

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.06.020

氮磷反应型阻燃剂的合成及其阻燃聚氨酯的性能^{*}

邓前军¹, 张五一², 陈东初¹, 袁毅桦¹, 丁森林¹

(1. 佛山科学技术学院理学院, 广东佛山 528000; 2. 华南理工大学材料科学与工程学院, 广州 510006)

摘要:以多聚甲醛、二异丙醇胺和亚磷酸二乙酯为原料,通过两步反应合成了反应型阻燃剂 *N, N*-二(2-羟异丙基)氨基磷酸二乙酯(HPAPE),采用单因素法得到了合成中间体 5-甲基-3-(2-羟异丙基)-1,3-恶唑的最佳条件:反应时间为 4 h,反应温度为 60℃,多聚甲醛与二异丙醇胺的摩尔比为 1.2:1.0,蒸馏压力为 18 kPa;利用正交试验得到了合成阻燃剂 HPAPE 的最佳条件:温度为 50℃,时间为 5.0 h,反应物料 MHPZ 与亚磷酸二乙酯的摩尔比为 1.0:1.1,催化剂强酸性阳离子交换树脂用量为反应物料总质量的 0.3%。利用极限氧指数(LOI)、垂直燃烧法测试了 HPAPE 阻燃聚氨酯(PUR)的性能,采用热重分析研究了 HPAPE 阻燃 PUR 的热分解过程及成炭性能,并用 Proteus Analysis 软件计算了其动力学参数热分解活化能。结果发现,HPAPE 质量分数为 24% 时,HPAPE 阻燃 PUR 的 LOI 为 26.2%,阻燃级别可达 UL94 V-0 级,说明阻燃剂 HPAPE 对 PUR 具有明显的阻燃效果。在 700℃ 时,HPAPE 阻燃 PUR 的质量保持率比 PUR 高 4.91%,动力学参数热分解活化能比 PUR 提高了 32.40 kJ/(mol·K),表明阻燃剂 HPAPE 对 PUR 的热降解具有加速成炭的功效。

关键词:反应型阻燃剂; *N, N*-二(2-羟异丙基)氨基磷酸二乙酯; 聚氨酯; 热降解

中图分类号: TQ328.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)06-0088-05

Synthesis of Reactive Flame Retardant Containing Nitrogen and Phosphorus and Its Flame Retardancy to Polyurethane

Deng Qianjun¹, Zhang Wuyi², Chen Dongchu¹, Yuan Yihua¹, Ding Senlin¹

(1. Science School, Foshan University, Foshan 528000, China;

2. School of Materials Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: A reactive flame retardant *N, N*-bis(2-hydroxyisopropyl)-aminomethyl phosphonic acid diethyl ester (HPAPE) was synthesized via paraformaldehyde, diisopropanolamine, diethyl phosphite by two step reaction. The best reaction conditions of 5-methyl-3-(2-hydroxyisopropyl)-1,3-oxazole (MHPZ) were obtained by the single factor experiment: the reaction time is 4 h, the reaction temperature is 60 °C, the mole ratio of paraformaldehyde and diisopropanolamine is 1.2:1.0, the distillation pressure is 18 kPa. The best reaction conditions of HPAPE were found by the orthogonal experiment: the temperature is 50 °C, the time is 5.0 h, the mole ratio of MHPZ and dimethyl phosphite is 1.0:1.1, the mass fraction of catalyst strong acid cation exchange resin in the reactant is 0.3%. The flame retardancy and the thermal degradation behavior of HPAPE flame retardant polyurethane (PUR) were studied by the limiting oxygen index (LOI), UL94 vertical flame test and the thermogravimetric analysis. The results show that HPAPE mass fraction of 24% are added into PUR to get about 26.2% of the LOI and UL94 V-0 rating, which shows good flame retardancy. Comparing with PUR, the mass residual rate of HPAPE flame retardant PUR at 700 °C increase by 4.91% and the activation energy for the decomposition increase by 32.40 kJ/(mol·K) by calculating of proteus analysis software, which shows that the flame retardants can catalyze decomposition and carbonization of PUR.

