



产品设计可制造性技术丛书

产品设计可装配性技术

CHANPIN SHEJI KEZHUANGPEIXING JISHU

张旭 王爱民 刘检华 主编

航空工业出版社

产品设计可制造性技术丛书

TB472/202

2009

产品设计可装配性技术

张旭 王爱民 刘检华 主编

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

复杂机电产品的装配工艺性是产品设计中应予以重点考虑的因素,产品的可装配性对产品的最终性能、生产效率、生产成本等有重要的影响。本书从产品设计总体出发,针对产品装配中的工艺规划、手工装配、自动装配以及装配中的连接方法等进行了详细的分析;对产品设计中应当考虑的与装配工艺过程密切相关的设计要素、设计原则进行了分析和总结。书中的内容既参考了当前装配工艺理论研究的最新成果,也对我国制造业中的实际经验进行了总结。

本书可作为制造业的设计、工艺及其他专业人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

产品设计可装配性技术/张旭,王爱民,刘检华主编.
北京:航空工业出版社,2009.6
(产品设计可制造性技术丛书)
ISBN 978-7-80243-075-4

I. 产… II. ①张…②王…③刘… III. 工业产品—设计
IV. TB472

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第196997号

产品设计可装配性技术 Chanpin Sheji Kezhuangpeixing Jishu

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话:010-64815615 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2009年6月第1版

2009年6月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:9.75

字数:244千字

印数:1—4000

定价:30.00元

产品设计可制造性技术丛书

编委会

主任 张新国

副主任 魏金钟

秘书长 肖治垣

委员 (按姓氏笔画为序)

马建宁 王西彬 王向明 王俊彪 白仲栋 冯子明

冯吉才 宁汝新 朱 荻 刘 鑫 刘青海 刘善国

许旭东 李 军 李 晨 李圣怡 李志强 李宏运

李松法 杨 旭 杨建军 肖为国 冷毅勋 陈 磊

苗 冰 郭金树 唐景峰 黄俊勇 韩克岑

编委会办公室 史晋蕾 高凤勤 李苏楠 林佳毅

序

缩短生产周期、提高产品质量、降低制造成本是企业赢得竞争的主要途径。

产品设计可制造性是指所设计的产品的可加工性（我国工业部门一般称为工艺性），在产品设计或论证阶段，如果不认真考虑可制造性，则会在组织生产时出现制造周期延长、成本提高或材料供应困难等问题。

产品在进入生产制造环节前需要对可制造性进行衡量，产品设计是否考虑了制造加工的工艺可行性尤为重要，系统设计能力和水平是装备制造技术水平最直观、最集中的表现。在我国军工行业的发展过程中，通过引进技术、合作设计、合作生产、自主开发等多种途径，已能生产大批高水平、高质量的产品。

一直以来，尤其是“十一五”期间，我国军工系统各行业科研、生产任务繁重，新材料、新技术、新设备不断出现，新产品、新型号的设计、生产始终是一个制约军品发展的瓶颈问题，实践经验丰富、熟知生产工艺过程的工程技术人员严重匮乏，经验丰富的设计、工艺、生产人员相对较少，而且随着产品生命周期的不断缩短，越来越需要快速开发生产新的、工艺成熟的产品，以增加企业的竞争力，这就需要提高产品设计工程师及制造工程师的综合能力，使其工作更易于衔接，既可帮助产品设计人员提高对工艺知识的了解，又能帮助制造人员组织产品可制造性评审及生产组织工作。

军工制造业发展的一个方面就是需要加速行业人才的培养，而制造业需要的人才多层次、全方位的，尤其是复合型人才。多层次、复合型人才体现在其知识架构的完善，了解基本的研发设计、生产工艺。加强制造业人才队伍建设，需要大批熟悉产品设计制造特点的、能快速熟练掌握先进技术、工艺和技能的高级技能人才。

