

HAITUXUE
GAILUN

海图学概论

楼锡淳 朱鉴秋 编著

测绘出版社

374847

海图学概论

楼锡淳 朱鉴秋 编著



测绘出版社

(京)新登字 065 号

内 容 简 介

为了总结海图学的发展历史及生产实践经验和研究成果,推动海图事业的进一步发展,作者编写了本书。

全书共分九章。主要介绍海图学的定义、结构和组成科学;世界和我国海图发展简史;海图的定义、特点、数学基础、符号表示;制图综合原理;海图制图的现状和发展趋势以及生产管理和应用。

本书是我国第一本完整而且内容详实的海图学著作。可作为大专院校有关专业的教材,同时也是一本对地学界和海图应用界工作人员有价值的参考书。

DWS8/34



海图学概论

楼锡淳 朱鉴秋 编著

*

测绘出版社出版·发行

北京大兴星海印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本 787×1092 1/16·印张 18.75·字数 440 千字

1993 年 12 月第一版·1993 年 12 月第一次印刷

印数: 001—800 册·定价: 25.00 元

ISBN 7-5030-0696-X/P·247

前 言

海洋是一个巨大的资源宝库，它几乎蕴藏着陆地上的各种资源。有的资源还多于陆地上几倍、几十倍，乃至百倍、千倍。随着陆地资源的逐渐枯竭和科学技术的进步，对海洋的调查、研究、开发、利用，已越来越引起全世界广泛的关注，海洋将成为人类生存发展的重要空间。不少著名的政治家、科学家预言：即将到来的 21 世纪将是“海洋世纪”。但是，目前人们对于海洋还知之甚少。要了解海洋，进而开发、利用海洋，首先必须对海洋进行调查、测绘，并利用其所获取的信息进行深入的研究。所以，海洋测绘是海洋工程的前期性基础工作。随着人们对海洋开发热情的高涨，海洋测绘必定会越来越引起人们的重视。

海图是海洋调查、测绘和研究的主要成果，更是海洋开发利用的重要资料。海图广泛应用于航海、海洋工程建设、海洋调查和科学研究、海洋资源开发、海洋划界以及海洋军事活动之中。我国海图有悠久的历史，中华人民共和国成立以后，尤其是近期以来，海图学理论和海图生产都有较快的发展；而现代科学技术的飞速进步，又为海图制图技术的提高创造了优越条件。

为了总结海图的发展历史，尤其是近 40 多年来的生产实践经验和研究成果，也为了对今后海图事业的进一步发展起一点推动作用，我们编著了这本《海图学概论》。其中第一、二、四、八、九章由楼锡淳撰写，第三、五、六、七章由朱鉴秋撰写。插图由徐光炬绘制。

由于这是第一本公开出版的全面论述海图学的专著，在内容选题上涉及了海图学中除海图整饰和印刷以外的各分支学科，以便使读者对海图学有一个较为完整的概念。但为了适当限制篇幅，对海图编制中的具体作业方法、海图各要素的制图综合、海图机助制图和海图数据库等均未展开讨论，准备在另行撰写的有关海图编制的著作中再详细论述。

本书在撰写和出版过程中，得到了领导机关海军航海保证部、海军海洋测绘研究所和测绘出版社的大力帮助和支持；我们的老师、著名地图学家李海晨教授、陆淑芬教授认真、细致地审阅了全稿，并提出了宝贵的修改意见；中国航海图书出版社副总工程师李梅春高级工程师结合海图生产实际对书稿提出了很好的修改意见，在此一并表示衷心感谢！

由于作者水平所限，书中定会有一些错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

1993 年 4 月 20 日

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 海图的定义和特点.....	(1)
第二节 海图的功能和用途.....	(5)
第三节 海图的内容和形式.....	(10)
第四节 海图的分类.....	(17)
第五节 海图学的定义、结构和组成学科.....	(27)
第六节 海图学与其它科学的联系.....	(29)
第二章 世界海图发展简史	(33)
第一节 古典文化时期的海图.....	(33)
第二节 中世纪的海图.....	(38)
第三节 地理大发现时期的海图.....	(42)
第四节 资本主义时期的海图.....	(48)
第五节 国际海道测量组织.....	(61)
第六节 现代海图的发展.....	(65)
第三章 中国海图发展简史	(72)
第一节 中国早期的海图.....	(72)
第二节 明代《郑和航海图》.....	(76)
第三节 明代的海防图及海运图.....	(82)
第四节 清代的海图.....	(88)
第五节 民国时期的海图.....	(104)
第六节 新中国海图学的发展.....	(109)
第四章 海图数学基础	(120)
第一节 地图投影的一般概念.....	(120)
第二节 投影的选择.....	(128)
第三节 海图常用投影.....	(135)
第四节 海图比例尺.....	(151)
第五节 海图坐标系.....	(156)
第六节 海图基准面.....	(160)
第七节 海图的分幅和编号.....	(164)
第五章 海图符号和要素表示方法	(175)
第一节 海图符号的基本概念.....	(175)
第二节 海图的基本符号——《海图图式》.....	(178)