Keywords: reactive flame retardant; *N, N*-bis(2-hydroxyisopropyl)-aminomethyl phosphonic acid diethyl ester; polyurethane; thermal degradation

阻燃剂已广泛应用于塑料、橡胶、纺织品、涂料等高分子材料中,阻燃剂可分为添加型阻燃剂和反应型阻燃剂^[1-3],添加型阻燃剂由于市场使用时间长、范围广,目前占据阻燃剂市场的主导地位,约占总量的 85%。但此类阻燃剂由于常常与高分子基体材料混合而成,容易从材料内部挥发损失,也容易

在外界条件的作用下与基体材料发生化学反应,而影响材料的阻燃及其它性能^[4-5]。反应型阻燃剂通

^{*} 广东省粤港关键领域重点突破项目(2012BZ100054),广东高明经济科技创新专项资金项目

联系人: 邓前军,博士,主要从事阻燃高分子和功能配合物材料的研究

收稿日期: 2014-04-02

过与高分子基体材料发生化学反应,嫁接到基体材料中,赋予基体材料本质的阻燃性能,且对材料的结构稳定性和力学等性能影响较小,克服了添加型阻燃剂不稳定的缺点^[6-7]。基于反应型阻燃剂的优势,近年来其已逐渐替代添加型阻燃剂,成为阻燃领域研究的热点^[8]。笔者以多聚甲醛、二异丙醇胺和亚磷酸二乙酯为原材料,通过两步反应,合成了具有反应活性的氮磷反应型阻燃剂 *N,N*-二(2-羟异丙基)氨基磷酸二乙酯 (HPAPE),并初步研究了 HPAPE 在聚氨酯 (PUR) 中的应用。

1 实验部分

1.1 主要原材料

多聚甲醛:分析纯,天津市福晨化学试剂厂;

二异丙醇胺、亚磷酸二乙酯:分析纯,阿拉丁化学试剂有限公司;

强酸性阳离子交换树脂:732型,化学纯,广州金美时树脂化工有限公司;

碳酸钾:化学纯,国药集团化学试剂有限公司;

白料:组合聚醚,RCP-36,工业级,广东万华聚氨酯有限公司;

黑料:多亚甲基多苯基异氰酸酯,PM-200,工业级,广东万华聚氨酯有限公司。

1.2 主要仪器与设备

元素分析仪:PE 2400II型,意大利 Perkin Elmer 公司;

傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 仪:VECTOR-22型,德国 Bruker 公司;

气相色谱 (GC) 仪:AgiLent GC 6820型,美国 AgiLent 公司;

热失重 (TG) 分析仪:Diamond TG/DTA型,美国 Perkin Elmer 公司;

极限氧指数 (LOI) 测定仪:HC-2型,南京市江宁区分析仪器厂;

垂直燃烧仪:CFF-3型,南京市江宁区分析仪器厂。

1.3 性能测试与结构表征

元素含量分析:用元素分析仪分析 HPAPE 中 C, H, N 元素的含量;

FTIR 分析:采用 KBr 压片法,波数范围为 500 ~ 4000 cm^{-1} ;

GC 测试:HP-5MS 毛细管柱,其尺寸为 0.25 mm × 30 m × 0.25 μm ,柱温为 180 $^{\circ}\text{C}$,进样温度为 280 $^{\circ}\text{C}$,载气为氮气,流速为 20 mL/min,检测

器为 FID,进样量为 1 μL ;

TG 分析:氮气气氛,升温速率为 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,温度范围为 25 ~ 700 $^{\circ}\text{C}$;

LOI 测试:按 GB/T 2406-2008 测试,试样尺寸为 100.0 mm × 6.5 mm × 3.0 mm;

