

气体燃料输配与使用 安全技术

(增订第三版)

[苏联]M·A·涅恰耶夫 著

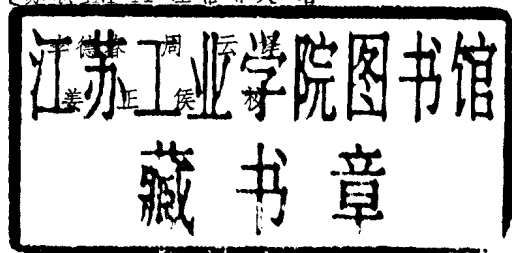
李德春 周 云 译

中国工业出版社

气体燃料輸配与使用 安 全 技 术

(增訂第三版)

[苏联]M·A·涅恰耶夫 著



中国工业出版社

本书阐述了远程煤气干管、城市和工厂内煤气管道，以及气体燃料（包括液态煤气）工业用户与公用生活用户的煤气装备在设计、施工和使用时所涉及和遵守的安全技术问题。

本书可供从事远程煤气干管和城市煤气工作的工程技术人员阅读参考，亦可作为煤气用户维修人员的培训教材和实用参考书。

М. А. Нечаев
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ,
РАСПРЕДЕЛЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ГАЗОВОГО ТОПЛИВА

Издание Третье
Переработанное и Дополненное
Гостоптехиздат Ленинград 1962

* * *

气体燃料输配与使用安全技术

李德春 周 云 译

姜 正 侯 校

*

建筑工程部图书编辑部编辑（北京西郊百万庄）

中国工业出版社出版（北京东黄城根路10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $9^{1/16}$ ·字数238,000

1966年1月北京第一版·1966年1月北京第一次印刷

印数0001—1,360·定价(科四)1.10元

*

统一书号：15165·3678(建工-437)

目 录

绪 论	1
第一章 可燃气体的爆炸危险性	7
§ 1. 煤气-空气混合物的燃烧与爆炸	7
§ 2. 爆炸危险性建筑物和房間的分类	18
§ 3. 防爆式电气设备	24
§ 4. 防爆式电气照明	30
§ 5. 隔火和防爆设备	34
第二章 可燃气体的毒性	39
§ 1. 煤气及其杂物的毒性	39
§ 2. 分析用空气的取样	45
§ 3. 空气中气体杂物的测定法	46
第三章 通风和煤气燃烧产物的排除	51
§ 1. 通风效率和作用原理	51
§ 2. 通风和燃烧产物排除系统的装置	55
§ 3. 通风和燃烧产物排除系统的检查	62
第四章 煤气加味	66
§ 1. 可燃气体加味的意义和程度	66
§ 2. 加味剂的性质	67
§ 3. 煤气加味的效率	70
§ 4. 加味设备的构造	73
§ 5. 使用加味剂时的安全技术	74
§ 6. 煤气加味的检查	75
第五章 煤气安全的防护用具与仪器	77
§ 1. 呼吸器官的防护用具	77
§ 2. 救生带	83
§ 3. 煤气指示器	86
第六章 连锁、自动和信号装置	99
§ 1. 仪器的分类和安設条件	99
§ 2. 安全閥和自动关闭安全閥	102

IV

§ 3. 热力作用的自动装置	109
§ 4. 基于火焰导电性的自动化系统	113
§ 5. 光电作用的安全自动化系统	115
§ 6. 煤气信号器	117
§ 7. 辅助仪器和装置	120
第七章 远程煤气干管的安全技术	125
§ 1. 远程煤气干管安全的一般问题	125
§ 2. 远程煤气干管的吹洗	129
§ 3. 远程煤气干管的试验	135
§ 4. 远程煤气干管的维护	139
§ 5. 在远程煤气干管线路上进行检修工作时的安全条件	147
§ 6. 防腐保护设备的运行	153
第八章 压气站和配气站的安全技术措施	157
§ 1. 安全技术的基本要求	157
§ 2. 压气站和配气站的维护	160
§ 3. 检修装备时的安全技术	163
第九章 城市煤气设施的安全技术措施	165
§ 1. 贮气罐和贮气罐站	165
§ 2. 城市煤气管网的设置	169
§ 3. 煤气管道的试验	175
§ 4. 煤气调压站	178
§ 5. 城市煤气设施的预防措施	180
第十章 工业企业煤气设施的安全措施	186
§ 1. 企业中各车间之间的煤气管道	186
§ 2. 车间内的煤气设施	191
§ 3. 煤气设备的安全操作条件	196
第十一章 煤气用于生活时的安全技术	204
§ 1. 对使用煤气的住宅的要求	204
§ 2. 采暖炉改用气体燃料时的安全措施	208
§ 3. 生活煤气用具的安全使用条件	210
第十二章 使用液态煤气时的安全技术	215
§ 1. 输送和贮存液态煤气的安全条件	215

