

平爐氧氣煉鋼

О. И. 雅宗斯卡婭 著
М. Н. 斯達洛維奇

冶金工業出版社

平爐氧氣煉鋼

O. H. 雅宗斯卡婭 著
M. H. 斯達洛維奇

黑色冶金設計總院專家工作室 譯

冶金工業出版社

本書綜述了資本主義國家平爐氧氣煉鋼的實踐。

書中作者把近年來分散在資本主義國家的書刊雜誌的資料加以系統整理，使讀者對氧氣煉鋼的理論與實踐可獲得較為完整的理解。

本書可供平爐車間的工程師、技術人員、科學研究人員、工廠中心實驗室研究人員、設計人員和大學學生作參考。

本書系由黑色冶金設計總院專家工作室翻譯。

О.И.Япунская и М.Н.Старович

ПРИМЕНЕНИЕ КИСЛОРОДА В МАРТЕНОВСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Металлургиядат (Москва—1952)

黑色冶金設計總院專家工作室 譯

平爐氧氣煉鋼

編輯：劉應妙 設計：趙荃 校對：任少模

1958年9月第一版

1959年1月北京第二次印刷4,200 (累計7,200冊)

850×1168 • 1/32 • 120,000字 • 印張 4 $\frac{28}{32}$ • 定價 0.60 元

北京五三五廠印

新華書店發行

書號 0830

冶金工業出版社出版 (地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目 录

緒 言	5
第一章 氧气在平爐煉鋼中的应用	6
第二章 平爐爐膛內燃料富氧燃燒时的热力过程	11
燃料在氧气中的燃燒过程	11
廢气的成份及其高溫分解	16
廢气的含热量。爐膛的最高溫度和有效利用系数	22
爐膛內对流和輻射热交换	28
接触热交换	32
耐火材料的热力工作	33
第三章 氧气强化平爐热力工作的实践	35
氧气强化平爐热力工作的方法	35
强化燃燒用氧气噴咀的构造	36
富氧燃燒火焰的特征	41
送氧阶段	45
强化平爐热工工作用的氧气的純度	46
空气富氧度对各种燃料燃燒溫度的影响	47
各种燃料对平爐用氧效率的影响	48
强化平爐热力工作时的氧气单位消耗量	49
用氧气强化平爐热工制度对技术操作过程的影响	51
用氧气强化热力工作时的平爐寿命	53
用氧气强化热力工作时的平爐技术經濟指标	54
氧气强化平爐热力工作的优点	58
第四章 平爐熔池吹氧时的物理化学反应	61
直接氧化平爐鋼水时的化学反应	61
直接氧化时平爐熔池內反应的强化	63
各种因素对碳和其他元素的氧化速度的影响	65
直接氧化时鋼水的氧化度	70
直接氧化时放热反应对平爐熔池溫度制度的作用	75

第五章 直接氧化法强化平爐熔煉过程的实践	79
直接氧化法的操作	80
直接氧化时的脫碳速度	91
氧的純度对脫碳速度的影响	96
直接氧化时氧的单位消耗量	103
鋼水的加热和溫度調整	106
烟的形成和爐渣起沫及飞溅現象	107
第六章 直接氧化法强化平爐熔煉过程的实践 (續)	110
熔煉低碳鋼时的直接氧化法	110
使用大量鉄水时的直接氧化法	118
再煉含鉻爐料时的直接氧化法	121
采用直接氧化法时鋼的質量	129
第七章 采用氧气熔化的固体金屬爐料	131
第八章 平爐煉鋼中联合用氧法	136
第九章 采用氧气时平爐的寿命	140
第十章 采用氧气的优点	144
生产率的增长和燃料的節約	144
氧气的成本及其单位消耗量	147
結 論	151
参考文献	153

緒 言

使用氧气炼鋼是现代冶金基本問題之一。

平爐吹氧炼鋼方法实际上是苏联首先掌握的，从最初一些試驗起，便已为提高平爐生产率展开了广闊的远景。

苏联在吹氧炼鋼方面的經驗传到了外国，並於1946~1949年期间，在那些国家里获得了很大的发展。1946年下半年，美国和其他国家的技术杂志上开始刊登試用平爐吹氧炼鋼实际操作方面問題的报导。

