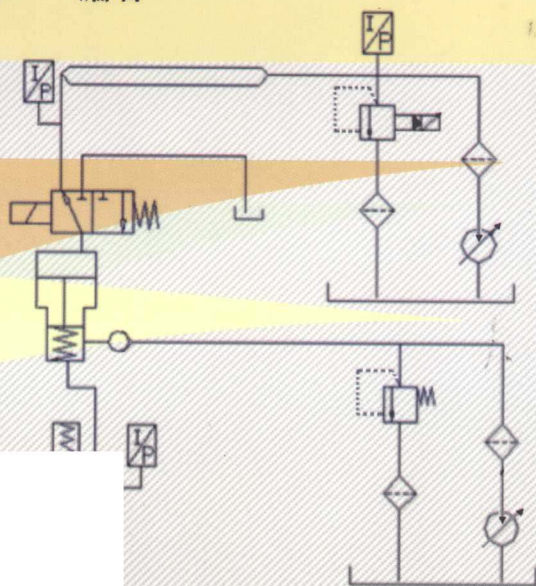




21 世纪液压气动系统经典图书系列

汽车电液技术

机械工程学会流体传动与控制分会 组编
浙江大学 杨华勇 燕山大学 赵静一 编著

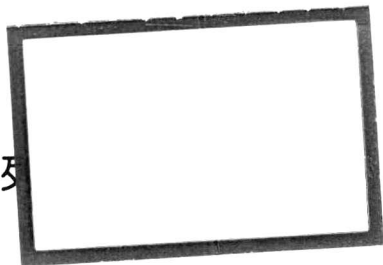


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





21 世纪液压气动系统经典图书系列



汽车电液技术

机械工程学会流体传动与控制分会 组编

浙江大学 杨华勇 燕山大学 赵静一 编著



机械工业出版社

本书内容主要取材于作者的科学研究成果,从理论与工程实际相结合的角度阐述了汽车电液技术及其发展的相关理论,是介绍电液技术以及新型电液元件在汽车工程领域中应用的专门著作。全书共八章,详细介绍了汽车电液技术的分析、设计、仿真、制造、安装、调试、使用和维护等内容,重点围绕当代汽车电液技术的发展趋势,反映汽车电液系统的新型元件、优化设计、参数匹配、节能控制、总线控制、故障诊断及可靠性等方面最新研究成果,理论分析过程力求简化,不偏重数学公式推导,强调物理概念,并结合工程实际,对现代汽车及特种车辆所涉及的电液技术作了重点介绍。

本书可作为相关院校、科研院所的机械工程、车辆工程、机电工程、液压传动以及机电一体化等专业人员使用的教学和科研用书,也可供相关专业的研究生使用,同时也可作为相关工程领域生产企业和应用机构中从事汽车设计、制造、研发、使用、维护和维修技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电液技术/杨华勇,赵静一编著. —北京:机械工业出版社, 2012.10

(21世纪液压气动系统经典图书系列)

ISBN 978-7-111-39966-7

I. ①汽… II. ①杨…②赵… III. ①汽车-数字电液控制系统 IV. ①U463.22

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第238545号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张秀恩 责任编辑:张秀恩 杨明远 版式设计:霍永明
责任校对:肖琳 封面设计:陈沛 责任印制:张楠
唐山丰电印务有限公司印刷

2013年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·23.5印张·526千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39966-7

定价:55.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务	策划编辑:(010) 88379770
社服务中心:(010) 88361066	网络服务
销售一部:(010) 68326294	教材网: http://www.cmpedu.com
销售二部:(010) 88379649	机工官网: http://www.cmpbook.com
读者购书热线:(010) 88379203	机工官博: http://weibo.com/cmp1952
	封面无防伪标均为盗版

前 言

电液技术是以电子信息技术为先导,流体(液体或气体)为介质实现能量的转换与控制,即电子与流体传动的密切结合所形成的新兴交叉专业领域,既突出了液压传动的优点,又克服了液压传动的许多缺点,加速了机、电、液一体化技术的发展。目前,我国各类汽车的需求量不断攀升,电液技术在各类汽车中的应用越来越广泛,只是以往有关汽车液压技术或汽车电子技术的专著或教材,仅将液压技术与电子技术分开阐述,对现代汽车电液技术缺乏系统的融合,而且涉及汽车新型电液技术内容偏少,因此,针对现代汽车电液技术的设计、制造、安装、调试、使用和维护技术缺乏系统理论框架,相应参考书和教材比较匮乏。本书着重从理论和工程实际相结合的角度来阐述汽车电液技术及其发展,是介绍电液技术以及新型电液元件在汽车工程领域中应用的专门著作。

