

汽车用塑料

——塑料在汽车中的应用

周达飞 吴张永 王婷兰 编

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

前 言

汽车问世 100 多年来，推动了世界经济繁荣，改变了人类的生活。

进入 21 世纪后，中国汽车工业增长飞速，出现了前所未有的大好局面。然而，汽车的普及造成了能量和资源的过度消耗。减轻车身自重是减少能耗、节省资源的有效手段。于是，汽车塑料件应运而生，但汽车塑料件的广泛应用也遇到重重障碍。

障碍之一来自汽车设计和制造工程师。传统的汽车工业以金属材料为主。汽车的设计和制造工程师是冶金、金属材料、机械制造及加工方面的行家里手。但以塑料和橡胶为代表的高分子材料，对他们来说则是全新的领域。由于不熟悉高分子材料的特性、技术指标和成型加工，往往套用金属材料的设计依据、计算公式和安全系数设计并选用塑料件，遇到困惑在所难免。

障碍之二来自塑料工程师，他们对高分子材料游刃有余，但对汽车及其零件方面知之不多，在替代金属材料零部件方面无法做到知己知彼，应付自如。

障碍之三来自汽车的使用者，他们对汽车塑料件总有那么一点疑问——“可靠吗？”

基于上述原因，作者力图较全面、完整地提供塑料及其零部件方面的信息，供汽车及其零部件设计与制造工程师、汽车塑料件的制造工程师、汽车使用者、汽车行业管理人员和其他相关人员参考。本书的主要内容如下。

◇ 塑料的物理机械性能、热、光、电性能及耐化学药品性能等。

◇ 典型塑料品种的制造、特性、成型加工性、改性、环境问题及其在汽车上的应用。

- ◇ 塑料成型与工艺、成型模具和成型机械简介。
- ◇ 汽车塑料件的技术要求、典型加工工艺和产品设计等。
- ◇ 汽车塑料件的回收和利用简介。

本书第 1、2、11 章由周达飞编写并负责全书统稿，吴张永编写第 3、5~10 章，王婷兰编写第 4 章。受知识结构及对汽车塑料件设计、制造、应用等方面了解的限制，本书错误在所难免，望读者加以指正。同时，对引用到相关资料的作者予以诚挚的感谢。

编 者

2003 年 04 月

内 容 提 要

本书介绍塑料在汽车上的应用技术。内容包括塑料的机械、热、光、电等性能及耐化学药品性能；典型塑料的制造、特性、成型加工性、改性、环境问题及其在汽车上的应用；塑料成型与工艺、成型模具和成型机械简介；汽车塑料件的技术要求、典型加工工艺、产品设计等；汽车塑料件的回收、利用简介。该书特点内容翔实，概括简明，具体实用，工艺参数可借鉴性强，对相关技术人员有很重要的参考价值。

本书可供汽车设计和制造工程师、设计汽车零件的塑料工程师和汽车使用者参考使用。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 国外汽车工业的现状	1
1.1.1 汽车发展的回顾	1
1.1.2 汽车的作用与地位	5
1.1.3 汽车工业带来的困惑	6
1.1.4 汽车发展展望	8
1.2 国外汽车用塑料概况	11
1.2.1 汽车工业材料	11
1.2.2 汽车工业与高分子材料	13
1.2.3 塑料与汽车工业	14
1.3 中国汽车工业和汽车用塑料现状	18
1.3.1 中国汽车工业发展概述	18
1.3.2 中国汽车塑料件的现状	21
参考文献	23
第 2 章 汽车用塑料简介	24
2.1 塑料的分类	24
2.2 塑料的通性	28
2.2.1 物理、化学性质	28
2.2.2 机械性能	40
2.2.3 热性能	52
2.2.4 光学性能	63
2.2.5 电性能	64
2.3 塑料的制造	67
2.4 合成树脂各论	69
2.4.1 聚乙烯	69
2.4.2 聚丙烯	78
2.4.3 其他聚烯烃	94

2.4.4	聚氯乙烯	96
2.4.5	聚苯乙烯类树脂	107
2.4.6	聚丙烯酸酯类	127
2.4.7	酚醛树脂	132
2.4.8	不饱和聚酯树脂	138
2.4.9	环氧树脂	141
2.4.10	有机硅树脂	145
2.4.11	聚氨酯	148
2.4.12	聚碳酸酯	153
2.4.13	聚苯醚	158
2.4.14	聚甲醛	162
2.4.15	聚酰胺	171
2.4.16	热塑性聚酯	186
2.4.17	脂肪族聚酮	191
2.4.18	高性能工程塑料	193
2.4.19	热塑性弹性体	213
2.4.20	聚合物基复合材料	220
参考文献		233

