



柴油车

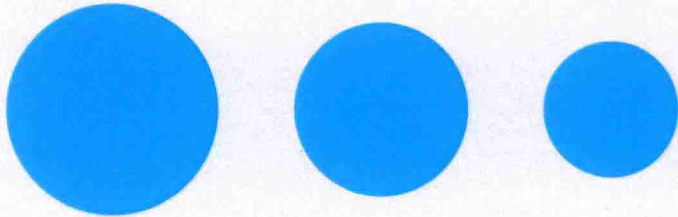
加载减速法的 加载控制原理与方法

主 编 双菊荣 洪家龙

副主编 周 咪 姚欣灿 谭海波 陈渝广

CHAIYOUCHE JIAZAI JIANSUFA DE
JIAZAI KONGZHI YUANLI YU FANGFA

中国环境出版集团



柴油车加载减速法的加载控制 原理与方法

主 编 双菊荣 洪家龙

副主编 周 咪 姚欣灿 谭海波 陈渝广

中国环境出版集团·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

柴油车加载减速法的加载控制原理与方法/双菊荣,
洪家龙主编. —北京: 中国环境出版集团, 2019.6

ISBN 978-7-5111-4001-2

I. ①柴… II. ①双…②洪… III. ①柴油汽车—
车辆减速器 IV. ①U469.74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 095388 号

出版人 武德凯
责任编辑 李兰兰
责任校对 任 丽
封面设计 宋 瑞



更多信息, 请关注
中国环境出版集团
第一分社

出版发行 中国环境出版集团
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (第一分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京建宏印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2019 年 6 月第 1 版
印 次 2019 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 16.75
字 数 360 千字
定 价 60.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

内 容 简 介

本书系统介绍了加载减速法测试方法及其设备的结构原理，分析了影响加载减速法加载控制的各种因素，结合国家标准与环保行业标准规定要求，提出了采用恒加载增量法对加载减速法功率扫描过程实施加载控制的具体措施，全面介绍了加载减速法各测试阶段加载增量参数的具体估算与控制方法。本书综合了机动车基础理论、机械运动学原理、数理分析方法、计算机技术等多学科基础理论知识。

本书可作为高等院校机动车及相关专业师生、机动车排气检验从业人员以及简易工况法设备研发人员参考用书。

前 言

随着经济的快速发展和机动车数量的快速增长，我国越来越重视机动车排气监管工作。自 2005 年国家发布 GB 18285—2005 和 GB 3847—2005 两个在用车标准开始，简易工况法排气定期检验首先为我国的一些主要城市所采用，并逐渐在全国中大型城市得到推广应用。国家放开机动车安全技术检验机构资格审批后，近两年机动车排气检验机构的建设得到了迅速发展，据不完全统计，全国机动车排气检验机构接近 2 万家，仅广东省就接近 1 000 家，简易工况法排气定期检验已成为我国各地机动车排气监管最重要的抓手之一。

为加强机动车排气检验的监管工作，各级城市也根据监管需要逐步建立了机动车排气监管队伍，监管水平与技术水平等整体上都有较大提高，同时也推动了简易工况法设备生产能力和技术水平的提高。然而，尽管机动车的排气监管工作得到了各级政府部门重视，也得到了广大市民的关注，许多大专院校与科研机构也开展了各种机动车排气污染研究工作，但因我国缺乏专业的机动车排气检测与监管人才培养渠道，绝大多数从业人员均未接受系统性专业教育与培训，使得排气监管能力与水平难有实质性的提高与突破。此外，作者在日常机动车排气监管工作中也发现，目前仍有一些简易工况法设备（特别是加载减速法设备），由于设备软件开发人员未经过机动车排气检测技术培训，无法透彻理解相关标准要求，造成大多简易工况法设备缺乏排气检验质量控制功能，给排气检验留下了作弊空间。

