



21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

汽车发动机构造及维修

qiche fadongji gouzao ji weixiu

■ 主编 梁建和 周 宁



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

汽车发动机构造 与维修

主 编 梁建和 周 宁

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

全书由 8 个项目组成:项目一发动机总体构造和工作原理,项目二曲柄连杆机构的构造与维修,项目三配气机构的构造与维修,项目四燃油供给系统与故障排除,项目五发动机润滑与冷却系统,项目六汽油点火系统及故障排除,项目七启动系统与维修,项目八发动机综合故障分析,在第 8 个项目,用 10 个来源于汽车修理生产一线的实际例子,进行综合故障分析训练。

本书适合高等院校汽车类相关专业作为教材,也可以作为各类业余大学、函授大学、电视大学及中等职业学校相关专业的教学参考书,并可供相关专业工程技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修 / 梁建和, 周宁主编.
—北京: 北京理工大学出版社, 2009.8
ISBN 978-7-5640-2704-9

I. 汽… II. ①梁…②周… 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 (2009) 第 150811 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印、刷 / 三河市南阳印刷厂

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 13

字 数 / 250 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1~1500 册

定 价 / 25.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合机电类课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。

- ✚ 注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求，在完成基础课的前提下，使学生掌握先进的机电类相关操作软件，培养学生的实际动手能力。

三、丛书特色

- ✚ 系统性强。丛书各教材之间联系密切，符合各个学校的课程体系设置，为学生构建牢固的知识体系。
- ✚ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深，循序渐进的原则，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。
- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解，并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

为了贯彻教育部 2006 年 16 号文件的精神,根据编委会的要求,本书全面贯彻以行动引导型教学法组织教材内容的指导思想,全部采用项目驱动的方案通过“教、学、做一体化”模式组织教学,显现出鲜明的高等教育特色。全书由 8 个项目组成,每个项目都至少由一个实践性较强的实训任务来导引,突出以能力为本位、以应用为目的的特点,符合“用感性引导理性,从实践导入理论,从形象过渡到抽象,从整体到细节”的认知规律,具备“寓基础于应用中,寓理论于实践中,寓枯燥于兴趣中”的特点。在教学内容的处理和安排上,注重操作技能的培养,按教学准备、实操指导、相关知识的顺序,必要时再加上拓展知识部分;同时,按照人们对汽车发动机的认识习惯安排内容顺序。最后,在第 8 个项目,用 10 个来源于汽车修理生产第一线的实际例子,进行综合故障分析训练。

本书的编审团队,主要由既具有丰富的汽车修理实践经验又有多年教学经验的教师组成。教材的主体内容和教学方案,已经过两轮的实践检验,教学效果显著,深受学生的欢迎和赞誉。

参加本书编审的人员及分工如下:梁建和、周华新、巫尚荣编写项目一和项目八,粟盈、麦冬玲编写项目二,孙峰编写项目三,谭克诚、阳亮编写项目四,周宁、吕德清编写项目五,刘剑锋编写项目六和项目七。本书由梁建和、周宁担任主编,由孙峰、周华新、刘剑锋、谭克诚担任副主编。全书由梁建和教授统稿;教材主体内容和教学方案,由牟林、李滨、青天赵三位老师负责组织实践检验,在此表示衷心感谢。

本书是针对汽车类高等教育而编写的,适合高等院校相关专业作为教材,也可以作为各类业余大学、函授大学、电视大学及中等职业学校相关专业的教学参考书,并可供相关专业工程技术人员参考使用。

由于我国基于行动引导型教学法组织内容、按“教、学、做一体化”模式组织教学的高校教材建设刚刚起步,加之时间仓促,编者水平有限,书中缺点和错误一定不少,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

