



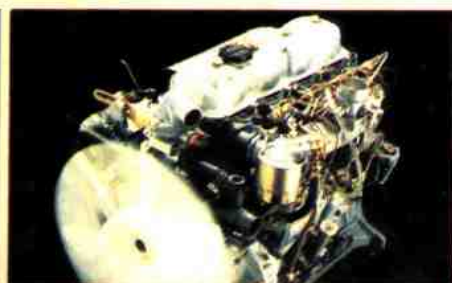
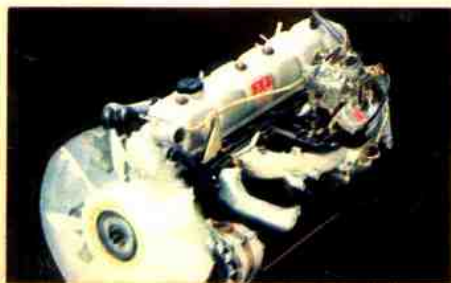
中外汽车 发动机修理工艺

唐 艺编著
湖南科学技术出版社

ZHONG WAI QI CHE
FA DONG JI XIU LI GONG YI
ZHONG WAI QI CHE
FA DONG JI XIU LI GONG YI

ZHONG WAI QI CHE FA DONG JI XIU LI GONG YI

ZHONG WAI QI CHE
FA DONG JI XIU LI GONG YI
ZHONG WAI QI CHE
FA DONG JI XIU LI GONG YI
ZHONG WAI QI CHE FA DONG JI XIU LI GONG YI



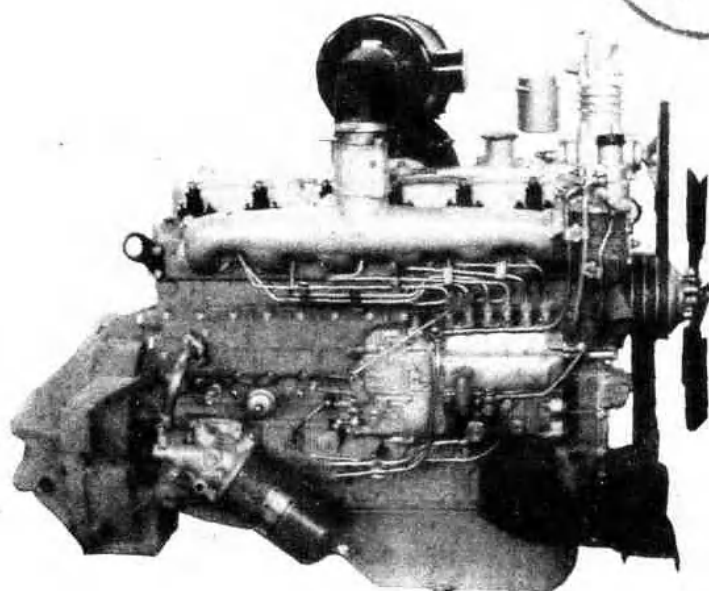
XI

XIULIGONGYI

587628

中外汽车 发动机修理工艺

唐 艺编著
湖南科学技术出版社



C0274914

湘新登字 004 号

中外汽车发动机修理工艺

唐 艺 编著

责任编辑：陈清山

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路 3 号)

湖南省新华书店经销

湖南省新华印刷二厂印刷

(印装质量问题请直接与本刊联系)

*

1995 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：23.5 字数：576,000

印数：1 5,100

ISBN 7—5357—1534 6

U·27 定价：15.50 元

地科 154—9

前 言

发动机是汽车行驶的动力装置，是汽车不可缺少的重要组成部分。

《中外汽车发动机修理工艺》一书就是专门介绍现代汽车发动机的，它分为机械结构和修理工艺两大部分。

关于机械结构部分，是按汽车发动机的结构系统地分类，对中国（包括台湾地区）、日本和欧美型汽车发动机进行了详细的介绍，将其总成、组件的结构、性能、作用与工作原理等作了精辟的剖析。

尽管汽车发动机型号甚多，但其结构大同小异。本书的特点是以中外典型汽车发动机结构为例，举一反三，触类旁通，并可应用于任何机型。在此部分中配有 200 余幅插图，图文并茂，通俗易懂，使读者对汽车发动机有较系统的了解。另外，本书还附有各零件名称的英汉对照，以便于读者查阅和使用。

关于修理工艺部分，详尽地介绍了汽车发动机的修理工艺及程序，对拆卸、分解、检验、修理、调整、装配（组合）、安装、试验、调校与验收等程序，分别进行了说明，而且适用于任何机型。文字简单明了，并配置了 300 余幅插图，以使读者一目了然。

发动机修理是指有计划地对汽车发动机进行恢复性的修理，要求基本上达到原有的动力性、经济性和规定的技术标准。因此，本书的目的是使读者在发动机的修理技能和运用知识方面，有一个较大的提高。

该部分所指的标准值，是用来表示零（组）件质量的标准数值，也是零（组）件必须修正或调整时的数据。而极限值是用来检查零（组）件质量时的判断基准，表示该零（组）件在功能或强度以及配合上必须保有的上下限数值。技术数据是修理的重要依据，这里除介绍一般常用的经验和推荐的数据外，在每节中另附有几种机型的有关数据，供参考。

《中外汽车发动机修理工艺》适于广大汽车从业人员以及培训教学之用，特别是汽车修理、驾驶人员更为需要。

本书可与《汽车、摩托车驾驶必读》、《汽车、摩托车修理工艺》、《汽车故障》等书配合使用（均由湖南科学技术出版社出版）。

不足之处，殷切期望读者指正。

唐 艺

1994 年 4 月于长沙交通学院艺斋

目 录

第一部分 机械结构

第一节 汽车发动机机械结构的发展

- (1)
- 一、从圆木运输到蒸气机车..... (1)
- 二、从外燃机到内燃机..... (2)
- 三、石油大量开采促进了内燃机的发展..... (2)
- 四、汽油发动机的产生..... (2)
- 五、柴油发动机的产生..... (3)
 - (一) 四行程压燃式柴油机
 - (二) 二行程压燃式柴油机
- 六、现代汽车发动机的不断发展..... (5)
 - (一) 燃气轮机 (二) 转子发动机