第三节	海底地貌的表示方法·····	(182)
第四节	专题要素的表示方法·····	(188)
第五节	海图注记·····	(197)
第六章	制图综合·····	(201)
第一节	制图综合的实质·····	(201)
第二节	影响制图综合的主要因素·····	(202)
第三节	制图综合的主要方式·····	(206)
第七章	编图资料、海图作品、海图评价和海图分析法·····	(212)
第一节	编图资料·····	(212)
第二节	海图作品介绍·····	(225)
第三节	海图的评价·····	(235)
第四节	海图分析法·····	(237)
第八章	海图的生产、管理和应用·····	(242)
第一节	海图的生产过程·····	(242)
第二节	海图生产的组织计划·····	(247)
第三节	海图的质量管理·····	(252)
第四节	海图生产的技术管理·····	(257)
第五节	海图的更新·····	(262)
第六节	海图的应用·····	(265)
第九章	海图制图的现状和发展趋势·····	(278)
第一节	当代海图出版状况·····	(278)
第二节	海图制图中新科技应用状况·····	(283)
第三节	海图制图的发展趋势·····	(285)

第一章 绪 论

第一节 海图的定义和特点

一、海图的定义

人类居住在地球上,长期以来以陆地作为生产劳动和休养生息的基地。但是,海洋占地球总面积的 70.8%,无疑,人类同样会把广阔的海洋作为自己活动的舞台、创造财富的基地。事实上,从原始公社时期开始,人们就在海洋上渔猎、航行、探险,进行征服海洋、开发利用海洋的一系列活动。海图是海洋调查研究的成果,同时又是服务于海洋开发利用的工具。随着人类对海洋认识的逐渐加深,海图的品种越来越多,内容越来越丰富,表示方法和编制手段的科学技术水平越来越高。同样随着海洋世纪的到来,海图在海洋调查研究、开发利用中的作用也越来越大。

什么是海图?人们普遍认识到,海图是以海洋为描绘对象的地图。由此我们可以知道,海图是地图中的一个门类。既然如此,海图的定义应与地图的定义基本相同,只是它描绘的特定区域仅限于海洋及其毗邻的陆地而已。

地图的定义随着地图的历史发展过程而不断变化。很早以前,人们认为地图是地球表面在平面上的缩小图形。但是这个定义既不确切又不全面。因为缩小的图形也包括照片和风景画,且地图不仅表现地球表面,而且包括地球表面没有外形的各种自然现象和社会经济现象;地球表面的这些现象也不能一览无遗、机械缩小地全部表现在地图上。显然,在定义中还包含由数学因素决定的结构、特殊的符号系统、取舍和概括的概念。因此,地图应定义为:按照一定的数学法则,根据各自的具体用途,经过选择和概括,并用符号将地球表面上的各种或某一种自然现象和社会现象的分布、状况和联系缩小表示在平面上的图形。

在这一定义中,我们还应指出其中的“地球表面”,不只是指起伏变化的“地表”及其上面的各种可见的自然现象(如河流、植被)和社会经济现象(如居民地、道路网),还可包括地面以下的现象(如地质构造、地下矿藏)和海面以下的现象(如海底地形、海底管线)、地面和海面以上空中的现象(如气象、空气污染状况)。这些现象既相互独立又相互联系,形成一个空间的多维关系结构。地图就是运用简化和概括,以可视形式表示这一客观实际的某些方面的结构。因而地图属于空间符号模型,即利用符号语言,给出所表示现象的空间关系和空间形式的视觉图解。这些图象要通过人的大脑的思维,即对地图符号的理解之后,才能建立起地图上所表示的客观实际的思维空间形象,地图还可以归入思维模型。

