

劳兰坐标变换器的软件及硬件电路设计

厦门水产学院

张家智 李 克

本文介绍劳兰坐标变换器的软件及硬件电路的设计。本变换器的特点是在满足近海作业渔船的精度要求下，力尽使机器的结构简单，操作方便，因而适用于我国沿海的群众渔业，易于推广应用。本机的时差信息输入有两种方式可供选择，即键盘输入和由劳兰接收机直接输入。采用七位数码管，轮流显示船位的经度和纬度，从而使整机的结构简单，实用。

坐标变换器的作用是把定位仪测得的时差快速地转换成地理位置的经纬度，从而可以避免查找曲线图表的麻烦，且定位的精度比查表的方法要高。

本变换器的特点是采用微处理器，其结构简单，造价低，操作简便，不要求操作人员有高的文化程度，易于推广，特别适用于我国广大沿海的小型渔船。目前我国沿海渔船安装使用的大多是芬兰 A 接收机，因而本变换器主要用于芬兰 A 的坐标变换，它作为其辅助设备将给用户带来方便。

本变换器的功能：接通变换器的电源，键入两组芬兰台组代码及相应的时差值，最后键入估算船位（在连续不断电的定位情况下，这一步可以省略），几秒钟后，在七位数码管上轮流显示出船位的经纬度数，并把这次变换所得的船位存入变换器的存贮器，作为下一次交换的估算船位。时差信息的输入有两种方式可供选择，其一是由键盘输入，其二是由接线直接由芬兰接收机输入。

一、变换的数学模型

芬兰坐标变换的计算方法是一种比较成熟的课题。通常是将椭球面上的双曲线求解问题归化到圆球上进行计算，在地球椭球面与圆球面之间建立一一对应关系，椭球面上的点（B，L）与球面上的点（ φ ， λ ）有如下的关系：

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a} \operatorname{tg} B, \quad \lambda = L$$

其中 φ 为球面上的纬度， λ 为球面上的经度， a 、 b 分别为椭球体的长短半轴。球面解算完成后再将结果转换成地球椭球面上的经纬度。

变换程序采用概位修正迭代计算方法，因此必须预先输入一个估算船位（在连续定位的情况下这个估算船位是上一次定位计算的结果），把定位仪实时测得的时差变换为一组用距离差表示的数值，这是一组待定位船位相对于两个发射台的距离差，上述估算船位也相应有一组距离差，一般情况下这两组数据是不会相等的，即估算船

船位和实际船位不相重合。把这两组距离差值代入公式进行迭代计算，直至两者相差的大小小于预定的值，这时的概位即为待定的船位。

迭代计算的公式如下： (1)

$$\begin{cases} \Delta\varphi = \frac{Z_1 V_1 - Z_2 V_2}{U_1 V_2 - U_2 V_1} \\ \Delta\lambda = \frac{Z_2 U_1 - Z_1 U_2}{U_1 V_2 - U_2 V_1} \end{cases}$$

其中 $\Delta\varphi$ 、 $\Delta\lambda$ 是估算船位和待定船位的误差，用弧度表示的纬度和经度差值。 U, U_2, V, V_2 是辅助参数，是二条等差曲线在估算船位点上的偏微分值。 Z, Z_2 是接收点和估算船位至发射台的距离差弧度值的误差。

距离差弧度值的计算方法有多种形式，如贝塞尔近似反解公式，Lambert 远距公式等，考虑到使变换器的结构简单，变换的速度快，避免繁复的三角函数运算，没有采用上述计算公式，而是采用如下公式：

$$\sigma = \sqrt{(\lambda_1 - \lambda_2)^2 \cos^2 \left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right) + (\varphi_1 - \varphi_2)^2} \quad (2)$$

