

输油工人技术问答

东北输油管线指挥部辽宁第二管理处职工集体编

石油工业出版社

输油工人技术问答

东北输油管线指挥部辽宁第二管理处绥中泵站 编

石油工业出版社

《输油工人技术问答》是绥中泵站根据其泵站职工工业余技术教育的讲义重新加工整理而成的一本初级读物。可做为广大输油工人掌握输油基本知识和提高输油操作技术水平的参考用书。

本书内容比较全面，主要包括原油物理、化学性质，输送管道的设计、敷设，管道输送设备及生产管理等。内容比较结合实际，文字亦通俗易懂。

输油工人技术问答

东北输油管线指挥部辽宁第二管理处绥中泵站 编

*

石油工业出版社出版
(北京和平里七区十六号楼)
北京通县印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $4^{3/4}$ 字数101千字 印数17,151—18,750

1979年3月北京第1版 1981年3月北京第2次印刷

书号15037·2032 定价：0.34元

目 录

概述

第一章 原油的主要性质与输油

- [1] 被称为“黑色金子”的原油是怎样生成的? 5
- [2] 原油管道输送的方式有几种? 5
- [3] 什么叫原油的凝固点和粘度? 6
- [4] 高含蜡原油为什么要加热输送? 7
- [5] 为什么发现管道要冻凝时需加大排量? 8
- [6] 在油温低于凝固点的情况下, 管道内的原油为什么
还会流动? 9
- [7] 热油输送时对原油温度有什么要求? 10
- [8] 除加热输送外, 高含蜡原油还有其它输送方式吗? 11
- [9] 油和水的混合物为什么能分离? 12
- [10] 重度、密度和比重在概念上有什么不同? 它们在
输油中有哪些应用? 13
- [11] 闪点、燃点、自燃点和爆炸极限对安全输油有
哪些意义? 14
- [12] 人们在石油蒸汽较浓的场所工作时为什么会头晕、
呕吐? 17
- [13] 在同一条条件下, 用原油和重柴油作燃料, 哪一种油
的用量少一些? 17
- [14] 温度升高值相同, 为什么加热水的燃料用量要比加
热油的高一倍左右? 18
- [15] 原油是否象水一样, 受热后体积膨胀会产生很大的
压力? 19

- [16] 原油输送一段路程后蒸汽压力为什么会变小?20

第二章 管子和管道敷设

- [17] 输油管道常用的管子类型有几种?22
- [18] 输油管道常用管子的管径有哪些?23
- [19] 怎样选定输油管的管径?25
- [20] 怎样选定输油管的壁厚?26
- [21] 输油管道为什么一般都埋设在地下?29
- [22] 管沟没有整平、夯实或水流进入管沟会给管道带来多大危害?怎样防止弯头受热变形?30
- [23] 下管时为什么不能破坏管子表面的沥青层?31
- [24] 管道敷设时在哪些地段需要加设套管?33
- [25] 穿越、跨越较大河流或峡谷时为什么管道两端要设置截断阀室?34
- [26] 线路放空阀室在什么情况下使用?34
- [27] 检验管道有什么要求?35

第三章 输油站的设计

- [28] 输油泵站的位置选择和平面布置有什么要求?37
- [29] 输油泵站的竖向布置对生产有哪些影响?38
- [30] 怎样确定输油泵站的贮油量?40
- [31] 怎样选择输油泵机组?41
- [32] 怎样选择输油站的加热炉?42
- [33] 怎样布置站内的工艺流程?43
- [34] “泵到泵”输油是怎么回事?45

第四章 水力和热力计算在输油管道的应用

- [35] 流率、流速和管径的相互关系怎样?49
- [36] 流速为什么不能任意提高?50
- [37] 管道压头、管道压头损失(管道摩阻)和管道阻力是一回事吗?50
- [38] 管道摩阻的大小和哪些因素有关?52
- [39] 热泵站的间距是怎样确定的?55

- [40] 管道内的油流是满管还是半管?62
- [41] 为什么在输送条件相同的管道上, 各站出站压力的允许值不完全一样?65
- [42] 为什么开闭阀门时不要速开速关?66

