



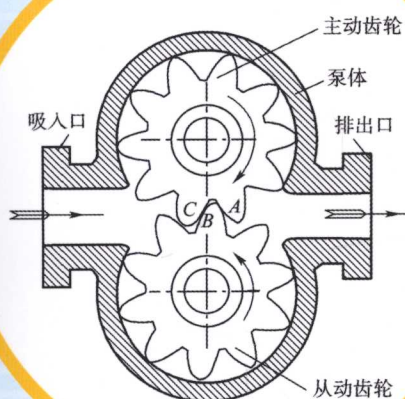
国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

轮机工程技术专业

船舶辅机

◎主编 郑仲金

◎主审 梁国珍 [福州海事局]



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

Chuanbo Fuji

船舶辅机

(轮机工程技术专业)

主编 郑仲金

主审 梁国珍 [福州海事局]

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校重点建设专业教材。全书共有九个能力模块,分别是:船用泵应用技能、空压机应用技能、液压元件应用技能、甲板机械应用技能、制冷装置应用技能、空调装置应用技能、淡化装置应用技能、辅助锅炉应用技能、液压舵机应用技能。每个能力模块分别从五个方面进行论述,包括:目标要求、基本概念、工作任务、思考练习、案例分析。

本书既可作为航海类高职院校轮机工程专业学生的教材,也可供相关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶辅机/郑仲金主编. —北京:人民交通出版社,
2009.9

ISBN 978 - 7 - 114 - 07901 - 6

I. 船… II. 郑… III. 船舶辅机 IV. U664.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 120255 号

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

书 名:船舶辅机

著 作 者:郑仲金

责任编辑:蔡培荣

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787 × 1092 1/16

印 张:22.5

字 数:562 千

版 次:2009 年 9 月第 1 版

印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 114 - 07901 - 6

定 价:56.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

2006 年是中国高等职业教育的春天。这一年,我国教育部、财政部启动了国家示范性高等职业院校建设计划,高等职业教育首次被定性为中国高等教育发展的一种类型。时代赋予了高等职业教育非常广阔的发展空间。

2006 年也是福建交通职业技术学院发展的春天。同年 12 月,这所有着 140 多年办学历史的百年老校,被确定为全国首批国家示范性高等职业院校建设单位。这对学校而言,是荣誉更是责任,是挑战更是压力。

国家示范性院校建设的核心是专业建设,而课程和教材又是专业建设的重要内容之一。如何通过课程的建构来推动人才培养模式的改革和创新?教材编写工作又如何与学校人才培养模式和课程体系改革相结合?如何实现课程内容适合高素质技能型人才的培养?这均是我校示范性建设中的重要命题。

难能可贵的是,三年来,在全体教职员工的不懈努力下,我校 8 个重点建设专业(6 个为中央财政支持的重点建设专业)在实验实训条件建设、师资队伍建设、人才培养模式与课程体系改革等方面,都取得了突破性的进展。

更令人欣慰的是,我院教师历经 3 年的不断探索和实践,为我院的教材建设作出了功不可没的成绩。一系列即将在人民交通出版社出版的国家示范性高等职业院校重点建设专业教材,就是我院部分成果的体现。在这些教材中,既有工学结合的核心课程教材,也有专业基础课程教材。无论是哪种类型的教材,在编写中,我院都强调对教材内容的改革与创新,强调示范性院校专业建设成果在教材中的固化,强调教材为高素质技能型人才培养服务,强调教材的职业适应性。因为新教材的使用,必须根植于教学改革成果之上,反过来又促进教学改革目标的实现,推进高职教育人才培养模式改革。

培养社会所需要的人,是我院一直不懈的努力方向,而这些教材就是我们努力前行的足迹。

在这些教材的编写过程中,也倾注了相关企业有关专家的大量心血和辛勤劳动,在此谨向他们表示衷心的感谢!

福建交通职业技术学院院长
福州大学博士生导师



前 言

根据国家示范性高等职业院校建设的精神,结合 STCW78/95 公约的要求,依照《高职高专院校轮机工程技术专业教学指导方案》和《轮机工程技术专业人才培养和教学模式改革建设方案》的大纲,为了培养学生的职业岗位核心能力,我们尝试编写了这本国家示范性轮机工程技术专业的核心课程教材。

本教材体现了以下几个特点:

一、体现了“模块化和基于工作过程相结合”的特点。

2005 年颁布的“中华人民共和国海船船员适任考试大纲(适用 04 规则)”体现出《船舶辅机》的考证内容是“模块化”要求的。

2006 年通过的“轮机工程技术专业人才培养和教学模式改革建设方案”体现出《船舶辅机》的学教内容是“基于工作过程”要求的。

为了兼顾两者,编者把“模块化”和“基于工作过程”相互结合起来。整本书是以“能力模块化”为主线,一共安排了九个能力模块;而每个能力模块又是以“基于工作过程”进行描述,体现在内容的编排上是“目标要求、基本概念、工作任务、思考练习、案例分析”。

