

机械工程

生产实习指南

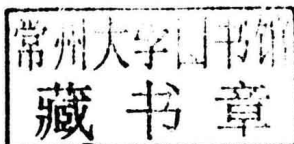
JIXIE GONGCHENG SHENGCHAN SHIXI ZHINAN

◎ 黄国权 刘树珍 等编著

 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

机械工程生产实习指南

黄国权 刘树珍 崔作峰 穆永浩 编著
王宏超 王国成 赵雪壑 于金平



内 容 简 介

本书主要内容包括:生产实习大纲、船用柴油机与企业;船舶结构、低速柴油机结构组成与工作原理;船用低速柴油机典型零件机械加工工艺;船用低速柴油机主机部件装配工艺;船用柴油机数字化装配工艺等内容。

本书适合高等学校机械设计制造及其自动化专业的本科生及在船用柴油机企业实习的学生作为生产实习教材,也适合高等职业学院作为生产实习教材使用,对于从事船用低速柴油机的机械加工及装配的工程技术人员也具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程生产实习指南/黄国权等编著. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2018.6

ISBN 978 - 7 - 5661 - 1966 - 7

I. ①机… II. ①黄… III. ①机械工程 - 实习 - 指南
IV. ①TH - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 117537 号

选题策划 张淑娜
责任编辑 史大伟
封面设计 刘长友

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 8.75
字 数 219 千字
版 次 2018 年 6 月第 1 版
印 次 2018 年 6 月第 1 次印刷
定 价 24.80 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

生产实习是根据教学计划安排的非常重要的必修实践性教学环节,是学生将课堂上所学的理论知识、专业知识和实际应用相结合的重要环节。通过生产实习,学生能够了解和掌握本专业的基本生产知识,印证、巩固和丰富已学过的专业知识;了解现代企业中生产组织情况及产品的生产过程,扩大知识面;培养学生理论联系实际,运用所学专业知识和在生产实际中调查研究问题、观察分析问题、解决实际问题的能力和方法以及创新精神;培养在企业中学习和工作的习惯和方式,为未来在企业中工作打下一定的基础。

为了更好地落实“高等学校本科教学质量与教学改革工程”项目,进一步推进校、企在人才培养工作上的深度合作,最终实现共赢,笔者根据实习单位现行的管理制度和部分船用柴油机部件的机械加工工艺、装配工艺,整理编著了《机械工程生产实习指南》一书,以助于院校实习师生从工程实践中获取实践知识和培养实践能力,培养学生应用已学过的知识来观察、分析和思考一些实际问题,培养学生的创新能力,让学生了解企业文化,熟悉企业管理要求,掌握实习要领,安全、圆满地完成既定实习任务。

本书主要包括:第1章生产实习大纲、船用柴油机与企业;第2章船舶结构、低速柴油机结构组成与工作原理;第3章船用低速柴油机典型零件机械加工工艺,主要包括连杆机械加工工艺过程及分析、十字头机械加工工艺过程及分析、活塞杆机械加工工艺过程及分析;第4章船用低速柴油机主机部件装配工艺,主要包括气缸盖排气阀总成装配工艺及分析、活塞总成装配工艺及分析、十字头连杆总成装配工艺及分析、机座总成装配工艺及分析、机座机架合拢装配工艺及分析;第5章船用柴油机数字化装配工艺,主要阐述了船用柴油机数字化装配涉及的关键技术。

本书内容丰富、重点突出、层次清晰、结构严谨、逻辑性强,各章均提供了本章小结和思考题,便于学生掌握所学内容。本书以项目为中心展开,使学生通过“做中学”,培养创新精神和实践能力。

本书由哈尔滨工程大学黄国权,大连船用柴油机有限公司刘树珍、崔作峰、穆永浩、王宏超、王国成、赵雪壑、于金平编著,全书由黄国权统稿。本书在编著过程中,承蒙大连船用柴油机有限公司辛洪儒研究员级高级工程师审阅,并提出许多宝贵的建设性意见,在此表示衷心的感谢,也十分感谢哈尔滨工程大学出版社的编辑为本书所做的工作。

