

ICS 45.060
S 40

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2211—2010

部分代替 TB/T 1025—2000, 代替 TB/T 2211—1991

机车车辆悬挂装置钢制螺旋弹簧

Steel helical spring of suspension mechanism for rolling stock

2010-12-02 发布

2011-06-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

目次

前 言 III

1 范 围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义、符号、单位、说明及几何特性 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 符号、单位、说明 2

 3.3 几何特性 3

4 产品分类 4

5 一般运用要求 4

 5.1 运用条件 4

 5.2 性能要求 4

 5.3 基本要求 7

6 产品技术要求 9

 6.1 产品技术特性 9

 6.2 设计特性 10

 6.3 材 料 10

 6.4 弹簧的力学特性 10

 6.5 表面保护 11

7 试验方法 11

 7.1 概 要 11

 7.2 轴向力—变形试验 12

 7.3 横向刚度试验 12

 7.4 横向自由偏移或弯曲 13

 7.5 几何特性试验 13

 7.6 产品要求 14

 7.7 力学性能要求 15

 7.8 表面保护 15

 7.9 疲劳试验 15

8 产品质量 15

 8.1 产品鉴定程序和样品 15

 8.2 产品抽样 16

 8.3 型式检验和出厂检验 17

 8.4 产品不符合性 17

9 标 记 17

10 包 装 17

附录 A（规范性附录） 圆钢制成的等节距、端部并紧并磨平的圆柱螺旋压缩弹簧 18

 A.1 概 要 18

A.2	内、外直径	18
A.3	弹簧的端圈	18
A.4	接 触 线	18
A.5	几何公差	19
A.6	簧圈间的间距	19
附录 B (规范性附录)	圆钢棒材螺旋弹簧表面缺陷的磁力探伤	22
B.1	概 要	22
B.2	方 法	22
B.3	特别预防	22
附录 C (规范性附录)	悬挂装置钢制螺旋弹簧的疲劳试验	23
C.1	试验要求	23
C.2	垂向疲劳试验	23
C.3	横向疲劳试验	23
C.4	疲劳试验后的检查	24
参考文献		25

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准部分代替 TB/T 1025—2000《机车车辆用热卷螺旋压缩弹簧供货技术条件》应用于悬挂弹簧的部分,未被代替的内容为缓冲和牵引装置用弹簧的部分。

与 TB/T 1025—2000《机车车辆用热卷螺旋压缩弹簧供货技术条件》的主要技术变化如下:

- 增加了铁路专用弹簧材料及部分欧洲标准的弹簧材料(见 6.3.3 及 6.4.1 中表 5);
- 增加了弹簧横向移动(见表 1 中 15)、横向刚度(见 5.2.3.2)、横向自由偏移或弯曲(见 5.2.3.3)、横向刚度试验(见 7.3)、横向疲劳试验(见附录 C)的内容,详细阐明了弹簧横向特性、计算及试验方法;
- 引用了 GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定—标准评级图显微检验法。

本标准代替 TB/T 2211—1991《机车车辆圆柱螺旋弹簧疲劳试验》,与 TB/T 2211—1991 相比主要技术变化如下:

- 删除了 EN 13298:2002 中附录 C《喷丸预应力效果的重复性》(见附录 C,2003 年版);
- 增加了 TB/T 1758《机车车辆弹簧喷丸技术条件》,在标准中直接引用(见 5.3.2.4);
- 增加了“疲劳试验”要求(见 7.9);
- 增加了横向疲劳试验的方法,调整了弹簧垂向和横向疲劳试验的规范(见附录 C);
- 对参考文献部分内容做了调整(见参考文献)。

本标准使用重新起草法修改采用 EN 13298:2002《铁路应用 悬挂元件 钢制螺旋悬挂弹簧》。

本标准由铁道行业内燃机车标准化技术委员会提出并归口。

本标准由同济大学负责起草,由中国北车集团大连机车研究所有限公司、中国北车集团天津机辆轨道交通装置有限责任公司、扬州弹簧有限公司、南车株洲电力机车有限公司、大连弹簧有限公司、桂林瑞特试验机有限公司、南京浦镇高铁轨道车辆锻压有限公司参加起草。

本标准主要起草人:范佩鑫、董于美、揭长安、李冠军、李 超、胡家骅。

本标准部分代替了 TB/T 1025—2000 和代替 TB/T 2211—1991。

TB/T 1025—1991 的历次版本发布情况为:

- TB/T 1025—1991;
- TB/T 1025—2000。

TB/T 2211—1991 的历次版本发布情况为:

- TB/T 2211—1991。

机车车辆悬挂装置钢制螺旋弹簧

1 范 围

本标准规定了新设计机车车辆悬挂装置钢制螺旋弹簧(以下简称弹簧)的几何特征、运用要求、技术要求、试验方法、产品质量、标记和包装等。

本标准适用于:

- 铁路机车车辆悬挂装置的钢制螺旋弹簧;
- 由圆截面等径钢棒材制成的等节距圆柱形压缩弹簧;
- 其他不同形状的螺旋弹簧(如圆锥形螺旋弹簧、不等节距弹簧或其他形状截面钢棒制成的弹簧)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 224—2008 钢的脱碳层深度测定法(ISO 3887:2003,MOD)
- GB/T 228—2002 金属材料 室温拉伸试验方法(ISO 6892:1998,EQV)
- GB/T 229—2007 金属材料夏比摆锤冲击试验方法(ISO 148.1:2006,MOD)
- GB/T 1222—2007 弹簧钢
- GB/T 6394—2002 金属平均晶粒度测定法
- GB/T 6461—2002 金属基体上金属和其他无机覆盖层 经腐蚀试验后的试样和试件的评级(ISO 10289:1999,IDT)
- GB/T 10125—1997 人造环境中的腐蚀试验 盐雾试验(eqv,ISO 9227:1990)
- GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定—标准评级图显微检验法(ISO 4967:1998,IDT)
- GB/T 10610—2009 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法(ISO 4288:1996,IDT)
- GB/T 20066—2006 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法(ISO 14284:1996,IDT)
- TB/T 1335—1996 铁道车辆强度设计及试验鉴定规范
- TB/T 1758 机车车辆弹簧喷丸技术条件
- ISO 2162.2:1996 产品技术文件 弹簧 第2部分 圆柱螺旋压缩弹簧的技术数据表示方法
- ISO 2162.3 产品技术文件 弹簧 第3部分 术语词汇
- ISO/TR 10108:1989 钢的硬度值与拉伸强度值之间的换算
- EN 10083.1 淬火、回火钢 第1部分 特殊钢交货技术条件
- EN 10089:2003 用于淬火、回火弹簧的热轧钢 交货技术条件

3 术语和定义、符号、单位、说明及几何特性

3.1 术语和定义

ISO 2162.3界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

横向变形(弯曲) **transverse deflection** (bowing)

在轴向力作用下,当弹簧的上、下两端面保持平行,但在横向可以自由运动的情况下,弹簧轴线的

自然横向偏移。横向力 ϕ_c 是将弹簧移回原始中心位置所需要的力。

3.1.2

间隙系数 clearance factor

有效圈之间的间隙与簧条直径之比,仅对由圆截面簧条绕制、端圈并紧、磨平等节距的圆柱螺旋弹簧而言。

3.1.3

脱碳 decarburization

在弹簧热成形过程中,金属表面碳元素的损失。

3.1.4

空间要求 space requirements

弹簧的内部和外部空间是指弹簧在各种工况下所占的体积。

3.1.5

蠕变 creep

在确定的静态力或动态力的作用下,在规定的时间内弹簧高度的损失。

3.1.6

接触线 contact line

加载时,位于等节距圆柱螺旋弹簧的每一端和相邻的有效圈之间的接触部分形成的线。该弹簧由圆截面簧条绕制,端圈并紧、磨平。

3.1.7

有效圈 active coil

在整个弹簧工作空间内,弹簧直径不变,与相邻簧圈保持不接触的完整螺旋形簧圈的总数。

3.2 符号、单位、说明

本标准使用的符号见表1。

表1 符号、单位及简要说明

序号	符 号	单 位	说 明
1	A	%	断面延伸率
2	A_R	%	轴向刚度允许偏差
3	d	mm	钢棒的直径
4	D	mm	弹簧中径(平均簧圈直径)
5	D_e	mm	弹簧外径
6	D_i	mm	弹簧内径
7	e	mm	两相邻有效圈之间的间隙
8	$F_j(F_1, F_2, \dots)$	N	作用于弹簧上的轴向静载荷
	F_A	N	最小工作载荷
	F_B	N	最大工作载荷
	F_{cth}	N	理论压并压力,对应于弹簧压并高度
	$F(F_{co}, F_{cl})$	N	给定的用来测试弹簧横向位移量的试验载荷
	F_M	N	弹簧压至最小允许高度时的力
	F_U	N	测试弹簧刚度 k_s (或柔度)时用的较低的测试力
	F_V	N	测试弹簧刚度 k_s (或柔度)时用的较高的测试力

表 1(续)

序号	符 号	单 位	说 明
9	g	m/s^2	重力加速度
10	G	MPa	剪切模量(未注明时 $G = 79\,000\text{ MPa}$)
11	L_0	mm	弹簧自由高度
	$L_j(L_1, L_2, \dots)$	mm	受到轴向力 F_j 时的弹簧高度
	L_A	mm	施加轴向力 F_A 时的弹簧高度(基准高度)
	L_B	mm	施加轴向力 F_B 时的弹簧高度
	L_C	mm	压并高度
	L_M	mm	最小允许高度
	L_U	mm	施加轴向力 F_U 时的弹簧高度
	L_V	mm	施加轴向力 F_V 时的弹簧高度
12	n	—	有效圈数
13	n_t	—	总圈数
14	Q_j	N	使弹簧产生横向位移(两个端面间的横向位移)为 r_j 时对应的横向静负荷
15	v_j	mm	横向位移(两个端面间的横向位移)
	r_E	mm	最大可能的横向位移(碰到止挡)
16	$R_{p0.2}$	MPa	规定非比例延伸率为 0.2% 时的应力
17	R_m	MPa	抗拉强度
18	K_s	N/mm	轴向刚度
19	l/K_s	mm/N	轴向柔度
20	K_t	N/mm	横向刚度
21	l/K_t	mm/N	横向柔度
22	s_h	mm	在两个不同的轴向载荷 F_j 作用下的轴向位移差值
23	a	—	有效圈间的间隙系数
24	ϕ_c	N	在确定的轴向力 F_j 作用下,弹簧的横向弯曲力
25	θ_c	°	弹簧先后受到两个不同的轴向载荷时,两个弯曲方向的夹角
26	$\sigma_{\max}$	N/mm^2	最大残余压应力
27	δ	mm	距离表面深度

3.3 几何特性

按本标准规定,弹簧的特性是按其轴向来描述的。
轴向特性是指沿 z 轴方向的特性,横向特性是指其在 $x-y$ 平面上的特性(见图 1)。
材料横截面:圆形。
旋向:根据技术要求确定(图中示例为右)。
末端形式:端圈并紧、磨平。
弹簧类型:等节距圆柱压缩弹簧。

