

冶金工厂煤气設施 安全工作組織

Л. И. 韋尔尼戈尔 著

張 万 一 趙 宏 為 譯

冶金工业出版社

冶金工厂煤气設施 安全工作組織

П. И. 韦尔尼戈尔 著

张万一 赵宏为 譯

齐振华 校

冶金工業出版社

本書論述了冶金企业主要冶金車間——炼焦、炼鉄、炼鋼和軋鋼車間以及輔助車間——煤气和动力等車間煤气設備的安全工作組織。

本書闡明了新煤气管道試驗、冶金設備接通和投入生产时的工作步驟，並且敘述了检修爐子和清扫煤气設備时切断煤气管道的工作順序。

本書适用于煤气車間工长、热工技術人員和检修車間工长。

П.И.ВЕРНИГОР

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНЫХ РАБОТ В ГАЗОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва—1954)

張萬一 趙宏為 譯

冶金工厂煤气設施安全工作組織

編輯：馬鴻鈞 設計：趙香芬、魯芝芳 責任校對：宋古

1958年9月第一版

1958年9月北京第一次印刷 3000冊

850×1168•1/32•134,000字•印張5•定價(10) 0.86元

北京五三五工厂印刷

新华書店發行

書號 0840

冶金工业出版社出版(地址：北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

目 录

第一章 燃气的生成及其性質	7
1. 高爐煤气	7
2. 焦爐煤气	11
3. 发生爐煤气	15
第二章 煤气危险工作組織总則	17
1. 工作組織	17
2. 准备措施	20
3. 安全技术措施与規程	22
4. 一氧化碳对人体的影响	26
5. 空气中有毒气体的最大含量	27
第三章 炼焦車間的煤气危险工作	29
1. 焦爐改用高爐煤气加热	30
2. 切断高爐煤气管道进行检修	32
3. 焦爐煤气混合裝置的切断	33
第四章 炼铁車間的煤气危险工作	36
1. 高爐的停爐大修	36
2. 热风爐淨煤气管道的切断	39
3. 热风爐的停爐检修	40
4. 淨煤气管道內灰渣的清扫	42
5. 除尘器內爐頂灰尘的清扫	43
6. 热风爐由燃燒煤气改为送风及由送风改用煤气加热	46
第五章 煤气車間的煤气危险工作	48
1. 煤气管道、洗滌塔和电气除尘器的严密性試驗	48
2. 低压洗滌塔的投入生产	51
3. 高压洗滌塔的投入生产	53

4. 停用洗滌塔以便检修木格子和噴水系統	54
5. 电气除尘器的投入生产	56
6. 电气除尘器的停工检修	57
7. 新煤气管道的投入使用	58
8. 切断煤气管道进行大修	60
9. 在使用中的煤气管道上安装盲板	62
10. 在使用中的煤气管道上连接新煤气管道	66
11. 將流量孔 (或盲板) 的法兰盘接到使用中的煤气管道上	76
12. 在使用中的煤气管道上焊补裂缝	78
13. 煤气鼓风机的起動与停車	79
14. 运用中的煤气加压站內的动火危險工作	81
15. 煤气混合裝置的检修与改建	82
16. 使用中的高爐煤气管道內灰渣的清洗	85
17. 灰泥水沟內灰泥的清除	86
18. 冷凝水排水器的检修与清扫	87
19. 集灰器的检修	88
20. 在已用坏了的膨胀圈上安装保护壳套	89
21. 在使用中的煤气管道上更换流量孔板	90
22. 在管接头上沒有空閒的法兰盘时新煤气管道的连接	90
23. 在使用中的煤气管道上消灭火災	93

第六章 热电厂鍋爐車間的煤气危險工作 95

1. 鍋爐車間煤气管道的严密性試驗	95
2. 燃燒焦爐煤气干燥鍋爐爐膛	95
3. 用焦爐煤气干燥及烘燒烟肉	96
4. 鍋爐爐膛內煤气的送入	98
5. 鍋爐大修时煤气管道的切断	99

