

前 言

我们遵照伟大领袖毛主席关于“阶级斗争是纲，其余都是目”和“洋为中用”的教导，配合工厂技术改造，搜集了一些国外电子工业生产机械化、自动化方面的资料，陆续汇编成资料，供同志们参考。

由于水平低、时间短、错误在所难免，热忱希望同志们指正和批评。

国营七一二厂的同志也参加了翻译工作，在此顺致谢意。

第四机械工业部第十设计院

北 京 无 线 电 厂

出 版 说 明

在批林批孔运动普及、深入、持久地发展的大好形势下，在江青同志1974年2月10日来院视察、关怀下，我院广大职工在党组织的领导下，意气奋发、斗志昂扬，掀起了抓革命促生产的新高潮。

为了更快地发展我国电子工业，配合工厂技术改造，我们遵照毛主席关于“外国一切好的经验，好的技术，都要吸收过来，为我所用。”和“学习外国必须和独创精神相结合”的教导，编译了本资料，仅供参考。

在编译过程中，我们得到了北京无线电厂、北京无线电实验厂、七机部二院、部情报所、京字一二八部队等兄弟单位的大力支持和帮助，深致谢意。

由于时间短、水平低、错误之处，在所难免，热诚希望大家批评指正。

四机部第十设计院

目 录

一、 印制电路板插装部份

日本松下电视机自动装配现状.....	(1)
两种电子组件的自动装配.....	(16)
印制电路板装配设备与装配费用估算.....	(25)
印制电路板的自动装配.....	(34)
电视机印制电路板的自动装配线.....	(46)
电路板装配机械补充说明.....	(52)

二、 印制电路板测试部份

检查测试——一种新方法.....	(54)
“电子检查器”电路中元件的测试设备.....	(59)
自动测试设备.....	(65)
自动测试.....	(71)
器件和部件的自动测试.....	(77)
七十年代的测试方法.....	(85)

日本松下电视机自动装配现状*

1. 引言

本公司早在一九五七年就在电视机的电路生产上采用了印制电路技术。当时在电视机生产中，首先介绍的自动插装机是美国联合制靴机械公司制造的“狄那日”型插装机。

众所周知，这种插装机是一种连续自动插入固定电阻的传送带式的机械，这种机械到目前为止仍为一部分制造厂家所使用。此后，用于电视机的电子元器件在技术研制上取得了进展，从而积极地采用了从电子管到晶体管乃至集成电路的新技术。与此同时电路的印制技术也迅速地发展起来了，为此，电视机中也大量地采用了印制电路。在电视机电路技术取得上述发展的同时，日本各公司对自动装配问题也进行了研究。

本公司是以自行研制为主而推进了电视机装配自动化的。目前彩色电视机的元器件接点约达1800个之多，而且有一半是用在印制电路上的，而本公司则有55%的元器件采用了自动插装。本文除了介绍本公司自动装配的现状外，还准备谈谈有关电视机自动装配中的各种问题和远景。

2. 自动装配的现状

2.1 元器件的种类

本公司对下列元器件研制成功了各种自动插装机： $\frac{1}{2}$ 瓦固体电阻、 $\frac{1}{4}$ 瓦碳膜电阻、管状电容器、立式电解电容器、园片形陶瓷电容器、集成电路、中频变压器、跨接线、矩形插件和园形插件等插装机。

为了扩大元器件自动装配的范围，自动化设备的研制部门、元器件研制部门以及元器件生产部门对元器件的形状和尺寸精度应做进一步研究。

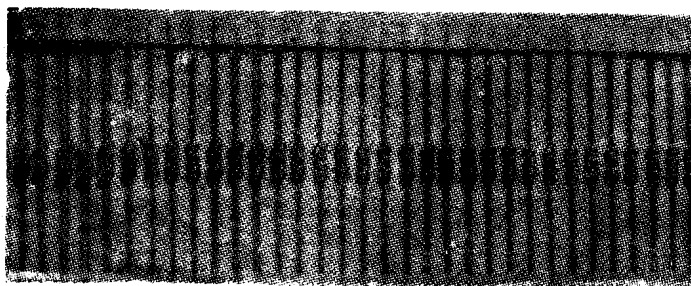
2.2 元器件的形状和供料形式

以本公司生产为例， $\frac{1}{2}$ 瓦的固体电阻采用如照片1所示的编带形式。园片形陶瓷电

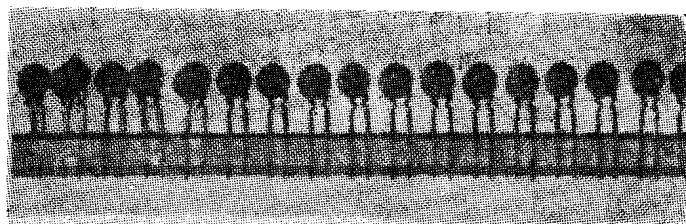
*本文省略了照片6、8、9、10、11、12、13、14、15、17、18、19、20、21、23、24、25、26、27、28、29、30、32、33、34、35、36、37、39、40——译者注

