

工程化學

(工學院普通化學)

陳嗣虞 金松壽 合著

李 壽 恆 審訂

中國科學圖書儀器公司

出版

工 程 化 學

(工學院普通化學)

陳嗣虞 金松壽 合著

李 壽 恆 審 訂

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

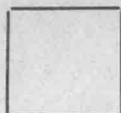
中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司

出 版

工 程 化 學

(工學院普通化學)

版權所有



不准翻印

一九五二年十一月初版
一九五三年三月再版
◀定價人民幣一萬五千元(新)▶

編 著 者 陳 嗣 虞 金 松 壽

審 訂 者 李 壽 恆

出 版 者 中國科學圖書儀器公司
上海(18)延安中路537號

總發行所 中國科技圖書聯合發行所
上海中央路24號304室
電話 19566 電報掛號 21968

分 銷 處 中國科學圖書儀器公司
南京：太平路32號
廣州：永漢北路204號

前 言

工程化學爲工學院的基本課程，目的要使工學院的學生在一學期中修畢，而能得到工程方面的化學基本知識，並能施諸實用。還要充實工程材料學的理論基礎，以便對物質的構造，性質與變化能充分瞭解。

工程化學的內容，當然要敘述工程方面所接觸到的問題，如水之處理，金屬之腐蝕及防止等等。工程方面所常用的材料如金屬，合金，橡皮，燃料，潤滑劑，絕緣體，及水泥……等等，亦均應論及。但決不是工業化學或工程材料學。工程化學既是一種基本課程，應該敘述各種物質爲何有這種性質與發生變化的原理；使學者以後對於工程材料學內所提及的，及將來工作時所遇到的問題不僅知其然並可知其所以然。到了工作崗位後，爲精選及改善各種材料，或解決實際工程問題時，可有充分把握。

本書編著的方針，是以理論爲經，實用爲緯。第一，第二，兩章解釋物質之構造，物理性質與構造之關係，物質化學變化之類別與途徑。第三章簡述化學反應之速率及化學平衡。第六章釋明物質之溶解度及溶液與膠體溶液之性質。第七章爲電與物質變化之關係。第十章在合金通論內敘述混合物之性質，及各種平衡相圖。這幾章爲基本理論的骨幹。物體與構造關係的理論如何施諸實用詳見於第五章（水），第九章（純金屬及晶體性質），第十三章（砂的化學，包括非金屬建築材料），及第十四章（有機化學，包括潤滑劑，

有機塑料,橡皮)等各章中。至於各類化學變化之途徑,速率,及平衡等理論的實際應用,分別詳論於第四章(燃燒),第五章(水之處理—游子反應),第八章(金屬之腐蝕及防止),第十一章,第十二章(金屬及合金分論)及第十四章(有機化學——各類型分子反應)等各章中。

這樣安排教材的意義,是將理論與實際互相配合,並可成一較完整的系統,使不致為碎片的常識而成為一貫的有用知識。

本書與一般普通化學不同:第一,盡量利用學生已有的高中化學基礎,內容避免重複,用綜合敘述,理論連繫實用的方式,使學生將原有的化學知識融會與鞏固起來;這樣方可在一學期中學畢。因為工學院專業課程很繁重,要費較多時間於化學課程是不可能亦是不需要的。第二,本書各章所述的事項,所舉的例題,甚至每章的習題,均與工程有關。即闡釋反應速率及化學平衡與理論所需舉的例子亦是工程上的問題。這樣可使學生集中注意力於實際問題,不致學了化學有茫然無用之感。

本書原係編著者在浙大講授工程化學時的講義,經同事及同學之慫恿,並承工學院院長李壽恆教授代為審訂,始敢問世。不敢說是我們在這一方面努力的成績,實在有拋磚引玉的意思。限於我們二人的學識與經驗不足,漏誤之處不免很多,希望教師專家們對於本書多多指正,以便改善。

