

# 机械自动化 装配技术

★ 陈继文 王琛 于复生 等编著



JIXIE ZIDONGHUA  
ZHUANGPEI JISHU



化学工业出版社

# 机械自动化

## 装配技术

陈继文 王琛 于复生 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统地介绍了机械自动化装配技术的基础知识、自动化装配系统的典型机构、机器人在自动化装配技术中的应用。全书内容主要包括：自动化装配技术基础、装配机的结构形式、自动化供料系统、工件的分隔与换向、工件的定位与夹紧、装配机器人、装配流水线节拍与工序设计、面向装配的产品设计、汽车的自动化装配、装配系统的可靠性与监控系统等。

本书详述了机械自动化装配系统分析、设计方法，所选实例丰富、具有代表性，对实例内容的分析具体、透彻。本书内容的阐述深入浅出，便于自学和实践。

本书可供智能制造领域的工程技术人员参考，也可作为机械工程及自动化、机械电子工程以及相关专业的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械自动化装配技术/陈继文等编著. —北京：化学工业出版社，2019.3

ISBN 978-7-122-33370-4

I. ①机… II. ①陈… III. ①机械制造-自动化技术-装配(机械) IV. ①TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 269802 号

---

责任编辑：张兴辉 金林茹

文字编辑：陈 喆

责任校对：边 涛

装帧设计：刘丽华

---

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 446 千字 2019 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询：010-64518888 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

---

定 价：79.00 元

版权所有 违者必究

随着新一代信息通信技术与先进制造技术的深度融合，全球兴起以智能制造为代表的新一轮产业变革。自动化装配技术以机器人为装配机械，同时需要柔性的外围设备，是智能制造的重要组成部分。我国智能制造、供给侧改革的推进使得对自动化智能化的发展需求与日俱增，实现装配自动化是生产过程自动化或工厂自动化的重要标志，机械自动化装配技术成为智能制造领域工程技术人员需要掌握的一门重要技术。

本书从机械自动化装配系统的实际情况出发，在内容安排上突出科学性和系统性，理论联系实际，实用性强，内容新颖、系统和详尽，原理介绍深入浅出，图文并茂，难易适度，便于自学和实践。

全书共分 11 章，主要内容包括：自动化装配技术基础、装配机的结构形式、自动化供料系统、工件的分隔与换向、工件的定位与夹紧、装配机器人、装配流水线节拍与工序设计、面向装配的产品设计、汽车的自动化装配、装配系统的可靠性与监控系统等。

本书可供智能制造领域的工程技术人员参考，也可作为机械工程及自动化、机械电子工程以及相关专业师生的参考书。

本书由山东省绿色建筑协同创新中心组织编写，编写人员有陈继文、王琛、于复生、牛文欢、孙爱花、李丽、魏文胜、杨红娟、姬帅、赵彦华、范文利、逢波，感谢山东建筑大学机电工程学院的大力支持。

由于编著者经验不足，水平有限，书中难免有不足之处，恳切希望读者批评指正。

编著者

### 第1章 绪论

- 1.1 装配自动化的作用 ..... 1
- 1.2 装配自动化的基本概况 ..... 3

### 第2章 自动化装配技术基础

- 2.1 自动化装配的工作流程 ..... 5
- 2.2 自动装配机械的结构 ..... 7
- 2.3 装配工艺过程的确定 ..... 31

### 第3章 装配机的结构形式

- 3.1 装配机及装配系统概述 ..... 36
- 3.2 单工位装配机 ..... 39
- 3.3 多工位装配机 ..... 41

### 第4章 自动化供料系统

- 4.1 物料供输自动化 ..... 51
- 4.2 送料装置 ..... 53
  - 4.2.1 振盘的功能与特点 ..... 53
  - 4.2.2 振盘的结构与工作原理 ..... 54
  - 4.2.3 振盘的定向原理 ..... 56
  - 4.2.4 直线送料器 ..... 62
  - 4.2.5 振盘的缓冲功能 ..... 63
  - 4.2.6 振盘的出料速度调节 ..... 65
- 4.3 间歇送料装置 ..... 66
  - 4.3.1 间歇送料装置的功能与应用 ..... 66
  - 4.3.2 槽轮机构的结构与应用 ..... 67
- 4.4 凸轮分度器原理及应用 ..... 72
  - 4.4.1 凸轮分度器的功能 ..... 72
  - 4.4.2 凸轮分度器的工作原理 ..... 73
  - 4.4.3 凸轮分度器工程应用 ..... 75

