

# 海杂波数据处理与数据库建立 及其控制程序

尚 宏 达

**提 要** 本文阐述了海杂波仿真中涉及的三个问题：(1) 关于海杂波数据处理。根据最小二乘法原理研制的数据处理软件，可以用数字、曲线和公式三种形式，给出海杂波数据处理后的结果。(2) 关于建立数据库。选用软磁盘作为数据库，存贮各种数据，各仿真器实时处理前调用，旨在缩短准备时间。(3) 关于数据库的管理。对数据库实施软件管理，以便根据仿真要求随意调用库中数据或写入新数据。

## 一、海面雷达反射特性数据处理

### 1. 数据处理的必要性及其要求

#### (1) 必要性

海杂波仿真器和雷达目标仿真器，一起供海用雷达检验其性能用。海杂波仿真器的逼真度除和系统本身的构成有关外，还和能否获得海杂波的实测数据及其准确度有直接关系。

众所周知，雷达接收到的回波功率与目标的截面积成正比，而目标截面积 $\sigma$ 可以用归一化参数表示为：

$$\sigma = \sigma_0 A$$

式中： $\sigma_0$ 为归一化雷达截面积； $A$ 为相当于包含在雷达分辨元内的海面面积的平均值。

有效受照面积 $A$ 取决于脉冲雷达系统各项具体参数和天线波束的形状，然而多数情况用脉冲宽度和天线在方位或俯仰平面的波束宽度能以相当的精确度估算出受照面积的近似值。

归一化目标的雷达截面积 $\sigma_0$ ，是雷达工作参数（波长、极化等）和海情（风向、风速、浪高等）参数的函数，这一关系可用下式表述之

$$\sigma_0 = \varphi \quad (\text{雷达工作参数, 海情参数})$$

美海军研究实验室 (N R L), 1962 年开始用四频率、二个线性和一个交叉极化波测量系统, 用来测量归一化海面雷达截面积  $\sigma_0$ 。测量结果的一例列于表 1 中。

表1 在X波段测量的定向极化信号的归一化雷达截面积 $\sigma_0$ 的中值  
时间 1969.2.6 风速40节, 浪高15米

俯角 (度)	风向	$\sigma_0$ (db)	
		$X_{VV}$	$X_{HH}$
5	u	-34.5	-39
	D	-34.5	-40
10	u	-28.5	-32
	D	-29.5	-34
20	u	-24.5	-27.5
	D	-27	-35
30	u	-21	-26.5
	D	-23.5	-30
45	u	-15.5	-19.5
	D	-19	-22
60	u	-14	-14.5
	D	-13.5	-16
75	-	-8	-6.5
90	-	+3	+2

u=避风      D=顺风

从表 1 看得出:

同步测量一组数据是不容易的, 不仅要求测量雷达有一定精确度, 而且还要求同时测出实际海情的参数, 因此要测出各种情况下  $\sigma_0$  的值是有困难的, 这是其一; 测得的  $\sigma_0$  值是若干测点上的值, 而海杂波仿真器需要知道更为细致连续的  $\sigma_0$  值的数据, 这是其二。

基于上述原因, 需对  $\sigma_0$  的实测值进行处理, 以满足海杂波仿真的要求。

## (2) 数据处理的具体要求

首先根据若干点  $\sigma_0$  的实测值, 经处理后能够得到更为细致、连续的数据; 其次根据若干点  $\sigma_0$  的实测值, 经处理后能找出其规律性, 用数学式表示其变化, 并可计算出所需的任一  $\sigma_0$  值。最后希望经处理的数据能够快速存取于数据库中。

## 2. 数据处理的理论依据、程序及处理结果

### (1) 理论依据

先举一例。已知海杂波相关函数的实测值如表 2 所示:

表 2

$\tau$ (ms)	1	2	8	4	5
$R(\tau)$	0.47	0.16	0.06	0.098	0.02
$\tau$ (ms)	6	7	8	9	
$R(\tau)$	-0.0024	-0.0018	-0.012	-0.032	
$\tau$ (ms)	10	11	12		
$R(\tau)$	-0.014	0.002~0.015			

若用多项式来表示待求的  $R \sim \tau$  关系, 即

$$\tilde{R}(\tau) = \sum_{k=0}^M d_k \tau^k \quad (1)$$

则实测点的值  $R_i$  与根据(1)计算的  $\tilde{R}_i$  之间存在误差  $\varepsilon_i$ , 如图 1 所示。

$$\varepsilon_i = R_i - \sum_{k=0}^M d_k \tau_i^k$$

一般情况, 设实测点数为  $M1$ , 实测点的值为  $(x_i, y_i) (i=1, 2, \dots, M1)$ , 待求的  $M$  次多项式可表示为:

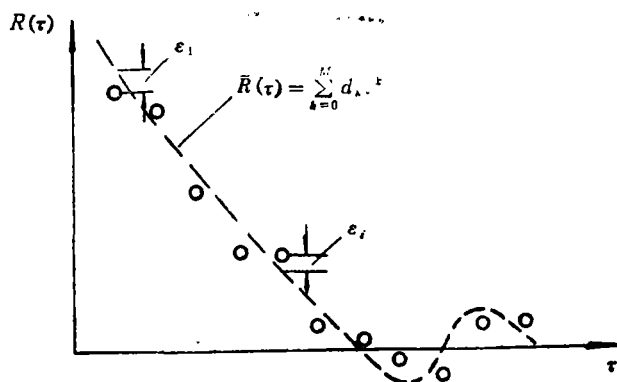


图1 实测值  $R_i$  与根据多项式计算的  $\tilde{R}_i$  误差

$$\tilde{y}(x) = \sum_{k=0}^M d_k x^k \quad (2)$$

实测点的值  $(y_i, x_i)$  与用  $M$  次多项式的计算值  $(\tilde{y}_i, x_i)$  之间的误差记为

$$\varepsilon_i = y_i - \sum_{k=0}^M d_k x_i^k \quad (3)$$

利用最小二乘法原理来处理实测值与计算值之间的误差, 即

$$\sum_{i=1}^{M1} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{M1} \left[ y_i - \left( \sum_{k=0}^M d_k x_i^k \right) \right]^2 = \varepsilon \quad (4)$$

为使  $\varepsilon$  最小可将  $\varepsilon$  对  $d_l (l=0, 1, 2, \dots, M)$  求导, 即

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial d_l} = 0 \quad (l=0, 1, 2, \dots, M).$$

由式(4)对  $d_l$  求偏导并令其为0

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^{M1} 2 \left[ y_i - \left( \sum_{k=0}^M d_k x_i^k \right) \right] \frac{\partial \left[ y_i - \left( \sum_{k=0}^M d_k x_i^k \right) \right]}{\partial d_l} \\ &= 2 \sum_{i=1}^{M1} \left[ y_i - \left( \sum_{k=0}^M d_k x_i^k \right) \right] (-x_i^l) \\ &= 2 \sum_{i=1}^{M1} \left( \sum_{k=0}^M d_k x_i^{k+l} - y_i x_i^l \right) = 0 \\ & \sum_{i=1}^{M1} \sum_{k=0}^M d_k x_i^{k+l} = \sum_{i=1}^{M1} y_i x_i^l \end{aligned}$$

得方程组

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^M \left[ \left( \sum_{i=1}^{M1} x_i^{k+l} \right) d_k \right] &= \sum_{i=1}^{M1} y_i x_i^l \quad (5) \\ (l=0, 1, 2, \dots, M) \end{aligned}$$

将式(5)写成矩阵形式:

$$\begin{pmatrix} M1 & \sum_{i=1}^{M1} x_i & \sum_{i=1}^{M1} x_i^2 & \dots & \sum_{i=1}^{M1} x_i^M \\ \sum_{i=1}^{M1} x_i & \sum_{i=1}^{M1} x_i^2 & \sum_{i=1}^{M1} x_i^3 & \dots & \sum_{i=1}^{M1} x_i^{M+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^{M1} x_i^M & \sum_{i=1}^{M1} x_i^{M+1} & \sum_{i=1}^{M1} x_i^{M+2} & \dots & \sum_{i=1}^{M1} x_i^{2M} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_0 \\ d_1 \\ \dots \\ d_M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{M1} y_i \\ \sum_{i=1}^{M1} y_i x_i \\ \dots \\ \sum_{i=1}^{M1} y_i x_i^M \end{pmatrix} \quad (6)$$

或者写成

$$AX = B \quad (7)$$

式中

$$A = \begin{pmatrix} M1 & \sum_{i=1}^{M1} x_i & \sum_{i=1}^{M1} x_i^2 & \dots & \sum_{i=1}^{M1} x_i^M \\ \sum_{i=1}^{M1} x_i & \sum_{i=1}^{M1} x_i^2 & \sum_{i=1}^{M1} x_i^3 & \dots & \sum_{i=1}^{M1} x_i^{M+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^{M1} x_i^M & \sum_{i=1}^{M1} x_i^{M+1} & \sum_{i=1}^{M1} x_i^{M+2} & \dots & \sum_{i=1}^{M1} x_i^{2M} \end{pmatrix} (M+1)(M+2) \quad (7a)$$