第二节 汽车发动机机械结构组成与工作原理

- (6)
- 一、四行程汽油发动机机械结构组成与工作原理..... (6)
 - (一) 四行程汽油发动机的机械结构组成
 - (二) 四行程汽油发动机的工作原理
- 二、四行程柴油发动机机械结构组成与工作原理..... (8)
 - (一) 四行程柴油发动机的机械结构组成
 - (二) 四行程柴油发动机的工作原理

第三节 现代汽车发动机的分类及结构分析

- (10)
- 一、现代汽车发动机的分类..... (10)
- 二、现代汽车发动机结构组成分析..... (10)

第四节 现代汽车发动机整体机械结构

- (11)

- 一、六缸顶置气门发动机 (中国解放 CA6102) (11)
- 二、四缸顶置气门发动机 (日本丰田 5R) (13)
- 三、六缸侧置气门发动机 (中国解放 CA10B) (14)
- 四、四缸柴油发动机 (台湾福特六和 2.2SOHC) (15)
- 五、六缸柴油发动机 (中国黄河 6120Q—1) (16)
- 六、四缸上置配气机构发动机 (台湾中华 4G63) (17)
- 七、四缸斜置发动机 (台湾中华 4G82) (19)
- 八、汽油发动机结构分解..... (20)
- 九、柴油发动机结构分解..... (21)
- 十、国内外部分汽车发动机主要结构简介..... (21)

第五节 机体..... (31)

- 一、气缸体..... (31)
- 二、气缸..... (31)
 - (一) 气缸的类型 (二) 气缸的排列
 - (三) 气缸的数目
- 三、气缸套..... (33)
- 四、曲轴箱..... (34)
- 五、气缸盖及衬垫..... (34)
- 六、燃烧室..... (36)
 - (一) 汽油发动机燃烧室 (二) 柴油发动机燃烧室
- 七、气缸盖罩及衬垫..... (39)

第六节 曲轴、连杆机构..... (39)

- 一、活塞、连杆组..... (40)
 - (一) 活塞 (二) 活塞环 (三) 活塞销 (四) 连杆
- 二、曲轴、飞轮组..... (48)

	(一) 曲轴 (二) 飞轮	
第七节 配气机构	.....	(57)
一、配气机构的类型	.....	(59)
	(一) 顶置式 (二) 侧置式 (三) 混合式	
二、配气机构的组成	.....	(59)
	(一) 气门组 (二) 气门传动组	
三、配气机构的布置和传动方式	.....	(65)
	(一) 顶置式配气机构 (二) 侧置式配气机构	
四、气门的数目及排列方式	.....	(67)
五、可变气缸数的配气机构	.....	(67)
	(一) 结构情况 (二) 工作情况	
六、配气相位	.....	(68)
第八节 冷却系	.....	(70)
一、水冷却	.....	(70)
	(一) 水套 (二) 水泵 (三) 风扇 (四) 散热器 (五) 节温器 (六) 水温表、传感器 (七) 冷却水 (八) 防冻液	
二、气冷却	.....	(79)
第九节 润滑系	.....	(80)
一、润滑系的作用	.....	(81)
二、润滑系的供给方式	.....	(81)
	(一) 飞溅润滑 (二) 压力润滑 (三) 综合润滑	
三、润滑系的组成机件	.....	(82)
	(一) 机油泵 (二) 机油集滤器 (三) 机油滤清器 (四) 机油散热器 (五) 限压阀 (六) 机油压力表、传感器 (七) 量油尺 (八) 润滑系循环油路	
四、曲轴箱通风	.....	(90)
	(一) 自然通风 (二) 强制封闭式通风 (三) 单向阀通风	
第十节 汽油机燃料系	.....	(92)
一、汽油箱	.....	(92)
二、汽油滤清器	.....	(95)
三、汽油泵	.....	(95)

	(一) 机械驱动膜片式汽油泵 (二) 晶体管电动汽油泵	
四、空气滤清器	.....	(97)
	(一) 湿式空气滤清器 (二) 干式空气滤清器	
五、化油器	.....	(98)
	(一) 简单化油器 (二) 单腔化油器 (三) 双腔化油器 (四) 化油器附加装置	
六、汽油机喷射系统	.....	(112)
	(一) 电子控制喷射系统 (二) 机械控制喷射系统 (三) 喷射系统的优点	
七、汽油表、传感器	.....	(113)
八、进、排气歧管及消声器	.....	(114)
	(一) 进气歧管与排气歧管 (二) 消声器 (三) 催化转换器	

第十一节 柴油机燃料系 (116)

一、输油泵	.....	(117)
二、柴油滤清器	.....	(119)
三、喷油泵总成	.....	(119)
	(一) 喷油泵 (二) 调速器 (三) 连接器 (四) 自动定时器	
四、喷油器	.....	(128)
	(一) 针栓式喷油器 (二) 节流式喷油器	

第十二节 点火系 (130)

一、点火系的组成	.....	(130)
	(一) 传统点火系 (二) 电子点火系	
二、蓄电池	.....	(131)
三、点火线圈	.....	(132)
四、火花塞	.....	(134)
五、分电器	.....	(134)
	(一) 传统式点火系的分电器 (二) 电子式点火系的分电器	
六、发电机及调节器	.....	(139)
	(一) 交流发电机及调节器 (二) 直流发电机及调节器	
七、起动机	.....	(143)
	(一) 单向滚柱式啮合器 (二) 起动开关	

- 八、点火开关 (146)
九、电流表 (146)

第二部分 修理工艺

第一节 发动机需要修理的依据 (147)

