

中央人民政府高等教育部推薦

高等學校教材試用本

化 工 計 算

下 冊

C. Д. БЕСКОВ 著

張 漢 良 等 譯



522
商 務 印 書 館

121
中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



化 工 計 算

上 冊

C. A. 別斯科夫著
張 漢 良 等 譯



商 務 印 書 館

本書係根據蘇聯化學出版社 (Государственное научно-техническое издательство химической литературы) 出版的別斯科夫 (С. Л. Бесков) 所著“化工計算” (Техно-химические расчеты) 1950年修正本譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為化工學院及化工系教學參考書。

譯本分上下兩冊出版：第一冊包括原書前四章及附錄 I 與附錄 II；第二冊為原書後四章。

參加本書翻譯和校訂工作的為北京工業學院化工系張漢良、熊楚才、梁嘉玉、蕭天鈞、張國熊、丁愷等同志。

各習題的答數，或因原書排版的錯誤，以致有時與實際算出的數字不相符合，尚希讀者注意。

化 工 計 算

上 冊

張漢良等譯

★版權所有★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一四號

中國圖書發行公司 總經理

商務印書館上海版印刷

(02102A)

1953年9月初版 原書字數195,000 圖表88面

(11月第2次印刷) 5,001—7,000 定價 ¥ 24,000

上海市書刊出版業營業許可證出〇二五號

中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將繼續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

原 序

本書第一版係在 1938 年問世，而以“化工計算概論”命名的。

對現在這本書的寫作，作者曾將全部材料重新審查，並將其中很大一部份加以根本修改；而書中某些章節則已另行寫過。

本書係化工學院學生的參考書。其中列有實際運用物理化學的基本定律來計算個別化工過程的例題。基於這些例題，使學生認識了某種製造底技術過程，並懂得了化工計算的一般原則，因而能夠計算任何化學過程。

在化工計算的實踐中，爲了加速和減輕計算的工作，廣泛地使用圖表與算圖。因此在本書中，除了一般的分析計算法外，在很多場合還引用了圖解。根據圖解所作的計算，其精確度雖因圖解的比例尺度而異，但其誤差一般不超過 1% 的。

化工計算最常用的參考數值，則列表於附錄中。

作者對工科博士 Н. М. 沙方羅科夫教授(Н. М. Жаворонков)，化學碩士 Г. В. 費諾格拉多夫(Г. В. Виноградов)及工科碩士 А. М. 拉斯托夫切夫(А. М. Ластовцев)所給予本書的幫助，表示深切的謝意。