本书取材于作者科研团队在汽车电液技术方面科研实践的部分相关成果[国家高新技术研究发展计划【863】项目(编号2001AA423150);国家“十五”科技攻关项目(编号2002BA208B02、2010AA044401);国家自然科学基金(编号:50305032、50075077、50175097、59835160、51175448);教育部高等学校博士学科点专项科研基金(编号:20010335037、20050216004);浙江省自然科学基金(编号502088);河北省自然科学基金(编号:503293);国家机械部科技攻关项目(编号:96250517、98250541)的研究成果和与国内数十家企业委托合作的研究成果],以及作者部分学生的相关博士学位论文和硕士学位论文,另外,还参考了一些国内外最新的相关研究进展。

全书共分为8章,第1章介绍了汽车电液控制系统的国内外发展现状;第2章梳理了电液技术在汽车工程中的应用;第3章阐述了汽车电液技术相关元件的原理和应用;第4章总结了汽车节能研究中液压自由活塞发动机、液压变压器等新型电液元件的理论研究和样机研制;第5章概括了电液控制系统优化设计、数学模型建立、动态特性数字仿真及实验研究成果;第6章集成了汽车电液技术故障监测与可靠性研究的相关进展;第7章综合了汽车电液技术现场数据总线的管理和应用;第8章剖析了典型特种车辆电液技术的不同特点及工程应用情况。

本书注重理论研究和工程实践相结合,体现了两个特点:

(1) 创新性 充分反映了当前世界汽车电液技术的发展趋势,总结了汽车电液控制系统及新型元件的优化设计、参数匹配、节能、总线控制、故障诊断及可靠性技术等方面的最新研究成果,尽量简化理论分析过程、省略数学公式推导、强调物理概念,结合工程实际。着重剖析了汽车和特种车辆关键电液技术创新性研究的最新进展,对具有自主知识产权的新产品研制和现有产品的升级换代提出了自己的思路,对相关工程机械的研究也有一定的参考价值。

(2) 实用性 作者长期从事汽车电液技术理论和工程应用的研究,对于汽车电液

技术的分析、设计、仿真、制造、安装、调试、使用和维护等均有丰富的经验。本书采用通俗的语言来阐述汽车电液技术所涉及的相关知识,让从事电液技术的相关专业人员易于阅读,便于理解有关核心内容。

本书是相关大专院校与研究院所从事机械工程、车辆工程、机电工程、流体传动及机电一体化等专业人员使用的教学和科研用书,也可作为相关工程领域生产企业和使用单位负责汽车设计、制造、研发、使用、维护及维修技术人员的参考用书。

本书由浙江大学杨华勇教授(第1、3、4、7章)和燕山大学赵静一教授(第2、5、6、8章)合作完成,杨华勇教授提出了本书的整体思路,完成了本书的统筹工作,赵静一教授对全书的文字进行了整理和润色。浙江大学的谢海波副教授,燕山大学的郭锐讲师和博士生王昕煜提供和整理了部分参考资料,同时还在全书的电子文档录入、格式检查和插图整理上做了大量工作,博士生施虎、硕士生纪弘祥、严二冬、宋武圣、刘文静、杨帆、陈鹏飞、高磊、刘平国和徐凯亮等参与了资料整理、插图绘制和校对工作,在此一并表示感谢。还要感谢作者科研团队的同事们,如浙江大学的徐兵、周华、龚国芳教授和燕山大学的王永昌、张齐生、姚成玉教授以及博士后、博士生和硕士生们在项目完成过程中所做的不懈努力。同时感谢多年紧密合作的相关企业领导、工程师和现场工作人员的大力支持,感谢中国机械工程学会流体传动与控制分会积极组编,感谢机械工业出版社有关领导和编辑人员的鼎力相助。

