

模具工程师手册系列

塑料模具 工程师手册

冯爱新 主编

模具工程师手册系列

塑料模具工程师手册

主 编 冯爱新
副主编 戴亚春 李学军
参 编 袁国定 姜银方 王 匀 任旭东
主 审 陈嘉真



机械工业出版社

本手册是模具工程师系列工具书之一，共分三篇内容：塑料成型技术基础；塑料成型模具设计；塑料模具制造、装配及现代化管理。具体涉及以下内容：塑料材料、塑料制件的设计、塑料成型工艺及设备、塑料成型模具分类及结构、注射模设计、挤出成型机头设计、压缩成型模具设计、压注成型模具设计、吹塑成型模具的设计、发泡塑料成型模具、模具制造及制造工艺、凹凸模的成形铣削、凹凸模成形磨削、高硬材料成型件的加工与机床、凹凸模型面强化及精蚀加工、塑料模具的装配、塑料模的安装-调试与验收、现代模具合理化生产方式与先进制模技术等。

本手册主要为模具工程师现场备查引据使用，也可供其他相关工程技术人员与院校师生作为案头浏览、提示方向、扩大知识面、综合处理技术问题之用。

冯爱新 主编
李学春 副主编
王 王 副主编
王 王 副主编

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料模具工程师手册/冯爱新主编. —北京: 机械工业出版社, 2009. 1
ISBN 978-7-111-25876-6

I. 塑… II. 冯… III. 塑料模具 - 技术手册 IV. TQ320.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 205938 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: 曲彩云 责任编辑: 曲彩云 白刚 责任校对: 张媛

封面设计: 姚毅 责任印制: 乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 40.75 印张 · 3 插页 · 1337 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-25876-6

定价: 80.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

为适应模具设计制造技术发展的需要，进一步提高我国模具设计制造技术水平，在机械工业出版社的大力支持下，编写出版了本套手册。

本套手册吸收近年来成熟的新技术成就和发展动向，面向生产实际，是以实用、便查、便携为特点的单卷小型综合性工具书，手册共有三本，分别为《塑料模具工程师手册》、《冷冲模具工程师手册》、《压铸模具工程师手册》。

全书包括模具设计制造的基础理论、材料与热处理、模具设计与制造、常用设备等内容。

本手册主要为模具工程师现场备查引据使用，也适合于广大工程技术人员和院校师生作为案头浏览、提示方向、扩大知识面、综合处理技术问题之用。

《塑料模具工程师手册》是丛书之一，本手册由冯爱新主编，戴亚春、李学军副主编，袁国定、姜银方、王匀、任旭东等参编。全书由陈嘉真担任主审，并提出许多宝贵意见和建议；另外，陈振邦、应武亭、应媛媛、唐翠屏、程昌、叶勇、曹宇鹏、孙淮阳、徐传超、刘燕、徐晓翔、刘萍、董芳、戴苏璇等为本手册编写进行了大量的资料收集、检索、复印、文字输入、图片编辑、打印、校对等工作，在此表示衷心的感谢。

塑料模具技术发展迅速，由于编者学识有限，手册中难免有不足之处，敬请广大读者不吝指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 塑料成型技术基础

第1章 塑料材料

- 1.1 常用塑料及其性能 1-4
 - 1.1.1 塑料的分类 1-4
 - 1.1.2 塑料的特性 1-4
- 1.2 热塑性塑料 1-5
- 1.3 热固性塑料 1-13
- 1.4 增强塑料 1-15
 - 1.4.1 热固性增强塑料 1-15
 - 1.4.2 热塑性增强塑料 1-18
- 1.5 工程塑料的选用 1-19
 - 1.5.1 工程塑料的选用原则和方法 1-19
 - 1.5.2 典型工程塑料的选材 1-21

第2章 塑料制件的设计

- 2.1 塑料材料的选择 1-25
- 2.2 塑件的几何形状要素 1-25
 - 2.2.1 塑件的几何形状 1-25
 - 2.2.2 塑件的壁厚 1-27
 - 2.2.3 脱模斜度 1-29
 - 2.2.4 塑件支承面和凸台 1-30
 - 2.2.5 加强肋与增强结构 1-31
 - 2.2.6 圆角与孔 1-34
 - 2.2.7 文字、符号及花纹 1-37
 - 2.2.8 塑件设计实例 1-38
- 2.3 塑件的尺寸精度和表面粗糙度 1-42
 - 2.3.1 塑件的尺寸精度 1-42
 - 2.3.2 塑件的表面粗糙度 1-45
- 2.4 螺纹与齿轮的设计 1-45
 - 2.4.1 塑件的螺纹设计 1-45
 - 2.4.2 塑料齿轮的设计 1-46
- 2.5 有嵌件塑件的设计 1-47

- 2.5.1 嵌件的用途及种类 1-47
- 2.5.2 嵌件设计要点 1-47
- 2.5.3 自攻螺纹孔的设计 1-49

第3章 塑料成型工艺及设备

- 3.1 塑料常用成型方法及成型工艺特性 1-50
 - 3.1.1 塑料常用成型方法 1-50
 - 3.1.2 塑料成型工艺特性 1-51
- 3.2 注射成型工艺及设备 1-62
 - 3.2.1 注射成型原理 1-63
 - 3.2.2 注射成型过程 1-63
 - 3.2.3 热固性塑料的注射成型 1-65
 - 3.2.4 精密注射成型 1-66
 - 3.2.5 注射成型工艺参数的确定 1-69
 - 3.2.6 注射成型系统及设备 1-77
- 3.3 挤出成型工艺及设备 1-91
 - 3.3.1 概述 1-91
 - 3.3.2 挤出成型原理 1-92
 - 3.3.3 挤出成型机头的作用与分类 1-92
 - 3.3.4 挤出成型工艺过程 1-94
 - 3.3.5 挤出成型工艺参数的控制 1-96
 - 3.3.6 挤出成型设备和分类 1-98
- 3.4 压缩成型工艺 1-104
 - 3.4.1 压缩成型原理及特点 1-104
 - 3.4.2 压缩成型工艺过程 1-104
 - 3.4.3 压缩物料的预处理 1-105
 - 3.4.4 压缩成型工艺条件的控制 1-105
 - 3.4.5 压缩成型常用设备 1-106
- 3.5 压注成型工艺 1-112
 - 3.5.1 压注成型原理及特点 1-112
 - 3.5.2 压注成型工艺过程 1-113
 - 3.5.3 压注成型的工艺参数 1-113

