

電子計算機套用程式系列 (第二階段)

化學工程教學用程式

(第二冊)

主編者：教 育 部

編撰者：國立臺灣工業技術學院

劉	清	田	·	李	亮	三
黃	孝	平	·	曾	憲	政
朱	義	旭	·	周	宜	雄
莊	敏	哲				

正 中 書 局 印 行

電子計算機套用程式系列（第二階段）

化學工程教學用程式

第 二 冊

主編者：教 育 部
編撰者：國立臺灣工業技術學院
劉 清 田・李 亮 三
黃 孝 平・曾 憲 政
朱 義 旭・周 宜 雄
莊 敏 哲・

日 期：中華民國七十三年八月

正 中 書 局 印 行

版權所有



翻印必究

中華民國七十五年四月臺初版

電子計算機套用程式系列 (第二階段)

化學工程教學用程式

第二冊 基本定價 六元六角

(外埠酌加運費滙費)

主 編 者	教 育 部
編 撰 者	國立臺灣工業技術學院
	劉 清 田 李 亮 三
	黃 孝 平 曾 憲 政
	朱 義 旭 周 宜 雄
	莊 敏 哲
發 行 人	蔣 廉 儒
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(8361)

分類號碼：310.61 (1000) 詳

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：3822714

郵政劃撥：0009914—5

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 電話：291—4345

地址：東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地

東海書店 電話：791—6592

地址：京都市左京區田中門前町九八番地

泰國總經銷：集成圖書公司

地址：泰國曼谷耀華力路233號

美國總經銷：華強圖書公司

Address: 135-18 Northern Blvd. Flushing, N.Y. 11354 U.S.A.

歐洲總經銷：英華圖書公司

Address: 14 Gerrard Street London W.L. England

加拿大總經銷：嘉華圖書公司

Address: 340 Spadina Avenue Toronto, Ontario CANADA M5T 2G2

序

近十年來，由於計算機工業突飛猛進，計算機的使用非常普通。亦即，計算機已成為各行各業不可缺少的工具；利用計算機從事工程理論分析，系統模擬、設計與控制等，已是每位工程人員所應具備的知識。面對這種快速的發展，如何利用計算機來輔助教學，乃為一項重要的課題，在這種情況下為使學生在計算機之應用方面有良好的基礎，教育部乃大力推展計算機在各種工程上應用之計劃，以積極的整理與發展計算機套用軟體程式之方式，來推動大專院校各學（科）系之計算機輔助教學。

本報告係屬於化學工程教學用程式之整理報告，其內容包括了四類主題：

(一) 化工熱力學……編號：CH — 5201

(二) 單元操作與輸送現象……編號：CH 4301 — 4302, 5301 — 5305

(三) 反應工程學……編號：CH 5401 — 5402

(四) 程序控制……編號：CH 4503 — 4505

每一主題分別包含數個子題，都是一些相當基本且具有一般性之問題。每子題之程式名稱之後均有編號。例如：CH 為化學工程學科之代號，第一個數字4表示適用於大學程度4年級使用。5表示適用於研究所課程使用，第二個數字2表示此程式屬於第一類主題：化工熱力時；最後兩個數字01表示該主題適用課程之編號次序。

每一個程式之內容均包括下列七項：

(一) 前言——簡述此程式之目的。

(二) 理論分析——推導出此程式所根據之理論。

(三) 程式設計——說明程式運算過程，並附上流程圖。

- (四)數據輸入與輸出——列表說明輸入與輸出變數之定義。
- (五)例題說明——舉一至三個例題，使讀者熟習利用程式來解答問題。
- (六)參考文獻——列出此程式所根據之書籍或資料。
- (七)附錄——附上程式之原始內容，以供讀者使用。

