



21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶轮机工程技术实验与实训指导

徐立华 左贤华 高世杰 / 主编

哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职船舶系列教材

SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

本书是《船舶轮机工程》专业的一门专业基础课。本书主要介绍船舶轮机工程的基本概念、基本原理、基本知识和基本技能。本书可作为船舶轮机工程专业的教材，也可供从事船舶轮机工程工作的工程技术人员参考。

船舶轮机工程

本书是《船舶轮机工程》专业的一门专业基础课。本书主要介绍船舶轮机工程的基本概念、基本原理、基本知识和基本技能。本书可作为船舶轮机工程专业的教材，也可供从事船舶轮机工程工作的工程技术人员参考。

船舶轮机工程技术实验与实训指导

徐立华 左贤华 高世杰 / 主编

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书根据国防科技工业职业教育轮机工程技术等军工重点专业实验、实训教学大纲的要求而编写。书中详实地介绍了轮机工程技术专业每一实验(实训)的设备操作方法和实验(实训)方法及步骤,使学生通过轮机工程技术的实验与实训,能熟悉轮机工程技术的实验(实训)原理,掌握实验(实训)设备的操作方法,达到专业技能训练的目的。

本书可作为高等职业教育轮机工程技术等船舶动力类各专业的实验(实训)教学指导用教材,亦可作为其他相近专业的实验(实训)教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

船舶轮机工程技术实验与实训指导/徐立华,左贤华,
高世杰主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2008.3
ISBN 978-7-81133-222-3

I. 船… II. ①徐…②左…③高… III. 船舶-轮机-工
程技术. IV. U676.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 033667 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 11.5
字 数 244 千字
版 次 2008 年 3 月第 1 版
印 次 2008 年 3 月第 1 次印刷
定 价 20.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

高等职业教育系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任	孙元政			
副主任	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	杨永明	张亦丁	季永青	罗东明
	施祝斌	康 捷	曹志平	熊仕涛
委 员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	刘义菊	孙元政	闫世杰	杨永明
	陈良政	沈苏海	肖锦清	周 涛
	季永青	罗东明	俞舟平	胡启祥
	胡适军	施祝斌	钟继雷	唐永刚
	徐立华	郭江平	康 捷	曹志平
	熊仕涛	潘汝良	蔡厚平	

前言

本书是根据国防科技工业职业教育轮机工程技术(船舶内燃机方向)、轮机工程技术(舰船动力方向)和轮机工程技术(轮机管理方向)等军工重点专业有关实验、实训教学大纲的要求编写。全书内容由实验指导和实训指导二部分组成。其中实验一至实验十为《船舶内燃机使用及维修》课程实验;实验十一至实验十三为《内燃机制造工艺》课程实验;实验十四至实验二十一为《内燃机装配调试工艺》课程实验;实验二十二至实验三十为《内燃机及动力装置测试技术》课程实验。本书结合船舶动力工程实验室的特点和设备资源配置情况,详实地介绍了每一实验(实训)的设备操作方法和实验(实训)方法。学生通过轮机工程技术的实验与实训,能熟悉轮机工程技术的实验(实训)原理,掌握实验(实训)设备的操作方法,达到专业技能训练的目的。本书为国防科工委职业教育“十一五”规划教材,由武汉船舶职业技术学院徐立华、左贤华、哈尔滨职业技术学院高世杰主编。本书适用于高等职业教育“轮机工程技术”等船舶动力类各专业的实验(实训)教学。亦可适用于其他相近专业的实验(实训)教学参考。