由于整理大量的成果资料,加之作者时间有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

2012年3月18日

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 现代汽车应用与进展	1
1.1.1 汽车概念和种类的扩张	1
1.1.2 汽车功能的发展	7
1.1.3 汽车新技术应用	11
1.2 汽车电液控制技术发展现状	15
1.2.1 电液控制技术的发展和优势	15
1.2.2 电液控制技术的改进趋势	16
1.2.3 近代控制策略在汽车电液控制技术中的应用	18
1.3 现代汽车电液控制技术研究现状	18
1.3.1 国外在汽车电液控制技术方面的研究现状	18
1.3.2 国内在汽车电液控制技术方面的研究	21
第 2 章 汽车中常用的电液控制技术	29
2.1 汽车动力系中的电液控制技术	29
2.1.1 汽车巡航行驶电子控制技术	29
2.1.2 汽油机电控喷油系统	29
2.1.3 柴油机电控喷油系统	31
2.1.4 汽车驱动系统的电液技术	32
2.1.5 发动机与液压系统功率匹配	37
2.2 汽车传动系中的电液控制技术	41
2.2.1 液压式离合器操纵机构	42
2.2.2 液力机械式自动变速器	42
2.2.3 电控机械式无级变速器	43
2.2.4 电控机械自动变速器	45
2.2.5 液压无级变速器和液压机械无级变速传动	45
2.3 汽车行驶系中的电液控制技术	49
2.3.1 液力减振器	49
2.3.2 半主动悬架系统	50
2.3.3 主动悬架系统	51
2.3.4 独立悬架	51

2.3.5 液压悬架	54
2.4 汽车制动系中的电液控制技术	56
2.4.1 普通液压制动系统	56
2.4.2 ABS 防抱死制动系统	56
2.4.3 其他几种汽车行驶安全电液控制技术	58
2.5 汽车转向系中的电液控制技术	59
2.5.1 普通汽车动力转向	59
2.5.2 特种车辆转向系统	61
2.6 汽车液压冷却系统	65
2.6.1 汽车液压冷却系统的组成	65
2.6.2 无级变速器的冷却系统	66
2.7 特种汽车工作装置的电液控制技术	68
2.7.1 液压马达卷扬回路	68
2.7.2 液压马达浮动回路	69
2.7.3 蓄能器的节能调速回路	69
2.7.4 汽车起重机支腿回路	71
第3章 汽车电液控制元件关键技术	72
3.1 电磁阀在汽车工程中的应用	72
3.1.1 普通电磁阀的应用	73
3.1.2 高速电磁阀的应用	73
3.2 数字阀——高速开关阀的应用	74
3.2.1 脉宽调制式高速开关阀结构及工作原理	74
3.2.2 高速开关阀数学模型的建立	75
3.2.3 PWM 高速开关阀的控制方式	76
3.2.4 高速开关阀电液控制系统	77
3.2.5 高速开关阀的典型应用实例	80
3.3 多路阀(组合阀)的应用	81
3.3.1 传统多路阀	81
3.3.2 常用多路换向阀回路	83
3.3.3 多路阀应用举例	84
3.4 比例阀的应用	86
3.4.1 三通比例减压阀简介	86
3.4.2 比例多路换向阀	87
3.4.3 比例电磁铁	90
3.5 防爆阀的应用	94
3.5.1 液压软管防爆	94

3.5.2 液压支腿系统双管路防爆阀	95
3.5.3 各种防爆阀使用方案及优缺点	96
3.6 伺服阀的应用	98
3.6.1 伺服阀在汽车自动防撞系统中的应用	99
3.6.2 伺服阀在汽车转向助力器中的应用	100
3.7 分流集流阀的应用	101
3.7.1 分流集流阀的分类及原理	101
3.7.2 分流集流阀在 100t 级载货运输车悬架液压回路上的应用	102
3.8 流量分配器 (同步液压马达) 的应用	104
3.9 液压泵的应用	105
3.9.1 力士乐变量泵 A4VG (EP + DA 控制)	105
3.9.2 力士乐柱塞泵 A11VO 工作原理	106
3.10 液压马达的应用	108
3.10.1 变量液压马达 A6VM (HA2 控制)	108
3.10.2 驱动系统工作原理	109
3.11 负载敏感系统中 LUDV 的应用	110
3.11.1 LUDV 系统	110
3.11.2 电子 LUDV 系统	111
3.12 流量放大器的应用	112
3.12.1 同轴流量放大器	113
3.12.2 萨奥流量放大器 OSQA4	113
3.13 蓄能器的应用	117
3.13.1 用蓄能器制动的回路	117
3.13.2 恒压网络	117
第 4 章 汽车节能中的电液控制技术	119
4.1 复合驱动系统	119
4.1.1 复合驱动的基本思想	119
4.1.2 储能元件的性能比较	119
4.1.3 液压复合驱动系统的功率流模式	120
4.1.4 液压复合驱动系统的特点	121
4.2 混合动力技术	122
4.2.1 液压混合动力车的基本配置形式	123
4.2.2 液压混合动力车的原理和特点	124
4.2.3 液压自由活塞发动机	127
4.3 二次调节技术	136
4.3.1 二次调节基本原理	136