С. Д. 別斯科夫

11.2.1955

用在本書內的符號表

A ——功。

$a_{\pm}$ ——離子活動值。

$a\%b\%$ ——物質的濃度，以重量百分率表示。

$a_0\%b_0\%$ —— A, B 等物質的濃度，以分子百分率表示，對於氣體也即是體積百分率。

B ——大氣壓力，以[毫米]汞柱表示。

b ——水蒸汽壓。

C ——電量。

C ——真正分子熱容。

$\bar{C}$ ——平均分子熱容。

C_s ——物體或物系底真正熱容的通式。

$\bar{C}_s$ ——物體或物系底平均熱容的通式。

c ——光速。

c ——物質底濃度，以[克/升]表示。

c ——物質濃度的一般符號。

c ——真正比熱容。

$\bar{c}$ ——平均比熱容。

$c_{0s}, \bar{c}_{0s}$ ——體積熱容及平均體積熱容。

$c_p, \bar{c}_p, C_p, \bar{C}_p$ ——定壓時的比熱容，平均熱容，分子熱容及平均分子熱容。

$c_v, \bar{c}_v, C_v, \bar{C}_v$ ——定體時的同樣熱容。

Δ ——活化能。

E ——電極電勢。

E ——原電池的電動勢；電解質的分解電壓。

E_0 ——標準電極電勢。

E_c ——當溶液中離子濃度為(c)時相應的電極電勢。

E_k ——動能。

e ——分子內各原子的鍵能。

$E_{\text{沸}}$ ——溶劑的比沸點降低常數。

$E_{\text{冰}}$ ——溶劑的比冰點降低常數。

e_i ——極化及過電壓的電動勢。

e'_i ——氫的過電壓。

e''_i ——擴散電勢(電解質濃差的極化電動勢)。

e'''_i ——化學極化。

F ——自由能。

F ——法拉數。

f ——物系底相數,電極面積。

f_x ——離子的活動係數。

G ——物質底重量。

g ——重力加速度。

g ——混合物中各組份的重量。

$G_{\text{陽極}}$ ——陽極附近的離子重量,以[克]計。

$G_{\text{陰極}}$ ——陰極附近的離子重量,以[克]計。

$G_{\text{原料}}$ ——原料的總重量。

$G_{\text{產品}}$ ——產品的總重量。

I ——物系底總熱含量。

i ——物系中個別組份底熱含量。

i ——溶質底分子總數與它離解時生成的分子數之比。

i ——電流強度。

i_0 ——電流密度。

$K_{\text{電離}}$ ——電離常數。

$K_{\text{阻力}}$ ——容器的阻力常數(在電化學中)。

K ——化學反應平衡常數。

K_c ——平衡常數,以反應物的[克·分子/升]表示濃度的。

K_p ——平衡常數以反應物的分壓表示濃度的。

K_n ——平衡常數,以反應物的分子百分率表示濃度的。

$K_{\text{離解}}$ ——熱離解常數。

$K_{\text{比}}$ ——比分配係數。

k ——物系的組份數。

k ——化學反應速度常數。

k ——電解質底分解電壓的溫度係數。

L, l ——長度。

l ——所測的溶液導電度。

l_A ——陰離子遷移數。

l_k ——陽離子遷移數。

M ——物質底分子量。

M, m ——質量。

M_s ——物質耗量的一般標誌。

m ——電解時在一個電極上分出的電解質底質點數。

m ——一分子物質分解成的質點數。

m ——物質離解的校正數。

m ——多方曲線的指數。

N ——在指定體積內氣體質點的總數。

n ——物質的分子總數。

n_0 ——物質底價數。

$n_A, n_B, \dots$ ——A, B...物質底濃度,以[克-分子]/[升]表示。

$n_{c_A}, n_{c_B}, \dots$ ——在 A, B 等物質的溶液內,物質 C 的[克-分子]數。

$n_i = \frac{n_A}{n_B}$ ——A 物質底分子數與 B 物質分子數之比。

$n_{A_i} = \frac{n_A}{n_A + n_B + \dots}, n_{B_i} = \frac{n_B}{n_A + n_B + \dots}$ ——在 A, B 等物質的混合物(氣相的液相的或固相的)中 A, B 等物質的分子分數。