虽然军工行业已拥有大量先进的加工技术及设备，但必须从总体上掌握产品设计可制造性技术的相关基本概念和内涵，能在产品设计时考虑可制造性及制造时的组织实施，考虑与其他生产技术专业的关系和可制造性所必需的基础知识，以及对各种零件的通用的可制造性考虑等基本知识和实用案例；考虑产品的一般可制造性问题、机械加工工艺方法、重型结构件以及金属零件的选材考虑、加工方法以及易出现的问题；考虑常用设备、元器件等的选择与管理、设计与制造方法、可靠性保障的概念与措施、系统的装配和封装、生产和使用期间的可靠性；考虑新材料的选择、制造技术、试验、检验和质量控制以及可制造性设计，为产品的成形、制造打好基础，保证产品的可制造性。

因此，这套丛书针对航空、航天、船舶、电子、兵器等国防行业产品的设计、制造特点，及现存的主要问题，有的放矢，具有较高的学术价值和学术水平，具有较强的实用价值及创新性，能够满足航空工业及国防工业的急需。可作为国防工业系统及其他工业系统的产品设计人员、工艺技术人员、产品生产与管理人员，以及相关专业师生等非常实用的参考书籍。

中国航空工业集团公司副总经理

2009年5月

前 言

产品设计可制造性是指所设计的产品的可加工性，用于解决在组织生产时可能出现的制造周期延长、成本提高或材料供应困难等问题。为全面提高产品设计工程师及制造工程师的综合能力，使其工作更易于衔接，帮助产品设计人员提高对工艺知识的了解，帮助制造人员组织产品可制造性评审等工作，特别组织出版了产品设计可制造性技术丛书（共5册），各册及其主要内容如下：

《产品设计可制造性与生产系统》

全面介绍了产品设计可制造性的基本概念和内涵，对军工产品设计时如何考虑可制造性，制造时如何组织实施，与其他生产技术的关系，可制造性工程师所必需的基础知识和最新实用技术，以及对各种零件的通用可制造性考虑等基本知识和实用案例等。

《金属零件可加工性技术》

介绍了金属零件可加工性技术的基本概念，并分类介绍了各种典型金属零件的制造方法和检验方面的数据。通过对各种加工方法的介绍和分析，揭示了金属零件生产性问题产生的普遍原因及解决措施。

《产品设计可装配性技术》

从产品设计总体出发，针对产品装配中的工艺规划、手工装配、自动装配以及装配中的连接方法等进行了详细的分析；对产品设计中应当考虑的与装配工艺过程密切相关的设计要素、设计原则进行了分析和总结。书中的内容既参考了当前装配工艺理论研究的最新成果，也对我国制造业中的实际经验进行了总结。

《复合材料件可制造性技术》

以复合材料结构件的制造性为中心，系统地介绍了复合材料的特点和应用，

材料及其工艺性, 成形工艺技术, 复合材料的试验和质量控制, 复合材料结构的可制造性设计等方面的知识。对设计选材、工艺选择、可修理性设计、提高结构工艺性的设计措施等方面提出了一些基本原则。

《电子元器件应用技术》

内容涉及各类电子元器件, 包括真空电子器件、微电子器件、光电子器件、微特电机和特种元器件等。书中概要介绍了各类电子元器件的基本特性、当前的产品情况以及所采用的国家标准, 讨论了如何正确管理、选择、使用元器件以及在使用过程中可能出现的问题。

本套丛书的作者及审稿专家均来自国防行业各领域, 具有一流的学术水平和丰富的实践经验, 保证了本套丛书在航空、航天、船舶、电子、兵器等国防行业的适用性。

书 名	作 者	审稿专家
《产品设计可制造性与生产系统》	杨建军	苗 冰
《金属零件可加工性技术》	王西彬, 龙振海, 刘志兵	刘善国
《产品设计可装配性技术》	张 旭, 王爱民, 刘检华	宁汝新
《复合材料件可制造性技术》	郭金树	冯子明
《电子元器件应用技术》	李松法	周寿桓

本套丛书的顺利出版与各册作者和审稿专家百忙之中的辛勤工作密不可分, 在此对他们以及为本套丛书的出版提供帮助的有关单位、专家表示诚挚的感谢! 殷切期望广大读者能将在使用这套丛书时发现的问题以及改进意见和建议及时反馈给我们, 以便修订, 更好地服务读者。

