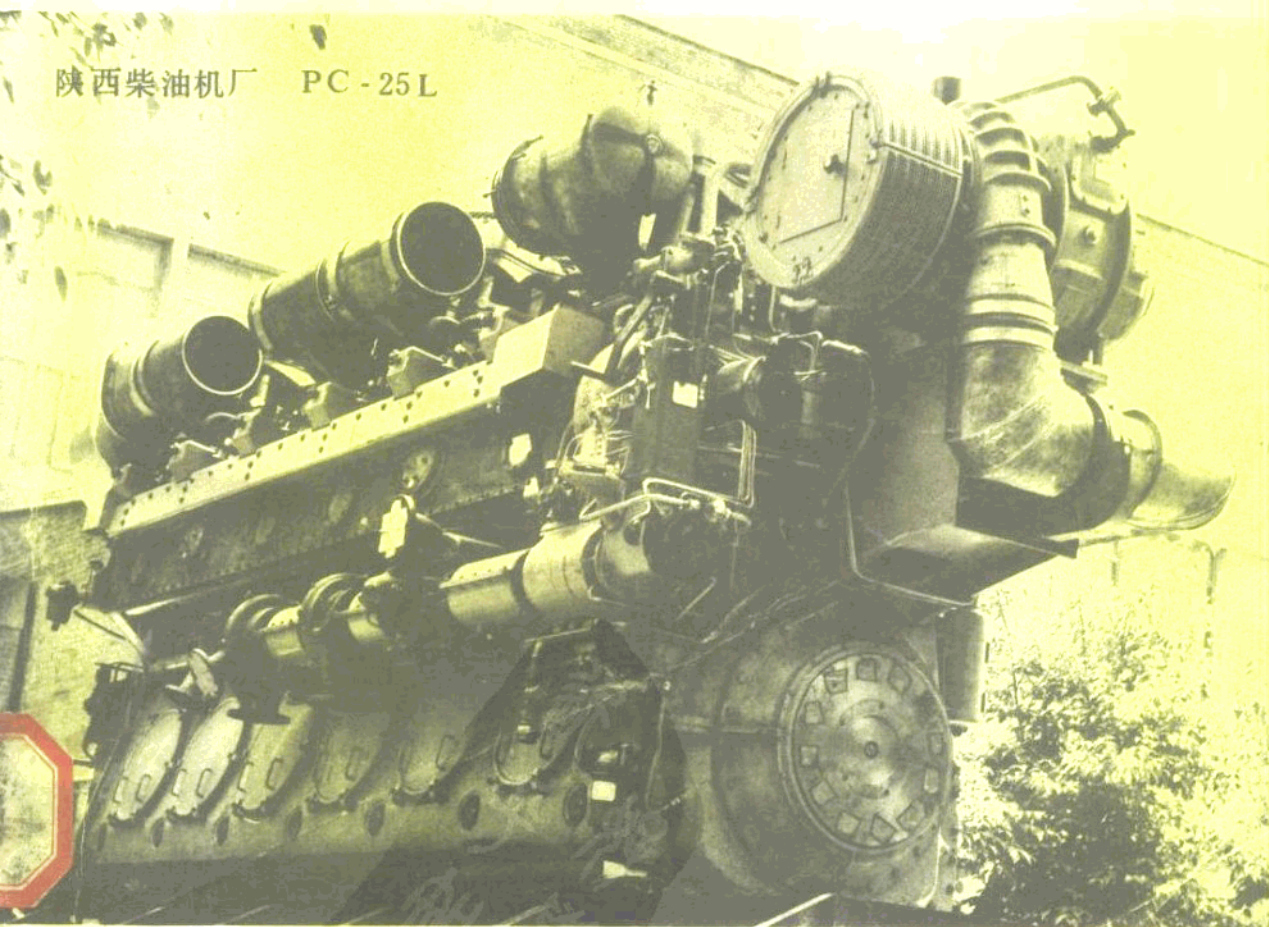


船用柴油机 引进技术消化论文集

陕西柴油机厂 PC-25L



前 言

实行对外开放,按照平等互利的原则扩大对外经济技术交流是我国坚定不移的战略方针。近几年在船用大功率柴油机行业范围内,我们本着这一方针,已与许多国家厂商建立了技术和贸易的合作关系,引进了世界名牌柴油机机型图纸,填补了功率范围的缺挡,提高了我国柴油机方面技术发展的起点,适应了我国造船工业的需要,并增强了打入国际市场的能力。

我们进行社会主义现代化建设,必须立足于自力更生。扩大对外经济技术交流的目的是借鉴国外经验,加速国产化的进程,增强自力更生的能力。因此,我们引进船用柴油机方面的技术是为我国造船建设事业服务的。其途径有二:

一是把引进技术进行生产性消化并组织生产,使其更快更好地满足市场的需要。这几年经过各方面的共同努力,有好几种机型已生产成功,投入使用,反映良好。零部件自给率亦逐年增加,这充分证实我们有能力制造出具有国际第一流水平的柴油机,亦为提高自己的产品水平创造了条件。

二是对引进技术进行科研性消化并移植、发展自己的产品。这个主要环节,现在已开始引起注意,但我们还要呼吁有关领导机关要制定一个政策。规定出口船、远洋船和特种船舶近阶段可采用引进国产机,原则上不买国外机;沿海船舶及其它国内船原则上采用国产机,不用引进的国产机,而国产机的水平应相当于或稍低于现在的引进国产机水平。有这一条政策才能保证我们自己机型的发展。否则移植、发展均得落空。消化、移植、发展我们自己的机型要有个规划。前十年内可把引进国产机和国产机经过分析论证,统筹衔接成谱。明确提出要发展哪些、淘汰哪些。明确了发展对象,就要按对象各自的情况和需要,提出有针对性的消化和移植内容。这样可事半功倍,见效显著。后十年应在前十年基础上,有目的地发展某些机型以代替引进国产机。一个新机型成长过程,需要通过多次信息反馈,从而不断改进、提高,臻臻完善。只要我们认真贯彻科技工作要面向经济建设,经济建设必须依靠技术进步的战略方针,有关方面加强组织领导,统筹规划,齐心协力、密切配合,完全能够做到。

