

石油石化职业技能培训教程

SHIYOU SHIHUA ZHIYE JINENG PEIXUN JIAOCHENG

集 输 工

JISHUGONG

中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心 编



石油工业出版社

石油石化职业技能培训教程

集 输 工

中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是由中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心,依据集输工职业资格等级标准,统一组织编写的《石油石化职业技能培训教程》中的一本。主要内容包括油气集输及工艺流程、容器及相关工艺安装、集输用泵、集输电气设备、计量仪表及控制系统、常用工用具、安全生产及培训等集输工应掌握的基础和专业知识。

本书语言通俗易懂,理论知识重点突出,实用性和可操作性较强,是集输工职业技能培训的必备教材。

图书在版编目(CIP)数据

集输工/中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心编.
北京:石油工业出版社,2011.12
石油石化职业技能培训教程
ISBN 978-7-5021-8766-8

- I. 集…
- II. 中…
- III. 油气集输-技术培训-教材
- IV. TE86

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 217522 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523585 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:31

字数:794 千字

定价:60.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《石油石化职业技能培训教程》

编 委 会

主 任：孙金瑜

副主任：向守源 丁传峰

委 员：（以姓氏笔画为序）：

仇国光 王子云 王奎一 申 哲 刘小明

孙春梅 纪安德 何 波 宋玉权 张建国

李世效 李孟州 李禄松 杨明亮 杨峰亭

杨静芬 哈志凌 赵宝红 商桂秋 崔贵维

职丽枫 蔡激扬

前 言

随着企业产业升级、装备技术更新改造步伐不断加快，对从业人员的素质和技能提出了新的更高要求。为适应经济发展方式转变和“四新”技术变化要求，满足员工培训、鉴定工作的需要，中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心坚持动态开发修订技能培训教材和鉴定题库制度，组织力量对“十五”期间开发的第一批职业技能培训教程中的采油工等部分从业人数多的主体工种进行了修订。

本批教程按工种编写，每个工种一本，以新修订颁发的石油石化行业职业资格等级标准为依据，内容范围与鉴定题库基本一致，与公开出版的试题集配套使用，既可用于职业技能鉴定前培训，也可用于员工岗位技术培训和自学提高。

集输工职业技能培训教程由大庆油田有限责任公司组织编写，李军、赵萍任主编，参加编写的人员有代龙兴、陈艳霞、张艳华、杨海波、王运成、刘丽波；参加审定的人员有大庆油田有限责任公司杨明亮、于立英、贾学海、宋宝玉，吉林油田公司智绪光，辽河油田公司岳大伟、武斌安，新疆油田公司沈蔓，胜利油田公司毕新忠。

由于编者水平有限，书中错误、疏漏之处请广大读者提出宝贵意见。

编者
2011.3

第一章 油气集输及工艺流程	1
第一节 油气集输相关知识	1
第二节 油气集输流程	10
第三节 油气集输管道	14
第四节 油气集输管道投产与维护	39
第五节 油气集输工艺安装	50
第二章 容器及相关工艺技术	66
第一节 容器的基本知识	66
第二节 油气分离	70
第三节 集输加热设备	88
第四节 原油脱水	118
第五节 储油罐	145
第六节 含油污水处理	162
第三章 集输用泵	175
第一节 泵的概述	175
第二节 离心泵结构原理	176
第三节 离心泵的性能参数	182
第四节 离心泵安装使用	197
第五节 离心泵保养与维护	212
第六节 往复泵	226
第七节 齿轮泵	239
第八节 螺杆泵	246
第九节 轴承、密封装置及联轴器	252
第四章 集输电气设备	278
第一节 电工基础	278
第二节 常用低压电器	288
第三节 交流电动机	303
第四节 三相异步电动机的操作及维护	314
第五节 变频器	326
第六节 变压器	329
第五章 计量仪表及控制系统	341
第一节 计量与计量单位	341
第二节 计量仪表	346

第三节 自动控制系统.....	389
第六章 常用工用具.....	393
第一节 常用手工工具.....	393
第二节 钳工工具.....	402
第三节 管工工具.....	414
第四节 电工工具.....	418
第五节 测量工具.....	420
第六节 起重器材.....	431
第七章 安全生产及培训.....	436
第一节 安全生产知识.....	436
第二节 HSE 管理体系	456
第三节 全面质量管理.....	468
第四节 技术培训.....	472
第五节 编写技术论文.....	478
第六节 编写阶段生产总结报告.....	484
参考文献.....	490

