

# 模数及产品组合尺寸标准化

许昌继电器研究所 田 衡

**摘要** 电工、电子产品可分为多个层次，除了成套设备之外，其它各种产品几乎都是交叉和配合使用的。各产品之间除了功能上的联系之外，还存在着尺寸的拼加或分割、兼容或对接问题。因此处理好相互间尺寸问题关系极为重要。本文拟对产品的组合尺寸标准化问题，从模数入手进行一些分析，以说明电工产品的模数体系建立的重要意义。

**关键词** 模数 (Module)

## 前 言

在人们的日常生活和工程设计中，最常遇到、也是较难处理的问题之一是尺寸问题。如果在处理这一问题时没有一种规律可循，在人们的生活和生产活动中将会出现混乱。

人们在大量的实践中，积累了不少处理有关尺寸或数字的例子，给人们带来了极大的方便，下面仅是其中的几个。

例1：人民币面值仅选择了1、2、5、10这四个数字，即可解决人们在商品交换中大量的货币流通问题：

$10 \Leftarrow 5 + 5 \Leftarrow 2 + 2 + 2 + 2 + 2 \Leftarrow 5 + 2 + 2 + 1 \dots\dots$ 这是最简单的组合和拼加的例子。

例2：我国最常用的建筑用砖的尺寸是 $60 \times 120 \times 240 \text{mm}^3$ ，这是最基本的建筑模块，就是这最小的建筑单元，可以建造出大小不同、风格各异的各种各类建筑物。这是模块应用的最典型例子。

例3：平面建筑中应用的装饰性贴面—马赛克、磁砖、塑料地板块等，是平面网格应用的实例。

例4：儿童积木，是由一些最基本的、形状不同、尺寸各异的“模块”，通过不同排列、组合方式，可以堆积出变化多端的立体构图。

以上各例是人们在一维（数字）、二维（平面网格）、三维（立体模块）空间上，寻求数字或尺寸规律，以期解决拼加与组合，兼容和对接，以及互换的问题。这一规律在工程设计中，叫作模数和产品组合尺寸标准化。

## 1 电工产品的层次

电工（电子）产品由低到高可分为多个层次，除了部分产品（例如成套设备）之外，绝大部分产品几乎都是相互配合使用，才能发挥其综合功效的，例如电阻、电容、集成电路等

配合使用才能构成一个插件，再由信号灯、按钮、开关等构成成套电器。这就是产品间的交叉、配合和相互渗透，IEC列举了部分相邻技术领域相互间出现交叉的情况（见表1），当然这并不是全部。这反映了产品间横向的关系。

表 1 IEC范围内可能有尺寸交接的各技术领域\*

序号	系统和应用	设备、机柜	组件、器件、元件
1	工业流程的测量和控制 (TC65)	柜体、构架、面板等 (SC48D)	
2	工业流程的测量和控制 (TC65)	低压开关和控制设备 (SC17D)	
8	机床电器 (TC44)	低压开关和控制设备 (SC17D)	
4	机床电器 (TC44)		低压开关 (SC17B)
5		低压开关和控制设备 (SC17D)	低压开关 (SC17B) 电器附件 (SC23E、SC23H) 小型变压器 (SC14D)
6		高压开关和控制设备 (SC17D)	高压开关 (SC17A)
7		家用低压开关和控制设备 (SC17D)	小型变压器 (SC14D) 家用插头座、开关和断路器 (SC23A、23B、23E、23F)
8		低压开关和控制设备 (SC17D)	继电器 (TC41)
9		柜体和构架 (SC48D)	低压开关和控制设备 (SC17D)
9a		低压开关和控制设备 (SC17D)	面板、构架 (SC48D)
10	核仪器 (TC45)	柜体、构架、面板 (SC48D)	
11		柜体、构架、面板 (SC48D)	测量仪表 (TC13、SC65B、TC66)
12		柜体、构架、面板 (SC48D)	显示单元 (TC66)
13		柜体、构架、面板 (SC48D)	键盘
14	工业流程测量和控制 (TC65)	测量仪表 (TC13、TC66)	
15		印制电路 (TC52)	电容器 (TC40) 电阻 (TC40) 连接器 (SC48B) 连接器插座 (SC48A) 继电器 (TC41)
16		面板、构架 (SC48D)	电容器 (TC40) 电阻 (TC40) 连接器 (SC48B) 连接器插座 (SC48A) 继电器 (TC41)
17			印制电路 (TC52)