4.4.4 凸轮分度器的节拍 .....	77
4.5 装配物料输送系统 .....	79
4.5.1 传送设备 .....	79
4.5.2 带式输送系统 .....	80
4.5.3 链式输送系统 .....	83
4.5.4 步伐式传送带 .....	83
4.5.5 辊子输送系统 .....	85
4.5.6 悬挂输送系统 .....	85
4.5.7 有轨导向小车 .....	85
4.5.8 随行夹具返回装置 .....	86
4.6 柔性物流系统 .....	87
4.6.1 物流输送形式 .....	87
4.6.2 自动导向小车 .....	89
4.6.3 自动化仓库 .....	92
4.6.4 物流系统计算机仿真 .....	97

## 第 5 章 工件的分隔与换向

---

5.1 工件的暂存与分隔 .....	99
5.1.1 工件的暂存 .....	99
5.1.2 工件的分隔 .....	101
5.1.3 典型工件的分料机构 .....	101
5.2 工件的定向与换向 .....	107
5.2.1 工件的定向与换向 .....	107
5.2.2 定向与换向方法 .....	108

## 第 6 章 工件的定位与夹紧

---

6.1 定位的基本原理 .....	112
6.2 定位的基本方法 .....	114
6.3 定位机构设计 .....	117
6.4 典型夹紧方法与机构 .....	119

## 第 7 章 装配机器人

---

7.1 柔性自动化的要求 .....	125
7.2 机器人的结构形式 .....	128
7.3 机器人的控制 .....	134
7.4 机器人驱动装置 .....	139
7.5 机器人的传感器 .....	144
7.6 机器人的视觉技术 .....	146
7.7 机器人编程技术 .....	149
7.8 机器人新技术 .....	157

7.9	机械手的典型运动及结构模式	158
7.10	机械手典型结构组成	160
7.11	工业机器人末端关节结构	165
7.12	机械手主要性能要求	166
7.13	机械手的缓冲结构	168
7.14	微机器人与微装配	172
7.14.1	微机器人	172
7.14.2	微机器人分类	174
7.14.3	微驱动器	176
7.14.4	微定位机构	177
7.14.5	微小目标的抓取技术	179
7.14.6	控制系统	181

## 第8章 装配流水线节拍与工序设计

---

8.1	手工装配流水线节拍与工序设计	183
8.1.1	手工装配流水线的基本结构	183
8.1.2	手工装配流水线节拍	186
8.1.3	手工装配流水线工序设计	187
8.2	自动化装配生产线节拍与工序设计	193
8.2.1	由单个装配工作站组成的自动化专机节拍	193
8.2.2	自动化装配生产线结构组成及节拍	199
8.2.3	自动化装配生产线工序设计	204
8.2.4	自动机械优化设计	208

## 第9章 面向装配的产品设计

---

9.1	面向装配的设计概念	210
9.2	面向装配设计的原则	211
9.2.1	减少零件数量	211
9.2.2	减少紧固件的数量和类型	216
9.2.3	零件标准化	218
9.2.4	模块化设计	219
9.2.5	稳定的基座	219
9.2.6	零件容易被抓取	220
9.2.7	避免零件缠绕	220
9.2.8	减少零件装配方向	221
9.2.9	设计导向特征	222
9.2.10	先定位后固定	223
9.2.11	避免装配干涉	224
9.2.12	为辅助工具提供空间	225
9.2.13	为重要零部件设计装配止位特征	225

9.2.14	防止零件欠约束和过约束 .....	226
9.2.15	宽松的零件公差要求 .....	227
9.2.16	防错的设计 .....	229
9.2.17	装配中的人机工程学 .....	235
9.2.18	线缆的布局 .....	237
9.3	面向自动化装配的设计 .....	239
9.3.1	适于自动化的产品设计准则 .....	239
9.3.2	面向高速自动装配设计的准则概要 .....	241
9.3.3	面向机器人装配的产品设计 .....	241
9.3.4	数字孪生驱动的产品装配工艺 .....	242

## 第 10 章 汽车的自动化装配

---

10.1	发动机装配线 .....	248
10.2	整车装配 .....	254
10.3	焊接生产线 .....	259
10.4	汽车总装生产线控制系统 .....	263

## 第 11 章 装配系统的可靠性与监控系统

---

11.1	可靠性指标 .....	265
11.2	可靠性设计准则 .....	269
11.3	可靠性驱动的装配工艺 .....	271
11.4	监控系统 .....	276

## 参考文献

---



### 1.1 装配自动化的作用

装配是指把多个零件组装成产品，使得产品能够实现相应的功能并体现产品的质量。装配包括三层含义：把零件组装在一起；实现相应的功能；体现产品的质量。装配不仅仅是拧螺钉并简单地把零件组装在一起，更重要的是组装后产品能够实现相应的功能，体现产品的质量。产品包含的零件从几个到几百万个不等，装配对产品的成本和生产效率有着重要影响；但由于机械装配技术一直落后于机械加工技术，机械装配过程已成为自动化制造系统的薄弱环节。人工操作的装配是一个劳动密集型的过程，生产率是工人执行某一具体操作所花费时间的函数；其劳动量在产品制造总劳动量中占有相当高的比例。随着先进制造技术的应用，制造零件劳动量的下降速度比装配劳动量下降速度快得多。据有关资料统计，一些典型产品的装配时间占总生产时间的 40%~60%，而目前产品装配的平均自动化水平仅为 10%~15%，是花费最多的生产过程。因此，实现装配过程的自动化成为现代工业生产中迫切需要解决的一个重要问题。自动化装配的主要优点如下。