项目一：车用发动机的基本构造与原理调查	1
1.1 实操指导	1
1.2 相关知识	2
1.2.1 汽车用发动机的分类与基本工作原理	2
1.2.2 发动机的基本结构和型号编制规则	4
习题与考核	6
项目二：曲柄连杆机构的构造与维修	7
2.1 实操指导	7
2.1.1 连杆组检修	7
2.1.2 活塞的选择、分级修理	8
2.1.3 活塞环的装配	9
2.1.4 曲轴的维修	10
2.1.5 飞轮的维修	12
2.1.6 气缸体的检修	13
2.1.7 气缸盖的检修	15
2.2 相关知识	16
2.2.1 活塞连杆组的构造与功用	17
2.2.2 曲轴与飞轮组的构造	27
2.2.3 曲柄连杆机构的运动、工作条件与受力分析	31
2.2.4 机体组件	33
小结	39
习题与考核	41
项目三：配气机构及故障排除	44
3.1 实操指导	44
3.1.1 气门组件的拆装	44
3.1.2 气门间隙的检查和调整	45
3.1.3 气门组件的检修	46
3.1.4 配气正时安装方法及判断	49
3.1.5 配气机构的常见故障诊断和排除	50
3.2 相关知识	51

3.2.1	配气机构的结构组成及工作原理	51
3.2.2	配气相位	58
3.2.3	气门间隙	60
3.2.4	可变气门技术	62
习题与考核		63
项目四：燃油供给系与故障排除		66
4.1	实操指导	66
4.1.1	化油器	66
4.1.2	化油器式汽油机燃油供给系统的检修与故障排除	68
4.1.3	电控汽油机供油系统的常见故障诊断与排除	71
4.1.4	喷油器、喷油泵、调速器的检修	73
4.1.5	喷油泵、调速器的调试	75
4.1.6	柴油机供油正时的安装与调整	76
4.1.7	柴油机燃油供给系统的常见故障及排除方法	77
4.2	相关知识	78
4.2.1	汽油机对燃料供给系统的要求	78
4.2.2	化油器	79
4.2.3	系统其他元件	86
4.2.4	现代汽油机电喷系统	91
4.3	柴油机燃油供给系统	93
4.3.1	柴油机混合气形成	93
4.3.2	柴油机燃烧室	93
4.3.3	柴油机燃料供给系统的作用和组成	95
4.3.4	柴油机燃料供给系统主要零部件	96
4.3.5	柴油机燃料供给系统其他组成零部件	107
4.3.6	燃油喷射	109
4.3.7	柴油机的燃烧过程	111
4.4	进、排气装置	113
习题与考核		117
项目五：发动机润滑与冷却系统		120
5.1	实操指导	120
5.1.1	润滑系统主要零部件的拆装检修	120
5.1.2	润滑系统常见故障和排除方法	122
5.1.3	冷却系统主要零部件的拆装检修	123
5.1.4	冷却系统常见故障和排除方法	125

5.2 相关知识	126
5.2.1 润滑系统功用与组成	126
5.2.2 润滑系统主要零部件的构造	129
5.2.3 冷却系统的功用与组成	136
5.2.4 冷却系统主要零部件的构造	139
思考与考核	146
项目六：汽油点火系统及故障排除	149
6.1 实操指导	149
6.1.1 点火系统接线	149
6.1.2 点火线圈常见故障及检查	155
6.1.3 分电器常见故障及检查	155
6.1.4 点火信号发生器常见故障及检查	156
6.1.5 点火控制器常见故障及检查	157
6.1.6 点火正时、点火系故障判断	158
6.2 相关知识	159
6.2.1 概述	159
6.2.2 触点式点火系统	160
6.2.3 无触点式点火系统	162
习题与考核	163
项目七：启动系统与维修	166
7.1 实操指导	166
7.1.1 启动机零部件的检修	166
7.1.2 汽车启动系统常见故障诊断与故障排除	168
7.2 相关知识	170
7.2.1 发动机启动系统	170
7.2.2 启动机	171
习题与考核	175
项目八：发动机综合故障分析	178
8.1 油电路综合故障	178
8.1.1 油路故障	178
8.1.2 电路故障	181
8.1.3 维修实例	182
8.2 机油压力不足或机油不到位故障	186
8.2.1 常见故障现象	186
8.2.2 检修方法	186

8.2.3 维修实例	187
8.3 冷却系统故障	188
8.4 发动机异响故障	190
8.5 有油有电却无法启动的故障	192
8.6 其他故障实例	193
8.7 发动机的调试	195
习题与考核	196

