



普通高等教育“十二五”汽车类规划教材

汽车节能技术

◎ 张军 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”汽车类规划教材

汽车节能技术

张 军 等编著



机械工业出版社

本书以汽车的四大组成部分为主干,分别讲述各部分涉及的节能技术,同时又添加了许多新能源汽车特有的知识。本书力求反映汽车节能技术的最新成果,结合新能源汽车的迅猛发展,将节能理念与汽车技术紧密结合,展示汽车技术与节能技术相互融合的发展趋势。

本书可作为相关院校汽车工程相关专业本科生、研究生的教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车节能技术/张军等编著. —北京:机械工业出版社, 2014. 3

普通高等教育“十二五”汽车类规划教材

ISBN 978-7-111-45716-9

I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车节油 - 高等学校 - 教材 IV. ①
U471. 23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 023550 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:何士娟 责任编辑:何士娟

版式设计:常天培 责任校对:纪敬

封面设计:张静 责任印制:李洋

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2014 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13.5 印张·328 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45716-9

定价:29.90 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材为配合新能源汽车与节能技术专业方向的教学任务而编写，目的是进一步加强专用教材建设，服务于高校教学和人才培养，服务于社会对汽车技术发展的知识需求。全书以汽车的四大组成部分为主干，分别讲述各部分涉及的节能技术，同时又添加了许多新能源汽车特有的知识。本书力求反映汽车节能技术的最新成果，结合新能源汽车的迅猛发展，将节能理念与汽车技术紧密结合，展示汽车技术与节能技术相互融合的发展趋势。

本书由北京理工大学机械与车辆学院组织编写，由张军统稿，各章节分工如下：第一章由张军编写，第二章由张虹、张付军、黄英、刘波澜编写，第三章由刘昭度、王军、施国标和张军共同编写，第四章由陈潇凯和王文伟编写，第五章由张军、曹万科和南金瑞编写，第六章由张军编写。本书编写过程中还参考了相关教材、专著和期刊论文等文献，也得到其他同事和领导的关心和支持，还有欧欣妍、唐建华、王云龙、田锐等研究生参与文档整理工作，在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 能源与环境	1
一、能源定义	1
二、能源现状	1
三、汽车的能源消耗	4
四、环境污染	6
第二节 节能基本原理	7
一、节能的定义	7
二、节能的内容	8
三、节能基本理论	10
第三节 节能技术评价	12
一、生命周期评价方法	12
二、经济性评价方法	14
三、能源效率评价	16
第四节 汽车节能的评价指标和方法	17
一、汽车节能的定义	17
二、汽车节能评价和方法	17
三、汽车节能影响因素和途径	18
第二章 汽车发动机节能技术	19
第一节 概述	19
第二节 发动机节能影响因素	20
一、影响发动机热效率的因素	20
二、影响发动机轻量化的因素	22
第三节 提高发动机充气效率	22
一、减少进气系统的流动损失	23
二、减少整个进气管道的流动阻力	25
三、减少对新鲜充气量的加热	25
四、减少排气系统的阻力	25
五、合理地选择配气相位	25
第四节 汽油机稀薄燃烧技术	26
一、均质稀薄燃烧技术	27
二、分层燃烧技术	28
第五节 废气涡轮增压发动机	37
一、概述	37

二、涡轮增压器的基本构造和原理	40
三、径流式涡轮的性能	42
四、压气机的性能	43
五、涡轮增压器和发动机的匹配	44
六、涡轮增压器匹配的调节	46
七、新型涡轮增压系统	47
第六节 汽油机燃油喷射与点火系统电子控制	51
一、概述	51
二、电子控制汽油喷射的基本概念	51
三、微处理器控制的点火系统	54
第七节 柴油机燃油喷射系统电子控制	57
一、直列泵电子控制燃油喷射系统的组成和工作原理	58
二、时间控制式的电控燃油喷射系统的工作原理	59
三、共轨燃油喷射系统的组成和工作原理	60
第八节 替代燃料汽车动力系统	62
一、天然气汽车	64
二、液化石油气汽车	67
三、醇类燃料汽车	70
四、氢气汽车	73
第三章 汽车底盘节能技术	76
第一节 变速器节能技术	76
一、机械变速器	76
二、液力自动变速器	76
三、机械无级变速器	77
四、自动机械变速器	79
五、双离合器自动变速器	80
六、各种形式变速器的比较	81
第二节 发动机与传动系的匹配对燃料经济性的影响	81
一、最小传动比的选择对燃料经济性的影响	81
二、变速器与主减速器传动比的匹配对燃料经济性的影响	83
三、发动机、变速器与主减速器传动比对燃料经济性的影响	84
四、考虑到燃料经济性的发动机和传动系统的性能匹配	86
五、汽车的起-停系统	88
第三节 汽车运用与燃料经济性的关系	88
一、汽车技术状态对燃料经济性的影响	88
二、驾驶技术对燃料经济性的影响	90
第四节 汽车制动能量回收系统	91
一、概述	91
二、制动能量回收	92
三、电动汽车制动能量回收	94



