

绪 论

1.1 实现制造自动化的意义

1. 制造自动化的定义

顾名思义,“制造自动化”首先与“制造”、“自动化”有关。人们一般传统地将“制造”理解为产品的机械加工过程或机械工艺过程。例如著名的 Longman 词典对“制造”(manufacture)的解释为“通过机器进行(产品)制作或生产,特别是适用于大批量生产”。

随着人类科学技术及生产力的发展,“制造”的概念和意义已经在“范围”和“过程”两个方面大大拓展。范围方面,制造所涉及的工业领域远非局限于机械制造,而是包括了机械、电子、电器、五金、化工、轻工、食品、医药、军工等国民经济的大量行业。

“自动化(automation)”是美国人 D. S. Harder 于 1936 年提出的。当时他在通用汽车公司工作,他认为在一个生产过程中,机器之间的零件转移不用人去搬运就是“自动化”。这实质上是早期制造自动化的概念。

过去,人们将制造自动化的理解为以机械的动作代替人力操作,自动地完成特定的作业,这实质上是指用自动化代替人的体力劳动。随着电子和信息技术的发展,特别是随着计算机的出现和广泛应用,制造自动化的概念已扩展为用机器(包括计算机)不仅代替人的体力劳动而且还代替或辅助脑力劳动,以自动地完成特定的作业。

今天,制造自动化已远远突破了上述传统的概念,具有更加宽广和深刻的含义。制造自动化的含义至少包括以下几方面:

(1) 在形式方面,制造自动化包括 3 个方面的含义:

- 代替人的体力劳动;
- 代替或辅助人的脑力劳动;
- 制造系统中人、机器及整个系统的协调、管理、控制和优化。

(2) 在功能方面,制造自动化代替人的体力劳动或脑力劳动仅仅是制造自动化系统功能的一部分。制造自动化的功能是多方面的,已形成一个有机体系,可以用一个简称为 TQCSE 的模型来表示,其中 T 表示时间(time),Q 表示质量(quality),C 表示成本(cost),S 表示服务(service),E 表示环境友善性(environment)。

TQCSE 模型中的 T 有两方面的含义,一是指采用自动化技术,能缩短产品制造周期,产品上市快;二是提高生产率。Q 的含义是采用自动化系统,能提高和保证产品质量。C 的

含义是采用自动化技术能有效地降低成本,提高经济效益。S也有两方面的含义,一是利用自动化技术,更好地做好市场服务工作;二是利用自动化技术,替代或减轻制造人员的体力和脑力劳动,直接为制造人员服务。E的含义是制造自动化应该有利于充分利用资源,减少废弃物和环境污染,有利于实现绿色制造。上述 TQCSE 模型还表明,T、Q、C、S、E 是相互关联的,它们构成了一个制造自动化功能目标的有机体系。

(3) 在范围方面,制造自动化不仅涉及具体生产制造过程,而且涉及产品生命周期的所有过程(包括服务)。

正因为制造的范围非常广,各种产品的制造过程按工艺性质的区别又可以分为机械加工、装配、检测、包装等各种工序,因此制造自动化又包括机械加工自动化、装配自动化、包装自动化等各种门类。

根据制造行业工艺性质的区别,不同的产品制造行业其制造自动化有各自的特点,例如:机械加工、机床、汽车、五金等行业主要为机械加工自动化;电子制造、仪表、电器等行业主要为装配自动化;医药、食品、轻工等行业主要为包装自动化,等等。

实际上许多产品的制造过程同时包括了加工、装配、检测、包装等多种工序,只是在不同的行业中上述工序各有侧重而已,而且实际上上述各种工序是互相联系的。其中装配自动化是整个制造自动化的核心内容,它是其他自动化制造过程的重要基础,只要熟悉了装配自动化,熟悉其他的自动化制造过程也就比较容易了。因此,本教材在内容上主要以装配自动化为基础进行介绍。

2. 制造自动化的优点

为了说明制造自动化的优点,下面以一个典型的工程实例对比来阐述制造自动化替代人工生产的意义。

在工程上很多产品都大量采用各种热塑性塑料制品,热塑性塑料制品的加工方法为注塑成型,通过注塑机及塑料模具将塑料颗粒原料注塑成所需要的工件。早期的注塑方法是注塑完成、模具分型后,由人工打开注塑机安全门,将成型后的塑料工件从模具中间取出,然后再人工关上机器安全门,机器开始第二次注塑循环,如图 1-1 所示。目前国内大部分企业仍然采用这种简单的人工操作生产方式。



图 1-1 塑料注塑机人工取料

另一种更先进的生产方式为自动化生产：在注塑机上方配套安装专门的自动取料机械手，注塑完成、模具分型后，由机械手自动将塑料件从模具中间取出，然后开始第二次注塑循环，安全门也不需要打开，自动取料机械手的动作与注塑机的注塑循环通过控制系统连接为一个整体，如图 1-2 所示。国外企业早已采用这种自动化生产方式；在国内，目前沿海地区已经有相当部分的企业（主要为外资企业）采用了这种自动化生产方式。

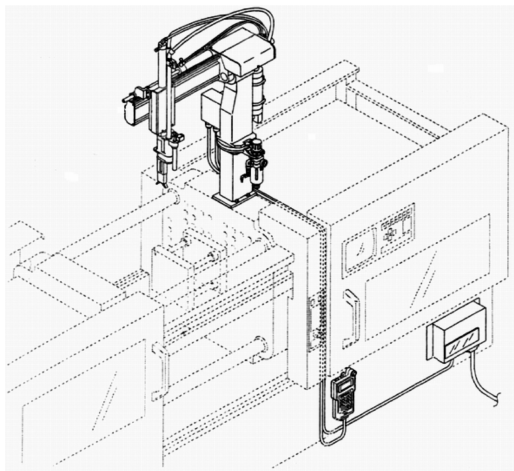


图 1-2 塑料注塑机机械手自动取料

上述两种生产方式有哪些区别呢？

实践表明，人工取料方式存在以下缺陷：

- 因为环境温度高，工人劳动强度大。
- 操作危险。一旦发生意外（例如人手未离开模具即合模），将会发生伤残事故。
- 影响产品质量。由于人工取料不能保证注塑生产的节拍完全一致，而注塑节拍对塑料件的尺寸精度影响较大。
- 限制了生产效率，注塑机为贵重设备，由于人工取料速度慢，降低了设备的利用率。

