

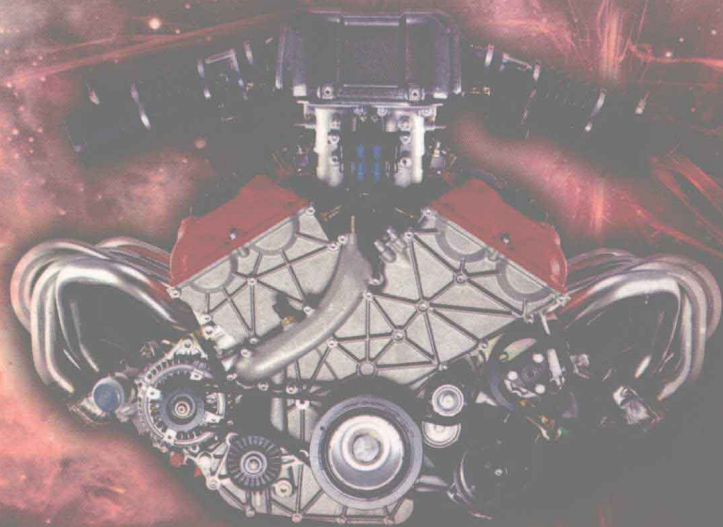


21世纪普通高等院校汽车专业系列教材

# 发动机原理

FADONGJI YUANLI

- 主 编 韩同群
- 副主编 包凡彪



华南理工大学出版社

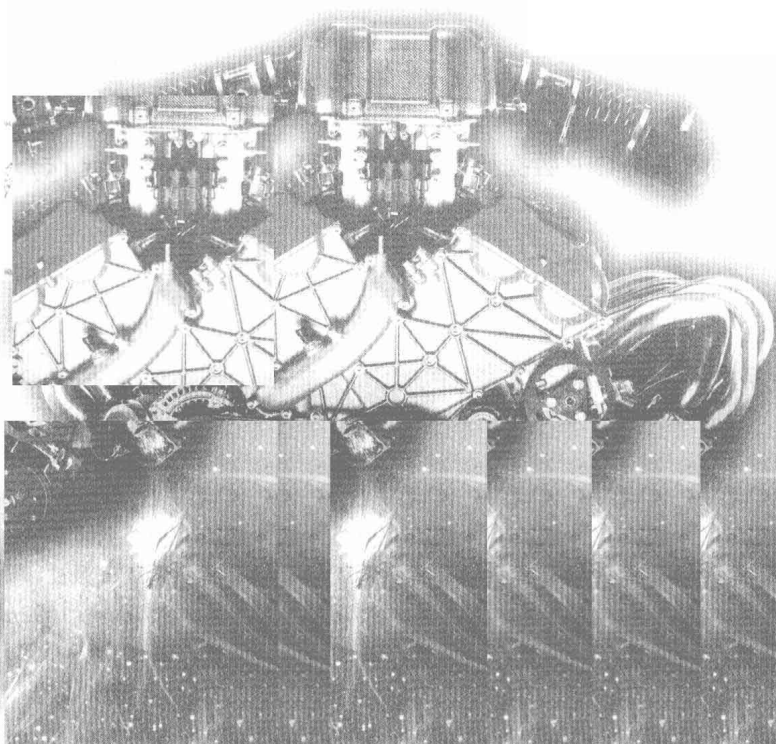


21世纪普通高等院校汽车专业系列教材

# 发动机原理

FADONGJI YUANLI

- 主 编 韩同群
- 副主编 包凡彪



华南理工大学出版社  
· 广州 ·

## 内 容 简 介

本书为 21 世纪普通高等院校汽车专业系列教材之一, 针对应用型本科学生而编写。以突出应用性为原则, 按照“热功转换的基本规律—动力的输出与能量利用—燃烧与排放—发动机性能的测试、调控与应用—往复式内燃机力学分析”的知识脉络为主线, 介绍发动机工作的有关原理。与国内其他教材相比, 本书在第一章、第二章介绍了热机与热功转换的基本规律和发动机的理论循环, 主要讲述热力学基本知识, 为学习发动机原理奠定基础。根据发动机新技术发展趋势, 对新旧技术内容进行合理衔接和取舍, 如缩减化油器内容, 但保留其对一定空燃比混合气制备的基本思想, 着重介绍汽油机电控、柴油机电控、新的内燃机燃烧系统和燃烧模式、混合动力驱动技术等。

