



产品结构设计实务

林荣德 编著



國防工業出版社
National Defense Industry Press

产品结构设计的实务

林荣德 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

·北京·

著作权合同登记 图字：军-2010-124号

内 容 简 介

本书内容涵盖塑料模具、五金产品的基本结构设计、各式零件的后加工处理以及静电与电磁波干扰防护等。本书内容广泛，步骤条理清楚，循序渐进，由浅入深。本书适用对象为塑胶模具、五金产品基本结构、零件加工等相关业界的产品结构工程师，以及相关专业的高校师生。本书很适合自习以及进修之用。

图书在版编目 (CIP) 数据

产品结构设计实务 / 林荣德编著. — 北京 : 国防工业出版社, 2012.1

ISBN 978-7-118-07688-2

I. ①产… II. ①林… III. ①产品结构-结构设计
IV. ①TB472

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第248261号

本书中文简体字版由台湾全华图书股份有限公司独家授权，仅限于中国大陆地区出版发行，不含台湾、香港、澳门地区。

※

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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 15.25 字数 237千字

2012年1月第1版第1次印刷 印数 1—5000册 定价 36.00元

(本书如有印装错误，我社负责调换)

国防书店：(010) 88540777

发行邮购：(010) 88540776

发行传真：(010) 88540755

发行业务：(010) 88540717

序 言

产品结构设计的针对产品内部结构、机械部分的设计，是实现产品功能的关键，不但需要与产品的外观协调，而且必须考虑到模具制造、生产装配等各个方面，是设计精品的重要前提和有力保障，也是整个产品设计过程中最复杂的一个工作环节，在产品形成过程中，起着至关重要的作用。

作为一位产品结构设计师，既要构想一系列关联零件来实现其各项功能，又要考虑产品结构紧凑、外形美观；既要考虑产品安全耐用、性能优良，又要考虑易于制造、降低成本。在结构设计过程中，要对产品内部器件三维空间进行模拟，对产品结构合理性进行多次评估，并针对产品的特殊功能需求、模具寿命以及制造品质控制来实施设计。结构设计师应具有全方位和多目标的空间想象力，并具有跨领域的协调整合能力，根据各种要求与限制条件寻求对立中的统一。

一位刚从学校毕业的工科学生投入职场，倘若就职公司没有一套完整的专业在职训练，仅就学校所学的基本理论知识投入是很难有事半功倍的效果的。目前除了一些大型公司，对新进员工，偶尔会举办一些在职训练（非专业性）外，其余小型企业几乎乏善可陈。有鉴于此，本人仅就个人二十余年的设计经验，并收集一些相关资料加以汇整，让初学者对设计有必备的基本概念，也可充分补足一位产品机构工程师必备的基本专业知识。

最后非常感谢各位领导、同事以及全华图书公司编辑部的编辑，在本书出版期间分担工作上的辛劳，让此书得以顺利出版！

书中难免还会有错误和疏漏之处，敬请广大读者批评指正！

编著者

目录

第 1 章 塑料模具篇

1-1	产品设计前的准备工作.....	2
1-1-1	认识产品使用的基本材料及特性.....	2
1-1-2	注射成型的塑料材料后加工表面处理.....	3
1-1-3	涂装油漆种类.....	3
1-1-4	涂装及印刷的可靠性测试标准.....	4
1-1-5	可靠性测试条件.....	5
1-2	应用塑料材料产品设计重点	8
1-2-1	塑料模具的种类.....	10
1-2-2	模具排气孔的目的与设计.....	13
1-2-3	模具冷却管道的目的与设计.....	13
1-2-4	模具流道的种类及选定.....	14
1-2-5	什么是三极模?	15
1-2-6	主流道 (sprue) 弹出装置.....	15
1-3	热流道概述.....	15
1-3-1	热流道系统常用的种类.....	16
1-3-2	热流道模塑料换色要领.....	17
1-4	常用的模具加工设备及估价参考单价.....	18
1-4-1	模具加工设备参考价格.....	18

1-4-2	模具钢材的选用及参考价格.....	18
1-4-3	模架材料的选用.....	19
1-4-4	成型零件材料的选用.....	19
1-5	油缸的使用时机及其规格形式.....	19
1-6	模具内成型收缩率的计算.....	20
1-6-1	影响成型收缩率的条件.....	20
1-6-2	常用塑料的收缩率.....	21
1-7	特殊材料成型零件的应用.....	21
1-8	注射成型的问题与对策.....	23