| | | | |
|-----------------|-------|-----------------|-------|
| 3.6 其他塑料成型方法及设备 | 1-114 | 3.6.5 压延成型 | 1-128 |
| 3.6.1 吹塑成型 | 1-114 | 3.6.6 旋转成型 | 1-132 |
| 3.6.2 板、片材成型 | 1-118 | 3.6.7 缠绕成型与喷射成型 | 1-133 |
| 3.6.3 层压成型 | 1-123 | 3.6.8 烧结成型 | 1-134 |
| 3.6.4 泡沫塑料成型 | 1-125 | 3.6.9 流延成型 | 1-135 |

第二篇 塑料成型模具设计

第1章 塑料成型模具分类及结构

| | |
|--------------------------|------|
| 1.1 塑料模具分类及用途 | 2-3 |
| 1.1.1 注射成型模 | 2-3 |
| 1.1.2 压缩成型模 | 2-3 |
| 1.1.3 压注成型模 | 2-3 |
| 1.1.4 挤出成型模 | 2-4 |
| 1.1.5 吹塑成型模具 | 2-4 |
| 1.1.6 气压成型模具 | 2-4 |
| 1.2 塑料模具的基本结构 | 2-5 |
| 1.3 塑料模具综合性能要求(技术标准) | 2-6 |
| 1.4 塑料模设计程序与步骤 | 2-8 |
| 1.5 塑料模设计采用的标准 | 2-9 |
| 1.5.1 塑料模零件标准 | 2-9 |
| 1.5.2 塑料模模架标准 | 2-10 |
| 1.5.3 塑料注射模零件设计及标准 | 2-24 |
| 1.6 塑料模成型常见缺陷及分析 | 2-43 |
| 1.6.1 热塑性塑料成型常见的缺陷及其原因分析 | 2-44 |
| 1.6.2 热固性塑料成型常见的缺陷及其原因分析 | 2-47 |
| 1.7 试模后的模具验收 | 2-49 |

第2章 注射模设计

| | | | |
|-----------------|------|------------------------------|-------|
| 2.1 注射模的结构与分类 | 2-50 | 2.4.2 成型零部件工作尺寸计算 | 2-65 |
| 2.1.1 注射模的结构 | 2-50 | 2.4.3 成型零部件强度计算及校核 | 2-71 |
| 2.1.2 注射模的分类 | 2-51 | 2.5 浇注系统设计 | 2-74 |
| 2.2 塑料模的设计步骤 | 2-53 | 2.5.1 浇注系统组成及设计原则 | 2-74 |
| 2.3 型腔数确定与分型面选择 | 2-55 | 2.5.2 普通浇注系统的设计 | 2-75 |
| 2.3.1 型腔数目及布置 | 2-55 | 2.5.3 热流道浇注系统 | 2-85 |
| 2.3.2 分型面选择 | 2-57 | 2.6 注射模机构设计及标准 | 2-90 |
| 2.4 成型零部件设计 | 2-59 | 2.6.1 抽芯机构设计 | 2-90 |
| 2.4.1 成型零部件结构设计 | 2-59 | 2.6.2 脱模机构设计 | 2-101 |
| | | 2.6.3 脱模机构零件设计与标准 | 2-114 |
| | | 2.7 塑料模排气系统的设计 | 2-117 |
| | | 2.8 模具温度调节系统 | 2-119 |
| | | 2.8.1 冷却系统设计 | 2-119 |
| | | 2.8.2 加热系统设计 | 2-123 |
| | | 2.9 热塑性塑料注射模结构实例与设计范例 | 2-126 |
| | | 2.9.1 热塑性塑料注射模设计要点 | 2-126 |
| | | 2.9.2 卧式注射机用模具实例和设计范例 | 2-126 |
| | | 2.9.3 立式注射机用模具实例 | 2-134 |
| | | 2.9.4 角式注射机用模具实例 | 2-134 |
| | | 2.10 热固性塑料注射模设计 | 2-135 |
| | | 2.10.1 热固性塑料注射模结构及设计要求 | 2-136 |
| | | 2.10.2 热固性塑料模具典型结构 | 2-137 |
| | | 2.11 气体辅助注射成型及模具设计 | 2-143 |
| | | 2.11.1 概述 | 2-143 |
| | | 2.11.2 气体辅助注射成型塑件的 | 2-143 |
| | | 设计 | 2-143 |
| | | 2.11.3 气体辅助注射模具的设计 | 2-145 |
| | | 2.12 注射模计算机辅助设计制造(CAD/CAM)概述 | 2-146 |
| | | 2.12.1 概述 | 2-146 |

| | | |
|--------|--------------|-------|
| 2.12.2 | 注射模计算机辅助计算基础 | 2-150 |
|--------|--------------|-------|

