

职业技能培训教程与鉴定试题集

ZHIYEJINENGPEIXUNJIAOCHENGYUJIANDINGSHITIJI

输油工

SHU YOU GONG

(上册)

中国石油天然气集团公司人事服务中心 编



石油工业出版社

PETROLEUM INDUSTRY PRESS

责任编辑：刘国辉

责任校对：王 蕾

ISBN 7-5021-5326-8



9 787502 153267 >



ISBN 7-5021-5326-8/TE·4103

定价：38.00元

职业技能培训教程与鉴定试题集

输 油 工

(上册)

中国石油天然气集团公司人事服务中心 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人事服务中心,依据油气输送工国家职业标准,统一组织编写的《职业技能培训教程与鉴定试题集》中的一本。本书包含输油工初级工和中级工两个级别的内容,分别介绍了应掌握的基础知识、技能操作与相关知识,并给出了部分理论知识试题和技能操作鉴定试题。本书语言通俗易懂,理论知识重点突出,且实用性强,可操作性强,是输油工职业培训和鉴定的必备教材。

图书在版编目(CIP)数据

输油工.上册/中国石油天然气集团公司人事服务中心编.
北京:石油工业出版社,2006.3
(职业技能培训教程与鉴定试题集)
ISBN 7-5021-5326-8

I. 输…

II. 中…

III. 输油-工艺-技术培训-习题

IV. TE8-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 138069 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.cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:30.25

字数:771 千字 印数:1—7000 册

书号:ISBN 7-5021-5326-8/TE·4103

定价:38.00 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

《职业技能培训教程与鉴定试题集》

编审委员会

主 任：孙祖岭

副主任：刘志华 孙金瑜 徐新福

委 员：向守源 任一村 职丽枫 朱长根 郭向东

史殿华 郭学柱 丁传峰 郭进才 刘晓华

巩朝勋 冯朝富 王阳福 刘 英 申 泽

商桂秋 赵 华 时万兴 熊术学 杨诗华

刘怀忠 张 镇 纪安德

前 言

为提高石油工人队伍素质,满足职工培训、鉴定的需要,中国石油天然气集团公司人事服务中心组织编写了这套《职业技能培训教程与鉴定试题集》。这套书包括44个石油天然气行业特有工种和21个社会通用工种的职业技能培训教程与鉴定试题集,每个工种依据《国家职业(工人技术等级)标准》分初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别编写。

本套书的编写坚持以职业活动为导向,以职业技能为核心的原则,打破了过去传统教材的学科性编写模式。依据职业(工种)标准的要求,教程分为基础知识部分和技能操作与相关知识部分。基础知识部分是本职业(工种)或本级别应掌握的基本知识;技能操作与相关知识是本级别应掌握的基本操作技能与正确完成技能操作所涉及的相关知识。试题集中理论知识试题分为选择题、判断题、简答题、计算题四种题型,以客观性试题为主;技能操作试题在编写中增加了考核内容层次结构表,目的是保证鉴定命题的等值性和考核质量的统一性。为便于职工培训和鉴定复习,在每个工种、等级理论知识试题与技能操作考核试题前均列出了《鉴定要素细目表》。《鉴定要素细目表》是考核的知识点与要点,是工人培训的知识大纲和鉴定命题的直接依据。为保证职工鉴定前能够进行充分的考前培训、学习,真正达到提高职工技术素质的目的,此次编入试题集中的理论知识试题只选取了试题库中的部分试题,职工鉴定前复习时应严格参照教程与试题集的《鉴定要素细目表》,认真学习本等级教程规定内容。

为使用方便,本套书中《输油工》分上、下两册出版,上册为基础知识、初级工和中级工三部分内容,下册为高级工、技师、高级技师三个级别的内容。《输油工》由石油天然气管道局组织编写,主编石油天然气管道局职教中心黄春芳、东北输油公司祝普强。其中基础知识部分由管道局职教中心黄春芳、东北输油公司张铁利、孙诗嘉、南京信息职业技术学院黄菲编写。技能操作和相关知识初级工部分