σ 表示球面上两点间的弧距， λ 和 φ 是该两点的经度 纬度值。把 σ 值作适当的修正可得到满意的结果。

设 F_1 和 F_2 是两条等差曲线的方程，则 Z, Z_2 可用下式表示：

$$\begin{cases} Z_1 = F_1(\lambda, \varphi) - F_1(\lambda_c, \varphi_c) \\ Z_2 = F_2(\lambda, \varphi) - F_2(\lambda_c, \varphi_c) \end{cases}$$

其中 λ, φ 是待定船位的经纬度， λ_c, φ_c 是估算船位的经纬度，且有

$$F_1(\lambda, \varphi) = (\Delta T_1 - \text{发射延时}) c / a$$

$$F_2(\lambda, \varphi) = (\Delta T_2 - \text{发射延时}) c / a$$

其中 c 是电磁波的传播速度, a 是地球的长半轴, $\Delta T_1, \Delta T_2$ 是二组时差信息。

偏微分 U, U_2, V, V_2 的计算方法可参阅文献〔1〕, 受篇幅限制, 这里简略。

变换的程序流程图如图(1)所示。程序在运行过程中必须调用浮点数的加、减、乘、除、平方、方根、三角函数以及四字节浮点数处理子程序, 这些子程可以选用通用的子程序, 虽然比较方便, 然而通用子程序由于适应性广, 必须考虑周到, 因此比较繁琐, 有关不必要的內容就会占用存贮器的内存以及减慢程序的执行速度。例如坐标变换过程中所处理的操作数的阶码其最大值不小于 $[03]$, 最小值不小于 $[E0]$ 因而四字节浮点数在运算过程中不可能出现溢出现象, 所以自行编制一套子程序就可以省去诸如上述的处理环节, 从而加快程序的执行速度, 减少存贮器的内存容量。

本变换程序的变换精度, 经检验在劳兰台组的基线夹角平分线附近误差较小, 一般在 0.03 分左右, 愈靠近基线及其延长线, 误差愈大, 在基线延长线附近误差小于 0.2 分。虽然这个变换方法的精度不高, 但对于近海作业的小型渔船已可满足要求。受篇幅限制, 这方面的內容不予详细介绍, 请参阅有关资料。

二、硬件电路设计

由微处理器构成的坐标变换器, 其方框图如图(2)所示。

1. Z80—CPU 是变换器的核心部分, 完成变换的运算与控制任务, 通过数据总线 (DB)、地址总线 (AB)、控制总线 (CB) 三组线与其它电路相连接。

2. 存贮器分为 ROM 和 RAM 两种, 其中 RAM 共 1K 字节, 由二片 2114 组成, 用来暂存变换过程中的运算数据, 台址参数以及控制转移指令的标志寄存器, 显示缓冲区, 堆栈等, 其地址分配是 $2\text{C}00 \sim 2\text{FFF}$ 。ROM 是只读存贮器, 共 4K 字节, 由二片 2716 组成, 其中固化有监控程序, 变换运算的子程序及主程序, 同时固化设置于我国沿海的劳兰发射台组的台址及编码延时等参数, ~4~

