

# 航运活叶文选

## 雷达与航海

李景森編著

95  
2

9

人民交通出版社

統一書号：15044 • 5099-京 航運活葉文選第 9 号

## 雷 达 与 航 海

李景森編著

人民交通出版社出版 公私合營慈成印刷工厂印刷  
北京安定門外和平里 新 華 書 店 发 行

---

1957年 2 月北京第一版

1957年 2 月北京第一次印刷

开本：787×1092 毫米 字数：34,000字 印張：1 册 張

印数：4,100

定价(9)：0.16元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六号)

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 一、雷达在航海上的功用           | 1  |
| 二、航行接近陆地时雷达的应用        | 3  |
| (1) 雷达地平距离的计算         | 3  |
| (2) 物标极限雷达距离定位法       | 6  |
| (3) 三个未确定的物标雷达距离定位法   | 6  |
| 三、沿岸航行时雷达的应用          | 7  |
| (1) 物标的目测方位和雷达距离定位法   | 8  |
| (2) 两个以上物标的雷达距离定位法    | 10 |
| (3) 物标的雷达距离和方位定位法     | 12 |
| (4) 物标双切线雷达方位和雷达距离定位法 | 13 |
| 四、进出港航行时雷达的应用         | 14 |
| (1) 利用明显物标导航法         | 14 |
| (2) 利用岸线形状导航法         | 15 |
| (3) 利用安全距离导航法         | 19 |
| (4) 利用浮标导航            | 20 |
| 五、在江河中航行时雷达的应用        | 22 |
| 六、雷达在抛锚时的应用           | 23 |
| 七、雷达在避碰中的应用           | 24 |
| (1) 真实位置构图法           | 26 |
| (2) 相对位置构图法           | 27 |
| (3) 准确的避让方法           | 29 |
| (4) 应该注意的事项           | 32 |
| 八、岸上雷达站在航海上的作用        | 33 |
| 九、利用海图比较器进行雷达定位       | 35 |
| 十、航海上有物标的雷达回波的判别      | 37 |

# 雷 达 与 航 海

李景森編著

本書通俗地說明运用雷達導航的方法，分述雷達在船舶航行接近陸地、沿岸航行、江河中航行、進出港、拋錨、避碰等場合下的应用，还敘述了岸上雷達站的作用，利用海圖比較器進行雷達定位，有关物标的雷達回波的判別等船舶駕駛員必需掌握的雷達知識，对安全航行很有幫助。

## 一、雷达在航海上的功用

自从雷达被应用在航海上以后，对于航海安全的保証起了非常重大的作用；这是因为絕大部分的海事都是属于触礁和碰撞的性質，而造成这两种性質的海事的最重要原因不外乎是：

(1) 由于黑夜、下霧、下霾、暴风雨和降雪等所造成的能見度不佳；

(2) 由于对所航行的海面上的水流情况估計不准確而造成估計船位的錯誤。

当船舶設有雷达之后就可以基本上防止了由于上述原因所造成的危害。这是因为雷达能够在黑夜和任何天气情况下準確地測定出船位的位置，并探明周圍环境的情况，因此避免了碰撞和触礁的发生；另一方面，由于雷达能迅速而不間断地測定出準確船位的結果，使得我們能随时掌握住实际船位的所在，这样就使得由于水流情况估計不准確而造成

少了。

雷达在航海上除

另外，它还可以应

用在下列常見的九種情況中：

(1)在海難的救助中，可以應用雷達尋找遇難的船隻；

(2)在冰區航行中，可以應用雷達探測冰山的存在情況，而加以躲避；

(3)在航行中可以應用雷達求出準確的航程，以作為校驗船速和測程儀誤差之用；

(4)在黑夜和下霧時，拋錨中的船隻可以應用雷達來發現本船有無拖錨的情況；

(5)在霧中錨泊的船隻，可以應用雷達來發覺有無其他船隻過度靠近本船，以便及早發出必要的警告（顯示火焰或爆響或連放汽笛三聲，即一短聲，一長聲，一短聲，以警告來船）；