① 装配自动化可以提高生产率、降低成本，保证机械产品的装配质量和稳定性。尤其是当前机械加工自动化程度的不断提高，装配效率的提高对于提高产品生产效率具有更加重要的意义。

② 自动装配过程一般在流水线上进行，采用各种机械化装置来完成劳动量最大和最繁重的工作，大大减轻或取代特殊条件下的人工装配劳动，降低劳动强度，保证操作安全。

③ 不会因工人疲劳、疏忽、情绪、技术不熟练等因素的影响而造成产品质量缺陷或不稳定。

④ 自动化装配所占用的生产面积比手工装配完成同样生产任务的工作面积要小得多。

⑤ 在电子、化学、宇航、国防等行业中，许多装配操作需要特殊环境，人类难以进入或非常危险，只有自动化装配才能保障生产安全。

装配机械是一种特殊的机械，它区别于通常用于加工的各种机床。装配机械是为特定的产品而设计制造的，具有较高的开发成本，且在使用中只有很少的或完全不具有柔性，所以

最初的装配机械只是为大批量生产而设计的。自动化的装配系统用于中小批量生产还是近几年的事，这种装配系统一般由可以自由编程的机器人作为装配机械，此外还要有具有柔性的外围设备，例如零件储仓、可调的输送设备、连接工具库、抓钳及它们的更换系统。柔性是指一种能够适应生产变化的系统特性。对于装配系统来说，就是要在同一套设备上同时或者先后装配不同的产品（产品柔性），柔性装配系统的效率不如高度专用化的装配机械。往复式装配机械可以达到每分钟 10~60 拍（大多数的节拍时间为 2.5~4s）；转盘式装配机械最高可以达到每分钟 2000 拍。当然所装配的产品很简单，如链条等；所执行的装配动作也很简单，如铆接、充填等。对于大批量生产（年产量 100 万以上）来说，专用的装配机械是合算的；工件长度可以大于 100mm，质量可以超过 50g。典型的装配对象，如电器产品、开关、钟表、圆珠笔、打印机墨盒、剃须刀、刷子等，需要各种不同的装配过程。图 1-1 中列出了最重要的装配方法以及它们之间的关系。

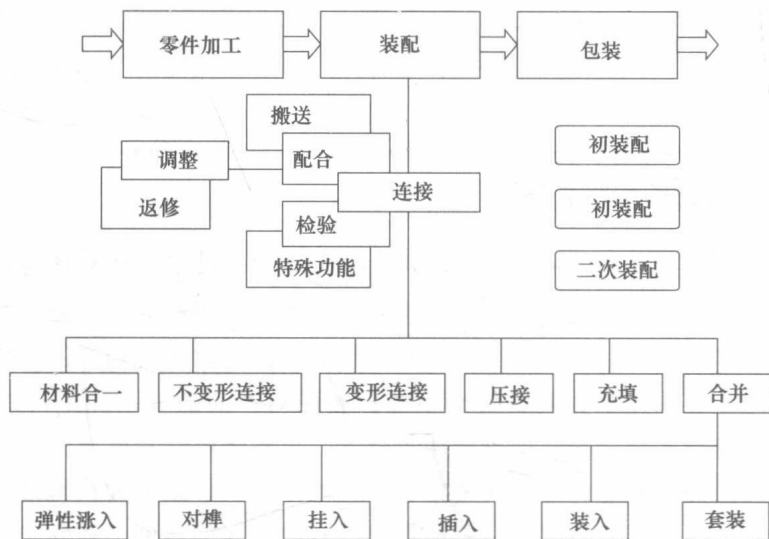


图 1-1 装配中的连接方法框图

从创造产品价值的角度来考虑，装配过程按时间分为两部分：主装配和辅装配。连接本身作为主装配只占 35%~55% 的时间。所有其他功能，例如送料，均属于辅装配。设计装配方案必须尽可能压缩这部分时间。在连接方法中，螺纹连接占最大比例，约为 68%；铆接、压接、销接、弹性涨入、粘接、其他所占比例分别为 16.5%、10.5%、1.6%、1%~3%、1%、1.1%。以上是机械制造和车辆制造行业的平均值，不同行业采用的各种连接方法的比例也不尽相同。装配机械的各种不同的结构形式都是针对一定的装配范围设计的，它们的定位精度、装配速度和抗干扰性受到格外重视；物流通道对于工件参数波动的“免疫力”起到非常重要的作用，在自动化装配过程中，大多数的故障是由工件流的干扰引起的。