本书可作为车辆工程、交通运输、汽车运用等专业教材, 也可供专科生、3+2 等层次的汽车类专业学生选用。

### 图书在版编目(CIP)数据

发动机原理/韩同群主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2010.8  
21 世纪普通高等院校汽车专业系列教材  
ISBN 978 - 7 - 5623 - 2648 - 9

I. ①发… II. ①韩… III. ①汽车-发动机-理论-高等学校-教材 IV. ①U464

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 157745 号

总 发 行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)  
营销部电话: 020-87113487 87110964 87111048 (传真)  
E-mail: scutc13@scut.edu.cn http://www.scutpress.com.cn

责任编辑: 袁 泽 兰新文

技术编辑: 杨小丽

印 刷 者: 湛江日报社印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 21.5 字数: 537 千

版 次: 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000 册

定 价: 36.00 元

版权所有 盗版必究

# 21 世纪普通高等院校汽车专业系列教材 编 委 会

主 任：丘宏扬（华南理工大学广州汽车学院副院长）

吴永桥（武汉理工大学华夏学院院长、董事）

副 主 任：陈 永（湖北汽车工业学院科技学院院长）

王红甫（北京理工大学珠海学院机械与车辆工程学院院长）

陈秉均（华南理工大学广州汽车学院汽车工程系主任）

杨万福（武汉理工大学华夏学院汽车工程系主任）

邓宝清（吉林大学珠海学院机电工程系主任）

编 委：（以姓氏笔画为序）

王红甫 邓宝清 甘 泉 卢 山 田 晟 任长春

李艳菲 宋长森 宋玉林 余晨光 陈秉均 陈 永

杨万福 邵海忠 钟诗清 姚胜华 容一鸣 唐文初

韩同群

总 策 划：范家巧 乔 丽

策划编辑：袁 泽 吴翠微

# 前 言

我国汽车工业在飞速发展，已经成为世界第一大汽车生产国和消费国。社会对汽车类人才需求在不断增加，除了研发类人才以外，应用型、职业型人才的需求增长也很快，设置车辆工程、交通运输、汽车运用等专业的院校也越来越多，还有更多的院校（科技学院或二级学院）招收三本学生。传统上，上述专业在学习发动机原理课程之前，应开设工程热力学、传热学等课程，但这两门课程内容多、课时长、难度大。由于教学改革的需要，上述课程被压缩了学时，也有的院校取消了这两门课程。

严格说来，学习发动机原理，没有热力学方面的知识作基础会有较大的难度，也给以后的工作带来许多不便。因此，与国内同类教材相比，本书增加热力发动机基本理论部分，包括第一章“热机与热功转换的基本规律”和第二章“发动机的理论循环”。该部分主要讲述热力学基本知识，注重工程实际，紧密结合汽车用往复式内燃机，知识点以够用为度。另外，由于很多院校的这方面专业不再开设“发动机设计”课程，所以本书增加发动机基本力学的内容，即第十二章“发动机动力学”，以保证汽车类专业学生知识结构的基本完整性。

为了使学生在学习过程中抓住主线和重点，本书按照“热功转换的基本规律—动力的输出与能量利用—燃烧与排放—发动机性能的测试、调控与应用—往复式内燃机力学分析”的知识脉络安排教学，并注重介绍与实验有关的内容。每章前配有“学习要点”，章后配有“本章小结”以及思考题和习题。

在对发动机新技术的介绍方面，本书以加强针对性和应用性为原则，密切跟踪发动机新技术发展趋势，对新旧技术内容进行合理衔接和取舍。例如，缩减化油器内容但保留其对一定空燃比混合气制备的基本思想，着重介绍汽油机电控、柴油机电控、新的内燃机燃烧系统和燃烧模式、混合动力驱动技术等。在介绍发动机新技术时，根据其特点适当安排章节，如新的内燃机燃烧系统和燃烧模式分别合并于汽油机、柴油机的有关燃烧与排放章节；混合动力驱动技术作为“发动机运行特性与车辆匹配”这一章的一节内容。

汽油机、柴油机电控技术涉及混合气形成、点火、可变技术、排放控制等内容，已有的教材在编写时章节安排各有特点，本书相对淡化了“汽车构造”中学过的结构内容，除了在第六章“汽油机混合气的形成和燃烧”介绍电控汽油喷射、在第七章“柴油机混合气的形成与燃烧”介绍柴油机电

控喷射技术、在第八章“发动机的排放”中介绍“三元式催化”等内容外，主要利用第十章“发动机性能参数的调节与控制”来介绍控制功能和控制策略，以便从“原理”而不是从“结构”的角度来理解汽油机、柴油机电子控制。