二、体现了“工学结合”和“理论与实践交替互动”的特点。

在每个能力模块上,均是重点地体现了“应用技能”。

在每个目标要求上,均是综合地提出了“主要知识目标”和“主要能力目标”。

在每个工作任务上,均是交替地说明了“相关理论知识”和“相关实践知识”。

在每个案例分析上,均是真实地还原了“故障现象”、“分析处理”和“经验总结”。

三、体现了“校企合作”的特点。

福建交通职业技术学院船政学院的郑仲金教师编写能力模块一~八的内容并进行全书统稿;福建冠海海运有限公司的黄政大管轮(工程师)参与编写能力模块九的内容;福州海事局的梁国珍轮机长主审了本书的全部内容;福州新洋海事咨询有限公司的蔡众兴轮机长为本书提供了许多资料,并审阅了部分内容。

四、体现了“精简实用”的特点。

依照轮机专业的相关大纲,考虑航海院校的学教特点,简单系统地对相关内容进行归纳总结;同时,相关职业技能的切入引出尽量符合航海类学生的认知规律,方便学生掌握运用,使之具备进行解决实际问题的各种相关能力。

本教材适合于“工学结合、校企合作”的培养模式,适应于轮机工程专业学生的能力要求,适用于相关院校单位有关人员的参考目的。

特别感谢江苏海事职业技术学院陈立军副教授和各位朋友的大力支持,他们的热情关心和积极帮助使我们在编写此书时受益匪浅。

由于编者学识有限,书中难免存在不妥之处,恳请各位专家批评指正。

编者

2009 年 5 月 1 日于福州

目 录

能力模块一 船用泵应用技能	1
目标要求	1
基本概念	1
工作任务一 往复泵的拆装操作	7
工作任务二 齿轮泵的拆装操作	17
工作任务三 螺杆泵的拆装操作	26
工作任务四 离心泵的拆装操作	33
工作任务五 旋涡泵的拆装操作	57
工作任务六 喷射泵的拆装操作	62
思考练习	67
案例分析	68
能力模块二 空压机应用技能	70
目标要求	70
基本概念	70
工作任务一 空压机的工作分析	72
工作任务二 空压机的拆装维护	74
工作任务三 空压机的操作管理	80
思考练习	85
案例分析	86
能力模块三 液压元件应用技能	89
目标要求	89
基本概念	89
工作任务一 液压泵的拆装操作	90
工作任务二 液压阀的拆装维护	102
工作任务三 液压马达的拆装操作	121
工作任务四 液压辅件的使用管理	133
思考练习	138
案例分析	139
能力模块四 甲板机械应用技能	143
目标要求	143
基本概念	143
工作任务一 液压系统的工作分析	144
工作任务二 液压油的综合管理	153
工作任务三 起货机的操作管理	158
工作任务四 锚机的操作管理	162

工作任务五 绞缆机的操作管理·····	166
思考练习·····	171
案例分析·····	171
能力模块五 制冷装置应用技能·····	174
目标要求·····	174
基本概念·····	174
工作任务一 制冷循环的综合分析·····	176
工作任务二 制冷系统的工作分析·····	188
工作任务三 基本设备的拆装维护·····	195
工作任务四 辅助设备的拆装维护·····	214
工作任务五 自控设备的拆装维护·····	218
工作任务六 制冷装置的操作管理·····	225
思考练习·····	239
案例分析·····	240
能力模块六 空调装置应用技能·····	243
目标要求·····	243
基本概念·····	243
工作任务一 空调循环的综合分析·····	246
工作任务二 空调系统的工作分析·····	251
工作任务三 空调设备的拆装维护·····	254
工作任务四 空调装置的操作管理·····	258
思考练习·····	262
案例分析·····	263
能力模块七 淡化装置应用技能·····	268
目标要求·····	268
基本概念·····	268
工作任务一 淡化装置的工作分析·····	270
工作任务二 淡化装置的操作管理·····	273
思考练习·····	277
案例分析·····	278
能力模块八 辅助锅炉应用技能·····	280
目标要求·····	280
基本概念·····	280
工作任务一 锅炉本体的综合认识·····	282
工作任务二 锅炉附件的拆装操作·····	292
工作任务三 燃烧系统的工作分析·····	297
工作任务四 汽水系统的工作分析·····	305
工作任务五 辅助锅炉的操作管理·····	308
思考练习·····	318
案例分析·····	319