容器采用如照片2所示形式，编排在纸带上，而立式电解电容器与集成电路则采用如照片3所示的形式装在塑制盒里并按极性排齐。

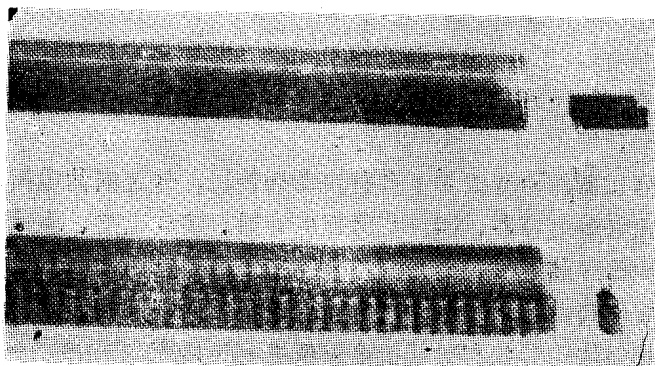
要做到装配自动化，就要求元器件的整装容易，各部分的尺寸分散性尽可能小、精度要高。不言而喻，不希望产生由于机器夹持及振动所造成的尺寸形状的变化。在自动装配过程中存在的问题是元器件形状和尺寸精度以及在插装后焊接前应如何暂时固紧的方法等。关于这点，欧洲各国在使用电视机的元器件方面对自动装配问题作了一定的考虑。



照片1 电阻器的供料形式



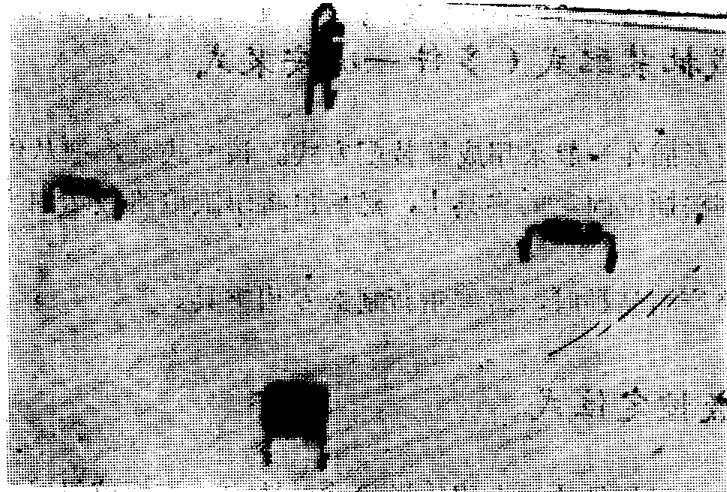
照片2 圆片形陶瓷电容器的供料形式



照片3 电解电容器的供料形式

一般采用的方法都是从印制电路板背面将元器件引线的端部弯曲或是采用绕结的方法。欧洲生产的元器件大多数采用如照片4所示的将引线整形后，使引线穿过印制电路板孔，使之能够竖立的形式；该方法在拆卸修理、焊接和处理电路板背面的引线接头等方面有它一定的优点，但在自动化装配时，如何做成整批传送的机械结构还存在问题。

照片 4

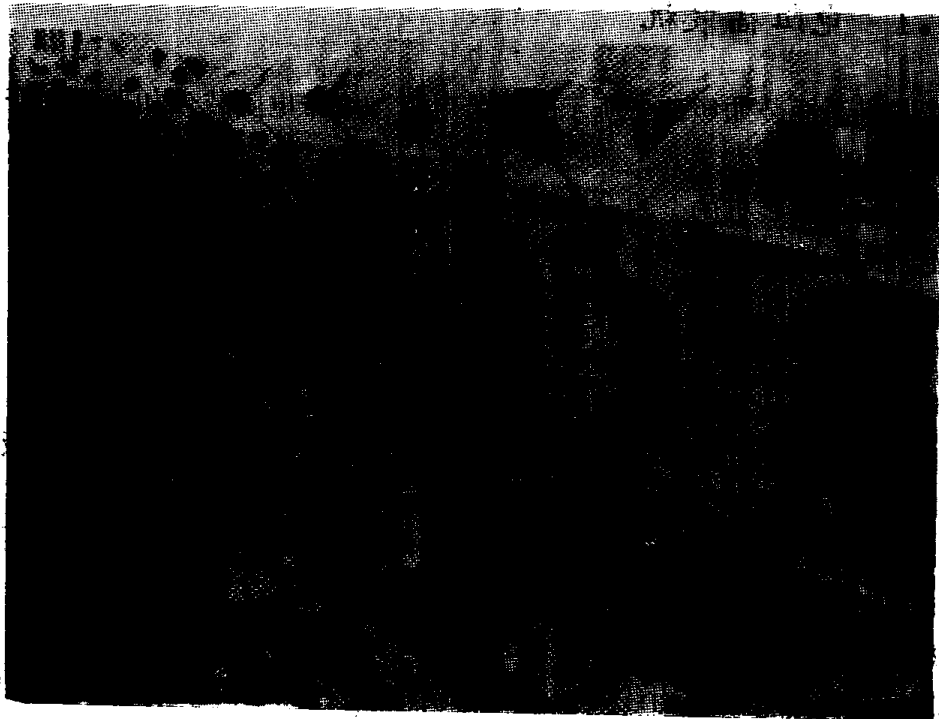


2.3 自动装配的方式(类型)

