

塑料成型加工新技术丛书

# 塑料模具 成型新技术

齐贵亮 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

塑料成型加工新技术丛书

# 塑料模具成型新技术

主 编 齐贵亮

副主编 汪菊英 贾洪旭

杜厚波 付广慧

机械工业出版社

本书概要地介绍了我国塑料模具的现状、差距和发展趋势,在此基础上详细介绍了塑料模具用新材料及其热处理工艺;塑料模具加工新工艺,如电加工技术、高速切削技术、超声加工技术、激光加工技术、快速制模技术、成型面研抛技术、型腔花纹加工技术等;塑料模具新结构,如无流道模具、精密成型模具、双色成型模具、气体辅助成型模具、低发泡成型模具、热固性塑料成型模具、叠层式塑料成型模具、动态成型模具、熔芯注射成型模具等先进的模具设计与制造新技术。最后还为读者精选了20余种塑料模具典型结构设计实例。本书涉及面广,图例简明扼要,内容全面系统,可供从事塑料模具设计、制造的工程技术人员学习使用,也可供塑料加工界的科技人员以及材料加工和机械工程专业的师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

塑料模具成型新技术/齐贵亮主编. —北京:机械工业出版社,2010.12  
(塑料成型加工新技术丛书)  
ISBN 978-7-111-32337-2

I. ①塑… II. ①齐… III. ①塑料模具—技术 IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第207999号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:曲彩云 责任印制:杨 曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2011年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm·22.25印张·546千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-32337-2

定价:48.00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

策划编辑:(010)88379782

社服务中心:(010)88361066

网络服务

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

# 丛 书 序

市场是新技术的孵化器，由于消费市场对塑料制品性能要求的不断提高，促使传统加工技术的革新不止，一些看似“老旧”的工艺融入了高新科技含量，已不可同日而语。此外，随着高新技术在塑料工业中应用步伐的加快，塑料材料研究、制品设计、成型技术、工装设备制造技术均得到快速发展，塑料制品的质量和档次也有了明显的提高，市场上种类繁多、形态各异、色彩斑斓的塑料制品不断满足人们的日常生活需要，在工程和高尖端工业领域，塑料制品的用量也不断增大，应用领域逐步拓展。这些都充分展示了作为新材料、新工艺、新设备等高新技术在塑料成型技术中的强劲的发展势头。在这一系统工程中，除了塑料成型设备、材料外，很大程度上都取决于对塑料制品成型工艺的研究。

为了宣传和推广近年来塑料成型技术的研究成果，我们在广泛收集国内外文献的基础上，结合多年来的研究与实践经验，组织编写了《塑料成型加工新技术丛书》，全面介绍塑料成型加工的新技术、新工艺、新材料、新设备。

本套丛书注重先进性、实用性和可操作性，理论叙述从简，实际操作内容从详，用实例和实用数据说明问题，全面反映了塑料成型加工的现代技术水平，并具体介绍了各种成型的工艺技术方法，新颖、实用且内容翔实，数据准确，语言简练，图文并茂，通俗易懂，不仅是塑料成型加工和制品设计人员良好的指导教材，更是塑料及塑料制品企业、皮革企业、薄膜生产企业三石化企业、化工企业、塑料机械厂、材料厂、包装材料厂、塑料研究机构等从业人员的参考书。相信本丛书的出版发行对我国的塑料加工业的发展，将具有积极的指导作用。

丛书编委会

# 前 言

模具技术是一项涉及面广, 综合性强, 科技含量高的系统工程技术。用模具加工产品大大提高了生产效率, 而且还具有节约原材料, 降低能耗和成本, 保持产品高一致性等特点。因此模具被称为“效益放大器”, 在国外, 模具被称为“金钥匙”、“进入富裕社会的原动力”等。模具技术水平的高低, 在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力, 因此模具工业已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志。

近年来, 随着汽车、电子、IT、家电等行业的快速发展, 人们对塑料制品的精度、形状、功能、成本等提出了更高的要求, 作为重要生产装备的模具技术也发生了翻天覆地的变化, 无论是设计理念、制造手段还是先进模具材料的采用都在飞速地发展和不断地更新。模具技术正向着更精密、更复杂、更大型、更可靠及低材料、低能耗的方向发展。

为了帮助广大读者比较全面地了解该领域的理论发展与技术进步, 我们在认真学习并综合各种资料的基础上组织编写了《塑料模具新技术》一书, 力求较全面地介绍塑料模具工业的最新技术。全书分5章, 内容包括塑料模具用新材料及其热处理工艺; 塑料模具加工新工艺, 如电加工技术、高速切削技术、超声加工技术、激光加工技术、快速制模技术、成型面研抛技术、型腔花纹加工技术等; 塑料模具新结构, 如无流道模具、精密成型模具、双色成型模具、气体辅助成型模具、低发泡成型模具、热固性塑料成型模具、叠层式塑料成型模具、动态成型模具、熔芯注射成型模具等先进的模具设计与制造新技术。为使设计者应用方便, 本书还精选了20余种塑料模具典型结构设计实例供读者参考。

