汽车行业节能减排先进适用技术指南

（第一批）

二〇一二年九月

目　录

第一章　导言.....1
1.1 编制目的.....1
1.2 适用范围.....1
1.3 编制依据.....1
第二章 汽车行业资源能源消耗及产排污情况.....2
2.1 能源消耗情况.....2
2.1.1 能源消耗特点.....2
2.1.2 能源消耗水平.....3
2.2 资源消耗情况.....7
2.2.1 资源消耗特点.....7
2.2.2 资源消耗水平.....8
2.3 污染物排放情况.....9
2.3.1 污染物排放特点.....9
2.3.2 污染物排放水平.....9
第三章 行业技术现状.....13
3.1 行业技术结构.....13
3.2 汽车行业技术水平.....13
3.2.1 生产环节.....13
3.2.2 产品环节.....19
3.2.3 回收环节.....25
第四章 节能减排先进适用技术.....30
4.1 生产过程节能减排先进适用技术.....30
4.1.1 内高压成形技术.....30
4.1.2 “吸隔共用”降噪技术.....31
4.1.3 伺服驱动压力机技术.....32
4.1.4 混流柔性焊接生产线技术.....32
4.1.5 焊机节能技术（以一体式逆变焊机为代表）.....33
4.1.6 焊装车间配电设计优化技术.....34
4.1.7 焊装车间烟尘收集技术.....35
4.1.8 汽车工厂焊接群控技术.....35
4.1.9 “三湿（3-Wet）”喷涂工艺技术.....36

4.1.10 PVC 密封胶不单独烘干工艺技术.....37
4.1.11 非磷酸盐转化膜技术.....38
4.1.12 高泳透率、低温固化、节能低沉降型阴级电泳涂料技术.....39
4.1.13 干式喷漆室技术（EcoDryScrubber，干式漆雾捕集装置）.....40
4.1.14 滚浸式输送技术（以 RoDip 和多功能穿梭机 Vario-Shuttle 为代表）.....41
4.1.15 机器人杯式静电喷涂技术.....42
4.1.16 涂装喷漆室排风循环利用技术.....43
4.1.17 涂装清洗水再循环利用技术.....43
4.1.18 蓄热室废气集中处理技术（RTO）.....46
4.1.19 烘干室紧凑化、能源混合化技术.....46
4.1.20 烘干炉废气焚烧与加热一体化技术（TAR）.....47
4.1.21 涂装节水技术.....47
4.1.22 摩擦式输送技术（FDS）.....48
4.1.23 污水零排放技术.....49
4.1.24 汽车工厂能源管理技术.....50
4.2 产品节能减排技术.....52
4.2.1 共性节能技术.....54
4.2.2 传统汽车节能技术.....57
4.2.3 替代燃料汽车技术.....63
4.2.4 新能源汽车技术.....66
4.3 汽车回收再用节能减排技术.....69
4.3.1 自动化纳米颗粒复合电刷镀技术.....69
4.3.2 自动化高速电弧喷涂技术.....70
4.3.3 自动化微束等离子弧熔覆技术.....71
4.3.4 激光熔覆再制造技术.....72
4.3.5 再制造坯料高温分解清洁技术.....72
第五章 节能减排新技术动态.....73
5.1 生产环节.....73
5.1.1 新式纯水一级反渗透浓缩水活用技术.....73
5.1.2 轻合金成形技术.....73
5.1.3 复合材料成形技术.....73
5.1.4 涂装烘干室节能减排技术发展动态.....74
5.1.5 涂装喷漆室节能减排技术发展动态.....74

5.2 产品环节.....75
5.2.1 馈能式电动主动悬架.....76
5.2.2 电动汽车非接触式充电技术.....76
5.3 回收利用环节.....76
5.3.1 报废汽车粉碎及 ASR 分选技术.....76

图表目录

图 2-1 汽车全寿命周期分析示意图 2
图 2-2 汽车全生命周期中的能源消耗（不同燃料种类） 3
图 2-3 全球 2010-2030 年的石油消费增长需求 7
图 2-4 汽车全生命周期中的污染物排放（不同污染物种类） 9
图 2-5 汽车生产环节工艺流程及污染物排放点示意图 10
图 2-6 每台汽车涂装 VOC 排放量削减趋势 11
图 3-1 汽车行业技术结构图 13
图 3-2 奇瑞某款轿车用材情况 22
图 3-3 汽车零部件的材料回收利用情况 26
图 3-4 汽车零部件再制造基本流程 28
图 4-1 内高压成形技术示意图 30
图 4-2 一体式焊机与分体式焊机 33
图 4-3 3C1B、双底色涂装工艺 37
图 4-4 三种滚浸式输送机照片 41
图 4-5 闭合式前处理磷化工艺流程示意图 45
图 4-6 闭合式阴极电泳及后冲洗工艺流程示意图（图例同上） 45
图 4-7 污水循环利用示意图 50
图 4-8 总重 1.5 吨轿车单位燃料高速公路工况能量平衡图 52
图 4-9 WTW 过程车辆每行驶单位里程所消耗的化石能量（MJ/km） 53
图 4-10 汽车产品节能减排先进适用技术结构 54

表 2-1 2006-2010 年汽车行业与全国主要经济指标统计分析表 3
表 2-2 2006-2009 年整车与相关企业能耗统计分析表 4
表 2-3 汽车涂装设备能耗表和 CO_2 排放量换算（日本 24 万台/年轿车企业） 5
表 2-4 国内某合资汽车企业 30 万台轿车涂装车间能耗和 CO_2 排放量一览表 5
表 2-5 2009 年部分整车制造企业能耗统计表（单位：辆、万元、度/辆、kg 标煤/万元） 6
表 2-6 2000 年欧洲每辆轿车材料构成情况 单位：kg，% 8
表 2-7 欧洲汽车涂装 VOC 排放指南 10
表 3-1 车用材料的现有回收利用技术 25
表 3-2 已回收再利用材料的回收再利用技术 26

表 4-1 两代涂装前处理工艺特性与成本对比 38
表 4-2 硅烷处理与磷化处理成本比较 39
表 4-3 原来电泳涂料与低沉降电泳涂料比较 40
表 4-4 前处理•电泳涂装线常用四种输送方式的工艺槽大小比较.....41
表 4-5 CO_2 削减效果 46
表 4-6 采用设备再制造斯太尔发动机缸体与生产新缸体情况对比 70

第一章　导言

1.1 编制目的

为全面落实党的十七大精神和党中央、国务院关于建立资源节约型和环境友好型社会的总体要求，深入贯彻科学发展观，促进汽车行业节能减排工作的顺利实施，特制定本指南。

本指南旨在引导汽车产业节能减排技术的发展方向，为汽车企业发展战略、规划的制定以及先进适用技术的选择、改造、转让提供参考，同时为各级政府制定相关工作计划及政策措施提供依据。

通过本指南，推动我国汽车产业技术升级，逐步降低对石油资源的依赖，增强自主创新能力，全面提高汽车产业国际竞争力，实现汽车产业持续、健康发展。

1.2 适用范围

适用于汽车企业技术领域的节能减排工作，包括新建项目的技术选择、已建项目的技术改造等，以及汽车企业产品的战略规划与技术选择。

1.3 编制依据

通过调研与分析研究，在深入分析我国汽车产业发展现状与面临的发展形势，全面总结国际发展经验的基础上，结合我国汽车产业实际，围绕汽车产业振兴规划和实现汽车行业节能减排目标的战略需求，制定本指南。

第二章 汽车行业资源能源消耗及产排污情况

汽车行业是资源能源消耗大户，也是城市污染物排放的主要来源。近年来，全球范围内汽车保有量的急剧增长，导致城市机动车污染物排放更加严重，能源供应日趋紧张。我国汽车产业在国家政策扶持下，产销数据连创新高，同时也面临着能源供应短缺和城市机动车排放进一步恶化的巨大风险。

2.1 能源消耗情况

2.1.1 能源消耗特点

汽车行业与钢铁、建筑等行业不同，其生产、制造、使用与报废各环节都伴随着能量消耗和污染物排放，过程非常复杂，且各环节能源消耗显著不同。生命周期理论是一种合适于汽车行业节能减排整体情况评价的基本方法，美国阿岗实验室多年来专注于燃料生命周期和车辆生命周期资源能源消耗与污染物排放等问题研究，开发出成熟的计算模型-GREET，并进行了研究应用。GREET 模型将汽车全生命周期划分为车辆循环和燃料循环两个基本循环，并将车辆使用这一重要环节单独提出，构成由车辆循环（汽车生产、报废、回收利用）、燃料循环（燃料开采、运输、炼制、分配存贮、加注）、车辆使用三个核心要素组成的汽车全生命周期要素模型（见图 2.1）。

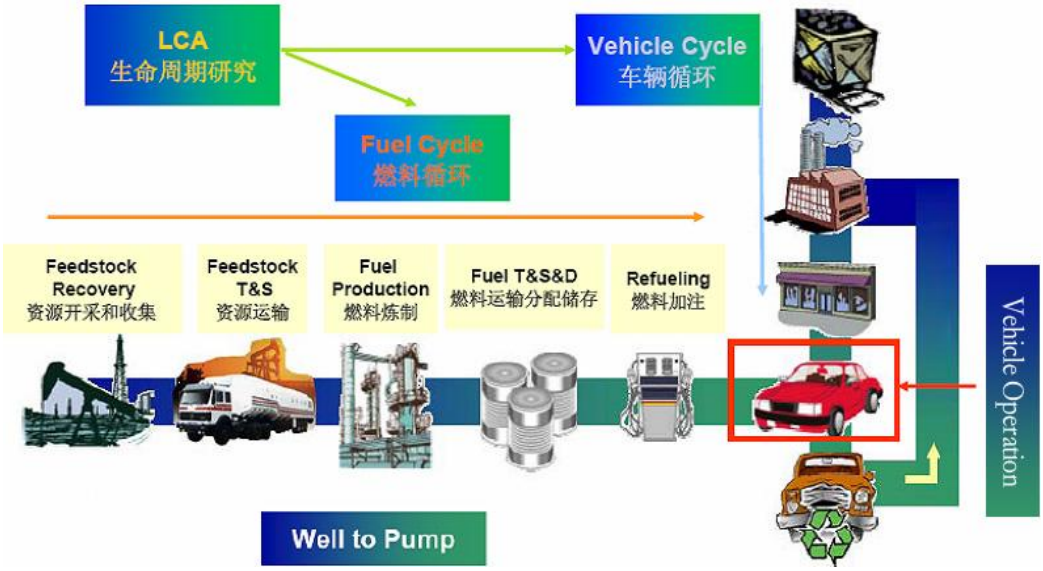


图 2.1 汽车全寿命周期分析示意图

基于 GREET 模型的研究结果表明：汽车使用环节是汽车全生命周期内能量

消耗与污染物排放的主体，其能源消耗约占汽车全生命周期的 73%（见图 2.2）。

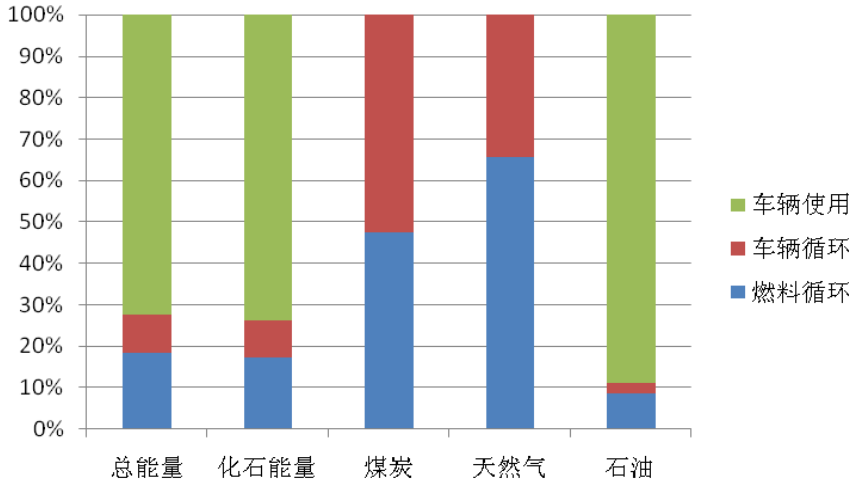


图 2.2 汽车全生命周期中的能源消耗（不同燃料种类）

2.1.2 能源消耗水平

汽车产业具有产业链长、关联度高、就业面广、消费拉动大的特征，在国民经济和社会发展中发挥着越来越重要的作用。我国汽车产业经过改革开放 30 多年快速发展，已成为国民经济重要支柱产业。随着我国汽车产业的蓬勃发展，其对国民经济的贡献率也在持续上升。统计数据显示，我国汽车工业增加值占 GDP 的比重已经超过 2%，如果加上其对上下游行业的带动，汽车产业对国民经济的拉动作用将超过 10%。根据国家发改委《节能中长期发展规划》提供信息：目前我国的单位工业产值能耗比世界平均水平高 2.4 倍，比美国、欧盟、日本、印度分别高 2.5 倍、4.9 倍、8.7 倍和 0.43 倍。而从 2006-2010 年汽车行业与全国主要经济指标的统计结果分析来看（见表 2.1），相对于全国总体能耗水平，汽车行业万元产值能耗水平明显好于全国整体水平。

表 2.1 2006-2010 年汽车行业与全国主要经济指标统计分析表

指标 \ 年	2006	2007	2008	2009	2010
全国能源消耗总量（万吨标煤）	246000	253488	291000	310000	325000
汽车全行业能耗（万吨标煤）	1123	1198	1136	1241	1342
汽车工业总产值（亿元）	246270	265480	25887.1	31749.2	43049.1
全国万元 GDP 能耗（吨标煤/万元）	1.206	1.166	1.113	1.089	1.045
汽车行业万元产值能耗（吨标煤/万元）	0.081	0.069	0.044	0.039	0.031
汽车行业工业增加值能耗（吨标煤/万	0.334	0.289	0.277	0.231	0.195

数据来源：《中国汽车工业年鉴》、《2010 年国民经济和社会发展统计公报》和《2011 年版中国汽车工业发展年度报告》

2.1.2.1 生产环节

我国汽车制造企业按生产产品类型可分为整车制造企业和相关企业（包括改装汽车、摩托车、车用发动机、汽车／摩托车配件等）。从不同汽车生产企业的能耗统计数据来看（见表 2.2）：一方面占企业总数量不足 5%的整车制造企业，工业总产值占 60%左右，能源消耗量占 50%左右；另一方面，无论是整车制造还是其他相关生产企业的单位产值能耗自 2006 年至 2010 年都在逐年下降，汽车生产企业节能减排的水平在逐步提高。

表 2.2 2006-2010 年整车与相关企业能耗统计分析表

指标 ＼ 年份	2006	2007	2008	2009	2010
整车制造企业家数	117	117	109	115	115
相关企业家数	2751	2646	2629	3413	3353
整车企业占行业企业数比例（%）	4.25	4.42	4.15	3.37	3.43
整车制造企业工业总产值（亿元）	7430	9338	10369	14244	18938
相关企业工业总产值（亿元）	6508	7903	18781	23438	11311
整车企业总产值占行业总产值比例（%）	53.31	54.16	55.21	60.77	62.61
整车制造企业能耗（万吨标煤）	397	440	430	501	468
相关企业能耗（万吨标煤）	725	758	1136	1241	738
整车企业能耗占行业总能耗比例（%）	35.40	36.74	37.85	40.37	38.81
整车制造企业万元产值能耗（吨标煤/万元）	0.054	0.047	0.041	0.035	0.025
相关企业万元产值能耗（吨标煤/万元）	0.112	0.096	0.061	0.053	0.065

数据来源：《中国汽车工业年鉴》（2007-2011）

汽车整车制造过程主要由：冲压、焊装、涂装和总装四大主工艺车间构成，个别企业还有树脂成形工艺车间，由五大工艺车间构成。其中，汽车涂装是汽车制造过程耗能最大的工艺环节，一条年产量 30 万台轿车车身涂装线年电耗量高达 2500 亿 kw·h（相当于一个 5 万人口城镇全整电耗量）。据意大利 Ceico 公司介绍：涂装车间消耗汽车生产过程 70%的电能和 80%的热能，每辆车身涂装产生 $CO_2$235kg/台。另据德国杜尔公司介绍：一辆汽车在其整个生产生命周期中平均排放 CO_2 约 21 吨，其中，生产过程排放量约占 20%，而汽车生产过程中耗能最大的涂装车间占生产过程的 70%，零部件制造占 19%，装配占 11%。据日本大气社 2006 年 10 月发表文章介绍：以年产 24 万台轿车车身的涂装车间为例，电力消耗 6000～7000kw，热量消费量年平均为 80000～90000MJ/h（换算成天然气为 1900～2200Nm^3）。将它们转换成 CO_2 排放量为 4 万多吨。每台车身涂装产生 $CO_2$169.6kg/台，各设备能耗和 CO_2 排出量详见下表 2.3。另据日本期刊最新介绍：2005 年 24 万台规模的轿车涂装生产线，满负荷生产工况下 CO_2 排放量为 160.1kg/台（总排放量为 38432T CO_2/年），单位涂装面积 CO_2 排放量为 2.0kg/m^2（按每

台轿车涂装面积 80m^2 计算）。

表 2.3 汽车涂装设备能耗表和 CO_2 排放量换算（日本 24 万台/年轿车企业）

设备	电能			加热能			冷却能			合计	
	额定	CO_2 总排放量	CO_2 单位排放量	年平均消耗	CO_2 总排放量	CO_2 单位排放量	年平均消耗	CO_2 总排放量	CO_2 单位排放量	CO_2 总排放量	CO_2 单位排放量
	kw	tCO_2/年	$kgCO_2$/台	MJ/h	tCO_2/年	$kgCO_2$/台	MJ/h	tCO_2/年	$kgCO_2$/台	tCO_2/年	$kgCO_2$/台
前处理	278	578	2.4	2491	891	3.7	—	—	—	1469	6.3
电泳	989	2194	9.1	—	—	—	—	—	—	2194	9.1
烘干室	756	1204	5.0	22871	6309	26.3	—	—	—	7510	31.3
喷漆室（空调）	3972	7393	30.8	47988	11226	46.8	1076	242	1.0	18861	78.6
工位（空调）	885	1518	6.3	13316	2705	11.3	144	28	0.1	4251	17.7
其他	788	4736	19.7	7051	1645	6.8	166	32	0.1	6413	26.6
合计	7668	17623	73.3	93717	22773	94.9	1386	302	1.2	40698	169.6

注：CO_2 排放量换算系数，电 0.555$kgCO_2$/（kw h），天然气 0.0531$kgCO_2$/MJ（以发热量为基准）

日本丰田汽车 2006 年发表的 2010 年涂装规划目标为 CO_2 排出量 45kg/台，代表着世界先进水平。国内情况：以某合资汽车公司为例，本世纪初按传统涂装工艺设计的引进国外先进技术新建年产 30 万台轿车车身涂装车间，代表着目前国内先进水平。根据其 2009 年涂装生产 30 万台车身的能耗统计数据（见表 2.4），将它们换算成 CO_2 排放量，年 CO_2 排放量为 6 万多吨；折算每台车身涂装产生的 CO_2 排放量为 200.65kg/台。该公司另外一个老涂装车间（1996 年建成投产），在车间超负荷生产（2009 年年产 37 万台）和厂房空间利用率高的超负荷运转的非正常工况下，其年平均 CO_2 排出量为 163.2kg /台。可以看出，目前国内整车制造企业节能减排的先进水平与代表世界先进水平的丰田公司 2006 年的水平相当，但与丰田公司规划的目前水平（CO_2 排出量 45kg/台）差距依然明显。

表 2.4 国内某合资汽车企业 30 万台轿车涂装车间能耗和 CO2 排放量一览表

能源名称	年消耗量（2009 年）	CO_2 排放量		CO_2 排放系数
		tCO_2/年	$kgCO_2$/台	
水（t）	410000			
电（kwh）	58123000	22493.6（32258.26）	74.98（107.53）①	0.387（0.555kg CO_2/Kw.h）
暖（MJ）	43096000	3016.72	10.06	0.07 kg CO_2/MJ

天然气（m^3）	11275000（467912500MJ）②	24003.91	80.01	0.0513 kg CO_2/MJ
高温水（MJ）	152569000	10674.83	35.60	0.07 kg CO_2/MJ
合　计		60189.06（69953.72）	200.65（233.2）①	

注：①括号中数据为按日本大气社推荐的电转换 CO_2 系数（0.555kgCO_2/（kw h））计算值；②1m^3 天然气相当于 41.5MJ 热能。

实际上，对于整车制造企业而言，由于所生产的产品种类不同、生产工艺与装备技术水平不同、企业量产程度不同、地理位置带来的公用能源消耗不同以及企业管理和企业能源管理水平不同等众多因素的影响，使具体汽车制造企业间的节能减排水平差异巨大。从调研整理数据（见表 2.5）可以看出：即使对于产品类似、产量接近、制造工艺类似、地理位置接近的企业，由于企业工艺设计与装备技术水平，以及企业能源管理水平的差异，企业间单位产品能耗最大竟相差 90%以上。

表 2.5 2009 年部分整车制造企业能耗统计表（单位：辆、万元、度/辆、kg 标煤/万元）

企业	企业 A	企业 B	企业 C	企业 D	企业 E	企业 F	企业 G	企业 H	企业 I	企业 J
产量	54027	250623	248930	32746	365997	209724	44004	83743	24061	4924
全年工业总产值	666682	26160.46	987788	25132	121668	882772	527767	27600	27600	4589.77
电能消耗量	363.59	227.07	398.65	423	439.29	744	954.92	840	840	0.14
单位产品综合能	11670	104.66	123.86	120	81.56	400	827.13	430	87	323.5
万元产值能耗	2700	41.89	83.32	30.33	5.83	21.61	23.82	68.55	20.46	35.72

综上所述：目前国内汽车制造企业节能的先进水平与国际先进水平差距虽在缩小，但依然明显存在。从企业数量来看，能达到节能国内先进水平的制造企业所占比例很小，我国汽车制造企业能源消耗的整体水平与世界先进水平差距依然非常明显。在当今能源短缺（价格上涨）和防止地球温暖化的双重压力下，为实现国民经济可持续发展和创建节能型（低碳）社会，节能减排是汽车制造技术水平提升的主要方向，也是汽车企业提升竞争力的重要基础。国家“十二五”规划节能减排的目标值：单位 GDP 的 CO_2 排放量减少 16～17%，耗水量降低 25%，依靠技术进步，提升汽车制造企业工艺、装备、管理水平，是落实汽车生产节能减排的根本途径。

2.1.2.2 使用环节

汽车交通用油也逐渐成为了带动石油消耗增长的主要领域。2000 年我国石油净进口量仅 6000 万吨，对外依存度刚刚触及 30%。然而由于经济的快速增长和汽车保有量的急速上升，我国石油对外依存度也在水涨船高。2009 年全球石

油产量 35.25 亿吨，其中美国消费了 20%，中国消费了 10%左右。2010 年我国已累计进口原油 2.38 亿吨，同比增长 19.8%，全年石油对外依存度约为 55%。根据 IEA 预测，全球 2010-2030 年的石油消费增长需求中大约有 3/4 来自交通运输，而中国交通运输石油需求近似于其他国家交通运输石油需求的总和，如图 2.3。根据中国石油大学的分析，从美国的经验来看，汽车用油的消耗是无限制的。由于中国的工业化进程与汽车普及同步，目前控制石油消耗的最大障碍在于汽车用油的增长。汽车保有量 6500 万辆，汽车石油消耗总量约为 1 亿吨。如果 2020 年中国汽车保有量达到 2 亿辆，消耗原油将达到 2.4 亿吨。而且这已经将技术进步带来的单车能耗下降考虑到了，是按照 2020 年乘用车燃油经济性比 2008 年下降 20%计算的。如果中国的汽车保有量超欧赶美，意味着 6 亿多辆汽车将在中国的大地上行驶。中国对石油的需求将“震惊”全世界。

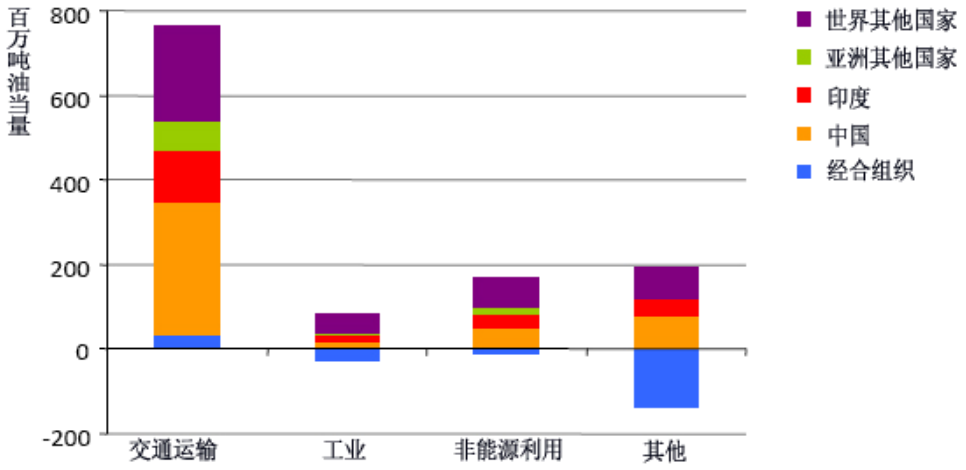


图 2.3 全球 2010-2030 年的石油消费增长需求

2.2 资源消耗情况

2.2.1 资源消耗特点

汽车生产制造中需要消耗大量的水、钢材、铸铁等资源，而汽车使用环节的资源消耗量相对于生产环节可以忽略不计。汽车整车制造消耗的主要资源包括：原料、材料、燃料、设备、工具、工装以及生产性建筑设施等。按照所消耗资源在生产中所起的作用，可分为主要材料、辅助材料和燃料三类。主要材料是直接用于制造产品并构成产品主要实体的原料和材料，如钢材等；辅助材料是用于生产过程，有助于产品形成，但不构成产品主要实体的材料，如如润滑油、冷却液、清洗剂等；燃料是产生热能及动能的可燃性的物质，在产品生产过程中被燃烧而消耗，不直接加入产品本身，如煤炭、天然气、汽油等。按所消耗资源的自然属性和特征可分为：金属材料和非金属材料两类。金属材料包括黑色金属和有色金

属。黑色金属主要是指铁、锰、铬等元素及其合金，如钢材、生铁、铁合金等。有色金属主要指黑色金属以外的金属元素及其合金，如铜、锌、铅、铝等；非金属材料包括煤炭、石油产品、化工产品等。在各种汽车材料中，金属材料是消耗最大的主要材料，据统计载重汽车钢铁用量约占材料用量的 85%。

