

# 电子海图系统雷达信息转换技术的研究\*

刘维亭\*\* 张 冰 马继先

(华东船舶工业学院电子与信息系 镇江 212003)

**【摘要】** 提出了一种基于三角函数变换的比例乘法器法, 解决了方位角和径向距离的坐标变换, 最终转换为视频存储器中的位图地址, 实现了电子海图系统雷达信息的转换。

**关键词** 电子海图; 光栅扫描; 坐标变换; 雷达视频

**中图分类号** TN959.72

目前, 导航雷达显示器采用的显示体制为光栅扫描体制, 以往的圆周扫描、径向扫描、随机扫描体制的雷达显示器已越来越少见了<sup>[1,2]</sup>, 光栅扫描雷达显示器与电子海图综合显示器的大屏幕高分辨率彩色图形显示器均为光栅扫描体制<sup>[3]</sup>。电子海图系统呈现给用户的显示画面是以海图底图为显示底层, 以雷达图像为动态层的叠加层。因此, 在电子海图系统中衡量叠加的技术关键是坐标变换的准确性和精确度<sup>[4]</sup>, 要使静态目标完全吻合, 动态目标实时准确定位, 选择合理、精度高的坐标变换方式就显得尤为重要。

电子海图综合系统的大屏幕高分辨率彩色显示器一般为  $1\ 280 \times 1\ 024$  或  $1\ 600 \times 1\ 280$  的分辨率, 而目前导航雷达一般为  $1\ 024 \times 1\ 024$  分辨率的彩色光栅显示器, 这样雷达的扫描区可以完全叠加在电子海图系统的显示器上, 电子海图系统是以位平面方式显示, 一般为 8 层, 其中的 4 层给海图图形显示, 另外 4 层给雷达图像层。

舰船航行过程中, 为了导航的方便, 导航雷达显示上有船首线、真北、航迹等方式。因此在电子海图系统中同样要具有这些方式, 而对于每一种显示方式对应一套坐标变换, 其中前两种显示方式的船位(雷达位置)在屏幕的中心, 而航迹方式的船位则在任意位置上。

舰船导航雷达的量程决定了 A/D 转换器的采样频率, 而雷达显示器的分辨率  $1\ 024 \times 1\ 024$  决定了 A/D 在量程范围内的采样点个数。如电子海图系统的最小显示量程为 1 n mile, 而对于  $1\ 024 \times 1\ 024$  分辨率的雷达显示区, 在 1 n mile 的径向距离内的采样点为 512 个, 因此雷达的探测目标的距离精度为  $1.852 \times 1\ 000 / 512 = 3.617\ 2$  m, 在偏心显示时可以再提高一倍的距离精度。在具体实现坐标变换中, 本文提出了比例乘法器法。

## 1 雷达信息的转换方法及实现

### 1.1 显示方式及坐标变换

舰船导航雷达天线是以圆周方式运转, 雷达天线得到的信息以极坐标方式给出, 即用目标距本船的距离  $R$  和偏离船首线的角度  $\theta$  来标明目标的位置, 而 TV 光栅扫描显示采用具有  $X$  分量和  $Y$  分量的直角坐标系方式, 为了在 TV 光栅扫描显示区域显示由极坐标方式得到的信息, 需要进行坐标变换。在计算机图形系统中, 显示器的左上角即光栅扫描起始点为坐标原点, 一般屏幕中心坐标为本船位置, 或任一坐标位置。电子海图系统显示方式一般有船首线方式和真北方式。

#### 1.1.1 船首线方式

如图 1 所示的以船首线方式显示的坐标转换方程为

$$\begin{cases} X' = R \sin \theta \\ Y' = R \cos \theta \end{cases} \rightarrow \begin{cases} X = 512 + X' \\ Y = 512 - Y' \end{cases} \quad (1)$$