§ 2. 配气场和配气站的安全技术	217
§ 3. 住宅的液态煤气供应	224
§ 4. 防止液态煤气着火	228
第十三章 煤气管道施工安装工程中的安全技术	231
§ 1. 土方工程的安全施工	231
§ 2. 管子的运送和堆放	234
§ 3. 煤气管道的电弧焊接	236
§ 4. 气焊和气割	238
§ 5. 焊接质量的检查	242
§ 6. 涂复瀝青絕緣的安全施工	245
§ 7. 絕緣质量的检查	247
§ 8. 装配工程的安全技术	250
第十四章 在煤气管道上进行煤气危险工作及事故的消除 ...	252
§ 1. 煤气漏損及其寻检	252
§ 2. 煤气危险工作及其施工中的一般規程	259
§ 3. 防爆的鉗工工具	262
§ 4. 事故的局部化和消除	264
§ 5. 紧急熄灭煤气的方法	266
§ 6. 煤气管道检修工作的安全技术	267
§ 7. 急救措施	271
§ 8. 急救器械	273
第十五章 安全技术的工作组织和形式	279
§ 1. 安全技术的一般措施	279
§ 2. 訓練机构和安全技术知識的检查	282
§ 3. 煤气設施中检查員的監督	283
§ 4. 故障和人身事故的防止	284
§ 5. 不幸事件的調查	287
附录	290
参考文献	294

緒 論

煤气与其它类型燃料相比，具有很多优点。容易将其輸送到使用地点，容易燃烧，而且效率高；煤气的輸配和燃烧都可广泛地采用自动化；使用煤气能避免由于运送固体燃料和清除煤灰及煤渣而造成的繁重劳动，可以保持必要的整洁。但是，除了这些主要的优点外，气体燃料还特具一些缺点。其中最重要的缺点是煤气空气混合物的爆炸危险性，这一点是一切可燃气体都具有的。这是因为在一定条件下，固体燃料的粉尘和液体燃料的蒸汽都有可能发生爆炸。但是应当认为气体燃料在这方面是最危险的。另一个重要缺点是具有毒性，即煤气能对人体产生一种有害的、甚至危险的生理影响。虽然这个缺点并非所有的气体燃料都具有，但是应当认为这种缺点是气体燃料所特有的。

此外，当气体燃料以及其它类型燃料的燃烧不完全时，燃烧产物中含有相当数量毒性很高的一氧化碳，从安全技术观点来说，这是非常有害的。在使用气体燃料时，这样的燃烧产物經常直接排入房間是非常危险的，应在規定无害和安全使用气体燃料的条件时加以考虑，尤其是当煤气用于居民生活时。

煤气管道和煤气设备运行时，安全技术的主要任务是，最充分地防止气体燃料本身及其不完全燃烧产物的危险性和有害性的出現。

在使用任何类型的气体燃料时，为了力求防止有爆炸危险的煤气空气混合物的出現和减少它們的爆炸机会，以及最大限度地使爆炸局限在一个区域，并使其破坏作用减小到最小程度，所采取的安全技术措施，实际上都是相同的。

