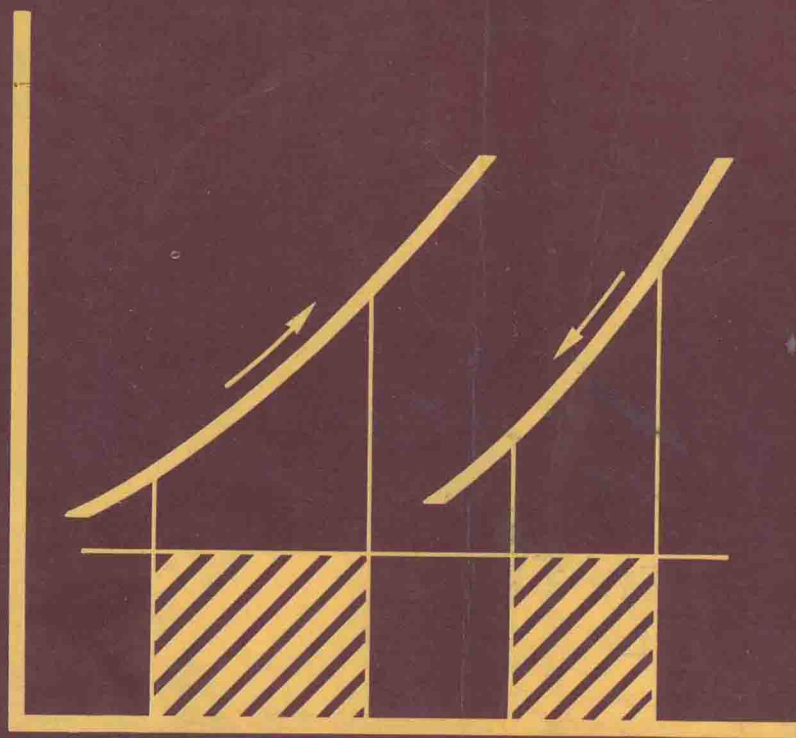


大 專 用 書

工程熱力學

黃舉錐 編譯

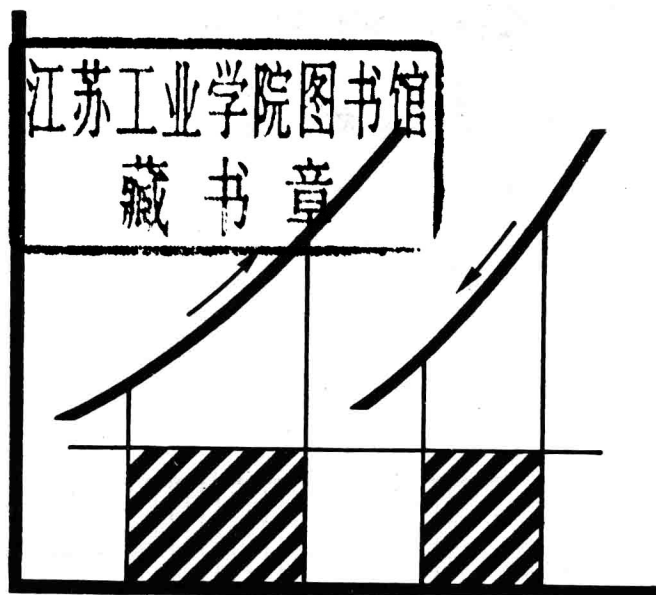


全華科技圖書股份有限公司 印行

大 專 用 書

工程熱力學

黃舉錐 編譯



全華科技圖書股份有限公司 印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

工程熱力學

黃舉錐 編譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話 / 5 8 1 1 3 0 0 (總機)

郵撥帳號 / 0 1 0 0 8 3 6 - 1 號

發行人 陳 本 源

印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3 6 1 2 5 3 2 • 3 6 1 2 5 3 4