实践表明，采用自动取料机械手取料具有以下优点：

- 将工人从危险、高强度的劳动中解脱出来，减少工人使用数量。
- 能严格保证产品的质量。由于采用机械手自动取料能严格保证注塑节拍一致，因而能保证产品质量的一致性、稳定性，使生产稳定进行。
- 生产效率高。机械手自动化取料速度快，单位时间内设备生产出的产品数量明显高于人工取料，提高了设备的利用率。

通过对更普遍的生产制造情况进行对比，可以将手工操作生产与自动化制造的特点总结如下：

（1）手工操作生产的缺陷

制造业的实践表明，人工生产一般情况下存在以下明显的缺陷：

① 产品质量的重复性、一致性差

在大批量生产条件下，在产品的装配过程中如果质量的重复性、一致性差，则产品的质量特性分散范围大。由于生产工人的情绪、注意力、环境影响、体力、个人技能与体能的差异

等因素,不同的生产者、不同批次生产出的产品质量特性可能会出现较大的差异,难以达到较高的质量标准。

② 产品的精度较低

手工装配产品的精度由于受人工本身条件的限制,难以达到较高的精度水平,部分精度要求较高的工作依靠人工难以完成。

③ 劳动生产率低

手工生产产品的生产率由于受人工本身条件的限制,难以达到较高的水平。

(2) 机器自动化生产的优点

自动化制造的工程实践证明,机器自动化生产具有以下手工生产所不具备的优点:

① 大幅提高劳动生产率

机器自动化生产能够大幅提高生产效率及劳动生产率,也就是单位时间内能够制造更多的产品,每个劳动力的投入能够创造更高的产值;而且可以将劳动者从常规的手工劳动中解脱出来,转而从事更有创造性的工作。

② 产品质量具有高度重复性、一致性

由于机器自动化生产中,装配或加工过程的每一个动作都是机械式的固定动作,各种机构的位置、工作状态等都具有相当的稳定性,不受外部条件的影响,因而能保证装配或加工过程的高度重复性、一致性。同时,机器自动化生产能够大幅降低不合格品率。

③ 产品精度高

由于在机器设备上采用了各种高精度的导向、定位、进给、调整、检测、视觉系统或部件,因而可以保证产品装配生产的高精度。

④ 大幅降低制造成本

机器自动化装配生产的节拍很短,可以达到较高的生产率,同时机器可以连续运行,而在大批量生产的条件下能大幅降低制造成本。但自动化生产的初期投入较大,如果批量不大,使用自动机械的生产成本则较高,因此,自动机械一般都是使用在大批量生产的场合。

⑤ 缩短制造周期,减少在制品数量

机器自动化生产使产品的制造周期缩短,能够使企业实现快速交货,提高企业在市场上的竞争力,同时还可以降低原材料及在制品的数量,降低流动资金成本。

⑥ 在对人体有害、危险的环境下替代人工操作

在各种工业环境中,有一部分环境是有害的,如粉尘、有害有毒气体、放射性等,也有部分环境是人类无法适应的,如高洁净的环境、严格的温度、湿度、高强度、高温、水下、真空等,上述环境下的工作更适合由机器来完成。

⑦ 部分情况下只能依靠机器自动化生产

目前,市场上的产品越来越小型化、微型化,零件的尺寸大幅减小,各种微机电系统(MEMS)迅速发展,这些微型机构、微型传感器、微型执行器等产品的制造与装配只能依靠机器来实现。

正因为机器自动化生产所具有的高质量及高度一致性、高生产率、低成本、快速制造等各种优越性,制造自动化已经成为今后主流的生产模式,尤其是在目前全球经济一体化的环境下,要有效地参与国际竞争,必须具有一流的生产工艺和生产装备。制造自动化已经成为企业提高产品质量、参与国际市场竞争的必要条件,制造自动化是制造业发展的必然趋势。

(3) 人与机器的相互协调

虽然制造自动化是制造业目前和今后的必然发展趋势,但人工生产的不足与机器自动化生产的优势是相对的,这并不是说人工生产一概不好或机器自动化生产一定都好。机器虽然具有高效率、高精度等一系列优势,但只具备有限的柔性和一定的逻辑推理能力,而人具有很高的柔性和卓越的思维预测能力,因此在追求制造高度自动化的同时,仍然离不开人类的独特作用,机器的使用过程需要与人类的智力相结合,人与机器相辅相成。

工程经验也表明,在很多情况下,人工操作与机器自动化生产并存的混合模式恰恰是一种最经济的生产模式。在部分情况下,例如在自动化装配中,某些零件的形状不适合采用自动化装置自动送料,或者说,即使要实现自动化送料,相关的装置在结构上会非常复杂、成本特别高,在此情况下就可考虑采用人工送料,如果一味要实现制造自动化,可能设计制造自动机械的成本会非常高,而采用人工来完成部分或全部工作,既不会存在质量方面的困难,成本又非常低廉。

1.2 国内外制造自动化的水平与现状

1. 国外制造业自动化的水平与现状

制造自动化首先是在发达国家发展起来的,由于发达国家的人工成本太高,不适合大量采用人工生产,促使他们重视开发自动化制造技术,采用自动化生产使人工从繁重、复杂的体力劳动中解脱出来,转而投入更富有创造性的工作,提高了人们的生活质量。发达国家现代工业发展的实践证明,过去经济学家及大众所担心的机器人及自动化的大量采用会造成失业的观点已经被证明是错误的。随着生产规模扩大、社会物质财富的增加,劳动力反而越来越显得不足,日本、韩国的工业发展历史就是这样。很多日本学者认为机器人及自动化的广泛使用,增加了就业机会,延长了人的工作年限。在信息时代,自动化实际上已经成为现代化的同义语。

当今的家用电子产品制造业就是一个典型的例子,国外企业的生产装备经历了从人工操作到自动化制造的变化,最有代表性的是机器人化的柔性加工及装配生产线把劳动生产率提高到空前的高度。例如国外一家采用机器人生产的现代化照相机制造厂,600 人年产量 180 万台,而绝大部分工人都在辅助岗位,以每台 150 美元计算,平均每个工人年产值约 45 万美元,折合人民币约 360 万元。韩国的一家现代化汽车制造厂,总共 32 000 名工人,年生产 100 万辆轿车、20 万台卡车,按每台平均 2 万美元计算,人均创造年产值竟达 80 万美元之巨。

发达国家普遍实现制造自动化的原因并不单纯是人工成本较高,更深层次的意义是制造自动化对于提高产品质量(工作精度、性能一致性、稳定性、可靠性等)、降低制造成本、提高企业的核心技术竞争力起到了极其重要的作用,自动化装备的水平和制造能力代表了一个国家工业技术能力的最高水平,是一个国家制造业发达程度和国家综合实力的集中体现。