本课程学时安排40~60课时（包括实验）。本书由湖北汽车工业学院科技学院韩同群教授担任主编，并编写了绪论及第4、8、9、10章；参加编写的还有湖北汽车工业学院科技学院姚胜华（第1、2章），北京理工大学珠海学院包凡彪（第3、5、6章），北京理工大学珠海学院赖建生（第7、11章）、北京理工大学珠海学院沈楚敬（第12章）。

本书可作为车辆工程、交通运输、汽车运用等专业的应用型本科生教材，也可供专科生、3+2等层次的汽车类专业学生选用。本书参考了国内外相关教材和资料，在此一并致谢。由于编者水平有限，错误之处望广大读者批评指正。

编 者

2010年4月

# 目 录

绪论 车用动力发展史 .....	(1)
第一节 蒸汽机的发明和作为汽车动力的使用 .....	(1)
一、人类对自行走式车辆的探索 .....	(1)
二、蒸汽机的发明与改进和作为汽车动力的使用 .....	(2)
第二节 四行程理论与内燃机的发明 .....	(5)
一、四行程理论及其实现 .....	(5)
二、内燃机在汽车上的应用 .....	(6)
第三节 车用内燃机的发展历程 .....	(7)
一、车用内燃机的主要标志性技术 .....	(7)
二、车用内燃机的发展方向 .....	(9)
第四节 电力驱动在汽车上的应用 .....	(11)
一、电动汽车的研发历史 .....	(11)
二、电动汽车的种类 .....	(11)
第一章 热机与热功转换的基本规律 .....	(13)
第一节 热能在热机中转换为机械功的过程 .....	(13)
第二节 热功转换的工质及其参数 .....	(14)
一、工质及状态参数 .....	(14)
二、状态参数的坐标图 .....	(16)
三、功和热量 .....	(16)
四、热力学第一定律 .....	(18)
第三节 理想气体的热力过程 .....	(21)
一、理想气体的热力性质 .....	(21)
二、理想气体的热力过程及参数计算 .....	(24)
三、理想气体热力过程的 $p-v$ 图及 $T-s$ 图 .....	(30)
第四节 热功转换的效率 .....	(35)
一、热机循环 .....	(35)
二、热力学第二定律 .....	(36)
本章小结 .....	(38)
思考题和习题 .....	(39)
第二章 发动机的理论循环 .....	(40)
第一节 四行程发动机理论循环的计算 .....	(40)
一、对发动机实际工作过程的简化 .....	(40)



二、理论循环的热效率和平均指示压力的计算 .....	(40)
第二节 理论循环热效率和平均指示压力的影响因素 .....	(43)
第三节 理论循环热效率比较 .....	(45)
本章小结 .....	(45)
思考题和习题 .....	(46)
<b>第三章 发动机实际循环与评价指标 .....</b>	<b>(47)</b>
第一节 四行程发动机的实际循环 .....	(47)
一、发动机的示功图 .....	(47)
二、发动机的实际循环过程 .....	(48)
三、发动机实际循环的损失 .....	(52)
第二节 发动机的指示性能指标 .....	(55)
一、发动机工作的评价指标 .....	(55)
二、指示功 .....	(55)
三、发动机的指示性能指标的计算 .....	(56)
第三节 发动机的有效性能指标 .....	(57)
一、有效扭矩、有效功率和有效功 .....	(58)
二、发动机有效性能指标的计算 .....	(58)
第四节 发动机的强化指标与运转性能 .....	(60)
一、发动机速度指标 .....	(60)
二、发动机强化指标 .....	(60)
三、发动机的耐久可靠性 .....	(61)
第五节 机械损失与机械效率 .....	(61)
一、机械损失的组成 .....	(61)
二、机械效率 .....	(62)
三、机械损失的测定方法 .....	(63)
四、机械损失和机械效率的影响因素 .....	(66)
第六节 发动机的热平衡和能量的合理利用 .....	(69)
一、发动机热平衡 .....	(69)
二、发动机能量的合理利用 .....	(71)
第七节 提高发动机性能指标的途径 .....	(75)
一、决定动力输出的“量”与“质”的两大因素 .....	(75)
二、燃料与可燃混合气 .....	(75)
三、燃料及可燃混合气的利用效率与性能指标的关系 .....	(77)
四、影响发动机动力性、经济性的因素 .....	(78)
本章小结 .....	(79)
思考题和习题 .....	(79)
<b>第四章 发动机换气过程 .....</b>	<b>(81)</b>