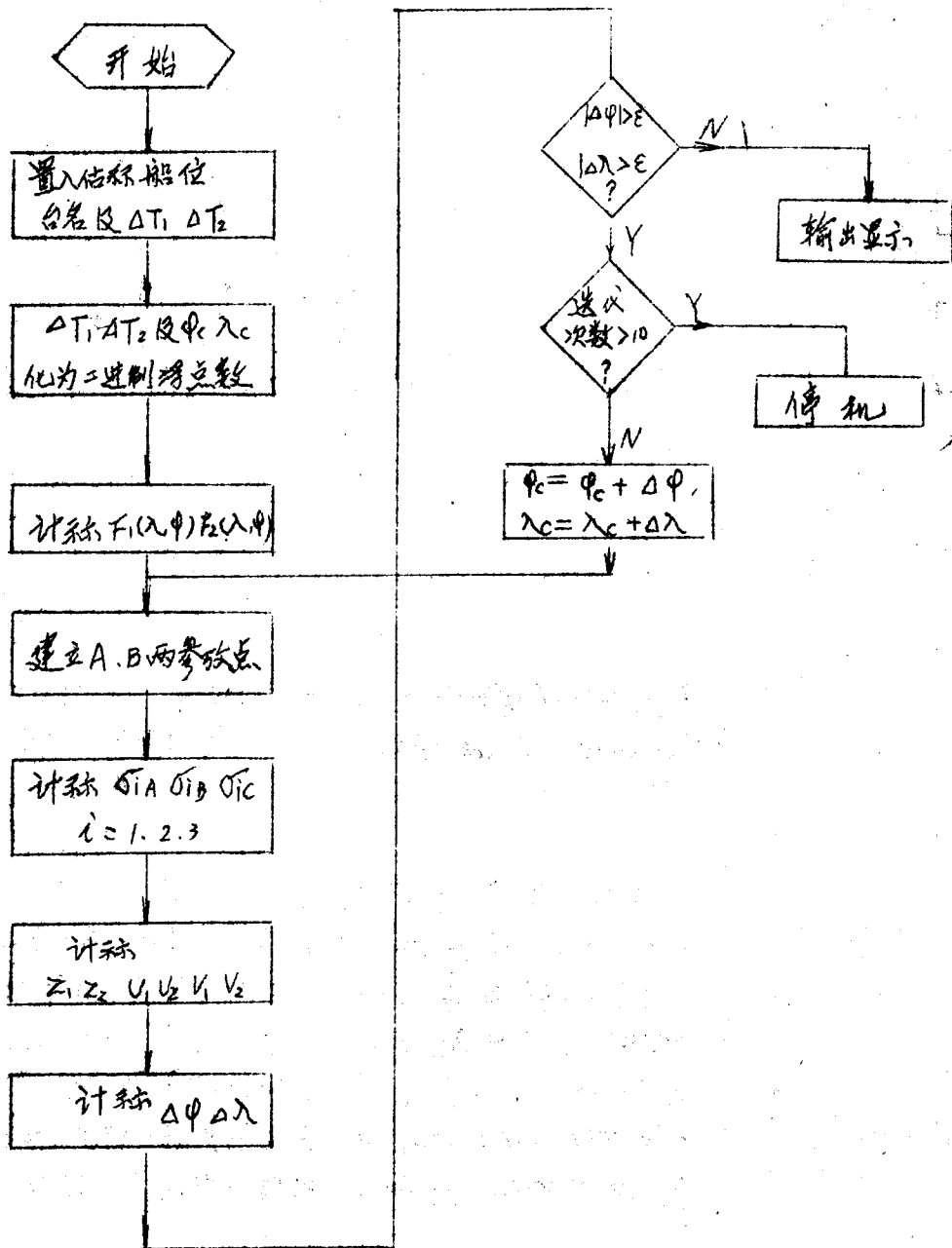


图 (1)