第一章 油气集输及工艺流程

第一节 油气集输相关知识

一、油田产出物及性质

(一) 石油的组成

油田油藏中的油通常称为石油。石油是由各种碳氢化合物与少量杂质组成的可燃液体。从油田开采出来的石油在加工提炼以前通常称为原油。从原油中可以提炼出汽油、煤油、柴油、润滑油以及其他一系列的产品。

1. 石油的元素组成

- (1) 碳元素：含量为 84% ~ 95%；
- (2) 氢元素：含量为 12% ~ 14%；
- (3) 氧、氮、硫等其他元素：含量为 1% ~ 4%。

2. 石油的化合物组成

- (1) 烷烃、环烷烃、芳香烃等烃类化合物：含量一般为 96% ~ 99%；
- (2) 含氧、氮、硫的化合物：含量一般为 1% ~ 4%。

(二) 石油的性质

1. 石油的密度和相对密度

(1) 石油的密度。

单位体积石油的质量称为石油的密度，其计算公式为：

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

式中 ρ ——石油的密度， kg/m^3 ；

m ——石油的质量， kg ；

V ——石油的体积， m^3 。

(2) 石油的相对密度。

石油的密度 ρ 与 4℃ 纯水的密度 $\rho_{\text{水}}$ 之比称为石油的相对密度，其计算公式为：

$$d_4^t = \frac{\rho}{\rho_{\text{水}}} \quad (1-2)$$

式中 d_4^t ——石油的相对密度；

ρ ——石油的密度， kg/m^3 ；

$\rho_{\text{水}}$ ——在 4℃，0.101MPa 状态下纯水的密度， kg/m^3 。

石油的相对密度一般小于 1，多数在 0.80 ~ 0.98 之间。石油按相对密度可分为以下几类：

① 轻质石油： $d_4^{15.6} < 0.830$ 。

② 中质石油： $d_4^{15.6}$ 为 0.830 ~ 0.904。

③重质石油: $d_4^{15.6}$ 为 0.904 ~ 0.966。

④特重质石油: $d_4^{15.6} > 0.966$ 。

2. 原油的凝点

原油的凝点是指原油冷却凝固失去流动性时的最高温度。原油通常呈液态,但当温度降低时则变稠,以至呈半固态或固态,失去了流动性。原油的凝点主要决定于其中的含蜡量。含蜡量高则凝点高。集输过程中常见的结蜡现象就是原油的凝固现象。不同油田原油凝点各不相同。例如:大庆油田原油凝点为 23 ~ 28℃。凝点在 40℃ 以上的原油称为高凝油。

3. 原油的粘度

原油流动时,其内部分子之间产生的摩擦阻力称为原油的粘度,单位是毫帕秒 ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)。原油粘度的大小,直接影响集输管路的能量消耗。油田集输工艺中,采取升温、油气水混输、加降粘剂等措施,达到节能降耗的目的。原油的粘度 $> 50 \text{mPa} \cdot \text{s}$ 且相对密度 $d_4^{20} > 0.920$ 时称为稠油。

4. 原油的饱和蒸气压 p_0

原油的饱和蒸气压是指在同一温度下,该原油蒸气与液相成平衡 ($V_{\text{蒸}} = V_{\text{凝}}$) 状态时所产生的油品蒸气的压力,如图 1-1 所示。

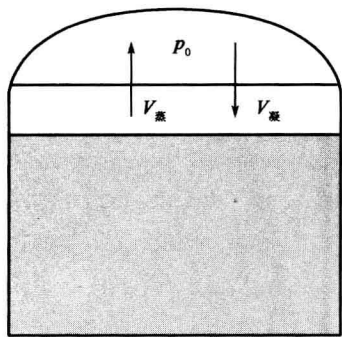


图 1-1 原油的饱和蒸气压 p_0

原油的饱和蒸气压大小决定于原油性质和温度。原油是各种碳氢化合物组成的混合物,它在某一条件下的蒸气压等于该条件下它的组分饱和分压之和,与气体空间大小以及是否存在空气无关。原油的饱和蒸气压是衡量其挥发性的重要指标。

