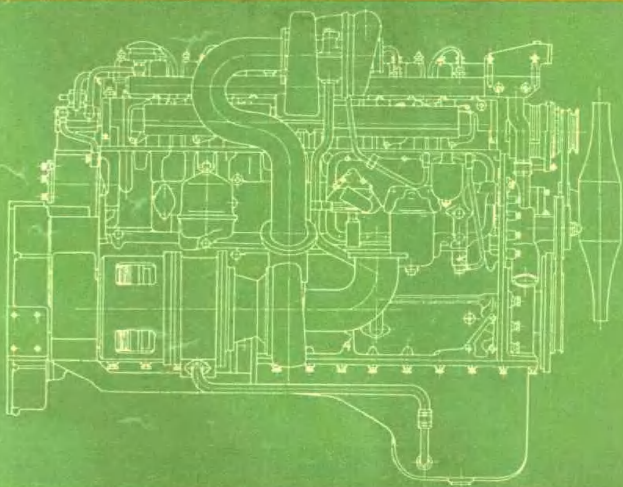


符锡候 杨杰民 编著

车辆用柴油机总体设计



上海交通大学出版社

车辆用柴油机总体设计

符锡侯 杨杰民 编著

上海交通大学出版社

沪新登字 205 号

内 容 提 要

本书运用系统工程的观点和方法阐述现代汽车、拖拉机和自走式农业机械、工程机械和军用装甲车辆用直列式和V型柴油机的总体设计。内容包括产品发展战略决策；各项设计指标和主要结构参数的合理选择；工作系统设计；总体设计的图面作业等几个部分。在车辆柴油机总体设计阶段，设计师面临各种车辆的不同要求，还要协调柴油机内部一系列相互制约的因素，为此本书尽可能对总体设计的全过程以及各个阶段都给予综合优化的考虑。本书溶入了作者长期从事这一方面工作与研究的实践经验和心得。

本书可供各种车辆用柴油机设计师、主任设计师、总设计师参考，也可供各种车辆动力选型设计师参考。对大、中型柴油机制造企业的经理、厂长和总工程师在决策本企业产品方向时也颇有参考价值。本书还可以供大学各种车辆发动机专业作为选修课教材，以及主攻柴油机总体设计专题的研究生作为教材或参考书。

车辆用柴油机总体设计

出 版：上海交通大学出版社

(淮海中路1984弄19号)

发 行：新华书店上海发行所发行

印 刷：常熟市文化印刷厂

开 本：787×1092(毫米) 1/16

印 张：16.5

字 数：408000

版 次：1992年5月第1版

印 次：1992年7月第1次

印 数：1—1560

科 目：266—297

ISBN7-313-01021-4/TK·42

定 价：8.10 元

前 言

柴油机总体设计包括产品发展战略决策研究、设计指标确定、主要结构参数选择、工作系统设计、绘制纵横剖面图和各种配套代表性机型的外形布置图等几方面的工作。只有完成这些带有战略意义的工作,并在企业决策层获得共识后,全面设计才得以展开。所以总体设计的前期(即决策阶段)的主要参加者应是厂长、总工程师、总设计师或该产品主任设计师以及主要设计人员等;后期为具体总体设计阶段则主要由主任设计师及其助手参加。总体设计过程对未来新产品的配套方向和市场生命力具有决定性作用,因此是产品设计的全局性工作,很难在试制或投产以后予以改变。

尽管国内外出版了不少有关柴油机设计的重要著作,少数著作甚至也设有总体设计内容,但是都未能真正阐明这一至关重要的设计阶段的规律和方法。现有的柴油机设计教材常常孤立地论述各零部件的设计,实际上是阐述总体设计完成以后所开展的具体零部件设计。本书的特点是着重分析与研究柴油机设计与其配套车辆的关系,柴油机整机与零部件,以及零部件相互之间的内在联系的规律性问题。其中心则是柴油机整机,而不是各个零部件。如果把车辆视为第一层次的大系统,则柴油机只是第二层次的大系统,因此在相互关系中必须运用局部与全局关系的观点,有些事虽然在局部看来是不可行的,但在全局看来却是必要的,局部必须服从全局,在此前提下发动机设计师应尽最大努力来改善产品。例如,如果离开大型工程机械整车总体设计的要求,就很难想象 Caterpillar 3408 柴油机 V8 为什么采用 25° 曲柄销错角来实现 65° 气缸中心线夹角。而在柴油机这个第二层次的大系统中,各个大部件和工作系统又分别是第三层次的内容,当然也存在局部与全局、主要与次要等方面的问题,以及这个局部与那个局部之间的相互制约和联系。总体设计师有时需要运用此长彼消,牺牲某一零部件某一方面的结构或参数的先进性,来换取其他部件,特别是整机更大的先进性和市场竞争能力。这就是总体设计师与零部件设计师设计思维方法的主要区别之一。总体设计师紧紧以整机为中心,外及车辆,内及零部件方案。因此就需要运用系统工程的方法,以系统整体优化为目标未考虑整个设计方案。此外,一个柴油机系列(或型号)取得良好的性能、结构先进性和可靠性等技术方面的成功,还仅仅只是取得市场成功的必要条件。在竞争中取胜的充分条件还有成本和价格竞争能力。这取决于设计结构的简化程度、高效率生产的工艺性、原材料选用和企业管理水平。而其中某些因素有时又和整机先进性发生矛盾,因此又存在另一个大系统的整体优化问题。由于车辆用柴油机总体设计是面对一个极其庞大而复杂的系统,因此它所涉及的不仅是工程技术领域内的问题,而且还和国家经济技术政策、能源政策、环境保护法规等有关,同时还涉及市场营销和企业管理等一系列社会科学领域。正因为如此,本书不仅没有回避这些问题,而且还在阐明总体设计全过程及各个阶段(特别是产品战略决策阶段),作者以自己的知识和实践经验尽可能把它们融合到设计技术中去,以技术来实现经济目的。这也是本书和一般内燃机设计著作的重要区别,是总体设计师和一般设计师思想方法方面的重要区别。除此以外本书至少还具有以下一些特点:

1) 始终以设计技术先进并有市场竞争能力的车辆用柴油机整机为中心,详细阐述发动机对各种车辆的配套适应性和市场竞争条件。以设计先进和低成本为整机的目的,指导各零部件和工作系统设计方案的形成。

2) 本书在阐述零部件和系统的设计方案时,着重于研究其与整机间的纵向关系和相互间的横向协调。至于零部件本身的设计方法则应由一般的内燃机设计著作去解决。即使在纵横剖面绘制中不得不述及作为整机基础的一些主要零部件的设计方案时,其论述角度也有所区别,仍立足于整机设计。

3) 总体设计工作的中心包括决策和设计构思两大方面,特别是后者只能以主任设计师(或总设计师)为中心,集中少数助手探索前进,并需在2~3个月内完成。而且在本书1.1.1中所述的4项设计工作内容大多无法平行展开,因此总体设计阶段的所有计算都必须是简便和快速的,较精确的分析性计算应留待以后的零件设计阶段去完成。但是总体设计的主要任务之一是决定零部件与整机、零部件与零部件之间的所有相关尺寸及各零部件的基本型式和结构方案。总体设计的估算除了快捷之外,又必须要有相当好的准确性,否则其所决定的主要尺寸参数难以通过零部件设计计算、强度测试等相对较精确的其他手段的校核。本书推荐的简便算法和参数均来自对国内外各种资料的收集和积累,并经作者在长期设计工作中不断验证和更新。有些则是作者自己建立的经验公式,并经过验证。本书推荐的各种参数都有比较准确的范围,还逐一注明适用的具体条件,兼顾到先进性和现阶段我国工业基础。

4) 本书第1章分别详细提供各类地而车辆用发动机的国内外市场现状及预测、技术特点和发展趋势。既能帮助发动机制造企业的决策层和设计师全面地了解市场,寻找配套对象;也可以用于车辆制造企业发动机选型。所以可以作为两大行业的“技术桥梁”。

5) 本书第1章还有相当篇幅用于详细论述大、中型企业柴油机新产品开发的决策领域和设计技术领域的思想方法,因为这在很大程度上决定产品开发的成功率与生命力。

6) 本书引用的资料绝大多数是80年代中后期,有些甚至是1991年的,作者力求反映柴油机总体设计的最新成就及其所采取的设计措施,最重要的内容还述及演变历史。希望本书在若干年内能或为读者工作中的得力工具。

本书第1、3、4、5章为符锡侯所写,作者从50年代至今长期从事总体设计、主要零部件设计和结构强度分析的实践和研究工作,曾长期在上海柴油机厂担任新产品主任设计师和设计研究部门的领导工作,也有机会比较广泛地参与国内外同行的交流。第2章由杨杰民所写,作者曾从事15年的设计实践和13年的内燃机专业教学工作。

本书部分章节初稿曾由作者邀请李厚斐、张志迈、桑仲迈、郝公鲁、陆菊华、翁立克、葛贤康、朱敏学、严信本、邵慰礼等在发动机有关领域或各类车辆设计研究领域卓有造诣的专家审阅,使作者获益匪浅,谨致深切谢意。