2.2.2 资源消耗水平

从汽车生产过程来看，冲压车间是使用钢板材料通过冲压设备和模具生产冲压件，消耗钢板等金属材料，清洗液、润滑油等辅助材料的主要场所，也是汽车制造过程资源消耗最大的工序环节。通常单台汽车 60%以上的零部件都是冲压件。在冲压件成本中，材料费用一般占到 60%以上。从车身重量上看，轿车白车身占整车 30%～50%，载重车白车身占整车 20%～30%；从制造成本上看，轿车白车身占整车 40%～60%，载重车白车身占整车的 15%～30%。在白车身组成中，由于冲压件占 95%以上，且在生产过程中，只有一部分材料直接转移到产品中去，构成产品实体，其余部分变成废料，我国目前一般一台白车身的冲压材料利用率在 50～60%。因此，提高冲压件材料利用率和车身轻量化是汽车企业降低成本、减少资源消耗的一个有效途径。据世界铝业协会研究，汽车自身质量每减少 10%，油耗可减少 6%～8%。预计未来 10 年左右时间，轿车质量还将减少 20%。普通钢材在汽车产品上的应用持续减少，铝合金、镁合金、塑料、复合材料、高强度钢等将在汽车轻量化中发挥越来越大的作用。

目前世界汽车工业发达国家在冲压件材料利用率和车身轻量化两方面都取得明显进步。以欧洲为例，冲压件金属材料利用率目前已经达到 80%以上的水平，而我国仅有 50%～60%的水平；车身轻量化方面，2000 年欧洲轿车钢铁质量占比就已经降到了 62%（见表 2.6）的水平。目前，我国每车塑料用量经济型轿车为 50～60kg；中、高级轿车为 60～80kg，有的甚至达到 100kg；轻、中型载货车的塑料用量为 40～50kg；重型载货车可达 80kg 左右。据粗略统计，我国每生产一辆汽车所用原材料中，钢材所占的比例约为 72%～88%，大大高于发达国家汽车工业钢材用量（50%左右）。平均每辆汽车塑料用量占汽车自重的 5%～10%，相当于国外 20 世纪 80 年代初、90 年代中期水平，与世界先进水平差距明显。

表 2.6 2000 年欧洲每辆轿车材料构成情况 单位：kg，%

材料种类	质量	构成比	材料品种	质量	构成比
钢	630.0	51	粉末冶金	13.6	1
铸铁	136.1	11	塑料	149.7	12
铝	95.3	8	玻璃	34.0	3
铜	18.1	1.3	陶瓷	1.8	0.1

锌	6.8	0.4	橡胶	52.2	4
镁	4.5	0.3	其他	106.1	8

数据来源： Autothinking 网

2.3 污染物排放情况

2.3.1 污染物排放特点

基于美国阿岗实验室 GREET 模型的研究结果表明：汽车使用环节是汽车全生命周期内污染物排放的主体，占据了污染物排放的绝大部分，其中 CO_2、NO_X、GHGs 平均占到全生命周期内排放的 70.6%（见图 2.4）。

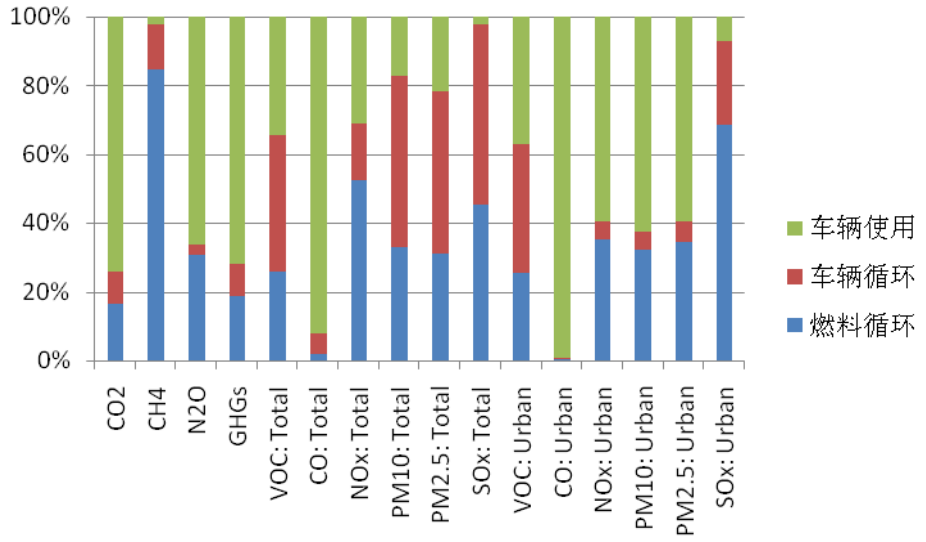


图 2.4 汽车全生命周期中的污染物排放（不同污染物种类）

从汽车产品使用环节来看，污染物排放主要有：燃油、润滑油、蓄电池电解液等的挥发，以及燃油燃烧产生的污染物两大部分构成。其中，以尾气排放最为严重，含有大量的一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化合物（NOx）、二氧化硫、铅、碳微粒和其他杂质粉尘等，这些物质对人类和整个生态环境危害极大。

2.3.2 污染物排放水平

2.3.2.1 生产环节

从生产环节来看，冲压、焊接、涂装、总装以及检验、发车等都有废气、废水、废渣的产生（见图 2.5）。

从汽车生产全过程来看，涂装车间是汽车制造过程最大的污染物排放环节和能耗环节，汽车制造过程污染物排放的 90%以上来自涂装车间。汽车车身涂装线

产生的污染物主要包括：VOC（挥发性有机化合物）、CO_2、污水、有害物质（HAPS，如 Cr、Pb、Cd、Hg、P、Ni、Mn 等）、工业废弃物（如废渣、废容器、废过滤材料等）等。其中，VOC 是汽车涂装车间排放的最主要污染物。

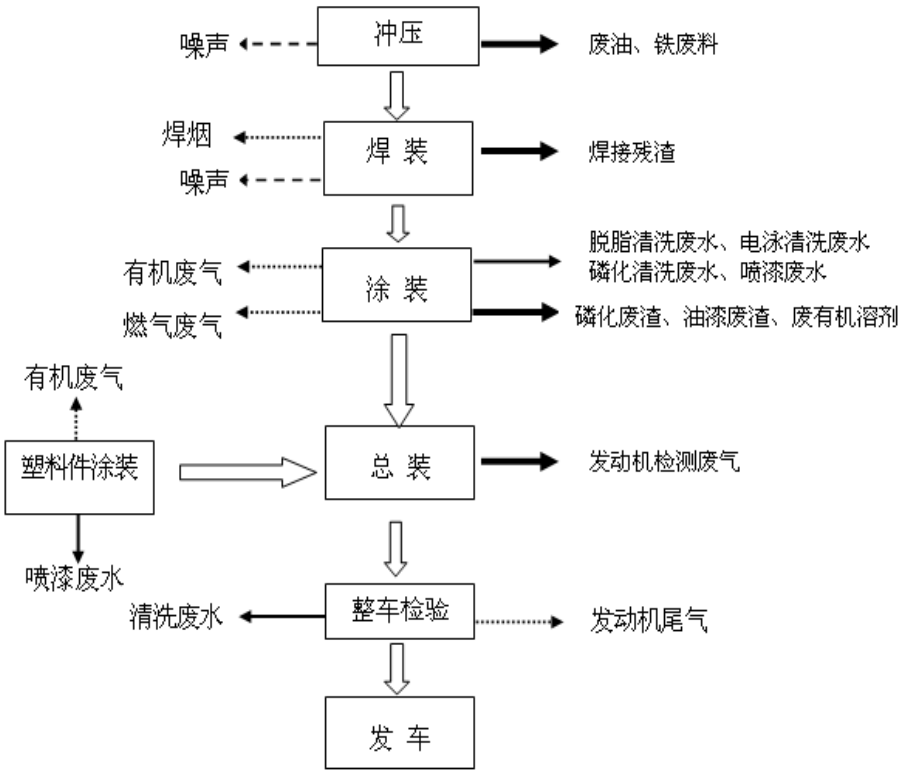


图 2.5 汽车生产环节工艺流程及污染物排放点示意图

世界汽车工业发达国家，早在 20 年前，就着手对涂装污染进行治理，颁布了很多削减和限制有害物质使用及其排放的环保（清洁生产）法规和强制性政令。以欧洲为例，1999 年 3 月欧盟颁布了限制 VOC 排放政令（1999/13/EC，见表 2.7），到 2003 年欧洲先进涂装车间 VOC 排放已经达到 20g/m^2 以下水平，上百条涂装线中有 40%左右实现第一阶段目标（60g/m^2）。近 20 年中，发达国家开发了很多防治涂装公害新技术、新环保型涂装材料、新工艺、新设备，创建“绿色涂装厂”。目前，德、美、日等已实现或基本实现了环保型涂料的更新换代，机器人静电喷涂已普及，VOC 排入已全面达标。据 2004 年柏林国际汽车涂装会议资料报导：每台汽车 VOC 排放量消减状况如图 2.6 所示。

表 2.7 欧洲汽车涂装 VOC 排放指南

➢ 对所有使用有机溶剂的单位和涂装线的 VOC 散发量限制
➢ 新的轿车车身涂装线 45g/m^2 或 1.3kg/车身+33g/m^2

- 已有轿车车身涂装线 60g/m^2 或 1.9kg/车身+41g/m^2
- 其它客车：55 g/m^2～290 g/m^2 范围（客车修补涂装除外）
- 履行：新线和大改造涂装线，立刻执行：已有涂装线：2007 年 10 月 31 日

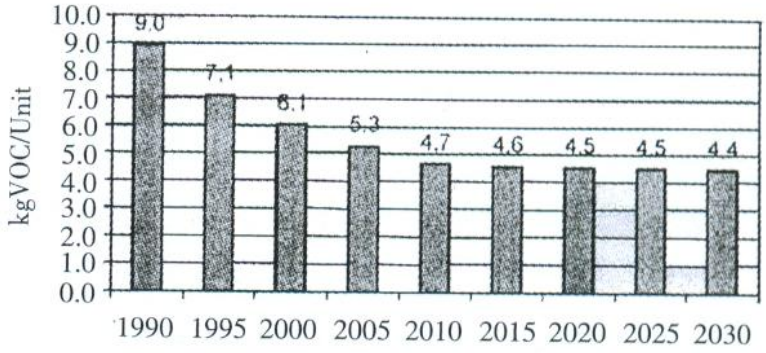


图 2.6 每台汽车涂装 VOC 排放量削减趋势

近几年，随着我国轿车工业的突飞猛进，带动汽车涂装技术、汽车用涂料的飞跃式进步。仅年产 5 万辆以上的汽车涂装线就有近百条（其中年产 20 万～30 万辆以上的 10 条，10～20 万辆 44 条、5～10 万辆 32 条，还有在建设和正筹建的车身涂装线 18 条）。新建的几十条汽车车身涂装生产线的装备世界一流，涂装工艺技术水平和涂装质量已与国际接轨，可是所采用的中涂、面漆还是以有机溶剂涂料为主，像新一代环保型（低 VOC 化、水性化）涂料发展刚开始。因此与国外先进水平相比，我国汽车涂装在环保、节能减排和资源利用率方面尚存在较大的差距。目前我国汽车涂装节能减排的情况不容乐观，以 2008 年数据为例：2008 年我国生产汽车 943.51 万辆，所消耗用汽车涂料（OEM）约为 15.78 万吨；汽车修补用涂料约为 6 万多吨；如果按平均含 VOC 量以 50%计，则年排放 VOC 量约为 11 万吨，严重污染大气，与国家先进水平的差距明显。

2.3.2.2 使用环节

通过上述分析，能源消耗和污染物排放主要集中在汽车使用环节，而使用环节的减排控制主要有燃油经济性限值和排放法规。目前，世界主要国家逐渐制定并实施了适合其国情的汽车燃油经济性和排放限值等标准和法规，有效降低了汽车使用环节的污染物排放，比如美国的 CAFÉ 限值标准、Tier2 排放标准、日本的领跑者计划等。我国的《燃料消耗量限值》、《轻型汽车污染物排放限值》也逐步得到实施，目前已进入排放限值的第一阶段和乘用车、轻型商用车燃料消耗量限值的第二阶段。

排放标准方面，我国的排放标准虽然在逐步提高，但是我国汽车尾气排放控

制晚于上述国家，仍然落后。2005 年我国的柴油车排放标准中氮氧化合物的排放量是日本的 3.5 倍，颗粒物排放量是日本的 5 倍多。2009 年，中国的颗粒物排放量是日本的 3 倍，但氮氧化合物的排放量却升至日本的 5 倍多。

我国尾气排放限值是依照欧洲尾气排放限值制定的，现在执行国 III 标准，以及将要执行的国 IV 标准等效于欧 III、欧 IV 标准，只是中国限值步伐明显落后于欧洲标准：2008 年中国开始执行国 II 标准，2010 年将执行国 IV 标准。在欧洲，欧 III 标准 2000 年开始执行，2005 年开始执行欧 IV 标准，2009 年 9 月 1 日执行更加严格的欧 V 标准，2014 年执行欧 VI 标准。分析欧洲的标准，可以看出中国汽车尾气排放限值还有很大提高空间，国家应借鉴欧洲、日本政策经验，结合国内的实际情况制定更加严格的尾气排放限值，促使汽车企业加大对尾气排放技术的投入，同时引进国外的先进技术，实现汽车尾气排放控制达到先进水平。

汽车节能减排包括汽车能源系统的所有环节，从生产、输送、终端利用到报废回收，消除能源的浪费和减少气体污染物、温室气体、固体废弃物、重金属以及放射性物质等的排放。

随着中国改革开放的深入，能源、交通、环境、安全和区域发展差异等问题已经成为可持续发展的严重瓶颈，汽车工业可持续发展战略面临的压力主要来自两个方面，一是经济发展方式造成的结构性问题，二是资源紧缺和环境恶化对持续发展汽车工业的阻力。探索和研究汽车工业与社会、经济、自然和谐共处的可持续发展的方法成为极其迫切的现实问题。

第三章 行业技术现状

3.1 行业技术结构

基于全生命周期理念，参考国内外相关研究成果，为体现行业特点，经征求相关专家意见，输出汽车行业节能减排的技术结构如下图 3.1。即：着眼于行业节能减排，汽车行业的技术结构可分为汽车生产、汽车使用（产品）和汽车报废处理三个基本层次。其中，汽车生产层次由冲压、焊接、涂装、总装四个主工艺车间的节能减排技术构成；汽车使用（产品）层次由管理控制、结构调整、技术措施三大类六小类节能减排技术构成；汽车报废处理层次由回收利用、报废处理两类节能减排技术构成。

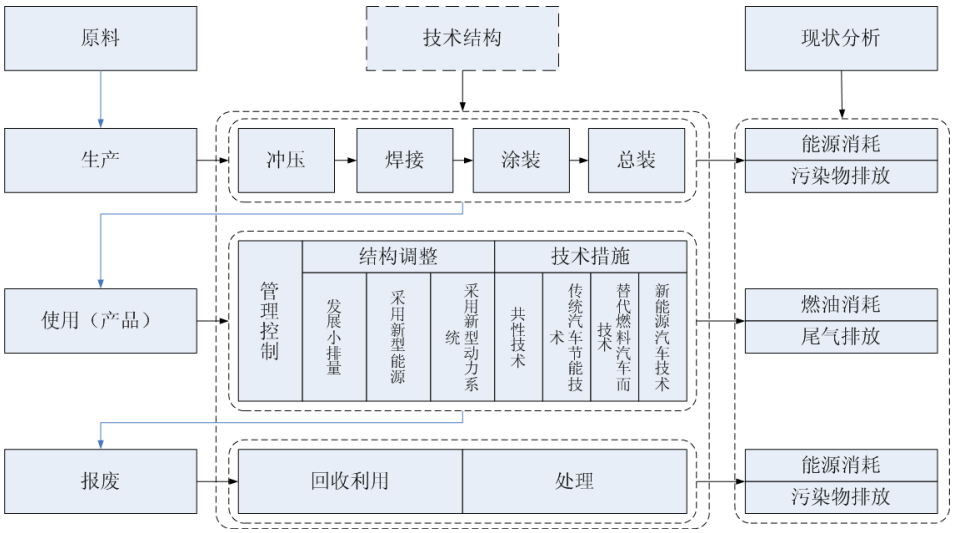


图 3.1 汽车行业技术结构图

3.2 汽车行业技术水平

3.2.1 生产环节

3.2.1.1 冲压工艺技术

汽车车身冲压件工序数量是衡量冲压工艺水平的重要标志之一，减少冲压工序数意味着减少冲压件数、压力机数量、模具数量、传送装置数量、节省占地面积、操作人员和能源消耗等，可以大大减少投资和降低成本。合理的总成分块及零件结构、左右件对称设计和模具设计制造水平是影响冲压件工序数的主要因素。如轿车的整体式侧围和卡车整体式门框的一体化产品设计，既可以保证车身总成的焊装间隙、平度等外观质量，又可以减少冲压件数量。整体冲压成形技术、

短工序成形技术、一模多件技术等是目前国内汽车冲压车间应用程度较高的节能减排一般成熟技术。

- **整体冲压成形技术：**采用整体冲压成形技术不仅可以减少零件、模具数量、动能消耗、降低成本，而且可以提升车身刚度，在碰撞时具有更高的安全性，此外，整体零件也有利于提高车身装配尺寸精度，整体冲压成形技术目前已经成为一种成熟技术。

- **短工序成形技术：**轿车整体式侧围是大型车身覆盖件冲压工艺的典型代表，其冲压工序一般为 5～6 序，先进的汽车公司在产品开发和模具开发方面进行研究，把侧围从 5 道工序变成 4 道工序冲压，未来将实现 3 道工序冲压。如天津一汽丰田的冲压生产线，用 4 台冲压机实现包括侧围在内的所有覆盖件的 4 序冲压；一汽轿车也实现了包括侧围在内的全部覆盖件的 4 序生产，将大大减少投资，降低能耗、降低成本和提高效率。

- **一模多件技术：**随着冲压设备和模具技术的不断进步，车门、翼子板等冲压件也从过去的一模单件发展为一模双件的双槽模冲压；左右对称件合模，如左右前翼子板组合、左右门板组合等，目前国内已实现前后左右车门一模 4 件的四槽模同时冲压即一模四件。采用这种工艺，使得整车模具数量大大减少，大大提高了压力机的使用效率，降低能耗。一模多件成形技术已被广泛采用。

为适应汽车节能减排的发展要求，汽车冲压的节能减排技术也有了进一步发展。激光拼焊板冲压成形技术、高强度钢板成形技术、板材热成形技术、内高压成形技术、伺服压力机技术等先进适用技术开始在国内不同程度地投入应用。

- **激光拼焊板冲压成形技术：**激光拼焊板成形是将不同材料、不同厚度的钢板用激光焊接成各种零件的板坯，然后进行冲压成形。可以减轻零件重量、减少零件数量、提高材料利用率、降低生产成本、提高整车安全性。一汽宝友的激光拼焊板生产线可实现各类激光拼焊板的生产。目前，激光拼焊板已经用于门内板、地板、门框、横梁等零件。国内对激光拼焊板的成形性、焊缝在零件成形过程中的移动和控制、拼焊部位模具的磨损、多段拼焊板料的精确展开等难题进行了研究并积累了经验。激光拼焊板冲压成形技术已广泛应用。

- **高强度钢板冷成形技术：**应用高强度钢板可以减轻汽车重量，提高汽车安全性，是汽车减重和提高安全性的发展方向。随着高强度钢板强度性能的提高，成形性能也大大降低，强度越高则回弹越大。高强度钢板在冲压成形时将会有更大的回弹和更大的模具磨损等复杂情形出现，对冲压工艺、设备、模具结构、模具材料等提出了新的研究课题。随着国内对高强度钢板冷成形技术研究和应用的

深入，高强度钢板冷成形技术已开始广泛应用于冲压生产中。

➢ **高强度钢板热成形技术：**板料热成形技术主要用于加工高硬度的零件，例如原始强度为 500～800MPa 的高强度钢经过加热、成形和冷却处理之后，可以使强度达到 1300～1700MPa，且具有回弹小，成形精度好的特点。板料热成形技术在国外已经应用。德国大众是较早大量采用高强度钢热成形冲压件的公司。国内部分企业已开始应用板料热成形技术生产高强度钢零件。

➢ **内高压成形技术：**内高压成形技术是一种制造空心轻体结构件的制造技术，是汽车轻量化的主要支撑技术之一。内高压成形技术生产的零件具有重量轻、零件数量少，提高强度和刚度、降低生产成本等优点，具有广阔的发展空间，国外已广泛应用，国内已基本掌握了这项技术，部分企业已具备批量生产内高压成形零件的能力。

➢ **伺服压力机技术：**传统的机械压力机是利用曲柄滑块机构将电动机的旋转运动转变为滑块的直线往复运动，实现冲压加工，这种传动系统不易变速，工艺适应能力差，另外，机械压力机带有飞轮，启动时需要消耗较大能量，且电机不能频繁启动。生产过程中，由于冲压生产的特殊性，压力机空转待机时间较多，效率低，能耗高。随着电力电子技术、集成电路和计算机控制技术的发展，大功率交流伺服电机及其驱动控制装置作为交流伺服驱动系统在压力机上应用。伺服压力机是将伺服直接驱动技术与偏心轮驱动或多连杆驱动技术相结合，由高性能伺服电机直接驱动，将电机的旋转运动转换为滑块的直线运动，省去了离合器、制动器和飞轮。伺服压力机的工作方式与传统压力机不同，具有以下特点：（1）它是在需要动力时启动，不需要动力时停止；（2）伺服压力机的滑块速度和运动曲线可单独编程，可任意控制滑块的速度和运动曲线，以满足变速冲压成形的工艺要求，滑块到下死点时可实现保压，有利于高强钢板等难变形材料的冲压成形；（3）滑块行程可编程控制，速度可任意调节、实时控制，具有良好的低速成形、保压，空程快速急回的特性，即空行程快，工作行程慢且速度均匀，提高了生产效率和冲压件质量；（4）压力机可以频繁启停，正反转运转；（5）可减少或消除空转待机，工作时电机运转，待机时停止，可节省能源和制动减速时能量的回收。据统计，伺服压力机比普通机械压力机节能 30%～70%，具有显著节能效果。某企业有一条 3000 吨多工位伺服压力机线，一条 1600 吨＋3×800 吨大型自动化伺服压力机线，年产 12 万辆汽车冲压件，与普通机械压力机相比，设备占用空间减少近 50%，噪音降低 10dB，生产效率提高 60%，能耗降低 36%。新型伺服压力机是采用了适应性很强的伺服驱动技术，是将液压机的柔性和灵活性与机械压力机的高速和高效率等优点有机地结合起来。国内部分企业已开始应用大型伺服压力机生产线。伺服压力机技术是目前国际上最先进的压力机技术之一。

➢ **大型多工位压力机技术：**大型多工位压力机集机械、电子、控制和检测技术为一体，全自动、智能化、操作安全、冲压件综合成本低、生产效率高、节约能源，满足汽车行业大批量生产和节能减排需要，是当今大型覆盖件冲压设备的发展方向。大型多工位压力机在国外应用比较普遍。随着汽车覆盖件呈现大型化、一体化的特征，汽车覆盖件生产对压力机的要求向大型化、高速化、高效率、高品质、更安全、更节能环保的方向发展，汽车覆盖件成形设备应大力发展和推广应用大型多工位压力机，大型伺服压力机等先进压力机技术。大型多工位压力机在国外应用比较普遍。

3.2.1.2 焊装工艺技术

汽车企业焊装车间，尤其是轿车焊装车间一般采取中频焊接技术和烟尘净化技术实现节能减排。如采用中频焊接技术，焊点形成的能源利用率高，单个白车身电能消耗可降低 30%。在污染物排放方面，焊装车间一般采用除尘器来净化因 CO_2 焊接产生的烟尘及有害气体。

➢ **焊接烟尘净化技术：**在焊接烟尘产生源布置吸风口，并增加烟尘过滤装置，将含有焊接烟尘的空气经过净化后排出室外，降低了车间内焊接烟尘的污染。另外，通过在低空设置出风口，将室外的新鲜空气引进车间内，并与吸风口共同作用，使车间内的空气形成合理流动，从而保持车间内空气的洁净。

➢ **中频焊机：**通过采用中频焊机，降低电能的消耗。其节约电能源于两个方面：①中频技术：通过将三相交流电整流和滤波后得到的直流电用于焊接，缩短了焊接时间，降低了设备功率，从而降低了电能的消耗。②焊钳与变压器的一体化：通过一体化技术，取消了焊钳与变压器之间的连接电缆，从而将此段电缆中的电能消耗降低为零，从而达到节能的目的。

焊装车间为减少污染物排放，多数企业在工艺设计时，就考虑应用摩擦滚床先进适用技术，努力提高节能减排水平。同时为节约能源，部分企业还采用 TOX 铆接等先进适用技术与超高强度钢板和镁铝合金应用同步进行，努力提高节能减排效果。个别先进企业还在尝试激光点焊、摩擦焊等新技术的应用。

➢ **摩擦滚床：**通过摩擦力驱动车间内的传输设备（多数为滚床）（），取代传统的链条式传动方式，降低了车间内的噪声。

➢ **TOX 连接技术：**采用气液增力缸式冲压设备及标准连接模具，在气液增力冲压过程，板材挤压塑性变形，两板件挤压处形成一个互相镶嵌的圆形连接点，实现板件点连接。无环境污染，无 CO_2 排放，无噪声；与点焊相比成本仅为其 20%左右。

3.2.1.3 涂装工艺技术

近 30 年来，伴随着我国汽车工业的快速成长，我国汽车涂装工艺与质量水平与国际水平全面接轨：涂装工艺装备世界一流；车用涂装材料全面更新换代；并开始向环保型方向发展；培养造就出一支汽车涂装科技队伍。

- **汽车涂装工艺水平和涂装质量。**目前国内合资的轿车涂装生产线一般都按引进产品的涂装质量及工艺设计要求进行建设。其工艺水平一般是超前或至少同步的水平。以引进技术和消化吸收基础上自主设计、建设的涂装线也至少与引进线同步。从不同国家（地区）引进的汽车涂装工艺虽各有特点，但大同小异，都是传统的 4C3B 涂装工艺体系。汽车车身质量和使用寿命大幅度提高，涂层质量普遍达到“色彩时尚，悦目舒适，5 年无明显锈蚀、擦伤、失光、褪色，10 年无穿孔锈蚀、涂膜剥落“的基准，车身使用寿命成倍提高，可以保用 12 年以上。汽车车型和色彩不再是几十年一贯制，而是一年几十种（如：2009 年国产乘用车共推出新车型 221 种，其中全新车型近 50 款）。

- **汽车涂装工艺装备。**近 20 年来，我国设计、新建汽车车身和外饰塑料件、车轮等涂装生产线上百条，而其他汽车工业大国新建涂装线较少。国内新建的合资轿车涂装线一般都由国际著名涂装设备公司设计、承建，选用当今新技术、新装备较多，如先进输送机（滑橇输送系统，滚浸式输送面，摆杆输送链、推杆悬链等），文丘里式大型上供下抽风喷漆室，喷浸结合式的前处理和阴极电泳设备，智能化机器人杯式自动静电喷涂机等。世界先进水平的涂装工艺设备在国内都能看到。

