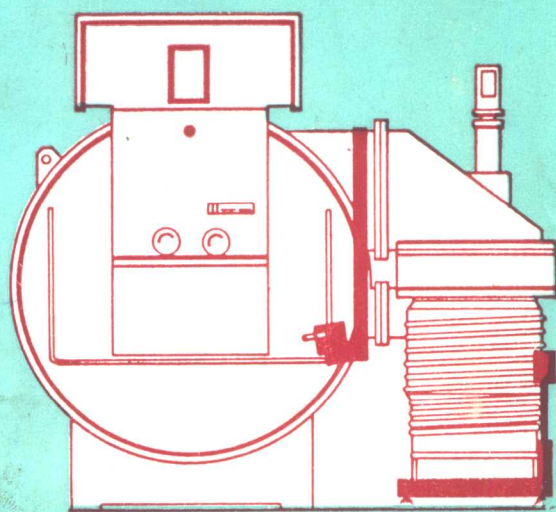


大學用書

實用真空工程學

上 冊

蘇 青 森 著



正中書局印行

4454

T-1

大 學 用 書

實 用 真 空 工 程 學

上 冊

蘇 青 森 著

正 中 書 局 印 行

版權所有



翻印必究

中華民國七十五年十二月臺初版
實用真空工程學(上)

全二冊 基本定價 四元一角

(外埠酌加運費滙費)

著 者 蘇 青 森
發行人 黃 肇 珩
發行印刷 正 中 書 局

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第〇一九九號(8399)

分類號碼：440.30

(1000) 茂

正 中 書 局

CHENG CHUNG BOOK COMPANY

地址：中華民國臺灣臺北市衡陽路二十號

Address: 20 Heng Yang Road Taipei, Taiwan, Republic of China

經理室電話：3821145 編審部電話：3821147

業務部電話：3821153 門市部電話：3822214

郵政劃撥：九九一四號

海 外 總 經 銷

OVERSEAS AGENCIES

香港總經銷：集成圖書公司

總辦事處：香港九龍油蔴地北海街七號

電話：3-886172-4

日本總經銷：海風書店

地址：東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地

電話：291-4345

東海書店

地址：京都市左京區田中門前町九八番地

電話：791-6592

泰國總經銷：集成圖書公司

地址：泰國曼谷暹羅力路233號

美國總經銷：華強圖書公司

Address: 41 Division St., New York, N.Y. 10002 U.S.A.

歐洲總經銷：英華圖書公司

Address: 14 Gerrard Street London W.1, England

加拿大總經銷：麗華圖書公司

Address: China Court, Suite 212, 208 Spadina Avenue Toronto
Ontario, CANADA M5T 2C2

自序

真空科技在科學研究、軍事應用、工業生產，及太空開拓均佔甚重要的地位。由於其應用領域的不斷擴大，利用真空的大型儀器與設備也日趨需要。設計製造大型的真空設備不僅需要真空技術而且更需要工程的學識，以真空科技為基礎的真空工程學科也就應運而生。我國近年來科技的發展與工業水準的提升，促使真空科技受政府與國人的重視，除在科學研究與科技工業上真空已被廣為應用外，真空工業亦已建立相當規模，並已列為策略性工業。最近政府與民間工業界已決定大量投資超大型積體電路及光電工業，同步加速器的興建計畫已業開始，這些大型真空設備的興建及使用均需要大量的真空科技與工程的人才，因此各大學及專科等學校均已開授真空有關課程，研究機構與工業界也開班訓練真空科技人才。著者有鑒於國內真空科技發展的趨勢，配合國內教學及研究的需要，蒐集歐美日本等國最新的真空科技資料以深入淺出方式編寫本書。除一般性基本資料外，並綜合著者二十餘年實際從事真空研究工作及教學的經驗，將研究結果、工作時遭遇的困難與解決的方法，以及實用的重點分別編在有關章節中，故本書除可供大學授課用外，亦可供專科學校及專業訓練班作訓練教材，凡從事真空有關的人士，均可用作技術參考並可兼作工程手冊。

本書分上下冊，上冊以基本真空技術及應用為主，下冊著重在真空設計、製造及系統，包括有真空儀器及設備，上下冊可單獨使用亦可成一連貫的系統提供完整的工程學識。上冊內容包括有「真空簡介」、「真空的基本理論」、「抽真空的方法」、「真空度量」與「真空系統操作技術」等五章，可作基本教學及應用的參考。下冊包括有「真

