

装配工艺学原理与自动装配设备

[苏] B. B. 科希洛夫 著

潘传尧 高国猷 译
何乃纶 张淑英 校

中国农业机械出版社

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕ-
КТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СБОРЧ-
НОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

В. В. КОСИЛОВ

МОСКВА, «МАШИНОСТРОЕНИЕ», 1976

装配工艺学原理与自动装配设备

[苏] В.В.科希洛夫 著

潘传尧 高国猷 译

何乃纶 张淑英 校

中国农业机械出版社出版

北京市海镜区阜成路东钓鱼台乙七号

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

850×1168 32开 7¹/₂ 印张 195 千字

1983年12月北京第一版·1983年12月北京第一次印刷

印数：00, 001—13,600 定价：0.88元

统一书号：15216·175

序 言

在机器制造业中，广泛采用工艺过程机械化和自动化，特别是采用综合机械化，是现阶段技术发展的主要方向。占产品制造总劳动量25~30%的装配工作中，特别突出地感到实行机械化和自动化的必要性。装配过程的自动化，能够显著地提高生产率，减少劳动量并降低产品制造成本。

目前，装配过程的自动化尚未得到应有的发展。在机器制造业中，半自动和自动装配只占全部装配工作总劳动量的5%左右。

苏联学者B·C·巴拉克辛、B·C·柯尔沙可夫、M·П·诺维科夫、A·H·拉宾诺维奇以及一些有关的科研机构的研究人员，都对机器制造和仪器制造产品装配自动化问题的研究作出了贡献。

在完成任何一种产品装配自动化的课题时，都会存在一系列必须解决的问题。首先要分析被装配的产品及其零件结构的装配工艺性；要研究通用化和组合化的问题；要注意零件的加工质量；最后，要考虑在给定生产纲领下使用自动化装配在经济上的合理性。在拟定机器和机构的先进装配工艺以及选择新型的装配设备之前，通常要先分析装配对象的装配工艺性，这应由工艺人员和设计人员协同进行，以免使结构不必要地复杂化，增加装配机器的制造成本和装配工序的劳动量。

在分析装配对象的装配工艺性时，应注意到：能否划分成装配单元，能否进行紧固工作，零件是否需要补充加工，零件有无互换性，应避免调整和修配，零件的结构要简单、形状要对称，零件要有导向部分、倒角以及其他措施，以便迅速定向、送进和安装就位。自动装配设备的研制经验表明，在解决上述问题和选择最有利的装配件的定位和定向系统时，如果工艺人员和产品及

IV

装配设备的设计人员能密切合作，则装配设备就能可靠地工作。根据移动和装配情况，可正确地选择定向和定位系统，为自动装配机的定向和定位执行机构奠定基础。

装配设备的通用化和组合化，是加速装配自动化的一个途径。设计和研制通用化的机身、立柱、运输工具、料斗式装料装置和各种定向装置，可加速大多数机器制造产品装配自动化问题的解决，且使装配设备设计、制造和调整的耗费最小。

在研制机械产品装配自动化设备时，预先提出增加这些设备工作可靠性的措施具有重要的意义。在拟订具体措施时，应考虑如下因素：在装配设备的定位装置上装配件的相对位置精度；摩擦副的磨损公差；摩擦副耐磨材料的选择；控制装置的安装正确性等。

