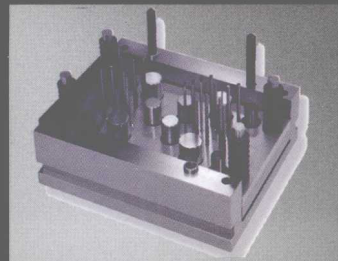
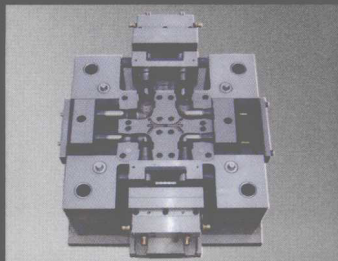
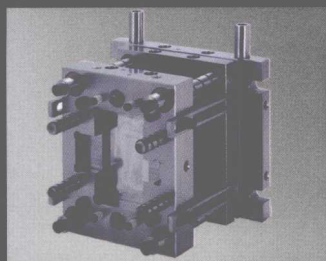


注塑模具设计

原则、要点及实例解析



付伟 陈碧龙○主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

注塑模具设计原则、要点 及实例解析

主 编 付 伟 陈碧龙
副主编 匡唐清 赵龙志 赵明娟 龚志远
参 编 万 萌 陈 慧 张 海 罗会源
张小兰 周志华



机械工业出版社

本书系统、全面地介绍了注塑模具设计的相关知识,以及注塑模具各部分的设计要点和新技术的应用。全书包括塑料及其性能,塑料制件结构工艺,注塑模具结构与注塑机,分型面设计原则与要点,成型零件设计要点,注塑模具浇注系统设计,注塑模导向、定位机构的设计,注塑模具标准化,顶出机构,温度调节系统的设计原则与要点,抽芯机构,斜顶机构,脱螺纹机构,多板式开模控制机构,新型注塑模设计,热流道成型技术,注塑成型工艺, Moldflow 模流分析实例解析,注塑模用模具材料及热处理等内容。本书以注塑模具结构分析为重点,配有丰富的应用实例,概念清晰易懂,理论讲解深入浅出,同时还附有大量的模具结构图例和设计范例,实用性强,能开拓思路,便于自学。

本书可供高等院校、高职高专相关专业的师生作为参考书,也可供从事注塑工艺及注塑模设计、制造的工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

注塑模具设计原则、要点及实例解析 / 付伟, 陈碧龙主编. —北京: 机械工业出版社, 2010. 7

ISBN 978-7-111-30553-8

I. ①注… II. ①付…②陈… III. ①注塑 - 塑料模具 - 设计 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 079256 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 周国萍 责任编辑: 张淑杰

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈延翔

封面设计: 陈 沛 责任印制: 李 妍

唐山丰电印务有限公司印刷

2010 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 32 印张 · 794 千字

0 001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-30553-8

定价: 66.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 策划编辑: (010) 88379733

销售一部: (010) 68326294 门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

注塑成型是塑料成型加工中的一种重要方法，热塑性塑料的注塑成型占注塑工艺的主导地位。如今各种复杂注塑结构件、功能件及特殊用途的精密件已广泛地应用到交通、运输、包装、储运、通信、建筑、家电、汽车、电子和航空航天等国民经济的所有领域，成为不可或缺的重要产品。塑料制件的结构和质量取决于注塑模的结构和质量，因此注塑模的结构设计至关重要。新型结构的使用、模流分析技术的辅助都有助于设计出高质量的注塑模。

本书以热塑性注塑模为主线，以实用和创新为特点，采取基础知识和设计技巧相结合、理论与实践相结合、图例和剖析相结合、模具设计和生产工艺相结合的方式，对典型模具结构的设计思路和动作过程进行详述，并对其优点、设计关键、可能出现的问题及相应的处理方法进行了详细剖析，具有极强的实用性。

全书由付伟高级实验师和陈碧龙高级工程师担任主编，匡唐清博士、赵龙志博士、龚志远副教授和赵明娟讲师担任副主编，参加编写的人员还有万萌、陈慧、张海、罗会源、张小兰、周志华。在编写过程中，华东交通大学材料工程系、制造工程系和机电工程系的许多同事都对本书提供了宝贵意见，在此表示衷心感谢。

全书共分为19章。其中，第1、15章由匡唐清编写，第2、4章由陈碧龙、万萌、张小兰、周志华编写，第3、19章由赵龙志编写，第6章由龚志远编写，第17章由赵明娟编写，第7章由张海编写，其余章节由付伟、陈慧、罗会源编写。

