

第 11 篇 弹 簧

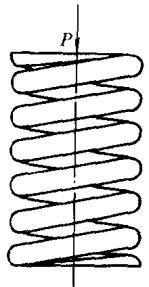
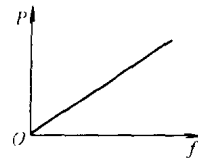
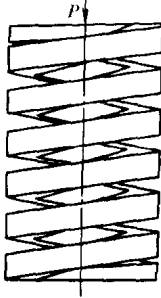
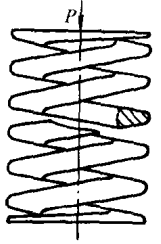
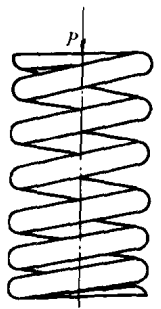
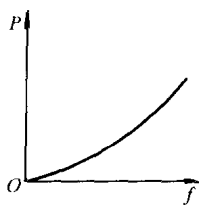
主要撰稿 王鸿翔
审 稿 吴宗泽 李长顺

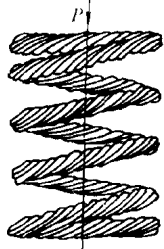
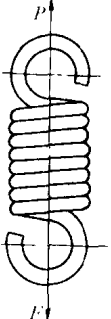
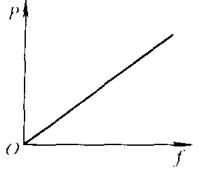
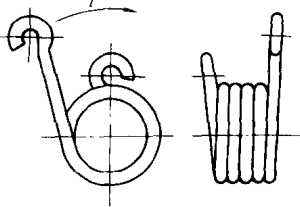
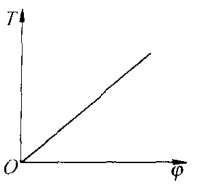
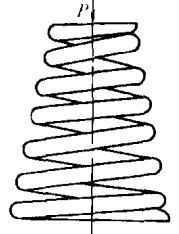
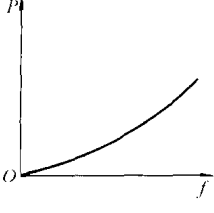
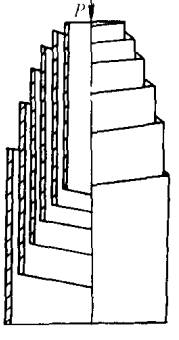
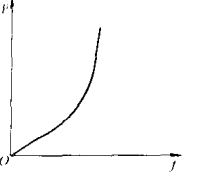
第 1 章 弹簧的类型、性能与应用

弹簧的类型繁多，其分类方法也颇多，表 11-1-1 中所列弹簧类型是按结构形状来分类的。

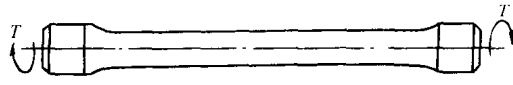
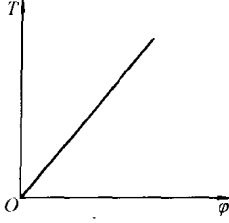
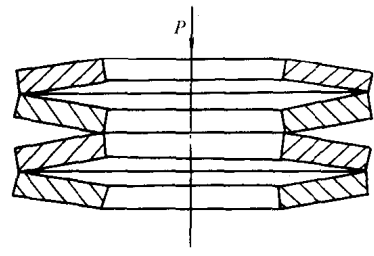
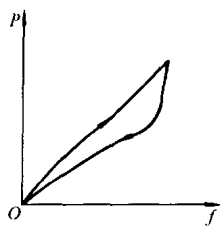
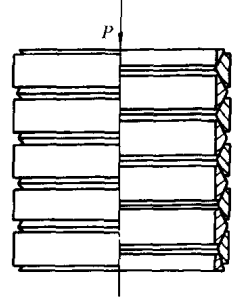
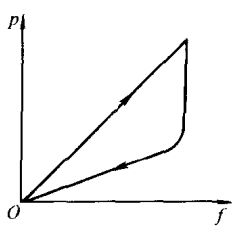
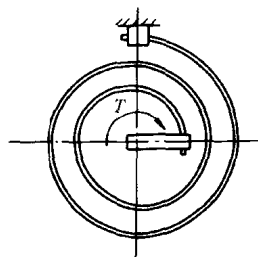
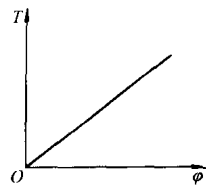
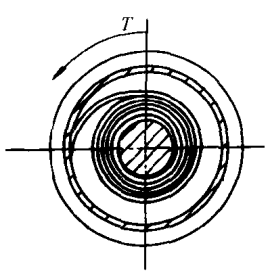
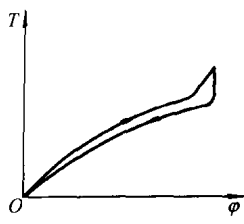
表 11-1-1

