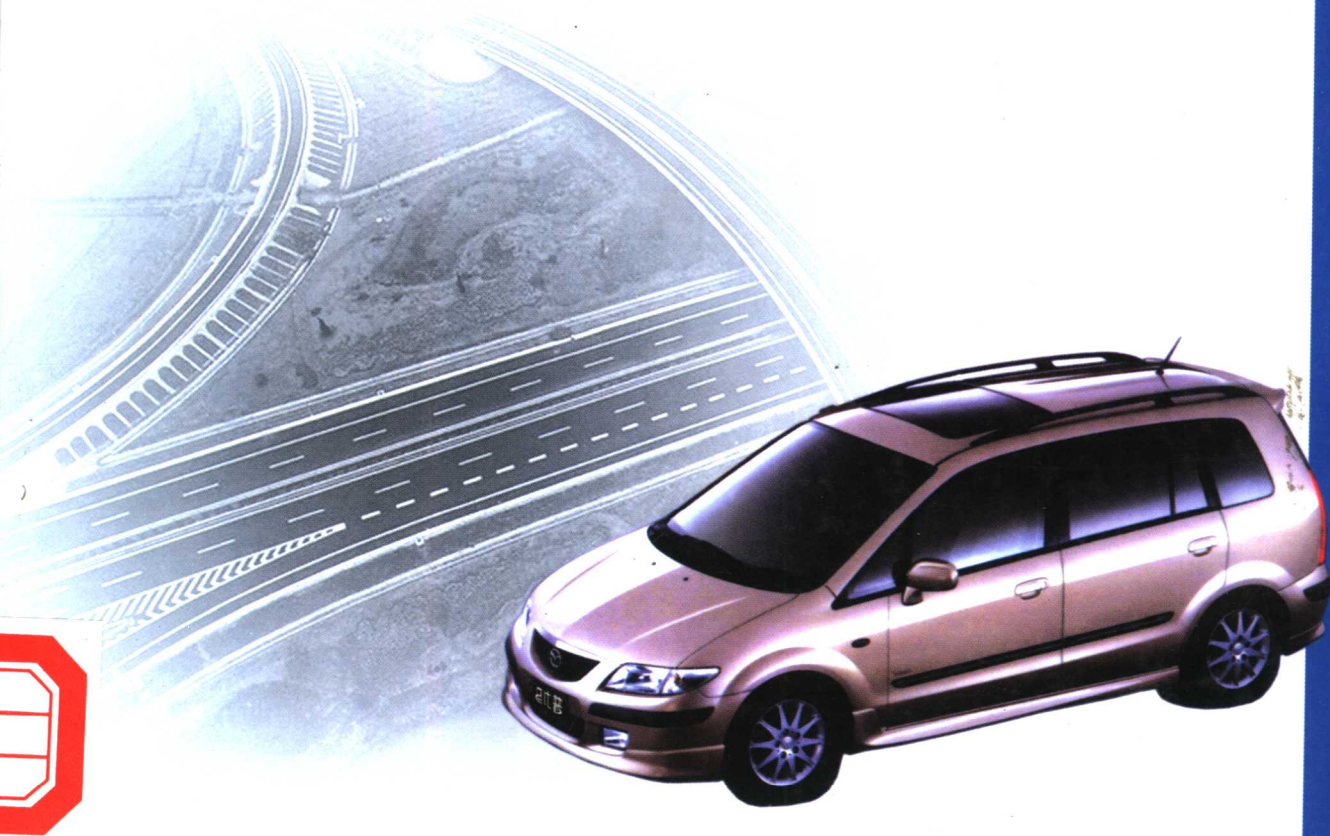


◎林为群 主编 ◎卢荣林 主审

高级汽车 **维修工** 培训教材

GAOJI QICHE WEIXIUGONG PEIXUN JIAOCAI



人民交通出版社
China Communications Press

Gaoji Qiche Weixiugong Peixun Jiaocai
高级汽车维修工培训教材

林为群 主编
卢荣林 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

《高级汽车维修工培训教材》依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《中华人民共和国职业技能鉴定规范》中涉及的汽车维修高级工的内容,本着与时俱进的精神,力求完整地涵盖汽车维修高级工实际从事的工作。全书共分五章:第一章 汽车维修工职业道德;第二章 基础知识;第三章 专业知识;第四章 相关知识;第五章 技能操作,从“应知”、“应会”两大方面进行编写。

教材的特点是:突出职业培训的特色,选用内容对应汽车维修高级工“应知”、“应会”要求,突出以技能为主导,注意教材的实用性、先进性和超前性,对汽车新结构、新工艺、新技术、新材料及术语上与国际接轨的新提法都高度重视;全书图文并茂,尽量采用立体图、示意图,便于教学与理解。

本教材适用于汽车维修高级工的培训,也可作为高职院校、中职学校汽车类专业教学、培训用书,还可供汽车维修工自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

