

流體力學BASIC 程式解析

——IBM PC/XT適用

張木榮 編譯

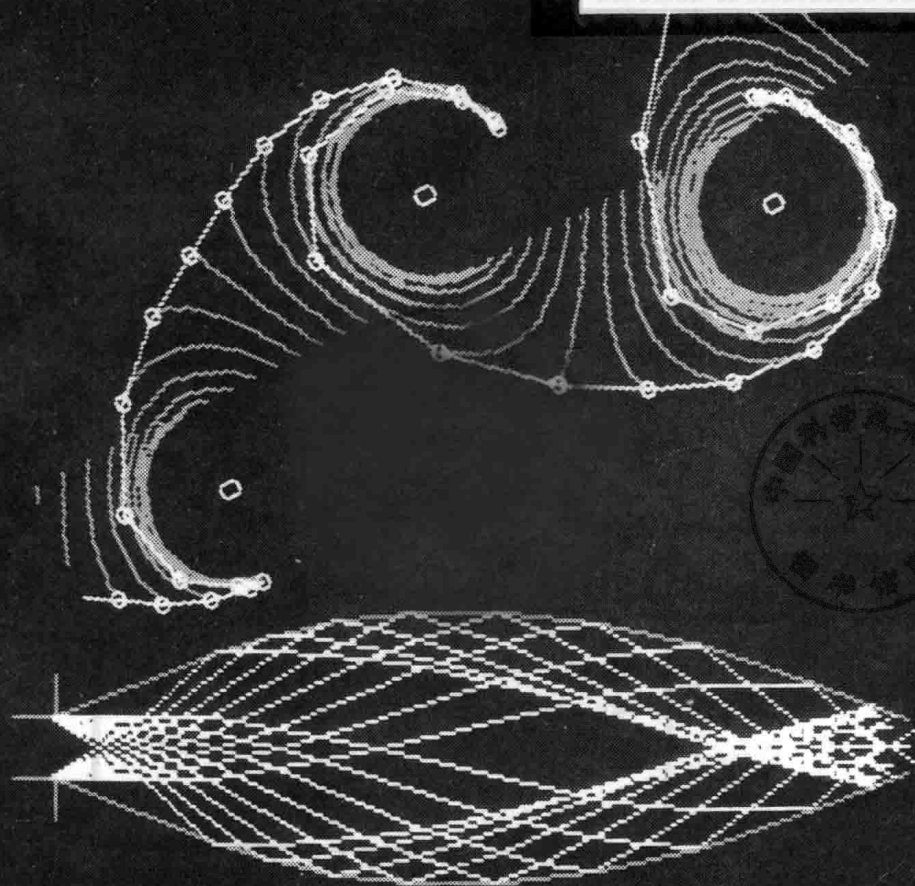


全華科技圖書股份有限公司 印行

流體力學BASIC 程式解析

——IBM PC/XT適用

張木榮 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

流體力學BASIC程式解析

——IBM PC/XT適用

張木榮 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 / 5071300 (總機)

郵撥帳號 / 0100836-1 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 / 3612532 • 3612534

定 價 新臺幣 180 元

初版 / 77年 2 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 0211581

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。//

作者簡介

Daniel B. Olfe 從事於流體力學教學達 26 年之久，其中在紐約大學任教 4 年，在聖地牙哥加州大學任教 22 年。在加州大學期間，他是物理工程教授同時也是應用力學學系及科學工程學系的主席。於 1957 年，他在普林斯頓大學獲得航空工程學士學位，並於 1960 年在加州工業技術研究所獲得博士學位。他的研究著作主要集中於流體力學及熱傳上。

原 序

微電腦已普遍地被學生、工程師及科學家所使用。他們使用的範圍從最簡單的計算工作，譬如可由計算機來執行的，到更複雜的計算工作均有，譬如得使用大電腦才能計算出的。

於工程教學上，能善加使用微電腦的並不多，主要原因在於他們並未能真正了解將此工具使用到個人上或課堂教學上的好處。吾人希望由此書所提供的軟體對將微電腦引入流體力學教學中有所助益。

本書所述的大部份程式於實地教學中，可使用於單一電腦顯像器（對小教室），亦可使用於放映系統或多台顯像器（對大教室），除此之外，吾人所提供的程式不論在課堂上或各部門上亦能讓學生個別使用。本書所述的部份程式已有學生將之應用在做專題上。

本書之程式均以 BASIC 語言所寫成，且容易地將之修改。所以學生在使用上不僅可輸入程式所需求的參數值外，亦可將之修改成不同的輸出形態或將之擴充至其他用途上。事實上，精通微電腦的學生或工程師，將以此等程式做為範本來發展他們自己的流體力學程式。

