

10670

中等专业学校教学用书

炼钢学

上册

A.M. 波雅尔科夫 著

陈 略 张焕光 译

冶金工业出版社

中等專業學校教學用書

煉 鋼 學

上 冊

A.M. 波雅爾科夫 著

陳 略 張煥光 譯

冶金工業出版社

本書系根据苏联冶金出版社出版的 A.M. 波雅尔科夫著《煉鋼学》1955 年版譯出。原書經苏联黑色冶金部教育司审定为中等專業学校用教科書，也可供煉鋼厂工程技術人員参考之用。

本書中文譯本分上、下冊出版。上冊內容包括煉鋼的物理化学基础、熟鉄与海綿鉄的生产和轉爐煉鋼。下冊內容包括平爐煉鋼、鋼与鉄合金的电冶煉。

A.M. Поляков

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ

Металлургиздат (Харьков—1955)

煉鋼学 (上冊)

陈略 張煥光 譯

1956 年 4 月第一版 1958 年 9 月北京第三次印刷 15,000 册 (累計 22,040 册)

850×1168. 1/32. 136,000 字 • 印張 $5\frac{8}{32}$ • 插頁 5 • 定价 (10) 0.90 元

化学工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0445

冶金工業出版社出版 (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 003 号

目 錄

概論.....	6
---------	---

第 一 篇

煉鋼的物理化学基礎

第一章 現代煉鋼过程的一般特性及其主要物理化学規律.....	13
--------------------------------	----

1. 煉鋼过程的特點及其研究方法.....	13
2. 物理化学的基本概念.....	14
3. 內能.....	16
4. 熱效应.....	16
5. 自由能与化合能.....	17
6. 分配定律.....	18
7. 化学反应速度.....	18
8. 化学平衡.....	19
9. 溫度对平衡常數的影响和常數的計算方法.....	24
10. 氧化物及其他化合物的分解压力.....	29

第二章 爐渣理論基礎.....	34
-----------------	----

1. 爐渣在工藝过程中的作用，爐渣的化学成分.....	34
2. 爐渣的碱度.....	35
3. 造渣組元的熔度圖.....	36
4. 爐渣中的化合物及其分解.....	41
5. 爐渣的物理性質.....	42
6. 爐渣的粘度和成分的檢查.....	43

第三章 金屬、爐渣和气相的互相作用.....	45
------------------------	----

1. 金屬与爐渣之間的氧气分布.....	45
2. 氧从气相經爐渣轉入液体金屬時的傳遞機構.....	47
3. 研究反应時平衡定律的应用.....	49
4. 矽的氧化和还原.....	50

5. 錳的氧化与还原.....	53
6. 鋁的氧化.....	56
7. 碳的氧化.....	57
8. 磷的氧化与还原.....	62
9. 金屬的脫硫.....	64
10. 鋼中的气体.....	68
11. 鋼中的非金屬夾雜物.....	72

第 二 篇

熟鐵与海綿鐵的生產

第四章 由礦石直接煉鐵.....	75
1. 生吹法.....	75
2. 海綿鐵的現代冶煉方法.....	77
第五章 从生鐵冶煉熟鐵.....	79
1. 精煉法.....	79
2. 攪拌法.....	81
3. 熟鐵的性質及其應用範圍.....	84
4. 熟鐵的現代冶煉法.....	85

第 三 篇

轉 爐 煉 鋼

第六章 貝塞麥法.....	87
1. 貝塞麥煉鋼的原料.....	90
2. 混鉄爐，混鉄爐的用途和構造.....	91
3. 貝塞麥煉鋼的各个時期和反应.....	95
4. 貝塞麥煉鋼法的種類.....	100
5. 貝塞麥煉鋼过程的檢查法.....	110
6. 操作过程的反常現象和改正的方法.....	111
7. 金屬的脫氧和增碳.....	114

