

煤 气 的 燃 燒

燃燒方法及燃燒設備

A. B. 阿尔謝也夫 著
胡 彦 邦 譯

冶 金 工 業 出 版 社

本書係根据苏联國立黑色及有色冶金科技出版社 1952 年出版的「煤气的燃燒」一書譯出。原書作者为东方燃料利用研究所 А. В. 阿尔謝也夫，評閱者为 Б. И. 基達也夫 (Китаев) 教授和 П. В. 列甫欽柯 (Левченко) 技術科学副博士。

本書概括了气体燃料在蒸汽鍋爐和冶金爐內燃燒的材料。簡略地敘述了煤气燃燒的理論。研究了煤气有效地燃燒的条件、火炬燃燒法及無焰燃燒法的优缺点。敘述了各种煤气燒咀的構造以及它們的計算用特性值。

書內还說明了冶金爐及鍋爐使用气体燃料時在操作上的一些特點。列举了操作的技術指标，以及設計、建立和使用煤气網及煤气燒咀用的計算数据和基本規則，同時敘述了安全技術方面的基本知識。

本書可以供生產工程師，設計師，科学工作者之用。

本書係由黑色冶金設計院工業爐科胡彥邦同志翻譯（中第八章由齐家典同志譯出），由戎宗义同志校对。

А. В. Арсеев

СЖИГАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ

МеталлургияТ (Свердловск—1952—Москва)

煤气的燃燒

胡彥邦 譯

1956年8月第一版 1958年11月北京第三次印刷 3,300册（累計8,038册）

850 × 1168 · 1/32 · 345,000字 · 印張 12 $\frac{6}{32}$ · 定價 (10) 2.30元

北京三五五工厂印

新华書店發行

書号：0578

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲 45 号）

北京市書刊出版业營業許可証出字第 093 号

序

气体燃料的优点以及以气体燃料代替固体燃料在技术上的合理性，已首先为 Д. И. 門德雷也夫申述过了。早在 1888 年他就簡明地叙述了並論証了地下煤層气化的观念。В. И. 列寧在 1913 年 5 月 4 日在真理報上發表之“技术上又一偉大勝利”一文中，曾着重指出此观念对人類之意义。

使操作过程全部机械化与自动化，減輕工作人員之勞動，創造健全与衛生的勞動条件，以及使城鎮空气清潔，凡此种种，在我們社会主义的國家中都有着首要的意义。政府和党對於在工業中和生活中廣泛使用气体燃料的工作，过去和現在始終是十分關懷的。

在我國總的燃料平衡方面，气体燃料獲得了愈來愈大的價值。

按照恢復与發展苏联國民經濟的五年計劃的規定，要大規模發展以開採天然煤气和以处理煤、泥煤和頁岩为基礎的煤气工業。

在第十九次党代表大会的決議中，規定繼續發展煉製和使用气体燃料。由於这个決議的結果，在我國燃料總平衡中，气体燃料之比重更將大大地提高。

有鑑於此，合理的气体燃燒方法之探究和適當的燃燒設備之製定，就成了十分迫切的問題。很多科学研究所、設計院以及其他國家机關(中央鍋爐透平研究所 ЦКТИ, 全苏熱工研究所 ВТИ, 东方燃料利用研究所 ВНИИТ, 動力研究所 ЭНИН, 鋼設計院 Стальпроект, 莫斯科動力学院 МЭИ, 莫斯科化工机械製造学院 МИХИ, ТПИ 等等) 正專門从事於这些問題的研究。

各种研究的良好結果和我們工廠所積累的大量工業經驗，已使我們在使用煤气方面獲得了巨大成就，並在这方面超过其他國家。

在資本主義國家內，以各企業主能謀取最大利潤為目的而對天然資源採取掠奪性開採方法，是資本主義技術落後的根本原因。

珍惜天然資源而為全人類保存財富，則是蘇維埃國民經濟的基礎，它為科學技術更有效地發展創造了條件。蘇聯在開採與輸送煤氣時的損耗，比資本主義國家為低，而煤氣燃燒方法和技術則更為完善。

