

ICS 21.160

J 26

备案号: 44408—2014

**JB**

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 11698—2013

## 截锥涡卷弹簧 技术条件

Volute springs—Technical specifications

2013-12-31 发布

2014-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布



## 目 次

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 前言                                     | II |
| 1 范围                                   | 1  |
| 2 规范性引用文件                              | 1  |
| 3 术语和定义                                | 1  |
| 4 结构型式                                 | 1  |
| 5 技术要求                                 | 2  |
| 5.1 总则                                 | 2  |
| 5.2 材料                                 | 2  |
| 5.3 尺寸及极限偏差                            | 2  |
| 5.4 压并高度                               | 3  |
| 5.5 弹簧特性                               | 3  |
| 5.6 热处理                                | 4  |
| 5.7 永久变形                               | 4  |
| 5.8 表面质量                               | 4  |
| 5.9 表面处理                               | 4  |
| 5.10 其他要求                              | 4  |
| 6 试验方法                                 | 4  |
| 6.1 硬度与脱碳                              | 4  |
| 6.2 永久变形                               | 5  |
| 6.3 内径或外径                              | 6  |
| 6.4 自由高度                               | 6  |
| 6.5 径向节距均匀度                            | 6  |
| 6.6 同轴度                                | 6  |
| 6.7 平行度                                | 6  |
| 6.8 弹簧特性                               | 7  |
| 6.9 表面质量                               | 7  |
| 6.10 表面处理                              | 7  |
| 6.11 其他                                | 7  |
| 7 检验规则                                 | 7  |
| 7.1 出厂检验                               | 7  |
| 7.2 弹簧检验项目分类                           | 8  |
| 7.3 检查水平                               | 8  |
| 7.4 抽样方案                               | 8  |
| 7.5 其他                                 | 8  |
| 8 标志、包装、运输和贮存                          | 8  |
| 附录 A (资料性附录) 矩形等截面材料的截锥涡卷弹簧验算 (示例) 和图例 | 9  |
| A.1 矩形等截面材料的截锥涡卷弹簧参数名称、符号及单位           | 9  |
| A.2 载荷系数 $k_1$ 、 $k_2$                 | 10 |
| A.3 验算示例                               | 10 |
| A.4 图例                                 | 16 |

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国弹簧标准化技术委员会(SAC/TC235)归口。

本标准负责起草单位：武汉市立通弹簧有限公司、中机生产力促进中心。

本标准参加起草单位：杭州弹簧有限公司、上海核工蝶形弹簧有限公司、中国恩菲工程技术有限公司。

本标准主要起草人：黄利、姜膺、姜晓炜、舒荣福、陆培根、沈子健、胡中新、程鹏。

本标准为首次发布。

## 截锥涡卷弹簧 技术条件

### 1 范围

本标准规定了热卷成形的矩形等截面材料的截锥涡卷弹簧的结构型式、技术要求、试验方法及检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于热卷成形的等螺旋角、等节距截锥涡卷弹簧（以下简称弹簧）。

对于变截面材料的截锥涡卷弹簧可参照使用。

### 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 钢的脱碳层深度测定法

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法（A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T 标尺）

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 1222 弹簧钢

GB/T 1805 弹簧术语

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 23934 热卷圆柱螺旋压缩弹簧 技术条件

### 3 术语和定义

GB/T 1805 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**等截面截锥涡卷弹簧** **constant section volute spring**

弹簧展开后在有效圈部位，横截面为矩形截面，且相邻截面相等。

#### 3.2

**变截面截锥涡卷弹簧** **variable cross section volute spring**

弹簧展开后在有效圈部位，横截面为矩形截面，且相邻截面渐变。

#### 3.3

**等螺旋角截锥涡卷弹簧** **equal spiral angle volute spring**

弹簧材料截面中心线的展开线为直线，在底平面上的投影为对数螺旋线。

#### 3.4

**等节距截锥涡卷弹簧** **equal pitch volute spring**

弹簧材料截面中心线的展开线为抛物线，在底平面上的投影为阿基米德螺旋线。

### 4 结构型式

弹簧典型结构型式如图1所示。图1 a) 所示为矩形等截面材料的等螺旋角截锥涡卷弹簧；图1 b)

所示为矩形等截面材料的等节距截锥蜗卷弹簧。

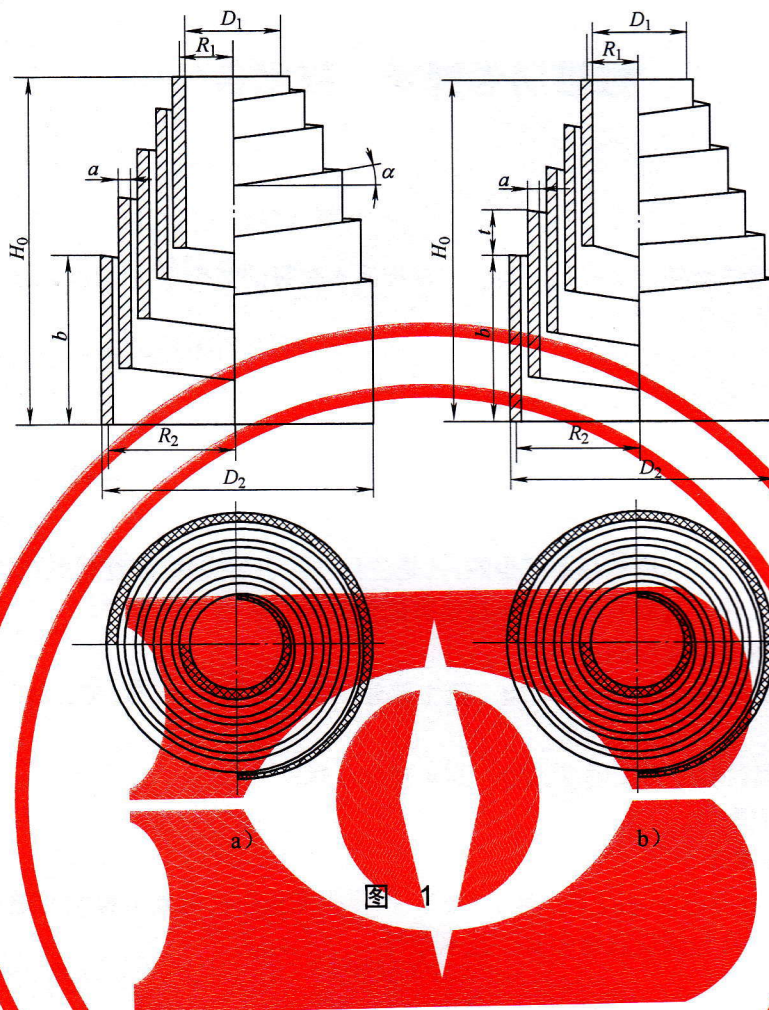


图 1

## 5 技术要求

### 5.1 总则

弹簧应符合本标准要求，并按经规定程序批准的弹簧图样及技术文件制造。

### 5.2 材料

5.2.1 弹簧材料采用 GB/T 1222 中规定的热轧硅锰弹簧钢和铬钒弹簧钢。若采用其他材料时，可由供需双方协议规定。

5.2.2 弹簧材质的质量应符合材料标准的有关规定，材质必须备有材料制造商的质量保证书，并经复检合格后方可使用。

### 5.3 尺寸及极限偏差

#### 5.3.1 内径及外径

弹簧内径及外径的极限偏差按表 1 的规定。

#### 5.3.2 自由高度

自由高度的极限偏差按表 2 的规定。当规定有弹簧特性要求时，自由高度作为参考。

表 1

单位为毫米

| 弹簧直径 | 精度等级                          |                               |
|------|-------------------------------|-------------------------------|
|      | 1 级                           | 2 级                           |
| 内径   | $\pm 0.030D_1$ , 最小 $\pm 2.0$ | $\pm 0.040D_1$ , 最小 $\pm 2.5$ |
| 外径   | $\pm 0.030D_2$ , 最小 $\pm 3.0$ | $\pm 0.040D_2$ , 最小 $\pm 3.5$ |