在编写过程中，李纳、陈炳辉进行了资料收集整理工作，李德英绘制了部分图片，郑美珠校对了部分书稿，在此一并表示感谢。

本书可供高等院校、高职高专相关专业的师生作为参考书，也可供从事注塑工艺及注塑模设计、制造的工程技术人员参考使用。

本书在出版过程中得到了机械工业出版社的大力支持，在此表示最诚挚的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有错误和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 塑料及其性能	1
1.1 塑料的特点、组成及分类	1
1.1.1 塑料的特点	1
1.1.2 塑料的组成	2
1.1.3 塑料的分类	3
1.2 塑料的性能	5
1.2.1 塑料的技术性能	5
1.2.2 常用热塑性塑料的使用性能	7
1.2.3 常用热塑性塑料的加工性能	11
1.2.4 常用热固性塑料的性能	15
1.3 塑料的模塑性和可加工性	17
1.3.1 塑料的流动性	17
1.3.2 塑料的结晶型	19
1.3.3 塑料的取向性	22
1.3.4 塑料的收缩性	22
1.3.5 塑料的吸湿性	25
1.3.6 水敏性	26
1.3.7 热敏性	26
1.3.8 水分和挥发物的含量	26
1.3.9 塑料的硬化性	27
1.3.10 塑料的开裂性	27
1.3.11 玻璃化温度	28
1.3.12 流长比和型腔压力	28
1.3.13 降解	28
1.3.14 交联	29
1.3.15 相容性	29
1.4 常用塑料的简易鉴别方法	31
1.4.1 常用塑料的外观鉴别法	31
1.4.2 常用塑料的密度鉴别法	31
1.4.3 常用塑料的燃烧鉴别法	32
1.4.4 常用塑料的溶剂处理鉴别法	33
1.5 塑料熔体的流动特性	35
1.5.1 塑料的粘性流动行为	35
1.5.2 影响塑料熔体流动的因素	37
1.5.3 塑料熔体状态方程	40
1.5.4 塑料熔体的弹性表现	40
1.5.5 塑料熔体在圆管及狭缝中的流动分析	42
第2章 塑料制件结构工艺	46
2.1 塑件几何形状设计	46
2.1.1 脱模斜度	46
2.1.2 塑件的壁厚	47
2.1.3 加强筋	49
2.1.4 支撑面	51
2.1.5 圆角	51
2.1.6 孔	51
2.1.7 字、符号及花纹	55
2.1.8 塑料凸凹设计	55
2.1.9 齿轮设计	57
2.1.10 螺纹设计	58
2.2 嵌件设计	59
2.2.1 嵌件的类型	59
2.2.2 设计注意事项	60
2.3 塑件的尺寸精度及表面质量	62
2.3.1 影响塑件尺寸精度的因素	62
2.3.2 塑件的尺寸精度	63
2.3.3 塑件的表面质量	67
第3章 注塑模具结构与注塑机	69
3.1 注塑成型原理及工艺过程	69
3.1.1 注塑成型原理及其成型特点	69
3.1.2 注塑成型工艺过程	70
3.2 注塑模具结构	71
3.2.1 注塑模具分类	71
3.2.2 注塑模具基本结构及名称	74
3.3 注塑模具设计	78
3.3.1 注塑模具的设计与制造流程	78
3.3.2 注塑模具的设计要点及注意事项	80
3.4 注塑机的组成及分类	81
3.4.1 注塑机的组成结构	81
3.4.2 注塑机的工作过程	82
3.4.3 注塑机的类型	83
3.4.4 注塑机的规格及其表示方法	84

3.5 注塑机的基本参数	85	5.6 成型零件的设计实例	124
3.5.1 注塑量	85	第6章 注塑模具浇注系统设计	128
3.5.2 注塑压力	85	6.1 概述	128
3.5.3 合模力与合模装置	86	6.1.1 浇注系统的组成及作用	128
3.5.4 开、合模速度	87	6.1.2 浇注系统的设计原则	129
3.5.5 空循环时间	87	6.2 主流道设计	129
3.6 注塑机的主要装置与机构	87	6.2.1 直浇型主流道	130
3.6.1 预塑装置	87	6.2.2 斜浇型主流道	133
3.6.2 注塑装置	91	6.2.3 横浇型主流道	134
3.6.3 合模装置	94	6.3 分流道设计	135
3.6.4 调模装置	96	6.3.1 分流道的设计要点	135
3.6.5 顶出装置	97	6.3.2 分流道的截面形状	136
3.6.6 加热/冷却装置	97	6.3.3 分流道的平衡和模腔的布置	138
3.6.7 其他机构	97	6.4 注塑模具浇口设计	142
3.7 注塑模与注塑机的关系	98	6.4.1 浇口的作用	142
3.7.1 注塑量的校核	98	6.4.2 浇口的形式和特点	143
3.7.2 锁模力的校核	99	6.4.3 浇口的设计要点	152
3.7.3 最大注塑压力的校核	99	6.5 冷料穴和拉料杆	157
3.7.4 注塑机安装模具部分尺寸校核	99	6.5.1 底部带推杆的冷料穴	157
3.7.5 开模行程的校核	101	6.5.2 底部带拉料杆的冷料穴	158
3.7.6 顶出装置的校核	102	6.6 排气系统	158
3.7.7 注塑机性能参数校核与型腔数量 的确定	103	6.6.1 概述	158
第4章 分型面设计原则与要点	104	6.6.2 排气槽的设计要点	159
4.1 分型面的定义	104	6.6.3 排气方式与设计方法	160
4.2 分型面的基本形式	104	第7章 注塑模导向、定位机构 的设计	162
4.3 分型面设计原则	107	7.1 导向机构的作用	162
4.4 分型面设计要点	110	7.2 导向机构设计	162
4.4.1 碰穿、插穿及枕位分型面 设计要点	110	7.2.1 导柱设计	162
4.4.2 滑块分型面设计要点	111	7.2.2 导套设计	164
4.4.3 斜顶分型面设计要点	112	7.2.3 安装方法	164
4.4.4 直顶分型面设计要点	114	7.2.4 导柱布置	165
第5章 成型零件设计要点	115	7.2.5 导柱和导套的设计要点	165
5.1 整体结构设计要点	115	7.3 定位机构设计	166
5.1.1 整体结构的优缺点	115	第8章 注塑模具标准化	167
5.1.2 整体结构的结构形式	115	8.1 模具标准化的意义	167
5.2 镶拼结构设计要点	116	8.2 注塑模具目前实行的标准	167
5.2.1 镶拼结构的优点	116	8.3 注塑模零件	168
5.2.2 镶拼结构的缺点	118	8.3.1 推杆	168
5.3 成型零件的固定形式与要求	119	8.3.2 直导套	169
5.4 圆形型芯的设计要点	121	8.3.3 带头导套	170
5.5 成型零件固定尺寸的确定	123	8.3.4 带头导柱	171

