

油厂瓦斯管线合理安排

唐 海編著

石油工业出版社

內 容 提 要

这本小册子主要叙述油厂瓦斯管綫的合理安排。为了使讀者便于計算和了解，編著者对水力学和流体力学上一般常用的計算公式作了詳細的闡述。書中不仅对正确变孔和利用調节抽出孔的办法來平衡沿綫抽量，从而达到均匀抽出的目的，提出了正确的方向；並且也研究了抽出变孔的确切办法，因此，这不但对成堆干氫的平衡火層有好处，而且对土法煉焦，提高收油率，对掌握魯奇爐的煤气抽出道，以及对不用陣傘而采用管綫收集瓦斯的抽出机构等也提供了充分有利的条件。

此書可供从事石油煉油的技术人員閱讀。

統一書号：15037·737

油厂瓦斯管綫合理安排

唐 海編著

石油工业出版社出版（地址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第083號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 印张3 $\frac{3}{4}$ * 61千字 * 印1—1,000册

1959年9月北京第1版第1次印刷

定价（10）0.46元

前 言

本書主要是对地方石油工业中的小型炼油厂而写的。

地方石油工业是我們党的方針、政策的产物，是石油工业的一个新的、辽阔的方面。从它出現以来，客观需要、领导重視、以鋼为綱、綜合利用等几个因素，已經成为經常起作用的促进因素，这些因素必然將在现实的以及在长远的过程中推动事业前进。儘管各地的具体情况及具体过程有所不同，但地方石油工业是一定要发展的。

石油工业、煤炭工业、冶金工业、化学工业的广大职工所創造的方型爐、成堆干餾、土法炼焦收油、半焦炼鉄、焦油加工、煤焦油直接塑合、小型低温干餾爐等許多因地制宜、行之有效的办法，已經給以固体燃料綜合利用为主的地方石油工业在技术上奠定了初步的基础，地方石油工业的小土羣油厂，將要通过技术革新运动，而經歷它的从少到多、从小到大、从低級到高級、从簡單到复杂的发展过程。

为了促进小土羣油厂技术的提高和发展，当前至少有两个重要技术問題迫切需要解决。

首先是在小土羣油厂中如何更合理地組織劳动力，改善搬运、装卸、出焦、出灰方法，更有效地捣弄固体原料及产品，从而提高小土羣油厂的劳动生产率。关于这个問題，祇要石油工作者积极去做，是可以解决的。随着鋼鉄、机械工业的发展，随着小土羣油厂爐型及生产流程的不断改进，这

个問題將要逐步地解决得更好。

另一个問題，是如何更好地掌握气体流动的規律，更合理地、熟練地操縱瓦斯。

这个問題之所以重要，是因为：（一）固体燃料干餾的效果好坏，决定于火层。热載体的合理分布，气化层的正常燃烧，均匀的火层，是提高采油率、改进半焦收率及質量、改进瓦斯質量、改善安全生产的根源。因此，如何使风量及瓦斯均匀地、或是合乎条件地通过料层，是干餾技术中极其重要的問題；（二）正确而熟練地操縱瓦斯，有利于更好地掌握气燃式干餾，而且，对掌握煤的热处理技术、从而做到广泛使用不同煤种，以达到綜合利用的目的，也有重要关系；（三）瓦斯利用是綜合利用固体燃料中的不可缺少的环节，所以，更应当学会更熟練、更确切地操縱瓦斯，以达到更广泛地利用煤气或其他干餾气体。因此，如何在現阶段的小型油厂中进一步掌握气体技术，是值得研究的問題。当然研究小型油厂中所存在的科学技术問題，决不是要把小土羣油厂按現有的面貌永久保存下来。小土羣的内容及形式是要不断革新的，落后的將不断走向先进。生产装备可以不断改进，生产技术可以經常革新，但支配着生产技术的自然法則，不但在現在的小土羣中間，而且在將來的小土羣中間都將經常的起它們的作用。因此，积极参加小土羣的实践，並研究、闡明小土羣科学技术上所存在的种种理論問題及实际問題，正是为了促进小土羣从低級到高級的发展过程。