表 2

单位为毫米

| 精度等级 | 1 级                           | 2 级                           |
|------|-------------------------------|-------------------------------|
| 极限偏差 | $\pm 0.040H_0$ , 最小 $\pm 4.0$ | $\pm 0.050H_0$ , 最小 $\pm 5.0$ |

## 5.3.3 总圈数

当未规定弹簧特性要求时, 总圈数的允许偏差为 $\pm 1/4$ 圈; 当规定有弹簧特性要求时, 总圈数的允许偏差不作规定。

## 5.3.4 径向节距均匀度

弹簧在自由状态下, 有效圈之间不得接触。

## 5.3.5 端圈加工

弹簧两端面应磨平, 磨平部分的长度大于 $3/4$ 圈。

弹簧端圈支承部分进行制扁或刨削加工时, 制扁部分或刨削部分的长度应大于对应支承圈的 $3/4$ 圈, 材料的末端厚度不小于 $a/4$ 。

## 5.3.6 同轴度

弹簧在自由状态下, 弹簧大端外径与小端内径的同轴度由供需双方协商确定。

## 5.3.7 平行度

弹簧两支承面平行度公差按表 3 的规定。

表 3

单位为毫米

| 大端外径  | $\leq 100$ | $> 100 \sim 200$ | $> 200 \sim 300$ | $> 300$ |
|-------|------------|------------------|------------------|---------|
| 平行度公差 | 1.5        | 2.0              | 2.5              | 3.0     |

## 5.4 压并高度

弹簧的压并高度原则上不作规定。当需要规定压并高度时, 其压并高度 $H_b$ 为材料宽度。

## 5.5 弹簧特性

## 5.5.1 适用条件

本标准给出的弹簧特性的允许偏差应适用如下条件, 不符合下列条件的弹簧特性允许偏差由供需双方商定:

- a) 自由高度:  $\leq 400$  mm;
- b) 大端外径:  $\leq 400$  mm;
- c) 有效圈数:  $\geq 3.0$  圈;

d) 宽度与厚度比:  $>5$ 。

### 5.5.2 指定高度下的弹簧变形量

指定高度下的负荷, 弹簧变形量应在试验负荷下变形量的 20%~80%之间。

### 5.5.3 制定负荷下的弹簧变形量

指定负荷下的高度, 其对应的变形量应在试验负荷下变形量的 20%~80%之间。

### 5.5.4 弹簧特性允许偏差

#### 5.5.4.1 指定高度或变形量下的负荷的允许偏差按表 4 的规定。

表 4

单位为牛

| 精度等级 | 1 级         | 2 级         |
|------|-------------|-------------|
| 允许偏差 | $\pm 0.10F$ | $\pm 0.15F$ |

#### 5.5.4.2 指定负荷下的高度或变形量的允许偏差按表 5 规定。

表 5

单位为毫米

| 精度等级 | 1 级         | 2 级         |
|------|-------------|-------------|
| 允许偏差 | $\pm 0.10f$ | $\pm 0.15f$ |

### 5.6 热处理

5.6.1 弹簧成形后, 应进行淬火、回火处理, 淬火次数不得超过两次, 回火次数不限。

5.6.2 热处理硬度在 43 HRC~50 HRC (或 403 HBW~502 HBW) 范围内选取, 同一批弹簧的硬度范围应不超过 5 HRC (或 50 HBW)。

5.6.3 经热处理的弹簧, 其单边总的脱碳层深度 (在宽面检查) 为原材料标准规定的脱碳层度再增加材料厚度的 0.5%。

### 5.7 永久变形

弹簧成品的永久变形应不大于  $0.6\%H_0$ 。

### 5.8 表面质量

弹簧表面不得有裂纹、氧化皮及明显的毛刺、飞边等缺陷。允许表面有不大于材料厚度公差之半的微小凹坑。

### 5.9 表面处理

弹簧表面一般采用涂防锈漆处理。若需进行其他处理, 应在图样中注明。

### 5.10 其他要求

根据需要由供需双方协商规定, 弹簧验算和图例参见附录 A。

## 6 试验方法

### 6.1 硬度与脱碳

6.1.1 弹簧硬度按 GB/T 230.1 或 GB/T 231.1 的规定检验。

6.1.2 弹簧脱碳层深度按 GB/T 224 的规定检验。

6.1.3 弹簧硬度和脱碳层深度的测定可在随炉试块上进行, 其试块应与制作弹簧的材料批次相同。

## 6.2 永久变形

6.2.1 将弹簧用试验负荷压缩三次, 测量第二次和第三次压缩后自由高度的变化值。当试验负荷大于压并负荷时, 则该压并负荷被视为试验负荷。压并负荷最大值不得大于理论压并负荷的 1.5 倍。

6.2.2 弹簧压并负荷按公式 (1) 计算。当弹簧圈接触完全压并时,  $R=R_1$ 。

6.2.3 等螺旋角截锥涡卷弹簧压并负荷用公式 (1) 计算:

$$F_b = \frac{k_1 G b a^3 \alpha}{R_1^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$a$ ——材料厚度, 单位为毫米 (mm);

$b$ ——材料宽度, 单位为毫米 (mm);

$F_b$ ——试验负荷, 单位为牛 (N);

$G$ ——切变模量, 单位为兆帕 (MPa);

$k_1$ ——系数, 见表 A.2;

$R_1$ ——小端工作圈半径, 单位为毫米 (mm);

$\alpha$ ——螺旋角, 单位为度 ( $^\circ$ )。

6.2.4 等节距截锥涡卷弹簧压并负荷用公式 (2) 计算:

$$F_b = \frac{k_1 G b a^3 t}{2\pi R_1^3} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$t$ ——轴向节距, 单位为毫米 (mm)。

6.2.5 弹簧试验负荷按式 (3) 计算, 试验应力见表 6。

$$F_s = \frac{k_2 b a^2 \tau_s}{K' R_s} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$$K' = 1 + \frac{a}{2R_s}$$

$F_s$ ——试验负荷, 单位为牛 (N);

