



浙江省高校重点教材

热 工 基 础

主 编 柴勤芳
副主编 李桂芬
主 审 沈苏海

REGONG JICHU

大连海事大学出版社



热 工 基 础

主 编 柴勤芳
副主编 李桂芬
主 审 沈苏海

大连海事大学出版社

© 柴勤芳 2013

图书在版编目(CIP)数据

热工基础 / 柴勤芳主编. — 大连: 大连海事大学
出版社, 2013. 10

浙江省高校重点教材

ISBN 978-7-5632-2932-1

I. ①热… II. ①柴… III. ①热工学—高等学校—教
材 IV. ①TK122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 238419 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路1号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连永盛印业有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2013 年 12 月第 1 版

2013 年 12 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm

印张: 14.75

字数: 357

印数: 1 ~ 2000 册

出版人: 徐华东

责任编辑: 王桂云

版式设计: 谢瑶瑶

封面设计: 王 艳

责任校对: 刘长影

ISBN 978-7-5632-2932-1

定价: 31.00 元

内 容 提 要

全书共七个项目,项目一和项目二为流体力学部分内容,分流体主要物理性质认知、流体静力学基本方程应用、流体动力学基本方程解析和流体在管道中的流动分析四个学习任务,重点解析了流体力学基础知识在轮机工程技术中的具体应用;项目三至项目六为工程热力学部分内容,分别为工程热力学基础知识认知、船舶内燃动力装置的工作过程解析、船用锅炉装置热力过程、船舶制冷和空调装置工作过程解析四个项目,阐述了热力学的基本概念、热力学第一定律和第二定律、热力过程中工质的状态变化规律和能量关系,解析船舶柴油机、燃气轮机、废气涡轮增压器、制冷装置、空调装置等热力设备的工作过程及其影响热力设备工作经济性的因素;项目七为传热学部分内容,分热传递基本方式解析和传热过程解析两个学习任务,阐述了热传递的三种基本方式、传热过程等传热学的基本概念及影响传热的相关因素,结合船舶常用热交换器的传热过程,分析增强和削弱传热的途径。

前 言

本书为浙江省高校重点教材。教材内容是遵照轮机工程技术专业高职培养目标与基本要求的精神,依据 STCW 公约马尼拉修正案对船舶轮机人员岗位任职能力中对热工基础知识的要求及近年来轮机工程设备中热工技术的发展情况进行编写的。本教材可作为高职高专院校轮机工程技术及船机制造等相近专业教材,也可作为船舶轮机人员、船机修造专业技术人员参考用书和培训教材。

本教材具有以下特点:

1. 教材内容满足 STCW 公约马尼拉修正案和《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》中对流体力学、工程热力学及传热学基础知识的要求,突出教材的职业性;
2. 教材具体内容的选取注重热工基础知识与轮机工程技术专业其他专业课程的衔接,突出热工基础知识在轮机工程技术中的实际应用,强化教材的应用性;
3. 教材内容的编排紧紧围绕职业教育的特点,以职业能力培养为重点,打破原有的学科体系,以热工基础知识在轮机工程技术中的应用作为重点,以项目、任务的方式进行重新梳理和整合,按学习目标、任务导入、任务分析、相关知识、任务实施、拓展提高、任务小结、课后自测序列编排每一个学习任务内容,提高教材的实用性。

本书由浙江交通职业技术学院柴勤芳老师担任主编,编写项目六并统稿;浙江国际海运职业技术学院李桂芬老师任副主编,编写项目三、四、五;浙江交通职业技术学院吴伯才老师编写项目一、二;浙江交通职业技术学院薛召老师编写项目七。全书由具有丰富实践经验的轮机长、南通航运职业技术学院沈苏海老师任主审。

限于编者水平,书中不妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

◎ 第一篇 流体力学

项目一 流体静力学分析

- 任务一 流体主要物理性质认知 (2)
- 任务二 流体静力学基本方程应用 (13)

项目二 流体动力学分析

- 任务一 流体动力学基本方程解析 (22)
- 任务二 流体在管道中的流动分析 (37)

◎ 第二篇 工程热力学

项目三 工程热力学基础知识认知

- 任务一 工程热力学基本概念认知 (46)
- 任务二 热力学基本定律认知 (66)
- 任务三 基本热力过程认知 (81)