四、制动能量回收产品举例	98
第五节 低阻轮胎技术	101
一、轮胎滚动阻力的基本概念	101
二、降低轮胎滚动阻力的对策措施	104
三、低滚阻轮胎设计	107
第六节 动力转向技术	110
一、液压动力转向系统	110
二、电控液压动力转向系统	112
三、电动助力转向	113
四、动力转向能耗对比分析	116
第七节 振动能量回收	117
一、概述	117
二、汽车减振器消耗的能量	119
三、馈能式减振器系统	121
第四章 汽车车身轻量化技术	128
第一节 低风阻车身设计	128
一、汽车车身气动六分力	128
二、车身气动阻力	130
三、车身气动减阻节能技术	137
第二节 汽车车身结构轻量化技术	141
一、轻量化材料	142
二、轻量化结构设计	151
三、轻量化制造	157
第五章 汽车电器节能技术	161
第一节 汽车电压体制	161
一、汽车电源系统概述	161
二、汽车电源电压的演变	161
三、14V 汽车电源电压面临的问题	162
四、42V 汽车电源系统	164
五、汽车电源系统电压体制的展望	167
第二节 车用空调节能技术	168
一、车用电动空调的功能	168
二、汽车空调的发展历程	169
三、汽车空调性能及评价	170
四、电动汽车空调的特点	171
五、电动空调系统类型	172
第三节 汽车车灯节能技术	181
一、概述	181
二、汽车照明节能技术	182
第四节 汽车整车控制技术	185

一、整车控制技术简介	185
二、整车控制系统的结构组成	185
三、整车控制器的系统结构和功能定义	189
第六章 替代动力系统	194
第一节 纯电动汽车	194
一、概述	194
二、纯电动汽车结构组成及关键技术	195
三、纯电动汽车特点	197
四、电动汽车应用实例	197
第二节 混合动力汽车	198
一、概述	198
二、混合动力汽车类型	199
三、混合动力汽车关键技术及发展趋势	201
第三节 燃料电池电动汽车	202
第四节 太阳能汽车	203
参考文献	207

第一章 绪 论

第一节 能源与环境

一、能源定义

能源，可简单地理解为能提供能量的资源，是能量的来源或载体，能量存在于这些来源或载体之中。这些来源或载体，要么来自物质，要么来自物质的运动，前者如天然气、煤炭等矿物燃料（又称化石燃料），后者如风流、水流、海浪、潮汐等。

从广义上讲，在自然界里有一些自然资源本身就拥有某种形式的能量，它们在一定条件下能够转换成人们所需要的能量形式，这种自然资源就是能源，如煤、石油、天然气、太阳能、风能、水能、地热能 and 核能等。但生产和生活过程中由于需要或为便于运输和使用，常将上述能源经过一定的加工、转换，使之成为更符合使用要求的能量来源，如煤气、电力、焦炭、蒸汽、沼气和氢能等，它们也称为能源。

能源常见的分类方法有三种：

第一种是根据能否再生，将能源分为可再生能源和非再生能源。可再生能源指那些可以连续再生，不会因使用而日益减少的能源。这类能源大都直接或间接来自太阳，如太阳能、水能、风能、潮汐能、地热能 and 生物质能等。非再生能源指那些不能循环再生的能源，如石油、煤炭、天然气等化石能源。

第二种是按有无加工转换，将能源分为一次能源、二次能源和终端能源。一次能源指自然界自然存在的、未经加工或转换的能源，如原煤、原油、天然气、天然铀矿、太阳能、水能、风能、海洋能、地热能 and 薪柴等。二次能源即由一次能源直接或间接加工、转换而来的能源，如电、蒸汽、焦炭、煤气 and 氢等，它们使用方便、易于利用，是高品质的能源。终端能源指通过用能设备供消费者使用的能源，如经电线输送的电能、经煤气管道输送的煤气。二次能源或一次能源一般经输送、储存 and 分配都成为终端使用的能源。

第三种是按被利用的程度分为常规能源和新能源。常规能源是开发利用时间长、技术成熟、能大量生产并广泛使用的能源，如石油、煤炭、天然气、水能 and 薪柴燃料等。常规能源有时又被称为传统能源。新能源指目前尚未得到广泛使用、有待科学技术的发展以期更有效开发的能源，如太阳能、地热能、海洋能、风能、核能 and 生物质能等。

除了上述三种常见的分类方法外，世界能源会议推荐的能源分类更为直接：按能源的性质分类，分为固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、核能、电能、太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能 and 核聚变。