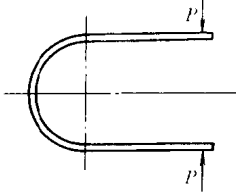
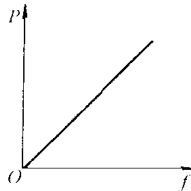
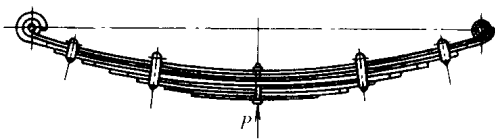
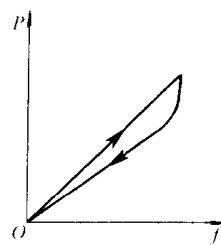
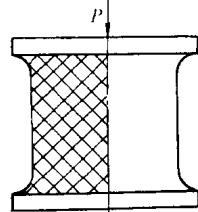
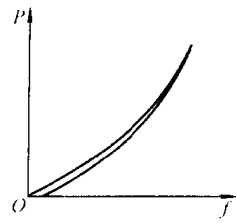
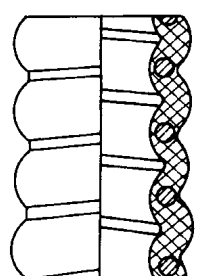
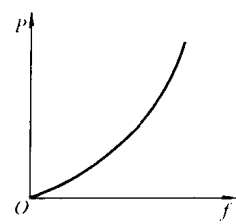
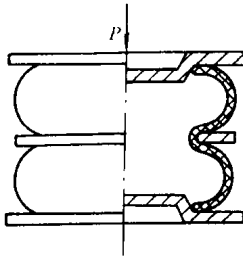
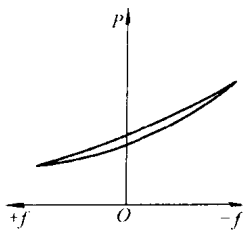
弹簧的类型及其性能与应用

类型	结构图	特性线	性能与应用
圆柱螺旋弹簧			特性线呈线性，刚度稳定，结构简单，制造方便，应用较广，在机械设备中多用作缓冲，减振，以及储能和控制运动等
			在同样的空间条件下，矩形截面圆柱螺旋压缩弹簧比圆形截面圆柱螺旋压缩弹簧的刚度大，吸收能量多，特性线更接近于直线，刚度更接近于常数
			与圆形截面圆柱螺旋压缩弹簧比较，具有储存能量大，压并高度低，压缩量大，因此被广泛用于发动机阀门机构，离合器和自动变速器等安装空间比较小的装置上
			当载荷增大到一定程度后，随着载荷的增大，弹簧从小节距开始依次逐渐并紧，刚度逐渐增大，特性线由线性变为渐增型。因此其自振频率为变值，有较好的消除或缓和共振的影响，多用于高速变载机构