全书语言精炼, 通俗易懂, 资料完整, 图例简明扼要, 突出实用性、先进性和可操作性。既结合国内外中小型企业实际, 又反映国内外先进水平, 涉及面广, 内容全面系统。本书可供从事塑料模具设计、制造的工程技术人员学习使用, 也可供塑料加工界的科技人员以及材料加工和机械工程专业师生参考。

本书内容参阅了部分近年发表在国内外主要期刊的研究论文和技术资料, 同时还参阅了本行业许多资深专家的专著, 在此向这些文献的作者表示衷心感谢! 另外, 参加本书编写、录入和校对工作的还有梁振河、宋秀敏、孙丽、夏敏、孙健等同志。

由于水平所限, 不足之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 序

## 前言

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第1章 概述               | 1  |
| 1.1 我国塑料模具的现状        | 1  |
| 1.2 我国塑料模具的差距        | 2  |
| 1.3 塑料模具发展的新技术       | 4  |
| 1.4 塑料模具的发展趋势        | 6  |
| 第2章 塑料模具材料及热处理       | 10 |
| 2.1 塑料模具材料的分类        | 10 |
| 2.1.1 塑料模具用钢         | 10 |
| 2.1.2 塑料模具用铜合金       | 18 |
| 2.1.3 塑料模具用铝合金       | 22 |
| 2.1.4 塑料模具用锌合金       | 24 |
| 2.2 塑料模具材料的选用        | 27 |
| 2.2.1 塑料模具的工作条件      | 27 |
| 2.2.2 塑料模具材料的性能要求    | 28 |
| 2.2.3 塑料模具材料的选用原则    | 29 |
| 2.2.4 塑料模具零部件的选材     | 34 |
| 2.2.5 塑料模具选材实例       | 36 |
| 2.3 塑料模具材料的热处理       | 38 |
| 2.3.1 常用热处理工艺        | 38 |
| 2.3.2 塑料模具钢热处理的工艺要点  | 40 |
| 2.3.3 非合金型塑料模具钢的热处理  | 41 |
| 2.3.4 渗碳型塑料模具钢的热处理   | 42 |
| 2.3.5 预硬型塑料模具钢的热处理   | 42 |
| 2.3.6 时效硬化型塑料模具钢的热处理 | 44 |
| 2.3.7 耐腐蚀塑料模具钢的热处理   | 45 |
| 2.3.8 整体淬硬型塑料模具钢的热处理 | 45 |
| 2.4 塑料模具失效分析与对策      | 46 |
| 2.4.1 各类模具常见的失效形式    | 46 |
| 2.4.2 塑料模具失效因素分析     | 47 |
| 2.4.3 提高塑料模具寿命的对策    | 48 |
| 第3章 模具加工新技术          | 50 |
| 3.1 电火花成型加工技术        | 50 |