8.3.5 带肩导柱	172	10.4 冷却系统的设计	230
8.3.6 垫块	174	10.5 冷却系统设计实例	233
8.3.7 推板	175	10.5.1 与流道相关的冷却通道设计	233
8.3.8 模板	176	10.5.2 型腔、型芯的冷却通道设计	233
8.3.9 限位钉	178	10.5.3 滑块的冷却通道设计	236
8.3.10 支承柱	179	10.6 加热系统	236
8.3.11 圆形定位元件	180	10.7 模具温度调节系统的外围设施	238
8.3.12 推板导套	181	第11章 抽芯机构	239
8.3.13 复位杆	181	11.1 抽芯机构的组成和分类	239
8.3.14 推板导柱	182	11.1.1 抽芯机构的组成	239
8.3.15 扁推杆	183	11.1.2 侧向抽芯机构的分类及特点	239
8.3.16 带肩推杆	184	11.2 抽芯机构的设计要点	240
8.3.17 推管	185	11.2.1 模具抽芯自锁	240
8.3.18 定位圈	186	11.2.2 抽拔力的计算	241
8.3.19 浇口套	186	11.2.3 抽芯距离的计算	242
8.3.20 拉杆导柱	187	11.3 手动抽芯机构	243
8.3.21 矩形定位元件	188	11.3.1 模内手动抽芯机构	243
8.3.22 圆形拉模扣	189	11.3.2 模外手动抽芯机构	244
8.3.23 矩形拉模扣	190	11.4 弹簧抽芯机构	245
8.4 注塑模模架	190	11.5 斜导柱抽芯机构	248
8.4.1 模架组成零件的名称	190	11.5.1 斜导柱抽芯机构的设计要点	249
8.4.2 模架的主要结构形式和名称	190	11.5.2 斜导柱抽芯机构的实例解析	259
8.4.3 基本型模架组合尺寸	197	11.6 弯销抽芯机构	265
8.4.4 导向件与螺钉的安装形式	205	11.6.1 弯销抽芯机构的设计要点	265
8.4.5 模架的标记方法	207	11.6.2 弯销抽芯机构的实例解析	266
第9章 顶出机构	208	11.7 斜滑块抽芯机构	270
9.1 顶出机构的设计原则	208	11.7.1 斜滑块抽芯机构的设计要点	270
9.2 顶出机构的设计要点	208	11.7.2 斜滑块抽芯机构的实例解析	274
9.3 机械顶出机构方式	211	11.8 齿轮齿条抽芯机构	274
9.3.1 动模一次顶出机构	211	11.8.1 齿轮齿条抽芯机构的设计要点	274
9.3.2 动模二次顶出机构	213	11.8.2 齿轮齿条抽芯机构的实例解析	276
9.3.3 定模顶出机构	219	11.9 液压抽芯机构	277
9.3.4 滑块顶出机构	220	11.9.1 液压抽芯机构的设计要点	277
9.3.5 制品留模不定时的顶出方式	221	11.9.2 液压缸抽芯的应用实例	279
9.3.6 流道顶出机构	222	11.10 圆弧抽芯机构的实例解析	281
9.4 液压顶出机构方式	223	11.11 带顶出系统的抽芯机构	282
9.5 气压顶出机构方式	224	11.12 转换抽芯机构	283
第10章 温度调节系统的设计原则		11.12.1 转换抽芯机构的设计要点	283
与要点	225	11.12.2 转换抽芯机构的实例解析	284
10.1 温度调节系统的重要性	225	11.13 延迟抽芯机构	284
10.2 温度调节系统的设计原则	226	11.14 联合抽芯机构	286
10.3 温度调节系统的设计要点	227	11.15 内缩式抽芯机构	286
		11.15.1 内缩机构的设计要点	287

11. 15. 2 内缩机构的模具设计	287	15. 1. 2 双色模的设计要点	336
第 12 章 斜顶机构	289	15. 1. 3 双色模设计实例	337
12. 1 概述	289	15. 2 气体辅助注塑	338
12. 2 斜顶的设计要点	291	15. 2. 1 气体辅助注塑原理	338
12. 3 动模斜顶	292	15. 2. 2 气体辅助注塑的分类与工艺 过程	340
12. 3. 1 同步顶出斜顶	292	15. 2. 3 气体辅助注塑的特点与应用	342
12. 3. 2 超前顶出斜顶	296	15. 2. 4 气体辅助注塑系统	345
12. 3. 3 滞后顶出斜顶	297	15. 2. 5 气体辅助注塑件的设计要点	345
12. 4 定模斜顶	298	15. 2. 6 气体辅助注塑模的设计要点	347
12. 5 滑块斜顶	299	15. 3 水辅助注塑	349
第 13 章 脱螺纹机构	301	15. 3. 1 水辅助注塑原理	349
13. 1 脱螺纹机构的分类	301	15. 3. 2 水辅助注塑的分类与工艺过程	349
13. 2 脱螺纹的原理	301	15. 3. 3 水辅助注塑的特点与应用	351
13. 3 脱螺纹机构的基础知识	302	15. 3. 4 水辅助注塑系统	353
13. 3. 1 螺纹的要素	302	15. 3. 5 水辅助注塑模的设计要点	354
13. 3. 2 齿轮	304	15. 4 低发泡注塑成型	354
13. 3. 3 链轮	306	15. 4. 1 低发泡注塑方法	355
13. 3. 4 键	306	15. 4. 2 低发泡注塑的工艺参数	357
13. 3. 5 轴承	307	15. 4. 3 低发泡注塑模具的设计要点	358
13. 3. 6 轴向定位和固定零件	307	15. 5 熔芯注塑成型	359
13. 3. 7 弹簧	308	15. 5. 1 熔芯注塑原理与过程	359
13. 4 螺纹制品设计	308	15. 5. 2 熔芯注塑的特点与应用	360
13. 5 螺纹抽芯机构的实例解析	310	15. 5. 3 熔芯注塑的工艺参数	361
13. 6 强制脱螺纹机构的实例解析	312	15. 5. 4 熔芯注塑模具的设计要点	362
13. 7 回转式脱螺纹机构的实例解析	313	第 16 章 热流道成型技术	364
13. 7. 1 手动脱螺纹机构	313	16. 1 热流道成型原理	364
13. 7. 2 动模脱螺纹机构	313	16. 2 热流道成型技术的优缺点	364
13. 7. 3 定模脱螺纹机构	317	16. 2. 1 热流道成型技术的优点	364
13. 7. 4 滑块脱螺纹机构	318	16. 2. 2 热流道成型技术的缺点	366
13. 8 大导程脱螺纹机构	319	16. 3 热流道基础知识	366
13. 9 脱螺纹机构排布	319	16. 3. 1 流动特性、粘性、压力损失	366
13. 10 脱螺纹机构动力源	321	16. 3. 2 降解反应	367
第 14 章 多板式开模控制机构	322	16. 3. 3 加工温度范围	368
14. 1 概述	322	16. 3. 4 塑料熔体的热性能	370
14. 2 二板式注塑模	322	16. 3. 5 塑料熔体的压缩和收缩	371
14. 3 三板式注塑模	324	16. 3. 6 热传递	372
14. 4 四板式注塑模	326	16. 3. 7 热膨胀	372
14. 5 五板式注塑模	328	16. 4 绝热流道系统	373
14. 6 开模控制机构	329	16. 5 加热流道系统	376
第 15 章 新型注塑模设计	334	16. 5. 1 加热流道系统的类型	376
15. 1 双色模	334	16. 5. 2 热流道系统的组成	376
15. 1. 1 双色模的特点及应用	334	16. 5. 3 喷嘴	377