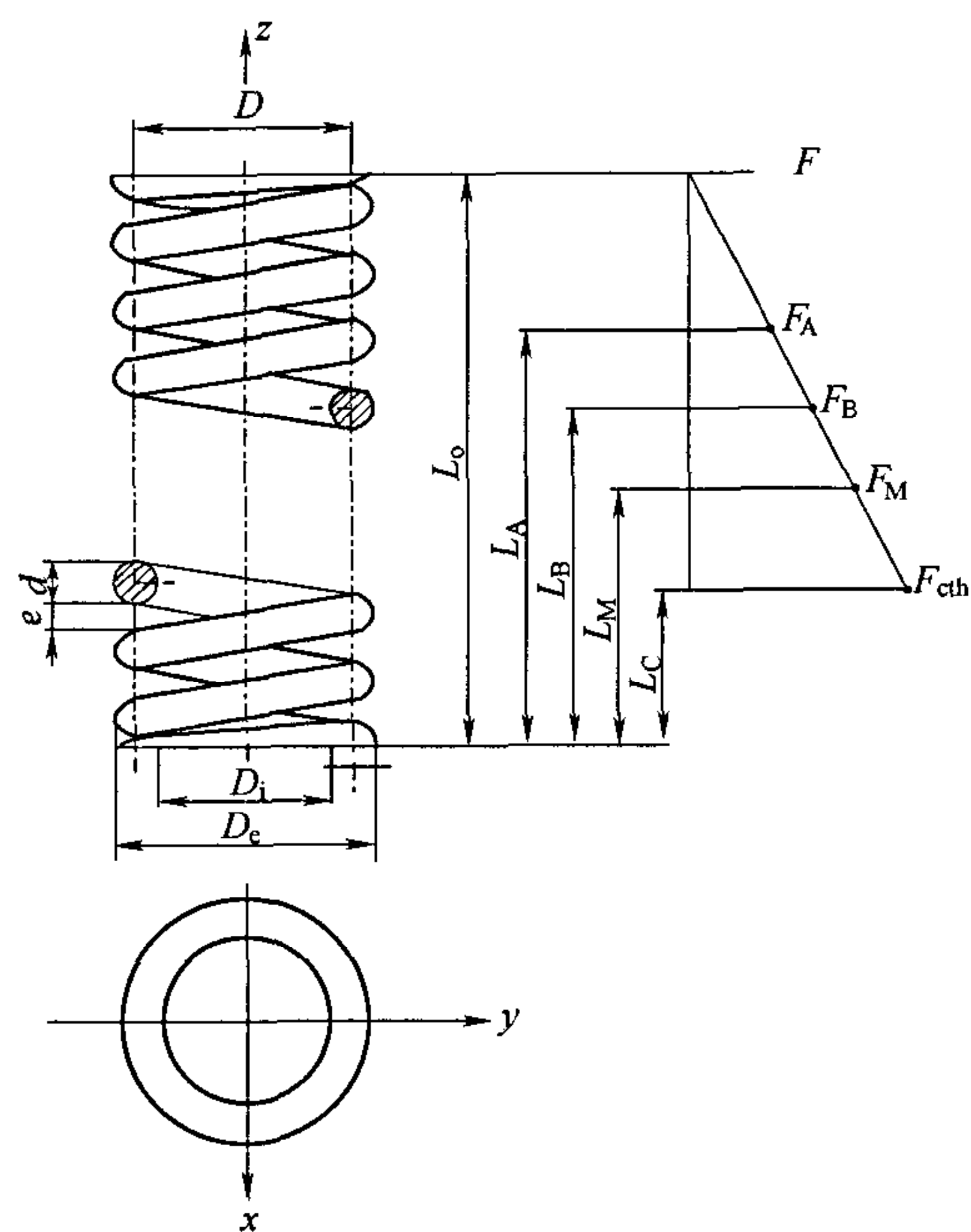


图 1 弹簧轴向特性示例

4 产品分类

本标准所包括的弹簧分为两类(见表 2)。弹簧类别应在技术要求中规定。

注:由悬挂装置设计者对弹簧进行分类。

表 2 弹 簧 分 类

A 类	B 类
规定轴向和横向刚度(或弯曲)	只规定轴向刚度

5 一般运用要求

5.1 运用条件

为了保证悬挂装置设计者和弹簧制造厂能够提供有效及安全的产品,需方应明确规定产品的运用条件(使用条件、环境条件等)。

5.2 性能要求

5.2.1 概 要

悬挂装置设计人员在进行产品设计时规定的要素见表 3。

表 3 悬挂装置设计人员在技术条件中应规定的要素(全部或部分)

要求条款	试验条款	定义的要素	备 注
5.2.2.1	7.5.3	空间要求	—
6.2.2	7.5.1	外径	—
6.2.2	7.5.1	内径	—
6.2.5	7.2.1	最小弹簧高度(碰到止挡)	—
5.2.2.2	7.5.2	基准高度	—
5.2.3.1	7.2.2	作用力(F_i, F_B)	—

表 3(续)

要求条款	试验条款	定义的要素	备 注
5.2.3.1	7.2.2	整备状态下的轴向刚度(及公差)	—
5.2.3.2	7.3	横向刚度	仅对 A 类弹簧
5.2.3.3	7.4	横向自由偏移或弯曲	
5.2.3.4	7.9	耐久性	—
5.3.1.1	...	旋向	
5.3.1.2	7.5.4	端圈形式及类型	
5.3.2.1.	7.6.1.2	棒料表面检验	—
5.3.2.2.	7.6.1.3	弹簧表面缺陷	—
5.3.2.3.	7.6.3	脱碳	—
5.3.2.4.	7.6.2	表面预应力	—
5.3.3	7.6.4	晶粒度	—
5.3.4	7.2.3	蠕变	—

5.2.2 几何条件

5.2.2.1 空间要求

可以定义两类空间要求：

- 弹簧只承受轴向力 F_j 所需要的空间；
- 弹簧的两个支承面有横向位移 r_E (支承面保持平行) 时所需要的空间。

在技术要求中定义空间时,应考虑不同用途弹簧(内、中、外圈)所要求的空间。应规定与弹簧工作空间有关的任何要求及限制条件。

5.2.2.2 基准高度

弹簧在整备状态下的载荷 F_A (即弹簧静载荷),其对应的高度 L_A 为基准高度。除技术要求另有规定外,该高度应给定公差以保证整个悬挂装置有确定的高度。公称尺寸 L_A 的公差为 $\pm 1\%$ 。

5.2.3 力学条件

5.2.3.1 轴向刚度

轴向刚度在 z 轴方向定义为：

- 用 K_s 表示,图 2 和图 3 中力—位移(变形)曲线的斜率：

$$K_s = \frac{F_v - F_u}{L_u - L_v} \dots\dots\dots (1)$$

- 或者用图 4 中的力—位移(变形)曲线图表示。

注:允许用轴向柔度代替轴向刚度,柔度是刚度的倒数($1/K_s$)。

单一负荷(F_A)条件下,刚度允许按图 2 所示定义。

在定义超过作用力范围(如图 3 中从 F_u 到 F_v)的弹簧刚度时,应考虑刚度的非线性因素或增大允许公差。

用包含偏差范围的力—位移图来定义时,应考虑由末端几何形状引起的硬化效应。对于变节距的弹簧,其刚度可能会有明显的增加。

应定义刚度公差。轴向刚度公差应在 $\pm 5\%$ 范围内,除非在技术要求中规定了不同的公差。

按 3.3 定义的弹簧的刚度公差,对于圈数较少(如少于 5)的弹簧,可考虑由圈数影响确定刚度公差的方法,通常可用公式计算：

$$A_R = \pm 0.05 \times \frac{5}{n} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