第3章 挤出成型机头设计

| | | |
|-------|-----------------|-------|
| 3.1 | 挤出成型机头设计原则 | 2-157 |
| 3.1.1 | 挤出成型机头的组成 | 2-157 |
| 3.1.2 | 挤出机头的种类 | 2-157 |
| 3.1.3 | 挤出成型机头的设计准则 | 2-168 |
| 3.1.4 | 挤出成型机头的设计计算 | 2-169 |
| 3.2 | 管材挤出成型机头的设计 | 2-172 |
| 3.2.1 | 管材挤出机头的理论计算 | 2-172 |
| 3.2.2 | 挤管机头主要零部件的设计 | 2-173 |
| 3.2.3 | 定径套的设计 | 2-176 |
| 3.2.4 | 管材成型机头设计实例 | 2-177 |
| 3.2.5 | 管材成型缺陷及分析 | 2-178 |
| 3.3 | 薄膜挤出成型机头的设计 | 2-179 |
| 3.3.1 | 薄膜机头种类及特征 | 2-179 |
| 3.3.2 | 薄膜机头设计原则 | 2-180 |
| 3.3.3 | 薄膜机头主要结构零件设计 | 2-181 |
| 3.3.4 | 薄膜机头主要参数的确定 | 2-183 |
| 3.4 | 异型材成型机头设计 | 2-183 |
| 3.4.1 | 异型材制作 | 2-183 |
| 3.4.2 | 异型材挤出成型机头设计 | 2-185 |
| 3.5 | 其他挤出成型机头设计 | 2-190 |
| 3.5.1 | 棒材挤出成型机头 | 2-190 |
| 3.5.2 | 板材、片材挤出成型机头 | 2-192 |
| 3.5.3 | 电线电缆挤出机头 | 2-195 |
| 3.5.4 | 造粒、抽丝、焊条及坯料挤出机头 | 2-196 |
| 3.6 | 挤出成型机头实例 | 2-197 |
| 3.6.1 | 薄膜机头实例 | 2-197 |
| 3.6.2 | 管材机头实例 | 2-198 |
| 3.6.3 | 板材机头实例 | 2-199 |
| 3.6.4 | 异型材机头实例 | 2-199 |

第4章 压缩成型模具设计

| | | |
|-------|----------------|-------|
| 4.1 | 压缩成型模具的结构形式和分类 | 2-201 |
| 4.1.1 | 压缩模的结构特征 | 2-201 |
| 4.1.2 | 压缩模分类 | 2-205 |
| 4.1.3 | 压力机与压缩模的关系 | 2-206 |
| 4.2 | 压缩模成型零部件设计 | 2-210 |
| 4.2.1 | 成型零部件设计 | 2-210 |
| 4.2.2 | 加料腔设计计算 | 2-221 |
| 4.3 | 脱模机构和导向机构的设计 | 2-223 |

| | | |
|-------|--------------|-------|
| 4.3.1 | 压缩模的脱模机构 | 2-223 |
| 4.3.2 | 压缩模的导向机构 | 2-226 |
| 4.4 | 侧向分型与抽芯机构 | 2-227 |
| 4.5 | 加热系统设计 | 2-229 |
| 4.6 | 压缩模设计程序与模具实例 | 2-229 |
| 4.6.1 | 压缩模的设计程序 | 2-229 |
| 4.6.2 | 压缩模结构实例 | 2-230 |
| 4.7 | 压缩件缺陷分析 | 2-238 |

第5章 压注成型模具设计

| | | |
|-------|--------------|-------|
| 5.1 | 压注成型模具概述 | 2-240 |
| 5.1.1 | 压注模的结构组成 | 2-240 |
| 5.1.2 | 压注模的分类 | 2-240 |
| 5.1.3 | 压注模与压力机的关系 | 2-242 |
| 5.2 | 压注模设计 | 2-242 |
| 5.2.1 | 加料腔与柱塞的设计 | 2-242 |
| 5.2.2 | 浇注系统与排溢系统的设计 | 2-244 |
| 5.2.3 | 压注模设计实例 | 2-250 |
| 5.2.4 | 压注件废品分析 | 2-253 |

第6章 吹塑成型模具设计

| | | |
|-------|---------------|-------|
| 6.1 | 中空吹塑薄膜成型工艺性 | 2-257 |
| 6.2 | 吹塑薄膜模具机头的典型结构 | 2-258 |
| 6.2.1 | 薄膜吹塑机头典型结构 | 2-258 |
| 6.2.2 | 机头的主要尺寸 | 2-260 |
| 6.3 | 中空吹塑模具的设计 | 2-260 |
| 6.3.1 | 中空吹塑成型模具 | 2-260 |
| 6.3.2 | 中空吹塑模的结构 | 2-261 |
| 6.3.3 | 中空吹塑模具设计 | 2-261 |
| 6.3.4 | 吹塑模具的型腔 | 2-263 |
| 6.3.5 | 吹塑模的锁模力 | 2-263 |
| 6.3.6 | 模具材料 | 2-263 |
| 6.4 | 真空吸塑成型模具 | 2-264 |
| 6.4.1 | 模具材料 | 2-265 |
| 6.4.2 | 凹模 | 2-266 |
| 6.4.3 | 凸模 | 2-266 |
| 6.4.4 | 切边模 | 2-266 |
| 6.5 | 吹塑成型模具结构实例 | 2-266 |
| 6.6 | 吹塑制件质量分析 | 2-266 |

第7章 发泡塑料成型模具

| | | |
|-----|-------------|--|
| 7.1 | 发泡塑料材料选择及成型 | |
|-----|-------------|--|

| | | | |
|--------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| 工艺 | 2-271 | 7.3.2 成型方法 | 2-283 |
| 7.1.1 发泡塑料材料及性能 | 2-271 | 7.3.3 模具基本结构 | 2-283 |
| 7.1.2 发泡塑料成型工艺及设备 | 2-272 | 7.3.4 模具零件设计 | 2-283 |
| 7.2 发泡塑料成型模具设计 | 2-273 | 7.3.5 发泡体的质量问题及解决方法 | 2-286 |
| 7.2.1 发泡塑料成型模具分类 | 2-277 | 7.3.6 发泡聚苯乙烯塑料成型模具设计应注意的问题 | 2-287 |
| 7.2.2 模具结构特征与设计要点 | 2-277 | 7.3.7 成型收缩 | 2-287 |
| 7.3 发泡聚苯乙烯 (PS) 塑料成型模具设计 | 2-283 | 7.4 模具结构实例 | 2-287 |
| 7.3.1 发泡体的性质与用途 | 2-283 | | |