但这些文章都沒有对吹氧炼鋼的情况提供全面而客观的概念，因为这些文章只反映了个别工厂試用吹氧炼鋼时不同阶段的情况。此外，大部分文章都是以美国慣用的报导方式撰写出来的。

但对于吹氧炼鋼实践的个别問題（如使用氧气的技术，以及用不同方法吹氧炼鋼所得的結果等），闡述得詳尽具体，已引起炼鋼工作者普遍的重视。

鑑于上述原因，並由于普通炼鋼工作者不易了解分散在各国杂志上的材料，作者認為自己有責任把外国的經驗介紹給苏联讀者。

作者曾研究了近几年来出版的有关吹氧炼鋼技术的文献，主要是1946~1951年間杂志上的論文。論文中的材料，按其主要問題，概要地加以系統化，並标明文献的来源，以便使讀者直接參看原文。

有关吹氧炼鋼的主要著作学术論文以原著名称列在文献目录之内，或已翻譯出版。

本書作者是技术科学副博士 O.И. 雅宗斯卡婭(1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 章)，技术科学副博士 M.Н. 斯达洛維奇(第二章)。

作 者

第一章 氧气在平爐煉鋼中的應用

五十多年以前，俄国学者 Л.И. 門捷列夫首先发表了应用富氧空气强化冶炼过程的意見。

1899 年，Л.И. 門捷列夫在自己的著作“化学原理”一書中曾談到：“一旦空气液化的方法被发现，就有可能从空气中取得廉价的富氧气体；因为在这种气体（指富氧空气——大百科全书編者注）中燃烧能得到有利于各种生产，特别是冶金生产的高温，因此在工厂中采用上述方法使空气富氧的一天必将到来”〔1〕。

但在革命前的俄国，这一預见未能实现。只在苏联成立以后，才有可能研究氧气在黑色冶金过程中的应用問題。

第一篇有关平爐煉鋼应用氧气的論文发表于 1926 年。論文的作者是 К.Г. 特魯賓，論文的題目是“平爐重油噴嘴中应用氧气来代替空气”〔2〕，这篇論文为应用氧气作为液体燃料雾化剂奠定了基础。

1932—1933 年間，苏联許多工厂利用富氧空气在容量不大的处于使用末期的平爐中进行了初步試炼〔3〕。

在平爐中还进行了通过噴嘴吹送富氧度达 25—30% 的空氣的技术操作試驗。这些試驗結果确定，爐子的生产能力提高了 12~17%，而且鋼的质量並未因含氧量的增高而降低〔4〕。

10 吨平爐的氧气消耗指标是：每爐鋼的氧气消耗量为 510~1010 立方公尺，平均为 656 立方公尺；氧在噴嘴內的压力为 5.25—6.50 大气压。氧气仅在装料期及熔化期中吹入；在精炼期中停止吹氧。

在平爐中应用氧气並無危险，使用过程中也沒有发现砌体受到破坏的现象。

1933 年，工程师 Н.И. 莫茲葛沃依在平爐煉鋼方面提出了新的氧气使用方法。这种方法就是把氧气直接吹入熔池来强化熔池

內的反应，並借熔池中所含的碳和“游离”氧之間的氧化放热反应来使爐溫提高。工程师莫茲葛沃依在他实际应用自己方法的建議中基本上正确地拟出了方法的特征、指标以及由于精炼期縮短而縮短了冶炼時間的远景。

同年，工程师莫茲葛沃依拟出了两个向熔池吹氧的方案，一个是將氧直接吹入熔渣下面的鋼水中，另一个是以高压氧气吹向鋼渣。工程师莫茲葛沃依对这些問題提出的见解比外国专家做出的結論要早十五年。

1936年进行了向熔池吹氧的試炼，获得了良好的結果。試炼結果确定，氧气单位消耗量較低和脱碳速度較高（达0.08% $\text{O}/\text{分}$ ）〔6〕。

