



职业技术·职业资格培训教材

快速模具设计 与制造技术 (高级)

劳动和社会保障部教材办公室 组织编写
上海市职业培训指导中心

Rapid Tooling



中国劳动社会保障出版社



职业技术·职业资格培训教材

快速模具设计 与 制造技术 (高级)

主 编 王 宣
副主编 王运赣
编 者 王 宣 王运赣 廖荣昌
主 审 冯炳尧

Rapid Tooling



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

快速模具设计与制造技术：高级/王宣主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2006
职业技术·职业资格培训教材

ISBN 7-5045-4825-1

I. 快… II. 王… III. ①模具-设计-技术培训-教材 ②模具-制造-技术培训-教材
IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 022875 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.25 印张 156 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷

定价：16.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

内 容 简 介

本教材由劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心依据上海 1+X 职业技能鉴定细目——快速模具设计与制造技术（国家职业资格三级）组织编写。本书从强化培养操作技能，掌握一门实用技术的角度出发，较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握高级快速模具设计与制造技术的核心知识与技能有直接的帮助和指导作用。

本教材在编写中根据本职业的工作特点，从掌握实用操作技能，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。全书分为六个单元，主要包括：快速模具与快速成形基础、母模的成形、反应成形设备、硅橡胶模、塑料反应成形、快速模具与塑料反应成形的应用等。为便于读者掌握本教材的重点内容，每一单元后附有单元测试题及答案，全书后附有知识综合练习试卷和一体化考核模拟试卷，用于检验和巩固学生所学知识与技能。

本教材可作为快速模具设计与制造技术（国家职业资格三级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供中高等职业院校师生，以及相关专业技术人员参加岗位培训、就业培训使用。

前 言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。每个模块单元所附单元测试题和答案用于检验学习效果,教材后附本级别的知识综合练习试卷和一体化考核模拟试卷,使受培训者巩固提高所学知识 with 技能。

本教材结合上海市对职业标准的提升而开发,适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核,同时,也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和

前 言

鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业培训指导中心

目 录

第一单元 快速模具与快速成形基础	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 快速模具及其分类	(4)
第三节 快速成形原理及其全过程	(6)
第四节 快速成形机的基本知识	(11)
单元测试题	(18)
单元测试题答案	(20)
第二单元 母模的成形	(21)
第一节 母模的减式快速成形	(21)
第二节 母模的加式快速成形	(27)
第三节 母模的后处理	(33)
单元测试题	(34)
单元测试题答案	(35)
第三单元 反应成形设备	(37)
第一节 真空浇注机	(37)
第二节 反应注射器	(43)
第三节 反应注射机	(43)
单元测试题	(45)
单元测试题答案	(46)
第四单元 硅橡胶模	(48)
第一节 硅橡胶模概述	(48)
第二节 制作硅橡胶模的材料	(50)
第三节 硅橡胶模制作工艺	(51)
单元测试题	(58)

目 录

单元测试题答案	(60)
第五单元 塑料反应成形	(61)
第一节 塑料反应成形采用的原材料	(61)
第二节 塑料反应成形的前期准备	(63)
第三节 塑料反应成形过程	(65)
单元测试题	(67)
单元测试题答案	(68)
第六单元 快速模具与塑料反应成形的应用	(70)
第一节 铸造领域的应用	(70)
第二节 塑料成形领域的应用	(74)
第三节 其他工业领域的应用	(81)
第四节 医疗领域的应用	(89)
单元测试题	(93)
单元测试题答案	(94)
 知识综合练习试卷 (一)	(95)
知识综合练习试卷 (一) 答案	(98)
知识综合练习试卷 (二)	(100)
知识综合练习试卷 (二) 答案	(103)
一体化考核模拟试卷 (一)	(105)
一体化考核模拟试卷 (二)	(107)

第一单元 快速模具与快速成形基础

第一节 概 述

制造业的生产离不开模具，尤其是铸造、锻压、注塑等工艺所需的模具。试制原型件常常需要模具，产品的生产更需要模具。而模具的设计、制作时间与成本往往是整个产品开发时间与成本的主要部分，一副大型、复杂的模具的设计、制作周期一般需要6个月以上的时间以及几十万至几百万元以上的费用，一副小型、中等复杂的模具的开发一般也需3个月以上的时间以及几万元至几十万元以上的费用。根据美国汽车制造业统计，其平均67%以上的投资与模具有关。可见模具的设计与生产是制约新产品开发与生产的瓶颈，要缩短新产品的设计与生产周期，降低生产成本，必须首先缩短模具的设计与生产周期，降低模具的成本，使模具更结实、耐用。

