

高等职业技术教育规划教材

汽车发动机构造与维修

郑伟光 主编



机械工业出版社
China Machine Press

高等职业技术教育规划教材

汽车发动机构造与维修

主编 郑伟光

参编 吴 明 关志伟

李 婕 江 帆

段京华 覃 群

主审 关文达



机械工业出版社

本书以国产主流轿车发动机(例如,捷达、桑塔纳、富康等)为主,兼顾产量较大的解放 CA1091 型和东风 EQ1090 型等系列轻、中型货车发动机,全面系统地阐述了汽车发动机的构造、工作原理以及常见故障诊断、分析和维修方法。编写内容深入浅出,图文并茂,实用性强,便于自学。

本书为高职高专院校汽车工程类专业教材,也可作为中职学校汽车制造与维修专业教材及自学用书,还可供汽车工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/郑伟光主编. —北京:机械工业出版社,
2002.7

高等职业技术教育规划教材

ISBN 7-111-10494-3

I. 汽... II. 郑... III. ①汽车—发动机—构造—高等学校: 技术学校—教材②汽车—发动机—车辆修理—高等学校: 技术学校—教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 044243 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:赵爱宁 版式设计:冉晓华 责任校对:张媛

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·19 印张·470 千字

0 001—3 000 册

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

编写说明

随着国民经济的迅速发展,汽车行业已成为我国的支柱产业。近年来,我国汽车保有量迅速增加;同时为满足环保、节能、安全性和舒适性等要求,现代汽车上已采用了许多新结构和新技术,尤其是随着计算机技术、控制技术的发展,各种先进的电控系统在汽车中得到广泛的应用,给汽车的生产、使用和维修等带来了许多新问题。因此,迫切需要与之相适应的职业技术教材,为培养应用型人才服务。

本套教材是由机械职业教育汽车专业教学指导委员会组织编写的,一套共7种。它们是《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气设备构造与维修》、《汽车使用性能与检测》、《汽车材料》、《电控发动机维修》和《汽车自动变速器维修》。该套教材的特点是面向高等职业技术教育,兼顾中等职业技术教育,既有较强的理论性、实践性,又有较强的综合性,并根据高等职业教育的特点,在内容上加强了针对性和应用性,以保证基础、加强应用、体现先进、突出以能力为本位的职业教育特色,力求把传授知识与培养能力有机的结合起来。

本套教材的编者均来自教学第一线,有着丰富的教学经验和扎实的专业知识基础。他们对于当今的教改形势、专业设置等,有着深刻的体会和认识。这些无疑为编写出具有创新性、适用性的高水平教材奠定了良好的基础。

本套教材的编写得到了机械职业教育汽车专业教学指导委员会各委员及相关院校的大力支持,在此表示衷心的感谢。

机械职业教育汽车专业
教学指导委员会
2002年4月

前 言

中国的汽车工业历经 40 多年,有了较大的发展,已初步形成了比较完整的汽车产品系列和生产布局。进入 WTO 以后,我国的汽车工业将得到进一步的发展,汽车的产量和保有量将不断提高。与此同时,对有关汽车专业人才的需求,特别是从事汽车生产、使用和维修等专业技术人员的需求将与日俱增。为了满足高等职业技术学院及高等专科学校等相关院校汽车工程类专业的教学需要,由机械职业教育汽车专业教学指导委员会组织具有多年教学经验的专业教师编写了本教材。

本教材是机械职业教育汽车专业教学指导委员会规划的配套教材之一。与本教材配套的还有《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气设备构造与维修》、《汽车使用性能与检测》、《汽车材料》、《电控发动机维修》和《汽车自动变速器维修》等。

在本书的编写过程中,力图使教材的内容与我国汽车工业的发展相适应,以国产主流轿车车型(例如,捷达、桑塔纳、富康等)为主,兼顾产量较大的解放 CA1091 型和东风 EQ1090 型等系列轻、中型货车发动机。根据职业教育的特点和多年的教学实践经验,本书将汽车发动机的构造与维修有机地结合起来,使学生通过学习和实践,更好地掌握汽车发动机的构造、工作原理和维修知识。同时,还考虑到中等职业技术教育、企业培训和读者自学的需要,在内容上深入浅出,图文并茂,实用性强便于自学。

本书由郑伟光主编,关文达主审。参加本书编写的有:郑伟光(第一章、第四章)、吴明(第六章)、关志伟(第七章)、李婕(第二章)、江帆(第三章)、段京华(第五章)、覃群(第八章)。

最后,殷切期望广大读者对书中不足之处予以批评指正。

编 者

2002 年 3 月

目 录

编写说明

前言

第一章 汽车发动机总论	1
第一节 概述	1
第二节 发动机基本知识	6
第三节 发动机的总体构造	10
复习思考题	12
第二章 曲柄连杆机构的构造与维修 ..	13
第一节 概述	13
第二节 机体组的构造	15
第三节 机体组的维修	24
第四节 活塞连杆组的构造	38
第五节 活塞连杆组的维修	51
第六节 曲轴飞轮组的构造	62
第七节 曲轴飞轮组的维修	71
复习思考题	81
第三章 配气机构的构造与维修	82
第一节 概述	82
第二节 配气机构的构造	88
第三节 配气机构的维修	99
第四节 配气相位的测量与调整	121
复习思考题	126
第四章 冷却系的构造与维修	127
第一节 水冷却系	127
第二节 风冷系	133
第三节 冷却系的维修	134
复习思考题	135
第五章 润滑系的构造与维修	136
第一节 润滑系的组成	136
第二节 润滑系的维修	150
复习思考题	159
第六章 汽油机燃料供给系的构造与 维修	160
第一节 汽油机燃油供给系的组成	160
第二节 简单化油器特性与可燃混合气 的形成	162