- 一、发动机的磨损 (147)
二、发动机需要修理的依据 (147)

第二节 发动机组成件的划分、修理作业分类和工艺流程 (148)

- 一、发动机组成件的划分及名词解释 (148)
 (一) 发动机组成件的划分
 (二) 组成件名词解释
二、发动机修理作业的分类 (149)
 (一) 大修 (二) 小修
三、发动机修理工艺过程及其流程 (149)

第三节 零件的清洗及检验 (150)

- 一、零件的清洗 (150)
 (一) 金属零件油污的清洗 (二) 非金属零件油污的清洗 (三) 积炭的清除
二、零件的检验分类 (151)
 (一) 零件的检验 (二) 滚动轴承的检验

第四节 修理作业综合须知 (154)

- 一、修理作业须知 (154)
二、安全作业须知 (155)
 (一) 发动机运转时的安全作业须知
 (二) 使用汽油时的安全须知
 (三) 使用蓄电池时的安全须知
三、其他须知事项 (156)

第五节 机体的修理 (156)

- 一、发动机从汽车上拆卸外部机件和吊出 (156)
 (一) 发动机机体外部机件的拆卸
 (二) 发动机从汽车上吊出
二、气缸盖的拆卸与分解 (157)
 (一) 顶置气门侧置凸轮轴气缸盖的

拆卸与分解

(二) 顶置气门上置凸轮轴气缸盖的拆卸与分解

(三) 侧置气门气缸盖的拆卸与分解

三、气缸体的拆卸与分解 (164)

(一) 顶置气门凸轮轴侧置气缸体的拆卸与分解

(二) 侧置气门气缸体的拆卸与分解

四、气缸盖的修理工艺 (168)

(一) 顶置气门气缸盖的检修

(二) 侧置气门气缸盖的检修

五、气缸体的修理工艺 (172)

(一) 顶置气门气缸体的检修 (二) 侧置气门气缸体的检修 (三) 气缸体气缸的搪磨 (四) 气缸套的更换

六、气缸盖衬垫的整修 (176)

(一) 气缸盖衬垫的型式 (二) 气缸盖衬垫应力的分布检视 (三) 气缸盖衬垫的损伤 (四) 气缸盖衬垫的整修 (五) 气缸盖衬垫的安装 (六) 气缸盖螺栓的拧紧力矩

七、几种汽车发动机简要修理技术数据 (178)

(一) 缸盖、缸体、缸套修理技术数据 (二) 缸盖与缸体螺栓拧紧力矩

第六节 曲轴、连杆机构的修理 (183)

一、活塞连杆组的分解 (183)

二、活塞的检修 (184)

(一) 活塞的清理 (二) 活塞圆度的检验 (三) 活塞直径的测量 (四) 活塞顶部的标记 (五) 活塞环槽的加工 (六) 活塞销座孔的检修 (七) 活塞与销座轴心线垂直性的检验 (八) 活塞周壁上的检查 (九) 活塞尺寸及重量的差别 (十) 活塞的选配 (十一) 活塞与气缸壁间隙的检测

三、活塞环的检修 (187)

(一) 活塞环的磨损 (二) 活塞环弹性的检验 (三) 活塞环漏光的检查 (四) 活塞环间隙的检查 (五) 活塞

环的选配 (六) 活塞环的装配	
四、活塞销的检修	(191)
(一) 活塞销的磨损 (二) 活塞销的检验 (三) 活塞销的修理 (四) 活塞销的选配 (五) 活塞销与承孔的配合要求 (六) 活塞销与活塞销座孔的配合 (七) 活塞销与连杆衬套的配合	
五、连杆的检修	(194)
(一) 连杆的损伤情况 (二) 连杆大端孔的变形 (三) 连杆大端孔的检测 (四) 连杆大端孔的修理 (五) 连杆小端孔的变形 (六) 连杆小端孔的检测 (七) 连杆小端孔的修理 (八) 连杆弯曲、扭转的原因 (九) 连杆弯曲、扭转及弯扭并存的检验 (十) 连杆弯曲的校正 (十一) 连杆扭转的校正 (十二) 连杆弯曲和扭转并存时的校正 (十三) 连杆弯曲、扭转的简易检查 (十四) 连杆大端轴承 (瓦) 的损伤 (十五) 轴承 (瓦) 材质的技术要求 (十六) 连杆大端轴承 (瓦) 的选配 (十七) 连杆小端衬套的选配 (十八) 连杆螺栓和螺母的损伤和检查	
六、活塞、连杆件的组装	(202)
(一) 活塞装配注意事项 (二) 活塞销装配注意事项 (三) 活塞销装配的形式 (四) 连杆装配注意事项 (五) 活塞、活塞销、连杆件的组装 (六) 活塞销挡圈的安装 (七) 活塞环装配注意事项 (八) 检查活塞连杆组件与连杆轴颈的装配间隙 (九) 检查偏缸	
七、曲轴、飞轮组的检修	(208)
(一) 曲轴的损伤分析 (二) 曲轴的弯曲和扭转 (三) 曲轴弯曲、扭转的检查和校正 (四) 曲轴折断的原因、检查与修整 (五) 曲轴轴颈的磨损原因及其规律 (六) 轴颈的检查和修磨 (七) 曲轴轴承 (瓦) 的选配 (八) 曲轴轴承间隙的检查 (九) 飞轮的检修 (十) 齿圈的检修 (十一) 飞轮螺栓	

