

本标准等效采用国际电工委员会(IEC)145号出版物(1963年)《乏尔-小时(无功电度)表》。

1 范围

本标准仅适用于最新制造的用于测量频率范围为 45~65 Hz 的无功电能的 2 级和 3 级普通用途的无功电度表(以下简称为仪表)及其型式检验。

本标准不适用于特殊型式的无功电度表(多费率仪表除外)。

当本标准中所述仪表与仪用互感器连接使用时,本标准不适用于仪用互感器。

2 引用标准

GB/T 15283 0.5、1 和 2 级交流有功电度表

3 定义

除采用 GB/T 15283 定义外还增加下列术语与定义。

3.1 无功电度表 reactive energy meter

将无功功率对时间进行积分来测量无功电能的仪表(IEV 301-04)。

3.2 无功电度表常数 constant of a reactive energy meter

由仪表测量的无功能量和转子的相应角位移之间的关系给定的系数。

通常以乏尔小时每转($\text{var} \cdot \text{h}/\text{r}$)或转每千乏尔小时($\text{r}/\text{kvar} \cdot \text{h}$)表示。

4 分类

仪表按照下列各项分类:

按等级指数分为 2 级和 3 级;

按相位角分为 0° 、 60° 、 90° 三类。

5 机械要求

5.1 通用要求

应符合 GB/T 15283 第 5.1 条规定。

5.2 表壳

应符合 GB/T 15283 第 5.2 条规定。

5.3 窗口

应符合 GB/T 15283 第 5.3 条规定。

5.4 接线端——接线端座——保护接地端

应符合 GB/T 15283 第 5.4 条规定。

5.5 接线端盖

应符合 GB/T 15283 第 5.5 条规定。

5.6 绝缘封闭 I 类防护仪表

应符合 GB/T 15283 第 5.6 条规定。

5.7 不燃性

应符合 GB/T 15283 第 5.7 条规定。

5.8 计度器(计数机构)

计度器可以是鼓轮式或指针式的。

计度器记录的基本单位应是千乏尔小时($\text{kvar} \cdot \text{h}$)或兆乏尔小时($\text{Mvar} \cdot \text{h}$)。

在鼓轮式计度器中,计度器记录的基本单位应标在与鼓轮组件相邻处。

鼓轮计度器中,仅最后一个鼓轮,即最右端的鼓轮是可连续转动的。

在指针式计度器中,计度器记录的单位应以 $1 \text{ kva} \cdot \text{h}/\text{div}$ 或 $1 \text{ Mvar} \cdot \text{h}/\text{div}$ 的型式标在与单位标度盘邻近处,10 的倍数可以标到邻近标度盘处。例如按千乏尔小时计度的仪表,单位标度盘应标以 $1 \text{ kvar} \cdot \text{h}/\text{div}$,单位标度盘左边相邻的其他标度盘应标以 10—100—1 000 等。

连续转动的鼓轮,或指示最低值的标度盘,应予以刻度并按十个分度标以数字,每个分度应细分为十个部分或保证相同读数精度的任一其他排列。

指示单位的小数部分的鼓轮式计度器的鼓轮或指针式计度器的标度盘,若是可读的,应圈以彩色圈或本身着色。

计度器应能从零开始记录最少 $1\,500 \text{ h}$,并在参比电压和功率因数为 1 时额定最大电流下记录电能。任一较高值可以经有关方面之间协商。

计度器标志应是不能擦掉的并便于读数。

6 电气要求

6.1 标准的基本电流

见 GB/T 15283 第 6.1 条。

6.2 标准的参比电压

见 GB/T 15283 第 6.2 条。

6.3 功率损耗

a. 电压线路

在参比电压、参比温度和参比频率下,仪表每一电压线路有功功率和视在功率损耗不应超过 5 W 和 $10 \text{ V} \cdot \text{A}$ 。

b. 电流线路

对于基本电流小于 30 A 的仪表,在基本电流、参比频率和参比温度下,直接接通仪表每一电流线路所损耗视在功率不应超过 $5 \text{ V} \cdot \text{A}$ 。

在参比温度和参比频率下,经电流互感器使用的仪表,每一电流线路所损耗的视在功率在其电流值等于相应互感器的额定二次电流值时不应超过 $2.5 \text{ V} \cdot \text{A}$ 。