第三节 可燃混合气浓度对汽油机工作 的影响	164
第四节 现代化油器的各工作系统	167
第五节 现代化油器的附属装置	173
第六节 典型化油器的构造	179
第七节 可燃混合气供给装置和废气排 出装置	201
第八节 汽油直接喷射系统	208
第九节 汽油机排气净化	217
第十节 汽油机供给系的维修	218
复习思考题	225
第七章 柴油机燃料供给系的构造和 维修	226
第一节 柴油机燃料供给系的组成	226
第二节 柴油机可燃混合气的形成与燃 烧室	228
第三节 喷油器	232
第四节 喷油泵	236
第五节 调速器	247
第六节 喷油泵的驱动与供油正时	257
第七节 柴油机燃料供给系的辅助装置 ..	261
第八节 柴油机的起动辅助装置	264
第九节 柴油机排气净化	266
第十节 电子控制柴油机燃料供给系简 介	268
第十一节 柴油机燃料供给系主要零部 件的检验及调试方法	273
第十二节 柴油机燃料供给系常见故障 的诊断与排除	276
复习思考题	284
第八章 发动机的装配、调整与磨 合	285
第一节 发动机的装配与调整	285
第二节 发动机的磨合与验收	289
第三节 发动机异响的判断	293
复习思考题	297
参考文献	298

第一章 汽车发动机总论

第一节 概 述

一、汽车工业发展概况

汽车是现代社会不可替代的重要交通工具。汽车工业是一个资金密集、技术密集、人才密集、综合性强且经济效益高的产业，同时汽车工业也是衡量一个国家经济、科学技术发展和工业化程度的标志。汽车工业的发展可以带动机械制造、电子技术、橡胶工业和城市道路交通等相关行业的发展，因此，世界各工业发达国家几乎无一例外地把汽车工业作为国民经济的支柱产业。

汽车是欧洲资本主义国家工业革命的产物，是随着内燃机的发明而产生的。1860年，法国发明家勒努瓦发明了世界上最早的内燃机——一台用煤气作燃料的单缸二冲程内燃机；1876年，德国人奥托研制出了第一台往复式四冲程内燃机；1886年，德国人卡尔·本茨设计制造出了世界上第一辆装有汽油内燃机的三轮汽车（图1-1），并于1886年1月29日进行了专利立案，后来人们将此日作为世界上第一辆汽车的诞生日。从此，汽车工业从无到有、迅猛发展，汽车技术日新月异，汽车产量大幅增加。从19世纪末到第一次世界大战爆发的20多年间，是发达国家汽车工业的初步形成时期，其中最具代表性的是德国和美国。1913年，福特汽车公司在底特律建成了第一条汽车装配流水线，首次实现了汽车的批量生产。

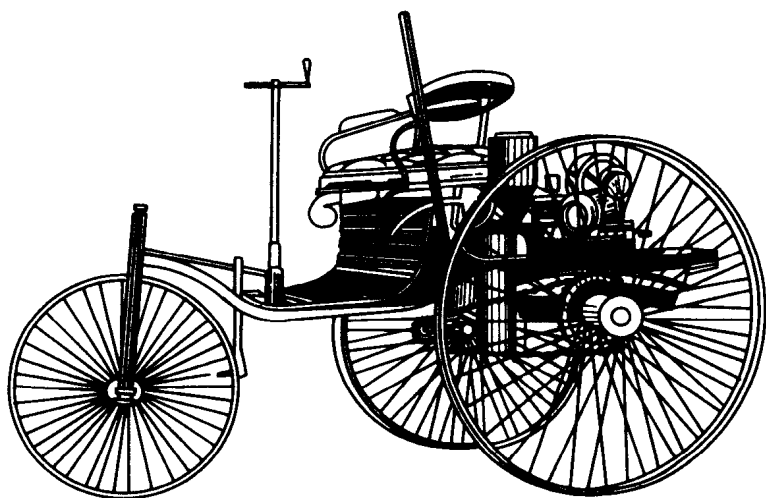


图 1-1 世界上第一辆三轮汽车

经过长期的发展，各国的汽车逐步形成了自己的特点。德国汽车沉静，深藏不露，很少以外观“哗众取宠”，其内在表现只有那些亲身感受过的人才能领略。英国汽车稳重、内向、有涵养，用料充足，讲传统，没有夸张的外形，给人一种实在的感觉。意大利汽车外形超前，功率强劲，追求速度，艺术色彩浓。法国汽车我行我素，性格独特。日本汽车小巧玲珑，轻

便省油，用料精打细算，注重经济性能。美国汽车豪放狂野，不拘小节，注重宽敞豪华，外观大方、气派。

我国第一辆汽车于1929年5月在沈阳问世，由张学良将军掌管的辽宁迫击炮厂制造。但是，直到解放前，我国的汽车工业也只是从事一些简单作业的汽车组装厂和汽车修理厂。

解放后，我国的汽车工业重新起步，第一汽车制造厂于1953年7月在吉林省长春市兴建，三年后便生产出国产“解放牌”中型载货汽车，并于1958年生产出了我国第一辆轿车——东风牌轿车，后来又开始小批量生产红旗CA7560高级轿车。20世纪70年代建设了第二汽车制造厂，生产我国独立设计的“东风牌”中型载货汽车。但国产汽车的品种在过去的长时间内“缺重少轻”，更无轿车工业。鉴于这种情况，国家在“七五”规划中提出“要把汽车工业作为重要的支柱产业，争取有一个较大的发展”，又决定“高起点、大批量、专业化”地发展轿车工业，并把第一汽车制造厂、第二汽车制造厂和上海、北京、天津、广州等地定为轿车生产基地，引进国外车型及先进技术与资金，强调要认真消化吸收，培养自行开发能力，加速国产化。

