

PAOMO SULIAO

JICHU ZHISHI DUBEN

# 泡沫塑料 基础知识读本

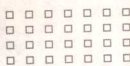
张玉龙 主编



化学工业出版社

013042763

PAOMO SULIAO



JICHU ZHISHI DUBEN

TQ328

08

# 泡沫塑料

## 基础知识读本

张玉龙 主编



TQ328  
08



化学工业出版社

北京



北航

C1650920

837530810

本书重点介绍了热固性泡沫塑料、通用泡沫塑料、工程泡沫塑料、功能泡沫塑料、微泡塑料和其他泡沫塑料的原料、生产工艺、性能与用途，并介绍了相关产品典型配方与加工实例，是泡沫塑料行业材料研究、产品设计、生产、销售、管理和教学人员必读必备之书，也可作为教材使用。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

泡沫塑料基础知识读本/张玉龙主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 3

ISBN 978-7-122-16285-4

I. ①泡… II. ①张… III. ①泡沫塑料-基本知识  
IV. ①TQ328

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 004730 号

---

责任编辑: 仇志刚 吴 昊

装帧设计: 刘丽华

责任校对: 边 涛

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 12½ 字数 339 千字

2013 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 46.00 元

版权所有 违者必究

# 主要编写人员

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主 编 | 张玉龙 |     |     |     |     |
| 副主编 | 伊 阳 | 李 萍 | 石 磊 | 张文栋 | 黄成亮 |
|     | 李国强 |     |     |     |     |
| 编 委 | 蔡玉海 | 陈宝林 | 陈德展 | 崔应强 | 崔 英 |
|     | 杜仕国 | 葛圣松 | 韩建龙 | 黄成亮 | 贾洪旭 |
|     | 贾秋颖 | 李 萍 | 李 波 | 李国强 | 刘洪章 |
|     | 刘景春 | 刘 萍 | 刘锡鼎 | 刘中正 | 律微波 |
|     | 牟秋红 | 尚伟东 | 石 磊 | 石元昌 | 石志强 |
|     | 孙平川 | 孙有利 | 田 胜 | 王益珂 | 王昭德 |
|     | 王志政 | 王仲平 | 徐井利 | 徐勤福 | 杨守平 |
|     | 杨兴娟 | 杨志洲 | 伊 阳 | 于泉德 | 臧家庆 |
|     | 张福田 | 张鸣华 | 张文栋 | 张玉龙 | 张 君 |
|     | 赵峰俊 |     |     |     |     |

# 前 言

泡沫塑料以其轻质、高比强度、高比模量、绝热绝缘、隔声减震，且成型工艺简单易行、制造成本低廉，故而广泛地应用于包装、建筑、汽车、化工和日常生活中及国防建设领域，已成为国民经济建设、国防建设和人们日常生活中不可或缺的重要材料之一。近年来，随着高新技术在泡沫塑料研究与制造中的应用，又出现了仿木泡沫塑料和微泡塑料，国内企业在微泡塑料研究中的重大技术突破，展示了泡沫塑料光明的发展前景。

为了普及泡沫塑料基础知识，推广并宣传近年来研究与应用成果，山东兵工学会与兵工学会非金属专业委员会，组织编写了《泡沫塑料基础知识读本》一书。重点介绍了泡沫塑料的工艺设备与成型工艺，热固性泡沫塑料（如聚氨酯、酚醛、环氧、不饱和聚酯、脲甲醛等），通用泡沫塑料（聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、ABS和丙烯酸类泡沫塑料），工程泡沫塑料（聚酰胺、聚四氟乙烯、聚酰亚胺、有机硅和聚苯并咪唑等），功能泡沫塑料，微泡塑料和其他泡沫塑料（聚异氰脲酸酯、吡喃、醋酸纤维素、聚乙烯吡唑、聚乙烯醇缩甲醛和乙烯-醋酸乙烯共聚物等）的原料、生产工艺、性能与用途，而且还对大品种泡沫塑料增加了典型配方与加工实例。该书是塑料行业从事材料研究、产品设计、制造、管理销售及教学人员等的必读必备之书，也可作为教材使用。

本书突出先进性、实用性和可操作性。理论介绍从简，侧重于用实用数据和实例说明问题，全书结构清晰严谨、信息量大、数据翔实可靠，图文并茂。若本书的出版发行能对我国的泡沫塑料技术进步起到推动作用，将感到无比欣慰。