最後希望教師及同學們在不斷的教學經驗中,工程師們在實際的工作中,所發現或遇到的有關工程方面的化學問題多多賜教,以便再版時加以補充及修正。

陳嗣虞 金松壽 杭州浙江大學 1952年9月

目 錄

第一章 元素及週期表.....	1		
物質的基本構造.....	1	元素性質的週期性.....	4
原子核與同位素.....	2	元素的分類及週期表.....	5
原子量.....	3	週期表的應用.....	9
阿佛加德羅氏數.....	4		
第二章 純物的性質與結構.....	13		
化學鍵.....	13	(4) 熱膨脹.....	21
(1) 合價鍵.....	13	液體之性質.....	22
(2) 游子鍵.....	14	黏度.....	22
(3) 金屬鍵.....	15	表面張力.....	23
分子間之力.....	16	濕潤力.....	24
純物的性質與構造.....	17	比熱.....	24
固體之性質.....	19	氣體之性質.....	25
(1) 硬度.....	19	完全氣體方程式.....	25
(2) 強度.....	20	真實氣體.....	27
(3) 彈性.....	21	純物的化學性質.....	27
第三章 反應速度及化學平衡.....	35		
影響反應速率的因素.....	35	安定平衡與准安定平衡.....	44
(1) 濃度與接觸面.....	35	不均態物系中的平衡.....	45
(2) 溫度的影響.....	38	影響化學平衡之因素.....	48
(3) 觸媒.....	40	(1) 濃度的影響.....	48
(4) 物質之本性.....	41	(2) 壓力的影響.....	48
(5) 其他因素之影響.....	42	(3) 溫度的影響.....	48
化學平衡定律.....	43	勒沙特利爾原理.....	49
第四章 熱化學與燃燒.....	52		
(一) 熱化學.....		熱學原理.....	53
化學變化與熱量的關係.....	52	(二) 燃 燒.....	

碳的燃燒.....	54	火燄的溫度與性質.....	61
完全的燃燒.....	55	燃燒的防止與消滅.....	63
過量的空氣及熱量的損失.....	56	(三) 燃 料	
燃燒的速度與產生之溫度.....	57	固體燃料.....	64
氣體之燃燒.....	58	液體燃料.....	67
燃燒的速度與爆炸.....	59	氣體燃料.....	71

第 五 章 水及水的處理.....76

水之組成及重要性.....	76	水的雜質與工程上的關係.....	84
水的物理性質：沸點及冰點.....	76	水中雜質對鍋爐的影響.....	85
水的化學作用.....	80	水之處理.....	87
pH 值對鍋垢形成之影響.....	83	阻止腐蝕的處理.....	90

第 六 章 溶液及膠體溶液.....93

(一) 溶 液		(3) 溶液之凝固點.....	106
混合物，溶液及膠體溶液.....	93	(4) 溶液之滲透壓.....	108
溶液的種類.....	94	(二) 膠 體 溶 液	
溶液濃度之表示法.....	94	膠體溶液與膠體.....	108
溶解度.....	95	膠體溶液的種類.....	109
溶解度與壓力的關係.....	100	膠體溶液之性質.....	110
溶解度與溫度.....	101	(1) 吸着性.....	110
其他溶質對溶解度的影響.....	103	(2) 化學性.....	111
一種溶質在二種溶劑間的分配.....	104	(3) 帶電性.....	111
溶液之性質及變化.....	104	(4) 光學性.....	112
(1) 溶液之蒸汽壓.....	105	膠體溶液之製備.....	112
(2) 溶液之沸點.....	106	膠體溶液之凝結及分離.....	113

第 七 章 電化學.....115

電化學原理.....	115	蓄電池.....	120
標準電位.....	116	電解.....	121
化學變化的當量與電量之關係.....	118	分解電位.....	123
電池.....	118	電煉及電鍍.....	125
乾電池.....	119	電解整流器.....	126