项目四 船舶内燃动力装置的工作过程解析

- 任务一 卡诺热机的工作过程解析 (94)
- 任务二 柴油机的工作过程解析 (98)
- 任务三 燃气轮机装置的工作过程解析 (112)
- 拓展任务一 废气涡轮增压器工作过程解析 (116)
- 拓展任务二 压缩机的工作过程解析 (125)

项目五 船用锅炉装置热力过程认知

- 任务一 水蒸气热力性质认知 (140)
- 任务二 水蒸气的热力过程解析 (147)

项目六 船舶制冷和空调装置工作过程解析

任务一 蒸气压缩制冷装置工作过程解析	(152)
任务二 船舶空气调节装置工作过程解析	(164)

◎ 第三篇 传热学的基本知识

项目七 传热过程分析

任务一 热传递基本方式解析	(178)
任务二 传热过程解析	(192)

◎ 附 录

附表1 单位换算表	(206)
附表2 饱和水与饱和水蒸气的热力性质表(按压力排列)	(207)
附表3 饱和水与饱和水蒸气的热力性质表(按温度排列)	(209)
附表4 未饱和水与过热水蒸气的热力性质表	(211)
附表5 R_{12} 饱和液体和饱和蒸气表	(215)
附表6 R_{12} 过热蒸气表	(218)
附表7 R_{22} 饱和液体和饱和蒸气表	(222)
附表8 饱和空气表	(223)
附图1 水蒸气焓-熵图	(225)
附图2 R_{12} 压-焓图	(226)
附图3 R_{22} 压-焓图	(227)
附图4 湿空气焓-湿图	(228)

◎ 参考文献	(229)
--------------	-------

第一篇 流体力学

项目一

流体静力学分析

项目描述

在船舶机舱中,水、燃油、润滑油、液压油是轮机部不可缺少的工作流体,船舶系统大多数与流体相关,如压载水系统、消防水系统、各类液压甲板机械系统等,虽然各种系统结构、工作原理及流体各不相同,但其中的规律和特点有共同之处。作为轮机管理人员,只有认识流体的物理性质,掌握流体力学的基本规律,才能科学合理地管理和维护这些系统。

本项目以流体主要物理性质认知、流体静力学基本方程应用两个任务学习流体静力学相关知识。

●任务一

流体主要物理性质认知

学习目标

【能力目标】

1. 能够分析船舶机舱中水、燃油、润滑油、液压油等几种常用流体的状态及其特点；
2. 能够分析流体的压缩性对流体高压系统的影响,分析流体的膨胀性对油品计量和存储的影响；
3. 能够分析毛细管现象和空穴、气蚀现象。

【知识目标】

1. 掌握流体的密度、重度、压缩性、膨胀性、流体的表面张力等主要物理性质；
2. 掌握牛顿内摩擦定律、动力黏度、运动黏度、相对黏度等概念及影响黏度的因素。

任务导入

在船舶机舱中常见的工作液体有海水、淡水、燃油、润滑油、液压油等,常见的工作气体有压缩空气、燃气、水蒸气等,常见的气液共存状态的流体有制冷剂、锅炉内的水和水蒸气等。这些流体的物理性质是否相同?在温度或压力发生变化时,同一种流体的物理性质是否会发生变化?流体的物理性质的变化会对轮机设备或工作系统的工作产生什么影响?在轮机设备的日常维护与管理中需要注意哪些问题?

任务分析

不同的流体其物理性质各不相同,同种流体在不同条件下对其工作系统的影响也各不相同,流体物理性质的变化会对轮机设备或工作系统的工作产生影响。为更好地管理和维护轮机设备,减少流体物理性质的变化而对其设备或系统工作的影响,我们必须认识和掌握流体的物理性质。本任务主要学习流体的密度和重度,流体的压缩性、膨胀性,流体的表面张力,流体的黏滞性,流体的含气量与气体分离压等流体的主要物理性质。

相关知识

液体和气体统称为流体,固体具有一定的抵抗压力、拉力和切力的能力,在外力作用下,通常发生很小的变形,而且变形发展到一定的程度会自然停止。流体则不同,流体的分子间引力小,间距大,分子排列疏松,即不能保持一定的形状,具有很大的流动性。因此,流体不同于固体的基本特征就是具有流动性。

一、流体的密度和重度

1. 密度

流体具有质量,占有体积,对于均质流体,1 m³ 体积内所具有的质量 m 称为密度,用符号 ρ 表示,即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (1-1-1)$$

