

金属制品业 清洁生产实用指南



广东省经济和信息化委员会

技术顾问：



广州市能源检测研究院

金属制品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 广东省地区金属制品的概况	7
2.1 金属制品业的工业概况	7
2.1.1 金属制品业范围	7
2.1.2 金属制品业运行概况	7
2.1.3 广东省金属制品行业概况	8
2.2 金属制品业的污染源及能源耗用情况	11
2.2.1 金属制品业主要工序	11
2.2.2 金属制品业能耗情况	11
2.2.3 金属制品业工序主要污染源	14
第三篇 金属制品业的清洁生产措施与案例	22
3.1 清洁生产方案总览表	22
3.2 适用于金属表面机械性处理工序的清洁生产方案	36
3.3 适用于冲压工序的清洁生产方案	42
3.4 适用于压铸、铸造工序的清洁生产方案	48
3.5 适用于模具制作工序的清洁生产方案	55
3.6 适用于切割工序的清洁生产方案.....	61
3.7 适用于喷涂工序的清洁生产方案.....	68
3.8 适用于电镀工序的清洁生产方案.....	76

3.9 适用于辅助设备的清洁生产方案.....	85
第四篇 印制电路板行业的清洁生产措施	99
4.1 印制电路板行业的污染源.....	100
4.1.1 印制电路板的产品种类.....	100
4.1.2 印制电路板主要工序的污染物.....	101
4.2 印制电路板行业的清洁生产方案总览表.....	104
4.3 适用于印制电路板主要工序的清洁生产方案.....	106
参考文献.....	115
附录	
甲) 广东省政府节能法规及减排政策目标	117
乙) 国内相关金属制品业的清洁生产法规及环保要求	121
丙) 印制电路板制造业清洁生产标准	124

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及、香港生产力促进局及香港金属制造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》及与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《金属制品业清洁生产实用指南指南》是由香港生产力促进局与广州市能源检测研究院共同编写，指南内提供近年金属制品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 年联同广东省经济和信息化委员会开展一项为期 5 年的「清洁生产伙伴计划」(下称「伙伴计划」), 协助及鼓励珠三角地区的港资厂采用清洁生产技术及工序, 实行节能、减少空气污染物排放及减控污水排放, 从而改善区域环境质素。特区政府为此投入超过 9,300 万元。

为进一步推动节能降耗、减控污水, 以及减低珠三角地区空气污染物的排放, 特区政府已拨款 5,000 万元, 以延展伙伴计划两年由 2013 年 4 月 1 日至 2015 年 3 月 31 日。

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」、「显著资源利用效率提高」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 and 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

清洁生产作为污染防治的环境战略，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 广东省地区金属制品的概况

2.1 金属制品业的工业概况

2.1.1 金属制品业范围

金属制品行业覆盖的行业范围很广泛,包括金属结构制造(建筑用金属结构、构件、金属桥梁结构、铁塔、铁架、金属支柱、水闸等的制造)、铸铁管制造、工具制造(切削工具制造、模具制造、手工具制造)、集装箱和金属包装物品制造(集装箱制造、金属包装物品及容器制造)、金属丝绳及其制品(铁丝、铁钉、钢丝、钢丝绳、网等的制造)、建筑用金属制品(建筑小五金制造、水暖管道零件制造、金属门窗制造、其他建筑用金属制品)、金属表面处理及热处理(热处理、电镀、镀层、抛光、喷涂、着色)、日用金属制品(搪瓷制造、铝制品、不锈钢制品、刀剪制造、燃气用具制造)及其他金属制品(铁制小农具制造、焊条制造)等。随着社会的进步和科技的发展,金属制品在工业、农业以及人们的生活各个领域的运用越来越广泛,也给社会创造越来越大的价值。

2.1.2 金属制品业运行概况

(1) 全国金属制品行业运行状况

根据2010年行业数据分析报告显示,2009年全国金属制品业年主营业务收入在500万元人民币以上的企业共有24771家,全国金属制品业工业总产值为16082.95亿元人民币,比2008年提高7%;资产总计10954.06亿元人民币,与2008年同期相比增加14.2%。2009年间,全国金属制品业实现主营业务收入15499.50亿元人民币,与2008年同期相比增加了6.54%。2010年1-11月,全国金属制品业实现利润885.45亿元人民币,与去年同期相比增加了50.29%,增长率较上一年度提高36.1%。

(2) 全国金属制品行业企业分布状况

根据2010年行业数据分析报告显示，在地域分布上国内规模以上金属制品企业主要分布在东部沿海和南部发达省份（直辖市），上海1589个，江苏省4150个，浙江省3979个，山东省2028个，广东省4837个，以上省、市金属制品企业总数占全国金属制品企业总数近65%，其中广东省规模以上企业数量居全国首位，占全国金属制品业企业总数近20%。



图 2-1 金属制品行业国内企业地域分布图

2.1.3 广东省金属制品行业概况

2010年1-11月，广东省金属制品业实现主营业务收入3542.85亿元人民币，与去年同期相比增加了30.18%（上一季度增加29.69%），增长率较上一年度提高了25.73%；广东省金属制品业实现利润113.48亿元人民币，与去年同期相比增加了87.01%，增长率较上一年度提高了92.33%。平均每家企业实现利润234.61万元人民币，同比增长83.02%。

表 2-1 2010 年 1-11 月广东金属制品业市场规模分析

年份	企业数 (个)	员工 (万人)	总资产		总负责		总利润	
			金额 (亿元人民币)	增长	金额 (亿元人民币)	增长	金额 (亿元人民币)	增长
07年1-11月	3392	70.5	1309.8	17.2%	777.2	20.9%	54.1	15.6%
08年1-11月	3948	76.9	1576.6	13.4%	931.4	13.9%	61.4	8.9%
09年1-11月	4734	77.6	1711.9	1.5%	993.7	-3.2%	60.7	-5.3%
10年1-11月	4837	84.6	2076.7	17.8%	1198.9	19.7%	113.5	87.0%

数据源：中国统计局

表2-2 2010年1-11月广东金属制品业子行业规模

子行业	指标	企业数量 (个)	资产总计(万元人 民币)	工业销售产值(万元 人民币)
		2010年 1-11月	2010年1-11月	2010年1-11月
结构性金属制品制造		933	4,921,230	6,563,018
金属工具制造		447	1,493,902	3,080,723
集装箱及金属包装容器制造		234	1,949,870	3,248,701
金属丝绳及其制品的制造		139	385,687	957,085
建筑、安全用金属制品制造		697	2,755,911	5,086,758
金属表面处理及热处理加工		356	1,606,683	3,117,563
搪瓷制品制造		52	222,232	498,446
不锈钢及类似日用金属制品制 造		1,377	4,690,911	498,446

数据源：中国统计局

2010年广东省内共有金属制品企业4844家，其中珠三角城市佛山（1043家）、江门（613家）、深圳（569家）、中山（509家）、广州（508家）、东莞（355家）；上述珠三角六所城市金属制品企业数量占据广东省内数量1-6位。珠三角九大城市金属制品企业共占全省同类企业的81.5%。

表2-3 2010年广东省金属制品企业分布

序号	城市	数量	序号	城市	数量
1	佛山	1043	12	汕头	73
2	江门	613	13	珠海	70
3	深圳	569	14	云浮	48
4	中山	509	15	清远	31
5	广州	508	16	湛江	22
6	东莞	355	17	茂名	20
7	揭阳	304	18	汕尾	15
8	阳江	244	19	韶关	14
9	肇庆	190	20	河源	9
10	潮州	113	21	梅州	4
11	惠州	90	22	---	---

数据源：中国统计局

2.2 金属制品业的污染源及能源耗用情况

2.2.1 金属制品业主要工序

金属制品部门是金属矿石开采和加工部门的一个后续产业，在技术社会里，金属制品是大多数制成品的组成构件。例如金属管道系统、金属构件、电子元器件和汽车部件。

金属制品生产流程一般包含3个基本步骤：

- 1) 制造：把钢铁或金属原材料轧制、铸造或成形，使原材料成为所需的形状或产品；
- 2) 清洗：用各种溶剂清除不需要的废料、灰尘、砂子等，使金属适合后续的切削、成形、连接和修整过程；
- 3) 修整：即对产品进行一些表面处理，一般来说，可使产品抗磨、耐蚀及更为美观。

2.2.2 金属制品业能耗情况

(1) 全国金属制品行业企业能源消费状况

《中国统计年鉴2009》和《中国统计年鉴2010》统计数据显示，2008年金属制品业能源消耗总量为3023.79万吨标准煤，较2007年同期增加约6.75%；金属制品业消耗的能源种类包括电力、煤炭、柴油及焦炭等，其中电力为主要的能源种类，共消费电力3.27亿千瓦小时。表2-4中列出了2007年、2008年中国金属制品业每年的能源消费量情况。

表2-4 2007、2008年中国金属制品业能源消费情况表

项目	年份	
	2007	2008
能源消费总量（万吨标煤）	2832.47	3023.79
煤炭消费量（万吨）	264.99	342.56
焦炭消费量（万吨）	95.08	90.83
原油消费量（万吨）	---	0.11
汽油消费量（万吨）	26.02	29.38
煤油消费量（万吨）	2.21	2.65
柴油消费量（万吨）	47.94	74.89
燃料油消费量（万吨）	17.16	15.44
天然气消费量（亿立方米）	1.03	2.06
电力消费量（亿千瓦时）	687.45	728.52

数据来源：《中国统计年鉴2009》、《中国统计年鉴2010》

广东省金属制品行业能源消费情况如表2-5所示。金属制品业2009年能源消费总量和电力消费量分别为591.12万吨标准煤和117.76亿千瓦时，在广东省内制造业29个子行业中分别排名第十位和第五位。

表2-5 广东省金属制品业2009年能源消费

能源消费总量（万吨标准煤）	591.12
原煤消费量（万吨）	26.9
电力消费量（亿千瓦小时）	117.76

数据来源：《中国统计年鉴2009》、《中国统计年鉴2010》

(2) 全国金属制品行业企业能源消费状况

节约能源是中国发展经济的一项长远战略方针，为提高金属制品企业节能水

平，全面贯彻《中华人民共和国循环经济促进法》、《中华人民共和国节约能源法》，加强节能管理，促进节能技术进步、转换能源，并有效回收利用余能，在《钢铁企业节能设计规范》（GB 50632-2010）中指出金属制品综合能耗设计指标应符合表2-6规定。

表2-6 金属制品产品各工序能耗指标表

折标系数	产品类型	工序能耗		分项能耗 (MJ·t ⁻¹)						
				燃料		电力			其他	
		MJ/t	公斤ce/t	MJ/t	公斤ce/t	kWh/t	MJ/t	公斤ce/t	MJ/t	公斤ce/t
电按等价值	低松弛预应力钢丝钢绞线	7107	242.8	---	---	510	6,030	206	1,077	36.8
	轮胎钢丝帘线	43,790	1,496	4,180	142.8	3,000	35,477	1,212	4,133	141.2
	胎圈钢丝	10,061	343.7	1,671	57.1	600	7,095	242.4	1,294	44.2
	钢丝绳	9,993	341.4	1,671	57.1	600	7,095	242.4	1,226	41.9
	弹簧钢丝	6,437	219.9	1,671	57.1	350	4,139	141.4	626	21.4
	(热)镀锌钢丝、钢绞线	7,558	258.2	2,090	71.4	400	4,730	161.6	738	25.2
	CO ₂ 气保焊丝	7965	272.1	---	---	550	6,504	222.2	1461	49.9
不锈钢丝	6214	212.3	1671	57.1	350	4,139	141.4	404	13.8	
电按当量值	低松弛预应力钢丝钢绞线	2690	91.9	---	---	510	1,835	62.7	855	29.2
	轮胎钢丝帘线	18,353	627	4180	142.8	3000	10,792	368.7	3,381	115.5
	胎圈钢丝	1,619	157.8	1,671	57.1	600	2,158	73.7	790	27.0
	钢丝绳	4,891	167.1	1,671	57.1	600	2,158	73.7	10625	36.3
	弹簧钢丝	3,416	116.7	1,671	57.1	350	1259	43.0	486	16.6
	(热)	4,124	140.9	2090	71.4	400	1440	49.2	594.2	20.3

折标系数	产品类型	工序能耗		分项能耗 (MJ·t ⁻¹)						
		MJ/t	公斤ce/t	燃料		电力			其他	
				MJ/t	公斤ce/t	kWh/t	MJ/t	公斤ce/t	MJ/t	公斤ce/t
	镀锌钢丝、钢绞线									
	CO ₂ 气保焊丝	3,185	108.8	---	---	550	1,979	67.6	1,206	41.2
	不锈钢丝	3,062	104.6	1671	57.1	350	1,259	43.0	1,312	4.5

2.2.3 金属制品业工序主要污染源

金属制品业主要有以下污染源：

① 固体残余物

在铸造过程中，固体残余物主要是在成形工序所产生的废弃型砂。在成形过程中，这些砂子必须掺入挥发性有机化合物 (VOC)，以防与铸件粘结。这虽然使砂子变得润滑，但也使得它们只能使用一次就须丢弃。而当中的VOC更会在加热时会转变成致癌物质；此外，金属制品生产过程中会产生金属废片和废屑。如果能够仔细的将各种金属分离开来，则废片和废屑一般可以循环再利用。在美国，工业每年循环利用1500万吨至2000万吨废料，从而使成本比使用金属原材料节省了大约35亿美元。

② 液体残余物

金属制品各生产工序中通常会产生研磨废水、废有机溶剂、废润滑剂/油、电镀废液等各种液体残余物。以电镀废液为例，传统工艺使用的电镀液都是氰化物，他们都是致命的毒物。因此，在排放前对电镀液进行广泛的处理是必要的。而电镀废水亦有可能含有切割油和金属屑，因此在排放前也必须经小心处理。

③ 气体残余物

金属制品生产工序主要的气体残余物，是表面涂层和铸造过程中所排放的VOC，如润滑油烟雾、熔铸过程的金属烟雾等。这些VOC与光化学烟雾的形成有关。以金属铸造为例，当熔融的金属注入模具时，这些有机粘合剂会挥发形成甲苯和苯酚等芳香族有毒物。金属制品一般制造过程所产生的潜在排放物列于表

2-7中。

表2-7 金属制品业主要工艺及潜在排放物

工艺类型	主要活动	潜在排放物
成件	金属铸造	金属废料、型砂、挥发性有机溶剂
润换	切削	含油废水
成形	成形、切割、修整	金属废料、挥发性有机溶剂
清洗	溶剂、酸、碱、乳化剂	废酸、含金属离子废水、挥发性有机化合物
表面处理	电镀、阳极氧化、涂层	电镀液、含金属离子的废水、挥发性有机化合物

(1) 金属铸造

金属铸造是将金属熔炼成符合一定要求的液体并浇进铸型里，经冷却凝固、修整处理后得到有预定形状、尺寸和性能的铸件的工艺过程。金属铸造生产工艺按模具种类不同可分为压模铸造、砂型铸造、外壳铸造、覆盖铸造和失泡铸造，其中砂型铸造是最普遍使用的技术，此工艺可使铸件柔韧，尺寸精准，此法最适合于制造大量铸件。相对于其他铸造方法，砂型铸造的造型材料带来的粉尘污染、空气污染及固体污染较为严重。因此实现砂型铸造的清洁生产，对金属制品企业实现清洁生产具有重要的意义。

铸造过程中会产生大量的废渣、废砂、废气、废水，并产生大量的粉尘和噪音，针对铸造业主流工艺流程和各个工艺环节潜在的环境问题，表2-8列出铸造加工过程中可能产生的污染物。

表2-8 金属铸造污染源

过程	废气	废水	固废
制型	粘胶、环氧树脂和涂料中放出的化学物质 VOC	---	废模型材料
型砂	颗粒物、金属氧化物烟尘、一氧化碳、有机化合物、硫化氢、二氧化硫、一氧化二氮和如果使用化学粘接剂制芯会产生苯、苯酚等其它有毒有害	沾染金属的废水，水温增高，从湿法除尘系统中和模型冷却水中产生的苯酚及其它有机物	废砂、芯砂和可能沾染的金属

过程	废气	废水	固废
	气体污染物		
化学粘接剂制模	颗粒物、金属氧化物烟尘、一氧化碳、有机化合物、硫化氢、二氧化硫、一氧化二氮和氨、氰化物等其它有毒有害气体污染物	清洗用水中含有胺，或高或低的 pH 值，并含有金属，温度提高及从湿法除尘系统中模型冷却水中产生的苯酚及其它有机物	废模型，废芯砂和可能沾染的金属及化学粘接剂残留
永久模型	颗粒物、金属氧化物烟尘	温度提高的冷却废水低 pH 值和如果使用可溶性盐芯时产生的含高浓度盐分的废水	废芯砂和石膏及可能沾染的金属
石膏模	颗粒物、金属氧化物烟尘	极少或没有废水产生	用过的废石膏
熔模 / 失蜡铸造	颗粒物、金属氧化物烟尘	如果使用可溶性盐芯时产生的含高浓度盐分的废水	废耐火材料，石蜡和塑料
消失泡沫铸造	颗粒物、金属氧化物烟尘、聚苯乙烯蒸汽和其它有害气体	---	废砂和耐火材料，可能沾染金属和苯乙烯
熔剂和炉渣及浮渣去除	颗粒物、金属氧化物烟尘、溶剂、盐酸	如果炉渣用水浸会产生含金属的废水	可能含有金属的浮渣和炉渣
浇铸	颗粒物、金属氧化物烟尘	---	可能含有金属的废旧浇勺和耐火材料
涂复和防锈	化学挥发物	---	废涂料容器和器具
淬火，清整，打磨，切割	化学挥发物、尘土和金属颗粒	温度提高了的清整和冷却废水溶剂，油脂和悬浮颗粒物	用过的溶剂，钢丸，金属颗粒砂轮，浇冒口，除尘系统中的烟尘，废水处理淤泥
落砂	尘灰和金属颗粒	湿法清刷	废砂，灰尘和废金属
冷却和砂处理	用热法回收型砂产生的化学挥发物和有机化合物	高或低 pH 值或含有胺的废水，温度提高的永久模冷却水其中含有铸件和模型的涂料	---
压铸	金属模和冲头运动润滑剂产生的化学挥发物	温度提高的废水和含有油脂及苯酚的废水	废液压油和润滑油
熔铸炉的燃料	烟尘，SO ₂	---	---

过程	废气	废水	固废
废气			

(2) 金属成形

图2-2为金属成形的生产输入输出图。金属成形主要包括金属塑性成形、金属焊接成形等技术。

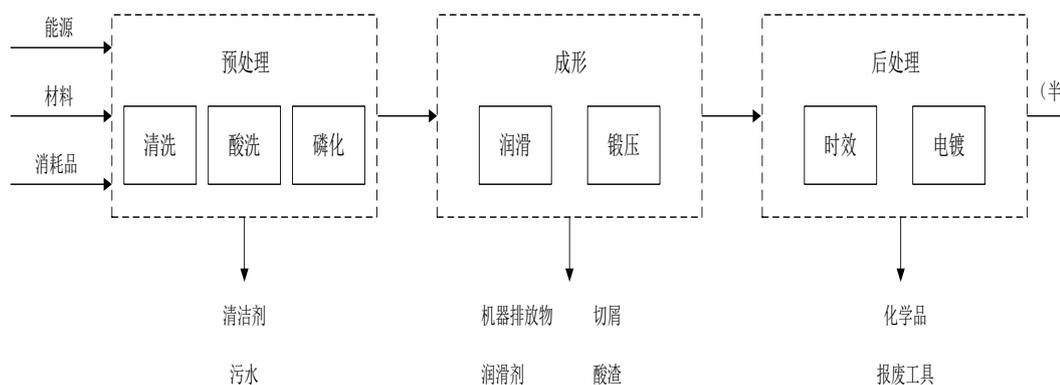


图2-2 金属成形生产输入输出图

金属塑性成形

金属塑性成形是指利用金属材料的塑性性质加工，使之具有所需形状的过程，主要包括自由锻造、模锻等技术。金属的塑性成形在产品的制造过程中占据了举足轻重的地位。但大部分金属塑性成形企业至今仍存在不少问题，如材料利用率很低，能源浪费严重，振动、噪声对操作工人以及周边环境产生严重危害和污染。表2-9中列出金属塑性成形存在的主要污染源。

表2-9 金属成形主要污染源

过程	废气	废水	固废
清洗	氯化碳氢化合物	清洗后排放物	---
酸洗、活化	氯化氢	含氯化氢、硫酸废水	酸渣沉积物
磷化处理	---	---	亚硝酸盐酸渣
润滑	刺激性气体	润滑剂喷射冷却后的液体	---
锻压	汽化的润滑剂	油脂，被污染的水基油	磨损的工具及设备，金属粉尘，废金属

金属焊接成形

金属焊接是被焊工件的材质（同种或异种），通过加热或加压或两者并用，并且用或不用填充材料，使工件的材质达到原子间的结合而形成永久性连接的工艺过程。随着社会经济飞速发展，金属焊接技术日趋多样化。然而金属材料焊接工艺过程中产生的污染种类多、危害大，而该过程将产生大量的气态和颗粒状态的粉尘、有害气体。工作现场还存在高频电磁场、射线、电离辐射、噪声等污染因素。从总体上说，在焊接产生的污染可分为物理和化学两方面，物理污染因素有焊接弧光（包括紫外线、红外线及过亮可见光）、高频电磁波、热辐射、噪声等；化学污染因素有焊接烟尘和有害气体等。表2-10列出金属焊接主要污染源。

表2-10 金属焊接主要污染源

污染源种类	污染源	来源
物理污染	焊接弧光	由电流激发产生外露电弧
	高频电磁辐射	采用高频振荡器引弧时，振荡器产生强烈的高频振荡，部分能量以电磁波的形式向空间辐射，形成了高频电磁场。
	噪声	喷涂与切割过程中产生的空气动力噪声
	热辐射	焊接过程中利用电能产生高温，焊接区域作为热源向外散发较强的热量，产生热辐射
化学污染	焊接烟气	形成焊接烟尘的高温烟气主要来自焊条或焊丝端部的液态金属及熔渣、过渡的熔滴及飞溅颗粒。
	臭氧、氮氧化物、一氧化碳、氟化物、氯化物等有害气体	焊接时高温电弧下产生

(3) 金属表面处理

金属表面处理是指采用物理或化学方法，对金属表面进行加工，以便达到改善金属表面的物理或化学性质目的。利用金属表面处理技术，可达到提高金属表面对各种腐蚀环境抗腐蚀能力、提高金属表面抗磨损性能、在金属表面形成各种花纹、图案和颜色及修补金属表面缺陷和磨损等效果。

