

AUTOMATIC  
ASSEMBLY  
TECHNOLOGY  
ABOUT IGNITERS

0101011

0101100 01010101

火工品自动装配技术

刘文波 陈白宁 段智敏 编著

武科大图书馆



A1083214



国防工业出版社

National Defense Industry Press

# 火工品自动装配技术

刘文波 陈白宁 段智敏 编著



武科大图书馆



A1083214

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

火工品自动装配技术 / 刘文波, 陈白宁, 段智敏编  
著. —北京: 国防工业出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-118-06702-6

I. ①火... II. ①刘...②陈...③段... III. ①火工品  
—自动化—装配(机械) IV. ①TJ45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 202636 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京四季青印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 880 × 1230 1/32 印张 6½ 字数 184 千字

2010 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 24.00 元

---

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

# 前 言

我国对雷管的需求量历来都很大,而目前国内雷管的生产状况却不尽如人意,均为手工或半自动生产,工人劳动强度大,安全隐患多,同时不适应多品种的生产变化需求。因此,研制出适合多品种,具有一定柔性的多机联动的雷管自动装配与检测生产系统,提高雷管的生产质量和效益,已是当务之急。另外,其中的关键技术对传爆管、导爆管等其他火工品的自动化生产具有很大的借鉴和指导意义。

国外发达国家在各类火工品自动化装配与检测方面的技术都已经很成熟。国内也有一些工厂或研究院所对此也有所涉猎,但都没有深入的研究。本书作者承担了相关课题,攻克了其中的一些关键技术,并研制了系统中子系统样机。其中部分研究成果在书中将有详细的论述。

全书共9章,第1、3、5章由刘文波编著,第2章由刘文波、陈白宁编著,第4章由陈白宁编著,第6章至第9章由段智敏编著。全书由陈白宁统稿。

由于编著者水平有限,书中难免有错误之处,敬请广大读者批评指正。

作者

2009.10

# 目 录

<b>第1章 绪论</b> .....	1
1.1 自动装配技术的概念.....	1
1.1.1 装配与自动装配的概念.....	1
1.1.2 自动装配技术的概念及其实现途径.....	2
1.2 自动装配技术的发展概况.....	2
1.2.1 自动装配技术的主要应用领域.....	2
1.2.2 自动装配技术的发展概况.....	4
1.3 自动装配系统的组成与分类.....	6
1.3.1 自动装配系统的组成.....	6
1.3.2 自动装配系统的分类.....	7
1.4 火工品的发展简史及现状.....	9
1.4.1 概述.....	9
1.4.2 火工品的发展简史.....	10
1.5 火工品自动装配的特点与应用.....	14
1.5.1 安全性.....	14
1.5.2 可靠性.....	15
<b>第2章 火工品的模具设计与制造技术</b> .....	16
2.1 火工品的模具设计原理.....	16
2.1.1 概述.....	16
2.1.2 模具结构示例.....	17
2.2 火工品的模具设计特点.....	19
2.3 火工品单模隔爆技术.....	19

2.4	火工品的群模防殉爆技术 .....	21
2.5	群模结构设计 .....	28
<b>第3章</b>	<b>火工品自动装配系统的传输系统 .....</b>	<b>30</b>
3.1	传输系统设计原理 .....	30
3.1.1	传动系统方案的选择 .....	30
3.1.2	传动方式的确定 .....	31
3.1.3	导轨设计 .....	33
3.1.4	驱动系统结构设计 .....	33
3.1.5	定位系统设计 .....	34
3.2	火工品自动装配系统的传输系统 .....	34
<b>第4章</b>	<b>火工品自动装配生产系统的典型结构 .....</b>	<b>36</b>
4.1	自动装配系统的总体结构 .....	36
4.2	缺管检测机原理与结构 .....	36
4.2.1	圆盘式缺管检测原理与结构 .....	36
4.2.2	直线式缺管检测结构 .....	40
4.3	分药机原理与结构 .....	41
4.3.1	自动分药机的原理 .....	43
4.3.2	可转位分药机的结构及原理 .....	44
4.3.3	药筒设计 .....	45
4.4	送药机械手原理与结构 .....	47
4.4.1	送药机械手原理与结构 .....	47
4.4.2	机械手输送通道设计 .....	51
4.5	自动装药机原理与结构 .....	52
4.5.1	自动装药机的组成及工作过程 .....	52
4.5.2	盛药耙药器 .....	53
4.5.3	装药器 .....	53
4.5.4	装药机的结构举例 .....	56
4.6	压药机原理与结构 .....	58
4.6.1	压药机构的机理分析与方案设计 .....	58

