

工业和信息化部节能与综合利用司指导
中国工业节能与清洁生产协会主办
2018年2月 第1期（总第37期）



INDUSTRIAL ENERGY
CONSERVATION AND CLEANER PRODUCTION
倡导绿色工业 服务节能减排

工业节能与清洁生产

INDUSTRIAL ENERGY CONSERVATION AND CLEANER PRODUCTION

重点行业挥发性有机物 (VOCs) 削减技术 专刊





第七届

绿色工业发展高峰论坛

暨 2018 年中国工业节能与清洁生产协会年会
即将召开

开启生态文明新时代 绘就绿色发展新蓝图

2018 年 3 月 23-25 日

江苏·南通



更多会议内容敬请关注
协会微信公众号

联系方式：李文字 国晶莹

010-62248575

13901397684

huiyuanbu@cieccpa.com





卷首语

为贯彻落实《大气污染防治行动计划》及《重点行业挥发性有机物削减行动计划》，加快推广先进、成熟、适用的清洁生产技术，促进重点行业挥发性有机物（VOCs）削减，切实改善大气环境质量，受工业和信息化部节能与综合利用司委托，协会组织开展了重点行业挥发性有机物（VOCs）削减技术及示范应用案例征集遴选工作，经过相关行业协会推荐、专家评审，形成了《重点行业挥发性有机物（VOCs）削减技术示范推荐目录（2017年）》及《重点行业挥发性有机物（VOCs）削减技术示范应用案例（2017年）》。

为了让社会各界及广大会员单位更好地分享研究成果，我们特将推荐目录及示范应用案例刊登出来，供大家学习参考。



目录

Contents

CHINA INDUSTRIAL ENERGY CONSERVATION
AND CLEANER PRODUCTION ASSOCIATION

工业节能与清洁生产

2018 年 2 月 第 1 期 (总第 37 期)

| 特别报道

- 03 协会发布《重点行业挥发性有机物 (VOCs) 削减技术示范推荐目录 (2017 年)》及《重点行业挥发性有机物 (VOCs) 削减技术示范应用案例 (2017 年)》

| 推荐目录

- 04 重点行业挥发性有机物 (VOCs) 削减技术示范推荐目录

| 应用案例

- 10 包装材料无溶剂复合——无溶剂聚氨酯复膜胶
- 15 印刷包装无溶剂复合工艺技术
- 20 无溶剂零 VOCs 凹版印刷机
- 23 VOCs 零排放源头控制——氮气保护全 UV 干燥技术
- 26 “无异味高爽滑”油墨高相容性无溶剂复合薄膜胶粘剂
- 30 无溶剂聚氨酯合成革装备和工艺
- 32 水性单涂色漆技术
- 34 水性木器涂料的产业化技术
- 36 家具人造板材粉末静电喷涂技术
- 40 快干型无溶剂复合机 (WRJK series) 和传统型无溶剂复合机 (WRJ series)
- 42 鞋底表面处理 VOCs 零排放源头控制——紫外线处理技术
- 44 节能型废轮胎自动化粉碎生产线及其成套装



协会发布《重点行业挥发性有机物 (VOCs) 削减技术示范推荐目录 (2017 年)》及《重点行业挥发性有机物 (VOCs) 削减技术示范应用案例 (2017 年)》

本刊讯 (记者 滕飞) 挥发性有机物 (VOCs) 对人体的健康有很大的负面影响,像呼吸、过敏、免疫系统的不良反应很多都和室内或室外的挥发性有机物 (VOCs) 有关。造成雾霾的一定原因就是由大气中的 VOCs 和 NOX 所进行的光化反应,反应会生成悬浮颗粒和地表臭氧。一些常见的挥发性有机物 (VOCs) 有:苯类,甲醛,二氯甲烷,全氯乙烯和 MTBE 等。人为挥发性有机物 (VOCs) 产生的途径有:喷涂、清洁和制冷中含氯氟烃和含氯烃的使用、化石燃料的使用等。

挥发性有机物 (VOCs) 在常温下具有较高的蒸汽压,大量分子从固体或液体形态的混合物中蒸发或升华出来而进入大气。例如,甲醛 - 易从涂料中蒸发 - 的沸点只有 -19°C 。美国联邦环保署 (EPA) 定义挥发性有机化合物是除 CO 、 CO_2 、 H_2CO_3 、金属碳化物、金属碳酸盐和碳酸铵外,任何参加大气光化学反应的碳化合物;在我国挥发性有机物 (VOCs) 是指是指常温下饱和蒸汽压大于 70 Pa、常压下沸点在 260°C 以下的有机化合物,或在 20°C 条件下蒸汽压大于或者等于 10 Pa 具有相应挥发性的全

部有机化合物。

工业来源占挥发性有机物 (VOCs) 产生的比例很大,所以控制工业挥发性有机物的排放显得尤为重要。为贯彻落实《大气污染防治行动计划》(国发〔2013〕37号)及《重点行业挥发性有机物削减行动计划》,加快推广先进、成熟、适用清洁生产技术,促进重点行业挥发性有机物(以下简称 VOCs) 削减,切实改善环境空气质量,中国工业节能与清洁生产协会在工业和信息化部节能与综合利用司以及相关行业协会的大力支持协助下,组织征集一批重点行业 VOCs 削减技术示范案例编制了《重点行业挥发性有机物 (VOCs) 削减技术示范应用案例》和《重点行业挥发性有机物 (VOCs) 削减技术示范推荐目录》,涉及包装印刷、汽车喷涂、合成革、石化、制鞋、家具喷漆、橡胶再利用等重点行业,包括无溶剂型溶剂、水性溶剂、吸附氧化、催化氧化、冷凝回收、UV 粘合、粉末喷涂和废橡胶再利用成套设备技术等重点行业 VOCs 削减技术。

重点行业挥发性有机物（VOCs） 削减技术示范推荐目录

	序号	技术名称	技术应用领域	技术工艺特点描述	技术示范项目应用效果	关键词
源头控制	1	无溶剂复合-无溶剂聚氨酯复膜胶	包装材料	通过植物油改性技术在聚氨酯大分子中同时引入醚键和酯键，同时加入一定量的偶联剂增加胶粘剂对薄膜材料的浸润性实现常温涂布； 使用耐高温聚酯及环氧改性，使产品能够耐 121℃高温蒸煮及耐有机溶剂的化学腐蚀	自 2010 年以来，减少溶剂排放超过 20000 吨，节省电能近 5714.28 万 KW·h。	无溶剂复合材料 聚氨酯复膜胶
		技术来源：上海康达化工新材料股份有限公司 技术示范承担单位：上海康达化工新材料股份有限公司				
	2	印刷包装无溶剂符合工艺技术	软包装、装饰、织物、皮革复合等	无溶剂复合机、配套双组份胶自动混胶机的设计 独立伺服驱动和数字化控制的多滚涂布单元、水平排列式复合单元、直线导轨式收卷单元、智能化混合上胶系统	每年每台可减少超过 40 万吨的 VOCs 排放。	无溶剂复合机
		技术来源：广州通泽机械有限公司 技术示范承担单位：上海赛龙制品包装有限公司				
	3	无溶剂零 VOCs 凹版印刷机	印刷	无溶剂凹版印刷是将承印物的表面 100% 固含量的油墨（不含有任何有机溶剂），由辐射固化源通过辐射固化进行干燥的印刷方法，辐射固化源包括 UV、LED、OLED、EB 等。 雕刻深度达到 h<30μm。	不含有机溶剂，无溶剂挥发，运用冷光源固化干燥技术，色墨耗量是普通油墨的 1/3	无溶剂凹版印刷 UV-LED 固化 油墨印刷
		技术来源：中山松德印刷机械有限公司 技术示范承担单位：中山松德印刷机械有限公司				
	4	VOCs 零排放-氮气保护全 UV 干燥技术	印刷	利用在特定波长下对 UV 可固化油墨的辐照固化，来使油墨在无溶剂条件下干燥。印刷机的承印材料输送路径上利用紫外线对附着在承印材料上的油墨进行干燥，同时在干燥过程中对紫外线照射区域进行氮气保护。 主要包括氮气保护印刷的 UV 油墨和紫外线干燥灯罩。	UV 油墨，无有机溶剂。 N ₂ 保护条件下的 UV 干燥所耗能量是同等条件下的传统 UV 固化能量的 15% 左右。	无溶剂 UV 油墨印刷 氮气保护的 UV 干燥
		技术来源：广东新尤威印刷装备科技有限公司 技术示范承担单位：中山和运印务有限公司				
	5	“无异味高爽滑”油墨高相容性无溶剂复合薄膜胶粘剂	包装印刷复合材料	无溶剂胶粘剂产品同属于双组份聚氨酯树脂体系，实现的交联固化的反应原理，根据现实的功能需要进行分子结构的特殊设计。 双组份无溶剂胶粘剂一般是由 NCO 组份（聚异氰酸酯聚氨酯预聚物）与 OH 组份（聚醚 / 酯或混合物）组成，在使用时将两个组份按一定的配比混合均匀，基团 NCO 组份与 OH 组份反生氨酯化反应，形成大分子从而达到交联固化达到一定的粘结强度，实现两种薄膜基材之间的粘合。	使用中无挥发性有机物（VOCs）排放。	无溶剂复合薄膜胶粘剂
		技术来源：中山市康和化工有限公司 技术示范承担单位：中山市康和化工有限公司				

	序号	技术名称	技术应用领域	技术工艺特点描述	技术示范项目应用效果	关键词
源头控制	6	无溶剂聚氨酯合成革装备和工艺	合成革	实现了双组份无溶剂聚氨酯树脂在线固化工艺,采用自动上料浇注机在线固化混合,根据计量配比自动混合,满足了 OH 和 NCO 混合均匀性和配比均匀性要求。 工艺流程包括:刮涂面层、烘干、刮涂发泡层、烘干和收卷。	解决了传统 PU 合成革有机溶剂 DMF 对生产环境危害和产品残留对使用者危害问题。	无溶剂 PU 合成革
		技术来源:江苏省科技成果转化项目计划(BA2013006) 技术示范承担单位:江苏国信复合材料科技股份有限公司				
	7	水性单涂色漆技术	汽车喷涂	水性单涂色漆技术的应用免除了溶剂型清漆的使用,显著降低 VOCs 排放。 增加面漆水性预烘干系统,满足水性色漆预脱水要求;改造原有溶剂型面漆烘干系统,满足水性单涂色漆烘烤的梯度升温要求;改造空调送风系统,满足水性漆施工温、湿度窗口要求;改造输调漆系统,满足水性漆要求,保证机器人喷涂压力及流量需求。	VOCs 排放削减超过 80%,从 60g/m ² 降低到 10g/m ² 。	汽车喷涂水性涂料
		技术来源:美国 PPG 工业公司;PPG 涂料(天津)有限公司 技术示范承担单位:安徽江淮汽车股份有限公司(遂宁工厂)				
	8	水性木器涂料的产业化技术	木质家具、玩具或工艺品制造业	采用水性木器涂料的产业化技术(水性高性能双组份聚氨酯木器漆+微波红外耦合干燥技术),包括开放涂装和封闭涂装。 一次喷涂漆膜厚度控制 200μm,喷漆量 120 g/m ² -180g/m ² ,为保证涂装质量不受外界环境条件变化的影响,须配备功率为 50kW 的红外微波耦合干燥设备。	VOCs 含量可由 580g/L 降低到 54g/L。最终污染防治效果达到 16.7mg/m ³ ≤ 30mg/m ³ (DB-44/814-2010 标准)。	水性高性能双组份聚氨酯木器漆 微波红外耦合干燥设备
		技术来源:嘉宝莉化工集团股份有限公司与华南理工大学联合研制 技术示范承担单位:中山市美果家具厂				
	9	家具人造板材粉末静电喷涂技术	家具喷涂	新催化剂组合的开发,将传统静电粉末涂料的固化温度降低到 120-130℃,并采用特种红外辐射器使得人造板在 2-3min 板面温度达到 130℃,表面粉末涂层完全固化。低温粉末涂装一次性喷涂可达 50-200μm,特别适合用于粗糙多孔人造板的涂装,并且涂料利用率可达 100%。	年度合计,油漆 VOCs 排放 1000000 0.392=630t,固体废物 240x25%=60t,即每投入 100 万 m ² 粉末涂装工厂,可以减少 VOCs 排放 630t,减少固体危废排放 60t。	静电粉末喷涂低温固化
		技术来源:佛山宜可居新材料有限公司 技术示范承担单位:佛山宜可居新材料有限公司				
	10	快干型无溶剂复合机(WRJK series)和传统型无溶剂复合机(WRJ series)	印刷、复合行业	快干型无溶剂复合机 传统型无溶剂复合机	无溶剂复合	无溶剂复合设备
		技术来源:重庆鑫仕达包装设备有限公司 技术示范承担单位:上海康达、台湾日胜化工等(胶水提供商) 重庆鑫仕达包装设备有限公司(设备提供商)				

	序号	技术名称	技术应用领域	技术工艺特点描述	技术示范项目应用效果	关键词
源头控制	11	鞋底表面处理 VOCs 零排放源头控制 - 紫外线处理技术	橡胶表面改性处理	用物理方法来取代鞋底粘接过程中处理剂的使用。通入臭氧，并利用 UVC 灯管产生一定波段的紫外光 a 和 b，照射在大底和中底的粘接面上。a 波段的紫外光对鞋底材料有理想的蚀刻作用，对鞋底材料的高分子化合物的 C-H 能有效断键，使鞋底粘接面生成带极性的高分子化合物，到达物理打磨或化学腐蚀的相同技术效果，能够使鞋底粘接面和胶水有效链接；b 波段的紫外光能对 O ₂ 分子断键生成 O ₂ ⁻ ，其中一部分 O ₂ ⁻ 与 O ₂ 反应生成 O ₃ ，由于 O ₂ ⁻ 、O ₃ 的强氧化性能够有效地氧化粘合过程中鞋底表面产生的小分子有机化合污染物，到达清洗的效果，使鞋底和胶水链接充分。	VOCs 零排放	紫外线橡胶粘合
		技术来源：广东新尤威印刷装备科技有限公司 技术示范承担单位：东莞宝成鞋业有限公司				
工艺过程	12	节能型废轮胎自动化粉碎生产线及其成套装置	废旧轮胎综合利用	工艺原理及工艺流程：轮胎胎圈分离、破碎、粗碎、磁选、细碎、气流分选、研磨、筛选、包装等，每一道工序设有独立的设备。用粗粉碎 8-18mm 的胶粒直接研磨成粉，使废轮胎处理生产工艺简化，省去了细粉碎设备减少装机功率和设备占地，与行业同能耗设备相比节能 35%。	废旧轮胎绿色循环利用	废旧轮胎循环利用装备
		技术来源：东莞市运通环保科技有限公司 技术示范承担单位：东莞市运通环保科技有限公司 佛山惠福科创有限公司				
	13	环保型智能化废橡胶再生成套设备	废橡胶循环利用	该成套设备主要由破碎系统、恒温再生系统、混炼系统和压延出片打包系统（或制粒）构成。 环保型智能化废橡胶再生成套设备采用五个单元集合和 PLC 控制连接方式进行设计布局。五个单元分别为粉碎、塑化、捏炼成型、检测、环保。控制系统分单元采用模块式 PLC 控制，最终使各单元无缝软连接并辅以远程控制方式干态法再生技术，从工艺上解决废水废气问题	废旧轮胎循环利用 无废气废水排放	废橡胶再生成套设备智能控制
		技术来源：江苏中宏环保科技有限公司 技术示范承担单位：江苏中宏环保科技有限公司				
	14	环保节能型万吨级废轮胎再生橡胶成套装置与技术	废旧轮胎综合利用	整线配置包括胶粒胶粉制备模块、自动输送计量预处理模块、常压连续再生模块、高效多螺杆后处理模块、滤胶成型与自动包装模块和智能远程集中控制系统。 实现物料在密闭管道内流通，生产过程中无高温烟气的排放，使用植物系的软化剂替代传统使用的煤焦油，大大降低 VOCs 的产生量，从而实现了生产过程和再生胶产品的双重环保。	低 VOCs 排放 生产过程无烟气排放	废轮胎再生橡胶成套设备智能控制
		技术来源：中胶橡胶资源再生（青岛）有限公司；青岛科技大学 技术示范承担单位：中胶橡胶资源再生（青岛）有限公司 青岛广信橡胶有限公司				
	15	多阶螺杆连续脱硫绿色制备再生橡胶成套技术	废橡胶再利用	选取了不同功能的螺杆挤出机分别作为脱硫装备和精炼装备。在脱硫工序，配有再生剂的废胶粉在脱硫双螺杆挤出机内的高温剪切作用下，化学脱硫后选择性破坏废橡胶的交联网络，制备得到力学性能优良的脱硫胶粉。在精炼工序，脱硫胶粉在螺杆精炼挤出机内的低温高剪切作用下，进一步打断交联键，以改善其加工性能，并得到最终产品。 自主研发了高性能环保再生助剂，并确定了再生助剂的合理用量，取代了传统污染的煤焦油、芳烃油。	与传统技术相比，VOCs 减排 90% 以上。 每吨再生橡胶节约电能 200 度以上。	废橡胶再生成套设备 双螺杆动态连续脱硫
		技术来源：南京金人橡塑高科有限公司 技术示范承担单位：北京路德永泰环保科技有限公司				

	序号	技术名称	技术应用领域	技术工艺特点描述	技术示范项目应用效果	关键词
工艺过程	16	常压连续脱硫生产还原橡胶技术	废橡胶脱硫再生	本技术是用物理化学结合的方法通过加温搅拌设备将硫化橡胶粉与软化剂、活化剂充分混合，在常压下将混合胶粉通过预加热的脱硫机，在螺旋搅拌输送过程中完成软化剂、活化剂与硫化橡胶粉的溶胀渗透及橡胶大分子链断裂重组作用，再通过炼胶机的剪切，打破硫化橡胶的网状结构，从而形成可以重新交联的再生橡胶。 工艺流程主要有：废轮胎破碎、磨粉、配合剂预混合、胶粉预加热段、脱硫段、冷却段、炼胶、入库。	与动态法相比，可节约能源 30% 左右。低 VOCs 排放。	废橡胶脱硫技术设备 常压连续脱硫
	技术来源：山东新东岳再生资源科技有限公司 技术示范承担单位：北京路德永泰环保科技有限公司					
末端治理	17	聚氨酯粘合剂生产线及废气、废水、除尘治理措施改造	粘合剂生产	工艺过程：合成阶段增加二级冷凝器，加大冷却效果，减少溶剂蒸发，同时冷凝排空气体全部收集后并于尾气吸附装置，通过催化燃烧再次降低尾气排放量；通过 DCS 使用最优化曲线控制工艺过程，减少人为误操作；使用电加热代替导热油炉，减少燃油带来的二氧化硫及烟尘等排放。 尾气处理：废气经活性炭纤维吸附后，启动空气脱附风机、加热器开始工作，利用高温空气反向将活性炭纤维吸附的有机物脱附出来，浓缩尾气连续稳定的输送至催化燃烧室。 废水处理：混凝沉淀技术、高效催化微电解反应器和微米载体流化床技术。	提高尾气净化效率，减少无组织 VOCs 排放。	粘合剂生产 吸附催化燃烧废气处理 废水 COD 处理
	技术来源：北京高盟新材料股份有限公司 技术示范承担单位：北京高盟新材料股份有限公司					
	18	涂装车间 VOCs 排放削减综合改造	汽车喷涂	VOCs 排放削减综合改造主要包括（1）溶剂性色漆工艺升级为水性色漆工艺，从源头上削减 VOCs 产生量；（2）中面涂工艺从传统喷漆往复式升级为全静电旋杯喷漆机器人，提升喷涂效率，减少材料用量，并同时为每台机器人配备冲洗溶剂收集装置；（3）对溶剂性清漆喷房废气中的 VOCs 进行焚烧处理，通过末端处理进一步大幅减少 VOCs 排放。	VOCs 排放水平降至 10g/m ² 左右	汽车喷涂 静电机器人喷涂水性色漆工艺
	技术来源：通用汽车全球技术中心 技术示范承担单位：上汽通用汽车有限公司					
	19	有机废气的转轮浓缩-深冷冷凝回收系统	有机废气净化	有机废气经预处理和初步冷凝回收后，进入浓缩转轮。浓缩转轮的核心是蜂巢状转轮，为一种特殊的吸附材料-疏水性沸石，沸石对挥发性有机物的气体有着高效率的吸附能力，VOCs 废气通过转轮，沸石吸附 VOCs 并将干净的气体排放至大气。被吸附的 VOCs 由脱附区利用高温进行脱附，脱附的气体为高浓度低流量的浓缩废气，此浓缩废气先经表冷装置初步冷凝脱水后，再导入分子筛装置进行深度脱水，最后将干燥的废气导入深冷系统冷凝可回收液态溶剂。	干燥的浓缩废气进入深冷冷凝装置后，温度降至零下 40 度，可以冷凝回收几乎所有有机溶剂，回收率达到 99% 以上。	有机废气净化再回收 沸石转轮吸附加深冷冷凝回收
	技术来源：浙江诚信包装材料有限公司 技术示范承担单位：浙江诚信包装材料有限公司					