雖然此等程式是遵循標準的流體力學教科書而設計成的，但亦可作為計算流體力學課程的介紹。於程式中我們使用了下列的數值方法：利用 Newton 疊代法來解代數方程式；利用 Simpson 的 $1/3$ 法則來求積分；利用預測—修正法（predictor corrector method）及 Runge-Kutta 四階方法來解常微分方程式；利用顯示及穩式有限差分法及特徵值法來解偏微分方程式。

譯者序



誠如作者所言，流體力學已廣泛地用到各種工程上，其重要性自然不在話下。於今，資訊技術日益精進，不僅帶動了科技之進展，亦為人們提供了既簡便又快捷的資料處理技術。

本書之最大特色為使用微電腦來解流體力學上的重要主題。並將程式錄製在磁碟片上，用以減輕使用者建立程式之負擔。程式使用者不僅可直接使用此等程式，亦可視個人所需修改程式。由於本書著重於程式及數值方法之介紹，故對流體力學的定理及公式之敘述甚為精簡，所以較不合流體力學初學者使用。讀者對本書所述之定理或公式若有不解之處，請參考其他相關書籍。

利用微電腦與建好的程式來解流體力學問題，實不失為一既簡便又實用的方法。吾人於此希望本書能給讀者於從事流體力學之研究時提供實質的幫助，進而發揚光大之。

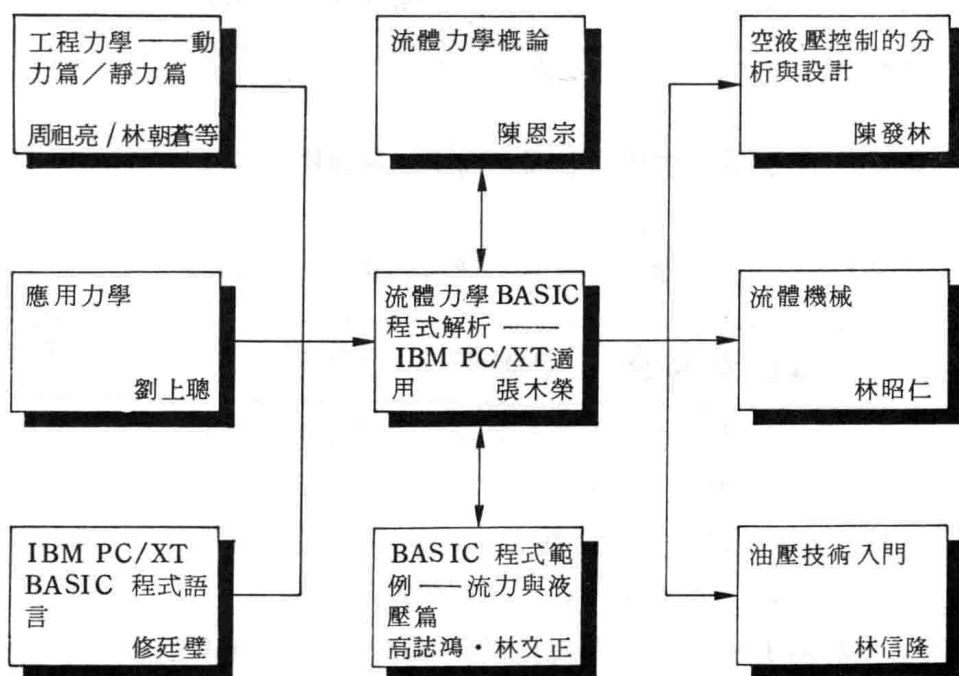
編輯部序

「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。

本書之最大特色為使用微電腦來解決流體力學上的重要主題，因此，在理論方面寫得十分精簡，大部份在說明程式內容，書中寫來雖然十分精簡，但涉及的論題卻十分廣泛，從靜力學、黏性流、位勢流、可壓縮流、明渠流到自由噴流，無一不是流力中的重要論題，是工專機械科流體力學課程及大專機械科系學生流體力學的最佳輔助教材。最後，爲了減輕使用者建立程式之麻煩，讀者可來函或電詢編輯部有關本書之磁片問題。

同時，爲了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，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，我們將竭誠爲您服務。

流 程 圖



目 錄

1

緒 論

1

- | | | |
|-----|---------------|---|
| 1.1 | 程 式 | 1 |
| 1.2 | 磁 片 | 3 |
| 1.3 | 在 IBM PC 上的繪圖 | 5 |