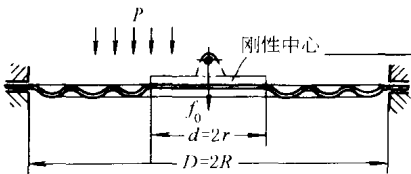
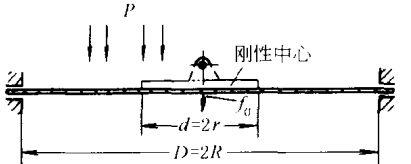
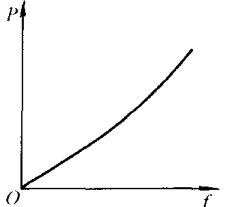
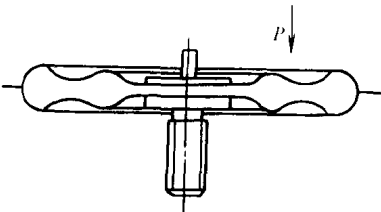
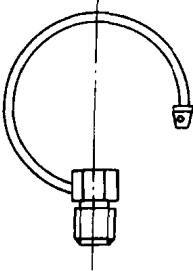
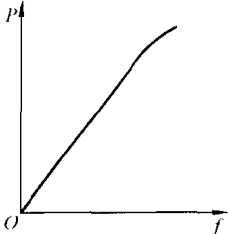
类型	结构图	特性线	性能与应用
圆柱螺旋弹簧			材料为细钢丝拧成的钢丝绳。在未受载荷时，钢丝绳各根钢丝之间的接触比较松，当外载荷达到一定程度时，接触紧密起来，这时弹簧刚性增大，因此多股螺旋弹簧的特性线有折点。比相同截面材料的普通圆柱螺旋弹簧强度高，减振作用大。在武器和航空发动机中常有应用
圆柱螺旋拉伸弹簧			性能和特点与圆形截面圆柱螺旋压缩弹簧相同，它主要用于受拉伸载荷的场合，如联轴器过载安全装置中用的拉伸弹簧以及棘轮机构中棘爪复位拉伸弹簧
圆柱螺旋扭转弹簧			承受扭转载荷，主要用于压紧和储能以及传动系统中的弹性环节，具有线性特性线，应用广泛，如用于测力计及强制气阀关闭机构
变径螺旋弹簧			作用与不等节距螺旋弹簧相似，载荷达到一定程度后，弹簧从大圈到小圈依次逐渐并紧，簧圈开始接触后，特性线为非线性，刚度逐渐增大，自振频率为变值，有利于消除或缓和共振，防共振能力较等节距压缩弹簧强。这种弹簧结构紧凑，稳定性好，多用于承受较大载荷和减振，如应用于重型振动筛的悬挂弹簧及东风型汽车变速器
蜗卷螺旋弹簧			蜗卷螺旋弹簧和其他弹簧相比较，在相同的空间内可以吸收较大的能量，而且其板间存在的摩擦可利用来衰减振动。常用于需要吸收热膨胀变形而又需要阻尼振动的管道系统或与管道系统相联的部件中，例如火力发电厂汽、水管道系统中。其缺点是板间间隙小，淬火困难，也不能进行喷丸处理，此外制造精度也不够高

续表

类型	结构图	特性线	性能与应用
扭杆弹簧			结构简单, 但材料和制造精度要求高。主要用作轿车和小型车辆的悬挂弹簧, 内燃机中作气门辅助弹簧, 以及空气弹簧, 稳压器的辅助弹簧
碟形弹簧 普通碟形弹簧			承载缓冲和减振能力强。采用不同的组合可以得到不同的特性线。可用于压力安全阀, 自动转换装置, 复位装置, 离合器等
环形弹簧			广泛应用于需要吸收大能量但空间尺寸受到限制的场所, 如机车牵引装置弹簧, 起重机和大炮的缓冲弹簧, 锻锤的减振弹簧, 飞机的制动弹簧等
平面蜗卷弹簧	游丝 		游丝是小尺寸金属带盘绕而成的平面蜗卷弹簧。可用作测量元件 (测量游丝) 或压紧元件 (接触游丝)
	发条 		发条主要用作储能元件。发条工作可靠、维护简单, 被广泛应用于计时仪器 and 时控装置中, 如钟表、记录仪器、家用电器等, 用于机动玩具中作为动力源

