

工业评述

2015~2016 年世界塑料工业进展*

中蓝晨光化工研究设计院有限公司《塑料工业》编辑部

摘要: 收集了 2015 年 7 月~2016 年 6 月世界塑料工业的相关资料,介绍了 2015~2016 年世界塑料工业的发展情况,提供了世界塑料产量、消费量及全球各类树脂的需求量及产能情况。按通用热塑性树脂(聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯及苯乙烯系共聚物),工程塑料(尼龙、聚碳酸酯、热塑性聚酯),特种工程塑料(聚苯硫醚、聚醚砜、聚芳醚酮、液晶聚合物),通用热固性树脂(酚醛树脂、聚氨酯、环氧树脂、不饱和聚酯树脂)不同品种的顺序,对树脂的产量、消费量、供需状况及合成工艺、产品应用开发、树脂品种的延伸及应用的进一步扩展等技术作了详细介绍。

关键词: HDPE; LDPE; LLDPE; PP; PVC; PS; ABS; PA; PC; PET; PBT; PPS; PESU; PAEK; LCP; 酚醛树脂; PU; 环氧树脂; 不饱和聚酯

doi: 10.3969/j.issn.1005-5770.2017.03.001

中图分类号: TQ32 文献标识码: A 文章编号: 1005-5770 (2017) 03-0001-44

Progress of the World's Plastics Industry in 2015-2016

The China Plastics Industry Editorial Office, China Bluestar Chengrand Co., Ltd.

Abstract: Based on the collection of information on the world's plastics industry in July 2015 to June 2016, this paper introduced developments of the world's plastics industry from 2015 to 2016, providing the production and consumption of world's plastics, as well as the demand for types of resin and capacity situation. In the order of thermoplastic resin (polyethylene, polypropylene, polyvinyl chloride, polystyrene, styrene copolymer), engineering plastics (nylon, polycarbonate, thermoplastic polyester), special engineering plastics (polyphenylene sulfide, polyaryletherketone, polyarylsulfone, liquid crystal polymer) and general thermoset resins (phenolic, polyurethane, epoxy resin, unsaturated polyester), it detailed in resin production, resin consumption, resin supply-demand, synthetic technology of resin, application development of product, extension of variety kind of resin and expansion of resin applications.

Keywords: HDPE; LDPE; LLDPE; PP; PVC; PS; ABS; PA; PC; PET; PBT; PPS; PAEK; PESU; LCP; Phenolic Resin; PU; Epoxy Resin; Unsaturated Polyester

1 概述

表 1^[1] 给出了 2012 年~2014 年世界各地域的塑料产量。2014 年世界塑料总产量为 31 100 万 t,比 2013 年增加了 1 200 万 t,增长率为 4%;而且 2014 年世界塑料的年增长率与 2013 年的保持一致,同为 4%,比 2012 年的年增长率 3% 有所提高。就不同地区而言,亚洲的塑料产量是最大的(14 300 万 t),占世界塑料总产量的 46%,之后依次是欧洲(23%)、北美自贸区(19%)、非洲·中东(7%)、拉丁美洲(5%)。其

中,在 2012 年~2014 年间,欧洲的塑料产量增长率是逐年增长的,依次是 0%、2%、4%;拉丁美洲也有很好的表现,这三年的塑料产量增长率依次是 0%、0%、11%;北美自贸区的塑料产量增长率保持 2%。就不同国家而言,日本尤为引人注目——其塑料产量增长率在 2012 年和 2013 年均为 0,但在 2014 年跃至 9%;中国继续表现强劲,塑料产量不仅具有 9% 的高增长速度,且占世界塑料总产量超过 1/4 的份额。

2013 年~2018 年世界塑料需求量年均增长率为 3.9%,如

* 本文概述、通用热塑性树脂由《塑料工业》编辑部许江菱撰写;工程塑料、特种工程塑料由《塑料工业》编辑部钟晓萍撰写;酚醛树脂由上海欧亚合成材料有限公司朱永茂、杨小云、王文浩、刘勇撰写;聚氨酯由山西省化工研究所(有限公司)李汾、刘菁撰写;环氧树脂部分由天津市合成材料工业研究所有限公司李丽娟撰写;不饱和聚酯由天津市合成材料工业研究所刘小峰、邹林、陈红撰写。

作者简介:李汾,女,1968 年生,教授级高工,从事聚氨酯的研究、开发及信息工作。

刘菁,女,1974 年生,高级工程师,从事聚氨酯的研究、开发及信息工作。

表 2 所示^[2]。通用塑料中, HDPE、PP、PVC、PS 的需求增长率低于 3.9%, PS 需求增长率更是低至 2%, 但 EPS 的需求增长率明显高于其他塑料品种, 高达 5.3%, 苯乙烯类共聚物 ABS、ASA 和 SAN 的需求增长率为 4.1%; 工程塑料需求增长率普遍高于通用塑料, 尤其是 PET 的需求增长率高达 5.2%, 聚氨酯 (PUR) 也有较高的需求增长率 4.8%, PA 和 PC 的需求增长率分别为 4.2% 和 4.1%。

表 1 2012 年~2014 年世界各地域的塑料产量

Tab 1 World production quantity of plastic materials (2012~2014)

国家及地区	2012 年			2013 年			2014 年		
	产量/ 万 t	构成比 /%	同比增 长率/%	产量/ 万 t	构成比 /%	同比增 长率/%	产量/ 万 t	构成比 /%	同比增 长率/%
世界	28 800	100	3	29 900	100	4	31 100	100	4
亚洲	12 800	45	4	13 700	46	7	14 300	46	4
(含日本)	1 100	4	0	1 100	4	0	1 200	4	9
中国	6 900	25	8	7 400	25	7	8 100	26	9
其他亚洲国家	4 800	16	0	5 200	17	8	5 000	16	4
欧洲	670	23	0	6 800	23	2	7 100	23	4
EU27 国/挪威/瑞士	590	20	0	6 000	20	2	6 200	20	3
其他欧洲国家	80	3	0	800	3	0	900	3	13
北美自贸区 (NAFTA)	57	20	2	5 800	19	2	5 900	19	2
拉丁美洲	14	5	0	1 400	5	0	1 600	5	11
非洲·中东	21	7	5	2 200	7	5	2 200	7	0

表 2 世界塑料需求量 (1990 年~2018 年)¹⁾

Tab 2 Global demand for plastics in the period of 1990~2018

塑料品种	需求量/万 t			年均增长率 (预测) (2013 年~2018 年) /%
	1990 年	2013 年	2018 年 (预测)	
LDPE, LLDPE	1 880	4 360	5 330	3.9
HDPE	1 190	3 860	4 580	3.5
PP	1 290	5 650	6 670	3.4
PVC	1 770	3 890	4 700	3.9
PS	720	1 180	1 370	2.0
EPS	170	600	780	5.3
ABS, ASA, SAN	280	760	930	4.1
PA (无添加玻纤)	100	300	390	4.2
PC	50	370	450	4.1
PET	170	1 800	2 260	5.2
PUR	460	1 350	1 730	4.8
其他热固性塑料	280	910	1 120	4.1
合计	~8 360	~25 000	~30 300	3.9

注: 1) LDPE-低密度聚乙烯; LLDPE-线型低密度聚乙烯; HDPE-高密度聚乙烯; PP-聚丙烯; PVC-聚氯乙烯; PS-聚苯乙烯; EPS-发泡聚苯乙烯; ABS-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物; ASA-丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸橡胶共聚物; SAN-苯乙烯-丙烯腈共聚物; PA-尼龙; PC-聚碳酸酯; PET-聚对苯二甲酸乙二醇酯; PUR-聚氨酯。

英国行业咨询公司 (AMI) 发布的报告称^[3], 经过近三

年的市场低迷后, 聚合物需求在缓慢恢复增长。在 AMI 发布的“2015 欧洲塑料行业报告”中, 欧洲聚合物市场 2015 年增幅将达 1.3%, 相比 2014 年的不到 1% 有所好转。但是, 即便这一微小的增长也面临着该地区许多材料供应吃紧和价格快速上涨的压力。从 AMI 2013 年发布上一次报告至今的 2 年时间里, 市场需求勉强略高于 3 600 万 t, 但 2014 年的聚合物

消费量仍比经济萧

条前的 2007 年低

大约 10%。对 LL-

DPE/LDPE 的需

求总体未现增长,

因为受到了材料

短缺、配方重制

和包装尺寸缩减

的影响。HDPE

在 2014 年的增幅

更加稳定, 接近

2%, 因为受到了

瓶盖、汽车和部

分管道应用发展

的推动; 但薄膜

市场也因 LLDPE/LDPE 受到同样原因的影响而萎靡不振。PP 市场呈现增长势头, 则要归功于汽车产量的增加 (在经过 2 年的平淡增长之后, 2014 年增幅达到 4%), 以及对食品包装和医疗/卫生用品需求的增长。聚苯乙烯 (PS) 仍保持疲软, 市场继续受到相对高价、供应问题和加工能力消耗的冲击。作为多年来的趋势, 中欧和东欧的需求比西欧更为强劲。西欧总体需求量增幅很小, 而中欧和东欧的需求增长达到 2.7%, 东欧大部分国家目前的聚合物需求远远超过 2007 年的水平, 而除了德国之外, 几乎所有西欧国家的市场需求都比 2007 年低 10%, 甚至更多。鉴于欧洲经济的审慎发展前景, 在 2014~2019 的 5 年时间里, AMI 预期欧洲聚合物需求的年均增幅仅略高于 1%。因此, 2019 年热塑性塑料仍将低于 2007 年的市场峰值。

根据德国 Ceresana 市场调查协会的最新调查^[4], 预计随着塑料继续取代铝、锡板和玻璃等材料, 欧洲塑料市场将继续增长。“2014 年欧洲塑料市场超过 5 300 万 t,” Ceresana 首席执行官 Oliver Kutsch 说, “在未来八年, 我们预计收入将进一步以年均 2.9% 的速度增加, 在 2022 年达到约 1 040 亿欧元。”该报告涵盖所有重要的塑料, 从聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等标准产品到 ABS 或含氟聚合物等工程塑料, 还有生物塑料, 但不包括合成纤维、涂料和胶黏剂。Ceresana 指出, 德国是欧洲最大的塑料制造商, 占据近 24% 的市场份额, 第二大塑料生产商是比利时, 之后是法国、俄罗斯、荷兰和西班牙。2014 年, 软包装、硬包装、建筑领域是塑料最重要的

应用领域, 占欧洲塑料总需求量的 70% 左右。但是, 其他的销售市场正在创造超过 2% 的最高年增长率, 它们是交通、电气、电子工业领域。低密度聚乙烯 (LDPE) 和线型低密度聚乙烯 (LLDPE) 是软包装市场的最大组成部分, 占近 53%, 其次是聚丙烯 (PP) 和高密度聚乙烯 (HDPE); 在刚性包装领域, 主要是聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET), 其次是 PP 和 HDPE。Ceresana 还提到, 由于材料减重已经达到极限, 越来越多的塑料袋被用于饮料包装以代替硬包装。在 2014 年, 建筑领域消耗超过 550 万 t 的聚氯乙烯 (PVC), 占最大的需求, HDPE 位居第二, 其次是聚苯乙烯 (PS) 和发泡聚苯乙烯 (EPS)。

2015 年, 中国塑料原材料的生产量是 7 691.1 万 t, 同比增长 10.7%, 塑料原材料消费量也增长了 9.7%, 中国进口塑料原材料同比增长 3.0%, 中国出口塑料原材料则同比下降 4.5%, 如表 3 所示^[5]。2015 年中国塑料制品产量 7 560.8 万 t, 同比增长 0.95%^[6]。如表 4 所示^[5], 2015 年 1~11 月中国塑料薄膜产量为 1 194.6 万 t, 同比增长 3.5%; 日用塑料制品产量为 531.9 万 t, 同比增长 0.3%; 泡沫塑料产量为 219.9 万 t, 同比增长 14.7%。出口方面, 2015 年 1~11 月中国出口塑料制品 879 万 t, 与去年同期相比增长 1.6%^[7]。

2016 年上半年, 中国初级形态的塑料产量为 3 975.8 万 t, 同比增长 7.7%; 中国进口初级形状的塑料 1 233 万 t, 同比下降 6.3%; 中国塑料制品产量为 3 688.7 万 t, 同比增长 5.8%; 中国出口塑料制品 497 万 t, 同比增长 5.7%^[8]。

表 3 2015 年中国塑料原材料产量、贸易量和消费量

Tab 3 Production, trade volume and consumption of plastic raw materials in China (2015)

		PE	PP	PVC	其他	合计
生产量	数量/万 t	-	-	-	-	7 691.1
	同比增长率/%	-	-	-	-	10.7
进口	数量/万 t	1 022.1	488.3	0.951	1 004.6	2 610.1
	同比增长率/%	9.8	-2.9	0.2	12.0	3.0
出口	数量/万 t	53.4	20.1	88.9	567.6	730.0
	同比增长率/%	3.9	26.5	-26.2	-0.6	-4.5
消费量	数量/万 t	-	-	-	-	9 571.2
	同比增长率/%	-	-	-	-	9.7

表 4 2015 年 (1~11 月) 中国塑料制品产量及构成

Tab 4 Production and composition of plastic products in China from Jan to Nov in 2015

制品名	产量/万 t	同比增长率/%	构成比/%
薄膜	1 194.6	4.0	17.6
(其中农用薄膜)	216.9	7.9	-
发泡制品	219.9	20.1	3.2
人造革·合成皮革	311.3	-8.0	4.6
日用品	531.9	0.9	7.8
其他	4 531.7	6.1	66.7
合计	6 789.4	1.8	100

从表 5^[9] 中可知, 2015 年日本塑料原材料的产量为 1 083.4 万 t, 较 2014 年增长了 2.1%, 日本出口塑料原材料增长 9.5%, 日本进口塑料原材料降低 5.8%, 消费量也下降 2.7%。从 2012 年到 2015 年, 出口数量及其增长率保持上升趋势, 消费量呈现先增后减的趋势, 进口数量在 2014 年增至最高值后在 2015 年下降到 247.3 万 t, 与 2012 年差不多。

2015 年日本塑料制品的产量、出口量、进口量和消费量均比 2014 年降低, 分别同比下降 1.8%、3.6%、2.4%、2.1%, 如表 6 所示^[9]。

表 5 2012~2015 年日本塑料原材料的产量、贸易量和消费量¹⁾

Tab 5 Production, trade volume and consumption of plastic raw materials in Japan (2012~2015)

		2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
产量	数量/万 t	1 052.0	1 057.9	1 060.8	1 083.4
	同比增长率/%	-6.2	0.6	0.27	2.1
进口	数量/万 t	247.4	245.9	262.6	247.3
	同比增长率/%	8.9	-0.6	6.8	-5.8
出口	数量/万 t	342.2	343.7	351.6	385.0
	同比增长率/%	-12.4	0.5	2.3	9.5
消费量	数量/万 t	957.2	960.1	971.7	945.7
	同比增长率/%	-0.1	0.3	1.2	-2.7

注: 1) 原材料消费量=原材料生产量+ (原材料进口量-原材料出口量)。

表 6 2011~2014 年日本塑料制品的产量、贸易量和消费量¹⁾

Tab 6 Production, trade volume and consumption of plastic products in Japan from 2011 to 2014

		2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
产量	数量/万 t	1 086.9	1 135.9	1 085.2	1 065.1
	同比增长率/%	-0.7	4.5	0.7	-1.8
进口	数量/万 t	188.2	193.0	197.4	190.2
	同比增长率/%	1.5	2.6	2.2	-3.6
出口	数量/万 t	80.1	79.3	80.9	79.0
	同比增长率/%	-7.8	-1.0	2.1	-2.4
消费量	数量/万 t	1 195.0	1 249.7	1 201.7	1 176.4
	同比增长率/%	4.2	4.6	-3.8	-2.1

注: 1) 制品消费量=制品生产量+ (制品进口量-制品出口量)。

表 7^[10] 是 2015 年日本出口塑料原材料和制品前 25 个国家和地区的情况。2015 年, 日本出口塑料原材料 3 849 862 t, 同比增长 9.5%; 日本出口塑料制品 789 696 t, 同比下降 2.4%。日本出口塑料原材料数量前五位的国家依次是中国、印度、泰国、美国、越南; 原材料出口数量同比增长率前五位的国家依次是波兰、印度、埃及、土耳其、沙特阿拉伯。日本出口塑料制品数量前五位的国家依次是中国、韩国、美国、泰国、越南, 制品出口数量同比增长率前五位的国家依次是捷克、墨西哥、荷兰、瑞士、比利时。

表 8^[10] 是 2015 年日本进口塑料原材料和制品前 25 个国

家和地区的情况。2015 年日本进口塑料原材料 2 473 334 t, 同比下降 5.8%; 日本进口塑料制品 1 902 268 t, 同比下降 3.6%。日本进口塑料原材料数量前五位的国家依次是中国、泰国、韩国、美国、新加坡; 塑料原材料进口数量同比增长率前五位的国家依次是阿联酋、墨西哥、印度、奥地利、中国。日本进口塑料制品数量前五位的国家依次是中国、越南、马来西亚、泰国、印度尼西亚; 塑料制品进口数量同比增长率前五位的国家依次是缅甸、奥地利、柬埔寨、墨西哥、越南。

另外, 结合表 7 和表 8 可知, 日本出口中国 (含中国香港和中国台湾) 的塑料原材料数量为 1 835 590 t, 占其塑料原材料总出口量的 47% 以上; 日本向中国 (含中国台湾) 进口的塑料制品数量是 966 953 t, 占其塑料制品总进口量的 50% 以上。

表 7 2015 年日本出口塑料原材料和制品前 25 名国家 (地区) 情况

Tab 7 Export of plastic raw materials and plastic products in Japan (2015)

序号	原材料出口			制品出口		
	国家及地区	数量/t	同比增长率/%	国家及地区	数量/t	同比增长率/%
1	中国	1 377 049	5.0	中国	219 311	-5.4
2	印度	312 815	146.4	韩国	112 121	-6.1
3	中国台湾	243 227	6.9	中国台湾	95 756	-3.8
4	泰国	223 999	3.8	中国香港	72 738	-0.7
5	中国香港	215 314	-6.6	美国	61 577	-4.5
6	美国	203 670	-	泰国	34 135	5.2
7	越南	180 686	40.4	越南	21 204	13.8
8	印度尼西亚	156 750	4.2	马来西亚	20 960	1.3
9	韩国	153 673	-2.7	菲律宾	18 176	-3.8
10	比利时	100 973	-11.0	德国	16 024	-4.9
11	马来西亚	77 568	-3.7	印度尼西亚	12 387	-10.3
12	菲律宾	52 926	-8.5	印度	11 275	16.3
13	新加坡	45 283	-7.6	新加坡	11 025	-7.4
14	沙特阿拉伯	44 249	41.8	墨西哥	10 812	27.5
15	德国	43 873	14.8	荷兰	10 641	25.4
16	巴西	42 159	13.7	比利时	7 183	21.2
17	荷兰	41 217	-11.0	英国	6 540	3.0
18	土耳其	29 188	44.2	澳大利亚	5 963	4.7
19	阿联酋	27 055	-14.1	意大利	5 848	-9.0
20	波兰	24 125	2 008.8	阿联酋	4 593	6.8
21	墨西哥	20 907	-12.2	法国	3 495	-26.9
22	以色列	20 900	8.2	加拿大	2 468	-1.4
23	阿根廷	16 767	6.6	瑞士	2 407	23.0
24	俄罗斯	16 187	-21.9	巴西	2 114	-15.5
25	埃及	15 434	52.3	捷克	2 067	82.7
	其他	164 048	9.4	其他	18 874	-0.4
	合计	3 849 862	9.5	合计	789 696	-2.4

表 8 2015 年日本进口塑料原材料和制品前 25 名国家 (地区) 情况

Tab 8 Import of plastic raw materials and plastic products in Japan in 2015

序号	原材料出口			制品出口		
	国家及地区	数量/t	同比增长率/%	国家及地区	数量/t	同比增长率/%
1	中国	552 226	13.0	中国	885 372	-6.0
2	泰国	445 107	-19.8	越南	166 748	17.2
3	中国台湾	414 727	6.7	马来西亚	148 629	-4.8
4	韩国	363 654	-13.1	泰国	140 118	-2.7
5	美国	218 219	-8.6	印度尼西亚	136 618	-3.6
6	新加坡	76 856	-21.4	韩国	135 115	-4.9
7	马来西亚	65 677	-7.8	中国台湾	118 536	-8.7
8	沙特阿拉伯	57 776	-25.4	菲律宾	62 216	-8.1
9	印度尼西亚	49 219	8.2	美国	41 539	0.1
10	德国	47 295	-6.3	德国	13 515	-3.7
11	荷兰	25 010	-0.7	比利时	6 380	-1.5
12	法国	23 007	12.4	英国	4 915	-8.5
13	墨西哥	21 549	41.1	新加坡	4 615	-9.0
14	西班牙	20 992	-16.5	意大利	3 986	15.5
15	比利时	12 587	-9.4	瑞典	3 694	-9.5
16	英国	10 166	-10.9	法国	3 131	-19.7
17	越南	8 787	-4.1	奥地利	2 459	65.1
18	印度	8 785	37.7	墨西哥	2 423	26.1
19	卡塔尔	8 263	-48.9	加拿大	2 345	1.0
20	巴西	7 779	-17.1	缅甸	2 168	140.9
21	加拿大	6 564	-31.4	荷兰	2 164	-4.0
22	阿根廷	4 790	-35.3	香港	1 995	-18.9
23	意大利	4 070	-4.8	印度	1 994	2.6
24	奥地利	3 989	14.2	瑞士	1 757	-0.1
25	阿联酋	3 661	52.6	柬埔寨	1 522	50.7
	其他	12 590	-11.5	其他	8 364	12.0
	合计	2 473 334	-5.8	合计	1 902 268	-3.6

2 通用热塑性树脂

2.1 聚乙烯 (PE)

根据 IHS 的分析^[11], 随着北美、中东和中国低成本制造新塑料化工产能的激增, 全球主要塑料如聚乙烯 (PE) 和聚丙烯 (PP) 市场正朝着供应过剩的方向发展, 这将削弱生产商的利润, 改变全球的竞争格局。IHS 预计从 2015 年到 2020 年, 全球将新增加 2 400 万 t PE, 其中超过 1/3 以上 (约 800 万 t) 的新增 PE 产能是来自美国, 这将显著增加美国的 PE、PP 和其他化学品的净出口值, 重新平衡数十年来让中东受惠的全球化工贸易流。“页岩气的增长使得北美聚乙烯和聚丙烯生产商更具有市场竞争力, 而长期以来, 中东地区一直是全球聚乙烯和聚丙烯价格最低的生产商。” IHS Chemical 的聚烯烃和塑料全球商务总监 Vafiadis 说。他指出: “在短期内, 这种产能过剩对北美的加工商来说是一个好消息, 由于 PE 产能的扩张, 北美加工商在全球市场上将有更强的竞争力。然而, 在生产方面, 经济将面临挑战, 短期内全球产能扩张超过了市场需求的增长, 利润也将受到影响。” “化工生产商希望利

用美国持续走低的天然气和液化天然气价格,以扩大相关的基础设施项目。” IHS Chemical 化工咨询主任 Geisler 说:“美国的固体塑料贸易以及散装液体化工产品贸易将有重大改变。产能的扩张意味着生产商和贸易商的化工贸易和物流活动将显著增加,同时美国 and 全球的重要港口、码头和物流服务也将大幅增长。”盖斯勒补充说:“除了北美,煤制烯烃技术也将帮助中国增加产能,使中国作为低成本 PE 供应商的影响力也在不断增加。”瓦菲尔迪斯说。根据 IHS 统计,预计中国在未来五年将增加约 1 700 万 t/a 聚乙烯/聚丙烯产能,这将进一步推动市场波动。“美国和中国目前正在与中东竞争全球 PE/PP 市场份额,这将对 PE 和 PP 的定价和利润产生显著影响。我们 IHS 预计未来将看到全球产业的大变革。”瓦菲尔迪斯说:“北美和中东都会出现明显的贸易不平衡,因为他们增加的产能远超过其国内市场需求,因此,出口对生产商来说是至关重要的。”据 IHS 分析,截至目前,中东出口到欧洲的 PE 已超过 2015 年,因为欧洲地区对 PE 有着强劲的市场需求,为中东生产商提供了富有吸引力的净回值。

据国际咨询机构 Transparency Market Research 的研究报告^[12],2014 年全球塑料包装总产量超过 8 200 万 t,市场价值达 2 730 亿美元。到 2020 年的市值将增至 3 702 亿美元,在此期间的年复合增长率为 5.2%。近年来,全球医疗行业提高了塑料包装的需求,这将成为促进塑料包装市场增长的重要组成部分。同时,随着塑料包装行业中占据消费主导地位的食品以及饮料包装市场不断扩大,塑料包装需求也将进一步被推动。消费者的消费行为也是推动塑料包装增长的重要因素,快节奏的社会生活,促使人们愈加倾向轻量化、耐用性以及美观、便携的软包装产品。该报告还指出,由于原油价格的波动,下游化学产品将受影响,进一步影响未来塑料包装市场的发展。但是随着包装技术的不断研发和设计,将提高塑料薄膜生产和印刷设备生产的技术,从而开拓未来塑料包装的新天地。目前 PE 仍是食品包装中制作薄膜使用最频繁且成本最低的材料,其次 PP 材料也是塑料包装市场的竞争者。随着技术不断提高,生物塑料有望被广泛利用,将开辟塑料包装行业的另一个增长点。

表 9 2013 年美国消费后塑料瓶收集结果

Tab 9 Post consumer plastic bottle recycling collection results in the USA in 2013

塑料瓶种类	塑料回收量/ $t \cdot a^{-1}$	树脂销售量/ $t \cdot a^{-1}$	回收率/%
PET	816 292	2 616 856	31.2
HDPE (天然)	199 941.6	713 234	28
HDPE (着色的)	274 670	786 782	34.9
PVC	181.6	34 504	0.5
LDPE	136.2	35 412	0.4
PP	28 148	88 530	31.8
其他	1 725.2		
合计	1 319 324	4 275 318	30.9

市场研究公司 Marketsand Markets 预测^[13],全球透气膜市场的规模 2015 年达到了 21 亿美元,到 2021 年有望增至 32.1 亿美元。2015 年的透气膜市场(包括聚乙烯、聚氨酯和聚丙烯)

烯),北美和亚太一共占 60%。生产透气膜的领先企业包括德国的 RKW 集团、科思创、法国阿科玛和瑞典 Trioplast 工业公司。MarketsandMarkets 强调,从整体市场的价值来看,PE 透气膜占的比例最大,原因是 PE 透气膜的机械性能允许它按客户需要定制。同时,卫生用品行业是透气膜的最大终端市场。该市场研究公司还预测,亚太市场将在 2016 年~2021 年间继续成为透气膜的最大市场,主要原因是新兴经济体的需求仍然不断增长。

2013 年美国消费塑料瓶的回收量达到 13 193 240 t/a,其中 HDPE 瓶的回收量是 474 611.6 t/a (如表 9^[14]所示)。这些消费后 HDPE 瓶经回收后再加工利用,被应用在多个领域,包括非食品用塑料瓶(38%)、管材(28%)、草坪/园圃(10%)、汽车材料(7%)、薄膜/片材(5%)、木材/(房屋外的)平台木板(7%)、(供铲车、装卸、搬运用的)货盘(1%)、栅栏/桶(1%)等^[15]。

轻量化的薄膜级 PE 树脂^[16] 陶氏化学公司包装和特种塑料业务部门已推出一种 Innate 精密包装树脂,作为新的聚乙烯(PE)成员,它可解决具有挑战性的软包装性能差距,最明显的是,它具有无法比拟的刚度-挺度平衡性、易加工性和改进的可持续性。据陶氏化学称,Innate 树脂代表了一类新的 LLDPE (线型低密度聚乙烯)类乙烯基共聚物,可由不同的共聚单体来制备,如辛烯、正己烷、丁烯,并使用了新的获得专利的非茂金属分子催化剂及先进的工艺技术,后者允许进行准确而持续一致的树脂化学控制,以实现特定的薄膜性能。据市场总监 Nestor de Mattos 先生称,Innate 树脂展示了优良的韧性同时不降低挺度,以及出色的耐挠曲龟裂性,能更大程度地为产品减重而不影响终端产品的完整性,还具有优异的耐撕裂和抗穿刺性能。Innate 树脂可用于多层包装以创造纯新型的、改进的薄膜结构,其潜在的应用包括柔性食品包装,如自立袋、环保袋和液体包装袋,以及重型运输袋用工业拉伸膜和人造草皮。陶氏化学还强调了新树脂具有优异的加工性,可获得大直径吹膜泡沫而不会互混。Innate 树脂表现出有利于泡沫稳定性和更大的剪切变稀的高熔体强度,从而降低挤出机电流和熔体温度。初始等级的密度是 0.915~0.930 g/cm³。首先开发出的品级是 Innate XUS 59910.02,其密度是 0.918 g/cm³,熔体质量流动速率是 0.85 g/10min。由这种树脂制得的 1 mm 厚吹塑薄膜的落镖冲击是 1 645 g,拉伸屈服强度是 1.24 MPa (纵向)、1.1 MPa (横向),拉伸强度是 3.55 MPa (纵向)、2.85 MPa (横向),断裂伸长率是 425% (纵向)、550% (横向),撕裂强度是 265 g (纵向)、532 g (横向)。

俄罗斯材料制造商 Sibur 公司推出了 6 种牌号低密度聚乙烯(LDPE)。这些新牌号产品适合生产各类薄膜,从通用薄膜到特殊及复合多层应用,如温室、保护性的、可收缩的和现代食品包装薄膜。据该公司称,153B 和 158B 具有更高的耐热氧化性,它们被建议用于生产农业温室用薄膜或各种多层用途。153BZ 和 158BZ 含有一种添加剂,使得材料能通过技术密集型设备进行加工,这两个牌号适合于各类薄膜产

品的高速生产,无需添加任何助剂。153BEF 和 158BEF 也宣称耐热氧化并且包含特殊助剂以提高滑爽性和防止各薄膜层之间堵塞^[17]。

具有高阻燃低收缩率的光纤电缆料^[18] Teknor Apex 公司推出了专为光纤电缆设计的 Halguard 系列无卤阻燃聚烯烃电缆料,其符合通用护套应用严格的阻燃要求。Halguard 58625 由于其创新的阻燃配方,价格低于可比的优质材料,同时提供优异的阻燃性和显著降低的挤出后收缩率。新的配混料具有 UL 94 V-0 阻燃等级和 50% 的氧指数,挤出后线收缩率只有 2%。低收缩性对光纤应用尤为必要,因为它降低了在挤出后温度循环和最终使用过程中施加在敏感的光纤上应力的程度。该公司建议将这种材料用于轨道交通、数据中心、发射塔等基础应用中使用的电缆。对于室外用途, Halguard 58625 抗紫外线性能良好,符合 UL-1581 测试。

超韧薄膜用新型 LLDPE 树脂^[19] 埃克森美孚化工新推出的高性能线型低密度聚乙烯 (LLDPE) 树脂系列树立了新标杆。Exceed XP 被设计为各种薄膜用途提供前所未有的性能,并以更快的生产速度运行。它拥有超级耐屈挠龟裂和落镖冲击性,卓越的老化性能保留,出色的纵向撕裂强度,优良的熔体强度和增强的弯曲性能和密封性。通过先进的催化剂技术、工艺研究和应用专业知识,这些树脂可以开发生产新的薄膜和衬垫产品。配方可被设计为提供性能和加工性的平衡,帮助管理终端用户的成本。在单层结构中也有潜力,提供共挤出性能。此外,薄膜加工厂可以受益于加工效率,因为:薄膜的一致性,可以减少机器运行停工潜在的更高的输出;在较低的密度维持膜的刚度;膜泡稳定性,较短的机器运行时,如果需要的话,用更少的能量使流动更容易。该系列最初等级包括 8318ML ($MFR=1.0\text{ g}/10\text{min}$, 密度 $0.918\text{ g}/\text{cm}^3$)、8358ML ($MFR=0.50\text{ g}/10\text{min}$, 密度 $0.918\text{ g}/\text{cm}^3$) 和 8656ML ($MFR=0.50\text{ g}/10\text{min}$, 密度 $0.916\text{ g}/\text{cm}^3$)。它们已经在一些商业应用上开始进行测试。瞄准的薄膜应用包括:(1) 液体包装袋,包括盒中袋、枕头和自立袋、集装箱液袋容器内衬。Exceed XP 可生产特强膜,防止产品泄漏和污染。(2) 用于非常苛刻的环境的柔性食品包装,如低温或高容量。Exceed XP 可以生产具有卓越的密封性能的超韧薄膜。薄膜厚度可减薄高达 30%,且有更好的包装性能,保护和保存食品更长。(3) 建筑业衬垫帮助制造商保护自己的结构。使用 Exceed XP 的衬里已被证明能够抑制水蒸气渗透,以减少霉菌形成的风险。(4) 农用薄膜包装农作物如护根和青贮饲料。韧性和耐撕裂薄膜帮助农民保护和维持他们的作物和收成。

阻燃耐油有机硅接枝聚乙烯^[20] 西班牙雷普索尔 (Repsol) 公司旗下的化学部门开发了一些列有机硅接枝聚乙烯,取名为 Repsol GridEffect PSIL210,或称为低压绝缘电缆。通过将有机硅接枝到 LDPE 的分子结构中制备出上述化合物。这些化合物在电缆涂覆过程中进行挤出和交联(产生多重网状分子间键),由此赋予电缆出色的电绝缘性能、耐高温性和耐腐蚀性。新的 Repsol GridEffect 系列比现有品级更有竞争优势,因为前者具有高质量和高稠度,适合作为阻燃或耐用电

缆配方的基础原料。另外,Repsol GridEffect PSIL210 能在室温下进行交联,这对电缆制造者来说,不仅节能还简化了加工过程。

埃克森美孚新茂金属聚乙烯树脂助力挤出涂层和层压^[21] 埃克森美孚于美国休斯顿当地时间 2015 年 10 月 20 日正式在全球范围内推出可用于挤出涂层和层压的 Exceed 0019XC 产品,以扩充其现有 Exceed™ 茂金属聚乙烯 (MPE) 产品组合。Exceed 0019XC 将为转换器和品牌商在饮料纸盒、层压管和软包装中带来技术和价值创新。无论是 Exceed 0019XC 单独加工或与高压线型低密度聚乙烯 (LLDPE) 融合一起进行加工时, Exceed 0019XC 呈现整体包装的密封性能,如广泛的密封应用和热黏性。借助精细的树脂设计, Exceed 0019XC 在不影响整体加工性能和挤压的前提下,实现最佳密封性能。与同类竞争产品相比, Exceed 0019XC 的摩擦因数较低。Exceed 0019XC 提供的密封解决方案,可以优化包装的完整性,有效减少泄漏,提高包封率。“包装市场继续朝着便捷的方向发展。这个新产品允许转换器定制解决方案——可通过共混或共挤层以满足包装要求,同时还易于进行高速共挤和层压的加工处理”,埃克森美孚市场开发部 Kramer 说。通过与转换器的合作,当 Exceed 0019XC 与添加黏合剂的界面层融合时,如饮料纸盒中的铝箔/乙烯-丙烯酸共聚物 (EAA) 或挤压管,能有效实现高性能包装解决方案。Exceed 0019XC 与 LLDPE 相比,能够生成更加坚韧的涂层,尤其在纸张或酒椰叶纤维基材中。

2.2 聚丙烯 (PP)

模内贴标热成型用新 BOPP^[22] 一种新的薄膜用于模内贴标热成型,得到的产品外观和感觉可媲美注射成型制品。由德国 Treofan 集团开发,所述膜为双轴拉伸聚丙烯 (BOPP),其特点是创新的表面层,能使热成型制件和标签膜在较低的温度和压力下熔融。在此薄膜创新之前, BOPP 只能附着在单独步骤的热成型容器上。新膜 Treofan EPT 的表面包含一种未公开的 PP 共挤物。Treofan 集团在与 Illig 机械制造有限公司(热成型机和薄壁包装模具的领先供应商)通过一系列全面的测试后,实现了该膜的商品化。相对于在热成型中常用的纸张和纸板标签, BOPP 可以装饰容器的所有五个侧面(所有四个侧面区域加上底部)。

大容器和汽车用的 PP 共聚物^[23] 沙特 Natpet 在 2015 年 12 月土耳其伊斯坦布尔举行的 Plasteurasia 2015 交易会上展出了旗下升级的注塑级 Teldene PP 抗冲共聚物。Teldene B20ML 使用了一种专利成核剂 Hyperform HPN-20E 以代替原先的苯甲酸钠 (NaBz),从而提高了性能和加工性,上述成核剂来自比利时的添加剂公司 Milliken,该公司称可使材料更好地控制收缩及改进硬度,并确保更好的分散性,从而使质量更均匀。Milliken 公司表示,改进的 Teldene B20ML 可提供在纵向和横向上的更好的硬度与抗冲击之间的平衡,以及更高的尺寸稳定性以消除翘曲变形。Natpet 相信 B20ML 增强的功能使其适合包括大容器和汽车配混料的细分市场。