定 價 新臺幣 420 元

初版 / 76年12月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0111400

換 算 因 子

長 度

$$1 \text{ ft} = 0.3048^* \text{ m}$$

$$1 \text{ in.} = 0.0254^* \text{ m}$$

$$1 \text{ mi} = 5280 \text{ ft}$$

$$1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft}$$

$$1 \text{ cm} = 0.3937 \text{ in.}$$

$$1 \text{ km} = 0.6214 \text{ mi}$$

面 積

$$1 \text{ ft}^2 = 0.0929 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ in.}^2 = 645.16 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10.76 \text{ ft}^2$$

$$1 \text{ cm}^2 = 0.1550 \text{ in.}^2$$

容 積

$$1 \text{ ft}^3 = 0.028 317 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ in.}^3 = 1.639 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ gal} = 0.003 785 4 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ l} = 0.001 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ gal/min} = 0.002 228 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.32 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 0.061 02 \text{ in.}^3$$

$$1 \text{ gal} = 231^* \text{ in.}^3$$

$$1 \text{ gal/min} = 0.000 063 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

質 量

$$1 \text{ lbm} = 0.453 592 \text{ kg}$$

$$1 \text{ slug} = 14.594 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ton} = 2000 \text{ lbm}$$

$$1 \text{ kg} = 2.204 62 \text{ lbm}$$

$$1 \text{ tonne} = 1000 \text{ kg}$$

壓 力

$$1 \text{ psi} = 6.894 757 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ in. Hg} = 3.387 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ bar} = 100^* \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa} = 14.696 \text{ psi} = 760 \text{ mm Hg} = 29.92 \text{ in. Hg}$$

$$1 \text{ kPa} = 0.145 038 \text{ psi}$$

$$1 \text{ in. Hg} = 0.4912 \text{ psi}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 0.1333 \text{ kPa}$$

力

$$1 \text{ lbf} = 4.448 222 \text{ N}$$

$$1 \text{ dyne} = 1 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$1 \text{ N} = 0.224 809 \text{ lbf}$$

* 精確值

能 量

$$1 \text{ B} = 1.055\,056 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ ft} \cdot \text{lbf} = 1.3558 \text{ J}$$

$$1 \text{ IT cal} = 4.1868^* \text{ J}$$

$$1 \text{ B} = 778.169 \text{ ft} \cdot \text{lbf}$$

$$1 \text{ J} = 9.478 \times 10^{-4} \text{ B}$$

$$1 \text{ cal} = 4.1840^* \text{ J}$$

比能量

$$1 \text{ B/lbm} = 2.326 \text{ kJ/kg}$$

$$1 \text{ B/lbmol} = 2.326 \text{ kJ/kmol}$$

$$1 \text{ kJ/kg} = 0.4299 \text{ B/lbm}$$

$$1 \text{ kJ/kmol} = 0.4299 \text{ B/lbmol}$$

比熵，比熱，氣體常數

$$1 \text{ B/lbm} \cdot \text{R} = 4.1868^* \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$1 \text{ B/lbmol} \cdot \text{R} = 4.1868^* \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$$

$$1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} = 0.2388 \text{ B/lbm} \cdot \text{R}$$

$$1 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K} = 0.2388 \text{ B/lbmol} \cdot \text{R}$$

密 度

$$1 \text{ lbm/ft}^3 = 16.018 \text{ kg/m}^3$$

$$1 \text{ kg/m}^3 = 0.062\,428 \text{ lbm/ft}^3$$

比 容

$$1 \text{ ft}^3/\text{lbm} = 0.062\,428 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.018 \text{ ft}^3/\text{lbm}$$