IV 實用真空工程學 (上冊)

空零組件」、「真空系統設計」、「製造真空系統的關鍵技術」、「真空儀器與真空鍍膜系統」與「超高真空系統與未來真空工程的發展」等五章，對於實際從事真空工作的人士與較高層次的設計製造及研究，具有參考的價值。書中的名詞採用教育部審定有關機械電子及理化等標準名詞，未定的名詞則盡量採用工業界習用的名詞以配合實用。所用的單位以我國國家標準為主，並配合國際標準單位，為求一致與統一，本書各章節均用相同的單位，在真空壓力單位均改用現在國際間共同採用的毫巴單位。本書並附有大型真空設備的照像圖以增加讀者對真空工程的概念。另附有名詞及詞彙索引以便查閱。

本書承西德 LH 真空設備公司 J. K. Simon 博士提供最新資料，我國各界從事真空工作人士的鼓勵，國科會精密儀器發展中心同仁的協助，以及吳振勇先生的封面設計，在此深表感謝。楊素英小姐的細心清稿，正中書局李元哲先生的協助，使本書得順利完成，在此特別感謝。

蘇 青 森 于清華園

實用真空工程學 總目次

上冊

第一章 真空簡介

- 一、真 空
- 二、真空工程
- 三、未來的展望

第二章 真空的基本理論

- 一、氣體在真空中的性質
- 二、氣壓與氣壓單位
- 三、氣體撞擊率與單分子層附著時間
- 四、真空系統中的氣流形態
- 五、真空系統
- 六、氣導與抽真空時間

第三章 抽真空的方法

- 一、真空幫浦的介紹
- 二、粗略真空與中度真空範圍的抽氣

(2) 實用真空工程學 (上冊)

三、高真空與超高真空範圍的抽氣

四、應用在不同真空過程幫浦的選擇

第四章 真空度量

一、緒言 (真空度量的範圍)

二、真空氣壓計

三、真空計校正

四、真空幫浦的抽氣速率

五、其他有關的量

第五章 真空系統操作技術

一、達到所需的最終壓力及維持操作壓力

二、漏氣偵測及修理

三、消除污染及清潔

四、災害防治及安全守則

下冊

第六章 真空零組件

一、真空法蘭盤與襯墊

二、真空閥

三、真空導引

四、窗

五、其他

第七章 真空系統設計

- 一、材料的性質及設計的要求
- 二、真空系統的共通要求
- 三、普通真空系統設計
- 四、高真空及超高真空系統設計

第八章 製造真空系統的關鍵技術

- 一、製造真空零件的一般注意事項
- 二、焊接與熔接
- 三、鍍層與塗附層
- 四、密塞與膠合
- 五、真空室的製造

第九章 真空儀器與真空鍍膜系統

- 一、傳統真空儀器
- 二、表面分析儀器
- 三、大型真空儀器
- 四、真空鍍膜系統

第十章 超高真空與未來真空工程的發展

(4) 實用真空工程學（上冊）

- 一、超高真空的發展
- 二、新真空材料的研究
- 三、未來的抽真空技術
- 四、真空工程與太空站

實用真空工程學 (上冊)

目 次

第一章 真空簡介 ————— 1

一、真空·····	1
(一)真空的定義·····	1
(二)高真空低氣壓·····	1
(三)真空與太空·····	1
二、真空工程·····	2
(一)真空蒸鍍工廠·····	3
(二)電子束工廠·····	3
(三)真空冶金工廠·····	4
(四)大型研究用裝置及核子工程應用的真空設備·····	5
(五)真空乾燥、冷凍乾燥，與真空蒸餾設備·····	6
三、未來的展望·····	6

第二章 真空的基本理論 ————— 9

一、氣體在真空中的性質·····	9
(一)真實氣體與蒸氣·····	9
(二)理想氣體·····	9
(三)氣體定律·····	10

(6) 實用真空工程學 (上冊)

