

沿海船舶初专班教材

海 航 文 地

船舶教材编写组编



人民交通出版社

沿海船舶初專班教材

海 航 文 地

船舶教材編写組 編

人民交通出版社

編 者 的 話

为了适应水运系統职工教育的发展，滿足广大船員进一步掌握科学技术的迫切要求，交通部海河总局委托上海海运管理局，会同长江航运管理局、广州海河运输局、黑龙江航运管理局組成了船舶教材編写組，編写了沿海船舶初专班教材、沿海及內河船舶初专班教材、內河船舶初专班教材、沿海及內河預备班教材等四套教材。

沿海船舶初专班教材是供海船駕駛部船員使用，第一批計有：船艺、航用仪器、地文航海、貨物装卸、国际信号、海上避碰常識、天文航海、航海气象常識等八种。

沿海及內河船舶初专班教材是供海船及內河船舶轮机部船員使用，第一批計有：识图、船舶往复蒸汽机、船舶柴油机、船舶輔机、实用船舶电工学、船舶鍋炉、船舶鉗工基本工艺、船用度量和仪表等八种。

內河船舶初专班教材是供內河船舶駕駛部船員使用，計有：信号及助航仪器、內河船舶操纵、內河普通水路图志、船用气象常識、河运管理、理貨常識、轮机大意等七种。

沿海及內河船舶預备班教材計有：船艺、生火加油读本两种。前者供二級水手、水手实习生以及船員訓練班學員使用，后者供生火、加油人員以及船員訓練班學員使用。

这几套教材在編写过程中，虽曾分別征求有关方面的意見，但限于編者的水平，錯誤或不完备之处，在所难免，希望读者及教师同志在使用本教材时，提出宝贵的修改意見，以便再版时修訂。

目 录

第一章 緒 論	1
第一节 地球的形狀及基本点綫	1
第二节 墨卡托海图的繪制原理	4
第三节 能見距离和航海学上常用的单位	8
第二章 海图符号、图式和使用保管	13
第一节 海图概說	13
第二节 海图按其用途的分类	14
第三节 海图比例尺	15
第四节 海图标题和注解	17
第五节 潮流表、潮信及尺度轉換表	19
第六节 海图图例	22
第七节 向位圈	46
第八节 海图的使用和保管	47
第三章 海图作业	52
第一节 海图作业的基本知識	52
第二节 向位和向位修正及变换	57
第四章 陆标定位	64
第一节 陆标定位的基本知識	64
第二节 陆标定位的基本方法	66
第三节 迭标、开門、閉門和危險方位等的应用	77
第四节 移綫法測定船位	80
第五章 海图作业記載和航海書籍	85

第一节	海图作业在航海日志簿上的記載法	85
第二节	应存放在海图室的圖書表冊	87
第六章	剩余自差測定和計程仪誤差修正	89
第一节	剩余自差測定和自差表	89
第二节	計程仪誤差修正量的計算	94
第七章	潮 汐	97
第一节	概說	97
第二节	潮港分类和有关潮汐名詞的說明	99
第三节	潮时潮高的求法	102
第四节	求任意时的潮高和求任意潮高的潮时	107
第八章	潮流航法及狭水道航行	112
第一节	潮流航法	112
第二节	航路及危险区域的标志制度	114
第三节	狭水道航引	115