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 3.1.1 | 电火花成型加工及其特点              | 50  |
| 3.1.2 | 模具制造中电火花加工电极材料的合理选择      | 54  |
| 3.1.3 | 模具制造中电火花加工的工艺流程          | 56  |
| 3.1.4 | 型腔类模具的电火花加工              | 58  |
| 3.1.5 | 影响模具电火花加工质量的主要因素         | 63  |
| 3.1.6 | 模具制造中先进的电火花加工技术          | 65  |
| 3.1.7 | 电火花成型加工实例——塑料叶轮注射模的设计与制造 | 69  |
| 3.2   | 电火花线切割加工技术               | 75  |
| 3.2.1 | 电火花线切割加工及其特点             | 75  |
| 3.2.2 | 电火花线切割加工方法和步骤            | 77  |
| 3.2.3 | 模具制造中先进的电火花线切割加工技术       | 79  |
| 3.2.4 | 高速走丝电火花线切割加工模具操作技巧       | 80  |
| 3.2.5 | 低速走丝电火花线切割机床的加工技巧        | 82  |
| 3.2.6 | 影响线切割加工质量的因素             | 86  |
| 3.2.7 | 电火花线切割加工在塑料模具加工中的应用      | 90  |
| 3.3   | 高速切削技术                   | 93  |
| 3.3.1 | 高速切削加工及其特点               | 93  |
| 3.3.2 | 高速切削加工的关键技术              | 97  |
| 3.3.3 | 高速切削技术在模具加工中的应用          | 102 |
| 3.4   | 超声加工技术                   | 104 |
| 3.4.1 | 超声加工及其特点                 | 104 |
| 3.4.2 | 超声加工中的关键技术               | 105 |
| 3.4.3 | 超声加工在模具制造中的应用            | 108 |
| 3.4.4 | 超声电火花复合加工技术              | 110 |
| 3.5   | 激光加工技术                   | 115 |
| 3.5.1 | 加工领域使用的三类激光              | 115 |
| 3.5.2 | 激光切割薄片叠加法制造模具            | 115 |
| 3.5.3 | 激光造型、热喷涂法制造模具            | 117 |
| 3.5.4 | 激光粉末烧结法制造模具              | 118 |
| 3.5.5 | 模具表面激光强化与修复              | 118 |
| 3.5.6 | 激光加工设备的发展动向              | 119 |
| 3.6   | 快速制模技术                   | 120 |
| 3.6.1 | 基于快速原型技术的快速制模技术          | 121 |
| 3.6.2 | 采用高速切削加工的快速制模技术          | 128 |
| 3.6.3 | 采用铝合金材料的快速制模技术           | 129 |
| 3.6.4 | 低熔点合金及锌合金快速制模技术          | 129 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 3.6.5 环氧树脂快速制模技术.....               | 131 |
| 3.6.6 快速制模技术制作实例.....               | 133 |
| 3.7 成型面研抛技术.....                    | 137 |
| 3.7.1 研磨抛光及其特点.....                 | 138 |
| 3.7.2 手工研磨抛光.....                   | 140 |
| 3.7.3 电化学抛光.....                    | 146 |
| 3.7.4 挤压研磨抛光.....                   | 150 |
| 3.7.5 超声波抛光.....                    | 153 |
| 3.8 型腔花纹加工技术.....                   | 153 |
| 3.8.1 机械加工法.....                    | 153 |
| 3.8.2 化学加工法.....                    | 154 |
| 3.8.3 计算机控制雕刻.....                  | 156 |
| 3.8.4 激光雕刻.....                     | 156 |
| 3.9 塑料模具的装配和检验.....                 | 157 |
| 3.9.1 塑料模具的装配.....                  | 157 |
| 3.9.2 塑料模具的检验.....                  | 163 |
| <b>第4章 塑料模具新结构</b> .....            | 165 |
| 4.1 无流道模具.....                      | 165 |
| 4.1.1 无流道模具的特点及其对塑料的要求.....         | 165 |
| 4.1.2 绝热流道模具.....                   | 166 |
| 4.1.3 热流道模具.....                    | 170 |
| 4.1.4 热流道板设计.....                   | 179 |
| 4.1.5 热流道模具设计中的关键技术.....            | 183 |
| 4.1.6 热流道模具设计实例——塑料包装盒热流道注射模.....   | 184 |
| 4.2 精密注射成型模具.....                   | 185 |
| 4.2.1 精密注射成型工艺特点.....               | 186 |
| 4.2.2 精密注射成型模具设计要点.....             | 186 |
| 4.2.3 精密注射成型模具设计.....               | 192 |
| 4.2.4 精密注射成型模具中多孔材料的应用新技术.....      | 200 |
| 4.2.5 精密模具设计实例——汽车气囊盖精密模具设计.....    | 205 |
| 4.3 双色注射成型模具.....                   | 209 |
| 4.3.1 双色注射成型工艺.....                 | 209 |
| 4.3.2 双色注射模具的结构.....                | 210 |