第2章 五金冲模篇

2-1	五金冲模的种类.....	28
2-2	冲模设计原则.....	28
2-3	冲压模具基本构造图.....	28
2-4	以功能区分冲模的种类.....	29
2-4-1	冲裁模的特点.....	29
2-4-2	冲裁加工原理.....	30
2-4-3	冲裁凸模间隙计算.....	31
2-4-4	冲裁加工的限制.....	32
2-4-5	折弯件展开长度的计算.....	33
2-5	弯曲加工.....	34
2-6	成型加工.....	35
2-7	常见的不良成型现象.....	35
2-8	拉深加工(drawing process).....	36
2-9	级进模.....	38
2-9-1	级进模的优点与限制.....	38

第3章 基本结构设计

3-1	两件塑料件搭接固定方式.....	43
3-1-1	超声波融合.....	44
3-1-2	双面背胶粘合.....	44
3-1-3	热熔柱融合.....	45
3-1-4	局部卡勾固定.....	45
3-1-5	锁付螺钉固定.....	46
3-1-6	植(埋)入注射(moding).....	46
3-1-7	双色成型(double injection).....	46
3-2	滑动式推键的设计.....	47
3-2-1	外部组装方式.....	47
3-2-2	内部组装方式.....	49
3-3	直压式(push)按键的设计.....	49
3-3-1	悬臂式.....	49
3-3-2	弹簧式.....	51
3-4	结构性卡勾的设计.....	53
3-4-1	主壳卡勾的基本形式.....	53
3-4-2	滑动卡勾应用实例.....	56
3-5	转轴式电池盖设计.....	59
3-5-1	电池盖原生转轴.....	59
3-5-2	两件式金属棒转轴.....	61
3-6	定位功能及设计原则.....	62
3-7	止口的功能及设计原则.....	63
3-8	转轴式门盖的设计.....	64
3-8-1	原生转轴.....	64
3-8-2	金属棒转轴.....	64

+	3-9 门盖卡扣方式	65
	3-9-1 原生弹性卡扣.....	65
	3-9-2 门闩(latch)卡扣.....	65
+	3-10 弹簧式门盖的设计	68
+	3-11 电池室接触弹片的设计	70
	3-11-1 圆筒式碱性电池规格.....	70
	3-11-2 常见几种电池的简介.....	70
	3-11-3 接触弹片的设计.....	73
+	3-12 LED导光柱的设计	75
+	3-13 回复式旋转键(附加保险键)的设计	76
+	3-14 回复式平移推键的设计	78
+	3-15 导电橡皮按键(rubber key)的设计	80
+	3-16 PCB(printed circuit board)的设计	82
	3-16-1 PCB制作流程介绍.....	82
	3-16-2 PCB制作流程中最常见的问题.....	86
+	3-17 电子产品PCB的规划流程	86
+	3-18 FPC(flexible printed circuit)软板制造流程	88
	3-18-1 FPC的种类.....	88
	3-18-2 FFC(flexible flat cable)与FPC的应用比较.....	89
+	3-19 wire cable的设计原则	89
+	3-20 如何规划PCB零件限制高度	90
+	3-21 PCB拼板设计要领	91
+	3-22 双动门盖的设计	93
+	3-23 包含两种不同材料的制作流程介绍	94
	3-23-1 双色注射(double injection).....	94
	3-23-2 埋入注射(insert molding).....	95
	3-23-3 软硬胶注射(overmolding).....	96

3-23-4	模内装饰片植入注射 (in-mold-decoration , IMD)	96
3-23-5	LOGO铭板应用实例.....	99
3-24	旋转式LCD模组及转轴扭力的计算.....	99
3-25	常用的转轴结构介绍.....	101
3-25-1	一字形单转轴.....	101
3-25-2	凸轮盘单转轴.....	102
3-25-3	双轴向转轴.....	104
3-26	应用转轴产品的门闩(latch)设计.....	106
3-27	一种防水装置的结构设计.....	108
3-27-1	IPxx防尘防水等级.....	108
3-27-2	日本工业规格 (JIS) 保护等级.....	108
3-27-3	防水壳基本结构.....	109
3-27-4	防水壳组装.....	110
3-27-5	设计原理.....	111
3-28	喇叭音箱的设计.....	111
3-29	螺钉的一般常用规格及应用.....	116
3-29-1	产品螺钉的选用原则.....	116
3-29-2	螺钉头型名称 (head type name)	117
3-29-3	螺钉头型种类 (head type list)	118
3-29-4	垫圈种类及名称 (washer type list)	119
3-29-5	自攻螺钉种类及名称.....	120
3-29-6	螺钉品名编写原则.....	122

