

# 不饱和聚酯树脂文集

兵器工业非金属材料专业情报网

1994年3月

## 前 言

由中国兵器工业非金属材料专业情报网编辑出版的《不饱和聚酯树脂文集》是该网组织有关成员单位的工程技术人员对不饱和聚酯树脂（即热固性聚酯）的国外最新资料进行检索，经筛选、翻译编写而成。文集中包括综述报告 1 篇、译文 16 篇，约 8 万字。该文集主要介绍了不饱和聚酯树脂国外的最新研究成果、开发动态，特别详细地介绍了不饱和聚酯树脂的改性技术，内容新颖，数据可靠，可供从事热固性塑料、尤其是热固性聚酯树脂专业研究、生产、应用、教学的工程技术人员参考，并对热固性聚酯树脂新材料、新产品的研制、开发有一定指导意义。

由于我们水平有限，错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

《不饱和聚酯树脂》课题调研组

1994 年 3 月

# 目 录

## 综 述

不饱和聚酯的最新研究进展·····宋学智 (1)

## 译 文

不饱和聚酯树脂·····阎恒梅 (17)

热固性聚酯·····宋学智 (24)

热固性聚酯的加工应用·····宋学智 (27)

热固性聚酯的应用·····宋学智 (30)

热固性聚酯的市场变化·····宋学智 (32)

不饱和聚酯树脂最近的进步·····阎恒梅 (35)

热固性聚酯的发展动向·····宋学智 (46)

不饱和聚酯的性能在不断增加·····宋学智 (50)

耐热水性良好的人造大理石用树脂料·····阎恒梅 (54)

低收缩性不饱和聚酯树脂料·····阎恒梅 (61)

常温固化的耐化学性的 UP 树脂·····宋学智 (71)

玻璃纤维增强塑料层压用树脂料·····高 伟 阎恒梅 (88)

不饱和聚酯树脂料·····高 伟 阎恒梅 (92)

不饱和聚酯树脂的改性方法·····高 伟 阎恒梅 (98)

紫外线固化性不饱和聚酯树脂料·····高 伟 阎恒梅 (106)

# 国外不饱和聚酯最新研究进展

## 1、概述

不饱和聚酯 (UP) 是热固性树脂, 为不饱和二元酸 (一般为马来酸酐) 和二元醇的缩聚产物。UP 的不饱和度随使用的饱和二元酸 (如对苯二酸酐、间苯二酸酐或己二酸) 用量的变化而变化。二元醇通常是丙二醇、乙二醇、二乙二醇、二丙二醇或新戊二醇或这些二元醇的混合物。最通用的交联单体是苯乙烯, 但也可使用乙烯基甲苯、甲基丙烯酸甲酯、2-甲基苯乙烯及酞酸二烯丙酯。通用的抑制剂为对苯二酚、对苯醌、叔丁基邻苯二酚。使用氯茵酸酐、四溴钛酸酐和二溴新戊二醇可使 UP 达到阻燃效果; 使用间苯二酸、新戊二醇、三甲基戊二醇和氢化双酚 A 能达到耐化学药品的效果; 使用新戊二醇、甲基丙烯酸甲酯和象二苯酮和苯并三唑那样的紫外线吸收剂可达到耐老化的效果。<sup>[1]</sup>

使用自由基加成反应可使树脂聚合, 有机过氧化物 (催化剂) 是自由基的来源。高温时, 热使过氧化物降解生成自由基。过氧化酯和过氧化苯甲酰是在高温下使用的有机过氧化物催化剂。<sup>[1]</sup>

室温使用 UP 树脂时, 必须加入促进剂, 它是一种使有机过氧化物降解产生自由基的化学方法。甲乙酮过氧化物 (MEKP) 用作催化剂时, 辛酸钴为促进剂; 过氧化苯甲酰用作催化剂时, 二乙基苯胺或二甲基苯胺为促进剂。<sup>[1]</sup>

压缩成型是加工 UP 树脂比较有效的方法, 该加工方法速度快、自动化程度高、产生的废料少; 注射成型是 UP 树脂加工的最有效的方法, 和使用片状模塑料 (SMC) 的压缩成型相比, 该加工方法自动