用电子计算机控制的装配机器自动化占有特殊地位，因为采用计算机可以提高装配机器的效率和可靠性。

在总结了装配自动化方面的理论和使用自动装配设备的实际经验的基础上，本书对自动装配设备的设计作了介绍。

目 录

序言

| | |
|-------------------------------------|----|
| 第一章 装配自动化所要解决的问题 | 1 |
| 一 装配自动化的实质和任务 | 1 |
| 二 自动装配工艺过程的组成 | 4 |
| 三 典型的装配联接 | 5 |
| 四 自动装配时配合件的一般位置 | 6 |
| 五 拟订自动装配工艺过程的步骤 | 8 |
| 第二章 机械制造产品装配自动化的技术经济依据 | 14 |
| 一 自动装配工艺过程的典型化 | 14 |
| 二 装配设备通用化是缩短设备成本回收期的一项措施 | 20 |
| 三 装配生产专业化 | 26 |
| 四 机械制造中综合机械化和自动化的技术经济依据 | 27 |
| 第三章 产品结构的工艺性 | 30 |
| 一 对产品结构的要求 | 30 |
| 二 装配单元与零件的通用化和标准化 | 34 |
| 三 自动装配时, 达到精度要求的方法 | 37 |
| 第四章 零件的可装配条件 | 42 |
| 一 概述 | 42 |
| 二 圆柱面配合件的可装配条件 | 44 |
| 三 螺纹面配合件可装配条件的特点 | 50 |
| 四 平面配合件的可装配条件 | 54 |
| 第五章 自动装配时零件的定位 | 58 |
| 一 光滑圆柱面配合件的定位 | 58 |
| 二 用定位系统图 I 保证配合件的相对位置精度 | 62 |
| 三 零件配合时的作用力 | 65 |
| 四 零件定位系统图 II 的特点 | 65 |
| 五 零件定位系统图 IV 的特点 | 73 |

VI

| | | |
|------------|---------------------------------|------------|
| 六 | 保证配合件轴线位置精度的定位系统图 | 77 |
| 七 | 保证配合件绕其轴线的转角位置精度的定位系统图 | 82 |
| 八 | 环和垫圈类零件定位系统图的特点 | 84 |
| 九 | 铆接的定位系统图 | 89 |
| 十 | 螺纹配合件的定位系统图 | 90 |
| 十一 | 平面配合件的定位系统图 | 95 |
| 十二 | 装配零件的几何误差对装配质量的影响 | 96 |
| 十三 | 保证产品自动装配最有利的定位系统图的设计和选择方法 | 97 |
| 第六章 | 自动装配设备的构成和布局 | 99 |
| 一 | 自动装配设备的构成 | 99 |
| 二 | 典型零件定向方法的介绍 | 114 |
| 三 | 自动装配设备的布局 | 137 |
| 四 | 自动装配设备工作的可靠性 | 141 |
| 第七章 | 自动装配设备设计实例 | 148 |
| 一 | 发动机缸盖装配自动化 | 148 |
| 二 | 拖拉机用CМД-14型发动机缸体自动装配线 | 181 |
| 三 | 发动机连杆活塞机构自动装配线 | 188 |
| 四 | 万向节的自动化装配设备 | 199 |
| 五 | 割草机和谷物收割机切割装置的剪刀自动装配线 | 209 |
| 六 | 辋子链自动装配线 | 217 |
| 第八章 | 装配自动化的发展前景 | 223 |
| 一 | 用电子计算机拟订机械产品自动装配的最佳工艺过程 | 223 |
| 二 | 用电子计算机控制自动装配设备的工作 | 228 |
| 三 | 机器制造产品装配自动化发展的途径 | 230 |
| | 参考书目 | 232 |

第一章 装配自动化所要解决的问题

一 装配自动化的实质和任务

大多数装配工序就其特点和工艺实质来讲，比多数机械加工工序简单，但装配过程自动化必须克服与零件的定向、送料、准确导向、安装、定位和运输等有关的很多困难。由于必须综合实现这些辅助动作，就使自动化装配机器的结构过分复杂化。从手工装配过渡到自动装配，会给产品结构和制造工艺带来许多困难。

下面将研究最简单的装配单元——轴与轴套的装配过程。若一批轴和轴套分别装在料箱（或料仓）里，在这种情况下，手工装配过程是由工人的手对附近轴的表面定向来开始的。手定向之后，就抓取轴，经空中把它移向装配夹具，然后，将轴以其表面对着装配夹具定向；此后，把轴按要求的位置安装在夹具上（夹具保证了轴的定位精度）。

