

全国高等水产院校试用教材

渔船航海技术

上册

大连水产学院主编

海洋捕捞专业用

农业出版社

全国高等水产院校试用教材

渔船航海技术

上册

大连水产学院主编

海洋捕捞专业用

农业出版社

全国高等水产院校试用教材

渔 船 航 海 技 术

上 册

大连水产学院主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 25.5 印张 3 插页 552 千字

1983 年 6 月第 1 版 1987 年 6 月北京第 2 次印刷

印数 2,001—2,500 册

统一书号 13144·260 定价 4.35 元

说 明

本教材系根据高等水产院校海洋捕捞专业渔船航海技术教学大纲编写的。全书分上、下两册，共四篇。上册包括绪论、地文航海和天文航海。下册包括无线电导航和船艺。

本教材除作为高等水产院校海洋捕捞专业的教材外，亦可作为渔船驾驶人员的航海培训教材和从事海洋渔业的有关人员自学参考之用。

本教材主编王成伯、林焕章，编者文干、杜春政、胡恒常、陈纪越、潘玉坤、陈承忠。第一篇由王成伯编写；第二篇由文干编写；第三篇由王成伯编写；第四篇由胡恒常、陈承忠等编写。

本教材在审稿过程中，承张奕汀、陆瑞瑶、张克梁、吕美华、王荣昌、华敬圻以及上海、青岛、福建、江苏、广州、宁波海洋渔业公司等提出不少宝贵的修改意见，在此表示感谢。

由于我们水平有限，错误与不足之处，尚请读者批评指正。

编者

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 地文航海

第一章 航海基础知识	3
第一节 地球的形状和大小	3
第二节 地理座标	4
第三节 航海上常用的长度和速度单位	6
第四节 视距和物标能见距离	7
第二章 海图	9
第一节 航用海图的基本特点	9
第二节 麦卡托海图图网的绘制	13
第三节 海图的识别	17
第四节 助航标志	22
第五节 海图的使用和保管	26
第六节 航海参考资料简介	29
第三章 航向和方位.....	30
第一节 测定方向的仪器	30
第二节 方向的划分	36
第三节 真向位	38
第四节 向位换算	39
第五节 磁罗经自差的测定	45
第四章 航迹推算.....	48
第一节 海图作业的基本方法	48
第二节 航程的测定	53
第三节 推算船位和它的准确度	58
第四节 有水流时的推算船位	60
第五节 风流中的推算船位	62
第六节 潮汐计算	66
第五章 陆标定位.....	72
第一节 位置线及定位原理	72
第二节 识别物标的方法	73
第三节 方位定位	76
第四节 距离定位	83
第五节 移线定位	87

第六节 综合位置线定位	93
第七节 特殊情况下的定位	96
第八节 观测船位准确性的分析	98
第六章 拟定航海计划	105
第一节 海区研究	105
第二节 拟定航海计划	107
第三节 航行情况分析和处理	109
第四节 大洋航线的选择	111
第五节 计算航法	113
第七章 磁罗经自差	121
第一节 磁罗经自差原理	121
第二节 倾斜自差	133
第三节 自差表的计算	136
第四节 磁罗经自差校正	140
第五节 显示角法消除磁罗经自差	147

第二篇 天文航海

第一章 基础知识	164
第一节 天体识别	164
第二节 天球座标	173
第三节 天文三角形	182
第四节 天体运动及其座标值的变化	185
第二章 天文定位原理	196
第一节 天文船位原理	196
第二节 用高度差法求船位线的原理	198
第三节 用高度差法作图的准确性	204
第三章 求天体的计算高度及方位	207
第一节 时间	208
第二节 求观测时的世界时	215
第三节 求天体的地方时角和赤纬	220
第四节 求天体的计算高度及方位	226
第四章 求天体的真高度	236
第一节 六分仪及其使用	236
第二节 求天体的真高度	246
第三节 保证天体观测高度准确性的注意事项	253
第五章 船位测定	254
第一节 观测太阳定船位	254
第二节 观测双星定船位	262
第三节 观测三星定船位	269
第四节 观测太阳和月亮或金星定船位	279
第五节 纬度测定	280

