

产品与应用

热双金属元件在小型热断路器中的应用分析

邵冬阳

(中国电子科技集团公司 第四十研究所, 安徽 蚌埠 233010)

摘要: 应用于小型热断路器的两种热双金属元件—直螺旋型和U型,通过其热变形产生的推力使热断路器的四连杆机构失去稳态,从而分断电路。介绍了结构形式、材料的选取。论述了热双金属热推力的计算,脱扣力的校核等。

关键词: 小型热断路器; 热双金属元件; 热推力; 脱扣力

中图分类号: TM561 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-3175-(2005)02-0017-02

Analysis on the Application of Thermal Bimetal Elements in Miniature Thermal Circuit Breakers

SHAO Dong-yang

(The 40th Research Institute of China Electronic Science & Technology Group Corporation, Bengbu 233010, china)

Abstract: There are two kinds of thermal bimetal elements — straight spiral type and "U" type applied in miniature thermal circuit breakers. The push-out force produced by their thermal deformation makes four connecting rod of the thermal circuit breaker to lose stable state, therefore breaks off the circuit. Introductions are made to the structure form and selections of materials. Comments are made on the calculation of push-out force and verification of trip force etc.

Key words: miniature thermal circuit breaker; thermal bimetal element; thermal push-out force; trip force

0 引言

随着生产和科学技术的发展,对用电保护的要求越来越高。断路器作为一种开关电器被广泛地采用,它主要用于低压配电电路,电动机或其他用电设备中,能接通、承载以及分断正常电路条件下的电流,也能在规定的非正常电路条件(例如短路)下接通、短时承载和分断故障电流。

热断路器,其脱扣力来源于发热元件,一般用于限流保护。断路器的保护特性依赖于发热元件的特性,所谓保护特性是指过载电流与脱扣时间的函数关系曲线。介绍应用于小型热断路器的两种形式的热双金属元件,通过其热变形产生的推力使热断路器的四连杆机构失去稳态,从而分断电路。两种热双金属元件对应的热断路器的额定电流分别为3A和7.5A。

1 热双金属元件的应用分析

1.1 热双金属元件的特性

热双金属是二种或多种金属组成的复层材料,一般制成片材或带材。由于各阻元层的热膨胀系数

不同,当温度变化时,这种复层材料的曲率将发生变化,利用这种特性,热双金属可被用来作为各种与温度有关的控制或测量元件。两种相同尺寸但热膨胀系数不同的金属片,在相同的升高温度条件下,它们的伸长是不同的,而将两片金属牢固的复合在一起后,在升温时就会发生弯曲。一片块状的热双金属片受热时会弯成拱壳状,因为热膨胀系数高的主动层在所有方向都比热膨胀系数低的被动层伸展得厉害。但窄的热双金属片受热是会以一定的半径弯成弧形,这是因为横向的弯曲实际上被抑制了。要使横向的变化不大,热双金属的长度一般不能小于宽度的3倍,或者宽度不大于厚度的20倍。