化程度更高，制品性能更一致，固化周期更快，精加工成本更低；手工铺迭和喷附工艺用于 UP 树脂大型部件如船或短线生产制品成型；UP 树脂的压铸成型 (RTM) 填补了该种树脂手工铺迭和压缩成型之间的空白，RTM 能生产出厚度受控、内外表面光滑的 UP 制品。<sup>[1]</sup>

UP 树脂在性能和应用方面特别通用。它们刚性好、有回弹性、可弯曲、耐腐蚀、耐候化、阻燃；它们既可以添充，又可不添充；它们可以增强、着色；既可在常温使用，又可在高温使用。<sup>[1]</sup>

各种耐化学性的 UP 树脂都可通过正确选择固化体系和固化条件而能适当固化。<sup>[2]</sup>

UP 树脂的发展已经历了半个多世纪，目前已成为热固性树脂的主要品种之一。UP 树脂在工业、农业、交通、建筑等领域具有广泛的用途，最近在军工上也有不少的应用，特别是航空、航天领域。用各种增强纤维（如玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维）增强的不饱和聚酯已是近代复合材料中应用最广泛的一种。有人估计，它可占玻璃钢类复合材料中的 90%，可见其用途之广。

据推测，1990 年世界的 UP 树脂需求量约为 160 万 t，其中美国 53 万 t，欧洲 50 万 t，日本 27 万 t，中国台湾 5 万 t，韩国 4.5 万 t 等。用处依各国而不同。美国用得最多的是船舶，其次是建材、耐腐蚀领域和汽车行业。欧洲的汽车应用占压倒优势，其次是罐集装箱、建材、船舶；台湾和韩国与日本相似，以建材为主。<sup>[18]</sup>

UP 树脂自 1987 年以来，逐年顺利增长，见表 1。但从 1991 年第二季度起，因土木、建筑行业的萧条有所下降。<sup>[18]</sup>

表 1 UP 的产量统计表 (单位: 万吨)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991 (上半年)
FEP	16.02 (101)	16.64 (111)	18.33 (110)	19.52 (103)	20.98 (107)	10.17 (97)
非FEP	3.61 (103)	4.10 (114)	4.39 (107)	4.51 (103)	4.82 (107)	2.85 (98)
出口	0.50 (69)	0.42 (84)	0.37 (88)	0.44 (119)	0.56 (127)	0.22 (79)
合计	19.13 (100)	21.16 (111)	23.09 (109)	24.47 (106)	26.36 (108)	12.76 (97)

注: 括号内数字为与上年的百分比。

本文将就国外 UP 树脂的最新研究、开发技术动态加以介绍。

## 2、UP 树脂的最新技术发展动向

为了扩大 UP 树脂的应用范围, 增加 UP 树脂的新品种, 许多生产厂家正在研究、开发各种改性 UP 树脂, 不断开发出低收缩 UP 树脂、阻燃耐热的 UP 树脂、增强增韧的 UP 树脂、低臭的 UP 树脂及耐腐蚀的 UP 树脂等。随着科学技术的发展和各种应用需要, UP 树脂正在向功能化、精细化、高性能化方向发展。

## 2.1. 低苯乙烯挥发性 UP 树脂<sup>[8]</sup>

保护作业环境防止污染,提高劳动生产率是一个很重要课题。UP 树脂中苯乙烯单体的挥发是对工作环境的主要污染,它不但损害操作者的健康,同时也降低了劳动生产率。所以工业发达的日本和美国规定,苯乙烯单体在作业现场的最大浓度不能超过 50ppm;德国规定得更严格,为 20ppm。这就要求开发不污染或少污染空气的低苯乙烯挥发的(LSE)或无苯乙烯单体的 UP 树脂。

不含苯乙烯单体的 UP 树脂配方是用二乙烯基苯、乙烯基甲苯、 $\alpha$ -甲基苯乙烯来取代含苯乙烯单体的乙烯基单体,低苯乙烯单体的 UP 树脂配方是并用上述单体与苯乙烯单体。使用邻苯二甲酸二烯丙酯、丙烯酸齐聚物等高沸点乙烯基单体的方法,把二环戊二烯及其衍生物引入不饱和聚酯骨架,实现低粘度化,最终使苯乙烯单体含量降低的方法。