- **汽车用涂装材料。**中、低温低锌三元磷化处理与阴极电泳涂装的配套工艺已成为汽车车身打底的典型涂装工艺（大批量流水生产的汽车车身及金属零部件几乎 100%地采用磷化+阴极电泳涂装工艺），CED 涂料已发展采用耐腐蚀性更好和泳透力更高的无铅无锡的第 2、3 代 CED 涂料。面漆涂装工艺已是两涂层（底色漆+罩光）为主流，采用优质的丙烯酸聚氨酯树脂罩光清漆。涂层色泽、鲜映性、耐候性、耐光保色性等方面都有大幅度提升。自 2004 年以来，国内已有 10 多条新建轿车车身涂装线采用了环保型水性涂料（中涂和底色漆），使其 VOC 排放量达到国际标准。汽车用涂装材料的品种、性能和质量随着跨国汽车涂料企业在华建厂已与国际市场接轨；供应品种齐全、性能优良、汽车厂选用几乎与国外同步。

与国际先进水平相比，我国汽车涂装仍存在大而不强问题，主要差距如下：

- **在节能减排和资源利用率方面差距明显。**除汽车车身打底几乎与国际同步，普及了阴极电泳涂装外，应用水性中涂和水性底色漆的还不到汽车产量 1/10

（2008 年德国水性底漆普及率已接近 100%）；中涂、面漆还是以有机溶剂型涂料为主。很多涂装线 VOC 和 CO_2 排放量不达标，单位涂装面积的耗能量、耗水量和涂装材料耗用量都偏高。

- **涂装工程设计（含工艺及设备设计）水平偏低（工艺设计落后）。**缺少工艺技术诀窍和专有技术；缺少自主创新精神；有的设计几十年一贯制，简单翻版；及时总结经验少，不能依靠技术进步在工程经济技术指标方面上水平（应做到年年有创新、5～10 年有突变）。

- **各汽车制造企业发展不平衡。**目前，我国部分轿车合资企业近几年新建的涂装生产线，技术水平能够与世界发展同步，节能减排水平较高，但企业数量有限，占汽车制造企业总数比例不高。众多汽车制造企业的涂装技术水平不高，有的企业白车身表面质量差，还靠刮腻子来消除缺陷；有的涂装车间管理粗放，一次合格率低（返修率高），涂装设备开动率和有效利用率偏低，“大马拉小车”；导致我国汽车行业涂装整体水平不高，涂装公害较严重。

3.2.1.4 总装工艺技术

国内汽车总装车间应用程度较高的节能减排**一般成熟技术**主要有：变频、尾气收集、燃油测漏、降低厂房空间高度等技术。

- **变频技术：**输送电机采用变频器控制，机械化输送滑橇、吊具经过时电机启动，离开后电机关闭。

- **尾气收集技术：**在整车下线工位和返修区，设置地面排烟口，排风口均匀布置在通道上，将有害气体排至过滤净化装置处理后，或直接至室外高空排放。

- **燃油测漏技术：**车辆在线进行 100%燃油系统侧漏试验，达不到密封性要求的的返修至合格，合格的才能进行燃油加注。

- **降低厂房空间高度：**合理降低厂房高度，如工艺区和物流区节省照明及冬季采暖费。

随着国内企业技术进步步伐的加快，汽车总装车间摩擦驱动输送技术、中水回用技术等**先进适用技术**的应用也从一些先进企业开始，应用范围逐渐扩大。

- **摩擦驱动输送技术：**总装车间车身、车门、底盘、仪表、一二次内饰线均可采用摩擦变频驱动，在滑橇、吊具经过时电机启动，离开后电机关闭，以节省能源，另外摩擦驱动噪音低，还因采用免维护轴承，减少油脂对环境的污染。

- **中水回用技术：**采用中水循环系统进行轮胎清洗和淋雨试验，提高企业

节水水平。

汽车制造企业生产过程的节能减排技术水平由装备、材料、工艺、管理四方面主要技术因素综合决定。目前国内汽车，尤其是近几年新建的轿车合资企业的装备技术水平能够与世界发展同步，节能减排水平较高，但企业数量有限，占汽车制造企业总数比例不高，大多数汽车制造企业的装备技术水平比较落后，导致我国汽车制造过程的装备技术整体不高。而节能减排先进适用的材料与工艺技术应用情况要差于先进适用的装备技术应用情况，管理技术水平更不理想。总体来看，我国汽车制造过程的节能减排技术水平与国际先进水平差距明显。

基于专家咨询、文献调研、问卷调研和企业实地调研，充分利用参与编制单位公用、工艺、产品专业的技术累计，经过分类整理，初步筛选汽车生产节能减排备选技术 62 项。根据汽车生产节能减排技术特点，主要选用成本效益分析（CBA）、投入产出分析（IOA）和专家评估三种方法进行先进适用技术的筛选与评估。经反复评估与筛选，最终输出汽车生产节能减排先进适用技术 24 项。

3.2.2 产品环节

3.2.2.1 发动机技术

汽车对能源的消耗是通过发动机消耗燃油产生动力而发生的。汽车节能最直接的手段就是提高发动机对燃油利用的效率，同时进一步降低发动机的机械损失。由于今后数十年内人类将不得不继续主要依赖油气资源来驱动汽车，提高燃油发动机效率、降低油耗是汽车节能最直接、最现实、最成熟、最不可忽视的手段。

在各种强制性能耗标准和排放标准的制约下，我国各种高效内燃机技术的推广应用取得了突飞猛进的发展。目前国内乘用车市场以汽油车为主，广泛采用了电子控制燃油喷射、三元催化转换器、多气门等技术，可变进气系统（包括可变气门正时、可变气门升程及可变进气管长度）和涡轮增压技术也得到了一定程度应用。新技术的采用使国内轿车发动机的升功率较上世纪末提高了 25%～35%，大部分轻型汽油车已达到国Ⅳ排放标准。

近年来，国内已有很多高校和企业在直接喷射汽油机方面做了一定的研究工作，上海大众、神龙汽车等汽车公司在最近推出的某些车型如奥迪、Golf6、迈腾上装配了缸内直接喷射汽油发动机。目前，我国发展汽油机缸内直喷技术主要存在两大难题：一是油品质量不能满足要求，需要提高国家燃油标准，并对炼油工业投入资金进行升级改造。二是采用缸内直喷技术所需要的一些关键零部件配套跟不上，如油泵、喷油器等一直受外方控制。但是，随着汽车国 III、国 IV 排

放标准的强制实施，以上两大难题正在逐步解决，因此，未来 3 到 5 年内加快发展汽油机缸内直喷技术是可行的。

由于轿车柴油机的技术含量高，制造加工精度要求高，加上我国汽柴油的结构特点，目前轿车柴油机在我国的应用还不够广泛，市场上已推广销售的柴油轿车仅包括一汽捷达、宝来柴油、奥迪 A6 柴油轿车。随着燃油限值标准的不断加严，国内很多企业都已经认识到轿车柴油机的优点，并在积极进行乘用车柴油机的研发，如一汽集团、玉柴机器、云内动力、长城汽车、华泰汽车等，都相继推出了自己的乘用车柴油机。目前国内柴油机高速直喷、增压及增压中冷、废气再循环等技术已经得到开发和逐步应用，而高压共轨、排气后处理等世界先进技术则处于起步阶段。大力推动柴油车技术的开发和应用，全面采用涡轮增压（中冷）技术，并提高增压技术水平；推广电控高压喷射技术的采用和研发，以改善使用油耗和排放性能；加快电控喷射系统的硬件和控制、标定技术的自主开发生产能力是保持我国柴油机技术持续发展的重要条件。

总体来说，国内传统发动机技术对外依赖度较大，节能核心技术缺失，节能汽车产品比例低，目前批量装车的产品（系统）仍然需要依赖引进，或由合资企业提供，实现自主发展还有相当长的路要走。

3.2.2.2 先进传动与驱动技术

我国当前的变速器自主生产以手动变速器为主。据 2008 版《中国汽车工业年鉴》，共统计 33 个变速器生产企业 2007 年的产销数据，其中产销量 10 万台以上的有 16 家，产销量 5～10 万台的有 4 家。**我国汽车变速器行业主导产品几乎都是引进产品，大多处于国外 80 年代初期先进水平，部分随整车同步引进的轿车变速器与当今世界先进水平同步。**

我国手动变速器的产业基础相对自动变速器较好，从 5MT 升级到 6MT 的技术难度较低，成本上升幅度不大。一些企业已经率先推出了 6MT 的新车型。如 2007 年 11 月，搭载 6 档手动变速器、2.0L SVT 全铝合金发动机，奔腾 6MT 轿车上市，该车的 0～100km/h 加速时间仅为 10.3 秒，在同级车中是出类拔萃的，90km/h 等速油耗仅为 6.0L/100km，明显低于同类其它车型。2008 年 4 月，新上市的中华酷宝 1.8T6MT，搭载的 6 档手动变速器，是华晨汽车与德国变速器制造商格特拉克集团合作研发的，华晨汽车拥有从整车到核心零部件的关键技术专利。这款 6MT 变速器将不会仅用在华晨的轿跑车产品，经调试后，还将装备在骏捷和尊驰上。

自动变速器领域由于技术、市场、产业投资规模等多种综合因素的影响，国内汽车自动变速器的研究主要集中在 AMT 和 CVT 方面。AT 自动变速器目前

有上海采埃孚变速器有限公司、上海通用汽车有限公司、东风本田发动机有限公司、天津艾达自动变速器有限公司、北京现代摩比斯汽车零部件有限公司等几个合资企业利用德国 ZF、美国通用、日本本田、日本 Aisin-AW、韩国摩比斯成熟技术在国内制造。吉利集团历经 3 年时间，于 2005 年成功研发出了第一款 AT，目前已批量匹配自由舰、金刚、熊猫等车型。吉利的产品研发方向为电控化、多速比、大扭矩、NVH 及轻量化。同时中国其他汽车公司也正在加速 AT 技术的研发，其中包括 6AT。

与国外比较，国内 CVT 的研究起步较晚，从“九五”开始进行研究，基本上集中在金属带式 CVT 领域，处于样机鉴定，装车试用阶段，关键零件金属带均从荷兰进口，借鉴了部分国外成熟的技术和成功的经验，CVT 样机性能指标接近国外水平，基本具备了产业化基础。新近推出的压力钢带式 CVT 车型包括东风日产逍客、道奇酷博、本田思域混合动力、奔驰 B 级车、海马欢动和三菱欧兰德等。

3.2.2.3 整车设计与优化技术

汽车的燃油经济性主要受到汽车行驶时遇到的阻力和发动机的有效油耗的影响。只有这两个因素降低，才能减少汽车的耗油量，提高燃油经济性。而汽车阻力主要为空气阻力和滚动阻力，因此通过整车设计与优化技术，降低车辆的空气阻力和滚动阻力，对于汽车燃油消耗的降低具有重要作用。

目前中国汽车工业飞速发展，轿车整车的气动阻力系数（CD）在 0.30～0.35 之间，与世界水平的 0.27～0.32 还是有一定的差距，轻型客车、大客车、轻型商用卡车、重型商用卡车的气动阻力系数也普遍高于世界水平。从节能的角度来说，降低气动阻力系数是节约能源消耗的有效手段，国外多年的试验研究认为，如果气动阻力系数值减少 15%，燃油消耗可降低 6%。气动阻力系数的减少可以通过整车的风洞试验研究，使汽车外形接近最优化。此外，对现有的车辆，也可以通过增加附加装置的方法，如加前阻风板，加蓬和导流罩等空气附加装置减小气动阻力，达到节油的目的。

在汽车质量不变的情况下，影响汽车滚动阻力的主要因素是滚动阻力系数；而影响滚动阻力系数主要是路面状况和轮胎。使用子午线轮胎是降低滚动阻力系数的重要途径。在我国低滚阻轮胎仍处于逐步取代斜交胎的发展期。技术水平不高、低滚阻水平较低、产业结构不合理依然是现今阶段我国轮胎工业的特点。我国由于材料强度的差异，一般车轮厂在进行生产控制时一般采取的对策是加厚原材料的方法来达到相同的疲劳寿命要求，结果同规格的一只 22.5×8.25 车轮重量要比法国米其林车轮重 3kg，重型车车轮的平均重量要比美国重 10kg。

3.2.2.4 车身轻量化技术

汽车轻量化是汽车降低燃油消耗及减少 CO_2 排放的最有效措施之一。汽车轻量化的好处不仅仅体现在节能和减排上，轻量化的高强度钢车身可以大大提升车辆的碰撞安全性能，轻量化吸能材料也可增加车辆的碰撞安全性能。此外，轻量化还可以提升汽车的驾驶性能，如加速和制动性能；可以带来材料的节省；还可以适度增加有效载荷，提高运输效率。

目前国内自主品牌乘用车自重较国外同类车高 8%～10%。以国内某款自主品牌车型为例，材料大致构成如下，钢材包括冷轧钢板（DC01、DC03、DC04、DC06 及 SPCC、SPCD、SPCE），热轧钢板（SPHC、SPHD、SPHE 及 SAPH370、SAPH440），加磷高强度钢板（B170P1、B210P1、B250P1、BP340、BP380）、烘烤硬化钢（B140H1、B180H1、BH340）以及少量镀锌板（DC52D+Z、DC54D+Z、DC56D+Z），其中高强度钢板的应用逐步增加，从早期车型的 20%左右增加到目前现生产车型的 50%左右，在后期的新车型设计中用到了很多超高强度钢板，致使后期车型的高强度钢板达到 50%以上。

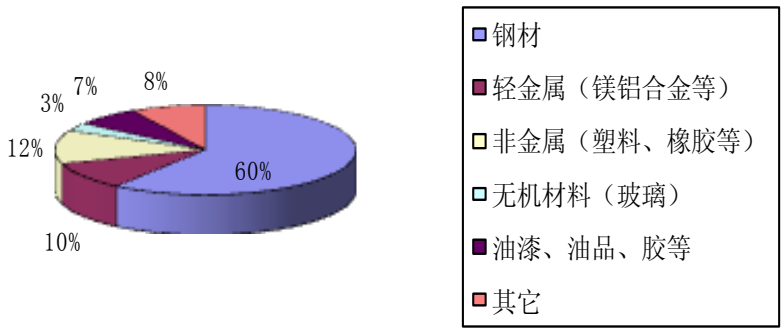


图 3.2 某款自主品牌轿车用材情况

数据来源：发改委“节能与新能源汽车技术政策研究-汽车轻量化技术”报告

20 世纪 90 年代生产的国产轿车，单车用铝量一般在 40～80kg，国内自主车型已大批量应用的铝合金零件有车轮、气门室罩盖等零件，铝合金零件基本国产化。近年推出的新车型，铝零件的质量基本都在 100kg 以上（如东风日产蓝鸟、颐达、一汽奥迪 A6L 等），但国产化率低。发动机铝合金缸体压铸近年发展迅猛，合资车型的部分发动机缸体、变速箱壳体、离合器壳体等零件也采用铸造铝合金制造，一汽集团、广州东风本田发动机公司、重庆长安汽车集团、长安铃木汽车公司等都有全铝缸体用于批量车型或正处于试验开发阶段。

国内汽车上应用的镁铝合金零件主要以铸造镁铝合金为主，典型应用的零件有方向盘骨架、座椅骨架等，并且应用范围还相当有限。与国外广泛应用于仪表盘骨架、横梁、门内板、行李箱盖、进气歧管等还存在相当大的差距。变形镁铝

合金的应用基本处于空白状态。不可否认的是，变形镁合金在车身组件（车门、行李箱、发动机罩等）上的应用还具有相当大的潜力。

目前国产轿车塑料的单车用量 50～110kg，无论从单车用量、应用品种以及塑料制件的生产技术，均已基本达到引进国外同类产品的技术水平。在重型载货汽车中，所使用类型和品种与国外基本相同。国产轻、中型载货车塑料用量约 40～50kg，重型载货车可达 80～150kg 左右。例如：国内某两款重型汽车为例，塑料件使用量分别为 82.25kg 和 120.5kg，相当于国际 20 世纪 80 年代初中期水平，塑料件约占汽车自重的 7～10%，而德国、美国、日本等国则达到了 10%～20%，差距明显。

对于复合材料，目前中国已有了具有自主知识产权的 GMT、LFT-G 和 LFT-D 产品，并形成了一定的生产能力，但在产品的质量和品种门类上与世界先进水平还有相当大的距离，在已知的国产汽车中 LFT 零件原材料供应 90％以上是从欧、美、韩等国引进，另外 LFT 零件应用主要还是集中在从欧、美、韩等国引进的车型中，这对于中国的汽车复合材料行业来说无疑既是挑战也是机遇。

3.2.2.5 混合动力技术

我国混合动力汽车技术不断提高，轻度混合动力汽车实现小批量生产。长安、奇瑞、一汽、上汽、东风等我国大多数汽车企业纷纷加快混合动力汽车关键技术的研发，开展了整车优化设计、动力系统集成匹配、电动化底盘技术开发、整车控制策略优化以及车辆批量化生产技术的研究，初步掌握了混合动力电动汽车机电耦合最佳方案的优化、动力系统技术平台工程化集成设计、怠速起停与加速助力技术、制动能量回馈技术，变速箱匹配设计和优化、整车控制系统开发技术、车辆生产制造工艺和技术等混合动力汽车关键技术。自主开发了 BSG 类弱混、ISG 类中混及强混合动力轿车和串联式、并联式混合动力城市客车，依据不同混合度方案，有不同程度的节油效果。

目前，已有 40 多款混合动力汽车获得国家机动车新产品公告。其中，长安杰勋中混混合动力轿车、奇瑞 A5 系列弱混/中混混合动力轿车已进入小批量生产阶段。东风电动、深圳五洲龙、中通客车、南车时代、一汽集团开发的串联式和并联式混合动力城市客车，分别在北京、武汉、深圳、长沙、济南等城市开展了不同规模的示范运行，部分单车运行里程超过 20 万公里，节油效果和可靠性得到了市场的初步检验。如：东风电动混合动力客车在武汉 510 公交线上运行，经统计平均油耗为 31.88 升/百公里，节油率为 24%，平均故障间隔里程超过 3800km。

3.2.2.6 新能源汽车技术

我国发展新能源汽车已具备一定基础，初步形成了新能源汽车的开发和产业化能力。目前，基本建立了官产学研相结合的自主研发模式，新能源汽车整车和关键零部件核心技术取得重要进展，新能源汽车技术指标达到国际先进水平，特别是能量型动力电池的综合性能已达到国际先进水平。形成了整车研发和小批量生产能力，动力电池自动化、批量化生产开始起步。在公共服务和私人消费领域已开展多种模式的示范试点运行，新能源汽车市场培育已经启动。

哈飞、天津清源公司合作开发的锂离子电池纯电动乘用车，最高车速达120km/h 以上，0～50km/h 加速时间 8.23S，能量消耗率 16.5kWh/100km，续驶里程达到 180km，已小批量出口美国。清华大学自主研制的采用新型四轮智能驱动技术和高性能锂离子电池的纯电动微型轿车，最高车速 65km/h，（0～30km/h）加速时间 4.5s，百公里能耗 5kWh，续驶里程大于 120km。比亚迪公司研制生产的 F3DM 是国内首款正式上市销售的使用磷酸铁锂电池的插电式（plug-in）电动汽车，最大输出功率为 125kW，0～～100km/h 加速时间为 10.5s，最高时速为 150km 以上，在纯电动模式下，等速工况续驶里程达到 100 公里，已小批量投放市场进行商业示范运行。北京京华客车公司、北理工联合研制的纯电动客车，能量消耗率在“十五” 基础上提高 6%左右，达到 83.8kwh/100km，并在国际上率先使用大容量锂离子动力蓄电池，成功在奥运期间进行了小规模应用，代表了当代国际纯电动大客车的先进水平。另外，我国东风、一汽、上汽、长安、奇瑞、长城等汽车公司近来纷纷涉足纯电动和 plug-in 电动轿车的研发，并相继推出了一批整车样车，进入产业化准备阶段，在未来 2～3 年内将陆续投放市场。

我国燃料电池汽车开发，采用独具特色的能量混合型和功率混合型两种燃料电池混合动力系统，具有电-电混合、平台结构、模块集成的技术特征，燃料经济性优异。北汽福田、清华合作开发的第三代燃料电池城市客车，系统更加优化，制动能量回馈等混合动力功能得到加强，氢燃料消耗量由≤9.3kg/100km 降低到≤8.5kg/100km，在车辆性能和配置基本相当的情况下，生产成本低于国际公司。由上海大众、上燃动力开发的新一代燃料电池轿车动力平台将整车控制器、电机控制器、燃料电池 DC/DC、电池管理系统等集中到集成式动力系统控制单元内，进一步提高了燃料电池轿车技术水平和产品化程度。其中，DC/DC 功率提高 10%、单位功率体积减小 30%；电机控制器（DC/AC）功率提高 35%、单位功率体积减小 19%。清华大学和同济大学牵头研制的 20 余辆燃料电池客车和轿车在北京、上海等地开展了示范考核运行。

3.2.3 回收环节

欧美等发达国家的报废汽车回收利用模式，多数是在中心城市建立回收量万吨以上的现代化废钢铁回收中心。回收解体方式主要是隧道液氮冷却破碎，以磁选、浮选等方式剔除杂质，碎钢打包压块，回炉冶炼，整个加工流程是自动化的。

参照相关标准，车辆材料可分为金属、聚合物（不包括橡胶）、橡胶、玻璃、液体、经过改良的有机天然材料（如皮革、木材、纸板、棉毛等）及其他（不可分解物）七大类。按照可回收利用率的计算方法，金属材料和液体都算作可再利用的；聚合物、橡胶和其它经过改良的有机天然材料也可以通过先进技术进行回收利用（聚合物和橡胶的能量回收利用技术在世界范围内已形成大规模的产业化）。而在实际应用中，金属材料（尤其是钢铁材料）易于再利用，而聚合物、橡胶等非金属材料则难于回收利用。各种车用材料的现有的回收利用技术如表 3.1 所示。

表 3.1 车用材料的现有回收利用技术

材料		现有技术（解体或者粉碎后）
金属	铁	在电炉中作为铁铸件再次利用
	铝	在熔矿炉中作为铝铸件现次使用
	铜	在熔矿炉中作为铜原料再次利用
	铅	在熔矿炉中作为铅原料再次利用
聚合物	PP、PE	在喷漆或者喷漆剥落后作为 PP 树酯再次利用
	PET	解纤作为 PET 纤维再次利用， 或者通过化学再利用，成为 PET 原料
	PVC	作为重复利用 PVC 树酯再次利用， 或者通过化学再利用成为 PVC 原料
	ABS	作为 ABS 树酯再次利用
	PUR	作为 PUR 树脂再次利用
	PA	作为 PA 树酯再次利用
橡胶		作为橡胶再次利用
玻璃		作为玻璃原料再次利用
液体		去除杂质后再利用
其他		可燃成分作为能源再利用

对于难以回收再利用的材料，发达国家正在积极开发相关的回收再利用技术，已经成熟的技术如表 3.2 所示。

表 3.2 已回收再利用材料的回收再利用技术

原材料	回收再利用技术
塑料	粉碎、填料技术、油化技术，利用化学分解重新变成原材料
橡胶	微粒化、热分解技术
玻璃	筛选技术、再加工技术

报废汽车经拆解处理商对燃料、油类、液体进行处理后，按照发动机、变速器、催化剂、轮胎、蓄电池等零部件进行分类，并回收再利用。各种汽车零部件的回收利用情况如图 3.3 所示。

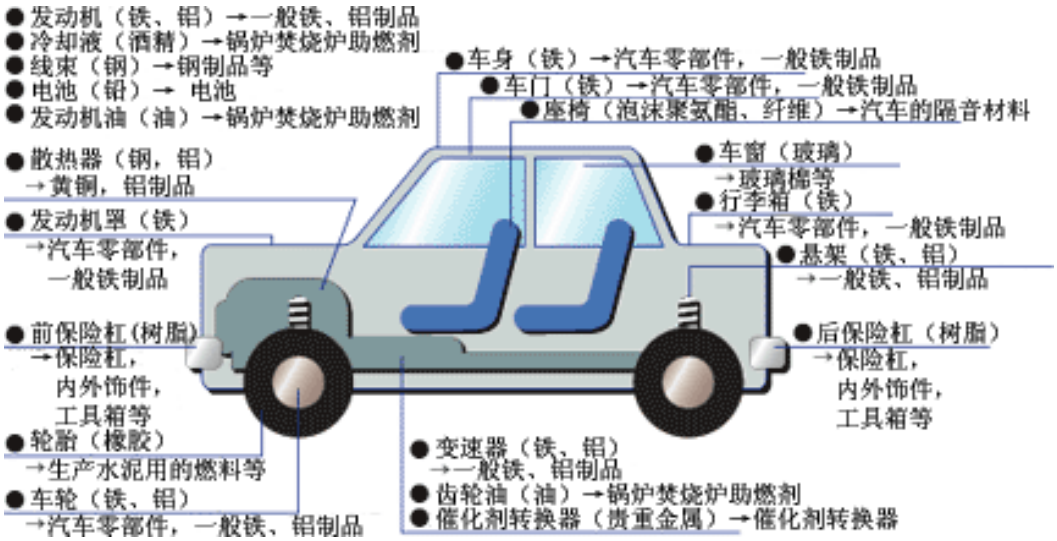


图 3.3 汽车零部件的材料回收利用情况

剩余的车身部分通过粉碎机粉碎，最终将铁、非铁金属分类进行回收再利用，剩下的粉碎渣主要进行填埋处理。为了减少粉碎渣产生的数量，发达国家正在进行分选、减容、固化、干馏气化等方面的技术开发。将粉碎渣分选为可燃和不可燃二种，将可燃物通过“减容、固化技术”制成固体燃料，而后通过“干馏气化技术”进行燃烧，作为气体燃料加以利用。

3.2.3.1 报废汽车拆解技术

我国报废汽车企业是从物资回收企业发展起来的，企业在符合环保、提高回收利用水平的场地和设备等方面投入长期不足，报废汽车回收拆解行业起点低、规模小，技术投入不足，回收拆解企业的拆解技术水平低。绝大部分没有专用的拆解设备，全靠手工拆解和手工气割，少数企业有简单的半自动剪切机，用于把车架或小轿车车身切成大块的废钢铁以便于运到钢厂，只要能装车运走就不再切割。国内报废汽车拆解技术和拆解方式仍处于粗放、简单的状态。多年来，各种管理文件的要求仅从交通安全的角度强调禁止转卖“五大总成”，被回收的车辆进

场后，首先进行公安的核验确认，其后进行切割并由交警检验签字，将“五大总成”破坏。拆解程序一般为：放油-拆油箱-拆主要总成-手工氧气切割-旧件分类-废钢铁销售及垃圾处理。

但最近两年，国家和地方政府每年拿出财政资金，支持报废汽车回收拆解企业开展升级改造工作，在有关部门、行业协会和企业的共同努力下，报废汽车回收拆解企业升级改造工作取得了积极进展。据统计，截至 2010 年底，14 个试点省、区、市的 60 家试点企业中已有 51 家完成了升级改造，其中河北、黑龙江、安徽、河南、湖南、广东、云南、陕西等省的试点企业全部完成。同时，一些非试点企业在示范工程的带动下也积极行动起来，按照《报废汽车回收拆解企业技术规范》的要求开展达标活动，升级改造试点工作对提高国内报废汽车回收利用技术的效果初步显现。主要表现为：