第八章 金屬之腐蝕及防止..... 130

(一)金屬腐蝕之原因	隔離金屬與侵蝕物的接觸..... 141
直接的化學腐蝕..... 130	(1) 阻止劑的應用..... 142
(1) 化學藥劑的侵蝕..... 130	(2) 層膜的被覆..... 143
(2) 大氣之腐蝕..... 132	氧化物膜層法..... 143
間接的電化侵蝕..... 137	表面磷化法..... 144
(1) 簡單的代替作用..... 137	表面氮化法..... 144
(2) 金屬在中性鹽類及酸性溶液	油漆法..... 145
中的腐蝕作用..... 137	油漆的種類及性質..... 146
(二)金屬腐蝕的防止	金屬蔽覆法..... 148
金屬本性的改善..... 140	電化屏保護法..... 150

第九章 純金屬通論..... 151

晶體系統..... 151	金屬之冶煉..... 159
金屬晶體構造..... 151	(1) 礦石之濃集..... 159
金屬之機械性與構造關係..... 154	(2) 金屬之還原..... 160
同素異晶體..... 157	(3) 金屬之精煉..... 163
金屬之存在..... 158	

第十章 合金通論..... 166

固體溶液..... 166	二相及多相合金..... 175
(1) 固體溶液之型式..... 166	合金之組織..... 176
(2) 固體溶液之性質..... 167	合金相圖..... 177
金屬間化合物..... 172	

第十一章 金屬及合金分論(一)..... 182

(一)鋼 及 鐵	矽..... 188
純鐵之性質..... 182	錳..... 189
生鐵及鍊鐵..... 184	鎳..... 189
鋼..... 186	鈷..... 190
熱處理..... 187	鉻..... 190
(二)用來製造合金鋼之元素及性質	

鉬.....	190	鈦.....	191
鎢.....	191		

第十二章 金屬及合金分論(二)..... 193

銅.....	193	錫.....	198
黃銅.....	194	鉛.....	199
青銅.....	194	銻及鉍.....	199
鉛青銅.....	195	鋁.....	200
含鉛青銅.....	195	鎂.....	201
銀及金.....	196	鉍.....	202
鋅.....	196	鹼土金屬.....	203
鋁.....	197	鹼金屬.....	203
汞.....	197		

第十三章 矽的化學..... 204

矽化物.....	204	陶瓷類.....	211
二氧化矽.....	205	玻璃.....	214
矽酸鹽與矽酸鹽礦物.....	206	搪瓷.....	215
架構礦物類.....	207	水泥.....	216
層片礦物類.....	208	水泥之侵蝕及防止.....	218
纖維礦物類.....	209	混凝土.....	219
矽酸鹽之應用及製造.....	209	特種水泥.....	219

第十四章 有機化學..... 221

有機化合物.....	221	醇類及醚類.....	230
烴類.....	223	鹵代烴類.....	232
潤滑油.....	224	胺類.....	233
未飽和烴類.....	226	醛類與酮類.....	233
橡膠.....	227	塑料.....	235
合成橡膠.....	228	酸類及脂類.....	238
芳烴.....	229	纖維.....	240

附錄 表一 國際原子量..... 243

表二 原子內電子之分佈..... 244

第一章

元素及週期表

1-1 物質的基本構造 精密地去觀察各種物質，無論是無機的抑或有機的，可知牠們都是許多純物⁽¹⁾構成，或者是若干純物的混合物⁽²⁾，這些純物在一定的狀況下有一定的性質。再精密地去分析千萬種不同的純物，得知牠們都是由 96 種不同性質的基本粒子——稱為原子⁽³⁾——中的任何幾種，按照不同的比例化合而成。由某一種原子所代表的純物即稱為元素⁽⁴⁾，所以亦可以說世界上的物質皆由 96 種不同的元素所構成。

依近代物理及化學方面研究的結果，知道各種原子皆有一個原子核⁽⁵⁾，是帶正電荷的。原子的質量差不多全集中在核內。在核的周圍繞轉着一層層的電子，好像太陽系由許多行星繞行着太陽一樣。外面電子的總數等於核內的正電荷。依現在所知，不同的原子有不同的原子核。96 種原子核含有不同整數的單位電荷(自 1 至 96)。各該原子核所含的電荷數即稱為該元素之原子序數⁽⁶⁾。

