

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了控制用电磁继电器进行可靠性验证试验的一般要求。

本标准适用于产品寿命能合理地认为是服从指数分布的产品的可靠性验证试验,除验证试验方案及试验程序外,本标准也适用于产品的可靠性测定试验。

## 2 引用标准

GB 1772 电子元器件失效率试验方法

GB 2423 电工电子产品基本环境试验规程

GB 2900.17 电工术语 电气继电器

GB 2900.18 电工术语 低压电器

GB 3187 可靠性基本名词术语及定义

GB 5080.1 设备可靠性试验 总要求

GB/T 14598.2 电气继电器 有或无电气继电器

GB/T 14598.5 电气继电器 第十五部分:电气继电器触点寿命试验 试验设备的特性规范

IEC 255-0-20 电气继电器 电气继电器的触点性能

IEC 255-7 电气继电器 第七部分:机电式有或无电气继电器的试验和测量程序

## 3 术语、符号

### 3.1 术语

3.1.1 本标准采用下列术语及其定义:

#### 3.1.1.1 电磁继电器

利用输入电路内电流在电磁铁铁心与衔铁间产生的吸力作用而工作的一种电气继电器。

#### 3.1.1.2 接触电压降(接触压降)

从触点组件两引出端测得的一付闭合触点间的电压降值。

#### 3.1.1.3 动作时间

对处于释放状态的继电器,在规定的条件下,从施加输入激励量规定值的瞬间起至继电器切换的瞬间止的时间间隔。

#### 3.1.1.4 释放时间

对处于动作状态的继电器,在规定的条件下,从输入激励量产生规定变化(该变化将引起继电器返回)的瞬间起至继电器返回的瞬间止的时间间隔。

#### 3.1.1.5 输入激励量

在规定的条件下,施加于继电器、能使继电器响应的一种继励量。

### 3.1.1.6 动作状态

继电器按规定方式激励时的规定状态。

### 3.1.1.7 释放状态

继电器未激励时的规定状态。

### 3.1.1.8 切换

在给定的输出电路中完成预定的功能。

### 3.1.1.9 返回

重新回到初始状态或释放状态。

### 3.1.1.10 畸变因数

非正弦周期量减去基波所得的谐波分量有效值与该非正弦量有效值之比。

### 3.1.1.11 负载比(负载因数)

继电器激励时间在一个循环周期内所占的比率。

### 3.1.1.12 定时或定数截尾试验

在试验期间,对试品进行连续地或短间隔地监测,直至累积相关试验时间  $T$  达到或超过预定的截尾时间  $T_c$ (判为接收),或相关失效数  $r$  达到了截尾失效数  $r_c$ (判为拒收)。

### 3.1.1.13 相关失效(关联失效)

在解释试验结果或计算可靠性特征量的数值时必须计入的失效。它不包括从属失效、误用失效以及修改设计可以消除的失效。

### 3.1.1.14 相关试验时间

与试品相关失效数有关的用来验证可靠性要求或用来计算可靠性特征值的时间。

### 3.1.1.15 置信度

产品真实失效率等于被定失效率等级的最大失效率而判为不合格的概率。

### 3.1.1.16 使用方风险

当产品的真实失效率等于不可接收的失效率  $\lambda_1$  时,产品被接收的概率。

### 3.1.1.17 生产方风险

当产品的真实失效率等于可接收的失效率  $\lambda_0$  时,产品被拒收的概率。

## 3.2 符号

$\lambda$ ——失效率;

$\lambda_{\max}$ ——规定失效率等级的最大失效率;

$n$ ——受试产品总数(试品数);

$t_x$ ——试验截止时间;

$U_j$ ——触点接触电压降;

$U_c$ ——断开触点间的电压;

$U_e$ ——触点电路额定电压(开路电压);

$I_c$ ——触点电路负载电流;

$\cos\phi$ ——交流负载电路的功率因数;

$L/R$ ——直流负载电路的时间常数;

$U_{jx}$ ——触点接触压降的极限值;

$U_{cx}$ ——断开触点间电压的极限值;

$T$ ——累积相关试验时间;

$T_c$ ——截尾时间;

$r$ ——相关失效数;

- $r_c$ ——截尾失效数；  
 $A_c$ ——合格判定数(允许失效数)；  
 $\lambda_0$ ——可接收的失效率；  
 $\lambda_1$ ——不可接收的失效率；  
 $\alpha$ ——生产方风险；  
 $\beta$ ——使用方风险。