n_r ——在溶液中氣體的分子分數。

n_{0_i} ——在溫度 T_0 時 A 物質的分子數與 B 物質的分子數之比。

P ——總壓力。

p ——分壓力。

p_0 ——計壓或大氣壓力。

p_a ——絕對壓力或真正壓力,以[大氣壓]表示。

p_h ——真空表壓(稀薄度)。

p_m ——表壓或超氣壓以[大氣壓]表示。

p_x ——動壓力(速度頭)。

Q ——生產循環的總熱量,或物系的總熱量。

Q_H^P ——燃料的低熱值。

Q_B^P ——燃料的高熱值。

q ——個別過程的熱量,或任何生產階段的熱量(反應熱,溶解熱,等等)。

q_a ——活化熱。

R ——氣體常數。

r ——導電體(電解質)的阻力。

$r_{融}$ ——熔化熱。

- $r_{\text{蒸}}$ ——蒸發熱。
- $r_{\text{昇華}}$ ——昇華熱。
- S, s ——導體底橫截面。
- S ——熵。
- s ——物系的自由度數。
- T ——絕對溫度(愷氏溫標)。
- t ——以百度溫標表示的溫度。
- U ——物體底內能。
- V ——總體積。
- V ——在外線圈的電動勢或外路電壓(外電動勢), 電解池兩極的電壓。
- V_0 ——在 0°C 及 760[毫米]汞柱時的氣體體積。
- v ——分體積。
- v ——化學反應速度。
- W ——功率。
- w ——物體運動速度。
- $w_{\text{平均}}$ ——氣體的平均速度。
- w_i ——陰離子遷移數。
- $w_{\text{陽離子}}$ ——電解時陽離子的遷移速度。
- $w_{\text{陰離子}}$ ——電解時陰離子的遷移速度。
- Z ——物質底當量。
- α ——解離度(熱的與電解質的)。
- α ——過剩空氣係數。
- α ——導電度係數。
- γ ——物質底比重。
- η ——熱機效率。
- η ——電流利用係數, 或電流“產率”; 電解時的電流

效率。

χ ——定壓熱容與定體熱容之比。

λ ——熱傳導係數。

λ ——溶液的當量導電度。

λ_{∞} ——無限稀釋當量導電度。

$\nu_1 \nu_2$ ——化合量係數。

ρ ——比電阻。

ρ ——在指定情況時的物質密度。

ρ_0 ——在標準情況(0°C, 760[毫米]汞柱)時的物質密度。

τ ——時間。

κ ——比電導度。

ψ ——亨耳(Генрь)常數(係數)。

上 册 目 次

原序

用在本書內的符號表	1
-----------	---

概論	1
----	---

第一章 基本概念與量度單位	5
---------------	---

量度單位與因次	5
長度、面積與體積	6
質量與重量	6
力	10
壓力	10
速度	15
功與能	17
功率	19
熱	20
溫度	21
量電單位	21
物質百分率(濃度)的相互關係	23
習題	30

第二章 工業產品組成的計算與反應物量的計算	32
-----------------------	----

工業產品的數量與其成份的計算	32
反應物量的計算	35
物料衡算方程式	37
計算例題	38
習題	53

第三章 氣體定律	57
----------	----

波義耳定律	57
蓋-呂薩克定律	58
查理定律	61
理想氣體的狀態方程式	62
道爾頓定律——混合氣體	68
真實氣體的狀態方程式	71
計算例題	75
習題	83

第四章 熱與能的定律.....88

熱力學第一定律.....	88
等溫過程的功.....	89
絕熱過程與多方過程的功.....	93
等壓過程的功.....	101
等容過程.....	103
熱量清算方程式.....	105
熱容.....	110
熱含量.....	129
化學變化熱與物理變化底熱.....	138
燃料熱值與燃燒溫度.....	164
計算例題.....	167
習題.....	187

附錄一

表 1——某些元素的原子量.....	207
表 2——各種度量制中的物理量度單位.....	208
表 3——各種量度單位中熱量的轉換係數.....	209
表 4——各種不同溫度的飽和水蒸汽壓.....	210
表 5——常見氣體的某些常數.....	211
表 6——氣體與蒸汽的真正分子熱容底溫度函數.....	212
表 7—— H_2 , CO , 及 N_2 在各種不同壓力的真正分子熱容底溫度函數.....	214
表 8—— $P=1$ [大氣壓]時由 $0^\circ C$ 到 $t^\circ C$ 氣體的平均分子熱容底溫度函數.....	215
表 9——定壓時從 $0^\circ C$ 到 $t^\circ C$ 氣體的平均分子熱容底溫度函數.....	216
表 10—— $P=1$ [大氣壓]時由 $0^\circ C$ 到 $t^\circ C$ 氣體的真正分子熱容.....	216
表 11——定壓時從 $0^\circ C$ 到 $t^\circ C$ 氣體的真正分子熱容.....	217
表 12——固體的真正比熱容底溫度函數及熔化熱.....	218
表 13——固體的真正比熱容底溫度函數.....	221
表 14——室溫時固體的真正比熱容.....	226
表 15——液體的汽化熱與比熱容.....	228
表 16—— $P=1$ [大氣壓]時各種不同溫度的氣體熱含量.....	230
表 17—— $P=1$ [大氣壓]及 $\sim 20^\circ C$ 時最主要化合物的生成熱.....	231
表 18—— $18^\circ C$ 及 $P=1$ [大氣壓]時有機物的燃燒熱.....	246
表 19——元素底鍵能(在 $20^\circ C$ 及 $P=1$ [大氣壓]時).....	250
表 20——溶解熱(在 $20^\circ C$ 時).....	251
表 21——某些燃料的熱值.....	252
表 22——熱力學函數表(正常情況的).....	254
表 23——某些化合物的自由能變化底溫度函數($P=1$ [大氣壓]時).....	258
表 24——最重要化學反應的熱效應及其平衡常數底溫度函數($P=1$ [大氣壓]時).....	260