16.5.4	流道板	382	17.5.8	表面光泽不良	432
16.5.5	热流道成型控制	385	17.5.9	顶出不良	432
16.5.6	热流道接线方式	386	17.5.10	裂纹及破裂	433
16.6	热流道系统设计实例	387	17.5.11	暗斑	434
16.7	热流道模具的操作失误和典型 制品缺陷	389	17.5.12	尺寸不准	434
16.8	热流道模具的应用范围及发展趋势	392	17.5.13	气泡及暗泡	435
16.9	世界上主要的热流道生产商	394	17.5.14	表面混浊	436
第 17 章	注塑成型工艺	395	17.5.15	凹陷	436
17.1	注塑成型工艺过程	395	17.5.16	冷料僵块	437
17.1.1	成型前的准备	395	17.5.17	顶白	438
17.1.2	注塑过程	398	17.5.18	白点	438
17.1.3	制件的后处理	402	17.5.19	强度下降	439
17.2	注塑成型工艺参数的设定	403	17.6	热塑性塑料的工艺性能	439
17.2.1	注塑温度	403	第 18 章	Moldflow 模流分析实例解析	443
17.2.2	注塑压力	407	18.1	概述	443
17.2.3	注塑时间	411	18.1.1	Moldflow 产生的背景	443
17.2.4	成型周期	412	18.1.2	CAE 基本功能	443
17.3	注塑成型制品的成型收缩	412	18.1.3	应用范围	444
17.3.1	产生成型收缩的原因	412	18.1.4	注塑模 CAE 技术的发展概况	445
17.3.2	成型收缩对质量的影响	413	18.1.5	注塑模 CAE 专用软件	448
17.3.3	减小成型收缩的途径	413	18.2	Moldflow 模具分析应用实例	452
17.3.4	成型收缩率的计算	414	18.2.1	浇口位置分析	452
17.4	常用塑料的注塑成型工艺	415	18.2.2	填充分析	455
17.4.1	聚乙烯 (PE)	415	18.2.3	流动分析	457
17.4.2	聚丙烯 (PP)	417	18.2.4	冷却分析	462
17.4.3	聚苯乙烯 (PS)	418	18.2.5	翘曲分析	466
17.4.4	ABS (丙烯腈、丁二烯、苯乙烯 共聚物)	419	18.2.6	优化模具设计	468
17.4.5	聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)	420	第 19 章	注塑模用模具材料及 热处理	470
17.4.6	聚氯乙烯 (PVC)	420	19.1	注塑模具常用材料的分类	470
17.4.7	聚酰胺 (PA)	421	19.1.1	模具钢	470
17.4.8	聚甲醛 (POM)	423	19.1.2	铝合金	475
17.4.9	聚碳酸酯 (PC)	424	19.1.3	铜合金	476
17.5	注塑成型制品的缺陷类型、原因分析 及解决方法	425	19.1.4	锌合金	476
17.5.1	充填不足	425	19.2	模具钢的基本要求	477
17.5.2	翘曲变形	427	19.2.1	强度与硬度	477
17.5.3	熔接痕	428	19.2.2	韧性	478
17.5.4	波流痕	429	19.2.3	耐磨性	478
17.5.5	飞边	429	19.2.4	导热性与耐热性	479
17.5.6	银丝纹	430	19.2.5	尺寸稳定性	480
17.5.7	色泽不均	431	19.2.6	失效形式	480
			19.3	模具材料的可加工性能	482

19.3.1 切削性能	482	19.5.4 合金工具钢	491
19.3.2 电加工性能	483	19.5.5 高速工具钢	492
19.3.3 热加工性能	483	19.5.6 热作模具钢	493
19.3.4 冷加工性能	484	19.5.7 时效硬化型塑料模具钢	493
19.3.5 热处理性能	484	19.5.8 渗碳钢、渗氮钢	495
19.4 模具选材方法	485	19.6 塑料模具的制造工艺路线	498
19.5 模具常用钢材及热处理	489	19.7 塑料模具钢的热处理特点	498
19.5.1 碳素结构钢	490	19.8 影响模具钢选择的重要因素	499
19.5.2 合金结构钢	491	19.9 模具常用非铁金属材料	499
19.5.3 碳素工具钢	491	参考文献	501

第 1 章 塑料及其性能

1.1 塑料的特点、组成及分类

1.1.1 塑料的特点

塑料是以树脂为主要成分的高分子材料，在一定的温度和压力条件下具有流动性，可以被模塑成型为一定的几何形状和尺寸，并在成型固化后保持其既得形状不发生变化。

树脂可分为天然树脂和人造树脂，后者又称合成树脂。合成树脂是以煤、电石、石油、天然气以及一些农副产品为主要原料，先制得具有一定合成条件的低分子化合物（单体），进而通过化学、物理等方法合成而得到高分子化合物，化学上也常将它们称为聚合物或高聚物。聚合物虽然是塑料的主要成分，但是单纯的聚合物性能往往不能满足成型生产中的工艺要求和成型后的使用要求，欲要克服这一缺陷，必须在聚合物中添加一定数量的助剂，并通过这些助剂来改善聚合物的性能。例如，添加增塑剂可以改善聚合物的流动性能和成型性能；添加增强剂可以提高聚合物的强度等。因此，可以认为塑料是一种由聚合物和某些助剂结合而成的高分子化合物。

