

对板形多孔零件孔的位置公差标注的分析

许昌继电器研究所 田 衡

一、引言

在电力系统继电保护和安全自动装置产品中,大量出现面板、安装板、印制电路板一类安装电气电子元器件的板形多孔零件和与之相类似的多孔结构件。这一类零件由于孔多,而且这些孔又往往以成组形式出现,在设计和加工过程中都带来很多困难,常常在设计 and 工艺人员间引起矛盾,甚至出现完全不同的理解。在设计板形多孔零件过程中,设计师往往采取提高精度的办法来保证设计质量,但有时却事与愿违。工艺人员也常常试图通过降低精度的办法来解决加工上的困难,其后果可能导致装配的困难甚至降低了产品的质量。因此,“精度高低”这样一个定性的概念不足以解决设计与加工之间的矛盾。本文试图通过对板形多孔零件在设计过程中公差标注的方法作一个简单分析,以寻求一种恰当的标注方法,得到经济而又合理的精度。

按照设计图纸加工的零件,由于所使用的机床、刀具、夹具、工具、量具以及操作上的诸因素影响,不可能作到绝对准确,总会产生一些加工误差。概括起来,这些误差可以归纳为以下四类:

尺寸误差:加工后的实际尺寸与图纸所要求的尺寸的误差;

表面光洁度:零件加工后表面微观不平的程度;

形状误差:零件的实际形状与理想形状之间的误差;

位置误差:零件各要素的位置与理想状态之间的误差。

不对上述四类误差进行限制,就不能保证零件的互换性要求和质量要求。

对于板形多孔零件,尺寸误差和位置误差以及它们之间的相互关系,对该类零件的精度有着最为重要的影响,公差的标注也十分复杂和困难。本文将从板类多孔零件孔的尺寸公差标注和位置度公差标注上入手,分析这两种标注方法对精度的影响和它们之间的相互关系。

二、尺寸公差标注法

板形多孔零件中孔的位置(或孔距)采用尺寸公差标注时,通常采用以下标注方法:

- 直角座标法 { 基准座标法：每个尺寸从事先选定的基准注起（图 1）
 链状法：尺寸依次标注成为链状（图 2）
 综合法：以上两种标注方法的综合（图 3）
- 极座标法：孔的位置按选定的基准同时注出其角度和半径值（图 4）
 分类方法同直角座标法。