编 著 者

1991.6

目 录

第1章 车辆用柴油机新产品开发的决策	1
1.1 概论	1
1.1.1 总体设计和总体设计师	1
1.1.2 柴油机的市场	3
1.2 车辆用柴油机的系列化和多用途设计	6
1.2.1 柴油机设计的系列化	8
1.2.2 多用途设计	9
1.2.3 典型的系列化和多用途设计的实例	12
1.3 车辆用柴油机的功率标定	13
1.3.1 各种车辆发动机的负荷率和负荷冲击性程度	14
1.3.2 各种车辆发动机的配套转速	18
1.3.3 多用途柴油机的设计总功率、升功率和转速	18
1.4 国内外汽车工业和汽车发动机的市场特点	19
1.4.1 汽车工业、汽车运输和发动机	19
1.4.2 轿车工业和轿车市场及其对国民经济的意义	20
1.4.3 载重汽车工业和市场	22
1.4.4 汽车的发动机功率配备	23
1.5 现代轿车柴油机的技术特点	26
1.5.1 轿车柴油机的发展和现状	26
1.5.2 轿车柴油机与汽油机的比较	27
1.5.3 现代轿车柴油机的性能指标和结构设计特点	29
1.6 载货汽车与公共汽车柴油机的技术特点	31
1.6.1 概况	31
1.6.2 轻型汽车柴油机的技术特点和要求	32
1.6.3 中型汽车柴油机的技术特点和要求	32
1.6.4 重型汽车柴油机的技术特点和要求	32
1.6.5 现代载重车柴油机的最新技术	34
1.7 工程机械发动机的市场特点和工程机械对发动机的技术要求	35
1.7.1 市场特点	35
1.7.2 工程机械对发动机的技术要求	37
1.8 军用装甲车辆发动机	40
1.8.1. 概况	40
1.8.2 推演军用装甲车辆发动机市场容量的某些参考资料	41
1.8.3 军用装甲车辆柴油机的技术特点、战术和技术要求	41

1.9 农业拖拉机和自走式农业机械发动机	48
1.9.1 农业机械化和柴油机动力	48
1.9.2 拖拉机	50
1.9.3 拖拉机配套柴油机功率确定	51
1.9.4 国外农业拖拉机和自走式农机市场的特点	52
1.9.5 国内农业拖拉机和自走式农机市场分析	53
1.9.6 拖拉机和自走式农机发动机的技术特点和要求	54
1.9.7 现代拖拉机柴油机主要设计指标	55
1.9.8 农用汽车	56
1.10 降低柴油机的制造成本和改善工艺性	56
1.10.1 强化设计参数,采取紧凑设计和轻量化	57
1.10.2 减少零件数,减少结合面	58
1.10.3 零部件结构设计要为运用高生产效率和少无切屑工艺创造条件	59
1.10.4 常规工艺制造的零部件设计的工艺性问题	62
1.10.5 现代车辆用柴油机材料选择原则和降低材料成本问题	64
第2章 基本设计指标及参数的分析和选择	67
2.1 概述	67
2.2 基本技术性能指标体系	67
2.2.1 功率	68
2.2.2 升功率	68
2.2.3 转速	69
2.2.4 平均有效压力	74
2.2.5 活塞平均速度	80
2.2.6 最高燃烧压力	83
2.2.7 扭矩	85
2.3 使用经济性指标	90
2.3.1 燃油耗率	90
2.3.2 可靠性与耐久性	94
2.4 结构紧凑性和重量指标	99
2.4.1 体积功率	100
2.4.2 升重量	100
2.4.3 比重量	102
2.5 环境污染控制指标	102
2.5.1 气态有害物和颗粒排放	103
2.5.2 噪声	110
第3章 主要设计结构参数确定	113
3.1 气缸直径与气缸数的选择	113
3.1.1 气缸直径	113
3.1.2 各种不同气缸数对车辆的适应程度分析	114

3.1.3 车用柴油机外形尺寸估算	115
3.2 活塞行程和 S/D 的选择	117
3.3 气缸中心距的确定	120
3.3.1 概述	120
3.3.2 气缸中心距和气缸盖	121
3.3.3 气缸中心距和缸套、冷却及支承方式的关系	124
3.4 曲轴基本参数确定和缸心距在曲轴上的合理分配	125
3.4.1 模锻钢曲轴和球墨铸铁曲轴的特点	125
3.4.2 模锻钢曲轴和球墨铸铁曲轴在各类车辆用柴油机中的适用性分析	126
3.4.3 曲轴基本结构尺寸的确定和疲劳强度的简便计算	128
3.4.4 轴承工作能力和缸心距在曲轴上的分配	131
3.4.5 V 型柴油机的缸心距及与直列式的系列化问题	134
3.5 连杆长度的确定	134
3.6 V 型夹角的选择	136
第 4 章 系统设计	139
4.1 柴油机燃烧系统的设计	139
4.1.1 车辆用柴油机燃烧系统型式的选择	139
4.1.2 直喷式燃烧系统的选择	142
4.1.3 车辆用柴油机无涡流直喷系统的有关设计要点	143
4.1.4 有涡流直喷式燃烧系统有关总体设计要点	144
4.1.5 油膜可控直喷式燃烧系统有关总体设计要点	147
4.1.6 雾星 V 型涡流式燃烧系统有关总体设计要点	148
4.2 喷油系统的选型	150
4.2.1 有涡流直喷系统的喷油泵	150
4.2.2 无涡流直喷系统的泵喷嘴问题	152
4.2.3 非直喷式和油膜可控直喷燃烧系统的喷油泵选型	154
4.2.4 Robert Bosch 公司喷油泵选型诺模图	154
4.2.5 喷油泵安装及传动方式设计	154
4.2.6 调速器的选型设计	158
4.2.7 喷油提前器的选型设计	160
4.2.8 喷油器选型及安装方式设计	160
4.2.9 燃油滤清器选型	163
4.3 增压系统设计和选型	163
4.3.1 增压是现代车辆用柴油机的发展趋势	163
4.3.2 车辆用柴油机增压方式和增压系统的决定	165
4.3.3 涡轮增压器的选型计算	172
4.3.4 中冷方式的选择和中冷器	175
4.3.5 排气管布置及其与涡轮增压器的联接	177
4.4 配气与正时传动系统总体设计	179