本书主要针对在用加载减速法设备存在加载控制不合理和难以保证测试过程满足标准规定要求这一现状，以国家标准和环保行业标准为基础，系统介绍了加载减速法的排气检验技术方法、加载控制原理以及控制方法，力求为机动车排气监管部门与监管人员、机动车排气检验机构及检验从业人员、大专院校、简易工况法排气检测设备集成商及设备工控软件开发人员、机动车污染防

治科研人员提供一本实用的教学或参考书籍。本书共分为8章，第1章简要介绍了柴油车的基本结构与运行特性；第2章、第3章主要介绍了加载减速法测试方法和测试设备的构成与原理；第4章主要对影响加载控制的各种因素进行了分析；第5章、第6章主要介绍了加载减速法测试过程中的恒加载增量参数的估算与优化方法；第7章主要介绍了加载减速法各测试阶段加载控制方法与控制流程；第8章简要介绍了柴汽混合设备的基本结构与主要功能等内容。

本书主要依据 GB 3847—2005 和 HJ/T 292—2006 等标准编写，国家正在修订的 GB 3847（报批稿）中对加载减速法作了减少 90%VelMaxHP 测试工况修订，有关功率扫描过程、过渡区控制、测试工况等的加载控制要求则与 GB 3847—2005 完全相同，因此，在国家新修订标准颁布后，本书所编写的内容与方法同样适用。

本书由广州市环境监测中心站双菊荣教授级高工和华南理工大学洪家龙高级工程师主编。第1章、第4章、第8章由华南理工大学洪家龙高级工程师和陈渝广高级工程师编写；第2章、第3章由广东环境保护工程职业学院周咪老师编写；第5章、第6章由广州市环境监测中心站双菊荣教授级高工和广州市环境技术中心姚欣灿高级工程师编写；第7章由广州华工邦元信息技术有限公司谭海波工程师编写。

本书编写过程中参阅了同行专家、学者的著作、论文、网络文献资料，并得到广州市环境监测中心站、广州华工邦元信息技术有限公司、广州福立分析仪器有限公司以及国内一些机动车排气检测设备生产企业、广东省内许多排气检验机构的支持与帮助，在此一并表示感谢。

由于在用机动车排放标准、排气检测技术及检测设备生产技术的更新较快，加上本书的编写时间仓促和编者水平有限，书中疏漏谬误之处在所难免，恳请读者和同行批评指正，编者将在修订过程中进行完善。

编者

2018年10月

目 录

第 1 章 柴油车基础知识	1
1.1 柴油车的结构特点	1
1.2 发动机的外特性	7
1.3 柴油车的使用特点与排放特性	10
1.4 柴油车排气污染防治政策与技术	13
思考题	15
第 2 章 加载减速法基础知识	16
2.1 加载减速法相关标准简介	16
2.2 加载减速法检验流程	17
2.3 加载减速法测试过程	22
2.4 测试过程操控要求	30
思考题	35
第 3 章 加载减速法设备的构成与原理	37
3.1 设备的分类与构成	37
3.2 底盘测功机的结构与原理	39
3.3 不透光烟度计的基本结构与原理	49
3.4 振动式发动机转速计的基本结构与原理	54
3.5 环境参数仪的工作原理与技术性能要求	56
3.6 柴油车 NO _x 测试仪的基本结构与原理	58
3.7 设备工控软件的一般功能	59
思考题	61
第 4 章 加载控制影响因素分析	63
4.1 加载减速法测试过程的加载响应分析	63