金属表面处理是重污染环节，由于在表面处理过程中使用大量的酸、碱、重金属溶液，甚至包括镉、氰化物、铬酸盐等有毒、有害化学品，因此会产生大量的有害、有毒的废水、废气和废渣。在处理过程中，化学物质除了直接释放到环

境中，在操作过程中还可以生成新的污染物质，或是试剂混合后形成混合溶液进入废水。这些物质对环境都有很大的影响。

电镀

电镀是指为改进金属或非金属制品与材料的表面性能，依据电化学的原理，通过电沉积或非电沉积方法，得到所需金属（或化合物）覆盖层的一系列工艺过程，如电镀、化学镀、阳极氧化、磷化等。但由于电镀过程使用了大量强酸、碱、重金属溶液，甚至包括镉、氰化物和铬酐等有毒有害化学品，在生产过程中会排放有害环境和人体健康的废气、废水和废渣，据统计，电镀行业每年产生4亿吨含重金属的废水、5万吨固体废物、3000万立方米酸性废气，因而电镀行业也成为重污染性工业行业之一。

废水是电镀行业的主要污染源之一。在沉淀、酸洗、冲洗、清洗等环节中，会产生大量酸性或碱性的废水，废水中通常含有镍、铬等金属元素和其他悬浮物。

部分电镀工艺中还涉及有毒元素，如氰化物电镀、六价铬电镀工艺中均会产生毒性极强的物质；部分镀种工艺中常用含氟镀液体系，甚至高效、高速镀铬也用含氟的添加剂，当中含有氟化物、氟硅酸盐或氟硼酸盐等有毒物质。

电镀行业中重金属浪费现象较严重。电镀过程中沉积到镀层上去的重金属只占重金属消耗量的很少部分。以镀铬为例，铬酐作为镀铬层沉积仅占总量的15%-25%，而排入大气，水环境中的要占75%-85%，其中40%-50%的铬酐是在零件清洗过程中流失的。

表2-11 电镀污染源

过程	废气	废水	固废
镀铬、 镀铜、 镀锌	铬酸雾、硫酸雾	---	镍、铬、铜、锌等
退镀	高浓度酸性废气，主要为氯化氢、氮氧化物、硫酸雾	---	镍、铬、铜、锌等
抛光	酸碱废气	---	金属粉尘及碎沙
酸洗	硫酸雾、氯化氢、氮氧化物等酸雾	盐酸、硫酸、硝酸，含有铬、镍、铜、锌等重金属元素离子、氰化物	---
沉淀、	---	含镍、铬等金属元素和其	---

过程	废气	废水	固废
冲洗、清洗		他悬浮物，废油	
钝化、粗化、活化	铬酸雾、氯化氢	含金属离子废水	---
过滤	---	含有铬、镍、铜、锌等重金属元素离子的废液	电镀槽渣，铜、锌、镍、铬等
磨光	---	含有铬、镍、铜、锌等重金属元素离子的废液	粉尘、金属细末
除油	碱性废气	废油、氢氧化钠	---

喷涂

喷涂是指通过一定工艺手段将涂料覆盖在制品上，从而使制品更为耐磨，外型更为美观。

喷涂过程中会产生废气、废液、废渣、粉尘等，污染车间和周围生态环境。

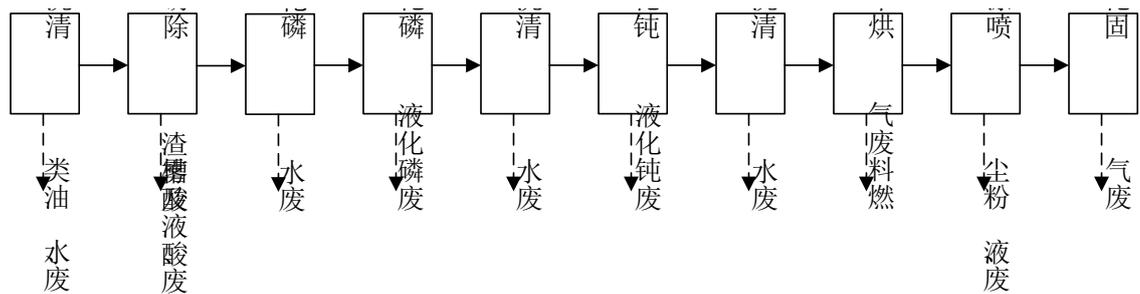


图2-3 喷涂主要工艺流程及产污环节

表2-12 喷涂污染源

污染源	污染物
废水	酸、铜、锌、镍、铬、铅、油、悬浮物
燃料废气	CO ₂ 、SO ₂ 、烟尘
酸雾	硫酸、盐酸等

油类	油脂
废酸液、槽渣	硫酸、盐酸等
废钝化液	浓硝酸、浓硫酸、氯酸、重铬酸钾、高锰酸钾、铬酐、金属铬等
废磷化液	磷酸盐等
粉尘	涂料成分
除油	碱性废气

热处理

金属表面热处理是将金属工件放在一定的介质中加热到适宜的温度，并在此温度中保持一定时间后，又以不同速度冷却的工艺，通过改变工件的显微组织或改变工件表面的化学成分，赋予或改善工件的使用性能。

热处理生产过程中排出的废气、废水、废渣、粉尘、噪声和电磁辐射使作业场所和周围环境、大气、水质等产生污染。

表2-13 热处理污染源

污染源	环节	污染物
燃料燃烧	退火、正火、淬火等	CO、CO ₂ 、SO ₂ 、NO _x 、烟尘等
甲醇、丁烷、氨等燃烧或热分解	保护加热和控制热处理环境条件	CO、CO ₂ 、NO _x 、NH ₃ 等
淬火、回火用油	淬火、回火介质	CO、C _m H _n 、烟尘、油蒸汽、废油、废水等
硝酸盐、亚硝酸盐等加热	盐浴	NO ₂ 、废水等
碳酸钠、氢氧化钠等水溶性介质	淬火冷却介质	蒸汽、废水
三氯乙烯、盐酸等	清洗、脱脂	蒸汽、废液
喷砂、喷丸	表面清理、强化	粉尘、噪声
感应加热	表面淬火	电磁辐射

第三篇 金属制品业的清洁生产措施与案例

3.1 清洁生产方案总览表

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
金属表面机械性处理工序清洁生产方案								
1	水磨工序	水磨废液处理	污染控制	收集废液中的固体粉末，防止直接排放造成污染。	提高固体粉末回收率，降低固体粉末对水的污染和排污管的堵塞。	✓		
2	其他	边料废料回收	减少物耗	对废料进行分类收集。	提高废料回收率。	✓		
3	平磨工序	平磨机粉尘收集	污染控制	在每台平磨机后设置集尘罩，将粉尘收集后再统一处理，防止粉尘在厂区内扩散。	粉尘收集率达 90%，大大降低了空气中粉尘的浓度。	✓		
4	电焊工序	电焊废气收集	VOC 减排	于每台焊机后均设置抽风口，并通过软管引至焊机旁收集电焊时产生的刺激性气体，防止气体在厂房内扩散，然后，再把收集的气体进行适当的处理才排放，减	大幅降低空气中刺激性气体的浓度。	✓		

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
				少室内空气污染物。				
5	平磨工序	增设智能节电器	节能措施	为每台平磨机配置了一台智能节电器。	节电率约 20%，每台平磨机每年可节电 20440 千瓦时。	✓		
6	平磨工序	微电脑智能节电器	节能措施	智能节电器内置中央处理器，即时调节输出最佳的电压及电流。	可节省 29% 电能。		✓	
7	除油工序	震动薄膜过滤系统回收除油废液	减控污水	使用超滤薄膜，通过高频震动薄膜模组机构，处理废除油液，并回收除油剂再用。	回收约 90% 废除油液，回用到生产工序。		✓	
8	除油工序	碳氢真空超声波清洗干燥设备	VOC 减排	系统以超声波清洗与旋转上下抛动装置，通过真空减压处理，使得超声波穴产生正负冲击波，并注入洗涤剂，清洗对象表面。	每年可减少使用 22 吨三氯乙稀，减少 VOC 排放。		✓	
冲压工序清洁生产方案								
9	冲压工序	冲压机节电器	节能措施	冲压机配置的电机或马达上加装节电器，节电器可在短时间内对电力供应进行优化调整。	平均节电率约 28%。		✓	
10	冲压工序	冲压机和油压机的节电改造	节能措施	节电器以微电脑程控设备，配合专用程序软体，自动即时检测马达工作状态，以最适合的电力供应驱动马达工作。	冲压机和油压机的电耗分别下降约 40% 和 60%。			
11	其他	攻丝机自动涂	污染控制	安装油箱并分配多根油管利用压	生产效率提高 15%；即消			✓

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
		油装置		力差使油涂布在各丝锥上，实现自动化涂油。	除了油品的浪费问题；同时减少环境污染。			
12	冲压工序	洗净机更换	技术改造	引进超声波加摇动洗净机，清洗液采用浸泡方式对部品清洗，以及真空干燥，即洗净机是在真空下清洗部品，提高了清洗效率并防止了洗净溶剂的挥发。且新的洗净机采用了变频装置，节省电能。	每月节省溶剂消耗 20%，同时节省电能 1.9 万千瓦时。		✓	
13	其他	升降台改造	节能措施	安装液压升降机，并加装传感器与配件，改造成自动升降机。	提高了生产效率，同时，年节约运行费用 8000 元人民币。	✓		
压铸、铸造工序清洁生产方案								
14	铸造工序	熔炉更换	节能措施	用电中央铝熔炉取代传统的燃油中央铝熔炉。	年节约费用 26.7 万元人民币；同时也改善了车间的工作环境。		✓	
15	铸造工序	降低电弧炉能耗	节能、减少物耗	1. 吹氧促熔，促进了钢水的熔化速度；2. 对废旧材料进行分拣再利用；3. 回炉材料分类投炉；4. 原材料小样投炉。	全年节约生产费用 36 万余元人民币。		✓	
16	压铸工序	循环使用冷却水	减控污水	对老的冷却水系统进行改造，设计出新型冷却水系统。	每年节水 58,079m ³ 。		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
17	铸造工序	热处理炉改造	节能措施	启动应用全自动控制技术改造低温热处理炉。	改造后炉热效率提高30%，煤气耗量降低40% 年均直接节约煤气费用达150万元。		✓	
18	铸造工序	感应炉主控开关改造	节能措施	对无芯工频炉进行改造，只需按动电钮，就能控制整个主控开关了。	每年为工厂节省电费及器件损耗达2万元人民币以上。		✓	
19	铸造工序	再生床蓄热器	节能措施	把连体式蓄热器改为单体式再生床蓄热器，提升热交换效率。	可节省能耗18%。		✓	
20	铸造工序	圆形熔铝炉	节能措施、VOC减排	圆形熔铝炉设计可减少热量散失，并减少原料残留于熔炉内。	每年可节省约1,000吨重油。		✓	
21	铸造工序	铝棒加热炉改造	节能措施	改造铝棒加热炉，加大炉膛面积，并改为燃烧喷雾式斜射型管道和内吸式循环风道，减少热散失。	每年可节省燃料费用约30万元。		✓	
22	铸造工序	锌合金炉环保除尘器	节能措施	环保除尘器内的吸尘罩、换热器、沉降室、滤袋、卸灰阀等，过滤废气和粉尘。	粉尘回收率约为98%，并可节省天然气用量。		✓	
模具制作工序清洁生产方案								
23	模具制作工序	热处理炉改造	设备改进	利用老式热处理炉，采用双层装箱的保护办法，达到不氧化、不渗碳、不脱碳、不变形或少变形。	改造后，模具表面光洁度保持良好，节约费用15万元人民币。		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
24	挤压模具工序	挤压磨具加热炉更换	节能措施	更换传统的挤压模具加热炉为红外线加热炉。	热效率由原来的 43.78% 提高到 53.42%，加热模具的能源单耗由原 0.165kWh/公斤下降 0.126kWh/公斤。		✓	
25	模具制作工序	添置滤油机	设备添置	添置了一台滤油机对油底壳焊接区的积油进行定期清除。	每年减少润滑油消耗 10 吨。		✓	
26	模具制作工序	定额涂抹拉延油	设备改进	设计制造了拉延油专用的工位器具，解决了滴落及无法控制使用用量的问题。	半年减少拉延油消耗 3200 公斤。		✓	
27	其他	改变水冷却设备方式	节水措施	通过将油压机冷却水系统改为油液自动冷却温控装置，将间接水冷却改为直接冷却介质—油。	每个月能节约用水 140 吨		✓	
28	模具制作工序	减少油压机油消耗	减少物耗	通过用进口耐高压油管代替国产耐高压油管，以及设备改进，减少油压机油消耗。	避免了漏油的发生从而节约了油料费用，也降低了各油压机的维修费用。		✓	
切割工序清洁生产方案								
29	切割工序	研制新型冲击试样切割机	能源替换	研制出了一种新型的冲击试样切割机。	实现了冲击试样低成本、高质量、高效率地切割加工，提高效率 100% 以上，降低成本 50%。年节约费		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
					用 15 万元人民币。			
30	切割工序	丙烷代用乙炔切割	能源替换	使用丙烷代用乙炔，丙烷不但使用及储存相对较安全，切割效果、成本都较乙炔优越。	提供了安全无污染的环境，并提高了切割的质量和功效，并降低了成本，年节约费用 10 万元人民币。		✓	
31	切割工序	V8 节能焊割气和 V8 燃料增益剂切割	能源替换	V8 节能焊割气火焰温度高 (3300-3500℃)，可以全面代替乙炔气和丙烷气。	提高了劳动生产率，气体性质稳定，用明火才能点着，使用过程中不回火、不积碳。预热快、切割速度快，割面光洁、焊渣少、易清理。年节约费用 13 万元人民币		✓	
32	切割工序	氢氧火焰切割	能源替换	采用氢氧火焰对连铸坯切割	设备配套成本降低，安全更有保障；切割连铸坯相对挂渣少，并易清理；切割割缝窄，切割面平整，几乎没有拖尾痕迹；在线切割效率大为提高。		✓	
33	切割工序	合成线切割专用液的应用	能源替换	采用合成新型线切割工作液。	不含有害物质，使用后可达排放标准，降低生产成本。		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
喷涂工序清洁生产方案								
34	喷涂工序	生产线滚道改造	节能措施	通过改动 PLC 程序和后开关位置，使滚道只有后开关控制，当有工件挡住时滚道停止，且修改程序不合理地方，使 OP80 上料滚道与其停止的直接关系取消，改由另一开关控制。	年节约用电约 4500 千瓦时。		✓	
35	涂装工序	涂装机器人	VOC 减排	改用涂装机器人，有机溶剂的利用率达 90% 以上，减少了漆渣的处理量，降低了喷涂工序成本，漆雾显着减少。	每年节约电费 64 万元人民币；减少排放 10% 的 VOC。		✓	
36	其他	中水回用系统改造	减控污水	采用微分式石英砂过滤器、微分式生物碳过滤器和紫外线消毒器等设施，对污水处理站的污水进行深度处理，符合中水回用标准后，用于工厂绿化、冲厕、屋面降温和冷却的循环补充水等。	每年使水资源利用率提高 50%，减少废水排放量 20 万吨，每年节省费用约 15 万元人民币。		✓	
37	喷涂工序	独立前处理工位和喷涂工位	节电、节水措施	采用全新工艺将喷涂生产线前处理工位和喷涂工位分开、水幕循环利用。	每 2 天前处理工位就可以节约用电 950 度，喷涂工位每 2 天可以节约用电 1600 度；由于采用水幕循环利用的工艺，日均节约		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
					用水为 40 吨。			
38	喷涂工序	采用新型气化器	设备改进	将蒸汽水浴气化器改为电热水浴气化器。	降低了生产经营成本，年节约资金 60 万元人民币。		✓	
39	喷涂工序	喷涂车间废丁酮回收	减少物耗	利用丁酮回收机对废丁酮进行过滤回收，减少废丁酮的产生	回收率达 77% 以上，每年节省成本 504 万元人民币。		✓	
40	涂装工序	改善涂装房进风及排风系统	减少物耗	扩大原进风面积 2.5 倍，进风压力减小，有效隔离粉尘及丝绵；高效过滤网替代网纱及过滤绵，有效地过滤并平衡的进入室内；追加两道静电围膜使风向集中外排，确保机械手周边不受外边人员流动及车架周转的影响。	良品率提高 23%，每月可节省成本 24756 人民币。		✓	
41	喷涂工序	优化换色程序	减少物耗	通过换色程序的优化，在第一阶段将色漆的平均换色时间由 280s 降低到 120s，在第二阶段，通过优化换色阀位置（使其更加靠近喷涂出口）和更换 DUMP 阀型号（采用新的快速开启阀），将换色时间降低到 90s。	每次的换色可以节约油漆和溶剂 200 多克，整条涂装线 1 年的油漆采购成本节约超过 80 万元。		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
42	喷涂工序	低压喷涂技术	VOC 减排	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。	可令涂料于涂件的附着比率由 20-30%上升至 35-40%。		✓	
43	喷涂工序	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。	有效减少 VOC 排放量 40%-90%。	✓		
44	烤漆工序	烤漆烘干设备更换	节能措施	采用新一代红外电磁波加热烤漆装置。	节省了能源，实现零排放，同时也提高了产品质量和工作效率，每年节省费用约 4 万元人民币。		✓	
电镀工序清洁生产方案								
45	电镀工序	高频开关电源代替可控硅整流器	节能措施	采用高频开关电源，可靠性强，可减少故障发生；体积小及重量轻，节省使用空间；技术含量高、稳定性强、效率高、控制精度高，节省电能。	提高了效率及降低了电能消耗，每年节省成本 25.3 万元人民币。		✓	
46	电镀工序	废水中金属镍在线回收	循环再用	电镀漂洗废水经过碳滤系统、微孔、超滤系统、纳滤膜系统及 RO 系统，把废水中的镍回用到漂洗槽使用。	每年可回收镍 2,330 公斤、水 5,760 吨，可节省 39 万多人民币。		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
47	电镀工序	废水中金属铬的在线回收	减控污水	为防止含重金属铬的废水直接排放，造成水体污染，采用金属铬的在线回收装置。	年经济效益达 325, 800 元人民币，能使企业有效降低生产用水及排污，节约生产成本，具有良好的环境效益。		✓	
48	电镀工序	铬雾回收与治理	污染控制	建造铬雾及酸雾处理塔。	减少铬酐的排放，每年回收铬酐 250 千克，产生经济效益 7, 500 元人民币，同时改善车间的生产环境。		✓	
49	电镀工序	多级逆流漂洗系统	节水措施	采用多级逆流清洗方式。该系统由多级清洗槽串联组成，在末级清洗槽内连续进水，从第一级清洗槽内连续排水，其水流方向与镀件清洗方向相反，各级清洗槽液浓度不同。随着镀件越洗越净，清洗槽液浓度也越来越高。	每天节水量 4.8 吨，每年节水 1,440 吨。		✓	
50	电镀工序	膜分离技术的应用	减控污水	采用膜分离法处理电镀废水，回收镍和水资源。	水和镍回用率达 95%。		✓	
51	电镀工序	太阳能、空气源热泵加热节能工程	节能措施	安装太阳能真空管集热系统、高温空气热泵辅助加热系统，以保证电镀槽液温度的稳定。	可节省柴油用量，每年可节省 40 多万元，少二氧化碳 400 多吨。		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
52	电镀工序	镀液节能冷热系统	节能措施	系统内含 4 套由自动负载平衡系统控制的高效热泵，根据供需变化，自动按顺序轮流启动设备，以达致最佳的工作效率。	平均每天可节约 1,800 度电，每年减少二氧化碳排放达 500 吨、二氧化硫 400 公斤。		✓	
53	电镀工序	离子交换系统重金属废水循环回用	减控污水	于传统废水处理工艺后安装在线离子交换系统，系统结合离子交换树脂和活性炭，使污水达到回用标准。	可节省自来水使用量 75%		✓	
54	电镀工序	高效型微弧氧化系统	减控污水	高效型微弧氧化系统使工件可直接进行氧化，无需经过脱脂粉及脱脂剂前处理。	可减少用水及耗电量达 43%，并节省化学品消耗。		✓	
辅助设备清洁生产方案								
55	其他	改善空压机系统日常运行	节能管理	在选择空压机开启时优先考虑用电单耗低的空压机；加强空压机系统的日常维护管理。	每年可节约用电 33 万千瓦时及节省 27 万元人民币，并减少温室气体 CO2 排放近 400 吨。		✓	
56	其他	空压机组恒压供气控制	节能改造	以恒压供气控制方案改造空压机组系统，节省电能，节约运行成本，同时改善空压机性能、提高供气品质。	每年节省电费 6.3 万元人民币；同时改善空压机性能、提高供气品质。每年可减少温室气体二氧化碳排放 90 吨。		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
57	冲压工序	冲床节电控制	节能改造	在冲床上安装节能控制器。	实现年节电量 5.7 万千瓦时，节约费用 5 万元人民币；同时，每年减少温二氧化碳排排放 66 吨。		✓	
58	注塑工序	伺服直压注塑机	节能措施	使用伺服直压注塑机，可以按照所需负载的变化而即时调整输出功率。	可节省 80% 能耗。		✓	
59	注塑工序	注塑机节电器	节能措施	节能控制系统是以控制可控硅每个供电半弦波的开关，控制通过可控硅的电流，供给电机当时所需的最适合电压。	平均节电率为约 14%。		✓	
60	注塑工序	注塑机炮筒废热回收设备	节能措施	热回收设备是的保温筒与加热圈之间以吹风方式带走余热，将余热风送到烘料筒供烘料使用。	用电量下降 20%-70%	✓		
61	注塑工序	注塑机变量泵	节能措施	变量泵是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，从而节省电能。	用电量下降 20%-60%。		✓	
62	其他	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。	节能率约 72%。		✓	
63	其他	压缩空气管路	节能措施	重新设计和安装新管路，减少压	每年节约用电约 10,950 千	✓		