4.4.1	凸轮轴位置、轴颈和基圆直径的决定	179
4.4.2	2气门与4气门的分析与选择	182
4.4.3	气门中心位置、直径和升程的决定	185
4.4.4	正时传动置于自由端还是飞轮端的分析	187
4.5	总体设计中的低噪声问题	188
4.5.1	概述	188
4.5.2	总体设计参数的选择应充分考虑低噪声	190
4.5.3	总体设计阶段采取设计措施,降低主要噪声辐射零件的结构响应	191
4.5.4	其他有利于降低柴油机本体噪声的设计结构	195
4.5.5	降低柴油机附件噪声	195
4.5.6	以低噪声高性能为主要目标的未来型轿车和轻型车柴油机的总体结构设计	198
4.6	润滑系统	198
4.6.1	机油泵的型式、流量、安装位置和传动方式的选择,泵油元件基本尺寸的决定	199
4.6.2	油底壳的型式和基本轮廓设计	201
4.6.3	润滑系统框图设计及润滑油输送	203
4.6.4	机油冷却器的方案选择与布置	205
4.6.5	滤清器基本结构选择	206
4.6.6	总体布置中的润滑油管道	206
4.7	冷却系统	207
4.7.1	传入冷却水系统的热量	207
4.7.2	冷却水泵流量及扬程确定	207
4.7.3	风扇的安装位置选择及传动	209
4.7.4	水泵的最佳安装位置及传动方式选择	211
4.7.5	散热器基本尺寸和型式的选择方法	212
4.7.6	风扇直径及转速的选择	213
4.7.7	工程机械发动机冷却系统的某些特殊问题	214
4.7.8	冷却水流动布置	215
第5章	柴油机总体设计的图画作业	217
5.1	活塞连杆方案设计	218
5.1.1	活塞设计制造技术的进展及尺寸和重量的演变	218
5.1.2	活塞的冷却	220
5.1.3	连杆大头方案设计	221
5.1.4	连杆小头和杆身方案设计	224
5.2	机体方案设计	225
5.2.1	连杆运动轨迹和曲轴箱造型设计	226
5.2.2	气缸体方案设计	228
5.2.3	机体各主要部位壁厚选择	230

5.2.4	与机体铸为一体的冷却系统附件体壳	230
5.2.5	齿轮壳方案设计	231
5.2.6	车辆用柴油机的支架及安装位置	233
5.3	气缸盖方案设计	234
5.3.1	每一缸盖所覆盖的气缸数抉择	234
5.3.2	气道方案设计和螺栓分布的协调	236
5.3.3	气缸盖高热负荷区的冷却方案	240
5.3.4	气缸盖高度与基本壁厚	241
5.4	总体设计的外部附件布置和系列化设计	242
5.4.1	直列式柴油机附件布置的原则和要点	242
5.4.2	轿车直列式柴油机附件布置特点	252
5.4.3	V型柴油机的附件布置	252
5.4.4	系列化设计和附件布置的有关问题	253

第1章 车辆用柴油机新产品开发的决策

1.1 概 论

1.1.1 总体设计和总体设计师

内燃机总体设计是整个产品开发的第一阶段,其中依次包括:产品战略决策;主要技术经济指标与设计结构参数的论证与选择;总体设计图纸绘制(包括这一阶段必需的简便计算)。

总体设计技术和决策水平的高低,将从根本上决定整个产品的命运。而其失误通常也是全局性的,使整个产品的技术水平或成本难以经受市场角逐。而且在大多数情况下,不易通过投产后的改进加以挽回。80年来特别是近15年来,世界上大量新研制的机型中有相当一部分就是由于开发决策或总体参数选择缺乏预见性,或总体设计结构不够先进,或设计超越发展现实,或成本过高,这些新机型公开发表后但在实际竞争中难以占领市场,有些虽建成生产能力因达不到应有的销售批量,而被迫放弃。柴油机新产品因为某个主要零部件的设计水平不高而使整个产品被淘汰的情况很少出现,因为绝大多数非全局性的缺陷总是可以改进的。总体设计失误,如果再加上研制和论证过程违背科学程序,那就有可能导致千万元投资的巨大浪费。