| 4.3.3 双色注射成型模具设计要点.....             | 212 |
| 4.3.4 基于杠杆机构的双色注射模具.....            | 214 |
| 4.3.5 双色注射成型模具设计实例——皮带夹双色注射模设计..... | 216 |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| 4.4 气体辅助注射成型模具 .....                    | 220        |
| 4.4.1 气辅成型工艺过程及其特点 .....                | 220        |
| 4.4.2 气辅成型模具设计原则 .....                  | 222        |
| 4.4.3 气辅成型模具设计 .....                    | 222        |
| 4.4.4 气辅成型模具设计实例——咖啡壶手柄气辅注射成型模具设计 ..... | 229        |
| 4.5 低发泡注射成型模具 .....                     | 231        |
| 4.5.1 低发泡注射成型对模具的要求 .....               | 231        |
| 4.5.2 低发泡注射成型模具的设计要点 .....              | 231        |
| 4.5.3 低发泡注射成型模具的典型结构 .....              | 233        |
| 4.6 热固性塑料成型模具 .....                     | 235        |
| 4.6.1 热固性塑料注射成型模具 .....                 | 235        |
| 4.6.2 热固性塑料温流道注射成型模具 .....              | 241        |
| 4.6.3 热固性塑料注射-压缩复合成型 .....              | 245        |
| 4.6.4 热固性塑料温流道注射-压缩成型模具 .....           | 251        |
| 4.7 叠层式塑料注射成型模具 .....                   | 256        |
| 4.7.1 叠层式塑料注射模的特点及应用范围 .....            | 256        |
| 4.7.2 叠层式塑料注射模的类型 .....                 | 257        |
| 4.7.3 叠层式塑料注射模设计要点 .....                | 260        |
| 4.7.4 叠层式塑料注射模设计实例——光碟支架叠层式热流道模设计 ..... | 262        |
| 4.8 BMC注射成型模具 .....                     | 264        |
| 4.8.1 BMC注射成型模具的要求及结构特点 .....           | 264        |
| 4.8.2 BMC注射成型模具的设计 .....                | 265        |
| 4.8.3 BMC注射成型模具设计实例 .....               | 270        |
| 4.9 动态注射成型模具 .....                      | 271        |
| 4.9.1 塑料动态注射成型工艺和振动模具 .....             | 271        |
| 4.9.2 振动模具的设计要点 .....                   | 271        |
| 4.9.3 振动模具的结构设计 .....                   | 271        |
| 4.10 熔芯注射成型模具 .....                     | 275        |
| 4.10.1 熔芯材料的选择 .....                    | 275        |
| 4.10.2 熔芯的结构设计 .....                    | 277        |
| 4.10.3 熔芯的制造 .....                      | 278        |
| 4.10.4 可熔型芯在注射模中的安装 .....               | 278        |
| 4.10.5 熔芯注射成型模具结构实例 .....               | 279        |
| <b>第5章 典型塑料模具设计实例 .....</b>             | <b>281</b> |
| 5.1 接插座注射模具设计 .....                     | 281        |
| 5.2 塑料镊子注射模具设计 .....                    | 283        |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 5.3 塑料光学镜片模具设计 .....         | 285 |
| 5.4 双联塑料斜齿轮注射模具设计 .....      | 287 |
| 5.5 一次性注射器筒体注射模具设计 .....     | 291 |
| 5.6 沐浴露瓶盖注射模具设计 .....        | 292 |
| 5.7 柜式空调器出风框内外抽芯注射模具设计 ..... | 295 |
| 5.8 空调柜机下面板注射模具设计 .....      | 298 |
| 5.9 空调面板叠层式注射模具设计 .....      | 302 |
| 5.10 冰箱门体堵盖注射模具设计 .....      | 305 |
| 5.11 电视机前壳气体辅助注射模具设计 .....   | 307 |
| 5.12 液晶显示器外壳叠层式模具设计 .....    | 311 |
| 5.13 电器按钮双色注射模具设计 .....      | 312 |
| 5.14 双色牙刷柄注射模具设计 .....       | 315 |
| 5.15 托盘叠层热流道注射模具设计 .....     | 316 |
| 5.16 透明灯盖注射模具设计 .....        | 319 |
| 5.17 透明塑料盒盖注射模具设计 .....      | 321 |
| 5.18 电动榨汁机上盖注射模具设计 .....     | 324 |
| 5.19 电器开关盒注射模具设计 .....       | 326 |
| 5.20 汽车自锁联板接头注射模具设计 .....    | 328 |
| 5.21 手机外壳注射模具设计 .....        | 330 |
| 5.22 草坪塑料网格砖注射模具设计 .....     | 333 |
| 5.23 热固性塑料连接器基座注射模具设计 .....  | 335 |
| 参考文献 .....                   | 338 |