1）企业回收拆解水平得到提高。随着汽车更新换代步伐的加快和报废汽车数量的增加，操作随意、传统简单粗放式的回收拆解方式已不能适应发展的要求。企业按照《技术规范》要求，改造建设封闭或半封闭拆解车间，添置车架和车身剪断或压扁机、总成拆解或精细拆解平台等设备，规范报废车辆检查登记、预处理、存储、拆解等作业流程，强化了机械化拆解手段，淘汰了落后工艺，改善了作业条件和环境，提高了工作效率，为企业长远发展奠定了物质和技术基础。

2）资源利用水平得到提高。实施升级改造，完善存储场地、车间以及分类存放货架等专用设施，强化可再利用废油液、零部件等存储和处理能力，改变了过去多数零部件长期露天放置，只能作为原材料再利用的做法，提高了橡胶、塑料、玻璃等非金属的回收利用水平。这既有助于实现资源节约和利用，也有利于企业拓展盈利空间，增强自我发展后劲，发挥良好的经济和社会效益。

3）污染防治水平得到提高。在升级改造的过程中，政府对加强环境保护提出了多项具体要求。企业通过对场地硬化和防渗漏处理，设置油水分离、专用废液收集和密闭存储、空调制冷剂的收集、废蓄电池存储，以及安全气囊引爆装置等设施，有效地降低了报废汽车回收拆解过程中的二次污染。同时，由于拆解作业条件得到改善，消防设施完备，提高了安全作业系数。

3.2.3.2 汽车零部件再制造技术

零部件再制造业具有节约能源、低污染的特点。虽然传统的废品回收利用（如旧钢铁产品的回炉熔化）也可以做到旧产品再生利用，达到环境保护和节约资源的目的。但是这种回收属于低层次的再生利用，它只是重新利用旧产品的材料，而且往往需要消耗大量的能源，并造成环境的二次污染。与此相反，再制造产品不但减少了对其进行销毁所造成的环境污染，而且大大节省了宝贵的能源，降低

了在制造过程中的环境污染。再制造活动在节能减排方面具有十分明显的作用，与制造新品相比，再制造可实现节能 60%，节材 70%，大气污染物排放量降低 80％以上。另外，再制造发动机具有与新品相差无几的性能和质量，与大修发动机相比，具有更低的污染物排放和更低的燃油消耗优势。

汽车零部件再制造技术主要有三种方式，即尺寸配合法、替换法、表面工程修复法。美国、欧洲的汽车零部件再制造主要采用尺寸配合法和替换法，日本主要采用替换法，我国再制造企业也是根据不同产品情况三种方法均有使用。

尺寸配合法主要采用在机体表面再次进行机加工，通过保证配合间隙公差来实现零件的再制造。替换法是将不能再使用的旧件替换为新件的再制造工艺。表面工程修复法是指利用先进表面工程技术对有修复价值的零部件进行修复后再与其他零部件装配，从而完成再制造过程的工艺方法。虽然根据产品种类和采用的技术不同而导致各种零部件再制造具体技术细节有所区别，但汽车零部件再制造基本流程是相同的，如图 3.4。

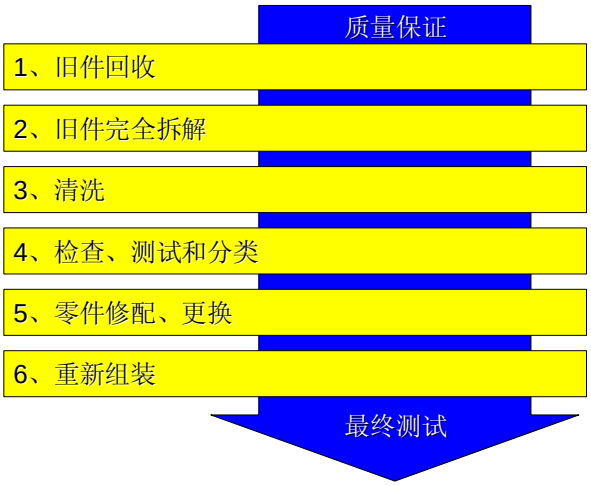


图 3.4 汽车零部件再制造基本流程

我国开展汽车零部件再制造技术研究工作时间不长，近年来在国家有关部门的支持下，国内一些企业和科研单位积极开展再制造方面的研究，目前基本掌握了再制造基础理论和部分关键技术。装甲兵工程学院成立了我国第一个装备再制造技术国家重点实验室，在研发我国具有自主知识产权的再制造清洗、修复等表面工程处理技术方面取得了突破。济南复强动力有限公司、潍柴动力再制造公司等企业在开展汽车发动机再制造方面，进行了有益的探索，取得了初步成果。

装甲兵工程学院装备再制造技术国防科技重点实验室是我国专业从事再制造基本理论研究和关键技术研究的研究机构。该实验室开展的装备再制造工程研究是针对损伤或报废的装备零部件，在失效分析、寿命预测、全寿命周期费用分析的基础上，进行再制造工程设计，采用高新表面工程技术、快速成形技术等先

进制造技术，使其迅速恢复原技术性能和价值，以形成再制造新装备或零部件的系统工程。实验室从事再制造技术的基础理论和关键技术的研究，开发纳米电刷镀技术、纳米减摩自修复添加剂技术、材料制备与成形一体化技术、高效能超音速等离子喷涂技术和磨具修补技术等关键技术。实验室还与济南复强动力有限公司进行技术合作，将再制造关键技术应用到发动机的再制造上。

上海交通大学与美国通用、福特汽车公司合作，开展了轿车的回收再制造研究，其生命质量与机械工程研究所与上海华东拆车有限公司、上海百旭机械科技有限公司等合作，进行再制造设备开发及再制造坯料处理技术等汽车回收利用技术研究。

第四章 节能减排先进适用技术

4.1 生产过程节能减排先进适用技术

4.1.1 内高压成形技术

（1）技术介绍：内高压成形技术是一种液力成形技术，其基本原理：以管材作为坯料，在管材内部施加超高压液体，同时对管坯两端施加轴向推力，进行补料。在两种外力共同作用下，管坯材料发生塑性变形，并最终与模具型腔内壁贴合，得到形状与精度均符合技术要求的中空零件。

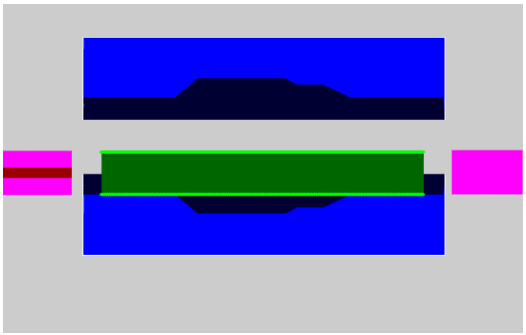


图 4.1 内高压成形技术示意图

（2）技术适用条件：该技术适用于变截面空心构件制造，在汽车零件制造领域应用越来越广。具备减少零件和模具数量、结构完整性好、强度高、使用寿命长等特点，可在保证零件刚度、强度前提下有效降低构件重量和成本。

（3）节能减排效果：内高压成形技术主要优点：①减轻质量，节约材料。对于汽车上副车架、散热器支架等典型产品，与传统冲压件相比，内高压成形件可减重 20%～40%；对于空心阶梯轴类部件可减重 40%～50%。汽车自重每减少 10%，燃油消耗可降低 6%～8%，排放降低 5%～6%。②减少零件和模具数量，降低模具费用。内高压件通常仅需要一套模具，而冲压件大多需要多套模具。副车架零件由 6 个减少到 1 个；散热器支架零件由 17 个减少到 10 个。③可减少后续机械加工和组焊量。以散热器支架为例，散热面积增加 43%，焊点由 174 个减少到 20 个，工序由 13 道减少到 6 道，生产率提高 66%。④提高强度与刚度，尤其疲劳强度。如散热器支架刚度垂直方向提高 39%；水平方向提高 50%。⑤降低生产成本。根据德国某公司对已应用零件统计分析，内高压件比冲压件平均成本降低 15%～20%，模具费用降低 20%～30%。

（4）成本效益分析：内高压成形技术生产线投资 3000 万，运行成本 1000

元/小时，3 年可回收成本。

（5）技术应用情况：德国于 20 世纪 90 年代率先将内高压成形技术应用于汽车制造，奔驰公司 1993 年建立内高压成形车间；德国宝马（BMW）、奥迪（Audi）、大众（VW），美国福特、通用、克莱斯勒及日本丰田、本田、日产、马自达等均已在多个车型上应用内高压成形零件。国内汽车企业也开始使用内高压成形零件，例如一汽大众速腾、迈腾、宝来等车型。一汽轿车公司 B50 车型副车架均实现内高压成形零件国产化。

（6）技术知识产权情况：哈尔滨工业大学液力成形工程研究中心是国内从事内高压成形技术研究和应用的权威机构。一汽轿车在其协助下，成功研制出奔腾轿车副车架主管件，并通过了实验。奇瑞汽车与宝钢合作开展了内高压成形用于副车架的设计、内高压成形件成形模拟分析以及成形件性能分析、测试技术研究工作，并将在新车型上应用。此外，吉利汽车也在主要车型上使用了内高压成形副车架，即减轻了重量，又提高了强度。

4.1.2 “吸隔共用”降噪技术

（1）技术介绍：汽车冲压车间混响时间长，声音衰减慢。冲压车间进行噪声控制主要有吸声、隔声和吸声隔声共用 3 种方法。“吸隔共用”方法，是将隔声材料和吸声材料制成专用吸音板，表面为隔声层，内腔填充吸声材料进行吸声处理，这种复合结构可以有效增强整体降噪效果。主要技术内容：①厚度为 2mm 的外层钢板，起隔音和支撑作用，是吸音板外表面。②吸音板中间部位为吸音材料，材质为玻璃棉制品，用于吸收声音能量，是降噪材料主要组成部分。③纤维板粘贴在吸音棉外面，以防止吸音棉下坠。④透音薄膜贴在吸音棉两侧，起防潮和防止吸音棉丝从内层穿孔板的网孔中脱落的作用。⑤穿孔板为带网眼的钢板，穿孔率约 35%～40%，孔径 2～3mm，噪声可以通过这些小孔进入吸音棉内部，同时起支撑作用。

（2）技术适用条件： 该技术适用于汽车冲压生产线

（3）节能减排效果：以德国舒勒全自动冲压生产线为例，设备本身制作有专门吸音板对大型冲压线进行全封闭处理，能起到很好降噪作用：提高整线生产安全，压力机周边 1m 范围内噪声降低至 85dB，并保证生产效率和换模时间。

（4）成本效益分析：设备投资比普通设备增加约 200 万。

（5）技术应用情况：广州本田采用国产材料，选用国内供应商，无论在成本控制方面还是在降噪效果方面都取得了很好效益。

（6）技术知识产权情况：该技术知识产权主要为设备制造商所有。

4.1.3 伺服驱动压力机技术

（1）技术介绍：随着大功率交流伺服电机的研制成功和变频技术的推广应用，出现了滑块运动曲线可调的伺服压力机，其工作性能和工艺适用性大大提高，使压力机柔性化、智能化水平明显提高。伺服压力机采用单个或多个交流伺服电机，通过双驱机构和对称增力机构，直接驱动滑块的主传动结构形式；控制系统采用计算机控制，利用数字技术以及反馈控制技术，对压力机滑块位置、速度、运行轨迹实现控制，使机械压力机具有柔性化、智能化特点，工作性能和工艺适应性大大提高，是成型装备的一个重大突破。

（2）技术适用条件：伺服压力机主要用于汽车冲压车间拉伸、冲裁、弯曲、冷锻等生产线及试模压力机。采用计算机控制，利用数字技术以及反馈控制方法达到高精度控制。从而使汽车制造中采用高强度钢板、铝合金板材大型覆盖件的成形成为可能。与此同时，也可以控制压力机滑块运动轨迹，不但数倍提高模具寿命，而且改善了压力机工作环境，降低了噪声和振动，并且为拓展新成型加工工艺和模具制造方法提供了广阔的前景。

（3）节能减排效果：①取消了传统机械压力机飞轮、离合器等耗能元件。减少了驱动件，简化了机械传动结构，节能降噪。②与通用机械压力机相比，通过低噪音模式（即降低滑块与板料的接触速度），大幅减少噪音。③使用者可可适时控制滑块运动方式，有效提高产品精度和稳定性，提高模具寿命，提高生产率。如可将滑块运行停止保压，以提高制件成型质量，降低废品率。④能耗下降36.36%；噪音下降 10.5%（相比工厂噪音等级卫生极限 85 分贝）。

（4）成本效益分析：较普通设备多投资 1.3～1.5 倍（3500T：1.5 亿；5000T：2.0 亿），约 5 年可回收成本。

（5）技术应用情况：压力机是汽车生产主要设备之一。鉴于伺服压力机制成品高精度、工作环境良好，尤其是很好的节能性等优点，使得伺服压力机逐步取代现有机械压力机，国内一汽丰田、一汽轿车、广州丰田等企业已应用该技术。

（6）技术知识产权情况：该技术主要涉及设备制造企业（德国舒勒、日本小松等）生产技术方面的知识产权。

4.1.4 混流柔性焊接生产线技术

（1）技术介绍：混流柔性焊接线技术由高速传输系统、三维可调 NC 定位系统和多功能焊接机器人系统组成，通过更换合拼夹具的方式实行不同车型柔性生产。当车体进入合拼工位时，控制系统自动判断车体类型，根据车型实际定位尺寸要求，自动调节 NC 定位系统实现下车体总成定位，并将车型侧围拼装夹具自动调入定位，然后由焊接机器人或自动焊设备实现焊接操作，当完成车体合拼

焊接后，车体和对应车型合拼夹具移出合拼工位，同时下一个车体和对应车型的合拼夹具移入合拼工位。与单一车型焊接生产线相比，多车型混流柔性焊接生产线不仅可以减少生产线占地面积、操作员工数量、管理成本、物流成本；而且可以降低焊接夹具数量和焊接设备数量，大幅降低设备装机容量，实现节能减排。

（2）技术适用条件：该技术适用于多车型（4 个及以上车型）焊接生产线。

（3）节能减排效果：提高生产线柔性，降低车型投入与生产成本，是汽车焊接生产线发展趋势。在自动化、设备配置相同情况下，建设 1 条 20 万辆 4 车型混流柔性焊接生产线与建设 4 条 5 万辆单一焊接生产线比较分析：可减少 30%生产线占地面积，减少 50%操作员工，减少 30%管理成本，减少 20%物流成本，且焊接夹具数量减少 40%，直接减少原材料（如钢材、汽缸）消耗和焊接设备数量 40%，直接减少设备装机容量。汽车焊接设备是大功率设备，减少设备数量，对降低电站容量有直接功效，是焊接生产线节能减排的主方向。

（4）成本效益分析：与建设多条单一车型焊接生产线相比，混流柔性焊接生产线总体投资更小，运行成本更低。

（5）技术应用情况：该技术是汽车焊接生产线发展趋势，在国内汽车制造企业已开始推广和应用，上汽、一汽、长安等大汽车企业集团已开始应用。

（6）技术知识产权情况：该技术拥有者主要为国内外焊装设备供应商。

4.1.5 焊机节能技术（以一体式逆变焊机为代表）

（1）技术介绍：中频电阻焊系统是从电网输入的三相交流电经桥式整流和滤波后得到较平稳的直流电，经逆变器逆变产生中频交流电（1000Hz），再向阻焊变压器馈电。阻焊变压器二次输出的低压交流电经单相全波整流后产生脉动很小的直流电用于焊接。一体式（逆变）焊机是将电阻焊变压器与焊钳组合成一体区别于通常的分体式焊机，如下图 4.2 所示：

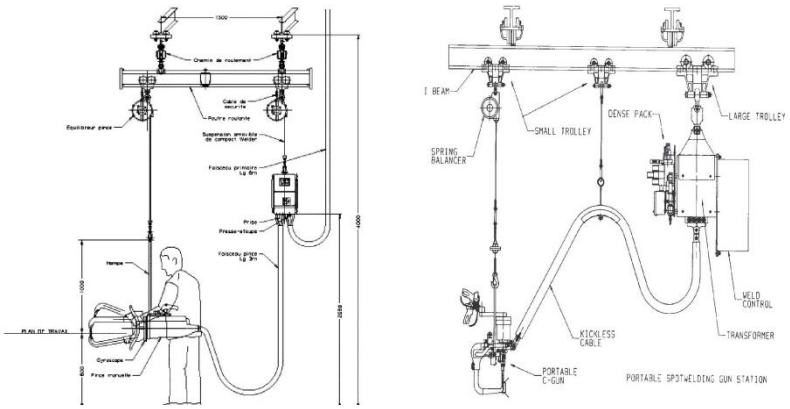


图 4.2 一体式焊机与分体式焊机

分体式焊机最大的能耗是电阻焊变压器与焊钳之间的通电电缆消耗大量能

源，同等条件下，一体式电阻焊机较分体式电阻焊机节能至少 25%以上，较分体式工频电阻式焊机节能至少在 60%以上（同等工艺参数条件下，如一体式逆变电阻焊机的功率为 54KVA，而分体式工频电阻式焊机为 200KVA）。

（2）技术适用条件：适用于所有汽车车身点焊工位。

（3）节能减排效果：分体式电阻焊机大量使用的功率为 160KVA，一体（逆变）电阻焊机大量使用的功率为 32KVA，耗电仅为分体式电阻焊机 20%，耗水量只有分体式电阻焊机的 1/3～1/4，可更好地利用循环水，节能节水。分体式电阻焊机通水电缆通常寿命在 3～6 个月，而一体（逆变）电阻焊机的电缆几乎在焊钳使用期内不需更换，可大大降低维护费用。一体（逆变）电阻焊机由于焊钳和变压器连接为一个整体，缩短了焊机次极回路，减小了次极回路阻抗，极大降低了无效功耗，同样有效焊接输出时，焊钳配置功率大为降低，从而使得对车间电网的要求降低，可以降低车间配电设计固定投入。

（4）成本效益分析：以分体式焊机使用功率 160KVA，一体焊机使用功率 32KVA 为例：分体式焊机单点耗电 0.016kwh，一体焊机单点耗电 0.006 kwh。按 10 万台产能焊装车间，每辆车身焊点 6000 点计算，采用一体（逆变）焊机每年可节约用电 600 万 kwh，按市场用电 0.6 元/kwh 价格计算，年节约支出 360 万元人民币。国产分体焊机每套成本为人民币 2～3 万元；国产一体焊机每套成本为人民币 6～7 万元 ；进口一体焊机每套成本为人民币 20 万元。目前国产一体焊机技术基本成熟，可推广使用。按照 10 万台纲领焊装车间设计采用 350 台电阻焊机计算，采用国产一体焊机初期投入增加成本为：（7 万元-3 万元）×350=1400 万元。以节电一项计算成本回收期为：1400 万元/360 万元=4 年。

（5）技术应用情况： 该技术在国内欧系合资乘用车企业及部分民营车企应用较多，如一汽大众、上海大众、奔驰、华晨宝马，渝安集团，上海通用，二汽神龙等；国内普及率小于 10%，而欧美该技术使用率近 100%。

（6）技术知识产权情况：该技术拥有者主要为国内外焊机设备供应商。

4.1.6 焊装车间配电设计优化技术

（1）技术介绍：根据汽车工厂焊装车间工艺特点及焊机特点，结合供配电设计基本原则，在采用需要系数法进行负荷计算时，点焊机需要系数可取为 0.19，暂载率可取 13.3%。与现有配电设计手册相比，降低系数选择，在满足设备正常工作情况下，使得汽车工厂焊装车间内的焊接变压器安装容量、无功补偿量、焊机配电母线的选择更为经济、合理。

（2）技术适用条件：该技术适用适用于汽车工厂焊装车间配电设计。

（3）节能减排效果：由于降低了焊接变压器容量，降低了焊装配电母线规

格，故降低了设备制造过程中的有色金属消耗量，且由于焊接变压器容量降低，变压器自身损耗也相应降低。

（4）成本效益分析：与传统设计方法比较，该方法在焊装车间配电设计中可使电气设备初次投资降低 15%以上。

（5）技术应用情况：现阶段该方法在部分汽车企业焊装车间内适用，预计在十二五期间在汽车工厂推广率达到 20%以上。

（6）技术知识产权情况：国内设计院

4.1.7 焊装车间烟尘收集技术

（1）技术介绍：在焊装车间每个焊烟发生点设置一个可以万向移动的烟尘抽取臂，当操作人员焊接时，焊烟被抽入，通过管道送至除尘器，在除尘器里经过数道过滤网，有 99.999%的 0.1 微米以上的焊接烟尘颗粒被过滤掉。滤过的清洁空气或排除厂房外（采暖地区的非供暖季节或非采暖地区全年），或直接排入车间（采暖地区的供暖季节，以减少车间热损耗，保障工作温度）。

（2）技术适用条件：该技术适用于焊烟发生工位位置固定的情况，如果焊接工位在焊装车间中经常变换位置，不适用该项技术，可采用移动式焊烟除尘器或带焊烟净化功能的焊枪、面罩净化焊烟。

（3）节能减排效果：99.999%的 0.1 微米以上的焊接烟尘颗粒被过滤掉，过滤后的空气中焊接烟尘浓度远小于 6mg/m^3 的国家标准。

（4）成本效益分析：中央集中焊烟处理系统投资大小取决于焊烟排放点数量和每个焊接工位的焊烟发生量及选用除尘设备厂家，而焊烟发生量又与所选焊材、母材、焊接参数有直接关系，具体投资与生产工艺紧密相关。采用该系统可以有效保护操作工人身体健康不受焊烟侵害，减排效果显著。

（5）技术推广应用情况：目前采用该项技术的主要为大型汽车企业，如：一汽、二汽、丰田、本田等，在大部分中小汽车和零部件企业中有待进一步推广。

（6）技术知识产权情况：目前能提供该技术的企业既有国内企业如青岛路博，又有外资企业如无锡唐纳森和上海坎贝尔（kemper）。在国内普及率比较高的是无锡唐纳森和上海坎贝尔（kemper），无锡唐纳森的技术专利权属于美国唐纳森，上海坎贝尔（kemper）的技术专利权属于德国坎贝尔（kemper）。

4.1.8 汽车工厂焊接群控技术

（1）技术介绍：焊接群控技术采用 CAN（Controller Area Network）总线技术，建立焊装车间级网络，将电阻焊机控制器做成一个可控系统，可同时兼容不同型号电阻焊机。通过限制各电阻焊机变压器用电容量，降低电网电压波动，防

止了开焊现象发生，改善了焊接质量，减小对焊装车间总变压器瞬时大电流冲击。使用该技术能提高变压器负载率，实现了焊接工艺参数的集中管理，提高焊接设备的柔性，降低车间总变压器初期安装容量。

（2）技术适用条件：适用于有 100 台以上电阻焊机的焊装车间，焊机布局相对集中，其他条件同常规焊装车间。

（3）节能减排效果：以东风渝安为例，2005 年建设东风小康微车焊装车间（200 台焊机），原设计供电变压器安装容量为 5000kVA，采用群控系统后设计供电变压器安装容量调整为一台 2500kVA 变压器（配有部分一体化焊机）。从源头上做到节能。

（4）成本效益分析：200 台焊机的群控系统投资人民币 50 万，节约一台 2500KVA 供电变压器，同时减少了母线的初期投资。一台 2500kVA 供电变压器（包括部分母线排）初期投资减少人民币 100 万，具有较大的社会和经济效益。

（5）技术应用情况：该技术目前在国内经营情况较好的乘用车企业有应用，但在众多商用车、专用车及零部件企业应用不广，普及率不足 10%。

（6）技术知识产权情况：国内设备供应商为技术拥有方。

4.1.9 “三湿（3-Wet）”喷涂工艺技术

（1）技术介绍：传统轿车车身中涂、面漆喷涂工艺是 3C2B 工艺。通过开发采用适应“湿碰湿”涂装工艺的溶剂型或水性中涂和底色漆，调整中涂膜厚，取消中漆后烘干及打磨工序，实现中涂、色漆和清漆一起烘干的工艺，称为“三湿（3-Wet）”涂装工艺。“三湿”涂装工艺能降低能源消耗，减少有机物排放；减少设备投资和占地面积，提高生产效率。“三湿”涂装技术已是国际上确认的除高档轿车外汽车车身涂装的主流工艺，它包括 3C1B（即中涂、底色漆、罩光三道漆“湿碰湿”后一起烘干）和双底色紧凑型面漆喷涂工艺（即 BC1、BC2 和罩光三道漆“湿碰湿”后一起烘干）。其工艺流程见图 4.3。

（2）技术适用条件：该技术适用于除高档轿车外汽车车身中涂、面漆喷涂作业。但“三湿”涂装工艺对涂料配套性、涂装环境恒定性、清洁度、涂装设备适应性要求较高。

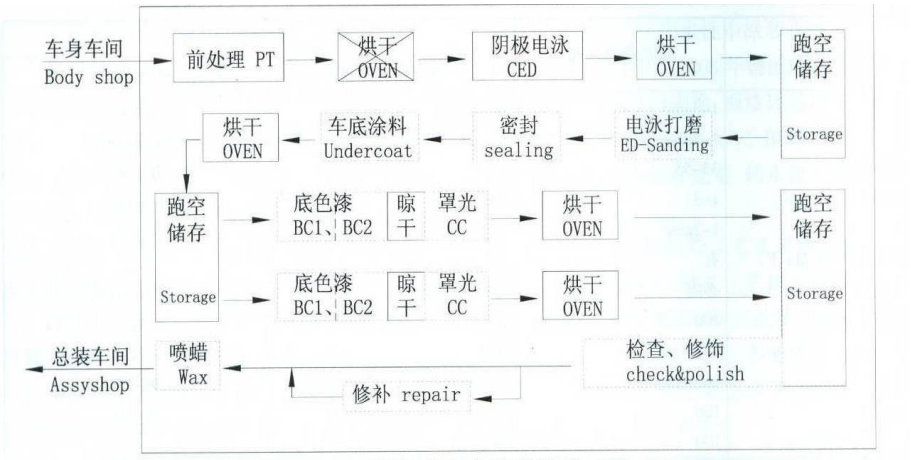
（3）节能减排效果：与传统“3C2B”工艺相比，“三湿”工艺取消了中涂层打磨擦净工序，能降低中涂材料消耗 20%左右；减少中涂打磨、擦净、喷涂、烘干的设备投资和占地面积，可提高生产效率，车间运行能耗减少 15%～20%。