#### 4 可靠性指标

控制用电磁继电器采用失效率  $\lambda$  作为其可靠性特征量,将失效率等级作为其可靠性指标,并按其最大失效率的数值分为四个失效率等级(亚五级、五级、六级、七级)。失效率等级的名称、符号和最大失效率见表 1。

表 1 控制用电磁继电器失效率等级名称、符号和最大失效率

失效率等级名称	失效率等级符号	最大失效率 $\lambda_{\max}$ 1/10 次
亚五级	YW	$3 \times 10^{-5}$
五级	W	$1 \times 10^{-5}$
六级	L	$1 \times 10^{-6}$
七级	Q	$1 \times 10^{-7}$

#### 5 试验方法

##### 5.1 试验条件

##### 5.1.1 环境条件

5.1.1.1 除非产品标准另有规定,试验应在 GB 2423 规定的试验时的标准大气条件下进行。即:

温度	15℃~35℃
相对湿度	45%~75%
大气压力	86~106 kPa

试品应在试验的标准大气条件中放置足够的时间(不少于 8 h),以使试品达到热平衡。

5.1.1.2 试验环境应注意避免灰尘和其他污染。

##### 5.1.2 安装条件

- a. 试品应安装在正常使用位置；
- b. 试品应安装在无显著冲击和振动的地方；
- c. 试品安装面与垂直面的倾斜度应符合产品标准的规定。

##### 5.1.3 试验电源条件

5.1.3.1 频率为 50 Hz 的正弦波电源,其容许偏差为:

- a. 波形畸变因数不大于 5%；
- b. 频率偏差为  $\pm 5\%$ 。

5.1.3.2 直流电源可采用发电机、蓄电池电源或稳压电源,若试验中不影响产品性能时,可以采用三相全波整流电源,但其纹波分量应满足下列规定:

峰值与谷值之差和直流分量之比不大于 6%。

5.1.3.3 试验过程中,当触点接通负载时,试验电源电压的波动相对于空载电压而言应不大于 5%。

### 5.1.4 负载条件

5.1.4.1 负载电源可为直流电源或交流电源,除非产品标准另有规定,推荐采用直流电源。

5.1.4.2 负载可为阻性负载、感性负载、容性负载或非线性负载,除非产品标准另有规定,推荐采用阻性负载(交流时  $\cos\phi=0.9\sim 1.0$ ,直流时  $L/R<1\text{ ms}$ )。

5.1.4.3 试验时触点电路开路电压  $U$ 。除非产品标准另有规定,应采用 24 V 或产品标准中规定的触点最低直流额定电压值。

5.1.4.4 除非产品标准另有规定,试验时触点电路负载电流  $I_c$  的数值可采用额定电流或下列值:

2 类触点(触点额定电压为 5 V 至 250 V,触点额定电流为 0.1 A 至 1 A 的触点):100 mA;

3 类触点(触点额定电压为 5 V 至 600 V,触点额定电流为 0.1 A 至 100 A 的触点):1 A。

### 5.1.5 激励条件

5.1.5.1 试验时,试品应以输入激励量的额定值进行激励。

#### 5.1.5.2 每小时的循环次数

试验时试品每小时的循环次数应不低于产品标准中规定的额定值,为缩短试验时间,在不影响试品正常动作与释放的条件下,试品每小时的循环次数可以高于产品标准中规定的额定值,其数值可在下列数值中选取:

6,30,120,600,1 200,1 800,3 600,7 200,12 000,18 000,36 000。

#### 5.1.5.3 负载比(负载因数)应从下列推荐数值中选取:

15%,25%,33%,40%,50%,60%。

## 5.2 试品准备

试品应从在稳定的工艺条件下批量生产并经过筛选的合格产品中随机抽取。除非产品标准另有规定,筛选采用常温(15℃~35℃)下运行筛选,筛选条件如下:

运行次数: 5 000 次;

激励条件: 见 5.1.5;

触点电路开路电压  $U_c$ : 见 5.1.4.3;

触点电路负载电流  $I_c$ : 见 5.1.4.4;