由于水平有限，文中不妥之处敬请批评指正。

**编者**

**2012年8月**

# 目 录

## 第一章 概 述

|                     |   |                     |   |
|---------------------|---|---------------------|---|
| 第一节 简介 .....        | 1 | 第二节 发泡方法与基本原理 ..... | 5 |
| 一、泡沫塑料分类 .....      | 1 | 一、气发泡方法 .....       | 5 |
| 二、泡沫塑料的性能 .....     | 3 | 二、泡沫形成的原理及过程 .....  | 7 |
| 三、影响泡沫塑料性能的因素 ..... | 4 | 三、组合泡沫塑料的形成 .....   | 9 |
| 四、泡沫塑料的用途 .....     | 5 |                     |   |

## 第二章 成型设备与工艺

|                      |    |                            |    |
|----------------------|----|----------------------------|----|
| 第一节 注射发泡成型 .....     | 10 | 二、成型工艺 .....               | 24 |
| 一、主要设备简介 .....       | 10 | 第五节 反应注射成型 .....           | 26 |
| 二、注射发泡工艺 .....       | 13 | 一、反应注射成型设备 .....           | 26 |
| 第二节 挤出发泡成型 .....     | 15 | 二、成型过程及工艺条件 .....          | 30 |
| 一、主要设备 .....         | 16 | 三、泡沫塑料增强反应成型 .....         | 31 |
| 二、主要工艺参数 .....       | 17 | 第六节 旋转发泡成型 .....           | 32 |
| 三、泡沫塑料挤出成型工艺实例 ..... | 18 | 一、成型设备 .....               | 32 |
| 第三节 模压发泡成型 .....     | 22 | 二、成型工艺 .....               | 32 |
| 一、成型设备 .....         | 22 | 第七节 低发泡中空成型 .....          | 33 |
| 二、成型工艺 .....         | 22 | 一、工艺过程 .....               | 33 |
| 第四节 浇注发泡成型 .....     | 22 | 二、注意事项 .....               | 34 |
| 一、成型设备 .....         | 23 | 第八节 计算机在发泡成型中的<br>应用 ..... | 35 |

## 第三章 热固性泡沫塑料

|                   |    |            |    |
|-------------------|----|------------|----|
| 第一节 聚氨酯泡沫塑料 ..... | 38 | 一、原料 ..... | 38 |
|-------------------|----|------------|----|

|                          |     |                     |     |
|--------------------------|-----|---------------------|-----|
| 二、软质泡沫塑料的制造 .....        | 40  | 工艺 .....            | 146 |
| 三、硬质泡沫塑料的制造 .....        | 54  | 五、性能 .....          | 150 |
| 四、半硬质泡沫塑料的制造 .....       | 64  | 六、用途 .....          | 151 |
| 五、高回弹冷模塑聚氨酯泡沫塑料的制造 ..... | 66  | 七、典型配方与加工实例 .....   | 152 |
| 六、网状聚氨酯泡沫塑料的制造 .....     | 71  | 第三节 环氧泡沫塑料 .....    | 178 |
| 七、聚氨酯自结皮泡沫塑料的制造 .....    | 73  | 一、原料 .....          | 178 |
| 八、性能 .....               | 76  | 二、生产工艺 .....        | 180 |
| 九、用途 .....               | 81  | 三、性能 .....          | 183 |
| 十、典型配方与加工实例 .....        | 82  | 四、用途 .....          | 184 |
| 第二节 酚醛泡沫塑料 .....         | 136 | 第四节 不饱和聚酯泡沫塑料 ..... | 185 |
| 一、原料 .....               | 137 | 一、原料 .....          | 185 |
| 二、湿法酚醛泡沫塑料的制造 .....      | 137 | 二、生产工艺 .....        | 185 |
| 三、干法酚醛泡沫塑料的制造 .....      | 143 | 三、性能 .....          | 186 |
| 四、隔热酚醛泡沫塑料生产             |     | 四、用途 .....          | 187 |
|                          |     | 第五节 脲甲醚泡沫塑料 .....   | 187 |
|                          |     | 一、原料 .....          | 187 |
|                          |     | 二、生产工艺 .....        | 188 |
|                          |     | 三、性能 .....          | 194 |
|                          |     | 四、用途 .....          | 197 |