一九八四年六月二十一日至二十四日在哈尔滨市召开了引进技术消化座谈会,开得及时,效果良好。在会上交流了各自研究的心得和成就,并明确了今后要开展的重点项目,从而汇编了这本论文集,为今后进一步消化进而升华打下了基础。特借此前言,深表欣慰。

钮济昌

一九八四年十月

船用柴油机引进技术消化论文集

目 录

前言	钮济昌
1. 略论船用柴油机引进技术的消化和提高	杨光升、王立庚、张洪义 (1)
2. PA6柴油机现状和发展	郑守智 (10)
3. PA6—280柴油机活塞裙型面规律的测量与分析	刘佳才、石振东、何金余、李秀华 (17)
4. 凸轮几何参数最小二乘法的确定	徐伯清、邹治杰、江海湧 (30)
5. 法国热机协会 (SEMT) 扭振计算的分析报告	王芝秋、祝丹 (40)
6. PA6柴油机进排气阀和齿轮类零件的用钢及冶金技术要求的分析	郭铮匀 (50)
7. PA6—280柴油机燃油系统的计算分析	周良弼、王华斌 (64)
8. PA6—280柴油机用于水下工况的分析计算	徐惠英 (72)
9. PA6—280柴油机的工作过程及配套计算	张洪义、邹德全、王和临 (82)
10. 为消化PA6—280柴油机性能用的试验系统的研究	初立生 (95)
11. PA6—280柴油机活塞热负荷的有限元计算	张凤春、连钢、杨声 (107)
12. PA6—280柴油机燃油喷射系统的分析研究	贾锡印、苏俊 (117)
13. PA6柴油机进排气道吹风试验	李凤亭、马强、王和临 (130)
14. PA6柴油机活塞型面的实测与拟合	石振东 (135)
15. PC2—5机架加工工艺分析	田宗玉 (143)
16. PC2—5V与PC2—6V柴油机总体布置特点	孙吉柱 (159)
17. PC2—5V柴油机机架横隔板试制	肖碧亮 (166)

18. PC2—5V柴油机气缸盖铸造实践·····	项志平 (177)
19. 20/27柴油机的引进和国产化·····	蒋聪璜 (183)
20. 20/27柴油机主要件的机械加工·····	吴纪禹 (187)
21. 引进产品设计工作的探讨·····	乐俊华 (194)
22. 对引进的船用柴油机油滤器的消化·····	孟庆铎、王立庚 (200)
23. 对VTR·····系列增压器进行消化及提高的几点看法 ·····	王有槐、陈冠华 (214)
24. ZJMD— $\begin{smallmatrix} \text{MAN} \\ \text{B\&W} \end{smallmatrix}$ 23/30与28/32中速柴油机特点及首批机试验情况 ·····	杨承洪、刘德建 (223)
编后记·····	《论文集编审组》 (229)

略论船用柴油机引进技术 的消化和提高

杨光升 王立庚 张洪义

摘 要

本文概述了船用柴油机技术引进的背景和近况；着重论述了引进技术消化提高的重要性、主要内容以及当前进展情况；分析了PA6柴油机发展及其消化提高的技术途径和重点；并对进一步开展我国船用柴油机引进技术的消化提高工作提出了建议。

自1978年以来，我国先后引进了十几项船用柴油机及其配套件的先进技术（见表1和表2）。引进规模远远超过了建国初期的第一次船用柴油机引进（见表3）。

建国后的第一次技术引进，为我国船用柴油机制造业的发展打下了较好的基础，也为我国自行研制船用柴油机作了必要的技术准备。但由于种种原因，同工业发达国家相比仍有较大的差距。船用柴油机的科研和生产，既不能满足交通运输事业和国防现代化的要求，也不能适应建造出口船舶的需要。因此，引进船用柴油机先进技术势在必行。

通过技术引进和生产，可以较快地提高生产的起点，逐步满足国内市场和国际市场的需求；将引进机技术移植到我国现有的机型上可以进一步提高其性能，缩短与国外的差距。有计划有目的对引进机的发展过程、设计思想、结构特点、以及关键工艺进行分析研究，融会贯通，可以提高我们的配套能力、设计能力，可以为我国自行研制柴油机服务，进一步增强我国自力更生的能力，促进国民经济的发展。

表1 船用柴油机的引进项目

序号	项 目 名 称	技 术 转 让 厂 商	引 进 机 型 号
1	低速柴油机制造技术许可证协议	瑞士苏尔寿兄弟有限公司	RLA (56,66,76,90) RLB (56,66,76,90) RNDM(68,76,90) RTA (38,48,58,68,76,84)
2	低速柴油机许可证协议	丹麦B&W柴油机有限公司	K/LGFCA (45,55,67,80,90) K/LGSCA (45,55,67,80,90) L-MCE(35,50,60,70,80,90)

续表

3	中高速柴油机许可证协议	法国热机协会有限公司 (SEMT—彼尔斯蒂克)	PC(2-2,2-3,2-5,2-5BTC) PA6,PA6BTC
4	中速柴油机专有技术转让合作生产和补偿贸易合同	西德曼恩·奥斯堡—钮伦堡机械制造公司	L20/27,V20/27 ASL25/30,ASV25/30
5	中速柴油机制造技术许可证协议	丹麦B&W柴油机有限公司	T23L S28L
6	大发柴油机许可证合同	日本大发柴油机株式会社	PS系列(PK-16,PS-22,PS-26) DS系列(DS-18,DS-22, DS-26,DS-28,DS-32)