第3章	汽车用塑料制品成型和工艺	235
3.1	注射成型	235
3.1.1	一般注射工艺过程	236
3.1.2	气体辅助注塑成型	238
3.1.3	熔芯注塑成型	243
3.2	挤出成型	246
3.2.1	挤出成型原理	246
3.2.2	挤出过程的主要工艺参数	249
3.3	吹塑成型	251
3.3.1	挤出吹塑	251
3.3.2	注射吹塑	255
3.3.3	多层吹塑	256
3.4	真空吸塑成型	257
3.5	热塑性塑料片板的冲压成型	260
3.5.1	冲压系统	260

3.5.2 冲压工艺	262
3.6 反应注射成型和增强反应注射成型	262
3.6.1 反应注射成型	262
3.6.2 增强反应注射成型	264
3.6.3 结构反应注射成型	264
3.7 片状模塑料	265
参考文献	266
第4章 塑料成型模具与塑料成型机械	269
4.1 塑料成型模具的种类	269
4.1.1 注射成型模具	269
4.1.2 挤出成型模具	271
4.1.3 气动成型模具	272
4.2 塑料成型模具设计与制造要点	272
4.2.1 注射成型模具	272
4.2.2 塑料成型模具设计	288
4.3 塑料成型机械	303
4.3.1 现代注射机	303
4.3.2 挤出机	312
参考文献	316
第5章 汽车保险杠用塑料	318
5.1 汽车保险杠的类别	318
5.1.1 非吸能型保险杠	319
5.1.2 吸能型保险杠	319
5.1.3 带安全气囊型保险杠	320
5.2 汽车保险杠的质量要求	322
5.3 汽车保险杠的典型成型工艺	328
5.3.1 注射成型	328
5.3.2 吹塑成型	329
5.4 汽车保险杠的产品设计	331
5.4.1 材料结构设计	331
5.4.2 保险杠材料设计	332
5.4.3 保险杠设计的有关标准	338
5.5 汽车保险杠的装饰	340

5.5.1 涂装前处理	340
5.5.2 对聚丙烯基础树脂改性	343
5.5.3 汽车保险杠涂装材料体系	345
5.6 侧面保险条的要求、设计与制造	348
5.6.1 侧面保险条的要求	348
5.6.2 侧面保险条的设计	349
5.6.3 侧面保险条的制造	350
参考文献	350
第6章 汽车仪表板	353
6.1 汽车仪表板的类别	353
6.2 汽车仪表板的质量要求	354
6.2.1 仪表板的使用要求与技术指标	354
6.2.2 改性聚丙烯仪表板材料性能要求	356
6.2.3 汽车仪表板表皮材料的技术要求	357
6.2.4 汽车仪表板缓冲材料的技术要求	359
6.3 汽车仪表板的典型成型工艺	360
6.3.1 真空吸塑成型	360
6.3.2 搪塑汽车仪表板的加工工艺	362
6.3.3 注射成型	365
6.3.4 结构反应注射成型	365
6.4 汽车仪表板的产品设计	366
6.4.1 汽车仪表板产品设计特点	366
6.4.2 汽车仪表板材料性能设计	369
6.5 汽车仪表板的装饰	370
参考文献	371
第7章 汽车燃油箱与燃油系统	373
7.1 燃油箱与输油管的要求	374
7.1.1 塑料燃油箱的特点	374
7.1.2 塑料燃油箱的技术要求	376
7.1.3 对原料树脂的要求	378
7.1.4 燃油管	379
7.1.5 塑料燃油管的性能、要求	382
7.2 燃油箱与输油管的制造工艺	383

7.2.1	燃油箱用树脂材料	383
7.2.2	气体阻隔性树脂	385
7.2.3	黏合树脂	386
7.2.4	塑料燃油箱类型及制造工艺	387
7.2.5	塑料燃油箱成型设备	389
7.2.6	多层塑料燃油箱成型方法	393
7.2.7	塑料燃油箱的成型工艺	395
7.3	燃油箱与输油管的设计	396
7.3.1	表面涂覆技术	396
7.3.2	氟化处理	396
7.3.3	碘化处理	398
7.3.4	等离子体处理	399
7.3.5	共挤出吹塑	400
7.3.6	层状掺混吹塑	402
7.4	燃油箱与输油管的展望	404
7.4.1	国内外汽车塑料燃油箱的现状	404
7.4.2	塑料燃油箱的前景和发展趋势	407
	参考文献	409
第8章	汽车车身部件	411
8.1	车身部件的分类与要求	411
8.1.1	车身部件的分类	411
8.1.2	车身部件的要求	412
8.1.3	纤维增强复合材料的成型工艺	414
8.2	挡泥板的设计与制造	421
8.2.1	挡泥板的设计	421
8.2.2	挡泥板用塑料	422
8.2.3	挡泥板反应注射成型工艺	423
8.3	车顶的设计与制造	426
8.3.1	车顶的设计	426
8.3.2	汽车车顶的制造	427
8.3.3	车顶成型技术	428
8.4	车门的设计与制造	429
8.4.1	车门的类型和功能要求	430