丛书编委会

2009年5月

目 录

第 1 章 产品的可装配性概述	(1)
1.1 装配工艺过程	(1)
1.1.1 装配过程	(1)
1.1.2 装配作业操作	(2)
1.1.3 装配操作的要求和注意事项	(4)
1.1.4 机械装配的类型和方法	(4)
1.2 装配工艺规程	(8)
1.2.1 装配工作的原则	(8)
1.2.2 装配工艺规划前的技术准备	(9)
1.2.3 装配工艺设计的主要内容	(9)
1.2.4 装配工艺技术文件	(10)
1.2.5 装配工作组织形式	(10)
1.3 产品的可装配性	(13)
1.3.1 产品可装配性的基本概念	(13)
1.3.2 产品可装配性对装配工艺过程的影响	(14)
1.3.3 影响产品可装配性的主要设计因素	(15)
1.4 面向装配的设计方法	(16)
1.4.1 面向装配的设计	(16)
1.4.2 产品的可装配性评价	(17)
1.5 提高产品可装配性的方法和手段	(17)
1.5.1 总体技术	(18)
1.5.2 零件设计	(18)
1.5.3 装配连接方法	(18)
1.6 大型复杂产品装配工艺的特点	(18)
第 2 章 产品总体的可装配性	(20)
2.1 产品总体可装配性概述	(20)
2.2 面向装配的总体设计	(21)
2.3 设计简化	(21)
2.3.1 设计简化的总体原则	(21)

2.3.2	设计简化的实现方法	(23)
2.3.3	产品设计中的标准化、模块化	(28)
2.4	装配方法的实现	(30)
2.4.1	人的操作	(30)
2.4.2	装配机械的使用	(30)
2.4.3	装配顺序	(31)
2.4.4	装配中的防差错设计	(33)
2.5	装配公差对装配过程的影响	(34)
2.5.1	装配公差分析与综合	(34)
2.5.2	考虑装配公差的产品设计原则	(36)
2.6	大批量装配中生产布局的考虑	(37)
2.6.1	装配工作的分解	(37)
2.6.2	装配线的平衡	(38)
2.6.3	装配布局的设计	(38)
2.7	总体装配件的设计指导	(41)
2.7.1	组成独立的装配单元	(42)
2.7.2	基准设计	(43)
2.7.3	避免连接	(44)
2.7.4	定位设计	(46)
2.7.5	立式装配结构	(46)
2.7.6	单一的装配方向和分层式装配	(47)
2.7.7	重要零件的可达性	(47)
2.7.8	综合考虑机械结构与电气、润滑、冷却等部件安装的协调	(47)
2.7.9	标准化设计	(48)
第3章	手工装配中的可装配性设计	(49)
3.1	手工装配的工艺特点	(49)
3.1.1	手工装配过程分析	(49)
3.1.2	影响手工装配的主要因素	(50)
3.2	手工装配的一般设计准则	(51)
3.2.1	影响手工搬运的一般设计原则	(51)
3.2.2	手工插入与固定的一般设计原则	(56)
3.3	产品的可拆卸性和维护性设计	(62)
3.3.1	设置合理的调整环节	(62)
3.3.2	具有良好的可达性	(62)
3.3.3	提高产品拆卸与维修操作的方便性	(62)
3.3.4	考虑零件磨损后修复的可能性和方便性	(64)