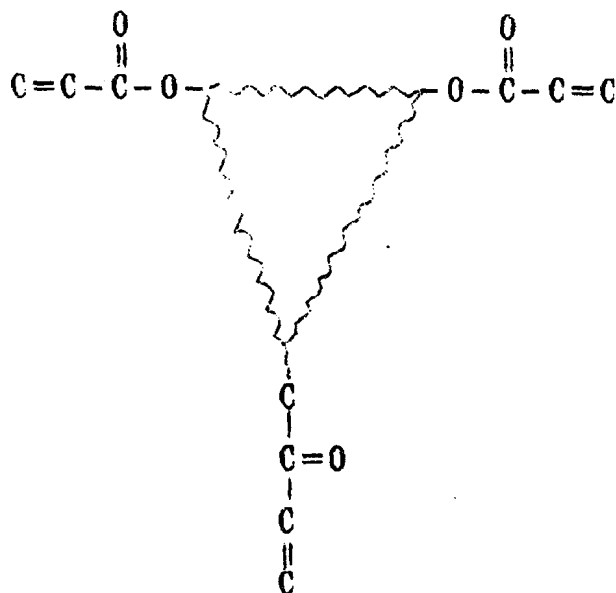
为改善作业环境,已开始采用喷射机械手,在大型制件的成型中发挥威力,并随之研制开发了适于机械手成型的符合苯乙烯单体挥发性规定的 UP 树脂。

Scott Bader 公司是最新的 LSE 树脂的供应厂商。该公司的两种 LSE 树脂都含有邻苯二酸,为 PD 7960 PA、PD 7930PA,其苯乙烯含量分别为 26% 和 27%,能保持正常的层间粘度,主要用于叠铺成型和喷附成型。<sup>[4]</sup>

## 2.2 耐冲击性 UP 树脂<sup>[8]</sup>

为了改进 UP 树脂的韧性,增加 UP 树脂的耐冲击性能,已经向 UP 树脂的主链中引入嵌段型聚合物或使之 IPN (互贯网络)化都能效果显著。

Arotech 公司和 Xycon 公司已研制出 UP 树脂与氨基甲酸乙酯的掺混树脂; Freemann Chemical 公司研制出丙烯酸异氰酸酯系 IPN 树脂; Reichhood Chemical 公司也研制出了 UP 的 IPN 树脂, 其结构见图。



### 2.3. 光固化 UP 树脂 [8. 5]

UP 树脂的光固化特点是适用期长、固化速度快。UP 树脂用光固化可以满足对苯乙烯单体挥发浓度限制的规定。

UP 树脂的光固化一般仅限于涂料、印刷油墨、印刷材料等薄膜。80 年代后, 由于使用了新的引发剂—酰基磷化氢氧化物 (APG), 因此也可用光使壁厚的 FRP 成型。这种新型的引发剂与 UP 树脂的光吸收光谱重叠少, 能有效地利用光能。

由于光敏剂及光照装置的进步, 为提高生产率, 采取降低固化物的交联密度、树脂分子或在交联剂中引进柔性骨架, 然后采用紫外光



固化 UP 树脂取得了成功。这样的 UP 树脂料不但固化速度快，而且不降低材料性能及工艺性，且耐裂纹性、表面研磨性优良。

#### 3.4. 低收缩性 UP 树脂<sup>[5]</sup>

UP 树脂在固化过程中收缩，严重影响了 UP 树脂的 FRP 制品的耐翘曲性、尺寸精度、耐开裂性及表面平滑性，因此，要求研制收缩少或无收缩的 UP 树脂。

经研究，向 UP 树脂中掺入由聚苯乙烯、聚醋酸乙烯、SBR 等热塑性树脂构成的低收缩剂，使 UP 树脂固化后生成孔隙结构或微裂纹结构，利用孔隙或微裂纹产生的空隙弥补 UP 树脂固化的收缩量。这种方法一直在传统的制备高温压制成型用 SMC / BMC 树脂中使用。最近开发了常温固化的低收缩 UP 树脂，并推出了玻纤图案少的表面光滑性好的层压用 UP 树脂，也研制出可在 40h 内制作 FRP 模具的手糊成型用无收缩 UP 树脂。