自动化装配机械，尤其是经济的和具有一定柔性的自动化装配机械一般被称为高技术产品。按其不同的结构形式常被称为“柔性特种机械”或“柔性节拍通道”。圆形回转台式自动化装配机械由于其较高的运转速度和可控的加速度而倍受青睐；环台式装配机械，无论是环内操作还是环外操作，或二者兼备的结构，都是很实用的结构形式。现代技术的发展使得人们能够为复杂的装配功能找到解决的方法。尽管如此，全自动化的装配至今仍然只在有限的范围是现实的和经济的。由于装配机械比零件制造机械具有更强的针对性，因此装配机械的采用更需要深思熟虑，要做大量的准备工作，不能简单片面地追求自动化，而应本着实用

可靠且又能适应产品的发展的原则,采用适当的自动化程度,应用现代的计划方法和控制手段。

## 1.2 装配自动化的基本概况

### (1) 装配自动化的现状与发展

装配自动化技术大致经历了三个发展阶段:采用传统的机械开环控制单元的装配自动化技术;利用半柔性控制方法构建自动装配系统的装配自动化技术;具有柔性控制能力的装配自动化技术。

目前,一些发达国家基于其自身机械制造业的领先优势,较早地开展了自动装配技术的研究工作,开发出了许多高效的自动装配系统,可以将一些产品、部件的装配过程从人工操作逐渐转向自动化以及使用高效的柔性装配系统完成。我国在装配自动化技术方面的研究起步较晚,陆续自行设计、建立和引进了一些半自动、自动装配线及装配工序半自动装置,但国内设计的半自动和自动装配线的自动化程度不高,装配速度和生产率较低,因此装配自动化技术在我国具有很大的开发和应用潜力。未来一段时间内,装配自动化技术主要向以下两方面发展。

① 与近代基础技术互相结合、渗透,提高自动装配装置的性能。近代基础技术,特别是控制技术和网络通信技术的迅速发展,为提高自动装配装置的性能打下了良好的基础。装配装置可以引入新型、模块化、标准化的控制软件,发展新型软件开发工具;应用新的设计方法,提高控制单元的性能;应用人工智能技术,发展、研制具有各种不同结构能力和智能的装配机器人,并采用网络通信技术将机器人与自动加工设备相连以得到最高生产率。

② 进一步提高装配的柔性,大力发展柔性装配系统。在机械制造业中,CNC、FMC、FMS逐步取代了传统的制造设备,大大提高了加工的柔性。CIMS的发展使制造过程成为用计算机和信息技术把经营决策、设计、制造、检测、装配以及售后服务等过程综合协调为一体的闭环系统。但如果只有加工技术的自动化,没有装配技术的自动化,FMS、CIMS就不能充分发挥作用。装配机器人的研制成功、FMS的应用以及CIMS的实施,为自动装配技术的开发创造了条件;产品更新周期的缩短,要求自动装配系统具有柔性响应能力,需要发展柔性装配系统来使装配过程通过自动监控、传感技术与装配机器人的结合,实现无人操作。

### (2) 装配自动化的基本要求

① 生产纲领稳定。年产量大、批量大,零部件的标准化、通用化程度较高及生产纲领稳定是装配自动化的必要条件。目前,自动装配设备基本上还属于专用设备,生产纲领改变,原先设计制造的自动装配设备就不适用了,即使调整后能加以使用,也将造成设备费用增加,耽误时间,在技术上和经济上不合理;年产量大、批量大,有利于提高自动装配设备的负荷率;零部件的标准化、通用化程度高,可以缩短设计、制造周期,降低生产成本,有利于获得较好的技术经济效果。与生产纲领相关的其他因素,如装配件的数量、装配件的加工精度及加工难易程度、装配复杂程度和装配过程劳动强度、产量增加的可能性等,也会对装配自动化的实现产生一定的影响。现以小型精密产品(或部件)为例,说明实现装配自动化必须具备的一般条件,见表1-1。

表 1-1 小型精密产品（或部件）实现装配自动化的一般条件

与生产纲领有关的一般条件	实现自动化装配的适合程度		
	很适合	比较适合	不适合
生产纲领	>500 套/h	200~500 套/h	<200 套/h
生产纲领稳定性	5 年内品种不变	3 年内品种不变	2~3 年内有可能变化
产量增加的可能性	大	较大	不增加
装配件数量 <sup>①</sup>	4~7	8~15	>15
装配件的加工精度	高	一般	低
装配复杂程度	简单	一般	复杂
要求装配工人的熟练程度	低	一般	高
手工装配劳动强度	大	一般	低
装配过程中的危险性	有	有	无