由于编著者水平有限,加之时间仓促,书中不当之处敬请读者不吝批评指正。

编著者

2018年3月

目 录

第1章 生产实习大纲、船用柴油机与企业	1
1.1 实习目的和任务	1
1.2 实习内容和方式	1
1.3 实习考核	3
1.4 实习注意事项	5
1.5 实习安全教育及法制教育	6
1.6 船用柴油机的发展情况	8
1.7 船用柴油机的分类	9
1.8 船用柴油机的型号	12
1.9 世界两大船用柴油机公司	13
1.10 大连船用柴油机有限公司	14
1.11 本章小结	14
思考题	15
第2章 船舶结构、低速柴油机结构组成与工作原理	16
2.1 船舶结构	16
2.2 低速柴油机结构组成	20
2.3 船用柴油机工作原理	27
2.4 本章小结	29
思考题	29
第3章 船用低速柴油机典型零件机械加工工艺	30
3.1 引言	30
3.2 连杆的机械加工工艺	31
3.3 十字头的机械加工工艺	44
3.4 活塞杆的机械加工工艺	53
3.5 本章小结	64
思考题	65
第4章 船用低速柴油机主机部件装配工艺	66
4.1 气缸盖排气阀装配	66
4.2 活塞总成装配	76

4.3 连杆十字头总成装配	83
4.4 机座总成装配	91
4.5 机座机架合拢装配	95
4.6 本章小结	97
思考题	98
第5章 船用柴油机数字化装配工艺	99
5.1 引言	99
5.2 船用柴油机数字化装配关键技术	99
5.3 船用柴油机十字头连杆装配	102
5.4 本章小结	118
思考题	119
实习守则	120
实习承诺	121
实习计划	122
实习周记	123
实习考评	127
哈尔滨工程大学本科生产实习总结报告	129
参考文献	134

第1章 生产实习大纲、船用柴油机与企业

1.1 实习目的和任务

生产实习是根据教学计划安排的非常重要的必修实践性教学环节,是学生将课堂上所学的理论知识、专业知识和实际应用相结合的重要环节。通过生产实习,学生能够了解和掌握本专业基本的生产知识,印证、巩固和丰富已学过的专业知识,了解现代企业中生产组织情况及产品的生产过程,扩大知识面。培养学生理论联系实际,运用所学专业知识在生产实际中调查研究问题、观察分析问题、解决实际问题的能力和方法以及创新精神。培养学生在企业学习和工作的习惯和方式,为未来在企业中工作打下一定的基础。在实习过程中,学生应该学习工人的组织性、纪律性等优秀品质,接受热爱祖国、热爱社会主义建设的教育。通过生产实习,学生能够从工程实践中获取实践知识和实践能力。通过生产实习的训练,可以培养学生应用已学过的知识来观察、分析和思考一些实际问题,培养学生的创新能力。

1.2 实习内容和方式

1.2.1 实习内容

(1)企业教育及企业介绍。通过企业进行安全教育、法制教育和保密教育;进行企业情况介绍,了解企业 and 车间中的安全生产知识、企业生产情况及生产组织管理方面的经验及问题。(企业方讲解)

(2)车间实习。学生按实习计划在指定车间对典型机床或零部件进行实习,通过观察分析,查阅有关工艺文件,向车间工人和技术人员请教,了解和分析典型零件的结构、机械加工工艺过程和典型部件的装配工艺过程,完成规定的实习内容。(学生在车间实习)

(3)听取船用柴油机工作原理的讲解以及典型部件的机械加工工艺过程和装配工艺过程的讲解。(企业方讲课)

(4)了解和掌握典型零件加工的工艺装备、机床(专用机床、数控机床、加工中心机床)和典型机构,刀具和量具的种类及测量方法等。(学生在车间实习)

(5)通过参观了解实习企业概况,产品的先进制造方法及其生产方式和生产情况,以获得更广泛的生产实践知识。(参观本地企业)

1.2.2 实习方式

(1)听取报告。实习开始时,实习接收单位将指派人员向学生做入企业教育,介绍本单位情况以及安全、保密教育。

(2) 车间实习。学生按实习计划在指定车间对典型机床或零部件(可根据实习工厂实际情况而定,包括连杆、十字头、活塞杆、机座、机架等典型零件)进行实习,通过观察分析,查阅有关资料,向车间工人和技术人员请教,完成规定的实习内容,这是实习最主要的方式。