功 率

$$1 \text{ B/s} = 1.055\,056 \text{ kJ/s}$$

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ ft} \cdot \text{lbf/s}$$

$$1 \text{ hp} = 2545 \text{ B/h}$$

$$1 \text{ kW} = 1.3410 \text{ hp}$$

速 度

$$1 \text{ mph} = 1.467 \text{ ft/s}$$

$$1 \text{ ft/s} = 0.3048^* \text{ m/s}$$

$$1 \text{ mph} = 0.4470 \text{ m/s}$$

溫 度

$$T[^\circ\text{C}] = \frac{5}{9} (T[^\circ\text{F}] - 32)$$

$$T[^\circ\text{C}] = T[\text{K}] - 273.15$$

$$T[^\circ\text{F}] = \frac{9}{5} T[^\circ\text{C}] + 32$$

$$T[^\circ\text{F}] = T[\text{R}] - 459.67$$

$$1 \text{ K} = 1.8 \text{ R or } 1.8 \text{ T[K]} = \text{T[R]}$$

* 精確值

我們的宗旨：

**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙！！

SECOND EDITION

Engineering Thermodynamics

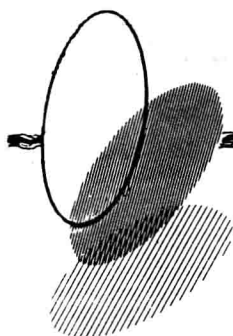
AN INTRODUCTORY TEXTBOOK

J. B. Jones, P.E.

Professor of Mechanical Engineering
Virginia Polytechnic Institute and State University

G. A. Hawkins, P.E.

Late Professor of Thermodynamics and Vice President for Academic Affairs
Purdue University



原 序

本書是要給修習工程熱力學的大專生使用，目的在幫助學生(一)瞭解第一定律、第二定律及一些物理性質關係式以及(二)應用這些原理於工程系統的能力。本書編寫的對象是學生，因此書中常可見到人稱代名詞的「你」，目的是要使老師不必照本宣科。若上課的時間要用在面對面的思想交流之類的教學活動，因而無法單藉教科書來達成教學目的，教師的才能就必須更有效率地應用。

郝金斯 (George Hawkins) 先生與我在本書的第一版表達了我們的信念——學生在熱力系列課程的早期需要充分的解釋與證明，本版仍將秉持此一信念。一個曾經仔細研究熱力學的人能簡要地敘述基本原理，並且從中歸納出許多深遠的結論。徹底熟悉主題能揭示原理的簡單性與重要性，但熟悉到這種程度的人可能無法體認初學者需要一再解釋與說明才能瞭解原理。有經驗的教師在爾後的課程裏發現太多學生無法精確地敘述原理時，就能體認到這一點。因此，本書前數章的解釋往往大費週章，並特別強調一些學生容易混淆的重點。前數章包括許多完全解答的問題範例。一旦學生熟習主題，就比較不需要解釋，教師可更仰賴學生們的推理能力，因此後數章的解釋與全解的例題都相對地減少了許多。

有些「來歷」的介紹省略了，因為學生用夠了「結果」之後，自然能體會其用途，更能認識其起源。費力解釋起源可能對學生助益不大，但當一個人能靈活運用結果時，再生動地解釋起源就有很大的效果。

教材安排的順序是根據教學的考慮，而非邏輯順序（這一點在 9.13 節會提醒學生注意），所以在第一章的基本觀念及第二章的第一定律之後，安排兩章的物理性質。兩章後附的問題會涉及第一定律及基本觀念的廣泛應用，以及物理性質關係式。因此學生在接納第二定律的新材料之前，可以練習應用第一定律至各種系統。

為強調前後關係，本書分章介紹了第二定律、可逆性、卡諾原理與循環、熵。可逆性只有證諸第二定律才有意義；卡諾原理與循環只有在定義可逆性之後才能建立；而熵的定義涉及可逆過程及熱力的溫度，卡諾原理介紹之後才更容易解釋。因此第九章處理第一、第二定律結合後的物理性質關係式，第十章介紹可用性及不可逆性。在此入門課程列入可用性與不可逆性的計算可能產生的問題是，雖然其結論很簡單也很有用，但這些結論的一般起源要費些心力才能解釋清楚。有些老師也許希望不要花太多時間去解釋就能使用這些結論。