作为日常用品，塑料的用途已经广为人知。由于它们具有一些特殊的优点，因此在工业中的应用也已经非常普遍。

1. 塑料的优点

(1) 密度小、质量轻 塑料一般都比较轻，其密度在 $0.83 \sim 2.3 \text{g/cm}^3$ 范围内，只有钢铁的 $1/7 \sim 1/4$ 、铝的 $1/2$ 。这对减轻机械设备的质量是非常有利的，尤其是对要求减轻自重的车辆、船舶、飞机、火箭、导弹、人造卫星和其他尖端技术，具有更重要的意义。

(2) 比强度、比刚度高 通常情况下塑料的强度都低于金属，但各种增强塑料的力学性能却可以与金属相比。由于其密度远小于金属，因此其比强度（即强度/密度）、比刚度（即刚度/密度）与金属相当，甚至远比金属高。在空间技术领域，塑料的这一特性具有非常重要的意义。

(3) 化学稳定性好 塑料的耐化学腐蚀性优于金属，对酸、碱等化学药品具有良好的耐腐蚀能力。其中塑料王聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高，连王水对其也无可奈何。因此，塑料在化工设备及其防腐设备中广泛应用。最常见的硬质聚氯乙烯管道与容器被广泛用于防腐领域及建筑给水、排水工程中。

(4) 电绝缘性优异，介电损耗小 塑料是电的不良导体，其电绝缘性优良，介电常数较低，介电损耗很小，可与陶瓷和橡胶媲美。因此许多塑料成为不可或缺的高频材料，被广泛地用于电力、电机和电子工业中做绝缘材料和结构零件，如电线电缆、旋钮插座和电器外壳等。

(5) 减摩、耐磨和自润滑性好 大部分塑料的摩擦系数都很小，可用作减摩、耐磨材料，有的甚至能在无润滑剂的情况下有效工作，自润滑性能良好。适宜在有磨粒或杂质存在

的恶劣条件下做摩擦材料。加上比强度高，传动噪声小，可以制成齿轮、凸轮和滑轮等机器零件，例如纺织机中许多铸铁齿轮已被塑料齿轮取代。还可粘贴或喷涂机床金属导轨（用尼龙 1010），制造刹车块（石棉酚醛塑料）等。

(6) 消声和隔热性优良 塑料具有优良的消声、隔热性能。用塑料制成的传动摩擦件能减少噪声，降低振动，改善劳动条件。尤其是泡沫塑料，常常用来作隔音、隔热或保温材料。

(7) 成型及着色性能好 塑料在一定的条件下具有良好的可塑性，这为其成型加工创造了的条件。塑料的着色比较容易，而且着色范围广，可根据需要染成各种颜色。此外，有些如有机玻璃、聚苯乙烯、聚碳酸酯等均有良好的光学透明性。

(8) 多种防护性能 除防腐外，塑料还具有防水、防潮、防透气、防振和防辐射等多种防护性能。尤其经改性后，优点更多，应用更为广泛。

2. 塑料的缺点

塑料虽然具有以上诸多优点和广泛的用途，但它们还有一些比较严重的缺点至今未能克服。

1) 刚性差，不耐压。在载荷作用下，塑料会缓慢地产生粘性流动或变形，即蠕变现象。

2) 耐热性差。大多只能在 100℃ 左右使用，仅有少数品种在 200℃ 上下使用。

3) 热胀系数大、易老化、易燃烧。

4) 制品精度较低。塑料的成型性能虽好，但因受成型工艺的影响，收缩率难以控制，制品的尺寸精度较低。

1.1.2 塑料的组成

塑料一般由树脂和添加剂（助剂）组成。

树脂决定了塑料的主要物理化学性能、加工性能和物理力学性能。塑料可以是纯的树脂（如有机玻璃就是由聚甲基丙烯酸甲酯组成），也可以是加有各种添加剂的混合物。加入添加剂的目的主要是为了改善纯树脂的物理力学性能和加工性能、提高使用效能或节约树脂、降低成本。添加剂在塑料用料中所占比例较少，但对塑料制品的质量却有很大影响。不同种类的塑料，因成型加工方法以及使用条件不同，所需助剂的种类和用量也不同。塑料的组成成分及其作用如表 1-1 所示。

表 1-1 塑料的组成成分及其作用

组 分	作用说明
树脂	塑料的基本组分，也是最重要的组分，在多组分塑料中约占 40% ~ 70%，在单组分塑料中树脂几乎达 100%。树脂不仅起着胶结其他组分的作用，而且决定了塑料的类型和主要性能，如机械强度、硬度、耐老化性、弹性、化学稳定性及光电性等
添 加 剂	<p>填充剂又称填料，是塑料中的另一个重要组分，约占 40% ~ 70%</p> <p>加入的目的是为了改善塑料的强度、硬度、冲击韧度、电绝缘性、耐热性及收缩率等性能，扩大使用范围，或只为降低成本等</p> <p>常用的填料有木粉、滑石粉、硅藻土、石灰石粉、铝粉、炭黑、云母、二硫化钼、石棉、纸张、玻璃纤维等。其中纤维填料可提高塑料的结构强度；石棉填料可改善塑料的耐热性；云母填料能增强塑料的电绝缘性；石墨、二硫化钼填料可改善塑料的摩擦和耐磨性能等</p>

(续)