第六节 观测太阳大高度($h > 88^\circ$) 定船位	286
第七节 单一天文船位线的应用	291
第六章 用天文方法测定罗经差	295
第一节 利用天体一般方位测定罗经差	295
第二节 观测太阳视出没方位求罗经差	297
第三节 观测北极星方位求罗经差	298
第四节 太阳磁方位表的编制方法	299
第五节 提高测定罗经差准确性的措施	302
第七章 中国海区简易天文定位法	303
第一节 《中国太阳船位线表》的构造及使用	303
第二节 《中国太阳船位线表》的编制和使用原理	314
第三节 《中国恒星船位线表》的构造和使用	321
第四节 《中国恒星船位线表》的编制和使用原理	326
第五节 准确性及主要优缺点	329
第八章 天文船位准确性的分析	331
第一节 误差的基础知识	331
第二节 天文船位线的偶然误差	335
第三节 偶然误差对观测船位的影响及误差图形	338
第四节 观测高度准确性的检查和评定	340
第九章 天文航海新技术及其发展趋势	345
第一节 小型天文导航计算机	345
第二节 观测仪器的改进	365
天文航海习题	367
附录一 有关的数学问题	377
附录二 《中国海区简易天文定位法》附表1—14	389

绪 论

我国是滨海之国，面临着广阔的海洋，海岸线长达一万八千多公里，浅海渔场有四十三万七千平方海里，相当于全国耕地面积的一点四倍。这里栖息和繁殖着丰富的海洋生物，为发展我国的海洋渔业提供了极为有利的天然条件。

在海洋渔业生产第一线的广大渔工、渔民，生产作业在辽阔的海洋上，利用渔船和渔具进行捕捞生产。在生产过程中，要经常往返渔场；根据渔场的情况和鱼情的变化，不断地改变渔船的动态及进行各种航海作业。因此，每一个渔船驾驶人员，都必须具有熟练的航海技术。

航海技术是海洋捕捞专业的主要课程之一，它包括地文航海、天文航海、无线电仪器导航、船艺等主要部分。它的中心内容是掌握渔船动向、确定本船所在位置及在各种情况下对渔船进行操纵。

航海技术是一门综合性的应用课程，它运用海洋学、气象学及渔航仪器、船舶原理等课程的有关知识，它的实践性较强。因此，学习这门课程要把课堂上的理论学习与海上实践结合起来，能灵活运用所学的理论知识，处理各种情况下的航海问题，达到既安全又经济地完成各航次的捕捞任务。

我国是航海事业发展最早的国家之一，我们的祖先在航海事业上有着卓越的成绩和伟大的贡献。早在新石器时代，我们的祖先就开辟了对沿海岛屿的海上交通。到春秋战国时代，航海事业得到了更大的发展，现今的芝罘岛、苏州、宁波等地都是当时海上交通的重要港口。

在秦汉时代，海上交通又有了新的发展，东面已到达日本，西面远航到缅甸、印度等地。

到隋唐时代，我国航海事业繁盛情况已有多方面的史料加以叙述。尤其是唐代，我国在造船和航海技术都达到很高的水平。我国航行远海的海船，以船身大、构造坚固、抵抗风浪力强，以及我国船员航海技术纯熟，闻名于太平洋和印度洋上。在唐代后期，来中国的阿拉伯商人，也渐渐都改乘中国船了。

到宋元时代，我国海船已远航到东非沿岸。我国大批海船航行于太平洋西部及印度洋上，为当时这些地区最优良的船舶。我国东南沿海的广州、泉州等港埠，为当时著名的国际海港。

到了明代，我国伟大的航海家郑和，曾率领大型船队，七次下西洋（即南海以西，非洲以东的地方）。他的船队曾走遍了南洋和印度洋沿海的各个国家，最后一直航行到非洲

的东海岸。郑和第一次航行是在公元1405年6月,他和副使王景弘率领了六十二艘大船,带领二万七千八百余人,从苏州刘家河出发,经占城、爪哇到达印度西海岸的古里(科泽科德)。这是世界上第一次规模宏大的远洋航行。郑和出使西洋的船舶长四十四丈,阔十八丈,能载重三十万斤,容纳五、六百人,是当时世界上最大的海船。在船上已使用二十四方位的指南针,并有了郑和所绘制的航海图。