第一章 緒 論

第一节 地球的形狀及基本点綫

一、地球的形狀

地球是一个不規則的橢圓體，在它的表面分布着許多起伏不平的高山和海底，經外国的一位科学家长期測量和多次計算，得出一个比較正確的數值（圖 1-1）。

地球的長半徑 = 6,378,245 米

地球的短半徑 = 6,356,863 米

但是用在航海上，為了計算方便，還是把地球當作一個圓球體，它的半徑等於和地球相同體積的圓球體的半徑，這種假設所產生的誤差是很小的。

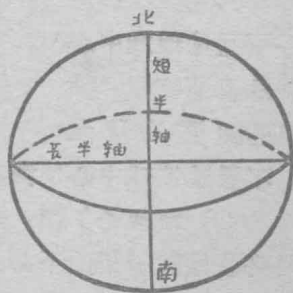


圖 1-1

二、地球上的基本点、綫、面

為了說明問題比較方便，在地球表面假設一些基本点綫（圖 1-2）。

（1）地軸：地球除了繞太陽公轉外，還繞着自己的短軸 PP' 自轉，我們把地球自轉的軸 PP' 叫做地軸。

（2）地極：地軸與地面相交的上下二点叫做地極，在北面的叫做北極（ P_n ），在南面的叫做南極（ P_s ）。

（3）赤道：当地球自轉時，地球的長半軸 a 在地面上画

成了距两极等远的大圆 $E A Q B$ ，这个大圆叫做赤道。

通过赤道的平面叫做赤道平面，赤道平面把地球平分为两个对称的半球，北极所在的半球叫做北半球，南极所在的半球叫做南半球。

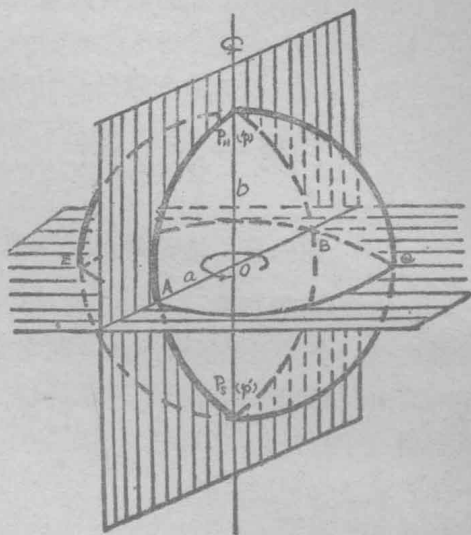


图 1-2

我们还假设：一个平面通过地球中心与地球表面相截，所形成的圆圈叫做大

圈，不通过地球中心所截成的圆圈叫做小圈。

(4) 地理子午线：通过地轴，可以作无数个平面，这些平面叫做地理子午圈平面。它与地面相截形成无数个大圈，这些大圈叫做地理子午圈。地理子午圈被地轴分成两个半圈，这个半圈叫做地理子午线，例如 $P E P'$ 、 $P A P'$ 等。

(5) 纬度圈：假设有许多平面与赤道平面相平行，它与地平相交，形成许多与赤道相平行的小圈，如图 1-3 中的 aa' ，这些小圈叫做纬度圈。

三、地理座标

在地球面上，点的位置是用地理座标——经度和纬度来表示的。

(1) 经度 (λ)：根据上述可知，地理子午线可以有无数个，为了便于说明和计算，大家把通过英国格林尼治天文

台的子午綫作为基准，叫做基准子午綫。地球上通过某点的子午綫与基准子午綫在赤道上所夹的較短的弧段叫做經度，如图 4-3 中 A 点的經度可以用 BC 加以度量，也可用球心角 $\angle BOC$ 来衡量（PGCF' 是基准子午綫）。

在基准子午綫以东的叫做东經（ λ_E ），在基准子午綫以西的叫做西經（ λ_W ），将格林尼治天文台的經度作为 0° 起算，各由 0° 到 180° 其符号可写成如：

大連的經度 $\lambda = 121^\circ 38' E$

紐約的經度 $\lambda = 73^\circ 58' 9W$

（2）緯度（ φ ）：通过某点的緯度圈与赤道在其子午綫上所夹的弧段叫做緯度，如图 1-3 中 A 点的緯度可以用 AB 加以度量，也可用球心角 $\angle AOB$ 来衡量。

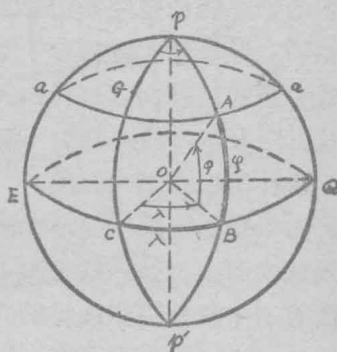


图 1-3

赤道以北的叫做北緯（ φ_N ），赤道以南的叫做南緯（ φ_S ），将赤道作为 0° 起算，各由 0° 到 90° 其符号可写成如：

大連的緯度 $\varphi = 38^\circ 58' N$

万隆的緯度 $\varphi = 6^\circ 55' S$

单有經度或緯度只能確定一条綫，二条綫相交才能確定一个位置，故必須有两个座标才能用来表示位置。

我国的領土大約在东經 73° 到东經 135° ，北緯 3° 到北緯 54° 的范围內。

船舶在海洋上的位置也用經度和緯度来标明。

四、大圓航綫和恒向綫的提出

由于已假定地球是个圓球体，因此在地面上由 A 点航行至 B

点的最短距离必定为通过該两点的大圆弧段，如图 1-4 中的 AB 这段弧綫叫做大圆航綫。

地面上各地的子午綫聚合交于南北两极，除了赤道本身或与子午綫重合外，所有的大圆航綫都与子午綫相交。并且与各地子午綫相交的夹角必定不相等，但是大圆航綫与子午綫的夹角即为航向。这样由 A