应明确规定所有要求。图 2 ~ 图 4 描述了轴向刚度的不同定义。

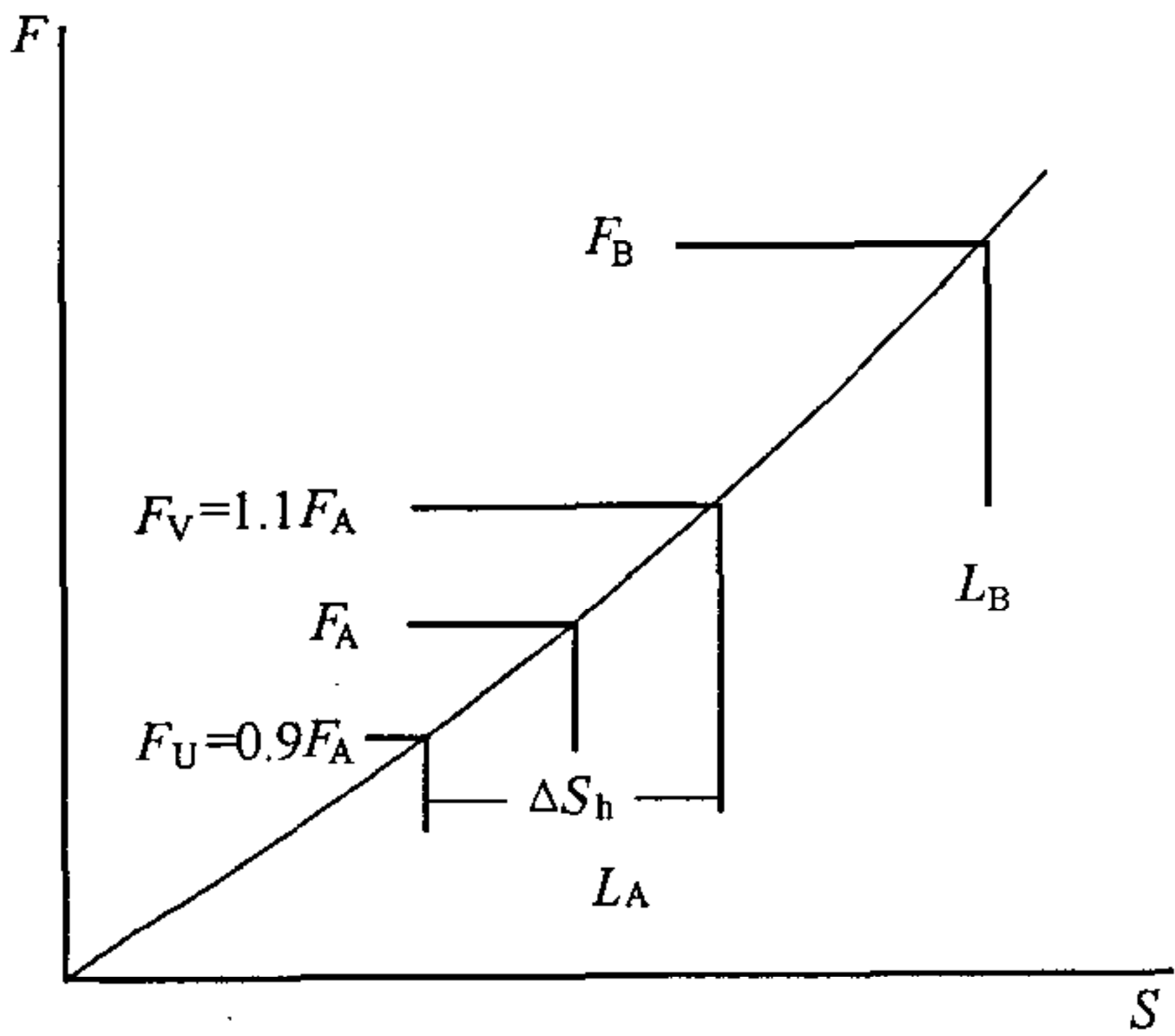


图 2 力 F_A 作用下的轴向刚度

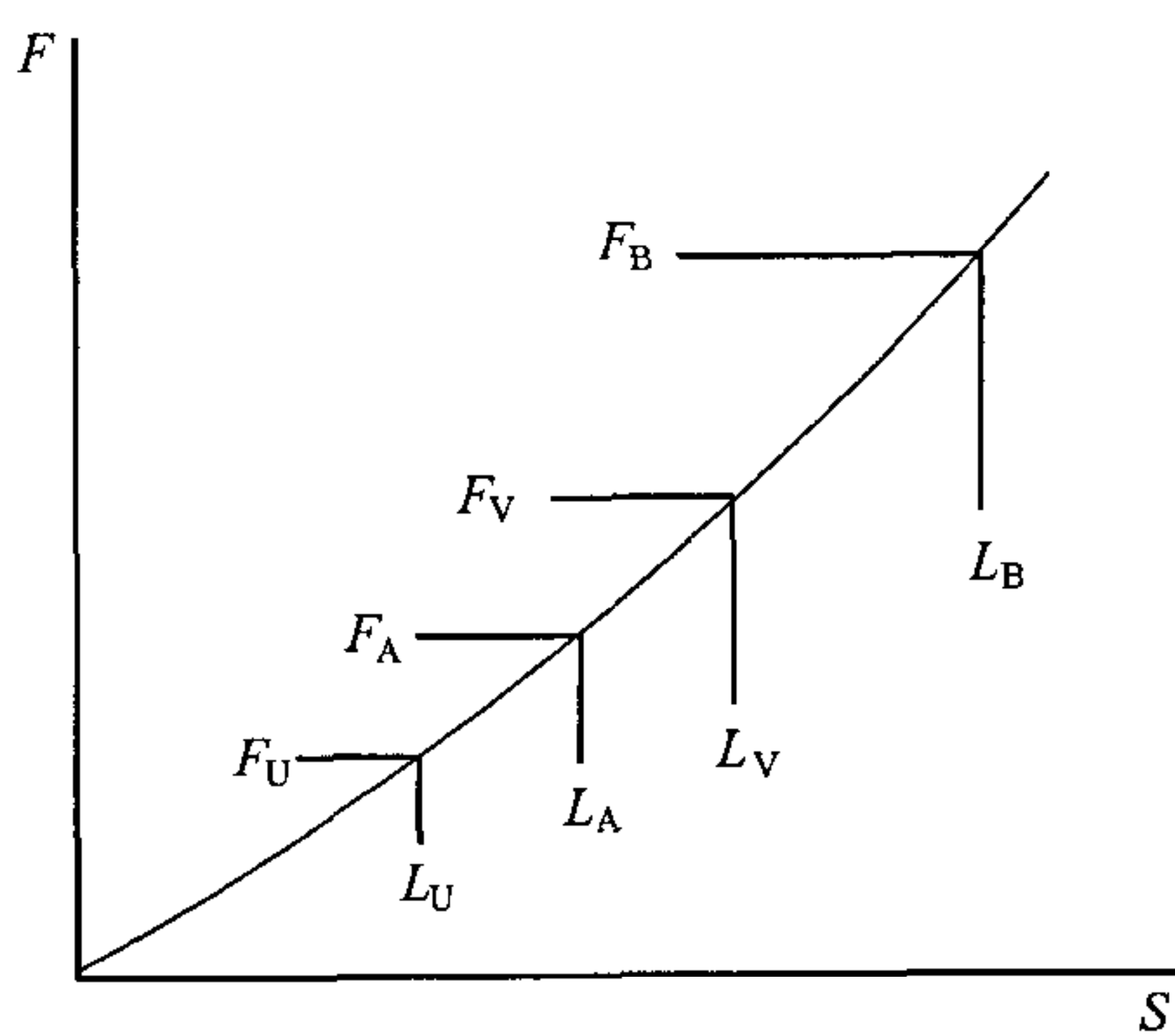


图 3 F_U 和 F_V 之间的轴向刚度

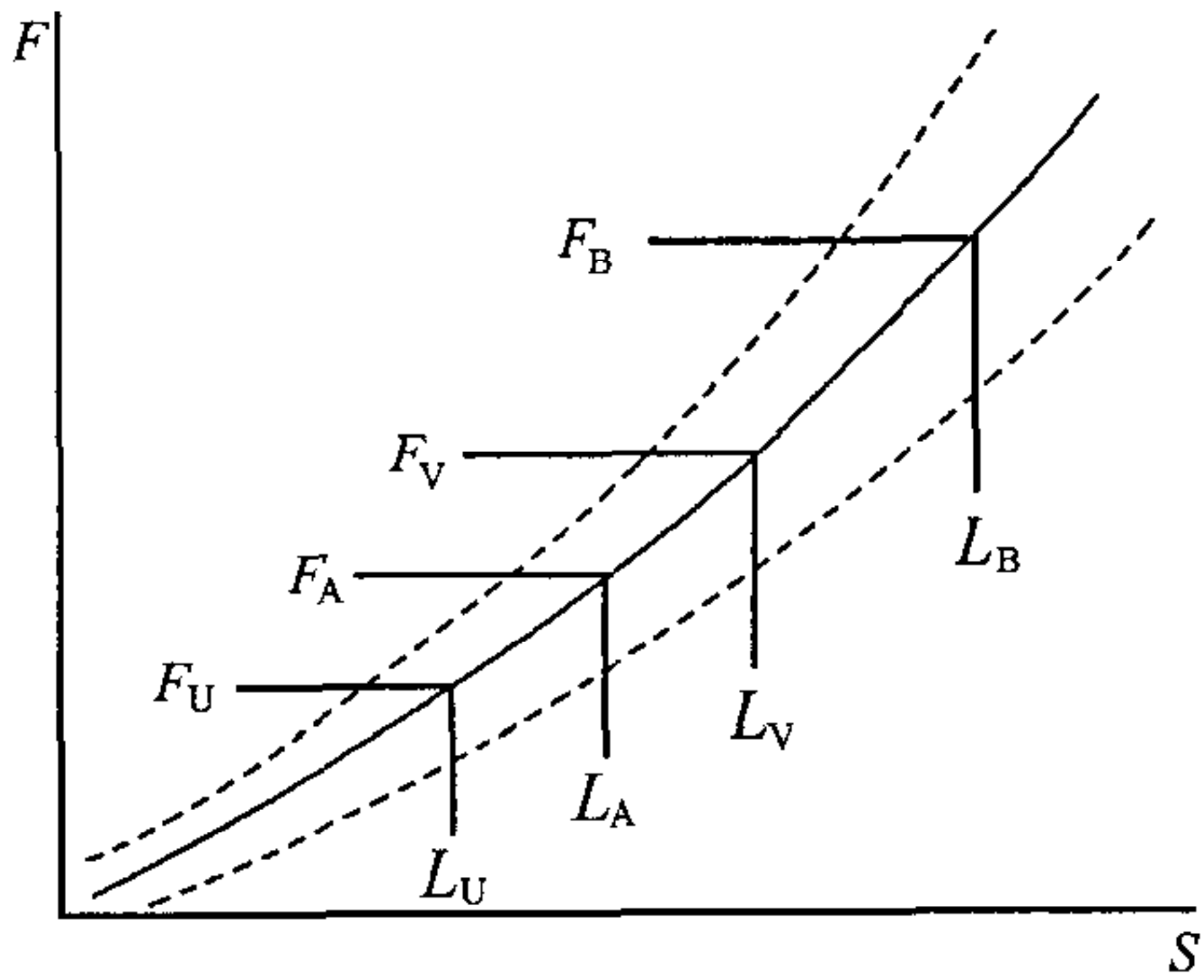


图 4 力—位移曲线(附公差带)

如果轴向刚度用力—位移曲线定义,公差带曲线可从名义曲线求得,对应一个给定的力,其位移量的变化等于对应的公差。

在技术要求中规定,公差带曲线定义应在力 F_U 和 F_V 范围内,且 $F_U < F_A < F_V \leq F_B$ 。

5.2.3.2 横向刚度

悬挂装置对横向特性有要求时,才加以规定。
在轴向力 F_j 作用下,横向刚度在 $x-y$ 平面定义为:

$$K_j = \frac{Q_j}{r_j} \dots\dots\dots (3)$$

式中:
 Q_j ——使弹簧产生横移量(两个端面间的横向位移)为 r_j 的横向静负荷;
 r_j ——横向位移量(两个端面间的横向位移)。
横向特性在 $x-y$ 平面内测量,该平面平行于弹簧的支承面(受力平面)。弹簧在静态轴向力 F_j 作用下,横向力的变化和相应的横向位移变化之间的关系确定了该特性。
注:横向刚度不是一个独立的量值。它与轴向刚度、轴向力和弹簧的其他特性有关,定义时切记应同时考虑。
技术要求中应规定横向刚度的名义值 K_i (及其公差),同时还应规定相对应的轴向力 F_j 。此外,技术要求中应规定弹簧横向刚度的方向。
除非技术要求中已规定了不同的公差,横向刚度的公差应在规定值的 $\pm 15\%$ 范围内。对于圈数较少(少于 5)的弹簧,公差范围可由供需双方商定。

允许用横向柔度来代替横向刚度,柔度是刚度的倒数($1/K_t$)。

5.2.3.3 横向自由偏移或弯曲

悬挂装置对横向自由偏移有限定时,才加以规定。

自由偏移的值和方向取决于所加的轴向力,有与横向刚度值相似的特性。

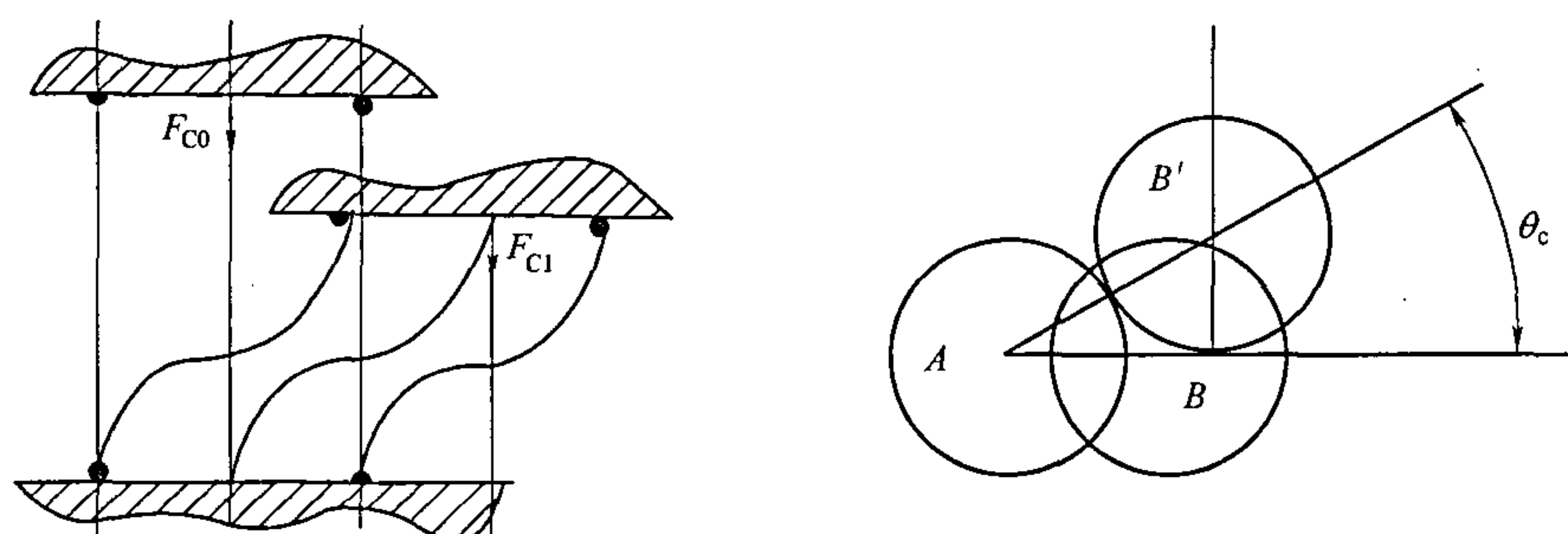
弯曲方向是由直线 AB 定义的(见图 5)。它是弹簧上下两个受力端面中心连线的投影。

受静态轴向力 F_{c0} 的弹簧的弯曲方向应在该弹簧上作出永久性的明显的标记, F_{c0} 值也应在技术要求中规定。标记的位置指向弹簧中心的方向就表示弹簧横向自由偏移的方向。