電子在核外的繞行依能量的不同，自內向外可看作一層層的排列，這些層列可稱之為 K, L, M, N, O, P, Q 等。各層能容的最多電子數為 2×1^2 (K 層), 2×2^2 (L), 2×3^2 (M), 2×4^2 (N) ... 等。每一大層的電子按照牠們能量的稍微差異，又可分為若干小層⁽⁷⁾，

(1) substances

(2) mixtures

(3) atoms

(4) elements

(5) nuclei

(6) atomic number

(7) sub-shells

稱為 s, p, d, f 等。今將各種原子之電子排列⁽¹⁾，列於附錄表二，以供參攷。元素的性質與牠們原子的構造有着密切關連。

原子最外層的能量比較少，最容易受到外界的影響而產生變動。幾乎一切的化學變化都是這些最外層（有時亦可以是次外層）電子移動的變化，所以這些電子可說是最重要的，牠們稱為價電子⁽²⁾。

1-2 原子核與同位素 原子核是否可分為更小的質點呢？現在已知原子核是可以分裂的，若干種大而不穩定的原子核如鈾，釷，鐳，釷等且能自動分裂成較小的質點。有時此種分裂且有一部份物質轉變為能⁽³⁾，其數量之巨大，遠非平常化學變化所放能量可比擬。像高爾夫球那麼大的一磅鈾，如果發生分裂，所放出的能量可以和 200,000 加侖汽油相等。科學界與工程界若能對這種原子能⁽⁴⁾善加利用與控制，對人類的供獻將是極端的偉大。迄今為止，已知的物質最基本質點⁽⁵⁾有下列七種：

質子 ⁽⁶⁾	帶單位正電荷	質量* 1.00758
中子 ⁽⁷⁾	中 性	1.00897
正介子 ⁽⁸⁾	單位正電荷	0.1
負介子 ⁽⁹⁾	單位負電荷	0.1
正電子 ⁽¹⁰⁾	單位正電荷	0.000548
負電子 ⁽¹¹⁾	單位負電荷	0.000548
微中子 ⁽¹²⁾	中 性	0.0005

* 質子即平常的氫原子核。上面質量係以 O^{16} 的質量為 16.0000 時的相對量。

- | | | |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| (1) electronic configuration | (2) valence electrons | |
| (3) energy | (4) atomic energy | (5) elementary particles |
| (6) proton | (7) neutron | (8) positive meson |
| (9) negative meson | (10) positron | (11) electron |
| (12) neutrino | | |

雖然如此，目前大家認為原子核為質子與中子組成，這種觀點亦尚無多大錯誤。牠們怎樣構成原子核迄今尚不明瞭。96種元素有不同的原子序數即由於有不同的質子數所致。每種由相同質子數及不同的中子數（數目相差不大）所構成的原子核，雖然有不同的質量，但因為有相同的原子序數，因而所構成的原子有相同的核外電子及化學性質，這些屬於同一元素而有不同質量的原子稱為同位素⁽¹⁾。平常無論在何處找到的某一元素，其所含各同位素的成分比例均相同。

1-3 原子量⁽²⁾ 不同原子有不同的質量，一種元素雖常含有幾種不同質量的同位素，但因為同位素的成份比例差不多不變，所以亦有一定的平均質量。若以氧元素的平均質量定為 16，則其他各元素的相對質量（如氫為 1.008，氯為 35.5）即稱為元素的化學原子量。此種相對質量，單位當然是任意規定的。若以氧的原子量為 16 克，則氫原子量為 1.008 克。此種以克為單位的原子量稱為克原子量⁽³⁾。化學變化（核變化除外）都是整個原子參與變化的，故變化前後的重量關係常可應用原子量來計算，所以原子量是很重要的，今附列書後。在平常化學變化，原子核是不會破裂的，故原子量亦不會有任何變化，因而變化前後的物質質量並不減少，這稱為物質不滅定律。產生或反應的化合物均含有一定數目的整個原子，故有一定的重量比例，這便是定比定律⁽⁴⁾。