总体设计的负责人通常是该产品的主任设计师。虽然对整个企业而言,决策阶段的主要责任和权力属于其领导集团,但由于新产品开发工作只是整个企业经济技术活动的一部分,厂长和总工程师不可能全过程地参加。通常真正全力支持调研与论证的是主任设计师,决策集团只有从主任设计师处获得系统的和客观全面的调研论证结果,再加上自己的经验,才可能作出正确的经得起历史考验的产品开发决策和企业投资决策。

主要设计指标和结构参数的决定,是企业领导集团对所设计的产品先进程度决策的展开与定量化。主任设计师和全体设计人员应该准确地理解企业领导的决策和充分了解国内外产品的水平,这样才有可能准确地选定各项设计指标和结构参数来定量地体现其决策思想。主任设计师在总体综合优化(另一方面也是均衡)地选择各项参数的同时,还应根据本企业的工艺传统,扬长避短,以使新产品在开发过程中进展更为顺利和更有生命力。

总体设计图纸的主要部分,特别是横剖面图,一般应该由主任设计师(总设计师)亲自绘制,此时应该具有“落笔值千金”、“一笔定终身”的责任感和使命感,来塑造自己产品的每一个细节,包括功能、成本和美感。

作为设计师应该充分认识技术和经济的关系。技术是手段,经济是目的,技术是实现经济目的的工具。我们设计柴油机的目的是为了向国内外销售,并获取利润,促进国民经济的发展,因此技术必须服从经济,服从市场需求。

一个全新的柴油机产品型号或产品系列在总体设计阶段需要完成如下工作内容。

1. 产品战略决策阶段

(1) 市场调研报告——配套车辆和其他配套用途的市场容量,以及竞争对象的技术、成

本和售价等方面的实力分析。虽然这主要是销售部门的任务，但主任设计师应对此有由表及里的分析和对技术发展趋势有更深层次的认识。

(2) 企业对新产品的投资能力和生产规模的可行性分析(以总工程师为主)。

(3) 产品设计技术任务书——整个新产品开发设计技术目标方面的指令性文件。

2. 总体设计阶段

(1) 主要结构参数选择；主要工作系统的设计方案构思。

(2) 纵横剖面图；不同缸数及各典型配套机型的外形布置图。

(3) 机体、气缸盖、活塞、连杆、曲轴等的方案图。

(4) 总体设计说明书。

对于扩缸、变行程或大规模产品改进等改型设计，则可视其具体需要，对上述项目作一定程度的简化。

主任设计师(总体设计师)的主要任务如下：

(1) 为企业发展决策层就新产品决策提供详细的国内外市场和技术方面的背景资料，并参与决策讨论。

(2) 根据市场要求及本企业的技术(工艺和产品)基础和管理基础准确均衡地选择设计指标。

(3) 在上述基础上主持设计组内各项结构参数的选择、论证与确定。

(4) 在技术上领导各项性能和结构强度方面的预研究工作及分析计算工作。

(5) 直接负责总体设计，包括纵横剖面及各种配套用途的外形布置。及为此面进行的机体、缸盖、曲轴、活塞、连杆等主要件的初方案设计及为此目的的简便计算。

(6) 展开整机设计后，指导各部件设计，在部件与整机及部件与部件间进行协调，总体设计师应以自己的知识造诣、经验和目前的工作职责，自然地成为紧密连接各部件设计的纽带和整个设计技术的中枢。

(7) 协同部件设计师，选用合理的计算和测试方法，共同分析所获结果。

(8) 审校全部设计图纸、专门技术条件、计算书、测试报告和试验报告。

(9) 主持各种性能与可靠性考核试验，并负责通过鉴定。

(10) 主持对大批试制产品的用户的技术服务和实地配套试验，回收信息，改进设计。

为了能够胜任上述各项任务，主任设计师(总体设计师)应该尽可能具有下列专业造诣：

(1) 要有相当程度的主要固定件——机体、缸盖(至少两者之一)和主要运动件——曲轴、活塞连杆(至少两者之一)的零部件设计经验。因为这是柴油机的基本骨架。整机的可靠性、紧凑性、轻量化与这些零部件有最密切的关系。新产品的重大设计特点将从这些主要件结构中体现)。

(2) 总体设计师要有丰富的“结构词汇”。诗文是由最贴切的词汇组成文句来表达思想，越是词汇丰富的作家就越能自如地运用最合适的词汇，组成动人的文句表达自己深刻的思想感情。而发动机的设计是由一系列机械结构来实现零部件功能，设计师的“结构词汇”越丰富，拥有可供选择的方案就越多，因此在结构的功能、紧凑性、工艺性和成本等方面就容易接近优化，就能根据具体周围相关零部件，作出最有效和最巧妙的设计。