舉例來看，在美國，煉鐵煤氣25%的損耗率被認為是正常的，並用質量較好的燃料來補償這種損耗。

在蘇聯幾個較好的工廠裡，煉鐵煤氣損耗到大气中去的百分數是6—7，且有繼續降低之傾向。隨着國內設計的大能量無焰燒咀之採用，很多工廠內煉鐵煤氣在燃燒時之損耗實際上已趨近於零。

在氣體燃燒理論方面，蘇聯科學已獲得顯著之成就。蘇聯科學家 Н. Н. 謝明諾夫，Я. Б. 瑞利多維奇，Д. А. 伏蘭克—卡明尼茨基，А. С. 伯利達伏奇傑利夫等人的工作是舉世聞名的。

煤氣空氣混合物的爆炸性及某些氣體的劇毒性，要求我們在使用煤氣燒咀和煤氣網時，特別注意安全技術問題。

關心人在我國是首要的任務。在我國，安全技術問題是與主要技術問題有機地聯系着的，在煤氣網附近操作時要保證採取有效措施以防止一切可能發生的爆炸事故與中毒事故。因之我們在使用煤氣方面的不幸意外是極少的。

關於在工業上使用氣體燃料方面，蘇聯科學和技術獲得了許多理論上和實際上的經驗，我們對於這些經驗的總結還是做得不夠的。

應當認為：把氣體燃料燃燒方面的理論資料和實際資料加以綜合並整理成系統，是非常必要的，這一方面是為了更完善更廣泛地運用工業上的成果，另一方面是為了鞏固蘇聯技術的成就與先進地位。

目 錄

序	6
第一章 气体燃料的特性	8
1. 气体燃料的种类	8
2. 天然煤气	12
3. 煉鉄煤气	14
4. 煉焦煤气	18
5. 發生爐煤气	23
第二章 气体的燃燒	28
1. 燃燒反应	28
2. 燃燒动力学	31
3. 气体的着火与燃燒	34
4. 火焰擴散速度	36
5. 火焰擴散速度和各种因素的關係	40
6. 可見的火焰擴散速度	46
7. 各种簡單气体和气体燃料的可見的火焰擴散速度	51
8. 燃燒过程的强度	55
9. 使煤气燃燒过程合理進行的基本原則	55
第三章 气流的混合	59
1. 前 言	59
2. 沉沒流股	59
3. 一流股流入另一密度的介質中	67
4. 在無限容積內兩股气流的混合	69
5. 在有限容積內气流的混合	73
6. 气流在管內的混合	77
7. 气体混合資料的綜合	86
第四章 火炬燃燒法	89
1. 火炬燃燒法的特徵	89
2. 火炬燃燒过程的解說	90
3. 熱火炬的研究方法	98
4. 熱火炬的气体动力学	99

00855

5.	火炬的溫度場.....	101
6.	火炬長度和煤氣燃燒的完全性.....	102
7.	火炬散熱的研究.....	112
第五章	無焰燃燒法.....	115
1.	無焰燃燒法的特點和燒咀的概述.....	115
2.	實驗研究.....	118
3.	低熱值煤氣的燃燒條件.....	119
4.	高熱值煤氣的燃燒.....	127
5.	使用預熱煤氣及空氣的噴射式燒咀的工作.....	129
6.	回火及其防止.....	132
第六章	煤氣燒咀.....	138
1.	燒咀分類.....	138
2.	煉鐵煤氣用的火炬燒咀.....	143
3.	用於煉鐵爐之熱風爐的燒咀.....	164
4.	發生爐煤氣用的火炬燃咀.....	167
5.	高熱值煤氣用的火炬燒咀.....	176
6.	大氣燒咀.....	186
7.	複式燒咀.....	187
8.	燃燒大量低熱值煤氣（煉鐵煤氣）的無焰燒咀.....	195
9.	燃燒高熱值煤氣的無焰燒咀.....	214
10.	其他型式的無焰燒咀.....	232
第七章	在蒸汽鍋爐下煤氣的燃燒.....	235
1.	經濟觀念.....	235
2.	用煉鐵煤氣加熱蒸汽鍋爐的特點.....	236
3.	煉鐵煤氣在蒸汽鍋爐下的火炬燃燒.....	238
4.	煉鐵煤氣在蒸汽鍋爐下的無焰燃燒.....	240
5.	無焰燒咀和蒸汽鍋爐燃燒室的配合以及它們的工作指標.....	243
6.	煉鐵煤氣和粉煤在蒸汽鍋爐下同時燃燒.....	254
7.	天然煤氣在蒸汽鍋爐下燃燒的特點.....	261
8.	高熱值煤氣在蒸汽鍋爐下的無焰燃燒.....	263
第八章	冶金爐內煤氣的燃燒.....	265
1.	冶金爐內使用氣體燃料的優點.....	265
2.	馬丁爐內煤氣的燃燒.....	266