按照模具的应用领域不同，常用传统模具可分为以下几种：

一、铸造模具

常用的铸造模具如图1—1所示，其中包括木模与砂型、压型与蜡模、压铸模等几种。

二、锻压模具

常用的锻压模具如图1—2所示，其中包括锻模及冲模（冲裁模、拉深模、压弯模）等。

三、塑料成形模具

常用的塑料成形模具如图1—3所示，其中包括注射成形模、真空成形模、中空成形

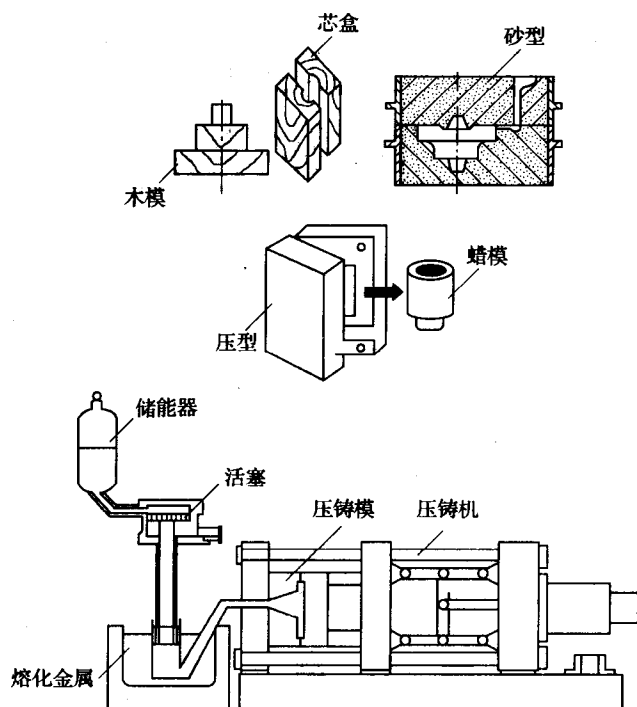


图 1—1 常用的铸造模具

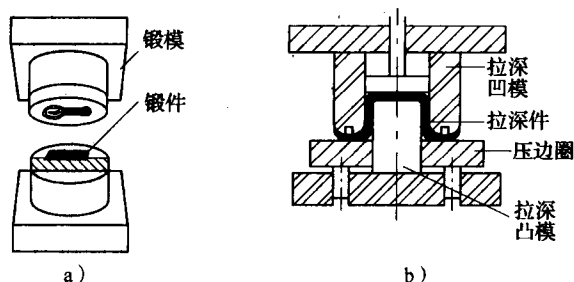


图 1—2 常用的锻压模具

a) 锻模 b) 冲模 (拉深模)