流体的密度随流体的种类、压力和温度而变化,但对于同一种液体来说,密度随压力和温度的变化较少,一般可视作常数。

2. 重度

流体在地心引力作用下,具有重量,对于均质流体,1 m³ 体积内所具有的重量 G 称为重度,用符号 γ 表示,即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (\text{N/m}^3) \quad (1-1-2)$$

由 $G = mg$, 可得重度与密度之间的关系:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1-1-3)$$

式中: g ——重力加速度,一般取 $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

二、流体的压缩性、膨胀性

1. 压缩性

在一定温度下,流体的体积随压力的增加而减小的特性,称为流体的压缩性。压缩性的大小用压缩系数来度量。压缩系数用 β_p 表示,它是指当温度不变时,单位压力的变化所引起的体积相对变化量,即:

$$\beta_p = \frac{-\frac{dV}{V}}{dp} = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp} \quad (\text{m}^2/\text{N}) \quad (1-1-4)$$

上式中, dV 是因压力变化 dp 时所引起的体积变化量; V 是流体被压缩前的体积;负号表示体积变化与压力变化的方向相反。

压缩系数的倒数称为弹性模数,表示处于压缩状态的流体有一种向外产生膨胀力的倾向,这种力可以被看成弹性力。

由实验可知,液体的压缩系数非常小,一般把液体视为不可压缩流体,表 1-1-1 为水在不同压力下 0 °C 时的压缩系数。

表 1-1-1 水在不同压力下 0 °C 时的压缩系数

压力 (MPa)	0.5	1	2	4	8
$\beta_p (10^{-9} \text{ m}^2/\text{N})$	0.538	0.536	0.531	0.528	0.515

但在高压情况下,液体的压缩性也应予以考虑。如柴油在高压油管中流动时要考虑油液的压缩性,液压系统在进行动态分析时也要考虑油液的压缩性。

2. 膨胀性

在一定压力下,流体的体积随温度的升高而增大的特性,称为流体的膨胀性。膨胀性的大小用体积膨胀系数来度量,符号为 α_t , 即:

$$\alpha_t = \frac{\frac{dV}{V}}{dt} \quad (1/^\circ\text{C}) \quad (1-1-5)$$

体积膨胀系数是指在压力不变的情况下,温度增加 1°C 所引起的体积相对增加值。

与压缩性一样,液体的膨胀性也很小,除温度变化很大的场合外,一般不考虑液体的膨胀性。表 1-1-2 为水在一个大气压下不同温度时的密度和重度。

实际情况下,当压力及温度变化不大时,可以认为液体既不可压缩又不能膨胀。但在压力和温度的变化很大时要考虑液体的膨胀性和压缩性。如在油舱、油箱等容器装运油液时都不会装满,通常只装 90% ~ 95% 的容量,以避免温度升高液体膨胀造成满溢事故。

表 1-1-2 水在 1 个大气压下不同温度时的密度和重度

温度 $^\circ\text{C}$	密度 kg/m^3	重度 kN/m^3	温度 $^\circ\text{C}$	密度 kg/m^3	重度 kN/m^3	温度 $^\circ\text{C}$	密度 kg/m^3	重度 kN/m^3
0	999.9	9.806	15	999.1	9.799	60	983.2	9.645
1	999.9	9.806	20	998.2	9.790	65	980.6	9.617
2	1000	9.807	25	997.1	9.778	70	977.8	9.590
3	1000	9.807	30	995.7	9.755	75	974.9	9.561
4	1000	9.807	35	994.1	9.749	80	971.8	9.529
5	1000	9.807	40	992.2	9.731	85	968.7	9.500
6	1000	9.807	45	990.2	9.710	90	965.3	9.467
8	999.9	9.806	50	988.1	9.690	95	961.9	9.433
10	999.7	9.805	55	985.7	9.657	100	958.4	9.399

三、流体的表面张力

1. 表面张力的性质

液体在自由表面上,由于受自由表面两侧分子引力不平衡,使自由表面上液体分子受到极其微小的拉力,这一特性称为液体表面张力特性。由于气体不能形成固定的自由表面,因此表面张力特性是液体特有的性质。

表面张力的大小以作用在单位长度上的力,即表面张力系数 σ 表示,其 SI 单位为 N/m ,液体的表面张力系数都很小。

2. 毛细管现象

表面张力仅在液体自由表面存在,在液体内部并不存在,所以它是一种局部受力现象。一般来说这种微弱的拉力对液体的宏观运动不起作用,在一般工程问题中都可不予考虑。但对于毛细管,表面张力可以引起相当显著的液面上升或下降,这就是毛细管现象。

