



内燃机科技丛书

柴油机 动力装置匹配

中国内燃机学会 组编
许维达 主编



机械工业出版社
China Machine Press

内 燃 机 科 技 丛 书

柴油机动力装置匹配

中国内燃机学会 组编

主 编	许维达	
副主编	杨寿藏	骆周全
参 编	邱国平	樊兆伯
	顾振虎	罗述健
	梁钦宏	邵慰礼
主 审	刘洪林	徐兴尧



机 械 工 业 出 版 社

柴油机是现代汽车、工程机械、船舶、拖拉机和农业机械等移动式装置的主要配套动力设备。本书作为“内燃机科技丛书”之一,运用匹配动力装置设计理论与工程配套设计经验相结合的方法,较详细地论述了柴油机的性能匹配与配套结构设计,配套机械的技术发展以及提高匹配设计水平的途径。本书是国内首次专门从匹配设计角度出发,总结若干工程设计的实践经验和设计方法的一本专业读物。

本书可供从事柴油机和各种车辆、船舶动力配套设计师参考;也可供有关企业、研究机构的车辆、船舶配套动力试验、管理、使用人员及高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

柴油机动力装置匹配/许维达主编:中国内燃机学会组编. —北京:机械工业出版社,2000

(内燃机科技丛书)

ISBN 7-111-08133-1

I. 柴… II. ①许…②中… III. 柴油机-动力装置
IV. TK42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 63252 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:赵爱宁 常燕宾 版式设计:霍永明 责任校对:李汝庚

封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·9.75 印张·259 千字

0 001—3000 册

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677—2527

序

“内燃机科技丛书”经作者、编审人员、编辑部及编委会成员两年来的共同努力与广大读者见面了。这套“丛书”从今年开始陆续出版并计划于 2000 年内完成。“丛书”的出版是我国内燃机科技界的一件好事，将对内燃机行业的科技进步起重要的推动作用。

党的十五大提出了我国 21 世纪经济和社会发展的宏伟蓝图，提出了在新世纪实施科教兴国战略、加快科技发展的重大目标和任务。我国科技界肩负着重大的历史使命，要求广大科技工作者把握当代世界科技发展的趋势，走在科技兴国的前列，担当起推动科技进步、解放和发展生产力的重任。随着科学技术的发展及许多高新技术在内燃机上的推广应用，内燃机的新技术、新结构、新原理、新材料、新工艺层出不穷，技术水平有了飞速发展和提高。为了担负起历史赋予的重任，迎接新世纪的挑战，中国内燃机学会决定组织编撰一套“内燃机科技丛书”，来推动我国内燃机工业发展和技术进步，以适应培养内燃机界高层次技术人材的需要。

“内燃机科技丛书”共 14 本，选题涉及内燃机工业发展技术进步的一些重要领域，是以单行本出版发行的专题性内燃机工程读物。“丛书”面向 21 世纪，内容新、起点高，不但有最新的专业理论研究，而且有比较成熟的应用技术成果，体现了科学性、先进性和实用性；反映了内燃机设计制造、开发研究诸方面国内外最新科技成就、动向及经验，是一部我国内燃机行业的重要图书。

“丛书”读者对象主要是我国内燃机行业大专以上文化水平的工程技术人员，同时也可作为高等学校、相关专业方向的选修

课教材或教学参考书。这既能帮助读者拓宽视野、掌握动向、提高理论水平，又能在工程实际中应用，有助于读者提高分析和解决问题的能力。

为保证“丛书”的编写质量，中国内燃机学会组建了“丛书”编委会和编辑部，领导和具体组织“丛书”的编写工作，研究确定了“丛书”书目，组织审定了编撰大纲。编委会根据我国机械工业方针任务及广大用户读者的要求，择优遴选国内内燃机界有相当工作基础的单位和专家、教授、学者，请他们承担编写任务，聘为“丛书”的主编和主审。

由于“丛书”编辑出版时间仓促，疏漏和不足之处在所难免，欢迎广大读者指正。

中国内燃机学会理事长
“内燃机科技丛书”编委会主任 李守仁
1999年6月

“内燃机科技丛书”编委会

(按姓氏笔划排序)

名 誉 主 任:	史绍熙	何光远	邵奇惠	
主 任:	李守仁			
副 主 任:	王之麒	刘洪林	朱华璋	许维达
	徐兴尧	蓝祖佑	蒋德明	
委 员:	王 涛	王建明	刘永长	吴培基
	李本度	李国瑞	李德宽	陆鸣人
	沈铁平	罗廷赞	林 松	赵奎翰
	饶如麟	顾宏中	唐开元	贾玉申

