

· 普通高等教育船舶类规划教材 ·

内燃机课程设计指南

张宗杰
主编

华中理工大学出版社



(鄂)新登字第 10 号

图书在版编目(CIP)数据

内燃机课程设计指南/张宗杰 主编

武汉:华中理工大学出版社, 1995 年 12 月

ISBN 7-5609-1276-1

I. 内…

II. 张…

III. 内燃机-课程设计-高等学校-教学参考资料-指南

IV. TK402-62

DY45/20

内燃机课程设计指南

张宗杰 主编

责任编辑:叶见欣

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社照排室排版

武汉市青联彩印厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10 字数:241 000

1995 年 12 月第 1 版 1998 年 3 月第 2 次印刷

印数:1 501—3 500

ISBN 7-5609-1276-1/TK·34

定价:9.50 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书共有四章。第一章阐述我国内燃机工业概况和内燃机设计要旨。第二章以几种典型机型为例,重点讲述内燃机的总体设计和主要参数选择。第三章介绍活塞组、连杆、曲轴、机体和缸套等内燃机主要零部件的设计方法和步骤。第四章介绍内燃机的标准化、系列化、通用化及内燃机的可靠性设计。本书注重学生基本工程训练,提高其综合能力和分析问题能力。并适当介绍了一些新的设计方法。

本书主要作为内燃机专业本科生内燃机课程设计的指导教材,也可供相近专业学生和内燃机设计工程技术人员参考。

出版说明

根据国务院国发[1978]23号文件批转试行的“关于高等学校教材编审出版若干问题的暂行规定”,中国船舶工业总公司负责全国高等学校船舶类专业教材编审、出版的组织工作。

为了做好这一工作,中国船舶工业总公司相应地成立了“船舶工程”、“船舶动力”两个教材委员会和“船电自动化”、“惯性导航及仪器”、“水声电子工程”、“液压”“水中兵器”五个教材小组。聘请了有关院校的教授、专家 60 余人参加工作。船舶类专业教材委员会(小组)是有关船舶类专业教材建设的研究、指导、规划和评审方面的专家组织,其任务是做好高等学校船舶类专业教材的编审工作,为提高教材质量而努力。

在总结前三轮教材编审、出版工作的基础上,根据国家教委对“八·五”规划教材要“抓好重点教材,全面提高质量,适当发展品种,力争系统配套,完善管理体制,加强组织领导”的要求,船舶总公司于 1991 年制订了《1991 年—1995 年全国高等学校船舶类专业规划教材选题》。列入规划的选题共 107 种。

这批教材由各有关院校推荐,同行专家评阅,教材委员会(小组)评议,完稿后又经主审人审阅,教材委员会(小组)复审。然后分别由国防工业出版社、人民交通出版社以及有关高等学校的出版社出版。

为了不断地提高教材质量,希望使用教材的单位和广大师生提出宝贵意见。

中国船舶工业总公司教材编审室

1992 年 5 月

前 言

本书根据船舶动力教材委员会制定的“教学基本要求”编写而成,经船舶动力教材委员会评选后推荐出版,是“八五”全国高等学校船舶类专业规划教材之一。

为提高教学质量,加强学生基本的工程设计能力,对毕业设计进行了改革,先集中6~8周时间,以讲座和个别指导的方式组织学生分组进行内燃机课程设计。学生刚刚由课程学习转入教师指导下的独立设计,在设计指导思想、图书资料查阅整理、发动机主要参数选择等方面都需要启发和引导。为有利教师组织教学和学生自学,编写了本书。编写中注重系统性、综合性和实用性。所列举的各种发动机实例可根据需要有所侧重。

本书由张宗杰主编,熊立生、高世伦、朱凜然、胡金荣、徐六飞、文立恒参加了部分工作,刘永长教授多方指导,唐宝华协助整理了大量资料。

武汉交通科技大学钱耀南教授仔细审阅了本书并提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

限于水平,错误在所难免,欢迎读者批评指正。

编者 1995年9月

目 录

第一章 概论	(1)
一、内燃机课程设计的目的和内容	(1)
1. 内燃机课程设计的目的	(1)
2. 内燃机课程设计的内容	(2)
3. 课程设计要求	(2)
4. 课程设计的成绩评定	(2)
二、我国内燃机工业概况	(3)
三、内燃机设计和研制	(5)
1. 内燃机研制工作的指导思想	(5)
2. 新产品研制和老产品的改进	(5)
3. 内燃机设计	(5)
第二章 内燃机总体设计和主要参数的选择	(8)
一、柴油机总体设计	(8)
1. 不同用途柴油机的设计要求	(8)
2. 柴油机的质量指标和主要设计参数	(9)
3. 通用柴油机	(11)
4. 集成化的设计思想	(12)
5. 总体设计图的绘制	(12)
二、135 系列柴油机	(13)
1. 135 系列柴油机的发展	(13)
2. 135 柴油机的总体布置	(17)
3. 135 柴油机的主要参数的选择	(18)
三、高速多缸柴油机	(26)
1. TC87 系列柴油机的设计	(26)
2. 87、90、95 系列柴油机性能和主要零件工艺性比较	(30)
3. J 系列柴油机及其燃烧系统	(36)
4. J 系列柴油机的结构和主要技术参数	(39)
四、单缸小型柴油机	(44)
1. 国内外单缸小型柴油机概况	(44)
2. 单缸小型柴油机的性能	(45)
3. 单缸小型柴油机的整机结构特点	(45)
4. 过量平衡法	(53)
五、船用柴油机	(55)
1. MTU956 型柴油机	(56)
2. PC2—5 型中速柴油机	(58)