二、能源现状

目前人类使用的能源最主要的还是不可再生能源，如煤炭、石油、天然气 and 裂变核燃料

等,它们约占能源总消费量的90%左右,再生能源如水能、植物燃料等只占10%左右,而绝大多数的车用能源仍然是化石燃料。

石油又称原油,是目前消耗能源当量最大的化石燃料。它是一种天然的、黄褐色或黑色的、呈流动或半流动态的黏稠可燃液体烃类混合物。它经过加工被处理成天然气、汽油、煤油、柴油和润滑油等其他许多种衍生产品,是当前最重要的化工原料及液体燃料。

目前世界上已找到近30000个油田和7500个气田,这些油、气田分布于地壳上六大稳定板块及其周围的大陆架地区。在全世界156个较大的盆地内,几乎均有油、气田,但分布极不平衡,主要分布在中东、俄罗斯、委内瑞拉等国家或地区。石油资源的储量数据有地质资源量、可采资源量、探明储量及剩余可采储量。一般情况下,石油资源的储量数据都为剩余可采储量,即使有些资料上注明的是已探明储量,实际上也是已探明的可采储量,就是剩余可采储量。《BP世界能源统计》会在当年发布上一年的世界一次能源分布数据。石油的原始数据是以“桶”为单位的,在引用过程中,有些学者将其直接引用,有些学者则将其换算成以“吨”为单位,其中1桶=0.13697t。例如,据BP的统计数据,2010年年底石油探明储量世界前18位的国家排名如图1-1所示。

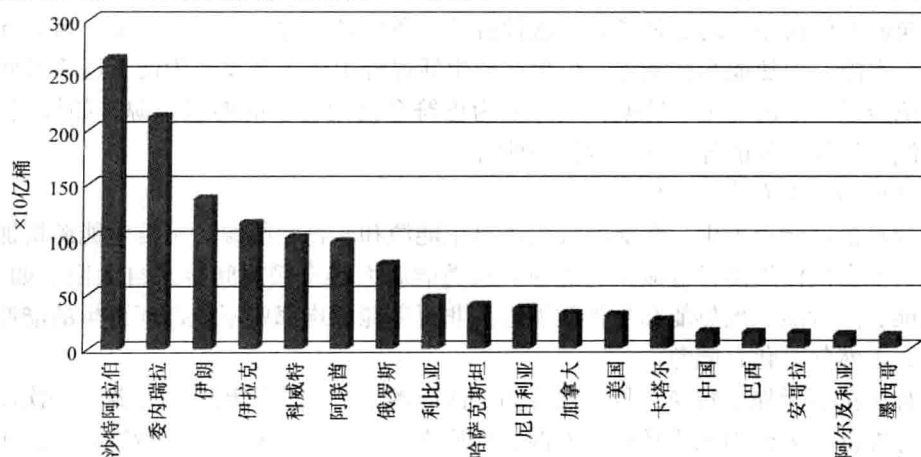


图1-1 2010年底世界石油储量排名(前18名)

(注:中国的统计数据不包括中国香港特别行政区、澳门特别行政区和中国台湾地区)

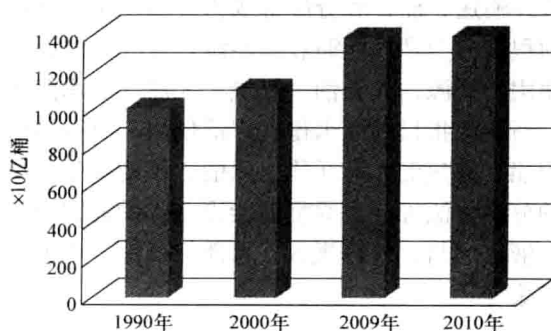


图1-2 1990—2010年底世界石油探明储量情况

据 BP2011 年报告的数据,截止到 2010 年年底,世界石油探明储量 1888 亿 t,比 2009 年年底(13766 亿桶)大约增加了 66 亿桶,如图 1-2 所示。其中中东地区为 1018 亿 t,约占世界总量的 54.4%,中南美洲为 343 亿 t,占世界总量的 17.3%,欧洲和前苏联为 190 亿 t,占世界总量的 10.1%,其他地区均不足 10%,如图 1-3 所示。