8. 貝塞麥轉爐的構造和寿命	119
9. 貝塞麥鋼的澆注	126
10. 貝塞麥鋼的性質和用途	127
11. 苏联貝塞麥煉鋼的現狀及其發展前途	128
12. 小型貝塞麥煉鋼法	130
13. 貝塞麥煉鋼过程的物料平衡和熱平衡	133
第七章 托馬斯法	139
1. 托馬斯法的實質	139
2. 托馬斯煉鋼的原料	139
3. 托馬斯煉鋼过程的進行	141
4. 各吹煉期	143
5. 托馬斯爐渣的成分及其應用範圍	145
6. 磷和硫在吹煉時的行為	147
7. 托馬斯煉鋼过程的反常現象及其消除法	148
8. 刻赤生鐵在托馬斯轉爐中吹煉的特點	149
9. 托馬斯鋼的脫氧特點	150
10. 托馬斯轉爐的構造和寿命	151
11. 托馬斯鋼的性質和苏联托馬斯煉鋼的远景	153
第八章 轉爐車間的裝备和布置	155
1. 現代貝塞麥車間的布置和物料運輸	155
2. 混鉄爐工段	157
3. 配料場	158
4. 轉爐工段	158
5. 鑄錠工段	161
6. 爐底準備工段和鑄鋼桶修理工段	162
7. 列車準備工段	162
8. 托馬斯轉爐車間的布置特點	163
9. 轉爐車間工作的主要技術經濟指标	164

概 論

鋼的生產對於國民經濟各部門都有巨大的意義。鐵路運輸、公路運輸、工廠與住宅的建築、工業與農業機械的製造，水電站的建設，這一切如果沒有鋼和鐵，都是不可想像的。

鋪設 1 公里新鐵路綫所需的鐵軌、魚尾板、墊板、螺釘和道釘，要消耗 100 噸以上的金屬。此外，使幾十萬公里現有鐵路綫和車輛保持着完好狀態也需要鋼鐵。金屬，首先是鋼，在國防事業上起着非常重要的作用。

鋼有下列特殊性質：强度高，塑性好，性質依成分與熱處理方法之不同能够在很大的範圍內變動，比較容易獲得必要形狀的製件，並能在使用期間長期保持製件的形狀。

鋼的分類

鋼是一種鐵碳合金，它含有萬分之幾到 1.7% 的碳，並含有錳、矽^①、磷、硫。在某些鋼中除了上述元素外還含有鉻、鎳、鉬、鎢、鈳和其他元素。鋼的物理性質能依它的化學成分、冶煉與處理方法之不同而有很大改變。