第4章 电镀篇

4-1	电镀基本原理.....	124
4-2	电镀的分类.....	124

4-2-1	物理气相沉积(PVD).....	124
4-2-2	化学气相沉积(CVD).....	125
4-2-3	等离子化学气相沉积(PCVD).....	125
4-3	射频磁控溅射镀原理介绍.....	126
4-3-1	直流溅射镀.....	127
4-3-2	射频(RF)溅射镀.....	127
4-4	无电解电镀应用及制作工艺介绍.....	127
4-4-1	电磁波干扰.....	127
4-4-2	关于电磁波干扰的规定.....	127
4-4-3	屏蔽特性的评价方法.....	128
4-4-4	ABS树脂应用无电解电镀的原理.....	129
4-4-5	无电解电镀制作工艺.....	130
4-4-6	无电解电镀对成型条件的要求.....	130

第5章 特殊金属合金制作工艺介绍

5-1	粉末冶金制作工艺介绍.....	132
5-1-1	粉末冶金的意义.....	132
5-1-2	粉末冶金的制作工艺.....	132
5-1-3	粉末冶金常用的材料.....	134
5-1-4	粉末冶金主要的制品.....	134
5-1-5	粉末冶金的优点及限制.....	134
5-2	铝镁合金材料的技术应用.....	135
5-2-1	镁合金与工程塑料的比较优势.....	136
5-2-2	镁合金与铝合金的比较优势.....	136
5-2-3	半固态镁合金的注射成型技术.....	137
5-3	触变成型(thixomolding).....	137

5-3-1	触变成型机的机械结构.....	138
5-3-2	制作工艺参数.....	140
5-4	流变成型(rheomolding)技术.....	140
5-4-1	流变成型机与触变成型机两者工作原理的差异.....	141
5-4-2	流变成型模具设计重点.....	141
5-5	半固态镁合金注射成型与压铸的比较.....	141
5-6	金属制品表面后加工处理介绍.....	142
5-6-1	抛光(polishing).....	143
5-6-2	喷砂.....	143
5-6-3	拉砂处理(又称拉发丝处理).....	145
5-6-4	铝阳极处理.....	145
5-6-5	阳极处理的种类.....	146
5-6-6	阳极处理镀层着色.....	147

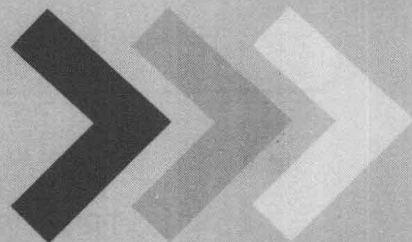
第6章 静电与电磁波干扰防护

6-1	静电的形成与对策.....	150
6-2	电磁波干扰防制.....	157

附录	机构专业词汇.....	163
----	--------------------	------------

第1章

塑料模具篇



- 1-1 产品设计前的准备工作
- 1-2 应用塑料材料产品设计重点
- 1-3 热流道概述
- 1-4 常用的模具加工设备及估价参考单价
- 1-5 油缸的使用时机及其规格形式
- 1-6 模具内成型收缩率的计算
- 1-7 特殊材料成型零件的应用
- 1-8 注射成型的问题与对策

1-1 产品设计前的准备工作

1-1-1 认识产品使用的基本材料及特性

高分子（polymers或聚合物），包括日常熟悉的塑料和橡胶材料，它们均为有机化合物。其化学成分是以碳、氢和其他非金属元素为基础所组成的聚合物，具有低密度、性能柔软及重复使用的特性。

一、常用于消费性产品的塑料材料

包装用途：

PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）

PE（聚乙烯）

PP（聚丙烯，又称白折胶）

PS（聚苯乙烯）

PTFE（聚四氟乙烯，或称特氟龙）

PVC

成型用途：

ABS（acrylonitrile butadiene styrene）（丙烯腈-苯乙烯-丁二烯共聚物）

POM（聚甲醛）（齿轮凸轮）

NYLON（尼龙）

Acrylic（有机玻璃）

PC（polycarbonate）（聚碳酸酯）

ABS + PC

ABS + GF（玻璃纤维）

Silicon（硅胶）

Rubber（橡胶）

二、常用于消费电子产品的金属材料

表1-1 常用于消费电子产品的金属材料

金属材料	密度	常用型号及用途
不锈钢（stainless steel/SUS）	（7.9）	SUS 301/401/403，支架、弹片、饰件
铍铜（beryllium copper/BeCu）	（8.9）	接触弹片、电铸型芯
铝（aluminum/Al）	（2.75）	1050/1100饰片、散热片