项目一：车用发动机的基本构造与原理调查

教 学 准 备			
序号	名 称		内 容
1	学习 目标	知识目标	了解车用发动机的功用、类型、基本组成、工作原理，理解常用基本术语
		技能目标	进行与人沟通的初步训练，掌握现场访问和技术调查的基本方法
2	教学设计		将学生分成小组，每组 5 人左右，先对实训室、汽车班等校园内有汽车的部门和个人进行访问及调查，然后在“教、学、做一体化”教室用模型讲解其基本结构和工作原理，最后介绍主要的性能指标
3	教学设备		汽车和发动机总成若干，发动机原理教学模型一台

1.1 实 操 指 导

1. 现场访问及调查

(1) 对车主进行访问，了解汽车的类型、发动机的功用和型号。在访问过程中，首先要注意文明礼貌，只有取得车主的信任和好感才能有效地获得相关知识。

(2) 观察发动机的总体组成、动力输出方式、型号印记部位。

(3) 用文字和简图记录访问及调查的成果。

2. 基本工作原理学习

在“教、学、做一体化”教室，通过观察模型和听取老师的讲解，了解发动机的基本结构和工作原理，重点弄清楚以下问题。

(1) 内燃机的 4 个工作过程与往复活塞式四行程内燃机的 4 个活塞行程的对应关系。

(2) 常用术语，如上止点、下止点、汽缸工作容积、汽缸排量、发动机的工作容积和排量、活塞行程、燃烧室容积、压缩比等。

(3) 汽油机的两大机构五大系统和柴油机的两大机构四大系统的作用原理和结构组成。

(4) 柴油机与汽油机的主要区别，包括工作原理、结构组成和性能参数等方面的区别。

1.2 相关知识

1.2.1 汽车用发动机的分类与基本工作原理

1. 汽车用发动机的分类

发动机是汽车的动力源,是把某种形式的能源转变成机械能的机器。一般地,汽车发动机广泛采用内燃机。近年来,由于石油资源近乎枯竭,开始重视采用再生能源(如燃料电池等)作为汽车动力。内燃机是将燃料在其燃烧室中燃烧所产生的热能直接转化为机械能的一种动力机械,分为旋转式和活塞式两大类,汽车上广泛采用的活塞式内燃机又分为往复式活塞式和旋转活塞式两类。目前普遍使用往复式活塞式内燃机作为汽车的动力装置,根据不同的分类方法,往复式活塞式内燃机又可分为很多种,详见表 1-1。

表 1-1 往复式活塞式内燃机的类型

序号	分类方法	常见类型	备注
1	按使用燃料分	汽油机、柴油机、煤气机、气体燃料机、多种燃料机	汽油机和柴油机应用广泛,但石油储量有限
2	按着火方式分	点燃式、压燃式	压燃式省去点火系统使结构简化、故障率降低
3	按冷却方式分	水冷式、风冷式	水冷式工作可靠、冷却强度大使体积减小,风冷式仅用于缺水的场合,如沙漠用机和军用机等
4	按进气状态分	增压式、非增压式	增压式目前只用于重型机和高档轿车
5	按燃料供给分	化油器式、汽油喷射式、直接喷射式	直接喷射式仅用于柴油机
6	按行程数分	二行程、四行程	二行程机因效率低和排放污染等问题已极少用
7	按汽缸数分	单缸机、多缸机(2缸、3缸、4缸、6缸、8缸、12缸)	奇数缸机型因动平衡困难已很少使用
8	按汽缸布置分	直列式、对置式、斜置式、卧式、V形布置、W形布置	6缸机以下广泛采用直列式,8缸机以上多采用V形布置

2. 汽油发动机的工作原理

主要由活塞 6、气缸体 5 和气缸盖 2 围成的工作空间称为内热机的气缸,如图 1-1a) 所示。活塞 6、连杆 7、曲轴 8 和气缸体 5 组成曲柄连杆滑块机构,曲轴转动时,活塞就沿着气缸体内壁做往复运动。这样,随着活塞的上下运动就会使内燃机的气缸容积从大变小又从小变大。在气缸盖 2 上安装的进气门 4 和排气