8.4.2 车门材料和成型工艺	433
8.5 车身部件的涂装	440
8.5.1 车身涂料的特点	440
8.5.2 汽车车身涂饰工艺	445
8.5.3 涂漆方法	449
8.6 车身部件的展望	454
参考文献	455
第9章 汽车内饰件	457
9.1 方向盘	458
9.1.1 方向盘的分类	458
9.1.2 方向盘的要求	458
9.1.3 方向盘的制造	459
9.1.4 生产工艺	459
9.1.5 方向盘的设计	463
9.2 内门板的分类、要求与制造	465
9.2.1 内门板的分类	465
9.2.2 内门板的要求	466
9.2.3 内门板的制造	466
9.3 杂物箱的要求与制造	468
9.3.1 杂物箱的要求	468
9.3.2 汽车用地垫及杂物箱垫	468
9.3.3 杂物箱盖	469
9.3.4 杂物箱的制造	469
9.4 门把手的要求与制造	470
9.4.1 门把手的要求	470
9.4.2 门把手的制造	471
9.5 其他汽车内饰件	471
9.5.1 座椅	471
9.5.2 扬声器护栅	478
9.5.3 顶篷	478
9.5.4 其他吸音材料	484
参考文献	484
第10章 其他汽车功能件	486

10.1 动力系统塑料件的分类、要求与制造	486
10.1.1 引言	486
10.1.2 动力系统塑料件	486
10.1.3 动力系统塑料件的要求	489
10.1.4 动力系统塑料件的制造	490
10.1.5 凸轮轴齿轮	495
10.1.6 发动机装饰件(罩盖)	495
10.1.7 燃油输出管	496
10.1.8 气门室盖	496
10.1.9 发动机前罩	497
10.1.10 正时齿轮上下罩	497
10.1.11 今后发展方向	498
10.2 照明系统塑料件的分类、要求与制造	500
10.2.1 照明系统塑料件的优点和常用塑料	500
10.2.2 照明系统塑料件的分类	501
10.2.3 照明系统塑料件的要求	501
10.2.4 汽车灯透镜的塑料化	504
10.2.5 照明系统塑料件的制造	505
10.2.6 块状模塑料反射镜	510
参考文献	511
第 11 章 汽车塑料废弃物的循环利用	513
11.1 一般塑料废弃物	513
11.1.1 一般塑料废弃物的产生	513
11.1.2 塑料的使用寿命	515
11.1.3 塑料废弃物与环境	515
11.1.4 塑料废弃物的治理原则	516
11.1.5 塑料废弃物治理方法	517
11.2 汽车塑料废弃物	519
11.2.1 汽车塑料废弃物的产生	519
11.2.2 汽车塑料循环设计原则	520
11.2.3 汽车塑料废弃物的循环利用	521
11.3 汽车塑料废弃物的循环利用实例	523
11.3.1 简单再生的实例	523

11.3.2 复合再生的实例	523
11.3.3 化学回收的实例	524
参考文献	525

第1章 绪 论

1.1 国外汽车工业的现状

安车代步、日行千里是人类自古以来梦寐以求的。汽车的发明和普及,使人类这一梦想成为现实。统计表明,依靠人类的双脚,人们经常性活动半径仅在5~10km范围之内;自行车的出现,使之增加到10~20km;借助摩托车可拓展到50~70km;驾驶汽车则可达到100~150km。从此,天涯若比邻,人与人之间交往更加频繁、密切,信息交流和传播也更快、更便捷,世界变小了。今日,汽车承担了全世界65%以上的货运量和80%以上的客运量。人类,尤其是发达国家的人们,已须臾离不开汽车了。