表2 船用柴油机配套件的引进项目

序号	项目名称	技术转让厂商	引进型号
1	废气涡轮增压器制造技术	瑞士布朗·包弗利有限公司	VTR0(160,200,250,320, 400,500,630,750,900) VTR1(161,201,251,321, 401,501,631,751) VTR4(354,454,584,714)
2	联轴节和减振器制造技术	奥地利盖斯林格有限公司	弹性阻尼联轴节轴、弹性阻尼减振器和挠性杆联轴节轴
3	船用齿轮箱许可证协议	西德 罗曼·斯托尔福特公司	GW系列、GC系列、 GVA系列
4	柴油机曲轴锻造技术	日本, 制钢所	
5	船舶电站用发电机制造技术	西德 西门子股份公司	1FC5船用无刷同步发电机系列(标准型、长度变更型、防护变更型)

表3 五十年代柴油机引进项目

序号	项目名称	引进型号
1	高速柴油机	M503
2	高速柴油机	M50φ—3
3	中速柴油机	40Д
4	中速柴油机	9 ДМ
5	中速柴油机	37Д

利用引进他国先进技术来促进本国船用柴油机科学技术的发展,已经是世界上的普遍做法。不只是科技落后的国家要引进技术,发达国家也要引进他国的先进技术。如:法国在低速机方面依靠引进国外技术进行生产;在高速、中高速和中速机方面,在自行研制的同时又引进国外先进技术,如引进西德MTU公司的制造技术,法国SAMP公司与MTU公司联合研制的MT40、H672型高速机。西德在高速机的生产方面虽居世界领先地位,然而布隆·福斯造船厂却引进法国PC2—5柴油机的制造技术。日本引进船用柴油机的历史则更长,机型更广泛,1926年三井造船公司就购买了丹麦B&W公司的柴油机制造技术进行生产。1960年日本船用柴油机生产量居世界首位,1970年大功率船用柴油机总产量为386万马力,占世界总产量的42%,但是除三菱重工研制的UE、UEC和WZ、ZC系列柴油机外,石川岛播磨、三菱重工的神户、广岛和长崎船厂、住友重机、浦贺重工以及日立造船等引进瑞士苏尔寿公司的柴油机技术;日立造船、三井造船、三菱长崎引进丹麦B&W公司的柴油机技术;石川岛播磨、日本钢管、富士柴油机厂、新泻铁工等引进法国SEMT—彼尔斯蒂克PC系列柴油机;石川岛播磨、日本钢管、富士新泻等引进法国SEMT—彼尔斯蒂克的PA柴油机技术。其中石川岛播磨在30年间引进了三次柴油机技术,日本钢管在十年间引进了两次。据统计,丹麦B&W柴油机公司的柴油机技术输出给15个国家26个公司,在1978年B&W公司的柴油机产量仅占总产量的5%,而其余95%为技术引进方生产的;瑞士苏尔寿公司柴油机技术输出给17个国家33个公司,1978年苏尔寿公司的产量仅占其总产量的6.35%,而技术引进方的产量为93.65%。由此可见,技术输出和引进的广泛程度。

技术引进的目的是促进本国科学技术和生产的发展。日本1964年引进PC机的技术,经过8年的发展,1972年与法国SEMT共同研制成12PC4V;三菱神户在1949年引进苏尔寿机后,于1956年发展了UEC与UET型机;日立造船1951年引进B&W机后,1972年与B&W公司共同发展了T20HM,1977年发展了2XK450GT等,法国是在利用西德柴油机技术的同时发展PA和PC系列机的。

几年来,我国引进机的生产,各单位都作了大量工作,已经取得了很大成绩。目前生产的引进机的主要参数见表4。我们相信,随着用户需求的增长,生产的机型和数量必将进一步增多。

在生产引进机的同时,选定国内较好的43/82B型低速机、390和G300型中速机为重点,借鉴引进技术以进一步改进提高,是正确的。实践表明,在43/82C型机的研制和390型机的攻关中均取得了可喜的成果。

消化引进技术,具有重要的意义。它不但是引进机国产化所不可缺少的,而且是掌握他国先进技术,提高竞争能力所必需的。搞好引进技术的消化工作,对柴油机的科研与生产均将起到很大的推动作用。

生产性消化包括:(1)对引进技术软件的掌握,涉及到图纸和技术文件的翻译、整理与分析,各种标准的分析和采用,材料、标准件、通用件的分析 and 代用,(2)对制造

工艺的研究验证和实施；（3）对燃油、滑油的试验和认可；（4）对关键零部件的制造、试验和认可；（5）建立和完善生产线、热加工、冷加工、装配、试车等。

生产性消化是整个消化工作的基础。只有通过批量生产才能更好地积累生产性消化的经验，也为科研性消化提供有力的条件。随着生产机型的增多，产量的增加，生产性消化还将长期进行下去。

科研性消化包括对引进机的结构特点、热力性能、操纵使用性能等诸方面进行理论分析和试验研究，从而对引进机的设计思想、设计方法以及技术发展途径获得更深入的认识，找出其内在的规律性。科研性消化还包括补充开发性研究，它是对引进机国产化所必需的、而许可证输出方没有提供的专有技术进行研究。近几年来，这方面的研究如对引进机所需的燃油滤清器、滑油滤清器和中冷器等均有显著的进展。上海船用柴油机研究所和大冶船舶辅机厂共同研制的KLZ—92W型和KLZ—210型空冷器，经台架对比试验和配机试验表明补充开发性研究是成功的。表5列出了法国CHAUSSEON公司和西德GEA公司的空冷器和KLZ系列空冷器在额定工况下的性能参数。从表5可以看出：（1）补充开发性研究的KLZ—92W型和KLZ—210型空冷器在阻力特性方面比法国和西德的都好，传热特性方面较接近。总之其综合性能指标已达国际先进水平。（2）从6PA6L—280型和12PC2—5V—400型柴油机对空冷器的要求来衡量，该两型空冷器完全满足整机要求，可用于国产化引进机，而且得到了认可。（3）在空冷器的补充开发研究中，由于贯彻了“三化”原则，目前已经制订出我国船用柴油机空冷器标准。

