

汽车新技术系列教材
QICHE XINJISHU XILIE JIAOCAI

DIANKONG CHAIYOU FADONGJI JIEGOU YUANLI YU WEIXIU

电控柴油发动机

结构原理与维修

DIANKONG CHAIYOU FADONGJI JIEGOU YUANLI YU WEIXIU



中国劳动社会保障出版社

汽车新技术系列教材

电控柴油发动机结构原理与维修



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电控柴油发动机结构原理与维修/杨庆彪主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2010
汽车新技术系列教材

ISBN 978-7-5045-8081-8

I. 电… II. 杨… III. ①汽车-电子控制-柴油机-结构②汽车-电子控制-柴油机-车辆修理 IV. U464.172.03 U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 005049 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 25.5 印张 585 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

定价: 45.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前言

随着汽车工业的发展，汽车电子技术、新能源技术以及检测与维修技术逐渐成为汽车技术发展的热点。自 20 世纪 50 年代汽车技术与电子技术开始结合以来，电子技术在汽车工业中的应用范围越来越广，尤其是近十年，电子技术在汽车工业中迅速发展，汽车电子控制系统提高了汽车的动力性、经济性、安全性、舒适性。在汽车新能源方面，随着世界能源危机和环保问题日益突出，世界各大汽车公司纷纷致力于开发新能源与新燃料汽车，近几年柴油电控发动机和混合动力车辆已经大批量面世，新能源汽车获得了长足发展。随着汽车技术的发展，特别是电子技术、计算机技术在汽车上的应用，汽车故障诊断从传统的听、看、闻等经验诊断方式，向以集成化、智能化的诊断设备为手段，以信息技术为依托的现代汽车故障诊断技术发展。

面对汽车新电器、新能源及诊断维修技术三方面的迅猛发展，传统教材已经无法满足培养技术、维修人员的实际需求。在汽车新电器培训教材之后我们组织开发了汽车新能源培训教材，包括《电控柴油发动机结构原理与维修》《混合动力汽车结构原理与维修》《汽油直喷发动机结构与检修》三本，以后还要陆续开发汽车诊断维修培训教材等。

随着新能源车辆的不断增多，国内的很多从业人员意识到要抓紧时间学习新能源的相关内容，而国内关于新能源发动机的维修参考资料还很少，能够直接利用到修车的资料就更加少了，编写此套书的目的主要是为了把新能源发动机的维修知识进行透彻讲解，为从业人员提供良好的学习材料，为维修人员提供及时的资料信息，以便能解决实际故障。

本系列培训教材适合汽车维修从业人员培训使用，尤其适合作为汽车技术培训高级班学生用教材，也可作为职业院校教师参考用书。

人力资源和社会保障部教材办公室

简介

20 世纪 90 年代初，欧洲的汽车厂家开展了广泛的柴油轿车研发工作，产品推出之后其优势很快获得了消费者的认同。在很多知名汽车生产厂家的产品序列当中，柴油轿车已经相当普及，新一代柴油电脑控制发动机轿车的二氧化碳排放比汽油轿车减少 30% ~ 45%，节能 25% ~ 30%。因此从燃油方面来说，特别从燃油的成本上来说，柴油机有明显的优势。

本书主要包括两部分，第一部分主要讲解柴油电喷发动机维修的基础知识和必备知识；第二部分是对国内常见的几款柴油电喷发动机进行详细的讲解，如福田、捷达、奥迪 A6、双龙爱腾等发动机。

本书注重图文结合，对内容进行了充分生动的讲解，采用大量各车型的位置图、结构图、原理图、电路图，配合必要的文字进行讲解，对各系统进行充分描述。

本书先讲述系统组成、元件位置、元件结构与工作原理，再讲述系统的工作过程、电路控制与电路分析，要求读者在懂结构原理的基础上再进一步深化学习，引导读者对各系统进行充分必要的认识。

本书由杨庆彪主编；付亚军、杨兆春、郭庆林、蒋万岭、高仲兰、史学芝、张素梅、杨光、段志东、刘秀丽、郭涛、祖影春、杨庆魁、杨露、杨颖华、刘志国、郭婕、宁建涛、顾金兰、张贺平、张涛参与编写；郭涛主审。