UL94 垂直燃烧性能测试:按 GB/T 2408-2008 测试,试样尺寸为 100.0 mm × 6.5 mm × 3.0 mm。

1.4 试样制备

图 1 为合成阻燃剂 HPAPE 的反应式。合成阻燃剂的反应分二步进行,第一步:醛与胺进行缩合反应,合成中间体 5-甲基-3-(2-羟异丙基)-1,3-恶唑 (MHPZ);第二步:在催化剂强酸性阳离子交换树脂作用下,中间体 MHPZ 与亚磷酸二乙酯反应生成反应型阻燃剂 HPAPE。

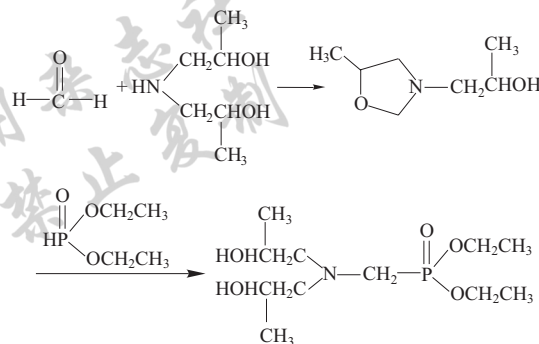


图 1 合成阻燃剂 HPAPE 的反应式

分别称取 66.595 g (0.5 mol) 二异丙醇胺和 18.018 g 多聚甲醛放入烧瓶中,混合均匀,加热至 60 $^{\circ}\text{C}$,使固体混合物熔融,维持反应 4 h。反应完成后,采用梯度减压的方法,将体系的压力降到 18 kPa,蒸馏 2 h,得到液态中间体 MHPZ,产物的质量为 66.39 g,产率为 93.5%。冷却到室温,搅拌下加入亚磷酸二乙酯 70.97 g,随后加入催化剂强酸性阳离子交换树脂 0.41 g,于 50 $^{\circ}\text{C}$ 下保温反应 5 h,将反应体系的温度降至室温,回收催化剂,最终产物为反应型阻燃剂 HPAPE,产品为淡黄色黏稠液体,产率为 88.6%。

用元素分析仪测试 HPAPE 中 C, H, N 元素的含量,分别为 46.60%, 9.22%, 4.92%,其理论含量分别为 46.64%, 9.19%, 4.95%。

利用 GC 面积归一化法对检测结果进行定量处理,得到阻燃剂 HPAPE 的质量分数为 89.6%,其余成分为 10.4%。

用 KBr 压片法进行 FTIR 分析得到的数据为:

3396 cm^{-1} 处是 O—H 伸缩振动吸收峰,2972 ~ 2907 cm^{-1} 处归属于 CH_2 和 CH_3 系列伸缩振动吸收峰,1456 ~ 1415 cm^{-1} 处是叔胺的 N—C 伸缩振动吸收峰,1218 cm^{-1} 处属于 P=O 的弯曲振动吸收峰,966 cm^{-1} 处属于 P—OC₂H₅ 的弯曲振动吸收峰。

2 结果与讨论

2.1 反应条件对合成中间体 MHPZ 产率的影响

(1) 反应物料的摩尔比。

按照图 1 反应式计算,合成 MHPZ 所需物料多聚甲醛和二异丙醇胺的摩尔比应为 1:1,但为了保证闭环反应完全,反应物中的多聚甲醛要过量,过剩的多聚甲醛可以在减压蒸馏过程中由蒸出的水分带出。设定反应温度为 60℃,时间为 4 h,考察反应原料的摩尔比对产率的影响,结果见表 1。由表 1 可看出,多聚甲醛与二异丙醇胺的摩尔比为 1.2:1.0 时,生成的 MHPZ 产率最高。

表 1 多聚甲醛与二异丙醇胺摩尔比对 MHPZ 产率的影响

项目	多聚甲醛与二异丙醇胺的摩尔比				
	1.0:1.0	1.1:1.0	1.2:1.0	1.3:1.0	1.4:1.0
产率/%	76.2	87.3	93.5	89.3	87.5