第七章 炼鋼車間的煤气危險工作 101

1. 煤气管道的試驗	101
2. 向爐內送煤气	101
3. 長時間冷修的停爐	103
4. 引向小用戶所用煤气管道的切断及煤气的送入	104

第八章 初軋車間均熱爐的煤氣危險工作	106
1. 用壓縮空氣做煤氣管道的嚴密性試驗	106
2. 均熱爐用焦爐煤氣的干燥與烘烤	106
3. 均熱爐內高爐煤氣的送入	108
4. 均熱爐的停爐檢修	110
5. 全部均熱爐的同時停爐大修	111
第九章 軋鋼車間的煤氣危險工作	113
1. 煤氣管道的試驗步驟	113
2. 干燥、烘烤及蓄熱式爐煤氣的送入	113
3. 冷修時的停爐	116
4. 三段連續式爐子的開爐	117
5. 三段連續式爐子的停爐冷修	120
6. 全部爐子的同時停爐以及車間煤氣管道 與工廠管道的切斷	121
7. 車間煤氣管道內煤氣的送入	122
8. 車底式室狀蓄熱式爐內煤氣的送入	123
9. 車底式室狀蓄熱式爐子的停爐冷修	125
10. 車底式並有空氣煤氣燒咀的室狀熱處理爐的開爐與停爐 ..	126
11. 馬弗（隔焰式）熱處理爐的投入生產	128
12. 馬弗爐的停爐冷修	130
13. 有空氣和煤氣燒咀的兩段連續式加熱爐的停爐與開爐	130
第十章 機械車間的煤氣危險工作	133
（一）鍛造車間的煤氣危險工作	133
1. 煤氣管道的嚴密性試驗	133
2. 車間煤氣管道內煤氣的送入	133
3. 鍛造加熱爐冷修後的開爐	134
4. 鍛造加熱爐的停爐冷修	135
5. 車間煤氣管道的切斷	136
（二）鑄造車間的煤氣危險工作	136
1. 煤氣管道的試驗	136

2. 車間煤氣管道內煤氣的送入	137
3. 車底式退火爐的投入生產	138
4. 退火爐的停爐冷修	138
5. 檢修時車間煤氣管道的切斷	139
附 录	140
1. 在聯煤氣管道上抽堵直徑 2000 毫米 的盲板的工作組織計劃	140
2. 蓄熱式爐停爐冷修與檢修後開爐的工作組織計劃	143
3. 蘇聯黑色冶金工業部關於企業內的煤氣救護工作條例	147
4. 蘇聯黑色冶金工業部關於企業內的 煤氣救護站預防工作組織規程	155

第一章 燃气的生成及其性質

1. 高爐煤气

现代冶金生产的第一阶段是高爐冶炼，在此过程中，爐料与灼热气体之間发生着比較简单的物理和化学反应。

高爐任何部分所析出的气体的温度和化学成份决定着鉄矿石与爐料其他組成相互作用的性質。

目前炼鉄主要是应用焦炭，因此我們只来研究高爐內焦炭燃烧时关于高爐煤气生成的一些过程。

焦炭在高爐內的燃烧过程不同于它在燃烧室內的燃烧过程，並有很多的特点。

当焦炭在燃烧室內燃烧时、冷风很均匀地通过爐篦上較薄的焦炭层，使其按下列反应燃烧：

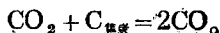


並且在反应过程中放出很多的热量。二氧化碳迅速离开燃烧带，以后再不和固体燃料发生反应。

焦炭在高爐內的燃烧則根本与此不同。

将預先加热至 600~800°C 的热风（在 1.2~1.3 計示大气压下）經风口强力送入充滿焦炭的爐缸上部。

在风口区（图 1）焦炭中的碳迅速与热风中的氧发生反应而完全燃烧，因而就生成二氧化碳，並放出热量。所以，在此阶段無論在燃烧室或高爐內所发生的反应都相同。然而当二氧化碳在高爐內繼續上升时，与赤热焦炭一相遇即与焦炭中的碳发生反应，因而生成一氧化碳：