1999 年 12 月 28 日收稿

\* 中船总公司预研基金资助项目

\*\* 男 32 岁 博士 讲师

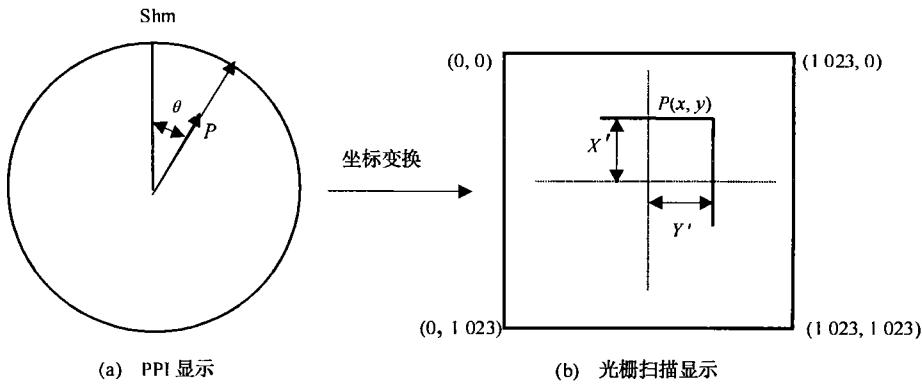


图 1 船首线方式坐标转换

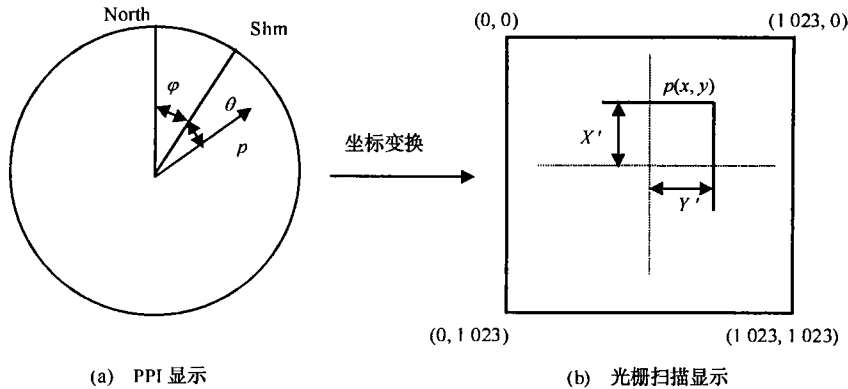


图 2 真北方式坐标转换

### 1.1.2 真北方式

如图 2 所示的坐标转换方程为

$$\begin{cases} X' = R \sin(\varphi + \theta) = R \sin \varphi \cos \theta + R \cos \varphi \sin \theta \\ Y' = R \cos(\varphi + \theta) = R \cos \varphi \cos \theta - R \sin \varphi \sin \theta \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} X = 512 + R \sin(\varphi + \theta) = 512 + X' \\ Y = 512 - R \cos(\varphi + \theta) = 512 - Y' \end{cases} \quad (3)$$

如果要求以偏心显示时, 设船位坐标为 $(x_0, y_0)$ , 则转换后的坐标变换为

$$\begin{cases} X = R \sin(\varphi + \theta) + X_0 \\ Y = -R \cos(\varphi + \theta) + Y_0 \end{cases} \quad (4)$$

因此采用数字扫描变换, 雷达信息以 PPI 扫描方式存入 IC 存储器, 又以光栅扫描方式读出。PPI 显示区域中的  $P$  点位置, 在船首线方式下, 可根据下式得出极坐标到直角坐标的变换

$$\begin{cases} X = R \sin \theta \\ Y = R \cos \theta \end{cases} \quad (5)$$

式中 距离  $R$  可由计数距离时钟脉冲得到, 用变换器将方位角转换成  $\sin \theta \cos \theta$  的参数, 这就是基本的坐标变换, 极角坐标到直角坐标转换的结构原理如图 3 所示。