(母) 的检修 (十二) 飞轮壳的检修	
八、几种汽车发动机简要修理技术数据	(220)
(一) 活塞连杆组修理技术数据 (二) 曲轴飞轮组修理技术数据 (三) 活塞连杆、曲轴飞轮组螺栓旋紧力矩	
第七节 配气机构的修理	(225)
一、气门、气门导管和气门座的检修	(225)
(一) 气门的磨损、弯曲和歪斜的原因 (二) 气门顶和气门杆的检修 (三) 气门导管的检修 (四) 气门座圈承孔及座圈的检修	
二、气门弹簧组的检修	(231)
(一) 气门弹簧损坏的原因 (二) 气门弹簧的检查 (三) 气门弹簧的检修 (四) 气门弹簧座及锁块 (销) 的检修	
三、摇臂及摇臂轴组的检修	(233)
(一) 摇臂的检修 (二) 间隙自动调节器的检修 (三) 摇臂轴的检修	
四、气门挺柱、推杆的检修	(236)
(一) 气门挺柱的检修 (二) 气门推杆的检修	
五、正时胶带和正时链齿轮的检修	(237)
(一) 正时胶带的检修 (二) 正时链齿轮的检修 (三) 张力器的检修 (四) 正时胶带与链齿轮的安装	
六、正时链条、正时链轮的检修	(239)
(一) 正时链条的检修 (二) 正时链轮的检修	
七、曲轴正时齿轮和凸轮轴正时齿轮的检修	(240)
(一) 正时齿轮损伤的分析 (二) 正时齿轮的检修 (三) 正时齿轮的安装	
八、凸轮轴的检修	(241)
(一) 凸轮轴和凸轮的磨损 (二) 凸轮轴的检修 (三) 凸轮轴轴承套的修	

配	
九、配气机构的装配与调整	(244)
(一) 配气机构的装配 (二) 凸轮轴	
轴向间隙的调整 (三) 正时 (四) 气	
门间隙的调整 (五) 配气相位的调整	
十、几种汽车发动机简要修理技术	
数据配气机构修理技术数据	
.....	(247)
第八节 冷却系的修理	(250)
一、散热器的检修	(250)
(一) 散热器的清理与检修 (二) 散	
热器芯管的修整	
二、风扇组的检修	(252)
(一) 风扇、胶带及轮盘的检修	
(二) 风扇离合器的检修	
三、水套水垢的清理	(252)
(一) 一般情况下的清理 (二) 严重	
积垢的清理	
四、水泵的检修	(253)
(一) 水泵分解前的加温 (二) 水泵	
的拆卸 (三) 水泵零部件的检修	
(四) 水泵的装配 (五) 水泵装复后	
的检验	
五、节温器的检修	(255)
六、水温表感温塞的检查	(255)
七、几种汽车发动机冷却系修理	
技术数据	(255)
第九节 润滑系	(257)
一、机油集滤器的检修	(257)
(一) 机油集滤器的故障	
(二) 机油集滤器的检修	
二、机油泵的检修	(257)
(一) 齿轮式机油泵的检修	
(二) 转子式机油泵的检修	
三、油道的清理	(259)
四、机油滤清器清理检修	(260)
(一) 粗滤器的清洗 (二) 细滤器的	
检修	
五、机油散热器的检修	(260)
六、曲轴箱通风	(261)

七、几种汽油发动机润滑系修理	
技术数据	(261)
第十节 汽油机燃料系的检修	(262)
一、汽油箱的检修	(262)
(一) 汽油箱的故障损伤 (二) 汽油	
箱的检修	
二、汽油滤清器的检修	(262)
(一) 汽油滤清器的故障损伤	
(二) 汽油滤清器的清理检修	
三、汽油泵的检修	(263)
(一) 汽油泵的故障损伤 (二) 汽油	
泵的检修 (三) 汽油泵的装配 (四)	
装配后的检验	
四、空气滤清器的检修与清理	
.....	(265)
五、化油器的检修	(266)
(一) 化油器维修要点 (二) 化油器	
的清洗 (三) 化油器的一般检修	
(四) 化油器针阀密封性的检验	
(五) 化油器量孔流量的检验 (六) 真	
空加浓装置的检验 (七) 附加装置的	
检修 (八) 化油器的装配与调整	
六、汽油表、传感器的检修	(275)
(一) 汽油表的检查和调整 (二) 传	
感器连浮子的检查和调整	
七、进、排气歧管及消声器的检	
修	(276)
(一) 进、排气歧管的检修 (二) 消	
声器的检修	
八、几种汽车发动机简要修理技	
术数据汽油机燃料系修理技	
术数据	(276)
第十一节 柴油机燃料系的检修	(278)
一、输油泵的检修	(278)
(一) 输油泵零件的检修 (二) 输油	
泵的装复 (三) 输油泵的试验	
二、柴油滤清器的清理与检修	
.....	(279)
(一) 滤清器的清洗 (二) 滤清器的	
检修 (三) 高压油管的检修	

三、喷油泵总成的检修 (279)

- (一) 喷油泵零件的检修 (二) 两极调速器的检修 (三) 真空、机械联合式调速器的检修 (四) 喷油正时自动调节器的检修 (五) 喷油泵及调速器的装合 (六) 喷油泵及调速器的调试 (七) 真空、机械联合式调速器的调试

四、喷油器的检修 (290)

- (一) 喷油器的维护保养 (二) 喷油器的检验与调整

五、油泵——喷油器系统的检修 (291)

- (一) 输油泵(旋转式)的检修 (二) 油泵——喷油器的检修 (三) 油泵——喷油器的试验和调整

六、几种汽车发动机简要修理技术数据 (294)

- (一) 柴油机燃料系修理技术数据 (二) 几种日本车型发动机喷油泵主要参数 (三) 喷油泵标准螺栓力矩 (四) 几种车型发动机喷油泵喷油量的调试数据 (五) 柴油机喷油器型式与主要参数 (六) 几种日本柴油机调速器类型 (七) 几种日本柴油机喷油器型号和主要参数 (八) 汽车用汽油机与柴油机的比较

第十二节 点火系的检修 (301)

一、点火系的线路图示 (301)

- (一) 传统点火系的线路 (二) 电子点火系的线路

二、蓄电池的维护保养 (301)

- (一) 检查电解平面 (二) 测量电解液的密度

三、点火线圈的检修 (303)