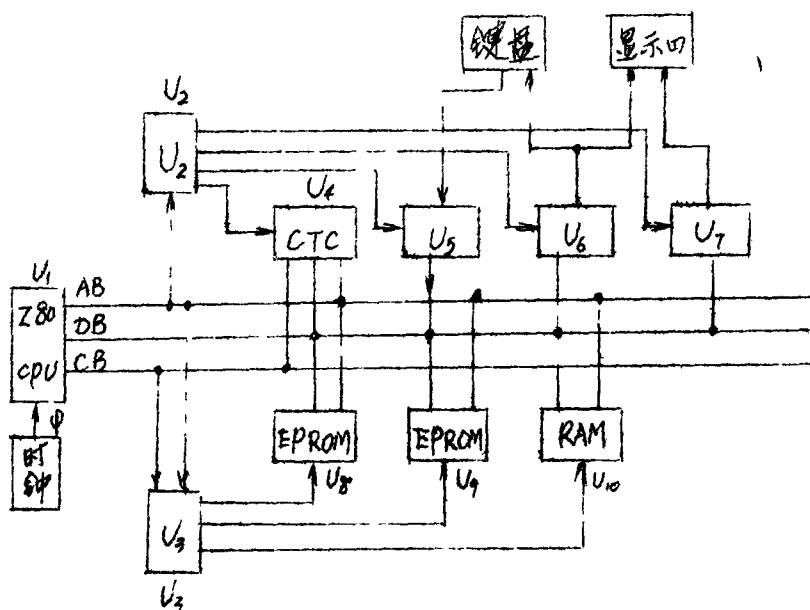


图 (2)

当压按台组代码及 E 键后，程序将自动将 ROM 中的这些参数调入 RAM 的暂存数区，以便计算时使用。ROM 的地址分配是 0000 ~ 0FFF。

3. 显示电路

为了简化电路结构，用七只数码管轮流显示变换后的经度和纬度值。和单板计算机一样采用动态显示的方法，每位数显示 1ms，从左到右扫描一次约 7ms，为了使 LED 上显示的数字保持一段时间，必须反复执行显示程序。显示电路的工作原理和单板计算机相似，由 U₄ 集成块完成“位选”信号的锁存，U₁ 集成块完成“段选”锁存，各自经驱动器使 LED 发光，所不同的是增加一个显示位。LED 采用共阴极的发光二极管，这个器件的寿命长，经济耐用，显示字符清楚。

键盘：设置 17 只按键，[0] ~ [9] 是数字键，[S]、[L] 键用来键入劳兰台组代码，[E] 键是送，每送入一数或台组代码后，按此键，就把一组数据送入指定 RAM 数区。[EXEC] 是执行键，

执行变换程序。**[RE]**键是复位键，当程序进入死循环不能完成变换或用户按键错误，按下此键，程序将回复到初始状态，以便从头开始。**[△T]**键是时差信息输入键，当要求时差由定位仪直接输入时，按此键即可完成。**[K]**键是天波修正键。

本变换器的键盘结构采用非编码的键盘结构，其识别按键的方法是采用数据母线行扫描法（另一种方式是地址母线行扫描法），即以步进扫描的方式，通过 U_i 为键盘的开放和禁止提供控制信号，同时检查列线输入信号，若发现某列输入信号与扫描信号一致，则位于该列与扫描行交点的键被按下，由 U_i 送公列信号到 CPU，由行和列信息的读取和处理。

时差信息直接由芳兰接收机读取的方法有很多种，这里利用 Z80 CTC 的计数/定时电路，结合程序设计来完成。电路如图(3)所示，其工作原理是计数电路在门控信号形成的闸门时间内对频标脉冲进行计数，为了提高测量的精度，采用扩大 N 倍测量值，然后取平均值的方法，因此计数值与被测时间差的关系为

$$\Delta T = \frac{M}{N} \cdot \frac{1}{f_0}$$

式中 N 为扩大测量倍数， M 为计数总值， $1/f_0$ 为频标的周期。

Z80 CTC 计数/定时电路是一种具有四个独立通道的可编程器件，各通道均可由程序设定为计数或定时方式。把定位仪的门控信号（或主付台座的时差信号）和频标信号分别送到 CTC 两个通道的计数端，在程序中用方式控制字将这两个通道都设定为计数工作方式，其中 0 通道对门控信号计数形成闸门信息，即完成开门和关门

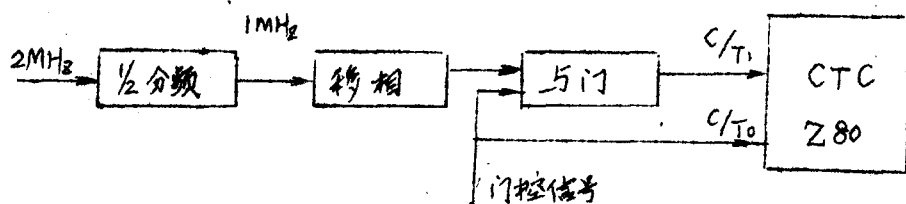


图 (3)