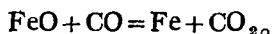


此反应为吸热反应。

这样便是，首先由于热风中的氧与焦炭中的碳发生反应的结果而生成二氧化碳，然后二氧化碳再与焦炭中的碳发生反应而生成一氧化碳。

已生成的含有大量一氧化碳的焦炭燃烧产物同氧化亚铁 (FeO) 相遇，夺去其中的氧，

並依下列反应变为二氧化碳

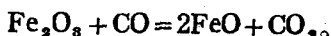


由于此种反应而获得铁（铁迅速发生渗碳作用並呈滴状流入爐缸）和二氧化碳。

加热后的二氧化碳上升与赤热焦炭相接触，被夺去其中的氧，再还原为一氧化碳：



一氧化碳重新与氧化铁进行反应並夺去其中的氧：



此外，当温度在800~900℃时，爐料中的石灰石便焙烧而分解成为石灰 CaO 和二氧化碳 CO₂：

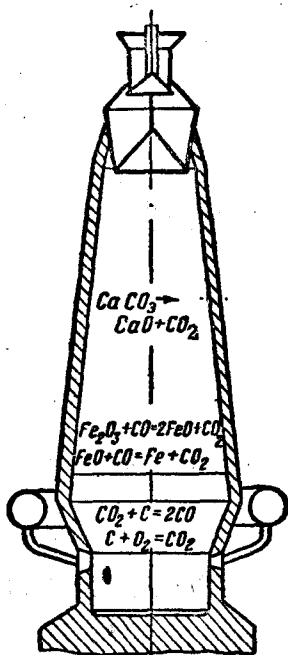


图 1 高爐剖面图

因之，由于空气与焦炭及矿石互相发生化学作用而得到生铁和高爐煤气，此种煤气乃是气体混合物，主要是一氧化碳、二氧化碳和氮的混合物。

高爐煤气在高爐內的生成过程是有一定规律性的。矿石中的铁份还原时所消耗的一氧化碳越少，則煤气中的一氧化碳也就越多，反之，矿石中的铁份还原时所消耗的一氧化碳越多，則高爐煤气中的一氧化碳也就越少。

M. A. 巴甫洛夫院士发现高爐煤气中一氧化碳和二氧化碳的

总含量经常接近于 40%，当爐料中石灰石的含量不正常时例外。

观察高爐煤气的成份对于正确地分析高爐操作情况是具有重大意义的。有經驗的操作人員根据煤气的成份便可毫无錯誤地判断出高爐是否正在正常地操作或者爐况是否业已开始失常。

高爐煤气乃是炼鉄的副产品。每一吨焦炭在高爐內燃烧后可产生 3800—4000 立方米的高爐煤气。在表 1 中列出 高爐煤气的化学成份。

表 1

高爐煤气的化学成份，(%)

高爐煤气成份	用 焦 炭 冶 炼			用木炭冶炼
	炼鋼生鉄	鑄造生鉄	砂 鉄	炼鋼生鉄
CO	30.5	32.0	35.8	28.1
CO ₂	9.5	7.6	3.7	10.9
H ₂	1.46	1.4	1.5	10.3
CH ₄	0.24	0.26	0.25	2.6
N ₂	58.3	58.74	58.75	48.1
CN	37	—	—	—

表 1 表示在冶炼不同牌号的生鉄时，消耗的焦炭越多，則煤气中的一氧化碳也就越多。此外，当用焦炭冶炼炼鋼生鉄时，产生 37 毫克/立方米的 CN。

甲烷 CH₄、氢 H₂ 和一氧化碳 CO 为高爐煤气中的可燃部分。

每一标准立方米上述气体中的一种气体，单独在工作条件下完全燃烧时，所发出的热量如下：

甲烷 CH₄..... 8529 仟卡/标准立方米

一氧化碳 CO 3018 "

氢 H₂..... 2566 "

例如：当一标准立方米高爐煤气（32% CO、7.6% CO₂、1.4% H₂、0.25% CH₄ 和 58.75% N₂）完全燃烧时，发生的热量为：

$$Q = 0.32 \times 3018 + 0.014 \times 2566 + 0.0025 \times 8529$$

$$= 1022.3 \text{ 仟卡/标准立方米。}$$

根据高爐煤气成份的不同每一标准立方米煤气完全燃烧时，能发生热量 950~1100 仟卡/标准立方米。

冷却到大气温度的高爐煤气，容易散布到空中，而在潮湿和寒冷天气时，便能下降至低空，使低空中达到一氧化碳的危险浓度值。在組織炼鉄車間和厂內煤气管道区域内的工作时必须注意到这一点，並力求消除煤气漏洩现象。

高爐煤气稍微有些气味。

来自煤气清洗系統的灰泥水带有很大的气味，因为它們在清洗系統中吸收了大量的各种气体以及氰化合物。

高爐煤气的不同成份对于人体的影响也不相同。像氮和二氧化碳等气体能引起喘息，而一氧化碳则是剧性毒剂，它对于人的血液和神經系統都有影响。

一氧化碳具有强烈的毒性，人要是吸入含有 0.05 毫克/升 CO 的空气，經数小时之后就会引起中毒。吸入含一氧化碳特別多的空气，經几分鐘就会使人死亡。

一氧化碳在人体中具有使其浓度逐渐增高达到危害生命的能力，因此救护一个短時間处于含一氧化碳浓度高的（0.1 毫克/升以下）大气中的人要比救护一个长時間处于一氧化碳含量为 0.04~0.08 毫克/升的大气中的人容易。