序号	技术名称	技术应用领域	技术工艺特点描述	技术示范项目应用效果	关键词
20	包装产业有机废气治理与热能回收技术研究及其装备开发	包装行业成套设备	蓄热式氧化器，是在热氧化装置中加入蓄热式热交换器，回收洁净气的余热用来预热 VOCs 废气，再进行氧化反应。以此达到节能效果。 热能回收装置（采用复合相变热管换热器），是在 VOCs 气体浓度较高，VOCs 气体氧化放热大于系统损耗时，用以回收富余热能，热能回收装置可设计为各种介质形式，常以热风及导热油为主。 项目主体为三塔蓄热式氧化装置，废气源为 5 台涂布机烘箱，废气管道单独设置安全排空通道，由阀门实现切换，在氧化装置出现异常时，直接切换为排空状态。有机废气经由主风机推送，同时按比例混合新鲜空气，进入氧化装置下进风管道。通过净化后，由下排风管道排向热风混合器。	该项目每年削减 VOCs 排放量约 2795t。	三塔蓄热式热氧化 VOCs 处理 废气处理带热回收
			技术来源：汕头市远东轻化装备有限公司 技术示范承担单位：上海金叶包装材料有限公司		
			当有机气体排放时，压缩机自动运转并将工作频率自适应到与相应进气量平衡，混合气净化后经压缩机压力提升至 0.75MPa（A），在预冷器中被冷凝器排出的不凝气预冷后进入冷凝器被冷却到 0℃（PLC 温度可调），在冷凝器中有机气体的蒸汽分压将大大超过其相应的饱和蒸汽分压而液化，大约 30-70% 有机组分冷凝成液回收；不凝气体作为冷源进入预冷器被进气加热 10-20℃ 的温升后进入膜分离器进一步分离。膜分离器中渗透气富含有机组份气体通过膜前后的压差作用返回压缩机入口复叠处理，透余气中有机气体浓度小于 1%Vol，再进入吸附罐吸附从而达到排放标准排放，两个吸附罐根据吸附时间自动切换吸附及解析运行状态，解析气体通过真空泵回到压缩机入口复叠液化。当所有发油泵停止发油后，回收系统自动停止运转，其中制冷压缩机根据储能罐中冷媒水的温度自动开启。	该技术可实现油气回收后尾气排放标准满足 GB31571-2015/GB31570-2015，并且非甲烷总烃可达到 ≤ 120 mg/m ³	油气回收 VOCs 处理 恒温蓄冷冷凝 VOCs 回收 膜分离与吸附
21	汽油回收三效复叠处理技术	汽油回收有机废气处理	技术来源：北京安星达环保科技发展有限公司 技术示范承担单位：山东金诚重油化工有限公司汽油装车台油气回收设施		
			吸附 - 催化燃烧与在线监测一体化废气治理技术采用蜂窝活性炭吸附、热空气脱附及催化燃烧组合工艺处理有机废气。首先，利用活性炭多微孔及巨大的表面张力等特性将中、低浓度废气中有机成份吸附；然后，活性炭吸附饱和后，按一定浓缩比把吸附在活性炭上的有机成份用热空气脱附并送往催化燃烧床；最后，进入催化床的高浓度有机废气进一步加热后，在催化剂的作用下氧化分解为二氧化碳和水，分解释放出的热量经高效换热器换热回收利用，用于加热进入催化床的低温高浓度有机废气。上述三个工作过程，在运行一定时间后达到自平衡，脱附、催化燃烧分解过程无需外加热能。 自动在线监测设备，监测有机废气的浓度用于指导设备运行，并且可向相关部门实时、连续、准确地传输监测数据。	对 VOCs 的去除率可达 90% 以上，净化后的废气达到 GB16297-1996 中二级排放标准，其中，苯 ≤ 12 mg/m ³ ，甲苯 ≤ 40 mg/m ³ ，二甲苯 ≤ 70 mg/m ³	吸附加催化燃烧有机废气处理 有机废气在线检测
			技术来源：宇星科技发展（深圳）有限公司 技术示范承担单位：江上风高科专风实业有限公司		
22	吸附 - 催化燃烧与在线检测一体化废气治理技术	风机喷漆过程有机废气治理			

序号	技术名称	技术应用领域	技术工艺特点描述	技术示范项目应用效果	关键词
23	转轮浓缩蓄热式催化氧化技术	客车零部件项目涂装废气治理	喷漆废气和烘干废气各自经过预处理后进入集风箱进行混合，集风箱内含有温湿度调节装置，控制进入转轮的相对湿度和温度，经过集风箱后的废气由吸附风机引入沸石转轮，废气当中的有机物被沸石转轮所吸附，洁净的废气进入烟囱达标排放；同时脱附风机、脱附气体加热系统开始工作，利用高温空气反向将转轮吸附的有机物脱附出来，引出其中一股废气进入沸石转轮前端，混入吸附气体当中重新进入转轮进行吸附，通过进入转轮废气当中 VOCs 浓度的高低调节混风量的大小。 另一股高浓度废气进入 RCO 装置当中，通过蓄热体预热到 300℃ 左右，预热后的废气进入催化室氧化分解，放出的热量使得自身温度继续升高至 350℃ 左右，产生的烟气一部分进入蓄热室放热，另一部分进入脱附气体加热系统，经过脱附加热系统后的烟气进入集风箱当中的温湿度调节装置，用来降低废气的相对湿度。降温后的烟气合并到一起进入烟囱达标排放。	Ø 无烟燃烧，不产生 NO_x； Ø 净化效率可达到 99% 以上； 原始废气中的甲苯、二甲苯、乙酸丁酯、非甲烷总烃等各污染物削减量大于 90%。	有机废气 RCO 处理
	技术来源：河北天龙环保科技有限公司（引进技术再创新） 技术示范承担单位：金龙联合汽车工业（苏州）有限公司				
	旋转式蓄热氧化技术	凹印机有机废气处理	采用一套沸石转轮浓缩 + 旋转式废气蓄热式热氧化装置（简称 R-RTO），废气经转轮浓缩脱附产生的废气进入旋转蓄热式热氧化装置，热氧化装置工作时废气先经阻火器后进蓄热扇区预热到 780℃ 左右，然后进入热氧化室充分氧化分解，烟气温度达到 850℃ 左右，废气中的有机成分完全氧化分解，产生的一部分烟气再进入另一组蓄热扇区，与蓄热陶瓷填料进行换热。本热氧化装置为圆形，下部为旋转阀，上部为热氧化炉，热氧化炉共设 12 个蓄热扇区，正常工作时 5 个扇区为进气预热通道，5 个扇区为排气蓄热通道，另 2 个扇区为吹扫通道。系统运行时，自动定期轮流切换各个扇区的工作状态，该装置系统保证废气能够安全、稳定地氧化处理，达标排放。	有机物低浓度可同时满足低于 25%LFL。 VOCs 排放按照《印刷业大气污染物排放标准》DB 31/872—2015 标准，以及客户要求 ≤ 50mg/m³。	R-RTO 旋转式沸石转轮浓缩蓄热式燃烧
24	技术来源：河北天龙环保科技有限公司（引进再创新） 技术示范承担单位：上海紫泉标签有限公司凹印 VOCs 项目				
	准分子光解技术	凹版印刷工艺废气处理	准分子紫外灯产生的紫外光为单色或准单色光，因而能量非常集中，能引发传统汞灯很难或根本不能实现的光化学反应。采用不同准分子气体能获得不同单色波长（126nm, 172nm, 222nm 或 308nm 等 22 种波长）的准分子紫外灯。通过分析研究工业废气中常见有机污染物的键能相对光子能量的分布，可得出常见有机污染物的组成相对应的能量和波长分配。针对特定的有机废气成分，我们可以选择波长相匹配的准分子紫外光源用于光解作用。 废气中含有的氧气和水分子吸收准分子真空紫外线的能量，生成的 O 活性氧原子和 OH 氢氧自由基等活性基团，其浓度可达传统紫外灯生成的 10 倍，强烈氧化气相污染物，活性基团自身则在反应中不断消耗，最终有机污染物被矿化成 CO₂、H₂O 等无害或低害的小分子化合物。 能处理含苯环大 π 键（-7eV），苯和二甲苯 >99%，甲苯 >90%。	适用的主要废气范围为包含治理难度大的苯，甲苯，二甲苯在内的绝大多数 VOCs，去除效率可达到 90%。无二次污染物产生。	紫外光分子光解有机废气
25	技术来源：国家千人计划专家核心专利技术 技术示范承担单位：埃克赛姆光电技术（苏州）有限公司				

案例 1:

包装材料无溶剂复合——无溶剂聚氨酯复膜胶

技术来源：上海康达化工新材料股份有限公司

技术示范承担单位：上海康达化工新材料股份有限公司

1.1 案例概述

国内用于软包装材料复合的生产线 85% 以上为使用溶剂胶的干法复合，所用溶剂型复膜胶使用过程中污染环境、耗能大，及运输和使用过程中存在较大安全卫生隐患的问题。至 2010 年我国仅有的几家采用无溶剂复合工艺企业所采用的胶粘剂和复合设备均为国外进口，昂贵的价格成了国内包装行业发展绿色包装的一个瓶颈。为响应国家提出的创建节能型社会的要求实施低碳经济和加强环境保护的国策实施，打破我国绿色包装行业发展的技术瓶颈，上海康达化工新材料股份有限公司投入自有资金自主立项开发无溶剂聚氨酯复膜胶。

该项目建设单位为上海康达化工新材料股份有限公司，项目总投资额 800 万元，项目建设期为 2008-2013 年，主要设备有反应釜、真空系统及配套设备、高温蒸煮锅、电子拉力机、摩擦系数仪、热封仪、粘度计等。该项目也获得了国家财政部包装行业研发资金支持。该产品主要应用于软包装材料中不同材料之间的复合，如铝箔、薄膜、纸材之间使用复膜胶复合之后形成多功能包装材料。该产品可减少包装材料的溶剂残留，降低生产成本

及有利于环境保护，无溶剂复合也是国内的包装行业发展的必然趋势。

该项目在无溶剂复膜胶研发方面，主要依托公司的研发中心和检测中心。公司研发中心是上海市企业技术中心、上海胶粘剂工程技术研究中心，研发中心下属设有力学室、老化室、化学分析室等，配备分析检测设备主要有：红外分光光度计、紫外分光光度计、差示量热扫描仪、气相色谱仪；性能检测设备有：高低温电子拉力机、流变仪、橡胶拉力机、导热仪；老化仪器有：紫外老化试验机、高低温循环试验机、疲劳试验机、盐雾试验机等。研究中心除检测中心以外，实验室配备有专门的胶粘剂研发合成实验设备、配方实验设备和生产工艺试验设备等。在胶粘剂前期研发方面，公司已承担国家项目 2 项、上海市级科研项目 6 项和区级科研项目 3 项，参与制定国家、行业标准 6 项，培养出站博士后 2 名。已拥有授权专利 24 项，其中发明专利 16 项，实用新型专利 6 项。公司在无溶剂复膜胶研发方面积累了丰富的经验，为无溶剂聚氨酯复膜胶的开发和生产线建设提供了技术保障。

1.2 技术内容

1.2.1 基本原理

结合高分子化学等学科的发展，通过控制无溶剂胶黏剂中聚氨酯分子结构与化学环境，调节组成与接枝方式，提高聚氨酯型无溶剂胶黏剂的复合质量和功能特性，以保证胶黏剂具有较长的操作时间和相对较短的后期固化时间。

1.2.2 技术工艺

该产品需要解决无溶剂复膜胶原有的常温粘度高、需要中高温涂布，操作时间与后期固化不能达到很好的平衡，不能够耐高温 (121℃) 蒸煮、不能抗腐蚀等缺点。

为解决上述技术问题，采用以下技术方案来解决：

表 1-1：用于软包装复合的无溶剂聚氨酯复膜胶及其原材料

	材料	含量 (wt%)
甲组分	聚氧化丙烯多元醇	10-50
	植物油改性的多元醇	5-40
	聚酯多元醇	1-30
	芳香族及 / 或脂肪族及 / 或脂环族的二异氰酸酯	30-70
乙组分	C ₁₂ 以下的多元醇	1-10
	聚酯或聚醚多元醇	25-70
	植物油改性的多元醇	20-70
	固化速度调节剂	0.01-1
	偶联剂	0.01-5
	芳香族及 / 或脂肪族及 / 或脂环族的二异氰酸酯	0-30

如表 1 所示, 所述无溶剂复膜胶的制备方法包括以下步骤:

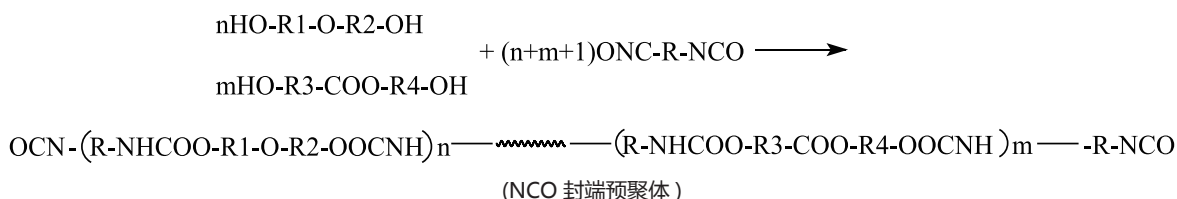
1) A组份的制备

将聚氧化丙烯多元醇、植物油改性的多元醇、聚酯多元醇加

入到反应釜中,控温在 110℃-120℃、真空度在 -0.096Mpa 以下,

真空脱水 2-3 小时。降温到 60℃以下，加入二异氰酸酯，升温至

80℃ -90℃反应 3 小时，制得 A 组份预聚体。

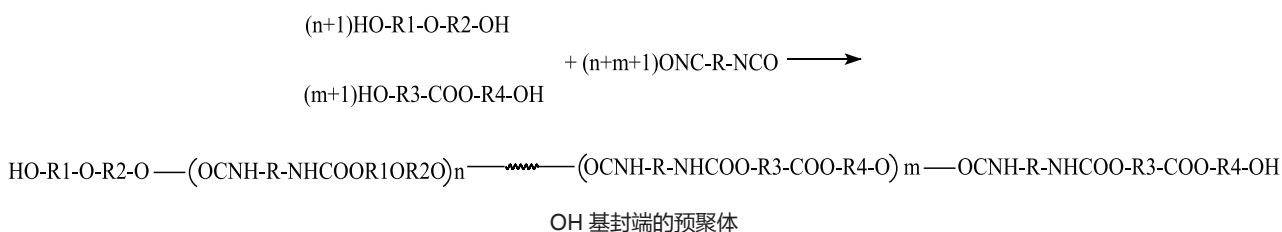


2) B 组份的制备

将C 12 以下的多元醇、聚酯或聚醚多元醇、植物油改性的多元醇加入到反应釜中,控温在110°C-120°C、真空度在-0.096Mpa

以下，真空脱水 2-3 小时。降温到 60℃以下，加入二异氰酸酯，

升温至 80℃ -90℃反应 3 小时，降温至 60℃以下加入固化速度调节剂和偶联剂。

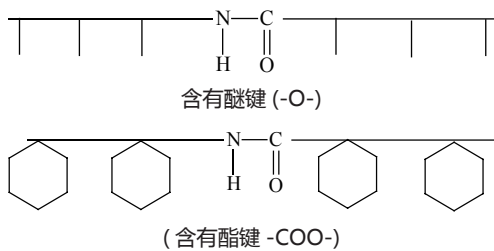


1.2.3 技术创新及特点

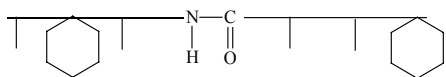
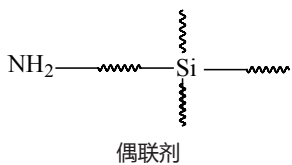
首次采用植物油改性技术和偶联剂增加浸润性技术实现无溶剂复膜胶常温涂布，并同时保持对各种软包装材料良好的粘接性能（该项技术成果已经获得授权发明专利，专利号：ZL200710038978.7）。

国内外其他生产厂家的无溶剂复膜胶需要在 35℃-45℃涂布，由于要加热涂布，给软包装复合厂家在使用工艺上带来很大的不

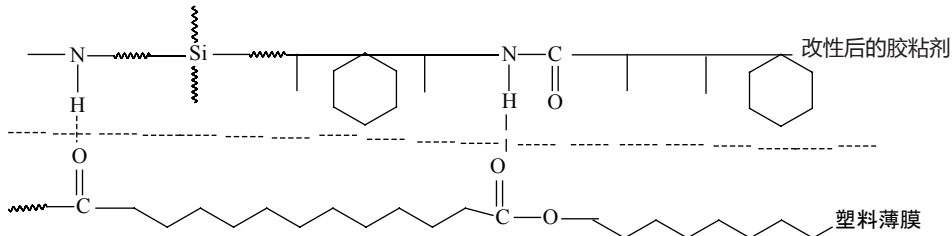
便。这也是目前无溶剂型复膜胶不能全部替代传统的溶剂型复膜胶的主要原因之一。操作工艺的改善,加速了无溶剂复膜胶的推广应用。该项目通过采用植物油改性技术和偶联剂增加浸润性技术原理,所制得的无溶剂聚氨酯复膜胶在使用温度和操作工艺上有了很大的改进,不需加热,常温下就可以使用。即使在冬季车间没有空调的情况下也能够正常使用。此项技术不仅有利于无溶剂复膜胶的推广,更是节约了复膜胶的生产工艺成本。