只有含相当数量一氧化碳、硫化氢或其它有害杂物的煤气时，才独具剧烈的毒性。这就是說，为了力求防止煤气組成部分

有毒性的出現而采取的安全技術措施，對於不同类型的气体燃料是各不相同的。

在煤氣設備中使用無毒性的天然煤氣時，從安全技術觀點來看，煤氣空氣混合物的爆炸危險性因素具有首要的意義。

在使用人造煤氣時，有毒危險性因素則具有首要的意義。這類煤氣，最初出現的是有毒的危險性，然後才能產生出爆炸危險性的條件。

因此可以確認，人造煤氣具有大致與天然煤氣相同的爆炸危險性，而且還具有毒性，因而它比天然煤氣更為危險。

城市煤氣供應中以及工業上所使用的幾種可燃气体的成分和比重數據，列於表 1。

由表 1 可知，實際使用的各種类型的气体燃料，是含有可燃成分、惰性气体，以及有時含有有害雜物的气体混合物。

集中供應的煤氣，由於其中有害雜物的基本量已在它們淨化時被除去，因此這類煤氣所含的一種最有害的雜物——硫化氫的含量在表 1 中沒有列出。

煤氣不完全燃燒產物對人體器官的危害作用，決定於煤氣的燃燒條件和這些產物的排出機構，並且在使用不同类型的可燃气体時，無論是人造煤氣或天然煤氣，在這方面的情況都是相同的。

實踐證明，在使用天然煤氣時，中毒現象主要是由於空氣中存在着煤氣的不完全燃燒產物，而多數不幸事故則是由於煤氣着火和煤氣空氣混合物爆炸而發生的。人造可燃煤氣則相反，爆炸事故是相當少的，並且不是發生在房屋里或室內，而主要是發生在爐膛或煙道內，多數不幸事故是由於中毒。

煤氣管道和設備的嚴密性，對於煤氣的輸送和使用系統具有重大意義，依靠其嚴密性可以防止煤氣的漏損，從而使煤氣的危險性質沒有出現的可能。煤氣的漏損是看不見的，並且在煤氣壓力不大時也聽不出來，因此，對煤氣的逸出是不能立即發覺的，這樣煤氣就會在房間內或煤氣設備的爐膛內聚集起來而造成事故

表 1 主要类型气体燃料的成分和比重

煤 气 类 型	干 燥 煤 气 的 成 分 (体 积 %)							比 重			
	甲 烷	乙 烷	重碳氢 化 合 物	氢	一氧化碳	二氧化碳	氮	氧	硫化氢	公斤/ 标准米 ³	空气=1
天然气:											
叶尔尚卡天然气	93.4	2.1	1.5	—	—	0.3	2.7	—	—	0.75	0.57
阿尔切金天然气	95.5	1.0	0.3	—	—	0.1	3.1	—	—	0.78	0.61
达沙瓦天然气	97.8	0.5	0.3	—	—	—	1.3	—	—	0.73	0.56
乌格尔斯天然气	97.4	0.4	0.7	—	—	—	1.4	—	—	0.75	0.58
雪瓦林天然气	92.9	4.5	2.0	—	—	0.1	0.5	—	—	0.78	0.60
斯塔夫罗波尔天然气	98.6	0.4	0.2	—	—	0.1	0.7	—	—	0.73	0.56
加兹里克天然气	97.8	1.6	0.4	—	—	0.1	0.1	—	—	0.73	0.56
石油伴生煤气:											
罗属什金石油伴生煤气	39.0	20.0	29.9	—	—	0.1	11.5	—	—	1.38	1.07
图依屈兹石油伴生煤气	42.0	21.0	25.0	—	—	微量	12.0	—	—	1.44	1.11
日尔诺夫石油伴生煤气	82.0	5.0	6.5	—	—	5.0	1.5	—	—	0.93	0.72
安集延石油伴生煤气	66.5	16.6	12.5	—	—	0.2	4.2	—	—	1.03	0.80
克拉斯诺达尔石油伴生煤气	88.8	4.8	3.8	—	—	0.1	2.5	—	—	0.83	0.65
石油高温裂化煤气	45.0	7.0	32.5	15.0	0.5	—	—	—	—	0.95	0.74
褐煤蒸汽鼓风高压气化煤气	9.9	4.3	1.0	59.1	21.2	1.9	2.3	0.3	—	0.55	0.43
焦炉煤气 (典型的)	26.0	—	2.3	57.0	6.5	2.2	5.6	0.4	—	0.47	0.36
生活用页岩煤气	16.5	—	4.9	24.8	9.5	16.2	27.4	0.7	—	0.98	0.76
焦炭气化的水煤气	0.5	—	—	50.0	37.0	6.5	5.5	0.2	0.3	0.55	0.425
混合发生炉煤气:											
AM 无烟煤制取的	0.5	—	—	13.5	27.5	5.5	52.6	0.2	0.2	1.13	0.873
使用机械成型的泥煤制取的	3.0	—	0.4	14.5	28.0	8.5	45.3	0.2	0.1	1.12	0.872
页岩气化的发生炉煤气	2.5	—	1.7	8.2	5.6	17.8	63.1	1.1	—	1.27	0.982
高炉煤气	0.2	—	—	1.5	30.5	9.5	58.3	—	—	1.30	1.005