来自高爐的高爐煤气含有大量悬浮的爐灰，它給直接从事检修煤气管道和消除漏煤气的人員造成了不利的工作条件。近代高爐其出口处的高爐煤气含灰量为 19~35 克/立方米，而清洗后的煤气含灰量为 2~20 毫克/立方米。由于爐料中一些元素（矽、鋅、鈣、鈉、鉀）的升华並随之在高爐上部經過冷凝所形成的部份爐灰，对于在含灰的大气中工作人員的眼睛和皮肤是很有害的。

此外，高爐煤气中含有剧性毒物——氰 (CN)。在一立方米未經清洗的高爐煤气中的氰含量竟达 37 毫克/立方米。

除毒性以外，高爐煤气还具有一种发生爆炸並且同时破坏煤气管道、爐子和其他建筑物的能力。

爆炸的必需条件乃是高爐煤气与空气先以一定比例相混合並

被加热到高温。例如，使混合气体跟火花和露在外部的火焰或跟加热到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 以上的物体相接触时，就会发生爆炸。如果该两条件中缺少任一条件，便不能发生爆炸。但当有所谓接触剂的几种物质（耐火粘土、氧化铜等）存在时，爆炸性混合物即使在较低的温度（ $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ ）之下，也能着火。

通常根据煤气发热量的不同，空气与高炉煤气的混合物当煤气在空气中的含量为 $46\sim 62\%$ 时才能发生爆炸。

当煤气与空气的混合物爆炸时，煤气管道内的压力便超过计算压力，因而容易破坏煤气管道的管壁。

2. 焦 爐 煤 气

焦爐煤气乃是在生产冶金焦时烟煤的干馏产品，並且也是极貴重的气体燃料。焦爐煤气是按如下方式产生的。图2所示为焦爐的垂直剖面图的一部分。从上部将由数种結焦粉煤組成的配合

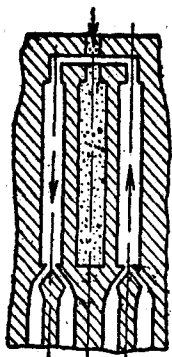


图 2 焦爐垂直剖面图的一部分

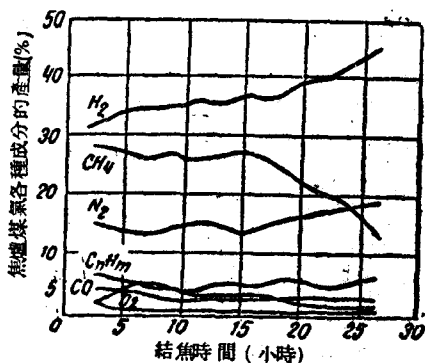


图 3 焦爐煤气的产量与結焦時間的关系曲线

煤装入炼焦爐室。在爐室內隔絕空气进行配合煤的加热（所謂干餾）。結果便从煤中析出各种气态揮发物：甲烷 CH_4 、氢 H_2 、一氧化碳 CO 、氮 N_2 、二氧化碳 CO_2 和一些重碳氢化合物 C_mH_n 。焦爐煤气的成份根据各个厂矿的資料列于表 2 中。

表 2

焦爐煤氣成份, (%)

焦爐煤氣的成份	工 廠		
	I	II	III
CH ₄	25.6	22.5	27
H ₂	58.4	58.5	56
CO	6.5	8.2	6.5
N ₂	5.1	6.3	6.0
CO ₂ + H ₂ S	2.5	2.2	2.5
C _m H _n	2.5	1.8	2.5
合 計	100	100	100

焦爐煤氣中氮和二氧化碳的含量決定於漏入爐室內的空氣量, 即決定於爐室是否嚴密; 空氣漏入得越多, 則焦爐煤氣中氮和二氧化碳的含量也就越多。

如果焦爐煤氣中 CO₂ 含量高於 2%, N₂ 含量高於 5%, 則必需採取消除空氣漏入現象的緊急措施。

此外, 焦爐煤氣的成份還取決於結焦溫度和結焦時間。結焦溫度越高, 則甲烷和其他炭氫化合物就會越多地分解成氫和一氧化碳; 在溫度不變時, 結焦過程越長, 則焦爐煤氣中的氫越多, 甲烷越少 (圖 3)。現代焦爐的結焦時間為 13~14 小時。