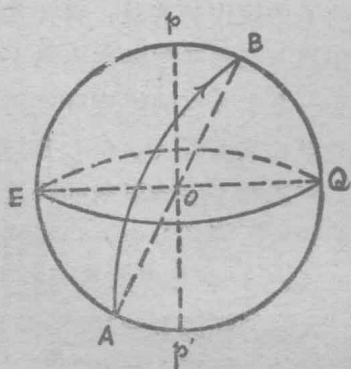


图 1-4

点航行至 B 点，我們必須不断地改变航向才能到达目的地，显然，这种做法是不实际的。

如果船舶始終不变地以同一个航向在海上航行，它的航迹在地球表面上将是一条如图 1-5 所示的球面曲綫，这条曲綫与所有子午綫相交成同样的角度，因此把它叫做“恒向綫”。这样，由 A 点航行至 B 点，即为按一定的航向所走的恒向綫綫段，或是按几个不同航向所走的恒向綫綫段的总和，其长度即为通常所說的航程。虽然按恒向綫航行不是最短的距离，但是由于它給航海带来很大的方便，只要航程不太长，都还是采用沿着恒向綫航行的方法。

若航行于大洋中，航程达到数千浬时，也并不是使船直接沿着大圆弧航行，而是将大圆弧分成許多点，而后在相联的两点中，采用恒向綫航行的方法。

第二节 墨卡托海图的繪制原理

一、航用海图必须具备的条件

在航用海图上繪画航綫及物标方位綫的目的，是为了要以

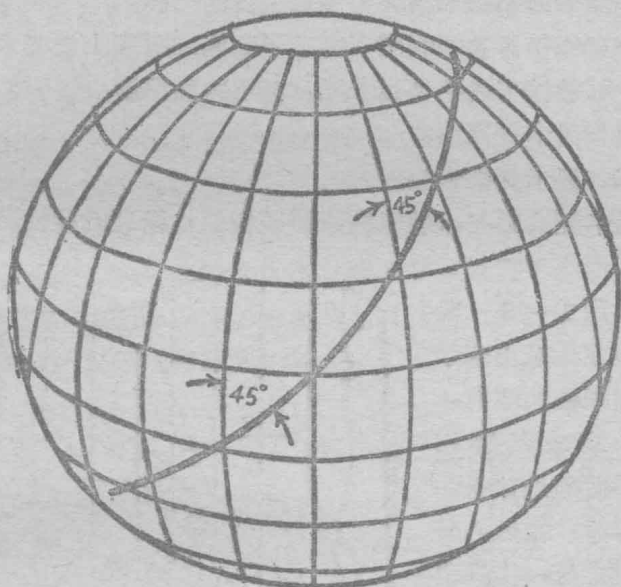


图 1 - 5

图解的方法计算船舶在航行时的运动情况，所以必须使地图投影上所画出的向位线成为直线。在地面上所测定的向位，是子午线与船舶船艏线或是通过船舶的子午线与船舶和物标联线间的夹角，这些角度在航海上所采用的地图投影中，必须和地面上真实角度相等，因此，航用海图必须符合下列两个条件：

- (1) 在海图上的向位线（也就是恒向线）应该是直线。
- (2) 一定限度下使图形能保留地形的原有状态。

地球上的子午圈和纬度圈都是恒向线，因此所有子午线在图上都应该是直线。为了使任何直线与每一子午线相交都成相等的角度，就必须使所有子午线彼此之间能互相平行。根据同一理由，赤道必须被画成为与所有子午线成直角相交的直线，

