

石油化工工人技术培训教材

炼油厂机器与维护修理

(中 级 本)

李景忠 编



烃加工出版社

石油化工工人技术培训教材

炼油厂机器与维护修理

(中级本)

李景忠 编

烃加工出版社

内 容 提 要

本书为炼油厂维修安装钳工(中级)的培训教材。主要内容包括泵、压缩机、阀门等机器设备的结构、原理和特征。重点是介绍炼油厂各种机器设备的维修安装技术,帮助工人提高维修安装质量和分析问题的能力,并介绍了简单零部件的设计和校核计算的方法。

本书可做为炼油厂维修安装钳工(中级)的培训教材,也可供石油化工厂机动部门管理干部和工艺技术人员参考。

石油化工工人技术培训教材

炼油厂机器与维护修理

(中级本)

李景忠 编

•
烃加工出版社出版

海丰印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

•
787×1092毫米 32开本 22³/₈:印张 501千字 印1—2,500

1990年10月北京第1版 1990年10月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-094-4/TH·011 定价:6.90元

前 言

本书是炼油厂维修安装中级钳工技术培训的专业课程教材，是根据石油工业部劳资司培训处指定的教学大纲编写的。一九八三年经“技术培训教材审稿会”确认为石油工人中级技术培训试用教材。

经过几年来的试用，在一九八五年十二月由中国石油化工总公司人教部组织兰州炼油厂、洛阳炼油厂、荆门炼油厂、锦州炼油厂有关同志在石家庄炼油厂又进行了审定，并提出了修改意见。编者对原试用教材进行了修改。

本教材适合炼油厂维修安装中级钳工。在经过初级培训机泵常识课的基础上加以提高，使受训人员进一步掌握本工种的技术理论知识，对泵、压缩机、阀门等机器设备在结构、原理、性能等方面加深专业理论知识，以提高对机器设备的维修安装中发生问题的分析及独立地解决有关工艺技术问题的能力，并能对一些简单的零部件进行设计、校核计算；本书将为提高炼油厂机器与设备的检修安装技术水平起到积极的促进作用。

本教材亦可供炼油厂机动部门管理干部和工艺技术人员参考。

由于各炼油厂生产装置繁多，机器与设备型号规格不尽相同，本教材难以满足特殊的需要，因此在使用本教材时，可结合各厂的特点，教学时加以增删。

本教材在编写过程中得到了锦州炼油厂领导的关怀和支

持，锦州炼油厂职工教育委员会的大力帮助，锦州炼油厂副总机械师沈静远同志的认真审阅。插图由太跃华和段学珍同志完成。编者谨向参与本教材编写工作的各位同志致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有谬误之处，敬希读者批评指出。

编 者

一九八六年六月于锦州炼油厂

目 录

前言

第一章 水力学基础.....	(1)
第一节 液体的物理性质.....	(1)
第二节 液体的静止和平衡.....	(6)
第三节 液体流动的基本原理.....	(11)
第四节 液体流动的能量损失.....	(20)
第二章 离心泵.....	(31)
第一节 离心泵的基本工作原理及主要 性能参数.....	(32)
第二节 离心泵的基本方程式.....	(36)
第三节 离心泵的实际特性.....	(42)
第四节 离心泵的汽蚀.....	(54)
第五节 相似理论在离心泵中的应用.....	(63)
第六节 离心泵的装置特性.....	(71)
第七节 离心泵的主要零部件.....	(74)
第八节 液体性质对离心泵性能的影响.....	(92)
第九节 离心泵的型号及选择方法.....	(94)
第三章 蒸汽往复泵.....	(99)
第一节 往复泵的分类及特点.....	(99)
第二节 蒸汽往复泵工作原理及结构.....	(103)
第三节 蒸汽往复泵活塞的运动规律.....	(107)
第四节 蒸汽往复泵主要性能参数、特性	