高级汽车维修工培训教材/林为群主编. —北京:人民交通出版社, 2004.9
ISBN 7-114-05279-0

I. 高... II. 林... III. 汽车—车辆修理—技术培训—教材 IV. U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 098406 号

书 名: 高级汽车维修工培训教材

著 作 者: 林为群

责任编辑: 李 斌

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 23.75

字 数: 593 千

版 次: 2004 年 10 月第 1 版

印 次: 2004 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05279-0

印 数: 0001—10000 册

定 价: 40.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通技工学校汽车专业教材编审委员会

主任委员：卢荣林

副主任委员：宣东升 郭庆德 李福来 费建利

委 员：金伟强 王作发 林为群 李桂花 魏自荣

程兴新 唐诗升 戴 威 张弟宁 束龙友

邢同学 朱小茹 张吉国 邵登明 程 轮

胡大伟 王运泉 戴育红(兼秘书)

前 言

汽车维修高级工是我国紧缺专业——汽车维修专业的技术工种中具有高级技能的重要人才,他们既是汽车维修行业生产骨干,又是汽车维修行业承上启下的关键层面;他们既要具备指导初、中级维修工的能力,又要积累评聘技师的业绩。因此务真求实地开展汽车维修高级工的培训和评审工作,对激励广大汽车维修工努力培养职业道德、刻苦钻研业务、提高技能水平、推动汽车维修行业的科学发展观的落实、强化汽车维修行业技术工人队伍的整体素质都具有现实和深远的意义。

为配合汽车维修高级工培训和评审工作,人民交通出版社委托卢荣林同志召集了交通系统十几个省(直辖市)、自治区的交通职业学院、交通技师学院、交通中等职业学校、交通高级技工学校及企业的专家、学者、经理与技师,经反复讨论修改,确定了教材编写提纲,并从报名参编的数十名教师和技师中推选出六名同志组成编写组,编写了《汽车维修高级工培训教材》。

《高级汽车维修工培训教材》共五章:第一章 汽车维修工职业道德;第二章 基础知识;第三章 专业知识;第四章 相关知识;第五章 技能操作。本书以《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》中关于汽车维修工的知识要求和技能规范为依据,内容包括两大部分:第一~四章为“应知”部分,第五章为“应会”部分。各章节都本着与时俱进的要求,增加了新技术、新结构、新工艺、新知识,采用了最新标准和法定计量单位。全书图文并茂,既适用于300课时左右的培训,又可作为评审前复习用书;既可作为高职和中职汽车类专业用书,也可供评审和技能鉴定部门在命题时参考。

本书由卢荣林同志主审,林为群同志主编。各章分工如下:陈作兴编写第一、四章;林为群、侯相斌、王海兴编写第二、三章;孙国福、纪荣霞编写第五章。

在编写过程中,我们参考了大量书籍和资料,在此一并向相关作者鸣谢!由于我们水平有限,教材中存在的不足之处,敬请专家、学者、企业家和广大读者斧正。

交通技工学校汽车专业教材编审委员会

2004年6月

目 录

第一章 汽车维修工职业道德	1
第一节 职业道德概述	1
第二节 汽车维修工职业道德规范	3
第三节 汽车维修工提高职业道德的重要途径.....	4
第二章 基础知识	7
第一节 工程热力学基础知识.....	7
第二节 发动机实际工作循环与性能指标	14
第三节 发动机特性	22
第四节 汽车的动力性	25
第五节 汽车燃料经济性	29
第六节 汽车的制动性	33
第七节 汽车操纵稳定性及转向特性	41
第八节 汽车通过性与行驶的平顺性	46
第三章 专业知识	50
第一节 电子控制燃油喷射系统	50
第二节 自动变速器	94
第三节 汽车防滑控制系统	143
第四节 电子点火系统	157
第五节 汽车空调系统	173
第六节 电子技术在汽车上的应用概述	181
第七节 汽车大修的技术标准	189
第八节 汽车检测站组成及检测项目	198
第四章 相关知识	206
第一节 汽车典型零件的热处理方法	206
第二节 汽车总成装配图	214
第三节 汽车电气线路图	222
第四节 汽车车辆技术管理	244
第五节 汽车的检测诊断	247
第六节 汽车维修企业管理	257
第五章 技能操作	262
第一节 桑塔纳轿车、奥迪轿车发动机检验与维修	262
第二节 汽车噪声检测设备与方法	277
第三节 车轮定位	281
第四节 汽车前照灯的检测设备与方法	288
第五节 汽车排放检测设备与方法	292

第六节	汽车发动机性能调试	298
第七节	汽车发动机故障诊断与排除	309
第八节	自动变速器故障诊断与排除	336
第九节	制动防抱死系统	348
第十节	汽车空调故障诊断与排除	354
第十一节	一般专门工夹具图的绘制方法	363
参考文献		371



第一章 汽车维修工职业道德

汽车维修人员肩负着汽车维修品质保证的重任,应具有较高的政治思想素质,自觉遵守职业道德规范,恪尽职守,履行岗位职责,展示企业的汽车维修服务品质和窗口形象。

第一节 职业道德概述

一、道德与法律

1. 道德

道德是人类社会意识形态之一,是人们共同生活及其行为的准则和规范。它通过各种形式的教育、和一定阶级的社会舆论、传统习惯和内心信念发生作用,约束人们的思想行为,是评价人们思想行为善与恶、正义与非正义、公正与偏私、诚实与虚伪的标准。