3. 十字头式低速柴油机	(62)
六、汽油机	(64)
1. 我国汽油机概况	(64)
2. 汽油机的发展趋势	(70)
3. 日本中小排量汽油机的主要参数	(72)
第三章 内燃机主要零部件设计	(77)
一、活塞组	(77)
1. 活塞的尺寸	(77)
2. 活塞缸套的间隙	(80)
3. 活塞销	(81)
4. 活塞环及其配组	(82)
二、连杆	(84)
三、曲轴	(90)
1. 曲轴的结构参数	(90)
2. 曲轴的材料和工艺	(95)
四、轴瓦	(98)
五、机体和缸套	(101)
六、气缸盖和配气机构零件	(106)
第四章 内燃机的“三化”和可靠性	(117)
一、内燃机的标准化、系列化和通用化	(117)
1. “八五”~“九五”规划内燃机产品发展纲要	(118)
2. “八五”~“九五”规划内燃机系列型谱	(120)
3. 国家内燃机系列产品的基本条件	(124)
4. 风燃机主要零部件的“三化”概况	(124)
二、内燃机可靠性	(134)
附 录	(140)
一、R180 型柴油机热力计算	(140)
二、R180 型柴油机曲轴平衡计算	(143)
参考文献	(159)

第一章 概 论

一、内燃机课程设计的目的和内容

1. 内燃机课程设计的目的

毕业设计是大学本科教学工作的最后一个环节,是学生由学习岗位走上工作岗位或继续深造的桥梁。搞好这一环节可以帮助学生综合和深化所学的课程,扩大视野,培养分析问题、解决问题的能力。作为一名即将承担工程设计、科研和管理任务的技术人员,通过毕业设计可进行一次较全面、较严格的工程训练,也有助于学生将来较快地适应工作环境。

目前本科大学生的毕业设计大多结合科研课题进行,这既加强了高校的科研力量,也有利于培养学生的独立工作能力。为弥补部分课题专业面较窄、工程训练内容较少的缺陷,毕业设计分为两个阶段:第一阶段,用4~8周的时间集中在一起进行课程设计,集中指导,单独答辩并评定成绩。第二阶段用6~18周的时间进行毕业设计的专题部分。

内燃机课程设计的目的:

(1)初步了解内燃机产品研制的全过程,熟悉方案设计的步骤和方法。

内燃机是一种复杂的动力机械,产量大,应用面广,型号复杂。其研究、设计、制造涉及到许多部门和领域。一个国家内燃机性能的优劣在相当程度上可以反映该国机械工业和材料工业的水平。内燃机产品的研制流程可以概括为:基础研究、应用技术研究、经济性分析、方案论证、技术设计、样机试制和试验、小批量试制和扩大试验、正式投产。产品在生产过程中还要经受实践考验,反复改进和提高,才能适应市场不断发展的需要。

课程设计主要进行内燃机方案论证和方案设计,要求了解研制的全过程,通盘考虑问题。

内燃机各系统各零件之间相互关联、相互制约。材料、零配件的选择受到生产协作条件和国家政策的限制。内燃机作为一种动力机械,只有跟各种从动机械配套使用才能发挥经济效益,从动机械的特性和使用条件均会影响内燃机性能及它们之间的匹配,因此方案设计中要综合所学知识,辩证地处理问题,才能提出先进、可行而竞争力又强的设计方案。

(2)深入进行与专业有关的基本工程训练。

这主要包括:对内燃机产品总图、部件图、零件图的读图和绘图能力;查阅内燃机中外书刊、基本工具书并整理运用资料的能力;掌握内燃机中有关热力、动力、强度的基本计算技能;熟悉与专业有关的国际标准、国家标准和设计规范。

(3)综合和深化技术基础课、专业课知识,培养分析问题和解决问题的能力。

各门课程有各自的知识体系,内燃机设计中机械学、流体力学、热力学、燃烧学等方面的问题往往相互交错,相互影响,需要在更高层次上进行综合、深化,具体问题具体分析,抓住主要矛盾,才能找到较好的解决办法。

在各学科的推动和影响下,内燃机技术进步十分迅速,新工艺、新结构、新材料不断涌现。电子技术、微机控制的应用,不断改变着传统内燃机的面貌,设计中合理地利用最新科技成果,

可保证产品在性能上、工艺上的先进性,课程设计中学生应对所设计的产品的当前发展动向和水平有所了解。

(4)培养协作精神,树立高度的工作责任感。

现代化的设计科研工作是集体的劳动,一台内燃机有千百个零件,非一个人的能力所能完成,一种机型从市场调查、设计、试制到批量投产均要经过成千上万人的辛勤劳动。个人的工作只是其中极小的一部分,只有集体工作团结协作,分工合作,相互配合方可事半功倍。

客观事物是复杂多变的,人的认识总有一个发展过程,设计中由于没有掌握客观规律而出现失误有时在所难免,一经发现应立即改正。坚持原则,服从真理,对国家和人民负责,是工程技术人员最重要的道德修养之一。由于粗心大意或私心杂念作怪而导致国家财产遭受巨大损失的事故应引以为戒。

