

煤气管道的气密性与漏气测定法

И. А. 柯里雅达 著
〔苏联〕 П. М. 高夫曼-扎哈罗夫

王民生 译 周 鹏 校

中国工业出版社

煤气管道的气密性与漏气测定法

И. А. 柯里雅达 著
〔苏联〕 И. М. 高夫曼-扎哈罗夫

王民生 译 周 鹏 校



中国工业出版社

本书论述了城市煤气事业方面有关可燃气体损失的一些问题。引用了现有的煤气损失测定方法的资料，并介绍了在公用、民用和工业煤气管道系统中测定可燃气体漏气量的新方法。另外还附有可燃气体真实损失量计算上所必需的經驗数据、插图和计算图。

本书可供城市煤气事业设计、施工和运行管理工程技术人员阅读参考。

И.А.Коляда П.М.Гофман-Захаров
**ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ГАЗОПРОВОДОВ
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УТЕЧКИ ГАЗА**
ГОСТОПТЕХИЗДАТ Москва—1960

煤气管道的气密性与漏气测定法

王民生 译 周 鹏 校

建筑工程部图书编辑部編輯(北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版(北京长编胡同10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $2\frac{5}{8}$ ·字数53,000

1964年12月北京第一版·1964年12月北京第一次印刷

印数0001—3,820·定价(科六)0.34元

统一书号: 15165·3612(建工-420)

750510

目 录

第一章 煤气管道中可燃气体的损失	1
§ 1. 概述	1
§ 2. 可燃气体的漏失是引起火灾和爆炸的原因	4
第二章 测定可燃气体漏失的现有方式和方法	10
§ 1. 可燃气体查漏工作的組織	10
§ 2. 漏气的定性测定法	20
§ 3. 漏气的定量测定法	51
第三章 漏气测定方式和方法的改进	70
§ 1. 补偿定量测定法	71
§ 2. 漏气和关闭设备气密性的动力定量测定法	73
§ 3. 量测范围大的綜合式煤气流量计	76
§ 4. 关于煤气管道系統气密性試驗的几点意見	79
参考文献	80

第一章 煤气管道中可燃气体的损失

§1 概 述

当煤气管道系统的气密性损坏时，就会发生向大气的漏气，在焊接的地方常常出现断裂、裂缝和气孔。

此外，漏气还经常发生在向用户供气的关闭设备或调节设备与煤气管道连接不够严密的地方。

漏气也常出现在丝扣接头、管道和管件连接的地方。

漏气的测定方法有定性的和定量的两种。

漏气的定性测定法在于测定是否漏气而不考虑其漏失量的大小。这类方法在煤气工程中广泛应用的有：1)煤气的加嗅——使煤气具有强烈的气味，以便于察觉室内的漏气，甚至在其浓度很小时也会察觉；2)用肥皂乳液检查煤气管道上可能漏气的地点；3)应用各种型式的煤气指示器（扩散式的、热工的、电子的等等）；4)检查位于地下煤气管道附近的地下管线和地下室有害气体的含量。

在最重要的煤气管道上，设置测定有无漏气的检查管（检漏管），这种检查管也可以用作漏气的定性测定。

在较长时间內使用定性法测定时，即使未曾发现过漏气，但对煤气管道漏气状况的检查，也不应当放松。

漏气的定量测定法是用来测定煤气管网要检查管段上的不严密处向大气漏失的煤气量。由于隔断管段上的关闭设备可靠性较小和管道的气密性不够，在进行定量测定法时，对要

检查管段的关断（隔离）往往要采取繁重的操作。对于目前用煤气表来直接测量漏气的定量测定法，需要从根本上加以改进。

乌克兰科学院煤气利用研究所研究出一种新的漏气定量测定法。用它既可以查明管道有无漏气，也可测定漏气数量，还可以检查关闭设备（旋塞、闸阀）的气密性。很清楚，利用乌克兰科学院煤气利用研究所的新方法，如果确定了要检查的管道上没有漏气，在这种情况下，当然不需要采用其他方法来寻找漏气地点。这就可以减少煤气管道预防性检查所需的工作量。