本報告乃先整理一部份熟習的程式，希望讀者能熟習這些程式，並能活用它們，舉一反三，進一步能自我訓練設計及寫計算機程式之能力，此乃編寫本報告之主要目的。

本計劃執行期間，編寫甚為倉促，錯誤在所難免，至盼讀者不吝指正。

劉清田

中華民國七十三年八月

電子計算機套用程式系列・第二階段 化學工程教學用程式

教育部主編 國立臺灣工業技術學院編撰

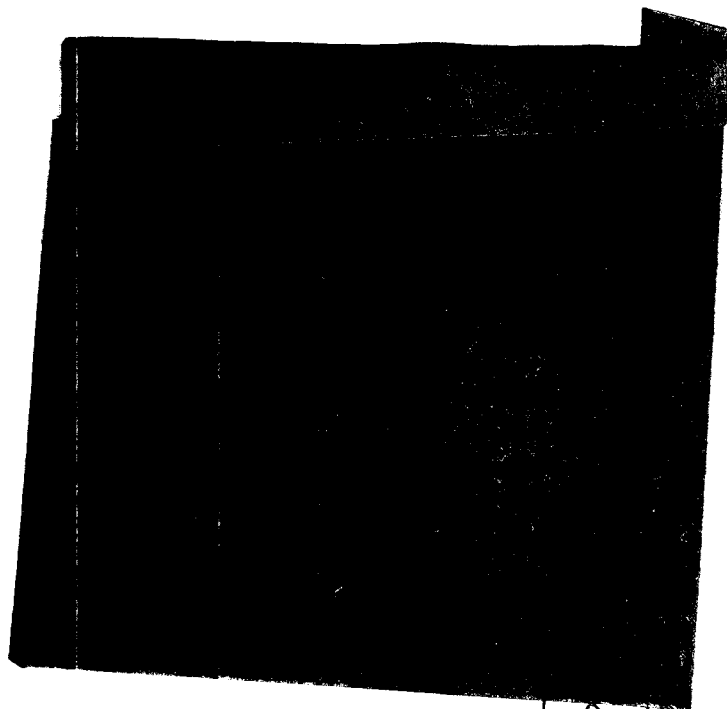
臺北市 正中書局印行 民國75年

〔8〕540面：圖；26公分

1.電子計算機語言程式 I.教育部主編 II.國立臺灣工業技術學院編撰

312.94

8734



50-0

目 次

序	I
壹、鰭片之溫度分布及效率計算 (CH - 4301)	1
一、前言	3
二、理論分析	3
三、程式設計	6
四、數據輸入與輸出	9
五、例題說明	10
六、參考文獻	10
七、計算機報表	10
貳、串聯多層平板之非恆穩狀態之熱傳導 (CH - 4302)	17
一、前言	19
二、理論分析	19
三、程式設計	22
四、數據輸入與輸出	23
五、例題說明	24
六、參考文獻	24
七、計算機報表	25
叁、頻率響應及波的圖 (CH - 4503)	45
一、前言	47
二、理論分析	47
三、程式設計	47

四、數據輸入與輸出	50
五、例題說明	52
六、參考文獻	53
七、計算機報表	53
肆、脈波測試求波的圖 (CH - 4504)	63
一、前言	65
二、理論分析	65
三、程式設計	66
四、數據輸入與輸出	68
五、例題說明	70
六、參考文獻	71
七、計算機報表	71
伍、單環控制系統之模擬 (CH - 4505)	79
一、前言	81
二、理論分析	81
三、程式設計	82
四、數據輸入與輸出	93
五、例題說明	98
六、參考文獻	99
七、計算機報表	99
陸、多成分系統之氣液平衡、氣相及液相的熱焓及驟沸分離之計算 程式 (CH - 5201)	123
一、前言	125
二、計算方法	126
三、程式設計	150

四、數據輸入與輸出	166
五、例題說明	175
六、參考文獻	177
七、計算機報表	178
柒、邊界層流動流過楔形物體之計算 (CH - 5301)	307
一、前言	30
二、理論推導	307
三、程式設計	313
四、數據輸入與輸出	315
五、例題說明	315
六、參考文獻	316
七、計算機報表	316
捌、物體在恆穩狀態下之濃度分布及質量流通量之計算 (CH - 5302)	335
一、前言	337
二、理論分析	337
三、程式設計	338
四、數據輸入與輸出	340
五、例題說明	341
六、參考文獻	342
七、計算機報表	342
玖、多效蒸發系統 (CH - 5303)	347
一、前言	349
二、理論分析	349
三、程式設計	353

四、數據輸入、輸出及使用方法	356
五、例題說明	362
六、參考文獻	364
七、計算機報表	364
拾、多成分分餾HGFUG簡捷設計法 (CH - 5304)	395
一、前言	397
二、理論分析	397
三、程式設計	399
四、數據輸入、輸出及使用方法	404
五、例題說明	406
六、參考文獻	407
七、計算機報表	408
拾壹、多成分蒸餾S B簡捷計算法 (CH - 5305)	419
一、前言	421
二、理論分析	421
三、程式設計	423
四、數據輸入、輸出和使用方法	426
五、例題說明	430
六、參考文獻	434
七、計算機報表	434
拾貳、非均相觸媒固定床反應器模擬 (CH - 5401)	451
一、前言	453
二、理論分析	453
三、程式設計	458
四、數據輸入與輸出	467