目录

CONTENTS

上篇 基础篇

■第一章 柴油发动机概述

3/ /第一节 柴油发动机的发展过程

13/ /第二节 柴油发动机的工作原理

17/ /第三节 柴油发动机的工作特点

22/ /第四节 柴油发动机的类型

■第二章 电控柴油发动机的供油系统

30/ /第一节 直列泵控制的燃油供给系统

34/ /第二节 轴向分配喷油泵式燃油供给系统

42/ /第三节 径向分配喷油泵式燃油供给系统

54/ /第四节 共轨喷射燃油供给系统

65/ /第五节 电控泵喷嘴系统

■第三章 柴油发动机的电控系统

77/ /第一节 柴油发动机电控系统的组成

104/ /第二节 柴油发动机电子控制系统的控制原理

■第四章 发动机机械机构

■第五章 电控柴油发动机的排放净化装置

■第六章 柴油发动机辅助系统

175/ /第一节 涡轮增压系统

187/ /第二节 预热系统

下篇 实战篇

■第七章 福田柴油发动机结构与维修

193/ /第一节 福田柴油发动机共轨系统结构组成

203/ /第二节 福田柴油发动机控制系统

213/ /第三节 福田柴油发动机检测与维修

■第八章 捷达汽车 SDI 发动机系统检修

220/ /第一节 捷达汽车 SDI 发动机系统检修

264/ /第二节 捷达 SDI 发动机辅助系统检修

■第九章 奥迪 A6 TDI 发动机系统原理与检修

288/ /第一节 奥迪 TDI 发动机的结构

302/ /第二节 奥迪 A6 TDI 发动机检修

319/ /第三节 电路控制

■第十章 韩国双龙爱腾柴油发动机

332/ /第一节 双龙发动机整体认识

342/ /第二节 柴油预热系统

352/ /第三节 柴油供给系统

376/ /第四节 电控系统

397/ /第五节 发动机检查与测试

上 篇

基础篇

第一章 柴油发动机概述

第一节

柴油发动机的发展过程

一、柴油发动机的发展历程

自从 1886 年德国人卡尔·本茨发明了世界上第一辆汽车后，至今虽然只有一百多年的历史，但是汽车技术发展日新月异，各种能源、各种品牌、各种排量的汽车层出不穷。第一辆汽车实物如图 1—1—1 所示。

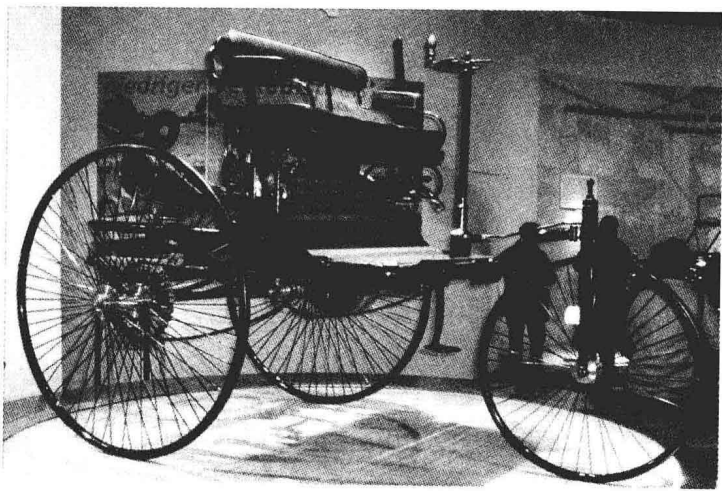


图 1—1—1 世界上第一辆汽车实物

1892 年，第一辆汽车发明不久，德国人鲁道夫·狄塞尔发明了世界上第一款柴油发动机，从此，世界上有了一款以他的名字“DIESEL”命名的发动机，这款发动机在发明以后得到了非常广泛的应用，狄塞尔发明的柴油发动机实物如图 1—1—2 所示。