动作，闸门信息由软件实现。可直接把时间常数设定为 08H 或 0CH 等。CTC0 通道在前者形成的闸门期间对频标进行计数，时间常数设定为 00H，即每计满 256 个脉冲就产生一个进位中断。中断服务子程序中安排 HL 寄存器对作为进位缓冲器，总的计数值为

$$M = (HL) \times 256 + (256 - CTC0 \text{ 通道})$$

程序设计：图(4)给出这一部分的主程序框图。中断服务子程序 (I) 完成开门和关门动作，并完成 CTC 1 的初始化。中断服务子程序 (II) 读取 CTC 1 减 1 计数器的值。

四、监控程序设计

监控程序的设计应力尽使用户操作简便，动作可靠，它必须完成如下的管理工作：

(1) 通电或按压 RET 键能使变换器自动引导进入初始化程序。

(2) 初始化程序完成各标志寄存器的清零，并使之处于待命状态——最左边显示一个“P”字符。

(3) 每当键入一组数据或台组代码后，先将这些符号送存显示缓冲区并显示，在按压 E 键后，把显示缓冲区的数或 ROM 中的台址参数送入指定的 RAM 内存数区。

(4) 按压 EXEC 键自动进入劳兰坐标变换程序，并轮流显示出船位的经纬度值。

(5) 如果送数过程中有操作错误，或程序进入死循环等，按压复位键使回复到初始化程序。

程序流程图如图(5)所示。下面简要说明：

1. 初始化程序：其作用是建立堆栈栈区，为显示提示符“P”作准备，标志清零。标志为了识别输入的数是何种数而设置。本变换器设置 5 个标志，其中二个用来识别时差和概位，另二个用来识

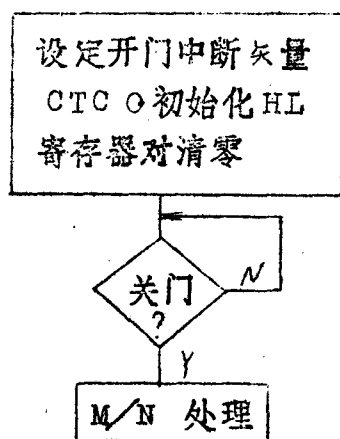


图 (4)