编辑部主任: 王之麒 (兼)

副 主 任: 王士杰 李维镜 周龙保

成 员: 唐一民 卢慧娟

前 言

柴油机是现代移动车辆、船舶等装置的主要动力设备，广大用户对车辆、船舶的动力性、可靠性和经济性、环保指标的要求日益提高。除对柴油机本身精心设计外，搞好柴油机和配套整机之间的合理匹配，提高配套技术水平，成为目前提高使用机械经济效益和社会效益的重要课题。

关于柴油机或移动车辆、船舶的专门设计技术，在国内、外出版的许多有关著作中有专题论述，其中也涉及动力匹配设计的内容，但这些大部分是附属于柴油机或配套机械设计的，而把两者结合起来对柴油机匹配设计细节加以系统阐述的内容却很少。作为柴油机制造企业，开发多系列基本型新产品总是少数，大量的设计工作和实际价值，在于不断开发适应用户要求的配套的变型产品。作为柴油机设计师，不但要精通柴油机总体或各系统、零部件的设计技术，还要掌握产品匹配设计方面的知识，以及进行开发变型的快速反应能力。另外，有关采购、管理、销售和服务人员，也需具备匹配方面的专业知识。因此，本书从配套机械的使用要求出发，吸收国内、外相关匹配技术，总结国内以中等功率柴油机为主的匹配设计经验，成为目前柴油机配套设计方面的一本专门著作。本书有以下特点：

- 1) 重点论述以量大面广的中等功率柴油机为动力，与中型汽车、工程机械、船舶和农业机械相匹配的技术。但其匹配设计思路和方法对其它类动力装置亦有参考价值。

- 2) 根据动力装置配套的特点和使用要求，分章较详细地阐述柴油机动力装置的性能匹配、总体结构配置、附属系统配套以及考核试验内容。但对通用的内容不予重复，各章最后还列举一

些匹配设计的应用实例。

3) 除编入部分匹配设计的基本概念和理论外, 还着重介绍柴油机配套工程中实用的附属系统及有关零部件的设计要点; 同时适当地介绍匹配技术现状和今后的技术发展要求。

本书编著者均为长期从事柴油机和动力装置配套设计的专业工程技术人员。其中, 第1章由邱国平、杨寿藏编写, 第2章由骆周全、樊兆伯编写, 第3章由顾振虎编写, 第4章由罗述健、梁钦宏编写, 第1~3章中的冷却系统和润滑系统由邵慰礼编写, 全书经许维达、杨寿藏、骆周全统稿。

本书编著过程中, 得到国内主要柴油机和配套主机制造单位、有关高等院校、研究机构专家的热忱指导, 提供了十分有价值的资料; 同时邀请费仲华、魏善镇、郁公鲁、郭秉倬等专家参加审阅, 最后由刘洪林和徐兴尧研究员级高工主审, 在此谨致深切的谢意。

编者

目 录

序

前言

第1章 汽车柴油机匹配设计	1
1.1 概述	1
1.1.1 汽车柴油机的分类	1
1.1.2 匹配设计的基本要求与步骤	2
1.2 汽车柴油机使用技术特点及其技术发展	3
1.2.1 汽车柴油机使用技术特点	3
1.2.2 现代汽车柴油机的技术发展	4
1.3 汽车柴油机总体匹配设计	6
1.3.1 性能匹配与控制参数	6
1.3.2 总体结构匹配设计	22
1.4 汽车柴油机主要附属系统设计	28
1.4.1 冷却系统设计与试验	28
1.4.2 润滑系统设计与试验	44
1.4.3 进、排气系统配套设计	56
1.4.4 前、后端动力输出设计	58
1.4.5 起动、指示和控制装置配套设计	64
1.4.6 柴油机悬置系统匹配设计	64
1.5 汽车柴油机整机考核试验	68
1.5.1 柴油机整机台架考核试验	68
1.5.2 装车道路考核试验	71
1.6 典型车用柴油机匹配设计实例	72
第2章 工程机械柴油机匹配设计	77
2.1 概述	77
2.1.1 工程机械柴油机的分类	79

