CrVA	55CrMnA 60CrMnA
压缩弹 簧许用 切应力 τ_p	Ⅲ类 (τ_s)	0.55 σ_b	0.5 σ_b	0.45 σ_b	0.4 σ_b	570	740	710
	Ⅰ类	(0.40~0.47) σ_b	(0.38~0.45) σ_b	(0.34~0.38) σ_b	(0.30~0.35) σ_b	455	590	570
	Ⅱ类	(0.35~0.40) σ_b	(0.30~0.38) σ_b	(0.28~0.34) σ_b	(0.25~0.30) σ_b	340	445	430
拉伸弹 簧许用 切应力 τ_p	Ⅲ类 (τ_s)	0.44 σ_b	0.40 σ_b	0.36 σ_b	0.32 σ_b	380	495	475
	Ⅰ类	(0.32~0.38) σ_b	(0.30~0.36) σ_b	(0.27~0.30) σ_b	(0.24~0.28) σ_b	325	420	405
	Ⅱ类	(0.28~0.32) σ_b	(0.24~0.30) σ_b	(0.22~0.27) σ_b	(0.20~0.24) σ_b	285	370	360
扭转弹 簧许用 弯曲应力 σ_{bp}	Ⅲ类 (σ_s)	0.80 σ_b	0.80 σ_b	0.75 σ_b	0.75 σ_b	710	925	890
	Ⅰ类	(0.60~0.68) σ_b	(0.60~0.68) σ_b	(0.55~0.65) σ_b	(0.55~0.65) σ_b	570	740	710
	Ⅱ类	(0.50~0.60) σ_b	(0.50~0.60) σ_b	(0.45~0.55) σ_b	(0.45~0.55) σ_b	455	590	570

注: τ_s —试验切应力, σ_s —试验弯曲应力, σ_b —材料抗拉强度。

表 26.1-9 切变模量 G 的温度修正系数
(摘自 GB/T1239.6--1992)

材 料	工作温度 /℃			
	≤60	150	200	250
	K_t			
铬钒钢	1	0.96	0.95	0.94
硅锰钢	1	0.99	0.98	0.98
不锈钢	1	0.95	0.94	0.92
青 铜	1	0.95	0.94	0.92

注：表内各温度之间的 K_t 值，用插入法求出。

3 压缩、拉伸弹簧的设计

3.1 弹簧结构和载荷—变形图

压缩和拉伸弹簧的结构及其载荷—变形图分别见图 26.1-1 和图 26.1-2。

图 26.1-1、2 中： d —弹簧丝直径(mm)。 D 、 D_1 、 D_2 —弹簧的中、内、外径(mm)。 F_s —试验载荷(N)，试验载荷为测定弹簧特性时，弹簧允许承受的最大载荷。 F_1 、 F_2 … F_n —弹簧的工作载荷(N)，为了保证指定高度时的载荷，弹簧变形量应在试验载荷下变形量的 20%~80%之间，即要求

$$0.2F_s \leq F_{1,2,\dots,n} \leq 0.8F_s$$

在特殊需要保证弹簧刚度时，工作载荷下的变形量应在试验载荷下变形量的 30%~70%之间。 F_0 —拉伸弹簧的初拉力(N)，用不需淬火、回火材料制成的密卷拉

伸弹簧，在簧圈间形成的轴向压力即是初拉力，当所加载荷超过初拉力后，弹簧才开始变形。卷绕成形后，需要淬火的弹簧没有初拉力。初拉力按下式计算

$$F_0 = \frac{\pi d^3}{8D} \tau_0 \tag{26.1-1}$$

式中初切应力 τ_0 的值从图 26.1-3 阴影区范围内选取。图中旋绕比 $C=D/d$ 。初切应力也可用式 26.1-2 的经验公式计算

$$\tau_0 = \frac{G}{1000} \tag{26.1-2}$$

式中 f_1 、 f_2 … f_n 、 f_s ——在 F_1 、 F_2 … F_n 、 F_s 作用下的弹簧变形量(mm)；
 H_0 ——自由高度或自由长度(mm)；
 H_1 、 H_2 … H_s ——在 F_1 、 F_2 … F_s 作用下的弹簧高度(长度)(mm)；
 p ——弹簧的节距(mm)。