1.1.1 汽车发展的回顾

汽车是一种凭借自身动力装置驱动,具有4个或4个以上轮子的非轨道、无架线机动车辆,主要用于载运人员和(或)货物、牵引载运人员和(或)货物的车辆。现代汽车是以汽油或柴油为燃料,采用内燃机驱动的。目前,全世界每年生产5000万辆汽车,汽车保有量约7亿辆,平均每9个人拥有一辆汽车,其中,轿车占了80%。拥有一辆汽车的平均人数,美国为1.3人,加拿大、澳大利亚、德国为2人,法国、瑞士、日本、瑞典、意大利、英国、芬兰、奥地利、荷兰、西班牙为2~3人,沙特阿拉伯、希腊、捷克、阿根廷、南斯拉夫、波兰等国家为3~10人,俄罗斯、新加坡、墨西哥、韩国、马来西亚、巴西等国家为10~20人。

然而,汽车工业,尤其是现代汽车工业的发展历史只有120年!如果从第一台以蒸汽为动力的蒸汽机汽车算起,也不足2个半世纪。

汽车是第一次工业革命的产物。1766年，英国工匠瓦特对前人发明的蒸汽机做了重大改进，使热效率大大提高，实用性增加，为200余年的现代工业革命奠定了基础。汽车正是在这种大背景下诞生并进一步走向实用和现代化的。

1769年，法国炮兵工程师尼古拉斯·居诺大尉首先把蒸汽机装在一辆木制的三轮车上，制成了世界第一台不用畜力、而用自身动力驱动的蒸汽机汽车。居诺是用一个直径1.34m大锅炉，车辆每行驶12~15min需停车对水加热15min，行进速度仅3.5~3.9km/h，且在第一次试车时就被撞得粉身碎骨。尽管蒸汽机汽车不属于现代汽车，但它毕竟是人类历史上最早的在公路上行驶的热力机械驱动车辆，是汽车发展史上的一个里程碑。以后，居诺及其后继者对蒸汽机汽车做了许多重要改进，使其走向实用化，英国、法国、德国、美国等相继建立了蒸汽机汽车制造公司。直到1916年最后一批蒸汽机汽车才在英国停止生产。

内燃机是汽车发展史上一次革命性变革。内燃机采用煤气、汽油、柴油等气体或液体为燃料，燃料在汽缸内部燃烧，与蒸汽机相比，其效率高出很多，更适合于做汽车的动力装置。从1794年英国人斯垂特提出煤气机原理、1860年法国人雷诺尔制成第一部电火花点燃煤气的煤气机、1867年德国人奥托制成第一台往复式四冲程煤气机，到1883年德国人戴姆勒制成四冲程汽油发动机、1897年德国人狄塞尔制成以柴油为原料，仅靠压缩就可点燃的柴油机，经过上百年时间几代人前赴后继的努力，内燃机成了现代汽车的动力源。

1886年，德国工匠卡尔·本茨（又译卡尔·奔驰）采用内燃机装成一辆三轮汽车，制成了世界上第一辆以汽油为燃料的现代汽车。戈特利布·戴姆勒也在1886年独立制成了一辆四轮汽车。他们两人使汽车成为实用并将其与工业生产相联系，为汽车走上历史舞台做出了划时代的贡献。

自此之后100余年里，汽车工业经历了三次重大变革，出现了五座里程碑，实现了十大技术革新。

1.1.1.1 汽车工业的三次重大变革

第一次变革：流水线大批量的生产。1908年，美国亨利·福特推出了T型汽车，随后又提出流水线生产方式、零件的标准化和互换性。1913年福特公司流水组装线投产，实现了由单件生产向大批量生产的转变。1914年福特公司生产30万辆汽车，1923年达到190万辆，到1927年福特公司已累计生产T型车1500多万辆。在产量增加的同时，其成本和售价大幅度降低，1916年，一辆T型车的售价仅为360美元，汽车成为大众能够普遍接受的交通工具，美国成了“轮子上的国家”。美国生产的汽车一度在全世界市场占有率超过90%（在顶峰时，福特公司汽车的市场占有率达到68%）。

第二次变革：品种多样化。针对美式车型单一、体积庞大、油耗过高的缺点，欧洲的汽车制造厂将竞争的重点定位在保证大规模生产的同时，采用柔性生产线，实现品种上的多样化、性能及配置上尽量满足欧洲各国自然条件、社会环境、生活习惯等的不同要求，极大满足了人们对个性化、功能性的追求，打破了美国汽车工业一统天下的局面，世界汽车工业的中心逐步移向欧洲。1961年，欧洲汽车在世界汽车市场的占有率上升到40%，而美国则下降到43.67%。1970年，西欧各国汽车产量比美国多1/3，世界汽车工业呈现多姿多彩。