第十四章到第十八章說明了前數章之基本原理應用到各種系統的情形。為保持原理的完整性，有些只在特定情況才能使用的特殊技術予以忽略。教師在課堂上必要時得予介紹這些技術，事實上，若教科書經常使用較專門化的方法，則介紹此種特殊教材為書本基本方法的補充，遠比說服學生依賴基本方法要容易得多了。

第十九章的二元混合物簡略介紹了書中他處未提及的主題（只有第十八章的吸收冷凍略提一二），有些教師喜歡先指定學生研讀第十九章再教第十八章。第二十章簡要介紹了燃料電池，並提供了十二、十三兩章原理的額外應用。

最後一章是熱傳導的原理。雖然熱傳導並非熱力學的主題之一，但卻與熱力學緊密關連，所有工程學生都應有此領域的基本知識。雖然本章至為簡短，但不論熱傳導是否必修，本章都很有用。

當然，我們對教材的取捨也煞費苦心。第一到十五章大致

有密切的關係，不宜遺漏。另外有些寶貴而十分有用的觀念（如化學潛勢、分莫耳性質及擬壓）並未介紹，因為要使學生能有效運用它們將需要許多額外的篇幅。

本書共有 1600 題以上的各種問題，約有三分之一的解答列在附錄。許多問題極具「累積性」，即其解答要用到前數章的教材。有些簡單的問題也涵蓋在內，以使老師能用它來說明某些重點，不必花很多時間去構思問題，學生也直接寫出結果即可，不必敘述問題。另有些問題涉及的物理性質數據需從其他來源獲得。

本版包括許多必須或最好使用電腦的問題，但問題敘述本身並不會指出這一點，因為問題解決的基本部分就是適當計算方法的選擇。

今後英語系國家的工程師們必須熟悉公制及英制單位，因此大部分例題是使用公制單位，但有些使用英制單位。分析與題解的前半部幾乎與單位制無關，故本書可適於只用公制或英制的課程；此外在前八章的問題後面又列入類似各例題但使用不同單位制的習題。涉及單位的問題大致是公英制各半。

章後的書目是提供學生做參考的，這對現階段學習熱力學的學生們頗有助益，但不盡適合高級生檢索書目或在其發展中尋求考驗之參考。有些參考資料使用的是不同的符號或規則，學生必須體認到他們在實務上常會遇到這種情況。

許多第一版的使用者提供了有用的建議，過去數年來在這方面最有幫助的是愛荷華州立大學的 Robert C. Fellingner，本人對他的許多卓越建議至表感謝！

本版撰寫之初蒙四位同事鼎力相助，他們是維吉尼亞綜合技術學院暨州立大學的 G. H. Beyer、E. F. Brown、H. L. Wood 及緬菲思州立大學教授 S. B. Thomason，全部手稿的校對全賴 R. C. Fellingner（愛荷華州立大學）、Robert J. Heinsohn（賓州州立大學）、Richard K. Irey（佛州大學）及 Michael J. Moran（俄亥俄州立大學）數位先生幫忙，

每位都提供了寶貴的意見及建議，我都曾予詳細考慮採納。

本版編撰期間，幸有兩位得力助手之助，他們的能力高超，是不可多得的同事，即使工作堆積如山又枯燥繁雜，我仍覺得與彼等共事極為愉快。Ada B. Simons 準備手稿，不僅執行打字、排版等卓越判斷，更改進了編輯方法。Regina D. Rieves 執行許多計算並嚴格審查所有圖稿，他也解了許多例題與習題，蒐集編組資料並畫了許多圖，我由衷感謝他們的工作品質及對工作的熱心貢獻。

威里出版公司所有與我共事的人都給我很大的幫助，提供我許多建議與專業指導，一如第一版的情形一樣。

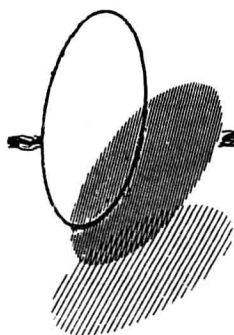
本版的完成，吾妻 Jane Hardcastle Jones 再次在以無止境的長期工作中給予有力的支持，特此誌謝！