2. 法律

法律是由立法机关制定或认可,由国家政权保证执行的行为规则。它体现统治阶级的意志,是阶级专政的工具。法律是依靠统治阶级的力量强制实施的。

3. 道德与法律的区别与联系

虽然道德与法律都是调整人们之间关系以及个人与社会之间关系的行为准则和规范,但道德与法律既有区别,又有联系。

道德与法律之间的区别为:法律是由国家权力机关制定的,是严格按照法定的程序制定出来的,而道德则是人们在日常生活中自然形成的;法律是靠国家强制执行的,道德是依靠传统习惯、内心信念、教育示范、社会舆论等力量来维持的;任何法律都有特定的适用范围,而道德却是无时不在,无处不有的;法律是诉诸文字的,它措辞严谨,无懈可击。而道德则多以人们口头语言和行为模仿而历代流传,以传统风俗习惯的方式存在。

道德与法律两者之间的联系表现为:要使道德具有治国行为,必须使与社会主义市场经济相适应的社会主义道德规范为全体社会公众所认同,有效手段是将部分必须遵守的道德规范上升为法律;需要建立一套围绕社会主义道德规范(如社会公德、职业道德、家庭美德等)为核心的行为导向机制,使这些道德规范真正成为社会公众的普遍行为方式;实现道德监督化,对知法犯法、执法犯法、循私舞弊者实施监督,并予以严惩。

4. 依法治国和以德治国

江泽民同志站在历史发展和时代要求的高度,提出了“三个代表”的重要思想,即“中国共产党必须始终代表中国先进生产力的发展要求,代表中国先进文化的前进方向,代表中国最广大人民的根本利益”。“三个代表”的重要思想是时代的要求、理论的创新、行动的指南。始终做到“三个代表”,是我们党的立党之本、执政之基、力量之源。而以德治国是代表中国先进文

化前进方向的现实需要。2001年9月中共中央公布的《公民道德建设实施纲要》中指出：“在新世纪全面建设小康社会，加快改革开放和现代化建设步伐，顺利实现第三步战略目标，必须在加强社会主义法制建设、依法治国的同时，切实加强社会主义道德建设、以德治国，把法制建设与道德建设、依法治国与以德治国紧密结合起来，通过公民道德的不断深化和拓展，逐步形成与发展社会主义市场经济相适应的社会主义道德体系。”这充分说明公民道德建设对国家发展和民族振兴的极端重要性。实施以德治国方略需要夯实公民道德的基础，加强公民道德建设有助于推动以德治国方略的顺利实施。

5. 社会主义道德建设

《公民道德建设实施纲要》中指出：“从我国历史和现实的国情出发，社会主义道德建设要坚持以为人民服务为核心，以集体主义为原则，以爱祖国、爱人民、爱劳动、爱科学、爱社会主义为基本要求，以社会公德、职业道德、家庭美德为着力点。”全心全意为人民服务是社会主义道德的核心，是评价人们行为是否道德的最根本标准。集体主义精神是社会主义道德的基本原则。在社会主义制度下，爱祖国、爱人民、爱劳动、爱科学、爱社会主义是社会主义道德的具体体现。加强社会主义思想道德建设，是发展先进文化的重要内容和中心环节，是实践“三个代表”重要思想的客观需要，是社会主义市场经济健康发展的迫切要求，是提高全民素质的基础工程。

二、职业道德的基本内涵

职业道德是适应各种职业要求而产生的行为规范，是社会道德在职业活动中的具体体现，是人们在履行本职工作中所应遵循的行为规范和准则的总和。职业道德有别于道德的其他类型，有其独特的属性和鲜明的职业特色，主要表现在以下几方面：职业道德总是要鲜明地表达职业义务和职业责任以及职业行为上的道德准则，带有强烈的具体职业特征。例如，教师以循循善诱、诲人不倦为美德；审判员以秉公执法为美德；医生、护士以救死扶伤、努力解除病人痛苦为美德；从事汽车维修作业的人员则以严守规章，优质服务为美德等等。这种对不同职业的不同要求，充分说明了道德内容的职业性；职业道德行为准则的表达方式，往往比较具体、灵活、多样。职业道德大多是针对职业活动的某些具体关系、具体情况而定的，它往往不只是原则性的规定，而是非常具体明确的。如制度、章程、守则、公约、须知、誓词、保证、条例等简明实用的形式，用以教育和约束本职业的从业人员；职业道德的调节范围主要用来约束从事本职业的人员。职业道德作为一定职业范围内的道德，它的观念、规范和习俗，是由各种职业的具体利益、义务和职业内容决定的。所以，每一种职业道德只能在特定的职业范围内起作用。

三、社会主义职业道德

1. 社会主义职业道德的本质特征

社会主义职业道德是建立在社会主义所有制基础上形成和发展起来的新型职业道德。其核心是全心全意为人民服务。发挥集体主义精神，敬业爱岗、忠于职守、对社会负责是社会主义职业道德的基本原则。为人民服务是社会主义职业道德的本质特征，也是同其他社会职业道德的本质区别。

2. 社会主义职业道德的主要规范

我国社会职业繁多，职业道德规范各不相同，但从《公民道德建设实施纲要》的要求看，社会主义职业道德的主要规范应包括：爱岗敬业；诚实守信；办事公道；服务群众；奉献社会。

3. 社会主义职业道德建设

在建设和完善社会主义市场经济的同时,提倡社会主义职业道德,强化社会主义职业道德教育,是“三个文明”(精神文明、物质文明、政治文明)建设的需要。加强职业道德建设,能够从根本上提高公民的基本素质;充分调动人们的积极性和创造性,推动社会主义市场经济快速健康发展;促进社会风气的根本好转,维护安定团结的政治局面;把社会主义精神文明建设的目标任务落实到实处。