五、例題說明	471
六、參考文獻	472
七、計算機報表	472
拾叁、控制週期反應器絕熱系統模擬 (CH - 5402)	519
一、前言	521
二、理論分析	521
三、程式設計	528
四、數據輸入與輸出	528
五、例題說明	528
六、參考文獻	528
七、計算機報表	529

CH-4301

**壹 ■ 鰭片之溫度分布
及效率計算**

編撰者 朱義旭

THE UNITED STATES OF AMERICA
DO hereby certify that

JOHN F. KENNEDY
is the duly elected

壹、鰭片之溫度分布及效率計算

一、前言

鰭片 (fin) 可以增加熱交換器之熱傳速率，所以為常見之熱交換裝置，在恒穩狀態下，鰭片之熱傳導方程式為一溫度之二階常微方程轉換成二個一階聯立常微分方程然後利用副程式 RKSYSST 求得溫度分佈，然後計算鰭片之效率 (fin efficiency)。

二、理論分析

假設一鰭片，其截面如圖 1 在 z 方向假設為無限大，所以此題目為二維 (2-dimensional)，考慮截面為任意形狀，即鰭片之邊界為 $y(x)$ 取厚 dx 之一段來分析 (設 z 方向單位長度) 在恒穩狀況下，假設熱傳導主要為 x 方向

$$(\text{Rate of heat in}) - \text{Rate of heat out} + \text{Rate of energy generation} = 0 \quad (1)$$

$$\text{Rate of heat in} = q_x = - \{ k [2y(x)] dT / dx \}_x$$

$$\begin{aligned} \text{Rate of heat out} = q_{x+dx} + q_c = & - \{ k [2y(x)] dT / dx \}_{x+dx} \\ & + h_x A_s (T - T_\infty) \end{aligned}$$

$$\text{Rate of energy generation} = q''' [2y(x)] dx$$

A_s 代表側面積 $A_s = dx / \cos \phi$ ， T_∞ 代表外界之溫度將各項代入能量平衡式(1)中得

$$k [2y(x)] d^2T / dx^2 + 2k \frac{dy(x)}{dx} \frac{dT}{dx} + [2y(x)] q''' -$$

$$\frac{2h_x (T - T_\infty)}{\cos \phi} = 0 \quad (2)$$

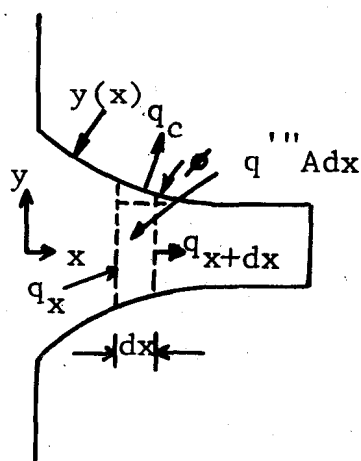


圖 1

令 $\theta = \frac{T - T_\infty}{T_w - T_\infty}$, T_w 為在 $x = 0$ 處之 fin temperature

則(2)式可以化成簡成

$$ky \frac{d^2 \theta}{dx^2} + k \frac{dy}{dx} \frac{d\theta}{dx} + \frac{y}{T_w - T_\infty} q''' - \frac{h_x \theta}{\cos \phi} = 0 \quad (3)$$

如果 fin 是梯形，其 dimension 如圖 2 所示，則(3)式變成

$$k \left[e + \frac{(\ell - x)(b - e)}{\ell} \right] \frac{d^2 \theta}{dx^2} - \frac{k(b - e)}{\ell} \frac{d\theta}{dx} + \frac{e + (\ell - x)(b - e)/\ell}{T_w - T_\infty} q''' - \frac{2\bar{h}\theta}{\cos \phi} = 0 \quad (4)$$