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
		改良		压缩机执行时间和工作负荷，检查和更换漏气部件。	瓦时，节约电费约 9,000 元人民币。			
64	其他	水泵变频改造	节能改造	通过加装变频器及电柜，并对线路实施改造。	可延长电动机的使用寿命，降低了对电网的容量要求。年能节省电能 64 万千瓦时。		✓	
65	其他	溶剂回收机	VOC 减排	溶剂回收机透过蒸馏法，将溶剂与杂质分离，回收后回用到生产过程中。	溶剂成本可下降 60-90%。		✓	
66	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%		✓	
67	其他	LED 灯照明灯具取替传统光管	节能措施	LED 是一种低压工作器件，因此在同等亮度下，耗电最小，可大量降低能耗，加上其工作寿命长，可减少消耗。	每年可节能约 55%。		✓	
68	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%		✓	
69	其他	总配电房电容	节能措施	电容补偿器是一个可以减低用电	每年均能节省能源费用		✓	

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
		补偿器		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。	约 1,400 元至 95,000 元。			

3.2 适用于金属表面机械性处理工序的清洁生产方案

方案 1

方案名称：水磨废液处理

方案归类：污染控制

改善前：水磨工序产生的废液里面夹杂大量固体粉末，直接排放造成水污染。

改善后：把废液统一收集到地下沉淀池，完全沉淀后用滤网分离液体与固体粉末。

分离后把粉末晒干后倾倒，作为固体废弃物倾倒；过滤后液体部分蒸发，部分最后排放至排污管道。

实施成效：提高固体粉末回收率，降低固体粉末对水的污染和排污管的堵塞。

投资额：该方案属于无费方案。

方案实施的注意事项：采用的滤网网格要小，已使能最大程度的分离出固体粉末。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆



收集水磨工序产生的废液

方案 2

方案名称：边料废料回收

方案归类：减少物耗

改善前：原材料经过剪板后剩余大量的废料。

改善后：厂家首先根据废料的材料种类及回收价值对废料进行分类收集，然后定期由相关有资质的废品处理公司进行回收。

实施成效：提高废料回收率。

方案实施的注意事项：要对废料进行分类收集。

投资额：该方案只需投入一定的人力，对废料进行分类收集。

厂家应用该方案的情况: 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析: 技术可行: ☆☆☆ 经济可行: ☆☆☆ 环境可行: ☆☆☆



固体废物分类收集

方案 3

方案名称: 平磨机粉尘收集

方案归类: 污染控制

改善前: 平磨工序会产生大量粉尘, 扩散在厂区内, 增加了空气中粉尘的浓度, 污染严重; 同时, 细微粉尘进入呼吸系统, 对操作工人的身体健康造成很大的影响。

改善后: 厂房在每台平磨机后均设置集尘罩, 并与吸气管道连接, 将粉尘收集后再统一处理, 防止粉尘在厂区内扩散; 厂房还制定平磨机使用规范, 要求每位操作工人必须佩戴口罩, 以防吸入粉尘。

实施成效: 粉尘收集率达 90%, 大大降低了空气中粉尘的浓度。

方案实施的注意事项: 即使采用集气罩, 粉尘的收集率不能达到 100%, 故操作工人在工作时仍需佩戴口罩。

投资额: 约 1 万人民币。

厂家应用该方案的情况: 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析: 技术可行: ☆☆☆ 经济可行: ☆☆☆ 环境可行: ☆☆☆



平磨机粉尘收集

方案 4

方案名称：电焊废气收集

方案归类：VOC 减排

改善前：电焊工序会产生刺激性气体，且直接扩散在厂房内，影响室内空气质量。

改善后：厂方于每台焊机后均设置抽风口，并通过软管引至焊机旁收集电焊时产生的刺激性气体，防止气体在厂房内扩散，然后，再把收集的气体进行适当的处理才排放，减少室内空气污染物。

实施成效：大大降低了空气中刺激性气体的浓度。

方案实施的注意事项：注意合理安装，以使刺激性气体能最大程度的被收集。

投资额：约 3 万元人民币。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆



收集电焊产生的刺激性气体

方案 5

方案名称：增设智能节电器

方案归类：节能措施

改善前：每台平磨机在额定功率 35 千瓦情况下运转。

改善后：厂方为每台平磨机配置了一台智能节电器。智能节电器在不改变马达频率的情况下，动态追踪马达负载，根据其功率需要适当分配电能，有效避免「大马拉小车」现象；同时能优化电流及电压，减少相角差，从而提高节能效果。采取该措施后约节电 20%。

实施成效：项目实施，节电率约 20%，每台平磨机每年节电可达 2,440 千瓦时。

方案实施的注意事项：该方案适合平磨机马达负载经常变动的情况；对于运行时基本处于满负荷状态的情况，节电效果不显著。。

投资额及回本期：每台智能节电器投资 15,000 元人民币，约 11 个月即可回收成本。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆



平磨机及智能节电器

方案 6（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：微电脑智能节电器

方案归类：节能措施

改善前：为保持平磨机的稳定，一般会配置马力较大的电机或马达，因而在运作时造成电能浪费。

改善后：深圳某厂房于平磨机的马达与供电箱之间安装了 38 台智能节电器。智能节电器内置中央处理器，以 2 微妙频率自动动态追踪马达负载，并应用 CPU 监察及运算负载变化，利用三端双向闸流体减少电压及电流相

角，从而提供最佳电压及电流。当智能节电器启动后，中央处理器会即时调节输出的电压及电流。

实施成效：智能节电器投入使用后，约可节省 29% 电能。每年总节电量约为 123,476 千瓦时，每年减少二氧化碳排放 108 吨。

方案实施的注意事项：本方案适合平磨机马达负载经常变动的情况；对于运行时基本处于满负荷状态的情况，节电效果不显着。

投资额及回本期：本项目投资港币 30 多万，回本期约 28 个月。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆



安装了智能节电器的平磨机



智能节电器厂内的装置

方案 7 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

方案名称：震动薄膜过滤系统回收除油废液

方案归类：减控污水

改善前：在金属表面处理工艺中，工件除油是必须的前处理工序。厂家一般使用除油粉或脱脂剂等清洁剂去除工件表面油污，然后进行表面处理加工工序。为保持除油效果，除油槽液必须经常更换，消耗大量化学品外，亦生产高污染污水。废除油液中含有大量油脂、清洁剂及乳化物等高难分解污染物质。一般工厂直接将废除油液排到污水厂，混合其他污水一并处理。但由于废除油液的性质及突增负荷，经常令污水厂出现操作问题，甚至影响达标排放。

改善后：东莞某厂房使用震膜系统，处理废除油液同时回收除油剂再用，以节省化学品及减少污水排放，以及节约原先蒸发所需的电耗。废除油液中所含油脂及乳化物属于非溶解物质，若经过滤去除后，可回收溶解的除油剂再用。而使用超滤薄膜可通过高频震动薄膜模组机构，减低薄膜阻塞及增加过滤流量，解决传统薄膜容易淤塞的问题；另外，超滤薄膜震膜系统可以透过震动在薄膜表面上施加比传统系统高的剪切力，令污染物不能停留在薄膜表面，从而大大减低了薄膜的淤塞问题。

实施成效：使用震膜系统后，厂房可回收约90%废除油液回到除油工序中再用，而10%的高浓缩废除油液则混合煤炭，直接在锅炉内烧掉，解决废除油液的处理问题，以及大量减少除油剂的消耗。相对以往蒸发处理，震膜系统虽增加了维修费及化学品消耗，但可大幅节省的电耗达98%。

方案实施的注意事项：方案适合平磨机马达负载经常变动的情况；对于运行时基本处于满负荷状态的情况，节电效果不显着。

投资额及回本期：本项目投资 215,000 元人民币，约 2 年半可回收成本。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆



振膜系统外观



废除油液（左）过滤回收液（中）
浓缩废除油液（右）

方案 8（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：碳氢真空超声波清洗干燥设备

方案归类： VOC 减排

改善前：现时该厂磨光后的产品需要进行除蜡除油的清洗，目前清洗剂采用三氯乙烯和除蜡水，三氯乙烯 (Tri) 属 ODS 物质，几乎不溶于水，与乙醇、乙醚及氯仿混溶，溶于多种固定油和挥发性油，在潮湿时遇光生成盐

酸，高浓度蒸气在高温下会燃烧，加热分解，放出有毒氯化物。主要毒性表现为对中枢神经系统的抑制，重者可致昏迷及死亡。液态 Tri 对皮肤有刺激作用，而 Tri 蒸气对呼吸道及眼睛有刺激性。

改善后：系统包括手动式碳氢真空超声波清洗机、手动式的热风干燥机、全自动碳氢真空蒸馏再生机。系统以超声波清洗与旋转上下抛动装置，通过真空减压处理，使得超声波穴产生正负冲击波，并注入洗涤剂，清洗对象表面。

实施成效：每年可减少使用 22 吨三氯乙稀，减少 VOC 排放。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：回本期约为 3 年

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆

3.3 适用于冲压工序的清洁生产方案

方案 9（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：冲压机节电器

方案归类：节能措施

改善前：当三相电机于满负载率运行时效率高达 90%，但当负载率降至 50%或以下时，电机效率会急速下降，浪费电能。尽管如此厂商为避免马达常常于满载时运行及保持生产稳定，一般会为冲压机安装较大马力的马达，使其产生的动力大于所需。此举不但造成生产所需的电力成本上升，降低马达效率及严重消耗电源等问题，还会缩短设备的使用寿命。传统以变频器降低电机转速来节电，但对冲压机电机进行减速操作，可能会影响生产量及产品品质下降。

改善后：深圳某厂房在冲压机配置的电机或马达上加装了 21 台 DP 系列节电器。该方案中的节电器不会改变电机转速，节电器配备积体电路芯片控制技术 & 专用程序软件，自动变更输入电压，提供马达最适合的马力。节电器可即时检测马达工作状态和做出调整电力，于需要高负载时提供足够

的电力，并于低需求时降低至适当的电力。一般情况下，节电器可以再 0.01 秒的时间内进行最优化调整，从而调整出最适当的电力供应。

实施成效：节电器投入使用后，在正常负荷下，平均节电率约 28%。每年节省成本估计约 12.5 万元人民币，并估算每年减少二氧化碳排放量 127 吨。

方案实施的注意事项：本项目在设备高负荷时，节电率只有 10%左右，因此，对设备低负荷运行情况下节电效果明显。

投资额及回本期：投资费为约 30 万元人民币；回本期约 2.4 年。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



DP 系列节电器和冲压机



DP 系列节电器内部结构

方案 10（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：冲压机和油压机的节电改造

方案归类：节能措施

改善前：冲压机一般存在着马达配置余量过大、使用效率低的不良现象。由于生产程序按生产种类有所不同，压力机的压力及液压油的流量负载也不同。压力机的液压泵为定量泵，转速一定时泵的油排量是不变的。液压系统的安全保护、工艺压力及速度，是依赖流量比例阀和压力比例阀调节。当工艺在轻载或空载时，液压油会经由溢流阀旁路回到油槽，浪费电量。

改善后：深圳某厂房安装了 16 台节电器在冲压机及压力机上。而节电器的是以微电脑程控设备，配合专用程序软体，自动即时检测马达工作状态，以最适合的电力供应驱动马达工作，达到节省电力消耗与马达的「所需即

所供」目的。节电器配合三组可控硅器件和电力供应即时监测单元，用于检测马达工作状态、调整马达所需电力。可以在 0.01 秒的时间内进行最优化调整，从而调整出最适当的电力供应。

实施成效：安装后，冲击机和油压机的电耗分别下降约 40%和 60%。

方案实施的注意事项：通过该厂实际应用测试表明，安装该节电器后，总谐波失真上升，如有需要时应于节电器前安装电流谐波过滤器以减少电流谐波失真对供电系统的影响。

投资额及回本期：投资费用为约 35 万元人民币；回本期为 1 年多。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



安装了节电器的压力机



安装了节电器的冲击力机

方案 11

方案名称：攻丝机自动涂油装置

方案归类：污染控制

改善前：攻丝机须以人工对丝锥添加攻丝油，加油频率高，生产效率低。

改善后：安装油箱并分配多根油管利用压力差使油涂布在各丝锥上，实现自动化涂油；生产效率提高 15%。

实施成效：采用自动涂油装置能提高生产效率；而其中的油品回收装置即消除了油品的浪费问题，同时也改善了油品在回收之前流散在周围环境的现象，减少环境污染。

方案实施的注意事项：只针对人工涂油且无油品回收的丝锥进行改造。

投资额及回本期：回本期约 6 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆



改善前手工涂油



改善后油品自动回收装置



改善后自动加油管



改善后加油装置

方案 12

方案名称：洗净机更换

方案归类：减少物耗

改善前：旧洗净机采用的是超声波清洗，清洗液采用喷流方式对部品清洗，以及采用热风干燥，即洗净机是敞开式的在常压下清洗部品。使用旧的洗净机，存在清洗效率低、溶剂易挥发和消耗量大等问题。

改善后：新的洗净机采用的是超声波加摇动清洗，清洗液采用浸泡方式对部品清洗，以及真空干燥，即洗净机是在真空下清洗部品，提高了清洗效率并

防止了洗净溶剂的挥发。且新的洗净机采用了变频装置，节省电能。

实施成效：采用新的洗净机，防止溶剂的挥发，并缩短了清洗时间。旧洗净机每月消耗溶剂 500 升，消耗电能 4 万千瓦时；新洗净机每月消耗溶剂 400 升，消耗电能 2.1 万千瓦时；每月节省溶剂消耗 20%，同时节省电能 1.9 万千瓦时。

投资额及回本期：投资费为 40 万元人民币；每年节省成本约 25 万元人民币；回本期约 1.6 年。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部份厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



旧洗净机



新清洗机的变频



新洗净机

方案 13

方案名称：升降台改造

方案归类：节能措施

改善前：材料放置在铁平台上，员工需要经常弯腰才能拿取材料，造成不方便，降低了生产效率。

改善后：安装液压升降机，并加装传感器与配件，改造成自动升降机。

实施成效：提高了生产效率，年节约运行费用 8,000 元人民币。

投资额及回本期：投资费 1 万元人民币；回本期为 15 个月。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



员工需要经常弯腰取材料，构成不方便，降低了生产效率。

改善前



改善后

3.4 适用于压铸、铸造工序的清洁生产方案

方案 14 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

方案名称: 熔炉更换

方案归类: 节能措施

改善前: 使用燃油式中央铝熔炉，能源效率较低，热能利用率平均只有 30%-35% 左右，浪费大量能源，而随着柴油价格的上升，生产成本亦大幅度提高。另外，柴油燃烧时不但会产生烟气影响四周的环境，而且柴油铝熔炉保温性能差，使车间温度较高。

改善后: 采用电中央铝熔炉取代传统的燃油中央铝熔炉，电中央铝熔炉采用硅碳棒加热及使用 PID 控制系统，可以自动控温，控温精度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，铝料烧损率少于 1%，较传统熔炉减少 65% 以上。加入铝锭后温度波动在 10°C - 30°C ，可在 24 小时内连续压铸，大大提升了压铸机的产能。熔炉的熔池采用特种材料，采用抗铝侵蚀和抗结瘤技术，寿命比一般熔铝炉的熔池长 2 年。此外，电中央铝熔炉加强了炉体的保温能力，表面温度低于 40°C ，有效提升能源利用率及降低了车间环境温度。

实施成效: 使用电中央铝熔炉可节省柴油用量，比柴油铝熔炉熔每公斤铝可节省

0.18 元人民币，年节约费用 267,000 元人民币；此外，电中央铝熔炉炉体表面温度较低，以及无燃烧废气排放，改善了车间工作环境。

方案实施的注意事项：新炉或长期停用的炉子在投入使用前必须进行烘炉，否则会引起熔池开裂，影响设备使用寿命。

投资额及回本期：投资费约 11 万元人民币；回本期约为 5 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



电中央铝熔炉



电中央铝熔炉的操作开关

方案 15

方案名称：降低电弧炉能耗

方案归类：节能、减少物耗

改善前：3 吨非标电弧炉是耗能大户，平均每天要冶炼 4 炉钢水，基本是满负荷运行。

改善后：为节省电弧炉的能耗，对员工进行培训，实施以下措施：

1. 吹氧促熔，职工通过在熔炼过程中勤吹氧气，促进了钢水的熔化速度，一定程度上减少了钢水的冶炼时间，节约了电能；
2. 对废旧材料进行分拣再利用。某钢板中含有镍合金，职工从工厂拖回的废旧钢板中分拣出该钢板，在冶炼不锈钢产品时投炉，适当减少了贵重材料镍板的投入成本；

3. 回炉材料分类投炉。每个铸件上都有浇口、冒口等，在氧割工序时都切割下来准备回炉，备料岗位职工将这些浇口、冒口按牌号分类存放，待冶炼相同牌号时再投炉生产，同样节省了贵重金属的投入成本；
4. 原材料小样投炉。投炉的废料钢板等原材料有的面积较大，职工将大块的材料通过氧割等方式减小原料的体积，再投炉冶炼，既缩短了钢板的熔化时间，又节省了电能。

实施成效：通过采取这些措施，有效降低了电弧炉的能耗，每月降低生产成本约 3 万元人民币，全年节约生产费用 36 万余元人民币。

方案实施的注意事项：该方案的实施是建立在广大职工对各自岗位设备及操作工艺情况非常了解的基础上。

投资额及回本期：年节约费用 36 万元人民币。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆

方案 16

方案名称：循环使用冷却水

方案归类：减控污水

改善前：某模具分厂压铸工段一直是企业的耗水大户。多年来，与压铸机配套的工频炉冷却水系统一直是直排方式，冷却水用过之后便被排入下水道，浪费极大，每逢下水道堵塞，整个车间便溢满污水，生产环境变得十分恶劣。

改善后：对老的冷却水系统进行改造，设计出新型冷却水系统。新系统由集水漏斗、埋地管道、地下蓄水箱（1.5m³）、水泵、自动电控柜、水位信号传感装置等几部分组成。工作时，集水漏斗先将 4 台设备 30 处冷却出水汇集后，通过埋地管道，流入地下蓄水箱，待蓄水箱水位到达一定高度时，通过传感器指示接通电源，水泵自动抽水，把蓄水箱内的水输往厂区大循环管网，停止运行，如此周而复始，使冷却水得到循环再利用。该系统工作时，操作工只需通过对转子流量计的观察，就十分

容易掌握即时水流状况并测得水流量，进而实施相应的控制。

实施成效：改造后的系统操作简单，技术可靠，节约用水，每小时回收水量 2.951m³，每年节水 58,079m³。同时，也改善了生产环境。

投资额及回本期：投资费为 17,000 元人民币；年节约费用 150,000 元人民币；回本期 2 个月。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 17

方案名称：热处理炉改造

方案归类：节能措施

改善前：某铸锻公司重型锻件生产中，原料钢锭加热与锻件热处理都由大型加热的热处理炉进行，燃烧能源为煤气。原有炉窑虽然也经历年多次改进，热效率低于 10% 以下，煤气损失大，锻件煤气单耗曾高达 7,000m³/吨，煤气费用占整个锻造生产成本的 60%，而且加热和热处理效果差，维修耗费大。

改善后：该公司实施全自动控制技术改造低温热处理炉项目，改造并投产 14 台大型新型热处理炉。系统采用智能全自动控制，实现风煤比实时自动调节，使燃烧保持最佳状态，并优化炉体结构，提高封闭性能，加上内衬使用新型耐热材料，不仅大大增强保温效果，提高热效率，而且明显减少烧损，延长了设备使用寿命；还有选用新型烧嘴并合理配置，节能降耗效果良好。

实施成效：改造后的新型热处理炉热效率提高 30%，煤气耗量降低 40%，仅钢管制管厂年均直接节约煤气费用就达 150 万元，而降低锻件返工、炉修费用及减少排放等综合效益则无法计算。

投资额及回本期：年节约费用 150 万元人民币。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 18

方案名称：感应炉主控开关改造

方案归类：节能措施

改善前：某机械厂压铸工段的 100 千瓦无芯工频感应炉，由于设计缺陷，250A 的主控开关设计在配电柜内，为安全起见，工厂规定员工不得直接操作主控开关。这样一来，控制电路就不得不长期处于待机状态，一天浪费电能 32 度，一年 11,400 度。加上待机时，各电器组件也都处在工作状态，缩短了电器组件的使用寿命。

改善后：对无芯工频炉进行改造，将电容器柜内总空气开关改换位置，同时装上自动控制组件，生产工人操作时，只需按动电钮，就能控制整个主控开关。

实施成效：改造后的电源控制电路，节电效果十分明显，每年为工厂节省电费及器件损耗达 2 万元人民币以上，另外，还彻底消除了存在已久的安全隐患。

方案实施的注意事项：电容器内的总空气开关必须更换到恰当的位置。

投资额及回本期：本方案为无费方案；年节约费用 2 万元人民币。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆

方案 19（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：再生床蓄热器

方案归类：节能措施

改善前：目前，大多数铝型材工厂的熔铸炉均为卧式矩形火焰反射炉，使用的能源种类主要为煤和油（柴油或重油），熔铸炉由于受到工艺的限制，热效率较低，主要热损失为排烟物理热损失。大多熔铸炉的烟气直接排放，排烟温度高达 450℃ 以上，如此高温的烟气不仅容易使设备加速老化，而且余热未能得到有效的利用，造成了能源的浪费，对环境亦有一定的影响。

改善后：对熔铸车间原来的连体式蓄热器进行改造，改为单体式再生床蓄热器。用单体式再生床蓄热器，热交换效率比连体式蓄热器更好。熔铸炉有

两个烧嘴，炉子升温加热时，每次只有一个烧嘴燃烧，另外一个烧嘴处于吸气和再生床预热状态。排放气体由原来的 450℃左右降低至 250℃以下，烟气及粉尘排放减少 10%，真正达到节能减排的目的。

实施成效：可节省能耗 18%，每年可减少氮氧化物排放 945 公斤、硫化物排放 1302 公斤。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资约为 30-40 万人民币，回本期为约 8 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 20（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：圆形熔铝炉

方案归类：节能措施、VOC 减排

改善前：一般厂房的熔铝炉会使用重油作为燃料，燃烧系统采用传统的单烧嘴系统，采用反射式高温燃烧，油枪喷出的加热油遇热燃烧，随喷嘴喷射到炉壁，火焰成90度角反射回来后加热铝锭，其升温时间长，燃料燃烧不完全，热效率低，而且单炉的铝水容量不能最大化，产量偏低。