## 第四章 通用泡沫塑料

|                          |     |                       |     |
|--------------------------|-----|-----------------------|-----|
| 第一节 聚苯乙烯泡沫塑料 .....       | 198 | 三、硬质聚氯乙烯泡沫塑料 .....    | 259 |
| 一、可发性聚苯乙烯泡沫塑料的生产工艺 ..... | 198 | 四、性能 .....            | 263 |
| 二、乳液法泡沫塑料的生产工艺 .....     | 218 | 五、用途 .....            | 264 |
| 三、性能 .....               | 222 | 六、典型配方与加工实例 .....     | 265 |
| 四、用途 .....               | 225 | 第三节 聚乙烯泡沫塑料 .....     | 289 |
| 五、典型配方与加工实例 .....        | 226 | 一、原料 .....            | 289 |
| 第二节 聚氯乙烯泡沫塑料 .....       | 238 | 二、交联泡沫塑料的生产工艺 .....   | 291 |
| 一、原料 .....               | 239 | 三、非交联型泡沫塑料的生产工艺 ..... | 296 |
| 二、软质聚氯乙烯泡沫塑料 .....       | 242 | 四、填料改性的低发泡泡沫塑         |     |

|                    |     |                    |     |
|--------------------|-----|--------------------|-----|
| 料的生产工艺 .....       | 297 | 一、原料 .....         | 324 |
| 五、性能 .....         | 303 | 二、生产工艺 .....       | 324 |
| 六、用途 .....         | 304 | 三、性能 .....         | 326 |
| 七、典型配方与加工实例 .....  | 305 | 四、用途 .....         | 327 |
| 第四节 聚丙烯泡沫塑料 .....  | 316 | 第六节 丙烯酸类泡沫塑料 ..... | 328 |
| 一、原料 .....         | 316 | 一、原料 .....         | 328 |
| 二、生产工艺 .....       | 318 | 二、辐射交联生产工艺 .....   | 328 |
| 三、性能 .....         | 320 | 三、化学交联生产工艺 .....   | 329 |
| 四、用途 .....         | 320 | 四、性能 .....         | 330 |
| 五、典型配方与加工实例 .....  | 321 | 五、用途 .....         | 331 |
| 第五节 ABS 泡沫塑料 ..... | 323 |                    |     |

## 第五章 工程泡沫塑料

|                     |     |                            |     |
|---------------------|-----|----------------------------|-----|
| 第一节 聚酰胺泡沫塑料 .....   | 332 | 四、用途 .....                 | 340 |
| 一、原料 .....          | 332 | 五、纳米 SiO <sub>2</sub> 改性聚氨 |     |
| 二、生产工艺 .....        | 333 | 酯酰亚胺 (PUI) 泡               |     |
| 三、性能 .....          | 333 | 沫塑料 .....                  | 340 |
| 四、用途 .....          | 333 | 第四节 有机硅泡沫塑料 .....          | 342 |
| 第二节 聚四氟乙烯泡沫塑料 ..... | 333 | 一、原料 .....                 | 343 |
| 一、原料 .....          | 334 | 二、生产工艺 .....               | 343 |
| 二、主要设备 .....        | 335 | 三、性能 .....                 | 344 |
| 三、生产工艺 .....        | 335 | 四、用途 .....                 | 345 |
| 四、性能 .....          | 337 | 第五节 聚苯并咪唑泡沫                |     |
| 五、用途 .....          | 337 | 塑料 .....                   | 345 |
| 第三节 聚酰亚胺泡沫塑料 .....  | 337 | 一、原料 .....                 | 345 |
| 一、原料 .....          | 337 | 二、生产工艺 .....               | 346 |
| 二、生产工艺 .....        | 338 | 三、性能 .....                 | 346 |
| 三、性能 .....          | 339 | 四、用途 .....                 | 346 |