4.6.2	上端补偿,上、下两端压药的压药机结构举例	62
4.6.3	上端补偿压药液压系统设计	65
4.7	压合	67
4.7.1	加强帽的收集与检测	67
4.7.2	加强帽与雷管的压合	69
4.8	测药高的原理与结构	70
4.9	吸附浮药机原理与结构	72
4.9.1	吸附原理与方法	72
4.9.2	吸附浮药设备结构	74
4.10	剔除机原理与结构	75
4.10.1	自动剔除机理研究	75
4.10.2	方案设计	76
4.11	其他火工品自动生产系统简介	79
4.11.1	导爆管自动装配生产线	79
4.11.2	传爆管自动生产线简介	86
4.11.3	药筒模块组合装药生产线简介	88
<b>第5章</b>	<b>雷管壳局部拉伸塑性失稳问题的分析</b>	<b>92</b>
5.1	雷管生产质量分析模型的建立	92
5.2	系统建模	95
5.2.1	整体模型介绍	95
5.2.2	火药的力学特性	95
5.2.3	雷管壳的材料建模	98
5.2.4	冲子的材料建模	99
5.3	网格划分	100
5.3.1	普通的网格划分模型	100
5.3.2	网格细化的影响	100
5.4	介质接触表面的连接模式	107
5.5	边界条件简化	108
5.6	圆柱壳局部拉伸塑性失稳临界状态的计算及影响因素分析	109

5.6.1	火药装药量的影响	109
5.6.2	圆柱壳厚度的影响	110
5.6.3	火药材料参数的影响	112
5.6.4	火药与雷管间摩擦系数的影响	114
<b>第6章</b>	<b>火工品常用防爆电气设备及防爆原理</b>	<b>120</b>
6.1	概述	120
6.1.1	爆炸产生的条件及爆炸性物质定义	120
6.1.2	爆炸性物质的性能	120
6.1.3	爆炸性物质分类	121
6.2	火工品电气设计安全规范	121
6.2.1	危险区域电气等级的划分	121
6.2.2	危险区域电气设备设计要求	122
6.2.3	防静电和接地	123
6.2.4	危险区域自动控制系统的要求	124
6.3	常用防爆电气设备的防爆原理	125
6.3.1	防爆电气设备防爆基本原理及分类	125
6.3.2	防爆标志	126
6.3.3	防爆电器防爆原理及特性	128
6.3.4	粉尘环境防爆方法及原理	134
6.4	防爆电气设备选型	135
6.4.1	通用技术要求	135
6.4.2	爆炸性粉尘环境用防爆电气设备选型	140
<b>第7章</b>	<b>火工品生产线检测技术</b>	<b>141</b>
7.1	概述	141
7.2	变送器和传感器选择的基本原则	143
7.3	压力变送器	148
7.4	位置检测	150
7.5	火灾检测	151
7.6	药高检测	154



7.7 余药检测	161
<b>第8章 火工品自动装配生产线控制系统</b>	<b>166</b>
8.1 火工品电气控制电路设计	166
8.2 自动装配生产线控制系统总体方案	167
8.2.1 现场总线概述	168
8.2.2 火工品生产线控制系统设计	172
8.3 电视监控	182
<b>第9章 防火和静电安全技术</b>	<b>188</b>
9.1 防火	188
9.2 静电的产生及其防护	189
9.3 避雷装置	194
<b>参考文献</b>	<b>196</b>