第三篇 塑料模具制造、装配及现代化管理

第1章 模具制造及制造工艺

| | |
|-----------------------------|------|
| 1.1 塑料模的制造精度与表面质量 | 3-3 |
| 1.1.1 塑料模制造精度 | 3-3 |
| 1.1.2 模具成型件加工表面质量 | 3-6 |
| 1.2 模具制造工艺过程 | 3-7 |
| 1.2.1 模具生产过程与工艺过程 | 3-7 |
| 1.2.2 模具零件加工工艺过程 | 3-9 |
| 1.2.3 模具通用零件加工工艺过程实例 | 3-10 |
| 1.3 模具制造工艺规程 | 3-13 |
| 1.3.1 模具制造工艺规程的定义与特点 | 3-13 |
| 1.3.2 模具制造工艺规程的文件形式 | 3-14 |
| 1.3.3 模具制造工艺规程制定的技术基础 | 3-15 |
| 1.3.4 模具零件制造工艺规程的基本内容 | 3-24 |
| 1.4 模具制造工艺规程的执行与验收 | 3-33 |
| 1.4.1 模具制造工艺规程的执行 | 3-33 |
| 1.4.2 模具验收 | 3-36 |

第2章 模具凹、凸模的成形铣削

| | |
|---------------------------|------|
| 2.1 立铣加工工艺 | 3-38 |
| 2.2 仿形铣加工工艺 | 3-39 |
| 2.2.1 仿形铣削基本原理和加工精度 | 3-39 |
| 2.2.2 仿形靠模、触头与刀具 | 3-41 |
| 2.2.3 常用靠模仿形铣床 | 3-43 |

| | |
|---------------------------|------|
| 2.3 数控铣削工艺 | 3-44 |
| 2.3.1 数控铣削工艺要求与加工顺序 | 3-44 |
| 2.3.2 数控铣削机床 | 3-45 |
| 2.3.3 数控铣削插补原理与方法 | 3-48 |
| 2.4 典型零件仿形铣削加工实例 | 3-51 |

第3章 模具凹、凸模成形磨削

| | |
|---------------------------|------|
| 3.1 成形磨削原理与方法 | 3-54 |
| 3.1.1 成形磨削原理与应用 | 3-54 |
| 3.1.2 成形磨削工艺 | 3-56 |
| 3.1.3 成形磨削实例 | 3-63 |
| 3.1.4 常用成形磨削机床 | 3-73 |
| 3.2 光学曲线磨削工艺与机床 | 3-74 |
| 3.2.1 磨削工艺与方法 | 3-74 |
| 3.2.2 光学曲线磨削工艺条件与机床 | 3-77 |
| 3.3 数控成形磨削与坐标磨削工艺 | 3-78 |
| 3.3.1 数控成形磨削工艺与机床 | 3-78 |
| 3.3.2 坐标磨削工艺与机床 | 3-79 |
| 3.3.3 典型凹、凸模数控磨削实例 | 3-84 |

第4章 高硬材料成型件的加工与机床

| | |
|----------------------------|------|
| 4.1 模具常用高硬材料 | 3-87 |
| 4.1.1 硬质合金分类与力学性质 | 3-87 |
| 4.1.2 钢结硬质合金分类与性能 | 3-87 |
| 4.2 模具常用高硬材料成型件的成形磨削 | 3-88 |
| 4.2.1 硬质合金凹、凸模成形磨削 | 3-88 |
| 4.2.2 钢结硬质合金凹、凸模成形磨削 | 3-91 |

4.3 电火花成形加工原理及工艺过程 3-92

4.3.1 电火花成形加工的基本原理 3-92

4.3.2 电加工工艺系统及应用 3-94

4.4 电火花成形加工工艺与机床 3-95

4.4.1 电火花加工方法 3-95

4.4.2 电火花加工机床与工具电极 3-96

4.4.3 电火花典型加工实例 3-102

4.5 电火花线切割加工工艺与机床 3-104

4.5.1 电火花线切割加工原理与加工特点 3-104

4.5.2 线切割成形加工条件及工艺参数控制 3-106

4.5.3 电火花线切割机床与性能 3-109

4.5.4 电火花线切割的应用 3-112

4.5.5 线切割加工质量、精度及影响因素 3-116

4.5.6 斜度和三维曲面的线切割加工方法 3-117

4.5.7 电火花线切割数控程序编制 3-120

第5章 凹、凸模型面强化及精蚀加工

5.1 塑料模型面的强化技术 3-125

5.1.1 模具表面沉积法 3-125

5.1.2 电火花强化技术 3-127

5.1.3 渗氮处理 3-128

5.2 塑料模成型面的精蚀加工 3-128

5.2.1 研磨与抛光技术 3-128

5.2.2 工具研磨与抛光加工 3-130

5.2.3 化学腐蚀与照相腐蚀 3-136

第6章 塑料模具的装配

6.1 模具装配与装配方法 3-142

6.1.1 模具装配及技术要求 3-142

6.1.2 模具装配工艺过程 3-143

6.2 塑料模的装配工艺 3-144

6.2.1 塑料模部件的装配 3-144

6.2.2 塑料模架与导向装置的装配 3-149

6.2.3 塑料模加工与装配特点 3-151

6.2.4 模具装配件定位、连接与

固定 3-152

6.3 模具装配与标准化 3-155

6.3.1 模具标准化 3-155

6.3.2 模具装配与标准件的应用 3-156

6.4 塑料注射模组装、总装与调试 3-157

6.4.1 塑料注射模装配单元与组装 3-157

6.4.2 塑料注射模总装与调试 3-161

第7章 塑料模具的安装、调试与验收

7.1 塑料模具的安装与调试 3-163

7.1.1 塑料注射模的安装与调试 3-163

7.1.2 压缩模的安装与调试 3-171

7.1.3 塑封模的安装与调试 3-173

7.2 模具的检测、验收及成本控制 3-178

7.2.1 模具检测的作用及内容 3-178

7.2.2 模具检测用的测量器具 3-180

7.2.3 型腔模模架检测 3-188

7.2.4 模具装配过程中的检测 3-190

7.2.5 塑料模的验收 3-192

7.2.6 模具制造周期与成本控制 3-193

第8章 现代模具合理化生产方式与先进制模技术

8.1 模具的使用、保管与维护 3-195

8.1.1 模具的使用 3-195

8.1.2 模具的保管与维护 3-196

8.1.3 现代模具生产方式与模具合理化生产 3-204

8.2 现代模具先进制造技术 3-205

8.2.1 模具制造的技术措施 3-205

8.2.2 模具先进制造技术 3-207

8.3 模具制造并行工程 3-209

8.3.1 模具制造并行工程的组织结构 3-209

8.3.2 模具制造并行工程的应用 3-210

8.4 现代模具加工方法 3-211

8.4.1 成形法 3-211

8.4.2 累加法 3-213

参考文献 3-215

第一篇 塑料成型 技术基础

第1章 塑料材料

塑料是以合成树脂为主要成分，加入适量的添加剂，在一定的压力和温度条件下，通过物态转换或交联固化作用，能够塑制成型的有机高分子材料。常用的塑料名称与缩写见表 1.1-1 所示。