信息论引入地图学领域后,人们进一步认识到地图还是处理、提供和分析空间信息的一种特殊形式。就是说,地图是“地理现实世界的表现或抽象,以视觉的、数字的或触觉

的方式表现地理信息的工具”。

海图虽然是地图中的一个门类，但它描绘的对象只是海洋及其毗邻陆地的空间，因而海图的定义比地图的定义要狭窄一些，即地图定义中的“地球表面”缩小到“海洋及其毗邻陆地的表面”，“空间符号模型”也仅仅是“海洋空间符号模型”，“处理、提供和分析空间信息”也只是海洋空间信息。由此，我们还可得出结论，海图和海图以外的其它地图共性多于差异。

二、海图和其它地图的共性

从上述地图和海图的定义中可得出海图和其它地图都具有三个共同的基本特点：（一）有特定的数学基础；（二）利用特殊的符号系统；（三）对制图现象的取舍和概括。

地球是一个不规则的球体。海图所描绘的海洋区域，有露出水面、高低不平的岸滩、岛屿，有没入水中、上下起伏的海底，即使是海面，剔除波浪起伏的因素以外，由于重力、潮汐、地震等多种因素的影响，也不是规则的曲面。要把地球表面上陆地和海洋的各种现象表示到平面上，就必须确定地球表面各点的地理坐标（或其它坐标）与这些点在平面上的直角坐标（或其它坐标）之间的严格的函数关系。这就需要首先假定一个非常接近地球的旋转椭球表面，即数学地球表面（或者不精确地用球面来代替），将地球表面及其制图现象，用正射投影的方法，投影到这个数学地球表面上，然后，将椭球或球面表示到平面上。由于无折绌、无断裂、无变形地将椭球面或球面展到平面上是不可能的，因此，将椭球（或球）表面转到平面上，就需要使用数学表达的方法，即投影的方法。不同的投影，决定了椭球面上和地图上各点坐标之间的不同的函数关系。确定了这种函数关系，就可以计算平面上的图形变形，从而可根据地图确定制图要素的实际距离、面积和角度。这种投影的方法，或者说是具有特定的数学基础的原则，是地图和海图区别于其它图形（如照片、风景画、地形素描和鸟瞰图等）的一个重要共同特点。

地图和海图表达各种制图现象不同于照片、图画的第二个共同特点是设计了一套专用的图解符号，即地图符号和海图符号。这些符号，记录、转换和传输各种制图现象的质量、数量、位置、相互关系及其变化的信息，这些信息在地图上构成客观实际的空间形象。由于使用了专用符号，使图形具有了优于照片的如下几个显示功能：

1. 地球表面的图形可以用任何比例尺表示在平面上，即可以将较小的区域，也可以将较大区域，甚至全球表面都表示在一张图纸或一个屏幕上，而且还能够将那些按其意义应该表示而又不能按比例表示出来的制图现象仍然表示出来。而航空照片，即使仅仅将比例尺缩小几倍，地面的细部就难以辨认，缩小的倍数越多，难于辨认的内容也越多。卫星遥感照片则由于技术原因，分辨率有一定的限度，对于那些意义重大而面积较小的地物难以成象。

2. 能表示出地表的起伏（借助等高线和等深线）和地物的三维空间位置（借助等高线、等深线、高程注记和深度注记），不论航片还是卫片，都难以达到这一点。

3. 不仅能表示现象的外貌，如港口面积大小、航线长短、岛屿分布、地表起伏、礁石轮廓，而且还能表示出事物内在的根本性质，如海底地貌、底质，海水的温度、盐度、

密度。而航空照片无法显示这些内容。就是利用现代遥感技术拍摄的卫片和航片，通过图象处理，目前也只能获得浅于 40m 的海区海底地形信息。

4. 可以表示用肉眼观察不到的、照片上完全显示不出来的一些现象的分布，如海洋重力异常、海底地质构造等。

5. 可以表现出客观实际根本不存在、人们主观赋予的（照片上当然也就不可能出现的）社会现象，如国际日期变更线、港界、锚地、推荐航道和各种禁区界线等。

6. 利用符号系统可以对制图现象实施制图综合。

7. 很重要的一点，是利用符号语言，可以表示出制图现象的时空变化，即现象的发生、发展或消亡过程。表示现象空间迁移的有海流图、航艇运动线路图；表示现象时间迁移的有季节结冰界线图、月份海水温度图；表示时空变化的有郑和航海路线图、台风路径图等。