伟大的卫国战争結束以后，在工业条件下使用氧气炼鋼的試炼工作是在具有高度技术装备的基础上組織的，这才有可能在短时期內在平爐中用氧气炼鋼。1948年，以И.П.巴尔金院士为首的一批工程师由于进行了氧气炼鋼的工作而获得了斯大林奖金。

在战前的资本主义国家里，平爐內使用氧气炼鋼的試驗工作一直沒有得到发展。

德国在1925年发表了申克关于在冶金过程中应用氧气的最初几篇理論性的文章〔7〕。

曾有过这样的簡短报导：1925年，赫什工厂曾在用焦爐煤气作为燃料的平爐中进行过几次試炼。試炼中把氧送入蓄热室中而使空气富氧。布留宁格哈烏斯〔8〕报导了这些試驗，並发表了自己的见解，認為应用富氧度在40%以下的空气时使用粉状燃料的效果可能較好。由于試驗效果不十分良好，以后便終止了。

布尔烈〔9〕在鼓形爐上的試驗在平爐上应用时实际上由于要以換热器代替蓄热室和改变平爐标准結構而受到了限制。

在战后，德国工业应用氧气的工作都集中在碱性轉爐和电爐上进行試炼，而沒有在平爐中試炼。

在英国，直到最近，根本就沒有研究过冶金业中应用氧气的問題。仅于1947年在苏黎世城中召开的鋼鉄研究所的代表大会

上才根据德国的实践资料初次讨论了英国工业应用氧气的問題。当时，反对应用氧气的主要意见是在现有价格下应用氧气无利可图 [10, 11]。

在英国，应用氧气的試驗工作基本上是在轉爐中进行的，而在高爐和电爐上則进行得有限。

在列恩的論文 [12] 中关于氧气在平爐炼鋼中的应用問題有过这样簡短的有关試驗的报导：1947年兰开夏鋼鐵公司所屬工厂的一座 45 吨平爐曾进行了应用氧气炼鋼的試驗。氧气是經噴嘴直接吹入熔池的。試驗結果証明，在保持爐子寿命的情况下可提高生产能力，並节约燃料达 25%。

在美国和加拿大，氧气在冶金工业中的应用到近几年来才有所发展。

在加拿大应用氧气强化燃烧的第一次冶炼試驗是在 1942 年在卡米利頓工厂的 67 吨平爐上进行的。

更大规模的試驗是在 1946 年中才开始的。必須指出，苏联应用氧气的經驗对帮助美国进行这个問題的研究，是有一定意义的。1946 年春訪問苏联的美国工程师伊尔温格、勳格繆尔 [13] 发表了文章，概述了苏联制氧工业技术的成就及其在冶金业中，尤其是在炼鋼方面应用上的成就。鋼鐵世紀杂志 1946 年美国冶金近况的編輯評述中談到了上述报导对美国工程师所引起的极深刻的印象 [14]。于 1947 年 7 月間在英国冶金工作者代表大会上，英人艾葛斯发言中談到，使美国人变成氧气炼鋼的狂热者主要是由于勳格繆尔訪問俄国以后发表的論文所引起的。他的报导激起控制美国冶金工业的財团在他們的平爐中进行应用氧气的試驗 [11]。

在苏联的試驗工作报导之后，在加拿大的卡米利頓厂和美国亚利亨-納得兰姆鋼鐵公司的工厂中开始了試炼。直到 1946 年 10 月間在派布罗城召开的平爐炼鋼工作者代表大会上才作了第一次試驗的結果报告。

于 1947 年和以后的几年里，平爐上应用氧气的試驗工作在

美国和加拿大的工厂中才得到了进一步的发展。

共和钢铁公司，卡乃其-伊利诺益钢铁公司，伯利恆钢铁公司以及其它的大钢铁公司都在所属工厂内进行了大规模的试验工作。制造与供应试验用氧气的一些公司直接参加了这项试验工作，有的则直接组织了这一试验工作，例如，空气液化产品公司于1947年在三个冶金工厂中组织了试验，由此，使自己的产品获得了销路。