实践证明，加强科研性消化，强调开发性研究，才能真正缩短我们同许可证输出方之间的差距，才能在激烈的竞争中摆脱被动的局面，从而提高竞争能力。

表 5

性能参数，单位	6PA6 整机要求	试 验 结 果		12PC2—5 整机要求	试 验 结 果	
		法 国 CHAU SSON	KLZ— 92W		西德GEA	KLZ— 210
冷却效率	0.8489	0.9105	0.9076	0.883	0.955	0.934
冷却容量 千卡/小时℃		7395	7295	10250	14860	12930
空气压力损失 公斤/米 ²	340	91.53	83.4	354	87	45.2
空气冷却度，℃	118	126.56	126.16	112	121	118.4
冷却水温升，℃		17.28	17.22		4.63	4.53

生产性消化与科研性消化是相辅相成的，只有把两者紧密地结合起来，才能构成全面的消化工作。

引进机的国产化与引进技术的消化工作是密切关联的，但又有区别。引进机国产化主

要是指按许可证输出方提供的图纸和技术文件把引进机制造出来,并达到合同的要求。引进机国产化包含着丰富的内容,它既含有生产性消化,又含有科研性消化。因而涉及的问题不仅有消化工作,还有经营管理、生产管理、配套协作、专业化生产、技术改造等。总之,引进机的国产化要做到在品种、质量、效率、价格、交货时间和其它服务等方面均具有竞争力,以适应国际市场和国内市场的要求。市场对船用柴油机的要求是有强烈的时间性的,拖延时间,就会失去成交的机会,就会丧失市场。因此,必须加速引进机国产化的进程。

四

PA6—280柴油机的科研性消化工作始于1982年。原六机部于1982年决定制造三台PA6单缸机并下达了PA6科研性消化的任务。

哈尔滨船舶工程学院进行的PA6柴油机的消化工作主要有如下几点:

1. 理论分析和计算工作。包括柴油机工作过程及增压器与柴油机的配合工作估算、燃油系统的理论计算、动力及扭振计算、活塞温度场及应力场计算、活塞冷状态型线的拟合及分析计算、进排气阀凸轮型线的拟合与分析等。

2. 试验与测量工作。在气道试验台上进行了法制缸头及国产缸头的对比吹风试验。试验表明其流通特性接近、而与法国的试验曲线基本吻合。还对进口活塞的型线进行了精确的测量。

3. 为满足PA6工作过程的消化,主要是燃烧与配气、活塞热负荷方面的工作,以及今后进一步提高性能指标的探索研究,改建了原单缸试验台,该试验台能满足单缸500马力甚至600以上马力的试验,配备了8公斤/厘米²压力,40米³/分气量的压气机站,并配备了五个自动化系统,可以自动备车、自动监测、自动控制、自动报警和自动记录。还配备了柴油机速变参数的测量、数据处理与记录的专门仪表,为PA6的性能消化工作创造了有利条件。

4. 为了研究PA6柴油机的燃油系统和燃油喷射过程以及与单缸试验台配合起来对燃烧过程进行研究,设计了PA6油泵试验台。并改装了6135柴油机超高增压试验台,以便开展超高增压的探索工作和PA6机的发展工作。

通过两年多的实践,我们感到科研性消化的确是非常重要的。例如:通过活塞型线的拟合、根据图纸给出的数据及实测数据,找出了活塞冷状态的型线方程,按该方程计算的数值与图纸值仅差0.001毫米,这样就为活塞的加工提供了理论依据;再如,凸轮型线的拟合找出了凸轮是按摆线规律设计的,这对凸轮的加工及深刻理解配气机构及供油规律提供了依据;又如扭振计算,根据我们自己编制的程序进行计算与法方公布的依SEMT程序计算的数据完全一致,不仅证明了程序的正确性,也为今后PA6机的配船、配车使用提供了有力的手段。

目前PA6的科研性消化尚处于初始阶段,这方面的工作还有待于深入下去。我们认为从目前市场需求情况和PA6机具体情况出发,现在应该加速这方面的工作。

五

法国热机协会于1969年开始设计PA6—280柴油机,事隔两年,国际铁联及其检验局通

过了18缸机的定型, 73年正式提供商品。两级涡轮增压试验于1973年在四缸PA6机上进行, 半年后又在12缸机上进行。其单缸功率达到550马力, 并通过500小时的耐久试车。1976年, 法国海军装备展览会上展出了二级涡轮增压18缸PA6机, 整机功率达12,600马力。

PA6机主要用途在四个方面(见图1)。开始主要用于发电和商船, 后来逐渐用于应急发电和军舰, 到79年以后用于军舰的数量大增, 其开发性研究的主要内容有以下几点:

1. 二级涡轮增压系统的开发。采用二级涡轮增压(总压比 $\pi_c \geq 5.35$), 低压缩比($\varepsilon = 8.5$), 为解决启动, 在高、低压涡轮之间加一蝶伐, 启动时关闭蝶伐, 这种低压缩比二级涡轮增压系统称为BTC系统, 由于使用BTC系统其单缸功率先后达到550马力、600马力及700马力。

2. MPC系统的研究与开发。所谓MPC系统, 实质上是一种串联式脉冲转换系统, 细短的支管设计成逐渐扩形的, 与一总管连接, 其总管直径比定压系统的细, 其中一缸排气的高速气流对某些缸产生引射作用, 涡轮前的压力波动小, 因此这种系统从理论上讲具有脉冲转换系统的特点, 但结构简单, 类似于定压系统。MPC系统的出现引起了柴油机界的重视, 性能上它具有脉冲转换系统的优点, 结构上兼有定压系统的优点。

3. 长冲程PA6—280CL机的开发。普通型PA6机行程为290毫米, 长冲程增为350毫米, 在保持单缸额定功率400马力不变的情况下, 将转速改为720~750转/分。原机主要件均通用, 只改变连杆、曲轴、气缸套, 而气缸体则设计一个中间过渡体。长冲程机的油耗降低了10克/马力小时, (全负荷时 $g_e = 137$ 克/马力小时, 90%负荷时 $g_e = 135.5$ 克/马力小时) 气缸排气温度降低了50℃, 如果仍使用01系列增压器, 则长行程机的油耗降低7克/马力小时, 排温下降30℃。由于长行程机的转速低和燃烧平缓, 其总噪音不超过104分贝。