通过植物油改性技术在聚氨酯大分子中同时引入醚键和酯键，同时加入一定量的偶联剂增加胶粘剂对薄膜材料的浸润性实现常温涂布的原理：

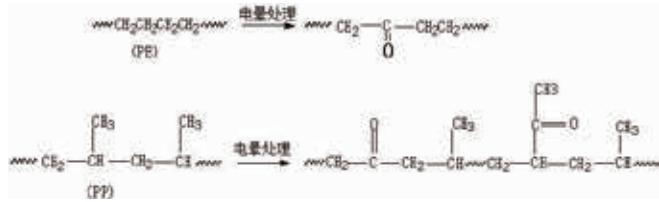


(含有植物油改性多元醇, 含有酯键 -COO- 及双键 =)

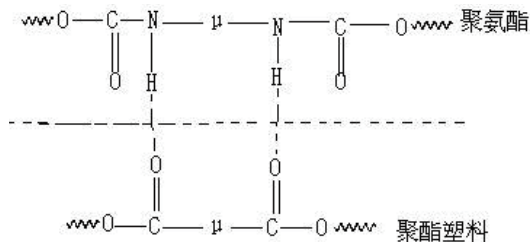


创新技术 2：首次引用自创合成的固化速度调节剂，使无溶剂复膜胶拥有较长操作时间与较短后期熟化时间的统一（该项技术

无溶剂复膜胶复合的粘结机理主要是塑料薄膜通过电晕处理提高其附着力：



无溶剂聚氨酯复膜胶与塑料薄膜的粘结机理为：

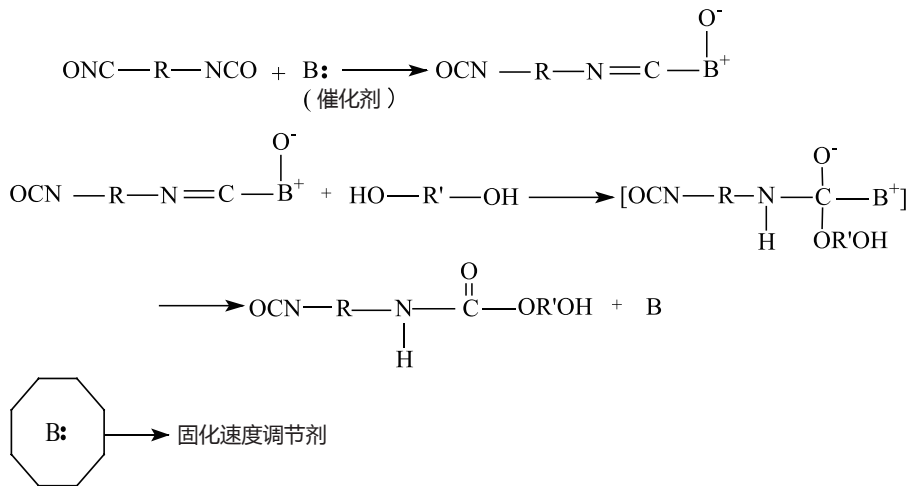


通过植物油改性和偶联剂增加浸润性实现无溶剂复膜胶常温涂布的粘结机理：

测试项目	改性前	改性后
使用温度(℃)	45±5	25±5

成果已经获得授权发明专利，专利号：ZL200710038978.7）。

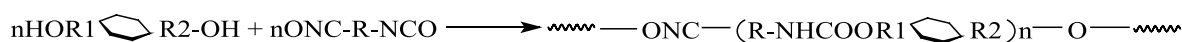
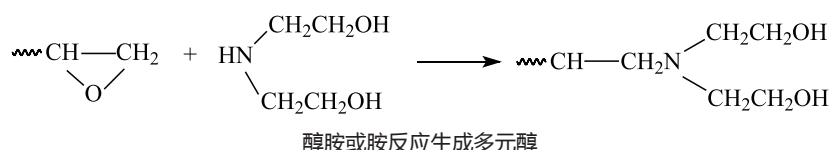
下面为聚氨酯胶粘剂加入催化剂后固化时的催化机理：



本产品添加了自制的固化速度调节剂在常温操作时将催化剂进行封闭，起不到催化的作用，但复合好的产品随着反应放热及进入熟化室温度的升高，使固化速度调节剂对催化剂的封闭打开，保证复合好的产品后期有较短的熟化时间。

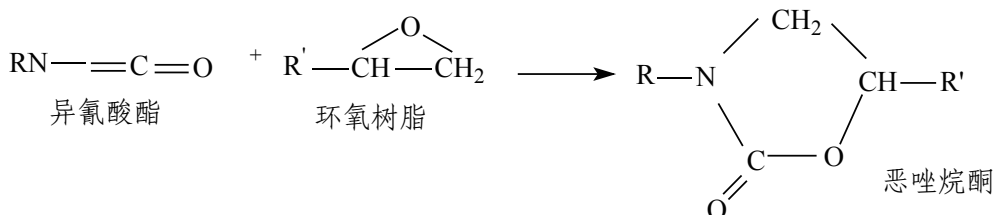
使客户能够根据实际需要，产品既能够满足其操作时间的要求又能够满足后期快速固化的要求；

测试项目	改性前	改性后
操作时间（分钟）	10-20	35-50



为了提高聚氨酯胶粘剂的耐热性及有机溶剂的腐蚀性，在其配方中加入环氧树脂改性剂，用环氧树脂进行改性可以充分利用环氧分子的刚性耐热结构和分子链上能与异氰酸酯反应的羟基。

羟基与异氰酸酯的反应可以增加大分子之间缠绕和交联，使胶粘剂的耐热性得到提高。



另外通过异氰酸酯与环氧树脂反应生成刚性结构的恶唑烷酮，具有良好的耐蒸煮及耐介质性能来使无溶剂复膜胶应用于高温蒸

煮及农药包装。

测试项目	改性前	改性后
耐温性能	不能耐 100℃水煮	可以耐 121℃蒸煮
耐介质性能 甲苯 / 二甲苯 / DMF = 40/40/20	2 天破袋	2 周外观良好

创新技术 4：自主开发系列产品，设计配方，达到了低成本优势。

本项目产品无溶剂复膜胶经有关客户使用，综合成本的比较后认为：使用无溶剂聚氨酯复膜胶复合每平米薄膜较溶剂型的胶粘剂省 2-3 分钱，而复合一平米薄膜材料所

使用的胶粘剂成本不超过 0.1 元，可以说使用无溶剂聚氨酯复膜胶至少节省成本 20%，这其中还不包括所节省的能耗。

本公司的无溶剂聚氨酯复膜胶在环保、卫生、节能、安全等方面也较其他含溶剂胶厂家的产品有更大的保证。

1.3 实施效果

1.3.1 环境效益

目前全国使用干法复合所使用的溶剂型胶粘剂超过 30 万吨，如果按固含量 50% 计算，使用时用户还要大量添加溶剂，每年排入大气的溶剂超过了 45 万吨，给周边环境带来的巨大的污染。这其中还不包括生产过程中给车间工人带来的身体伤害而造成的医疗费用以及溶剂的防暴措施而产生的费用。自 2010 年以来，上海康达化工新材料股份有限公司的无溶剂聚氨酯复膜胶可减少包装材料的溶剂残留，销售额每年都以成倍的速度增长，减少溶剂排放超过 20000 吨，节省电能近 5714.28 万 kW·h。无溶剂聚氨酯复膜胶产品有利于环境保护，排除了干法复合中溶剂挥发给周边环境带来的巨大的污染，减少了生产过程中给车间工人带来的身体伤害以及溶剂的存在爆炸性给企业和社会带来的潜在威胁，无溶剂复合也是国内的包装行业发展的必然趋势，其所带来的环境效益是巨大的。无溶剂聚氨酯复膜胶的成功应用推动了我国的包装复合产业向无溶剂无污染绿色方向发展，也带动我国的胶粘剂企业向绿色环保方向发展。

1.3.2 经济效益

上海康达化工新材料股份有限公司自主开发的无溶剂聚氨酯复膜胶 2015 年销售 3500 余吨，销售额超过了 8000 万元，产

品已在等数十家知名软包装生产企业大规模稳定应用。无溶剂聚氨酯复膜胶为复合软包装领域厂家提高了市场竞争力，极大的降低了软包装材料绿色复合的成本，累计为软包装行业节省近亿元的直接经济成本，为中国软包装复合绿色原材料的国产化作出了贡献。

1.3.3 关键技术与设备

关键技术：

1) 首次通过植物油改性技术和偶联剂增加浸润性技术实现无溶剂复膜胶常温涂布，并同时保持对各种软包装材料良好的粘接性能，解决了无溶剂复膜胶操作工艺复杂的难题。

2) 采用自创合成的固化速度调节剂使无溶剂复膜胶拥有较长操作时间与较短后期熟化时间的统一，解决了同一种复膜胶适合复合普通透明材料和镀铝材料复合的难题。

3) 自创合成低粘度耐高温聚酯多元醇提高了胶粘剂的耐 121℃ 高温蒸煮性能，解决了无溶剂复膜胶只适用于通用材料复合，不能适用高温蒸煮和耐介质性能的要求。

4) 自制环氧改性聚氨酯提高了无溶剂复膜胶耐化学腐蚀性能。

主要设备：反应釜、真空系统及配套设备、高温蒸煮锅、电子拉力机、摩擦系数仪、热封仪、粘度计等。

1.4 行业推广

1.4.1 技术应用范围

无溶剂聚氨酯复膜胶主要应用于软包装材料中不同材料之间的复合，如铝箔、薄膜、纸材之间使用复膜胶复合之后形成多功能包装材料。该产品可减少包装材料的溶剂残留，降低生产成本及有利于环境保护，无溶剂复合也是国内的包装行业发展的必然趋势。

1.4.2 技术投资分析

该项目技术投资约 800 万元，但 2015 年销售收入就超过了 8000 万元，2016 年预计会超亿元，预计今后几年还会以每年约 50% 以上的速度增长。

1.4.3 技术行业推广分析

无溶剂聚氨酯复膜胶所用原料完全符合美国 FDA§175.105

条和我国的 GB9685《食品容器、包装材料用助剂使用卫生标准》中规定的物质，不存在对人体有毒有害的助剂或添加物。并且每批原料使用前都经过严格的检验。所有性能完全达标后进行生产。

生产过程中不使用任何溶剂、没有三废产生，属于清洁化生产。由于其生产过程中不使用溶剂，故不存在火灾、爆炸的危险，不需要溶剂的任何防爆措施。由于生产过程中没有有毒有害的物质产生，以及不会产生刺激性的气味，故整个生产过程中，不会影响生产工人的身心健康，同时也不会对生产车间及工厂周围的环境造成污染。上海康达化工新材料股份有限公司已经研发出了一系列无溶剂聚氨酯复膜胶，并申报了无溶剂聚氨酯复膜胶的国家发明专利。

案例 2:

印刷包装无溶剂复合工艺技术

技术来源：广州通泽机械有限公司

技术示范承担单位：上海赛龙制品包装有限公司

2.1 案例概述

本案例的技术来源是广州通泽机械有限公司自筹资金，依托核心专利——无溶剂复合机（专利号：200810027777.1），和一种包装材料涂布复合机（专利号：200820047117.5）等专利，自主研发的全套无溶剂复合设备和工艺技术。

案例的技术示范承担单位是上海赛龙制品包装有限公司，主要从事丝网印刷，塑料包装制品、文体用品，家庭装潢服务。主要产品为自封袋、拉链内裤塑料包装袋、透明 P

E 袋、复合薄膜塑料袋子、服装袋定制等。2014 年 5 月向广州通泽机械有限公司购入 1 台（套）SLF1000B 型无溶剂复合机，包含 1 台 SM-1 标准型自动混胶机，设备总金额 60 万元。

整个项目建设分为 3 个阶段，第一个阶段：产品设计论证阶段；第二个阶段：生产装配验证阶段；第三个阶段：设备验收交付阶段。项目进度见表 2-1 - 2-3：

表 2-1 第一阶段（产品设计论证阶段）

阶段	设计阶段								
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
进程单项 名目	《合同评审》	可行性 分报告	产品方案 评审	《产品设计 计算书》	《设计 任务书》	设计输入 评审	机械零部件 图纸及明细	电器配套 图纸明细	产品外观 出图
项目计划 完成时间	6 月 1 日	6 月 4 日	6 月 9 日	6 月 9 日	6 月 9 日	6 月 10 日	6 月 21 日	6 月 21 日	6 月 21 日
评审验证	合同评审		产品方案 确定	设计计算 评审	设计任务书 审核	设计输入 评审	机械零件 图纸审核	电器配套 评审	产品外观 设计评审

表 2-2 第二阶段（生产装配验证阶段）

阶段	加工采购				机电装配			调试整改	
序号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
进程单项 名目	基础零件 加工完成	其余机械 配件加工	电机采购 到位	电器采购 到位	墙板机架 竖立	机械装配 完成	电器装配完成	功能调试 完成	性能测试完成
项目计划 完成时间	7 月 5 日	7 月 10 日	7 月 5 日	7 月 5 日					
	机械组件开始装配		开始电器装配		7 月 8 日	8 月 1 日	8 月 8 日	8 月 11 日	8 月 14 日
评审验证	零件加工检验		外购件查验		机架装配检验	机械装配检验	电器装配检验	功能评审验收	性能测试验证

表 2-3 第三阶段（验收交付阶段）

阶段	整机验收确认			客户验收设备					
序号	19	20	21	22	23	24	25	26	27
进程单项名目	整机交检	加工整改完成	客户现场验收	设备出厂	安装设备	调试设备	培训机长	交付使用	投产运行
项目计划完成时间	8 月 15 日	8 月 18 日	8 月 21 日	8 月 23 日	8 月 26 日	8 月 29 日	8 月 30 日	9 月 2 日	9 月 2 日

2.2 技术内容

2.2.1 基本原理

无溶剂复合设备与工艺技术适用于各种卷筒型材料。无溶剂复合是使用聚氨酯胶粘剂通过反应固化将不同基材粘结在一起而获得新的功能性材料的一种工艺技术。无溶剂复合因为在整个复合过程中不需要使用挥发性溶剂而得名，以区别于传统的溶剂型复合工艺。

聚氨酯胶粘剂通常有双组分（称为主剂和固化剂，业内

也常称为 A 胶和 B 胶）和单组分胶粘剂两类。在软包装领域，复合基材通常是各种塑料薄膜、镀铝膜、薄纸和铝箔等，常采用双组分胶粘剂。而在纸塑复合领域，则多使用单组分胶粘剂。

软包装的主要生产工艺流程由四大环节组成：印刷→复合→分切→制袋，其中印刷和复合是关键污染环节。

无溶剂复合的工艺流程主要包括以下环节，如图 2 -1 所示：



图 2-1 无溶剂复合工艺流程简图

1) 放卷，即在一定的张力控制下，将待复合基材（料卷）平稳地展开，以便于进行涂胶和复合等操作。两层复合基材中，被涂胶的基材称为主基材，另一个称为副基材，相应放卷操作称为主放卷和副放卷。

2) 上胶，即一定温度下，将双组分胶粘剂按照一定比例（通常为重量比）进行均匀混合，再输送到复合机上的储胶部位。或将单组分胶直接输送到复合机上的储胶部位。

3) 涂胶，即按照复合结构和具体使用要求，将混合好的胶粘剂适量地涂覆在基材上。

4) 复合，即在适当均匀的压力下，将已涂胶的基材与另一基

材进行粘合。

5) 收卷，即将粘合的复合膜在适当张力和收卷压力下进行卷取，形成可供下道工序运输和使用的卷筒材料。

6) 熟化，无溶剂复合熟化工序即是在一定温度的环境中进行充分反应和固化的过程，以得到期望的复合牢度。熟化是无溶剂复合的一个重要工序，它通常要持续较长时间才能基本完成。熟化温度和时间是由胶粘剂供应商根据其产品（牌号）和用途来规定的，这些规定是以最终产品的安全保证为前提。一般双组分胶使用说明书记载：熟化温度 35-45℃之间，生产熟化时间为 48 小时以上，实际上双组分胶完全熟化时间为 7-10 天。

此工艺过程中的一些关键工艺参数如下：

- 1) 适用复合基材范围：各种塑料薄膜、镀铝膜、纸张和铝箔等；
- 2) 适用基材宽度：最大 1050mm
- 3) 最高机械速度：300m/min
- 4) 最大放卷直径：600mm
- 5) 最大收卷直径：800 mm
- 6) 全宽张力范围：2-30kg
- 7) 涂布量范围：0.8-2.5g/m²
- 8) 涂布控制方式：独立伺服驱动

上述技术性能指标达到国际同类产品先进水平，整体控制技术和关键指标达到或优于当前进口产品水平。

2.2.2 技术工艺

无溶剂复合技术的开发是一个较大的系统工程，无溶剂复合机、配套双组份胶自动混胶机的设计、生产、调试，以及生产工艺研究等各个方面，主要技术在于：

1) 复合机主机。根据国外最新技术发展动态和国内引进设备的现状，将最高机械速度确定为 300m/min，并采用了数字化控制和伺服驱动技术，并对国外设备的一些不足之处进行改进，最大限度地满足无溶剂复合工艺的特点，提高其稳定性和可靠性。

2) 双组份胶自动混胶机。这是无溶剂复合的必备配套系统，一直是国产无溶剂复合设备的瓶颈。通过自动计量、混胶、上胶、与主机联动控制等功能的实现，保证整个复合生产系统能连续稳定地运行。

3) 复合应用工艺研究。通过对典型的复合材料和结构进行工艺试验，摸索设备、基材、胶粘剂、环境等多方面参数对质量和速度的影响，探讨不同产品结构的最佳工艺条件，为用户提供最大的技术支持。目前其它供应商都没有这样的系统研究。

无溶剂复合技术创新点主要包括：独立伺服驱动和数字化控制的多滚涂布单元、水平排列式复合单元、直线导轨式收卷单元、智能化混合上胶系统等，这些创新具有完全的自主知识产权，已申请了多项发明和实用新型专利。项目产品由如下部分组成：

- 1) 主放卷单元，用于将卷筒料基材在稳定的张力控制下展开，并使之进入涂布单元。
- 2) 混胶和上胶单元，用于将双组份胶粘剂（常称为主剂和固

化剂、或 A 胶和 B 胶）按照一定比例进行精确的计量和混合，并保证在机器连续运转时连续不断地适量供胶。

3) 多滚涂布单元，用于将胶粘剂均匀减薄并涂覆在主基材上。

4) 副放卷单元，用于将辅助基材在稳定的张力控制下展开，并使之进入复合单元。

5) 复合单元，提供足够的压力将主基材与辅助基材粘合在一起形成新的复合材料。

6) 收卷单元，用于将复合料带在张力适当、边缘整齐控制下进行卷取。

机器控制和管理单元，用于主机控制和整机管理，采用 PLC 和触摸屏，对复合机的主要功能进行设定和控制，并提供若干生产指标的管理功能。



图 2-2 SLF1000B 型展示图

2.2.3 技术创新点及特点

SLF1000B 型无溶剂复合机是在吸收国内外用户经验、借鉴国际最先进制造技术基础上由通泽专门针对国内市场自主研发成功的一种高性能复合机。SLF1000B 适用于各种软包装塑料薄膜、镀铝膜和纸张的高速复合。具有效率高、性能好、产品无溶剂残留、操作简便等优点，是当前国内市场上最广泛需求、性价比极高的一种无溶剂复合机，特别适合新采用无溶剂复合工艺的企业使用。