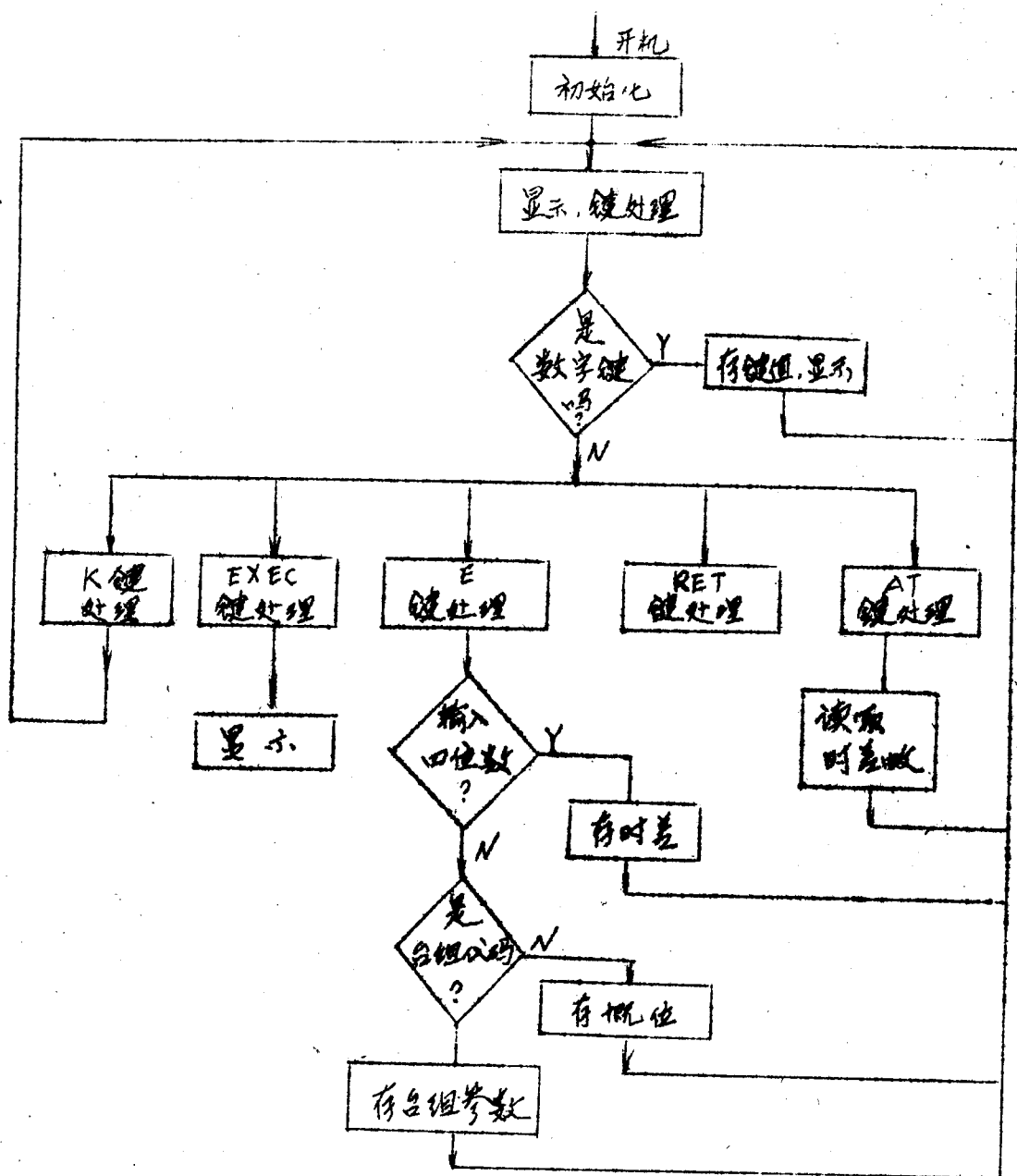


图 (5)、

别输入数据的顺序，以便分别把键入的数存入指定的存贮单元。

在无键按下时不停地重复显示和扫描键盘程序，在显示器的最左一位显示提示符号“P”。

在有键按下时，经键盘识别译码后分成两大类：一类是0~9的数字键以及SL字符键，另一类是命令键，命令键的特点是键值 $\geq 0CH$ 值，只要用软件就可以判别这两类键。

(一) 数字键的处理：小于 $0CH$ 的键值是数字键或SL键，经判断转入数字键处理程序，即先把键值暂存显示缓冲区并显示。

(二) 命令键处理：

按键值的大小，程序自动地转入各键的处理程序。

(1) E键处理——根据E键的键值转入E键处理程序。首先若程序识别出是输入器四位数，还要进一步判别是哪一台组的时差，这里设立一个标志位，每当输入一个时差数标志位增1。程序根据标志位的值来确定时差数存放的RAM数区地址。当程序识别出是输入三位数时，首先根据第二位数判别和台组代码还是概位的经度度数，如果是台组代码则进一步识别第二位数是S还是L以及第三位数的值，根据第二、三位数的值确定程序的入口地址。