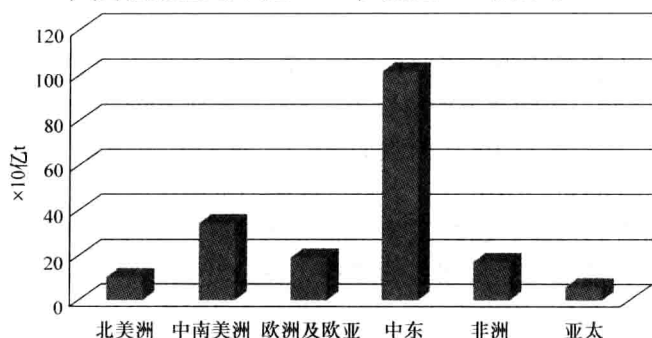


图 1-3 2010 年底世界各主要产油区石油探明储量情况

根据 2000 年的资料,我国石油的地质资源量为 1020 亿 t,可开采资源量为 14.4 亿 t,探明储量为 197.7 亿 t,实际剩余可开采量为 23.98 亿 t。但据 BP 年报数据,2010 年年底,中国石油储量(实际剩余可开采量)为 148 亿桶,折合 20 亿 t,储采比为 9.9 年,占全球探明储量的 1.1%,世界排名第 14 位。

石油消费量与经济有着直接的联系。一般而言,经济发达的地区,人均石油消费量就高。比如,2010 年亚太地区消费石油 2723.7 万桶/日,占全世界每天石油消费的 31.5%。随着我国经济的强劲发展,2010 年我国的石油消费总量为 905.7 万桶/日,占全世界每天石油消费的 10.6%,如图 1-4 所示。

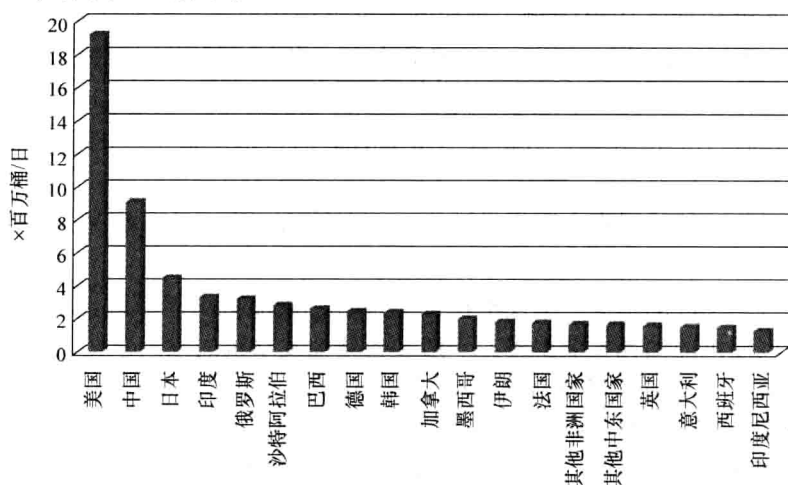


图 1-4 2010 年世界各主要石油消耗国每日消耗量排名

从目前世界能源分布和储量的总体情况来看,石油主要分布在中东地区和中南美洲地区,天然气主要分布在前苏联和中东地区,煤炭大多分布在亚太、北美和欧洲地区。从产量看,石油产量中东占有优势,天然气主要产自北美和前苏联,煤炭主要产自亚太和北美地



区。从消费量看,石油消费以北美、亚太和欧洲为主,天然气消费主要集中在北美和前苏联地区,煤炭消费以亚太和北美为主,核电消费主要在欧洲和北美地区,水电消费主要在北美、欧洲和亚太地区。位于世界前 10 位国家的储量和消费量在世界总量中占有较大份额,其中有些国家占有明显优势,如沙特阿拉伯的石油储量、俄罗斯的天然气储量、美国的能源消费量等。

2010 年,全球一次能源消费增幅为 5.6%,是 1973 年以来增长最快的一年(按百分比计算)。经合组织国家的一次能源消费增幅为 3.5%,达到 1984 年以来的最高水平,尽管经合组织国家的消费水平仍然与 10 年前大致相当。非经合组织国家的一次能源消费增长 7.5%,比 2000 年提高 63%。2010 年,各地区能源消费增长速度,均高于各地区平均水平。我国的能源消费增幅为 11.9%,已赶超美国成为世界最大能源消费国,占全球能源消费的 20.3%。2010 年石油仍然是全球最主要的燃料,占全球能源消费的 33.6%,煤炭 29.6%、天然气 23.8%、核电 5.2%、水电 6.4%、可再生能源 1.4%。

我国的煤炭、石油和水能的储量在总量上居世界前十,其中水能储量居世界第一,但我国的人均能源储量低于世界平均水平,如石油大约是世界人均储量的 9.7%,煤炭为世界人均储量的 61%,天然气仅为世界人均储量的 6.3%。由此可见,我国整体的人均能源储量在世界上属于偏低水平。

三、汽车的能源消耗

汽车的能源消耗可以分为两部分:一部分是汽车作为交通运输工具,在完成运输工作过程中的能耗;另一部分是汽车作为一个产品,在生产过程中的能耗。前者能耗与汽车技术参数和基础设施等有关系;后者的能耗与国家工业化水平和汽车生产工艺等有很大关系。