SLF1000B 型无溶剂复合机的主要特点是：

- 1) 涂布采用最先进的控制技术，涂布量采用伺服控制，精确、调节方便；
- 2) 张力系统精度高，稳定性好，料带张力匹配方便；
- 3) 复合质量好，成品率高；
- 4) 安全性好，所有电器安全符合国家或国际标准；
- 5) 标准化规格和配置，交货期短，维护和售后服务方便。

2.3 实施效果

2.3.1 环境效益

无溶剂复合设备及工艺技术是一项环保的绿色技术，与传统溶剂型干式复合相比，全过程无溶剂排放（“零排放”），可实现清洁生产，每年每台可减少超过 40 万吨的 VOCs 排放；无爆炸火灾等安全隐患，企业与社会更安全、

更和谐。

2.3.2 经济效益

在复合过程中除了复合基材，无溶剂复合设备在生产过程中无需溶剂，比传统的干式复合设备在生产过程中主要节省的还有胶黏剂的使用量，具体分析见表 2-4。

表 2-4 无溶剂复合与其他工艺复合成本比较

		年生产量 (10 ⁴ m ²)	装机总功率 (kW·h)	每年耗电量 (万度)	每年耗能 (万元)	单位产品涂胶 成本 (元 /m ²)	每台机每年产品 总涂胶成本 (万元)	每台机每年产品 总成本 (万元)
干式复合机	溶剂型	1000	250	20	16	0.127-0.15	127-150	143-166
	水性	1000	275	22	17.6	0.09-0.113	90-113	107.6-130.6
无溶剂复合机		2000	75	6	4.8	0.054-0.086	108-172	112.8-176.8
一台无溶剂复合机与 两台不同干式复合机 总和的项目差异及计 算结果说明 二者年产量相等		0	450	36	28.8	0.038-0.064	91-109	119.8-137.8
		二者装机总功 率相差 450 千瓦	每年耗电量 节约 36 万度	二者每年 耗能节约 28.8 万元	二者单位产品 涂胶成本降低 0.038-0.064 元 / 平方米	两者每年 总涂胶成本 节约 100 万元	二者每年 产品总成本 节约共约 130 万元	

说明：

1) 产能按机器 80% 最高速度，每天工作时间 8 小时，每天开机率达到 60%，每月工作 24 天计算，如：

$300 \times 80\% \times 60 \times 8 \times 60\% \times 24 \times 12 = 2000$ 万米；

2) 用电量按每天工作时间 8 小时，每天开机率达到 60%，每月工作 24 天计算，功率一般用到装机功率 50%，如：

$8 \times 60\% \times 24 \times 12 \times 250 \times 50\% \approx 20$ 万米；

3) 不同产品涂胶成本有较大差异，比如：普通干轻包装，无溶剂涂胶成本一般节省 0.02-0.04 元 /m²，而蒸煮包装则可节省 0.08-0.12 元 /m²。按 70% 普通干轻包装和 30% 蒸煮包装计算，则可得：

$(0.02, 0.04) \times 70\% + (0.08, 0.12) \times 30\% = (0.038, 0.064)$ 元 / m²；

4) 电费分为峰 (1.025 元 /kW·h)、谷 (0.725 元 /kW·h)、平 (0.425 元 /kW·h) 三种电价，因产量只按白班计算，电价可按照峰时、平时权重平均计算，如：

$1.025 \times 25\% + 0.725 \times 75\% = 0.8$ 元 /kW·h。

通过对表 2-4 的可分析得出：

1) 经济效益：

每台无溶剂复合机 1 年干燥节能约 28.8 万元，耗材节约约 100 万元，可为使用企业节约 130 万元。

2) 社会效益：

保守计算，每台无溶剂复合机每年可减少 30-40 吨的溶剂排放；每台无溶剂复合机每年可创造 5000 万个无溶剂残留的包装袋。

3) 投资成本：

设备投资额减少不小于 40%（不需防爆或回收设备）。

2.3.3 关键技术与设备

SLF1000B 型无溶剂复合机由无溶剂复合机（主机）和供胶机两大部分组成。无溶剂复合机主要完成基材放卷、张力控制、涂胶、复合和收卷等操作。供胶机则向复合机定量输送胶粘剂的专用装置。在双组分胶粘剂复合中，供胶机一般称为混胶机。

SLF1000B 型无溶剂复合机运行及控制的主要参数为：

- 1) 混胶比例精度：1%
- 2) 涂胶均匀性：5%
- 3) 涂胶精度： $\pm 0.1\text{g}/\text{m}^2$
- 4) 最高机械速度：300m/min

- 5) 最大放卷直径：600mm
- 6) 最大收卷直径：800mm
- 7) 全宽张力范围：2-30kg
- 8) 涂布量范围：0.8-2.5g/m²
- 9) 涂布控制方式：独立伺服驱动

2.4 行业推广

2.4.1 技术适用范围

无溶剂复合工艺技术广泛应用于软包装、装饰、织物、皮革复合等诸多领域。特别适合食品、药品、妇幼用品等卫生性要求高的产品，与人们日常生活紧密相连的领域。

2.4.2 技术投资分析

软包装的主要工艺路线由四大环节组成：印刷→复合→分切→制袋，其中印刷和复合是 VOCs 排放的两大关键工艺环节，各约占 50%。

常用复合工艺主要有五种：溶剂型干式复合、无溶剂复合、水性胶干式复合、水性胶湿法复合、挤出 / 共挤出复合等。目前，工艺使用比例约为 70%、10%、5%、5% 和 10%，即约 70% 的复合产品使用挥发性有机溶剂。无溶剂复合工艺将是包装印刷行业 VOCs 治理的首选推广技术，近 3 年技术每年增长率幅度已超过 30%。

目前无溶剂复合技术和装备已经基本成熟，具备了大面积推广的条件。据推断，“十三五”后会随着无溶剂复合工艺的推广应用，常用复合工艺比例将发展为无溶剂复合增加至 65-60%、而溶剂型干式复合减少为 15-20%、水性胶干式复合、水性胶湿法复合、挤出 / 共挤出复合 5%、5%、10% 的比例基本不变。

2.4.3 技术行业推广分析

无溶剂复合技术控制的主要污染物为传统复合工艺中用于胶粘剂稀释的有机溶剂，主要包括：乙酸乙酯、丁酮、甲苯等。除生产结束时，清洗胶辊的过程中需使用少量乙酸乙酯（每次约 2kg）外，整个生产过程中不使用、不产生、不

排放任何溶剂。

无溶剂复合工艺生产过程中无溶剂产生，与传统工艺相比，减排 VOCs 可达 99%。由于不使用挥发性有机溶剂，无溶剂复合生产过程可实现“零排放”和清洁生产，没有二次污染。

全国包装印刷行业每年 VOCs 排放量达 200 多万吨，软包装行业排放量约为 120 万吨，其中 50% 来源于印刷环节，50% 来源于复合环节（即约 60 万吨的排放量）。目前，软包装行业复合环节中大约 70% 的复合产品使用挥发性有机溶剂（溶剂型复合），这是软包装行业复合环节 VOCs 排放的主要来源。而通泽研发的 SLF1000B 型无溶剂复合机作为 VOCs 减排的绿色工艺的实施工具，可大范围替代溶剂型复合工艺。

大幅度地节省电能。每台套的无溶剂复合设备每年耗电量 6 万度，传统每台套干式复合设备每年耗电量约 35-40 万度不等，因此无溶剂复合设备只占传统干式复合设备耗电量的 1/6。大幅度地降低相关产业的能源消耗，对全国的节能将起到巨大的推动作用。国内复合软包装企业由于采用传统的溶剂型干式复合，不仅是挥发性溶剂的排放大户，而且也是能耗大户，采用无溶剂复合可以将干燥能耗降低 70% 以上。

无溶剂复合工艺是一项环保的绿色工艺技术，具有生产全过程无污染（即“零排放”）、产品无溶剂残留、生产无安全隐患、大幅度节能、生产效率高、综合成本较低等特点。它将全面替代现有溶剂型干式复合，代表了复合技术的发展方向。

案例 3:

无溶剂零 VOCs 凹版印刷机

技术来源：中山松德印刷机械有限公司
技术示范承担单位：中山松德印刷机械有限公司

3.1 案例概述

3.1.1 项目背景

在印刷领域，常规凹版印刷机采用有溶剂辅助印刷，且制版的雕刻深度为 35μm 以上，为此需要使用较多的油墨，而且该有机溶剂挥发严重，且致使承印物表面的 VOCs 残留超标。另外，常规凹版印刷机干燥能耗居高不下，致使凹版印刷面临市场困境。

同时，在环境问题日益严重的当下，能源与环保危机逐渐呈现，热能成本越来越高，政府日趋严格的关于限制超标排放政策，相应出台，目前全国有十四个省市开征挥发性有机物 VOCs 排污费，都将让包装印刷行业面临前所未有的困境（京、沪、苏、皖、湘、川、津、辽、浙、冀、鲁、琼、鄂、晋）。

北京 基本收费标准：20 元 /kg；超标排放：40 元 /kg；
上海 基本收费标准：15 元 /kg；超标排放：20 元 /kg；
其他省市 基本收费标准：1.2 元 /kg-4.8 元 /kg 不等。

为解决上述难题，采用溶剂回收，溶剂燃烧，水溶性油墨等多种方式相继涌现，但是都是治标不治本的方法。

3.1.2 项目基本情况

本项目由中山松德印刷机械有限公司自主立项，依托母公司智慧松德现有的省级工程中心、市级技术中心等科研部门为基础，于 2015 年 6 月成立“无溶剂凹版印刷”项目专题小组，克服传统凹版印刷机 VOCs 残留、高能耗等关键技术，并申请了相关技术专利 10 件：

序号	专利类型	专利名称	专利申请号
1	发明专利	一种可转动的刮刀装置	201621034405.8
2	发明专利	一种无溶剂凹版印刷制版	201610877365.1
3	发明专利	一种新型凹版印刷压印装置	201621106587.5
4	发明专利	一种新型无溶剂凹版印刷工艺及用于该工艺的印刷机	201610876518.0
5	实用新型专利	一种 LED-UV 冷光源凹版印刷机	201520302543.9
6	实用新型专利	一种 LED-UV 冷光源全凹版印刷机	201520302523.1
7	实用新型专利	UV-LED 层叠式凹版印刷系统	201620156124.3
8	实用新型专利	一种可转动的刮刀装置	201610799017.7
9	实用新型专利	一种凹版印刷压印装置	201610877364.7
10	外观专利	凹版印刷机	201630484902.9

目前，该无溶剂零 VOCs 凹版印刷设备，运行稳定，且制版的雕刻深度达到 $h < 30\mu\text{m}$ ，保证了印刷质量，有效减小油墨的使用，具有节约油墨，降低成本的特点，同时有效避免了采用有机

挥发性溶剂致使承印物表面 VOCs 超标及污染环境的问题，使这种环保的生产方式更加普及。

3.2 技术内容

3.2.1 基本原理

无溶剂凹版印刷是将承印物的表面 100% 固含量的油墨（不含有任何有机溶剂），由辐射固化源通过辐射固化进行干燥的印刷方法，辐射固化源包括 UV、LED、OLED、EB 等。由于每一个色组所用的油墨均为 UV 油墨，油墨中不含任何有机溶剂。制版方式为凹版制版，故被称其为无溶剂凹版印刷。

3.2.2 技术创新点及特点

技术创新点：

1) UV-LED 层叠凹版印刷系统。通过该层叠式布置的 UV-LED 油墨印刷单元能够有效减小占用的空间，走模长度更短，损耗更低，且无添加稀释剂，无气味更环保，印刷完成后不会残留溶剂超标，且无需热风干燥、节省能源，实现废气零排放，对环境无任何污染；

2) 无溶剂凹版印刷制版。采用无溶剂凹版制版，制版的雕刻深度 $h < 30\mu\text{m}$ ，压印胶辊和墨辊之间只有水平方向的作用力作用承印物保证质量，有效减小油墨的实用降低成本；

3) 凹版印刷压印装置。保证了压印胶辊在压印时的精度，同时精简了压印机构的结构，降低了压印机构的成本。

软包装无溶剂凹版印刷机的显著特点：

- 1) 无溶剂残留——VOCs 残留基本为零
- 2) 降低能耗——节能 90%
- 3) 减少损耗——节约走料长度 90%
- 4) 安全性能高
- 5) 印刷工艺特性——先进
- 6) 印刷精度高



图 3-1 无溶剂凹版印刷设备展示

3.3 实施效果

3.3.1 环境效益

软包装无溶剂凹版印刷机使用冷光源固化色墨，色墨不含有机溶剂，无溶剂挥发，不堵板、干版、干燥速度快，印刷网点更加清晰细腻，产品没异味。

- 1) 不需要溶剂，印刷时没有任何有机溶剂挥发，不会产生对环境的污染；
- 2) 印刷车间可保持良好的工作环境，有利于印刷工作人员的身心健康；
- 3) 由于油墨中不含有机溶剂，油墨不会燃烧，防火等级大大降低，可由原来的一级防火等级降为三级防火等级。

3.3.2 经济效益

1) 降低能耗，节能 90%。运用冷光源固化干燥技术，色墨耗量是普通油墨的 1/3，在凹印刷领域实现真正的无溶剂印刷，这种技术取代了凹版印刷传统的电、气、油等加热烘干方式，比传统印刷机干燥能耗大幅度降低，将凹版印刷工艺进行了一次全面的优化与升级；

2) 减少损耗，节约走料长度 90%。以展览机器为例，取消了传统凹版印刷机的烘道设计，展览机器长度由常规的 25m 降低到了 12m，整机走料长度降低到 18m，印刷路径随之缩短 2/3 以上，从而大幅度减少走料的损耗。

3.3.3 关键技术与设备

1) UV-LED 层叠凹版印刷系统。通过该层叠式布置的 UV-LED 油墨印刷单元能够有效减小占用的空间，走模长度更短，损耗更低，且无添加稀释剂，无气味更环保，印刷完成后不会残留溶剂超标，且无需热风干燥、节省能源，实现废气零排放，对环境无任何污染；

2) 无溶剂凹版印刷制版。采用无溶剂凹版制版，制版的雕刻深度 $h < 30\mu\text{m}$ ，压印胶辊和墨辊之间只有水平方向的作用力作用承印物保证质量，有效减小油墨的实用降低成本；

3) 凹版印刷压印装置。保证了压印胶辊在压印时的精度，同时精简了压印机构的结构，降低了压印机构的成本。

3.4 行业推广

软包装无溶剂凹版印刷机技术，是中山松德印刷机械有限公司依托母公司智慧松德自主研发成功，具有广泛的市场前景。由

于每一个色组所用的油墨均为 UV 油墨，油墨中不含任何有机溶剂，从根源上杜绝污染物，去除效率达 100%。



案例 4:

VOCs 零排放源头控制 ——氮气保护全 UV 干燥技术

技术来源：广东新优威印刷装备科技有限公司

技术示范承担单位：中山和运印务有限公司

4.1 案例概述

该项目实例是应中山和运印务有限公司要求，在达到云南中烟烟包印刷标准基础之上，实现 VOCs 零排放为主要目标。该技术来源于广东新优威印刷装备科技有限公司，该项目示范承担单位为中山市和运印务有限公司。该案例已被国家环保部列为 2016 年《国家先进污染防治先进技术目录（VOCs 治理领域）》，并且是 18 项目录技术中唯一示范类技术。

该项目为氮气保护全 UV 无溶剂凹版印刷源头 VOCs 零排放控制技术，主要建设内容为九色凹印机 VOCs 源头控制零排放技术改造和十色凹印机 VOCs 源头控制零排放技术改造。项目主要设备为该技术主要工艺设备为氮气保护 UV 干燥系统。主要包括制氮机、UV 灯罩和 UV 灯管。项目投资总额约 2000 万元，项目建设期为 2014 年 10 月到 2015 年 3 月。

4.2 技术内容

4.2.1 基本原理

传统的印刷工艺中 UV 油墨在凹印机上不能够实现完全干燥，必须寻求新的突破。本项目利用在特定波长下对 UV 可固化油墨的辐照固化，来使油墨在无溶剂条件下干燥这一新思路、氮气保护装置新技术、紫外线固化油墨新方法，解决了 UV 油墨在凹印机上无法实现完全干燥的技

术难题。使用氮气保护装置、UV 油墨在凹印机上完全干燥新工艺等新研发成果，成功改造实现了印刷行业 VOCs 零排放印刷机。

氮气保护干燥系统运行参数：制氮机，氮气控制浓度 99.9%；耗氮量 20m，标准氮 / 干燥宽度；干燥功率控制在 160W/CM（灯管发光区）。



图 4-1 九色凹印刷机



图 4-2 改造后十色凹印机照片

4.2.2 技术工艺

配备氮气保护印刷的 UV 油墨，一种更加环保的 UV 油墨。该油墨光引发剂含量仅为传统 UV 油墨的 20%，用于氮气保护 UV 印刷时无毒害，无味，节能环保，为 VOCs 的零排放打下了坚实基础。该油墨由以下大致成分组成其比例如下：单官能基低聚合物 5%-10%，二官能基低聚合物 8%-15%，三官能基低聚合物 15%-25%，多官能基低聚合物 1%-5%，丙氧化单体 20%-30%，光阻剂 5%-15%，助剂 1%-5%，单偶氮有机原料 5%-10%，双偶氮有机原料 10%-15%。

氮气保护下的紫外线干燥灯罩，一种氮气保护装置，它将氮气成功应用在印刷机上。该技术主要是为 UV 油墨在凹印机上完全干燥提供环境保障，它主要包括紫外线灯管和供气装置两部分。所述供气装置位于所述灯罩内，供气装置吹出保护性气体，在所述紫外线灯管所照射的范围和承印材料之间形成气体保护区域。从而可以对承印材料进行干燥，干燥效果好且节省能量。

该技术主要解决了 UV 油墨在凹印机上完全干燥的问题，使得 UV 油墨在凹印机上得到顺利应用。在承印材料、涂布印刷油墨后，进入干燥区之前，首先采用不含氧的气体对承印材料表面

进行吹扫、清氧处理，然后将其放在充有不含氧气的紫外线干燥箱中进行干燥。整个干燥过程中油墨不会与空气中的氧气接触而发生化学反应，可避免在油墨中添加抗氧化剂和增加固化剂的量，不但降低了油墨的成本，有利于油墨的性能稳定，而且降低了印刷品的生产成本，实现了 VOCs 的零排放。

在印刷机干燥工艺的具体设计方面，此项技术实现了氮气保护在印刷机上的成功应用。在印刷机的承印材料输送路径上利用紫外线对附着在承印材料上的油墨进行干燥，同时在干燥过程中对紫外线照射区域进行氮气保护。

4.2.3 技术创新点及特点

- 1) 氮气在印刷行业中的运用。
- 2) 通过氮气在凹版印刷中的保护作用，实现了传统 UV 油墨在凹版印刷机上的应用，并解决了 UV 油墨在凹印机上无法完全干燥的难题。
- 3) 集成目前所有印刷工艺优势在凹版印刷机上。比传统胶印的网点还原性更好；比柔性印刷工艺更加环保，实现了 VOCs 零排放；实现网印中冰点、雪花和凸字等各种特殊印刷工艺。
- 4) 该项目所研发凹印机可以通过在原有传统凹印机上改造得以实现，节省了大量资源。