注:额定二次电流是电流互感器的二次电流值,互感器的特性即基于此值。

额定扩展的二次电流的标准值为额定二次电流的 120%、150% 和 200%。

6.4 温升

应符合 GB/T 15283 第 6.4 条规定。

6.5 介电性能

应符合 GB/T 15283 第 6.5 条规定。

7 仪表标志

7.1 铭牌

每只仪表应具有下列信息：


- a. 制造厂名称或商标和制造厂地址(如要求时)；
- b. 型式名称和认可标志的位置(在需要时)；
- c. 适于仪表的相数和线数(例如,单相二线,三相三线,三相四线),此标志可以由附录 A 所示的图形符号代替；
- d. 系列号和制造年份。如系列号标在固定于表盖上的标牌上,则此号也应标志在表底和基架上；
- e. 参比电压,按下列形式之一标志：
 - 元件数(如多于一个时),和仪表电压线路的接线端上的电压；
 - 系统的标称电压或用于同仪表连接的仪用互感器二次电压。

标志例子见表 1。

表 1 电压标志

| 仪 表 | 电压线路接线端上的电压和单元数 | 标称系统电压 |
|----------------------------|-----------------|---------------|
| 单相二线 127 V 仪表 | 127 V | 127 V |
| 单相三线 127 V 仪表(127 V 是对中间线) | 254 V | 254 V |
| 三相三线,相间 220 V, 2 元件 | 2×220 V | 3×220 V |
| 三相四线 0°仪表 220/380, 3 元件 | 3×220(380) V | 3×220/380 V |
| 三元件 90°仪表三(或四)线,相间 220 V | 3×220 V | 3×220 V |
| 使用相对相电压仪表 | | (3×127/220 V) |
| 单相二线仪表电压范围为 110 V~143 V | 110~143 V | 110~143 V |
| 单相二线仪表参比电压 127 V 和 220 V | 127 和 220 V | 127 和 220 V |

f. 对于直接接通仪表,基本电流和最大电流示例:10-40 A 或 10(40) A,为仪表基本电流 10 A,额定最大电流 40 A;对于接互感器工作的仪表,同仪表连接的互感器次级电流示例表示为/5 A,仪表的基本电流和额定最大电流可以包括在型式名称中,例如:ABC-1.5-6 或 ABC-1.5(6);

- g. 参比频率以 Hz 表示；
- h. 仪表常数以 $x \text{ var} \cdot \text{h/r}$ 或 $x \text{ r/kvar} \cdot \text{h}$ 形式表示；
- i. 如要求时,按相角分类(如表示为:0°、90°或 60°)；
- j. 仪表等级指数以记入圆圈中的等级数字 2 或 3 表示或以“C1.2”,“C1.3”表示；
- k. 参比温度不是 23℃,应标出；
- l. 绝缘封闭 I 类防护仪表用  符号。

上述第 a、b 和 c 项可以标在永久固定于表盖上的标牌上。

d 项到 l 项信息标在位于仪表内部的铭牌上,例如,铭牌可以固定在仪表计度器上。此信息也可标在仪表标牌上。

标志应清楚,不易被擦掉,并能从仪表外边读取。

如仪表是特殊型式(例如带有止逆器、或当多费率仪表的切换磁铁的电压不同于参比电压时),应特殊标在铭牌上或另外的标牌上。

如仪表通过仪用互感器记录无功电能,并且在仪表常数中已考虑互感器时,应标志互感器变比。

也可以使用标准的符号(见 IEC 387 号出版物译文)。

7.2 接线图和接线端标志

每只仪表应标以不能被涂掉的接线图,其接线图应表明仪表的相序和角度分类。经双方协商,可按国家标准识别图形代替接线图。

如仪表接线端标有标志时,此标志也应表现在接线图上。

8 准确度

8.1 进行准确度试验条件

- a. 表盖应在原来位置;
- b. 鼓轮式计度器仅是转动最快的鼓轮转动;
- c. 在进行任一试验之前,电压线路应至少通电:
 - 2级仪表为2 h;
 - 3级仪表为1 h。

测量电流应按逐增值或逐减值调整,电流线路应在每一电流值下维持足够的时间,以达到热稳定,相应的使转速恒定。

- d. 此外,对三相仪表:
 - 应符合接线图中标的相序;
 - 电压和电流系统应基本上对称;