液体与固体壁面接触时,存在附着力。

若液分子间的内聚力小于液体与固体壁面间的附着力,就会产生液体能润湿固体壁面的现象;反之,如果附着力小于内聚力,液体为不能湿润固体壁面。如图 1-1-1,对于毛细管,如果

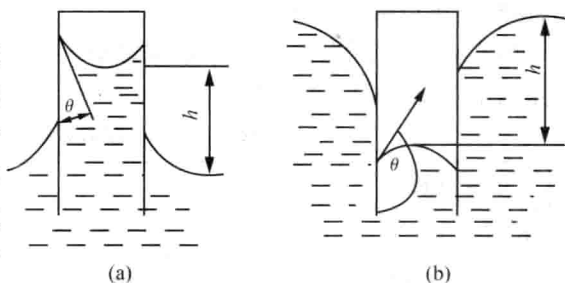


图 1-1-1 毛细管现象

液体能湿润管壁,则管内液面升高;如果液体不能湿润管壁,则管内液面下降。

气体没有表面张力和毛细管现象。

四、流体的黏滞性

1. 黏滞性

流体在管道中流动时,由于与固体壁面间的附着力,紧贴管壁的流体速度为零,在液层发生相对运动时,运动较快的流体层可以带动运动较慢的流体层;反之,运动较慢的流体层又阻滞运动较快的流体层。

如图 1-1-2 所示。设有两块平行的平板,其间充满静止流体,若将下板固定,使上板以 ω 速度做匀速水平运动。由于流体的黏附作用,顶层流体的流速将与上板的运动速度相同,底层流体紧贴管壁,其流速将为零,而中间层流体流速将介于 ω 和“0”之间,并随高度而递增呈直线分布。这一现象说明,流体在流动时,发生相对运动的各流层之间存在着一对阻碍流层相对运动的等值反向摩擦力,这种发生在流体内部、类似于固体之间的摩擦阻力,称为流体的黏滞性,两流层间阻碍流层相对运动的等值反向摩擦力称为内摩擦力。

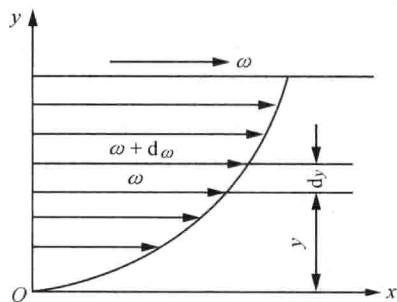


图 1-1-2 流体层流速分布

2. 牛顿内摩擦定律

为了确定内摩擦力的大小,牛顿做了大量的实验研究。实验结果表明:对于一般的流体,当流速不很大时,内摩擦力的大小可以通过下式得到:

$$T = \mu F \frac{d\omega}{dy} \quad \text{或} \quad \tau = \mu \frac{d\omega}{dy} \quad (1-1-6)$$

上式称牛顿内摩擦定律。

式中: T ——内摩擦力(N);

μ ——流体物理性质的比例系数,称为黏性动力系数($\text{Pa} \cdot \text{s}$);

F ——两个流层间的接触面积(m^2);

ω ——流层的速度(m/s);

y ——流层间的垂直距离(m);

$d\omega/dy$ ——沿接触面法线方向的速度梯度($1/\text{s}$);

τ ——单位面积流层接触面上的内摩擦力,也称切应力(N/m^2)。

在静止液体中,由于速度梯度为零,因此液体在静止状态时不呈现黏滞性。对于某些特殊液体,如胶状液体,或接近凝固的石油、泥浆等,牛顿内摩擦定律是不适用的。因此,把符合牛顿内摩擦定律的液体叫作牛顿液体,即使是牛顿液体也仅仅是做层流运动时才满足内摩擦定律。

3. 动力黏度、运动黏度和相对黏度

(1) 动力黏度

不同的流体,其黏滞性不同,由式(1-1-6)知,

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{d\omega}{dy}} \quad (\text{Pa} \cdot \text{s}) \quad (1-1-7)$$

其物理意义是:速度梯度等于1时,接触液层间单位面积上的内摩擦力。

(2) 运动黏度

在流体力学的分析和计算中,常出现动力黏度 μ 与密度 ρ 的比值,为简单起见,以 ν 表示,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (1-1-8)$$