用于激光烧结机器人抓手的 PP 粉料^[24] 在制造机器人

抓手的增材制造(3D 打印)中,与日俱增的关注点是为此目的专门开发的聚丙烯粉末。新的 Luvosint 65-8824 来自德国的 Lehmann & Voss 公司,它在波卡塔克有美国分公司。该公司在与一家机器人夹具的生产商德国 LMD 创新公司合作中发展起来,其运用 3D 打印技术制造机器人抓手已有十余年。他们还将 Lehmann & Voss 公司的 Luvosint X92A-I TPU 粉末用于灵活部件的激光烧结。用 PP 激光烧结机器人抓手比尼龙 12 具有多种优势,质量减轻了 10%,其高冲击强度允许设计节省空间的气动执行器到夹具,该材料不吸湿,暴露于干燥的压缩空气中不会变脆,另外还提供了高耐化学性。

高流动性弹性体增强 PP 的加工性^[25] 埃克森美孚化工最新推出的 Vistamaxx 茂金属丙烯-乙烯特种弹性体可提高用于食品包装的 PP 材料和填充母料的加工效率,提供潜在的生产能力的提高和加工成本的降低。6502 品级具有高熔体质量流动速率(48 g/10min),符合美国 FDA 和欧盟对食品接触应用的要求,并且也在中国允许用于食品包装的树脂产品名单中。在 PP 配混应用中,它的使用显示出改善的流动性,同时改善该化合物的物理性能的平衡。PP 的韧性和冲击强度得到提高,同时应力白化减少,透明度不变。它非常适合用于聚丙烯硬质食品包装应用,尤其是那些薄壁制品的注射成型。它可作为母料的聚合物载体使用,在提高流动性的同时允许如碳酸钙等的高填料量。

Lyondell Basell 公司推出两种医用 PP 牌号^[26] 聚烯烃生产商 Lyondell Basell 公司推出两种医用聚丙烯(PP)树脂牌号。该公司称, Purell HP548N 具有改进的刚度以及潜在的缩短成型周期的能力; Purell RP315M 兼具出色的力学性能和光学性能,并适合铸膜加工。Purell HP548N 是针对注塑的均聚 PP 牌号,它提供流动性、刚度和结晶性能之间的平衡,其潜在的用途包括药水瓶、药条板、医疗器械、注射器活塞和刚性容器。Purell RP315M 是无规共聚物,它为铸膜的应用提供了物理性能、力学性能和光学性质之间的平衡,其潜在应用包括医疗设备的包装、化妆品、软包装、实验室器皿和制药行业的封闭盖和瓶塞。

汽车行业用碳纤维增强 PP^[27-28] 总部位于奥地利的北欧化工(Borealis)通过添加碳纤维增强聚丙烯(PP)复合物品级来扩大其 Fibremod 技术组合,其主要针对汽车应用。公司在 2013 年底推出汽车和家电行业的短玻纤和长玻纤(SGF-LGF)改性聚丙烯(PP)的全新 Fibremod 产品系列。现公司增加了三个新的 Fibremod 牌号: CB201SY——20%碳纤维增强 PP,强度/质量比最大; CB301SY——30%碳纤维增强 PP,现有轻质材料相比其最高可减轻 40%的质量; CB401SY——40%碳纤维增强 PP,提供超高刚度。因为这些材料的刚度最高可达 20 000 MPa,而且密度低,所以它们是轻质而坚硬的,比轻质金属(如铝或镁)更有优势,而且没有接触腐蚀性和吸水性。这些新材料特别适合汽车用途,比如调链器、泵壳体、灯罩、承油盘、座架、臂靠、齿轮变速滑槽和车顶框架等。

松下研发出光扩散聚丙烯树脂模塑料^[29] 松下公司宣布

其已研发出一种名为“FULL BRIGHT”PP 的光扩散型聚丙烯树脂(PP)模塑料,该材料可延长 LED 的使用寿命。这是行业首款适用于注拉吹塑成型材料,其面世使复杂形状的成型加工成为可能,而且有助于赋予客户更大的产品设计自由度。这种材料具有以下优点:除注塑成型之外,该材料还可用于注拉吹塑成型工艺,而此前普遍认为注拉吹塑成型工艺难以应用于传统光扩散 PP 树脂模塑料。这使得客户能够实现复杂形状的成型加工,同时赋予客户更大的自由度,客户可根据各自的应用自由设计。能够加工 0.5 mm 薄壁成型产品;实现小于 10%的加工厚度精度。克服了传统 PP 树脂模塑料的耐光性弱点并实现了优良的耐化学性,有助于延长 LED 照明的使用寿命。材料的低密度特性有助于实现 LED 照明设备的轻量化设计。应用场合:LED 照明(汽车车内照明灯、户外广告牌、商店照明以及水景照明)、数字看板等。

可挤出成型的部分生物基 PP 复合物^[30] Terralene PP 2509 是德国 FKuR Kunststoff 公司推出的新型 PP 复合物,包含部分可再生资源并且可适合挤出成型用途。该品级扩大了现有的 Terralene 系列产品,现有的 Terralene 是部分或全部生物基的 PE 复合物。Terralene PP 2509 包含 35%可再生资源,其加工性和使用特性可完全比肩现有的化石基 PP 材料。Terralene PP 2509 的熔体质量流动速率(230 °C, 2.16 kg)为 42~47 g/10min,因此流动性高,有利于生产复杂的部件以及长流动路径的产品。

美国 RTP(尔特普)公司推出新的 RTP 100 eXtra Performance(XP)复合物,具有比市场现有的标准的短玻璃纤维增强 PP 复合物更高的强度、模量和抗冲击性。其强度、韧性和抗冲击性接近该公司的非常长纤维(VLF)增强复合物,而且还具有标准 PP 复合物的轻质和耐化学品性,因此其可应用在汽车、家具、(家用)电器、储存器、工业/建筑、电子器件和能源等领域。与普通的玻璃纤维增强 PP 复合物相比,在相同的载荷下,RTP 100 XP 复合物的模量提高 20%,耐冲击性也提高 1 倍。由于具有更轻的密度,RTP 100 XP 复合物可代替更重的金属材料达到产品“轻量化”的目的。而且由于耐化学品性和不吸湿性,RTP 100 XP 复合物还可以代替尼龙或其他复合物,以免潮湿条件下引起承载能力下降^[31]。

道达尔(Total)精炼和石化公司已投产的高强度聚丙烯(HMS-PP)有多种应用,包括:低密度挤出泡沫、大型吹塑制件、热压成型、挤出型材和挤出涂覆。该 HMS-PP 采用了多种专利技术。道达尔成为在北美地区生产 HMS-PP 树脂的首家供应商。PP 自身拥有的耐化学性和热力学性能,再加上该 HMS-PP 提供的高熔体强度,使得该 HMS-PP 很适合生产高性能专业泡沫,比如电子和医疗设备的防护包装、汽车部件和消费产品(如运动头盔)。使用该 HMS-PP 生产的耐用轻质泡沫具有可回收性,因此可与交联聚乙烯、聚氯乙烯和聚氨酯等主宰的泡沫应用进行竞争。使用该 HMS-PP,通过直接吹气法可获得闭孔泡沫,例如使用丁烷或二氧化碳,制备出的泡沫的密度低至 0.05~0.250 g/cm³,同时其力学性能和美感特性都很出色。除了泡沫,该 HMS-PP 还有多种应用:在

大型吹塑制件方面,如容量超过 5 L 的器皿或大桶——它们通常通过 HDPE 制造,但这种应用需要更高的耐化学品性和耐温性;在大型热压制件方面,通常使用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) 或高抗冲聚苯乙烯 (HIPS),如冰箱衬套、船壳、回收处理储藏箱,在这些地方使用 PP 的话是不可能的,因为 PP 的熔体强度低;在挤出涂覆方面,在纺织品或纸张上挤出 HMS-PP,可代替 PP,因为前者具有更好的耐热性及更快的线路速度;在型材挤出方面的应用,如取代 PVC 门窗或 HDPE 管材^[32]。

注塑级高抗冲 PP^[33] 以色列材料制造商 Carmel Olefins 公司推出了新的 PP 牌号 Capilene CT 80A,它可针对注塑应用,提供良好的透明性和高抗冲击性,以及高光泽、良好的感官性能和耐应力发白性能。在使用了美国 Milliken 公司的 Millad NX 8000 澄清剂的 PP 的基础上,该牌号进一步改良了透明性和抗静电性。据该公司称,新牌号既有出色的加工流动性,又有无规共聚 PP 和多相共聚物的典型性能,以获得良好的透明性和高光泽,同时保留硬度与抗冲击性能之间的良好平衡;该材料尤其适合于保鲜领域的应用,因为它在 0 °C 仍保持高透明性。推荐用途包括用于食品包装、透明桶、大储物箱、篮子、玩具、塞和塞帽的薄壁包装和透明容器材料。

聚烯烃用液体成核剂和增透剂^[34] Riverdale Global 公司推出新的液体成核剂和增透剂产品系列+Speed,能缩短 PP 和 HDPE 的成型周期,还能提供成本优势以及液体添加剂的精确性。在+Speed 添加剂中,其中三种牌号成核剂的有效添加比例为 0.1%~0.5%,第 4 种品级兼有成核和增透作用,有效添加比例为 0.1%~0.2%。NUC-138 成核剂在 PP 中使用,可提高 PP 的结晶温度,从而减少成型时的冷却时间。NUC-139 作为成核剂和酸中和剂,在 HDPE 中使用,通过调整聚合物结晶的取向以降低收缩率并避免承受导致制件变形的内应力所需的长的模具停留期,以缩短 HDPE 的模塑周期。NUC-139 还能中和残留在 PP 中的酸催化剂,后者会引起 PP 降解和成型制品变形。NUC-140 成核剂针对 PP 和 HDPE 应用,可通过提高 PP 的结晶温度和优化 PP 收缩性质来缩短成型周期。NUC-141A 是用于 PP 的成核剂和增透剂,可在较低的加工温度下提高熔体的结晶速率,提高透明度,同时减少成型周期和能耗。

2.3 聚氯乙烯 (PVC)

未来 5 年全球 PVC 需求将稳增 Nexant (耐森特) 公司亚洲业务负责人 Lee Fagg 在 2015 年于韩国首尔举办的亚洲石化工业大会 (APIC) 上报告称,至 2020 年全球聚氯乙烯 (PVC) 需求还将以 3.5% 的年均增速继续增长,2015 年全球 PVC 消费量预计为 4 300 万 t,2020 年将增加至 5 150 万 t,2030 年有望提高至 7 500 万 t。未来 PVC 市场需求增长的驱动力主要来自新兴经济市场地区,特别是印度、中东欧、南美^[35]。

Teknor Apex 柔性 PVC 成主打 Teknor Apex 公司对一系列已在美国成功用于汽车排水管材的柔性 PVC 化合物进行了优化,并开始向世界各地的制造商供应。这是该公司在 CHINA-

PLAS 2016 国际橡塑展的主打展品。排水管材用于将水从天窗和车顶沟槽周围区域疏导到车辆轮槽内排出。Teknor Apex 对该系列化合物进行了扩展,包括硬度范围从邵氏 A 硬度 60 到邵氏 D 硬度 50 的产品,提供定制颜色和透明配方的化合物,并从位于美国、中国和欧洲地区的工厂供货。据了解,Apex 1583 化合物在极长的热老化时间内仅出现微乎其微的性状变化,并且即使在低至 -30 °C 的温度下仍能保持柔性。Apex 1583 系列化合物已在美国投入 OEM 商业用途,被用于通用汽车、本田和日产汽车上的管材上。乙烯基产品事业部汽车行业经理 McCormack 说 “Teknor Apex 在运输市场上的长期经验,使我们能满足世界各地针对 Apex 1583 化合物的 OEM 规范要求。我们增强了这些经过证明的化合物,以改进其可加工性和透明度,并且开发了将与管材配件配合使用的注塑成型等级。”^[36]

Teknor 开发出具有较高阻燃性及更低收缩率的 PVC 电缆料^[37] Teknor Apex 公司开发出具有更好的阻燃性能和较低挤塑后收缩性能的聚氯乙烯 (PVC) 复合物新牌号 Halguard 系列。其中 Halguard 58610 及 58615 产品是 53 邵氏 D 复合物,对于 1.59 mm 厚的试样具有 V-0 的 UL94 垂直燃烧等级,氧指数分别为 52% 和 45%。Halguard 58620 是一种 54 邵氏 D 复合物,具有后挤塑收缩程度低的特性。所有 3 种牌号均能达到 UL-1685FT-4 以及 UL-1666 直立燃烧测试标准,用于结构复杂的电缆,以及在较小的使用性能折衷下成本低于其他优质复合物。广泛用于地铁、轨道交通、信号塔、数据中心和基础设施应用中使用的电缆以及电气和电子设备的内部布线等领域。

欧盟准许再生 PVC 使用 DEHP 增塑剂^[38] 欧盟委员会已经给三家公司授权,允许在再生 PVC 中使用 DEHP 苯二甲酸酯塑化剂。欧盟委员会依据下属 REACH 委员会的评估,做出了此最终决定。去年底,欧盟议会成员国通过了不具约束性的决议,要求委员会不得授权允许使用 DEHP 增塑剂,因为人们担心增塑剂可能属于内分泌系统干扰剂。欧盟议会成员国在 2015 年 11 月曾发布公告称 “不能因为回收再生,就允许危险性遗传物质永久存在。” 欧盟委员会 2016 年 4 月 20 日宣布,将给予三家公司四年的授权,允许在改性和干混料 PVC 中使用增塑剂。这三家公司是意大利的 VinyLoop Ferrara、Plastic Planet 以及瑞典的 Stena Recycling。欧盟塑化剂和中间体委员会 (ECPI) 称欢迎这一决定,认为该决定符合欧盟关于化学品的 REACH 规定,还建议欧洲化学品管理局 (ECHA) 也授权在再生材料中使用 DEHP 增塑剂。ECPI 发言人 Michela Mastrantonio 说 “这一决定对于 PVC 供应链具有重要价值,是迈向立法可持续性和可预测性的重要积极先例。它也证实欧盟致力于循环经济的承诺,表明欧盟认可科学是类似技术问题的决策关键。” Mastrantonio 说 “PVC 回收有利于高效使用资源,减少排放,对环境大有好处。” 但位于布鲁塞尔的环保机构欧盟环境局 (EEB) 则称,“授权设置了严格的条件,要求这些公司在审核期后,重新申请授权,并强制要求下游用户在 2016 年 12 月 31 日前上报监控和生物监控信

息。” EEB 高级化学品政策官 Dolores Romano 说, 就算委员会设置了条件, 欧盟环境局仍然对此授权深表遗憾, 因为“它不仅违反了 REACH 规定, 还树立了一个负面先例, 为今后的决策打了折扣, 并削弱了 REACH 确保有毒物质逐步被更安全的物质替代的宗旨。”

2.4 聚苯乙烯 (PS) 及苯乙烯系共聚物

根据市场咨询机构 MarketsandMarkets 发布的报告显示, 2014~2019 年, 全球 PS 市场将以 5.1% 的复合年增长率上涨。在过去几年, 随着人口的增加, 全球 PS 市场经历了稳定增长阶段。推动 PS 市场增长的其中一个主要因素是 PS 相对较低。工业化和全球化的加速是 PS 市场的主要推动力。在不同行业的纵向市场, 比如包装、电子电器产品, 均会用到 PS。包装、建筑和消费性电子行业是 PS 的最大消费领域。其他影响 PS 市场增长的因素还包括在制造橡胶和塑料产品过程中, 其他可替代材料的成本较高。当然, 亚太地区、南美洲和地中海地区塑料和橡胶行业的迅速发展也是促进 PS 市场发展的重要因素。抑制这一市场的主要因素包括对 PS 消极影响的认知, 进而导致消费者偏向有机产品。对 PS 的回收也为市场中的主要 PS 生产商创造了潜在的增长机会。就应用而言, 包装是 PS 的一个主要应用市场, 其次是电子和消费性产品。包装在全球 PS 市场中所占份额超过 1/3。就包装应用而言, 亚太地区是主要的 PS 市场, 紧随其后的是北美和欧洲。2014~2019 年, PS 在电子领域的应用增长将最为迅速, 复合年增长率将达 5.9%^[39]。

汽车内饰用苯乙烯系 TPE^[40] 美国 Teknor Apex 公司开发的苯乙烯系热塑性弹性体 (TPE) Sarlink ME-2200s, 可提供与目前广泛使用的热塑性硫化橡胶 (TPV) 相近的性价比, 而且流动性更高, 使得垫圈、密封件和饰物等能拥有复杂和精细的设计, 同时可通过减少保压和冷却时间以缩短它们的成型周期。和 TPV 一样, Sarlink ME-2200s 系列复合物的密度比三元乙丙橡胶 (EPDM) 和 PVC 更低, 但相比之下, 可使成型部件的质量分别减轻 15%、23%。该材料具有出色的抗紫外稳定性, 在宽温度范围内具有良好的弹性, 并能产生 A 级外观。该复合物易于着色, 并且不像 TPV, 无需在注塑前预先干燥。

英力士苯领 (INEOS Styrolution) 作为全球领先的苯乙烯系列产品供应商, 已被瑞延理化选为热塑材料供应商, 用于生产现代新款起亚 K5 的 JFc 车型的前格栅。瑞延理化是世界领先的一级汽车配套公司, 总部设在韩国, 该公司使用英力士苯领供应的一款特种苯乙烯类材料 Luran S 778T 为现代汽车集团 (东风悦达起亚) 生产前格栅。丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯三元共聚物 (ASA) 材料 Luran S 778T 具有出色的尺寸稳定性和极好的表面光泽度, 还具有极好的耐水性, 显著改善了该款格栅在雨雪等恶劣天气下的性能。Luran S 778T 材料在汽车制造方面还具有几大优势: 能为汽车外饰和外壳提供高光泽度的顶级饰面, 通过添加特制的耐 UV 助剂, 使该材料的耐照射性能, 尤其是颜色和光泽度的保持得到很大提升, 确保在经过多年的日晒雨淋后仍能保持超高的光泽度和色彩。

该材料为深黑色, 不仅能让格栅外观更高端, 还实现了汽车外饰的高光免喷涂, 降低成本。该材料具有卓越的黏附特性, 是用于在复杂结构上进行烫印箔的理想基材: Luran S 778T 材料表面非常稳定, 适用于精密箔应用, 具有优良的黏附性。这也使得可以引入装饰性箔制造商库尔兹生产的烫印箔。与镀铬技术不同, 使用烫印箔无需涂覆整个前格栅。如果 ASA 基材表面黏附性不佳, 则无法精密贴合箔片来获得所需的精致外观^[41]。

针对 ABS、ASA、PS、SAN 和 PMMA 的耐热添加剂^[42] 总部设在荷兰的苯乙烯-马来酸酐共聚物生产商 Polyscope 公司, 扩大了其 Xiran 产品系列的范围。最初推出 Xiran 耐热添加剂是为了提高丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS) 共聚物和丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯 (ASA) 共聚物的耐高温性, 现在 Xiran 也被用来提高其他苯乙烯系聚合物如聚苯乙烯 (PS)、苯乙烯-丙烯腈共聚物 (SAN), 以及聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 的热性能。Polyscope 在 2013 年推出了 Xiran IZ 牌号, 它是基于苯乙烯、顺丁烯二酸酐和第三单体 *N*-苯基马来酰亚胺的三元共聚物。新增牌号的玻璃化转变温度为 198 °C, 能应对较高的加工温度, 与苯乙烯类聚合物的相容性良好。推荐用途包括用于微波炉食品包装的耐热高抗冲聚苯乙烯。

巴斯夫率先在中国采用更安全阻燃剂^[43] 作为全球可发泡聚苯乙烯保温隔热材料的领先供应商, 巴斯夫成为首个在中国采用更安全阻燃剂的材料供应商。以创新高分子阻燃剂 PolyFR 代替之前的六溴环十二烷 (HBCD) 阻燃剂可提高 Neopor 保温隔热解决方案的环保性能。PolyFR 这种高效阻燃剂目前已被巴斯夫在全球范围内用于其全部聚苯乙烯保温隔热材料系列产品中, 包括欧洲、北美和中国客户使用的 Neopor 产品系列。巴斯夫发明的 Neopor 在建筑行业已有近二十年的应用历史。这种灰色塑料颗粒材料是 Styropor (白色 EPS) 的升级型号, 它含有特制石墨颗粒, 可像镜面一样反射热辐射, 从而减少室内热量损失。这种颗粒材料发泡后可被加工成保温板或各种模制品, 用于立面、屋顶、地坪的保温隔热。Neopor 隔热材料符合被动房建筑标准, 与传统白色 EPS 相比可减少材料用量达 20%。欧盟已从 2015 年起禁止使用 HBCD 阻燃剂, 巴斯夫在全球范围内已将可发泡聚苯乙烯隔热产品中的阻燃剂全面改用 PolyFR 以代替 HBCD。经过多年测试和开发, 结果表明 PolyFR 在保温板加工和使用过程中可提供更出色的环保性能。

3 工程塑料

2014~2020 年, 全球工程塑料市场的平均销售保持增长, 到 2020 年将达到 864.2 亿美元, 复合年增长率为 5.7%。2014~2020 年, 全球工程塑料市场的平均售价也会保持增长, 到 2020 年, 将达到 3 281.2 美元/t, 复合年增长率为 1%。

沙利文公司的研究指出, 为降低汽车污染, 提高汽车燃油效率, 轻量化已经成为未来汽车行业的发展趋势。这一需求使工程塑料成为了许多汽车零部件生产商的首选材料。因韧性、耐磨、耐化学性和加工性能优异, 工程塑料在汽车领域的应用不断扩大, 增加了工程塑料在汽车行业的机会。

随着新产品问世,市场对工程塑料的应用领域也在扩大。塑料为设计提供了很大的自由度,并且较易加工制造,同时能减少昂贵的二次制造费用,在许多领域越来越多被用来替代金属。随着工程塑料行业研发进程的加快,许多更高等级产品的诞生预示着工程塑料将有更多的潜在应用领域。

亚太地区仍然是主要市场,2020 年的发货量将占全球的 66.2%,复合增长率为 5.3%。亚太地区正在扩大工程塑料生产制造基地。亚太地区因其劳动力廉价,人口基数大和资源可用性一直被认为是重要的全球制造中心。而目前电子和电气产品的生产基地已经转移到亚太地区。因此,亚太地区将会继续成为电气和电子产品的主要生产商。这也推动了工程塑料在亚太地区的需求增长。

亚太地区作为工程塑料的主要消费市场,巨大的海外投资也支撑着其工程塑料行业的发展。研究显示,随着市场需求不断上涨和巨大的市场劳动力储备,印度尼西亚近年来自我定位为一个强大的海外投资竞争者平台。许多日本和韩国的电子企业纷纷在该国建立生产基地。而在泰国,汽车行业的强大需求吸引着跨国企业在此设立生产基地。一些主要的工程塑料企业纷纷与该国企业合资建厂。此外,诸如中国、印度以及新加坡等国家,同样吸引着许多来自欧洲和美国企业的巨额投资。

虽然行情看好,但市场阻力也不该忽视。沙利文公司指出,消费者的偏好已转向更小、更时尚的电子产品,电气和电子组件市场正面临着减小的趋势。而电气和电子组件市场占据了最大的消费份额。它的减少将会拉低整个工程塑料市场的增长率。

此外,尽管工程塑料在灵活性、化学性等方面有优势,但对一些特种材料和商品化塑料而言,因其价格和性能的竞争力将会抑制工程塑料市场的增长^[44]。

Qesearch&Markets 报道预测,全球工程塑料市场中,亚太地区将领先全球增长。该报告表示,从 2016~2020 年,市场复合年增长率将高达 7.6%。根据这项研究,亚太地区将成为全球市场的增长动力,带来越来越多的应用,技术进步和快速增长的需求。中国占亚太市场的最大份额,达 65%;而印度预计将实现亚太地区的最高增长率。该报告称,业内企业将专注于产能扩张和并购,以挖掘产品应用机会,包括汽车和运输、电子电气、工业和机械、包装、家电消费等市场^[45]。

3.1 尼龙 (PA)

据 HIS 化学《世界分析报告——尼龙纤维 2016》,尼龙需求中心正在向亚洲转移。2015 年东北亚尼龙占全球需求的 47%,而 2010 年占比仅为 42%。该地区更多需求是尼龙 6,约占全球尼龙 6 产量的 58%。尼龙 66 的投资也在继续增加。亚洲正在迅速取代北美和西欧成为尼龙的主要生产区。目前,英伟达公司正在中国扩大尼龙 66 产能。东北亚将取代西欧成为世界上第二大尼龙 66 生产区^[46]。

道默化学在浙江嘉兴开设新型尼龙共混工厂 道默化学工程塑料业务部于 2016 年 4 月 28 日在其位于浙江嘉兴新建的

尼龙配混工厂举行开业典礼,宣布该生产设施正式营运。新工厂首期将实现 10 000 t 产能,并计划在 2017 年和 2019 年分别增加 5 000 t,将总产能提升至 20 000 t。新工厂是道默化学工程塑料业务全球生产网络的重要组成部分,将满足整个亚洲客户对于道默化学产品的需求。DOMAMID 尼龙 6、尼龙 66 及高温尼龙 (HTN) 功能配混料,能满足汽车、电子电器和消费类产品对材料不断上升的需求。同时,新工厂将利用高品质回收塑料,来生产 ECONAMID 和 ECONAMID Oro 工程塑料,进一步补充了其全系列具有可持续性的尼龙 6 及 66 配混料的产品组合。道默工程塑料的产品结合了生态型和耐久性,同时满足较高工业质量标准。此外,位于嘉兴的新工厂还将为客户提供“快速响应配色服务”,进而提供预着色尼龙化合物^[47]。

巴斯夫将扩大欧洲工程塑料产能 预计从 2017 年开始,巴斯夫位于德国施瓦茨海德的工厂每年将增加 7 万 t 聚酰胺 (PA) Ultramid 和聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) Ultradur。这是巴斯夫针对全球工程塑料需求增加而采取产能扩产的一步。届时,巴斯夫全球 PA、PET 的产能将超过每年 70 万 t。2015 年中,巴斯夫的上海工厂也将两种材料的产能提高了 1 倍。2015 年 10 月巴斯夫生产 Ultramid 和 Ultradur 的韩国工厂也开始正式运营。“本次扩产,将巩固我们在欧洲工程塑料市场的领先地位。”巴斯夫高性能材料欧洲部主管梅兰妮·马斯布鲁纳说。“通过投资高效的工厂,我们能够满足客户日益增长的需求,比如汽车行业的大容量和全球制造的零部件。作为可靠的合作伙伴,我们致力于支持客户的发展,并帮助他们克服挑战,通过创新来解决轻量化建筑和低碳排放的问题。”工程塑料 Ultramid 和 Ultradur 能够加工成高性能元件,应用于汽车、电子、建筑和家具行业,如汽车座椅结构、油底壳、汽车发动机悬置系统设计、传感器和连接器、椅子和固定件。目前的创新包括世界上第 1 个应用于奔驰 S-class 汽车后轴变速器横梁、Vitra 的蝶形设计椅子和塞米控公司的功率半导体模块^[48]。

六国化工拟建设 7 万 t/a 聚酰胺切片项目 六国化工 2016 年 5 月公告称,公司拟出资 1 亿元,设立全资子公司铜陵嘉合科技有限公司,建设 7 万 t/a 聚酰胺切片项目。铜陵嘉合科技有限公司注册资本 1 亿元,经营范围拟为化工原料(聚酰胺 6 切片)的研发、生产、销售。公司表示,成立铜陵嘉合科技有限公司,主要是为了建设 7 万 t/a 聚酰胺切片项目,该项目是公司目前煤化工产品的产业链强化和延伸,是对公司基础化工产品产业结构升级,提升生产、加工能力的尝试。公开资料显示,聚酰胺切片具有着色性、韧性、耐磨性、自润滑性好,耐低温、耐细菌,成型加工性好等特征,是一种应用广泛的合成树脂,主要应用于化纤、纺织、化工、电子、机械、汽车、军工、食品和医疗等领域。目前,国内生产该产品的上市公司主要有华鼎股份,其 8 万 t/a 聚酰胺切片项目已于 2014 年 6 月建成投产^[48]。

朗盛推动工程塑料业务的全球化 朗盛加斯托尼亚特殊化学品公司表示,位于美国北卡罗来纳州加斯托尼亚的第 2

条高性能塑料混配生产线如期正式投入使用。这条全新的生产线投资约 1 500 万美元,使该厂的年生产能力从 20 000 t 翻番至 40 000 t。朗盛加斯托尼亚工厂根据客户要求,采用特殊的添加剂与玻璃纤维将聚酰胺 (PA) 和聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 混炼,生产出高性能塑料产品杜力顿 (Durethan) 和保根 (Pocan)。它们主要用于汽车工业,用来制造轻量化塑料部件,以替代汽车中的金属部件,从而增加汽车的能效并降低排放。在未来几年中,朗盛计划投资 5 000 万至 1 亿欧元以促进高性能塑料业务的有机增长。朗盛预计全球市场应用于汽车的工程塑料的需求将以每年 7% 的速率增长 (2015~2020 年)。汽车生产规模的扩大以及向着低油耗、轻量化汽车发展的趋势推动着工程塑料的需求增长。朗盛在塑料/金属复合材料技术领域处于全球领先地位,该技术帮助工程师降低汽车部件质量,并取得经济效益。与金属部件比较,采用高性能塑料的汽车零部件质量可减轻 10%~50% 不等。朗盛的高科技塑料被广泛应用于汽车的各个部位,如汽车引擎、车门结构、前端、脚踏板、车辆内饰部件等。此外,高性能塑料产品也可以用于电子电气产业^[49]。

赢创在德国投资新建尼龙 12 生产线 赢创计划在德国马尔投资数千万欧元,扩建特种尼龙 12 粉末的生产线。新工厂预计将于 2017 年下半年开工运营,将使赢创集团现有的尼龙 12 产能提高 50%。赢创的尼龙 12 粉末是以 VESTOSINT 品牌进行销售营运。这些粉末用于洗碗机专用框等家电的金属涂层以及汽车和医疗产品涂层中的消光剂和结构助剂。赢创预计 3D 打印快速发展对尼龙 12 粉末的巨大需求。“我们预测将会有比较可观的市场增长。马尔生产线将满足未来市场对尼龙 12 粉末的需求。”赢创资源效率分公司管理委员会主席 Rettig 博士说。尼龙 12 粉末具有良好的金属性能、抗化学性以及高熔点,尤其适用于采用粉末材料进行 3D 打印的加工工艺,比如激光选区烧结法 (SLS) 和高速烧结 (HSS)。此外,尼龙 12 粉末是玻纤、碳纤、芳纶和钢铁纤维等热塑性复合材料的理想基材。可应用于汽车、钻油、体育以及整形外科行业^[50]。

赢创聚酰胺转向角传感器齿轮保证车辆行驶安全 赢创工业集团生产的 VESTAMID 1930 聚酰胺 12,被总部位于德国的 Valeo Schalter 公司选择了作为转向角传感器齿轮传动机构材料,以保证车辆能够平稳安全地行驶在漆黑、蜿蜒或湿滑的路面上。转向角传感器测量方向盘转度,并持续地将驾驶员行进方向传递给动态稳定性控制系统——即电子稳定控制系统 (ESC)。ESC 将驾驶员的预期行进方向与车辆实际的方向进行比较,利用对各个车轮的定向制动对方向做出必要调整。这样做有诸多好处,比如可以防止车辆在弯道上加速,以确保驾驶员对车辆的控制。传感器安装在转向柱上,转向主驱动包含一个大齿轮的转子而转子带动两个齿数不同的小齿轮。嵌在齿轮里的磁铁能够利用霍尔或磁阻角度传感器检测出齿轮的旋转方位。角度传感器提供的电子信号进而能够帮助计算出车辆的绝对转向角。用于齿轮转动装置的材料必须满足严格的要求,以确保转向角传感器的高准确性和耐用

性,并维持必要的角度准确性。VESTAMID 1930 产品恰恰具备这些特性。作为一种聚酰胺 12,它可在较大的温度范围内 (-40~125 ℃) 保持稳定,其物性随着环境温度不同仅有细微变化,模制件几乎不发生尺寸改变。该材料即使在冰点以下也具有非常高的抗冲击性和缺口冲击强度,并且具有良好的耐油脂、燃油、液压油及盐溶液性,堪称汽车应用的理想选择。它出色的耐磨性和低滑动摩擦因数对于转向角传感器的齿轮来说非常重要,同时他还能够减震、减噪^[51]。

新型聚酰胺 6 进军吹膜食品软包装领域 荷兰皇家帝斯曼集团宣布,其改性聚酰胺 Akulon® XS 正式投放中国市场,有望推动聚酰胺 6 在吹膜工艺制作食品软包装领域的发展。得益于其改进的结晶性能,Akulon XS 的加工窗口更宽,从而为多层共挤膜和单层膜结构提供了新的设计可能性。随着公众对减少食品浪费和延长产品货架期意识的增强,食品软包装专用阻隔膜的需求开始呈现持续上升的趋势。多数阻隔膜产品都通过吹膜生产线进行共挤出生产,所以 7 层、9 层甚至 11 层膜结构都属于常见品级。这项性价比极高的先进技术有效地将阻隔性、适印性、密封性和耐冲击性等多种性能完美结合为一体。聚酰胺 6 具有良好的阻隔性能和机械强度,是生产此类薄膜的理想原材料之一。然而,聚酰胺 6 的高结晶速度会限制其加工窗口。因此,加工商需要在生产效率方面做出让步,或者通过将聚酰胺 6 与价格更高的特种非晶态聚酰胺或聚酰胺共聚物混合使用来改善加工性能。这样,这类薄膜高性价比的优势就会大打折扣。帝斯曼研发的 Akulon XS 解决了这一问题。与传统聚酰胺 6 相比,Akulon XS 在膜泡中的结晶速度要慢得多,从而在加工条件方面为加工商提供了更大的操作空间。此外,其在膜泡中具有更好的拉伸性,因此吹胀比提高的同时膜泡更加稳定,形成褶皱的可能性降低,而不必通过与大量的聚酰胺共聚物或者非晶态聚酰胺混合使用,就能实现。结晶速度减缓也意味着大部分结晶过程都是在较低温度下发生的——这是形成更多较小粒度晶体的一个必要条件,即降低雾度。通过在多层膜表面使用 Akulon XS,加工商不需要混合使用大量的非晶态聚酰胺就能使得膜的雾度低于 15%。Akulon XS 的末端结晶水平与聚酰胺 6 相同,因此具有良好的机械强度、耐用性。相比于传统混合解决方案,新方案具备更好的热塑性,为缩减多层膜中的聚酰胺膜层厚度提供了更多可能性。借助 Akulon XS,吹膜企业能够以更简便、更具性价比的途径生产食品软包装,充分发挥高性能聚酰胺 6 材料独特的阻隔与机械性能^[52]。

杜邦推出尼龙和热塑性弹性体树脂新规格,加强在汽车空气管路材料领域的领导地位 为了应对汽车工业对可长期承受涡轮增压发动机高温环境和腐蚀性气体的材料的需求,杜邦高性能材料事业部推出了 Zytel® LCBM6301 和 Hytrel® HTR8797 两款新产品。Zytel® LCBM6301 是一种长链吹塑 PA612-HI 聚酰胺树脂,其耐热性和耐酸性优于柔性 PA6,耐热性也强过专门用于生产柔性汽车空气管路、曲轴箱强制通风管和废气再循环传感器管路的 PA12。市场上最新推出的紧凑型涡轮增压柴油和汽油发动机,其工作温度更高、管路中