注：本表选自参考文献〔2〕

如果从产品的纵向关系，即产品的层次上看，各层次间的联系就更紧密了（见表2）

表 2 电工产品层次表

产品层次基础		电 工 产 品 层 次 系 列					
中文	英文	相应词	基本系列	派生系列 A	派生系列 B	派生系列 C	派生系列 D
*基本件	part	detail	零件	同左	同左	同左	零件
		④ cell ④ element ④ component	元件				—
		device	器件				—
		* part	* 零部件 元器件				—
* 部件	subassembly	④ component ④ subassembly	部件	同左	同左	同左	部件 分装配
* 组件	assembly	device	器件(器)	器件(器)	+ 装置	同基本系列	—
		unit	单元	单元	单元		—
		assembly	组件, 装置	—	—		组件(装配)
* 设备	unit	equipment unit	设备	装置	设备	同左	—
		apparatus	—	—	—		电器
		machine	—	—	—		电机
		appliance	—	—	—		电器, 器具
组	group	group	组	同左	同左	同左	—
套	set	set	机组	同左	同左	成套装置	—
* 子系统	subsystem	④ installation ④ plant	④ 成套装置 ④ 成套设备	同左	同左	同左	成套设备
		subsystem	子系统				子系统
* 系统	system	system	系统	同左	同左	同左	—

注: \* 为主层次 ②③④+ 为推荐使用的层次; ③ } 为层次下的层次 ④ ( ) 为同义词

从表 2 可以看出, 不管以哪一种层次分类方法, 电工产品的应用均是从低层次向高层次这一深度发展的, 即以高层次为产品的最终体现。

从以上对电工产品之间关系的纵向、横向两个方面看, 电工产品之间的交叉、配合使用势必会带来尺寸上的兼容, 对接和互换问题, 而解决这一问题最有效途径是模数和组合尺寸标准化问题。

## 2 模数的概念及意义

模数 (Module) 是用于确定产品结构尺寸变化规律的基本尺寸, 以此与优选的乘数 (系数) 相乘, 所得到的尺寸即能实现尺寸的拼加和分割。我们这里所谈的尺寸, 是不带有制造公差因素和配合间隙问题的理论尺寸。