4. 对燃料“予喷”系统的研究。燃料“予喷”主要用在PA6—BTC柴油机, 该方法是在油泵柱塞上加一环形槽, 其槽的位置与套筒周壁上的小油孔对应, 实现两次喷射过程, 第一次喷射发生在主喷射前17°曲柄转角左右。这种方法改善了低负荷、低转速的性能, 使最高爆发压力, 烟度及油耗均降低。

5. 在PA6机上进行燃烧重油的试验研究。

SEMT研究所对PA6机的开发研究十分重视, 该研究所有六个单缸试验台。在单缸机试验台上主要进行燃烧过程的研究; 四缸机上主要进行新零件及旧零件的改进研究; 在八缸机上进行提高整机功率的试验研究; 12缸机主要用于耐久试车。SEMT研究所的圣丹尼研究中心的燃油实验室, 还专门研究劣质燃油的处理方法, 并向用户提供使用燃油的依据。总之, SEMT研究所和皮尔斯蒂克公司在PA6机上进行的科研工作是多方面的, 他们有先进的试验手段和雄厚的技术力量。在增压方面进行了一级增压、二级涡轮增压、旁通调节、旁通废气加热、MPC系统的研究; 在燃烧方面进行“予喷射”、重油、渣油等多种燃料的研究; 对整机和零件的强度、振动、可靠性、耐久性方面进行研究; 对自动控制、安全保护及运行情况进行研究等等。正是由于这些理论研究及试验才使PA6机达到现今的水平, 技术储备雄厚、技术指标不断更新。

我们认为, 要以引进技术作为我们的科研工作的新起点, 应加强对引进技术的技术发展途径进行必要的分析和研究, 并在此基础上加速我们的开发性研究工作, 其中有的研究

成果也可以应用到引进机上去。那么，PA6的科研性消化的重点和技术途径是什么呢？

1. 增压方面：要重视MPC系统及BTC系统的研究，这是PA6机区别于其它名牌机型的特点。经分析我们认为：单缸功率在550马力以下，即在一级涡轮增压的范围内，要

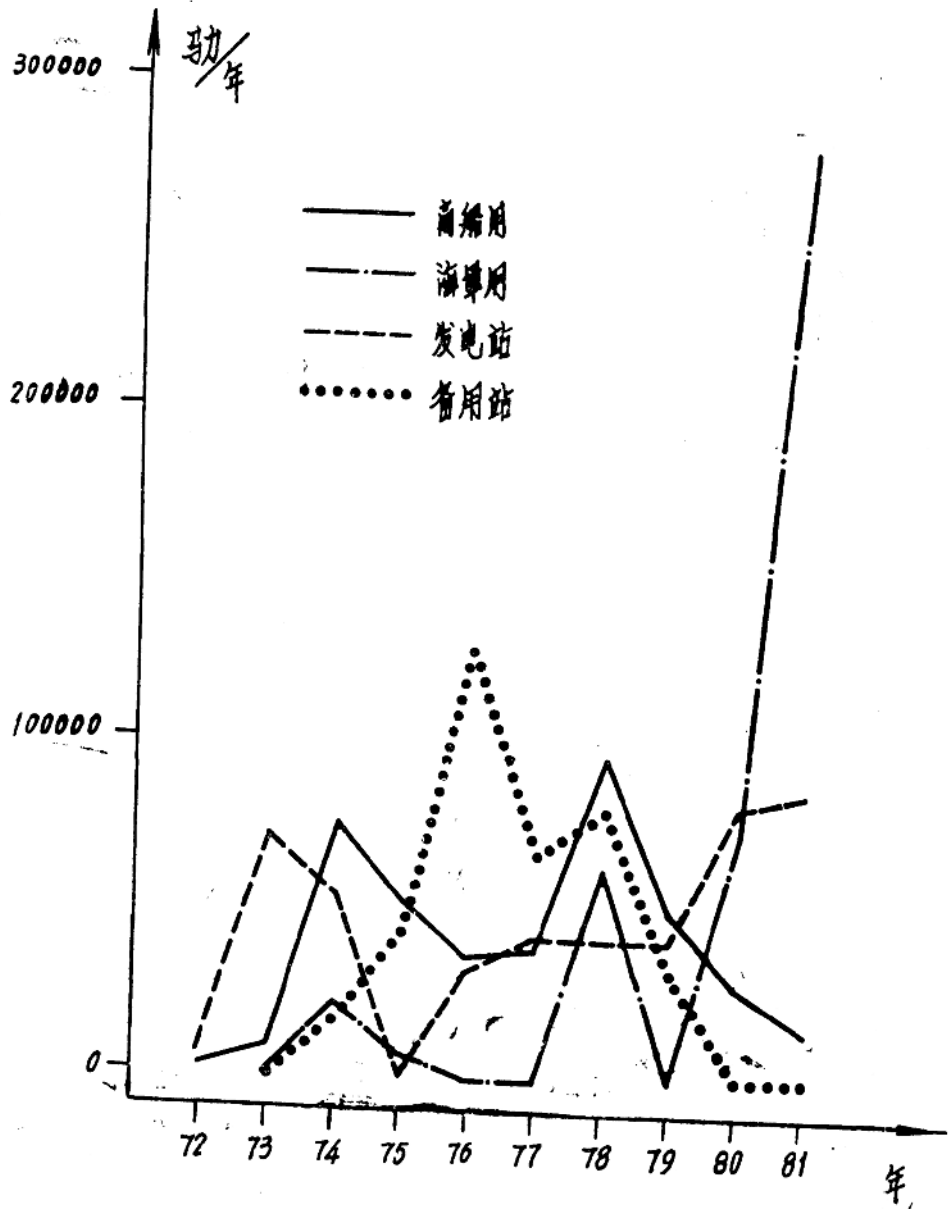


图1 PA6发动机重要用途情况

着重研究MPC系统。脉冲系统和定压系统的适用范围；在单缸功率超过550马力的超高增压方面研究BTC系统，同时也要对其它增压形式进行比较性研究，如Hyperbar系统（又称旁通补燃系统），顺序增压系统等。方法是通过多系统、多方案的理论分析，选择各自的最佳方案，并在此基础上进行认真的对比实验。