我們的党教育我們，当科学与羣众智慧結合起来的时候，力量是无穷的。在党的培养、教育、号召、鼓舞下，作者解放思想，不揣浅陋，根据几年来参加生产所得到的启

发，写出本書，首先介紹瓦斯在低压差下流动时的基本科学原理，然后将这些原理联系到油厂瓦斯处理技术上存在的問題。在写作本書时，企图从儘量严谨的思考中求得实际上明确易行的办法，以期能使小土羣油厂的采油率有所提高，瓦斯質量有所改善，安全生产能够进一步改善，抽风机的作用更能發揮。同时，本書所涉及的問題，与大洋羣油厂及生产与处理瓦斯的其它工厂也有关系。希望本書能供科学技术工作者的参考、使用、批判、指正和推行，並能获得“拋砖引玉”的效果。由于写作時間仓促，疏漏差錯之处在所不免，欢迎讀者随时指正。

在写作本文及进行有关的試驗研究工作的过程中，曾經得到石油工业部殷俊平、李普庆、石油工业部北京設計院李永昌、秦中瑞，石油科学研究院候祥麟以及北京大学唐有祺等同志的許多幫助和极有价值的建議，当此技术文化革命运动在我部党委的領導、鼓舞下热烈开展之际，謹將此文，連同以上諸同志的可貴的幫助，呈献給我們伟大的党，作为技术文化革命运动中的献礼。

唐 海

石油工业部生产技术司

1959年5月1日

目 录

前 言

第一章 基本原理介绍	1
第一节 柏努利定理	1
第二节 流体的驱动压差	4
第三节 流柱通过孔口时的收缩	5
流柱通过孔口时的收缩系数	5
第四节 流体的流出系数	6
1. 速度系数	6
2. 流出系数	6
第五节 几种重要情况下的流出系数	7
1. 凹入锐孔的收缩系数及流出系数	7
2. 锐孔的收缩系数及流出系数	9
3. 吸入口的流出系数	10
4. 锐边导出管的流出系数	11
5. 流出系数、速度系数、有效驱动压差、 压头损失的相互关系	12
6. 锐孔转化为锐边导出管	13
7. 凹入锐孔转化为锐孔；锐边吸入口 转化为锐边导出管	15
8. 锐孔边缘的磨耗	16
第六节 管线的局部阻力	17
1. 管线的局部阻力	17
2. 管径突然扩张时的局部阻力	17

3. 管径突然收缩时的局部阻力	19
4. 流体经过弯管时的局部阻力	20
5. 局部阻力一览表	20

第七节 管线的摩擦阻力 31

1. 管线的摩擦阻力	31
2. 层流与湍流	31
3. 雷诺数	32
4. 层流摩擦阻力	32
5. 光滑管湍流摩擦阻力	33
6. 糙管湍流摩擦阻力	34
7. 当量直径	35
8. 常见工业气体密度与粘度一览表	35

第二章 基本原理应用 38

第一节 均孔抽出管 38

1. 抽出管	38
2. 均孔抽出管	38
3. 均孔抽出管的抽出, 在本质上是不均匀的	38
4. 从抽出不均匀看到潜力	44
5. 摩擦阻力使抽出更不均匀	47
6. 均孔抽出管只能在一定范围内使用	50

第二节 变孔抽出管 51

1. 变孔抽出管	51
2. 均匀抽出变孔法	51
3. 层流薄壁抽出管变孔法	58
4. 层流厚壁抽出管变孔法	60
5. 湍流薄壁光滑管变孔法	61
6. 湍流厚壁糙管变孔法	62
7. 可能引起的误差及容许的误差范围	65

8. 保护抽出孔	71
9. 用变孔法达到特定抽出	72
第三节 集合管	72
1. 集合管	72
2. 集合管上的均匀抽出与特定抽出	72
3. 閥門的基本性質	73
4. 三通管的局部阻力	75
5. 等径集合管	76
6. 寬径集合管	79
7. 不用閥門調节的集合管	81
第四节 分配管	82
1. 分配管	82
2. 分配管上的瓦斯分配关系	82
3. 两种分配傾向	83
4. 均匀分配	84
5. 不能用閥門調节的分配管	87
6. 集合管与分配管的並存	89
第五节 自然抽风	89
第六节 动力的有效利用	90

第一章 基本原理介紹

第一节 柏努利定理

柏努利定理是能量守恒定律的一种特殊形态。当流体（指液体及气体）在一根管綫内流动时，管綫各段可能粗细不同，但流动是連續的，因此在单位時間內流过每一截面的量是恒等的。例如，在每秒鐘內如有 m 吨的流体进入管綫，則每秒鐘內必有 m 吨的流体从管綫流出，而在管綫任何一个截面上，每秒鐘也必然有 m 吨的流体通过。如果管綫各段的截面积有所不同，同量的流体在通过各截面时的流速也是有所不同，一定是寬处流緩，窄处流急。当然，流速大的流体具有更多的动能。如果在沿綫某两个截面之間沒有热量或机械功的輸出或輸入，沒有标高的差異，則流体在較大的截面上失之于动能，得之于靜压；在較小的截面上得之于动能，失之于靜压，而同量的流体具有大小不同的靜压，这意味着具有不同的能量。因此，柏努利定理的最简单的形式，是表示流体的动压及靜压在同一管道的不同面积的几个截面上互有消长，但总量不变：