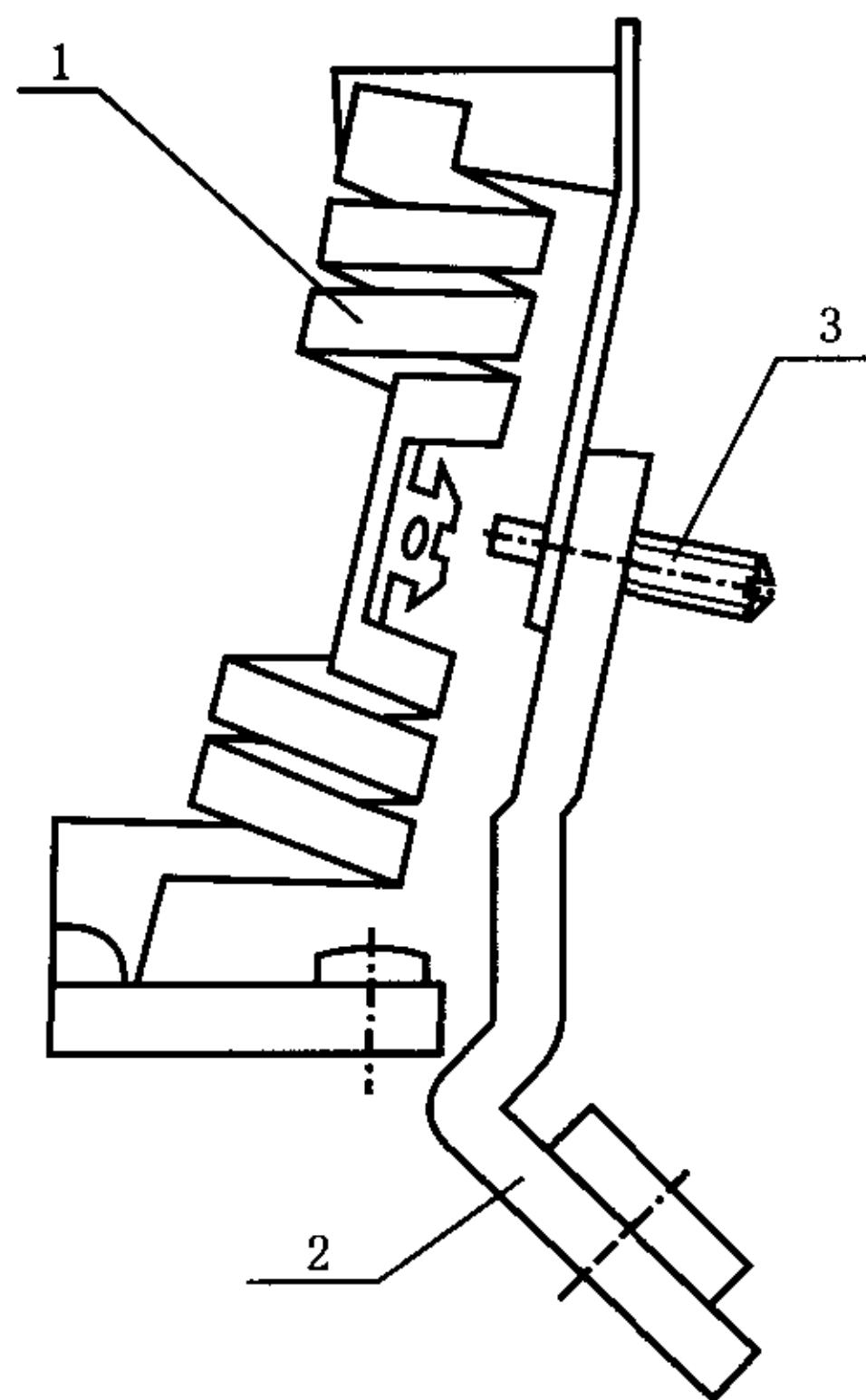
热双金属的品种比较多,我国习惯分成高灵敏型、通用型、高温型、低温型、电阻型、耐腐蚀型以及特殊型。