所有緯度綫必須被画成为与赤道平行的直綫。

在1569年荷兰的制图家創造了圓滿地适应上述要求的地图投影，他的拉丁名字叫墨卡托。利用这种投影法編制的航用海图就叫做墨卡托海图。

二、墨卡托投影原理

墨卡托投影与标准圓柱投影很相似，标准圓柱投影的情况如下：

如图 1—6，我們想象在地球上套了一个用紙做的圓筒，圓筒与地球赤道相切，并假想地球是一个透明体，在地心装了一个电灯，作为視点。

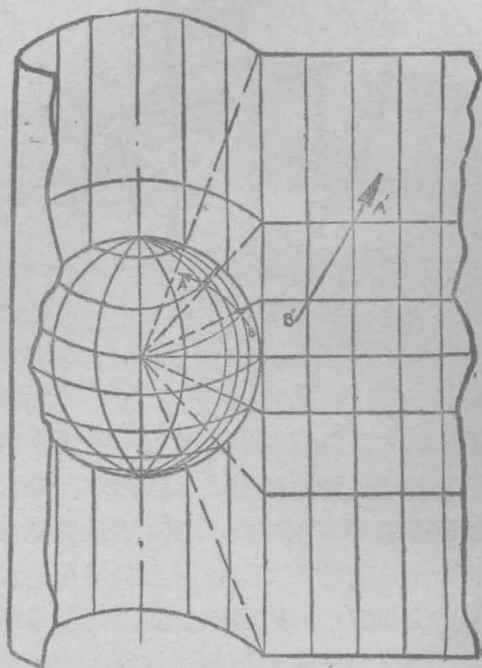


图 1—6

灯光将地面上的子午圈和緯度圈都投射到圓筒上面，形成了一个图网，将圓筒沿一条子午綫方向切开并展成平面，我們就会看到在这个图网上，所有的緯度綫都是与赤道綫平行的直綫，所有的子午綫都是互相平行而且与赤道垂直的直綫。

墨卡托投影的图网虽然是和上述的情况相似，但在繪制海图时，实际上是用数学的計算而得出来的。

在墨卡托投影图上随便画一条直线都将和子午线交成相等的角度，所以在图上，恒向线是一条直线的条件是具备了。

地球上的子午线本来是聚交于两极的互不平行的大圆弧，而在投影图上，子午线是互相平行的直线，在地面上，两个子午线间所夹的纬度圈距离本来是随着纬度的增加而缩短的，而在投影图上，两条子午线所夹的纬度线段都是一样长，因此，图上的纬度线长度便随着纬度的增加而放大了。为了保证在一定限度下使图形能保留地形的原有状态，必须使投影图上子午线线段的投影也作相应的放大。

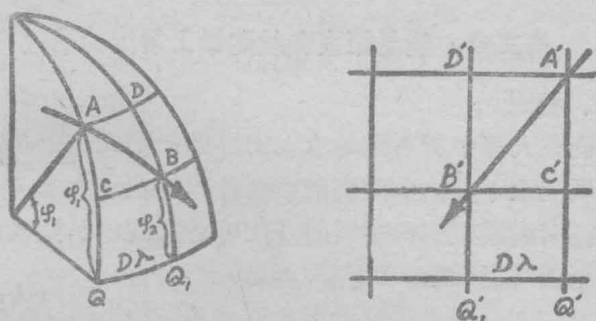


图 1 - 7

从图 1 - 7 中可以看出，按此投影原理的投影图上，子午线线段也象纬度线线段一样成比例的随着纬度的增高而拉长了。

这样就满足了航用海图所必须具备的第二个条件，即在一一定的限度下，图形保留了地形的原有状态。

三、墨卡托海图的缺点

由于这种放大的结果，在墨卡托海图上，纬度越高的地方，地面的面积放大得就越大，例如投影在这种图上的格陵兰岛 ($\varphi = 70^{\circ} \text{N}$) 比澳洲 ($\varphi = 30^{\circ} \text{S}$) 还大，事实上澳洲比格

陵兰島要大好几倍。

在高緯度地区，由于放大倍数变化过大，无法制图，因此在极区航行的时候不能使用墨卡托海图。另外在远洋作长距离航行，使用大圓航綫航行的方法时，由于大圓在墨卡托海图上是一条曲綫，作图比較麻煩，故也不能应用等等。这些都是墨卡托海图的缺点，这些缺点已有根据另一原理繪制而成的大圓海图所弥补。

尽管墨卡托海图有如上所述的种种缺点，但它仍不失为我们常用的理想的海图。

第三节 能見距离和航海学上常用的單位

一、視距

我們在大海中所看到的水天交界外，形成一个圓形的平面，叫做視水平面，而我們自己的位置就在这視水平面的中心，从測者的眼睛到水平面的高度叫做眼高，从測者到水天交界处的距离叫做視距，即測者能見地平距离。从图 1—8 中可以看出，測者 A 站得越高，所看到的水天交界处形成的圓平面越大，也就是視距越大，如測者眼高在 A_1 点，測距为 A_1D 等，如測者眼高在 A_2 点，測距为 A_2E 等，既然 $A_2E > A_1D$ 。

