



Pro/ENGINEER

塑料产品设计

骏毅科技 关兴举 杜智敏 何华妹 吴柳机 编著

本书特色

一线工程师多年经验结晶

以具有代表性的产品为例

从实际生产的角度出发

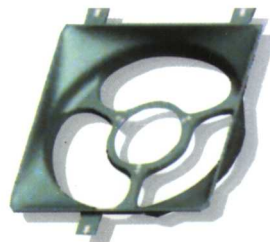
直观的多媒体教学课件

读者对象

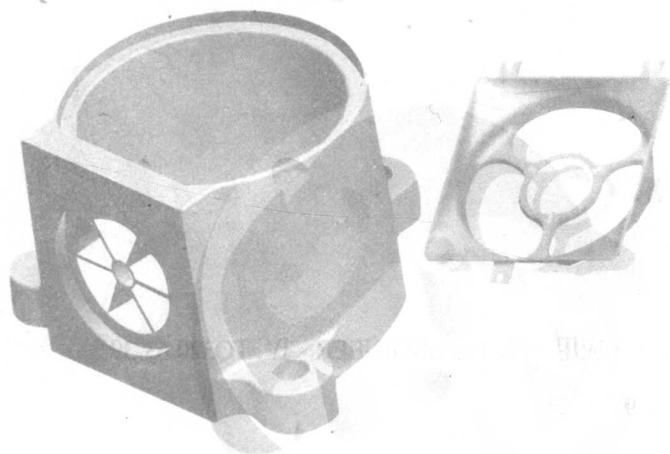
塑料产品设计制造人员

相关培训学校师生

高等院校相关专业师生



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



Pro/ENGINEER

塑料产品设计

骏毅科技 关兴举 杜智敏 何华妹 吴柳机 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro / ENGINEER 塑料产品设计 / 骏毅科技编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2006.1

ISBN 7-115-14246-7

I. P... II. 骏... III. 塑料制品—计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER IV. TQ320.63-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 154819 号

内 容 提 要

本书采用从实际出发、理论与实践相结合的写作方式, 以生活中常见的塑料产品作为应用实例, 详细地介绍了使用 Pro/ENGINEER 进行各种典型零件设计的过程。全书共分 5 章, 第 1 章主要介绍塑料产品设计的工艺要求及逆向工程建模技巧; 第 2 章主要介绍初级塑料产品设计, 使读者初步了解塑料产品的设计思路和设计方法; 第 3 章主要介绍中级塑料产品设计, 使读者全面理解使用曲面与实体功能进行建模的思路和准则; 第 4 章介绍高级塑料产品设计, 进一步提高读者的设计能力; 第 5 章主要介绍塑料产品工程图设计, 使读者掌握工程图的设计理念。

另外, 为了方便读者学习, 本书还配有两张光盘, 光盘中收录了书中实例的多媒体动态演示和素材。

本书适合于从事塑料产品生产制造的人员和工程设计人员阅读, 也可作为各类相关专业培训学校的教材及中专、高职高专、大专院校等相关专业师生的参考书。

Pro/ENGINEER 塑料产品设计

- ◆ 编 著 骏毅科技 关兴举 杜智敏 何华妹 吴柳机
责任编辑 黄汉兵
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19
字数: 468 千字 2006 年 1 月第 1 版
印数: 1—6 000 册 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14246-7/TP · 5121

定价: 42.00 元 (附 2 张光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

前言

★ Pro/ENGINEER 简介

Pro/ENGINEER 是美国 PTC 公司 (Parametric Technology Corporation——参数技术公司) 开发的大型 CAD/CAM/CAE 集成软件, 其中 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 (简称为 Pro/E 2.0) 是 Pro/ENGINEER 的最新版本, 是全方位的三维产品开发软件。该软件集产品设计、装配、加工、钣金设计等功能于一体, 其模块众多、内容丰富、功能强大, 已广泛应用于电子、航空、汽车、家电和玩具等行业。

★ 市场上的 Pro/ENGINEER 图书

市场上现有的使用 Pro/ENGINEER 软件进行产品造型和模具设计的图书很多, 但大部分图书只是停留在介绍软件功能的阶段, 不能结合人性化的学习思维, 而且大部分图书未能全面地讲解使用 Pro/ENGINEER 进行塑料产品设计和塑料模具设计的基本流程, 对实际生产中的一些技巧和要点也没有明确提出, 特别是对 EMX 模具库的介绍很不完整, 在编写过程中出现许多应用盲点, 使读者很难将所学的知识应用于实际生产当中。