(三) 天然气的性质

天然气是以气态碳氢化合物为主的气体组成的混合气体。天然气分为油田伴生气和气田气。在油田伴生气中,甲烷 (CH_4) 的含量一般为 80% ~ 90%,而气田气中甲烷的含量为 90% 以上。

1. 天然气的元素组成

- (1) 碳元素: 含量为 65% ~ 80%。
- (2) 氢元素: 含量为 12% ~ 19%。
- (3) 氧、氮、硫等其他元素: 含量为 1% ~ 23%。

2. 天然气的化合物组成

- (1) 甲烷、乙烷、丙烷、丁烷: 含量一般为 77% ~ 99%。
- (2) 含氧、氮、硫的化合物: 含量一般为 1% ~ 4%。

3. 天然气的密度和相对密度

(1) 天然气的密度。

单位体积天然气的质量称为天然气的密度,其计算公式为:

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

式中 ρ ——天然气的密度, kg/m^3 ;

m ——天然气的质量, kg ;

V ——天然气的体积, m^3 。

(2) 天然气的相对密度。

标准状态（压力为 0.101 MPa，温度为 20℃）下，天然气密度与空气密度之比称为天然气的相对密度，其计算公式为：

$$\gamma = \frac{\rho_{\text{气}}}{\rho_{\text{空}}} \quad (1-4)$$

式中 γ ——天然气的相对密度；

$\rho_{\text{空}}$ ——空气的密度， kg/m^3 ；

$\rho_{\text{气}}$ ——天然气的密度， kg/m^3 。

4. 天然气的粘度

天然气流动时，气体内部分子之间的摩擦阻力称为天然气的粘度，单位是毫帕秒（ $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ）。

5. 天然气的露点

天然气中含有一定量的水蒸气，当温度下降或压力升高到一定数值时，天然气中水蒸气开始冷凝析出，此时的温度称为天然气的露点。天然气中水蒸气的含量与天然气所具有的压力、温度及分子质量等有关。

按天然气在地下的产出状态可分为油田气、气田气、凝析气、水溶气、煤层气及固态气态水合物。

（四）油田水

1. 油田水的概念

广义的油田水是指油气田区域内的地下水，包括油层水和非油层水。狭义的油田水是指油田范围内储集油气地层中的地下水，也称地层水，它与油气共存于岩石的孔隙中。由于地层水在地质历史时期与油气长期接触，因此在性质方面，与地表水不同。

2. 油田水的性质

溶解物极少的纯水为无色透明、无臭、无味，水层较厚时呈蓝色，温度为 4℃ 时，密度为 1g/cm^3 ，粘度为 $1 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ 。油田水中溶有各种盐类、气体和有机质，油田水与非油田水相比有许多不同的物理性质。

（1）颜色与透明度。

油田水通常带色并浑浊不清，含硫化氢时，呈淡青绿色；含铁质胶状体时，呈淡红色、褐色或淡黄色。

（2）密度及粘度。

因油田水含盐类多，使其密度及粘度均比纯水高。油田水密度一般大于 1000kg/m^3 。含盐量越高，则密度及粘度越大；温度升高，粘度则下降。

（3）嗅觉和味觉。

油田水中混有少量石油时，往往具有汽油或煤油味；当含有硫化氢时，常常使水有臭蛋味；溶有 NaCl 时，具有咸味；溶有 MgSO_4 时，具有苦味。总之，油田水给人的嗅觉和味觉是比较特殊的。

（4）温度。

油田水的温度随着油层埋深的增加而增加。据测定，油田水的温度一般介于 20 ~ 100℃ 之间。

（5）导电性。

水为极性化合物，纯水是不良导体，而油田水因含有各种离子，所以具有导电性。离子浓度越大，导电性越强；温度增高，导电性增强。

二、流体力学基础知识

（一）流体的特点

物质以固体、液体和气体三种状态存在。物质是由分子组成的，分子之间作用力的大小，决定了物质存在的状态。

固体的分子排列紧密，分子间的作用力大。因此，固体不仅具有一定的体积，而且能够保持一定的形状，能抵抗一定的外力作用，变形微小。

液体和气体与固体相比较，分子间的作用力小，这就决定了液体和气体具有区别于固体的共同特性，不能保持一定的形状，液体和气体放在什么形状的容器里就成什么形状。

凡是无固定形状、易流动的物质称为流体。因此，液体和气体都属于流体。

液体和气体相比较，气体的形状更不固定。液体放在开口容器中与大气形成明显的分界线，而气体则只能限制在密闭的容器中。如果容器有漏洞，就会向外扩散和四周的大气混在一起。这种扩散现象是气体和液体的一个重要区别。