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 自动装配技术的概念

### 1.1.1 装配与自动装配的概念

#### 1. 装配的概念

任何机器都由许多零件和部件组成。按规定的技术要求,将若干零件结合成组件,并进一步结合成部件以至整机机器的过程,分别叫做组装、部装和总装,统称装配。

零件装配有以下 3 种方式:

(1) 完全互换性装配。在装配过程中,任意拿来两个零件,即可顺利装配并保证装配后的性能满足要求。这种装配方式适用于零件批量较大的情况。

(2) 分组互换性装配。在装配前,按精度将零件分为若干组;在装配时,零件只能在各组内部互换。这种装配方式很灵活,但会给维修带来困难。

(3) 配作装配。国标已有零件的精度,按配合要求生产相配合的零件。这种方式无任何互换性,效率也低,只有在维修工作中或对精密零件的装配时采用。

装配所占的总工时和总成本都很高,应尽量提高装配工作的自动化程度。目前加工的自动化程度已相当高,应将研究的重点放到装配自动化方面来。装配自动化的实现不仅可以提高装配工作效率,降低装配成本,而且还可以改善工人的劳动条件,提高产品的质量稳定性。

#### 2. 自动装配的概念

通过一定的技术手段,由机器或装置独立地将若干零件结合成组件,并进一步结合成部件以至整机机器的过程,叫做自动装配。

## 1.1.2 自动装配技术的概念及其实现途径

### 1. 自动装配技术的概念

自动装配技术是集机械、电子、检测与控制技术为一体,实现依赖人工技巧和判断力所能完成的各种复杂操作的系统工程。

### 2. 自动装配技术的实现途径

(1)具有一定专用性的高度自动化装配。一般采用装配自动线的形式,特别适用于大批量生产的情况。

(2)通用性强的柔性自动化装配。一般采用计算机控制的装配机器人来实现,当装配情况发生变化时,通过改变控制程序来适应,适应于中、小批量生产的情况,也是最值得研究的一种装配系统。

(3)人机结合的半自动化装配。由人完成比较复杂的、机器难于实现的工作,机器完成比较简单、易于自动化的部分。在一定条件下,这种人机结合的半自动化系统具有最大优势,但应找到人机结合的最佳点。

自动装配包括:送料自动化;零件定位、定向自动化;组装自动化;装配前零件精度的检验和分类自动化;装配后的检验自动化。

送料自动化技术目前比较成熟,可以采用自动化加工的各种技术;零件的定向和定位自动化实现的难度比较大,除在设计中采用易于定向的结构(插入倒角、定向平面、槽等)外,在装配系统中还应配备视觉传感器、触觉传感器和力传感器,用来实现零件之间的精确定位。在组装自动化中,可采取的措施是:提高装配机械系统的精度,特别是定位精度;采用视觉和触觉检测反馈校正系统;采用柔性机构;采用导向装置。

## 1.2 自动装配技术的发展概况

### 1.2.1 自动装配技术的主要应用领域

#### 1. 现代制造技术领域

制造系统主要发展方向是多品种、小批量的自动化生产,因此面向

多品种、小批量的装配自动化系统就成为制造自动化的主要研究方向。面向中、小批量生产的装配自动化系统应能够适应产品的频繁更换,因为批量小,不适合采用流水作业的装配工艺,所以这种系统应具有足够大的柔性,常称柔性装配系统。这种系统的主要特点是装备有由计算机控制的、可以方便修改装配动作的装配机器人。

装配机器人是用计算机控制的机械手臂,手臂可以灵活地在空间做各种运动。装配机器人除手臂动作灵活,具有一定活动空间外,还要求机械手具有一定的负载重力以及较高的定位精度。为了提高定位精度,有的装配机器人还配置有检测装置,具有反馈控制功能。