(四)氣體分子的平均自由動徑.....	12
二、氣壓與氣壓單位.....	13
(一)總氣壓與分氣壓.....	14
(二)蒸氣壓與飽和蒸氣壓.....	14
(三)氣壓單位.....	14
三、氣體撞擊率與單層分子附著時間.....	17
(一)氣體撞擊率.....	17
(二)單分子層氣體附著時間.....	18
(三)表面對體積比.....	19
四、真空系統中的氣流形態.....	20
(一)黏滯範圍.....	20
(二)過渡範圍.....	21
(三)分子氣流範圍.....	22
(四)真空範圍的區分.....	22
五、真空系統.....	24
(一)閉合系統或靜態系統.....	24
(二)可開閉系統或動態系統.....	25
六、氣導與抽真空時間.....	27
(一)真空技術有關的基本量.....	27
(二)管路與孔道的氣導計算.....	30
(三)有效抽氣速率及抽氣損失.....	39
(四)計算範例.....	40
(五)抽真空時間.....	46

一、真空幫浦的介紹	49
(一)幫浦的定義	49
(二)幫浦的型式	49
(三)真空幫浦的一般特徵	52
二、粗略真空與中度真空範圍的抽氣	53
(一)水噴射幫浦及蒸氣噴射幫浦	53
(二)迴轉幫浦	57
(三)吸附幫浦	68
三、高真空與超高真空範圍的抽氣	74
(一)擴散幫浦	75
(二)結拖幫浦	94
(三)離子幫浦	105
(四)冷凍幫浦	117
(五)渦輪分子幫浦	129
(六)烘烤對抽高真空的影響	143
四、應用在不同真空過程幫浦的選擇	146
(一)乾燥過程	146
(二)產生氣體或蒸氣的過程	149
(三)清潔過程	150
(四)高溫過程	151
(五)特殊過程	152

第四章 真空度量 153

一、緒言（真空度量的範圍）	153
二、真空氣壓計	153

(8) 實用真空工程學 (上冊)

(一)從大氣壓力到中度真空範圍.....	154
(二)高真空範圍.....	167
(三)超高真空範圍.....	172
三、真空計校正.....	193
(一)比較校正.....	193
(二)絕對校正.....	202
四、真空幫浦的抽氣速率.....	208
(一)定壓法.....	209
(二)定容法.....	214
(三)已知氣導法.....	215
(四)其他方法.....	216
五、其他有關的量.....	217
(一)氣導.....	218
(二)氣流通量.....	219
(三)放氣率與漏氣率.....	219

第五章 真空系統操作技術————— 221

一、達到所需的最終壓力及維持操作壓力.....	221
(一)幫浦的正常操作.....	221
(二)判定延緩到達最終壓力或不能維持操作壓力的原因...	221
二、漏氣偵測及修理.....	228
(一)漏氣率的測定.....	229
(二)測漏儀.....	234
(三)決定漏氣的所在.....	241
(四)漏氣的修理.....	243

三、消除污染及清潔.....	249
(一)污染的來源.....	249
(二)清潔真空零件.....	250
(三)清潔真空系統.....	252
(四)清潔真空幫浦及真空計.....	253
四、災害防治及安全守則.....	256
(一)操作真空系統及輔助設備一般災害的防治.....	256
(二)安全守則.....	272

附錄	277
----------	-----

附錄一.....	277
----------	-----

1.新舊壓力單位對照表.....	277
------------------	-----

2.真空圖解符號.....	279
---------------	-----

附錄二 真空設備實例.....	書前插圖
-----------------	------

中英名詞對照表	283
---------------	-----

英中名詞對照表	299
---------------	-----

真空簡介

一、真 空

(一)真空的定義

真空 (vacuum) 這個名詞字義上係表示絕對沒有任何物質存在的空間，但是這個空間到現在為止還沒有人找到也沒有任何方法可以造成，所以絕對真空也許是不存在或者是不可能造成。我們現在所指的真空係根據一九五八年美國真空學會所下的定義「一個空間其中的氣壓低於大氣壓力」。這個定義雖然很簡單，但是它涵蓋的技術範圍很廣，可以從簡單的人力造成的粗略真空到非常困難的超高真空。應用範圍不同，真空技術會有很大的差別。