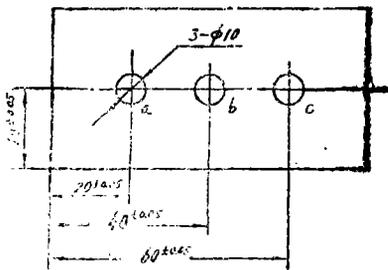


图 1

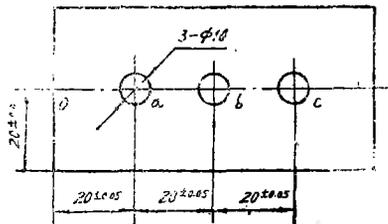


图 2

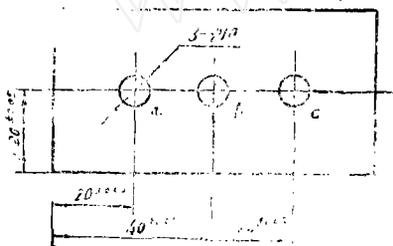


图 3

以上各种标注方法不尽相同，其加工精度也就不同，因而各有一定的适用范围。这里我们仅就直角座标标注法的三种不同的标注进行一下简单的分析和对比（见表 1）。

选择上述各种标注方法的步骤是：仔细分析图中各孔（或孔组）的功能，计算并列尺寸链，找出主要尺寸和自由尺寸，考虑适当的加工工艺，然后确定正确的标注方法。

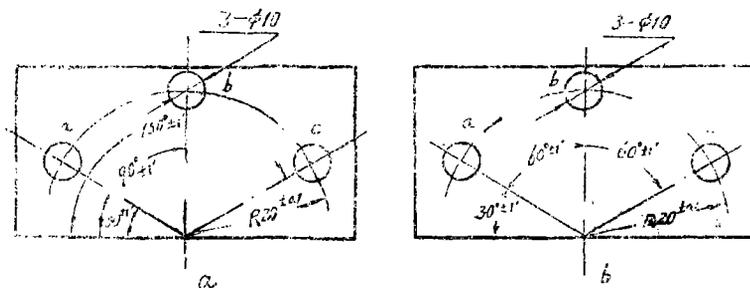


图 4

表 1

单位：毫米

| 图序 | 标注方法 | 简要评述 | C孔的最小极限尺寸 | C孔的最大极限尺寸 | 公差 |
|----|-------|------------------------|-----------|-----------|-----|
| 1 | 基准座标法 | 任一孔的精度不受其它孔影响累积误差小 | 59.95 | 60.05 | 0.1 |
| 2 | 链状法 | 先加工孔的精度不影响后一孔的精度，累积误差大 | 59.85 | 60.15 | 0.3 |
| 3 | 综合法 | 是上述两种方法的综合，可对重要尺寸进行标注 | 59.9 | 60.1 | 0.2 |

但应注意，链状法标注尽量少用。单纯地采用链状法或基准座标法的情况都是较少的，而综合法比较常用。

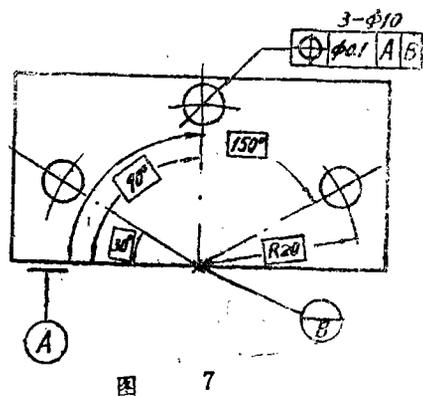
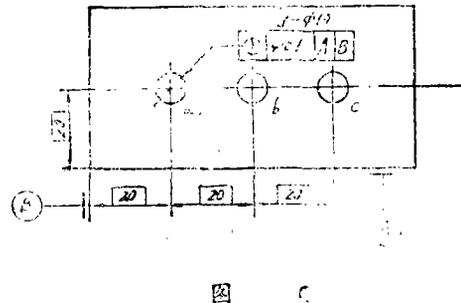
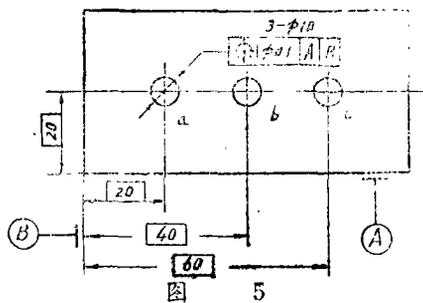
三、位置度公差标注法

位置度是我国按照国际标准引入形位公差中的一个新概念，它和其它位置公差一样，是考察被测零件的不同要素之间的位置关系的。但它又和其它表示位置公差的概念不同：

1、位置度不是直接考察一个零件的被测要素对其它要素（基准）的位置变化，而是考察对于它自身的理想位置的变化。这一点与尺寸公差中以基本尺寸（旧称名义尺寸或公称尺寸）作为评定尺寸误差的基准相类似。

2、位置度是以被测要素的理想形状的理想位置作为评定基准，而被测要素的理想位置又是由相应的某一基准来控制的。

为了便于和尺寸公差标注方法作比较，我们仍以图 1、图 2 和图 4 a 为基础，改成位置度标注方法，如图 5、图 6、图 7 所示。



四、尺寸公差标注与位置度标注的对比

1、在相同精度下位置度公差带较尺寸公差带大。

我们先对图 1 和图 5 中孔 a 的公差带进行分析。图 1 中孔 a 的公差带为正方形公差带，正方形的边长为 0.1mm（图 8），而图 5 中孔 a 的公差带为圆形公差带，圆的直径为 0.1mm（图 9）。