（4）成本效益分析：与传统的“3C2B”涂装工艺相比，“三湿”涂装工艺减少了中涂烘干室设备投资，减少了中涂烘干室设备运行费用。

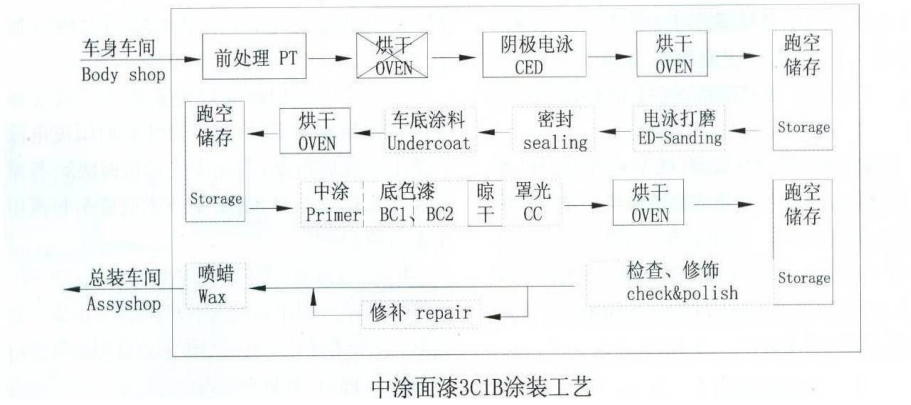
（5）技术应用情况：“三湿”涂装工艺目前在国内汽车企业中有所应用，一

汽马自达、沈阳海狮、长安福特马自达等企业已在应用，节能效果显著。一汽大众三厂采用了水性双底色的“三湿”喷涂工艺（水性 BC1+水性 BC2+溶剂型罩光清漆，喷涂后一起烘干）；一汽丰田长春厂正在筹建的涂装车间采用水性中涂+水性底色漆+溶剂型清漆的 3C1B 工艺。

（6）技术知识产权情况：该技术主要涉及中涂涂料和配套涂料供应商配方及技术专利，同时也涉及汽车制造企业生产技术（涂装工艺）方面知识产权。



双底色或无中涂的涂装工艺



中涂面漆3C1B涂装工艺

图 4.3 3C1B、双底色涂装工艺

4.1.10 PVC 密封胶不单独烘干工艺技术

（1）技术介绍：传统的 PVC 密封胶需烘干预固化，而新工艺调整工序，取消了 PVC 烘干工序，与中涂或面漆一起烘干，从而节约 PVC 底涂烘炉，节省了一次性投资和能耗。但新工艺需采用专用密封胶、PVC 底涂材料。

（2）技术适用条件：该技术应用于汽车车身涂胶工序，使用该技术涉及密封胶胶料、配套底面漆涂料的配套性，要求对密封胶胶料、以及配套底面漆涂料的配方以及施工条件进行调整。

（3）节能减排效果：该技术取消烘干设备投资，节约占地面积，可提高生产效率，节省能耗 30%左右。与传统技术相比，取消 PVC 烘干炉，设备投入减少 6500/7*0.8=740 万元；中涂烘干炉底部风嘴增加及风量增加，预计增加费用约 50 万元，PVC 材料增加费用 10%左右；PVC 烘干炉运行成本可减低 10%

（4）成本效益分析：该技术减少了胶烘干设备投资及其运行费用。20 万辆规模，可节约投资 740 万元。比常规工艺单台运行成本降低 10%左右。

（5）技术应用情况：该技术目前已成汽车车身涂胶工艺的发展趋势，安徽江淮汽车股份有限公司、长安福特马自达等已经采用该技术，节能效果显著。

（6）技术知识产权情况：该技术主要涉及密封胶胶料和配套底面漆涂料供应商的配方及技术专利，同时也涉及汽车制造企业涂装工艺方面的知识产权。

4.1.11 非磷酸盐转化膜技术

（1）技术介绍：非磷酸盐转化膜是取代锌盐磷化膜的新一代涂装前处理产品。氧化锆处理、氧化锆与硅烷复合处理和硅烷处理是非磷酸盐转化膜处理的三种环保型前处理工艺，都能替代磷化膜，形成纳米级的转化膜，与涂层配套性良好；非磷酸盐转化膜能消除磷化处理的有害物质（P、NO_2、Mn、Ni 等）和沉渣问题，简化工艺（可取消表调、钝化工序），提高资源利用率和节能减排效果。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车涂装前处理工序，主要参数见表 4.1。

表 4.1 两代涂装前处理工艺特性与成本对比

对比内容	锌盐磷化处理	新一代非磷酸盐处理	
		氧化锆转化膜	硅烷处理
膜厚	1000～3000mg/m^2	100mg/m^2	60～120mg/m^2
膜重	1000～2000nm	40nm	50～500nm
处理温度（℃）	35～55	45	RT～40
处理时间（min）	1～3	1.5	0.5～0.2
沉渣	1～2g/m^2	减少 90%以上	无沉渣
有害物质（P、Ni、Mn、F）	有	无	无
表调、钝化工序	必须	可简化、取消	可简化、取消
消耗成本：热能	100	100	42
电能	100	100	77
水/废品	100/100	100/100	40/17
设备投资	100	90～95	70～80
转化膜工序成本	100	90 左右	75～80

（3）节能减排效果：新一代转化膜技术处理镀锌板和铝板时，很少形成沉渣：氧化锆处理冷轧板时只产生少量渣，渣量大约为 0.1g/m^2，容易过滤；硅烷处理场合不产生沉渣，不会堵塞喷嘴，对涂层性能和电泳涂层外观没有任何负面影响。该技术消除了重金属排放，降低了水消耗量，废水、废渣排放减少，减少

了 90%以上的成渣量，所形成的沉渣几乎对环境没有危害，不含磷酸盐，无 BOD、COD。该技术处理温度 RT～40℃，温度控制范围宽，与传统磷化工艺相比，可减少加热维持槽液温度的能耗，可节能 50%以上。

（4）成本效益分析：新一代转化膜技术无需额外设备投资，工艺简短、流程短、成膜速率很快，一般形成完整膜只需 30s 左右，缩减了生产线，大大减少车间面积，降低投资。该技术消除了重金属排放，降低水消耗量，废水、废渣排放减少，工艺维护成本大大减少。以硅烷处理为例，与磷化成本比较见表 4.2：

表 4.2 硅烷处理与磷化处理成本比较

相对成本计较	锌盐处理（55℃）	硅烷（Oxsilan）处理
热能	100	42
电能	100	77
清洗水	100	40
废水	100	17

（5）技术应用情况：该技术质量稳定，减少了 90%以上的沉渣量，工艺参数可自动控制，适合处理冷轧板、电镀锌板、热镀锌板、锌铁合金板、铝板等多种板材的混线处理，可满足自动化涂装车间的需要，是涂装前处理技术发展方向，它具有环保、节能、操作简便、成本低等磷化技术无可比拟的优点。目前，该技术不仅在实验室里取得成功，已有多条轿车车身涂装线投产应用。2007 年以来，该技术在通用、沃尔沃、大众等多家汽车企业应用。

（6）技术知识产权情况：目前该技术主要由汉高公司（Henkel）、上海凯密特尔公司、杭州五源科技实业公司（美国依科硅烷技术）、帕卡濑精有限公司等专业企业拥有。

4.1.12 高泳透率、低温固化、节能低沉降型阴级电泳涂料技术

（1）技术介绍：为适应节能减排要求，进入二十一世纪以来，电泳涂料有较大改进：不再使用以铅为代表的重金属，烘干低温化，时间缩短化，高泳透率（消减涂料使用量）、低沉降型（非涂装时可以不搅拌）是新型电泳涂料发展方向。高泳透率、低温固化环保型电泳涂料 VOC 含有量少，涂着效率高，属环境友好型涂料，是无铅、无锡电泳漆。在达到电泳底漆所需各种性能的同时，能够减少电泳废水中重金属含量和电泳烘干过程中 VOC 排放量，降低环境污染。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车车身、零部件底漆电泳涂装工序。

（3）节能减排效果：该涂料属低 VOC 含有的水性涂料，涂着效率高，是环境友好型涂料之一。烘干温度可由 180℃降到 160℃，每降低 10℃可以节能 8～10%。节能低沉降型阴极电泳涂料与原有电泳涂料对比情况见表 4.3：

表 4.3 原来电泳涂料与低沉降电泳涂料比较

项目	原有电泳涂料	低沉降型电泳涂料
停止非涂装时的搅拌	不可	可以
减少涂装时的搅拌	困难	可以
电能使用量，换算成 CO_2 气体排放量	标准	少
水平面/垂直面涂膜外观差	有	几乎没有
由颜料沉降发生的沉渣、颗粒	有	极少
由于颜料沉降造成过滤袋堵塞	有	少
输送链停止时发生不良（颜料积聚）	有	稍有影响
产生废弃物（沉渣）处理费用，涂料损失	标准	少

（4）成本效益分析：该技术无特殊投资成本。日本丰田公司由原用渗透力43.5%电泳涂料改用高渗透力阴极电泳涂料（渗透力 67%）后，不仅提高了车身内表面及空腔漆涂质量，而且还削减涂料耗量 22%，单台车身涂装成本降低 10%。国内一汽青岛汽车厂换用渗透率较高的阴极电泳涂料（渗透力由 42%提高到51%）后，驾驶室外表膜厚 20～22μm，内表面膜厚≥10μm，节省涂料近 30%。

（5）技术应用情况：该技术在汽车车身涂装领域已获得一定的应用，并逐渐被越来越多的企业所接受。

（6）技术知识产权情况：该技术知识产权主要由涂料供应商所有。

4.1.13 干式喷漆室技术（EcoDryScrubber，干式漆雾捕集装置）

（1）技术介绍：与通常采用的湿法（水洗）分离技术相比，干式喷漆室是采用干式喷漆捕集装置（或称喷漆室排气干式净化装置），不产生特殊垃圾，可节省水和能源，该技术与机器人及喷涂参数匹配，可使喷漆室排风不需追加过滤，可直接再循环使用，不需向喷漆室供给全部新鲜空气。分离过程完全自动化，分离不用水和化学药品，过滤介质（单元）（filter elements）完全可再生利用。可节约能源 30%，通过排风再生循环利用，供新鲜空气量减少，有降低厂房和相关设备投资 35%的潜力，另外材料及维护费用也可降低，涂装单车成本（CPU）可降低 10%。干式净化装置（EcoDryScrubber）有五大关键要素：①分离工艺：与喷漆室完全统合，完全自动化。②干式过喷漆雾的分离工艺：干的粘漆雾滤料采用石灰石（Limestone），过滤元件表面完全被粘漆雾材料层覆盖。③分离过程完全自动化：过滤层压损完全自动测量，饱和粘漆雾滤料（Precoat material）移动和更换全自动化。④过滤介质（元件）（filter elements）石灰石粉可再生。⑤排风（Process Air）可直接再循环，不需另加过滤。使用干式净化装置，可将湿式漆雾捕集装置的水洗、水处理、漆渣处理装置，化学品絮凝过程，风管被水侵蚀和被漆雾污染，热回收系统等耗能污染工序与装备淘汰。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车车身中涂、面漆喷涂作业。

（3）节能减排效果：与传统湿法分离工艺比较，如果按汽车涂装全过程计算，可节能 30%，如果仅以喷涂工序计算，其节能效果可达到 60%。

（4）成本效益分析：与传统湿法分离工艺相比较，干式喷漆室设备投资可降低 30%左右；运行成本可降低 10%左右。

（5）技术应用情况：该技术是德国杜尔公司开发技术，目前在国内汽车涂装线开始推广，一汽大众三厂、奇瑞汽车大连公司、上海通用汽车公司烟台工厂、上海大众汽车南京工厂已经开始应用。

（6）技术知识产权情况：该技术为杜尔公司等专业供应商所有。

4.1.14 滚浸式输送技术（以 RoDip 和多功能穿梭机 Vario-Shuttle 为代表）

（1）技术介绍：滚浸式输送技术是一种汽车涂装前处理和电泳涂装线所采用的新型工件输送技术。RoDip 旋转浸涂输送双链布置在槽上方两外侧，车身、滑橇紧固在槽上转轴上．输送链完全平直。返回链可安排在槽体的下方或上方。旋转出入槽，在浸涂过程中，整个车身可以在浸涂池内旋转，避免了涂料溢流和滴落。由于车体可以在浸涂池内进行 360°旋转，不需要入口和出口斜坡，大大缩短了浸涂池长度。多功能穿梭机 Vario-Shuttle 输送技术，是一种单独输送设备，在前处理及电泳线上可根据工艺及产量需要安装多台多功能穿梭机，多功能穿梭输送机有三个驱动装置，即行走驱动装置、摆动驱动装置和旋转驱动装置，其轨道跨越于设备的两侧构成一环形的闭合线路。为便于检修，在线路上设置检修轨段（见图 4.4）。如 4.5～5 米轿车车身前处理•阴极电泳涂装线选用滚浸式输送机，在处理过程中能使车身旋转 360°（或大于 180°），车身外表面朝下，外表水平面颗粒大幅度减少，处理面可达 100%，槽液带出量可减少 90%左右，设备长度可缩短 20%～30%，浸槽容积与其他输送方式相比，可缩小 20%～40%（见表 4.4）。

图 4.4 三种滚浸式输送机照片

表 4.4 前处理•电泳涂装线常用四种输送方式的工艺槽大小比较

工艺槽名称	推杆悬链	摆杆链	滚浸式（Rodip-3）	多功能穿梭机

（工艺时间）				
脱脂槽（浸 3min）	183 m^3	125 m^3	95 m^3	134 m^3
磷化槽（浸 3min）	193.3 m^3	125 m^3	95 m^3	134 m^3
	（底部漏斗状）	（平底）	（平底）	（平底）
浸洗水槽（浸入即出）	83.4 m^3	65 m^3	39 m^3	50 m^3
喷洗水槽（喷 0.5min）	5.5 m^3	9 m^3	12 m^3	10 m^3
电泳槽（电泳 4min）	261 m^3	224 m^3	184 m^3	220 m^3
浸洗槽（浸入即出）	77 m^3	65 m^3	39 m^3	57 m^3
喷洗槽（喷 0.5min）	7.3 m^3	9 m^3	9 m^3	8 m^3

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车涂装中前处理和电泳涂装线。

（3）节能减排效果：与传统悬挂输送链、摆杆链输送系统相比，可节省 35%清洗水量，废水处理量可减少 25%。

（4）成本效益分析：以 60 辆/小时预处理电泳线为例，RoDip 与双摆链相比，其输送链可缩短 188m，设备和输送链整线投资约省 15%，节电约 7%（槽液加热量、电泳槽制冷量、泵的安装功率）；初次投槽时预处理材料可节省 19%，电泳漆可省 20%以上；输送机维修量比摆杆链减小 10%；质量更好，减少返修量，从而大幅度降低单位成本。以 40 辆/小时预处理电泳线为例，多功能穿梭机与双摆链相比，其输送链可缩短 50m，设备和输送链整线投资约省 5%。初次投槽时预处理材料可节省 20%，电泳漆可节省 33%。

（5）技术应用情况：Rodip 技术在国内汽车制造厂已有 10 多条涂装线应用，如上海大众、奇瑞、江淮、长安福特马自达、一汽大众。多功能穿梭机在一汽大众二厂、一汽解放新基地、一汽轿股一厂已采用。

（6）技术知识产权情况：Rodip 是杜尔公司开发出来的专利技术。多功能穿梭机技术是德国艾森曼 Eisenmann 公司开发的专利技术。

4.1.15 机器人杯式静电喷涂技术

（1）技术介绍：采用机器人杯式静电喷涂机代替自动静电喷涂机（ESTA），不仅使标准的自动喷涂喷杯数量由 9 支减少到 4～6 支，喷漆室宽度由 5.6m 减少到 4.6m，且取消了顶喷机横梁，消除了典型往复式自动静电喷涂机的种种弊端，使喷涂质量进一步提高，更适应柔性生产，一次投资和运行成本进一步降低，新车型上线和设备维修更容易。有利于中涂、面漆喷涂作业全自动化（无人化）。与机器人喷涂机配合的高速旋杯式电喷枪（雾化器）近几年有较大的改进和创新，小型化、喷幅和供漆量能自动调节、内装高速换色装置（每次换色涂料损耗从 40～50ml 降到 4ml 左右，换色时间仅需 6s）、弹夹式供漆方式等，适应不同喷漆作业和涂料需要。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车车身中涂、面漆喷涂作业。

（3）节能减排效果：与自动喷涂机（ESTA）相比，节能 17%左右。

（4）成本效益分析：较自动喷涂机（ESTA），减少一次投资，运行成本。

（5）技术应用情况：进入 21 世纪以来，国内已有几十条涂装线采用机器人喷涂车身外表面，车身内表面和补漆手工喷涂；一汽大众三厂采用机器人喷涂，实现底色漆和清漆喷涂全自动化。

（6）技术知识产权情况：该技术目前主要为一些涂装设备制造商所有。

4.1.16 涂装喷漆室排风循环利用技术

（1）技术介绍：通常情况下喷漆室排风不循环利用，尤其在喷涂有机溶剂型涂料时，排气除净漆雾后仍有一定 VOC，一次性排向室外。为创造良好喷涂作业环境，确保作业区截面风速；供、排气风量都很大。例如汽车车身用内宽 5.5m 的喷漆室，自动静电喷涂作业区段（风速为 0.3m/s）和手工喷涂作业工段（风速为 0.4～0.5m/s）每小时供、排风量分别为 6000m^3/h 和 8000～10000m^3/h。冬季北方地区气候在 0℃以下（甚至-20℃～-30℃），南方夏天气候常在 35℃以上，要使空调供风温度在 25℃左右，则需消耗大量能源，从厂房外抽取新鲜空气加温或冷却。在喷涂水性涂料（中涂和底色漆）场合，采用机器人静电喷涂、干式喷漆室和排风循环利用技术三者结合，可使喷漆室排风直接循环利用 80%以上，只需补充 5～20%新鲜空气。在喷涂有机溶剂型涂料和手工喷涂场合，应严控和检测排气 VOC 含量，调整循环风量和补充新鲜空气量，以确保卫生安全。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车车身和塑料件（如保险杠）中涂、面漆喷漆室空调送排风系统。

（3）节能减排效果：可使喷漆室空调供风量减少 80%以上，节省能耗约 10%，节能效果明显。

（4）成本效益分析：该技术是对传统喷漆室空调送排风系统的技术改良，设备投资略有增加，但节能效果显著，喷漆室空调送排风系统能耗和运行成本会明显降低。

（5）技术应用情况：该技术属新型节能技术，目前国内汽车涂装线应用较少，长安福特马自达汽车有限公司（二工厂）新建涂装车间采用本技术。

（6）技术知识产权情况：该技术目前主要为一些涂装设备制造商所有。

4.1.17 涂装清洗水再循环利用技术

（1）技术介绍：涂装清洗水再循环利用技术是指采用膜分离技术（如 RO 反渗透装置）实现清洗排放水再生循环利用。前处理脱脂、磷化两个节水单元最终的排放水，经过 RO 反渗透装置处理后，产生 RO 水可分别供表调前最后的新

鲜水喷洗和磷化后最后的新鲜纯水喷洗，实现前处理无废水排放；电泳 UF 超滤系统及 RO 反渗透系统使电泳及后水洗形成彻底的封闭循环系统，详见图 4.5、4.6。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车涂装车间前处理脱脂、磷化以及电泳 UF 超滤系统及 RO 反渗透系统的废水处理利用。

（3）节能减排效果：该技术可实现涂装前处理、电泳废水零排放。

（4）成本效益分析：增加的设备主要为 RO 反渗透装置及管路系统，按处理能力估算投资，每 $1m^3/h$ 的处理能力对应的设备费约为 15～20 万元。运行维护内容主要是电能消耗、反冲洗耗水和备件消耗等，成本较低。

（5）技术应用情况：该技术在国内汽车制造厂涂装线有所应用，上海通用东岳汽车有限公司等企业已经开始应用。

（6）技术知识产权情况：国内设备设计、制造商拥有该项技术。

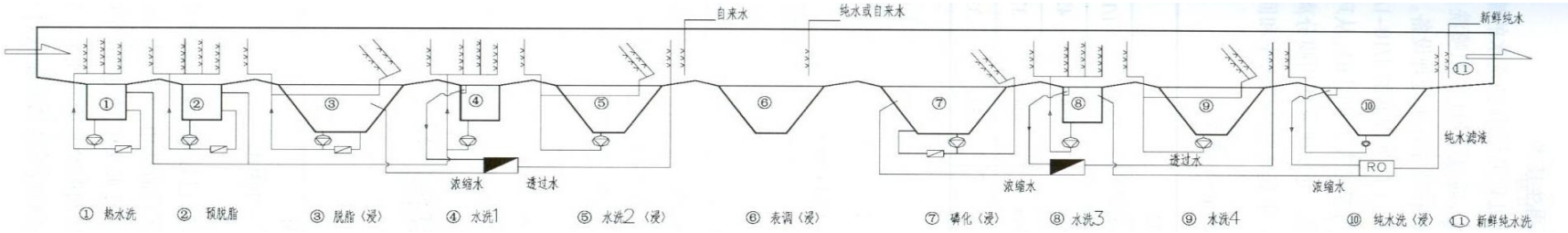


图 4.5 闭合式前处理磷化工艺流程示意图

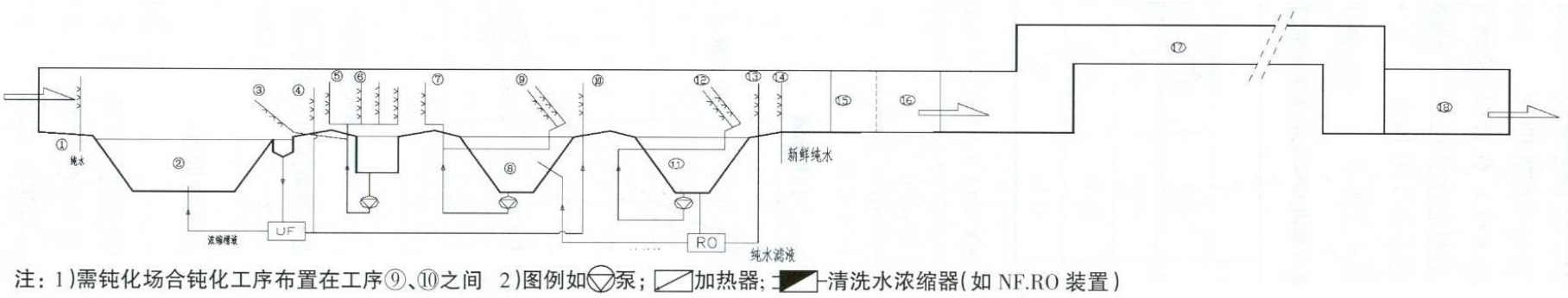


图 4.6 闭合式阴极电泳及后冲洗工艺流程示意图（图例同上）

注：⑴纯水喷雾 0.2～0.5m^3/h
⑵阴极电泳时间 180～300 秒
⑶UF 液喷洗 0.6～1L/$m^2$1 巴
<45℃）
⑷新鲜 UF 液喷雾 0.3 m^3/h（自动控制）
⑸UF 液预喷洗 3～4L/ m^2 1 巴
（本工序在间歇时间＞1min 场合下适用）
⑹UF 液喷洗 50m^3/h 1 巴
⑺UF 液喷洗<2 L/m^2 1～2 巴
⑻UF 液浸洗 No1
⑼UF 液喷洗 No1
⑽新鲜 UF 液（或来自工序 11 纯水<2 L/m^2 1～2 巴）
⑾UF 液（或纯水）浸洗 No2 T=32℃～45℃
⑿UF 液（或纯水）喷洗 8～10$m^3$1～1.5 巴
⒀再生纯水喷洗<2 L/m^2 1～2 巴
⒁新鲜纯水喷洗 0.5～2m^3/h
⒂倾斜沥水
⒃沥水＞12min 60～80℃
⒄烘干
⒅强制冷却（工件

4.1.18 蓄热室废气集中处理技术（RTO）

（1）技术介绍：有机废气首先经蓄热室预热，然后进入氧化室，加热升温到 760℃左右,使废气中的 VOCs 氧化分解成为 CO_2 和 H_2O；氧化后高温气体再通过另一个蓄热室蓄热后排向大气，蓄热室热量再来用于预热新进入有机废气。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车车身底漆、中涂、面漆烘干工序废气处理。

（3）节能减排效果：废气污染物去除率 98%～99%；污染物减排量 0.364kg/辆，达到国家二级排放标准。

（4）成本效益分析：设备投资约为几百万元，处理能力不同，设备投资也不同。运行费用较低，主要为燃气费用，每年约为几百万元。

（5）技术应用情况：设备安全可靠，操作简单，维护方便，运行费用低，VOCs 去除率高。国内一些先进汽车制造企业的涂装车间开始使用该技术：南京长安汽车有限公司、长安铃木、广汽丰田、广汽本田、东风日产乘用车公司、北京现代、浙江豪情汽车制造有限公司等企业已在应用，环保效果显著。

（6）技术知识产权情况：该技术拥有者目前主要为德国杜尔等国际涂装设备供应商，国内的一些环保设备制造商也有制造但应用较少。

4.1.19 烘干室紧凑化、能源混合化技术

（1）技术介绍：烘干室紧凑化、能源混合化与加热方式复合化是实现烘干室节能减排的两个重要途径。烘干室紧凑化：通过加强烘干室保温隔热措施，缩小烘干室容积（积放式通过工件，循环风管布置于烘干室内等），可提高烘干室热效率和保温性，减少热损失；例如：在以燃气为热源场合，CED、PVC、中途烘干室可采用直接加热方式。能源混合化与加热方式复合化：改变烘干室使用单一能源的现状，选用电红外辐射和石油液化气（LPG）热风加热相结合，感应加热与热风加热相结合，紫外线固化与热固化结合的双固化方法等，都能缩短烘干时间，大幅度提升节能减排效果和降低成本；烘干能源混合化后 CO2 削减效果如表 4.5。

表 4.5 CO_2 削减效果

项目	LPG 使用量		电使用量	LPG CO_2	电 CO_2	合计 CO_2^*	削减量
	（m^3/日）	（kg/日）	（kw/月）	（kg/月）	（kg/月）	（kg/月）	（%）
烘干室现状	1800	3600	3110.8	10800	1120	11920	100
烘干室改造后	700	1400	8562	4200	3082.4	7282.4	61.1

注意：*CO_2 合计是 LPG CO_2+电气 CO_2 的合计；能源与 CO_2 产生量的换算：丙烷：3.0 kg CO_2/kg；电：0.36 kg CO_2/kw h。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车涂装烘干室。

（3）节能减排效果：能源混合化改造后的烘干室减排 CO_2 量 38.9%。汽车车身积放式通过的烘干室长度，要比一般地面链输送通过烘干室缩短 20%左右，烘干室体积及散热面积缩小（即紧凑化了），提高了热效率和减少了热损失。

（4）成本效益分析：随着能耗的减少，热效率提高，CO_2 排出量减少。相应地能源费用的降低，涂装成本下降。

（5）技术应用情况：喷漆室、烘干室能耗占涂装车间 70%以上，国内先进企业已经开始在烘干室紧凑化、所用能源混合化方向寻求汽车涂装节能减排水平的有效提升，但普及率还不高。