$k_2$ ——系数, 查表 A.2;

$K'$ ——曲度系数;

$R_s$ ——试验应力对应的半径, 单位为毫米 (mm);

$\tau_s$ ——试验应力, 单位为兆帕 (MPa)。

6.2.6 等螺旋角截锥涡卷弹簧在试验应力为  $\tau_s$  时, 其对应的半径  $R_s$  按公式 (4) 计算:

$$R_s = \frac{k_1 G a \alpha + a \sqrt{k_1^2 G^2 \alpha^2 + 2k_1 k_2 G \alpha \tau_s}}{2k_2 \tau_s} \dots\dots\dots (4)$$

6.2.7 等节距截锥涡卷弹簧在试验应力为  $\tau_s$  时, 其对应的半径  $R_s$  按公式 (5) 计算:

$$R_s = 0.4608 \sqrt{\frac{k_1 G a t}{k_2 \tau_s}} \cos \left( \frac{1}{3} \arccos 3.256 a \sqrt{\frac{k_2 \tau_s}{k_1 G a t}} \right) \dots\dots\dots (5)$$

表 6

单位为兆帕

| 材 料                                    | 硅锰弹簧钢、铬钒弹簧钢 |
|----------------------------------------|-------------|
| 试验应力 $\tau_s$                          | 880~1 100   |
| 注：硬度范围为下限时，试验应力则取下限；硬度范围为上限时，试验应力则取上限。 |             |

### 6.3 内径或外径

弹簧的小端内径和大端外径用分度值为 0.02 mm 的通用量具测量，内径以最小值为准，外径以最大值为准。

### 6.4 自由高度

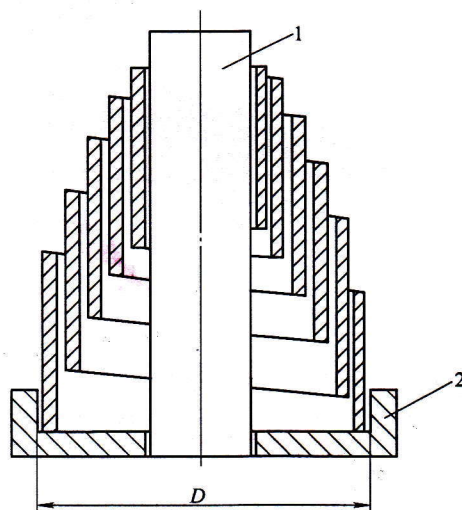
弹簧的自由高度用分度值为 1 mm 的金属直尺或其他通用量具测量，以其最大值为准。

### 6.5 径向节距均匀度

弹簧在自由状态下，弹簧有效圈间隙用目测或透光法检查。

### 6.6 同轴度

同轴度用专用底座、专用心轴进行检查。以弹簧的大端为基准放在专用的检验底座上，检验心轴应能自由通过小端内径及底座内孔，如图 2 所示。底座和心轴的尺寸及制造精度由供需双方商定。



说明：

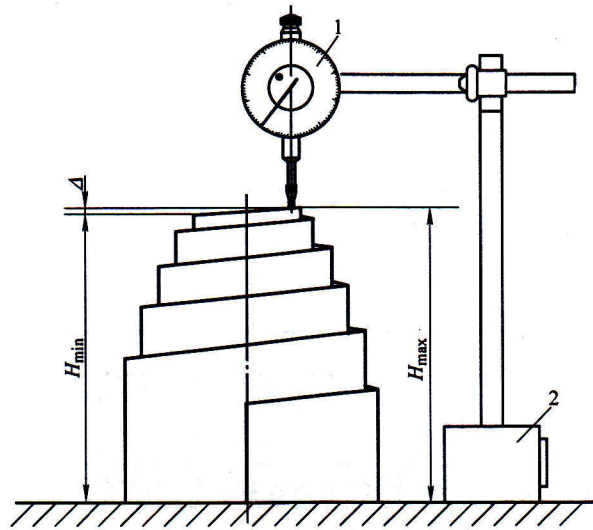
1—— $d$  检验心轴外径；

2—— $D$  检验底座内径。

图 2

### 6.7 平行度

平行度用 2 级精度平板和分度值为 0.01 mm 的百分表或专用量具测量，弹簧以大端为基准放在平板上，测量小端磨平部分的最高点  $H_{\max}$  与最低点  $H_{\min}$  尺寸，如图 3 所示，其差值  $\Delta$  即为平行度偏差。



说明:

1——百分表;

2——磁性表座。

图 3

## 6.8 弹簧特性

6.8.1 弹簧特性的测量应在精度不低于±1%的弹簧试验机上进行。

6.8.2 弹簧特性的测定,是将弹簧预压一次进行,预压高度为试验负荷相对应的高度或压并高度。

## 6.9 表面质量

一般采用目测或用5倍放大镜检查。

## 6.10 表面处理

弹簧表面处理按有关技术标准或协议规定进行。

## 6.11 其他

其他检验按图样及协议规定检查。

## 7 检验规则

### 7.1 出厂检验

7.1.1 弹簧应经制造商检验合格后方可出厂,并附有弹簧质量合格证。

7.1.2 弹簧出厂检验项目为:

- a) 硬度、脱碳;
- b) 永久变形;
- c) 弹簧特性;
- d) 外径、内径;
- e) 自由高度;
- f) 总圈数;
- g) 节距均匀度;
- h) 同轴度;

- i) 平行度;
- j) 表面质量;
- k) 表面处理。

## 7.2 弹簧检验项目分类

弹簧检查项目分类见表 7。

表 7

| A 缺陷项目                                  | B 缺陷项目    | C 缺陷项目                                 |
|-----------------------------------------|-----------|----------------------------------------|
| 硬度、脱碳                                   | 永久变形、弹簧特性 | 自由高度、外径或内径、同轴度、平行度、总圈数、节距均匀度、表面质量、表面处理 |
| 注: 有特殊要求时, 经供需双方商定, 疲劳寿命可作为 A 缺陷项目进行检查。 |           |                                        |

## 7.3 检查水平

弹簧产品检查水平按 GB/T 2828.1 中特殊检查水平 S-4。

## 7.4 抽样方案

7.4.1 A 缺陷项目样本的抽取不限交货批量大小, 由制造商提供试块 2 件, 如果有一件不合格, 相应的检验要重复进行一次, 如果这次检验仍有一件不合格, 则这批产品拒绝接收。

7.4.2 B、C 缺陷项目样本的抽取按 GB/T 2828.1 一次正常抽取方案, 样本大小和接收质量限 (AQL) 见表 8。

表 8

| 批量范围           | 样本数 | 缺陷分类           |    |                |    |
|----------------|-----|----------------|----|----------------|----|
|                |     | B 类            |    | C 类            |    |
|                |     | 接收质量限 (AQL) 10 |    | 接收质量限 (AQL) 15 |    |
|                |     | Ac             | Re | Ac             | Re |
| 2~15           | 2   | 1              | 2  | 1              | 2  |
| 16~25          | 3   | 1              | 2  | 1              | 2  |
| 26~90          | 5   | 1              | 2  | 2              | 3  |
| 91~150         | 8   | 2              | 3  | 3              | 4  |
| 151~500        | 13  | 3              | 4  | 5              | 6  |
| 501~1 200      | 20  | 5              | 6  | 7              | 8  |
| 1 201~10 000   | 32  | 7              | 8  | 10             | 11 |
| 10 001~35 000  | 50  | 10             | 11 | 14             | 15 |
| 35 001~500 000 | 80  | 14             | 15 | 21             | 22 |
| 500 001 及其以上   | 125 | 21             | 21 | 21             | 22 |