第五章 油罐与阀门

- [43] 长输原油管道常用的油罐有几种? 各有何特点?69
- [44] 砖油罐的罐体结构如何? 为什么能盛油不漏?70
- [45] 预应力钢筋混凝土罐为什么能承受较大的环向拉力?72
- [46] 金属拱顶罐的结构有什么特点? 为什么能节省钢材和承受较大的压力?73
- [47] 浮顶罐为什么能减少轻质油损失?76
- [48] 原油罐有哪些附件? 作用怎样?79
- [49] 检验油罐有什么要求?84
- [50] 阀门有什么作用? 它是怎样分类的?86
- [51] 阀门型号用什么方法来表示?88
- [52] 阀门外壳上标注的数字、符号和颜色有什么意义?91
- [53] 平行式闸阀和楔式闸阀在结构上有什么不同?92
- [54] 什么是电动闸阀? 它和一般闸阀有什么不同?94
- [55] 阀门的防爆电动装置为什么能自动切断电源?96
- [56] 截止阀和闸阀在结构上有什么不同?100
- [57] 什么是球阀和液压球阀?100
- [58] 止回阀为什么能阻止液体向反方向倒流?104
- [59] 检验和选用阀门时有什么要求?106

第六章 故障分析及处理

- [60] 通球扫线时收不到球怎么办?109
- [61] 站间试压为什么不能用热水?110
- [62] 热水预热时怎样防止加热炉汽化和管道变形?111
- [63] 什么叫混油头? 减少混油量有哪些措施?113

[64] 管道试压时为什么会出现突然爆裂事故?	114
[65] 投油时为什么中间泵站会突然出现输油泵抽空 事故?	114
[66] 为什么投油正常后要及时用油把管道上各支管里 的水顶出来?	115
[67] 从出站压力的变化可以发现哪些异常现象?	116
[68] 变换流程时可能出现哪些异常情况?	117
[69] 怎样预防管道工作常见故障?	119
[70] 电动闸阀运行时可能出现哪些故障?怎样操作 为好?	120
[71] 截止阀工作时可能出现哪些故障?怎么处理?	121
[72] 液压球阀动作时可能出现哪些故障?怎样正确 操作?	123
[73] 怎样更换阀门密封填料?	124
[74] 怎样更换法兰的密封衬垫?	126
[75] 油罐操作应注意哪些事项?	128
[76] 为什么原油罐加热温度过高会发生突沸事故?	132
[77] 油罐一旦着火时应怎样处理?	132
[78] 为什么防爆电气设备的接合面不要轻易拆开?	133

第七章 原油计量

[79] 原油计量包括哪些内容?	135
[80] 油罐检尺有什么要求?	135
[81] 怎样进行油罐测温?	138
[82] 怎样取原油的平均试样?	139
[83] 怎样查油罐容积表?	140
[84] 油量计算的程序是怎样的?	142

概 述

原油长输管道就是把常见的管道输油方式运用到长距离的油品输送中。它和炼油厂或油库所采用的输油管相比，具有管径粗、输送量大和输送距离远等特点。

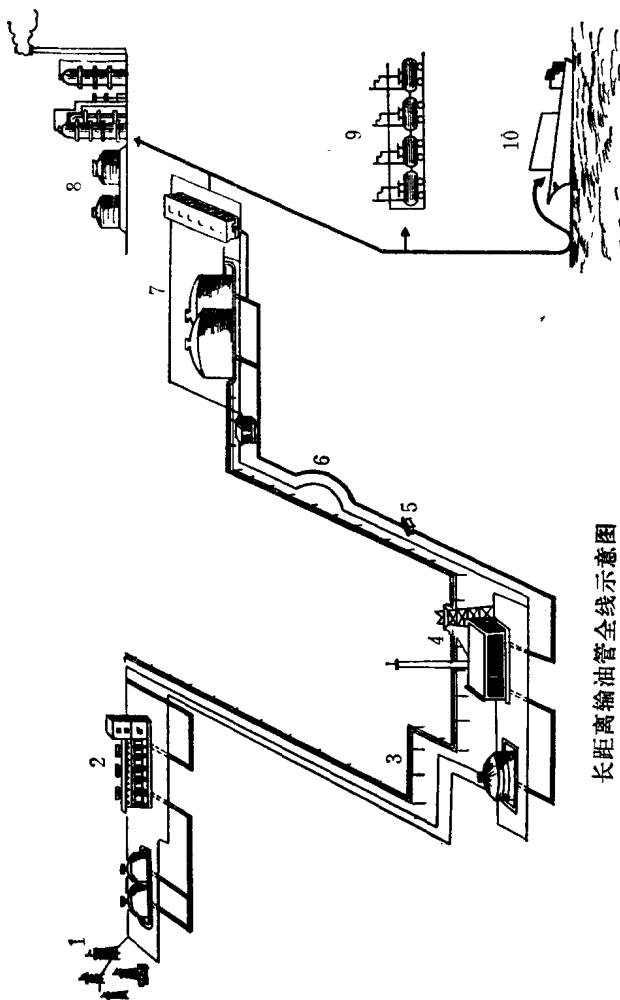
原油长输管道是由输油站和线路两部分组成。输油站的主要设备有输油机组、油罐和加热炉。线路则主要是管道。从首站压入管道的油流，通过中途输油站而获得新的能量，从而源源不断流入末站贮油罐。现以输送原油为例说明一下输油的过程。