产生的气体更具腐蚀性,因而需要采用耐久性更强的材料。杜邦该款新产品不仅能满足这一需求,同时能够帮助客户使二氧化碳和氮氧化物的排放量控制在限定范围内。HYTREL[®] HTR8797 TPC-ET 是一种柔性吹塑成型树脂。与之前专门用于冷端吹塑汽车空气管路应用的 HYTREL[®] 系列产品相比,其在热空气箱 130~150 ℃ 的环境温度下的抗热老化能力增强了 1 倍多。产品在高温和化学腐蚀环境中的耐用性是汽车进气系统面临的最新挑战,也是材料生产商面临的棘手问题。Zytel[®] LCBM6301 和 HYTREL[®] HTR8797 两种新产品均是为解决这一难题而开发的。随着 Zytel[®] LCBM6301 和 HYTREL[®] HTR8797 在市场的推出,杜邦公司拥有了业界最为齐全的刚性和柔性聚合物及弹性体产品组合,包括:刚性 Zytel[®] 尼龙树脂、柔性 HYTREL[®] 聚酯聚醚热塑性弹性体及获得专利的可变刚度波纹管(VSB)技术、Crastin[®] PBT、Vamac[®] 高性能橡胶以及用于增强的 Kevlar 和 Nomex[®] 品牌纤维。这些产品的推出,确立了杜邦公司在汽车空气管理系统软管和硬管专用高分子材料方面的领导地位。在基于现有设备的吹塑成型加工方面,Zytel[®] 和 HYTREL[®] 两种新产品均易于加工、无增塑剂、可回收率高达 50%,而且不会影响最终性能和生产率。此外,两种新产品的应用使一个集成的部件取代原来的多个金属、橡胶、塑料部件成为可能,从而增加了汽车轻量化的机会。Zytel[®] PA612 和 HYTREL[®] TPC-ET 两款新产品均满足最新的耐热性和耐酸性的高要求,并增强了空气管路的耐用性。杜邦高性能聚酰胺用于新一代 USB 连接器 杜邦 Zytel[®] HTN 高性能聚酰胺树脂新系列,被选用于生产新一代双面可插入 C 型 3.1 USB 连接器。根据市场预测,作为适用于所有手持电子设备(包括台式机、笔记本电脑和手机)的通用端口,未来 C 型 USB 连接器将替代目前市场中的 A 型和 B 型连接器,并统治这一市场。对于此前的工程塑料而言,满足 C 型 USB 和 C 型 3.1 USB 连接器的工艺要求非常困难。“人们期待(消费性电子产品市场的)设备越来越小巧、纤薄,同时又能以极高的速率传输数据,这些都对材料提出了严峻的要求。”杜邦高性能材料事业部亚洲地区市场经理陈俊谷博士(Chen Chun-Ku)说,“我们看到了这些挑战,特别开发了新的无卤产品系列 Zytel[®] HTN FR52。它们采用低介电材料,不仅具有上佳的流动速率,而且具有出色的尺寸稳定性,尤其适用 C 型 USB 连接器的模型应用。使用了杜邦新材料的 C 型 USB 连接器的壁厚最低可至 0.18 mm,比两张纸叠在一起的厚度还要薄。”与其他 PA 材料相比,Zytel[®] HTN FR52 无卤产品系列可以帮助客户在较低的温度条件下挤出成型,减少模垢。这些综合性能有助于降低成型周期,增加运行效率,降低维护成本,从而总体提高客户的生产效率。杜邦 Zytel[®] HTN 新系列产品的另一大优势是可以轻松上色,能够满足 OEM 和客户的需求^[46,53]。

英威达开发新型生物尼龙原料 美国尼龙 6/6 巨头英威达和新西兰 Lanza Tech 公司正在开发生物基路径,以生产该工程树脂的一种原料。据称,合作双方已开发出一系列代谢方法来生产丁二烯,这种化学中间体用来生产尼龙 6/6 的重

要前体己二腈。双方利用对构成同轴的细菌组成的详细了解,利用废弃产品的气体发酵来生产丁二醇,如二氧化碳和一氧化碳。英威达和 Lanza Tech 公司称,力争在若干年内将该技术商业化。该技术采用调整过基因的细菌,是尼龙前体经济而又可持续的来源,不必依靠石油天然气制成的石化产品^[54]。

塞拉尼斯扩大尼龙 6 和 66 产品产能 塞拉尼斯公司宣布将增加尼龙 6 和尼龙 66 的产能,其中部分等级的尼龙将很快会上市销售,有些尼龙则需要等到 2016 年第三季度才会开始销售。塞拉尼斯表示,扩大尼龙产能是要以满足众多行业的应用需求。新产品服务包括大小型消费品应用,比如洗衣机、烘干机和电动工具,汽车零部件包括室内室外和引擎盖下的应用,电器电子产品包括手机、数据存储器和家电等。据介绍,塞拉尼斯的表层处理技术、熔融浸渍技术和融合技术将应用于尼龙产品中。其中,表层处理技术将提升 MetalX 的金属效果,镭射纹技术能力和预调配颜色;熔融浸渍技术将应用于结构应用,以扩大 Celstran 长纤维热塑性塑料和复合塑料产品;融合技术则将不同种类的尼龙树脂结合专利合作条约(PCT)、液晶聚合物和聚苯硫醚树脂等材料。“这些高性能的产品将让我们更好地为客户服务,为汽车、消耗品和电子产品行业的一级供应商和 OEM 提供差异化的解决方案。”塞拉尼斯材料解决方案总裁 Sutton 说^[55]。

塞拉尼斯将增加尼龙产品 领先的化工技术和特种材料公司塞拉尼斯宣布将扩展其世界级工程材料产品组合,使用塞拉尼斯所开发的差异化技术,增加尼龙产品尼龙 6 和尼龙 66。塞拉尼斯计划开发尼龙产品,以使用下列技术扩大应用范围并支持多种行业中的客户,具有 MetaLX[®] 金属质感、可进行激光打标和配色的塞拉尼斯外观解决方案技术;用于结构件的熔融浸渍技术,以扩大公司 Celstran[®] LFT 长玻纤增强材料和复合材料产品的应用范围;将不同类型的尼龙与塞拉尼斯材料(包括 Thermx[®] PCT、Vectr[®] 和 Zenite[®] LCP、Fortron[®] PPS、CoolPoly[®] 热传导聚合物和 Fortron[®] Flex PPS)复合以提高性能的共混改性技术。塞拉尼斯材料解决方案总裁 Sutton 表示:“塞拉尼斯拥有全球最全的,都是经过技术验证的工程材料产品组合。此次新添的高性能产品,将有利于提升塞拉尼斯的技术实力,为客户创造差异化解决方案,并为汽车、消耗品、电子电器等主要行业的注塑厂,各级供应商和主机厂(OEM)提供更大价值。”据介绍,塞拉尼斯新型尼龙产品的目标应用将包括洗衣机、烘干机、电动工具等大小消费电器;车内、车外以及发动机罩下应用等汽车零部件;以及移动设备、数据存储设备和家用电子产品等电子电器应用。塞纳维斯的尼龙产品还将支持制造商开发满足可着色、激光打标和结构功能要求的具有艺术感 A 级表面的产品^[56]。

首款玻纤增强尼龙减压盖问世 德国康迪泰克振动控制公司采用了巴斯夫的玻纤增强 Ultramid 尼龙材料,为美国汽车制造商凯迪拉克开发出一款主要结构部件——减压盖。该公司称,这是首款由这种材料制成的减压盖,可用于前轴和

后轴中。相比钢制和铝制减压盖,这款聚酰胺的质量减轻了 25% 左右,而且使用寿命更长,同时因隔热橡胶构件,还提高了行驶舒适度。康迪泰克与通用汽车公司合作,为凯迪拉克 CT6 共同开发了这款减压盖,该车型已于 2016 年底发售。这款弹簧式减震支柱总成连接了弹簧支柱和车体,使前轴弹簧支柱在转动时更加精确,摩擦更小,确保轮胎与路面的最佳接触,使转向更灵活简单。作为底盘零部件,他必须能够承受大雨、路盐、碎片以及震动所造成的极端压力。减压盖失灵将导致路面噪音增加,降低行驶舒适度^[57]。

帝斯曼聚酰胺 46 用于低摩擦正时系统零件 帝斯曼集团的润滑级 Stanyl® PA46 材料被选用于新一代高效节能涡轮增压汽油引擎正时系统的低磨损链导轨。发动机中的正时系统部件由全球高性能热塑性材料公司 Quadrant Creative Molding & Systems (OCMS) 打造。此新一代高效节能涡轮增压汽油引擎大量使用了近年来在 F1 赛车中日渐成熟的高新技术,代表了当前引擎小型化的最高水准,实现了驾驶性能和燃油消耗的优化组合,在提升发动机功率的同时,显著降低了二氧化碳的排放。Stanyl® PA46 能够满足正时链张紧器的高要求(包括高温、高负载、高速度、严苛的化学环境及激烈震动),所以该材料在引擎零部件中广泛应用。Stany 材料拥有卓越的耐磨损性能,其性能超越绝大多数同类型热塑性材料,在高温及高转矩/负载的情况下尤为显著。Stany 系列材料的性能超越绝大多数竞争者,如 PA6 和 PA66、聚邻苯二甲酰胺(PPA)、缩醛及 PPS 等,其耐磨损性能甚至可达 PA66 的 7 倍。且上述材料自身具有局限性,比如脆性(PPA 和 PPA 材料)、高温下的刚性下降(POM、PPS、PA6、PPA 材料)或高磨损(PPS)。Stany TW341 是现阶段引擎零部件的行业标准材料,帝斯曼同时已着手为新一代发动机研发耐摩擦性能更为优异的 Stany TW371 新型材料。该材料在降低二氧化碳排放和提升燃油使用率方面,优势更加显著。测试显示,Stany TW371 新型材料可将发动机内摩擦降低 20%。帝斯曼与日本椿本精工和全球高性能热塑性材料公司 QCMS 开展紧密合作,确保 Stany TW371 新型材料能够满足各项生产加工指标。其中 QCMS 公司开展了多次注塑试验,优化注塑工艺;椿本也进行了一系列产品和性能测试。最终研发出的 TW371 新型材料将助力汽车工业满足欧六标准所设定的气体(二氧化碳、碳氢化合物及碳氧化物)和颗粒物排放指标;同时使用新型发动机的汽车也将满足欧盟二氧化碳排放标准即 2015 年起,新乘用车二氧化碳排放量不得超过 130 g/km^[58]。

帝斯曼 Stanyl HGR1 材料 荷兰皇家帝斯曼集团推出一种基于 Stanyl 聚酰胺 46 的新型高性能材料。该新型材料 Stanyl HGR1 可减小汽车引擎正时系统摩擦力矩,为整车制造企业(OEMs)提供物超所值的降低能耗工具。汽车制造商不断尝试增加发动机扭矩,减少发动机排量,进而在不影响发动机性能的前提下降低油耗。正时链从其张紧器上滑过时,发动机正时系统便会产生摩擦力矩。该张紧器通常以聚酰胺 66 注塑成型,现聚酰胺 66 日渐被帝斯曼的 Stanyl PA46 所取代。因为“正时链接触表面材质采用 Stanyl HGR1 后”,较之 PA66,

摩擦力矩可减少 0.65 N·m,这相当于行驶过程中每加仑燃油续航里程每升增加超过 0.4 km,大幅改善了发动机的油耗表现。此外帝斯曼一直致力于改善 Stanyl PA46 的各种特性,以满足正时链张紧器的要求。同 PA66 相比,Stanyl HGR1 材料将 650~1 800 r/min 的发动机临界转速范围内摩擦力矩降低了 10%。HGR1 在车辆巡航速度下也表现卓著。事实上聚酰胺 46 Stanyl HGR1 已在市场上崭露头角,成功被应用在美国菲亚特克莱斯勒制造的新型五角星 V6 发动机上,减小了五角星 V6 发动机正时系统的摩擦因数,从而以极具性价比的方式降低了其能耗^[59]。

帝斯曼推出新一代生物聚酰胺 活跃于健康、营养和材料领域的荷兰皇家帝斯曼集团在上海举行的 CHNAPLAS 2016 国际橡塑展中,携一种新型生物基材料——高性能聚酰胺 For TTii Eco 亮相。For TTii Eco 系列材料代表了新一代耐高温聚酰胺材料,较其现有产品能够更好满足包括流动性、机械强度及介电强度等方面的严格性能要求,相较其他半芳香型聚酰胺如 PA6T 及 PA10T(不同程度的)低流动性、低韧性,新材料性能更显优异。其中 For TTii Eco E11、For TTii Eco E/61、For TTii Eco LDS62 位列 For TTii Eco 系列的前三位,拥有高流动性优良的机械强度及稳定的介电常数。For TTii Eco E11 和 For TTii Eco E61 主要应用包括表面贴装(SMT)连接器,如 USB-C 和音频插孔;For TTii Eco LDS62 所使用的激光直接成型技术(LDS)具有高性价比,能够满足高精度、高精密电气电路的需求,是生产移动电子设备所用天线产品的理想材料。同时,由 For TTii Eco LDS62 材料制造的零件具有优异的介电性能,良好的产品外观以及较高的机械强度,其整体性能优于同类 LDS 材料^[60]。

帝斯曼 EcoPaXX 成功进军饮用水接触应用领域 帝斯曼集团携 EcoPaXX 聚酰胺进军饮用水接触应用新兴业务领域。该材料为水龙头阀芯,龙头本体等应用领域提供了高性能无铅解决方案。EcoPaXX Q-DWX10 含有 50% 的玻纤增强聚酰胺 410,凭借其出色的性能而被业内领先企业成功应用于水笼头阀芯和本体的生产。该材料可有效降低水龙头混水组件故障和漏水风险,成为行业关注焦点。水笼头阀芯和本体接触温水(60℃)和热水(90℃)时,需要保持长久的耐用性和可靠性。EcoPaXX 与其他聚酰胺材料相比,具备更好的强度、抗水解性和尺寸稳定性,即使长期接触沸水也能保持良好的抗扭和抗弯曲强度。EcoPaXX 材料的吸水率较一般聚酰胺材料降低 30%,具备出色的耐化学性,该性能在接触含有氯离子(PPA)相比,EcoPaXX 化合物相应碳足迹降低 30%。此外,该材料具有出色的流动性和加工性,具有较高的溶剂热强度,加工程序与其他标准聚酰胺材料类似。鉴于该领域的发

展趋势, 帝斯曼正进一步开发各类特种塑料, 以全面满足饮用水接触应用领域的需求。公司成功开发的 EcoPaXX 和 ForTii 均为耐水解材料, 分别以聚酰胺 410 和聚酰胺 4T 为基础材料^[61]。

ABB 为其新款电流接触器产品选用索尔维工程塑料 Technyl® One 全球领先的电力与自动化技术集团 ABB 为其新款电流接触器产品选用了索尔维工程塑料 Technyl® One 材料。作为新一代聚酰胺树脂材料, Technyl® One 能够有效应对电气设备在能源管理和楼宇自动化领域所面对的安全性、小型化及提高生产效率等方面的各种重要挑战。基于高流动性、耐高温性基材, Technyl® One 具有出色的电气性能和无卤防火特性, 并因此成功展示出其在电气保护领域对于各类严苛应用要求的适用性。其主要的应用领域包括微型断路器 (MCBs), 塑壳断路器 (MCCB) 接触器, 以及要求高安培数与热阻性能的电流接触器零部件。由于其独特的材料特性, Technyl® One 在整个严格的测试分析中, 能够始终经受住考验而没有出现蠕变和软化状态。Technyl® One 优秀的流变特性可以帮助减少产品加工过程中的腐蚀性降解, 这有利于提升工具设备和加工过程管理, 并保证了产品的整体一致性, 从而能解决产品安全性要求, 并满足原始设备制造商 (OEM) 们的经济性与加工过程提升需求。索尔维工程塑料的 Technyl® One J 60X1 V30 作为一种无卤阻燃材料, 其在壁厚仅为 0.4 mm 时仍可达到 UL94 V-0 阻燃等级, 并具有无与伦比的热老化性能 (电气相对温度指数 RTI 达 150 °C) 和较高的相对漏电起痕指数 (CTI, 经受 600 V 或以上电压)。除了一个可完全兼容的黄卡, Technyl® One J 60X1 V30 也满足即将在 2016 年生效的全新欧洲 EN 45545-2 标准。这种材料提供了 R22 和 R23 分类下 HL3 最高水平的低烟性能。目前可提供包括标准原色、灰色和黑色产品等级。其实质性技术已建立在激光标刻上, 同时可根据客户特定的 UV/YAG1 激光系统需求进行定制化服务^[62]。

本田首款燃料电池采用朗盛轻量化解决方案 朗盛的轻量化解决方案最近在本田汽车公司新近上市的首款燃料电池汽车 (FVC) Clarity 中得到了具体呈现, 运用于朗盛的连续长玻纤增强热塑性复合材料 Tepex 和朗盛子公司 Bond-Laminates 的聚酰胺 6 (PA6), 并采用了混合型动力后保险杆所采用的一次性成型技术。轻量型的设计, 采用的是 Tepex dynalite、连续长玻纤增强热塑性复合材料、Tepex flowcore 和随机长玻纤增强复合板材料多材料分层组合而成。这种组合能够确保复杂几何部件成型过程中物料流程更为便利, 机械性能也更强, 比如, 在后保险杠的应用中也具有极好的动态吸能^[63]。

Akro-Plastic 低成本碳纤产品挑战玻纤市场 Akro-Plastic 公司研发了一种基于聚酰胺 PA6、PA66、PPA、半芳香族 PA66 (AKROLOY) 的碳纤维增强产品。此系列复合材料中碳纤维含量达 10%~40%。如 AKROLOY B3 ICF 40, 以 PA6 为基料辅以碳纤维增强, 拉伸模量可达 30 000 MPa, 弯曲强度为 320 MPa, 断裂伸长率为 1.8%。另一牌号, 以 PA66 为基料碳纤

维增强的 AKROLOY A3 ICF 40, 拉伸模量高达 33 000 MPa, 弯曲强度为 370 MPa。此类碳纤维增强型产品能显著降低高强度部件的质量, Akro-Plastic 并强调, 综合成本首次降至玻璃纤维增强型复合物级别。其中一个应用例子是离合器踏板, 以 AKROLOY A3 ICF 15 材料, 并以水辅成型工艺生产。相较于使用 30% 玻纤增强 PA6 注塑成型, 碳纤维增强成型部件的质量减轻了 10%, 而刚性提高了 25%。除了减重之外, 中心控制台、活性炭筛检程序和控制模组支架, 亦将得益于碳纤维带来的额外优势, 例如电磁遮罩、导热性优异、热膨胀系数低^[64]。

电子设备“小型化”索尔维又有新妙招 索尔维工程塑料在 CHINAPLAS 2016 国际橡塑展上展出了一项基于其先进的 PA66 聚合物技术的解决方案, 为各类消费电子产品的小型化和出色外观带来无限可能。这个创新型解决方案将无卤素、阻燃性、高流动性和低迁移性集于一身, 还可以减少注塑成型过程中对加工设备的腐蚀。这一全新产品系列将为索尔维现有的 Technyl 60 无卤阻燃材料系列注入新的活力, 该系列包含从高流动性的 Technyl Star PA6 到高性能的 Technyl One 等级。采用全新配方的 Technyl A 60SX 的一个突破性特点, 在于能够解决由于迁移或模具排气孔堵塞而最终导致的外观问题。针对大部分消费电子连接器制造商面临的壁厚问题, 索尔维先进的聚酰胺化工技术特别确保了新产品卓越的流动性。从而为设计人员和成型人员打开了新的窗口。这款升级版索尔维工程塑料无卤阻燃 Technyl 材料也是要求出色阻燃性, 最低腐蚀和最佳表面特性的电气保护产品应用的完美解决方案。首批采用这一技术的产品包括玻纤增强 25% 和 30%, 并已全部通过 UL 黄卡认证, 包括 0.8 mm 厚度时的 5VA 阻燃等级^[65]。

赢创聚酰胺 12 产品荣获欧洲塑料创新奖 赢创工业集团旗下的聚酰胺 12 (PA12) VESTAMID NRG 产品, 凭借其在制造高压天然气管道方面的应用, 获得欧洲塑料创新奖的“材料创新”大奖。VESTAMID NRG 能够让高压管道具有卓越的性能表现, 使地下天然气管道网络的建设更加高效且不必担心光导传输过程中管道的自身性能损失。已安装了 PA12 制成天然气管道的国家包括美国、巴西、墨西哥和印度尼西亚。实践证明, 与钢铁管道相比, PA12 制成的天然气管道能显著节省人工和安装成本。VESTAMID NRG 管道可灵活选择长度, 从而使其安装十分省时、经济, 因为需要焊接的接缝减少了, 这点在长距离安装部分时尤为突出。安装人员可以使用原装聚乙烯管道相同的设备安装。此外, VESTAMID NRG 管道无需防腐处理, 适用于非开挖安装方式, 从而降低了成本。50 多年来, VESTAMID NRG 已成为多家知名厂商的首选材料。尽管最初的应用为汽车风管系统, 但随着技术的不断进步, VESTAMID NRG 现已成功应用于大容量的油气生产和天然气输送管道^[66]。

全球首款全树脂仪表板横梁成本降低 50% 瑞士 EMS-GRIVORY 公司的日本分公司 EMS-CHEMIE JAPAN 在“人与车科技展 2016”上, 展出了全球首款全树脂仪表板横梁, 采

用玻璃纤维强化聚酰胺 (PA) 的注射成型工艺制作。仪表板横梁是横贯汽车仪表板部件, 其作用除了吸收碰撞时的冲击之外, 还要支撑方向盘等仪表板周围的部件。目前, 绝大多数的仪表板横梁都采用钢材焊接制成。此次采用树脂材料, 将质量由原来的 4.7 kg 减轻至 3.3 kg, 成本降低了 50%。为了减轻仪表板横梁的质量, 之前厂商一直在推进研发, 例如运用金属与树脂结合技术, 将部分材料换成树脂等。此次展出的仪表板横梁则是全球首次将材料全部改成了树脂。据介绍, EMS 目前还在开发与铝合金等的结合性更高的聚酰胺, 计划 2020 年投放市场^[67]。

适合制造汽车拉索护套的新尼龙 Teknor Apex 公司的尼龙事业部宣布推出一种新型尼龙 6/12 挤出化合物, 它具备优异的耐化学性, 能够承受较高的工作温度, 且因其低吸湿性而具有良好的尺寸稳定性, 非常适合制造汽车拉索护套。Chemlon890 HNT001 尼龙 6/12 的耐化学性优于尼龙 6, 并且在接触腐蚀性化学药品或受到机械应力时, 具有更高的抗应力和抗腐蚀性能。该化合物经过热稳定化处理, 可在较高工作温度下防止催化, 并可进行润滑, 以便于送入挤出机。Chemlon890 HNT001 化合物已获得通用汽车和克莱斯勒对热稳定化尼龙 6/12 的批准。它目前由一家美国原始设备制造商用于制造制动器护套, 并且该护套已通过拉索供应商在 135 °C 温度下进行 168 h 的热老化测试^[68]。

巴斯夫发布面向汽车和电子行业的半芳香族聚酰胺 巴斯夫推出了全新的 Ultramid Advanced N 聚邻苯二甲酰胺 (PPA) 系列, 进一步扩大了半芳香族聚酰胺产品组合。该系列包括普通产品、长/短玻璃纤维增强产品以及阻燃性产品, 其性能远远超过了普通的 PPA 塑料。Ultramid Advanced N 可在高达 100 °C 的温度下 (玻璃化转变温度为 125 °C) 保持稳定的物理属性, 并具有耐化学腐蚀性, 吸水率低、摩擦因数小、耐磨损等优点。此外, Ultramid Advanced N 还可缩短成型周期并扩大加工窗口^[69]。

康迪泰克增强尼龙后横梁获 2016 启迪奖 一款采用玻璃增强尼龙制造的后横梁获得 2016 年美国 Altair 启迪奖的最高奖项, 这一奖项旨在鼓励汽车减重方面取得的成就和贡献。这种注塑制成的横梁与相同级别的铝制零部件相比, 可减重 30%^[70]。

3.2 聚碳酸酯

HIS 化学预测, 从需求角度看, 未来电子和电气行业将引领 PC 需求增长。目前, 电子和电气行业占 PC 需求的 22%, 预计到 2020 年其份额将达到 25%。

科思创北美地区 PC 业务高级副总裁克里斯表示 “消费电子产品数量急剧增加, 将推动 PC 需求继续增长。例如, 智能手机产量近些年一直在快速增长。另外, 由于建筑行业环境改善, 特别是商业楼宇, 以及家居用品需求增长, 也间接带动 ABS 和 PC 需求。由于商业和住宅建设市场活跃, 2015 年北美地区工程塑料片材和薄膜需求增幅超过 4%, 预计未来 5 年片材和薄膜需求还会以 2.7% 的增速继续增长。

“建筑行业是我公司主要业务的大型消费需求行业, 而且

市场前景非常好, 在许多应用中如屋顶、采光、标牌和 LED 灯罩越来越多地使用到 PC 材料。” 克里斯说道。据 HIS 化学《世界分析报告——聚碳酸酯 2016》, 2015 年全球 PC 需求为 380 万 t, 同比增长 2.6%, 并预计未来 5 年每年还将增长 3.7%, 2020 年需求量将达到约 460 万 t。这个增长速率将快于全球 GDP 增速, 也将超过 PC 产能预期增速。

业内人士分析, PC 在光学介质行业应用需求正在逐步下降。所以 PC 生产商一直专注于高利润市场, 包括汽车行业。与此同时, PC 生产商多年来都在不断努力开发取代车窗玻璃和金属的产品以及应用工艺。现在 PC 已在汽车和卡车前照灯和尾灯组件, 以及摩托车挡风玻璃中完全取代玻璃^[46]。

据了解, 中国占全球 PC 消费量的 40%, 并且显著影响着市场。HIS 化学数据显示, 2014 年 PC 国际贸易量还在温和增长, 2015 年贸易量下降了约 4%。需求水平减弱导致部分生产厂运行负荷降低, 尤其是在东北亚的工厂。三家化工上市公司介入聚碳酸酯业务, 凸显转型升级趋势 亚化咨询研究认为, 中国鲁西化工、烟台万华、江山化工这三家化工类上市公司已经计划拓展高端塑料——聚碳酸酯 (PC) 业务。在传统大宗化工产品产能过剩的背景下, 进入高端石化领域, 凸显出传统化工企业转型升级的趋势。中国已经成为全球重要的 PC 市场, 2014 年净进口量约 126 万 t。对外依存度约 80%。2014 年进口均价约 3 000 美元/t。即使在国际油价大幅下跌的背景下, PC 价格依然保持高位。受技术制约, 2014 年之前中国 PC 商业化工厂全部是中外合资。2015 年以来, 有三家国内上市公司开始介入聚碳酸酯业务。亚化咨询的数据显示, 2015 年 6 月, 鲁西化工宣布, 公司投资 8.5 亿元建设 PC 项目一期 6.5 万 t 工程试车顺利, 正式进入调试优化阶段。2015 年 11 月, 烟台万华宣布募集资金用于聚碳酸酯项目。亚化咨询数据显示, 该项目拟投资 14.6 亿元, 规划产能 20 万 t/a。通过双酚 A、光气法路线等为主要原料生产粉料和粒料 PC。其中粉料 5 万 t/a, 粒料 15 万 t/a。2015 年 12 月上旬, 江山化工宣布拟以发行股份及支付现金的方式收购浙铁大风 100% 股权, 初步确定交易价格为 9.8 亿元。其中, 股份支付部分为 8.33 亿元, 现金支付部分为 1.47 亿元。浙铁大风是中国第一家商业化规模生产 PC 内资企业, 一期产能为 10 万 t/a, 于 2014 年建成, 2015 年 4 月开始稳定生产。亚化咨询研究认为, 中国鲁西化工、烟台万华、江山化工这三家化工类上市公司已经或计划拓展工程塑料——聚碳酸酯业务。在传统大宗化工产品产能过剩的背景下, 进入高端石化领域, 凸显出传统化工企业转型升级的趋势^[71]。

Sabir 发布大尺寸电容式触控屏材料 从大型室内和室外显示屏到电子白板, 大尺寸交互式显示屏不断普及。从而对灵敏度高、快速响应触摸操作且能够制成各种尺寸和形状的先进材料的市场需求也在不断扩大。2016 年的国际消费类电子产品展览会期间, Sabir 发布了一款透明的导电聚碳酸酯薄膜, 是一种全新的触控显示屏材料, 具备卓越的透明度和低电阻, 尤其适用于大尺寸触控显示屏, 拥有出色的 2.5D 和 3D 热成型性能。除了大尺寸显示屏应用, 还拥有出类拔萃的

热成型性能,可塑造成复杂的 2.5D 和 3D 形状,比如应用于需要各种触控显示屏的消费性电子产品、汽车内饰件和医疗保健设备以及建筑用途。这款薄膜以 Sabic LEXAN™ 薄膜为基础,结合 Cima Nano Tech 的 SANTE® 纳米技术,适用于制造高度灵敏、耐冲击的可塑性触控屏幕。目前市场上也有替代选择,比如在玻璃或聚酯(PET)基板上应用基于氧化铟锡的解决方案。与这两种方式相比,Sabic 表示其解决方案具有明显优势:首先,透明导电聚碳酸酯解决方案更灵敏,可让大尺寸触控屏的响应速度与小型显示屏媲美。据介绍,与基于玻璃基板的氧化铟锡膜层相比,Sabic 的透明导电聚碳酸酯薄膜(供应厚度 800~125 μm)可以减轻质量,从而支持薄壁设计或减少运输成本。另一个关键优势在于成型性能,氧化铟锡的易碎性导致其很难应用于有曲度的触控屏幕。一旦进行曲折,氧化铟锡就会出现裂纹,进而妨碍触控屏的操作。例如汽车内饰件的中控显示器,通常包括用于导航、休闲娱乐功能、倒车影像监视系统和空调系统区的触控屏。使用诸如透明导电聚碳酸酯薄膜等先进材料,就有机会实现集成式中控显示器设计,将三个控制器整合至一个设备内。导电 PC 薄膜可制成中控显示器设备常用的形式和曲度,支持用于导航和提供信息的多个触控感应器,同时可以兼容空调系统的自感式电容器。Sabic 现可提供透明导电 PC 薄膜的大尺寸样件,薄片或卷膜任选,原料宽度可达 1.2 m,供客户试验用,量产型产品于 2016 年下半年推出^[72]。

科思创扩产德国 PC 膜厂 科思创公司宣布对位于德国多马根的聚碳酸酯薄膜厂进行产能扩充。据介绍,科思创计划投资 2 000 万欧元建多层平面薄膜复合挤压厂,包括相关的基础设施及物流设备。预计将于 2017 年投入运行,产品可用于安全卡、汽车内饰、医疗器械以及一些显示器等^[73]。

Trinseo 扩大亚洲聚碳酸酯产能 塑料、乳胶和合成橡胶供应商 Trinseo 公司将在亚洲生产和供应聚碳酸酯复合材料。该公司的全球医疗业务经理介绍,客户可以在全球向 Trinseo 采购医疗级复合材料,包括在北美、欧洲和亚洲。Trinseo 在德国 Stade 和日本爱媛县生产聚碳酸酯树脂,日本工厂是该公司与东京 Sumika Styron Polycarbonate 公司合资组建。这两座工厂基本相同,所以 Trinseo 的客户可以从任一工厂采购相同的聚碳酸酯树脂。据介绍,经认证的定制化复合生产厂将在台湾的 Trinseo 工厂生产医用树脂。另一座 Trinseo 聚碳酸酯医用树脂复合生产厂位于日本,也是一家合资企业。该公司携手 Henkel 公司测试黏着剂和塑料的兼容性。Trinseo 还与普立万公司合作,着重突出 Trinseo 作为基材结合 GLS 热塑性弹性体用于二次成型应用中^[74]。

用于防碎触摸屏的 PC 薄膜 SABIC 最近推出的 Lexan PC 薄膜被认为几乎是牢不可破的,使其成为智能手机和平板电脑平板触摸屏以及便携式电子产品镜头、覆盖和键盘的理想材料。Lexan OQ8DA 为质量轻、低翘曲的双层或单层硬质涂层薄膜,提供 4H 铅笔硬度,具有优异的耐刮伤、划痕和耐磨损性能。是模切、印刷和金属化的最佳候选材料。它们还具有出色的耐化学性和 90% 以上的透光性^[75]。

科思创汽车内饰材料在创新 在 2016 年中国橡塑展上,全球领先的聚合物解决方案供应商科思创展示了基于聚碳酸酯技术的最新汽车内饰材料解决方案。给业内人士带来设计灵感和项目经验参考。性能出色的表面满足功能整合设计潮流。汽车仪表盘和娱乐操纵台的功能性整合设计是时下汽车内饰件设计的流行趋势。科思创推出的应用于汽车内饰件表面 Makrofol HF 和 AG 聚碳酸酯硬化薄膜系列能完全满足新设计对材料的性能要求,具有耐刮擦、防眩光和可成型等特性。聚碳酸酯硬化薄膜在硬度和成型性方面实现了完美的平衡。它能使用于印刷、成型或背面注塑等工艺,尤其适用 3D 产品的应用。其良好的成型性源自特殊的预制涂层,即使是小半径弯曲或高深度拉伸设计都能轻松成型。此外该薄膜有着良好的耐化学性,包括能通过防晒护肤产品的测试。采用该硬化薄膜材料,汽车生产商可以制造出符合潮流的、高质量的内饰件,同时带来更高的良品率和加工效率。该薄膜产品系列包括了高光和不同效果的亚光系列,以满足多样性表面设计的需求^[76]。

IBM 研发出全新聚碳酸酯回收技术 IBM 推出一种新的方式来回收聚碳酸酯材料,该公司的研发人员已开发出被称为“一步化学过程”的项目。该项目亮点是在防止双酚 A 被浸出的前提下转变聚碳酸酯。该公司加州实验室的研发人员表示,在添加氟化物反应后进行加热将产生一种新的塑料而且不会浸出双酚。他们称这种材料为芳基酯酮类。采用该技术再生旧 CD 可产生一种耐温和化学性能高于原先物质的塑料,IBM 表示当粉末进行重组时,能够防止过度分解而使双酚浸出。聚碳酸酯一般通过以下传统步骤进行回收再生:分类、洗涤、分解。但 IBM 的最新研究改变了材料的化学性能,而不用担心双酚 A 的问题。IBM 研究人员在一份声明中表示,这不仅能够阻止聚碳酸酯进入垃圾填埋场,还能够回收生成一种新型的塑料,该塑料能够更加安全稳定。据 IBM 预测,全球每年生产 270 万 t 的聚碳酸酯^[77]。

丰田率先采用以等离子体涂层 PC 为材质的后三角窗 丰田的特别版 86 GRMN 跑车成为第一批后三角窗采用经等离子体涂层法处理的聚碳酸酯(PC)材质的批量生产车辆,采用这种材质是为了实现最高水平的耐久性。这款车的后三角窗用 SABIC 提供的 LEXAN 树脂(一种具有光学透明性的轻质型 PC 材料)注塑而成,与传统的玻璃解决方案相比,这种车窗将质量减轻了约 50%。据介绍,制造商一直在采用纯湿膜法制造以 PC 为材质的后三角窗。根据车辆类型和乘客位置,湿膜法可以满足业内对于这种车窗位置处的抗气候影响性和抗磨损性要求,但在某些情况下为了满足驾驶员的能见度要求,需要更高水平的性能。由于丰田希望符合全球各地的法规要求,因此总部位于日本的 OEM 将目光转向了 SABIC 的 EXATEC E900 等离子技术。这种柔性的玻璃状涂层沉积在基体湿膜的上部,以起到增强性能的功效。这种先进的涂层技术使得丰田的高品质要求得以满足。借助 SABIC 的 EXATEC E900 等离子体涂层技术,PC 塑料车窗满足相关法规对驾驶员能见度方面的要求。对于较大的 PC 塑料车窗,比如后尾窗

和天窗,减重可达 50%之多,从而有助于汽车制造商提高燃油效率和减少排放。此外,与其他车窗材料相比,PC 玻璃材料还可以实现更多的造型和功能整合。如后三角窗可以平滑集成气动扰流板、顶柱、气流分离器、门把手槽、甚至尾灯^[78]。

飞机内饰用 PC 共聚物 位于休斯顿的沙特基础工业公司最近推出两个新牌号 PC 共聚物,适合注塑飞机内饰件及更多用途。Lexan FST9405 及其对应的透明料 FST9405T 是高流动性、无卤阻燃级别,符合 OSU55/55 (热释放) 和 FAR25.583 (垂直燃烧和烟密度) 要求,以及 OEM 要求。透明级实际上是被认定的第一个符合严格的热释放标准的透明可注射成型材料。FST9405 可设计为模塑色,包括亮白色,它可以帮助消除二次加工,如喷涂。这些牌号相比原来的 FST9705 品级,具有改进的流动性 (9.0 g/10min),这意味着生产一个部件需要较少的材料,允许更强薄壁的设计。潜在用途包括靠背、扭结板、座椅装饰、杂志架、驾驶舱仪表盘外壳和部件,透明或半透明的隔板、行李舱和乘客服务部件^[79]。

3.3 热塑性聚酯树脂 (PET 和 PBT)

未来五年全球 PET 和 PBT 市场将强劲增长。据 Research and Markets 发布的调研报告显示,2014~2019 年,全球 PET 和 PBT 树脂市场将以 7.3% 的年增长率强劲增长,至 2019 年市值预计将达到 474 亿美元左右。

在过去几年,全球 PET 树脂市场已经大幅增长,预计未来几年内这种趋势将在所有应用领域内继续维持。相比之下,全球 PBT 树脂市场增长幅度相对缓慢。取代传统包装应用以及降低大气排放物的要求是促进 PET 市场需求的主要原因。热稳定性、高抗热性、优越的电气性能等因素则是促进 PBT 树脂需求的主要原因。此外,对再生 PET 和创新包装需求的上涨将是 PET 树脂市场的主要影响因素^[80]。

全生物基 PET 项目开始生产 美国纽约州珍珠河的 Anellotech 公司开始启动一个新工厂,有望带来完全生物基 PET 树脂。该公司开发生物学为基础的过程来生产对二甲苯等产品,而衍生的对苯二甲酸是 PET 的关键原料。该公司和合作伙伴在同一个反应器里用生物质制造了对二甲苯等芳烃产品,而不必采用传统的需要大量氢气的成本高、多步骤的热解方法^[81]。