自从清朝实行闭关自守政策,以及帝国主义的侵略和清朝政府的腐朽无能,使我国变成了一个半殖民地国家。我国的航海事业也受到了摧残而落后于西欧各国。

解放后,在党的正确领导下,我国的航海事业又得到飞速地发展。我国已经有了自己出版的海图和各种航海参考资料,能够制造各种新式的航海仪器。进入七十年代以来,我国已建造了大批新式渔轮,为发展我国远洋捕捞事业奠定了基础。但是,我国与世界先进的航海国家相比,还有很大的差距。我国目前的航海事业现状与四个现代化对航海事业的要求还很不适应。因此,我们不仅要学习国内的先进经验,而且要学习国外的先进技术,把当代最新的科学技术用到我国现代化建设上来。

今天,我国的广大渔工、渔民正以高昂的革命热情,战斗在海洋渔业生产第一线。随着我国海洋渔业向深海、远海发展,航海技术必将进一步提高。我们一定能够在继承我们祖先在发展航海事业中所创建的丰功伟绩的基础上,把我国建设成为航海事业现代化的社会主义强国。

第一篇 地文航海

地文航海主要是研究如何依据航行任务，引导船舶准确、安全而又经济地从一个地点航行到另一个地点。为了顺利地到达目的地，必须预先制订航行计划。在航行中，确保船舶准确地航行在计划航线上。因此，必须经常地在海图上进行图上作业，标出本船所在位置，能随时了解船舶的实际航行情况，以便当船舶受风、流等外界因素的影响而偏离计划航线时，能适时地进行校正，使船舶仍回到计划航线上航行。熟练地掌握推算船位和各种测定船位的方法，是准确执行航行计划的基础。

第一章 航海基础知识

第一节 地球的形状和大小

地球的形状是非常复杂的，在它的表面上存在着高山、深谷等起伏不平的地貌。但是如果就地球整体来看，则由于地球体积非常大，因此局部地貌的起伏变化，就显得微不足道了。为了研究地球的形状，我们假定一个与某一静止海洋面相一致的水准面扩展到大陆下面去，称大地水准面。大地水准面所构成的球体，称大地球体，这个球体是一个不规则的几何体。

大地球体的总的形状，近似于一个半径很大的圆球，但这个圆球的两极略扁，更近似于一个旋转椭圆柱体。在航海的一般应用上，是以圆球体作为地球的第一近似体，而以旋转椭圆体作为地球的第二近似体。

旋转椭圆体是由椭圆 $P_n e P_s q$ (图 1—1—1) 绕着它的短轴 $P_n P_s$ 旋转而形成的。椭圆的长半轴 oe 用字母 a 来表示，其端点绕短轴 $P_n P_s$ 旋转时，在垂直于 $P_n P_s$ 的平面上描绘出一个圆圈，称为赤道。 P_n 、 P_s 为地球的北极和南极。 $P_n P_s$ 的连线是地球的自转轴称为地轴。椭圆的短半轴用字母 b 来表示。通过短轴 $P_n O P_s$ 的平面与地球椭圆体表面相交的截痕称为椭圆子午圈，椭圆子午圈的一半又称地理子午线或称经线。

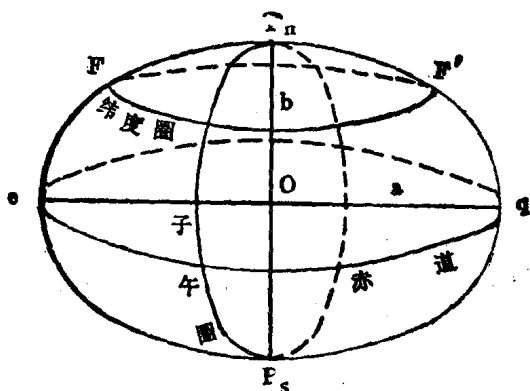


图 1—1—1 地球椭圆体

地球椭圆体的形状和大小可用地球的扁率、椭圆长半轴 a 和短半轴 b 的大小来表明。很多国家的学者都曾对地球椭圆体的大小和扁率的数值进行测量和计算，但由于他们所采用的测量方法及选用数据不同，所得的结果及准确度也不同。现将主要数值列表 1—1—1：