(3) 企业讲课。根据实习内容,适当安排企业技术人员讲授有关实习零件的加工工艺、装配工艺等内容。

(4) 组织参观。实习期间,适当组织学生参观本地区企业或有关单位,以使学生获取更广泛的知识。

(5) 讨论分析。在车间典型零件加工工艺现场实习后,在老师的指导下,多组织同学之间讨论、辩论。通过讨论,可以较有效地检验学生们掌握实习内容的程度,搞通弄懂实习过程中的一些模糊认识,纠正一些理解上的错误,从而达到认识、提高和巩固实习效果的目的。回到生产现场进行有针对性的、深入的观察,整理实习笔记,做好讨论的准备。实习时间虽然较短,但通过讨论、辩论等形式,能够大大激发学生的学习热情,使其在实习过程中表现出较高的主动性和积极性。这种形式,培养了学生们的团队能力,也锻炼了学生的才干,达到了激发学生创新能力的目的。

1.2.3 实习流程

按照“集中培训,分组实习”的实习原则开展工作。在校实习生必须在参加实习单位安全教育、法制教育、保密教育和企业文化宣贯等培训后,方可到各生产部门进行专业实习。实习流程如图 1-1 所示。

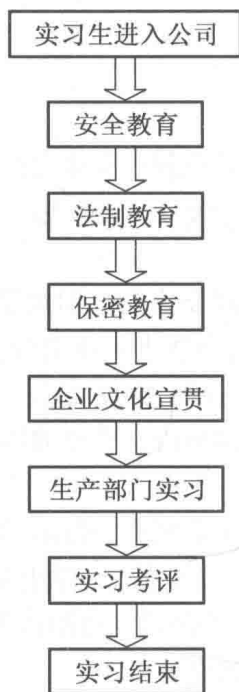


图 1-1 实习流程图

1.3 实习考核

实习期间,指导教师随时对学生实习情况进行检查;在返校后进行开卷考试。根据学生在实习期间的实习态度和表现,实习笔记、实习报告、专题报告的质量以及考试成绩的情况,综合确定考核成绩。考核成绩按五级分制。

实际实习天数少于三天或三分之一者;无实习笔记(或内容太少)、实习报告或专题报告者;严重违纪者;不参加考试者;不按时交实习笔记、实习报告、专题报告者。有上述之一者,实习成绩不及格。

1.3.1 实习笔记

实习笔记也是实习日记,从实习开始,学生应将每天的实习内容记入实习笔记,包括每天的工作、观察研究的成果,收集的资料和图表,现场实习记录,听课和听报告的内容,以及参观情况等。

实习笔记是学生编写实习报告的主要资料依据,也是指导教师检查学生实习情况的一个重要方面,学生每天必须认真填写,内容翔实、丰富、全面。实习笔记要着重记录实习中所涉及的有关典型零件的内容。

学生应每天完成实习笔记的书写和整理,指导教师在实习中可随时检查批改实习笔记。

1.3.2 总结报告

写实习总结报告是让学生独立地分析问题,总结、归纳、深化实习过的内容,不允许抄工艺卡片。统一要求可以分以下四方面的内容:

(1) 零件的分析

零件的分析应包括零件的名称、作用、材料、硬度、热处理要求和结构工艺如何等。

(2) 零件工艺过程概述

零件工艺过程概述即概括叙述零件的机加工工艺过程,绘出工序简图并给以必要的说明。如工艺过程过长,可将定位、夹紧、所用机床、加工表面相似的若干工序合并加以说明。

(3) 重点关键工序的工艺分析

重点关键工序的工艺分析包括如何保证精度要求,工艺安排是否合理、先进等。

(4) 对典型夹具的结构进行分析并绘出结构示意图

在实习结束时,学生应提交书面的实习报告。实习报告应在实习开始时就着手整理编写。报告中必须有规定典型零件的实习内容,要有对生产问题的说明、分析和评论,以及总结实习收获等。

每个实习的典型零件都要写入实习报告。具体内容如下:

(1) 零件的分析和零件草图的绘制

- ①零件的名称、编号;
- ②零件在整机中的作用;
- ③零件的材料、硬度、热处理方式;

- ④零件的毛坯制造方法、总加工余量等;
- ⑤零件的技术要求、结构工艺性;
- ⑥单件工时。

(2) 零件的工艺过程概述

概述零件的主要工艺过程,绘制工序简图,并附加说明。零件工艺过程较长时,可将若干道工序与机床、夹具、加工表面类似的工序合并成一个工序简图说明。

对工序图要求:

- ①给出加工面并绘出粗糙度值;
- ②标明定位、夹紧符号;
- ③标注工序尺寸及公差。

工序说明:

- ①所用机床型号、名称;
- ②刀具、量具、辅具名称;
- ③切削运动;
- ④切削用量;
- ⑤加工余量;
- ⑥单件工时。

(3) 关键工序工艺分析

关键工序是指加工技术要求高、易出废品、生产率低的工序。按以下问题进行分析:

- ①尺寸、形状、位置精度是如何保证的?
- ②表面粗糙度是如何保证的?
- ③工艺方法技术上是否先进? 经济上是否合理?
- ④机床设备是否充分发挥了作用? 如何进一步提高生产率?
- ⑤哪些技术易出现超差、易出废品,什么原因,如何解决?
- ⑥零件的整个工艺过程安排是否合理,如何改进?

(4) 典型夹具结构分析

每个典型零件选一个典型夹具,以结构示意图绘出,应基本符合机械制图标准。按以下方面绘图:

- ①零件以双点画线作为透明体画在夹具上;
- ②工件处于夹紧状态;
- ③画出定位、夹紧、导向、对刀等元件及夹具体;
- ④画出气缸、油缸等动力源及力的传递、放大、换向和夹紧元件;
- ⑤画出夹具与机床的连接形式;
- ⑥标注必要的夹具安装技术要求;
- ⑦分析定位误差;
- ⑧写出夹具使用、调整说明;
- ⑨论述夹具优、缺点,并提出改进意见。

(5) 其他

除上述内容要求外,实习报告还应包括对实习企业内生产问题的扼要分析和说明,以

及对生产技术问题、组织管理问题提出改进措施的建议。总结实习收获,提出对实习工作的改进意见。

1.3.3 专题报告

为了培养学生独立分析和解决生产实际问题的能力,引导学生深入钻研生产实际问题,要求学生完成一份专题报告。

实习专题报告是实习结束时提出的两个报告之一,专题报告的要求为:运用课堂学过的理论和知识,对实习中某一方面的问题进行深入分析,提出关于提高加工质量、减少加工成本、提高生产效率、改善工人劳动环境和条件等改进设想和建议等。

内容可由学生自选,指导教师审核确定。内容包括:某典型零件机械加工工艺过程或某一部件装配工艺的分析研究,某个典型夹具的分析研究,某种先进或典型机床的分析研究,某种先进制造技术的研究,某种先进刀具的分析研究,工厂技术革新的研究等方面的分析和研究。

专题题目自选,内容不限,但必须是结合实习的内容。可以是如下几个方面:

- ①典型生产线的分析;
- ②典型零件工序的工艺方法和工艺措施,论述该工序的工艺方法和工艺措施的优、缺点,并提出改进意见;
- ③典型夹具结构分析,定位、夹紧、导向、对刀等元件及夹具体,论述夹具优、缺点,并提出改进意见;
- ④典型零件加工的工艺装备、机床(专用机床、数控机床、加工中心机床)和典型机构等;
- ⑤典型零件加工的刀具和量具的种类及测量方法等,分析该优、缺点,并提出改进意见;
- ⑥某工艺方法综述等。

专题报告篇幅不必太长,其主要目的是培养学生理论联系实际及分析问题、解决问题以及综合知识的运用能力。

1.4 实习注意事项

(1)遵守实习队的有关规定,服从实习队的统一指挥,有事要向实习队老师或领导请示、报告;

(2)实习厂区严禁玩游戏机、听音乐、玩手机等,严禁吸烟、拍照,不许喧哗打闹,影响工人工作;

(3)遵守实习企业的安全要求、保密制度、资料借阅规定等;

(4)注意个人形象,做到文明礼貌,搞好和其他兄弟院校之间关系,体现大学生的良好风尚;

(5)在厂区实习期间,必须统一穿着实习服装、戴好帽子、穿长裤,不穿凉鞋、拖鞋、短裤、裙子;

(6)严禁下海游泳,注意饮食,准备一些常用药,如治疗腹泻、感冒、发烧等疾病的药品;