(续)

金属材料	密度	常用型号及用途
铝镁合金 (Al + Mg alloy)		5052 (注射成型) 机壳
冷轧钢板 (SPCC)	7.85	固定支架 (电镀处理)
镀锌铁板 (SECC)	7.85	汽车钣金件、支架
铝锡合金		把手、支架、纪念章饰件 (注射成型)
铝锡铁板 (俗称马口铁SPTE)	7.85	隔离罩、食品罐头
磷青铜板 (铜锡合成 + 磷)	8.9	弹簧、轴承衬套
黄铜 (铜锌合金Cu+Zn)		灯具、扣件、端子
青铜 (铜锡合金Cu+Sn)		文物铸件、齿轮、耐磨零部件
红铜 (初炼铜, 磷脱氧铜合金板)		端子、电子零件、散热器
弹簧钢 (SWP)		弹簧
白铜 (铜镍合金Cu+Ni)		电阻器

注: 圆括号括起来表示此种金属材料密度没有固定值, 不同条件下密度不一样, 括号中的数值指一般常用值

■ 1-1-2 注射成型的塑料材料后加工表面处理

一、染色方式

依比例直接由成型的料桶添加色粉, 可能有色差问题。

由原料厂商依客户指定的配色进行染色后再交给客户使用, 此方式不会有有色差问题存在, 是广为接受的染色方式 (pre-color)。

二、表面蚀纹

可分细、中、粗三种等级, 适用于不同的电子产品, 一般会以产品壳体面积大小来决定蚀纹模角, 至少 3° 以上 (滑块模具结构除外)。其蚀纹样以美国规格最为普遍, MT11010 (细)、MT11020 (中)、MT11030 (粗)。蚀纹的最佳时机, 应选择零件完模的最后阶段, 避免因外观设计变更而前功尽弃。

■ 1-1-3 涂装油漆种类

一般塑料材料会依喷漆配色作同色染色处理后再进行零件成型, 防止涂装剥落, 影响外观。

一、PU漆

正常膜厚维持在 $25\mu\text{m}$, 为二液型涂液。所谓二液型, 即指涂液必须加入一定比例的硬化剂方能使用, 一般可维持8h工作时间。油漆的黏稠度约为11s, 烘

烤温度约为55℃，烘烤30 min，表面涂装层完全干燥时间则须72 h。

二、橡胶漆

其材料特性为表面有皮质触感，具有较好的防滑力，正常膜厚维持在40 μm，为二液型涂液，其价格比PU漆贵。

三、砂点漆

零件表面未作蚀纹处理，但又要有蚀纹质感。表层PU漆干燥后，使用颗粒较粗的原配方油漆作第二道涂装，油漆的黏稠度及喷枪空气压力必须控制适宜，方能达到零件颗粒触感的最佳效果。

四、PU + 亮光漆

因产品外观表面常被使用者抚摸操作，如手机、相机、掌上电脑等电子产品，表面涂层易受手汗影响起化学变化致剥落，在PU涂层加喷一层透明的硬膜涂装，借以保护内层PU，其膜厚约为40 μm，因此设计者必须考虑组装间隙。

五、变色漆（俗称变色龙）

变色漆是利用光线折射原理，依肉眼的不同视觉角度，喷涂层会产生许多不同颜色的变化。由于其价格居高不下，目前的使用仍局限于高单价电子产品。

1-1-4 涂装及印刷的可靠性测试标准

本章以SONY技术标准的涂装/油墨品质基准加以说明：

表1-2 SONY技术标准的涂装/油墨品质基准

	塑料零件油墨及涂装	金属零件油墨及涂装	应用实例	
Grade 1 (高标准)	PO-1	MO-1	户外使用的外观零件， 必须被手触摸的零件	相机零件
			室内使用的外观零件， 经常被手触摸的零件	专业设备的控制按键
Grade 2 (标准)	PO-2	MO-2	介于Grade 1及Grade 3之间的外观零件	
Grade 3 (低标准)	PO-3	MO-3	很少被手触摸的外观零件	后面板，按键面板