鋼可以按冶煉方法、用途、化學成分、質量和脫氧程度來分類。鋼按冶煉方法可分為坩堝鋼、貝塞麥鋼、托馬斯鋼、酸性平爐鋼、碱性平爐鋼和電爐鋼。

按用途可分為：

結構鋼——用來製造建築物的金屬結構、橋梁、車輛和各種機器。這種鋼主要是在碱性平爐中煉出的碳素鋼。有時為了上述目的也採用合金鋼，多半是低合金鋼。

鍋爐鋼與火箱鋼——前者用來製造蒸汽鍋爐，後者用來製造火箱。通常這種鋼都是在碱性平爐中煉出的碳素鋼。

鋼軌鋼——用來製造鐵路用的鋼軌。這種鋼是中碳貝塞麥鋼或平爐鋼。

① 在沸騰鋼中祇含有微量的矽。

輪箍鋼和車輪鋼——用來製造鐵路車輛的輪箍和車輪。

工具鋼——用來製造手動工具或機器工具。根據工具的不同，無論就化學成分或製造方法而論，工具鋼都可分為很多種。

易切削鋼——用來在自動機床上進行加工製成螺釘和螺旋等。這種鋼既可在貝塞麥轉爐中冶煉，也可在平爐中冶煉。

除上述各種鋼外，還有彈簧鋼、鋼管鋼、電工鋼等，這些鋼由它的名稱就可知道它的用途。

按照化學成分之不同，可分為：

低雜質鋼（或稱工業純鐵）——鋼中各種元素的總含量僅約佔0.1%。

碳素鋼——鋼中的碳決定其機械性質。這類鋼又可分為下列幾種：

（a）軟鋼，含碳量在0.1%以下。

（б）低碳鋼，含碳量約在0.3%以下。

（в）中碳鋼，含碳量由0.3到0.83%。

上述三種鋼都屬於亞共析鋼類。

（г）高碳鋼或過共析鋼，含碳量超過0.83%。

低合金（碳素）鋼——鋼中附加有少量的一種或幾種元素以改善其性質，但是它的特性沒有顯著的變化。

合金鋼——鋼中除碳外還有一種或幾種元素，這些元素的含量能大大地改變鋼的性質（與碳素鋼比較）。

鋼也可按其質量來分類。與普通牌號鋼相區分的，有各種高質量鋼（優質鋼）。含磷、碳和硫低以及機械性能好的碳素鋼就是一種優質鋼。

依顯微組織之不同，也可分為珠光體鋼、馬氏體鋼、奧氏體鋼或鐵素體鋼。

依脫氧程度之不同，有沸騰鋼、鎮靜鋼和半鎮靜鋼。

在表1中列舉了各種現代煉鋼法。

表 1

煉 鋼 法	煉 鋼 法 名 稱
(a) 液体状态 (鑄鋼)	
1. 在酸性和碱性轉爐中吹煉液体生鐵	貝塞麥法——酸性爐襯： (a) 大型貝塞麥煉鋼法 (b) 小型貝塞麥煉鋼法
2. 在酸性和碱性反射爐中熔煉	托馬斯法——碱性爐襯： 平爐法： (a) 碱性平爐法——碱性爐底 (b) 酸性平爐法——酸性爐底
3. 依次在兩個平爐中進行熔煉	二重平爐法：碱性与酸性平爐
4. 先在貝塞麥或托馬斯轉爐中吹煉，然後在碱性平爐中精煉	双联法： (a) 貝塞麥——平爐法 (b) 托馬斯——平爐法
5. 在電爐中熔煉	電爐冶煉
6. 先在轉爐或平爐中熔煉，然後將熔煉產品置電爐中冶煉	双联法： (a) 轉爐——電爐 (b) 平爐——電爐
麵团状态 (熟鐵)	
在貝塞麥轉爐中吹煉液体生鐵並將煉好的金屬連同鐵渣一起注入盛鐵桶中	愛斯頓法
固体状态 (海綿鐵)	
在低溫之下把礦石中的鐵还原出來，而使鐵不至於熔化和大量增碳	低碳海綿鐵冶煉法

革命前俄國黑色金屬的生產

根据在俄國疆域內考古發掘的結果，可以推測到我國鐵的生產已經有 1000 年以上的歷史了。古代俄罗斯所生產的鐵 虽然不多，但是製鉄業的技術水平，就當時來說是很高的。古代的俄國

冶金家，在鋼鐵的多層焊接以及製件的熱處理方面都採取了複雜的操作過程。

十七世紀以前，鐵還是用手工業方法在自然通風的簡陋生吹爐中冶煉的，後來則在人工通風的土高爐中熔煉。

俄國第一批製鐵廠是由俄國的技師於 1632 年在土拉附近的土里采河邊建造起來的。在 1674 年，俄國所有製鐵廠一年的總產量共計約 2500 噸。

烏拉爾鐵礦區的開發對於俄國製鐵業的發展有巨大的影響。按照彼得一世的詔令，1701 年在烏拉爾建立了涅維揚斯克和卡明斯克兩個官家工廠。在 1734 年，該處共計已有 30 個投入生產的工廠，到 1737 年，投入生產的已超過 40 個工廠，並且當時有 36 個工廠正在修建或在進行設計。

隨着烏拉爾冶金業的發展，十八世紀俄國黑色金屬的生產已提高到這樣的程度，即既能供應國內日益增長的需要，還有大量的鋼鐵運往國外，其中包括英國。到十八世紀下半世紀，在黑色金屬的生產方面，俄國已佔世界第一位。

俄國鋼鐵生產的資料見表 2。

表 2

年 度	生 鐵, 噸	鋼, 噸	年 度	生 鐵, 噸	鋼, 噸
1793	134400	89760	1880	438400	585600
1830	178720	108800	1890	905600	792000
1840	181280	110880	1900	2855500	2643200
1850	222240	161600	1910	2974400	3281200
1860	328000	206400	1913	4216000	4246000
1870	350400	251200			

由表 2 的資料可以看出，在十九世紀的 1870 年以前黑色金屬生產的發展速度還是很低的，從 1830 至 1870 年這 40 年間鋼產量的增加平均每年不超過 3%。

從 1870 至 1900 年這 30 年間，鋼產量增加到了 10 倍以上。

十九世紀末葉，鋼產量之所以如此迅速增長，除了政治經濟方面的原因以外，還由於在技術上武裝了各冶金工廠，掌握了新的高生產效率的鑄鋼冶煉方法（貝塞麥法與平爐法）以及南方冶金業的蓬勃發展。