(7)遵守实习驻地的有关作息、卫生、安全等规定,严格遵守每天的作息时间,严禁迟到

早退;不要因人原因影响集体实习的进度。

1.5 实习安全教育及法制教育

1.5.1 实习安全教育

1. 安全教育的意义

安全教育是预防和控制事故的重要手段之一,只有通过安全教育才能切实提高实习人员的安全意识和防范能力。

2. 法律法规

《中华人民共和国安全生产法》(新 2014 年 12 月 1 日)。

安全生产单行法律:《矿山安全法》《消防法》《道路交通安全法》《突发事件应对法》。

安全生产相关法律:《刑法》《行政处罚法》《职业病防治法》《劳动合同法》等。

安全生产行政法规:《安全生产许可证条例》《危险化学品安全管理条例》《特种设备安全监察条例》《工伤保险条例》等。

安全生产法律法规都是从血淋淋的事故教训中总结出来的。

3. 权利和义务

权利:包含获得安全保障、工伤保险和民事赔偿的权利;得知危险因素、防范措施和事故应急措施权利;对本单位安全生产的批评、检举和控告的权利;拒绝违章指挥和强令冒险作业的权利;紧急情况下的停止作业和紧急撤离的权利。

义务:包含遵章守规、服从管理的义务;正确佩戴和使用劳动防护用品的义务;接受安全培训、掌握安全生产技能的义务;发现事故隐患或者其他不安全因素及时报告的义务。

4. 管理要求

安全:遵守公司各项管理规章制度,实习时一定要按照实习企业司管人员要求去做,不该动的设备设施一定不要动。特别是劳保护具的正确佩戴。

消防:要做到“三懂、三会”。

三懂:懂生产过程中的火灾危险性;懂预防火灾的措施;懂扑救火灾的方法。

三会:会报警;会使用消防器材;会扑救初起火灾。

交通:遵守交通规章制度,特别要注意平板车、叉车、大货车进出厂区事项。

5. 职业健康

工伤的种类:红伤和白伤。

红伤是指例如机械、起重伤害引起的事故伤害。

白伤就是指职业病,潜伏期长,几乎无法治愈,治疗成本高,患者痛苦程度高等。

职业病定义:职业病是劳动者在职业活动中,因接触粉尘、放射性物质和其他有毒有害物质等因素而引发的疾病。

职业病危害因素分为:粉尘类;放射性物质类;化学类;物理因素;生物因素;导致职业性皮肤病、眼病、耳鼻喉、肿瘤等疾病。

6. 不安全因素

机械加工部存在的不安全因素:机械伤害;起重伤害;车辆伤害;噪声伤害;高空坠落伤

害;触电伤害;物体打击;火灾;粉尘伤害;锅炉爆炸;其他伤害。

总装制造部存在的不安全因素:机械伤害;起重伤害;车辆伤害;噪声伤害;高空坠落伤害;触电伤害;物体打击;火灾;压力容器爆炸;锅炉爆炸;其他伤害。

7. 事故教训

机械伤害:1999年3月19日16时许,机械加工部钻床工人韩××在为70机扫气箱钻孔划凹作业时,该人用左手食指装夹刀板时,不慎被转动的刀板将手割伤。

高处坠落:2001年9月28日17时许,机械加工部吊挂工刘××,在为龙门铣床吊70机机架准备卸卡环时,该人脚踩机架防爆门处,左手戴吊车手套把在门框上,右手摘卡环螺栓,吊扣摆动,该人躲闪不及坠落到床面上(高约2.2米),造成颅底骨折,眼眶骨折。

其他伤害:1999年8月6日晚23时许,机械加工部中件工段韩××,洗完澡回车间,从方连杆和活塞杆的中间通道穿过,由于地面有油,韩××穿拖鞋滑到,将左手手腕内侧割伤。

当人们把自己的生命比作“1”时,生活就是你后面不断增加的“0”,“0”越多说明你事业越成功,家庭越幸福。倘若生命不复存在,再多的“0”也没有任何意义。

1.5.2 实习法制教育

各位同学,请在公司实习期间遵守国家法律法规和本公司相关规章制度。

1. 公司环境

公司自1984年成立以来,历经多年建设发展,形成了现如今的生产布局。香炉礁生产厂区占地84 276 m²,公司设有4个生产部门(钢构制造部、综合制造部、机械加工部、总装制造部)、1个生产保障部门(生产保障部)和14个管理部门。下面着重介绍一下机械加工部和总装制造部。