以上得到的是模拟量的转换公式, 同时必须对距离也采用数字量化, 量化结构如图 4 所示, 量化公式为

$$\begin{cases} X_n = n \Delta X_n = X_{n-1} + \Delta X \\ Y_n = n \Delta Y = Y_{n-1} + \Delta Y \end{cases} \quad (6)$$

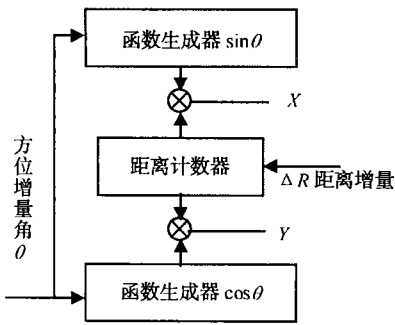


图 3 坐标转换原理图

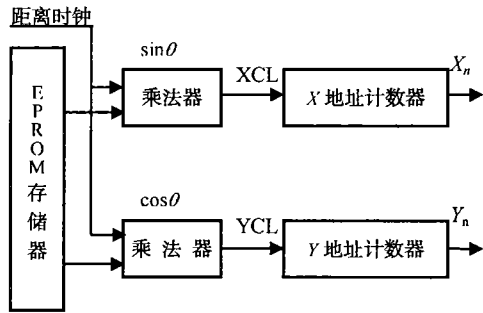


图 4 坐标转换数字化结构图

从原理结构图中可看出  $\sin\theta$ 、 $\cos\theta$  函数生成器是将所用到的存储在 EPROM 中的三角函数值转换成数字量参与运算，目前导航雷达的型号中主要有 4 096 脉冲/r，和 2 048 脉冲/r 两种类型的旋转天线，此外还有自整角机发送机输出方位信号，或旋转变压器输出模拟电压信号。本文主要讨论 4 096 脉冲/r 雷达，其他类型可以转化成这种类型。此类型天线的单位增量角  $\Delta\theta = 0.087\ 9^\circ$ ，增量脉冲的频率  $f_\Delta = \text{天线转速} \times 4\ 096 \div 60$ ，选天线 24 r/min，可知

$$\begin{cases} f_\Delta = 24 \times 4\ 096 \div 60 = 1\ 638.4\ \text{Hz} \\ t_\Delta = 611 \times 10^{-4}\ \text{s} = 611\ \mu\text{s} \end{cases} \quad (7)$$

扫描变换电路中的函数生成器是转换电路中的重要部分，在实现起来利用比例乘法器法，读取存在 EPROM 中的比例系数。

## 1.2 比例乘法器法

### 1.2.1 方位计数器

由 4 096 脉冲/r 和 2 048 脉冲/r 天线每转发出 4 096 个脉冲，通过计数器对方位脉冲增量进行累计便可知天线所在的方位。用一个 12 位二进制计数器来实现。计数器的头两位作为象限识别位，当船首线(SHM)或正北脉冲 NM 到来时整个计数器被清零，而且计数器能够自动清零。天线在不同的方位角时方位计数器将产生的 12 位方位码为：

当天线方位是  $0^\circ$  时( 000000000000 )B=000 H

当天线方位是  $45^\circ$  时( 001000000000 )B=200 H

当天线方位是  $90^\circ$  时( 010000000000 )B=400 H

根据象限二位识别电路来控制 X 计数器和 Y 计数器加或减的方向(如表 1 所示)。

### 1.2.2 正余弦存储器电路

采用比例乘法器电路进行 X、Y 转换方式，存储器中存放的是比例脉冲，正余弦只读存储器产生一组对应于有方位选择电路来的方位数据的正余弦函数信号。例如当方位角为  $30^\circ$  时，相应于  $\sin 30^\circ = 0.5$  的 12 位方位数据被加到 X 比例乘法器，同时相应于  $\cos 30^\circ = 0.87$  的 12 位方位数据被加到 Y 比例乘法器。正余弦存储器送出的是第一象限  $0^\circ \sim 90^\circ$  的数据，因此 2 bits 象限识别信号也会同时产生，以判别扫描线所处象限。