蘇林工廠（1870年）和尤佐夫卡工廠即現在的斯大林諾工廠（1871年）就是第一批南方冶金工廠中的兩個工廠。

發現克里沃羅格鐵礦區之後，又建立了耶納基也沃工廠（1895年），馬克耶夫卡工廠（1897年）和刻赤工廠（1898年）等等工廠。

與冶金工業發展的同時，鋼鐵冶煉的技術操作過程也逐漸改進。

俄國科學家在發展煉鋼方面的作用

附有“論礦山空氣的自由運動”和“論地層”這兩篇有獨創性的附錄的著作“冶金與採礦原理”（1763年）是俄國在冶金方面的第一個著作，這一作品的作者就是偉大的俄國科學家米哈伊爾·華西里也維奇·羅蒙諾索夫。

M.B. 羅蒙諾索夫發現了物質不滅定律與能量不滅定律，研究出了反射爐內氣體與空氣的運動理論。現代的冶金學是以物質不滅定律及能量不滅定律為基礎的，而且直到現在，他的關於爐內氣體運動的主要原理仍是不可動搖的。

十九世紀初葉的卓越冶金家，採礦工程師巴維爾·彼得羅維奇·安諾索夫（1799—1851年）是高級優質鑄鋼的生產原理的奠基者。

П.П. 安諾索夫最先應用顯微鏡來研究鋼的組織。他在研究製煉俄國達馬斯鋼的過程中，在改善金屬的加工方法方面獲得了巨大的成就，並且創造了高級優質碳素鋼和合金鋼的理論基礎與實際原理。

俄國冶金學家A.C. 拉甫羅夫和H.B. 卡拉庫茨基所進行的工作，對於深入研究鋼錠結構以及擬訂合理的冶煉制度和澆注制

度等方面都有巨大的意义。他們在 1866 年所發表的著作中，深入分析了獲得合格鑄件的主要条件，並且首先發現了鋼的偏析現象，發現了發生縮孔、气孔以及鋼鑄件中的內應力的機構。Л. К. 契尔諾夫証明，無論是在俄國或外國的文獻中都沒有任何与这些相似的著作。

金屬學的奠基人 Л. К. 契尔諾夫在他論述合金中的轉變，合金的結晶、結構和性質的著作中繼承並發展了鋼錠的科學。

Л. К. 契尔諾夫在他享有世界聲譽的“對於鋼鑄錠的研究”（1878 年）這一著作中確定了矽對冶煉無气泡鋼鑄件的影响，並擬定了進一步改進鋼錠質量的方法。

俄國第一批平爐是在 1866—1867 年由 С. И. 馬里采夫在依凡諾—舍尔基也夫斯基工廠建立起來的，1870 年，採礦工程師 А. А. 伊茲諾斯科夫在 Н. Н. 庫茲涅佐夫的幫助之下在索尔莫沃工廠也建立了平爐。

科學院院士 А. А. 巴依科夫和 В. Е. 格魯姆——格尔日邁洛教授是煉鋼理論的奠基者。在他們以前的世界文獻中有關鋼冶金方面的著作僅限於敘述構造和操作過程，對於各種現象沒有應有的解釋。格魯姆——格尔日邁洛教授詳細地研究了以物理化學定律為基礎的煉鋼過程的理論。В. Е. 格魯姆——格尔日邁洛和 М. А. 巴甫洛夫院士首先作出計算方法以解釋冶金過程，並在實際中應用計算方法以調整冶金過程。

早在本世紀之初，В. Е. 格魯姆——格尔日邁洛就已研究了對爐子科學理論發展有巨大影响的新穎的流體力學理論。

從 М. М. 卡尔納烏霍夫教授創作鋼冶金方面的著作起，煉鋼過程理論獲得了迅速的發展，在這一著作中，各種元素在煉鋼過程中的氧化還原過程是根據他所作出的氧化物分解壓力理論來研究的。

平爐爐膛的熱工理論計算原理首先是由俄國工程師 Н. Е. 斯卡利多夫研究出來的。在 40 多年以前，他便說出了有關平爐熱能力作用的主要原則，這些原則一直到現在還是正確的。

平爐熟工學在我國發展的廣泛程度，是任何國家過去和現在都沒有過的。蘇聯科學家 М. А. 格林科夫，В. А. 莫札洛夫，И. Л. 謝米金，И. Г. 卡贊采夫，Б. И. 基塔也夫，В. Н. 基莫菲也夫等人的專門著作都闡論這個問題。

