

塑胶制造业 清洁生产实用指南



广东省经济和信息化委员会

技术顾问：



广东省环境科学研究院

塑胶制造业清洁生产实用指南

目 录

前 言	1
清洁生产伙伴计划简介	2
第一篇 清洁生产的基本概念及发展趋势	3
1.1 清洁生产与传统的污染治理方法的不同之处	3
1.1.1 清洁生产的发展	3
1.1.2 清洁生产与末端治理	5
第二篇 塑胶制造业的概况	7
2.1 塑胶制造业的工业概况	7
2.2 塑胶制造业的生产过程及设备介绍	9
2.2.1 塑胶制造业的生产过程介绍	9
2.2.2 塑胶制造业的主要生产设备及辅助设备	11
2.3 生产工艺之主要能耗及物料耗的种类及数量	17
2.4 生产工艺之空气/水污染、固体废物、废料等来源、种类及数量	20
2.4.1 塑胶制造业空气污染源	20
2.4.2 塑胶制造业污水排放	22
2.4.3 塑胶制造业固体废弃物及废料	23
第三篇 塑胶制造业的清洁生产措施与实例	25
3.1 塑胶制造业清洁生产方案总览表	25
3.2 运用于塑胶制造业的清洁生产方案	40
3.2.1 运用于塑胶表面处理工序的清洁生产方案	40
3.2.2 运用于模具制作工序的清洁生产方案	41
3.2.3 运用于塑胶制品挤出、压制、发泡等过程的清洁生产方案	46
3.2.4 运用于喷涂、烘干等工序的清洁生产方案	82
3.2.5 其他辅助设备（如自动化系统设备、空压机、物料回收设备）的清洁生产	

方案.....	88
3.2.6 其他运用于塑胶制品生产工艺的清洁生产方案.....	103
参考文献.....	114
国内塑胶制造业清洁生产相关法规及环保要求.....	118
1.1 清洁生产法规.....	118
1.2 国内塑胶制造业相关的环保法规及政府节能减排的政策目标	120

免责声明

本指南所载的资料只供一般参考，使用者应根据其个别情况，进一步评估不同技术在不同环境下的可行性。使用者亦有责任自行评估及核实本指南所载的一切资料，以及在根据该等资料行事之前征询专业意见。

香港特区政府环境保护署、广东省经济和信息化委员会、香港生产力促进局及香港塑胶业协会均不会对所提的资料负疏忽及任何其他的责任。

我们保留权利，可随时删除、修改或编辑本指南所载的资料内容，而无须事先通知。

前 言

以往企业在改善其环保表现时，多采用被动的末端防治策略，着重安装排污处理设备。清洁生产突破这个模式，采用主动预防的方式，在生产工序的每一个环节上进行改善，包括在产品的设计、物料采购、工艺、流程等方面应用先进的技术和管理等。众多成功的实例证明清洁生产一方面可以帮助企业从源头上减少污染物排放及节省后期的排污费用，另一方面通过减少原材料消耗和节约能源，降低生产成本，增加竞争力，从而提高利润，达致环境保护及经济效益两者兼容并存的双赢局面。

香港特别行政区政府于 2008 年 4 月 18 日开展了一项为期五年的「清洁生产伙伴计划」（下称「伙伴计划」），鼓励和协助位于珠三角地区的港资厂商采用清洁生产技术及作业方式，减少污染物排放和能源消耗，从而改善区域环境质素以及降低生产成本。

为加强提升业界对清洁生产的认知，香港生产力促进局与相关的行业协会及技术机构，根据伙伴计划资助的示范项目及核证服务的成功经验，并参考其他相关的技术资料，先后编写《一般性厂房节能方案实用指南》、《工业锅炉系统节能方案实用指南》、《喷涂工序清洁生产方案实用指南》及适用于指定行业的清洁生产方案实用指南共 10 本刊物，并于伙伴计划网上供业界参阅。这本《塑胶制造业清洁生产实用指南》是由香港生产力促进局与广东省环境科学研究院共同编写，指南内提供近年家具行业采用的清洁生产方案的实际经验及技术资料，供业界参考之用。

清洁生产伙伴计划简介

香港特别行政区政府于 2008 年度开展一个为期 5 年的清洁生产伙伴计划，协助位于珠三角地区的港资厂商节约能源、减少原材料消耗、减少排污及降低生产成本。

该计划获立法会财务委员会通过拨款 9, 306 万港元，推广及资助珠江三角洲地区的港资厂商采用清洁生产技术和工艺。

主要项目概览及资助额：

项目	实地评估项目	示范项目	核证改善项目的成效
资助项目性质	资助参与的工厂获得环境技术服务公司协助，为工厂评估节能、减排、降耗及减少污水排放的空间，建议切实可行的清洁生产改善方案。	资助参与的工厂透过安装设备或改良生产工序，示范清洁生产的成效、涉及的成本及潜在的经济回报。	为已实施清洁生产方案的工厂提供独立第三方核证服务，评估成效，所有成功申请者皆可获颁嘉许状，以嘉许其在环保方面的付出。
延展计划资助额	政府资助 50% 的顾问费用，并以港币 25,000 元为每间厂的上限。	政府资助 50% 的费用，并以港币 300,000 元为每个项目的平均资助上限。	政府全数资助、并以港币 20,000 元为每个项目的上限。

查询:

电话: (852) 2788 5588 (香港) (86 755) 8615 6942(深圳) (86 769) 2299 2095 (东莞)

电邮: enquiry@cleanerproduction.hk

第一篇 清洁生产的基本概念及发展趋势

能源、原材料、水、土地等自然资源是人类赖以生存和发展的基础，是经济社会可持续发展的重要物质保障。目前中国单位国内生产总值的能源、原材料和水资源消耗是远高于世界平均水平。靠大量消耗资源支撑经济增长，不仅使资源约束矛盾更加突出，环境压力加大，也制约了经济增长质量和效益的进一步提高。因此，大力开展节能降耗、节约用电活动，全面推行清洁生产，对缓解能源、资源供应紧张的「瓶颈」制约和环境压力，实现国民经济持续、快速、协调、健康发展，具有十分重要的现实意义和战略意义。

1.1 清洁生产与传统的污染治理方法的不同之处

1.1.1 清洁生产的发展

自 1992 年以来，联合国环境规划署已先后在坎特伯雷、巴黎、华沙、牛津、首尔和蒙特利尔举行了六次国际清洁生产高级研讨会。在 1998 年 10 月韩国首尔第五次国际清洁生产高级研讨会上，出台了《国际清洁生产宣言》，是对作为一种环境管理战略的清洁生产公开的承诺。自此清洁生产开始被国际社会所广泛认同，清洁生产开始被大力的推广。

清洁生产是人们思想和观念的一种转变，是环境保护战略由被动反应向主动行动的一种转变。联合国环境规划署将清洁生产定义为：

「清洁生产是一种创造性的思想，该思想将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中，以增加生态效率和减少对人类及环境的风险。

——对生产过程，要求节约原材料和能源，淘汰有毒原材料，减少或降低废弃物的数量和毒性。

——对产品，要求减少从原材料提炼到产品最终处置的全生命周期的不利影响。

——对服务，要求将环境因素纳入设计和所提供的服务中。」

根据《中华人民共和国清洁生产促进法》的定义，清洁生产是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用的措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或消除对人类健康和环境的危害。

近年中国经济及社会发展迅速，各级政府和环境保护部门采取多项举措，在环境治理方面取得了明显成效。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出在「十一五期间」，「要努力实现……经济社会发展的主要目标」，目标包括：「可持续发展能力增强」、「显着资源利用效率提高」等，并设下约束性指标如主要污染物排放总量减少 10%、单位国内生产总值能源消耗降低 20%左右、单位工业增加值用水量降低 30%」。

2011 年，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》出台，锐意进一步发展绿色产业，提出「把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快转变经济发展方式的重要着力点。深入贯彻节约资源和保护环境基本国策，节约能源，降低温室气体排放强度，发展循环经济，推广低碳技术，积极应对气候变化」。为加强落实节能减排，及后相继出台《工业清洁生产推行“十二五”规划》、《节能减排“十二五”规划》等，制订未来五年具体清洁生产的目标，包括到 2015 年，全国万元国内生产总值能耗下降到 0.869 吨标准煤，比 2010 年的 1.034 吨标准煤下降 16%；化学需氧量和二氧化硫排放总量分别控制在 2347.6 万吨、2086.4 万吨，比 2010

年的 2551.7 万吨、2267.8 万吨各减少 8%；单位工业增加值（规模以上）能耗比 2010 年下降 21%左右；重点行业 70%以上企业达到清洁生产评价指标体系中的“清洁生产先进企业”水平。清洁生产成了国家的重要政策方向，也为一般企业及节能环保业带来巨大的挑战及商机。

2012 年初，全国人民代表大会常务委员会通过修改《中华人民共和国清洁生产促进法》的建议，将清洁生产促进工作纳入国民经济和社会发展规划、年度计划。此外，清洁生产更成为国家经济发展的政策之一。政策包括推行清洁生产的目标、主要任务和保障措施，按照资源能源消耗、污染物排放水平确定开展清洁生产的重点领域、重点行业和重点工程。因此，无论是国家或是市场层面，企业逐步实行清洁生产是大势所趋。

1.1.2 清洁生产与末端治理

清洁生产作为污染预防的环境战略，是对传统的末端治理手段的根本变革，是污染防治的最佳模式。传统的末端治理与生产过程相脱节，即「先污染，后治理」，侧重点是「治」；清洁生产从产品设计开始，到生产过程的各个环节，通过不断地加强管理和技术进步，提高资源利用率，减少乃至消除污染物的产生，侧重点是「防」。传统的末端治理不仅投入多、治理难度大、运行成本高，而且往往只有环境效益，没有经济效益，企业没有积极性；清洁生产从源头做起，实行生产全过程控制，在生产过程之中最大限度地消除污染物，不仅从根本上改善企业的环保表现，而且降低能源、原材料的消耗和生产成本，提高经济效益，增强竞争力，能够实现环境保护与经济效益的「双赢」。

表1 清洁生产与末端治理的比较

比较项目	清洁生产	末端治理（不含综合治理）
思考方法	在生产过程中消除污染物	污染物产生后再处理
产生时代	20世纪80年代末期	20世纪70年代
控制过程	生产全过程控制，产品生命周期全过程控制	污染物达标排放控制
控制效果	比较稳定	受污染量影响处理效果
产污量	明显减少	间接可推动减少
排污量	减少	减少
资源利用率	增加	无显著变化
资源耗用	减少	增加（治理污染消耗）
产品产量	增加	无显著变化
产品成本	降低	增加（治理污染费用）
经济效益	增加	减少（用于治理污染）
治理污染费用	减少	随排放标准严格，费用增加
污染转移	无	有可能
目标对象	全社会	企业及周围环境

第二篇 塑胶制造业的概况

2.1 塑胶制造业的工业概况

塑胶制造业是指以合成树脂、生胶为主要原料，经挤塑、注塑、吹塑、压延、塑炼、混炼、硫化等工艺生产各种制品，或利用回收的废旧塑胶加工再生产塑胶制品。塑胶制造业是中国制造行业的重要一环，当中包括塑料薄膜、板材型材、塑料管材、泡沫塑料、人造革合成革、包装箱及容器、轮胎、减震制品等子行业。

广东省是中国最大的塑胶工业省份，而珠三角地区又是广东省最大的塑胶工业地区，全省规模以上塑胶制品企业约 80%以上集中在广州、佛山、深圳、东莞、中山等珠江三角洲地区。据统计，2010 年底，珠三角地区塑料制品企业 3445 家，橡胶制品企业 487 家。其中塑料制品工业总产值为 2573.92 亿元，橡胶制品工业总产值为 346.71 亿元；塑料行业从业人员为 77.63 万人，橡胶行业从业人员为 11.98 万人。珠三角地区企业规模化发展趋势明显，产业集群化、产业区域优势明显，塑胶制品企业数、产量、效益在行业中优势明显。珠三角已成为中国塑胶制造业最密集的区域，对中国塑胶工业的影响举足轻重^[1]。

广东省的塑胶制造业发展至今，优势和效益明显，仍存在着不少问题：

一是产品结构不合理、生产工艺及技术装备落后。广东省塑胶产品结构总体上具有优势，多类产品在行业中处于领先地位，但仍存在部分产品结构不合理或者产能过剩。其产品档次、产品结构难以适应广东省作为家电、汽车、电子信息等产业大省的要求；产品结构中仍以传统制品为主，部分高档塑胶制品仍需进口。除政策、市场等社会因素外，技术装备的更新、改造以及加工工艺的进步也是关键。珠三角

塑胶工业技术装备和生产工艺整体居全国行业发展前列，但不少企业技术装备和生产工艺仍较落后，部分设备能耗高，资源利用率较低；部分较先进的技术装备和生产工艺如压延等还基本是进口的，行业中具有自主知识产权的产品和技术较少。

二是原料生产滞后。塑胶加工制造业是跨行业、跨学科的综合性产业，包括塑胶机械、模具、合成树脂、助剂等相关产业，而合成树脂是最重要环节。珠三角地区是广东省塑胶制品生产的重要地区，但原料生产不足，合成树脂产量、品种自给率低，无法满足塑胶制品行业迅速发展的需求，每年仍需进口大量塑胶原料。

三是科技投入不足、开发能力及品牌创建有待加强。珠三角地区的中山大学、华南理工大学、中科院广州化学所等著名高校、科研院所，在高分子材料合成、塑胶加工工艺等方面的科研力量在全国首屈一指，但高校、科研院所与企业的携手合作仍嫌不足，很多科研成果被束之高阁。另一方面，企业科研力量及自主开发产品力量不强，企业科研成果转化为生产力的比例不大，而且相当多的企业把技术进步寄托在对外来技术的引进买断方面^[2]。

中国的塑胶制造业主要集中在长三角、珠三角和环渤海地区，同时国外塑胶制品的不断引进也占据着部分市场，珠三角地区的塑胶制造业要想在与其它地区，甚至是国外的制造业竞争中占得先机，未来的出路应是：

(1) 坚持走科学、持续发展之路，推动珠三角塑胶产业转型升级和产品结构优化，保持塑胶产业稳定持续发展。

(2) 推动传统塑胶制造业转型升级，建立资源节约型、环境友好型塑胶企业。

(3) 建立珠三角塑胶原料物流圈，为珠三角塑胶企业发展打下坚实基础。(4)

加强塑胶废弃物的回收利用，加速循环经济和可持续发展。同时要加强降解塑胶的研发，尽早将其工业化。

(5) 引导产业集群化发展，发挥区域经济优势，促进全行业均衡发展。

(6) 充分发挥科研机构的作用，建立新型的产、学、研关系，加速科研成果在生产力和经济发展之间相互转化^[3]。

2.2 塑胶制造业的生产过程及设备介绍

2.2.1 塑胶制造业的生产过程介绍

塑胶制品的生产是一种复杂而又繁重的过程，需根据各种塑料及橡胶的固有性能，使其成为具有一定形状且有使用价值的制件或型材。塑料或橡胶制品的生产主要由原料准备、成型、机械加工、修饰和装配等连续过程组成。

原料准备是塑胶制品生产加工的前提，包括根据生产要求将原料制成粉状或粒状，对原料进行除湿干燥以及预热、预压，橡胶加工时对生胶进行塑炼，从而提高生胶塑性，以及混炼胶料，使各种配合剂与胶料混合均匀等。

塑胶制品生产的关键过程是成型，成型的种类很多，较为普遍使用的方法有：

(1) 压缩模塑

压缩模塑又称为模压成型或压制成型，它是先将粉状、粒状或纤维状等塑料放入成型温度下的模具型腔中，然后闭模加压而使其成型固化的工艺过程。完备的压缩模塑工艺是由物料的准备和模压两个过程组成，其中物料的准备分为预压和预热两个部分。压缩模塑的主要优点是可模压较大平面的制品和利用多槽模进行大量生产，缺点是生产周期长效率低，不能模压要求尺寸准确性较高的制品。

(2) 挤出成型

挤出成型又称为挤出模塑或挤塑、挤压。挤出过程中，用螺杆挤出机进行挤出时，装入料斗的塑料或胶料，借助转动的螺杆进入加热料筒中，由于料筒的外热及

塑胶料本身和塑胶料与设备间的剪切摩擦热，使塑料、胶料熔化而呈流动状态。与此同时，塑胶料还受螺杆的搅拌而均匀分散，并不断前进。最后塑胶料在口模处被螺杆挤到机外而形成连续体，经冷却凝固，即成品。

（3）注射成型

注射成型是将粒状或粉状塑料从注射机的料斗送进加热的料筒，经加热熔化呈流动状态后，由柱塞或螺杆的推动，使其通过料筒前段的喷嘴注入闭合塑模中。充满塑模的熔料在受压的情况下，经冷却（热塑性塑料）或加热（热固性塑料）固化后即可保持注塑模型腔所赋予的形样。松开模具取得制品，在操作上即完成一个注塑周期，后是不断重复上述周期的生产过程。几乎所有的热塑性塑料及多种热固性塑料都可用此法成型。

（4）中空吹塑成型

中空吹塑成型是制造空心塑料制品的成型方法，它是借助气体压力使闭合在模具中的热熔塑料型坯吹胀形成空心制品的工艺。根据型坯的生产特征主要分为两类：挤出吹塑和注射吹塑，即在进行吹胀成型前分别是挤出成型管坯和注射成型管坯。

（5）泡沫塑料成型

泡沫塑料是以树脂为基础而内部具有无数微孔性气体的塑料制品，又称为多孔性塑料。采用不同的树脂和发泡方法，可制成性能各异的泡沫塑料。泡沫塑料的发泡方法可分为三种：1) 物理发泡，将不与树脂发生反应的物理性发泡剂加入树脂中，利用物理原理发泡；2) 化学发泡，利用化学发泡剂加热分解产生的气体或是原料组分间相互反应放出的气体而发泡；3) 机械发泡，用强烈的机械搅拌将空气卷入树脂中，再经过物理或化学变化而发泡。

另外，还有压延成型，即是将热塑性塑料或是已经塑炼、混炼好的胶料通过一

系列加热的压辊，使其连续成型为薄膜或片材。热成型是利用热塑性塑料的片材作为原料，先将裁成一定尺寸和固定形样的片材夹在框架上并将它加热到热弹态，而后凭借施加的压力使其贴近模具的型面，从而获得与型面相仿的制品。

成型后的塑胶制品大部分还需要经过机械加工、修饰、装备等过程方能投入使用，这是因为：一方面在外观上，成型后的制品会出现废边、毛刺、熔痕、表面粗糙等问题，一方面使制品的功能得到更好的实现以及制品的性能得到进一步增强，如橡胶制品成型后，为了改善胶料的物理机械性能及其它性能，要对其进行硫化等。

机械加工是指在成型后的工件上钻眼、切螺纹、车削或铣削等，用来完成成型过程所不能完成或完成得不够准确的一些工作。修饰是为美化塑胶制品的表面或外观，也有为其它目的，如为提高塑料制品的介电性能要求它具有高度光滑的表面，包括锉削、磨削、抛光、溶浸增亮和透明涂层、彩饰等。装配是将各个已经完成的部件连接或配套使其成为一个完整制品的过程，包括粘合、焊接、机械连接等。

2.2.2 塑胶制造业的主要生产设备及辅助设备

塑胶制造业的设备分类

① 按工艺流程分类

塑胶加工设备按工艺流程可划分为塑胶加工准备设备、塑胶成型加工设备、塑胶二次加工设备、塑胶加工辅助设备和废旧塑料、橡胶再生回收设备。

表 1 塑胶制造业的主要工艺流程及设备

工艺流程	所用设备
塑胶制品加工准备	捏合机、各种混合机、开放式炼塑机、炼胶机，密闭式炼塑机、炼胶机等
塑胶制品成型加工	挤出机及其辅机、压延机及其辅机、注射成型机、吹塑中空成型机、压制成型机、旋转（滚塑）模塑成型机、

	泡沫塑料成型及反应成型机、热成型机等
塑胶二次加工	热成型机、各种复合设备、塑料圆织机、植绒机、薄膜分切机、印绳机、制袋机、扩管机、焊接机等
塑胶加工的辅助过程	干燥设备、温控设备及加热组件、机械手、螺带洗料机等
废旧塑料、橡胶的回收	新旧料混合回收设备、废旧塑料造粒机等

随着塑料、橡胶工业的发展，人均消耗塑料、橡胶逐年增加，大量的塑料或橡胶废弃物对环境造成了严重污染，引起了全世界重视。目前关于废弃塑料或橡胶的回收、粉碎、清洗、烘干、造粒、再生利用等设备已取得较快的发展，并在加工设备中占有一席之地，引起人们的普遍关注，但采用化学方法的回收仍是目前的发展趋势。

② 按成型工艺方法分类

塑料及橡胶成型设备发展到今天，已有数十种，最普通的分类是根据塑胶成型工艺进行划分。下表列出了常用的成型方法及设备。

表 2 常用的塑料/橡胶成型方法及设备

成型方法	成型设备	用途
压缩模塑	压机、塑模等	适用于生产热固性树脂以及非常复杂的制品，如含有凹槽、侧抽芯、小孔、嵌件等
挤出成型	挤出机、机头、口模、辅机等	如棒、管、板、薄膜、电缆护套、异型材等
注射成型	注射机、模具等	电视机外壳、食品周转箱、塑料盆、汽车仪表盘等
中空吹塑成型	型坯成型装置、吹胀装置、辅助装置等	适用于生产中空或管状制品，如瓶子、容器及形状较复杂的中空制品
热成型	热成型机组、模具等	适用于生产形状简单的制品，此方

		法可供选择的原料较少
发泡成型	挤出机/注射机、模具、辅机、发泡机等	适用于生产密度低的内部有气泡的塑料制品，如玩具等
压延成型	压延机、辅机等	适用于生产薄膜、片材、人造革及其他涂层制品、橡胶制品等

各类塑料、橡胶成型设备

(1) 压缩模塑用设备

压缩模塑主要设备是压机和塑模：1) 压机，其作用在于通过塑模对塑料施加压力、开闭模具和顶出制品。压缩模塑所用压机的种类很多，目前较为普遍使用的是自给式液压机，其中比较主要的是上动式液压机和下动式液压机。2) 塑模：压缩模塑用的塑模，按其结构的特征，可分为溢式、不溢式和半溢式三类，其中以半溢式用的最多。

(2) 挤出成型设备

挤出设备一般是由挤出机、机头和口模、辅机等几部分组成。

挤出机是挤出成型的主要设备，有柱塞式挤出机和螺杆式挤出机两种，后者的应用较为普遍。螺杆式挤出机是由挤出装置（螺杆和料筒）、传动机构和加热冷却系统等主要部分组成。螺杆挤出机的种类颇多，主要分为单螺杆挤出机和双螺杆挤出机两类。

机头和口模：口模是安装在挤出机末端的有孔部件，它能使挤出物形成规定的横截面形状。机头是位于口模和料筒之间的部分，因许多口模的特性是相当复杂的，口模和机头实际上是一回事。因此，习惯上把安装在料筒末端的整个组合装置称为口模，但有也称作机头的。

辅机：挤出机的辅机设备大致可分为以下三类：① 挤出前处理物料的设备（如

预热、干燥等), 一般用于吸湿性物料, 进行干燥的设备可以使烘箱或沸腾干燥器, 也可以用真空加料斗。② 处理挤出物的设备, 如用作冷却、牵引、卷取和检验的设备。③ 控制生产条件的设备, 也就是各种控制仪表, 如温度控制器, 电动机启动装置、电流表、螺杆转速表和测定机头压力的装置。

(3) 注射模塑设备

注射机是由注射系统、锁模系统和注塑模具三大部分组成, 可分为移动螺杆式和柱塞式两种, 前者的应用较为普遍, 现分述如下。

1) 注射系统

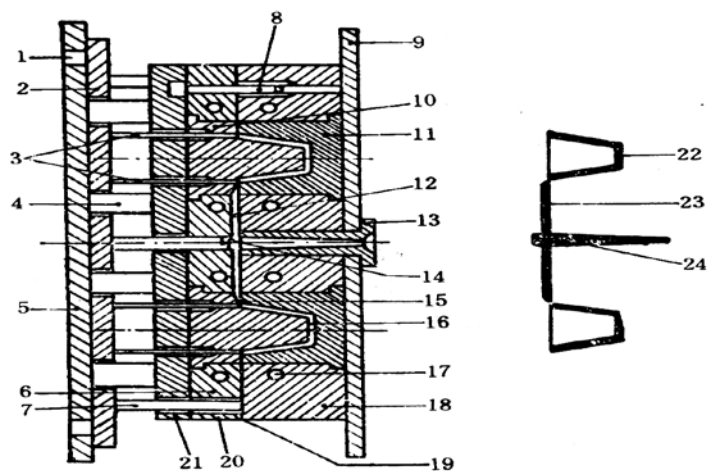
它是注射机最主要的部分, 其作用是使塑料均化和塑化, 并在很高的压力和较快的速度下, 通过螺杆或柱塞的推挤将均化和塑化好的塑料注射入模具。注射系统包括: 加料装置、料筒、螺杆(柱塞式注射机则为柱塞和分流塞)及喷嘴等部件。

2) 锁模系统

在注射机上实现锁合模具、启闭模具和顶出制件的机构总称为锁模系统。熔料通常以 40~150MPa 的高压注入模具, 为保持模具的严密闭合而不向外溢料, 要有足够的锁模力。工艺上要求, 启闭模具时要有缓冲作用, 模板的运行速度应在闭模时先快后慢, 而在开模时应先慢后快再慢, 以防止损坏模具及制件, 避免机器受到强烈振动, 适应平稳顶出制件, 达到安全运行, 延长机器和模具使用寿命的目的。

3) 注塑模具

注塑模具是在成型中赋予塑料以形状和尺寸的部件。模具主要是由浇注系统、成型零件和结构零件三部分组成。浇注系统是指塑料从喷嘴进入型腔前的流道部分, 包括主流道、冷料穴、分流道和交口等。成型零件是指构成制件形状的各种零件, 包括动模、定模和型腔、型芯、成型杆以及排气口等。



典型塑模结构图

- 1—用作推顶脱模板的孔 2—脱模板 3—脱模杆 4—承压柱 5—后夹模板 6—后扣模板
 7—回顶杆 8—导合钉 9—前夹模板 10—阳模 11—阴模 12—分流道 13—主流道衬套
 14—冷料穴 15—浇口 16—型腔 17—冷却剂通道 18—前扣模板 19—塑模分界面
 20—后扣模板 21—承压板 22—制品 23—分流道赘物 24—主流道赘物

(4) 中空吹塑成型设备

中空吹塑包括挤出吹塑、注射吹塑和拉伸吹塑，其生产过程设备都是由型坯成型装置、型坯吹胀装置和辅助装置组成。

- 1) 型坯成型装置：成型型坯的装置有注射机和挤出机，注射机和挤出机已在上文介绍过，这里不再重复介绍。
- 2) 吹胀装置：型坯进入模具并闭合后，吹胀装置即将管状吹胀成模腔所具有的精确形状，进而冷却、定型、脱模取出制品。吹胀装置包括吹气机构、模具及其冷却系统、排气系统等部分。
- 3) 辅助装置：辅助装置由型坯厚度控制装置、型坯长度控制装置和型坯切断装置组成。