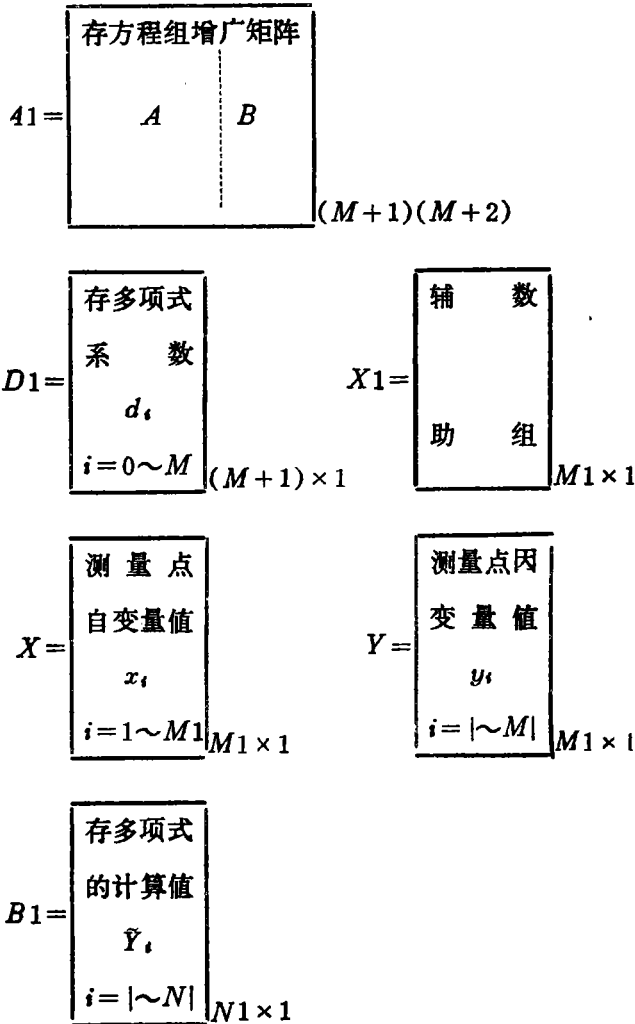
$$X = \begin{pmatrix} d_0 \\ d_1 \\ \vdots \\ d_M \end{pmatrix} (M+1) \times 1 \quad (7b)$$

$$B = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{M1} y_i \\ \sum_{i=1}^{M1} y_i x_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^{M1} y_i x_i^M \end{pmatrix} (M+1) \times 1 \quad (7c)$$

(2) 数据处理程序

A. 数组说明。

B. 据数处理程序框图，见图 2。



$M1 =$  测量值的个数

$M =$  多项式的次数

$N1 =$  输出值的个数

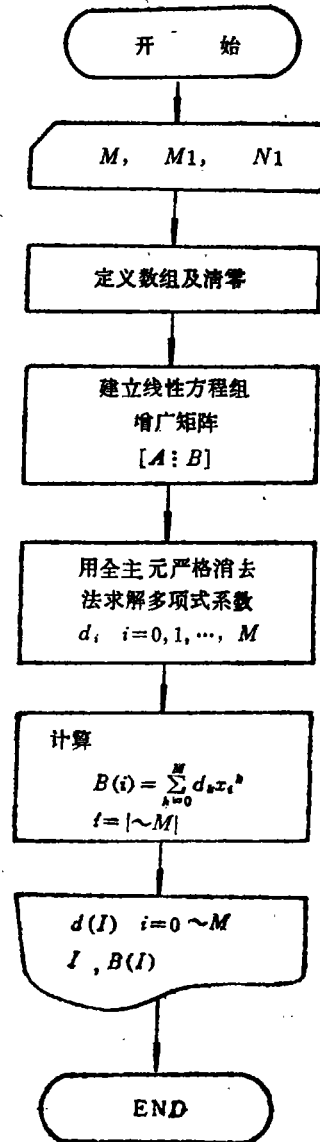


图 2 数据处理程序框图

## 二、数据库的建立及其管理程序

数据库的建立,旨在系统仿真的预处理阶段,将各种情况下经数据处理后的数据存入库中,以备正式进行系统仿真模拟时随时调用,这样可以大大地缩短系统模拟前的准备时间。数据库的建立涉及到库的选择、存取方式的选择以及存取步骤等问题。