① 相同规格的零件按一件计算。

② 产品具有较好的自动装配工艺性。尽量做到设备结构简单，装配零件数量少；装配基准面和主要配合面形状规则，定位精度易于保证；运动副易于分选，便于达到配合精度；主要零件形状规则、对称，易于实现自动定向等。

③ 实现装配自动化以后，经济上合理，生产成本降低。装配自动化包括零部件的自动给料、自动传送及自动装配等内容，它们之间相互联系紧密。其中，自动给料包括装配件的上料、定向、隔料、传送和卸料的自动化；自动传送包括装配零件由给料口自动传送至装配工位，以及装配工位与装配工位之间的自动传送；自动装配包括自动清洗、自动平衡、自动装入、自动过盈连接、自动螺纹连接、自动粘接和焊接、自动检测和控制、自动试验等。所有这些工作都应在相应的控制下，按照预定方案和路线进行。实现给料、传送、装配自动化以后，就可以提高装配质量和生产率，使产品合格率提高、劳动条件改善、生产成本降低。

### (3) 实现装配自动化的途径

① 借助先进技术，改进产品设计。自动装配系统的最大柔性主要来自被制造的零件族的合理设计。工业发达国家已广泛推行便于装配的设计准则，主要有两方面内容：一是尽量减少产品中单个零件的数量；二是改善产品零件的结构工艺性。基于该准则的计算机辅助产品设计软件也已开发成功。可以在这些先进技术的基础上，进行便于装配的产品设计，提高装配效率、降低装配成本。

② 研究和开发新的装配工艺和方法。在当前的生产技术条件下，应根据我国国情开发自动化程度不一的各种装配方法。例如针对某些产品，研究利用机器人、刚性自动化装配设备与人工结合等方法，而不能盲目地追求全盘自动化，这有利于取得最佳经济效益。此外，还应加强基础研究，如研究合理配合间隙或过盈量的确定及控制方法、装配生产的组织与管理等，以开发新的装配工艺和技术。

③ 尽快实现自动装配设备与柔性装配系统 FAS (flexible assembly system) 的国产化。根据国情加大开发自动装配技术的力度，在引进外来技术的基础上，实现自动装配设备的国产化，逐步形成系列型谱以及实现模块化和通用化。装配机器人是未来柔性自动化装配的重要工具，集中优势跟踪这方面高技术的发展非常必要。我国已建立了装配机器人研究中心，并取得了很大进展。大力发展廉价的装配机器人，将是今后相当长时间内我国发展装配自动化的基本国策。

### 2.1 自动化装配的工作流程

#### (1) 机器自动化装配与人工装配对比

机器自动化装配在很大程度上模仿了人工装配的方式。下面以一个最简单的装配工序——螺钉连接装配为例，说明人工操作及机器自动化操作的过程。

##### ① 人工装配操作过程

a. 取料过程。操作者将需要连接的两个或多个零件、螺钉由人工方式分别从周围放置零件的容器中取出。

b. 装配过程。将需要连接的零件及螺钉放入待装配的位置（通常都设计有供零件定位的定位夹具），左手将工件按紧，然后右手用工具（如手动螺丝刀）转动螺钉将螺钉拧紧。在手工装配流水线上，工人通常用右手握紧电动螺丝刀或气动螺丝刀，在批头压紧螺钉的同时按下开关，由工具自动拧紧螺钉。

c. 卸料过程。将连接好的零件从定位夹具中取下，放入周围专门的容器或位置，完成一个操作循环。

在上述操作过程中，操作者靠的是双手、眼睛及辅助装配工具（定位夹具、手动螺丝刀、电动或气动螺丝刀）。当螺钉尺寸很小时，人工从螺钉盒的大堆螺钉中拿取一个螺钉是非常费力的。为了提高人工装配的效率，可以采用一种微型螺钉自动送料器，它能够将微小的螺钉自动排列后通过一个输料槽送出，装配时工人用气动螺丝刀的批头在输料槽的末端自动吸取一个螺钉后再装配，这样就使装配更快捷、更省力，这其中就已经包含了部分自动化的功能。

##### ② 机器自动化装配过程

a. 送料过程。在螺钉自动化装配连接工序中，需要连接的工件及螺钉通常都采用自动送料装置。由于螺钉的质量较小，能够方便地采用一种称为振盘的自动送料装置进行自动输送，只要在振盘输料槽出口用一根透明塑料连接到气动螺丝刀的批头部位即可，同时在振盘的出口设置一次只放行一只螺钉的分料机构。每次只放行一个螺钉，这样螺钉就会在重力作

用下通过透明塑料管自动滑落到批头部位。其他需要连接的工件如果尺寸及质量较小,例如冲压件、五金件,通常也可以采用振盘将工件分别自动输送到装配定位夹具中。如果零件的质量较大难以采用振盘送料时,可以考虑采用其他送料方式(例如机械手)将工件送入装配位置或定位夹具中。