(5) 热成型设备

热成型的主要设备有热成型机和模具等。

- 1) 热成型机：热成型机基本上都由加热系统、夹持系统、真空系统和压缩空气系统几部分组成。
- 2) 模具：由于热成型用的压力并不很高，因此对模具刚度的要求比较

低，这样，用作制模的材料就不限定用钢材。常用的制模材料有：木材（硬木和压缩木料），石膏，塑料（酚醛、环氧树脂、聚酯、氨基等塑料），铝和钢等。热成型模具可分为单模和多槽模。



典型的热成型机

(6) 泡沫塑料成型设备

泡沫塑料成型有很多不同的成型方法，随着其生产方法的不同其生产设备也会有很大的不同，在这里仅介绍一下发泡机。发泡机由旋转搅拌器、固定搅拌器、螺旋进料器、加料斗、出料口、鼓风机等部分组成，主要是使物料内部产生均匀的气泡。

(7) 压延设备

压延成型的主要设备有压延机和辅机。

压延机

压延机通常以辊筒数目及其排列方式分类。根据辊筒数目不同，压延机有双辊、三辊、四辊、五辊、甚至六辊。双辊压延机通常称为开放式炼胶机或辊压机，主要用于原材料的塑炼和压片。压延成型以三辊或四辊压延机为主。由于四辊压延机对塑料的压延较三辊压延机多了一次，因而可产生较薄的膜，而且厚度均匀，表面光滑，辊筒的转速也可大大提高。

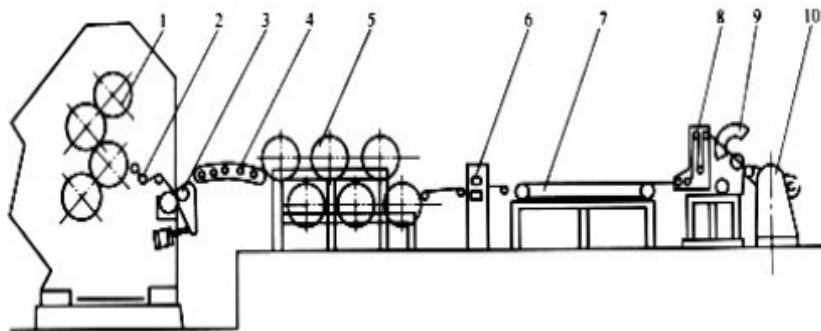
各类压延机除辊筒数目及排列方式不同外，其基本结构大致相同。四辊压延机的主要组成部分有机座、机架、辊筒、轴承、辊距调节装置、轴交叉装置和预应力装置、润滑系统、传动与减速系统。



典型压延机设备

辅机

压延设备的辅机主要包括引离辊、扎花装置、冷却装置、橡皮运输带、卷取装置、金属检测器。此外，辅机还包括进料摆斗， β 射线测厚仪，切割装置，以及压延人造革时使用的烘布辊筒、预热辊筒、贴合装置等。



S型四辊压延薄膜辅机

1-主机； 2-引离装置； 3-压花装置； 4-缓冷装置； 5-冷却装置；
6-测厚装置； 7-输送装置； 8-张力调节装置； 9-切割装置； 10-双工位中心卷取装置

2.3 生产工艺之主要能耗及物料耗的种类及数量

塑胶制造业几乎所有生产工艺的进行都需要耗电，包括各种生产设备和辅助设备

的驱动，某些工艺环节所需进行的加热，以及塑胶件进行二次加工的各个工序等等。在中国，塑胶加工能源消耗十分惊人，如按照单耗 500 千瓦时/吨来计算，全年预计塑胶制品业用电量将超过 250 亿千瓦时，其节能空间非常巨大。

塑料加工业上用作成型的塑料有粉料、粒料、溶液和分散体系等几种，不管是哪一种料，一般都不是单纯的聚合物，或多或少都加有各种助剂。加入的目的是，改善成型工艺性能，改善制品的使用性能或为降低成本。常用的塑料助剂种类很多，主要有：

1) 增塑剂

用来提高塑料可塑性能的添加剂，目前普遍使用的增塑剂主要是酞酸酯类化合物。工业上大量生产和生活中广泛使用塑料制品引起环境污染的主要是邻苯二甲酸酯。主要危害为：

① 酞酸酯易溶于脂肪和有机溶剂而不易溶于水，因而能在生物体内富集，对生态系统造成有害影响。② 酞酸酯可通过饮水、进食、皮肤接触和呼吸等途径进入人体，使人产生神经系统受损、多发神经炎等疾病。

2) 稳定剂

保持高聚物塑料、橡胶、合成纤维等稳定，防止其分解、老化的试剂，主要有铅盐类、金属皂类、有机锡类、复合类等。铅、镉类稳定剂有很大的毒性，排放到环境中会造成巨大危害，同时其通过呼吸道、消化道及皮肤进入人体内，再经血液扩散到其它组织，使组织发生病变，对人体的慢性危害非常严重。

3) 填充剂

配制塑料时加入填充剂的目的是改善塑料的成型加工性能，提高制品的某些性能，赋予塑料新的性能或降低成本。通常是一些对环境没有什么危害的有机物、无

机物等。

表 3 各生产工艺的主要能耗和物料耗

生产工艺	主要能耗	主要物料耗
塑料造粒	市电	成型操作前需造粒的热塑性塑料和热固性塑料
生胶塑炼及混炼	市电	生胶、各种配合剂，如增塑剂、软化剂等
压制成型	市电、液压能	常用于压制成型的为热固性塑料：酚醛塑料、氨基塑料、不饱和聚酯塑料、聚酰亚胺等，润滑剂，稳定剂以及其它一些加工助剂
挤出成型	市电	多数为热塑性塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚甲醛等，增塑剂，稳定剂，润滑剂及一些加工助剂
注射成型	市电、液压能	几乎所有的热塑性塑料及多种热固性塑料，增塑剂，稳定剂，润滑剂及一些加工助剂
中空吹塑成型	市电	中空吹塑常用塑料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚对苯二甲酸乙二醇酯等，增塑剂，稳定剂及一些加工助剂
发泡成型	市电	几乎所有热固性和热塑性塑料，增塑剂，稳定剂，发泡剂，润滑剂及其它加工助剂
压延成型	市电	压延成型所用原材料主要是聚氯乙烯，其次是丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（ABS）、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物以及改性聚苯乙烯等塑料，已塑炼、混炼好的胶料，增塑剂，稳定剂及其它加工助剂
热成型	市电	主要是热塑性塑料，如各种类型的聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚酰胺，聚碳酸酯等，增塑剂，稳定剂，润滑剂及其它加工助剂
橡胶硫化	市电	硫化机以及硫化促进剂
塑胶件表面处理	市电	各种化学试剂，水
塑胶件喷涂	市电（或不用）	各种化学性涂料
涂装塑料件固化	市电	各种化学溶剂
塑料件镀膜	市电	化学试剂、重金属溶液
物料回收清洗	市电	火碱水溶液

4) 硫化剂及硫化促进剂

橡胶加工生产的主要助剂，它能使橡胶分子链起交联反应，使线性分子形成立体网状结构，可降低塑性，增强弹性。一些硫化剂的气体或液体能刺激皮肤和粘膜。特别是吸入蒸汽后，能使呼吸器官、血液循环系统、中枢神经系统、肝脏及其他粘膜组织等机体功能失常，对人体造成较大危害。

5) 润滑剂

为改进塑料熔体的流动性能，减少或避免对设备的摩擦和粘附以及改进制品表面光亮度等。当润滑剂进入环境时，由于它们的生态毒性和生物难降解性，会对大自然环境造成严重的破坏。

除此之外，还有增强剂、着色剂、防静电剂、阻燃剂、驱避剂等一些加工助剂。这些化学试剂部分毒性较强、生物难降解、易燃易爆等，对生态环境和人类的生命安全造成危害，应尽减少或避免使用这些加工助剂。

2.4 生产工艺之空气/水污染、固体废物、废料等来源、种类及数量

2.4.1 塑胶制造业空气污染源

塑胶制造业的气体排放物中可能含有颗粒物，塑料工业中，处理干态添加剂、聚合物颗粒化都可能会形成颗粒物排放；而橡胶工业中，由于原材料炭黑粒子极细，在卸载、存储以及混合过程区域很容易产生炭黑粉尘，造成这些区域粉尘飞扬。所排放的颗粒物一般有尘粒、粉尘和化学烟雾等，对生态环境和人类健康会造成较大的影响。落在植物枝叶上的颗粒物，可引起机械性烧伤和减少叶片光合强度，使植

物受损害，影响生态环境；一些粒径较小的颗粒物被吸入人体的气管和肺，会引起呼吸系统的疾病。

针对颗粒物排放的污染防控技术推荐如下：

- (1) 优化工艺条件（处理和混合干燥添加剂的工艺条件），并优化温度及聚合物颗粒化条件；
- (2) 采用旋风分离设备和袋式除尘器过滤物料生产区及颗粒化生产区排放的气体；
- (3) 控制无组织排放物，通常采用一级旋风分离设备加二级袋式除尘器或静电除尘器的处理工艺。

在配料及成型操作中，尤其是加热时，会释放含有小分子量添加剂及溶剂的挥发性有机物（VOC），VOC 在阳光照射下会形成氧化物和光化学烟雾，令能见度下降，影响人们的身体健康。在塑料制品业的成型操作中，除少数活性塑料外，当聚合物分解温度在远高于所需工艺温度的条件下是稳定的。然而在成型操作中，尤其是温度在工艺曲线以上的高温区时，水蒸汽、低沸点添加剂及封闭在聚合物中的单体可能会被释放出来。对于橡胶制品业而言，特别是混炼和硫化过程，会排放出诸如甲苯、间二甲苯、对二甲苯以及二硫化碳等主要污染物，而在其它生产工艺过程中排放的主要污染物为二硫化碳、四氯化碳和己烷。表 4 列出了几种按常规工艺加工的塑料，在高于分解温度的工艺温度条件下加工、加热时的排放物，以及橡胶加工过程中的有机排放物，表中还列出了挥发物中所能检测到的部分组成成分。

表 4 塑胶制造业的挥发性有机化合物

塑料或橡胶	检测到的组分举例
PVC-聚氯乙烯	氯化氢、氯乙烯单体
ABS-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	苯乙烯、酚、丁二烯
PP-聚丙烯	醛类、丁烷、其他烷烃、烯烃
POM-缩醛	甲醛
LDPE、MDPE、HDPE（低密度、中密	醛类、丁烷、其它烷烃、烯烃

度以及高密度聚乙烯)	
PS-聚苯乙烯	苯乙烯、醛类
PET-聚对苯二甲酸乙二醇酯	甲醛、甲氧基苯、苯甲醛及多种挥发性有机物
NBR、氟橡胶、硅橡胶等	二硫化碳、甲苯、间二甲苯、四氯化碳

除此之外，在塑料件的喷涂、镀膜工艺中，附着在制品上的涂料或是镀在塑料件上的镀层在烘干过程中也会挥发出有毒性有机化合物，橡胶制品在存放过程中随着气候的变化也会挥发出部分刺激难闻的有机物，对工厂的整个操作环境造成严重的污染，最关键的是工人们吸入这些有毒性气体，对他们的身体健康会造成严重的危害。

针对挥发性有机物排放的污染防控系统推荐如下：

- (1) 对于所有溶剂、清洗液及所有低沸点试剂，采用密闭式存储；
- (2) 安装通风控制系统，尤其是在生产线上工艺温度最高的地方安装通风控制系统；
- (3) 安装局部废气萃取系统及活性炭吸收器；
- (4) 安装可再生的热氧化器、催化可再生式催化氧化器、冷凝器或生物过滤器；
- (5) 制定溶剂管理计划。

2.4.2 塑胶制造业污水排放

塑胶制造业的污水排放主要是工业废水，另有部分生活污水。塑料或橡胶成型中的冷却水（或加热水），产品表面清洗及设备清洗时所用的表面清洗及冲洗用水，精整作业中用于去除废弃塑料、橡胶或润滑产品的工艺水，一方面由于清洗水中总悬浮固体、总有机碳、油脂、总酚及锌的含量高，另一方面精整水中也可能含有大量的总悬浮固体及水溶性添加剂，排放到环境中常规条件下难以被微生物所分解，

形成污水。再者，加工过程中所需的各种溶剂、化学助剂及其分解物质，有些是有毒污染物，包括邻苯二甲酸类物质，如邻苯二甲酸二丁酯（DOP）等，排放到环境中，会对环境造成严重危害。

注射或压制成型的过程需要使用液压传动机构来进行开模、锁模以及施压。由于液压结构各组件的密封问题，难免会泄漏液压油，它们会随着工业废水一起排放到环境中，造成环境污染。塑料件的二次加工，如喷涂、镀膜等工艺过程，所废弃的涂料以及镀膜过程中使用的大量重金属溶液和化学试剂，都是工业污水的主要来源，这些东西排放到环境中，将会造成永久性的破坏。

针对塑胶制造业废水排放的污染防治措施推荐如下：

- （1）采用先进的内部管理措施，对各个加工生产环节进行实时监控；
- （2）对于所排放的废水，采用活性炭处理工艺去除包括邻苯二甲酸类在内的溶解有机物；
- （3）可行时尽量采用可生物降解的增塑剂，无毒环保的硫化机以及硫化促进剂；
- （4）清洗废水及精整废水，经沉降单元处理并去除悬浮液固体及油脂后循环使用，同时寻找新的电力驱动装置来取代液压油驱动装置，都是减控污水的有效方案。

2.4.3 塑胶制造业固体废弃物及废料

塑料制造业中，对于热塑性塑料成型及精整操作，由于废弃物可以循环再利用，因此热塑性塑料制品的生产通常不会产生大量的固体废弃物。但由于热固性塑料自身的特殊性，它不可以循环使用，即使能通过其它方式将其分解，但是能耗大，会使加工生产的成本提高，因而热固性塑料的废弃物料将会成为塑料制造业固体废弃物的重要来源。

另一方面，某些生产设备或工艺，如注射成型中，熔融物料在进入型腔之前要经过主流道以及冷凝井，有些复杂的制件还需要经过分流道才能进行成型，使部分物料在这些过程中冷却固化，成为废料。而在压制成型过程中，闭模加压前加料多少难于控制，如果加料过多，进行压制成型后会有部分物料粘在上下模之间，使制品存在较多的边角料，造成废料。另外，压延成型中，常规的塑料板材压制技术会使物件滚压变形，边缘不整齐，往往要在板材成型后进一步修剪，产生大量废料。

橡胶制造业中，废旧橡胶以及废旧轮胎是主要的固体废弃物来源，不仅难以降解，即使经过焚烧，排放到大气中的烟和废气也会对环境造成二次污染。同时，废旧橡胶在较为炎热的气候条件下所释放出的气味刺鼻难闻，影响人们身体健康。

针对塑胶制造业中固体废弃物排放的防控措施，除按照相关的管理与处理工业废弃物措施外，热塑性聚合物废气物料可回收利用，不仅节约成本，同时也减轻了环境的压力。将废旧轮胎粉碎得到废橡胶颗粒，用其代替粗砂骨料应用于水泥基材料，研究证明可得到很好的效果。

第三篇 塑胶制造业的清洁生产措施与实例

3.1 塑胶制造业清洁生产方案总览表

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
运用于塑胶表面处理工序的清洁生产方案								
1	塑料件的表面处理	openair 等离子表面处理技术（常压等离子表面处理技术）	减控污水	用常压等离子表面处理技术，将空气导入等离子喷枪内，通过放电使气体成为等离子体，再将产生的等离子体导向需要处理的塑料制品的表面。	不产生臭氧，没有任何的化学污染物排放，符合环保规范的要求。		√	
2	ABS 塑料件表面粗化	超声波粗化	减控污水	采用超声波粗化工艺，利用超声波的空化效应来粗化 ABS 塑料表面。超声波的震荡效果可在 ABS 塑料件上形成均匀分布的微观粗糙表面，形成极性基团，以为随后的化学沉积金属作准备。	未使用化学试剂，很好地避免了化学污水的排放。			√
运用于模具制作工序的清洁生产方案								
3	注射充模成型	无流道注射压缩成型	减少废料	采取两次闭模。初次闭模时，动、定模间保留一定的压缩间隙，待熔料充满型腔后进行第二次闭模，熔料得以向整个型腔扩展。	闭合后较少的熔料飞溅于分型面上，所得制品的边角料大大减少。			√

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
4	注射模具制作	高速干式切削	减控污水	采用干式切削技术，在无冷却或少许润滑油、润滑剂的条件下，采用高切削速度进行模具的切削加工。	模具制作过程中无需任何切削液，无任何废水排放，很好地减少了对环境的污染，保障了工人的人身健康。			√
5	注射模具表面热处理	感应加热、非油淬火	节能措施、VOC 减排	采用感应加热，将零件表面迅速加热后放入水溶性聚合物淬火介质中，进行淬火热处理。	由于加热时间缩短，以及过程中不需要使用以氯化钡为主制成的盐浴，有效地节省能耗，并能免除氯化钡高温加热后所产生的大气污染。			√
6	热模压成型	内部布置内热式电烙铁芯的柱形蓄热体	节能措施	以若干内热式电烙铁芯并联安装在柱形蓄热组件中，替代以电热棒进行加热的加热板，加热组件的引出线需进行耐热、绝缘处理。	改进后加热效率约为原来的11.2倍，大大的节省了能耗。			√
7	注塑成型	无流道注塑成型技术	节能、减少废物	无流道注塑成型技术由于浇注系统的熔料在生产过程中始终处于融融状态，浇注系统畅通，可节省生产工序，提升塑件质量。	无流道注塑成型技术省去对浇料道的二次加热熔融，一方面节能，另一方面减少塑料的热降解。		√	
运用于塑胶制品挤出、压制、发泡等过程的清洁生产方案								
8	料筒加热	电磁加热	节能措施	将电阻加热方式转换为电磁加热，采用电磁感应原理，将电能转化为电磁能，电磁能转变成直接热能。	可平均节约用电30%-50%，特别是对于大功率设备节电效果更为明显。	√		

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
9	料筒加热	纳米红外线加热技术	节能措施	以纳米红外线技术改造注塑机的炮筒加热系统，利用红外线热辐射加热	注塑机平均节能率可达 47%。		√	
10	塑料塑化输送	电磁动态塑化	节能措施	将挤出系统置于电机转子内腔中，实现机械、电磁、电子技术相结合。在振动状态下，加快物料的混合和熔融作用。	传统螺杆挤出机生产 1t 薄膜耗电约为 800-900 度，而塑料电磁动态挤出机生产 1t 薄膜耗电约为 450-500 度，节能达 40%-50%左右。			√
11	注射成型	全电动注射成型	节能措施	采用全电动注塑机，将伺服电机的旋转运动转成直线运动直接驱动工作部件，省去了从机械到液压、再从液压到机械的能量转换环节。	相比于液压注塑机，节能 25%-60%；且不使用液压油，避免了漏油和油气问题。			√
12	注射成型	注塑机变量泵	节能措施	变量泵在运行转速不变的情况下，由改变液压泵的排量，而使电动机负载也会随着排量而改变，以节省电能。	用电量下降 22.6%至 64.3%，节电效果显著。		√	
13	注射成型	注塑机改装伺服马达	节能措施	在原有的注塑机上改装伺服马达取代传统马达，通过控制器调整油泵电机的转速，按需要改变输出动力。	用电量下降 55%至 60%。		√	
14	胶料烘干	低压式真空干燥机	节能措施	「低压式真空干燥机」利用低压降低水的蒸发点，使原材料中的水份迅速蒸发，加快胶料烘干工序及减少能耗。	节能率约 72%，每年节约电量约 19 万度。		√	
15	塑料中空吹塑成型	变频式中空吹塑成型	节能措施	在液压控制系统中融入变频调速技术，将传统的定量泵转化为变量泵，变回流式调节为容积式调节。	节电率较工频机高达 30-80%。		√	

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
16	塑料板材压制成型	无边角料塑料板材压制成型	减少废料	将由挤出机挤出的片材切成方块坯料，加热后送入压机，闭合模具，使方块状坯料压成圆形带凸边的预成型体。	不需要修剪塑料制品，大大地节省了材料。			√
17	注射吹塑成型	注射拉伸吹塑成型	节省材料	注射成型所得型坯经过适当冷却后转送入加热槽内，在槽内加热到预定的温度后再移入拉伸吹胀模，吹胀物经过一定时间的冷却定型后，即可以从模内脱出。	可节省成型材料高达 50%左右。	√		
18	塑料挤出	预热原材料	节能措施	采用改进的塑料制品生产设备，在进入料筒前先进行预热一段时间，使软化。	虽然加热端消耗了能量，但是在螺杆挤出端较好地节省了能量消耗，最后节能效果达到10%左右。		√	
19	PVC 塑料挤出成型	稀土/钙/锌无铅化稳定剂	减控污水	采用稀土/钙/锌无铅化稳定剂，一方面稀土复合稳定剂不会分解成能促使 PVC 分解的物质，一方面它依据稀土元素化合物特性及作用，与 PVC 的分散性、兼容性好。	很好地抑制了 HCl 的分解，加上该稳定剂无毒、无臭，减少污染。			√
20	PVC 塑料挤出成型	环保型增塑剂	减控污水，避免有毒材料	柠檬酸三酯类增塑剂具有同聚氯乙烯兼容性好和增塑效率高等优点，而经其增塑后，制品低温挠曲性好，在熔封时，对热稳定，不变色。	降低有毒性工业废水的排放。			√
21	微孔发泡成型	超临界流体微孔发泡成型	减控污水	在特殊的塑化装置中加入超临界状态的二氧化碳或氮气，并透过压力，使溶胶内部释出大量的气泡核，以获得微孔发泡的塑料制品。	制造过程中污染物零排放，制品不含化学残留物。			√

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
22	塑料挤出成型	单轴叶片挤出机	节能措施	用叶片取代螺杆应用于挤出机上，物料在正应力作用和来自定子的外加热辅助作用下熔融塑化并被排出，实现物料在很短的热机械历程内完成塑化运输。	叶片挤出机的物料损耗大幅降低，能耗下降 30%-50%。			√
23	注塑成型	快速热循环注塑成型	节能措施、VOC 减排	快速循环注塑成型技术利用高温高压水蒸汽(或热水)，将模具快速加热到一定温度后，在模腔中注入塑料，完成保压，再用室温水或是冷却水将塑件快速冷却至出模温度。	可减省喷涂工艺等二次加工，保护环境和操作人员的身体健康，减少工艺流程，同时塑件也无需进行热处理，节省能耗。			√
24	吹塑成型过程	低发泡中空吹塑成型技术	节能措施	低发泡中空吹塑成型将未发泡或少量发泡，或已发泡的坯件放入中空成型模具，进一步加热使坯件变软并完成发泡。	低发泡中空吹塑成型技术缩短了制件的成型周期，比传统的中空吹塑成型技术节能 10%以上。	√		
25	二次成型过程	连续热成型技术	节能措施、减少废料	连续热成型将挤出机和边角料回收装置加入到成型的生产线，使热成型用的片材在进入热成型机时仍然保持着高温；而且边角料回收装置可直接回收废料到挤出机，再次挤出成型。	连续热成型技术可比传统的生产方式节能 12%以上，而且基本上克服了热成型过程中产生的边角废料多的问题。	√		
26	吹塑成型过程	直接调温注射拉伸吹塑技术	节能措施	直接调温注射拉伸吹塑技术通过改变型坯的壁厚分布、注射压力、冷却时间、模具温度等因素，自如地控制型坯各部分的温度，并在树脂尚未结晶之前的最佳状态下进行高速拉伸吹塑成型。	此技术由于减少了型坯的加热调温工位，简化了设备结构及工艺，缩短成型周期，降低能耗，减少了成本，可稳定生产高质量的各种不同设计的容器。		√	

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
27	注塑成型	BMC 模塑料的注塑成型技术	节能措施	BMC 经料斗进入料筒受热软化,经加热及剪切,塑化成粘流状态,然后在螺杆或柱塞的推动不经喷嘴和流道注射进高温模具中,粘度急剧增加,经适当时间的保温、固化,开模取件。	由于 BMC 模塑料的注塑成型比传统的压制成型生产周期短,节能效果显著。	√		
28	挤出成型	往复螺杆挤出机混炼技术	节能措施	往复式螺杆混炼挤出机的螺杆芯轴上的积木式螺块设计独特,螺杆在径向旋转过程中,同时轴向往复运动,使物料不断地被切断、翻转、捏合和拉伸。	往复螺杆挤出机产生的剪切热较少,螺杆功耗也小,因此比传统的单双螺杆成型节能 1/4 左右。	√		
29	注塑成型	流动注塑成型技术	节能措施	流动注塑成型利用流动注塑机将液态反应单体在低压下混合后注入到模具型腔中并经过固化定型得到所需制品。	流动注塑成的成型周期短,节省能耗。		√	
30	发泡注射成型	双组份低压发泡注射成型技术	减少废物	双组份低发泡注射成型时物料分为两份。B 组份含有一定量的发泡剂。B 组份以较快速度注射。B 组份会将 A 组份挤向四周,从而造成了 B 组份在中间, A 组份在表层的理想制品。	双组份低发泡注射成型的内层料可以利用废料或回收料,有利于减少废料和降低成本。	√		
31	气体辅助注射成型	热塑性塑料气体辅助注射成型技术	节能措施、减少废物	热塑性塑料气体辅助注射成型技术是将注射和结构发泡两个成型过程的优点结合起来,注射压力和锁模力降低,从而降低了生产能耗。	气辅注塑成型注射压力和锁模力低而且生产周期更短因此比传统注塑节能很多;制品缺陷少,成品率高,减少了废料。		√	

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
32	注射成型	反应注射成型技术	节能措施、减少废物	采用反应注射成型，模具模腔内的压力较低，不易产生溢边现象。液态反应物一般在常温下注射到模具型腔中，无需加热。	原料无需加热即可加入模具，较普通注射成型节省能源；而且不易产生溢边现象，减少废料。	√		
33	发泡注射成型	低压结构发泡注塑成型技术	节能措施、减少废物	低压发泡注塑一般采用欠注法，即将含有发泡剂的塑料熔体注入模腔，份量不要注满模腔。发泡剂分解出来的气体使塑料膨胀而充满模腔。	低压结构发泡法注塑的模腔压力较低，因此低压结构发泡注塑更节能。注射无需注满型腔，节省了原料减少了废物。	√		
34	注塑成型	排气注塑成型	节能措施	采用排气注塑技术，在注塑同时能迅速的完成排气，并将其他一些不合要求的非水挥发物排除；对于易吸湿的塑料原料可少作或不作预干燥处理，减少操作工序缩短成型周期。	有效地节省能耗。		√	
35	气体辅助注射成型	热固性塑料气体辅助注塑成型技术	节能措施、减少废物	采用热固性塑料气体辅助注塑成型，即利用高压气体在热固性塑件内部产生中空截面，利用气体保压代替塑料注射保压，消除制品缩痕，完成注射成型过程。	热固性塑料气体辅助注塑成型锁模力小、生产周期短因此比传统注塑成型更节能，分型面基本无溢料现象，减少了废料。	√		
36	挤出成型过程	精密挤出成型技术	减少废物	精密挤出成型是一种通过对挤出过程要素的精确控制，实现制品几何尺寸高精密化和材料微观形态高均匀化的成型过程。	精密挤出成型的制品几何精度比传统方法高很多，废品率很低，可以减少 8%以上的废料。			√