第二节 汽车维修工职业道德规范

一、汽车维修职业道德

汽车维修职业道德是指从事汽车维修职业的人们在职业活动中应当遵循的职业行为道德规范,即道德观念、行为规范和风俗习惯的总和。我国道路运输生产活动的社会主义性质,决定了汽车维修职业的利益与社会利益的一致性。

汽车维修人员在从事生产活动过程中,直接与服务对象进行面对面的交往,还经常同社会其他职业(如汽车配件经营行业)发生直接联系。这种特有的工作性质,要求从业者在实践汽车维修职业道德时,首先要履行社会公德,为生产、流通、消费展开全方位服务。

二、汽车维修人员职业道德规范

汽车维修人员职业道德规范指汽车维修从业人员进行汽车维修时必须遵循的道德标准和行为准则。汽车维修人员职业道德规范的构成一般来自两个方面:一是在国家和行业有关法律、法规和规章中,具有法律效力和行政效力,必须严格遵守执行;二是早已存在于汽车维修职业活动中,并被汽车维修人员承认和自觉遵守的纪律、习惯和规矩等,这方面主要通过公众舆论、群体力量、组织尊严、习惯约束、规矩限制等形式保证实施。

1. 爱岗敬业、服务社会

爱岗敬业是指汽车维修人员立足本职工作,有强烈的事业心和责任感。爱岗敬业主要表现为:严守岗位、尽心尽责、注重务实、服务行业。

2. 乐于奉献、造福人民

乐于奉献是指以本职为荣,以本职为乐,积极为汽车维修行业的发展,为整个公路运输业的发展服务,在汽车维修工作岗位上发扬忘我的工作精神。主要表现在:要有职业意识;要有勤业意识;要有奉献意识。

3. 钻研技术、精通业务

钻研技术、精通业务是指汽车维修人员为从事的事业刻苦学习,努力钻研,不断提高汽车维修技术水平,是爱岗敬业的具体体现。这就要求汽车维修人员不断认真学习先进操作技术,提高工作技能,适应新形势下汽车维修工作的需要。当前汽车工业飞速发展,对汽车维修人员的技术要求越来越高,要做好现代汽车的维修工作,维修人员就要不断学习掌握新技术、新工艺、新标准、新材料、新设备。学习常见汽车配件、材料品质的鉴别技术。

4. 忠于职守、尽职尽责

忠于职守是每一位汽车维修工作人员应履行的义务,也是汽车维修从业人员的基本职业责任。汽车维修品质的好坏,关系到汽车的行驶安全,若安全性能达不到要求,将会造成机械

故障或严重的交通事故。所以,汽车维修人员能否做到忠于职守,勤奋工作,认真修理,不弄虚作假,是衡量汽车维修人员职业道德水平的重要标志。

5. 团结协作、顾全大局

团结协作就是要坚持集体主义原则,以平等友爱、相互合作、共同发展的精神处理好内外团结,正确处理国家、集体、个人三者之间的关系,自觉服务于社会。当发现维修品质问题时,应会同有关人员一起,寻找原因,及时排查,防止互相指责,推卸责任的现象发生。

6. 遵纪守法、诚信为先

汽车维修人员要自觉遵守国家的法律法规,严格按国家标准维修车辆,不符合规定的零、部件不用,不把品质达不到出厂要求的车交给用户。以确保维修品质最优、客户满意为最终目的。

第三节 汽车维修工提高职业道德的重要途径

汽车维修企业职工要加强职业道德修养,把职业道德规范转化为自己的内心信念和行为习惯,就必须通过正确的方法。

一、刻苦学习

汽车维修企业职工要培养自己高尚的职业道德品质,就必须勤奋学习,刻苦钻研。

1. 学习政治理论

马列主义、毛泽东思想、邓小平理论和江泽民同志“三个代表”的重要思想都是科学的理论,是改造客观世界和人的主观世界的思想武器。学习好理论,就能更加坚定革命信念,自觉地把自己的工作和社会联系起来,用正确的观点和方法去观察、分析和处理问题,在实践中树立起崇高的职业理想,指导职业活动,提高职业道德水平。

2. 学习科学技术

在人类社会的历史上,科学技术的发展不仅能够改造客观世界,推动社会进步,而且也是提高全社会道德水平的重要条件。人类的科学技术越发达,知识越丰富,道德水平也就越高。合格的汽车维修工,只有掌握熟练的维修技术,才会受到广大客户的信任、尊重和欢迎。

3. 学习汽车维修职业道德知识

汽车维修工只有明确汽车维修职业道德的特点、内容、作用及修养的意义,才会重视自己的道德修养,从而在工作中主动地联系自己的实际,刻苦学习,不断提高自身的职业道德品质。

二、躬行实践

要培养汽车维修职业道德品质,不仅要刻苦学习,更重要的是要参加维修职业实践,在平常的实际工作中锻炼和改造自己。

积极投身汽车维修职业道德实践。进行汽车维修职业道德修养,培养汽车维修职业道德品质,归根到底就是要按照汽车维修职业道德规范要求,正确处理个人与客户,个人与国家、企业及同行的利益关系。这种关系本身就是职业实践中产生和表现出来的。它本质上是一种职业实践关系,只有通过实践,才能正确地认识到正确的职业道德行为是什么,达到职业道德修养的目的。