同年內，大多数冶金工厂都开始装设生产比工业纯氧含氧量较低的气体氧的装置以便得到廉价的氧气。每昼夜生产2000吨氧气的工厂〔18〕，是现代冶金工厂中不可缺少的一部分的这个意见已被确定了。

在1948—1949年間，許多工厂已从试验阶段进入工业生产中应用氧气的阶段。于1947年年底凯斯塔温所炼的平爐鋼中有70%是应用氧气炼成的〔16〕，1949年初，斯傑賓維爾厂中有90%的鋼是在平爐內应用氧气使鋼水脫碳所炼制的〔17〕。

在掌握初阶段平爐試驗中应用氧气的技术之后，于1948—1949年进行了更专门性的研究。例如，在伯利恆钢铁公司工厂内进行了应用氧气炼鋼时各种不同结构喷嘴的试验，在何恩斯特工厂中进行了氧气纯度影响的试验，即吹入熔池内气体中含氧量的影响的试验以及其他试验。

尽管在美国或其他国家利用氧气在平爐炼鋼方面有了一定的发展，然而从整个来看，必須指出它們的极端經驗主义和狹隘的实践主义。他們連起碼的論証試驗方面的理論性工作都沒有做，而且对于試驗結果或多或少还缺少深刻的綜合和理論性的分析。每个工厂都常常「从头」試驗，重复着別的試驗者所犯的錯誤。譬如，应用氧气强化燃烧开始是把氧送入蓄热室內，而不經喷嘴吹入；試驗时，供氧制度最合适的参数都是“偶然”确定的，並沒有初步的理論計算根据。

由于这种試驗情况，所得的某些試驗結果，是不一致的，是矛盾的，因而对那些所发表的带有吹噓性的材料，要求我們抱着

批判的态度来接受。

技术杂志上所发表的有关美国在平爐上应用氧气的实践的論文是相当多的。然而其中大部分为学术性論文，而真正主要工作的論文是有限的。在本書后面列举有关問題的参考文献，而这里仅仅列举一些主要的論文。

有关氧气强化燃料燃烧的問題有以下几篇論文：馬尔士的「平爐富氧操作」〔18〕，特林克的「不列顛鋼鐵工业发展的可能性」〔10〕，布罗烏艾勒和拉尔遜的「热力因素在平爐生产力上的意义」〔19〕。

关于应用氧气强化平爐冶炼过程問題的几篇主要論文有：赫尤芝的「直接氧化法」〔20〕；諾克斯的「論氧气在炼鋼上的应用」〔21〕；諾利斯和赫尤芝的「对碱性平爐內直接氧化法的几点实际意见」〔22, 23〕；齐姆密勒曼的「氧气在炼鋼中的应用」〔24〕；馬克·陀納利德的「平爐上氧气的应用」〔25〕；斯洛脫門和洛斯別里的「脫碳中氧的应用」和荷尔納克的「平爐加速脫碳法」〔27〕及一些其它論文。

近来，关于炼鋼生产中氧气应用的文献已大大地减少。在1947—1948年中美国的許多杂志上都刊登了不少有关应用氧气的試驗的文章，在历次冶金工作者會議和代表大会上也經常提出这些問題的報告，而从1949年下半年起在各种杂志上有关这一方面的論文几乎完全絕跡了，而且在1949年和1950年举行的在美国冶金工作者代表大会上各个主要問題的詳細報告也为冶金工作者协会和个别工厂所作的在平爐上应用氧气的实际操作的簡短报导所代替〔28, 29〕。

虽然，所发表的材料和数据是零星片断的，其說明材料也不具有应有的科学水平，但其中某些地方还是具有一定的实践意义，因而促使我們把本書出版。

第二章 平爐爐膛內燃料富氧燃

燒時的热力過程

氧氣為高溫技術操作過程中降低燃料消耗量和提高生產能力的最有效的物質，所以在工業爐中 應用氧氣 有很大的 益處。因此，在冶金工業中的熱工學者面前擺着一項任務就是對在富氧氣體介質中發生的燃燒過程與熱交換進行理論性的和試驗性的研究，以便確定在冶金爐高溫作業過程中 應用氧氣的 最有利的 方法。