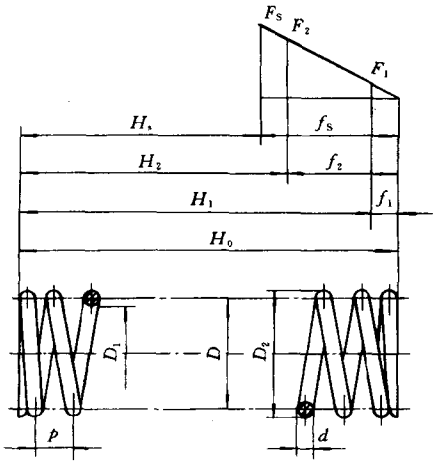


图 26.1-1 压缩弹簧载荷—变形图

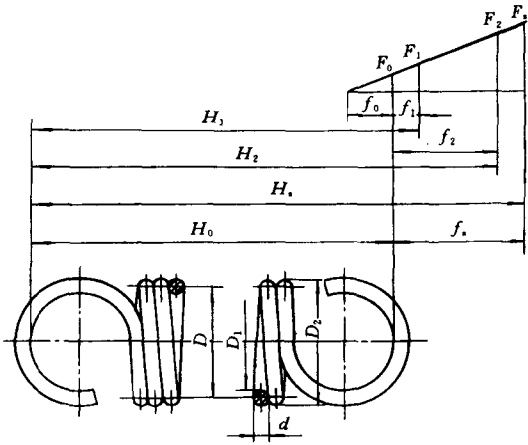


图 26.1-2 拉伸弹簧载荷—变形图

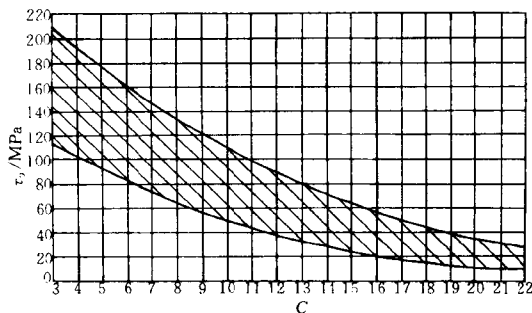


图 26.1-3 拉伸弹簧初切应力选择范围

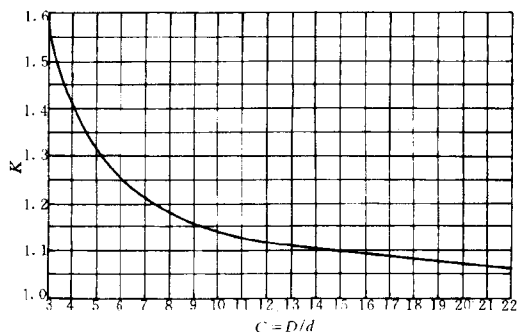


图 26.1-4 曲度系数

3.2 设计计算

圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧设计计算的基本公式有

$$\tau = \frac{8KDF}{\pi d^3} = \frac{8KCF}{\pi d^3} \leq \tau_p \quad (26.1-3)$$

$$f = \frac{8nD^3F}{Gd^4} = \frac{8nC^3F}{Gd} \quad (26.1-4)$$

$$k = \frac{F}{f} = \frac{Gd^4}{8nD^3} = \frac{GD}{8nC^4} \quad (26.1-5)$$

$$U = \frac{Ff}{2} = \frac{kf^2}{2} \quad (26.1-6)$$

式中 τ ——切应力(MPa);

τ_p ——许用切应力(MPa);

F ——弹簧的工作载荷(N);

f ——工作载荷下的变形量(mm);

k ——弹簧刚度(N/mm);

U ——弹簧变形能(N·mm);

d ——材料直径(mm);

D ——弹簧中径(mm);

C ——旋绕比, $C = D/d$;

K ——曲度系数,由下式计算,或根据旋绕比查

图 26.1-4

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} - \frac{0.615}{C} \quad (26.1-7)$$

n ——弹簧的有效圈数;