- (一) 点火线圈的电路 (二) 点火线圈的检修

四、电容器的检验 (305)

- (一) 电容器的跳火检查 (二) 电容器的短路检验 (三) 电容器的漏电和

断路检验

五、火花塞的检测调整 (305)

- (一) 火花塞的选择 (二) 火花塞表面状况的检查和积炭清除 (三) 火花塞电极间隙的测量和调整 (四) 火花塞发火性能的检查 (五) 火花塞的密封性检查

六、分电器的检修 (307)

- (一) 传统分电器的检修 (二) 电子分电器的检查

七、硅整流发电机的检修 (311)

- (一) 硅整流发电机的拆卸 (二) 硅整流发电机的检修 (三) 硅整流发电机的装复与测试 (四) 硅整流发电机的调节器的检修

八、电磁开关起动机的检修 (315)

- (一) 起动机的拆卸 (二) 起动机零件的清洗 (三) 起动机零件的检修 (四) 装合、调整与测试

九、几种汽车发动机简要修理技术数据点火系修理技术数据 ... (321)

第十三节 废气排放防治装置 (324)

一、概论 (324)

二、车上检查与调整 (325)

三、规格及扭力数据 (330)

第十四节 现代汽车发动机的装配、调整、检验与验收 (331)

一、发动机的总装配 (331)

- (一) 气缸体的装配 (二) 气缸盖的装配 (三) 正时链条, 正时链轮及凸轮轴的装配

二、发动机装配后的调整 (332)

- (一) 分电器的调整 (二) 气门间隙的调整 (三) 化油器的调整

三、发动机装复后的磨合 (336)

- (一) 发动机的冷磨 (二) 发动机的热试

四、发动机的检验 (337)

五、发动机的验收 (338)

第十五节 发动机修理的技术数据 ... (339)

一、汽油机、柴油机一般常用修理 技术数据	(339)
二、中国几种车型发动机技术性能	(339)
三、中国几种车型发动机主要螺栓 (母) 拧紧力矩.....	(339)
四、中国几种车型发动机修理技术 数据	(339)
五、中国几种车型电器设备技术性 能及调整数据	(339)
附录	(358)

一、法定计量单位及中外常用计量 单位对照表	(358)
二、压力换算	(359)
三、扭力换算	(359)
四、温度换算	(359)
五、英寸与毫米换算	(359)
六、汽油公斤、升换算	(360)
七、汽油升、公斤换算	(360)
八、润滑油、柴油、煤油公斤、升、 加仑换算	(360)

第一部分 机械结构

第一节 汽车发动机机械结构的发展

一、从圆木运输到蒸气机车

人类从利用圆木运输，逐渐发展到利用轮子，把轮子应用到车辆上，在人类历史上是经过了漫长岁月的。

车辆的原动力，几千年来都是由人力、牲畜力而使车辆行动的，随着社会的发展，这些原动力已逐渐不能适应生产的需要，引起人们不断地寻求和探索着其他的原动力。

曾出现过不用牲畜力而利用绳索带动滑轮，通过齿轮传给车轮的滑轮车辆。利用自然风力的风力车辆，是1600年荷兰人西蒙·斯蒂芬仿照帆船的式样，装上轮子，挂起风帆，靠风力来驱动，如图1-1-1所示。1649年，德国人汉斯·赫丘成功地制造了一辆利用发条弹力转动车轮做原动力的车辆，等等。虽然这些原动力都不理想，但人们已经在自然界与机械力之间，探索着自动式的车辆了。

在18世纪，人们终于获得了划时代的原动力，那就是机器的力量——首先是蒸气机的诞生。

1765年，英国人瓦特·詹姆斯（Watt James 1736—1819）在纽可门·托马斯（Newcomen Thomas 1663—1729）蒸气抽水机的基础上，作了一系列的研究和改进，使蒸气机成为工业上可用的发动机。同时，有许多人也在研究用蒸气机作为自动式车辆的原动力。

法国人尼古拉·约瑟夫·居纽（Nicolas Joseph Cugnot 1725—1804）是法国陆军炮兵军官，军事工程师，当时他研究用于牵引大炮的蒸气机车，在1769年成功地研制出世界上第一辆完全依靠自身的动力行驶的蒸气机车（如图1-1-2所示）。这辆蒸气机车，有3个大车轮，沉

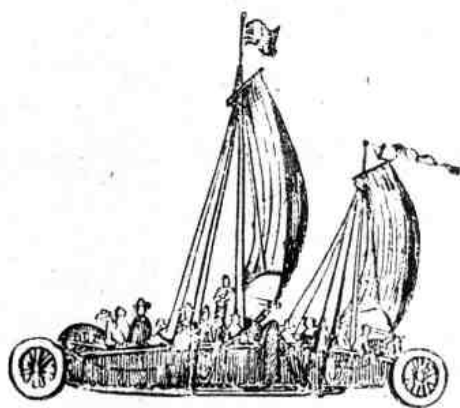


图 1-1-1 装风帆的车（1600年）

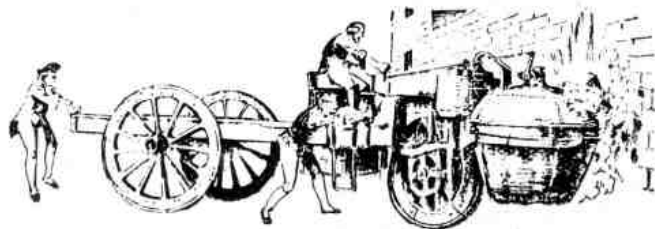


图 1-1-2 世界上第一辆蒸气机车（1769年）

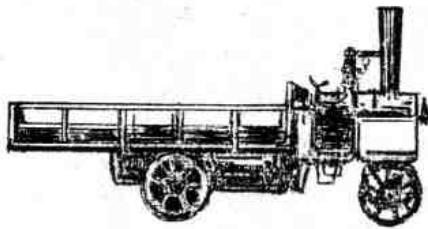


图 1-1-3 最早作运输用的蒸气机车（1803年）

重的锅炉放置在车前，气缸和驱动机构均压放在前车轮上，所以操纵和转向困难，不幸的是这辆车在转弯时又撞到圣奴兵工厂的墙上而无法修复。

英国人理查德·特雷威蒂克于1803年制造了形状类似公共马车的蒸气机车（如图1-1-3所示），它能乘坐8人和运输物品，时速9.6公里，在坡道上可持续行驶6.4公里，创造了新纪录。至此，蒸气机车逐渐成熟，跨进了实用阶段。