表 1.1-1 常用塑料的名称与缩写对照表

| 缩写代号 | 中文名称 | 英文名称 |
|-------|-----------------|--|
| ABS | 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 | Acrylonitrile - butadiene - styrene |
| A/S | 丙烯腈-苯乙烯共聚物 | Acrylonitrile - styrene |
| AAS | 丙烯腈-丙烯酸脂-苯乙烯共聚物 | Acrylonitrile - acryloid - styrene |
| CA | 乙酸纤维素 | Cellulose - acetate |
| CAB | 乙酸-丁酸纤维素 | Cellulose - acetate - butyrate |
| CAP | 乙酸-丙烯酸纤维素 | Cellulose - acetate - propionate |
| CMC | 羧甲基纤维素 | Carboxymethyl - cellulose |
| CN | 硝酸纤维素 | Cellulose - Nitrate |
| CP | 丙酸纤维素 | Cellulose - propionate |
| CS | 酪素塑料 | Casein plastics |
| EC | 乙基纤维素 | Ethyl cellulose |
| EP | 环氧树脂 | Epoxide; epoxy |
| EPC | 乙丙烯共聚物 | Ethylene - propylene copolymer |
| EVA | 乙烯-醋酸乙烯共聚物 | Ethylene - vinylacetate copolymer |
| FEP | 聚全氟乙丙烯 | Tetrafluoroethylene - hexafluore propylene copolymer |
| PS | 聚苯乙烯 | Polystyrene |
| GRP | 玻璃纤维增强塑料 | Glass Reinforced Plastic |
| HDPE | 高密度聚乙烯 | High - density polyethylene |
| HIPS | 高抗冲聚苯乙烯 | High Impact Polystyrene |
| LDPE | 低密度聚乙烯 | Low - density polyethylene |
| MDPE | 中密度聚乙烯 | Median density polyethylene |
| MF | 密胺甲醛树脂 | Melamine - formaldehyde |
| PA | 聚酰胺 (尼龙) | Polyamide |
| PAN | 聚丙烯腈 | Polyacrylonitrile |
| PAA | 聚丙烯酸 | Polyacryli acid |
| PB | 聚丁烯-1 | Polybutylene |
| PETP | 聚对苯二甲酸乙二醇酯 | Poly ethylene terephthalate |
| PC | 聚碳酸酯 | Polycarbonate |
| PCTFE | 聚三氟氯乙烯 | Polychlorotrifluoroethylene |
| PE | 聚乙烯 | Polyethylene |
| PEC | 氯化聚乙烯 | Chlorinated polyethylene enamel |
| PEEK | 聚醚醚酮 | polyetheretherketone |
| PETP | 聚对苯二甲酸乙二酯 | Poly ethylene terephthalate |
| PF | 酚醛树脂 | Phenol - formaldehyde |
| PI | 聚酰亚胺 | Polamide - imide |
| PMMA | 聚甲基丙烯酸甲酯 | Polymethyl methacrylate |
| POM | 聚甲醛 | Polyoxymethylene |
| PP | 聚丙烯 | Polypropylene |
| PPO | 聚苯醚 | Poly phenylene oxide |
| PPS | 聚苯硫醚 | Polyphenylene Sulfide |

(续)

| 缩写代号 | 中文名称 | 英文名称 |
|------|---------|-------------------------|
| PS | 聚苯乙烯 | Polystyrene |
| PSF | 聚砜 | Polysulfone |
| PTFE | 聚四氟乙烯 | Polytetrafluoroethylene |
| PUR | 聚氨酯 | Polyurethane |
| PVAC | 聚乙酸乙烯酯 | Polyvinyl acetate |
| PVAL | 聚乙烯醇 | Polyvinyl alcohol |
| PVC | 聚氯乙烯 | Polyvinyl chloride |
| PVDC | 聚偏氯乙烯 | Polyvinyl Dichloride |
| PVB | 聚乙烯醇缩丁醛 | Polyvinyl butyral |

1.1 常用塑料及其性能

1.1.1 塑料的分类

塑料的分类可以有如下的方式,见表 1.1-2。

表 1.1-2 塑料分类

| 按受热特征分类 | 热塑性塑料 | |
|----------|--------|-----------------------------------|
| | 热固性塑料 | 酚醛树脂、氨基塑料、环氧树脂、有机硅塑料等 |
| 按用途与特征分类 | 通用塑料 | 聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛树脂、氨基塑料、环氧树脂等 |
| | 工程塑料 | ABS、有机玻璃、尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰胺等 |
| | 特种工程塑料 | 聚砜、聚苯醚、聚酰亚胺、聚醚醚酮、聚芳酯、聚苯酯等 |
| | 耐高温塑料 | 有机硅塑料、氟塑料、聚酰亚胺、芳香尼龙等 |
| 按合成方式分类 | 聚合物塑料 | 聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、有机玻璃等 |
| | 缩合物塑料 | 酚醛树脂、氨基塑料、有机硅塑料等 |

1.1.2 塑料的特性

塑料之所以得到广泛应用,除了原料的来源充沛、价格低廉外,更主要的是由于它具有金属、非金属等其他材料所不能比拟的物理、化学及力学性能。

(1) 质轻 塑料一般多比较轻,其密度在(0.83 ~

$2.3) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的范围内,而大多数在(1 ~ 1.5) $\times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 之间。因此,只有钢密度的 1/7 ~ 1/4、铝的 1/2。这个特点对减轻机械设备的重量是非常有利的,特别是对于要求减轻自重的车辆、船舶、火箭和其他尖端技术,具有特别重要的意义。