## 第六章 功能泡沫塑料

|              |     |              |     |
|--------------|-----|--------------|-----|
| 第一节 简介 ..... | 347 | 方法 .....     | 348 |
| 一、功能泡沫塑料的生产  |     | 二、生产要点 ..... | 349 |

|                      |     |                    |     |
|----------------------|-----|--------------------|-----|
| 第二节 自熄性泡沫塑料 .....    | 349 | 第三节 抗静电泡沫塑料 .....  | 351 |
| 一、阻燃、自熄的基本原理 .....   | 350 | 一、抗静电剂的作用及要求 ..... | 351 |
| 二、阻燃剂的要求和种类 .....    | 350 | 二、抗静电剂的种类 .....    | 352 |
| 三、自熄性泡沫塑料的防火性能 ..... | 351 | 三、抗静电剂的使用方法 .....  | 353 |

## 第七章 微 泡 塑 料

|                                             |     |                            |     |
|---------------------------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 第一节 简介 .....                                | 354 | 二、主要生产设备及工艺条件 .....        | 360 |
| 一、基本概念 .....                                | 354 | 第四节 ABS 微泡塑料注射成型 .....     | 361 |
| 二、微泡塑料的制备方法 .....                           | 354 | 一、原材料与配方 .....             | 361 |
| 三、微泡塑料特性 .....                              | 356 | 二、制备方法 .....               | 362 |
| 四、用途 .....                                  | 357 | 三、特性 .....                 | 362 |
| 第二节 PP/CaCO <sub>3</sub> 微泡塑料 .....         | 357 | 第五节 玻璃纤维增强聚苯乙烯微泡仿木塑料 ..... | 363 |
| 一、研究微泡聚丙烯的意义 .....                          | 357 | 一、制备工艺 .....               | 363 |
| 二、制备 PP/CaCO <sub>3</sub> 微泡塑料的选材 .....     | 357 | 二、性能与影响因素 .....            | 364 |
| 三、制备 PP/CaCO <sub>3</sub> 微泡塑料选用的主要设备 ..... | 358 | 三、技术要点 .....               | 365 |
| 四、制备 PP/CaCO <sub>3</sub> 微泡塑料的配方及工艺 .....  | 358 | 四、推广微发泡仿木塑料的意义与作用 .....    | 365 |
| 五、微泡 PP/CaCO <sub>3</sub> 塑料的性能 .....       | 359 | 第六节 纳米泡孔泡沫塑料 .....         | 366 |
| 第三节 聚氯乙烯微泡吸声材料 .....                        | 359 | 一、制备方法 .....               | 366 |
| 一、简介 .....                                  | 359 | 二、国内外研究状况 .....            | 367 |

## 第八章 其他泡沫塑料

|                      |     |                  |     |
|----------------------|-----|------------------|-----|
| 第一节 聚异氰脲酸酯泡沫塑料 ..... | 368 | 四、用途 .....       | 370 |
| 一、原料 .....           | 368 | 第二节 吡喃泡沫塑料 ..... | 370 |
| 二、生产工艺 .....         | 368 | 一、原料 .....       | 370 |
| 三、性能 .....           | 369 | 二、生产工艺 .....     | 371 |
|                      |     | 三、性能 .....       | 371 |

|                   |     |                 |     |
|-------------------|-----|-----------------|-----|
| 四、用途 .....        | 372 | 塑料 .....        | 379 |
| 第三节 醋酸纤维素泡沫塑料 ... | 372 | 一、原料 .....      | 379 |
| 一、原料 .....        | 372 | 二、生产工艺 .....    | 380 |
| 二、生产工艺 .....      | 373 | 三、性能 .....      | 385 |
| 三、性能 .....        | 373 | 四、用途 .....      | 386 |
| 四、用途 .....        | 373 | 第六节 乙烯-醋酸乙烯共聚物泡 |     |
| 第四节 聚乙烯吡唑泡沫塑料 ... | 374 | 沫塑料 .....       | 386 |
| 一、原料 .....        | 374 | 一、原料 .....      | 386 |
| 二、生产工艺 .....      | 374 | 二、生产工艺 .....    | 387 |
| 三、性能 .....        | 376 | 三、性能 .....      | 387 |
| 四、用途 .....        | 379 | 四、用途 .....      | 388 |
| 第五节 聚乙烯醇缩甲醛泡沫     |     |                 |     |