G ——切变模量(MPa)。

由上述公式可导出计算材料直径的公式

$$d = 1.6 \sqrt{\frac{KCF}{\tau_p}} \quad (26.1-8)$$

计算弹簧有效圈数的公式

$$n = \frac{Gd^4f}{8D^3F} = \frac{GD}{8C^4k} \quad (26.1-9)$$

试验载荷为弹簧允许承受的最大载荷,其值令式(26.1-3)中曲度系数 $K=1$ 计算,即

$$F_s = \frac{\pi d^3 \tau_s}{8D} \quad (26.1-10)$$

但对于旋绕比 $C \leq 6$ 的弹簧,如由于原材料和工艺的原因,仍可考虑加曲度系数 K 。式中 τ_s 为试验切应力,其最大值取表 26.1-8 中Ⅲ类载荷弹簧的许用切应力值。对于Ⅰ类和Ⅱ类载荷的弹簧,在某些情况下可取 $\tau_s = (1.1 \sim 1.3)\tau_p$,或取 $F_s = (1.1 \sim 1.3)F_n$ 。但其值不得超过最大试验切应力值,或对应的最大试验载荷值。

设计弹簧时,当给出弹簧的工作条件、工作载荷 F 和对应的变形量 f ,其计算步骤大体是先根据工作条件确定弹簧的载荷类型,选择材料,查取许用切应力 τ_p ,然后在 5~8 范围内初步选取旋绕比 C ,由式(26.1-8)计算材料直径 d ,并圆整为标准值。由式 $D=Cd$ 计算出弹簧中径 D 。再由式(26.1-9)计算有效圈数 n 。最后复查并校核弹簧特性,其中包含弹簧刚度、变形量、工作载荷和试验载荷等数值是否符合设计要求。按此步骤一般需选取几个 C 值同时计算,比较其结果,选取最优方案。

表 26.1-10 是根据 GB/T2089—1994 圆柱螺旋压缩弹簧的设计计算要求编制的,借助于该表可快速确定弹簧的主要尺寸参数。方法是如果已知弹簧的类型、工作载荷 F_2 和对应的变形量 f_2 ,由弹簧类型计算出该弹簧的试验载荷 F'_s ,由 F_2 和 f_2 计算出弹簧刚度 k 。依据 F'_s 从表 26.1-10 中查出数值接近且稍大的试验载荷 F_s 和对应的弹簧材料直径 d 、弹簧中径 D 和一圈弹簧的试验变形量 f_{s0} 和一圈弹簧的弹簧刚度 k_d 。用下式计算弹簧的有效圈数

$$n = k_d/k \quad (26.1-11)$$

当所设计弹簧的材料和表中规定的弹簧材料不同时,或为拉伸弹簧时,应依照表注的说明调整 F_s 和 f_{s0} 的数值。此法简单但有一定局限性,适用于设计不重要的弹簧。如属重要弹簧,此法只能用于确定初步方案,还需作进一步校核计算。

弹簧的主要尺寸参数确定后,由表 26.1-11 计算弹簧的其他几何尺寸。

表 26.1-10 圆柱螺旋压缩弹簧的尺寸及参数(根据 GB/T2089—1994)