А. С. 扎琴斯基工程師在馬里烏波利工廠（即現在的日丹諾夫工廠）創造了利用合成爐渣的完全新的脫氧法和脫磷法。

煉鋼過程中主要反應即脫碳反應的現代理論，大部分是由蘇聯冶金家所創造的（А. М. 薩馬林、С. Л. 列文、И. А. 安得列夫等人的著作）。

酸性平爐煉鋼的特殊方法，即所謂矽還原法，是蘇聯科學家 В. И. 蒂日諾夫研究出來的。

俄國冶金學家在利用氧氣來加強平爐中燃料燃燒方面的工作也有巨大的意義。採用氧氣作為噴霧燃燒器中重油的霧化劑的理想是 К. Г. 特魯賓教授提出來的，而實際已證明這個理想是正確的。К. Г. 特魯賓教授在確定平爐參數方面以及在研究氣體在鋼中的行為和研究鋼錠質量等方面的工作對於冶金界是很熟悉的。

鋼錠中缺陷分布的規律性問題以及鋼錠模中注鋼的速度對這些規律性的影響問題，В. И. 拉彼茨基教授曾作了最詳細的研究。

上面只簡短地敘述了那些公認俄國科學家在其中起了主導作用的問題，但遠不是這些問題的全部。

蘇聯先進科學的力量就在於廣大的科學工作者、工程師和革新者集體來促進科學的發展。

科學家和實際生產者的創造性合作是我國煉鋼工業發展中不斷獲得成功的保證。

第一篇*

煉鋼的物理化学基礎

第一章

現代煉鋼过程的一般特性及其 主要物理化学規律

1. 煉鋼過程的特點及其研究方法

煉鋼过程就是利用礦石和爐气中的氧以氧化爐料的金屬部分所含的某些元素 (C, Si, Mn, P 等)，因此，原來的金屬爐料便漸漸轉變成鋼。与此同時，在煉鋼过程中，特別是在熔煉的最後階段，常常發生某些元素的还原反应。例如，酸性煉鋼过程（平爐或電爐煉鋼），在其最後熔煉期中，矽就大量还原。

在碱性煉鋼过程中，除了氧化爐料中的某些元素之外，還同時進行鋼的脫硫。

在熔煉進程中，爐料中金屬部分所含的某些元素氧化成了气态、液态和固态的各种氧化物，这些氧化物就以气泡 (CO , CO_2) 或非金屬夾雜物 (SiO_2 , MnO 等) 的形式从液态金屬中析出來。非金屬夾雜物与爐襯及熔剂附加料起反应時便生成氧化物熔体，即所謂爐渣。

如果沒有爐渣存在，就可能直接在爐气与金屬的分界面上進

*本書的第一篇由副教授、技术科学副博士 B. H. 巴彼季茲曼斯基編寫，第五篇由工程師 B. H. 烏瓦羅夫編寫。

編寫本書時，廣泛地引用了冶金方面的最新文獻，特別是引用了 K. I. 特魯茨和 Г. H. 奧克斯所著的“冶金学”以及 Ф. П. 耶得基拉爾所著的“電冶金学”等教科書。

行氧化反应。爐渣生成以後，金屬与爐气之間的直接反应發生困难，並且爐气中的氧主要通过爐渣傳入金屬中去。

在爐渣与金屬的分界面上也發生脫硫反应以及許多其他的氧化熔煉反应。

因此，煉鋼过程乃是各种物理現象以及在液态金屬、液态爐渣中，在爐渣与金屬的分界面上，在爐渣、金屬与煉鋼爐气之間所發生的各种氧化与还原化学反应的複雜的總合。

在冶金过程的研究中，廣泛地应用了熱力学方法，这个方法是以計算在化学反应時及在其他現象下的平衡常數及自由能变化为基础的。著名的俄國冶金学家 A.A. 巴依科夫，M.M. 卡尔納烏霍夫和 B.E. 格魯姆—格爾日邁洛研究了这个方法對於煉鋼过程的適應性並首先科学地应用了这个方法。