★ 本书特点

根据 Pro/ENGINEER 软件的特点和目前市场上的需要, 结合作者的实际工作经验, 从易于上手、快速掌握和实际应用的角度出发, 编写了关于 Pro/ENGINEER 的一套丛书, 该丛书分为《Pro/ENGINEER 塑料产品设计》和《Pro/ENGINEER 塑料模具设计》两本, 本书是其中的一本。作者编写本套丛书的目的, 就是为了使读者在学习完本套丛书后, 能够快速地将所学的知识应用于实际工作当中, 提高读者独立进行塑料产品设计和塑料模具设计的能力。

本书以实例的方式对使用 Pro/ENGINEER 进行塑料产品设计的要点、难点以及设计过程进行讲解, 并摒弃了一般图书用冗长文字表达操作过程的方式, 而以图文相结合的形式完成对操作过程的介绍, 使读者易学易懂。本书实例均为日常生活中常见的以及工厂生产的产品。

★ 读者对象

本书适合于从事塑料产品生产制造的人员和工程设计人员阅读, 也可作为各类相关专业培训学校的教材及中专、高职高专、大专院校等相关专业师生的参考书。

本书由杜智敏、何华妹和吴柳机编著, 李杰强等骏毅科技成员也为本书的编写付出了辛勤的劳动, 在此表示感谢。由于时间仓促, 书中难免会有疏漏, 希望广大读者批评指正。

感谢您选择了本书, 如果您有什么意见和建议, 欢迎登录我们的网站或发电子邮件。

骏毅科技网站 <http://www.cadcam mould.com>

E-mail: jycadcam mold@163.com

读者服务网站 <http://www.totop.com.cn>

骏毅科技

2005 年 12 月 10 日

光盘使用说明

为了方便读者学习，本书还配有两张光盘，光盘中含有多媒体动态演示、实例素材、解码器和播放器等内容。读者在观看多媒体动态演示之前，首先要安装光盘中“解码器”目录下的解码器“Divx”和“TSCC”，两者缺一不可。“Divx”的安装方法是用鼠标右键单击文件，选择“安装”；“TSCC”的安装方法是双击 TSCC.EXE 程序。在观看时，推荐使用光盘中“播放器”目录下的“Camplay”播放器进行播放。

目 录

第1章 塑料产品设计基础知识	1
1.1 塑料产品设计工艺要求	2
1.1.1 尺寸精度与表面粗糙度	2
1.1.2 脱模斜度	2
1.1.3 壁厚	3
1.1.4 加强筋	3
1.1.5 圆角	4
1.1.6 孔	4
1.1.7 其他工艺要求	5
1.2 产品外观色彩设计的要求	5
1.3 逆向工程建模技巧	6
第2章 塑料产品初级设计实例	9
2.1 箱体零件设计	10
2.1.1 箱体零件设计剖析	10
2.1.2 箱体零件设计演练	11
2.2 开关外壳设计	21
2.2.1 开关外壳设计剖析	21
2.2.2 开关外壳设计演练	23
2.3 沐浴液瓶喷嘴设计	35
2.3.1 沐浴液瓶喷嘴设计剖析	35
2.3.2 沐浴液瓶喷嘴设计演练	38
2.4 手机前壳设计	47
2.4.1 手机前壳设计剖析	47
2.4.2 手机前壳设计演练	49
第3章 塑料产品中级设计实例	73
3.1 按摩器面盖设计	74
3.1.1 按摩器面盖设计剖析	74
3.1.2 按摩器面盖设计演练	76
3.2 饮水机前壳设计	93
3.2.1 饮水机前壳设计剖析	94
3.2.2 饮水机前壳设计演练	95
3.3 饮水机后壳设计	107
3.3.1 饮水机后壳设计剖析	108
3.3.2 饮水机后壳设计演练	109
3.4 打印机支架设计	123