爐中煤氣損失越少以及煤中揮發物越多, 則每一噸配煤的煤氣產量也就越多。

從焦爐集氣管抽出的出爐煤氣含有下列各種化學物質:

焦油.....	110~130克/立方米
苯.....	30~33 "
氨.....	10~12 "
萘.....	占裝入煤量的 0.15~0.18%
硫化氫.....	18~25克/立方米

當進行煤氣危險工作時, 這些含於煤氣中主要呈氣態的化學物質有害於人的眼膜和皮膚, 並常常引起嚴重的眼症和皮膚病。

上述化學物質中萘 C₁₀H₈——具有強烈氣味的白色結晶物,

它具有特殊的用途。萘在 80°C 时熔化， 218°C 时沸腾。在标准大气压下，萘非常容易挥发，因此呈显气味的萘蒸气容易散布于空气中。甚至在室温下，

也能完全挥发。

当温度上升至 30°C 时，萘的挥发性增加，因此可以很容易地自煤气管道的一部份赶至另一部份，或由煤气管道赶至使它能完全烧尽的炉内。在煤气管道内除萘时可以利用萘的挥发性来进行。

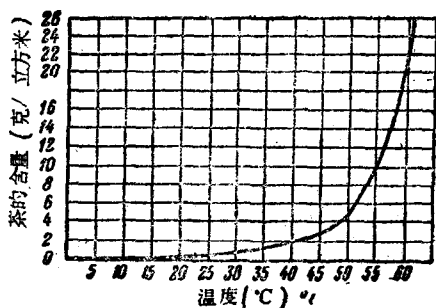


图 4 煤气中萘蒸气含量与温度的关系曲线

当萘变为液体时，就难于将其自煤气管道内除去。

由于挥发性大，甚至在温度不高的情况下，萘本身的蒸气也能使空气或焦炉煤气饱和。随着温度的上升，使煤气达到饱和的萘蒸气量也增加。表 3 与图 4 上表示出煤气中萘含量与温度的关系。

表 3

不同温度下焦炉煤气中的萘含量

煤气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	萘蒸气的含量 (克/立方米)	煤气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	萘蒸气的含量 (克/立方米)
5	0.073	35	1.39
10	0.15	40	2.09
15	0.25	45	3.34
20	0.37	50	5.17
25	0.56	60	11.27
30	0.90	70	23.63

萘蒸气与空气混合产生爆炸性混合物。因此，当切断煤气管道进行高温气切及电焊的检修时，必须彻底清除萘蒸气及附着在煤气管道管壁上的萘颗粒(呈白色粉末状)。那些含于荒焦炉煤气

中的焦油、苯、氨和萘等物质在焦化工厂用专门的装置来回收。

在净焦炉煤气中含有少量的苯和萘，它们使焦炉煤气具有一种特殊的气味。

焦炉煤气的发热量是相当高的，一般为 4000~4400 仟卡/标准立方米。它取决于该煤气中甲烷及重碳氢化合物的含量，焦炉煤气中含甲烷和重碳氢化合物越多，则其发热量亦越高。

在同样条件下，单位体积焦炉煤气的重量是空气重量的 2.7 分之一，因此，当焦炉煤气自煤气管道不严密处漏出时，即行逸散。每一标准立方米焦炉煤气的总重为 0.45~0.5 公斤。

焦炉煤气与空气的混合物燃烧后能引起强烈的爆炸。若爆炸混合物燃烧越多，爆炸时混合物的温度及压力越高，煤气的发热量越大，则煤气的爆炸力也就越强。因此，具有比高炉煤气发热量较高的焦炉煤气将引起较强烈的爆炸。所以焦炉煤气在室内爆炸的危险性是特别大的。

假如在焦炉煤气与空气的混合物中含有 5% 煤气，此种混合物就能燃烧，但是，只有当煤气的含量为 8~23% 时，才能发生爆炸。当空气中的煤气含量少于 8% 或高于 23% 时，就不会发生任何爆炸。