类型	结构图	特性线	性能与应用
片 弹 簧			片弹簧是一种矩形截面的金属片，主要用于载荷和变形都不大的场合。可用作检测仪表或自动装置中的敏感元件，电接触点、棘轮机构棘爪、定位器等压紧弹簧及支承或导轨等
钢 板 弹 簧			钢板弹簧是由多片弹簧钢板叠合组成。广泛应用于汽车、拖拉机、火车中作悬挂装置，起缓冲和减振作用，也用于各种机械产品中作减振装置，具有较高的刚度
橡 胶 弹 簧			橡胶弹簧因弹性模量较小，可以得到较大的弹性变形，容易实现所需要的非线性特性。形状不受限制、各个方向的刚度可根据设计要求自由选择。同一橡胶弹簧能同时承受多方向载荷，因而可使系统的结构简化。橡胶弹簧在机械设备上的应用正在日益扩展
橡胶-金属螺旋复合弹簧			特性线为渐增型。此种橡胶-金属螺旋复合弹簧与橡胶弹簧相比有较大的刚性，与金属弹簧相比有较大的阻尼性。因此，它具有承载能力大、减振性强、耐磨损等优点。适用于矿山机械和重型车辆的悬架结构等
空 气 弹 簧			空气弹簧是利用空气的可压缩性实现弹性作用的一种非金属弹簧。用在车辆悬挂装置中可以大大改善车辆的动力性能，从而显著提高其运行舒适度，所以空气弹簧在汽车和火车上得到广泛应用

续表

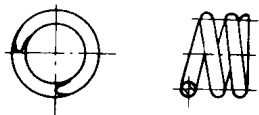
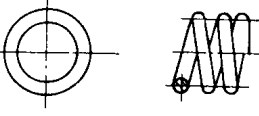
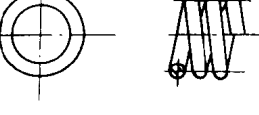
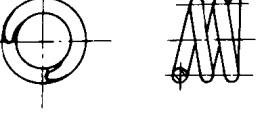
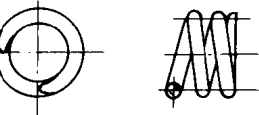
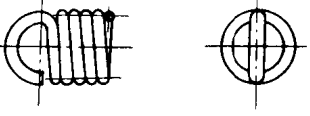
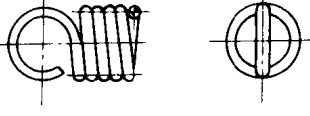
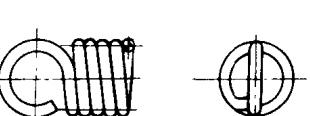
类型	结构图	特性线	性能与应用
膜片及膜盒			用于测量与压力成非线性的各种量值, 如管道中液体或气体流量, 飞机的飞行速度和高度等
			用作仪表的敏感元件, 并能起隔离两种不同介质的作用, 如因压力或真空产生变形时的柔性密封装置等
		特性线随波纹数密度、深度而变化	为了便于安装, 将两个相同的膜片沿周边连接成盒状
压力弹簧管			在流体的压力作用下末端产生位移, 通过传动机构将位移传递到指针上, 用于压力计、温度计、真空计、液位计、流量计等

第 2 章 圆柱螺旋弹簧

1 圆柱螺旋弹簧的型式、代号及应用

表 11-2-1

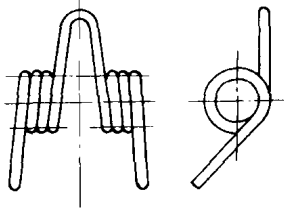
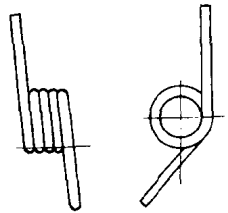
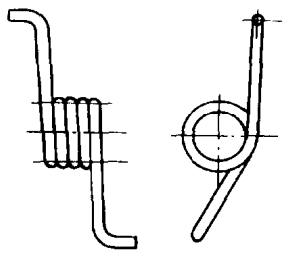
圆柱螺旋弹簧的型式、代号及应用