运动黏度没有什么特殊的物理意义,只是为了应用方便而设 ν 这一符号代替 μ/ρ 。因为 ν 的单位只有运动学的量,而没有动力学的量,所以称之为运动黏度。运动黏度规定为国际通用的黏度表示法(cSt),工程上液体的黏度常用运动黏度的平均值标示。如液压油的牌号按油液在40℃的运动黏度 ν [mm^2/s (cSt)],中文读作“厘斯”]表示,32号液压油就是指它在40℃的运动黏度平均值为32 mm^2/s 。

表1-1-3列出了在不同温度下水的黏性系数;表1-1-4列出了1个大气压下不同温度时空气的黏性系数。

表 1-1-3 在不同温度下水的黏性系数

温度 ℃	$\frac{\mu}{10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}}$	$\frac{\nu}{10^{-6} \text{m}^2/\text{s}}$	温度 ℃	$\frac{\mu}{10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}}$	$\frac{\nu}{10^{-6} \text{m}^2/\text{s}}$
0	1.792	1.792	40	0.656	0.661
5	1.519	1.519	45	0.599	0.605
10	1.308	1.308	50	0.549	0.556
15	1.140	1.140	60	0.469	0.477
20	1.005	1.007	70	0.406	0.415
25	0.894	0.897	80	0.357	0.367
30	0.801	0.804	90	0.317	0.328
35	0.727	0.727	100	0.284	0.296

表 1-1-4 1个大气压下不同温度时空气的黏性系数

温度 ℃	$\frac{\mu}{10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}}$	$\frac{\nu}{10^{-6} \text{m}^2/\text{s}}$	温度 ℃	$\frac{\mu}{10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}}$	$\frac{\nu}{10^{-6} \text{m}^2/\text{s}}$
0	0.0172	13.7	60	0.0201	19.6
10	0.0178	14.7	70	0.0204	20.5
20	0.0183	15.7	80	0.0210	21.7
30	0.0187	16.6	90	0.0216	22.9
40	0.0192	17.6	100	0.0218	23.6
50	0.0196	18.6	200	0.0259	35.8

由表1-1-3和表1-1-4可知,温度对流体的黏性系数有影响,且这种影响对气体和液体是截然不同的。液体的黏性系数随温度的升高而变小,气体的黏性系数随温度的升高而增大。这是因为气体和液体产生黏性的主要原因不同。气体的黏性主要是由分子不规则热运动的动量交换形成的。当温度升高时,分子热运动加快,动量交换频率增多,因此气体的黏性增大;液体的黏性主要是由分子间的吸引力形成的。当温度升高时,分子间距离增大,分子间的吸引作用减弱,因此液体的黏性减小。压力对流体黏性系数也有影响,但影响很小,一般不需考虑。

(3) 相对黏度

相对黏度是采用特定的黏度计在规定的条件下测出的液体黏度,根据测量条件不同,各国规定的相对黏度的单位也不同。美国采用国际赛氏秒(SSU),英国采用商用雷氏秒(R),我国和一些欧洲国家以前通常采用恩氏黏度($^{\circ}\text{E}$)。

恩氏黏度:恩氏黏度的测定是利用恩氏黏度计,如图 1-1-3 所示。它是由一个黄铜贮液器 1 及焊接在其底部的黄铜锥管 3 所构成。贮液器放在水槽 2 中,黄铜锥管内插入一个孔径 $\phi 2.8\text{ mm}$ 的白金锥管 4,以便被测液体自贮液器中流出。测定之前先用特制的柱塞关闭白金锥管,再将 200 cm^3 的被测液体注入贮液器 1 内,然后用煤气灯将水槽 2 的水加热,使黄铜贮液器内的被测液体保持一定温度。当被测液体的温度稳定保持在某一测定温度 $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,开启柱塞,则被测液体在自重作用下自白金锥管 4 流出,设 200 cm^3 的被测液体流完的时间为 $t_1(\text{s})$ 。然后用同样的方法测出同体积的 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的蒸馏水流完的时间为 $t_2(\text{s})$, t_2 一般为 $50\sim 52\text{ s}$,取平均值 51 s , t_1 和 t_2 的比值称为该液体在 $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的恩氏黏度($^{\circ}\text{E}$)。恩氏黏度无量纲,工业上常用 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 作为测定恩氏黏度的标准温度,并相应用符号 $^{\circ}\text{E}_{20}$ 、 $^{\circ}\text{E}_{50}$ 、 $^{\circ}\text{E}_{100}$ 表示。