机械加工部:拥有德国生产的高精度大型龙门铣床,同学们在实习过程中,不要随意穿插行走于龙门铣床工作区域,防止发生意外事件,造成不必要的麻烦,影响生产。

总装制造部:东面靠海,公司规定,公司内区域不许钓鱼,不许游泳。

2. 实习期间注意事项

(1)大连船用柴油机有限公司代号为“401”,大连船舶重工集团代号“426”。这都是中国军工企业代号。

(2)公司内不许进行赌博活动;不许实习生在无关区域、重要部位逗留;注意生产现场安全,维护好与公司职工之间关系。实习生应避免在公司内与公司职工发生矛盾,引起不必要的纠纷事件。

(3)大船集团门禁卡。注意门禁卡使用情况和违规处罚情况。要求实习生遵守大船集团门禁规定,要统一进出门岗。

(4)技防防范设施,公司现有探头96个,基本覆盖公司生产现场和办公区域,24小时监控,在日常工作中发现问题及时处理,也能起到震慑作用,盗窃案件逐年减少。

(5)强调在公司内实习期间要保护好私人财物,贵重物品。

3. 案例教训

案例1 玩笑引发的伤害 公司员工崔某和王某毕业于同一所学校,又一起进入公司在同一个制造部、同一个班组工作,两人既是工作中最好的伙伴,又是生活中最好的朋友。

在一次工休时间,崔某开起了王某玩笑,王某顺手拿起一个机床丝锥砸向崔某,躲避不及,崔某左眼眉被扎伤,送医院缝合 10 余针。事件处理:责令王某一次性赔偿崔某医疗费用 6 万余元,并根据公司治安管理规定,对王某进行治安处罚。

案例 2 言语过激造成的赔偿 公司某制造部生产管理人员李某,在例行现场巡检时发现操作工人张某违章作业,当即上前制止。由于李某言语过激双方发生肢体冲突,张某被打伤住院。事件处理:责令李某一次性赔偿张某医疗费 7 万元,并根据公司治安管理规定,对张李二人进行治安处罚。

案例 3 兔子吃了窝内草 公司职工赵某,取了工资刚刚回到班组就接到临时抢修任务。赵某将工资放在办公桌抽屉中锁好后,拿上工具就赶往抢修现场。同班组的方某,趁班组里没人找到备用钥匙打开抽屉拿走赵某工资。事件处理:责令方某返还所拿赵某全部工资,并根据公司治安管理规定,对方某进行治安处罚。

案例 4 军工保密无小事 有一名邻接单位人员,在受到诱惑后,到军工单位偷拍,并将照片发往境外,被国家安全部门截获。根据国家的相关法规对其进行处罚。

案例 5 厂区内禁止拍照 一外来人员来大船厂区进行参观学习,违反相关规定,拿出手机进行拍照,被相关部门发现后没收手机,进行检查。由于未造成严重后果,在对其进行批评教育后,删除照片返还手机。

1.6 船用柴油机的发展情况

1. 船舶柴油机发展

1776 年,瓦特蒸汽机;

1876 年,德国人奥托第一次提出四冲程循环原理,发明了电点火的四冲程煤气机(14%);

1880 年,英国的 D. Clerk 和 J. Robson,以及德国人 K. Benz 等成功地开发了二冲程内燃机;

1892 年,德国工程师 Rudolf Diesel 申请了压缩发火内燃机专利;

1897 年,在 MAN 公司制成第一台实际使用的柴油机(压燃式、空气喷射、定压燃烧),其效率因可采用较大的压缩比而比煤气机有显著提高;

1904 年,柴油机首次用于船舶推进装置(29.4 kW,260 r/min);

1926 年,瑞士人 A. J. Bachi 设计了一台废气涡轮增压柴油机;

1927 年,在柴油机上正式使用了由 R. Bosch 发明的喷油泵(回油孔式)——喷油器喷射系统,代替了原需用 7 MPa 压缩空气喷油的空气喷射系统,实现了混合燃烧。

2. 柴油机发展的重大阶段

从非增压到废气涡轮增压——1926 年瑞士人 A. J. Bachi 设计了一台废气涡轮增压柴油机(重要的里程碑,第一次飞跃);

从空气喷射到压缩喷射——1927 年 R. Bosch(回油孔式);

从四冲程柴油机到二冲程柴油机——单缸功率、大功率;

劣质燃油在柴油机中的成功应用——提高经济性(第二次飞跃);