2

流體靜力學

9

- | | | |
|-----|--------------------------|----|
| 2.1 | 大氣分佈：程式 ATMOS | 9 |
| 2.2 | 潛於液面下的平板的作用力：程式 SUBPLATE | 14 |
| 2.3 | 潛於液面下的曲面的作用力：程式 SUBCURVE | 19 |
| 2.4 | 附著水滴與懸吊水滴的平衡形狀：程式 DROP | 22 |

3

視流法，運動學，流量及力量

29

- | | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | 流線，路徑線及條紋線：程式 LINES | 30 |
| 3.2 | K'arm'an 渦流街：程式 STREET | 39 |
| 3.3 | 非 Newtonian 流體在渠道及管子內水平移流至下游的瞬時線：程式 TIMELINE | 45 |
| 3.4 | 流體質點的變形及旋轉：程式 DEFORM | 50 |
| 3.5 | 衰退中的旋渦及浴池旋渦中的旋渦強度：程式 VORTEX | 54 |
| 3.6 | 由水噴流偏向而產生的作用力：程式 WATER-JET | 62 |

3.7	升力與阻力對高爾夫球的軌跡的影響：程式 GOLF	65
-----	--------------------------	----

4

黏性流動 75

4.1	同心圓柱間的軸向流動：程式 ANNULUS	75
4.2	渠道或管子內的流動起動：程式 START-UP	81
4.3	管流與Moody 圖表：程式MOODY	90
4.4	矩形導管內的流動：程式 R-DUCT	95
4.5	平板上的邊界層：程式 PLATE - BL	100
4.6	流經楔形物或角隅附近的邊界層：程式 WEDGE - BL	105
4.7	使用 Thwaite 公式來計算邊界層流離：程式 SEPARATE	110

5

位勢流 117

5.1	流過一上升圓柱的流動：程式 CYLINDER	118
5.2	流過一Rankine 橢圓的流動：程式 RANKINE	125
5.3	流過一Kelvin 橢圓的流動：程式 KELVIN	130
5.4	薄機翼理論：程式 THINFOIL	134
5.5	K'arm'an-Trefftz 機翼：程式 KTFOIL	139
5.6	交互作用中之自由渦流的路徑線：程式 VORTEX - I	148
5.7	流過一球體之位勢流與 Stokes 流之間的比較：程式 SPHERE	154

6

可壓縮流 161

6.1	一維等熵流動：程式 ISENTROP	161
-----	--------------------	-----



6.2	具有摩擦力的可壓縮管道流：程式 FRICTI- ON	168
6.3	具有加熱之可壓縮管道流：程式 HEAT	175
6.4	正震波、斜震波，與膨脹波：程式 SHOCK	182
6.5	流過一細腰噴嘴的流動：程式 NOZZLE	196
6.6	二維、超音速、自由噴流的擴張：程式 FRE- EJET	202

	流動與明渠流	211
--	---------------	------------

7.1	線性化重力波的表面運動及質點路徑：程式 WAVES	217
7.2	來自一堰上游的背水曲線：程式 BW-CURVE	223
附錄	數值方法	223
A.1	牛頓法	224
A.2	Simpson $\frac{1}{3}$ 定則	225
A.3	預測—修正法	226
A.4	Runge-Kutta 四階方法	228
	參考書目	229
	索引	230

緒論

INTRODUCTION

流體力學 (fluid mechanics)，顧名思義就是在研討任何液體或氣體的流動，或研討靜止流體的力量關係。流體力學的問題在航空工程、機械工程、土木工程及化學工程上常會碰到。除此之外，在氣象學、海洋學、天體物理學及其他科學上亦常會用到。

爲了使用者方便使用起見，流體力學的程式常被錄製在磁片上，只要輸入電腦螢幕上所顯示出的需求參數值，便可得到所要的解。本書不是一本教人如何執行程式的手冊，而是在提供基本方程式、參考資料、例題及程式資料，使讀者充分了解程式及使用程式。從第 2 章至第 7 章中的每一節中，均敘述了一個與流體力學問題有關的程式，包括了物理問題、物理方程式。

1.1 程式 (The programs)

本書所列出的 33 個程式，已涵蓋了流體力學上的主要主題，有流體靜力學、運動學、黏性學、勢流 (potential flow)、可壓縮流及明渠流 (open-channel flow)。此等程式所能解決的問題在常見的流體力學教科書中均有談到，諸如下列作者所著之書：Daugherty 等人 (1985)、Fox 與 McDonald (1985)、Gerhart 與 Gross (1985)、Granger (1985)、Shames (1982)、Streeter 與 Wylie (1985) 及 White (1986)。