2.3.1 传送线式(线列式)

传送线式就是按一定的距离分别设置插装元器件的专用工位,并通过传送带将各工位连起来,采用间歇传送的方式,边传送印制电路板边插装元器件(照片5)。

在更换产品品种时,由于专用工位的固定位置变更或其它情况而出现了不工作的工位,因此更换时间长,机器运转率就低。所以该方式只能在品种少、生产量大的情况下运转率才高,美国联合制靴机械公司的“狄那口”型插装机的情况就是如此。



照片 5 传送线式插装机

2.3.2 成批装配式（多件一次安装式）

矩形插件和园形插件一般采用成批装配方式。该方式是，把从供料器或料斗中整批送出的元器件送到按插位固定的夹具上，然后再将印制电路板送向上述夹具，一次可插装几十个零件。

该方式当更换产品品种时，需要重新制造专用夹具。

2.3.3 数控定位式

发展这种方式的目的是为了克服传送线式的缺点，缩短停机时间。该方式的专用工位是独立的，并分别备有按数控指令运动的工作台。印制电路板安置于工作台上后，根据数控的指令在插装位置上依次移动，以便插装元器件。

插装好的印制电路板可自动取出存储起来。采用这种定位方式时，在机器的前后都备有存储印制电路板的存储器，生产品种的更换只需适当调整数控带的穿孔和印制电路板传送机构就可以了。所以，它不仅适合于多品种少量生产，而且适合于多品种大量生产。

2.4 几种自动插装机的介绍

由本公司研制的且目前正在使用的自动插装机有下列几种：电阻插装机、园片形陶瓷电容器插装机、立式电解电容器插装机和园形插件插装机等。现分别介绍如下：

2.4.1 电阻插装机

电阻插装机系插装如照片1所示的编带电阻。编带电阻装入如照片6所示的纸盒（普通包装）内：

照片7所示为插装机的全貌。该插装机由下列几部分组成：

存放电阻的包装盒（照片8）；

从包装上取下电阻用的切刀机构（照片9）；

将取下的电阻送至工作头部的传送带（照片10）；

将电阻送至成形设备的管道（照片11）；

在管道传送电阻时，成形并夹住电阻，校正插装方向，插装印制电路板的工作头部分（照片12）；

将印制电路板送至活动工作台的送料机构和把插装好的印制电路板从活动工作台上卸下的卸料机构（照片13）；

根据数控指令将印制电路板移至插装位置的活动工作台（照片14）；

从印制电路板的背面把引线弯曲固紧，同时检查插装状态的测量头（照片15）以及控制指令的数控装置和程序装置。

规格:

电阻品种: $1/8$ 瓦、 $1/4$ 瓦和 $1/2$ 瓦

插装方向: X轴和Y轴

插装电阻的种类: 20或30种

插装电阻数量: 400个

插装速度: 约1.5秒/个

引线插装孔的跨距:

$1/8$ 瓦—10毫米

$1/4$ 瓦—12.5毫米

$1/2$ 瓦—15毫米

电路板插装孔最小直径: $1/4$ 瓦

$-1.0+0.1$

-0

$1/2$ 瓦 $1.2+0.1$

-0

印制电路板的尺寸: 最大 300

$\times 200$ 毫米

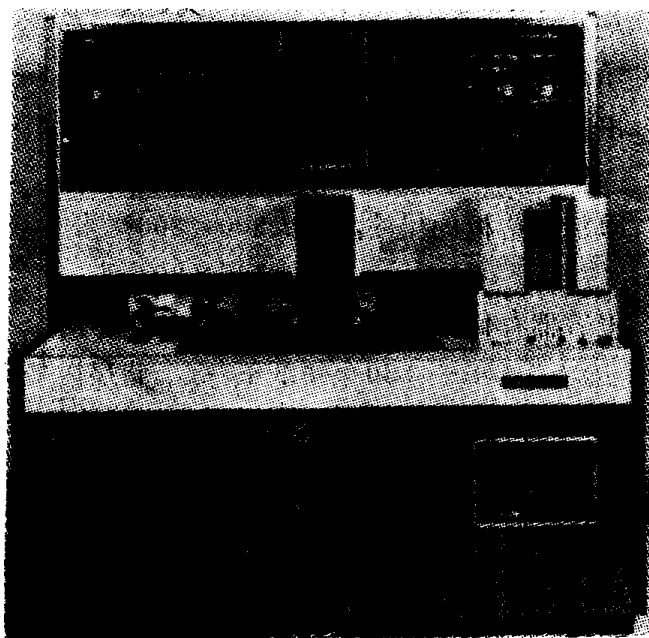
最小 150×80 毫米

电阻存储数: 20或30个包装盒

2000个/盒

印制电路板存储数: 125块(厚度1.6)