当弹簧承受静态轴向力 F_{c0} 时,对弯曲力 ϕ_c 的任何限定应在技术要求中规定。根据弹簧在机车车辆上(该弹簧是机车车辆的一部分)安装时的要求,允许在弹簧上标明 ϕ_c 的量值记号。若出现这种情况,在技术要求中应明确这种要求(见第 9 章),并规定专门的记号。

技术要求中应规定,当弹簧可能先后受到两个轴向力 F_{c0} 和 F_{c1} (见图 5)作用时,弹簧可能产生的两个弯曲方向之间的最大允许角度 θ_c 以及 F_{c0} 和 F_{c1} 的值。

弹簧在静态轴向力 F_{c0} 作用下产生的弯曲力 ϕ_c 的数值,应在技术要求所规定的范围内,除非在技术要求中另外给出了其他数值,在先后受到两个轴向力 F_{c0} 和 F_{c1} 作用时,弹簧产生的两个弯曲方向间的夹角 θ_c 应小于或等于 30° 。



说明:

AB ——为表示受到静态轴向力 F_{c0} 时弹簧弯曲方向的直线;

AB' ——表示受到轴向力 F_{c1} 时,弹簧弯曲方向的直线;

θ_c ——上述已定义的两个弯曲方向之间的夹角。

注 1: F_{c0} 的数值通常等于 F_A (见 3.2);

注 2: F_{c1} 的数值通常等于装有这种弹簧的机车车辆在某种工况的静态轴向力 F_j (见 3.2)。

图 5 弹簧的弯曲示例

5.2.3.4 耐久性

弹簧应能承受运行中的静态力和动态力。弹簧寿命受断裂或蠕变限制。

弹簧的寿命取决于:

- 应力水平和应力幅;
- 弹簧的物理特性(内部缺陷和外部缺陷);
- 材料及其力学性能;
- 抗蚀性。

将应力水平及应力幅保持在允许限度内,则可避免弹簧在变周期载荷作用下断裂(见 6.1)。

弹簧的耐久性可以通过疲劳试验确定,疲劳试验的载荷包括模拟运行中出现的静态载荷和动载荷。若需进行疲劳试验,那么试验载荷及加载程序和验收的标准应在技术要求中规定。

5.3 基本要求

5.3.1 概要

5.3.1.1 绕制方向

通常情况下,绕向应是右旋。如果有多个弹簧套在一起使用时,由外层到内层其绕向先由右旋改

为左旋,再逐层交变,并须对绕向加以规定。

5.3.1.2 端圈形式

在 ISO 2162.2:1996 中规定了弹簧端圈的不同形式。

根据一般规则,悬挂弹簧为:

- 圆柱形的;
- 具有相同的节距;
- 由圆棒料制成;
- 端圈并紧、磨平。

端圈的形式应在技术要求中规定。若未做规定,则按附录 A 的要求。

5.3.2 表面质量

5.3.2.1 棒料的表面质量

钢棒应经过加工,除非双方另有协议。

若在技术要求中不规定其他值,在进行绕制前,钢棒表面的粗糙度 MRR 最大值不应超过 2.5 μm 。

5.3.2.2 弹簧的表面质量

弹簧表面不应有任何缺陷(起层、剥落、凹槽、加工刀痕、裂纹、发纹等)。

注:这些缺陷将损害弹簧的性能和寿命。

应按 7.6.1 的要求进行磁力探伤。

5.3.2.3 脱 碳

脱碳形式有两种:

- 全脱碳:表面有一层纯铁素体为主要成分的结构;
- 部分脱碳:弹簧表面为铁素体 + 珠光体的组织或铁素体 + 马氏体的组织。

弹簧不应全脱碳。除非另有规定,弹簧部分脱碳的深度规定如下:

- 圆截面棒料:直径 d 的 1%。
- 非圆截面棒料:最小截面直径(有效圈)的 1%。

任何情况下,部分脱碳的深度都不应超过 0.5 mm。

5.3.2.4 表面预应力

弹簧表面应作预应力处理,弹簧喷丸应符合 TB/T 1758 的规定。喷丸产生的典型应力有效深度分布见图 6。

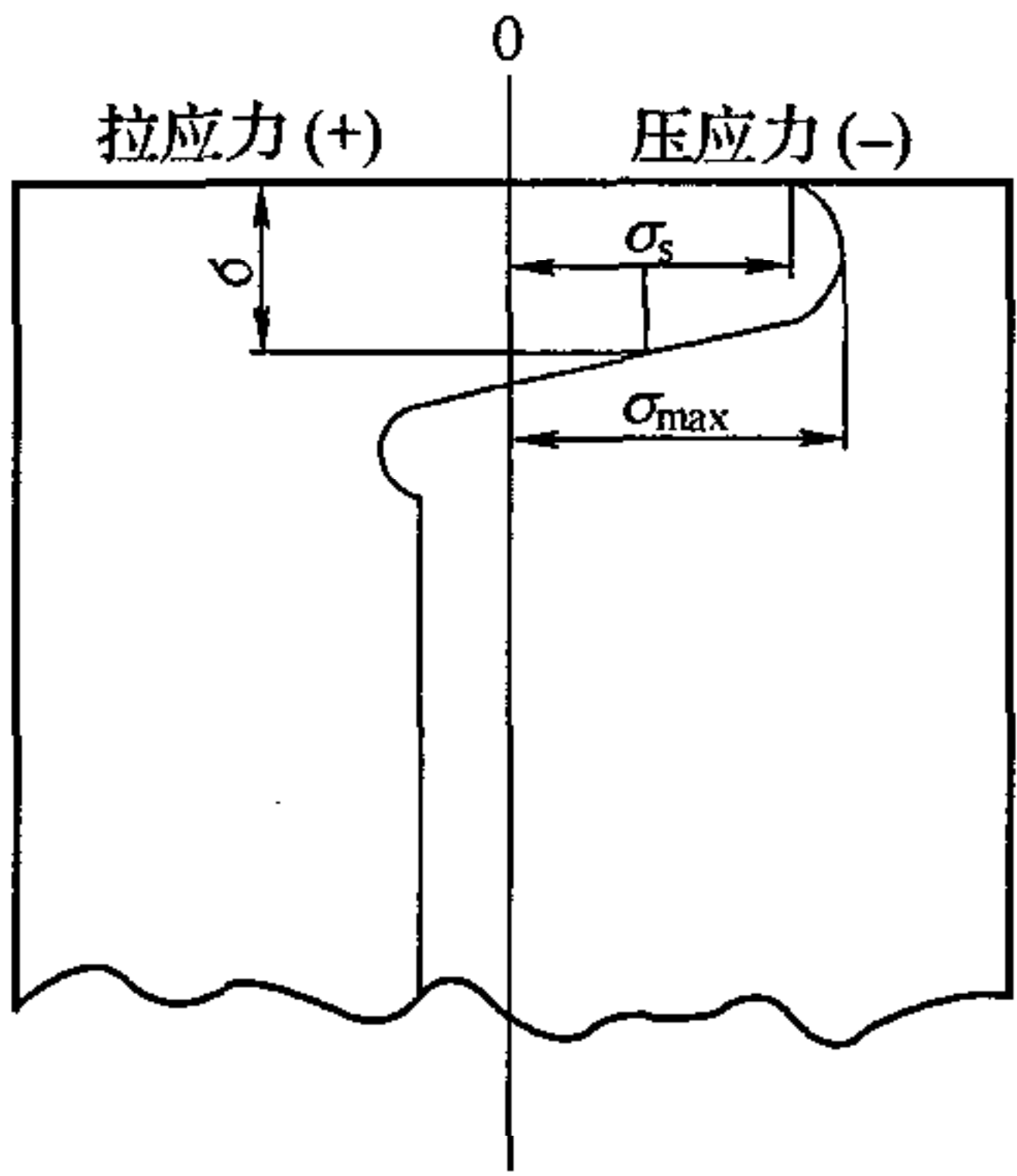


图 6 喷丸产生的应力分布随深度变化示例

注:喷丸是一种推荐的预应力处理的方法。喷丸能增加弹簧的抗疲劳性能。ALMEN 法被认为是有效的方法之一,能确保喷丸工艺过程的强度和重复性。

除在技术要求中另有规定,应采用以下预应力值:

材料内部深度 δ 为 0.2 mm 时,预应力值(压应力)约为 500 MPa;

材料内部深度 δ 为 0.5 mm 时,预应力值(压应力)约为 100 MPa。

5.3.3 晶 粒 度

钢材的晶粒度按照 GB/T 6394—2002 规定测试得到的奥氏体晶粒度应大于或等于 6 级。

5.3.4 蠕 变

力 F_B 作用 96 h 后的蠕变不应超过 L_B 的 1% ,除非在技术要求中另有规定。弹簧蠕变后,高度降低,应按附录 A 中 A.6.2 的方法校核弹簧的剩余变形量 Σe ,符合技术要求。

6 产品技术要求

6.1 产品技术特性

技术要求可以完全由需方提出(如包括弹簧设计计算)或由需方(确定性能和合适的体积)和制造厂(提出建议)共同提出,技术要求可以包括以下文件:

- 悬挂装置的总图或组装图;
- 零件图;
- 技术数据表。

弹簧的主要特性(形式、尺寸、材料、刚度等)由相关设计分析确定。设计分析作为技术要求的一部分,至少应规定以下内容:

- 计算方法;
- 用于分析的载荷和位移。

得到以下结果:

- 计算的特性与所要求的特性的比较(静刚度或柔度、有效圈之间的间隙等);
- 所选择材料的许用应力与计算应力的比较。

需方和制造厂应按文件的内容和所使用的分析方法达成协议。技术数据概括在表 4 中。

表 4 需方或制造厂在技术要求中需要规定的要素(全部或部分)

所在章节	试 验	规定的要素
6.2.1	—	材料的横截面
6.2.2	7.5.1	直径 D_i 和 D_e
6.2.3	—	圈数
6.2.4	—	自由高度
6.2.5	—	压并高度
6.2.6	—	簧圈间的间距
6.2.7	附录 A	垂直度
6.3.2	7.6.5	内部完整性
6.3.3	7.6.6	化学成分
6.3.4	7.6.7	夹杂物含量
6.4.2	7.7.2	抗拉强度
6.4.3	7.7.3	冲击韧性
5.2.3.4	7.9	耐久性
6.5	7.8	表面保护
9	—	标记

6.2 设计特性

6.2.1 材料横截面

通常材料的横截面为圆形,其尺寸和公差应在技术要求中规定。

6.2.2 直径

应注明弹簧中径 D 。内径 D_i 或外径 D_o 应根据安装型式加以注明。若不注明公差,则按附录 A 要求。

6.2.3 圈数

应注明弹簧有效圈数 n 及总圈数。

6.2.4 自由高度

若自由高度 L_o 不作为基准高度,则自由高度可作为一般性的标注,可不标注公差。

6.2.5 压并高度

压并高度 L_c 可作为一般性的标注,最小允许高度 L_M 一般总是大于 L_c , L_c 不注公差。

6.2.6 簧圈间的间距

按弹簧特性要求,应规定弹簧在 F_j (根据设计经验,也可以取最大力 F_B) 作用下有效圈之间的最小间距 e_{min} 。

最小间距可以定义为:

——间隙系数 α ,按附录 A.6 的方法 1;

——弹簧受到力 F_j 时的高度与压并高度之间的剩余变形量 Σe ,按附录 A.6 的方法 2。

任何情况下,该间距应经过设计计算验证。

应规定 F_j 、间隙系数 α 或 Σe 的值。

6.2.7 弹簧轴线相对于支承面的垂直度

若有特殊要求,应规定可接受的垂直度偏差,否则可按附录 A 的要求。

6.3 材料

6.3.1 概要

制造弹簧所使用的合金材料应在技术要求中规定。

建议采用符合 EN 10089:2003 或 GB/T 1222—2007 规定的合金材料,允许使用其他不同的合金材料,但应在技术要求中完整地说明该合金材料的化学成分和力学特性。