### 1. 选择软磁盘作为数据库

#### (1) 软磁盘的结构

微机系统所用的软盘,大多是5吋、双面双密度软盘。两面中的一面逻辑号为0,另一面逻辑号为1,每面有35个磁道。逻辑号为0—34,0面0号是单密度磁道,其它1—34号磁道为双密度磁道,1面全是双密度磁道,每磁道又分成16个扇面,逻辑号为0—15。文件系统认为每个扇面是一个逻辑块,即它们在逻辑上是相连接的,但在物理上是不连的。

逻辑块的总数为 $35 \times 2 \times 16 - 16 = 1104$ 个,编号为0—1103。

0面第16磁道上的扇面(逻辑块)编号为0—15号,整个磁道是作控制用的,用来鉴别卷并鉴别哪些逻辑块是可以使用的,将这个磁道称为号码表。

#### (2) 软磁盘上的存储空间

0面第0磁道是单密度的,该磁道的每个逻辑块的存贮量为128字节。0面其余各磁道及1面的全部磁道都是双密度的。这些磁道上每个逻辑块的存贮量为256字节。

0面0磁道供PCOS系统装磁盘文件系统控制数据用,用户不能使用。0面第16磁道是号码表,用户也不能使用。

这样,可供用户使用的逻辑块总数为

$$(35 - 2 + 35) \times 16 = 1088 \text{ 个}$$

存贮容量为

$$1088 \times 256 = 278528 \text{ 字节}$$

#### (3) 存取时间

对于可动头系统而言

$$t_{\text{存取}} = t_{\text{搜索}} + t_{\text{旋转}}$$

式中: $t_{\text{搜索}}$ 为磁头臂把磁头移到所需磁道上所需的时间; $t_{\text{旋转}}$ 为等待正确记录转到磁头位置所需的时间。

快速直接访问部件(磁盘等)的出现,既为用户提供了海量联机后备存贮器,也为等待处理的作业准备了理想的后备库。

软磁盘属于直接存取存贮器(DAS),这种存贮器既不象随机存取的主存贮器那样随机地选择存贮地址进行存贮,也不象磁带那样纯粹地顺序存贮,而是界于两者之间。DAS可视为由许多短磁带连接成连续的闭环,这些闭环连续地旋转,通过读/写传器。许多由短磁带形成的环拼在一起,构成一个平整圆形平面,这就是磁盘。

要存取其中任何信息,基本上与访问磁带是一样的,然而由于不停地旋转的“磁带”既短而又速成闭环,因此所存取的信息,每转一周就可访问一次,所以DAS与长磁带

相比大大地减少了检索量。因此选择软磁盘作为系统仿真、系统输入数据及部分中间和输出结果的数据库，是可以满足存取时间及容量的要求的。

## 2. 文件类型的选择

人们常以两种观点去考察文件的结构关系。一是用户观察到的文件结构，称为逻辑结构；一是文件存于软磁盘（外存贮器）中的组织形式，称为物理结构。

文件的逻辑结构又可分为流式文件和记录式文件两种形式。流式文件指有序相关信息的集合，这种文件不再分成中间记录，其长度按信息项的数目计算；记录式文件，即数据记录的集合。

文件的物理结构，指一个用户文件（逻辑结构的文件）存入外存的结构关系。

逻辑文件保存在软盘上的物理结构形式可分为如下常见的形式：

### A. 时序文件

一个逻辑文件的信息存于软磁盘上的若干连续的物理段中，则称该文件为顺序结构，或顺序式文件。时序文件是存贮数据最简单的方法（数据一个接着一个，按顺序写入，再按同样的次序读出）。

时序文件可用三种方式打开：

- 输出(O)方式，即写开始于文件的开头，而文件原来的内容丢失；
- 增补(A)方式，即写开始于文件的最后条目之后；
- 输入(I)方式，从时序文件起始处开始顺序读出。

对顺序结构的文件如欲执行增补或删除操作，一般只能在文件的末端进行。文件的中间不允许插入和删除记录。顺序结构适用于只读（输入）文件和只写（输出）文件。

### B. 随机文件

用户常常希望能随机访问文件中的任何一个记录。如一个文件的逻辑记录依次为  $R_0, R_1, \dots, R_i, \dots, R_n$ ，用户要求能随机访问其中任一记录  $R_i (i=0, 1, 2, \dots, n)$ 。