2. 内燃机课程设计的内容

根据工作量和已有的参考图纸、参考资料,宜选用高速小型多缸柴油机或单缸柴油机作为设计机型。给出标定转速、整机功率、柴油机用途、经济性和排放等指标,依课程设计时间的长短,可以分组完成一种机型的总体和主要系统、零部件设计,也可以每个人完成不同的总体设计方案。

设计内容主要有:

(1)写出机型的国内外发展动态和水平的调研报告。

(2)进行机型的热计算。

(3)总体方案设计,进行总体布置分析,确定机型的主要性能参数和结构参数,画出总体布置的纵横剖面图。

(4)燃烧系统和供油系统设计,考虑燃烧系统、供油系统和进气系统的匹配,选择合适的喷油泵、喷油嘴和调速器,确定供油系统的主要参数,设计燃烧室,画出活塞、活塞环的零件图。

(5)排气系统设计,确定排气系统的布置方案和主要参数。对增压机型选择涡轮增压器,初步定出涡轮增压器与柴油机匹配的主要参数,画出排气系统图。

(6)配气系统设计,定出传动系统布置方案,选择进排气凸轮型线并进行计算,确定配气正时,画出配气系统总图、凸轮轴图、进排气门图。

(7)曲轴和连杆设计,确定曲轴、连杆材料、结构和主要参数,画曲轴、连杆图。

(8)气缸盖和机体设计,确定气缸盖、机体的结构型式和主要参数,画气缸盖、机体图。

3. 课程设计的要求

(1)图面清洁,尺寸标注、形位公差、技术要求要符合国家标准;

(2)计算和理论分析中所引用的公式、数据必须注明出处,主要参数的选取应进行简要分析和论述;

(3)分析报告和译文书写应工整、语言通顺。

4. 课程设计的性能评定

主要依据四个方面:

(1)总图和零件图质量;

(2)分析和计算报告的水平;

- (3)平时工作态度及独立工作能力；
- (4)答辩时的表现。

二、我国内燃机工业概况

内燃机是世界上用途最广的动力机械之一，主要配套对象有舰船、机车、汽车、拖拉机、工程机械、军用车辆、农用运输车、联合收割机、排灌机械、内燃机发电机组、小型农机具等。

1990 年全世界内燃机产量约 8500 万台，比 1981 年增长了 15.8%。图 1-1 所示的是 1986 年到 1991 年世界各种主要用途柴油机产量的变化，增长最快的是轿车用和农业用柴油机。图 1-2 表示世界汽油机产量从 1986 年到 1991 年呈平稳增长的趋势，轿车、卡车、摩托车用汽油机占汽油机产量中的大部分。

我国内燃机生产的历史从 1908 年仿制第一台煤气机算起，经历了漫长的岁月，主要的工业体系是解放以后形成的。表 1-1 列出我国工程农机系统内燃机产量在解放以来几个代

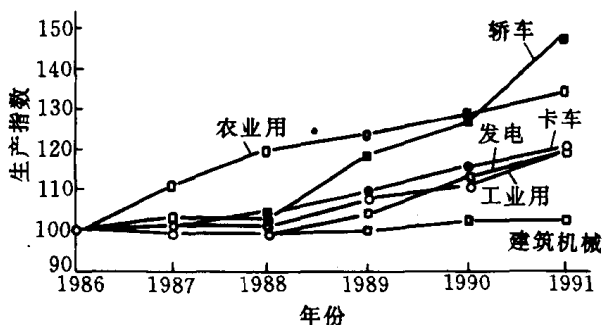


图 1-1 1986 年到 1991 年按主要用途的世界柴油机生产量(1986 年为 100)

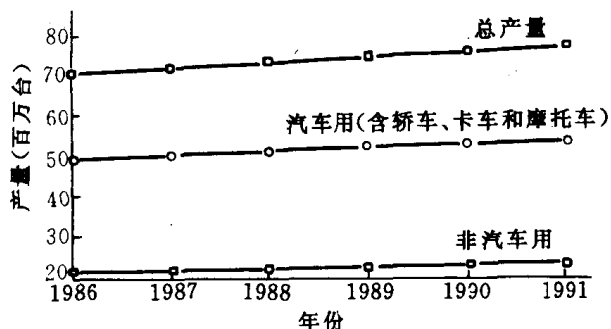


图 1-2 1986 年到 1991 年世界汽油机生产量

表性年份的变化，增长十分迅速。据 1987 年统计，全国有柴油机、汽油机专业生产厂 381 家，生产的柴油机气缸直径从 65mm 到 840mm，单机功率从 2.2kW 到 23100kW；生产的汽油机排量从 0.023L 到 6L，单机功率从 0.59kW 到 163kW。全国 1987 年共生产内燃机 321 万台，总计 $6437 \times 10^3 \text{ kW}$ ，其中柴油机 249 万台，汽油机 72 万台，我国柴油机所占的比重比较大。表 1-2 所示的是内燃机和主要配套装置 1979 年到 1989 年的变化，增长最快的部分是

小型拖拉机用柴油机和车用内燃机，小型拖拉机从 1979 年的 31.8 万台增至 1989 年的 107.76 万台，增加了 2.39 倍。汽车从 1979 年的 18.6 万辆增至 1989 年的 57 万辆，增加了 2.1 倍，从表中也可看出，农机和汽车是内燃机配套的大户。