控制技术的成功应用——全电子控制的智能型柴油机(2000 年,瓦锡兰公司的 RT -

Flex 系列和 MAN B&W 的 ME 系列柴油机)。

3. 船舶柴油机的发展方向

- (1) 经济性。提高经济性的研究,包括燃烧、增压、低摩擦、低磨损等的研究。
- (2) 可靠性。提高可靠性和全寿命经济性。
- (3) 电子技术。电子技术在柴油机中的运用。
- (4) 监控。自动遥测监控系统。
- (5) 研发技术。柴油机的研发采用虚拟技术。
- (6) 排放控制。代用清洁燃料研究和低排放技术的实施。

1.7 船用柴油机的分类

1. 柴油机的分类

- (1) 按工作循环分类,有四冲程柴油机和二冲程柴油机。
- (2) 按是否增压分类,有增压柴油机和非增压柴油机。
- (3) 按曲轴转速分类,有低速、中速和高速柴油机。

低速柴油机: $n < 300 \text{ r/min}$, $V_m < 6 \text{ m/s}$ 。

中速柴油机: $n = 300 \sim 1\,000 \text{ r/min}$, $V_m = 6 \sim 9 \text{ m/s}$ 。

高速柴油机: $n > 1\,000 \text{ r/min}$, $V_m > 9 \text{ m/s}$ 。

(4) 按结构特点分类,有筒形活塞式柴油机和十字头式柴油机,柴油机和十字头式柴油机结构简图如图 1-2 所示。

筒形活塞式柴油机:活塞起导向作用,缸壁承担侧推力,如图 1-2(a) 所示。

十字头式柴油机:活塞不起导向作用,缸套没有侧推力的作用,导向作用由十字头滑块承担,侧推力由导板承担。气缸下部加设一横隔板,把气缸与曲轴箱隔开,以防气缸中的油污、结炭或燃气漏入曲轴箱污染滑油。十字头式柴油机可靠性较筒形活塞式柴油机高,如图 1-2(b) 所示。