本章參考了已發表的文獻〔30〕敘述了用富氧空氣的平爐熱力過程的特點。

燃料在氧氣中的燃燒過程

廢氣量的減少和廢氣含熱量的增加，是在燃燒過程中以氧氣代替空氣的最明顯的結果。

在圖 1 和圖 2 中列有各種燃料在純氧和空氣中（在空氣過剩系數 $\alpha=1$ 時）燃燒時，產生的廢氣含熱量的變化曲線。

碳、氫、以及烴在空氣中燃燒時，能放出的廢氣熱量均等於 889 仟卡/立方公尺。在應用純氧時， 氫燃燒所放出的熱量 為 2667 仟卡/立方公尺，可是由碳的燃燒所放出的熱量却等於 4445 仟卡/立方公尺，這是各種燃料燃燒所得廢氣含熱量的最高值。

以純氧燃燒時，廢氣體積與氧氣體積之比是富氧燃燒高溫作業過程中最重要的變數之一（圖 3, 4, 5, 6）。

廢氣體積與氧氣體積之比，對於不同的燃料來講，是有些差別的；如圖 3 所示，對碳來說這一比值等於 1，而對於發熱量低

的气体燃料就只有0.2。因此，高碳燃料在爐內燃烧时，每¹立方公尺的氧气所产生的废气为1立方公尺。要是燃烧发生爐煤气，所产生的废气就不少于4~6立方公尺。在作各种燃料富氧

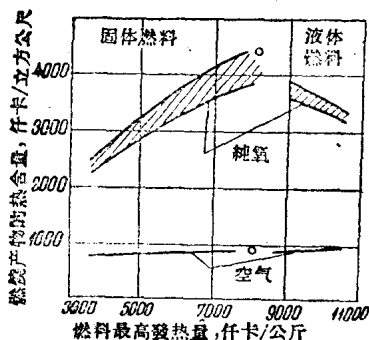


图 1 液体和固体燃料在空气及純氧中燃烧时所产生的废气含热量的变化

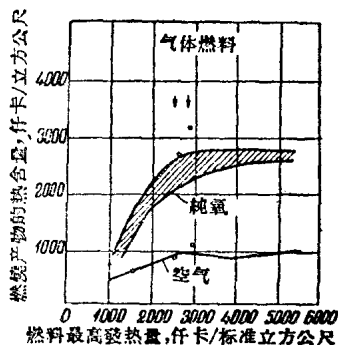


图 2 气体燃料在空气和純氧中燃烧时所产生的废气热量的变化

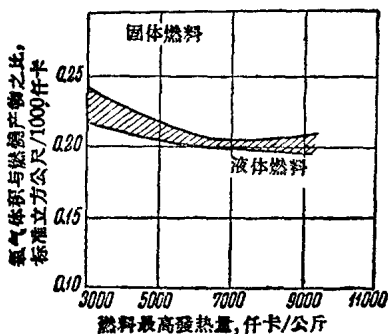


图 3 固体与液体燃料在純氧中燃烧时氧与废气体积之比

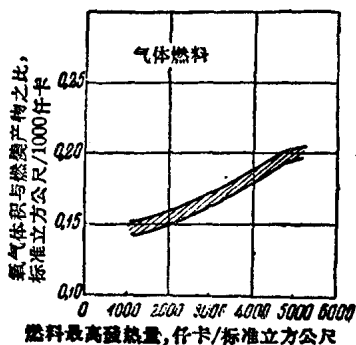


图 4 气体燃料在純氧中燃烧时废气体积与氧气体积之比

燃烧的经济比較时，应该考虑到这种情况。从表 1 可知，各种高发热量的固体和液体燃料，每含 1000 仟卡的发热量所需氧气量約为 0.2 立方公尺。因此，燃烧过程中氧的需要量和废气的含热量是按不同规律而变化的。

这些实例都说明了现存的观点，即认为氧气中的燃烧就是空气中燃烧，这只是温度更[高一些]是错误的。这一观念应该加以修正，因为燃料在氧气中燃烧与在空气中燃烧不仅有温度的区别，而且在物理化学性质方面也各有所不同。