## 参考文献

# 第一章

## 概 述

### 第一节 简 介

泡沫塑料（又称多孔塑料）是以树脂为主体，内部有许多微小泡孔的塑料制品。由于泡沫塑料由大量的泡孔构成，泡孔内又充满气体，故又称以气体为填料的复合塑料。一般热固性塑料、通用塑料、工程塑料和耐高温塑料等均可制成泡沫塑料。用不同的原料（配方）或不同的成型工艺，可制得不同性能的泡沫塑料。泡沫塑料是目前塑料品种中用量最多的品种之一，在塑料工业中占有重要的地位。

#### 一、泡沫塑料分类

泡沫塑料的分类方法较多，常见的有 3 种。

（1）按泡孔结构分类 可分为开孔泡沫塑料和闭孔泡沫塑料 2 类。

开孔泡沫塑料的泡孔之间相互连通，相互通气，发泡体中气体相与聚合物相间呈连续相，流体可从发泡体内通过。至于流体通过的难易程度与聚合物本身特性和开孔程度有关。

闭孔泡沫塑料的泡孔孤立存在，均匀地分布在发泡体内，互不连通，气泡完整无破碎，泡孔壁形成发泡体的连接相。实际的泡沫塑料中两种泡孔结构同时存在，即开孔结构的泡沫塑料体内带有闭

孔结构，闭孔结构的泡沫塑料体内带有开孔结构。如果开孔结构占90%~95%，则称此泡沫塑料体为开孔结构泡沫，反之则称为闭孔结构泡沫。闭孔结构对发泡体的力学性能影响较大，属泡沫塑料制品的重要结构参数。开孔结构和闭孔结构的识别特征见图1-1。

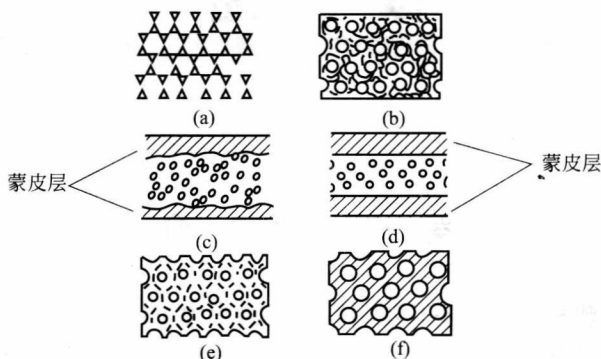


图 1-1 泡体结构

图1-1(a)为开孔结构的泡沫塑料体，其泡孔已破裂，泡孔间相互连通。图1-1(b)为闭孔结构的泡沫塑料体，其泡孔孤立地分布在聚合物体内。图1-1(c)和图1-1(d)所示的泡孔结构，除夹层为闭孔结构外，还具有不发泡或微发泡的蒙皮层（上下两层）。图1-1(e)和图1-1(f)是纤维成球状填料增强或填充的高强度泡沫塑料结构。

(2) 按硬度分类 可分为软质、硬质和半硬质泡沫塑料3类。

在23℃和50%的相对湿度条件下，泡沫塑料的弹性模量小于70MPa的称为软质泡沫塑料。在上述温度和相对湿度下，弹性模量大于700MPa的称为硬质泡沫塑料。弹性模量介于70MPa和700MPa之间的泡沫塑料称为半硬质泡沫塑料。

(3) 按密度分类 可分为低发泡、中发泡和高发泡泡沫塑料。密度为 $0.4\text{g/cm}^3$ 以上，气体/固体发泡倍率 $<1.5$ 的称为低发泡泡沫塑料；密度为 $0.1\sim 0.4\text{g/cm}^3$ ，气体/固体发泡倍率为 $1.5\sim 9.0$ 的称为中发泡泡沫塑料；密度为 $0.1\text{g/cm}^3$ 以下，气体/固体发泡

倍率大于 9 的称为高发泡泡沫塑料。但也有把发泡倍率小于 5 的称为低发泡泡沫塑料, 5 以上的称为高发泡泡沫塑料。还有把密度  $0.4\text{g}/\text{cm}^3$  作为划分低发泡和高发泡泡沫塑料的界限。

通常用于制造泡沫塑料的树脂有聚苯乙烯 (PS)、聚氨酯 (PU)、聚氯乙烯 (PVC)、聚乙烯 (PE)、脲甲醛 (UF)、酚醛 (PF)、环氧 (ER)、有机硅 (OS)、聚乙烯缩甲醛、醋酸纤维素和聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 等, 近几年品种不断增多, 如聚丙烯 (PP)、聚碳酸酯 (PC)、聚四氟乙烯 (PTFE)、尼龙 (PA) 等品种也不断投产, 然而最常用、用量最大的树脂品种为前 5 种。