每一相电压(线对中线)或线电压(线对线之间)与相应电压平均值之差不超过 $\pm 1\%$ 。

每一相电流与各相电流平均值之差不超过 $\pm 2\%$ 。

各电流与相应相电压的相位移,不考虑功率因数,相互之差不超过 2° 。

参比条件见表2。

表2 参比条件

| 影 响 量 | 参 比 值 | 各等级仪表的允许偏差 | |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | 2 | 3 |
| 环境温度 | 参比温度,无标记时为 23℃ ¹⁾ | $\pm 2^\circ\text{C}$ | $\pm 2^\circ\text{C}$ |
| 工作位置 | 垂直工作位置 ²⁾ | $\pm 5^\circ\text{C}$ | $\pm 5^\circ\text{C}$ |
| 电压 | 参比电压 | $\pm 0.5\%$ | $\pm 1\%$ |
| 频率 | 参比频率 | $\pm 0.2\%$ | $\pm 0.5\%$ |
| 波形 | 正弦电压和电流 | 畸变因数小于 | |
| | | $\pm 2\%$ | $\pm 5\%$ |
| 来自外部参比频率 的磁感应强度 | 磁感应强度等于零 | 引起误差改变不大于下列值的磁感应强度值 ³⁾ | |
| | | $\pm 0.3\%$ | $\pm 0.3\%$ |

注: 1) 如试验不是在参比温度(包括允许偏差)下进行的,其结果应以适当的仪表温度系数更正。

2) 确定垂直的工作位置(见5.2条)。

仪表设计和装配应在下述条件下保证正确的垂直位置(前后及左右)。

- a. 表底由垂直的墙壁支承;
- b. 基准边缘(如接线端座的下边缘),或标志在表壳上的基准线是水平的。

3) 试验包括:

- a. 对于单相仪表,首先使仪表同电网干线正常连接,测定误差,接着将电流线路以及电压线路反向连接后测定误差。两个误差之间的差的一半即是误差改变值。因为外磁场相位未知,故试验应在 $0.1 I_b$ 和功率因数为1以

及 $0.2 I_b$ 功率因数为 0.5(感性)的条件下进行。

b. 对于三相仪表,对 $0.1 I_b$ 和功率因数为 1 进行三次测量,在每一次测量之后电流线路和电压线路接线要改变 120° ,整个相序不改变。这样测定的每一误差和其平均值之间的最大差即是误差改变值。

8.2 误差限

仪表在第 8.1 条规定的参比条件下,其百分数误差不应超过表 3 和表 4 规定的有关准确度等级的极限。

表 3 百分数误差限(单相仪表和带有平衡负载的三相仪表)

| 电 流 值 | 功 率 因 数 (超前或滞后) | 各等级仪表的百分数误差极限 | |
|------------------------|--------------------|---------------|-----------|
| | | 2 | 3 |
| $0.1 I_b$ | 1 | ± 3.0 | ± 4.0 |
| $0.2 I_b \sim I_{max}$ | 1 | ± 2.0 | ± 3.0 |
| $0.5 I_b \sim I_{max}$ | 0.5 | ± 2.0 | ± 3.0 |

表 4 百分数误差限(带有单相负载的三相仪表但电压线路加以对称三相电压)

| 电 流 值 | 功 率 因 数 | 各等级仪表的百分数误差极限 | |
|--------------------|---------|---------------|-----------|
| | | 2 | 3 |
| $0.2 I_b \sim I_b$ | 1 | ± 3.0 | ± 4.0 |
| I_b | 0.5 | ± 3.0 | ± 4.0 |

注: 试验电流应以递增或递减的方式加入每一单元。

8.3 仪表常数试验

应符合 GB/T 15283 第 8.3 条规定。

8.4 试验结果的说明

由于测量不确定度和其他参数可能影响到测量,某些试验结果可能落在表 3 和表 4 所示极限的外边。然而,如平行移动一次零线,移动量极限不大于表 5 规定的极限,所有试验结果落入表 3 和表 4 所示极限内时,则仪表被认为合格。

表 5 试验结果的说明

| | 仪 表 等 级 | |
|---------|---------|-----|
| | 2 | 3 |
| 允许零线移动% | 1.0 | 1.5 |

8.5 影响量的影响

在测定个别影响量的影响时,其他影响量的值和条件,应按第 8.1 条规定。

8.5.1 环境温度的影响

对于给定温度的平均温度系数的测定,应在温度范围为 20°C 即高于给定温度 10°C 和低 10°C 温度范围内完成,但是不应使温度低于 0°C 和高于 40°C 。