和不幸事件。

煤气管道和设备情况的第二个重要特征，是它们的结构强度。强度的大小应与煤气的压力制度和煤气供应系统的工作条件相适应。

为了保证应有的强度和严密性，煤气管道及其接头应当用完全固定的材料来建造，并且使安装的质量达到优良。这就是说，检查材料质量和管道安装是否正确，也是保证用户煤气设备、煤气干管、城市煤气管道和煤气分配管道以后运行安全的重要措施。

虽然采取了各种措施，如果仍然发生漏气，那末首要任务就是限制它外逸。保证限制漏气外逸的措施是，使煤气管道及其附件与其它可能成为煤气自由散布通道的地下构筑物、沟渠和容器离开一定距离。

对于高压煤气，例如在煤气干管中，煤气管道的不坚固性会造成管子的破裂，以及煤气和为其所挟带的泥土猛烈喷出。在这种情况下，应使管线与地面上的构筑物及邻近的运输线尽可能离开，以减少事故的严重后果。

其次，由于煤气空气混合物具有爆炸的可能性，就提出了最大限度减小其破坏后果的任务。为了这个目的，故意在外围结构上造成薄弱地点（爆炸门窗孔和爆炸阀），以便减弱爆炸波的作用，防止建筑物结构和设备主要构件的破坏，以及保障附近建筑和房屋的安全。

可燃气体和其它类型的燃料一样，亦具有火灾危险性。但是就安全技术措施的特点和规模来说，这一点一般是比较煤气的爆炸危险性及其毒性要小一些。

如果能防止煤气及其不完全燃烧产物在输送和排除它们的管线和烟道系统外边出现和扩散，则煤气设施安全技术措施的最重要目的就能达到。

除了由于煤气的爆炸危险性和有毒危险性所产生的安全技术问题以外，设备的维护和管理的一般安全问题也是一个重要因

素，在這些問題中，以後只闡述與煤氣設施有關的專門問題。

為了更詳細地確定安全技術措施和評定它們在各種具體情況下的作用，收集資料和分析煤氣設施中發生事故與不幸事件的原因，是有很大的意義的。在作者參加下，多年來所進行的這項工作，使得對於發生事故和不幸事件的主要原因能夠作出比較性的評價，從而能夠判明煤氣設施中各種安全技術措施的效果。

首先，根據這項工作，可以得出在煤氣設施中減少相當多的事故和不幸事件的結論。在很大的程度上，這種事故和不幸事件的減少，是由於對安全技術方面的問題加強了注意，以及制定和實施了有成效的技術標準和規程的結果，這些技術標準和規程規定了对設計和保證以後安全運行的施工安裝工作質量的要求。

根據對煤氣設施中事故和不幸事件主要原因的分析，這項工作可以得出以下結論。

1. 煤氣爆炸危險性的出現。

如果以煤氣空氣混合物的爆炸總次數為100%，則60%以上的爆炸是發生在設備的本身（在爐膛或煙道內），而40%是發生在裝置有煤氣管道和設備的房間里。

按爆炸的原因來說，爆炸次數的分布情況如下。

在煤氣設備和煤氣爐里：

- 1) 在煤氣燃燒器點火時，不遵守操作規程——60%以上；
- 2) 煤氣燃燒不完全而在爐膛里形成有爆炸危險的混合物——5~10%；
- 3) 由於煤氣壓力過分增大或通風過大而脫火——15~20%；
- 4) 煤氣透過不嚴密的關閉設備而聚積在停用的鍋爐及煤氣爐的爐膛和煙道里——10~15%。