4.2	电涡流机的工作特性分析	69
4.3	测试过程中的功率损失分析	75
4.4	测试车辆性能对加载控制的影响分析	80
4.5	加载减速法主要控制参数对加载控制的影响	86
	思考题	91
第 5 章	基准加载量参数估算方法	93
5.1	估算基准加载量参数的目的与思路	93
5.2	估算用参数的分类	99
5.3	缩写符号使用约定及相关参数关系说明	102
5.4	加载减速法各测试区间的耗时估算	109
5.5	扫描 I 区基准加载量均值估算方法	114
5.6	扫描 I 区基准加载率均值的实用性验算	119
5.7	扫描 II 区加载量参数的估算	140
5.8	过渡区加载率的估算	142
5.9	测量区加载量参数的估算	144
5.10	保障估算结果有效的措施与方法	146
	思考题	149
第 6 章	加载量参数的优化	151
6.1	最大轮边功率值对扫描 I 区加载控制的影响分析	151
6.2	功率扫描过程初始加载量的优化	156
6.3	加载量参数三段优化法基本思路	157
6.4	加载增量参数的分段优化估算	160
6.5	恒加载增量的单次修正优化方法	183
6.6	设置加载量参数的估算	186
	思考题	191
第 7 章	加载控制方法与控制过程	193
7.1	加载减速法的设计原理分析	193
7.2	扫描 I 区恒加载增量参数优化估算流程	194
7.3	功率扫描过程的加载控制方法	197
7.4	过渡区的加载控制方法与控制过程	204

7.5 测量区的加载控制方法与控制过程	206
7.6 加载减速法测试的质控要点分析	211
思考题	212
第 8 章 柴汽混合设备的构成与特点	214
8.1 柴汽混合设备的基本结构	214
8.2 柴汽混合设备的双怠速法测试功能	220
8.3 柴汽混合设备的自由加速烟度法测试功能	224
8.4 柴汽混合设备的其他控制功能	230
思考题	231
参考文献	233
附录 1 主要名词术语汇总	237
附录 2 加载减速法车辆预检要求	241
附录 3 加载减速法测量功率的修正方法	243
附录 4 不透光烟度计的特性	244
附录 5 底盘测功机基本惯量测试方法	248
附录 6 底盘测功机的模拟惯量和模拟阻力常数	250
附录 7 加载减速法设备记录的过程数据内容	251
附录 8 加载减速法设备统计结果记录内容	252
附录 9 缩写符号对照表	253

第1章 柴油车基础知识

柴油发动机的压缩比与热效率高，动力与经济性能良好，特有的低转高扭特性使得柴油机可以长时间高负荷稳定运行，因此，被广泛用于动力机械与货运汽车。柴油货运车辆作为公路运输的主要工具，通常长时间处于满载与连续高负荷运行状况，行驶条件与运行工况相对较差，导致尾气排放严重，特别是冒黑烟情况严重、颗粒物和氮氧化物（ NO_x ）排放水平较高，已成为机动车排放控制的重点对象。分析研究柴油发动机的运行特性和柴油车的行驶特点，有助于深入了解柴油车的排放特征，更好地促进柴油车排气污染的防治与监管。

1.1 柴油车的结构特点

1.1.1 汽车的基本构成

汽车作为一种交通工具，虽因使用特点、使用范围不同及人们的审美观点差异等，在外形结构设计上有着千差万别，但其结构原理却基本相似，一般由发动机动力系统、底盘系统、车身及其附件、电气设备等组成。

1.1.1.1 发动机动力系统

发动机动力系统是汽车的“心脏”，为汽车行驶及各种车载设备的运行提供动力和电力。

汽车发动机按燃料起燃方式主要分为两大类。一类为点燃式发动机，以汽油发动机为典型代表，主要由曲柄连杆机构和配气机构两大机构以及供给系、冷却系、润滑系、点火系和起动系五大系组成。另一类为压燃式发动机，以柴油发动机为典型代表。由于压燃式发动机的运行原理是通过发动机气缸活塞将气缸内的空气压缩至高温高压和达到燃油自燃温度后，再向气缸内喷入雾化燃油使其自燃，因此，相对点燃式发动机来说，压燃式发动机没有点火系，即压燃式发动机仅由曲柄连杆机构和配气机构两大机构以及供给系、冷却系、润滑系和起动系四大系组成。

1.1.1.2 底盘系统

汽车底盘系统的作用是支撑和安装汽车发动机及车辆的各个部件，形成汽车整体造型，并接受发动机的动力，使汽车产生运动并保证汽车按照驾驶员的操纵正常行驶。底盘系统由传动系、行驶系、转向系、制动系等组成，各部分的作用与构成如下。