类型	代号	简 图	端部结构型式	应 用
冷卷压缩弹簧	Y I		两端圈并紧并磨平, 支承圈数, $n_2 = 1 \sim 2.5$	适用于冷卷, 材料直径 $d \geq 0.5\text{mm}$, 不适合用作特殊用途的弹簧
	Y II		两端圈并紧不磨, $n_2 = 1.5 \sim 2$	同上, 多用于钢丝直径较细, 旋绕比较大的情况, 各圈受力不均匀
	Y III		两端圈不并紧, $n_2 = 0 \sim 1$	适用于冷卷, $d \geq 0.5\text{mm}$, 旋绕比较大, 而不太重要的弹簧
热卷压缩弹簧	RY I		两端圈并紧并磨平, $n_2 = 1.5 \sim 2.5$	适用于热卷, 不适用于特殊性能的弹簧
	RY II		两端圈制扁并紧不磨或磨平, $n_2 = 1.5 \sim 2.5$	
冷卷拉伸弹簧	L I		半圆钩环	适用于冷卷, 材料直径 $d \geq 0.5\text{mm}$ 钩环型式视装配要求而定, 常见的为半圆钩环、圆钩环与圆钩环压中心几种。钩环弯折处应力较大, 易折断, 一般多用于拉力不太大的情况
	L II		圆钩环	
	L III		圆钩环压中心	

续表

类型	代号	简 图	端部结构型式	应 用
冷 卷 拉 伸 弹 簧	LIV		偏心圆钩环	适用于冷卷, 材料直径 $d \geq 0.5\text{mm}$ 钩环型式视装配要求而定, 常见的为半圆钩环、圆钩环与圆钩环压中心几种。钩环弯折处应力较大, 易折断, 一般多用于拉力不太大的情况
	LV		长臂半圆钩环	
	LVI		长臂小圆钩环	
	LVI		可调式拉簧	适用于冷卷, 一般多用于受力较大, 钢丝直径较粗 ($d > 5\text{mm}$) 的弹簧, 可以调节长度
	LVII		两端具有可转钩环	适用于冷卷, 弹簧不弯钩环, 强度不被削弱
热 卷 拉 伸 弹 簧	RLI		半圆钩环	适用于热卷, 不适合用作特殊性能的弹簧
	RLII		圆钩环	
	RLIII		圆钩环压中心	
扭 转 弹 簧	NI		外臂扭转弹簧	端部结构型式视装配要求而定 适于普通冷卷圆柱扭转弹簧, 钢丝直径 $d \geq 0.5\text{mm}$
	NI		内臂扭转弹簧	
	NI		中心臂扭转弹簧	

续表

类型	代号	简 图	端部结构型式	应 用
扭 转 弹 簧	NIV		平列双扭弹簧	端部结构型式视装配要求而定 适于普通冷卷圆柱扭转弹簧, 钢丝直径 $d \geq 0.5\text{mm}$
	NV		直臂扭转弹簧	
	NVI		单臂弯曲扭转弹簧	

2 弹簧材料及许用应力

选择弹簧材料主要根据弹簧的工作条件, 弹簧承受的载荷类型, 是否受冲击载荷以及弹簧材料的许用应力等因素确定, 同时也应考虑弹簧制造的工艺性。弹簧的常用材料见表 11-2-2。其中部分弹簧钢丝及青铜线的抗拉极限强度 σ_b 。见表 11-2-3 ~ 表 11-2-5。弹簧许用应力见表 11-2-6。

表 11-2-2 弹簧常用材料 (GB/T 1239.6—1992)

材料名称	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 GB 4357	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 YB/T 5101 GB 4358	60 ~ 80 T8MnA ~ T9A 60Mn ~ 70Mn	G ₁ 组: 0.08 ~ 6.0 G ₂ 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, G ₂ 组较 G ₁ 组强度高, F 组主要用于阀门弹簧