4.3.2	采用二次调节技术的汽车起重机液压回路	137
4.4	分段 PID 控制技术	139
4.4.1	运板车整车升降控制分段 PID 控制策略	139
4.4.2	集装箱正面吊运车大臂垂直水平动作的实现	143
4.5	负载敏感技术	147
4.5.1	负载敏感技术的原理	147
4.5.2	应用实例	150
4.6	多泵组合技术	153
4.6.1	多泵并联供油液压源回路	153
4.6.2	四泵四回路系统	153
4.6.3	三泵三回路系统	154
4.7	液压变压器技术	156
4.7.1	液压变压器的发展历史	156
4.7.2	液压变压器的研究现状	157
4.7.3	液压变压器及其在液压系统中的节能应用	158
4.7.4	液压变压器技术的展望	161
4.8	发动机与电液系统匹配技术	162
4.8.1	减轻液压载重车自重节能	162
4.8.2	合理设计液压系统节能	163
4.8.3	发动机与液压系统功率匹配模糊控制	163
第 5 章	汽车电液控制系统设计优化与仿真研究	166
5.1	汽车电液系统优化设计	166
5.1.1	汽车电液系统优化设计的内容	166
5.1.2	汽车电液系统的全局优化	167
5.2	汽车电液系统设计中常用的仿真软件	168
5.2.1	AMESim 软件应用	168
5.2.2	ADAMS (虚拟样机动力学仿真软件)	170
5.2.3	Matlab/Simulink (动态系统仿真)	171
5.2.4	ANSOFT 产品在汽车电子及系统设计中的应用	172
5.2.5	Fluent、STAR-CD、CFDesign 软件在汽车领域的技术特点	173
5.2.6	综合各种软件的联合仿真技术	175
5.3	优化设计与仿真研究实例	176
5.3.1	三通比例减压阀仿真研究	176
5.3.2	平板车悬架电液控制系统优化设计	197
5.3.3	液压转向系统优化设计	202
5.3.4	单活塞式液压发动机振动与压缩比特性分析	206

第 6 章 汽车电液控制系统的故障诊断与可靠性	216
6.1 汽车电液控制系统故障诊断	216
6.1.1 汽车电液系统故障常用分析方法	217
6.1.2 汽车电液系统及元件的常规故障诊断与排除实例	221
6.2 汽车故障诊断模型和任务分解策略	231
6.2.1 汽车故障诊断系统的要求及特点	231
6.2.2 基于分布式的层次诊断模型	231
6.2.3 故障诊断的任务分解策略	232
6.3 汽车电液控制系统故障分析及建模	234
6.3.1 液压元件失效模式及失效机理	234
6.3.2 基于故障树的建模	236
6.4 汽车电液系统故障定位策略研究	238
6.4.1 最优定位策略的求解算法	238
6.4.2 求解算法	239
6.4.3 程序实现	239
6.4.4 故障定位实例	240
6.5 汽车远程故障诊断及监控技术	243
6.5.1 远程故障诊断技术发展趋势	243
6.5.2 液压载货车远程故障监测与诊断系统	244
6.6 特种车辆液压系统的可靠性分析实例	248
6.6.1 自行式液压载重车液压系统的失效模式和可靠性分析	248
6.6.2 900t 提梁机液压系统的可靠性分析	253
6.6.3 伞兵车液压控制系统可靠性研究	261
6.6.4 基于可靠性的汽车电液系统故障分析及可靠度预测软件	268
第 7 章 车载电液控制系统综合总线管理	270
7.1 车载机电系统综合总线管理的必要性和相关技术	270
7.1.1 汽车电液控制系统实现综合总线管理的必要性	270
7.1.2 汽车常用总线技术简介	271
7.1.3 CAN 总线技术特点和原理	272
7.2 车载多机电系统的综合总线管理应用	276
7.2.1 CAN 总线在分体式煤矿设备搬运车的应用	276
7.2.2 自行式液压重载运输车的 CAN 总线控制系统	288
7.2.3 基于 SAE J1939 协议的 900t 运梁车功率匹配算法的研究	293
第 8 章 几种特殊车辆的典型电液控制系统	298
8.1 大型自行走液压载重车的电液控制技术	298
8.1.1 TMZ150t 自行式液压载重车电液控制技术	298