(6)在能見度不佳的情況下，進出港船舶可以應用雷達作為導航的工具；

(7)船隊在能見度不佳的情況下航行時，各船可以應用雷達來求出彼此之間的相互位置，以保持隊形的完整和避免彼此間的碰撞；

(8)在颱風區航行時，可以應用雷達探測颱風中心的路徑和發生暴風雨的地點以作為防避的根據。

雷達所以能有上述的許多功用，是因為它有着下列的優點：

(1)在夜間和能見度受到限制的情況下，一般定位方法無法進行時，雷達仍可使用無阻；

(2)雷達可以同時求出一個物標的距離和方位；因此可以根據一個物標來測定出船位；

(3)雷達可以迅速地，連續不斷地定出船位；

(4)雷達定位所達到的準確度可以滿足航海上的要求；

(5)雷達所能測定的距離相當遠，可以滿足航海上一般的需求。

雷达虽然有着上述的許多优点，但也存在着一定的缺点，其主要有下列几种：

- (1) 受到仪器本身最大和最小距离的限制；
- (2) 指示器上所反映出的周圍情况，远不如眼睛所看的那样清楚，因此甚难加以理解；
- (3) 雷达定位的准确度不如陆标定位；
- (4) 微小的物标，如小船、浮标等頗难在指示器表现出来，尤其是在大风浪中和在海岸附近时更难发现。

从上面的比較中可以看出雷达在航海上的功用是巨大的，因此为了充分地发挥出雷达的作用，使它能更好地为航海服务，我們需要对下列三点加以注意：

- (1) 明了雷达的动作原理，熟識雷达的使用和保管方法，以便能正确使用雷达避免不应有的损坏和故障；
- (2) 熟练地从雷达指示器上辨别不同物标的回波，經常用海图或实际地形与雷达指示器上的影像相比对，以达到能从指示器上正确地判别出周圍的环境；
- (3) 能在不同情况的航行中，根据雷达的性能而采用正确的雷达定位方法来保证航行的安全。这一点就是本書所要說的主要内容。

## 二、航行接近陆地时雷达的应用

### (1) 雷达地平距离的計算

从外海接近陸地上航行时的特点是我們与陸地的距离逐渐接近，陸地上的物标起初是在地平綫之下，后来由于距离的縮短而升到地平綫之上；也就是从看不见而到看得见。这种从眼睛所能看到的地平距离，也就是从測者在海面上的位置至他所能看到水天相接連

之处的距离，称为能见地平距离或地平视距，这个距离的远近是根据测者眼高来决定的。

从雷达所发射出的无线电波，在很多地方是同光波的性质相类似，它也是以直线形式传播着，因此由于雷达天线高度的不同而所得出的雷达的地平距离也就不同。雷达天线所在的位置愈高则它所能达到的地平距离也就愈远，因此所能看到的海面范围也就愈大。雷达所发的无线电波既与光波的性质相同，因此当它通过不同密度的大气时也会同光线一样发生曲折的现象，由于无线电波的波长远较光波的波长为大，因此它所发生的曲折现象也比较剧烈；这样就造成了从同样高度上所得到的雷达地平距离要比能见地平距离约大过6%，也就是在观测地平线以下的远方物标时，在雷达天线高度和眼高相同的情况下，雷达要比人的眼睛先一些时候发现该物标。它们之间的关系有如图1所示：