材料 直径 d /mm	弹簧中径 D /mm	许用应力 τ_p /MPa	试验载荷 F_s /N	一圈弹簧的 试验变形量 f_{sd} /mm	一圈弹簧 的刚度 k_d /N·mm ⁻¹	最大心轴 直 径 D_{Xmax} /mm	最小套筒 直 径 D_{Tmin} /mm
0.5	3	930	15.22	0.67	22.86	1.9	4.1
	3.5		13.04	0.91	14.40	2.4	4.6
	4		11.41	1.18	9.64	2.9	5.1
	4.5		10.14	1.50	6.77	3.4	5.6
	5		9.13	1.85	4.93	3.9	6.1
	6		7.61	2.66	2.86	4.5	7.5
	7		6.52	3.62	1.80	5.5	8.5
0.6	3	880	24.88	0.52	47.4	1.8	4.2
	3.5		21.33	0.71	29.8	2.3	4.7
	4		18.66	0.93	20.0	2.8	5.2
	4.5		16.58	1.18	14.0	3.3	5.7
	5		14.93	1.46	10.2	3.8	6.2
	6		12.44	2.10	5.93	4.4	7.6
	7		10.66	2.86	3.73	5.4	8.6
0.7	3	855	9.33	3.73	2.50	6.4	9.6
	3.5		32.90	0.60	55.3	2.2	4.8
	4		28.79	0.78	37.0	2.7	5.3
	4.5		25.59	0.98	26.0	3.2	5.8
	5		23.03	1.21	19.0	3.7	6.3
	6		19.19	1.75	11.0	4.3	7.7
	7		16.45	2.38	6.91	5.3	8.7
0.8	3	855	14.40	3.11	4.63	6.3	9.7
	3.5		12.80	3.93	3.25	7.3	10.7
	4		42.98	0.68	63.2	2.6	5.4
	4.5		38.20	0.86	44.4	3.1	5.9
	5		34.38	1.06	32.4	3.6	6.4
	6		28.65	1.53	18.7	4.2	7.8
	7		24.56	2.08	11.8	5.2	8.8
0.9	3	855	21.49	2.72	7.90	6.2	9.8
	3.5		19.10	3.44	5.55	7.2	10.8
	4		17.19	4.25	4.04	8.2	11.8
	4.5		61.19	0.60	101	2.5	5.5
	5		54.39	0.77	71.1	3.0	6.0
	6		48.95	0.94	51.8	3.5	6.5
	7		40.79	1.36	30.0	4.1	7.9
1.0	3	830	34.97	1.85	18.9	5.1	8.9
	4		30.60	2.42	12.7	6.1	9.9
	5		27.20	3.06	8.89	7.1	10.9
	6		24.48	3.78	6.48	8.1	11.9
	4.5		72.43	0.67	108	2.9	6.1
	5		65.19	0.83	79.0	3.4	6.6
	6		54.32	1.19	45.7	4.0	8.0
1.2	3	810	46.56	1.62	28.8	5.0	9.0
	4		40.74	2.11	19.3	6.0	10.0
	5		36.22	2.67	13.5	7.0	11.0
	6		32.59	3.30	9.88	8.0	12.0
	7		27.16	4.75	5.71	9.0	15.0
	8		23.28	6.47	3.60	11.0	17.0
	9		91.61	0.97	94.8	3.8	8.2
1.2	3	810	78.52	1.32	59.7	4.8	9.2
	4		68.71	1.72	40.0	5.8	10.2
	5		61.07	2.17	28.1	6.8	11.2
	6		54.97	2.68	20.5	7.8	12.2
	7		45.80	3.87	11.9	8.8	15.2
	8		39.26	5.26	7.46	10.8	17.2
	9		34.35	6.87	5.00	12.8	19.2

(续)