## 7.5 其他

对弹簧验收有特殊要求时, 可由供需双方协议规定。

## 8 标志、包装、运输和贮存

按 GB/T 23934 的规定。

## 附录 A

(资料性附录)

## 矩形等截面材料的截锥涡卷弹簧验算(示例)和图例

## A.1 矩形等截面材料的截锥涡卷弹簧参数名称、符号及单位

截锥涡卷弹簧参数名称、符号及单位按表 A.1 的规定。

表 A.1

| 序号 | 符 号                                     | 名 称         | 单 位  |
|----|-----------------------------------------|-------------|------|
| 1  | $a$                                     | 材料厚度        | mm   |
| 2  | $b$                                     | 材料宽度        |      |
| 3  | $D_2$                                   | 大端外径        |      |
| 4  | $D_1$                                   | 小端内径        |      |
| 5  | $R_2$                                   | 大端工作圈半径     |      |
| 6  | $R_1$                                   | 小端工作圈半径     |      |
| 7  | $R'_2$                                  | 大端支承圈最大外半径  |      |
| 8  | $R'_1$                                  | 小端支承圈最小内半径  |      |
| 9  | $R_i$                                   | 弹簧圈 $i$ 的半径 |      |
| 10 | $R_s$                                   | 试验应力对应的半径   |      |
| 11 | $H_0$                                   | 自由高度        |      |
| 12 | $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$             | 工作高度        |      |
| 13 | $t$                                     | 轴向节距        |      |
| 14 | $L'_2$                                  | 大端支承圈扁钢长度   |      |
| 15 | $L'_1$                                  | 小端支承圈扁钢长度   |      |
| 16 | $L$                                     | 弹簧扁钢的展开长度   |      |
| 17 | $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$             | 工作变形量       | N    |
| 18 | $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$             | 工作负荷        |      |
| 19 | $F_b$                                   | 压并负荷        |      |
| 20 | $F_s$                                   | 试验负荷        |      |
| 21 | $F'$                                    | 弹簧刚度        | N/mm |
| 22 | $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$ | 弹簧工作应力      | MPa  |
| 23 | $\tau_s$                                | 弹簧试验应力      |      |
| 24 | $G$                                     | 切变模量        |      |

表 A.1 (续)

| 序号 | 符 号        | 名 称    | 单 位 |
|----|------------|--------|-----|
| 25 | $n_1$      | 总圈数    | 圈   |
| 26 | $n$        | 有效圈数   |     |
| 27 | $n_z$      | 支承圈数   |     |
| 28 | $n'_2$     | 大端支承圈数 |     |
| 29 | $n'_1$     | 小端支承圈数 |     |
| 30 | $K'$       | 曲度系数   | —   |
| 31 | $k_1, k_2$ | 系数     |     |
| 32 | $\alpha$   | 螺旋角    | (°) |

A.2 载荷系数  $k_1$ 、 $k_2$ 

载荷系数  $k_1$ 、 $k_2$  见表 A.2。

表 A.2

| $b/a$ | $k_1$   | $k_2$   | $b/a$    | $k_1$   | $k_2$   |
|-------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 1     | 0.140 6 | 0.208 2 | 2.25     | 0.240 1 | 0.252 0 |
| 1.05  | 0.147 4 | 0.211 2 | 2.5      | 0.249 4 | 0.257 6 |
| 1.1   | 0.140 6 | 0.208 2 | 2.75     | 0.257 0 | 0.262 6 |
| 1.15  | 0.147 4 | 0.211 2 | 3        | 0.263 3 | 0.267 2 |
| 1.2   | 0.166 1 | 0.218 9 | 3.5      | 0.273 3 | 0.275 1 |
| 1.25  | 0.171 7 | 0.221 2 | 4        | 0.280 8 | 0.281 7 |
| 1.3   | 0.171 7 | 0.223 6 | 4.5      | 0.286 6 | 0.287 0 |
| 1.35  | 0.182 1 | 0.225 4 | 5        | 0.291 4 | 0.291 5 |
| 1.4   | 0.186 9 | 0.227 3 | 6        | 0.298 3 | 0.298 4 |
| 1.45  | 0.191 4 | 0.228 9 | 7        | 0.303 3 | 0.303 3 |
| 1.5   | 0.195 8 | 0.231 0 | 8        | 0.307 1 | 0.307 1 |
| 1.6   | 0.203 7 | 0.234 3 | 9        | 0.310 0 | 0.310 0 |
| 1.7   | 0.210 9 | 0.237 5 | 10       | 0.312 3 | 0.312 3 |
| 1.75  | 0.214 3 | 0.239 0 | 20       | 0.322 8 | 0.322 8 |
| 1.8   | 0.217 4 | 0.240 4 | 50       | 0.329 1 | 0.329 1 |
| 1.9   | 0.223 3 | 0.243 2 | 100      | 0.331 2 | 0.331 2 |
| 2     | 0.228 7 | 0.245 9 | $\infty$ | 0.333 3 | 0.333 3 |