门1靠弹簧紧密关闭，用以控制气缸与外界的联系。下面按四行程汽油机的4个工作行程来说明其基本工作原理。

(1) 进气行程。当活塞从下往上运动到达最高点（活塞行程上止点）后，随着曲轴转动，活塞开始从上往下运动，此时顶开进气门4，内燃机的气缸容积也从小变大，形成一定的真空度，外界可燃气体被吸入气缸，如图1-1a)所示。

(2) 压缩行程。当活塞从上往下运动到达最低点（活塞行程下止点）后，随着曲轴转动，活塞开始从下往上运动，此时关闭进气门4，气缸成为密封工作腔，在容积从大变小的过程中气缸内气体被压缩，压力和温度逐渐升高，见图1-1b)。当活塞到达上止点时，密封的气缸内压力和温度达到最高值，压力约为0.6~1.2 MPa、温度约为600~700 K，为燃烧创造了良好的条件。

(3) 做功行程。在压缩行程终了时，使火花塞3产生火花，点燃处于高温高压状态的可燃混合气。可燃混合气迅速燃烧，放出大量的热量使密封气缸内的温度和压力急剧上升，压力可达3~5 MPa、温度可达2200~2800 K，如图1-1c)所示。此时，活塞已开始从上往下运动，作用在活塞顶的气压力通过连杆7推动曲轴转动，对外输出机械功。在活塞从上往下运动的过程中，气缸内的温度和压力逐渐下降，在做功行程终了时，压力为0.3~0.5 MPa，温度为1300~1600 K。

(4) 排气行程。在做功行程即将终了时，顶开排气门1，燃烧后的废气在余压下从气缸内迅速排出。同时，随着曲轴转动，活塞开始从下往上运动，实行强制排气，如图1-1d)所示。当活塞越过上止点、开始从上往下运动时，关闭排气门，排气行程结束。

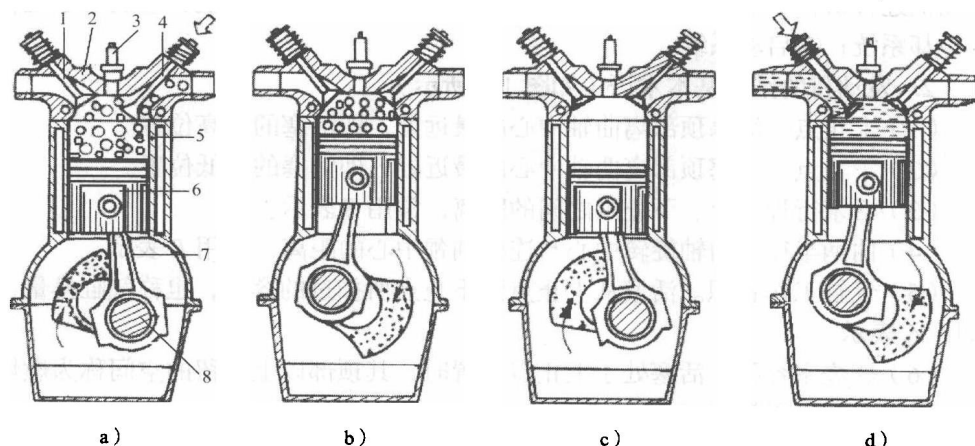


图 1-1 四行程汽油机工作原理示意图

1—排气门；2—气缸盖；3—火花塞；4—进气门；5—气缸体；6—活塞；7—连杆；8—曲轴

在排气行程即将结束时，进气门打开，开始下一个工作循环的进气行程。至

此,可以得出结论:四行程汽油机一个工作循环要经过进气、压缩、做功、排气4个阶段。

3. 柴油机的工作原理

四行程柴油机的工作原理与汽油机基本相同,其基本结构组成也与汽油机相近,只要把图 1-1 中的火花塞改成喷油嘴即可。二者的主要区别是:①汽油机进气时进的是可燃混合气而柴油机进的是空气,柴油机在做功行程开始之前才由喷油嘴向气缸内喷射燃油,并在短时间内因雾化和经高温蒸发使之与空气迅速混合成可燃混合气;②汽油机为点燃式而柴油机为压燃式,柴油机压缩行程终了时,气缸内的温度和压力超过了柴油的燃烧条件:压力 $3.5 \sim 4.5 \text{ Mpa}$, 温度 $750 \sim 1000 \text{ K}$ 。