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
37	螺杆挤出过程	四螺杆挤出机挤出技术	节能措施	四螺杆反应混炼机蒸发面大，真空度高，避免物料堵塞真空口，物料停留时间分布窄，表面更新频繁，极易排除低分子物，能达到强化缩聚反应、混炼、快速浓缩干燥等工艺要求。	四螺杆挤出机改进排气及进料性能，实现稳定的精密挤出，并节能、节省空间。		√	
38	挤出过程	双阶挤出机挤出技术	节能措施	双阶挤出机分两级，第一级挤出机将固体树脂均匀的塑化熔融后，以较低的温度送入第二级挤出机。第二级挤出机将第一级挤出机挤出物料的剪切能抑制至极小，而且使熔融的树脂温度分布均匀。	可以提高效率 30%~50%，降低挤出树脂温度 10℃~20℃，节能 20%以上，并能改善塑料制品的质量。		√	
39	注塑成型	电液混合动力注射成型	节能措施	电液伺服闭环控制的核心在于完全根据系统需要的流量和压力，准确快速的提供系统需要的压力和流量，实现按需供油。	相比于变量注塑机，节能 20%-50%；相比于定量泵注塑机，节能 30%-80%。	√		
40	注塑成型	受控低压注射技术	节能、减少废物	受控低压注射成型是以塑料件充填所需的最低压力进行充模，以降低或避免塑料在充填过程中因较高的型腔压力产生的内应力，减低塑料变形。	很好的节省能耗和减少废料	√		
41	需要较高曲亮度和透明度制品的成型	注射压制成型技术	节能措施	注射压制成型技术是一种综合注塑和压缩模塑两种成型工艺优点的新技术，兼有两种成型工艺的特点。	在节能、有效发挥聚合物材料性能以及高精度成型方面有明显的优势。	√		

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
42	挤出过程	共挤出技术	节能措施、减少废物	高聚物共挤出工艺会使用数台挤出机分别供给不同的熔融料流，并在一个复合机头内汇合，以得到多层复合制品。	共挤出技术大幅度地降低制品成本，简化流程，而且在复合过程不使用溶剂，不产生三废物质，而且更节能。	√		
43	塑料件固化	紫外光辐射固化	节能减排	利用紫外光辐射上好涂料的塑料件表面，使涂料固化成膜。其固化过程完全不需加热，所需的化学溶剂也极少。	辐射固化中能量的消耗只为加热固化的 1/5。辐射固化材料中不含溶剂，无大气污染，无 CO ₂ 产生。			√
44	塑料干燥	塑料红外线干燥	节能措施	采用红外线干燥方式，因分子受到红外线辐照，所吸收的能量将直接转换成热振动，干燥速度比传统方式更快。	塑料的干燥时间缩短为 5-15min，有效地降低能耗。		√	
45	塑件喷涂	静电粉末喷涂	减少油漆及 VOC 排放	在喷枪与工件之间形成一个高压电晕放电场，当工件上吸附的粉末到一定厚度时，工件表面会发生「同性相斥」的作用，就不再吸附粉末，从而使工件各部分的粉层厚度均匀。	静电喷涂的粉末涂料不含溶剂，并可以将涂料的利用率提高 25%-40%，从而有效减少涂料的消耗，同时减少挥发性有机化合物的排放量及对环境的污染。			√
46	塑件喷涂	封闭式全自动喷涂	减少油漆及 VOC 排放	自动喷涂设备主要包括一个机台、工件输送装置、封闭的喷漆室、控制系统和其他配件。除放置和移走工件的过程是人手作业外，其他过程均为全自动化。	节省 22% 油漆，并大幅减少 VOC 排放量。		√	

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
47	塑件喷涂	低压喷涂技术	减少油漆及VOC排放	低压高雾化喷涂是一种以低雾化压力产生低空气喷射速度的技术。雾化颗粒细小，可轻易改变喷幅大小。	提升涂料附着比率至35-40%，不但可减低VOC排放，更可节约10%的油漆，以及提高生产效率。		√	
48	塑件喷涂	活性炭废气处理系统	VOC减排	活性炭材料中有大量肉眼看不见的微孔，可以有效地吸附如VOC等细小的份子，令废气中的VOC得以去除，然后排出大气中。	有效减少VOC排放量40%至87%。		√	
49	塑料制件镀膜	真空离子镀膜	减控污水	将工件放入真空室，利用气体放电原理将部分气体和蒸发源溢出的气相粒子电离，在离子轰击工件的同时，把蒸发物或其反应产物沉积在工件表面成膜。	真空离子镀膜技术不需要消耗铜、镍等贵金属，以及酸、强碱和氰化物、铬酐等有毒有害化学品，减低重金属、氰化物等污染物的排放。		√	
50	固体废弃物处理	淀粉基可降解塑料	减少固体废弃物	淀粉基可降解塑料，主要是以淀粉为原料，经过生物或化学反应而成，聚羟基脂肪酸酯和聚乳酸等都是其中的代表。	废弃的固体塑料由于可完全生物降解，对环境没有造成污染和影响。			√
51	塑料成型辅助工序	变频式空压机	节能措施	采取变频调速方案，在确保工作所需压力的情况下，保证电动机的最小功率输出，在精确控制压力的同时，实现电动机的软启动。	节电率约25%左右		√	
52	PET清洗	螺带洗料机	节能措施	螺带洗料机使物料在机器中形成相反的物料流，使所有过机物料都能得到同样地搓洗时间，实现了均匀、彻底的清洗。	清洗时间和温度都可控，大幅节省了能源消耗。		√	

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
53	塑料回收	新旧料混合回收系统	节省原料、节能措施	将回收粉碎机放置于注塑机旁边，使注塑时产生的水口料和废品料通过机械手立即投入粉碎机内粉碎，而不需要进行烘干，送入注塑机塑化。	废弃塑料在其物性未发生变化前就已回收再用，减少浪费及环境污染；而旧料不经二次烘干，降低能耗。		√	
54	废旧塑料回收	环保节能型废旧塑料造粒机	节能措施	环保节能型废旧塑料造粒机使废旧塑料在运行、熔融过程中受到很大的压力，改善了塑料的传导热性，加快塑料融化。	由于挤出造粒过程避免了连续加热，更省电，节能达到50%-70%。			√
55	混料过程	双轴叶片混料机混料技术	节能措施	双轴叶片混料机。其工作原理是由两个「S形叶片，以不同的速度和相反的方向旋转，使成型料起到混合作用。	双轴叶片混料机提高了混合效率和物料均匀性，同时由于缩短混合时间，降低了生产能耗。	√		
56	熔体输送	熔体泵技术	节能措施、减少废物	在挤出生产线上加入熔体泵技术，将来自挤出机的高温塑料熔体增压、稳压后流量稳定地送入挤出机头，其稳定熔料压力、流量的能力优于各种类型的挤出机。	熔体泵技术可明显改善挤出质量，减少废物及原材料消耗，降低挤出机的负荷，使其功耗及压力显著降低，而且还可进行高速及低温挤出，进一步降低生产能耗。		√	
57	其他	柴油优化节能技术	节能措施	使用高磁性磁石的柴油优化器，令碳氢分子不能容易聚合，降低柴油劣解，减少细菌及形成油垢。	可节省柴油耗用量达13%		√	
58	其他	注塑机炮筒废热回收	节能措施	收集注塑机炮筒的热能，再回用到烘料筒作烘料，节省因热损失及烘料而消耗的电费。	烘料筒的用电量下降约20%至70%，注塑机则下降1%至16%。		√	

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
59	其他	链条锅炉拨火助燃系统	节能措施	链条锅炉拨火助燃系统是以机械方式拨动在主燃烧区燃烧的煤层，并在鼓风机的作用下达到松渣、碎焦、半沸腾状燃烧的目的。	可降低链条锅炉的热损失，节煤率约 15%。		√	
60	其他	无极灯代替传统灯具	节能措施	无极灯没有灯丝及电极，而是以电子与汞原子碰撞，激发汞原子及萤光粉，产生可见光。	节电率约 40-70%。		√	
61	其他	空气压缩机废热回收	节能措施	回收空气压缩机热能制造生活热水，取代原有的柴油锅炉，以节能减排。	节省柴油耗用量，并降低空气压缩机的油温，提高其产气率。		√	
62	其他	环保碳氢制冷剂	节能措施	环保碳氢制冷剂由高纯度丙烷、丁烷按比例调和而成，用量比旧式的制冷剂少，但制冷量则较大。	减少空气污染物排放，节电率约 20%左右。		√	
63	其他	中央空调系统变频器	节能措施	中央空调变频器主要是通过无感向量闭环控制技术，对温差参数进行智慧优化演算及动态预测，使系统在满足制冻需要的情况下达到最大的节能效果。	每月的用电量下降 15% 至 52%		√	
64	其他	配电柜节电器	节能措施	配电柜装上可改善功率因素的节电器，可提升功率因数，以及减少无功功率和相关电流的消耗。	用电量下降 2.3%至 23%		√	
65	其他	总配电房电容补偿器	节能措施	电容补偿器是一个可以减低用电系统所产生的抗阻，从而减少浪费无功功率的装置，有助无功补偿或者功率因数补偿。	每年均能节省能源费用约 1,400 元至 95,000 元。			

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
66	塑料制品阻燃改性	无卤阻燃改性	减少空气污染	各种类型无卤阻燃剂相混合后填充入被阻燃材料中，不但使提升阻燃性能，还可消除其单独使用时的缺点。	无卤阻燃材料普遍都是发烟量很小，制品燃烧后不再产生有毒的卤化氢气体，减少空气污染。			√
67	冷却定型	双壁波纹管直接挤出法中的棱式设计技术	节能措施	通过「棱式设计」将哈夫波固定在操作平台上，哈夫波纹模沿矩形轨迹循环运动，在成型及非成型区，模块分别沿内侧及外侧轨道移动。	「棱式设计」使双壁波纹管冷却定型所需的模块减少，因此采用该技术可比传统的冷却定型方式更节能。		√	
68	混料过程	PVC 混合料的双批次混料技术	节能措施	本技术以电脑控制的自动配料系统为核心，并与热、冷混合机相结合，从而构成一套完整的 PVC 配料、混料生产线。	使用这种技术，加工时可以节能 44%，并增加混合料产量达 70%。	√		
69	聚氨酯合成革干法工艺车间溶剂废气回收	封闭式烘干设备回收	VOC 减排	在封闭式烘干设备上方利用风机将废气收集，由总管经加压送风送至高效水喷吸收塔，利用 DMF 易溶于水的特点，当 DMF 浓度达到 18%-25%时送去精馏提纯，回收用于聚氨酯的再加工生产。	削减废气污染、变废为宝、保护环境、资源能够再生利用。		√	
70	塑料电镀前化学处理粗化	塑料粗化铬酐循环使用的清洁生产新工艺	减少废物	铬酐循环使用工艺采用固态的粗铬酐晶体代替传统粗化液，塑料粗化产生的废水经初步沉淀，回收粗铬酐晶体循环使用；废水经稀释过滤，滤液回收粗化槽，杂质还原处理后再循环使用。	大幅减少了有毒性铬酐溶液以及其它化学试剂的排放，很好地保护环境。		√	

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
71	橡胶混炼过程	橡胶混炼过程中的能量控制法	节能措施	「能控」方法是以混炼过程中消耗的能量为重要参数来控制混炼的全过程，达到预定的总能量时排胶。	平均能缩短混炼周期 33%，胶料门尼粘度波动大大减少，可节能 5%-36%。	√		
72	橡胶硫化过程	橡胶硫化测温仪	节能措施	橡胶硫化测温仪，通过对厚制品进行硫化温度的测定，并依据测温结果制定一个使其各部位硫化程度匹配且较为合理的工艺条件，从而达到节能降耗的目的。	以年产100万条轮胎生产能力为例，一年可节电360万KWh、节煤4860t；全部为机硫化时，一年可节电555万KWh、节煤8810t。		√	
73	橡胶半成品冷却过程	橡胶冷却过程中的热水循环温控技术	节能措施、减少污水排放	在密炼机、冷喂料挤出机和压延机中，采用热水循环温控装置代替传统的强制冷却方法，在提高产品质量及生产效率，以及节省能源方面都有显著效果。	节电 12%、节水 80% 以上。而冷喂料挤出机的能耗视挤出胶料配方而异，一般节电 10%~30% 。		√	
74	橡胶硫化过程	橡胶硫化过程中的导热油加热技术	节能措施、减少废气	导热油循环加热是利用导热油通过热传导放出的热能来加热。因载热油体是在封闭的管道内强制循环，故无热量损失，所以热效率高节能效果好。	导热油循环加热比蒸汽加热可节能60%以上，生产效率可提高17%~20%，且可大大减少废气的排放。		√	
75	橡胶脱硫过程	远红外直线热式动态脱硫技术	减少废物、节能措施	远红外电加热系统，利用金属耐压罐体良好的热导性能，直接向罐体加热，使新的脱硫罐具有升温快、保温性能好、加热均匀等特性。	每台远红外直热式脱硫罐比导热油式脱硫罐全年可减少280工时，提高了生产能力和再生胶的产量，彻底消除了废油、废水对环境的污染。		√	

序号	生产工序	清洁生产方案名称	清洁生产方案归类	清洁生产方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						(a) 广泛采用	(b) 部分厂家采用	(c) 有待采用
						(a)	(b)	(c)
76	橡胶硫化过程	特种橡胶免二段硫化技术	节能措施	将特种橡胶在第一次硫化过程中加入某些新型硫化剂，在硫化剂的作用下，特种橡胶即可免去二段硫化，而且其硫化胶的压缩永久变形可达到传统硫化剂的硫化胶水平。	因免去了二段硫化，故能耗较小。		√	
77	橡胶硫化过程	绿色环保型硫化促进剂	减少废物	绿色环保型硫化促进剂分子量大，熔点高，难以分解，故其难以产生致癌的亚硝胺。	使用该硫化促进剂彻底消除了具有致癌作用亚硝胺的产生，同时也改善了橡胶的质量。		√	

3.2 运用于塑胶制造业的清洁生产方案

以下是按照塑料制品生产的各个环节来介绍相关的节能减排方案，一部分方案已经为大部分塑料制品制造厂所实际应用，但是仍有一部分方案是新工艺新技术，还有待推广。以下【可行性的分析】环节，*的数目越多，代表其可行性越高，3个*为最高数目。

3.2.1 运用于塑胶表面处理工序的清洁生产方案

方案1

生产工序：塑料件的表面处理

方案名称：openair 等离子表面处理技术（常压等离子表面处理技术）

方案归类：减控污水

改善前：一般厂房会采用化学处理的方式来去除塑料件表面的油污、脂类和异物等，从而提高塑料件的表面能，增强涂料对塑料的附着力，但是处理过程需要使用大量的化学试剂和水，大量的废水排放到环境中，会对环境造成严重的污染。

改善后：采用常压等离子表面处理技术^[6]，将空气导入等离子喷枪内，通过放电使气体成为等离子体，再将产生的等离子体导向需要处理的塑料制品的表面，经过处理后的表面张力能够达到极高的水平，一般可达到 72mN/m，且处理过程中无需任何的化学试剂和水，只是消耗空气。

节能减排的成效：不产生臭氧，没有任何的化学污染物排放，符合环保规范的要求。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：该工艺前期需要增加常压等离子系统，但后期除了电能和无油压缩空气，不需要其他物品，因此一般在一年或更短的时间内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：***

方案 2

生产工序: ABS 塑料件表面粗化

方案名称: 超声波粗化

方案归类: 减控污水

改善前: ABS 塑料的微蚀方法为传统的铬酐-硫酸微蚀体系。该体系的微蚀处理方法简单, 使用范围广, 但铬会对人体和环境造成严重危害, 并且含铬的废水处理过程复杂, 增加了生产的成本。

改善后: 采用超声波粗化工艺, 将塑料件浸没于去离子水介质中, 在室温下用超声波辐照该塑料件。辐照的条件为: (1) 超声频率为 17.5-1027KHz (2) 声强为 0.1-10W/cm²; (3) 辐照时间为 30-70 分钟。超声波的震荡效果可在 ABS 塑料件上形成均匀分布的微观粗糙表面, 形成一些如羧基、碳基等新的极性基团, 这就为随后的化学沉积金属提供了可能的基底。

节能减排的成效: 未使用化学试剂, 避免排放化学污水。

方案实施的注意事项: 超声波的功率不能一味的增大, 过大的功率会产生过大而且稳定的气泡, 这将妨碍超声在液体中的传播, 从而降低超声的空化效率。

投资额及回本期: 因方案的实施需要使用超声波发生器, 每台投资额在 5000 元左右, 但是越能大大节省环境处理成本, 对于塑料制品加工厂而言, 成本可在短时间内就可收回。

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: ** 经济: ** 环境: **

3.2.2 运用于模具制作工序的清洁生产方案

方案 3

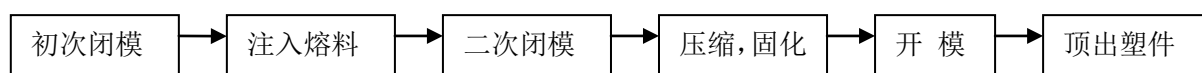
生产工序: 注射充模成型

方案名称: 无流道注射压缩成型

方案归类: 减少废料

改善前: 模具在塑料熔融塑化前通过驱动机构开启, 待熔料完全充填型腔后一次性闭模, 闭模时由于动、定模两者距离较远, 同时一次性闭模压力较大, 造成熔融塑料充模冷却成型后, 所得制品会存在大量的边角料, 造成浪费。

改善后：无流道注射压缩成型采取两次闭模。第一次为初次闭模，用不大的锁模力使模具在型腔厚度稍大于制品壁厚的位置上闭合，动、定模间保留一定的压缩间隙，待熔料充满型腔后进行第二次闭模，合模装置立即增大锁模力并推动带有阳模的动模板前进，使熔料开始向整个型腔扩展。其工艺过程如下^[8]：



注射压缩成型工艺流程

节能减排的成效：由于动、定模第二次闭模时两者的间隙较少，所以闭合后造成较少的熔料飞溅于分型面上，同时采取了无流道凝料技术，所得制品的边角料大大减少。

方案实施的注意事项：

- (1) 注射-压缩模的型芯部分应设有台阶，避免型腔中的熔料泄露。
- (2) 设有切断辅助流道的特殊装置，使受热压的型腔中的注压料无法倒流。
- (3) 注压料的热稳定性要好，在料筒和集流腔内长时间停留粘度基本不变；熔融料进入高温区能快速固化，热刚性要好。

投资额及回本期：方案是在原设备的基础上改进工艺和添加部分零件，相对而言无须太多额外的投资，但是在塑料资源成本大大节省的情况下，加快了回本的时间。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：** 经济：*** 环境：**

方案 4

生产工序：注射模具制作

方案名称：高速干式切削

方案归类：减控污水

改善前：注射模的传统切削加工中，为了润滑、冷却和辅助排屑与断屑，大量使用切削液，进而严重污染环境，危害工人的身体健康。

改善后：采用干式切削技术，在无冷却或少许润滑油、润滑剂的条件下，采用高切削速度进行模具的切削加工。此技术可省去切削液分离、传输、回收，过滤等装置及相应的费用，简化了生产系统，降低了生产成本，过程干净清洁无污染。

节能减排的成效：模具制作过程中无需任何切削液，无任何废水排放，减少环境污染，保障了工人健康。

方案实施的注意事项：

- (1) 要采用很高的切削速度，尽量缩短刀具与工件间的接触时间，再用压缩空气或其他类似的方法移去切屑。
- (2) 刀具应耐高温，可在无切削液条件下工作。新型硬质合金、聚晶陶瓷和 CBN 等切削材料是干式切削刀具的首选材料。
- (3) 切屑和刀具之间的摩擦系数要尽可能小，并辅以排屑良好的刀具结构，减少热量堆积。

投资额及回本期：回本期在半年以内。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：** 经济：** 环境：**

方案 5

生产工序：注射模具表面热处理

方案名称：感应加热、非油淬火

方案归类：节能措施、VOC 减排

改善前：采用盐浴炉加热，多会配以含以氯化钡为主的化学盐类，虽可加快加热速度，并可防止氧化和使温度均匀，但温度控制由于有盐雾影响极难准确，且操作较危险，而且由于氯化钡高温加热时会产生严重的有害气体、烟尘及盐渣等，对环境造成严重破坏。同时加热完成后传统的方法是普遍采用矿物油，一定比例的氯化钠水溶液、碱溶液作为淬火介质，热处理完成后所排放的废水也会造成严重污染。

改善后：采用感应加热，将工件放在用空心铜管绕成的感应器内，通入中频或高频交流电后，在工件表面形成同频率的感应电流，将零件表面迅速加热（几秒钟内即可升温至 800-1000 度），然后放入采用有机物和无机物等配制而成

的水溶性聚合物淬火介质中，进行淬火热处理。

节能减排的成效：改变加热方式后，由于感应加热的加热时间比原加热方式更短，能有效地节省能耗，最关键的是加热过程中不需要使用盐浴，也就免除了盐浴高温加热后所产生的大气污染，同时淬火介质的改变也避免了高温油挥发所致的空气污染，环保清洁。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：一套感应加热设备的投资额约在 10000 元以内，在一年内就可收回成本。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 6

生产工序：热模压成型

方案名称：内部布置内热式电烙铁芯的柱形蓄热体^[9]

方案归类：节能措施

改善前：应用于热模压成型的加热板，其端面及周面直接暴露在大气中，造成部分热量散失，同时加热板的辐射使车间环境恶化。此外热模压成型的热能是通过模具和加热板间的接触平面传递，接触面积较小，因此模具的升温时间一般较长，能耗很大。

改善后：以若干内热式电烙铁芯并联安装在柱形蓄热组件中，替代以电热棒进行加热的加热板，以柱形蓄热组件的内圆柱面来传递热量。代替原来单纯依靠模具底面传热的方式。上、下柱形蓄热体外以石棉作保温隔热层，并以铁皮护壳固定，把电烙铁芯完全包在内部。

节能减排的成效：内热式电烙铁芯安装在蓄热体的内部，而非直接暴露在空气中，从而避免了在空气中的能量散失。模具从室温升高到 300℃的工作温度，采用传统的加热方式一般需要 1-2h，改进后只需 345.7s 的加热时间，加热效率约为原来的 11.2 倍，大大的节省了能耗。

方案实施的注意事项：

- (1) 上、下模都进入到蓄热体内加热，需增加导向装置，以保证上、下模的准确配合；

(2) 增加一个下顶出装置，以实现下模具顶出、冷却、取件；

(3) 加热组件的引出线需进行耐热、绝缘处理。

投资额及回本期：可在半年或更短的时间内收回投资。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 7

生产工序：注塑成型

方案名称：无流道注塑成型技术

方案归类：节能、减少废物

改善前：在传统的注塑成型中，物料由挤出机挤出进入型腔之前要经过主流道以及冷料井，有些复杂的制件还需要经过分流道才能进行成型。制件经顶出机构顶出后需要除去浇道凝料，产生的浇道凝料不但浪费了原料而且浪费了大量能量，增加了生产能耗。

改善后：无流道注塑成型技术是基于减少注塑件浇道凝料和节能的考虑而开发的。除了少数特高黏度的塑料外，原则上在常温下呈固态的所有热塑性塑料、热塑性弹性体甚至橡胶都可以采用无流道注塑成型技术。无流道注塑成型技术有以下优点：

- (1) 省去除料把、修整塑件、破碎回收等工序。
- (2) 由于浇注系统的熔料在生产过程中始终处于融融状态，浇注系统畅通，压力损失小，可以实现多点浇口、一模多腔和大型模具的低压注塑；还有利于压力传递，从而克服因补塑不足所导致的制件缩孔、凹陷等缺陷，改善应力集中产生的翘曲变形，提高了塑件质量。
- (3) 因没有浇注系统的凝料，缩短模具的开模行程，提高了设备对深型腔塑件的适应能力。

节能减排的成效：基本可实现无废料加工，节约原料，特别是对于热固性塑料，由于省去对浇料道的二次加热熔融，一方面节能，另一方面减少塑料的热降解。

方案实施的注意事项：

- (1) PTFE、UHMWPE 等特高黏度塑料不适用无流道注塑成型技术。

(2) 该技术对制件形状有限制。

投资额及回本期：一般在半年内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：*** 经济：* 环境：**

3.2.3 运用于塑胶制品挤出、压制、发泡等过程的清洁生产方案

方案8 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

生产工序：料筒加热

方案名称：电磁加热

方案归类：节能措施

改善前：一般塑料挤出成型中料筒的加热方式为电热圈加热，热效率只有40%-50%，一方面使大部分热能辐射到空气中造成浪费，一方面低的热效率需要更长的加热时间，能耗大。

改善后：在原有电控系统基本不需要改变的情况下，将电阻加热方式转换为电磁加热，采用电磁感应原理，将电能转化为电磁能，电磁能转变成直接热能，一方面改装成本较低，一方面电磁加热热源稳定、加热迅速、设备寿命长，加热功率降低、维护简单等优点，可使热效率提高至95%以上

节能减排的成效：可平均节约用电30%—50%，特别是对于大功率设备节电效果更为明显。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：该方法原有电控系统基本无须改变，仅需将电阻加热方式转换为电磁加热，改装成本很低，在较短时间内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：*** 经济：*** 环境：***

方案9 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

生产工序：料筒加热

方案名称：纳米红外线加热技术

方案归类：节能措施

改善前：传统注塑机炮筒的加热由电阻丝经通电后产生热力，再以接触传导方式传递热能到炮筒内部。电阻发热线一般包裹在炮筒的外围，热量会同时向内及外传递。即发热线内侧会向炮筒传热，而发热线外侧所产生的热量则会散发到环境当中。由于所耗的电能未能完全转化为加热炮筒的能源，所以发热线的电效率低；浪费能源的同时，发热线流失的热能会造成车间温度上升。

改善后：以纳米红外线技术改造注塑机的炮筒加热系统，改善传统炮筒加热电耗大及热效率低的问题。纳米红外线圈内层安装了纳米红外灯，利用红外线热辐射加热。红外线灯管外覆盖了一层反光物料，将红外线向内反射。最后再以一层厚厚的隔热物料包裹整个炮筒及加热圈，防止热能流失。使用纳米红外线技术有数个好处：

- 1) 由于纳米红外线技术应用热辐射加热物料，热能传递不需介质，热能传递可以更高速度，并有效加强系统的传热及升温效率。
- 2) 同时因为红外线可以被反射，所产生的热量大部份可以被有效利用，进一步令热转化率上升，减少热能的流失及相应的电耗。
- 3) 基于同样理由，向炮筒外侧照射的红外线受反射，使流入环境的热能减少，解决了废热使生产车间温度上升的问题，给予员工一个较舒适的工作环境。

方案实施的注意事项：无

节能减排的成效：经改造后的注塑机平均节能率可达47.8%，而炮筒表面温度下降了约33%，大幅减少热量散失，改善了生产车间闷热的问题。

投资额及回本期：投资约 50 多万，回本期约 1 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 10

生产工序：塑料塑化输送

方案名称：电磁动态塑化

方案归类：节能措施

改善前：塑料的粘性下降一方面是通过外部加热，一方面是通过螺杆的剪切作用，因此在进行挤出成型时，普遍的塑料塑化输送过程对电能的依赖很强，能耗较大。

改善后：将挤出系统（螺杆、机筒）置于电机转子内腔中^[9]，实现机械、电磁、电子技术相结合。电机中谐波磁场会引起转子振动，通过适当的绕组布置，使处于悬浮状态的转子产生轴向振动，转子的振动传递给置于转子内腔中的螺杆、机筒，将振动场引入整个挤出成型的过程^[10]。