6.3.2 内部质量

弹簧的材料不应出现任何对使用有害的内部缺陷。当需要检验材料内部质量时,应按 7.6.5 中要求进行试验。

材料试验不应出现下列结果:

——任何大于参照缺陷标样的情况。参照缺陷标样是在棒材中心钻出的一个平底,直径为 1.20 mm 的孔。此棒料具有与用于制造弹簧的棒材相同的尺寸和材质。

——任何底面回波的衰减大于 50%。

6.3.3 化学成分

应符合 EN 10089—2002 或 GB/T 1222—2007 的规定。

6.3.4 夹杂物含量

除非技术要求中另有规定,非金属夹杂物含量应按 GB/T 10561—2005 规定的试验方法进行检验。

6.4 弹簧的力学特性

6.4.1 硬度

在技术要求中应根据以下条件,确定弹簧表面硬度值和截面的芯部硬度值:

——弹簧使用条件;

——使用的合金；
——材料直径。
弹簧材料及表面硬度值见表 5。

表 5 弹簧材料及表面硬度值

材料采用标准	硬度值 HRC
EN 10089—2002	45 ~ 51
GB/T 1222—2007	42 ~ 48

除非技术要求中另有规定,弹簧表面硬度值应在 45 HRC ~ 51 HRC 之间。可采用 ISO/TR 10108—1989 规定的方法进行硬度值和抗拉强度的转换。

芯部硬度值与表面硬度值相差不应超过 3 度(HRC)。

6.4.2 抗拉强度

弹簧材料抗拉强度的数值按 7.7.2 中规定的相关试验获得。

若技术要求中没有规定不同的数值,则最小抗拉强度应为:

$R_{p0.2} \geq 1\,150\text{ MPa};$

$R_m \geq 1\,400\text{ MPa};$

$A \geq 6\%。$

6.4.3 韧性

若技术要求中不规定弹簧材料的韧性值,则韧性值(KU)应大于或等于 10J(在 20 ℃ 时)。

注:弹簧材料的韧性是通过相应的冲击试验得到的。

6.5 表面保护

对弹簧应采取能满足技术要求的防腐措施,防腐措施以及最后的涂层颜色应在技术要求中规定。

具体内容应包括:

- 表面处理的方式;
- 涂敷材料的牌号;
- 涂层数目和厚度;
- 颜色。

盐雾试验及弹簧保护层的力学特性(黏着性、抗冲击性、弹性、抗退色等)应在技术要求中附加规定。

若技术要求中要求进行盐雾试验而没有规定盐雾试验时间的具体数值,应按 GB/T 10125—1997 的规定进行试验,试验时间应为:

——A 类弹簧:400 h;

——B 类弹簧:300 h。

注:保护系统的老化特性通过盐雾试验得到。

7 试验方法

7.1 概要

7.1.1 一般试验条件

除非技术要求中另有规定,试验应在 20 ℃ ± 10 ℃ 温度下进行。

7.1.2 试验装置

弹簧特性应按第 5 章、第 6 章规定的在尺寸合适、满足精度要求的常用设备上试验测得。进行 7.2、7.3、7.4、7.5.3 中规定的试验时,弹簧应用夹具固定,模拟它在悬挂装置中的工作状态(特别是定

心装置的直径和高度)。

7.1.3 试样的定义

除非技术要求中另有规定,试验及测量用的试样应是成品弹簧。

7.2 轴向力—变形试验

7.2.1 概 要

按 GB/T 228—2002 的规定,使用的试验装置精度应达到 0.5 级。

在测量高度 L_j 时,对应的静态轴向力 F_j 应保持不变且在公称值的 1% 公差范围内。试验前,弹簧应压缩到压并高度。若不允許压到压并高度,则应压缩到可达到的最小高度。

试验中,上下支承面应平整、平行,不能转动且保持同轴。

7.2.2 轴向刚度试验

试验方法应根据要求而定。

a) 当负荷从 F_U 逐渐增加到 F_V 时,对应的弹簧高度从 L_U 变到 L_V ,弹簧刚度为:

$$K_s = \frac{F_V - F_U}{L_U - L_V} \dots\dots\dots (4)$$

注:刚度值是根据负荷差及响应的高度差获得。

b) 通过负荷变形量和公差带曲线求轴向刚度。

通过逐步增加负荷从 F_U 到 F_V ,并记下对应的弹簧高度而得到刚度值。整个记录过程中每次力的增量应足够小或用电子装置连续记录。

7.2.3 蠕变试验

弹簧在公差为 $\pm 1\%$ 的轴向力 F_B 作用下,为判定其蠕变量,试验应延续到弹簧高度的变化达到稳定时。当弹簧在 24 h 内高度的减少量少于第一个 24 h 减少量的 1/10 时,可认为变形稳定,试验结束。

试验开始前测得弹簧高度为 L_B ,定时记下的变形量,直到变形稳定试验结束。蠕变量就是试验前后弹簧的高度差。蠕变曲线见图 7。

上述全部试验可应用于产品的鉴定,弹簧在不变的轴向力 F_j 作用下,一般经 96 h 后,其高度达到稳定。

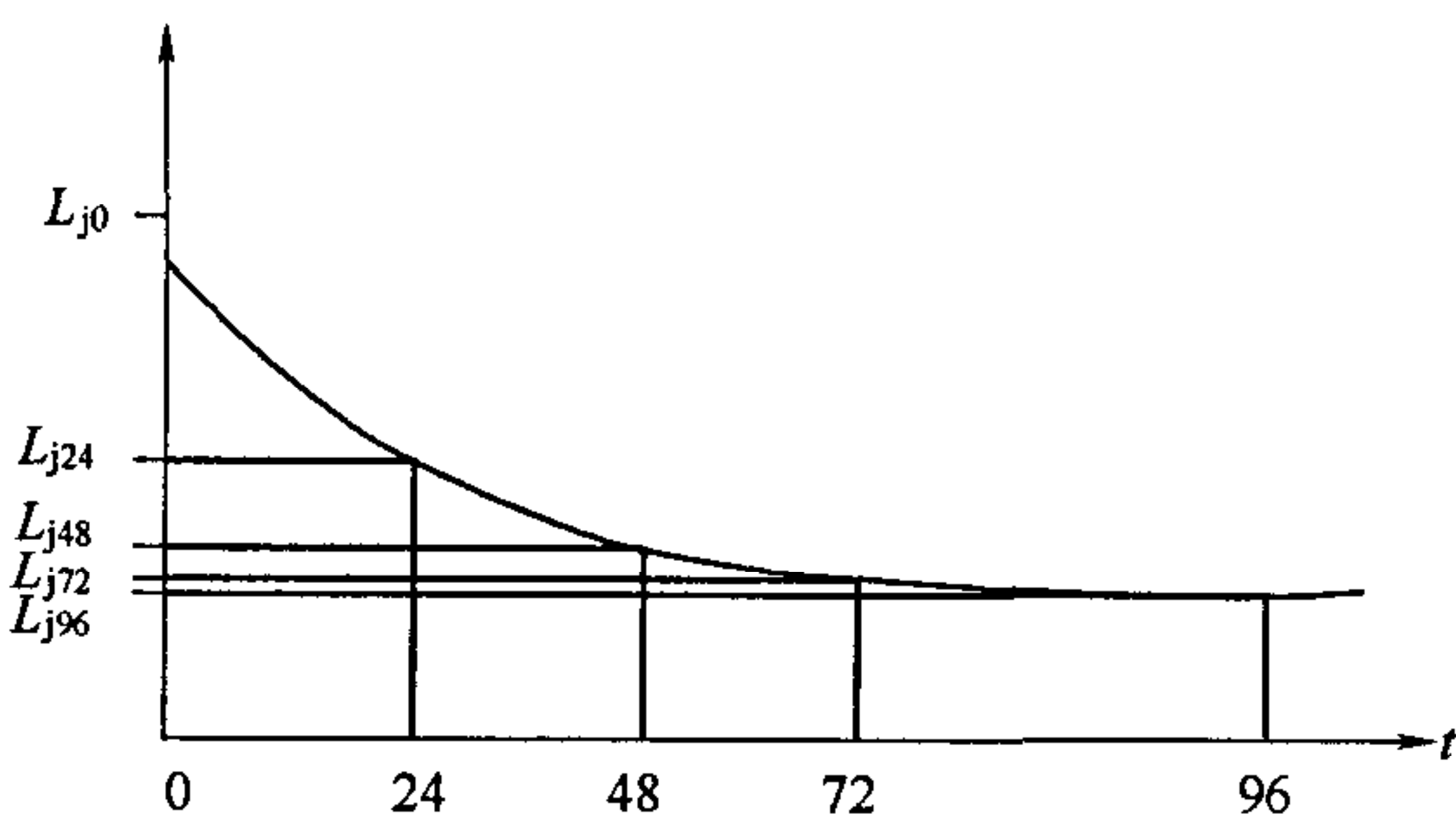


图 7 蠕变曲线示意图

7.3 横向刚度试验

在技术要求中应规定各种性能试验和试验仪器。为能最好地模拟弹簧安装在悬挂装置中的状态,建议如下:

- 上下支承板应保持平行,且不能绕弹簧的轴线旋转;
- 上下支承板配备有指定直径和高度的定心装置(与弹簧在悬挂系统中实际工作一致);
- 允许其中一个支承板在 $x-y$ 平面内自由移动(一般是下支承板可以移动)。