煤气损失通常以开采量（或生产量）和销售量（或售出量）的差值来表示。

有些作者把这个差值称为计量外的煤气，因为这个差值是由实际损失（煤气漏失量）和形式（不真实）损失（由于煤气销售量的计量不准确引起的损失）两部分组成。形式损失常常是量测仪表在低限工作时流量的不准

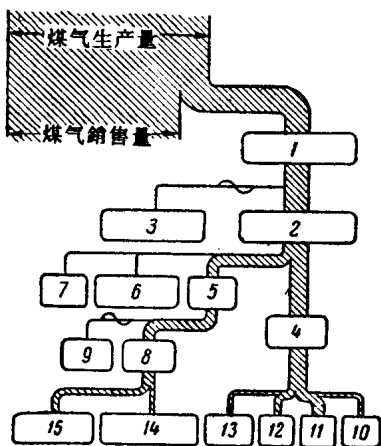


图 1 煤气损失的组成

1—计量外的煤气；2—修正后的计量外的煤气；3—温度和压力变化的影响；4—漏气量；5—由于不准确计量造成的差值；6—由于不准确测定计量外部分的煤气量造成的差值；7—事故损失的煤气量；8—用户煤气表的损失量；9—站内煤气表的损失量；10—贮气库的损失量；11—干管的损失量；12—分配管网的损失量；13—用户煤气表入口处的损失；14—属于用户的损失；15—由于垫封装置和管道配件不准确测定的损失

确（減量的）計量的結果。此外，計量仪表的讀数也可能在下列情況下相差1%：

- 1) 煤氣溫度有 2.75°C 變化時；
- 2) 壓力有7.6毫米水銀柱變化時；
- 3) 煤氣中的水蒸汽含量有 $80\text{克}/\text{米}^3$ 變化時。

煤氣的生產量和銷售量的差值，如上所述，是相當大的。

下列表1清楚地表明了各國煤氣管道輸送量和煤氣損失量的關係。

煤氣生產量和銷售量的差額

表 1

國 名	煤氣損失占生產量的 (%)	1 公里干管的煤氣 年 銷 售 量 (千標準米 ³)
美 國	3.2	505.0
瑞 典	5.8	88.5
芬 蘭	7.8	140.0
大不列顛	8.0	118.0
法 國	8.4	69.5
意 大 利	10.1	91.3
比 利 時	13.0	58.0
澳大利亞	13.5	52.5

煤氣損失量從絕對數字來說，是一個相當大的數值。例如，在美國，煤氣輸送管网和分配管网中的漏失加上計量外的煤氣損失，就是煤氣公司的總損失量（不包括煤氣產地的損失），1955年為76億米³，1956年為67億米³，1957年為60億米³，1958年為63億米³。

圖1為煤氣損失的組成，下面將分別闡述煤氣的實際漏失量和形式漏失量。

§2 可燃气体的漏失是引起火灾和爆炸的原因

在社会主义制度的条件下，关怀人的安全是主要的任务，因此，防止漏气是煤气管网和用具管理人员的重要职责。

天然气的主要成分是甲烷，并不含有有害人体健康的成分，但在关闭的室内发生漏气时，其危险在于排出了空气中的氧气，而能使房间里的人窒息。

如果空气中含有19%的甲烷，人的呼吸就会开始感到困难，因为这时空气中的含氧量减少到17%。

正常的空气含氧量接近21%。含氧量小于19%的空气对呼吸已经不利了。人吸入这种空气会感到喘息和剧烈的心跳。假如空气中含氧量降到14~12%，呼吸将感到极度困难，人可能突然昏厥。空气中的含氧量，如小于12~9%（甲烷为43~57%），则人在这样的空气中就不能生存了。