3.4.1	打印机支架设计剖析	123
3.4.2	打印机支架设计演练	127
3.5	打印机前壳设计	144
3.5.1	打印机前壳设计剖析	145
3.5.2	打印机前壳设计演练	146
第4章	塑料产品高级设计实例	169
4.1	手柄设计	170
4.1.1	手柄设计剖析	170
4.1.2	手柄设计演练	171
4.2	抽风机外壳设计	181
4.2.1	抽风机外壳设计剖析	181
4.2.2	抽风机外壳设计演练	184
4.3	汽车仪表板设计	198
4.3.1	汽车仪表板设计剖析	199
4.3.2	汽车仪表板设计演练	200
4.4	榨汁机内支架设计	222
4.4.1	榨汁机内支架设计剖析	222
4.4.2	榨汁机内支架设计演练	224
第5章	塑料产品工程图设计实例	261
5.1	箱体零件工程图设计	263
5.1.1	箱体零件工程图设计剖析	263
5.1.2	箱体零件工程图设计演练	264
5.2	开关外壳工程图设计	276
5.2.1	开关外壳工程图设计剖析	276
5.2.2	开关外壳工程图设计演练	278
5.3	饮水机前壳工程图设计	287
5.3.1	饮水机前壳工程图设计剖析	287
5.3.2	饮水机前壳工程图设计演练	290

第 1 章 塑料产品设计基础知识

主要内容

- ◆ 塑料产品工艺要求
- ◆ 产品外观色彩设计的要求
- ◆ 逆向工程建模技巧

1.1 塑料产品生产工艺要求

塑料产品的质量不仅与模具结构和成型工艺参数有很大的关系，而且还取决于塑料产品本身的结构设计是否符合工艺要求。设计塑料产品的基本原则如下所述。

(1) 在保证性能（如机械强度、电性能、耐化学腐蚀、形状稳定、耐温、吸水性等）的前提下，塑料产品的结构要力求简单，壁厚要均匀，要易于使用。

(2) 设计制品时应合理考虑结构，以便于模具制造和成型工艺的实施，用最简单的工序和设备来完成制品成型过程。

(3) 日常生活制品和儿童玩具等外表要求美观的制品，则应与美工人员共同研究，设计出两全其美的制品。

(4) 高效率、低消耗，尽量减少制品成型前后的辅助工作量，并避免成型后的机械加工。

进行塑料产品设计时需要注意以下一些事项。

1.1.1 尺寸精度与表面粗糙度

一、尺寸精度

制品的尺寸精度主要是满足使用要求及安装要求，同时要考虑模具的加工制造、设备的性能，还要考虑塑料的流动性。

二、表面粗糙度

制品的表面粗糙度由模具表面的粗糙度决定，因此要对模具表面进行研磨抛光，透明制品要求模具型腔与型心的表面光洁度要一致，一般选择 $Ra < 0.2 \mu m$ 。

如果制品在尺寸上无公差要求，一般采用标准中的 IT8 级，对孔类尺寸可以标注正公差，而对轴类尺寸可以标注负公差。中心距尺寸可以标注正负公差，配合部分尺寸要高于非配合部分尺寸。



设计产品时在满足塑件使用条件的前提下，尺寸不能太大，产品精度应尽可能低，表面粗糙度也要尽可能低，从而降低模具制造成本及要求。

1.1.2 脱模斜度

由于塑料冷却后会发生收缩，使塑件包住模具型心或型腔中的凸出部分。为了便于脱模，并防止塑件表面在脱模时被拉伤或擦毛，因此在设计塑件时一定要有足够的脱模斜度。

脱模斜度是随着塑件的形状、成型材料的种类、模具结构、模具的表面粗糙度和成型零件加工纹向等的变化而变化的。一般产品的脱模斜度取 $1^\circ \sim 1^\circ 30'$ ，但脱模斜度往往要按实际需要或在塑件的尺寸精度范围内选取，如对塑件没有妨碍，脱模斜度在许可范围内可取得大些。图 1-1 所示为制品的脱模斜度。

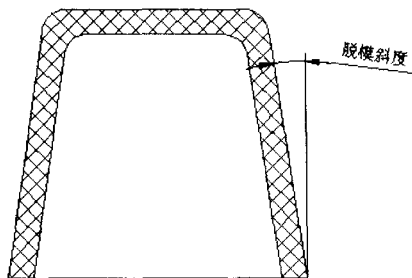


图 1-1 脱模斜度

1.1.3 壁厚

根据使用要求（强度和刚度）、制品结构特点及模具成型工艺要求来确定塑件壁厚的大小。塑件壁厚太大，将会延长冷却时间或硬化时间，降低生产率，而且容易产生气泡、缩孔和凹陷等缺陷。塑件壁厚过小，则熔融塑料在模具型腔中的流动阻力就会增大，又因壁厚过薄而导致塑件强度降低。所以在保证塑件壁厚合理的前提下，还要使壁厚均匀一致，否则在成型冷却过程中会造成收缩不均，产生气泡、缩孔、凹陷和翘曲等缺陷，同时在塑件内部会存在较大的内应力，从而影响塑件的外观和内在质量。当然，在实际设计中，要求壁厚完成均匀一致是不大可能的，因而要避免在厚壁与薄壁交界处出现锐角，过渡要缓和，厚度应沿着塑料流动的方向逐渐减小。图 1-2 所示为合理与不合理的壁厚设计。