鍾斯 (J.B. Jones)

維吉尼亞州布萊斯堡，1985 年 6 月

喬治・安德魯・郝金斯
(George Andrew Hawkins)
簡介(生於1907年，卒於1978年)

郝金斯先生獲得普渡(Purdue)大學機械工程學士、碩士及博士學位，曾在普渡大學教授熱力學凡四十四年，歷任工學院院長(1953~1967)，教務副總裁(1967~1971)及其他職務。他主要的研究領域為熱傳導，曾於1940年獲得「 $\pi\tau\sigma$ 金牌獎」，此獎是頒給十年之內獲得學士學位的傑出年青機械工程師。透過他的智慧與生動的教學，研究及行政方面的領導，對工程學及工程教育有卓著的貢獻。他曾在1970至1971年間擔任美國工程教育學會會長，在他的許多榮譽之中，有一件是曾獲選為美國機械工程師學會的榮譽會員。他的著作還有與雅克(Max Jakob)合撰的熱傳導原理(Elements of Heat Transfer，第三版，Wiley，1957)及熱力學(Thermodynamics，第二版，Wiley，1951)。



譯者序

工程熱力學應用範圍至為廣泛，大凡涉及熱的場合皆有熱力學用武之地；例如核電廠之熱污染備受生態保育人士關切，都市地區建築物裝置冷氣空調系統也使得夏天氣溫普遍偏高，都是造成爭論的話題。照理說大自然是兼容並蓄的貯能體（reservoir），具有自行調節的功能，熱應不致造成污染才是，問題是局部過熱會使局部區域的生物受不了。吾人可由熱力學找到這些問題的解決之道。

Jones 與 Hawkins 這本巨著堪稱熱力學領域的經典之作，前版自 1960 年問世迄今已歷二十餘載，其學術光輝不僅未因時光消逝而衰退，反而歷久彌堅，足證其學術地位之崇高！即連國內於民國 61 年獲得授權之美亞版，亦再版達十餘版之多，可說機械科系的師生不知此書者幾稀！讀過此書者更是不計其數，筆者當年工專初習熱力學，啓蒙的就是這本書。如今歲月推移，Hawkins 已然凋零，幸而 Jones 先生努力不怠，使本書得以更豐盛的面貌再版，誠學界之幸也！

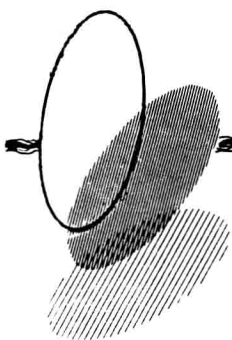
一般理工科系的學生常需與原文書長相左右，最感痛苦的莫過於原文看不懂，譯本又太艱澀，於是生吞活剝，難以消化。筆者是過來人，也吃過這苦頭，深感好的譯本對初學者的重要性，是以譯述全程莫不戰戰兢兢，戒慎恐懼，一則恐太過白話，有傷原著精義，二則擔心太忠於原著而致文字生澀，總要在其間取得均衡才是。至於本書譯筆如何，尚祈學界先進不吝指教是幸！

本書專有名詞係參照教育部審定之機械工程名詞、電機工

程名詞、化學工程名詞等辭典，人名地名之翻譯則以順口典雅爲度。此外，本書譯述期間，雖一本研究治學的態度全力以赴，然機研課業繁重，餘暇無多，又需兼顧付梓期限，故疏漏之處在所難免，亦請不吝指正！

本書三次校對皆賴吾友江榮國先生幫忙，吾亦曾多次參考其譯作……古典熱力學原理（該書原著亦曾多次被本書作者引用）；全華圖書公司的大力支持，使本書得以順利出版，實現筆者心願；該公司黃榮文先生、林淑華小姐等人的熱心與耐力，都對本書有直接的貢獻，均在此一並致謝。