和中级工部分由中国石化储运公司裘东平、管道局职教中心黄春芳、中国石油管道公司孟凡民、中国石化储运公司黄月编写;高级工部分和高级技师部分由黄春芳编写;技师部分由黄春芳、中国石油管道公司锦州输油处付松军、江苏省徐州市煤炭建筑职业技术学院王睿、中国医科大学临床医药学院黄炎编写。理论知识试题全部由黄春芳编写,其中引用了中国石油天然气集团公司 2000 年组织编写的输油工试题库中的部分原题。技能操作试题初级工部分由中国石油管道公司高宏扬和黄春芳编写;中级工部分由黄春芳、青海油田管道处易国英编写;高级工部分由锦州输油处尤庆宇和黄春芳编写;技师部分由黄春芳、尤庆宇编写;高级技师部分由尤庆宇编写。全书由黄春芳修改整编。参加编写的人员还有管道局田玉宝,东北输油公司田久德、蒋姬,新疆通宇管道安装公司张德均。本书最后经中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心组织专家进行了终审,参加审定的人员除编写人员外,还有管道局人事处的赵忠文和管道公司运销处的朱玉芳,并由赵忠文担任主审。在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和错误,恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2005 年 5 月

目 录

第一部分 基础知识

第一章 石油天然气知识	(1)
第一节 原油的组成与分类	(1)
第二节 原油的理化性质	(3)
第二章 流体力学基本知识	(12)
第一节 流体静力学及基本方程	(12)
第二节 流体动力学及基本方程	(14)
第三节 流体的流动形态及水头损失	(16)
第三章 传热学基本知识	(18)
第一节 热传导	(18)
第二节 热对流和热辐射	(22)
第三节 复合传热及增强传热的讨论	(24)

初 级 工

国家职业标准(初级工工作要求)	(31)
-----------------------	------

第二部分 初级工技能操作与相关知识

第一章 操作输油泵机组	(33)
第二章 操作直接式加热炉	(44)
第三章 操作热媒加热炉	(48)
第四章 操作使用储油罐	(51)
第五章 操作使用阀门	(58)
第六章 切换输油工艺流程	(70)
第七章 使用输油仪表	(76)
第八章 操作使用消防器材	(104)

第三部分 初级工理论知识试题

鉴定要素细目表	(111)
理论知识试题	(115)

理论知识试题答案	(146)
----------------	-------

第四部分 初级工技能操作试题

考核内容结构层次表	(181)
鉴定要素细目表	(182)
技能操作试题	(184)
组卷示例	(241)

中 级 工

国家职业标准(中级工工作要求)	(249)
-----------------------	-------

第五部分 中级工技能操作与相关知识

第一章 操作输油泵机组及辅助系统	(251)
第二章 直接式加热炉及附属装置的操作	(262)
第三章 操作使用热媒炉及附属系统	(270)
第四章 操作维护加热设备的燃烧系统及燃油系统	(289)
第五章 维护保养储油罐	(292)
第六章 输油运行操作	(300)
第七章 锅炉的操作和使用	(311)
第八章 操作使用输油岗辅助设备	(324)

第六部分 中级工理论知识试题

鉴定要素细目表	(336)
理论知识试题	(340)
理论知识试题答案	(366)

第七部分 中级工技能操作试题

考核内容结构层次表	(390)
鉴定要素细目表	(391)
技能操作试题	(393)
参考文献	(474)

第一部分 基础知识

第一章 石油天然气知识

第一节 原油的组成与分类

原油是一种油状液体矿藏,埋在地层深处。人们通过勘探、开发,将其从地层深处开采出来。这些从油田开采得到的未经加工的天然石油称为原油。经过炼制加工成符合一定使用要求的成品油称为石油产品,或简称油品。输油管道就是将油田开采出来的原油或炼油厂加工出来的油品输送到指定的地点。

原油通常是一种淡黄色至黑色流动或半流动的粘稠液体。由于原油的产地或油层位置的不同,使原油的性质产生了差别。绝大多数原油的密度在 $(0.8 \sim 0.98) \text{ g/cm}^3$ 之间。流动性的差别也很大。例如:我国青海原油 50°C 运动粘度为 $1.46 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$,而孤岛原油在 50°C 时的运动粘度为 $4.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

绝大多数原油都有很浓的臭味,这是由于原油中含有一些有臭味的硫化物。通常将含硫化物大于 2% 的原油称为高硫原油,低于 0.5% 的称为低硫原油。介于 0.5% ~ 2% 之间的称为含硫原油,对于含硫原油的输送必须要考虑它对管线及金属设备的腐蚀情况。