数控装置: Panadac



照片7 电阻插装机全貌

2.4.2 圆片形陶瓷电容器插装机

圆片形陶瓷电容器插装机插装如照片2所示的编在硬纸条上的电容器。

插装机的全貌示于照片16, 由下列几部分组成:

放置已编在硬纸条上的圆片形陶瓷电容器的一系列自动储存送料装置(照片17);

从向外送出的纸条上取下电容器的切刀机构, 把切好的电容器送至工作头部的传送带, 把分散送入的电容器集中起来移至滑槽的漏斗与滑槽(照片18);

使槽内送进来的电容器向着一定方向的定向机构; 把电容器逐个向下传送并稳定其供料形式的快门, 使送进来的电容器的引线按一定跨距成形的成形传送部分和成形后传送来的电容器的换向机构(照片19);

在换向机构内改变方向后, 取下电容器并插入印制电路板的夹爪和控制引线插装方向的导轨机构(照片20);

放置印制电路板的数控活动工作台及其控制装置; 弯曲和剪断插装引线端头并检查插装状态的测量头(照片21)。

规格:

圆片形陶瓷电容器的品种：外径6—10.5 最多16种

插装方向：X轴和Y轴

插装速度：约2.8秒/个

引线插装孔的跨距：5毫米

电路板插装孔的最小直径： $1.1+0.1$

- 0

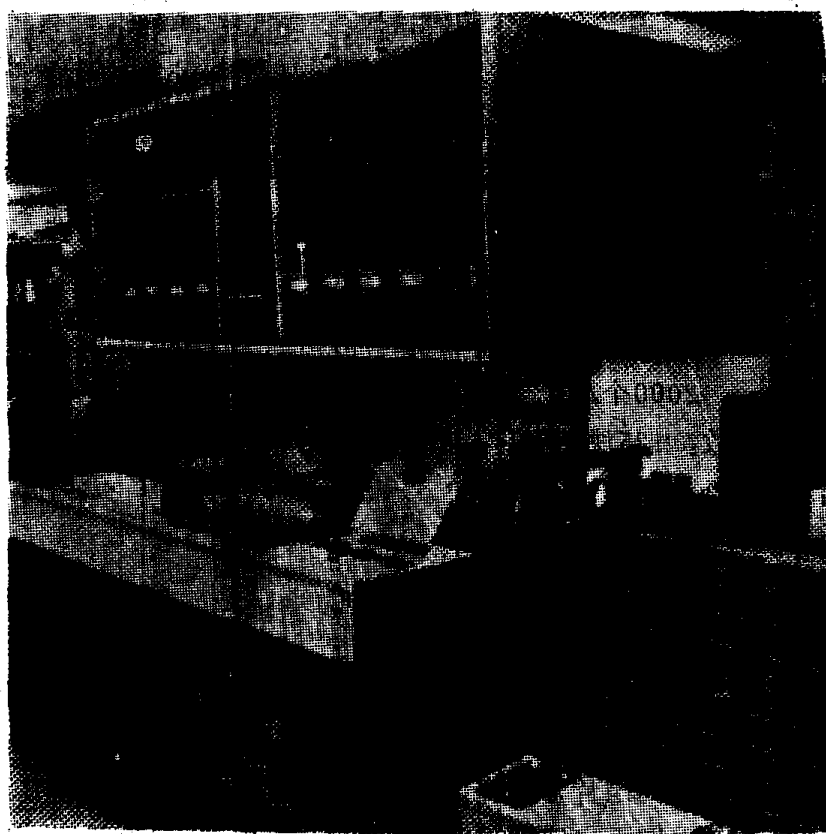
印制电路板的尺寸：最大 300×200 毫米

最小 100×80 毫米

电容器存储量：23个/每个硬纸条

50个硬纸条/每个储存送料机构

插装间距：视插装的位置与顺序而异（见图1）



照片16 圆片形陶瓷电容器插装机全貌

2.4.3 电解电容器插装机

电解电容器插装机插装如照片3所示的装在塑料盒中按极性排齐的电容器。照片22为该插装机的全貌，其结构如下：

存储装有电容器的塑料盒的储存送料机构（照片23）；

从储存送料机构中选出需用电容器盒，传送给旋转台上的选择器与推动器（照片24）；

由选择器传送的电容器盒顺着插装方向圆周排列的旋转台（照片25）；

与传送来的电容器盒相接触并将电容器一个个取出来的取件机构（照片26）；

把从取件机构中取出的电容器送至传送机构的送件机构；当盒子空时发出指令取走空盒换上新盒的检验装置（照片27）；

把电容器送进插装、夹持位置的传送机构；按电容器直径大小夹紧电容器的夹持器（照片28）；

按插入跨距正确地校正电容器引线的成形设备（照片29）；