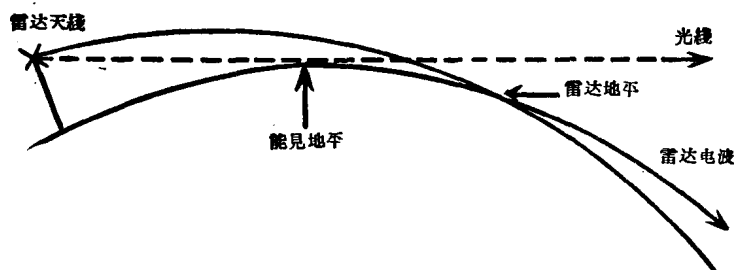


圖 1

在正常的大气情况下（海面温度 $15^{\circ}\text{C}$ ，海面气压 $1013$ 毫巴，相对湿度 $60\%$ ），雷达的地平距离可以从下列公式中得出：

$$D = 1.23 \sqrt{H}$$

因此，具有一定高度的物标，在具有一定高度的天线的雷达指

示器上初显时，相距的距离为

$$D = 1.23\sqrt{H} + 1.23\sqrt{h}$$

$D$  = 以哩为单位的雷达距离

$H$  = 以呎为单位的雷达天线高度

$h$  = 以呎为单位的物标高度

它们的实际关系有如

图 2 所示。

为着实用上的方便起见，现将上述公式计算出并列表如下：

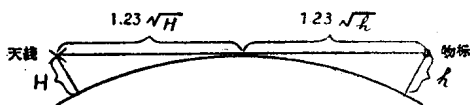


圖 2

| H或h(呎) | $1.23\sqrt{\quad}$ (哩) |
|--------|------------------------|
| 20     | 5.5                    |
| 30     | 6.7                    |
| 40     | 7.8                    |
| 50     | 8.7                    |
| 60     | 9.5                    |
| 70     | 10.3                   |
| 80     | 11.0                   |
| 90     | 11.7                   |
| 100    | 12.3                   |
| 120    | 13.5                   |

| H或h(呎) | $1.23\sqrt{\quad}$ (哩) |
|--------|------------------------|
| 150    | 15.1                   |
| 200    | 17.4                   |
| 300    | 21.3                   |
| 400    | 24.6                   |
| 500    | 27.5                   |
| 600    | 30.1                   |
| 700    | 32.6                   |
| 800    | 34.8                   |
| 900    | 36.9                   |
| 1000   | 38.9                   |

从上面可以看出雷达所能达到的地平距离虽較能見地平距离为大，但是所大的数量是很有限的，因此在天气良好的海面上航行时，有时来船的航行灯用眼睛都已经看到，可是在雷达指示器上尚还不

能看来船的回波；这并不是雷达性能不好的緣故而是因为来船的船身此时尚在雷达地平綫之下，虽然它的桅頂已升到能見地平綫之上，可是由于距离太远而作为物标的桅頂部分又是太小，所以我們无法在雷达指示器上发觉出它的回波。

## (2) 物标極限雷达距离定位法

所謂物标極限雷达距离定位法，是趁船还离开海岸很远，岸綫和高度較小的物标尚在雷达地平下面的时候，求出某一高度較大的物标在指示器上初行显示时的距离和方位来定出船位。由于雷达能够同时求出物标的距离和方位，所以上述的極限雷达距离的求取，主要是用以判別物标之用。因为在离岸很远的时候，很难从指示器上所发现的一两个物标的回波来判別出它在海图上所对应的物标。为了解决这个困难可以根据本船雷达天綫的高度和該物标的回波在指示器上初显时的距离，利用上述的雷达地平距离的公式求出該物标所必需具备的高度，然后从海图的积算位上沿着該物标在初显时的真方位，找出在这个方位附近符合于該高度的物标。例如，本船的雷达天綫的高度为60呎，在指示器上看到一个初显的物标回波的距离为 30.8 浬；从表中得出本船雷达所能达到的雷达地平距离为 9.5 浬，因此  $30.8 - 9.5 = 21.3$  即为該物标本身的雷达能見距离，再由表中得出与 21.3 浬相对应的高度为 300 呎；因此可知該物标必需具有 300 呎左右的高度才能在 30.8 浬的距离处初显在本船的雷达指示器上，又因該物标的頂端必需要在雷达地平以上时，本船雷达才能收到它的回波，所以还可以推测出該物标的高度一定是要比 300 呎大才是合理的。