由模数导出的尺寸叫模数尺寸。以模数作为网格格距, 在两维或三维空间所构成的网格称为模数网格 (见图 1)。

用来协调产品的机械对接关系的参考尺寸, 叫协调尺寸 (co-ordination dimension),

它是我们在产品设计中处理尺寸问题的关键。

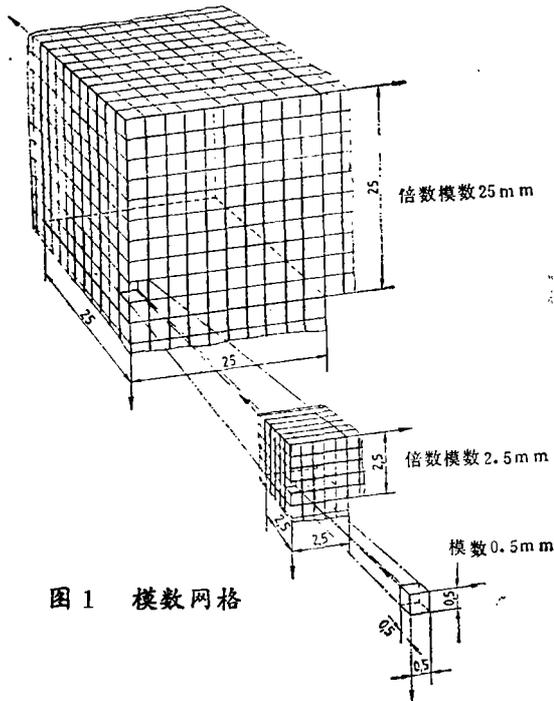


图1 模数网格

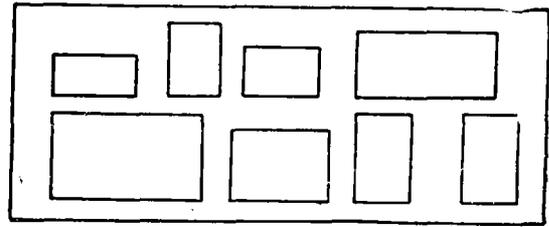


图2 未按模数网格的元件布置

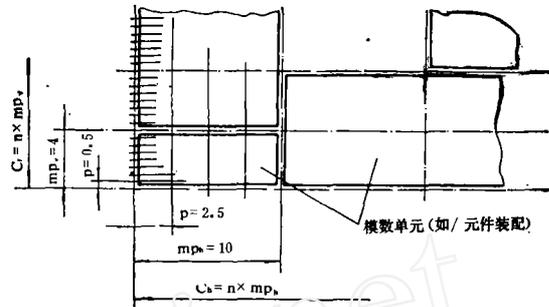


图3 符合模数网格的元件设计及布置

模数概念的引入就是要处理电工产品中各层次间在尺寸上的对接关系，即作到组合尺寸标准化。其意义是：

(1) 寻求面积(或空间)损失最小的布置。图2的元件布置因尺寸未按模数网格设计，造成平面位置的浪费。图3的布置按模数网格设计，则减少了这种浪费。

(2) 可以协调不同行业、不同专业中可能会出现交叉和配合使用的相邻技术领域的产品尺寸设计。表1所列的相邻技术领域(当然远不止于这些领域)按照这一原则设计，图1中表现的不协调现象即可避免。

(3) 可以取得产品的互换性尺寸，这种互换性尺寸主要指外形尺寸和安装尺寸，从而达到相同产品的互换，以便于元件的选型、维护和更换。

(4) 实现结构整体和局部尺寸的分割和拼加，以满足系列尺寸中任意尺寸间的兼容，这样就可以保证某一大尺寸可以用该系列中的若干个小尺寸去替代，反之亦然(图4)。

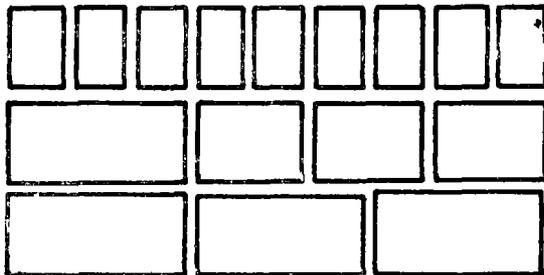


图4 尺寸的分割和拼加

(5) 按照模数网格的尺寸布置，便于实现自动化专业生产，例如计算机辅助制造(CAM)，同时也便于CAD向CAM的过渡。例如按模数网格的接线柱布置，在许多发达国家的公司里已实现了自动化接线。

(6) 为产品的模块化设计奠定了基础。

模数及模数数列的特点是：

①来自模数尺寸数列大小不同的各类尺寸，能灵活地进行组拼和置换，即大尺寸能分割成几个小尺寸；反之小尺寸也可拼加成一个大尺寸。

②模数尺寸数列中，最小的乘数必须是1，优先乘数中必须包含最初的几个正整数：1，2，3。

根据以上两个条件，以下数列为模数尺寸数列：

2.5，5，7.5，10，12.5，15，20，25，30

但以下数列不是模数尺寸数列：

100，125，160，200，250，255，315……

这是因为模数并不等于公约数，尽管上一数列具有“5”这个公约数，但该数列不具备模数的两个条件，而且其置换率甚低，“5”也不是该数列的模数。

## 国际标准模数及模数数列

### 3.1 英制模数及其网格

英制模数是指目前国际上通用的、符合IEC297标准的19in系统，其基本模数是2.54mm（1/10in），它可以分割为1.27mm和0.635mm，还可以倍增至5.08mm。一般来说，.54mm、1.27mm和0.635mm用于印制板，5.08mm用于插件面板和插箱导轨及连接器的安装。19in系统的插箱的高度进制 $U = 44.45\text{mm}$ （13/4in）面板总宽度为19in，即482.6mm。

对于19in系统可简要评述如下：

①19in系统是一个比较完整的结构系统，从印制板网格（元器件安装）到连接器的接线，从插件、插箱到机柜，尺寸的对接均有很好的处理。

②以IEC297系列标准作为规范，可以使符合该标准的元件、结构单元实现互换。特别是以IEC297为基础建立起的CAMAC、NIMA等19in系统，其标准化程度更高。

③因为19in系统比较成熟，又有一系列的元件配套（例如集成电路和连接器引线等均符合2.54mm网格），标准的印制板尺寸，使19in系统结构在国际电子设备市场上仍占主导地位。

④19in系统采用两种尺寸制度的办法（将英制尺寸换算成公制），在某些结构单元中（如机柜、插箱外形尺寸）采用公制，给计量、检测工作带来诸多不便。而SI计量制度作为国际单位制已在各国普遍推广，英制尺寸迟早要解决。