(2) 比强度高 通常情况下塑料的强度多低于金属,但是,各种增强塑料的力学性能却可以和金属相比。由于其密度小于金属,因此其比强度(强度/密度)则与金属相当,甚至比金属高。

(3) 耐化学腐蚀性好 塑料的耐化学腐蚀性优于金属,它对酸、碱等化学药品具有良好的耐腐蚀性能。特别是聚四氟乙烯,它不仅能够耐各种酸、碱的侵蚀,甚至在连黄金都能够溶解的“王水”中煮沸,也不受影响。用塑料作化工设备等耐腐蚀装置具有重要意义。

(4) 减摩、耐磨性好 大部分塑料的摩擦因数都很小,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。适宜作有磨粒或杂质存在的恶劣条件下工作的摩擦零部件。

(5) 良好的消声吸振性 塑料具有良好的消声吸振性能,用塑料制成的齿轮、轴承等传动件,工作时噪声小、寿命高,这对于提高转速和减小噪声很重要。

(6) 电绝缘性能优异 塑料是电的不良导体,其电绝缘性能优良,介电常数较低,介电损耗很小。有些品种如聚苯乙烯、聚四氟乙烯等,即使在高频或超高频条件下也能保持良好的介电性能,为电气工业及电信、雷达、航天等技术提供了优异的材料。

应当指出,塑料的优点是许多材料所不及的,但它作为一定载荷的结构件,也有一些缺点。主要是刚性和耐热性差,塑料的弹性模量为钢铁的 1%; 温度升高后,其强度明显降低。另外,塑料的导热性差,虽然利用这点可用塑料制作隔热件,但作为传动件,散热不好,特别对摩擦零件更为不利; 塑料的线胀系数很大,约为钢铁的 10 倍,对钢铁的嵌合性不良;

在长期载荷作用下,即使温度不高,塑料也会渐渐产生流动性(即蠕变);有些塑料在溶剂中会发生溶胀,因此,必须避免与某些溶剂接触。

1.2 热塑性塑料

常用热塑性塑料的主要技术指标见表 1.1-3。

表 1.1-3 常用热塑性塑料的主要技术指标

| 塑料性能 | 聚乙烯(PE) | | 聚丙烯(PP) | | | | 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA) |
|----------------------------------|------------------------------------|-------------------|--|-------------------|---------|--------------------------|--------------------------------|
| | HDPE | LDPE | 纯聚丙烯 | 乙烯丙烯嵌段共聚 | 玻璃纤维增强 | 添加CaCO ₃ 等填充物 | PMMA |
| 屈服强度/MPa | 22~30 | 7~19 | 37 | 36 | 78~90 | 16~185 | 80 |
| 抗拉强度/MPa | 27 | 7~16 | | | 78~90 | 16~175 | 80 |
| 伸长率(%) | 15~100 | 90~650 | >200 | >430 | — | 43 | 2~10 |
| 拉伸弹性模量/GPa | 0.84~0.95 | 0.12~0.24 | 1.1~1.6 | | 5.0~6.0 | | 3.16 |
| 弯曲强度/MPa | 27~40 | 25 | 67 | 53 | 132 | 77 | 145 |
| 弯曲弹性模量/GPa | 1.1~1.4 | 0.11~0.24 | 1.45 | 1.23 | 4.5 | | 2.56 |
| 表面电阻率/Ω | | | | | | | |
| 体积电阻率/Ω·m | 10 ¹³ ~10 ¹⁴ | >10 ¹⁴ | >10 ¹⁴ | >10 ¹⁴ | | | >10 ¹² |
| 击穿电压/(kV/mm) | 17.7~19.7 | 18.1~27.5 | 30 | 24 | | | 17.7~21.6 |
| 耐电弧性/s | 150 | 135~160 | 125~185 | | | | |
| 密度/(g/cm ³) | 0.941~0.965 | 0.910~0.925 | 0.90~0.91 | 0.91 | | | 1.17~1.20 |
| 24h吸水率(%) | <0.01 | <0.01 | 0.01~0.03 | | 0.05 | | 0.3~0.4 |
| 长时期 | | | 浸水18d | | — | | 0.5 |
| 折射率(或折光指数)(%) (或n _D) | 1.54 | 1.51 | — | | | | n _D 1.41 |
| 透光率或透明度(%) | 不透明 | 半透明 | 半透明 | | | | 90~92 |
| 摩擦因数 | 0.23 | 0.4 | PP/钢(无润滑) 0.34 PP/铜(油润滑) 0.16 | | | | 0.4~0.5 |
| 玻璃化温度/℃ | -120~-125 | -120~-125 | -18~-10 | | | | 105 |
| 熔点(或粘流温度)/℃ | 105~137 | 105~125 | 170~176 | 160~170 | 170~180 | 160~170 | 160~200 |
| 熔融指数(MFI)/(g/10min) | 190℃负荷21N 喷嘴φ2.09mm 0.37 | 0.3~17.0 | 230℃负荷21N, 喷嘴φ2.09mm 2.03~8.69 | 1.0~4.0 | 1.5~2.5 | | 200℃负荷50N 喷嘴φ2.09mm 1.07 |
| 维卡温度/℃ | 121~127 | | 140~150 | 105 | | | |
| 马丁耐热温度/℃ | — | — | — | <60 | 65 | | 68 |
| 热变形温度/℃(45MPa) | 60~82 | | 102~115 | | | | 74~109 |
| (180MPa) | 48 | 38~49 | 56~67 | | 127 | | 68~99 |
| 线膨胀系数/(10 ⁻⁵ /℃) | 11~13 | 16~18 | 9.8 | | 4.9 | | 5~9 |
| 计算收缩率(%) | 1.5~3.0 | 1.5~5.0 | 1.0~3.0 | | 0.4~0.8 | 0.5~1.5 | 0.5~0.7 |
| 比热容/[J/(kg·K)] | 2310 | 2310 | 1930 | 2100 | | | 1470 |
| 热导率/[W/(m·K)] | 0.490 | 0.335 | 0.118 | 0.126 | | | 0.210 |
| 燃烧性/(cm/min) | 很慢 | 很慢 | 慢 | | | | 慢 |