2.1.2 工程机械柴油机使用和技术特点	80
2.1.3 现代工程机械柴油机的发展	85
2.2 工程机械柴油机匹配要求	87
2.2.1 匹配设计的特点和要求	87
2.2.2 匹配设计的基本步骤	89
2.3 工程机械柴油机总体匹配设计	91
2.3.1 性能匹配与控制参数	91
2.3.2 总体结构匹配设计	99
2.4 工程机械柴油机主要附属系统设计	109
2.4.1 冷却系统配置特点与设计	109
2.4.2 润滑系统配置特点与设计	122
2.4.3 进、排气系统配套设计	125
2.4.4 前、后端动力输出配置特点与设计	130
2.4.5 起动、指示和控制装置配套设计	134
2.4.6 特殊匹配附属系统设计	136
2.5 工程机械柴油机整机考核试验	142
2.5.1 柴油机整机台架考核试验	142
2.5.2 柴油机装机匹配考核试验	144
2.6 典型工程机械柴油机匹配设计实例	146
2.6.1 6135K-9b1 型柴油机匹配设计	146
2.6.2 3306B 型柴油机的匹配特点	151
第3章 船舶柴油机匹配设计	155
3.1 概述	155
3.1.1 船舶柴油机使用和技术特点	155
3.1.2 船舶柴油机匹配设计基本要求	157
3.2 船舶柴油机总体匹配设计	161
3.2.1 船舶柴油机工况标定	161
3.2.2 船舶柴油机总体结构匹配设计	164
3.3 船舶柴油机专用系统设计	174
3.3.1 双循环水冷却系统配置设计	174
3.3.2 润滑系统配置设计	179

3.3.3 进、排气系统配置设计	182
3.3.4 前、后端动力输出及传动部件配置设计	187
3.3.5 起动装置选择与配置设计	202
3.3.6 操纵、保护装置配套设计与试验	206
3.4 船舶柴油机考核规范及其匹配试验	212
3.4.1 柴油机船检规范应用	212
3.4.2 柴油机台架考核试验和实船匹配试验	216
3.5 典型船舶柴油机匹配设计实例	219
3.5.1 Z12V190BC1 型柴油机匹配设计	219
3.5.2 120/27 型柴油机匹配设计	222
第4章 农用柴油机匹配设计	226
4.1 概述	226
4.1.1 农业机械的分类和使用特点	226
4.1.2 农用柴油机的使用和技术要求	227
4.1.3 农用柴油机的发展趋势	232
4.2 农用柴油机的总体匹配设计	236
4.2.1 负荷率及功率的标定	236
4.2.2 功率和转速的计算及选择	237
4.2.3 性能优化匹配	243
4.2.4 可靠性与寿命	253
4.2.5 环境保护性能	254
4.3 农用柴油机专用系统设计	258
4.3.1 农用柴油机在动力装置上的布置	258
4.3.2 农用柴油机结构的总体布置	260
4.3.3 冷却系统的匹配设计	266
4.3.4 润滑系统的匹配设计	267
4.3.5 燃油系统的匹配设计	270
4.3.6 起动系统的匹配设计	272
4.3.7 动力输出的匹配设计	273
4.3.8 其它结构的匹配设计	278
4.4 农用柴油机的考核试验	286

4.4.1 柴油机台架考核试验	287
4.4.2 柴油机配套考核试验	289
4.5 典型农用柴油机匹配设计实例	290
4.5.1 495A 型柴油机匹配设计	290
4.5.2 LR100/105 系列柴油机匹配设计	293
参考文献	298

第 1 章 汽车柴油机匹配设计

1.1 概述

1.1.1 汽车柴油机的分类

1.1.1.1 按气缸排列形式分类 有直列、V 形和水平对置三种。直列式结构简单，宽度小，布置方便，制造成本低；但缸数过多时柴油机会显得过长，因而直列式适合于 6 缸以下的柴油机。V 形柴油机长度小，高度低，曲轴刚度大，且易成系列，故在大型轿车和长度受限制的重型货车上得到应用，但其在平头车上应用时，由于宽度大而布置较困难，且造价较高。水平对置式的主要优点是平衡好，高度低，在一些微型车或豪华大客车上得到应用。

1.1.1.2 按冷却方式分类 有风冷、油冷和水冷柴油机。风冷柴油机冷却系统简单，维修方便，对沙漠和异常气候环境的适应性好；但结构复杂，消耗功率大，噪声大，故在汽车上应用不广泛。油冷柴油机冷却系统与水冷相似，允许冷却介质温度高，有利于提高热效率，冷却油可与润滑油相同，简化了冷却介质；但对机件要求相对提高。绝大部分车用柴油机采用水冷方式。