轴套装配也同样进行。轴套经空中移向轴，轴套孔的轴线对着其安装轴的轴线定向，然后把套装在轴上。安装好后，工人的手对装配单元定向，取走它们并放到架子上。

从上述例子可见，装配过程包括如下基本工序：1）工人的手按所要求的准确性对着装配件规定的表面定向；2）抓取零件，经空中移向装配夹具或相配件；3）零件按所要求的精度对着相配件的配合面或夹具工作面定向；4）把按所要求的精度相互定向的零件进行装配。因此，在研制装配自动机时，必须设计代替人的手并能实现人手的全部动作的机构。

这种自动装配装置的工作原理可用图1所示的简图来表示。两个（或一个）机械手1和4对着放在两个料箱（或料仓）10和5里的两个装配件6和11定向，抓取它们，然后经空中移向装配

夹具 7 和 8，并按要求的精度安装到夹具上。零件 6 的位置用夹紧装置固定，另一个零件 11 可利用任何一种装置（例如推杆 9）使其与固定件 6 接触，按要求的精度安装、固紧，此后，取走装配好的装配单元并放入包装箱 3。

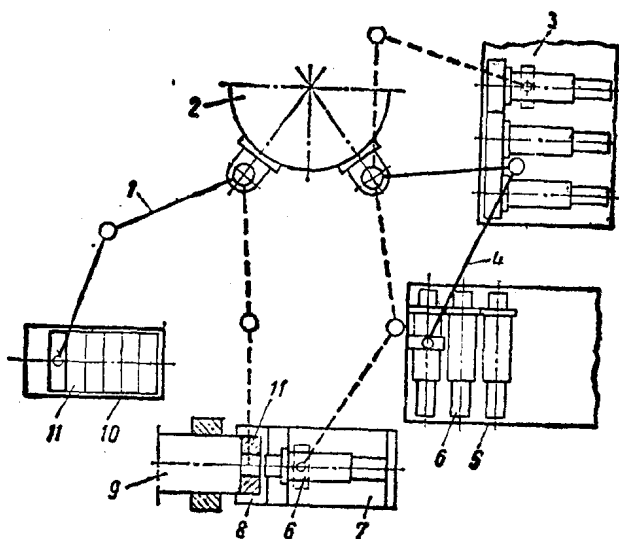


图 1 自动装配装置的工作原理图

也可用稍许变化的简图来代替上述简图：上图中的一个机械手（比如 1）把零件 11 安装在夹具的基准 8 上，另一个机械手 4 使零件 6 和零件 11 接触，按要求的精度安装和固紧之后，一个机械手（比如 1）抓取已装配好的装配单元，经空中把它移走并装入包装箱 3。

为了保证机械手有所需的动作，要有比较和校正装置，这给自动装配装置的研制带来很大困难。在现有的自动化装配装置中，我们来研究一种专门的自动机，这种自动机可以代替具有机械手的理想系统的全部动作，包括零件定向抓取，经空中转移和在装配夹具上安装等等。

装配自动机（图 2）由下列自动装配部件和机构组成：自动

装料料仓 1，零件堆在其中，根据零件的形状，零件以局部或最终定向姿态落入料槽 2，由料槽 2 到最终定向装置 3，然后进入装配零件的在制品贮存器（料仓）4。零件从贮料器落到上料器 5，而后，由上料器直接到装配夹具 6。