当输入的是概位的数值时，三位数的数必然是经度的度数。若输入的数只有二位，这时就须判别是经度还是纬度，按照送数的顺序是经度的分 $\rightarrow$ 纬度的度 $\rightarrow$ 最后是纬度的分值，可设立标志位，每输入一个二位数后标志寄存器增1，程序根据标志位确定概位经纬度数的存放地址，以免产生纷乱。

(2) EXEC的处理：根据此键的键值，程序转入劳兰坐标变换程序的入口。

(3) RET是复位键：用硬件电路实现，当压按此键时，向CPU的复位端送入一信号，使CPU复位，即转入初始化程序的入口。

(4) 天波修正键(K键)处理：根据键值，程序转入时差天波修正程序，最后返回主程序。

天波修正的程序流程见图(6)。采用内插法及查表计算修正量。因为概位不是整数，而修正表中的修正值对应的是整数的经度数和
~10~

纬度数，所以必须经三次内插计算，计算出修正值 $\Delta T'$ 。

内插计算公式：

$$\Delta T' = \Delta T_{i1} + \frac{\Delta T_{i2} - \Delta T_{i1}}{60} \quad (\Delta T_{i1} \text{ 对应的经度或纬度为分})$$

修正值可正可负。

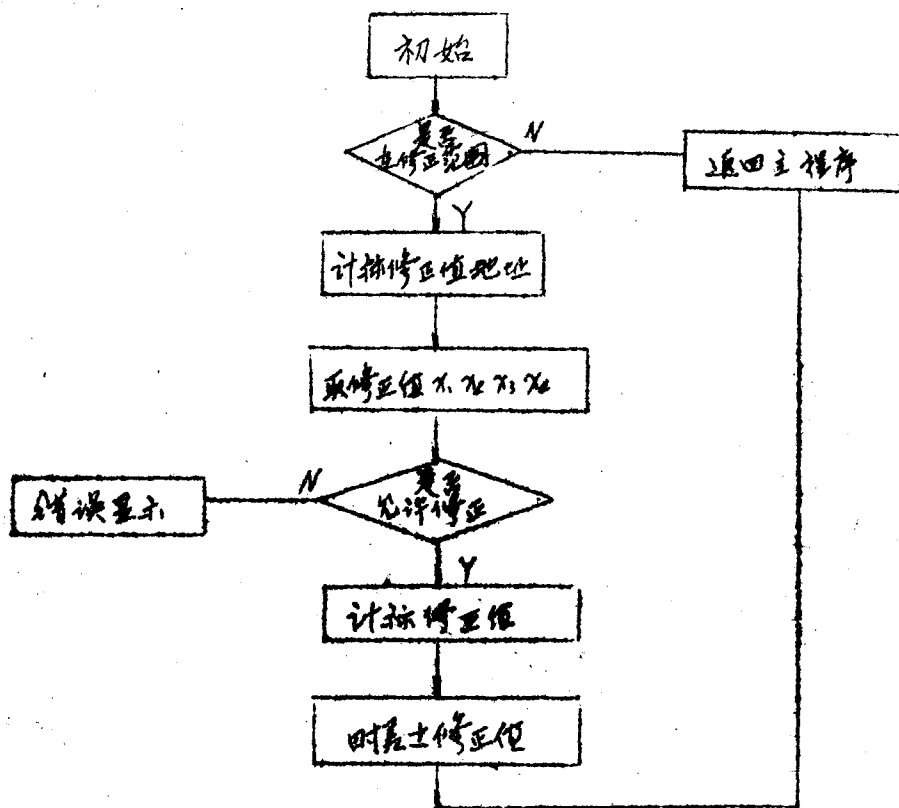


图 (6)

参考文献

1. 杨致友 双曲线导航计算方法
“导航” 1985年 第3期
2. W. F. ROTH Hyperbolic coordinate
converter AD-619299 1965
3. 王长胤 微计算机原理及其应用
湖北科技出版社 1984年
4. 无线电导航表 中国航海图视出版社