1.2.2 发动机的基本结构和型号编制规则

1. 发动机的基本结构组成

通过对上述有关发动机基本工作原理的学习可知,汽油发动机除了基本机械构成外,还需要有供油、配气、点火等装置才能完成工作循环,另外还应注意到应长时间维持正常的工作循环,还应该对机械相对运动部位实施润滑,并对气缸等受高温的部位实施冷却,要正常启动还需要启动装置。因此,汽油发动机的总体结构组成为:①曲柄连杆机构;②配气机构;③进排气系统;④燃料供给系统;⑤润滑系统;⑥冷却系统;⑦点火系统;⑧启动系统。

因为柴油机是压燃式内燃机,无需点火系统,故柴油机的总体结构组成为:①曲柄连杆机构;②配气机构;③进排气系统;④燃料供给系统;⑤润滑系统;⑥冷却系统;⑦启动系统。

2. 发动机的结构基本术语(如图 1-2 所示)

- (1) 上止点。活塞顶部离曲轴中心的最远处,即活塞的最高位置。
- (2) 下止点。活塞顶部离曲轴中心的最近处,即活塞的最低位置。
- (3) 活塞行程。上、下止点之间的距离,常用 S 表示。
- (4) 曲柄半径。曲轴旋转中心与连杆轴颈中心的距离,常用 R 表示。
- (5) 气缸工作容积。活塞从上止点到下止点所扫过的容积,也称气缸排量,常用 V_h 表示。
- (6) 燃烧室容积。活塞处于上止点位置时,其顶部以上存留的空间称为燃烧室,燃烧室的容积常用 V_c 表示。
- (7) 气缸总容积。活塞处于下止点位置时,其顶部以上的全部空间,常用 V_a 表示。显然有 $V_a = V_h + V_c$ 。
- (8) 压缩比。气缸总容积与燃烧室容积的比值,常用 ε 表示。显然有 $\varepsilon = V_a \div V_c$ 。它表示了气缸内气体被压缩的最大程度,决定着压缩行程终了时气缸内气体的压