## A.3 验算示例

A.3.1 下列公式验算为矩形等截面材料的截锥涡卷弹簧示例。

A.3.2 等螺旋角截锥涡卷弹簧的验算示例见表 A.3。

表 A.3

| 项 目  |                                         | 单位   | 公式及数据                                                                                                                                                                                                                          |
|------|-----------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 原始条件 | 板厚 $a$                                  | mm   | 5                                                                                                                                                                                                                              |
|      | 板宽 $b$                                  |      | 70                                                                                                                                                                                                                             |
|      | 大端工作圈半径 $R_2$                           |      | 55                                                                                                                                                                                                                             |
|      | 小端工作圈半径 $R_1$                           |      | 30                                                                                                                                                                                                                             |
|      | 自由高度 $H_0$                              |      | 150                                                                                                                                                                                                                            |
|      | 弹簧圈开始接触前的刚度 $F'$                        | N/mm | 139.43                                                                                                                                                                                                                         |
|      | 弹簧圈开始接触后的最大载荷 $F_z$                     | N    | 9 000                                                                                                                                                                                                                          |
|      | 大端支承圈数 $n'_2$                           | 圈    | 3/4                                                                                                                                                                                                                            |
|      | 小端支承圈数 $n'_1$                           |      | 3/4                                                                                                                                                                                                                            |
|      | 弹簧材料                                    |      | 60Si2MnA                                                                                                                                                                                                                       |
|      | 热处理后硬度                                  | HRC  | $\geq 45$                                                                                                                                                                                                                      |
|      | 取许用应力 $[\tau]$                          | MPa  | 770                                                                                                                                                                                                                            |
|      | 取试验应力 $\tau_s$                          |      | 980                                                                                                                                                                                                                            |
| 参数计算 | 弹簧的工作圈数 $n$                             | 圈    | $n = \frac{2k_1 G b a^3}{\pi F'} \left( \frac{R_2 - R_1}{R_2^4 - R_1^4} \right) = \frac{2 \times 0.3183 \times 78\,700 \times 70 \times 5^3}{\pi \times 139.43} \left( \frac{55 - 30}{55^4 - 30^4} \right)$ $= 2.99 \approx 3$ |
|      | 弹簧的支承圈数 $n_z$                           |      | $n_z = n'_2 + n'_1 = \frac{3}{4} + \frac{3}{4} = 1.5$                                                                                                                                                                          |
|      | 弹簧的总圈数 $n_1$                            |      | $n_1 = n_z + n = 1.5 + 3 = 4.5$                                                                                                                                                                                                |
|      | 弹簧的螺旋角 $\alpha$                         | (°)  | $\alpha = \frac{H_0 - b}{n\pi(R_2 + R_1)} = \frac{150 - 70}{3\pi(55 + 30)} = 0.0998 \text{ rad} = 5^\circ 43'$                                                                                                                 |
|      | 弹簧大端外径                                  | mm   | $D_2 = 2R_2 + a = 2 \times 55 + 5 = 115$                                                                                                                                                                                       |
|      | 弹簧小端内径                                  |      | $D_1 = 2R_1 - a = 2 \times 30 - 5 = 55$                                                                                                                                                                                        |
|      | 弹簧圈 $i$ 的半径 $R_i$                       |      | $R_i = R_2 - (R_2 - R_1) \frac{i}{n} = 55 - (55 - 30) \times \frac{i}{3} = 55 - 8.33i$                                                                                                                                         |
|      | 从大端到弹簧圈 $i$ 的自由高度 $H_i$                 |      | $H_i = n\pi\alpha \left( \frac{R_2^2 - R_i^2}{R_2 - R_i} \right) + b = 3\pi \times 0.0998 \left[ \frac{55^2 - (55 - 8.33i)^2}{55 - 30} \right] + 70$ $= 0.6272i(55 - 4.165i) + 70$                                             |
|      | 弹簧扁钢的长度从大端到弹簧圈 $i$ 的有效工作圈的扁钢的展开长度 $L_i$ |      | $L_i = n\pi \left( \frac{R_2^2 - R_i^2}{R_2 - R_i} \right) = 3\pi \left[ \frac{55^2 - (55 - 8.33i)^2}{55 - 30} \right] = 6.28i(55 - 4.165i)$                                                                                   |
|      | 大端支承圈的扁钢的展开长度 $L'_2$                    |      | $L'_2 = n'_2 \pi (R'_2 + R_2) = \frac{3\pi}{4} (57.5 + 55) = 265.07$ <p>(取大端支承圈的最大外径的半径 <math>R'_2 = 57.5</math>)</p>                                                                                                          |
|      | 小端支承圈的扁钢展开长度 $L'_1$                     |      | $L'_1 = n'_1 \pi (R'_1 + R_1) = \frac{3\pi}{4} (27.5 + 30) = 135.43$ <p>(取小端支承圈的最小内径的半径 <math>R'_1 = 27.5</math>)</p>                                                                                                          |
|      | 弹簧扁钢展开长度 $L$                            |      | $L = L_1 + L'_2 + L'_1 = 6.28 \times 3 \times (55 - 4.165 \times 3) + 265.07 + 135.48 = 1\,201.6$                                                                                                                              |

表 A.3 (续)

|                  | 项 目                                              | 单位  | 公式及数据                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------|--------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 参<br>数<br>计<br>算 | 弹簧圈 $i$ 开始接触时弹簧所受的载荷 $F_i$ 压并负荷 $F_b$            | N   | $F_i = \frac{k_1 G b a^3 \alpha}{R_i^2} = \frac{0.3183 \times 78\,700 \times 70 \times 5^3 \times 0.0998}{R_i^2} = \frac{2.188 \times 10^7}{R_i^2}$ $F_b = \frac{k_1 G b a^3 \alpha}{R_1^2} = \frac{0.3183 \times 78\,700 \times 70 \times 5^3 \times 0.0998}{30^2} = 24\,323.3$                                                                                                                 |
|                  | 弹簧圈 $i$ 开始接触后弹簧的变形 $f_i$                         | mm  | $f_i = \frac{n\pi}{R_2 - R_1} \left[ (R_2^2 - R_1^2) \alpha + \left( \frac{R_i^4 - R_1^4}{2k_1 G b a^3} \right) F_i \right]$ $= \frac{3\pi}{55 - 30} \left[ (55^2 - R_1^2) \times 0.0998 + \left( \frac{R_i^4 - R_1^4}{2k_1 \times 78\,700 \times 70 \times 5^3} \right) F_i \right]$ $= 3.769 \times 10^{-2} (3.025 \times 10^3 - R_1^2) + 8.599 \times 10^{-10} (R_i^4 - 8.1 \times 10^5) F_i$ |
|                  | 曲度系数 $K'$                                        | —   | $K' = 1 + \frac{a}{2R_i} = 1 + \frac{2.5}{(55 - 8.33i)}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                  | 弹簧圈 $i$ 开始接触后弹簧圈 $i$ 的应力 $\tau_i$                | MPa | $\tau_i = \frac{K' R_i}{k_2 b a^2} F_i = \left( 1 + \frac{2.5}{R_i} \right) \frac{R_i}{0.3183 \times 70 \times 5^2} F_i$ $= 1.795 \times 10^{-3} \left( 1 + \frac{2.5}{R_i} \right) R_i F_i$                                                                                                                                                                                                     |
|                  | 弹簧试验应力其对应的半径 $R_s$                               | mm  | $R_s = \frac{k_1 G a \alpha + a \sqrt{k_1^2 G^2 \alpha^2 + 2k_1 k_2 G a \tau_s}}{2k_2 \tau_s} = \frac{0.3183 \times 78\,700 \times 5 \times 0.0998}{2 \times 0.3183 \times 980} +$ $\frac{5 \sqrt{0.3183^2 \times 78\,700^2 \times 0.0998^2 + 2 \times 0.3183^2 \times 78\,700 \times 0.0998 \times 980}}{2 \times 0.3183 \times 980}$ $= 42.46$                                                 |
|                  | 弹簧试验负荷 $F_s$                                     | N   | $K' = 1 + \frac{a}{2R_s} = 1 + \frac{5}{2 \times 42.46} = 1.0588$ $F_s = \frac{k_1 b a^2}{K' R_s} \tau_s = \frac{0.3183 \times 70 \times 5^2 \times 980}{1.0588 \times 42.46} = 1.2143 \times 10^4$                                                                                                                                                                                              |
|                  | 弹簧试验负荷 $F_s$ 对应的变形 $f_s$<br><br>弹簧试验负荷下的高度 $H_s$ | mm  | $f_s = \frac{n\pi}{R_2 - R_1} \left[ (R_2^2 - R_s^2) \alpha + \left( \frac{R_s^4 - R_1^4}{2k_1 G b a^3} \right) F_s \right]$ $= \frac{3\pi}{55 - 30} \left[ (55^2 - 42.46^2) \times 0.0998 + \left( \frac{42.46^4 - 30^4}{2 \times 0.3183 \times 78\,700 \times 70 \times 5^3} \right) \times \right.$ $\left. 1.2143 \times 10^4 \right] = 71.49$ $H_s = H_0 - f_s = 150 - 71.49 = 78.5$        |