第一节 四行程发动机的换气过程 .....	(81)
一、换气过程的各阶段 .....	(81)
二、换气损失 .....	(83)
第二节 四行程发动机的充量系数 .....	(84)
一、充量系数解析式 .....	(84)
二、影响充量系数的因素 .....	(86)
第三节 提高发动机充量系数的措施 .....	(87)
一、降低进气系统的阻力 .....	(87)
二、合理设计配气定时 .....	(90)
三、采用可变配气定时技术 .....	(90)
四、有效利用进排气动态效应 .....	(93)
本章小结 .....	(96)
思考题和习题 .....	(97)
第五章 发动机燃料与燃烧 .....	(98)
第一节 发动机的传统燃料 .....	(98)
一、烃的分类、构成和性质 .....	(98)
二、汽油和柴油的使用特性 .....	(100)
三、燃料特性引起的发动机工作模式上的差异 .....	(106)
第二节 发动机代用燃料 .....	(107)
一、气体燃料 .....	(107)
二、液体燃料 .....	(109)
第三节 燃烧热化学 .....	(112)
一、1kg 燃料完全燃烧所需的理论空气量 .....	(112)
二、过量空气系数 $\phi_a > 1$ 时完全燃烧产物的数量 .....	(113)
三、燃料热值与混合气热值 .....	(114)
第四节 燃烧的基础知识 .....	(114)
一、着火与燃烧 .....	(114)
二、烃的氧化反应 .....	(114)
三、自燃与点燃 .....	(116)
四、发动机的燃烧模式 .....	(117)
本章小结 .....	(121)
思考题和习题 .....	(121)
第六章 汽油机混合气的形成和燃烧 .....	(122)
第一节 汽油机的燃烧过程 .....	(122)
一、正常燃烧过程 .....	(122)
二、不规则燃烧 .....	(123)
三、不正常燃烧 .....	(125)



四、运转因素对燃烧的影响·····	(128)
第二节 汽油机混合气制备原理·····	(130)
一、汽油机混合气浓度与性能的关系·····	(130)
二、汽油机各工况下的理想混合气浓度·····	(130)
三、汽油机混合气的形成方法·····	(133)
第三节 电控汽油喷射系统·····	(135)
一、电控汽油喷射系统控制原理·····	(135)
二、电控汽油喷射系统基本组成·····	(136)
第四节 汽油机的燃烧室和燃烧系统·····	(139)
一、汽油机对燃烧室的要求·····	(139)
二、汽油机燃烧室内的气体流动·····	(140)
三、汽油机燃烧系统的发展·····	(141)
本章小结·····	(146)
思考题和习题·····	(147)
<b>第七章 柴油机混合气的形成与燃烧·····</b>	<b>(148)</b>
第一节 柴油机燃烧与放热·····	(148)
一、柴油机燃烧过程·····	(148)
二、柴油机燃烧放热规律·····	(150)
第二节 柴油机混合气的形成原理·····	(152)
一、燃油的喷射与雾化·····	(152)
二、燃烧室与混合气形成·····	(158)
第三节 柴油机燃烧过程的优化·····	(167)
一、燃烧优化过程的基本原则·····	(167)
二、喷射过程的优化·····	(169)
三、柴油机的预混合燃烧·····	(173)
第四节 柴油机电控喷射技术·····	(175)
一、位置控制式燃油喷射系统·····	(175)
二、时间控制式电控燃油喷射系统·····	(179)
本章小结·····	(184)
思考题和习题·····	(184)
<b>第八章 发动机的排放·····</b>	<b>(186)</b>
第一节 发动机排放物的种类及危害·····	(186)
一、概述·····	(186)
二、发动机排放污染物的危害·····	(186)
第二节 发动机有害排放物的生成机理·····	(188)
一、汽油机、柴油机有害排放物比较·····	(188)
二、有害排放物的生成机理·····	(188)