用于太阳能控制窗的生物基 BOPET 薄膜 位于美国北金斯顿的东丽塑料公司推出了生物基双向拉伸 PET (BOPET) 薄膜系列,用于商业和住宅应用的太阳能控制窗膜的制造。Lumirror 品牌 BioView PET 薄膜的生产采用东丽公司专有的可持续树脂共混物,其中包含约 30% 的可再生原料。新薄膜在制造、安装过程中的性能与传统的太阳能窗膜相同,可用于清晰度要求极高、在技术上要求苛刻的应用。东丽的 BioView 膜是多层结构,其表面和光学质量严格由公司的专有共挤技术控制。据说具有非常低的雾度、出色的操作和加工特性以及高耐划伤性。作为制造太阳能窗膜应用传统薄膜的全球领导者,东丽塑料已经站在了生物基树脂技术的前沿。事实上,该公司正有条不紊地进行开发工作,正申请专利采用完全可持续的原料生产 BOPET 薄膜,用于生产太阳能控制窗膜^[82]。

让回收 PET 拥有更高“颜值” 科莱恩推出了一种新型液体添加剂——色母粒浓缩液,可以让回收 PCR 树脂制成的 PET 减少外观中的黄色和灰色,从而增加透明度。科莱恩首席执行官 Prusak 表示,包装商们背负着沉重的压力,消费者和环保主义者们都更致力于用 PCR 来包装他们的产品,而回收利益组织者倾向于减少 PET 的颜色或制成无色使其变得透明。Prusak 表示,回收 PET 制成的瓶子外观呈现黄色总是不太好的,该新的添加剂解决了这个问题,并在科莱恩工厂大规模生产的瓶用树脂中进行了测试。据了解,该新产品是科莱恩 HiFromer 产品线的一部分。可以应用于大多数塑料加工生产过程中,并且已经获得了美国食品和药物管理局的批准^[83]。

诺信为江苏超大型 PET 工厂提供 16 套节能造粒系统 据德国诺信公司透露,诺信将为江苏省江阴澄高包装材料有限公司的超大型 PET 树脂工厂提供 16 套获得工艺专利的 BKG 品牌结晶切造粒系统,该工厂于 2016 年开工。该大型项目反映了亚洲市场对造粒系统的关注有增无减。诺信的结晶切工艺将 PET 造粒过程中熔体聚合物的热能作用于随后的结晶过程,因此与标准 PET 聚合系统性比,可以大幅度节约能源。在江阴澄高工厂,这些结晶切系统将由瑞士 Polymetrix AG 建造的 EcoSphere 固相缩聚 (SSP) 装置提供 PET 粒子。美国 Chemtex Group 是整个瓶级 PET 树脂工厂的主承包商。结晶切系统整合了水下造粒、干燥以及温度在最高为 180 °C、结晶度最高为 40% 的条件下进行直接结晶的过程。在这家新建的 PET 过程中,该系统将提升针对结晶和输送到 SSP 设备 (将由 Polymetrix 提供) 的工艺而调整的结晶温度。诺信 BKG 还将提供 16 套冷凝系统,用于在该工艺中从热空气回收水。这些系统通过减少水的注入,预计能够进一步节省大量成本^[84]。

全球 PET 过剩继续压制再生料 再生 PET 看不到曙光,在可预见的未来三、四年里,再生 PET 将继续受到新料价格持续走低的压力。“坏消息是,新料 PET 树脂的低成本趋势持续下去,”美国 HIS 化学公司分析师 Keel 在新奥尔良的塑料回收 2016 年大会上表示。全球 PET 市场的供应过剩相当严重,这不是一个地区性问题。北美、欧洲、亚洲都是如此。Keel 表示行业内部需要进行一些合理化,有些生产装置将在未来几年内关闭。再生料供应商不能依赖价格为卖点,而需要提供整个系统和增值服务,可以涵盖如设计和环境,包括室温气体跟踪区域。市场上唯一的亮点是,许多制造商制定了可持续发展目标,因此他们将继续大量采用再生材料^[85]。

汽车行业也是 PBT 需求增长的引擎。PBT 在汽车行业的应用是多种多样的,包括电气部件例如点火分配器、保险丝盒和连接器,以及前照灯外壳、头灯挡板、窗支撑、门把手、刮水器电机外壳、中央锁部件、空气过滤器和传感器、燃油泵和供应组件以及气囊组件等。HIS 汽车表示,未来 5 年,全球汽车产量预计将以每年平均 3.5% 的增速继续增长。这也会拉动 PBT 的市场需求^[46]。

松下将量产车用 PBT 树脂成型材料 松下汽车电子和机电系统公司将量产用于密封和黏合加工用途的材料“激光熔

敷用 PBT 树脂成型材料”。据介绍,使用该材料可减少车载设备用开关及传感器等的生产工序,提高长期可靠性及设计自由度。为了使该材料产品化,该公司开发出了“合金化技术”,利用该技术可高效率透过、吸收激光,瞬间熔融,使海岛构造(含有多种成分的高分子相态的一种)均匀分散。这是混合多种高分子、实现新特性的技术,可以用各种各样的合金技术手段实现想要得到的特性。凭借这一点,此次产品实现了高达 72% 的激光透射率,能够利用低输出功率的激光熔敷实施高强度熔敷。在温度为 85℃、湿度 85% 的环境下进行 1 000 h 高温高湿测试,以及在 -40~100℃ 环境下进行热循环测试后,即使在水中实施 3 个大气压的空气加压,也没有空气泄漏现象。并且,使用这种新材料还可省去原来必须的涂敷工序、干燥工序,省去橡胶垫等部件,可缩短前导时间。此外,松下此次还开发了使玻璃纤维随机配向以抑制翘曲的材料改进技术。成型品的翘曲量降到了 0.5 mm 以下,仅为该公司以往产品的 1/4。由于激光熔敷部件表面的熔敷强度变得均一,因此不仅可减小量产成型品在防水性及气密性方面的偏差,而且还可满足用其他加工方法难以达到的非对称形状及凹凸等加工要求。另外还开发了防止水解反应的树脂改性技术。支持 7~100 mm 的部件。新材料具备耐水性及化学药品性,热变形温度为 200℃,因此还可在发动机室内使用。在温度 85℃、湿度 85% 环境下实施 1 000 h 高温高湿测试后拉伸强度保持率达到 94%,远远高于该公司以往产品的 50%^[86]。

杜邦果糖基聚酯项目取得突破 杜邦公司的工业生物科学业务部和 Archer Daniels Midland 公司合作开发出一种技术,有望带来一种崭新的可持续发展树脂,成为 PET 的替代材料。合作双方表示,他们发现了一种突破性的工艺,由此生产出的单体能取代对苯二甲酸,这是 PET 的主要原料。该工艺以果糖为起点,这是一种衍生自许多生物质来源的丰富且低成本的糖类。其终点是呋喃二羧酸甲酯(FDME),这种单体可像对苯二甲酸一样在热塑性聚酯生产中发挥作用。杜邦生物材料业务总监 Herriott 说,其突破性在于可以在糖果转 FDME 工艺中得到了广泛的研究,但制成其他的 FDME 的低产量路线限制了其效用和推广意义^[87]。

中国市场推动巴基斯坦再生企业扩能 巴基斯坦 PET 回收再生企业 Shazi 有限公司于 2016 年 1 月将其产能扩大至 4 倍,达到每年 5 万 t,并首次亮相中国国际橡塑展寻找新的业务。其再生 PET 片大约 90% 出口到中国。该公司业务总监 Vohra 在中国国际橡塑展上介绍,扩能是为了实现经济规模效应,目前全球再生塑料市场受低价格制约。不过,该公司还是看到了机遇,巴基斯坦的再生 PET 片在中国有市场需求^[88]。

4 特种工程塑料

4.1 聚苯硫醚(PPS)

日本宝理塑料有限公司正在扩大其马来西亚工程塑料复合厂,受日本投资在该地区增长的趋势。这家总部位于东京的公司表示,其马来西亚关丹工厂将增加每年约 900 t 的乙缩醛和聚苯硫醚树脂产能。扩建工程将于 2017 年中投产,届时

该厂将有 35 000 t 产能。“可以预见日本企业继续在该地区设厂,对树脂材料的需求将上升,”该公司说,“关丹厂地理位置优越,配送成本可控,也免除了日本进口关税,将加强成本竞争力。”该厂还能满足欧洲和美国市场日益增长的需求。该公司表示,其总产能(包括日本和台湾工厂)为 15 万 t^[89]。

帝斯曼与新合成合资公司正式成立生产高性能 PPS 改性材料 荷兰皇家帝斯曼集团与浙江新和成特种材料有限公司组建了合资公司——帝斯曼新和成工程塑料(浙江)有限公司。新公司位于中国浙江上虞,靠近新和成的线性聚苯硫醚(PPS)生产工厂,主要从事高性能 PPS 改性材料的生产。帝斯曼持有该合资公司的 60% 股份,新和成则持有 40% 股份。合资公司产品采用 Xytron PPS 商标,面向全球市场销售,主要应用于汽车、电子电气、水资源管理及工业领域。合资公司的所有(包括中国地区的)销售事宜由帝斯曼负责。帝斯曼新和成工程塑料(浙江)有限公司在筹备阶段,已在中国和欧洲的三个重要应用领域取得业务进展,并正在接受包括重要的整体制造企业和一级供应商等众多客户的评估。其中应用于发电机引擎的加热器已经实现商业化,该加热器需要在 35~50℃ 的水循环体系中正常连续运转^[90]。

4.2 聚醚砜(PESU)

索尔维新推生物相容聚醚砜,适用高端医疗器械 高性能聚合物材料供应商索尔维特种聚合物宣布推出 Veradek® HC A-301 聚醚砜树脂(PESU),与市面上其他耐高温、透明聚合物相比,该医疗级聚合物在高温下依然保持透明性和刚度,且加工性能更好。该材料通过了按 ISO 10993 生物相容性标准对细胞毒性,刺激性全身急性毒性进行的测试,是首款用于医疗器械且可提供美国食品药品监督管理局(FDA)主文档(MAF)记录的 PESU 聚合物。该材料有望通过 USP 等级 VI 测试,从而成为生物制药行业一种优异的候选材料。这些完善的法规资料文档,将助力医疗器械制造商的产品设计与法规批准,从而可加快产品上市周期。Veradek® HC A-301 PESU 进一步丰富了包括 Radel 聚苯砜(PPSU)和 Udel 聚砜(PSU)在内的索尔维透明砜类聚合物产品库,这些产品长期以来已在高端医疗器械领域中充分证明了其优越的性能。索尔维新推的医疗级 PESU 具有可与 Radel PPSU 媲美的耐高温性能并具有高流动性,非常适用于注塑薄壁件和具有复杂几何形状的部件,其硬度居所有医疗级砜类聚合物材料之首。Veradek® HC A-301 PESU 可作为聚醚酰亚胺(PEI)材料的替代材料。其强度、透明度、尺寸稳定性、固有的阻燃性、耐蒸汽灭菌和耐化学灭菌的性能可与其他 PEI 材料相媲美。Veradek® HC A-301 PESU 较浅的本色以及极高流动率在一些应用中具有优势。目标应用包括医疗诊断设备用外壳、内部结构件、监视器和过滤器械、生物制药加工用产品,如观察孔、快速连接头等。目前该材料可在全球范围内提供用于医疗产品样件^[91]。

中国聚砜进入北美,缓解市场紧缺 中国特种工程塑料生产商优巨新材料有限公司与美国 Conventus 聚合物有限公司签订经销协议,即将进入北美市场。两家公司发布新闻,称

合作旨在解决“北美市场的聚砜 (PSU) 供应危机。”据称,过去几年,聚砜供不应求,2016~2017 年,聚砜树脂的供应形势也难以转好。PSU 生产商索尔维和巴斯夫的供货周期延长到了 20~30 周。优巨新材位于广东,也生产 PPSU,目前正新建第二座 PSU 和 PPSU 生产基地,2016 年下半年投产。公司 2016 年下半年还将生产销售聚醚砜 (PES)。优巨还可以与北美的配料商合作,定制 PSU 数字产品的颜色^[92]。

优巨新材料掌握 PPSU 生产技术 江门市优巨新材料有限公司研发的特种工程塑料聚亚苯基砜 (PPSU) 技术在国际上达到先进水平,已经申请了 70 多个专利,目前正在申请国外的专利。该材料可广泛制造食品接触器具、医疗器械等,填补了国内空白。优巨新材料首条设计产能 2 000 t 的生产线远远满足不了需求。据悉,目前该公司新建二期年产 3 000 t 的生产线,于 2016 年 9 月投入生产,2017 年可实现过亿的产值。据称,公司计划在 2020 年前后实现 1 万 t 的产能,并实现相应的销售规模,届时年销售额有望达到 20~25 亿元^[93]。

巴斯夫韩国新建 Ultrason 生产线 全球产能新增 6 000 t 巴斯夫将在其韩国丽水生产基地新建一条 Ultrason 聚芳砜生产线。该生产线将于 2017 年底投产,届时每年可新增产能 6 000 t,使巴斯夫 Ultrason 全球年产量增至 24 000 t。巴斯夫特性材料业务部总裁 Jahn 表示:“巴斯夫希望通过这一扩建项目来应对全球市场的增长。全球客户都将得益于巴斯夫在两大主要地区的强大生产网。”Ultrason 广泛应用于消费品、电子、汽车和航空行业,常见应用包括轻质耐高温的家用电器部件,如引水管道接头等。面向科技和医疗行业的过滤膜是聚芳砜产品增长最快的市场,在亚洲新兴国家尤为如此^[94]。

4.3 聚芳醚酮 (PAEK)

高性能聚合物材料供应商索尔维特种聚合物宣布,其 Zeniva[®]聚醚醚酮 (PEEK) 材料成功通过了中国食品药品监督管理总局天津医疗器械质量监督检验中心的生物相容性测试。Zeniva[®]聚醚醚酮属于 Solviva[®]植入级生物材料系列中的四大产品之一。“获得该生物相容性测试认证极其重要,这将有力地推动 Solviva[®]生物材料在中国的战略推广。”索尔维特种聚合物医疗保健总监 Shoulders 表示。天津医疗器械质量监督检验中心是中国最有影响力的骨科检查中心,该项测试时间长达 1 年,在漫长的测试过程中,该机构对 Zeniva[®] PEEK 的特性,如致敏、皮肉毒性、全身急性毒性、亚慢性毒性、遗传毒性和骨植入相容性进行了严格的测试,以确保材料在人体中的生物安全性。这对于所有的植入式医疗器械而言重要性是第 1 位的。Zeniva[®] PEEK 的模量非常接近人体骨骼,并具有出色的耐疲劳性能和韧性,已被广泛应用于脊柱、骨科、心血管和牙科等植入式医疗器械。另外,与金属相比,Zeniva[®] PEEK 具有多种优势,如减少热应力遮挡,没有重金属过敏和离子腐蚀,并且射线可穿透性,在进行 X 光和 CT 扫描时无影像干扰。索尔维用于植入式医疗器械的 Solviva 的生物材料自 2013 年起正式在中国市场销售。除了 Zeniva[®] PEEK,该产品系列还包括 Veriva 聚亚苯基砜 (PPSU),该材

料具有无与伦比的韧性和透明性,出色的生物相容性;而 Veriva 聚砜 (PSU) 是一种透明的生物相容性聚合物,具有强度高、韧性好的特性。Solviva 生物材料可采用各种传统的消毒灭菌方式,如伽马辐照、环氧乙烷、蒸汽灭菌等。这些产品有注塑或挤出牌号可供选择,同时还有各种型材可供机加工使用^[95]。

中国吉林省中研高性能工程塑料股份有限公司通过自主创新技术,成功研发出聚醚醚酮系列产品——封端聚醚醚酮 (FD-PEEK),打破英国威格斯公司对聚醚醚酮产品三十多年的全球垄断局面。中研公司通过了 7 项国际认证,在国内同行中,目前是获得国际专业认证最多的企业。中研公司的聚醚醚酮 (FD-PEEK) 系列产品,分为聚醚醚酮纯树脂和复合改性聚醚醚酮两大系列。其中,聚醚醚酮纯树脂系列包括:粗粉 (P 料)、超细粉 (PF 料)、超纯树脂颗粒 (G 料);复合改性聚醚醚酮包括:碳纤增强颗粒 (CA 料)、玻纤增强颗粒 (GL 料) 和耐磨颗粒 (FC 料);六大种类近 60 个产品规格;按产品黏度等级的熔体流动性,由高到低分为 770、550、330 三大牌号。2015 年,中研公司“千吨级聚醚醚酮系列产品及产业化”项目通过中国高科技产业化研究会科技成果鉴定。中研公司的 PEEK 系列产品,高质量低价位,不但可以促进国内外聚醚醚酮行业的发展,还可以促进特种塑料行业间的健康竞争。中研公司将大力开发国际市场,现已与国际百余家企业建立合作意向,并进行新材料产品研发实验过程,这将使中研公司产品大规模应用于汽车、核工、航空航天、电子、医疗等领域,打破原有国内机械制品方面的产品应用^[96]。

赢创大幅扩大 PEEK 产能 鉴于高性能聚合物的全球需求量不断增长,赢创的资源效率业务板块正大幅提升中国长春生产基地的聚醚醚酮 (PEEK) 产能。公司将继续在本领域加强创新,推出更多新产品。近五年来,赢创 Vestakeep[®] PEEK 产品在石油天然气、航空与汽车制造等相关领域实现了稳定和强劲的增长。高性能聚合物业务线负责人 Kottenhahn 博士表示:“我们希望满足全球对 PEEK 产品不断增加的需求,这笔投资体现了我们支持客户长期发展并持续扩大产品组合的决心。”凭借极为出色的耐热性与耐化学性,Vestakeep[®] 特殊聚合物可替代金属部件,满足轻量化结构件应用的需求。Vestakeep[®] EasySlideI 是一款最近开发的 PEEK 改性产品,具有优越的耐磨性与较低的滑动摩擦,能够用于生产体积更小且更为强韧的结构部件,例如真空泵。最新推出的 Vestakeep[®] 5000HCM (热压成型) 级产品能够提高定制 PEEK 密封件的生产效率,使这些应用于石油天然气行业的密封件,具有出色的机械特性和卓越的表现。该品牌特种聚合物可替代金属部件,可实现需要轻质结构的应用。由 PEEK 制成、标准尺寸的油气密封通常采用注塑、挤出和热成型 (HCM) 这三种工艺进行加工。如果产品需要定制,那么制造商通常会选择热成型工艺,因为它与注塑和挤出相比,下游制作工艺所需要的相关费用较为低廉。随着 Vestakeep[®] 5000HCM 的推出,热成型的加工产量提高,成品质量也将增

强。Vestakeep® 5000HCM 以微颗粒的形式,可以有效减少甚至消除滞留在热挤出模压内的空气。而用于热成型加工的传统 PEEK 粉末,容易在加工过程中渗入空气,产生氧化,使成品组件上出现黑色斑点。黑色斑点会导致额外的再次加工甚至还有可能造成严重的产量损失。Vestakeep® 5000HCM 微颗粒的表观密度经过测量,明显高于 PEEK 粉末的标准,具有较好的机械性能。Vestakeep® 5000HCM 微颗粒的另一个优点是无需额外将颗粒研磨成粉末。这让微颗粒 PEEK 化合物可以加入玻纤实现材质增强或者可与氟聚合物添加剂一起用于热压成型。而这两项工艺对于传统的 PEEK 粉末来说是不可能的,因传统 PEEK 粉末需要进行研磨,将破坏玻纤或添加剂的效果^[97-98]。

汽车领域的聚芳醚酮 (PAEK) 树脂 Solvay Specialty Polymers 推出具有成本优势、可应用于汽车需求领域的新产品。新产品包括 AvaSpire PAEK AV-600 和 AV-700。据称新产品 AvaSpire PAEK AV-600 同 PEEK 和 PPS 比较,具有更优异的性价比,包括好的韧性以及冲击强度性能。AV-600 将用于制造商业发动机和传送轴承罩。两种新品树脂主要用于高温连接器。新的 PAEK 生产线具有超高效性,主要用于汽车领域。AvaSpire PAEK AV-600 和 AV-700 提供了好的韧性,较高的刚性,颜色较浅,具有较高的美学感官。同 AV-600 新品材料比较,AV-700 提供了更好的耐化学性和较高的高温性能及尺寸稳定性^[99]。

索尔维 PEEK 被全球最大基因组组织相中 全球最大的基因组组织华大基因 (BG) 宣布,已经选择索尔维特种聚合物公司的 KetaSpire 聚醚醚酮 (PEEK),用于新一代排序平台 BGISEQ-500。这是 KetaSpire 聚醚醚酮首次应用于基因研究行业。一般的基因芯片支架大多采用玻璃制成,因此很容易破碎且难以加工。索尔维的 KetaSpire PEEK 优异的韧性和易于注塑成型的特点完美地解决了这一问题。此外,在基因排序测试过程中,采用 KetaSpire PEEK 制造的塑料芯片固定器不会释放出任何化学物质,这意味着不会对测试结果产生任何副作用或不良影响。医疗级 KetaSpire PEEK 也展现了优异的生物兼容性,不会吸收试剂或与之反应,并具有出色的尺寸稳定性,可以非常精确地安装在芯片平台。华大基因的 BGISEQ-500 有两大主要应用:第一项是临床应用,包括测试服务,涉及生殖健康、基因疾病、血液疾病、病原微生物,特别是癌症等;第二项则是科学研究领域^[100]。

航天用新的 PAEK 基复合材料 威格斯为航空航天工业推出碳纤维增强聚芳醚酮 (PAEK) 复合材料,以单向 (UD) 带和层压板的形式。推出的新产品系列为“VICTREX AE250 复合材料”,可用于生产在负载条件下使用并具有超强表现的连续增强型部件。这类部件包括可用于整个飞机一级和二级结构的支架、夹子、卡箍和外壳。与金属材料 (如铝、不锈钢和钛) 相比,威格斯 VICTREX AE250 复合材料也表现出质量轻的优势,在某些情况下可减重高达 60%。新产品的开发和推出得益于 2014 年发布的混合成型技术,混合成型工艺能够将 VICTREX AE250 复合材料加工成类似于金属形式的嵌入

件,然后在其外部用短纤维增强 VICTREX PEEK 聚合物进行包覆成型,在嵌入注塑机之前,无需将 VICTREX AE250 有机片材预热至熔融温度,使用威格斯复合材料的优势包括:加快周期、减少能源消耗、避免二次工艺步骤,大幅减少废料,并节省安装费用^[101]。

4.4 液晶聚合物 (LCP)

全球经济放缓,中国出口形势险要,国内制造业因而急需升级转型,加强自身竞争力。深圳市沃特新材料股份有限公司洞悉先机,大力整合国内外资源,加大研发投入,成为国内液晶高分子聚合物 (LCP) 的先驱。随着科技的进步,人们对于不同的电子产品的要求日益严格,尤其在产品的精密密度、集成度、便携性和稳定性方面。由此可见,沃特新材料公司推出的 SELCION LCP 材料,可用于精密电子、汽车、LED、医疗、食品、航空航天等工业领域。LCP 满足严格电子类产品需求。据介绍,SELCION 特点是具有更高的流动性和注塑精密密度,优异的力学和热力学性能及抗化学腐蚀,更低的可燃性,还有耐辐照、抗老化、阻隔性好、摩擦因数低等。江苏沃特特种材料事业部总经理认为,产品的成功之道,在于技术与经验的成果。“沃特凭借多年累积的技术储备和经验优势,为客户提供最全面的高分子材料综合解决方案。公司已掌握 LCP 合成及改性的关键技术,材料品质稳定,客户已累计使用近万吨。”沃特新材料公司一直致力于投入新产品和技术的研发工作,早在 2002 年已建造了国内第 1 个万吨级 PPO 合成项目,填补了国家的产业空白。目前,公司拥有国内外 LCP 相关自主智能财产权发明专利 155 项,并且引进了韩国三星 LCP 项目的核心技术人员负责 LCP 项目运营。未来发展还看橡塑科技。对于市场的发展趋势,公司表示,未来橡塑技术一定是朝着类似于 LCP 材料一类的高性能橡塑材料方向发展。只有这样才能满足未来消费电子领域产品集成化、精密化、轻薄化发展。同时,未来新能源汽车和新能源设备的轻量化需求,都对橡塑材料提出了更高的要求^[102]。

5 热固性树脂

5.1 酚醛树脂

5.1.1 原料生产和市场概况

2015 年度日本苯酚总需求 59.0 万 t,其中内需 50.0 万 t,出口 9.0 万 t,酚醛树脂所需苯酚为 12.8 万 t,占内需苯酚量的 25.6%。

中国 2015 年度苯酚生产总量 174.0 万 t,生产能力为 248.3 万 t,需求量为 186.7 万 t,需进口 12.7 万 t。其中,酚醛树脂需用苯酚为 87.3 万 t,为苯酚需求量的 46.8%。

亚洲 2015 年度苯酚生产总量 503.2 万 t,生产能力为 615.3 万 t,需求量为 527.9 万 t。其中酚醛树脂所需苯酚为 162.1 万 t,占需求量的 30.7%。

全球酚醛树脂所需苯酚量为:2014 年 328.2 万 t,2015 年 334.8 万 t (2015 年比 2014 年增长 2.0%)。2015 年全球苯酚总需求量为 957.0 万 t,用于酚醛树脂的苯酚为其总量的 35.0%,2015 年全球苯酚总生产量为 1 172.8 万 t。

表 10 2016 年度全球苯酚设备能力 (万 t/a)^[103]

Tab 10 Globle phenol production equipment capacity (10⁴t/a)

公司名	设备能力	公司名	设备能力	公司名	设备能力
Shell	52.5	三菱化学	25.0	FCFC	48.0
Ineos	56.0	日本合计	64.0	(中国台湾)	
Honeywell	43.0	燕山石化	19.0	信昌化工	40.0
Harverhill	13.5	高桥石化	18.3	(中国台湾)	
SABIC	31.3	天津石化	22.0	长春化工	30.0
Dow Chemical	27.5	吉林石化	9.4	(中国台湾)	
美国合计	223.8	中国蓝星	7.5	锦湖 P&B	62.5
Ineos Phenol	130.0	建滔化工	38.8	(韩国)	
Polimeri	30.0	利华益集团	22.0	LG 化学	60.0
CEPSA	45.0	长春石化	30.0	(韩国)	
Borealis	19.0	中石化三井化工	25.0	PTT (泰国)	50.0
DOMO	17.0	西萨化工	25.0	印度	7.5
Novapex	12.0	台湾化纤	30.0	亚洲合计	329.0
西欧合计	253.0	中国大陆合计	247.0	(除日本、中国大陆外)	
三井化学	39.0	MPS (新加坡)	31.0	东欧、俄罗斯	37.7
				中南美	23.5
				中东	24.0
				南非	4.0
				其他	89.2
				总计	1 206.0

GPRA-全球酚醛树脂协会第十九会议于 2015 年 10 月 13~14 日,在台北举行,参会人员来自 UCP、SI Group、Hexion、AICA、Huettenees、Albertus、Sumitomo Bakelite、Kolon、Fenolite、Dr. Nausch、CCP、CPRA 等成员单位,共 15 人。会议各成员交流了各国对酚醛树脂制造中苯酚和甲醛的排放标准,以及检测方法。Kolon 介绍了他们废水和废气的处理工艺。CCP 在交流中也介绍了他们酚醛树脂生产过程中的废气和废水的治理,以及酚醛模塑料生产过程中的粉尘治理。在技术交流环节,UCP 介绍了“成碳粘接剂与酚醛树脂在耐火材料中的竞争”,常熟东南介绍了“呋喃醇与呋喃醛-酚醛树脂合成中的绿色替代产品”,SI 介绍了“全球发展和酚醛树脂的大趋势”,预计到 2030 年全球人口达到 83 亿,人口增长带来的 7 个方面的需求增长,分析对 17 种酚醛树脂应用领域的影响。会议更新了美国、欧洲对甲醛、苯酚排放控制的要求。会议还交流了各国经济情况和原材料情况。

2016 年 4 月 13~14 日,GPRA 第二十次会议在斯里兰卡的科伦坡举行。参会单位包括 UCP Chemicals、SI Group、Hexion、AICA、Prefere Resins、Sumitomo Bakelite、Kolon、Fenolite、Dr. Naush、CPRA 等,共 15 人。本次会议的技术交流中,UCP 介绍了“酚醛泡沫在绝热材料中的应用”,常熟东南介绍了“酚醛花卉泡沫的生产和应用”。AICA 介绍了“酚醛树脂生产的计算机自动控制”。Kolon 介绍了“REACH 在韩国”,Hexion 介绍了“在中国建造酚醛树脂新工厂的经验”。会议例行更新了美国、欧洲对苯酚、甲醛的控制规范的信息。交流了各国经济情况和原材料情况。

5.1.2 产品生产和技术发展动态

长纤维增强酚醛树脂成型材料相对于短纤维增强酚醛树脂成型材料,具有更好的冲击强度,并且机械性能优异,比强度高,广泛应用于汽车、航空和机械部件等领域,做为金属的轻量化替代材料。

表 11 长纤维增强酚醛树脂成型材料的机械性能

Tab 11 Mechanical properties of long fibre reinforced phenolic molding materials

树脂	长纤维热固性树脂成型材料		短纤维材料	金属材料		
	玻璃纤维酚醛	碳纤维酚醛	玻璃纤维酚醛	铝合金型材	轧制钢 SS400	中碳钢 S45C
密度/g·cm ⁻³	1.78	1.45	1.78	2.68	7.85	7.85
成型收缩率/%	-	-	0.15	-	-	-
线膨胀系数/10 ⁻⁶						
平行	10	4	16	21	12	12
垂直	22	29	40			
拉伸强度/MPa	215	226	140	310	410	690
拉伸模量/GPa	28	-	22	71	205	205
屈服点/MPa	-	-	-	150	215	490
弯曲强度/MPa	380	508	230	-	-	-
弯曲模量/GPa	23	32	20	-	-	-
压缩强度/MPa	440	376	345	-	410	690
简支梁冲击强度/kJ·m ⁻²	100	52	3	81	-	780
比拉伸强度/10 ³ m ² ·s ⁻²	121	156	79	116	52	8
比拉伸模量/10 ⁶ m ² ·s ⁻²	16	-	12	26	26	26
比压缩强度/10 ³ m ² ·s ⁻²	216	259	194	-	52	88

据 2014 年统计,日本酚醛树脂生产 9.426 万 t,其中用于汽车、运输业 3.098 万 t,建筑、住宅 1.792 万 t,电子机器 1.081 万 t,钢铁行业 1.244 万 t,出口 0.790 万 t,其他 1.420 万 t。模塑料生产 2.667 万 t,其中用于电子机器部件 1 457 t,重电机部件为 3 447 t,电气机器部件 4 113 t,车辆部件 12 739 t,厨房器具、杂项为 802 t 和出口 4 109 t^[104]。

采用草本木质素制备高性能酚醛树脂。木质素颗粒大小对酚醛树脂性能有影响。基于草本木质素的酚醛树脂比不含木质素的普通酚醛树脂具有更好的耐热性能和电绝缘性能。研究发现,对于提高耐热性、机械强度、电绝缘性和耐水性能,有最适合的草本木质素平均颗粒直径^[105]。

通过混合氰酸酯树脂和苯并恶嗪制备了新的高性能酚醛网络聚合物。采用了双酚 A 苯并恶嗪和双酚 E 或酚醛树脂基氰酸酯树脂。在固化反应前,苯并恶嗪/氰酸酯树脂混合物的熔融黏度是很低的,而高流动性有利于使用。基于苯并恶嗪/氰酸酯树脂系统的固化后的树脂(网络聚合物)具有好的耐热性、电绝缘性和耐水性能^[106]。

5.1.3 酚醛树脂合成和复合材料性能分析以及应用研究

1) 印度坎普尔印度技术学院材料科学系高级纳米工程试

验室 Gautam 等研究了酚醛树脂基复合双极板的碳填料对 PEM 燃料电池性能的协同影响:

聚合物电解质膜燃料电池的最重要和最昂贵的组件是双极板。用于聚合物电解质膜燃料电池具有良好机械性能和高导电性的合适的复合双极板的生产在科学和技术上是非常具有挑战性的。该文报告了在 resole-型酚醛树脂中使用膨胀石墨、炭黑和石墨粉制备复合双极板的进展情况。研究中通过微波辐射化学插层的天然片状石墨在数分钟内制备了最大膨胀体积为 (570 ± 10) mL/g 的膨胀石墨。在酚醛树脂中, 改变膨胀石墨含量(质量分数 10%~35%)和固定炭黑(5%)和石墨粉(3%)的含量, 并经过模压成型制备了复合板。含填料质量比(35/5/3/膨胀石墨/炭黑/石墨粉)的复合板面内和穿过平面的电导率分别为 374.42 S/cm 和 97.32 S/cm, 压缩强度 70.43 MPa, 弯曲强度 61.82 MPa, 储能模量 10.25 GPa, 显微硬度 73.23 HV, 吸水性 0.22%。电流-电压(I-V)特性显示单元燃料电池中的膨胀石墨/炭黑/石墨粉/树脂复合物双极板与膨胀石墨/树脂复合物双极板相比具有更好的电池性能。根据美国能源部的目标, 在低填料含量下, 复合板具有期望的机械性能、低堆积密度、高电导率和良好的热稳定性, 并且可以用作质子交换膜燃料电池的双极板^[107]。

2) 俄罗斯罗蒙诺索夫莫斯科国立大学化学系 Kalugin 等研究了新型炔丙基取代偶氮偶联酚醛树脂:

通过偶氮偶合反应合成了包含酚醛树脂的新型炔丙基。通过差示扫描量热法分析研究了固化过程的特性。与仅含有炔丙基的树脂相比, 具有偶氮基团的树脂的聚合预计受到在树脂分解时产生的自由基的影响, 导致峰移向较低温度 10 °C 的偏移。同时, 在自由基引发时不进行三炔丙基键的聚合, 直到克莱森重排和色烯形成。与初始热塑性酚醛树脂相比, 热重分析显示改性树脂的热稳定性提高 170~190 °C, 残炭率甚至提高了 20%。通过动态力学分析估算的热变形温度也显示, 相对于热塑性酚醛树脂, 改性树脂至少增加了 110 °C。所有合成的树脂可溶于丙酮并用于制备单向玻璃纤维基复合材料。与热塑性酚醛树脂基复合材料相比, 改性树脂基复合材料的弯曲强度和模量分别增加至少 25%和 10%^[108]。

3) 印度泰米尔纳德邦金奈校区 VIT 大学机械与建筑研究学院 (SMBS) Ravichandran 等研究了空心陶瓷/酚醛复合材料的机械、烧蚀和热性能:

本文主要研究了采用陶瓷-陶瓷纤维作为增强材料并通过传统手工铺层技术制备的空心微珠填充酚醛树脂基复合材料。研究了各种百分比的空心微珠对填充复合材料的机械、烧蚀和热性能的影响。对机械性能的研究结果表明, 添加 10%微米尺寸的空心微珠增加了复合材料的拉伸强度。还观察到, 加入空心微珠增加了复合材料的压缩强度和抗冲击性能。热重分析(TGA)和烧蚀试验表明, 加入空心微珠不仅降低了线性和质量烧蚀速率, 而且增加了填充的陶瓷/酚醛复合材料的上限工作温度^[109]。

4) 印度克勒格布尔印度理工学院橡胶技术中心 Ghosh 等研究了芳纶浆粕和 Lapinas 纤维对 NBR 粉末改性酚醛树脂复

合材料的摩擦和磨损行为的影响:

短纤维增强在通过改善不同的材料性能来控制复合材料的性能表现中起到明确的作用。该文研究了芳纶浆粕和 lapinas 纤维对由粉末丁腈橡胶(NBR)改性的酚醛树脂制备的复合材料在销盘摩擦磨损试验机上的摩擦和磨损特性的影响。制备四种复合材料, 分别包含相对于酚醛树脂 10%、20%、30%和 40%质量比的芳纶浆粕。还制备了另外四种复合材料, 分别包含相对于酚醛树脂 50%、100%、200%和 300%质量比的 lapinas 纤维。发现这两种不同的纤维对复合材料的摩擦和磨损性能具有显著不同的影响。还发现, 芳纶浆粕的加入在提高复合材料的摩擦稳定性上比 lapinas 纤维好很多。在摩擦试验之前和之后通过扫描电子显微镜(SEM)研究了这些复合材料的表面形态的变化。包含芳纶浆粕的摩擦样品的 SEM 图像证实了通过黏着磨损机理的磨损的发生, 而含有 lapinas 纤维的复合材料显示出磨料磨损机理^[110]。

5) 韩国仪旺市韩国铁路研究院新交通研究所 Goo 等研究了 C/C-SiC 制动盘的开发与表征:

开发了一种新工艺以生产由两个摩擦层和一个结构层组成的与原物一样大小的碳/碳-SiC 制动盘。不同长度的短切碳纤维被用于摩擦层和结构层。通过热压树脂和碳纤维的混合物来制造每层的预制件。在热解处理后, 通过热压将层与层接合。最后, 进行液体渗硅以获得 C/C-SiC 制动盘。拉伸强度、压缩强度和弯曲强度分别为 40 MPa、46 MPa 和 61 MPa。盘的密度为 2.1 g/cm³。垂直方向的导热系数为 16.5 W/(m·K), 在水平方向为 45.9 W/(m·K)。在各种制动条件下获得的摩擦因数显示出稳定和合适的值(0.2~0.6)^[111]。