空气中的天然气含量达到5~15%时，会形成爆炸性混合气体。由此可见，有天然气漏失时，爆炸危险性比窒息危险性出现得更早。

一氧化碳（CO）对神经系统是一种极危险的气体。它在焦炉煤气中含有7%，在页岩气中含有17%，在发生炉空气煤气中含有29%，而在发生炉水煤气中含有42%。人吸入的一氧化碳会与血红蛋白（红血球）起化学反应，使血液失去吸氧的能力，因为一氧化碳与血红蛋白的结合比氧快200~300倍。

如空气中含有0.09%左右的一氧化碳，人就开始感到头疼和呕吐，含量达到0.15%时，将危及人的生命。

一氧化碳是一种无色无味的气体，比重为0.97，与空

气的容重相近，一氧化碳在室内容易扩散。当其在空气中的含量在12.4~75%时，就有爆炸危险。

一氧化碳与氧化合形成二氧化碳（碳酸气，对人体危害较小）。含有0.1%二氧化碳的空气，是无毒的。但当二氧化碳的含量达到1.5%时，人就需要深呼吸；含量达到6%时开始喘息；含量达到10%时能引起昏厥，而含量达到15%时将造成死亡。

硫化氢（ H_2S ）是一种无色气体，重于空气（比重为1.19），具有腐臭蛋味。如空气中硫化氢的含量在4.3~46%时会形成爆炸性的混合气体。硫化氢对眼粘膜和呼吸道有破坏作用。人若长时间呼吸这种气体，由于鼻粘膜失去作用，而嗅不出硫化氢的气味。这是中毒的初步特征。这是很危险的，因为中毒者已经不能嗅出有无硫化氢了。

硫化氢与氧化合时，形成有毒的二氧化硫（ SO_2 ）。二氧化硫约比空气重一倍（比重为2.2），是一种无色气体，它具有强烈的刺鼻气味。由于二氧化硫刺激粘膜，特别是刺眼，当其在空气中的含量为0.002%时人就会有所感觉。即使二氧化硫的含量不大，但如长时间呼吸，对人体健康也是有害的。

各种人工煤气的可爆性范围（按空气中的浓度）大大地超过天然气，所以它的爆炸危险性比天然气大。

各种人工煤气的爆炸危险性是不一样的。例如，在空气中含有12.4~75%的一氧化碳时，含有4.1~74%的氢气时，含有3~62%的乙炔时，或含有5.6~30.8%的焦炉煤气时都有可能发生爆炸。

如果在各种人工煤气中含有氢气，则对这种煤气的性质影响很大，因为氢气具有下列特点：1）燃烧时火焰传播速

度快（12米/秒）；爆炸时爆炸波的扩散速度也快（2821米/秒）；2）着火温度低；3）不大的火花甚至矿工用的安全汽油灯，也会引起瞬时的着火和爆炸；4）可爆性的范围大（例如在空气中的浓度由4.1~74%时）；5）比重小（约为空气的1/14.5）；6）扩散能力很强；7）燃烧温度高（达3000°）。