⑤19in系统的网格系统并不健全、完善，在相关标准中并未明确网格系统的应用方法，与ISO网格也未衔接，因而对进入大系统之后会带来尺寸对接的问题。

### 3.2 公制模数和模数数列

鉴于19in系统中的2.54mm（1/10in）模数作为标准（IEC297）在相当范围内控制着市场，而公制体系又必须建立起来，IEC917（1988）标准规定：该标准所建立的公制网格，仅适用于新研制的设备构体。IEC917的主要内容如下：

（1）模数及其网格见图1。

（2）模数0.5mm不能再分割，而倍数模数必须使用2.5mm和25mm这两个数值，而不能用其它数值。

(3) 在模数的应用中, 必须满足:

$$\textcircled{1} mp = F \times P$$

式中  $mp$ —安装格距;  $F$ —规定的乘数(见表3);

$P$ —格距(即模数, 基本的或倍数的)。

②协调尺寸应符合下式:

$$C_i = n_i \times mp = p \times F$$

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 \dots = \sum_{i=1}^n C_i$$

表3 协调尺寸与模数和乘数的关系

单位: mm

协调尺寸C (C = P × F)			乘数 F
基本格距 p = 0.5	倍数 p = 2.5	格距 p = 25	
0.5	2.5*	25*	1
1.0	5.0*	50*	2
1.5	7.5*	75*	3
2.0	10.0*	100*	4
2.5*	12.5*	125*	5
3.0	15.0*	150*	6
4.0	20.0*	200*	8
5.0*	25.0*	250	10
6.0	30.0*	300	12
7.5*	—	—	15
8.0	40.0*	400	16
10.0*	50.0*	500	20
12.0	60.0	600	24
12.5*	—	—	25
15.0*	75.0*	—	30
16.0	80.0	800	32
20.0*	100*	1000	40
24.0	120	1200	48
25.0*	125*	—	50
30.0*	150*	1500	60
32.0	160	1600	64
36.0	180	1800	72
40.0*	200*	2000	80

注 ①\*出的尺寸通用同于若干种格距p, 这些尺寸当用在按不同网格设计的组件时必须兼容。

②必要时, 系列C = 25 × F可以扩展到更大的值, 如2200、2400mm。

式中  $C_i$ —每个单元的协调尺寸；

$n_i$ —整数； $C_0$ —整体协调尺寸

在具体应用中，每个安装单元的安装格距可以相同（图5），也可以不同（图6），也可以采用不同的格距（模数，见图3）。协调尺寸包括：外形尺寸、安装空间和零件、部件、组件或元件的安装格距。

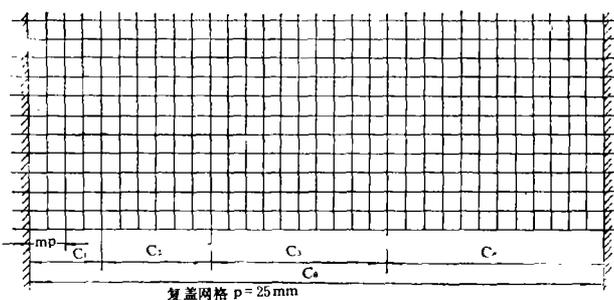


图5 相同安装格距的协调尺寸 $C_0$ 的分割

#### 4 模数的应用

模数和模数数列标准的颁布，解决了诸如尺寸分割、尺寸拼加、尺寸兼容、尺寸互换和尺寸对接等工程中经常碰到的棘手问题。具体应用即完全实现网格化布置，还存在不少实际问题，因此提出一些处理方法。