2. 供油、燃烧方面：PA6单缸功率变化范围大，为适应不同单缸试验机，对双泵或多泵燃油系统进行深入地研究，我们应以单缸试验机、双泵或多泵燃油试验台为中心，开展这方面的试验研究工作。通过理论计算与试验分析找出适于PA6机的喷油规律与燃烧放热规律之间的关系，从而将预报性计算提高到一个新水平。由于影响喷射规律的因素多，因此实验工作量大，在试验中应采用优化设计的方法，尽量减少试验次数，缩短试验周期，节省实验费用。在开发性研究中应考虑电喷系统在PA6机上的应用，这是基于目前的供油系统是开环调节，在额定功率很高情况下，其喷射规律难以满足各种工况的要求，而电喷射系统是闭环调节系统，可以从优化的观点满足各种工况的要求。应该把微处理机控制的电喷系统的研究做为PA6机的开发性研究的重点之一。

3. 振动、噪音及冲击控制技术方面

船用PA6机要特别注意减振、减噪方面的研究工作，对振源和声源，隔振和消振，隔声和消声方面要进行细致的工作。过去国内对这方面的研究工作重视不够，缺乏必要的设备与手段，今后要加强这方面的工作，同时也要开展防冲击措施的研究工作。

4. 对关键零部件进行结构改进的试验研究工作。国外对关键零部件的结构改进试验工作十分重视，建立了各种形式的实验台，进行长期的实验与考核，提高了零部件设计的合理性及可靠性。国内过去对这方面的工作重视不够，在PA6的科研性消化中应加强这方面的工作。

5. 大力加强12PA6机的改型研究。这个问题将专题阐述。

6. 开展PA6机在特殊环境条件下使用的试验研究。这个问题也将专题叙述。

以上六个方面的工作，都有大量的试验内容，除建立必要的试验设备外，测试技术的水平是至关重要的。先进的测试手段，进行精确的测量与数据处理是十分必要的。因此在PA6的科研性消化中，要特别重视测试技术队伍的培养和测试技术本身的研究，在尽量立足国内的条件下，应有选择地进口先进的测量仪表。

六

为了进一步搞好引进技术的消化工作，提出以下建议：

1. 统一认识，排除障碍

消化引进技术的重要性，大家的认识逐步比较一致，然而在消化什么和怎样消化的问题上还有待于进一步地讨论和明确。

此外，消化工作必须以我这个单位为中心的思想，消极等待的思想以及争项目、争投资、争费用的问题，在某种程度上也都妨碍着消化工作的进一步开展。开展消化工作必须有全局观点，不能象1958年以来，特别是文化大革命以来，某些柴油机只在一个工厂、一个研究所、一所学校封闭式的全部包下来的搞研制，其结果既造成人力和财力的浪费、时间的拖延，又造成许多不必要的低水平的重复劳动。

2. 制订规划，加强管理

船用柴油机引进技术的生产性消化和科研性消化均应列入目前正在制订中的中长期科技发展规划，并通过年度计划加以实施。

加强管理，一要组织落实，二要限期抓出成果，三要通过各种合同制充分发挥计划管理和市场调节的作用，特别要发挥引进机制造厂在消化工作中的主导作用，使工厂在消化工作的组织、经费、选题等方面有更多的自主权。

3. 消化工作是当前科研的重点

引进国外技术是迅速发展我国船用柴油机的捷径，必须把消化工作作为科研的重点。当前应当把有限的科研经费较集中地投在消化工作上，使引进技术很快地发挥效益，也为今后的发展提高及自行设计提供了技术储备。

4. 全面而有重点地开展消化工作

生产性消化的目的是把引进的技术尽快地转化为生产力，因此对生产性消化必须全面而深入地进行。所谓全面就是要对同类型的引进机进行对比、分析和研究。所谓深入就是要充分利用现代测试技术和分析手段对一型引进机的结构、材料、工艺、性能乃至装配、试验、包装、使用等各个环节都进行透彻的剖析。

科研消化的内容多，难度大，有的周期比较长，同时还必须具备一定的条件方能进行，因此，当前应根据国内外市场的需求情况和实际可能，有选择、有重点地进行。当前的重点应放在生产急需的课题上。

5. 组织起来，分工协作

“眼前我国科技人员少，是弱点。但是，我们是社会主义国家，制度好，能够把大家的力量组织起来。”组织起来，密切合作，把有限的人力、物力和财力集中于消化上，才能扬长避短，发挥各方面的积极性，才能合理分工，避免重复，杜绝浪费。

生产性消化应以引进机制造厂为主，所、院校参加。科研性消化应视具体情况，或者以引进机制造厂为主，所、院校参加，或者以所、院校为主，引进机制造厂参加。组织起来的形式应多样化，不要绝对化和一刀切。

6. 总结经验，加强交流

建国后的第一次船用柴油机技术引进，所走过的是一条曲折的发展道路，既取得了很大的成绩，也付出了可观的学费。其特点是：（1）全部为单机引进；（2）当时的工业底子差；（3）厂、所、院校的合作密切；（4）对第一次引进机的改进提高重视不够。正确地吸取这些经验，对于当前的消化工作是有益的。

近几年来，各单位在引进技术的消化工作上都做了许多工作，取得了不少经验。认真总结和及时交流这些经验，对加速引进技术的消化工作会起促进作用。

以上各点仅供领导和同志们参考，由于水平所限，错误在所难免，敬请批评指正。

PA6柴油机现状和发展

408厂 郑守智

摘 要

本文从柴油机的尺寸、结构、性能等方面述叙了法国热机协会PA6柴油机及其变型机的设计思想,以及为实现这种设计思想所采取的措施。介绍了柴油机在国外的使用情况,分析了PA6柴油机尚待改进之处,并提出改进的建议。为满足用户对经济性的要求,文中对降低制造成本和营运费用的问题也作了阐述。