在所有情况下,平均温度系数至少应对参比温度进行测定,应不超过表 6 规定的极限。

表 6 温度系数

| 电 流 值 | 功 率 因 数 | 各等级仪表的平均温度系数, %/°C | |
|------------------------|---------|--------------------|------|
| | | 2 | 3 |
| 0.1 $I_b \sim I_{max}$ | 1 | 0.10 | 0.15 |
| 0.2 $I_b \sim I_{max}$ | 0.5(滞后) | 0.15 | 0.25 |

8.5.2 其他影响量

表 7 影响量

| 影响量相对于参比条件的改变量 | 电 流 值 (平衡负载,另有说明除外) | 功 率 因 数 | 各等级仪表百分数误差改变极限 | |
|--------------------------------|------------------------|------------|----------------|-----|
| | | | 2 | 3 |
| 倾斜悬挂 3° | 0.05 I_b | 1 | 3.0 | 3.0 |
| | I_b 和 I_{max} | 1 | 0.5 | 1.0 |
| 电压 ±10% | 0.1 I_b | 1 | 1.5 | 2.0 |
| | $I_b \sim I_{max}$ | 1 | 1.0 | 1.5 |
| 频率 ±5% | 0.1 I_b, I_b | 1 | 1.5 | 2.5 |
| | I_b | 0.5(超前或滞后) | 2.0 | 2.5 |
| 来自外部的磁感强度 0.5 mT ¹⁾ | I_b | 1 | 3.0 | 3.0 |
| 附件磁场 ²⁾ | 0.05 I_b | 1 | 1.0 | 1.0 |
| 单费率或多费率计度器的机械载 ³⁾ | 0.05 I_b | 1 | 2.0 | 2.0 |

注: 1) 与加于仪表的电压同频率的电流产生的 0.5 mT 的外磁场磁感强度,在相位和方向最不利的条件下,不应引起仪表百分数误差改变超过表 7 所示值。

此磁感强度值可通过将仪表放置圆形线圈中心处获得,该线圈平均直径 1 m,矩形截面,相对于直径有小的径向厚度,线圈为 400 安匝。

2) 指封装在仪表外壳内的间歇通电的附件,例如多费率计度器的电磁铁。

最好标出辅助装置的连接方法。若连接是用插件或插座的方式,则这些连接应是不可逆的。

但是,在无上述标志或无不可逆连接情况,若仪表是在最不利条件的连接下进行试验时,误差改变也不应超过表 7 指示值。

3) 在校准仪表时,此影响已被补偿。

8.6 短时过电流

试验线路应是实际上非感性的。

在接线端上保持电压,在施加短时过电流之后,仪表应能回到电压线路通电时的初始温度(约 1 h)。

8.6.1 直接接通仪表

仪表应能加载冲击电流¹⁾,其峰值等于 50 倍额定最大电流(或 7 000 A,取低值),并保持 25 倍最大额定电流(或 3 500 A,取低值)1 ms。

注: 1) 可用电容器放电或硅可控整流器电源获得脉冲电流。

经此试验后,误差改变不应超过表 8 所示值。

8.6.2 经电流互感器接通的仪表

仪表应能加载 0.5 s,电流等于 20 倍额定最大电流。

经此试验后,误差改变不应超过表 8 所示值。

表 8 短时过电流引起的改变

| 仪表用于 | 电 流 值 | 功 率 因 数 | 各等级仪表的百分数误差限 | |
|----------|-------|---------|--------------|-----|
| | | | 2 | 3 |
| 直接接通 | I_b | 1 | 1.5 | 1.5 |
| 经电流互感器接通 | I_b | 1 | 1.0 | 1.0 |

8.7 自热影响

电流线路无电流,电压线路按参比电压分别通电至少 2 h(2 级)和 1 h(3 级)后,将额定最大电流加于电流线路,施加电流后,在功率因数为 1 时立刻测量仪表误差,然后以足够短的时间间隔画出正确的以时间为函数的误差变化曲线。此项试验应进行至少 1 h,无论如何,应进行直到在 20 min 内误差变化不超过 0.2% 为止。