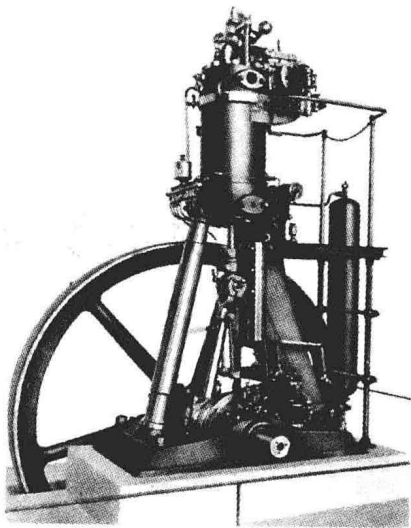


图 1—1—2 狄塞尔发明的柴油发动机实物

狄塞尔先生于 1893 年 2 月 23 日获得柴油发动机的发明专利证书, 其证书实物如图 1—1—3 所示。

1897 年, 狄塞尔制造了第一台四冲程式柴油发动机, 其热效率为 26%, 如图 1—1—4 所示。

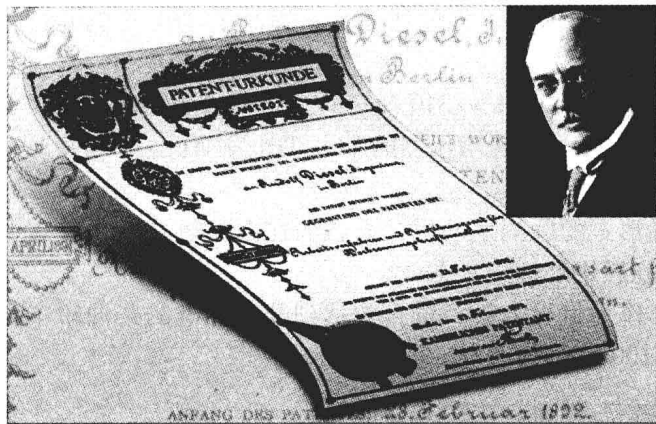


图 1—1—3 柴油发动机的发明专利证书

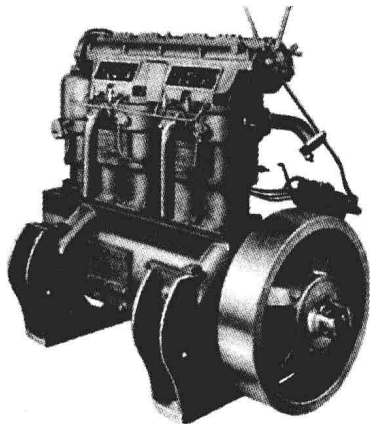


图 1—1—4 第一台四冲程式
柴油发动机实物

1898 年, 柴油发动机开始应用在汽车上。

1923 年, 奔驰公司生产了第一辆柴油发动机卡车, 装备 36.75 kW (50 马力) 发动机, 载质量 5 t。

1936 年, 世界上第一辆柴油发动机轿车奔驰 260D 制造成功。

1976 年, 德国大众汽车开始批量生产 1.5 L 自然吸气涡流室式柴油发动机, 安装在第一代高尔夫轿车上, 如图 1—1—5 所示。



图 1—1—5 第一代高尔夫轿车

1989 年, 大众高尔夫柴油轿车荣获“低排放车”的称号。

1989 年, 大众第一台 5 缸 88 kW (90 kW/265 N·m) TDI 发动机, 采用喷油压力达 90 MPa 的径向柱塞喷油泵。

1991 年, 4 缸 66 kW (67 kW/182 N·m) TDI 发动机, 采用喷油压力达 95 MPa 的径向柱塞喷油泵。

1993 年, 装于 Audi ASF 概念车上的 V8 - TDI 发动机在法兰克福国际车展亮相。使用 TDI 发动机比汽油发动机节油 25% ~ 30%, 噪声比 SDI 发动机小。

1994 年, 所有奥迪 TDI 发动机均满足欧 II 排放法规。5 缸 103 kW (104 kW/290 N·m) TDI 发动机采用喷油压力达 100 MPa 的径向柱塞喷油泵。

1995 年, 对 TDI 发动机采用可变喷嘴截面的涡轮增压技术, 采用喷油压力达 110 MPa 的径向柱塞喷油泵及可变进气几何截面 (VTG) 的涡轮增压器, 提高了 TDI 发动机的适应性, 1.9 L 由 67 kW 提高到了 82 kW。

1997 年, 世界上轿车首次采用 110 kW (112 kW/310 N·m), 带喷油压力达 150 MPa 的径向柱塞喷油泵及可变进气几何截面 (VTG) 涡轮增压器的 V6-TDI 发动机。TDI 发动机首次采用 4 气阀技术。

1998 年, 出现了 TDI-PD 泵喷嘴形式的柴油发动机, 且燃油在主喷射开始之前有少量的预喷, 达到了高性能柴油发动机平稳燃烧的理想状态。

1999 年, 经济环保 3 L 路波轿车作为世界上第一辆排放达到欧 4 标准的柴油轿车, 80 天环球 33 333 km, 平均油耗 2.38 L/100 km, 如图 1—1—6 所示。