失效判据: 见 5.4.1 至 5.4.7。

## 5.3 试品的检测

### 5.3.1 试验前检测

试验前先对试品进行开箱检测,检查试品的零部件有无运输引起的损坏、断裂,剔除零部件损坏的试品,并按规定补足试品数。剔除掉的试品不计入相关失效数  $r$  内。

### 5.3.2 试验过程中检测

除非产品标准另有规定,应对试品的所有触点在试品每次循环的“接通”期的 40% 时间内与“断开”期的 40% 时间内,监测闭合触点的接触压降及断开触点间的电压。试验过程中不允许对产品进行清理和调整。

### 5.3.3 试验后检测

除非产品标准另有规定,试验后应对所有未失效试品的下列项目进行测试:

- a. 外观检查;
- b. 动作电压;
- c. 释放电压;
- d. 接触电阻;
- e. 绝缘电阻;
- f. 介质耐压;
- g. 动作时间;

- h. 释放时间；
- i. 回跳时间；
- j. 线圈电阻。

#### 5.4 失效判据

当出现下列任意一种情况时,即认为该试品失效。

##### 5.4.1 闭合触点的接触压降 $U_j$ 超过下列极限值 $U_{jx}$ :

- a. 负载电流为额定电流时,接触压降的极限值  $U_{jx}$  为触点电路开路电压  $U_0$  的 5% 或 10% ;
- b. 负载电流为 100 mA 或 1 A 时,接触压降的极限值  $U_{jx}$  见表 2。

表 2 触点接触压降的极限值  $U_{jx}$

触点电路负载电流 $I_c$ mA	触点接触压降的极限值 $U_{jx}$ V
100	0.5
1 000	1.0

5.4.2 断开触点间的电压  $U_c$  低于极限值  $U_{cx}$ ,除非产品标准另有规定, $U_{cx}$  应为触点电路开路电压的 90%。

5.4.3 触点发生熔接或其他形式的粘接。

5.4.4 触点燃弧时间超过 0.1 s。

5.4.5 继电器线圈通电时不动作。

5.4.6 继电器线圈断电时不返回。

5.4.7 试品零部件有破坏性损坏、连接导线及零部件松动。

5.4.8 试品在试验后检测中,任一项目的检测结果不符合产品标准的规定。

#### 5.5 试验装置

应采用专用的继电器可靠性试验装置,它应满足下列要求:

- a. 能实现 5.3 条中所要求的逐次监测；
- b. 当试品发生失效时,试验装置应具有自动停机,记录失效试品编号及失效发生时的循环次数,判断失效类型以及打印输出功能；
- c. 试验装置本身应有足够的可靠性,并有足够的精度(其具体要求由产品可靠性考核方法的标准规定)；
- d. 试验装置应具有自诊断能力。

推荐采用微机控制与检测的继电器可靠性试验装置,完整的试验装置框图见 GB/T 14598.5 中图 1,其控制与检测装置框图见附录 A。

## 6 可靠性验证试验方案及试验程序

由于采用失效率等级作为控制用电磁继电器的可靠性指标,所以其可靠性验证试验也称失效率试验。

### 6.1 可靠性验证试验(失效率试验)方案

6.1.1 继电器的可靠性验证试验(失效率试验)应采用实验室试验。

6.1.2 除非产品标准另有规定,继电器的可靠性验证试验(失效率试验)推荐采用定时或定数截尾试验。

6.1.3 继电器的可靠性验证试验(失效率试验)分为定级试验、维持试验与升级试验。定级试验是指为首次确定产品的失效率等级而进行的试验,或在某一失效率等级的维持试验或升级试验失败后,对产品

重新确定其失效率等级而进行的试验,维持试验是指为证明产品的失效率等级仍不低于定级试验或升级试验后所确定的失效率等级而进行的试验,升级试验是指为证明产品的失效率等级比原定的失效率等级更高而进行的试验。定级试验和升级试验的置信度取为 0.9,其试验方案见表 3;维持试验的置信度取为 0.6,其试验方案见表 4(表 3 及表 4 的确定方法见附录 B)。

表 3 定级试验和升级试验方案

截尾时间 $T_c$ ( $10^6$ 次)	允许失效数 $A_c$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
YW	0.768	1.30	1.77	2.23	2.66	3.09	3.51	3.92	4.33	4.74	
W	2.30	3.89	5.32	6.68	7.99	9.27	10.53	11.77	13.0	14.21	
L	23.0	38.9	53.2	66.8	79.9	92.7	105.3	117.7	130	142.1	
Q	230	389	532	668	799	927	1 053	1 177	1 300	1 421	