二、从外燃机到内燃机

蒸气机是利用水蒸气作工作介质，把热能转变为机械能的热力发动机。

蒸气机有不少缺点，它必须用体积庞大而又笨重的燃烧水蒸气的锅炉，燃料的热能要使水变为蒸气进入气缸转化为机械功，因而效率低。效率低的根本原因，是与锅炉和气缸分开有关，是外部燃烧放热，热能消耗大。也就是说与气缸外部的燃烧方式有关，这种燃烧方式，简称为“外燃”。

在蒸气机发展的同时，有人开始研究怎样使“外燃”改变为“内燃”的可能性，也就是不用蒸气作工作介质，而是设法把燃料燃烧放热都放在气缸内部进行，即利用燃料在气缸内燃烧后的热能无损失地直接推动活塞运动而作功。这种燃烧方式，简称为“内燃”。

当时，对内燃机工作原理的研究相当少，还没有寻求到提高效率的途径。对内燃方式引起和燃料有关的很多问题也未解决，例如：煤很难在短时间里迅速燃烧和产生推动活塞运动的具有一定压力的气体。用煤气做燃料，受到气源的限制，不但效率低，而且不经济等。

三、石油大量开采促进了内燃机的发展

直到石油的发现和大量的开采以及石油工业的发展，给内燃机创造了合适的燃料来源。由于汽油的出现，促成了汽油发动机的产生；由于柴油的出现，促成了柴油发动机的产生。从此，汽油和柴油成为一种可以广泛应用的新燃料。给汽车发动机发展开阔了美好的前景。

四、汽油发动机的产生

1824年，法国科学家卡诺，尼古拉·勒昂纳·萨迪（Carnot, Nicolas Leonard-Sadi 1796—1832）研究热力学时曾涉及到一些内燃机的基本原理，从理想热机的研究中，建立了热力循环的概念，建立了热和功之间的联系。他设想了高压压缩型自然热机的可能性。

1862年，法国人德罗夏，阿尔方斯·比奥（De Rochas, Alphonse Beau）发表了等容燃烧的四行程内燃机理论，阐述了取得最高效率和最佳经济性能所需要的条件。这些条件是：点火前要有高压，可燃气体要能迅速燃烧、膨胀，达到最大的膨胀比等。并且，提出了实现这些条件的具体步骤，就是把活塞运动分为四个行程，即进气、压缩、作功、排气四个过程。德罗夏提出这四个行程和四个工作过程，并没有实际制造出内燃机实体。

1876年，德国工程师奥托，尼古拉·奥古斯特（Otto, Nikolaus August 1832—1891）应用德罗夏的理论，设计制造了第一台四行程煤气的内燃发动机，并提出内燃机工作循环理论（参见图1-2-3所示），就是将活塞运动分四个行程：第一行程，活塞下行，吸进燃气；第二行程，活塞上行，压缩燃气、点火、气体迅速燃烧而膨胀；第三行程，活塞下行，气体膨胀而作功；第四行程，活塞上行，排出废气。如此重复循环，进行不息。

这个工作循环理论，即著名的“奥托循环”，至今仍是制造内燃机所遵循的基本原理。他制造的这台内燃机，在1877年获得了专利权，因此，人们把四行程内燃机的发明归功于他。

奥托内燃机的出现,使人类进入了一个新的原动力时代,为汽车制造业的发展,开辟了广阔的道路。

奥托内燃机先使用煤气,后改用汽油做燃料,因此称为汽油机。

1881年,英国人德·克拉克制造了一台二行程发动机。它是在曲轴每旋转一周,活塞经过两个行程来完成一个四过程工作循环的,是采用曲轴箱换气的方法,如图1-1-4所示。

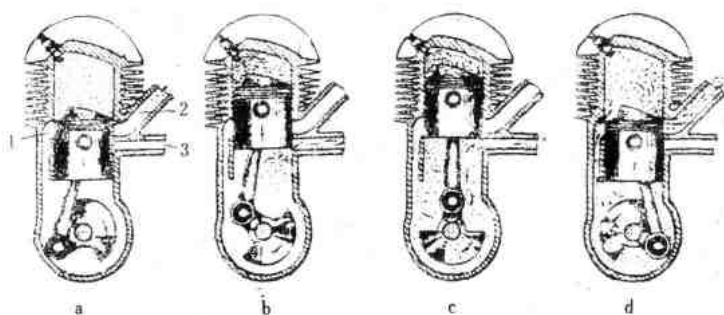


图1-1-4 二行程汽油机工作图

第一行程: a. 进气 b. 压缩 第二行程: c. 作功 d. 排气

1. 换气孔 2. 排气孔 3. 进气孔

发动机气缸体上设有3个孔,它们分别在一定的时间内为活塞所封闭和开启。孔3与化油器相通,可燃混合气经此进入曲轴箱(曲轴箱是封闭型的),再经孔1进入气缸内,废气则经孔2与排气管连通而排出。

第一行程——活塞自下止点向上行,到活塞将3个孔都被关闭时,开始压缩已进入活塞上方气缸内的可燃混合气,同时在活塞下方的曲轴箱内形成真空度。当活塞继续上行时,进气孔3开启,在大气压力作用下,可燃混合气便自化油器进入曲轴箱内。在活塞将接近上止点时,2、1孔均关闭,火花塞发出电火花点燃被压缩后的混合气。