第4章 自动装配的生产性设计	(66)
4.1 自动装配系统生产性设计概述	(66)
4.1.1 装配自动化应具备的基本条件	(66)
4.1.2 自动装配系统的工艺设计原则	(67)
4.1.3 提高装配自动化水平的主要途径	(69)
4.2 自动装配中零部件装配工艺性设计的共性要求	(70)
4.2.1 自动装配与手工装配的比较	(70)
4.2.2 自动装配对产品总体结构工艺性的要求	(71)
4.2.3 自动装配对零部件结构工艺性的要求	(71)
4.2.4 自动装配的工艺性设计实例	(72)
4.3 自动装配中送料、定向和装载的零件设计	(76)
4.3.1 便于送料的零件设计	(76)
4.3.2 零件定向方法	(79)
4.3.3 零件装载方法	(86)
第5章 电气连接与配线安装及管路装配	(88)
5.1 概述	(88)
5.2 电气连接的基本知识	(89)
5.2.1 电线和电缆类型	(89)
5.2.2 电线或电缆的配线束	(90)
5.2.3 电气连接类型	(93)
5.3 电缆设计工艺性	(96)
5.3.1 电缆配置的工艺性	(96)
5.3.2 电缆尺寸的工艺性要求	(96)
5.3.3 电缆的结构工艺性	(97)
5.4 实例分析	(97)
5.5 管路系统的分类	(100)
5.5.1 管路系统分类	(100)
5.5.2 管路接头分类	(100)
5.6 管路系统结构工艺性	(102)
第6章 装配中的紧固和连接	(105)
6.1 概述	(105)
6.1.1 连接的重要性	(105)
6.1.2 连接的目的	(105)
6.1.3 常用的连接方法与分类	(105)
6.1.4 连接方法的选用	(106)
6.2 螺纹连接的工艺性	(107)

6.2.1	螺纹连接的基本类型及运用	(108)
6.2.2	螺纹连接的装配工艺	(109)
6.2.3	螺纹连接在设计时的考虑	(112)
6.3	过盈连接的工艺性	(115)
6.3.1	过盈连接的工作原理	(115)
6.3.2	过盈连接装配方法	(115)
6.3.3	过盈连接在设计时的考虑	(117)
6.4	铆接连接的工艺性	(118)
6.4.1	铆接连接的种类及特点	(118)
6.4.2	铆接结构工艺性	(119)
6.5	焊接的工艺性	(122)
6.5.1	焊接工艺的特点	(122)
6.5.2	焊接方法的分类	(123)
6.5.3	常见焊接方法工艺及特点	(123)
6.5.4	焊接连接在设计时的考虑	(125)
6.6	胶结连接的工艺性	(129)
6.6.1	总体设计要求	(129)
6.6.2	材料选择要求	(130)
6.6.3	零件设计要求	(130)
6.7	其他连接方法	(130)
6.7.1	收口	(130)
6.7.2	桩接	(130)
6.7.3	卷嵌	(131)
第7章	非传统性装配技术	(132)
7.1	虚拟装配技术	(132)
7.1.1	虚拟装配的概念和内涵	(132)
7.1.2	虚拟装配系统的技术体系结构	(133)
7.2	微装配技术	(137)
7.2.1	微装配和微操作系统的特点	(137)
7.2.2	微装配和微操作系统的功能	(138)
7.2.3	微装配系统的类型	(138)
7.2.4	微装配系统的基本组成	(140)
	参考文献	(141)

第1章 产品的可装配性概述

产品在制造过程中,装配是工厂生产的最后的工艺过程。产品的综合技术指标如,性能、可靠性、寿命等,主要是在零件加工合格后通过最后的装配工艺过程来实现和保证的,不同的产品设计对产品最终的装配工艺过程中的效率、装配质量、装配成本等有着重要的影响。产品设计中所表现出来的对装配工艺的影响称为产品的装配工艺性或可装配性。同时产品的可装配性也对产品在使用过程中维修的方便性和经济性有一定影响。

随着产品设计和制造技术的不断发展,各种新材料、新原理、新工艺在产品设计和制造中大量使用,毛坯加工与机械加工的自动化程度迅速发展,大大节省了人力与制造费用,同时专业化的生产分工和基于供应链的制造模式,使得装配所需费用在整个产品制造费用中所占的比重日益加大,因此,迫切要求提高装配工作的技术经济性和效率。在产品设计的早期对产品的装配工艺性进行分析,按照可装配性设计准则进行产品设计,不仅可以提高最终产品装配的质量和效率,还可以在总体上提高产品质量,降低成本,缩短产品的开发和制造周期。

由于产品的性能要求、工作原理、零件材料、组成结构和连接方式的差异,产品的装配工艺方法也不尽相同,产品设计中需要考虑的装配工艺性问题也不同。由于装配是产品制造过程的最后阶段,产品及其零部件的装配工艺性在产品的组成零件加工结束后便基本确定,因此装配工艺性应当在产品的设计阶段就充分考虑。装配工艺性又与装配方式、方法和组织形式等有关,因此它是一个较为复杂的问题。