表 1-1 我国工程农机系统内燃机代表性年份产量

产 品 \ 年 份	1949	1952	1957	1979	1989
内 燃 机 ($\times 10^4 \text{ kW}$)	0.735	2.94	50.74	1672	4828.9

内燃机的发展同时还要受到石油产量、国家能源政策、环保法规等方面的制约，美国石油产量的 40% 用于内燃机。我国大约有三分之一的石油产量为内燃机所消耗。

十年来我国内燃机的质量和技术水平有了长足的进步。各厂对 50、60 年代设计的产品进行排气系统、凸轮型线、燃烧室进行改进，提高加工精度和降低粗糙度。国家通过贯彻节能指标和评比，使中小功率柴油机的燃油耗率平均降低了 $(6.8 \sim 13.6) \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，机油耗率降低了

表 1-2 我国内燃机及其主要产品产量变化情况

项 目 \ 年 份	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
小型拖拉机(万台)	31.74	21.78	19.89	29.83	49.77	68.86	78.54	75.43	106.69	129.28	107.76
大中型拖拉机(万台)	12.62	9.71	4.95	4.02	3.67	3.93	4.49	3.26	4.41	5.61	4.54
汽车(万辆)	18.6	22.2	17.6	19.6	24	31.6	44.3	35	44.5	64.7	57
联合收割机(台)	4587	5979	6005	4630	1953	1999	1603	2030	2961	4432	4207
内燃机发电机组($\times 10^4$ kW)	87.7	71.4	32.4	46.8	66.9	84.2	87.7	122	119	151.9	177.19
工程农机系统内燃机($\times 10^4$ kW)	1672	1335	1140	1365	1692	2244	2939	2848	3637	4757	4828
全国内燃机($\times 10^4$ kW)	2942.73	138.22	544.12	850.73	533.84	689	5822.25	502.36	6437	7879	8100

(1.5~2.2)g/(kW·h)。新开发的柴油机注意节能节材的要求,小功率柴油机采用了轻型结构,标定转速由“六五”期间的 2600r/min 提高到 3000r/min。在缸径 80mm 以上的单缸柴油机上采用了直喷式燃烧室。“七五”期间研制的小缸径多缸柴油机填补了国内的空白,标定转速可达 3000r/min,个别机型可达 4800r/min,与同功率的汽油机相比,燃油耗率可降低(40~70)g/(kW·h)。在开发新产品的同时还研制生产了新的供油系统关键配件、附件、防胀活塞、内撑簧活塞环、高效前倾后弯叶轮宽流量径流式增压器等。

表 1-3 四十年来我国小型高速柴油机各阶段更新的代表机型

项 目 \ 时 期	解放前	1949~1957 年	1958~1965 年	1966~1978 年	1979~1990 年
代表机型	11.03kW 柴油机	105 系列	135 系列	95 系列	R100 系列
功率(kW(HP))	11.03(15)	14.7(20) 29.4(40) 44.1(60)	29.4(40) 58.8(80) 88.2(120)	8.8(12) 17.6(24) 26.4(36) 35.2(48)	37.5(51) 132.4(108)
转速(r/min)	330	1500	1500	2000	2000~2800
缸数	1	2、4、6	2、4、6	1、2、3、4	3、4、6
单缸功率[kW(HP)]	11.03(15)	7.35	14.7(20)	8.8(12)	12.5(17) 22.1(30)
缸径×行程(mm)	165×330	105×130	135×140	95×115	100×125
活塞平均速度(m/s)	3.6	6.5	7	7.67	9.1~11.8
平均有效压力(kPa)	452	523	588	650	695.3 (4100 型)
柴油消耗率[g/(kW·h)]		299.2	238	251.6	231.2 (4100 型)
净质量(kg)	1950	350 (2105 型)	1160 (6135 型)	140 (S195 型)	420 (4100 型)
比质量(kg/kW)	176.8	29.1 (2105 型)	13.2 (6135 型)	15.9 (S195 型)	8.39 (4100 型)
用途	固定作业	固定作业,小船用主辅机等	固定作业,小船用主辅机及带空压机等	手扶拖拉机,农用机械,小型工程机械	拖拉机、工程机械、载重汽车及其他
主要制造厂	山东华丰机器厂	南昌柴油机厂等	上海柴油机厂等	常州柴油机厂、莱阳动力机厂等	山东华丰机器厂、第一拖拉机厂
开始生产时间	1932 年	1955 年	1958 年	1968 年	1964 年样机鉴定

小型汽油机采用简化电控技术等措施取得了较好的效果,并通过柱塞式化油器的改进,降低了燃料耗率 7%~10%。车用汽油机通过提高压缩比等措施改善了经济性。

节材工作取得了进展,新开发的柴油机强化程度提高,单缸柴油机比质量降低到 14.4 kg/kW 以下,多缸柴油机不超过 11kg/kW,产品品种有了较大增加,引进和自行研制了一批能供汽车、拖拉机、农用运输车、工程机械、发电机组用的先进机型。

我国内燃机与国外先进水平相比还有一定差距:在可靠性、使用寿命方面,国产高速柴油机无故障间隔时间一般为(350~500)h,国外则为(1500~2000)h。在排放、噪声等方面的环保指标也比国外差,尤其排放的 NO_x 和 HC 的含量比国外高一倍,外特性工况最大烟度比国外高 2Bosch 左右,噪声比国外高(2~5)dB(A)。