3. 巨型加熱爐使用煉鐵煤氣時無焰燒咀的採用·····	281
第九章 煤氣管道與檢查儀表 ·····	284
1. 煤氣管道·····	284
2. 煤氣閥·····	288
3. 檢查儀表·····	293
4. 煤氣流量的測定·····	295
5. 壓力的測定·····	306
6. 其他儀表·····	307
第十章 安全技術 ·····	309
1. 總論·····	309
2. 煤氣的爆炸性和消除爆炸的措施·····	309
3. 某些氣體的毒性和防止中毒的方法·····	312
4. 安全措施·····	314
5. 煤氣燒咀和煤氣管道的主要操作規程·····	315
第十一章 煤氣燒咀的計算 ·····	318
1. 燒咀個數及燒咀能力的選擇·····	318
2. 一些輔助計算·····	319
3. 煤氣燃燒的計算·····	326
4. 火炬燒咀的計算·····	332
5. 使用煉鐵煤氣的大能力無焰燒咀的計算·····	333
6. 小能力無焰燒咀的計算·····	362
7. 輸入管道的計算·····	370
附錄 ·····	371
1. 乾天然煤氣的計算資料·····	373
2. 乾煉鐵煤氣的計算資料·····	377
3. 乾煉焦煤氣的計算資料·····	379
4. 乾發生爐煤氣的計算資料·····	382
5. 煤氣在完全飽和時的濕度·····	385
參考文獻 ·····	386

煤 气 的 燃 烧

燃燒方法及燃燒設備

A. B. 阿尔謝也夫 著

胡 彦 邦 譯

冶 金 工 業 出 版 社

本書係根据苏联國立黑色及有色冶金科技出版社 1952 年出版的「煤气的燃燒」一書譯出。原書作者为东方燃料利用研究所 А. В. 阿尔謝也夫，評閱者为 Б. И. 基達也夫 (Китаев) 教授和 П. В. 列甫欽柯 (Левченко) 技術科学副博士。

本書概括了气体燃料在蒸汽鍋爐和冶金爐內燃燒的材料。簡略地敘述了煤气燃燒的理論。研究了煤气有效地燃燒的条件、火炬燃燒法及無焰燃燒法的优缺点。敘述了各种煤气燒咀的構造以及它們的計算用特性值。

書內还說明了冶金爐及鍋爐使用气体燃料時在操作上的一些特點。列举了操作的技術指标，以及設計、建立和使用煤气網及煤气燒咀用的計算数据和基本規則，同時敘述了安全技術方面的基本知識。

本書可以供生產工程師，設計師，科学工作者之用。

本書係由黑色冶金設計院工業爐科胡彥邦同志翻譯（中第八章由齐家典同志譯出），由戎宗义同志校对。

А. В. Арсеев

СЖИГАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ

МеталлургияТ (Свердловск—1952—Москва)