##### 4.1 定位方法

在一个产品的系统中，零部件、元器件或安装单元，可以按以下四种方法应用网格定位。

###### (1) 中心定位

零部件、元器件或安装单元的中心线以模数网格的网格线定位（图7）。

###### (2) 边线定位

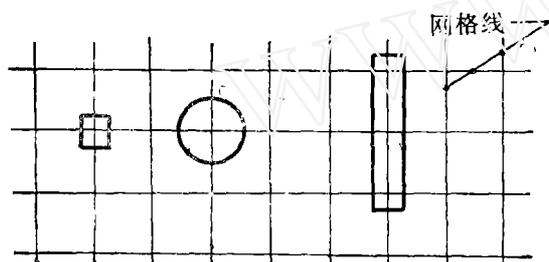


图7 中心定位

零部件、元器件或安装单元的边线以模数网格的网格线定位（图8）。

###### (3) 综合定位

零部件、元器件或安装单元按中心定位和边线定位两种方法综合定位（图9）。

(4) 三维网格的定位可参见图10的几种方法定位。

##### 4.2 模数系统的建立

正如我们在本篇第一部分中所阐述的，电工（电子）领域中，各种产品在纵向和横

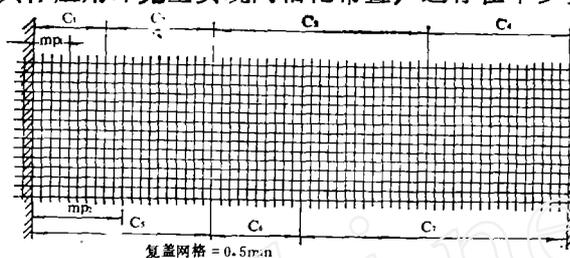


图6 不同安装格距的协调尺寸 $C_0$ 的分割

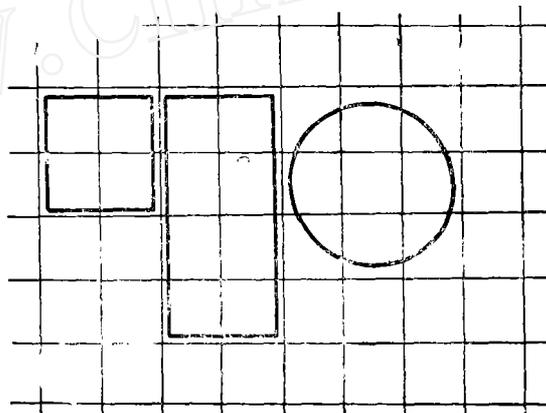


图8 边线定位

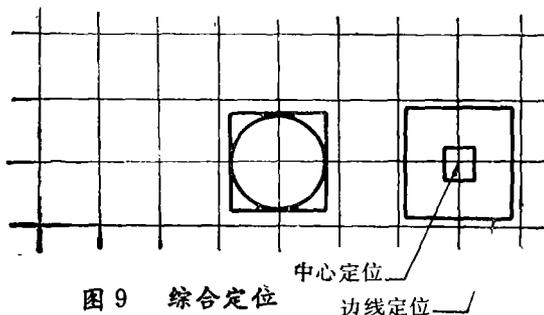


图9 综合定位

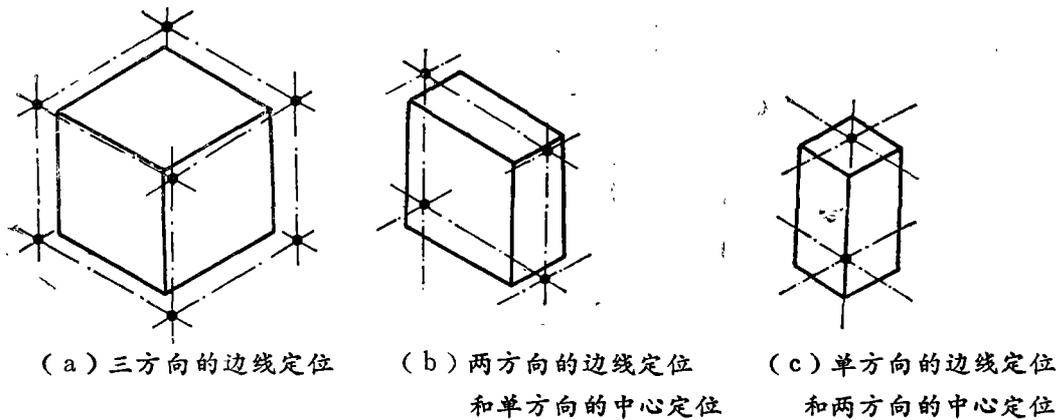


图10 三维网格的定位

向关系来说均有密切联系。要彻底解决尺寸协调问题，就必须打破各专业界限，抛开产品间功能上的联系，仅就尺寸特征建立起模数系统。在这一点上，德国国家委员会处理得比较好，在DIN43355“电子设备的构成方式模数数列”中，虽然在适用范围中限定了电子设备，但同时又说明也适用于“采用模数网格的其它技术领域”，使模数网格扩展到有相互对接关系的各个领域，甚至于建筑业，这就与ISO模数系统相互联系了，使电子设备不仅在本身内部建立起了模数网格，同时使其扩展到它的应用领域。这种大模数系统的建立，意义更加深远。

就电工（电子）模数系统而言，应参照图11构成模数系统，各专业之间也应按纵深层次进行协调。

#### 4.3 两种尺寸制度的过渡

鉴于IEC297标准实质上为 $2.54\text{mm}$  ( $\frac{1}{10}\text{in}$ ) 模数，而新近颁布的IEC917标准为公制模