表 1—1—1 各主要测地系统所用的地球椭圆体数值表

测定方法	测定年代	系统名称	应用地区	长半轴 (a) (米)	短半轴 (b) (米)	1/扁率 c
天体	1841	白塞尔	日本	6,377,397	6,356,079	299.15
天体	1866	克拉克	美国	6,378,206		294.18
天体	1910	国际系统	南欧	6,378,388	6,356,912	287.30
天体	1942	克拉索夫斯基	苏联	6,378,245	6,356,863	298.30
人造卫星		NWL—8D	卫导系统	6,378,146		298.25

$$\text{扁率 } c = (a - b) / a$$

航海上为了计算方便，除了某些要求准确性较高的计算外，通常将地球看作是与地球椭圆体体积相等的圆球体。这样做虽然会产生一些误差，但其准确度已基本上能够满足航海上精度要求，而在公式及计算方面却大大地简化了。

地球圆球体的半径 R 的求法如下：

$$\text{椭圆体的体积} = \frac{4}{3}\pi a^2 b$$

$$\text{圆球体的体积} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

若两者体积相等，则：

$$\frac{4}{3}\pi a^2 b = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$R^3 = a^2 b$$

$$R = \sqrt[3]{a^2 b}$$

将地球椭圆体 a 、 b 之值代入上式得：

$$R = 6,371,110 \text{ (米)}$$

第二节 地理座标

渔船在海上航行或进行捕鱼作业时，它就是在地球表面上运动，做为一名渔船驾驶员，应该随时都知道自己的船在什么地方。地理座标，是用来表示地球表面上任意点位置的一种方法。

地理座标是由地理纬度和经度组成，简称纬度和经度。

某点的椭圆子午线的切线的法线与赤道平面所构成的交角，称为该点的地理纬度，或

用通过该点的纬度圈与赤道在经度线上所夹的弧长来度量 (图 1—1—2)。纬度用字母 φ 表示, 单位为度、分、秒。

赤道将地球平分为两个半球, 北极 (P_n) 所在的半球叫北半球; 南极 (P_s) 所在的半球叫南半球。纬度的计算是以赤道为 0° , 向南或向北各算到 90° , 北半球的纬度叫北纬, 南半球的纬度叫南纬。所以在纬度后面应注明所在半球的名称 (N 或 S)。例如: 北京的纬度 $\varphi = 39^\circ 54' .0N$, 利马 (秘鲁首都) 的纬度 $\varphi = 12^\circ 04' .0S$ 。

某点的地理经度是通过该点的子午线 (经线) 与基准子午线在赤道上所夹的小于 180° 的弧长来度量, 或用两子午圈平面所夹的小于 180° 的两面角来度量 (图 1—1—2)。经度以字母 λ 表示, 单位为度、分、秒。

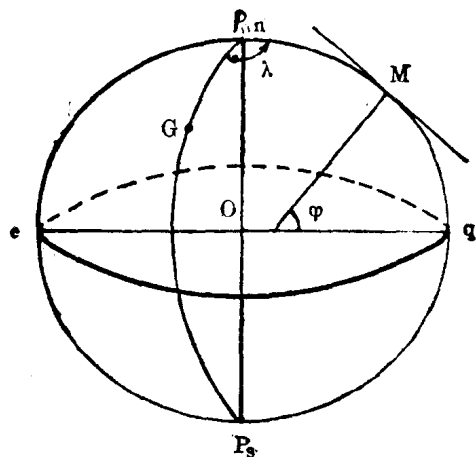


图 1—1—2 地理座标

国际上采用通过英国格林威治天文台的原点的子午线为基准子午线 (因原建筑物已不存在, 现已在此建一纪念碑作为标识)。

经度的计算是以基准子午线为 0° , 向东、向西各算到 180° 。向东由 $0^\circ - 180^\circ$ 为东半球, 东半球的经度叫东经; 向西由 $0^\circ - 180^\circ$ 为西半球, 西半球的经度叫西经。所以在经度后面也应注明所在半球的名称 (E 或 W)。例如: 北京的经度 $\lambda = 116^\circ 28' .0E$, 利马的经度 $\lambda = 77^\circ 03' .0W$ 。

除了地理座标以外, 尚有用地心座标表示位置的。地心座标是由地理经度和地心纬度组成。地球椭圆体上的某一点, 与地球中心的连线与赤道面所构成的交角, 叫做该点的地心纬度, 以 φ_c 表示。地心座标通常只在制图时用到。地理纬度与地心纬度的差值以字母 γ 表示, 其计算公式为:

$$\gamma = 691'' .8 \sin 2\varphi$$

当地理纬度为 0° 或 90° 时, 地理纬度与地心纬度的值相等, $\gamma = 0$ 。当地理纬度为 45° 时, 其值 $\gamma = 11' .8$ 达最大值。