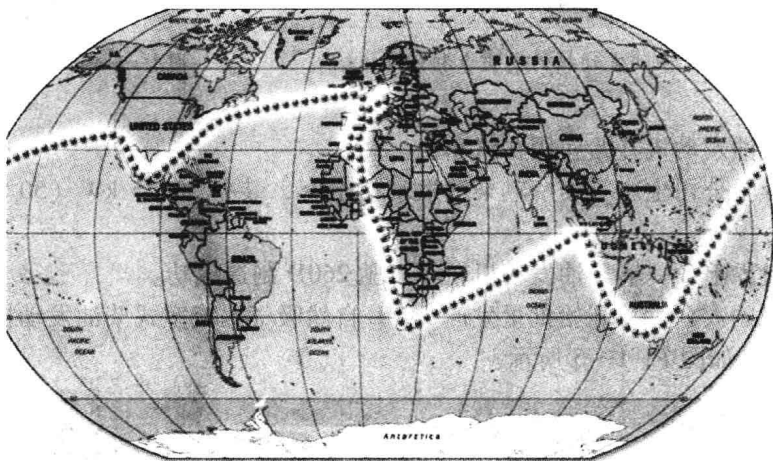


图 1—1—6 3 L 路波环游世界图

2001 年, 大众生产新型 1.9 L 泵喷嘴形式的 TDI 发动机, 功率 110 kW, 如图 1—1—7 所示。

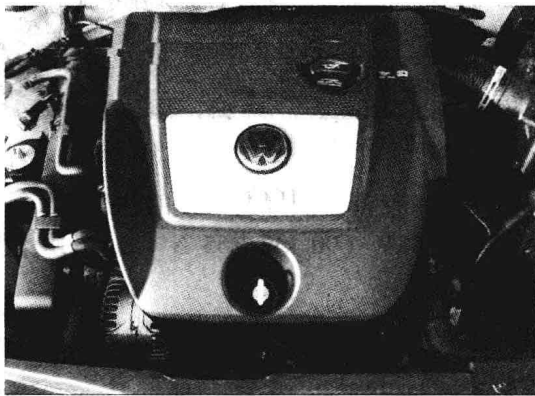


图 1—1—7 TDI 发动机

2003 年, 大众轿车生产了 1.4 L 泵喷嘴形式的 TDI 发动机, 功率 74 kW, 2.5 L 泵喷嘴形式的 TDI 发动机, 功率 128 kW, 以及 2.0 L 泵喷嘴形式的 TDI 发动机, 功率 100 kW。

二、柴油发动机在主流车型上的应用现状

20 世纪 90 年代初, 各大汽车厂家广泛开展了柴油轿车研发工作, 德国博世公司, 美国通用公司的底特律柴油机公司、Stanadye 公司, 日本 Zexel 公司都有自己的产品投放市场。产品推出之后, 很快获得了消费者的认同, 柴油轿车占轿车总产量的比例达到了 20%, 而 1998 年至 2002 年, 这一比例从 24.8% 攀升至 40.3%, 2004 年, 柴油轿车所占比例已超过 45%。在很多知名汽车生产厂家的产品序列当中, 柴油轿车已经相当普及, 以德国大众公司为例, 目前几乎所有品牌的轿车都可以提供柴油发动机的选择, 大众高尔夫 TDI、捷达 1.9GDX、宝来 1.9TDI、大众全新途锐 V10TDI、帕萨特 1.8 LTDI、BORA1.9 L SDI、欧宝、雅阁、奥迪 A4 新款 TT、奥迪 A6 2.5TDI、奔驰、宝马、雷诺、沃尔沃等品牌都有采用柴油发动机的车型。2006 年欧洲新上牌的车辆中, 柴油发动机占 40% 左右, 预计到 2012 年将上升至 53%。

1. 博士 (BOSCH) 公司柴油喷射系统

如图 1—1—8 所示, 博士柴油喷射系统有多种供油系统, 使用了多种燃油泵: PF 是单活塞喷射泵, M、MW、A、P、ZWM、CW 等几种泵都是多活塞直列喷射泵, 按顺序其尺寸越来越大, VE 是轴向分配泵, VR 是径向分配泵, UPS 是单元泵系统, UIS 是泵喷射系统, CR 是燃油喷射共轨系统。