材料 直径 d /mm	弹簧中径 D /mm	许用应力 τ_p /MPa	试验载荷 F_s /N	一圈弹簧的 试验变形量 f_{sd} /mm	一圈弹簧 的刚度 k_d /N·mm ⁻¹	最大心轴 直 径 D_{Xmax} /mm	最小套筒 直 径 D_{Tmin} /mm
1.4	7	810	124.7	1.13	111	4.6	9.4
	8		109.1	1.47	74.1	5.6	10.4
	9		96.98	1.86	52.0	6.6	11.4
	10		87.28	2.30	37.9	7.6	12.4
	12		72.74	3.31	22.0	8.6	15.4
	14		62.34	4.51	13.8	10.6	17.4
	16		54.55	5.89	9.26	12.6	19.4
	18		48.49	7.46	6.50	14.6	21.4
	20		43.64	9.20	4.74	15.6	24.4
1.6	8	785	157.8	1.25	126	5.4	10.6
	9		140.3	1.58	88.8	6.4	11.6
	10		126.3	1.95	64.7	7.4	12.6
	12		105.2	2.81	37.5	8.4	15.6
	14		90.19	3.82	23.6	10.4	17.6
	16		78.92	4.99	15.8	12.4	19.6
	18		70.15	6.32	11.1	14.4	21.6
	20		63.13	7.80	8.09	15.4	24.6
	22		57.39	9.44	6.08	17.4	26.6
1.8	9	760	193.4	1.36	142	6.2	11.8
	10		174.1	1.68	104	7.2	12.8
	12		145.0	2.42	60.0	8.2	15.8
	14		124.3	3.29	37.8	10.2	17.8
	16		108.8	4.30	25.3	12.2	19.8
	18		96.70	5.44	17.8	14.2	21.8
	20		87.03	6.72	13.0	15.2	24.8
	22		79.12	8.13	9.74	17.2	26.8
	25		69.62	10.49	6.63	20.2	29.8
2.0	10	735	230.9	1.46	158	7.0	13.0
	12		192.4	2.10	91.4	8.0	16.0
	14		164.9	2.86	57.6	10.0	18.0
	16		144.3	3.74	38.6	12.0	20.0
	18		128.3	4.74	27.1	14.0	22.0
	20		115.5	5.85	19.8	15.0	25.0
	22		105.0	7.07	14.8	17.0	27.0
	25		92.36	9.13	10.1	20.0	30.0
	28		82.47	11.46	7.20	23.0	33.0
2.5	12	710	363.0	1.63	223	7.5	16.5
	14		311.2	2.21	141	9.5	18.5
	16		272.3	2.89	94.2	11.5	20.5
	18		242.0	3.66	66.1	13.5	22.5
	20		217.8	4.52	48.2	14.5	25.5
	22		198.0	5.47	36.2	16.5	27.5
	25		174.3	7.06	24.7	19.5	30.5
	28		155.6	8.85	17.6	22.5	33.5
	30		145.2	10.16	14.3	24.5	35.5
3.0	32	685	136.1	11.56	11.8	25.5	38.5
	14		518.8	1.78	291	9	19
	16		453.9	2.32	195	11	21
	18		403.5	2.94	137	13	23
	20		363.1	3.63	100	14	26
	22		330.1	4.39	75.1	16	28
	25		290.5	5.68	51.2	19	31
	28		259.4	7.12	36.4	22	34
	30		242.1	8.17	29.6	24	36
	32		227.0	9.30	24.4	25	39
	35		207.5	11.12	18.7	28	42
	38		191.1	13.11	14.6	31	45

(续)

材料 直径 d /mm	弹簧中径 D /mm	许用应力 τ_p /MPa	试验载荷 F_s /N	一圈弹簧的 试验变形量 f_{sd} /mm	一圈弹簧 的刚度 k_d /N·mm ⁻¹	最大心轴 直 径 D_{Xmax} /mm	最小套筒 直 径 D_{Tmin} /mm
3.5	16	660	694.5	1.92	362	10.5	21.5
	18		617.4	2.43	254	12.5	23.5
	20		555.6	3.00	185	13.5	26.5
	22		505.1	3.63	139	15.5	28.5
	25		444.5	4.69	94.8	18.5	31.5
	28		396.9	5.88	67.5	21.5	34.5
	30		370.4	6.75	54.9	23.5	36.5
	32		347.3	7.68	45.2	24.5	39.5
	35		317.5	9.19	34.6	27.5	42.5
	38		292.4	10.82	27.0	30.5	45.5
	40		277.8	12.00	23.2	32.5	47.5
4.0	20	660	829.4	2.62	316	13	27
	22		754.0	3.18	237	15	29
	25		663.5	4.10	162	18	32
	28		592.4	5.14	115	21	35
	30		552.9	5.91	93.6	23	37
	32		518.4	6.72	77.1	24	40
	35		473.9	8.04	59.0	27	43
	38		435.5	9.47	46.1	30	46
	40		414.7	10.50	39.5	32	48
	45		368.6	13.29	27.7	37	53
	50		331.8	16.40	20.2	42	58
4.5	22	660	1074	2.82	380	14.5	29.5
	25		944.7	3.65	259	17.5	32.5
	28		843.5	4.57	184	20.5	35.5
	30		787.3	5.25	150	22.5	37.5
	32		738.1	5.97	124	23.5	40.5
	35		674.8	7.14	94.4	26.5	43.5
	38		621.5	8.42	73.8	29.5	46.5
	40		590.4	9.33	63.8	31.5	48.5
	45		524.8	11.81	44.4	36.5	53.5
	50		472.4	14.58	32.4	41.5	58.5
	55		429.4	17.64	24.3	45.5	64.5
5	25	660	1296	3.28	395	17	33
	28		1157	4.12	281	20	36
	30		1080	4.72	229	22	38
	32		1012	5.38	188	23	41
	35		925.6	6.43	144	26	44
	38		852.6	7.58	112	29	47
	40		809.9	8.40	96.4	31	49
	45		719.9	10.63	67.7	36	54
	50		648.0	13.12	49.4	41	59
	55		589.0	15.88	37.1	45	65
	60		540.0	18.90	28.6	50	70