续表

材料名称	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
阀门用油淬火 回火碳素弹簧 钢丝, YB/T 5102 GB 4359	65Mn 70	2.0 ~ 6.0	79	206	—	- 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, YB/T 5103 GB 4360	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
油淬火回火硅 锰弹簧钢丝, YB/T 5104	60Si2MnA	A 类, B 类, C 类 2.0 ~ 14.0				- 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, YB/T 5105	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, YB/T 5108	50CrVA	1.0 ~ 10.0				- 40 ~ 210	
硅锰弹簧钢丝, GB 5218	60Si2MnA 65Si2MnWA 70Si2MnA	1.0 ~ 2.0			45 ~ 50	- 40 ~ 200	强度高, 弹性较好, 易脱碳, 用于普通机械的较大弹簧
铬钒弹簧钢丝, GB 5219	50CrVA	0.8 ~ 12.0				- 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, YB/T 5136	50CrVA	0.5 ~ 12.0					
铬硅弹簧钢丝, GB 5221	55CrSiA	2.8 ~ 6.0				- 40 ~ 250	高温时性能稳定, 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
硅青铜线, GB 3121	QSn3 - 1		41			- 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

续表

材料名称	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
锡青铜线 GB 3124	QSn4-3 QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4 QSn7-0.2	0.1 ~ 6.0	40	93.2	HB 90 ~ 100	- 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 GB 3134	QBe2	0.03 ~ 6.0	44	129.5	37 ~ 40	- 200 ~ 120	耐磨损、耐腐蚀、防磁和导电性能均较好,用于机械或仪表等用精密弹性元件
热轧弹簧钢 GB 1222	65Mn	5 ~ 80	78	196		- 40 ~ 120	弹性好,用于普通机械用弹簧
	55Si2Mn 55Si2Mn8 60Si2Mn 60Si2MnA				45 ~ 50	- 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
	50CrMnA 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	疲劳性能好,抗高温,用于较高工作温度下的较大弹簧

表 11-2-3 弹簧钢丝的抗拉极限强度 σ_b (GB/T 1239.6—92) /MPa

钢丝直径/mm	碳素弹簧钢丝 (GB 4537—1989)			琴钢丝 (YB/T 5101—1993)			弹簧用不锈钢丝 (YB (T) 11—1983)		
	B 级	C 级	D 级	G ₁ 组	G ₂ 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	2550	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	2040	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	1912
0.50	1860	2200	2550	2305	2550		1569	1961	1912
0.55	1810	2150	2500	2256	2501		1569	1961	1814
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

续表

钢丝直径/mm	碳素弹簧钢丝 (GB 4537—1989)			琴钢丝 (YB/T 5101—1993)			弹簧用不锈钢丝 (YB (T) 11—1983)		
	B 级	C 级	D 级	G ₁ 组	G ₂ 组	F 组	A 组	B 组	C 组
1.0	1660	1960	2300	2059	2256		1471	1863	1765
1.2	1620	1910	2250	2010	2206		1373	1765	1667
1.4	1620	1860	2150	1961	2158		1373	1765	1667
1.6	1570	1810	2110	1912	2108		1324	1667	1569
1.8	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
3.5	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	1030	1220							

注：1. 表中 σ_b 均为下限值。

2. 碳素弹簧钢丝用 25 ~ 80, 40Mn ~ 70Mn 钢制造；琴钢丝用 60 ~ 80, 60Mn ~ 70Mn 钢制造；弹簧用不锈钢丝用 1Cr18Ni9, 0Cr19Ni10, 0Cr17Ni12Mo2, 0Cr17Ni18Al 钢制造。

表 11-2-4 弹簧钢丝的抗拉极限强度 σ_b (GB/T 1239.6—92)

/MPa

钢丝直径 /mm	阀门用油淬火回 火碳素弹簧钢丝 (YB/T 5101—1993 GB 4359)	油淬火回火碳素 弹簧钢丝 (YB/T 5103—1993 GB 4360)		油淬火回火硅 锰合金弹簧钢丝 (YB/T 5104—1993 GB 4361)			阀门用油淬火回 火铬硅合金 弹簧钢丝 (YB/T 5105—1993 GB 4362)	阀门用油淬火回 火铬铝合金弹簧 钢丝 (YB/T 5108—1993 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