(2) 反应温度和反应时间。

中间体 MHPZ 的合成是醛与胺的反应,属于 Kabachnik-Fields 反应^[9],反应条件较温和,同时由于该反应是固固同相反应,温度的变化对反应的影响较大。表 2 为反应温度对 MHPZ 产率的影响,由表 2 可知,提高反应温度,反应速度加快,MHPZ 的产率提高;但过高的温度环境下,相应的副反应增多,反应原料挥发的成分也相应增加,影响 MHPZ 的产率和纯度。反应物多聚甲醛和二异丙醇胺都是固态物质,需要在反应温度下溶解才能正常反应,反应物只要一定的时间内充分溶解反应才能完全。表 3 为反应时间对 MHPZ 产率的影响,由表 3 可以发现,反应时间过长,可能会使 MHPZ 分解而影响产率。因此,生成中间体 MHPZ 的最合适的反应条件为:反应时间为 4 h,反应温度为 60℃。

表 2 反应温度对 MHPZ 产率的影响

项目	反应温度/℃					
	40	45	50	55	60	65
产率/%	42.2	59.6	78.6	88.6	93.5	92.3

表 3 反应时间对 MHPZ 产率的影响

项目	反应时间/h					
	1	2	3	4	5	6
产率/%	34.3	72.5	81.6	93.5	92.7	91.4

(3) 减压蒸馏时的压力。

由于合成阻燃剂 HPAPE 的反应原料中有亚磷酸二乙酯,该物质在水溶液中易发生水解,而影响合成 HPAPE 的产率。因此为了尽可能地减少第二步反应体系中水的含量,采用多聚甲醛代替甲醛水溶液,同时采用减压蒸馏尽可能地将第一步反应残留的水除尽。

表 4 为减压蒸馏时的压力对反应体系中蒸发水量的影响。

表 4 减压蒸馏时的压力对反应体系中蒸发水量的影响

项目	减压蒸馏时的压力/kPa				
	40	30	20	18	15
蒸发水量/g	6.7	8.3	10.7	11.4	12.6

由表 4 可以发现,当减压蒸馏时的压力降低到 15 kPa 时,蒸发的水量最多,且实验发现,蒸发的液体有一股强烈的刺激性气味。理论上蒸发的水量和过剩的多聚甲醛应为 12 g 左右,而实际蒸发水量已超出了该理论值,可能是因为在压力为 15 kPa 下,蒸发的水分中有机物含量过多,对 MHPZ 的产率影响较大。因此,减压蒸馏时的压力选择为 18 kPa。

2.2 合成阻燃剂 HPAPE 反应条件的选择

(1) 正交试验的设计。

第二步合成阻燃剂 HPAPE 的反应,是中间体 MHPZ 和亚磷酸二乙酯为原料,属于液液反应类型,以强酸性阳离子树脂作为催化剂。通过设计正交试验,对合成 HPAPE 的反应条件进行选择。以反应时间、反应温度、反应物料(MHPZ 和亚磷酸二乙酯)的摩尔比、催化剂强酸性阳离子交换树脂用量(占反应物料总质量的质量分数)为影响阻燃剂 HPAPE 产率的主要因素,进行 4 因素 3 水平的 $L_9(3^4)$ 正交试验,其因素和水平见表 5。

表 5 因素水平正交试验表

水平	因素			
	反应时间(A)/h	反应温度(B)/℃	反应物料摩尔比(C)	催化剂用量(D)/%
1	4	40	1.0:1.0	0.2
2	5	50	1.0:1.1	0.3
3	6	60	1.0:1.2	0.4

按表 5 设计 $L_9(3^4)$ 正交试验,正交试验结果见表 6。由表 6 可看出,影响阻燃剂 HPAPE 产率的 4 因素的实验极差(R)大小顺序是: $R_C > R_A > R_B > R_D$,所以对阻燃剂 HPAPE 产率的影响因素由大到小依次是: $C > A > B > D$,即:反应物料的摩尔比>反应温度>反应时间>催化剂用量。合成阻燃剂 HPAPE 的最佳条件是: $A_2B_2C_2D_2$,即反应时间为 5.0 h,反应温度为 50℃,反应物料 MHPZ 和亚磷酸