引 言

我国于一九七八年十月与法国热机协会签订了PA6柴油机生产许可证协议以来,已经生产了六缸机和十二缸机,并将根据用户的需要生产其他缸数的柴油机。PA6柴油生产技术的引进,受到国内柴油机界的普遍重视;对柴油机在我国试制成功,给予了高度的评价。

在近五年来,PA6柴油机在世界其他各专利厂得到了迅速的发展,不但PA6柴油机本身可靠性和经济性不断提高,而且相续发展了PA6—BTC, PA6CL, PA5等机型。扩大了PA6柴油机的使用范围,使PA6柴油机更具有竞争能力。

在我国也应利用引进技术,开展对PA6柴油机的改进提高工作。对PA6柴油机及其变型机从发展情况、存在的问题和使用等方面进行简要分析,了解该机特点,将有助于发展改进我国柴油机的设计研究工作。

一、PA6柴油机

用户对柴油机的使用要求,主要是性能好,功率、外形尺寸、整机重量指标满足需要,维护方便,使用可靠,经济性好等。设计一种新的柴油机,要和用户的使用要求,合理的选择几何参数,可能达到的热力参数和制造水平相联系,应具有先进性和竞争能力。要用途广,有进一步发展潜力,这是PA6柴油机设计的主要特点。

1. 概况:

六十年代末期,内燃机车在一些铁路运输高度发达的国家里,与电力机车和公路运输相竞争。内燃机车的大功率化受到了普遍的重视,在美苏等国都先后制造了6000马力以上的内燃机车。由于缺少大马力内燃机车柴油机,所以每台机车大都采用双机组来实现大功率化,维修费用高,很不经济。因此,要发展大功率内燃机车,首先必须发展大功率柴油机,在技术上柴油机难度较大,它是发展内燃机车的关键设备。

同时,中等排水量的舰船主机的柴油机功率也要求达到单机功率数千马力到上万马力。对柴油机的尺寸重量要求和大功率机车柴油机是一致的。在新柴油机设计中,无不考

虑机型的系列化和通用化问题。

近年来，特别是在非洲一些国家中，工业电站得到了迅速发展。这些国家由于地理条件限制，不宜建造蒸汽动力电站，而柴油发电机组由于造价低，轻便灵活，得到了广泛的应用。对柴油机的功率要求，与车用船用相近。

这些要求为PA6柴油机的设计提供了依据。

2. 设计过程：

要设计大功率柴油机，就要分析影响柴油机功率的诸因素，并找出解决措施。柴油机功率取决于气缸直径，活塞平均速度，平均有效压力和气缸数目。按当前柴油机技术的发展，商品机的平均有效压力已达20公斤/厘米²左右，活塞平均速度中高速机达10米/秒，要想提高这两个参数要解决不少技术难题。增加柴油机的气缸数目也给使用维护带来很多不便，而机车和轻型高速舰船主机以V型气缸排列为宜，以V12~V16缸为多，近年来个别机车柴油机为了达到高的单机功率，有的发展到20缸。

在上述诸因素中，柴油机的功率与气缸直径的平方成正比，因此它是影响柴油机功率的重要因素。问题是制造一种功率尽可能大的柴油机，尽量选取较大的气缸直径，这种柴油机要能安装在机车内部，其外形尺寸符合国际铁路联盟的机车柴油机界限尺寸规定。

柴油机要适用于舰船和工业电站，还要考虑系列化，主要零部件设计还要符合船级社的规定，要能燃用多种燃料等。

按上述功率等级，单缸功率应定为400马力，考虑装车的可能性，最后选定的参数为气缸直径280毫米，活塞行程290毫米，平均有效压力达到20.2公斤/厘米²，活塞平均速度在柴油机转速1050转/分为10.15米/秒。

参数确定后，要达到性能指标，采取了如下的主要措施。

(1) 由于缸径280毫米较大，在结构上要保证装车的尺寸要求，尽量做到尺寸紧凑，重量轻。为此，V型机的V型夹角取为60°，把柴油机的主滑油管，主冷却水管道，柴油机的进气总管都设在V角内与机身铸成一体，增压器和中冷器都布置在V角中。布置在柴油机两侧的单体高压油泵的泵体伸在机身的凸轮轴箱内，以减小柴油机的总宽度。柴油机总的外形尺寸符合装车尺寸要求，是当前机车柴油机缸径最大，单缸功率最大的柴油机。按需要柴油机上还加装了滑油冷却器、过滤器、恒温阀、滑油泵、水泵和燃油输送泵等，外形紧凑整齐美观。

(2) 主要零部件的设计都严格的按设计试验程序。主要零部件如进排气阀、活塞、活塞环、轴瓦、活塞销、烧重油的缸套等，不仅经过试验室试验分析，还要装机试验。一般试验3000小时（其中全负荷不少于250小时）之后，才能作为热机协会认可。允许装商品机使用。各专利厂生产的主要零部件都要做过上述试验后由热机协会认可，保证柴油机的使用可靠耐久。

(3) PA6柴油机不少的零部件都由专业厂设计制造，设计图纸最后由热机协会认可。如活塞、高压油泵、喷油器、轴瓦等都是由专利厂设计制造，技术状况最佳，制造质量优良。主要配套件如增压器、中冷器、滑油冷却器和过滤器等都选用名牌产品，保证了柴油机的性能优良。

(4) PA6柴油机的性能和可靠性是立足于大量的试验机试验之上的，热机协会有四

台PA6试验机,再加上几个专利厂试验机配合,做了大量的零部件改进试验,烧更劣质燃料试验,滑油性能试验,增压系统试验等。试验机要比商品机高出15%~20%的功率进行耐久试验,这就保证了商品机使用中安全可靠。也保证了PA6柴油机不断的改进提高,性能更趋于完善。