周期性的振动所形成的压力促使物料快速压实，松散物料带入的空气以及各种低分子挥发物借助于动态压实过程快速排出。同时，在振动状态下，瞬时变化的剪切速率和压力将产生耗散热能，加快物料的混合和熔融。再者，周期性的振动使熔体的粘性与弹性降低，螺旋输送时熔体流动阻力相应减少，熔体的流动输出变得更快，从而降低了能耗^[11]。

节能减排的成效：传统螺杆挤出机生产 1t 薄膜耗电约为 800-900 度，而塑料电磁动态挤出机生产 1t 薄膜耗电约为 450-500 度，节能达 40%-50%左右。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：电磁动态塑化挤出机尚未进入市场，投资额回本期待定。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：***

方案 11

生产工序：注射成型

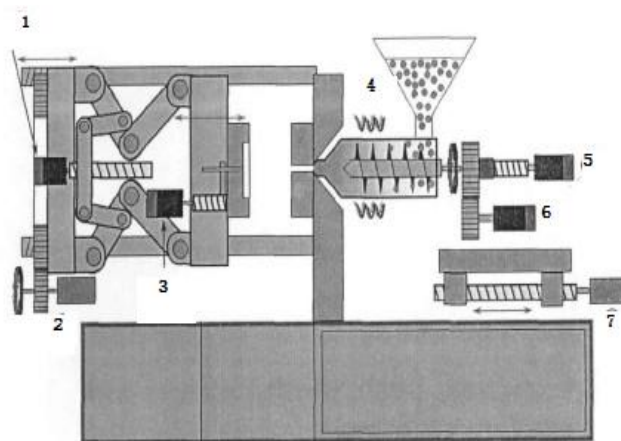
方案名称：全电动注射成型

方案归类：节能措施

改善前：全液压式注塑机只要开始工作，电机和液压泵就会满负荷地不停的运转，期间大量液压油会通过溢流阀流回油箱，从而作大量的无用功，这些无用功占总能耗达 60%-70%；另外，液压系统的液压油会漏油，使能量转换率降低，只能通过增长供电时间来满足需求，而且油温过高时将影响液压系统的正常工作，因此，还需要通过油冷却器将液压油的热量带出，浪费能

源。

改善后：采用全电动注塑机^[12]，所有运动机构均使用电机驱动，设备共有包括 6 处电机（如下图所示），其中锁模机构、顶出机构、计量机构和射出机构采用伺服电机，调模机构和射台前移/后退则采用普通变频电机。所有的驱动模块均为电动式。



全电动注塑机动力系统示意图

1.锁模伺服电机 2.调模电机 3.顶出伺服电机 4.加热装置

5.射胶伺服电机 6.预塑/计量伺服电机 7.射台移动电机

由于全电动注塑机使用滚珠丝杠将伺服电机的旋转运动，转成直线运动直接驱动工作部件，省去了从机械到液压、再从液压到机械的能量转换环节，没有液压的溢流损失和节流损失，且无需任何的冷却系统，节能效果良好。

节能减排的成效：与液压注塑机相比，节能 25%-60%，而且完全避免了漏油和油气问题，可保持工作环境清洁。

方案实施的注意事项：国内全电动注塑机还远未形成产业化和规模化，许多核心技术和设备都依赖于国外进口，设备修理和售后服务问题较难解决。

投资额及回本期：投资额在 10-100 万人民币一台，回本期 2-3 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 12（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范及核证项目资助）

生产工序：注射成型

方案名称：于注塑机安装变量泵

方案归类：节能措施

改善前：液压的动力由电动机带动油泵供应，而由于注塑工序涉及不同阶段，注塑机在不同工序上需要的流量及压力变化很大，以致液压系统的负荷变化亦相对很大。一般注压机所使用的定压泵，不能调整输出的功率，以致多余的能量流失于挡板或油的加温上，造成能源浪费及注塑机的寿命缩短。

改善后：变量泵与定量泵最大的分别在于输出功率不同，变量泵的输出功率会按负载变化而作出改变，但定量泵的输出功率会于过程中维持不变。变量泵当中使用了比例变数泵系统，系统工作时，通过改变电子讯号，调整液压泵排量，使变量泵可以对系统提供驱动负载所需要的压力及流量。当系统压力及流量输出与负载需求一致，解决了节流调速系统的流量不足及压力不适应的问题，节省用电。

节能减排的成效：每月的用电量均下降，下降量由22.6%至64.3%。于注塑机安装变量泵的节电效果明显，可降低能源成本。

方案实施的注意事项：变量泵对油量十分敏感，启动及关机前都要检查泵内油量是否足够，否则容易造成系统的损坏、失灵。

投资额及回本期：设备投资回本期由最快的 0.2 年到最长的 2.1 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 13 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助)

生产工序：注射成型

方案名称：注塑机改装伺服马达

方案归类：节能措施

改善前：传统液压注塑机的一般由电机驱动油压泵提供固定的动力。由于注塑过程每个步骤所需的速度和压力都不同，所需的液压油流量亦不同。若油泵电机以恒定转速提供固定流量的液压油，多余的液压油则回流，造成电能浪费。

改善后：在原有的注塑机上改装伺服马达取代传统马达，其伺服电机的特点是可以

按所需负载的变化而即时调整输出功率。伺服系统可针对注塑机的动力要求，实现油泵电机的变速控制，以节省电能。也就是说，通过控制器调整油泵电机的转速，用以改变输出动力，使其随着负载的大小而变化，同时还可以提高功率因素。

方案实施的注意事项：注塑机使用伺服马达后的谐波失真率较高。因为伺服马达会产生较多非线性的电流及电压变化，故谐波失真率较使用传统马达为高。高谐波失真率可能会导致线路损耗增加、电力设备过热等问题。如有需要，可考虑安装谐波过滤器，消除谐波，提高用电质量，减少设备损耗。另外，伺服马达对震荡敏感，维修时应加倍留意。

节能减排的成效：用电量下降55%至60%，还有效提升产品品质及降低操作噪音。

投资额及回本期：回本期约 1-3 年，视乎品牌型号及设备数量而定。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 14 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

生产工序：胶料烘干

方案名称：低压式真空干燥机

方案归类：节能措施

改善前：工厂以往采用传统热风干燥机，在注塑前对胶料进行烘干；而传统热风干燥机一直频繁启动加热，消耗大量电能，同时干燥时间一般需3-4 小时，长时间高温干燥亦使物料品质下降。

改善后：「低压式真空干燥机」利用低压降低水的蒸发点，使原材料中的水份迅速蒸发，加快胶料烘干工序及减少能耗5-8成。而且，加热和干燥时间缩短亦使原料品质得到了保证，原料也不易过热分解，亦减少了VOC 的排放。

方案实施的注意事项：无

节能的成效：透过采用「低压式真空干燥机」，处理量是传统干燥机的 3 倍，节能率约72%，每年节约电量约19万度。同时，每年减少排放二氧化碳160吨、二氧化硫130公斤，以及氮氧化物150公斤，减排效果成效显著。

投资额及回本期：折算电费约人民币11万元，回本期约1.5 年

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: ** 经济: ** 环境: **

方案 15

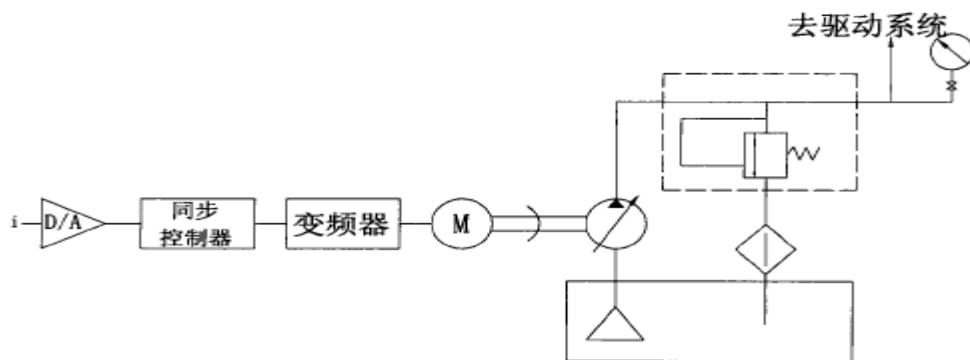
生产工序: 塑料中空吹塑成型

方案名称: 变频式中空吹塑成型

方案归类: 节能措施

改善前: 液压系统采用定量泵，回流式调节的工频调速。在一个有效的工作循环周期内，每一个工艺动作，液压系统除了做有效功外，将电机轴传递给油泵的总功率中的无效功部分以内部溢流的形式消耗掉，这部分无效功率在定量泵系统中是无法节省的。

改善后: 在液压控制系统中融入变频调速技术，将传统的定量泵转化为变量泵，变回流式调节为容积式调节，实现液压系统粗调使用变频调速技术，液压缸重要位置微调使用比例流量阀控制。电机启动时的电源容量降低，取消原有成型机系统的主接触器、热继电器等附件。尤其是在吹制 1000ml 以上的中空容器时，在「吹风成型」阶段，油泵马达可以自由停车方式停止运转，待转入「泄气」工艺段时，油泵电机才以软启动方式重新开始工作。



变频调速的比例式液压系统控制方式图^[13]

节能减排的成效: 有效地降低能耗，据产品容量不同，节电率较工频机高达 30-80%。

以 PE 为原料生产 700ml 塑胶瓶为例，在工频机上生产，耗电量为 2 度/h，而在变频机上生产，耗电量为 0.6 度/h，在生产周期、压力、速度等完全一致的情况下 24 小时连续生产，节电高达 70%。

方案实施的注意事项：液压系统出现故障不容易排除，可以开发专用的专家系统，来协助解决问题。

投资额及回本期：每台中空吹塑成型机的改造成本约为3万元左右，大概10个月便可收回成本。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 16

生产工序：塑料板材压制成型

方案名称：无边角料塑料板材压制成型

方案归类：减少废料

改善前：常规的塑料板材压制技术会使物件滚压变形，尤其是边缘不整齐，往往要在板材成型后进行进一步的修剪，材料浪费较大。

改善后：采用无边角料成型：将由挤出机挤出的单层或多层片材沿纵、横向切开，得到方块状的坯料，涂上润滑剂后送入辐射加热炉中进行加热，使其有所软化，最关键的步骤是接下来将加热的坯料送入压机，闭合模具，使方块状坯料压成圆形带凸边的预成型体，这个凸边（也称为「唇环」）下一步成型时则作为夹持处，同时也将是成品的翻边，起到加强筋的作用，以稳定制品的形状，防止翘曲。

节能减排的成效：不需要修剪塑料制品，大幅节省了材料。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：新方案只是在某些工艺上进行改进，所需投资不多，很快便能收回投资，回本期在半年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 17

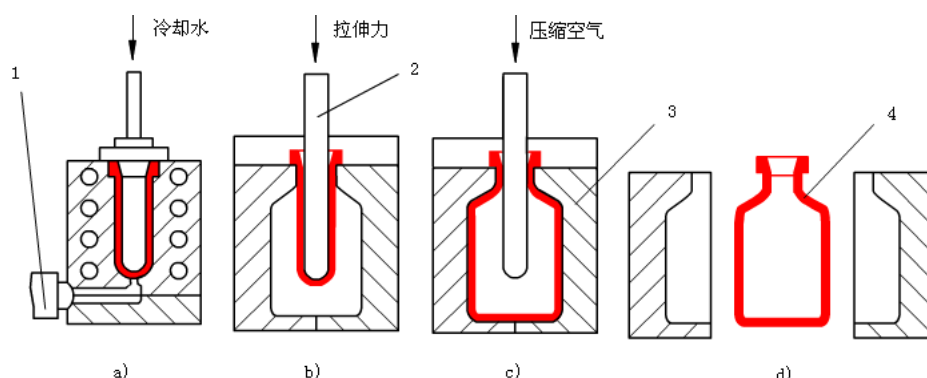
生产工序：注射吹塑成型

方案名称：注射拉伸吹塑成型

方案归类：节省材料

改善前：用注射成型法先将塑料制成有底型坯，在型坯保持半熔融状态时，移入吹塑模内进行吹塑成型。

改善后：型坯的注射成型与一般注射吹塑型坯成型方法相同，只是所得型坯并不立即移入吹塑模内，而是经过适当冷却后转送入加热槽内，在槽内加热到预定的拉伸温度后再移入拉伸吹胀模，型坯在拉伸吹胀模内，先用拉伸棒轴向拉伸，然后再经由拉伸棒引入的压缩空气使之横向吹胀，紧贴型腔壁，吹胀物经过一定时间的冷却定型，即可以从模内脱出。其制品成型过程如下图：



注射拉伸吹塑成型制品过程

a) 型坯注射成型 b) 型坯拉伸 c) 吹塑成型 d) 脱模

节能减排的成效：制造相同容积的中空制品，有拉伸制品可以比无拉伸制品壁更薄。可节省成型材料高达 50%左右。

方案实施的注意事项：拉伸过程总的拉伸比、拉伸温度，吹胀压力等参数对制品的性能造成很到影响，要严格控制好。

投资额及回本期：该方法虽然增加了拉伸过程从而导致成本的提高，但是节料效果很好，一般可在一年内收回投资。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 18

生产工序：塑料挤出

方案名称：预热原材料

方案归类：节能措施

改善前：将制备好的塑料粒料或粉料通过料斗直接加入挤出机的料筒中，通过料筒的固体输送阶段、固体熔融塑化阶段和熔体输送阶段后挤出成型。螺杆挤出机的固体输送段的功率消耗比较大，在一般情形下，占整个螺杆消耗能量的 60%左右。

改善后：在塑料制品生产设备的进料斗加装加热装置，将制备好的粉料或粒料在进入料筒前先进行预热一段时间，使其软化。由于物料一开始温度较高，使物料的硬度、粘度大大降低，塑化段和计量段螺杆消耗的扭矩也顺势下降。

节能减排的成效：虽然加热端消耗了能量，但是在螺杆挤出端较好地节省了能量消耗，最后节能效果达到 10%左右。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额视工厂规模而定，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 19

生产工序：PVC 塑料挤出成型

方案名称：稀土/钙/锌无铅化稳定剂

方案归类：减控污水

改善前：由于 PVC 的热分解温度较低，与其加工温度基本相同，因而在 PVC 塑料的挤出成型过程中，PVC 树脂容易发生热分解，产生 HCl 气体，对加工制品非常不利。传统的解决方法是在加工过程中加入铅盐稳定剂，但是制品成型后的污水含有大量的铅，铅是剧毒物质，对人体健康和环境都会造成严重的损害。最关键的是制品中也会含有少量的铅，如果工艺过程控制得不好，铅的含量还会超出健康标准，对人体造成危害。

改善后：采用稀土/钙/锌无铅化稳定剂，一方面稀土复合稳定剂在高剪切力和 250℃

高温下相对稳定，自身不会分解成能促进 PVC 分解的物质，另一方面它依据稀土元素化合物特性，结合 PVC 加工特性，利用轻稀土（La、Ce、Nd）与钙、锌等元素、配位体的协同效应，与 PVC 的分散性、兼容性好。在加工过程中，钙、锌元素能抑制 PVC 初期不稳定分解，而稀土元素则可消除降解产生的氯化氢，在引发阶段抑制脱 HCl 反应^[14]。

节能减排的成效：一方面有效抑制 HCl 的分解，减少对大气造成污染，一方面该稳定剂无毒、无臭，减少污染。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额较小，回本期在半年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 20

生产工序：PVC 塑料挤出成型

方案名称：环保型增塑剂

方案归类：减控污水，避免有毒材料

改善前：PVC 大分子链的极性较强，其加工性能较差，传统的方法是加入邻苯二甲酸二辛酯（DOP）作为增塑剂，以降低 PVC 分子间的作用力，增加分子链间的移动性，降低玻璃化转变温度，改善低温加工性能，但是 DOP 存在潜在的致癌危险，同时成型过程中所排放的废水会对环境造成严重影响。

改善后：采用柠檬酸三酯类增塑剂，它是以柠檬酸和丁醇作为原料制备而成的。该物质与聚氯乙烯兼容性好，增塑效率高，而经其增塑后，制品低温挠曲性好，在熔封时，对热稳定，不变色^[15]。

节能减排的成效：一是有效降低了有毒性工业废水的排放，减少环境污染；二是不再因加入增塑剂而使制品中含有毒致癌物质，保障人身健康。

方案实施的注意事项：柠檬酸酯类增塑剂的制备，应采用固体超强酸这一环保型催化剂，尽量避免使用浓硫酸类催化剂。

投资额及回本期：回本期较短，大概在 3-4 个月以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 21

生产工序：微孔发泡成型

方案名称：超临界流体微孔发泡成型

方案归类：减控污水

改善前：传统的微孔发泡成型一般采用化学发泡剂，使塑料熔体充满泡孔；或是采用石油气（如丁烷、戊烷）为发泡剂，因此在加工成型过程中所排放的工业废水和废气都会对环境造成严重的污染，加工制品中所含的化学残留物也会对人体健康造成伤害。

改善后：在特殊的塑化装置中加入超临界状态的二氧化碳或氮气，并使之与熔融原料充分均匀混合，形成单相混合溶胶，将该溶胶导入模具型腔或口模中。在进入模具型腔或口模时，压力突然变小，使混合溶胶产生了巨大的压力，导致其内部析出大量的气泡核。在产品冷却成型过程中，溶胶内部的气泡核不断长大，最后获得微孔发泡的塑料制品^[16]。

节能减排的成效：制造过程中污染物零排放，制品不含化学残留物，环保清洁。

方案实施的注意事项：超临界微孔发泡成型的研究虽然已经开展了 20 多年，但是工业应用仍很少，一些难题仍尚待解决，如工艺参数的控制相对复杂，不够稳定等，因此这项技术还需要不断的研究和拓展，有待推广。

投资额及回本期：新方案虽需投资气体的费用，但是该方案大的成效显著，且能大幅降低环境治理的成本，因此很快便能收回投资，回本期在半年到一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：* 经济：** 环境：**

方案 22

生产工序：塑料挤出成型

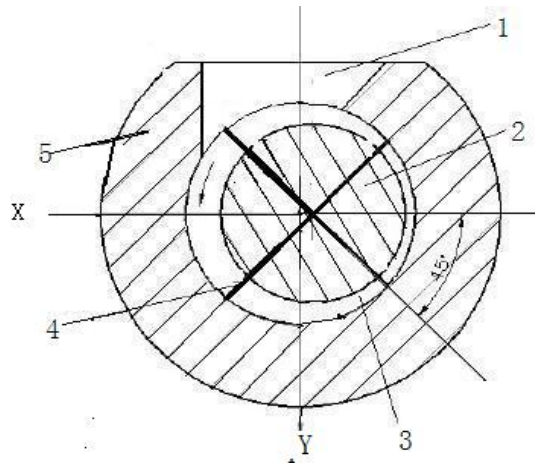
方案名称：单轴叶片挤出机

方案归类：节能措施

改善前：塑料的挤出加工中普遍采用螺杆挤出机进行挤出塑化，在传统的螺杆挤出机中物料塑化输送主要是依靠螺杆旋转时对物料的拖曳作用，固体输送为

摩擦拖曳，熔体输送为粘性拖曳，熔体流变行为是以剪切流变为主，所以会存在物料输运所经历的热机械历程长能耗高等问题。

改善后：用叶片取代螺杆应用于挤出机上，它是以拉伸流变为主的塑化输运机理是不同于传统挤出机的剪切流变机理，解决了传统螺杆挤出机主要依赖物料与金属料筒表面之间的摩擦力和物料内摩擦力来输送挤出的问题。叶片挤出机的挤压系统主要部件是：转子轴，定子，叶片和挡板。其中叶片单元是塑料熔融、混合、输送挤出的主要单元，一组叶片单元由一对凸叶片、一对凹叶片、转子轴的十字槽部分、偏心定子及两侧进出料挡板组成，



1- 进料口； 2-转子轴； 3-出料口； 4-叶片； 5-定子

叶片输送单元示意图^[17]

物料在叶片挤出机中的变化运动过程为：物料从加料口进入叶片单元的进料口，被叶片刮走，进入第一组叶片单元被压缩，由于叶片单元的不断缩小，颗粒料被不断的压缩并伸长。在这过程中，加入的颗粒料如果是靠近定子，则在第一组叶片单元的时候就被熔化，而靠近转子的颗粒由于温升进入了高弹态，也被不断的压缩。无论在什么状态下，它们都被叶片的正位移输送力转入下一个叶片单元，继续压缩塑化，依次挤出口模。物料在正应力作用和来自定子的外加热辅助作用下熔融塑化并被排出，实现物料在很短的热机械历程内完成塑化输运过程。

节能减排的成效：根据东莞、汕头、深圳等地企业的实际生产状况来统计，叶片挤出机的物料损耗大大降低，能耗下降约为 30%-50%，污染也大大下降了。

方案实施的注意事项：该技术是一项新技术，仍有待推广。

投资额及回本期：单轴叶片挤出机尚未进入市场，投资额与回本期待定。

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: *** 经济: *** 环境: **

方案 23

生产工序: 注塑成型

方案名称: 快速热循环注塑成型

方案归类: 节能措施、VOC 减排

改善前: 采用传统注塑工艺生产的制品，其表面存在熔痕、流痕、银线等缺陷，塑件表面光泽度不高，难以满足人们对塑料制品力学性能、外观的要求。因此加工成型的制品往往需要进行喷涂工艺和热处理的二次加工，化学涂料的气味挥发和伴随工业废水的排放，一方面造成环境的污染，一方面会危害操作人员的身体健康。而热处理的进行需要耗散能量，对工厂的节能很不利。

改善后: 采用快速循环注塑成型技术，该技术是用高温高压水蒸汽（或热水），将模具快速加热到一定温度后，在模腔中注入塑料，完成保压，再用室温水或是冷却水将塑件快速冷却至出模温度，完成一个注塑过程，然后进入下一个注塑循环。使用该技术可使塑件表面无熔痕并达到镜面效果，提高塑件强度和表面硬度。

节能减排的成效: 可取消环境污染严重的喷涂工艺等二次加工，保护环境和操作人员的身体健康，减少工艺流程，同时塑件也无需进行热处理，节省能耗。

方案实施的注意事项: 为获得高光无熔痕塑件，要求定模型腔表面应在尽量短的时间内达到工艺要求的温度，并具有良好的温度均匀性。为此要合理的确定加热/冷却管道的数量、管径、间距及其与型腔表面的距离等。

投资额及回本期: 该技术还未获得实际应用，投资额与回本期待定。

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: ** 经济: ** 环境: **

方案 24

生产工序: 吹塑成型过程

方案名称: 低发泡中空吹塑成型技术

方案归类: 节能措施

改善前: 传统的中空吹塑成型仅仅是将用挤出法或注射法生产的型坯吹塑成型而没有对型坯进行低发泡处理，这样生产的制品不但浪费了很多原料，而且生产周期较长，能耗较大。

改善后: 泡沫塑料中空吹塑成型的基本过程与普通塑料的中空吹塑成型相似，主要步骤为：①用挤出法或注射法生产型坯；②将未发泡或少量发泡（注射法），或已发泡（挤出法）的坯件放入中空成型模具，进一步加热使坯件变软并完成发泡；③通入压缩空气吹胀成型；④冷却定型，开模取出制件。中空吹塑泡沫制品具有以下优点：

- (1) 由于发泡体占据了一定空间，中空吹塑泡沫塑料制件比相应的纯塑料中空吹塑制件减少塑料用量 25%~30%；
- (2) 和同等的纯塑料中空吹塑制件相比，泡沫塑料中空吹塑制件手感柔软，做成玩具更安全；
- (3) 由于中空吹塑泡沫塑料使用吸热性的发泡剂，所以在同样的壁厚条件下，泡沫塑料中空吹塑件可节省 10%的加工周期；
- (4) 因为泡沫塑料中的微泡可以更好地反射光线，从而增加了色感又可减少紫外线对制件的损害。另外微泡结构给人以珠光似的色彩。综合这些因素，微泡结构的中空吹塑制件可以比纯塑料件节省 25%左右的色母料用量；
- (5) 和其他泡沫塑料一样，中空吹塑泡沫塑料制件有更好的保温、隔热和隔声性能。

节能减排的成效: 低发泡中空吹塑成型技术缩短了制件的成型周期，比传统的中空吹塑成型技术节能 10%以上。

方案实施的注意事项:

- (1) 化学发泡剂须均匀地预混入中空吹塑用原料中，以保证发泡剂在塑料中分布的均匀性。
- (2) 惰性气体注入塑料熔体的位置离机头越近越好。为了使气体均匀分布于塑料熔体中，惰性气体注入口应位于螺杆头部偏离中心的位置，以借助螺杆本身旋转达到一定的搅拌作用。

(3) 由于吹胀过程中平泡沫塑料都有不同程度的泡孔变形(变长、变扁)。由此要求低发泡中空吹塑成型制件设计要尽量避免有过度薄壁。一般在制件薄壁处最容易产生大泡,这样的大泡在吹胀拉伸过程中被拉长过多而破裂塌陷造成废品或制件强度不高。

(4) 用挤出法制坯时,要注意控制挤出速度。通常的关系为挤出速度越快,得到的泡孔越大,则吹胀过程中泡孔大变形或泡孔的可能性也越大。

(5) 在中空成型时,还要兼顾吹胀压力与发泡体密度的关系。若吹胀压力高,则气泡破坏多,发泡倍率低。吹胀压力太低,则模腔形状再现性差。

投资额及回本期: 投资额为 10-50 万人民币一台,回本期大约需要 1-2 年。

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: ** 经济: ** 环境: **

方案 25

生产工序: 二次成型过程

方案名称: 连续热成型技术

方案归类: 节能措施、减少废料

改善前: 传统热成型所用片材通过挤出机挤出后大都经过冷却存放,这些冷却存放的片材在热成型时必须再次加热才能进行成型,不但增加了生产能耗,热成型所产生的边角料也很难回收。

改善后: 连续热成型技术也是以各种热塑性塑料片材为成型对象的二次成型技术,包括真空成型、压力成型、模塞辅助成型及他们的组合,与传统热成型所不同的是连续热成型将挤出机和边角料回收装置加入到成型的生产线,由于热成型用的片材没有经过冷却存放,在进入热成型机时仍然保持着高温,故用户使用很少的能量即可使片材达到所需温度。除此之外,边角料回收装置回收的废料直接进入挤出机再次挤出成型,是整个成型过程基本上无废料产生。

节能减排的成效: 通过这些措施和其它的一些技术革新,连续热成型技术可比传统的生产方式节能 12%以上,而且基本上克服了热成型过程中产生的边角废料多的问题。

方案实施的注意事项: 无

投资额及回本期: 虽然生产线中因增配挤出机系统和边角料回收系统而投入成本，但这与连续热成型技术所带来的节能和回收废料产生的效益二者相抵，一般在半年或更少的时间内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: *** 经济: ** 环境: **