4.3 实施效果

4.3.1 环境效益

由于是 N₂ 保护条件下的 UV 干燥，干燥时光引发剂吸收紫外光能量后产生游离基或离子不会被氧化，干燥时紫外光能量得到充分的利用；所以 N₂ 保护条件下的 UV 干燥所耗能量是同等条件下的传统 UV 固化能量的 15% 左右。

UV 油墨是环保型油墨，没有有机溶剂。在 N₂ 保护条件下的 UV 干燥，由于没有氧化性气氛，就不会因氧化性气氛与氢键产生羟基和不饱和烃反应产生小分子有机挥发性物质的产生，所以更环保。如果 N₂ 保护控制在理想条件下，印刷品印刷时能实现有机挥发性物质 VOCs 零（或微）残留的目标。

根据印刷行业的不完全统计 2015 年全国仅烟包包装印刷过程中 VOCs 排放每年大概在 78 万吨左右，严重污染大气。如果烟包印刷全部改为无溶剂印刷技术，不仅每年能够帮助印刷企业大大降低运行成本，更是帮助印刷企业进行产业升级，源头上解决 VOCs 排放问题。

4.3.2 经济效益

以此公司最新无溶剂印刷机 A380 为例，生产 1 万大箱云烟烟包印刷进行计算，无溶剂印刷技术节能减排效果较为明显。运行成本主要从能耗成本、油墨成本和 VOCs 排放成本作进行比较分析。无溶剂印刷技术仅为传统印刷技术的 19.2%，节约能耗 80%。

表 4-1 能耗节约一览表

	功率 kW/h	用时 h	能耗（度）	电费（元）	备注
传统印刷	1300	165	214500	214500	无溶剂印刷和传统印刷运行速率均为 150m/min, 该速度两种印刷方式均能容易达到，1 万大箱需要 165 小时。
无溶剂印刷	250	165	41250	41250	

无溶剂印刷技术使用的油墨价格虽然高于普通油墨，但是用 剂，油墨成本也是大大降低。
 量仅为传统技术应用油墨量的三分之一，并且不需要添加任何溶

表 4-2 油墨成本节约一览表

	油墨用量 kg	油墨单价 元/kg	溶剂用量 kg	溶剂单价 元/kg	油墨费用 元	备注
溶剂油墨	11000kg	36 元/kg	11000	6	46.2	1 万箱烟包印刷大约需要 UV 油墨 3.3 吨； 溶剂油墨需要 11 吨，并且油墨与溶剂 1:1 稀释。添加剂按市场最低价格
UV 油墨	3300kg	100 元/kg	0	6	33	

VOCs 排放费用成本比较。无溶剂印刷技术在生产过程当中 实现油墨全部固化，没有 VOCs 产生，VOCs 排放治理不用考虑。

表 4-3 VOCs 排放费用比较一览表

	排放 VOCs kg	排放单价 元/kg	费用 元	备注
传统印刷	5000	10	50000	目前新环保法对于 VOCs 排放开始进行收费，以目前收费价格最低的天津 10 元/ kg 为标准计算（北京目前收费标准为 40 元/kg，广东省目前还未出台）。
无溶剂印刷	0	10	0	

以 1 万大箱云烟烟包印刷生产为例，无溶剂印刷技术运行成 本优势较为明显，仅为传统印刷成本的 51.2%。

表 4-4 总成本比较一览表

	能耗成本 万元	油墨成本 万元	VOCs 排放成本 万元	总计	备注
传统印刷	21.45	46.2	5	72.65	无溶剂印刷成本降低 35.4 万元， 仅为传统印刷成本的 51.2 %。
无溶剂印刷	4.25	33	0	37.25	

4.4 行业推广

4.4.1 技术适用范围

该技术主要应用于各种软包装印刷，适合从源头上解决 VOCs 排放问题。

4.4.2 技术投资分析

广东新优威印刷装备科技有限公司 2010—2013 年投入近 2000 万元研发资金成功开发 VOCs 零排放、高效节能无溶剂凹版印刷技术。目前该技术已经获得了 5 项国家发明专利、14 项实用新型专利。2015 年 12 月该技术项目获得国家火炬计划支持。

该技术目前处于应用与推广的起步阶段，主要选取上规模并且量大的烟盒包装行业为主。目前的工程应用分为两类：凹印机部分单元的技术改造和氮气 UV 无溶剂凹版印刷整机应用。

凹印机部分单元的技术改造主要是以节能为主；氮气 UV 无溶剂凹版印刷整机应用则是 VOCs 源头治理的代表，目前已成功应用并验收。

目前不仅实现了生产过程 VOCs 零排放，更是实现了印刷品 VOCs 残留标准不足云南省标准的 1%，新的烟盒印刷品质达到了原来溶剂型印刷的效果。该技术还赢得了中国印钞实业有限公司的青睐和关注，已经实现了第一台四色全 UV 塑凹机的销售，目前正处于设备的调试阶段。

4.4.3 技术行业推广分析

该技术是从源头上解决软包装印刷 VOCs 排放问题，没有二次污染，更是节能效果明显（达到 60% 以上），适合各种软包装印刷应用推广。

案例 5:

“无异味高爽滑” 油墨高相容性无溶剂复合薄膜胶粘剂

技术来源：中山市康和化工有限公司

技术示范承担单位：中山市康和化工有限公司

5.1 案例概述

该项目是由中山康和化工有限公司自筹资金自主研发，利用企业专利技术，针对现有无溶剂复合胶粘剂在实际应用过程中出现制品“气味重”、“容易引起内层薄膜的摩擦系数增大影响制袋开口性”，以及对印刷油墨相容性差，容易出现白点等现象而

开发的，在解决现有技术不足的同时，提供一种安全、环保、卫生、广泛适应于塑 / 塑结构、镀铝膜结构、含铝箔结构的新型无溶剂复合用胶粘剂，从源头控制解决软包装印刷复合行业的 VOCs 的排放。

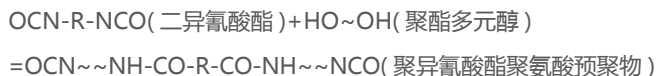
5.2 技术内容

5.2.1 基本原理

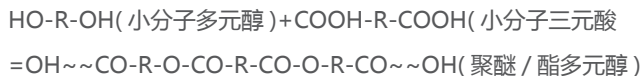
该项目产品为双组分的无溶剂复合胶粘剂产品，100% 固含成分，使用中无挥发剂 VOCs 溶剂排放，是通过分子量较高的异氰酸根端基的组份与含有羟基的固化剂组份发生加聚反应，交联固化成膜，从而实现底材与面材紧密贴合。根据客户使用的基材结构和要求的不同，可设计不同功能性产品。

该项目无溶剂胶粘剂产品同属于双组份聚氨酯树脂体系，实现的交联固化的反应原理，根据现实的功能需要进行分子结构的特殊设计。

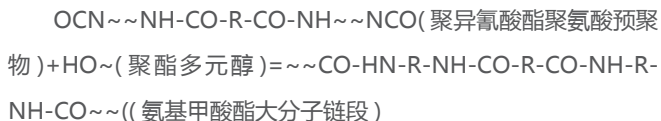
双组份无溶剂胶粘剂一般是由 NCO 组份（聚异氰酸酯聚氨酯预聚物）与 OH 组份（聚醚 / 酯或混合物）组成，在使用时将两个组份按一定的配比混合均匀，基团 NCO 组份与 OH 组份反生氨酯化反应，形成大分子从而达到交联固化达到一定的粘结强度，实现两种薄膜基材之间的粘合。其 NCO 组份化学合成反应式如下：



其中 OH 组份的化学合成反应如下：



氨酯化的 NCO 组份与 OH 组份化学反应式如下：



5.2.2 技术工艺

在 A 组份（NCO）的制备中，首先使用二元醇 / 三元醇与二元酸合成特定分子量的聚醚 / 酯多元醇，然后将聚醚 / 酯多元醇与特定的异氰酸酯反应进行逐步反应，得到 NCO 封端预聚物以制得组分 A。

在聚酯多元醇合成过程中，采用与其它公司产品不同的聚醚 / 酯二元接枝体系，使大分子链段中醚键与酯键相互均匀分布，提高了两者的相容性。此种多元醇结构一方面含有适量酯键基团可以提高最终的粘结强度，同时含有一定的醚键，降低了产品的结晶性，减少最终的成品粘度，另一方面在合成过程中使酯键与

醚键同处于大分子链段上，提高相容性增加项目新产品对油墨的润湿流平效果。组分 A 的合成工艺流程图请见图 5-1。

酯多元醇，然后合成高效润湿流平助剂，最后将改性多元醇与上述中间产品混合真空除水得到固化剂组分 B。具体的合成工艺描述轻看图 5-2。

在 B 组份 (OH) 的制备中，首先合成一定支化度的芳香族聚

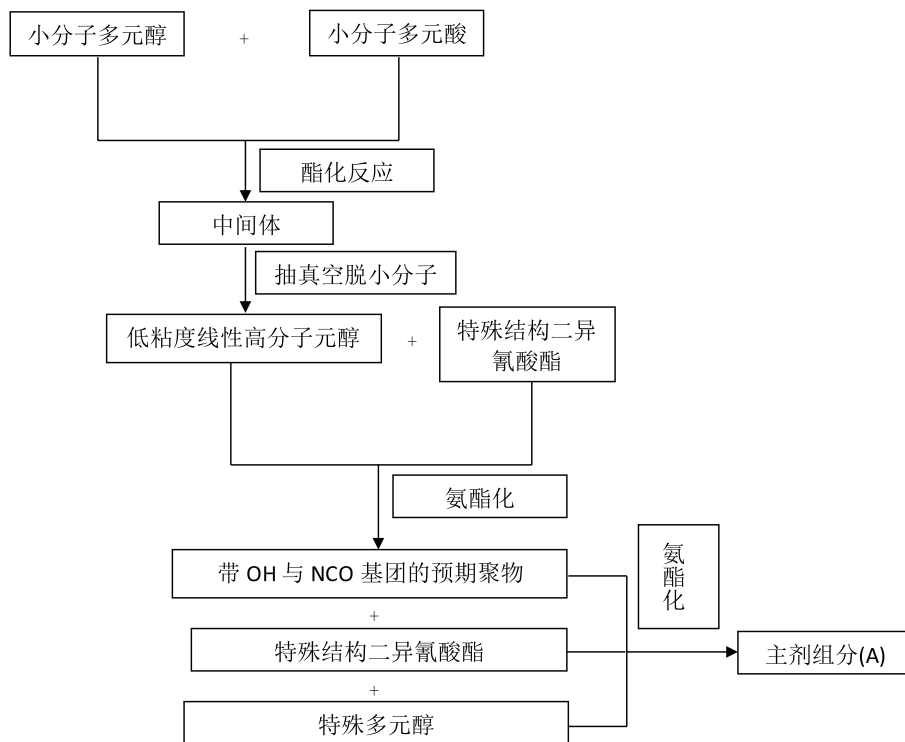


图 5-1 组分 A 工艺流程图

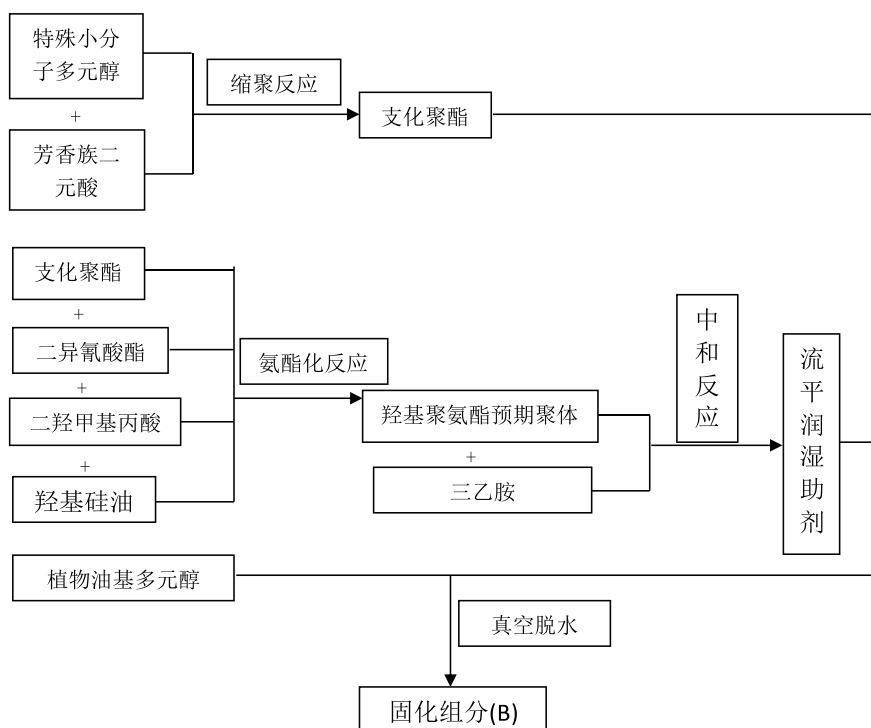


图 5-2 固化组分 B 合成工艺流程图

5.2.3 产品应用工艺

由于无溶剂复合胶粘剂应用时，在上胶、涂布、复合生产工序中需要对胶水进行加热，其中上胶、计量、涂布辊温度控制在 38-45℃，复合辊温度控制在 50-60℃之间，故传统的干式复合

机不具备这样的生产条件，必须使用无溶剂复合机进行生产，故软包装生产企业需另行购置无溶剂复合机才能应用。应用工艺流程图请见图 5-3。

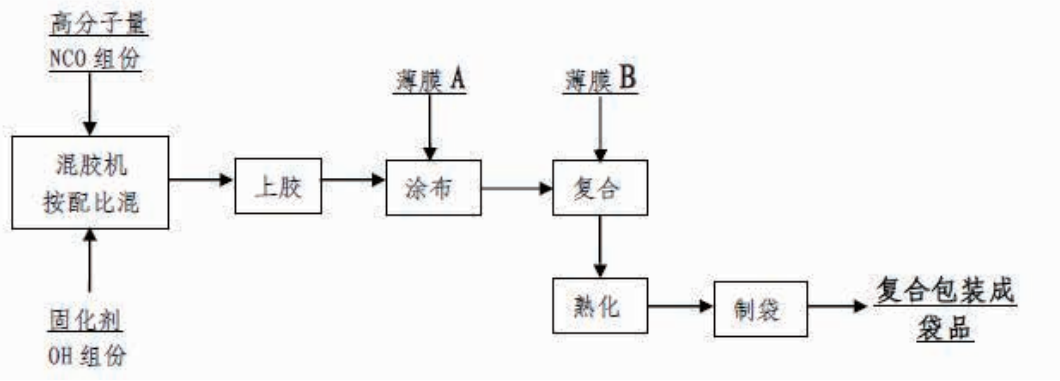


图 5-3 无溶剂复合胶粘剂应用工艺流程

5.2.4 技术创新点及特点

该项目采用特殊的高效流平润湿助剂，通过反转体系制备一种双组分无溶剂胶粘剂，产品具有与油墨相容性优异，成本较低，复合速度快（可到 400m/min）的优点，具有广阔的市场前景。将上述反应工艺与国内外现有无溶剂胶粘剂的生产技术对比后发现，此项目具有以下创新点：

1）针对国内外无溶剂胶粘剂中润湿流平助剂一般不参与反应的情况，采用可与异氰酸酯反应的高效流平润湿助剂，既能满足对低表面张力油墨的浸润性要求，又能参与交联固化反应，了复合后出现白点、隧道、咬色等问题的几率，可用于低表面张力的特殊油墨粘接。

2）通过反转体系，运用异氰酸酯体系为主剂，羟基体系为固化剂，使主剂、固化剂粘度易于控制，从而满足无溶剂胶粘剂制

备的需要。

3）在合成异氰酸酯工艺上，严格控制多元醇和异氰酸酯的比例，使 NCO/OH 在 2.08-2.15 的比例之间进行反应，降低了游离单体含量，不再需要运用薄膜蒸发器等昂贵设备除去残留单体，降低了生产设备的投入，提高了生产效率。

在该项目中，主要通过两种方法来提高产品对油墨的浸润性。首先，在合成 NCO 组分时，用一种柔软且分子排列有序直链型低粘度多元醇与异氰酸酯来合成低粘度的 NCO 组分，从而提高与油墨之间的润湿性。其次，在 OH 组分合成中，加入部分可参与固化反应的高效流平助剂，此组分既能使胶粘剂快速流平润湿，又不会有流平剂残留，增加了胶粘剂与油墨的浸润相容性，从而可用于低表面张力的特殊油墨粘接。

5.3 实施效果

5.3.1 环境效益

产品为双组分的无溶剂聚氨酯复合胶粘剂产品组份，NCO 组份与 OH 组份都是 100% 固含成分，使用中无挥发性有机物

（VOCs）排放，是环境友好型复合包装材料，符合国家《大气污染防治行动计划》政策，是复合膜塑料软包装行业从源头治理挥发性有机物（VOCs）排放的技术产品。

该产品即解决 VOCs 排放问题,又解决了产品的应用问题,将引导我国胶粘剂产业向健康、环保方向成功转型升级。本项目产品符合下列中国食品卫生法 GB 9685-2008、美国食品药品监督管理局 (FDA)21CFR175.105、欧盟 EC 规则等卫生安全法规。

5.3.2 经济效益

无溶剂复合胶粘剂 100% 固含,应用无 VOCs 排放,上胶量小,复合速度高,生产效率高,相比传统干式复合综合使用成本节省 50-60%。

5.4 行业推广

5.4.1 技术适用范围

本项目的无溶剂胶粘剂产品是从源头控制解决软包装印刷复合行业 VOCs 排放的技术途径产品,已广泛适用于塑/塑、镀铝膜、铝箔等结构复合包装领域。

该项目产品以无 VOCs 排放、无异味、高爽滑、透明度好、剥离强度高等优点,得到客户的喜爱,消除了一些客户在无溶剂产品应用中的“气味重,用户不接受”的问题,广泛适用于 OPP/CPP(PE)、PET/CPP(PE)、NY/PE、OPP(PET)/VMCPP、OPP/VMPET/PE、Al/PE、Al/CPP 等,适合对透明有较高要求的结构、可耐塑/塑、铝箔结构水煮,可耐塑/塑 121℃ 蒸煮等,广泛用于干性食品包装、轻质包装、洗衣粉、腌制榨菜等包装。

目前无溶剂胶粘剂仍有特殊加工条件及耐抗性等使用缺陷,无法完全替代溶剂型胶粘剂。这也是国内外行业技术攻克的方向的重点。

5.4.2 技术投资分析

该项目产品环保、卫生、安全,符合市场客户应用功能需求,可替代相同应用功能的溶剂型产品,市场潜力可观,目前国内总需求估计 10-20 万吨/年。

按照目前项目产品的投入及市场销售情况,预计总成本费用占销售收入的 83%,销售税金及附加、企业所得税共占销售收入的 2%,净利润占 15%。

5.4.3 技术行业推广分析

本项目产品从 2015 年 8 月开始有产品销售,至 2016 年 7 月完成产品销售额约 500 万元。计划 2017 年完成 1500 万元的销售。

5.3.3 关键技术

按照 NCO 组份与 OH 组份的功能化配方设计是该项技术工艺的核心,而其中的关键在于生产工艺技术的控制,主要有:

- 1) 控制 NCO 份粘度
- 2) 降低 NCO 组份中的游离异氰酸酯的含量小于 1%
- 3) OH 组份中的流平润湿体系的达成

本产品技术的实现生产设备主要是化学反应釜,与溶剂型聚氨酯复合胶粘剂生产设备条件相同,不同的是生产过程不再使用乙酸乙酯类溶剂,生产过程没有挥发性有机物 (VOCs) 排放,生产环境更加安全、卫生。

整个生产过程中的副产物是多元醇与二元酸发生酯化反应生成约 5-10% 的工艺废水,按常规废水处理办法进行处理排放即可。

由于无溶剂复合胶粘剂的应用时,在上胶、涂布、复合生产工序中需要对胶水进行加热,温度控制在 35-55℃ 之间,故传统的干式复合机不具备这样的生产条件,必须使用无溶剂复合机进行生产,故软包装生产企业需另行购置无溶剂复合机才能应用。

目前国内的无溶剂复合设备生产技术成熟,设备投入资金不大,根据用途大约 40-80 万元/台不等,无溶剂技术复合做业综合成本降低,得到了软包装厂家的广泛应用,也为无溶剂复合胶的使用创造了广阔的平台。

该项目产品解决了目前市场上存在的“气味重”、“容易引起内层薄膜的摩擦系数增大影响制袋开口性”,以及对印刷油墨相容性差,容易出现白点等外观不好的现象,使无溶剂复合胶产品得到了更广泛的市场应用。但目前无溶剂胶粘剂仍有特殊加工条件及耐抗性等使用缺陷,无法完全替代溶剂型胶粘剂。这也是国内外行业技术重点攻克的方向。

案例 6:

无溶剂聚氨酯合成革装备和工艺

技术来源：江苏省科技成果转化项目计划（BA2013006）

技术示范承担单位：江苏国信复合材料科技股份有限公司

6.1 案例概述

无溶剂 PU 合成革作为新型聚合材料：第一、替代天然皮革，解决了天然皮革带来的皮质气味；第二、解决溶剂型聚氨酯合成革表面 DMF 的残留物，为使用者提供安全的绿色产品；第三、生产工艺环保，彻底解决了生产过程中 DMF 有机物的挥发，实现制造合成革的节能减排、清洁化生产。目前无溶剂聚氨酯制革技术主要由德国、日本、韩国等汽车工业发达国家所控制。我国合成革用水性聚氨酯的研究起步相对较迟，此技术在国内的应用还处于简单品种的摸索阶段。无溶剂聚氨酯树脂不含有毒的有机溶剂，对环境无危害，达到生态环保的高要求。应用

无溶剂聚氨酯树脂来制革是比较先进的技术。江苏国信复合材料科技股份有限公司 2013 年开始与韩国 PR-TECH 高分子材料研究所技术合作，研发了无溶剂 PUD 合成革产品的生产工艺。产品生态具有真皮触感，从源头上杜绝了污染，项目的成功实施将推动合成革行业产业向清洁生产转型升级，具有重要战略意义。

该项目新增生产厂房 5500 平方，新增无溶剂 PU 合成革数控生产线一条，项目总投资 5255 万元（含土建及配套设施），形成年产 300 万米无溶剂 PU 合成革产品生产能力。

6.2 技术内容

6.2.1 基本原理

该项目主要采用双组份无溶剂聚氨酯树脂，采用自动上料浇

注机在线混合固化。其典型的工艺流程如图 6-1：

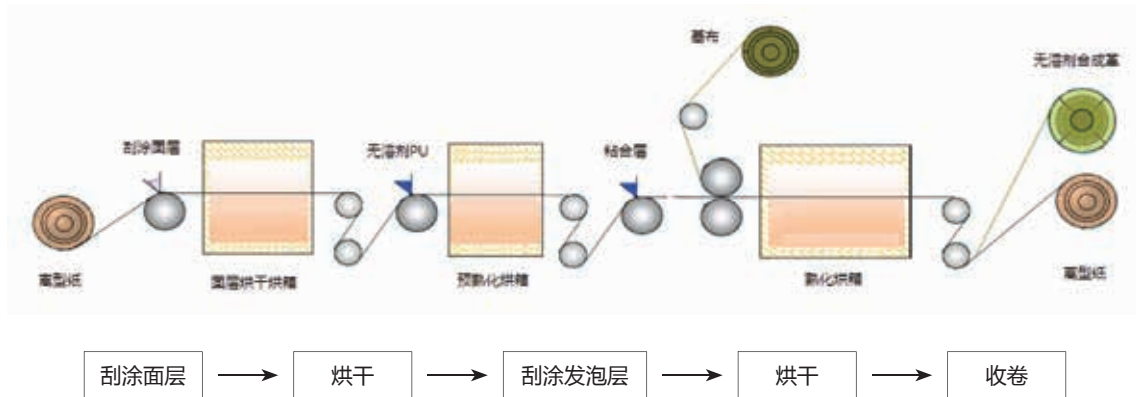


图 6-1 无溶剂合成革工艺流程图

6.2.2 技术工艺

该项目采用的关键工艺技术是实现了双组份无溶剂聚氨酯树脂在线固化工艺，根据计量配比自动混合，满足了 OH 和 NCO 混合均匀性和配比均匀性要求。

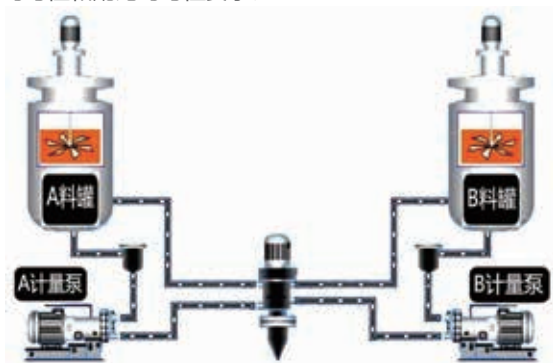


图 6-2 双组分自动上料混合装置

6.2.3 技术创新点及特点

技术创新点：

1) 采用无溶剂 PU 树脂，从源头上杜绝了 VOCs 污染。产品 VOCs<30ppm；

2) 采用自动浇注上料，实现双组份在线固化工艺；

3) 不再需要有机溶剂 DMF 回收装置，实现了节能减排。

无溶剂 PU 合成革特点：

1) 无添加任何有机溶剂，100% 固体含量；

2) 干法线生产，无需湿法过程；

3) 无溶剂挥发，一刀可以刮涂很高厚度；

4) 能耗低，人工少；

5) 产品环保；

6) 产品耐磨、耐刮、耐水解。

6.3 实施效果

6.3.1 环境效益

该项目实施后，彻底解决了传统 PU 合成革有机溶剂 DMF 对生产环境危害和产品残留对使用者危害问题。颠覆了目前市场主流 PU 合成革生产工艺带来的有机 VOC 排放问题。

6.3.2 经济效益

形成年新增无溶剂 PU 合成革 300 万米，年新增销售 1.2 亿元，新增利税 3000 万元以上。

6.3.3 关键技术与设备

该项目的主要设备与关键技术可以归纳为，双组分自动上料浇注装备以及无溶剂聚氨酯树脂的选用和贴合技术。

6.4 行业推广

6.4.1 技术适用范围

该项目技术主要适用于合成革行业，彻底解决了现有合成革行业有机溶剂 DMF 带来的严重环境污染问题。该技术是目前国际上最先进的顶端技术。

6.4.2 技术投资分析

合成革制造处于箱包、装饰、沙发家具等产业链的上游，是几个制造产业链的材料核心源头，服装鞋革、体育球革、箱包革、坐垫沙发革，家居装饰、壁纸等等都离不开合成革的使用，和人类的生活息息相关。最近十年，合成革行业平均每年都保持 15%-20% 的快速增长。生态、低碳是合成革行业发展的必然趋势。

6.4.3 技术行业推广分析

人造革、合成革产生于 20 世纪七十年代末，最早是替代动物皮的替代品。据不完全统计，目前中国合成革的产销量大约已达 60 亿平米。如果如此庞大合成革全用宰杀动物皮来替代，对整个地球植被破坏的严重性，排放的温室气体以及 60 亿平米的动物

皮进行制革处理的话，废水、废气、废渣的产生量，对环境的破坏更是不可低估。习惯上，将 PVC 材料称为第一代人造革，溶剂型 PU 材料称为第二代合成革。

我国是合成革生产大国，产量已占全球的 70% 以上。目前国内合成革主要使用溶剂型聚氨酯树脂，按每万米合成革最低消耗 5 吨树脂计，全国每年投入的溶剂总量为 340 万吨。约有 20% 左右将成为废气、废渣等被消耗。该项目技术从源头上采用不含任何有机溶剂的无溶剂聚氨酯树脂通过自动上料浇注在线固化工艺，实现了 VOC 的零排放。相对于传统工艺产品，平均按 1.0mm 厚度，克重按 300g/m²，一条生产线将减少约 1.5 吨有机 VOC 的排放。同时该项目设备因无溶剂排放，不再需要 DMF 回收装置，减少了 DMF 回收所需能耗，产品环保、生态，满足国民经济持续发展对生态功能性聚氨酯合成革的节能减排迫切需求，环保的、生态的水性聚氨酯以及水性生态合成革一定会实现行业主流。

案例 7:

水性单涂色漆技术

技术来源：美国 PPG 工业公司；PPG 涂料（天津）有限公司
技术示范承担单位：安徽江淮汽车股份有限公司（遂宁工厂）

7.1 案例概述

项目启动前涂装车间采用溶剂型涂装工艺，年产能为 2 万辆。项目启动前工艺流程为前处理→电泳→电泳烘干→电泳打磨→涂胶→涂胶烘干→面漆前擦净→面漆喷涂→流平→清漆喷涂→烘干→检查报交，生产车型为卡车车身，喷涂采用人工喷涂。主要生产颜色有 5 种，素色汉玉白、素色里海蓝、素色土耳其红、金属漆尊贵兰、金属漆绚丽红，其中素色漆比例占到 70% 以上。在废气治理方面，烘干炉废气采用直燃式废气焚烧后排放，喷漆废气经文丘里漆雾捕捉系统后，通过 30 米高的大烟囱高空排放。该技术的主要建设或改造内容、主要设备、项目投资额如下：

1) 调整工艺材料，引入水性单涂色漆技术取代原溶剂型的素色漆，开发出汉玉白、里海蓝、土耳其红三个颜色的水性单涂色漆；

- 2) 开发水性尊贵兰、绚丽红两款金属漆及配套的水性中涂、1k 清漆体系取代原溶剂型的涂料；
- 3) 采用机器人喷涂取代原人工喷涂，提高生产效率及涂料利用率；
- 4) 增加面漆水性预烘干系统及改造原有溶剂型面漆烘干系统；
- 5) 改造空调送风系统，以满足水性漆施工温、湿度窗口要求；
- 6) 改造输调漆系统，保证机器人喷涂压力及流量需求。

项目建设期归纳如下，2014 年 1 月开始水性单涂色漆技术交流和评估；2014 年 7 月设备开始进现场安装；2015 年 4 月设备开始调试；2015 年 8 月开始启动水性单涂色漆调试工作；9 月 15 日水性单涂白色车身调试合格；10 月 15 日尊贵蓝金属漆车身调试合格；11 月 1 日生产线 SOP。

7.2 技术内容

7.2.1 基本原理

通过改造应用水性涂料技术从源头降低 VOCs 排放，特别是水性单涂色漆技术的应用免除了溶剂型清漆的使用，显著降低

VOCs 排放的同时也带来涂装成本的降低。机器人喷涂设备的安装，替代了人工喷涂，提高涂料利用率，减少涂料消耗，进一步降低 VOCs 排放。

表 7-1 技术应用前后数据比对

	项目前	项目后
涂料单耗 (L/M ²)	0.17	0.125
涂料技术	溶剂型	水性单涂色漆
		水性中涂 + 水性色漆 + 清漆
涂料转换率 (上漆率)	50%	70%
VOCs 减排效果	60g/m ²	10g/m ²

7.2.2 技术工艺

增加面漆水性预烘干系统，满足水性色漆预脱水要求；改造原有溶剂型面漆烘干系统，满足水性单涂色漆烘烤的梯度升温要求；改造空调送风系统，满足水性漆施工温、湿度窗口要求；改造输调漆系统，满足水性漆要求，保证机器人喷涂压力及流量需求。

7.2.3 技术创新点及特点

水性单涂色漆技术，省去清漆和中涂涂层，实现超低 VOCs 排放和涂装成本控制。通过合理工艺规划和生产管控，实现水性单涂色漆与水性中涂 + 水性色漆 + 清漆涂料系统的共线生产，可实现所有颜色的涂装需求。

7.3 实施效果

通过水性单涂色漆技术和机器人涂装设备的应用，VOCs 排放削减超过 80%，从 $60\text{g}/\text{m}^2$ 降低到 $10\text{g}/\text{m}^2$ 。通过减少

涂层和节省涂料消耗，有效控制了溶剂型转水性的涂装成本上升。

7.4 行业推广

技术适用范围：商用车、卡车老工厂改造和新工厂规划。

技术投资分析：在商用车、卡车领域，相对于水性中涂 + 水性色漆 + 清漆技术体系，水性单涂色漆技术在 VOCs 减排效果，

工艺精简和涂装成本方面都有着显著的优势。

技术行业推广分析：VOCs 排放 $\leq 20\text{g}/\text{m}^2$ （满足当前中国最严格的北京、广东汽车涂装地方标准要求）。



案例 8：

水性木器涂料的产业化技术

技术来源：嘉宝莉化工集团股份有限公司与华南理工大学联合研制

技术示范承担单位：中山市美果家具厂

8.1 案例概述

水性木器涂料的产业化技术包括了水性木器涂料产品技术和水性木器涂料应用技术，此技术是从 VOCs 源头控制的角度出发，由嘉宝莉化工集团股份有限公司与华南理工大学联合研制，通过发明聚氨酯丙烯酸（PUA）杂合乳液聚合技术、多重交联技术、聚丙烯酸酯 / SiO_2 杂化乳液技术等技术，成功开发了系列高性能聚合物乳液及水性木器涂料，攻克市售的水性木器漆涂膜硬度低、耐化学品性差和封闭性与防胀筋性不好技术难点。此外，针对水性木器涂料施工和干燥受环境温度和湿度的影响大，我们进一步开发了涂料涂装一体

化技术，包括微波红外耦合干燥技术和机器人静电喷涂技术。上述技术获授权中国发明专利 8 项，其中一项专利获中国专利优秀奖。

采用此项技术生产的水性木器涂料在中山市美果家具厂应用，对其原来使用溶剂型家具漆的涂装线进行水性化改造，建设了“年产 2 万套办公家具涂装水性化工程”生产线。其中，对于主要设备投资：工程基建设备 500 万，干燥设备约 100 万（总功率为 50kW 微波红外耦合干燥线），项目于 2015 年 10 月进行投运状态，2016 年 3 月完成内部验收。

8.2 技术内容

8.2.1 基本原理

中山美果家具厂“年产 2 万套办公家具涂装水性化工程”项目，采用嘉宝莉公司生产的水性高性能双组份聚氨酯木器漆（VOCs 含量 $\leq 54\text{g/L}$ ）以替换掉原有的溶剂型聚氨酯（PU）产品，并配套加装微波红外耦合干燥设备以确保水性木器涂料的全天候顺利施工，从源头控制降低 VOCs 产生的可能性，彻底解决使用溶剂型涂料导致出现的有机溶剂放空污染环境、木器家具出口受阻及室内空气污染等问题，最终实行高档办公家具涂装的水性化。

8.2.2 技术工艺

采用水性木器涂料的产业化技术（水性高性能双组份聚氨酯木器漆 + 微波红外耦合干燥技术），根据中山美果家具厂对于高档办公家具的涂装效果要求，主要开发两种涂装工艺：

1) 开放涂装：水性底漆 → 水性底漆 → 水性面漆；

2) 封闭涂装：UV 底漆 → UV 底漆 → UV 底漆 → 水性过渡底漆 → 水性面漆。

主要的工艺参数为一次喷涂漆膜厚度控制 $200\mu\text{m}$ ，喷漆量 120g/m^2 - 180g/m^2 ，为保证涂装质量不受外界环境条件变化的影响，须配备功率为 50kW 的红外微波耦合干燥设备。



图 8-1 设施照片

8.2.3 技术创新点及特点

中山美果家具厂“年产2万套办公家具涂装水性化工程”项目，采用了水性木器涂料的产业化技术中的2项新技术：

1) 亲水改性多异氰酸酯外交联技术，采用经亲水改性的多异氰酸酯水性固化剂新技术外加交联固化，制备了水性高性能双组份聚氨酯木器漆（硬度 $\geq H$ ），满足高档办公家具涂装要求。

2) 微波红外耦合干燥技术，通过微波驱使残留在涂膜内部的水分向涂层表面扩散，快速去除涂膜中残留水分，以此确保水性漆的应用不再受天气的困扰，实现全天候施工，同时与之配套的产品 VOCs 含量可以进一步降低。

采用的新材料主要是水性高性能双组份聚氨酯木器漆，采用的新系统主要是微波红外耦合干燥系统。

8.3 实施效果

8.3.1 环境效益

对于美果家具厂而言，由于使用的木器涂料的 VOCs 含量可由 580 g/L 降低到 54g/L（基于 GB 23987 第 10.3 条款），由于水性漆在施工过程中的漆雾飞溅反弹概率较溶剂型 PU 要少，油漆有效利用率由之前的 40% 提升至约 55%，最终污染防治效果达到 $16.7\text{mg}/\text{m}^3 \leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ （DB-44/814-2010 标准），原使用溶剂型 PU 总用漆量为 70t/a，VOCs 排放总量为 700.6=42t/a，采用水性木器涂料涂装后，因水性漆施工固含高于 PU，总用漆量降为 65t/a（其中主剂为 55t，固化剂为 10t），VOCs 排放总量约为 $55 \times 0.02 + 10 \times 0.2 = 3.1\text{t}$ ，VOCs 排放总量由原来的 42t/a 减少为 3.1t/a。

8.3.2 经济效益

对于美果家具厂的案例，工程基建设备为 500 万，喷涂及其他施工设备为 100 万，微波及其 UV 干燥设备为 100 万，单位废气治理成本为 18.3 元 / kg（仅油漆单项），虽然能耗（空压、电耗）有所上升，但是由于水性漆有效覆盖率提升，故在物耗（油漆、砂纸）上有所下降。

8.3.3 关键技术与设备

在美果家具厂水性化涂装改造应用案例中，涉及到的关键技术为亲水改性多异氰酸酯外交联技术、微波红外耦合干燥技术，施工后漆膜硬度建立可与 PU 相媲美，漆膜可耐香烟灼烧，硬度 $\geq 1H$ ，手感突出，产品下线打包效率提升一倍；设备方面，形成了一套满足半连续式作业生产的微波红外耦合干燥烘房。

8.4 行业推广

8.4.1 技术适用范围与投资分析

本技术主要应用范围为木质家具、玩具或工艺品制造业。

本技术在推广使用中涉及到的主要投资为购买水性木器涂料本身产生的物料费用和配套设备改造费用两部分，物料费用现约为 35000/t，配套设备改造费用为 50-500 万不等，单位废气治理成本约为 18.3 元 / kg。