表 25——范恩斯特方程式計算化學反應平衡常數的規定化學常數	270
表 26——各種溫度的 $f = \ln \frac{T'}{298} + \frac{298}{T'} - 1$ 函數值	270
表 27——在不同溫度某些氣體在水中的溶解度	271
表 28——硫酸與硝酸溶液底比重	272
表 29——鹽酸溶液底比重	272
表 30——氨溶液底比重	273
表 31——碳酸鈉溶液底比重	274
表 32——苛性鈉溶液底比重	275

附錄二 算圖與算表(另本隨附)

下 冊 目 錄

第五章 平衡定律及化學反應動力學	277
熱力學第二定律	277
自由能	287
物質作用定律及化學反應速度	273
平衡常數	299
平衡常數與溫度之關係	312
等體與等壓反應方程式	312
涅恩斯特近似方程式	318
等溫反應	320
焓法計算平衡常數	324
反應速度與反應級	328
計算例題	338
習題	373
第六章 相平衡定律	379
相則	379
單元物系	379
二元及多元物系	383
亨利定律	385
烏拉爾定律	386
分配定律	388
溫度對蒸汽成份的影響	389
沸點、冰點與溶液上的蒸汽壓	391
相平衡圖解	393
計算例題	406
習題	417
第七章 電化學及電熱學定律	421
法拉第定律	421
離子遷移	425
溶液的導電度	427
電動勢	432
電熱學定律	440
計算例題	441

習題	447
第八章 生產過程的計算	450
煤及其燃燒與化學處理	451
計算例題	451
習題	509
硫酸	516
計算例題	516
習題	550
氮、合成氨、硝酸	553
計算例題	553
習題	590
電化生產與電熱生產	592
計算例題	592
習題	612
參考文獻	615
名詞索引	618

化 工 計 算

概 論

凡在着手設計化學生產用具(冷凝器,熱交換器,接觸器,洗滌器,爐灶,等等)之前,應對整這生產過程,或其中與設計的用具直接有關的部份,事先作一詳細的化工計算。每一用具或全部過程的物料清算與熱量清算,就是一切設計計算的基礎。

有化學或物理化學過程在其中進行的器具,一般在沒有作出熱量清算之前,是不能進行設計計算的;而熱量底清算,必須根據用具的物料清算底數據來完成。例如着手設計一個簡單用具——熱交換器,必須知道它的尺寸大小。這個大小只能在算出熱交換器內由某一物質給予另一物質的熱量之後才能確定,即須作出它們的熱量與物料清算之後才能計算。

化工計算不僅為設計計算之用,而且是計算成品的生產耗費係數所十分需要使用的技術。因此,每位化學工程師應當掌握運用化工計算底方法。

一切化工計算恆根據兩個基本定律:物質重量(質量)不滅定律和能量不滅定律;它們首先是由 М. В. 羅蒙諾索夫(М. В. Ломоносов)提出的。一切物料的計算,即作某一過程的物料清算,是以前一定律為根據;一切能量的計算包括熱的計算,即作熱量清算,是以後一定律為基礎。

物質重量(質量)不滅定律是:在一個孤立物系中,不論物質發生任何變化,它的重量(質量)始終不變。換言之,物質不能從無到有,也不能無影無蹤地消失去。由此可見,在一個單獨用具內,任何孤立的生產循環中物質的量(質量,重量)始終是不變的,物質只能發生物理形態的