(续)

材料 直径 d /mm	弹簧中径 D /mm	许用应力 τ_p /MPa	试验载荷 F_s /N	一圈弹簧的 试验变形量 f_{sd} /mm	一圈弹簧 的刚度 k_d /N·mm ⁻¹	最大心轴 直 径 D_{Xmax} /mm	最小套筒 直 径 D_{Tmin} /mm
6	30	610	1725	3.64	474	21	39
	32		1617	4.14	391	22	42
	35		1478	4.95	298	25	45
	38		1362	5.84	233	28	48
	40		1294	6.47	200	30	50
	45		1150	8.19	140	35	55
	50		1035	10.11	102	40	60
	55		940.8	12.23	76.9	44	66
	60		862.4	14.55	59.3	49	71
	65		796.0	17.08	46.6	54	76
	70		739.1	19.81	37.3	59	81
8	32	585	3676	2.98	1234	20	44
	35		3361	3.56	943	23	47
	38		3095	4.20	737	26	50
	40		2941	4.65	632	28	52
	45		2614	5.89	444	33	57
	50		2352	7.27	324	38	62
	55		2139	8.80	243	42	68
	60		1960	10.46	187	47	73
	65		1810	12.29	147	52	78
	70		1680	14.25	118	57	83
	75		1568	16.35	95.9	62	88
	80		1470	18.61	79.0	67	93
	85		1384	21.01	65.9	71	99
	90		1307	23.55	55.5	76	104
10	40	565	5547	3.59	1543	26	54
	45		4931	4.55	1084	31	59
	50		4437	5.62	790	36	64
	55		4034	6.80	593	40	70
	60		3698	8.09	457	45	75
	65		3413	9.49	360	50	80
	70		3170	11.01	288	55	85
	75		2958	12.64	234	60	90
	80		2773	14.38	193	65	95
	85		2610	16.23	161	69	101
	90		2465	18.20	135	74	106
	95		2336	20.28	115	79	111
	100		2219	22.47	98.8	84	116
12	50	740	10043	6.21	1617	34	66
	55		9130	7.51	1215	38	72
	60		8369	8.94	936	43	77
	65		7725	10.49	736	48	82
	70		7174	12.17	589	53	87
	75		6695	13.97	479	58	92
	80		6277	15.90	395	63	97
	85		5908	17.94	329	67	103
	90		5579	20.12	277	72	108
	95		5286	22.41	236	77	113
	100		5022	24.83	202	82	118
	110		4565	30.05	152	92	128
	120		4185	35.77	117	102	138

(续)