柔性自动装配系统一般是由装配机器人构成的自动化系统。除装配机器人外,它还包括总控部分、工具库、夹具及辅具、自动供料系统和成品输送系统等。

采用装配机器人后,可以通过改变控制程序方便地变更机械手的动作,因此系统具有很大的适应性,可以满足多品种、小批量自动装配的要求。

柔性自动装配系统的发展方向是研制“智能型”装配系统,这种系统具有自学功能,可以采用示教方式方便地更改机械手的动作顺序和动作范围。这种系统具有视觉和触觉功能,再加其判断和决策能力,机械手的动作可以与视觉系统协调起来,由视觉指挥动作。

## **2. 汽车生产技术领域**

为了适应现代化大批量生产的需要,在汽车部件、冰箱压缩机等装配中广泛应用非同步输送装配线。非同步装配系统与同步装配系统相比,停工时间短,适合产品结构复杂、工位较多的场合。

## **3. 兵器生产技术领域**

我国工业雷管生产线的特点是多发群模装配,手工与机器相结合生产,产量大,人员多,劳动强度高,产品性能及均一性较差,质量不稳定。为了保证产品质量的均一性和一致性,确保使用安全可靠,应采用机电一体化自动生产线。由于雷管的大规模生产基本上都是简单重复式动作,易实现自动化。而采用人力大规模生产,易造成疲劳和疏忽,难以从根本上保证长时间、大批量生产产品的均匀和一致性,因而产品的安全可靠始终处于难以保证的状态。若以自动化机器来完成所有

这些动作,就可以从根本上解决上述有关问题。

在生产效率方面,自动化生产线远比手工生产方式效率高,仅以火雷管装配线为例说明,比利时制造的火雷管装配线,生产速度为15 000发/h,每班有效工作时间按7 h计,班产量可达105 000发/班,只需3人操作。由于采用了机电一体化连续生产方式,整条线可以实现三班倒,为便于与手工比较,采用两班倒16 h生产计算,一天的产量至少保证达200 000发,且只需6人~7人轮班。人均生产效率约20 000发/天。而我国火雷管装配线,以较高水平为例:采用50发群模,每班产量可达130 000发,需用55人操作,火工生产不能实现三班倒而采用二班倒制,每天可生产260 000发,则约100人操作,人均生产效率为2 600发/(人·天),该人均生产效率仅为自动化方式人均生产效率的1/8。从生产线效率方面分析可明显看出自动化生产的优势。

## 1.2.2 自动装配技术的发展概况

### 1. 国外方面

初期的自动装配机都是一种专用机,只能适应生产固定的产品,缺乏灵活性。由于机器本身造价较高,为了获得较好的投资效果及经济效益,引入了模块化系统的概念,将各个独立的单元进行编组配合的装配化模式,这样自动化装配的结构核心就是零件的输运系统。为使输送系统标准化并便于推广应用,开发了各种形式的输送装置,并将其典型化,这就将由各家自行设计的自动装配机转变为由专门生产厂进行制造。

进入20世纪70年代,随着汽车工业的发展,各汽车、发动机生产厂家先后采用先进的自动装配技术,选用先进的机械自动化输送设备,提高物流系统的自动化水平,把装配流水作业发展到半自动和自动装配。从技术可行性和经济合理性考虑,不可能全盘实现自动化,人工装配总是存在的,组织装配作业的任务变成了人与机器之间进行合理的分配。这时自动装配开始向大型复杂的方向发展,汽车发动机的装配线就是这个时候开始的。80年代,劳动力的紧张,安全质量稳定性要求的提高,市场需求的变化,导致产品多样化,对自动装配提出了灵活性更高的要求。工业机器人进入了自动装配作业,并随着电子技术的

发展,工业机器人全部替换了原先的专用装配机,从而产生了更大规模的装配线。国外汽车工业从整车装配到部件装配广泛采用自动装配机和装配生产线,几乎所有的涂胶黏接工作和螺栓连接拧紧工作都是自动进行的,并且带有紧固检查。

## 2. 国内方面

自从美国福特汽车公司开创流水作业以来,在保证产品质量,提高生产效率,降低制造成本等的前提下,对大批量生产的装配方法一直在不断地加以改进。尽管在原材料加工、机械加工等方面很早就开始实施自动化,但由于装配作业受到人的熟练程度、柔韧性等多方面制约,自动化装配技术起步较晚。20世纪60年代初,才开始在白炽灯、荧光灯等组成部件进行装配自动化的尝试。