使电容器对准插装方向并将其插至印制电路板上的夹持器；用数控定位的活动工作台及其控制装置；在弯曲引线线头的同时检查其插装状态的测量头；

把印制电路板送至活动工作台的送料机构与卸料机构（照片30）；

插装机运转前后暂存印制电路板的缓冲寄存器等。

规格：

电解电容器品种：小型铝电解电容器、加工成A型（引线跨距为5毫米）

插装电容器种类：直径5~12.5毫米

长度12~26毫米

插装方向：X轴和Y轴，可指定插装极性

插装数量：直径6.3以下 40个/一圈

直径8×12以上 20个/一圈

混合插装时最多39个/一圈

插装速度：2.5~2.8秒/个

引线插装孔的跨距：5毫米

电路板插装孔最小直径：1.0±0.1

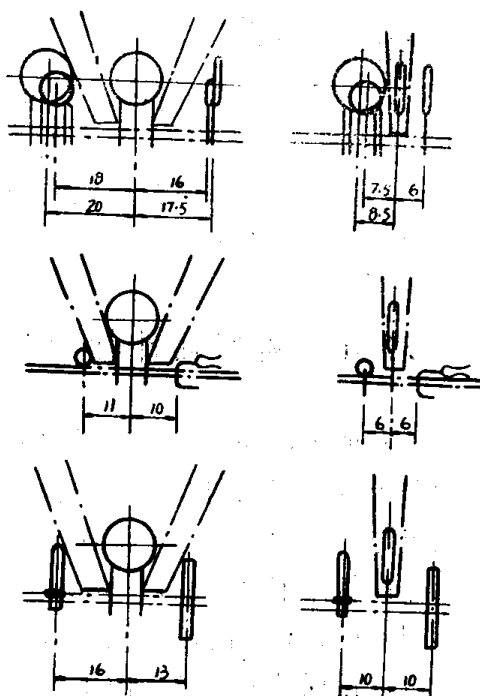


图1 圆片形陶瓷电容器插装间距



照片22 电解电容器插装机

电路板尺寸：最大 300×200 毫米

最小 100×80 毫米

电容器存储数量：直径5 100个/供件匣

直径6.3 100个/供件匣

直径8以上 50个/供件匣

存储器的存储能力每行为27个供件匣，排成6—10行

印制电路板的存储量：在前道工序已插装元器件的印制电路板为30—40块

2.4.4 圆形插件插装机

为了实现“连线插接化”需要采用插件。圆形插件插装机是为提高插件接触性能、可焊性能等的质量而研制成的一种自动插装机，该机的全貌如照片31所示。

该机与上述的按数控定位逐个插入元器件机器不同，而是一次多个全部同时插装至印制电路板的自动插装机，该插装机的结构由下列几个部分组成：

成批传送圆形插件的供件器（照片32）；

把通过滑道从零件供料器送来的圆形插件存储起来，以便一次供给插位的滑块（照片33）；

把圆形插件传送到每个插位的分配导管（照片34）；

使圆形插件正确地对准电路板插位的模板（照片35）；

使圆形插件保持站立状态并作测量头用的辅助定位器（照片36）；

检查插装状态并进行铆装的冲头（照片37）；

传送印制电路板的传送机构与印制电路板的存储器等。

规格：

圆形插件形状（见图2）

插装速度：每插装50个需29秒

插装间距：最小6毫米

电路板插装孔直径： $2.45 + 0.1$

$- 0$

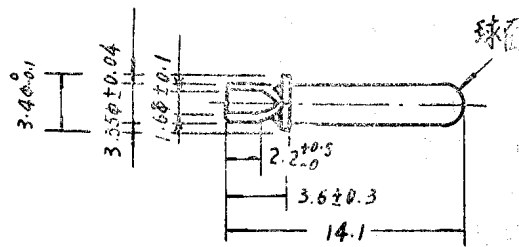
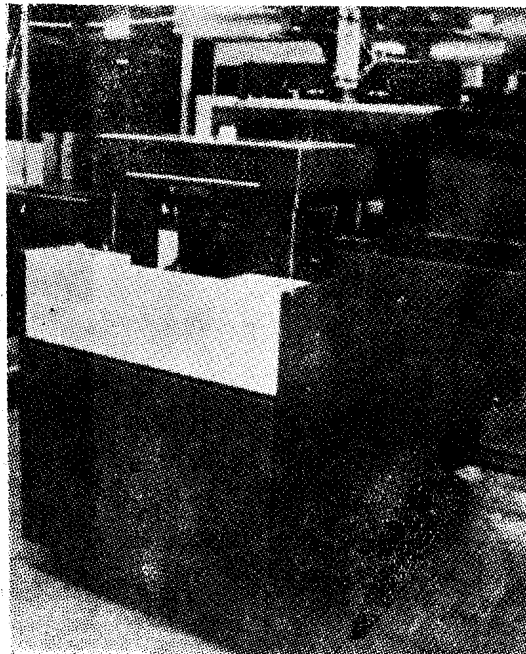