（6）技术知识产权情况：该技术知识产权主要为一些设备供应商所有。

4.1.20 烘干炉废气焚烧与加热一体化技术（TAR）

（1）技术介绍：TAR 装置是将处理有机废气和向烘干室提供热能两种功能合二为一的系统，废气采用多级热回收，最后一级热回收可以用作烘干炉新风预热或风幕风加热。经过几级换热器换热将热量带给烘干炉，然后排放，废气排放温度可以控制到 160～180℃。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车车身底漆、中涂、面漆烘干工序的废气处理。

（3）节能减排效果：废气污染物去除率 98%～99%；可减少 1 套烘炉加热装置，节约能耗 10%～20%。

（4）成本效益分析：设备投资约为几百万元，处理能力不同，设备投资也不同。运行费用较低，主要为燃气费用，每年约为几百万元。

（5）技术应用情况：设备安全可靠，操作简单，维护方便，运行费用低，VOCs 去除率高。多数大中型汽车制造企业的涂装车间开始使用该技术：一汽轿车公司、长安渝北汽车制造厂、一汽解放汽车有限公司等企业已在应用，环保效果显著。

（6）技术知识产权情况：该技术拥有者目前主要为德国杜尔等国际涂装设备供应商，国内一些环保设备制造商也有制造，但实际应用较少。

4.1.21 涂装节水技术

（1）技术介绍：汽车涂装车间是耗水大户，削减汽车涂装耗水量的主要技术措施包括：①水洗工序实现多段（多道）化，并采用逆工序补水方式（或称串联阶梯供水方式），来替代或淘汰处理液处理后仅水洗一次和向各水洗槽独立补加新鲜水的工艺。②预喷洗法：在逆工序补水法基础上，由溢流改为预喷洗（喷

管设置在两工序间沥水段上），使被涂物流下的水流入（补给）前道工序，减少带到下道工序的处理液（约不小于 20%，相对而言，起增加水洗次数作用），提高清洗效率和水利用率，减少处理药剂消耗。预喷洗水量根据前工序水量调整，一般自动控制。③脱脂、磷化后的清洗水，分别可用来补给维持脱脂、磷化槽液面。④改进被涂物吊挂和输送方式，尽量减少被涂物带液量。被涂物带液量与水洗稀释倍数成正比关系，带液量少，则水洗耗水量将大幅度削减，如轿车车身前处理线采用旋转浸渍输送技术，因车身大于 180 °翻转出槽，车身内腔槽液可以流得比较干净，带液量大幅度减少，约为悬挂式推杆或摆杆输送方式的 1/10，清洗水耗量可以减少 25%，废水排放及处理量也相应减少。⑤控制沥水时间，设法使被涂物不兜液（水）。为达到最佳水洗效果，应使工件所带处理液（或清洗水）在每道工序后尽可能沥尽。因此在两工序间的沥水段内需要一定沥水时间，达到不仅无水流，且几乎无水滴落程度。沥水时间一般 30S 左右，最长不超过 1min。如果沥水时间过长或工件局部有积水，则应从产品设计着手，增开必要工艺孔（排水孔）；又如被涂物上有凹部的场合，则应在沥水区段设吹水装置。⑥为提高水洗效果，宜降水洗压力，增大喷淋量，水洗工序的喷嘴量应上部较下部多配置。⑦经常检测和确认最终水洗槽浓度（水质）来调整供水补给量。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车涂装前处理脱脂、软化膜处理和电泳后水清洗工序。

（3）节能减排效果：该技术可使每平方米涂装面积每次水洗耗水量由目前的 8～～10L/m^2 削减到 1.0～～1.5L/m^2，提高水利用率。

（4）成本效益分析：该技术成倍地降低耗水量、水费和污水处理费用，缓解水资源短缺状况。

（5）技术应用情况：目前国内一些汽车先进企业在环节上的节水技术应用较多，但系统应用程度不高，专家估计目前技术应用普及率约为 30%，系统技术普及率小于 10%，十二五预计推广比例大于 80%。

（6）技术知识产权情况：主要为国内设备设计、制造商拥有该项技术。

4.1.22 摩擦式输送技术（FDS）

（1）技术介绍：摩擦式输送系统（FDS）是利用摩擦力驱动被输送物体的一种输送形式。随着我国汽车工业发展，摩擦式输送系统应用出现了多种结构形式。摩擦式输送系统具有空间利用率高、低噪声、低能耗、环保、输送速度高等优点与传统的积放链、滑橇系统相比，更能适应当前汽车制造对输送设备快速、环保、节能、高效、高自动化要求。

（2）技术适用条件：该技术主要用于大规模生产的汽车制造企业。

（3）节能减排效果：与传统的积放链式物流传送系统相比，摩擦式输送系统主要有以下优点：①空间利用率高，线路布置简单：由于不采用链条，没有回空链，能充分利用厂房空间。②噪声低：摩擦线在运行中没有冲击噪声。而传统积放链在运行中的冲击噪声大，特别是在 12～18m/min 以上线速运行时噪声大，影响工人作业环境。③输送速度高：摩擦线输送速度可在 0～30m/min 线速度范围内根据工艺节拍选取。而积放链的输送速度只可在 0～18m/min 线速度范围内。摩擦线更适合大生产纲领快节拍的车厂运用。④能耗低：摩擦线每个驱动装置中的电机一般功率为 0.1～0.25kw，由于采用接力式运行方式，不需所有电机同时运行，故能耗较低。积放链因采用整线连续运行方式，不管有多少输送品在运行，大功率电机均需不停运行，故能耗较高。综合考虑采用摩擦线比采用积放链可节能 30%。⑤环保：积放链因为是采用链条传动，链条在与链轮、车族的传递过程中产生铁屑粉尘，污染车间环境，从而影响产品质量，而摩擦线摩擦轮采用聚氨酯包胶轮，在运行过程中摩擦轮与车组摩擦杆之间驱动时不产生铁屑粉尘和噪声，不会对生产环境做成污染，有利于环保。由于为无链条结构，不需加油润滑，同时输送物品在车组的上方，所以不会造成对车间和输送物品的污染，有利于提高产品品质。而积放链采用链条输送，需对链条进行润滑，油滴及链条、滑架、小车与轨道间磨损产生的粉尘会下落，从而污染车间环境及输送物品，不利产品品质的提高。⑥柔性：生产线柔性好，当设备需进行改造、调整时，能很方便的进行，且对现有使用设备造成的影响小，在新老设备对接时，生产线停产时间短。积放链生产线柔性差，需改造时工作较复杂，对原生产线影响大，停产时间较长。因此，摩擦输送系统更适应不同车型多品种混线生产需要。

（4）成本效益分析：摩擦式输送系统比传统链式输送系统投资成本增加约 10%，运行成本减少 40%～50%。

（5）技术应用情况：目前，采用摩擦式输送系统汽车企业约占 30%～40%。预计十二五期间可达 50%～60%。一汽轿车二工厂、一汽大众三工厂、长安福特马自达三工厂、广州本田增城工厂等企业在生产及物流等方面广泛采用此项技术。

（6）技术知识产权情况：目前拥有摩擦式输送系统知识产权国际企业以日本大福株式会社为代表，国内天奇物流通过知识产权购买方式也获得此项技术。

4.1.23 污水零排放技术

（1）技术介绍：在厂区污水处理（中水回用）基础上，对污水处理站“中水”进行三级处理，一般采用“膜处理”技术（预处理+超过滤+反渗透）进行深度处理，视实际情况需要可以考虑进行第二级反渗透处理，使出水达到冷却塔循环冷却水

和涂装工艺纯水等用水的指标要求。同时，对全厂水循环系统进行综合平衡，使处理后污水完全回用，无废水排放。自来水补水仅作为水循环中的蒸发消耗量补充，整个水循环没有对外设置排污口，100%循环利用，因而称之为“零排放”。

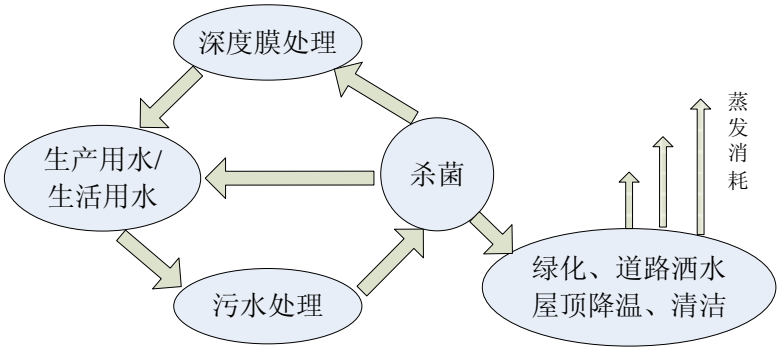


图 4.7 污水循环利用示意图

（2）技术适用条件：在中水回用技术基础上进一步深化处理、利用；对水量进行综合平衡。

（3）节能减排效果：工厂内生产、生活污水完全处理、回收利用，COD、SS、BOD、石油类去除率近 100%，无污、废水排放。

（4）成本效益分析：以二级生化污水处理能力 1500m^3/日、反渗透深度处理 800m^3/日为例，总投资约 800 万元，运行费用 700 万元/年，使用寿命 10 年。

（5）技术推广应用情况：目前在广汽本田增城工厂、广汽丰田等汽车工厂已经开始应用。技术普及率小于 5%，十二五预计推广比例大于 10%。

（6）技术知识产权情况：国内设计、设备制造商拥有该项技术。

4.1.24 汽车工厂能源管理技术

（1）技术介绍：该技术包括能源信息采集及能源信息管理两功能层次的计算机网络系统，能够实现对电能、天然气、压缩空气、采暖水、循环水和自来水等能源介质的自动监测，进而完成能源的优化调度和管理。系统包括 3 大部分内容：能源数据采集，能源数据实时监控和能源数据分析发布管理。其主要功能是实现工厂所有与能源有关的数据采集、能源工艺参数和设备的动态显示、报警显示和管理、趋势显示、历史数据的管理存贮、能源统计报表的生成和打印以及在能源管理部门范围内实现数据的发布，并可以为企业管理级的 MES、ERP 系统提供用能信息。能源管理系统集能源数据的自动采集、实时监视、故障报警、统计分析、价值挖掘和直观展现等功能为一体，融入现代计算机信息和网络技术，采用实时数据库、数据仓库和数据分析方法，实现了用户操作人员、业务分析人员、管理人员和决策人员对能源安全和能源监管的各种需求，为决策者实现能源决策、优化调度和内部考核提供支持。

（2）技术适用条件：该技术适用于汽车制造企业的能源信息管理。通过 IT 技术采集公用系统的能源消耗数据，所有能源采集设备需具备数据远传功能。

（3）节能减排效果：应用该技术可通过实时监控生产（车间、部门、过程、设备）能耗状态，监视、验证能源账单，预判设备故障，降低企业能源数据采集成本，降低耗能设备维护保养成本，优化生产资金分配，实现管理节能。

（4）成本效益分析：以某 30 万辆轿车企业采用该技术为例：前期投资 300 万，每年运行费用 10 万，产生管理节能效益约 80 万/年。

（5）技术推广应用情况：该技术目前在上海通用、上海大众、一汽大众、河北长城汽车等大中型乘用车企业已有不同程度的应用，但大部分中小企业尚未应用。目前技术普及率约为 10%，十二五预计推广比例可达 80%。

（6）技术知识产权情况：该技术软件知识产权主要为国内外专业设计、实施企业拥有，技术所需硬件国内均可购买。

4.2 产品节能减排技术

我国汽车产销量、保有量在持续增长，传统内燃机汽车技术对外依赖度大，但仍将在较长时期内占据市场主体，汽车产品所面临的能源和环境挑战依然严峻。从车辆使用过程的能量平衡关系来看（见图 4.8），燃料燃烧产生的能量损失主要发生在发动机、传动系统、制动系统、行驶阻力、怠速停车及汽车附件等部分。因此，提高燃料利用率和节能效率依然是促进汽车产品节能减排的重要举措。

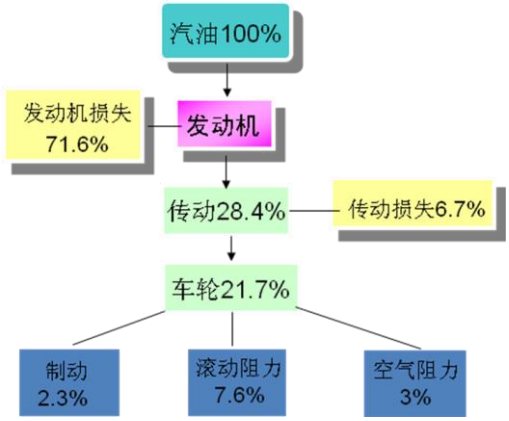


图 4.8 总重 1.5 吨轿车单位燃料高速公路工况能量平衡图

另一方面，根据纯电动、油-电混合动力、燃料电池、替代能源以及传统动力汽车全寿命周期内的能源利用效率以及温室气体排放（即从油井 Well 到车轮 Wheel，简称 WTW 分析）的比较分析（见图 4.9）可以看出：先进车辆驱动技术带来了明显的总能量消耗降低。大部分采用先进混合驱动技术、燃料电池驱动技术和纯电驱动技术的总能量消耗均低于基准路线（汽油/传统火花塞点燃式驱动技术），其中柴油 / 混合动力驱动技术、天然气制氢 / 燃料电池驱动技术和电网电 / 纯电动汽车驱动技术的 WTW 总能量消耗分别是基准路线的 69.5%、70.8%和 58.9%，这主要是由于先进混合驱动技术、纯电驱动技术和燃料电池驱动技术在车辆使用阶段高效率的原因。其中柴油 / 混合动力驱动技术、生物质制氢 / 燃料电池驱动技术和电网电 / 纯电动汽车驱动技术的 WTW 二氧化碳排放分别是基准路线的 71.6%、16.5%和 72%，这主要是由于先进混合驱动技术、纯电驱动技术和燃料电池驱动技术在车辆使用阶段高效率的原因，对于保障能源安全、减缓气候变化具有重要意义。

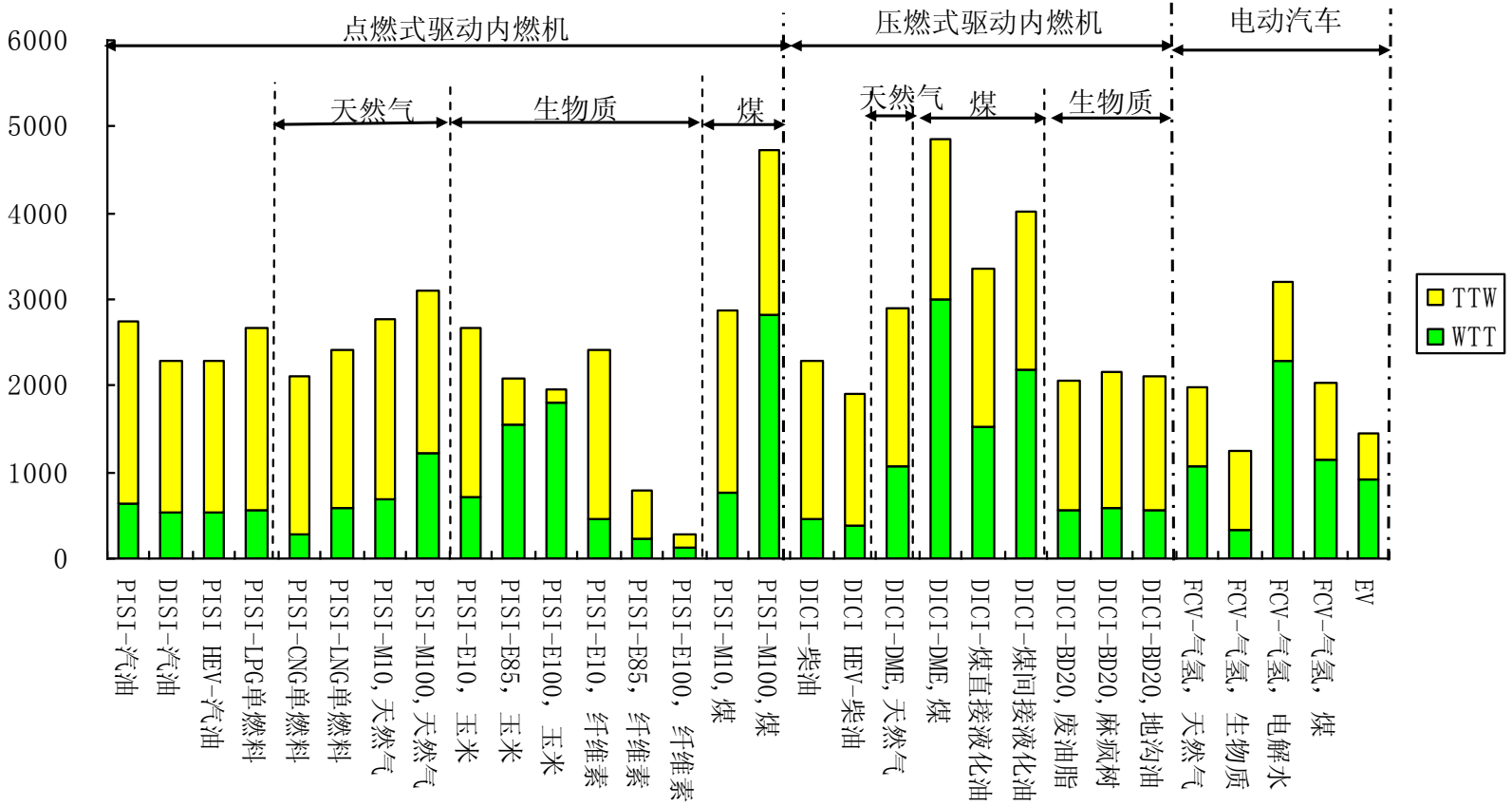


图 4.9 WTW 过程车辆每行驶单位里程所消耗的化石能量（MJ/km）

为此，我国汽车产品发展应当选择一种"过渡"和"转型"并行互动、协调发展的战略。一方面，传统汽车节能减排长期坚，放在首位，另一方面，发展新能源汽车是战略选择和最终目标。结合 GREET 数据模型分析，我们确立了汽车产品节能减排先进适用技术目录。如图 4.10 所示。

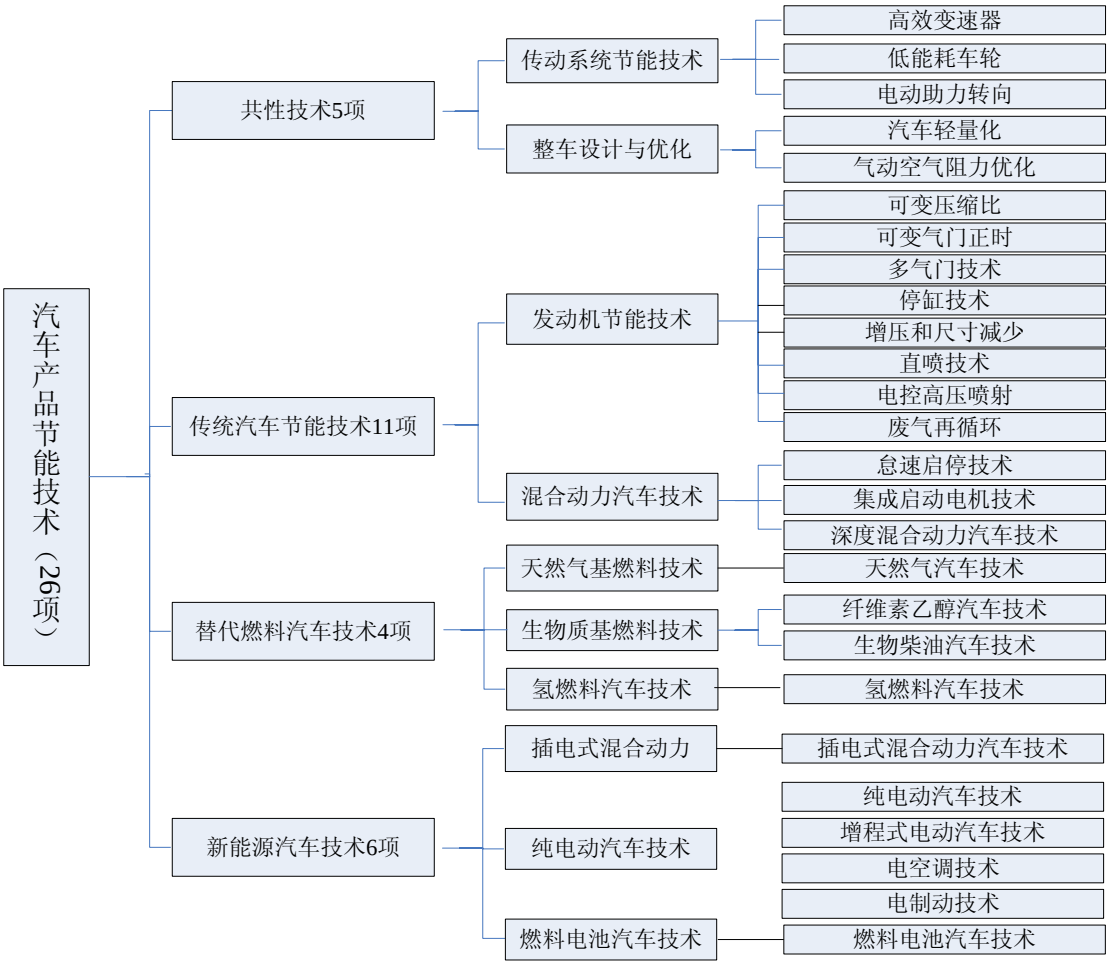


图 4.10 汽车产品节能减排先进适用技术结构

4.2.1 共性节能技术

4.2.1.1 高效变速器技术

（1）技术介绍：高效变速器是指综合考虑安全、环保、节能、操纵轻便化、换挡自动化、智能化、整车电子集成控制一体化，技术先进，节能减排效果明显的变速器的统称。目前主要有：重型商用车 AMT、轿车 6DCT、多档化 MT 和 CVT。

（2）技术适用条件：满足整车匹配和成本允许条件下，可以广泛采用。

（3）节能减排效果：多档化、CVT 等可实现 1%～8%节油效果，其中，CVT

燃油效率提高 4%～8%，档位每增加一个能实现 3%左右的节油效果。

（4）成本效益分析：先进无级变速器零售价增加 3000～6800 元，自动换挡机械变速器零售价增加 560～2300 元，无级变速器零售价增加 1200～3000 元。

（5）技术推广应用情况：从全球范围内来说，MT 的市场占有率将下降，并且在轿车上趋于多档化，6MT 将逐步取代 5MT；北美市场方面，由于 AT 的基础很深，6AT 将占主导地位，目前美国三大汽车公司都在自行开发 6AT 以及更高档位的 AT；欧洲市场方面，由于手动变速器份额高，加上 DCT 的优良品质，DCT 市场份额将大幅度提高；日本市场方面，CVT 将进一步发展。通过国内 12 家销量较大的主要轿车生产企业 2002、2006 年情况对比分析，CVT、多档位变速器应用比例增加，其中 6 档及以上车型比例从 1.3%增加至 7.5%，CVT 车辆从 0.4%增加至 2.4%，4 档及以下车型比例并没有减少，二是从 24.3%增加至 28.5%。

4.2.1.2 低能耗车轮技术

（1）技术介绍：是指重量较轻、滚动阻力较低的车轮。

（2）技术适用条件：使用高强度钢板，减轻车轮重量；使用子午线轮胎，使用扁平化、无内胎的子午线轮胎。

（3）节能减排效果：子午线轮胎相比斜交轮胎，滚动阻力减少 35%～50%，节油 5%～10%左右；无内胎和扁平化能够减轻轮胎重量（前者还能避免内胎和轮胎之间的摩擦，有效减少了爆胎几率），减少能量消耗；新材料在减少轮胎生产中的废气排放、提高汽车燃油经济性方面一直扮演着重要角色。米其林通过使用白炭黑、溶聚丁苯胶等原料，使轮胎的滚动阻力降低了 35%，同时还使汽车的燃油消耗量降低 3%～5%。随后，美国固特异、德国大陆和日本普利司通等公司也应用各种新材料，分别研发并推出了燃料利用率高 （GFE）轮胎、最佳节能（EOT）轮胎和节油者 （FS）轮胎,其滚动阻力降低率高达 30%左右。

（4）成本效益分析：零售价增加 120～400 元。以重汽 ZZ3382H 和解放 CA5173 为例，折合成单位里程价格，低能耗车轮费用减少 50%。

（5）技术推广应用情况：2005 年，全球轮胎车辆 11 亿条，子午化率接近 90%，其中轿车子午化率基本达到 100%。2006 年我国轮胎总产量 43319 万条，子午线轮胎 17860 万条，占总产量的 41.2%。目前子午化率已达到 80%。预计 2012 年我国轮胎总产量达到 6.3 亿条，子午线轮胎的产量将达到 5.3 亿条。2015 年估计子午化率将达到 90%。

4.2.1.3 电动助力转向技术

（1）技术介绍：电动助力转向是利用电动机产生的动力来帮助驾驶员进行

转向操作，由信号传感装置、转向助力机构及电子控制装置构成。电动机只在需要助力时工作。

（2）技术适用条件：需要配套电机及控制系统。

（3）节能减排效果：没有转向油泵，且电动机只有在需要时接通电源，所以燃油消耗降到最低，节约燃油 1.5%～2.5%；消除了转向油泵的噪声和液压系统的泄露，避免了污染。

（4）成本效益分析：零售价增加 400～1000 元。

（5）技术推广应用情况：由于技术、制造和维修成本等原因，目前汽车转向系统仍以液压助力的 HPS（包括 ECHPS、EHPS）为主。EPS（电动助力转向）具有节能环保等诸多优点，EPS 取代 HPS 是今后一段时间内汽车转向系统发展的趋势。

4.2.1.4 汽车轻量化技术

（1）技术介绍：汽车的轻量化，就是在保证汽车的强度和安全性能的前提下，尽可能地降低汽车的整备质量，从而提高汽车的动力性，减少燃料消耗，降低排气污染。

（2）技术适用条件：保证汽车的强度和安全性能的前提下，尽可能地降低汽车的整备质量，采用轻质材料和各种先进的成型技术、连接技术、表面处理技术实现轻量化要求。

（3）节能减排效果：世界铝业协会指出，汽车质量每减少 10%，可降低 6%～8%燃油消耗。日本曾对 10-15 型乘用车自重与油耗之间关系进行了统计，当车辆的自重从 1500kg 下降到 1000kg 时，每升燃油平均行驶的里程由 10km 上升到 17.5km，相当于每减重 100kg，每升油可多行驶 1.5km。换言之在此区间内，燃油的经济性提高了 5.7%～10%。

（4）成本效益分析：零售价增加 500～2800 元。

（5）技术推广应用情况：据统计数据，轻量化材料所占比例逐年上升，1975 年仅为 10.3%，2007 年已提高至 30%；传统钢材则由 74.5%下降至 52%。而根据中国汽车技术研究中心对 2002 年和 2006 年乘用车车型数据的分析，平均整备质量 2006 年比 2002 年增加了 126kg。从国内外比较来看，我国品牌乘用车较国外同类车高 8%～10%；国产载货汽车交国外存在较大差距，厢式车水平差距已接近 50%。