利用专用图解符号表示的海图与照片相比的优越性，比起地图与照片相比的优越性更为显著。因为在世界多数海洋区域中（尤其是离岸较远的海洋中），在照片上只能显示出表层海水的一些可见特征（如波浪），浮于水面的船只、航行标志和一些海洋生物，以及露出水面的岛、礁等，其它信息则几乎都不能获得。

地图和海图不同于照片和图画的第三个共同特点是采用制图综合（对制图对象进行取舍和概括）的手段来显示制图现象。

地表的物体是非常众多而庞杂的。这里说的地表还不仅仅是地面和水面，还包括地面以下（如地质构造、地下水分布）、海面以下（如深层流、海草）、水底（如暗礁、海底电缆）、水底以下（如海底地质构造、海底油田的分布）、陆海上空的空间（如风、气温等气象要素），当然，也包括从空间到地表以下的社会要素（如国界和领海界）。在地图和海图上，对地表三维空间的制图对象无遗漏地、逼真地表示出来是不可能的。由于图面局限性和图解可能性的影响，即使在实施城市区域 1:500、港湾区域 1:5000 这样大比例尺的测量时，就已必须对制图对象进行类别和个体的选择，分类和形状的概括。换言之，在实施最大比例尺基本测图时，制图综合就已开始。然而，制图综合所显示的重要性，更充分地表现在缩小比例尺的制图中。随着比例尺的缩小，图上所表示的地面图形变得更密集、更小，因而使之难于阅读。为了保持图面的易读性，必须舍掉一些次要的地物，并且将保留下来的、比较重要而需要表示的地物图形进行质量或轮廓的概括，使其清楚地表示出典型特征。制图综合程度，首先取决于比例尺缩小的程度。

在地图和海图上，无遗漏地表示地表的所有制图现象也是没有必要的。地图和海图的用途决定了它的主题、表示的内容及其详细程度。也就是说，根据地图的用途，确定应选取的地物种类及其质量概括（如等级合并）的程度。同时，由于比例尺本身首先是由图的用途决定的，所以地图和海图的用途是制图综合的主导因素，它决定了制图综合的方向（表示什么内容）和程度（表示内容的质量、数量和轮廓的详细程度）。制图综合的目的，也正是为了着力表现那些与用途有关的，尤其是重要的现象，并表现其有典型意义的特征和有决定意义的特点，使图形主次有别、层次分明，显示同类地物的共性，分清不同地物的差异性，提高图的使用价值。这就是被称为“制图综合是抽象和认识的工具”，“制图综

合能赋予地图以新的质量”的含意。

三、海图的特点

既然在数学基础、符号系统和制图综合上，海图与其它地图有其共性，那么从海图和地图的定义中，很容易地可以分析出来，海图的特点存在于它的特殊用途和所表现的制图对象中。无论是海图还是其它地图，种类都很多，每种图又都有各自的用途状况，如通用、多用、专用等，因而某种海图可能与某种地图有共同的内容，如海洋地貌图和陆地地貌图，海洋地质构造图和陆地地质构造图，海洋重力异常图和陆地重力异常图，等等。由此可见，剩下来的引起海图和其它地图差异性（或特殊性）的最本质的原因是制图对象的不同和对人类生活中关系的不同。

海图的描绘对象是海洋及其毗邻的陆地。海洋与陆地最大的不同在于基岩之上覆盖着一层海水。在海洋各处，海水有不同的深度，有不同的温度、盐度、密度和透明度。由于天文、气象、地壳运动等许多原因引起海水不停顿地运动，如垂直运动的潮汐现象，水平运动的潮流、海流以及海啸、波浪、旋涡等。又由于光在水中传播的性质，使光学仪器难于在海洋测量中应用。这就使获取海洋信息的手段和方式区别于陆地：陆地地形测量的常规方法是实地地形测量和航空摄影测量的方法，海洋地形测量的常规方法则是利用船艇进行海洋水深测量的方法；陆地测量定位精度高，海洋测量定位精度低；陆地地形测量主要用光学仪器，海洋地形测量主要用声学仪器。由于仪器、方法、精度的不同，使测量的外业成果的形式也不同。陆地测量的外业成果主要是图形资料，海洋测量的外业成果主要是记录纸、磁带、文字数据。这就导致了海图的成图方式和过程与陆地地图相比也有差别。