第二行程——混合气点燃后,高温、高压气体膨胀使活塞下行而作功。随着活塞下行,进气孔3逐渐被关闭,进入曲轴箱的混合气因受活塞的下行而预受压缩。当活塞接近下止点时,排气孔2开启,废气经孔2、排气管、消声器排到大气中。同时,受到预压的新鲜混合气便自曲轴箱经换气孔1进入气缸内,并驱逐废气,自此,第一行程又开始,循环不息。

二行程汽油机在换气时,有一部分新鲜混合气随同废气排出,所以经济性差,在汽车上未被普遍使用。由于构造简单,制造费用低,体积小,重量轻,所以在摩托车上被广泛地使用。

1885年,德国人卡尔·弗里德里克·本茨(Karl-Friedrich Benz 1844—1929)制成了第一辆单缸水冷却汽油内燃机的三轮汽车。由于本茨在1886年1月29日在柏林皇家专利局获得了专利权,并于7月3日首次公开试车成功,因此,把这一天定为汽油机汽车的诞生日,公认本茨是第一辆汽油发动机汽车的制造者。

五、柴油发动机的产生

(一) 四行程压燃式柴油机

柴油的大量生产,促使人们研究柴油作为内燃机的燃料。柴油发动机的出现,是动力工程方面的一项卓越的发明。

1892年，德国工程师狄塞尔·鲁道夫（Diesel Rudolf 1858—1913）在卡诺指出的热机循环和可逆的概念，设想高压压缩型自燃热机的思想指导下，提出了在内燃机使用高压压缩自燃着火的专利。

1893年，狄塞尔在名为《转动式热机的原理和结构》的论文中，发表了狄塞尔发动机原理。

1897年，狄塞尔经过5年的研究和实验，终于成功地制造出了第一台实用的四行程压燃式（自燃）的内燃机（参见图1-2-5所示），也就是通常所称的柴油发动机。后人为了纪念他的功绩，用他的名字命名为“狄塞尔发动机”。

柴油机与汽油机的差别，在于柴油机混合气在气缸内形成，靠气体压缩时产生的高温由喷油泵将柴油喷入而自行着火，因而不需要化油器和电火花点火，故柴油机又称为压燃式发动机。

1898年，在德国慕尼黑展览会上，柴油机引起了美国人阿尔道夫·布什的浓厚兴趣，他成功地将柴油机装在汽车上使用，自此以后，柴油机迅速地在汽车、拖拉机、轮船、坦克和各类工程机械上得到了广泛的应用。

柴油机汽车出现后，汽车动力逐渐朝着“柴油机化”的方向发展，大有取代汽油机的趋势。

（二）二行程压燃式柴油机

二行程柴油机的工作过程和二行程汽油机相似，所不同的是：进入的不是可燃混合气而是纯空气，再经油泵—喷油器喷入雾状的柴油而自燃。

通常使用的二行程单流换气式的压燃式发动机工作原理，如图1-1-5所示。

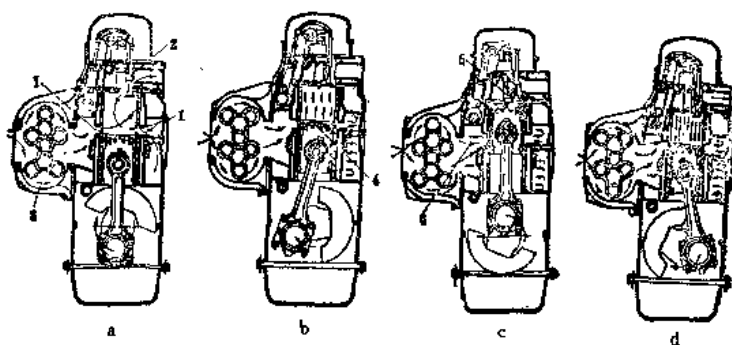


图1-1-5 二行程单流换气式压燃式发动机工作图

第一行程：a. 进气 b. 压缩 第二行程：c. 做功 d. 排气
1. 进气孔 2. 排气孔 3. 增压器 4. 活塞 5. 喷油器 6. 贮气室

二行程柴油发动机的曲轴连杆机构与四行程发动机相同，配气机构只控制排气门的启闭，没有进气门，新鲜空气的进入是经增压器由贮气室的气缸壁周围的换气窗孔来完成。

增压器的压力约为11.76~13.72千帕（kPa）。在压缩终了时，由油泵—喷油器的作用，使柴油以极高的压力（2000转/分时，达13720千帕）喷射进入气缸燃烧。

这种型式发动机的工作循环，是当活塞在下止点时，排气门与换气窗孔均开启，空气因增压器的压力作用，经气缸壁上换气窗孔进入气缸，同时将废气自气缸经排气门排出（图1-1-5a）。

当活塞上行时，换气窗孔及排气门即关闭，空气随着活塞的上行而被压缩（图 1-1-5b）。

当活塞接近上止点时，柴油经油泵—喷油器以高压力喷入气缸自燃燃烧，这时气缸内气体温度及压力剧增，推动活塞而做功（图 1-1-5c）。

当推动活塞自上止点下行接近到达下止点时，排气门开启，废气经排气门排出。此时，换气窗孔开启，空气又由增压器压入气缸，并排出残余废气（图 1-1-5d）。自此，第二个工作循环又接着开始。

单流换气式二行程柴油机与同样工作容积及同样气缸数的四行程发动机相比较，它具有较高的功率和较好的运转均匀性。由于二行程柴油机用的是纯空气，没有燃料损失，经济性较好，所以在拖拉机及载重汽车上得到使用。

六、现代汽车发动机的不断发展

（一）燃气轮机

1950 年，英国罗巴公司试制成功了第一台燃气轮机汽车。燃气轮机可应用推动汽车、飞机、船舶的动力。它是一种热机，利用燃料与空气在燃烧室中燃烧之膨胀能转变成推力或轴功率。其工作原理如图 1-1-6 所示。