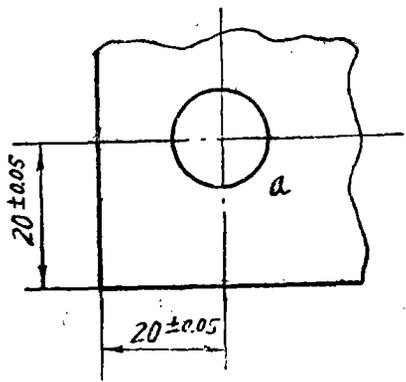


图 8

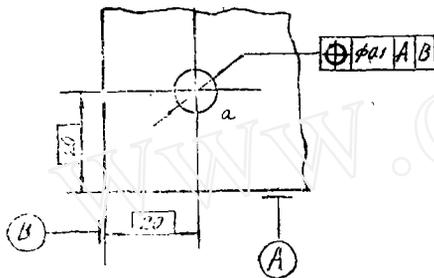
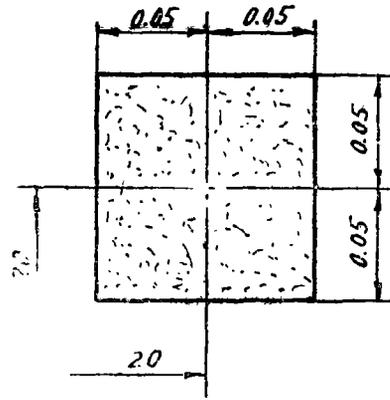


图 9

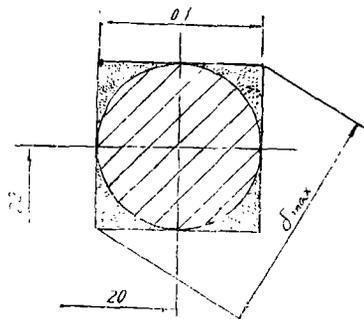
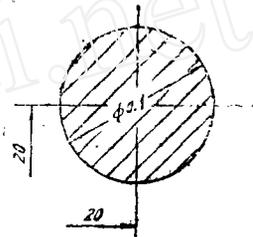


图 10

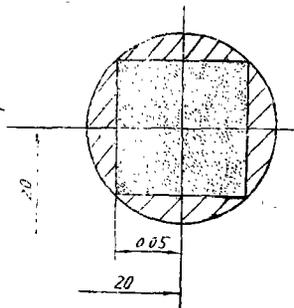


图 11

如果将图 8 和图 9 的公差带图迭加, 可以得出图 10 的公差带迭加图。从图 10 可以看出, 在公差值相同的情况下, 采用位置度标注, 其公差带比直角坐标标注少了四个三角区域。但正方形公差带的最大值为对角线方向, 尽管两种标注公差值相同, 但并不属于同一精度等级。如果把位置度的公差值改为直角坐标标注中正方形公差带的对角线, 即位置度公差带为直角坐标公差带的的外接圆, 则精度等级保持相同, 而公差带却扩大了四个弓形区域 (图 11)。公差值的修正计算为:

$$\begin{aligned} \frac{\delta}{2} &= 0.05 \times \sqrt{2} \\ &= 0.05 \times 1.4142 \\ &\approx 0.07 \\ \delta &= 0.14 \end{aligned}$$

..... (1)

..... (2)

此时,外接圆公差带包括了正方形公差带,而且精度等级与正方形公差带相同,这时与图 1 相当的位置度标注则为图12所示。

2、位置度标注不存在累积误差

在图 1 ~ 4 标注中,都存在累积误差问题。例如,图 1 中 ab 和 bc 之距离在 20.10 ~ 19.90 间波动,其公差值为 0.2。图 2 中 oC 之间距在 59.85 ~ 60.15 间波动,公差值为 0.3。而采用位置度标注(如图