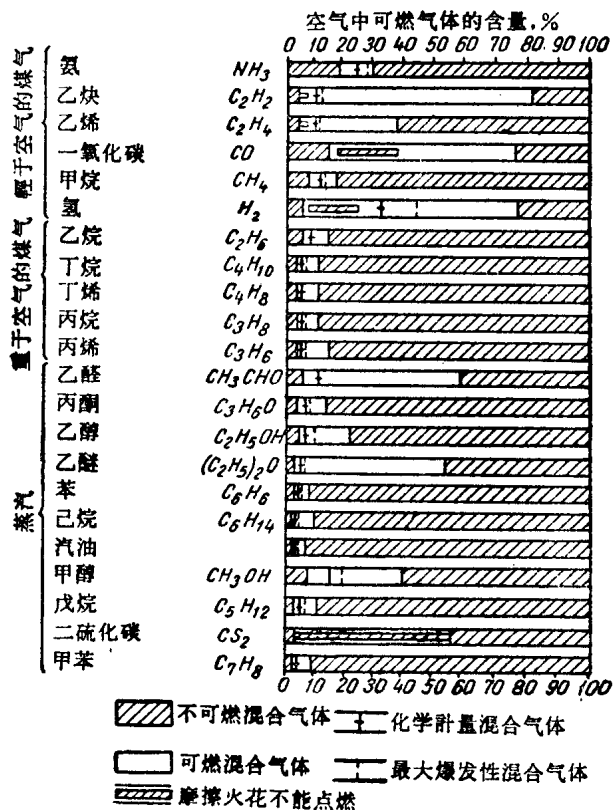


图 2 可燃气体或蒸汽与空气混合成混合气体的爆炸危险性范围

液化石油气，象所有重碳氢化合物一样，都是对人体有害的。吸入的重碳氢化合物，其分子量愈大，则危险性就愈大。例如，分子量为44的丙烷（ C_3H_8 ），在其含量为10%的空气中，人只要停留两分钟就会引起头昏；而分子量为86的己烷（ C_6H_{14} ），它在空气中的含量只要达到0.5%时，就会引起同样的中毒现象。由于石油气中还含有汽油蒸汽，故其危险性更大了。

如吸入气态的碳氢化合物和汽油蒸汽，会引起深度麻醉和心脏活动减弱。人体一旦中毒，若干天内都还一直有所感觉，在经过一段时间后才能恢复健康，但仍常常会出现中毒的后遗现象：如记忆力衰退，工作能力降低等等。中毒的现象主要是由于重碳氢化合物溶于人的脂肪机体内部而严重地破坏了最重要的神经系统和血液。

所有的可燃气体与空气混合均能成为具有爆炸危险性的混合气体。如果混合气体（最大爆炸性混合气体）中所含的可燃气体数量略大于化学计量混合气体（图2）时，则这种混合气体具有最大的爆炸力。

下面列出的数据是某些气体爆炸时所产生的压力值（以公斤/厘米²计）：

甲烷·····7.5	煤油····· 9.5
焦炉煤气·····7.5	乙炔·····16.8
乙烷·····9.5	二硫化碳·····16.8
丁烷·····9.5	氢·····16.8
汽油·····9.5	乙烯·····16.8
丙酮·····9.5	

爆炸时最终混合气体的温度，是产生高压的根源。这时所产生的压力与温度成比例关系

$$p = p_0 + p_0 \frac{t - t_0}{273},$$

式中 p_0 ——初压力;
 p ——終压力;
 t_0 ——初溫度;
 t ——終溫度。

举例來說，爆炸終溫为 $t = 2750^\circ$ ，初溫为 $t_0 = 20^\circ$ ，初压力 $p_0 = 1$ 公斤/厘米²，則終压为：

$$p = 1 + 1 \frac{2750 - 20}{273} = 11 \text{ 公斤/厘米}^2.$$

从上述情况可以說明，及时查明和消除漏气是多么重要的任务。

有了煤气的生产量和銷售量的数据，就可根据它們的差值，算出損失量。区分实际損失量（漏气量）和形式損失量是相当复杂的工作；一般只能在不用煤气时，例如在夜間測出的漏气量，可近似地确定其損失量。这些損失量可以用煤气表或根据煤气管道中的压力降来測定，为此，必須知道管道的容积。

根据西德和荷兰对运行着的煤气管道所进行的許多次检查表明，实际的煤气漏失量約为 2%。显然，在管网和压力都是一样的情况下用百分率来表示的漏气量是与要輸送的煤气量有关的。例如，輸送 1000 米³/小时的煤气，其漏失量为 100 米³/小时，漏失率为 10%。而輸送 15000 米³/小时的煤气时，如漏气量相同，則漏失率只占 0.66%。因此，为了表明煤气管道的气密性程度，采用管网容积为 1 米³ 的漏气率指标。如西德每 1 米³ 容积的煤气管网所允許的漏气量，不大于 10~15 升/小时，这相当于长为 1 公里、平均直径为 113 毫