编 者

2008年2月

目 录

船舶轮机工程技术实验与实训指导

21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

第一部分 船舶轮机工程技术实验指导

实验一	气门间隙检查、调整及升程测量实验	3
实验二	高压油泵额定转速下供油量的调整实验	7
实验三	喷油器实验	9
实验四	柴油机负荷特性实验	12
实验五	柴油机速度特性实验	15
实验六	柴油机推进特性实验	18
实验七	柴油机示功图测录实验	21
实验八	热工当量测定实验	23
实验九	CO ₂ P、V、T关系测定实验	25
实验十	自然对流换热边界层的观察实验	31
实验十一	机座上平面直线性检查实验	32
实验十二	曲轴状态检查实验	36
实验十三	连杆弯曲变形和扭曲变形的检查及校正实验	39
实验十四	柴油机调速特性实验	43
实验十五	柴油机余隙高度的检查与调整实验	47
实验十六	飞轮端面跳动的检查与调整实验	50
实验十七	飞轮上“0”刻度的检查与调整实验	53
实验十八	柴油机喷油正时的检查与调整实验	55
实验十九	最低稳定转速的检查与调整实验	58
实验二十	柴油机停缸实验	60
实验二十一	柴油机运转拆检实验	62
实验二十二	柴油机功率测量实验	63
实验二十三	柴油机转速测量实验	65
实验二十四	柴油机油耗测量实验	67
实验二十五	柴油机噪声测量实验	70
实验二十六	柴油机烟度测量实验	73
实验二十七	柴油机压力测量实验	75
实验二十八	柴油机温度测量实验	78
实验二十九	柴油机振动测量实验	80
实验三十	柴油机机械效率测量实验	82

第二部分 船舶轮机工程技术实训指导

实训一 机修钳工实训	87
实训二 柴油机拆装实训	144
实训三 船用齿轮箱拆装实训	159
实训四 船舶轴系安装调试实训	165
附录	175

第一部分

船舶轮机工程技术实验指导



实验一 气门间隙检查、调整及升程测量实验

I 实验指导

一、实验目的

1. 通过实验,掌握曲轴与凸轮轴传动齿轮的正确定时关系。
2. 熟练掌握配气定时的检查与调整方法;掌握气门升程的测量方法。
3. 熟练掌握气门间隙的检查与调整方法。

二、实验设备及工具

1. X4105 型柴油机一台。
2. 30 mm 百分表一块,磁力表架一套。
3. 塞尺一套,6",8"螺丝刀各一把。
4. 梅花扳手及呆扳手各一套。
5. 塞尺一把。

三、实验方法

实验前,首先熟悉 X4105 型柴油机的有关技术参数,具体如下。

- (1) 发火顺序为 1-3-4-2;
- (2) 配气定时如图 1-1-1 所示;
- (3) 进、排气门与摇臂间隙 $\Delta = 0.25 \sim 0.35 \text{ mm}$;
- (4) 进、排气门与摇臂最大升程 $H = 12.2 \text{ mm}$;
- (5) 进、排气持续时间 $\Phi = 240^\circ$ 曲柄转角;
- (6) 曲柄转角指示装置以第一缸活塞处于压缩终点为标定“0”刻度点。

1. 检查、调整气门间隙

(1) 盘车,使飞轮“0”度对正检视窗指针,左右摇动飞轮,观察一、四缸进气阀挺杆或摇臂,若四缸挺杆在动,则说明一缸此时处于压缩终点,反之则说明四缸处于压缩终点,重新使飞轮“0”度对正检视窗指针。

(2) 用塞尺检查一缸进、排气门,二缸进气门,三缸排气门与摇臂之间的间隙。

(3) 将飞轮旋转 360° ,并使飞轮“0”度对正检视窗指针。用塞尺检查二缸排气门,三缸进

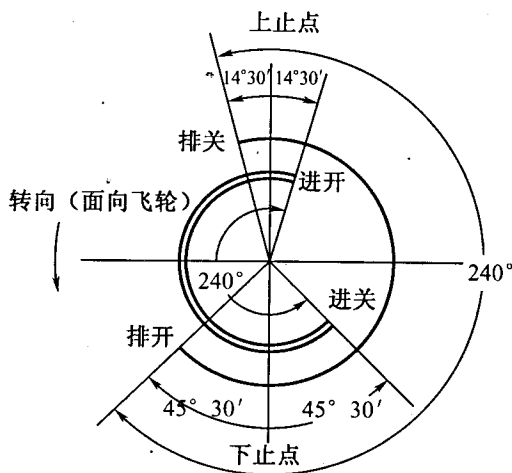


图 1-1-1 X4105 型柴油机配气相位



气门,四缸进、排气门与摇臂之间的间隙,检查完后将数据填入表 1-1-1。

(4)按(1)、(2)、(3)项方法和顺序,用 0.30 mm 的塞尺,12 号梅花扳手,8"一字头螺丝刀,按图示方法调整气门间隙,如图 1-1-2 所示。调整时,先用梅花扳手松可调节气门摇臂上的调整螺丝紧定螺母,一手拿塞尺在气门杆与摇臂间轻轻拖动,一手拿螺丝刀调整螺丝,使得拖动塞尺时感觉有阻力,但又能轻轻拖动塞尺即可,紧固紧定螺母。