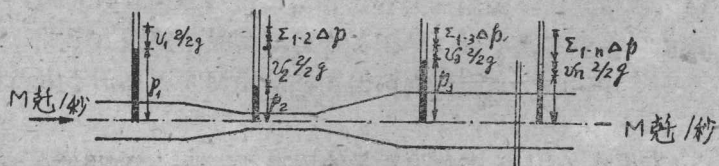


图 1

$$\frac{m}{\gamma} p_1 + \frac{m}{2g} v_1^2 = \frac{m}{\gamma} p_2 + \frac{m}{2g} v_2^2$$

$$\frac{m}{\gamma} p_2 + \frac{m}{2g} v_2^2 = \frac{m}{\gamma} p_3 + \frac{m}{2g} v_3^2$$

.....

$$\frac{m}{\gamma} p_{n-1} + \frac{m}{2g} v_{n-1}^2 = \frac{m}{\gamma} p_n + \frac{m}{2g} v_n^2 \quad (101)$$

方程式 (101) 中的 p_1 、 p_2 、 $p_2 \cdots p_n$ 为管綫的第一个以至第 n 个截面上的靜压 (𧄂/米²)， γ 为流体密度 (𧄂/米³)， v_1 、 v_2 、 $v_3 \cdots v_n$ 为流体在各个截面上的流速 (米/秒)， g 为重力加速度 (9.81 米/秒²)， m 为流体每秒鐘通过管綫的流量 (𧄂)。

方程式 (101) 中每一項的因次是功的因次 (𧄂米)。如將 (101) 中的 m 約去，两端再各乘以 γ ，即得：

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2g} \gamma = p_2 + \frac{v_2^2}{2g} \gamma$$

$$p_2 + \frac{v_2^2}{2g} \gamma = p_3 + \frac{v_3^2}{2g} \gamma$$

.....

$$p_{n-1} + \frac{v_{n-1}^2}{2g} \gamma = p_n + \frac{v_n^2}{2g} \gamma \quad (102)$$

方程式 (102) 中每項数量的因次是工业上常用的压力的因次 (𧄂/米²)，但由于一个大气压大約等于 10000 𧄂/米²

的压力，同时一个大气压又等于 10000 毫米水柱^①，因此方程式 (102) 既可表示出工业上常用的压力单位，又可以毫米水柱的方式来表示压头，所以在使用上非常方便。

方程式 (102) 仅仅表示了静压及动压、静压头及动压头的互相消长。实际上，流体沿管綫流动时还必然要受到阻力而消耗能量，因而就必然会降低压力，损耗压头。因此，在工业上最常用的柏努利定理是以下列形态出现的：

$$\begin{aligned}
 p_1 + \frac{v_1^2}{2g} \gamma &= p_2 + \frac{v_2^2}{2g} \gamma + \Sigma_{1-2} \Delta p \\
 p_1 + \frac{v_1^2}{2g} \gamma &= p_3 + \frac{v_3^2}{2g} \gamma + \Sigma_{1-3} \Delta p \\
 &\dots\dots\dots \\
 p_1 + \frac{v_1^2}{2g} \gamma &= p_n + \frac{v_n^2}{2g} \gamma + \Sigma_{1-n} \Delta p \quad (103)
 \end{aligned}$$

上列方程式中 $\Sigma_{1-2} \Delta p$ 以至 $\Sigma_{1-n} \Delta p$ 各代表从第 1 个截面到第 2 个截面以至从第 1 个到第 n 个截面的压力降或压头损耗。(见图 1)。在使用方程式 (103) 时，以及作一切工程计算时，应当十分注意同一方程式中各项数量的因次一致。