组 分	作用说明
增塑剂	<p>增塑剂能增加塑料的柔软性、延伸性及可塑性,降低塑料流动温度、脆化温度和硬度,有利于塑料制品的成型。增塑剂应与树脂有较好的相溶性,无色、无味、无毒,挥发性小,不燃,化学稳定性好,对光、热稳定</p> <p>常用的增塑剂是具有低气压液体或低熔点固体的有机物,主要为酯类和酮类。如邻苯二甲酸酯类、癸二酸酯类、磷酸二辛酯、磷酸二甲苯酯、己二酸酯、二苯甲酮、氯化石蜡及樟脑等</p>
稳定剂	<p>用于阻止或减缓塑料制品在成型加工和使用过程中因受热、光、氧、射线或其他因素的作用而降解、氧化断链、交联以致产品褪色、脆化、裂开的老化现象的发生,稳定塑料制品的质量,延长使用寿命。通常都要求稳定剂能与树脂互溶,且成型时不会分解,不与其他添加剂发生化学反应,在使用环境中稳定,挥发小,无色</p> <p>常用的稳定剂有抗氧剂(酚类化合物等)、光屏蔽剂(炭黑等)、紫外线吸收剂(2-羟基二苯甲酮、水杨酸苯酯等)和热稳定剂(硬脂酸铝、三盐基亚磷酸铅等)</p> <p>当今性能最优秀的塑料稳定剂是甲基锡热稳定剂(简称181),对硬质聚氯乙烯(PVC)的成型非常有效;又由于它安全性高,所以特别用于食品包装和高清晰度的硬质聚乙烯制品;因其无毒又成为广泛取代其他高毒性的塑料热稳定剂。在美国、欧洲和日本得到了广泛的应用,在我国近几年也开始大量应用</p>
添 着色剂	<p>用于使塑料具有一定的色泽且美观鲜艳。塑料制品中约有80%是经过着色后制成最终制品的。一般要求着色剂的性质稳定,耐热、耐光,不易变色,着色力强,色泽鲜艳,与塑料结合牢靠</p> <p>着色剂按其着色介质中的溶解性分为有机染料和无机颜料。染料可溶于被着色的树脂中,制件透明;颜料不溶于着色介质,制品半透明或不透明。颜料不仅对塑料具有着色性,同时兼有填料和稳定剂的作用</p>
剂 固化剂	<p>固化剂又称硬化剂或熟化剂。其主要作用是在高聚物分子间生成横键,使大分子交联,从而使某些合成树脂的线型结构交联成体型结构,从而使树脂具有热固性</p> <p>不同品种的树脂应采用不同品种的固化剂。酚醛树脂常用六亚甲基四胺;环氧树脂常用胺类、酚酞类和高分子类;聚酯树脂常用过氧化物等</p>
润 滑剂	<p>润滑剂又称脱模剂,能防止塑料在成型过程中粘附模具或设备,以使制品易于脱模,且表面光洁</p> <p>常用的润滑剂有硬脂酸及其盐类、石蜡和合成蜡等,其用量为0.5%~1.5%</p>
其 他	<p>增强材料——提高塑料制品的强度和刚性</p> <p>最常用的增强材料有玻璃纤维、石棉、石英、炭黑、硅酸盐、碳酸钙、金属氧化物等</p> <p>阻燃剂——增加塑料的耐燃性,或能使之自熄</p> <p>常用的阻燃剂有氧化锑及铝、硼的化合物,卤化物和各类磷酸酯、四氯苯二甲酸酐、四溴苯二甲</p> <p>抗静电剂——消除或减少塑料在加工和使用中因摩擦而产生的静电,保证生产操作安全,并使塑料表面不易吸尘。抗静电剂大多数是电解质,它们与合成树脂的相溶性有限,这样可以迁移至塑料表面,从而达到吸潮和消除静电的作用</p> <p>常用的有长链脂族胺类、酰胺类等</p> <p>发泡剂——一定温度下可以汽化或者受热时会分解出气体,主要用于制备泡沫塑料,使之产生泡沫结构</p> <p>常用的有二氯二氟甲烷偶氮二甲酰胺和偶氮苯胺等</p> <p>导电剂、导磁剂等</p>

1.1.3 塑料的分类

塑料的品种很多,分类方法也很多,如表1-2所示。

表 1-2 塑料的分类

分类方法	类别	特点	举例	
按受热时特征分	热塑性塑料	<p>受热后发生物理变化,由固体软化或熔化成粘流体状态,但冷却后又可变硬而成固体,且过程可多次反复,塑料本身的分子结构则不发生变化</p> <p>加工成型简便,具有较高的力学性能,但耐热性和刚性比较差</p> <p>应用广泛,可再生利用</p>	<p>聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、尼龙(PA)、聚甲醛(POM)、聚碳酸酯(PC)、ABS塑料、聚苯醚(PPO)、聚砜(PSF)、氟塑料、聚酯和有机玻璃(PMMA)等</p>	
	热固性塑料	<p>在一定温度下,经一定时间的加热、加压或加入硬化剂后,发生化学反应而硬化。硬化后塑料的化学结构发生变化、质地坚硬、不溶于溶剂、加热也不再软化,如果温度过高则会分解。具有耐热性高,受压不易变形等优点,但力学性能不好</p> <p>目前主要作为低压挤塑封装电子元件及浇注成型等用</p>	<p>酚醛、环氧、氨基、不饱和聚酯、呋喃、聚邻苯二甲酸二丙烯酯和聚硅醚树脂等</p>	
按用途和特性分	通用塑料	<p>产量大(约占塑料总产量的四分之三以上)、价格低、应用范围广。性能一般,只可作为一般非结构性材料使用,多用于制作日用品</p>	<p>6大通用塑料:聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料等</p>	
	工程塑料	通用工程塑料	<p>综合工程性能(包括力学性能、耐热耐寒性能、耐腐蚀性和绝缘性能等)良好。一般可以部分代替金属材料作为承载结构件,高温环境下的耐热件和承载件,高温、潮湿、大范围变频条件下的介电制品和绝缘用品</p> <p>产量较少,价格也较昂贵,用途范围相对狭窄</p>	<p>7大工程塑料:ABS、聚碳酸酯(PC)、聚甲醛(POM)、聚酰胺(尼龙PA)、PET、PBT、聚苯醚(PPO)</p> <p>聚砜、聚四氟乙烯、热塑性聚酯、氯化聚醚、聚醚醚酮、超高相对分子质量聚乙烯、环氧塑料和不饱和聚酯等</p>
		特种工程塑料	<p>特种工程塑料又称功能塑料,具有某种特殊功能,适于某种特殊用途,例如用于导电、压电、热电、导磁、感光、防辐射、光导纤维、液晶及高分子分离膜,并专用于摩擦磨损用途等塑料,还包括为某些专门用途而改性制得的塑料</p>	<p>聚砜、聚酰亚胺、聚苯硫醚、聚芳酯、聚苯酯、聚醚酮、氟塑料、有机硅橡胶以及环氧塑料等</p> <p>导磁塑料、导电塑料、光敏树脂等</p>
	耐高温塑料	<p>耐热性好,大都可以在150℃以上工作,有的还可在200~250℃下长期工作,但一般价格较高,产量较小,应用范围不广</p>	<p>聚四氟乙烯、聚三氟氯乙烯、有机硅树脂、环氧树脂、聚酰亚胺、聚苯硫醚、聚苯并咪唑、聚二苯醚、芳香尼龙、聚香砜等</p>	
按塑料中树脂大分子的有序状态分	无定形塑料	<p>树脂大分子链呈现无规则的随机排列。在纯树脂状态,这种塑料是透明的</p> <p>力学特性表现为各向同性</p>	<p>ABS、PC、PVC、PS、PMMA、EVA、AS等</p>	
	结晶型塑料	<p>从熔融状态冷却变为制品过程中,树脂的分子链能够有序地紧密堆砌产生结晶结构。无完全结晶型塑料,都是半结晶的,呈现出无定形相与结晶相共存的状态</p> <p>结晶结构只存在于热塑性塑料中</p>	<p>PE、PP、PA、POM、PET、PBT等</p>	
按塑料的透光性分	透明塑料	<p>透光率在88%以上</p>	<p>PMMA、PS、PC、Z-聚酯等</p>	
	半透明塑料	<p>透光但透光率在88%以下</p>	<p>PP、PVC、PE、AS、PET、MBS、PSF</p>	
	不透明塑料	<p>不透光</p>	<p>POM、PA、ABS、HIPS、PPO等</p>	