6) 土耳其特拉布宗, 该(Karadeniz)技术大学冶金和材料工程系 Öztürk 等研究了硼酸锌和粉煤灰对制动摩擦材料的机械和摩擦学特性的影响:

制备了基于硼酸锌(ZB)和粉煤灰(FA)的几种组合比的摩擦材料, 并表征它们的机械和摩擦学性能。摩擦材料的摩擦学性能在摩擦试验机上根据 SAE J661 的制动衬片质量试验程序进行评价。该复合材料采用用于汽车制动系统的非石棉有机基摩擦材料制造, 并且包含用于商业制动摩擦材料的典型成分。复合材料具有质量比为 15%树脂、15%纤维和 5%摩擦添加剂的固定组成。作为填料的 ZB 和 FA 以 65%质量比的总含量添加到原料混合物中。结果表明, ZB 和 FA 含量对摩擦复合材料的机械和摩擦性能有重要影响。特别是, 与含有 10%~35%ZB 和 55%~30%FA 的那些材料相比, 含有 0~5%ZB 和 65%~60%FA 的复合材料显示出更好的摩擦稳定性和改善的抗褪色性, 而含有 5%ZB 和 60%FA 的材料显示出最大摩擦因数。另一方面, 复合材料的比磨损率随着 ZB 的增加和 FA 的减少而减小。通过扫描电子显微镜分析了磨损表面的形态以及磨损碎屑^[112]。

7) 朝鲜大田市儒城区朝鲜高等科学技术学院, 机械、航空航天和系统工程学校 Choe 等研究了一种用于制造玻璃纤维增强酚醛泡沫的微波发泡方法:

酚醛泡沫是一种阻燃温度高达 300 °C 的耐火隔热体, 当

暴露于火中时会炭化,从而降低其导热性并防止火势蔓延。因此,酚醛泡沫已经有广泛的应用,例如在建筑和航空航天领域中。然而,酚醛泡沫在制造过程中需要发泡剂,这导致环境污染。因此,需要一种环保的新型发泡方法。此外,由于苯酚的脆性,需要纤维增强方法以改善酚醛泡沫的机械性能。在这项研究中,开发和优化了使用微波制造低密度酚醛泡沫的新发泡方法。研究了酚醛树脂的黏度和固化速度对泡沫密度和均匀性的影响。为了改善酚醛泡沫的机械性能,改变纤维长度和含量优化了短切玻璃纤维的增强方法。通过测量拉伸强度和断裂韧性来评价纤维增强泡沫的机械性能。最后,测量了通过微波发泡方法制造的酚醛泡沫的热导率^[113]。

8) 法国蒙彼利埃大学查尔斯研究所 Foyer 等研究了利用木质素衍生物中的芳香醛前体合成无甲醛和高残炭的酚醛树脂:

商用甲阶酚醛树脂主要由有毒和易挥发的甲醛合成。芳香醛如 4-羟基苯甲醛、香草醛和丁香醛是无毒的,并且是由廉价而丰富的木质素的解聚得到的。它们可以成为在甲阶酚醛树脂合成中甲醛的绿色和环境无害的良性替代物。为此,研究了芳族醛的反应活性和取代位置。结果证明,这些生物基化合物在甲阶酚醛树脂合成中没有反应活性,但掩盖他们的自由羟基可以触发他们的反应活性。从 4-氟苯甲醛设计了一个官能化方法,合成了新的双官能化和生物基芳香醛前体,并且有很好的得率。这些原料被证明是优良的甲醛替代物,可以用于生产无甲醛的生物基甲阶酚醛树脂,该树脂还具有较高的热稳定性和残炭率^[114]。

9) 韩国首尔国立大学机械与航空工程学院 Yum 等研究了用低含量碳纳米管改进酚醛复合材料的耐烧蚀性:

将碳纳米管(CNT)掺入酚醛树脂中以改善其耐烧蚀性。与纯酚醛树脂相比,即使 CNT 的含量低(0.1% 质量比),CNT 增强的酚醛复合材料仍然显示出增强的耐烧蚀性。对于 CNT/酚醛树脂复合材料增强的耐烧蚀性所提出的机理是 CNT 作为碳化酚醛树脂的石墨化的晶体生长核。在 CNT 周围形成的石墨结构改善了复合材料对高温烧蚀的耐受性。使用 X 射线衍射(XRD)和拉曼光谱、扫描电子显微镜(SEM)和透射电子显微镜(TEM)来求证了 CNT 对 CNT/酚醛树脂复合材料增强的耐烧蚀性的增强机理^[115]。

10) 意大利罗马大学化学工程材料环境系,用于表面处理工程测量的参考实验室 Paglia 等研究了用于返回空间飞行器的碳-酚醛类烧蚀材料:等离子体风洞试验和有限元模拟:

通过用酚醛树脂渗透碳毡制造了用作返回空间飞行器的热保护系统的轻质碳-酚醛烧蚀材料,其密度为 0.5 g/cm^3 。在等离子体风洞(PWT)设施中测试了这种烧蚀材料的样品,模拟与轨道返回一致的烧蚀和热通量条件。在 PWT 试验期间监测试验制品的表面温度。通过测量烧蚀量和热解深度,对测试样品进行微结构和显微分析,来研究高热通量暴露对复合材料的影响。此外,进行有限元模拟以重建 PWT 测试。在表面隔热能力和表面损耗方面获得了非常令人鼓舞的结果。通过实施一个复杂的有限元模型模拟烧蚀材料的热解和烧蚀,

结果与实验证据非常一致^[116]。

11) 日本广岛大学工程研究生院化学工程系 Arif 等研究了评价喷雾热解法制备酚醛树脂纳米结构碳粒子的实验和理论方法:

通过酚醛树脂和聚苯乙烯胶乳的喷雾热解成功合成了致密和多孔的纳米结构碳微粒。本文介绍了估算合成碳粒子的尺寸和尺寸分布的方法。发现致密碳微粒的尺寸主要由前体中酚醛树脂的浓度决定。同时,发现多孔碳微粒的尺寸和形态受到被用作模板的聚苯乙烯胶乳颗粒浓度的影响。引入残余比作为变量以表示由于酚醛树脂分解引起的收缩。得到了新的相关性,使其可以估算由不同的酚醛树脂浓度合成的碳微粒的平均直径和尺寸分布。在预测值和实验结果之间观察到了良好的一致性^[117]。

12) 日本丰桥工业大学机械工程系 Adachi 等研究了预测丁腈橡胶共混酚醛树脂胶的冲击剪切强度:

测量了在双搭接钢接头中丁腈橡胶共混酚醛树脂黏合剂的冲击剪切强度,讨论了应变速率温度等效原理的适用性。证实了该应变速率温度等效原理适用于黏合剂的静态剪切强度。由于丁腈橡胶共混酚醛树脂黏合剂在室温下的静态变形中处于玻璃化转变状态,并且其黏合强度对应变率敏感,所以在没有应变速率温度等效原理的情况下无法预测黏合剂的冲击强度。相反,通过使用冲击试验机测量的黏合剂的冲击强度,可以通过利用该原理在低温下的静态结果进行大致预测。应变速率温度等效原理被证实足以预测冲击强度,而不需要进行冲击测试^[118]。

13) 日本金泽大学自然科学研究生院 Yamagishi 等研究了酚醛树脂的结构和性能-吸取过去的教训并且开发新的性能:

在有机溶剂中制备了高分子量酚醛树脂(RN)和邻甲酚酚醛树脂(oCR)。采用核磁共振(^{13}C NMR)技术以及通过一个渗透模型的计算机模拟技术测定了分子结构。分析发现 RN 是含支链的聚合物并且观察到了微凝胶的形成,由分子间反应产生(环化)。在良溶剂和 θ -溶剂中测定了乙酰化 RN(Ac-RN)和乙酰化 oCR(Ac-oCR)溶液性质。Ac-RN 具有支链聚合物的性质。另一方面,Ac-oCR 显示线性聚合物性质,但是,Ac-oCR 链更易收缩,在 θ -溶剂中比典型线型聚合物聚苯乙烯更为紧凑。高摩尔质量酚醛树脂的性能应该取决于由酚环和亚甲基键组成的主链结构。由于这种结构特征,酚醛环化低聚物可以很容易形成。通过控制酚的反应活性可以在酚醛树脂骨架的基础上开发出新的酚醛树脂性能^[119]。

14) 日本住友电木有限公司研究和开发中心 Izumi 等研究了酚醛树脂在烘烤过程中的原位小角 X 射线散射分析:

采用小角 X 射线散射(SAXS)并从高阶结构分布的角度研究了模塑和固化后的酚醛树脂的不均匀性。4 mm 厚的模塑样品的 SAXS 强度分布显示了由在模塑过程中固化反应程度的不均匀导致的高阶结构分布的存在。在烘烤过程中 SAXS 强度的变化说明,在模塑过程中固化反应的不充分导致了几十到几百纳米大小的空隙的形成和扩展。采用数字图像相关技术研究了在烘烤过程中的宏观应变变化^[120]。

5.1.4 结语

酚醛树脂作为古老的合成树脂,在全球的生产和应用仍然稳步增长,这主要取决于酚醛树脂聚合物的优异的性能,在世界经济各领域起着重要的作用,但在关注材料性能的同时,还要更加关注酚醛树脂及塑料行业的环保、节能和绿色发展。

5.2 聚氨酯(PU)

2015~2016年间,世界经济仍处于低迷阶段,国内外聚氨酯市场也处在低迷状态,一些主要聚氨酯原料如聚合MDI、纯MDI以及BDO等价格都处在下行过程中,使得聚氨酯市场整体向下,增速放缓。2015年全球人均聚氨酯消费量为1.8 kg,预计到2025年将达到2.7 kg,发达国家消费增长量较高,发展中国家则较低,但仍将保持增长的趋势。

伴随着经济的放缓,导致市场需求低迷,中国聚氨酯行业的增速也放缓。据统计,2015年中国聚氨酯制品产销量约为1 009万t,比上年度增长5.1%。其中,软硬泡约为406万t,合成革浆料194万t,鞋底原液50万t,弹性体86万t,氨纶48万t,涂料165万t,胶黏剂/密封胶60万t。预计“十三五”期间,聚氨酯行业将进入中速增长的新常态。

虽然中国GDP增速放缓,但从全球来看,中国的增速对全球经济来说仍然非常有吸引力,中国的市场地位仍然会不断提升^[121]。

5.2.1 全球投资近况

目前世界经济仍处于艰难复苏阶段,部分发达国家经济仍未走出疲软,新兴经济体经济增速也出现放缓。在这种全球经济和行业形势不好状况下,很多企业业绩下滑,关停部分产能,兼并重组、避免内耗、抱团取暖成为优先选择。聚氨酯行业在经历了前几年的投资扩产热潮之后,近两年来,企业合并、关停部分产能现象明显增多,投资扩产则明显减少。

杜邦2015年12月与陶氏化学合并,定名为“陶氏杜邦”^[122]。近年来,美国经济增长动力不足,两家公司业务表现平平,都需要优化组合,专注快速发展业务。通过资源整合协同效应,优化产业和资本结构,提高创新能力,扩大市场和减少支出。对于陶氏化学公司而言,大中华区是陶氏全球第二大国际市场,陶氏看好中国的发展前景,陶氏在中国的总投资额已达12亿美元。

巴斯夫公司计划到2016年将其在美国路易斯安那州的1,4-丁二醇(BDO)装置产能增加10%,扩能完成后,在全球的BDO总产能将达67万t/a。巴斯夫还启动了在印度Dahej的一套大规模一体化化工厂,包括一个聚氨酯制造的一体化中心和护理化学品及聚合物分散液的生产装置。巴斯夫近年来在中国也投资频繁,位于上海浦东的巴斯夫大中华区总部基地内的亚太创新园二期落成。除继续专注于先进材料和系统研究外,还将增加配方、化学工艺工程等新研发领域。2016年将先进材料和系统研究的全球平台总部移至上海,这是巴斯夫在亚太区最大的研发中心,未来还计划将全球大约四分之一的研发活动放在亚太区,针对汽车、建筑、风电等

与先进材料相关的行业^[123]。并且巴斯夫将其在上海的工程塑料组合料产能翻番,达到10万t/a,使上海成为巴斯夫在亚洲最大的塑料组合料中心。巴斯夫还提升了在上海的TPU的产能,将完成3条新生产线,主要生产用于汽车的减噪和减震的Cellasto聚氨酯弹性体部件。巴斯夫第二条基于HDI的聚异氰酸酯生产线在上海漕泾基地成功投产,新生产线将生产Basonat品牌旗下的缩二脲及三聚体聚异氰酸酯产品,主要面向交通运输工具涂料、工业涂料和黏合剂行业,服务整个亚太地区。巴斯夫的6万t/a TDI扩能项目使其在上海的TDI产能将增至22万t/a。在重庆40万t/a MDI项目中的硝基苯装置已开始生产,MDI项目包括40万t/a硝基苯、30万t/a苯胺、40万t/a粗MDI和40万t/a MDI分离生产装置,总投资额80亿元人民币。

拜耳材料科技从2015年9月1日起开始以科思创(Covestro)运营。计划在印度的Caddalore增加其TPU产能,使该地区TPU产能从2 500 t/a增加到6 000 t/a,满足印度持续增长的需求。拜耳是印度唯一的TPU制造商,也最早在印度开发推广TPU,主要应用于汽车、纺织、制鞋、脚轮、电缆护套、气动管、溶液涂料及胶黏剂等。科思创永久关闭其在德国Brunsbuttel的TDI工厂,该装置产能为16.5万t/a,取而代之的是在Dormagen上的一套能耗低60%、溶剂用量少80%的产能30万t/a的新装置。在Dormagen的一个单套产能为8 000 t/a的TDI装置同时被废弃。科思创还将于2017年底关闭其在西班牙Tarragonia的一套MDI装置。科思创全球销售额当中有15%来自于中国地区,由于看好中国市场的增长,过去的几年中在中国已经投资25亿欧元,在上海生产基地的投资主要用于设备升级和扩建^[124]。在漕泾的一体化基地(BISS)全新的年产能5万t的HDI生产装置的建设,使其在2016年成为拥有全球最大HDI产能之一的生产基地。在基地新建的、拥有顶尖技术的水性聚氨酯分散体生产线于2015年投产,这是德国总部之外首条用于规模化生产的水性聚氨酯分散体新产品的生产线。

亨斯迈将其位于美国路易斯安那州的MDI的装置增加5万t/a的产能,预计到2018年,该处MDI的总产能将达到50万t/a。

巴斯夫、亨斯迈、上海华谊(集团)公司、上海氯碱化工股份有限公司和中国石化集团资产经营管理有限公司在上海联恒异氰酸酯有限公司生产基地内建设年产24万t粗MDI生产装置计划于2017年投产,目前基地内有一套年产24万t粗MDI生产装置。

三井化学公司在日本九州大牟田工程设施内建设全球首套大规模生产苯二亚甲基二异氰酸酯(XDI)装置,产能5 000 t/a。三井化学还在墨西哥建设聚氨酯材料新工厂,以拓展北美地区聚氨酯业务。

三井化学和韩国SKC公司各占50%股份的聚氨酯材料合资公司正式运营。三井贡献了位于日本大牟田的12万t/a TDI工厂,韩国丽水20万t/a MDI工厂50%的股份(该厂由锦湖三井化学合资公司负责运营),日本名古屋5万t/a的多元醇

装置以及位于印度 Vithal Caster Polyols 多元醇项目的 40% 股份。SKC 则贡献了位于韩国蔚山的 18 万 t/a MDI 装置。三井化学将在 2016 年底关闭位于鹿岛的一座 11.7 万 t/a 的 TDI 厂, 以及在大牟田的 6 万 t/a 的 MDI 装置。

宇部工业公司在泰国 Rayong 启动一套 3 000 t/a 聚碳酸酯二醇装置, 并计划于 2018 年追加投资使该装置产能翻番, 达到 6 000 t/a。宇部工业公司目前在日本宇部市有聚碳酸酯二醇产能 2 000 t/a, 在西班牙 Castellon 有 6 000 t/a 产能, 加上在泰国的 3 000 t/a, 将使宇部的聚碳酸酯二醇总产能达到 11 000 t/a, 随后的扩产将使总产能增至 18 000 t/a, 包括在西班牙的新投资^[125]。宇部工业公司目前拥有该产品全球 60% 的市场。

Arsenal 投资公司所属的 Royal 胶黏剂公司收购了 Chemque 公司, Chemque 公司是聚氨酯泡沫和电信、地板以及建筑工业用胶黏剂的生产商, 此项收购将大幅拓宽其在聚氨酯基胶黏剂、灌封用化合物及泡沫等领域的业务。

韩国韩华 (Hanwha) 化学公司以 420 亿韩元 (约合 4 100 万美元) 收购了韩国 KPX 精细化学品公司 50.71% 的股份, 使韩华公司步入了聚氨酯市场。

美国雅宝增加在美国 Texas 州 Pasadena 的固化剂装置产能。

Vencorex 公司宣布在法国 Pont-de-Claix 和泰国 Rayong 的总计 8.2 万 t/a 的脂肪族异氰酸酯扩能计划, 将使其在 Pont-de-Claix 的 HDI (六亚甲基二异氰酸酯) 和 IPDI 单体产能增加 7 万 t/a, 在泰国 Rayong 计划增加 1.2 万 t/a 的 HDI 产能。

泰国最大的石化生产商 PTT 全球化学品公司 (PTTGC) 把 Vencorex 公司中的股权从 51% 提高到 85%。Vencorex 是 PTTGC 与瑞典柏斯托公司合资的聚氨酯企业。PTTGC 公司增加持股, 利用 Vencorex 的平台逐步将业务渗透到聚氨酯领域, 为该公司扩大 TDI、HDI 和 HDI 衍生物在亚洲的发展创造机会。

万华化学和意大利 SAPICI 公司在脂肪族异氰酸酯衍生物领域开展合作, 业务范围包括脂肪族异氰酸酯衍生物在欧洲、中东和非洲的销售和原料代加工^[126]。SAPICI 集团公司业务领域包含聚氨酯系列产品, 涂料用固化剂、加成物和预聚物, 工业黏合剂等产品的研发和销售。SAPICI 将负责万华化学脂肪族异氰酸酯衍生物产品在欧洲的仓储、物流和销售。同时, 万华化学将借助 SAPICI 的生产能力和技术资源扩大欧洲业务。万华化学的烟台工业园总投资 700 亿元, 其中一期工程投资 300 亿元, 2015 年建成投产, 二期 2020 年完成建设, 将打造集石化、煤化、盐化、精细化工和化工新材料为一体的综合产业园区。万华化学还在烟台投资 16 亿元建立全球研发中心, 打造高附加值、具有自主知识产权的一体化绿色生态化工产业链, 形成上下游联动、相互支持、有全球竞争力的一体化绿色产业集群。万华 60 万 t MDI 一体化项目的投产使万华化学的 MDI 总产能达到 204 万 t, 成为全球最大的 MDI 供应商。

因北美地区己二酸需求下降, 英威达关闭其位于美国得

克萨斯州 Orange 的己二酸工厂, 位于得克萨斯州 Victoria 的工厂继续生产己二酸。

宏国聚材投资 4 亿元, 在重庆长寿经开区建设 5 万 t/a HDI、2 万 t/a IPDI 项目。

康乃尔 80 万 t MDI 项目落户渤海新区, 总投资 75.68 亿元, 作为临港开发区聚氨酯产业链的龙头项目和产业链的重要一环。

康达新材募集资金 8.5 亿元, 用于丁基材料项目、聚氨酯胶黏剂扩产项目及补充流动资金, 其中 1.45 亿元拟投入聚氨酯胶黏剂扩产项目, 大力发展无溶剂聚氨酯胶黏剂系列产品。

回天新材料公司新建的 1 万 t/a 聚氨酯胶黏剂工厂投产, 使其聚氨酯胶黏剂总产能达到 1.8 万 t/a。该公司从 2011 年至 2015 年的胶黏剂产量和销售额预计将分别以 10% 和 12% 的年均增长率增长。

新疆美克化工股份有限公司与巴斯夫合资兴建的美克美欧 10 万 t BDO 项目成功投产运营^[127], 这是巴斯夫在中国西北地区最大的投资项目, 也是巴斯夫在中国第一次与中国民营资本合作。

珠海联固化学工业有限公司年产 1.1 万 t 聚氨酯固化剂项目建设完工, 总投资 5 100 万元。该产品“三废”少, 能耗低, 品种齐全, 质量稳定, 产品中游离单体的含量低于国家标准, 可广泛用于木器漆、玻璃漆、塑胶漆、金属漆、地坪漆等领域。

5.2.2 聚氨酯原材料

巴斯夫推出其生物基聚四氢呋喃 1000 (PolyTHF® 1000), 其质量与石化基产品相同。巴斯夫还为 2 K 聚氨酯系统开发了一种新型的生物基聚酯/聚醚多元醇 Sovermol830^[128], 其黏度低, 可高固含量填充, 用于生产无 VOC 涂料, 能延长加工时间, 据称在 1 d 内即可在其表面上行走, 主要用于生产体育厅及仓库的室内地板等。该多元醇是一种支化的油脂化学品, 它与聚合 MDI 一起使用合成的混合物具有疏水、流平特性和低黏度。该多元醇在 23 °C 的凝胶时间约为 55 min, 其邵氏硬度 A (D) 从 1 d 后的 A70 (D25) 增加到 28 d 后的邵 A100 (D65)。

Reverdia 公司推出的 Biosuccinium 是一种 100% 生物基丁二酸, 由可再生的植物基资源、经独特的低 pH 酵母工艺转化而制成, 此工艺可以确保产品质量始终如一, 并且对环境更加友好。Biosuccinium 可以取代 PBS 中使用的石化基丁二酸, 可以提供类似甚至更高的性能, 如提高微孔聚氨酯的耐磨性, 提高 TPU 的耐化学性。

万华化学的高相容性的 TDI 三聚体 WANNATE® 6856F, 解决了传统型 TDI 三聚体相容性差的短板问题, 其色号低、稳定性高, 制造的漆膜具有高透明、高光泽的优点, 并且能够提高漆膜干燥速度, 完全满足木器漆和工业漆的使用要求^[129]。与市场同类产品相比, 能够提高 TDI 三聚体在涂料配方中的使用量, 并赋予更好的干燥性、流平性、透明度及漆膜丰满度等。WANNATE® 6856F 游离 TDI 单体含量低于

0.5%，应用该系列低游离固化剂的聚氨酯涂料产品中游离 TDI 单体含量可达到 0.1% 以下，远低于 GB 18581—2009 中 0.4% 的国家限量标准。

国内首套采用国产催化剂的 1,4-丁二醇生产线已在新疆美克化工股份有限公司 10 万 t/a 装置上成功运行 1 年多，这套全国规模最大的 1,4-丁二醇装置所选用的核心催化剂 RK-15 由大连瑞克科技有限公司提供。与国外催化剂的对比表明，RK-15 催化剂的激活、初始活性、选择性与进口催化剂性能一致，在高温运行条件下催化剂显示出较高的选择性，减少了副产物，提高了 1,4-丁二醇的收率；同时，RK-15 催化剂具有较大的颗粒度和更高的耐磨强度，使催化剂具有更好的过滤性，明显降低了催化剂的流失，延长催化剂寿命 20% 以上，降低了后续工段的处理难度。

山西省化工研究所的新型单体型碳化二亚胺类水解稳定剂 Bio-SW 100 的各项技术指标达到或超过国外同类产品水平，且成本低，环境影响小，促进和推动国内生物基和生物可降解高分子材料的发展。

广州优润合成材料公司生产的催化剂 CUCAT-PD 产品不含重金属，用它生产跑道没有重金属危害，没有气味，解决了聚氨酯跟基面剥离以及跑道鼓包、发泡等问题，跑道的使用寿命更长。

日本东索公司改进了其硝基苯加氢制苯胺催化剂，该催化剂含有质量分数 1%~15% 的 Zn、20%~50% 的 Cu、以及氧化铝、氧化钙等，具有高阻隔性、高原料转化率和稳定的高催化活性，在常规反应条件下，硝基苯转化率为 100%，苯胺选择性达到 99.92%。

美国得克萨斯大学开发了一种用于聚氨酯泡沫的天然阻燃剂，不会向空气中释放有毒物质。由里斯托佛·埃里森领导的研究小组发现，聚多巴胺的合成涂层（由天然化合物多巴胺制成）可作为聚氨酯泡沫的水施阻燃剂。该材料天然存在于海洋贝类，可替代目前在床垫、沙发、汽车坐垫等众多消费产品中的商业添加剂。

高效的合成酶是实现己二酸生物合成的关键，中国科学院天津工业生物技术研究所与南开大学合作，对己二酸生物合成途径中的关键酶——儿茶酚 1,2-双加氧酶进行了理性设计和优化改造，提升了己二酸前体物黏康酸的产量。

日本现金工业催化化学研究所开发了生产聚氨酯的一步法无光气路线。该工艺是一步法反应，采用 5 MPa 的 CO₂ 在 150℃ 下，苯胺与二丁基二甲氧基锡反应 20 min，产率最高可达 82%。采用 2,4-二氨基甲苯（聚氨酯前体）时，产率 49%。反应后，该锡化合物可以回收并用醇处理后重复使用。

保定邦泰高分子新材料有限公司开发出可用于密炼压延制备薄膜的 TPU 新材料，可以大大改善采用吹膜法和流延法生产 TPU 薄膜产量低、能耗大、成本高、难以形成大规模生产的问题。采用该新型 TPU 通过压延工艺生产的薄膜，物性损耗小，品质优异，外观漂亮，单套四辊压延密炼设备的年产量可达 6 000 t 以上。

南京红宝丽新材料有限公司自主研发的杂环多元醇合成技术，选择与高支化度的多元醇配伍，引入耐温、难燃、低烟、低毒的环状结构化合物和含 P、N 的链结构，改进了聚氨酯材料的配方，并在生产中采用连续精确计量、快速固化和动态平衡布料工艺等技术，制成了建筑外墙外保温用难燃型硬泡聚氨酯复合板，从而达到了 GB 8624—2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》标准中的 B1 级，而 B1 级为难燃聚氨酯保温板等级最高的层级。

由北京市建筑工程研究院与北京理工大学、浙江大学、北京奥格森新材料科技有限公司、山东齐翔节能建材有限公司合作研发的原位纳米协同高阻燃聚氨酯泡沫保温材料关键技术及产业化项目，用新型工艺在聚氨酯基体中在线生成纳米氢氧化铝粒子，利用纳米粒子与常规阻燃剂协同作用，合成出原位纳米协同高阻燃聚氨酯泡沫保温材料，其阻燃性能达到了有机材料燃烧性能最高的级别——国标 B1（B）级，可满足工程应用的需求。此项技术还可以使聚氨酯泡沫材料的极限氧指数最高达到 92.8%，这就意味着只有在接近纯氧中才能把材料点燃，为聚氨酯泡沫材料高性能化做了技术储备。

5.2.3 建筑节能

建筑行业是高能耗行业，聚氨酯用作建筑复合材料如门窗及墙体保温材料，因其具有保温节能、隔热防火、施工便利、使用寿命长等特点，相比于传统建筑材料具有更高效的保温隔热性能，既可用于新建住宅建筑，也可用于老建筑的翻新。

陶氏聚氨酯在北美市场引入了 VORAFORCE™ TP 1200 系列拉挤型复合材料，能够减少 VOC 气体排放，更节能，在非金属桩、面板、门窗制造等建筑领域以及电线杆和土木工程等电气基础设施领域都有广泛应用。VORAFORCE 功能多变，既能用于物流运输领域的重型聚氨酯托盘，还能用于客用电梯扶手，可满足与传统复合材料相同的韧性，所需的树脂也更少，因此比聚酯或乙烯基酯树脂更节约成本。

巴斯夫推出基于聚氨酯喷涂泡沫的 WALLTITE® 密保温系统，为各种不同类型的建筑提供优质、安全、节能的保温隔热方案，可简单快捷地喷涂到各种表面，对伸缩缝和其他难以到达的区域进行完全密封，特别适合于复杂建筑结构，并有望将新建筑能效提高 75%。这种无缝、气密的保温隔热技术能够防止建筑过早老化，减少冷凝和生霉的风险，从而延长建筑的使用寿命。

Bayer Pearl 公司开发了一种基于 Honeywell 公司 Solstice LBA 液体发泡剂系统的新型喷涂泡沫，可提供优异的绝热性能以减少能耗，目前已应用于阿联酋建筑项目中。

科思创推出新型开孔聚氨酯泡沫喷雾，能在无点火屏障或防火涂层的阁楼和一些狭小空间使用，不用在单独的点火屏障中使用，节省建筑项目完工时间和财力。该泡沫符合验收标准 AC377 附录 X 的要求，也符合国际建筑规范和国际住宅防火使用标准。此外，它符合 2012 年和 2009 年国际节能

标准,并促进第三方如 Energy Star 及 LEED 等项目可持续发展。

巴斯夫在德国生产的新型 Slentite PU 气凝胶具有新建筑和翻新整修建筑所需前瞻性隔热材料的主要性能,既能高效隔热保温,又能提供设计自由度,为建筑保温技术提供新的可能性。由聚氨酯气凝胶制成的大型板材在提供高效隔热的同时,还可节省空间,导热系数达 $17 \text{ mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$,实现了机械强度板材的最佳隔热效果。

谷歌采用新型喷涂聚氨酯泡沫屋顶涂料 AcryShield SPF 屋面系统来修复现有的屋顶,带给屋顶额外的保温效果,每英寸的保温 R 值增强至 R6,其附着性高,具备较高的节能性和反射效应,并能增强员工操作的舒适感。对旧屋顶无需大量高成本的剥离工作就能提供无缝、统一的屋顶防水层。

5.2.4 汽车用聚氨酯

轻量化是汽车业实现节能减排的重要技术措施,汽车材料的塑料化又是汽车轻量化发展的必然趋势和重要技术途径,纤维增强聚氨酯复合材料是实现汽车轻量化的重要技术途径之一,不但能采用 RIM、RRIM、SRIM 工艺制造,还可以采用拉挤、缠绕、真空灌注、长纤维喷射等新工艺。

沃尔沃汽车将拜耳两种特殊的聚氨酯材料应用于其生产的四缸柴油发动机的引擎盖。该配方新材料制成的引擎盖,具有撞击缓冲功能。其喷涂弹性材料可确保部件所需的稳定性和表面平滑,并可高效加工。泡沫系统材料可有效降低发动机噪音。两种材料形成的夹层结构具有弹性。新材料的应用使沃尔沃汽车在安全性、质量和舒适度方面树立了全新的标准。

在新型的雪铁龙 C4 Cactus 汽车上安装的充气保险杠或充气垫保险杠使用了巴斯夫的 TPU 体系,该充气保险杠可从 20 mm 的压缩变形中瞬间反弹并恢复原形。

汉高日本公司采用碳纤维增强的 PU 基材复合材料 (CFRP) 加工成型产品 (汽车的车顶用材) Loctite MAX3,将耐热性提高到了与环氧树脂相同的程度,与环氧基体树脂相比,可缩短树脂传递成型的工艺成型时间,实现与环氧树脂相同的玻璃化转变温度 (125°C),延展率等机械性能超过了环氧树脂,拉伸弹性模量和拉伸强度与环氧树脂相同。Loctite MAX3 树脂在高温下的黏度较低,在 RTM 工艺的树脂注入工序中,更容易渗入到纤维材料中。由于其本身的固化速度比环氧树脂快,因此在高压 RTM 工艺成型时,CFRP 车顶材料的脱模时间为 5.5 min,缩短到环氧树脂脱模时间的 1/5,缩短了加工周期。

米其林公司生产的新型车用轮胎 Tweel 使用了聚氨酯辐条,使 Tweel 不会出现穿刺或打滑现象,可替代传统的子午线轮胎。

巴斯夫新推出的减震器上支撑,首次结合使用 Cellasto 微孔聚氨酯弹性体和 50% 玻璃纤维的 Ultramid A3WG10 CR 聚酰胺两种特种塑料,在减轻质量的同时提供良好的减振降噪效果。与采用橡胶的铝压铸产品相比,采用 Cellasto 部件和 Ultramid 外壳的上支撑质量减轻了 25%,上支撑的外壳和内芯

非常稳定可靠地装配在一起。该产品使用了巴斯夫仿真工具 Ultrasim 进行开发和量产优化。

新款奔驰 smart fortwo 也在蜂窝夹层结构顶篷中使用了 Elastoflex E 聚氨酯泡沫塑料,其顶篷模块由蜂窝夹层和玻璃纤维衬垫组成。巴斯夫 Elastoflex E 聚氨酯泡沫塑料具有密度低、可被热活化等特点,通过浸渍工艺完成水沫,然后和 A 类薄层材料一起被压铸成型。随后聚氨酯开始在夹层边缘发泡并在薄层、增强型衬垫和蜂窝芯材之间形成一种固体复合材料。使用该新型材料后,新款奔驰 smart fortwo 的顶篷质量较普通顶篷减轻了 30% 左右,但依然保持较好的强度和抗弯刚度。蜂窝夹层结构已广泛应用于汽车内饰,包括后备箱地板、车顶内衬和后窗台板。此次 smart fortwo 将这种结构用于顶篷,对工艺方面的要求更为严格。而巴斯夫则通过改变 Elastoflex E 聚氨酯泡沫塑料的黏度和反应性,优化了黏结性能,从而使其与玻璃纤维衬垫完美搭配。

黎明化工研究设计院开发的轮胎填充用聚氨酯材料成功应用于工程车、采矿车等大型工程载重车辆轮胎,综合成本低,价格优势强,在轮胎使用过程中不会发生爆胎或漏气现象,使用安全且节省大量维修费用,并经受住各种复杂环境的考验。该轮胎回弹性好,形变恢复快,滞后生热少,使用寿命长,减震性能好,特别适于制造大型工程轮胎及复杂环境下使用的轮胎。

5.2.5 医用聚氨酯

聚氨酯弹性体具有良好的生物相容性,急慢性毒理试验和动物试验证实,医用聚氨酯材料无毒,无致畸作用,无过敏反应,无局部刺激性,无致热源,是最有价值的合成医用高分子材料之一。近年来,聚氨酯生物医学材料快速发展。

具备强韧轻便等特性的蛛丝成为科学界不少仿制研究的灵感来源。除了蛛丝本身的特性有科学价值外,科学界还发现在蜘蛛结网时确保蛛丝纤维附着到物体表面的“附着基盘”很有启发性,人造的附着基盘可能成为超越常规胶水的强力黏合剂。在 Ali Dhinojwala 教授的带领下,U Akron 团队采用静电聚氨酯纤维制造,有效地将尼龙线黏附于物表上。这种人造基盘有望成为应用在生物医学方面的价廉黏合剂,用来固定骨折部位或者将韧带固定到骨骼上,也有望成为胶水和胶带的替代品。

路博润公司推出了伤口护理用可吸气聚合物技术、医用设备用阻燃型 TPU、静脉注射用医药级 TPU,以及用于替代硅酮和橡胶的软质聚合物等。其中 Terothane™ TPU 是可阻燃的医药级 TPU,Pellethane™ 芳香族 TPU 主要用于静脉注射,Pellethane™ 2683-80AE 具有优异的生物相容性、抗扭结性和易于加工性。

FUTURO 护多乐护具推出高级型可调式护膝,此款护膝使用聚氨酯材料,有出色的透气性和吸汗功能及环保、抗菌的作用,可防止运动中细菌滋生。

5.2.6 聚氨酯涂料、密封胶、胶黏剂

聚氨酯涂料、密封胶、胶黏剂广泛应用于各行各业的方

方面,其用量较大的领域包括制鞋业、服装纺织业、包装业、建筑业及交通运输业等,性能更高、使用更方便、更为环保的新产品不断推出。

西卡公司推出强力快抓胶黏剂 SikaBond Ultimate Grab,采用了西卡弹性技术,最大程度保证了黏合的灵活性。这款胶黏剂是单组分、湿固化的快黏聚氨酯胶黏剂,用于黏合各种各样的内外建筑建材,尤其适用于垂直应用。使用这款胶黏剂后无需再使用钉子和螺丝,且胶黏剂功能多样,可应用于砖块、玻璃、金属、混凝土、木材以及陶瓷等各种建筑基底材料的黏合。

湛新树脂推出一种适用于高光泽度镜面效果涂料的新型水性能量固化聚氨酯分散体 UCECOAT[®] 7856,主要针对具有高光泽度的零 VOC 或低 VOC 涂料市场。采用 UCECOAT[®] 7856 配制的涂料,能实现镜面效果极佳的单涂层。同时,UCECOAT[®] 7856 水闪干后的低黏性能有利于涂层固化前进行处理,减少黏灰及表面缺陷,具有优异的耐擦伤性和良好的耐化学性。

姜堰市恒创绝缘材料有限公司联合有关院校,开发成功系列环氧预浸料专用增韧剂——高柔性聚氨酯环氧树脂,型号为 102D-I 及 102D-IH。该树脂为黄色或红色高黏稠液体或半固体,常温下可与脂肪胺、脂环胺、芳香胺等反应,中高温下可与双氰胺或酚醛树脂、酸酐等反应,主要用于环氧结构胶黏剂的增韧,固化后形成环氧树脂-聚氨酯互穿聚合物网络或海岛结构,可极大地改善材料的韧性,提高胶层的附着力。