存取随机文件要求更多的程序步骤，但是利用随机文件有如下优点：

- 文件中任一记录都可以用读/写指令读出或写入；
- 便于修改。

文件只有随机(R)存取一种模式。

选择哪种类型的文件作为数据的存取形式，应根据系统模拟的实际需要。雷达系统模拟时要模拟出雷达距离由近及远或由远及近的变化，距离  $R$  的变化同入射角  $\phi$  的变化存在如下关系：

$$\phi = \sin^{-1} \frac{h}{R}$$

式中， $h$  = 雷达架设高度， $R$  = 雷达作用距离。

由上式可知，当  $R$  由近及远时， $\phi$  由大到小； $R$  由远及近时， $\phi$  由小到大。

由于归一化雷达截面积  $\sigma_0$  是  $\phi$  的函数，也就是  $R$  的函数，并且已知  $\sigma_0$  是随  $R$  连续变化的一系列数据，因此采用顺序文件的类型建立数据是符合实际需要的。

## 3. 数据库的建立步骤

欲将一批信息（程序或数据）作为一个文件保存在软磁盘中时，首先应向文件系统

提出建立新文件的请求，这一请求是通过文件系统规定的建立文件的指令来实现的。就M—20十六位计算机而言，打开和建立文件的指令合并为一个语句，见图3所示。

其次，往软磁盘写一个时序文件，应使文件在输出方式(“O”)或增补方式(“A”)中被打开之后通过PRINT #语句来完成。PRINT #语句格式如下：

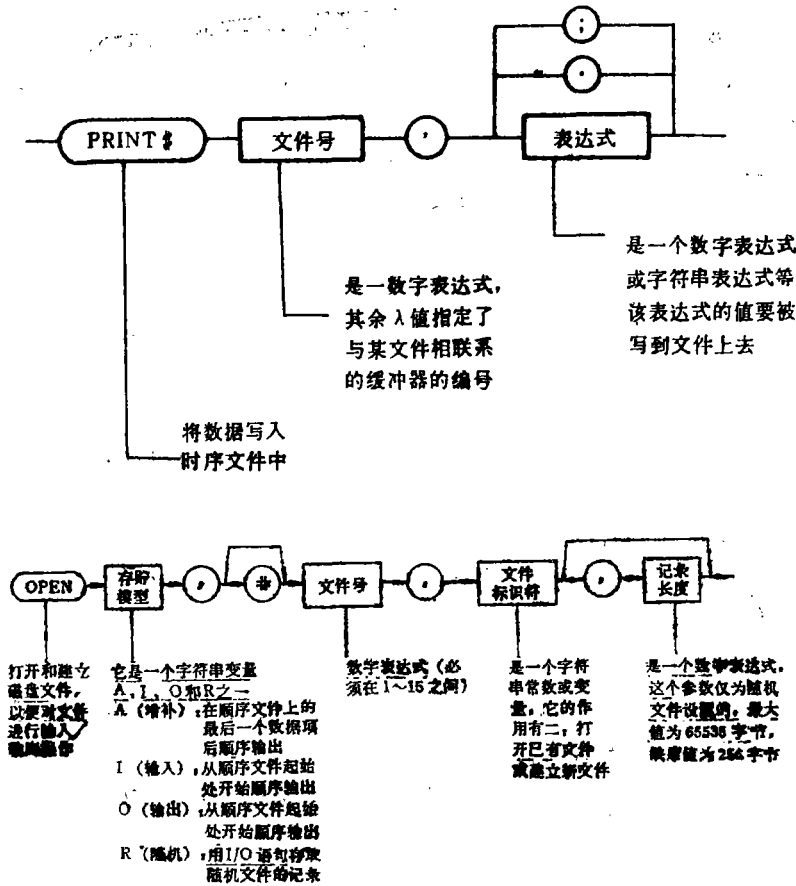
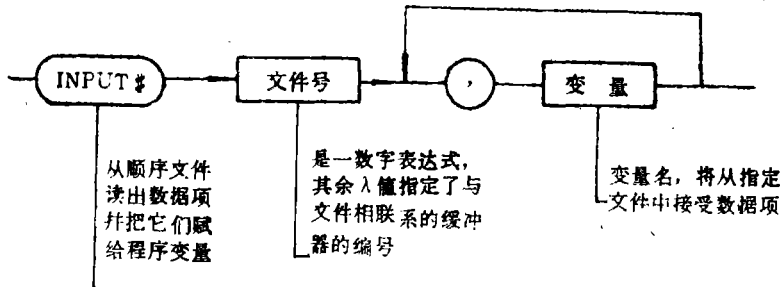