表 1-3 是四十年来我国小型高速柴油机各阶段更新的代表机型。

三、内燃机设计和研制

1. 内燃机研制工作的指导思想

内燃机研制工作总的指导思想是不断提高产品性能,适应市场发展需求。

- (1)选定最佳机型,扩大系列覆盖面,适应各种变型机的需要。
- (2)提高动力性能,改善经济性,减少噪声和有害排放,考虑对多种燃料的适应性。
- (3)降低生产和使用成本,实现零部件标准化、系列化和通用化。
- (4)确保工作可靠性,延长使用寿命,降低故障率,改善维修性。
- (5)研究新的内燃机,如涡轮复合式内燃机、高增压柴油机、稀混合气燃烧汽油机、燃气轮机等。

2. 新产品研制和老产品的改进

改进产品性能,适应市场需求是提高企业竞争力的根本途径,一般通过新产品开发和老产品改进来实现。各企业的新产品研制和老产品改进都按一定的工作程序进行。首先确定工作的目的,判定是属于新产品研制,还是属于老产品改进。广泛收集各方面信息,进行市场调查,作出分析和预测,制定改进和研制计划,最后试制和鉴定。图 1-3 所示的是某企业的新产品研制和老产品改进工作程序,可作为参考。

3. 内燃机设计

内燃机设计的第一步是确定满足使用要求的输出功率和转速。非增压内燃机的缸径和行程由预定的气缸数和缸径-行程比来确定,对于增压机型还要选择增压度。卡车、机车和舰船用柴油机几乎全部采用增压,因为增压可有效提高比功率。另外,确定采用分隔室还是直喷式燃烧室是柴油机设计的必要步骤。内燃机缸径、行程、气缸数、燃烧室类型和增压度选定后,根据经验可确定压缩比和最大允许的气缸压力。参考类似机型作出气缸中心线,由气缸套依次画出活塞、连杆、曲轴、主轴承、气缸盖等零件图,同时画出横剖面图,这种初始阶段的总体设计还要考虑定时驱动机构、增压器、喷油泵、水泵等辅助装置的布置紧凑性和合理性。

初步设计完成后还要进行细化和修改。一方面进行主要零件应力值的计算,另一方面需考虑各零件加工制造细节。例如曲轴的弯扭应力,机型的着火次序,扭转振动、平衡块的大小和分