改善后：圆形熔铝炉的炉体为圆形，分底炉和竖炉，底炉用于熔炼，竖炉用于投料及利用烟气余热加热铝锭。因炉体为圆形，减少原料残留于熔炉内，有助提高原材料利用率。设备的进口设在顶部，新投入的铝锭可吸收其热量，不但可进行预加热，并可使排出的烟气温度的下降，减少对环境的影响。炉内设有空气预热器，新鲜空气由鼓风机送进空气预热器及炉体夹套风道，空气预热器很好地吸收烟气余热，预热后的空气进入炉壳夹层风道，进一步预热升温，减少炉壳散热，空气预热后能减少熔炼时间和重油消耗。此外，溶炉的喷油嘴配置合理，倾斜射向铝锭，增加在铝锭上的停留时间，当铝锭熔化到半固体状态时，铝液还可旋转流动进行充分的热对流交换，从而加速铝液溶解和升温。

方案实施的注意事项：无。

节能减排的成效：台山某厂房改用圆形熔铝炉后，每年可节省约1,000吨重油、减少碳排放986吨、二氧化硫11吨。

投资额及回本期：投资约为 ，回本期约 8 个月。

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 21（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：铝棒加热炉改造

方案归类：节能措施

改善前：传统铝棒加热炉热能损失大，炉压过高、燃烧器系统设计不合理、循环风道结构不合理等，都可能是原因之一。

改善后：改造铝棒加热炉，采用耐火保温材料把原来的圆形炉顶盖改造成方形炉盖，加大炉膛横截面积，让火焰燃烧后在炉内停留时间延长，减低炉内压力，同时减少热散失。另外，改造天然气系统管道，由原来的燃烧直射型改造成为燃烧喷雾式斜射型管道，有效地直接加热铝锭，并把原来的外吸式风道，改为内吸式循环风道，以提升热利用效益，以节省能源。

方案实施的注意事项：无。

节能减排的成效：佛山某厂房改造每年可节省燃料费用约30万元，并可减少二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等的排放。

投资额及回本期：投资费用为 42,000 人民币，回本期约 14 个月。

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 22（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：锌合金炉环保除尘器

方案归类：VOC 减排

改善前：锌熔炼炉生产过程中使用的燃料一般为天然气，使用锌精炼剂对金属液进行处理，烟尘中主要有氧化锌、氯化锌以及 Cl₂、HCl、C₂Cl₄ 等物质，有一定的腐蚀性，且烟气中含有大量的水汽，露点高，烟尘粘附性比较强。而锌合金熔炼炉生产时产生的烟气温度达到 750℃，如不经过处理直接排放，会恶化生产作业环境，并对工厂周围的环境造成污染，同时又浪费了烟气中的热能。

改善后：熔炼时产生的内排烟和炉门口的废气、粉尘等被吸尘罩捕集，经过电动调节阀门由排烟风管汇入换热器进行冷却降温，热烟气则回用到熔炉中，降温后的烟气先进入前置处理器（沉降室），进行沉降分级，减小后续处理设备的负荷。大颗粒粉尘因惯性作用落入灰斗，烟气沿挡风板向上到达滤袋，粉尘被阻留在滤袋外面。滤袋表面的粉尘不断增加，导致压力差的不断增加，在压力差增加到一定值时，喷吹系统开始工作。压缩空气从集气包按顺序经脉冲阀和喷吹管上的喷嘴向滤袋内喷射，在产生的加速和反向气流的作用下，附于滤袋外表的粉尘脱落掉入灰斗中，粉尘由卸灰阀排出，过滤后的干净气体通过风机、烟囱排入大气。

方案实施的注意事项：除尘器系统运行期间，除尘岗位操作人员不得擅自离开岗位，要定期对设备进行巡检，发现异常情况应通知当值主管人员和停机处理，并按规定要求做好运行记录。

实施成效：环保除尘器的粉尘回收率约为 98%，并可把温度达 750℃ 的热烟气回用，节省天然气用量。

投资额及回本期：投资约 98 万人民币，每年可年节约 61 万元，回本期约为 1 年半。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

3.5 适用于模具制作工序的清洁生产方案

方案 23

方案名称：热处理炉改造

方案归类：设备改进

改善前：某些厂房利用钢制压铸模，会通过外协加工公司进行真空热处理，不仅费用高，而且生产周期往往受制于外协单位。

改善后：利用老式热处理炉，采用双层装箱的保护办法，避免模具受高温影响而氧化，同时，配以最佳的热处理工艺参数，解决了老式设备热处理的问题。

实施成效：改造后，模具表面光洁度保持良好， $\geq 250\text{mm}$ 的型芯变形在 0.1mm 以下； $\leq 300\text{mm}$ 的型芯变形在 $0.1\text{-}0.2\text{mm}$ 之间，完全达到要求，相比外协加工，更节省时间，费用亦节省了五分之四。

方案实施的注意事项：随着装备制造业的快速发展，许多老设备大都处于淘汰的边缘。在现有条件下，通过改造，一些貌似落后的设备，往往能够发挥意想不到的作用，其加工能力也不在某些新设备之下。

投资额及回本期：投资费为 2 万元人民币；年节约费用 15 万元人民币；回本期 2 个月。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆

方案 24

方案名称：挤压磨具加热炉更换

方案归类：节能措施

改善前：传统的挤压模具加热炉，是通过风机使热空气在炉膛中进行循环。这种对流加热过程会使模具受热温度不均匀，且这种利用空气作介质进行热传导加热的模具炉，每当打开炉门时，会使炉膛内的模具快速氧化，导致较快地使模具变为不合格，产出的型材质量不合格，模具使用寿命缩短，或进行不必要的修模。

改善后：红外线加热炉是利用波长介于可见光与微波之间的红外线，以辐射的形式向外传播，热源与被加热的物体之间的能源传递是以光线的形式辐射进行的，被加热体能够很好地吸收红外线，传热的效率较高，因而

模具红外线加热炉在加热速度及节能方面具有显著的优势。其具有以下几个优点：

- 1、节约能源。传统的辐射对流式模具加热炉，是使用热空气作为热介质加热的。在红外线加热炉中，被加热体能够很好地吸收红外线，传热效率较高，加热速度较快，较普通电加热模具炉单耗由原先的 0.165 kWh/公斤下降为 0.126 kWh/公斤，明显降低能源消耗；
- 2、型材表面质量提高。利用红外线加热炉对模具进行加热，由于加热时间短，加热效率高，工作带被氧化的几率小，降低模具拉痕，改善型材的表面质量；
- 3、模具使用寿命提高。使用模具红外线加热炉对模具进行加热时，模具能够均匀受热，并且能够加快平衡挤压时的流速差，从而提高模具的使用寿命。

实施成效：更换红外线加热炉后，节约能源，热效率由原来的 43.78%提高到 53.42%，加热模具的能源单耗由原先的 0.165kWh/公斤下降为 0.126kWh/公斤；同时，红外线加热炉具有传热效率高、加热均匀、延长模具使用寿命、减少模具损坏及提高型材表面质量等优点。

投资额及回本期：投资费为 30,000 元人民币；回本期 1 年。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆



模具电阻丝加热炉



模具红外线加热炉

方案 25

方案名称：添置滤油机

方案归类：减少物耗

改善前：某汽车模具厂的车间没有相关的规章制度，只是临时安排清理积油，导致油底壳焊接区有大量残留积油，存在很大的安全隐患。

改善后：通过添置了一台滤油机对油底壳焊接区的积油进行定期清除，很大程度上降低了安全隐患，并大大减少了润滑油的消耗。

实施成效：改造后，每年减少润滑油消耗 10 吨。

方案实施的注意事项：对油底壳焊接区的大量残留积油的定期清除是十分必要的，不但能降低润滑油消耗，消除安全隐患，增加经济效益，而且该方案投资少，是一个简单可行、低费用回收资本快的方案。

投资额及回本期：投资费为 20,000 元人民币；年节约费用 160,000 元人民币；回本期 2 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



滤油机

方案 26

方案名称：定额涂抹拉延油

方案归类：减少物耗

改善前：某汽车模具厂的现场使用的拉延油没有进行消耗定额的测算，工人自己

提取和使用的过程中，工件上涂刷过多拉延油，而且拉延油在油盒里蘸完油后，往工件上刷涂的过程中滴落过多的油，造成浪费。

改善后：通过设计制造了拉延油专用的工位器具（请参阅以下图片），解决了滴落及无法控制使用用量的问题。定出了合理的消耗定额，控制使用量，减少了浪费。对模具制造操作工进行了培训，规范了涂油方式及工位器具的使用方法，减少了人为造成的损耗。

实施成效：改造后，从07年8月至12月底，与8月以前同等生产量相比，共减少拉延油消耗3200公斤。

方案实施的注意事项：对拉延油的定额涂抹是十分必要的，不但能降低拉延油消耗，增加经济效益，而且该方案投资少，是一个简单可行、低费用回收资本快的方案。

投资额及回本期：投资费为2万元人民币；年节约费用9万元人民币；回本期3个月。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



工位器具

方案 27

方案名称：改变水冷却设备方式

方案归类：节水措施

改善前：空压机排除的高温压缩空气从进气口进入后水冷却器，在芯体中的换热管流动，它与壳体内部的冷却水进行热交换，温度降低，从出气口流出。高温压缩空气在冷却的过程中，水蒸气及油蒸汽则冷凝成水滴与油滴析出，从排污口排出；冷却水则从进水口管进入壳体，与压缩空气进行热

交换后从出水口排出。水冷却设备方式，耗水量很大，某厂房平均每年耗水量为 3,533 吨，同时，经过多年来的使用，热交换器内的冷却水道被水垢严重堵塞，冷却效果已经不能满足机床满负荷工作的需要，再加上该机床所配循环水路中部分埋入地下的镀锌水管经过 17 年多的使用，也已经达到了使用年限。

改善后：通过将油压机冷却水系统改为油液自动冷却温控装置，将间接水冷却改为直接冷却介质—油。在达到相同的冷却任务的情况下，能节约大量的用水消耗。

实施成效：通过改变水冷却设备方式后，每个月能节约用水 140 吨。

方案实施的注意事项：将间接冷却水改为直接介质油后，不但提高了冷却效率，并节约了水资源。

投资额及回本期：投资费为 135,000 元人民币；每个月能节约用水 140 吨，每年能节约用水 1,680 吨，水费以 4 元/吨计，年节约费用 6,720 元人民币；回本期 20 年。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆ 环境可行：☆☆☆



热交换水冷却设备



油液自动冷却温控装置

方案 28

方案名称：减少油压机油消耗

方案归类：减少物耗

改善前：某汽车模具厂的油压机正常工作消耗时，每个月补充加油 30 公斤即可，

但设计选用的密封件质量差，加上润滑管路老化泄露等原因使得实际油消耗情况由于漏油的发生导致每个月需要补充加油 90 公斤。

改善后：改用质素高的耐高压油管；检修平衡缸回油装置，紧固油泵减振、减压阀组和管路；对压力机漏油现状分析，制定改善方案，加工备件以及安装调试；对双点压力机飞轮槽加装回油孔，疏通回油管路等措施，避免漏油。

实施成效：通过改造后，避免漏油，节约了油料费用，也降低了各油压机的维修费用。

方案实施的注意事项：在改造时尽量选用质素较高的密封件。

投资额及回本期：总投资费为 227,000 元人民币，年节约费用 187,000 元人民币；回本期为 1 年 3 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



厂房选用的高质素密封件

3.6 适用于切割工序的清洁生产方案

方案 29

方案名称：新型冲击试样切割机

方案归类：设备改进

改善前：传统冲击试样的切割机都是在锯床上加工，占用了试板下料周期，过程繁琐，生产效率低；并且试样在锯床夹持中容易偏位，造成切割尺寸精度较低。

改善后：新型的冲击试样切割机具备「双切割片」切割系统及专用定位夹具的设计，可提高切割效率与精度；设备并具有试样局部冷却装置设计，有

效避免冷却液对切割片的浸蚀作用，另外其减震及安全防护装置，可确保设备安全可靠运行。

实施成效：实现了冲击试样低成本、高质量、高效率地切割加工，提高效率 100% 以上，降低成本 50%。

方案实施的注意事项：新研制冲击试样切割机的运行，各项指标必须符合技术要求。

投资额及回本期：投资费为 17,000 元人民币；年节约费用 150,000 元人民币；回本期 2 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆

方案 30

方案名称：丙烷代用乙炔切割

方案归类：能源替换

改善前：金属加工厂在下料和铆焊两大车间的气体切割作业中普遍使用的是乙炔气，但由于乙炔气易燃，储存较危险，加上成本逐年增高，需找寻其他能源替代。

改善后：使用丙烷代用乙炔，与乙炔相比，丙烷气燃点高，燃烧速度较慢，化学性质不活跃，不易发生回火，而且爆炸范围小。

从切割效果对比，使用丙烷气切割时，切割面的氧化皮易剥落，尤其是在切割厚钢板时，切口表面光洁，棱角整齐，切割质量较好。另外割缝上缘不易塌边及熔化，下缘不易挂渣，即使有挂渣也易清除，可提高工作效率。

从产生的经济效益角度对比，虽然乙炔较丙烷便宜，但一瓶氧气需要消耗一瓶乙炔，消耗 1/6 瓶丙烷，使用丙烷总成本可以降低约 65%。

从工艺更换成本角度分析，丙烷代用乙炔，只须换一个割嘴及压力表，更换成本低。

实施成效：丙烷气代替乙炔气切割的应用不仅提供了更加安全无污染的环境，提高了切割的质量和功效，而且大大降低了成本，并可减低上气瓶更换周

转率。

方案实施的注意事项: 切割机割嘴和压力表更换后, 各项指标必须符合技术要求。

投资额及回本期: 投资费为 300 元人民币; 年节约费用 100,000 元人民币; 回本期 1 天。

厂家应用该方案的情况: 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析: 技术可行: ☆☆☆ 经济可行: ☆☆☆ 环境可行: ☆☆☆

方案 31

方案名称: V8 节能焊割气和 V8 燃料增益剂切割

方案归类: 能源替换

改善前: 使用乙炔气进行切割, 不但质量差, 而且使用乙炔气易发生危险。

改善后: V8 节能焊割气火焰温度高(3300-3500℃), 可以全面代替乙炔气。当前市场出现的几种气体, 只能进行中薄板材的切割, 并且在穿孔、起割或进行中厚板切割过程中明显效率低下, 但 V8 不仅可以完全解决这些问题, 还可以进行焊接、烤校及喷涂。

V8 可以替代 7-9 瓶乙炔气。V8 温度高, 预热快, 提高工作效率同时, 可节省氧气的消耗; 而且其切割速度快, 质量好, 切割出的割缝边缘, 热影响区小且均匀, 减少了工作焊接后的变形量, 节省了烤校的时间。

实施成效: V8 工业燃气是一种经济、安全、高效的切割气。其气体性质稳定, 用明火才能点着, 使用过程中不回火及积碳。预热及切割速度快, 割面光洁、焊渣少、易清理。

方案实施的注意事项: 切割机割嘴和压力表更换后, 各项指标必须符合技术要求。

投资额及回本期: 投资费为 300 元人民币; 年节约费用 (成本费用如效率提高、省氧等) 130,000 元人民币; 回本期 1 天。

厂家应用该方案的情况: 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析: 技术可行: ☆☆☆ 经济可行: ☆☆☆ 环境可行: ☆☆☆

方案 32

方案名称：氢氧火焰切割

方案归类：能源替换

改善前：连铸坯是炼钢炉炼成的钢水，经过连铸机铸造后得到的产品。连铸坯在线连续切割，较常使用的切割能源介质是焦炉煤气。在实际使用过程中，煤气管道铺设复杂，安全性能低，煤气质量不稳定，割嘴堵塞严重，更换频繁，并使连铸坯切口质量也受到很大程度影响，而清洗及更换煤气管道都是一项浩大的工程。

改善后：采用氢氧火焰连铸坯切割有以下优点：

- 1、水电解氢氧机采用分离式(H_2 、 O_2 分别输出)氢氧机，从根本上解决在使用过程中「回火」频率高的问题而；且工作压力低，气体随产随用，可避免煤气站或运输储存时发生爆炸。
- 2、氢氧火焰燃烧只产生热量和水，不会污染环境。
- 3、氢氧切割连铸坯相对挂渣少，且易清理，可减少切割成本。
- 4、由于氢氧火焰挺直，集束性好，火焰形状似铅笔，其切割割缝窄，切。
- 5、面平整，几乎没有拖尾痕迹。割缝较煤气介质窄 15%-20%，从而大大减小了连铸坯在切割时金属损耗口。
- 6、采用氢氧火焰切割嘴使用寿命是采用煤气火焰切割嘴的 5 倍以上，可减少物耗及生产成本。

实施成效：氢氧火焰切割连铸坯效果图如下：



切割连铸坯、矩形坯



连铸坯割缝



连铸坯切割断面图

方案实施的注意事项：氢氧管路应采用不锈钢材质的无缝钢管输出，而自来水管路直接铺设到每台氢氧机附近，支路设置可根据具体而定且每个支管路末端设立两个出水口，各由一个球阀控制。操作间布置应符合 GB9448-88 《焊接与切割安全》的有关规定。

投资额及回本期：连铸坯火焰切割采用氢氧作为能源介质与采用其他燃气介质相比，具有良好的经济效益，分析如下：以 150mm×150mm 定尺为 6m 规格。按四机四流设计产量为 60 万吨进行钢损方面对比分析。表 1 为采用不同能源介质(拉速为 2.7m/min)连铸钢坯割缝平均宽度。从表 1 数据中了解，如用氢氧气作为切割连铸钢坯能源介质，割缝与焦炉煤气相比小许多。仅此一项就会对连铸坯切割时的钢损节约非常可观。

使用氢氧切割连铸坯可以有两种切割方式：在不断火焰的情况下，氢氧气切割连铸坯吨钢成本与拉速成反比，与定尺无关，但相应电能损耗较大些：断火切割（在本次连铸坯切割完毕，到下次定尺切割时)与定尺有关，并与切割周期成正比，但相应电耗与不断火切割相比减少许多。表 2 为两种切割方式的比较表。表 3 为年生产 60 万吨连铸坯经济对比表。由表 3 可以明显看出，如采用氢氧火焰切割与通常采用的焦炉煤气相比经济效益非常显著。

表 1 采用不同能源介质(拉速为 2.7m/min)连铸钢坯割缝平均宽度

截面(mm ²)	平均割缝宽度(mm)		
	请氧气	焦炉煤气	丙烷
150mm×150mm	8	>13	>11

表 2 两种切割方式的比较

	不熄火切割	断火切割 (切割周期按 60s 计算)
拉速(m/min)	2.7	2.7
设备费用(万元)	10	10
设备维护成本(元/吨)	10/60=0.167	10/60=0.167
切割次数	569801	569801
氢氧机工作时间(h)	600000/0.1755/60=21103	569801×60/3600=9497
氢氧机耗电(kWh)	21103×20=422060	9497×20=189940
电费(万元)	422060×0.6=25.3236	189940×0.6=11.3964
吨钢直接成本(元/吨)	25.3236/60+0.167=0.542	11.3964/60+0.167=0.310
注: 1)氢氧机每流备件年需<1.0 万元; 2)0.1775t/m 钢坯单位重量		

表 3 年生产 60 万吨连铸坯经济对比

	焦炉煤气		氢氧气不熄火		氢氧气断火	
	吨钢	年(万元)	吨钢	年(万元)	吨钢	年(万元)
吨钢直接成本(元/吨)	1.3	78	0.589	35.34	0.357	21.42
与煤气相比节省(万元/年)			42.33		56.58	

厂家应用该方案的情况: 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析: 技术可行: ☆☆☆ 经济可行: ☆☆☆ 环境可行: ☆☆☆

方案 33

方案名称: 合成线切割专用液的应用

方案归类: 原辅材料替换

改善前: 在电火花切割中, 工作液作为脉冲发电的介质, 对加工的工艺指标和设备的维护保养十分重要。目前用于线切割加工中的作液种类很多, 有煤油、乳化液、去离子水、蒸馏水、洗涤液、酒精等。但这些工作液都存在一些缺点。如煤油、去离子水、蒸馏水、酒精、洗涤液存在润滑及防锈问题; 而乳化液则易变臭、工作时观察困难、污染环境。

改善后: 合成线切割专用液具有如下特点:

1. 能够胜任 3A-10A 电流的切割, 不会发生短路。
2. 有一定爆炸能力, 用较小的电流能够切割较厚的工件。并要有利于干

熔化金属微粒的排出能很快消除电离。恢复其绝缘强度。

3. 具有压缩放电通道的作用，使放电能量相对集中，对任何金属材料均能得到较好的加工效果，能够胜任大厚度和超厚度工件的切割。
4. 具有良好的洗涤作用和润滑作用，对表面光洁度，切割速度均有提高，工件加工结束后能保持金属表面在加工前的本色或人为改变颜色。
5. 具有较好的加工稳定性和一定的绝缘强度使脉冲放电能顺利进行，减少脉冲能量损耗和电极丝损耗，并能产生恰好的镀扭现象。
6. 对环境无污染，对人体无害及副作用，对工件无锈油作用。
7. 配置方便，原料来源充分，价格便宜，使用寿命长。

合成线切割专用液试剂如下表 1 所示：

表 1 合成线切割专用液试剂成分

序号	原料	比例(%)
1	羧酸酯	5
2	多元酸酰胺	30
3	水溶性有机硼	10
4	防霉剂 _{sy-1}	1
5	EDTA	0.5
6	聚乙二醇	10
7	CR-60 表面活性剂	3
8	水	40.5

实施成效：使用合成线切割专用液工作液优点如下：

1. 防锈期长：使用此液可达 7 天以上不锈蚀工件及设备。
2. 使用周期长：可减少线切割工作液的用量，减少使用者的劳动强度。
3. 电极丝减少烧断，清洗冷却性能好。
4. 润滑效果好：工作表面光洁度和切割速率均有所提高。
5. 无泡沫及异味：对保护工作环境有很大帮助。
6. 此品为无色透明液体，观察切割工作状况极为方便。
7. 环保部门测定本品不含有害物质，使用后可达排放标准。

方案实施的注意事项：按照 GB6144-95 标准进行测试，合成线切割专用液的各项技术指标必须符合如下表 2 所示的要求：

表 2 合成线切割专用液的各项技术指标

	项目			技术指标
浓缩物	外观			浅黄色透明液体
	储存安定性			无分层、相变及胶状、试验后恢复原状
稀释物 5%	透明度			透明
	PH 值			8.5-10
	消泡性 ml/10min			<2
	表面张力 dan/cm			<40
	腐蚀试验 h	一级灰口铸 铁	55±2℃	24
		紫铜		8
	防锈性试 验 h	单片		24
		叠片		4
对机床油漆适应性			无起泡、发粘、开裂、脱落现象	