力和温度。一般汽油机取 $\varepsilon=6 \sim 10$ ，柴油机取 $\varepsilon=15 \sim 22$ 。

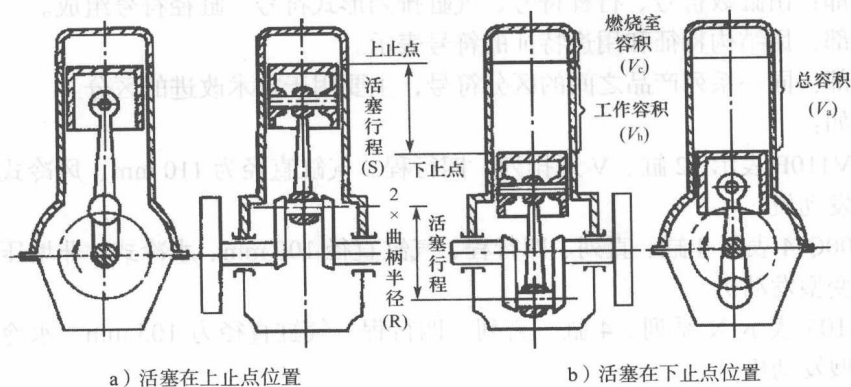


图 1-2 发动机基本术语示意图

3. 发动机的产品名称和型号编制规则

发动机的产品名称和型号编制执行国家标准 GB/T725—1991，下面介绍该标准的主要内容，如图 1-3 所示。

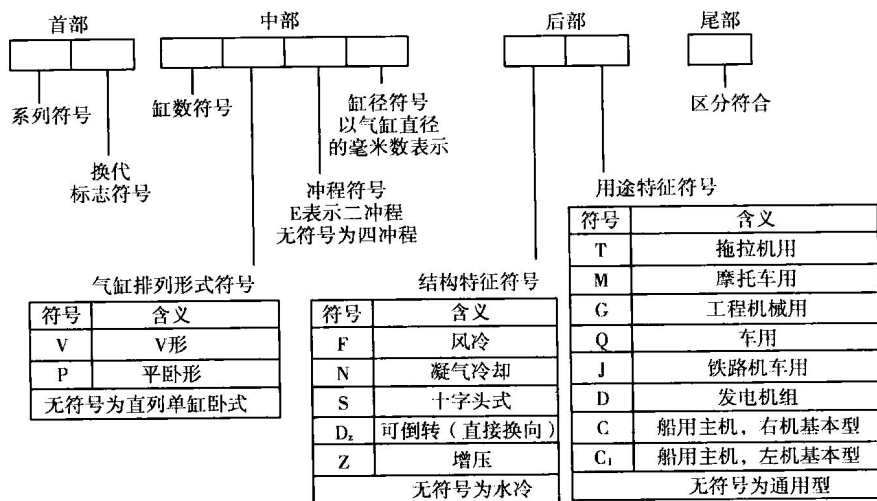


图 1-3 发动机的产品名称和型号编制规则

- (1) 发动机的产品名称均按所采用的燃料命名，如柴油机、汽油机、煤气机、沼气机等。
- (2) 发动机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成。
- (3) 发动机型号应能反映发动机的主要结构特征和性能，由下列四部分内容组成。

首部：用产品系列符号和换代标志符号表示。

中部：由缸数符号、行程符号、气缸排列形式符号、缸径符号组成。

后部：用结构特征和用途特征的符号表示。

尾部：同一系列产品之间的区分符号，主要用于技术改进的区分。

例如：

12V110F 表示 12 缸、V 形排列、四行程、气缸直径为 110 mm、风冷式、非增压型发动机。

4100Q-4 表示 4 缸、直列、四行程、气缸直径 100 mm、水冷式、非增压车用第四种变型发动机。

X4105 表示 X 系列、4 缸、直列、四行程、气缸直径为 105 mm、水冷式、非增压型发动机。

习题与考核

实操题：现场阐述发动机的总体组成、动力输出方式、型号印记部位。

理论题：

1. 基本术语及型号解释：气缸、排量、压缩比、内燃机工作循环，CA6102Q、BJ492Q。

2. 阐述汽油机的基本结构组成及四行程机的基本工作原理。

项目二：曲柄连杆机构的构造与维修

教 学 准 备			
序号	名 称		内 容
1	学习 目标	知识 目标	熟悉曲柄连杆机构的功用、组成和工作原理；了解修理尺寸法；掌握曲柄连杆机构主要零件的名称、装配位置
		技能 目标	(1) 掌握曲柄连杆机构的拆装方法和专用工具的使用方法。 (2) 掌握气缸盖平面度、气缸磨损的检修方法。 (3) 掌握活塞和活塞环的检测方法，掌握曲轴的弯曲、圆度、圆柱度检测方法。 (4) 掌握曲柄连杆机构装配过程中的各项检查
2	教学设计		将学生分成小组，每组 5 人左右，先在实训室进行活塞连杆机构的拆装；再在教室讲述曲柄连杆机构及其相应零部件的结构特点、功用和工作原理；然后在实训室对各零部件进行检测维修；最后教师抽组考核，组长进行组内考核，要求人人过关
3	教学设备		常用拆装工具，专用拆装工具（如活塞环拆装钳、活塞销拆装工具），加热装置，连杆校验仪，千分尺，量缸表，带磁性底座的百分表，塞尺，直尺，弹簧秤，V 形铁，发动机总成，气缸体，曲轴，活塞连杆组等

2.1 实 操 指 导

2.1.1 连杆组检修

1. 分解活塞连杆组

- (1) 用活塞环钳拆卸活塞环。
- (2) 拆卸活塞销卡簧。
- (3) 将活塞加热到 60℃，使用专用工具 VW221a 拆卸活塞销。

2. 连杆变形的检测

- (1) 检查连杆大小端孔有无损伤。取下连杆轴承，清洗干净大头内孔，将轴承盖装在连杆体上，并按标准力矩拧紧连杆螺栓。
- (2) 依照连杆小头孔径选取标准心轴，穿入连杆小头孔内，或使用符合尺寸的活塞销代替。
- (3) 将连杆大头装在检验器的横轴上，使定心块向外扩张，将连杆固定在检验器上。
- (4) 将三点规的 V 形块跨放在连杆小端的心轴或活塞销上，轻轻移动使测点