## 二、泡沫塑料的性能

由于泡沫塑料都是用气发泡制得, 因此具有下列相同的性能。

(1) 密度小 泡沫塑料中有大量气泡存在, 其密度一般为  $0.04\sim 0.4\text{g}/\text{cm}^3$ , 为非发泡塑料制品的几分之一至几十分之一。

(2) 吸收冲击载荷性好 泡沫塑料在受到冲击载荷时, 泡孔中的气体受载荷作用而压缩, 产生一种滞流现象。这种压缩、回弹和滞流现象会消耗掉冲击载荷能量。另外泡沫体还可以较小的附加速率, 逐渐分步终止冲击载荷, 故呈现出优异的减震缓冲能力。

(3) 隔热性优良 由于泡沫塑料中有大量泡孔, 泡孔内有气体, 而气体的热导率比塑料低约一个数量级, 故泡沫塑料的热导率低。此外, 泡沫塑料中气体相互隔离, 也减少了气体的对流传热, 有利于提高泡沫塑料的隔热性。实验证明: 聚苯乙烯泡沫塑料的密度为  $0.65\text{g}/\text{cm}^3$  时, 其热导率是非发泡聚苯乙烯的  $1/2$ 。

(4) 隔声效果好 泡沫塑料隔声效果一是通过吸收声波能量, 使声波不能反射传递; 二是通过消除共振, 减少噪声来实现的。当声波到达泡沫塑料泡体壁时, 泡体受声波冲击, 使泡体内气体压缩, 并出现滞流现象, 将声波冲击能消耗散逸掉。另外泡沫塑料可通过增加泡体刚性, 消除或减少泡体因声波冲击而引起的共振及产生的噪声。

(5) 比强度高 比强度是指材料强度与相对密度之比值,它代表材料的物理特性。由于泡沫塑料密度低,比强度自然要比非发泡塑料制品高,但泡沫塑料的机械强度随发泡倍数增加而下降,一般认为微孔或小孔发泡的泡沫塑料强度高。但从总体来看,泡沫塑料的比强度要比其他材料高得多。如以丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(简称 ABS)和发泡 ABS 所作的悬臂梁冲击强度实验为例,非发泡 ABS 密度为  $1.03\text{g/cm}^3$ ,模量为  $2060\text{MPa}$ ;发泡 ABS 密度为  $0.5\text{g/cm}^3$ ,模量为  $686\text{MPa}$ 。以相同形状的制品,在相同的测试条件下试验,ABS 泡沫塑料要比非发泡 ABS 悬臂梁冲击强度大 2.66 倍。

### 三、影响泡沫塑料性能的因素

(1) 加工因素 影响泡沫塑料性能的加工因素甚多,主要有设备、工艺过程的控制和加工人员的经验。泡沫塑料在加工过程中特别是在发泡膨胀过程中,由于料流的拖力或外界拉力作用,会使所生成的气泡变形,即不呈圆形,而呈椭圆形和细长形。这样泡壁沿膨胀方向拉伸,致使泡沫塑料呈现各向异性。也就是说,沿拉伸方向取向的力学性能增大(即纵向强度增大),而垂直于取向方向的强度变低。对聚氨酯泡沫塑料所做的实验证明,泡孔的拉伸度愈大,相应的压缩应力比和模量比也愈大,也就是说泡沫塑料的各向异性程度也愈大。压缩应力是指泡体被压缩 25% 时所产生的相对应力。作为泡沫塑料应尽量避免各向异性,除非应用中有特殊要求。

(2) 泡孔结构因素 泡孔的开或闭会影响泡沫塑料泡体的性能,有人通过针刺泡孔以得到所要求的开孔率,结果表明开孔率变高,其压缩强度明显下降,压缩强度是衡量泡沫塑料的主要性能指标之一。由此可见要制取高压缩强度的泡沫塑料,应使闭孔率高,反之则应保持高的开孔率。