4.2.1.5 气动空气阻力优化技术

（1）技术介绍：通过造型阶段的空气动力学设计，使汽车动力系数维持在

一个较低的水平。

（2）技术适用条件：适用于任何车型。

（3）节能减排效果：被誉为空气动力学领导人的德国工程师 W.H.Hucho 在总重 1.06 吨的轿车上做过这样一项循环实验，考查了三种道路条件下 CD 值的变化对油耗的影响。从实验结果来看，无论哪种行驶循环，CD 值每降低 0.1，油耗将降低 10%以上。

（4）成本效益分析：气动阻力降低 10%，企业需投 100～200 万。按 200 万投入，累计生产 10 万辆计算，每辆车售价增加 20 元，使用者油耗 10 年节省 2000 元。

（5）技术推广应用情况：从目前我国的汽车空气动力学设计水平看，从小轿车、大客车到商用卡车气动阻力系数还有 0.03～0.05 左右的降低空间（大约为现有汽车气动阻力系数的 10%）。

4.2.2 传统汽车节能技术

4.2.2.1 可变压缩比技术

（1）技术介绍：为了解决爆震与低负荷效率之间的矛盾，通过改变发动机的排量实现压缩比的改变，在小负荷时可以提高压缩比来提高发动机的热效率，在大负荷时可以降低压缩比提高发动机的功率和扭矩输出。

（2）技术适用条件：保证发动机机械结构紧凑，安装空间应与传统的曲轴发动机相当，并尽量减少活塞的摩擦。

（3）节能减排效果：这种技术不仅提高燃油经济性，对排放也有益处。由于部分负荷时压缩比高，因此可以采用较大的 EGR 率，结合 TWC（三元催化），以减少 NO_X、CO、HC 的排放。根据压缩比的调节范围等不同，节能减排效果也不尽相同。例如，法国 MCE-5 为例，能耗下降 35%；德国的 FEV 公司研发的 1.8 L 可变压缩比汽油机，压缩比可在 8：1～16：1 之间调节，能耗相对于固定压缩比的原型车油耗降低了 7.8%；日本的日产公司于 2005 年研制的 VCR 发动机，压缩比可在 8：1～14：1 之间变化，在 100 km/h 定速行驶时，其燃油消耗可降低 13%。

（4）成本效益分析：零售价增加 1700～4000 元。

（5）技术推广应用情况：目前，萨博、NISSAN、福特、奔驰、FEV 等公司，已经完成了样机的试制。随着日益严峻的能源问题和越来越严格的排放限制，作为能同时获得较好的动力性、经济性和排放性的可变压缩比技术必将会得到越来越广泛的应用。

4.2.2.2 可变气门正时技术

（1）技术介绍：可变气门正时是根据发动机工况的变化，实现进排气相位变化，从而实现发动机的最佳运转效果。

（2）技术适用条件：保证气门系的动力学特性能够满足落座速度、应力、速度、阻抗、可控制性、可靠性和准确性的要求及摩擦损失应与棍子挺杆气门系相当。

（3）节能减排效果：可变配气技术在大幅度提升发动机性能的同时，在节能和环保方面也有其独特的优势。不管是本田 VTEC，丰田 VVT，还是宝马和奔驰的复杂结构，目的是通过改善进气效率，得到额外的空气量再燃烧相应额外的油从而实现单位排量的大功率输出以及减小燃料消耗和降低废气排放目的。根据美国科学院的研究报告，采用可变气门技术大概可节油 3%～5%。

（4）成本效益分析：零售价增加 280～1120 元。

（5）技术推广应用情况：自上世纪七八十年代意大利的阿尔法罗密欧率先将气门正时技术应用在量产车中。80 年代，诸多企业开始投入了可变气门正时的研究，1989 年本田首次发布了“可变气门配气相位和气门升程电子控制系统”，英文全称“Variable Valve Timing and Valve Life Electronic Control System，也就是我们常见的 VTEC。此后，各家企业不断发展该技术，到今天已经非常成熟，丰田也开发了 VVT-i，保时捷开发了 Variocam，现代开发了 DVVT，几乎每家企业都有了自己的可变气门正时技术，该项技术的应用也越来越广泛。我国采用可便气门技术的车型比例从 2002 年的 3.3%增加至 2006 年的 28.5%。

4.2.2.3 多气门技术

（1）技术介绍：为提高发动机的进排气效率，发动机采用 3 个或以上的进排气门布置。

（2）技术适用条件：多气门方案会增加机构的复杂性和成本，以及气门机构的故障，多气门技术应用要满足上述条件。

（3）节能减排效果：以柴油机为例，一般采用三气门或四气门的布置方式，再多的气门布置方案会增加机构复杂性和成本，增加气门机构的故障率。目前基本上采用四气门机构。采用四气门技术后，由于缸盖上的喷油嘴和活塞上的燃烧室凹坑布置在气缸中央，从而优化了进气涡流和油雾分布以及活塞与喷油器的冷却条件，并可实现涡流比在不同转速下的变化，这使混和气的形成进一步优化，因而在提高动力性和经济性的同时减少了 NOx 排放。玉柴 YC6108ZQ 4 气门柴油机发动机台架试验结果表明：功率提高 9%，最大转矩提高 12.7%；燃油经济区域的工况范围扩大，燃油经济性有较大程度的改善。

（4）成本效益分析：零售价增加 820～1120 元。

（5）技术推广应用情况：在燃用汽油的大、中、小型轿车上，多气门技术已经作为成熟技术得到了应用。在柴油机上应用多气门技术是国际学术界研究热点之一，国外内燃机的气门最多时已达到 5 个，目前已在大型柴油机应用的基础上，逐渐开始在小型柴油机上应用。在我国，以乘用车为例，在燃料消耗量限值标准实施以来的，采用 4 气门的车型从 57.2%增加至 80.4%，5 气门从 2.5%提高至 4.6%。

4.2.2.4 停缸技术

（1）技术介绍：该技术的工作原理即在汽车匀速行驶或遭遇长时间堵车时，通过关闭部分发动机气缸以减少油耗。而当加速或需要更大功率时，被停掉了的气门和燃油喷射系统会被瞬间激活。

（3）节能减排效果：FEV 公司在 8 缸发动机上利用停缸技术所获得的节油效果，停缸技术与可变气门技术联合应用可以使发动机实现 15%的节油效果。

（4）成本效益分析：零售价增加 900～2000 元。

（5）技术推广应用情况：早在上世纪九十年代中期，梅赛德斯就在其 V8 发动机上应用了停缸技术，并将其投入市场，但问题是停缸系统成本高于油耗节省下来的费用，因此这一技术没有被当时的市场所接受。进入新世纪以来，美国的停缸技术发展较快。通用、丰田等公司投推出了自己的断缸技术，一汽的 V6 及以上发动机都会采用该种技术。

4.2.2.5 增压技术

（1）技术介绍：增压技术可以降低发动机的泵气损失，提高发动机的热效率，减小发动机的 CO_2 排放的一项技术，目前有机械增压和涡流增压两种形式。欧洲已将增压技术作为实现 CO_2 140g/km 排放目标的必选技术之一。

（2）技术适用条件：为避免汽油机上产生爆震，要减少压缩比，造成排温增加，为此要加浓混合气。

（3）节能减排效果：从汽油机来看，PFI 涡轮增压发动机由于将尺寸左右可以使燃油经济性提高 13%～18%，但 PFI 增压发动机有减少压缩比防止爆震，压缩比降低会引起排温增加，解决这一问题的唯一办法就是加浓混合气，也就限制了燃油经济性的提高。综合涡轮增压与缸内直喷，不仅可以提高压缩比，实现有利的残余废气控制，而且还可以降低涡轮增压滞后的影响。上述综合应用可以进一步降低燃油消耗 6%左右。从柴油机废气涡轮增压来看，不仅能减少排放物

的产生，也提高了燃油经济性。根据日本上世纪在卡车和公交车上的研究，涡轮增压技术和中冷技术的采用能够使柴油机的最低燃油消耗降低了 5%～10%。

（4）成本效益分析：零售价增加 820～1120 元。

（5）技术推广应用情况：目前柴油机已广泛采用涡轮增压实现稀薄燃烧，降低 CO 和 HC 的生成量，提高功率。汽油机采用该技术有一定难度。菲亚特的发动机专家 Rinolfi 称，通过配备涡轮增压或多气阀正时系统的汽油机，可以改善燃油经济性并使小排量发动机获得大功率。但汽油机增压后，提高了缸内混合气压缩和燃烧气体的温度和压力，增加了燃烧室受热零件的热负荷，很容易产生爆震。这也就是至今为止，增压技术在汽油机上得不到广泛应用的主要原因。基于对汽油机今后需求的乐观估计，汽车厂商现在都已经着手进行汽油机涡轮增压器的开发研究。涡轮供应商霍尼韦尔（Honeywell）公司预测，到 2010 年，应用涡轮技术的汽油发动机将增长两倍，从现在的 10%达到 22%。

4.2.2.6 直喷技术

（1）技术介绍：将汽油通过高压（约 10MPa）供油系统处理后，经安装在燃烧室内的喷油嘴，将汽油直接喷到燃烧室内与空气混合，稀薄、均匀、分层燃烧，提高热效率和动力性，降低油耗和排放。

（2）技术适用条件：燃油品质要求较高，需要提高燃油标准，并对炼油工业投入资金进行升级改造；需要提高关键零部件如油泵、喷油器等的制造精度。

（3）节能减排效果：直喷技术将提高热效率和动力性，降低油耗和排放。应用缸内直接喷射技术汽油机的汽车其平均油耗比常规电喷汽油车提高 10%～20%（大众公司的研究表明，与气道喷射汽油机相比，缸内直喷可将油耗减少 15%～20%）。在燃油经济性方面已与柴油发动机的表现越来越接近。

（4）成本效益分析：零售价增加 3600～4600 元。

（5）技术推广应用情况：直喷技术但对油品要求较高，成本过高，阻碍了直喷发动机大面积推广。缸内直喷汽油机的研制是从 1990 年前后开始的，在 1996 年首次应用。世界上主要汽车公司都开发出多种缸内直喷汽油机产品，如三菱的 GDI 技术、大众的的 FSI 系统、奔驰的 CGI 系统、菲亚特的 JTS 系统。从 2006 年初至今，有两种“喷雾导向”型分层燃烧缸内直喷汽油机上市，其它上市的缸内直喷汽油机都是均匀混合缸内直喷汽油机，分别和可变气门定时技术或增压技术相结合。

4.2.2.7 电控高压喷射技术

（1）技术介绍：燃油喷射过程显著影响燃油过程，进而对燃油经济性产生

较大影响。理想的燃油喷射应当先缓后急，雾化良好，喷射时刻可控，电控高压喷射就是电子控制技术和高压喷射技术的结合的结合，能够完成理想的燃油喷射。

（2）技术适用条件：主要有三种技术：电控共轨喷射系统、电控泵喷嘴、电控单体泵系统，电控泵喷嘴要有与常规发动机缸盖不同的特殊缸盖，而后两种对原柴油机的改动较小，今后全新开发的柴油机有可能会采用电控泵喷嘴技术。

（3）节能减排效果：针对同等排放水平的发动机，电控喷射技术较机械燃油喷射技术的燃油经济性提高 5%左右。随着排放法规的严格，电控高压喷射技术能够在满足排放的同时，保持柴油机的燃油经济性甚至还能够改善燃油经济性。该技术将成为未来柴油机所普遍采用的关键技术之一。

（4）成本效益分析：电控泵喷嘴需要的特殊缸盖制造成本较高，电控共轨喷射技术和电控单体泵对原柴油机的改动较小，相应的制造成本较低。重汽数据表明，使用日本电装提供的共轨系统增加生产成本 2.5 万元/辆左右。

（5）技术推广应用情况：电控燃油喷射技术目前在全世界迅速发展和应用起来，给柴油机燃烧组织和排放控制带来了强大的技术保证。电控燃油喷射系统主要有电控共轨技术、电控单体泵、电控泵喷嘴三种技术，电控单体泵主要在中重型柴油机上应用，泵喷嘴技术在轿车和商用柴油车上应用，共轨技术则适用范围较广，能够在轿车、轻型商用车、中重型商用车上均有应用，起步较晚但发展很快。在我国，玉柴、潍柴、东风康明斯、南京依维柯、无锡柴油等推出了电控柴油机产品。国内整车厂如一汽-大众、长城、江铃、奇瑞等均有电控柴油机的整车或发动机产品。

4.2.2.8 废气再循环技术（ERG）

（1）技术介绍：通常是指将排气管中部分废气经外部管路引入进气管，降低缸内最高燃烧温度以及缸内 O_2 的体积分数，破坏 NOx 的生成环境，从而降低 NOx 的排放。20 世纪 70 年代 EGR 技术率先在汽油机上应用，取得了很好的效果；90 年代后 EGR 技术开始广泛应用于柴油机。

（2）技术适用条件：该技术的使用要与颗粒捕捉技术、进气富氧技术结合，全面降低排放物。（通常状况下，该技术会使尾气中颗粒物排放增加）采用该系统的发动机应采用高品质润滑油和低硫柴油。

（3）节能减排效果：EGR 系统的任务就是使废气的再循环量在每一个工作点都达到最佳状况，从而使燃烧过程始终处于最理想的情况，最终保证排放物中的污染成份最低。由于废气再循环量的改变会对不同的污染成份可能产生截然相反的影响，因此所谓的最佳状况往往是一种折衷的，使相关污染物总的排放达到最佳的方案。

（4）成本效益分析：根据中国重汽 2008 年的数据，凡采用 EGR（废气再循环）技术增加生产成本 0.8 万元/辆左右。

（5）技术推广应用情况：在欧美发达国家，EGR 在汽油机和轻型柴油机领域已是一种成熟的工业技术，发展方向是将其完善。为达到欧Ⅳ标准，EGR 率还需进一步提高，EGR 应用于增压发动机时，腐蚀性问题和进排压逆差问题需要研究，以得到一个比较理想的解决方案。在重型柴油机领域，应用 EGR 的问题更多更复杂，在重型柴油机较高负荷情况下，随着 EGR 率的增加微粒排放增加速度加快，发动机的耐久性和可靠性受到影响。目前 EGR 在重型柴油机的应用是国外的一个重点研究方向，可以预见在不远的将来，EGR 将在重型柴油机领域得到广泛的应用。

4.2.2.9 怠速启停技术（BSG）

（1）技术介绍：装有怠速启停装置的混合动力系统又称为微混合动力系统，电机仅作为内燃机的启动机/发电机使用。现在通常是指在传统内燃机的启动电机（一般为 12V）上加装了皮带驱动启动电机（也就是常说的 Belt-alternator Starter Generator，简称 BSG 系统）。该电机为发电启动（Stop-Start）一体式电动机，用来控制发动机的启动和停止，从而取消发动机的怠速，降低了油耗和排放。从严格意义上来讲，微混合动力系统的汽车不属于真正的混合动力汽车，因为它的电机并没有为汽车行驶提供持续的动力。

（2） 技术适用条件：在成本允许的条件下，可适用于任何车型。

（3） 节能减排效果： BSG 系统（代表车型奔驰 Smart、奇瑞 A5 BSG、奔腾 B50 HEV），节油 10%左右。

（4） 成本效益分析：BSG 技术的成本很低，在大批量生产前提下，为现有乘用车加装 BSG 需增加 1000 元左右的成本。按照 BSG 技术能够节约 8%的燃油消耗计算，正常情况下每辆车每月消耗 600 元的燃油，应用该技术后，每辆车每月可以节省 48 元的燃油费用。

4.2.2.10 集成启动电机技术（ISG）

（1）技术介绍：通常，集成启动电机（也就是常说的 Integrated Starter Generator，简称 ISG 系统），车辆还是以发动机为主要动力来源，与微混合相比，驱动车辆的两种动力源中，依靠电池-电机功率的比例增大，内燃机功率的比例相对减少。助动电机被安装在发动机和变速器之间，作为辅助动力来源与主要动力相联。当行驶中需要更大驱动力时，它被用作电动机。当需要重新启动熄火的发动机时，它被用作为一个起动机。其能够实现：在减速和制动工况下，对部分

能量进行吸收；在行驶过程中，发动机等速运转，发动机产生的能量可以在车轮的驱动需求和发电机的充电需求之间进行调节。

（2） 技术适用条件：在成本允许的条件下，可适用于任何车型。

（3） 节能减排效果：采用 ISG 系统（途锐 HEV、思域 HEV），能够节油 20%。

（4） 成本效益分析：ISG 由于系统和结构较为复杂，使得改装成本增加与 BSG 技术相比较高，达整车成本 30%左右。

4.2.2.11 深度混合动力汽车技术

（1）技术介绍：深度混合动力系统是指既可以使用汽油引擎或电动机单独驱动车辆也可以同时使用两种动力的汽车。它们普遍采用大容量电池以供给电动机做纯电动模式运行，同时还具有动力切换装置用以发动机、电动机各自动力的耦合和分离。在起步、倒车、缓加速（如频繁起步-停车）、低速行驶等情况下，车辆可以纯电动模式行驶；急加速时，电机和内燃机一起驱动车辆，并具有制动能量回收的能力。与轻混合系统相比，驱动车辆的两种动力源中，依靠电池-电机功率的比例更大，内燃机功率的比例更小。

（2）技术适用条件：在成本允许的条件下，可适用于任何车型。

（3）节能减排效果：采用 272～650v 的高压启动电机，通过车载电池供电，能够实现节油 25%-40%左右。

（4）成本效益分析：成本相比同等普通燃油车型增加 24000-32000 元。普锐斯，节油 7%～18%需加增 2000 至 3000 美元的成本。

4.2.3 替代燃料汽车技术

4.2.3.1 天然气汽车技术

（1）技术介绍：天然气是各种替代燃料中最早并且是被广泛使用的一种。由于天然气主要成分是甲烷，燃料分子中的碳原子数少，单位发热量的 CO_2 排放比较少，在交通减排要求越来越高的背景下，天然气作为一种洁净燃料广泛被应用，至今已分别在汽油和柴油机上开发了多种利用技术。

（2）技术适用条件：单、双燃料发动机进排气系统需要加装完整的燃气供给系统，单燃料发动机要进行重新设计，汽油双燃料加装油气转换装置，柴油双燃料要加装气量控制系统。此外，根据具体技术，对进排气系统要加以改进，比如加装三元催化器等，另外电控系统要重新设计，需要加气站等配套设施。

（3）节能减排效果：天然气汽车燃用天然气的排放情况与汽油车相比的优势情况，随天然气汽车的排放系统和天然气汽车的结构类型的不同而不同。按照

美国的实验规范 FTP 测试的排放结果，天然气汽车技术的使用可使各种汽车尾气污染物 CO_2 的排放量降低，其中 CO_2 的排放量降低 22.7%。据有关测试，通常情况下，天然气汽车 CO_2 排放比燃油汽车低 25%，具有显著的环境效益。以一般轿车为例，燃用 CNG 百公里可节约燃料费 39%，发动机寿命可延长 30%以上，润滑油消耗可减少 50%，检修周期长，维护成本降低。由此可见天然气汽车在节能减排方面的潜力与优势。

（4）成本效益分析：CNG-汽油（出租车）成本增加 7000 元左右（与同型号汽油车比），CNG 大型车成本增加 20000 元左右（与同型号柴油车比）；CNG 出租车 5 个月、CNG 公交车一年收回成本；建设一座加气站（150～200 辆公交车）需投资 500 万，投资回收周期大约 3.94 年。

（5）技术推广应用情况：目前，天然气汽车在全世界 74 个国家得到了推广应用，全球天然气汽车保有量达到 730 万辆，天然气加气站超过了 12000 座。据国际天然气汽车协会（IANGV）预测，到 2020 年，天然气汽车的保有量将达到 6500 万辆。我国天然气汽车在清洁汽车行动和节能与新能源汽车重大项目的带动下，保有量快速增长。截至 2009 年底，节能与新能源汽车重点示范城市的天然气汽车保有量达到 40 万辆，加气站达 770 座。据不完全统计，中国有 80 多个城市正在进行天然气汽车推广，全国天然气汽车保有量已超过 50 万辆，加气站超过 1300 座。

4.2.3.2 纤维素乙醇汽车技术

（1）技术介绍：纤维素乙醇汽油是一种由各种植物纤维加工成的燃料乙醇和普通汽油按一定比例混配形成的新型替代能源。

（2）技术适用条件：油箱及供油系统和进气系统的材质要进行防腐处理，同时应配以耐用性好的橡胶材料，一些塑料件（发动机滤芯）也要换成陶瓷或尼龙材质，E20 及以上汽油车，电控系统零部件和标定数据需要改进和优化。

（3）节能减排效果：以加州新配方汽油（含 6%乙醇）为例，与常规汽油相比，HC 排放可降低 5%，CO 排放减少 21～28%，NOx 排放减少 7%～16%,有毒气体排放降 9%～32%。

（4）成本效益分析：E10 等低比例乙醇汽车，不需要改进，百公里油耗比同型号汽油车高 5%；高比例乙醇汽车,比如 E85 成本增加 100 美元左右。低比例乙醇和常规汽油基本一致，但高比例乙醇需要为加注设施更换防腐防溶胀材料，成本有所上升；从燃料成本分析来看，木薯和甜高粱为原料的乙醇更具有优势，纤维素乙醇的生产成本目前较高。

（5）技术推广应用情况：近年来，全球燃料乙醇的生产能力迅速扩大，乙

醇作为车用燃料在全球得到了快速发展。目前，E5、E10 等低比例乙醇汽油得到了广泛应用。在美国，2007 年生产的 260 亿升燃料乙醇中 90%以上用于 E10 等低比例乙醇汽油的调配。E20、E25、E85 等中高比例乙醇汽油在美国、巴西得到了局部应用。灵活燃料汽车（FFV）在美国达到 600 万辆，在巴西超过 200 万辆。

4.2.3.3 生物柴油汽车技术

（1）技术介绍：生物柴油由各种动、植物油脂经酯化或转酯化工艺而得，其主要成分是长链脂肪酸甲酯，具有能量密度高、润滑性能好、储运安全、抗爆性好、燃烧充分等优良使用性能和可再生性、环境友好性及良好的替代性能。

（2）技术适用条件：生物柴油热值低于柴油 10%左右，密度和粘度高于柴油，氧化安定性较差，为保证发动机较好的功率输出和较低的排放，对生物柴油进行乳化处理，综合利用多次喷射、废气再循环等技术。

（3）节能减排效果：油耗随掺烧比例的增加而增大，掺烧 10%，小于 0.5%，掺烧 20%、30%，油耗增加 3%。功率方面，B10 下降 0.3%，B30 下降 2.5%；排放方面，掺烧 10%可降低颗粒物 15%左右，掺烧 20%则降低 32%左右，HC 排放随掺烧比例的增加而降低，掺烧 20%可降低 10%，燃用混合柴油对 NO_X 略有增加。

（4）成本效益分析：生物柴油在车辆上应用主要是与普通柴油的掺混方式，因而车辆购置成本不会增加；生物柴油的运输、储存与常规柴油基本一致，可共用柴油加注设施。

（5）技术推广应用情况：据业内粗略估计，2007 年第我国有大小生物柴油企业数百家，截止 2007 年底，全国建成并持续生产的万吨生物柴油企业越 20 家左右。我国尚未制定普通柴油掺混生物柴油的使用标准，也没有正式把生物柴油纳入车用成品油经销体系，因而目前各生产企业通过分散渠道销售给当地厂矿和个别油品销售企业。

4.2.3.4 氢燃料汽车技术

（1）技术介绍：氢燃料与天然气、汽油等相比，单位质量的能量密度高，可燃界限宽，燃烧速度快，是一种良好的车用燃料。

（2）技术适用条件：为保证氢发动机具有高效、低 NOx 排放和各方面优越性能，需要电控氢发动机的喷氢正时、循环喷油量、点火正时，全新匹配燃烧系统、供应与喷射系统、电子控制与管理系统的一种新型内燃机，实现燃烧过程的优化控制。此外，需要供氢系统、加氢站、供氢管路等配套。

（3）节能减排效果：氢气燃烧的主要产物是水，不产生 CO 及 HC，但产生

一定量的 NOx。在稀燃状态下，NOx 的排放量可大大降低。

（4）成本效益分析：氢内燃机热效率较高,比传统汽油机高 20%以上，综合效率与燃料电池效率相当；采用提高功率密度的氢燃料发动机升功率升扭矩指标也高于现有的汽油机、柴油机。

（5）技术推广应用情况：我国氢内燃机研究起步较晚，但近年来的研发项目也取得了积极进展。“示范性氢燃料轿车研制项目”成功研制了国内第一台以氢燃料为动力的国产轿车；重庆长安汽车集团研制的第一台高效低排放氢内燃机实现点火，标志着我国氢内燃机研究技术又有了新突破。

4.2.4 新能源汽车技术

4.2.4.1 插电式混合动力技术（PHEV）

（1）技术介绍：插电式混合动力系统通过接入家用电源为系统中配备的充电电池充电，充电后可仅凭充电电池作为电动汽车行驶。另外，在充电电池的剩余电量用完后，并不是切换至发动机行驶模式，而是通过发动机旋转发电机，利用由此产生的电力为蓄电池充电，继续用电动机行驶，从而形成了串联方式的插电式混合动力车。这种混合动力汽车比全混合动力汽车有较长纯电动行驶里程。该系统电机功率比例与纯电动情况基本相同（或稍小），内燃机功率比例与全混合系统基本相同，电池容量一般比全混合系统的大，比纯电动车辆的小。

（2）技术适用条件：在成本允许的条件下，可适用于任何车型。

（3）节能减排效果：在日常使用中可以当作一台纯电动车，只要单次使用不超过电池可提供的续航里程，它就可以做到零排放和零油耗。综合情况下，以普锐斯为例，节油 7%～18%。

（4）成本效益分析：目前来看，电池、控制系统成本高昂。以普锐斯为例，增加成本 2000 至 3000 美元的。

混合动力汽车已实现商业化，全球累计销量已超过 200 万辆。迄今为止，在发展混合动力轿车的过程中，日本汽车公司走在了最前面，但最大的销售市场在美国。2009 年，混合动力注册量前五位的分别是日本、美国、加拿大、荷兰、大不列颠，占到全球注册量的 86%以上。在我国，截至 2011 年 3 月，累计销售混合动力汽车 13605 辆（包含插电式混合动力）。

4.2.4.2 纯电动汽车技术

（1）技术介绍：是指从车载储能装置获得电力，以电机驱动，但同时又满足道路交通安全法规的各项要求，并被获准在正规道路上行驶的车辆。

（2）技术适用条件：需要有充电站等配套设施及可靠的关键零部件，此外，

电控、电机、电池要满足或区域用户使用要求。

（3）节能减排效果：纯电动汽车完全使用电能，在使用环节减少传统燃油消耗 100%，减少尾气排放 100%。

（4）成本效益分析：按照中国汽车技术研究中心的研究（纯电动汽车按重量是传统汽车的 1.1 倍计算），如果传统汽油车的百公里耗油量为 1 升，与其相当的纯电动汽车百公里耗电量为 1×1.9×1.06/0.75=2.7 千瓦时。即如果传统汽、柴油车的百公里耗油量为 1 升，与其相当的纯电动汽车百公里耗电量 2.7 千瓦时。使用成本大大降低。