在房間里：

- 1) 由於煤氣管道和附件的不嚴密而漏氣，以致使煤氣聚積——70%；
- 2) 煤氣管道由於腐蝕而損傷——10%；

3) 煤气管道与附件的机械损伤——20%。

2. 由于煤气而使入中毒，主要是由于下列原因所造成：

1) 使用煤气的地方，因内部煤气管道的不严密而漏气，或者是煤气由地下煤气管道顺着下水道和其它管子渗入，以及被煤气污染的空气通过敞开的窗口而渗入——50%；

2) 在窖井里进行工作时不遵守操作规程，以及没有救急和防护工具——30%；

3) 因闸板堵塞，以及烟囱和烟道有毛病而造成煤气燃烧不完全和通风不良——20%。

3. 漏气时发生火灾的原因：

1) 由于机械作用，煤气管道损伤和破裂——50~60%；

2) 由于腐蚀和其它原因，煤气管道的严密性被破坏——20~30%；

3) 由于不遵守煤气压力工况，煤气管道破裂和严密性被破坏——10~15%。

对爆炸和中毒原因所作的这种分析，可以揭露煤气设备中的弱点，并有可能在某种具体情况下采取必需的适当措施和指示，来补充现行的安全技术措施。系统地 and 细致地进行此项分析工作，不仅是检查机构的责任，而且也是煤气设施中安全技术工作人员的一项最重要的任务。

在煤气供应系统中采用自动化、联锁装置和信号设备，可以更加提高煤气管道和煤气设备操作的安全。自动化能使管理人员的数目减少，并使安全条件不因操作工的疏忽或违反规程而产生很大的影响，但是，在建造和经营煤气管道和煤气设备时，工作人员的技能 and 自觉的行动，对于安全条件的保证和遵守具有主要的意义。

一个受过很好训练而技术熟练、又能通晓和严格执行安全技术要求的工作人员，总是善于预料和防止可能发生的危险。

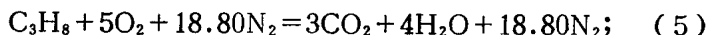
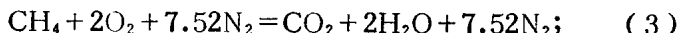
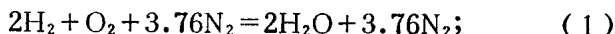
第一章 可燃气体的爆炸危险性

§ 1. 煤气-空气混合物的燃烧与爆炸

燃料的燃烧，包括气体燃料在内，是燃料的可燃成分与氧化合的过程。这个过程是按照一定的量的关系进行的，这种关系由氧化（燃烧）反应的化学方程式所决定。

实际上，通常参与燃料燃烧的不是纯粹的氧，而是含有一份氧与 3.76 份氮（体积比）的大气。因此，当进行燃烧计算时，必须考虑相应的氮的数量。

以下列出主要气体的燃烧反应方程式，式中考虑了空气中含有不参与反应的氮气，但对燃烧产物的体积却有极重要的影响：



在所举的例子中，参与燃烧反应的气体体积数，在燃烧完毕之后，可以保持不变（例如甲烷的燃烧），但也可以减少（例如 CO 的燃烧）或者增加（例如 C_3H_8 的燃烧）。

燃烧过程伴随有热量放出，其数量决定于气体的热值。在正常状况（ 0°C 和 760 毫米汞柱）或标准状况（ 20°C 和 760 毫米汞柱）下，1 立方米气体完全燃烧所放出的热量称为气体的热值。如在测定气体热值时，计入燃烧生成的水蒸气凝结时所放出的热量，则这种热值称为高热值；如果不计入凝结的水蒸气的热量，则称为低热值。