原油在一定试验条件下开始失去流动性的温度称为凝固点,不同原油的凝固点差别很大。我国有的原油凝固点高达 $(40 \sim 50)^\circ\text{C}$,而新疆克拉玛依原油凝固点低到 -50°C 左右。这种差别主要是原油中含有一定数量的蜡,含蜡量高的原油,凝固点高。反之凝固点低。表 1-1-1 列出了我国部分油田原油的常用物理特性。

表 1-1-1 我国部分油田原油的常用物理特性

原油产地	色泽	密度 $\rho_{20}, \text{g/cm}^3$	运动粘度 (50°C), m^2/s
四川	暗绿	0.8394	1.230×10^{-5}
青海冷湖	暗绿	0.8042	1.460×10^{-6}
克拉玛依	深褐	0.8679	1.923×10^{-5}
大庆	黑色	0.8604	2.379×10^{-5}
胜利	黑色	0.8886	2.938×10^{-5}
青海混合	黑色	0.8230	2.706×10^{-5}

注:原油的特性有时会发生变化,这里指的是一般情况。

一、原油的化学组成

原油组成十分复杂,要研究原油的化学组成,首先应该从其元素的组成来研究。原油的外观特性反映了原油的组成不同。原油的组成虽然复杂,但其元素组成却较简单,从表 1-1-2

中看出,原油主要由碳、氢、硫、氮、氧五种元素组成。其中碳含量约占83%~87%,氢含量约占11%~14%,这两种元素含量在原油中一般占96%~99.5%,此外还有硫、氮、氧元素,三者总含量约为1%~4%。但这仅就一般而言。也有特殊情况,如墨西哥原油含硫量高达3.6%~5.3%、阿尔及利亚原油含氮量为1.4%~2.2%。

表 1-1-2 某些原油的元素组成

原 油	元 素				
	碳,%	氢,%	硫,%	氮,%	氧,%
大庆混合原油	85.74	13.31	0.11	0.15	0.69
孤岛原油	84.24	11.74	2.03	0.47	1.52
江汉原油	83.00	12.81	2.09	0.47	1.63
克拉玛依原油	86.10	13.30	0.04	0.25	0.28
墨西哥原油	84.20	11.40	3.60	—	0.80

除此之外,在原油中,还发现有少量的金属元素(例:铁、镍、铜、钒等)、非金属元素(例:砷、氯、磷、硅等),其含量均很小,常用ppm(10^{-6} ,即百万分之一)计。

上述元素都以化合物的形式存在于原油中。碳和氢按照一定的数量关系,结合成多种不同性质的碳氢化合物。在有机化学里,由碳和氢两种元素组成的化合物叫烃。原油主要就是由各种烃类组成的。根据烃类的结构,烃类分成饱和烃和不饱和烃,饱和烃主要包括烷烃、环烷烃、芳香烃,不饱和烃主要包括烯烃和炔烃。饱和烃性质比较稳定,不易变质,不饱和烃性质比较活泼,容易变质。原油主要由饱和烃组成,其中绝大多数是烷烃。只有在加工后的油品中存在不饱和烃。烷烃在常温常压下,当含碳原子数小于5时,处于气态,当含碳原子数在5~16之间为液态,含碳数大于16为固态,这就是我们常说的蜡。一般情况下蜡溶解在液态烃中,当温度下降到一定值时蜡才从液态中析出。

原油中硫、氮、氧等元素和碳、氢元素形成的含硫、含氮、含氧化合物,统称为非烃类化合物,硫、氮、氧这些元素在原油中的含量不高,一般约为1%~3%,它们都是以非烃化合物的形式存在于原油中,若以化合物计,其含量可达10%~20%。

不同的原油,硫元素的含量相差很大,从万分之几到百分之几。硫在原油中的含量通常是随石油馏分沸点升高而增加,大部分硫均集中在残渣油中。原油中存在的硫化物对原油加工产品应用和储存危害很大。它会引引起加工设备、管线、油罐的严重腐蚀,特别是 H_2S ,它与水共存时,腐蚀更为严重。含硫的油品燃烧后能生成 SO_2 和 SO_3 ,遇水生成 H_2SO_4 和 H_2SO_3 ,对设备会造成强烈的腐蚀;含硫化物具有令人不快的臭味和一定的毒性,影响人体健康。总之,必须除去油品中的硫化物,这是原油加工中的一个重要课题。

原油中的氮元素含量一般为千分之几到万分之几。氮化物对原油的储运基本无大影响,但对油品的储运、使用性能都有较大的影响。光和热的作用,会使氮化物生成胶质,影响油品的颜色,使颜色变深、气味变臭。所以氮化物也必须从油品中除去。