8.1.2	900t 运梁车的电液技术	309
8.2	混凝土喷浆车电液控制技术	312
8.2.1	混凝土喷浆车结构	312
8.2.2	液压控制系统	315
8.2.3	电气控制系统	318
8.3	大吨位矿山自卸车的液压技术	319
8.3.1	铰接车的转向与举升系统	320
8.3.2	制动系统	320
8.3.3	悬架系统	320
8.4	高空作业车的电液控制技术	323
8.4.1	TLK21 型高空作业车主要技术参数	323
8.4.2	TLK21 型高空作业车主要装置设计	325
8.4.3	TLK21 型高空作业车电液控制系统设计	327
8.5	巷道 WC80Y 型分体运输车电液控制技术	330
8.5.1	分体运输车结构组成	331
8.5.2	分体运输车电液技术	332
8.5.3	分体运输车转向系统的开发	340
8.6	轮胎式全液压汽车起重机	344
8.6.1	汽车起重机电液系统设计	345
8.6.2	两种液压系统设计方案	345
8.7	抱罐车的电液控制技术	348
8.7.1	抱罐车液力机械变速器	348
8.7.2	负载敏感特性研究	353
8.7.3	超越负载平衡回路	355
8.7.4	大臂工作液压系统	356
8.7.5	全液压转向控制系统	356
8.7.6	制动电液控制系统分析	358
参考文献		361

第1章 绪论

1.1 现代汽车应用与进展

随着世界经济的发展,汽车已经成为当前极为重要的交通运输工具。在现代化社会的各个领域中汽车的应用越来越广泛,汽车及相关产业也成为重要的支柱产业。与此同时,电液控制技术在汽车中的应用也日益增多,在改善汽车品质、提高汽车质量、拓宽汽车用途以及增强汽车的安全性、可靠性等方面发挥着不可替代的重要作用。即便在电力电子技术日益发展的今天,无论何种汽车,都离不开电液控制技术,而在相当大的范围里,汽车工业与电液控制技术的结合日益紧密。

1.1.1 汽车概念和种类的扩张

1. 概念

汽车的概念,世界上各个国家有各自明确的定义。

在美国,汽车的定义是:汽车是由本身携带的动力驱动(不包括人力、畜力和风力)、装有驾驶操纵装置的、在固定轨道以外的道路或自然地域上运输客、货或牵引其他车辆的车辆。此定义给出了汽车的用途,但没有指明动力装置的形式,也没有对车轮数目进行限制。按照这一定义,摩托车、拖拉机均属于汽车,而装甲车、坦克等都不属于汽车。

日本的汽车定义是:不依靠架线和轨道、带有动力装置、能够在道路上行驶的车辆叫汽车。这一定义没有指明汽车的用途。照此定义,在道路上玩耍的儿童玩具汽车也属于汽车。

德国的汽车定义是:汽车是使用液体燃料、用内燃机驱动、具有三个或三个以上轮子、用于载运乘员或货物的车辆。这里特别强调了使用液体燃料的内燃机驱动,因为德国人卡尔·奔驰在1886年获得了用汽油机驱动的三轮汽车的专利。图1-1为1886年德国人卡尔·奔驰制造的世界第一辆汽车。

我国的汽车定义如下:

由动力装置驱动、具有四个或四个以上车轮的非轨道、无架线的车辆叫汽车。主要用于:载运人员和货物;牵引运输人员或货物的车辆;特殊用处。此定义排除了摩托车、装甲车、坦克等,但拖拉机、电瓶车和部分工程机械等均包括在内。



图1-1 梅赛德斯—奔驰汽车

内燃机驱动的汽车。特殊情况时，还有混合动力、太阳能、电力甚至气动的汽车。

2. 种类

汽车自诞生以来，经过一百多年的演变，已发展成为一个庞大的家族。各种形式、牌号、用途的汽车数不胜数。为了便于叙述和研究，产生了许多种汽车分类法。有按用途分类、按大小分类、按燃料分类，还有按结构形式分类、按驱动方式分类等。不同的分类方法反映了汽车的不同属性。