最重要的可燃气体的热值列于表 2。

表 2 各种可燃气体的热值

气 体 名 称	热 值 (仟卡/米 ³)		气 体 名 称	热 值 (仟卡/米 ³)	
	低的	高的		低的	高的
乙 炔	13600	14090	高炉煤气	975	985
正丁烷	29510	32010	石油高温裂化煤气	12600	13320
丁 烯	27190	29110	褐煤蒸汽-氧鼓风高压气化		
氢	2570	3050	煤气	3750	4250
甲 烷	8550	9520	焦炉煤气	4300	4700
一氧化碳	3020	3020	生活用頁岩煤气	3200	3600
丙 烷	22350	24320	焦炭制取的水煤气	2500	2730
乙 烷	15370	16820	混合发生炉煤气:		
乙 烯	14320	15290	AM 无烟煤制取的	1230	1300
天然气	8500	9450	机械成型的泥煤制取的	1450	1560
石油伴生煤气	11500	12700	頁岩制取的发生炉煤气	810	935

只是当煤气-空气混合物被加热到一定温度时，燃烧过程才会开始，此温度称为着火温度。着火温度不是一个严格的常数，它取决于混合物中煤气与空气的体积比、混合物的混合程度和压力、点燃方法、混合气体所占空间的形状和大小、以及其它一些因素。

只有当燃烧时所放出的热量足以使进入燃烧区的煤气-空气混合物加热到着火温度，燃烧的起始过程才会自动继续下去。如果在煤气-空气混合物中的煤气太少或空气不足，则燃烧时所放出的热量就会不够，从而燃烧过程即行停止。

一定量的可燃气体与空气（氧）所组成的煤气-空气混合物，是有爆炸危险的。当将火源或高热物体引入装在封闭容器内的这种混合物时，就会产生爆炸。

要煤气-空气混合物进行爆炸，其中可燃气体的最少和最多含量的限度分别称为爆炸下限和上限。

可燃气体-空气混合物着火温度的最低值，以及爆炸上限和下限，列于表 3。

表 3 可燃气体的着火温度和爆炸极限

可 燃 气 体 名 称	含有空气的混合物的着火温度 (°C)	在 20°C 和 760 毫米水银柱下的爆炸限度 (煤气在混合物中的体积%)	
		下 限	上 限
乙 炔	335	2.3	82
正丁烷	490	1.5	8.5
丁 烯	445	1.7	9
氢	510	4.1	75
甲 烷	645	5.0	15
一氧化碳	610	12.5	75
丙 烯	455	2.2	9.7
丙 烷	510	2.1	9.5
硫化氢	290	4.3	45.5
乙 烷	530	3	14
乙 烯	540	3	16
焦炉煤气	640	5.6	30.8
頁岩煤气	700	6—8	30—40

爆炸的化学实质与燃烧没有差别，因此在计算爆炸参数时，可以利用相应的燃烧反应方程式。

爆炸时，燃烧的反应热放出得非常迅速（实际上是瞬时的）。燃烧产物是如此迅速地被加热，并且力图膨胀，在煤气-空气混合物所在的空間中造成很大的压力。爆炸的破坏作用就是压力的急剧增大和可燃气体的迅速膨胀所造成的。

从爆炸性的观点来看，爆炸下限值最低，以及在其它条件相同时着火温度也較低的可燃气体是較危险的。

某些作者认为，那些在空气中具有最寬爆炸浓度范围的气体是比較危险的。但是，如果承认这个观点，就会得出例如一氧化碳比丙烷或丁烷更有爆炸危险的結論。十分明显，能最先与空气形成爆炸危险性混合物的气体，是最危险的气体。当然，当两种气体的爆炸下限值相近时，应该认为，爆炸极限范围較寬和着火温度較低的那种气体是比較危险的。

当煤气-空气混合物的温度升高时，爆炸极限即扩大：下限

降低而上限增高。当达到该种煤气-空气混合物的着火温度时,任何体积比的煤气和空气的混合物都具有着火能力。

煤气-空气混合物的爆炸极限,也决定于这种混合物所具有的压力大小。当甲烷-空气混合物的压力增加到1公斤/厘米²时,它的爆炸下限增至6.6%,而上限降至12.7%;当压力为21公斤/厘米²时,甲烷的爆炸下限增至7.5%,而上限^①降至12%。