当流体改变形状发生流动时，由于内聚力作用，还表现出抵抗变形阻止流动的性质，称为流体的粘滞性。对一般液体来说，温度越高粘滞性越小。液体压力对其粘滞性的影响不明显，但对气体来说，由于压力的增大会使气体的密度增大，从而粘滞性增大。

液体和气体的另一个明显区别在于它们的可压缩性。气体很容易被压缩，受压后的气体体积明显变化，密度增大，而液体受压后，体积和密度变化不明显。工程上把液体看成是不可压缩流体，把气体看成可压缩流体。

（二）流体的基本性质

1. 密度

流体单位体积内所具有的质量称为流体的密度，用 ρ 表示。即：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-5)$$

式中 ρ ——流体的密度， kg/m^3 ；

m ——流体的质量， kg ；

V ——流体的体积， m^3 。

2. 压缩性

在温度不变的条件下，流体的体积随压力增大而缩小的性质称为流体的压缩性。

流体的压缩性大小，用体积系数 β_p 表示，它代表压力增加 1Pa 时所引起的体积相对变化量，即：

$$\beta_p = \frac{\frac{dV}{V}}{dp} = - \frac{1}{V} \frac{dV}{dp} \quad (1-6)$$

式中 V ——流体的体积， m^3 ；

dV ——流体体积的变化量， m^3 ；

dp ——流体压力的变化量， Pa ；

β_p ——流体的体积压缩系数, Pa^{-1} 。

因为 dV 与 dp 的变化方向相反, 即压力增加时体积减小, 所以式 (1-6) 中加负号, 以便流体的体积压缩系数 β_p 永远为正值。

3. 粘滞性

粘滞性是指当流体内部质点发生相对运动时而产生切向阻力的性质, 也称粘性。流体是由分子组成的物质, 当它以某一速度流动时, 其内部分子存在着吸引力。此外, 流体分子和固体壁之间有附着力作用。分子间的吸引力和壁面间的附着力都属于抵抗流体运动的阻力, 而且是以摩擦形式表现出来, 其作用是抵抗流体内部的相对运动, 从而影响着流体的运动状况。由于粘性的存在, 流体在运动中克服摩擦力必然要做功, 所以粘性也是流体中发生机械能量损失的根源。

(三) 流体力学的基本概念

1. 水静压强

(1) 水静压强的概念。

处于静止状态的液体, 其内部各质点之间、质点对容器的壁面均有压力的作用。将静止液体内部各质点间作用的压力以及液体质点对容器壁作用的压力称为水静压力, 静止液体作用在单位面积上的水静压力称为水静压强。

(2) 水静压强的特性。

①水静压强的方向垂直并指向作用面。如图 1-2 所示的水箱, 若在侧壁开一小孔, 水就从小孔喷射出来, 水流的方向垂直于水箱壁面。

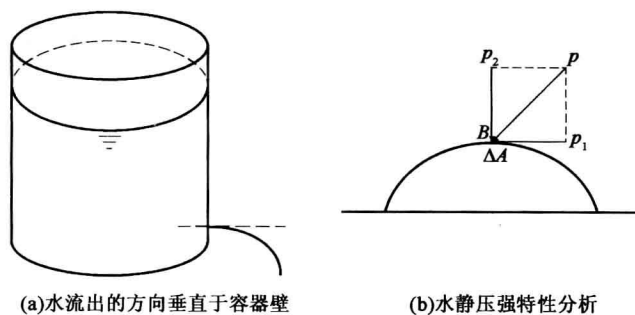


图 1-2 水静压强方向与作用面垂直的示意图

②静止液体中任意一点的水静压强不论来自哪个方向, 其大小相等, 即同一点的水静压强各向等值。

2. 两种流动状态

(1) 层流。

流体流动时, 如果质点没有横向脉动, 不引起流体质点的混杂, 而是层次分明, 能够维持稳定的流束状态, 这种流动状态称为层流。

(2) 紊流。

流体流动时, 随速度上升, 质点具有横向脉动, 引起流层质点的相互错杂交换, 这种质点无规则运动状态称为紊流。

(3) 雷诺数。

雷诺数是用来判别流体在流道中流态的无量纲准数, 用 Re 表示, 即:

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (1-7)$$

式中 v ——管内流体流速;
 d ——管内径;
 ν ——液体的运动粘度;
 Re ——雷诺数, 无量纲。

当 $Re < 2000$ 时, 管内液体流态为层流; 当 $Re > 3000$ 时, 管内液体流态为紊流; 当 $2000 < Re < 3000$ 时, 管内液体流态为过渡区。

3. 水头损失

当液体流动时, 由于液体质点的相对运动, 在液体中产生摩擦力, 其对液体运动形成阻力——液流阻力, 克服阻力所需的能量称为能量损失。克服管道中流动的单位质量流体质点之间和质点与管路之间的摩擦所消耗的能量称为管道摩阻损失, 也称水头损失。它有沿程水头损失和局部水头损失之分。一般情况下, 液体在长距离输液管路中的总水头损失以沿程水头损失为主。

(1) 沿程水头损失。

液流沿着流程产生的摩擦阻力称为沿程阻力。为克服它而产生的水头损失称为沿程水头损失。它与液流经过的流程成正比, 整个管路的沿程水头损失等于不同径的管路沿程水头损失之和。

(2) 局部水头损失。

当液流经过各种发生巨变的局部装置时, 由于液流速度及方向发生变化, 质点间发生剧烈摩擦、碰撞和能量交换, 对液流形成阻力(局部阻力) 为克服它而发生的能量损失称为局部水头损失。它与管路长度无关, 整个管路的局部水头损失等于各管路局部水头损失之和。

(3) 用达西公式计算沿程水头损失, 即:

$$h_f = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (1-8)$$

式中 h_f ——沿程水头损失, m;
 λ ——水力摩阻系数;
 L ——管线长度, m;
 d ——管内径, m;
 v ——液流平均速度, m/s;
 g ——重力加速度, 9.8m/s^2 。

4. 水力坡度

单位长度管道上的摩阻损失称为水力坡度, 用 i 表示, 即:

$$i = \frac{h_f}{L} \quad (1-9)$$

式中 i ——水力坡度, m;
 h_f ——沿程摩阻损失, m/m 或 m/km;
 L ——管线长度, m。

(四) 水静力学的基本方程式

1. 定义

如图 1-3 所示, 将一侧壁上开三个小孔的容器灌满水, 然后把三个小孔的塞子同时打开, 这时, 可以看到水流从三个小孔喷射出来。越靠近容器底部的小孔, 其水流喷射的越远。这个现象说明水中不同深度的压强是不一样的, 即压强随着水的深度变化而变化。从而可以得出一种感性认识, 液体对容器侧壁的压强是随着深度的增加而增大的。

如图 1-4 所示, 在静止液体中任取一点 M , 该点在液面以下的深度为 h , 围绕 M 点以水平的微小面积 dA 为底, 沿容器取出一个高为 h 的微小液柱。这时, 作用在小液柱上的力有:

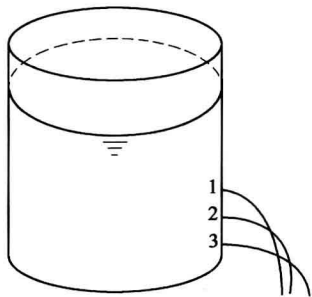


图 1-3 液体的压强与深度的关系

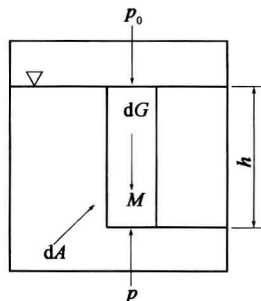


图 1-4 微小液柱示意图

- (1) 液柱上面的压力 $F_0 = p_0 dA$ (p_0 为液面压强), 方向铅垂向下;
- (2) 液柱底面上的压力 $F = p dA$, 方向铅垂向上;
- (3) 液柱侧面上的压力在铅垂方向上的分力为 0;
- (4) 液柱所受的重力 $dG = \rho g h dA$, 方向铅垂向下。