(1) 传动系：是汽车发动机与驱动轮之间的动力传递装置，它确保汽车具有在各种行驶条件下所必需的牵引力、车速，以及它们之间的协调变化等功能。传动系主要由离合器、变速器、万向节、传动轴、驱动桥等部件组成。

(2) 行驶系：接收发动机经传动系传递的转矩，通过驱动轮与地面的附着作用，产生驱动力和保证车轮正常行驶，并起到减缓和衰减路面对车身冲击所产生的振动作用，配合转向系及制动系，保证汽车行驶的平顺、稳定。行驶系主要由车架、车桥、轮毂与轮胎、悬架等部件组成。

(3) 转向系：保持或者改变汽车行驶方向的机构，保证汽车能按照驾驶员选择的方向行驶，保证良好的可操作性、安全性和轻便性，以及减缓因转向引起的冲击。转向系由转向操纵机构、带转向盘的转向器、转向传动机构及其附属装置组成。

(4) 制动系：汽车装设的全部制动和减速系统的总称，其功能是使行驶中的汽车减低速度或停止行驶，或使已停驶的汽车保持不动。制动系由制动器、供能装置、制动传动装置等组成。现代汽车制动系中还装设了制动防抱死装置等电子控制装置。

1.1.1.3 车身

车身作为车辆的重要组成部分，对整车的安全性、独立性、经济性、舒适性有着重要的影响，同时汽车的个性化也是通过车身设计体现出来。车身是驾驶员工作的场所，也是装载乘客和货物的场所，应为驾驶员提供方便的操作条件，以及为乘客提供舒适安全的环境或保证货物完好无损。车身结构包括车身壳体、车前钣制件、车门、车窗、车身内外装饰、驾驶室、车厢、座椅、通风、空调等部件。

1.1.1.4 电气设备

电气设备由电源系统、启动系统、点火系统、照明与信号系统、仪表显示系统、空调系统、音响系统、电脑控制系统及辅助电器等组成，汽车电气设备的发展与电子技术在汽车上的应用密切相关，不但有效提高了汽车的动力性、经济性、舒适性与操作灵活性，也有效促进了尾气排放控制技术的进步与提高。

1.1.2 柴油车与汽油车的性能差异

汽车主要有点燃式发动机汽车和压燃式发动机汽车两大类。点燃式发动机汽车以点燃式发动机为动力系统，主要以汽油车为代表；压燃式发动机汽车则以压燃式发动机为动力系统，主要以柴油车为代表。为表述方便，将用柴油发动机或柴油车表示压燃式发动机或压燃式发动机汽车，用汽油发动机或汽油车表示点燃式发动机或点燃式发动机汽车。

柴油车与汽油车的主要区别在发动机动力系统，它们装用的发动机主要性能差别如下。

1.1.2.1 燃用燃料

目前，绝大多数汽车都燃用石化燃料，石化燃料根据燃料分子中碳原子数分为天然气(NG)、石油气(PG)、汽油、柴油、煤油、航空煤油等多种烃类燃料。点燃式发动机通常以液化天然气(LNG)、液化石油气(LPG)和汽油为燃料，压燃式发动机大多以柴油为燃料，这些燃料所含的主要成分如下：

- (1) 液化天然气(LNG)的主要成分为甲烷(CH_4)；
- (2) 液化石油气(LPG)的主要成分是碳原子数为 $\text{C}_1\sim\text{C}_4$ 的各种烃类；
- (3) 汽油的主要成分是碳原子数为 $\text{C}_5\sim\text{C}_{12}$ 的各种烃类；
- (4) 柴油的主要成分是碳原子数为 $\text{C}_{11}\sim\text{C}_{20}$ 的复杂烃类。