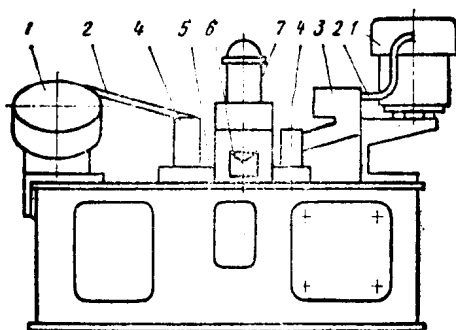


图 2 装配自动机的原理图

一个零件按所要求的精度相对于另一个零件的定向，是通过在装配夹具的安装基准上自动安装来保证的。用装配装置的专门夹持机构 7，来实现零件接触和配合。由自动检验装置来检查所达到的配合精度和装配件的位置精度。装配产品完全装配好后，用运输工具送入包装箱，或送到下一装配工位继续装配。在装配件不能用料斗供料时（如长的轴或长的双头螺栓等），在自动机上就考虑用料仓或料匣代替料斗，装配件在料仓中以定向姿态摆好，再利用滑板装置送到装配夹具上。壳体零件由工人直接安放到自动装配装置的运输器上，借助于运输器移动并安装到装配工位上。除了这些自动化装配的主要工序之外，装配工艺过程还包括准备工序（零件的清洗、干燥、检查、分类、配套）；辅助工序（入口检查、把单件或成组的分开、计数、读数、分配、运送到装配设备上等等）；装配后的工序（出口检查、涂脂、加油等）；以及试验、跑合、调整、调节、打印、包装、密封、包装上印商标、计数、统计等。所有这些工序，虽然属于生产过程综合自动化，且与装配自动化有关，但在本书中不作研究。

二 自动装配工艺过程的组成

工件自动装配的主要工序如下：1) 把配合件装入料斗或其他装料装置中，并以初步定向或最终定向状态送到抓取、隔离和上料装置中；2) 配合件被抓取、隔离后，送到装配夹具的定向和定位装置上；3) 在装配装置的基准上，配合件表面间接所要求的相对位置精度进行定向；4) 配合件按要求的精度结合和固紧；5) 检查配合件或装配单元所要求的相对位置精度；6) 装运已装好的装配单元。

零件的定向可以在零件从料斗、料仓和其他装置送到抓取、隔离和供料装置的同时进行，也可直接在料斗装置或隔离槽和供料装置内继续移动过程中进行。如果在料箱内实现零件定向，或者由料仓供料，这个装配阶段就不复杂。但通常零件定向是在移动的路途上靠专门的定向装置来实现的。加料装置主要用于逐个发送预先定好向的小零件到贮料器或其他供料装置。

自动装配的一个重要阶段，是零件在定位装置上以所要求的精度相对配合件表面位置来定向。此时，零件的安放，应使其在配合面的尺寸和相对转角的规定公差下，零件间的结合易于实现。这个阶段是最重要的，它决定了装配设备的工作能力和装配的质量。

结合过程是一个或几个零件与基础件连接在一起的装配阶段，该基础件通常是固定的。根据联接的类型，达到结合精度的紧固过程（例如按给定值压装到挡块前面）可能不需辅助装配工序，也可能需要辅助装配工序。属于辅助装配工序的有：利用螺钉或螺栓锁紧、胶合、卷边、收口、摺边、冲铆、挤压、焊接、钎焊等。

在定位装置上对配合件的检验，对配合件或装配单元所要求的相对位置精度的检验，是装配装置的重要组成部分，它决定了装配质量和装配装置的工作能力。在装配工位上检验有无零件，

可以及时消除装配过程中，料箱、隔离及供料装置中产生的毛病。通常，如果一个零件都没有，则装配装置停止工作同时发出不工作的光和声的信号；如果在装配工位上缺一个配合件，则所有其他零件就自动卸掉，使装配工位呈现空位。

三 典型的装配联接

可以把装配单元的所有各种联接形式，按其用途、表面形状和一系列其他特征划分为具有许多共同特性的典型联接。按零件配合表面的形状来划分装配联接，大大减轻了装配自动化的任务。按照这种观点，可把最典型的典型联接的装配看成是零件按球面、圆柱面、圆锥面、螺纹面、平面和其他形状的表面进行联接（这些联接可称为典型联接）而构成的。

零件按圆柱面、圆锥面、螺纹和平面联接是最普遍的联接形式，其中，圆柱面和圆锥面联接占40%，螺纹联接占20~25%，平面联接占10~12%。球面和锥面联接，是零件按圆柱面联接问题的一部分。根据联接的性质和形式，把几种不同的配合列在表1中。