美国莱斯大学研究人员称,一种最初打算用于汽车的由嵌入聚氨酯涂料里的石墨烯纳米带组成的薄涂层,可能被用于除冰氧化铝雷达天线罩。与传统方法相比,该喷雾除冰材料更轻、更便宜,除冰效果更有效。当纳米带被均匀分散在固体上时,可提供产生足够热量的电阻。除冰效果可通过涂层的厚度来调整。

万华化学研发 WANANTE[®] 6060A/WANEXEL[®] 761B 双组分聚氨酯溶剂型耐辛辣蒸煮复合黏合剂,其用于复合蒸煮袋,蒸煮后剥离强度可达到 4 N/15mm;当内容物为辛辣介质,经 121 ℃、30 min 蒸煮后,将样品袋放置于 60 ℃烘箱中加速老化两周后的剥离强度依然可达到 3.5 N/15mm 以上。老化试验后复合袋的外观和剥离强度达到甚至优于国外同类产品。

汉高集团推出 Purmelt Micro Emission Cool3400 活性聚氨酯胶黏剂,该产品是首款能在 100 ℃ 以下应用性能不受影响的无害聚氨酯热熔胶黏剂,用于低温条件下,在环保和成本方面具有显著优势,在降低能源消耗的同时还加快了设备运作效率,广泛应用于装订行业。汉高还推出了两种填缝剂 3500LV 和 1400SL。填缝剂 3500LV 是一种双组分,室温下固化,加热可加速固化过程,具有 3.5 W/(m·K) 的高热导率和硅烷的优异机械性能,气体挥发量小。填缝剂 3500LV 用于免起雾光学镜头,如汽车大灯、体育场的照明和高强度 LED,还可以用于如油漆生产线上的工业 PLC 控制器、汽车信息娱

乐系统、摄像机和照明系统。其固化后为软性材料,在震动冲击下起防护作用,其液体的特性可以填补微小的缝隙,收缩特性为零。填缝剂 1400SL 低黏度、低挥发性,具有较好的热性能和较强的孔隙填充能力,适应建筑应用中对高热导率挑战性的要求,其导热系数为 1.4 W/(m·K),兼具了高导热性和优异流动性的特点,可室温固化,不产生副产物,固化时对厚度没有要求,升温可加速固化过程。固化后异常柔软,其热膨胀系数可对应力吸收,对脆弱的机械组件起减震作用。应用于多种领域,包括高功率元件如场效应晶体管存储器、瞬态载荷的工业控制器、混合动力汽车中电子控制器 DC-DC 变换器。

科思创推出多款产品:全新快干型、耐黄变木器漆固化剂 Desmodur XT 190;运用 70% 可再生原料制成的双组分聚氨酯清漆固化剂;将 VOC 含量从 600 g/L 降低到 250 g/L 的水性聚氨酯面漆,已应用于 29 000 辆大型车辆及地铁等;具有防刮擦、防自然腐蚀、防褪色、防酸雨、低 VOC 等优异性能的聚氨酯清漆,目前在全球轻型汽车市场已占到 40% 的份额。

佐敦继推出通用聚氨酯叶片涂料 Jotatop BC100 和 BC800 外,又推出其系列产品:Jotatop BC200 防结冰叶片涂料,能有效延缓冰层堆积,有效降低结冰对叶片的损害;经济型配套底漆 Jotatop BC100P,具有抗碱性、防腐等功能,可以使面漆发挥最佳的施工效果。

中海油常州环保涂料有限公司针对无溶剂聚氨酯地坪漆在施工中会受到环境温度、湿度、基层干燥程度等问题的影响,漆膜易出现气泡、鼓泡、脱落、附着不良等问题,发明了一种用于硅 PU 塑胶的水性地坪漆。该产品对硅 PU 塑胶有极好的干、湿附着力,并具有良好的耐磨性、耐候性及耐化学介质性。VOC 含量极低,漆膜具有优异的性能,适用于硅 PU 塑胶地坪的装饰和保护。

中国科学院福建物构所与福建创鑫科技开发有限公司、中科华宇(福建)科技发展有限公司合作研发新型鞋用水性聚氨酯胶,其黏接性强,无毒害、无气味,不产生静电,适用范围广,不易损伤被涂饰鞋的表面,对易被有机溶剂侵蚀的材料黏接表现出极大的优越性。与进口水性聚氨酯鞋胶相比,可降低成本 20%。

5.2.7 其他聚氨酯产品

德国康迪泰克公司推出的新型电梯吊索由聚氨酯包覆的钢丝材料构成,康迪泰克公司声称 PolyRope(聚氨酯钢索)产品的持续时间是传统钢索的 3 倍,而质量轻 20%。

积水化学工业开发的不燃性聚氨酯类材料,是通过在多元醇和整泡剂等原料中混合多种阻燃剂而实现的。将其放在火上,表面附近形成炭化层,阻止氧气和可燃气体发生反应,获得日本“国土交通大臣不燃性材料认定”。在该公司自己的评估中,该材料达到了美国阻燃性标准“UL94”中阻燃性最高的“5V-A”级别。

道康宁公司的两种热塑性弹性体(TPE)用在了可穿戴电子产品中,经两项独立的医学测试报告证明皮肤接触是安

全的。TPSiV 4000 和 TPSiV 4200 这两种 TPE 均是 TPU 和交联硅橡胶的共混物,具有 TPU 的耐久性、耐磨性和包覆成型选择,还具有硅橡胶的柔软性、抗紫外线和耐化学品性能。这些弹性体可以按客户提出的要求,精确地进行颜色匹配,并保持其优良和持久的美学性能,可用在要求最苛刻的穿戴式装置上。

杜邦公司应用 TPU 开发出电子墨水表面层,可用于服饰内嵌电子产品。TPU 可按要求塑造形状,能与各种织物相配。印刷型传感器和导线网使用 TPU 作为基质底层,将电子产品一次性压成薄片直接嵌入服装成衣制品中,该制造工艺的兼容性对服装行业来说极具吸引力。

中国香港纺织品和服装协会研制出由多条预拉伸弹性纱与聚氨酯涂层纤维共同制成的纤维电路板,可以用于制造智能防弹衣,被拉伸 100 万次而不损坏,清洗 30 次而不产生变形。当被子弹击中后,纤维电路板可以作出回应,智能防弹衣可以向医疗兵发送士兵受伤的信号及位置。

巴斯夫推出用于熔纺弹性纤维生产的创新产品 Elastollan TPU,不使用聚对苯二甲酸乙二酯(涤纶)或聚酰胺(锦纶)纱线包覆即可直接用于裸纱编织工艺,提高了纺织品的生产效率。与普通熔纺弹性纤维相比提高了耐热性能,最终面料可在更高温度的热定型和染色条件下进行加工。采用熔纺工艺生产弹性纤维不使用任何有机溶剂,具有优异的舒适性,主要用于生产对舒适性和相容性有较高要求的服装,如运动装、长筒袜和内衣等。巴斯夫公司还扩展其 TPU 的范围,并引入新型食品接触级产品 FC,以 Elastollan 商标进行销售。该 TPU 可通过注射成型、压延和挤出等方式成型,其应用从传送带和薄膜到织物和软管。

中国科学院青岛生物能源与过程研究所成功开发出新型聚氨酯水凝胶,兼具水凝胶和聚氨酯的优点,机械强度高,性能调控范围广,广泛应用于生物医学及工业领域。其中,高抱水量、高机械强度的单组分聚氨酯水凝胶具有施工方便、生态环保等优势,可作为一种优异的高分子聚合物固沙材料,用于荒漠化治理、边坡生态防护、水土流失防治等领域。

万华化学(北京)有限公司推出的高档冲锋衣面料用单组分 PUR 织物热熔胶,包括普通防水热熔胶、超泼水热熔胶以及布贴布热熔胶,可应用于各类织物中。固化后的 PUR 具有良好的韧性和弹性,既能保证服装的强度,又能保证制得的织物柔软透气,同时还具有耐低温、抗震动和抗冲击等性能。更重要的是,万华 PUR 热熔胶中不含溶剂及游离 TDI,对环境友好且对人体无伤害。

Alliance 公司推出了 7000 系列的 Zythane 聚醚型 TPU,用于各种挤出应用,如气动导管、电缆护套、技术型材、薄膜和板材。其硬度范围宽,从邵 A70 到邵 D45,抗紫外线,具有优异的透明性、低温韧性、水解稳定性、抗微生物性、撕裂强度及耐弱酸和弱碱性。

APS 弹性体公司提供适合于 3D 打印机的 TPU,将 TPU 颗粒直接放到打印机中,替代昂贵的细丝卷,其 Zythane TPU

产品的耐用性、韧性、耐化学性、柔韧性和容易加工性,使其成为应用广泛的 3D 打印材料。

青岛华仕达机器有限公司研制成功的聚氨酯 PERT 保温管材生产线,将内管、PE 发泡保温层和护套层一次性复合成型,并达到连续不间断生产的状态,同时也可以铜、铝、钢等各种材料的管材上进行发泡复合。通过控制发泡、改变制品材料的物理状态,达到质轻、保温、环保的特点,生产线实现了内管制造、发泡、覆膜、冷却以及收卷的全过程稳定和可控。

西班牙的初创公司 Esferic 推出一款节水产品 WaterDrop,由可回收的 TPU 打造,弹性和韧性超强,不用担心水放的过多而爆裂。

法国 ZHOR Tech & Digitsole 公司研发一款轻软且能发热并记录步数的聚氨酯鞋垫。这款鞋垫通过蓝牙感应,利用智能手机端几分钟便可给鞋底加热。鞋底用了软性聚氨酯和抗变形 TPU,鞋底内嵌有战略定位压力传感器,可以确定鞋底受力区和摩擦区,并通过用户的智能手机接收相关的有用信息。

Smooth-On 公司设计开发了牌号为 Clear Flex 50 和 Clear Flex 95 两种水白色透明的聚氨酯液体橡胶化合物,专门用于那些需要绝对透明并且抗阳光的领域^[130]。它们有较低的黏度,可确保易于混合和浇注。Clear Flex 50 和 Clear Flex 95 在室温下的收缩可以忽略,其固化产物无色、柔韧并抗紫外光,还能通过添加颜料的方式来获得鲜艳的色彩和颜色效果。

PlastiComp 公司在 PP 和工程热塑性聚氨酯(ETPU)基体中结合了长玻纤和长碳纤维,复合混配制得价格不高、可直接模塑的粒料产品。

英国考文垂大学的学生 Martyn Billings 设计了使用聚氨酯材料的聚合物重击锤,该类型锤子不导电、不易爆、吸收震动且可循环利用。该重击锤顶端由钨填充的聚氨酯和黏弹性聚氨酯组成。

Flexaust 公司推出的透明、轻量化的静电耗散聚氨酯软管,具备优异的耐磨性及撕裂强度,在众多烟雾回收和集尘领域可替代聚氯乙烯和聚乙烯导电软管。该聚氨酯软管材料得到了美国食品和药物管理局的批准认可。

日本三井化学公司开发的不黄变的新型聚氨酯弹性体 Fortimo 是一种基于新型脂肪族异氰酸酯的聚氨酯弹性体,弹性较好,耐用、耐热性出色,不会发生黄变,成型时间比传统弹性体短,主要用于汽车、医用导管和高耐用工业材料领域。

俄罗斯推出了专为国际空间站宇航员打造的新型宇航服,采用聚氨酯替代此前的橡胶涂料,更为轻盈耐用,比之前的轻 35 kg,宇航员太空行走的步数可由原来的 15 步增加到 20 步,使用寿命也将由 1 a 增加至 5 a。该款宇航服可自行调节温度,还可以帮助出仓检修的宇航员进行减压,时间长达 30~50 min,使其有足够的时间返回基地。

加拿大拉瓦尔大学的机械工程系制作出 3D 聚氨酯泡沫雕塑模型。这座 2.13 m 的模型分 3 部分完成,耗时 38 h,可精

确到 1 cm 左右。机器人学实验室埃里克表示,3D 雕像所用原料并非传统的热塑性塑料、黏土以及金属,而是标准的聚氨酯泡沫。这项技术可用于创造自动化机器人制造技术,生产大规模建筑原型。

5.2.8 小结

随着世界经济的逐步复苏,欧洲、亚太地区和美国仍为聚氨酯的主要生产和消费市场,亚太地区还是全球领先、攀升最快的区域市场。新能源如光伏、风力发电等产业体系的新材料、新技术将拉动全球经济走出低谷,也将成为推动行业发展的最大推动力。

TPU 在业内的增长速度首屈一指,特别是在汽车行业、建筑行业、交通运输行业、新型可再生能源行业、航空等领域的需求越来越多,更会推动 TPU 的高速发展。

在汽车行业,新能源汽车的快速发展,以及聚氨酯在汽车中用量的增加,也将为聚氨酯的发展注入更多动力。

5.3 环氧树脂

2015 年下半年至 2016 年上半年,由于原油和能源行业价格急剧下滑,环氧树脂原料价格不断走低,2016 年 1 月末 BPA 价格 837 美元/t,是近年来所罕见的低点。在原料价格疲软,亚洲经济增长放缓带来的需求疲软背景下,欧美环氧树脂市场继续受到来自亚洲廉价商品的冲击,利润率不断下滑,全球环氧树脂市场面临巨大的下行压力。

5.3.1 环氧树脂原料市场^[131-135]

5.3.1.1 双酚 A (BPA)

2015 年 BPA 全球需求估计约为 500 万 t (较 2014 年增长 2.6%)。BPA 的供给能力为 670 万 t (增长 3.4%),平均开工率保持约 75%,维持宽松平衡。2016 年全球 BPA 需求预计将增加至 520 万 t,比 2015 年增长 4% (见表 12),全球 BPA 开工率将有 2% 的增长,亚洲的 BPA 开工率有望从 82% 增长至 86%。虽然欧美和日本的需求增长停滞,中国聚碳酸酯 (PC) 树脂生产厂的新改扩建仍是动力,带动整个世界 BPA 的需求日益增长。

表 12 近 3 年不同国家和地区的 BPA 需求量 (单位: 万 t)

Tab 12 BPA demand of different countries and regions in the past three years (10^4 t)

国家/地区	2014 年	2015 年	2016 年
美洲	71.1	73.2	73.3
欧洲	93.9	96.1	95.8
日本	31.2	28.9	28.0
亚洲其他地区	293.2	304.2	322.0
合计	489.4	502.4	519.1

2015 年美国港山化工的 11 万 t/a BPA 设备停产,而中国新建双酚 A 产能共计 39 万 t/a (其中南亚塑胶工业 (宁波) 有限公司 15 万 t/a,山东利华益维远化工有限公司 12 万 t/a,南通星辰合成材料有限公司 9 万 t/a,中石化三菱化学聚碳酸酯 (北京) 有限公司 3 万 t/a),因此实际总产能增加 28 万 t/a,供求关系进一步宽松。2016 年 1 月台湾信昌化工 10 万 t/a BPA 设备停产,7 月 Covestro 开始运行其 11 万 t/a BPA 装置,

实际产能又增加了 1 万 t/a (见表 13)。

表 13 近 2 年全球 BPA 产能变化 (单位: 万 t/a)

Tab 13 Changes in BPA global capacity over the past two years (10^4 t/a)

时间	公司	产能
2015 年		
2 月	中国南亚塑胶工业 (宁波) 有限公司	15
5 月	中国南通星辰合成材料有限公司	9
6 月	美国港山化工	-11
10 月	中国山东利华益维远化工有限公司	12
11 月	中国中石化三菱化学聚碳酸酯 (北京) 有限公司	3
合计		28
2016 年		
1 月	台湾信昌化工	-10
7 月	中国 Covestro	11
合计		1

2015 年全球环氧树脂 BPA 需求 162 万 t,增长 4%,平均开工率估计是 70%,有相当多的产能过剩。2016 年预计仍将有 5% 的增长。2015 年亚洲环氧树脂 BPA 需求 118 万 t,增长 6% (见表 14)。BPA 中国总需求 130 万 t,比 2014 年增长 5.1%。其中环氧树脂 BPA 需求 (按照 30% 的比例,大约是 40 万 t) 增长 6.7%。

表 14 近 3 年世界及亚洲环氧树脂用 BPA 需求量 (单位: 万 t)

Tab 14 Demand of BPA for epoxy resin in the world and asia in recent three years (10^4 t)

区域	2014 年	2015 年	2016 年
世界	155.8	162.1 (4%) ¹⁾	169.9 (5%)
亚洲	111.2	118.3 (6%)	126.5 (7%)

注: 1) 括号内数据为同比上一年增长百分数,数据为日本三井化学公司估计得出。

全球 BPA 产能总计 677 万 t/a,分布见表 15。

表 15 全球 BPA 生产能力 (截至 2015 年末) (单位: 万 t/a)

Tab 15 Global BPA production capacity (by the end of 2015) (10^4 t/a)

国家和地区	公司	现有产能	2016 年新增
美国	沙特基础工业公司	42	
	拜耳 Covestro	24	
	瀚森	14	
	陶氏化学	11	
	Sunoco	11	
	美国合计	102	0
欧洲			
德国	拜耳 Covestro	30	
比利时	拜耳 Covestro	21	
荷兰	沙特基础工业公司	21	
西班牙	沙特基础工业公司	34	
荷兰	瀚森	16	
德国	陶氏化学	15	
其他		14	
	欧洲合计	151	0

续表

国家和地区	公司	现有产能	2016 年新增
日本	三井化学	6.5	
	三菱化学	22	
	新日铁住金化学	10	
	出光兴产	8	
	日本合计	46.5	0
亚洲			
新加坡	三井化学 (MPS, 亚太沙克拉)	15.5	
中国	上海中石化三井 (SSMC)	13	
	蓝星化工 (南通)	15	
	中石化三菱聚碳酸酯 (SMP)	18	11
	拜耳 Covestro (漕泾)	20	
	长春化工 (常熟)	27	
	南亚塑胶 (宁波)	15	
	利华益 (东营)	12	
中国台湾	南亚塑胶 (麦寮)	43	
	信昌化工	8	
	长春塑料 (高雄)	27	
韩国	锦湖 P&B 化学 (丽水)	40	
	LG 化学有限公司	42	
	三养 Innochem (群山)	15	
泰国	拜耳 Covestro (玛达浦)	28	
	PTT 苯酚 (玛达浦)	15	11
沙特阿拉伯	沙特卡扬石化	24	11
	亚洲合计	377.5	

5.3.1.2 环氧氯丙烷 (ECH)

根据欧盟统计局的数据,从 2014 年到 2015 年,欧盟 ECH 的进出口大体稳定,欧盟在 2014 年和 2015 年都是 ECH 的净出口国,这一趋势在 2016 年初继续。在 2015 年下半年和 2016 年初,欧洲的 ECH 市场在供需方面一直保持相对稳定。主要原料丙烯的合同价格变动对欧洲 ECH 定价的发展仍然是主要影响。尽管使用丙烯的 ECH 的生产在欧洲仍然盛行,但是近年来已经开发了使用甘油生产 ECH,其中包括捷克生产商 Spolchemie 投资的基于甘油的 ECH 生产装置及法国 INOVYN 的 Tavaux 工厂的生产线。在亚洲也使用基于甘油生产 ECH,其中约三分之一的中国 ECH 生产装置使用甘油。

全球 ECH 产能最高的前 17 家厂商介绍见表 16。

比利时 Solvay 公司的 Epicerol (基于植物原材料的 ECH,用于可再生化学品和树脂的生物基材料)在 2015 年 10 月 20 日新加坡 JEC 亚洲展会将被授予创新奖。近来由 Cardolite 公司和 SHD 复合材料公司开发了基于 Epicerol 的环氧树脂体系,为入围 2015 年世界太阳能挑战赛中的 Punch Powertrain 太阳能团队制造复合材料。Solvay 声称,Epicerol 可用作衍生自丙烯的 ECH 的替代品。公司已经进行了生命周期分析 (LCA),LCA 分析证明,与基于丙烯的 ECH 相比,Epicerol 的整体环境效益使非可再生能源消耗减少了 57%,全球变暖潜能减少了 61%。通过在其产品中掺入 1 t Epicerol 而不是丙烯基 ECH,客户可以减少 2.56 t 二氧化碳 (等效) 的排放。2014 年 ECH 的总需求量为 140 万 t,其中包括复合材料工业应用需求 168 kt。

Solvay 子公司泰国先进生物化学 (ABT) 已经获得了

Epicerol 的可持续生物材料圆桌会议 (RSB) 的认证,用于生产 Epicerol。ABT 是亚洲第一家获得 RSB 认证的生物化学品工厂。RSB 认证证明 Epicerol 因其卓越的环境属性是一种领先的生物基 ECH。

表 16 全球 ECH 产能最高的前 17 家厂商

Tab 16 Top seventeen manufacturers with the highest global

ECH capacity

公司	地点	产能 /kt · a ⁻¹
Olin	美国德克萨斯自由港	365
江苏海兴化工	中国大丰	135
Olin	德国 Stade	120
三星精细化工	韩国蔚山	120
台塑石化	台湾麦寮	100
泰国先进生物化学	泰国玛达浦	100
瀚森	荷兰佩尔尼斯	90
瀚森	美国路易斯安那州诺科	90
江苏扬农化工	中国扬州	90
山东海立化工	中国淄博	80
长春石化	中国盘锦	80
三联化工	中国台湾路楚	72
INOVYN	德国莱茵	60
鹿岛化学	日本鹿岛	52
INOVYN	法国塔沃	50
怡海嘉里	中国连云港	50
大创化工	日本水岛	40

5.3.2 环氧树脂工业^[136-146]

5.3.2.1 欧洲环氧树脂

2015 年下半年和 2016 年初,全球市场面临下行压力,由于上游原料价格下跌和亚洲环氧树脂的供应量增加,欧洲产品的市场竞争力不足,价格下降。欧洲生产商寻求降低价格,以更好地与欧洲市场的亚洲进口产品竞争。欧洲环氧树脂产能最大的 7 家厂商见表 17。

表 17 欧洲环氧树脂产能最大的 7 家厂商 (单位: 万 t/a)

Tab 17 Top seven manufacturers with the largest European epoxy resin capacity (10⁴t/a)

公司	地点	产能
Olin	德国 Stade	10
瀚森	荷兰佩尔尼斯	10
Spolchemie	捷克共和国 Usti nad Labem	6
亨斯曼	瑞士蒙特海	5
Leuna-Harze	德国 Leuna	4.5
SIR 工业	意大利 Macherio	3
Zakłady Chemiczne Organís-Sarżyna	波兰 Nowa Sarżyna	2.8

5.3.2.2 美国环氧树脂

由于中国持续的经济增长放缓,亚洲的环氧树脂需求依然疲软以及原料价格的下跌,美国买家预计美国生产商会被迫削减产量价格。虽然美国环氧树脂的需求多被认为是健康稳定的,但仍没有足够的消费吸收所有从亚洲进口的产品。2015 年 9 月美国现货环氧树脂价格下跌 44 美元/t。亚洲生产商由于需求下滑以及新的产能增加被迫追逐美国的市场份额,

订购亚洲的环氧树脂到美国的价格低到 2.49 美元/kg。美国产商也在积极地匹配价格,并保持进口折扣约 11 美分/kg,以努力保持市场份额。2016 年 1 月美国环氧树脂合同价格下跌,对于美国大多数中层买家来说,跌幅约为 22~44 美元/t。

5.3.2.3 亚洲环氧树脂

2015 年日本环氧树脂产量为 116 135 t,比 2014 年减少 6.1%。生产减少主要是由于日本国内需求减少,主要客户的生产向海外搬迁以及进口增加。2015 年日本进口液体环氧树脂 36 059 t,比 2014 年增长 6%,进口固体环氧树脂 10 118 t,同比下降 0.2%,合计进口环氧树脂 46 176 t,突破 4 万 t,同比增长 4.6%。

根据日本环氧树脂行业协会的汇总,2015 年国内的出货量(内需)是 72 279 t,比 2014 年同期减少 9.9%。2015 年环氧树脂总出货量为 86 327 t,较去年同期减少了 8%。其中,出口很坚挺达到 14 048 t,同比增长 5%,内需不振,72 279 t,同比下降 10%。近年来日本环氧树脂生产和消费情况统计见表 18 和表 19。

2015 年日本涂料需求为 27 422 t,下降了 12%,汽车领域内需低迷,第 1 季度与去年同比有 29%的下滑,第 2 季度跌幅 37%,第 3 季度跌幅更显著(47%),第 4 季度呈现出卷土重来的迹象,同比增长 21%。此外,电气领域需求为 26 808 t,下降 14%。层压制品中浇注料的低迷贯穿全年,密封材料上半年坚挺,但在下半年陷入停滞。另一方面,土木工程、建筑和胶粘剂领域需求为 18 049 t,保持稳定,增加 2%。出口额超过 2014 年(见表 20)。

表 18 2007~2015 年日本环氧树脂生产和消费统计(单位:t)

Tab 18 Production and consumption statistics of epoxy resin in Japan from 2007 to 2015(unit: t)

年份	涂料	电气	土木建筑 胶粘剂	国内		出口		总出货量	
				数量	同比上 一年/%	数量	同比上 一年/%	数量	同比上 一年/%
2007	55 918	55 636	32 812	144 366	99	30 952	107	175 318	100
2008	52 714	47 580	28 939	129 233	90	24 284	78	153 517	88
2009	38 563	35 631	20 288	94 482	73	18 056	74	112 538	73
2010	42 857	43 720	24 128	110 705	117	25 371	141	136 076	121
2011	43 342	39 165	22 106	104 613	94	22 859	90	127 472	94
2012	41 754	35 538	21 747	99 039	95	19 219	84	118 258	93
2013	32 770	29 079	18 789	80 638	81	12 311	64	92 949	79
2014	31 291	31 213	17 734	80 238	100	13 374	109	93 612	101
2015	27 422	26 808	18 049	72 279	90	14 048	105	86 327	92

表 19 2016 年上半年日本环氧树脂产销情况(单位:t)

Tab 19 Production and sales of epoxy resin in Japan in the first half of 2016 (unit: t)

月份	生产	销售	库存
1	9 000 (90.2) ¹⁾	10 039 (93.0)	13 609 (87.9)
2	9 672 (95.4)	10 722 (108.9)	13 556 (84.6)
3	10 036 (87.5)	10 721 (96.3)	13 947 (84.8)
4	10 082 (95.2)	11 185 (96.9)	14 003 (87.7)
5	8 753 (85.4)	10 328 (89.0)	13 768 (88.2)

注: 1) 括号内为与 2015 年同期数据相比百分数。

表 20 日本环氧树脂 2015 年各应用领域用量

Tab 20 Japan epoxy consumption of various application areas in 2015 (unit: t)

时间	涂料	电气	土木建筑, 胶 粘剂及其他	内需	出口	合计
2014 年	31 291	31 213	17 734	80 238	13 374	93 612
2015 年	27 422	26 808	18 049	72 279	14 048	86 327
与上年比	88%	86%	102%	90%	105%	92%

5.3.3 企业经营动态^[147-152]

水性技术通过减少挥发性有机化合物为制造商提供了一种更可持续的溶剂型涂料替代品。全球水性环氧树脂市场价值预计将在 2020 年达到 12.2 亿美元。美国和中国处于水性环氧树脂消费的最前沿,而德国、韩国、法国、日本、英国和俄罗斯是水性环氧树脂消费的其他主要市场。亚太地区的水性环氧树脂市场是全球消费增长最快的地区之一,占 2014 年总体市场规模的 51.11%,中国是亚太地区的主要市场,消耗了水性环氧树脂需求的一半以上,其次是日本、台湾和韩国,消费量稳步增长。预计该趋势仍将继续。由于亚太地区持续的工业化和制造业的兴起,现在已经观察到自动化、建筑、纺织、家具和包装等应用领域中水性环氧树脂的消耗增加。预计建筑业将是 2015~2020 年水性环氧树脂增长最快的应用领域。

瀚森公司宣布在中国天津扩展其水性环氧树脂生产能力。该项目将利用最先进的技术,包括一个新的反应器,这次扩产将使得瀚森公司能够满足其水性环氧树脂产品在配制水性涂料、聚合物地板和玻璃或碳纤维上浆用于风能、汽车和航空航天应用的增长需求。

瀚森是全球首批向中国提供高端环氧水性技术的供应商之一。通过这次扩产,瀚森将能够本地生产和缩短一系列环氧树脂、固化剂和改性剂的供应时间,其中包括其最新开发的 1 种水性双组分富锌树脂体系,其性能与传统溶剂型树脂技术相当。

因预期中国的需求增长,为加强环境友好的产品供应体系,DIC 在其中国江苏省的集团公司张家港迪爱生化工公

司(DIC 100%股权)新建了水性涂料原料及水性环氧树脂生产设备,年生产能力 3 kt。建设始于 2015 年下半年,目标 2016 年下半年开始运行。尽管经济增长趋势放缓,预计中国涂料市场未来每年仍将延续 8%的增长。DIC 现已在日本千叶工厂生产涂料用水性环氧树脂,这次调整生产体系以确保满足中国市场的强劲需求。

随着高速通信的不断进步,预期亚洲地区对相关产品的需求扩张,DIC 在其全资子公司 DIC 日本北部聚合物公司投资建设了生产高频电路板绝缘材料用低介电性和低吸湿性环氧树脂固化剂的反应釜设施。这次的投资是该公司的东北工

厂(宫城县藏王町)生产量的约 1.5 倍,3 月开始运营。这种特殊的固化剂因引入酯基反应性基团,与传统的含有氨基和酚基的固化剂反应生成羟基不同,可实现低介电常数和低吸湿性,已被用于高频电路板。

巴斯夫将其 Versamid 聚酰胺固化剂技术出售给 Gabriel Performance Products。巴斯夫公司和 Gabriel Performance Products, LLC (一家美国特种化学品公司)完成了一项将高度可识别的 Versamid 商标转让给 Gabriel 的交易,并专门授权其在美国使用聚酰胺固化剂技术。Versamid 聚酰胺固化剂用于双组分溶剂-环氧树脂应用。Gabriel Performance Products 表示:Versamid 产品系列在行业内是众所周知的,这一收购增强了 Gabriel 在环氧固化市场的地位。这是其硫醇产品线的一个很好的补充,可为以前寻求 BASF 的环氧固化剂解决方案的客户服务。巴斯夫在 7 月宣布他们将关闭位于伊利诺伊州的 Kankakee 的 Dimerand 聚酰胺树脂部门,退出业务,并剥离包括商标在内的知识产权。巴斯夫南美洲不包括在本次交易中,巴斯夫将继续在南美地区以 Versamid 商标生产和销售聚酰胺树脂。2015 年 3 月 Sika AG 成功收购 Axson Technologies 后,新成立的实体 SikaAxson 作为模具和复合材料行业的供应商于 2016 年 1 月 1 日正式开始运营。SikaAxson 公司年营业额约为 1.3 亿欧元,拥有 450 名员工,是聚氨酯和环氧树脂的领先制造商。核心能力集中在块材料和模型浆料、真空铸造树脂和 RIM 体系、复合材料和层压体系、环氧和聚氨酯浇铸树脂、弹性体浇铸树脂以及结构胶粘剂。产品的主要应用领域是汽车制造和船舶制造、航空、可再生能源、运动和休闲工业以及建筑领域。

Jubail 化学工业公司是 Nama Chemicals (Jana; 沙特阿拉伯朱拜勒)的子公司,其与 Huntsman 签署了一份为期五年的协议,在欧洲市场上销售 Jana 的 Al Jubail 工厂的环氧树脂,这些产品将以亨斯迈的 Araldite 品牌销售。借由接触新客户, Jana 将加强其在欧洲的业务。Jana 两年前将其环氧树脂厂的产能翻了一番,达到 12 万 t/a。

5.3.4 新产品^[153-159]

将新的快速固化 Araldite® 环氧化学与新型压缩成型工艺相结合,可以简化制造结构复合材料零件,周期时间缩短至 1 min,无需任何进一步的后固化。对于诸如汽车等的大规模应用,这使得采用热固性技术经济高效地制造高性能结构部件成为现实。新的快速固化 Araldite® 环氧树脂体系不仅更快,而且具有更高的 T_g ,能够在高达 150 °C 下进行稳定的加工。这些因素综合后 140 °C 下固化时间仅 30 s,这意味着部件没有任何进一步的后固化,仅 1 min 的压制周期时间是可能的。新的压缩模制工艺可以不需要复杂的纤维预成型件,使得纤维体积分数超过 60% 易于实现。该工艺提供了高设计自由度,包括复杂的深拉部件,并且与常规压缩成型相比浪费非常少。该新方法还确保非常低的空隙含量,具有与 RTM 或高压釜-预浸料工艺相当的复合材料质量。配备工业演示模具的印刷机即使使用重型工业碳纤维织物也可重复性地每次只使用一分钟生产高质量零件。关于市场,主要关注交通运输,特别

是汽车,但消费品也是将受益于这一创新的领域。总之,高纤维体积与低空隙率相结合提供了优异的力学性能。它是大批量生产 CFRP 零件的理想选择,从而使得轻质复合材料作为金属替代品。

在 2016JEC 展会上, Sicomin 公司推出一种专门用于灌注技术新的阻燃环氧树脂体系 SR 1125。这种先进的自熄性产品是复合材料市场所独有的,因为它可以通过灌注方法加工,而不像许多环氧阻燃剂必须通过手糊应用。SR 1125 在标准室温下具有非常低的黏度,确保稳定的流动性。由于这种独特的配方,SR 1125 可以通过增强织物,而不用过滤活性阻燃材料或是阻碍灌注过程。SR 1125 主要开发用于生产应用于土木建筑和铁路市场的大型部件,其中高质量的部件,耐火性和优异的力学性能是必不可少的。由于灌注加工方法不适合每个客户的要求, Sicomin 还推出了 SR 1124——一种阻燃手糊环氧树脂,提供非常低的黏度和优异的润湿性能。当与 Sicomin 的 SC FW16 涂料或 SGi 128 环氧树脂凝胶涂层组合使用时,SR 1125 灌注和 SR 1124 手糊体系均达到了 ASTM E84 Class A 防火安全规定。

アイカ工业公司推出了 UV 固化环氧树脂アイカイトロン2-303 系列和同类 590 系列产品。普通 UV 固化丙烯酸树脂具有高透湿性和固化收缩性,耐热性低,由于氧气聚合抑制表面固化。为防止湿气进入和化学产品的密封保护、需要低收缩性的高精度固定以及高温使用的零件粘接剂等用途如有机 EL 密封材料,偏振片 IIV 黏合剂,扬声器固定胶,光学用高精度固定黏合剂,电子基板密封材料等领域的应用,アイカ工业公司开发了这两种新产品。这些产品与丙烯酸树脂类产品相比,具有低透湿性,低固化收缩率,高耐热性,耐化学性,表面固化性,以及低释气性。目标售价 30 000 日元/kg, 2016 年年销售额目标 100 万日元。

亨斯迈推出两种新的 Aradur 品牌水性环氧固化剂,可提高水性涂料的工艺和性能。它们设计用于建筑和防腐涂料。Aradur 3951 是一种多功能聚酰胺固化剂,用于配制工业、船舶和航运集装箱应用中的金属双组分防腐底漆,富锌底漆和直接金属用(DTM)涂料。Aradur 3951 有助于创造具有低 VOC 含量,快干性能,长适用期和优良防腐性的涂料。Aradur 36 水性环氧固化剂提供高光泽度和良好的耐紫外线性能,是用于环氧树脂地板和墙面涂料以及为其他土木工程项目的理想选择。此外, Huntsman 的 Jeffamine M 系列聚醚胺,无色且易于处理,可用于环氧树脂和水性乳液。

巴斯夫推出了 Baxxodur EC210 脂环族二胺甲基环己基二胺(MCDA),一种用于环氧树脂体系的胺系固化剂,加强了其全系列胺类产品。Baxxodur EC210 用作环氧体系的固化剂,改善了风力发电厂转子叶片的制造和提高了工业地坪和桥梁涂料的性能。Baxxodur EC210 具有更高的收益,更低的黏度,并且比同类产品的加工时间更长。巴斯夫在德国 Ludwigshafen 工厂生产 Baxxodur EC210。

Cardolite 为环氧涂料引入酚醛酰胺固化剂。LITE 3025 是一种无溶剂酚醛酰胺,用于成本效益高、中等和高固体重防

腐环氧涂料。这种新型固化剂专门设计用于保护表面免受高度腐蚀性环境和恶劣的大气条件影响。当用于保护涂层配方时,该产品提供与中等摩尔质量聚酰胺相似的性能,但具有腰果技术的典型附加优点。与常用的无溶剂聚酰胺相比,LITE 3025 提供了更快的固化和硬度变化,特别是在较低的温度下。这扩大了涂层的应用范围,并允许在低至 5 °C 的温度下进行早期重涂。特别是维护和 OEM 涂层应用可以从这些潜在的生产率提高中受益。LITE 3025 卓越的防腐蚀和机械性能与对各种基材的良好黏附性相结合,从而产生适用于许多工业应用的长效底漆。良好的颜色和光泽稳定性使得 LITE 3025 可用于环氧面漆和直接用作金属表面涂层。LITE 3025 具有通用性、高性能和有竞争力的成本。此外,LITE 3025 可以轻松“滴加”到现有的环氧树脂配方中,以避免与重新配制相关的时间和成本。不仅是涂料,LITE 3025 还是一种优异的工业环氧树脂胶粘剂,可提供高黏结强度,高 T_g 和卓越的耐用性。Cardolite 是使用天然和可再生腰果壳液体技术开发、制造和推广产品的世界领导者之一。