中国的汽车工业历经40多年，有了较大的发展，已初步形成了比较完整的汽车产品系列和生产布局。国产汽车市场占有率超过95%，载货汽车品种和数量基本满足国内市场需求，轿车供需矛盾的问题得到缓解。到1999年底，全国汽车行业共有企业2391家，总资产5087亿元，职工人数180万人。2000年，生产汽车207万辆，其中轿车60.5万辆；生产摩托车1157万辆，占世界总量的44%。

汽车问世百余年来，特别是从汽车产品的大批量生产及汽车工业的大发展以来，汽车对于世界经济的发展，为人类进入现代生活，产生了无可估量的巨大影响，为人类社会的进步作出了不可磨灭的巨大贡献。目前，世界主要汽车生产国有美国、日本、德国、法国、意大利、俄罗斯、英国、韩国等。到1997年，全世界汽车年产量达到5500多万辆，总保有量超过6亿辆。表1-1所示为世界汽车主要生产国1993~1997年汽车年产量统计，表1-2所示为世界汽车主要生产国1992~1996年保有量统计，表1-3所示为1998年世界九大汽车制造商排名。

表 1-1 世界汽车主要生产国 1993~1997 年汽车年产量统计 (单位: 万辆)

国 别	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年
美国	1089.8	1226.3	1197.1	1183.2	1214.9
日本	1122.8	1055.4	1019.7	1034.7	1097.5
德国	403.2	435.6	466.9	484.3	502.3
法国	315.6	355.8	347.5	359.1	383.0
韩国	205.0	231.2	252.6	281.3	281.8
加拿大	224.7	232.2	241.7	239.7	257.8
西班牙	178.8	214.2	233.3	241.3	256.2
巴西	139.1	158.3	162.9	180.4	206.7
英国	156.9	169.5	176.5	192.4	193.6
意大利	127.7	153.4	166.8	154.5	181.7
中国	129.6	135.3	145.2	147.4	158.2
墨西哥	108.1	112.2	93.6	122.3	132.2
俄罗斯	161.9	112.4	108.9	103.7	
瑞典	33.7	43.5	49.0	43.3	46.0
澳大利亚	30.5	33.8	31.9	32.5	34.9
世界总计	4683.6	4935.1	4984.3	5208.5	5517.6

表 1-2 世界汽车主要生产国 1992~1996 年保有量统计 (单位: 万辆)

国 别	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年
美国	19036.2	19406.3	19546.9	20044.6	20335.0
日本	6165.8	6326.2	6501.1	6685.3	6880.1
德国	4025.1	4204.4	4287.8	4356.1	4416.7
法国	2684.1	2706.7	2753.2	2793.2	2849.9
韩国	523.1	627.4	740.4	846.9	955.4
加拿大	1701.1	1719.0	1775.0	1754.5	1756.5
西班牙	1587.6	1630.0	1668.7	1728.4	1795.4
巴西	1329.9	1486.0	1492.0	1534.0	
英国	2683.9	2721.0	2765.1	2817.1	2879.6
意大利	3216.1	3232.7	3260.7	3280.6	3331.6
中国		817.5	941.9	1040.0	1100.0
荷兰	630.3	643.4	657.1	629.0	642.1
比利时	446.6	454.5	463.4	475.4	483.8
瑞典	390.6	388.2	391.2	393.8	398.1
澳大利亚	995.4	1050.6	1040.7	1063.8	

表 1-3 1998 年世界九大汽车制造商排名 (单位: 万辆)

名次	汽车制造商	总部所在国	年产量	名次	汽车制造商	总部所在国	年产量
1	通用汽车	美国	878	6	戴姆勒-克莱斯勒	德国	402
2	福特-沃尔沃	美国	772	7	菲亚特	意大利	254
3	大众	德国	475	8	本田	日本	231
4	雷诺-日产	法国	470	9	标致-雪铁龙	法国	228
5	丰田	日本	446				

二、汽车类型

汽车按照下列不同的分类方法分成各种类型。

(一) 按用途分类

1. 运输汽车

(1) 轿车 乘坐 2~9 个乘员 (包括驾驶员) 的载客汽车。轿车按发动机工作容积 (发动机排量) 分级 (表 1-4)。

表 1-4 轿车分类 (按发动机排量) 表 (GB/T 3730.1—2001)

轿车类型	微型	普通级	中级	中高级	高级
发动机排量/L	≤1.0	>1.0~1.6	>1.6~2.5	>2.5~4.0	>4.0

(2) 客车 乘坐 9 个以上乘员的载客汽车。客车可分为城市公共客车、长途客车、团体客车、游览客车等类型。

城市公共客车由于乘客上下车频繁, 其地板离地高度较低并设有 2~3 扇客门, 车内设站立位置, 故车内通道应有足够的高度与宽度。长途客车由于乘坐时间长, 车内全部布置座席, 通常只有 1 扇客门, 乘坐舒适性要求较高, 还须设有若干个行李舱。团体客车供机关、团体使用, 行车时间和路线较灵活, 不设行李舱。游览客车有较舒适的座位, 其车窗尺寸较大, 以便开阔视野。客车按车辆总长分类 (表 1-5)。

表 1-5 客车分类 (按总长) 表 (GB/T 3730.1—2001)

客车类型	微型	轻型	中型	大型	特大型
总长/m	≤3.5	>3.5~7	>7~10	>10	

(3) 载货汽车 简称货车, 用于运载各种货物, 其驾驶室内还可容纳 2~6 个乘员。由于所运载的货物种类繁多, 货车的装载量及车箱的结构也各有不同, 主要分为普通货车和专用货车两大类型。专用货车主要是为专门运输某种类型的货物而设计的, 如自卸式货车、厢式货车、罐式货车、平板式货车等。货车按其最大总质量分类 (表 1-6)。

表 1-6 载货汽车分类 (按厂定最大总质量) 表 (GB/T 3730.1—2001)