（5）技术推广应用情况：新能源汽车未来逐渐替代传统汽油车已成为各国发展汽车产业的共识，当前许多知名的汽车制造商都致力于开发动力电池的电动汽车。截至 2011 年 3 月，我国已累计销售纯电动汽车 4630 辆。

4.2.4.3 增程式电动汽车技术

（1）技术介绍：一种配有地面充电和车载供电功能的纯电驱动的电动汽车。其动力系统由动力电池系统、动力驱动系统、整车控制系统和辅助动力系统（APU）组成。由整车控制器完成运行控制策略。 电池组可由地面充电桩或车载充电器充电，发动机可采用燃油型或燃气型。整车运行模式可根据需要工作于纯电动模式、增程模式.。当车载电池电量消耗至最低临界限值时，将切换至增程型电力驱动模式，此时车载发动发电机自动启动，为车辆提供续驶电能，从而实现增程续航能力。

（2）技术适用条件：不完全依赖于充电桩等设备，可以依据工况合理选择运行模式。

（3）节能减排效果：在电池电力驱动下，完全依靠车载动力电池驱动车辆，可实现最“零油耗、零排放”行驶。当车载电池电量消耗至最低临界限值时，发动机启动，带动发电机对动力电池充电。由于增程式电动汽车上通常配装一个小功率发动机，始终在最佳工况下带动发电机发电，能量转换效率高，平均节油率可到 50%。

（4）成本效益分析：目前沃蓝达在美国（四座）包含运费在内的零售价为 39995 美元，扣除美国联邦政府 7500 美元补贴和加州政府没车最高 5000 美元的税收减免，消费者只需 27495 美元。统计发现，从 2010 年 12 月 13 日沃蓝达上市以来，截止 2011 年 7 月，交付到消费者手中的沃蓝达累积行驶里程超过 210 万英里，其中 2/3 的里程实在纯电动模式下。该车的邮箱容积为 9.3 加仑，一次加油后平均行驶 900 英里左右。如果在中国使用沃蓝达电动车，以每年行驶 24000 公里计，在纯电动模式下，可以节省汽油 1900 升。每天充电的费用只有 7.2 元

人民币，一年下来可以节省 1.4 万元加油费用。

（5）技术推广应用情况：沃蓝达 2010 年年底在美国上市，截至 2011 年 9 月，销量达到 3895 辆。据悉，今年有望销量达到 1 万辆。在我国，奇瑞试制了 S18D-REEV 增程式电动汽车。

4.2.4.4 电空调技术

（1）技术介绍：适用于电动汽车的专有空调技术。电动汽车续驶里程受制于电池容量，而电动汽车动力电池是电动空调唯一的动力源，这就要求电动空调具备快速制冷和低速运行能力。

（2）技术适用条件：可广泛适用于混合动力及电动汽车。

（3）节能减排效果： 通过普锐斯混合动力电空调应用来看，其空调压缩机和加热器用的电动水泵分别由由空调逆变器和直流逆变器驱动，实际油耗下降 20%，并且电动压缩机比传统的电动压缩机体积小 40%，质量轻 50%。

（4）成本效益分析：每套电空调系统超过 2000 元。

（5）技术推广应用情况：目前国内电动汽车空调制冷采用的是蒸汽压缩式，制热多采用 PTC 电加热。但 PTC 电加热能效低，影响电动汽车的续行里程。目前国内有湖南华强电气、佛山昊通汽车电器、天津三电汽车空调等八家企业有相关产品。

4.2.4.5 电制动技术

（1）技术介绍：电动汽车的制动装置通常由制动器及其操纵装置组成，一般还有电磁制动装置，它可以利用驱动电动机的控制电路实现电动机的发电运行，使减速制动时的能量转换成对蓄电池充电的电流，从而得到再生利用。

（2）技术适用条件：可广泛适用于混合动力及电动汽车。

（3）节能减排效果：电动汽车采用电制动时，驱动电机运行在发电状态，将汽车的部分动能回馈给蓄电池以对其充电，对延长电动汽车的行驶距离是至关重要。相关研究表明，可使电动汽车的行驶距离延长 10%～30%到百分之三十。

（4）成本效益分析：每套系统约数千元。

（5）技术推广应用情况：

4.2.4.6 燃料电池汽车技术

（1）技术介绍：燃料电池电动汽车是以燃料电池作为动力源的电动汽车。燃料电池是利用氢气和氧气（或空气）在催化剂的作用下直接经电化学反应产生电能的装置。燃料电池电动汽车就是利用这种电能实现车辆驱动。

（2）技术适用条件：需要廉价、充足的氢气供应和完善的配套设施、政策环境，减少成本的同时，提高储氢、输氢、用氢的安全。

（3）节能减排效果：燃料电池电动汽车（FCEV），尤其是氢燃料电池汽车可以实现零污染排放和较高的能量转化效率，使用阶段完全不适用燃油，节油率100%。

（4）成本效益分析：目前来看，燃油电池汽车的燃料成本和购置成本较高。据一期示范，燃料电池客车的燃料成本为约为同级柴油车的 8 倍；购置方面，UTC Power 曾指出，超过 100 辆的订单能将购置成本降至 100 万美元。加氢站运行成本大约在 200～500 万美元。

（5）技术推广应用情况：目前，燃料电池乘用车继续处在小规模试用阶段，以本田和通用两家公司为主导；燃料电池公共汽车仍处于示范运行阶段。随着示范运行的组织开展和燃料电池技术的突破与提高，世界范围内燃料电池汽车保有量保持了持续增长态势。在过去 6 年的时间里，世界范围内 20 多个城市和地区已经或正在开展燃料电池公共汽车示范运行工程，目前全世界投入使用的加氢站总数超过 150 座。我国，在刚刚落幕的世博会，有 196 辆燃料电池汽车投入示范运行。截至 2011 年 3 月，累计销售有 52 辆燃料电池汽车。

4.3 汽车回收再用节能减排技术

4.3.1 自动化纳米颗粒复合电刷镀技术

（1）技术介绍：汽车零部件在运行过程中由于磨损和受力变形导致尺寸超差而无法继续使用，需要对其进行修复或再制造。对于要求修复尺寸量比较大的零部件，一般采用堆焊、喷涂或激光等技术进行修复和再制造，而对于要求修复尺寸量比较小（不超过 0.15mm）的零部件，一般采用电刷镀技术进行修复和再制造。但是传统的电刷镀是手工操作，具有效率低、操作人员劳动强度大和镀层质量不稳定等局限性，如果将电刷镀技术的手工操作用机械设备取代，并对工艺步骤进行自动化控制，从而解决纳米电刷镀过程中镀液的连续供给、循环利用和纳米电刷镀工艺参数实时监控等关键技术，实现纳米颗粒复合电刷镀技术工艺过程的自动化，显著提高镀层质量稳定性和生产效率。

（2）技术适用条件：适用于损伤超差较小、对配合度要求较高的汽车零件再制造。

（3）节能减排效果：自动化纳米颗粒复合电刷镀技术制备的 n-Al_2O_3/Ni 镀层较手工刷镀层的表面形貌更为均匀、致密、光滑，晶粒更为细小。自动化纳米电刷镀层可以形成微晶和纳米晶，提高了镀层结合强度和抗疲劳性能，服役寿命得以延长，使单个产品生命周期节能减排效益提升。

表 4.6 采用设备再制造斯太尔发动机缸体与生产新缸体情况对比

对比项目	生产新缸体	再制造旧缸体	对比	备注
材料消耗（公斤）	350（毛坯重量）	0.3	节约 99.9%	由于仅需要恢复缸孔表面尺寸，材料消耗大幅降低。
制造工序（道）	24	5	减少了 19 道工序	新缸体需要铸造和复杂机加与检测等共 24 道工序；而再制造旧缸体仅需要拆解、清洗、电刷镀、机加和检测 5 道工序。
成品率	97%	100%	提高了 3%	由于沙眼等铸造缺陷，生产新缸体有一定的报废率；而再制造选用的都是经过实车考核的合格缸体，成品率完全可达到 100%。
生产成本（元）	1500	500	降低了 90%	由于材料的极大节约和工序的大幅减少，生产成本也大大降低。
销售价格（元）	9000	4500	降低了 50%	再制造产品在享有新品同样质保的前提下，销售价格仅是新品的 50%。
利润率	500%	800%	提高了 300%	虽然销售价格减少了一半，但由于生产成本的极大降低，利润率依然提高了 300%。

（4）成本效益分析：已投入使用的斯太尔发动机连杆自动化纳米颗粒复合电刷镀专机使单件作业时间由 60 分钟缩短为 5 分钟，效率提高 10 倍以上，显著提高劳动生产率，大大降低工人劳动强度。再制造连杆所需能源消耗和材料消耗为新品连杆的 1/2 和 1/10，成本仅为新品连杆的 1/10。再制造连杆的耐磨性是同类手工电刷镀连杆的 1.4-1.8 倍。以缸体自动化电刷镀设备为例，该设备在济南复强动力有限公司发动机再制造生产线上用于斯太尔发动机缸体汽缸孔的再制造，再制造 1 台斯太尔缸体平均需耗时 2.5 个小时，消耗 200～300g 金属，耗电 8.5kwh，再制造综合成本 500 元/台（详见表 4.6）。不仅解决了缸体类零件一直无法再制造的难题，而且创造了巨大的经济和社会效益。

（5）技术推广应用情况：装甲兵工程学院装备再制造技术国防科技重点实验室研制成功的重载斯太尔发动机连杆和缸体再制造的自动化纳米颗粒复合电刷镀专机已经在中国重汽济南复强动力有限公司得到应用。

4.3.2 自动化高速电弧喷涂技术

（1）技术介绍：高速电弧喷涂技术是指高压空气通过高速喷管加速后，将短路的两根金属丝材熔化后的熔滴雾化，并使雾化粒子高速喷射到工件表面形成致密涂层的技术。与普通电弧喷涂技术相比，它具有电弧稳定性好、沉积效率高、涂层组织致密、通用性强、经济性好等特点，可以制备耐磨、防腐及生物相容性涂层。自动化高速电弧喷涂技术，采用机器人或操作机的操作臂夹持喷枪，通过红外温度场监测和编程控制高速电弧喷枪实现各种规划路径，实时反馈调节喷涂

工艺参数，实现自动喷涂作业的智能控制。

（2）技术适用条件：适用于结构形状较简单，磨损、腐蚀超差较大，以及对修复效率要求较高的汽车零件再制造。

（3）节能减排效果：自动化高速电弧喷涂技术结合新开发的 FeAl 和 FeAlMn 系粉芯丝材制备出的喷涂层，涂层中含有非晶、纳米晶，且结合强度高，硬度高，耐磨损性能好，不仅提高再制造生产效率，节省单位产品的生产时间和能耗，还延长了再制造产品的寿命，降低产品全生命周期的能耗和排放。

（4）成本效益分析：采用自动化电弧喷涂技术再制造单件发动机缸体时间由手工的 1.5 小时缩短为 20 分钟，喷涂效率提高 4.5 倍，再制造成本仅为新品的 1/10 左右。

（5）技术推广应用情况：装甲兵工程学院装备再制造技术国防科技重点实验室研制成功的自动化高速电弧喷涂技术已成功应用于中国重汽济南复强动力有限公司重载斯太尔发动机再制造生产线，再制造生产汽车发动机曲轴和缸体等重要零部件，提高了再制造生产质量和效率。

4.3.3 自动化微束等离子弧熔覆技术

（1）技术介绍：等离子弧是一种导电截面收缩比较小、能量更加集中的电弧。由于电弧受到热压缩、机械压缩和电磁压缩，其能量密度远高于其它形式的焊接电弧。一般把焊接电流小于 30A 的等离子电弧称为微束等离子电弧，该电弧的最小电流可以稳定工作在 0.5A 以下，因而可以精确控制焊接过程或成形过程中的热输入量。自动化微束等离子弧熔覆技术则是以微束等离子弧为热源，对由变位机夹持的零部件表面进行熔覆，实现零部件修复或再制造的表面技术。

（2）技术适用条件：适用于结构形状较复杂，结合强度要求高的汽车零件再制造。

（3）节能减排效果：运用该技术提高了较复杂机械产品的再制造效率和质量，节能减排效果明显。

（4）成本效益分析：利用该技术对废旧斯太尔发动机排气门密封锥面进行了再制造。再制造后气门变形量小，表面硬度恢复到新品数值，力学性能满足要求。每只新品排气门价值 70 元，而再制造一个废旧排气门的成本约为 10 元。

（5）技术推广应用情况：装甲兵工程学院装备再制造技术国防科技重点实验室研制成功的自动化微束等离子弧熔覆技术已应用于中国重汽济南复强动力有限公司重载斯太尔发动机再制造生产线，再制造生产发动机排气门密封锥面等零部件，提高了再制造生产质量和效率。。

4.3.4 激光熔覆再制造技术

（1）技术介绍：利用大功率激光束聚集能量极高的特点，瞬间将被加工件表面微熔，同时使零件表面预置或与激光束同步自动送置的合金粉完全熔化，获得与基体冶金结合的致密熔覆层。

（2）技术适用条件：用于结构较复杂、精度要求高、要求冶金结合的汽车零件再制造。

（3）节能减排效果：利用激光熔覆技术在低廉的基体材料上面用高功率激光熔覆一层高性能材料，制备具有优异的耐磨性、耐腐蚀性、抗高温性、高减摩性涂层，代替昂贵的块体材料。

（4）成本效益分析：燃气轮机由于其在高达 1300℃的高温条件下工作，经常会发生损伤。采用激光再制造技术将其缺陷全部修复完好，恢复其使用性能，费用仅为新机组价格的 1/10。

（5）技术推广应用情况：该类激光加工技术已在石化、电力、冶金、航空等各行业的大型设备零部件再制造和修复中得到应用。

4.3.5 再制造坯料高温分解清洁技术

（1）技术介绍：高温分解式热清洁方式分成两个步骤完成清洁过程：首先，污染零件在高温分解炉内以特定温度烘焙，将表面污物中的有机物充分蒸发，并进入二次燃烧室完全燃烧，分解为二氧化碳和水蒸汽，排放到大气中，固体残留物可直接当做普通垃圾处理；其次，使用专用抛丸机处理高温分解过的零件表面，通过特殊的工艺，既清洁了表面的残留物又不损伤零件本身。

（2）技术适用条件：适用于污垢严重且结构复杂的汽车零件再制造，如发动机缸体和缸盖。

（3）节能减排效果：由于采用机械清洁系统，而非传统的溶液清洁，其废弃物主要是固体，不产生废液，处理过程废弃物排放量少，优于传统清洁技术。

（4）成本效益分析：热分解清洁方式在欧美发达国家已广泛使用，对于大体积零件、大批量处理效果良好。但是，国外进口设备价格高昂，影响了这种环保型清洁方式在国内的推广。根据我国汽车零部件再制造行业的实际需求，研究开发出的国产再制造坯料高温分解热清洁技术设备填补国内空白，节省了再制造企业的成本。

（5）技术推广应用情况：国内企业自行开发的该类设备已在国内的再制造企业中得到应用。

第五章 节能减排新技术动态

5.1 生产环节

5.1.1 新式纯水一级反渗透浓缩水活用技术

通常纯水制备过程中，一级反渗透的浓缩水一般收集到浓缩水箱内，再由浓缩水箱通过泵输送到使用点进行活用，如卫生间等，实际上，这种浓缩水使用效率并不高，因为浓缩水是连续产生，而厕所通常只能间歇使用，这样造成大量浓缩水并不能有效使用，大量浓缩水只能通过污水管流到污水处理站进行处理。

新式纯水一级反渗透浓缩水活用技术方法：在浓缩水进入浓缩水箱前，经过专用设备进行处理，处理后的浓缩水一部分（离子浓度更高）进入到浓缩水箱内，用于卫生间等使用，另一部分（净化后的离子浓度低），直接进入到原水箱内，和工业水混合，直接用于制取纯水的原水，能够利用的浓缩水约占总浓缩水的60%，此部分浓缩水能够进行连续使用。

目前此项技术国内正处于试验推广阶段，应用前景广阔。目前此项技术知识产权主要由相关纯水设备企业掌握。

5.1.2 轻合金成形技术

用于开发轻量化车身，主要应用的材料为铝合金。通常的纯铝强度和冷冲压性能不如钢，需要添加合金元素来提高其强度和成形性能。同时在模具设计上与钢板的冲压成形模具有所不同。铝合金车身具有安全、可回收、重量轻等特点。与相同体积的钢相比，铝合金车身重量可减轻 30%至 40%，这就意味着更低的油耗和更佳的动力性能。国外很多汽车制造商都推出了全铝车身轿车（如奥迪、保时捷、奔驰等），因此，全铝轻量化车身制造技术是汽车制造技术发展趋势。

5.1.3 复合材料成形技术

将两种或多种材料复合为一体，能获得比单一种类材料更好的具有优异综合性能的复合材料。例如不锈钢复合铝板就是一种新型复合材料，它既具备不锈钢优良的耐腐蚀、高强度、高延伸性能及表面光亮的特点，同时具备铝的重量轻等性能。复合材料具有重量轻、隔热保温性好、刚性和消音、吸震减振性也非常优良等优点。但是，要使这种层状金属复合材料得到更广泛地应用，复合成形方法还需在金属板料的成形、塑料成型和塑料与金属板料的界面粘接等方面寻求更佳的解决办法。这些技术问题得到了彻底的解决，复合材料及其成形技术将在汽车

制造业中被大量应用。

5.1.4 涂装烘干室节能减排技术发展动态

目前主流轿车车身涂装工艺是：涂装电泳底漆→中涂→面漆（底色漆和罩光清漆），一般都是涂一道漆，烘干一次，冷却一次（4C3B），且处理温度都在 140℃左右。节能减排技术进步有三个主要方向：1、改进所用涂料的干燥性能（低温化、快速化、自干替代烘干）；2、开发适应“湿碰湿”工艺的成套汽车用涂料，取消或合并烘干工序；3、选用或开发创新涂膜的固化方法及节能型干燥设备，如 UV 和热双固化法及设备。

在汽车厂、涂装材料厂和涂装设备厂三方通力协作下，取得了较大进展，如实现了 CED 涂料低温烘干（170℃～180℃→150℃），PVC 涂料不单独烘干；开发出适用于“湿碰湿”（3CIB，4C2B）工艺的成套汽车涂料等科技成果等。“湿碰湿”涂装工艺，有取消中涂烘干工序的中涂、底色漆、罩光三涂层“湿碰湿”一起烘干的 3CIB 涂装工艺；以及电泳底漆与中涂一起烘干的 2C1B“湿碰湿”工艺。日本马自达汽车公司开发应用的 3CIB 中涂面漆涂装工艺，是以低溶剂 3CIB 专用涂料和优化喷涂工艺设计为基础，同时实现降低 VOC 和 CO_2 排出量，是高效率和工序集中化的节能省涂料的新涂装工艺。低溶剂型 3CIB 专用涂料能防止中涂/底色层界面混溶现象（如色混浊和光泽下降），具有界面控制功能。喷涂工艺设计优化还包括取消内板中涂，在确保涂层平滑性和外观基础上各层膜厚适当化，在不延长原有的面漆喷漆室中追加中涂涂装，采用喷涂机器人替代往复式自动静电涂装机等内容。为进一步削减 VOC 排出量，马自达公司也着手开发水性涂料 3CIB 涂装工艺。德国奔驰公司 Rastatt 工厂开发采用了水性中涂/水性底色漆/粉末浆状罩光涂料的 3CIB 涂装工艺。日本大发公司大分工厂开发了采用水性中涂/水性底色漆/高固体分溶剂型罩光清漆的水性 3C1B 涂装工艺。电泳底漆和中涂两涂层“湿碰湿”工艺虽可提高面漆涂装设计的自由度，但必须要在 150℃以上烘干，如果不能充分控制电泳底漆/中涂的界面，可能会造成防锈性、耐黄变性和耐崩裂性等下降。还有抗石击车底涂料辅助材料的涂装，需从工程面上统筹解决。近年来国外公司在开发自干型（空气干燥）无 PVC 车底涂料、焊缝密封胶替代现用的 PVC 系列车底涂料和焊缝密封胶。日本丰田公司正在开发湿气固化（Moisture cure）聚氨酯系列车底涂料，是一种橡胶型弹性变形材料，不含 PVC、重金属和溶剂，是自干型不需烘干室，在车身涂装合格后涂布，具有耐崩裂性和防声阻尼功能。

5.1.5 涂装喷漆室节能减排技术发展动态

喷漆室 CO_2 排放量约占整个涂装生产线的 50%，是汽车涂装生产线节能减

排最重要的环节。削减喷漆室 CO_2 排放量的主要技术进步方向：1、加热和冷却能源的选择。如加热源用天然气，CO_2 排出量少，要比液化石油气（丁烷）CO_2 排出量减少 8%以上；2、降低喷漆室工艺长度、削减喷漆室宽度、降低喷漆室风速是减少喷漆室供排风量的三要素。在涂装工艺设计、涂装机选择和气流控制技术方面应充分探讨以上要素。3、控制空调温度（供气温湿度设定值和 CO_2 排出量的关系）。不随气象条件变化保持全年恒温恒湿，喷漆室的耗能和 CO_2 排出量最大，随季节分别设定温湿度值范围，则能大幅度地削减 CO_2 排出量。如果按水性涂料特性（水的蒸发度与饱和度依存关系），将全年管理温度的范围扩大，则效果更大。这与水性涂料的喷涂施工窗口有关，需开发采用温度范围大的水性涂料。4、在设备上改进，选用节能型配套件和热能动能回收装置。如设计低压损洗净器和空调装置，选用高效率的电动机、风机和照明器具，全热交换器和排风循环利用等。5、在运行时加强维护管理。如休息时间段的喷漆室停止运行或降低风量，不要照明区域息灯；灵活应用变频技术等。

今后 10 年将是全世界汽车涂装工艺大变革的时期。涂装工艺进一步简化，精确的工艺控制技术（如模拟技术、智能化技术）和节能减排技术及设备开始应用，并将进一步普及，环保型涂料材料将全面替代传统涂装磷化处理药剂和有机溶剂型涂料等含对地球环境有害物质的涂装材料。以轿车车身的工艺为例，采用由无磷酸盐的处理工艺和超高泳透力阴极电泳涂料组成的新防蚀涂装工艺、采用自干型车底涂料和密封胶涂装工艺和 3CIB 中涂面漆涂装工艺等新材料、新工艺后，可缩短现行的涂装工艺前处理、电泳线长度；取消 PVC 线，将涂布工位转移到车身焊装车间和车身内饰装配前；取消了中涂线，使轿车车身涂装线的长度大幅度地缩短，在实现 VOC 和 CO_2 排出量双下降的同时，能耗和涂装成本也将大幅度降低。

5.2 产品环节

汽车行业节能减排成为了国际汽车工业的一致战略选择。上世纪 70 年代以来，各国政府从提高未来国家汽车产业竞争力和保持经济、社会可持续发展的战略高度，积极推动新能源汽车的发展。通过制定国家发展战略、组织大规模的政府企业合作伙伴计划、实施市场导入期的扶持政策等措施，一方面在推进传统那个汽车节能减排水平提升的同时，积极鼓励新能源汽车的研制与推广应用。近几年，全球能源与环境的严峻形势、特别是国际金融危机对汽车产业的巨大冲击，推动世界各国掀起了交通能源战略转型的热潮。在各种汽车技术路线中，以纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车为代表的电动汽车被普遍认为是未来汽车能源动力系统发展的主要方向，已经成为世界主要发达国家和主要汽车制造商的

战略重点。世界范围内相继有多款产品上市，取得了良好的效应。在具体的单项技术上，也涌现出各种新的尝试和突破。

5.2.1 馈能式电动主动悬架

主动悬架可显著改善车辆总体性能，但高能耗是限制其在市场上推广的主要因素之一。其实，振动也是一种能量。当车辆行驶时，由不平路面激励引起的振动能量一直未被重视及利用，如果能对这些有害的振动能量加以回收，并将其转化为车辆直接可利用的能量形式如电能等，则可减小主动悬架的能耗，使车辆在提高行驶平顺性的同时减少运行成本。随着近年来燃油价格的不断攀升，汽车电子化对用电需求的迅猛增长，以及电动汽车、混合动力汽车等新能源汽车研发的蓬勃兴起，如何回收和利用不平路面行驶车辆的振动能逐渐成为关注热点。博世等公司相继投入研发，并相继有产品推出。

利用电机电磁感应与转速成正比特性，在提供阻尼力抑制不平路面激励引起的车身震动的同时，将振动机械能转化为电能存储于蓄电介质以备再用，从而回收由于不平路面激励引起的振动能量。

5.2.2 电动汽车非接触式充电技术

非接触式充电技术主要依靠太阳能板收集太阳能，然后转化为电能以此为电动汽车提供便利的充电条件。非接触式充电技术有电磁感应、磁共振和微波三种主要类型，目前日产汽车在电磁感应领域技术较为成熟，该技术利用电磁感应原理，当送电线圈中有交变电流通过时，发送线圈和接收线圈之间产生交替变化的磁束，由此在次级线圈产生随磁束变化的感应电动势，通过接收线圈端子对外输出交变电流，从而为车载电池组进行充电。

首先让我们看看电磁感应的优势，它可以使充电过程更为便利，只需车子停在充电点之上，而无需再使用任何充电设备，但是由于送电距离比较短（约100mm 左右），并且当送电与接受两部分出现较大偏差时，电力传输效率就会明显下降。虽然电磁感应充电方式，距离大规模实行还有很长的路要走，不过从目前的发展来看，此方式的可行性较大。

5.3 回收利用环节

5.3.1 报废汽车粉碎及 ASR 分选技术

为提高报废汽车的材料回收利用率，欧盟、日本的发达国家的废弃物处理企业对报废汽车的拆解后处理采用“粉碎+分选”的技术路线（例如：大众-Sicon 工艺），并已经取得了良好的成效。采用机械自动化粉碎、材料分选（包括磁选、

风选、重力分选等）的方式，将报废汽车拆解后的钢铁、有色金属、塑料、橡胶、泡沫、纤维等材料分类分选出来，以便于下游材料企业对各类材料进行最大限度的利用。例如粉碎后的颗粒物可以作为还原剂进焚烧炉；粉碎纤维可以在污水污泥处理中作为脱水剂；粉碎粉末可以作为原材料用于金属冶炼。

该技术最大限度的分离和回收各类材料，最大程度上减少了固体废弃物的填埋量，使报废汽车回收利用率达到 95%以上。机械自动化的处理方式具有良好的环保性，同时节省了大量的人工成本。从国外的发展趋势看，“破碎+分选”技术逐渐成为报废汽车处理的主导方式，随着国内报废汽车回收量的增加，未来必然出现使用破碎分选技术的报废汽车处理企业。