焦炉煤气含有 6~7% CO，因此它对人的生命是有危险的。由于焦炉煤气内含有苯、酚、氨及萘，便决定了焦炉煤气具有特殊的气味，因此可以及时地发现空气中有焦炉煤气，故能防止人身中毒。

焦炉煤气是按各种不同的比值与高炉煤气混合成混合煤气的。这些比值取决于需要高发热量或低发热量的气体燃料的技术操作过程：热处理炉用的为 1100~1300 仟卡/标准立方米；加热炉用的为 1800~1900 仟卡/标准立方米；平炉用的为 2100~2200 仟卡/标准立方米；等等。

混合煤气的发热量 $Q_{\text{混}}$ 按下式可以求得：

$$Q_{\text{混}} = Q_{\text{焦}} \times x + Q_{\text{高}} (1-x), \quad (1)$$

式中 $Q_{\text{焦}}$ ——焦炉煤气的发热量 (仟卡/标准立方米)；

Q_x ——高爐煤气的发热量 (仟卡/标准立方米)；

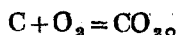
x ——每一立方米混合煤气中焦爐煤气的体积；

$1-x$ ——每一立方米混合煤气中高爐煤气的体积。

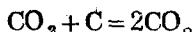
3. 发生爐煤气

如果焦爐煤气是由于使煤炭隔絕空气加热而产生的，則发生爐煤气便是由于燃料 (煤、泥煤、木柴) 在煤气发生爐内不完全燃烧而产生的，即由于燃烧时空气不足而产生的。

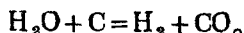
在煤气发生爐内发生以下几种反应 (图5)。当通入空气时，燃料按下列反应燃烧：



但当 CO_2 与上层赤热燃料相接触时，二氧化碳便与碳发生反应，产生发生爐煤气中主要的可燃成份——一氧化碳， CO ：



当燃料气化时，由于其中所含水份分解而产生了发生爐煤气中另一成份——氢 H_2 ：



部份氢与燃料中的碳相化合而产生甲烷 CH_4 。此外，若煤气发生爐是使用木柴、泥煤等时，則由于焦油分解也能产生甲烷。

因而，当自发生爐的爐条下通入蒸汽时，便产生高热量的发生爐煤气。此种煤气的发热量达到 2500 仟卡/标准立方米。

发生爐煤气中含有大量的一氧化碳，因此它对人体也是有危

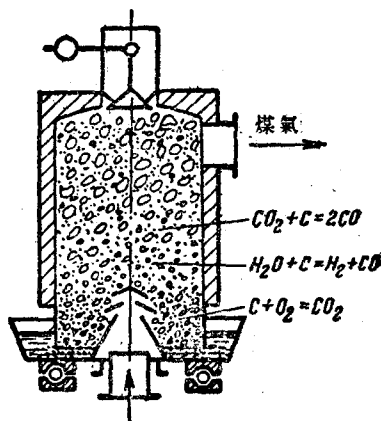


图 5 煤气发生爐示意图

险的。

氢及甲烷的含量较高，致使发生爐煤气的爆炸危险性大于高爐煤气。

由于原燃料的种类以及通入蒸汽或由燃料带入水分的多少的不同，发生爐煤气的成份波动很大。由木柴所发生的煤气中的一氧化碳较由泥煤所发生的煤气中的为多；氢含量则恰恰相反，在由泥煤所发生的煤气中的氢是特别多的。

表4所示为用各种不同燃料所发生的发生爐煤气化学成份的数据。

表 4

发生爐煤气的特性

原燃料	发生爐煤气的化学成份, (%)							发 热 量 仟卡/标 准立方米	重 度 公斤/标 准立方米	煤气产量 标准立方 米/公斤
	CO	H ₂	CH ₄	C _m H _n	CO ₂	N ₂	O ₂			
干泥煤… 适度的	24.1	20.45	3.1	0.6	9.25	42.28	0.2	1613	1.074	—
湿泥煤…	20.1	19.7	3.04	0.6	11.3	45.05	0.2	1467	1.098	—
木柴……	27.8	9.0	2.9	—	7.2	52.7	0.4	1326	1.419	1.9
碎焦……	33.0	10.6	0.42	—	3.9	51.58	0.3	1314	1.152	3.5

重度即1标准立方米发生爐煤气的重量等于1.09~1.4公斤。

由泥煤所发生的煤气比空气轻，在进行这种可能有煤气流入大气中的生产工作时，必须考虑这个问题。