如流体管綫起伏非常，各段管綫的标高有很大差别，如图 2 所示，则整个能量或压力（压头）的平衡系统中，尚须计入由于标高不同所引起的变化，因而：

① 更精确地说是一个大气压等于 10350 呎/米²，因此等于 10350 毫米水柱。

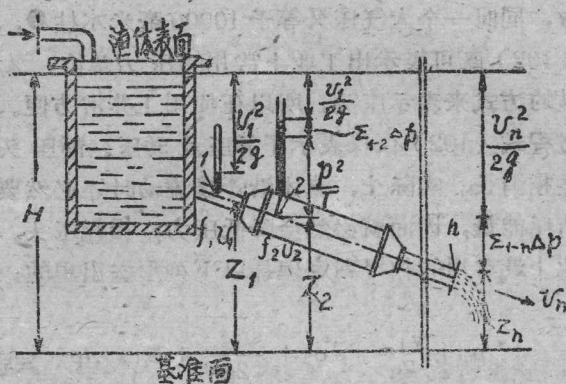


图 2

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2g} \gamma + Z_1 \gamma = p_2 + \frac{v_2^2}{2g} \gamma + Z_2 \gamma + \sum_{1-2} \Delta p$$

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2g} \gamma + Z_1 \gamma = p_3 + \frac{v_3^2}{2g} \gamma + Z_3 \gamma + \sum_{1-3} \Delta p$$

.....

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2g} \gamma + Z_1 \gamma = p_n + \frac{v_n^2}{2g} \gamma + Z_n \gamma + \sum_{1-n} \Delta p \quad (104)$$

式 (104) 中的 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 …… Z_n 各为第一至第 n 个截面对某一基准平面的高度。

熟练地运用柏努利定理，对处理瓦斯工业中的许多问题可以有很大帮助。

第二节 流体的驱动压差

一柱水流从水箱上一个锐孔中流出，是能量守恒定律也是柏努利定理的最简明的例子(见图 5)。如液面至锐孔的深

度为 h 米，而水柱从銳孔射出的速度为 v 米/秒，則在水面上的每貳米的水所具有的 h 貳米的位能，在射出銳孔时轉化为 $v^2/2g$ 貳米的动能，亦即：

$$V = \sqrt{2gh} \quad (105)$$



图 3

方程式 (105) 所表示的关系不仅适用于水及其他液体，即使对于在低压差下流动的各种气体——弹性流体，当压差仅佔总压力的不大的百分比，因而使气体基本上处于恒容积、恒比重状态时，此种气体基本上也是服从水力学法则的。

如图 3 所示，气体以 v 的流速从压力 p_1 流向 p_2 ，在不大的压差下，例如，在 $(p_1 - p_2)/p_1$ 仅为百分之几，因而气体密度 γ 可以視作常数时，則得：

$$v = \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}} \quad (106)$$

方程式 (105) 及 (106) 告訴我們：流体从高压流向低压，压力的差異是流动的根本原因，而对于液体及在低压差下流动的气体，流速与驱动压差的平方根成正比。

第三节 流柱通过孔口时的收縮

流柱通过孔口时的收縮系数

如图 4 所示，通过平面薄板上的孔口的流体，其流柱必呈明显的收縮現象。

流柱截面的收縮，是由于沿容器內壁流向孔口的該部份流体的慣性。沿壁流动的流体粒在流出孔口以前，以与最終

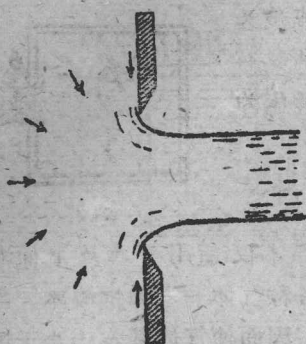


图 4

流向相垂直的方向运动，因而它们的惯性需要时间与空间去完成流向的改变。正如图 4 所示，流柱界面以与孔板内壁成切线的方向离孔而出，液柱内层受外层的挤压，使流柱在脱离孔口后截面缩小。这一作用是可以不用不太复杂的数学分析定量地推算出来的。可以从数学上证明，不论孔口的形状如何，一切平面、锐边的

的孔口都能使通过的流柱截面按某一特定的比例收缩。

凡流体从锐孔或其他任何形式的流出口流出时，其流柱截面积与孔口截面积的比，叫做收缩系数。（用 C_c 代表）

第四节 流体的流出系数

1. 速度系数

流体经过孔口或其他任何形式的流出口时，其流速是可以根据方程式 (105) 或 (106) 计算出来的。但实际流速往往小于按能量守恒定律所算出的流速，因为流体能量在流出过程中不免受到损失，此时的实际流速对理论流速之比，叫做速度系数。（用 C_v 代表）