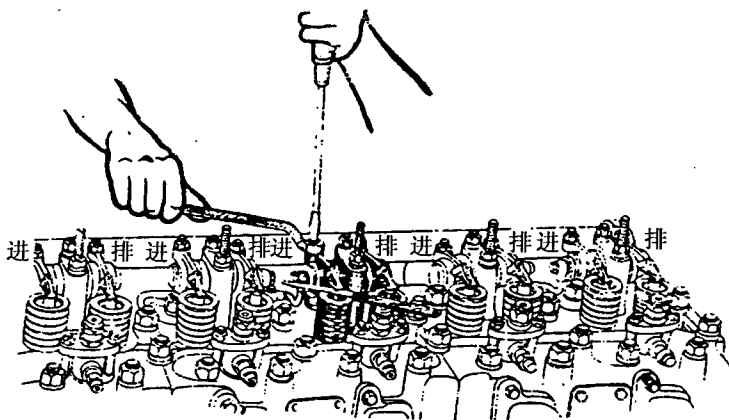


图 1-1-2 气门间隙的调整

2. 配气定时及气门升程检查与调整

(1)选择第一缸为检查缸(其他缸也可)。盘车,使一缸活塞处于压缩终点。

(2)将磁力表座吸于缸盖或缸盖侧面上,装上百分表,使表触头垂直于一缸排气阀弹簧底座平面,预压约 15 mm,转动表盘使其刻度对“0”。

(3)顺转盘车,观察百分表,当百分表指针刚开始逆时针摆动的瞬时停止盘车,此时飞轮检视窗指针所指的角度,即为一缸排气阀的开启角(换算成下始点前角度)。

(4)继续盘车,百分表读数逐渐减小,当其指针所指刻度刚开始增大的瞬时,停止盘车,记录此时读数(表预压时的读数减去此时的读数即为气阀最大升程)。再继续盘车,百分表读数逐渐增大,当指针回复到预压值的瞬时,立即停止盘车,此时飞轮检视窗所指的角度即为一缸排气阀的关闭角(换算成上始点前角度)。检视窗指针从气阀开启角到关闭角所扫过飞轮的角度,即为排气持续时间或排气持续角。将各测量数据填入表 1-1-2 内。

(5)将飞轮倒轮转约 35°,将百分表按(3)方法装于一缸进气阀上,按(3)、(4)方法测量进气阀。

(6)按(2)、(3)、(4)、(5)步骤测量其他缸,将各数据填入表 1-1-1 内。

(7)按所测数据,绘制各缸的配气定时图,并与图 1-1-1 进行比较,若不符则进行调整至符合要求。

(8)调整

- 检查并调整气门间隙。间隙减小开启提前,关闭滞后,持续角增加;间隙增大则相反;
- 检查并调整曲轴齿轮与配气定时齿轮间的相对位置。

四、预习检测题

- 盘车,使飞轮“0”度对正_____指针,再左右摇动飞轮,观察一、四缸_____或_____。



若四缸挺杆在动,则说明一缸此时处于_____。

2. 调整时,先用梅花扳手松_____摇臂;调整螺丝紧定螺母,一手拿_____在气门杆与_____轻轻拖动,一手拿_____调整螺丝,使得拖动塞尺时感觉有_____,但又能轻轻拖动_____尺即可,紧固紧定_____。

3. 顺转盘车,观察_____,当百分表指针刚刚开始逆_____的瞬时,停止盘车,此时_____视窗指针所指的角度,即为一缸排气阀的_____ (换算成下始点前角度)。

4. 检视窗指针从气阀_____到关_____所扫过飞轮的角度,即为排气_____或排气持续角。

II 实验报告

一、实验时间与环境

时间:_____年_____月_____日 实验机型:_____ 指导教师:_____

室温:_____℃ 大气压力:_____ mmHg 相对湿度:_____ %

同组人员:_____

二、实验数据

将实验数据填入表 1-1-1 和表 1-1-2 中。

表 1-1-1 气门间隙的检查与调整

缸号	一		二		三		四	
气门	排	进	排	进	排	进	排	进
间隙值								
调整后值								

表 1-1-2 配气定时及气门升程的检查与调整

测量缸	测量阀	百分表初始值	百分表最小值	气门最大升程	气阀开启角	气阀关闭角	气阀持续角
一	进气阀				上止点前	下止点后	
	排气阀				上止点前	下止点后	
二	进气阀				上止点前	下止点后	
	排气阀				上止点前	下止点后	