图2 圆形插件尺寸



照片31 圆形插件插装机的全貌

电路板尺寸：最大300×200毫米

最小100×80毫米

电路板存储量：35块

2.5 自动插装机的控制系统

2.5.1 控制系统的结构

自动插装机的控制系统示于图3。该系统可分成数控主体、机器控制、插装机主体等三个部分。

数控主体按每一个指令部分“阅读”纸带上的穿孔信息，在把印制电路板定位所需的脉冲输送给马达驱动器的同时，给予程序装置辅助机能信号，以使更换印制电路板、选择元器件和插装方向等的机构进行工作。其控制的轴数为二个，是以增量的方式控制定位的数控装置。指令值最小单位为0.01毫米，最高运动速度为80毫米/秒。

该系统的特殊机能由下列几部分组成：

由纸带指令控制，自动恢复原点；插装好一个电路板便自动停止（程序终结停止）；送回人工移动工作台的手动数值等。这样便构成了操作性能良好的系统。

机器控制部分是按照操作盘、数控主体以及检测器的信号由程序装置控制机器主机和数控主体。

对于在一天能插装几万个元器件的插装机，其控制的可靠性要求很高，因此要求程序装置做到无接点且便于维修。另外，还设有光电检测、导通检测等的检测电路，以达到元器件送料自动化和提高机器的可靠性。