发达国家尤其是欧美早在 20 世纪 70 年代就基本实现了制造自动化,目前制造业的自动化已经达到了非常高的水平,发展了许多典型的自动化制造系统,例如大型轿车壳体冲压自动化系统、大型机器人车体焊装自动化系统、电子电器机器人柔性自动化装配及检测系

统、机器人整车及发动机装配自动化系统、AGV(一种装备有自动导向系统的柔性化、智能化、无人驾驶物流搬运机器人)物流与仓储自动化系统等,大量采用了柔性制造系统(FMS)、无人化工厂。以机器人为代表的各种自动化专机及自动化生产线广泛应用在汽车、电子、家电、轻工、机械制造、物流与仓储等行业,保证了产品的高质量和生产的高效率,大大推动了这些行业的快速发展,提升了其制造业的技术水平与创新能力。

随着机器人与自动化装备产业的高度发展,发达国家广泛应用机器人自动化生产线,已形成了巨大的制造产业,目前年市场容量达 1000 多亿美元,产生了许多世界级的著名自动化装备、机器人自动化生产线、物流与仓储自动化设备的集成供应商,例如美国的 GE 公司、NDC 公司,瑞典的 ABB 公司,德国的 SEIMENS、BOSCH、KUKA、REIS 公司,法国的阿尔斯通公司,日本的 MITSUBISHI(三菱)、YASKAWA(安川电机)、KAWASAKI(川崎重工)、FANUC,意大利的 COMAU,瑞士的 SWISSLOG 公司等,这些公司在资本、技术、生产、营销等方面都达到了空前的规模。

2. 我国制造业自动化的水平与现状

我国制造业的自动化装备主要依靠从国外引进,从 20 世纪 80 年代开始,我国从国外引进了大量的自动化装备,涉及的行业很多,其中以家电、轻工、电子信息制造行业最为典型,引进的装备涉及模具、专用设备、生产线。但因为种种原因我国还没有能够像日本、韩国那样从引进、消化吸收中逐步发展形成自主创新能力,目前自动化装备行业的自主设计开发能力仍然较差。由于装备制造业水平有限,直到现在,国内的自动化装备仍然主要依靠引进,不仅花费了国家大量外汇,也极大地限制了企业的跨越式发展。

例如,目前制造手机的许多自动化设备是从德国进口的,三峡工程的一些发电设备是 ABB 公司的,大型工程机械主要是日本和德国的,集成电路的主要生产设备是美国的,汽车生产线上的很多设备是日本、美国或德国的,高档纺织机械很多是日本和意大利的,数控机床主要来自日本和德国,就连制鞋行业的很多设备也是从国外进口的。仅以家电行业为例,20 世纪 80 年代国内先后从国外引进了大量的冰箱、彩电生产线,尤其是类似甚至同一家公司的冰箱生产线国内重复引进达十多条,浪费了大量的资源,造成这种仅在中国才有的特殊现象。

10 多年来,通过大量引进和购置各种 SMT(surface mounting technology 的简称,意思是表面贴装技术)生产线,电子制造行业在我国珠江三角洲地区、长江三角洲地区得到高速发展。电子制造产业在国内制造业的国民生产总值(GDP)中占有举足轻重的地位,中国已经成为 SMT 应用大国,并成为世界电子制造的中心。但与 SMT 应用大国地位极不相称的是,虽然中国已经形成了庞大的 SMT 制造产业,但中国在有关 SMT 核心制造技术的掌握方面却仍然几乎是空白,目前除周边设备国内已经具有一定的配套能力外,主要设备仍主要依赖进口。SMT 行业的核心设备——高速贴片机仍然是国内该行业的技术瓶颈,虽经过多家企业院校研究试制,目前仍然不能自主生产,全部需要从国外引进,每年要耗费巨资引进贴片机达三四千台。这种重复引进、反复引进既浪费了国家大量的资源,更助长了一切可以依赖引进的落后、错误观念,甚至一度产生了中国的现代化可以依靠引进来实现的误区。

我国是制造业大国,但并不是制造业强国。目前国内企业总体制造工艺装备仍然较落后,成套能力不强,大多数企业目前仍然采用较落后的制造工艺与装备进行生产。据统计,优质高效低耗工艺的普及率不足 10%,数控机床、精密设备不足 5%,配有国产数控系统的



中档数控机床不超过 25%，高档数控机床的 90% 以上依赖进口。我国在大型成套装备技术方面严重落后，100% 的光纤制造装备、85% 的集成电路(IC)制造装备、80% 的石化装备、70% 的轿车工业装备都依赖进口。

以前国内曾经有不少人认为我国劳动力资源非常丰富，没有很大的必要推行制造自动化，这种观点已经被证明是错误的。由于制造自动化水平低，国内生产的产品大多数为附加值较低的中低档产品，目前的发展主要以资源及廉价劳动力为代价，不仅严重制约了国内产品在国际高技术产品市场上的竞争力，同时也导致资源的综合利用率低。在目前全球能源与资源日益紧缺、原材料价格高涨的情况下，国内制造业企业的成本日益增加，利润大幅下降。目前我国的能源综合利用率仅为 32% 左右，比国外的先进水平低 10 多个百分点，我国每万元 GDP 的能耗水平是发达国家的 3~11 倍，主要产品单位能耗比发达国家高 30%~90%，工业排放的污染物超过发达国家 10 倍以上，单位 GDP 的环境成本高居世界前列。

造成上述现象的原因主要是国家相关部门缺乏对自动化装备这一新兴高技术产业的高度重视，未能有效地组织实施对国外关键装备的消化、吸收、创新，未能实现引进——消化吸收——替代进口——创新开发的良性循环，陷入中国特有的重复引进、反复引进的恶性循环。不仅在自动化成套装备领域缺少能够与国外大型装备企业相抗衡的企业，而且作为自动化装备的下游行业——自动化装备的基础部件几乎全部要从国外进口。如气动元件被日本 SMC 公司、德国 FESTO 公司所垄断，各种精密直线导轨、高精度直线轴、高精度控制阀门、精密马达、PLC 控制器、传感器、数字视觉系统、触摸屏、机器人等几乎全部为国外产品所垄断，没有国外的这些资源，国内的自动化装备企业将无法生存。