表1-3 涂装/油墨品质测试标准

等级 测试项目	塑料零件						金属零件					
	油墨			涂装			油墨			涂装		
	PO-1	PO-2	PO-3	PO-1	PO-2	PO-3	MO-1	MO-2	MO-3	MO-1	MO-2	MO-3
耐磨性(橡皮擦测试)	50次	35次	-	50次	35次	-	65次	50次	-	65次	50次	-
附着性	需要	需要	需要	需要	需要	需要	需要	需要	需要	需要	需要	需要
耐酒精	15回	10回	5回	15回	10回	5回	30回	20回	10回	30回	20回	10回
耐油性(护手霜测试)	需要	需要	-	需要	需要	-	需要	需要	-	需要	需要	-

1-1-5 可靠性测试条件

表1-4 可靠性测试条件

测试项目	测试方法		环境条件	标准	应用	
耐磨性 (橡皮擦测试)	测试机	SONY橡皮测试机(75100)	室温	依下列标准测试 PO-1: 50, MO-1: 65 PO-2: 35, MO-2: 50 PO-3: - MO-1: - 外观印刷字体涂装明显, 不可有脱漆	油墨/塑料	○
	橡皮擦	Jet Eraser Refills 813 R			印刷/塑料	○
	负载	16.1N (1.64 kgf)			油墨/金属	○
	行程	25.4 mm			印刷/金属	○
	速度	30来回/min				
附着性 测试	切断器	NT(A-300)或同功能机	室温/高温高湿	印刷字体不可明显脱落	油墨/塑料	○
	胶带	Nichiban No.405; or Scotch			印刷/塑料	○
	测试方法	No.610标准附着力瞬间以90°角度撕去胶带			油墨/金属	○
					印刷/金属	○
耐酒精 测试	测试机	抗酒精测试机(SONY)	室温/高温高湿	在下列规定的次数来回擦试测试后, 印刷字体必须明显 PO-1: 15, MO-1: 30 PO-2: 10, MO-2: 20 PO-3: 5, MO-1: 10 依据样品照片判定	油墨/塑料	○
	测试材料	1kg负载及具有吸水性棉花 浓度76.9%~81.4%消毒酒精			印刷/塑料	○
	测试方法	将0.5 ml酒精涂于1 kgf/cm ² 的棉花, 以来回移动计算1次擦拭工件			油墨/金属	○
					印刷/金属	○

(续)

测试项目	测试方法		环境条件	标准	应用	
耐油性 (护手霜测试)	测试材料	Nivea (妮维雅) or Atrix	温度: $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 湿度: 90% ~ 95%	印刷字迹明显	油墨/塑料	○
	测试方法	涂抹护手霜于测试物上, 置于室内24 h后, 取出放在室温环境中, 以棉花于印刷处擦拭			印刷/塑料	○
					油墨/金属	○
					印刷/金属	○

耐磨性测试, 如图1-1所示。

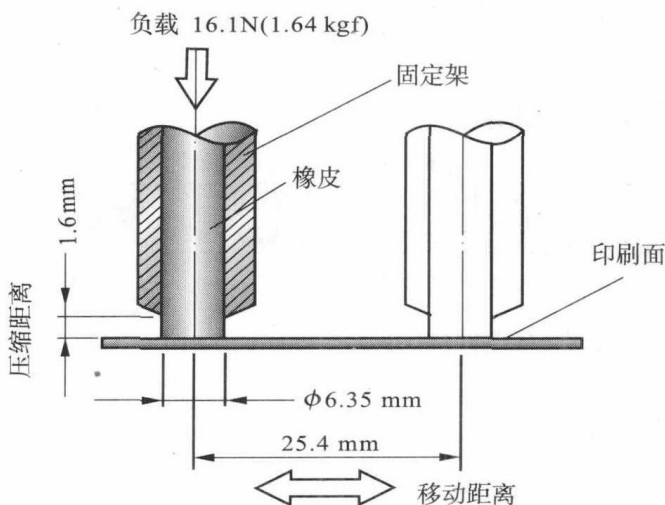


图1-1 耐磨性测试

附着性测试示意图:

(1) 美工刀规格, 如图1-2所示。

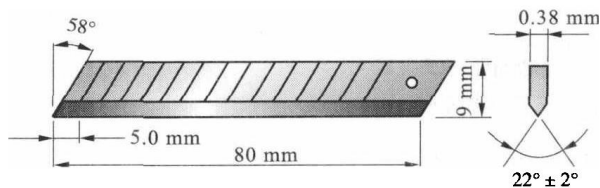


图1-2 美工刀规格

(2) 胶带规格:

18 mm宽。Nichiban No.405或Scotch No.610。