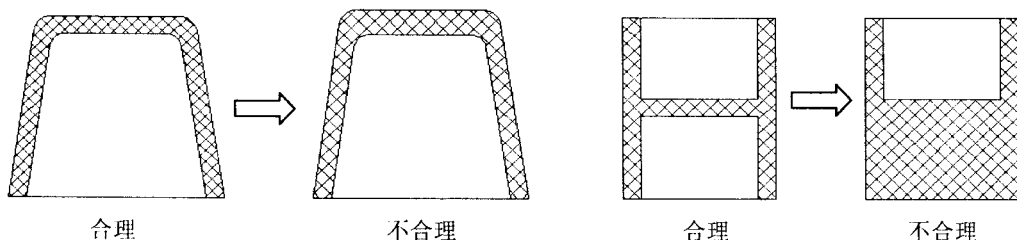


图 1-2 合理与不合理的壁厚设计

1.1.4 加强筋

为了确保塑料产品的强度和刚性，又不致于使塑件的壁增厚，可在塑件的适当部位设置加强筋，这样不仅可以避免塑件变形，在某些情况下还可以改善塑件成型中的塑料流动情况。

当加强筋厚度与壁厚相等时，加强筋的根圆面积将增加 50%，导致底部产生缩孔现象，如图 1-3（左）所示。当加强筋的厚度为壁厚的一半时，加强筋根圆面积约增加 20%，不产生缩孔现象，如图 1-3（右）所示。为了增加塑件的强度和刚性，宁可增加加强筋的数量，也不要增加其壁厚，但应注意加强筋之间的间距应取壁厚的 2 倍以上，如果条件不允许，加强筋的厚度也不能大于壁厚的 50%~80%。

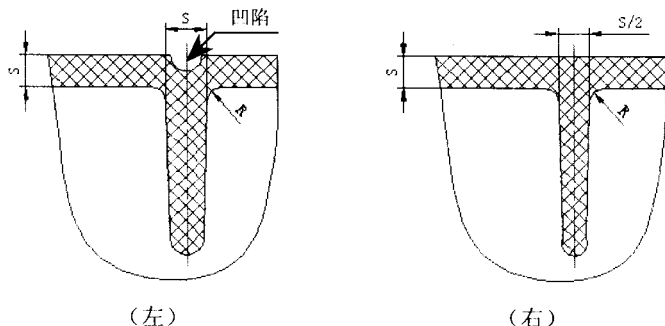


图 1-3 加强筋与凹陷的关系

对于空心塑件来说，加强筋的端面不应与塑件的支承面齐平，而至少应比支承面低 0.5mm，如图 1-4 所示。

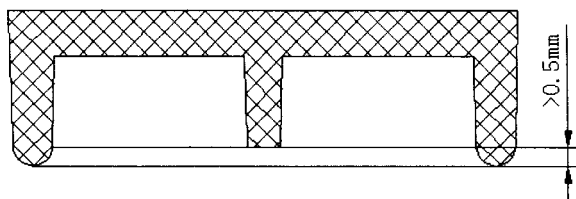


图 1-4 加强筋与塑件支承面

1.1.5 圆角

塑件除使用上一定要求有尖角及因模具结构关系而不能有圆角外，其余结合面都要求以圆角过渡，这样可以避免因尖角而使应力集中，造成产品转角处破裂和变形，并有利于塑料的流动及塑件的顶出，同时还可以改善塑件的外观，增加模具的强度及寿命。在塑件尖角处增加半径为 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ 的圆角，就能大大提高塑件的强度。图 1-5 所示为合理与不合理的圆角设计。