表1 零件和装配单元的配合类型

| 联接类型 | 配合性质 | |
|-------|--|--|
| | 可动配合 | 不可动配合 |
| 球面联接 | 带间隙可拆卸的 | 1. 带间隙可拆卸的 2. 无间隙不可拆卸的 |
| 圆柱面联接 | 1. 带间隙 2. 压入销子 3. 把一个或几个零件放入另一个零件中 4. 与总配合有关的几个旋转体的联接 | 1. 压入、铆接等 2. 圆柱形和圆锥形销等的安装 3. 与总配合有关的几个旋转体的联接 |
| 平面联接 | 1. 把一部分叠加在另一部分上(堆积, 形成多层元件) 2. 带间隙 | 压入等 |

| 联 接 类 型 | 配 合 性 质 | |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | 可 动 配 合 | 不 可 动 配 合 |
| 螺纹联接 | 1. 加压 2. 可旋紧和旋松的螺钉、螺栓、螺母、 双头螺栓等 | 1. 加压 2. 旋紧 3. 预紧的螺钉、螺栓、螺母、双头螺栓 |
| 绕线联接 | | 1. 可拆卸 2. 不可拆卸 |
| 焊接、钎焊、粘接 | | 不可拆卸 |
| 把要浇注部分放到硬模中用熔化金属和塑料来联接 | | 不可拆卸 |

四 自动装配时配合件的一般位置

为了弄清楚各种典型联接在配合时必须解决的问题，下面研究两个被联接件在空间的位置。

任何零件（包括配合件）在空间的位置，由三个移动和三个转动来决定。因此，任何装配单元的自动装配过程都是一个空间问题，这要用装配件-装配机系统的直线尺寸链和表面相对回转时的角度尺寸链来求解。

一般，如圆柱面联接，其位置（见图3）取决于下列尺寸链方程：

$$A_d = \sum_{i=1}^m A_i \quad (1)$$

$$B_d = \sum_{i=1}^n B_i \quad (2)$$

$$B_d = \sum_{i=1}^p B_i \quad (3)$$

$$\alpha_d = \sum_{i=1}^m \alpha_i \quad (4)$$

$$\beta_d = \sum_{i=1}^n \beta_i \quad (5)$$

$$\varphi_d = \sum_{i=1}^p \varphi_i \quad (6)$$

式中 $A_d, B_d, \alpha_d, \beta_d, \varphi_d$, 代表在空间装配件相互位置精度的封闭环; $A_i, B_i, \alpha_i, \beta_i, \varphi_i$, 是尺寸链的组成环; m, n, p, q , 是尺寸链组成环的数目。

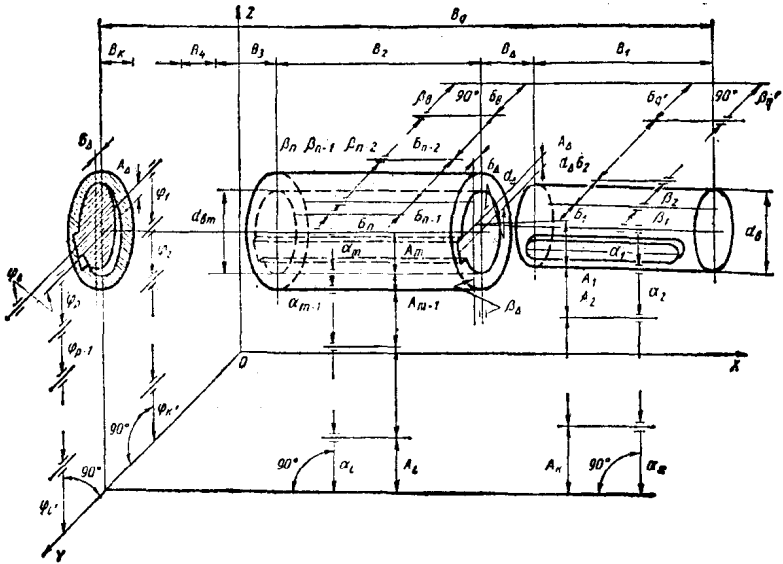


图 3 装配前零件的空间位置

如图 3 所示, 轴-轴套类零件自动装配时, 必须保证轴线重合精度、角的位置精度以及沿轴线的相对距离精度。轴线重合精度用尺寸链 A 、 B 、 α 、 β 求解; 角的位置精度用尺寸链 φ 求解; 相对距离精度用尺寸链 B 求解。根据配合件及其尺寸的精度特点, 上述问题可以按第五章所介绍的不同的定位系统图来解。