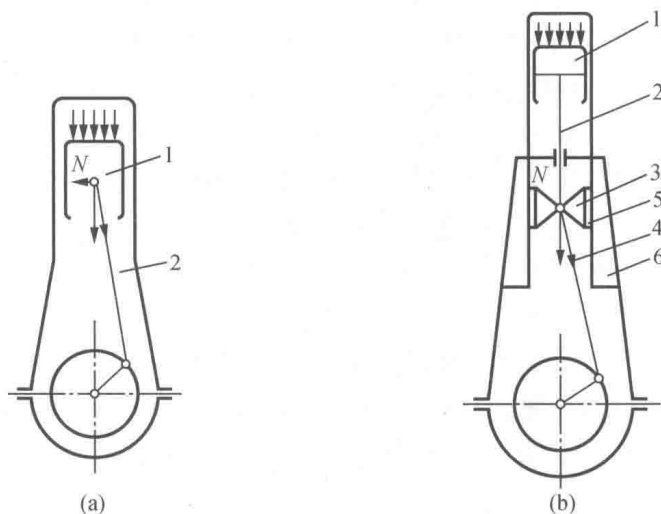


图 1-2 筒形活塞式柴油机和十字头式柴油机结构简图

(a) 筒形活塞式柴油机; (b) 十字头式柴油机

(5)按气缸排列分类,有V列式柴油机和直列式柴油机,如图1-3所示。

V列式柴油机:气缸夹角有 90° , 60° , 45° ,如图1-3(a)所示。

直列式柴油机:气缸数小于12缸,如图1-3(b)所示。

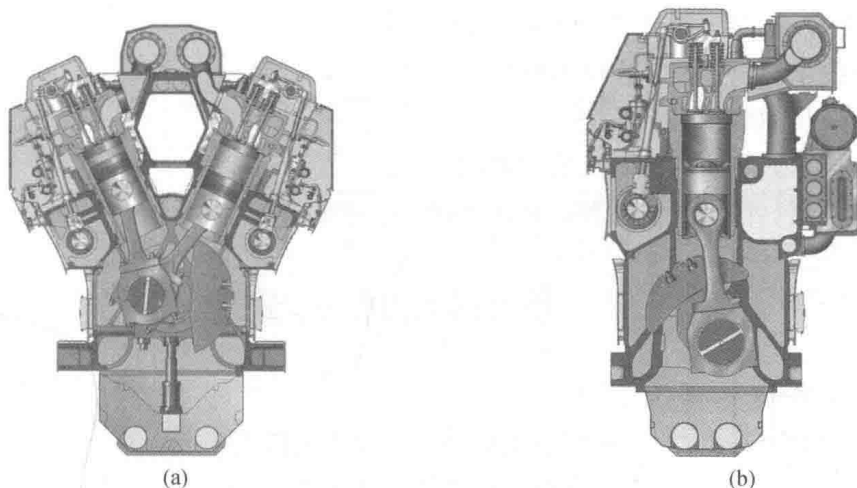


图1-3 V列式柴油机和直列式柴油机

(a)V列式;(b)直列式

(6)按转向分类,有右旋柴油机和左旋柴油机

右旋柴油机:由飞轮端(功率输出端)向自由端看,正车时按顺时针方向旋转的柴油机。

左旋柴油机:由飞轮端(功率输出端)向自由端看,正车时按逆时针方向旋转的柴油机。

(7)按可否逆转分类,有可逆转柴油机和不可逆转柴油机。

2. 低速机(二冲程)

缸径: 300 ~ 980 mm。

转速: 195 ~ 70 r/min。

活塞平均速度: 8.9 m/s。

平均有效压力: 1.7 ~ 2.1 MPa。

气缸最大爆发压力: 18 ~ 21 MPa。

单缸功率: 640 ~ 6 870 kW。

燃油消耗率: 160 ~ 170 g/(kW · h)。

低速柴油机由于性能优良、可靠性好、使用维护方便、能燃用劣质燃油等优点,已成为大型油轮、大型干散货船、大型集装箱货轮的主要动力。最新型低速柴油机在许多方面趋于一致,即结构方面,采用非冷却式喷油器、可变喷油定时油泵、长尺寸连杆、液压驱动式排气门、单气门直流扫气、定压增压、高效涡轮增压器;性能方面,平均有效压力不断提高,增加活塞平均速度,改进零部件结构,增加强度,具有较低燃油消耗水平,使单缸功率不断增大,使用寿命延长。电子液压控制,可以满足国际海事组织 MARPOL 条约 Tier II 和 Tier III 的要求。使用的燃料除柴油外,还可以根据实际需要,设计成双燃料主机,可以使用甲烷、乙烷等燃料。

代表机型主要集中在3家:

德国 MAN 公司的 MC 系列:G95MEC,G80MEC,G/S60ME-C,G50MEB 等。

WIN GD 的 X 系列: X92, X72, X62, X52 等。

WIN GD 的 RTflex 系列: RTflex58, RTflex40 等。

日本的 UE 系列(少量)。

3. 中速机(四冲程)

缸径: 210 ~ 510 mm。

转速: 1 150 ~ 500 r/min。

活塞平均速度: 9.0 ~ 12 m/s。

平均有效压力: 2.4 ~ 3.0 MPa。

气缸最大爆发压力: 16 ~ 23 MPa。

单缸功率: 200 ~ 1 200 kW。

燃油消耗率: 175 ~ 195 g/(kW · h)。

中速柴油机大多为四冲程,其体积小、质量小、制动快,更适合近海较小吨位的船舶使用。大功率中速机主要用于客运班船、作业船、滚装船等。近年来,中速机在开发大缸径、提高整机功率方面做了大量工作,并在燃用劣质燃油、降低油耗、提高零部件的可靠性、提高使用寿命及高增压等方面取得了显著成效。

代表机型:

MAN 公司: + L50/60, RK280 等。

Caterpillar AK 系列: M25, M32, M43 等。

瓦锡兰公司: W26, W32, W38, W46。

日本 Niigata: V26FX, 6L32FX。

韩国的 HUNDAI: H21/32, H25/33。

法国 Pielstick: PC2 - 5 及 PA6。

德国: MTU20V8000 等。

4. 高速机(四冲程)

缸径: 160 ~ 210 mm。

转速: 2 100 ~ 1 650 r/min。

活塞平均速度: 11.5 ~ 13.3 m/s。

平均有效压力: 2.3 ~ 3.0 MPa。

气缸最大爆发压力: 17 ~ 20 MPa。

单缸功率: 120 ~ 250 kW。

燃油消耗率: 195 ~ 215 g/(kW · h)。

高速机主要运用于客运或娱乐、体育。

MTU 公司代表机型: MTU16V4000M90, MTU20V595TE90;

MAN 公司代表机型: MAN - B&W 18VP185, DeutzTBD620V16;

瓦锡兰公司: 16V170, 20V200。

日本 Niigata: 16V20FX 等。