方案 26

生产工序: 吹塑成型过程

方案名称: 直接调温注射拉伸吹塑技术

方案归类: 节能措施

改善前: 传统的注射拉伸吹塑成型机，都设有型坯加热工位，其加热装置不直接接触型坯，而是通过辐射热对型坯进行分段间接调温。由于加热装置内的导热和空气对流的影响，较难准确地控制型坯的温度，而且能耗很大。

改善后: 直接调温注射拉伸吹塑技术通过改变型坯的壁厚分布、注射压力、冷却时间、模具温度等因素，自如地控制型坯各部分的温度，并在型坯表层温度在树脂玻璃化温度附近较低的温度，树脂尚未结晶之前的最佳状态下进行高速拉伸吹塑成型。直接调温注射拉伸吹塑技术分为三个阶段，首先是型坯注射阶段，这一阶段热塑性塑料经注射机熔融、混炼，注射成有底的管状型坯，并采用直接调温法，控制型坯各部位的温度，使其达到拉伸吹塑所需的温度。其次是拉伸吹塑阶段，这一阶段型坯转位到吹塑模具内，采用直接调温法，将型坯各部位的温度调节和控制适合吹塑的温度范围内，然后进行轴向拉伸和径向吹胀。经拉伸吹塑的容器，在冷却定型后，转位到脱模工位。最后是容器脱模阶段，这一阶段打开模颈环，顶出容器。直接调温拉伸吹塑技术具有如下特点：

(1) 在注射型坯时，模具的型腔及模芯直接与熔体接触，由于型腔及模芯与熔体的温度不同，会在型坯表面形成一个「皮层」。直接调温拉伸吹塑技术在注射或冷却时，通过改变型坯的注射压力、模具温度、冷却时间、壁厚分布以及注射速度等工艺条件，可以很好地控制型坯的温度。对于壁厚

分布不同的容器，可以利用型坯在拉伸吹塑时其型坯壁的厚度会在轴向和径向产生不同的变化进行成型；

(2) 型坯经直接调温后，会产生温度差异。为防止在脱模后型坯的温差随时间而消失，应在型坯表层温度接近高聚物玻璃化温度时，将型坯快速地拉伸吹塑；

(3) 对于结晶型聚合物，在成型时，若缓慢冷却，可得到不透明的型坯；若骤冷，则得到透明的型坯。根据这一特性，对型坯进行直接调温，其表层经骤冷而成透明型坯，而型坯内部仍保持较高的温度，若被快速地拉伸吹塑成型，可制得内外透明度不一的产品。对于耐热、非结晶型聚合物，利用型坯内部存在的潜在热量，可以实现耐热型聚合物的高温成型；

(4) 减少型坯的加热调温工位，可缩短成型周期，提高生产效率，实现节能减排。但是，由于是型坯的直接调温，对型坯的设计要求较严格^[19]。

节能减排的成效：直接调温注射拉伸吹塑技术由于减少了型坯的加热调温工位，简化了设备结构，简化了工艺，缩短成型周期，降低能耗，减少了成本，可稳定生产高质量的各种不同设计的容器。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：该方法减少了型坯的加热调温工位，但增加了直接调温装置，二者相抵，基本上不需要追加投资或在很短的时间内就可收回投资。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：*

方案 27

生产工序：注塑成型

方案名称：BMC 模塑料的注塑成型技术

方案归类：节能措施

改善前：BMC(团状模塑料)作为一种玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂的先进热固性复合材料，其传统的成型方法是压制成型，但是 BMC 的压制成型需要很大的能耗而且生产周期长，生产成本很高。

改善后：为了降低 BMC 成型过程中的生产能耗，BMC 模塑料的注塑成型技术应运

而生。BMC 注射成型时 BMC 经料斗进入具有一定温度的料筒中受热软化，并随料筒温度的升高和螺杆旋转或柱塞推进而不断受到剪切，且与料筒壁摩擦生热而使 BMC 进一步塑化成粘流状态，然后在螺杆或柱塞的推动不经喷嘴和流道注射进高温模具中，粘度急剧增加，经适当时间的保温、固化，开模取件。从 BMC 入料筒至出料筒过程中，BMC 在发生物理变化的同时又发生缓慢的化学变化。而从射嘴注入高温模腔后，则发生固化反应，形成玻纤增强，填料填充的网状体型结构。与压制成型相比 BMC 模塑料的注塑成型具有以下优点：

- (1) 注射成型自动化程度更高，节省了很多体力劳动；
- (2) 成型周期短，虽然注射成型的装模温度与模压 BMC 很接近，但其固化时间是有所不同的。因注射充模时，物料是通过机筒和流道系统的热交换，同时由于受摩擦和剪切会产生热而升温，在进入模腔后又要与高温的模具相接触，因此其固化时间实际上并不取决于制品的厚度，而且固化时间也可以缩短；
- (3) 制件表面质量好；(4) 复杂制件成型工艺性良好；(5) 生产成本低。



BMC 模塑料专用注射机

节能减排的成效：由于 BMC 模塑料的注塑成型比传统的压制成型生产周期短，而且 BMC 注射机采用了双曲肘连杆机构立式放置的锁模装置，故其有很好的节能效果。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额为 1-50 万人民币 1 台，回本期在两年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 28

生产工序：挤出成型

方案名称：往复螺杆挤出机混炼技术

方案归类：节能措施

改善前：随着塑料加工业中高分子材料工业的飞速发展，在挤出行业中占主要地位的单、双螺杆挤出机许多方面的性能已经不能满足共混、填充、增强、增韧等要求。

改善后：往复螺杆挤出机为均化、着色、增强，特别是某些要求高而又难于处理的添加剂、高黏度和高弹性的橡胶、热不稳定性的树脂以及热固性塑料的配混填充提供了有效的处理方法。往复式螺杆混炼挤出机的螺杆芯轴，设有设计独特的积木式螺块它在一个螺距内断开三次，称为混炼螺块，对应这些空隙，在机筒内衬套上，排列有三排混炼销钉，螺杆在径向旋转过程中，同时做轴向的往复运动。每转动一周，轴向运动一次，由于这种特殊的运动方式，以及混炼螺块和销钉的作用，物料不仅在混炼销钉和不规则梯形混炼块之间被剪切而且被往复输送，物料的逆流运动给径向混合加上了非常有用的轴向混合运动，熔体不断地被切断、翻转、捏合和拉伸，有规律地打断简单的层状剪切混合，不同于普通的单、双螺杆挤出机。

由于在径向和轴向上的同时混炼，增强了混炼效果，保证了最佳的分散混合和分布混合，因此均化时间短。另外，混炼销钉和螺块的相互啮合，也提高了机筒的自我清除能力。通过适当的螺块组合，可保证稳定的工作压力，不产生无法控制的压力和温度波动，防止物料在机筒内产生降解。

由于捏合组件的螺纹是中断的，所以作用在聚合物上的压力很小，不产生明显的温升。而单、双螺杆挤出机是在高剪切和高径向压力下对簿层聚合物进行剪切，必然使熔体产生大的温升，影响物料低温挤出的原则，同其它机器相比。在直径相同的条件下。其长径比较短，扭距在较短的距离上传递。因此螺杆扭转变形小。与普通的单双螺杆挤出机相比往复螺杆挤出机具有以下优点：

- (1) 独特的往复式单螺杆、多齿形机筒及可变式的螺纹组件和销钉设计综合了单、双螺杆挤出机的优点，提高了产品应用的灵活性，使应用范围更为广泛；

- (2) 往复螺杆挤出机螺杆长径比很小，熔体在机筒中停留时间短，大幅减少物料的降解。若物料性能不变，在高分散、均剪切的作用下，对添加剂的需求量最少，能耗也最低；
- (3) 系统可以将混料、混炼、塑化、分散、均化和脱气结集在一次生产过程中进行；
- (4) 对于半导体、导电材料和电缆料，产品中的水分对产品质量影响较大。抽真空装置可彻底脱除产品中的水分和一些挥发性气体；
- (5) 通过销钉测量熔体温度，控温准确，温差小。适用于热敏材料的加工；
- (6) 剖分式机筒、积木式螺杆组合，方便拆装清洗、检修；
- (7) 系统分别配有自动换网装置和不停机自动换网装置，减少了人力劳动和原料消耗，降低了生产成本。



往复式螺杆挤出机

节能减排的成效：往复螺杆挤出机具有强烈的剪切混炼效果，但产生的剪切热较少，螺杆功耗也小，因此比传统的单双螺杆成型节能 1/4 左右。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额为 10-50 万人民币一台，回本期 2 年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：* 环境：**

方案 29

生产工序：注塑成型

方案名称：流动注塑成型技术

方案归类：节能措施

改善前：传统的成型热固性塑料的方法是反应注射成型和压缩模塑成型，但是这些成型方法成型周期较长，能耗较大而且占用场地较大。

改善后：流动注塑成型很好的克服了传统方法的缺点，它是利用流动注塑机将液态反应单体在低压下混合后注入到模具型腔中并经过固化定型得到所需制品。流动注塑与反应注塑有相似之处，它们的不同之处在于：反应注塑成型中混合后的物料在模腔中经过化学反应固化定型，而流动注塑中混合后的物料在模腔中必须经过加热才能固化定型；流动注塑对原料的混合方式是静态混合器混合；反应注射的注射方式是由高压计量泵注射，流动注塑是油缸推动储料缸柱塞进行注射因而注射量控制更为精确。流动注塑成型方法有如下一些优点：

- (1) 模具型腔的成型压力较低；
- (2) 成型物料的黏度较低，流动性好，易于充满整个型腔；
- (3) 流动注塑机不需要采用专门的塑化装置；
- (4) 易于对物料进行着色，混合物和加入填料。

节能减排的成效：流动注塑成型与传统的压铸、压缩模塑和注塑方法相比，这种方法的成型周期更短，能耗更少而且占用的生产场地较少。

方案实施的注意事项：

- (1) 为防止出现固化不均匀的情况，必须对物料进行预混合；
- (2) 由于物料的黏度较低，成型中容易混入空气，因此必须进行排气；
- (3) 该技术只适合液态热固性物料的成型。

投资额及回本期：投资额视工厂的规模而定，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 30

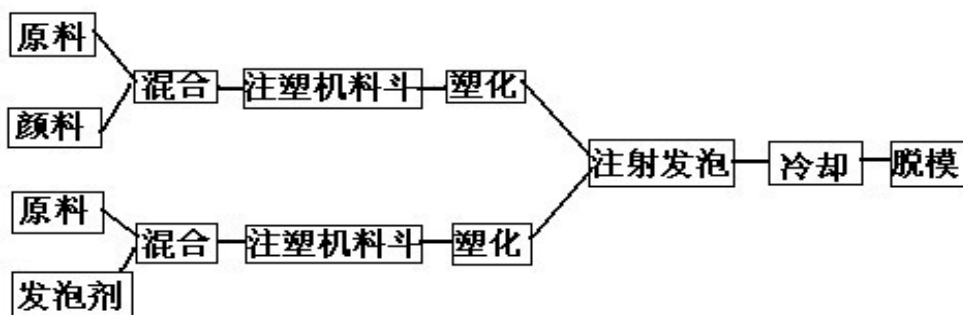
生产工序：发泡注射成型

方案名称：双组份低压发泡注射成型技术

方案归类：减少废物

改善前：单组份发泡制品的发泡层直接存在于制品表面，制品表面虽平整但较粗糙，并带有发泡痕迹。对于较高档的产品则必须进行复杂的后加工，诸如涂漆、喷漆，复膜等，从而大大延长了制品的生产周期，并提高了制品成本。

改善后：双组份低发泡注射成型时的双组份分别为A和B，并且B组份是含有一定量的发泡剂的组份，在开始注射时，首先进入型腔的是A组份，并且在型腔中以较平稳的速度梯度前进，当A组份注射了一定数量后，再开始B组份的注射，一般地讲，B组份的注射速度要略高于A组份，这样，当A与B同时注射时，由于B组份速度大于A组份速度，因此B组份便将A组份挤向四周，从而造成了B组份在中间，A组份在表层的理想制品，最后B组份停止注射，而A组份再延迟一段预选的注射时间，以保证在料口及进料区周围为A组份。当A组份停止注射后，就进行保压、冷却、预塑化，开模等程序。这种双组份低发泡注射制品分内外两层，内层为发泡的塑料，外层为不发泡的普通塑料。因此既得到了光滑的表面，又保持了单组份低发泡制品的优点。双组份低压发泡注射成型的整个流程如下图：



双组份低压发泡注射成型流程图

节能减排的成效：双组份低发泡注射成型的内层料可以利用废料或回收料，有利于减少废料和降低成本。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额为 30-100 万人民币一台，回本期 2-3 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 31

生产工序：气体辅助注塑成型

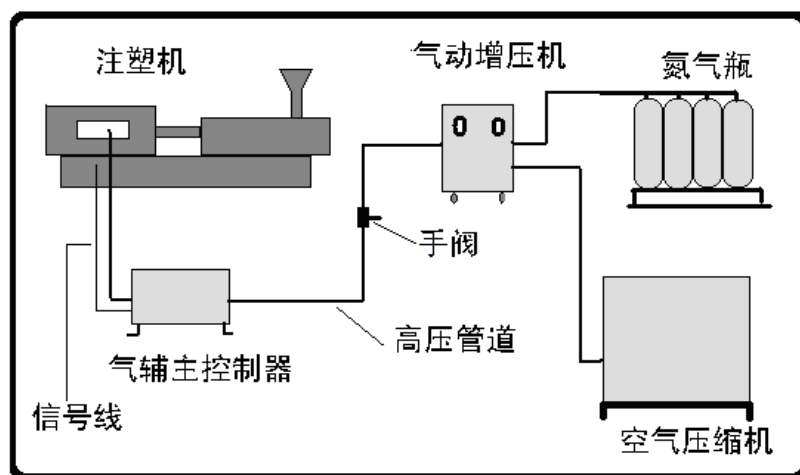
方案名称：热塑性塑料气体辅助注塑成型技术

方案归类：节能措施、减少废料

改善前：在成型外形保持完整内部中空的制品时，传统的普通注塑成型很少能将厚壁部分和薄壁部分结合在一起成型，发泡注塑的缺点是制品表面易形成气泡。除此之外，传统的注射需要很高的注射压力和锁模压力，增加了产品能耗而且废品率很高，产生的废料较多。

改善后：热塑性塑料气体辅助注塑成型技术是将注射和结构发泡两个成型过程的特点结合起来，因此与上述两种成型方法相比，气辅注塑成型具有以下优点：

- (1) 注射压力和锁模力降低，从而降低了生产能耗。在气辅注塑中，当气体推动熔体前进时，由于气体在熔体中的推动作用，缩短了流程，只需相对较小的气体入口压力即可将熔体紧贴在模腔内壁上，从而降低了模腔压力，所需合模力大为减小（可降低约 25%~90%的合模力），因此气辅注塑比传统注塑节能很多。
- (2) 生产周期大大缩短。与普通注塑相比，气辅注塑成型由于厚截面制品中空，散热冷却快，从而缩短了冷却时间，因此大大缩短成型周期。
- (3) 制品缺陷大幅度减少。由于注射压力小而且塑料熔体内部的气体各处等压，因此模具模腔内的压力分布均匀，保压冷却过程中产生的残余应力较小，制品出模后的翘曲变形小；此外，由于气体压力可以使制品外表面紧贴模腔内壁，制品表面不会出现缩痕，制品表面质量提高，废品率降低，产生较少废料。
- (4) 可用于成型壁厚差异较大的制品，放宽了对制品设计的限制；通过设置芯部为气道的加强筋可在不增加制品重量的前提下，增加制品的结构刚度和强度。
- (5) 降低了对模具材料的要求，减少或消除由于多浇口造成的熔接线。
- (6) 材料适用性好。基本上所用用于注塑的热塑性塑料都可以使用气体辅助注射成型。



气体辅助注塑成型配置图

节能减排的成效：气辅注塑成型注射压力和锁模力低而且生产周期更短因此比传统注塑节能很多；制品缺陷少，成品率高，减少了废料。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：该方法就目前注塑业者而言，其一次投入成本较高，但是其具有省料、成型周期短、品质佳、射压小、锁模力小和无毛边的优点，一般在两年内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 32

生产工序：注射成型

方案名称：反应注射成型技术

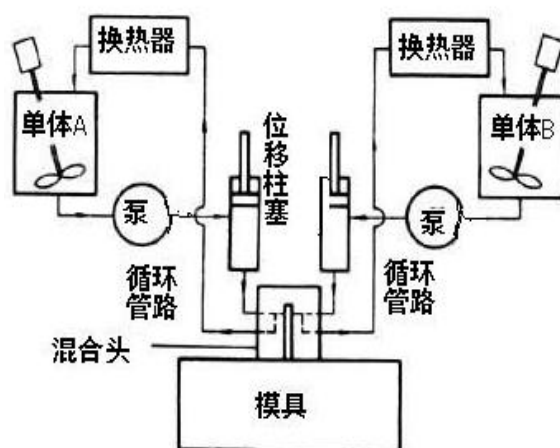
方案归类：节能措施、减少废物

改善前：传统的注射成型是将颗粒状的高聚物粒料通过加热熔融注射到模具中，再冷却制作成特定的形状的制品。但在大型制件的注射成型过程中，需要很高的充模压力才能将熔融的物料充满型腔，而且在很高的压力下会产生溢边现象，造成原料和能量的浪费。除此之外，很高的充模压力会使制品产生较大的内应力，增加废品率。

改善后：反应注射成型(reaction injection molding, RIM)是将两种或两种以上具有反应性的液体组分在一定温度下注入模具型腔内，在其中直接生成聚合物的成

型技术，即将聚合与成型加工一体化，或者说，直接从单体得到制品的「一步法」注射技术。与普通的注塑方法相比，反应注射成型具有以下优点：

- (1) 模具模腔内的压力较低，因此反应注射成型所需的合模力大大低于普通注塑成型所需的合模力，不易产生溢边现象。
- (2) 两种或两种以上液态反应物一般在室温下注射到模具型腔中，模具的加热温度也不是很高。因此反应注射成型较普通注射成型节省能源。
- (3) 反应注射成型可以成型大型制品，而且由于液态反应物的加工粘度低，制品无论是薄壁还是厚壁都固化均匀，因此制品内应力很小。



反应注射成型示意图

节能减排的成效：原料在常温下即可加入模具无需加热，因此应注射成型较普通注射成型节省能源；注射需要的合模力小，不易产生溢边现象，减少了废料。

方案实施的注意事项：反应注射成型要求各组分一经混合，立即快速反应，并且物料能固化到可以脱模程度，因此，要采用专用原料和配方。

投资额及回本期：投资额较小，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：** 经济：* 环境：***

方案 33

生产工序：发泡注塑成型

方案名称：低压结构发泡注塑成型技术

方案归类：节能措施、减少废物

改善前：随着人们生活水平的日渐提高，对很多产品提出了更高的要求，比如在音响话筒领域大家越来越关注音质效果以及产品的耐用性、外观效果等等。传统的注塑已经很难满足这些塑件的需求，除此之外传统的注塑由于需要注满模腔，浪费了很多原料。

改善后：为了解决传统发泡注塑存在的问题，低压结构发泡注塑成型技术应运而生。低压发泡注塑一般采用欠注法，即将一定量（不注满模腔）的塑料熔体（含有发泡剂）注入模腔，发泡剂分解出来的气体使塑料膨胀而充满模腔。与传统的注塑成型相比低压结构发泡注塑成型有以下优点：

- (1) 普通注射成型中固有的缩痕问题在结构发泡成型中不存在，因为结构发泡成型压实了所有表面；
- (2) 低的注塑压力使操作者可以同时在一台机器上使用多套模具，这就使运转周期被几个零件平分，降低了成型费用；
- (3) 壁厚截面给予整体结构更好的刚性；
- (4) 节省原料、减少废物。

节能减排的成效：低压结构发泡法注塑与普通注塑的区别在于其模具的模腔压力较低，约 2-7Mpa，而普通注塑在 30-60Mpa 之间，因此低压结构发泡注塑更节能。注射无需注满型腔，节省了原料减少了废物。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额为 40-150 万人民币每台，回本期在 2-4 年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 34

生产工序：注塑成型

方案名称：排气注塑成型

方案归类：节能措施

改善前：在注塑成型过程中，有些原料具有吸湿性，在存放的过程中吸收了水分，有些原料中含有低沸点挥发组分，有些回收料在回收过程中带入了水分，

这些水分和挥发组分如不脱除将导致制品缺陷。传统的做法是在进行注塑之前对原料进行干燥处理，是水分含量小于 0.2%。但是干燥处理不仅需要增加预干燥工序，而且对物料中的低聚物、残余单体及低沸点的添加剂等物质，干燥处理不一定有效。

改善后：为了解决注塑过程中的原料预干燥问题，出现了排气注塑技术。采用排气注塑技术，在注塑同时能迅速的完成排气，并将其他一些不合要求的非水挥发物排除；对于易吸湿的塑料原料可少作或不作预干燥处理，减少操作工序缩短成型周期，并节约能源；可以将水气及其他一些挥发物的含量降至最低，从而提高制品的机械性能及表面质量，减少次品率，降低注塑生产成本；可降低塑料原料的存放条件，并可在原料中加入回收废料和填充物。



典型的排气注塑机

方案实施的注意事项：

- (1) 排气注塑最重要是机筒温度的控制，特别是减压段温度的控制，一般第一级螺杆加料段温度要高一些，以便使物料能尽早熔融，排气段的温度在允许范围内要尽可能低一些。
- (2) 操作过程中，应尽量避免生产中断，防止由于长时间停滞而引起物料降解。

投资额及回本期：投资额视工厂规模而定，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：** 经济：** 环境：**

方案 35

生产工序: 气体辅助注塑成型

方案名称: 热固性塑料气体辅助注塑成型技术

方案归类: 节能措施、减少废物

改善前: 传统的热固性塑料大多采用实心注塑，需要很多原料，而且需要很高的充模压力，由于模腔压力很大，在分型面上会出现溢料现象。

改善后: 热固性塑料气体辅助注塑成型就是利用高压气体在热固性塑件内部产生中空截面，利用气体保压代替塑料注射保压，消除制品缩痕，完成注射成型过程。与普通热固性注塑工艺相比，热固性塑料的气体辅助注塑工艺的优点是：

- (1) 由于制件内部中空，制件重量与传统注塑重量相比要轻很多，节约了原材料，最大可达 40%~50%；
- (2) 解决制件表面缩痕问题，制造出无划痕的热固性塑件，大大提高了制件的表面质量；
- (3) 降低模腔压力，减小锁模力，延长了模具寿命；
- (4) 冷却加快，生产周期缩短近 20%；
- (5) 局部加气道增厚可增加制件的强度和尺寸稳定性，并降低制品内应力，减少翘曲变形；
- (6) 由于模腔压力很小，在很大程度上消除了分型面上的溢料现象，提高了制品表面质量。

节能减排的成效: 热固性塑料气体辅助注塑成型锁模力小、生产周期短因此比传统注塑成型更节能，分型面基本无溢料现象，减少了废料。

方案实施的注意事项: 无

投资额及回本期: 该方法前期投入成本较大，但后期收益也较大，一般可在两年内收回投资。

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: ** 经济: ** 环境: **

方案 36

生产工序: 挤出成型过程

方案名称: 精密挤出成型技术

方案归类: 减少废物

改善前: 传统的挤出成型已成为聚合物加工中最主要的成型和改性方法。由于挤出成型具有高效、连续、低成本、适应面宽的优点，因此有 60%以上的制品是用挤出法加工成型的。然而挤出成型存在制品的成型精度较低的问题，由此造成的浪费是惊人的，采用传统挤出装备生产的板、片、膜、管的壁厚不均匀度一般可达 8%~10%，由此造成的材料浪费可达 8%左右。此外，挤出成型精度不高还限制了一些高精密度产品的应用领域。

改善后: 精密挤出成型通过对挤出机流率、温度、压力以及牵引力速度等工艺参数的精确控制，使制品几何尺寸更为精密和材料微观形态更均匀。精密挤出成型过程中工艺参数波动小，设备工作状态稳定，其制品的几何精度比常规挤出成型工艺提高 50%以上。

节能减排的成效: 精密挤出成型的制品几何精度比传统方法高很多，废品率很低，可以减少 8%以上的废料。按近年中国塑料制品的产量 21 万吨为基数，挤出成型制品的年产量 12.6 万吨计算，中国每年由于挤出制品的几何精度低就浪费掉 100 多万吨树脂。如果 20%的制品采用精密挤出技术和装备来生产，中国每年就可以节约树脂消耗量 10 万吨左右，经济效益超过 8 亿元。



精密挤出成型设备

方案实施的注意事项: 无

投资额及回本期: 投资额为 7-100 万人民币每台，回本期在两年以内。

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: ** 经济: ** 环境: **

方案 37

生产工序: 螺杆挤出过程

方案名称: 四螺杆挤出机挤出技术

方案归类: 节能措施

改善前: 传统的单螺杆挤出机混炼功能弱, 难以用于加工粉料 (PVC 粉料除外), 产量相对较低。作为混炼使用的同向双螺杆挤出机同样无法实现高机头压力, 因而在原料的选择上多用来加工密实性较低的塑料原料, 而无法加工密实性较高的透明型物料。由于塑料不良的热传导性, 大直径的单螺杆或双螺杆挤出机 ($\Phi 130\text{mm}$ 以上) 中由于每个螺槽中的物料受热不均匀, 从而引起不均匀塑化。这个问题不可能通过增加螺杆转速来加以解决, 因为这易引起局部过热, 导致流痕变粗。虽然也可以通过适当加大螺杆长径比来解决, 但这也有局限性。

改善后: 为了解决传统螺杆的局限性, 中国已开发出了四螺杆反应混炼机。它综合了缩聚反应器、螺杆挤出机、混炼机、啮合机、密炼机、研磨机的特点, 可用于生产改性塑料、塑料合金、色母料和填充母料等。国产 80 型多功能高真空四螺杆新型反应混炼机, 蒸发面大, 真空度高, 完全避免了物料的「爬杆」或挥发物飞溅堵塞真空口的现象, 物料停留时间分布窄, 表面更新频繁, 极易排除低分子物, 能达到强化缩聚反应、混炼、快速浓缩干燥等工艺要求。而且自洁性好, 物料在机内无死角、无堆积、无热氧化、无焦化现象, 可根据工艺要求任意调节剪切场和压力。下表列出了双、三、四螺杆挤出机产能比, 表中数据表明, 直径较小的四螺杆挤出机产能比最高。

表 5 双、三、四螺杆挤出机产能比

挤出机类型	螺杆直径/mm	产量	能耗	产能比 A/B
平行双螺杆	45	A	B	1
平行双螺杆	70	3A	3B	1

三螺杆	45	2A	1.5B	1.33
四螺杆	45	3A	2B	1.5

节能减排的成效：四螺杆挤出机可以减少加工过程中的物料生热、延长物料的停留时间、改进排气功能、改进进料性能，并具有较好的分散性能，可以实现稳定的精密挤出，并节能、节省空间。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：根据厂家生产的产品和生产状况而定