以螺纹、平面或其他形式的表面相配合的零件, 与圆柱面配合的零件相比, 它们在空间位置的差别只是零件本身表面位置不同。而在自动化装配中, 它们必须解决的问题仍然是相同的, 并可用同样的尺寸链方程来解。

五 拟订自动装配工艺过程的步骤

设计自动装配设备包括三个基本阶段：编制技术任务书，准备技术方案，进行技术设计和工作设计。

自动装配设备设计的技术任务书是原始文件，由用户拟订。技术任务书应包括：产品图和列有全部技术条件的零件图纸；要求装配设备的生产率（件/年）；拟订布置装配车间或工段的设备平面图；车间动力系统资料；装配产品零件的生产质量资料。

1. 制定自动装配设备的技术方案

在设计阶段，拟订自动装配设备的技术方案是最重要的。在这个阶段中，要拟订自动装配的工艺过程。在拟订自动装配的工艺过程中，要弄清楚本章下面各小节讨论的所有问题。此外，在技术方案中还应该对自动装配设备的技术经济效果进行核算。技术方案应征得用户的同意。

拟订产品自动装配工艺过程的步骤参见第七章，该章列举了对拖拉机发动机Д37-М的缸盖进行自动装配的例子。这种发动机为中等功率的风冷式发动机，是一种大量和通用的产品。

在准备技术方案时，首先分析技术任务书的要求和需要自动装配的产品的制造技术条件。根据技术条件，只须分析那些对自动装配过程，或对完成装配工序，以及对整个产品装配质量有影响的条件。在分析过程中，应该明确技术条件能否采用自动装配。把装配产品划分成独立的装配单元（或联接）和零件，大体上编制自动装配过程卡和工艺系统图。

自动装配的工艺系统图确定了基准件及其沿装配工位的移动，决定了全部装配件的装料、供料、定向装置的选择；规定了完成所有装配环节和装配工序的顺序。与此同时，应从装配自动化的观点，对装配的产品及其组成件的工艺性进行分析，必要时可对产品及其组成件的图纸加以修改（参见第六章）。

2. 确定可装配条件

选择达到零件联接精度的方法和零件定位系统，通常是根据零件的可装配条件进行的。在研制自动装配设备时，可装配条件具有决定性的作用。

零件的可装配条件，是零件联接面在联接时最大的可允许的不重合（或不一致）条件。例如，零件按圆柱面配合时，应规定轴线允许的位移及其相对回转量。在保证有配合间隙时，联接之前允许的轴线位移量等于此间隙之半。至于零件配合表面的轴线所允许的相对回转量，当有保证间隙时，其轴线所许可的相对回转量可用第五章介绍的关系来确定；当联接中无保证间隙时，配合件轴线或表面的相对回转量应该很小，但不能超过执行和定位机构表面的制造不精确度所许可的范围。这时应该遵守的基本条件是：在联接过程中，应有一个零件在轴线或配合表面的相对位置界限内，有可能移动和回转（见第六章）；对于螺纹联接的装配来说，除了遵守（如上所述）要有一个配合件能够移动和回转的条件之外，在旋合时，必须使螺母的螺纹部分旋入螺杆螺纹之间，这就必须保证螺母回转速度与其轴向移动速度遵守一定的关系，否则是不可能的。

3. 自动装配时选择达到联接精度的方法

产品自动装配时，可用不同的方法达到联接精度，方法选择得是否正确，决定着装配质量和自动装配设备的工作能力。完全互换法对自动装配是最合适的，因为这种方法可以保证装配质量、使设备工作可靠并保证高的生产率。因此，在拟订产品自动装配工艺过程时，应重新计算装配件的尺寸公差及表面相对回转公差。当零件按完全互换法装配，但由于某种原因也难于重新计算公差时，也可以选用不完全互换法；不过这种方法存在着难于装配的危险。

如果把装配产品的零件按尺寸分成几组，这时就可以选用成组互换法。如果联接中有可调整尺寸的环节，则可以选择调整法。所介绍的万向节半自动装配机就采用这种方法。当两个精密件装