本章在分析一般的机电类产品的装配工艺方法和工艺过程的基础上,对不同装配工艺的基本特点进行了分析,对产品设计中影响产品可装配性的主要因素、提高可装配性的方法和手段,以及产品的可装配性评价等进行了总体介绍。

1.1 装配工艺过程

1.1.1 装配过程

产品的装配工艺过程就是按照一定的精度要求和技术条件,将加工完成,具有一定形状、质量、精度的零件结合成部件,将零件、部件组合成最终产品的过程。装配过程中需要把产品的自制件、外协件、外购件和标准件等分别按照工艺过程进行存放和集结,在装配车间经过运送、调整、连接、检查等操作装配成成品,有些装配工艺中还包括了装配前的清洗以及装配中的加工、修配等。

1.1.2 装配作业操作

各种类型的装配操作基本上包括零部件的输送、装载、定位、连接、调整和装配后的检验。一些特殊的零件在装配前还需要进行清洗。基本的装配操作及流程如图 1-1 所示。

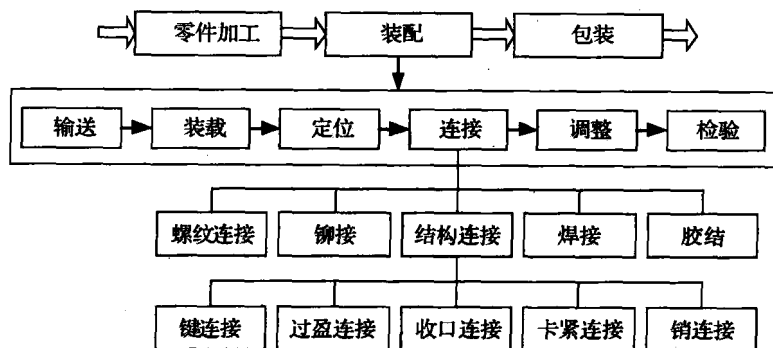


图 1-1 装配操作过程和连接方法

(1) 清洗

清洗的目的是去除零部件表面或内部的油污和机械杂质。常见的基本清洗方法有擦洗、浸洗、喷洗和超声波清洗等，如高压喷射清洗、气相清洗、电解清洗等。清洗工艺的要素包括清洗液、工艺参数和清洗方法。清洗工艺采用的常用清洗液包括煤油、汽油、碱液及各种化学清洗液，工艺参数包括温度、压力、时间等。清洗工艺方法的选择要根据工件的清洗要求、工件材料、批量、油污和机械杂质的性质及黏附情况等因素来确定。此外，工件经清洗后应具有一定的中间防锈能力。

清洗工作对保证和提高产品的装配质量、延长产品的使用寿命具有重要意义，特别是对轴承、密封件、精密偶件、润滑系统等关键部件尤为重要。清洗的质量检验方法包括目测法、擦拭法、挂水法、称重法、电镀法和荧光染料法等。

(2) 输送

输送是将装配的产品或部件从一个操作工位运送到下一个操作工位，以及将待装配的零部件运送到装配操作工位。对于不同的产品类型、生产类型，零部件可以采用小车、自动传送装置、自动引导小车、吊车等不同的搬运方式。

对于单件小批的手工装配，主要采用各种工业小车由装配工人将零部件运送到装配现场或下一个装配工位，小车中可以采用专用的货架放置多个零件。对于自动装配或者人工装配线装配，一般采用各种自动传送装置，包括皮带轮、滚轮等。对于大型的设备安装需要采用吊车进行设备的搬运。

(3) 装载和定位

零件的装载是将零件从输送装置上取下，搬运到安装位置。将待装配的零件放置到基准零件上，并放置在正确的位置上称为定位。对于手工装配一般是由装配工人在装配夹具和辅助工具的帮助下完成零件的装载和定位。自动装配则是通过自定位的零件形状、装载和定位装置完成零件的自动定位。