在职业实践中严格履行职业道德义务。只有把职业道德规范运用到汽车维修的生产实践

中去,指导职业活动,并用实践及其结果来对照检查自己的思想和行为,从而坚持正确的思想和行为,克服和改造自己的错误的思想和行为,用行动来履行职业道德义务,才能不断提高自己的职业道德水平。

在职业实践中加强自我改造。汽车维修从业人员,要把参加职业实践和在职业实践中进行认真的自我改造紧密地结合起来。在职业实践中认真进行自我改造,不断用高尚的职业道德战胜一切陈腐的职业道德。要有长期改造的思想准备,在长期的反复实践中,不断完善、改造和提高自身。

三、树立榜样

职业道德榜样,就是在职业道德上堪称为楷模的典型人物。榜样的作用在于它使抽象的道德要求形象化、具体化,使人们具体地知道应该怎样做。榜样的高尚行为、先进事迹,能给人以巨大感染力,对人们的思想行为起着潜移默化的影响作用,是鼓舞人们奋发向上的精神力量。所以,汽车维修人员在职业道德修养中,要自觉树立职业道德榜样,用榜样的形象来引导和教育自己。

汽车维修人员首先要向雷锋这样的时代英雄学习。雷锋精神融中华民族的传统美德和共产主义光辉思想为一体,集中体现了我国人民在社会主义建设中的主人翁精神。向雷锋学习,把为人民服务当作自己最大的幸福,在平凡的工作岗位上,做出不平凡的事业。

汽车维修人员要以英雄模范人物为榜样。在我国社会主义建设的今天,汽车维修行业涌现出许多英雄人物和劳动模范。以他们为榜样就是要学习他们在各自的岗位上,热爱本职工作,以平凡艰苦为荣,任劳任怨,努力完成各项任务的奉献精神;学习他们掌握科学知识,钻研本职业务,自力更生,艰苦奋斗,努力改变汽车维修行业面貌的开拓进取精神;学习他们维护国家、集体利益,两袖清风,一身正气,敢于斗争,敢于牺牲的献身精神。

汽车维修人员还要以身边的典型人物为榜样。身边的榜样看得见,摸得着,信得过,因而更宜于学习和效仿,能起到更好的潜移默化作用。因此,汽车维修人员要注意观察自己身边同事们的职业思想和行为,努力发掘他们身上的闪光点,并以此来激励自己,以促进自身职业道德水平的提高。

四、做到“慎独”

“慎独”是指独自一人,在无人监督的隐蔽处,在有做各种坏事的可能而又不会被发现的情况下,坚持做好事而不做坏事。衡量一个人职业道德的水平,要注意看他在独处时的表现,即“慎独”的功夫。

“慎独”既是汽车维修职业道德修养的一种方法,也是汽车维修职业在职业道德修养过程中的一种思想境界。要达到这种境界,需经过一个由不自觉到自觉的过程,要经过长期艰苦的实践锻炼。要做到“慎独”,首先应从“微”字上下功夫。因为最微小的事情,往往最能显示出一个人的品质。同时,世界上的一切事物都是由小到大,由微小到显著,由量变到质变的。所以,作为汽车维修企业的职工,应高度重视小的事情,对不符合汽车维修职业道德要求的言行不做,注意防微杜渐。所以,要培养高尚的职业道德品质,就应本着“积小善而成大德”的原则,在职业活动中,从具体的一件件小事做起,从一点一滴做起,日积月累,逐步凝结成高尚的道德品质。汽车维修企业的职工要从自身的思想道德实际出发,循序渐进,坚持高标准、严要求,坚持不断修养,长期修养,最终达到“慎独”的崇高境界,为推动汽车维修业的发展做出贡献。

五、反躬内省

反躬内省就是通常所说的自我批评。它是汽车维修企业职工职业道德修养的重要方法。

要做好反躬内省,首先要正确认识自己的缺点和错误,它是开展自我批评的前提。俗话说:“金无足赤,人无完人。”汽车维修企业职工要客观地、实事求是地看待自己,严于解剖自己。要以职业道德规范为准则,以英雄模范人物为榜样。要认识到现实中十全十美的完人是不存在的,要承认在职业活动中所存在的缺点和错误。对自己的职业思想和行为要认真地进行解剖和分析,既要看到自己的长处,也要正视自己的缺点和不足。而且还要不怕丢面子,不怕“家丑外扬”,敢于将自己的缺点和错误公之于众,公开“亮相”、“曝光”。只有这样,才能认清自己的缺点和错误,从而取得别人的监督和帮助,达到教育自己的目的。

要做好反躬内省,就必须敢于和自己的缺点和错误作斗争。汽车维修企业的职工,在认识到自己的缺点和错误后,就要开展积极的思想斗争,及时加以改正。坚信自己工作中的任何缺点和错误都是可以克服的。不要因为自己有缺点错误就丧失前进信心,甚至悲观失望。要不断用道德的职业行为来战胜自己的一切不道德的职业行为,用高尚战胜庸俗,用自我命令、自我禁止等方法,防止发生不良的职业行为。特别要吸取以往的教训,在最容易产生缺点和错误的时候,保持克制,勇敢地战胜自己,达到自我修养的目的。