投资额及回本期：合成线切割工作液从性能测试及实验应用上看，可以完全取代以往使用的乳化液，且其清洗、冷却、环保等多方面均优于乳化液。对于使用者来说，此液的使用寿命是一般乳化液的五倍以上，可节约能源及物耗，大幅降低了生产成本，厂商每年约可节省 240 万元。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

3.7 适用于喷涂工序的清洁生产方案

方案 34

方案名称：生产线滚道改造

方案归类：节能措施

改善前：滚道改造前，有一前一后两光电开关控制，由于滚道短且厂家设计程序的不合理，把滚道前开关直接用反光镜挡住，相当于取消其作用，使滚道不停地转动，浪费了电能。

改善后：通过改动 PLC 程序和后开关位置，使滚道只有后开关控制，当有工件挡住时滚道停止，且修改程序不合理地方，使上料滚道与其停止的直接关系取消，改由另一开关控制。

实施成效：年节约用电约 4,500 千瓦时。

投资额及回本期：投资额 1,000 元人民币；每年节省费用约 3,600 元人民币；回本期约为 4 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆

方案 35

方案名称：涂装机器人

方案归类：VOC 减排

改善前：人工喷涂时有机溶剂利用率低，产生的雾气大，将漆雾空压到水流里加大了漆渣的处理量，造成产品喷涂成本高。工作间内空气污染严重，影响操作人员的健康。

改善后：改用涂装机器人，有机溶剂的利用率达 90% 以上，减少了漆渣的处理量，降低了喷涂工序成本，漆雾显着减少。

实施成效：每年节约电费 64 万元人民币；减少排放 10% 的 VOC。

投资额及回本期：投资额 400 万元人民币；回本期约为 6.25 年。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 36

方案名称：中水回用系统改造

方案归类：减控污水

改善前：污水直接排放，造成水资源的浪费。

改善后：采用微分式石英砂过滤器、微分式生物碳过滤器和紫外线消毒器等设施，对污水处理站的污水进行深度处理，符合中水回用标准后，用于工厂绿化、冲厕、屋面降温和冷却的循环补充水等。

实施成效：每年使水资源利用率提高 50%，减少废水排放量 20 万吨，节约资源。

方案实施的注意事项：废水经处理达标后方可回用。

投资额及回本期：投资额 400 万元人民币；每年节省费用约 15 万元人民币；回本期约 26.7 年。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：

技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆ 环境可行：☆☆☆

方案 37

方案名称：独立前处理工位和喷涂工位

方案归类：节电、节水措施

改善前：传统喷涂生产线惯将前处理工位和喷涂工位连成一体，设备一旦启动，所有工位均相应启动。该工艺的好处在于对现场管理和人员调配要求相对简单，但弊端也显而易见，由于所有设备采用的是联动方式，在加工材料还处在前处理工位时喷涂工位也相应启动，且无论任何工位出现故障，整条生产线将停止运行，进入到维修状态，进而需要更多的现场人员进行操作。此外，喷涂生产线的前处理工位和喷涂工位的日产能因工艺原因不能达到完全匹配，往往前处理工位半天的产能就能满足喷涂工位一天的生产需要。

改善后：喷涂生产线进行水幕式喷漆台技术改进，将前处理工位和喷涂工位完全分开，单独进行操作。这样前处理工位连续工作一天，就可以满足喷涂工位 2 天的生产需要。每 2 天前处理工位就可以节约用电 950 度，喷涂工位每 2 天可以节约用电 1,600 度；此外，由于采用水幕循环利用的工艺，日均节约用水为 40 吨。

实施成效：每年节约用电 318,750 千瓦时，节约用水 10,000 吨。每年节省费用约 255 万元人民币。

投资额及回本期：不到一年即可回收成本。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 38

方案名称：采用新型气化器

方案归类：设备改进

改善前：喷涂线加温设备燃烧机存在现行技术的缺陷：一是燃烧机的热源是气态液化气，要将液态液化气气化，就要求必须使用不间断的蒸汽，每小时蒸汽消耗大；二是蒸汽水浴气化器的温度是难以控制的，会造成气化不充分，每小时液化气消耗量大；三是液化气未能充分燃烧，废气污染大。

改善后：将蒸汽水浴气化器改为电热水浴气化器。电加热式气化器自动化，操作方便，并且无残液，减少环境污染，能源利用率高，节能效果显著。

实施成效：大幅降低了生产经营成本，一年可节约资金 60 万元人民币。

投资额及回本期：投资额约 50 万元人民币；每年节省资金约 60 万元人民币；回本期约 10 个月。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 39

方案名称：喷涂车间废丁酮回收

方案归类：减少物耗

改善前：喷涂车间使用丁酮 2,700 千克/月，其中喷枪清洗使用量 600 千克/月，清洗调油设备 2,100 千克/月；使用后作为废液交由有资质的单位处理。

改善后：通过利用丁酮回收机对废丁酮进行过滤回收，减少废丁酮的产生。

实施成效：回收率达 77%以上，每年节省成本 504 万元人民币。

投资额及回本期：投资费为 5 万元人民币；不到一个月即可回收成本。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



丁酮回收设备



回收后的丁酮

方案 40

方案名称：改善涂装房进风及排风系统

方案归类：减少物耗

改善前：1. 冷风机进风面积小造成进气压力大，进气时将粉尘及丝绵强行吸入，产生大量异物；

2. 涂装室内 250 目过滤网纱及过滤绵无法有效阻止强大压力下的异物及粉尘的吸入；

3. 室内正压风向分散，无法有效把涂装区域周边异物及时排出。

以上原因造成某部件平均不良率高达 42%，该部件不良返修、涂料、天拿水、硬化剂及砂纸费用合计为 4.61 元人民币/个。

改善后：1. 做成 1.2x2.4x2.4m 的网架，扩大原进风面积 2.5 倍，进风压力减小，有效隔离粉尘及丝绵；

2. 高效过滤网替代网纱及过滤绵，有效地过滤并平衡的进入室内；

3. 追加两道静电围膜使风向集中外排，确保机械手周边不受外边人员流动及车架周转的影响。

实施成效：改善后良品率提高 23%，每月可节省成本 24,756 人民币。

方案实施注意事项：设计网架时应注意尺寸和空隙适宜，不可过大或过小。

投资额及回本期：进风扩大架制作费用 500 元人民币，可使用 6 个月的高效过滤网成本 10,000 元人民币。不到一个月即可收回成本。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 41

方案名称：优化换色程序

方案归类：减少物耗

改善前：涂装产品的颜色数较多，通常 1 天在线生产超过 30 个颜色，因此油漆的切换次数较多，加上相应的底漆和清漆种类的切换，每天油漆切换次数超过了 200 台/次（一条涂装线有 10 台涂装机器人），而且换色时间较长，并造成了油漆和溶剂的浪费。

改善后：换色程序用于完成机器人管路中的油漆切换，程序包括排出旧油漆、溶剂和压缩空气清洗管路、充填新油漆 3 个步骤。换色程序的时间长短是衡量换色程序优劣的指标，时间太短会清洗不净，时间过长造成油漆和溶剂的材料浪费。在过程中会涉及到管路、计量泵、换色阀、限压阀、雾化器、DUMP 等设备，如何优化这些设备之间的动作是换色程序优化的主要作用。通过换色程序的优化，在第一阶段将色漆的平均换色时间由 280s 降低到 120s，在第二阶段，通过优化换色阀位置（使其更加靠近喷涂出口）和更换 DUMP 阀型号（采用新的快速开启阀），将换色时间降低到 90s。

实施成效：每次的换色可以节约油漆和溶剂 200 多克，整条涂装线 1 年的油漆采购成本节约超过 80 万元。

方案实施注意事项：通过换色程序的优化后，换色时间不能太短，否则会造成旧油漆、溶剂排除和压缩空气清洗管路不干净等问题。

投资额及回本期：不到半年即可回收成本。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 42（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称： 低压喷涂技术

方案归类：VOC 减排

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。

实施成效：低压喷枪可以令涂料于涂件的附着比率由20-30%上升至35-40%，从而改善涂料VOC排放的问题。

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 部分厂家采用 有待采用

可行性的分析：技术：☆☆ 经济：☆☆ 环境：☆☆

方案 43

方案名称：活性炭废气处理系统

方案归类：VOC 减排

改善前：一般五金产品在制成后会进行喷漆。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 VOC 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。

实施成效：使用活性炭废气处理系统能有效减少 VOC 排放量 40%-90%。

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。

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 44

方案名称：烤漆烘干设备更换

方案归类：节能措施

改善前：燃油式烤漆烘干设备是以加热空气，经鼓风机将热空气注入烤漆房，通过「传导」、「对流」的传统导流原理，把整个烤漆房加热升温，以烘烤汽车表面油漆，此方法使大量能量损失，即使是局部烤漆也同样要把整个空间加热，造成能源和经济的损失。

改善后：红外电磁波加热烤漆装置采用了贵重金属氧化物，以及经纳米级精制的「红外线黑体辐射电磁导热管」。红外电磁波辐射能作为热源，经过特殊电热材料产生的红外电磁波，以辐射传热的方式提高油漆温度。该装置存在以下优点：

1. 节能。红外电磁波定向辐射加热，采用电磁波传递能量，不需要任何耗能介质，电热转换效率在 95%以上；
2. 环保。由于在发热过程中没有任何有害气体或光污染物质排出，属

于零排放热源；

3. 漆面质量好，效率高。红外电磁热辐射的热量直接传到油漆内层，油漆由内层向外部干燥，使内里的溶剂稀释剂，固化剂等最先挥发掉，所以油漆表面不会产生气泡或裂纹等；并使尘点数及失光现象降低 80%，漆层光亮、硬度高，不但烘干后可立即抛光清洁，提高了工作效率，又可大幅节省打磨抛光工序与物料消耗。

实施成效：节省了能源，实现零排放，同时也提高了产品质量和工作效率，每年节省费用约 40,000 元人民币。

投资额及回本期：投资费为 24,000 元人民币；回本期约 8 个月。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



红外电磁波多频段加热装置

3.8 适用于电镀工序的清洁生产方案

方案 45（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：高频开关电源代替可控硅整流器

方案归类：节能措施

改善前：可控硅整流器是通过斩波形式降压，但波纹大，谐波大，对电网干扰较大，调节响应速度一般，输入电压允许的波动范围较小，而且不允许带载启停。此外，体积较大及量重，以及能源效率较低，只有 70%左右。

改善后：高频开关电源可降低了生产成本。该设备可靠性强，保证设备安全运行，

减少故障发生；体积小及重量轻，是普通可控硅体积的五分之一，节省使用空间；技术含量高、稳定性强、效率高、控制精度高，节省电能；节能效果和可控硅相比节省电能 35%左右，堪称「绿色环保电源」。

实施成效：采用高频开关电源后，保证了设备安全运行，提高了效率及降低了电能消耗。更换高频整流器后，约可节省 35%用电量。

方案实施的注意事项：此方案适合对电源（波纹、电压）要求高的情况下考虑采用高频整流器。

投资额及回本期：投资费用约为 40 万元人民币，回本期约 1 年半。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



高频开关电源

方案 46（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：废水中金属镍在线回收

方案归类：减控污水

改善前：电镀过程中一般会使用含镍溶液，镍是非常宝贵的资源。一般产品经过镀镍后带出部分镍，经水洗后这部分镍进入废水，含镍废水进行化学沉淀等处理，镍进入废渣，废渣再交由专业的处理商处理。这样即增加了水处理费用和增加了环境的风险，同时以及白白流失了部分镍资源。

改善后：通过安装的镍线上回收装置，电镀漂洗废水经过碳滤系统及微孔过滤后，经超滤系统除去胶体及部分有机物，使出水达到进纳滤膜要求。经过纳滤膜系统后，废水中的镍得到浓缩，到一定浓度后返回镀槽使用。透过

液再由 RO 系统进一步去除离子，返回漂洗槽作为漂洗水使用。

实施成效：每年可回收镍 2,330 公斤、水 5,760 吨，每年可节省 39 万多人民币。

投资额及回本期：设备费用 24 万人民币，回本期约 8 个月。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



镍在线回收系统

方案 47

方案名称：废水中金属铬的在线回收

方案归类：减控污水

改善前：含重金属铬的废水直接排放，造成水体污染，且浪费原材料。

改善后：减少镀铬生产中的物耗及排污，保护环境，节约资源。

实施成效：每年回收金属铬 5,460 千克，则一年可节约铬金属费用 315,000 元人民币。另外并可节省含铬废水处理费，若以每天处理含铬废水 2 吨，每吨以 18 元人民币计，则每年可节省废水处理费 10,800 元人民币。

投资额及回本期：购买设备投入 140 万人民币，设备年运行费包括综合电费、水费、设备耗材费用及其他日常维护费用等，约 136,800 元人民币；每年产生的经济效益为 325,800 元人民币；年净经济效益 189,000 元人民币，则回本期 7.4 年。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆



铬在线回收系统

方案 48

方案名称：铬雾回收与治理

方案归类：VOC 减排

改善前：铬雾直接排放到空气中，影响车间生产环境，且浪费资源；

改善后：防止铬向大气中排放，回收铬雾中的铬，改善了空气质量，节约资源。

实施成效：方案实施后，减少铬酐的排放，每年回收铬酐 250 千克，产生经济效益 7,500 元人民币，同时改善车间的生产环境。

方案实施的注意事项：此方案虽然产生的经济效益不能抵消运行费用，但该方案的实施是符合环保要求的前提，亦有利于改善车间的环境。

投资额及回本期：购买设备投入 3 万元人民币，设备年运行费 1.9 万元人民币；
每年产生的经济效益为 7,500 元人民币。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆



铬雾及酸雾处理塔

方案 49

方案名称：多级逆流漂洗系统

方案归类：减控污水

改善前：采用单级直流清洗，清洗效率低，耗水量大。

改善后：多级逆流清洗方式由多级清洗槽串联组成，在末级清洗槽内连续进水，从第一级清洗槽内连续排水，其水流方向与镀件清洗方向相反，各级清洗槽液浓度不同。随着镀件越洗越净，清洗槽液浓度也越来越高。按照逆流漂洗的级数可计算节水量，在同样清洗槽级数的情况下，二级逆流漂洗可节水 50%，三级可节水 67%。

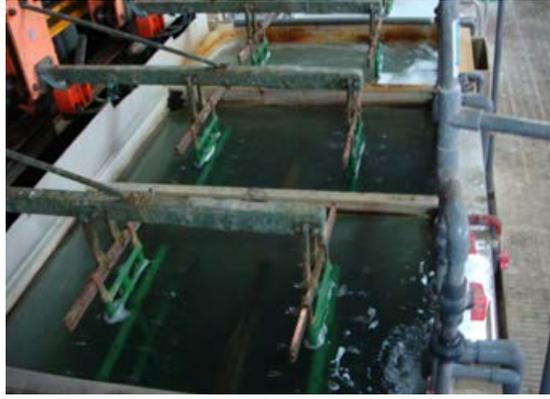
实施成效：方案实施后，每天节水量 4.8 吨，按水费 2 元人民币/吨计算，每年节水 1,440 吨，则年产生的经济效益 2,880 元人民币。

方案实施的注意事项：此方案虽然产生的经济效益不高，回报时间长，但该方案的实施是相关环保的要求。

投资额及回本期：购买设备投入 5 万元人民币；每年产生的经济效益为 2,880 元人民币。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析： 技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆



多级逆流漂洗系统

方案 50

方案名称：膜分离技术的应用

方案归类：减控污水

改善前：采电镀工艺中产生大量含镍废水，原采用化学法处理，效果较差，排放废水中镍离子浓度较高，加上化学法产生大量含镍污泥，造成了严重的环境污染。

改善后：采用膜分离法处理电镀废水，回收镍和水资源，水回用率达 95%，镍回用率达 95%。

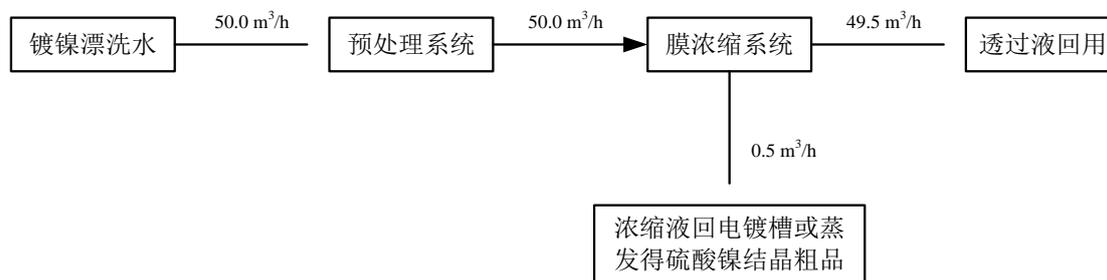
实施成效：项目实施后，实现水和镍回用率 95%，从根本上解决了电镀废水的污染问题，改善环境，实现废水资源化，降低生产成本，提高企业形象和产品的竞争力。

方案实施的注意事项：利用膜分离技术可从电镀废水中回收重金属和水资源，减轻对环境的污染，对于附加值较高的金、银、镍、铜等电镀废水用膜分离技术可实现闭路循环。

投资额及回本期：设备投资 302 万元人民币；经核算，其年运行费用 94 万元人民币；化学药剂费 3 万元人民币，电费支出 31 万元人民币，人工费 4.8 万元人民币，膜更换费 25 万元人民币，蒸汽费用 30 万元人民币；运行后的年产生经济效益 286.4 万元人民币；水回收效益 71.3 万元人民币，镍回收效益 215.1 万元人民币；项目年净收益 192.4 万元人民币；则回本期约 19 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆



膜分离系统工艺流程示意图

方案 51（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：太阳能、空气源热泵加热节能工程

方案归类：节能措施

改善前：为确保电镀工件的质素，电镀槽液一般均需维持 50-60℃。加热及恒温一般会使用燃油热水炉、锅炉或电热棒，使用燃油会排放烟尘及废气，造成污染；而电热棒则浪费能源。

改善后：深圳某五金厂安装太阳能及空气能热泵节能加热系统，设备包括 3200 支太阳能真空管集热系统、高温空气热泵辅助加热系统。太阳能真空管集热系统于晴天状况下完全依靠采集太阳光辐射热能来加热，以保证电镀槽液温度的稳定；空气热泵辅助加热系统仅在阴雨天及夜间辅助工作，主要依靠置换空气储热来加热。太阳能系统与空气热泵辅助加热系统为全自动控制互锁控制，以满足各种气候条件下的需求。

实施成效：可节省柴油用量，每年可节省 40 多万元，另外可每年减少二氧化碳 400 多吨、氧化物 300 多吨、硫化物 200 多吨。

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 部分厂家采用 有待采用

可行性的分析：技术：☆☆ 经济：☆☆ 环境：☆☆

方案 52 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

方案名称: 镀液节能冷热系统

方案归类: 节能措施

改善前: 车间电镀槽的加热采用普通电加热的方式, 能耗较高。另外, 车间空气交换不够, 导致空气质素差, 而夏天空调不足则令员工难以忍受。

改善后: 安装一套由自动负载平衡系统控制的中央热泵加热系统, 采用空调型电镀热泵机组对储热水箱加热的同时对车间送风, 增加车间内新鲜空气, 节省能源, 改善了员工的操作环境。系统内含 4 套由自动负载平衡系统控制的高效热泵, 根据供需变化, 自动按顺序轮流启动设备, 以达致最佳的工作效率。热水将储存于保温缸并用于加热工序, 而热泵所产生的冷空气则会引流到生产车间中作空气冷却之用, 从而减少热水加热的能源和成本。

实施成效: 平均每天可节约 1,800 度电。每年减少二氧化碳排放达 500 吨、二氧化硫 400 公斤、氮氧化物 450 公斤

方案实施的注意事项: 无

投资额及回本期: 投资回本期为 1 年多。

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 53 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

方案名称: 离子交换系统重金属废水循环回用

方案归类: 减控污水

改善前: 电镀废水一般含有毒重金属, 包括铜、镍、铬等, 一般厂房会采用沉淀工艺去除废水中的重金属, 然后再排放。这样一来, 不但废水处理的成本高, 而且亦造成资源浪费。

改善后: 本项目于传统废水处理工艺后安装在线离子交换系统, 净化和循环利用从 PCB 线路版制造车间产生的冲洗水, 以节约用水和减轻废水处理成本。为了提高处理效率, 系统会结合离子交换树脂和活性炭的应用。

重金属废水经集水池收集后，送到混凝反应池作混凝反应，生成Cu(OH)₂沉淀，并在混凝剂硫酸亚铁、絮凝剂PAM的作用下，生成大量不溶性的颗粒物，进入到沉淀池进行泥水分离清水由新增泵送到碳滤罐和阳离子交换处理，达到回用标准，进入车间回用。

方案实施的注意事项：无。

节能减排的成效：可节省自来水使用量75%。惠州某厂房实施此项目后每年节省水费及排污费用共人民币327,600。

投资额及回本期：回本期一般为1-2年。

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 54 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

方案名称：高效型微弧氧化系统

方案归类：减控污水

改善前：第一代微弧氧化线仍必须配以前处理如脱脂工艺，使用脱脂剂及脱脂粉去除金属件表面的油脂，才能进行微弧氧化表面处理。而微弧氧化过程亦必须使用多种化学品组成的电解液，消耗大量化学品外，亦产生高污染污水。此外，某些产品在进行了微弧氧化后，仍需要再进行电泳，以确保产品品质；但电泳涉及工序繁多，当中消耗化学品及水量大，产生大量污水。

改善后：高效型微弧氧化系统具有电压、电流、占空比等可调范围大的特点，能够更准确控制操作参数以获得最佳的膜厚及品质，而且宽容度增加，工件可直接进行氧化，无需经过脱脂粉及脱脂剂前处理，不但可节省用水，亦节省了脱脂处理所需的化学品及加热用电。此外，高效微弧系统采用了先进的过滤系统，可将使用过的槽液经过滤及补充少量的化学品后，过滤槽液即可以达到所需的浓度再回用到氧化工序，因而大量减少废弃槽液及耗用化学品。