米管网中100~150升/小时的漏气量。

煤气主要是通过煤气管网支綫上許許多多小的不严密处而漏失的。

这些漏气的情况是如此之多，要想查明漏气原因是非常困难的。例如，曾經用了三年時間仍未查明某一戶內煤气管道，每小时漏气 5.5 升的原因，在此期間內，城市煤气公司的管工进行了38次預防性检查和 3 次传呼检查。用戶告訴管工說有漏气現象，开始是在夜間不用气时由气表上发现的。漏气量系用补偿定量测定法測得的。

这說明了光靠已有的方法来測定少量的漏气是相当困难的。但是煤气事业管理部門在运行期間即使是发现煤气管道有少量的漏气也必需查明，因为初期少量的漏气常常会发展成大量的漏气。

目前使用的漏气測定法的分析，将在本书第二章中叙述。

第二章 测定可燃气体漏失的 现有方式和方法

§ 1 可燃气体查漏工作的組織

在戶外和戶內煤气管网的运行管理过程中，会发生輸气系統气密性破坏的危險。最常見的损坏是焊接接头的不严密直到破裂，石棉水泥或鑄鉄煤气管道承插口的脫开，鋼和鑄鉄煤气管道的腐蝕，出現断裂、裂縫以及管道附件法兰盘的拉断，垫圈和衬料的不紧密等等。在正常的运行管理过程中，为了查明与煤气漏失有关的种种损坏情况，有必要对整个煤气管道系統，組織定期地巡查，即所謂預防性巡查。为了查明漏气地点和消除漏气而进行的預防性巡查，是煤气运行管理机构的主要任务之一。煤气管道的綫路通常是由专职小組严格地按照計劃表的規定进行周期巡查和察看。

城市煤气管道由巡查工人小組进行預防性巡查，每个小組至少要有两人。事先必須将有可能滲漏煤气的巡查范围画在地图上，并标明邻近有无其它地下管道、干綫和构筑物。

巡查工应查看距中压煤气管道不到30米和距低压煤气管道不到15米处，布置在煤气管道軸綫兩側的煤气检查管，并检查各种（排水的、給水的、热网的、電話的和電纜的等）窰井內是否积存有煤气。

必需注意，煤气从煤气管道漏出后，若沿途遇到坚硬的土层，特別是冻土层或坚固的路面，就很难滲入大气，因而

会在地下扩散到距漏气地点几十米甚至上百米以外的地方。这样,当遇到各种地下构筑物的窰井、沟渠和隧道时,煤气就会从小縫和不严密的地方渗入,而形成有爆炸危险的或是有毒的混合气体。因为最常見的是漏出的煤气沿着电纜网扩散,所以必須特別注意察看电话窰井。

同样还应检查街道煤气管綫附近建筑物的地下室內是否积存有煤气,尤其是应当注意在戶內装有煤气管道的建筑物的地下室。

主要是根据气味、使用合适的指示器或者利用气体分析器来检查窰井、地下室、检查管内以及其他构筑物內是否积存有煤气。

表 2 是沿煤气管綫构筑物預防性巡查的典型周期表。

沿煤气管綫构筑物預防性巡查的典型周期表 表 2

构 筑 物	巡 查 周 期
电话和热网窰井	每月 2 次
排水窰井	每月 1 次
給水窰井	每年 2 次
保护罩(检查管)和窰井里的閘門	每月 3 次
花园式房屋管道入口处的閘門	每月 3 次
煤气管道的检查管	每月 7 次
装有煤气管道的地下室	每月 7 次
未装煤气管道的地下室	每月 4 次