汽车工业是我国国民经济的支柱产业之一,随着近年来汽车产业井喷式的发展,2011 年,我国汽车产销量双超 1840 万辆,再次刷新全球历史纪录。汽车工业产值接近我国工业总产值的 5%,这在一定程度上影响了我国单位 GDP 能耗的数值。汽车工业是能耗大户,我国每年新增石油需求的 2/3 用于交通运输业。汽车产业的迅猛发展使我国的石油战略面临的压力日渐增加。在过去 15 年里,我国成为世界石油消费增长最快的国家,而汽车的能耗占总能耗的前列。

影响汽车运行油耗的因素主要有发动机、整车结构、汽车技术状况、道路条件及汽车运用水平等因素。

发动机对汽车油耗的影响:从发动机种类来看,柴油机由于压缩比比汽油机要高得多,因此柴油机比汽油机的油耗要低得多,一般装备柴油发动机的乘用车比装备汽油发动机的乘用车节油 18% 左右,柴油发动机载货汽车比汽油发动机载货汽车节油 30% 左右。目前世界各国正在积极推行轻型货车和乘用车的柴油化进程,德国在总质量为 2~5t 的载货汽车中有 95% 左右已用柴油机,日本约为 90%。从发动机结构来说,压缩比高、有完善的供油系统及合理的燃烧室形状、采用高能电子点火系统等都能降低发动机的比油耗(单位有效功的耗油量,以每千瓦小时所消耗的燃料重量来表示)。

整车结构方面对汽车油耗的影响:汽车总质量影响汽车的滚动阻力、坡道阻力和加速阻力,对汽车的燃油经济性影响很大。目前汽车上广泛采用轻质材料,大大减轻汽车自重,有利于提高燃油经济性。汽车速度不高时,空气阻力对汽车的燃料消耗影响不大,但当车速超

过 50km/h, 空气阻力对汽车燃料经济性的影响逐步明显。减少空气阻力主要是通过减少汽车的空气阻力系数来实现的, 汽车制造厂通过整车的风洞试验研究使汽车外形接近最优化。汽车传动系数越高, 传递动力的过程中能量损失就越小, 汽车的油耗也就越低。目前机械齿轮变速器要比液力自动变速器的传动效率高, 因此自动变速器的汽车虽然驾驶方便, 但汽车油耗较高, 这是机械齿轮变速器没有被自动变速器完全取代的主要原因。轮胎结构对滚动阻力系数影响很大, 改善轮胎的结构, 可以减少汽车的油耗。

汽车技术状况主要指汽车随着使用时间的增长, 其性能也在逐步发生变化, 车辆的技术状况差、故障多, 对汽车的行驶油耗影响很大。所以当感觉车辆有异样时, 应立即对车辆进行检查。

道路条件对汽车的油耗影响非常大, GB/T 4352—2007《载货汽车运行燃料消耗量》及 GB 4353—2007《载客汽车运行燃料消耗量》把我国的道路分为 6 类。根据试验研究的结果, 如以 1 类道路的汽车油耗为基数, 汽车在 2 类道路上行驶油耗要高 10%, 在 3 类道路上要高 25%, 在 4 类道路上要高 35%, 在 5 类道路上要高 45%, 在 6 类道路上要高 70%。

汽车运用水平对汽车油耗的影响主要体现在车辆调度及驾驶操作方面。调度不当, 使汽车的实载率降低或行驶路线不合理等, 导致汽车油耗上升是显而易见的。而汽车在行驶中, 发动机冷却系统温度过高或过低, 也可使汽车油耗上升 12% ~ 15%。驾驶人的操作技术好坏, 能使汽车的行驶油耗相差 7% ~ 25%。

汽车在行驶时, 不仅驱动力和行驶阻力相互平衡, 发动机功率和汽车行驶的阻力功率也总是平衡的。就是说, 在汽车行驶的每一瞬间, 发动机发出的功率始终等于机械传动损失功率与全部运动阻力所消耗的功率。汽车运动阻力所消耗的功率分别为滚动阻力功率 P_f 、空气阻力功率 P_w 、坡度阻力功率 P_i 及加速阻力功率 P_j 。若汽车行驶车速为 v_a , 经单位换算整理出汽车行驶消耗的功率方程式如下 (式中功率单位为 kW):

$$P_e = \frac{1}{\eta_T} \left(\frac{Gf v_a}{3600} + \frac{Giv_a}{3600} + \frac{C_D A v_a^3}{76140} + \frac{\delta m v_a}{3600} \frac{dv}{dt} \right)$$

式中, P_e 为发动机功率, 汽车经常遇到的阻力功率为滚动阻力功率 (括号中第一项) 和空气阻力功率 (括号中第三项)。由上式可以看出, 滚动阻力功率在低速范围内为一条斜直线, 在高速时由于滚动阻力系数 f 随着车速 v_a 而增大, 所以 P_f 随 v_a 以更快的速率加大; 空气阻力功率则是车速 v_a 的三次函数, 所以当汽车高速行驶时, 汽车主要克服空气阻力功率。