当船舶从一点航行到另一点, 它的地理座标就发生了变化, 其改变数值用经度差和纬度差表示。

当起航点与到达点在同一半球时, 经度差 $D\lambda$ (或纬度差 $D\varphi$) 为两点经度 (或纬度) 之差, 而在不同半球时, 经度差 (或纬度差) 为两点经度 (或纬度) 之和。

如将经度和纬度加以符号, 东经为“+”, 西经为“-”, 北纬为“+”, 南纬为“-”, 则经度差 $D\lambda$ 和纬度差 $D\varphi$ 可写成代数式:

$$D\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

$$D\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

例：起航点 $\varphi_1 = 38^\circ 45'.0\text{N}$, $\lambda_1 = 121^\circ 45'.0\text{E}$, 到达点 $\varphi_2 = 39^\circ 00'.0\text{N}$, $\lambda_2 = 122^\circ 15'.0\text{E}$ 求 $D\varphi$, $D\lambda$ 。

解：代入公式

$$D\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$D\varphi = +39^\circ 00'.0 - (+38^\circ 45'.0)$$

$$D\varphi = 15'.0\text{N (向北)}$$

$$D\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

$$D\lambda = +122^\circ 15'.0 - (+121^\circ 45'.0)$$

$$D\lambda = 30'.0\text{E (向东)}$$

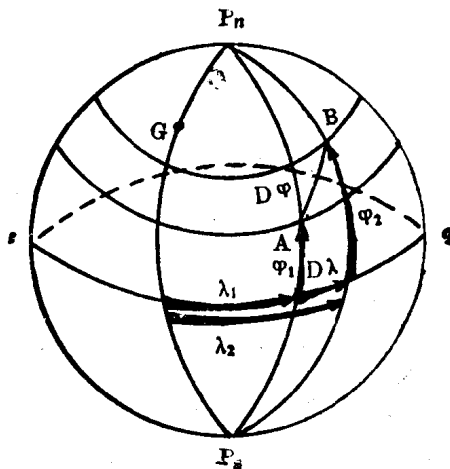


图 1—1—3 经差和纬差

第三节 航海上常用的长度和速度单位

一、海 里

海里是海上量取距离的单位。一海里等于地球上椭圆子午弧一分弧长的长度。

在地球椭圆体上，不同的纬度处所量取的椭圆子午弧一分的长度是不相同的。因此，严格地说，在各个纬度上的海里的长度是不等的，可用公式： $S(\text{米}) = 1852.3 - 9.3 \cos 2\varphi$ 来计算出其值。子午弧一分的长度在赤道上为 1843 米，在地极为 1861.6 米。

为了航海上应用方便，必须用一个固定的值作为海里的统一长度。尽管如此，由于各国所采用的标准纬度不同，所以海里的长度也不一致。我国所采用的海里长度为 1852 米，这个数据是 1929 年国际水文地理学会议通过的海里的标准长度。

将 1852 米作为海里的固定值后，在实际航海运算中，由此产生的误差是不大的，可以不予计较。

二、链

一链等于十分之一海里，是测量较小距离的单位。

三、节

节是计算速度的单位，等于每小时所航行的海里数。例如某船的航行速度为 15 节，是指这条船每小时航行 15 海里。

四、米

米是通用的国际度量长度的单位。米等于氪—86 原子的 $2P_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁所对应的辐射在真空中的 1650763.73 个波长的长度（原定义是保存在巴黎国际度量局里的铂铱合金制成的规尺面上两条短线之间的距离，等于地球子午线长度的四千万分之一）。