与工作调节.....	(108)
第五节 蒸汽往复泵的主要零件和材料.....	(113)
第四章 其它型式泵.....	(116)
第一节 齿轮泵.....	(116)
第二节 比例泵与计量泵.....	(121)
第三节 旋涡泵.....	(130)
第四节 螺杆泵.....	(133)
第五节 滑片泵.....	(137)
第五章 往复式活塞压缩机.....	(141)
第一节 气体性质的基本知识.....	(142)
第二节 活塞式压缩机的分类、结构特点 及主要参数.....	(152)
第三节 石油化工用压缩机的特点.....	(158)
第四节 压缩机变工况工作及 排气量的调节.....	(162)
第五节 压缩机的润滑.....	(165)
第六节 活塞压缩机主要零部件及分析.....	(169)
第六章 离心式鼓风机和压缩机.....	(186)
第一节 离心式压缩机的热力过程, 流通 部分主要部件及主要参数.....	(187)
第二节 离心式压缩机性能曲线.....	(197)
第三节 流化催化裂化装置用“三机”.....	(202)
第七章 蒸汽轮机.....	(207)
第一节 蒸汽轮机的分类与型号.....	(207)
第二节 蒸汽轮机的工作原理与构造.....	(210)
第三节 凝汽设备的作用和组成.....	(228)
第四节 双脉冲调节器及保安系统.....	(231)

第五节	PG-PL 型调速器简介	(244)
第八章	炼厂用其它几种机器简介	(250)
第一节	真空转鼓过滤机	(250)
第二节	板框过滤机	(252)
第三节	套管结晶器	(256)
第四节	空冷轴流风机	(258)
第九章	机泵设备的密封技术	(261)
第一节	机泵设备的密封方法 及其类型	(261)
第二节	填料密封	(264)
第三节	螺旋密封	(298)
第四节	迷宫密封	(300)
第五节	机械密封	(303)
第六节	浮动环密封	(349)
第十章	滑阀及其检修	(372)
第一节	滑阀介绍	(372)
第二节	传动及自动控制	(380)
第三节	滑阀主要部件结构	(391)
第四节	滑阀的检查与检修	(404)
第五节	滑阀的试验调整	(416)
第六节	滑阀的验收与维护	(424)
第十一章	安全阀及其检修与定压	(431)
第一节	安全阀的种类	(431)
第二节	检修时对安全阀的要求	(434)
第三节	安全阀的规格型号	(436)
第四节	安全阀的检修与定压试验	(439)
第十二章	机械设备安装检修工艺原理	(447)

第一节	基础·····	(447)
第二节	划线定位·····	(448)
第三节	水平找平·····	(449)
第四节	地脚螺栓、垫铁和灌浆·····	(454)
第五节	清洗、拆卸和装配 (减速机的 检修) ·····	(459)
第六节	对轮的找正·····	(507)
第七节	轴的弯曲与矫正·····	(513)
第八节	振动与平衡·····	(519)
第九节	零件的失效分析·····	(536)
第十节	零件修复工艺·····	(567)
第十三章	炼厂各种机泵设备的 检修工艺·····	(583)
第一节	离心泵安装检修·····	(583)
第二节	蒸汽往复泵检修·····	(610)
第三节	压缩机的检修·····	(616)
第四节	蒸汽轮机的检修·····	(639)
第五节	真空转鼓过滤机的检修·····	(656)
第六节	几种机泵检修专用机具介绍·····	(662)
附录一	离心泵的型号·····	(675)
附录二	常用法定计量单位及不同单位制 算的换·····	(680)
附录三	公差与配合新旧国际对照简表·····	(684)
附录四	炼厂常用机泵的型号与规 格参数·····	(686)
附录五	炼厂常用机泵润滑油一览表·····	(704)

第一章 水力学基础

大家知道，石油化工厂生产所需物料多是液体或气体，输送这些物料绝大多数是通过各种类型的机泵来实现的。为了研究机泵的工作原理和特性，就应首先知道机泵输送液体介质的特性。因此本章仅就在圆管中液体的静止或流动的基本规律作以简要的介绍。

第一节 液体的物理性质

由于机泵只是用来输送液体和升高其压力的，所以我们只研究与其有关的液体的物理性质——重度、密度和粘性。

一、重度和密度

大家知道液体和固体一样，都有重力。重力的单位是牛顿，它的量纲是 $[LMT^{-2}]$ ，在工程单位制中重力的单位是公斤力。单位的换算为 $1\text{kgf}=9.8\text{N}$ 。通常把温度为 4°C 的 0.001米^3 （1升）纯水在纬度为 45° 的海平面上的重力规定为 1 公斤力（9.8 牛顿）。