由于液体静止, 所以液柱在垂直方向上力的平衡方程为:

$$F = F_0 + dG$$

$$p = p_0 + \rho g h \quad (1-10)$$

式中 p ——静止液体中任一点 M 的水静压强, Pa;

p_0 ——液面上的压强, Pa;

ρ ——液体的密度, kg/m^3 ;

g ——重力加速度, 9.8m/s^2 ;

h —— M 点距液面的垂直深度, m。

式 (1-10) 定量地提示了静止液体中水静压强与深度的关系, 反映了水静压强的分布规律, 一般称为水静力学基本方程式。

2. 意义

(1) 液体任一点的压强 p 由两部分组成: 一部分是液面上的压强 p_0 , 另一部分是液柱的自重产生的压强 $\rho g h$, 液面上的压强是外力作用于液面上引起的。

(2) 当液面压强 p_0 一定时, 在同种均质静止液体中, 水静压强 p 的大小与深度 h 成正比。

(3) 在同种均质静止液体中, 若各点距液面的深度相等, 则各点的压强相等; 由这些压强相等的点组成的面称为等压面, 绝对静止液体中的等压面是水平面;

(4) 由于液体任一点的压强都包含液面上的压强 p_0 , 因此液面压强 p_0 的任何变化都

会引起液体内部所有液体质点上压强的变化。这种液面压强等值地在液体内部传递的规律称为帕斯卡定律。

(5) 根据水静力学基本方程式可知, 液体在不同深度的任意两点, 如图 1-5 中 1 点和 2 点之间的压强差为:

$$p_2 = p_1 + \rho g (h_2 - h_1) = p_1 + \rho g \Delta h \quad (1-10a)$$

式 (1-10a) 说明, 液体内部任意两点的压强差等于两点间的液柱高度产生的压强。

若取 0-0' 为基准面, 则 1 点与 2 点到该基准面的铅垂距离分别为 Z_1 与 Z_2 , 式 (1-10a) 为:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} \quad (1-11)$$

式 (1-11) 是水静力学基本方程式的几何表达式。

3. 应用条件

它适用于绝对静止、均质、连续的液体。

4. 连通器内的液体平衡

连通器是指两个或两个以上相互流通的容器。

对于绝对静止的液体来讲, 在重力作用下, 单个容器等压面的条件是静止液体的同一水平面。两个或两个以上容器 (即连通器) 共有等压面的条件为同一连续静止液体的同一水平面。

连通器压力平衡方程式为:

$$p_{02} = p_{01} \pm \sum \rho_i g \Delta h_i \quad (1-12)$$

式中 p_{01} 、 p_{02} ——计算起点和计算终点的压力, N/m^2 ;

$\sum \rho_i g \Delta h_i$ ——连续计算过程中压力差的代数和 (从计算起点到计算终点连续计算过程中, 向下取 “+”, 向上取 “-”)。

连通器压力平衡方程式是水静力学基本方程式在连通器中的推广。解决连通器平衡问题的关键是找出两种液体的分界面所在的共有等压面。

(五) 水动力学的基本方程式

水动力学是研究流体运动规律的科学, 运动是绝对的, 静止是相对的, 静止只是运动的一种特殊形式。在水动力学中粘滞力起主要作用。

1. 流体的连续性方程式

同一流速的所有过流断面上的流量是相等的, 即 $Q_1 = Q_2$, 也可写成:

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (1-13)$$

式中 v_1 、 v_2 ——总流过流断面 A_1 和 A_2 上的平均流速, m/s ;

Q_1 、 Q_2 ——总流过流断面 A_1 和 A_2 上的流量, m^3/s 。

连续性方程式 (1-13) 表明各个过流断面的面积与该断面上平均流速的乘积为一常数, 即流体的所有过流断面上的流量都是相等的。因而, 各流段内的液体体积和质量都是一定的, 它是流体的质量守恒定律在水力学中的数学表达式。

2. 理想液体流束的伯努利方程式

式(1-14)为理想液体稳定流束的伯努利方程式,即理想液体稳定流束的能量方程式:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (1-14)$$

式中 Z ——单位质量液体在重力作用下所具有的比位能;

$\frac{p}{\rho g}$ ——单位质量液体在重力作用下所具有的比压能;