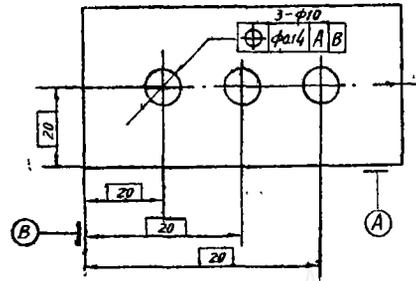


图 12

5 ~ 6), 就不存在累积误差问题,这就避免了因累积误差带来的零件各要素间位置变化的波动,便于控制零件相关要素的位置,以保证零件的合格率。

3、对于多孔组的孔间定位,若采用尺寸公差标注方法,对于其公差带的分布可能会产生多种解释。我们以图13为例,对其公差带进行分析。图14a、b、c都是图13公差带的解释,而a、b、c三图的公差带位置和公差值都是不相同的。

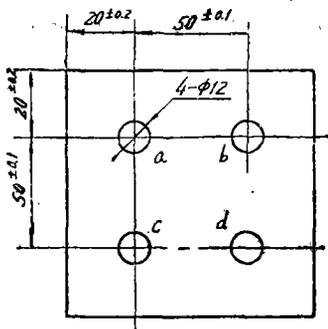


图 13

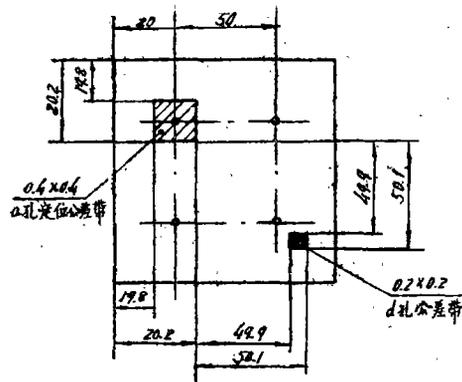


图 14a

图13如采用位置度标注,其公差值可以提高到φ0.14,则可改为图15的标注,其公差带的解释只能有图16这一种,即不管a孔在0.4×0.4正方形公差带的任何位置上,a、b、c、d四个孔的中心都在各自的φ0.14的园形公差带之内,这就避免了因公差带不同解释所带来的麻烦。