当然，差别更大的还是海图的内容及其表示方法。这是由于海水的覆盖，人类对海洋的改造和利用大大区别于陆地，导致海洋信息与陆地信息有重大区别引起的。陆地地图中数量最大的地形图，以水系、居民地、交通网、地貌、土壤植被和境界线六大要素为其主要内容。海图的内容，除海底地形图的陆地部分与陆地地形图基本一致外，各种海图的陆、海内容与陆地地形图都有很大差别。与陆地地形图相对应的海底地形图的海洋区域，主要内容为岸、滩和海底地貌，海底基岩和海洋沉积物，海藻、海草等动植物，水文要素，沉船、灯标、水中管线、钻井或采油平台等经济要素，以及在实地看不见的各种航道、界线。海洋中没有陆地上的居民地，道路网，河流、湖泊、沼泽，植被；陆地上的许多地物，在海洋中也没有或不多见。海洋中数量最多的航海图的内容也明显区别于陆地地图，其六大要素为：海岸，海底地貌，航行障碍物，助航标志，水文及各种界线。它们的表示方法更具有与海、陆地形图不同的如下特点：

1. 多选用墨卡托投影（即等角正圆柱投影）编制，以利于航船等角航行时进行海图作业；
2. 没有固定的比例尺系列；
3. 深度起算面不是平均海面，而选用有利于航海的特定深度基准面；
4. 分幅主要沿海岸线或航线划分，邻幅间有供航行换图时所必需的较大重叠部分（叠幅）；

5. 为适应分幅的特点, 航海图有自己特有的编号系统;
6. 海图与陆地地图制图综合的具体原则, 因内容差异甚大和用途不同而有所区别;
7. 有自己的符号系统(海图上有许多陆地地图上没有的地物; 相同的地物, 符号也不尽相同);
8. 更需要及时、不间断地进行更新, 保持其现势性, 以确保船舶航行安全。

第二节 海图的功能和用途

一、海图的基本功能

(一) 海图是海洋区域的空间模型

如前所述, 由于海图具有严格的数学基础, 利用了专用的图解符号, 采用了制图综合的手段, 并表示出了海洋区域制图现象的空间形态, 即海图制图现象的空间分布和它们的相互关系, 因而海图可视为海洋区域的空间模型。这就使海图在表现海洋的效果上, 具备下列优越性:

1. 直观易读。因为海图是通过符号语言表达的符号模型, 所以, 它可不借助其它工具, 也不必进行各种转换, 就可以直接阅读、认识、获取信息;

2. 所显示的信息很丰富。可在一幅海图上同时显示海域各层次、各种类型、不同时期的信息。根据读者的要求, 还可通过制作更大比例尺的方法显示更加丰富的信息。信息不仅可从构成模型的单个符号中获取, 由于通过科学的制图综合手段使模型连续不断, 因而信息还存在于符号之间, 如在海底地形图上两条等深线之间的任一点, 可用内插法求得大致深度。

3. 具有真实性和地理适应性。因为海图图形是海洋区域的空间模型, 它所显示的每种要素及其相互间的关系应与客观现实相一致。

4. 具有可量测性。因为海图具有严格的数学基础, 且有一定的精度要求, 所以, 可在海图上直接获得长度、面积、方位、深度、高度等数据。

这些功能是其它描述海洋空间的方式, 如文字、图表、照片、图画和实物模型所不完全具备的, 因而是不能比拟的。

(二) 海图是海洋信息的载体

一幅海图上能容纳的信息量是很大的。据有人统计, 一幅地形图能容纳 1~2 亿个信息单元(bit)。海底地形图能容纳的信息量也大致相当。航海图上内容载负量比地形图要小一些。但是其图积比地形图要大得多, 而且作为连续的空间模型, 其信息容量应该说比地形图还要大。当然, 海图作为信息的载体, 它同磁带、磁盘、光盘、纸带等储存信息的一般手段是不同的。海图以图形形式表达、储存和传输空间信息。它只能让人们直接感受读取信息。机器不能直接读取和利用, 而必须经过数字和代码转换才能读取和处理。但是随着海图制图自运化的发展, 尤其是随着海洋地理信息系统、海图数据库——数字海图的发展, 可以弥补这一不足。如果设计出一套人和机器都能直接阅读的符号和图形, 海图作为海洋信息载体的功能将会得到更好的发挥。