(3) 任何设计都是以前人的成功经验和失败教训为基础，任何柴油机新产品都是以老产品为基础，所有结构词汇也都来自以往产品的实例。因此总体设计师应该熟悉尽可能多

的国内外同类产品,特别是先进产品。如果能进一步了解其历史演变及改进发展过程,则更能了解各种设计结构的效果,更有把握地吸取其他机型的成功经验。此外,也希望尽可能掌握经过实践考验的计算安全判据及其适用条件。

(4) 要熟悉车辆,因为柴油机只有与车辆或其他工作机械配套,作为其动力,才能成为最终产品。决定柴油机的市场竞争力的因素,除了性能、可靠性、耐久性 with 成本外,车辆配套适应性也是重要因素,总体设计师应深切认识对配套的适应,除了功率和转速这些必要条件外,还应了解下列方面的适应要求,因为现在市场不是寻求一台勉强能用的发动机,而是需要十分适合该种车型的柴油机。

① 安装传动条件的适应:例如发动机宽度对车架内侧宽度,发动机高度对驾驶室和发动机罩盖的适应等。发动机设计者应该尽可能熟悉它可能的配套对象的与发动机直接相连或相邻部份的主要结构,使之能“此凹彼凸”配合默契。

② 配套环境的适应:应该了解各种有关的配套机械工作的气温、空气密度、尘土密度、有否腐蚀性气体、地面坡度等工作环境,和车辆周围对防火、噪声、排放等方面限制的严格程度等。

③ 散热条件的适应:在车辆上发动机风扇端相对于前进方向的关系;车辆发动机罩下冷却空气进出条件;底盘传动部分附加给发动机冷却系统的散热要求;散热器允许获得的空同尺寸等。这些都将直接影响柴油机冷却系统设计。

④ 维修条件的适应性:发动机上需要经常维护保养的零部件的布置位置应与车辆可能提供的维修空间适应,因此设计师应基本掌握配套对象的维修条件。

⑤ 负荷率强度的适应:不同车辆有不同的负荷率,应采用不同的发动机配套功率标定(见1.3节)。设计师事先掌握各种配套对象的负荷率强度,然后用合适水平的功率标定予以适应。

不同车辆上述各方面的要求是不同的,总体设计师在有较深了解的基础上归纳其共性,尽可能予以满足;对相互矛盾的要求,则先满足较大批量的对象,而对其他对象则事先应考虑最简捷的变型设计。

(5) 总体设计师也应具备一定的工艺知识,这样才有可能避免在设计完成后因工艺性不良而不得已被逼着修改,能在保证产品先进性的同时,主动改善设计工艺性,自觉地协调好设计结构需要和生产效率之间的矛盾。同时也有能力使工艺师在必要时克服自身困难,支持产品的先进性。只有具备相当工艺知识的设计师,才能客观地衡量设计结构的得失,予以优化,以获得在产品技术水平和成本方面都有竞争力的柴油机。

(6) 要有比较丰富的想象力。复杂机械产品设计师的想象力,主要根植于对现有结构的娴熟和功能机理的深切理解,今后遇到困难或矛盾时,就善于和敢于在此基础上创造出新结构。

值得指出的是,主任设计师或总体设计师作为设计组的领导者和设计工作的组织者,必须具备作为基层技术领导人的思想和心理素质。例如善于团结下属人员,刻苦、坚毅和责任心强,善于分清主次和综合归纳等等,这些已是本专业以外的问题了。

1.1.2 柴油机的市场

柴油机的全部使用价值仅仅是为各种工作机械提供动力,只有当其与工作机械配套后

才能成为最终产品。通常除发电机组外,其他配套基本上都在别的企业内完成。因此柴油机工厂和设计师所面对的市场是汽车厂、工程机械厂、拖拉机和农业机械(联合收割机等)厂、船厂、装甲车或坦克制造厂等一系列用户。各种机械都有自己适合的功率范围、缸径和缸数范围(见图1.1)。所以,在市场调研过程中,不但要了解对柴油机本身的需求前景,还应进一步了解和分折各配套机械在国民经济和国际市场中的需求前景。虽然国内需求是现实的,但往往也包含某些特定因素、条件和政策造成调查结果不能充分反映经济和技术规律的必然性。例如由于前35年在观念和政策方面的种种原因,我国轿车工业起步较迟,因此相当一部分汽油机用于中型货车,使我国载重汽车柴油机化进展迟缓,公路运输成本和汽车运输每吨百公里燃油经济性比发达国家差2.0~2.8倍。因而又阻滞了公路和公路运输的发展,使客货运输集中于铁路,以致不堪负担。另一方面也阻碍了汽车产品技术水平的发展,和失去进入国际市场的机会。直至第七个五年计划期间才有重大改变。