此外，随着经济与社会的发展，人类对能源的依赖度越来越大，传统的石化能源日益紧缺。为解决能源短缺与经济矛盾的矛盾，人类正在研究各种新能源以部分替代石化燃料的使用，汽车工业也不例外，一些新能源和替代燃料，如乙醇、甲醇、生物柴油、燃料电池、氢燃料、各种生物质燃料以及电能等已开始在汽车工业中应用，因此，汽车的能源结构将会越来越丰富。

1.1.2.2 燃料混合气的形成与起燃方式

汽油发动机与柴油发动机的工作原理相近，均依托燃料混合气在气缸内燃烧及相关配套机构推动气缸活塞往返运动输出动力。汽油黏性小、挥发性强、较易燃烧且燃烧扩散速度快，但自燃温度高，在压力作用下难以达到自燃温度，却能在较低温度下以较充裕的时间形成均匀的混合气，并经火花塞点燃后以火焰传播的方式使气缸燃烧室内的汽油混合气得到充分燃烧。

相对来说，柴油的黏度大、挥发性差、自燃点低，在低温条件下不可能形成油气混合气，因此，需要通过喷油装置向气缸内部直接喷油。为改善混合气质量，促进自燃效果，需要提高燃油喷射压力，提高发动机压缩比。柴油机燃料混合气是在发动机燃烧室内形成的，柴油经高压喷入燃烧室后自燃，属于边喷边燃烧的扩散燃烧方式，导致柴油与空气的

混合不均匀,也不可避免地造成燃烧过程的局部缺氧或局部富氧,使得柴油在气缸内的燃烧持续时间延长。

燃气和汽油的燃烧理化性相近,且更易于在低温下与空气形成均匀的燃料混合气,因此,燃气发动机内的燃料混合气也采取电子点火方式进行点火。通常,将采用电子点火方式点燃燃料混合气的发动机称为点燃式发动机,以点燃式发动机为动力的汽车称为点燃式发动机汽车;将利用压缩终了时气缸内的高温、高压引起缸内燃料混合气自燃的发动机称为压燃式发动机,以压燃式发动机为动力的汽车统称为压燃式发动机汽车。

1.1.2.3 发动机结构

由于汽油发动机和柴油发动机气缸内燃料混合气的起燃方式不同,使得它们在结构方面也存在一定的差异。汽油发动机配备有控制每个气缸内火花塞点火次序和点火时刻的点火系统,相对柴油发动机的气缸来说,汽油发动机的每个气缸上都多了一个火花塞。而相对汽油发动机来说,柴油发动机没有点火系统,但在每个气缸的顶部均装有燃油喷射装置。近年来,为满足日益严格的燃油经济性和环保标准要求,汽油发动机也开始推广燃油缸内直喷技术,这些发动机的气缸顶部也装有燃油喷射装置。

1.1.2.4 发动机性能

汽油发动机转速高,具有噪声低、低温易启动、响应速度快、质量轻、造价低廉、运转平稳等优点,但汽油发动机的热效率较低、油耗较高、动力与经济性较差。柴油发动机转速较低、压缩比高,具有热效率高、动力性与经济性较好的优点,但柴油发动机噪声较大、低温启动困难,响应速度慢、重量大、制造和维修费用高、工作较粗暴。

1.1.2.5 排放的主要污染物及排放控制措施

汽油发动机排放的主要污染物为一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)等,柴油发动机排放的主要污染物为碳烟颗粒(PM)、氮氧化物(NO_x)等。由于发动机的工作原理和主要污染物不同,在排放控制措施方面也不同,除采取电子燃油喷射、优化燃烧室等机内控制技术外,汽油发动机汽车一般还采用了碳罐吸附和三元净化器等机外排放控制技术,柴油发动机汽车则采用了氧化催化器(DOC)、颗粒物捕捉器(DPF)、选择性催化还原系统(SCR)等机外排放控制技术。