在功率因数等于 0.5(滞后)时进行同样的试验。

按规定测量的误差改变不应超过表 9 规定值。

表 9 自热影响引起的改变

| 电 流 值 | 功 率 因 数 | 各等级仪表以百分数误差表示的改变量限 | |
|-----------|---------|--------------------|-----|
| | | 2 | 3 |
| I_{max} | 1 | 1.0 | 1.5 |
| | 0.5(滞后) | 1.5 | 2.5 |

9 起动和潜动

本试验条件和影响量值按 8.1 条规定,除下述规定外。

9.1 起动

当 2 级和 3 级仪表的电流分别为 $0.005 I_b$ 和 $0.01 I_b$ 及 $\sin\varphi=1$ (超前或滞后)时,仪表转子应起动并连续转动。

检查转子,应使转子至少完整的旋转一转。

带有鼓轮式计度器的仪表,应对不超过两个鼓轮转动时进行。

9.2 潜动

应符合 GB/T 15283 第 9.2 条的规定。

10 调整

一般情况,应提供有适当的调整装置。经用户和制造厂之间的协商,制造厂可生产无进一步调整装置的仪表。

装有调整装置的仪表,以及按本标准已调整完好的仪表,至少应能提供下列进一步的调整。

试验应按第 8.1 条规定的条件进行。

a. 制动元件调整

在 $0.5 I_{max}$ 、参比电压、参比频率和 $\sin\varphi=1$ 的条件下,改变转速不小于 $\pm 4\%$ 。

b. 轻载调整

在 $0.05 I_b$ 、参比电压、参比频率和 $\sin\varphi=1$ 条件下,改变转速不小于 $\pm 4\%$ 。

c. 相位角调整(有此项要求的仪表)

在 $\sin\varphi=0.5$ (超前或滞后)在 $0.5 I_{max}$ 、参比电压和参比频率条件下,改变转速不小于 $\pm 1\%$ 。

附录 A
无功电度表图形符号
(补充件)

下列符号作为例子给出,每一电压线路用一条直线表示,每一电流线路用一个黑色或白色圆点(小圆圈)表示。

在表示电压线路的每一直线的终端,放置一个小圆点,表示电流线路与电压线路有一个公共接点。

如具有这样公共接点的电流线路和电压线路不是同一电磁元件的一部分,则表示电流线路的圆点以引线方式接到表示电压线路的直线中点,引线粗细不超过直线的一半。

如一个电磁元件带有两个电流线路,其匝数比为 $1/K$,则表示圆点的直径应有近似相同的比率。

若在两直线符号(如符号 i)和 j)中,朝向公共点的方向作为正向,在三角形符号(如符号 h))情况下以三角方向为正向,则符号中两直线夹角表示为两对应电压的相位角。

为了区别作用于每一电流的电压的方向,由电压的正方向影响的电流应以黑色圆点表示,而由电压的负方向影响的电流以白色圆点表示。

例 1 仪表(0°)用符号

a)

符号 a)表示仪表有一个元件,一个电流绕组和一个电压绕组(一相二线线路);



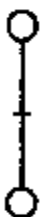
b)

符号 b)表示仪表有一个元件,一个电压绕组和两个电流绕组(一相二线线路或三线线路,电压绕组接外端导线);



c)

符号 c)表示仪表有两个元件,每一元件有一个电压绕组和一个电流绕组,电流绕组连接在单相三线线路的外端,相应的电压线路接于外端和中线之间;



d)

符号 d)表示仪表有两个元件,每一元件有一个电压绕组和一个电流绕组,电流绕组插入三相线路的相导线中,每一元件的电压绕组接于中线和电流绕组所插入的那个相导线之间;

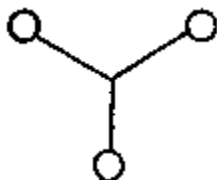


e)



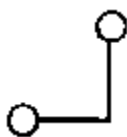
符号 e) 表示仪表有两个元件, 每一元件有一个电压绕组和一个电流绕组, 适于二瓦表法连接 (三相三线线路);

f)



符号 f) 表示仪表有三个元件, 每一元件有一个电压绕组和一个电流绕组, 适于三瓦表法连接 (三相四线线路);

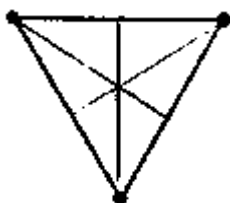
g)