将上列各式计算所得等螺旋角截锥涡卷弹簧的主要几何尺寸、特性和切应力列于表 A.4。

表 A.4

| $i$ | $R_i/\text{mm}$ | $H_i/\text{mm}$ | $L_i/\text{mm}$ | $F_i/\text{N}$ | $f_i/\text{mm}$ | $\tau_i/\text{MPa}$ |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 0   | 55.0            | 70              | 0               | 7 236.6        | 51.9            | 746.94              |
| 0.5 | 50.8            | 86.6            | 166.2           | 8 471.6        | 59.3            | 811.0               |
| 1.0 | 46.7            | 101.9           | 319.4           | 1 0051.9       | 65.9            | 887.2               |
| 1.5 | 42.5            | 115.9           | 459.4           | 12 119.6       | 71.4            | 978.9               |
| 2.0 | 38.3            | 128.6           | 586.4           | 14 897.4       | 75.8            | 1 091.9             |
| 2.5 | 34.2            | 139.9           | 700.31          | 18 752.5       | 78.8            | 1 234.3             |
| 3.0 | 30              | 150             | 801.1           | 24 323.3       | 80              | 1 419               |

图 A.1 是根据表 A.4 所列数值绘制的等螺旋角涡卷弹簧的理论特性曲线和实测特性曲线。

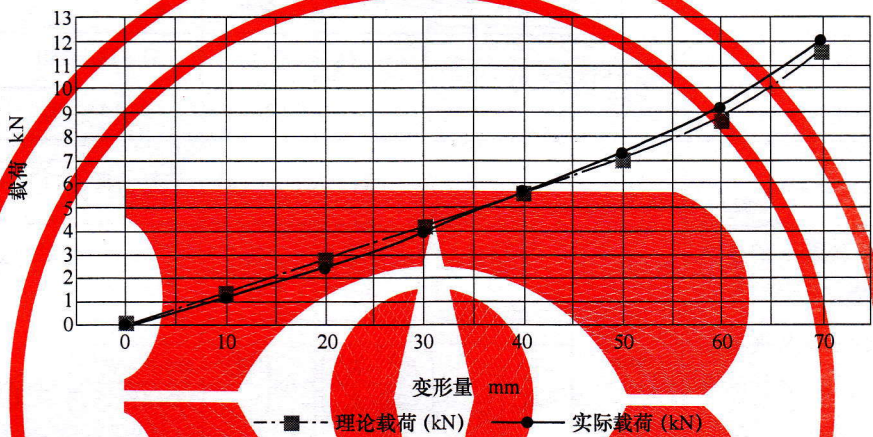


图 A.1

A.3.3 等节距截锥涡卷弹簧的验算示例见表 A.5。

表 A.5

| 项 目  |                     | 单位   | 公式及数据     |
|------|---------------------|------|-----------|
| 原始条件 | 板厚 $a$              | mm   | 14        |
|      | 板宽 $b$              |      | 192       |
|      | 大端工作弹簧圈半径 $R_2$     |      | 133       |
|      | 小端工作弹簧圈半径 $R_1$     |      | 45        |
|      | 自由高度 $H_0$          |      | 312       |
|      | 弹簧圈开始接触前刚度 $F'$     | N/mm | 400       |
|      | 弹簧圈开始接触后的最大载荷 $F_z$ | N    | 26 000    |
|      | 大端支承圈数 $n'_2$       | 圈    | 3/4       |
|      | 小端支承圈数 $n'_1$       |      | 3/4       |
|      | 弹簧材料                | —    | 60Si2MnA  |
|      | 热处理后硬度              | HRC  | $\geq 45$ |
|      | 取许用应力 $[\tau]$      | MPa  | 770       |
|      | 取试验应力 $\tau_s$      |      | 1 100     |

表 A.5 (续)

| 项 目              |                                       | 单位 | 公式及数据                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|---------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 参<br>数<br>计<br>算 | 弹簧的工作圈数 $n$                           | 圈  | $n = \frac{2k_1 G b a^3}{\pi F'} \left( \frac{R_2 - R_1}{R_2^4 - R_1^4} \right) = \frac{2 \times 0.317 \times 78\,700 \times 192 \times 14^3}{\pi \times 400} \times$                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                  | 弹簧的支承圈数 $n_z$                         |    | $\left( \frac{133 - 45}{133^4 - 45^4} \right) = 5.96 \approx 6$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                  | 弹簧的总圈数 $n_1$                          |    | $n_z = n'_z + n'_1 = \frac{3}{4} + \frac{3}{4} = 1.5$<br>$n_1 = n_z + n = 1.5 + 6 = 7.5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                  | 节距 $t$                                | mm | $t = \frac{H_0 - b}{n} = \frac{312 - 192}{6} = 20$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                  | 弹簧大端外径                                |    | $D_2 = 2R_2 + a = 2 \times 133 + 14 = 280$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                  | 弹簧小端内径                                |    | $D_1 = 2R_1 - a = 2 \times 45 - 14 = 76$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                  | 弹簧圈 $i$ 的半径 $R_i$                     |    | $R_i = R_2 - (R_2 - R_1) \frac{i}{n} = 133 - (133 - 45) \frac{i}{6} = 133 - 14.67i$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                  | 从大端到弹簧圈 $i$ 的自由高度 $H_i$               |    | $H_i = n t \left( \frac{R_2 - R_1}{R_2 - R_1} \right) + b = 6 \times 20 \left( \frac{133 - 133 + 14.67}{133 - 45} \right) + 192 = 20i + 192$                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                  | 弹簧扁钢的长度从大端到弹簧圈 $i$ 的有效工作圈的扁钢的长度 $L_i$ |    | $L_i = n \pi \left( \frac{R_2^2 - R_1^2}{R_2 - R_1} \right) = 6 \pi \left( \frac{133^2 - (133^2 - R_1^2)}{133 - 45} \right) = 6.28i(133 - 7.3i)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                  | 大端支承圈的扁钢长度 $L'_2$                     |    | $L'_2 = n'_2 \pi (R'_2 + R_2) = \frac{3\pi}{4} (140 + 133) = 642.92$<br>(取大端支承圈最大外径的半径 $R'_2 = 140$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                  | 小端支承圈的扁钢长度 $L'_1$                     |    | $L'_1 = n'_1 \pi (R'_1 + R_1) = \frac{3\pi}{4} (38 + 45) = 195.47$<br>(取小端支承圈最小内径的半径 $R'_1 = 38$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                  | 弹簧扁钢展开长度 $L$                          |    | $L = L_i + L'_2 + L'_1 = 6.28 \times 6 \times (133 - 7.3 \times 6) + 642.92 + 195.47 = 4191.9$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                  | 弹簧圈 $i$ 开始接触时弹簧所受载荷 $F_i$             | N  | $F_i = \frac{k_1 G b a^3 t}{2 \pi R_i^3} = \frac{0.317 \times 78\,700 \times 192 \times 14^3 \times 20}{2 \pi \times (133 - 14.67i)^3} = \frac{4.19 \times 10^{10}}{(133 - 14.67i)^3}$                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                  | 压并负荷 $F_b$                            |    | $F_b = \frac{k_1 G b a^3 t}{2 \pi R_1^3} = \frac{0.317 \times 78\,700 \times 192 \times 14^3 \times 20}{2 \pi \times 45^3} = 459\,358.9$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                  | 弹簧圈 $i$ 开始接触后弹簧的变形 $f_i$              | mm | $f_i = \frac{n \pi}{R_2 - R_1} \left[ (R_2 - R_1) \frac{t}{\pi} + \left( \frac{R_1^4 - R_1^4}{2 k_1 G b a^3} \right) F_i \right] = \frac{6 \pi}{133 - 45} \times \left\{ [133 - (133 - 14.67i)] \frac{20}{\pi} + \left[ \frac{(133 - 14.67i)^4 - 45^4}{2 \times 0.317 \times 78\,700 \times 192 \times 14^3} \right] \times \frac{4.19 \times 10^{10}}{(133 - 14.67i)^3} \right\}$<br>$= \frac{0.341[(133 - 14.67i)^4 - 45^4 + 93.44i]}{(133 - 14.67i)^3}$ |
|                  | 曲度系数 $K'$                             | —  | $K' = 1 + \frac{a}{2R_1} = 1 + \frac{14}{2(133 - 14.67i)} = 1 + \frac{7}{(133 - 14.67i)}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