模等。

上述传统模具的共同点是：

第一，模具的原材料为金属、木或砂。

第二，模具加工的方法为传统的机械加工（车削、铣削、刨削、钻削、磨削、镗削与电火花加工等）。

第三，模具的结构较复杂，除了模具的核心——成形零部件之外，一般还有模架和一些附加装置，设计、制造与使用都较麻烦。

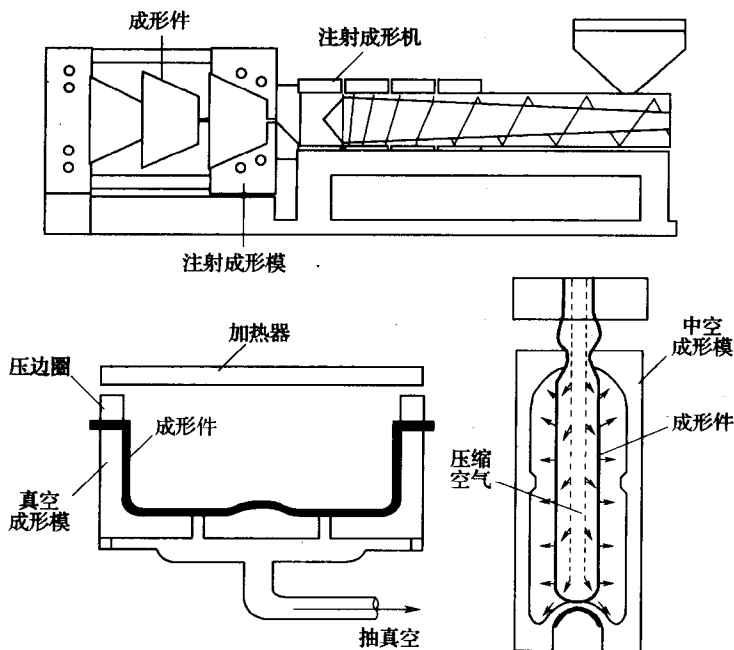


图 1—3 常用的塑料成形模具

第四，模具上常常有一些复杂的特征与自由曲面，精度与表面质量要求比较高，所以设计与制造周期较长，成本较高。

第五，柔性较差，一旦设计有所改变，原有模具很难修改，几乎不得不重新制作。

应该指出的是，由于计算机数控（CNC）机床、加工中心、柔性制造系统以及高速切削等先进技术的发展，能使模具的加工周期缩短，但是至今为止，每道工序的工艺并无重大改变，仍然存在调整时间长、难以自动生成复杂刀具轨迹、成本高等问题。当产品的生产批量较小时，模具的制作工时与成本分摊在每件产品上的数额就更大，上述问题就更为突出。所以，必须寻求快速制造模具的新方法。经过近十几年的努力，出现了 RP&M 新技术。

RP&M 是现代先进制造中的一项支柱技术，全称为“Rapid Prototyping & Manufacturing”（快速成形与快速制造，简称 RP&RM 或 RP&M）。其中，“Rapid Prototyping”（快速成形，简称 RP）指的是一种新工艺，它能根据工件的 CAD 三维模型快速制作工件的实体原型，而无须任何附加的传统工具、模具或机械加工机床；“Rapid Manufacturing”（快速制造，简称 RM）主要指的是“Rapid Tooling”（快速模具制造，简称 RT）——用快速成形件及相应的后续工艺来快速制作模具。快速模具完全不同于传统模具，在制造业获得了越来越广泛的应用。

快速模具制造 (RT) 与快速成形 (RP) 有密切的联系。RT 技术的出现在很大程度上取决于 RP 技术与新材料的发展, 采用 RT 技术能直接或间接制作模具, 而 RT 技术又能促进和扩大 RP 技术的推广及应用。

第二节 快速模具及其分类

快速模具是用快速成形件 (或现有的工件) 做母模而制作出的一种模具, 按照它所能成形的工件数量 (即使用寿命) 不同, 快速模具可分为: 试制用模 (软模)、正式批量生产模以及介于两者之间的过渡模。

一、快速软模

软模 (soft tooling) 是一种试制用模具, 快速软模的分类如图 1—4 所示。

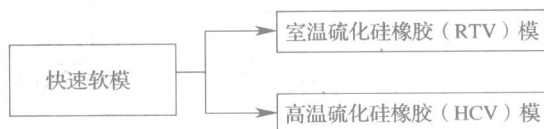


图 1—4 快速软模的分类

1. 室温硫化硅橡胶 (RTV) 模

室温硫化硅橡胶模及其成形件如图 1—5 所示, 这种模具可用于浇注反应塑料件, 使用寿命为 10~20 件左右 (具体使用寿命取决于工件形状的复杂程度)。

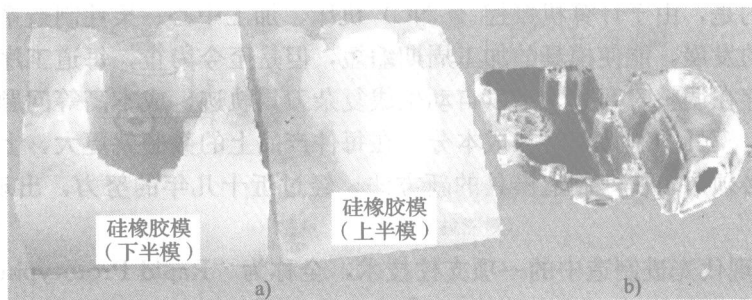


图 1—5 室温硫化硅橡胶模及其成形件

a) 室温硫化硅橡胶模 b) 反应成形塑料件

2. 高温硫化硅橡胶 (HCV) 模

高温硫化硅橡胶模的使用寿命可达 200 件。本书将在后续单元中详细介绍室温硫化硅橡胶模。

二、快速过渡模

过渡模 (bridge tooling) 能在试制用软模与正式批量生产模之间起过渡作用, 使用寿命可达几百件, 快速过渡模的分类如图 1—6 所示, 其中最常见的是铝填充环氧树脂 (Composite Aluminum-Filled Epoxy, 简称 CAFÉ) 模, 它是利用快速成形的母模在室温