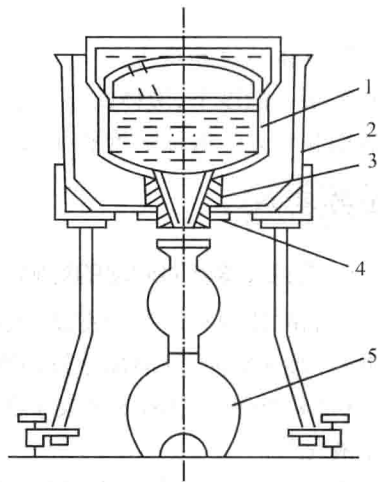


图 1-1-3 恩氏黏度计

1 - 贮液器; 2 - 水槽; 3 - 黄铜锥管;
4 - 白金锥管; 5 - 容器

雷氏黏度:雷氏黏度计测定,油液在 $37.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,从雷氏黏度计中流出 50 cm^3 所需要的时间,单位为秒。雷氏黏度有两种,即雷氏一号黏度(Red No. 1)和雷氏二号黏度(Red No. 2)。当测得的 Red No. 1 超过 2000 s 时,改用 Red No. 2 测定。数值上 Red No. 2 等于 Red No. 1 的 10 倍。

赛氏黏度:赛氏黏度计测定,油液在 $37.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,从赛氏黏度计中流出 60 cm^3 所需要的时间为秒。赛氏黏度有两种,即赛氏通用黏度(SSU)和赛氏重油黏度(SSF)。两种黏度计的差别主要在于试样流出孔的口径上,赛氏通用黏度计之孔口径较小,重油黏度计较大。一般当以赛氏通用黏度计测得之流出时间超过 2000 s 时,则改用赛氏重油黏度计。数值上 SSF 约等于 SSU 的 10 倍。

航运界经常用雷氏一号黏度(Red No. 1)表示燃油黏度,大型柴油机的喷油设备适宜黏度范围为 $12\sim 15\text{ mm}^2/\text{s}$,相当于雷氏一号黏度(Red No. 1) $60\sim 100\text{ s}$ 。

五、流体的含气量与气体分离压

1. 含气量

液体中所含气体的体积百分比称含气量。液体中的空气可以是溶入的或混入的。

气体的溶入:油液与空气接触,气体分子均匀地分布在液体分子中,即气体溶解在液体中。油液中溶入的空气量正比于液体的压力而反比于温度,当压力增加或温度降低时可使部分混入的空气溶入油液中;反之,溶解于油液中的空气也可以释放出来。油液中溶入的空气对油液的物理性质影响不大。

气体的混入:指油液与空气接触并发生搅动,使气体在油液中以游离态的气泡状悬浮。

油液中混入气体后,不仅使油液的体积弹性系数急剧下降,而且油液的黏性增加。

2. 气体分离压

在某一温度下,流体的压力降低到从液体中析出气泡,则该压力称为气体分离压。气体分离压与液体的种类、温度、气体的溶解量及混入量有关。液温高、气体溶入量和混入量大,气体分离压相应较高。

3. 液体的饱和压力

在某一温度下,液体的压力逐渐降低时,压力降低到液体本身沸腾汽化时的压力称作液体的饱和压力。液体的饱和压力与液体的种类、温度有关,液温高,相应的饱和压力也较高。

任务实施

一、密度、重度对油品的影响

油品的使用 and 选择与密度、重度有一定的关系,同一标号的油品产地不同,密度、重度相差不大,通常柴油、汽油标号较高则密度较大。例如 97[#] 汽油密度大于 93[#], 0[#] 轻柴油密度大于 -10[#] 轻柴油。重油密度大于柴油,柴油密度大于航空煤油,煤油密度大于汽油,汽油密度大于液化气。

密度、重度对油品管理也有一定的影响,密度、重度间接反映油品的浊点、沸点、闪点、燃点、自燃点等参数。密度大的燃油其闪点、燃点、浊点较高但自燃点较低,适合压燃式内燃机,如柴油机使用,防火防爆控制相对安全但低温时易凝固;密度小的燃油其闪点、燃点较低但自燃点较高,适合点燃式内燃机,如汽油机使用,防火防爆要求相对较高。