载货汽车类型	微型	轻型	中型	重型
厂定汽车最大总质量 ^① /t	≤1.8	>1.8~6	>6~14	>14

① 在公路行驶时的总质量。

(4) 越野汽车 常见的轮式越野汽车都装备越野轮胎并采用全轮驱动, 具有高通过性能, 适合非公路或无路地区行驶。越野汽车可以是轿车、客车、载货汽车或其他用途的汽车。

(5) 牵引汽车 专门或主要用于牵引挂车的汽车, 通常可分为半挂牵引汽车和全挂牵引汽车等类型。半挂牵引汽车后部设有牵引座, 用来牵引和支承半挂车前端。全挂牵引汽车本身带有车箱, 其外形虽与货车相似, 但其车辆长度和轴距较短, 而且尾部设有拖钩。牵引汽车都装设有一部分挂车制动装置及挂车电气接线板等。

(6) 农用汽车 主要用于农村地区从事农业运输和作业的汽车。

2. 专用 (特种) 汽车

这种汽车根据特殊的使用要求设计或改装而成, 主要是用于承担专门运输或专项作业的汽车, 如银行运钞车、高尔夫球场专用汽车、竞赛汽车、消防车等。

(二) 按动力装置的形式分类

1. 内燃机汽车

现代汽车几乎都采用往复式活塞式内燃机作为动力装置。根据其使用的燃料不同, 通常分为汽油车、柴油车和代用燃料车。汽油和柴油在近期内仍将是活塞式内燃机的主要燃料, 而各种代用燃料的研究工作也在大力开展, 例如以丙烷和丁烷为主的液化石油气, 还有甲醇和乙醇以及它们的衍生产品等等。

2. 电动汽车

其动力装置是直流电动机。电动汽车的优点是无废气排出, 不产生污染, 噪声小、能量转换效率高, 易实现操纵自动化。电动机的供能装置通常是化学蓄电池, 由于蓄电池在重量、充电间隔时间、寿命、放电能力等方面还不能完全令人满意, 从而限制了电动汽车的普及。

(三) 按行驶机构的特征分类

1. 轮式汽车

通常可分为非全轮驱动和全轮驱动两种形式。汽车的驱动形式一般用符号“ $n \times m$ ”表示, 其中 n 为车轮总数 (在 1 个轮毂上安装双轮辋和轮胎仍算 1 个车轮), m 为驱动轮数。例如: 普通轿车和解放 CA1091 一类的普通载货汽车属于 4×2 型, 北京 BJ2020 越野汽车属于 4×4 型, 东风 EQ2080 越野汽车属于 6×6 型等。

2. 其他形式的车辆

如履带式车辆、雪橇式车辆、气垫式车辆、步行机构式车辆等。

三、汽车的编号规则

1988 年我国颁布了新的国家标准 GB/T 9417—1988《汽车产品型号编制规则》。新标准规定了汽车的产品型号由企业名称代号、车辆类型代号、主要特征参数代号、产品序号组成, 必

要时可附加企业自定代号, 见图 1-2。对于专用汽车及专用半挂车, 还应增加专用汽车分类代号, 见图 1-3。

企业名称代号一般为汽车制造厂的汉语拼音缩写, 例如: BJ (北京)、TJ (天津)、EQ (二汽) 等。

车辆类型代号见表 1-7。

主要特征参数代号用两位阿拉伯数字表示。载货汽车、越野汽车、自卸汽车、牵引汽车、专用汽车与半挂车的主要特征参数代号以车辆的总质量(t)表示。牵引汽车的总质量包括牵引座上的最大质

量, 当总质量为 100t 及以上时, 可用三位数表示。客车的主要特征参数代号用车身长度(m)表示, 当长度小于 10m 时, 应精确到小数点后一位, 并以其值的 10 倍数表示。轿车的主要特征参数代号以其发动机排量(L)表示, 其数值应精确到小数点后一位, 并以其值的 10 倍表示。

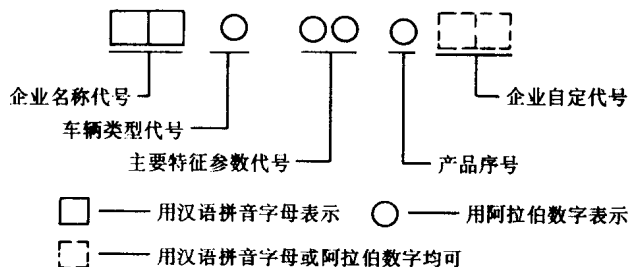


图 1-2 汽车产品型号代号

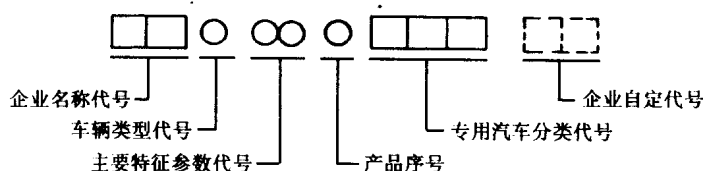


图 1-3 专用汽车及专用半挂车产品型号的构成

表 1-7 车辆类型代号

车辆类型代号	车辆种类	车辆类型代号	车辆种类	车辆类型代号	车辆种类
1	载货汽车	4	牵引汽车	7	轿车
2	越野汽车	5	专用汽车	8	
3	自卸汽车	6	客车	9	半挂车及专用半挂车

产品序号指企业发展该产品的顺序号。

企业自定代号用汉语拼音字母或阿拉伯数字表示, 位数由企业自定, 用以表示同一种汽车但结构略有变化而需要区别。例如, 汽油机与柴油机的长、短轴距, 单、双排座驾驶室或左、右置转向盘等。

专用汽车分类代号用三个汉语拼音字母表示, 第一个字母反映车辆结构特征, 后两个字母表示用途特征。结构特征代号用 X 表示厢式汽车, G 表示罐式汽车, Z 表示专用汽车, T 表示特种结构汽车, J 表示起重举升汽车, C 表示仓栅式汽车。