图 1—6 快速过渡模的分类

下浇注铝填充的环氧树脂而构成的模具, 铝填充环氧树脂模及其热注射成形件如图 1—7 所示, 这种铝填充的环氧树脂由铝粉、黏结剂 (环氧树脂) 与固化剂组成。铝填充环氧树脂模可用于浇注反应成形塑料件, 也可用做注射成形机的注射成形模。

三、快速批量生产模

快速批量生产模用于大批量生产, 其分类如图 1—8 所示, 其中最有代表性的是具有共形冷却道的镍壳—铜层—背衬模, 即 ExpressTool 模 (见图 1—9), 它先在母模表面电铸镍壳, 然后设置共形冷却道,

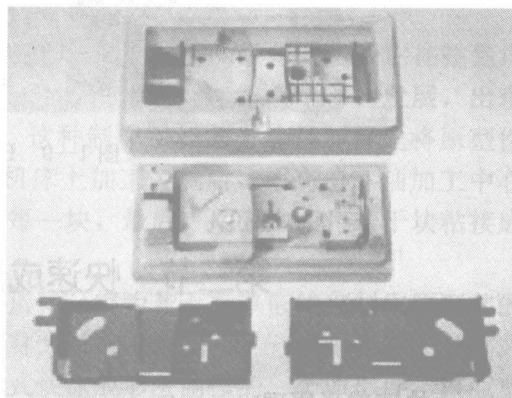


图 1—7 铝填充环氧树脂模及其热注射成形件

再电镀铜层, 并浇注背衬而构成。这种模具的导热性比传统钢质注射成形模好, 可用于大批量生产塑料件。

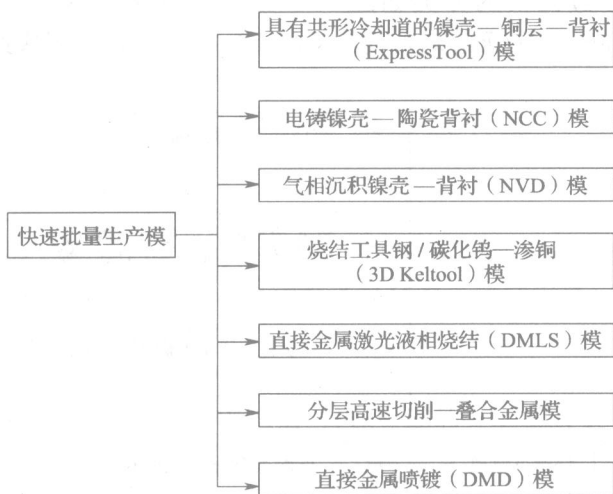


图 1—8 快速批量生产模的分类

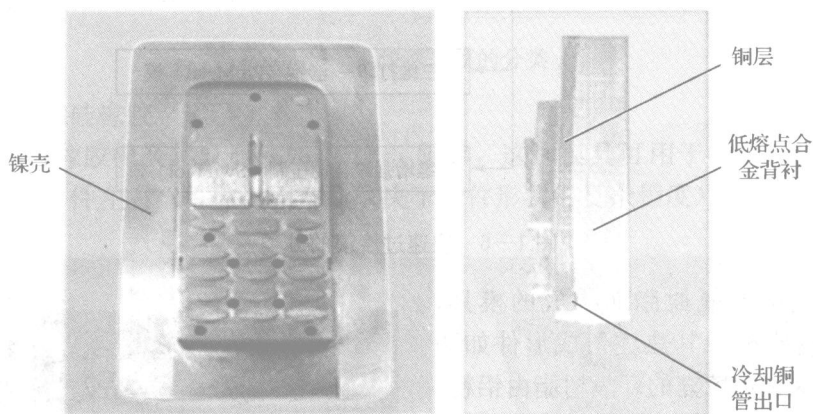


图 1—9 ExpressTool 模

第三节 快速成形原理及其全过程

一、快速成形原理

1. 加式快速成形原理

20 世纪 80 年代末出现了一种先进的制造技术, 它有不同的英文名称, 如 Rapid Prototyping, Freeform Manufacturing, Additive Fabrication 等, 常称为快速成形 (RP)。由于此后又出现了减式快速成形, 因此, 又将 RP 称为加式快速成形 (ARP)。快速成形将计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、计算机数字控制 (CNC)、激光、精密伺服驱动等先进技术和新材料集于一体, 实现三维→二维→三维的转换 (见图 1—10), 其具体过程是: 依据计算机上构成的工件三维设计模型 (见图 1—10a), 利用切片软件对其进行分层切片 (见图 1—10b), 得到各层截面的二维轮廓图, 并按照这些轮廓图进行分层自由成形 (见图 1—10c), 构成各个截面轮廓, 逐步顺序叠加成三维工件实体 (见图 1—10d)。