由於本人在課堂上採用最新的版本，故在程式的描述上以 White (1986) 所著之書為主。雖如此，此等程式應用到其他教科書亦同樣好用。一般而言，存於磁片上的程式形態有三類，第一類如 2.2 節所例示的程式 SUBPLATE，此類程式只要使用者輸入參數值後，即可迅速得到解答。一般具有執行程式能力的計算機便可用來解此類程式。第二類的程式形態則如 3.1 節所列舉的程式 LINES，此類程式需具有繪圖能力的電腦方能勝任。部份的此類程式被用來描繪薄膜流動的流體力學。第三類則如第 2.4 節所述的程式 DROP，此類程式引用數值方法來解微分方程。解此類程式得藉用電腦的高速計算能力及其繪圖功能。

基於下列的理由，本書的所有程式均以 IBM PC BASIC 寫成。第一，也是最重要的，BASIC 語言是隨電腦俱來的，且針對個人的需要可隨意修改。第二，IBM PC BASIC 提供繪圖能力，此能力在每一個程式中幾乎均有用到。第三，IBM PC BASIC 編譯器 (compiler) 可用來編譯程式，使其具有較快的執行速度。以本書所列舉的程式為例，其執行速度大約可增快 2.5 倍。

由於 BASIC 程式語言在程式結構上的安排較不良，所以較難看懂程式的結構。基於此一原因，吾人將程式依其功能之不同劃分成數個功能區間，並解釋每一個區間代表的意義，以增進其可讀性。然而在某些情況下，由於其他的因素，不得不折衷的犧牲其可讀性。譬如，為能將程式擠滿，常需要將數個敘述擺在同一行上。另外，有時為了增進電腦運算速度，亦無法兼顧程式的可讀性。譬如在程式 NEXT 中出現過的變數名字，在 FOR - NEXT 中就常被省略了。

解流體力學的問題時，常需要用到標準的數值方法，此等方法列於附錄中。於本書中，最常用到的數值方法有：Newton 疊代法，被用來解代數方程式的根，共有 15 個程式用到此法；預測-修正法 (predictor-corrector) 及四階 Runge-Kutta 法，被用來積分常微分方程式，每一個方法均用到 4 個程式上。除此之外，我們使用 Simpson 的 $\frac{1}{3}$ 法則來求積分，顯式與隱式有限差分法及特徵法來解偏微分方程式。在一般的流體力學的教科書中，均有提到如何使用數值方法，譬如下列作者所著之書：Chow (1979) 及 Roache (1976)。

1.2 磁碟片 (The disk)

33 個流程式均以組譯過的 BASIC 形式 (extension.BAS) 儲存於磁碟片中，這些程式可做為 IBM PC BASIC 編譯器的來源程式 (source program)。也有很多程式均以編譯過的形式 (extension.EXE) 儲存於磁碟片中。此磁碟片因未加保護，故你可以取一備用磁碟片將程式拷貝過去，以備於原磁碟片損壞時使用。另外，你可能會修改原來組譯過的 BASIC 程式以滿足你個人的需求。雖然你可以拷貝你自己要用的備份，但這些程式是具有版權的，所以，你不能拷貝給他人使用，否則將會犯法。

本磁碟片僅包含下列的流程式，以及執行編譯 BASIC 程式所需的程式 BASRUN.EXE。

ATMOS.BAS-
SUBPLATE.BAS-
SUBCURVE.BAS
DROP.BAS
LINES.BAS
STREET.BAS
TIMELINE.BAS
DEFORM.BAS
VORTEX.BAS
WATERJET.BAS
GOLF.BAS
ANNULUS.BAS
START-UP.BAS
MOODY.BAS
R-DUCT.BAS
PLATE-BL.BAS
WEDGE-BL.BAS
SEPARATE.BAS
CYLINDER.BAS
RANKINE.BAS
KELVIN.BAS
THINFOIL.BAS
KTFOIL.BAS
VORTEX-I.BAS
SPHERE.BAS