日本研究出了低收缩注 UP 树脂料，它是由 UP 树脂 (a)、可共聚单体 (b)、A-B 型嵌段共聚物组成。其中的 UP 树脂为通用的 UP 树脂，用  $\alpha$ ， $\beta$ -不饱和二元酸 [如马来酸 (酐)、富马酸等]、饱和二元酸 [邻 (对、间) 苯二甲酸 (酐)、己二酸等] 和乙二醇类 [如乙 (丙、丁、己) 二醇、二乙 (丙) 二醇、氢化双酚 A 等] 制备；可与上述 UP 树脂共聚的单体可为苯乙烯、 $\alpha$ -甲基 (特丁基) 苯乙烯、(甲基) 丙烯酸等；A-B 型嵌段共聚物中的 A 链段可为马来酰亚胺化合物及可与之共聚的单体组成的单元，B 链段可为纯醋酸乙烯单体或由醋酸乙烯单体及可与之共聚的单体组成的单元。该种树脂料可直接用于各种领域，也可加入填充剂 (如碳酸钙、氢氧化铝等)、着色剂、增强剂及固化剂等。其 SMC 料可用于要求耐热性的电气部件和

汽车部件等。<sup>[6]</sup>

## 2.5. 耐腐蚀性 UP 树脂<sup>[3]</sup>

对接触有机溶剂、酸、碱等的 UP 树脂制品要求耐腐蚀性能。为此，向 UP 树脂中引入难于水解的原料或分子骨架是有效的。

当引入双酚 A 环氧烷烃加成物或加氢双酚 A 作为 UP 树脂的乙二醇成分时，酯基在分子骨架中所占的浓度降低；而且 UP 中引入加氢双酚 A 时，由于环己烷环的位阻现象使水解反应的速度减慢，因而耐化学性能提高，即耐化学腐蚀性能得到提高。

UP 树脂中引入的丙烯酸改性环氧树脂、乙烯酯树脂因酯基浓度低，因而增加了 UP 树脂的耐腐蚀性能。

## 2.6. 改性 UP 树脂

随着科学技术的不断进步，许多厂家开始对 UP 树脂进行改性，以使之更能适应应用的要求。日本已研究出一种改性 UP 树脂，它是由端异氰酸酯基的不饱和聚酯 (1) 与作为在 1 个分子中至少含有两个环氧基的环氧树脂和 (甲基) 丙烯酸的反应产物的乙烯酯树脂 (2) 进行反应而构成的改性 UP 树脂。<sup>[4]</sup>

## 3、UP 树脂的加工应用

UP 树脂经过长时间的增长，现在其产量已占树脂生产量的 2%。为使 UP 产品增加市场潜力，正在研究提高性能使之高性能化、提高工艺性使之生产率提高、增加环境适应性使之符合净化环境的要求。在产品研制中，出现下列趋势：研制改进韧性、不影响其刚性的混杂聚酯/聚氨酯制品；用作冲击性能得到改进的 SMC 成型的柔性树脂制品；不影响层间强度、保持良好的机械强度的苯乙烯单体挥发量低的树脂制品。

### 3.1. 混杂树脂<sup>[1]</sup>

混杂树脂是嵌段共聚物，通常含有 UP 的硬段和 PVR（加入一种异氰酸酯于配方中生产的，如加入二苯基甲烷二异氰酸酯）的软段。该类树脂具有等于或好于标准 UP 树脂的工艺性能。

美国 Aristech 公司出售的增强材料制成的浴缸是用的快速固化的 UP 发泡树脂；Cook Composites 公司制造的航海中用的抗炸裂涂料（用作增韧剂），可用作乙烯酯的替代材料，不使用增强剂使表面更光滑。

意大利 Alusuisse 公司（属于 Cray Valley 公司）是 Cook Composites 公司的主要股东，其混杂树脂适于作汽车的 A 级部件。混杂树脂 BMC 比 UP 树脂 BMC 的冲击强度高 20%~35%。