# 第1章 概述

模具技术是一项涉及面广、综合性强、科技含量高的系统工程技术，模具工业是一项高新技术产业。模具技术以塑性加工工艺及模具结构设计技术为基础，涉及到模具钢冶炼、锻造及热处理技术，并涵盖了机械加工中的车、铣、刨、钻、镗、插、磨、抛光等工艺技术和电加工工艺技术、尺寸与形位精度及表面粗糙度和热处理质量检测技术、模具的计算机CAD/CAE/CAM技术及开始在模具制造中推广应用的计算机CAPP、CLMS工程技术等。因此，模具工业在世界各国经济发展中具有极其重要的地位，是制造业必备的工具，是工业生产的基础工艺装备。模具技术水平的高低是衡量一个国家制造业水平高低的重要标志，模具的生产技术水平对产品质量、生产效率、新产品开发与生产周期、生产成本、经济效益以及新产品开发能力等，都具有至关重要的作用和决定性的影响。

## 1.1 我国塑料模具的现状

塑料模具是塑料成型的工艺装备，属于轻工模具。塑料模具约占模具总数的30%，而且有继续上升的趋势。塑料成型模具可分为三大类，即注射成型模具、中空成型模具和挤出成型模具（包括机头）。注射成型工艺是塑料工业中最常用的加工方法，多数塑料产品都是注射成型的，注射模占塑料模的一半以上。我国现在的模具制造水平，以注射成型模具为最高，中空成型模具为最低，如生产化妆品用瓶子的吹塑模具，无论是造型还是质量远不能适应出口要求。

近年来我国通过引进国际的先进技术和加工设备，使塑料模具的制造水平有了很大的发展，模具整体水平有了较大提高。在大型模具方面，已能生产122cm大屏幕彩电塑壳注射模具、6.5kg大容量洗衣机全套塑料模具以及汽车保险杠和整体仪表板等塑料模具；精密塑料模具方面，已能生产照相机塑料件模具、多型腔小模数齿轮模具及塑封模具。如天津津荣天和机电有限公司和烟台北极星I. K 模具有限公司制造的多腔VCD和DVD齿轮模具，利用此模具生产的齿轮塑件的尺寸精度、同轴度、圆跳动等要求都达到了国外同类产品的水平，生产中还采用最新的齿轮设计软件，纠正了由于成型收缩造成的齿形误差，达到了标准渐开线齿形要求。该公司还能生产厚度仅为0.08mm的一模两腔的航空杯模具和难度较高的塑料门窗挤出模等。注射模型腔制造精度可达0.02~0.05mm，表面粗糙度 $Ra$ 达0.2 $\mu$ m，模具质量、寿命明显提高，非淬火钢模寿命可达10万~30万次，淬火钢模寿命达

50万~1000万次,生产周期较以前缩短。

成型工艺方面,如多材质塑料成型模、高效多色注射模、镶件互换结构和抽芯脱模机构的创新设计等也取得了较大进展。气体辅助注射成型技术的使用更趋成熟,如青岛海信模具有限公司、天津通信广播公司模具厂等厂家成功地在74~86cm电视机外壳以及一些厚壁零件的模具上运用气辅技术。一些厂家还使用了C-MOLD气辅软件,取得了较好的效果,如上海新普雷斯等公司就能为用户提供气辅成型设备及技术。现在,热流道模具已逐渐开始推广,有的厂家采用率达20%以上,一般采用内热式或外热式热流道装置,少数单位采用具有世界先进水平的高难度针阀式热流道模具。但总体上热流道的采用率达不到10%,与国外的50%~80%相比,差距较大。

从地区分布来说,以珠江三角洲和长江三角洲为中心的东南沿海地区(模具产值已占全国总量的70%左右)发展快于中西部地区,南方的发展快于北方。目前发展最快、模具生产较为集中的省份是广东和浙江。我国模具生产总量虽然已位于日、美、德之后居世界第四,但设计制造水平在总体上要比德、美、日、法、意等国家落后许多,和英国、加拿大、西班牙、葡萄牙、韩国、新加坡等国相比也有一定差距。

## 1.2 我国塑料模具的差距

我国塑料模具的质量、技术和制造能力近年来确实发展很快,有些已达到或接近国际水平,然而由于基础薄弱,对引进技术尚未完全吸收、掌握,而且发展也不十分平衡,我国塑料模具总体水平与世界先进技术相比尚有一定差距,主要表现在以下几个方面:

### 1. 产品结构不够合理

模具生产总量供不应求,产品结构不够合理。其中中低档模具供过于求,高档模具自配率严重不足,大量依靠进口。国内模具总量中属大型、精密、复杂、长寿命模具的比例不足30%,国外在50%以上。

### 2. 企业组织结构不合理

我国模具生产厂家多数是自产自配的工模具车间(分厂),自产自配比例高达60%左右,而国外70%以上是商品模具。国内专业模具厂也大多数是“大而全”、“小而全”的组织形式,国外模具企业则是“大而专”、“大而精”。

### 3. 工艺装备水平低

我国模具总体工艺装备水平低,且配套性不好,利用率低,技术结构、模具产品水平远低于国际水平,而模具生产周期却远长于国际水平。从设计结构上看,我们的设计还不够细致,许多细节考虑得欠周到,以至于模具使用寿命不长;从加工工艺水平看,主要是设备水平不高,专用设备使用得少,检测手段落后,模

具装配水平不高，导致容易出现溢料或错位现象。

虽然国内许多企业已引进了不少国外先进设备，但总体来看装备水平仍比国外企业落后许多，特别是设备数控率和 CAD / CAM 应用覆盖率要比国外企业低得多，且设备不配套、利用率低的现象十分严重。国产设备在精度、加工表面粗糙度、刚度、稳定性、可靠性及刀具和附件的配套性和精度保持性等方面与国外相比仍有较大差距。