原油中含氧量一般较少,约为千分之几,但也有个别含氧量高达2%~3%。原油中大部分氧集中在胶质沥青质中,除此之外,氧均以有机化合物的形式存在。这些有机化合物,分为中性氧化物和酸性氧化物两类。中性氧化物一般不重要(如醛、酮等),酸性氧化物中有环烷酸、脂肪酸和酚类总称为石油酸,其中主要是环烷酸约占90%。环烷酸对金属具有腐蚀性,由于原油的加工、储运和使用均离不开金属设备,因而环烷酸在油品中是有害的。环烷酸腐蚀金

属设备所产生的盐类对油品有一定的影响。原油馏分中的环烷酸可用碱洗的方法脱去。

原油中的胶质沥青质的含量因产地不同差别很大,它是原油中结构最复杂,相对分子质量最大的一部分物质。它们除含碳氢元素以外,还含有硫、氮、氧,相对分子质量很大,其结构也十分复杂。

所谓胶质,一般是指能溶于石油醚(低沸点烷烃)、苯、三氯甲烷、二硫化碳而不溶于乙醇的物质。沥青质是能溶于苯、三氯甲烷和二硫化碳,但不溶于石油醚和乙醇的物质。胶质和沥青质使石油产品的颜色变深,结碳增多,也属于有害成分。

二、原油的分类方法

根据原油的成分,可把原油分为蜡基、沥青基、混合基三大类,含蜡量高的原油称为蜡基原油。沥青质、胶质多的称为沥青基原油。介于两者之间的称为混合基原油。不同产地的原油,物理化学性质也有差别。我国目前已开采出来的大多数原油都属于蜡基原油。习惯上将含蜡量高、凝点高、粘度高的原油称为“三高”原油。

原油的组成非常复杂,对其确切的分类比较困难。原油通常可以从工业、化学、物理或地质等不同角度进行分类。在此只介绍原油的工业分类方法(也称商业分类法),其他分类方法在使用时可查有关资料。

按原油的相对密度分类	轻质原油	$d_4^{15.6}$	<0.830
	中质原油	$d_4^{15.6}$	$0.830 \sim 0.904$
	重质原油	$d_4^{15.6}$	$0.904 \sim 0.966$
	特重质原油	$d_4^{15.6}$	>0.966
按含硫量分类	低硫原油	含硫	$<0.5\%$
	含硫原油	含硫	$0.5\% \sim 2.0\%$
	高硫原油	含硫	$>2.0\%$
按含氮量分类	低氮原油	含氮	0.25%
	高氮原油	含氮	$>0.25\%$
按含蜡量分类	低蜡原油	含蜡	$0.5\% \sim 2.5\%$
	含蜡原油	含蜡	$2.5\% \sim 10\%$
	高蜡原油	含蜡	$>10\%$
按含胶质分类	低胶原油	含胶质	$<5\%$
	含胶原油	含胶质	$5\% \sim 15\%$
	多胶原油	含胶质	$>15\%$

第二节 原油的理化性质

原油(油品)的理化性质是评定原油(油品)质量,控制原油(油品)输送的重要指标,也是输油管道和站库设计的重要依据。为了做好原油(油品)的集输、储存、管理和应用工作,必须研究油品各种理化性质的意义、影响因素和表示方法等问题。原油的主要理化性质如下所述。

一、密度

密度是衡量原油(油品)的质量指标之一,根据密度可划分油品的等级,从而确定油品的销售价格。在国际石油市场上,确定原油的价格时密度和含硫量是必须要考虑的两个重要因素,一般密度越小,含硫量越低,原油的价格也越低。在计算原油(油品)的质量时,必须先测出体积和密度,然后计算其质量。

密度是单位体积内物质的质量,单位为 kg/m^3 或 g/cm^3 ,常以符号 ρ 表示。

我国国家标准规定 20°C 时密度为石油和液体石油产品的标准密度,以 ρ_{20} 表示。如果是在其他温度下测得的密度称为视密度,用 ρ_t 表示。

油品的相对密度是油品密度与规定温度下水的密度之比。由于纯水在 3.98°C 时密度最大,为 0.99997g/cm^3 ,一般近似地把 4°C 时水的密度定为 1g/cm^3 ,所以常以 4°C 水作为基准,以 d_4^t 表示 $t^\circ\text{C}$ 时油品密度与 4°C 水密度之比的相对密度。我国与俄罗斯常用的相对密度为 d_4^{20} ,欧美各国常以 15.6°C (60°F) 油品密度与 15.6°C (60°F) 纯水密度之比作为相对密度,表示为 $d_{15.6}^{15.6}$ 或 ($d_{60^\circ\text{F}}^{60^\circ\text{F}}$)。 ρ_{20} 与 d_4^{20} 在数值上是相等的,但它们的物理意义和单位是不同的。