要做好反躬内省,还必须虚心听取他人意见。每个汽车维修工作者的思想和行为,都会直接或间接地关系到汽车维修客户的利益。客户的评价是衡量其工作好坏的最好尺度。所以汽车维修从业人员要重视听取客户的意见,主动征求、认真听取并虚心接受别人的批评意见。本着“凡攻我之失者,皆我师也”的原则,不管意见是对是错,我们都要把它看作是对自己的帮助,都应当诚恳地表示欢迎。要善于从别人的意见中,吸收有益的可取的东西。把具有普遍性、经常性的意见,加倍重视,并作为自我反省、自我批评的依据。而对某些不符合实际、不正确的意见,要正确对待,可作为今后工作的勉励。总之,每位汽车维修从业人员只要虚心接受批评意见,不断改正自己的不足,就可使自己的职业道德水平不断提高。

高级汽车维修工在指导中、初级汽车维修工的过程中必须把育人放在首位,正人先正己,共同遵守和维护职业道德。



第二章 基础知识

第一节 工程热力学基础知识

工程热力学是研究热能和其他形式能量相互转换规律的科学,主要内容有:工质的基本性质;热力学的基本定律;分析各种热力装置的工作过程,探讨影响能量转换效果的因素及提高转换效果的途径。

一、气体的状态及状态方程

1. 热力系统

(1)工质 工程热力学中把实现热能与机械能相互转换的工作物质简称为“工质”。

(2)热力系统 在工程热力学中把能为我们感官所感觉到的宏观尺寸范围内的工质称为热力学系统,简称热力系统。而把包围工质的物体(如气缸壁)称为“外界”。它们之间的分界面称为“边界”(边界可以是真实的,也可以是假想的;可以是固定的,也可以是运动的)。

热力系统与外界之间可能发生相互作用且彼此间有能量或物质的交换。热力系统按有无能量的交换和物质的交换分为:闭口系统——与外界没有物质交换、内部的质量保持不变的系统;开口系统——与外界有物质交换且与外界可能有热量和机械功交换的系统;绝热系统——与外界无热量交换但允许有机功交换的系统;孤立系统——与外界既无能量交换又无物质交换的系统。

2. 状态及状态参数

热力系统的状态是热力系统在某一瞬间呈现的全部宏观性质的综合。

(1)平衡状态 它是指在不受外界影响的条件下,一个系统的宏观性质不随时间改变的状态,包括力平衡、热平衡和化学平衡三个方面,即气体的各处应具有均匀一致的压力、温度和比体积,且不随时间而变化,它是气体在没有外界作用的情况下可以长久保持的状态。

(2)工质的基本状态参数 平衡热力系统的状态参数常用温度 T 、比体积 v 、压力 P 来描述。这些物理量都是可以直接测量的,称为基本状态参数。

①温度 温度表示物体的冷热程度。根据分子运动论,气体的温度是气体分子平均移动动能的度量。当两种气体的分子平均移动动能相同时,两者温度相同。用温度标尺度量温度的高低,简称温标。热力学温标所定义的温度称为热力学温度,符号为 T ,单位为开尔文,单位符号为 K 。它与摄氏温标的温度 t 之间的关系为: $T = t + 273.15$ 。

②比体积 单位质量工质所占有的容积。其符号为 v ,单位为 m^3/kg 。 $v = V/m$ 。 V 表示 m kg 质量的工质占有的总容积,单位是 m^3 ; m 表示工质的总质量,单位是 kg 。

③压力 压力就是气体施加到真实或假想表面的单位面积上的垂直作用力。根据分子

运动论,气体的压力是指气体分子运动撞击表面而在单位面积上所呈现的平均作用力。压力的符号是 P ,单位是 N/m^2 ,称为帕斯卡,单位符号为 Pa 。因为这个单位太小,一般常用千帕(kPa)或兆帕(MPa)。 $1\text{MPa} = 1000\text{kPa} = 1000000\text{Pa}$ 。气体的绝对压力是指气体对物体表面作用的真实压力。当被测气体的绝对压力 P 高于大气压力 P_0 时,压力计指示的数值称为表压力 P_g : $P = P_0 + P_g$ 。当被测气体的绝对压力 P 低于大气压力 P_0 时,压力计指示的数值称为负压力(真空度) P_v : $P = P_0 - P_v$ 。若以绝对压力 $P = 0$ 作为基线,则它们之间的关系如图 2-1 所示。