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：* 环境：**

方案 38

生产工序：挤出过程

方案名称：双阶挤出机挤出技术

方案归类：节能措施

改善前：传统的挤出机在挤出过程中物料受到螺杆的剪切作用和物料自身的摩擦作用产生大量的热，对一些热敏性塑料而言利用传统技术无法加工成型或虽能成型但制品性能较差。

改善后：为了满足塑料挤出成型中某些热敏性物料的要求，国内研制成功一种双阶式挤出机组。这种二阶挤出机是由上游具有塑化、熔融功能的第一级挤出机和下游具有计量、升压功能的第二级挤出机串联组成。第一级挤出机采用 HM 型挤出机，其中间部位的塑化熔融段具有内切圆的多角形螺杆和外切圆的多角形机筒组合的结构。第一级挤出机将固体树脂均匀的塑化熔融后，以较低的温度送入第二级挤出机。第二级挤出机将第一级挤出机挤出物料的剪切能抑制至极小，而且使熔融的树脂温度分布均匀。高性能的双阶挤出机有如下技术要点：提高挤出机塑化能力的塑化技术，采用高塑化、熔融功能的机筒和 HM 型挤出机；采用适合稳定升压的密封技术，在第二级熔融螺杆的基部，采用新型高效密封结构，提高了熔融树脂的密封能力；保证熔融树脂有较低的温度的挤出技术，对螺杆采用大槽深，用以抑制树脂在螺杆内部的发热；高匀质的混炼技术，在挤出机前端，安装有特殊混

炼装置^[20]。双阶挤出机如下图：



双阶挤出机

节能减排的成效：采用高性能双阶挤出机，可以提高效率30%~50%，降低挤出树脂温度10℃~20℃，节能20%以上，并能改善塑料制品的质量。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额为 15-100 万人民币每台，回本期为 1-2 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：* 经济：** 环境：**

方案 39

生产工序：注塑成型

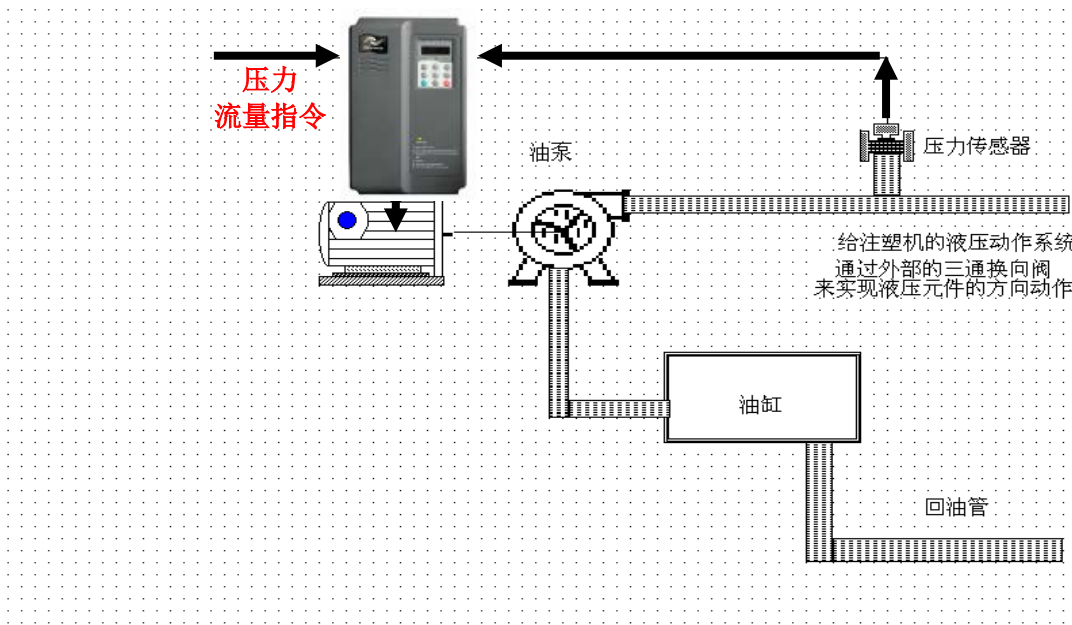
方案名称：电液混合动力注射成型

方案归类：节能措施

改善前：国内注射成型生产和使用的注塑机大部分是全液压式定量泵注塑机，只要注塑机开始工作，作为驱动系统的电机和液压泵就会满负荷地不停的运转，期间大量的液压油就会通过溢流阀流回油箱，从而作大量的无用功，据相关资料统计和检测，这些无用功占到总能耗的 60%-70%，同时液压系统中的液压油在流经泵、阀和管道时，一方面会产生漏油的现象，使能量转换率降低，只能通过增长供电时间来保证足够的能量需求；另一方面会产生大量热量，导致油温升高，油温过高时将影响液压系统的正常工作，因此，还需要通过油冷却器将液压油的热量带出，消耗了大量能量。

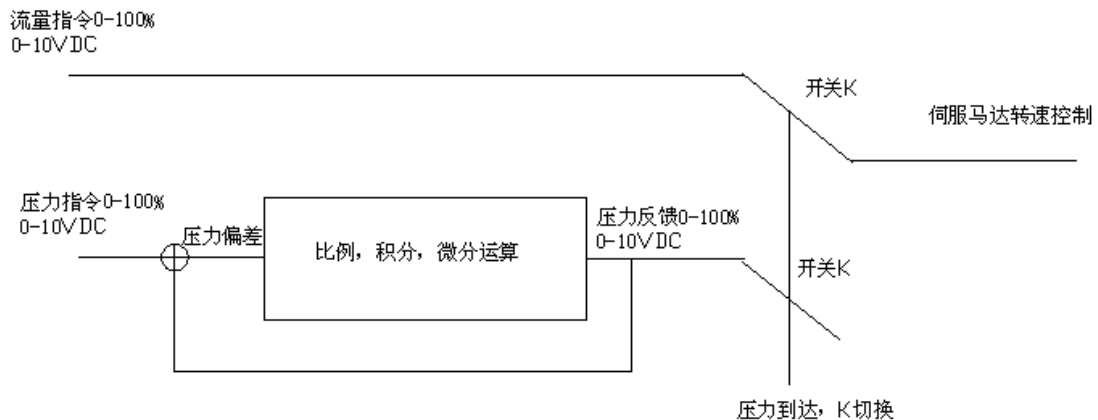
改善后：电液混动注塑机泵系统的原理为流量、压力由速度N控制，而速度也会受到

流量和压力的反馈调节。在油压未建立时，管路尚有空间，伺服马达速度由流量指令控制。油压建立起来之后，伺服马达速度由压力指令和压力反馈差值运算出来的速度控制。



泵系统的原理

电液注塑机是在定量泵，变量泵注塑机的基础上革命性的发展。先后大规模的出现全新的解决方案，这得益于国内电力电子技术，电机设计制造技术，伺服驱动软件技术的发展。电液伺服闭环控制的核心在于完全根据系统需要的流量和压力，准确，快速的提供系统需要的压力和流量，实现了按需供油。完全满足了塑料成型快速，精确，节能的要求。



伺服泵内部运算原理

节能减排的成效：对相同制件而言，水辅与气辅相比冷却时间可减少 30-70%，大大

缩短了生产周期，因此比气辅注塑成型更节能。

方案实施的注意事项：该技术并非适用所有工件和材料，因此在采用该技术时要考虑其适用性。

投资额及回本期：水辅注塑投资额比实心塑件的注塑要高出 100 万至 200 万人民币，但其具有更好的经济效益，一般可在三年内收回投资。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：*

方案 40

生产工序：注塑成型

方案名称：受控低压注射技术

方案归类：节能、减少废料

改善前：传统的注射保压过程包括控制注射速度的充填过程和控制压力保压补缩过程。充填过程中的熔体的入口速度恒定，随着充填过程的进行熔体在模内流动阻力逐渐增加，因而熔体入口压力也随之升高，在充填结束时入口压力出现高峰值。由于高压在型腔内的作用，会使型腔内的熔料溢边，造成原料和能量的浪费。除此之外，还会使塑料件内部产生较大的内应力，塑料件脱模后易出现翘曲和变形，增加废品率，增加生产能耗。

改善后：受控低压注射成型是以塑料件充填所需的最低压力进行充模，可有效降低或避免塑料的内应力和变形。受控低压注射成型充填阶段控制的是注塑压力，而传统的注射成型充填阶段控制的是注射速率。在低压注射过程中，型腔入口压力是恒定的，可以消除熔料溢边现象，提高成品率。

投资额及回本期：投资额视工厂规模而定，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：* 环境：**

方案 41

生产工序：光学透镜、唱片等需要较高的曲亮度和较高透明度制品的成型

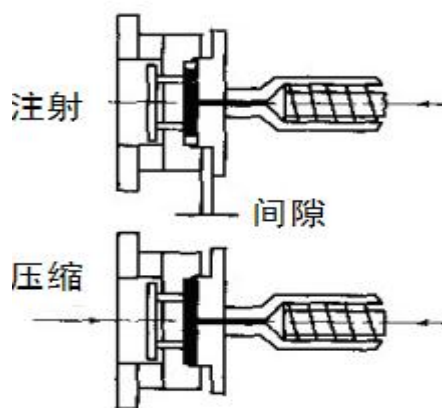
方案名称：注射压制成型技术

方案归类：节能措施

改善前：光学透镜、唱片等需要较高的曲亮度和较高透明度制品的传统成型方法是使用普通的塑料注射机以高压高速将塑料熔体注入到模具内，经冷却定型，得到制品。这种单纯依靠注射冷却的方法得到的制品，其塑料收缩的取向性大，易产生较大的内应力，从而导致多种缺陷，而且生产周期较长，需要大量能耗。

改善后：注射压制成型技术就是为成型光学透镜、唱片等需要较高的曲亮度和较高透明度制品而开发的。它是一种综合注塑和压缩模塑两种成型工艺优点的新技术，兼有两种成型工艺的特点。与传统的注射成型相比注射压制成型技术具有以下优点：

- (1) 增加注塑零件的流注长度/壁厚的比例，当模具采用中央浇注道和零件壁厚为1.5mm时，其流注长度可比传统注塑增长200%；
- (2) 减少材料内应力；
- (3) 提高加工生产率，减少单位产量能耗。



注射-压缩成型的原理示意

节能减排的成效：由于采用更小的锁模力和注射压力，该技术比采用传统注塑减少75%的锁模力，以及降低30%的注射压力，因此减少了生产能耗，在节能上有比较明显的优势。

方案实施的注意事项：采用该技术需要有合适的设计规范，以及采用恰当的材料和工艺。

投资额及回本期：新方案的节能显著，经济效益大，因此回本期较短，一般在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：*

方案 42

生产工序：挤出过程

方案名称：共挤出技术

方案归类：节能措施、减少废物

改善前：传统的挤出成型只能成型单一组分的制品，随着对挤出产品性能要求的不断提高，单一组分制品不再能够经济地满足制品的使用和加工性能、外观等方面的特殊要求。

改善后：共挤出技术是当代最先进的塑料成型加工方法之一，该方法克服了传统成型的局限性，能够使多层具有不同特性的物料在挤出过程中彼此复合在一起，使制品兼有几种不同材料的优良特性，得到特殊要求的性能和外观。高聚物共挤出时使用数台挤出机向同一个复合机头提供熔融物料，并在一个复合机头内汇合共挤出得到多层复合制品。由于共挤出技术能够生产综合性能优良的多层复合材料，因此应用价值极为广泛。

节能减排的成效：共挤出技术大幅度地降低制品成本，简化流程，减少设备投资，而且在复合过程不使用溶剂，不产生三废物质，此外与传统成型方法相比更节能。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额为 5-50 万人民币每天，回本期在两年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

3.2.4 运用于喷涂、烘干等工序的清洁生产方案

方案 43

生产工序：塑料件固化

方案名称：紫外光辐射固化

方案归类：节能、VOC 减排

改善前：传统的塑料件涂装都是采用加热固化，需要将上好涂料的塑料件放进烘箱内进行加热烘干，固化速率慢，所需要的加热时间较长，能耗极大。同时热固化过程中需要各种化学溶剂，挥发性有机化合物（VOC）排放较多，对大气造成污染。

改善后：利用紫外光辐射上好涂料的塑料件表面，使涂料固化成膜。其固化过程完全不需加热，所需的化学溶剂也极少。

节能减排的成效：辐射固化中能量的消耗只是为保证材料在辐射引发下发生聚合和交联，能耗为加热固化的 1/5。辐射固化材料中不含溶剂，无大气污染，无 CO₂ 产生。

方案实施的注意事项：固化过程中仍需少许的化学溶剂，其溶剂的成分组合需严格控制。

投资额及回本期：该技术还未获得实际应用，投资额和回本期待定。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：** 经济：*** 环境：**

方案 44

生产工序：塑料干燥

方案名称：塑料红外线干燥

方案归类：节能措施

改善前：采用传统的加热干燥方式，通过加热器使空气温度升高至干燥温度，空气与塑料粒料之间形成温度差，热量的传导使粒料中的水分被蒸发出来，所经历的过程包括先把物料表面的水分蒸发掉，继而慢慢渗透于物料内部，使物料内部的水分也被蒸发掉，但由于气体与物料之间，物料与物料之间以及胶粒内部的热导率都很低，所需干燥时间长，能耗大。

改善后：采用红外线干燥，因分子受到红外线辐照，所吸收的能量将直接转换成热振动，即物料的加热比传统的加热干燥更快。在红外线干燥过程中，除了环境空气和物料中水分的局部压力差之外，红外线干燥还有一个逆向的温

度梯度，因而红外线干燥时间较短，较好地降低能耗。

节能减排的成效：塑料的干燥时间缩短为 5-15min，有效地降低能耗。

方案实施的注意事项：该干燥工艺的价格相对较高，如果要出于对成本的考虑，请进行详细的评估和各方案成本比较后慎重选择。

投资额及回本期：投资额为 20 万人民币左右，回本期在两年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：* 环境：**

方案 45

生产工序：塑件喷涂

方案名称：静电粉末喷涂

方案归类：减少油污及 VOC 减排

改善前：采用手工空气喷涂，主要是利用压缩空气的气流，将漆料从吸管吸入后，经喷嘴喷出，形成漆雾，从而涂布在零件表面上形成均匀漆膜。

改善后：在喷枪与工件之间形成一个高压电晕放电电场，高压电晕放电电场产生的电子吸附到由喷枪口喷出的粉末粒子表面，使粉末粒子成为带负电的微粒，粉末粒子在静电吸引作用下，被吸附到带正电荷的工件上去。当工件上吸附的粉末到一定厚度时，工件表面会发生「同性相斥」的作用，就不再吸附粉末，从而使工件各部分的粉层厚度均匀。吸附的粉末粒子经加温烘烤固化后成膜。附带的回收装置可以将喷涂过程中的一些废弃粉末重新回收利用。

节能减排的成效：粉末涂料不含溶剂，无三废公害，很好地改善了劳动卫生条件。

静电喷涂可以将涂料的利用率提高 25%-40%，从而有效减少涂料的消耗，同时减少挥发性有机化合物的排放量及对环境的污染。

方案实施的注意事项：1) 粉末的电阻率在 10¹⁰-10¹⁶ 欧姆/厘米较为理想，电阻率过低易产生粉末再分散，电阻率过高会影响涂层厚度；2) 喷粉量的大小对膜厚有一定的影响，一般喷粉量小，沉积率高。喷粉量一般控制在 50g/min 到 1000g/min 范围内；3) 喷涂距离是控制膜层厚度的一个主要参数，一般控制在距工件 10-25 厘米。

投资额及回本期：投资额为 0.35-5 万人民币每台，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 46 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

生产工序：塑件喷涂

方案名称：封闭式全自动喷涂

方案归类：减少油污及 VOC 减排

方案归类：减 VOC

改善前：采用传统的人手喷涂工艺塑胶玩具工件，产品质量参差。人手喷涂时的油漆消耗量大，利用率又低，一般只有 50%-60%的涂料得到利用，对小件工件喷涂时，油漆利用率更低 (往往只有 15%-30%)，释放较高浓度的挥发性的有机化合物 (VOC)，造成空气污染。

改善后：自动喷涂设备主要包括一个机台、工件输送装置、封闭的喷漆室、控制系统和其他配件。除放置和移走工件的过程是人手作业外，其他过程均为全自动化。设备可确保喷涂均匀性和提升喷涂质量，减少浪费涂料及溶剂，从而减少实际耗用量。此外，整个过程将于密封的喷漆室中进行，将 VOC 全部导入油雾过滤装置，以改善空气质素。

节能减排的成效：使用自动喷涂设备后，约可节省22%油漆，并大幅减少VOC排放量。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：回本期为 1-2 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 47 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

生产工序：塑件喷涂

方案名称：低压喷涂技术

方案归类：减少油漆及 VOC 排放

改善前：自动喷漆工艺一般使用高压高雾化喷枪，但由于高压高速喷出涂料，涂料会在喷件表面反弹，约只有20-30%涂料可以依附在喷件。大量涂料反弹，浪费涂料之余，VOC随涂料挥发到车间，加剧喷涂空气过滤系统或处理系统的负担。

改善后：以低压喷枪取代原有的高压高雾化喷枪。低压高雾化喷涂是一种以低雾化压力产生低空气喷射速度的技术。低压喷枪采用中心空气与角空气独立控制设计，雾化颗粒细小，可轻易改变喷幅大小，即使是易沉淀的涂料，亦可以在回转结构下，产生低雾化低运行速度的喷料。低速涂料及细小雾化颗粒，可减少涂料反弹，并可提升涂料粘附效果，增加涂料在涂件表面附着率。

节能减排的成效：低压喷枪可以令涂料于涂件的附着比率由20-30%提升至35-40%，不但可减低VOC排放，更可节约10%的油漆，以及提高生产效率。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资乎喷枪数目而定，回本期约半年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 48 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助)

生产工序：塑件喷涂

方案名称：活性炭废气处理系统

方案归类：减 VOC

改善前：一般五金/塑胶业的产品在制成后会进行喷漆工序，以加强其耐久度及美观度。传统的溶剂性油漆有 50% - 80%是有机溶剂如天拿水等，在使用时会释放大量的 VOC，产生安全及健康问题。企业一般会使用传统的抽气系统将未经处理的 VOC 直接排出工厂外，对周边环境造成影响。有些厂方只采用喷淋除尘系统控制喷漆工艺废气和粉尘，但喷淋法的除尘效率通常只有 30%-40%，况且挥发性有机化学物不溶于水，故对 VOC 的去除效率偏低。

改善后：部份工厂现已使用活性炭废气处理系统，以减少 VOC 的排放量。VOC 废气

的处理步骤包括：喷漆水濂柜将喷漆废气经抽风机通过管道汇集，先进入漆雾过滤器，以去除掉较大颗粒的有机粉尘，然后经活性炭吸附器处理。

活性炭是一种主要由含碳材料制成的外观呈黑色，内部孔隙结构发达、表面积大、吸附能力强的一类微晶质碳素材料。活性炭材料中有大量肉眼看不见的微孔，可以有效地吸附如 VOC 等细小的份子，令废气中的 VOC 得以去除，然后排出大气中。

方案实施的注意事项：活性炭经长时间使用后的吸附能力会下跌，甚至会产生解吸的现象，增加 VOC 排放，故需定时更换。活性炭于吸附塔内的放置及排列方式亦会影响去除 VOC 的效果，厂商在安装前应先寻求专业的意见。

减排成效：使用活性炭废气处理系统能有效减少 VOC 排放量 41.3%至 87.3%不等。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：** 经济：** 环境：**

方案 49

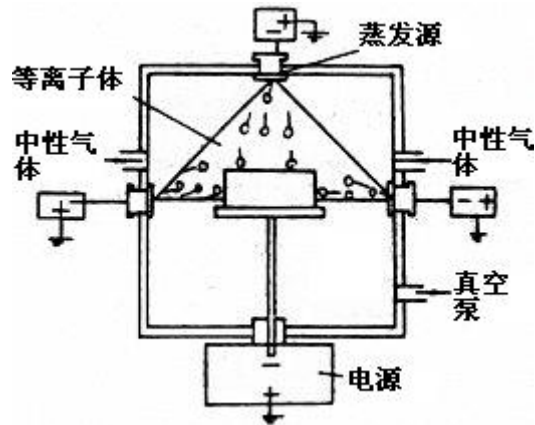
生产工序：塑料制件镀膜

方案名称：真空离子镀膜

方案归类：减控污水

改善前：采用传统的化学电镀法，镀层金属或其它不溶性材料做阳极，待镀工件做阴极，镀层金属的阳离子在待镀工件表面被还原形成镀层。为排除其它阳离子的干扰，且使镀层均匀、牢固，需使用含镀层金属阳离子的溶液做电镀液，以保持镀层金属阳离子的浓度不变。即传统的电镀法是湿法，电镀过程中需用大量的重金属溶液和化学试剂，镀完后这些废水的排放会对环境造成严重的污染和破坏。

改善后：真空离子镀膜技术即将工件放入真空室，利用气体放电原理将部分气体和蒸发源（镀膜材料）溢出的气相粒子电离，在离子轰击工件的同时，把蒸发物或其反应产物沉积在工件表面成膜。常用的方法有空心阴极放电离子镀、阴极电弧离子镀、热电子增强电子束离子镀。离子镀膜法的示意图如下：



离子镀系统示意图

节能减排的成效：真空离子镀膜技术不需要消耗铜、镍等贵金属，不使用强酸、强碱和氰化物、铬酐等有毒有害化学品，减低重金属、氰化物等污染物的排放。达到保护环境、节能减排、根除电镀三废污染的目的。

方案实施的注意事项：1) 在离子轰击和蒸发时，应特别注意高压电线接头，不得触动，以防触电。2) 镀制多层介质膜的镀膜间，应安装通风吸尘装置，及时排除有害粉尘。

投资额及回本期：投资额为 40-50 万人民币每台，回本期为 1-2 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

3.2.5 其他辅助设备（如自动化系统设备、空压机、物料回收设备）的清洁生产方案

方案 50

生产工序：固体废弃物处理

方案名称：淀粉基可降解塑料

方案归类：减少固体废弃物

改善前：最为传统的处理塑料加工后的固体废弃物的方法是填埋和焚烧，但是通过焚烧手段处理固体废弃物不但耗能，最为关键的是焚烧后的各种废气会对大气环境造成严重污染，甚至是危害人类的健康，而目前比较广泛应用的是回收再利用，但是仍不可避免耗能的问题。

改善后：采用淀粉基可降解塑料作为塑料加工的原料，其主要是以淀粉为原料，经过生物或化学反应得到的材料，聚羟基脂肪酸酯和聚乳酸等都是其中的代表^[25]。

节能减排的成效：废弃的固体塑料由于可完全生物降解，对环境没有造成污染和影响。

方案实施的注意事项：因淀粉基可降解塑料是新兴发展起来的材料，对它们的研究还在进行当中，虽然是环保材料，但是其与传统塑料的力学性能还有较大的差距，因此使用范围较窄，对于注重材料的力学性能的工厂来说，尚未能推广使用。

投资额及回本期：投资额视工厂的规模而定，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：** 经济：*** 环境：**

方案 51（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范及核证项目资助）

生产工序：塑料成型辅助工序

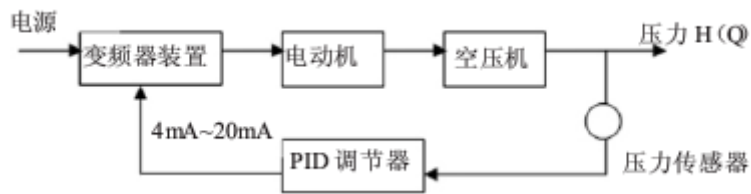
方案名称：变频式空压机

方案归类：节能措施

改善前：为了满足生产的用气需求，储气罐内气体必须保持一定的压力，但实际上活塞空压机的排气量都会大于实际用气量，空压机保持恒速运转，此时储气罐内气体越积越多，直到压力上升到设定的最高压力。通常采取以下两种方法解决高压问题：一是使空压机卸荷运行，保持运转但不产生气体，此时空压机的输出功率一般在 50%左右，且这部分能量消耗全都是浪费的；二是停止空压机的运行，这样看起来是节约了电能消耗，但因空气储存的容积有限，当气体低于下限压力值时，空压机在此以额定转速给储气罐加压，直到压力达到上限压力而卸载，转入空载运行，如此卸载到加载这一突变过程所带来的电能消耗非常大，特别是对电网的冲击很大。

改善后：针对活塞空压机的运行情况：即在空压机的整个运行时间中，空载运行所占时间比例较大，因而很多电能都是浪费的，采取变频调速方案。由装在空压机出口的压力传感器检测到空气压力信号值，在经过模拟数字信号的

转换，通过 PID 调节器的功能，在确保工作所需压力的情况下，保证电动机的最小功率输出，在精确控制压力的同时，实现电动机的软启动。由于供气压力的稳定，通过压力调节器，可使空压机保持在设定的压力值下工作，压力稳定可靠性高，且可无级设定，随时可调。空压机的排气量由空压机的转速来控制，汽缸内阀片不在反复地开启和关闭，避免了电机的突然起动问题（一般情况下起动电流为额定电流的 5-7 倍）。活塞空压机变频节能改造系统示意图如下：



空压机变频节能改造系统示意图^[26]

节能减排的成效：使用变频器后，多数空压机的节电率都达到 25%左右，由于空压机的电动机功率都较高，所以其节电量值都较大，大大降低了能量消耗。

方案实施的注意事项：1) 选用通用型变频器，不要选风机、水泵用的二次方减转矩的变频器；2) 上限频率：一般不要超过额定频率（小于 50Hz）；下限频率：一般不宜低于额定频率的 80%；3) 由于压缩机不经常起动，所以升、降速时间可适当延长一点，以免「过电流」或「过电压」的跳闸；4) 升、降速方式可采用直线方式，若有半 S 形方式最适宜；5) 节能运行一定要选用 V/F 控制性特性的运行方式；6) 变频器控制线必须采用屏蔽电缆，并在布线范围内与动力线相距大于 0.1m，相交时必须转角 90°，避免变频器控制信号受到干扰。

投资额及回本期：投资额为 2-5 万人民币每台，回本期在半年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 52

生产工序：PET 清洗

方案名称：螺带洗料机

方案归类：节能措施

改善前：在传统的清洗流水线中，核心设备室搅拌罐。物料由提升机提升加入搅拌罐，在 95-98°的火碱水溶液中搅拌清洗，再从搅拌罐的底部用提升机提出，进入漂洗罐或者筒式洗料机中搓洗。这个过程有两个缺点：一是物料在搅拌罐中的停留时间不确定，不能保证清洗的效果；二是设备太多，麻烦、投资大、动力消耗大。

改善后：螺带洗料机彻底克服了这些缺点，其内部结构为：轴的内圈是螺旋扇叶，在搅拌的同时将物料向后推送；轴的外圈为螺带，将物料向前推送；这样在机器中的物料就形成了方向相反的物质流，反复运送。物料与扇叶、螺带，物料与物料之间形成了摩擦搓洗的过程。当机内物料的高度超过前挡板时，物料自动进入提升系统，推送到下一个环节。物料在本机中可实现自动搓洗 20-30 分钟（时间可调），先进先出，后进后出，连续生产。所有过机物料都能得到同样地搓洗时间，实现了均匀、彻底的清洗。同时本机带有加装热水锅炉。接通水路即可实现热洗。温度可以自由掌控。机体外面设保温层，严格控制机体散热^[27]。

节能减排的成效：清洗时间和温度都可控，根据相关资料，一个年产 2000 吨的小型洗料厂，每年可节约优质燃煤 100-200 吨，大大地节省了能源消耗。

方案实施的注意事项：在安装本机的位置，修一个水泥储料池（地下），储存清洗药液，将螺带洗料机座上上边即可。每次清洗完成后，将药液放入池中沉淀，再次使用时将沉淀后的清亮药液加入机中使用，这样就实现了药液的循环使用，减少消耗，降低污染。