表 1-1-2(续)

测量缸	测量阀	百分表 初始值	百分表 最小值	气门最 大升程	气阀开 启角	气阀关 闭角	气阀持 续角
三	进气阀				上止点前	下止点后	
	排气阀				上止点前	下止点后	
四	进气阀				上止点前	下止点后	
	排气阀				上止点前	下止点后	

三、绘制实测配气定时图

四、调整

将实测配气定时图与标准配气定时图进行比较,若需调整,记录调整方法与步骤。

五、习题

下列各题只有一个正确答案,请选择题号 a,b,c,d 填入()内。

1. 四冲程柴油机排气阀正时通常为()。

- a. 下止点前开、下止点后关 b. 下止点前开,上止点前关
c. 下止点后开、上止点后关 d. 下止点前开、上止点后关

2. 四冲程柴油机的压缩和膨胀冲程所对应的曲柄转角是()。

- a. 压缩冲程小于 180° , 膨胀冲程大于 180°
b. 压缩冲程大于 180° , 膨胀冲程小于 180°
c. 压缩和膨胀冲程均大于 180°
d. 压缩和膨胀冲程均小于 180°

六、实验分析



实验二 高压油泵额定转速下供油量的调整实验

I 实验指导

一、实验目的

1. 掌握高压油泵各分泵的油量调整方法。
2. 了解高压油泵实验台的使用方法。

二、实验设备及工具

1. 12PSD—55A 高压油泵实验台一台。
2. 175—1 600 高压油泵一台。
3. 8"一字头螺丝刀一把。
4. 内六角扳手、开口扳手各一套。

三、实验方法

1. 实验前将喷油泵及调速器注入机油到规定的油面高度,装好喷油泵输油管路接头和高压管路接头。先启动燃油泵,再启动主机。调整供油压力至 0.2 MPa,旋松泵体上放气螺钉,当燃油源源不断地流出而没有气泡时,拧紧放气螺钉,确认各接头处无漏油。

2. 选择计数次数,将旋钮旋到 200 次,根据泵型选择旋向,接通转速仪开关。

3. 缓慢调节无级调速旋钮,使主轴转速升至高压泵额定转速。

4. 转动操纵臂至最大供油位置,将量杯转到接油位置,按下计数按钮。

5. 计数完毕,调节无级调速旋钮,使主轴转速降至零,记录各缸供油量。

6. 观察各缸供油量是否符合额定供油量。若不符合,应重新调整各分泵供油量。

7. 调整

用手拨动喷油泵停机拨杆,观察拉杆移动方向。当拨动拨杆时,拉杆的移动方向为油量减小方向。用螺丝刀松拨叉紧固螺钉,按减(增)油量方向移动拨叉,拧紧紧固螺钉。

8. 调整好后,按 2~6 项继续实验,调整与实验反复直至符合规定值。

四、数据处理

计算供油量不均匀度 δ

$$\delta = (Q_{\max} - Q_{\min}) / Q_m \times 100\%$$

式中 $Q_{\max}$ 为最大量杯油量; $Q_{\min}$ 为最小量杯油量; Q_m 为平均量杯油量; $Q_m = (Q_{\max} + Q_{\min}) / 2$ 。

本机型要求 $\delta \leq 3\%$ 。



五、预习检测题

1. 将喷油泵及调速器注入_____到规定的油面高度, 装好喷油泵_____路接头和_____路接头。

2. 用手拨动喷油泵_____拨杆, 观察拉杆_____。当拨动拨杆时, 拉杆的移动方向为_____减小方向。用螺丝刀松_____紧固螺钉, 按减(增)油量方向_____拨叉, 拧紧紧固螺钉。

II 实验报告

一、实验时间与环境

时间: _____年_____月_____日 实验机型: _____ 指导教师: _____

室温: _____℃ 大气压力: _____ mmHg 相对湿度: _____%

同组人员: _____

二、实验数据

将实验数据填入表 1-2-1 中。

表 1-2-1 实验数据记录表

额定供油量			喷油次数 200 次		
分泵序号	1	2	3	4	$\delta\%$
第一次记录	mL	mL	mL	mL	
第二次调整后记录	mL	mL	mL	mL	
第三次调整后记录	mL	mL	mL	mL	
实际喷油量	mL	mL	mL	mL	