煤气的燃燒

胡彥邦 譯

1956年8月第一版 1958年11月北京第三次印刷 3,300册（累計8,033册）

850 × 1168 · 1/32 · 345,000字 · 印張 12 $\frac{6}{32}$ · 定价 (10) 2.30元

北京三五工厂印

新华書店發行

書号: 0578

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲 45 号）

北京市書刊出版业營業許可証出字第 093 号

目 錄

序	6
第一章 气体燃料的特性	8
1. 气体燃料的种类	8
2. 天然煤气	12
3. 煉鉄煤气	14
4. 煉焦煤气	18
5. 發生爐煤气	23
第二章 气体的燃燒	28
1. 燃燒反应	28
2. 燃燒动力学	31
3. 气体的着火与燃燒	34
4. 火焰擴散速度	36
5. 火焰擴散速度和各种因素的关系	40
6. 可見的火焰擴散速度	46
7. 各种簡單气体和气体燃料的可見的火焰擴散速度	51
8. 燃燒过程的强度	55
9. 使煤气燃燒过程合理進行的基本原则	55
第三章 气流的混合	59
1. 前 言	59
2. 沉沒流股	59
3. 一流股流入另一密度的介質中	67
4. 在無限容積內兩股气流的混合	69
5. 在有限容積內气流的混合	73
6. 气流在管內的混合	77
7. 气体混合資料的綜合	86
第四章 火炬燃燒法	89
1. 火炬燃燒法的特徵	89
2. 火炬燃燒过程的解說	90
3. 熱火炬的研究方法	98
4. 熱火炬的气体动力学	99

00855

5.	火炬的溫度場	101
6.	火炬長度和煤氣燃燒的完全性	102
7.	火炬散熱的研究	112
第五章	無焰燃燒法	115
1.	無焰燃燒法的特點和燒咀的概述	115
2.	實驗研究	118
3.	低熱值煤氣的燃燒條件	119
4.	高熱值煤氣的燃燒	127
5.	使用預熱煤氣及空氣的噴射式燒咀的工作	129
6.	回火及其防止	132
第六章	煤氣燒咀	138
1.	燒咀分類	138
2.	煉鐵煤氣用的火炬燒咀	143
3.	用於煉鐵爐之熱風爐的燒咀	164
4.	發生爐煤氣用的火炬燃咀	167
5.	高熱值煤氣用的火炬燒咀	176
6.	大氣燒咀	186
7.	複式燒咀	187
8.	燃燒大量低熱值煤氣（煉鐵煤氣）的無焰燒咀	195
9.	燃燒高熱值煤氣的無焰燒咀	214
10.	其他型式的無焰燒咀	232
第七章	在蒸汽鍋爐下煤氣的燃燒	235
1.	經濟觀念	235
2.	用煉鐵煤氣加熱蒸汽鍋爐的特點	236
3.	煉鐵煤氣在蒸汽鍋爐下的火炬燃燒	238
4.	煉鐵煤氣在蒸汽鍋爐下的無焰燃燒	240
5.	無焰燒咀和蒸汽鍋爐燃燒室的配合以及它們的工作指標	243
6.	煉鐵煤氣和粉煤在蒸汽鍋爐下同時燃燒	254
7.	天然煤氣在蒸汽鍋爐下燃燒的特點	261
8.	高熱值煤氣在蒸汽鍋爐下的無焰燃燒	263
第八章	冶金爐內煤氣的燃燒	265
1.	冶金爐內使用氣體燃料的優點	265
2.	馬丁爐內煤氣的燃燒	266

3.	巨型加熱爐使用煉鐵煤氣時無焰燒咀的採用	281
第九章	煤氣管道與檢查儀表	284
1.	煤氣管道	284
2.	煤氣閥	288
3.	檢查儀表	293
4.	煤氣流量的測定	295
5.	壓力的測定	306
6.	其他儀表	307
第十章	安全技術	309
1.	總論	309
2.	煤氣的爆炸性和消除爆炸的措施	309
3.	某些氣體的毒性和防止中毒的方法	312
4.	安全措施	314
5.	煤氣燒咀和煤氣管道的主要操作規程	315
第十一章	煤氣燒咀的計算	318
1.	燒咀個數及燒咀能力的選擇	318
2.	一些輔助計算	319
3.	煤氣燃燒的計算	326
4.	火炬燒咀的計算	332
5.	使用煉鐵煤氣的大能力無焰燒咀的計算	333
6.	小能力無焰燒咀的計算	362
7.	輸入管道的計算	370
附錄		371
1.	乾天然煤氣的計算資料	373
2.	乾煉鐵煤氣的計算資料	377
3.	乾煉焦煤氣的計算資料	379
4.	乾發生爐煤氣的計算資料	382
5.	煤氣在完全飽和時的濕度	385
參考文獻		386