## (3) 三个未確定的物标雷达距离定位法

如果错过了上述测定極限雷达距离的机会，因而无法辨認出指

示器上所显现的回波所应该对应的物标时，那还可以守住指示器等待其他任何两个物标的回波也同时显现后，一同测定出这三个回波的方位和距离，并应用下述的方法在海图上画出船位的所在。

在一張透明紙的中央部分任取一点  $O$ ，通过  $O$  点作一直线代表子午线，从  $O$  点根据雷达指示器上所指出的三个回波的距离和方位画出这三个回波点在透明紙上相对于  $O$  点的位置。在繪画时所使用的距离比例尺应与海图上积算船位附近的距离比例尺相同。將这一張透明紙复盖在海图上的积算船位附近，移动透明紙并使紙上所画的子午线始终与海图上的子午线保持平行；当紙上所画的三个回波点的位置恰好和海图上三个高度比較大的物标相重合时，則  $O$  点在海图上的位置就是在观测时的实际船位的所在。

在航行中从外海接近大陸时，如果由于天气的关系无法进行测定天体定位时，上述两种的定位方法就显得非常有价值；除此之外，在远距离的情况下由于指示器上的回波稀少，在进行测定时不易混乱，因此在海上的船舶不应放过这种有利的机会，否則及至陸地甚为接近岸线已进入雷达地平以内时，由于物标众多回波复什，使得物标难于辨認，定位因之困难。

另外一点还必需注意到，当远距离时在雷达指示器上所显现出物标的回波形状和大小，只是代表該物标在雷达地平上面部分的形状和大小，它和海图上所画出的大小和岸线形状是不相同的，因为海图上所表示的是該物标，在最高高潮面上的岸线形状和大小。

### 三、沿岸航行时雷达的应用

在沿岸航行时因陸地接近物标众多，我們可以選擇适当的物标参酌雷达的性能，使用与陸标定位中的相似方法进行测定船位。

从雷达上所测得的距离的准确度相当高，而且不論距离远近它

的準確度几乎都是相等的。但是从雷达上所測得的方位則因受到了“波束闊度”的影响，它的準確度比較低，这样就使得所測定的船位的準確度与所采用的方法有着密切的关系。

波束闊度的产生是由于雷达发射电波时，是采用狭窄的扇形波束向天綫所指的方向向外发射，由于天綫的轉动所以发射的波束亦随着轉动；当波束横扫过物标时，在雷达指示器上將連續不断地收到从該物标反射回来的回波。从这些連續的回波中显然可以看出波束中心所指的方向，才是物标的真正方向，这样就造成了在雷达指示器中所显现出的物标回波的夾角要比实际物标的夾角为大，它的兩边各約大过半个波束闊度。波束闊度与指示器上回波的关系有如图 3 所示。

在甲图中由于波束闊度的影响使得烟囱的回波呈現寬达 $5^{\circ}$ 的圓弧；在乙图中，一个小島在本船雷达天綫处的夾角为 $10^{\circ}$ ，由于波束闊度的影响使得在指示器上呈現出 $15^{\circ}$ 的夾角。

### (1) 物标的目測方位和雷达距离定位法

本法是借用罗經測定一个物标的方位而得出一条直綫位置綫，然后再利用雷达測定同一物标的距离而得出一个圓圈位置綫，从这两个位置綫的相交中就可以得出觀測时的船位。由于从罗經上所測得的物标方位和从雷达上所測得的物标距离的準確度都很高，因此这一种的測定方法是雷达定位中最準確的一种方法。不过这一种方法只能适用在有显著而孤立的物标可資觀測的情况下，如果所選擇的物标在面向測者的一边是高陡的悬崖，那么所測得的雷达距离將和海图上从該物标的真实岸綫起算的距离更加接近，也就是所得出的船位將更加準確。在可能的情况下，最好能再測得另一个物标的雷达距离，以作为校驗之用，这样可以使所得的船位更加可靠。