用途特征代号用专用汽车具体用途的两个汉字的第一个汉语拼音字母表示。

例如: CA1091 表示第一汽车集团公司生产的总质量约 9t (实为 9310kg) 的第二代载货汽车; EQ2080 表示东风汽车集团公司 (二汽) 生产的总质量约 8t (实为 7720kg) 的第一代越野汽车; TJ7131U 表示天津汽车工业 (集团) 有限公司生产的发动机排量为 1.3L 的第二代轿车, U 为厂家自定义。

第二节 发动机基本知识

发动机是汽车的动力源,是把某一种形式的能量转变成机械能的机器。现代汽车所使用的发动机多为内燃机。内燃机把燃料燃烧的化学能转变成热能,然后又把热能转变成机械能,并且这种能量转换过程是在发动机气缸内部进行的。汽车上使用的内燃机主要是汽油机和柴油机。

一、发动机的分类

发动机的分类方法很多,按照不同的特征可以把发动机分成不同的类型。

(1) 按照完成工作循环所需的活塞行程数分类 发动机的每一个工作循环都是由进气、压缩、作功和排气过程所组成,根据完成一个工作循环所需的活塞行程数可分为二冲程发动机和四冲程发动机,现代汽车发动机一般多用四冲程发动机。

(2) 按照气缸数目分类 可以分为单缸发动机和多缸发动机,多缸发动机有双缸、三缸、四缸、五缸、六缸、八缸、十二缸发动机。现代汽车用发动机多采用四缸、六缸和八缸发动机。

(3) 按照气缸的布置方式分类 可以分为对置式、直列式、斜置式或 V 形发动机。

(4) 按照冷却方式分类 可以分为水冷式发动机和风冷式发动机。水冷式发动机工作可靠、冷却效果好,被广泛应用于现代汽车用发动机上。

(5) 按照燃料类型分类 目前用在汽车发动机上的几种燃料包括汽油、柴油、天然气和丙烷,最通用的是汽油和柴油。根据所用燃料可以分为汽油机和柴油机等。

(6) 按照进气方式分类 可以分为自然吸气(非增压)式发动机和强制进气(增压)式发动机。

二、发动机常用术语

为了便于后面的学习,这里先介绍一些发动机常用基本术语,见图 1-4。

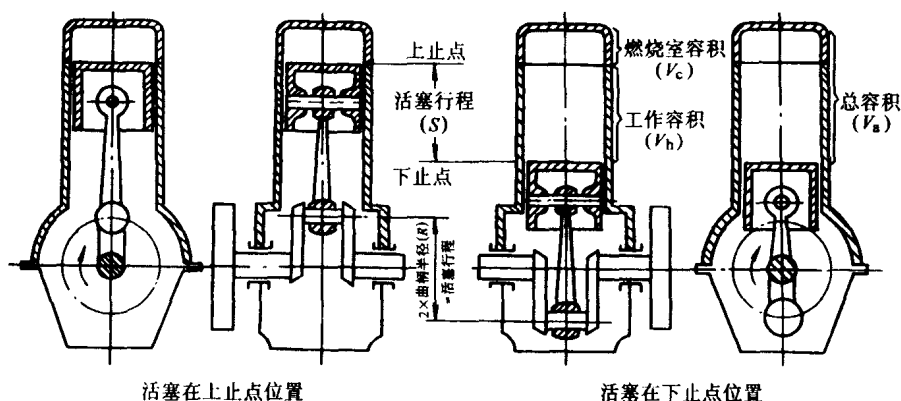


图 1-4 发动机基本术语示意图

1. 上止点

活塞在气缸内作往复直线运动时,活塞向上运动到最高位置,即活塞顶部距离曲轴旋转中心最远的极限位置,称为上止点。

2. 下止点

活塞在气缸内作往复直线运动时,活塞向下运动到最低位置,即活塞顶部距离曲轴旋转中心最近的极限位置,称为下止点。

3. 活塞行程

活塞从一个止点到另一个止点移动的距离，即上、下止点之间的距离称为活塞行程，一般用 S 表示。对应一个活塞行程，曲轴旋转 180° 。

4. 曲柄半径

曲轴旋转中心到曲柄销中心之间的距离称为曲柄半径，一般用 R 表示。通常活塞行程为曲柄半径的两倍，即 $S=2R$ 。

5. 气缸工作容积

活塞从一个止点运动到另一个止点所扫过的容积，称为气缸工作容积 (V_h)，一般用 V_h 表示，即

$$V_h = (\pi D^2 S / 4) \times 10^{-6}$$

式中 D ——气缸直径 (mm)；

S ——活塞行程 (mm)。

6. 燃烧室容积

活塞位于上止点时，活塞上方的空间容积称为燃烧室容积 (V_c)，一般用 V_c 表示。

7. 气缸总容积

活塞位于下止点时，活塞上方的容积称为气缸总容积 (V_a)，一般用 V_a 表示。显而易见，气缸总容积就是气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_c + V_h$$

8. 发动机排量

多缸发动机各气缸工作容积的总和，称为发动机排量 (V_L)，一般用 V_L 表示，即

$$V_L = V_h i$$

式中 V_h ——气缸工作容积；

i ——气缸数目。

9. 压缩比

压缩比是发动机的一个非常重要的概念，压缩比表示了气体的压缩程度，它是气体压缩前的容积与气体压缩后的容积之比值，即气缸总容积与燃烧室容积之比，一般用 ϵ 表示

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{(V_h + V_c)}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

式中 V_a ——气缸总容积；

V_h ——气缸工作容积；

V_c ——燃烧室容积。

通常汽油机的压缩比为 $6 \sim 10$ ，例如捷达轿车使用的 EA827 发动机压缩比为 8.5，EA113 1.6L 发动机压缩比为 9.3，红旗轿车使用的 CA488-3 发动机压缩比为 8.5，CA488-3B2 发动机压缩比为 9。柴油机的压缩比较高，一般为 $16 \sim 22$ 。