能力模块九 液压舵机应用技能..... 322

 目标要求..... 322

 基本概念..... 322

 工作任务一 舵机的工作分析..... 324

 工作任务二 舵机的拆装操作..... 327

 工作任务三 舵机的使用管理..... 336

 思考练习..... 342

 案例分析..... 343

附图..... 347

 附图一 R22 的压焓图 347

 附图二 空气的焓湿图..... 348

参考文献..... 349

能力模块一 船用泵应用技能

• 目标要求

本模块的主要知识目标	本模块的主要能力目标
1. 流量、扬程、功率、效率等参数； 2. 允许吸上真空度、汽蚀余量等参数； 3. 各种船用泵的正常工作条件； 4. 各种船用泵的工作原理和结构特点； 5. 各种船用泵的性能特点的对比； 6. 各种船用泵特性曲线的分析及应用； 7. 叶轮式泵比转数的意义； 8. 叶轮式泵工况调节、串并联使用的特点； 9. 各种船用泵的管理维修的要求	1. 具备计算各种船用泵的流量、扬程等性能的能力； 2. 具备分析各种船用泵的正常吸入条件和正常排出条件优劣的能力； 3. 具备检修、测试和调整各种船用泵的主要部件的能力； 4. 具备判断、分析和排除各种船用泵的流量不足、异响、不供液及过载等故障的能力； 5. 具备对各种船用泵进行启动、停用操作和运行管理的能力； 6. 具备对各种船用泵的主要部件进行拆装的能力

• 基本概念

考 证 大 纲	适 用 对 象			
	841	842	843	844
1 船用泵				
1.1 基础知识				
1.1.1 泵的分类			√	√
1.1.2 泵的性能参数				
1.1.2.1 泵的流量、扬程、排出压力、转速			√	√
1.1.2.2 泵的功率、效率、允许吸上真空度和汽蚀余量			√	√

一、船用泵的工作目的

船用泵的工作目的是输送流体。

二、船用泵的工作现象

船用泵的工作现象是吸入和排出,其中间过程是压缩作用,或离心作用,或引射作用。

三、船用泵的工作基础

船用泵的工作基础是能够制造压力差(Δp)。

四、船用泵的工作实质

船用泵的工作实质是进行能量转换,主要是速度能转换为压力能。

五、船用泵的功能

船用泵的功能是提高液体机械能。

液体机械能有位能、速度能和压力能 3 种形式,它们之间可以相互转换。机械能较小的液体是不可能自发地到达机械能较大的位置,况且液体在管路中流动还要克服管路阻力而损失一部分能量。例如,锅炉给水需要显著提高液体的压力能,驳出舷外的压载水需要提高液体的位能等,这些液体的输送都需要用泵来完成。

六、船用泵的分类

1. 按作用分为

- (1) 主动力装置用泵:包括主海水泵,主淡水泵,滑油泵,燃油泵等。
- (2) 辅助装置用泵:包括副海水泵,副淡水泵,凝水泵,液压泵等。
- (3) 船舶安全及生活设施用泵:包括压载泵,消防水泵,日用海水泵,日用淡水泵等。
- (4) 特殊船舶专用泵为其特殊营运要求而专门设置的泵:包括货油泵,泥浆泵,捕鱼泵等。

2. 按工作原理分为

(1) 容积式泵:利用工作部件运动形成工作容积周期变化而吸排流体,依靠挤压作用使流体的压力能增加。

①根据部件运动方式的不同,分为:往复式泵和回转式泵。

②根据部件基本结构的不同,分为:活塞泵、柱塞泵;齿轮泵、螺杆泵、叶片泵、水环泵。

(2) 叶轮式泵:利用工作部件运动带动内部流体高速旋转而吸排流体,依靠离心作用使流体的速度能和压力能增加。

根据叶轮的叶轮和流道结构特点的不同,分为:离心泵、轴流泵、混流泵、旋涡泵。

(3) 喷射式泵:利用工作流体喷射形成高速射流强烈诱导而吸排流体,依靠动量交换作用使流体的速度能和压力能增加。

典型的容积式泵、叶轮式泵、喷射式泵如图 1-0-1 所示。

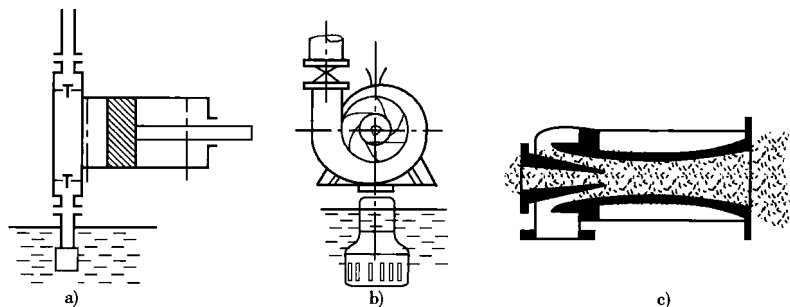


图 1-0-1 典型的容积式泵、叶轮式泵、喷射式泵

a) 容积式; b) 叶轮式; c) 喷射式

七、船用泵的性能参数

泵系装置由泵、管路、阀件、滤器等组成。其中,泵是泵系装置的核心。如图 1-0-2 所示。

1. 流量(体积流量)

流量指泵在单位时间内所排送的液体量。即:流量 = 液体量/时间。

其中:体积流量 Q = 体积/时间(m^3/s);质量流量 G = 质量/时间(kg/s)。

排量是指泵在一定限定条件下排出的液体量。常见的有容积泵的每转排量,用 q 表示,单位是 m^3/r 。

泵铭牌上标注的流量是指泵的额定流量,而泵实际工作时的流量则与泵的工作条件有关,不一定等于额定流量。

2. 压头(扬程)或压力(排出压力)