可以采用图 8 所示的试验装置。

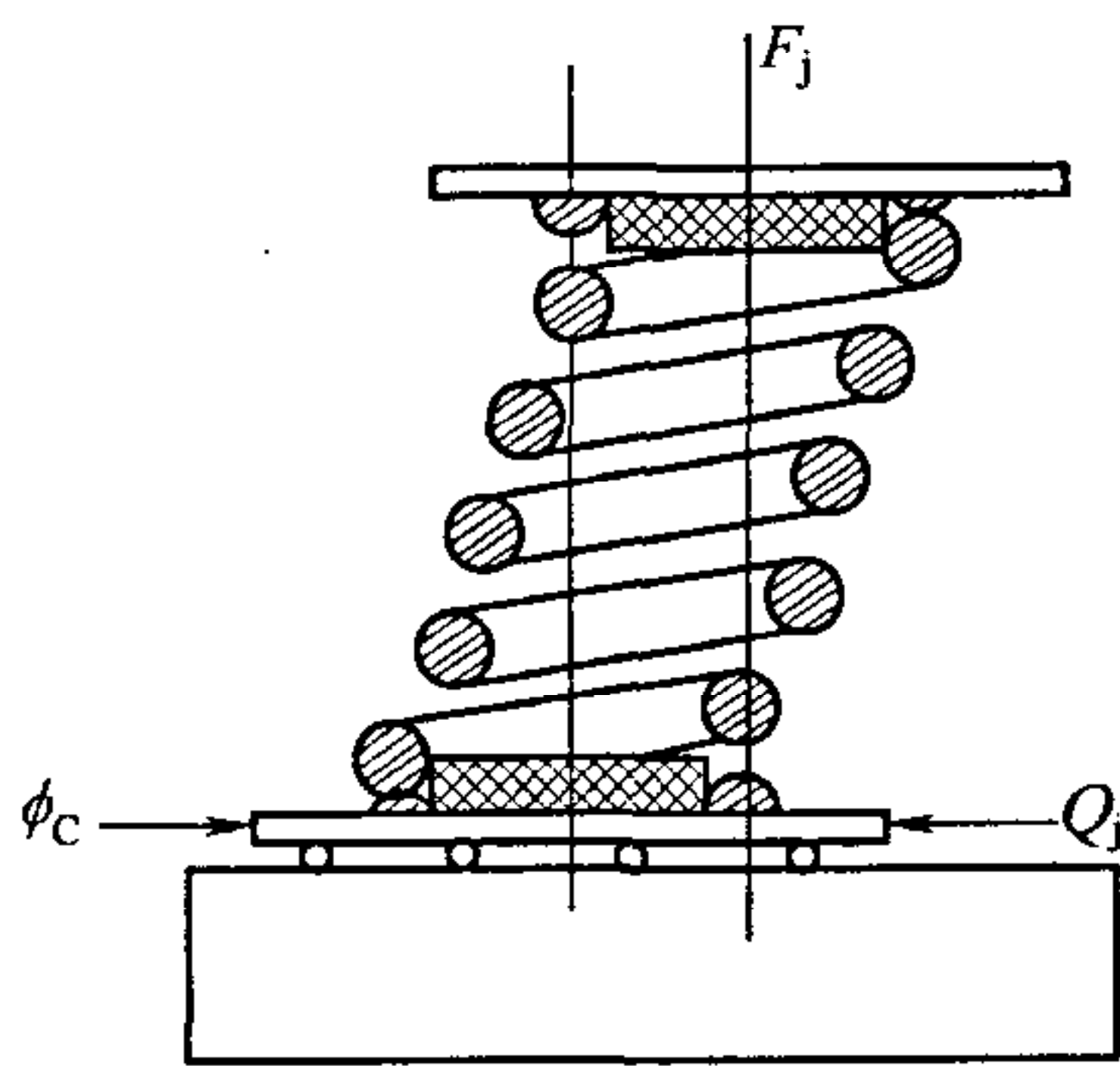


图 8 试验装置示意图

试验期间,弹簧上下支承板应保持平行,轴向力 F_j 保持常数,在 $\pm 1\%$ 的公差范围内。

试验方法如下:

- 给弹簧施加静态轴向力 F_j ;
- 使弹簧下支承板向弹簧弯曲方向偏移,按 5.2.3.3;
 - 偏移量从 0 到 r_{A1} 时,测量对应的横向力 Q_{A1} ;
 - 偏移量从 r_{A1} 到 r_{B1} 时,测量对应的横向力 Q_{B1} 。
- 回复到平衡位置;
- 使弹簧下支承板向弹簧弯曲相反的方向偏移,按 5.2.3.3;
 - 偏移量从 0 到 r_{A2} 时,测量对应的横向力 Q_{A2} ;
 - 偏移量从 r_{A2} 到 r_{B2} 时,测量对应的横向力 Q_{B2} 。
- 回复到平衡位置。

横向静刚度可按公式(5)计算:

$$K_t = \frac{1}{2} \left| \frac{Q_{B1} - Q_{A1}}{r_{B1} - r_{A1}} + \frac{Q_{B2} - Q_{A2}}{r_{B2} - r_{A2}} \right| \dots\dots\dots (5)$$

r_A 、 r_B 的值应在技术要求中规定:

$$r_A = |r_{A1}| = |r_{A2}|$$
$$r_B = |r_{B1}| = |r_{B2}|$$

7.4 横向自由偏移或弯曲

横向自由偏移试验在 7.3 中规定的装置上进行。双方应对试验内容、标记和记录详情协商一致。

试验方法如下:

- 弯曲方向的判定(横向自由变形方向)。弯曲方向是指弹簧只受静态轴向力 F_j 作用时,下支承板移动的方向(见图 8)。
- 弯曲力 ϕ_c 的判定(横向自由变形力)。 ϕ_c 是指在弹簧只受静态轴向力 F_j 的作用时,使下支承板回到初始中心位置所需要的力。

注:若图 8 中下支承板只能在一个方向移动,则每测一次后弹簧转一个角度(可取 45°)再测,取移动量最大的方向就是弹簧横向自由变形方向。对应可测得弹簧横向自由变形力。

7.5 几何特性试验

7.5.1 直 径

除非技术要求中另有规定,直径 D_e 、 D_i 在弹簧自由状态下测量。

7.5.2 基准高度

基准高度 L_A 的测量按 5.2.2.2 和 7.2.1 的规定。

7.5.3 空间要求

根据弹簧的工况,弹簧包容空间的检查可以用下述方法 a) 或者方法 b) 或者同时使用 a)、b) 两种

方法。

a) 只有轴向力的作用,在测量时:

——弹簧上下支承板应保持平行、同轴,不能旋转;

——使用的轴向力应保持在 $\pm 1\%$ 的公差内。

在依次施加静态轴向力 F_A 和 F_B ,弹簧达到稳定时,检查弹簧所需空间。

按 5.1 的要求,在技术要求中应规定 F_A 和 F_B 的值。试验条件(外环或内挡环定位)应与实际工况一致。

b) 支承板偏移的情况下,在测量时:

——弹簧支承板应保持平行、同轴,不能旋转;

——使用的轴向力及横向力应保持在 $\pm 1\%$ 的公差内。

在有静态轴向力 F_j 和支承板有偏移 r_B 时,检查弹簧所需空间。

按 5.1 的要求,应在技术要求中规定 F_j 和 r_E 的值。试验条件(外环或内挡环定位)应与实际工况一致。

7.5.4 端圈形式

端圈并紧、磨平、定节距的圆柱螺旋弹簧,其端圈形式的检查应符合附录 A.3 的规定。

特殊弹簧端圈形式的检查方法应在技术要求中规定。

7.6 产品要求

7.6.1 表面质量

7.6.1.1 总 则

弹簧的表面质量应在喷丸处理前后(没有表面保护层)按 5.3.2.2 进行目测检验。

7.6.1.2 棒料的表面质量

棒料的表面质量应按 GB/T 10610—2009 的规定检查。

7.6.1.3 弹簧的表面质量

弹簧表面质量通过磁力探伤检查,应按本标准附录 B 的规定。若弹簧表面质量要求作其他特殊的检验,则试验条件应在技术要求中明确规定。

7.6.2 表面压应力

表面压应力的测量方法应由需方与制造厂双方协商确定。可用的方法之一是在弹簧上用 X 射线衍射法进行测量。

用喷丸处理产生的表面压应力,也可用 TB/T 1758 规定的方法测定。任何其他验证喷丸处理效果的测试方法应由用户与制造厂双方协商确定。

7.6.3 脱 碳

按 GB/T 224—2008 的测定方法,从弹簧上截取一段材料作样品,检查脱碳。

7.6.4 晶粒大小

按 GB/T 6394—2002(或 ASTM E112)的测定方法,从弹簧上截取一段材料,在其横截面上进行金相试验测定晶粒度。

7.6.5 内部质量

除非技术要求中另有规定,棒料内部缺陷应通过超声波检验。直径小于或等于 20 mm 的钢棒不需检验,与弹簧的类别无关。

应采用直径为 10 mm、频率为 5 MHz 的探头对整个棒料作横向超声波检验。必要时,应提供内部质量的检验证明。

7.6.6 化学成分

除非技术要求中另有规定,断面的化学成分通过材料分析确定。取样条件应符合 GB/T 20066—2006 的规定。

7.6.7 夹杂物含量

按 GB/T 10561—2005 的规定的检测方法检测夹杂物的含量。验收标准和试验方法应符合 GB/T 10561—2005 的规定。

除非技术要求中另有规定外,试验应取自与弹簧材料同一批棒料。

7.7 力学性能要求

7.7.1 硬度

弹簧硬度(表面和内部)通过洛氏硬度方法试验。也可用布氏或维氏硬度方法替代,不同方法得到的硬度值应通过 ISO/TR 10108—1989 进行换算。表面硬度试验应在弹簧上进行。

除技术要求中另有规定外,试样应取自用来制造弹簧的棒料,且与弹簧有相同的热处理工艺。

7.7.2 抗拉强度

材料屈服强度的测试应按 GB/T 228—2002 的规定进行,制取试件应符合 EN 10083.1 的规定。

除技术要求中另有规定外,试样应取自与制造弹簧相同的棒料,且与弹簧有相同的热处理工艺。

7.7.3 冲击韧性

除技术要求中另有规定外。

——冲击韧性试验应按 GB/T 229—2007 的规定进行,制取试件应符合 EN 10083.1 的规定;

——试样应取自用来制造弹簧的棒料,且与弹簧有相同的热处理工艺。

7.8 表面保护

依据弹簧试验的形式和尺寸,试样应是弹簧本身或用标准试样。

在盐雾试验中,耐腐蚀能力的检验应按 GB/T 10125—1997 的规定。其评估标准应按 GB/T 6461—2002 的规定。

7.9 疲劳试验

弹簧的疲劳试验应按附录 C 的规定。

8 产品质量

8.1 产品鉴定程序和样品

在下列情况下,制造厂应进行产品鉴定:

- a) 新生产厂制造的弹簧;
- b) 合格厂生产的新弹簧(弹簧至少有一个特性与已取得认证的弹簧不同);
- c) 合格厂生产,但弹簧的生产条件已改变(按新的技术要求);
- d) 合格厂生产,但工艺过程有改变,包括棒料工艺过程的改变。

作为资格认证所要求的所有样品弹簧,应来自同一生产批量(相同的原材料及相同的制造工艺)。

样品应能代表弹簧的实际制造工艺。

样品应不少于包括一台机车或车辆所需的弹簧数目,并应在技术要求中规定。

弹簧鉴定程序包括两个阶段:

阶段一:检查技术要求与 6.1 的要求是否一致;

阶段二:检查技术要求与第 5 章、第 6 章中规定的所有特性是否一致。

鉴定程序阶段二中除新制造厂提供的弹簧外,合格制造厂的弹簧的检查项目可根据该厂有效的质量保证体系进行简化。例如,制造厂正在使用的材料数据、防腐体系特性等。

在任何情况下,简化的鉴定程序应在用户和制造厂之间协商。

若能满足以下全部条件,则授予产品资格证书:

——用户认可技术要求[阶段一];

——弹簧特性符合本标准要求及技术要求的规定[阶段二]。

产品认证后,设计、生产程序、制造厂的任何变化,在生产前应告诉用户。

用户可以取消产品的认证。下列情况可以取消产品的认证：

- 中断生产多于一年；
- 弹簧非偶然的运用失效。

用户可要求制造厂去申请资格认证和需要认证的项目。

8.2 产品抽样

同一批次是指根据相同的技术条件、相同的生产工艺及相同的材料(同一炉号)制造的弹簧。应按表6的要求进行检查。

若技术要求中没有规定取样计划,则某些特性的统计控制应按表7规定的检查数目完成。

表6 根据弹簧类型要求完成的检查和检验项目

要求检验的特性	所在章节	型式检验		出厂检验	
		A类	B类	A类	B类
基准高度	7.5.2	√	√	√	√
轴向刚度	7.2.2	√	√	√	√
横向刚度	7.3	√		√	—
弯曲(方向、力、角度)	7.4	√		√	—
材料截面		√	√	—	—
弹簧直径	7.5.1	√	√	—	—
空间要求	7.5.3	√	√	—	—
端圈形式	7.5.4	√	√	—	—
接触线长度	A.4	√		√	—
垂直度	A.5	√	√	√	√
表面质量	7.6.1	√	√	√	√
表面保护	7.8	√	√	—	—
内部质量	7.6.5	(2)	(2)	(2)	(2)
夹杂物含量	7.6.7	√ ^①	√ ^①	—	—
化学成分	7.6.6	√ ^①	√ ^①	(1) ^①	(2)
脱碳	7.6.3	√ ^①	√ ^①	(1) ^①	(1) ^①
晶粒大小	7.6.4	√ ^①	√ ^①	(1) ^①	(1) ^①
表面硬度	7.7.1	√ ^①	√ ^①	(1) ^①	(1) ^①
芯部硬度	7.7.1	√ ^①	√ ^①	—	—
抗拉强度	7.7.2	√ ^①	√ ^①	—	—
冲击韧性	7.7.3	√ ^①	√ ^①	—	—
表面压应力	7.6.2	√ ^①	√ ^①	—	—
疲劳试验	7.9	√	√	—	—
标记	9	√	√	—	—
注1:每炉号检查1项。					
注2:钢厂检查合格证。					
① 用户和生产厂之间达成协议,这些试验项目可以在弹簧或按弹簧相同的工艺制作的棒料上取的样件上进行。					