表 A.5 (续)

| 项 目                               | 单位  | 公式及数据                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 弹簧圈 $i$ 开始接触后弹簧圈 $i$ 的应力 $\tau_i$ | MPa | $\tau_i = K' \frac{R_i}{k_2 b a^2} F_i$ $= \left[ 1 + \frac{7}{(133 - 14.67i)} \right] \times \frac{(133 - 14.67i)}{0.317 \times 192 \times 14^2} \times \frac{4.19 \times 10^{10}}{(133 - 14.67i)^3}$                                                                                                                                                                                      |
| 弹簧试验应力其对应的半径 $R_s$                | mm  | $R_s = 0.4608 \times \sqrt{\frac{k_1 G a t}{k_2 \tau_s}} \cos \left( \frac{1}{3} \arccos 3.256 a \sqrt{\frac{k_2 \tau_s}{k_1 G a t}} \right)$ $= 0.4308 \times \sqrt{\frac{0.317 \times 78\,700 \times 14 \times 20}{0.317 \times 1100}} \cos \left( \frac{1}{3} \arccos 3.256 \times 14 \times \sqrt{\frac{0.317 \times 1100}{0.317 \times 78\,700 \times 14 \times 20}} \right)$ $= 59.7$ |
| 弹簧试验负荷 $F_s$                      | N   | $K' = 1 + \frac{a}{2R_s} = 1 + \frac{14}{2 \times 59.7} = 1.117$ $F_s = \frac{k_2 b a^2}{K' R_s} \tau_s = \frac{0.317 \times 192 \times 14^2}{1.117 \times 59.7} \times 1100 = 1.9675 \times 10^5$                                                                                                                                                                                          |
| 弹簧试验负荷 $F_s$ 对应的变形 $f_s$          | mm  | $f_s = \frac{n\pi}{R_2 - R_1} \left[ (R_2 - R_s) \frac{t}{\pi} + \left( \frac{R_s^4 - R_1^4}{2k_1 G b a^3} \right) F_s \right]$ $= \frac{6\pi}{133 - 45} \left[ (133 - 59.7) \frac{20}{\pi} + \left( \frac{59.7^4 - 45^4}{2 \times 0.317 \times 78\,700 \times 192 \times 14^3} \right) \times 1.9675 \times 10^5 \right] = 113.7$                                                          |
| 弹簧试验负荷下的高度 $H_s$                  |     | $H_s = H_0 - f_s = 312 - 113.7 = 198.3$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

将上列各式计算所得等节距截锥涡卷弹簧的主要几何尺寸、特性、切应力列于表 A.6。

表 A.6

| $i$ | $R_i/\text{mm}$ | $H_i/\text{mm}$ | $L_i/\text{mm}$ | $F_i/\text{N}$ | $f_i/\text{mm}$ | $\tau_i/\text{MPa}$ |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| 0   | 133             | 192             | 0               | 17 792.4       | 44.8            | 208.8               |
| 1   | 118.3           | 212             | 789.2           | 25 262         | 59.5            | 265.4               |
| 2   | 103.7           | 232             | 1 486.3         | 37 572.7       | 74.1            | 348.6               |
| 3   | 89              | 252             | 2 091.2         | 59 377.2       | 88.4            | 477.8               |
| 4   | 74.3            | 272             | 2 604.1         | 101 915.2      | 101.9           | 694.9               |
| 5   | 59.7            | 292             | 3 024.9         | 197 058.1      | 113.8           | 1 101.3             |
| 6   | 45              | 312             | 3 353.5         | 459 358.9      | 120             | 2 002.3             |