1.2 热双金属元件材料与结构形式的选取

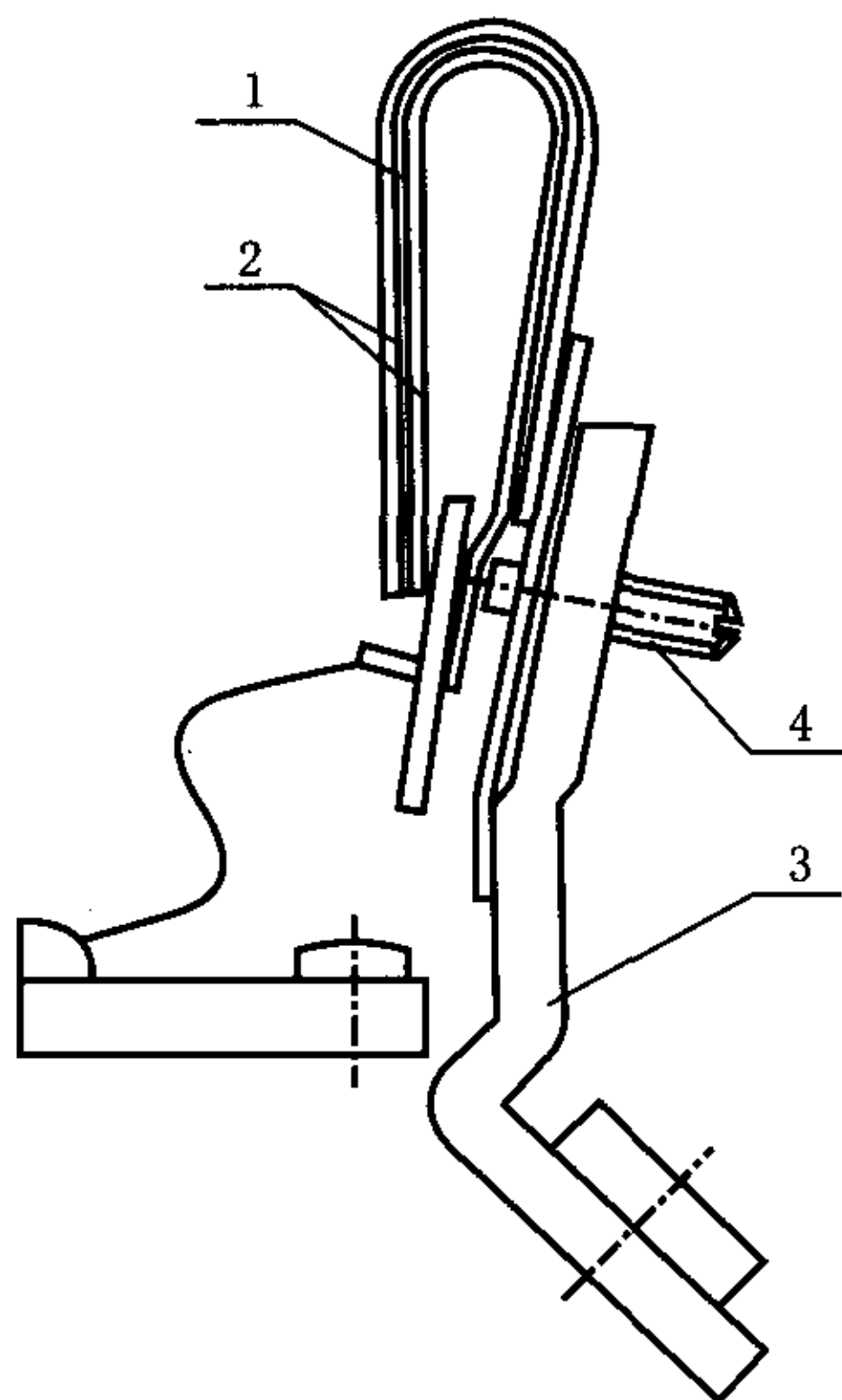
两种规格均采用电阻系列的热双金属片,加热方式为直接加热方式。电阻型热双金属弯曲性能,温度范围较好,电阻率大小成为系列,适用于小型化、

标准化的保护电器。3A采用直螺旋式的结构,如图1,热双金属牌号5J1435A,螺旋半径 $r=1.9\text{mm}$,片宽 $b=1.4\text{mm}$,片厚度 $h=0.25\text{mm}$ 。采用直螺旋式的结构能节省空间。相同的温度变化能产生较大的位移。

7.5A采用截面更大的热双金属片,由于空间位置和热推力的要求设计成不等臂的U型,结构如图2。采用两片叠加方式。热双金属牌号5J1455A,片宽 $b=4.5\text{mm}$,片厚度 $h=0.4\text{mm}$,固定端长度 $L_1 \approx 5\text{mm}$,推动端长度 $L_2 \approx 9\text{mm}$, $r=1.8\text{mm}$ 。



1 双金属元件 2 引线脚 3 调整螺钉
图1 直螺旋式结构



1 云母 2 双金属元件 3 引线脚 4 调整螺钉
图2 U型结构

1.3 热双金属元件的计算

热断路器中,双金属片受热后经过一定的动作行程去推动操作机构,动作行程和推力的大小正比于温升值,而温升又与通过热元件的电流大小和通电时间有关。假定双金属片受热是均匀的,热平衡方程式为:

$$K_T A \tau dt + mcd\tau = I^2 R dt \quad (1)$$

即:

$$mc \frac{d\tau}{dt} K_T A \tau = I^2 R \quad (2)$$

式中 m —双金属片重量, g;
 c —双金属片的比热容, J/g·°C;
 K_T —表面散热系数, W/m²·K;
 A —表面散热面积, m²;
 R —双金属的等值电阻, Ω。