汽车行业按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、车用发动机和配件等)。其中, 占企业总数量不足 5% 的整车企业, 工业总产值占到全行业的 60% 左右, 能源消耗量占全行业的 50% 左右。对于整车企业而言, 由于产品不同、产量不同、地理位置不同, 单位产品的能耗会有一定差距。即使对于产品类似、产量接近、制造工艺类似以及地理位置接近的企业, 由于企业的规划设计方案不同和运行管理方面的差异, 不同企业间单位产品能耗可相差 50% 以上。这说明汽车工业产业链长、关联度大, 能源消耗集中, 做好每一个生产环节的节能工作对整个汽车行业的节能都有举足轻重的影响。

除整车制造企业外, 毛坯和零部件制造企业通常单位产值的能耗较高。近年来, 欧洲关闭了大量的铸、锻企业, 这些企业的二手设备基本上被中国、印度所引进, 因此未来几年中国铸、锻件产能将大幅度提高, 并向发达国家出口。因此及时考虑好铸、锻企业的节能措施, 对汽车行业的节能也有重要意义。



四、环境污染

环境污染是指人类向环境中排放废弃物的数量超过了环境的自净能力而引发的环境问题。例如,工业“三废”不加处理排放到大气、江河、湖海和土壤中,造成大气污染、水污染、土壤污染;人们生产和生活产生的大量垃圾,造成固体废弃物污染;交通、工厂等造成的噪声污染;放射性泄漏产生的放射性污染等。

城市是人类对环境影响最深刻、最集中的地方,也是环境污染最严重的地方。为此付出的代价是,据我国专家偏保守的估计,每年由于环境污染和生态破坏所造成的经济损失高达2000亿元;另据流行病学调查,我国空气污染导致呼吸系统疾病发病率的归因百分比为30%以上;全国的城市道路交通噪声声级基本在70~76dB之间,据40多个城市监测,92.8%的城市交通噪声平均声级超过70dB的极限值;多数城市环境噪声污染状况也呈逐渐恶化趋势,全国2/3城市居民在噪声超标环境下工作和生活。我国工业固体废物的产生量和堆存量以平均每年2000万t的速度增长,2010年工业固体废物产生量达到24.09亿t。城市垃圾以每年10%的速度增加,造成垃圾包围城市的严重局面。固体废物中含有各种有毒、有害物质,扬尘污染大气,渗滤液污染地表水和地下水,堆存物污染农田,造成土壤质量下降,并成为重大的环境隐患。

汽车对生态环境造成的影响是巨大的,汽车污染已成为威胁人类生存的一个全球性问题。联合国环保组织的调查结果显示,目前世界范围城市中的空气污染,50%来自燃油汽车的废气排放,而汽车拥有最集中的欧美国家的一些城市,空气污染源的60%来自汽车废气。随着机动车保有量的剧增,机动车尾气污染问题日显严重,我国各大城市的环境污染正从煤烟型向汽车尾气型转化。如广州空气主要污染源中,机动车尾气占22%,工业排放占20.4%。作为环保模范城市的深圳,机动车尾气污染竟达到了大气污染的70%,而且还在以每年20%的速度上升。因此,控制汽车废气污染成为全球性重要而紧迫的问题。

使用汽车所造成环境污染的因素是多方面的,它是一个多元复合系统。因此,对汽车污染的认识与评估也应该从系统思维的角度出发。汽车污染具有流动性,因为汽车是流动污染源,在某些方面其污染物扩散和污染危害比固定污染源还难以处理。汽车污染又具有广泛性,主要体现在其污染形式的多样性及污染地域、污染时间的全面性。随着汽车的不断增多和广泛使用,它会把污染带到社会的每一个角落。汽车污染危害还具有潜在性,虽然在汽车污染物中存在着诸多危害人体健康的物质,但由于其作用过程的缓慢而不易被人们迅速觉察,只有危害到一定程度时才有所体现,故容易被忽略,这在某种程度上增加了污染预防和控制难度。

汽车有害排放物主要有尾气排放物、燃油系统蒸发物和噪声。其中尾气排放物,对汽油机主要指CO、HC和NO_x;而对柴油机而言,除CO、HC、NO_x以外,还有微粒和烟度。这些尾气排放物的生成直接与发动机的燃烧过程有关。