煤气-空气混合物中的不燃成分——二氧化碳、水蒸气和氮(超出空气中氮含量的那部分)——的含量,对爆炸极限的大小具有很大的影响。当其它条件相同时,煤气中含有的不燃成分越多,则爆炸范围越窄。对于甲烷——天然煤气的主要成分——来说,这种关系示于图1。当空气中氮的含量增至86.6%时,甲烷-空气混合物即失去爆炸能力。

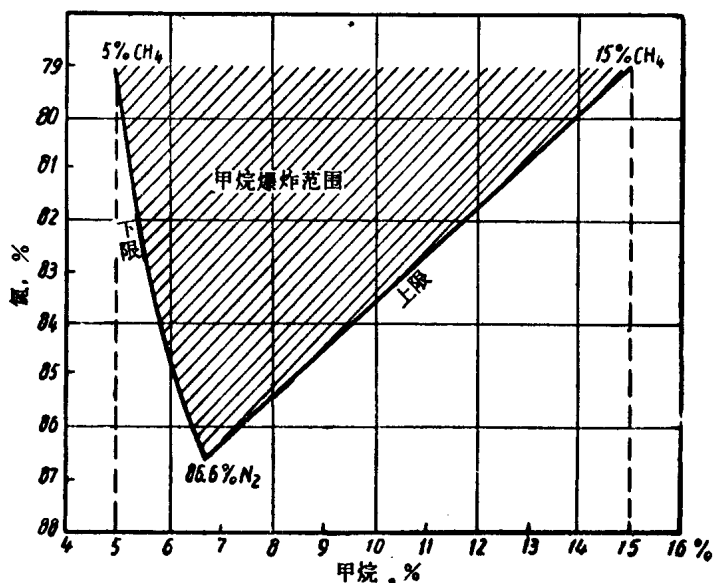


图1 甲烷爆炸极限与甲烷-空气混合物中氮含量变化的关系

① 原书为“下限”。——译者

如果注意到，把多余的不燃成分加热到着火温度需要附加热量，而这些热量必须在煤气中可燃成分燃烧时放出，则上述情况就不难理解。如果混合物中可燃气体减少到一定数量，从而使它们在燃烧时所能放出的热量变得很少，那就不可能产生煤气-空气混合物的着火，当然也就不可能爆炸。

惰性气体的添加对于各种煤气-空气混合物爆炸危险性的影响，可用表 4 的数据来说明。

表 4 煤气-空气混合物不再具有爆炸危险性时的单位
体积可燃气体中含有惰性气体的体积数

可 燃 气 体	惰 性 气 体	
	氮	二 氧 化 碳
甲 烷	6	3.3
乙 烷	12.8	7.3
氢	16.5	10.3
一氧化碳	4.1	2.2

碳氢化合物（甲烷、乙烷、丙烷和丁烷）的爆炸下限和上限与碳氢化合物-空气混合物中添加的氮含量的关系，如图 2、3、4 所示。

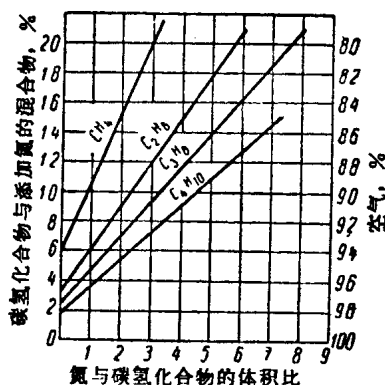


图 2 碳氢化合物和氮与空气的混合物的爆炸下限

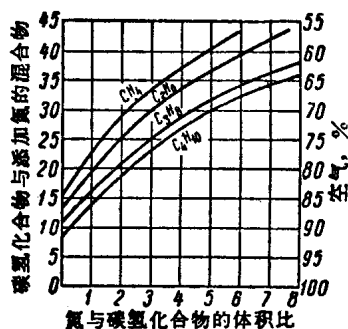


图 3 碳氢化合物和氮与空气的混合物的爆炸上限。自上着火

由几种可燃气体混合而成的复杂气体的爆炸极限，与混合物