1.1.3 柴油发动机的结构特征

柴油车发动机动力系统的核心部件是柴油发动机。汽油黏性小、挥发性强、较易燃烧且燃烧扩散速度快,采用点火方式可以使汽油燃料混合气得到充分燃烧;而柴油的黏度大、

挥发性差、自燃点低，不能像汽油一样在低温条件下可以转化为气态并与空气形成混合均匀的燃料混合气，即使采用高压喷射等方式使柴油与空气进行混合，柴油仍是以油滴微粒与空气混合，采用电子点火方式难以将发动机燃烧室内的燃料混合气点燃，更不可能使燃烧在发动机燃烧室内得到快速扩散。因此，柴油发动机利用柴油自燃点低这一特性，采取先在发动机燃烧室内形成超过柴油自燃温度的高温高压空气，然后通过高压喷嘴使柴油以油滴微粒状均匀喷入燃烧室使其自燃。由于燃烧室内的空气温度与压力均匀，每个油滴微粒自燃的概率相同，但因油滴微粒喷射时呈散射状，造成喷射嘴附近的油滴微粒周边空气偏少，形成局部缺氧情况；而离喷射嘴较远的地方油滴微粒周边的空气会较多，形成局部富氧情况。由此可见，柴油发动机的燃料混合气是在发动机燃烧室内形成的，柴油经高压喷入燃烧室后自燃，属于边喷边燃烧的扩散燃烧方式。因此，柴油发动机没有点火系统，主要由曲轴连杆和配气两大结构以及供油、润滑、冷却和起动四大系统组成。典型的柴油发动机构造剖视图如图 1-1 所示。