(3) 泡孔尺寸因素 泡孔尺寸大小是影响泡沫塑料压缩强度的重要因素之一。用光谱显微镜对两种泡孔大小不同的泡沫塑料

泡体所做的压缩实验表明,大泡孔( $0.5\sim 1.5\text{mm}$ )泡沫塑料泡体被压缩 $10\%$ 时,外层泡孔肋架开始弯曲,当被压缩 $25\%$ 时,外层泡孔崩塌,而泡体内层的泡孔则开始弯曲,泡体中心的泡孔才开始变形。这说明 $0.5\sim 1.5\text{mm}$ 大泡孔的泡沫塑料泡体呈非等量压缩,而小泡孔( $0.025\sim 0.075\text{mm}$ )泡沫塑料泡体,当被压缩时所有泡孔呈等量压缩,即泡体的内外泡孔可均匀地吸收外加压缩能量,故认为小泡孔泡沫塑料压缩性能优于大泡孔泡沫塑料。

另外,泡孔的大小还会影响其吸水率,泡孔直径愈大,吸水率就愈大。

此外,泡沫塑料的性能还取决于树脂性能、配方、泡体密度等因素,这些因素又与成型条件有直接关系。随着发泡倍率的增大,泡体的拉伸强度、弯曲强度、热变形温度等均随之下降,而制品的成型收缩率增加。其中泡孔结构、泡孔形态和尺寸与成型工艺关系更紧密。了解了这一关系有助于控制、调节泡沫塑料加工各工序,生产出满足应用要求的泡沫塑料制品。

#### 四、泡沫塑料的用途

泡沫塑料的用途十分广泛,它可用于日用杂品、包装材料、建筑材料、隔声材料、保暖材料、农用制品、电器材料、医疗用品、机械零件等。

## 第二节 发泡方法与基本原理

### 一、气发泡方法

气发泡泡沫塑料品种繁多,发泡方法也各有所异,最常用的有物理发泡法、化学发泡法和机械发泡法3种。

(1) 物理发泡法 这种方法是用物理原理实施发泡,具体方法如下。

① 在压力下将惰性气体溶于已熔融的聚合物熔体中或糊浆状物料中,之后升温或减压释放出已溶解的气体使其逃逸、膨胀发泡。此法所要求的压力大,设备较复杂,价格高,但发泡气体不会残留在基体中,故不会对泡沫体有不良影响。

② 先将低沸点的液体与聚合物充分混合,或在一定压力下加热使其溶渗到聚合物颗粒内,之后加热软化使液体汽化发泡,这就是常说的可发性珠粒法。此法早已用于聚苯乙烯和交联聚乙烯等泡沫塑料的制备。常用的发泡剂见表 1-1。此外还可使用脂肪烃、芳香烃类、醇、酮、醚和醛类作发泡剂。

表 1-1 低沸点液体发泡剂及性能

| 发泡剂名称  | 沸点/℃   | 相对密度(25℃) | 相对分子质量 |
|--------|--------|-----------|--------|
| 丙烷     | -42.5  | 0.531     | 44     |
| 丁烷     | -0.5   | 0.599     | 58     |
| 戊烷     | 30~38  | 0.616     | 72.15  |
| 己烷     | 60~70  | 0.658     | 86.17  |
| 一氯甲烷   | -23.76 | 0.952     | 50.49  |
| 二氯甲烷   | 40     | 1.325     | 84.94  |
| 二氯四氟乙烷 | 3.6    | 1.440     | 170.90 |
| 三氯氟甲烷  | 23.8   | 1.476     | 137.38 |
| 三氯二氟乙烷 | 47.6   | 1.565     | 187.39 |
| 二氯二氟甲烷 | -29.8  | 1.311     | 120.90 |

③ 中空微球(玻璃微球、塑料微球和弹性体微球等)复合填充法:将中空微球加入树脂中再模塑成型,制品固化后而成为泡沫塑料。

(2) 化学发泡法 将发泡剂混合到原料中,在成型加工中因发生化学反应而发泡,此法有两种。

① 将发泡剂加入树脂中经加热加压分解出气体而发泡,这是最常用的发泡办法。所用发泡剂见表 1-2。这种发泡剂应具备下列特点:热分解温度要稳定且范围窄;气体释放速率可控制,加速不受压力影响,且发气量大;热分解过程中不能产生大量的热量;在物料中具有优良的分散性;无毒、无味、无腐蚀、难燃;便于贮