1. 原油、油品的密度与温度的关系

温度升高油品因膨胀使体积增大,因而密度减小。在 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 温度范围内,密度随温度的变化可近似地按下式计算:

$$\rho_{20} = \rho'_t + \gamma(t - 20) \quad (1-1-1)$$

式中 ρ'_t —— $t^\circ\text{C}$ 时油品的视密度, g/cm^3 ;

γ ——石油密度温度系数,见表 1-1-3。

表 1-1-3 石油密度温度系数表(γ 值表)

ρ_{20}	γ	ρ_{20}	γ	ρ_{20}	γ
0.5993 ~ 0.6042	0.00107	0.7014 ~ 0.7072	0.00088	0.8292 ~ 0.8370	0.00069
0.6043 ~ 0.6091	0.00106	0.7073 ~ 0.7132	0.00087	0.8371 ~ 0.8450	0.00068
0.6092 ~ 0.6142	0.00105	0.7133 ~ 0.7193	0.00086	0.8451 ~ 0.8533	0.00067
0.6143 ~ 0.6193	0.00104	0.7194 ~ 0.7255	0.00085	0.8534 ~ 0.8618	0.00066
0.6194 ~ 0.6244	0.00103	0.7256 ~ 0.7317	0.00084	0.8619 ~ 0.8704	0.00065
0.6245 ~ 0.6295	0.00102	0.7318 ~ 0.7380	0.00083	0.8705 ~ 0.8792	0.00064
0.6296 ~ 0.6347	0.00101	0.7381 ~ 0.7443	0.00082	0.8793 ~ 0.8884	0.00063
0.6348 ~ 0.6400	0.00100	0.7444 ~ 0.7509	0.00081	0.8885 ~ 0.8977	0.00062
0.6401 ~ 0.6453	0.00099	0.7510 ~ 0.7574	0.00080	0.8978 ~ 0.9073	0.00061
0.6454 ~ 0.6506	0.00098	0.7575 ~ 0.7640	0.00079	0.9074 ~ 0.9172	0.00060
0.6507 ~ 0.6560	0.00097	0.7641 ~ 0.7709	0.00078	0.9173 ~ 0.9276	0.00059
0.6561 ~ 0.6615	0.00096	0.7710 ~ 0.7772	0.00077	0.9277 ~ 0.9382	0.00058
0.6616 ~ 0.6670	0.00095	0.7773 ~ 0.7847	0.00076	0.9383 ~ 0.9492	0.00057
0.6671 ~ 0.6726	0.00094	0.7848 ~ 0.7917	0.00075	0.9493 ~ 0.9609	0.00056
0.6727 ~ 0.6782	0.00093	0.7918 ~ 0.7990	0.00074	0.9610 ~ 0.9729	0.00055
0.6783 ~ 0.6839	0.00092	0.7991 ~ 0.8063	0.00073	0.9730 ~ 0.9855	0.00054
0.6840 ~ 0.6896	0.00091	0.8064 ~ 0.8137	0.00072	0.9856 ~ 0.9951	0.00053
0.6897 ~ 0.6954	0.00090	0.8138 ~ 0.8213	0.00071	0.9952 ~ 1.0131	0.00052
0.6955 ~ 0.7013	0.00089	0.8214 ~ 0.8291	0.00070		

如果温度和 20℃ 相差较大则不能用上式计算,而需要查换算表进行计算。

2. 压力对石油密度的影响

液体几乎不可压缩,所以压力对液体油品密度的影响几乎可以忽略不计。只是在极高压力下才考虑外压的影响。但值得注意的是,当液体油品被加热时,如果保持体积不变,压力会急剧上升。如果装满液体油品的一段管道或容器的进出口阀门全部关闭,油品在受热时就会产生极大压力以致引起容器的爆炸,造成事故。所以当管线突然停输时,不可关闭加热炉的进出口阀门,如事故需关闭加热炉进出口阀门时,应同时打开加热炉的紧急放空阀,防止管道内封闭的原油受热膨胀,发生爆炸事故。