在零件连接前,完成装载和定位的零件可能需要采用装配工装或者辅助工具将零件保持在确定的位置上。

(4) 连接

装配中的连接是采用一定的工艺手段,将待装配的零件与基准零件进行固定。连接方式一般可以分为可拆卸连接和不可拆卸连接,连接的工艺方法主要包括螺纹连接、铆接、焊接、胶结以及通过机械结构相互锁紧的过盈连接、收口连接、卡紧连接等。

可拆卸连接在拆卸时不会损坏任何零件,拆卸后还可以重新连接,不会影响产品的正常使用。常见的可拆卸连接有螺纹连接、键连接及销钉连接,其中以螺纹连接应用最为广泛。螺纹连接的质量与装配工艺有很大关系,应根据被连接零部件的形状和螺栓的分布、受力情况,合理确定各螺栓的紧固力、多个螺栓间的紧固顺序和紧固力的均衡等参数。

不可拆卸连接在被连接零部件的使用过程中是不拆卸的,如要拆卸则往往会损坏某些零件。常见的不可拆卸连接有焊接、铆接和过盈连接等,其中过盈连接多用于轴、孔配合。实现过盈连接常用压入配合、热胀配合和冷缩配合等方法。一般产品可以用压入配合法,重要或精密的产品常用热胀、冷缩配合法。

(5) 调整和修配

在连接前后,对零件的位置进行调整和校正。对于精度较高的装配还需要进行修配或配作。对于回转体还需要进行平衡。

校正指相关零部件之间相互位置的找正、找平作业,一般用在大型机械的基准件的装配和总装配中,常用的校正方法有平尺校正、角尺校正、水平仪校正、拉钢丝校正、光学校正及激光校正等。

调整指相关零部件之间相互位置的调节作业,调整可以配合校正作业保证零部件的相对位置精度,还可以调节运动副内的间隙,保证运动精度。

对于旋转体,需要通过平衡调整来清除旋转体内因质量分布不均匀而引起的静力不平衡和力偶不平衡,以保证装配的精度。旋转体的平衡是装配精度中的一项重要要求,尤其是转速较高、运转平稳要求较高的产品,对其中的回转零部件的平衡要求更为严格。有些产品需要在总装后在工作转速下进行整机平衡。

平衡有静平衡和动平衡,平衡方法的选择主要依据旋转体的重量^①、形状、转速、支撑条件、用途、性能要求等。其中直径(D)较大、宽度(l)较小者($D/l \geq 5$)可以只作静平衡,对长径比较大的工件需要作动平衡。其中工作转速为一阶临界转速的75%以上的旋转体,应作为挠性旋转体进行动平衡。对旋转体的不平衡重量可以用补焊、喷镀、铆接、胶结或螺纹连接等方法加配重量,用钻、铣、磨、锉、刮等手段去除重量,还可以在预制的平衡槽内改变平衡块的位置和数量。

修配和配作是在装配现场对装配精度要求高的零件进行进一步的加工,包括零件配合位置的手工修配和配磨,连接孔的配钻、配铰等作业,是装配过程附加的一些钳工和机械加工作业。配刮是关于零部件表面的钳工作业,多用于运动副配合表面精加工。配钻和配铰多用于固定连接。只有在经过认真校正、调整,确保有关零部件的准确几何关系之后,才能进行

① 本书所讲的重量即质量,单位为千克(kg)等。

修配和配作。

(6) 检验和测试

在组件、部件及总装配过程中，在重要工序的前后往往都需要进行中间检验。装配前的检验主要包括装配件的质量文件的完备性、外观质量、主要尺寸的准确度、产品规格和数量等。总装配完毕后，应根据要求的技术标准和规定，对产品进行全面的检验和测试。对装配的位置精度、形状精度、连接质量、密封性、力学性能等进行检查，确认符合装配工艺和产品质量的要求。大型装置的总装配测试一般在专用的试验台架上进行，按照详尽的测试规程对产品进行各项功能测试。

(7) 其他装配操作

除上述内容外，油漆、包装也属于装配作业范畴。

1.1.3 装配操作的要求和注意事项

采用手工或者自动装配，都需要完成零部件的搬运、定位、插入、固定、调整、检验等操作过程，零部件的形状结构对装配操作过程产生影响。在装配作业操作中，装配工人或者装配设备应当按照产品设计要求和装配工艺中的技术要求，严格按照装配工艺进行操作，要求做到：