续表

钢丝直径 /mm	阀门用油淬火回 火碳素弹簧钢丝 (YB/T 5101—1993 GB 4359)	油淬火回火碳素 弹簧钢丝 (YB/T 5103—1993 GB 4360)		油淬火回火硅 锰合金弹簧钢丝 (YB/T 5104—1993 GB 4361)			阀门用油淬火回 火铬硅合金 弹簧钢丝 (YB/T 5105—1993 GB 4362)	阀门用油淬火回 火铬钒合金弹簧 钢丝 (YB/T 5108—1993 GB 2271)
		A 类	B 类	A 类	B 类	C 类		
4.0	1422	1422	1520	1471	1569	1667	1814	1520
4.5	1373	1373	1471	1471	1569	1667	1814	1520
5.0	1324	1324	1422	1471	1569	1667	1765	1471
5.5		1275	1373	1471	1569	1667	1765	1471
6.0		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			

注：1. 表中 σ_b 均为下限值。

2. 阀门用油淬火回火碳素弹簧钢丝用 70、65Mn 钢制造；油淬火回火碳素弹簧钢丝的 A 类用 65~70、60Mn~70Mn 钢制造，B 类用 65~80、65Mn~70Mn 钢制造；油淬火回火硅锰合金弹簧钢丝用 60Si2MnA 钢制造；阀门用油淬火回火铬硅合金弹簧钢丝用 50CrSi 钢制造，阀门用油淬火回火铬钒合金弹簧钢丝用 50CrVA 钢制造。

表 11-2-5

青铜线的抗拉极限强度 σ_b

/MPa

材 料	硅青铜线 (GB 3123—1982)			锡青铜线 (GB 3124—1982)			铍青铜线 (GB 3134—1982)		
	0.1~2	>2~4.2	>4.2~6	0.1~2.5	>2.5~4	>4~5	状态	硬化调 质后/HB	硬化调 质后/HB
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

注：表中 σ_b 为下限值。

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 次以下的弹簧。

表 11-2-6

弹簧的许用应力 (GB/T 1239.6—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	$0.55\sigma_b$	$0.5\sigma_b$	$0.45\sigma_b$	$0.4\sigma_b$	570	740	710
	II 类	$(0.4 \sim 0.47)\sigma_b$	$(0.38 \sim 0.45)\sigma_b$	$(0.34 \sim 0.38)\sigma_b$	$(0.3 \sim 0.35)\sigma_b$	455	590	570
	I 类	$(0.35 \sim 0.40)\sigma_b$	$(0.3 \sim 0.38)\sigma_b$	$(0.28 \sim 0.34)\sigma_b$	$(0.25 \sim 0.30)\sigma_b$	340	445	430

续表

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
拉伸弹簧许用 切应力 τ_p	Ⅲ类	$0.44\sigma_b$	$0.40\sigma_b$	$0.36\sigma_b$	$0.32\sigma_b$	380	495	475
	Ⅱ类	$(0.32 \sim 0.38)\sigma_b$	$(0.30 \sim 0.36)\sigma_b$	$(0.27 \sim 0.30)\sigma_b$	$(0.24 \sim 0.28)\sigma_b$	325	420	405
	Ⅰ类	$(0.28 \sim 0.32)\sigma_b$	$(0.24 \sim 0.30)\sigma_b$	$(0.22 \sim 0.27)\sigma_b$	$(0.20 \sim 0.24)\sigma_b$	285	370	360
扭转弹簧许用 弯曲应力 σ_{bp}	Ⅲ类	$0.8\sigma_b$	$0.8\sigma_b$	$0.75\sigma_b$	$0.75\sigma_b$	710	925	890
	Ⅱ类	$(0.6 \sim 0.68)\sigma_b$	$(0.6 \sim 0.68)\sigma_b$	$(0.55 \sim 0.65)\sigma_b$	$(0.55 \sim 0.65)\sigma_b$	570	740	710
	Ⅰ类	$(0.50 \sim 0.60)\sigma_b$	$(0.50 \sim 0.60)\sigma_b$	$(0.45 \sim 0.55)\sigma_b$	$(0.45 \sim 0.55)\sigma_b$	455	590	570