$t=0, \tau=0$, 由上式得出双金属片的温升表达式:
 $\tau = \tau_\omega (1 - e^{-t/T}) \quad (3)$

式中: $\tau_\omega = I^2 R / K_T A$, $T = mc / K_T A$
 τ_ω —热双金属片的稳定温升, °C;
 T —热时间常数, s。

由式(3)得通电时间的表达式为:

$$t = T \ln \left(\frac{\tau_\omega}{\tau_\omega - \tau} \right) \quad (4)$$

该产品的临界过载电流 $I_0 = 1.15 \times I_N$, 则通以 I_0 的电流条件下,其稳定温升等于动作温升 τ_d , 动作时间趋于无穷大。要计算热双金属的动作温升 τ_d 可以用 I_0 时的稳定温升用公式(5)来计算。

$$\tau_d = \frac{I_0^2 R}{K_T A} \quad (5)$$

式中 K_T 值、即散热系数在材料选定后用实验测定的方法测出,以 7.5A 为例:

$K_T = 43.7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$, $I_0 = 1.15 \times 7.5 = 8.5 \text{ A}$, 散热面积 A 按尺寸计算 $A = 3.6 \times 10^{-4} \text{ m}^2$,

$R = \rho l / s = 0.018 \text{ } \Omega$ 代入(5)式得: $\tau_d = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

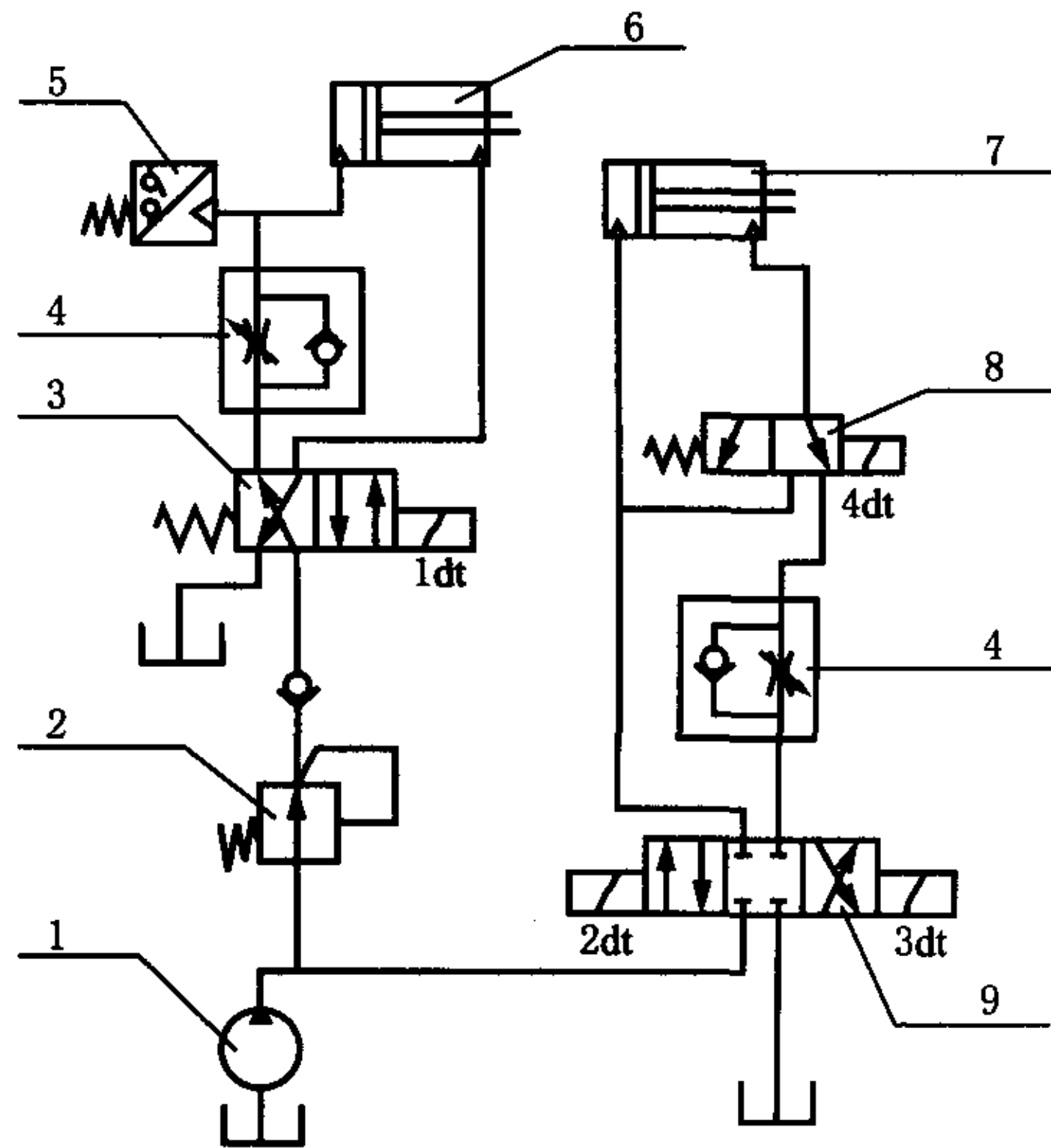
由机构决定的最大推动脱扣力为 0.8N。两种双金属材料的最大许用应力为 200 N/mm^2 。