1.1.1.3 按进气方式分类 有自然吸气、增压及增压中冷柴油机。随着对柴油机高功率、紧凑性、轻量化、低油耗、低噪声、低成本要求的日趋提高，以及排放法规的日趋严格，柴油机进气方式由自然吸气逐渐向增压及增压中冷方向发展。

1.1.1.4 按所配汽车的种类分类 根据国家标准 GB9417《汽车产品型号编制规则》，汽车可分载货汽车、越野汽车、自卸汽车、牵引汽车、专用汽车、客车、轿车、半挂车及专用半挂车等种类。各类汽车对柴油机的要求是不同的。

1) 载货汽车用于运载各种货物,按其总质量可分为四种:微型货车总质量 1.8t 以下;轻型货车总质量 1.8~6t;中型货车总质量 6~14t;重型货车总质量 14t 以上。

2) 越野汽车主要用于非公路上载运人员和货物或牵引设备,一般都为全驱动。按驱动轴数可分为双轴、三轴和四轴驱动越野车;按在坏路上的装载质量分为轻型、中型和重型越野车。

3) 自卸汽车是指能自动倾翻的载货汽车。根据装载质量可分为中型和重型自卸汽车。

4) 牵引汽车专供或主要用于牵引挂车,分全挂牵引车和半挂牵引车。

5) 专用汽车是指特种用途汽车,如救护车、起重车、消防车、检测车等。

6) 客车是指乘坐 9 人以上的载客汽车。根据车辆长度可分以下五种:微型客车长度 3.5m 以下;轻型客车长度 3.5~7m;中型客车长度 7~10m;大型客车长度 10~12m;特大型客车(包括铰接式客车)长度大于 12m。

7) 轿车是指乘坐 2~8 人的小型载客汽车,根据发动机排量分为以下五种:微型轿车发动机排量 1.0L 以下;普通轿车发动机排量 1.0~1.6L;中级轿车发动机排量 1.6~2.5L;中高级轿车发动机排量 2.5~4L;高级轿车发动机排量 4L 以上。

8) 挂车是由汽车牵引的,用以运载货物而本身无动力装置的车辆。

1.1.2 匹配设计的基本要求与步骤

汽车柴油机只有与车辆配套,才能成为最终产品。在匹配设计时,应了解、掌握汽车的级别、种类、使用环境、用途、用户的使用习惯以及相应的排放、噪声、安全性等方面的法规要求,然后进行动力性、燃料经济性、配套适应性等方面的匹配设计。

匹配设计的基本步骤如下:

1) 由汽车制造企业(需方)或汽车用户提出汽车产品的用途、功能、种类、使用环境及工况,要求匹配柴油机的基本性能

参数和安装要求，并提供配套意向书。

2) 柴油机制造企业（供方）根据汽车配套意向书，对性能、结构、可靠性、经济性和排放法规等进行综合分析，选取能满足其要求的柴油机机型，并确定所匹配柴油机的技术规格和结构形式的初步方案。

3) 需方和供方充分协商，并签订柴油机试制技术协议书或配套合同，作为双方供货和验收的依据。

4) 柴油机制造企业根据试制技术协议书，进行柴油机总体方案设计。如有重大性能开发或结构的重大改变，则需通过性能匹配开发试验或可靠性试验。对成熟机型仅需进行各附属系统的配套设计，经评审、确定总体方案，取得需方认可，并提供方案图。

5) 由总体方案展开进行各零部件图样技术设计，经工艺、标准等部门会审后进行样机试制。

6) 对试制样机进行性能试验、可靠性考核、出厂检验等，其结果应达到技术协议书的要求，并应符合汽车柴油机的有关标准的规定。

7) 提供柴油机试制样机给需方进行配试，并按有关汽车标准进行定型试验和典型用户使用试验。

8) 由需方把配套、定型试验和典型用户使用试验的结果反馈给供方，供方对需方反馈的问题进行改进，并载入图样、技术文件中。

9) 改进后的柴油机经小批生产验证，投入批量生产并供货。

1.2 汽车柴油机使用技术特点及其技术发展

1.2.1 汽车柴油机使用技术特点

1) 汽车柴油机的工作环境复杂多变，同一辆汽车在各种地区将面临道路、气候等条件的很大不同。我国国土辽阔，地形复杂，不同的气候地理条件对汽车柴油机提出了特殊的要求，如高原地区要求柴油机有高原补偿能力，寒冷地区要考虑冷起动能