巡查地下煤气管道管綫附近的构筑物,只能确定漏气的范围,准确地测定煤气管道的漏气地点,还須采用所謂钻孔观测。为此,在漏气范围内,在离煤气管道中心綫距离为管道直径的一半加0.25米处,钻出或凿出直径为20~40毫米的小孔,孔与孔之間的距离約为2~3米(图3)。这个距离只在

不知道煤气管道焊口位置时才采用。探孔最适当的位置是对着焊接接头。

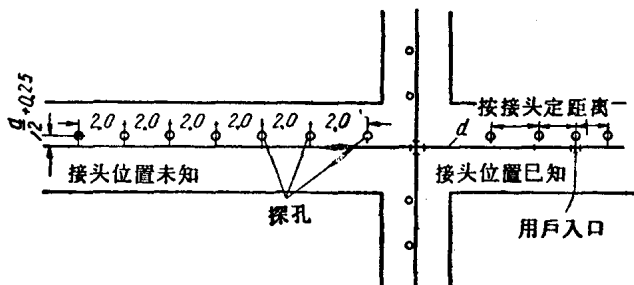


图 3 用钻孔观测煤气管道时的探孔布置图

探孔的深度系根据完工时间和管道的埋深来选择。冬季的孔深，必须超过冰冻线以下 0.8 米。

哪一个探孔中的煤气浓度为最大，就表明煤气管道的漏气地点就是靠近在这个探孔的附近。

不久以前，为了测定探孔中是否存在煤气，曾采用过“闪光法”（在探孔中丢入一根点燃的火柴），由于这种方法有危险，且不能很好地估计漏气的程度，所以必须严禁使用。

表 3 所示系根据 A. M. 高尔久欣的资料所编制的对莫斯科煤气管网记载漏气原因的分析情况。

根据上述资料的分析，可以十分清楚地肯定，用承插口铸铁管道来敷设煤气管道是不合理的。但是也不应忘记这样一个事实，表 3 中所指的铸铁管道已经使用了五十年以上了。

在测出漏气地带以后，就可以开始挖洞，采取措施消除漏气。

根据莫斯科城市煤气管网記載的漏气情况 表 3

漏气地点	原 因	年						
		1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
		占 总 漏 气 的 (%)②						
鋼煤气管道	损坏	8.9	6.4	9.4	9.0	3.8	4.2	3.6
	其中:							
	接头断裂	2.4	3.9	6.9	4.4	2.0	3.2	2.4
	腐蚀	6.5	2.5	2.5	4.6	1.8	1.0	1.2
附 件	漏失①	30.6	25.7	25.5	24.8	15.6	15.6	13.3
	其中:							
	凝水罐	23.1	16.9	19.4	17.2	11.0	10.7	10.5
	旋塞和閘門	6.0	6.6	5.5	6.1	4.1	4.2	2.4
鑄鉄煤气管道	管道交叉处、配件接头等	1.5	1.2	0.6	1.5	0.4	0.5	0.4
	在管道竣工时发现的损坏	60.5	67.9	62.5	59.8	77.2	75.3	68.4
	其中:							
	管道折断	10.8	5.2	3.2	2.9	1.1	0.1	0.8
	接头脱开	49.7	61.8	59.3	56.8	75.9	75.2	67.6
	管道腐蚀	—	0.9	—	0.1	0.2	—	—

① 管道附件漏气项目中1950、1953及1954三年原书总数各与三个分量数字之和不符;

② 三个大项之和,除1949和1950年外,其他各年均不是100%——譯者。

除了用钻孔检查法测定具体漏气地点外,还必须定期地进行煤气管道气密性质量的钻孔检查,在高压和中压管綫上每年不少于一次,而在低压管綫上,每三年不少于一次。

对于敷設在电车道下面的煤气管道,必须特別注意,其钻孔检查周期常被縮短到低压管道为每年一次和高压管道为每年两次。

煤气管道钻孔检查用的探孔,可以用手工或用机械来开凿,由于钻孔操作的工作量甚大,因此,煤气管道的定期钻