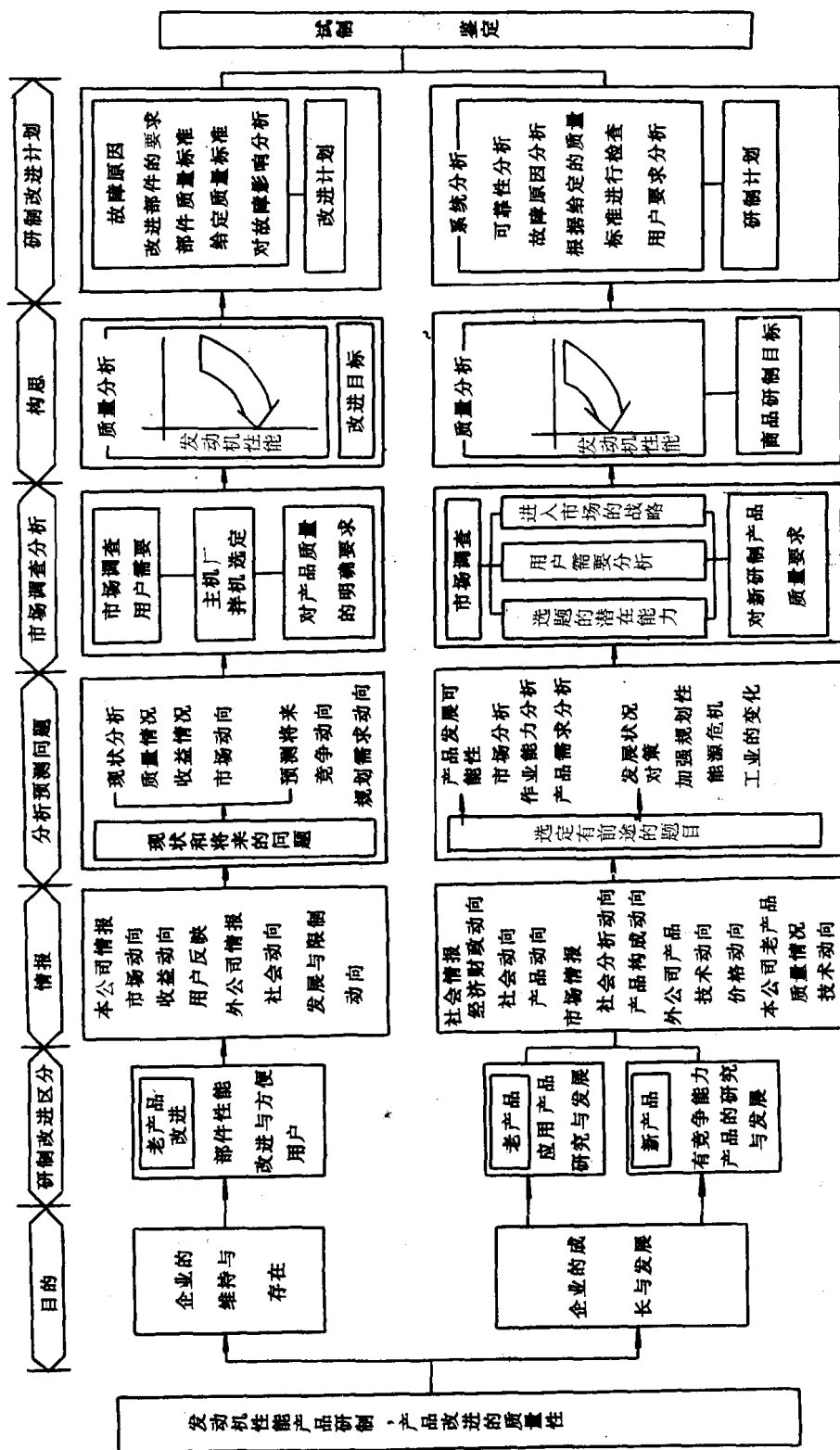


图 1-3 新产品研制和老产品改进工作程序

布都会影响总体设计,机体的材料、尺寸和刚度,对整机的布置和可靠性也有非常重要的作用。

汽车下坡时汽车自重惯性力会驱动发动机,因此,设计汽车发动机,计算惯性力和应力时应有一定的超速余量。从安全性考虑,目前不少汽车采用排气制动防止超速,设计时应考虑这种情况。进行不同气缸数系列内燃机设计时,所设计的曲轴和轴承应能满足最大气缸数的需要。同时应考虑到基本型将来扩大缸径,增加行程或提高增压度的可能性。设计初期还要设计计算气门和凸轮机构使其满足气门开关和机型加速性的要求。

设计的最后阶段还必须考虑零件材料选择、冷热加工工艺、装配及维修的要求。

内燃机设计是分析计算、试验、绘图工作的有机结合,可分阶段交叉进行。图 1-4 所示的是某高速柴油机系列的设计、研制计划概要。

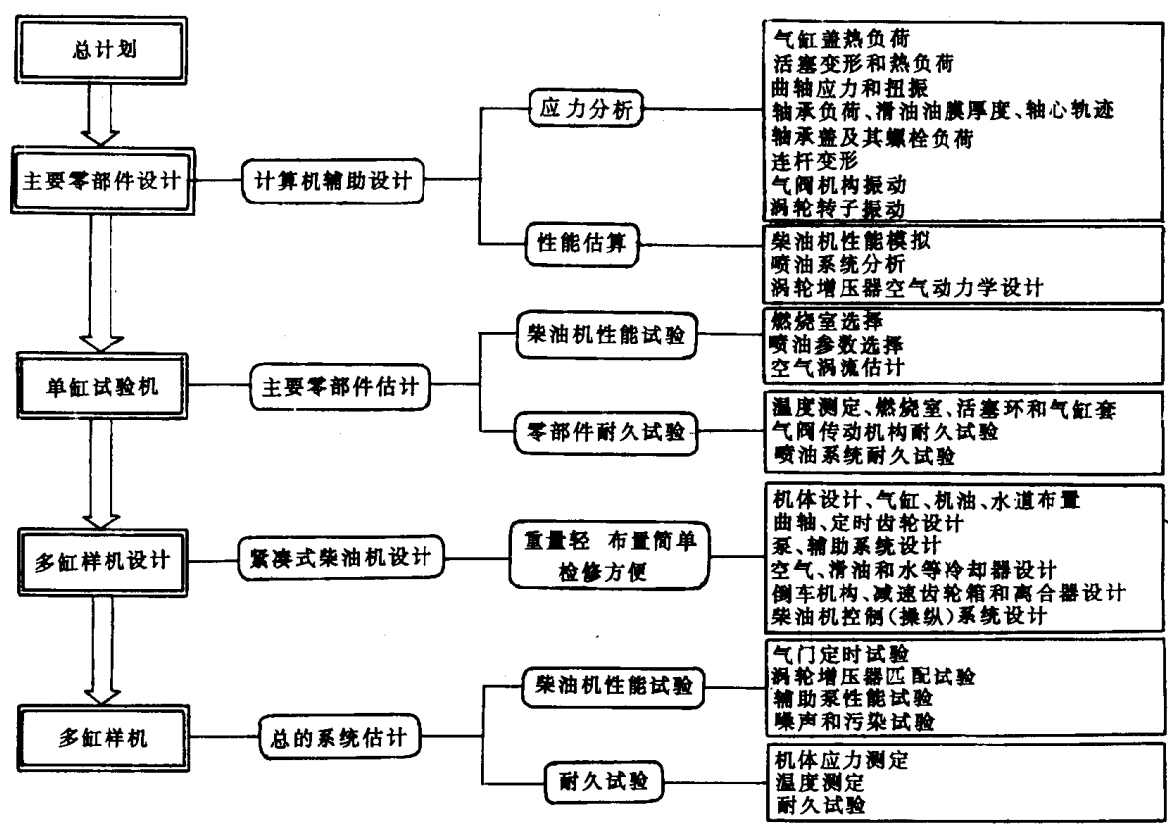


图 1-4 研制计划概要

第二章 内燃机总体设计和主要参数的选择

一、柴油机总体设计

内燃机总体设计是整个产品开发工作的第一阶段,按照工作次序可分为,产品开发的战略决策;产品主要技术经济指标与设计结构参数的论证和选择;方案计算和总体设计图的绘制等几个阶段。