由于一种新机型的发展需要5~7年才能大量投产,因此设计师既要了解国内外市场目前的市场容量和对产品的技术要求,也要在一定程度上预测未来,使决策有一定的远见,为未来产品以较大批量进入国际市场奠定基础。90年代我国将有一批引进的柴油机成批投产,使国产柴油机和各种车辆具备批量出口的能力。此外,按作者个人预测,我国柴油机工业的生产能力已远远超过国内车辆、船舶的配套需要,只有成批进入国际市场,才能使我国柴油机工业得以持续发展,技术水平得以提高,生产能力得以发挥。

1. 世界柴油机市场的概况和分析

世界最大的柴油机生产地区依次是西欧、日本和北美,图1.2为1985年这些地区所生产的柴油机的配套用途和销售市场构成。可见世界多缸柴油机产量的70%进入汽车市场,15~25%用于拖拉机和农业机械,5~15%用于工程机械,5~10%用于发电机组,1~5%用于船舶。

图1.3~1.5为西欧、日本、美国柴油机总产量中的功率等级构成。它们生

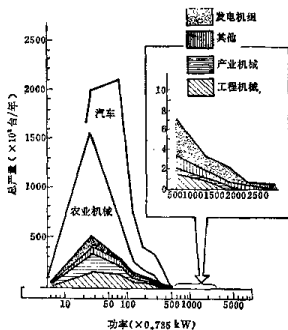


图1.1 世界柴油机产量及其功率和用途构成

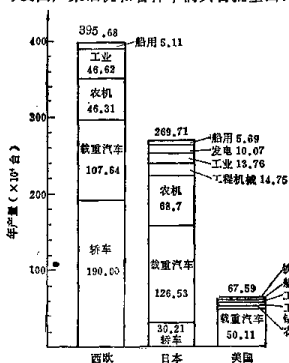


图1.2 1985年世界三大柴油机产地的配套用途

产的柴油机的功率等级有其共性,也有各自的特性,这是基于各自的国民经济、幅员、社会结构和自然条件的差别。例如西欧燃油零售价是美国的3倍,1986年西欧柴油机轿车产量高达190万辆,日本为30.21万辆,美国则极少。西欧柴油机产量如此之高,主要在37~74 kW级的轿车柴油机。而日本小于15 kW的小型单缸或双缸农用柴油机产量高达68.7万台,是西欧的7倍,因为日本农业生产基本上仍为小农户,地少人多,用手扶或乘坐式拖拉机或农机件以手工精耕细作,同时大量出口东南亚和欧美。而美欧则为大农场机械化农业。两者规模上有相当差别,因此拖拉机和农机的功率等级亦有差别。

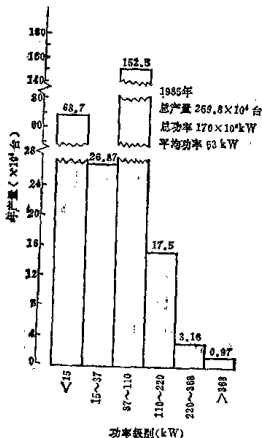


图 1.3 日本柴油机产量的功率构成

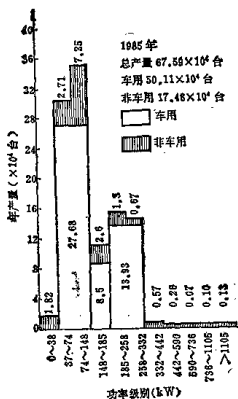


图 1.4 美国柴油机产量的功率构成

150~330 kW是重型汽车、中型工程机械和大型拖拉机的功率范围,美国年产15~20万台,西欧约6万台,日本为10~13万台,这是世界市场需求旺盛的功率等级。尤其是美国因为幅员辽阔,高速公路网长达69202 km。中、重型工程机械的最大生产国也是美国和日本。

2. 我国柴油机市场的概况和分析

我国柴油机目前的产量和功率级别构成的特点是,拖拉机发动机比日本更小型化,微型车和轿车柴油机的生产能力正在建设尚未形成产量;轻型车柴油机的大量生产能力已经建成,正在国产化过程;中型车柴油机尚有半数产量将在近1~2年内形成;重型车柴油机主要生产能力已建成,刚开始发挥部份生产能力;工程机械为主的机型主要产量已经形成,新机种的能力正在建设。图1.6为按已有能力,并计入新建成尚未发挥的车辆生产能力,推算我国各功率等级车辆用柴油机近年的最大市场容量。其中小于18 kW级主要是单缸或双缸小型拖拉机及农用汽车柴油机,缸径为75~110 mm, 16~60 kW主要是南京汽车厂引进的