第三次变革：精益化生产方式。20世纪60年代，日本以生产经济型轿车为主。丰田汽车公司等汽车制造厂从完善生产管理体系着手，将全面质量管理和及时生产系统两种新型管理机制应用于汽车生产，保证汽车质量、控制消耗、实现利益最大化。这次变革的特点是精益化生产。1973~1974年由中东战争引发的第一次石油危机、1979~1980年由伊朗革命和两伊战争引发的第二次石油危机、1990年由海湾战争引发的第三次石油危机，使消费者的目光从豪华气派型轿车转向小型省油型轿车。日本抓住这一机遇，1980年生产了1104万辆汽车，比1960年增长了20倍，首次超过了美国，成为世界第一汽车生产大国，并一直保持到1993年。

纵观三次变革不难发现，每次变革的发起者起初均处于弱势，但只因善于抓住机遇，以全新的生产技术或生产管理模式，就为自己争得一席之地。

1.1.1.2 五座发展里程碑

第一座里程碑：开创汽车时代的梅谢苔丝牌车（19 世纪末），其特点是发动机装在汽车前部，通过离合器、变速装置和传动机构将动力传到后轮，此型式至今还应用于多数大、重型汽车。

第二座里程碑：大批量生产的福特 T 型车（1908 年福特 T 型车出厂，1913 年流水装配生产线投产）。

第三座里程碑：雪铁龙“Traction AVANT”前轮驱动汽车（俗称“强盗车”，1934 年），其整体车身机构、前轮驱动、带扭力杆的四轮独立悬挂系统（单轮避震）、液压制动、自动变速箱等所体现的现代汽车大部分结构特点至今仍未过时。

第四座里程碑：甲壳虫型汽车（1937 年），较好地解决了减小汽车前进时空气阻力问题的流线型结构，因其形体类似甲壳虫而得名。

第五座里程碑：英国原 BMC 汽车厂的“迷你”汽车，前置发动机、前轮驱动，采用橡胶锥体的四轮独立摇臂悬挂装置、动力系统和悬挂装置一前一后分别与副车架结合后安装到车体上，车长 3.05m，宽 1.4m，质量 630kg，采用排量 0.848L 的直列四缸 25kW(34 马力)发动机。其机械大多集中在两个前轮之间以及后座地板下面人不需要使用的地方，为乘客留下足够的座位和空间。

1.1.1.3 大科技革新

- (1) 充气轮胎
- (2) 自动启动装置
- (3) 四冲程发动机
- (4) 自动变速箱
- (5) 鼓式制动器
- (6) 全钢车身
- (7) 安全玻璃

(8) 催化式排气净化器

(9) 晶体管(电子产品)

(10) 汽车安全设施(安全带、安全气囊等)

1.1.2 汽车的作用与地位

汽车是现代工业文明的产物,而汽车的发明和普及又促进了人类文明的进步。汽车已成为 20 世纪占统治地位的交通工具。社会发展要求改善交通,为人们出行提供方便,提高通达能力,使以较短的时间、比较少的旅费,舒适、安全地到达目的地。汽车最突出的特点是灵活、随意,与飞机、火车、轮船不同,汽车可“全面铺开”,实现“门对门”的服务,而前者只能在“点”和“线”上发挥作用,不能通达城乡各个角落。因此,汽车尤其是个人轿车,以它的独立性、自由性和私密性特别受到人们的青睐,成为最方便的交通工具,在许多城市甚至成了唯一可依赖的代步工具。汽车的普及,极大地提高了人们的工作效率、加快了人们的生活节奏。

汽车工业是资金、技术密集型规模经济的产业。发展汽车工业需要巨额投资、雄厚的工业基础、高水平的科学技术、集结众多学科的优秀人才。据统计,建设一座年产 30 万辆规模的轿车工厂,约需投资 20 亿美元,而与之配套的主要零部件厂也需十几亿美元。开发一辆新车(主要是改变车身)需 1.5 亿美元,而开发全新车型则需要十几亿美元。由此可见,汽车工业水平是一个国家经济发展水平、科学技术水平的重要标志,当然也是一个国家富裕程度、人民生活水平的度量。一辆汽车大体上由 1 万多个零部件组成,需要各种各样的材料及与之相适应的各种各样工艺技术。因此,汽车工业的发展带动了整个国民经济的发展,促进了各行各业的繁荣,为相关行业提供了大量就业机会。世界主要发达国家及部分发展中国家都将汽车工业作为国民经济的支柱产业。这是因为汽车生产涉及冶金、机械制造、化工、电子、电器、煤炭、石油、轻工、纺织等工业部门,汽车销售与运营还涉及金融、商业、运输、旅游、服务等第三产业,而汽车服务也包括汽车停放、保养、修理、加油、保险、食宿以及公路和其他基础设施建设和维护等。据统计,汽车工