原油从油田的四面八方通过转油站向设在油矿的输油首站汇集，经过计量后由输油泵从油罐里抽出加压进入管道，对于易凝油品，则经过加热后再进入管道。

原油在输送过程中，受到管道阻力和土壤吸热的影响，压力能和热能都不断损失，沿途如不及时给予加压、加热，势必不能到达终点。这样，一条长距离输油管，沿途就要设立若干个加压、加热或既加压又加热的中间站。有时，为了向沿线的炼厂进行分输，还要从中间站或是直接从管道上引出分输管。从管道直接引出时，就需要专设分输站。

原油经沿途加压、加热后流至末站。末站实际就是输油管的转运油库或是炼厂的附属油库。末站内设有装车、装船用的栈桥和码头，或敷设有去炼厂油库的专用管道。

原油长输管道除了安装有加压、加热设备外，为了给泵站提供动力和便于生产调度，还设有专用的电力线和通信



长距离输油管全线示意图

1—矿场；2—输油管首站；3—通信线路；4—中间输油站；
5—线路阀室；6—穿越河流的弯管；7—输油管末站（油库）；
8—炼厂原油库；9—向火车装油的栈桥；10—向油轮装油的码头

线，以及保护管道的防腐设施和处理冻凝事故的紧急放空阀室、事故截断阀室等。

原油长输管道的建设，关系到一个国家石油工业的发展、燃料结构的变化和交通运输系统的综合平衡，对整个国民经济都具有重大影响。从经济意义来看，建设长输管道的优点也是很多的。如一条年输 2000 万吨石油的管道和同等输油能力的铁路相比较，就具有：

1. 建设速度快。如大庆至秦皇岛全长 1152 公里的输油管线，从施工到投产只用了两年左右的时间，而一条专用铁路，一般需要三至五年才能达到设计要求。建设费用比建设输油管多一倍。

2. 管道输油效率高，安全可靠。连续输油不象铁路输油需要返回空车，而且管道一般都敷设在地下，基本不受气候、季节等外界因素的影响。

3. 运输成本低。管道输油的管径越大输油量越多，油品粘度越小，输送距离越远，其运输成本就越低。随着管道自动化水平的提高和输油工艺的不断改进，运输费用还会进一步降低。目前，国外某些输油管道的输油费用，大约是铁路运输费的十分之一到三分之一。

4. 管道建设占地少。管道施工时，每公里管道约占地一万平方米左右，竣工后，其中百分之九十以上仍可以耕种。而铁路每公里需长期占用土地二万平方米左右。

5. 管道输油，油品质量好。采用密闭输油，可防止输油过程中轻质油分的蒸发和水分、机械杂质等的侵入。

因此，管道输油在国内外受到高度重视。输送的介质从原油、石油产品、天然气发展到液化气；管道敷设的方式从地下发展到海底；管道材质的采用，从普通钢材，合金钢材

发展到合成塑料；自动控制程度从有线单站集中控制，有线全线集中控制，无线全线集中控制发展到电子计算机控制和电子屏幕显示相结合。随着我国社会主义到处都在胜利前进的大好形势，我国的输油事业也必将以更快的速度迅猛发展，走在世界的前列。

第一章 原油的主要性质与输油

[1] 被称为“黑色金子”的原油是怎样生成的？

原油，又称天然石油。它和人造石油一起总称石油。

原油是从不同深度的地层里开采出来的。是一种流动或半流动的粘稠液体，一般为黑色或红褐色，但也有水白透明的、黄色的或绿色的。有的带有绿色或蓝色的荧光。原油生成的原因说法不一，目前最普遍的说法是：在一些气候温暖潮湿的内陆湖泊或海边，水中繁殖着各类动植物，特别是水里的浮游生物(如鱼类和甲壳类)十分丰富。这些生物死亡之后，同周围河流带来的泥沙一起沉积在水底。天长日久沉积物层层加厚，随着地壳运动沉积层被压在地壳下面，经过漫长的地质年代，形成巨厚的沉积岩层。这许许多多有机的生物遗体被深埋在岩层里，在隔绝空气的条件下，受地层高温、高压及某些细菌的作用，慢慢变成了石油和天然气。由于生成原油的环境不完全相同，其组成中的液态碳氢化合物、蜡、沥青质及胶质等含量也不完全一样。胶质和沥青质含量较多的原油，颜色就比较黑，气味也比较浓；含蜡量较多的原油颜色较浅，多呈红褐色，气味也较小；含汽油等轻馏分多的原油颜色也较浅，呈深黄色，有浓厚的汽油味。为此，观察原油的颜色，可帮助我们掌握原油的成分，从而进一步确定原油输送的方案。