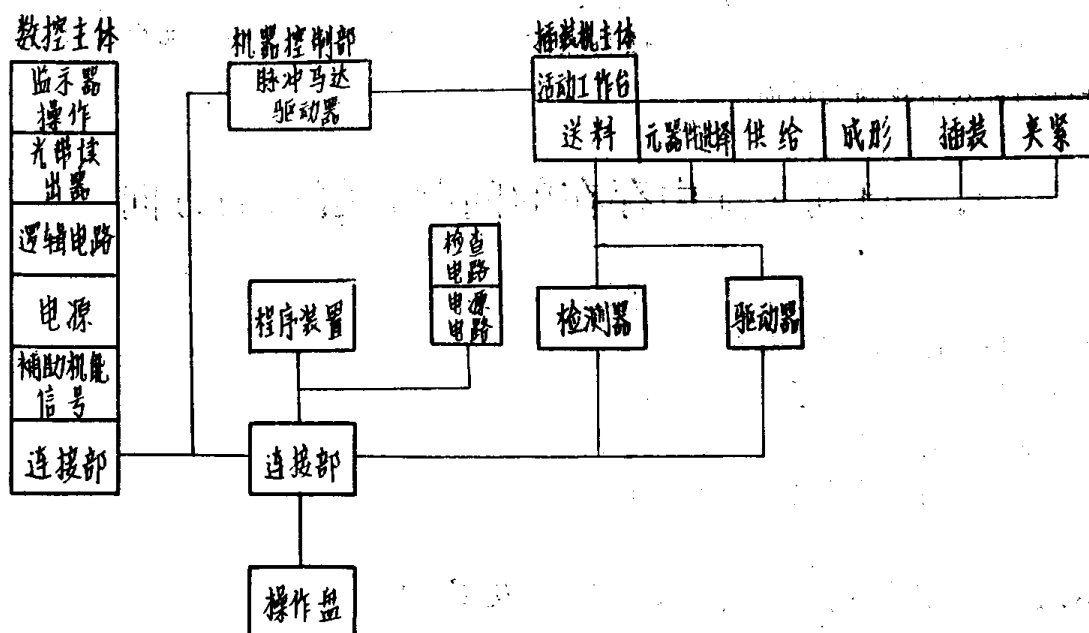


图3 自动插装机控制系统

2.5.2 自动插装机插装运转的顺序

图4所示为自动插装机操作顺序简图。下按操作顺序加以说明：

1) 按下操作盘的起动按钮，数控装置便“阅读”一个指令；
2) 数控装置发出回到原点信号及辅助机能信号，活动工作台便回到原点，接着进行更换印制电路板的工作；

3) 与2)平行工作，根据数控装置的辅助机能信号选择指定的元器件，继之利用程序控制进行供料以至成形；

4) 当印制电路板的更换操作结束时，数控“阅读”下一部分的指令；

5) 按数控指令数值定插装位置，根据辅助机能信号再次开始3)的操作；

6) 确定插装位置后按3)的方法插装成形了元器件；

7) 检查元器件是否正确插装。如已正确插装，则数控装置又开始“阅读”下一部分的指令。

以下反复进行5)、6)、7)的操作。当插完所有的元器件后回到2)，更换印制电路板，再次开始进行插装操作。

根据数控指令选择的元器件到插装部分是需要一定时间的，因而通常提前一步发出选择指令。所以，这是一种元器件供料与插装操作平行进行的且效率较高的机器。

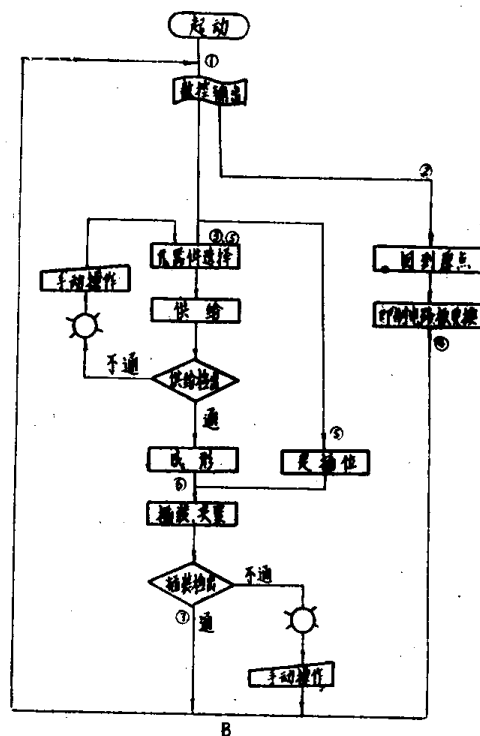


图4 自动插装机操作顺序

3. 自动装配中存在的问题和解决的方向

在使用插装机时应考虑下列三个问题：

- 1) 自动装配什么样的元器件；
- 2) 自动装配元器件的难点是什么；
- 3) 机器的投资效果和运转率是否良好。

下面就这些问题及解决的方向作有关说明。

3.1 元器件的形状、供料形式及品种

并非所有的元器件都适宜实行自动装配的。即使技术上可能，但在投资使用效果上

并不能达到预期的目的，因此对于某些元器件来讲还不如采用手工方法进行插装。本节主要仅对元器件的形状、供料形式与品种作有关探讨。

研制自动插装机时，在技术上感到最困难的问题是如何从存储部分中选择元器件，如何把元器件送到工作头部等问题。这是因为电子元器件的形状一般都是复杂且不稳定的，而且自动化装配的前提并不是仅取决于元器件的精度。元器件形状虽简单，但如果在存储中排列不正齐，则也会使机器变得复杂，运转不稳定，从而影响自动插装机的可靠性。为此，对元器件，特别是电子元器件的形状、供料形式、品种有如下要求。

3.1.1 元器件的形状简单、尺寸精度高

如照片38所示，元器件的形状有各种各样。简单的形状如元器件本身是园柱形或角柱形等，这种元器件容易达到所要求的尺寸精度。

3.1.2 元器件的表面处理对机器没有不好的影响

为了提高元器件的耐潮和绝缘性能，有时在其上面涂上防潮蜡等。但是这些外涂材料附着在机器传送部分或元器件的夹持部分以后往往会使可靠性降低。也有不涂蜡而涂聚四氟乙烯的，但这也不是根本解决问题的办法，根本的问题还是应从元器件本身来采取措施。

3.1.3 元器件的供料形式稳定

如果说元器件的供料形式是决定插装机结构的重要关键，这并不算过分。各种元器件的供料形式示于照片2、3。还有用元器件供件匣传送排列正齐的元器件的方式。要求按元器件的形状来选择最佳的供料形式，这时应该注意如下二个问题：

①与元器件生产的最后工序连接的形态是什么样的；

②综合判断供料形式变化时所引起的费用的增加和所带来的机械化的好处为多少。

另外，在元器件供件匣整批传送元器件的时候或为了便于插装定位，在元器件本体上制出凹凸部分的时候，也应注意供料形式。



照片38 各种元器件的形状

3.1.4 希望元器件品种减少

元器件的品种数量取决于电路设计，尽可能地要求品种统一。在印制电路板上划分

几个电路的场合下，如果能按品种或元器件的大小或形状来划分，则机械化的意义就更大了。

3.2 元器件的精度

即使元器件的形状适合自动插装，但如果尺寸精度不高，也会导致插装错误的。

3.2.1 印制电路板的精度

我们称印制电路板上的元器件插装孔直径和被插元器件的引线直径之差为余隙。这种余隙对电子元器件来说，一般采用0.4毫米。该值考虑到印制电路板孔的加工精度和自动插装机定位精度。为了提高印制电路板焊接的可靠性和减少元器件的拨出，希望余隙值能减少到0.2毫米（图5）。

为此，相应地考虑到如何提高印制电路板冲孔模具的精度，如何使冲孔条件均匀以及如何选择在湿度、温度和化学处理影响下，尺寸变化小的电路板材料。精度要求更高时必须进行钻孔加工。

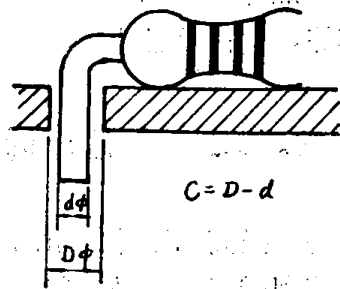


图5 余隙

3.2.2 插装元器件的精度

插件、端子等另件的精度比较高，但一般元器件从其结构、制造工序来看，是不易达到所要求的尺寸精度。所以在自动插装时，应解决下列二个问题：

① 提高元器件本体精度

专为自动插装设计的元器件虽好，但一般的电子元器件都是以人工插装为前提的，不能保证自动插装所需的尺寸精度。特别有时只用最大值或最小值来表示尺寸公差，因此必须充分注意元器件的制做工序，以确定尺寸的规格。