二乙酯的摩尔比为 1.0 : 1.1, 催化剂强酸性阳离子交换树脂用量为反应物料总质量的 0.3%。

表 6 正交试验结果

序号	A	B	C	D	产率 / %
1	1	1	1	1	62.3
2	1	2	2	2	86.7
3	1	3	3	3	74.1
4	2	2	3	1	83.6
5	2	3	1	2	81.9
6	2	1	2	3	87.3
7	3	2	1	3	68.5
8	3	3	2	1	86.3
9	3	1	3	2	81.2
均值 1	74.367	76.933	65.400	77.400	
均值 2	79.100	79.500	86.767	77.767	
均值 3	78.667	75.267	79.633	76.833	
极差 R	4.733	4.233	21.367	0.934	

(2) 试验方案的验证。

通过设计合成阻燃剂 HPAE 反应的正交试验, 确定了第二步最佳试验方案是: 反应时间为 5.0 h, 反应温度为 50℃, 反应物料 MHPZ 和亚磷酸二乙酯的摩尔比为 1.0 : 1.1, 催化剂强酸性阳离子交换树脂) 用量为反应物料总质量的 0.3%。按此最佳试验条件重复实验 5 次, 得到 HPAE 的产率分别为 88.3%, 89.7%, 87.8%, 89.1%, 89.2%, 平均值为 88.8%。由此验证了经正交试验得到的合成 HPAE 的最佳试验方案是正确的。

2.3 HPAE 阻燃 PUR 的性能

(1) HPAE 用量对 PUR 阻燃性能的影响。

表 7 为 HPAE 用量对 PUR 阻燃性能的影响。由表 7 可以发现, 随着反应型阻燃剂 HPAE 用量的增加, 阻燃 PUR 的 LOI 增大, UL94 垂直燃烧等级由 V-2 变化到 V-0。当阻燃剂 HPAE 质量分数达到 24% 后, 再增加阻燃剂 HPAE 用量, 阻燃 PUR 的 LOI 虽有增大, 但趋于平缓, 垂直燃烧等级可达 V-0, 故选择加入阻燃剂 HPAE 的质量分数为 24% 较合适。

表 7 HPAE 用量对 PUR 阻燃性能的影响

HPAE 质量分数 / %	LOI / %	UL94
0	17.8	V-2
12	21.5	V-2
16	24.7	V-1
20	25.4	V-1
24	26.2	V-0
28	26.6	V-0

(2) HPAE 阻燃 PUR 的热稳定性分析。

PUR 和 HPAE 阻燃 PUR 在氮气氛围中的 TG 曲线如图 2 所示。由图 2 可观察到, PUR 和 HPAE 阻燃 PUR 的初始分解温度分别为 244.7,

242.6℃, 相差不大, 但 PUR 和 HPAE 阻燃 PUR 在开始分解时, 热分解质量损失量分别是 11.2% 和 3.2%, HPAE 阻燃 PUR 的质量损失量比 PUR 低 8%。说明在高温加热时, 阻燃剂 HPAE 能使 PUR 加速成炭, 起到阻止降解的作用。这一点从质量保持率数据也能证实。在 700℃ 时, HPAE 阻燃 PUR 的质量保持率为 14.64%, 而 PUR 为 9.73%, 两者相差 4.91%。另外, 用 Proteus Analysis 软件对热稳定性数据进行分析, PUR 和 HPAE 阻燃 PUR 的热分解活化能分别为 176.49, 208.89 kJ/(mol · K), 两者相差 32.40 kJ/(mol · K)。可以说明阻燃剂 HPAE 能提高 PUR 的热稳定性。