(续)

分类方法	类别	特点	举例
按塑料的硬度分	硬质塑料	拉伸弹性模量在 700MPa 以上	ABS、POM、PS、PMMA、PC、PET、PBT、PPO 等
	半硬质塑料	拉伸弹性模量在 70 ~ 700MPa 之间	PP、PE、PA、PVC 等
	软质塑料	拉伸弹性模量在 70MPa 以下	软 PVC、苯乙烯-丁二烯共聚物、TPE、TPR、EVA、TPU 等
按树脂合成方法分	聚合型塑料	由聚合反应制得。这种树脂一般是由含不饱和键（主要是双键）的单体借双键打开相互连接成庞大分子，并且基本化学组成不发生变化，反应过程中无低分子产物释出 聚合型塑料都是热塑性塑料	聚烯烃、聚卤代烯烃、聚苯乙烯、聚甲醛、丙烯酸类塑料等
	缩聚型塑料	由缩聚反应制得。这种树脂一般是由含有某种官能团（一般最少含有两个官能团）的单体，借官能团之间的反应使两个或两个以上的单体连接起来而形成的、与原来的分子完全不同的化学反应物，化合时还会生成水或其他简单物质	酚醛塑料、氨基塑料、有机硅塑料等

1.2 塑料的性能

塑料的性能包含技术性能、使用性能和加工性能。

1.2.1 塑料的技术性能

塑料的技术性能包括物理性能、热性能、力学性能、电气性能和化学性能等。这些性能都可以用一定的指标衡量并可以用一定的实验方法加以测定。

常用热塑性塑料的技术性能如表 1-3 所示。

表 1-3 常用热塑性塑料的技术性能

性能名称	聚氯乙烯 (PVC)		聚乙烯 (PE)		聚丙烯 (PP)	聚苯乙烯 (PS)	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS)
	硬质	软质	高密度	低密度			
密度/(g/cm ³)	1.30 ~ 1.58	1.16 ~ 1.35	0.94 ~ 0.97	0.91 ~ 0.925	0.90 ~ 0.91	1.04 ~ 1.10	1.03 ~ 1.06
吸水率 (%)	0.07 ~ 0.4	0.5 ~ 1.0	<0.01	<0.01	0.03 ~ 0.04	0.03 ~ 0.30	0.2 ~ 0.25
折射率 n_0	—	—	—	—	—	1.59	—
透光率 (%)	—	—	—	—	—	88	—
摩擦系数	—	—	0.21	—	—	—	—
磨损量/mg	—	—	—	—	19	—	22

(续)