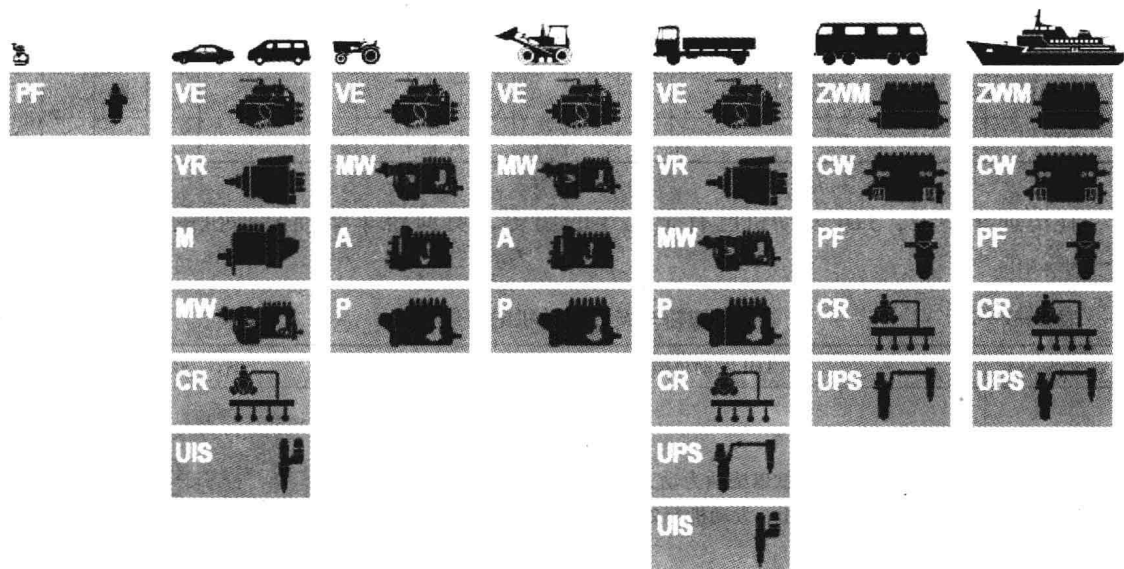


图 1—1—8 BOSCH 供油系统

2. 大众与奥迪车系柴油发动机的应用

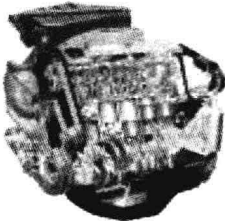
目前，大众轿车很多车型都安装了柴油发动机，柴油发动机的安装情况见表 1—1—1。

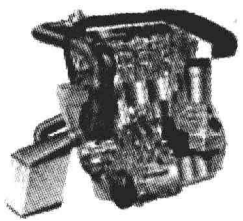
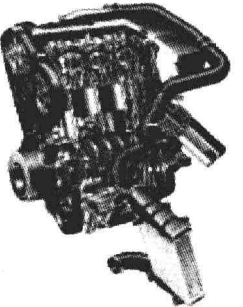
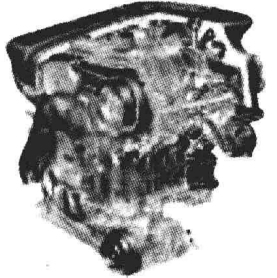
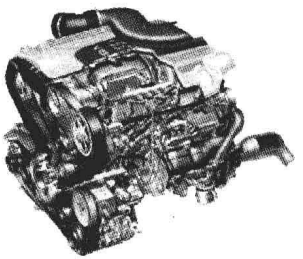
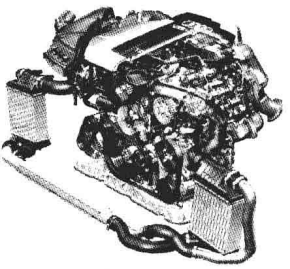
表 1—1—1 大众轿车柴油发动机安装情况