方案实施的注意事项：无。

节能减排的成效：与第一代微弧氧化线相比，可减少用水及耗电量达43%，并节

省化学品消耗，而且处理的工件面绩大幅提升达6成。

投资额及回本期：投金额约 90 万，回本期约 4 年。

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：☆☆☆



高效微弧系统的氧化线

3.9 适用于辅助设备的清洁生产方案

方案 55

方案名称：改善空压机系统日常运行

方案归类：节能措施

改善前：按照《空气压缩机组及供气系统节能监测方法》（GB/T16665-1996）要求螺杆空压机用电单耗要求合格指标为 0.115 kWh/m^3 东莞某厂有三台空压机，额定功率都为 75kW，经测试，1#、2#空压机用电单耗往往容易超出节能监测合格指标值，3#空压机用电单耗指标合格。

改善后：通过以下措施可提高三台空压机的节能效率分别提高大约 10%：

1. 在选择空压机开启时优先考虑 3#空压机；加强空压机的维护、保养，经常清扫空压机过滤网和过滤器，提高空压机的产气能力；
2. 增加空气过滤器面积；降低空压机出口压力；
3. 定期对空压机管道和用气点进行泄漏检测，建立压缩空气系统泄漏检测和管理程序。

实施成效：提高空压机效率，空压机每年可节约用电 113,423 千瓦时，减少温室气体二氧化碳排放 130 吨；通过巡查接头和气压阀空气泄漏，可以减少压缩空气量 20%，则每年可以节约用电 20 多万千瓦时，减少温室气体二氧化碳排放 260 吨；实现上述空压机管理，每年共节约用电 33 万千瓦时及节省 27 万元人民币，并减少温室气体二氧化碳排放近 400 吨。

方案实施的注意事项：该方案采用的压缩空气系统泄漏量的测定，可选择在压缩空气系统没有任何用气负荷的情况下采用测试系统压力方法估算。

投资额及回收期：该方案无需设备投入，只要部分的人力投入；每年可产生经济效益 27 万元人民币。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 56

方案名称：空压机组恒压供气控制

方案归类：节能措施

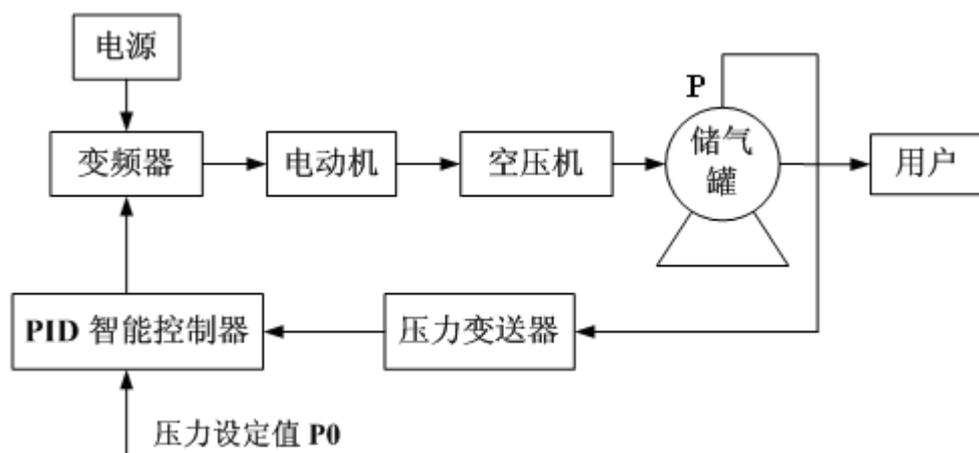
改善前：某厂有 8 台空压机，分别有 3 台额定功率 22kW、5 台额定功率 37kW。

日常运行往往根据空压机管理人员的经验，选择开空压机的台数，经常处于加一台太多，但减一台又太少的情况。目前不对用气情况调整开机台数为常开 5 台，1 台 22kW 和 4 台 37kW。工厂为了把空压机内的压缩气体压力变化范围在 0.6MPa-0.79MPa 之间，往往采用加、卸载控制方式。得但实际上 0.6MPa 就能够保证生产正常工作压力。这控制方式虽然原理简单、操作方便，但存在能耗高、机器耗损、进气阀易损坏、供气压力不稳定等问题。

改善后：以恒压供气控制方案改造空压机组系统，节省电能，节约运行成本，同时改善空压机性能、提高供气品质。

具体的控制系统流程图如下图所示，把管网压力作为控制对象，压力变送器将储气罐的压力 P 转化为电信号送给 PID 智能调节器，与压力设定值 P0 作比较，并根据差值的大小按既定的 PID 控制模式进行运算，

产生控制信号送变频调速器，通过变频器控制电机的工作频率与转速，从而使实际压力 P 始终接近设定压力 P_0 。同时，该方案可增加工频与变频切换功能，并保留原有的控制和保护系统。



恒压供气控制系统流程图

工厂可以先选择一台空压机进行变频改造，变频空压机始终是处在工作状态，并作为调节的主要对象。如果空气压力要求或出气量不高，只需要一台空压机工作即可，这时变频空压机便通过调节电机转速来达到要求；当变频空压机电机的频率达到 50Hz 其出气量仍无法满足要求时，便要求加入 1 台常规空压机进行运行，变频空压机则通过速度调节来满足要求；当变频空压机电机的频率再次达到 50Hz 仍无法满足要求时，则需要加入 2 台常规空压机来运行，变频空压机则通过速度调节来满足出气量或压力要求。反之，当压力或出气量太多时，则会减去相应的常规空压机。

实施成效：大幅节省电能，每年节省电费 63,280 元人民币；同时改善空压机性能、提高供气品质，以及避免了启动冲击电流和启动给空压机带来的机械冲击；另外，每年可减少二氧化碳排放 90 吨。

投资额及回本期：投资费 120,000 元人民币；每年可产生经济效益 6.3 万元人民币；则回本期为约 2 年。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 57

方案名称：冲床节电控制

方案归类：节能措施

改善前：某厂房额定功率为 132kW 的冲床 38 台，经测试，部分冲床的时间利用率不高，被测试的较大功率的 80T 和 63T 冲床时间利用率分别为 58% 和 45%；空载功率分别为 5.8kW 和 3.3kW，空载功率较大；因此造成电能浪费严重。

改善后：安装节能控制器后，节电率实现 15%。

实施成效：实现年节电量 5.7 万千瓦时，节约费用 5 万元人民币；同时，每年减少二氧化碳排放 66 吨。

投资额及回本期：投资费 8 万多元人民币；回本期约为 1 年半。☑

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 58（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：伺服直压注塑机

方案归类：节能措施

改善前：注塑机是将热塑性塑料加热加压制成各种塑料制品的设备。从注塑机的构造可知，电能的消耗主要来自两个部分，即加压所需的动力系统及加热所需的发热设备。改善前使用传统液压注塑机的动力部分一般采用固定式油压加压系统，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，所需的液压油流量也不相同。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。此外，发热部分一般采用电阻式发热设备，但大部分热量散发于车间，造成浪费。

改善后：使用伺服直压注塑机，可以按照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，同步跟踪压力和流量实现不同阶段时的不同转速，从而达到节电目的。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数。此外，直压注塑机采用电磁加热系统，在金属材料内利用电磁感应原理产生无数的电流小涡流而发热。由于热力来自于金属内部，外部的热量损失较低，可提升电效率。

实施成效：伺服直压注塑机节能效果明显，与传统注塑机相比，可节省80%能耗，而且产量伺服直压注塑机采用全电脑控制系统，产品品质合格率较高，加上设备采用直压缸式锁模机，不用每天加润滑油，维护成本较低。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：投资费 40 万元人民币，回本期约 2 年半。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆



传统油压注塑机



伺服直压注塑机

方案 59（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：注塑机节电器

方案归类：节能措施

改善前：当起动注塑机时，都需要等待加热至操作温度，完成制品后亦需等待温度冷却才可取出制品，这时注塑机马达正处于空载状态运行，因生产商必须为马达留有负载空间及负载会自然浮动，所以当马达于空载状态运行时，马达效能最少及损耗最大，即是浪费电力于马达损耗上，

从而造成经济损失。

改善后：为注塑机安装节能系统，以进行节能管理工作。节能控制系统是以控制可控硅每个供电半弦波(电压触发)的开关，便可控制通过可控硅的电流。当起动点越接近弦波的尾端时，所容许通过的电流较少，但起动点越接近弦波的开端时，所容许通过的电流则较大。引用这个原理，将两个可控硅反平衡方式连接，便可控制可控硅的开关，供给电机当时所需的最适合电压。

方案实施的注意事项：无

实施成效：平均节电率为约 14%。

投资额及回本期：投资回报期约 1 年半。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

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)

方案名称：注塑机炮筒废热回收设备

方案归类：节能措施

改善前：传统机型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：热回收设备是通过对注塑机炮筒热能的收集，再转移到烘料筒作烘料使用，节省因热损失及烘料而消耗的电费。方法是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。由于热能效率提升及废热散发量减少，车间不再出现高温闷热的现象，显着改善工作环境，达致降温、降耗及减排的效果。

实施成效：透过炮筒热回收设备可使烘料筒的用电量下降 20%-70%，注塑机用电量则下降 2%-16%。

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：每台热回收设备约 2 万元人民币，回本期视乎设备数量及牌子型号而定，一般为 1-4 年。

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 61（类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助）

方案名称： 注塑机变量泵

方案归类： 节能措施

改善前：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：变量泵是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，从而节省电能。变量泵与定量泵最大的分别在于输出功率的不同，变量泵的输出功率会按负载的变化而作出改变，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：用电量下降 20%-60%。

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：回本期约半年至两年，视乎设备数量及厂房用电量而定。

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 62（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

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 50%-80%。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。

实施成效：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，生产成本降低，减排效果成效显著。

方案实施的注意事项：无

投资额及回本期：设备投资约 17 万人民币，回本期约 1 年半。

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 63

方案名称：压缩空气管路改良

方案归类：节能措施

改善前：原有管路由于设计缺陷和使用时间较长，泄漏较多且维修困难，造成压缩机长时间运行。

改善后：重新设计和安装新管路，减少压缩机执行时间和工作负荷，检查和更换

漏气部件。

实施成效：每年节约用电约 10,950 千瓦时，节约电费约 9,000 元人民币。

投资额及回本期：投资额 5,000 元人民币；回本期约 7 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 64

方案名称：水泵变频改造

方案归类：节能改造

改善前：在制造部机加工现场的大型液体泵，如清洗机的大流量清洗泵，缸盖自动压床的液压泵等，这些泵日常都是以额定功率运行，水泵流量的设计为最大流量，压力的调控方式只能通过控制阀门的大小、电机的启停等方法。电气控制采用直接或三角形启动，不能改变水泵的转速，无法具有软启动的功能，机械冲击大，传动系统寿命短，震动及噪声大，功率因数较低等是其主要的问题。

改善后：通过加装变频器及电柜，并对线路实施改造。实现电动机的软停、软起，避免了启动时的电压冲击，减少电动机故障率。还可延长使用寿命，降低了对电网的容量要求。

实施成效：年能节省电能 64 万千瓦时，一年的节电回报就可达到 51 万元人民币。

投资额及回本期：总投资额约 37 万元人民币；回本期约为 9 个月。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 65 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助)

方案名称：溶剂回收机

方案归类：VOC 减排

改善前：工业常用有机溶剂如天拿水、丙酮、酒精、防白水、煤油等等，一般用

于设备清洁或作为稀释剂。但大部分的有机溶剂含有 VOC，不但气味难闻，还会对神经系统造成慢性伤害。废有机溶剂属于有价值的化学废品，经再生处理后可循环再用于生产工序，降低生产成本，改善空气素质。

改善后：溶剂回收机是将使用过的有机溶剂回收，经过特定的物理程序将废溶剂再生为新溶剂。利用有机溶剂容易挥发的特性，溶剂回收是可透过减压或加热控制，使废溶剂蒸发而残留污秽物；再利用增压或冷冻方式使溶剂蒸气凝结，即可提取再生的有机溶剂。当中最常用的物理方式为蒸馏法。溶剂回收机的运作过程是首先对导热油加热，油的热量通过盛载废溶剂的容器传给废溶剂。每种溶剂都有一定的沸点，当溶剂加热达到沸点时会由液态转换为气态。气态溶剂通过蒸气导管进入冷凝器，溶剂遇冷再由气态转换为液态通过导管流出。因为溶剂与杂质的沸点不同，以上过程可将杂质分离；溶剂回收后可以再循环使用到生产中。

实施成效：使用溶剂回收机来回收溶剂，溶剂成本可下降 60-90%。

方案实施的注意事项：一般回收机为了加强加热及保温效果，桶槽外部会有隔热保温层，其缺点为会令导热油降温速度缓慢，需要较长时间进行冷却。现时已有新式溶剂回收机配备快速加温及冷却循环系统可供选择，有助解决以上问题。

投资额及回本期：投资金额由 3 万到 9 万不等，视乎设备数量及设备牌子型号而定，回本期约为半年。

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 66 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助)

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。

实施成效：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 部分厂家采用 有待采用

可行性的分析：技术：☆☆ 经济：☆☆ 环境：☆☆

方案 67（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：LED 灯照明灯具取替传统光管

方案归类：节能措施

改善前：厂房一般使用传统的 T8 萤光灯管，与新型 LED 灯比较，T8 灯管光效

较低、启动慢、光衰快、功率因数低、寿命短、污染环境等方面的问题。

改善后：LED 是一种导体固体发光器件，较之其他发光器具有更长的工作寿命。

其亮度半衰期通常可达到十万小时。由于 LED 是一种低压工作器件，因此在同等亮度下，耗电最小，可大量降低能耗。另外可以通过流过电流的变化控制亮度，也可通过不同波长 LED 的配置实现色彩的变化与调节。同时，接近自然的色温和符合标准的照明度能够让员工感到舒适，增加工作积极性，从而提高工作效率。

方案实施的注意事项：无

实施成效：每年可节能约 55%。

投资额及回收期：回收期约 2.7 年

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 68（类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助）

方案名称：配电柜节电器

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着的节能效果。

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%-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 10 个月到最长的 16.5 年。

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 69 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」核证项目资助)

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。此外，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。

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

厂家采用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性的分析：技术：☆☆ 经济：☆☆ 环境：☆☆

第四篇 印制电路板行业的清洁生产措施

电子讯息工业发展是迅速的，根据资料表示，每年增长率达 20% - 30%，对应的电路板附加产品的需求也有明显的增长。因此，印制电路板 (Printed Circuit Board) 的需求因而不断增加。电路板广泛地应用于电子产品当中，电子零部件如电阻、电容及连接器外，电路板正是提供导电及连接的功能。

近年大量国外及国内企业在中国设立电路板生产工厂，导致产生庞大的耗水及耗能量，对环境污染带来沉重的负担，因此，各地政府严格控制耗能、耗水及排污量，针对电路板生产企业更采取严厉的措施，这构成电路板行业发展的一大障碍，甚至影响到整个电子行业发展，因此，推动清洁生产实在是不容忽视。

要实施清洁生产，需考虑减量、重复使用及循环再造这三方面。减量措施包括减少能源及物料的耗用，并避免或减少有毒有害化学品的使用，减少消耗量，提高效率，及使用污染性较少的生产设备。如喷锡处理时，使用无铅焊锡作为保护涂层以代替含铅的合金涂层；在覆铜箔层压板中，由无卤覆铜板代替会致癌的溴化物阻燃剂；除此之外，电路板的电镀工艺技术中的化学镀铜、电镀铜、电镀锡铅合金，均可使用无氰电镀代替。至于重复使用方面，可充份利用能源和原材料，以达致循环再用之目的。另外，水和电是电路板生产当中不可缺少的主要资源，如印制电路板的工艺中，可避免使用蚀刻水洗工序，因此能大大减少废水。透过节约用水的方法与技术，更能有效地建立清洁生产。另外，亦可改良传统设备及设施，如清洗时可采用逆流漂洗及将去除杂质及经处理后的废水循环再用。至于主要的耗电生产工序中的加热烘干固化、热压等工序及厂房的冷热空调系统等，应尽量选取节能设备，如使用远红外线加热器代替传统的加热系统。另外，针对空调系统方面，可按不同区域分段控制温度，以达致节约能源的效能。至于循环再造方面，最终产生的废弃物再次变成资源循环再用。电路板生产废弃物主要为报废电路板和基板的废料，回收及再加工后可成为有用的金属物料。而非金属材料也可用成为建筑材料或作填充物之用。另外废弃的蚀刻废液和电镀废液均含有重金属，只要经过电解及适当处理后可成为可提取的金属制品。

4.1 印制电路板行业的污染源

4.1.1 印制电路板的产品种类

印刷电路板及制造流程繁复，以光化学成像、电镀与表面处理、机械加工及清洗等不同工序；当中所涉及的化学材料、金属材料及树脂材料，制造流程中涉及消耗大量的水和及耗用电源，若不加以管理，将会产生相当严重的污染。要有效地进行清洁生产，我们先从了解其产品种类入手，根据电路板的导电图形层数不同，可分为单面板、双面板和多层板类型。

单面电路板

这类印刷电路板的制造为基础的电路板，电子组件及电路设计于同一板面，因所有电路及电子组件集中于同一面，因此称为这种电路板叫作*单面电路板*。单面电路板的电路不能纵横重叠，否则造成短路，玩具、钟表及电路设计简单及功能少的电子产品大部份应用这类的单面电路板。

双面电路板

这类路板的制造为较为普遍，板面及板底均有电子组件及电路，透过电路互相连接板底和面，同时，电路间要透过导孔 (via hole)作导电桥梁，因此，导孔必须涂上金属，成为金属层，作两面的导线相连接，这类的电路板称为双面电路板。因电路较单面电路板多，所以面积也较大，电路间距也较密。

多层电路板

多层电路板使用的电路较双面的设计为复杂，布线板紧密，面积也较大。多层电路由多层的双面电路板组成，透过压板，每层板之间放进一层绝缘层作黏合。以最外的两层（板面及板底）为主要电路层，而普通电路板以4层、6层及8层为主，较复杂及功能多电路的，电路层甚至可多于20层或以上。因智能电子产品的高容量及数据传送速度快的要求，高密度连接板(High Density Interconnect,

简称 HDI)设计已成为多层板中的主流。

其它电路板

其它的电路板种类包括铝基板及铁基板，大部分用于回转机（小型马达）汽车上。此外，还有软性 PCB（Flexible Print Circuit Board），电路在分子、多元酯等为主的材料上形成，这种软性电路板主要应用于照相机或机器部分等的可动部分，或连接硬性和软性电路板间的有效连接组合，至于连接组合方式由于弹性高，其形状呈多样化。

4.1.2 印制电路板主要工序的污染物

各类电路板制造过程主要都有采用化学处理和电镀工艺，基本生产流程及其相关产生的污染物如下：

图 4-1 印制电路板主要工序及流程 - 单面线路板

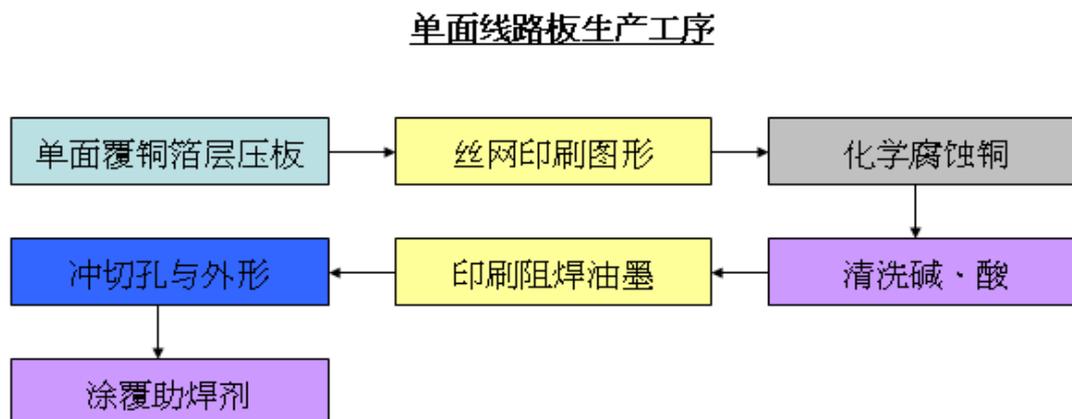


图 4-2 印制电路板主要工序及流程 - 双面线路板

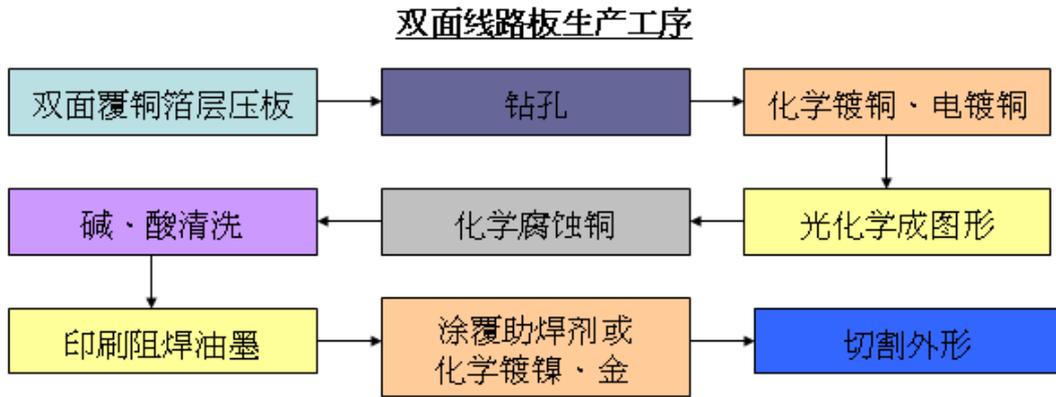


图 4-3 印制电路板主要工序及流程 - 多层线路板

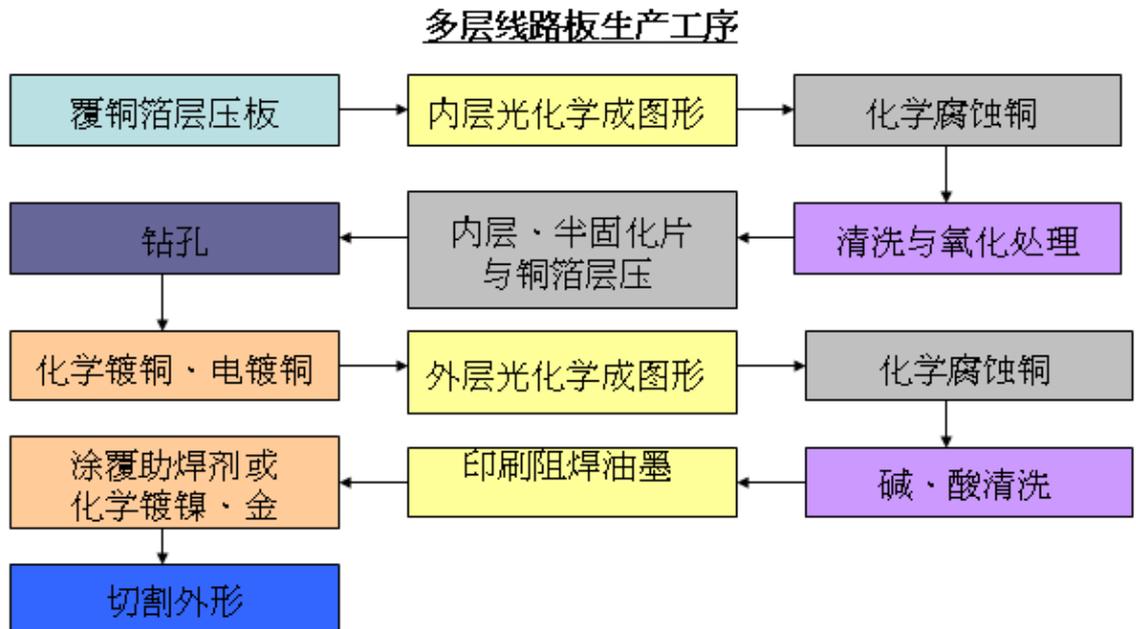


表 4-1 印制电路板的主要工序产生的污染物

生產工序	污染物
内层光化学成图形	含有机抗蚀剂(干膜、油墨类)废水, 包含有机树脂、感光剂、着色剂等, 会影响 COD 指标
外层光化学成图形	
印刷阻焊油墨	
内层、半固化片 与铜箔层压	化学蚀刻铜后产生的含铜废水, 覆铜板在蚀刻后需水洗, 就有铜离子留在清洗后废水中
化学腐蚀铜	
钻孔	基板被切削粉尘, 含金属铜和环氧玻璃布材料, 这类是机械钻、铣的碎屑
清洗与氧化处理	基板边角料, 含金属铜和环氧玻璃布材料, 这是生产中必然会产生 的残料, 附有铜箔
碱、酸清洗	
切割外形	基板清洗水, 含有少量有机物与金属铜, 这是板面残留油墨类有机物和微蚀刻附带的铜离子
化学镀铜、电镀铜	化学沉铜与电镀铜产生的含铜废水, 电镀或化学镀镍、金、锡等金属产生的含金属废水, PCB 生产中都要经过水清洗, 排放的清洗水中就会含有这些金属离子
涂覆助焊剂或 化学镀镍、金	