DIC 公司开发了用于大容量、高速通信所需的高频高速基板绝缘材料的环氧树脂用特殊固化剂 [EPICLON EXB-8100L-65T 可实现低介电性能 [介电损耗角正切 (1 GHz): 0.006]。产品将在千叶工厂生产。近年来,高频、高速电路板技术不断进步为通信基础设施和电子设备等处理大量信息的高速通信化做出了贡献。该公司提供支撑这种技术的各种高功能材料,环氧树脂及具有低介电特性的活性酯型固化剂 EPICLON HPC-8000-65T (HPC),并销售全球,在市场获得高度评价。与该公司的环氧树脂硬化剂搭配使用,介电损耗角正切对比 HPC 降低约 40%。目前,高端基板上采用的是低介电性出色的聚苯醚,但该公司的环氧树脂和固化剂配合使用,可达到同等水平或更多特性,同时用户的低成本也有所降低。另外,环氧树脂的特性——高附着性,提高了在精细布线基板上使用的可靠性。今后该公司将重点放在亚洲业务,扩大新兴地区电子材料和基础设施市场,2020 年目标是环氧树脂相关业务销售额的 200 亿日元。

5.3.5 应用领域发展

根据国外公司公布的粘接剂、复合材料和涂料环氧树脂市场—2020 年全球预测报告^[160],粘接、复合材料和涂料环氧树脂市场估计将从 2015 年的 75 亿美元增长到 2020 年 99.6 亿美元,2015 年至 2020 年间复合年增长率为 5.8%。复合材料将在预测期内为环氧树脂市场带来最高的复合年增长率。主要驱动力将是对轻型汽车和运输车辆的需求,以及航空航天工业对环氧树脂作为飞机制造原材料的需求。在汽车、公共汽车、卡车、飞机的车身和内部的制造中已增加使用复合材料,这些主要是环氧树脂碳复合材料。

5.3.5.1 涂料^[161-183]

涂料仍将保持全球环氧树脂市场的最大份额,2013 年其规模为 66.4 亿美元,预计到 2020 年底将达到 105.5 亿美元,其 2014~2020 年复合年增长率为 6.9%。根据 Transparency Market Research 的研究报告,全球环氧树脂市场的主要最终

用途行业如建筑、汽车和船舶等需求的增长将推动全球环氧树脂市场的油漆和涂料市场的需求。

1) 管道及储罐

宣伟推出了 FASTCLAD™ ER 储罐衬里,一种高性能、可快速返修的无溶剂环氧树脂。独立测试显示衬里具有优越的柔韧性,优异的边缘保持性和高成膜性。它采用多组分喷涂,设计用于单涂层应用,根据温度可 24 h 或更短时间返修,在制造车间中在约 3 h 内固化以允许步行和更快的检查。一种版本的衬里有 Opti-Check™,采用光活化颜料技术,可以更方便、更彻底地检查针孔等缺陷。高度交联的胺固化体系提供了高耐化学性、柔韧性和优异的阻隔性能,它们一起为长期服务提供高耐久性解决方案。

先进的油箱衬里保护体系将为欧洲、中东和非洲的石油和天然气行业带来新的好处。Nova-Plate 325 是来自宣伟 Protective&Marine Coatings 业务的胺固化、玻璃和陶瓷填充的酚醛环氧树脂储罐衬里。其设计用于保护钢制储罐和容器内部免受原油、精炼产品、化学品和工艺用水的侵害,包括高温和高压损伤。处理更深的深度和非常规的碳氢化合物来源正在推高过程温度和压力,需要专业涂料和衬里。无论是处理环境温度下的原油还是更高温度下更复杂的精炼化学品,都需要一种单一的存储解决方案。传统的衬里体系在较高的温度和压力下(例如从较深处提取油或在高温工作过程),要经受住原油和工艺用水的侵蚀。面对升高的压力下的 150 °C 原油或 99 °C 下产生的水的情况变得更常见,常规衬里不能应对挑战。Nova-Plate 325 自推出以来已经进入北美市场,为客户提供的优势包括应对 150 °C 原油和 99 °C 工艺用水。该体系还提供了在 24 h 内恢复使用和高膜厚,这意味着它可以以单涂层应用。与使用缓慢固化的常规多层罐衬里相比,这带来了进一步的应用益处。预期用途包括储罐、容器和管道,原油、成品油、化工或工艺水处理或二次容器,主要服务的行业包括石油和天然气开采业。

Axalta 涂料体系公司是全球领先的液体和粉末涂料制造商,该公司宣布已在休斯敦制造中心通过设施改造,简化加强了 Nap-Gard® 熔融黏合环氧 (FBE) 粉末涂料的制造过程。此外,Axalta 还宣布推出一系列新产品,并重新组织其 Nap-Gard FBE 粉末涂料产品系列,新产品系列名为 7-2500 系列。Nap-Gard 7-2500 系列将行业认可的 FBE 粉末涂料集成在一起,并扩大了其热固性环氧粉末对陆上和海上油气管道的优势。Nap-Gard 系列粉末涂料为地下和海底管道提供防腐保护,通过了国家卫生基金会 (NSF) 认证,符合 ISO 21809-1 和 CSA Z245.20.14 要求,适用于即使是最苛刻的行业标准的性能要求,可用作单层防腐层或双层或多层体系中的底漆。该系列粉末具有快速固化,抗损伤,热固性,无危害性空气污染物 (HAP),对钢具有良好的耐化学腐蚀防护性。

领先的船舶涂料制造商 Hempel 公司推出了新产品 HEMPADUR AvantGuard,设计用于恶劣的海洋和盐水腐蚀环境中提供防腐涂层保护,在海洋石油和天然气工业(其中许多工业资产位于根据 ISO 12944 分类为 C4 和 C5 的腐蚀环境

中) 中具有广泛应用。随着勘探和生产的条件变得更加艰苦, 且随着基础设施的老化需要更多的维护, 防腐蚀技术的进步已被海洋石油行业高度关注。总部位于丹麦的 Hempel 公司基于对这一行业关注开发了 HEMPADUR AvantGuard, 并表示该产品比其他大多数锌环氧树脂底漆具有更好的性能, 并且可以显著降低安装的维护成本——特别是对难以接近的位置(维护和停机时间最昂贵)的资产。该技术使用中空玻璃球和专有活化剂的加权组合, 使得锌能够在整个膜中氧化, 并且因此增加通过整个涂层的电接触。锌涂层通过电化腐蚀工作, 其中一种金属在与另一种金属电接触时优先腐蚀。由于锌比铁惰性低, 当暴露于腐蚀性元素例如水或氧气时, 它将反应而不是铁, 从而使钢完好无损。然而, 该方法需要锌颗粒之间的电接触, 因此, 保护效果将仅发生在标准锌涂层的前三分之一中。HEMPADUR AvantGuard 使用活性锌在盐水和高湿度环境中为钢结构提供保护, 其中底漆中的所有锌都被激活以经历电偶腐蚀。此外, 活化过程还改善了不透水性。作为活化过程的结果产生的白色盐填充任何膜内的空间, 增强涂层系统的阻隔性能。HEMPADUR AvantGuard 涂层还有高含量的氯离子, 当它们通过膜从环境中扩散时被捕获。结果利用抑制效果, 涂层通过降低到达钢结构的腐蚀剂的浓度, 延迟不希望的腐蚀过程的开始。这些品质在海上工作的侵蚀性盐水环境中变得更加有益。锌环氧树脂通常用于暴露于经受严重机械应力的钢结构, 包括极端温度波动和振动。但在典型的锌保护体系中, 锌底漆是最弱的机械点。结果, 当钢膨胀和收缩时, 可能在涂层中形成裂纹。如果在 HEMPADUR AvantGuard 涂层中形成裂纹, 则涂层中的玻璃球吸收来自初始裂纹的大部分冲击并阻止其恶化。此外, 在锌活化过程中形成的白色盐然后占据由微裂纹留下的空间, 防止其变得更严重。HEMPADUR AvantGuard 涂料可以在高湿度和高温下使用, 无起泡, 即使在干膜厚度较高的情况下也能抗裂纹。这提高了应用效率, 因为这意味着在焊接或拐角处需要更少的返工, 其中涂层经常被过度施加。Hempel 目前提供三种型号的 HEMPADUR AvantGuard 涂层, HEMPADUR AvantGuard 770, HEMPADUR AvantGuard 750 和 HEMPADUR AvantGuard 550。该公司今年早些时候获得了 2015 年 MP 腐蚀创新奖。Hempel 宣布推出 Hempadur 15460 替代其世界知名的 Hempadur 15400 罐用涂料。该产品基于胺加合物固化环氧树脂技术, 专门设计用作化学容器罐涂料, 为在一系列化学品(包括温度高达 80 °C 的原油)中连续浸渍提供了出色的耐受力。Hempadur 15460 为船东提供一系列优点, 包括: 双涂层体系, 减少了高昂的施工时间, 固体含量更高, 减少溶剂排放, 低货物吸收和滞留意味着更快的货物周转和更大的灵活性, 较高的交联密度提高了耐化学性。此外, 这种新的纯环氧罐涂层表现出高玻璃化转变温度, 具有耐高温性, 改善的耐磨性, 延长的最大再涂覆间隔, 以及硬的、平滑光泽的表面, 便于清洁。这种新的油漆涂层符合 FDA 对液体食品的运输, 并且专门用于耐受所有油品货物, 包括洁净的石油产品(CPP)、肮脏的石油产品(DPP)、原油、苯、酮等。

Hempadur 15460 不使用有毒产品, 可用于涂覆所有液货舱。它也适用于灰色和黑色水箱、泥浆和盐水箱、冷藏海水鱼缸和其他船舶罐。

PPG Industries 的工业涂料企业推出了 SPECTRACRON SEP 底漆, 一种快干、双组分湿碰湿环氧底漆, 以满足重型原始设备制造商(OEM)要求底漆具有更快的闪干时间, 增加生产量而不牺牲耐腐蚀性的要求。在引入这种产品之前, 在预处理的金属基材上的底漆和涂层的典型施用时间为 30 min, 其中行业现有湿-湿润的闪干时间为 5~8 min。通过将闪干时间缩短到 2 min, Spectracron SEP 底漆可使 OEM 厂商在不牺牲质量的同时提高生产率, 同时在其他操作领域实现成本节约。Spectracron SEP 底漆可用于具有 5 min、10 min 和 30 min 闪干时间的生产线, 使 OEM 能够简化储存并减少库存。该产品还提供没有溶剂溢出或浸入的更高光泽的表面处理, 以及改进的耐腐蚀性、循环时间、掩蔽性能和操作性。操作益处包括低挥发性有机化合物(VOC)排放, 更容易应用, 减少的流体流动和溶剂冲洗, 以及降低涂料成本。Spectracron SEP 底漆设计用于重型设备市场的所有领域, 非常适用于丙烷、水及储罐的运输和一般面涂。

2015 年 12 月 PPG 防护和船舶涂料公司推出了 Phenguard Pro, 一种双涂层酚醛环氧油罐涂料体系, 与传统的三层涂层体系相比, 该涂层体系为造船厂提供了超过 20% 的潜在效率提升。Phenguard Pro 提供了与目前市场上的任何产品相比最宽泛的耐化学性和最长的运输时间, 为成品油轮贸易提供最大的灵活性。PPG 专为通常在 30 000~60 000 t 的 IMO II 和 III 化学品油轮开发该产品。该产品拥有在超过 1 500 艘船舶上应用的良好记录。Phenguard Pro 两层涂层可达到 125 μm 厚, 所有其他的罐衬里涂料只能靠三层实现。该涂层体系可以在低至 5 °C 的温度下应用, 使其成为一个全年的解决方案, 从而降低了成本。该产品提供非常光滑的表面, 易于清洁, 节省了货物切换和罐清洁的时间和劳动力。

PPG 工业公司的防护和船舶涂料(PMC)业务部宣布通过承包商 Baynum Painting, 该公司供应高达 2650L 的油漆, 以翻新纽约市的地标之一世界最著名的游乐园月神公园新康尼岛的 Cyclone 过山车, 在 12 周内恢复其经典的白色光泽。PPG 为过山车的结构钢部件提供了 AMERCOAT® 370 环氧底漆和 PSX® ONE 丙烯酸-硅氧烷面漆, 并提供了 SEALGRIP® 底漆和 PITT-TECH® Plus 面漆。该公司的产品通常用于保护桥梁、储水罐、海军舰船、货船和世界安全以及运输基础设施的其他关键部分。

2) 建筑

继 Jotachar JF750 革命性无网格环氧树脂防火涂料的成功之后, 佐敦宣布推出新型环氧防火涂料 Jotachar 1709, 一种专为碳氢化合物加工和能源行业开发的无网格环氧树脂。Jotachar 1709 是使用 Jotun 成功的 Jotachar JF750 背后的革命性技术平台开发的。Jotachar JF750 连续被海上和陆上工业所接受, 作为传统的含有碳氢化合物池和喷射火情况的网格解决方案的替代品。Jotachar JF750 是操作人员和安装人员希望消

除与不正确的网格安装相关的风险,同时受益于安装时间显著减少的首选解决方案。

Jotachar 1709 专门设计用于保护钢材免受碳氢池火灾情况长达 4 h,如 ANSI/UL1709 标准中所定义。操作者还受益于长期腐蚀保护,降低的生命周期成本和消除与网格安装误差相关的任何风险。Jotachar 1709 与传统的被动防火解决方案相比,为陆地碳氢化合物加工行业提供了显著的优势。今天,混凝土或水泥基 PFP 材料广泛用于烃工艺和相关行业,需要管理与池火相关的风险,轻质水泥材料的安装通常包括焊接或镀锌钢网系统,所有这些增加了成本、安装时间,同时延长了关闭期。密集的混凝土具有高安装质量,通常需要额外的工程考虑,并且如果没有正确地维护则易于劣化。虽然这些 PFP 解决方案可能看起来具有低的初始成本,它们经常由于恶劣的工业环境而恶化,导致广泛的基材腐蚀,并且危害消防安全。经常需要频繁的检查和在资产寿命期间的大量维护以确保防火性能和钢的完整性,相比之下,Jotachar 1709 可以应用于连续应用过程。无网格解决方案不需要额外的焊接、金属或织物加固,消除了对复杂网格深度或重叠规则的需要,减少了材料成本和安装时间,与混凝土或水泥基的解决方案不同,Jotachar 1709 是非常耐用的,不需要额外的防风雨防变质。作为 UL1709 认证的一部分,不需要面漆,Jotachar Jotachar 1709 易于应用、维护和修理,大大减少了安装时间,缩短了资产停机时间。

FIRETEX FX9500 是来自宣伟的新一代不含网布的环氧树脂膨胀体,允许灵活的设计并降低项目成本。FX9500 提供对纤维素火灾的保护。在广泛选择的钢型材上新涂层可在 60、90 和 120 min 的时间段内覆盖,加载时间具有竞争力。它坚韧耐用,具有高抗下陷和抗流挂性,使用单腿无气喷涂,无网,95%固体体积,不含硼酸。在现场试验中应用发现,与竞争产品相比 FX9500 通过单腿泵非常容易应用,气味很少。产品达到与竞争对手相同的光洁度(对方必须使用更厚的膜,然后进行打磨,导致大量浪费的产品和不太安全的工作环境)。

宣伟的防护和船舶涂料(PMC)业务部宣布推出 Dura-Plate 2300,一种环氧树脂改性的水泥表面活性剂,用于修补和填充混凝土和砌体结构中的空隙和裂缝。Dura-Plate 2300 提供了具有优异黏附性的硬的耐久表面,最小化了通常与涂覆混凝土相关的针孔和除气问题的可能性。耐磨涂层包含波特兰水泥、疏水触变剂、纤维增强剂、分级石英砂和其他填料。在一个包装中包含 A 组分环氧树脂,B 组分硬化剂和 C 组分砂浆。该产品具有广泛的应用温度范围,适用于更长的使用季节。它的无限制的重涂窗口适应任何项目的需求,因为它可以调整降低黏度,并提高其长达 70 min 的适用期内的可操作性时间。Dura-Plate 2300 可以在 3~4 h 内干燥触摸,并在 24 °C 下浸渍 12 h 内固化。产品可以在最低 4 °C 下施加。不需要在较冷的温度下加热固化和在热环境中湿固化,Dura-Plate 2300 避免了胶凝修补砂浆的应用和固化限制。Dura-Plate 2300 适用于广泛环境中的涂料和衬里应用于之前混凝土表面的修

整,包括水和废水设施、石油和天然气工业、化工设施、桥梁和高速公路、食品和饮料场所、发电设施、采矿等。

Valspar 扩大了其专业产品组合,包括专为涂装承包商设计的水性涂料系列,包括直接金属底漆和面漆、预催化环氧树脂、催化环氧树脂、DryFall 和零 VOC 底漆。这一新的专业涂料系列专为商业和轻工业维护工作开发。新产品包括:Valspar 新型直接金属(DTM)底漆和面漆,提供高品质的金属防腐保护。面漆有两种颜色——半光泽和光泽,可以着色为各种颜色。底漆有三种通用颜色:白色、红色氧化物和灰色。对于需要增加耐用性和低气味的油漆作业,Valspar 推出预催化(Pre-Cat)环氧墙漆。它是一种理想的产品,适用于需要低 VOC 和低气味涂料的医院、学校和其他领域的机构。Pre-Cat 有两种光泽——半光泽和蛋壳光泽,可通过刷涂、辊涂和喷涂得到光滑、均匀的涂层。

采用先进交联技术的 Valspar 的催化水性环氧墙漆具有出色的耐洗性和耐化学性和耐污性。这些是仓库、更衣室和其他高流通区活动设施所需的主要品质。它有两种光泽,光泽和蛋壳光泽。新的 Valspar 零 VOC 底漆设计为高品质底漆,在建筑中提供均匀的面漆外观。它也是 Greenguard Gold 认证的,使其成为儿童或老人占用的空间,例如医院、学校、疗养院和其他敏感环境的很好选择。

CARDOLITE 公司推出水性环氧涂料的 CNSL 固化剂 NX-8101。NX-8101 专为性价比高的需要快速恢复使用水性混凝土底漆和自流平剂设计,对混凝土和面漆具有优异的附着力,耐用性出色。这种新的低气味环氧固化剂为水性,配方中不包含或需要任何溶剂,提供优异的性能。NX-8101 提供宽的配方自由度。基于 NX-8101 的涂料可以在胺和环氧树脂上着色,不需要乳化剂,并且易于在水中还原。较低的混合黏度允许较高的填料负载,从而使体系成本较低。

用 NX-8101 配制的底漆和自流平剂在极端条件如 10 °C 和 80%相对湿度下表现出快速固化,早期步行硬度和优异的膜外观,同时仍保持可使用的适用期。与许多水性体系不同,NX-8101 通过显著增加的黏度提供了可见的使用寿命终点。此外,基于 NX-8101 的涂料具有优异的对干和湿混凝土的黏附性以及对于家用和工业化学品的良好耐污性。PPG Industries 商业涂料集团在 DELFLEET Evolution 优质商业涂料体系中引入了 F4921 环氧底漆。F4921 是一种 2.1-VOC 灰色底漆,与 Delfleet Evolution 底漆和单层面漆兼容,具有出色的多功能性。它可以应用于一系列基材,如冷轧钢、铝、不锈钢、镀锌钢、玻璃纤维和固化表面。F4921 可快速干燥,在 30 min 内即可作为封闭底漆进行面涂,具有优异的附着力和耐腐蚀性,可供原始设备制造商(OEM)用于车间修理。其快干特性将有助于加快各种规模的商店的周期时间和生产力。它可以施加在裸露的金属上作为保护层或作为现有表面上的密封剂。F4921 的低 2.1-VOC 等级使其符合美国和加拿大的所有地区要求。

DIC 开发了单组分水性环氧树脂防腐涂料 EPICLON H-502-42W,具有优异的耐腐蚀性。该产品的目标是在金属材料

料,如桥梁、汽车、船舶的底涂中使用,2016 年 5 月已开始出售。常规的单组分水性环氧树脂为水分散性,由于分子中亲水性基团很多,耐蚀性与溶剂型环氧树脂相比,效果不理想。与此相反,EPICLON H-502-42W 增加了对分子质量的控制,具有高摩尔质量。尽可能降低了分子中亲水性基团含量,从而使其耐腐蚀性提高,甚至达到与溶剂体系相同的水平。该新产品为单组分,但它也可与固化剂如三聚氰胺结合作为双组分涂料使用,以便形成更坚固的涂层。

DIC 在其全资子公司日本北部聚合物公司和中国的张家港迪爱生化学(中国)同时生产相同的新产品以满足日本国内外对水性涂料的增长需求。该公司现已在亚洲扩大销售水性涂料树脂。包括水性环氧树脂,这是一个增长领域,公司目标是在 2020 年销售额达到 40 亿。

3) 汽车

PPG Industries 的汽车修补漆商业涂料集团通过添加 ESU480 2.1-VOC 环氧底漆,增强了 DELFLEET ESSENTIAL 商业涂料体系。ESU480 完全兼容 Delfleet Essential 底漆和单层面漆。新的底漆特点是具有卓越的多功能性,可用于一系列基材,如冷轧钢、铝、不锈钢、镀锌钢和镀锌钢板以及搪瓷表面和玻璃纤维。ESU480 采用先进的技术,以提供卓越的附着力和耐腐蚀性。它是一种灰色、薄膜环氧树脂,轻松铺设,无需砂磨。底漆提供快速重涂时间和快干功能。其低 2.1 VOC 含量使其符合所有美国和加拿大标准要求。ESU480 以 4:1 的混合比应用,并具有 4 h 的适用期。这种非砂光底漆可在许多基材上可靠地工作,并提供光滑的表面和快速的面漆时间。

该公司后续又开发了两种低 VOC 环氧底漆 ESU481 2.1 环氧底漆-白色和 ESU482 2.1 环氧底漆-黑色,它们是 ESU480 环氧底漆的变体。和 ESU480 一样,ESU481 和 ESU482 具有出色的多功能性。每种底漆与 Delfleet 基本底漆和单层面漆相容。使用先进的 PPG 技术,ESU481 和 ESU482 还显示出优异的黏附和耐腐蚀性能。底漆也是异常柔韧的,并且适用于宽范围的基材,例如铝、冷轧钢、不锈钢、镀锌钢、玻璃纤维和搪瓷表面。ESU481 和 ESU482 分别是白色和黑色的薄膜环氧底漆,它们的低 VOC 水平使其符合美国和加拿大的所有地区的要求。

Axalta Coating Systems 公司推出了一种新的非研磨、含铬酸盐的环氧底漆 Corlar 821CR,用作商用车的环氧底漆。该产品被设计用于在金属基材上,具有优异的黏附性和耐腐蚀性。这种新的封闭底漆应与两种新的活化剂,822S(标准)和 823S(慢速)配合使用,以实现更大的应用灵活性。Corlar 821CR 环氧树脂底漆适用于 OEM 更换部件,正确打磨或制备的钢、铝、镀锌钢或不锈钢,以及在 Axalta 商用车底漆和面漆下使用。

该公司还为经济型商用车市场推出了新的 Rival 环氧底漆 RV450。其可在正确处理的基材上提供最大的黏附性和耐腐蚀性。该产品是一种双组分、高固体、无打磨环氧底漆-密封胶,具有 1.47 kg/L VOC 水平。建议与 Rival 面漆产品一起

使用。

4) 船舶

Hempel 公司宣布在加拿大、美国和墨西哥推出 Hempadur Quattro XO 17820。这种高性能双组分纯环氧 PSPC 柔性涂层已开发用于海洋造船业。Quattro XO 17820 是为新船的压载水舱开发的,但它也可用作大多数船体部分(水线以上和以下)的通用底漆,为客户提供高质量的性能和安心。它是专门为适应美国造船厂的工作方法而创建的,因此具有更短的重涂间隔,降低了维护成本。另外,其较高(80%)体积固体含量意味着较少的 VOC 释放到大气中,这在北美是优选的。

阿克苏诺贝尔的 Marine Coatings 业务推出了一流的防腐通用底漆 Intershiield One-2-One,维护简便,避免浪费和防腐保护增强。Intershiield One-2-One 是 AkzoNobel 的国际船用涂料系列的一部分,是一种用于船上维护的表面耐受性通用底漆。它基于公司的 Intershiield 300 纯环氧树脂技术,提供了独特的耐磨和耐腐蚀性能,具有最佳的硬度和柔性,提供长期性能和有效的腐蚀控制。Intershiield One-2-One 的应用可显著减少涂料的浪费,并降低不正确混合和随后涂层失效的风险。Intershiield One-2-One 可用作容器大部分区域的底漆。这种多功能性使船员能够简化油漆库存管理,从而将多个产品合并为单个维护解决方案。它满足所有需要的船上维修特性,以及船舶经营人期望的服务性能。Intershiield One-2-One 具有增强的表面公差特性,使其能够应用于各种表面,降低表面处理要求。它设计用于低至-5℃下使用,并能在-20℃下固化至干膜。这消除了在大多数地区的船上维护对天气的依赖,为船舶和船员在维护调度方面提供了更大的灵活性。

PPG 工业的保护和船舶涂料(PMC)业务推出了 PPG ONE 系列,这是一种三种独立涂料产品的集合,旨在以易于使用的单组分包装提供工业级保护。PPG ONE 系列预混单组分涂料除了节约成本和时间外,其性能等于或超过了常规双组分产品。其中 AMERCOAT ONE 是一种单组分环氧树脂产品,具有双组分环氧树脂的耐腐蚀性,易于应用并且具有优异的颜色和光泽稳定性以及出色的耐腐蚀性。

5.3.5.2 复合材料^[184-197]

1) 汽车

亨斯曼先进材料公司在 2016JEC 世界会展中获得两个行业技术开发奖。第一个获得高度认可的奖项是 JEC 世界 2016 年创新奖,该公司与 Compose SA, IndAC AG 和 ThermoFLUX 公司合作,获奖项目在热固性树脂类别中名为“不到 1 min 内提供高压釜质量的环氧结构部件”。所涉及的工艺创新是动态流体压缩成型(DFCM),使用快速固化的 ARALEDITE 环氧树脂溶液,可直接从模具中提供质量稳定的产品,产品特征在于高纤维含量和无空隙部件。

该工艺将 Huntsman 的 30 s 固化环氧树脂体系与新型压缩成型技术相结合,该公司声称其能够在 1 min 以下的循环时间内生产自动加压质量的结构部件。此外,该工艺提供了很大的设计自由度,能够生产复杂的深拉部件,与更传统的压缩模塑方法相比,浪费很少。该方法在汽车部件的大批量生产

中特别有用。亨斯迈的 Araldite 环氧树脂体系之一目前用于制造 BMW i 系列汽车。该体系在 130 °C 下具有 2 min 的固化时间, 压缩模塑过程的总循环时间约 2.5 min。最新的 Araldite 环氧树脂体系不仅比其前身固化更快, 而且表现出更高的玻璃化转变温度, 能够加工至 150 °C。这些因素结合可使 140 °C 下的固化时间达到 30 s, 这意味着无须后固化的话, 仅有 1 min 的压制周期时间是可能的。固化后, 环氧树脂体系的 T_g 为 120 °C, 伸长率超过 5%。DFCM 工艺的简单性消除了对高压注射的需要, 并且在许多情况下甚至不需要黏合的纤维预制件, 消除了生产中复杂且昂贵的步骤。Huntsman 表示, 与高压树脂传递模塑 (HP-RTM) 或压缩 RTM 相比, 使用这种工艺, 设备投资成本降低, 因为较低的模具压力意味着可以使用较轻的注塑机。与常规的湿压缩模塑 (WCM) 方法相比, 该方法降低了层压材料的空隙含量, 它们具有小于 1% 的典型孔隙率含量, 与那些采用 HP-RTM 或高压釜处理的预浸料相当。实际上, 在没有特殊加工条件的情况下可实现 66% 的纤维体积含量。重丝束工业织物 (例如用 Zoltek 50k Panex 35 纤维制成) 即使用 960 g/m² 的平纹织物制成也容易浸渍。

另一个获奖项目是设计和建造有史以来第一个全复合灯塔。合作伙伴包括西班牙的 Acciona Infrastructures Aimplas, DOW, SAERTEX, Owens Corning 等。在该项目中, 需开发一种低放热、低黏度的环氧树脂浸渍和 RTM 树脂, 具有长适用期以及适合的环氧基结构粘接剂, 具有触变性, 并且易于施加在垂直表面上。

Hexcel 公司透露其快速固化环氧基碳纤维预浸料被宝马公司用于加强 7 系列 B 柱的金属外壳。Hexcel 公司为德国宝马公司提供预制件, 由置于各种方向的单向碳纤维预浸料结合粘接剂制成。预浸料由 Hexcel 的 HexPly M77 制成, 具有公司的 M77 树脂体系的特点。M77 环氧树脂在 160 °C 下在 1.5 min 内固化, 树脂的玻璃化转变温度为 125 °C。HexPly 预浸料还在室温下的保质期为六周, 使用它制成的部件可以从模具中取出, 同时仍能保证快速的生产周期。由 M77 制成的预成型坯的低黏性意味着它们可以使用激光设备被切割成精确的形状。然后可以使用机器人将各个预浸料层定向、组装和固结成扁平预成型体。一旦在模具中, 预浸料的凝胶时间允许树脂流入其轮廓以产生具有精确几何形状的部件, 可满足汽车工业批量生产的要求。Hexcel 在奥地利 Neumarkt 安装了一个完全自动化的生产线, 将单向预浸料在几秒钟内转换成双向预制件。该生产线允许将不同重量和取向的预浸料层组合在同一层中, 并且包括自动切割、相机辅助层定位、黏合剂和自动包装的集成。这种完全自动化的生产单元使每天可生产多达 500 辆汽车的 B 柱预成型件。BMW 正在使用混合压制工艺为 7 系列生产金属-碳纤维增强塑料 (CFRP) 零件。在混合压制中, 碳纤维将浸渍有湿润树脂的织物放置在具有钢板的成型模具中, 然后将钢加压并硬化黏合到 CFRP 上。混合组分轻, 但提供高水平的刚性和良好的碰撞性能。

Hexion 公司的玻璃和碳纤维环氧树脂体系被用于制造 Lotus 3-Eleven 超级跑车的复合汽车面板。该公司表示与其他

Lotus 车型相比, 使用该体系后车重减轻了 40%。轻质车身面板使得高性能公路车辆的质量在 900 kg 以下, 功率/质量比超过 367.5 kW/t。Lotus 3 可以在不到 3 s 内从零加速到 97 km/h, 并且可以达到 290 km/h 的速度。该体系采用预成型黏合剂, 该预成型黏合剂在玻璃纤维增强料在板模具中层叠时施加, 以将纤维固定为期望的形状。然后, 加热的模具在高压下加压并注入定制的环氧树脂体系。通过控制温度、树脂在模具中的流动和压力, Hexion 的工艺可做到将所需的树脂量最小化。该新工艺首次用于汽车生产, Lotus 在其车辆上集中采用了开拓性的新技术和轻型材料。

2) 石墨烯/航空航天

添加石墨烯改变基体树脂的基本特性 (如导电性) 将形成完全新一代的石墨烯增强复合材料。

英国的公司在 NanoSynth 项目中开发了一种在环氧树脂中原位生产石墨烯的方法。该项目于 2013 年 4 月开始, 由 Innovate UK 资助, 该项目的合作伙伴已生产出石墨烯增强环氧树脂树脂, 其在力学、热和电性能方面显示出显著的提高, 可应用于航空航天部件。目前, 该技术适用于预浸渍体系, 将需要进一步的研究以在灌注体系中获得同样的效果。NanoSynth 项目于 2016 年 3 月底结束。全球环氧树脂市场规模 95 亿英镑。目前还没有适用于生产工业数量的石墨烯基环氧树脂的成本效益高的技术。该项目一直在探索使用对转角 (ConCor) 研磨以剥离市售石墨, 并将所得石墨烯直接分散到树脂中。由 Glossop 和 Primary Dispersions Ltd 的 Maelstrom 开发的 ConCor 研磨清洁、高效, 可替代传统介质铣削。

ConCor 使用受控内联的内部双辊研磨代替使用不同材质的硬珠随机研磨颗粒, 极端条件下材料在同向旋转或反向旋转的辊之间通过。项目的成果将真正赋予英国全球竞争优势, 不仅用于航空航天部门, 而且也适用于其他行业如汽车。

作为与环氧树脂、丙烯酸和聚氨酯 (PU) 树脂制造商 Huntsman Advanced Materials 的联合开发和商业化协议的第一步, 拥有正在申请专利的石墨烯工艺的纳米复合材料专业公司 Haydale Composite Solutions (HCS) 有限公司的复合材料部门与 Huntsman 的先进材料部门签署了一份意向书。HCS 的母公司 Haydale 将使用其专有的 HDPlas 工艺功能化石墨烯纳米片 (GNP), 并将其添加到 Huntsman 的 Araldite 树脂中以产生高负载母料。根据拟议的协议, 预计亨斯迈和 HCS 将开发和验证在这些环氧树脂中使用 GNP。合作伙伴关系的最终目标是在复合材料市场开发石墨烯增强型 Araldite 树脂的商业应用。复合材料市场是石墨烯和其他纳米材料的战略部门, 这项工作开辟了一系列全新的先进复合材料和产品的潜力。Huntsman 公司表示以 Haydale 在功能化 GNP 方面的专业知识和 Huntsman 在环氧化学领域的的能力, 应该创造出多种新的机会, 满足日益增长的复合材料市场的需求。

环氧石墨烯材料已被证明可有效熔融直升机叶片上的冰。美国德克萨斯州休斯敦的莱斯大学开发的注入纳米石墨烯的环氧树脂薄涂层可有效熔融直升机叶片、风力涡轮机、输电线路和其他暴露于寒冷气候的表面上的冰。在 -20 °C 的测试

中, 当将小的电压施加到涂层上时, 厚度为 1 cm 的冰熔化在静止的直升机转子叶片上, 其将电热-焦耳加热传递到叶片表面。纳米带由多壁碳纳米管 (MWCNT) 解压商业生产, 所述多壁碳纳米管是 2009 年在 Rice 发明的一种工艺, 该产品导电。原始石墨烯对电流提供很小的阻力, 并且不会产生足够的热量来熔化冰或防止其在表面上形成。在 Rice 做的前述实验已经表明, 纳米带可以用于雷达圆顶甚至玻璃除冰。将这种复合材料涂层应用于机翼可以节省空运的时间和费用, 现在用于飞机除冰的基于乙二醇的化学药品存在环境问题。纳米石墨烯占复合材料涂层比例低于 5%。复合材料的薄涂层铺展在直升机转子叶片段上, 然后替换用作转子叶片上的前缘的导热镍磨损套筒可将复合材料加热至超过 93 °C。对于运动中的翼或叶片, 在加热的组合物和冰面间首先形成的薄薄的水层应该足以使得冰块松动并脱落而不必使之完全熔化。研究人员报告说, 复合材料在高达约 315 °C 下保持稳定。涂层还可以帮助保护飞机免受雷击并且提供额外的电磁屏蔽层。

目前正在进行大量研究和开发工作是将纳米材料用于保护航空航天部件的复合材料中。一项由英国国家航空航天技术开发计划 (NATEP) 授予和管理的为期 18 个月的研究项目: 能够承受雷击的高度导电的碳纤维增强环氧树脂正在开发中。碳纤维增强的环氧树脂广泛用于生产飞机结构, 例如机身、前缘和翼表面。然而, 这些复合材料是不良导体, 易受到雷击的损害。为了克服这一缺陷, 将铜或铝网加入到复合材料中, 但这增加了其质量和生产成本。NATEP 项目的目的是通过添加官能化石墨烯来提高环氧树脂的导电性, 消除对金属网的需要。该项目将涉及两个最终用户: 英国航空公司、BAE 系统公司。该项目的其他合作伙伴包括提供雷击建议和测试的 Cobham Plc, 预浸料供应商 SHD Composites Ltd 和功能化石墨烯增强型环氧树脂供应商 HCS 有限公司。

NATEP 正在为研究项目需要的 30 万英镑经费提供高达 15 万英镑的赠款, 其中 TICS 将获得 10 万英镑。HCS 公司的前身为 EPL Composite Solutions 公司, 该公司将石墨烯带到复合材料市场, 2014 年年底被 Haydale 公司收购。Haydale 开发了一种可扩展的功能化工艺, 称为 HDPlas, 可使这些纳米材料能够被纳入基质树脂中。除了增强电导率, 将石墨烯添加到碳纤维增强塑料 (CFRP) 中使得复合材料显著地更坚固、更坚韧, 并且更耐压缩。

Haydale 最近宣布与英国石墨烯生产商 Versarien Plc 和澳大利亚矿业公司 Tala Resources 合作, 该公司为其提供纳米材料的安全供应以实现其功能化。