二、压缩性、膨胀性的应用

1. 液体的压缩性对液体高压系统工作的影响

在燃油系统中,从燃油舱至高压油泵之间,输送压力不高,可忽略燃油的压缩性,燃油可认为是不可压缩的。但燃油经过高压油泵加压后,压力可达 20 ~ 40 MPa 以上,燃油被压缩的影响便不可忽略。外部现象的明显特征是用手触摸高压油管可感觉高压油管的脉动。脉动的重要原因之一就是高压油泵供油时,高压油管受高压扩张,当供油结束出油阀关闭前,高压油管内的高压油与回油口相通,管内压力急降,油管收缩产生脉动的同时,高压油发生膨胀造成高速射流射向柱塞头部并会使其产生气穴现象。由于燃油受到高压作用体积缩小,会使喷入气缸的实际喷油量比高压油泵的理论供油量要小、供油也会延时。高压油管的内部容积越大,对供油量和供油定时的影响就越大。为缩短高压油管的长度,大型柴油机都采用独立的高压油泵。最先进的喷射方式采用电子控制的 PT 泵,能正确控制供油量和供油时间,提高柴油机的工作效率。

船舶液压系统的应用已经非常普遍,工作压力为 20 ~ 40 MPa 高压液压系统的应用也越来越多。液体的压缩性对液压系统工作的影响也变得不可忽略,液压系统在高压工作时,由于液压油被压缩而使执行元件的运动滞后及运行速度波动、控制精度的影响也越来越明显。

2. 膨胀性对油品计量和储存的影响

油品在储存过程中都应考虑到温度变化而引起的体积变化的影响,在油舱、油箱等容器装运液体时都不会装满,通常只装 90% ~ 95% 的容量,避免温度升高油液膨胀造成满溢事故。油品在我国进行交易过程中通常用流量计计量,即用体积计量,而计费则用吨计量,可

通过密度或比重进行换算。由于油品具有膨胀性,密度、比重值会发生变化,由此会产生计量误差。因此,我国规定以在空气中 20℃ 时燃油的密度与 4℃ 水的密度的比值作为换算的标准比重,记作 d_4^{20} 。油的膨胀系数根据品种不同在每摄氏度 0.7/1000 ~ 1/1000 范围内。冬季、夏季加油时,用 20℃ 时的比重直接计算会产生较大的误差。因此,必须查出相应温度时的比重,才能得到较准确的结果。由于船舶装载量巨大且目前油价昂贵,以载重量为 10 万吨的油船为例,即使体积变化量仅为总量的 1/1000,计量误差的绝对量就达 100 吨,应引起足够的重视。

三、液体的表面张力的应用

1. 表面张力对水力仪表读数的影响

自然界中存在着许多表面张力作用的现象。一般情况下,其影响可不予考虑。但在液滴、气泡的形成等问题中,表面张力起着重要作用,不可忽略。对某些玻璃管制成的水力仪表如 U 形压力计、测速管,读数时必须考虑表面张力引起的读数误差。表面张力的影响一般与管径成反比,管径越小其影响越大,并与液体种类、管子材料及温度等有关。通常使用管径应不小于 10 mm,以减小计数误差。

2. 表面张力对油船清洗的影响

表面张力对油船清洗也有一定的影响。油船船舱表面存在油膜,在换装不同品种油时,会污染后面的油品;在对油舱进行热加工作业时,油膜的存在也有可能发生火灾事故。因此,换装不同品种的油品或热加工作业时,首先必须进行清洗油船船舱表面油膜。一般采用高压水冲刷才能将油舱残油清洗干净。

3. 表面张力对润滑油膜形成的影响

由于液体与固体间的黏附力及表面张力的作用,机械设备相对运动的摩擦表面和工件的润滑表面都有一层油膜,表面张力大的液体其油膜也相对较厚。润滑表面的这一层油膜在机器起动过程中,在滑油压力未建立前起着关键的润滑作用,防止了工作部件的干摩擦发生,极大地减小了工件的磨损。

四、液体的黏滞性的应用

1. 影响黏度的因素分析

液体的种类、温度和压力对动力黏度均有影响,压力的影响很小,通常液压油当压力大于 10 MPa 或压力波动很大时,需要考虑压力对油液黏度的影响,压力增加,黏度增加。温度对流体黏度的影响很大,温度升高时液体的黏度将显著降低,而气体的黏度反而增加。