当遇到天气情况不佳周圍物标多被云雾所遮蔽而无法看到时，

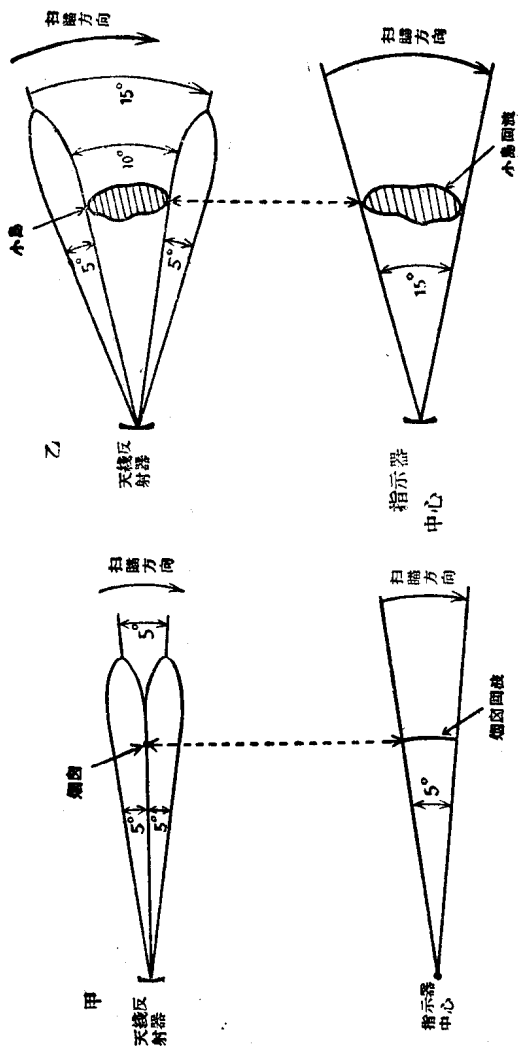


图 2

若尚能用罗經測定出一个近距离的孤立物标的方位，那么上述的定位方法就显得有着重大的价值。就是在良好的天气情况下，如果沿岸没有足够的物标可以利用作为方位交叉定位时，这一种方法也是一种很有价值的定位方法。本法的定位情况有如图 4 所示：

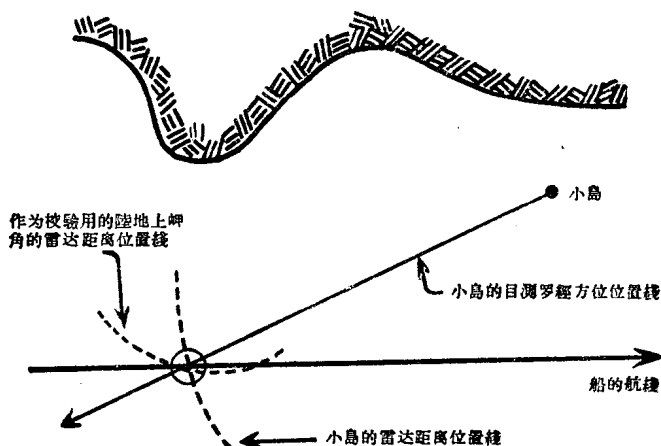


圖 4

## (2) 两个以上物标的雷达距离定位法

本法是利用两个以上物标的雷达距离所得出的圓圈位置綫的相交来求出船位。由于雷达距离的准确度很高，因此如果所选择的物标既是孤立而显著的，而且各物标之間又有着良好的夾角，那么我們就可以得出非常准确的船位。

如果船位的周圍都是連續不断的岸綫，沒有孤立显著的物标存在时，为着避免所測定的雷达距离受到波束闊度的影响而发生錯誤起見，應該选择与測者視綫相垂直的岸綫作为測定雷达距离的对象，也就是选择在該方向附近与測者距离最近的岸綫。图 5 中 A, B, C 三处所选择的岸綫就是符合了上述的情况，因此所得出船位