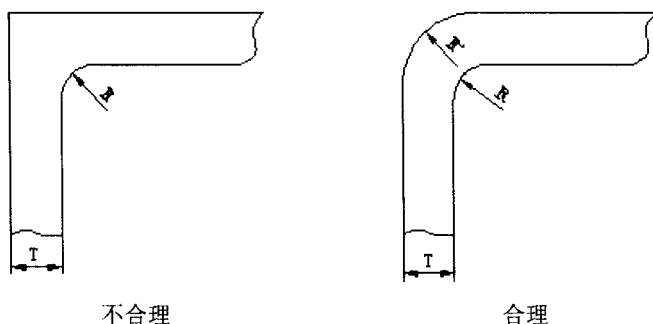


图 1-5 合理与不合理的圆角设计

1.1.6 孔

塑件上一般都有孔，孔的周边易产生熔接痕，会降低塑件的强度，因此在塑件上设计孔时应遵循以下两个原则。

- 孔与孔之间的距离一般应为孔径的两倍以上，如图 1-6 所示。
- 孔与塑件边缘之间的距离一般应为孔径的 3 倍以上，如图 1-7 所示。如果受塑件设计的限制或只是作为固定孔，则可在孔的边缘上设计凸台，如图 1-8 所示。

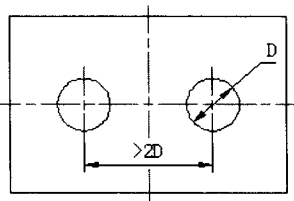


图 1-6 孔与孔之间的距离

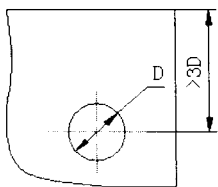


图 1-7 孔与塑件边缘之间的距离

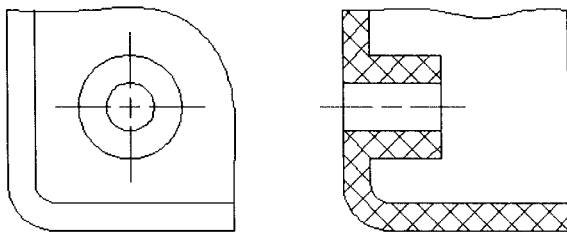


图 1-8 在孔的边缘上设计凸台

1.1.7 其他工艺要求

一、支承面

如果用塑料的整个底平面作为支承面的话,塑料是不可能与水平面完全接触的,因为模具制造中理想的平面是很难做出来的,即使模具的型腔平面制造得很理想,但由于塑料的收缩,塑件底平面也不可能每点都在一个水平面上,因此,就要设计凸边或凸台作为塑件的支承面。图 1-9 所示为支承面的两种形式。

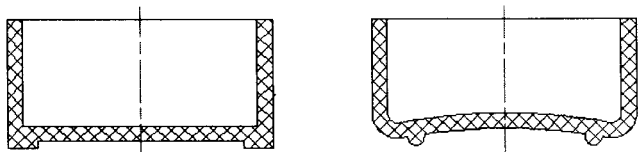


图 1-9 支承面的形式

二、嵌件

为了增加塑料产品整体或某一部位的强度、刚度、耐磨性、导电性、导磁性和装饰性等条件,常在塑件体内设置金属嵌件,使其满足使用要求,但原则上是尽量不采用嵌件。图 1-10 所示为嵌件的两种形式。

三、凸凹纹、标记及符号

塑料瓶盖、手柄或旋钮等塑件常在外缘设有凸凹纹以增加摩擦,用于装饰或便于握持。

塑件上的标记和符号可以在注射成型时直接成型,而在设计塑件时应尽量避免成凹字,在型腔内雕刻凸字比较困难,即使雕出来,凸字周围的表面粗糙度也很难保证。图 1-11 所示为塑件上的标记。

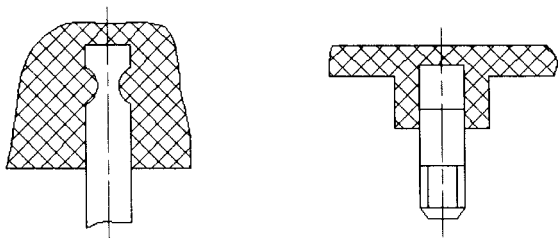


图 1-10 嵌件形式

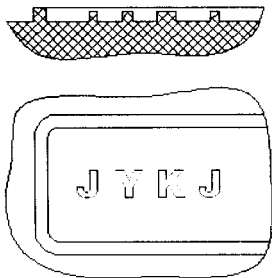


图 1-11 塑件上的标记

1.2 产品外观色彩设计的要求

产品的外观就是产品的整体外形,成功的产品外观设计其色彩的表现占据着重要的地位,因此必须从美学的角度对产品外观色彩进行设计。

一、产品外观配色的基本原则

(1) 总体色调的选择

色调是指色彩配置的总倾向和总效果。任何产品的配色均有主色调和辅助色调,使产品的色彩既统一,又富于变化。工业产品的主色调以 1 至 2 色为佳,当主色调确定之后,其他