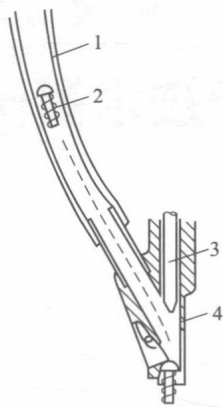


图 2-1 螺钉自动  
装配过程

- 1—透明塑料管; 2—螺钉;  
3—气动螺丝刀刀头;  
4—螺钉供料器

b. 装配过程。采用振盘或机械手将待连接的工件移送到定位夹具上后,定位夹具具有对工件进行准确定位的功能,必要时还设置夹紧机构对工件自动进行夹紧。螺钉自动送料及气动螺丝刀旋入螺钉的过程如图 2-1 所示。螺钉的自动装配过程完全模仿人工操作的方法,螺钉的旋入方法也是采用自上而下的装配方向,装配的工具通常也是采用气动螺丝刀。螺钉 2 通过透明塑料管 1 自动滑下,滑落到螺钉供料器 4 的末端后被阻挡机构挡住,然后气缸驱动气动螺丝刀向下运动,气动螺丝刀的刀头 3 将螺钉从螺钉供料器 4 中推出并压紧到工件的螺纹孔口,然后批头自动旋转,将螺钉旋入到工件的螺纹孔中,最后气缸驱动气动螺丝刀向上运动,返回到初始位置,准备下一个循环。与人工装配一样,气动螺丝刀的旋紧力矩是可以调节控制的。

c. 卸料过程。完成螺钉连接的工件需要从定位夹具中卸下,以便进行下一个工作循环,在人工装配操作中通过人工直接将完成装配的工件取出放入附件的中转箱中。在自动化装配中则采用专门的卸料机构,对于质量较轻的零件一般采用简单的气动机构,直接将工件从装配位置推出,工件通过倾斜的料道滑落到中转箱中,质量较大的工件则可以通过机械手将其从定位夹具中取下,放入中转箱中或输送线上。

③ 人工操作与机器自动化操作的共同特征 机器自动化装配过程与人工装配过程有许多相似之处,它们都包括以下几个基本步骤:上料、定位、装配、卸料。与人工装配过程相比,在机器自动化装配过程中,工件的上料、定位、夹紧、装配、卸料都尽可能采用自动机构来完成,而且更多地考虑了以下几个环节:如何快速及自动地上料、卸料;如何对工件快速定位与夹紧;如何快速、精确地装配;通过传感器与控制系统使上述各个动作按固定的程序进行循环运行。

## (2) 自动化装配的典型工作流程

① 输送与自动上料 输送与自动上料操作就是在具体的工艺操作之前,将需要被工序操作的对象(零件、部件、半成品)从其他地方移送到进行工序操作的位置。上述被工序操作的对象通常统称为工件,进行工序操作的位置通常都有相应的定位夹具对工件进行准确的定位。输送通常用于自动化生产线,组成自动化生产线的各种专机按一定的工艺流程各自完成特定的工序操作,工件必须在各台专机之间顺序流动,一台专机完成工序操作后要将半成品自动传送到下一台相邻的专机进行新的工序操作。

② 分隔与换向 分隔与换向属于一种辅助操作。通常一个工作循环只装配一套工件,而在工件各自的输送装置中工件经常是连续排列的,为了实现每次只放行一个工件到装配位置,需要将连续排列的工件进行分隔,因此经常需要分料机构,例如采用振盘自动送料的螺钉就需要这样处理。换向也是在某些情况下需要的辅助操作,某些换向动作是在工序操作之前进行,某些则在工序操作之后进行,而某些情况下则与工序操作同时进行。例如:当在同

一台专机上需要对工件的多个方向重复进行工序操作时,就需要每完成一处操作后通过定位夹具对工件进行一次换向。当需要在工件圆周方向进行连续工序操作时,就需要边进行工序操作边通过定位夹具对工件进行连续回转,例如回转类工件沿圆周方向的环缝焊接就需要这样处理。

③ 定位与夹紧 为了使工件在每一次工序操作过程中都具有确定的、准确的位置,保证操作的精度,实际上通常都是将工件最后移送到定位夹具内实现对工件的定位,定位夹具可以保证每次操作时工件位置的一致性。在某些工序操作过程中可能产生一定的附加力作用在工件上,这种附加力有可能改变工件的位置和状态,所以在工序操作之前必须对工件进行自动夹紧,保证工件在固定状态下进行操作。因此在很多情况下都需要在定位夹具附近设计专门的自动夹紧机构,在工序操作之前先对工件进行可靠的夹紧。