为了便于管理，我国在 1988 年颁布了对汽车分类的国家标准 GB/T 3730.1—1988《汽车和挂车的术语及定义》，2001 年重新制定了有关汽车分类的标准 GB/T 3730.1—2001，新标准依据国际标准（ISO 3833）制定。但目前社会上仍在继续使用的许多于 2001 年以前生产的汽车，是按标准 GB/T 3730.1—1988 分类的。现具体介绍国家标准 GB/T 3730.1—1988，然后介绍新旧标准的主要区别。

按照国家标准 GB/T 3730.1—1988 中的规定，汽车的类型分为：载货车、越野车、客车、轿车、自卸汽车、牵引汽车、专用汽车等类型。

(1) 载货车 载货车又叫卡车、货车。其作用是载运货物，有的也叫做牵引挂车。载货车一般为两轴，也有三轴式的。目前这一定义需要改变，在实际工作中，多轴的载货车非常多，许多在五轴以上。

载货车按总质量 (M) 的大小又可分为微型、轻型、中型、重型四种：

微型载货车： $M \leq 1800\text{kg}$ ；

轻型载货车： $1800\text{kg} < M \leq 6000\text{kg}$ ；

中型载货车： $6000\text{kg} < M \leq 14000\text{kg}$ ；

重型载货车： $M > 14000\text{kg}$ 。

载货车的结构一般由三个厢组成，即发动机厢、驾驶室和货厢。根据发动机厢与驾驶室的相对位置不同，载货车又可分为长头车和平头车。长头车的发动机厢在前，驾驶室居中，货厢在后；平头车的驾驶室位于发动机厢之上，如图 1-2 所示。

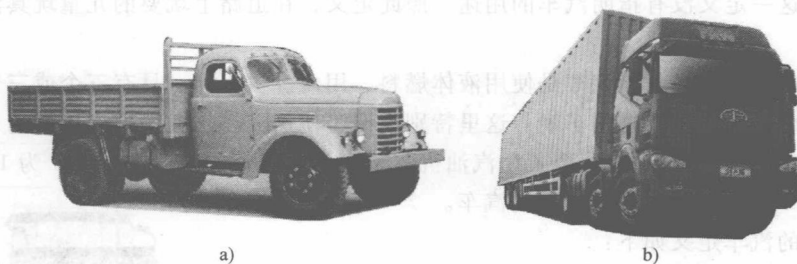


图 1-2 长头载货车与平头载货车

a) 长头卡车 b) 平头卡车

长头载货车是最常见的结构形式。其优点是便于设计、制造，操纵和维修发动机容易，冬天驾驶室内容易保温，遇到撞车时对驾驶员的伤害较小。缺点是汽车轴距和总长较大，视野不太好；平头车则总长较小，自重较轻，视野开阔，但操纵机构复杂，维修

发动机不便。为弥补这一缺陷，许多平头车的驾驶室设计成利用液压缸支撑可向前翻转的形式。

(2) 越野车 越野车是主要行驶在坏路或无路地区的特殊汽车。其两轴（四轮）或三轴（六轮）都是驱动轴（轮），称作全轮驱动。越野车采用的是液压悬架，可以保证在不同地面条件下车身的平稳。越野车的驱动力远大于载货车，因而通过性很强，一般作为军用或野外工程用车。但这种车的油耗量也远大于普通民用车，如图 1-3 所示。



图 1-3 越野车、水路两栖车、沙漠车

- a) 悍马越野车 b) 国产北汽勇士军用越野车 c) 梅赛德斯—奔驰
d) 国产水路两栖越野车 e) 德国乌尼莫克 f) 沙漠车

(3) 自卸汽车 自卸汽车可以利用自身的液压装置将其货厢倾斜，以卸掉厢中的货物，如图 1-4 所示。这种汽车一般用来运输土沙石方，节省人力。自卸汽车的货厢有后翻和侧翻两种，目前广泛使用的是后翻式。

(4) 牵引汽车与挂车 牵引汽车是专门或主要用来牵引挂车或其他车辆的汽车。挂车是本身不带动力的车辆。二者组合成汽车列车，如图 1-5 所示。



a)



b)

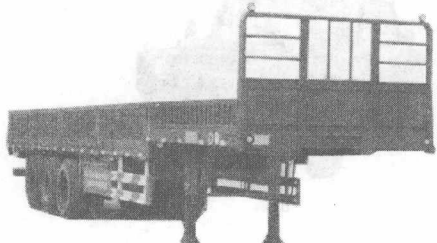
图 1-4 自卸汽车
a) 铰接式 b) 整体式



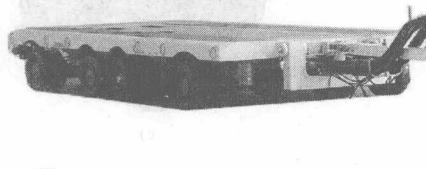
a)



b)