排量/L	1.2	1.4	1.7	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.4	2.5	2.5	2.5	5.0
功率/ kW	44	55	44	47	47	50	55	55	66	74	81	85	96	110	57	75	110	133	230
	TDI	TDI	SDI	SD	SDI	SDI	TD	TDI	TDI	TDI	TDI	TDI	TDI	TDI	SD	TDI	TDI	TDI	TDI
捷达 A2					●														
Arosa		●	●																
路波	●	●	●																
波罗		●	●	●	●				●										
Caddy				●	●				●										
Vento				●	●		●		●		●								
Golf A3				●	●		●		●		●								
Golf A4						●			●	●	●		●	●					
Bora A4						●			●	●	●		●	●					
Audi A3									●		●								
Skoda Oktavia						●			●		●								
帕萨特								●	●		●	●							
夏朗									●		●						●		
Caravalle							●								●	●		●	
Audi A4									●	●		●					●		
Audi A6																	●	●	
Audi A8																	●		
辉腾																			●

在奥迪车型中，TDI 发动机已有十几年的历史，奥迪轿车柴油发动机的安装情况见表 1—1—2。

表 1—1—2 奥迪轿车柴油发动机的安装情况

年份	TDI 发动机概述	图 示
1989	奥迪开发了第一款以柴油为动力的发动机，并安装在 AUDI 100/A6 轿车上，发动机为 2.5 L，采用 5 气缸 TDI 发动机	

年份	TDI 发动机概述	图 示
1991	奥迪开发了 1.9 L 直列 4 缸柴油发动机, 采用 TDI 涡轮增压柴油直喷式, 并安装在 AUDI80 轿车上	
1995	奥迪在原有柴油发动机的基础上开发了 1.9 L 增强型 TDI 柴油发动机, 是第一款具备可变流量涡轮增压型柴油发动机。截至 1995 年, 大众共生产 250 000 台 TDI 发动机	
1997	1997 年是奥迪轿车柴油发动机发展的一个里程碑, 因为奥迪开发了一款 V 型 6 缸 4 气门 TDI 发动机, 这款发动机是当时动力最强劲的 TDI 发动机	
1999	奥迪开发了 V 型 8 缸 TDI 发动机, 排量为 3.3 L, 这款发动机具备非常优秀的燃油经济性和低排放性能	
2004	奥迪 A6 上采用了共轨喷射系统的 3.0 L TDI 发动机, 该发动机是奥迪公司新一代 V 型发动机, 这种发动机结构紧凑, 总质量约 220 kg, 堪称当时最轻巧的 V6 柴油发动机	

奔驰车型从重型卡车到高档轿车都应用了很多柴油电控发动机，表 1—1—3 列出了安装柴油电控发动机的奔驰车型，表 1—1—4 列出了奔驰 E 系轿车使用柴油发动机的情况。

表 1—1—3 安装柴油电控发动机的奔驰车型

车 型	发动机形式	底盘形式
C200CDI	611 柴油发动机	W202 底盘
C200CDI	611 柴油发动机	W203 底盘
C220CDI	611 柴油发动机	W202 底盘
C220CDI	611 柴油发动机	W203 底盘
C270CDI	612 柴油发动机	W203 底盘
C320CDI	642 柴油发动机	W203 底盘
C320CDI	642 柴油发动机	W204 底盘
E200CDI	611 柴油发动机	W210 底盘
E220CDI	611 柴油发动机	W210 底盘
E270CDI	612 柴油发动机	W210 底盘
E280CDI	642 柴油发动机	W211 底盘
E320CDI	613 柴油发动机	W210 底盘
E320CDI	642 柴油发动机	W211 底盘
E400CDI	628 柴油发动机	W211 底盘
E420CDI	629 柴油发动机	W211 底盘
S320CDI	648 柴油发动机	W220 底盘
S320CDI	642 柴油发动机	W221 底盘
S400CDI	628 柴油发动机	W220 底盘
S420CDI	629 柴油发动机	W221 底盘

表 1—1—4 奔驰 E 系轿车使用柴油发动机情况

车型	E220 CDI	E270 CDI	E200 CDI	E320 CDI	E400CDI
上市时间	2002 年 3 月	2002 年 3 月	2002 年 9 月	2002 年 9 月	2003 年 3 月
气缸形式	R4	R5	R4	V6	V8
每缸气门数	4	4	4	4	4
排量/mL	2 148	2 685	2 148	3 222	3 996
压缩比	18	18	18	18	18.5
输出功率/ (kW/r·min ⁻¹)	110/4 200	130/4 200	90/4 200	150/4 200	185/4 000
转矩/ (N·m/r·min ⁻¹)	340/2 000	400/1 800	270/1 400	500/1 800	560/1 700
废气排放	EURO 3				