性能名称	聚氯乙烯 (PVC)		聚乙烯 (PE)		聚丙烯 (PP)	聚苯乙烯 (PS)	丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯 (ABS)		
	硬质	软质	高密度	低密度					
力学性能	抗拉强度/MPa	45 ~ 50	10 ~ 25	21 ~ 38	3.9 ~ 15.7	35 ~ 40	50 ~ 60	21 ~ 63	
	弹性模量/GPa	3.3	—	0.4 ~ 1.03	0.12 ~ 0.24	1.1 ~ 1.6	2.8 ~ 4.2	1.8 ~ 2.9	
	断后伸长率 (%)	20 ~ 40	100 ~ 450	200 ~ 100	90 ~ 800	200	1.0 ~ 3.7	23 ~ 60	
	抗压强度/MPa	—	—	18.6 ~ 24.5	—	—	—	18 ~ 70	
	弯曲强度/MPa	80 ~ 90	—	—	—	42 ~ 56	69 ~ 80	62 ~ 97	
	冲击韧度 (悬臂梁, 缺口)/(J/m ²)	30 ~ 40kJ/m ² (简支梁, 无缺口)	—	80 ~ 1067	853.4	10 ~ 100	10 ~ 80	123 ~ 454	
	硬度	14 ~ 17HBW	50 ~ 75HA	60 ~ 70HD	41 ~ 50HD	50 ~ 102HRR	65 ~ 80HRM	62 ~ 121HRR	
热性能	比热容 /[kJ/(kg·K)]	1.05 ~ 1.47	1.26 ~ 2.1	2.3	—	1.93	1.4	1.26 ~ 1.67	
	线胀系数 /($\times 10^{-5}/K$)	5 ~ 6	7 ~ 25	11 ~ 13	16 ~ 18	10.8 ~ 11.2	3.6 ~ 8.0	5.8 ~ 8.5	
	热导率 /[W/(m·K)]	0.15 ~ 0.21	0.13 ~ 0.17	0.46 ~ 0.52	0.35	0.1 ~ 0.21	0.1 ~ 0.14	0.19 ~ 0.33	
	热变形温度/°C	1.82MPa	54 ~ 79	—	43 ~ 54	—	52 ~ 60	79 ~ 99	87 ~ 99
		0.46MPa	57 ~ 82	—	60 ~ 88	38 ~ 49	85 ~ 110	—	99 ~ 107
	最高使用温度 (无载荷)/°C	66 ~ 79	60 ~ 79	79 ~ 121	82 ~ 100	88 ~ 116	60 ~ 79	66 ~ 99	
连续耐热温度/°C	—	—	85	—	—	—	130 ~ 190		
电性能	表面电阻率/(Ω/m^2)	—	—	—	—	—	—	—	
	体积电阻率/($\Omega \cdot cm$)	10 ¹¹ ~ 10 ¹⁶ 以上		10 ¹⁶		>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	10 ¹³ ~ 10 ¹⁶	
	相对介电常数 (工频)	2 ~ 3		2.5 (10 ⁶ Hz)		—	—	2.4 ~ 5.0	
	介质损耗角正切 (工频)	0.08 ~ 0.15		0.0002 ~ 0.0005		0.0005	0.0001 ~ 0.002	0.003 ~ 0.11	
	介质强度/(kV/mm)	20 ~ 35		26 ~ 28		30	25	—	
	耐电弧性/s	60 ~ 80		135 ~ 160		—	—	—	
性能名称	聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃 PMMA)	聚酰胺 (尼龙 PA)			热塑性聚酯		聚四氟乙烯 (PTFE)		
		PA-66	PA-616	PA-1010	聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PETP)	聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBTP)			
物理性能	密度/(g/cm ³)	1.17 ~ 1.2	1.14 ~ 1.15	1.07 ~ 1.09	1.04 ~ 1.07	1.37 ~ 1.38	1.30 ~ 1.55	2.1 ~ 2.2	
	吸水率 (%)	0.2 ~ 0.4	1.5	0.5	0.39	0.08 ~ 0.09	0.03 ~ 0.09	0.01 ~ 0.02	
	折射率 n ₀	1.49	—	—	1.566	—	—	—	
	透光率 (%)	92 ~ 94	—	—	85 ~ 90	—	—	—	
	摩擦系数	—	0.15 ~ 0.4	—	—	—	—	0.04	
磨损量/mg	—	12	—	—	—	—	14		

(续)

性能名称	聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃 PMMA)	聚酰胺 (尼龙 PA)			热塑性聚酯		聚四氟乙烯 (PTFE)		
		PA-66	PA-616	PA-1010	聚对苯二甲酸乙二 (醇) 酯 (PETP)	聚对苯二甲酸丁二 (醇) 酯 (PBTP)			
力学性能	抗拉强度/MPa	50~77	57~83	47~60	52~55	57	52.5~65	14~25	
	弹性模量/GPa	2.4~3.5	—	—	1.6	2.8~2.9	2.6	0.4	
	断后伸长率 (%)	2~7	40~270	100~240	100~250	50~300	—	250~500	
	抗压强度/MPa	—	90~120	70~90	65	—	—	—	
	弯曲强度/MPa	84~120	60~110	70~100	82~89	84~117	83~103	18~20	
	冲击韧度 (悬臂梁, 缺口) (J/m ²)	14.7	43~64	3.5~5.5 (简支梁, 有缺口)	4~5 (简支梁, 有缺口)	0.4	35.4	107~160	
	硬度	10~18HBW	100~118HRR	90~130HRR	71HBW	68~98HRM	118HRR	50~65HD	
热性能	比热容 /[kJ/(kg·K)]	1.47	1.67	1.67~2.09	—	1.17	1.17~2.3	1.05	
	线胀系数 /(×10 ⁻⁵ /K)	5~9	9.1~10	9	10.5	6~9.5	6	10~12	
	热导率 /[W/(m·K)]	0.17~0.25	0.26~0.35	—	—	0.15	—	0.25	
	热变形 温度/℃	1.82MPa	85~100	66~104	—	45	85	54	—
		0.46MPa	—	182~243	149	—	116	154	121
	最高使用温度 (无载荷)/℃	65~95	82~149	—	—	79	138	288	
连续耐热温度/℃	—	—	—	—	—	—	—		
电性能	表面电阻率 /(Ω/m ²)	10 ¹⁵	—	—	—	10 ¹⁵	—	—	
	体积电阻率 /(Ω·cm)	—	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	>10 ¹⁴	—	10 ¹⁷ ~10 ¹⁸	
	相对介电常数 (工频)	—	3.1~3.6	3.1~3.6	3.1~3.6	3.37	3~4 (10 ⁵ Hz)	2~2.2	
	介质损耗角正切 (工频)	0.04~0.06	0.01~0.03	0.01~0.03	0.01~0.03	0.021	0.015~0.022 (10 ⁵ Hz)	0.0002~ 0.0005	
	介电强度/(kV/mm)	20	15~28	15~28	15~28	—	17~24	25~40	
	耐电弧性/s	—	—	—	—	—	—	>360	

1.2.2 常用热塑性塑料的使用性能

1. 硬聚氯乙烯 (HPVC)

性能: 力学强度高, 价廉, 耐腐蚀, 化学稳定性好, 电绝缘性优良, 耐老化性能较好, 但软化点低, 天冷易裂, 使用温度为 -15~60℃, 应用广。