4. 材料品种少

从模具材料看，我国的塑料模具钢起步时间不长，而国际上有多种塑料模具钢可供选择。目前，我国虽然也有个别品种诸如预硬化钢具有较好的质量，但由于国产钻头、端铣刀等切削工具难以切削硬度达到40HRC等的高硬度钢，故应用较少。

5. 技术人才严重不足，经济效益欠佳

随着时代的进步和技术的发展，我国能掌握和运用新技术（如模具结构设计、模具工艺设计）的人才异常短缺，高级钳工及企业管理人才也非常紧缺。模具企业技术人员比例低，水平也较低。此外，我国模具企业大都微利，效益欠佳，缺乏后劲。

6. 专业化、标准化、商品化的程度低，协作差

由于长期以来受“大而全”“小而全”影响，我国模具专业化生产水平低，专业化分工不细，商品化程度也低。目前国内每年生产的模具，商品模具只占40%左右，其余为自产自用。模具企业之间协作不好，难以完成较大规模的模具成套生产任务，与国际水平相比要落后许多。模具标准化水平低、模具标准件使用覆盖率低也对模具质量、成本有较大影响，特别是对模具制造周期有很大影响。

7. 管理落后

与国际水平相比，我国模具企业的管理落后更甚于技术落后。技术落后易被发现，管理落后易被忽视。国内大多数模具企业还沿用过去作坊式管理模式，真正实现现代化企业管理的还不多。信息化、数字化管理在模具企业应用才刚刚开始。国内外塑料模具技术比较见表1-1。

表1-1 国内外塑料模具技术比较

| 项 目        | 国 内         | 国 外             |
|------------|-------------|-----------------|
| 注射模型腔精度    | 0.02~0.05mm | 0.005~0.01mm    |
| 型腔表面粗糙度    | Ra 0.20 μm  | Ra 0.01~0.05 μm |
| 非淬火钢模具寿命   | 10万~30万次    | 10万~60万次        |
| 淬火钢模具寿命    | 50万~100万次   | 160万~300万次      |
| 热流道模具使用率   | 总体不足10%     | 80%             |
| 标准化程度      | 小于30%       | 70%~80%         |
| 中型塑料模具生产周期 | 2~4个月       | 1个月左右           |
| 在模具行业中的占有量 | 25%~30%     | 30%~40%         |

### 1.3 塑料模具发展的新技术

塑料模具是随着塑料工业的发展而发展的。在我国,塑料模具行业起步较晚,但发展很快,特别是最近几年,无论在质量、技术和制造能力上都有很大突破,取得了很大成绩。主要体现在以下几个方面:

#### 1. CAD / CAM / CAE技术

CAD / CAM / CAE技术在塑料模的设计制造中已广泛应用,特别是CAD / CAM技术的应用较为普遍,取得了很大成绩。目前,使用计算机进行产品零件造型分析、模具主要结构及零件的设计、数控机床加工的编程等已成为精密、大型塑料模具设计生产的主要手段。一些塑料模生产企业通过利用计算机辅助分析(CAE)技术对塑料注射过程进行流动分析、冷却分析、应力分析等,合理选择浇口位置、尺寸、注射工艺参数及冷却系统的布置等,使模具设计方案进一步优化,也缩短了模具设计和制造周期。

#### 2. 气体辅助注射成型技术

气体辅助注射成型是将泡沫结构和注射成型的优点结合在一起。这种成型方法可以降低型腔内压力,减轻塑件重量,且不会产生有结构泡沫的粗糙表面,成型时间比普通注射成型短,生产成本也并不太高。

气体辅助注射成型对厚壁塑件和薄壁塑件均适用。采用这种成型方法,厚壁塑件的重量可减轻50%以上,从而缩短了成型时间和冷却时间,典型的产品有旅行箱提把等。对于薄壁塑件,可减少加强肋和平面连接部位的厚度,同样可以缩短成型时间。即使是对大面积塑件进行完满填充,也不需要很高的注射压力,从而可减少残余应力,提高尺寸稳定性,且表面无缩痕。

目前,不少企业已能在电视机外壳、洗衣机外壳、汽车饰件以及一些厚壁塑料件的模具上成功地运用气辅技术,一些厂家还使用CMOLD气辅软件,取得了良好效果。

#### 3. 热流道技术

由于采用热流道技术的模具可提高制件的生产率和质量,并能大幅度节省制件的原材料和节约能源,所以这项技术已经在塑料模具行业获得广泛应用。虽然在全国范围来说,热流道模具比例仍旧不高,但在有些模具企业热流道模具已占其模具生产总量的1/3左右。现在,一般内热式、外热式元件以及分流板多点热喷嘴的结构应用已比较普遍,具有先进水平的针阀式喷嘴和通断控制式喷嘴国内也能自行设计制造,相应的国产商品化热流道系统元件也已出现。