(二)高真空低氣壓

習用術語中有所謂高真空 (high vacuum) 及低真空 (low vacuum)，此處所稱的真空有時也稱為真空度，也就是一個空間裏剩餘氣體分子多少的程度。真空度愈高，空間裏剩餘氣體分子愈少，也就是氣壓愈低。所以高真空係指低氣壓，反之，低真空則指高氣壓。由於這種習慣名詞常會造成錯誤或混淆，在實際應用時應特別注意。

(三)真空與太空

太空 (space) 包括廣大的空間，沒有人能證明整個太空是超高

2 實用真空工程學(上冊)

真空或者在某些地方仍然有物質存在，但是從實驗證明從地球表面開始向上氣體壓力是愈來愈低，事實上離開地球表面四百公里的高度範圍已經進入了超高真空。在一萬公里高度的真空度與月球上的真空度相近，這種真空度已經是地球上人力所能達到的極限。

二、真空工程

真空工程 (vacuum engineering) 可以說是一種應用真空科技的工程科學。在過去真空技術大多數被用在實驗室型的科學儀器和設備，由於科學的進步，很多新的問題相繼產生，而這些問題的解決多依賴真空科技，因此大型的真空系統及設備也應運而生，自動化的真空工廠已經成為很多工業生產的主力。設計和建造這些大型系統、設備或工廠就需要基於真空科技的工程學問。

真空工程非但有其獨具的應用範圍，它並直接或間接的取代很多傳統工程如化學工程、食品工程、材料工程、冶金工程及核子工程等的一些重要地位。它更在太空研究和工程裏扮演很重要的腳色。近世紀來傳統的工程給人類帶來進步和繁榮，但也給人類帶來環境污染和能源短缺的問題，人們為解決這些困擾的問題不得不放棄傳統的方法而尋求新的替代。太空科學的發展使人類發現很多新的現象和事物，這些發現使人類文明更為進步，這些發現也證明了在真空中有很多用傳統方法非常困難或根本不能達成的工作可以實行。

環境污染的問題對真空工程而言事實上並不存在，真空過程 (vacuum process) 不需要用大量的化學藥劑，也不會有大量的污染物質產生，而且清潔就是真空的特點，真空工廠本身就要求高度清潔的環境，所以真空工程可以說是清潔無污染的工程。真空過程其能源的利用效率很高，除了直接利用能源減少傳遞的損失外，真空係良好

的電及熱絕緣體，所以由於傳導的損耗也可以減少。此外在真空中因為沒有大氣壓力，所以應用蒸發的過程所需能量也大為減低。真空過程多係直接作用而不需經過化學處理過程，故能減少材料損失，這也是間接節省能源，所以真空工程應屬能源節約工程。除了污染及能源的問題外，應用真空工程可以簡化生產程序、縮短生產時間、增加產量，以及提高產品的精純品質，這些特點使真空工程成為本世紀最具潛力的工程科學。以下列舉數種在科學研究及工業生產所用的真空系統或設備以及真空工廠等以說明真空工程所包括範圍的一般。

(一)真空蒸鍍工廠 (vapour coating plants)

真空蒸鍍系統可鍍金屬膜如鋁、銅、金、銀、銻、鉻、鎳等，亦可鍍非金屬膜如氧化物、氮化物、氟化物、碳化物、電介體、半導體等。鍍金屬膜作為保護、美觀、裝飾、防銹、反光、導電、導熱等用途現已普遍用於裝飾品、紀念品、玩具、包裝材料、燈、電子零件、汽車零件以及各種反光鏡等。例如大捲的包裝材料其寬度從三公尺到十六公尺可整捲的連續真空鍍膜大量生產。大型的反光鏡面積達三公尺寬四公尺長，可在真空鍍膜工廠中一次完成。各種電子零件、元件、汽車零件、裝飾品等大量自動化鍍膜生產其產量以萬計。鍍非金屬膜如絕緣膜、保護膜、抗反射膜等用在裝飾品、玩具、機械零件、汽車零件等作耐磨、防蝕、抗化學劑、防水等用途，在電子零件、元件等作為絕緣、電介等用途，在光學鏡作為濾波、抗反射，以及其他光學用途。這些大量生產的真空工廠已經成為機械工業、電子工業、光學工業，以及玩具與裝飾品等工業的主要設備。

(二)電子束工廠 (electron beam plants)

應用電子束熔融精煉高溫金屬如鈮、鉭、鈦、鋯、鉛等的真空電