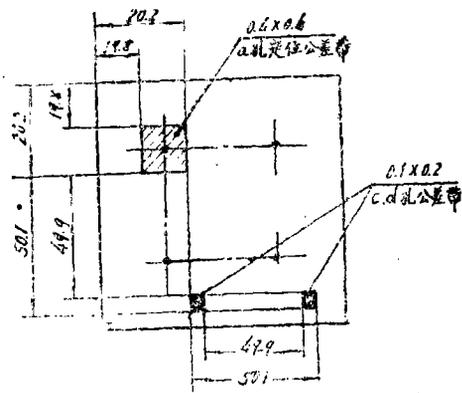


图14b

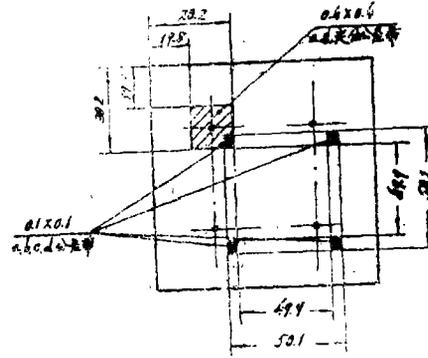


图14c

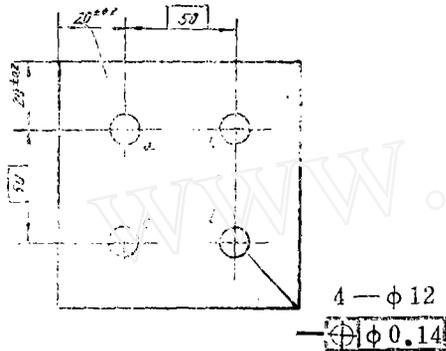


图 15

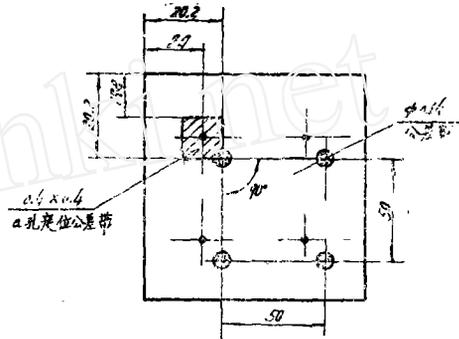


图 16

4、位置度标注法还可以体现综合要求，例如孔的中心线位移、垂直度、直线度等，都应控制在位置度公差带（圆柱形）之内，这一点对厚板多孔零件最为清楚，这里不再赘述。

五、直角坐标误差与位移度误差的关系

在图11中，我们已经简单地分析了直角坐标误差与位移度误差的关系，在实际应用时，又往往是通过测量尺寸公差值来计算出位置度公差的。它们之间的关系可通过图17 a、b、c进行推导。

由图17c可知：

$$\Delta X = |x| - (x^0 + \frac{\phi}{2}) \quad (\text{代数值}) \quad \dots\dots (3)$$

$$\Delta y = |y| - (y^0 + \frac{\phi}{2}) \quad (\text{代数值}) \quad \dots\dots (4)$$

由图17b可知：

$$R^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2$$

$$R = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad \dots\dots (5)$$

$$\delta = 2R = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad \dots\dots (6)$$

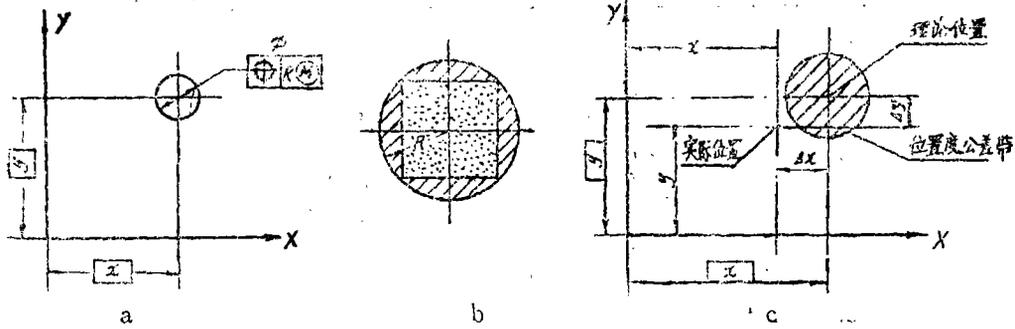


图 17

式中:

Δx —x方向的直角坐标误差;

Δy —y方向的直角坐标误差

\bar{x} —x方向的理论正确位置;

\bar{y} —y方向的理论正确位置;

ϕ —孔的尺寸 (M 为考虑最大实体条件);

x —x方向孔边到基准的实测值;

y —y方向孔边到基准的实测值

R —位置度误差的半径值;

δ —位置度误差值。

应用上述公式,即可用一般测量方法计算出被测零件的位置度误差。同理,也可由直角坐标公差推算出位置度公差值,从而改直角坐标标注为位置度标注。

六、板形多孔零件位置度公差的标注示例

印制板、安装板、面板一类的板形多孔零件,安装大量的电气元件和电子器件,而各元器件的安装孔又常常是成组出现的。如果采用尺寸公差标注法,不仅尺寸链关系复杂,公差值的计算繁琐,而且标注后的图面也不清晰,在设计和加工过程都极易出现错误。若采用位置度标注法,可把各安装孔按组分类,以相应的基准定位,根据精度要求计算出公差值,就可化繁为简,得到清楚合理的设计图。图18是一综合示例图。