(1) isotopes

(2) atomic weights

(3) gram atomic weights

(4) Law of definite proportion

1-4 阿佛加德羅⁽¹⁾氏數 各元素之絕對原子量究為多重？或 1 個克原子量內含有多少的原子呢？既然原子量為相對的重量，則同為 1 個克原子量之任何元素應含有相同數字的原子。由各種實驗測定，知道每個克原子量重的任何元素所含的原子數 N 等於 0.6023×10^{24} 此稱為阿佛加德羅氏數。因此只要各元素的克原子量除以 N ，即可得到各該元素之絕對原子量。

1-5 元素性質的週期性 各種物質既為元素所構成，欲預測及瞭解物質的性質與變化，必須先明瞭各元素的性質。元素雖有 96 種，但若以牠們的原子序數大小而推進，則每間隔若干原子序數（如 2, 8, 18 等）後必遇到一個有類似性質的元素，此種間隔稱為週期⁽²⁾。因此可說元素的性質（如化學性、熔點、密度、膨脹係數等）為原子序數的週期性函數。此即為有名的週期律⁽³⁾。例如原子序數為 2 之氦，為惰性氣體，不能起化學變化，因為這樣鎂常在氦中銲接，牠又可用來充填氣球，與氧混合而供潛水者呼吸之用，以避免氮溶解於人體之血液（氮溶解度較少）內所引起之沉箱病，或供病人急救時深呼吸之用，可以減少病人肌肉之努力（因為氦有大的擴散性）。循原子序數前進，間隔 8 個元素後又遇到一惰性氣體氖⁽⁴⁾，用來製造氖虹燈（氖的導電性比空氣大 75 倍，氖燈光為橘紅色，與少量汞汽混合時光呈藍色）。因為氖虹燈的光線能透過重霧，所以用來指明路標及試驗摩托車內電火花塞。再間隔 8 個元素，又遇到一種惰性氣體，氬⁽⁵⁾，因為牠的不活潑與低的導熱性，所以用於填充燈泡，減低燈絲氧化速率，延長燈絲耐用時間，可使燈絲熱至較高

(1) Avagadro (2) periods (3) periodic law (4) neon (5) argon

溫度而有較白亮的光線。自氫以下，每間隔 18 個元素又有惰性元素氬⁽¹⁾，氙⁽²⁾，再間隔 32 個元素又有一惰性氣體稱氡⁽³⁾。其性質均相類似。

由附錄表二上所示各元素的電子排列中，可以知道這些惰性氣體元素的電子排列很相類似，最外層均有 8 個電子，所以牠們的性質異常相像，均無與他物化合能力。從附錄表二又可明瞭每隔 2, 8, 8, 18, 18, 32 等原子序數後，終可遇到一些電子排列(外層及次外層)相像之元素，這便說明為什麼元素性質是原子序數的週期性函數。

1-6 元素的分類及週期表 依據週期律將類似的元素排列成組別⁽⁴⁾，則可得到各種週期表⁽⁵⁾，對工程化學上應用最方便的為下面長週期表⁽⁶⁾。

元素可按照牠們的類似性分為 $O, I_A, I_B, II_A, II_B, III_A, III_B, IV_A, IV_B, V_A, V_B, VI_A, VI_B, VII_A, VII_B, VIII$ 等各族。同族的元素列在週期表的同一縱列內，牠們及牠們的相當化合物均有類似的性質，知道其中的一個即可約略推測同族中其他元素的性質。例如 I_A 族 Li, Na, K, Rb, Cs, Fa 等各元素中，我們熟知 Na 是極活潑的輕而軟的金屬，氧化物溶於水則成為強鹼性之 $NaOH$ ，因此亦可推知銫(Cs)鉀(Rb)亦為活潑的輕金屬，牠們的氫氧化物 $CsOH, RbOH$ 亦為強鹼。所以 I_A 族又稱為[鹼金屬]⁽⁷⁾。 II_A 族稱為[鹼土金屬]⁽⁸⁾，牠們的氧化物如 MgO, CaO 等的融點很高，均為極佳之