10. 工作循环

每一个工作循环包括进气、压缩、作功和排气过程，即发动机完成进气、压缩、作功和排气四个过程叫一个工作循环。

11. 四冲程发动机

曲轴必须转两圈 (720°)，活塞上下往复运动四次，才能完成一个工作循环的发动机，称

为四冲程发动机。

12. 二冲程发动机

曲轴只转一圈 (360°)，活塞上下往复运动两次，就能完成一个工作循环的发动机，称为二冲程发动机。

三、发动机的工作原理

发动机是一种能量转换机构，它将燃料燃烧产生的热能转变成机械能。那么，它是怎样完成这个能量转换过程的呢？也就是说，它是怎样把热能转换成机械能的呢？下面介绍四冲程发动机的工作原理和工作过程。

1. 四冲程汽油机的工作原理

四冲程汽油机是按照如图 1-5 所示的顺序，即进气行程、压缩行程、作功行程和排气行程不断循环往复进行运转的。

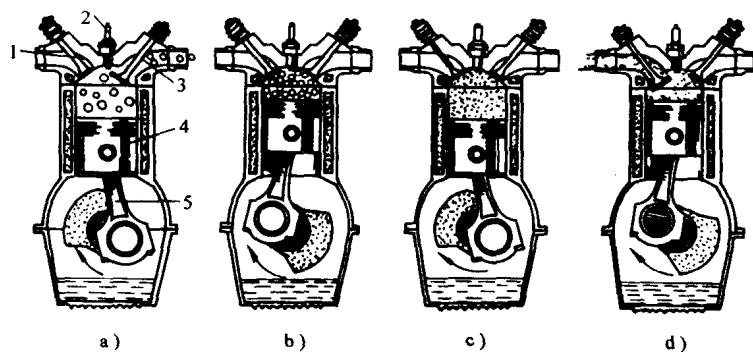


图 1-5 四冲程汽油机的工作原理

a) 进气 b) 压缩 c) 作功 d) 排气

1—排气门 2—火花塞 3—进气门 4—活塞 5—曲柄连杆

(1) 进气行程 如图 1-5a 所示，由于曲轴的旋转，带动活塞从上止点向下止点运动。此时，排气门关闭，进气门打开。活塞下行加大了活塞上方的气缸容积，使气缸内压力下降。空气经空气过滤器，并与化油器供给的汽油混合成可燃混合气，经进气门被吸入气缸，直至活塞运动到下止点。在进气过程中，受空气过滤器、化油器、进气管道、进气门等产生的阻力影响，进气终了时，气缸内气体压力略低于大气压，约为 $0.075 \sim 0.09 \text{ MPa}$ ，同时受到残余废气和高温机件加热的影响，温度达到 $97 \sim 167^\circ\text{C}$ 。

(2) 压缩行程 如图 1-5b 所示，活塞从下止点向上止点运动。此时，进、排气门均关闭，气缸内成为封闭容积，随着活塞上移，活塞上腔容积不断减少，可燃混合气受到压缩，压力和温度不断升高，当活塞到达上止点时压缩行程结束。此时可燃混合气压力可达 $0.6 \sim 1.2 \text{ MPa}$ ，温度可达 $327 \sim 427^\circ\text{C}$ ，远远高于汽油的点燃温度。

(3) 作功行程 如图 1-5c 所示，作功行程也称作燃烧和膨胀行程。当压缩行程即将结束，活塞位于接近上止点（即点火提前角）位置时，火花塞电极产生电火花点燃可燃混合气，可燃混合气燃烧后急速膨胀，膨胀压力最高可达 $3 \sim 5 \text{ MPa}$ ，相应温度为 $1927 \sim 2527^\circ\text{C}$ ，推动活塞从上止点向下止点运动，并通过连杆使曲轴旋转并输出机械功。作功行程结束后，气体压力降至 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$ ，温度也降至 $1027 \sim 1327^\circ\text{C}$ 。

(4) 排气行程 如图 1-5d 所示，当作功行程终了时，排气门开启，活塞在曲轴的带动下

由下止点向上止点运动,废气在自身的剩余压力和活塞的驱赶作用下,经排气门排出气缸,直至活塞运动到上止点,排气门关闭,排气行程结束。由于燃烧室容积的存在,不可能将废气全部排出气缸。同时,受排气阻力的影响,排气终了时,气缸内的压力仍高于大气压力,约为 $0.105 \sim 0.115 \text{MPa}$, 温度约为 $627 \sim 927^\circ\text{C}$ 。

排气行程结束后,进气门再次打开,又开始了下一个工作循环。可见四冲程汽油机经过进气、压缩、做功、排气四个行程完成了一个工作循环,这期间活塞在上、下止点间往复运动了四个行程,相应地曲轴旋转了两圈。

2. 四冲程柴油机的工作原理

四冲程柴油机的工作过程与四冲程汽油机一样,每一个工作循环同样包括进气、压缩、做功和排气四个行程,主要差别在于所采用的燃料、混合气的形成方式和着火方式不同。柴油机使用的燃料为柴油,柴油与汽油有较大的差别,柴油黏度大,不易蒸发,自燃温度低。故柴油机在可燃混合气的形成、着火方式、燃烧过程以及气体温度、压力的变化都和汽油机不同。图 1-6 所示为四冲程柴油机工作原理示意图。