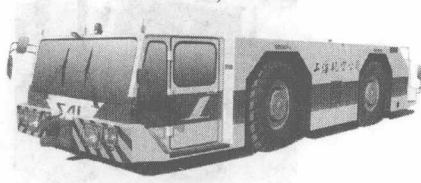
c)



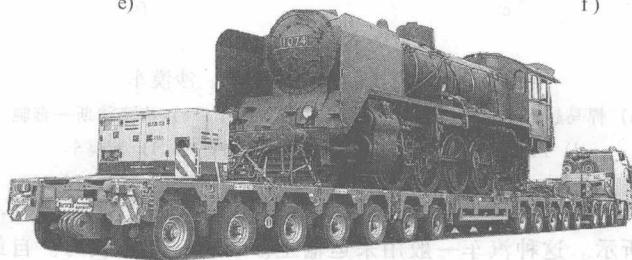
d)



e)



f)



g)

图 1-5 牵引车、挂车、重型牵引车及飞机牵引车
a) 半挂牵引车 b) 越野牵引车 c) 半挂挂车 d) 全挂挂车
e) 重型牵引车 f) 飞机牵引车 g) 牵引列车

(5) 专用汽车 专用汽车是为完成特定的运输任务或作业任务而设计的汽车。车上装有特殊的设备，特别是工作可靠的、电液控制的起升设备、高空作业设备、液压悬架装置通常都是首选设备。专用车已发展成庞大大家族，具有数不清的成员。如救护车、消防车、油罐车、垃圾车、洒水车、冷藏车等。图 1-6 是几种不常见的专用车。

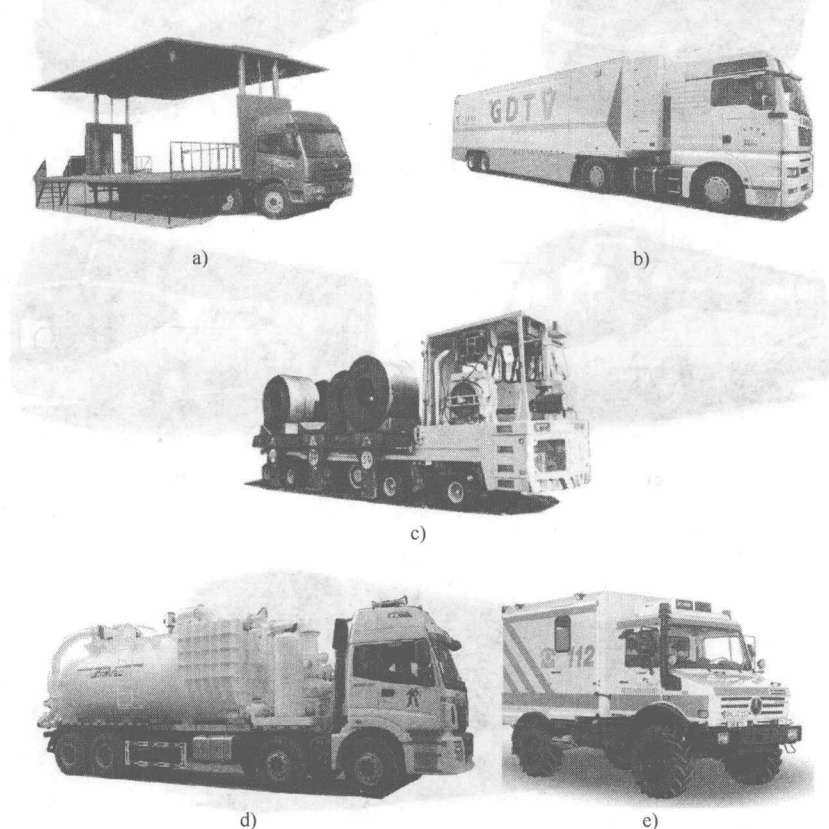


图 1-6 几种专用汽车

a) 舞台车 b) 卫星电视转播车 c) 钢铁企业用重型平板运输车 d) 吸排车 e) 查线车

(6) 客车 客车是用来运送人员及少量行李物品的汽车。具有正方形的车厢和若干座椅，为了保证乘客的舒适性，降低驾驶员的疲劳程度，同时节约燃油消耗，在客车中通常采用液压助力器、液压悬架、蓄能器功率回收和二次调节电液控制技术，使客车工作满足驾驶员和乘客的需求。当前客车根据总长分为微型、轻型、中型、大型和特大型客车，如图 1-7 所示。