的辅助色应与主色调相协调, 形成一个统一的整体色调。色调的选择应满足下列要求。

- 满足产品功能的要求: 在选择产品色调时, 首先考虑满足产品功能要求, 使色调与功能统一, 以利于产品功能的发挥。比如军用车辆采用草绿色或迷彩色, 水管接头采用冷色, 消防车采用红色等。

- 满足人机协调的要求: 产品的色调应该能够令人感到舒适、安全、愉快, 能够满足人们的精神要求。

- 适应时代对色彩的要求: 不同的时代, 审美标准不同, 因此必须预测人们在不同时代对某种色彩的偏爱和倾向, 以适应时代的要求。

(2) 重点部位的配色

当主色调确定之后, 为了强调某一重要部位或克服色彩贫乏单调, 可对某种色彩进行重点配色, 其原则是:

- 选用比其他色调更强烈的色彩;
- 选用与主色调相对比的调和色;
- 应用在较小的面积上;
- 应考虑整体色彩的视觉平衡效果。

(3) 配色的易见度

当背景色与图形色相配置, 或产品色与环境相配置时, 对图形或产品的认识程度取决于两者之间的明度对比。明度差异越大, 越容易辨认, 反之则越难。

二、产品外观色彩设计的一般原则

产品按其用途主要分为机械生产设备、交通运输设备和文化生活用品等 3 种类型。

(1) 机械生产设备色彩设计

机械和工具是由人操作使用的, 对它们的色彩设计应当要适应人的各种活动和审美要求, 要有利于提高工作效率, 保障安全生产。

(2) 交通运输设备色彩设计

交通运输设备具有位移动态, 因此其色彩设计首先要考虑到安全性和功能性, 而且内、外部应在用色上进行区分, 以适应司机、乘客对环境的不同需要。

(3) 文化生活用品色彩设计

文化生活用品是人们日常生活中必不可少的物品, 其色彩首先要符合用色的时代性, 适应人们对某些色彩的偏好, 现代社会的人尤其偏爱一些明度较高、纯色较低、色相多样化的色彩。

1.3 逆向工程建模技巧

在计算机技术飞速发展的今天, 三维几何造型技术已被广泛应用于产品及工具模具的设计、方案评审、自动化加工及管理维护等领域。设计者从上游厂商接收的技术资料可能是各种数据类型的三维模型。但是由于各种原因, 设计者所面对的可能并非 CAD 的模型, 而是实物样件, 有时甚至可能连一张可以参考的图纸也不存在, 这就为后续工作中采用先进的设计手段和先进的制造技术带来了很大的障碍。设计者必须通过各种测量手段及三维几何建模方法, 将原有实物(产品原型或油泥模型)转化为计算机上的三维数字模型, 如图 1-12 所示。在 CAID 与 CAD 领域, 这就是所谓的逆向工程 (Reverse Engineering), 简称为 RE。

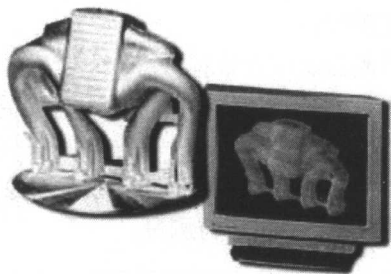


图 1-12 将实物转化为三维数字模型

逆向工程的一般过程是，先在三维抄数机中以点坐标的形式将实物中的所有主要结构点抄录下来，接着将抄录下来的点坐标转换到相关设计软件中，进行线架的建构，然后在线架构上进行曲面或实体的建构，最后成型为一个完整的制品形状，其基本流程如图 1-13 所示。