(续)

| 塑料性能 | 聚氯乙烯(PVC) | | 聚苯乙烯(PS) | | | 苯乙烯共聚 | |
|---|-----------------------|-------------------------------|---|---------------|------------------------|---|------------------------|
| | 硬质 | 软质 | 一般型 | 抗冲型 | 20%~30% 玻璃纤 维增强 | ABS | 改性聚苯乙 烯(丁苯橡 胶改性) |
| 屈服强度/MPa | 35~50 | 10~24 | 35~63 | 14~48 | 77~106 | 50 | 33 |
| 抗拉强度/MPa | 35~50 | | 35~63 | 14~48 | 77~106 | 38 | 38 |
| 伸长率(%) | 20~40 | 300 | 1.0 | 5.0 | 0.75 | 35 | 30.8 |
| 拉伸弹性模量/GPa | 2.4~4.2 | | 2.8~3.5 | 1.4~3.1 | 3.2 | 1.8 | 5.0 |
| 弯曲强度/MPa | >90 | | 61~98 | 35~70 | 70~119 | 80 | 56 |
| 弯曲弹性模量/GPa | 0.05~0.09 | 0.006~0.012 | | | | 1.4 | 1.8 |
| 表面电阻率/ Ω | | | | | | 1.2×10^{13} | |
| 体积电阻率/ $\Omega \cdot m$ | 6.71×10^{11} | $>10^{14}$ | $>10^{14}$ | $>10^{14}$ | $10^{11} \sim 10^{15}$ | 6.9×10^{14} | |
| 击穿电压/(kV/mm) | 26.5 | 26.5 | 19.7~27.5 | | | | |
| 耐电弧性/s | | | 60~80 | 20~100 | 60~135 | 50~85 | 90 |
| 密度/(g/cm ³) | 1.35~1.45 | 1.16~1.35 | 1.04~1.06 | 0.98~ 1.10 | 1.20~ 1.33 | 1.02~ 1.16 | 1.20~1.38 |
| 24h 吸水率(%) | 0.07~0.4 | 0.15~0.75 | 0.03~0.05 | 0.1~0.3 | 0.05~0.07 | 0.2~0.4 | 0.1~0.7 |
| 折光率(或折 光指数)(%) (或 n_D) | n_D 1.52~1.55 | | n_D 1.59~1.60 88~92 | n_D 1.57 | — | | |
| 透光率或透明度(%) | 透明 | 透明 | 透明 | 透明 | 不透明 | | |
| 摩擦因数 | 0.45~0.60 | 负荷10N, 1000转磨损量 15~17mg | 0.35~0.45 | 0.5 | | 0.45 | 0.45 |
| 玻璃化温度/ $^{\circ}C$ | 87 | | 100 | | | | |
| 熔点(或粘流温度)/ $^{\circ}C$ | 160~212 | 110~160 | 131~165 | | | 130~160 | |
| 熔融指数(MFI) /(g/10min) | | | 190 $^{\circ}C$ 负荷50N喷 嘴 ϕ 2.09mm 23.9 | | | 200 $^{\circ}C$ 负荷 50N喷嘴 ϕ 2.09mm 0.41~ 0.82 | |
| 维卡温度/ $^{\circ}C$ | | | | | | 71~122 | |
| 马丁耐热温度/ $^{\circ}C$ | 65 | <60 | 70 | 70 | | 63 | |
| 热变形温度/ $^{\circ}C$ (45MPa) (180MPa) | 67~82 54 | | 65~96 | 64~92.5 | 82~112 | 90~108 83~103 | 116~121 112~116 |
| 线膨胀系数 /($10^{-5}/^{\circ}C$) | 5.0~18.5 | 7.0~25 | 6~8 | 3.4~21 | 3.4~6.8 | 7.0 | 2.8 |
| 计算收缩率(%) | 0.6~1.0 | 1.5~2.5 | 0.5~0.6 | 0.3~0.6 | 0.3~0.5 | 0.4~0.7 | 0.1~0.2 |
| 比热容/[J/(kg·K)] | 1260 | 1680 | 1340 | 1400 | 1000 | 1470 | |
| 热导率/[W/(m·K)] | 0.210 | 0.147 | 0.120 | 0.084 | 0.163 | 0.263 | 0.263 |
| 燃烧性/(cm/min) | 自熄 | 自熄 | 慢 | 慢 | 慢 | 慢 | 慢 |

(续)