8.4.2 技术行业推广分析

本项目技术考虑适用的主要污染物为苯及其同系物，如苯、甲苯、二甲苯和三甲苯等；酯类溶剂如醋酸乙酯、醋酸丁酯和醋酸异丙酯等；酮类溶剂如丁酮、环己酮和戊酮等；醇醚类溶剂如乙二醇甲醚、乙二醇丁醚及乙二醇丁醚醋酸酯等；其他溶剂

包括甲醇、乙醇、丁醇、甲苯异氰酸酯等。污染物的去除效率大于 90%，经使用水性漆产业化技术后，排放情况为 $16.7\text{mg}/\text{m}^3 \leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足广东省地方排放标准 DB-44/814-2010，VOCs 年消减量约为 2500t（按照水性漆年产量 5000 吨计算）。若在全国范围内推广，水性漆替代 20% 溶剂型木器漆，每年使用 20 万吨水性木器漆，每年可减排 10 万吨以上有机溶剂的排放。

本项目产生的主要副产品为废水、废渣（可通过微生物酵解技术处理达到 COD 排放标准，极少量固体废弃物收集集中处理），微波干燥的频率为 2450Mhz，总功率为 50kW。

案例 9:

家具人造板材粉末静电喷涂技术

技术来源：佛山宜可居新材料有限公司

技术示范承担单位：佛山宜可居新材料有限公司

9.1 案例概述

在 70 年代，人们开始使用无溶剂高固份紫外光固化（UV）涂料，漆膜光泽高，硬度好。可是 UV 涂料需要使用大量稀释单体，游离单体具有刺激性气味，挥发会伤害人体健康，不是严格意义上的环保涂料。于是到了 80 年代，又发展了更环保的水性涂料，但由于水性涂料漆膜外观丰满度不够，硬度较低，虽然 2KPU 型水性涂料硬度可与传统油漆相当，但完全固化需要时间很长，漆膜需要 48 小时甚至 72 小时后才能达到性能，漆膜性能不稳定，而且水性涂料面临很严峻的污水处理问题。这些缺点限制了 UV 涂料及水性涂料的使用范围，也成为减慢绿色环保涂料替代溶剂型涂料步伐的原因之一。

静电粉末喷涂工艺出现于 20 世纪 60 年代，主要是应用于金属表面涂装，固化温度在 200℃，固化时间 15 分钟，涂料可 100% 使用。目前占据了金属表面涂装市场的 60%，粉末涂装市场应用前三位是家电，金属家具，建筑铝合金门窗。进入 20 世纪 90 年代末，随着粉末涂料技术的发展，将静电粉末喷涂的固化温度降低到 120-150℃，人造板的耐温温度也可达到 150℃，这样使静电粉末喷涂工艺应用于非金属表面中密度板的涂装成为可能。由于低温粉末涂装一次性喷涂可达 50-

200μm，特别适用于粗糙多孔人造板的涂装，并且涂料利用率可达 100%，生产效率得到极大提高，生产成本得到大幅降低。粉末涂料无 VOCs 排放，原材料易得，生产效率高，经济效益显著，因此，此技术很快得到世界各大家具巨头的极力追捧，以环保和控制成本出名的世界上最大的家具供应商之一 IKEA 在中国采用中密度板低温喷粉工艺进行尝试，主要用于浴室家具等。中国的人造板年产超过 2 亿立方米。其中 MDF（中密度纤维板）年产量在 3 千万立方左右，若按 16mm 规格算，光 MDF 就有 18 亿平方米左右，MDF 粉末喷涂具有十分广阔的前景。

佛山宜可居新材料有限公司为了推广环保高效的粉末涂料技术在家具行业的应用，以改变传统油漆及吸塑家具行业 VOCs 排放严重，生产效率低下，工人从业环境脏乱差，甲醛污染严重等问题，于 2011 年自筹 200 万资金，建立了低温粉末涂装实验室，通过两年多的技术开发，解决人造板喷粉边部容易开裂的难题，克服了低温粉末涂料涂装不能生产镜面高光装饰板的挑战，对低温喷粉的合成板材上两个面及四条边进行一体的逼真纹理图案。

9.2 技术内容

9.2.1 基本原理

新催化剂组合的开发，将传统静电粉末涂料的固化温度降低到 120-130℃，并采用特种红外辐射器使得人造板在 2-3min 内板面温度达到 130℃，表面粉末涂层完全固化。低温粉末涂装一次性喷涂可达 50-200μm，特别适用于粗糙多孔人造板的

涂装，并且涂料利用率可达 100%。该技术的工艺流程可以总结为如下所示：

第一工序：采用木工数控设备对标准人造板按设计图纸开料打孔。

第二工序：对第一工序加工过的木板采用封边处理，封边采

用耐高温 UV 涂料或水性涂料，封边设备采用自动滚边机，防止边部在受热时变形开裂。

第三工序：对第二工序已封边的板材进行滚面处理，采用标准的滚涂面设备使用自主开发的耐高温的 UV 涂料或水性涂料进行封闭滚面，隔热防止起泡。

第四工序：对完成第三工序的人造板进行静电喷粉。根据要求不同，对板面进行 1-4 次的静电喷粉末喷涂，每次喷涂的厚度大于 $60\mu\text{m}$ ；固化炉采用独特电加热中波红外辐射器；固化温度大于摄氏 120°C ，加热时间在 2 分钟以上。

第五工序（砂纹及哑光产品）：对完成第四工序的人造板进行覆膜包装，产品光泽度任意调节，铅笔硬度超过 2H。

第五工序（高光产品）：对完成第四工序的人造板进行打蜡抛光处理，抛光处理后表面 60 度角光泽度超过 90 度，镜面效果，产品硬度 1H 以上。

第六工序（高光产品）：对完成第六工序的人造板进行精抛清洁，覆膜包装。

第五工序（纹理装饰产品）：对完成第四工序的人造板对进行纹理装饰处理。通过特殊的真空热转印方式、喷墨 UV 打印、3D 打印和立体喷粉打印来完成装饰方式。

第六工序（纹理装饰产品）：对完成第六工序的人造板进行精抛清洁，覆膜包装。

9.2.2 技术工艺

1) 人造板家具低温喷粉封边工艺

由于人造板是高温压制成型的，一般中间部位的密度低，含水率相对高。因此人造板受热到 80°C 以上时，边部的中间部位极易开裂变形。这对温度需要达到 130°C 的喷粉工艺是很大的挑战，国外采用了很多方式都很难解决边部开裂的问题，成为粉末喷涂人造板技术的极大障碍。目前国外采用特制板材的方式解决，严格控制板材的密度及水分的分布（特制板材价格远远高于普通板材），但板材的开裂率依然无法得到保证，成品率的低下，导致喷粉技术在人造板上的应用难以得到有效推广。

经过两年多的实验，一种低成本全固体份的耐高温 UV 胶得以开发，UV 胶有隔热性能，涂布足够的厚度可以防止边部的温度过高。另外，UV 胶膜有足够的强度及弹性，能跟随边部在一定的范围内热胀冷缩。该胶膜的特性还能保证在粉末涂料熔融初期，边部能有一定排气的通道，及时排出边部因高温产生的水蒸气及其他气体，降低边部封闭空间的压力。所以人造板喷粉边部开裂的现象被大大降低，在不需要特制板材的情

况下，成品率从 65% 提高到 98% 以上，解决了人造板喷粉技术商业化的一个难题。

不仅如此，在与国内设备厂商的联合下，一种专门用于喷粉工艺的涂布 UV 胶封边设备也已经开发完成，在封闭的空间采用节约环保的滚涂方式，封边线速达到 $15\text{m}/\text{min}$ ，高自动化、高生产率，可同时封四条边，并且边部的厚度和光滑度完全满足喷粉的要求。

2) 人造板喷粉工艺

低温混合型粉末涂料是两种可以发生化学反应的树脂通过混合、热挤出、气流粉碎，而后形成的一种粉末状涂料。通过静电喷枪喷到导电的基材上形成厚度均匀的涂层。温度达到 $120\text{--}130^{\circ}\text{C}$ 时，化学反应在一定时间内完成，最后形成稳定的漆膜。因此快速反应的粉末涂料的开发是人造板喷粉技术得以应用的关键，虽然国际上某些著名的树脂供应商提供低温反应的树脂原料的反应温度在 $120\text{--}130^{\circ}\text{C}$ ，但是热固化时间长达 10-15 分钟，人造板无法承受如此长时间的加热，会导致变形开裂。

通过与国际上一些著名的树脂厂商合作，经过多年的实验筛选，一系列新型的催化剂组合被研发出来。采用独特的脱气剂配方，使得混合型粉末涂料在特定的红外波长下，加热到 120°C 时，完全固化可在 3 分钟以内完成。

通过与德国及法国著名的红外辐射设备厂商的合作，针对该项粉末涂料技术，粉末涂料人造板喷涂的核心设备“红外固化炉”被设计开发。该设计解决了由于木材导电性差而导致的上粉困难的问题，保证粉末涂层厚度均匀。由于红外辐射器的采用（粉末涂料吸收特定波长的红外辐射），整个工艺过程加热效率高，生产周期缩短，生产车间的占地面积大幅减少，同时可以实现无挥发无尘化生产，工人安全生产环境大大改善。另外，红外辐射可以将人造板中的因脲醛胶产生的游离甲醛蒸发出来，采用先进的低温催化板将空气中的 VOCs 分解燃烧，彻底消除甲醛排放对人体的危害。

3) 人造板图案装饰工艺

传统的真空及贴纸热转印技术工艺简单，成本低廉，在铝材喷粉图案装饰有着广泛的应用。将热转印技术应用于人造板喷粉板材存在一些技术挑战。由于木材是热敏性材料，不能耐温，而且含有水分，传统的热转印技术需要温度达到 $160\text{--}180^{\circ}\text{C}$ 并且在 15-20 分钟内完成，人造板难以承受容易开裂，由于水汽的存在，板面的图案清晰度差。经过研发团队多年开发，全新的真空图案装饰设备被设计开发，并随着对热转印技术工艺的不断创新，人

造板开裂及水汽影响图案转印的难题得以解决。热转印技术由于适合批量化的产品，为了适合定制化、个性化的装饰要求，UV 喷墨技术和 3D 打印技术被用于人造板喷粉的装饰，并且已实现批量化生产。

9.2.3 技术创新点及特点

绿色环保，无 VOCs 排放。没有有机溶剂挥发，从固化好的漆膜中没有有害物质挥发，不使用有害单体，如不饱和树脂涂料中的苯乙烯、无溶剂紫外光固化涂料中的丙烯酸单体。可满足最严格的环保要求。

整个涂装的工艺可在一个小时内完成，大幅度提高生产效率，降低生产成本。特别对于涂层丰满度要求高厚涂的产品，显著降

低了喷涂，打磨的次数。半成品堆放所用的空间大幅减少。

该项技术的涂装方案所使用的涂料不含有机溶剂，大大减少了溶剂所产生的污染和危害。其中低温粉末涂料是纯固体成分的涂料，可以完全采用全自动喷涂，过喷的粉末容易由回收系统收集，达到回收再利用的目的，粉末涂料的使用率可达 100%，降低废弃物的处理成本。

优异的漆膜性能。涂层表面铅笔硬度可达 2H，各项性能指标均高于传统液体涂料，优越的耐化学性能，产品光泽度可任意选择，耐磨，耐刮，耐污，抗菌防霉。

人造板喷粉工艺消除了人造板材中因脲醛胶带来的游离甲醛，保证了人造板喷粉家具板中甲醛含量为 0，无气味。

9.3 实施效果

9.3.1 环境效益

该项目无废水、废气排放，对于统油漆喷涂工艺的制造业带来的污染当量，具有巨大的对落后产能的置换效应。以年产 100m² 的一期建设规模为例估算：

传统油漆需要涂 3-5 次，取平均值 4 次喷涂，每平方米每次喷涂 150g，共计需要 600g/m²。因喷涂有效率为 60%，油漆喷涂的固含为 25%，故每平方米造成的有机挥发物为：84075%=630g，固体废物 24025%=60g。

年度合计，油漆 VOCs 排放 10000000.392=630t，固体废

物 240x25%=60t，即每投入 100 万 m² 粉末涂装工厂，可以减少 VOCs 排放 630t，减少固体危废排放 60t。

年产 100 万 m² 的粉末涂装工厂占地面积约 1 万 m²。因场地利用效率为传统喷涂工厂的 3-5 倍，因此每投入一家粉末喷涂工厂，可以置换出区域内 3-5 万 m² 传统油漆生产能力。在改善环保压力的同时，创造了更高的单位面积工业产值。并且油漆需要安装甲类消防防爆设施，每平方米的造价在 150-200 元，而粉末涂料是难燃物质，10000m² 可节省消防设施费用 150-200 万人民币。

表 9-1 年产能 100 万平米 / 年的两类涂装厂比较分析

公 司	粉末涂装厂	油漆喷涂工厂	备 注
产能	100 万平米	100 万平米	
VOC 排放	0	630 吨	油漆厂还产生固体废物 60 吨
厂房面积	1 万平米	3-5 万平米	
消防设施	20 万	150-200 万	
人员数量	200 人	1200 人	

9.3.2 经济效益

粉末涂料的原材料一般采用聚酯类及环氧类树脂，而油漆一般采用丙烯酸类及聚氨酯类型树脂，聚酯类及环氧类树脂比丙烯酸类及聚氨酯类型树脂易得且价格便宜。

在人造板表面涂膜形成的成分中，溶剂型约含 25%-30% 的

有效成分，而低温环保粉末涂料几乎可达到 100% 的效率，且未附着于被喷涂物件的粉末，可以回收再利用，涂料量减少。

生产流程油漆要喷 3-5 次，干膜厚度每涂 20-30 微米，每次还需要晾干打磨，生产周期长，不能连续化生产。而粉末涂装可以连续生产，3 分钟出炉固化，冷却后能够马上包装，粉末涂装

一次干膜厚度达到 70-100 μ m，不需要晾干打磨，因此粉末涂装效率是油漆的 3-5 倍，降低生产使用场地的占有量，生产周期缩短，综合成本比油漆可降低 30% 以上。

9.3.3 关键技术与设备



图 9-1 UV 胶自动化封边设备



图 9-2 红外辐射器



图 9-3 红外辐射器内部

宜居的工程团队与国内某设备厂商合作，针对 UV 胶设计的自动化封边设备，一次封边的厚度可以超过 1 毫米。低温粉末固化生产线中独特的红外辐射器保证了低温粉末能在很短的时间内完成固化反应，使中密度板因热受损的程度降到最低。

9.4 行业推广

9.4.1 技术适用范围

人造板静电粉末喷涂技术可广泛适用于板式家具行业，对传

统油漆及吸塑家具行业进行升级。可用于家装门，橱柜，家庭收纳柜，办公家具，儿童家具，医用家具等等。

9.4.2 技术投资分析

表 9-2 工厂成本

材料成本	中密度板（元 / 平方米）	44.3	按 108/1.17=92.31 元每张大板预估（2.44 × false1.22, 每张 2.5m ² 出材率），加工系数按 1.2（木工环节制造费 = 材料成本 × false0.2）
	粉末涂料（元 / 平方米）	15.0	粉末涂料的单价为每公斤 45 元，砂纹单涂，高光两涂；综合后，成本每平米 15 元
	前处理材料成本（元 / 平方米）	10.0	
	砂纸、辅料及易耗品（元 / 平方米）	10.0	砂纸、抛光用料、包装辅材、劳保用品等
	包装材料	5.0	贴膜保护，纸箱包装（工厂内部运输包装相对简单）
	能耗（元 / 平方米）	10.0	含电力消耗与燃气消耗，因能耗较高，作为独立材料项计入成本
人工成本	人工成本（元 / 平方米）	10.8	含前处理、喷涂、后处理、包装
制造费用	固定设备折旧（元 / 平方米）	6.0	按 10 年（每年 10 个月量产）直线法折旧，月 3 万平米分摊
	厂房租金分摊（元 / 平方米）	2.0	按月 3 万平米分摊
	工厂成本（元 / 平方米）	113	含税

9.4.3 技术行业推广分析

每 100 万 m² 人造板喷粉产品替代油漆家具产品所带来的环保和经济效益可以归纳如下：

- ◆减少 630 吨 VOCs，60 吨固体危废的排放；
- ◆节省 3 万 m² 的生产厂房，减少 150 万元人民币的消防设施

投资；

- ◆相比于传统油漆行业，产品综合成本可降低 30%；
- ◆产品消除了人造板中因脲醛胶带来的游离甲醛，从而消除了传统油漆板材中游离甲醛对消费者的伤害；
- ◆产品物理性能优于传统油漆产品。

案例 10:

快干型无溶剂复合机 (WRJK series) 和传统型无溶剂复合机 (WRJ series)

技术来源：重庆鑫仕达包装设备有限公司

技术示范承担单位：上海康达、台湾日胜化工等（胶水提供商） 重庆鑫仕达包装设备有限公司（设备提供商）

10.1 案例概述

传统型无溶剂复合工艺始于 20 世纪 60 年代的德国。1974 年，德国的陶氏化学公司将慢干型双组份无溶剂胶黏剂投入工业化生产，标志着慢干型无溶剂复合开始正式推广。20 世纪 80 年代，传统型无溶剂复合工艺在欧美等发达国家得到快速发展。20 世纪 90 年代末，日本也逐渐开始重视无溶剂复合，并取得较大发展。而在印度、俄罗斯、巴西等国传统型无溶剂复合也逐渐成为主导的复合工艺。中国最早是在 1985 年，由北京化工研究院从德国

汉高公司引进了传统型无溶剂聚氨酯胶黏剂生产技术及设备，但接下来的在近二十多年，传统型无溶剂复合在中国的发展一直十分缓慢。通过 2008-2015 年，近 7 年的行业推进，传统型无溶剂复合在中国的发展进入一个稳定发展期。

快干型无溶剂复合工艺始于 2016 年。2016 年 8 月，由重庆鑫仕达自主研发的第一台国产快干型无溶剂复合机 WRJK i5-1300A 投入产业化。

10.2 技术内容

10.2.1 基本原理

快干型无溶剂复合技术的基本原理可以总结为：

胶水：采用快速反应、100% 固含量、无溶剂型双组份胶黏剂；

工艺：先涂布，后混比复合，双组份交联发生化学自反应；

设备：采用分控比例、分组涂布再复合的设备机构；

工艺流程：印刷软包装 VOCs 源头 = 印刷 + 复合 + 清洁；

软包生产工序：制膜 >> 印刷 >> 品检 >> 复合 >> 分切 >> 制袋 >> 交付；

复合工序：装料 >> 涂胶 >> 贴合 >> 收卷 >> 转工序；

反应快速：无需熟化，10 分钟品质初判，120 分钟转工序。

传统型无溶剂复合技术的基本原理可以总结为：

胶水：采用慢速反应、100% 固含量、无溶剂型双组份胶黏剂；

工艺：先混比，后涂布复合，双组份交联发生化学自反应；

设备：采用混胶机控制比例、单工位涂布再复合的设备机构；

工艺流程：印刷软包装 VOCs 源头 = 印刷 + 复合 + 熟化 + 清洁；

软包生产工序：制膜 >> 印刷 >> 品检 >> 复合 >> 熟化 >> 分切 >> 制袋 >> 交付

复合工序：装料 >> 涂胶 >> 贴合 >> 收卷 >> 熟化 >> 转工序。

10.2.2 技术工艺

该项技术针对无溶剂复合胶黏剂，并且在技术上运用了无溶剂复合的方法，因此解决了溶剂复合在使用上 VOCs 的排放问题。



图 10-1 设施照片

表 10-1 快干型和传统型复合工艺所使用的胶水和设备

	快干型无溶剂复合	传统型无溶剂复合
胶水	快干型无溶剂型双组份胶黏剂	慢干型无溶剂型双组份胶黏剂
设备	涂布辊间间隙 五辊涂布控制技术 对等张力系统 收卷系统 配比控制系统 工业自动化控制 分组涂布量控制技术	涂布辊间间隙 五辊涂布控制技术 张力系统 收卷系统 混胶系统 工业自动化控制 涂布量控制技术