配时，建议采用自动磨合法。

4. 选择定位系统

在选择定位系统时，首先必须弄清有无采用配合面（或在万不得已时，采用其轴线与配合面轴线相重合的表面）作为工艺基准的可能性和依靠装配件（多半和基准零件在一起）调整的可能性。如果这些可能性不存在，则须选择能满足可装配条件的定位系统。

根据所选择的定位系统，有时工艺基准孔可能是零件的主要定心基准，有时只用作预安装的基准。当采用配合面作为基准时，工艺基准孔只在开头用作预安装的基准。

5. 选择装配、装料、定向、运输、检验及其他装置系统图

装配件最优定位系统图选定后，就基本上决定了装配机构的设计，这些机构上常以基准面做为零件的定位面使用。因而在拟订技术方案阶段，应对所选定定位系统进行相应的试验研究，然后检查装配机构所选的基准和其他元件，最后，画出带上装配件的装配机构的结构原理示意图。为满足所规定的可装配条件精度和定位系统精度，应对装配机构的主要元件提出相应的要求。

在上述装置的系统选定之后，可根据装配件的轮廓尺寸和形状来选择主要的定位装置，并依此选择料斗、运输及定向装置。小件通常可用振动料斗以定向状态送到上料装置或供料装置，较长的零件可用料仓或料匣装料；而基础壳体件则可直接放到运输装置上（详见第六章）。

6. 保证自动装配设备的可靠性

自动装配设备工作的可靠性，首先决定于下列二因素：1）正确选定装配件的定位系统；2）装配件在配合前及配合过程中应能保证零件的相对位置精度要求。换句话说，自动装配设备的工作能力和可靠性，决定于全部装配机构所能达到的精度，和装配执行机构对可装配条件的保持能力。

装配件配合面的相对位置公差值是按可装配条件规定的，当基准零件表面与相配合面之间的距离的总公差低于此值时，自动装配设备的工作才可靠。其次，自动装配设备的工作可靠性还决

定于定位误差、装配和定位装置的制造公差和摩擦面的磨损公差。自动装配时，所有可能的误差间的关系可用如下不等式来表示：

$$\Delta_B \geq \delta_o + \delta_n + \delta_u$$

式中： Δ_B 是可装配条件的公差； δ_o 是装配件相配合面尺寸公差和相对转角公差； δ_n 是定位误差； δ_u 是定位装置和装配装置的制造误差； δ_u 是磨损公差。

在自动装配过程中，装配件、定位装置和装配机构构成一个装配件-装配机的完整系统，因此，可装配条件的精度决定于此系统的尺寸链。

7. 设计自动装配设备

拟订的技术方案应得到用户同意。此后，拟订原理图和自动装配设备（自动机、自动线）的一般形式，并编制其工作循环程序。编制工作循环程序时，要详细分析装配自动机和自动线的全部机构的工作，以便保证选择最合理的动作顺序。所编制的循环程序正确与否，将决定设备的生产率。

绘制循环程序有不同的方法。例如自动线和组合机床专业设计局在循环程序中，采用同样长和高的长方形来表示机构动作轮换顺序和时间比例。而拖拉机和农机科学研究所循环程序中用折线表示所有的电力、气动、液压装置开、关时间和各个机构的移动时间。绘制循环程序时，从设备的第一个工位上第一个机构的第一个动作开始。有几个装配工作头同时动作的工作，建议用一根线表示一个装配工作头，不必详细说明单个循环成分（如快速趋近、工作、挡铁上停留、快速退回等）。当有平行生产线时，画一个生产线的循环程序和反应出装配产品从一个生产线转到另一生产线的运输器的循环程序就够了。

在编制循环程序时，尽量减少循环中的运输、定位、夹紧、装配机构快近和退出、装配产品放松和取下等阶段所消耗的时间。可以通过缩短行程长度、提高机构移动速度和加速控制机构的动作来减少循环时间。使主要的动作全部和部分重合，以减少动作次数和动作时间，也能减少循环时间。例如装配工作头快速