材料 直径 d /mm	弹簧中径 D /mm	许用应力 τ_p /MPa	试验载荷 F_s /N	一圈弹簧的 试验变形量 f_{sd} /mm	一圈弹簧 的刚度 k_d /N·mm ⁻¹	最大心轴 直 径 D_{Xmax} /mm	最小套筒 直 径 D_{Tmin} /mm
14	60	740	13290	7.66	1734	41	79
	65		12268	8.99	1364	46	84
	70		11391	10.43	1092	51	89
	75		10632	11.98	888	56	94
	80		9967	13.63	732	61	99
	85		9381	15.38	610	65	105
	90		8860	17.24	514	70	110
	95		8394	19.21	437	75	115
	100		7974	21.29	375	80	120
	110		7249	25.76	281	90	130
	120		6645	30.66	217	100	140
	130		6134	35.98	170	109	151
16	65	740	18312	7.87	2327	44	86
	70		17004	9.13	1863	49	91
	75		15870	10.48	1515	54	96
	80		14879	11.92	1248	59	101
	85		14003	13.46	1040	63	107
	90		13225	15.09	877	68	112
	95		12529	16.81	745	73	117
	100		11903	18.63	639	78	122
	110		10821	22.54	480	88	132
	120		9919	26.82	370	98	142
	130		9156	31.48	291	107	153
	140		8502	36.51	233	117	163
18	75	740	22597	9.31	2426	52	98
	80		21185	10.60	1999	57	103
	85		19938	11.96	1667	61	109
	90		18831	13.41	1404	66	114
	95		17840	14.94	1194	71	119
	100		16948	16.56	1024	76	124
	110		15407	20.04	769	86	134
	120		14123	23.84	592	96	144
	130		13037	27.98	466	105	155
	140		12105	32.45	373	115	165
	150		11298	37.26	303	125	175
	160		10592	42.39	250	134	186
20	170	740	9969	47.85	208	143	197
	80		29060	9.54	3047	55	105
	85		27350	10.77	2540	59	111
	90		25831	12.07	2140	64	116
	95		24471	13.45	1820	69	121
	100		23248	14.90	1560	74	126
	110		21134	18.03	1172	84	136
	120		19373	21.46	903	94	146
	130		17883	25.19	710	103	157
	140		16506	29.21	569	113	167
	150		15500	33.53	462	123	177
	160		14530	38.15	381	132	188
	170		13575	43.07	318	141	199
	180		12915	48.28	267	151	209
	190		12236	53.80	227	160	220

(续)

材料 直径 d /mm	弹簧中径 D /mm	许用应力 τ_p /MPa	试验载荷 F_s /N	一圈弹簧的 试验变形量 f_{sd} /mm	一圈弹簧 的刚度 k_d /N·mm ⁻¹	最大心轴 直 径 D_{Xmax} /mm	最小套筒 直 径 D_{Tmin} /mm
25	100	740	45406	11.92	3809	69	131
	110		41278	14.43	2861	79	141
	120		37838	17.17	2204	89	151
	130		34928	20.15	1734	98	162
	140		32433	23.37	1388	108	172
	150		30271	26.82	1128	118	182
	160		28379	30.52	930	127	193
	170		36709	34.45	775	136	204
	180		25225	38.63	653	146	214
	190		23898	43.04	555	155	225
	200		22703	47.69	476	165	235
	220		20639	57.70	358	184	256
30	120	740	65384	14.31	4570	84	156
	130		60355	16.79	3595	93	167
	140		56044	19.47	2878	103	177
	150		52308	22.35	2340	113	187
	160		49038	25.43	1928	122	198
	170		46154	28.71	1607	131	209
	180		43590	32.19	1354	141	219
	190		41295	35.86	1151	150	230
	200		39231	39.74	987	160	240
	220		35664	48.09	742	179	261
	240		32692	57.23	571	198	282
	260		30177	67.16	449	217	303
35	140	740	88995	16.69	5332	98	182
	150		83062	19.16	4335	108	192
	160		77871	21.80	3572	117	203
	170		73290	24.61	2978	126	214
	180		69219	27.59	2509	136	224
	190		65576	30.74	2133	145	235
	200		62297	34.06	1829	155	245
	220		56634	41.22	1374	174	266
	240		51914	49.05	1058	193	287
	260		47921	57.57	832	212	308
	280		44498	66.76	667	231	329
	300		41531	76.64	542	250	350
40	160	740	116239	19.08	6093	112	208
	170		109401	21.53	5080	121	219
	180		103323	24.14	4280	131	229
	190		97885	26.90	3639	140	240
	200		92991	29.80	3120	150	250
	220		84537	36.06	2344	169	271
	240		77493	42.92	1806	188	292
	260		71532	50.37	1420	207	313
	280		66422	58.42	1137	226	334
	300		61994	67.06	924	245	355
	320		58120	76.30	762	264	376
45	180	740	147115	21.46	6855	126	234
	190		139372	23.91	5829	135	245
	200		132403	26.49	4998	145	255
	220		120366	32.06	3755	164	276
	240		110336	38.15	2892	183	297
	260		101849	44.77	2275	202	318
	280		94574	51.93	1821	221	339
	300		88269	59.61	1481	240	360
	320		82752	67.82	1220	259	381
	340		77884	76.56	1017	278	402