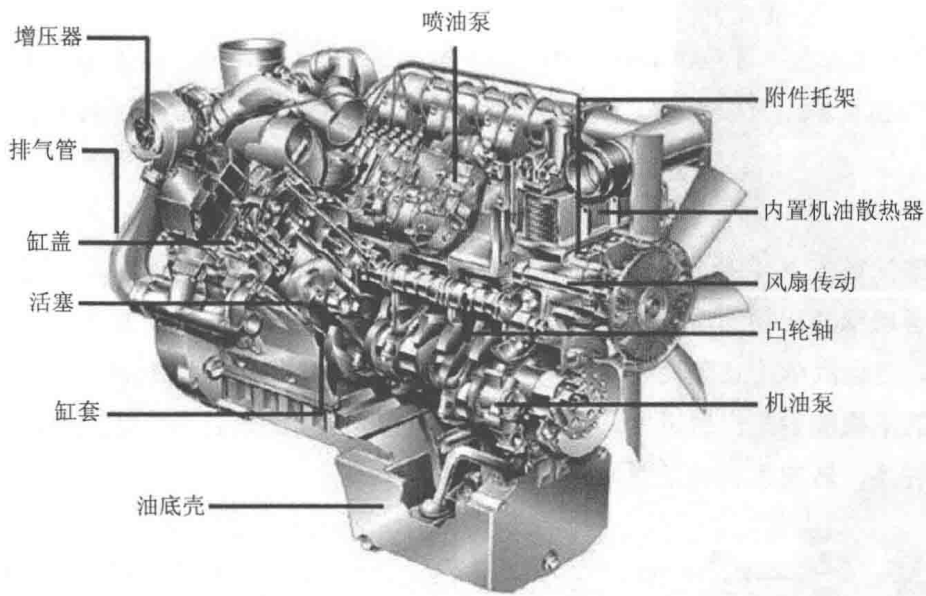


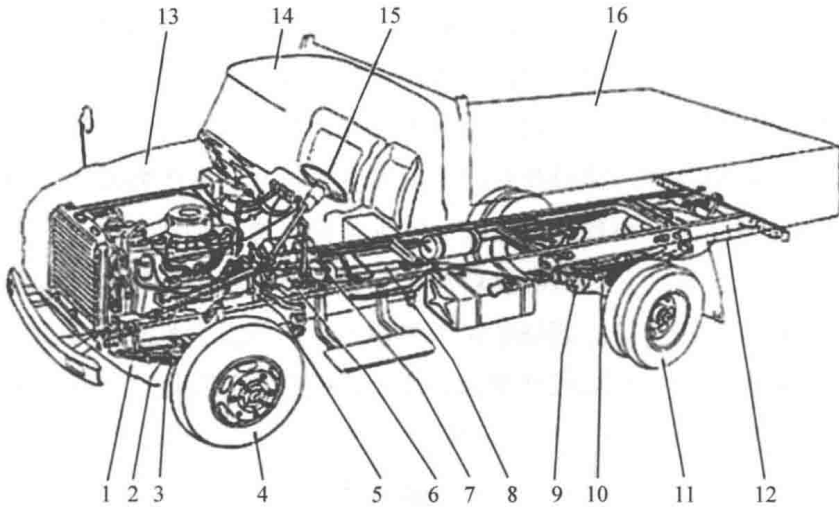
图 1-1 柴油发动机构造剖视图

1.1.4 柴油车的结构特点

由于柴油车和汽油车的动力系统存在较大差别，也决定了它们的主要应用方向不同。汽油车因具备噪声低、启动和响应速度快、价格相对低与运行平稳等特点，主要用于对发动机动力性要求不高的载客客车，如家庭小轿车、商务车等，该类车辆因主要用于载客，在保证正常使用所需动力情况下，侧重的是车辆使用的舒适度；而柴油车则因具有热效率高、动力性与经济性较好等特点，主要用于对发动机动力性要求较高的货运与专项作业车方面。由于

柴油客车与专项作业车在柴油车中所占比例非常小，这里主要介绍柴油货车的基本结构。

柴油货车具备一般汽车的基本结构，主要由发动机动力系统、底盘系统、车身及其附件、电气设备等组成。典型货车的整车结构如图 1-2 所示。



1-发动机；2-前轴；3-前悬架；4-转向车轮；5-离合器；6-变速器；7-手制动器；8-传动轴；9-驱动桥；
10-后悬架；11-驱动车轮；12-车架；13-车前钣金件；14-驾驶室；15-转向盘；16-车厢

图 1-2 典型货车整车结构

由于柴油货车主要用于货运，为保证柴油货车具备良好的货运效率，在底盘结构设计上会充分考虑承载货物的质量，既要考虑装载货物所需的体积，也需要考虑承载货物的重量，因此，货运汽车的底盘尺寸与结构强度一般都较大，相应地，轮胎及各种机构部件都需要较大的承载能力与机械强度。图 1-3 为典型的柴油货车底盘系统结构图，也包含了传动系、行驶系、转向系、制动系 4 个主要组成部分。