三、习题

下列各题只有一个正确答案, 请选择题号 a, b, c, d 填入()内。

1. 喷油泵柱塞和套筒磨损后, 将会使油泵()。

- a. 供油正时提前 b. 供油量减少 c. 喷油压力降低 d. 以上全部

2. 对各缸喷油泵供油均匀性检查, 要求各缸喷油泵的()。

- a. 喷油正时相同 b. 喷油持续角相同
c. 喷油压力相同 d. 油泵有效行程相同

四、实验分析



实验三 喷油器实验

I 实验指导

一、实验目的

1. 掌握喷油器喷油压力的调整方法。
2. 熟悉喷油压力与燃油雾化锥角间的关系。

二、实验设备及工具

1. 喷油器实验台一台。
2. 标准喷油器一个。
3. 8" 一字头螺丝刀, 12" 活动扳手, 300 mm 钢尺各一把。
4. 150 mm × 150 mm 白纸 15 张, 柴油少许。

三、实验方法

(一) 喷油器开启压力的调整(调整压力为 17 MPa)

1. 将标准喷油器清洗干净装在实验台上。打开泵放气旋塞摇动手摇泵手柄, 压油排气, 排除空气后旋紧旋塞。
2. 用手摇动手柄压油, 观察表压力值, 油束形状, 喷嘴油孔有无堵塞情况, 倾听声音是否正常。
3. 当表指针到某一压力值回摆时, 应听到喷油器开启喷油的清脆响声, 这个压力值就是喷油器开启压力值。如果此值不合要求则进行调整。
4. 调整时先松开锁紧螺母。若压力值低于要求值, 则用螺丝刀旋进调压螺钉; 反之则旋出, 调整后再试压, 直至达到规定的开启压力值。调好后固紧调整螺套。

(二) 喷油嘴座面密封性实验

摇动手摇泵手柄, 使油压缓慢而均匀地上升至比规定的压力值低 2 MPa。在这一压油过程中, 仔细检查喷油嘴喷孔周围表面被燃油附着的情况。正常的情况下, 允许有轻微湿润但不得有油液积聚的现象; 否则要清理喷油嘴, 或研磨密封面再进行实验。

(三) 喷油压力与燃油雾化锥角的关系实验(实验压力为 7 MPa, 9 MPa, 11 MPa, 13 MPa, 15 MPa)

1. 将喷油器装在实验台上。
2. 在喷油器正下方约 25 mm 处放置一张白纸。
3. 调整好实验压力, 摇动手摇泵, 使喷油嘴喷油, 记录压力表读数, 测量数据 d 、 L 。
4. 重复步骤 3, 每一实验压力做 3 次。



四、数据处理

锥角 θ , 如图 1-3-1 所示, 锥角 2α 与喷射距离 L , 喷雾直径 D 存在如下关系:

$$\theta = 2\alpha = 2\arctan\alpha = 2\arctan(D/2L)$$

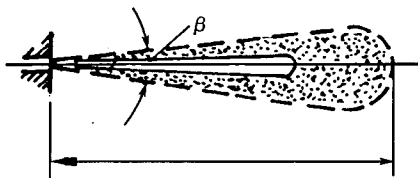


图 1-3-1 喷油油束形状

五、预习检测题

1. 将_____清洁干净装在_____上。打开泵_____旋塞摇动手摇泵手柄, 压油_____, 排除空气后旋紧旋塞。
2. 在_____情况下, 允许有_____但不得有油液_____的现象, 否则要_____喷油嘴, 或_____密封面再进行实验。

II 实验报告

一、实验时间与环境

时间: _____年_____月_____日 实验机型: _____ 指导教师: _____
 室温: _____℃ 大气压力: _____ mmHg 相对湿度: _____%
 同组人员: _____

二、实验数据

将实验数据填入表 1-3-1 中。

表 1-3-1 喷射压力与喷雾锥角的关系

实验序号		1			2			3			4			5		
喷油压力 P		7 MPa			9 MPa			11 MPa			13 MPa			15 MPa		
喷雾直径	单次															
	平均															
喷射距离 L																
锥角 2α																

三、习题

下列各题只有一个正确答案, 请选择题号 a, b, c, d 填入()内。

1. 所谓喷油器的启阀压力是指()。

- a. 喷油器针阀弹簧的预紧力
- b. 喷油压力
- c. 最低喷射压力
- d. 能抬起针阀的最低燃油压力