由于地球表面被大气层包围，而大气的密度是随着离海平面高度的增加而逐渐稀薄，所以光綫穿过密度不同的大气层时，会发生一种折光現象，它使測者視距增加了，光綫折射的大小与气压、溫度、湿度、大气中

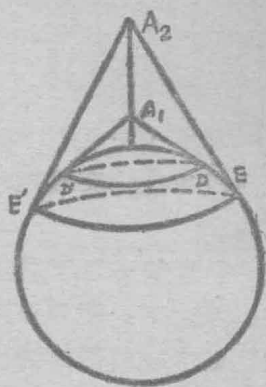


图 1—8

的灰尘等都有关系，在一般情况下，这种折光现象能使我们的视距增加平均约0.08倍，即原先如果只能看10里的距离，现在由于折光的关系，可看 $10 + 10 \times 0.08 = 10.8$ 里。

根据测者的眼高以及因折射使视距增加的倍数，可以导出求实际视距的公式：

$$D_h = 2.08\sqrt{h}$$

式中， D_h 代表视距以里为单位， h 代表眼高，以米为单位。

例一：当眼高为9米时，视距应为多少里？

根据公式 $D_h = 2.08\sqrt{9} = 6.24$ 里 ≈ 6.2 里（取小数一位）

从根据视距公式所编制的视距表（见下表）中可查得 $D_h = 6.2$ 里

二、物标能见距离

假如海上有一个物标，它的顶端刚露出水平线，这时我们和该物标的距离该为多远呢？显然，它不等于测者眼高所能观得的视距，而是更远，这个距离就是物标的能见距离。

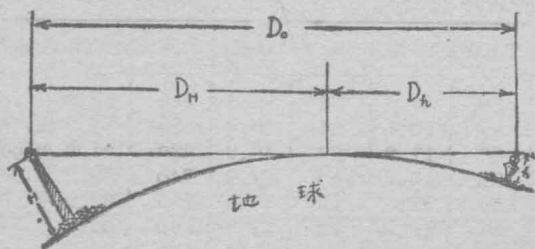


图 1 - 9

从图 1 - 9 中，我们可以这样设想：该物标的能见距离相当于测者眼高为 h 时，所看到的地平线距离加上当测者爬到该

視 距 表

眼高 米	距离 (呎)	眼高 米	距离 (呎)	眼高 米	距离 (呎)	眼高 米	距离 (呎)	眼高 米	距离 (呎)
0.00	0.0	10.0	6.6	35	12.3	80	18.6	300	36.0
0.25	1.0	10.5	6.7	36	12.5	82	18.8	400	41.6
0.50	1.5	11.0	6.9	37	12.7	84	19.1	500	46.5
0.75	1.8	11.5	7.1	38	12.8	86	19.3	600	51.0
1.0	2.1	12.0	7.2	39	13.0	88	19.5	700	55.0
1.25	2.3	12.5	7.4	40	13.2	90	19.7	800	58.9
1.5	2.6	13.0	7.5	41	13.3	92	20.0	900	62.4
1.75	2.8	13.5	7.6	42	13.5	94	20.2	1,000	65.8
2.0	2.9	14.0	7.8	43	13.6	96	20.4	1,100	69.0
2.25	3.1	14.5	7.9	44	13.8	98	20.6	1,200	72.1
2.5	3.3	15.0	8.1	45	14.0	100	20.8	1,300	75.0
2.75	3.4	16.0	8.3	46	14.1	110	21.8	1,400	77.8
3.0	3.6	17.0	8.6	47	14.3	120	22.8	1,500	80.6
3.25	3.8	18.0	8.8	48	14.4	130	23.7	1,600	83.2
3.5	3.9	19.0	9.1	49	14.6	140	24.6	1,700	85.8
3.75	4.0	20.0	9.3	50	14.7	150	25.5	1,800	88.3
4.0	4.2	21.0	9.5	52	15.0	160	26.3	1,900	90.8
4.25	4.3	22.0	9.8	51	15.3	170	27.1	2,000	93.0
4.5	4.4	23.0	10.0	56	15.6	180	27.9	2,100	95.3
4.75	4.5	24.0	10.2	58	15.8	190	28.7	2,200	97.6
5.0	4.7	25.0	10.4	60	16.1	200	29.4	2,300	99.8
5.5	4.9	26	10.4	62	16.4	210	30.2	2,400	101.9
6.0	5.1	27	10.8	64	16.6	220	30.9	2,700	108.0
6.5	5.3	28	11.0	66	16.9	230	31.6	3,000	113.9
7.0	5.5	29	11.2	68	17.1	240	32.2	3,300	119.5
7.5	5.7	30	11.4	70	17.4	250	32.9	3,600	124.8
8.0	5.9	31	11.6	72	17.7	260	33.5	3,900	129.9
8.5	6.1	32	11.8	74	17.9	270	34.2	4,200	134.8
9.0	6.2	33	12.0	76	18.1	280	34.8	4,500	139.5
9.5	6.4	34	13.1	78	18.4	290	35.4	4,800	144.1
10.0	6.6	35	12.3	80	18.6	300	36.0	5,100	148.5