第三节 影响汽油机有害排放物生成的主要因素及控制措施·····	(192)
一、影响因素·····	(192)
二、机内净化技术·····	(194)
三、机外净化技术·····	(197)
第四节 影响柴油机有害排放物生成的主要因素及控制措施·····	(200)
一、影响因素·····	(200)
二、机内净化技术·····	(202)
三、机外净化技术·····	(205)
第五节 发动机排放标准与测试·····	(206)
一、排放法规·····	(206)
二、排放测试技术·····	(210)
本章小结·····	(215)
思考题和习题·····	(215)
第九章 发动机运行特性与车辆匹配·····	(217)
第一节 发动机的特性·····	(217)
一、工况、工况平面与功率标定·····	(217)
二、发动机运行特性分析方法·····	(219)
第二节 发动机性能测试·····	(220)
一、台架试验设备·····	(220)
二、功率和油耗的测量·····	(221)
三、试验方法及数据处理·····	(224)
第三节 发动机的速度特性与汽车动力性匹配·····	(227)
一、发动机速度特性·····	(227)
二、发动机外特性与汽车动力性匹配·····	(231)
三、发动机外特性适应性与校正·····	(233)
四、车用柴油机的调速特性·····	(235)
第四节 发动机的负荷特性、万有特性与汽车经济性匹配·····	(242)
一、发动机的负荷特性与万有特性·····	(242)
二、万有特性及汽车经济性匹配·····	(246)
第五节 混合动力驱动技术·····	(248)
一、混合动力的定义·····	(248)
二、混合动力驱动方式·····	(249)
本章小结·····	(252)
思考题和习题·····	(252)
第十章 发动机性能参数的调节与控制·····	(254)
第一节 发动机参数调控技术概述·····	(254)
一、传统的人力与机、液调控装置·····	(254)

二、发动机电子控制	(255)
第二节 发动机电子控制系统的控制器	(256)
一、控制器的基本组成	(256)
二、控制器各功能模块	(257)
第三节 汽油机运行参数的电子控制	(260)
一、控制功能	(260)
二、喷油量(空燃比)的控制	(260)
三、点火控制	(272)
四、怠速控制	(276)
第四节 柴油机运行参数的电子控制	(280)
一、喷油压力控制	(280)
二、喷油定时控制	(281)
三、喷油量控制	(281)
四、其他参数及性能的控制	(282)
本章小结	(282)
思考题和习题	(282)
第十一章 发动机废气涡轮增压	(283)
第一节 发动机增压的基本方法与原理	(283)
一、增压的概念	(283)
二、增压发动机的特点	(284)
三、增压的衡量指标	(284)
四、增压后发动机动力性和经济性的提升	(285)
五、增压的结构形式及分类	(287)
第二节 废气涡轮增压器的基本结构和工作原理	(289)
一、径流式涡轮的工作原理	(289)
二、离心式压气机的工作原理与特性	(291)
第三节 废气涡轮增压器与发动机匹配	(295)
一、增压比的选择	(295)
二、增压器与发动机的匹配	(296)
第四节 废气涡轮增压的类型与废气能量的利用	(300)
一、废气涡轮增压的类型	(300)
二、废气能量的利用	(301)
三、定压系统与脉冲系统的比较和选择	(303)
第五节 汽油机增压	(304)
一、汽油机增压的特点	(304)
二、汽油机废气涡轮增压的主要技术措施	(305)
本章小结	(306)
思考题和习题	(306)

<b>第十二章 发动机动力学</b> .....	(307)
<b>第一节 曲柄连杆机构的运动与受力分析</b> .....	(307)
一、曲柄连杆机构的运动规律.....	(307)
二、曲柄连杆机构的质量换算.....	(310)
三、曲柄连杆机构中的作用力和力矩.....	(311)
<b>第二节 发动机的平衡</b> .....	(315)
一、发动机的平衡条件.....	(315)
二、单缸机的平衡.....	(315)
三、多缸机的平衡.....	(317)
四、影响发动机实际平衡的制造因素及平衡措施.....	(320)
<b>第三节 发动机的扭转振动</b> .....	(321)
一、曲轴轴系的固有频率.....	(321)
二、激励力矩简谐分析及临界转速.....	(324)
三、扭振分析.....	(325)
四、消减扭振的措施.....	(326)
本章小结.....	(328)
思考题和习题.....	(328)
参考文献.....	(329)

# 绪论 车用动力发展史

## 第一节 蒸汽机的发明和作为汽车动力的使用

### 一、人类对自行走式车辆的探索

在蒸汽机发明之前，古代的车辆都以人力或畜力为原动力，其运输效率相当低下，并需要付出繁重的体力。因此，人类从没有停止对自行走式车辆的幻想与探索，有的完全是幻想，如神话中哪吒的风火轮；有的付诸了实践，如1420年出现的滑轮车（图0-1），1600年荷兰人西蒙斯蒂芬发明的风帆车（图0-2），1649年德国人汉斯郝丘发明的发条车（图0-3）。