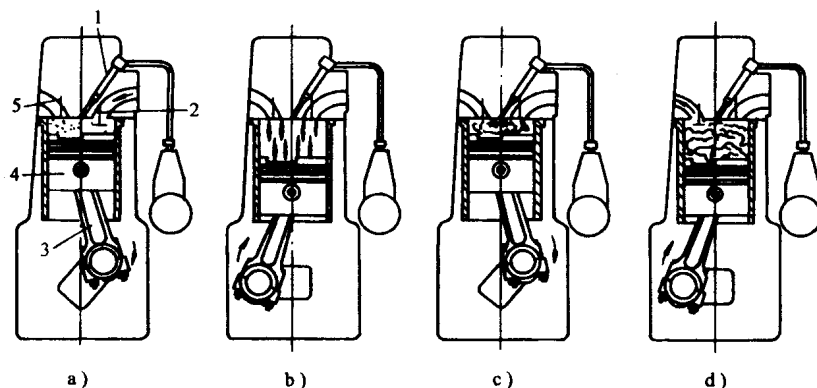


图 1-6 四冲程柴油机的工作原理

a) 进气 b) 压缩 c) 做功 d) 排气

1—喷油器 2—进气门 3—连杆 4—活塞 5—排气门

在进气行程中柴油机吸入气缸的是纯空气而不是可燃混合气。由于在进气通道中没有化油器,故柴油机的进气阻力小,进气终了时气体压力略高于汽油机,约为 $0.0785 \sim 0.0932 \text{MPa}$, 气体温度约为 $27 \sim 97^\circ\text{C}$ 。

在压缩行程接近上止点时,气缸内空气压力可达 $3.5 \sim 4.5 \text{MPa}$, 温度高达 $477 \sim 727^\circ\text{C}$, 大大超过柴油的自然温度,此时喷油器将经燃油泵产生的高压柴油(油压高达 10MPa 以上)以雾状形式喷入燃烧室,柴油和空气在气缸内瞬间形成可燃混合气并着火燃烧。可见柴油机的可燃混合气是在气缸内部形成的,而汽油机的可燃混合气是在化油器与气缸之间的进气道上形成的。

柴油机与汽油机比较,柴油机的压缩比高,热效率高,燃油消耗率低,同时柴油价格较低,因此,柴油机的燃料经济性能好,而且柴油机的排气污染少,排放性能较好。它的主要缺点是转速低、质量大、噪声大、振动大、制造和维修费用高。但是,随着科学技术水平的提高,柴油机的这些弱点不断得到克服,应用范围也不断扩大。

二冲程发动机的工作循环也是由进气、压缩、做功、排气过程组成,但它是在曲轴旋转

一圈 (360°)，活塞上下往复运动两个行程内完成的。因此，二冲程发动机与四冲程发动机工作原理不同，结构也不一样。现代汽车很少使用二冲程发动机，这里就不再介绍了。

前面介绍的是单缸发动机的工作过程，而现代汽车采用的都是多缸发动机，那么，多缸发动机与单缸发动机的工作过程有什么区别呢？实际上，多缸发动机的每个气缸和单缸发动机的工作过程是完全一样的，都要经过进气、压缩、作功和排气四个行程。但是，单缸发动机的四个行程中只有一个行程作功，其余三个行程不作功，即曲轴转两圈，只有半圈作功，所以运转平稳性较差，功率越大，平稳性就越差。为了使其运转平稳，单缸发动机一般都装有一个大飞轮。而多缸发动机各个缸的作功行程是错开的，即在曲轴转两圈 (720°) 完成一个工作循环的过程中，各个气缸交替作功。缸数越多，作功间隔角越小，发动机运转越平稳。使用最多的多缸发动机有四缸发动机、六缸发动机和八缸发动机。