DSM 公司（意大利）的混杂树脂 Daron 40 可用作运输、建筑等工程中使用的框架和托盘、管材的管箍，也适于汽车部件的压铸成型（RTM）。Daron 混杂树脂以 4 种水解聚酯为基础形成四种材料：间苯二酸型、双酚 A 型、间苯二酸和乙烯酯型、专用混合料。四种材料都具有低的、可调的粘度、固化快及良好的机械性能。该种混杂树脂可用多达 10% 的苯乙烯稀释而不增加脆性。每一种材料具有下列一种或多种性能：耐腐蚀性好、热稳定性好、改进的阻燃性、收缩率低及优良的韧性。

Cray Valley 公司的 Procore 混杂树脂可用于卫生领域如排水设备，能快速的机加生产，即能喷射进模具；可用作涂料，凝胶时间为 40 s；也可用于 RTM。

Reichhold 公司的混杂树脂是以 UP 和二环戊二烯为基础的，用于 RTM，也可用于挤出，在开模加工中可用于叠铺成型，其苯乙烯含

量 (20%) 低于通用的 UP 树脂苯乙烯含量 (45%)。

### 3.2. 柔性 UP 树脂<sup>[5]</sup>

柔性 UP 树脂主要是用于把玻璃纤维用作增强剂的复合材料, 用作 SMC 模塑料。

DSM 公司的柔性 UP 树脂 SMC 材料匹配了更多的 GMT (玻璃毡增强的热塑性塑料) 的机械性能, 使该种 SMC 具有更高的耐热性和耐疲劳性能。把活性较高的 UP 树脂与活性较低的材料相混合就能达到所需的柔韧性。Mercedes Benz 公司利用该种 SMC 制造的发动机护罩就足以证明该材料的性能。

Ashland 公司用上述 SMC 制造的立式汽车外护板可在稍加碰撞后有限地向后弯曲并恢复原状, 从而使 UP 树脂 SMC 用作汽车外护板具有很大的潜力。该公司生产的 Arlphlex SMC 用作上述部件具有好的配合公差、柔韧性和 A 级光洁面。

Plastics Engineering 公司制造的 01500 系列材料用于注射成型, 并可根据用户需要匹配不同的颜色。已提供的着色料为深浅不同的灰色和白色颜料。

玻璃纤维增强的层压用 UP 树脂料用途广泛, 可用通用的成型方法成型为各种制品。

### 3.3. 人造大理石用 UP 树脂

人造大理石是现在很时兴的一种建筑材料。用 UP 树脂可浇注成型出美丽的半透明性且耐热水性良好的人造大理石。<sup>[6]</sup>

日本研制出一种人造大理石用耐热水性良好的 UP 树脂 (A) 和施行特定表面处理的氢氧化铝 (B) 可成型出富有透明感, 且耐热水性良好的人造大理石。UP 树脂 (A) 是指由 40%~70% (wt.) 的缩

聚饱和二元酸或其酸酐及  $\alpha, \beta$ -不饱和二元酸或其酸酐 [如马来酸(酐)、富马酸(酐)、间(对)苯二甲酸等] 及多元醇 (如乙二醇、二乙二醇、二丙二醇、1, 3-丁二醇、新戊二醇、双酚 A 的环氧丙烷或其环氧乙烷加成物、氢化双酚 A 等) 制得数均分子量 2000 以上、双键浓度  $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/g}$  以上的  $\alpha, \beta$ -不饱和聚酯与 30%~60% (wt.) 的聚合性不饱和单体 [如苯乙烯、乙烯基甲苯、对甲基苯乙烯、甲基丙烯酸甲(乙、丁)酯等] 构成的; 施行特定表面处理的氢氧化铝 (B) 是指采用普通拜耳法制得的氢氧化铝, 用氮气吸附法测定的比面积为  $2.5 \text{ m}^2/\text{g}$  以下, 除去其表面的可溶性  $\text{Na}_2\text{O}$  并使之降至 0.01% (wt.) 以下, 而且进行表面处理使分子内含有  $\alpha, \beta$ -双键的硅烷偶联剂达到 0.2% (wt.) 以上, 以便使氢氧化铝的羟基与偶联剂的结合更紧密。上述 UP 树脂 (A) 和 50~350 质量份的氢氧化铝 (B) 为主要成分适于浇注成型为半透明性且耐热水性良好的人造大理石。<sup>[8]</sup>

Alpha Resins 公司的大理石树脂<sup>[9]</sup> Altec 101003M 在 2000 次热和冷水循环试验后仍保持良好的耐龟裂性能。该公司的玛瑙级大理石树脂能耐 1650 次循环试验。