(5) 设计时为了满足各种用途的用户需要,大部份零部件有多种供选择的方案,深得用户欢迎。在材料选取上,大量采用球墨铸铁件,保证了强度,也作到了消音减震。

3. PA6柴油机的使用情况:

从第一台PA6柴油机作为商品投入使用以来,至今只不过约十年的历史,发展速度很快。全世界有七个国家九个公司购买了生产许可证,至一九八二年生产的柴油机约有375台。军用舰艇需要量在逐年增加,仅1980年军用达每年30万马力。

截至一九八三年二月统计:

用于商船129台508800马力;

用于军船79台 1315600马力(包括PA6-BTC25台);

用于工业162台877800马力;

用于机车1台 4800马力。

用于商船,主要是中等排水量的船舶主机和大型船舶(如油轮)的柴油发电机组。作为船舶主机绝大部分是采用非逆转机,倒车时采用齿轮箱倒车或采用变距桨。

用于军船,主要是中等排水量的轻型舰艇主机或巡航机组。例如护卫舰、轻型护卫舰、高速巡逻艇、补给船、通讯舰和快速水雷舰等的主机。

用于工业,主要是工业电站和原子能电站的应急发电机组。

在西欧等国由于电力机车和公路运输的发展,而使得PA6柴油机在机车上使用受到限制,用于机车仅一台。

PA6柴油机投入使用以来,有的机组已使用了40000小时以上^[1],零部件经过十几年的使用证明是可靠耐用的,也为PA6柴油机不断改进提高积累了经验。

PA6柴油机由于性能指标先进,功率大,使用可靠耐久,维护方便等优点在国外深得用户的欢迎,享有较高的声誉。在我国投入使用后,也必将受到用户的欢迎和好评。

二、PA6-BTC柴油机

在PA6基础上发展了低压缩比(8.5:1)两级增压PA6-BTC柴油机(BTC为法文低压缩比的缩写)。

1. 概况:

对于中等排水量的海军舰艇,例如护卫舰(Frigates)或轻型护卫舰(Corvettes)要求有较大推进功率,在过去25年中广泛采用燃气轮机动力装置^[1]。燃气轮机的优点是马力大,重量轻,尺寸小。然而其缺点是耗油率比柴油机高出30%左右,特别是部分负荷时耗油率更高。其进排气系统又很庞大,占据了桥楼的大量空间,影响了战斗性能^[1]。为了解决燃气轮机部份负荷耗油率高的缺点,导致复合动力装置的击现。即用较小的燃气轮机或柴油机作为巡航动力,主燃气轮机仅在突击加速时使用。这就是所谓的燃燃交替使用(COGOG)或柴燃交替使用(CODOG)。用柴油机巡航,采用变距桨,其变距桨

较大尺寸的轮毂，是噪音源^[1]，对战斗舰艇的隐蔽性很不利。

为此，热机协会早在一九七三年开始，着手设计柴油机动力装置，以代替燃气轮机动力装置。柴油机的可靠性高，使用寿命长，油耗率低，装置尺寸小，维护方便，使用维护费用低，造价便宜等优点，是其它动力装置无可比拟的。如果单机马力达到10000马力左右，每马力重量低于3.7公斤，完全可以代替护卫舰燃气轮机动力装置。

2. PA6—BTC柴油机：

上述功率和单位马力重量指标，在PA6柴油机上改进提高是容易达到的，实质上是把PA6柴油机的功率提高40%。要提高单缸功率，又不能使原机的机械负荷和热负荷增加，最佳的办法是降低压缩比，采用高增压，即PA6—BTC柴油机。压缩比8.5:1，增压压力4.5~5公斤/厘米²，PA6柴油机的单缸功率可达550马力。但必须解决下面几个问题：

(1) 最高爆发压力和最高排气温度与原机基本相同，使柴油机的机械负荷和热负荷保持了原机水平。但由于压缩比降低，其热效率下降，其耗油率必须控制在用户所能接受的水平。试验证明PA6—BTC在最大持续功率时仅为176克/马力·小时，略为偏高，对这样一个高性能的柴油机来说，还是可以接受的。

(2) 正确选择增压系统。当前一级增压，压比达到4.5~5是困难的，只能采用每级压比略低的两个增压器串联的两级增压。这样在柴油机大扭矩，低转速时扩大了功率的许用范围。

(3) 适当的选择燃油喷射系统。

(4) 合理地解决起动问题和低负荷柴油机的稳定性。

3. PA6—BTC柴油机的起动：

选择压缩比8.5:1，无疑给柴油机起动造成困难，为此柴油机采取了如下措施：

(1) 柴油机和高压空冷器的冷却水予热至40℃，这时进到气缸的空气温度已达35℃，大气温度5~10℃柴油机起动不存在任何困难^[2]。

(2) 在高压增压器和低压增压器之间的排气管上装一蝴蝶阀，这个阀只有两个位置即全开或全关。起动时，此阀关闭，在气缸中的空气再次从排气管吸进，反复进行压缩，直至压缩到着火温度为止，这个方法对起动来讲是完全有效的。

这个阀全关时，有足够的旁通截面，允许排气少量排出。它的启闭由燃油齿条控制^[2]。

(3) 采用予喷燃油系统。予喷提前角为37°，主喷提前角为17°。在压缩过程期间，予喷入燃烧室少量的燃油，这将促进正常（主喷）喷入燃油的引燃，使燃烧压力变化平稳，降低了低负荷时耗油率。这个予喷系统是很简单的，喷油泵柱塞上增加一个斜面，这个斜面的结构是使得在柴油机负荷增加时予喷的油量减少，这将改善由压缩比降低而引起的起动困难和低负荷的稳定性^[1]。

(4) 加装起动助燃装置，即在起动时向柴油机的进气管喷入轻质易燃的碳氢燃料，促进柴油燃烧，使柴油机很快予热。

4. PA6—BTC的主要性能参数：

下表给出单缸功率550马力的商品机的性能参数，并与PA6柴油机比较。