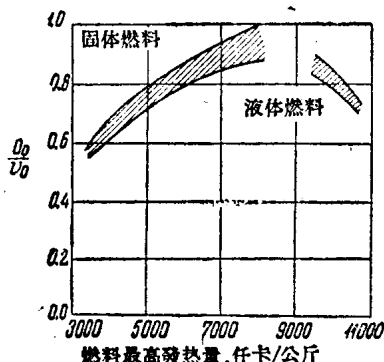


图 5 固体和液体燃料（在最高发热量时）燃烧时的废气每放出 1000 仟卡热量所消耗的氧气量

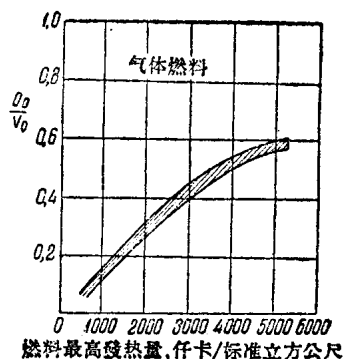


图 6 气体燃料（在最高发热量时）燃烧时的废气每放出 1000 仟卡热量所消耗的氧气量

表 1

各种燃料在纯氧中燃烧时所放出的热量与氧气消耗量之关系

燃 料	燃料内每含 1000 仟卡发热量所消耗的氧气量，标准立方公尺	用 1 立方公尺氧气燃烧燃料时所放出的热量，仟卡
碳—C	0.230	4340
一氧化碳—CO	0.164	6090
氢—H ₂	0.195	5120
苯—C ₆ H ₆	0.224	4470
褐煤	0.238	4200
无烟煤	0.227	4400
焦炭	0.228	4390
重油	0.231	4340
煤炭发生炉煤气	0.184	5450
焦炭发生炉煤气	0.174	5760

目前，由于缺乏实际操作中所产生的废气体积与燃料发热量之间的关系的数据，就必须利用一些基于燃料元素分析的化学计算资料。在表 2 中列出了在冶金工业中所常用的固体、液体和气体燃料相应的计算资料。

燃料在富氧空气中燃烧的热力数据可利用上表所列之关系或根据下列公式再按表 3 便可很容易地确定：

$$V_W = V_o + \left(\frac{1}{W} - 1 \right) O_o,$$

$$\frac{V_W}{V_o} = 1 + \frac{O_o}{V_o} \left(\frac{1}{W} - 1 \right)$$

及

$$I_W = I_o \frac{V_o}{V_W} = \frac{H_u}{V_W},$$

式中 O_o ——完全燃烧时氧气的理论消耗量；

V_o ——在纯氧中燃烧时废气的体积；

I_o ——在纯氧中燃烧时废气的含热量；

W ——富氧空气中氧的体积百分数（对空气来说 $W = 0.21$ ）；

V_W ——在理论需要量的富氧空气中燃烧所得废气的体积；

I_W ——在富氧空气中完全燃烧时废气的含热量；

H_u ——燃料发热量，仟卡/公斤；

$\frac{O_o}{V_o}$ 和 $\frac{V_W}{V_o}$ 之数值列于表 3 内。

必须指出，所列出的全部数据都是属于用氧气理论消耗量燃烧的即属于完全燃烧时所需的最低氧气消耗量。在技术操作过程中，由于燃烧成分在空气中燃烧时混合不够完善，因而，大家都知道，为了保证燃料的完全燃烧，常需要一部分过剩的空气。

从经济观点来看，任何一个需要大量富氧空气的热力过程也同样要求精确地控制燃烧，以避免氧气和燃料的损失。现代控制测量仪器就能保证对氧气与燃料的正确比例进行必要而精确的热力控制，精确度达士 5 %。