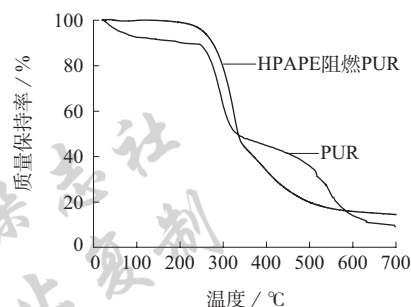


图 2 PUR, HPAE 阻燃 PUR 的 TG 曲线

3 结论

(1) 以多聚甲醛、二异丙醇胺和亚磷酸二乙酯为原料, 在催化剂强酸性阳离子交换树脂作用下, 合成了反应型阻燃剂 HPAE。

(2) 当 HPAE 质量分数为 24% 时, 阻燃 PUR 的 LOI 为 26.2%, 阻燃级别为 UL94 V-0 级, 表明反应型阻燃剂 HPAE 对 PUR 具有明显的阻燃效果。

(3) TG 分析表明, PUR 和 HPAE 阻燃 PUR 的初始分解温度分别为 244.7, 242.6℃, 在初始分解温度时, HPAE 阻燃 PUR 的质量损失量比 PUR 低 8%; 在 700℃ 时, HPAE 阻燃 PUR 的质量保持率比 PUR 高 4.91%。另外, 用 Proteus Analysis 软件对热稳定性数据分析, HPAE 阻燃 PUR 的活化能比 PUR 提高了 32.40 kJ/(mol · K), 说明阻燃剂 HPAE 对 PUR 的热降解具有加速成炭的功效。

参考文献

- [1] Bourbigot S, Samyn F, Turf T, et al. Nanomorphology and reaction to fire of polyurethane and polyamide nano composites containing flame retardants[J]. Polymer Degradation and Stability, 2010, 95(3):320-326.
- [2] 洪晓东, 代文娟. 含磷阻燃剂阻燃硬质聚氨酯泡沫塑料的性能研究[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(8):95-99.

- Hong Xiaodong, Dai Wenjuan. Study on properties of rigid polyurethane foams plastics with phosphorus-containing flame retardants[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(8):95-99.
- [3] 王俊胜, 刘丹, 王国辉, 等. 不同辐照强度下阻燃聚氨酯泡沫的燃烧行为[J]. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(7):64-67.
- Wang Junsheng, Liu Dan, Wang Guohui, et al. Combustion behavior of flame retarded polyurethane at different heat fluxes[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2013, 29(7):64-67.
- [4] 周晓谦, 任晶鑫, 李庆雨, 等. 改性条件对阻燃型硬质聚氨酯泡沫塑料性能的影响[J]. 中国塑料, 2012, 26(3):71-74.
- Zhou Xiaoqian, Ren Jingxin, Li Qingyu, et al. Effect of modification conditions on properties of rigid polyurethane foams[J]. China Plastics, 2012, 26(3):71-74.
- [5] Yang Feng, Nelson G L. Combination effect of nanoparticles with flame retardants on the flammability of nanocomposites[J]. Polymer Degradation and Stability, 2011, 96(3):270-276.
- [6] Lorenzetti A, Modesti M, Besco S, et al. Influence of phosphorus valency on thermal behavior of flame retarded polyurethane foams[J]. Polymer Degradation and Stability, 2011, 96(8):1455-1461.
- [7] Chen Mingjun, Shao Zhubao, Wang Xiuli, et al. Halogenfree flame-retardant flexible polyurethane foam with a novel nitrogen-phosphorus flame retardant[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2012, 51(29):9769-9776.
- [8] 应宗荣, 黄瑞娇, 疏芳, 等. 硬质聚氨酯泡沫复合改性研究进展[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(2):111-114.
- Ying Zongrong, Huang Ruijiao, Shu Fang, et al. Research progress on composite modification of rigid polyurethane foams[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(2):111-114.
- [9] Kai L E, Grimaud L, Hadrot S. Solvent free preparation of amidophosphonates from isocyanides[J]. Physical Review Letters, 2006, 47(23):3945-3947.