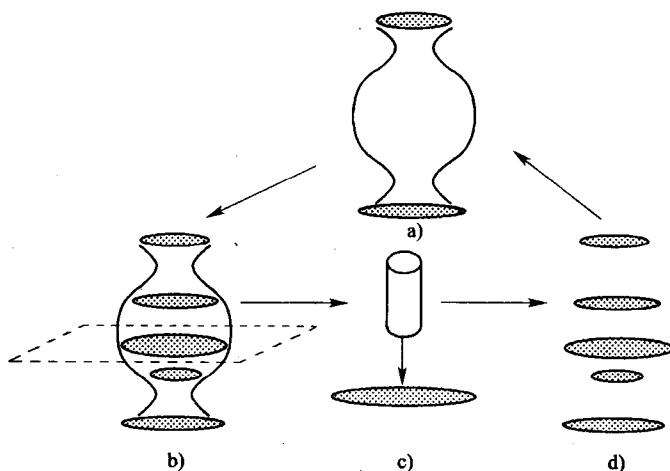


图 1—10 三维→二维→三维的转换

a) 三维设计模型 b) 分层切片 c) 分层自由成形 d) 叠加成三维工件实体

2. 减式快速成形原理

早期产品的原型件 (即样品) 采用纯手工制作, 因此称之为手板, 由于它往往是产品的首件样品, 所以又称为首板。近年来, 随着 CNC 机床和高速铣削技术的发展, 出现了采用减式快速成形 (SRP) 的 CNC 手板模型。这种制作手板的方法是: 首先将原型件的图形分解为若干块, 使每块都能在三轴 CNC 机床上加工, 然后, 用高速三轴加工中心切削 ABS 塑料板 (或铝合金板), 成形原型件的每一块, 最后, 用强力胶将若干块粘接成整个原型件。

上述方法采用了按加式快速成形法将复杂形体分解为若干简单形体来制作原型件的思路, 但又沿用切削加工 (减法) 的手段, 因此称为减式快速成形。

如图 1—11 所示的减式快速成形件是用减式快速成形法制作的一个原型件, 该原型件被分成 4 块, 分别用高速三轴加工中心铣出, 然后, 彼此用榫头定位, 再用强力胶粘接成一个整体。

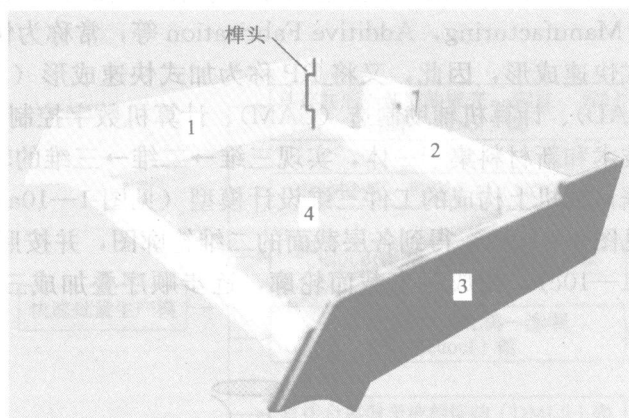


图 1—11 减式快速成形件

3. 加式快速成形与减式快速成形的优缺点

加式快速成形彻底摆脱了传统的“去除”成形法(去除工件毛坯上的多余材料而得到工件),采用全新的“添加”成形法——用一层层的小薄片逐步叠加成大工件,将复杂的三维成形分解成简单二维成形的组合,因此,它不必采用传统的机械加工机床、工具和模具,只需传统加工方法 30%~50% 的工时和 20%~35% 的成本,就能直接制造产品样品或模具。