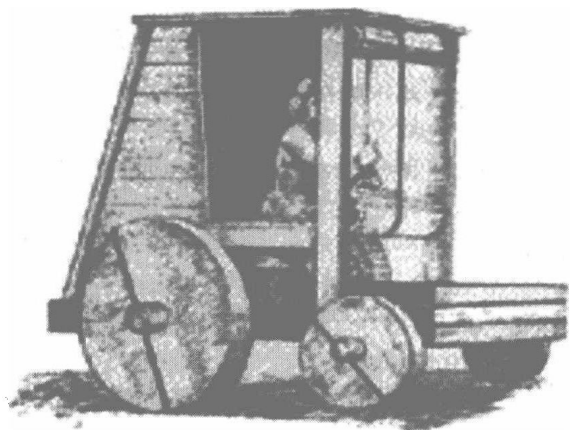


图0-1 滑轮车

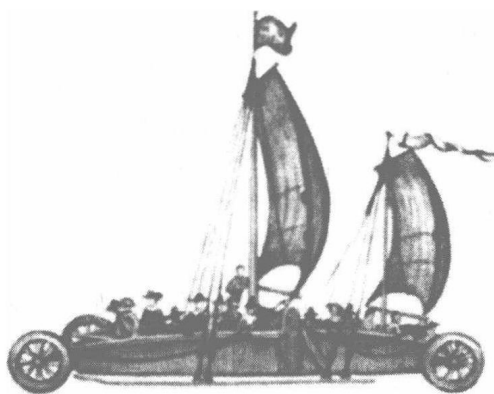


图0-2 风帆车

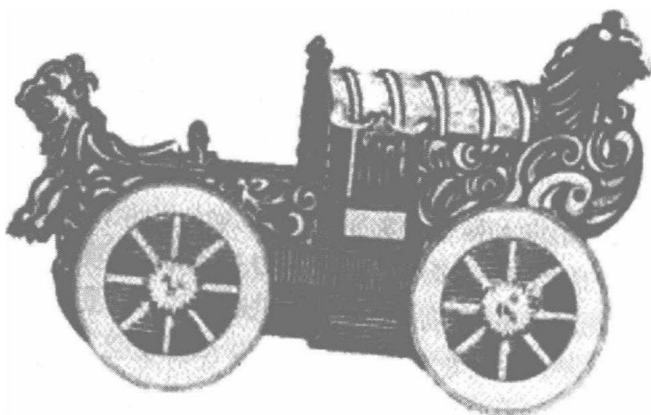


图0-3 发条车

以上探索和实践导致了一个现代实用简便交通工具——自行车的发明。1790年，法国人塞呼拉克发明了自行车。但这些交通工具仍然受制于一个现实：动力不够强大和稳定，依然要靠人力等。也就是说自行走式车辆的行驶需要一个合适的动力机。

汽车是人类20世纪最伟大的发明之一，而汽车的概念及其发展是从蒸汽机的发明开始的。作为汽车动力的发动机，从蒸汽机开始，其发展历程遵从了“适者生存”的法则，在车用动力小型化、轻量化、高功率、高效率化的要求下，从蒸汽汽车发展到内燃汽车，推动了汽车动力不断发展。

## 二、蒸汽机的发明与改进和作为汽车动力的使用

16世纪末至17世纪初，当时物理学上进行了关于蒸汽、大气和真空的相互作用三个重大实验，即英国包尔塔的蒸汽压力实验、托里拆利（流体力学奠基人之一）和帕斯卡的大气压力实验以及那末格里凯的真空作用实验，为蒸汽动力技术的产生奠定了实验科学基础。

法国著名物理学家、工程师巴本(Denis Papin, 1647—1712)，从炼铁厂使用的活塞式风箱中受到启发，将风箱变为汽缸，风箱中的活塞变为汽缸中的活塞。先向汽缸底部注入少量的水，再把汽缸放到火上加热。当汽缸内的水沸腾后，蒸汽推动活塞上升；然后把火从汽缸下抽掉，让汽缸内的蒸汽冷凝，汽缸内产生真空，在大气压推动下，活塞下降。通过这一实验，巴本总结出两个重要结论：

①利用蒸汽压力、大气压力、真空的相互作用，可以推动活塞及其活塞杆做往复直线运动。

②运动产生的机械动力可以带动其他机械运动。

由此发明了带有活塞的蒸汽泵，之后，考虑到蒸汽压力过大可能会引起汽缸爆炸，所以又发明了安全阀。

继巴本之后，英国机械工程师赛维利(T. Savery, 1650—1715)根据包尔塔的蒸汽压力原理，汽缸内不采用活塞，只接有吸水管、排水管和进气管。当锅炉里的蒸汽经过进气管进入汽缸后被冷却，造成的真空把矿井中的水经吸水管吸出，再将蒸汽注入汽缸，所产生的压力就把水从排水管排出。其实，这是一个蒸汽泵。