4.2 印制电路板行业的清洁生产方案总览表

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
图形转移过程(印刷、感光等)的清洁生产方案								
1	绘制图形工序	激光光绘制版技术	技术改造	电路板图形数据文件直接输入激光光绘机的计算机系统, 直接在底片上绘制图形。	提高制作速度和底版的质量, 制造高精度及细导线和间距的图形。	✓		
2	图像转移工序	液态光致抗蚀剂图像转移工艺(湿膜)技术	技术改造	使用网印方式或其它涂布(如辊涂或帘涂)方式进行涂覆。	减少制程上所造成的缺陷, 提高图像的清晰度达 60%; 减少耗材成本 30%。	✓		
钻孔和孔金属化过程的清洁生产技术								
3	钻孔工序	CO ₂ 气体激光进行高速微孔制造	技术改造, 节能措施、污染控制	使用 CO ₂ 激光钻孔加工技术应付盲孔与微孔成形之处理	采用 CO ₂ 激光钻孔, 可进行孔加工的孔径达 30 μm~40 μm, 孔径正确, 且加工性良好, 其孔径精确度高达 99.9%。		✓	
表面处理工序清洁生产方案								
4	表面处理工序	化学镀镍及镀金代替热风整	技术改造、减少物耗	以化学镀镍阻挡金的扩散, 再进行化学镀金,	提高产品质量, 减少返工率, 提升工作效率, 每年节省费用约 7 万余元人民币。	✓		

	生产工序	方案名称	方案归类	方案简介	方案成效	厂家采用情况		
						广泛采用	部分厂家采用	有待采用
		平工艺		从而获得良好及可焊性高的表面处理层。				
5	表面处理工序	使用耐高温的有机焊接保护剂	节能、减少物耗	在印制电路板的铜面上形成一层有机保焊膜，这层膜具有防氧化，耐热冲击，耐湿性等特点。	焊后残余物少，离子污染粒度低；减少污染；低成本，提高产品质量，减少返工率，每年节省费用约 10 万余元人民币。		✓	
电镀/化学镀工序清洁生产方案（详见 3.8 适用于电镀工序的清洁生产方案）								
蚀刻工序清洁生产方案								
6	蚀刻废液及铜金属回收	以新型处理技术回收蚀刻废液及铜金属	回收蚀刻废液及铜金属	安装蚀刻废液再生及铜回收处理系统，从而成功减低蚀刻废液产生量及回收铜原料。	使用废蚀刻液再生及铜回收处理系统后，于首个月平均每日回收废液蚀刻 2,176 升，以及平均每日可回收铜 182 公斤。每月减少废液的排放量为 25 吨。		✓	
废水处理及中水回用(包括工业用水)的方案								
7	废水回用工序	重金属废水深化处理循环回用工程	循环再用	回用重金属废水为主，废水能够有效去除铜离子并稳定地达标排放及回用。	回用水量为平均每月 4,216 m ³ 、回用率为 62.9%。		✓	
8	废水回用工序	双薄膜技术回收二级处理后的工业污水	减控污水	本项目主要由超滤和反渗透两套系统组成，提炼出纯水并回收使用。	每年可节省新鲜水量约 55,000 吨，及减少相应的污水排放量，每年节省水费及污水处理费，同时减少 COD 及重金属的排放。		✓	

4.3 适用于印制电路板主要工序的清洁生产方案

图形转移过程(印刷、感光等)的清洁生产方案

方案 1

方案名称：激光光绘制版技术

技术简介：以往制作菲林底版时，一般都需要先制出照相底图，再利用照相或翻版完成菲林底版的制作。透过激光光绘，将绘制图形软件产生的设计数据转化称为光绘数据如 Gerber 数据，再透过设计软件系统进行编辑。

方案归类：技术改造

改善前：传统的菲林制作工艺不能达到现时的技术要求，影响产品质量，增加照相底版的浪费和污染。

改善后：提高绘制图形的质量，省去照相制版工序，减少照相底版的浪费和污染，并且印制速度快及精度高，缩短了印制电路板的生产周期，质量提升，制造高精度及高质量的电路板。

实施成效：减少照相底版的浪费和污染，缩短印制板的生产周期，工作效率提高 80%

投资额及回本期：投资额 80 万元人民币；回本期一年。

方案实施的注意事项：激光光绘机的光源多采用气体激光器，如氩、氦和氖等。但气体激光器的光源强度大、寿命短，约 6000~10000h，使用一年多就需要更换光源，因生产厂家可考虑采用寿命较长的半导体激光器作为光源。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆

方案 2

方案名称：液态光致抗蚀剂图像转移工艺（湿膜）技术

技术简介：液态光致抗蚀剂主要由高感旋光性树脂、感光剂、色料、填料及少量溶剂组成。可用网印方式或其它涂布（如辊涂或帘涂）方式进行涂覆，用稀碱水溶液显影，可抗酸性及弱碱性蚀刻液蚀刻，可抗酸性镀铜、氟硼酸镀锡铅、酸性镀锡、酸性镀镍、微氰酸性镀金等溶液的电镀。

方案归类：技术改造

改善前：传统方法是使用干膜方法进行图像转印，但有不少限制，因为干膜感光层面的聚酯膜较厚(约为 $25\mu\text{m}$)，所以降低了图像的清晰度，阻碍制作精细的导线；随着表面贴装技术和芯片组装技术的发展，对印制电路板导线精细程度的要求越来越高，另外，覆铜箔板表面的缺陷如小孔、凹陷及凹凸不平等微小缺陷，会使贴膜时干膜与铜箔无法紧密黏合，形成界面性气泡，蚀刻时，蚀刻液会从干膜底部渗入造成图像的断线及缺口，电镀时电镀溶液也从干膜底部浸入，造成渗镀，造成坏品。

改善后：可涂覆较薄的液态光致抗蚀剂，提高图像的清晰度，制作精细的导线。成本也较干膜为低，以涂覆一米为计单位，液态光致抗蚀剂的成本为\$0.7 人民币，而干膜的成本为\$2.1 人民币。

实施成效：减少制程上所造成的缺陷，提高图像的清晰度达 60%；减少耗材成本 30%。

投资额及回本期：回本期约一年至两年，视乎设备数量及厂房用电量而定。

方案实施的注意事项：制程中因使用酸碱药剂而排放之酸碱废气，其中以硫酸、硝酸、盐酸及氨气等酸碱烟雾为主，要确保生产环境有足够的排气措施。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆

钻孔和孔金属化过程的清洁生产技术

方案 3

方案名称: CO₂ 气体激光进行高速微孔制造

技术简介: 激光产生的原理可以分为固体雷射(如紫外光激光)及气体激光(CO₂激光)等两大类。激光钻孔加工技术为目前盲孔与微孔成形之主要技术, 因此导通孔必须藉由电镀或其它方法, 完成线路层间的通路。因此导通孔的加工品质, 将影响电路板之合格率。

方案归类: 技术改造, 节能措施、污染控制

改善前: 一般采用机械钻孔方法, 但孔径较宽(约 0.1~0.15mm), 产量相对较低, 而基板被钻孔时产生大量切削粉尘及碎屑, 含金属铜和环氧玻璃布材料, 造成空气污染。至于使用紫外光激光方法, 孔径限度为在 50 μm 或以下, 但在高科技产业加工的要求下, 如制造盲孔与微孔等高密度印刷电路板的趋势, 孔径要求将减少为 30 μm 至 40 μm, 成为紫外光激光对控制精度的限制。

改善后: 采用 CO₂激光钻孔, 可进行孔加工的孔径达 30 μm~40 μm, 孔径正确, 且加工性良好, 其孔径精确度高达 99.9%。

实施成效: CO₂ 激光加工速度达到每秒为 1000 孔, 提升 10 倍速度。节省了能源, 同时也提高了产品质量和工作效率, 每年节省费用约 22 万余元人民币。

投资额及回本期: 全年节约生产费用 22 万余元人民币。

方案实施的注意事项: 使用 CO₂ 激光制程中要有足够的安全措施, 并确保操作人员有足够的培训及技术能力。

厂家应用该方案的情况: 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析: 技术可行: ☆☆☆ 经济可行: ☆☆☆ 环境可行: ☆☆☆

表面处理工序清洁生产方案

方案 4

方案名称：化学镀镍及镀金代替热风整平工艺

技术简介：为要防止电路板的铜金属氧化，也要成为可焊性高的导电焊盘，可使用化学镀镍及镀金技术保护铜金属，这技术也是用于微孔板最佳的方法。先以化学镀镍阻挡金的扩散，再进行化学镀金，从而获得良好及可焊性高的表面处理层。

方案归类：技术改造、减少物耗

改善前：一般采用热风整平工艺，以防止电路板的铜金属氧化，提高导电焊盘的助焊能力。国际欧盟于 2006 年 7 月起，限制电子产品中使用铅、镉、汞、六价铬和聚多溴联苯 (PBB)、聚多溴联苯乙醚 (PBDE) 这六种有害物质，因此，热风整平工艺近年已采用无铅锡取代含铅锡。但微型化、高精度化及高密度化成为核心的加工工艺方式及趋势，一般采用的表面热风整平(Hot Air Leveling)工艺难以实施上述电路板产业的要求。

改善后：化学镀镍及镀金工艺提供良好的焊接、多次焊接性能、良好的键合性能、能兼容各种助焊剂，及提供良好的铜面保护层。提升产品合格率达 90% 以上，减少报废产品。

实施成效：提高产品质量，减少返工率，提升工作效率，每年节省费用约 7 万余元人民币。

投资额及回本期：全年节约生产费用 7 万余元人民币。

方案实施的注意事项：化学镀镍所需的温度较高(85-95℃)；时间较长(20-30min)；对制造高密度电路板时要适当控制，否则出现漏镀或过镀的现象(在阻焊膜与铜线路上同时镀上镍金)；甚至在化学镍/金层之间出现“黑盘”现象，影响可焊性。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆☆

方案 5

方案名称：使用耐高温的有机焊接保护剂

技术简介：有机焊接保护剂（Organic Solderability Preservative，简称 OSP），以化学的方法，在印制电路板的铜面上形成一层有机保焊膜，这层膜具有防氧化，耐热冲击，耐湿性等特点。在焊接时，此种保护膜又必须很容易被助焊剂迅速清除，暴露出的干净的铜表面，迅速地与焊锡结合成为牢固的焊点。选用耐高温有机焊接保护剂，当中含有芳香基咪唑类化合物（APA），熔点高及有良好的水溶性，并在工作液中建立了酸碱缓冲作用，即使重复使用，仍时能保持稳定性，并可承受五次无铅焊接，亦不易产生晶体。

方案归类：技术改进

改善前：一般采用热风整平工艺，以防止电路板的铜金属氧化，提高导电焊盘孔的助焊能力。但热风整平过程中，喷锡令到铜原子扩散，导致污染焊锡，甚至造成焊盘上锡不良，增加返工率。

改善后：使用耐高温的有机焊接保护剂，焊后残余物少，离子污染粒度低；同时，由于是水溶性弱醋酸基溶液，不含其它溶剂，而且腐蚀性比甲酸基溶液弱，减少污染。并提供良好的铜面保护层；低成本，因与铜部分进行反应，形成无粘性、薄且均匀的保护膜，以每平方米计算，减少 60% 的成本。

实施成效：焊后残余物少，离子污染粒度低；减少污染；低成本，提高产品质量，减少返工率，每年节省费用约 10 万余元人民币。

投资额及回本期：全年节约生产费用 10 万余元人民币。

方案实施的注意事项：避免使用耐高温能力不足的有机焊接保护剂，经过 2-3 次高温焊接过程（指未被焊接的焊盘上）会发生变色或裂缝，焊后并有残余物，影响焊接能力。

厂家应用该方案的情况： 广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆☆ 经济可行：☆☆☆ 环境可行：☆☆☆

电镀/化学镀工序清洁生产方案（详见 3.8 适用于电镀工序的清洁生产方案）

蚀刻工序清洁生产方案

方案 6（类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助）

方案名称：以新型处理技术回收蚀刻废液及铜金属

技术简介：有由于碱性蚀刻废液含高浓度化学铜及氨等污染物，一般不在工厂就地处理，而交由回收公司处置。对厂商来说，一方面难以监控回收公司的运作，另一方面是资源的浪费。安装蚀刻废液再生及铜回收处理系统，从而成功减低蚀刻废液产生量及回收铜原料。

方案归类：回收蚀刻废液及铜金属

改善前：在线路板的生产过程中，铜箔会预先黏合在玻璃纤维板上，压制成基板，再通过一系列的蚀刻工艺形成线路。多余的铜会于蚀刻工序中去掉，一般约 60%的铜会留于线路版上，其余 40%则溶解于蚀刻废液中。常用的碱性蚀刻工艺，是利用以氨水为主的蚀刻剂，对金属铜箔进行侵蚀。使用蚀刻剂一段时间后必须报废。废蚀刻液中含有高浓络合铜及氨。若直接当作污水处理，需要高昂污水处理系统及处理费用，以及会造成资源浪费；若交给回收公司处置，又难以监控其成效及对环境可能造成污染。

改善后：使用的废蚀刻液再生及铜回收处理系统，包括系统主机、储液缸、电解缸、企泵等设备。通过蚀刻、萃取及电沉积等工艺，实现蚀刻液的回收再用。蚀刻液先经过滤后，以吸铜剂(AB 吸铜剂)提取废蚀刻液中的铜。之后，通过硫酸液的提取作用，把铜离子由吸铜剂转移到硫酸溶液中去，生成硫酸铜溶液，而吸铜剂可以循环再用。硫酸铜溶液通过电解作用生成高纯度铜板。废蚀刻液经萃取后含铜量大大降低，经添加适量的氨水、氯化铵及添加剂后，生成再生液可循环使用。

实施成效：使用废蚀刻液再生及铜回收处理系统后，于首个月平均每日回收废液蚀刻 2,176 升，以及平均每日可回收铜 182 公斤。每月减少废液的排放量为 25 吨

投资额及回本期：投资费为约 610,000 元人民币；回本期约 3 个月。

方案实施的注意事项：要注意的是废蚀刻液属受管制的危险废物，必须按有关法规进行处理及弃置。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆

方案 7 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

方案名称：重金属废水深化处理循环回用工程

技术简介：电路板制造所产生的废水以含重金属铜离子较多，部份铜离子以络合物形式存在。另外也有部份机废水包括油墨污水、和一般有机污水。而一般污水回用是以重金属废水为主，废水能够有效去除铜离子并稳定地达标排放及回用。(详细的废水处理工艺，可参考「污水减排及处理技术实用指南」)

方案归类：循环再用

改善前：电路板制造所产生的废水以含重金属铜离子较多，部份铜离子以络合物形式存在。另外也有部份机废水包括油墨污水和一般有机污水。而一般污水回用是以重金属废水为主。一般的处理方法以重金属废水接收→活性炭塔过滤→离子交换塔吸附铜离子→中间池调节 PH 值→排放。由于重金属废水处理工艺没有进行废水分类和适当的预处理，增大了活性炭罐和离子交换柱的负荷，使活性炭和交换树脂的更换周期减短。结果是增加了废水的运营成本及阳离子交换树脂的再生次数，以及废水处理不能连续稳定地达标及回用。

改善后：废水能够有效去除铜离子并稳定地达标排放及回用，包括(1)分流排

出；(2)分池接收；(3)分类处理。其中「分流排放」是将产出的废水、废液共分为七种类别分流收集：(a) 废蚀刻液；(b) 废退锡液；(c)废氨水；(d)络合废水；(e) 重金属废水；(f) COD 油墨废液；(g)COD 废水；而部份达标排放废水经活性炭塔过滤→离子交换塔吸附铜离子→调节 PH 值后回用到生产线。

实施成效：回用水量为平均每月 4,216 m³、回用率为 62.9%。

投资额及回本期：投资费为 461,500 元人民币；回本期约 4 年。

厂家应用该方案的情况：广泛采用 部分厂家采用 有待采用

可行性分析：技术可行：☆☆ 经济可行：☆☆ 环境可行：☆☆

方案 8 (类似技术获「清洁生产伙伴计划」示范项目资助)

方案名称：双薄膜技术回收二级处理后的工业污水

方案归类：减控污水

改善前：在线路板厂房制造工艺中会以大量新鲜水冲洗线路板，不但会增加水费开支，同时大量生产出的污水也没有得到有效利用，浪费水资源外，亦增加了污水处理的成本。

改善后：本项目主要由超滤和反渗透两套系统组成，全程采用计算机控制，当污水进入超滤系统，超滤膜能将胶体物质、颗粒、细菌、病毒等筛分出来；经过超滤后的清液，进入反渗透系统，把剩余的无机盐、有机物、微生物、细菌隔离，最终提炼出纯水并回收使用。

节能减排的成效：每年可节省新鲜水量约55,000吨，及减少相应的污水排放量，每年节省水费及污水处理费，同时减少COD及重金属的排放。

投资额及回本期：设备投资费约 32 万，回本期约 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: ☆☆☆

参考文献

- [1] 张天柱, 2006, 清洁生产导论, 高等教育出版社
- [2] 王宝玉等, 2008, 金属制品行业的节能与清洁生产, 金属制品
- [3] 沈品华, 2006, 电镀清洁生产技术, 腐蚀与防护
- [4] 王颖玉等, 2006, 基于绿色制造的金属塑性精成形, 锻压装备与制造技术
- [5] 环轩, 2007, 电镀清洁生产技术, 表面工程咨询
- [6] 王芙庆, 2010, 金属防腐蚀的方法与金属表面处理技术研究, 中国新技术新产品
- [7] 卢军, 2010, 国产砂型和金属型清洁高效铸造设备的现状分析, 中国铸造装备与技术
- [8] 中华人民共和国中国统计局, 2011, 2010中国统计年鉴, 中国统计出版社
- [9] 广东统计信息网, 2011, 广东统计年鉴2010,
http://www.gdstats.gov.cn/tjnj/table/12/c12_9.htm
- [10] 梁凤萍, 2010, 金属制品工厂生产废水处理工程案例分析, 广东化工
- [11] 奚旦立等, 2007, 清洁生产与循环经济, 化学工业出版社
- [12] 段宁等, 企业清洁生产审计手册, 中国环境科学出版社
- [13] 香港特别行政区环境保护署, 广东省经济和信息化委员会, 喷涂工序清洁生产方案实用指南, 2010。

附录

甲) 广东省政府节能法规及减排政策目标

为了推动社会节约能源、提高能源利用效率、保护和改善环境，促进经济社会全面协调可持续发展，2007年10月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议审议并修订了1997年11月1日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过的《中华人民共和国节约能源法》，新修订的《中华人民共和国节约能源法》（中华人民共和国主席令第77号）于2008年4月1日起施行。

2007年5月23日，国务院发布了《关于印发节能减排综合性工作方案的通知》（国发[2007]15号），进一步明确了实现节能减排的目标任务。要求到2010年，万元国内生产总值能耗由2005年的1.22吨标准煤下降到1吨标准煤以下，降低20%左右；单位工业增加值用水量降低30%。「十一五」期间，主要污染物排放总量减少10%，到2010年，二氧化硫排放量由2005年的2549万吨减少到2295万吨，化学需氧量（COD）由1414万吨减少到1273万吨；全国设市城市污水处理率不低于70%，工业固体废物综合利用率达到60%以上。

2008年7月23日国务院第18次常务会议通过《公共机构节能条例》（中华人民共和国国务院令第531号），自2008年10月1日起施行。

为了促进循环经济发展，提高资源利用效率，保护和改善环境，实现可持续发展，中国颁布了《中华人民共和国循环经济促进法》（中华人民共和国主席令第4号），自2009年1月1日起施行。