#### 4. 精密、复杂、大型模具的制造技术

目前,国内生产的小模数塑料齿轮等精密塑料模具已达到国外同类产品水平。在齿轮模具设计中采用最新的齿轮设计软件,纠正了由于成型压缩造成的齿形误

差,达到了标准渐开线造型要求。显示管隔离器注射模、多注射头塑封模、高效多色注射模、纯平彩电塑壳注射模、洗衣机滚筒注射模、塑料管路三通接头注射模、汽车灯及汽车饰件注射模、冰箱吸塑发泡模等一大批精密、复杂、大型模具的设计制造水平也已达到或接近国际水平。使塑件尺寸精度达到6~7级的塑料模具国内已可生产,其分型面接触间隙为0.02mm,模板的弹性变形为0.05mm。CAD三维设计、计算机模拟注射成型的应用以及模具零件之间具有互换性、抽芯脱模机构设计新颖等,对提高精密、复杂模具的制造水平起到了很大作用。20t以上的大型塑料模具的设计制造也已达到相当高的水平,86cm彩电塑壳和122cm背投电视机壳模具、6.5kg洗衣机塑料模具、汽车保险杠和仪表盘的注射模等大型模具国内都可以生产,国内生产的最大塑料模具已达50t。

### 5. 数控(NC)和计算机控制(CNC)技术

在加工模具的车、铣、镗、磨等各类机床上都附带了一套读数显示装置,包括一个传感器和一个数字显示器,并有公英制转换开关。一般模具厂主要设备中NC、CNC设备已经占到20%~30%,生产效率可提高30%~50%。在NC基础上又发展了DNC(群控)、MC(加工中心),对于各种型孔、螺纹孔、型腔模孔道等可以一次加工,节省辅助时间,提高效率和加工精度。

### 6. 先进的模具加工技术及设备

先进的模具加工技术及设备的采用使模具制造能力大为提高。高速铣削技术及高速铣削机床在模具加工中的使用使模具加工效率有了显著提高,目前,国内已引进多台主轴转速达到25000r/min以上的高速铣床。使用高速铣床,采用高速铣削技术,不但能使模具精度和表面质量得到大幅度提高,而且模具制造周期大为缩短。国外引进的高精度数控电加工机床的使用也使模具制造能力得到提高,某些国外电加工机床具有内容丰富、实用、可靠的工艺数据和专家系统,使模具的深槽窄缝加工、微细加工、镜面加工等效率和质量大大提高。新的模糊控制系统具有加工反力的监测和控制,提高了大面积加工的深度控制精度。电火花混粉加工技术的应用有效地提高了模具表面质量。模具逆向工程技术、快速经济模具制造技术、三维扫描测量技术及数控模具雕刻机的发展与应用,对模具制造能力的提高也起到了很大作用。

### 7. 先进的检测装置

好的测量装置是保证产品质量的重要条件。对于形状复杂的空间曲面,三坐标测量仪的测头可以到达任何一点,测出X、Y、Z三个方向的精确位置,由计算机打印出数据,测量精度一般可达1 $\mu$ m。

### 8. 计算机集成制造及管理系统(CIMS)

机床的加工指令可由计算机的后置处理软件自动编程后,由计算机中心通过接口直接输入机床进行加工(DNC技术)。进一步发展柔性加工系统(FMS),从而形成:制品设计—模具设计—模具制造—检测—制品生产—检测—包装的完整

过程的CIMS系统。

## 1.4 塑料模具的发展趋势

由于塑料模具工业的快速发展及上述各方面差距的存在,今后我国塑料模具的发展速度必将高于模具工业总体发展速度。塑料模具生产企业在向着规模化和现代化方向发展的同时,“小而专”、“小而精”仍旧是一个必然的发展趋势。从技术上来说,为了满足用户对模具制造的“交货期短”、“精度高”、“质量好”、“价格低”的要求,塑料模具将呈现出以下的发展趋势:

### 1. 优质材料及先进表面处理技术将进一步受到重视

在整个模具成本构成中,材料所占比例不大,一般在10%~30%之间,因此选用优质钢材和应用相应的表面处理技术来提高模具的寿命就显得十分必要。对于模具钢来说,可采用电渣重熔工艺提高钢的纯净度、等向性、致密度和均匀性及研制更高性能或具特殊性能的模具钢,如采用粉末冶金工艺制作的粉末高速钢及采用熔铸工艺的模具钢等。另外,模具钢品种规格多样化、制品化,尽量缩短供货时间亦是重要方向。