可喜的是，近几年我国政府相关部门及企业已经注意到上述问题的严重性，加大了在自动化装备开发研究领域的投入，初步建立起自主创新设计能力。国内目前已涌现出一大批从事自动化装备研究开发的企业，例如中国科学院沈阳自动化研究所已经成为国内以机器人自动化为技术核心、集科研与市场开拓于一体的示范企业，并在汽车、家电、电子等行业取得了较好的市场业绩，为上述行业提供了大量的各种自动化专机及生产线，同时也为国内培养了一批制造自动化行业的技术人才。哈尔滨工业大学也在制造自动化行业取得了较好的市场业绩。部分消费品制造企业也在自动化装备领域进行了大量的投入，例如海尔集团与中科院沈阳自动化研究所合作投入进行机器人自动化装备的研究生产，广东深圳市的深科技集团也建立了自己的自动化装备研究所，进行自动化装备的进口替代与开发，为国内企业进行自动化装备的自主研究开发树立了榜样。

1.3 本课程的主要内容

1. 本课程的主要内容

编写本教材的目的就是使一位对自动机械比较陌生，但具有一定机械制图、机械设计、机械制造工艺、液压与气动技术、传感器与 PLC 控制基础的初学者，能够在较短的时间内了解并熟悉自动机械的结构组成、工作原理、设计步骤与方法、典型机构、元件选型、装配调试等知识，初步具有进行一般自动机械结构设计的能力。编者正是根据自己在自动机械设计学习、设计实践方面的体会与经验，利用自动机械典型的模块化特征，在内容的编排方面，按先介



绍自动机械总体结构、然后逐章介绍各个模块、最后再进行各种模块系统集成的思路来编写。

首先在第2章介绍自动机械的典型结构组成与工作流程,使读者了解自动机械实际上也是模仿人工操作的各个动作设计组合而成的。

以典型的自动化装配设备为例,自动化装配的过程仍然是上料、装配操作、卸料三大环节,因而自动化装配设备在结构上主要由自动上料机构、装配执行机构、自动卸料机构、传感器与控制系统组成,其中自动上料机构与自动卸料机构统称为自动上下料机构。由于在装配过程中需要对工件进行定位、夹紧、姿态调整等辅助动作,所以通常还需要设计定位夹紧机构、换向与分隔机构等辅助机构。上述各部分内容就构成自动化专机机械结构的核心内容。

在自动化生产线上,工件需要在不同的专机之间进行自动传输,这些工作就是由各种输送线来完成的,因此,在第3章、第4章分别对工程上最典型的皮带输送线及链条输送线的原理与设计方法进行介绍。

典型的自动上下料机构包括振盘送料装置、机械手、各种步进送料机构等,因此,在第5章、第6章、第7章分别对上述三大类典型的自动上下料装置的结构原理、设计方法进行详细介绍。

自动机械中还有一种与上下料相关的非常有代表性的分度转位机构,这就是凸轮分度器,通过凸轮分度器可以组成另一类典型的回转分度类自动机械,因此,在第8章专门对凸轮分度器的原理与选型应用进行详细介绍。

如前所述,在自动化装配或加工之前,必须对工件进行可靠的定位与夹紧,同时经常需要对工件的姿态方向进行调整。为了方便机械手抓取工件,需要将输送线上连续排列的工件处理为逐个分开放置,因此,在第9章专门介绍工件的分隔、换向机构与方法,在第10章专门介绍工件的定位与夹紧机构。

在完成机器装配、加工等工序操作的各种执行机构中,大多数都采用直线运动的方式来实现,工件也经常需要在不同的位置之间进行移动,这种移动也大多数采用直线运动的方式来实现。为了实现上述各种高精度的直线运动,制造商设计开发了特殊的直线导轨部件、直线轴承部件,可以快速地设计制造各种直线运动机构,因此,在第11章、第12章分别专门介绍直线导轨部件、直线轴承部件的结构原理、选型及装配调试方法。

在很多自动化装配及加工操作中,经常需要在工件多个不同的部位进行高精度的装配或加工操作,为了简化结构,通常都是采用执行机构操作位置不变、改变工件位置的方法来实现。为了高精度地在平面内移动工件及定位,需要采用步进电机或伺服电机与滚珠丝杠机构来实现,滚珠丝杠机构成为实现高精度直线运动、高精度定位必不可少的精密部件,因此,在第13章专门介绍滚珠丝杠机构的结构原理、选型及装配调试方法。

在自动机械的运动机构中,都需要使用相应的动力部件来驱动,也就是说都需要驱动与传动系统。对于一般的两点间直线运动,可以简单地采用气缸或液压缸作为驱动部件,但有很多场合都必须采用电机作为驱动部件,例如:

- 各种输送系统的驱动;
- 大行程、大负载、长期连续运行的场合采用气缸驱动会出现气缸密封圈失效问题,如果采用电机驱动就非常可靠;
- 气缸通常只能在两点间直线运动,运动速度及工作位置是固定的,如果要在多点间

实现速度可变的直线运动循环依靠气缸就无法实现,而采用电机驱动则可以非常方便地实现;

- 自动化装配或加工的很多场合需要非常精密的运动定位控制,这种场合除了采用步进电机或伺服电机驱动外,目前尚没有更好的其他方法。

由此可见,除最基本的气动系统外,在自动机械的很多场合都需要大量采用电机驱动。在采用电机驱动的场合也就需要设计相应的传动机构,还要进行电机的选型,因此在第14章专门介绍自动机械典型传动系统设计。由于通常在机械设计课程中都对齿轮传动进行了详细介绍,所以该章仅对工程上目前大量采用的同步带传动、链传动系统的设计及装配调试方法进行介绍。

在介绍完自动机械的上述各种结构模块后,真正开始自动机械设计的第一步就是总体方案设计,尤其是工序设计及节拍设计。为了使读者能容易地理解自动化专机及自动化生产线的工序设计及节拍设计,首先在第15章专门介绍手工装配流水线的设计原理与方法,然后在此基础上于第16章对各种典型的自动化专机、自动化生产线的结构原理、工序设计及节拍设计方法进行介绍,从而使读者具有在熟悉各种结构模块的基础上进行整机总体方案设计及系统集成的能力。

为了帮助读者克服传统教学模式中重理论、轻实践的弊端,教材各章的内容全部取材于具体的实际工程案例,对理论部分仅作必要的介绍,重点介绍实际的典型工程结构、典型设计模块、设计计算方法、标准部件选型步骤与方法、装配及调试要点等,同时配以大量的图片及设计图纸,为读者提供可以直接进行模仿的具体案例及设计方法,缩短读者与实际工程的距离,使其尽快具有动手设计的能力。

为了弥补目前国内高校《液压与气动技术》课程仅偏重于气动理论的缺陷,本次第2版新增加第17章气缸的选型与安装,帮助读者尽快具有气动系统结构设计的能力。

2. 教学方式

本课程的教学方式为两个方面:

(1) 课堂教学

课堂教学的目的为讲述基本的结构原理和设计原则,同时结合实际的材料、元器件、部件、模块、图例进行介绍。

(2) 实践教学

一方面通过观察、拆卸、装配、调试实际的自动化专机和自动化生产线,增强学生的感性认识,了解实际的结构。由于不可能将太多的实际设备搬进课堂,所以有必要多组织学生前往企业参观各种实际的自动化设备或生产线。

另一方面可以用实际的设计案例进行教学,引导学生了解和熟悉自动机械设计的具体过程,从中总结出实际的设计方法,逐步培养动手设计的能力。

以上两方面的教学互为补充,缺一不可,其中实践教学环节非常重要,有必要配套建设相关的实验室及实践教学设备。

3. 本课程的目标

通过本课程的理论及实践教学,主要应达到以下目标:

- (1) 熟悉自动机械的基本结构构成;

- (2) 熟悉自动机械各模块的结构、工作原理、设计方法;
- (3) 熟悉各种自动机械专用部件的结构原理及设计、选型方法;
- (4) 熟悉常用自动机械的装配、调试与使用维护要点并能熟练地进行实际操作;
- (5) 初步具有一般自动机械结构设计的能力;
- (6) 熟悉自动机械在轻工、电子、电器等制造行业中的典型应用。

1.4 本课程的学习方法

对于初次接触或从事自动机械设计的人而言,一定首先想了解以下几个问题:

- 为什么现代化生产都采用各种自动化设备?
- 自动机械在工业上主要有哪些典型应用?
- 从事自动机械设计需要哪些知识和技能?
- 自动机械主要由哪些结构组成?
- 如何设计形式多样的各种自动机械?
- 如何进行自动机械的装配调试?

本教材的编写正是为了帮助读者了解自动机械的基本结构、工作原理、设计方法、装配调试方法等知识,逐步具有独立进行自动机械设计、装配调试的能力。以下就本课程的学习方法和经验作一些介绍,帮助读者掌握正确的学习方法,用最短的时间取得最好的学习效果。

1. 掌握模块化的学习方法

自动化设备实际上是一种模块化的结构,大量的元器件、部件、专用材料都已经标准化,这不仅简化了设计,而且大大降低了设计成本和制造成本,设计制造周期也将大大缩短。只要熟悉常用的元器件、部件、专用材料,熟悉它们的用途、选型方法、装配调试要点,则无论是设计还是装配调试实际上都相对地会比较简单。教材的内容也是按组成自动化设备的基本模块逐步介绍的,先分别地详细介绍各种部件和模块,最后学习将各种功能模块组合为整台自动化设备。

当然,仅仅使设计方案能够实现所需要的运动只是最起码的要求,要使所设计的设备结构最简单、成本最低、可靠性最好,则有赖于更多的工程实践和经验的积累、总结,实践多了,经验自然就多了,设计的方案会更加合理。

2. 必须具备的基础知识和基本技能

制造自动化既是制造业的前沿技术领域,同时也是一门高度综合性的学科,涵盖了机械、物流运输、制造工艺、液压与气动、传感器、机器人、计算机等多种学科,目前已经成为高等院校机电类专业的优先发展方向之一。从事自动机械的设计开发需要以下学科的基本知识和技能。

(1) 机械设计基础

自动机械首先是一种机械设备,因此自动机械的机械结构设计是以一般的机械结构设计为基础的,所不同的是在结构上更多地采用了标准化、模块化,同时更密切地结合了各种行业的制造工艺。只有具备一般机械结构设计的能力,才能熟练地从事自动机械的结构设计。

(2) 液压与气动技术基础

自动机械的驱动动力主要为电机、气动元件、液压元件,尤其在一般的制造业中,气动元件构成了相关自动机械的主要结构部分,要熟练地从事自动机械结构设计,不仅要求能熟练地进行各种气动元件的合理选型,还必须熟悉常用的气动回路设计,熟练编写各气缸的动作流程图,为编写 PLC 控制程序提供依据。

(3) 机构学及力学基础

由于自动机械需要通过一系列的动作去实现特定的功能,所以在结构上必不可少地包含了大量的运动部件和运动机构,通过各种各样的运动机构完成所需要的各种装配、加工、调整、检测、标示、灌装、包装等工序操作,需要对运动机构进行自由度分析、运动轨迹分析,约束机构不需要的自由度,避免机构间的运动干涉等。

自动机械要完成的工序操作许多都与力密切相关,力学分析与力学设计不仅是各种产品设计开发过程中的核心内容,在自动机械的结构设计中,它们同样也是基本的和非常重要的内容。以下通过几个最基本的事例即可说明:

自动化生产线上大量使用了各种机械手,机械手移送工件时,由于工件都具有一定的质量,需要考虑如何使机械手结构质量最轻,同时具有最大的负载能力。

在自动化铆接装配机构或自动夹紧机构中,为了在一定的输入动力(例如气缸的工作输出力)下使机构获得最大的输出工作力,国外的自动机械广泛采用了各种力学放大机构,用较小的输入动力产生最大的输出力,同时使机构最简单、占用空间最小,这实际上是一个机构力学系统的优化设计。

自动化设备都含有运动部件,电机就是最典型的运动部件之一。电机的转动实际上是一个振动源,将会导致设备其他结构产生振动响应。机构的力学特性如果不合理将会产生不希望的振动,影响设备的工作精度,因此,电机的转速与机构的力学特性必须进行匹配设计。

由此可见,机构学与力学是合理设计自动机械结构的重要基础。

(4) 制造工艺知识与经验

具有一定工程实践经验的读者都知道,自动机械只是制造各种产品的生产手段而已,产品的制造过程是通过一系列的制造工艺实现的,因此自动化设备始终是为制造工艺服务的,它是根据各种制造工艺的具体要求而专门配套设计的,即先有工艺,后有设备。只有产品的制造工艺经过充分的验证并完全成熟了,才能根据成熟的工艺设计制造自动化设备,这是自动化专用设备与通用设备的最大区别。

在自动机械的使用过程中,由于设备的状态会发生一定的变化,因此一般都要定期(如每天)对设备的状态按工艺的要求进行校准调整,以确保严格符合工艺的要求。

由于自动机械的设计开发是面向各种行业、各种产品的,而不同行业、不同产品的制造工艺千差万别,显然,要熟练进行自动机械的设计开发,必须具有多行业的、丰富的制造工艺知识和经验,不仅要熟悉不同行业的制造工艺,按用户具体的工艺方案设计配套的自动机械,而且还要有能力发现用户工艺方案的不足,为用户提出一流水平的工艺方案,这样才能设计出代表该行业一流水平的设备。因此,在自动机械的设计开发过程中,需要具有多种行业背景、有丰富制造工艺知识和经验的工艺专家的参与。