泵的压头是指单位重量液体通过泵所增加的机械能,用 H 表示,单位为 m (液柱)。

根据流体力学知识,利用伯努利方程推导出:

$$H = (p_d - p_s)/\rho g + \Delta Z + [(V_d^2 - V_s^2)/2g] (\text{m})$$

可以得出,泵在工作以后,单位重量液体的压力能为 $(p_d - p_s)/\rho g$,在泵的吸排口间增加的位能为 ΔZ 、速度能为 $(V_d^2 - V_s^2)/2g$,三者单位均为 m (液柱)。其中位能和速度能的增加都很小,可略去不计,这样,单位重量液体在泵内增加的能量主要是压力能,故泵的压头计算式为:

$$H \approx (p_d - p_s)/\rho g (\text{m})$$

以上是从液体在泵获得多少能量的角度求得了泵的压头的表达式。从能量守恒的观点看,液体在被输送过程中所消耗的能量一定来自于所获得的能量,并且是平衡的,因此也可以从液体所需消耗多少能量的角度求得泵的压头表达式。

液体通过泵及其管路系统从吸入液面被输送到排出液面的过程中,所需消耗的能量有3项:克服吸排液面的压差能 $(p_{dr} - p_{sr})/\rho g$;提升液体高度 Z ;克服吸排管路流动阻力损失 Σh 。

$$H = (p_{dr} - p_{sr})/\rho g + Z + \Sigma h (\text{m})$$

当吸、排液面上均为大气压力时(即 $p_{dr} = p_{sr}$),且 Σh 很小时,即泵的压头 H 大体上等于泵使液体提升的几何高度,故压头又常称为扬程。

叶轮式泵的铭牌上标注额定扬程。工作扬程不一定等于额定扬程,工作扬程的大小取决于泵的特性和管路特性。

容积式泵的铭牌上往往标注额定排出压力而不标注额定扬程,它是按试验标准使泵连续工作时所允许的最高压力。容积式泵工作时的实际排出压力不允许超过额定排出压力。

3. 转速

泵的转速是指泵轴每分钟的回转数,用 n 表示,单位是 r/min 。大多数泵由原动机直接传动,二者转速相同。但电动往复泵往往需经过减速,故其泵轴(曲轴)的转速比原动机要低。在铭牌上标注的转速是指泵轴的额定转速。

4. 功率

(1)输出功率:又称有效功率,是指泵在单位时间内实际传给排出液体的能量。

$$P_e = \rho g H \times Q \approx (p_d - p_s) Q \approx p_d Q$$

(2)水力功率:是指泵在单位时间内实际传给吸入液体的能量。

$$P_h = \rho g H_i \times Q_i = P_e + \text{扬程能量损失} + \text{流量能量损失}$$

(3)输入功率:又称轴功率,是指原动机传给泵轴的功率。

$$P = M \times 2\pi n = P_h + \text{机械能量损失}$$

(4)配套功率:又称原动机额定输出功率。当原动机是通过传动装置与泵联接时,要考虑传动效率。另外,考虑到泵运转时可能超负荷等情况,配套功率应大于额定轴功率。

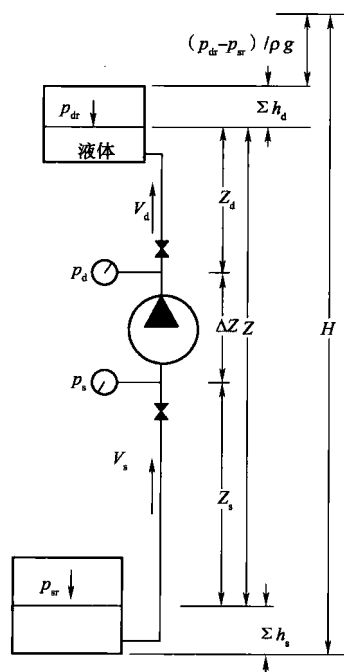


图 1-0-2 泵系装置

$$P_m = K_m P$$

式中: K_m ——功率储备系数。

$$K_m = 1.42 \sim 1.25 (P = 0.5 \sim 5 \text{ kW 时});$$

$$K_m = 1.25 \sim 1.20 (P = 5 \sim 10 \text{ kW 时});$$

$$K_m = 1.2 \sim 1.1 (P > 10 \text{ kW 时})。$$

泵铭牌上标注的功率指的是额定工况下的轴功率。

5. 效率

泵的能量损失包括:

(1) 容积损失: 由于漏泄及吸入液体中含有气体等造成的流量损失, 用容积效率 η_v 来衡量, 即:

$$\eta_v = Q/Q_i$$

(2) 水力损失: 由于流动液体的摩擦、撞击、旋涡等造成的扬程损失, 用水力效率 η_h 来衡量, 即:

$$\eta_h = H/H_i$$

(3) 机械损失: 由于相对运动工作部件机械摩擦等造成的能量损失, 用机械效率 η_m 来衡量, 即:

$$\eta_m = \rho g H_i \times Q_i / P$$

效率又称总效率, 是指泵的输出功率和输入功率之比。

$$\eta = P_e / P = \eta_v \times \eta_h \times \eta_m$$

泵铭牌上标注的效率指泵在额定工况泵的总效率。

6. 允许吸上真空度

水和汽可以互相转化, 温度和压力是造成它们转化的条件。0.1MPa 下的水, 当温度升到 100℃ 时就开始汽化; 高山上由于气压低, 水不到 100℃ 时就开始汽化。如果使水的某一温度保持不变, 逐渐降低液面上的绝对压力, 当该压力降低到某数值时, 水同样会发生汽化, 这个压力称为水在该温度下的汽化压力。如当水温为 20℃ 时, 其相应的汽化压力为 2.4kPa。如果在流动过程中, 某一局部地区的压力等于或低于与水温相对应的汽化压力时, 水就在那里发生汽化。汽化发生后, 就有大量的蒸汽及溶解在水中的气体逸出, 形成许多蒸汽与气体混合的小汽泡。当汽泡随同水流从低压区流向高压区时, 汽泡在高压的作用下, 迅速凝结而破裂, 在汽泡破裂的瞬间, 产生局部空穴, 高压水以极高的速度流向这些原汽泡占有的空间, 形成一个冲击力。由于汽泡中的气体和蒸汽来不及在瞬间全部溶解和凝结, 因此, 在冲击的作用下又分成小汽泡, 再被高压水压缩、凝结, 如此形成多次反复, 在流道表面形成极微小的冲蚀。冲击力形成的压力高达几百甚至上千 MPa, 冲击频率达每秒几万次。流道材料表面在水击压力作用下, 形成疲劳而遭到严重破坏, 从开始的点蚀到严重的蜂窝状空洞, 最后甚至把材料壁面蚀穿, 通常把这种破坏现象称为剥蚀。另外, 由液体中逸出的氧气等活性气体, 借助汽泡凝结时放出的热量, 也会对金属起化学腐蚀作用。这种汽泡的形成发展和破裂以致材料受到破坏的全部过程, 称为汽蚀现象。

汽蚀会产生很大的危害:

(1) 噪声振动: 汽泡破裂和高速冲击会引起严重的噪声。另外, 汽蚀过程本身是一种反复凝结、冲击的过程, 伴随很大的脉动力。如果这些脉动力的某一频率与设备的自然频率相等, 就会引起强烈的振动。

(2) 材料破坏:由于机械剥蚀与化学腐蚀的共同作用,致使材料受到破坏。

(3) 性能下降:汽蚀发展严重时,大量汽泡的存在会堵塞流道的截面,减少流体从叶轮获得的能量,导致扬程下降,效率也相应降低,这时泵的性能有明显的变化。这种变化,对于不同比转数的泵情况不同。

泵要能吸入液体,吸入口处应有一定真空度,但此真空度高到一定程度时,即泵的吸入压力 p_s 低到一定程度时,液体在泵内的最低压力就可能等于或小于其饱和蒸汽压力 p_v ,液体就会汽化,造成汽蚀,使泵不能正常工作。因此就需要规定泵的允许吸上真空度。

允许吸上真空度是指泵在额定工况下保证不发生汽蚀时,泵进口处能达到的最大吸入真空度,用 H_s 表示,单位是 MPa。它是衡量泵吸入性能好坏的标志。

泵的允许吸上真空度主要与泵的类型、结构和工况有关。例如:泵内流道表面不光滑、流道形状不合理,泵内液体压降大,会使泵的允许吸上真空度较小;在船上对于既定的泵而言,大气压力降低、泵流量增大(使泵吸入腔压降增大),液体温度增高(使饱和蒸汽压力提高),也会使泵的允许吸上真空度减小。

水泵的允许吸上真空度常用水柱高度(m)来表示,称为允许吸上真空高度,用 $[H_s]$ 表示,可用来推算水泵的最大允许吸上高度(许用吸高) $[Z_s]$ 。

$$[Z_s] = [H_s] - (V_s^2/2g + \sum h_s)$$

若 $[Z_s]$ 为负值,称为允许流注高度。

泵铭牌上标注的允许吸上真空度 H_s ,是由制造厂在标准大气压(760mmHg)下,以常温(20℃)清水在额定工况下进行试验而得出的。容积式泵的抗汽蚀性能参数 H_s 是以流量比正常流量下降 3% 时所对应的吸入真空度;叶轮式泵的抗汽蚀性能参数 $[H_s]$ 是以扬程或效率下降 $(2 + K/2)\%$ 时为临界状态,再减去不少于 0.3m 的安全余量来确定(其中, K 是型式数,不同类型的叶轮式泵具有不同的数值)。