其他优质模具材料如硬质合金、陶瓷材料、复合材料等的扩大应用也十分重要。

模具热处理和表面处理是能否充分发挥模具钢材料性能的关键环节。模具热处理的发展方向是采用真空热处理。模具表面处理除扩渗(如:渗碳、渗氮、渗硼、渗铬、渗钒)外,还有设备昂贵、工艺先进的气相沉积(TIN、TIC等)、等离子喷涂等技术。由于铝合金材料质量轻、切削性能好、热导率和电导率高、焊接性能优良,用它作模具材料可缩短制模周期和降低模具成本,且用于塑料模可有10万次以上寿命,因此用铝合金进行高速切削来制作快速经济模具已在世界上得到较为广泛的使用,我国也已开始使用,预计今后将会得到较快发展。

### 2. 在模具设计制造中将全面推广CAD / CAM / CAE技术

CAD / CAM / CAE技术是模具技术发展的一个重要里程碑,实践证明,CAD / CAM / CAE技术是模具制造的发展方向。现在,国内普及CAD / CAM / CAE技术条件已基本成熟。随着计算机软件的发展和进步,技术培训工作也日趋简化。在推广应用CAD / CAM / CAE技术的基础上,应大力开展企业信息化工程,可从计算机辅助工艺设计开始逐步向计算机集成制造乃至向虚拟制造发展,逐步深化和提高,用于模具设计制造的计算机软件将向智能化、集成化方向发展。

### 3. 快速原型制造(RPM)及相关技术将得到更好的发展

快速原型制造(RPM)技术是美国首先推出的。它是伴随着计算机技术、激光成型技术和新材料技术的发展而产生的,是一种全新的制造技术,它基于新颖的离散/堆积(即材料累加)成型思想,根据零件CAD模型,快速自动完成复杂的三

维实体(模型)制造。RPM技术是集精密机械制造、计算机、NC技术、激光成型技术和材料科学最新发展为一体的高科技技术,被公认为是继NC技术之后的一次技术革命。这种方法制造模具具有技术先进、成本较低、设计制造周期短、精度适中等特点,从模具的概念设计到制造完成,仅为传统加工方法所需时间的1/3和成本的1/4左右。因此,快速制模技术与快速原型制造技术的结合,将是传统快速制模技术进一步深入发展的方向。

#### 4. 高速铣削加工将得到更广泛的应用

国外近年来发展的高速铣削加工,机床主轴转速可达40000~100000r/min,快速进给速度可达到30~40m/min,加速度可达1g,换刀时间可减少到1~2s。高速铣削加工大幅度地提高了加工效率,并可获得不大于 $Ra1\mu\text{m}$ 的加工表面粗糙度。另外,还可加工硬度达60HRC的模块,形成了对电火花成型加工的挑战。高速切削加工与传统切削加工相比还具有温升低(加工工件只升高3℃)、热变形小等优点。目前它已向更高的敏捷化、智能化、集成化方向发展。高速铣削加工技术的发展促进了模具加工技术的发展,特别是为汽车、家电行业中大型型腔模具制造注入了新的活力。

#### 5. 模具高速扫描及数字化系统将在逆向工程中发挥更大作用

高速扫描机和模具扫描系统已在我国部分模具厂得到应用,取得良好效果。该系统提供了从模型或实物扫描到加工出期望的模型所需的诸多功能,大大缩短了模具的研制周期。有些快速扫描系统可快速安装在已有的数控铣床及加工中心上,用扫描机头实现快速数据采集,采集的数据通过软件可自动生成各种不同数控系统的加工程序及不同格式的CAD数据,用于模具制造业的“逆向工程”。高速扫描机扫描速度最高可达3m/min,大大缩短了模具制造周期。

#### 6. 电火花铣削加工技术将得到发展

电火花铣削加工技术也称为电火花创成加工技术,这是一种替代传统的用成型电极加工型腔的新技术,它是用高速旋转的简单的管状电极作三维或二维轮廓加工(像数控铣一样),因此不再需要制造复杂的成型电极,这显然是电火花成型加工领域的重大发展。国外已有使用这种技术的机床在模具加工中应用,预计这一技术将得到发展。

#### 7. 超精加工和复合加工将得到发展

航空航天等部门已应用纳米技术,因此必须要有超高精度的模具制造超高精度的零件与之配套。随着模具向精密化和大型化方向发展,加工精度不超过 $1\mu\text{m}$ 的超精加工技术和集电、化学、超声波、激光等技术为一体的复合加工技术在今后的模具制造中将有广阔的前景。

#### 8. 模具研磨抛光将向自动化、智能化方向发展

模具表面的光整加工是模具加工中未能很好解决的难题之一。模具表面的质量对模具使用寿命、制件外观质量等方面均有较大的影响,我国目前仍以手工研