根据《中华人民共和国节约能源法》和有关法律、法规，广东省结合本省实际情况，制定了《广东省节约能源条例》，该《条例》自2003年10月1日起施行。

为进一步贯彻落实《中华人民共和国清洁生产促进法》，加快发展循环经济，建设资源节约型、环境友好型社会，推动广东省经济社会又好又快发展，广东省

人民政府发布了《关于加快推进清洁生产工作的意见》（粤府办〔2007〕77号）。该《意见》提出，到2010年，实现广东省万元GDP能耗（按2005年不变价格计算）比2005年下降16%，万元GDP的取水量下降到200吨，工业用水重复率达到68%；全省化学需氧量（COD）和二氧化硫排放量均在2005年的基础上削减15%。通过加快结构调整和技术进步，完善政策法规体系，引导企业开展清洁生产审核，力争广东省清洁生产达到国内先进水平，进一步加强清洁生产组织管理、生产标准、科技支撑、宣传培训、保障激励机制等方面建设，推进清洁生产从试点阶段向普及阶段转变，从工业领域向社会多领域转变，从企业层面向行业园区层面转变，推动清洁生产在全社会的广泛实施。到2010年，全省公布表彰300家清洁生产先进企业，依法对500家重点污染企业以及使用或排放有毒有害物质企业实施强制性清洁生产审核，列入省「双千节能行动」的重点耗能企业、省循环经济试点单位、资源综合利用企业全面开展清洁生产审核；在经中国审核公告的开发区中，选取15个基础较好的园区作为清洁生产示范园区；整合行业清洁生产技术，重点抓好广东省重污染行业技术攻关和节能减排技术推广；研发、推广100项以上先进的清洁生产技术、产品；在农业、交通运输、商贸流通、服务业等领域选择示范点作为清洁生产示范单位，在社会各个领域推进清洁生产工作。

2009年初发布的《珠江三角洲地区改革发展规划纲要（2008-2020）》也提出要大力发展循环经济，坚持开发节约并重、节约优先，按照减量化、再利用、资源化的原则，大力推进节能节水节材，加强资源综合利用，全面推行清洁生产，形成低投入、低消耗、低排放和高效率的经济发展方式。到2012年每新增亿元地区生产总值所需新增建设用地量下降，单位生产总值能耗与世界先进水平的差距明显缩小，环境质量进一步改善。

2010年7月经省人民政府同意印发的《广东省清洁生产推行规划（2010-2020）》的主体目标是建立清洁生产长效机制，全面实施清洁生产，实现「节能、降耗、减污、增效」，建设资源节约型和环境友好型社会。以研发清洁生产技术为根本

手段，推动企业清洁生产，在第一、二、三产业中广泛推广清洁生产先进工艺、技术；在工业领域和农业、服务业、建筑业等领域全面推行清洁生产；在制度创新、管理体系、粤港澳台合作和国际交流等方面取得显着成绩和成功经验，成为推动我省低碳经济和循环经济的有力支撑。深化发展阶段目标（2013-2015年）是工业、农业、服务业和建筑业等领域培育一批清洁生产企业和示范园区。重点行业规模以上企业实施清洁生产审核数量比2009年增长100%，形成一个比较完善的推进清洁生产的法规和制度体系，清洁生产知识在全社会得到基本普及，形成结构合理、高水平的清洁生产专业服务队伍。清洁生产全面发展阶段目标（2016-2020年）是清洁生产在工业、农业、服务业和建筑业等领域等得到普及，完成全部重点行业规模以上企业的清洁生产审核。形成健全的清洁生产法规体系，清洁生产理念成为全社会共识，成为企业的自觉行为。

2011年3月为全面推进节能减排，大力发展循环经济，推动广东省现代产业体系建设和有重大突破，实现广东省经济社会的节约发展和清洁发展，省经济和信息化委研究制定的《2011年促进清洁发展工作行动方案》要求：积极探索，勇于创新，推动各市把节能和循环经济工作作为调整产业结构、转变经济发展方式、实现节约发展和清洁发展的重要着力点，狠抓工作落实，全面推进全省节能减排、循环经济、清洁生产和资源综合利用，确保实现全省单位GDP能耗全年下降3.43%的目标，为「十二五」节能和循环经济工作开好局、起好步。

2011年6月17日省政府常务会议审议通过的《广东省「十二五」节能规划》指出，到2015年，全省单位GDP能耗在2010年基础上下降18%（初步数，以中国正式下达的任务为准），比2005年下降31.46%。即2015年，单位GDP能耗为0.544吨标准煤/万元。《规划》又提出珠三角核心区域着力发展新兴产业和低能耗、低污染的高端现代产业，并强化重点用能单位节能管理，将年综合能源消费量5000吨标准煤以上重点用能单位纳入监管，定期开展能源利用情况监督检查和抽查，并逐步建设在线能耗监测系统。另外又会加快淘汰落后钢铁产能。「十二五」期间将淘汰400立方米以下炼铁高炉、30吨以下炼钢转炉和电炉落后钢铁产能共

250万吨。

2011年11月，《广东省「十二五」清洁生产规划（2011-2015）（征求意见稿）》结合中国颁布的22个重点行业清洁生产技术推行方案和我省工业九大支柱产业的实际情况，重点发展的清洁生产技术有：加快无铅焊料的工程实验研究；推广低含铜废液、蚀刻液减排技术、固体废弃物综合利用技术、PCB行业用水减量技术；推广无磷无铬无镍涂装前处理液、无氰无甲醛酸性镀铜电镀液；重点推广使用不含全氟辛烷磺酸盐（PFOS）的铬雾和酸雾抑制剂等。

2012年3月工业和信息化部的《工业清洁生产推行「十二五」规划》强调工业是资源消耗和污染物排放的重点领域。「十二五」期间，中国工业化仍将继续快速推进，工业将面临资源消耗、污染物排放增加的压力。特别是在常规污染物问题尚未解决的同时，非常规污染物如持久性有机污染物（POPs）、持久性有毒污染物（PTS）、重金属污染物等带来的环境风险和压力越来越突出，血铅中毒等严重污染事件频发，影响经济发展和社会稳定，严重制约着工业可持续发展。为更好地统筹协调资源环境制约与工业化进程加快的矛盾，实现工业转型升级的战略任务，必须加快推行清洁生产，由高消耗、高排放的粗放方式向集约、高效、低排放的清洁生产方式转变，实现资源科学利用和污染源头预防。《规划》指出，「十二五」期间重点行业、省级以上工业园区清洁生产水平明显提升。审核报告中提出的清洁生产技术改造项目实施率达到60%以上；到2015年，通过实施重点工程有效削减主要污染物产生量；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；培育500家清洁生产示范企业。

乙) 国内相关金属制品业的清洁生产法规及环保要求

1989年,《中华人民共和国环境保护法》已由中华人民共和国第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过并施行。近几年,国内加大了节能、环保等方面的工作力度,相继出台了《中华人民共和国清洁生产促进法》(2002年)、《钢铁产业发展政策》(2005年)、《产业结构调整指导目录》(2005年)、《中华人民共和国节约能源法》(2007年)、《粗钢生产工序单位产品能源消耗限额》(2007年)、《钢铁工业环境环保设计规范》(2007年)、《钢铁工业资源综合利用设计规范》(2007年)、《中华人民共和国循环经济法》(2009年)、《钢铁企业节水设计规范》(2009年)、《工业节能「十二五」规划》(2012年)等政策法规;《钢铁企业节能设计规范》于2011年10月1日起实施;中华人民共和国中国标准《钢铁工业污染物排放标准 炼铁》正在报批。一系列政策、法规的制定,使得金属制品深加工企业项目审批、节能、环保生产等方面,必须严格审查,通过改进生产设备和调整生产工艺,满足国内在这些方面的要求。

对国内金属制品行业影响较大的政策法规如下。

(1)2005年出台的《产业结构调整指导目录》,把「热处理铅浴炉」放在「目录」中「第三类 淘汰类一机械」中,而金属制品行业中热处理铅浴炉几乎每家企业都有,国内铅浴炉数量约1000台,若不进行节能环保改造,未来的生存将非常困难:一方面面临环保部门开出的巨额罚单;另一方面,高额的铅价,导致成本增大、能耗增高,这是企业必须考虑的问题。尤其对近两年申报的新建或扩建项目,环境影响报告书(表)的审批,已经成为项目的一道「高门槛」,「铅污染」已成为「高压线」,环境影响报告书(表)的编写单位,将「热处理铅浴炉」项目直接淘汰。

(2)《钢铁产业发展政策》中的「第五条」,对能耗和水耗提出了限制指标,即按照可持续发展和循环经济理念,提高环境保护和资源综合利用水平,节能降耗;最大限度地提高废气、废水、废物的综合利用水平,力争实现「零排放」,建立循环型钢铁工厂。2005年,全行业吨钢综合能耗降到0.76t标煤、吨钢耗新水12t以下;预计2010年全行业吨钢综合能耗降到0.73t标煤以下,吨钢耗新水8t以下,2020年吨钢综合能耗降到0.7t标煤,吨钢耗新水6t以下。

(3)产品出口退税的影响。从2008年起，金属制品产品中，只有钢丝绳或钢绞线、合金钢丝和不锈钢丝等3大类产品可以得到5%的退税，而其他金属制品类钢丝则需缴纳5%的出口关税。发改委和中国钢铁协会正在协商取消钢铁类所有产品出口退税的问题。制品行业的利润空间将更小，也迫使金属制品企业采用节能降耗新工艺，提高产品竞争力。

(4)《中华人民共和国节约能源法》于2007年10月28号颁布，于2008年4月1日实施；与此同时，将于2011年10月1日起实施的《钢铁企业节能设计规范》中有几点需要关注：①金属制品主要设备平均负荷率不小于70%；②严禁采用中国命令淘汰的高耗能设备；③各类金属制品厂生产用水的循环率应不小于85%。

(5) 工信部发布《工业节能「十二五」规划》，要求到2015年，规模以上工业增加值能耗比2010年下降21%左右，「十二五」期间预计实现节能量6.7亿吨标准煤。《规划》要求，加快淘汰炼铁、炼钢、焦炭、铁合金、铜冶炼、铅冶炼、锌冶炼等工业行业落后产能，并以钢铁和有色金属污染防治为重点，大力发展绿色钢材产品、铜、铝深加工产品和新材产品，并全面推广高效节能的新技术。

《规划》又订下目标，单位工业增加值能耗降低18%、二氧化碳排放量降低18%。铜、铅、镁、电锌冶炼综合能耗分别降到300千克标煤/吨、320千克标煤/吨、4吨标煤/吨和900千克标煤/吨及以下，电解铝直流电耗、全流程海绵钛电耗分别降到12,500千瓦时/吨和25,000千瓦时/吨及以下。

与金属制品行业有关的清洁生产标准如下。

(1) 2006年7月制定了《清洁生产标准 电镀行业》，其中对综合电镀类和印制电路板类的生产工业和装备（如电镀工艺选择的合理性、电镀装备（整流电源、风机、加热设施等）节能要求及节水装置、清洗方式、挂具和极缸、回用、泄露防范措施、生产作业地面及污水系统防腐防渗措施等），资源利用指标、渡件带出液污染物产生指标（末端处理前）以及环境管理等都做了相应的要求。

(2) 2006年12月制定了《清洁生产标准 钢铁行业（中厚板轧钢）》，对生产工艺装备与技术的连铸坯热装热送和加热炉余热回收、资源能源利用指标生产取水量和工序能耗、污染物指标烟尘排放量和二氧化硫排放量、产品指标板材成材率、废物回收利用指标氧化铁皮回收率、废油回收率和生产水复用率、以及环境管理要求的各级指标做了具体要求。其中三级指标要求连铸坯热装温度 $\geq 400^{\circ}\text{C}$ ，

热装比 $\geq 50\%$ ，采用双余热蓄热燃烧对余热加以利用，生产取水量 $\leq 1.0\text{m}^3/\text{t}$ ，工序能耗 $\leq 2.2\text{GJ}/\text{t}$ ，烟尘排放量 $\leq 0.05\text{公斤}/\text{t}$ ，二氧化硫排放量 $\leq 0.1\text{公斤}/\text{t}$ ，板材成材率 $\geq 90\%$ ，氧化铁皮回收率 $\geq 95\%$ ，废油回收率 $\geq 90\%$ ，生产水复用率 $\geq 94\%$ 等。

(3) 2007年发布的《清洁生产标准 电解锰行业》、2010年的《清洁生产标准 铜电解业》等分别从生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标（末端处理前）、废物回收利用指标和环境管理要求等六类指标做出了各级指标的一般要求；2009年的《清洁生产标准 铅电解业》从生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标（末端处理前）和环境管理要求等五类指标做出了各级指标的一般要求。

(4) 2008年，《清洁生产标准 印制电路板制造业》的一级要求工厂有全面节能节水措施，并有效实施。工厂布局先进，生产设备自动化程度高，有安全、节能工效；机械加工及辅助设施要有高噪音去隔音吸声处理，或有防噪声措施；线路与阻焊图形形成要用光固化抗蚀剂、阻焊剂，显影、去膜设备附有有机处理装置，配置排气或废气处理系统；板面清洗要用化学清洗或机械磨刷，采用逆流清洗或水会用，附有铜粉回收或污染物回收处理装置；蚀刻机油自动控制与添加、再生循环系统，蚀刻清洗水多级逆流清洗，蚀刻清洗浓液补充添加于蚀刻液或回收，蚀刻机密封无溶液与气体泄漏，排风管有阀门，排气有吸收处理装置，控制效果好；除电镀金与化学镀金外，均采用无氰电镀液等。单位印制电路板耗用新水量：单面板 $\leq 0.17\text{m}^3/\text{m}^2$ ，双面板 $\leq 0.5\text{m}^3/\text{m}^2$ ；单位印制电路板耗用电量：单面板 $\leq 20\text{kWh}/\text{m}^2$ ，双面板 $\leq 45\text{kWh}/\text{m}^2$ ；覆铜板利用率：单面板 $\geq 88\%$ ，双面板 $\geq 80\%$ ；单位印制电路板废水产生量：单面板 $\leq 0.14\text{m}^3/\text{m}^2$ ，双面板 $\leq 0.42\text{m}^3/\text{m}^2$ ；单位印制电路板废水中铜产生量：单面板 $\leq 8.0\text{g}/\text{m}^2$ ，双面板 $\leq 15\text{g}/\text{m}^2$ ；单位印制电路板废水中化学需氧量产生量：单面板 $\leq 40\text{g}/\text{m}^2$ ，双面板 $\leq 100\text{g}/\text{m}^2$ ；工业用水重复利用率 $\geq 55\%$ ；金属铜回收率 $\geq 95\%$ 。

丙) 印制电路板制造业清洁生产标准

中华人民共和国环境保护行业标准
清洁生产标准 印制电路板制造业 HJ 450-2008

指标分级：印制电路板制造业生产过程清洁生产水平，分为三个等级技术指标：

一级：国际清洁生产先进水准；

二级：国内清洁生产先进水准；

三级：国内清洁生产基本水准。

印制板制造业清洁生产指标要求

清洁生产指标等级	一级	二级	三级
一、 生产工艺与装备要求			
1. 基本要求	工厂有全面节能节水措施，并有效实施。工厂布局先进，生产设备自动化程度高，有安全、节能工效	工厂布局合理，图形形成、板面清洗、蚀刻和电镀与化学镀有水电计量装置	不采用已淘汰高耗能设备；生产场所整洁，符合安全技术、工业卫生的要求
2. 机械加工及辅助设施	高杂讯区隔音吸声处理；或有防噪音措施。	有集尘系统回收粉尘；废边料分类回收利用。	有安全防护装置；有吸尘装置。
3. 图形形成 (印刷或感光工艺)	用光固化抗蚀剂、阻焊剂；显影、去膜设备附有有机膜处理装置；配置排气或废气处理系统		用水溶性抗蚀剂、弱碱显影阻焊剂；废料分类、回收
4. 板面清洗处理	化学清洗和/或机械磨刷，采用逆流清洗或水回用，附有铜粉回收或污染物回收处理装置		不使用有机清洗剂，清洗液不含络合物
5. 蚀刻	蚀刻机有自动控制与添加、再生循环系统；蚀刻清洗水多级逆流清洗；蚀刻清洗溶液补充添加于蚀刻液中或回收；蚀刻机密封，无溶液与气体泄漏，排风管有阀门；排气有吸收处理装置，控制效果好		应用封闭式自动传送蚀刻装置，蚀刻液不含铬、铁化合物及螯合物，废液集中存放并回收
6. 电镀与化学镀	除电镀金与化学镀金外均采用无氰电镀液		
	废液集中存放并回收。配置排气和处理系统		废液集中存放并回收。配置排气和处理系统
二、 资源能源利用指标			
1. 新水量/ (m ³ /m ²)			

清洁生产指标等级	一级	二级	三级
单面板	≤ 0.17	≤ 0.26	≤ 0.36
双面板	≤ 0.50	≤ 0.90	≤ 1.32
多层板 (2+n层)	$\leq (0.5+0.3n)$	$\leq (0.9+0.4n)$	$\leq C$
HDI板 (2+n层)	$\leq (0.5+0.3n)$	$\leq (1.0+0.6n)$	
2. 耗电量/(kW·h/m ²)			
单面板	≤ 20	≤ 25	≤ 35
双面板	≤ 45	≤ 55	≤ 70
多层板 (2+n层)	$\leq (45+20n)$	$\leq (65+25n)$	$\leq (75+30n)$
HDI板 (2+n层)	$\leq (60+40n)$	$\leq (85+50n)$	$\leq (105+60n)$
3. 覆铜板利用率(%)			
单面板	≥ 88	≥ 85	≥ 75
双面板	≥ 80	≥ 75	≥ 70
多层板 (2+n层)	$\geq (80-2n)$	$\geq (75-3n)$	$\geq (70-5n)$
HDI板 (2+n层)	$\geq (75-2n)$	$\geq (70-3n)$	$\geq (65-4n)$
三、 污染物产生量 (末端处理前)			
1. 废水产生量/(m ³ /m ²)			
单面板	≤ 0.14	≤ 0.22	≤ 0.30
双面板	≤ 0.42	≤ 0.78	≤ 1.32
多层板 (2+n层)	$\leq (0.42+0.29n)$	$\leq (0.78+0.39n)$	$\leq (1.3+0.49n)$
HDI板 (2+n层)	$\leq (0.52+0.49n)$	$\leq (0.85+0.59n)$	$\leq (1.3+0.79n)$
2. 废水中铜产生量/(g/m ²)			
单面板	≤ 8.0	≤ 20.0	≤ 50.0
双面板	≤ 15.0	≤ 25.0	≤ 60.0
多层板 (2+n层)	$\leq (15+3n)$	$\leq (20+5n)$	$\leq (50+8n)$
HDI板 (2+n层)	$\leq (15+8n)$	$\leq (20+10n)$	$\leq (50+12n)$
3. 废水中化学需氧量 (COD) 产生量/(g/m ²)			
单面板	≤ 40	≤ 80	≤ 100
双面板	≤ 100	≤ 180	≤ 300
多层板 (2+n层)	$\leq (100+30n)$	$\leq (180+60n)$	$\leq (300+100n)$
HDI板 (2+n层)	$\leq (120+50n)$	$\leq (200+80n)$	$\leq (300+120n)$
四、 废物回收利用指标			
1. 工业用水重复利用率/%	≥ 55	≥ 45	≥ 30
2. 金属铜回收率/%	≥ 95	≥ 88	≥ 80
五、 环境管理要求			
1. 环境法律法规标准	符合国家和地方有关环境法律、法规, 污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制指标和排污许可证管理要求		

清洁生产指标等级	一级	二级	三级
2. 生产过程环境管理	有工艺控制和设备操作文件；有针对生产装置突发损坏，对危险物、化学溶液应急处理的措施规定		无跑、冒、滴、漏现象，有维护保养计划与记录
3. 环境管理体系	建立 GB/T 24001 环境管理体系并被认证，管理体系有效运行；有完善的清洁生产管理机构，制定持续清洁生产体系，完成国家的清洁生产审核		有环境管理和清洁生产管理规程，岗位职责明确
4. 废水处理系统	废水分类处理，有自动加料调节与监控装置，有废水排放量与主要成分自动在线监测装置		废水分类汇集、处理，有废水分析监测装置，排水口有计量表具
5. 环保设施的运行管理	对污染物能在线监测，自有污染物分析条件，记录运行数据并建立环保档案，具备计算机网络化管理系统。废水在线监测装置经环保部门比对监测		有污染物分析条件，记录运行的数据
6. 危险物品管理	符合国家《危险废物贮存污染控制标准》规定，危险品原材料分类，有专门仓库(场所)存放，有危险品管理制度，岗位职责明确		有危险品管理规程，有危险品管理场所
7. 废物存放和处理	做到国家相关管理规定，危险废物交由有资质的专业单位回收处理。应制定并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。针对危险废物的产生、收集、贮存、运输、利用、处置，应当制定意外事故防范措施和应急预案，并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案。废物定置管理，按不同种类区别存放及标识清楚；无泄漏，存放环境整洁；如是可利用资源应无污染地回用处理；不能自行回用则交由有资质专业回收单位处理。做到再生利用，没有二次污染		

注 1：表中「机械加工及辅助设施」包括开料、钻铣、冲切、刻槽、磨边、层压、空气压缩、排风等设备。

注 2：表中的单面板、双面板、多层板包括刚性印制电路板和挠性印制电路板。由于挠性印制电路板的特殊性，新水用量、耗电量和废水产生量比表中所列值分别增加 25% 与 35%，覆铜板利用率比表中所列值减少 25%。刚挠结合印制电路板参照挠性印制电路板相关指标。

注 3：表中所述印制电路板制造适合于规模化批量生产企业。以小批量、多品种为主的快件和样板生产企业，其新水用量、耗电量和废水产生量可在表中指标值的基础

上增加 15%。

注 4: 表中印制电路板层数加「n」是正整数。如 6 层多层板是 (2+4), n 为 4; HDI 板层数包含芯板, 若无芯板则是全积层层数, 都是在 2 层基础上加上 n 层; 刚挠板是以刚性或挠性的最多层数计算。

注 5: 若采用半加成法或加成法工艺制作印制电路板, 能源利用指标、污染物产生指标应不大于本标准。其他未列出的特种印制电路板参照相应导电图形层数印制电路板的要求。如加印导电膏线路的单面板、导电膏灌孔的双面板都按双面板指标要求。

注 6: 若生产中除用电外还耗用重油、柴油或天然气等其他能源, 则可以按国家有关综合能耗折标煤标准换算, 统一以耗电量计算。如电力: 1.229 t/(万 kW·h), 重油: 1.428 6 t/t, 天然气: 1.330 0 t/103 m³。则 1 t 标煤折电力 0.813 67 万 kW·h, 1 t 重油折电力 1.162 4 万 kW·h, 1 000 m³ 天然气折电力 1.082 2 万 kW·h。