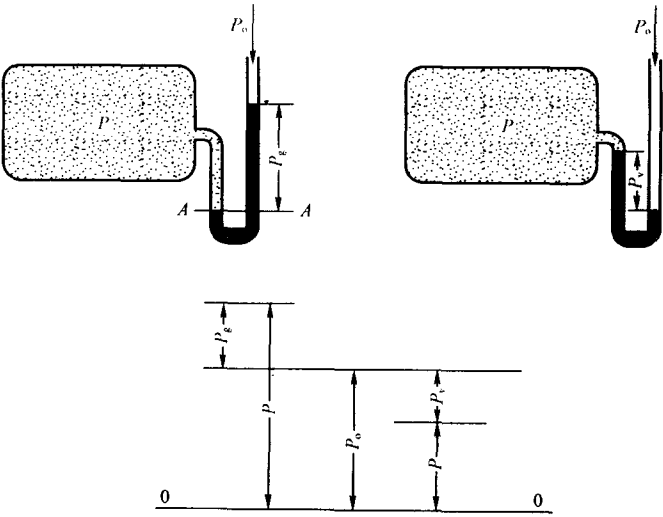


图 2-1 绝对压力与相对压力之间的关系

3. 理想气体状态方程

理想气体是分子不占体积、分子之间又没有吸引力的假想气体。汽车发动机用的工质视为理想气体。

1kg 质量的理想气体,状态参数 P 、 v 、 T 之间存在下列关系: $Pv = RT$ 。

对 $m\text{kg}$ 理想气体有: $PV = mRT$ 。 V 表示 $m\text{kg}$ 气体的总容积,单位是 m^3 ; $V = mv$; R 表示气体常数,单位是 $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{k})$ 。不同气体有不同的气体常数。

对于 1kmol (质量为 M 公斤)气体有: $PV_M = MRT = R_M T$ 。 V_M 表示 1 千摩尔气体所占的容积,单位是 m^3/kmol ; M 表示千摩尔质量(kg/kmol)。 $R_M = MR$ 称为通用气体常数,对于各种气体, R_M 为一共同的常数,它的数值可通过标准状态下 1 kmol 理想气体的状态参数计算出来,其数值为: $R_M = 8.314\text{kJ}/(\text{kmol})$ 。

以上三式称为理想气体状态方程。其意义为:已知状态的两个基本参数,即可求得第三个基本参数,即用两个独立的基本状态参数可以确定工质的一个状态;当三个基本状态参数中的一个固定不变时,方程式可表明另两个参数间的变化关系。

二、热力过程及热力学基本定律

1. 热力过程

热力过程是指系统在外界条件作用下从某一状态变化到另一状态所经历的全部状态的总和。本章只介绍平衡过程和可逆过程。平衡过程即任何时刻都是平衡状态的过程。可逆过程是没有任何损失的理想过程。图 2-2 为气体在气缸中作的功。设在该气缸中装有 $m\text{kg}$ 气体,

由上止点 1 膨胀到下止点 2, 即由燃烧室容积 V_c 膨胀到气缸总容积 V_a , 所经历的一系列状态变化用 $P-V$ 图上的过程线 1-2 来表示。

2. 工质的比热容

向热力系统加热(或提取热)使之温度升高(或降低)1K 所需的热量, 称为该系统的热容量, 符号为 C , 单位符号为 J/K。工质单位质量的热容量称为该工质的质量比热容, 符号为 c , 单位符号为 J/(kg·K)。即 $c = C/m$ 。同一成分的工质的质量比热容还与加热过程的性质及加热时的状态有关: 工质在压力不变的条件下加热所具有的质量比热容称为定压质量比热容, 用符号 c_p 表示; 工质在容积不变的条件下加热所具有的质量比热容称为定容质量比热容, 用符号 c_v 表示。

3. 热力学基本定律

(1) 热力学第一定律 能量转换与能量守恒定律指出: “在自然界, 一切物质都具有能量。能量既不可能被创造, 也不可能被消灭, 而只能从一种形式转变为另一种形式。在转换中, 能量的总量保持不变。” 热力学第一定律就是能量转换与守恒定律在热力学中的具体应用。热力学第一定律可以表述为: “当热能与其他形式的能量进行转换时, 能量的总量保持不变。” 设 Q 表示转变为功的那部分热, W 表示转换过来的功。热量和功的单位都用 kJ, 则热力学第一定律的表达式为: $Q = W$ 。热力学第一定律还有其他的表述方式, 但其实质都是能量守恒。对于任何系统, 各种能量之间的平衡关系可表示为: 进入系统的能量 - 离开系统的能量 = 系统储存能量的变化。

(2) 闭口系统的能量方程 为定量地分析系统在热力过程中的能量转换, 需要根据热力学第一定律, 导出参与能量转换的各种能量之间的数量关系式, 这种关系式称为能量方程。在研究闭口系统能量方程之前, 先引入几个基本概念。

(1) 内能 内能是工质气体分子运动的动能和分子间相互吸引力所形成的位能的总和。

分子热运动的动能是温度 T 的函数, 分子间的位能是比体积 v (容积 V) 的函数。温度 T 和比体积 v 都是工质的状态参数, 所以由它们所决定的内能 U 也是工质的状态参数。当工质由状态 1 变化到状态 2 时, 其内能变化量 $\Delta U = U_2 - U_1$ 只与工质的初终状态有关, 而与工质由状态 1 变化到状态 2 所经历的过程性质无关。

(2) 功和热量 功和热量都不是状态参数, 它们与状态的变化以及系统由状态 1 变化到状态 2 所经历的过程有关。所以只能说系统在某一过程中对外做了或从外界得到了多少功, 从外界获得或向外界放出了多少热量。功和热量可以通过系统状态变化过程来确定。

(3) 能量方程 热力过程中, 工质不能将全部吸收的热量都转变为功, 其中一部分热量以工质内能增加的形式贮存起来。这时热力学第一定律的平衡关系“进入系统的能量 - 离开系统的能量 = 系统储存能量的变化”, 就以能量方程式的形式体现出来。