波音公司的主席 Jim McNerney 声称, 波音公司在复合材料领域的下一个创新可能会导致高压釜过时。在构成 787 的机身和 787 和 777X 的机翼的复合结构中的环氧树脂必须在高压釜中固化。这种耗时和昂贵的工艺使得机身制造商很难逐渐降低 787 的制造成本, 因为这种工艺已使用接近 4 年。

但是, 波音公司已经在评估不需要在高压釜内部进行固化的新型复合材料。McNerney 说: “我们正在研究显著降低成本和重量的新型复合材料基体, 并且不能采用高压釜工艺。

McNerney 没有提供详细说明, 但是该方法听起来类似于波音已获专利的名为受控大气压树脂浸渍 (CAPRI) 工艺, 即在真空辅助过程中干态复合材料纤维浸渍在环氧树脂中。新的变革非高压釜材料将奠定航空领域从金属到复合材料结构过渡过程中新的里程碑。复合材料可在提高强度的同时降低机身质量, 但通常以制造成本、速度和简单性为代价。而在不久的将来复合材料领域成本和能力都将有所改进。

用于固化热固性材料的焦耳加热工艺完成空中客车验证试验。采用电流通过环氧树脂和黏合剂使其固化的方法已经在 Airbus Getafe 的第一次验证试验中完成。空客公司和 IMDEA 材料研究所的工艺开发人员声称, 该工艺可用于合格的航空航天树脂和黏合剂, 同时比传统的固化方法更节省时间和能源。该方法具有一对一的能量转换, 即所有的电力都转化为热量, 此外, 通过避免使用高压釜、红外灯, 固化过程被简化并且更快。而在传统方法中, 热从源 (例如炉) 流到模具, 然后到部件, 在电阻固化中, 热量直接在样品内产生。环氧树脂通过焦耳加热在聚合物基质中分散的纳米碳-碳纳米管 (CNT) 和石墨烯而固化。纳米碳颗粒 (小于 100 nm) 之间的小距离导致高达 740 °C/min 的加热速率, 比基于烘箱的固化更为均匀。这种新型固化方法优于传统方法, 例如可使用电阻加热修复航空航天复合材料部件, 可用于玻璃纤维复合材料层压板的制造以及 CNT 的组件的焊接等。使用相同的方法 (质量分数不同) 制备 CNT 和石墨烯样品, 将已知质量的纳米碳 (CNT 或石墨烯) 加入到环氧树脂中, 然后使用三辊研磨机以恒定的输出辊速度通过压延分散。将硬化剂加入到纳米碳/树脂混合物中并机械搅拌。为了通过焦耳加热固化样品, 将纳米碳、环氧树脂和硬化剂的混合物置于聚四氟乙烯 (PTFE) 模具中, 在两端预先放置两个电极。这些电极连接到电源, 电源根据预定的温度斜坡施加电压。这种固化技术可以显著降低飞机选定部件维修和/或组装过程中的能源消耗。另一方面, 通过避免使用高压釜、烘箱或其他加热装置并通过高度缩短固化时间, 可以显著降低复合修复和/或组装成本。

一种高氢环氧基质 (UN-10) 偶联硼和碳纤维 (IM-7) 的多功能新型多官能团的杂混结构复合材料已被开发出来。采用该材料制造了 46 cm×46 cm 的标准面积密度为 0.35 g/cm² 的原型层压板。环氧树脂中的氢原子将提供针对高能质子、电子和重离子物质的屏蔽强度, 而具有高中子横截面的硼纤维将有助于屏蔽中子并减少来自次级反应的高能光子的累积。碳纤维将提供改善的力学强度。该复合材料的制造直接、简单, 可由非热压釜工艺制造。此外, 制造技术易于质量控制和转为商业制造。

3) 船舶

North Thin Ply Technology (NTPT) 公司改进了其 ThinPreg 80EP 产品。ThinPreg 80EP 是 NTPT 的关键产品之一, 是由碳纤维浸渍在热固性环氧树脂体系 736 中制成的最低固化温度 80 °C 的单向带。改进的范围包括更新 736 基体, 改善其黏性和流动行为, 使其适于制造较厚的层材料 (150~

300 g/m²)。它可用于广泛的纤维之中,包括标准、中等和高模量 UD 增强纤维。NTPT 还推出了基于相同体系的织造和多轴预浸料产品以及高韧性胶膜,也开发了 736 体系的纳米颗粒增强版本。该系列补充了预浸料剥离层产品,使得 NTPT 能够提供范围广泛的造船预浸料产品。

4) 运动器材

Sicommin 公司和 Nidecker 公司联手开发了 Nidecker 的第一个生物基滑雪板。Sicommin 是环氧树脂解决方案的供应商,它与滑雪板制造商 Nidecker 合作生产 Nidecker 的第一个生物基滑雪板。Nidecker 样板使用 Sicommin 的 GreenPoxy 56 生物基环氧树脂,其中 50% 以上来源于植物。根据 ASTM D6866 测试,GreenPoxy 56 具有市场上最高的绿色碳环氧树脂含量,Sicommin 表示该板使用常规的压缩模制热压制造。

5.3.6 结语

尽管环氧树脂行业仍处于低谷中,但环保和高性能新材料和工艺的开发没有停步不前。水性环氧树脂及涂料的发展前景被看好,水性环氧树脂的产能不断扩充,配套固化剂产品不断出新;海洋管道、船舶用防腐涂料仍是开发热点,石墨烯材料近成成为航空航天复合材料研究开发的新宠儿,新的环氧成型技术将为飞机和汽车行业复合材料的制造带来革命性的进步。环氧树脂应用技术正在与时俱进,不断创新。

5.4 不饱和聚酯树脂

我国不饱和聚酯树脂面向的是内需市场。内需市场的活跃和扩大,推进了 UPR 的持续增长,特别是当前全球低碳经济对各个产业的影响以及能源限额为内容的低碳标准逐步出台,大大推进对低成本、低耗能、多功能轻型结构玻璃钢的需求。近几年,“低碳设计”技术和玻璃钢设计技术的融合,高性能玻璃纤维,低黏度、高强度树脂以及功能助剂、功能填料的开发,在玻璃钢高强、轻质的设计前提下实现了低成本,应用更为宽广。环保节能、绿色生产正在规范玻璃钢成型工艺的推广,闭模抽真空灌注成型工艺清洁、环保、节能、省材,成为淘汰敞开式手糊工艺必然选择。此外,闭孔结构泡沫和轻木融入了玻璃钢夹层结构设计后,不仅带来了制品的冲击性能提高和轻量化,也大大节约了树脂和玻纤原材料。3D 设计的出现,加速了玻璃钢设计的精度和速度;纤维预浸料作为 3D 光固化必选材料,对 UPR 的性能提出更高的标准和要求。

近年来,我国不饱和聚酯树脂制品的产品结构发生较大变化,增强与非增强用树脂比例由原来的 70:30 改变为 2002 年的 55:45。2015 年,国家新能源车上路达 50 万辆。大量的玻璃钢组合件将替代传统钢铁件和铝制件。至 2020 年,我国高铁网建设将由目前的 7 536 km 扩展到 1.6 万 km,将增加一倍。我国高铁以及城市轨道交通的玻璃钢零部件制造技术已十分成熟,新品开发层出不穷,已形成为高铁和轨道交通配套的玻璃钢产业群^[198]。

5.4.1 市场动态

哈尔滨天顺化工科技开发公司继在 2015 年底成功达产低成本 T700 级碳纤维基础上,经过一年刻苦攻关,利用自产千

吨线生产的原丝,再次突破低成本 T800 级碳纤维生产技术。目前,天顺化工规模化生产的 T800 级碳纤维成本仅为 350 元/kg,该技术不仅打破了部分国家在高性能碳纤维领域对我国实施的贸易封锁,更将生产成本降到国际价格的三分之一^[199]。

改性塑料主要应用在汽车、家电、电子电气、建筑、医疗等行业。但未来“以塑代钢”和“汽车轻量化,家电轻薄时尚化趋势明显,汽车和家电仍将是重点增长领域。金发科技仍处于国内龙头地位,但第二名的中车时代新材发展迅猛。如果未来高铁和轨道交通的应用大规模释放,中车时代新材将有望进一步加速发展。中国鑫达在纳斯达克上市,业绩优秀,但市盈率仅为 3 左右。对比国内同类上市企业市盈率在 30 倍左右。2017 年新上市的道恩高分子,其业务主要是改性塑料和热塑性弹性体。石化和煤化工企业如果希望发展下游化工新材料,这两个方向值得重点关注。南通美国复合材料有限公司在开曼群岛注册成立的美固科技控股集团有限公司是玻璃钢格栅行业标准起草单位,是玻璃钢盖板、玻璃钢护栏、污水池加盖大型研发生产基地,拥有多项玻璃钢格栅技术专利。公司近三成收入来自美国。该公司上市后计划提升研发实力,用于轨道交通的复合材料已完成研发,正在进行测试,预计今年投产。

艾仕得涂料系统宣布收购北美一家知名工业漆及汽车漆制造商 Ellis 油漆公司^[200]。

截至 2017 年 1 月,国内苯乙烯市场价格整理上扬。国际方面,因马丁路德金日纪念日,美国 WTI 休市;布伦特原油 3 月期货周一上涨 0.41 美元,报 55.86 美元/桶。电子盘走高,国内生产企业部分跟随市场上调报价,主流市场间多空基本面无实质,持货优质货源少而集中,控盘惜售拉涨,原料涨价,生产成本提升,纯苯厂家价格上调,乙烯窄幅整理。国内市场,华东持货商成交量继续欠佳,但是仍有跟进成交支撑,持货商提价,市场继续小幅商谈走高。华南,持货低价惜售,市场价升量缩,报价上扬。华北,货源企业暂企稳,市场交投平淡,市场暂稳定^[201]。

据《荷兰新闻网》3 月 16 日报道,荷兰帝斯曼集团(DSM)与 CVC 风险资本集团达成协议,共同创立一家新公司,新公司将收购帝斯曼的聚合物中间体(用于生产尼龙和塑料的己内酰胺和丙烯腈)和复合树脂业务。CVC 拥有新公司 65% 的股份,DSM 持有剩余股份;新公司共有员工 1 950 名,预计年销售额超过 20 亿欧元。DSM 首席执行官谢白曼表示,新公司将在 CVC 的领导下独立运转,DSM 则将重点集中在提升营养配料和性能材料等业务上^[202]。

日立化成工业公司制成了耐人行不饱和聚酯组成物,该组成物与玻璃钢沙制成的增强模塑料,在 180 ℃/2 h 不断裂。日东纺绩公司则制成阻燃型玻璃纤维增强的不饱和聚酯树脂厚度为 0.6~3.0 mm 的格式面板。昭和聚物公司通过添加低收缩剂固体,可使不饱和聚酯树脂组成物的粘接强度达 24.5 MPa,线性收缩系数降至 0.32%。日本孟山都工业化学公司使用聚(醋酸乙烯酯)(DenkaASRM4)作不饱和聚酯树

脂的低收缩添加剂, 研制出收缩仅为 0.096% 的模型材料^[203]。

5.4.2 不饱和聚酯树脂复合材料

巴西的研究人员 Lavoratti 与同事从软木和硬木干纤维素废物中获取不饱和聚酯树脂复合材料以及纤维素纳米纤维, 并对其开发, 并且评估了纤维的性能以及纤维素纳米纤维对复合材料的动态机械性能和热力学性能的影响。他们使用直径为 70~90 nm 的纤维素纳米纤维, 经研究发现, 硬木的 α -纤维素含量要高于软木, 研磨后纤维素纸浆的结晶度降低。然而, 研磨并不会显著改变纤维的化学成分。硬木纤维素纳米纤维在含有 1% 纤维的情况下, 具有接近纯树脂的吸水率, 其力学性能有小幅上升, 热稳定性有所增长^[204]。

葡萄牙的研究人员 Costa 等研究了基于大豆油和椰子油的不饱和聚酯树脂 (UPR) 的开发。首先不饱和聚酯 (UP) 通过可再生单体的缩聚合成, 并使用苯乙烯进一步交联。然后使用衰减全反射傅里叶变换红外 (ATR-FTIR) 和质子核磁共振 (^1H NMR) 光谱对新的 UP 的化学结构进行确认。通过热重分析 (TGA) 和动态机械热分析 (DMTA) 研究 UP 和 UPR 的热性能和力学性能, 其结果用以评价可再生单体掺入材料对其性能的影响。通过 TGA 分析显示, 生物基 UP 在 250 $^{\circ}\text{C}$ 时热稳定最好。新 UP 的 T_g 值在 -11 $^{\circ}\text{C}$ 和 2 $^{\circ}\text{C}$ 之间变化, 其中, 由生物基大豆油和丙二醇构成的 UP 具有最高 T_g 值。结果表明, 交联之后的 UPR 显示出比 UP 更好的热稳定性^[205]。

法国的研究人员 Arrieta 等在 120~160 $^{\circ}\text{C}$ 的温度和 0.02~2.0 MPa 的氧气压力下, 研究乙烯基酯和不饱和聚酯的热氧化老化。通过 FTIR 光谱法检测, 两种材料的氧化显示产生酸酐, 这种变化的根源是酯的 α 位上的 CH_2 基团的氧化, 以及其显著的质量损失。研究人员通过使用 FTIR, 研究结果表明, 乙烯基酯显示出比不饱和聚酯更易氧化, 但是该特征被较低的挥发性产率所抵消。因此, 研究人员发现, 在 160 $^{\circ}\text{C}$ 下氧化层的厚度在不饱和聚酯 (约 600 μm) 中比在乙烯基酯 (约 200 μm) 中更高, 并且似乎不受填料含量高的影响^[206]。

Jiwaji 大学的研究人员 Jain 对一种抗生素药物——四环素进行研究, 主要研究其吸附能力。研究人员分别在 30、40、50 $^{\circ}\text{C}$ 下对不饱和聚酯树脂进行吸附研究。经研究发现, 四环素是一种低成本潜在的有效吸附剂。研究人员初步研究分批进行吸附, 使用四个广泛应用的等温线模型, 即 Langmuir、Freundlich、Temkin 和 Dubinin-Radushkevich 测试实验平衡数据。测定热力学参数、标准焓 (ΔH°)、标准熵 (ΔS°) 以及标准自由能 (ΔG°)。 ΔG° 的负值表示朝向自发过程, ΔH° 的正值表示四环素对不饱和聚酯树脂的吸附是吸热过程。吸附过程遵循伪一阶秩序模型。研究人员使用拉格伦格伦伪一阶动力模型对吸附过程的大规模转移性能进行研究。通过颗粒内扩散模型确定吸附过程的机理。研究结果表明, 四环素可用于水溶液中去掉不饱和聚酯树脂的低成本有效的吸附剂^[207]。

印度的研究人员 Sikarwar 等研究了从不饱和聚酯树脂非

炭吸附剂水溶液中去掉抗炎药物美沙拉嗪危险药物污染物。他们分别对美沙拉嗪样本的 pH 值、接触时间、吸附物浓度 (0.1~0.7 mg/mL) 以及温度 (30~50 $^{\circ}\text{C}$) 的函数进行测试。结果表明, 美沙拉嗪在 pH 值为 10.2 时吸收最好, 随着氢氧离子浓度的增加, 不饱和聚酯树脂的吸附提高, 并且使用 Langmuir 吸附等温线模型模拟的数据要比 Freundlich 吸附等温线模型的模拟数据更准确。研究人员计算热力学参数 (ΔG 、 ΔH 和 ΔS), 结果表明, 美沙拉嗪在不饱和聚酯树脂里的吸附是可行的, 并且是自发和吸热的。研究人员使用拉格伦格伦一级动力学模型研究吸附过程的质量传递性质, 并在不同温度 (303~327 K) 下测算美沙拉嗪 K 值, 从颗粒内扩散模型确定吸附过程。曲线不通过原点表明去除不饱和聚酯树脂上的美沙拉嗪是极其复杂的, 表面吸附和颗粒内扩散都有助于速率确定步骤^[208]。

中国生物重点实验室的研究人员用不饱和聚酯树脂浸渍中国杉木以提高其性能。他们将 20 mm×20 mm×20 mm 的样品用环氧树脂和锡箔分成不同的部分, 并在各种参数下进行浸渍实验。真空度分别为 -0.04、-0.06 或 -0.08 MPa, 真空持续时间分别为 15、30 或 45 min。实验结果表明, 获得的浸渍质量分数取决于固化质量分数。真空持续时间对固化质量分数增益的影响要小于真空度, 并且与其他部分相比, 横向部分的浸渍最成功。研究人员得出的结论是, 最佳浸渍参数是样品尺寸为 200 mm×100 mm×20 mm, 大气压力下进行 120 min, 然后 -0.08 MPa 真空下进行 30 min 改性。在固化过程中, 质量分数增益和开裂的不均匀分布表明 -0.09 MPa 真空下 30 min 的后处理是完成浸渍过程的最有效的方法。在浸渍处理后, 样品的弯曲强度和弹性模量都有所提高。在无后加工的情况下, 浸渍后样品的弯曲强度达到 112.85%, 但真空加工后仅达到 71.65%, 弹性模量在有无处理后分别提高 67.13% 和 58.28%^[209]。

澳大利亚的研究人员 Yan 等提出了在非极性热固性基质中嵌入原纤化纤维素, 而不使用有机溶剂或者化学表面改性剂的新途径。研究结果表明, 微纤化木质纤维素是由含有高残留木质素含量的纤维素组成, 其可使含有不饱和聚酯树脂的乳胶在水中表现稳定, 是由于其具有两亲性的表面化学性质。在树脂聚合时形成热固性微球嵌入微纤化纤维素网。多孔网络结构在烘箱中常规干燥之后保持, 产生力学性能稳定的多孔材料。在应用实验中, 研究人员将多孔材料填入优质粉末中, 然后加入到含有玻纤增强不饱和聚酯树脂复合材料中。结果表明, 复合材料的断裂韧性有明显改善, 而弯曲强度和刚度有所降低^[210]。

国外研究人员 Kandola 使用酚醛清漆树脂与 4-乙烯基苯基氯进行化学反应, 得到可聚合的乙烯基苯基。改性的酚醛清漆像苯乙烯一样自发聚合, 可与不饱和聚酯树脂物理和化学相容, 并且自由基可以单独固化 (交联), 与 UP 混合作为反应性稀释剂。固化的乙烯基苯基甲基化的酚醛清漆和它与 UP 共固化的混合物显示出了优于单独固化的 UP 的阻燃性, 并且具有作为玻璃复合层压材料, 特别是海洋结构中基体树脂的

潜在作用^[211]。

作为常规合成的不饱和聚酯树脂的替代品,来自土耳其 Department of Biomedical Engineering 的研究人员可以在两步内合成环氧化马来酸蓖麻油 (EMACO)。首先,他们将蓖麻油与马来酸酐在 70 °C 下进行反应,得到马来酸蓖麻油 (MACO)。然后,在 0~5 °C 下使用甲酸和过氧化氢的混合物对马来酸蓖麻油进行环氧化。合成的 EMACO 的游离羧基在 90 °C 与 EMACO 的游离环氧基团再进行反应。最后,在反应结束时,得到不饱和聚酯前体-预聚物 (P-EMACO)。研究人员使用 FTIR 和 ¹H NMR 光谱技术对合成的单体进行表征。然后将 P-EMACO 与苯乙烯混合,并在 50 °C 下在 AIBN 存在下进行交联,并且通过热重分析 (TGA) 和动态力学分析 (DMA) 技术研究最终交联产物的热性能和力学性能。结果表明,当交联的 X-EMACO 失重 5% 时,材料的降解开始温度为 209 °C。25 °C 下时,动态 T_g 和储能模量分别测定为 72 °C 和 1.08 GPa。这些实验结果数据远高于其他不同油基聚合物^[212]。

商业不饱和聚酯 (UPE) 树脂通常含有大量挥发性有毒的苯乙烯。研究人员发现,就槿麻纤维增强复合材料的力学性能而言,非挥发性丙烯酸酯化环氧化大豆油 (AESO) 其衍生自丙二醇 (PG)、异酞酸酐 (IPA) 和马来酸酐 (MA),它是市售 UPE 树脂 (命名为苯乙烯-(PG-IPA-MA)) 中的苯乙烯的优异替代物。对于典型的纤维增强复合材料的应用而言, AESO-(PG-IPA-SMA) 树脂具有低黏度和低于 70 °C 的长适用期。AESO 和 PG-IPA-MA 不能单独形成用于纤维增强复合材料的强聚合物基体。研究人员在 AESO 和 PG-IPA-MA 组合之间观察到强的协同效应。由 AESO-(PG-IPA-MA) 树脂制成的槿麻纤维增强复合材料的弯曲、拉伸和吸水性能与来自苯乙烯-(PG-IPA-MA) 树脂相比相当甚至更好。研究人员研究了 AESO/(PG-IPA-MA) 的质量比,以使槿麻纤维增强复合材料的力学性能最大化,并且详细讨论了 AESO-(PG-IPA-MA) 树脂的固化机理^[213]。

韩国的研究员 Lee 和其他研究人员通过大量文献记载和研究发现不饱和聚酯树脂及其混合物是制作视觉障碍者盲文块的最佳材料^[214]。

参 考 文 献

- [1] プラスチックス, 2016 (特大号 6): 3.
- [2] Kunstst Int, 2015 (9): 62.
- [3] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361249746&cat=0>. [2015-07-30].
- [4] <http://www.plasticsnewseurope.com/article/20150817/PNE/308179983/euroopersquo-s-plastics-market-continues-to-grow>. [2015-08-17].
- [5] プラスチックス, 2016 (特大号 6): 4.
- [6] <http://www.cppia.com.cn/cppia1/ssxw/2016126203950.htm>.
- [7] <http://www.cppia.com.cn/cppia1/ssxw/20151222202815.htm>.
- [8] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250622&cat=0>.
- [9] プラスチックス, 2016 (特大号 6): 2.
- [10] プラスチックス, 2016 (特大号 6): 21.
- [11] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022707/NewsArticle.aspx?keyword=%e8%81%9a%e4%b9%99%e7%83%af>.
- [12] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67020570/NewsArticle.aspx>.
- [13] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250848&cat=0>.
- [14] Kunstst Int, 2015 (10): 97.
- [15] Kunstst Int, 2015 (10): 98.
- [16] <http://www.ptonline.com/products/materials-new-class-of-pe-film-resins-adds-fresh-downgauging-potential>.
- [17] Plastic News Eur, 2015 (7/8): 26.
- [18] Plast Technol, 2016 (2): 71.
- [19] Plast Technol, 2016 (6): 61.
- [20] Kunstst Int, 2016 (5): 45.
- [21] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67020309/NewsArticle.aspx?keyword=%e8%81%9a%e4%b9%99%e7%83%af>.
- [22] <http://www.ptonline.com/articles/new-bopp-just-for-impl-thermoforming->
- [23] <http://www.plasticsnewseurope.com/article/20160114/PNE/160119886/pp-copolymer-for-large-pails-and-automotive>.
- [24] Plast Technol, 2016 (2): 72.
- [25] Plast Technol, 2016 (2): 68.
- [26] <http://www.plasticsnewseurope.com/article/20160519/PNE/160519772/pp-grades-for-healthcare-applications>.
- [27] Plast Technol, 2016 (3): 64.
- [28] Kunstst Int, 2016 (3): 57.
- [29] <http://www.cppia.com.cn/cppia1/gjjl7/2016410210341.htm>.
- [30] Kunstst Int, 2015 (10): 109.
- [31] Kunstst Int, 2015 (12): 57.
- [32] Plast Technol, 2016 (2): 16.
- [33] Plastic News Eur, 2016 (6): 26.
- [34] Plast Technol, 2016 (6): 69.
- [35] <http://www.cppia.com.cn/cppia1/gjjl7/201571225936.htm>.
- [36] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022439/NewsArticle.aspx?keyword=%e6%9f%94%e6%80%a7PVC>. [2016-04-28].
- [37] 橡塑技术与装备, 2016 (1): 59.
- [38] <http://www.cppia.com.cn/cppia1/slj6/201652661904.htm>. [2016-12-08].
- [39] <http://www.chem17.com/news/detail/79562.html>. [2015-08-27].
- [40] Eur Plast News, 2015 (12): 24.
- [41] <http://www.prnasia.com/story/152316-1.shtml>. [2016-

- 06-21].
- [42] <http://www.plasticsnewseurope.com/article/20160805/PNE/160809885/heat-booster-for-abs-asa-ps-san-and-pmma>.
- [43] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250246&cat=0>. [2016-02-19].
- [44] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67017100/NewsArticle.aspx>.
- [45] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250292&cat=0>.
- [46] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022127/NewsArticle.aspx?keyword=%e5%b7%a5%e7%a8%8b%e5%a1%91%e6%96%99>.
- [47] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022505/NewsArticle.aspx>.
- [48] <http://www.cppia.com.cn/cppia1/qt1/201659205451.htm>.
- [49] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250163&cat=120>.
- [50] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67021511/NewsArticle.aspx>.
- [51] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67020864/NewsArticle.aspx>.
- [52] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361249855&cat=110>.
- [53] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250072&cat=0>.
- [54] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250042&cat=0>.
- [55] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67021348/NewsArticle.aspx>.
- [56] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67021420/NewsArticle.aspx>.
- [57] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67020824/NewsArticle.aspx>.
- [58] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250215&cat=0>.
- [59] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022410/NewsArticle.aspx>.
- [60] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022277/NewsArticle.aspx>.
- [61] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022628/NewsArticle.aspx>.
- [62] http://www.solvay.cn/zh/media/press_releases/ABB-selects-Solvays-Technyl-One.html.
- [63] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022391/NewsArticle.aspx>.
- [64] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022351/NewsArticle.aspx>.
- [65] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022629/NewsArticle.aspx>.
- [66] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67021608/NewsArticle.aspx>.
- [67] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022902/NewsArticle.aspx>.
- [68] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67023020/NewsArticle.aspx>.
- [69] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67023309/NewsArticle.aspx>.
- [70] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250655&cat=0>.
- [71] <http://www.chinagcsl.com/news/show.php?itemid=4334>.
- [72] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250131&cat=0>.
- [73] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67021386/NewsArticle.aspx>.
- [74] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250236&cat=0>.
- [75] <http://www.ptonline.com/products/materials-pc-film-for-shatter-resistant-touchscreens>.
- [76] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022497/NewsArticle.aspx>.
- [77] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250562&cat=0>.
- [78] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67023374/NewsArticle.aspx>.
- [79] <http://www.ptonline.com/products/materials-pc-copolymers-for-aircraft-interiors>.
- [80] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67017145/NewsArticle.aspx>.
- [81] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250197&cat=0>.
- [82] <http://www.ptonline.com/products/biobased-bopet-film-for-solar-control-windows>.
- [83] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67021527/NewsArticle.aspx>.
- [84] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67021443/NewsArticle.aspx>.
- [85] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250235&cat=0>.
- [86] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67021563/NewsArticle.aspx>.
- [87] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250240&cat=0>.
- [88] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250445&cat=0>.

- [89] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250199&cat=0>.
- [90] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67023844/NewsArticle.aspx>.
- [91] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250254&cat=0>.
- [92] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250403&cat=0>.
- [93] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67023277/NewsArticle.aspx>.
- [94] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67024044/NewsArticle.aspx>.
- [95] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361250314&cat=0>.
- [96] <http://www.cppia.com.cn/cppia1/gcs12/2016417100623.htm>.
- [97] <http://www.cppia.com.cn/cppia1/jg/20151219204429.htm>.
- [98] <http://www.pnchina.com/cn/Detail.aspx?id=1361249961&cat=0>.
- [99] <http://www.ptonline.com/articles/new-materials-offer-cost-performance-advantages-to-peek-in-automotive>.
- [100] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022561/NewsArticle.aspx>.
- [101] <http://www.ptonline.com/products/materials-new-paek-based-composites-for-aerospace>.
- [102] <http://www.adsalecprj.com/Publicity/MarketNews/lang-simp/article-67022350/NewsArticle.aspx>.
- [103] 化学经济, 2016 (3): 79-83.
- [104] プラスチックス, 2016 (1): 61-66.
- [105] ネットワークポリマー, 2016, 37 (5): 217-222.
- [106] ネットワークポリマー, 2015, 36 (2): 66-70.
- [107] Fuel cells, 2016, 16 (2): 179-192.
- [108] Polym Adv Technol, 2016, 27 (6): 718-723.
- [109] Polym Compos, 2016, 37 (6): 1906-1913.
- [110] Tribology Trans, 2016, 59 (3): 391-398.
- [111] Mater Manuf Processes, 2016, 31 (8): 979-988.
- [112] Tribology Trans, 2016, 59 (4): 622-631.
- [113] Compos Struct, 2016, 152 (15): 239-246.
- [114] Eur Polym J, 2016, 77: 65-74.
- [115] Compos Sci Technol, 2015, 121: 16-24.
- [116] Mater Des, 2016, 90: 1170-1180.
- [117] Chem Eng J, 2015, 271: 79-86.
- [118] Int J Adhes Adhes, 2015, 56: 53-60.
- [119] ネットワークポリマー, 2015, 36 (2): 89-94.
- [120] ネットワークポリマー, 2015, 36 (2): 83-87.
- [121] Urethanes Technol, 2015, 32 (3): 31-32.
- [122] 聚氨酯及其弹性体, 2016 (1): 54-55.
- [123] 聚氨酯及其弹性体, 2015 (6): 52-53.
- [124] www.cheminfo.cn/static/temp_hgyw/2015070742859.htm.
- [125] www.sinopecnews.com.cn/news/content/2015-10/27/content_1561803.shtml.
- [126] 聚氨酯及其弹性体, 2015 (6): 51.
- [127] 中国胶粘剂, 2015, 24 (8): 59.
- [128] 聚氨酯及其弹性体, 2016 (1): 13.
- [129] 聚氨酯及其弹性体, 2015 (3): 53.
- [130] 化学推进剂与高分子材料, 2016, 14 (3): 98.
- [131] 化学経済, 2016, 63 (4): 84-85.
- [132] アロマティックス, 2016, 68 (夏季): 21-23.
- [133] ICIS Chem Business, 2016 (22 February-6 March): 43.
- [134] ICIS Chem Business, 2016, (18-24 April): 30.
- [135] High Perform Plast, 2015 (10): 10.
- [136] ICIS Chem Business, 2015 (5-11 October): 15.
- [137] ICIS Chem Business, 2015 (28 September-4 October): 18.
- [138] ICIS Chem Business, 2016 (18-24 April): 31.
- [139] ICIS Chem Business, 2016, 4-10, July): 20.
- [140] ICIS Chem Business, 2015 (7-13 September): 14.
- [141] ICIS Chem Business, 2016 (1-7 February): 17.
- [142] 化学経済, 2016, 63 (10): 81.
- [143] プラスチックス, 2016 (6): 101.
- [144] 石油化学新報第 4986 号, 2016-02-10 (6).
- [145] 石油化学新報第 4963 号, 2015-11-11 (25).
- [146] エンプラニュース, 2016 (5): 10.
- [147] PPCJ, 2015 (12): 6.
- [148] 石油化学新報第 4921 号, 2015-06-05 (8-9).
- [149] Paintindia, 2016, 66 (1): 162.
- [150] JETI, 2016, 64 (8): 33.
- [151] PU Mag, 2016, 13 (1): 8.
- [152] IHS Chem Week Business Daily, 2015 (13 October): 2.
- [153] JEC Compos Mag, 2016 (103): 43.
- [154] Reinf Plast, 2016, 60 (1): 30.
- [155] 石油化学新報第 4998 号, 2016-03-23 (18-19).
- [156] APCJ, 2015 (12): 8.
- [157] Paintindia, 2015, 65 (11): 159.
- [158] Surf Coat Aust, 2015, 52 (6): 34.
- [159] 石油化学新報第 5024 号, 2016-07-01 (16).
- [160] Popular Plast Packaging, 2016 (5): 82.
- [161] Paint Resin Times, 2016 (2): 6.
- [162] Coat World, 2015 (6): 19-20.
- [163] Oil Gas J, 2015, 103 (36): 65.
- [164] Paintindia, 2016, 66 (3): 118.
- [165] Coat World, 2015, 20 (12): 30.
- [166] Oil Review Middle East, 2015 (8): 80.
- [167] Paintindia, 2016, 66 (1): 127.
- [168] Coat World, 2015 (8): 20

(下转第 108 页)

//CStringstrConnect; trConnect. Format (DSN=%s; UID=%s; PwD=%s, /CUTDB//cutPar/)。

4 结语

塑料模具型腔数控加工切削参数优化系统能够将传统 CAD/CAE 控制系统与智能控制集成技术相结合,通过知识库推理,使相关技术人员获取准确切削参数信息,快速有效提高塑料模具生产效率和产品质量。本文研究塑料模具型腔数控加工刀具进退方式和轨迹生成算法,通过知识库和数据库相结合,提出塑料模具型腔切削工艺参数优化系统设计方案,为未来塑料模具型腔数控加工技术的研究及应用提供理论基础。

参 考 文 献

- [1] 于飞. 基于 UG 的塑料模具数控加工工艺分析 [J]. 橡塑技术与装备, 2015, 15 (20): 93-94.
- [2] 张得礼, 周来水. 数控加工运动的平滑处理 [J]. 航空

学报, 2006, 27 (1): 125-130.

- [3] 彭浩舸, 邓奕, 谢骥. 某塑料模具的石墨电极数控加工工艺 [J]. 现代制造工程, 2005, 22 (5): 41-42.
- [4] 余湛悦, 周来水, 张臣, 等. 提高数控加工仿真速度和效果的关键技术研究 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16 (5): 642-647.
- [5] 叶佩青, 陈涛, 汪劲松. 复杂曲面五坐标数控加工刀具轨迹的规划算法 [J]. 机械科学与技术, 2004, 23 (8): 883-886.
- [6] 孙增晖, 刘宏伟. 浅谈 UG 数控加工模块对塑料模具型腔加工的应用 [J]. 科技创新与应用, 2016, 24 (1): 76-77.
- [7] 吴光明. 基于 MasterCAM 的塑料外壳模具设计与模具型腔的数控加工 [J]. 模具制造, 2008, 8 (5): 5-9.
- [8] 朱承, 曹泽文, 张维明. 知识库系统建模框架的发展与现状 [J]. 计算机工程, 2002, 28 (8): 3-5.

(本文于 2017-01-03 收到)

(上接第 44 页)

- [169] APCJ, 2016 (4): 24
- [170] Mater Performance, 2016 (2): 17.
- [171] Scandinavian Oil Gas Magazine, 2016, 44 (3/4): 60.
- [172] PPCJ, 2016 (6): 47.
- [173] Coat World, 2015 (12): 30
- [174] Coat World, 2015 (100): 34.
- [175] Surf Coat Aust, 2015, 52 (4): 27.
- [176] Paintindia, 2015, 65 (6): 166.
- [177] 石油化学新报第 5027 号, 2016-07-13 (15-16).
- [178] Coat World, 2015, 20 (10): 34.
- [179] Coat World, 2016 (5): 19.
- [180] Asia Pacific Coat J, 2015, 28 (5): 8.
- [181] Corros Manage, 2016 (132): 23.
- [182] PPCJ, 2016 (5): 39.
- [183] Coat World, 2015 (10): 35
- [184] Adv Compos Bull, 2016 (2): 2-3.
- [185] Popular Plast Packaging, 2016 (4): 79.
- [186] Tech Textiles Int, 2016 (2): 8-9.
- [187] Reinf Plast, 2016, 60 (1/2): 1
- [188] Adv Ceram Rep, 2016 (1): 10.
- [189] IHS Chem Week Business Daily, 2015 (16 September): 2.
- [190] Adv Compos Bull, 2015 (10): 11.
- [191] High Perform Plast, 2016 (3): 1.
- [192] Adv Compos Bull, 2015 (10): 12.
- [193] Flight Int, 2015 (16-12 October): 8.
- [194] Adv Compos Bull, 2015 (9): 7-8.
- [195] NASA Tech Briefs, 2015 (11): 40.
- [196] Reinf Plast, 2015, 59 (6): 280.
- [197] Reinf Plast, 2016, 60 (2): 74.
- [198] 玻璃钢, 2013 (2): 22-25.
- [199] <http://shuzhi.cnfrp.net>.
- [200] <http://shuzhi.cnfrp.net>.
- [201] <http://shuzhi.cnfrp.net>.
- [202] 《荷兰新闻网》.
- [203] <https://club.1688.com/article/40655240.html>.
- [204] Carbohydrate Polymers, 2016, 136 (10): 008.
- [205] Industrial Crops&Products, 2016, 01, 030.
- [206] PolymDegradStab, 2016, 04, 003.
- [207] Desalination and Water Treatment, 2016, 57 (15): 6875-6883.
- [208] Journal of Molecular Liquids, 2016, 224.
- [209] Results in Physics, 2016, 08, 017.
- [210] Polymers, 2016, 8 (7): 255.
- [211] PolymDegradStab, 2016, 01, 005.
- [212] IntJPolymSci, 2016, 2016.
- [213] JApplPolymSci, 2016, 133 (8): 038.
- [214] Materials Today: Proceedings, 2016, 3 (2): 030.

欢迎订阅, 欢迎投稿, 欢迎刊登广告!