二、粘度

粘度是评价原油(油品)流动性能的指标。在原油(油品)输送过程中,粘度对流量和摩阻损失的影响很大,粘度的大小,直接影响管道输送原油(天然气)时所需的动力,是输油管道和站库设计的重要物性参数之一。

1. 粘度的表示

粘度是表示液体流动时分子间摩擦而产生阻力的大小。阻力越大,流动就越困难,说明液体就越粘。粘度的大小常用动力粘度、运动粘度或条件粘度来表示。

(1) 动力粘度。动力粘度 μ_p 又称为物理粘度或绝对粘度,动力粘度的 SI 单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒),CGS 单位为泊(P)和厘泊(cP),两种单位关系为:

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P} = 10^3 \text{ cP} \quad (1-1-2)$$

(2) 运动粘度。运动粘度常以 ν 表示。运动粘度的单位,SI 单位为 m^2/s (二次方米每秒)或 mm^2/s ,CGS 单位为厘斯(cSt),其相互关系为:

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^6 \text{ mm}^2/\text{s} = 10^6 \text{ cSt} \quad (1-1-3)$$

运动粘度 ν 是动力粘度 μ_p 与同温度、同压力下液体密度 ρ_t 之比值,用下式表示:

$$\nu_t = \mu_p / \rho_t \quad (1-1-4)$$

原油的运动粘度可通过毛细管粘度计来测定。测定一定体积液体通过毛细管时所需时间 $\tau(\text{s})$,将时间 τ 乘以该毛细管粘度计常数 C ,即可得运动粘度 ν_t :

$$\nu_t = C \cdot \tau \quad (1-1-5)$$

由于运动粘度测定方法简单,正确性较好,一般误差小于 $0.1 \text{ mm}^2/\text{s}$,因此得到广泛应用。在输油生产中常常是测定原油的运动粘度。

(3) 条件粘度。条件粘度中最常用的是恩氏粘度,即所测的油品在某温度下,从恩氏粘度计中流出 200mL 所需要的时间与在同样条件下流出 200mL 20℃ 的蒸馏水所需的时间的比值。除了恩氏粘度外常用的还有赛氏粘度和雷氏粘度。各种粘度都可以查图进行换算。

2. 粘度与温度的关系

温度对粘度有极其重要的影响,温度升高,粘度降低,油品温度降低,则粘度增高;所以,在说明原油或油品的粘度时,必须注明温度条件,否则粘度数据没有意义。原油和油品在某一温度范围内,随着温度降低,粘度增大不很显著,但降低到某一温度点(反常点),随着温度降低,粘度将有显著变化,这一点在输油和生产中应引起足够重视。

3. 粘度与化学组成的关系

随着馏程增高,油品的密度加大,粘度也迅速增大。当馏程相近时,油品中含烷烃多粘度最小,含环烷烃多粘度最大,芳香烃介于两者之间。

三、导热系数

原油(油品)传热能力可用导热系数 λ 来表示。 λ 表示在单位时间内,当原油(油品)沿热流方向流动,使导热体两侧的温差变化为 1°C 时,通过单位长度所传导的热量,单位是 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

导热系数是进行油品传热计算的重要参数。 λ 值随温度和油品的相对密度而变化,目前,如何确定原油和成品油的导热系数 λ ,国内外尚未有确切公式,在生产实际应用中,导热系数 λ 是通过实验而获得。

四、析蜡点

1. 原油中的蜡

原油中的蜡指的是含16个碳原子以上的烃类,其中中等相对分子质量的蜡含量最多,低相对分子质量和高相对分子质量的蜡含量都比较少。这些在常温下是固体的烃类,在原油中处于溶解状态,随着温度降低,其溶解度降低,会析出一部分晶体,这种从原油中分离出来的固体烃类,在工业上称之为蜡。根据结晶形状及来源的不同,蜡又可分为两类,一类是从润滑油和柴油馏分中分离出来的,呈大片白色状或带状结晶的石蜡;另一类是从润滑油馏分和原油残油中分离出来的,呈细微针状黄色结晶(纯地蜡无色)的地蜡。一般石蜡相对分子质量为300~500,分子中碳原子数为20~35,熔点为 30°C ~ 70°C ,它主要由正构烷烃构成,此外还有少量的相对分子质量很大的异构烷烃,单环烷烃,双环烷烃及单环、双环芳香烃。地蜡相对分子质量为500~700,分子中碳原子数为35~55,熔点 60°C ~ 90°C 。地蜡组成极为复杂,各类烃都有,但以带正构烷基和异构烷基的环烷烃为主,正构烷烃含量不多,异构烷烃含量也极少。地蜡中的环烷烃为2~3环结构,以双环结构为主。芳香烃的环数为1~3环。