7. 汽蚀余量

汽蚀余量是指泵入口处液体总水头与液体的汽化压力头之差,用 Δh 表示。汽蚀余量又可分为有效汽蚀余量 Δh_a 和必需汽蚀余量 Δh_r 。

有效汽蚀余量又称装置汽蚀余量,是指泵工作时实际所具有的汽蚀余量,即泵工作时液体在泵进口处的总水头超过汽化压力头的富裕能量。它取决于泵的吸入条件和液体的饱和压力,而与泵无关。

必需汽蚀余量,是防止泵发生汽蚀所必需的汽蚀余量。它取决于泵进口部分的几何形状以及泵的转速和流量,反映了液体进泵后压力进一步降低的程度,与泵的吸入条件及所吸液体的饱和压力无关。 Δh_r 随流量 Q 的增大而增大。 Δh_r 越小,表明液体进泵后压力下降得越少,泵的抗汽蚀性能越好。

Δh_r 的数值用理论计算的方法很难准确求得,目前都用汽蚀试验来确定。叶轮式泵的抗汽蚀性能参数 Δh_r 是以扬程或效率下降 $(2 + K/2)\%$ 时为临界状态,再加上不少于 0.3m 的安全余量来确定。

泵不发生汽蚀的条件: Δh_a 比 Δh_r 大 10% (不少于 0.5m) 的余量。

必需汽蚀余量和允许吸上真空度,都是由同样的汽蚀实验得出的用以表示泵吸入性能好坏的性能参数,性质一样表示方式不同。两者的区别是必需汽蚀余量主要取决于泵的结构形式和流量,而允许吸上真空度主要与吸入液面压力及液温有关。目前离心泵大多标注 Δh_r 。

八、船用泵的工作条件

了解船用泵的正常的工作条件,不仅对泵的正确安装和使用管理有着重要的意义,同时有助于分析各类泵不能正常吸排的原因。

1. 正常吸入的条件

(1) 泵必须造成足够低的吸入压力,其值由吸入条件决定。根据伯努利方程推导出稳定流动必须的吸入压力,主要取决于吸入液面压力、吸高、吸入管路中的速度头和管路阻力。

$$p_s = p_{sr} - (Z_s + V_s^2/2g + \sum h_s)\rho g \quad (1-0-1)$$

(2) 泵吸口处的真空度不得大于泵的允许吸上真空度,从而确保泵内最低吸入 p'_s 不低于所输送液体在其温度下所对应的 p_v , 否则液体就会汽化,使泵不能正常工作。

$$p_a - p_s \leq H_s \quad (1-0-2)$$

如果不能满足条件(1-0-1),泵不能造成足够低的吸入压力,液体吸不上来。主要是由于泵内元件损坏或密封不良,吸入管漏气或吸口露出液面所造成。

如果不能满足条件(1-0-2),泵本身状况正常,吸入管路也未漏气,但吸入条件太差,以致吸入压力过低,则也无法正常工作。

由公式(1-0-1)可知,影响泵吸入真空度的因素有:

(1) 吸入液面压力 p_{sr} : 由式(1-0-1)可知,当其他条件不变,吸入液面压力 p_{sr} 越小,吸入压力 p_s 就越低,即吸入条件越差。当吸入液面与大气相通时, p_{sr} 等于大气压力。对海船来说,大气压力终年变化很小。但如泵(凝水泵)从真空容器中吸水,因 p_{sr} 接近凝水的饱和压力,故 p_s 就会很低,吸入液体极易汽化。

(2) 吸高 Z_s : 由式(1-0-1)可知,当其他条件不变,吸高 Z_s 越大, p_s 就越低。当吸入液面作用的是大气压力时,大多数水泵的许用吸高不超过 5 ~ 6m。为此,对于那些吸入条件很差的泵(如热水泵、凝水泵等),应将其安装在吸入液面之下。泵吸口低于吸入液面的高度称为流注吸高。

(3) 吸入管流速 V_s 及阻力 $\sum h_s$: 由式可知,当其他条件不变,吸入管流速和管路阻力越大,则吸入压力 p_s 越小。管路阻力包括沿程阻力和弯头、阀门、滤器等处的局部阻力。除在设计时应尽量减小管长,减少管路弯头、附件,选用适当的管径和管内流速外,使用时还应勤洗滤器,开足吸入阀门,以减小吸入管路阻力损失。对于油泵,油温越低,油的黏度越高,流动阻力就越大。而对于水泵,水温变化对管路阻力的影响很小。

(4) 液体密度 ρ : 所输送液体的密度越大,则泵的吸入压力就越低。当所输送液体的品种变化导致密度改变时,其管路阻力和饱和蒸汽压力也会改变。故在输送各种油类、液态化学品时,就需对泵的吸入条件作专门的考虑。

(5) 液体温度: 液体温度对吸入压力的影响,主要看其对液体密度和管路阻力的影响而定。输油时,油温降低,管路阻力增大,同时油的密度也增大,因而将使吸入压力降低。而输水时,水温对管路阻力和密度的影响甚微,因而对吸入压力影响很小;但另一方面温度越高,水越容易汽化,吸入条件越差。所以,对吸入温度可能变化的泵,如锅炉给水泵,使用中当水温升高导致吸入失常时,应通过降低泵的转速,或降低吸入液体温度等措施解决。