$\frac{v^2}{2g}$ ——单位质量液体在重力作用下的比动能。

理想液体稳定流束的伯努利方程式表明,液流同一流束的各断面上单位质量液体在重力作用下总机械能为常数,即液流任一断面的总机械能守恒:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = C \quad (1-15)$$

3. 实际液体总流的伯努利方程式

实际上,由于液体与外界摩擦和液体内部摩擦的存在,使得液体的机械能沿流动方向逐渐降低;另外,局部装置所引起的液流扰乱,使得液体的机械能在某些断面处突然降低。在流动过程中,液体有一部分能量由于消耗变成热能而散失,流束后端的机械能永远小于流束前端的机械能。因此,实际液体总流的伯努利方程式为:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{w1-2} \quad (1-16)$$

式中 Z ——单位质量液体在重力作用下所具有的比位能;

$\frac{p}{\rho g}$ ——单位质量液体在重力作用下所具有的比压能;

$\frac{v^2}{2g}$ ——单位质量液体在重力作用下的比动能;

α ——动能修正系数;

h_{w1-2} ——流束前、后端单位重量液体的能量损失。

实际液体总流的伯努利方程式适用条件为稳定流、不可压缩液体、流量沿流程不变、质量力只有重力、缓变流断面。

三、串联和并联管路

(一) 串联管路

由不同长度、不同直径的管路依序连接的管段称为串联管路。

串联管路的各联结点(称为节点)处流量平衡,即流入节点的总流量等于流出节点的总流量。

串联管路是由简单长管组成的,其水力计算方法与简单长管的计算方法基本相同,只是需要考虑到串联管路的水力特点。

串联管路各管段的直径不同,当流量一定时,直径较大的管路其单位长度的水头损失

(水力坡降) 较小。因此, 可在长输液管的某段上加大管路直径, 降低水力坡降, 达到延长输送距离的目的。

(二) 并联管路

自一点分离而又汇合到一点处的两条以上的管路称为并联管路。

进入各并联管的总流量等于流出各并联管路流量的总流量, 即:

$$Q = \sum Q_i$$

各并联管内单位质量液体的能量损失 (水头损失) 都相同, 即:

$$h_f = h_{f1} = h_{f2} = \cdots = h_{fn} = \text{常数}$$

并联管路是由简单长管组成的, 其水力计算方法与简单长管的计算方法基本相同, 只是需要考虑到并联管路的水力特点。

在输油管路上, 常利用铺设并联的副管以达到增大输送量和降低水头损失的目的。总之, 用部分加大串联管径或部分铺设并联副管的方法都是为了降低水力坡降, 达到增大流量或延长输送距离、减少中间站的目的。

第二节 油气集输流程

油气集输是指油田矿场原油和天然气的收集、处理和运输。它的主要任务是通过一定的工艺流程, 把分散在油田各油井产出的油、气、水等混合物集中起来, 经过必要的处理, 使之成为符合国家或行业质量标准的原油、天然气、轻烃等产品和符合地层回注水质量标准或外排水质量标准的含油污水, 并将原油和天然气分别输往长距离输油管道的首站 (或矿场油库)、输气管道首站, 将污水送往油田注水站或外排。

油气集输工艺流程是油、气等物质在集输管网中的流向和生产过程。选用油气集输流程时, 应以油田开发总体方案为依据, 综合考虑采油工艺、油气性质、油区所处的地理环境以及现有的技术水平等诸多因素, 遵循“适用、合理、可靠、经济、节能、高效、安全、环保”的基本原则。

一、油气集输工艺流程的分类

(一) 按集输布站方式分类

1. 一级布站集油流程

一级布站集油流程如图 1-6 所示, 油井产物经单井管线直接混输至联合站进行分离、计量等处理。该流程适用于离联合站较近的油井。

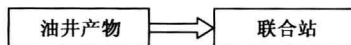


图 1-6 一级布站集油流程

2. 二级布站集油流程

二级布站集油流程如图 1-7 所示。油井产物先经单井管线混输至计量间, 在计量间分井计量后, 再分队混输至联合站进行处理。该流程减少了去联合站的管线, 适用于油井相对集中、离联合站不太远、靠油井压力能将油井产物混输至联合站的油区, 通常是按采油队布置计量间。