总体设计的水平和决策的正确与否,对产品的水平和市场竞争能力将产生决定性的影响,如有失误,在大多数情况下,不易通过投产后的改进加以挽回。因此,总体设计者责任重大,要有高度的负责精神和使命感。

产品战略决策阶段首先要进行市场调研,对开发机型的配套对象和各种用途的市场容量发展前景,类似机型的技术水平,生产成本,生产规模作出定量的分析,其次,就企业对所开发产品的投资能力,生产规模提出可行性分析报告。编制新产品设计技术任务书,具体规定产品的各项技术经济指标和配套要求。

产品总体设计时要选择和确定内燃机的主要设计参数,完成各主要工作系统如供油、燃烧、进排气系统的构思,绘制机体、气缸盖、活塞、连杆、曲轴的方案图和整机纵横剖面图,不同缸数及典型配套机型的外形布置图,编制总体设计说明书。

1. 不同用途柴油机设计的要求

内燃机种类多样,使用条件各异,对总体设计也提出不同的要求。

农用柴油机工作环境恶劣,运行负荷多变,有时会超负荷,要求高的可靠性,低的生产成本,可使用质量较差的农用柴油。一般设计强化度较低,标定功率留有充分的裕量。维护保养方便,外露零部件可靠紧固,空气、燃油、机油滤清器滤清能力强,易于清洗和更换,手摇起动需有起动减压机构。

拖拉机用柴油机在野外工作,灰沙大,应装高效空气滤清器,并有自动排尘机构。土壤组织不均会造成牵引力有很大波动,因此要求扭矩储备系数为 1.15~1.25,装用全程式调速器。70kW 以上机型一般采用涡轮增压以提高比功率,适于高海拔地区使用。除飞轮端输出功率外,要求有辅助功率输出轴,带动液压泵和其它机械。拖拉机作业时负荷有冲击性,柴油机主要机件应有足够的刚度。

载重汽车行驶地区广,负荷转速变化大,柴油机应带有二级空气滤清器和滤清能力强的燃油、机油滤清器,外露部件应能防尘防水。柴油机重量轻、尺寸小,可增大汽车载重量和装载面积。为保证柴油机的可靠性,应具有超速 30%~50%,超负荷 10%的能力。一般采用两极调速器及排气制动装置。为了提高车辆的稳定性,柴油机重心应低于大梁平面。公路汽车和越野汽车因受道路限制,汽车最大宽度不超过 2.5m,大梁间距不超过 850mm,因此柴油机下部应设计的较窄,附件尽可能布置在柴油机上部,以便维护。为保证汽车在倾斜路面上行驶,要求柴油机能在纵倾 30°,横倾 25°时正常工作,油底壳设计保证在上述条件下机油泵工作正常,为了制

动和满足气动装置的要求,需带有空气压缩机。

工程机械用柴油机常在变速、变负荷工况下工作,宜用全程式调速器,瞬态调速率小于12%,稳态调速率小于8%,机械纵倾35°、横倾30°时柴油机能正常工作。用于履带式推土机、装载机的柴油要求后端能输出功率50%~70%,有的工程机械要求前端输出50%~100%功率。柴油机工作环境多尘,要求滤清效果好,加油口、通风口能防尘。冷却系统和起动系统应保证处于寒带和热带的柴油机能正常起动和工作。

机车柴油机受车厢安装位置的限制,一般宽度小于1.8m,高度小于3m,尽可能减轻柴油机重量,不使车轴超载。空气滤清器,冷却风扇,冷却水箱等部件一般不装在柴油机上。机油滤清器、机油冷却器可装于柴油机上,也可以另外布置。为保证可靠运行,广泛采用自动保护和报警装置。

船用柴油机对可靠性要求特别高,设计应符合船舶建造规范的要求。船在风浪中航行,要求柴油机能在纵倾15°、横倾15°下长期工作;在纵倾25°、横倾45°下短期工作。直接与螺旋桨连接的船用柴油机,本身有换向机构。有的有左右机型要求。船用柴油机一般采用闭式循环冷却系统,应带有海水和淡水热交换器和膨胀水箱,机上高温零件、涡轮增压器和排气管应有隔热措施。中低速船用柴油机绝大多数采用压缩空气起动,为保证在任何位置均能起动,四冲程柴油机气缸数不得少于6,二冲程柴油机气缸数不少于4。中小型渔船柴油机前端要求输出50%左右的功率,以便拖网捕捞。注意降低柴油机噪声,机舱噪声应在90dB(A)以下,客舱噪声在60dB(A)以下。

柴油机可用于移动式、固定式和船用电站。为保证频率稳定,要求有灵敏度高的全程调速器,瞬时调速率不大于8%,稳态调速率不大于5%,转速波动率不大于±0.5%。除要求柴油机平衡性好外,曲轴旋转不均匀度应不大于1/200~1/300,因此应采用较多的缸数和较大的飞轮。