（三）海图是海洋信息的传输工具

目前，在理论地图学的某些领域中，还没有统一的认识。但是地图传输理论比较公认。也就是说，地图的基本功能是传输空间信息的观点已原则上被大家所接受。实际上，海图作为海洋空间信息传输的工具是非常明显的。海洋空间的许多物体和现象，都可以在海图上表达出来，人们可以通过海图得到信息。在这一点上，海图的表达能力强于语言文字。60年代以来，法、美、苏、西德的一些学者用研究语言文字的方法（词法、语法）来研究符号和图形（如符号和图形的结构、含义、应用方法等），以建立“符号学”和“图形学”，目的是提高地图作为传输工具的功能。加拿大的克尔（A.J.KERR）和安德森（N.M.ANDERSON）在1982年第12届国际海道测量大会上发表的《论海图的传输》报告中提出：“现在是时候了，该对海图如何向航海人员及其他用户传输信息这一基本理论进行审查了。”1985年，克尔还进一步提出要对现行航海图的设计进行改革，以提高海图作为海洋信息传输工具的功能。

海图作为海洋信息传输工具的优越性，国际海道测量局的库珀（A.H.COOPER）作了精采的描述：“我们的海图不仅是航海的重要工具，而且也是一位信息的传输者，一种潜在的特别有效的传输信息的工具。可以想象，如用语言来详细地叙述一幅海图的内容，将要花费多大的篇幅！”

（四）海图是海洋分析的依据

由于海图本身就是一个海洋空间模型，而且，还可利用海图图形建立海洋空间的其它多维模型，如立体剖面、柱状图表、立体海图、沙盘等，使海洋制图现象空间模型更具体化。因此，海图在海洋学和其它科学研究中，可十分便利地作为分析的依据。这一功能，主要表现在下列几个方面：

1. 利用海图进行量测和数理统计，可以获取现象的数量概念，如长度、高度、深度、面积、体积、角度、坡度、密度等。通过概率分析和统计，还可获得梯度变化、异常分布、绝对值与平均值等许多数量特征。通过趋势面和偏差面分析，还可得到多变量现象变化趋势的概念。

2. 利用海图进行图形分析和规律分析，可以分析事物的质量特征，如事物的种类、形状、物理性质等。

3. 通过对比分析（要素间对比和历史变化对比）和相关分析方法，可以研究现象的相互联系、相互作用，以及变化的规律。如通过不同地区海图的分析，可以进行地区差异性的研究；通过不同时期海图的分析可以进行现象演变的研究。海洋遥感制图方法的应用，为海洋动态分析提供了更好的分析依据。

这些分析，对于总结规律、综合评价、预测预报、规划设计、施工作业都是不可缺少的。例如，在航海方面，研究航行条件、寻找最佳航线、制订航行计划、实施航行定位；在军事上，进行战场分析、制订作战计划、测定作战诸元、实施作战指挥；海洋工程建设中，进行环境分析、取得规划数据、施工作业定位以及工程的维护，等等。

海图的空间模型、信息载体、传输工具、分析依据等功能是紧密联系、互为一体的。只有按照海图学和相关学科的严格的科学体系，才能建立起科学的符合客观实际的而又适

合海图使用者需要的海洋空间模型，只有这样的空间模型，才能使其成为丰富且真实的信息载体，并将其传输给用图者，作为人们进行海洋事业决策和活动的分析依据，发挥其应有的作用。

二、海图的用途

地图在国家各方面的建设中已经得到普遍运用，尤其是一些发达国家，甚至已经达到普及的程度。实践已经教育了人们，地图已是人类认识自然、改造自然，乃至各种各样活动中不可缺少的工具。但是人类对海洋的认识、开发、利用则远不能与陆地相比，因而对海图用途的理解也理所当然地肤浅得多。然而，海图的科学价值和实用价值并非在地图之下。从海洋对人类活动的影响（在海洋上离开海图几乎寸步难行）和海洋事业的发展前景来看，海图将成为地图的一个越来越重要的分支，海图的普及率将越来越高，海图的使用将越来越广泛。海图的用途主要有以下几个方面：

（一）在国民经济建设中

1. 航海用。海图是随着世界航海业的发展而发展起来的。与航海导航技术（以及海洋测量技术）的发展相适应，海图的主要品种航海图的种类、表示内容及科学、工艺水平不断地得到发展。反之，航海业的发展也离不开海图的发展。使用海图航海，既是古今航海人员的共同要求，也是新老航海法规的共同准则。茫茫大海的底部分布着沉船、礁石、浅滩。航海依靠海图上标明的航行目标确定船位、指引航向，还依靠海图上的航行要素规避障碍物，寻找安全航道。没有海图，航船就没有安全的保证。