(5) 电气控制基础

结构设计只是自动机械设计开发的一部分,自动机械是一个集机械结构与传感控制为

一体的系统。虽然目前在自动机械的制造企业一般都由两方面的人员分别进行机械结构设计和电气控制系统的设计,但为了使机械结构与控制系统进行良好的衔接,机械结构设计人员同样需要熟悉控制系统的基本原理及传感器等控制元件的选型应用。

3. 实践的重要性

实践是最好的学习方法。

本课程不是一门理论课,无论是液压气动系统设计还是机械结构设计都是实践性极强的环节,虽然需要必要的理论学习,但仅仅通过理论学习仍难以获得动手设计、装配、调试的能力,正如要学会游泳必须在水中实践一样。因此,学习自动机械设计最好的方法是实践。

读者可以亲自动手对实际项目或模拟项目进行全过程的设计实践训练,以下为实际工程设计过程中结构设计人员的主要工作:

- (1) 根据项目要求进行总体方案设计;
- (2) 详细结构设计(装配图、零件图设计);
- (3) 各种自动化标准部件的选型,如直线运动部件、凸轮分度器、振盘、电机、传动部件、专用铝型材及连接件等;
- (4) 进行气动系统设计及气动元件选型,绘制气动原理图、气缸动作步骤图;
- (5) 提出全部外购件、通用标准件、加工件的清单;
- (6) 现场装配调试,解决现场装配调试过程中出现的技术问题;
- (7) 编写设备的技术手册、使用说明书等。

在动手进行实际项目的设计实践之前,对现有的自动化设备进行解剖、装配、调试也是一种很好的实践学习方法,通过对实际设备的解剖,从中分析总结设计、装配调试的相关要领,先模仿现有的产品进行设计,逐步积累经验,然后在此基础上进行创新、提高。

4. 注意总结和积累

除亲自动手进行项目设计实践外,观摩目前现有的各种自动化设备也是一种学习的好方法,任何一种自动机械都包含了最初设计、实践验证、改进设计等不断完善的过程,都包含了许多技术人员的经验和智慧,很多久经验证的成熟方案或机构可以直接为我所用。正因为技术方案或各种自动机构的可继承性,在实践工程中很多从事自动机械开发制造的企业都非常重视经验的积累和设计标准化工作。

思考题与习题

- 1.1 什么叫制造自动化?
- 1.2 手工装配生产存在哪些不足?
- 1.3 机器自动化装配生产有哪些优点?
- 1.4 我国劳动力资源丰富,为什么还要实现制造自动化?
- 1.5 简述目前国内制造自动化的水平与现状。
- 1.6 从事自动机械设计需要哪些基础知识与技能?

第2章

自动机械的结构组成与工作流程

在学习具体的自动机械结构模块之前,首先要清楚以下问题:

- 在制造业中有哪些典型的自动机械?
- 自动机械在产品制造过程中主要进行哪些工作?
- 自动机械主要是由哪些结构部分组成的? 在结构上具有哪些规律与特征?
- 自动机械一般是按怎样的工作流程进行工作的?
- 自动机械一般是按怎样的流程设计制造的?

2.1 自动机械分类

自动机械是面向制造业各种行业的,每一种行业其产品的生产制造都有它特殊的工艺方法与要求,因此自动机械是根据各种行业、各种产品的具体工艺要求专门量身定做的。所以自动机械在形式上多种多样,这是与通用机械设备(例如机床类机加工设备)的最大区别。

虽然自动机械是千差万别的,但各种产品的制造过程是按一系列的工序次序对各种基本生产工艺进行集成来完成的。工程实践表明,虽然不同产品的制造工艺流程差别较大,但同一工艺方法在很多不同(或相近)的行业中却基本相似或相同,因而这些针对某一工艺方法的自动机械也具有相同或相似的特征,这就为读者学习自动机械提供了很大的方便。只要熟悉了某一行业的制造工艺及相关自动化设备,对其他行业中类似的工艺及自动化设备也就可以很快地熟悉了。

实践经验表明,按自动机械的用途进行分类学习、按自动机械的结构进行分类学习是学习自动机械的两种有效方法,下面分别按上述两种分类方法对自动机械的分类进行介绍。

1. 按自动机械的用途分类

根据自动机械用途的区别,可以将自动机械分为以下几种典型的类型。

(1) 自动化机械加工设备

机械加工是一个传统的制造行业,在制造业中占有非常重要的地位,无论是机器设备还是小的金属零件、部件等,都离不开机械加工和机械加工设备,因此它属于基础性的生产装备。最常用的机械加工设备包括各种机床、冲压设备、焊接设备、塑料加工设备、铸造设备等,上述设备都可以实现全自动化或部分自动化。

(2) 自动化装配设备

装配是相当多产品整个制造过程的核心环节,例如家用电子、电器产品的制造过程中,主要的前工序为零件加工(机械加工、冲压、注塑、压铸等)、零件表面处理(清洗、干燥、电镀、喷涂等),最后进入后工序装配阶段,装配自动化是制造自动化的核心内容。

装配就是将各种不同的零件按特定的工艺要求组合成特定的部件,然后将各种各样的部件及零件按一定的工艺要求组合成最后的产品,大部分的装配内容都是各种各样的零部件之间的连接,所以各种连接方法是装配工艺的重要内容。在工程上大量采用的装配连接方式主要有:

- 各种螺钉螺母连接
- 各种铆接连接
- 各种焊接
- 胶水粘接
- 各种弹性连接

上述装配连接方式都可以实现自动化操作,而且每一种装配方式都已经形成了一些经过工程实践长期验证、非常成熟的标准自动化机构。自动化装配设备既大量采用自动化专机的形式,也经常与其他自动化专机一起组成自动化装配生产线。

(3) 自动化检测设备

在许多产品的装配工序中或装配工序后,需要对各种工艺参数进行检测和控制,这些检测通常都是由机器自动完成的,最常见的检测参数或对象主要为:

- 尺寸检测
- 质量检测
- 体积检测
- 力检测
- 温度检测
- 时间检测
- 压力检测
- 电气参数检测
- 零件(产品)的计数
- 零件(产品)分类与剔除