| 塑料性能 | 聚对苯二甲酸 乙二醇酯(PETP) | | 纤维素 | | | 聚碳酸酯(PC) | |
|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|---|----------------------|
| | 纯 | 玻璃纤 维增强 | 乙基纤 维素 | 醋酸纤 维素 | 硝酸纤 维素 | 纯 | 与ABS共混 |
| 屈服强度/MPa | 68 | 125 | | | | 72 | 71 |
| 抗拉强度/MPa | 68 | 125 | 14~56 | 13~59 | 49~56 | 60 | 59 |
| 伸长率(%) | 78 | 0 | 5~40 | 6~70 | 40~45 | 75 泊松比 0.38 | 86 |
| 拉伸弹性模量/GPa | 2.9 | 9.8 | 0.7~2.1 | 0.46~ 2.8 | 1.3~1.5 | 2.3 | 2.1~2.3 |
| 弯曲强度/MPa | 104 | 138~210 | 28~84 | 14~110 | 63~77 | 113 | 108 |
| 弯曲弹性模量/GPa | | 9.1 | | | | 1.54 | 1.84 |
| 表面电阻率/ Ω | 3.02×10^{16} | 2.86×10^{16} | | | | 3.02×10^{15} | 6.6×10^{13} |
| 体积电阻率/ $\Omega \cdot m$ | 3.92×10^{14} | 3.67×10^{14} | $10^{10} \sim 10^{12}$ | $10^{10} \sim 10^{12}$ | ($1.0 \sim 1.5$) $\times 10^9$ | 3.06×10^{15} | 2.9×10^{15} |
| 击穿电压/(kV/mm) | | 30~50 | 9.8~14.4 | 11.8~ 23.6 | >15 | 17~22 | 13~19 |
| 耐电弧性/s | | 90~120 | 50~310 | | 120 | 120 | 70~120 |
| 密度/(g/cm ³) | 1.32~1.37 | 1.63~1.70 | 1.09~1.17 | 1.23~ 1.34 | 1.35~1.40 | 1.20 | 1.15 |
| 24h 吸水率(%) | 0.26 | | | | | 23℃ 50% RH 0.15 | 0.15 |
| 长期 吸水率(%) | — | | 0.8~1.8 | 1.9~6.5 | 1.0~2.0 | 23℃浸水中 0.35 | — |
| 折射率(或折光 指数)(%) (或 n_D) | | | $n_D 1.47$ | $n_D 1.46 \sim 1.50$ | $n_D 1.49 \sim 1.51$ | 25℃ $n_D 1.586$ | — |
| 透光率或透明度(%) | | | | | | | |
| 摩擦因数 | 阿莫斯勒试验 $\mu = 0.27$ $b = 2.5$ | 0.54 | | | | 阿莫斯勒 试验 $\mu = 0.37$ $b = 16.0$ PC/PC 0.24(速 度 1cm/s) PC/不锈钢 0.73(速 度 1cm/s) | |
| 玻璃化温度/℃ | 69 | | | | 53 | 149 | — |
| 熔点(或粘流 温度)/℃ | 255~260 | | 165~185 | | | 225~250 (267) | 220~240 |
| 熔融指数(MFI) /(g/10min) | | | | | | | |
| 维卡温度/℃ | | | | | | 150~162 | |
| 马丁耐热温度/℃ | 82 | 150~178 | | | | 116~129 | 104 |

(续)

| 塑料性能 | 聚对苯二甲酸 乙二醇酯 (PETP) | | 纤维素 | | | 聚碳酸酯 (PC) | |
|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | 纯 | 玻璃纤 维增强 | 乙基纤 维素 | 醋酸纤 维素 | 硝酸纤 维素 | 纯 | 与 ABS 共混 |
| 热变形温度/℃ (45MPa) | 115 | 240 | 46~88 | 49~76 | 60~71 | 132~141 | |
| (180MPa) | 85 | | | 44~88 | | 132~138 | |
| 线膨胀系数 /(10 ⁻⁵ /℃) | 6.0 | 2.5 | 10~20 | 8~16 | 8~12 | 6 | |
| 计算收缩率(%) | 1.8 | 0.2~1.0 | 0.2~0.5 | 0.2~0.5 | | 0.5~0.7 | |
| 比热容 /[J/(kg·K)] | 2200 | 1800 | 2200 | 1680 | 1480 | 1220 | 1900 |
| 热导率/[W/(m·K)] | 0.250 | 0.270 | 0.227 | 0.252 | 0.231 | 0.193 | |
| 燃烧性/(cm/min) | 慢 | 慢 | 快 | 快 | 快 | 自熄 | 慢 |
| 塑料性能 | 聚甲醛 (POM) | | 聚砜 (PSF) | | | 聚苯醚 (PPO) | |
| | 纯 | 纯 | 聚四氟乙 烯填充 | 聚芳砜 | 聚醚砜 | 纯 | 改性聚苯醚 (与聚苯乙 烯共混) |
| 屈服强度/MPa | 69 | 82 | 77 | 98 | 104 | 87 | 82 |
| 抗拉强度/MPa | 60 | 58 | 55 | 98 | 97 | 69 | 67 |
| 伸长率(%) | 55 | 30 | 28 | | 26 | 14 | 55 |
| 拉伸弹性模量/GPa | 2.5 | 2.5 | 2.0 | | 2.6 | 2.5 | 2.1 |
| 弯曲强度/MPa | 104 | >120 | 107 | 154 | 147 | 140 | 130 |
| 弯曲弹性模量/GPa | 1.8 | 2.0 | 1.8 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 1.7 |
| 表面电阻率/Ω | | 6.5×10 ¹⁶ | >10 ¹⁶ | 1.8×10 ¹⁴ | 4.52×10 ¹⁶ | 2.1×10 ¹⁶ | 2.96×10 ¹⁴ |
| 体积电阻率/Ω·m | 1.87×10 ¹⁴ | 9.46×10 ¹⁴ | >10 ¹⁴ | 1.1×10 ¹⁵ | 6.14×10 ¹⁴ | 2.0×10 ¹⁵ | 3.8×10 ¹⁴ |
| 击穿电压/(kV/mm) | 18.6 | 16.1 | 22 | 29.7 | | 16~20.5 | |
| 耐电弧性/s | 129~140 | 122 | 122 | 67 | | | 75 |
| 密度/(g/cm ³) | 1.41 | 1.24 | 1.34 | 1.37 | 1.36 | 1.06~1.07 | 1.06 |
| 24h 吸水率(%) | 24h 0.12~0.15 | 0.12~0.22 | | | | 24h 0.06 | |
| 长时期 | 长期 0.8 | 23℃28d 0.62 | <0.1 | 1.8 | 0.43 | 23℃水中 长期 0.14 | 0.06 0.11 |
| 折射率(或折光 指数)(%) (或 n _D) | — | n _D 1.63 | — | n _D 1.67 | n _D 1.65 | | — |
| 透光率或透明度(%) | — | 透明 | — | | | | 不透明 |
| 摩擦因数 | 阿莫斯勒试验 μ=0.31 b=6.0 | 阿莫斯勒试验 μ=0.46 b=16.0 | 阿莫斯勒试验 μ=0.15~0.16 b=5.5~6.0 | | | 阿莫斯 勒试验 μ=0.36 b=11.5 | PPO/PPO 0.24~0.30 |
| | 负荷 28N/cm ² | | | | | PPO/PPO 0.18~0.23 | 磨损 (CS17, 1000 转) 20mg |
| | POM/PCM 0.2~0.4 | 0.67 聚砜/不锈钢 | | | | 1000 转) | |
| | POM/钢 0.1~0.2 | 0.40 | | | | 17mg | |