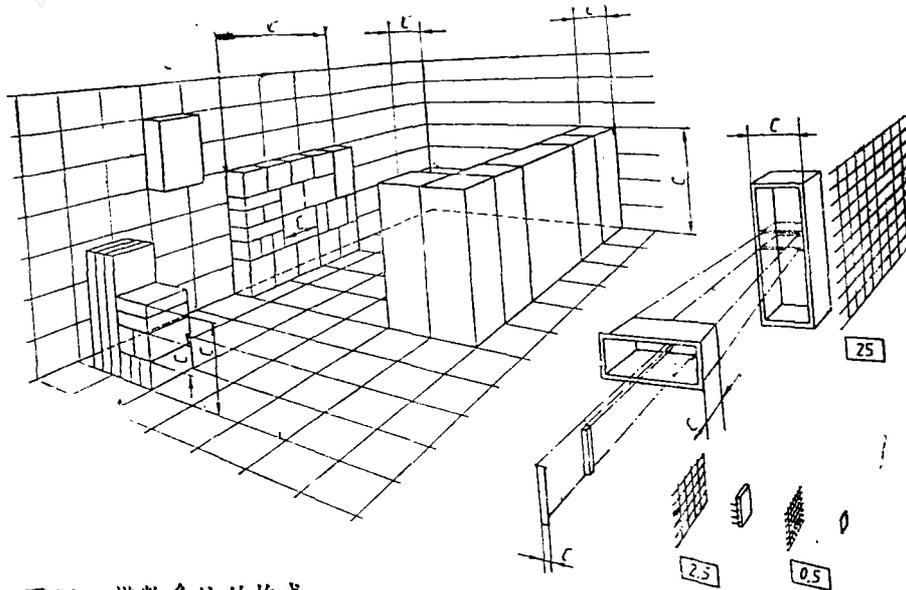


图11 模数系统的构成

数,这说明国际上已明确将公制系统作为发展方向。但目前市场上流行的却是19in系统,这就出现了两种尺寸制度过渡的问题。具体过渡办法如下:

### (1) 现状

电子元件:接线为2.54mm(1/10in)网格。

印制板:用2.54mm、1.27mm或0.635mm网格。

连接器:接线端子部分为2.54mm网格。

尺寸对接:在插箱的配线面。

其它:许多其它安装单元,例如插件、插箱和机柜的安装格距,已按 $n \times 0.5\text{mm}$ 网格。

### (2) 第一步过渡方案

电子元件:大多数的接线仍按2.54mm网格。

印制板:仍用2.54mm、1.27mm、0.635mm网格。

连接器:插件与插箱的接线采用 $0.5 \times n\text{mm}$ 网格。

配线面:完全采用公制模数数列。

尺寸对接:在插件印制板上连接器的接线端。

第一步过渡方案实现后,除电子元件印制板之外,均采用公制模数数列。

### (3) 第二步过渡方案

电子元件:仅个别元件保留2.54mm网格,大部分为 $n \times 0.5\text{mm}$ 网格。

印制板:采用 $n \times 0.5\text{mm}$ 网格。

连接器:接线端子采用 $n \times 0.5\text{mm}$ 网格。

配线面:完全实行公制模数系列。

尺寸对接:已不存在对接问题。

采用这一步骤后,除极少数元器件之外,从印制板到设备构件,均实现公制模数网格。

## 结束语

模数是尺寸组合标准化的基础,已作为国际标准正式颁布,而国内尚未对此引起足够重视,不仅模数系统没有建立,在一般的产品设计中也没有模数的概念,在尺寸问题上存在大量的诸如拼加、分割、兼容、对接、互换等问题,困扰着成套产品的设计。建议首先从技术规划,决策部门作起,从系统工程角度出发,对模数问题引起应有的重视。

### 参考文献

- [1] Guide for dimensional co-ordination, IEC 103 (1980)
- [2] 1978年4月模数数列工作组给执委会的第二次报告, IEC02(中央办公室)190
- [3] Modular order for the development of mechanical structures for electronic equipment practices, IEC 917 (1988)
- [4] Bauweisen für Elektronische Einrichtungen Modulerdnung Fachgrundnorm, DIN43 355
- [5] 田衡. 结构组合尺寸标准化的一般原则. 电子机械工程, 1985, 4
- [6] JB/T6486-92 继电器及其装置结构术语.