表 4 维持试验方案

失效率等级	最大的维持周期,月	截尾时间 $T_c$ ( $10^6$ 次)									
		$A_c=0$	$A_c=1$	$A_c=2$	$A_c=3$	$A_c=4$	$A_c=5$	$A_c=6$	$A_c=7$	$A_c=8$	$A_c=9$
YW	6	0.306	0.673	1.03	1.39	1.75	2.10	2.45	2.80	3.15	3.50
W	6	0.916	2.02	3.10	4.18	5.25	6.30	7.35	8.40	9.44	10.5
L	12	9.16	20.2	31.0	41.8	52.5	63.0	73.5	84.0	94.4	105
Q	24	91.6	202	310	418	525	630	735	840	944	1 050

6.2 可靠性验证试验(失效率试验)的程序

6.2.1 定级试验

定级试验按下列程序进行:

- a. 选定失效率等级,首次定级试验一般应选失效率等级为 YW 或 W 级;
- b. 选定允许失效数  $A_c$  和截尾失效数  $r_c$  ( $r_c = A_c + 1$ ),推荐在 2~5 的范围内选择  $A_c$ ,不推荐选择  $A_c=0$ ;
- c. 根据选定的失效率等级和  $A_c$ ,由表 3 查出截尾时间  $T_c$ ;
- d. 选定试品的试验截止时间  $t_x, t_z$  应不超过产品标准中规定的电寿命次数,但不得低于  $10^5$  次,推荐  $t_x = 10^5$  次;
- e. 根据  $T_c, A_c$  及  $t_x$ ,由式(1)确定试品数  $n$ :

$$n = \frac{T_c}{t_x} + A_c \dots\dots\dots(1)$$

应注意,试品数  $n$  一般不得小于 10。

- f. 从批量生产并经过筛选的合格产品中随机抽取  $n$  个试品,供抽样的产品数量应不小于试品数  $n$  的 10 倍;
- g. 按 5.3 条的规定进行试验与检测;
- h. 统计相关失效数  $r$  及各失效试品的相关试验时间(失效发生时间),对试验后检测出的相关失效试品,其相关试验时间按试验结束时的时间计算;

- i. 统计累积相关试验时间  $T$ ;
- j. 试验结果判定。

当相关失效数  $r$  未达到截尾失效数  $r_c$  (即  $r \leq A_c$ ), 而累积相关试验时间  $T$  达到或超过了截尾时间  $T_c$ , 则判为试验合格 (接收); 当累积相关试验时间  $T$  未达到截尾时间  $T_c$ , 而相关失效数  $r$  达到或超过了截尾失效数  $r_c$  (即  $r > A_c$ ), 则判为试验不合格 (拒收)。

### 6.2.2 维持试验

定级试验合格的产品, 除非产品标准另有规定, 应按表 4 中规定的维持周期进行该等级的维持试验, 维持试验按下列程序进行:

- a. 选定允许失效数  $A_c$ ;
- b. 根据产品已试验合格的失效率等级及选定的允许失效数, 由表 4 查出截尾时间  $T_c$ ;
- c. 选定试品的试验截止时间  $t_c$  (同 6.2.1.d);
- d. 确定试品数  $n$  (同 6.2.1e);
- e. 抽取试品 (同 6.2.1f);
- f. 按 5.3 条的规定进行试验与检测;
- g. 统计相关失效数  $r$  及各失效试品的相关试验时间 (同 6.2.1h);
- h. 统计累积相关试验时间  $T$ ;
- i. 试验结果判定 (同 6.2.1j);
- j. 若维持试验合格, 则应继续按规定的维持周期进行下一次维持试验; 若维持试验不合格, 则应重新进行定级试验, 以确定其失效率等级;

k. 重新确定失效率等级时, 应将该产品从首次定级试验起的全部试验数据 (包括维持试验不合格的数据) 进行累计, 根据累计的相关失效数及累积的相关试验时间由表 3 确定产品的失效率等级。

### 6.2.3 升级试验

定级试验合格的产品可继续进行升级试验。升级试验的数据可从定级试验和维持试验的试品进行延长试验以及为升级试验投入的试品进行试验得出。升级试验按下列程序进行:

- a. 选定待升的失效率等级 (一般比原定的等级高一级);
- b. 选定允许失效数  $A_c$ ;
- c. 根据选定的失效率等级及允许失效数, 由表 3 查出截尾时间  $T_c$ ;
- d. 根据  $T_c$  确定延长试验的时间以及为升级试验投入的试品数和试验时间;
- e. 抽取试品 (同 6.2.1f);
- f. 按 5.3 条的规定进行试验与检测;
- g. 统计相关失效数  $r$  及累积相关试验时间  $T$ ;
- h. 试验结果判定 (同 6.2.1j);

i. 若升级试验合格, 则应按规定的维持周期进行该等级的维持试验; 若升级试验不合格, 则应重新进行定级试验, 以确定其失效率等级;

j. 重新确定失效率等级时, 应将该产品的全部试验数据进行累计, 根据累计的相关失效数及累积的相关试验时间由表 3 确定产品的失效率等级。

## 7 试验记录与试验报告

### 7.1 试验记录

应对每一台试品建立一份试验记录, 并按先后顺序在试品失效后进行试验数据记录, 记录内容为:

- a. 试品名称、型号、规格;
- b. 制造单位;
- c. 试验日期和时间;

- d. 试验环境条件；
- e. 失效试品编号；
- f. 失效发生时间；
- g. 失效现象；
- h. 失效分析与判断；
- i. 值班人员。

7.2 试验报告

试验结束后应作出接收或拒收的结果判定,并认真准确地填写可靠性试验报告,推荐的试验报告格式见表5。

表5 可靠性试验报告(验证试验)

入档编号:

制造单位		产品型号 和规格		生产日期		试验地点			
试验时间	年	月	日	时至	年	月	日	时	试品数 $n$
试验条件									
试验目的	可靠性指标		可靠性试验 方 案	截尾时间 次	截尾失效数	试验截止时间 $t_2$ 次			
序号	失效产品编号	(相关)失效发生时间 次		失效现象	失效原因	备注			
累积相关试验时间 $T$			相关失效数 $r$						
试验结论									
建议采取措施									

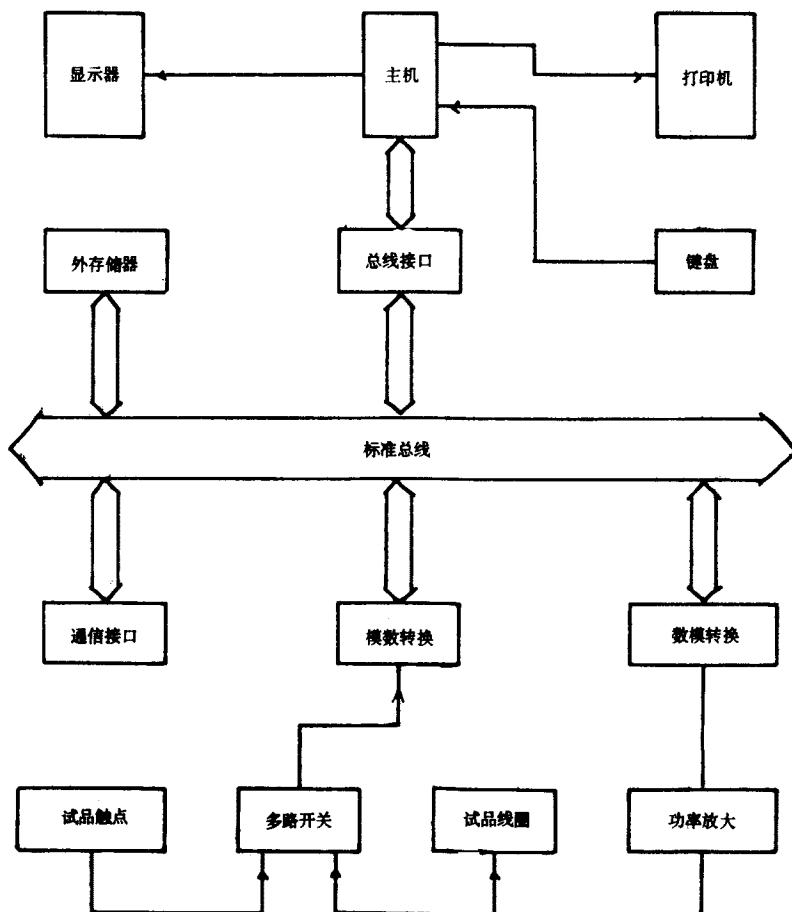
填 表 人 \_\_\_\_\_

试验负责人 \_\_\_\_\_ 可靠性试验单位 \_\_\_\_\_ (盖章) \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