物体有轻重之分，比较其轻或重要有个基准才行，我们用相同体积的物体含有的重量多少来进行比较才有意义，这就引出了重度的概念。

重度是指单位体积内物体所具有的重力。若以 G 表示物体的重力， V 表示物体的体积，则该物体的重度 γ 可用下式表示

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-1)$$

重度的单位是牛顿/米³，量纲为 $[L^{-2}MT^{-2}]$ ，在工程单位制中用公斤力/米³或克力/厘米³表示。

在国际上，将4℃的纯水的重度980牛顿/米³（1000公斤力/米³）作为重度的标准，其它物体的重度 γ 和纯水这个重度的比值叫做该物体的比重，记为 d

$$d_t = \frac{\gamma_t}{\gamma_{\text{水}}} \quad (1-2)$$

式中表示 $t^{\circ}\text{C}$ 温度下该液体重度 γ_t 与4℃下的水的重度 $\gamma_{\text{水}}$ 的比值。

比重是无单位的量。而重度是有单位的量，这是两者的显著区别。但两者在数值上有一定的关系。如用工程单位制时，4℃的纯水的重度是1000公斤力/米³，若物体的重度单位也用公斤力/米³则该物体的比重与重度在数值上是相同的。

例如水银的重度为13600公斤力/米³，其比重就是13600，4℃水的比重就是1.0。这给我们计算中带来了方便，也便于记意。

下面给大家介绍液体的另一个重要的物理概念——密度。

密度 ρ 是指单位体积内物体所具有质量。可用下式表示

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-3)$$

它的单位是千克/米³，量纲为 $[L^{-3}M]$

大家知道质量的单位是千克（公斤），体积单位是米³。因此密度 ρ 的单位是上述两种单位的组合。

质量 m 是物体含有物质数量多少的量度，它只和物体本

身有关，而和物体在地球上的位置无关。物体质量的大小是通过物体的惯性大小表示出来的。一般物体惯性大的，它的质量就大，这就因为惯性的大小取决于质量大小的缘故。

那么同学们会问物体的重力和质量有什么样的关系呢？我们说重力和质量虽属于不同物理概念的两种不同的含义，但是它们之间是有直接关系的：即是物体的重力等于物体质量与该处物体的重力加速度的乘积，即

$$G = m \cdot g \quad (1-4)$$

式中 G ——物体的重力（牛顿），量纲为 $[LMT^{-2}]$ ；

m ——物体的质量（千克）或（公斤），量纲为 $[M]$ ；

g ——重力加速度（米/秒²）该值在工程实用中认为是常数，可取 $g = 9.81$ 米/秒²。量纲为 $[LT^{-2}]$ 。

这样我们将得到物体重度和密度之间的一个重要的关系式：

$$\gamma = \rho \cdot g; \quad \rho = \frac{\gamma}{g} \quad (1-5)$$

密度的工程单位制是公斤力·秒²/米⁴，量纲为 $[L^{-4}FT^2]$ 。密度的物理单位是克/厘米³。

例如我们计算纯水在4℃时的密度为

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1000}{9.81} = 101.9 \text{ [公斤力} \cdot \text{秒}^2/\text{米}^4]$$

二、液体的粘性

液体与固体的区别主要是液体有流动性，它很容易变形，它的形状和盛它的容器形状一样。

但是液体和不同液体之间也是有区别的。我们且不说两种不同液体有质的差别，单就它们流动现象而言，我们会看到有的液体流动很快，有的液体流动很慢，以机械油和汽油

对比，在同样条件下流动，大家都知道机械油比汽油流动速度慢得多。为什么会这样？都会说这是由于液体有“稠”和“稀”之分别，实际上我们所讲的稠或稀就是指液体有粘度大小的不同。粘度是流体的一个重要物理特性，因此我们说粘度是表示液体粘性的量。为什么液体会有粘性呢？简单的解释可以认为粘性是由于液体分子间的内聚力的作用结果，内聚力大的液体、流动时需克服的阻力大，表现出流动缓慢。

液体的粘性，除了与本身分子间内聚力大小有关外，具有同样粘性的液体，当外界温度发生变化时，粘度的变化一般是随温度的升高而降低。如40号机械油在夏冬两季使用时粘性就有变化，冬季因天气寒冷，40号机械油粘性增大，所以我们在冬季选用30号机械油就是这个道理。