- (1) 以正确的顺序装配；
- (2) 按照规定的方法进行装配；
- (3) 按照规定的位置进行装配；
- (4) 规定的方向进行装配；
- (5) 按照规定的精度进行装配。

1.1.4 机械装配的类型和方法

机械装配的类型和方法主要取决于产品的种类、生产的批量、成本等。机械装配的方法可以按照机械装配的自动化程度、精度保证方法、产品类型等进行划分。

(1) 按照装配的自动化程度划分的装配类型

按照装配中采用人工、装配机器人、自动化装配设备等的自动化程度可以将装配工艺分为手工装配、柔性装配和自动装配。装配工艺的自动化程度要根据生产类型，产品结构、大小、精度，装配件数量，装配的复杂程度等因素综合分析后确定。对于复杂产品的装配生产，可根据不同零部件的结构特点、企业的设备能力、投入的资金等因素，综合应用手工、柔性和自动化的装配方法。不同装配方式的适用范围见表1-1。图1-2为几种典型的装配机器人，图1-3为自动装配设备中零件送料工位的设计。

(2) 按照装配中的精度保证方法划分的装配类型

零件加工误差的累积会影响装配精度，提高零件的加工精度势必会提高零件的制造成本。在复杂产品的装配中可以通过一定的装配工艺方法来保证最终的装配精度。目前常用的装配工艺方法的特点及适用范围等见表1-2。

表 1-1 不同装配方式的特点和适用范围

装配方式	工艺特点	适用范围
手工装配	由装配人员利用简单的装配工具, 手工完成产品的装配过程; 在装配过程中可以采用一定的装配工具、设备, 但是设备的控制和工具的使用需要由装配人员根据需要来使用; 手工装配的效率、质量等与装配操作的复杂程度、人员的经验密切相关	适用于生产批量小、种类多的产品; 或产品结构复杂、装配工艺复杂、产品精度高、性能要求高, 需要在装配中进行复杂的调试和检验
柔性装配/ 半自动装配	在装配过程中采用具有一定通用化程度的装配机械和设备完成零部件的装配过程; 通常采用可自由编程的装配机器人进行装配, 此外还需要具有一定柔性的外围设备, 例如零件储藏、可调的输送设备、夹持设备等; 在装配过程中, 一般不需要装配人员参与装配操作, 但是柔性装配设备有时需要装配现场人员进行控制	产品批量不大, 装配件数量较多, 产品种类经常更换, 装配复杂程度一般
自动装配	采用全自动的专业化的装配设备, 自动完成零件运送、定位、调整、固定、检验等一系列操作, 装配过程中无需现场装配人员的参与; 自动装配设备要根据产品结构和装配工艺方法进行设计制造, 自动装配设备可以组成流水线式的自动化装配生产线, 按照统一的装配节拍完成所有产品的装配过程; 自动装配需要较大的设备投入	大批量生产, 生产批量稳定, 装配复杂程度不高

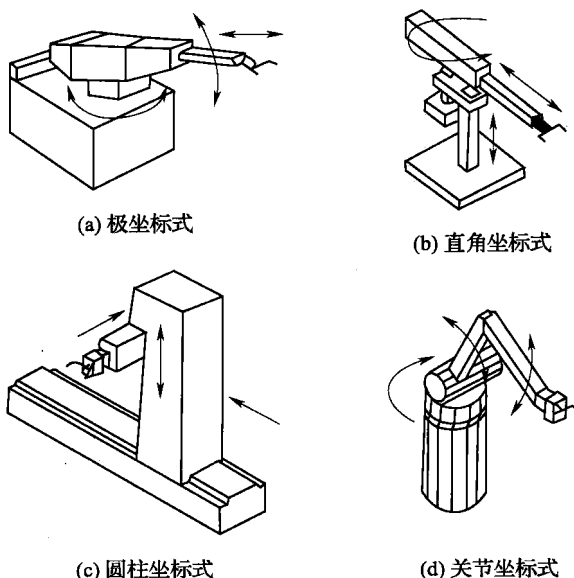


图 1-2 几种典型的装配机器人