譯者謹識
於桃園龍潭



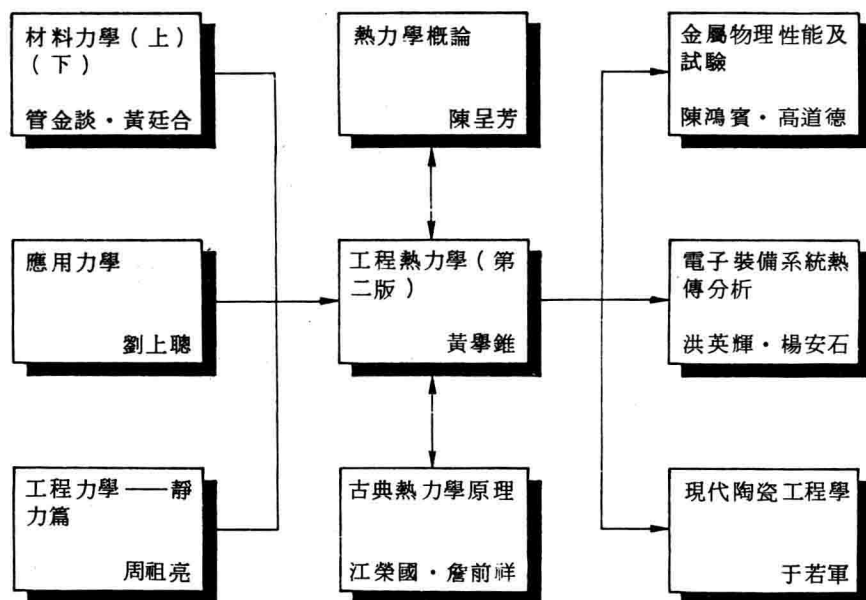
編輯部序

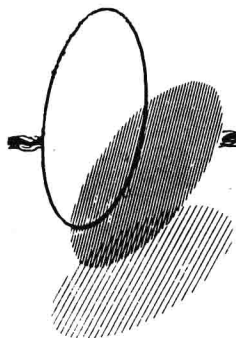
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書譯自 Jones 與 Hawkins 所著 “ Engineering Thermodynamic ” 的第二版，原書的第一版在國內外即已被廣泛採用為教本，且譽為熱力學領域的經典之作，今再版之後，不但在內容上更為豐富，原理講解也深入淺出、循序漸進，可幫助學生瞭解與吸收，此外，例題、習題均為公英制編列，讓學生熟習單位的轉換，是五專、二專機械科熱力學概論課程的最佳用書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習機械方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流 程 圖





符 號 表

A	面積；荷姆霍茲函數， $U-TS$
a	線加速度；比荷姆霍茲函數， $u-Ts$ ；壓力波之速度
b	戴里斯函數， $h-T_0S$
C	常數；成分數（相律內）
C_p	等壓之莫耳比熱
C_v	等容之莫耳比熱
c	等溫係數， $(\partial h / \partial p)_T$ ；音速
c_p	等壓比熱， $(\partial h / \partial T)_p$
c_v	等容比熱， $(\partial u / \partial T)_v$
E	儲能
e	比儲能， E/m
F	力；最大獨立內涵性質數（相律內）
F_A	輻射熱傳導之形狀因子
F_E	輻射熱傳導之放射性因子
F	法拉弟常數， 96.487×10^6 庫侖／仟莫耳電子
f	一分子之自由度
G	吉布士函數， $H-TS$
g	重力加速度或自由落體加速度；比吉布士函數， $h-Ts$
g_c	因次常數
H	焓， $U+PV$
ΔH_f	形成焓（變化）
ΔH_R	反應焓（變化）
h	比焓， $u+Pv$ ；流體柱之高度；對流熱傳係數