10.3 实施效果

10.3.1 环境效益

无溶剂复合不使用乙酯(或乙酸),减少有害物质向大气排放,具有环保、低能耗、高效能、节约能源、安全生产、职业病防

等多项优势。

10.3.2 经济效益

表 10-2 指出了关于经济效益的相关估算。

表 10-2 经济效益估算详细

比较项目	干式复合机	慢干型无溶剂复合机	快干型无溶剂复合机
相同产能乙酯消耗费用	约 16118 元 (400m/min)	零 (400m/min)	零 (400m/min)
相同产能设备电费消耗	180m/min=3920 元 400 m/min=8711 元	840 元 (400m/min)	940 元 (400m/min)
相同产能生产耗材成本	成本:高	成本:低	成本:低
相同产能生产人工成本	720 元 (180*4 人)	720 元	360 元
相同产能企业管理费用	3000 元 (估算)	3000 元	3000 元
VOCs 治理成本	3047 元	0 元	0 元
相同产能的消耗成本	31596 元	4560 元	4300 元
每天至少节约	慢干:(31596-4560)=27036*60%(产能 6 折)=16222 元/天 快干:(31596-4300)=27296*60%(产能 6 折)=16378 元/天		

10.4 行业推广

卷对卷复合应用行业,例如印刷行业塑塑复合、铝塑复合、纸塑复合,装饰行业布塑复合、皮革复合。

10.4.1 技术行业推广分析

项目适用的主要污染物醋酸乙酯(ethyl acetate)的去除效率可达 100%。在单工序的条件下可以适用和满足以下排放标准:

- 1)DB31 872—2015 上海市地方污染物排放标准《印刷业大气污染物排放标准》
- 2)DB11 1201-2015 北京市地方污染物排放标准《印刷业大

气污染物排放标准》

3)DB44 815-2010 广东省地方污染物排放标准《印刷业大气污染物排放标准》

对于主要污染物,醋酸乙酯,的消减情况可以通过如下计算了解:

年消减量=200 台(现鑫仕达年产能)2208kg(干复醋酸乙酯日用量)300 天 60%=79488t。主要副产品的产生量和二次污染排放指标均为零。有关节能量的统计和相关计算请参考表 10-3。

表 10-3 节能量

电能核算	机型	功率	时间	电价	速度	成本核算
	干复机	230-280kW	20h	1 元	180m/min	5600 × false70%=3920 元
	慢干型	40-60kW	20h	1 元	400m/min	1200 × false70%=840 元
	快干型	70-80kW	20h	1 元	400m/min	1343 × false70%=940 元

案例 11:

鞋底表面处理 VOCs 零排放源头控制 ——紫外线处理技术

技术来源：广东新尤威印刷装备科技有限公司

技术示范承担单位：东莞宝成鞋业有限公司



11.1 案例概述

案例工程规模：VOCs 废气零排放；项目运行时间：2016 年 2 月 10 日 -2016 年 3 月 9 日。

案例投资额：主要为橡胶表面处理机设备投入费用，单价 130 万元 / 台。

案例主要关键设备：氮气保护 UV 干燥系统；设备参数：功率设置为 5.5kW。

案例建设条件：橡胶表面改性环节由人工涂抹处理剂环节。

11.2 技术内容

11.2.1 基本原理

该技术主要是用物理方法来取代鞋底粘接过程中处理剂的使用。依靠一种新型鞋底粘接前处理机，通过紫外光

特定波段不仅可以有效去除大底和中底粘接面上的有机污染物，而且还能够提高大底和中底粘接面的浸润性和粘合

强度，避免了用化学试剂直接腐蚀粘接面而产生对环境有害的 VOCs，改善鞋厂的生产环境，具有环保、节能和高效的特点。

11.2.2 技术工艺

首先通入臭氧，并利用 UVC 灯管产生一定波段的紫外光 a 和 b，照射在大底和中底的粘接面上。a 波段的紫外光对鞋底材料有理想的蚀刻作用，对鞋底材料的高分子化合物的 C-H

能有效断键，使鞋底粘接面生成带极性的高分子化合物，到达物理打磨或化学腐蚀的相同技术效果，能够使鞋底粘接面和胶水有效链接；b 波段的紫外光能对 O_2 分子断键生成 O_2^- ，其中一部分 O_2^- 与 O_2 反应生成 O_3 ，由于 O_2^- 、 O_3 的强氧化性能够有效地氧化粘合过程中鞋底表面产生的小分子有机化合污染物，到达清洗的效果，使鞋底和胶水链接充分，能有效地保证鞋底粘结质量。



图 11-1 技术设备图片

11.2.3 技术创新点及特点

实现 UV 技术在鞋底表面处理技术的应用，并且实现鞋底粘

前处理过程无 VOCs（挥发性有机物）排放技术。

11.3 实施效果

11.3.1 环境效益

橡胶表面处理机从源头上消除了鞋底粘接前处理过程中挥发有害气体的难题，从而解决了制鞋行业一大难题。不仅实现生产过程中 VOCs 零排放题，更是减少了员工用人数量，节能效果显著，占地面积减少一半以上。

11.3.2 经济效益

以每小时 200 双鞋底生产线为例：

节能：传统工艺需要一次清洗两次烘干，清洗和烘干装机总功率为 171kW；在涂处理剂前需要对鞋底在 96kW 超声波清洗槽中清洗，清洗后在装机为 37.5kW 的隧道炉进

行烘干，烘干后在采用化学剂处理，处理后再清洗和烘干；而广东新优威提供的橡胶表面处理机 UVR 装机总功率为 80.5kW，节能 50%。

VOCs 零排放：传统工艺粘前需要处理剂 4g 左右，而该橡胶处理机无需再涂处理剂，相当于 VOCs 零排放。

人力需求：原工艺需要生产线员工 8 人，而该校胶处理机只需要员工 2 人，相当于节省 6 人。

11.3.3 关键技术与设备

关键技术为紫外线波段的选择和能量的控制，主要设备为氮气保护下的全 UV 系统。

11.4 行业推广

技术适用范围：该技术主要应用橡胶表面改性处理上。

技术投资分析：该技术是用物理方法代替化学处理剂的使用达到橡胶表面的活性处理，取消化学处理剂的使用，纯物理方法实现，源头处理，没有二次污染。

技术行业推广分析：制鞋行业 VOCs 排放已经被列为国家重点治理行业，VOCs 收费已经开始征收。该技术不仅实现了 VOCs 零排放，更是降低了企业运行成本。我国制鞋行业市场庞大，据测算至少有 9 万台的市场需求量，该技术市场推广前景较好。

案例 12:

节能型废轮胎自动化粉碎生产线及其成套装

技术来源：东莞市运通环保科技有限公司

技术示范承担单位：东莞市运通环保科技有限公司 佛山惠福科创有限公司

12.1 案例概述

废轮胎具有很强的抗热、抗机械性和抗降解性，数十年都不会自然消失，堆在地面占用大量耕地，而且容易滋生蚊虫、传播疾病，还容易引发火灾，产生大量的有害气体，严重污染环境，被人们称为“黑色污染”源。我国是世界轮胎生产和消费的第一大国，也是废旧轮胎产生大国。目前我国橡胶消耗量约占世界橡胶消耗总量的 30%，连续多年居世界首位，其中 80% 以上的天然橡胶和 30% 以上的合成橡胶依赖进口。据统计，2013 年我国新轮胎产量达到 5.29 亿条，废旧轮胎产生量近 3 亿条，重量合计 1000 万吨以上。因此，提高废轮胎的综合利用水平，加快发展我国废轮胎循环利用，是缓解我国橡胶资源极度短缺的重要措施，也是发展橡胶工业循环经济的必然选择。利用节能型废轮胎自动化粉碎成套技术和设备生产橡胶粉，与原有生产工艺相比，节能、环保效果显著，是使“黑色垃圾”变为宝贵的橡胶资源的重要技术。

计，2013 年我国新轮胎产量达到 5.29 亿条，废旧轮胎产生量近 3 亿条，重量合计 1000 万吨以上。因此，提高废轮胎的综合利用水平，加快发展我国废轮胎循环利用，是缓解我国橡胶资源极度短缺的重要措施，也是发展橡胶工业循环经济的必然选择。利用节能型废轮胎自动化粉碎成套技术和设备生产橡胶粉，与原有生产工艺相比，节能、环保效果显著，是使“黑色垃圾”变为宝贵的橡胶资源的重要技术。

12.2 技术内容

12.2.1 基本原理

工艺原理及工艺流程：轮胎胎圈分离、破碎、粗碎、磁选、细碎、气流分选、研磨、筛选、包装等，每一道工序设有独立的设备。

工艺参数和特殊性能：设备机组与传统设备相比较，工艺流程简单，结构紧凑，设备占地面积小，无三废排放。废轮胎处理行业采用破碎（块 50mm）+ 粗粉碎（胶粒 12mm）+ 细粉碎（胶粒 4mm）+ 研磨生产胶粉，我司通过新型研磨设备，用粗粉碎 8-18mm 的胶粒直接研磨成粉，使废轮胎处理生产工艺简化，省去了细粉碎设备减少装机功率和设备占地，与行业同能耗设备相比节能 35%。

12.2.2 技术工艺

该新工艺的子午胎处理胶粉生产线在胶块粗碎为

8-18mm 胶粒后直接研磨，若以小时处理子午胎 1800kg/h（产出橡胶约 1260kg/h）、生产 20-40 目胶粉为例，新生产线总装机功率为 447 kW，而传统的是 607 kW。在胶粒工段采用高产能齿状粉碎机，取消传统工艺中的细碎机 60kW 及相应辅机节能 59kw。研磨设备与老工艺相比，每吨胶粉节能 107.7kW/h，与行业设备相比节能 35%。生产线运行只需三名工作人员。

废旧轮胎中橡胶、钢丝、纤维的分离率高，且胶粉细度可从（20-120 目）任意调配生产。纤维分选设备，使精细胶粉内纤维含量不大于 0.3%。磁选设备使精细胶粉内铁屑含量不大于 0.01%。

废轮胎处理行业的胶粉分选工艺通常采用气流筛、三次

元振动筛、摇摆筛等设备，此类设备胶粉过筛率最高不到70%，且胶粉易堵筛网孔。仿形筛设计被运用于纤维、胶粉规格的分离和筛分，分选率达到99.5%以上，过筛滤高、且不堵网孔。

12.2.3 技术创新点及特点

1) 废轮胎处理行业采用破碎（块50mm）+粗粉碎（胶粒12mm）+细粉碎（胶粒4mm）+研磨生产橡胶粉，通过新型研磨设备（专利受理号 201510521329.7），用粗粉碎8-18mm的胶粒可直接研磨成粉，在废轮胎处理生产工艺上省去了细粉碎设备，节能效果显著、设备磨盘使用寿命十倍延长、与行业同能耗设备节能35%。

2) 废轮胎处理行业橡胶粉分选通常采用气流筛、三次元振动筛、摇摆筛等设备，此类设备橡胶粉过筛率最高不到70%、且橡

胶粉易堵网孔，我司通过改革创新，研发仿形筛用于橡胶粉规格的筛分，分选率达到99.5%以上，仿手工筛的原理克服了行业设备存在的问题，过筛滤高、且不堵网孔。

3) 自主研发的变位螺旋齿状粉碎机，使刀具在工作过程中能进行连续、稳定、高效的切削，齿状刀具结构高出片状刀具结构产能30%。

4) 自主研发的破碎机刀具可以单片更换、即换即修，不需拆开整台设备，缩短维护时间，减少维护成本，同时解决不懂机械的用户拆装难度。

5) 采用研制的仿形纤维、粉体分离筛分设备，对非金属物料的分选率≥99.5%、粉体物料规格筛分过筛率≥99.5%。

6) 自主研发的轮胎分解设备，破碎前将轮胎一分为二，可以大幅降低轮胎破碎机功率30%。

12.3 实施效果

12.3.1 经济效益

橡胶粉的用途十分广泛，几乎涵盖了各个行业，如果按照每吨废轮胎平均可生产加工出70%的橡胶粉、30%的钢丝或26%的尼龙纤维（斜交胎）来计算，则每吨废轮胎可生产出橡胶粉0.7吨、钢丝0.3吨、尼龙纤维0.26吨。橡胶粉在橡胶制品和新胎生产中，可部分代替生胶使用，对缓解我国橡胶资源紧缺起着重要的意义。根据国家发改委制定的废旧轮胎循环利用权威统计数据，“十一五”期间我国将逐步提高轮胎回收利用率，那么总共

可节约大量的橡胶资源合计413万吨。

12.3.2 关键技术与设备

过去，行业粉碎机均采用片状斜刃口刀具，通过我研发团队的不断研发试制，研制出变位螺旋齿状粉碎机，使刀具在工作过程中能进行连续、稳定、高效的切削，此款齿状刀具产能高出片状刀具30%，且正常使用寿命是原来片状刀具的寿命提高十倍（反复修磨使用），齿状刀具结构通过技术改进后为四边刃口，片状刀具只有一边刃口。

12.4 行业推广

12.4.1 技术适用范围

全世界废旧轮胎已积存3亿条，并以每年约1亿条的数字增长，其中能得到翻新利用的只占15%-20%。如何有效利用废旧轮胎，防止污染，是一个世界性难题。随着汽车数量不断攀升，废旧轮胎量也在上涨，一些城乡结合部的旧轮胎堆积如山。

预计到2022年，我国各种汽车销售量达到4000万辆，汽车市场规模居世界第一。业内权威人士预测，也许在更短的时间里，

中国将成为世界最大的汽车市场。这意味着我国汽车轮胎的消耗量也将步入世界前列。目前，我们每年轮胎年产量超过1.2亿条，废旧轮胎的产生量约为850万吨。

通常人们处理固体废弃物的方法有填埋、焚烧等。但专家认为，这些方法对废旧轮胎都不适用。这是因为废旧轮胎属于不溶或难溶的高分子弹性材料，有着较高的弹性和韧性，在-5-15℃范围内不会发生变化。轮胎降解过程中的有机物影响土壤和地表水，需要数百年的时间完成分解。而如果将其焚烧，其释放出来的烟

雾和一氧化碳又将会严重污染大气，加重环境污染。随着科学技术的进步，人们已有能力将废旧轮胎变成一种再生资源进行回收利用，且利用价值和应用市场都非常大。

12.4.2 技术投资分析

如 8-12 目胶粒，其主要被用来制作橡胶砖或者铺设球场、跑道等。每平米需胶粒 34kg。目前我国有各类学校 29 万余所，公园 13 万个所需胶粒铺设的各类场地，包括人造草坪、球场、跑道、人行道等共计 46 亿平方米，共需胶粒 50 万吨。按目前胶粒的平均价格 2000 元 / 吨计算，因此而带来的经济利益将达到 10 亿元。而因为胶粉含量占轮胎的 70%，卡车胎的平均重量约为 58kg，如此则相当于处理了约 37 亿条废卡车胎。而因为橡胶跑道等，平均须 6 年更换一次，所以 5-12 目的胶粒市场，将有效的消除废旧轮胎带来的污染。40 目以上的胶粉能用作改性沥青添加剂。用改性沥青铺设的公路能极大的延长公路的使用寿命，降低维护成本，以及减少车辆行驶的噪音，能迅速的排解雨水，减少因为路滑而引起的交通事故。截至 2013 年底，中国公路通车里程 423.8 万公里，其中高速公路里程居世界第一，达 10.44 万公里。根据中国交通运输“十二五”规划，到 2015 年，国家高速公路通车里程将达到 10.8 万公里。虽然改性沥青铺设公路在发达国家，如美国、日本等已经有至少 30 年的历史，但目前在我国仍处于初步试验阶段。如从 2010 年至今，在广西

隆林至百色高速公路、钦州至崇左高速公路连线上应用了约 250 公里，共应用废旧轮胎橡胶沥青 26600 吨，废旧轮胎胶粉 5000 吨，平均每公里需胶粉 20 吨左右。经过几年的试验，与普通沥青道路相比，改性沥青抗高温的性能要增加了 1.5 倍，弹性恢复能力较强，性能与使用 ABS 材料相当。目前高速公路沥青铺设中使用的 ABS 材料，每吨高达 3 万多元，而使用轮胎胶粉，每吨价格仅有 3000 多元，成本可节省 90% 左右。如果大面积投入使用，中国对废轮胎胶粉的需求量将达到 500 万吨，将产生 200 亿的经济价值。

12.4.3 技术行业推广分析

废橡胶和废轮胎加工成橡胶粉，在我国通常采用“小三件”加“破胶机”辊压法和分级逐步粉碎研磨法，在常温下不能生产出 40-120 目（1.9-0.117mm）的橡胶粉。这两种生产工艺普遍存在自动化程度不高、设备运行不稳定、使用寿命短、维护成本高、生产效率低、生产现场粉尘污染严重等缺点。尤其是主要粉碎设备的刀具使用寿命短的问题，多年来一直得不到有效的解决，一直制约并困扰着废轮胎处理行业的发展。而美国、欧洲、日本等发达国家则研制出了液氮低温冷冻粉碎工艺，这种生产工艺可以生产出 40-200 目（0.42-0.074mm）的精细橡胶粉，但这种生产工艺投资大、生产成本低，从而使其生产应用受到了很大的限制。



约稿函

《工业节能与清洁生产》是由中国工业节能与清洁生产协会主办编辑，面向会员单位、相关政府部门、研究机构定向直投的内部刊物。

刊物以“倡导绿色工业，服务节能减排”为办刊宗旨，多角度透析我国工业领域节能减排的现状、问题、典型案例及未来发展前景，力图搭建工业耗能企业与节能环保企业之间沟通的桥梁，促进行业间的信息交流，增强行业间的横纵向联系。

欢迎有关单位和个人踊跃投稿。稿件一经采用，稿费从优。

一、投稿栏目

会员动态、会员报道、政策解读、研究

二、稿件要求

来稿请以附件word形式，邮件主题为《工业节能与清洁生产》稿件。

1. 宋体5号字体，字数不超过5000字；
2. 文章末尾请注明姓名、邮箱、电话、联系地址等真实有效的联系方式。

三、发行人群

各相关政府部门
各省市工业和信息化主管部门
相关行业协会、国际组织
会员单位、相关专家
科研机构、高等院校
重点用能企业、节能减排服务机构

四、联系方式

联系人：吴迪
电话：010—62242099
投稿邮箱：cieccpa@126.com
联系地址：北京市西城区平安里西大街26号新时代大厦 100034



倡导绿色工业 服务节能减排

中国工业节能与清洁生产协会
CHINA INDUSTRIAL ENERGY CONSERVATION AND CLEANER PRODUCTION ASSOCIATION

地址：北京市西城区平安里西大街26号新时代大厦（100034）

电话：86-10-62242099

传真：86-10-62248538

网址：www.cieccpa.org

电子邮箱：cieccpa@126.com