在考虑元器件本体精度的同时，还需要更注意元器件本体和引线位置的错位，引线及引线的跨距精度以及防止元器件在从元器件工厂出来的运输途中和传送时引起精度下降的问题。

② 自动插装机具有矫正元器件精度的机能。

当元器件精度得不到保证或者为提高精度将大大地增加成本费的情况下，应采取使机器具有矫正元器件精度的机能的方法。该方法是固定元器件本体并成形引线，使之与插装孔跨距符合。本公司研制的自动插装机大部分是按上述方法制造或按上述方法布置的（见2、4）。

在采取上面的措施后，仍然会产生插装错误，混进不合格的元器件，这时应使插装机停止运转，防止印制电路板变成废品。因此，凡在产生插装错误和元器件不合格的情况下，都应停止插装机运转，为此要使插装机具有检查元器件的机能。

3.3 机器的运转率与投资效果

为提高自动插装机的运转率和投资效果，还应考虑下列五个问题：

- ①机器的运转率；
- ②机器的投资效果；
- ③机器的插装速度；
- ④元器件的插装顺序；
- ⑤元器件的自动插装率。

关于第一、二两个问题，当要插装的元器件形状复杂品种繁多时，机器的结构就相应地变得复杂，投资增加，而且元器件精度不高，也会招致运转率下降。

关于这些问题，在3.1和3.2已有说明。从机器方面考虑，则要解决的问题是，希望机器结构尽可能简化，而且通用部分的设计应标准化。根据元器件的形状，需要把变化的部分事先考虑能制成特殊的规格。不管怎样，元器件的形状和精度使机器具有什么样的机能，事先必须很好探讨。

若从保证印制电路板整个制造工序质量问题上来考虑，则尤其是要使机器对不合格元器件具有检查机能。插装机的机能没确定，会使投资徒然增加，当然更不用说提高机器运转率，同时机器操作者的负担也必然要增大。因而必须从机器制造的调整阶段就开始培养操作机器的人员。加快③的插装速度也是改善投资效果的要点。为此，要求缩短元器件传送距离、工作头的上下移动距离以及减轻元器件的重量等。

第四个插装顺序问题，是在推行自动装配化的过程中出现的。原则上高度较低的小形元器件可按顺序插装，但必须注意插装头和模具之间的死角，以决定最易插装的顺序。

最后，关于第五个自动插装率的提高问题，则要考虑在可自动插装的元器件中，由于印制电路板的设计不合适，会产生插不进元器件，致使电路板的空隙比需要的还大的情况。鉴于这个问题，本公司制定了设计印制电路板的标准，并根据该标准设计出所有的印制电路板。

4. 自动装配的发展方向

上面就自动装配的概况与其存在的问题做了说明。在解决自动装配问题时，不仅仅是把电子元器件装配到印制电路板上，而且还必须从电视机的可靠性、总的质量、成本的高低，也就是从电路的设计到装配机的制造等一系列问题上进行全面的考虑。

4.1 为标准化努力

4.1.1 印制电路板

按照底盘的结构设计，把印制电路板划分为几块，以适应插装机印制电路板的供料机构、自动插装机的装配方法和在焊接中印制电路板的传送机构等方面的要求。所有印制电路板尺寸都一样，当然是最理想的。如果这样的要求不能完全实现，则要求电路板的宽度能够统一。另外，插装孔的直径与元器件引线直径的关系对焊接也会产生一定的影响，最好使孔径标准化，减少孔径的类型，从而降低冲孔用模具的费用。

如果按一部分欧洲国家所实施的那样，使用格栅状任意排列的位置都能使用的设计，可以予料各项工序都能实现夹具化、合理化。

4.1.2 电子元器件

电视用的印制电路板上的电子元器件的形状与品种约有250种，而整机工厂用的元器件几乎是从元器件工厂购入。

由于元器件的形状和品种在标准化方面存在各种各样的问题，因此设计者应持有尽可能使用标准元器件的态度。对于促进装配自动化方面，在做到元器件标准化、简单化，并用自动机夹持的同时，在夹持时要提高到引线位置的精度。从这个观点出发，目前集成电路、电阻器和电容器等是能够实现标准化的。因此，自动化的实现也是较为容易的。

任何形状的元器件凡能用手工插装的，则必然可以实现自动插装。但从设备的运转率、投资效果和可靠性等方面来考虑，经济上是不合算的，因此需要用户与厂家共同研究，加以解决。

4.1.3 元器件的组合

对于特殊形状和品种少的元器件，如果能够与其它几种元器件组合起来，就可进一步提高元器件的自动插装率，降低插装成本以及提高自动插装的可靠性。

组合起来还存在成本的问题。但如用户与厂家能够共同配合解决该问题，则可达到大量生产的效果，所以双方应积极地配合起来。

4.2 为系统化而努力

过去，采用人工绘制印制电路图。它是把电路图形在底板上绘制成印制电路板的电路图和做成阻焊涂层图形的同时，绘成冲孔用模具图。采用这种方法尺寸精度容易产生各种误差，即插孔的位置精度误差、孔位与阻焊层错位、插装机定位的误差等。这些误差产生各种影响，从而影响自动机的运转率和元器件的可焊性等工作。

为了集中解决上述问题，取得系统化，还需要确定把电路图形的自动绘图用的输入