(6) 惯性水头: 惯性水头是指液体作不稳定流动(即各处流速随时间而变)时才有的附加水头。对往复泵来说,由于其活塞运动不均匀,惯性水头损失就较大。在吸入阀阻力和吸口段及泵缸内液体的惯性水头导致 $p'_s < p_v$, 活塞面上液体汽化,使活塞与液流脱离,形成“气垫”。泵在工作中因吸入压力过低而出现的这种液体气化现象就称为“气穴现象”,使泵的流量减小和压力表指针剧烈抖动,产生液击声,严重时将导致泵的部件和密封损坏。

(7)原动机的转速:当其他条件不变的情况下,对瞬时流量均匀的泵,转速增加,液体流速加大,流阻加大,吸入压力会降低,故转速不能过分提高。对瞬时流量很不均匀的泵(如往复泵),转速增加,使惯性水头增加,吸入压力脉动增加,会造成泵不能正常吸入。

2. 正常排出的条件

(1)泵本身能够产生的排出压力必须足够高,否则液体就排不出去。这就要求泵的密封件性能良好,承压件耐压性能良好,运动件技术状态良好,能够向液体提供足够的能量。泵的排出压力主要用于提升液体高度、克服排出液面背压和克服排出管路阻力。

$$p_d = p_{dr} + (Z_d + \sum h_d)\rho g \tag{1-0-3}$$

(2)泵实际工作时的排出压力不能过高。对容积式泵,排出压力会随管路负荷增大而增大,理论上可达无限大。实际上当排出压力过高时,可能造成原动机过载,甚至使泵的密封部件损坏或管路破裂。故规定容积式泵的排出压力不得超过额定排出压力。对于叶轮式泵和喷射式泵,排出压力的最大值是有限的。当排出压力超过额定值时,虽不会造成机损,但会使流量和效率急剧下降,直至为零。因此,为保证泵正常排出,在管理时要防止排出管路上的滤器或其他元件堵塞,注意排出阀的打开程度。如排出条件不变,泵的排出压力低于正常值,则通常意味着泵的流量减小使得管路阻力降低。适当降低转速可减少惯性损失。

$$p_d \leq p_{\text{额}} \quad \text{或} \quad H \approx H_{\text{额}} \tag{1-0-4}$$

九、船用泵的铭牌标注

一般标注:额定流量;额定转速;轴功率;(总)效率;允许吸上真空度(油泵)/允许吸上真空高度(水泵)。

容积式泵另外标注:额定排出压力。

叶轮式泵另外标注:额定扬程;必需汽蚀余量。

喷射式泵另外标注:额定扬程/额定排出压力;引射系数。

工作任务一 往复泵的拆装操作

理论知识点	实践知识点
1. 往复泵的基本结构; 2. 往复泵的工作原理; 3. 往复泵的性能特点; 4. 往复泵的主要部件	1. 往复泵启动、停用操作和运行管理的技能; 2. 往复泵主要部件拆装的技能; 3. 往复泵主要故障排除的技能

考 证 大 纲	适 用 对 象			
	841	842	843	844
1.2 往复泵				
1.2.1 往复泵的工作原理			√	√
1.2.2 往复泵的结构(包括空气室、泵阀)			√	√
1.2.3 往复泵性能特点			√	√
1.2.4 电动往复泵的使用管理			√	√
1.2.5 往复泵的常见故障分析及处理			√	√

• 相关理论知识

一、基本结构

图 1-1-1 所示为单缸双作用往复泵。它主要由阀箱(隔板、吸入阀、排出阀)和泵缸(活塞、活塞杆)等部件组成。

二、工作原理

往复泵是一种容积式泵。它利用活塞的往复运动,使泵缸内的容积大小发生周期性变化,通过阀箱中的吸入阀和排出阀控制液流方向,从而实现从吸入管吸入液体和向排出管排出液体。

往复泵在活塞每一往复行程吸排液体的次数,称为往复泵的作用数。上述往复泵每一往复行程活塞上下两侧各吸排一次液体是双作用泵;每一往复行程吸排一次液体是单作用泵。由两个双作用泵缸或三个单作用泵缸组成的往复泵称为四作用泵和三作用泵。

三、性能特点

1. 自吸能力

较强。泵的自吸能力,是指泵依靠自身能力能抽出泵内及吸入管路中的空气而将液体吸上。泵的自吸能力的好坏与泵的密封性能有重要关系。当往复泵因长期停用而泵腔干燥时、泵阀或泵缸密封不佳而自吸能力降低时,就应在启动前向缸内灌满液体,这样有利于提高泵的自吸能力,同时也减少摩擦。

2. 流量

仅与泵的转速、泵缸尺寸和作用数有关,与工作压力无关。往复泵的理论流量(平均流量)为活塞在单位时间内所扫过的容积:

$$Q = 60KASn \quad \text{m}^3/\text{h}$$

式中: K ——作用数;