上述每一种参数的检测都有专门的检测方法、工具、传感器、机构等,这些内容也是相关自动机械的核心部分,熟悉了上述各种参数的检测方法 with 检测机构后,读者就可以在各种各样的其他类似场合直接模仿应用。自动化检测设备既可以采用单机的形式,也经常与自动化装配专机一起组成各种自动化装配检测生产线。

(4) 自动化包装设备

包装通常是各种产品生产过程中的最后环节,因此,包装是一个通用性非常强的工序。在工程上,包装不仅仅指将产品用包装盒、包装袋或包装箱装起来,还有大量的相关工序,已经形成了一个相当大的自动化包装设备产业。

① 包装

最典型的包装工序包括塑料袋包装、纸盒包装、瓶包装等,相关的包装设备还与被包装

制品的材料形状有关,例如液体类、颗粒类、粉状类等,一般还同时包括计数与输送等工序。这些材料的包装也已经形成了各种标准化的自动包装机械。同一类型的设备之间具有很强的相似性,在设计时可以相互借鉴设计方案。

② 标示

由于在产品的制造过程中及制造完成后,通常都必须进行专门的标示,印上或贴上各种各样的标签号码,以标记商标、产品名称、生产序列号、型号规格、生产日期、公司名称等,也大量采用专门的条码,这些工序都已经有了专门的方法与设备,部分制造商专门从事此类自动化设备的生产制造。主要的标示方法有:

- 金属压印
- 条码打标、贴标
- 喷码
- 激光打标
- 印刷

③ 灌装与封口

灌装是自动化制造中常见的生产工序,很多产品的生产都离不开灌装工序,最典型的行业如饮料、食品、医药、化工等,其他行业例如传感器、电器等行业也经常需要采用灌装。

灌装主要是将固体(如食品、医药等)、液体(如饮料、食品、化工制品等)、气体(如传感器等)等按规定的质量及其他条件(例如压力)定量地进行灌注。根据灌装的产品及要求的不同,灌装的条件也有所区别,工程上又有常压灌装、定压灌装、真空灌装三种不同的灌装方法。这些灌装工艺都可以实现自动化生产。

与灌装密切相关的工艺是封口,根据灌装方法的不同,封口的要求与方法也差别很大。对于普通灌装工序,经常采用瓶盖封口(如饮料、矿泉水等)、热压封口(如塑料袋封口)。对于定压灌装或真空灌装,封口的要求就大不相同了,封口必须在与灌装相同的工艺条件下进行,这样才能保证灌装的有效性与可靠性。最基本的要求就是要求严格的密封,防止被灌装材料出现泄漏或慢性泄漏,这种情况下大多数采用焊接封口工艺,例如空调、冰箱、传感器等产品中冷媒材料(或其他特种介质)的灌装,需要采用相应的专用焊接设备,也都可以实现半自动或全自动化生产。

2. 按自动机械的结构分类

根据自动机械结构上的区别,可以将它们主要分为以下类型:

(1) 自动化专机

自动化专机是指单台的自动化设备,它所完成的功能是有限的,如只完成某一个工序或少数几个工序,最后的产品一般是零件或部件。在自动化专机中,根据设备功能的区别又分为半自动专机、全自动专机。

① 半自动专机

在每个工作循环中设备没有完成全部的操作,需要人工辅助完成部分操作,例如上料或卸料操作,此类设备称为半自动专机。

② 全自动专机

在每个工作循环中上下料及其他操作全部由机器自动完成,工人只进行过程监控及故障停机后的检查、故障排除等工作,此类设备称为全自动专机。全自动专机与半自动专机的

最大区别就是采用了各种各样的自动化上下料机构。

自动化专机是最基本的自动机械,复杂的自动化生产线都是由各种不同的自动化专机集成而来的。因此,熟练掌握自动化专机的结构与工作原理是学习自动机械的重要内容,只有在掌握了自动化专机设计的基础上才有可能进行自动化生产线的设计。

(2) 自动化生产线

① 自动化生产线产生的背景

比自动化专机功能更强大的自动化设备就是自动化生产线,自动化生产线是在自动化专机的基础上发展起来的。由于自动化专机只能完成产品制造过程中的单个或少数几个工序,工序完成后经常要将已完成的半成品采用人工搬运的方式搬运到其他专机上完成新的制造工序,需要一系列不同的专机和搬运过程才能完成产品的整个制造过程,既降低了场地的利用率,又增加了人工及附加设施,增加了制造成本,尤其是各种搬运过程对产品的质量带来了各种隐患,不利于实现产品制造的高效率、高质量。

如果将产品制造所需要的一系列不同的自动化专机按照工序的先后次序排列,通过自动化输送系统将全部专机连接起来,省掉专机之间的物料搬运过程,工件由一台专机完成工序操作后经过输送系统自动输送到相邻的下一台专机继续进行新的工序操作,直至最后完成全部工序(例如包装),这样可以大幅降低整个制造过程所需要的场地,省掉物料中转所需要的人工、时间和其他设施,因而可以大幅提高生产效率、降低制造成本,使产品质量更容易得到保证,这就是自动化生产线产生的背景。

② 自动化生产线的定义

自动化生产线就是通过自动化输送及其他辅助装置,按特定的生产流程,将各种自动化专机连接成一体,通过气动、液压、电机、传感器和电气控制系统使各部分的动作联系起来,使系统按规定的程序自动地工作,连续、稳定地生产出符合技术要求的特定产品,这种自动工作的自动机械系统称为自动化生产线。

自动化专机与自动化生产线虽然功能强大,但由于投入较大,尤其是自动化生产线的一次性投入更大,如果产品的批量不大则在制造成本上是不经济的,所以自动机械通常都应用在大批量产品的生产制造中。如果产品的制造过程简单,工序数量较少,则一般设计成自动化专机;如果产品的制造工艺复杂工序较多,则通常设计成自动化生产线。

对小批量生产而言,较多采用人工或半人工的方式进行,逐步完善产品、扩大批量,当批量达到一定的规模后再采用自动化专机或自动化生产线。

2.2 自动机械的典型结构组成

熟练掌握自动化专机是学习自动机械设计的重要基础,那么自动化专机是由哪些基本的结构部分组成的?在结构上又有哪些规律与特征?下面详细介绍这两个问题。

1. 自动机械的结构特征

自动化专机在结构上具有许多特征,这对于学习与掌握它是非常有帮助的,其主要特征为:

(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、电机与传动部件、各种执行机构等,很多都已经形成标准的结构模块。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,降低设备的制造成本,而且也为读者学习掌握它们提供了极大的方便。