2. 管道结蜡

蜡通常溶解在液态烃中,温度降低时析出。通常所谓的“结蜡”是指在管道内壁上逐渐沉积了某一厚度的石蜡、胶质、凝油、砂和其他机械杂质的混合物。根据对油田含蜡原油管道的分析统计,沉积物中一般都含有40%~50%的石蜡、10%~20%的胶质和沥青质、30%~40%的原油及少量的砂和铁锈等。在长输管道的沉积物中,原油的含量要高些。

我国大直径长输管道的运行实践表明,大口径长输管道的“结蜡”现象,有不同于小直径矿区管道的特点,首先是管壁上的凝结层往往不那么坚实。多次长输管道割口时的观察表明,管壁上的沉积物有明显的分界,紧贴管壁的是黑褐色发暗、类似细砂的薄层,其组成主要是蜡,是真正的结蜡,有一定的剪切强度。这一层的厚度一般只有几毫米,与管壁粘结较牢固。在蜡层上面的,厚度要大得多的黑色发亮的沉积物,主要是凝油,即在蜡和胶质、沥青质构成的网络结构中包含着部分液态粘油。

表1-1-4给出了阿拉斯加管线和在秦京输油管线的地震断裂段上取样实测的管壁结蜡层的含蜡量的数据。

表1-1-4 管内凝油层的含蜡量

油 样	含蜡量, %	
	秦京管线	阿拉斯加管线
管中原油	22.71	14.0
上部的凝油层	24.08	16.9
紧贴管壁的凝油层	36.55	16.9

3. 影响管壁结蜡强度的因素

(1) 油温的影响: 试验表明, 在接近析蜡温度的高温, 或接近凝点的低温下输送时, 管道中的结蜡均较轻微, 但在二者中间却有一个结蜡严重的温度区域, 这个区域大致与原油中大量析蜡的温度范围相仿。图 1-1-1 为现场试验测得的大庆原油油温与管壁结蜡强度的关系 (“管壁结蜡强度”系指单位时间、单位管壁面积上的石蜡沉积量) 曲线。

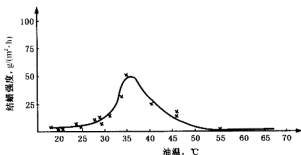


图 1-1-1 油温与管壁结蜡强度的关系

可以看出, 由 30℃、45℃ 可以将曲线分成三个区。30~45℃ 为结蜡高峰期, 此区间正是蜡溶解度曲线最陡的段落, 管截面上浓度梯度大, 油流粘度不大, 故分子扩散作用强; 蜡晶浓度高, 晶粒互相碰撞粘结, 沉积的机会多, 横向移动作用增强, 形成了结蜡高峰期。

高温下结蜡不多容易理解。在接近凝点的较低温度下, 油流粘度大, 分子扩散很弱; 管壁附近剪切弥散作用较强, 但此处剪切应力较大, 容易剪掉粘附力较弱的横向迁移形成的结蜡层。

显然, 影响管道结蜡多少, 主要不在析蜡温度, 而在析蜡高峰温度区范围。优化运行参数的计算通常认为, 原油管道进站油温比原油凝点高 2~3℃ 最优, 但为了避开结蜡高峰期往往取进站油温在析蜡高峰期之上。随着管道清蜡技术的成熟, 进站油温正逐步向原油凝点逼近。

(2) 油温及管壁温差的影响: 结蜡强度随油壁温差的增大而增强。当中心油温一定时, 壁温愈低, 管壁附近的蜡晶浓度愈大。地温越低, 越容易结蜡。但当采用外伴随加热输送时, 尽管油温是在结蜡高峰区内, 但只要壁温高于油温, 管内壁几乎不结蜡。

(3) 流速的影响: 随着流速的增大, 管壁结蜡强度减弱。层流时的结蜡比紊流严重, Re 数越小, 结蜡越多。因为随着流速的增大, 管壁处剪切速率的增大, 使管壁上的结蜡层减薄。实践表明, 当流速大于 1.5m/s 时, 管内就较少结蜡。