2. 流出系数

收缩系数与速度系数的乘积，叫做流出系数（用 C_d 代表）

如每秒流出量为 Q 米³，流出口截面积为 h ，或 $p_1 - p_2$ ，则

$$Q = C_d A \sqrt{2gh} \quad (107)$$

$$Q = C_d A \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}} \quad (108)$$

$$V = \frac{Q}{C_d A} \quad (109)$$

第五节 幾种重要情况下的流出系数

1. 凹入銳孔的收縮系数及流出系数

如以一根銳边管齐容器外壁伸入容器（見图 5），用以导出流体，就成了一个凹入銳孔。

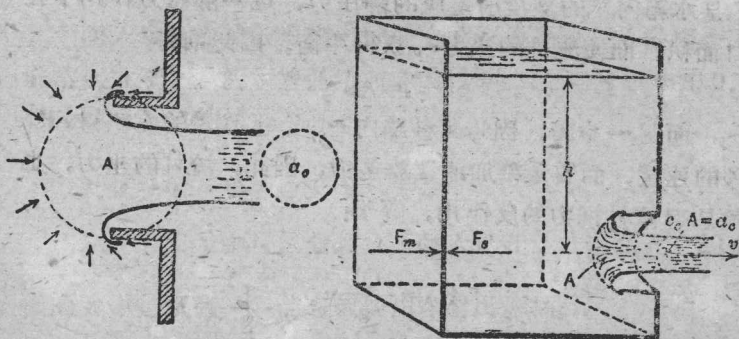


图 5

凹入銳孔的收縮系数为0.5，这一关系是可以 用不太复杂的力学分析加以証明的：

从图 5 可以看到，当流体（在图上所画的是水）在容器内从各方面向孔口集中时，不是所有的驱动压差可以有效地用以射出流柱的。凡平行于孔口平面的一切分力，都互相抵

消了。而且，在凹入銳孔上，有一部份流体粒沿伸入管外壁流动，而其流动方向恰恰与流柱的射出方向相反，因而，即使正对孔口平面的分力，也有一部份被支抵了。正因为不是所有的力都可以有效地用以射出流柱，但流体的流动是連續的，所以流柱在脱离孔口以后要縮小截面，以減少自己的流量，使自己在流动中的动量恰恰能够与孔口平面上的有效压力互相平衡。

图 5 所表示的，是一个水箱，在深度 h 处有一个凹入銳孔，孔的面积为 A ，每秒鐘流出的水为 Q 米³，流速为 v 。

从凹入銳孔射出的水柱对箱內的水产生坐力 F_m ，对这坐力，必須有一个方向相反、大小相等的力 F_s 去平衡它。而 F_s 是水箱內水的深度所造成的靜压力，这一靜压力作用于孔口面积，而使流柱的坐力 F_m 获得平衡。因此則得：

$$F_s = Ah$$

而另一方面，因为每秒鐘內有 Q (吨) ①的水获得 v 米/秒的速度，而質量乘加速度就是力，因此，流柱的坐力，也就是对流柱推力的反作用，等于：

$$F_m = \frac{Q}{g} v$$

而

$$F_m = F_s$$

但在沒有能量損失的情況下，

$$v = \sqrt{2gh}$$

① 因为水的比重为 1，所以此处的 Q 是容积同时也是質量。

由于流柱收缩，

$$Q = C_c A \sqrt{2gh}$$

所以，

$$\frac{C_c A}{g} \sqrt{2gh} \sqrt{2gh} = Ah$$

所以，

$$C_c = \frac{1}{2} \quad (110)$$

所以，液体在经过凹入锐孔时的收缩系数为0.5。这一关系适用于任何凹入锐孔，不论其孔面的几何形状如何。这一关系不仅适用于水及其他液体，对在不大压差下流动的气体，也基本上适用。

凹入锐孔的能效很高，因此它的速度系数在许多场合下非常接近于1。为了普通工业上的目的，往往可以运用0.5作为凹入孔口的流出系数。

2. 锐孔的收缩系数及流出系数

从第五节1中可以看到，在凹入锐孔上，指向孔口的全部的力中，祇有 $\frac{1}{2}$ 能有效地用以射出流柱。

但在锐孔（图4）的情况下，有效地用以射流柱的力，应当略大于指向孔口的全部的力的 $\frac{1}{2}$ ，因为在锐孔周围，不同于在凹入锐孔的周围，与流柱方向恰恰相反的那部份力是不存在的。由于这个原因，可以理解到锐孔的收缩系数应当比凹入锐孔的收缩系数略大一些，因为前者有稍多的分