图 3. 打开和建立文件语句功能图

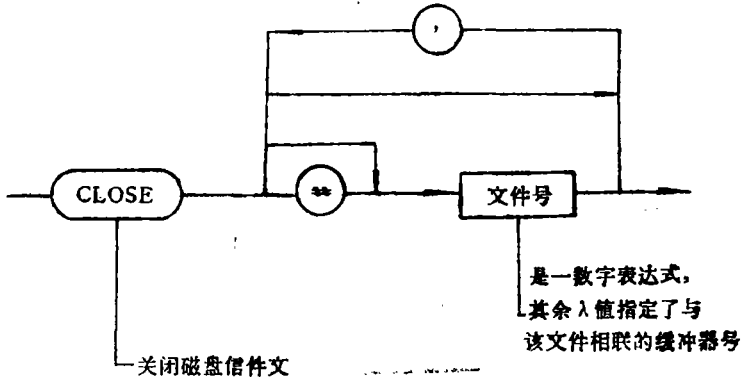
再次，从软磁盘中已建立的时序文件读出数据需要以下程序步骤：

- (1) 应按输入方式(“I”)打开文件；
- (2) 使用INPUT #语句读出数据。INPUT #语句具体格式如下：





最后，应关闭文件。因为文件被打开之后，其文件控制块就一直保存在内存工作文件目录表中，为节省内存空间，系统要求用完（或暂时不用）某文件时，应请求系统将其文件控制块写回外存目录表中，并从内存工作文件目录中清除它。某文件被关闭后，若用户还须对该文件进行访问或控制，则须借助打开指令再次打开该文件。关闭文件的指令格式如下：



## 数据库管理和控制程序

### (1) 存取程序

```

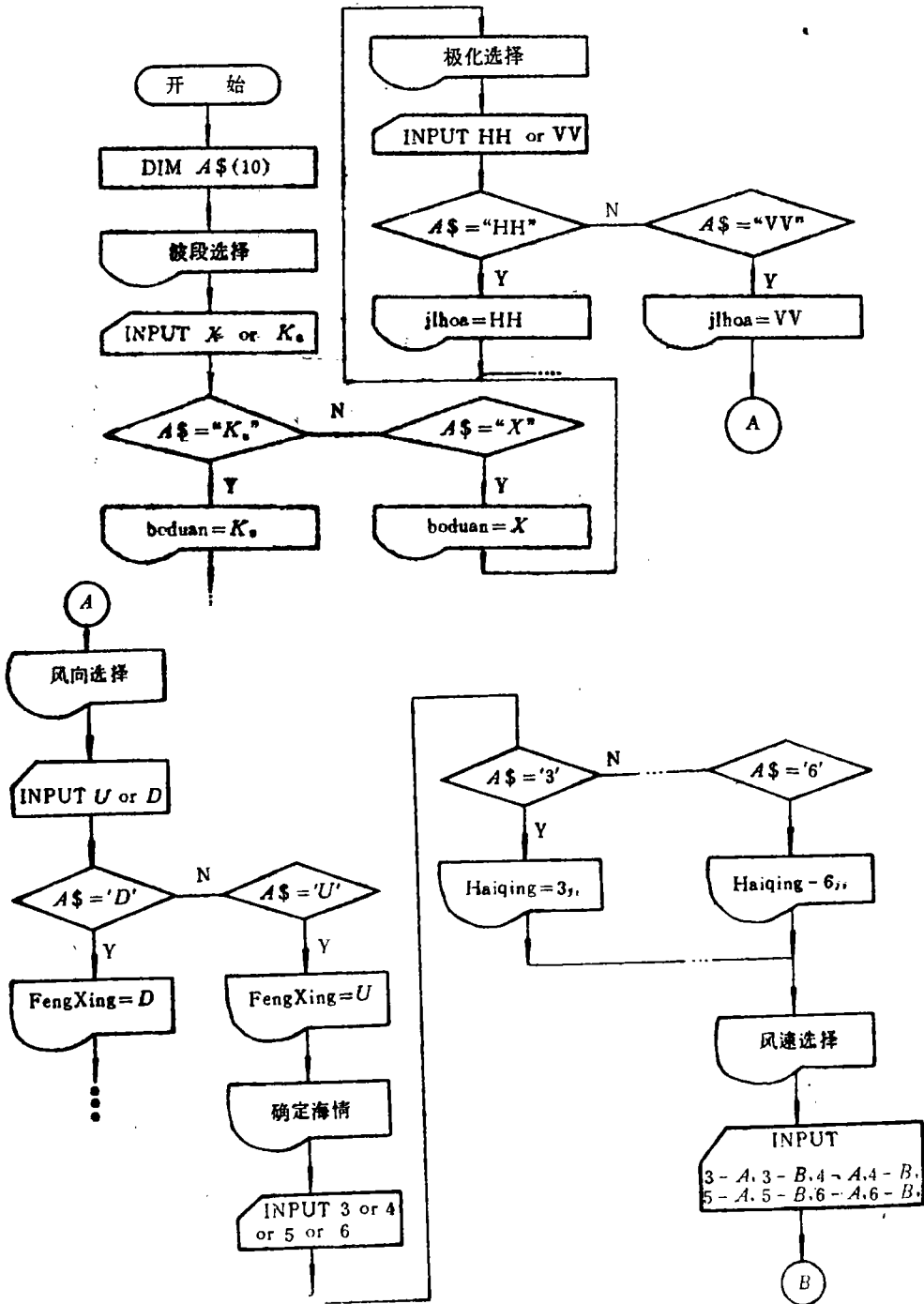
5 OPEN "O" , #1, "data1"
10 FOR I=0 TO N
15 PRINT #1,I,B(I)
20 LPRINT I,B(I)
25 NEXT I
30 CLOSE #1
   × × × ×
40 OPEN "i" , #1, "data1"
45 FOR I=0 TO N
50 INPUT #1,P,B
55 LPRIN P,B
60 NEXT I
65 CLOSE #1