### 1.2.3 X/Y 比例乘法器

X/Y 比例乘法器基本电路是由 6 bits 二进制计数器和相应译码器组成，在 X/Y 比例乘法器中，当 6 bits 的正余弦数据被加到乘法器的输入端，比例计数器对脉冲进行计数，此电路由两个 6 位乘法器级联组成，形成 4 096 比例乘法器。当  $\theta = 30^\circ$  时  $\sin\theta$  的方位信号数据为 800 H， $\cos\theta$  的方位数据为 DDBH，因此这两组数据被加到比例乘法器的输入端，得到两组相应的比例脉冲输出。

表 1 象限识别表

象限识别位	象限	$\sin\theta$	$\cos\theta$
0 0	一	+	+
0 1	二	+	-
1 0	三	-	-
1 1	四	-	+

### 1.2.4 X/Y 地址计数器

X, Y 地址计数器分别对来自 X/Y 比例乘法器电路的脉冲进行计数, 产生两组与之相对应的 10 bits 地址数据, 比例乘法器法原理如图 5 所示。

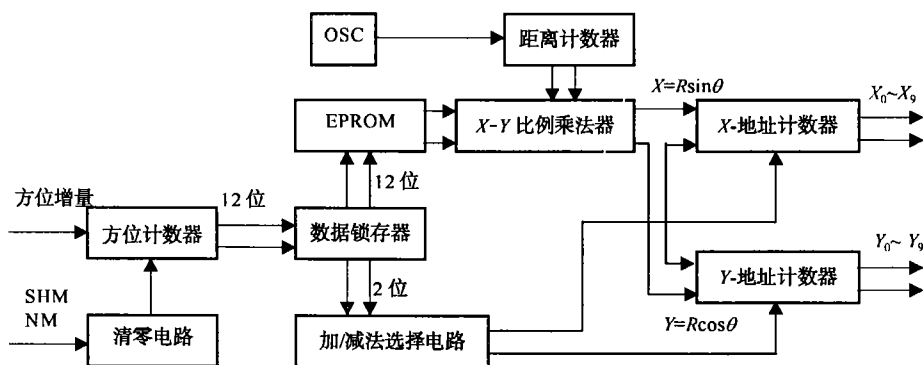


图 5 比例乘法器法坐标变换原理方框图

## 2 结束语

电子海图应用系统中, 雷达视频的叠加是关键技术, 而雷达图像叠加的核心又是雷达视频的转换。本文提出了基于三角函数变换的比例乘法器法, 实现了由 PPI 显示方式到光栅扫描方式的转换, 是一种比较简捷、实用的方法。

### 参 考 文 献

- 1 丁鹭飞, 张平. 雷达系统. 西安: 西北电讯工程学院出版社, 1984, 11: 1~118
- 2 斯科尔尼克 M.L. 雷达手册. 雷达编写组译. 北京: 国防工业出版社, 1986
- 3 贺士廉, 邱蜀佳. 光栅扫描雷达录取显示器. 雷达与对抗, 1993, 94 (1): 8~11
- 4 朱世立. 电子海图应用系统设计. 北京: 国防工业出版社, 1997

## Study of Radar Transform Technique of ECDIS

Liu Weiting    Zhang Bing    Ma Jixian

(Dept. of Electronics and Information, East China Shipbuilding Institute    Zhenjiang    212003)

**Abstract** In ECDIS, in order to add radar video on chart layer simultaneously, precisely, dynamically, the gathered Radar information must be transformed, namely transform the circumference scan system to raster scan system. This paper put forward a method of proportional multiplier which is based on trigonometric function transformation. This method solves the problem of transforming the bearing azimuth and the radial distance of an object, which is transformed to the bitmap address in the video RAM. So transformation of radar information of ECDIS is realized.

**Key words** electronic chart display and information system; raster scan; coordinate alternate; radar video