粘度这个物理量又分为动力粘度（又称绝对粘度）和运动粘度两种。

动力粘度的定义公式为

$$\eta = \frac{F \cdot h}{A \cdot v} \quad (1-6)$$

式中 η ——动力粘度，单位是〔帕·秒〕记为Pa·s，量纲为〔L⁻¹MT⁻¹〕；

F ——流体的剪切力单位是〔牛顿〕，量纲〔LMT⁻²〕；

h ——流体层间距离，单位是〔米〕，量纲〔L〕；

A ——剪切力的作用面积，单位是〔米²〕，量纲〔L²〕；

v ——流体层间的速度差，单位是〔米/秒〕，量纲〔LT⁻²〕。

动力粘度单位在工程单位制中是〔公斤力·秒/米²〕量

纲是 $[L^{-2}F \cdot T]$ ，它的物理单位是〔达因·秒/厘米〕，读作〔泊〕记为〔P〕。由于这个单位较大，在应用中常采用厘泊作为粘度单位， $1\text{厘泊}=0.01\text{〔泊〕}$ （P）

单位的换算关系为：

$$1\text{〔Pa}\cdot\text{s〕}=10\text{〔P〕}=0.102\text{〔公斤力}\cdot\text{秒/米}^2\text{〕}$$

在工业上，多用毛细管粘度计等条件粘度来测定流体粘性的大小，通常用运动粘度来表示。所谓运动粘度 γ 是指动力粘度 η 与密度 ρ 的比值。

$$\gamma = \frac{\eta}{\rho} = \frac{\eta \cdot g}{\gamma} \quad \text{〔厘米}^2\text{/秒〕} \quad (1-7)$$

式中 γ ——运动粘度，单位是〔沱〕记为（St），沱是“斯托克斯”（厘米²/秒）的习惯称呼：

η ——动力粘度，单位是〔泊〕；

ρ ——密度，单位是〔克/厘米³〕。

运动粘度几种单位制的换算是：

$$1\text{〔沱〕}=100\text{〔厘沱〕} \text{ 即 } 1\text{St}=100\text{cSt}$$

运动粘度的法定单位及工程单位制是米²/秒

单位换算关系为：

$$1\text{〔厘沱〕}=10^{-6}\text{〔米}^2\text{/秒〕}$$

$$1\text{〔米}^2\text{/秒〕}=10^4\text{〔沱〕}=10^6\text{〔厘沱〕}$$

例题1：已知水在20℃时的绝对粘度 $\eta=1\text{〔厘泊〕}$ ，换算为运动粘度为多少〔厘沱〕？

解：已知 $g=9.81\text{米/秒}^2$ ，水的重度 $\gamma=1000\text{公斤力/米}^3$ ，粘度 $\eta=1\text{〔厘泊〕}=1.02\times 10^{-4}\text{〔公斤力}\cdot\text{秒/米}^2\text{〕}$ 。

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\eta \cdot g}{\gamma} = \frac{1.02 \times 10^{-4} \times 9.81}{1000} = 10^{-6}\text{〔米}^2\text{/秒〕} \\ &= 1\text{〔厘沱〕} \end{aligned}$$

例题2：已知常压、20℃下的空气重度 $\gamma=1.17$ 〔公斤力/米³〕，动力粘度 $\eta=1.844\times 10^{-6}$ 〔公斤力·秒/米²〕，又知润滑油的重度 $\gamma=871$ 〔公斤力/米³〕，动力粘度 $\eta=1331\times 10^{-6}$ 〔公斤力·秒/米²〕，试比较它们的运动粘度？

解：空气的运动粘度为

$$\begin{aligned}\nu_{\text{空气}} &= \frac{1.844 \times 10^{-6} \times 9.81}{1.17} = 15.5 \times 10^{-6} \text{〔米}^2\text{/秒〕} \\ &= 15.5 \text{〔厘沲〕}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\nu_{\text{油}} &= \frac{1331 \times 10^{-6} \times 9.81}{871} = 15 \times 10^{-6} \text{〔米}^2\text{/秒〕} \\ &= 15 \text{〔厘沲〕}\end{aligned}$$

该两种流体，动力粘度相差 $1331 \times 10^{-6} / 1.844 \times 10^{-6} = 723.3$ 倍，而运动粘度却几乎相等，所以在研究流体在圆管中流动规律时，运动粘度是个重要的参数，同学们在液体流动阻力计算中常用到它。