(4) 原油组成的影响: 当含蜡原油中同时含有胶质沥青质时能加速形成密实的结蜡层; 原油中含水率增大, 蜡沉积速率降低; 原油中含砂或其他机械杂质会使结蜡强度增大。

(5) 管壁越粗糙越易结蜡。

(6) 新管道刚开始运行时, 结蜡速度最快, 随运行时间延长结蜡增加速度逐渐减慢。

五、低温性能

原油及油品的输送和储存条件与其低温下流动性能关系十分密切。由于用途不同以及不同国家采用不同测定方法, 油品低温性能有多种评定指标: 浊点、结晶点、冰点、凝点、倾点、冷滤点等。

(一) 石油及其产品凝固的实质

石油及油品在低温下失去流动性有两种情况:

(1) 含蜡很少或不含蜡的原油和油品,随着温度降低,粘度迅速增大。当粘度增大到一定程度(大约为 $3 \times 10^5 \text{ mm}^2/\text{s}$)后,原油和油品就变成无定型的玻璃状物质而失去流动性,这种凝固称为粘温凝固。油品在特定条件下刚刚失去流动性的温度称为凝点。油品的“凝固”这一词并不确切,因为在油品刚失去流动性的温度下,油品实际是一种可塑性物质,而不是固体。

(2) 含蜡原油或油品受冷时,情况有所不同。含蜡油随着温度下降,油中的蜡就会逐渐结晶出来,开始出现少量极细微的结晶中心,油品中的高熔点烃分子在结晶中心上结晶,结晶逐渐长大,使原来透明的油品中出现云雾状的浑浊现象,此时的温度称为浊点或云点;如果继续降低温度,蜡结晶逐渐长大,结晶刚刚明显可辨的温度称为结晶点。当温度进一步下降,结晶大量析出,并连结成网状结构的结晶骨架,蜡的结晶骨架把此温度下还处于液态的油品包在其中,使整个油品失去流动性,这种现象称为构造凝固。在特定条件下出现油品刚失去流动性的温度,称为凝点。从以上分析可以看出,所谓构造凝固这一名词,其含义也并不确切,因为在蜡的结晶骨架中还包含着大量液态油品,其硬度离“固”相差还很远。

(二) 基本概念

1. 浊点和结晶点

浊点又称云点,就是原油和油品在规定仪器和条件下降低温度,使其开始出现石蜡结晶而使试油开始呈现浑浊时的最高温度。结晶点是在同样的仪器中,用同样的方法测定的。测定了试油的浊点以后,继续将试油冷却,直到试油中呈现出肉眼所能看得见的晶体时(可将装油的试管放在带有反光镜的暗箱中或试管架上观察)的最高温度称为结晶点。在达到结晶点时,整个试油仍然处于可流动的液体状态。

2. 凝固点和倾点

所谓凝固点(也叫凝点),只是在特定的仪器中,在一定的试验条件下,试油刚失掉流动性时的温度。而所谓失掉流动性也完全是条件性的,即把装有试油的规定试管,在一定条件下冷却到某一温度后,将其倾斜 45° ,经过 1min 后,肉眼看不出管内油面有移动,则认为该油“凝固”了,产生这种现象的最高温度称为该试油的凝固点。

所谓倾点,是指石油产品从标准容器中流出的最低温度或称为流动极限,通常将凝固点加上 2.8°C 就是倾点。倾点比浊点低。油品的沸点越高,其凝点和倾点就越高。

3. 熔点、滴点和软化点

熔点是石蜡、地蜡和高熔点石油产品的一个质量指标。在特定的仪器中测定已预先熔化试样的降温曲线,取降温曲线中温度下降最慢的一段曲线的开始温度作为试样的熔点。

滴点是润滑脂的重要质量标准,表示润滑脂使用温度范围的界限。滴点是在规定条件下,固态或半固态石油产品达到一定流动性时的最低温度。

软化点是沥青使用的界限温度,它是在一定条件下加热,沥青软化到一定稠度时的温度,采用环球法测定。

应该指出原油的物性参数是在规定的条件下,在规定的仪器中测定的,当条件发生变化时物性参数的数值是不同的。有时尽管原油管道的进站油温等于或低于原油凝点,但原油管道并没有凝固,请读者结合本节内容自己分析原因。但是在接近原油凝点或凝点以下输送是很危险的,此时必须做好一切防范措施,防止管线凝管,并做好处理凝管事故的准备。