表 7 为统计检查所需的样品数量 单位为个

每批弹簧数量	≥10 ~ ≤50	≥51 ~ ≤150	≥151 ~ ≤300	≥301 ~ ≤500	≥501 ~ ≤800	≥801 ~ ≤1 300	≥1 301 ~ ≤2 000	≥2 001 ~ ≤3 000
检查的弹簧数量	2	4	6	8	12	16	20	30

8.3 型式检验和出厂检验

8.3.1 检验项目

型式检验和出厂检验应按表 6 规定。

8.3.2 文 件

文件的可追溯性应符合适当的质量控制体系(见参考文献)。制造厂应向用户或用户代表提供全部文件以便检验工艺过程。这些文件应包括热处理炉的加热规程和图表、喷丸处理的效果数据等。

需提供的文件的范围应在订单中规定。

8.4 产品不符合性

若出现不符合的情形,则应按以下规则:

单个检查时:拒收该弹簧。

根据批量检查时:拒收相应的整批弹簧。

在这种情况下,应在用户和制造厂之间规定一项专门的控制计划和验收标准(单个控制、纠正措施等)。

9 标 记

每根弹簧应有永久性的标记,并应在使用过程中清晰可见(标志带或印在弹簧末端等方式)。标志体系应由用户认可。

标记应包括以下内容:

- 制造厂标识或代码;
- 生产日期(年、月);
- 横向弯曲(角度、力、方向),仅适用 A 类弹簧;
- 用户要求的其他标识。

10 包 装

弹簧应单个或整批包装,以免运输中损坏。

包装时,至少应标明以下标志:

- 制造厂标识;
- 商品重量;
- 商品数量;
- 商品的名称。

附 录 A
(规范性附录)

圆钢制成的等节距、端部并紧并磨平的圆柱螺旋压缩弹簧

A.1 概 要

本附录规定了悬挂装置钢制螺旋弹簧几何尺寸特性,圈间距离。

适用于具有如下特征的悬挂弹簧:

- 圆柱弹簧;
- 等节距;
- 圆钢制成;
- 端圈并紧、磨平。

A.2 内、外直径

A.2.1 定 义

圆柱弹簧内径 D_i 、外径 D_e 的定义见图 1 弹簧轴向特性示例。

根据弹簧在悬挂系统中的安装条件,技术要求中应明确规定 D_i 及其公差或外径 D_e 及其公差。

若 D_i 、 D_e 未注明公差,则按表 A.1 的规定。

表 A.1 D_i 、 D_e 的公差 单位为 mm

直 径	公 差
D_i	$D_i \pm 1.5\%$
D_e	$D_e \pm 1.5\%$

A.2.2 数值要求

内径 D_i 、外径 D_e 应符合技术规范。

A.2.3 操 作

内、外径数值应直接从弹簧上测得。

A.3 弹簧的端圈

A.3.1 端圈形式

本附录规定的弹簧端圈形式应符合 ISO 2162.2:1996 的 D 型。

A.3.2 端圈的末端

端圈的末端要求:

a) 数值要求

除技术要求中另有规定外,两个端圈末端经磨平后,其厚度应在 3 mm 至棒材截面公称尺寸的 1/4 之间。

b) 操作

弹簧末端厚度应直接从弹簧上测得。

A.4 接 触 线

A.4.1 特 性

末圈和邻近的有效圈之间的接触线长度随所受轴向力大小而变化。

A.4.2 数值要求

按 5.2.3.1 规定,当弹簧受静载荷 F_V 时,弹簧上下两个端圈接触线长度为中径 D 的 0.33 倍,至少

应到达 20 mm。

A. 4.3 操 作

接触线长度数值应直接从弹簧上测得。

试验要求如下：

a) 试验条件：

试验过程中,弹簧端圈应保持平行和同轴。

b) 试验方法：

弹簧应受轴向压缩载荷,包括以下步骤：

——轴向载荷从 0 增加到 F_v ；

——使载荷 F_v 保持在 $\pm 1\%$ 的范围内；

——测量接触线的长度。

注:本测量可以在测轴向刚度(见 5.2.3.1)的同时进行。

A. 5 几何公差

A. 5.1 定 义

本附录规定的弹簧两个端圈应互相平行,且垂直于弹簧轴线。

技术要求中应规定端圈相对弹簧轴线的最大允许垂直度的偏差。

弹簧若未注明垂直度偏差,则其自由状态时的垂直度偏差可按如下取值；

——弹簧自由高度 $L_0 \leq 150$ mm 偏差 $p \leq 2\% L_0$ ；

——弹簧自由高度 $L_0 > 150$ mm 偏差 $p \leq 1.5\% L_0$ 。

A. 5.2 数值要求

弹簧端圈的垂直度偏差应小于或等于技术要求中规定的最大值。

A. 5.3 操 作

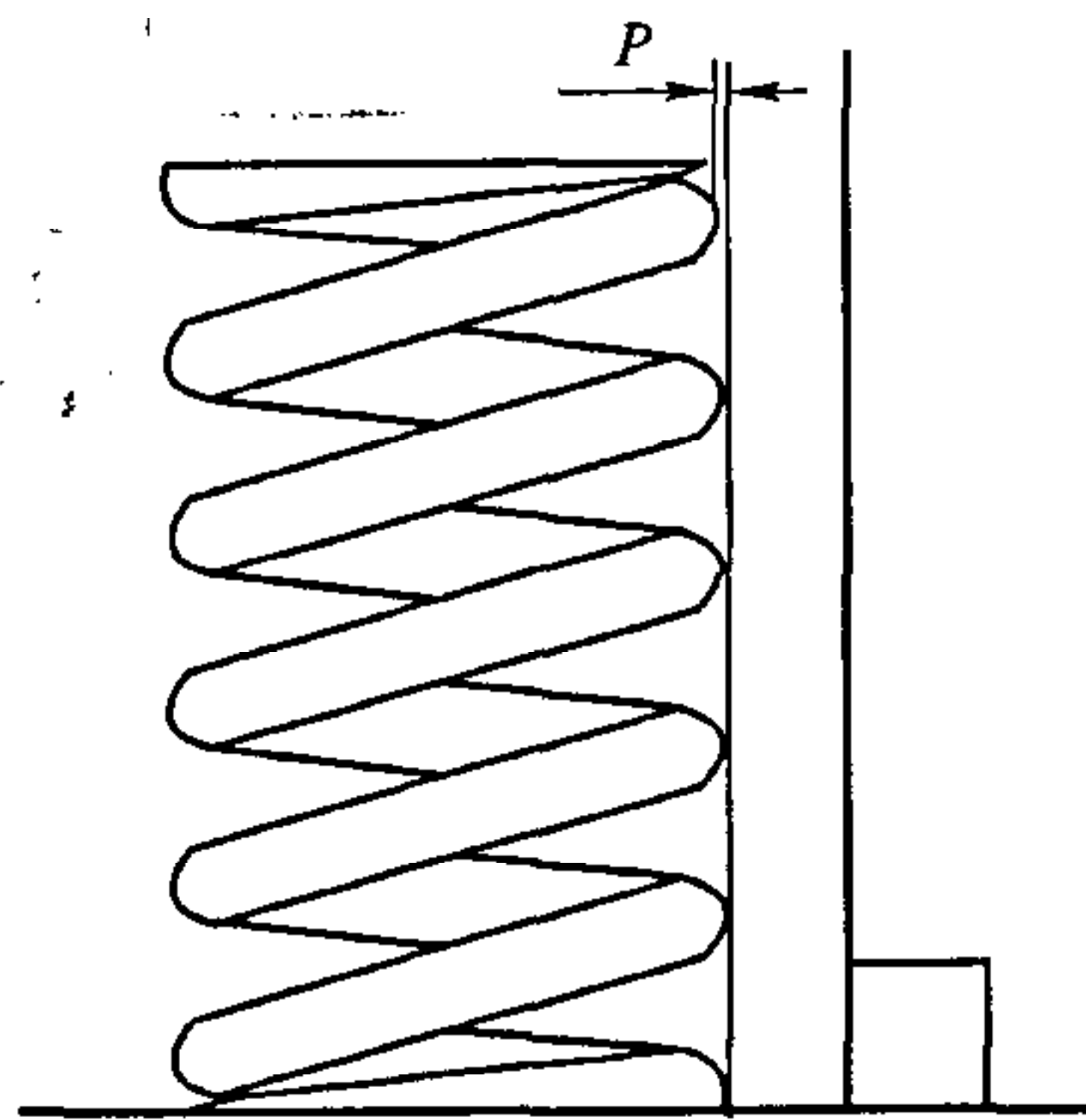
垂直度数值应从弹簧上测得。

测量方法：

端圈的垂直度偏差通过直角尺按以下的规定测量。

弹簧放置在一个平面上,且靠着此平面上的一垂直杆。然后,旋转弹簧,直到找到最大偏移所在的位置(见图 A.1)。

测试应对弹簧两个端面分别进行。



说明：

P ——最大偏差。

图 A.1 垂直度测量示意图

A. 6 簧圈间的间距

A. 6.1 方 法 1

方法 1 的规定如下：

a) 定义

方法 1 可以用于确定圆柱螺旋压缩弹簧有效圈之间的间距,该弹簧具有不变的节距,由圆钢制成,末端并紧、磨平。

有效圈之间的距离由间隙系数确定,间隙系数表示簧圈间的距离与簧条直径的关系。

间隙系数应用下列公式确定:

$$\alpha = \frac{L_j - (n + 1)d}{n \times d} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$$n = \frac{G \times d^4}{K_s \times (D_i + D_e)^3} \dots\dots\dots (A.2)$$

注:公式中用到的符号定义见 3.2。

技术要求中应规定,当弹簧受确定的静载荷 F_j 时,其间隙系数的最小值。

对于安装在机车车辆上的弹簧,除考虑轴向负荷外,还要考虑其承载的具体情况(指有无横动)。

建议使用表 A.2 规定的数值:

表 A.2 间 隙 系 数

轴向载荷	弹簧类型	α_{min}
F_j	A	0.4
F_j	B	0.3

除非技术要求中另有规定:力 $F_j = F_B$

载荷 F_B 分别由下式求得:

机车: $m_{vom} \times g$;

客车: $(m_{vom} + 1.2 \times C2) \times g$;

货车: $(m_{vom} + 1.2 \times C3) \times g$ 。

其中: m_{vom} :机车或车辆的簧上质量;

注:vom 为机车车辆正常运行符号。

C2:按 TB/T 1335—1996 规定的客车承载质量;

C3:车辆可承载的最大质量。

b) 数值要求

间隙系数应与技术要求中规定的值相一致。

c) 试验方法

间隙系数数值应从弹簧上直接测得。

先测量弹簧的 L_j 、 d 、 D_i 、 D_e 及 K_s ,再用公式 A.1 和 A.2 求出间隙系数。

当受轴向静载荷 F_j 、弹簧高度为 L_j 时,应按 7.2.1 规定的方法测量。

轴向静刚度 K_s 的测定按 7.2.2 规定的方法。

A.6.2 方 法 2

方法 2 的规定如下:

a) 定义

方法 2 是在弹簧受载荷 F_j 作用下,分别测量其压并高度 L_c 、最小允许高度 L_M 、确定整个弹簧圈间剩余变形量 Σe 的基础上算出的。

剩余变形量为:

$$\Sigma e = L_M - L_c \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$$L_c \leq d \times (n_t - 0.3) \dots\dots\dots (A.4)$$