投资额及回本期：投资额约为 2.5 万人民币每台，回本期在半年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 53

生产工序：塑料回收

方案名称：新旧料混合回收系统

方案归类：节省原料、节能措施

改善前：塑料成型后所产生的废塑料经粉碎机粉碎后，没有立即投入下一步的塑化使用，而是要先堆放起来，一方面占空间，一方面这些废弃的塑料所散发出来的气味对大气也是一种污染，影响人的身体健康。同时这些塑料在进行下一步的塑化之前还要经过烘干工序，消耗额外的能源，对节能而言很不利。

改善后：将回收型塑料粉碎机，回收型塑料破碎机，节能型塑料粉碎机放置于注塑机旁边，使注塑时产生的水口料和废品料通过机械手立即投入粉碎机内粉碎，而不需要进行烘干，利用新旧料比例阀定量比例混合后，经吸料机送入注塑机上的干燥料桶进入注塑机塑化^[28]。

节能减排的成效：（1）适用于各种塑料粉碎之回收利用，节省原料；

（2）废弃塑料在其物性未发生变化前就已回收再用，不再堆放在环境中，保持车间整洁，减少了环境污染，减少浪费。

（3）旧料不经二次烘干，不变色，自动输送好，很好地降低能耗。

方案实施的注意事项：通过控制新、旧料吸入量来达到控制新旧料配制合适比例目的。

投资额及回本期：投资额约为5万人民币每台，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：注塑机炮筒废热回收*** 环境：**

方案 54

生产工序：废旧塑料回收

方案名称：环保节能型废旧塑料造粒机

方案归类：节能措施

改善前：只能生产甩干、烘干的原料，塑料挤出造粒前开机预热时间长，在进行挤出造粒过程中，料筒外的加热装置一直保持着加热状态，即需要连续加热，电耗大。

改善后：环保节能型废旧塑料造粒机将切碎和清洗好后的废旧塑料送到挤出机料斗，被螺杆螺纹咬住旋转螺纹强制向机头方向推进，塑料在运行、熔融过程中受到很大的压力，把塑料压得很密实，改善了它的传导热性，有助于塑料

很快融化。塑料一方面被外面加热，另一方面，在挤出机压力增大的同时，塑料在摩擦、压缩，也产生很大的热量，塑料在内力和外力的联合作用下，温度逐渐升高。最关键是该设备充分利用高压内摩擦不断升温原理，采用多功能加温模式并配备恒温系统，自动加热生产，即物料的温度到达熔融温度后，智能加热系统会转为保温状态，从而避免了连续加热。

节能减排的成效：由于挤出造粒过程避免了连续加热，更省电，节能达到 50%-70%。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额为 1.5-27 万人民币每台，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 55

生产工序：混料过程

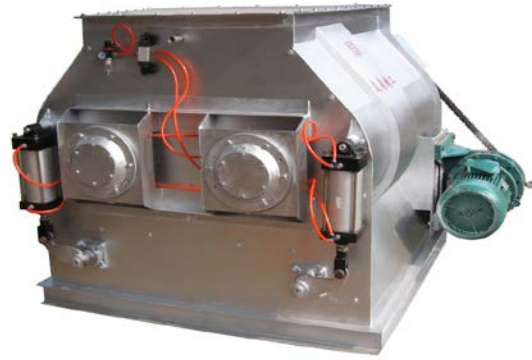
方案名称：双轴叶片混料机混料技术

方案归类：节能措施

改善前：传统的混料机为单叶片式，这种单叶片式混料机混合效率很低，而且混料不均匀，能耗很大。

改善后：为了改善单叶片式混料机的混合效果，提高混合效率，降低能耗，国内外对混料机的搅拌桨叶进行了改进，开发出了双轴叶片混料机。其工作原理是由两个"S"形叶片，以不同的速度（速比通常接近 1：2）和相反的方向旋转，使成型料起到混合作用，因此，也叫「双轴 S 型混料机」。该设备优点如下：

- 1) 桨叶运动时，物料被翻转搅拌，物料混合较均匀；
- 2) 混合物料松散；
- 3) 由于物料混合均匀，物料的成型性好；
- 4) 出料简便，剩料少；
- 5) 与其他类型的混料器相比，这种桨叶的设计能提高搅拌效率，降低能耗。



节能减排的成效：双轴叶片混料机提高了混合效率和物料均匀性，同时由于缩短混合时间，降低了生产能耗。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额约为2万人民币每台，回本期半年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：*

方案 56

生产工序：熔体输送

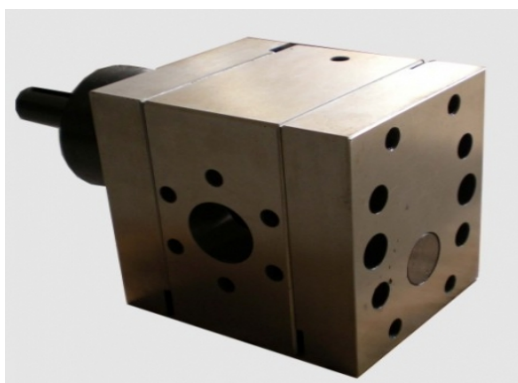
方案名称：熔体泵技术

方案归类：节能措施、减少废物

改善前：传统的挤出成型中物料经螺杆塑化熔融后直接成型，但是由于挤压系统的压力波动，生产的制品废品率高，而且挤出机能耗很大。

改善后：为了改善传统成型的不足，在挤出生产线上加入熔体泵（齿轮泵）技术，熔体泵主要功能是将来自挤出机的高温塑料熔体增压、稳压后流量稳定地送入挤出机头，其稳定熔料压力、流量的能力优于各种类型的挤出机。熔体齿轮泵的工作原理：当熔体中的齿轮按设定的方向旋转时，在入口腔，由于齿轮脱开啮合使容积逐渐增大，齿轮的旋转使填入齿间的熔体被带走，故形成负压使入口腔不断被后续熔体填满。随后，充满齿槽中的熔体随齿轮的旋转带入出口腔。在出口腔，由于齿轮进入啮合，容积逐渐减小，形成高压将熔体排挤出去。随着啮合齿轮的连续旋转，熔体就从入口腔不断地泵送至出口腔，最后经升压的熔体从出口腔送入挤出机头。使用熔体泵的优点有以下几点：

- (1) 将挤出制品的尺寸公差降至最小，使单位重量的物料制出更多的产品。在挤出制品的尺寸公差要求严格或制品的原料成本较昂贵时，使用熔体泵更为必要，更有价值。
- (2) 将挤出机与熔体泵组合成的挤出生产线，其产量比单独的挤出机组大幅提高。加工每公斤物料的能耗一般可降低百分之二十五左右。
- (3) 在挤出机上加装熔体泵和管、板、膜等挤出机头，可省掉造粒工序直接挤出制品。这种系统非常适合挤出制品的材料需要经过共混改性的场合。该系统除具有上述第 2 条优点外，还通过简化挤出制品的生产工艺过程，缩短生产周期来实现节能。
- (4) 可以实现用多台中小型挤出机同时向一台熔体泵供料，熔料经熔体泵增压计量后供给机头挤出大型制品(大口径管材、宽幅板、膜等)。这种配置的生产线结构紧凑，占地面积小；挤出制品的截面尺寸更精确且控制容易。
- (5) 在挤出机上配置熔体泵，可使该系统的操作自如，性能优异。在高机头压力和高产量下，挤出量可随意调节而决无冒料情况出现。



熔体泵实物图

节能减排的成效：熔体泵技术可明显改善挤出质量，减少废物的产生，减少原材料的消耗，降低挤出机的负荷，使挤出机功耗及压力显著降低，而且还可进行高速及低温挤出，进一步降低生产能耗。

方案实施的注意事项：无

投资额及回收期：虽然挤出生产线中因增配熔体泵系统而投入成本，但这与从上述诸多好处中所获得的效益二者相抵，一般在半年或更少的时间内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：*** 经济：** 环境：*

方案 57（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

生产工序：其他

方案名称：柴油优化节能技术

方案归类：节能措施

改善前：一般使用柴油时，由于长期曝露于大气之中，使大气的水分不断进入柴油，增加了柴油的粘度，降低燃烧效率。此外，空气中的微生物会加速柴油劣解，令燃烧时会产生更多黑烟及形成油垢，污染环境。油垢亦会影响锅炉的操作，使锅炉的故障频率上升，降低锅炉的生产效率。

改善后：使用内装设高磁性磁石的柴油优化器，由于柴油中令碳氢分子聚结的水分子带有极性，当经过那些高磁性的磁石时会被磁场扭曲排列，令碳氢分子不能容易聚合，大型碳氢颗粒会被粉碎至小型碳氢分子，使其更易燃烧。而细菌亦因为细胞带有极性而被撕裂，有效减低柴油中的细菌含量，降低柴油劣解，减少形成油垢。

节能减排的成效：经过燃料节省装置的柴油会比没有经过的容易达成完全燃烧，可节省柴油耗用量达13%，同时亦释放出较少的污染物及较多的能量。另外，使用此装置可改善锅炉、油缸及发电机的积油问题，降低发电机及锅炉的故障频率。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资金额视设备数目而定，回本期约一年多。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 58（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范及核证项目资助）

生产工序：其他

方案名称：注塑机炮筒废热回收

方案归类：节能措施

改善前：传统注塑机普遍存在能耗高及散热量大的问题，不仅导致生产成本上升，而且耗电而额外增加环境污染。烘料采用电阻丝绕制的加热方式，电阻圈内外双面发热，外层的热量大部分散失到空气中，浪费电能；炮筒表面散发200-300度高温，造成车间温度升高，若使用空调降温，造成能源的二次浪费。

改善后：注塑机炮筒废热回收设备以保温筒包裹炮筒的加热圈以减低热损失，而保温筒与加热圈之间以吹风方式带走余热。随即将余热风送到烘料筒供烘料使用，以节省烘料所需的电能。余热风经过烘料筒后以过滤器除去尘粒，然后返回保温筒与加热圈之间，造成热能循环。

节能减排的成效：烘料筒的用电量下降约20%至70%，而注塑机的用电量则下降1%至16%，视乎生产数量设备品牌而定。

方案实施的注意事项：由于余热风在炮筒保温筒及烘料筒之间循环，当塑料的水份较高时，热风中的湿度有可能累积而影响产品的品质。

投资额及回本期：投资金额视设备型号及数目而定，回本期由约半年到至4年。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析： 技术：** 经济：** 环境：**

方案 59 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

生产工序：其他

方案名称：链条锅炉拨火助燃系统

方案归类：节能措施

改善前：一般工业使用的链条锅炉是利用燃烧煤炭层的方式设计，燃烧效率较低。由于在链条上的煤层于进煤至排渣的过程静止不动，煤层表面会因燃烧而结渣，减低煤层中的通风量，降低燃烧效率。由于煤层表面结块，一般会加强送风量助燃，但增加热损失及风机的耗电量。另外，当进行间歇性人工拨火时，由于搅拌频率不足，煤在炉排上运行中很难达到与空气充分混合，煤的燃烧不及时也不完全。

改善后：链条锅炉拨火助燃系统是以机械方式拨动在主燃烧区燃烧的煤层，并在鼓风机的作用下达到松渣、碎焦、半沸腾状燃烧的目的，有效解决煤层表面

的积渣问题，增强煤层的透风性及燃烧面积，提高炉膛温度。此外，拨火助燃系统以自动化操控，减少工人操作，能更准确地进行拨火，加强进煤的燃烧效能。

节能减排的成效：增强了煤层的透风性及燃烧面积，可以减少鼓风机及引风机的风量，节省相关的耗电费用；减低风量，可降低链条锅炉的热损失，进一步减少原煤的消耗。节煤率约15%。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资金额视设备数目而定，回本期约一年多。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 60（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范及核证项目资助）

生产工序：其他

方案名称：无极灯代替传统灯具

方案归类：节能措施

改善前：一般工业使用的照明灯具包括金属卤化物灯及卤素灯。金属卤化物灯因亮度高及运作温度高，故相对寿命较短，而且用电效率低，同时令生产车间对空调的需求增加。

改善后：部分工厂会采用无极灯代替以上的传统照明灯具。无极灯没有灯丝及电极，而是以高频发生器产生高频能量，通过耦合器线圈在放电腔中感应交变磁场，反过来又诱发电场，使灯泡内的气体雪崩电离形成等离子体。电子在电场中被加速后，与汞原子碰撞，使汞原子激发到更高能级上，激发的汞原子从较高能级上返回基态时，发出紫外光子，紫外光子激发泡壳内壁的萤光粉，产生可见光。无极灯内使用的汞原子是固态汞，含量比传统灯具低，而且由于无极灯没有灯丝和电极，寿命比一般灯具长，加上表面温度较低，可以减少生产车间对空调的需求。

节能减排的成效：节电率约40-70%。

方案实施的注意事项：无极灯的照明方式需使用磁场，使无极灯工作时会产生大功率的电磁干扰，可能会影响无极灯附近的用电设备。

额及回本期投资：回本期约 1-2 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 61 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

生产工序：其他

方案名称：空气压缩机废热回收

方案归类：节能措施

改善前：企业使用的空气压缩机，能源效率甚低，大部份能源以废热形式浪费掉。

压缩机的温度很高，表面温度可达 100 度℃，不但减低效率，容易破坏润滑油的品质，而且损耗机件，增加保养及维修费用。

改善后：安装压缩机热水系统，回收空气压缩机热能制造生活热水，取代原有的柴油锅炉，成功达到节能及减排空气污染物。压缩机热水系统的原理是利用空气压缩机运作时所产生的热量，以热交换方式加热自来水，热水经管道供给员工生活区使用。此加热方式不单可以以零燃料成本去生产生活热水，亦可以替空气压缩机降温，减低油温及机件温度。提高空气压缩机的散热效果，可防止机油乳化，减少积碳现象，加长润滑油及空气压缩机的使用寿命，以及提高空气压缩机的产气率，减少电耗。

节能减排的成效：回收空气压缩机热能，空气压缩机的油温降低了8 - 10℃，产气率提高约4%，同时节省柴油耗用量，减少碳排放。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：回本期约 1 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：***

方案 62 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

生产工序：其他

方案名称：环保碳氢制冷剂

方案归类：节能措施

改善前：一般厂房空调机组使用的 R22 制冷剂含有氯氟碳化合物，会破坏大气臭氧层，造成温室效应。

改善后：环保碳氢制冷剂由高纯度丙烷、丁烷按比例调和而成，用量比旧式的制冷剂少，但制冷量则较大，此外，它可大幅减少压缩机的负载及发热量，延长空调机组的寿命。

节能减排的成效：透过减少耗电可减少相应的空气污染物排放量，如二氧化碳（CO₂ 420 t）、二氧化硫（SO₂ 340 kg）、氮氧化物（NO_x 380 kg），有效提升环境质素。节电率约 20%左右。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：回本期少于一年

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：*** 经济：** 环境：**

方案 63（类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助）

生产工序：其他

方案名称：中央空调系统变频器

方案归类：节能措施

改善前：由于中央空调系统都是按最大负载并增加一定余量设计，日常运作耗电庞大。满负载下运行最多只有十多天，甚至十多个小时，几乎绝大部分时间负载都在 70% 以下运行，造成大量的电能浪费。

改善后：中央空调变频器主要是通过无感向量闭环控制技术，对温差参数进行智慧优化演算及动态预测。通过数据储存和节电优化软体对中央空调系统各运行参数进行即时调整和优化，实现冷媒流量跟环境负荷的适时变化，确保空调主机处于最佳的负载及保持最优化的能量转换效率（COP），使系统在满足制冻需要的情况下达到最大的节能效果。当生产车间内的温度偏高，变频器便会增加风口开度及加大冷风量，使房间内的温度降低。相反，如果生产车间的温度偏低，则关闭一部分风口开度，减少冷风量来维持冷热平衡。即是送入生产车间内部的风量是可调节的、变化的。特别是到了夜

班时，员工人数少，机器负荷低，对空调冷量的要求也大大降低，只需少量冷风就能维持生产车间需求的正压及冷量。

节能减排的成效：每月的用电量下降 15% 至 52%。

方案实施的注意事项：中央空调系统安装变频器后的谐波失真率较高。因为变频器会产生较多非线性的电流及电压变化，可能会导致线路损耗增加、电力设备过热等问题。可考虑安装谐波过滤器，提高用电质量，减少设备损伤。

投资额及回本期：投资金额视设备型号及数目而定，回本期由最快的 1.6 年到最长的 7.5 年。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：*** 经济：** 环境：**

方案 64 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助)

生产工序：其他

方案名称：配电柜安装节电器

方案归类：节能措施

改善前：各楼层的配电柜中有大量的电磁感应组件，在配电柜运作时，电流流经供电柜会产生大量电感性负载，使配电柜产生滞后的无功功率，减低企业供电柜的功率因数及用电质素。另外，供电柜中有大量的半导体组件，容易产生较大的非正弦电波，使配电柜的谐波电压升高，导致供电质素变差。

改善后：各楼层的配电柜若装上可改善功率因素的节电器，因电容器在交流电的作用下带有导电性，故此相应地亦有其阻抗。电容阻抗所消耗的电流模式，却是领先于交流电的电压变化，其领先幅度为 90°相角差，正好与线圈等组件的阻抗相反。正因电容器的阻抗电流相角差与线圈等组件相反，故此两者加以并联后，则可以互相抵消，从而把功率因数提升，以及减少无功功率和相关电流的消耗。至于电路控制方面，则是利用芯片控制电流的输出，以达到减低功率消耗的作用，提升用电效率。部分节电器更装设电抗器，与电容器并联组成谐波滤波器。滤波器的设计要使在工频情况下呈容性，以对线路进行无功补偿，对于谐波则为感性负载，以吸收部分谐波电流，改善线路的供电质素。

方案实施的注意事项：如车间的生产线运作模式有空载的时间及有大型的电动机电子控制线路，配电柜的节电器才能产生显著的节能效果。

节能减排的成效：配电柜安装节电器有节电效果，用电量下降 2.3%至 23%。

投资额及回本期：投资金额视设备型号及数目而定，设备投资回本期由最快的 0.8 年到最长的 16.5 年。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 65 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助)

生产工序：一般厂房

方案名称：总配电房电容补偿器

方案归类：节能措施

改善前：工厂用电设备种类繁多，如马达、变压器及线圈组件等装置，当交流电通过这些组件时，会产生一定程度的磁场变化，从而令电路上出现额外的电阻，被称为抗阻。抗阻的出现令设备需要消耗额外的电流，以克服抗阻，令设备可以正常运作。这些因为抗阻而额外消耗的电流，由于不涉及设备的正常使用，被称为无功功率。来自线圈等的抗阻所消耗电流的模式，会滞后交流电的电压变化，滞后幅度为 90°的相角差。当用电设备的无功功率愈大，真正用于设备上的电能愈少，造成浪费。

改善后：电容补偿器是一个可以减低用电系统所产生的抗阻，从而减少浪费无功功率的装置，有助无功补偿或者功率因数补偿。因为电容器的电流耗用模式领先于电压变化，同时领先幅度为 90°的相角差，使电容补偿器与用电设备连结后，电容补偿器的领先幅度可以补偿用电设备的滞后幅度，电容器在容性无功功率和感性无功功率之间互相抵消，有效地减少因无功功率而引致的额外电流消耗，令功率因数得以提高，亦间接地缓和供电电压的下降。并且，在用户设备容量不变的情况下，可多吸收电网的有功功率和电流，而增加用户的用电容量。但电容补偿器并不会对用电量有所影响，增加功率因数可以减低电流量，因电流的消耗减少了，电网的电力传输能力亦相应提高，并减少了电力损耗，因此可减少能源的耗用。

方案实施的注意事项：电系统使用电容补偿器后，因为非线性电流而产生较多的谐波失真。此外，电容补偿和系统阻抗并联，从而令谐波产生共振，引致谐波倍大的效果，若参数调校恰当，此情况亦只属轻微。虽然有些厂方使用电容补偿器后节能效果不明显，但因为有助提升功率因数的效用，而获得节电奖励。

节能减排的成效：一般的电容补偿器每年均能节省能源费用约 1,400 元至 95,000 元。

投资额及回收期：投资金额视设备型号及厂房用电量而定，回收期由约 2 年到约 17 年。

厂家采用该方案的情况： 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

3.2.6 其他运用于塑胶制品生产工艺的清洁生产方案

方案 66

生产工序：塑料制品阻燃改性

方案名称：无卤阻燃改性技术

方案归类：减少空气污染

改善前：传统阻燃材料的制备主要是在聚合物中添加一定量的含卤阻燃剂，利用阻燃剂的分解释放卤化氢，它与聚合物降解的自由基相互作用，降低了自由基浓度，从而减缓或终止了火焰中的链式氧化反应，且卤化氢是难燃的气体，受重力影响在聚合物燃烧的边界形成导热性很低的物层，稀释了聚合物的可燃性气体的浓度及氧的浓度，也降低了可燃气体的温度，最终减缓了燃烧速度，甚至火焰终止。但是，含卤阻燃材料发生火灾时，燃烧过程中发烟量大，同时会释放出有毒的卤化氢气体，一方面严重污染环境，一方面会对人体的生命构成了严重的威胁。

改善后：硅系阻燃剂具有无毒少烟、燃烧值低、火焰传播速度慢等特点，阻燃机理是生产的 SiO_2 在体系的表面形成无定性硅保护层，降低材料的热释放率和失重率，并且对材料具有增强作用。磷系阻燃剂可以是聚合物碳化，在材料表面形成炭层，而且磷大部分残留在炭层中。而炭层的氧指数高达 60%，

难燃、隔热、隔氧，且导热性差。另外生成的聚偏磷酸呈粘稠状液态膜，覆于材料表面，既可以阻止自由基溢出，又能降低炭层的透气性，隔绝空气，从而实现阻燃作用。磷系阻燃剂发烟量小，低毒，应用广泛，既能单独使用，又能与其它阻燃剂协同使用。各类阻燃剂相混合后加入阻燃材料中，不但使提升阻燃性能，还可消除其单独使用时的缺点^[31]。

节能减排的成效：无卤阻燃材料普遍都是发烟量很小，制品燃烧后不再产生有毒的卤化氢气体，不但减少了对空气的污染，同时很好地保障人类的身体健康。

方案实施的注意事项：无卤阻燃剂的应用还在继续研究阶段，它们还有着诸多缺陷，比如阻燃效率不高，易使聚合物材料的性能下降严重等，因此这项新技术还有待推广。

投资额及回本期：根据各工厂的实际情况而定。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 67

生产工序：冷却定型

方案名称：双壁波纹管直接挤出法中的棱式设计技术

方案归类：节能措施

改善前：传统的双壁波纹管生产线是由一台或两台挤出机通过双壁成型机头挤出内外层管坯，在履带式波纹管成型机上，管坯在一定气压或真空吸附作用下，被 40-70 对哈夫模块连续牵引、冷却、定型成为波纹管。由于生产中冷却定型需要的哈夫模块较多，投资较大，能耗也较大。

改善后：将哈夫模通过「棱式设计」固定在操作台上，可有效解决传统双壁波纹管冷却定型中能耗较大问题。以棱式设计固定在操作台上，哈夫波纹模沿矩形轨迹循环运动。在成型区，模块沿内侧轨道慢速移动；在非成型区，模块沿外侧轨道快速返回。这样设计不但所需模块数量少，还解决了双壁波纹管生产过程中的能耗问题，对生产大直径双壁波纹管尤为适用。

节能减排的成效：由于采用「棱式设计」使双壁波纹管冷却定型所需的模块减少，因此采用该技术可比传统的冷却定型方式更节能。

方案实施的注意事项: 无

投资额及回本期: 该方法比改善前投资要小, 在几个月内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况: 广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析: 技术: ** 经济: ** 环境: **

方案 68

生产工序: 混料过程

方案名称: PVC 混合料的双批次混料技术

方案归类: 节能措施

改善前: 在 PVC 挤出加工行业中, 传统的配混料方法是: 热混加人工配料和输送。

随着企业生产规模的不断扩大, 这种能耗较大的方法已不能满足大批量生产的需要。

改善后: 为了提高混料效率和产品质量, 双批次混料技术应运而生。该技术是以电脑控制的自动配料系统为核心, 辅以气力输送, 再与热、冷混合机相结合。双批次混料技术在热混时, 加入的 PVC 料为正常混料用量, 助剂是正常单批混料用量的两倍。当热混温度达到 120℃ 时, 将热混料卸入冷混机中并与事先加入的单批混料所需的 PVC 进行冷混。与传统方法相比, 新方案具有以下优点:

- (1) 由电脑控制的自动配料系统提高了配料精度, 解决了人工配料的繁杂、物料的损失以及对操作者的化学危害等问题;
- (2) 高效的气力输送系统替代了大批物料搬运过程的繁重劳动, 提高了生产效率;
- (3) 物料处理过程完全在封闭的管道中进行, 避免粉尘对车间环境的污染和对工人的危害;
- (4) 物料准备和处理过程更集中、更高效, 产出量更高, 完全可以满足大批量生产的需要;
- (5) 这种技术更节能。

节能减排的成效: 使用这种技术, 加工时可以节能 44%, 并增加混合料产量达 70%。

方案实施的注意事项: 无

投资额及回本期: 根投资额为 2-8 万人民币每台, 回本期在半年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 69

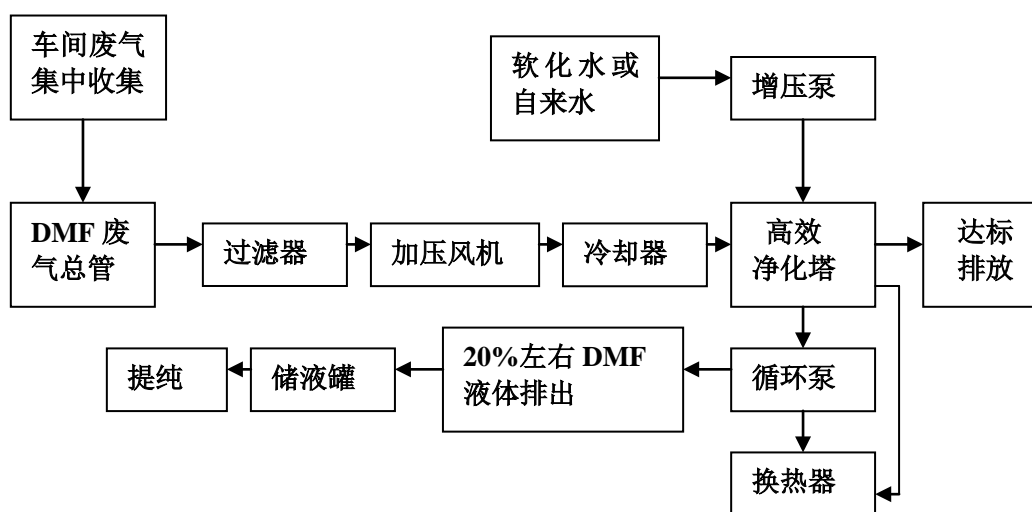
生产工序：聚氨酯合成革干法工艺车间溶剂废气回收

方案名称：封闭式烘干设备回收

方案归类：VOC 减排

改善前：废气温度低，排放量大，一条典型的干法生产线排放含 DMF（二甲基甲酰胺）工艺废气的量约为 20000-25000m³/h，若不经有效收集和处理而直接排放，不仅使废气物中的部分 DMF 作为原料而浪费掉，同时会严重污染大气环境，影响操作工人和附近居民的身体健康。