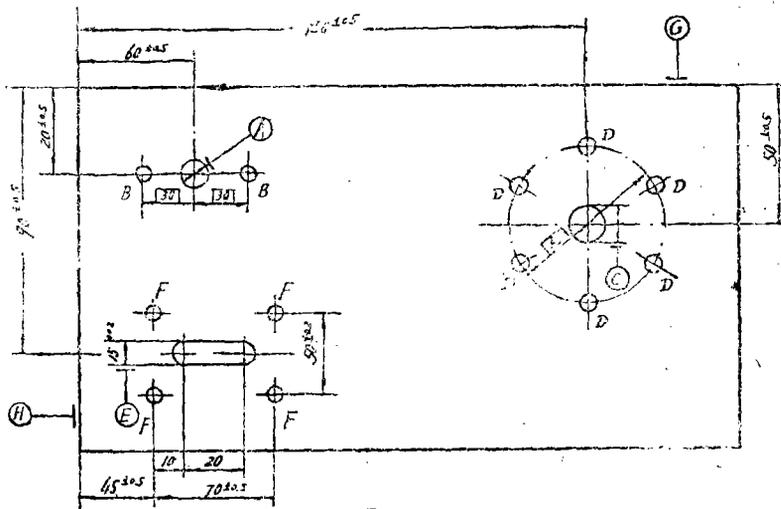


图18

表 2

单位: 毫米

| 组别 | 文 字 | 孔 | | 形 位 公 差 | |
|----|-----|---------------|-----|------------|----------|
| | | 尺 寸 | 个 数 | | |
| 1 | A | $\phi 10+0.1$ | 1 | 基 准(M) | \oplus |
| | B | $\phi 6+0.2$ | 2 | 公差 R0.2(M) | |
| 2 | C | $\phi 12+0.2$ | 1 | 基 准 | \oplus |
| | D | $\phi 7+0.5$ | 6 | 公差 R0.3(M) | |
| 3 | E | — | — | 基 准(M) | + |
| | F | $\phi 8+0.5$ | 4 | 公差 0.1(M) | |
| 4 | G | — | — | 基 准 | \perp |
| | H | — | — | 公差 0.05 | |

图18标注的特点是:

- 1、尺寸公差与位置度同时使用;
- 2、孔按孔组分类,各孔组对整个形体定位,用尺寸公差标注;
- 3、各孔组以一个要素为基准,其它要素用位置度定位。

七、结论

1、板形多孔零件孔的位置可用尺寸公差标注法,其中基准法标注法和综合法最常用,链式法尽量少用。

2、采用位置度标注时,孔的位置比尺寸公差标注方法优点多,给设计和制造都带来了方便。

3、按孔组对孔进行分类,用位置度进行标注可化繁为简。

4、位置度与直角坐标尺寸公差的关系可按(3)~(6)式进行计算。

5、位置度公差值按文献[2]计算:

符号意义:

T—位置度公差值(公差带的直径或宽度); Z—配合件间的间隙;

D_{min} —最小孔径; d_{max} —最大轴径;

k—间隙利用系数。 $Z = D_{min} - d_{max}$

| 螺栓联接时 | 螺钉联接时 | 联接件位置度公差不等 |
|--------------|------------------|--------------------|
| $T \leq K Z$ | $T \leq 0.5 K Z$ | $T_a + T_b \leq T$ |

不需调整的固定联接 $K = 1$;

需要调整的固定联接 $K = 0.8, 0.6$ 。

主要参考文献:

[1] GB1183—80 形位公差 术语和定义

[2] GB1184—80 形位公差 未注公差的规定

附录二: 位置度公差计算

[3] 尺寸和公差的合理标注 (苏)B、П 葛勒金, B、H奥比达洛夫著,清华大学译,机械工业出版社,1966年。