加式快速成形最适于制作复杂件和人体器官模型,而且,形状越复杂,其优越性越突出。但是,由于分层制造不可避免地会带来台阶效应,以及成形过程中因材料的化学反应、热应力、不均匀收缩等造成的翘曲变形,会使成形件的精度和表面品质不如切削加工。

减式快速成形将较复杂的工件分解为若干个简单件成形,又采用高速铣削加工,因此,可以不用三轴以上的昂贵的 CNC 机床,就能得到精度与表面品质比加式快速成形好的工件,因此是加式快速成形的一个有力补充。但是,拆分有一定的局限性,并非所有复杂的工件都可以拆分成可用三轴 CNC 机床加工的简单工件,像人体器官这样复杂的模型根本无法拆分,只有用加式快速成形法制作。

因此,对于形状复杂的工件,适于用加式快速成形法制作;而形状不太复杂且精度要求较高的工件,适于用减式快速成形法制作。

二、加式快速成形的全过程

加式快速成形的全过程(见图 1—12)可以归纳为以下 3 个步骤:

1. 前处理

前处理包括工件的三维计算机模型文件的建立、三维模型文件的近似处理和切片。

快速成形机只能接受计算机构造的工件的三维模型,然后才能进行切片处理。建立三

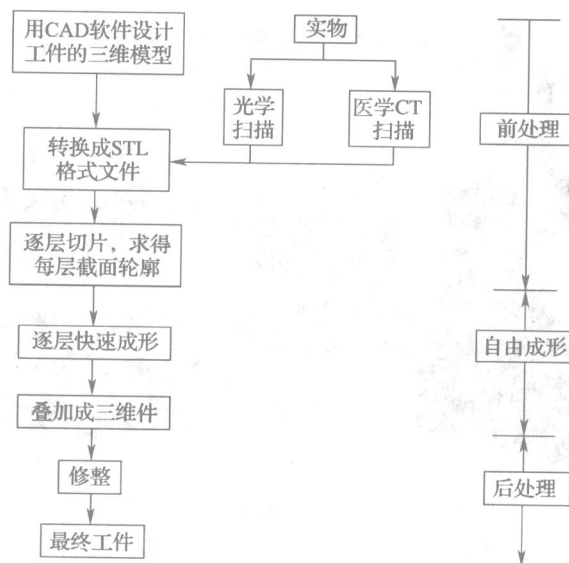


图 1—12 加式快速成形的全过程

维计算机模型（见图 1—13）有以下 3 种方法：

（1）在计算机上用三维 CAD 软件，如 UG，Pro/Engineer 和 SolidWorks 等，根据工件的要求设计三维模型，或将已有工件的二维三视图转换成三维模型，用 CAD 软件设计的三维模型如图 1—13a 所示。

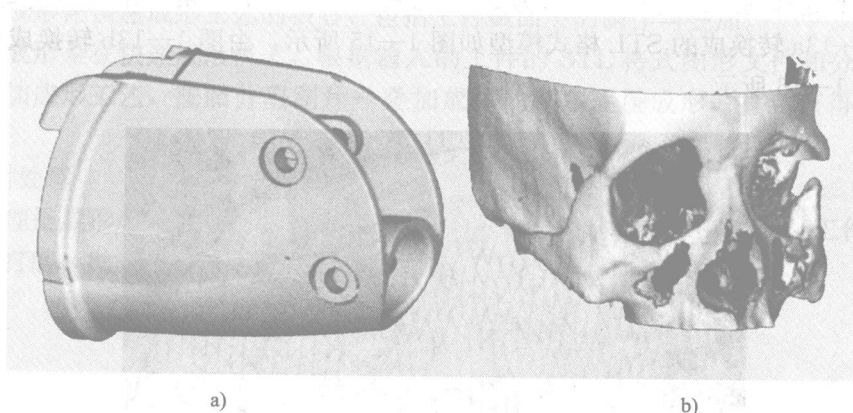


图 1—13 三维计算机模型

a) 用 CAD 软件设计的三维模型 b) 由 CT 扫描数据转换而成的三维模型

（2）通过逆向工程建立三维模型（见图 1—14），即用光学扫描机对已有工件进行扫描，通过数据重建软件（如 Geomagic Studio，ReSoft 等）和三维 CAD 软件得到工件的三维模型。