[2] 原油管道输送的方式有哪几种？

原油管道输送的方式有多种，如等温输送，热油输送和

顺序输送等。等温输送用于轻质石油产品或低凝固点、低粘度的原油。即从炼油厂或油田来的油品不经加热即直接从输油管道的首站进入管道，然后在油流温度和土壤温度接近的情况下进行输送。热油输送主要用于高凝固点和高粘度的油品，这样可防止油品在管道中冻结(俗称灌香肠)和减少输油的摩擦阻力，为此需在管路起点和每隔一段距离设置加热站，使油品流经一段路程后及时补充热量，保证沿线各处的油温始终高于凝固点。顺序输送用于石油产品，即用同一条管线输送不同的油品，每隔一段时间更换品种依次输送。对品种多输送量少的油品来说，用这种方式输送可充分利用管线和设备，缺点是在更换品种的过程中必然会产生一部分混油，需进行处理。

近年来人们已着手研究油品输送中的功——热转换关系。利用压力能转换为热能的条件，在不设加热设备的条件下进行热油输送。

[3] 什么叫原油的凝固点和粘度？

原油冷却到某一温度后，在一定条件下便失去其流动性，这时的温度称为该油品的凝固点。测定时将原油盛在标准试管内，逐步降低温度，当将试管作 45° 倾斜，管中原油在一分钟内能够保持不流动，即认为该油品已凝固。凝固点高的原油容易在管道内冻结。

粘度是指流动着的流体(液体或气体)分子间相对运动引起的内摩擦所产生的阻力，有动力粘度、运动粘度和恩氏粘度之分。

动力粘度是指相距一厘米的两流体层，以 1 厘米/秒的速度相对运动时作用于 1 平方厘米面积上的粘滞力。其物理单位为泊。

1 泊 = 1 达因·秒/厘米²; 或 1 泊 = 克/厘米·秒

由于泊的单位太大, 一般采用百分之一泊, 即一厘泊为动力粘度的单位。

动力粘度的工程单位以公斤·秒/米²表示,

$$\begin{aligned} 1 \text{ 公斤} \cdot \text{秒} / \text{米}^2 &= \frac{980.7 \times 1000}{100^2} \text{ 达因} \cdot \text{秒} / \text{厘米}^2 \\ &= 98.07 \text{ 泊} = 9807 \text{ 厘泊} \end{aligned}$$

运动粘度是动力粘度与同温度下该液体(或气体)密度的比值。即

$$\text{运动粘度} = \frac{\text{动力粘度}}{\text{密度}}$$

其单位是沱 1 沱 = 1 厘米²/秒。百分之一沱叫做厘沱。动力粘度和运动粘度的值可通过毛细管粘度计来测定。

恩氏粘度为条件粘度的一种, 是所测油品在一定温度下从恩氏粘度计中流出 200 毫升所需要的时间与在同样条件下流出 200 毫升 20°C 的蒸馏水所需的时间的比值、用符号 °E 表示。

恩氏粘度可以按下式换算成运动粘度:

$$\nu = 0.076 \times {}^\circ\text{E} - 0.04 / {}^\circ\text{E} \quad (\text{厘米}^2/\text{秒})$$

油品粘度是随着温度的变化而变化的。同一油品, 温度低时粘度就变大; 温度升高粘度就减小。粘度这一性质称为该油品的粘温性能。

【4】高含蜡原油为什么要加热输送?

原油中大多含有一定量的蜡, 原油的温度越高, 压力越大, 对蜡的溶解能力也越大。降低原油温度, 则原来溶于油中的蜡就开始结晶析出。起初, 蜡是以悬浮态的结晶颗粒析出的, 并沿着管壁(或容器壁)聚集, 当温度继续降低, 晶粒

数量增多并且互相联结，且和原油中的胶质、沥青质共同形成网络状的松软集团，而将液体油包含其中，形成一团团凝胶，使原油流动性减弱。温度继续降低，网状结构互相联结逐步扩大，直至遍布整个容器或管道截面，使原油完全失去流动性，这是蜡促使原油凝固的由来。