改善后：在封闭式烘干设备上方利用风机将废气收集，由总管经加压送风送至高效水喷吸收塔，利用 DMF 易溶于水的特点，当 DMF 浓度达到 18%-25%时送去精馏提纯，回收用于聚氨酯的再加工生产。工艺流程见下图：



PU 合成革干法生产线 DMF 废气回收工艺流程图^[32]

节能的成效：削减废气污染、变废为宝、保护环境、资源能够再生利用。

方案实施的注意事项：无。

投资额及回本期：据浙江省乐清市环龙环保产业有限公司开发的废气回收技术运行情况来看，两条 PU 干法生产线废气回收设备投资约为 60 万元，年回收能力 350 吨 DMF 废气，回收率 98%，年综合经济效益 220 万元，可以在 4 个月内收回成本。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

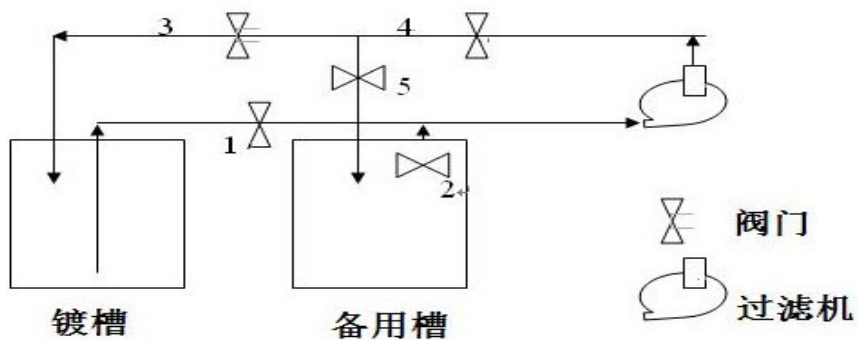
方案 70

生产工序: 塑料电镀前化学处理粗化

方案名称: 塑料粗化过程中的铬酐循环使用工艺

方案归类: 减少废物

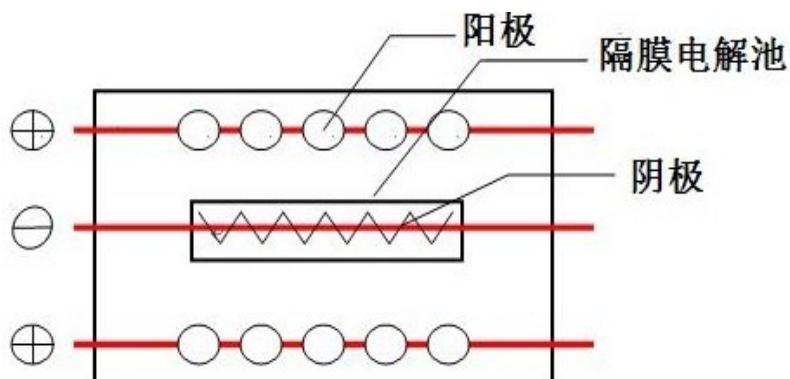
改善前: 处理含 Cr^{6+} 废水常用方法有化学沉淀法、生化法、重金属离子捕捉剂、螯合剂等方法，仅将 Cr^{6+} 废水处理为 Cr^{3+} 污泥，未能彻底解决铬污染问题。如果从 Cr^{3+} 污泥中回收金属铬又增加处理成本，导致铬酐资源和水资源的利用率很低。



1、2、3、4、5 均表示阀门

化学沉淀处理的设备装置^[33]

改善后: 铬酐循环使用工艺采用固态的粗铬酐晶体代替传统粗化液，塑料粗化产生的废水经初步沉淀之后，粗铬酐晶体与废液相分离，回收的粗铬酐晶体供粗化槽循环使用，废液再经四级封闭水槽清洗稀释，稀释后的废液用素烧陶瓷隔膜滤芯过滤，过滤后的滤液添加到粗化槽中再次使用，过滤后的杂质经还原之后(将 Cr^{6+} 转成 Cr^{3+})再进行三级逆流水洗和离子交换法处理以回收 Cr^{3+} 和水，回收的 Cr^{3+} 和水则循环使用。这种工艺大大减少了废水与重金属铬的排放量。



素烧陶瓷隔膜法^[33]

节能减排的成效：减少了有毒性铬酐溶液以及其它化学试剂的排放，很好地保护环境。

方案实施的注意事项：

- 1、对于阴极室内的硫酸及沉淀应定期清理，防止空隙内隔膜被穿透形成铬层。
- 2、应尽量保持阴阳极室内液压平衡，防止隔膜长期压力过高。
- 3、停止电解处理时应将电解池清理干净后放置在阴凉干燥处。
- 4、切忌尖状物直碰隔膜。
- 5、断电时应将隔膜电解取出，清洁干净。

投资额及回本期：根据各个工厂的实际情况而定。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：*** 经济：*** 环境：***

方案 71

生产工序：橡胶混炼过程

方案名称：橡胶混炼过程中的能量控制法^[34]

方案归类：节能措施

改善前：传统混炼排胶标准采用的在线控制方法为时间控制方法(简称「时控」)，是以混炼过程的时间为控制参数，严格按照操作规程规定的混炼时间进行排胶。但是操作规程所规定的炼胶时间往往比正常炼胶时间长，导致炼胶效率较低、能量浪费严重、胶料质量不稳定。

改善后：能量控制方法(简称「能控」)以混炼过程中消耗的能量为参数，胶料达到预定的总能量时即排胶。在实际生产中，总能量由光电电度表或功率积分仪直接显示出来。「能控」混炼的分散效果与设备型号、规格和作业条件无关，因而在实际生产中被广泛应用。

节能减排的成效：「能控」混炼平均能缩短混炼周期33%，胶料门尼粘度波动大大减少，可节能5%~36%，即使采用相同的混炼周期，比「时控」(手工操作)混炼提高效率5%~10%，可节能5%。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额视工厂的规模而定，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：***

方案 72

生产工序：橡胶硫化过程

方案名称：橡胶硫化测温仪^[34]

方案归类：节能措施

改善前：轮胎、减震制品等大型橡胶厚制品普遍存在过硫问题，不但降低了制品的品质和使用性能、造成硫化设备利用率低下，而且浪费能源。

改善后：为了解决大型橡胶厚制品的过硫问题，华南理工大学开发了橡胶硫化测温仪，通过对厚制品进行硫化温度的测定，并依据测温结果制定一个使其各部位硫化程度匹配且较为合理的工艺条件，从而达到节能降耗的目的。硫化测温仪通过对过硫化状态橡胶测温的结果，缩短了硫化时间，提高了成品性能。

节能减排的成效：以年产100万条轮胎生产能力为例，全部为罐硫化时，硫化周期由125min缩短了10min后，一年可节电360万KWh、节煤4860t；全部为机硫化时，硫化周期由83min缩短了10min后，一年可节电555万KWh、节煤8810t。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额 10 万元左右，回本期在半年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 73

生产工序：橡胶半成品冷却过程

方案名称：橡胶冷却过程中的热水循环温控技术^[35]

方案归类：节能措施、减少污水排放

改善前：橡胶工业长期以来采用强制冷却的加工工艺。但在长期的生产过程中也发

现强制冷却工艺存在许多问题，如在密炼机混炼工作过程中，采用的冷却水温度越低，其混炼周期越长，混炼质量也不理想；在挤出过程中，为降低挤出温度，采用的冷却水温度越低，其降低温度的效果越不明显，而挤出物挤出质量却明显降低。最重要的是该方法能耗很大、排出的废水较多。

改善后：为了改善传统冷却方法的不足，在密炼机、冷喂料挤出机和压延机中采用热水循环温控装置代替传统的强制冷却方法，在提高产品质量、提高生产效率以及节省能源方面都有显著效果。

节能减排的成效：在相同分散度质量的条件下，采用 47℃ 的循环热水要比使用 26℃ 的冷却水的密炼机混炼周期缩短 25%，扣除其他热源的能耗，实际节电 12%、节水 80% 以上。而冷喂料挤出机的能耗视挤出胶料配方而异，一般的节电 10%~30% 。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额较小，回本期在半年以内甚至更短时间。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：* 经济：** 环境：***

方案 74

生产工序：橡胶硫化过程

方案名称：橡胶硫化过程中的导热油加热技术^[36]

方案归类：节能措施、减少废气

改善前：目前橡胶制品硫化设备使用的热载体主要是蒸汽和电，蒸汽加热是封闭开放式非循环加热，冷凝水和废气一般不回收，故热能损失大，热能利用率低，而且造成空气污染。

改善后：国内外已有不少橡胶制品企业为了搞好节能降耗，提高企业经济效益，在其加热设备上进行导热油加热技改，并实现了较好的技术效果和节能效益。导热油循环加热是利用导热油通过热传导放出的热能达到加热的目的。因载热油体(导热油)是在封闭的管道内强制循环，故无热量损失，所以热效率高节能效果好，导热油加热技术具有下列优点：

(1) 节能效果好，节能率高效果显著；

- (2) 温度调控方便易行；
- (3) 无压力运行，使用安全可靠，运行费用低；
- (4) 设备构成简单，制造、使用成本低；
- (5) 最佳加热温度范围在100~380℃内，适用加热范围广。

节能减排的成效：导热油循环加热比蒸汽加热可节能60%以上，生产效率可提高17%~20%，且可大大减少废气的排放。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额视工厂的规模而定，回本期在一年以内。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：*** 环境：**

方案 75

生产工序：橡胶脱硫过程

方案名称：远红外直线热式动态脱硫技术^[37]

方案归类：减少废物、节能措施

改善前：传统的橡胶脱硫技术所使用的热载体为导热油，导热油式脱硫技术加热时间长，能耗较大且生产的再生胶质量较差，产生废物较多。

改善后：在导热油式脱硫技术的基础上研制出大功率远红外电加压系统，利用金属耐压罐体良好的热导性能，直接向罐体加热，使新的脱硫罐具有升温快、保温性能好、加热均匀等特性。使用新型远红外加热器件，大大提高加热功率和效率，而又降低电耗。该设备与导热油式脱硫罐相比主要具有以下几个显著的技术特点：

- (1) 安全性好，结构简单合理。维修、操作方便。新型远红外加热器件具有导热、绝缘性好的优点，使用中比导热油更安全可靠，热效率高；
- (2) 节能增产。远红外直热式脱硫罐的优点是直接加热，大大缩短升温时间；
- (3) 提高再生胶质量；
- (4) 减少排污，有利环保。远红外直热式脱硫罐彻底消除了废油、废水对环境的污染，大大减轻了生产企业环保治污的压力。

节能减排的成效：每台远红外直热式脱硫罐比导热油式脱硫罐全年可减少无效工时

280h，提高了脱硫罐的生产能力，提高了再生胶的产量，而且彻底消除了废油、废水对环境的污染，大大减轻了生产企业环保治污的压力。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资额较少，一般在半年内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：*** 经济：** 环境：**

方案 76

生产工序：橡胶硫化过程

方案名称：特种橡胶免二段硫化技术^[34]

方案归类：节能措施

改善前：某些特种橡胶，如硅橡胶、氟橡胶、氯醚橡胶和丙烯酸酯橡胶等，一般需要进行二段硫化，即从模具中取出制品后，还要在鼓风烘箱中进行一定时间的高温二段硫化，才能达到较为满意的性能，特别是压缩永久变形，这对密封制品是十分重要的指标。由于需要二段硫化，故能耗较大。

改善后：将特种橡胶在第一次硫化过程中加入某些新型硫化剂，在硫化剂的作用下，特种橡胶即可免去二段硫化，而且其硫化胶的压缩永久变形可达到传统硫化剂的硫化胶的水平。

节能减排的成效：由于免去了二段硫化，故能耗较小

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：因硫化剂添加量很少，故投资额很小，在很短的时间内即可收回投资。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：** 环境：**

方案 77

生产工序：橡胶硫化过程

方案名称：绿色环保型硫化促进剂

方案归类：减少废物

改善前：橡胶工业长期以来采用二硫化四甲基秋兰姆（TT）、二硫化四乙基秋兰姆（TETD）等作为硫化促进剂。但在长期的生产过程中发现，在橡胶加工环境中存在着一定量的N-亚硝胺化合物，尤其在炼胶、硫化工段和成品库中亚硝胺含量更高。研究表明，N-亚硝胺是由仲胺与氮氧化物反应生成的，在胶料的硫化过程中，以仲胺为基础的硫化促进剂分解后产生仲胺，与空气或配合剂中的氮氧化物反应生成N-亚硝胺，而亚硝胺将DNA烷基化，有诱发癌症的危险。

改善后：为了减少传统硫化剂带来的污染，科学家们研制开发出了绿色环保型硫化促进剂二硫化四苄基秋兰姆来代替传统的硫化促进剂，由于该硫化促进剂分子量大，熔点高，难以分解，故其难以产生致癌的亚硝胺。同时，该硫化促进剂的硫化促进特性和硫化胶的物理机械性能与传统硫化剂相比也有了改善^[38]。

节能减排的成效：使用该硫化促进剂彻底消除了具有致癌作用亚酰胺的产生，同时也改善了橡胶的质量。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：与传统硫化促进剂的投资相当，无需另外追加投资。

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分采用 有待采用

可行性的分析：技术：** 经济：* 环境：***

参考文献

- [1] 慧聪网, 2007, 广东身塑料产业现状与发展-07 雅式橡塑展符案演讲稿.
<http://info.plas.hc360com/2000000000007/5/31090415036.shtml>.
- [2] 符岸. 广东省塑料产业现状、行业结构调整及发展对策(上)[J]. 塑料制造, 2008(4): 29-35.
- [3] 百度文库, 2011, 制造业历史、现状、问题和出路.
<http://wenku.baidu.com/viewdd040e03de80d4d15a4f50.html>.
- [4] 黄锐, 曾邦禄. 塑料成型工艺学[M]. 中国轻工业出版社, 2009.
- [5] 陈士朝, 王仰东. 橡胶技术与制造概论[M]. 中国石化出版社, 2002.
- [6] Plasmamatreat, 2011, 技术面向未来: 理想的表面来自常压等离子表面处理技术.
<http://www.plasmamatreat.cn/>
- [7] 周骏, 赵逸云, 林玉萍等. 超声辐照下 ABS 塑料表面的粗化研究[J]. 化学研究与应用. 1999, 11(5).
- [8] 胡海清. 热固性塑料注射成型——(三) 热固性塑料无流道注压成型[J]. 热固性树脂. 2001, 16(3).
- [9] 李冬梅, 贾建波, 裴永存等. 热模压成型模具加热系统的改进[J]. 现代塑料加工应用. 2009, 21(3).
- [10] 周南桥. 电磁动态塑化挤出机成型机理、性能及展望[J]. 中国塑料. 1997, 11(1).
- [11] 石宝山, 蔡永洪, 瞿金平等. 振动技术在塑料挤出成型中的应用[J]. 塑料科技. 2006, 34(2).
- [12] 许锐. 全电动注塑机熔胶和射胶过程控制及其伺服电机控制研究[D]. 2010.
- [13] 周敏. 高效节能挤出吹塑中空成型机电液系统开发与设计[D]. 2006.
- [14] 郑德, 李壮利, 黄玉松. 无铅化稳定剂应用研究进展[J]. 世界塑料. 2006, 24(9).
- [15] 金栋. 聚氯乙烯环保型增塑剂的研究进展[J]. 中国氯碱. 2010(10).
- [16] 洪浩群, 何慧, 贾德民等. 超临界 CO₂ 微孔发泡塑料的研究进展[J]. 合成树脂及塑料. 2011, 28(3).
- [17] 朱振轩. 单轴叶片挤出机能耗特性的模拟研究[J]. 2010.
- [18] 贾润礼, 李宁. 塑料成型加工新技术[M]. 国防工业出版社, 2006.

- [19] 黄棋尤. 青木直接调温注射拉伸吹塑成型机的开发[J]. 国外塑料, 1996(1).
- [20] 赵宁建. 双阶式混炼挤出造粒机组及其应用[J]. 塑料加工. 25(1).
- [21] 姜付举. PVC-U 异型材高速挤出生产技术概论[J]. 化学建材, 2002.
- [22] 栾华. 塑料二次加工[M]. 中国轻工业出版社, 1999.
- [23] 刘均科. 塑料废弃物的回收与利用技术[M]. 中国石化出版社, 2000.
- [24] 杨卫民, 杨高品, 丁玉梅等. 塑料挤出加工新技术[M]. 化学工业出版社, 2006.
- [25] 王金永, 赵有斌, 林亚玲等. 淀粉基可降解塑料的研究进展[J]. 塑料工业. 2011, 39(5).
- [26] 李昀. 变频器在空压机系统中的节能应用[J]. 应用研究. 2009(3).
- [27] 中国聚酯网, 2007, PET 清洗新设备: 螺带洗料机.
<http://www.juzhi.com.cn/index Article Content.asp?fID ArticleComtent=10548>
- [28] 丰田机械, 东莞市木川实业有限公司.
<http://www.dgmcsy.com/lxx01.html>
- [29] 林克韦, 徐开杰, 周才根. 注塑机液压系统节能技术的现状分析[J]. 工程塑料应用. 2011, 39(8).
- [30] 杨松伟, 杨浩, 肖荔人等. 利用塑料技术进步实现节能减排目标[J]. 环保节能与安全. 2008, 34.
- [31] 杨志骅. 聚乙烯无卤阻燃研究进展[J]. 工程塑料应用. 2011, 39(7).
- [32] 宋跃群, 陶甄彦, 胡长敏等. 聚氨酯合成革清洁生产措施浅谈[J]. 中国资源综合利用. 2005(7).
- [33] 周俊朝. 塑料粗化铬酐循环使用的清洁生产新工艺. 表面工程资讯. 2007(6).
- [34] 谢忠麟. 关于中国橡胶工业环保和节能问题的思考(三)[J]. 世界橡胶工业, 2007, 34(4): 44-50.
- [35] 吕柏源, 吕贤滨, 国俊等. 橡胶工业热水循环温控技术使用效果[J]. 橡胶工业, 2010, 57: 60-62.
- [36] 刘锦文. 导热油加热技术及其在橡胶工业节能技改中的应用[J]. 特种橡胶制品, 2000, 21(5): 26-28.
- [37] 徐培福, 丁关金. 远红外直线式动态脱硫罐及其应用[J]. 橡胶工业, 1997, 44:

98-99.

- [38] 濮阳蔚林化工股份有限公司, 2009, 绿色环保型硫化促进剂二硫化四苄基秋兰姆的性能研究.

http://www.willingchem.com/cgi/search-cn.cgi?f=news_cn_1_+company_cn_1_+contact_cn&id=90558&t=news_cn_1_

附录

国内塑胶制造业清洁生产相关法规及环保要求

1.1 清洁生产法规

为了促进清洁生产，提高资源利用效率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，保障人体健康，促进经济与社会可持续发展，2002年6月29日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议审议并通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》，首次以法律的形式确立清洁生产的地位并于2003年1月1日起实行。

为全面推行清洁生产，规范清洁生产审核行为，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》和国务院有关部门的职责分工，国家发展和改革委员会，原国家环境保护总局制定并审议通过了《清洁生产审核暂行办法》，该方法自2004年10月1日起施行。

为规范有序地开展全国重点企业清洁生产审核工作，根据《中华人民共和国清洁生产促进法》、《清洁生产审核暂行办法》（国家发展和改革委员会、国家环境保护总局令第16号）的规定，原国家环境保护总局规定了《重点企业清洁生产审核程序的规定》，该规定于2005年12月13日起实施。

在总结清洁生产阶段工作的基础上，为了进一步明确和细化清洁生产审核工作，准确评价清洁生产审核工作成效，国家相继颁布了42项清洁生产行业标准和24项清洁生产指标评价体系。

为支持引导企业开展清洁生产工作，国家经济贸易委员会相继公布看了三批国家清洁生产技术导向目录。通过不断总结已成功实施的先进清洁生产技术和经验，并加以推广，推动清洁生产工作的全面开展。

2001年，广东省环保局、经信委、科技厅联合出台《广东省清洁生产联合行动

实施意见》，标志着广东清洁生产正是启动。2009年1月12日，广东省经信委、省科技厅和省环保局联合发布了《广东省清洁生产审核及验收方法》，进一步规范清洁生产审核行为和验收程序。

为指导工业领域全面推行清洁生产，根据《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》、《工业转型升级规划(2011-2015年)》、《国家环境保护“十二五”规划》和《重金属污染综合防治“十二五”规划》，结合工业领域清洁生产发展实际，制定了清洁生产“十二五”规划。“十二五”工业清洁生产主要指标如下表。

表 6：“十二五”工业清洁生产主要指标

指 标	2010 年	2015 年
清洁生产培训和审核		
规模以上工业企业负责人培训比例	[23.4%]	[>50%]
规模以上工业企业通过审核比例	[9%]	[>30%]
审核报告中清洁生产技术改造实施率	[44.3%]	[>60%]
削减生产过程污染物产生量		
化学需氧量	[245.6 万吨]	65 万吨
二氧化硫（排放量）	——	60 万吨
氨氮	[5.6 万吨]	10.8 万吨
氮氧化物	——	120 万吨
汞使用量	——	638 吨
铬渣及含铬污泥	——	73 万吨
铅尘	——	0.2 万吨
重点行业清洁生产水平		
重点行业达到“清洁生产先进企业”比例	——	[>70%]
培育清洁生产示范企业	——	[500 家]

注：[]表示 2003-2010 年累计数

1.2 国内塑胶制造业相关的环保法规及政府节能减排的

政策目标

国内塑胶制造业清洁生产相关法规的环保要求可概括为以下几点：

(1) 塑胶制造业已经被纳入环保部清洁生产审核范围

2008年7月，环保部发布了《关于进一步加强重点企业清洁生产审核工作的通知》(2008)60号，根据该通知附件公布的需重点审核的有毒有害物质名录(第二批)，需重点审核的有毒有害物质包括了源于塑胶制造业等行业的精(蒸)馏残渣、有机磷化合物废物、含醚废物、废催化剂和含有机卤化物废物等。

(2) 塑胶制造业所产生的废物被列入《国家危险废物名录》

《国家危险废物目录》是与《固体废物污染环境防治法》配套的政策，法律规定产生危险废物的单体必须按照国家相关规定处置危险废物。

2008年6月，环境保护部和国家发展改革委发布修订后的《国家危险废物名录》，包括塑胶制造业在内的几十个行业的49类危险废物被列入。塑胶制造业的危险废物主要有：某些工艺过程产生的废气油/水、烃/水混合物或乳化液；使用溶剂、光漆进行光漆涂布、喷漆工艺过程中产生的染料和涂料废物；使用油漆、有机溶剂进行喷漆、上漆过程中产生的染料和涂料废物；皮革切削工业产生的含铬皮革碎料；塑料板管棒生产中织品应用工艺使用有机溶剂黏合剂产生的废有机溶剂；加工过程中产生的含有机卤化物废物。

国家淘汰或限制的塑胶制造业工艺设备

根据《产业结构调整指导目录(2011年本)》(国家发展和改革委员会，2011年第9号令)，国家产业政策已命令淘汰的塑胶制造业工艺设备和项目有：

① 50万条/年及以下的斜交轮胎和以天然棉帘子布为骨架的轮胎、1.5万吨/年及以下的干法造粒炭黑(特种炭黑和半补强炭黑除外)、3亿只/年以下的天然胶乳安全套，橡胶硫化促进剂N-氧联二(1,2-亚乙基)-2-苯并噻唑次磺酰胺(NOBS)和橡胶防老剂

D 生产装置；

②超薄型（厚度低于 0.025 毫米）塑料购物袋生产；

③直接接触饮料和食品的聚氯乙烯（PVC）包装制品；

④年加工生皮能力 5 万标张牛皮、年加工蓝湿皮能力 3 万标张牛皮以下的制革生产线；

⑤以氯氟烃（CFCs）为发泡剂的聚氨酯、聚乙烯、聚苯乙烯泡沫塑料生产。

限制的塑胶制造业工艺项目有：

①新建斜交轮胎和力车胎（手推车胎）、锦纶帘线、3 万吨/年以下钢丝帘线、常规法再生胶（动态连续脱硫工艺除外）、橡胶塑解剂五氯硫酚、橡胶促进剂二硫化四甲基秋兰姆（TMTD）生产装置；

②聚氯乙烯普通人造革生产线；

③年加工生皮能力 20 万标张牛皮以下的生产线，年加工蓝湿皮能力 10 万标张牛皮以下的生产线；

④超薄型（厚度低于 0.015 毫米）塑料袋生产；

⑤新建以含氢氯氟烃（HCFCs）为发泡剂的聚氨酯泡沫塑料生产线、连续挤出聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）生产线；

⑥聚氯乙烯（PVC）食品保鲜包装膜。

鼓励的塑胶制造业工艺方面有：

① 乙烯-乙烯醇树脂（EVOH）、聚偏氯乙烯等高性能阻隔树脂，聚异丁烯（PI）、聚乙烯辛烯（POE）等特种聚烯烃开发与生产；

② 6 万吨/年及以上非光气法聚碳酸酯生产装置，液晶聚合物（LCP）等工程塑料生产以及共混改性、合金化技术开发和应用，吸水性树脂、导电性树脂和可降解聚合物的开发与生产，尼龙 11、尼龙 1414、尼龙 46、长碳链尼龙、耐高温尼龙等新型聚酰胺开发与生产；

③ 3 万吨/年及以上丁基橡胶、乙丙橡胶、异戊橡胶，溶聚丁苯橡胶、稀土系顺丁橡胶、丙烯酸酯橡胶及低多芳含量填充油丁苯橡胶等生产装置，合成橡胶化学改性技术开发与应用；

④聚丙烯热塑性弹性体(PTPE)、热塑性聚酯弹性体(TPEE)、苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯热塑性嵌段共聚物(SIS)、热塑性聚氨酯弹性体等热塑性弹性体材料开发与生产；

- ⑤高性能子午线轮胎（包括无内胎载重子午胎，低断面和扁平化（低于 55 系列）、大轮辋高性能轿车子午胎(15 吋以上)，航空轮胎及农用车子午胎）及配套专用材料、设备生产，新型天然橡胶开发与应用；
- ⑥生物可降解塑料及其系列产品开发、生产与应用；
- ⑦农用塑料节水器材和长寿命（三年及以上）功能性农用薄膜的开发、生产；
- ⑧新型塑料建材（高气密性节能塑料窗、大口径排水排污管道、抗冲击改性聚氯乙烯管、地源热泵系统用聚乙烯管、非开挖用塑料管材、复合塑料管材、塑料检查井）；防渗土工膜；塑木复合材料和分子量 ≥ 200 万的超高分子量聚乙烯管材及板材生产；
- ⑨动态塑化和塑料拉伸流变塑化的技术应用及装备制造，应用电磁感应加热和伺服驱动系统的塑料加工装备；
- ⑩真空镀铝、喷镀氧化硅、聚乙烯醇（PVA）涂布型薄膜、功能性聚酯（PET）薄膜、定向聚苯乙烯（OPS）薄膜及纸塑基多层共挤或复合等新型包装材料。

国家已明令限制的塑胶制造业落后产品有：

一次性发泡塑料餐具