空气经压气机压缩后进入热交换器 2，空气被加热经管道 4 输送到燃烧室 5 内。同时由输油泵 6 供给的液体燃料压送至喷射器 7 喷入燃烧室，与其中的空气混合并连续燃烧，生成高温高压燃气。

高温高压燃气通过喷嘴 8 高速射向压缩涡轮外缘的叶片，在气流冲击下，压缩涡轮和同轴的压气机一起高速旋转。再通过一系列固定的导向叶片冲向动力涡轮叶片，使动力涡轮高速旋转。涡轮转子通过齿轮减速器带动输出轴，向汽车驱动轮输出动力。

美国通用汽车公司和福特汽车公司都生产有燃气轮机的汽车。法国塔尔伯特公司生产的“男爵”小客车，也装用了燃气轮机。

（二）转子发动机

1954 年，西德工程师费利克斯·汪克尔（Wankel）提出了一个气密封系统的三角转子发动机的方案。以双弧外旋轮线为缸体，二弧内包络线为活塞，图 1-1-7 所示为其结构和工作原理。

活塞装在输出轴（即主轴）的偏心轴颈上，并绕该轴颈中心自转，偏心轴颈绕主轴中心公转。活塞三个顶端装密封片与缸壁接触，二端面每弧用密封条与缸盖相接触。缸体一侧开有进、排气口，其对侧装有火花塞。当活塞运动时，3 个分隔开的工作腔容积发生周期变化，形成四行程循环。每当主轴旋转三周，活塞自转一周，火花塞点火 3 次，3 个工作腔分别完成三次四行程循环。由于无往复运动件及气门机构，因此，结构简单，零件少，体积小。

1964 年，西德纳苏公司首先将其装在小轿车上作为正式产品。日本玛兹达汽车公司生产的“宇宙”、“罗德佩瑟”汽车都装用了水冷转子发动机。

未来的发动机，已有很多新的设想，正在不断地研制。

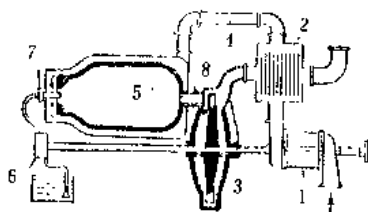


图 1-1-6 燃气轮机工作示意

1. 压气机 2. 预热器(热交换器) 3. 压缩涡轮叶片 4. 管道 5. 燃烧室 6. 输油泵 7. 喷射器 8. 喷嘴

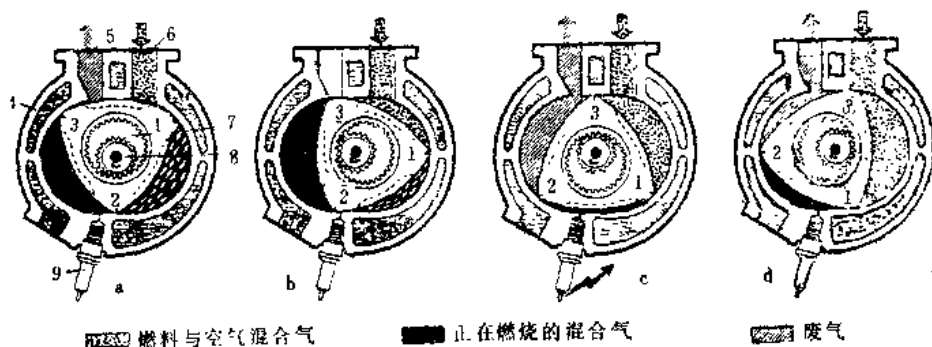


图 1-1-7 转子发动机

- 1、2、3. 三角活塞 4. 缸体 5. 排气口 6. 进气口 7. 偏心轴 8. 输出轴 9. 火花塞
- a. 进气自 1 与 3 之间开始；压缩在 1 与 2 之间发生；动力在 2 与 3 之间产生；排气在 3 与 1 之间完成。
- b. 进气在 1 与 3 之间继续；压缩在 1 与 2 之间继续；动力在 2 与 3 之间完成。
- c. 进气在 1 与 3 之间完成；电火花在 1 与 2 之间产生；排气在 2 与 3 之间发生。
- d. 进气在 1 与 3 之间完成；动力在 1 与 2 之间产生；排气在 2 与 3 之间继续。

第二节 汽车发动机机械结构组成与工作原理

目前，汽车发动机广泛采用的是往复式活塞式四行程化油器式发动机（汽油机）和四行程压燃式发动机（柴油机）。

一、四行程汽油发动机机械结构组成与工作原理

（一）四行程汽油发动机的机械结构组成

四行程汽油发动机的机械结构组成并不复杂，基础零件如图 1-2-1 所示。

（二）四行程汽油发动机的工作原理

汽油发动机的每个气缸中有一个活塞，每个活塞用连杆与一个共用的曲轴（多缸机）相连接，它在气缸内作往复运动。

几个有关名词的解释，如图 1-2-2 所示。

1. 止点——活塞在气缸内的极端位置。活塞顶在气缸的最上端位置为上止点，活塞顶在气缸的最下端位置为下止点。

2. 活塞行程——活塞在气缸内由一个止点移到另一个止点间的距离。曲轴每转半周（180°），相当于一个活塞行程，亦称冲程，以 S 表示。

3. 工作容积——活塞在气缸内由上止点移到下止点时，所让出来的空间，即称为气缸的工作容积，以 V_h 表示。

4. 压缩容积——当活塞在气缸内位于上止点时，在活塞顶上的全部空间，称为压缩容积或称燃烧室容积，以 V_c 表示。

5. 气缸总容积——活塞在下止点时，在活塞顶上的全部容积，也就是压缩容积（ V_c ）和工作容积（ V_h ）的总和，以 V_s 表示。