在选取材料和确定许用应力时应注意以下几点：

- 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 11-2-7 查取。

表 11-2-7 温度修正系数

材 料	工作温度/℃				材 料	工作温度/℃			
	≤60	150	200	250		≤60	150	200	250
	K _t					K _t			
50CrVA	1	0.96	0.95	0.94	1Cr17Ni7Al	1	0.95	0.94	0.92
60Si2Mn	1	0.99	0.98	0.98	QBe2	1	0.95	0.94	0.92
1Gr18Ni9Ti	1	0.98	0.94	0.9					

3 圆柱螺旋压缩弹簧

3.1 圆柱螺旋压缩弹簧计算公式

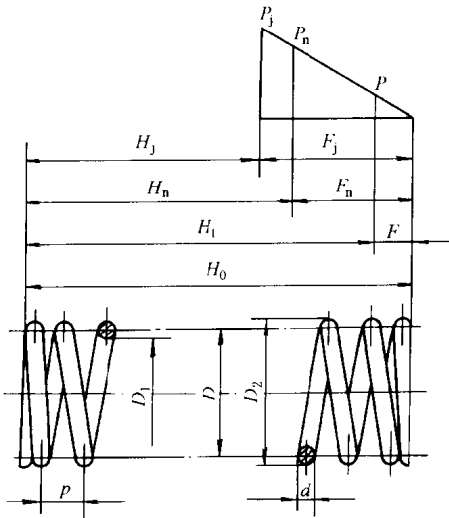


表 11-2-8

圆柱螺旋压缩弹簧计算公式

项 目		单位	公 式 及 数 据
主 要 计 算 公 式	材料直径 d	mm	$d \geq 1.6 \sqrt{\frac{P_n K C}{\tau_p}}$ 式中 τ_p ——许用切应力, 根据 I、II、III 类载荷按表 11-2-6 选取 $K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \text{ 或按表 11-2-20 选取}$ $C = \frac{D}{d}, \text{ 一般初假定 } C = 5 \sim 8$
	有效圈数 n	圈	$n = \frac{G d^4 F_n}{8 P_n D^3} = \frac{G D F_n}{8 P_n C^4} = \frac{P_d'}{P'}$
	弹簧刚度 P'	N/mm	$P' = \frac{G d^4}{8 D^3 n} = \frac{G D}{8 C^4 n}$
几 何 尺 寸 计 算	弹簧中径 D	mm	先按结构要求估计, 然后按表 11-2-9 取标准值
	弹簧内径 D_1	mm	$D_1 = D - d$
	弹簧外径 D_2	mm	$D_2 = D + d$
	支承圈数 n_2	圈	按结构型式选取, 见表 11-2-14
	总圈数 n_1	圈	按表 11-2-14 选取
	节距 t	mm	两端圈并紧磨平 $t = \frac{H_0 - (1 \sim 2) d}{n}$
	间距 δ	mm	$\delta = t - d$
	自由高度 H_0	mm	见表 11-2-14
	最小工作载荷时的高度 H_1	mm	$H_1 = H_0 - F_1$ 式中 $F_1 = \frac{8 n P_1 D^3}{G d^4} = \frac{8 n P_1 C^4}{G D}$ 或者 $F_1 = \frac{P_1}{P'}$
	最大工作载荷时的高度 H_n	mm	$H_n = H_0 - F_n$ 式中 $F_n = \frac{8 n P_n D^3}{G d^4} = \frac{8 n P_n C^4}{G D}$ 或者 $F_n = \frac{P_n}{P'}$
	工作极限载荷下的高度 H_j	mm	$H_j = H_0 - F_j$ 式中 $F_j = \frac{8 n P_j D^3}{G d^4} = \frac{8 n P_j C^4}{G D}$ 或 $F_j = \frac{P_j}{P'}$
	压并高度 H_b	mm	见表 11-2-14
	螺旋角 α	(°)	$\alpha = \arctan \frac{t}{\pi D}$ 对压缩弹簧推荐 $\alpha = 5^\circ \sim 9^\circ$
	弹簧展开长度 L	mm	$L = \frac{\pi D n_1}{\cos \alpha}$