生成CO的主要原因是CH燃料不完全燃烧,除此之外,在燃烧过程中局部高温热分解也是重要原因。因此,促进混合气的形成,有效控制燃烧温度,都可以有效地降低CO的生成。

HC作为燃烧产物,大体上可分为不含氧的HC和醛类等含氧的HC化合物两大类。HC化合物产生的主要原因有未完全燃烧生成的HC、由燃料供给系统泄漏产生的HC以及未燃

燃料从燃烧室直接排出的 HC 三种。HC 化合物的控制方法主要有采用 C 含量少的代用燃料，或采用电控技术改善燃烧，保证混合气的浓度和最佳燃烧温度等。

NO_x 也是一种燃烧生成物，是 NO 和 NO_2 的总称。 NO_x 对大气环境、植物生长乃至人类身体健康有极大的危害。控制 NO_x 产生的主要方法有：降低混合气中氧的浓度，降低燃烧温度，缩短在高温燃烧带内的滞留时间以及改善混合气的形成等。

微粒是柴油机的主要有害排放物之一，由可溶性有机成分（SOF）和不可溶成分组成。柴油机排气中的颗粒尺寸比较小，可长期悬浮在大气中，不仅降低大气的可见度，而且易于被人吸入肺部，同时颗粒中的 SOF 成分具有致癌作用。

汽油机尾气排放控制方法主要有燃烧控制和三元催化转化装置两种方法：前者主要是通过排气再循环来降低 NO_x 的排放，同时通过氧化催化装置或在排气中进行二次空气喷射以降低排气中的 CO 和 HC；后者因氧传感器和催化转化装置耐久性的提高，以及空燃比电控技术的发展，三元催化转化装置得到广泛应用，已成为汽油机排放控制装置的重要方式。汽油机的有害排放物除尾气排放物以外，还有由燃料供给系统蒸发的 HC 化合物和曲轴箱内形成的含有 HC 的化合物等污染物。对前者，专门采用汽油蒸发控制系统加以控制；而对后者的控制，则采用曲轴箱通风的方式。

柴油机的 CO 和 HC 排放量相对较少，主要有害排放物是 NO_x 和微粒。柴油机 NO_x 的控制技术，除改善燃烧系统等机内措施之外，很有效的方法之一就是采用废气再循环（EGR）技术；微粒的控制主要采用后处理装置，即捕集器。

第二节 节能基本原理

一、节能的定义

节能就是节约能源，是指在保证能够生产出相同数量和质量的产品的情况下，或者获得相同经济效益，或者满足相同需要，达到相同目的前提下的能源消耗量下降。狭义而言，节能就是节约石油、天然气、电力和煤炭等能源；广义节能是节约一切需要消耗能量才能获得的物质，如自来水、粮食、布料等。

1998 年开始实施的《中华人民共和国节约能源法》第三条对节能的定义如下：“节能是指加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费，更加有效、合理地利用能源。”

从管理的层面看，节能工作必须从管理抓起，加强用能管理，向管理要能源。国家通过制定节能法律、政策和标准体系，实施必要的管理行为和节能措施；用能单位注重提高节能管理水平，运用现代化的管理方法，减少能源利用过程中的各项损失和浪费；杜绝在各行各业中存在的能源管理无制度、能源使用无计量、能源消耗无定额、能源节约奖励制度不落实的现象，从管理开始抓好节能工作。

从技术的层面看，节能工作必须是技术上可行的，也就是说节能工作必须符合现代科学原理和先进工艺制造水平，这是实现节能的前提。任何节能措施，如果在技术上不可行，它不仅不具有节能效果，甚至还会造成能源的浪费、环境的污染、经济的损失，严重的还可能造成安全事故等。



从经济的层面看,节能工作必须是经济上合理的。任何一项节能工作必须经过技术经济论证,只有那些投入和产出比例合理,有明显经济效益项目才可以进行实施。否则,尽管有些节能项目具有明显的节能效果,但是没有经济效益,也就是节能不节钱,甚至是节能费钱就没有实施的必要。

从环境保护和可持续发展的角度看,任何节能措施必须是符合环境保护的要求、安全实用、操作方便、价格合理、质量可靠并符合人们生活习惯的,如果某项节能措施不符合环保要求,或者不符合人们的生活习惯,即使经济上合理,也不能作为法律意义上的节能措施加以推广。

二、节能的内容

从节能的领域来看,节能的内容包括工业节能、交通节能、建筑节能、农业节能及日常生活节能等。每一个领域又可以细分为多个领域,如工业节能可分为燃料动力工业节能,冶金工业节能,金属加工、机械制造业节能,石油化工业节能,电动机、电器工业节能及纺织轻工等其他工业领域的节能。

从节约能源的形式来看,节能的内容包括节煤、节油、节气和节电。节油可细分为节约柴油、节约汽油、节约煤油等。

从广义节能的角度来看,节能的内容几乎包含任何所有的物质,因为几乎没有一种物质的获得不需要消耗能源,只要消耗了能源,那么节约这种物质,就等于节约能源,如节约用水、节约粮食、重复利用资源等。

从节能的方法措施领域来看,节能的内容包括管理节能、技术节能、结构调整节能和 EMC (Energy Management Contract) 节能。技术节能可以细分为工艺节能、控制节能、设备节能;结构调整节能又可以分为产业结构调整节能、产品结构调整节能。