```

(2) 数据库管理和控制程序框图，见图4。

(3) 数据处理结果

例 已知在X波段的定向极化信号的归一化雷达截面积  $\sigma_0$  的中值如表1所示。经过程序处理后的中间结果



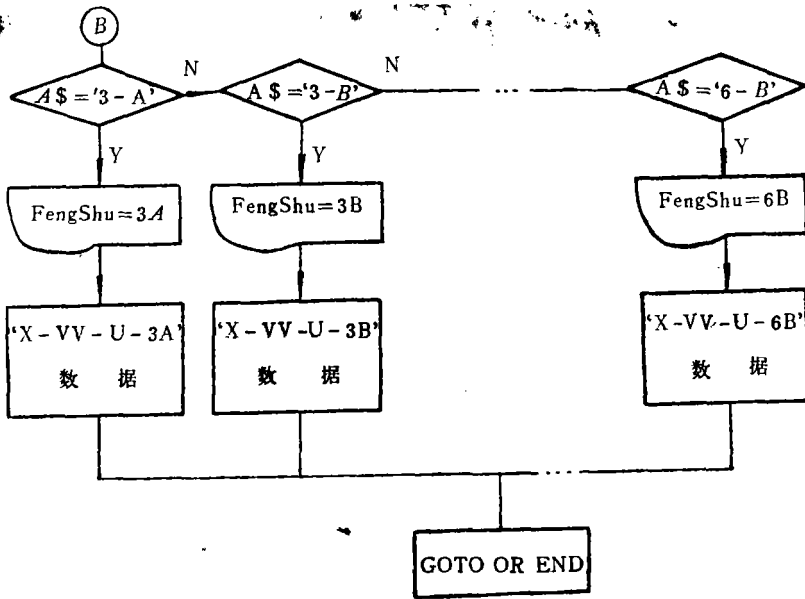


图 4 海杂波数据库控制程序框图 (部分)

条件: 风速40节, 浪高15米, VV极化, 逆风(u)。当M=7, M1=8, N1=18时

A. 增广矩阵

8	0.67	0.0831	0.011953	1.84467E-03
0.67	0.0831	0.011953	1.84467E-03	2.96566E-04
0.0831	0.011153	1.84467E-03	2.96566E-04	4.89711E-05
0.011953	1.84467E-03	2.96566E-04	4.89711E-05	8.23991E-06
1.84467E-03	2.96566E-04	4.89711E-05	8.23991E-06	1.40576E-06
2.96566E-04	4.89711E-05	8.23991E-06	1.40576E-06	2.4236E-07
4.89711E-05	8.23991E-06	1.40576E-06	2.4236E-07	4.21258E-08
8.23991E-06	1.40576E-06	2.4236E-07	4.21258E-08	7.36929E-09
	2.96566E-04	4.89711E-05	8.23991E-06	-143
	4.89711E-05	8.23991E-06	1.40576E-06	-6.89
	8.23991E-06	1.40576E-06	2.4236E-07	-0.5396
	1.40576E-06	2.4236E-07	4.21258E-08	-0.051362
	2.4236E-07	4.21258E-08	7.36929E-09	-5.1605E-03
	4.21258E-08	7.36929E-09	1.29578E-09	-4.99453E-04
	7.36929E-09	1.29578E-09	2.28787E-10	-4.02114E-05
	1.29578E-09	2.28787E-10	4.05313E-11	-1.1228E-06