是比較準確的。

因为雷达所测定出的距离比較準確，因此如果附近只有一个孤立而显著的物标存在，而无法利用上述的两个以上物标的雷达距离定位时，我們还可以应用“雷达距离航进定位方法”来对这唯一的物标进行距离定位。在进行雷达距离航进定位时，是在不同的時間对同一的物标测出两个距离，然后根据在前后兩次測定雷达距离的过程中船所走的航向和航程来求得航进定位的船位。如果能够准确地掌握住船的航向和航程，那么相当准确的船位仍可求出；现将进行的方法說明于下（见图 6）：

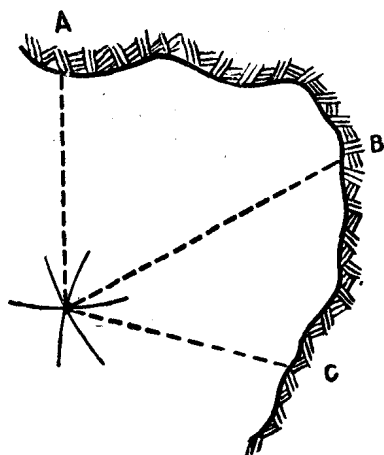


圖 5

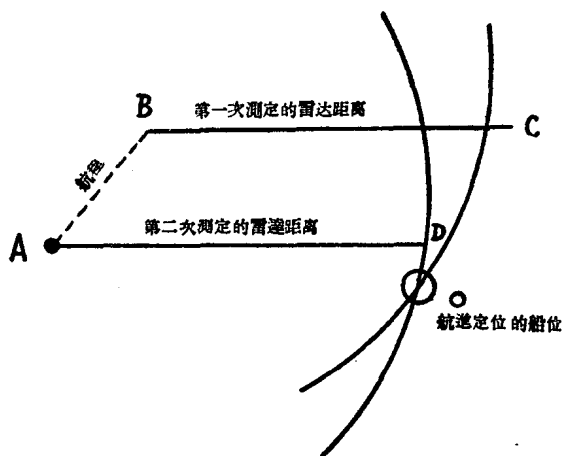


圖 6

設  $A$  為孤立而顯著的物標； $AB$  為前後兩次觀測之間的航向和航程； $BC$  為第一次測定的雷達距離； $AD$  為第二次測定的雷達距離。從  $A$  點作  $AB$  代表船在前後兩次觀測之間所走的航向和航程；從  $B$  點以第一次測定的雷達距離  $BC$  為半徑畫一圓弧；從  $A$  點以第二次測定的雷達距離  $AD$  為半徑再畫一圓弧，兩個圓弧的交點  $O$  即為第二次觀測時實際船位的所在。

### (3) 物標的雷達距離和方位定位法

前面已經說過在雷達所測出的方位中存在有波束闊度的影響，但是假使所測定的物標既不顯著又不孤立，如圖 6 距離定位中的  $A, B, C$  三點的情況，那麼就是沒有波束闊度的影響也是很難得出準確的雷達方位，因此本法的準確度是很差的，使用時需加以注意。