物标頂上时所能看到的地平綫距离，即：

$$\begin{aligned} D_o &= D_h + D_H \\ &= 2.08\sqrt{h} + 2.08\sqrt{H} \\ &= 2.08(\sqrt{h} + \sqrt{H}) \end{aligned}$$

式中 D_o 代表物标能見距离，以浬为单位， h 代表眼高， H 代表物标高度均以米为单位。

例二：物标高度为20米，測者眼高为6米，求能見距离为多少？

从視距表中查出：20米物标高度的能見距离为9.3浬

6米眼高的能見距离为5.1浬

故眼高为6米时該物标的能見距离为14.4浬

三、灯光射程

在海图灯塔标注旁边均注有灯光的能見距离叫做射程，它与物标能見距离相同，其高度以灯火中心至平均大潮高潮面为准。除个别的另有注明者外，海图上所表明的灯光射程均以測者眼高为5米来計算的。

当眼高恰好为5米时，可以不必通过計算，从海图上直接获得灯光的能見距离，如果眼高不等于此数字，則需經過計算才能获得其正確数值。

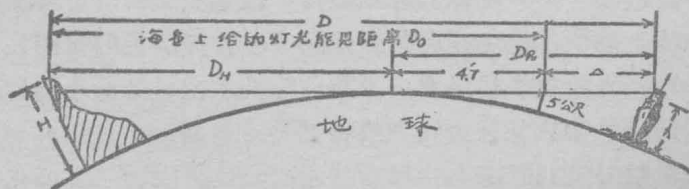


图 1-10

从图 1-10中可以看出，如果眼高超过5米，那末看見在

水平綫出現燈塔的燈光時，其能見距離就比射程大，也就是應該增加一個眼高修正量（ $+\Delta$ ），如果眼高不到5米，則應減去一個眼高修正量（ $-\Delta$ ），其公式可寫成：

$$D = D_0 \pm \Delta$$

式中， D 代表燈光能見距離， D_0 代表燈光的射程， Δ 是眼高修正量，均以浬為單位。

例如由海圖上知道某燈塔的射程為16浬，測者眼高為4米，求燈光能見距離為多少？

從視距表中查得：4米眼高的視距為4.2浬

5米眼高的視距為4.7浬

故眼高修正量為 -0.5 浬

故眼高為4米時，該燈塔的燈光能見距離為 $16\text{浬} - 0.5\text{浬} = 15.5\text{浬}$ （也可以採取先減去5米眼高視距，後加上實際眼高距離進行計算的）。

但是有些燈塔的燈光光量受設備條件的限制而不能照射得很遠，當燈塔燈光照射距離小於它的能見距離時，海圖上所記載的射程就以該燈所能照射的距離為準。

以上所說的是指天氣明朗、大氣透明度好的情況下的視距，物標能見距離和射程，如遇到陰雨天氣，實際的能見距離會比計算的數字大大地減少，這時，就要根據天氣情況適當地估計縮短各種不同物標的能見距離，但也有時候恰恰相反，在天氣特別清晰、穩定或在某種情況下，物標出現的時間往往會比計算出來的數字早得多，尤其在晴天黑夜，光量強的燈塔燈光所造成的光弧往往會發現得特別早。

在用肉眼判斷海上物標時，往往會有這樣的錯覺，即在同樣的天氣條件和距離相等的情況下，物標大的、光量強的總會覺得比物標小，光量弱的距離我們近一些，這是值得注意的事情。