注： d 包括圆钢直径的允许公差以及表面保护层的厚度。

最小 Σe 值应在技术要求中规定。

对于 B 类弹簧,以及 $r_j/D = 0.05$ 和 $L_M/d \geq 2$ 情况下的 A 类弹簧,建议用以下的剩余变形量:

$$\Sigma e \geq 0.02 \times D_e \times n \dots\dots\dots (A.5)$$

对于其他 A 类弹簧,可以采用下列推荐值:

$$\Sigma e \geq 0.04 \times D_e \times n \dots\dots\dots (A.6)$$

剩余变形量应根据弹簧的横向位移量和细长比而定。

b) 数值要求

剩余变形应与技术要求中规定的值相一致。

c) 试验方法

试验按 7.2.1 的规定进行,将弹簧先压缩到最小允许高度 L_M ,然后再压缩到压并高度 L_C ,计算出两者的高度差,即为剩余变形量。该试验应在弹簧表面防护处理前进行。如弹簧由于设计原因不能压缩到压并高度,可通过计算获得剩余变形量。

附录 B
(规范性附录)

圆钢棒材螺旋弹簧表面缺陷的磁力探伤

B.1 概 要

本附录规定了用磁力探伤方法检查钢棒材料卷制的螺旋弹簧表面完整性时的应用条件。

B.2 方 法

为探测平行于棒条轴向的缺陷(纵向缺陷)及垂直于轴向的缺陷(横向缺陷),需要两种磁化方法。

——纵向缺陷:由沿着弹簧纵轴方向电流磁化;

——横向缺陷:由通过辅助导体的电流磁化,辅助导体置于弹簧螺旋线的轴线上。

使用的检查装置应能够在前面指出的方向上产生环状磁化,每个磁化方向的磁场强度至少是 3 kA/m。磁感应水平通过磁化电流的强度识别。

缺陷可通过含有荧光粉的磁性溶液探测,溶液不应对检查部分产生有害影响。检查应在辐射照度大于或等于 15 W/m² 的紫外线光下进行,并在距离 0.3 mm 处测量。周围环境的光照度应小于或等于 10 lx(勒克斯)。

系统灵敏度检验应在现场进行,包括测量场强和使用已知类型、位置、尺寸和分布的真实缺陷的参考环体。如不能满足这些条件,可以使用人工制造缺陷的参考环体。

注:与上述不同方向的缺陷可以用相同的方法探测,但应使用更大的磁场强度。在此情况下,纵向缺陷和横向缺陷不能出现规律性差异。

B.3 特别预防

在弹簧末端用电极时应特别注意,避免电流通过弹簧而引起的任何电弧。

电流通过后,弹簧尤其是末端可能留有很大的残余磁场,检查后应退磁。退磁允许用交流电通过弹簧圈。电流应稳定地从最大值减到零。经过此操作后,弹簧表面任何一点的残余磁场不应超过 0.3 kA/m。

附 录 C
(规范性附录)
悬挂装置钢制螺旋弹簧的疲劳试验

C.1 试验要求

对于只承受轴向载荷的弹簧(B类弹簧),只进行轴向疲劳试验。

对于要同时承受轴向载荷和横向载荷的弹簧(A类弹簧),要在轴向及横向两个方向分别进行疲劳试验。

疲劳试验机应采用正弦(或近似正弦)的力或位移加载。精度应在1.5级以上。

疲劳试验机应有自动记数功能,到设定的次数后能自动停机,以及当弹簧折断后有自动停机功能,以确保安全。

悬挂系统中,二系高圆螺旋弹簧的上下端有时带有橡胶垫。在做垂向疲劳试验时,允许将弹簧与橡胶垫组装(与车上实际情况相同)后一起作疲劳试验,也可不带橡胶垫作试验;但在做横向疲劳试验时,应将橡胶垫与弹簧组装(与车上实际情况相同)后一起做试验,因为有无橡胶垫时弹簧的应力相差甚大。

C.2 垂向疲劳试验

试验时,受试弹簧装在专用支座上,应与机车车辆上实际安装条件相同(特别是定位装置的型式、直径和高度)。在试验期间上下支承间保持平行、同轴。

试验载荷为: $F_j \pm kF_j$

式中:

F_j ——弹簧轴向静载荷;

k ——动载系数,除技术要求另有规定外,机车、客车取 $k=0.25$;货车取 $k=0.4$ 。

试验频率为:1 Hz ~ 5 Hz。

循环次数为:机车、客车不低于 2×10^6 ;货车不低于 3×10^6 。

加载方法:先施以等于静载荷的预加载荷,再逐渐施加动载荷至规定的数值及频率,待力(或位移)的示数稳定后,开始记录疲劳试验的循环次数。

试验应连续进行,除改变工况或正常检查试验机外不应任意停机。停机原因及停机时间应作记录。

带橡胶垫试验的弹簧若橡胶垫失效或破裂时允许停机更换橡胶垫后继续进行试验。

C.3 横向疲劳试验

试验时一般为弹簧上端固定,下端可以在一个方向任意滑动(见图 C.1)。试验期间弹簧上下支承面应保持平行。在垂向加载至轴向静载荷 F_A 的条件下再加横向载荷,横向加载常用横向位移表示。除技术要求中另有规定外,可按表 C.1 的加载方式。

表 C.1 加载方式

序号	模拟工况	横向加载位移	频率	循环次数
1	通过特小半径曲线	横向大位移 $r_{A1} = \text{设计最大横向位移量} \times 0.9$	0.5 Hz ~ 2 Hz	1×10^4
2	通过大半径曲线	横向位移 $r_{A1} = \text{设计最大横向位移量} \times 0.5$	1 Hz ~ 3 Hz	30×10^4

试验应先做大载荷工况,后做小载荷工况。

试验应连续进行,除改变工况或正常检查试验机外不应任意停机。如有停机,应记录停机原因及停机时间。

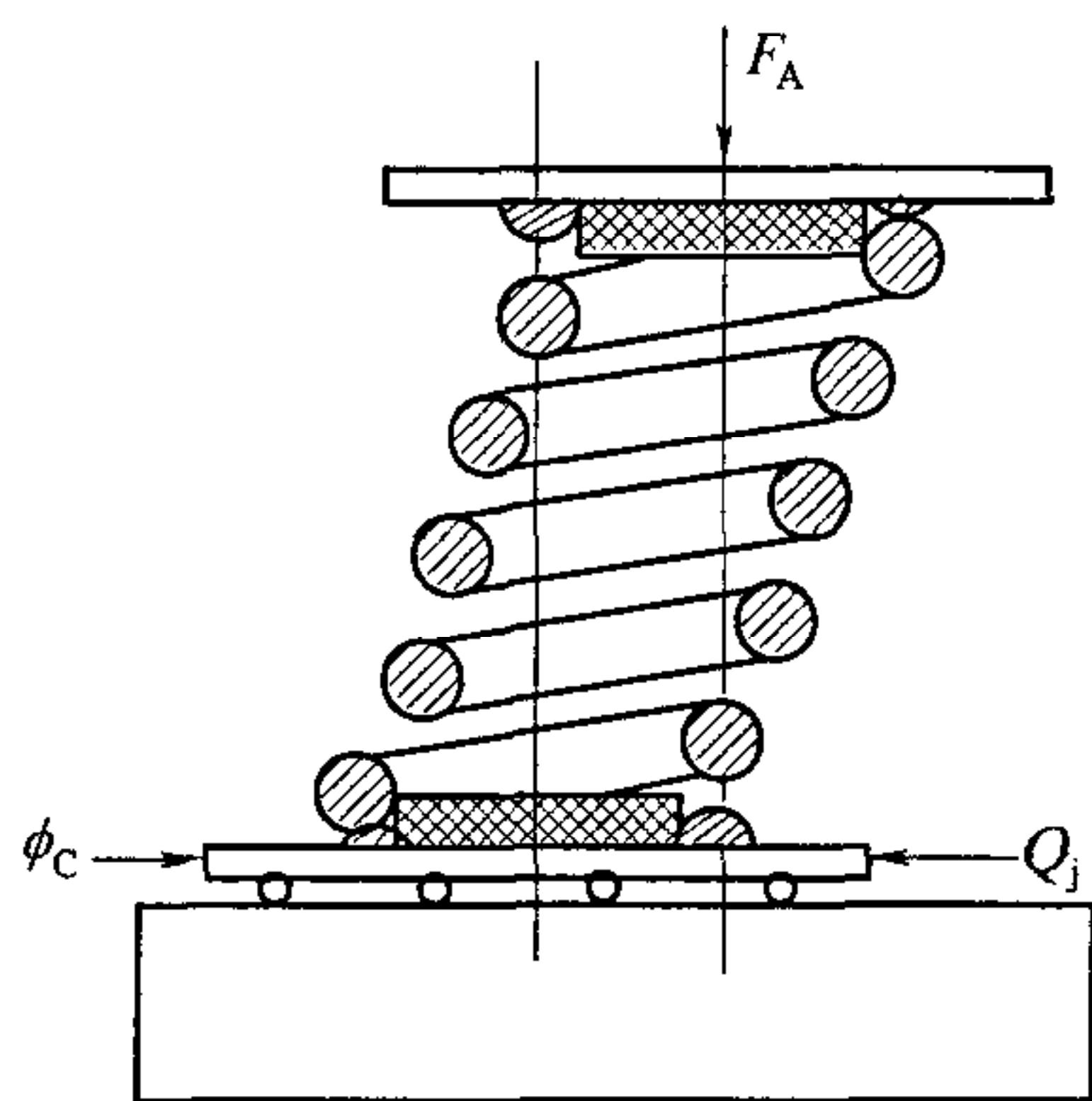


图 C. 1 横向疲劳试验装置示意图

带橡胶垫试验的弹簧若橡胶垫失效或破裂时允许停机更换橡胶垫后继续进行试验。

C. 4 疲劳试验后的检查

弹簧经垂向及横向疲劳试验后不应出现疲劳裂纹和断裂。

应检查弹簧的永久变形,试验前后弹簧的自由高差小于等于 0.5 mm。

橡胶垫不应出现裂纹,橡胶与金属接合处不能有发黏及脱离现象,如出现这些情况应视作橡胶件不合格,允许更换橡胶件后继续试验直至疲劳试验结束。

试验应从一批产品中随机抽取两个(或两个以上)试样弹簧,两个试样弹簧应都合格。若两个试样都不合格,则该批弹簧视为不合格。只有一个不合格时允许复验。复验是在同批弹簧中再任选两个弹簧作疲劳试验,两个同时合格该批弹簧才算合格。

参 考 文 献

[1] UIC 822—1985 供动车和拖车用的热卷或冷卷螺旋压缩弹簧的技术条件
[2] EU 18—1979 钢和钢产品的样本及试样的选择和准备
[3] EU 89—1971 用于热成形弹簧的合金钢质量要求
[4] EU 103—1987 铁和钢 铁素体低倍组织检查或钢奥氏体晶粒大小的检查

中 华 人 民 共 和 国
铁道行业标准
机车车辆悬挂装置钢制螺旋弹簧
Steel helical spring of suspension mechanism for rolling stock
TB/T 2211—2010

*

中国铁道出版社出版、发行
(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174
中国铁道出版社印刷厂印刷
版权专有 侵权必究

*

开本:880 mm×1 230 mm 1/16 印张:2 字数:49 千字
2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷

*