杜邦将关闭中国太阳能薄膜子公司

由于市场形势严峻,杜邦将于今年年底终止旗下从事非晶硅薄膜光伏(太阳能)组件业务的杜邦太阳能有限公司,这是杜邦公司在2008年成立于香港的全资子公司。杜邦称,将继续为光伏行业供应材料,致力于支持光伏行业的持续增长。杜邦在公告中称,这一决定符合杜邦公司持续检视业务组合,与着重于高增长、高利润的原则一致。产能过剩以及行业技术演变导致了该业务的下滑。(中国聚合物网)

给汽车玻璃轻量化设计更多空间

汽车塑料玻璃近年一直被提及,在市场化方面,不少车企虽持保守态度,但却抵挡不住其“轻量化”和“节能减排”效应的诱惑。与原材料供应商共同探寻解决方案,将更好的产品和技术用在自己的车型上。上汽E50与赢创宝克力材料的结合便是其中一例。

在2014国际橡塑展上,看到上汽E50被放置在赢创展台,吸引了诸多观众的驻足。据工作人员介绍,此款车的后窗和固定三角窗采用赢创引以为傲的宝克力塑料,优良的质地和完美的曲线完全与E50的精致优雅融合在一起。

(1) 自由成型。

车辆设计人员一直在试图通过使用曲线或加重边线来取得非凡的设计效果,同时改善空气动力学性能。在这方面,PLEXIGLAS®宝克力®汽车塑料玻璃几乎为设计师提供了无限的可能。与一般玻璃相比,这种材料通过注压成型和所有其它热成型工艺都能够自由成型,而且更易装配。因此,可以最终形成高度弯曲或棱角突出的形状。另外,融合了几种功能的PLEXIGLAS®宝克力®材料的零部件设计也相当具有吸引力(譬如,不可移动固定三角窗包含一个黑色立柱饰板组件和尾灯一体化装置)。比起单个零件,像这样的集成组件具有更吸引人的外观。同时,功能整合有助于减少安装步骤,且它们还可以减轻质量。与普通的窗玻璃相比,宝克力汽车塑料玻璃约轻40%~50%,且同样兼顾耐用。较轻

的车窗质量有助于驾驶,可以降低车辆的重心,因此车辆具有较好的道路操纵性能。较低的重心还可以防止机械车辆在崎岖路面翻车。

(2) 减轻质量。

赢创丙烯酸聚合物业务部高级副总裁 Thomas Wessel Michael Träxler 说道,最重要的是,减轻车辆的质量可以省油,从而减少了对环境的污染。这也是轻量化结构对于使用内燃机的汽车变得越来越重要的原因。而且它对于日益发展的电动汽车市场甚至更加关键。除了减轻质量外,PLEXIGLAS®宝克力®汽车塑料玻璃还具有深远的环境效益。与层压安全玻璃和钢化安全玻璃等其它玻璃材料相比,PLEXIGLAS®宝克力®的生命周期评估结果更好。生命周期的评估涉及到每千克材料在生产、车辆使用和循环过程中的能源消耗与二氧化碳排放量。

Träxler 说道,鉴于 PLEXIGLAS®宝克力®汽车塑料玻璃在车辆构造方面表现出的巨大潜力,赢创公司正在拓展两个开发线,以此来尽可能为赢创公司的客户提供最广泛的选择机会。所以,在 PLEXIGLAS®宝克力®的基础上,赢创正努力研发单层和多层系统。各种用作侧窗玻璃、后窗玻璃和天窗的带有防刮硬质涂层的单层系统均已通过 ECER43 认证,并且已被用于各种原型中,除上汽荣威 E50 外,在现代 ioniq 概念车和由瑞士智囊团林斯比得所制的电动概念车 microMAX 中,所有的车窗均由 PLEXIGLAS®宝克力®汽车塑料玻璃材料制成。

他还说道,这些概念车只是庞大的汽车创新驱动的一些范例。赢创公司正系统地推进在这一领域的研发以满足汽车制造商的需求。2014年,赢创正在着手将一种新型抗冲改性成型材料应用于塑料玻璃中。此举将增加工艺的选择弹性——从目前的热成型增加到注压成型和模压成型。对 PLEXIGLAS®宝克力®汽车塑料玻璃的发展是一个重要的里程碑。(工程塑料网)