托马斯·纽卡门(Thomas Newcomen)在赛维利蒸汽泵的基础上引入巴本的活塞装置，先使蒸汽进入汽缸推动活塞，再通过水龙头向汽缸内喷溅冷水进行冷却，使活塞返回。这样，在蒸汽压力、大气压力和真空度的相互作用下，活塞可做往复运动。经过反复试制，1712年纽卡门蒸汽机问世。

蒸汽机的问世，激发了许多科学家的创造性思维。1764年，瓦特研究了纽卡门蒸汽机的两大缺点，即燃料消耗量大、效率低，且只能做往复直线运动，除了用于矿井抽水之外，再也没有其他用途，而蒸汽浪费达八成以上。为此，瓦特提出了采用与汽缸分离的冷凝器设计方案，并在汽缸外面加绝热套，使汽缸保持高温状态。同时，在冷凝器与汽缸之间用一个调节阀相连接，使二者既能连通又能分开。这样，既能把做功后的蒸汽引入汽缸外的冷凝器进行冷却，使汽缸内产生真空，又避免了汽缸在冷、热过程中的热量损失。1769年，瓦特因发明冷凝器而获得他在革新纽卡门蒸汽机过程中的第一项专利。

带有冷凝器的蒸汽机虽然试制成功，但与纽卡门蒸汽机相比，除了热效率有显著提高外，由于只有直线运动还是无法作为真正的动力机械。瓦特受到行星绕太阳做圆周运动，以及钟表中齿轮的圆周运动的启发，设计出把活塞往复直线运动转换成旋转运动的齿轮联动装置，并且为了使轮轴旋转运动更均匀，在轮轴上安装了飞轮。这一革新使瓦特蒸汽机成为能驱动诸多设备的动力机械。1781年，瓦特以发明齿轮式机械联动装置获得了第二项专利。

为了进一步提高蒸汽机效率，瓦特在发明了齿轮联动装置后，于1782年试制出带有双向进排气装置的新型汽缸，即蒸汽能推动活塞往返运动，这样效率提高了一倍，并将引入汽缸的蒸汽由低压变为高压。由此，瓦特获得了第三项专利。

通过以上三次技术改进，纽卡门蒸汽机完全演变成瓦特蒸汽机。1784年，瓦特以带有飞轮、齿轮联动装置和双向进排气装置的高压蒸汽机的综合装置取得了他在革新纽卡门蒸汽机过程中的第四项专利。1788年，瓦特发明了离心调速器和节气阀；1790年，又发明了汽缸示功器，该示功器能显示汽缸中压力变化过程。至此，瓦特完成了他发明和改进蒸汽机的全部过程。

瓦特蒸汽机热效率达3%，对蒸汽机的近代化做出了重要贡献，以后，蒸汽机的发展、推广、应用经历了约70年。1814—1829年英国人史蒂芬森(Stevenson)制成了蒸汽机车，如图0-4所示。

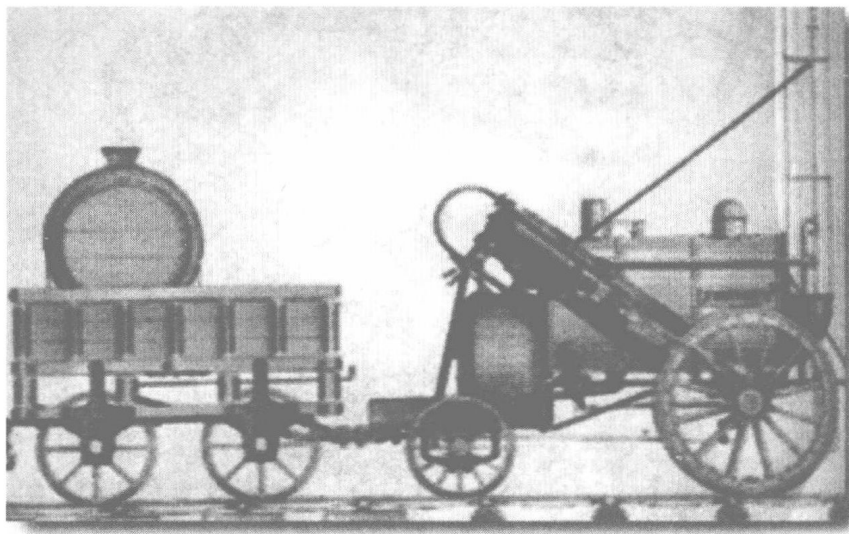


图0-4 英国人史蒂芬森制成的第一辆蒸汽机车

从19世纪中叶开始到20世纪20—30年代为蒸汽机广泛应用的全盛时期。1769年法国陆军工程师古诺制造出第一辆蒸汽机驱动的汽车(图0-5)，由于试车时转向系统失灵，撞到般圣奴兵工厂的墙壁上并损坏，可以称得上是世界上第一起机动车事故。1771年，古诺改进了蒸汽汽车，时速可达9.5千米，牵引4~5吨的货物。不久，英国出现了第一辆载人蒸汽汽车(图0-6)，之后蒸汽机汽车进入全盛时期。图0-7为英国早期的蒸汽机公共汽车。