(7) 轿车 轿车也是用来运送人员和少量行李的。与微型客车相比，其座位数更少，一般不超过 5 人。在轿车的配置中，电液控制技术应用得更多，在后面的相关章节中再作专门介绍。轿车按发动机排量（汽缸工作容积）的大小分为微型、普通级、中级、中高级、高级轿车五级。

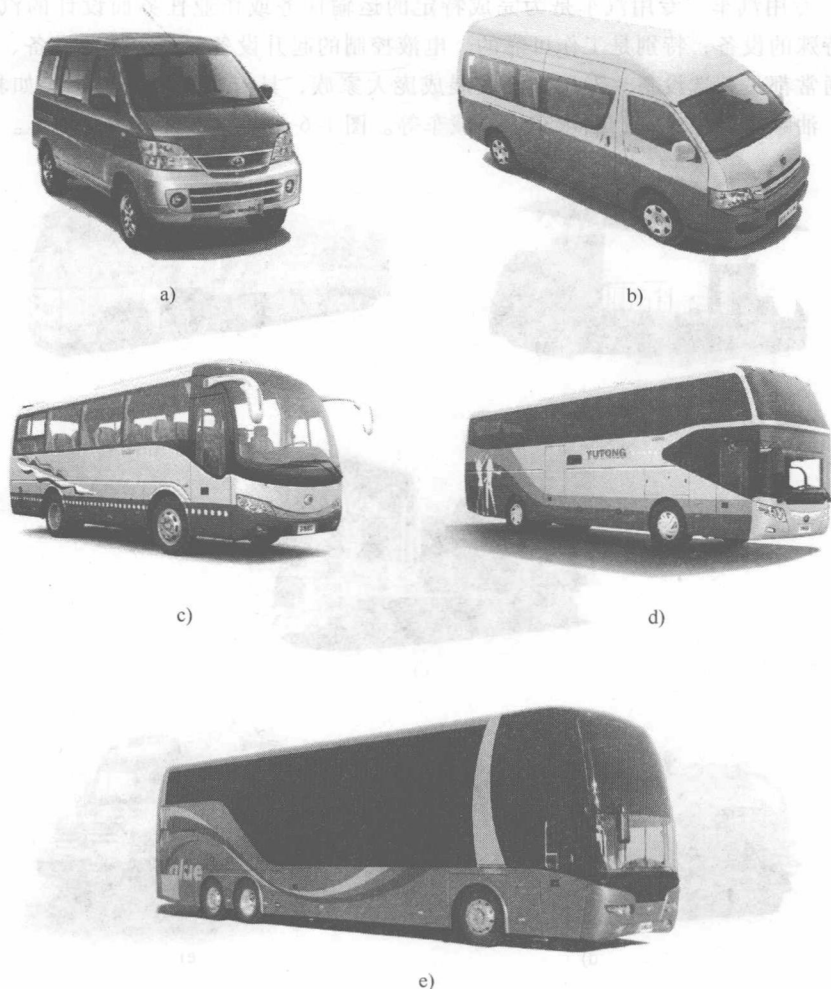


图 1-7 客车

a) 微型客车 b) 轻型客车 c) 中型客车 d) 大型客车 e) 超大型客车

微型轿车：排量 $\leq 1.0\text{L}$ ；

普通级轿车： $1.0\text{L} < \text{排量} \leq 1.6\text{L}$ ；

中级轿车： $1.6\text{L} < \text{排量} \leq 2.5\text{L}$ ；

中高级轿车： $2.5\text{L} < \text{排量} \leq 4.0\text{L}$ ；

高级轿车：排量 $> 4.0\text{L}$ 。

轿车还可以按结构形式分为两厢式和三厢式。两厢式是发动机厢为一厢，乘员和行李为另一厢；三厢式轿车则发动机厢、乘员、行李各占一厢，如图 1-8 所示。

2001 年重新制定的汽车分类标准（GB/T 3730.1—2001），其中最显著的修改，一是废除“轿车”的提法，改称为“乘用车”；二是不再将越野车单独分为一类，而是归