Reichhold 公司的大理石树脂 PolyLite 32102 具有过氧化苯甲酰基固化体系, 成型周期短, 和通用的 MEKP 相比, 模具循环可快 20%。<sup>[9]</sup> 该公司引进的一种间苯二甲酸树脂用作固体表面或致密的大理石脱气剂。脱气剂的应用不需除气泡, 与过氧化苯甲酰 (BPO) 催化剂一块使用时树脂可室温固化。<sup>[10]</sup>

Silmar Commercial Composites 公司研制的 BPO 固化的 UP 树脂大理石系统能使制品快速固化到巴卡尔硬度, 使制件能在 20min 内

脱模。 [10]

Ferro 公司用新戊基二醇制造出的间苯二酸胶衣料用于人造大理石, 该材料耐水、耐应变、改进了透水性。 [10]

Reichhold Chemicals 公司新的间苯二酸、新戊二醇、丙烯酸改性的 UP 树脂用于固体表面 (硬化大理石) 提供了抗湿晕性和抗污染性。不需后固化。 [11]

间苯二酸改性 UP 树脂胶衣料在人造大理石的应用中继续起着重要作用, 在厨房和洗澡间以及航海工业中, 起花岗岩作用的胶衣料仍有很大的增长潜力。Plymouth 公司正在供应各种工业用带颜色的起花岗岩作用的胶衣树脂料。主要应用领域包括管道、船、储存罐、汽车元件以及人造大理石淋浴器和温泉设施等。 [11]

浴室使用的人造大理石 UP 树脂必须具有良好的填充量, 并能经受住热循环试验。 [11]

Ferro 公司为人造大理石 Ultra Plus 研制出具有新戊二醇 (NPG) 的间苯二酸基 UP 胶衣树脂料。NPG 在 UP 树脂分子骨架中的作用是为 UP 树脂提供高的张力和良好的耐水性, 并改进了透明性。该公司也为航海应用研制出一种异构胶衣料, 和对苯二酸基 UP 树脂相比, 它能提供更大的遮罩和更好的耐盐水性。 [12]

Cook Composites 公司研制出的模内涂料 Armorcote IMC941 在深海航行中用途广泛, 其作用包括保持光泽、耐起霜、耐变黄和耐起泡, 并改进了弯曲性能。 [12]

#### 3.4. 低苯乙烯挥发量的 UP 树脂:

由于苯乙烯有刺激性气味, 且与人体的器官疾病有关系, 所以对环境造成了污染, 各国的环境保护部门和组织纷纷对苯乙烯的挥发量

制定了各种不同的限制范围。<sup>[4]</sup>在全世界范围内,有关的组织规定工作场地的苯乙烯挥发量上限为 20ppm;在美国, OSHA (职业安全与健康管理局) 把限制范围从 50ppm 提高到 100ppm,但在美国的一些州如加利福尼亚州及加拿大把运送中的苯乙烯挥发量限定在 20ppm;欧洲的标准是可以超出 50ppm;日本的规定标准和美国近似,但法国规定的上限为 20ppm。

Reichhold 公司制造的低苯乙烯挥发量 [LSE] UP 树脂 PolyLite 33240 是一种通用的邻苯二甲酸类材料,可用于要予浸树脂的机械。它具有能使予浸工艺最佳化的粘度和触变指数,是一种苯乙烯散发量很少的工艺方法。<sup>[9]</sup>

Asland 公司生产的紫外光固化 UP 树脂可用于喷涂成型、铺迭成型、纤维缠绕和预浸料,比通用的 UP 树脂固化快,而苯乙烯散发量很少。<sup>[9, 10]</sup>

其它符合苯乙烯单体挥发量规定要求的 UP 树脂料还有 OCF 公司生产的 Trusurf E820,是其改进的航海用第三代二环戊二烯基 UP 树脂产品,其特点是改进了表面性能和固化特征;Cook 公司正在试验一种航海使用的三组分 UP 树脂体系 Aqua-Armor,它是由取代胶衣的外化妆蒙皮、中间层为耐起泡的支撑层、内层为结构层的三层组成的;Co-Plao 公司研制出的 Max-Guard 是一种丙烯酸改性的 UP 树脂胶衣,高度耐晒,不褪色。<sup>[9]</sup>