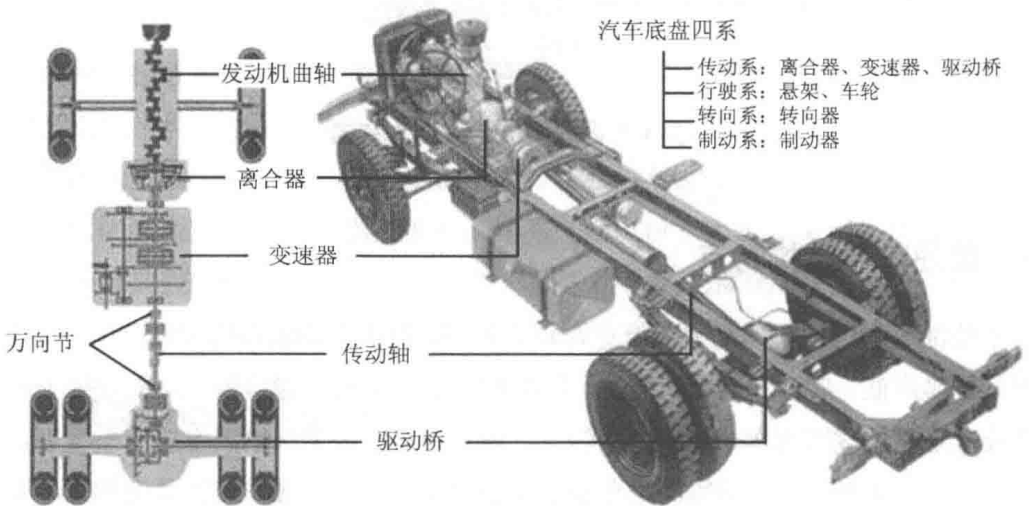


图 1-3 货车底盘结构示意图

柴油货车车身主要包括驾驶室和车厢两部分，主要结构特点是载人少、货箱大。图 1-4 为常见的几种柴油货车车身外形结构。



图 1-4 柴油货车的车身外形结构

1.2 发动机的外特性

1.2.1 发动机的速度特性曲线

发动机运转时，其有效功率、扭矩、发动机转速和耗油量等都会随着负荷的变化而变

化，且这些变化遵循一定的规律，将这些有规律的变化描绘成曲线，就形成了反映发动机运行特性的曲线图，通常可以根据发动机运行的各种特性曲线，全面评价和判断发动机的动力性和经济性。

常见的发动机特性曲线为速度特性曲线，它能有效反映发动机转速与发动机输出扭矩、有效功率、油耗等参数间的变化关系。速度特性曲线可通过发动机台架试验获得，主要测试方法与步骤如下。

(1) 将发动机安装至发动机台架上，保持发动机的节气门开度或喷油泵油量调节机构位置固定不动；

(2) 启动发动机使发动机转速达到稳定状况，记录该运行工况下发动机的转速、扭矩、有效功率、油耗等参数；

(3) 调整发动机的扭矩值以改变发动机的运行负载，此时发动机的运行转速会随发动机负载改变而改变，待转速稳定后再次记录发动机的转速、扭矩、有效功率、油耗等参数；

(4) 重复步骤(3)，重复调整发动机的扭矩值，分别记录发动机在不同负载下的运行转速、扭矩、有效功率、油耗等参数；

(5) 将记录的转速、扭矩、有效功率、油耗等绘制成随转速变化的曲线，即形成了发动机的速度特性曲线。

发动机速度特性曲线的坐标单位通常为：有效功率 P_e ，单位用 kW 表示；扭矩 T_e ，单位用 $N \cdot m$ 表示；油耗 g_e ，单位用 $g/kW \cdot h$ 表示；转速 n ，单位用 r/min 表示。典型的发动机速度特性曲线如图 1-5 所示。

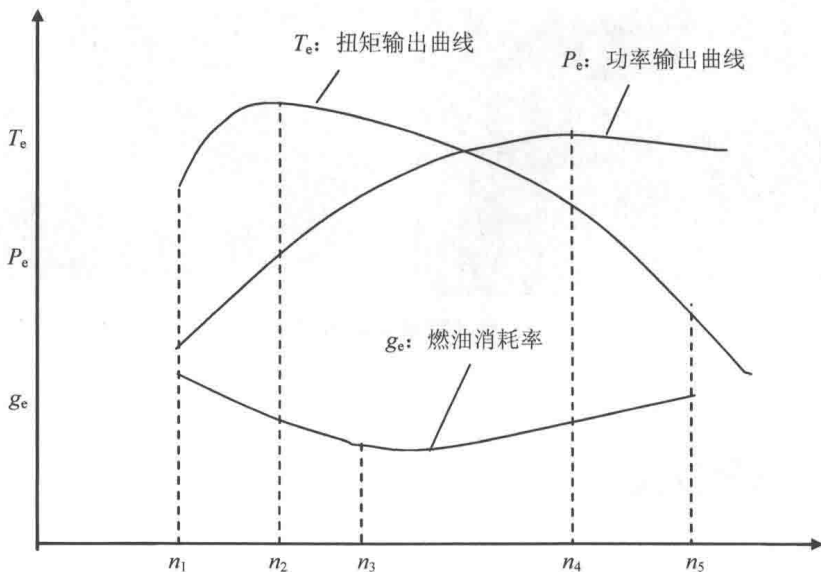


图 1-5 发动机的速度特性曲线