图 A.2 是根据表 A.6 所列数值绘制的等节距涡卷弹簧的理论特性曲线和实测特性曲线。

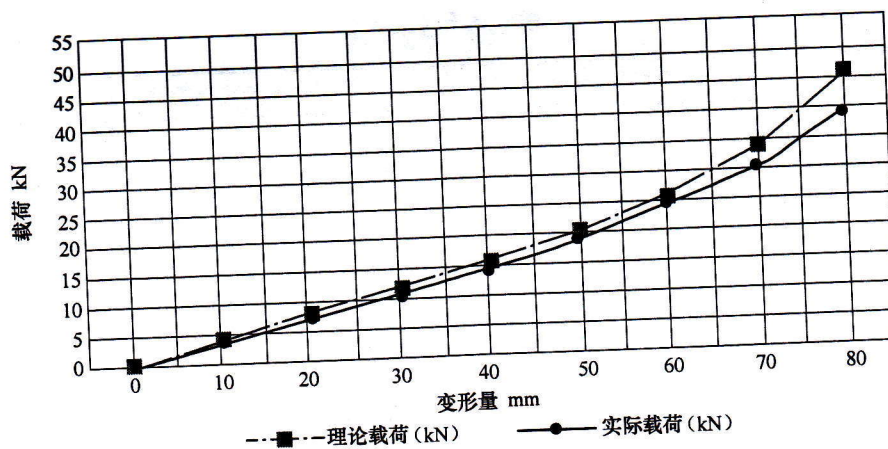
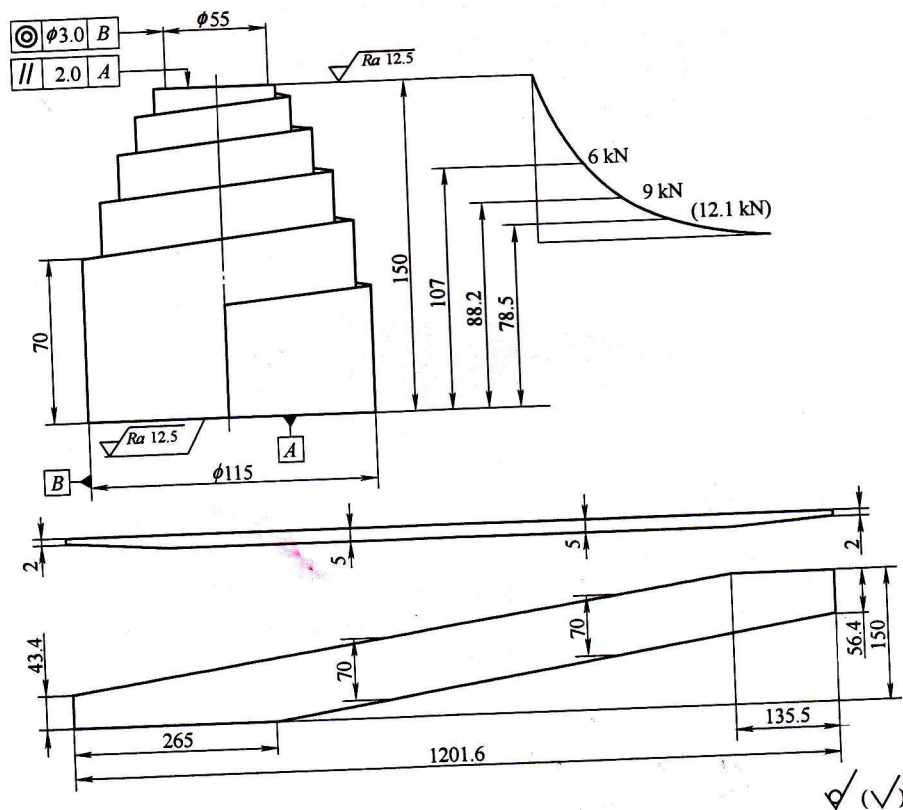


图 A.2

## A.4 图例

A.4.1 等螺旋角截锥蜗卷弹簧指定高度下的载荷如图 A.3 所示。

单位为毫米



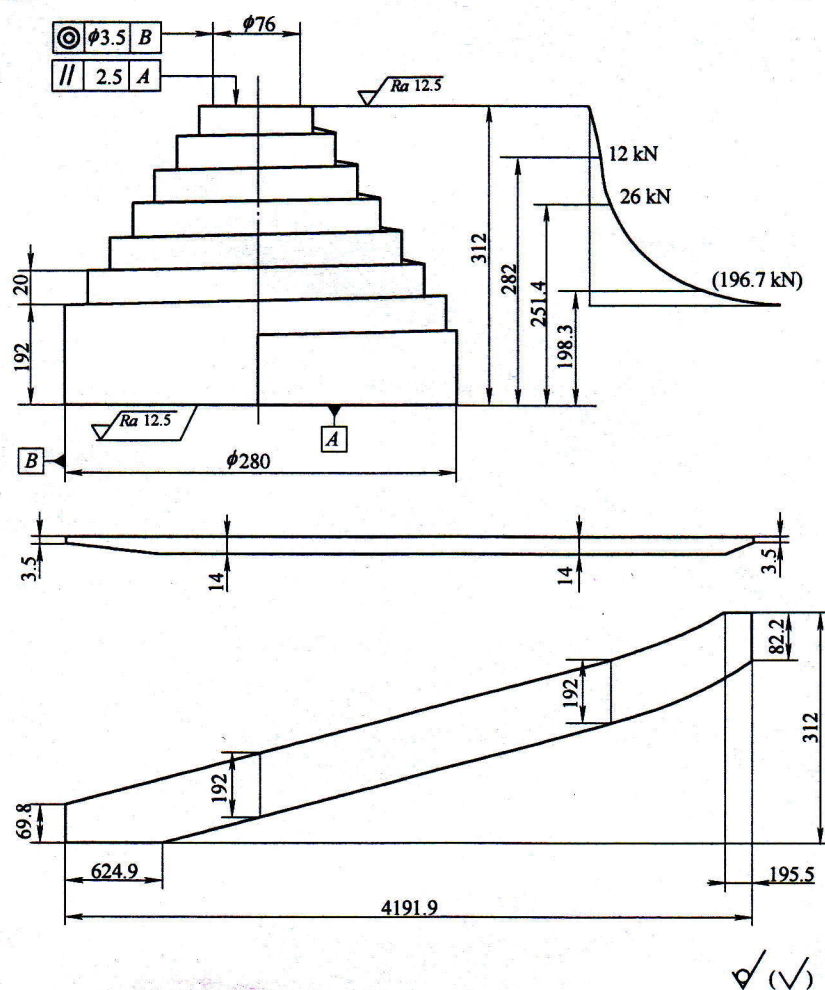
技术要求:

1. 旋向: 右旋;
2. 总圈数: 4.5 圈, 有效圈数: 3 圈;
3. 螺旋角:  $5^{\circ} 43'$ ;
4. 热处理硬度: 45 HRC~50 HRC;
5. 展开长度: 1 201.6 mm;
6. 表面处理要求: 表面涂黑色磁漆;
7. 其余按 JB/T 11698 的规定。

图 A.3

**A.4.2 等节距截锥蜗卷弹簧指定高度下的载荷如图 A.4 所示。**

单位为毫米



### 技术要求:

1. 旋向: 右旋;
2. 总圈数: 7.5 圈, 有效圈数: 6 圈;
3. 节距: 20 mm;
4. 热处理硬度: 45 HRC~50 HRC;
5. 展开长度: 4173.8 mm;
6. 表面处理要求: 表面涂黑色磁漆;
7. 其余按 JB/T 11698 的规定。

图 A.4

中 华 人 民 共 和 国  
机 械 行 业 标 准  
截 锥 涡 卷 弹 簧 技 术 条 件  
JB/T 11698—2013

\*

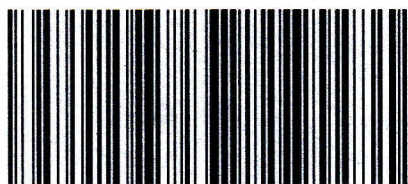
机械工业出版社出版发行  
北京市百万庄大街 22 号  
邮政编码: 100037

\*

210mm×297mm • 1.5 印张 • 40 千字  
2014 年 10 月第 1 版第 1 次印刷  
定价: 24.00 元

\*

书号: 15111 • 11589  
网址: <http://www.cmpbook.com>  
编辑部电话: (010) 88379778  
直销中心电话: (010) 88379693  
封面无防伪标均为盗版



JB/T 11698—2013

版权专有 侵权必究