粘度的变化也是如此。当原油未出现蜡结晶颗粒前，液体的流动阻力主要是分子间的粘附力（即液体内摩擦所呈现的阻力）。当油温下降出现网络状松软集团后，液体的流动阻力既有分子间的粘附力，又有分子和网络状松软集团的粒子之间的作用力，以及粒子互相间的作用力，此时网络集团的形成和增多，成为粘度上升的主要原因，而由于温度降低使分子间作用力增加促使粘度上升的因素则退居次要地位。如温度继续下降，油中的网络结构虽不再增加，但油品分子间作用力继续增强，网络结构强度也变大，仍使粘度继续上升。

由上可知，温度降低使原油中的含蜡结晶析出，是原油冻凝的主要原因，也是粘度上升的重要因素。因此，及时给高含蜡原油适当加热，防止网络状结构的形成，是保障高含蜡原油正常输送的重要措施之一。

[5] 为什么发现管道要冻凝时需加大排量？

上面已经谈到，原油在管道中流动的阻力与输送温度有密切关系。其实，原油在管道中流动的速度对防止管道结蜡冻凝也是非常重要的。例如，某输油泵站有一条供锅炉燃料用油的 Dg 25 原油管线，在冬季，这条管线从未发生过管线冻凝现象，而在夏季，当室外气温较高时反而时时发生管线结蜡，不能保证锅炉用油。据分析，这种现象的出现与管道内原油流速有密切关系。在冬季，由于用气量大，耗油量

多，管线内的油流速度高，所以不容易冻凝。相反，在夏季，尽管室外气温较高，但周围用气量小，耗油量少，原油流速降低，流速降低后管线内的温降大，于是在管线的末端就容易结蜡，甚至发展到管线局部堵塞。另外，流速降低后便没有足够的力量来破坏网状结构的形成，所以更容易促使管线结蜡。

根据高含蜡原油的这一特性，可以得出如下结论：

1. 低温输送原油时加大排量对输送有利，而油流中断则易使管线冻凝。

2. 发现管线油量下降，输量减少，阻力上升时，应迅速采取措施，增大泵压，提高输量，避免因网状结构增加、粘度上升使输量降低造成恶性循环。

3. 如果提高泵压已无效果或无法实现时，则应打开沿途紧急放空阀室逐段放出冷油，迅速提高排量，解除冻结危险。

4. 对静止管线应定时用油顶动管内油品(俗称活动管阀)以防原油冻凝。

【6】在油温低于凝固点的情况下，管道内的原油为什么还会流动？

原油是各种碳、氢化合物的混合物，它的凝固过程不象水的凝固那样简单，当温度降低到 0°C 时，水便由液态转变成固态，而原油却是在一个较宽的温度范围内逐步由液体转变为介于液体与固体之间的凝胶体。从测定的方法看，油品凝固点是在静止状态下的测定值。在流动的状态下，由于网状结构形成比较困难，凝固的温度必然要比静止状态下低得多。如某油田原油的凝固点为 $+28^{\circ}\text{C}$ ，但在管路中以 $3\sim 4$ 米/秒的高速输送时，温度在 12°C 时仍能流动。这就进一步

告诉我们，油品凝固点对输油来说，仅是一个参考数值，在必要的情况下，如果不能保证原油的加热温度，在保持一定流速的情况下，管线是不会很快冻凝的。

[7] 热油输送时对原油温度有什么要求？

目前我国输送高含蜡原油主要采用热油输送法。由于油品的性质和管道敷设的条件不同，热油输送时对原油温度的要求亦不同，因此，在确定热油输送的温度前，应对所输送原油的性质进行试验，根据确保安全输送和节约燃料的原则，制定合理的工艺指标。

热油输送时对原油温度的要求如下：

1. 原油加热后的温度应低于管线防腐沥青的软化点温度，以免沥青熔化或长期在高温作用下老化而影响防腐质量。

2. 加热温度还应考虑原油的流变性的变化，因为原油加热温度如果低于蜡的熔点时仅能使部分石蜡熔解，这样原油再冷却时往往形成更加坚实的网络结构，使原油粘度及凝固点升高，流度性变坏，而且重复加热的次数越多，原油流变性变得越坏。某油田原油样品在 50℃ 和 55℃ 重复加热后粘度变化如下：

表 1-1 重复加热时 35℃ 的粘度值(厘沱)

加热温度 \ 重复次数	原始油样	1	2	3	4	5	6
50℃	29.4	13.8	176.8	205.5	242.3	—	286.3
55℃	22.8	24.6	23.3	23.2	24	24.9	24.6

3. 原油达到终点(即下一站进加热炉前)时的温度应高