序

气体燃料的优点以及以气体燃料代替固体燃料在技术上的合理性，已首先为 Д. И. 門德雷也夫申述过了。早在 1888 年他就簡明地叙述了並論証了地下煤層气化的观念。В. И. 列寧在 1913 年 5 月 4 日在真理報上發表之“技术上又一偉大勝利”一文中，曾着重指出此观念对人类之意义。

使操作过程全部机械化与自动化，減輕工作人員之勞動，創造健全与衛生的勞動条件，以及使城鎮空气清潔，凡此种种，在我們社会主义的國家中都有着首要的意义。政府和党對於在工業和生活中廣泛使用气体燃料的工作，过去和現在始終是十分關懷的。

在我國總的燃料平衡方面，气体燃料獲得了愈來愈大的價值。

按照恢復与發展苏联國民經濟的五年計劃的規定，要大規模發展以開採天然煤气和以处理煤、泥煤和頁岩为基礎的煤气工業。

在第十九次党代表大会的決議中，規定繼續發展煉製和使用气体燃料。由於这个決議的結果，在我國燃料總平衡中，气体燃料之比重更將大大地提高。

有鑑於此，合理的气体燃燒方法之探究和適當的燃燒設備之製定，就成了十分迫切的問題。很多科学研究所、設計院以及其他國家机關(中央鍋爐透平研究所 ЦКТИ, 全苏熱工研究所 ВТИ, 东方燃料利用研究所 ВНИИТ, 動力研究所 ЭНИН, 鋼設計院 Стальпроект, 莫斯科動力学院 МЭИ, 莫斯科化工机械製造学院 МИХИ, ТПИ 等等) 正專門从事於这些問題的研究。

各种研究的良好結果和我們工廠所積累的大量工業經驗，已使我們在使用煤气方面獲得了巨大成就，並在这方面超过其他國家。

在資本主義國家內，以各企業主能謀取最大利潤為目的而對天然資源採取掠奪性開採方法，是資本主義技術落後的根本原因。

珍惜天然資源而為全人類保存財富，則是蘇維埃國民經濟的基礎，它為科學技術更有效地發展創造了條件。蘇聯在開採與輸送煤氣時的損耗，比資本主義國家為低，而煤氣燃燒方法和技術則更為完善。

舉例來看，在美國，煉鐵煤氣25%的損耗率被認為是正常的，並用質量較好的燃料來補償這種損耗。

在蘇聯幾個較好的工廠裡，煉鐵煤氣損耗到大氣中去的百分數是6—7，且有繼續降低之傾向。隨着國內設計的大能量無焰燒咀之採用，很多工廠內煉鐵煤氣在燃燒時之損耗實際上已趨近於零。

在氣體燃燒理論方面，蘇聯科學已獲得顯著之成就。蘇聯科學家 Н. Н. 謝明諾夫，Я. Б. 瑞利多維奇，Д. А. 伏蘭克—卡明尼茨基，А. С. 伯利達伏奇傑利夫等人的工作是舉世聞名的。

煤氣空氣混合物的爆炸性及某些氣體的劇毒性，要求我們在使用煤氣燒咀和煤氣網時，特別注意安全技術問題。

關心人在我國是首要的任務。在我國，安全技術問題是與主要技術問題有機地聯系着的，在煤氣網附近操作時要保證採取有效措施以防止一切可能發生的爆炸事故與中毒事故。因之我們在使用煤氣方面的不幸意外是極少的。