B. 求得的多项式的各系数

$$d(0) = -40.0665$$

$$d(1) = 7.34211$$

$$d(2) = -1.26889$$

$$d(3) = 0.105017$$

$$d(4) = 5.42632E-03$$

$$d(5) = -1.6439E-03$$

$$d(6) = 1.05161E-04$$

多项式为:

$$y(x) = d_0 + d_1x + d_2x^2 + d_3x^3 + d_4x^4$$

$$+ d_5x^5 + d_6x^6$$

$$= -40.0665 + 7.34211x$$

$$- 1.26889x^2 + 0.105017x^3$$

$$+ 5.42632E-3x^4 - 1.6439E$$

$$- 3x^5 + 1.05161E-4x^6$$

$\phi$ (度)	$\sigma_0$ (db)
数据	曲线
5	-33.8843
10	-29.577
15	-26.5127
20	-24.1782
25	-22.2233
30	-20.4625
35	-18.8445
40	-17.4012
45	-16.1865
50	-15.2161
55	-14.4188
60	-13.6113
65	-12.5068
70	-10.7676
75	-8.114
80	-4.5006
85	-0.367905
90	3.01399

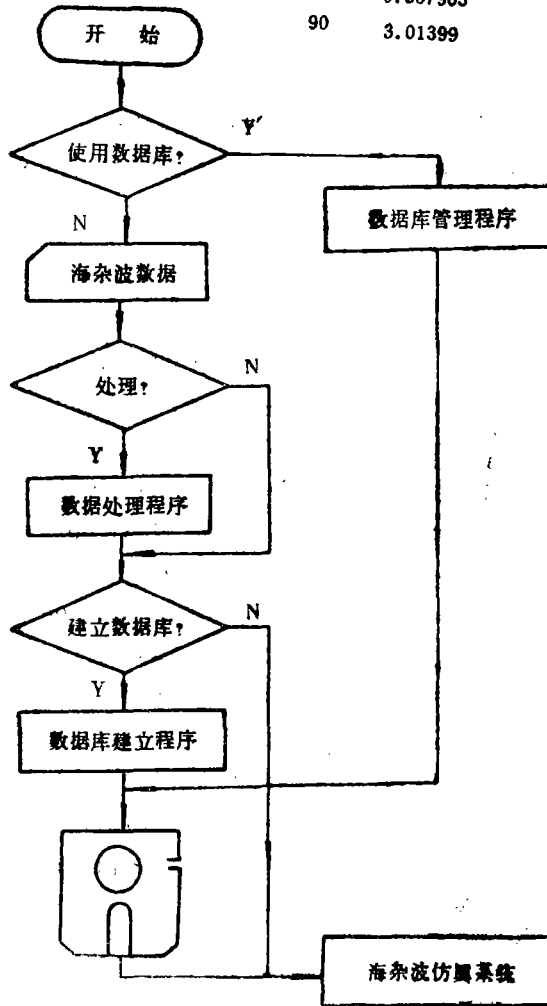


图 5 海杂波数据处理、数据库建立及其管理程序总框图

### C. 经程序处理的最后结果(文字和曲线)

经处理后的数据增补了测量值没有的而为系统仿真所需要的一系列数据,并可根据已求得的公式求出任意自变量值所对应的因变量值。

数据处理、数据库及其控制程序的总框图,见图5所示。

## 结 语

关于数据库的建立及其管理的问题,本文只涉及到软磁盘作为数据库,数据的顺序文件建立数据库及其控制程序,至于把硬磁盘作为海量数据库,或数据的随机文件建立数据库及其管理的问题,另述于科研任务“海杂波仿真器总体论证”中。

## 参 考 文 献

- [1] [西德]西格蒙德·布兰特,数据分析中的统计和计算方法,国防工业出版社,1983.10.
- [2] 王鸿武,操作系统,湖南科技出版社,1984.4.
- [3] [美]M.W.朗,陆地和海面的雷达波散射特性,科学出版社,1981.
- [4] 王广芳等,数据结构,湖南科技出版社,1983.3.

## Simulation of Sea Clutter

### —The data processing, the data bank setting —up and the control program

Shans Hongda

### Abstract

Three problems in Miscellaneous Sea Clutter Simulation have been dealt with and expounded. The first one is the processing of data obtained from Sea Clutter. The Software of data processing developed on the basis of least-square method gives the results in three forms—digits curves and formulas. The second one is to depict the build-up of the data base. Diskette is used to

store all sorts of data with a view to shortening the time of response to calls prior to the real-time processing operation by the Simulation. The last one is about the management of the data bank. Here, software is provided so as to facilitate optional retrieval and storing of data when simulation process is gaining on.