④ 工序操作 工序操作是完成自动化专机的核心功能,前面提到的所有辅助环节都是为工序操作进行的准备工作,都是为具体的工序操作服务而设计的。工序操作的内容非常广泛,仅装配的工艺方法就有许多,例如螺钉螺母连接、焊接、铆接、粘接、弹性连接等。这些工序操作都是采用特定的工艺方法、工具、材料,每一种类型的工艺操作也对应着一种特定的结构模块。

⑤ 卸料 完成工序操作后,必须将完成工序操作后的工件移出定位夹具,以便进行下一个工作循环。卸料的方法多种多样,例如在一些小型工件的装配中,经常采用气缸将完成工序操作后的工件推入一个倾斜的滑槽,让工件在重力的作用下滑落。对于一些不允许相互碰撞的工件经常采用机械手将工件取下。还有一些工序操作直接在输送线上进行,通过输送线直接将工件往前输送。

## 2.2 自动装配机械的结构

### (1) 自动装配机械的结构特征

① 结构模块化 自动化专机最大的特点就是结构模块化,它是由各种专用的功能模块组合而成,例如输送装置、自动上料装置、定位夹紧机构、导向部件、电动机与传动部件、各种执行机构等。这些模块在不同的设备或生产线上具有很强的相似性,只要将所需要的各种模块组合在一起,即可组成自动化专机的主要部分,不仅使设计制造简单化,而且能降低设备的制造成本。

② 部件专业化、标准化 许多制造商长期从事专业研究与生产制造上述各种结构,例如气动元件、电动机、导轨等导向部件、传动部件、自动送料装置、输送线、分度器、铝型材等,不仅形成了相当的规模,而且实现快速供货,缩短制造周期,达到了相当高的质量水平。

### (2) 自动化装配机械的机构组成

① 工件的输送及自动上下料系统 工件或产品的移送处理是自动化装配的第一个环节,包括自动输送、自动上料、自动卸料动作,用来替代人工装配场合的搬运及人工上下料动作。其中自动输送通常应用在生产线上,用于实现各专机之间物料的自动传送。

a. 输送系统。在自动化装配系统中,通常需要通过传送设备在装配工位之间、装配工位与料仓和中转站之间传送工件托盘、基础件和其他零件,再在装配工位上,将各种装配件

装配到装配基础件上，完成一个部件或一台产品的装配。

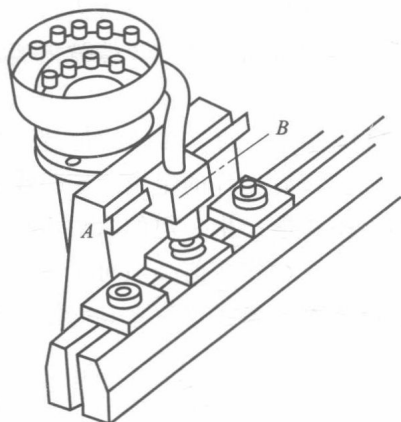


图 2-2 带往复式装配工作头的连续传送方式

装配基础件在工位间的传送方式有连续传送和间歇传送两类。图 2-2 所示为带往复式装配工作头的连续传送方式。装配基础件连续传送，工位上的装配工作头也随之同步移动。对直进型传送装置，工作头须作往复移动；对回转式传送装置，工作头须作往复回转。装配过程中，工件连续恒速传送，装配作业与传送过程重合，故生产速度快、节奏性强。但由于装配时工作头和工件之间的相对定位有一定困难，因此不便于采用固定式装配机械。目前，除小型简单工件的装配中可能采用连续传送方式外，一般都使用间歇传送方式。

间歇传送中，装配基础件由传送装置按节拍时间进行传送，装配对象停在工位上进行装配，作业一完成即传送至下一工位。避免了装配作业受传送平稳性的影响，便于采用固定式装配机械。按节拍时间特征，间歇传送又可分为同步传送和非同步传送两种。间歇传送大多数是同步传送，即各工位上的装配件每隔一定节拍时间都同时向下一工位移动。对小型工件来说，由于装配夹具比较轻小，传送时间可以取得很短，因此在实际运用中对小型工件和节拍小于十几秒的大部分制品的装配，可采取这种固定节拍的同步传送方式。但这种工作节拍是最长的工序时间与工位间传送时间之和，在工序时间较短的其他工位上存在一定的等工浪费，并且当一个工位发生故障时，全线都会受到停机影响。为此，可采用非同步传送方式。图 2-3 所示为非同步传送装置。非同步传送方式不但允许各工位的速度有所波动，而且可以把不同节拍的工序组织在一个装配线中，使平均装配速度提高。另外，个别工位在出现短时间可以修复的故障时不会影响全线工作，设备利用率也得以提高，适用于操作比较复杂且包括手工工位的装配线。在实际使用的装配线中，各工位完全自动化常常是没有必要的。因为技术上和经济上的原因，多数以采用一些手工工位较为合理，所以非同步传送方式就采用得越来越多。