在航海上，通常是用米来作为表示海图上物标的高度和水深的单位。

$$D_0(\text{米}) = 1.08\sqrt{2 \times 6,371,110 \times e(\text{米})}$$

$$D_0(\text{海里}) = \frac{1.08\sqrt{2 \times 6,371,110}}{1852} \times \sqrt{e(\text{米})}$$

$$D_0(\text{海里}) = 2.08\sqrt{e(\text{米})}$$

为了计算方便，已根据上式制成表列入航海表中（表 1—1—2）。

当眼高为 e ，物标高为 H 时，所能发现物标顶点的最远距离称为物标能见距 (D_0)。

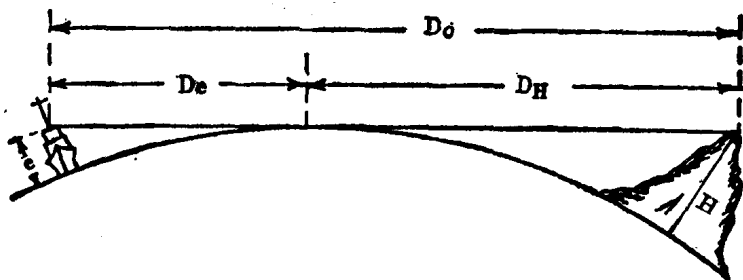


图 1—1—5 物标的地理能见距离

在图 1—1—5 中，眼高为 e 时，实际视距为 D_e ，物标高为 H 时，实际视距为 D_H ，

表 1—1—2 视距表

(眼高：米，距离：海里)

眼 高	距 离	眼 高	距 离	眼 高	距 离	眼 高	距 离	眼 高	距 离
1	2.1	23	10.0	44	13.8	80	18.6	210	30.2
2	2.9	24	10.2	45	14.0	82	18.8	220	30.9
3	3.6	25	10.4	46	14.1	84	19.1	230	31.6
4	4.2	26	10.6	47	14.3	86	19.3	240	32.2
5	4.7	27	10.8	48	14.4	88	19.5	250	32.9
6	5.1	28	11.0	49	14.6	90	19.7	260	33.5
7	5.5	29	11.2	50	14.7	92	20.0	270	34.2
8	5.9	30	11.4	52	15.0	94	20.2	280	34.8
9	6.2	31	11.6	54	15.3	96	20.4	290	35.4
10	6.6	32	11.8	56	15.6	98	20.6	300	36.0
11	6.9	33	12.0	58	15.8	100	20.8	400	41.6
12	7.2	34	12.1	60	16.1	110	21.8	500	46.5
13	7.5	35	12.3	62	16.4	120	22.8	600	51.0
14	7.8	36	12.5	64	16.6	130	23.7	700	55.0
15	8.1	37	12.7	66	16.9	140	24.6	800	58.9
16	8.3	38	12.8	68	17.1	150	25.5	900	62.4
17	8.6	39	13.0	70	17.4	160	26.3	1000	65.8
18	8.8	40	13.2	72	17.7	170	27.1	1100	69.0
19	9.1	41	13.3	74	17.9	180	27.9	1200	72.1
20	9.3	42	13.5	76	18.1	190	28.7		
21	9.5	43	13.6	78	18.4	200	29.4		
22	9.8								

则物标的能见距为:

$$D_o = D_e + D_H$$

$$D_o(\text{海里}) = 2.08 (\sqrt{e(\text{米})} + \sqrt{H(\text{米})})$$

例: 测者眼高 $e = 5$ 米, 物标高 $H = 92$ 米。求物标的能见距 D_o 。

$$D_o = D_e + D_H = 4.7 + 20.0 = 24.7 \text{ 海里}$$

第二章 海 图

海图是专供航海使用的一种专用地图。在海图上比较详细地标、绘、注各种与航海有关的资料, 例如海岸、港湾、岛屿、水深、海底底质、礁石、浅滩、障碍物、潮流以及各种助航标志等。有了海图就可以在图上进行各种图解作业, 例如选择航线; 标绘航迹; 标绘船位和解算各种有关航海问题。因此, 海图是航海工作不可缺少的主要参考资料和工具。

第一节 航用海图的基本特点

任何一种地图, 都是将地球表面上的一部或全部按照一定的比例尺绘画在平面上而成的。由于地球表面是一个不可展开的曲面, 当把它绘画在平面上时, 总会发生与实地不一致的变形。例如角度变形、面积变形或长度变形等。但是, 可以根据一定的数学法则, 控制地图变形的性质, 使其满足不同的要求。例如麦卡托海图是使其满足角度不变形的要求, 而允许面积变形。