第二节 液体的静止和平衡

本节将向大家介绍液体处在静止或平衡运动状态时，将具有怎样的特性及其规律，这些规律在工程上的应用。

一、液体的静压力及其特性

液体有压力，这是我们在日常生活中是感觉到了的。如我们游泳，潜入水中越深，身体感受的压力越大，呼吸越困难，再如盛水的桶破了洞，水就会流出来，用手去堵时，手掌就感受到了有较大的力量，需要用力气去堵，这就充分说明了水的压力的存在。这个压力我们称之为液体的静压力。我们说液体的静压力就是指液体在静止状态下或者液体处在平衡状态下，单位面积上所受的作用力。

它的定义公式为

$$P = \frac{F}{A} \quad (1-8)$$

式中 P ——液体压力(或压强)单位是〔牛顿/米²〕或称帕斯卡, 记为Pa, 量纲为〔L⁻¹MT⁻²〕。在工程单位制中为公斤力/米², 量纲为〔L⁻²F〕。在物理单位制中为达因/厘米²;

F ——液体的静压力, 单位是牛顿;

A ——单位面积。单位是米²。

在计算中由于单位制不同, 压力单位是需要换算的。在工程单位制中常用的单位有工程大气压, 即1工程大气压(at)=1公斤力/厘米²。还有用物理大气压(又称为标准大气压)用atm表示。1标准大气压=1.033工程大气压。

$$\begin{aligned} 1 \text{巴} &= 10^5 \text{牛顿/米}^2 (\text{Pa}) = 1.02 \text{公斤力/厘米}^2 (\text{at}) \\ &= 0.9869 \text{公斤力/厘米}^2 (\text{atm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{at} &= 735.6 \text{mmHg} = 0.9807 \text{bar} = 98067 \text{牛顿/米}^2 \\ &= 9.806 \times 10^4 \text{Pa} \end{aligned}$$

$$1 \text{atm} = 760 \text{mmHg} = 1.013 \text{bar}$$

$$= 101325 \text{牛顿/米}^2 = 101325 \text{Pa}。$$

液体的静压力特性表示在下列方面:

(1) 液体的静压力的方向只能垂直于容器的壁面, 并且只能是压力, 不是拉力, 若是拉力时, 液体在拉力作用下, 会产生流动, 液体的静止状态遭到了破坏。

(2) 静止液体内任一点的静压力的数值在各个方向上都相等。如把测压器放在静止液体中的某一固定点处, 无论测压器方向如何变化其数值保持一定值, 说明了在该点处的静压力数值大小是与方向无关的。如果我们在静止的水中放一硬纸片, 就会看到硬纸片并不会移动, 这说明了硬纸片前

后两侧面面积上承受压力相等。因此我们说,在静止或平衡状态的液体内某一确定点处只能有一个静压力确定值,不需要指出该处压力的方向。

二、液体静压力基本方程式及其应用

我们已知道静止液体有压力,但其静压力大小是怎样计算的呢?

首先让我们观察一个实验现象:

把形状不同的玻璃管底部连接起来,水平放置,作成—个连通器,如图1-1所示。然后灌入同种液体,因液体静止时只受到重力的作用。因此我们看到静止的液体在不同形状的

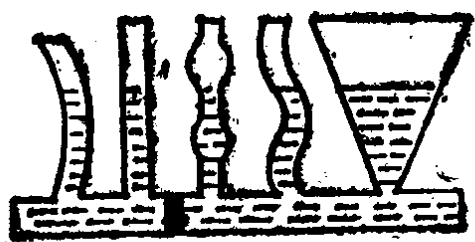


图1-1

管子里处于同一高度,而与管子的形状无关。这实验表明每根管子的底部(亦即在同一水平高度上)所产生的压强是相等的,如其不等,则液体在水平管段内就会流动,破坏了液体的静止平衡状态。通过这个

实验,便可得出如下的结论:

(1) 液体在管子底部所产生的静压力仅与液体的垂直高度有关,液体垂直高度越高,则底部的静压力值越大。

(2) 液体的静压力与管子形状无关,也就是说与管子内液体的总重量多少无关。

因此,我们便可以用下列公式计算液体静止时,液体中某点处的压力的大小。公式为:

$$p = p_0 + \gamma h \text{ 或 } p - p_0 = \gamma h \quad (1-9)$$

式中 p ——液面下深处为 h 处的静压力, 牛顿/米² (Pa);

p_0 ——液面上的压力, 牛顿/米² (Pa);