(1) krypton

(2) xenon

(3) radon

(4) groups

(5) periodic tables

(6) long periodic table

(7) alkali metals

(8) alkaline earth metals

耐火材料，溶於水中亦有鹼性。 III_A , IV_A , V_A , VI_A , VII_A , VIII 及 I_B 各族元素可稱為[過渡金屬]⁽¹⁾，牠們都有很高的熔點，許多有很大的強度與硬度，其中 IV_A , V_A , VI_A , VII_A 各族均為很硬的金屬，與鐵所成的合金，硬而堅強（如鎢鋼，鈳鋼，鉻鋼，鉬鋼，鎢鋼，錳鋼等）且能忍受高溫度。 VIII 與 I_B 族金屬却有很大的強度與延展性，為最基本的金屬工程材料，過渡金屬元素的次外層電子有時亦常參與化學反應，因此牠們與另一元素或原子團結合時常可以產生幾種型式的化合物。牠們的化合物許多是有顏色的。

在週期表中佔有斜線區域內的若干金屬元素如 Zn, Al, Ga, In, Ge, Sn, Pb, Sb, Bi 等之氧化物可以與酸中和產生鹽類，但又能與鹼作用產生鋁酸鈉，鋅酸鈉等。這些金屬可被鹼類侵蝕，正如許多非金屬與鹼類作用相像。但牠們本身確有金屬的一切特性，因此牠們稱為[二性金屬]⁽²⁾。鹼金屬，鹼土金屬，過渡金屬，二性金屬均有金屬之通性，有金屬光澤，為熱與電的良導體，例如銅用為導電線，鈉置於飛機引擎的閥桿⁽³⁾的中空部份內，以傳熱牠去使閥冷卻。金屬均有相當的延展性。雖然自牠們移去外層電子的難易各不一致，但金屬終比非金屬（H 除外）容易失去外層電子。例如銫（Cs）及銣（Rb）在平常光線照射下即可放射電子，幾原子厚的銫銣薄層蓋覆在另幾種金屬表面常用於光電管⁽⁴⁾及雷達接受器上。其他鹼金屬及若干重金屬當受紫外線時亦能夠放射電子。

週期表右上角 23 個元素為非金屬。O 族為惰性氣體。 VII_B 族（H 除外）為鹵族元素⁽⁵⁾，都是很活潑的，幾乎能侵蝕一切金屬與之

(1) transition metals

(2) amphoteric metals

(3) valve stem

(4) photoelectric cells

(5) halogens

化合而成鹵化物⁽¹⁾，牠們的含氧酸鹽均有類似的結構，並為極強的氧化劑。這些元素都有顏色並有刺鼻的氣味。 VI_B 族為氧族或硫族元素， V_B 為氮族或磷族元素。每族元素的相當化合物大致都有些相像，例如 H_2O , H_2S , H_2Se , H_2Te 間與 NH_3 , PH_3 , AsH_3 , SbH_3 (均有氣味) 間均頗類似。在斜線區域內之非金屬如 B, Si, As, Se, Te, Po 等為半導體體⁽²⁾，亦帶點金屬光澤，性質有點接近金屬，因此亦稱為賽金屬⁽³⁾，例如鉛灰色結晶之硒 (Se)，牠的導電性可因曝露光中而增加，因此可用來測量光之強度或製光電池。這些半導體體常用製電的整流器(見第七章)。

從週期表中可知 96 種元素性質的遞變可分為七個週期，表中每一橫行代表一個週期。

第 1 週期祇含 2 個元素——最短週期

第 2 週期含 8 個元素 }
第 3 週期含 8 個元素 } ——短週期

第 4 週期含 18 個元素 }
第 5 週期含 18 個元素 } ——長週期

第 6 週期含 32 個元素——最長週期

第 7 週期含 10 個元素——不完全週期

每週期中，元素的性質隨原子序數的增加自左向右漸漸自金屬轉變為非金屬。週期表中部有着二性金屬及賽金屬即表示着這種轉變的過程。不僅元素的性質如此，便是牠們化合物的性質亦是如此轉變着，例如由左方鹼性的氧化物轉變為右方酸性氧化物。

元素不僅在每一週期中有這樣性質的轉變，便使自一週期進入

(1) halides

(2) semi-conductors

(3) metalloids