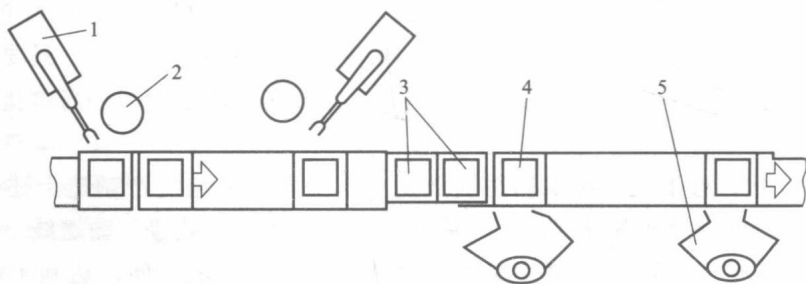


图 2-3 非同步传送装置

1—机械手；2—料斗；3—缓冲储存；4—随行夹具；5—操作者

传送装置的结构形式主要有水平型和垂直型两类。采用的形式主要取决于生产纲领、装配基础件和产品（或部件）的尺寸及重量、装配精度和定位精度、装配工作头对装配对象的工作方向、操作作用力和驱动要求等，有时也取决于工艺布置。

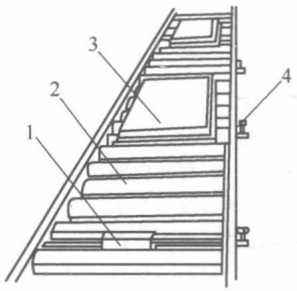
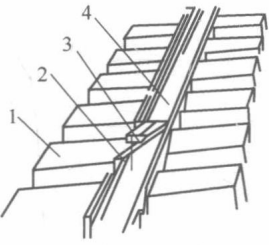
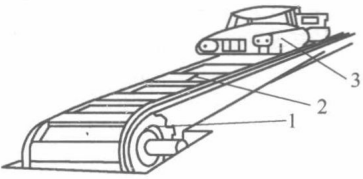
水平型传送装置有回转式（包括转台式、中央立柱式、立轴式）、直进式和环行式三种



布置方式。其中环行式是装配对象沿水平环形排列,没有大量空夹具返回,近似于回转式;如环形轨道的一边布置工位,另一边作为空夹具返回,则成为直进式。水平型传送装置适用于装配起点和终点相互靠近以及宽而不长的车间。当产品装配后还需进行试验、喷漆、烘干等其他生产过程时,采用这种布置也比较方便,但其占地面积大,易影响车间其他的物料搬运。垂直型传送装置有回转式和直进式两种布置方式。垂直型常用于直线配置的装配线,装配对象沿直线轨道移动,各工位沿直线排列。

自动化装配输送系统包括小型的输送装置及大型的输送线,其中小型的输送装置一般用于自动化专机,大型的输送线则用于自动化生产线,在人工装配流水线上也大量应用了各种输送系统。根据结构类型的区别,最基本的输送线有:皮带输送线、链条输送线、滚筒输送线等;根据输送线运行方式的区别,输送线可以按连续输送、断续输送、定速输送、变速输送等不同的方式运行。结构形式一经确定,传送运动的方式也就基本确定了。常用传送设备(机构)的结构形式及特点见表2-1。

表2-1 常用传送设备(机构)的结构形式及特点

传送设备(机构)	示意图	特点	应用场合
辊道	 <p>1—自动停止器;2—辊子; 3—工件托盘;4—手动停止手柄</p>	<p>有自由轨道和动力轨道两类。动力轨道适用于上料时有冲击的场合并能保持一定的传送速度,常用速度为1.5~30m/min。辊子可双列布置,可设置升降、翻转和转位等机构</p>	<p>底面平整或带托盘的装配基础件在轨道上进行流水作业</p>
传送带	 <p>1—工作台;2—卸料器; 3—工件托盘;4—传送带</p>	<p>由带式传送装置和两侧工作台组成,工件由卸料器分配到两侧工作台,工位间可有中间储存站,结构简单、传送平稳,但速度较低,常用速度为1.2~18m/min,对重量大或有油污的工件可采用钢带</p>	<p>仪器仪表和电器制造中组织轻型流水装配</p>
传送板	 <p>1—驱动链轮;2—板条;3—汽车车身</p>	<p>铺板可用钢板、木板或其他材料,板上可设置装配支架,平整宽敞、承载能力大,但自重也较大。板式传送装置一般由双列链条驱动,速度较低,常用速度为0.35~2.5m/min</p>	<p>在低速、重载荷和有冲击条件下工作,如汽车、拖拉机、工程机械、内燃机制造业中的部装和总装线,也可用于连续传送装配线中</p>