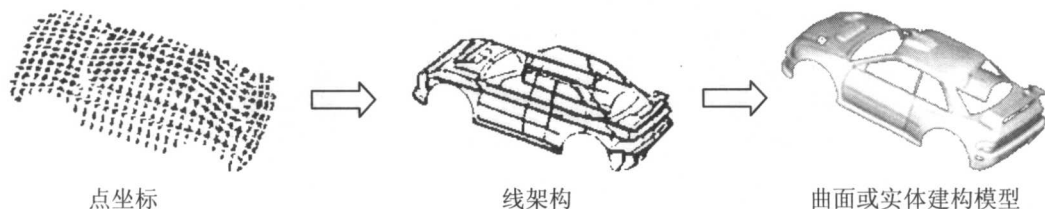


图 1-13 逆向工程基本流程

逆向工程的工作可能比正向设计工作更具有挑战性，因为如果想做出一个完美的产品，首先必须尽量理解原有模型的设计思想，在此基础上还要修复或克服原有模型存在的缺陷。从某种意义上看，逆向工程也是一个重新设计的过程。在进行逆向工程前，应该仔细考虑以下几个要点。

一、模型类型

自由曲面模型包括汽车和摩托车的外覆盖件、其他冲压件及玩具等，初等解析曲面包括平面、圆柱面、圆锥面等。模型类型直接关系到建模时所选用的模块或软件，对于自由曲面件来说，必须采用具有方便调整曲线和曲面的模块，而对于初等解析曲面件来说，则没必要因为有测量数据而用自由曲面去拟合一张显然是平面或圆柱面的曲面。

二、模型品质

模型品质可以分为以下 3 类：

- A 级曲面，如汽车、摩托车的外覆盖件；
- B 级曲面，如汽车的内饰件和大部分的塑料件；
- 其他要求更低的曲面。

模型品质也关系到对设计软件的选用，比如对于 A 级曲面来说，就要选用曲面调整方便且具有强大的曲面检测功能的软件，而且检测结果必须是动态的。当然，工程设计上没有百分之百的软件或功能，只要能达到模型设计要求就可以了。以汽车外表面的 A 级曲面为例，对于两个面片之间的连接误差来说，主要大面相切误差应为 0，曲率误差允许在 0.1 以内，而其他曲面相切误差允许在 10' 以内。

三、测量手段

测量手段主要有以下 3 种：

- 使用简单工具进行手工测量；
- 使用机械三坐标测量机测量有序点数据；
- 激光、数字成像的三坐标测量数据，即大批量、无序的点云数据。



如果需要精确地表达原始实物，可采用激光、数字成像的方式进行测量，若只需要测量主要线型，则可用机械测量机进行测量。

第 2 章 塑料产品初级设计实例

主要内容

- ◆ 箱体零件设计
- ◆ 开关外壳设计
- ◆ 沐浴液瓶喷嘴设计
- ◆ 手机前壳设计

2.1 箱体零件设计

首先学习箱体零件的设计，箱体零件如图 2-1 所示。

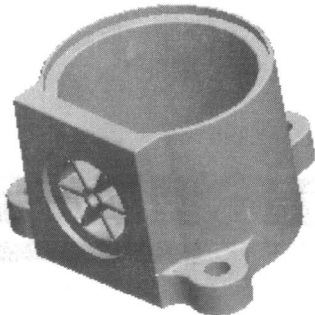


图 2-1 箱体零件

2.1.1 箱体零件设计剖析

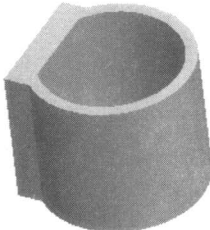
在对制品进行设计前，应该充分了解制品的用途、特性、设计参数及要求，然后确定制品的工艺条件。表 2-1 所示为箱体零件工艺表。

表 2-1 箱体零件工艺表

材 料	脱模斜度 (°)	尺寸精度	壁厚 (mm)	圆角 (mm)	收缩率 (%)
ABS	1	IT5	8	R0.5~R2	0.8

该制品的结构和设计流程都比较简单，在设计过程中采用了拉伸实体、拉伸切剪、旋转切剪、螺旋扫描、扫描混合等功能。本实例主要学习拉伸功能和旋转功能的应用，重点掌握螺纹和收尾结构的创建，以及插入模式的应用。表 2-2 所示为箱体零件的基本设计步骤。

表 2-2 箱体零件的基本设计步骤

步骤	应用的功能	说 明	完 成 结 果
1	【拉伸】 【实体】	通过拉伸、实体功能创建父特征	
2	【拉伸】 【切剪】	通过拉伸、切剪功能在父特征上移除材料	