从能源转换过程来看,节能的内容包括能源开采过程节能、能源加工、转换和储运过程节能及能源终端利用过程节能。

节能领域常用到以下一些概念:

1. 标准当量能源

能源的单位主要有焦(J)、千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。我国规定以煤当量(又称标准煤)作为能源的统一度量单位(有些国家使用油当量作为能源的度量单位)。两种当量分别是按煤的热当量值、油的热当量值计算各种能源量的统一计量单位, 1kg 标准煤的热当量值 $= 0.7\text{kg}$ 标准油的热当量值。

标准当量以该物质的燃烧热值为基准, 1kg 标准煤当量 $= 7000\text{kcal}$, 1kg 标准油当量 $= 10000\text{kcal}$ 。国际单位 J, 在工程中使用, $1\text{cal} = 4.1868\text{J}$ 。

有的英文缩写表示能源单位,如: Mtce 表示百万吨煤当量, Mtoe 表示百万吨油当量, tce 表示吨煤当量, toe 表示吨油当量。

2. 发热量

发热量是指单位重量(固体、液体)或体积(气体)物质在完全燃烧,且燃烧产物冷却到燃烧前的温度时发出的热量,也称热值,单位为 kJ/kg 或 kJ/m^3 。

发热量分为高位发热量和低位发热量。高位发热量是指燃料完全燃烧,且燃烧产物中的水蒸气全部凝结成水时所放出的热量;低位发热量是指燃料完全燃烧,而燃烧产物中的水蒸气仍以气态存在时所放出的热量。低位发热量在数值上等于高位发热量减去水的汽化潜热。

在热力计算中常以低位发热量作为计算依据,表 1-1 给出了几种常见燃料的低位发热量值。

表 1-1 常见燃料的低位发热量

固体燃料	热值 / (10^3 kJ/kg)	液体燃料	热值 / (10^3 kJ/kg)	气体燃料	热值 / (10^3 kJ/kg)
木材	13.80	原油	41.82	天然气	37.63
泥煤	15.89	汽油	45.99	焦炉煤气	18.82
褐煤	18.82	液化石油气	50.18	高炉煤气	3.76
烟煤	27.18	煤油	45.15	发生炉煤气	5.85
木炭	29.27	重油	43.91	水煤气	10.45
焦炭	28.43	焦油	37.22	油气	37.65
焦块	26.34	甲苯	40.56	丁烷气	126.45
		苯	40.14		
		酒精	26.76		

3. 能源效率

能源系统的总效率由三部分组成:开采效率、中间环节效率和终端利用效率。能源开采效率是指能源储量的采收率,如原油的采收率、煤炭的采收率。一般而言这一环节的效率是最低的,如我国学者测算了我国 1992 年能源系统的总效率为 9.3%,其中开采效率仅为 32%,中间环节效率为 70%,终端利用效率为 41%。

中间环节效率包括能源加工转换效率和储运效率,如原油加工成汽油、柴油的效率,将原煤加工成焦炭的效率,将煤矿的原煤运至发电厂发电的效率。

终端利用效率是指终端用户得到的有用能与过程开始时输入的能量之比,如电力用户通过电力获得的所需要能量(热能、机械能)与输入电力之比。通常将中间环节效率和终端利用效率的乘积称为能源效率。如 1992 年我国能源效率为 29%,约比国际先进水平低 10 个百分点,终端利用效率也低 10 个百分点以上,目前我国的能源效率为 40% 左右,相当于发达国家 20 世纪 90 年代的水平。

4. 能源折换系数

在节能统计工作中,常将不同能源及物质的消耗通过能源折换系数折算到某一标准能源,如标准煤、标准油。表 1-2 为几种常见能源的能源折换系数。

表 1-2 几种常见能源的能源折换系数

名称	折标准煤系数 / (kg 标准煤/kg)	名称	折标准煤系数 / (kg 标准煤/kg)
原煤	0.7143	热力	0.03412kg 标准煤·MJ
洗精煤	0.9000	电力	0.4040kg 标准煤/(kW·h)
洗中煤	0.2857	外购水	0.0857kg 标准煤/t
煤泥	0.2857~0.4286	软水	0.4857kg 标准煤/t
焦炭	0.9714	除氧水	0.9714kg 标准煤/t
原油	1.4286	压缩空气	0.0400
燃料油	1.4286	鼓风	0.0300
汽油	1.4714	氧气	0.4000
煤油	1.4714	氮气	0.6714
柴油	1.4571	二氧化碳气	0.2143
液化石油气	1.7143	氢气	0.3686
油田天然气	1.3300kg 标准煤/m ³	低压蒸气	128.6kg 标准煤/t
气田天然气	1.2143kg 标准煤/m ³		