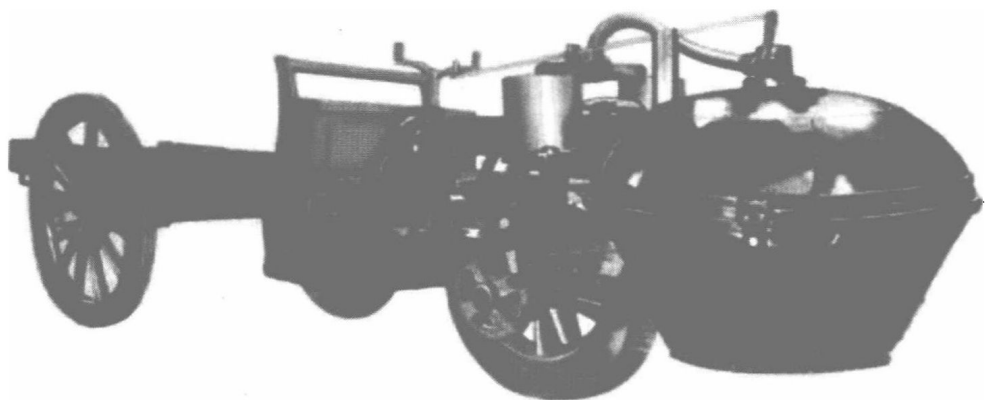


图 0-5 法国人古诺制成的第一辆蒸汽机汽车

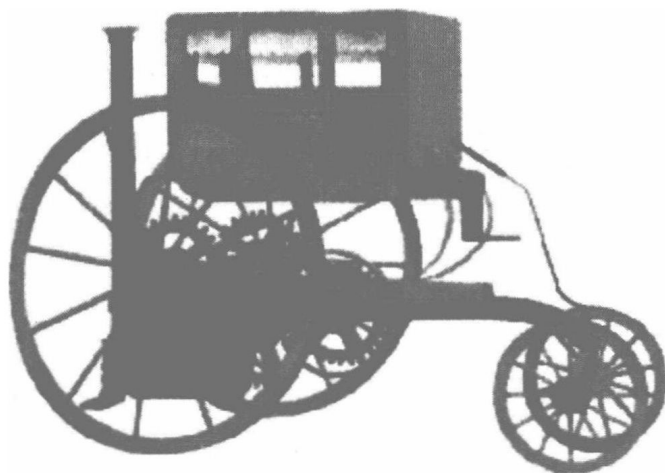


图 0-6 第一辆载人蒸汽机汽车

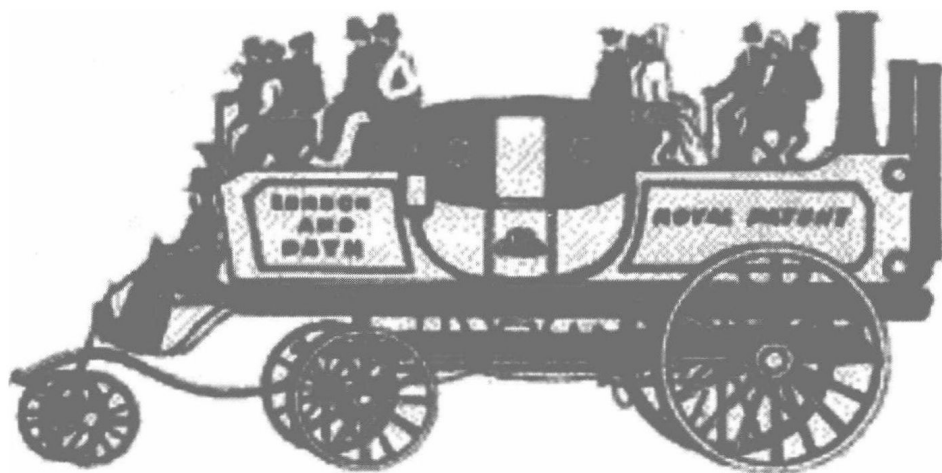


图 0-7 英国早期营运中的蒸汽机公共汽车