2. 柴油机的质量指标和主要设计参数

质量指标用来表征柴油机的工作能力和衡量柴油机的技术水平。

基本性能指标:功率、扭矩、转速、平均有效压力、平均活塞速度。

结构紧凑性和比质量指标:单位体积功率、单位排量功率、单位活塞面积功率、单位功率质量、单位质量功率。

使用经济性指标:比燃油耗率、比机油耗率、无故障运行时间、可靠性。

环境污染控制指标:气体有害排放量、微粒排放量、噪声。

性能指标是各系统设计和参数匹配的综合结果。图2-1中所示为直喷式增压柴油机燃烧过程的主要影响因素及其与动力性、噪声、经济性、排放的关系。柴油机的基本技术性能和主要结构参数之间的关系如图2-2所示。图中, N_e 为升功率, V_h 为气缸工作容积, n 为转速, ϵ 为压缩比,总体设计时此图可以为设计师提供一个正确的思路。

主要的结构设计参数:

气缸直径 D :

$$D = 35.714 \times \sqrt{\frac{N_e \tau}{i C_m P_e}}$$

式中, D 为气缸直径,mm; τ 为冲程数; i 为缸数; C_m 为活塞平均速度,m/s; P_e 为平均有效压力,MPa; N_e 为功率,kW。

计算出的 D 值要圆整到国家系列型谱中的值。

缸数:它根据功率,整机平衡性,输出扭矩的均匀性,增压方式和排气系统的布置来确定。

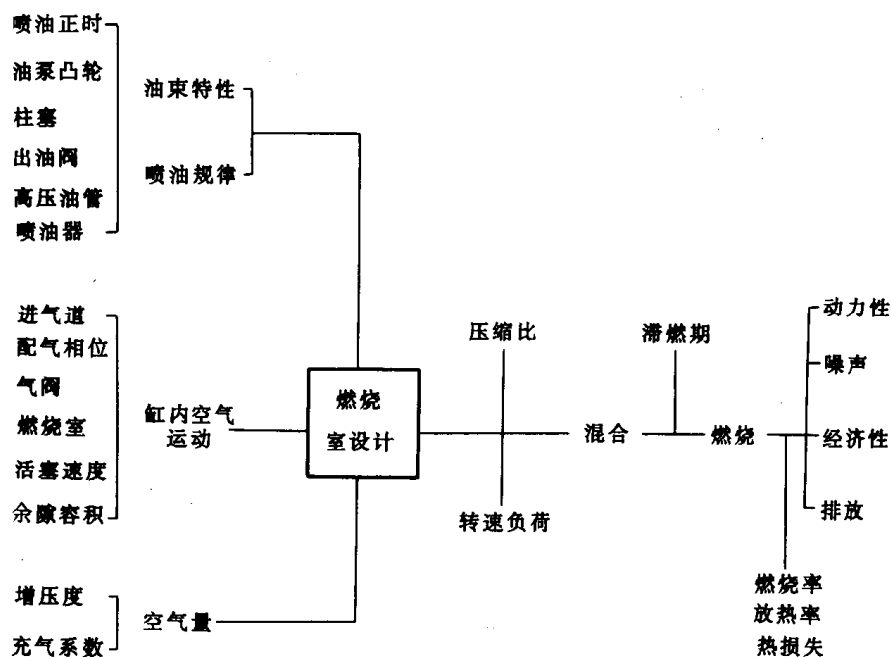


图 2-1 直喷式增压柴油机燃烧过程主要影响因素

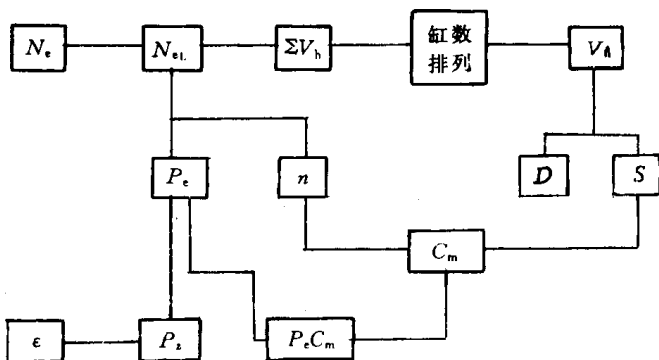


图 2-2 基本技术性能和主要结构参数之间的关系

行程/缸径比:它将影响整机高度、气门流通面积与气缸工作容积之比、曲轴的重叠度、活塞平均速度、摩擦损失和进排气流动阻力。

缸心距:它可根据气缸中燃气密封的可靠性,缸盖螺栓的总截面积和分布,曲轴疲劳强度和轴承的承载能力,冷却腔水流的空间和速度来确定。与湿式缸套相比干式缸套的缸心距可以小些。

曲轴的基本结构参数:它包括主轴颈、曲柄厚度、连杆轴颈和轴承宽度,对整机的尺寸,重量和性能有重大的影响。以缸心距为基础的曲轴结构参数如表 2-1 所示。

表 2-1 以缸心距为基础的曲轴结构参数相对值

项 目	直列式	V 型
相对连杆轴颈直径 $d_p(\text{mm}/L)$	0.51~0.57	0.44~0.47
相对连杆轴承宽度 $l_p(\text{mm}/L)$	0.25~0.29	0.18~0.21
相对主轴颈直径 $d_j(\text{mm}/L)$	0.64~0.70	0.66~0.71
相对主轴承宽度 $l_i(\text{mm}/L)$	0.23~0.27	0.19~0.21
相对过渡圆角半径 $r(\text{mm}/L)$	0.028~0.033	
相对曲柄厚度 $h(\text{mm}/L)$	0.185~0.200	

连杆长度:它可根据整机高度、质量和体积功率来确定,连杆长度与曲柄半径之比会影响