A ——泵缸截面积, m^2 ;

S ——活塞行程, m ;

n ——转速, r/min 。

往复泵的理论流量与工作压力无关。因此往复泵不能用改变排出阀开度的方法来调节流量,而应采用变速或回流(旁通)调节法。

3. 流量的均匀性

很不均匀。因为往复泵活塞的运动速度不是均匀的,在上下止点位置时为零,在行程中间位置时速度最大,所以其瞬时流量 q 在不同时刻是不相同的。

对于单作用泵,由于活塞在上下止点时的瞬时流量 q 为零,上下止点中间时 q 为最大,故单作用泵的流量最不均匀。

对于多作用往复泵,由于其瞬时流量为各缸在同一时刻排出的瞬时流量的叠加。显然多作用往复泵瞬时流量的均匀程度要比单作用泵好。一般而言,增加作用数能够改善往复泵的

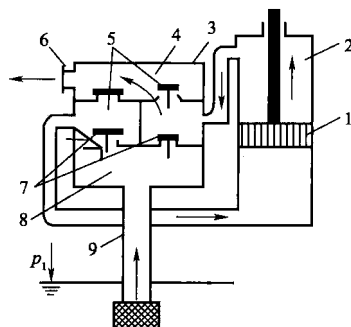


图 1-1-1 往复泵

1-活塞; 2-泵缸; 3-阀箱; 4-排出腔;
5-排出阀; 6-排出管; 7-吸入阀; 8-吸入腔; 9-吸入管

流量均匀性,但也使结构趋于复杂,故在往复泵的作用数最多为四作用。其中三作用泵因曲柄间各差 120°的缘故,其瞬时流量的均匀程度比单、双、四作用泵都好。在实际使用中也常用空气室来减轻往复泵吸排管中的流量脉动和相应的压力脉动。

泵的流量不均匀度用脉动率 σ_Q 表示。 $\sigma_Q = (q_{\max} - q_{\min}) / q_m$, 式中 $q_{\max}$ 、 $q_{\min}$ 、 q_m 分别表示最大、最小瞬时流量和平均流量。不同类型的往复泵的 σ_Q 如表 1-1-1 所示。

往复泵理论流量脉动率 表 1-1-1

作用数 k	1	2	3	4
理论流量脉动率 σ_Q ($\lambda = \text{偏心距 } r / \text{连杆长度 } l = 0$)	3.14	1.57	0.14	0.32
理论流量脉动率 σ_Q ($\lambda = \text{偏心距 } r / \text{连杆长度 } l = 0.2$)	3.20	1.60	0.25	0.32

4. 压力

额定排出压力仅与泵原动机的功率、轴承的承载能力、泵的强度和密封性能有关,与泵的尺寸和转速无关。

往复泵属于容积式泵的一种。容积式泵因其工作原理决定了其实际工作压力取决于管路负荷,不论管路负荷有多大,工作部件(如活塞)总是要力图将吸入工作腔中的液体挤出去,负荷越大,排出压力就越大,当排出管阀门关闭或堵塞时,管路负荷趋于无穷大,排出压力也将趋于无穷大。实际上当排出压力趋于无穷大的过程中,不是造成原动机过载、堵转直至烧毁,就是造成管路破裂。因此必须为容积泵规定额定排出压力,工作时的实际排出压力不得超过额定工作压力;在管理时,任何容积泵都必须“开阀启停”,泵工作时严禁吸排管路堵塞或将吸排阀门关小或关闭。

5. 转速

不宜太快。泵的转速过高,泵阀迟滞造成的容积损失就会相对增加;泵阀撞击更为严重,引起的噪声增大,磨损也将加剧;此外,液流和运动部件的惯性力也将随之增加,从而产生液击和恶化吸入条件。所以,电动往复泵转速多在 200 ~ 300r/min 以下,一般最高不超过 500r/min,高压小流量泵最高不超过 600 ~ 700r/min。

6. 效率

容积效率受泵的密封性能、转速、泵阀性能和液体黏度影响较大。

往复泵的容积效率总是低于 100%, 原因主要有 3 点:

- (1) 活塞换向时,由于吸入阀和排出阀的关闭迟滞,产生了液体的流失。
- (2) 泵的阀门、活塞与泵缸间、活塞杆与填料函间的间隙引起的漏泄损失。
- (3) 泵吸入的液体中含有气体。气体可能是因压力降低时从液体中逸出的,也可能是液体本身汽化产生,另外还可能从填料箱等处漏入。

实际上,由于泵的类型、大小和新旧程度的不同,容积效率会存在较大差异。高压小流量、高转速、制造精度低的泵,以及输送高温、高黏度或低黏度、高饱和蒸汽压或含固体颗粒的泵,容积效率较小。

7. 适用性

主要适用于流量不大,对流量均匀性要求不高和需要自吸能力强的场合,在船上主要用作舱底水泵。