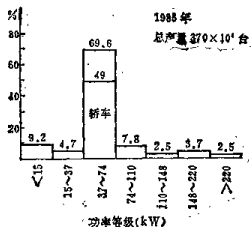


图 1.5 西欧柴油机产量的功率构成

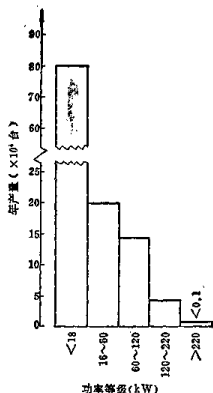


图 1.6 我国90年代初可能达到的车辆用柴油机市场容量的推断

Sofim 8140 及一系列 85~95mm 车辆用 4 缸柴油机,用于轻型汽车、中型拖拉机、叉车等市场; 60~120 kW 主要是第二汽车厂引进的 Cummins B, 第一汽车厂各联营柴油机厂的 6110、6105、6102, 洛阳拖拉机厂 R100 系列等中型汽车、拖拉机、工程机械柴油机; 120~220kW 主要是潍坊柴油机厂、杭州汽车发动机厂等引进的 Steyr WD615 系列重型汽车柴油机, 和上海柴油机厂等的 135 系列和引进的 Caterpillar 3300 系列等工程机械和车用柴油机, 大于 220kW 为重庆汽车发动机厂引进的 Cummins N 和 K 两个系列。

1.2 车辆用柴油机的系列化和多用途设计

柴油机的系列化设计是运用设计手段,在绝大多数零部件通用的前提下,形成一系列不同气缸数和活塞总排量或不同单缸排量(扩缸或变行程),或不同充气密度或平均有效压力,或两项甚至几项兼而用之,形成尽可能广的功率覆盖。表 1.1 为 Mercedes-Benz OM400 系列柴油机,其中在保持缸心距 158mm 条件下,有直立、卧式、V 型;有自然吸气 (NA)、涡轮增压 (TO)、增压中冷 (TOA); 有扩缸,也有变行程,可用于汽车、装甲车、工程机械、船艇等。

多用途设计则是同一排量或充气方式的基本发动机结构,在设计之初就事先考虑运用不同功率标定、扭矩特性、附件品种和布置方式,以适应不同用途的配套需要的一种设计方式(如表 1.2)。

综上所述,系列化和多用途的设计概念,就是以不同排量和平均有效压力为纵轴,形成相当广度的系列功率覆盖,以多用途为横轴,然后形成相当大的市场覆盖面积。

系列化和多用途设计的目的,是以尽可能少的零件品种,生产具有尽可能广的市场覆盖

能力的众多机型。其手段是通用化,目的是取得尽可能大的单个零件年产量,以便在设备投资和生产效率之间进行优化,根据需要运用专用机床、组合机床、半自动或自动机床或自动生产线,使设备折旧成本和工时成本之总和最低,争取最大经济效益。

我国《1991—2000 全国内燃机系列型谱》进一步把系列化和多用途设计的原则作为内燃机工业产品开发的一项技术政策,指出将全国基本系列数控制在合理范围内,充分利用工厂设备加工能力及技术上的潜力发展品种,做到系列化多品种,以扩大基本系列的适用范围。变型与基本型之间,配、附件应高度通用,特别是易损件要能够互换,提高系列化、通用化、标准化程度,以促进整机及配附件的专业化大批量生产。

表 1.1 Mercedes-Benz OM 400 柴油机系列

型 号	缸数	排 量 L	缸径×行程 mm	功率 kW	转速 r/min	最大扭矩 N·m	转 速 r/min	充气方式	净重 kg
OM447	L6	11.93	128×155	177	2100	912	1100~1700	NA	760
OM447A				213	2100	1270	1100~1500	TC	780
OM447LA				265	2100	1523	1100~1500	TCA	835
OM447H	H6 (卧式)			177	2200	883		NA	785
OM447HA				206	2200	1226	1000~1250	TC	805
OM421	V6	11.00	128×142	154	2300	785		NA	635
OM421A				184	2300	1040		TC	685
OM441		11.30	130×142	160	2100	824	1000~1600	NA	700
OM441LA		11.00	128×142	243	2100	1350	1000~1600	TCA	720
OM422	V8	14.62	128×142	206	2300	1040		NA	815
OM422A				260	2100	1600	1100~1500	TC	875
OM422LA				276	2100	1550	1100~1600	TCA	890
OM422LA				320	2100	1765	1100~1600	TCA	890
OM442		15.10	130×142	213	2100	1100	1100~1600	NA	842
OM442A		14.62	128×142	260	2100	1600	1100~1600	TC	910
OM442LA			128×142	353	2100	2000	1100~1600	TCA	925
OM423	V10	18.27		261	2300	1304		NA	965
OM423A				301	2300	1687		TC	1015
OM423LA				368	2300	2000		TCA	1060
OM424	V12	21.93	128×142	305	2300	1490		NA	1115
OM424A				390	2300	2097		TC	1165
OM444A				390	2100	2357	1100~1500	TC	1165
OM444LA				452	2300	2400		TCA	1215
OM444LA				478	2100	2650	1100~1600	TCA	1215
OM444LA				588	2100	3200	1100~1700	TCA	1215