UP 树脂和 PUR 树脂相结合是满足调整苯乙烯单体挥发量要求的符合环境保护的一种方法。Hybri-Chem 公司生产的 PUR/UP 掺混树脂苯乙烯单体挥发量仅为 9ppm;而 Cook Composites 公司的此类树脂 Interpol 仅含 23%~25% 的苯乙烯。

Neste 公司研制的一种新的 LSE 树脂应用于斯堪的纳维亚的 95% 的厂家,其长处是降低了车间生产场地的挥发量,正在进入欧洲和中东地区市场。

### 3.5. UP 树脂成型制品<sup>[11]</sup>

用 UP 树脂代替铝、木材和 PVC,制造拉挤成型制品是一个很有希望的应用领域。具体应用包括窗框、电话机磁极、建筑用 I 型和 L 型梁、电塔和光磁极等。这些领域的用量每年约 1088 万 t;今后的 5~10 年中,每年的增长幅度预计为 15%~25%。而且生产厂家正在研制粘度更低的拉挤成型用 UP 树脂,以增加填料和增强剂的用量,使强度提高、成本降低。

UP 树脂粘度低时,易于泵进,但凝胶时间要充分,以使树脂能充满模具。即使这样,循环周期也快得足可保持合理的生产速度。压铸成型(RTM)制品包括小船、电气仪器外壳、汽车外部件、椅子等。<sup>[11]</sup>

### 3.6. 玻纤增强的 UP 树脂:

用玻璃纤维增强的 UP 树脂(又称玻璃钢,FRP)用途广泛。就 FRP 来说,有人估计,目前 90% 以上的玻璃钢为 UP 树脂制品。

#### 3.6.1 建筑用 UP 玻璃钢

FRP 波纹板已有 35 年的历史,可与 PVC 波纹板竞争,而在耐久性上占压倒优势,最近又与丙烯酸系、PC 系展开激烈竞争。随着科学技术的不断发展,不断推出具有耐候性、耐蚀性、阻燃性和能着色的波纹板。<sup>[12]</sup>

用 UP 树脂取代钢和水泥在民用工程中很有发展前途。在应用中使用了更多的 UP 复合材料作为桥面板增强剂和修补剂,如在码头的结构和通用结构件中及离岸的平台等。UP 复合材料的特点是强度高、



重量轻、对模具设计有更大的适应性、冷冻/融化循环试验中性能好，有耐腐蚀性。<sup>[11]</sup>

### 3.6.2 家具用 UP 玻璃钢

在家具用 UP 玻璃钢中，继净化槽之后，用得最多的是浴缸及浴室有关制品，这方面的需求正在不断增加。<sup>[12]</sup>

### 3.6.3 船用 UP 玻璃钢

用 UP 玻璃钢船取代木船随着渔船的逐渐减少而减少，取而代之的是使用该种材料的游览船的增长。FRP 船与铝也有竞争，今后要努力实现大型化、安全性、高速性等。<sup>[13]</sup>

### 3.6.4 车辆用 UP 玻璃钢

这类应用中汽车用 FRP 部件占大部分。由于汽车工业的大发展，这类应用正在不断增加。据统计，各汽车公司共采用了 500 种以上的 FRP 部件，其中的后阻流板、遮阳光顶蓬罩的滑动构架、头灯反射镜作为批量生产部件占有压倒优势，成为汽车用 FRP 的支柱。火车部件也开始要求采用 FRP 制造。<sup>[13]</sup>

### 3.6.5 其它应用的 UP 玻璃钢

在其它应用中，UP 玻璃钢可制作输水及污水管道，特别是耐腐蚀污水处理管等。

## 4、发展前景：

随着科学技术的不断发展和不断进步，技术的国际化也许很快就是 UP 树脂研究开发的主要影响因素。<sup>[14]</sup>因此，有关的 UP 树脂技术不仅正在成为区域性研制和应用的问题，而且越来越多地成为合资经营和商业生产、销售、应用的全球性网络系统。为了增加竞争力和开拓新的市场，许多供应厂商正在联合起来，研究开发新的品种，扩大