符号 g) 表示仪表有两个元件, 每一元件有一个电压绕组和一个电流绕组, 电流绕组在二相三线线路的两个相导线中连接。

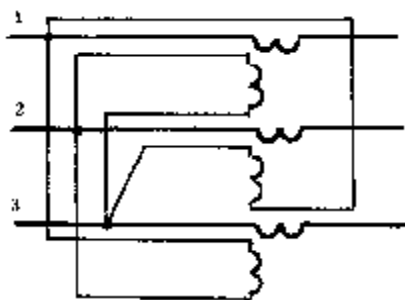
例 2 三相仪表(90°)用符号

h)

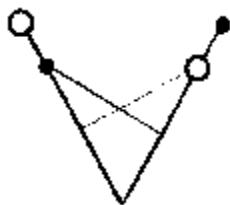


符号 h) 表示仪表有三个电磁元件, 每元件有一个电压线路和一个电流线路, 其中每一元件的电流线路同其他两个电磁元件的电压线路有一公共点。每一电磁元件的电压线路由不包括在电流线路内的相导线之间的电压供电。符号 h) 对应于图示 h'), 适用于三相三线或四线线路。

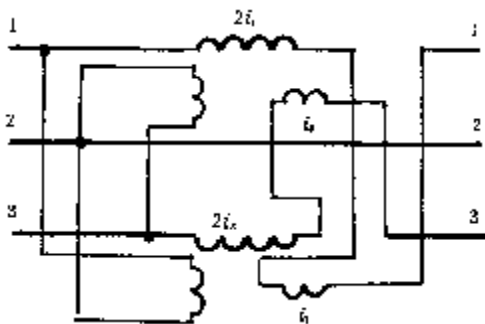
h')



i)



i')

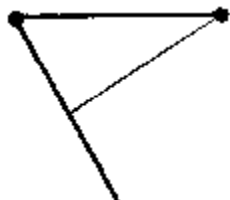


符号 i) 表示三相仪表有两个电磁元件, 每元件有一个电压线路和两个电流线路, 其匝数比为 $1:2$ (n 匝和 $2n$ 匝); 每一 n 匝线路与同一电磁元件的电压线路有一公共点, 而每一 $2n$ 匝电流线路与电磁元件的电压线路有一公共点。

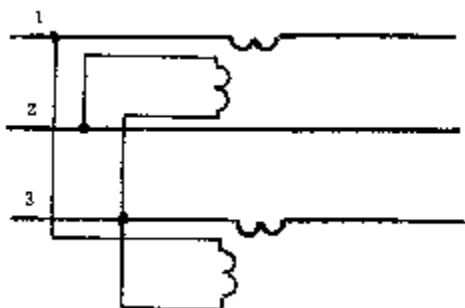
一个电磁元件的 n 匝线路和另一电磁元件的 $2n$ 匝线路接正向电压, 相反, 第一个 $2n$ 匝线路和第二个 n 匝线路接负向电压。符号 i) 对应于图示 i'), 适用于三相三线线路。

例 3 三相仪表 (60°) 用符号

j)



j')



符号 j) 表示三相仪表有两个电磁元件, 每一元件有一个电压线路和一个电流线路, 一个电流线路与另一电磁元件的电压线路有一公共点, 而另一电磁元件的电流线路同两个电磁元件的电压线路有一个公共点。

符号 j) 对应于图示 j'), 适用于三相三线线路。

符号的优点:

本附录中使用的符号表示出了电磁元件数和每一元件的电流线路数, 电流和电压绕组之间的电气连接及其在仪表中的配置。也说明了是单相还是三相系统及其导线数。

使用这些符号可使本标准正文中第 7 条第 d 项所列的表示方法省略。

简化了第 7 条第 f 项所列的表示方法。在二电磁元件三相线路仪表中, 相导线之间的电压为 220 V 的, 应在符号 i) 或 j) 的右边写上“ 220 V ”(如可能时); 在三电磁元件三相三线仪表中, 应在符号 h) 的右边写上“ 380 V ”; 在有中线的三相线路中应在同一符号的右边写上“ $220/380\text{ V}$ ”。

应用 IEC 文字符号的组合有着很大的优点, 即铭牌上的技术标志都是统一的, 不需考虑进口国的语言。

附加说明：

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国仪器仪表标准化技术委员会归口。

本标准由哈尔滨电工仪表研究所负责起草。

本标准主要起草人薛德晋、王菽蓉、白静方、徐岚、陈波。