(2) 部件专业化、标准化

在上述各种结构模块中,分别有许多制造商长期专业从事其研究与生产制造,例如气动元件、电机、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,可以实现快速供货,大大缩短制造周期,而且达到了相当高的质量水平,这方面尤其以日本最为出色,拥有一大批具有世界一流水平的自动机械基础部件制造商。学习自动机械的重要内容之一就是掌握上述各种部件的选型方法、装配及调试要领。

2. 人工装配操作与机器自动化装配操作过程对比

通过对各种自动化装配设备进行分析总结,读者将会发现机器的自动化装配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,对比说明人工操作及机器自动化操作的过程,帮助读者理解机器自动化装配如何模仿人工操作过程,以及自动机械通常是由哪些结构部分组成的。

(1) 人工装配操作过程

一般人都可以很容易地理解,在人工操作的螺钉连接装配工序中,可以把整个装配过程分为以下几步。

① 取料过程

操作者将需要连接的两个或多个零件、螺钉分别人工从周围放置零件的容器中取出。

② 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(如手动螺丝批)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批或气动螺丝批,在批头压紧螺钉的同时按下开关,由工具自动拧紧螺钉。

③ 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,操作者依赖的是双手、眼睛及辅助装配工具(定位夹具、手动螺丝批、电动或气动螺丝批),如图 2-1 所示。

当螺钉尺寸很小时,人工从螺钉盒中的大堆螺钉中拿取一个螺钉是非常费力的,这种情况下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批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,如图 2-2 所示。

(2) 机器自动化装配操作过程

机器的自动化操作实际上仍然是模仿上述过程进行的,只不过与人工装配操作相比,在如何实现每一个步骤方面存在区别。以下是螺钉自动化连接装配的一般过程。

① 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。



图 2-1 人工进行螺钉连接装配操作

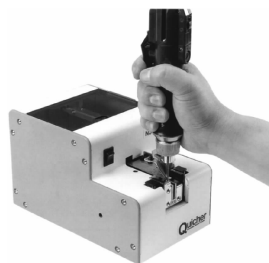


图 2-2 微型螺钉自动送料器辅助人工操作

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(将在第5章介绍)进行自动输送,只要在振盘输料槽出口用一根透明塑料管连接到气批的批头部位即可,同时在振盘的出口设置一个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。

② 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批旋入螺钉的过程如图2-3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批。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批向下运动,气动螺丝批的批头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批向上运动,返回到初始位置,准备下一个循环。与人工装配一样,气动螺丝批的旋紧力矩是可以调节控制的。

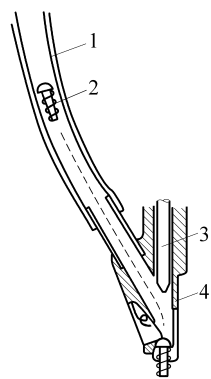


图 2-3 螺钉自动装配过程

1—透明塑料管; 2—螺钉;
3—气动螺丝批批头; 4—螺钉供料器

③ 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

通过上述简单实例的比较,不难发现机器自动化装配过程与人工装配过程是非常相似的,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

3. 自动机械的结构组成

在学习自动机械的具体结构模块之前,首先要对自动机械的整体结构框架有一个基本的认识,然后再熟悉局部的结构模块,在熟悉结构模块设计的基础上再进一步熟悉整机的集成方法。

通过前面螺钉自动化装配的实例分析,可以基本了解自动机械的整体结构框架,用于其他工序操作的自动机械与自动化装配机械类似,通常都是由以下基本的结构模块根据需要搭配组合而成的:

- 工件的自动输送及自动上下料机构
- 辅助机构(定位、夹紧、分隔、换向等)
- 执行机构(各种装配、加工、检测等执行机构)
- 驱动及传动系统
- 传感器与控制系统

(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,替代人工装配场合的搬运及人工上下料动作,该部分是自动化专机或生产线不可缺少的基本部分,也是自动机械设计的基本内容。其中自动输送通常应用在生产线上,实现各专机之间物料的自动传送。

① 输送系统

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。没有输送线,自动化生产线也就无法实现。

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、变速输送等不同方式运行。

② 自动上下料系统

自动上下料系统是指自动化专机在工序操作前与工序操作后专门用于自动上料、自动卸料的机构。在自动化专机上,要完成整个工序动作,首先必须将工件移送到操作位置或定位夹具上,待工序操作完成后,还需要将完成工序操作后的工件或产品卸下来,准备进行下一个工作循环。

自动机械中最典型的上料机构主要有:

- 机械手
- 利用工件自重的上料装置(如料仓送料装置、料斗式送料装置)
- 振盘
- 步进送料装置
- 输送线(如皮带输送线、链条输送线、滚筒输送线等)

卸料机构通常比上料机构更简单,最常用的卸料机构或方法主要有:

- 机械手
- 气动推料机构
- 压缩空气喷嘴

气动推料机构就是采用气缸将完成工序操作后的工件推出定位夹具,使工件在重力的作用下直接落入或通过倾斜的滑槽自动滑入下方的物料框内。对于质量特别小的工件,经常采用压缩空气喷嘴直接将工件吹落掉入下方的物料框内。

(2) 辅助机构

在各种自动化加工、装配、检测、包装等工序的操作过程中,除自动上下料机构外,还经常需要以下机构或装置:

① 定位夹具

工件必须位于确定的位置,这样对工件的工序操作才能实现需要的精度,因此需要专用的定位夹具。

② 夹紧机构

在加工或装配过程中工件会受到各种操作附加力的作用,为了使工件的状态保持固定,需要对工件进行可靠的夹紧,因此需要各种自动夹紧机构。

③ 换向机构

工件必须处于确定的姿态方向,该姿态方向经常需要在自动化生产线上的不同专机之间进行改变,因此需要设计专门的换向机构在工序操作之前改变工件的姿态方向。

④ 分料机构

机械手在抓取工件时必须为机械手末端的气动手指留出足够的空间,以方便机械手的抓取动作,如果工件(例如矩形工件)在输送线上连续紧密排列,机械手可能因为没有足够的空间而无法抓取,因此需要将连续排列的工件逐件分隔开来。又例如前面所述的螺钉自动化装配机构中,每次只能放行一个螺钉,因此需要采用实现上述分隔功能的各种分料机构。

上述机构分别完成工件的定位、夹紧、换向、分隔等辅助操作,由于这些机构一般不属于自动机械的核心机构,所以通常将其统称为辅助机构。

(3) 执行机构

任何自动机械都是为完成特定的加工、装配、检测等生产工序而设计的,机器的核心功