力，热带地区希望柴油机有足够的冷却能力。

2) 汽车柴油机的使用工况多变。汽车在动力配备时，要考虑足够的最大车速、加速性、爬坡性能和行驶特点。因道路交通情况不同，汽车运行在不同的工作区段，汽车在城市中行驶时频繁起步、加速、超车，基本上在低速区段运行；而在高速公路行驶时，基本上在高速区段运行，希望具有较大的转矩储备。因此，应根据不同的使用用途和条件，应对柴油机的性能作出合理的调整。

3) 汽车柴油机对外形尺寸要求严格。由于柴油机要在有限的空间中安装，同时又随车辆行走，因此在保证可靠性的前提下，应尽量紧凑和轻量化，具有较先进的升功率和重量功率指标。

4) 汽车柴油机主要为大批量生产，因此在进行汽车柴油机新设计或变型匹配设计时，必须考虑产品系列化、通用化、标准化；满足汽车配套的使用适应性；同时要方便用户的维护保养；充分利用批量生产的制造加工新技术，降低制造和材料成本。

5) 汽车燃料费用占汽车整个运输成本相当的比例。在发达国家，重型汽车燃料费用约占整个运输成本的 77%。因此，汽车的燃油经济性十分重要。

6) 汽车与社会和人民生活关系密切。目前，人们对环境保护意识与可持续发展战略的认识日益加强，对汽车排放和噪声提出日益严格的限制法规，因此降低汽车柴油机的排放和噪声，已成为我国柴油机制造企业的主要目标之一。

1.2.2 现代汽车柴油机的技术发展

1.2.2.1 柴油机设计的系列化 柴油机功率覆盖范围将影响销量和生产批量。汽车柴油机从功率、平衡性、驾驶室布置、外形尺寸、重量、维修条件、可靠性、成本等方面综合考虑，形成最佳缸数。国内、外从 80 年代后期开发的先进柴油机系列，除单缸排量 $\leq 1\text{L}$ 考虑 3 缸或 4 缸外，基本上以直列 6 缸结构用不同充气方式形成系列。汽车柴油机系列化的手段主要有：

1) 缸径和气缸数不变,以不同充气密度和平均有效压力形成系列,一般可达 2 倍左右的功率覆盖,目前国内、外广泛采用。

2) 用同一气缸中心距,一次或多次扩缸,形成不同缸径可以共线生产的系列。

3) 缸径不变,以气缸数和气缸排列方式形成系列。

4) 用改变活塞行程的方式来形成系列。

1.2.2.2 柴油机设计的多用途化 虽然汽车与其它车辆的功能、作业方式、工作环境和行驶条件有较大差别,但它们在技术要求的诸多方面却是相同的。各种要求的主要差异,很大一部分仅仅表现在功率标定、外形轮廓、附件功能和附件安装位置等方面。因此,随着现代柴油机设计和制造技术的巨大进步,在优先满足汽车配套要求的前提下,也充分考虑到对其它用途的广泛适应。

1.2.2.3 轿车柴油机的技术发展 过去几年,轿车柴油机研究水平已经达到一个很高的水平,排放值显著地下降,已经达到甚至低于具有三效催化的点火式发动机的指标;以柴油机为动力的轿车的燃油经济性,约比汽油机轿车好 30%;燃油税政策将促进高效率轿车柴油机的发展。轿车柴油机的主要开发目标是直喷式柴油机,其关键是电子控制的喷油系统、多气门、增压、增压中冷、排气再循环、氧化催化、低硫燃料等技术。

1.2.2.4 载货汽车和客车柴油机的技术发展 载货汽车和客车主要以柴油机为动力。西欧和日本的载货汽车和客车,早在 70 年代就已基本实现柴油机化;美国、前苏联重型车均以柴油机为动力;我国目前载货汽车柴油机化进程发展迅猛。此类柴油机除了在低消耗、普及增压、降低噪声、降低有害气体排放和烟度、提高升功率和轻量化及可靠性和耐久性等方面进一步发展外,还发展了下列新技术:

1) 电控技术。

2) 增压和增压中冷,可变喷嘴环截面涡轮增压器,涡轮谐振复合增压技术。