表 2

燃料在纯氧中完全燃烧

燃 料 种 类	符 号	木 材	褐 煤	烟 煤	无 烟 煤	焦 炭	甲 醇	发 动 机 柴 油	柴 油	重 油	高 压 煤 气
水分%.....		15	15	5	1	—	—	—	—	—	—
灰分%.....		—	4.3	4.8	3.0	6.9	—	—	—	—	—
最低发热量 仵卡/公斤.....	Q_p^0	3421	4870	7170	8100	7280	4762	9630	10310	9880	872
完全燃烧时的氧气消耗量， 标准 立方公尺/公斤※.....	O_0	0.825	1.16	1.63	1.84	1.66	1.05	2.16	2.33	2.23	0.145
带水分的废气体积，标准 立方公尺/公斤.....	V_0	1.55	1.70	2.06	2.03	1.75	2.09	2.60	3.04	2.94	1.00
废气成份%.....	CO_2	51.2	61.9	66.9	83.0	92	33.5	65.8	53.1	55.1	38
	H_2O	48.6	37.3	32.2	16.4	7.2	66.5	34.2	46.9	44.6	2.0
	N_2	0.2	0.8	0.9	0.6	0.8	—	—	—	—	—
废气最高含热量， 仵卡/标准立方公尺.....	I_0	2230	2853	3470	3930	4139	2280	3650	3390	3370	872
废气平均含热量， 仵卡/立方公尺°C.....											
于 1000°C 时.....		0.471	0.484	0.489	0.599	0.515	0.450	0.489	0.473	0.577	0.410
于 1500°C 时.....		0.500	0.513	0.513	0.539	0.549	0.479	0.518	0.503	0.506	0.430

※ 高压煤气 Q_p^0 的单位为仵卡/标准立方公尺； O_0 为标准立方公尺/标准立方公尺； V_0 为标准立方公尺/标准立方公尺

表 3

废气（固体与液体燃料）体积之比

	木材	褐煤	烟煤	无烟煤	焦炭	甲醇	发动机用苯	柴油	重油
$\frac{Q_0}{V_0}$	0.531	0.676	0.790	0.905	0.943	0.502	0.831	0.765	0.777
$\frac{V_{12}}{P_0}$ 在 $W=21\%$ 时	3.00	3.54	3.97	4.40	4.54	2.89	4.13	3.88	3.92
$W=25\%$ 时	2.59	3.02	3.37	3.72	3.83	2.51	3.50	3.30	3.33
$W=30\%$ "	2.54	2.58	2.84	3.11	3.20	2.17	2.94	2.78	2.81
$W=40\%$ "	1.80	2.00	2.19	2.36	2.41	1.755	2.25	2.15	2.17
$W=60\%$ "	1.35	1.45	1.53	1.60	1.63	1.335	1.555	1.51	1.515
$W=80\%$ "	1.13	1.165	1.195	1.225	1.235	1.125	1.21	1.19	1.195
$W=98\%$ "	1.01	1.015	1.015	1.02	1.02	1.01	1.015	1.015	1.015

废气的成份及其高温分解

要明了化学反应的机构，就必须知道反应产物的成份。燃料在空气中燃烧时，其火焰温度不超过 2000°C ，因此，有可能用

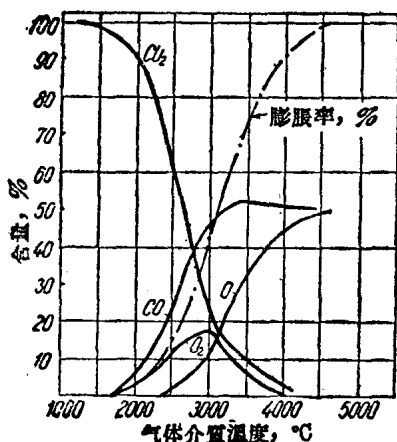


图 7 CO_2 的分解

计算的方法确定废气的大致成份，因为废气在此种温度下分解的较少。然而，在氧气中燃烧时情况就完全不一样了，因为在极高的温度下，分解现象非常明显，并且由于缺乏这一方面的知识，就不可能确定富氧火焰的真正本性。确定高温下气体成份的困难曾多年来阻碍着高温热力过程的掌握。当燃烧温度超过 2000°C 时，

废气的热力平衡条件仅能从求解一系列的方程式来求得。但因为这些燃烧反应还没有一个精确的数学计算式，因此便不得不用试