LINES.EXE
STREET.EXE
TIMELINE.EXE
DEFORM.EXE
VORTEX.EXE

R-DUCT.EXE
PLATE-BL.EXE
WEDGE-BL.EXE

CYLINDER.EXE
RANKINE.EXE
KELVIN.EXE

KTFOIL.EXE
VORTEX-I.EXE

ISENTROP.BAS	
FRICTION.BAS	
HEAT.BAS	
SHOCK.BAS	
NOZZLE.BAS	
FREEJET.BAS	FREEJET.EXE
WAVES.BAS	WAVES.EXE
BW-CURVE.BAS	

因為磁碟片的兩面均寫有程式，故須使用雙面的磁碟機。又因所有的程式均涉及繪圖，故需要 IBM 彩色／圖形轉接器（或其相當的替代品），以及一台能接受圖形的監視器。

本磁碟片已用 IBM PC DOS 2.0 規劃（format）成九個磁段（sector）以便提供 360 K 位元組的容量來儲存這些程式（DOS 1.1 僅提供 320 K 位元組）。程式乃以 BASIC 1.1 版寫成，所以，你可以將它們拷貝（使用 DOS 2.0 或更高版本）至一以 DOS 1.1 規劃成幾個磁段的磁碟片中；然而，我們無法在一具有八個磁段的磁碟片上同時錄上所有程式和系統檔，以及 BASICA。同時，使用 DOS 3.0 或更高版本時，磁碟片亦沒有足夠的空間來儲存系統檔和 BASICA；因此，必須將要用的程式拷貝至一含有系統檔和 BASICA 的新規劃過的磁碟片中。

假如你先用你的 DOS 磁碟片來啟動系統，則你可以由原先的磁碟片來執行這些程式，而後你可以立即由 DOS 來執行一編譯程式，亦可以載入 BASICA 並執行一組譯過的 BASIC 程式。然而，較好的步驟為將你的 DOS 系統檔及 BASICA 加入磁碟片中。使用 DOS 2.0 或 2.1 可以很方便地在一雙磁碟機系統上達成此目的，只要在磁碟機 A 中啟動你的 DOS 磁碟片，並將載有程式的磁碟片置於磁碟機 B 中，而後輸入檔名 B: INSTALL。此步驟將執行批次檔（batch file）INSTAL.BAT，其中依次執行 A: SYS B:，COPY A:COMMAND.COM B:，以及 COPY A:BASICA B:。此程序類似於單一磁碟機系統，只是在單一磁碟機系統中，你必須迅速地將磁碟片 A 和磁碟 B 輪流置入磁碟機中（請參考你的 DOS 手冊）。你可以使用 DISKCOPY 的指令，或規劃一磁碟片並使用 COPY *.* 的指令拷貝一份程式備用磁片。

一旦建立系統檔後，你可直接由載有程式的磁碟片來啟動系統（打開電源，或同時按下 Ctrl，Alt，及 Del 鍵）。然後，磁碟片上的 AUTO-EXEC.BAT 檔會自動地在螢幕上印出執行的指令項目。使用者必須在印有指令項目的螢幕上迅速輸入字母 I 以獲得顯示一般資訊的螢幕。輸入字母 M 後，就會顯示一查詢螢幕 (menu screen)。你可以隨時由 DOS 得到查詢和資訊螢幕。

只要打入程式的名字再按下輸入鍵就可以直接在 DOS 中執行編譯過的程式；例如，LINES（按下輸入鍵）。若要執行組譯過的程式，可以先在 DOS 中打入 BASICA（按輸入鍵），而後即進入 BASIC 系統，然後再於 RUN 指令後的引號內打入程式名字即可。例如，RUN“LINES”（按輸入鍵）或 RUN“LINES”（按輸入鍵）。另一種方法為先用 LOAD 指令載入該程式，然後再輸入 RUN；例如，LOAD“LINES”（按輸入鍵），然後再 RUN（按輸入鍵）。

在每一程式螢幕下方均印有功能項目，只要按下空白鍵即可重新執行程式，只要按下 ESC 鍵即可回到 DOS 系統。另外，對於組譯過的 BASIC 程式，只要按下 B 鍵，即可回到 BASICA。若要離開程式，可以隨時同時按下 Ctrl 鍵和 Break（scroll lock）鍵。此一步驟會使你由一編譯的 BASIC 程式進入 BASICA，由一編譯程式進入 DOS。WIDTH 80 的敘述會使你於 BASICA 中進入 80 行的模式，你也可以再次啟動系統（按下 Ctrl-Alt-Del 三個鍵）而使你於 DOS 中回到 80 行的模式。

1.3 在 IBM PC 上的繪圖 (Graphics on the IBM PC)

所有的程式均使用中解析度的繪圖模式（程式中的 SCREEN 1 敘述），其解析度為 320 個水平單位（0 至 319）乘以 200 個垂直單位（0 至 199），而（0，0）點位於螢幕的左上方角落。因為標準螢幕之實際大小為 4 個水平單位比 3 個垂直單位，因此，在中解析度繪圖中，一圖素（pixel，圖形的基本單元）的長寬比為 $4/3$ 乘以 $200/320$ ，而等於 $5/6$ 。因而，圖素在水平方向較窄且比值為 $5/6$ 。依此，我們可在水平方向移動 6 個單位並在垂直方向移動 5 個單位而畫出一小正方形。在很多程式中，