设有 m kg 质量的工质, 在状态变化的过程中, 加入的热量为 Q kJ, 工质对外做功为 W kJ, 工质内能的增量为 $(U_2 - U_1)$ kJ, 其能量平衡方程式为: $Q = U_2 - U_1 + W$ 。对 1 kg 质量的工质, 可写为: $q = u_2 - u_1 + w = \Delta u + w$ 。该式由热力学第一定律直接导出, 没有附加条件。

3) 热力学第二定律 热力学第二定律的简要说法是: 任何一种循环工作的机器都无法将全部热能转变为机械功, 在循环过程中必然损失一部分热能。

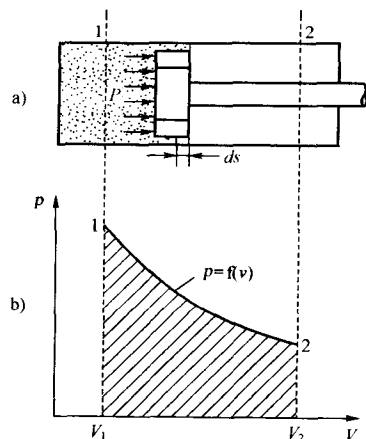


图 2-2 气体在气缸中作的功

工质经历一个工作循环,转变为功的热量与所加入的热量之比称为循环的热效率。在图 2-3 所示的内燃机的热功转换示意图中,设工质经历一个循环从热源吸收的热量为 Q_1 kJ,对外做功为 W kJ,放给冷源的热量为 Q_2 kJ,则循环的热效率为: $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ 。由于 Q_2 不可能等于零,故循环热效率 η 总是小于 100%。

三、理想气体的热力过程

热力发动机中热能与机械能的相互转换是通过工质的状态变化过程实现的。研究热力过程才能了解热能与机械能相互转换的实际情况和影响它们转化的因素。下面的热力过程分析,取 $m = 1$ kg 且做了如下简化假设:气体的状态变化过程是可逆过程;气体是理想气体;比热容是常数,不随温度变化而变化。四种典型热力过程看作是具有某一简单特征的一个特殊过程。

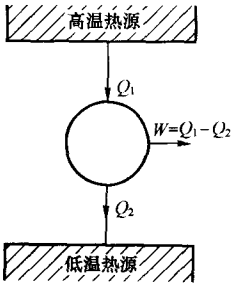


图 2-3 内燃机的热功转换示意图

1. 四种典型的热力过程——定容过程、定压过程、定温过程、绝热过程

1) 定义

定容过程是气体的比体积始终保持不变的热力过程,即 $v = \text{常数}$,如图 2-4a)所示。气体由状态 1 变化到状态 2 的过程:在 $P-v$ 图上,定容过程是一条垂直于 v 轴的直线。定压过程是气体的压力始终保持不变的热力过程,即 $P = \text{常数}$,如图 2-4b)所示。气体由状态 1 变化到状态 2 的过程:在 $P-v$ 图上,定压过程是一条平行于 v 轴的直线。定温过程是气体的温度始终保持不变的热力过程,即 $T = \text{常数}$,如图 2-4c)所示。气体由状态 1 变化到状态 2 的过程曲线:在 $P-v$ 图上,定温过程是一条等轴双曲线。在状态变化中工质与外界没有热量交换的过程称为绝热过程。即 $\Delta q = 0$ 。气体由状态 1 变化到状态 2 的过程曲线:在 $P-v$ 图上,如图 2-4d)所示。

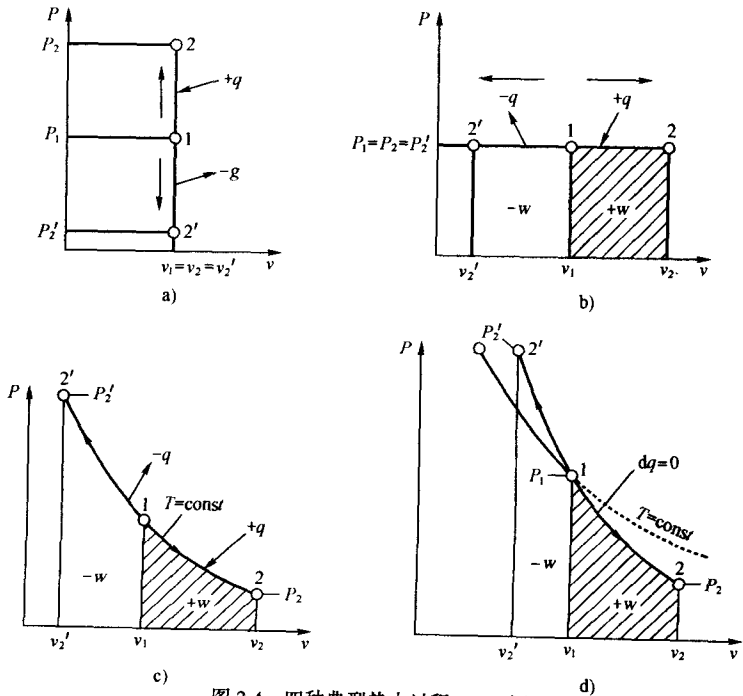


图 2-4 四种典型热力过程 $P-v$ 图
a) 定容过程; b) 定压过程; c) 定温过程; d) 绝热过程