我国已开发的装配技术多用于较大型零件装配(如汽车发动机),在小型零件自动装配应用上与国外相比差距很大。目前,我国一些大批量生产的行业,如仪表、开关、微电机等,几乎仍然以人工流水线装配为主,质量靠人工保证,技术较为落后。

我国的自动化装配最早应用于轴承、电器件和家用电器生产行业。北京第三机床厂率先将装配输送线作为商品提供给刚兴起的洗衣机生产企业。随着汽车工业的发展,对综合自动化要求的不断提高,从简单的工序间装配自动化,逐步发展到部件、整车的装配自动化。

在现代科技高速发展的今天,开发机器人自动装配技术、柔性自动装配单元和柔性自动装配系统尤为重要。为了发展多品种、小批量自动化生产,提高产品质量和生产效率,必须大力发展柔性自动装配系统。

## 3. 自动装配技术的发展趋势

在各种工业产品的生产过程中,虽然对零件的毛胚加工、机械加工等工序早已实施了自动化,但是产品的装配作业长期以来一直由人工简单工具完成。这样,往往需要依赖人们的技术熟练性、人手的灵活性及具有完成复杂动作的功能和判断力,其自动化程度还非常落后。进入20世纪60年代后,由于计算机技术和各种关键技术的飞速发展,在国外以白炽灯、荧光灯等零件品种较少的小型大批量产品为对象逐渐引入了自动装配技术,并初步形成了以美国为中心进行自动装配技术

开发的格局。日本随后也跟踪发展这方面技术,至今已取得卓越的成果。近年来,随着产品品种增加、市场周期缩短,使得能适应多品种、小批量生产的柔性自动化装配系统也获得了迅速发展。它不仅提高了装配作业的效率,而且使产品质量得到稳定和提高,同时也使产品设计与装配策略密切结合起来。

现代制造技术的发展使传统的手工装配工艺面临严峻的挑战。自动化装配的目的在于减轻或取代依赖人工技巧和判断力进行各种复杂的装配操作,从而提高生产效率,保证产品质量。柔性装配系统已成为诸如计算机集成制造系统(CIMS)这类现代制造系统的一个重要环节,特别适应于大规模、小批量、多品种的生产装配系统,对未来工业发展有重要意义。

## 1.3 自动装配系统的组成与分类

### 1.3.1 自动装配系统的组成

#### 1. 物流系统

物流系统及其自动化是计算机集成制造系统的重要组成部分,它是实现待加工零件的自动运输、需使用的刀具自动配置和调度的关键设备和硬环境。自动物流系统中的运输设备一般由工业机器人、自动导向小车(AGV)、有轨小车、悬挂式机械手、自动传输链等组成,存储设备一般由中央立体仓库、中央刀具库、托盘交换站、公用托盘架(平面仓库)和刀具暂存架(或箱)组成。

物流系统主要完成的工作:一是零件毛胚、原材料、工具等由外界搬运进系统以及加工好的成品从系统中搬走;二是零件毛胚、原材料、工具在系统内部的搬运。

目前,物流系统中执行搬运的机构主要有传送带、运输小车(有轨和无轨)和搬运机器人。

#### 2. 控制系统

要实现装配过程自动化,控制系统起着至关重要的作用。

自动装配的控制系统大致经历了三个发展阶段:第一阶段为机械

开环控制,即通过凸轮等机械装置实现的控制。第二阶段则多采用预设顺序控制器进行操作时间和运动行程的分配。这种方法克服了机械控制元件刚性不易调整的缺点,而且提高了系统的可靠性。第三阶段为装配伺服控制阶段。控制单元配备工控机、可编程序控制器,不仅可以实现顺序控制,还可以进行模拟量的闭环控制,具有通信联网功能,使得装配精度更高,柔性更好,自动化程度更高。