如果所測定的物標是一孤立的小島或向測者方向突出的岬角，那麼可以用估計的方法求出它的中心方位，而不必進行波束闊度的修正。圖 7 所示的就是這種情況。

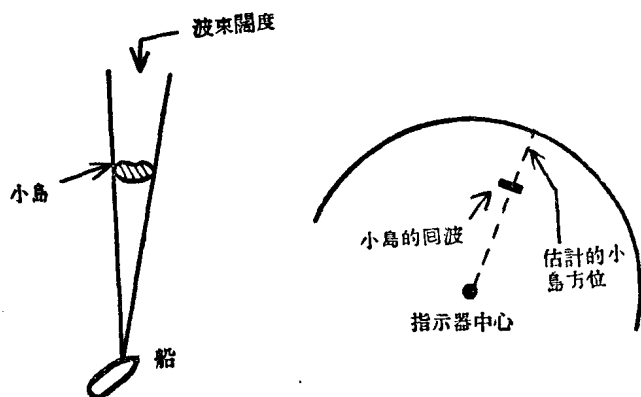


圖 7

当所测定的物标为陆地边缘时，必需将所测定的雷达方位加以半个波束宽度的修正后才能得出比较准确的雷达方位。这个原因已经在解析波束宽度时说明过，这里不再重复。

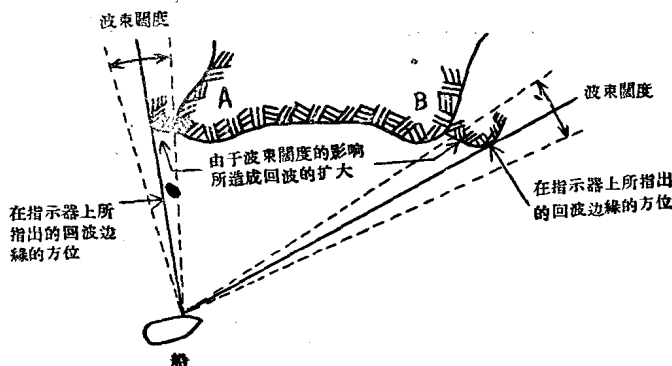


图 8

从图 8 中可以看出 A 点的实际雷达方位应等于指示器上所指出的方位加上半个波束宽度；而 B 点的实际雷达方位是等于指示器上所指出的方位减去半个波束宽度。由于实际的波束宽度的影响很难准确地计算出来，所以也就无法准确地将波束宽度所造成的误差加以修正。因为在计算方位时都是顺着时针方向从  $0^{\circ}$  到  $360^{\circ}$ ，所以修正波束宽度时所使用的符号可以应用下列规则：修正物标右切线的方位时用  $(-)$  号；修正物标左切线的方位时用  $(+)$  号。

#### (4) 物标双切线雷达方位和雷达距离定位法

本法是应用一个物标的左右两切线的雷达方位和同一物标上一点的雷达距离来求出船位。如果所测定的物标是一个具有相当宽度的孤立物标，如小岛或其他长条形状的地形等，那么应用本法可以得出较前述的一个物标的雷达方位和雷达距离定位法所得的结果更能准确一些。因为雷达受着波束宽度的影响，它在指示器上所显现

出的物标形状比实际的形状是有了一定程度的扩大，因此左右兩切綫的雷达方位綫的交点將比实际船位更为靠近物标；在同一時間所求得的該物标的雷达距离是比較准確的，因此比較准確的船位是在雷达距离所得出的圓圈位置綫和左右兩切綫的雷达方位綫相交的中心点上。

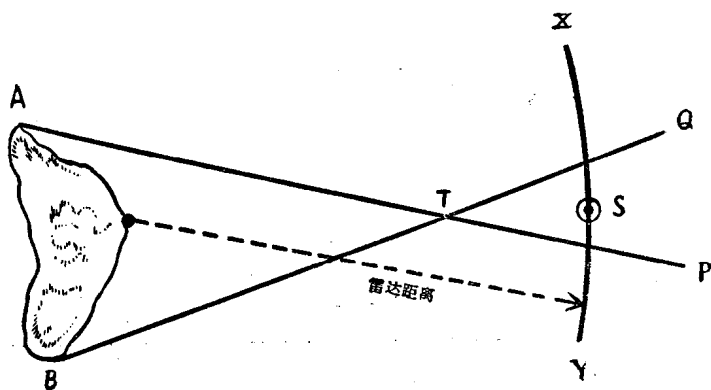


圖 9

在图 9 中  $AP$  和  $BQ$  代表所测定的物标的兩端切綫的雷达方位綫， $T$  是它們的交点。 $XY$  是从雷达距离所得出的圓圈位置綫，是比較准確的，因此实际的观测位置是在圓圈位置綫和兩個切綫方位綫所交的中心点  $S$  上。

## 四、進出港航行时雷达的应用

### (1) 利用明顯物标導航法

在进出港的航行中，船舶常常必需以航道中的小島、礁石和浮标等作为导航之用并非常接近地通过这些物标。由于这些物标本身