研究冶金反应的熱力学方法能够確定進行某一反应的可能性，能够說明在一定情况下的反应方向，最後並能確定被研究的反应的状态。

2. 物理化學的基本概念

系 發生某种轉变的一群物質叫做系。例如平爐中的金屬，爐渣、爐襯与爐气就是一个系。

如果一个系中的所有部分的物理性質是一致的，这个系就叫做均一系，如果一系中各个組成部分（相）是各不相同的就叫做非均一系。

相 系中的均一部分叫做相，它以顯著的分界面与其他部分分開，而且物理性質也不同於其他部分。

由鐵、碳、矽、錳及其他元素組成的液态鋼是一个相，因为它在物理性質上是一致的，而且在顯微鏡下觀察鋼時也分辨不出它的各个組成部分（Fe, C, Si, Mn）。

在冶金过程中，金屬相、爐渣相以及气相是互相接觸的，整过來說，它們是一个非均一系。

溶液 由兩種或兩種以上物質構成的成分可变的均匀混合物

叫做溶液。例如爐渣就是各種氧化物及其化合物組成的溶液。

最簡單的一種溶液是氣體混合物。混合物中的每一種氣體都保持它在沒有其他氣體存在的情況下佔有該一容積時所具有的性質。

依照道爾頓定律，氣體混合物的總壓力等於混合物內各氣體的分壓之總和。

氣體混合物中一種氣體的分壓，是指該氣體在相同溫度下單獨佔有混合物體積時所具有的壓力。

溶液的濃度 氣體溶液的組成通常以容積百分比表示之，而液態溶液則用克分子百分數或重量百分比來表示。

從熱力學的觀點來看，最正確的濃度單位是克分子百分數 N_i ，它等於一個組元的克分子數與溶液中所有組元的克分子總數之比。

例如，兩個組元組成的溶液的克分子百分數為：

$$N_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}; \quad N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}; \quad N_1 + N_2 = 1, \quad (1)$$

其中 n_1 與 n_2 是第一個及第二個組元的相應克分子數。

某一組元的克分子數由該組元在溶液中所佔的重量與分子量之比來確定。根據這一點，就不難由重量百分比來算出溶液中各個組元的克分子百分數。

例如，在含 45 % 重量的矽和 55 % 重量的鐵的合金中，100 克溶液中兩組元的克分子數相應地等於：

$$n_{\text{Si}} = \frac{45}{28}; \quad n_{\text{Fe}} = \frac{55}{55.8}$$

矽的克分子百分數為：

$$N_{\text{Si}} = \frac{n_{\text{Si}}}{n_{\text{Si}} + n_{\text{Fe}}} = \frac{\frac{45}{28}}{\frac{45}{28} + \frac{55}{55.8}} = 0.62$$

鐵的克分子百分數為：

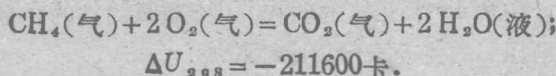
$$N_{\text{Fe}} = \frac{\frac{55}{55.8}}{\frac{45}{28} + \frac{55}{55.8}} = 0.38.$$

3. 內 能

所謂內能就是指一物本能的總儲量，亦即組成該物体的各个質點的動能和位能之總和。

通常，內能是指一克分子的內能，並以卡來計算。當一物体或一系的狀態有改變時，或當發生化學轉變時，內能則行變化，此時或者由於從外面加入能量致使內能增大，或者由於一部分能量以熱或功的形式轉入周圍空間而使內能減少。如果一系在最初狀態下的內能為 U_1 ，而在最終狀態下的內能為 U_2 ，則 $\Delta U = U_2 - U_1$ ，這個量叫做內能的變化。如果反應的產物所含的能量較之原來物質的能量為大，亦即當反應過程中內能增大時， ΔU 是正的。

一物体或一系的總內能是不必要知道的，而且常常也是不可能知道的，但是能夠精確地測得隨某一過程而產生的能量變化。例如甲烷 (CH_4) 爆炸時，甲烷或所生成的水與二氧化碳的能量是不知道的，但是我們能夠測量所得的熱能。在 25°C (或 298°K) 時，這個反應可以寫成這樣 (設燃燒 1 克分子甲烷)：



4. 熱 效 應

化學反應中內能發生變化，因而就發生放熱或吸熱。

反應過程中所能獲得的最大熱量叫做熱效應 Q 。

在化學上，熱效應通常是对一定量克分子 (或公斤分子)* 的反應物說的。如果反應時放熱，熱效應是正的，如果反應時吸

* 括號內的註解是譯者加的。用“克分子”時，熱效應以卡 (小卡) 計，用“公斤分子”時，熱效應以仟卡計——譯者