### 3. 动力系统

主要由装配机器人来实现装配自动化,这样,不仅减轻了人力,而且提高了效益,同时,恶劣环境下也不用担心人的健康。

### 4. 检测系统

采用自动检测技术的主要目的有:一是进行质量控制;二是对加工状态和设备的运行状况进行监控。以质量控制为目的的自动检测分为在线检测和离线检测。在线自动检测是在加工及装配过程中,对工件的尺寸、形位公差和外形等进行连续或间断的检测,输出信息供调节补偿、减小误差或作显示、报警用。离线自动检测是在加工或装配完成后,对零件或产品进行自动测量,确定零件是否合格,产品是否符合规范。有些情况下,在加工或装配尚未结束时,将半成品从机床上卸下进行测量。以监控为目的的自动检测主要包括对工位状况的检测(材料或坯件是否都到达工位,在加工前工件是否已准确定位和夹紧,工作台、刀具、夹具、辅助系统、装配工具等是否都处于正常位置等,检测的项目有位置、夹紧力、力矩等),对设备工作状态的检测(电机的输出功率,主轴的扭矩,刀具的破损和过度磨损,齿轮和轴承的润滑,零件的过热和冷却,机架的断裂应力,工件、夹具或工作台的变形等),工艺过程的检测(运动是否碰撞,加工参数是否合理,振动,噪声,排屑,冷却润滑液等)和材料、零件传送过程的检测(自动搬运小车的导向检测,自动仓库堆垛机的工位检测,立体仓库和刀库的状态监测,刀具认址的检测等)。

## 1.3.2 自动装配系统的分类

任何机构的运动都是一些基本运动机构的有序组合,在自动装配机构中,最基本的运动包括回转、直线往复、摆动和手指开合等。现代



气动的元件材料、结构日趋精巧灵活,尽管动力来自于压缩空气,但其运动精度主要靠元件结构本身及配合控制系统来保证。基本构成元件有滑台、转台、各种气动手指、卡盘、带导向装置的汽缸以及线性运动单元(如电缸)等,在同规格条件下,这类元件的结构刚性、承载能力和运动平稳性也大大提高。结构精度高,安装灵活,因此实现高精度、多自由度的运动组合更方便。

### 1. 回转式

回转及摆动是自动装配机构中装配工作头转向、装配工件定向回转传送和装配工具自动转换的主要运动方式。有一种带高精度圆盘滚珠轴承的转台型摆动汽缸,台面与回转轴的形位公差很小,使安装在其上的部件运动平滑,在垂直方向及水平方向的位置精度达 $0.01\text{mm}$ ,而且负载能力比同规格普通摆缸大3倍以上,摆动角度也可调节。小型叶片式转台更适宜与机器人配接使用。

还有一种高精度分度盘,精度达 $0.03\text{mm}$ ( $\phi 270\text{mm}$ ),同样也是台面安装,使用方便。另外伸摆汽缸,活塞杆为六角形,在外力作用下也不会被动回转。因此,这些运动元件的高精度为实现高精度、多自由度的自动装配机构提供了保证。

### 2. 直线式

直线往复运动是自动装配机构(如龙门式装配机、模块积木式柔性装配机等)实现XYZ三方向运动的主要元素。机构主体构架由各种无杆汽缸的运动组合来实现;局部机构(如工件装夹、定位、移送机构、装配工作头等)的直线往复运动可采用气动滑台精密导向汽缸等元件来实现;对较长行程的垂直升降、水平移动,则常由带导杆汽缸,或者用普通汽缸外加导向机构来实现。汽缸的最终类型和结构还需由其在机构中的受力工况及运动要求而决定,考虑的因素有机构及其组合形式、负载大小、受扭矩工况、动作行程及其定位精度要求、运动速度和平稳性、安装条件等。

### 3. 气动手指及其自动转换

气动手指是装配工作头及装配机器人末端执行器的一种最常用手爪及自动夹紧装置,是自动装配系统的重要工具。气动手指能开合拾放零件,但通常没有独立自由度,可通过手腕或手臂提供所需的任何自