關於在工業上使用氣體燃料方面，蘇聯科學和技術獲得了許多理論上和實際上的經驗，我們對於這些經驗的總結還是做得不夠的。

應當認為：把氣體燃料燃燒方面的理論資料和實際資料加以綜合並整理成系統，是非常必要的，這一方面是為了更完善更廣泛地運用工業上的成果，另一方面是為了鞏固蘇聯技術的成就與先進地位。

第一章 气体燃料的特性

1. 气体燃料的种类

在工業方面採用的气体燃料有：天然煤气，煉鉄煤气，煉焦煤气，發生爐煤气，由煤和頁岩煉製的煤气，以及地下煤層气化所得的煤气。

在我國工業上各种气体燃料所佔比重列於表 1 中 [参考文献 25]。

表 1

气体燃料的產量

煤 气 名 称	平均熱值 仟卡/標準公尺 ³	1950年產量, %
天然煤气.....	8500	32.5
煉鉄煤气.....	950	30.0
煉焦煤气.....	3900	20.5
發生爐煤气.....	1400	13.4
由煤和頁岩煉製的煤气.....	4200	3.6

任何一种气体燃料，均係幾种簡單气体的混合物，这些气体中之某幾种是具有燃燒能力的，而另外幾种僅僅是一些多餘的惰性成分。

屬於可燃气体的有氫、一氧化碳、甲烷、硫化氫和各种碳氫化合物 C_mH_n (飽和的：乙烷— C_2H_6 ，丙烷— C_3H_8 ，丁烷— C_4H_{10} ，戊烷— C_5H_{12} ，等等；不飽和的：乙烯— C_2H_4 ，丙烯— C_3H_6 ，丁烯— C_4H_8 ，等等)。

非可燃气体是二氧化碳与氮气。有時也包括氧气，但它並不是惰性成分，因为它在燃燒時是有用的，甚至可以稍微压低与空气同時帶入之氮氣量。

煤气中的氧只在它的含量比率有爆炸危險或者煤气經過高温

預熱的場合下才是有害的成分。在高溫預熱場合下，一部分氣體和燃料中的氧在預熱器中發生燃燒，因此降低了煤氣的熱值及其總的熱含量。

除了上述主要成分而外，在氣體燃料中還含有水蒸氣，有時含有懸浮水份和其他呈汽化狀、滴狀和固體狀態的物質，例如：各種焦油、苯、石蠟、石油、煤粉、礦物質微粒等等。

一般，供給用戶的氣體燃料是事先清除了這些雜質的，除了水蒸氣有時含量較多外，其餘的含量是極少的。

在氣體燃料中包含之物質和簡單氣體的主要物理化學性質，以及它們的含量範圍列入於表 2 及表 3 中。

表 2

氣體燃料之平均組成

燃料組成	在乾煤氣中的含量範圍，%			
	天然煤氣 (噴油井和 純煤氣井)	煉鐵煤氣 (空氣鼓風， 用焦炭和木 炭熔煉)	煉焦煤氣 (低溫煉焦 煤氣和由頁 岩製得之煤 氣)	發生爐煤氣 (空氣煤氣，水 煤氣，混合煤 氣)和地下煤 層氣化所得之 煤氣
氫.....	0	1.5—8.0	6.0—60.0	0.9—50.0
一氧化碳.....	0	27.0—36.0	5.0—16.5	5.0—38.5
甲烷.....	44.0—98.0	0—2.5	17.0—59.0	0—6.9
重碳酸化合物...	0—47.0	0	1.5—7.0	0—0.9
二氧化碳.....	0.1—11.0	3.5—13.0	0.7—60.0	1.6—17.5
氮.....	0—45.0	55.0—61.0	4.0—24.0	3.8—75.9
氧.....	0—2.0	0—0.4	0.5—1.2	0—0.2

所有的气体燃料通常根据其熱值分为三類：

1. 高熱值煤氣——熱值大於 3600 仟卡/標準公尺³者；
2. 中熱值煤氣——熱值自 1500 至 3600 仟卡/標準公尺³者；
3. 低熱值煤氣——熱值小於 1500 仟卡/標準公尺³者。

熱值小於 1500