第三节 发动机的总体构造

发动机是由各种机构和系统组成的一种复杂机器，现代汽车所使用的发动机，无论是汽油机还是柴油机，其基本结构是相似的。

下面以 EQ1090E 型汽车上使用的 EQ6100-1 型汽油机为例，介绍汽油机的总体构造，如图 1-7 所示。

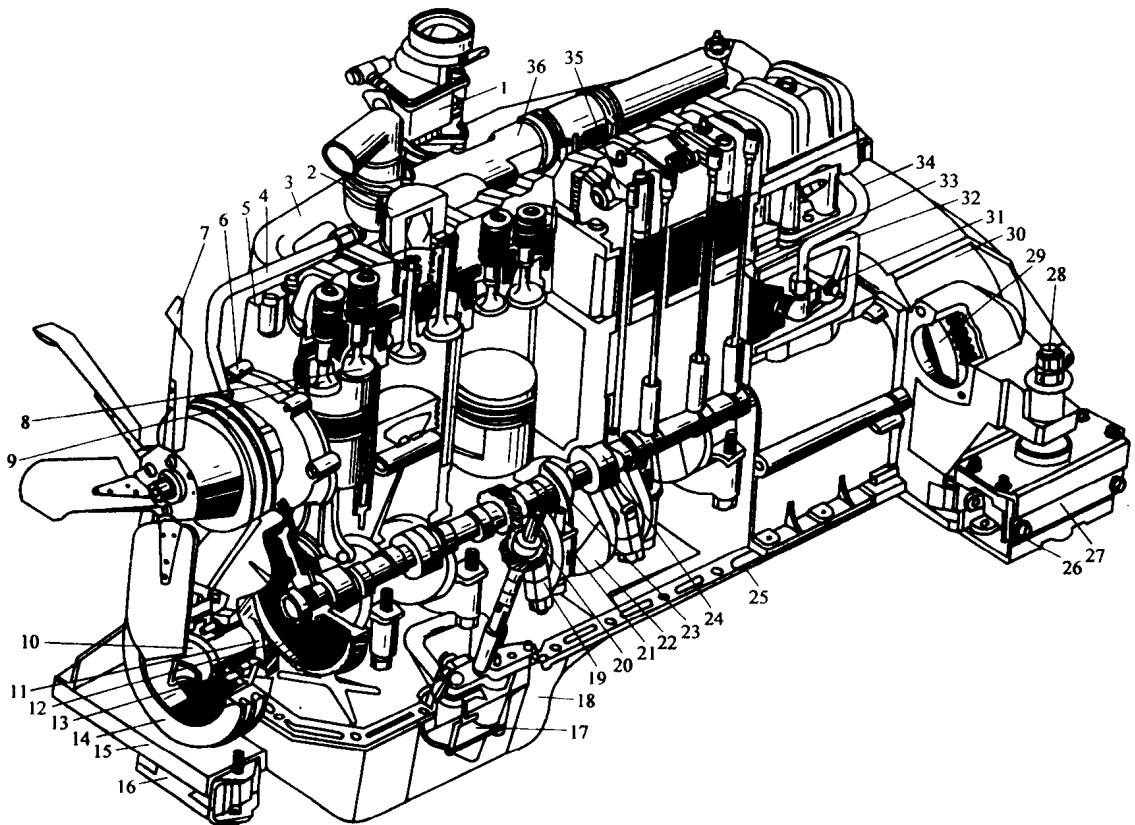


图 1-7 东风 EQ6100-1 汽油机构造图

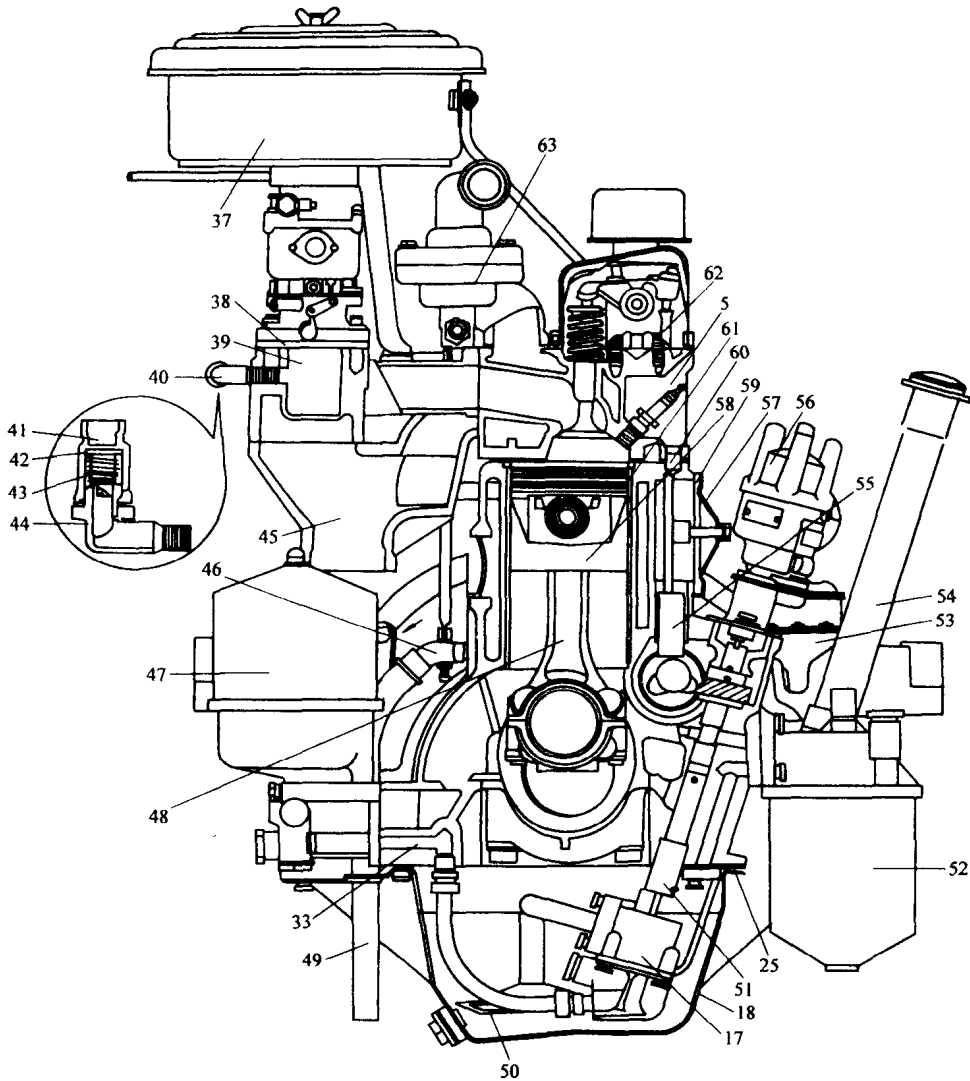


图 1-7 (续)

- 1—化油器 2—曲轴箱通风装置 3—进、排气管总成 4—小循环水管 5—气缸盖 6—水泵
 7—风扇 8—进气门 9—排气门 10—起动机 11—曲轴正时齿轮 12—凸轮轴正时齿轮
 13—正时齿轮室盖及曲轴前油封 14—曲轴输出带轮 15—发动机前悬置支架总成 16—发
 动机前悬置软垫总成 17—机油泵 18—油底壳 19—活塞、连杆总成 20—机油泵、分电器驱
 动轴总成 21—主轴承盖 22—曲轴 23—曲轴止推片 24—凸轮轴 25—油底壳衬垫 26—发
 动机后悬置软垫 27—限位板 28—发动机后悬置螺栓、螺母 29—飞轮 30—飞轮壳 31—曲
 轴箱通风挡油板 32—后挺杆室盖 33—气缸体 34—曲轴箱通风管 35—摇臂 36—气缸盖
 出水管 37—空气过滤器 38—绝热垫及衬垫 39—进气管 40—曲轴箱通风止回阀 41—阀
 体 42—止回阀 43—弹簧 44—弯管接头 45—排气管 46—放水阀 47—机油细过滤器
 48—连杆 49—出水软管 50—集滤器 51—联轴套 52—机油粗过滤器 53—汽油泵 54—
 加机油管和盖 55—挺杆 56—分电器 57—挺杆室盖 58—活塞 59—挺杆室衬垫 60—定
 位销 61—气缸套 62—推杆 63—出水管、节温器