2. 黏度对轮机设备工作的影响

轮机工程中,仅用黏度大小来表示液压油、润滑油的黏性是不够的,液压油、润滑油在工作中希望黏度随温度的变化越小越好。为此,通常用黏度指数表示滑油的黏度特性,黏度指数越大,表示黏度随温度的变化越小,油品的工作性能越好。黏度增加有利于润滑油膜的形成,减小工作时的磨损,但工作效率会下降,油泵工作压力提高,油液易发热,输出功率减小并影响经济性。反之,则易造成工作部件磨损过快。为此,通常用加添加剂的方法改变黏度指数。

根据黏度指数不同,可将润滑油分为三级:35 ~ 80 为中黏度指数润滑油;80 ~ 110 为高黏度指数润滑油;110 以上为特高级黏度指数润滑油。黏度指数高于 100 ~ 170 的机油,为高档

次多级润滑油,它具有黏温曲线变化平缓性和良好的黏温性。在较低温度时,这些黏度指数改进剂中的高分子有机化合物分子在油中的溶解度小,分子蜷曲成紧密的小团,因而油的黏度增加很小;而在高温时,它在油中的溶解度增大,蜷曲状的线形分子膨胀伸长,从而使黏度增长较大,所以说黏度指数越高,黏度随温度变化越小。

3. 燃油黏度对雾化的影响

对于柴油机和辅助锅炉,燃油的黏度会影响雾化质量和燃烧质量。为使燃油雾化良好,要保证燃油的黏度在一定的范围内,通常对于不同性质的燃油,采用加温的方式使燃油黏度达到要求。

五、液体中的气体对轮机设备危害分析

1. 空穴、气蚀现象

当液体的压力下降到液体温度所对应的饱和压力以下,液体会沸腾汽化,这时气泡从液体中大量分离的现象称空穴。空穴发生后,管道或元件中的液体变为混有大量气泡的不连续状态。液压系统或燃油系统中由于油液流过节流器、喷嘴、阀、管子的狭窄部位时及在液压泵的吸入管路中,都会因油压骤降而产生空穴。液压系统产生空穴后,气泡随着油液流向高压区,在高压作用下迅速破裂又渗入液体中,于是产生局部的液压冲击,引起局部压力和温度的突变,使系统产生强烈的振动和噪声。在液压系统和燃油系统中某些局部区域和一些零件表面,长期承受液压冲击和高温作用,以及油液中逸出空气的氧化作用,会使管壁或零件表面产生剥落,或出现海绵状的小洞穴群,这种因空穴现象造成的腐蚀称为气蚀。柴油机气缸冷却水腔、喷油泵中进、回油孔相应零件部位和排油阀、高压油管都会因空穴发生气蚀。

2. 船用泵的空穴、气蚀现象

船用泵在工作中会受到外界条件变化的影响,例如压载系统的压载泵在舱底水调驳或排出作业时,由于船内水面下降,水面大气压下降等原因,泵的吸入压力会降低,当泵内某处压力降低到液体内气体分离压或水温对应的饱和压力时会产生空穴现象,使泵工作失常或工作效率降低。气蚀现象通常发生在液面波动较大,吸入管路压力、流量变化较大,工作液体温度较高,吸入液面真空度较高的系统中。

拓展提高

1. 轮机工程中的典型流体

液体和气体统称为流体。轮机工程中常见的液体主要有海水、淡水、燃油、润滑油、液压油、清洗液等。常见的气体有压缩空气、燃气、水蒸气、乙炔气、氮气、氧气、惰性气体、二氧化碳等。常见的气液共存状态的流体有制冷剂、锅炉内的水和水蒸气等。

海水主要用于机械设备冷却、清洗甲板、船舶压载、油舱清洗、消防系统及日常生活用水等,淡水主要用于机械设备冷却、锅炉用水、日常生活用水等,燃油主要用于主机、发电柴油机、船舶辅锅炉等设备的燃料。常见的燃油主要有轻柴油、重柴油、重油。

润滑油主要用于机械设备相对运动表面的润滑和冷却,同时还可起到清洁相对运动表面、缓冲外力冲击、防止其腐蚀等作用。常见的润滑油有柴油机润滑油、气缸油、冷冻机油等。液压油主要用于液压系统中,用作液压传动的工作介质,作为传递能量和压力媒介物质。

清洗液用于清洗机械零件、系统管路等,要求流动性好、清洗效果好、残留少、与系统介