注: 试验条件包括温度、湿度、触点电路额定电压、负载性质及负载电流等。



附录 A  
推荐的继电器可靠性试验控制与检测装置框图  
(参考件)



附录 B  
定级试验、升级试验与维持试验方案的确定方法  
(参考件)

根据抽样理论可列出关系式(B1):

$$\sum_{r=0}^{A_c} \frac{(\lambda_1 T)^r e^{-\lambda_1 T}}{r!} = \beta \quad \dots\dots\dots (B1)$$

式中:  $T$ ——累积相关试验时间;  
 $r$ ——相关失效数;  
 $A_c$ ——允许失效数;  
 $\lambda_1$ ——不可接收的失效率;

$\beta$ ——使用方风险。

式(B1)也可用式(B2)表示:

$$\int_{2\lambda_1 T}^{\infty} f(X, 2A_c + 2) dx = \beta \quad \dots\dots\dots (B2)$$

式中  $f(X, 2A_c + 2)$  为自由度等于  $2A_c + 2$  的  $\chi^2$  分布的密度函数。 $2\lambda_1 T$  与  $\beta$  间的关系可用图 B1 表示:

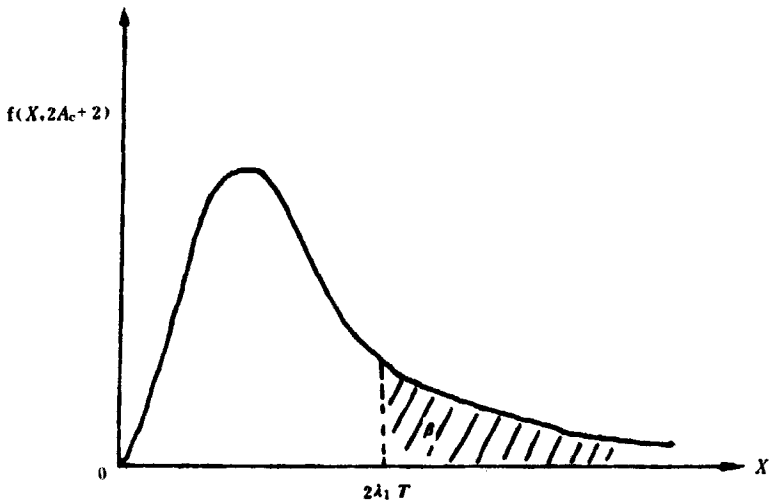


图 B1  $2\lambda_1 T$  与  $\beta$  的关系

显然,  $2\lambda_1 T$  就等于自由度为  $2A_c + 2$  的  $\chi^2$  分布的  $1 - \beta$  下侧分位点  $\chi^2_{1-\beta}(2A_c + 2)$ , 即:

$$2\lambda_1 T = \chi^2_{1-\beta}(2A_c + 2) \quad \dots\dots\dots (B3)$$

或

$$T = \frac{\chi^2_{1-\beta}(2A_c + 2)}{2\lambda_1} \quad \dots\dots\dots (B4)$$

若公式(B4)中的  $\lambda_1$  用所定的失效率等级的最大失效率  $\lambda_{max}$  替代, 置信度  $1 - \beta$  用 0.9 代入, 则由公式(B4)求得的  $T$  值即为定级试验方案中的截尾时间  $T_c$ 。对于不同的  $A_c$  值, 可求得相应的  $T_c$  值, 从而可得出本标准第 6.1.2 条中的表 3; 若置信度  $1 - \beta$  用 0.6 代入, 则由公式(B4)求得的  $T$  值即为维持试验方案中的截尾时间  $T_c$ , 从而可得出本标准第 6.1.2 条中的表 4。

**附加说明:**

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由机械部北京电工综合技术经济研究所与河北工学院共同负责起草,机电部上海电器科学研究所、许昌继电器研究所、成都机床电器研究所参加起草。

本标准起草人陆俭国、胡必权、刘炳彰、刘元洪、韩天行、曾小玲、李志刚、万家彬、李奎、朱云祥。