其中 $\bar{h}$ 代表平均對流熱傳係數

$$\cos \phi = \ell / \sqrt{\ell^2 + (b - \ell)^2 / 4}$$

為了方便數值計算，將(4)式轉換成無因次形式，令 $\eta = x / \ell$ 代入(4)式可以整理成

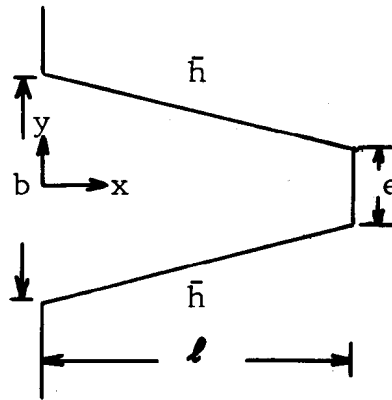


圖2

$$\frac{d^2 \theta}{d\eta^2} = \frac{2 \frac{\bar{h} \ell}{k} \cdot \frac{\theta}{\cos \phi} + (b/\ell - e/\ell) (d\theta/d\eta)}{e/\ell + (b/\ell - e/\ell) (1-\eta)} - \frac{q''' \ell^2}{k (T_w - T_\infty)} \quad (5)$$

$\bar{h} \ell / k$ 叫做 Biot Number 令 $\bar{h} \ell / k = Bi$, $b/\ell = BOL$, $e/\ell = EOL$
 $q''' \ell^2 / k (T_w - T_\infty) = Q$ 則(5)式變成

$$d^2 \theta / d\eta^2 = \frac{2Bi\theta / \cos \phi + (BOL - EOL) d\theta / d\eta}{EOL + (BOL - EOL) (1-\eta)} - Q \quad (6)$$

(6)式為一線性二階常微分方程式，需要二個邊界條件。對於此類熱傳問題，通常邊界條件之一為在 $x = 0$ ($\eta = 0$) $T = T_w$ ($\theta = 1$)，另一條件

為在 $x = L$ ($\eta = 1$) 處 $\frac{dT}{dX} = 0$ ($\frac{d\theta}{d\eta} = 0$)，此為一端絕緣，或是一 k

$dT/dx = h(T - T_\infty)$ ，即在一端滿足 Newton's law of cooling

在此處我們假設一端為絕緣所以(6)式之邊界條件為

$$\eta = 0, \theta = 1.0$$

$$\eta = 1.0, d\theta/d\eta = 0$$

數值方法

(6)爲二階常微分方程，首先令 $d\theta/d\eta = \Gamma$

$$\text{則 } d^2\theta/d\eta^2 = d\Gamma/d\eta = \frac{2Bi\theta/\cos\phi + (BOL - EOL)\Gamma}{EOL + (BOL - EOL)(1-\eta)} - Q$$

是以(6)式變成二個聯立一階常微分方程，變數爲 θ 及 Γ

$$d\theta/d\eta = \Gamma \quad (7)$$

$$d\Gamma/d\eta = \frac{2Bi\theta/\cos\phi + (BOL - EOL)\Gamma}{EOL + (BOL - EOL)(1-\eta)} - Q \quad (8)$$

$$\text{其邊界條件爲 } \theta(0) = 1.0 \quad (9)$$

$$\Gamma(1) = 0 \quad (10)$$

(7), (8), (9), (10) 構成一邊界值問題 (Boundary value problem)，因爲(6)式爲線性，所以可以應用 shooting 法 (ref.1)；在解(7), (8), (9), (10) 時先將之變成初值問題 (initial value problem)。亦即先假設 $\Gamma(0)$ 值例如令 $\Gamma(0) = G_1$ 如此(7), (8), (9)式加上 $\Gamma(0) = G_1$ 變成一初值問題。可以利用一般解常微分方程之數值方法 (例如 Runge-Kutta 法) 求其解。因爲所猜測之 $\Gamma(0) = G_1$ 不是真正值，所以得到之 $\Gamma(1) \neq 0$ ，設所得之 $\Gamma(1) = R_1$ 。我們可以重覆以上之計算，即猜測另外一 $\Gamma(0)$ 值，令 $\Gamma(0) = G_2$ ，經數值解可得到 $\Gamma(1) = R_2$ 。第三次猜測時

$$\text{令 } \Gamma(0) = G_2 - R_2 \left(\frac{G_2 - G_1}{R_2 - R_1} \right)$$

我們可以設計 Do Loop，使得上一次計算之 G_2 變成 G_1 ， R_2 變成 R_1 ，而新猜測值及計算值分別爲 G_2 及 R_2 ，如此計算可以重覆進行一直到 $\Gamma(1) < \epsilon$ 爲止。

三、程式設計