绘制地图时, 为了在地图上表示出地球上各点的位置, 必须把球面座标系统——经度线和纬度线画在平面上。在平面上画出的座标系统——经、纬度线网叫做地图图网。根据一定的数学法则, 在平面上画出地图图网的方法叫做地图投影。

一、航用海图必须具备的条件

在航用海图上绘画航线和物标的方位线, 是为了要利用图解的方法来求算船舶在航行时的运动情况。为了使航用海图适应于船舶驾驶应用的目的, 必须使海图经过投影后所画出的航向线和物标方位线成为直线, 并且要求航向角和方位角在航用海图的投影中必须与地面的真实角度相等。因此, 航用海图必须具备如下条件:

1. 在海图上船的航向线和物标方位线要成为直线;
2. 地图投影的性质应属于等角投影。

为了满足如上两个条件, 当船的航向为 0° 或 180° 时, 则航向线将与子午线相重合, 因而所有的子午线在海图上都应该是直线。为了使任何直线与每一子午线都相交成相

等的角度，因此就必须使所有的子午线彼此互相平行。根据同样要求，赤道必须被画成与所有子午线成直角相交的直线，所有的纬度圈还必须被画成与赤道平行的直线。

1569年荷兰数学家麦卡托创造了能同时满足上述两个条件的投影方法，以后用这种方法绘制的海图叫做麦卡托海图。

二、麦卡托海图投影原理

在麦卡托投影中，所有的子午线都被画成为互相平行的直线，而所有的纬度圈都被画成为与子午线成直角相交的直线。为着适应纬度圈投影的伸展，每一条纬度的直线长度是随着纬度的增高而逐渐增大，而所有纬度圈的长度皆与赤道的长度相等。但仅仅如此还不能充分满足海图的两个必备的条件。为了满足海图的第二个必备条件，即保持海图上没有角度变形，必须在纬度线增长的同时，经度线也做相应地增长。所以，在麦卡托海图上，纬度不同而纬度差相等的两组纬度圈之间的距离并不相等。

为了画出纬度线，必须算出各纬度线到赤道的距离 (M)。各纬度线到赤道的距离随纬度 (φ) 而变化，即 M 是 φ 的函数。

设地球上任意一点 $B (\varphi_B, \lambda_B)$ ，如图 1—2—1，过 B 点作经度线 P_nGBE ， BC 为过 B 点的纬度圈， EH 为赤道。图 1—2—2 是 B 点附近的海图。b 为 B 在海图上的投影点，

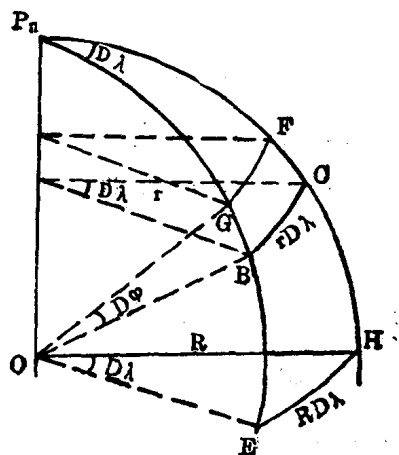


图 1—2—1

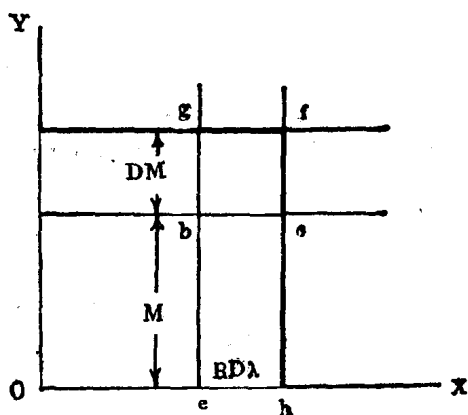


图 1—2—2

$Be = M$ 。设 B 点的经度和纬度有一个无限小的增量 $D\lambda$ 、 $D\varphi$ ，画出新的经度线 P_nFCH 和新的纬度圈 GF ，这样就构成了一个无限小的四边形 $BCFG$ 。投影在麦卡托海图上成为无限小四边形 $bcfg$ 。因为是等角投影，故两个无限小的四边形对应边成比例，即：

$$\frac{bg}{BG} = \frac{bc}{BC}$$

式中： bg 为 M 的无限小增量 DM 。

当将地球视为圆球体时：