1) 对 3A 的脱扣力校核:

$$F = \frac{KE\tau_d b h^2}{6r} \quad (6)$$

式中: F —热推力, N;
 K —材料比弯曲, 1/°C;
 E —弹性模量, N/mm²;
 h —双金属片厚, mm;
 b —双金属片宽, mm;

(下转第 38 页)



1 液压泵 2 减压阀 3 两位四通电磁阀 4 单向节流阀
5 电磁继电器 6 夹紧缸 7 执行缸 8 两位三通电磁阀
9 三位四通电磁阀

图4 液压系统原理图

4 结束语

文章主要对组合攻丝机床的电气、液压控制进行了详细的讨论及研究,通过设计完成了实际组合机床的制造,并在常州某拖拉机厂得到良好的应用。

参考文献

- (1) 丛凤廷, 迟建山. 组合机床设计(第二版). 上海: 上海科学技术出版社, 1995
- (2) 周士昌. 液压系统设计图集. 北京: 机械工业出版社, 2004
- (3) 陈慈萱. 电气工程基础. 北京: 中国电力出版社, 2004

(收稿日期: 2005-01-12)

(上接第18页)

r —螺旋半径, mm。

代入相关数据, 得 $F=1.5N$ 大于最大脱扣力

$$\delta_{\max} = \frac{6Fr}{bh^2} \quad (7)$$

式中: F —热推力, N;

δ_{\max} —最大许用应力, N/mm^2 。

代入相关数据, 得 $\delta_{\max}=173N/mm^2 < 200N/mm^2$

2) 对 7.5A 规格的脱扣力校核:

$$F = \frac{KE\tau_d bh^2 (L_2^2 - L_1^2 + 2L_1L_2 + 2\pi rL_2 + 4r^2)}{4[(L_1 + L_2)^3 + 2L_2^3 + 3r(\pi L_2^2 + 4rL_2 + \pi r^2/2)]} \quad (8)$$

式中: F —热推力, N;

K —材料比弯曲, $1/^\circ C$;

E —弹性模量, N/mm^2 ;

h —双金属片厚, mm;

b —双金属片宽, mm;

r —螺旋半径, mm;

L_1 —固定端长度, mm;

L_2 —推动端长度, mm。

代入相关数据 $F=1.2N$, 双片热推力为 $2.4N$ 大于最大脱扣力:

$$\delta_{\max} = \frac{6Fr(L_2+r)}{bh^2} \quad (9)$$

式中: F —热推力, N;

δ_{\max} —最大许用应力, N/mm^2 。

代入相关数据, 得 $\delta_{\max}=109N/mm^2 < 200N/mm^2$ 。

2 结束语

以上介绍的两种热双金属的结构形式具有结构紧凑、可靠性高的特点。热双金属计算的不稳定因素较多, 尽管可以用相应的公式, 针对各种形状和品种的热双金属元件进行设计计算, 但必须进行试验验证才能保证产品的性能。通过改变热双金属元件还可以进一步系列化。

参考文献

- (1) 周茂祥. 低压电器设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1992
- (2) 方鸿发. 低压电器. 西安: 西安交通大学, 1991
- (3) 张冠生. 电器理论基础. 北京: 机械工业出版社, 1997

(收稿日期: 2004-11-05)