航海是临海国家国际、国内交通的主要方式之一。海运具有廉价、运输能力大的优势。航海业方兴未艾。随着大型油轮、集装箱运输的出现，以及船速、吨位的增大和导航技术的发展，对海图的质量要求更高了。而且现在已不仅仅限制于商业航行。可以说人类在海洋上的一切活动都离不开航行。近一二十年来，发达国家游艇的剧增，导致了游艇用图的问世，并且成为航海的四大用户（商业、渔业、军事和旅游）之一。各种船舶数量的剧增，各种不同的航行已遍及世界海洋，这就对海图的品种和数量提出了更高的要求。在这种形势下，世界主要海洋国家都已出版了大量的航海图，其中发行量最多的美国，已出版了7千余幅，英国也已有3千5百余幅。即使是发展中国家，如非洲各临海国，也都相继创建了海道测量机构，开始出版海图。我国有80多个海港，远洋船舶来往于世界150多个国家和地区。现在我们已向外轮提供航海图。国际海道测量组织还正在着手组织出版世界范围的国际公用航海图。这些都说明，海图在航海方面的用途还在发展。

2. 渔业用。现代的渔船已远非以往的桨橹撒网船，只在沿岸作业。渔业的主体已是机动渔轮，作业范围已发展到远海、远洋。渔业对海图的要求，除用于航行外，还应详细表示容易挂网的障碍物等资料。对于水产养殖业，还需要水深、底质、流等资料，这也需要海图的帮助。同时还应把养殖区的范围记入图中，防止航船进入养殖区造成不应有的损失。于是世界各国纷纷编制渔业用图，其中以西欧北海渔业用图最著名。我国也已出版了成套的渔业用图和渔业航行图集。

3. 海洋工程建设用。“向海洋进军”，现在已不是口号而是行动。除了航海和渔业活

动已有悠久的历史以外,陆地上许多工程建设已向海洋推进。首先是作为向海洋进军的基地的港口,需要新建或扩建;向海洋进军的必经之路的航道,需要开辟和整治,它的附属设施(如各种助航标志)需要设立。其次是海洋资源的开发利用,如油田建设中钻井平台和开采平台的建立,石油管道的敷设;其它能源开发(如利用潮差、温差、盐度差、波力等进行发电)也均需要建立相应的工程项目(如发电厂)。再次是海岸带的综合开发利用已列为国家国土整治宏大工程的一部分。另外,还有海岸防护、围海造田、滩涂养殖、海水制盐、海底电缆的敷设、跨海堤坝、隧道、桥梁的建设,等等。所有这些工程建设,都需要依据海图所提供的海底地形、底质、流、潮汐、海水物理化学性质等各种信息进行海洋环境的分析,以确定工程的位置、方向、规模、施工计划等,施工中尚需利用海图进行定位,施工结束后还要对工程建筑物进行测量,并将其记入海图中。

(二) 在政治文化生活中

1. 在国际交往中,各国执行海洋法、标定国界、领海界(领海基线和领海线)、大陆架和专属经济区界,需要相应比例尺海图为依据;在国际海洋协定制订中,常以海图作根据,并用作图解附件;在解决海事纠纷中,需要适当比例尺的精确海图作为必备图件;在国际政治、文化、科技交流中,海图也能起媒介作用,如巴西亚马孙河航行图和其它建设成就图册作为宣传品散发,以加强相互了解;加拿大的冰下测量成果和澳大利亚著名的大堡礁实测海图作为展品,与各国进行海洋测绘科技交流;我国的《古今对照郑和航海图》作为馈赠礼品,送给国际友人,以宣传我国古代航海、海图成就和现代研究的成果,并增强相互了解和友谊。

2. 海图是历史研究,尤其是航海史和地名演变研究的资料。

3. 海图作为海洋及有关科学研究和海图制图的科学作品,其本身就是精神文明的产物,当然也就可以成为精神文明教育的材料。如利用郑和航海图等进行爱国主义教育并获得历史知识。利用教学用图实施科学文化知识教育,以增长有关海洋知识,培养海洋国土意识,加强海洋观教育等。

(三) 在国防事业上

海图被海军部队誉为“舰艇的眼睛”。舰艇部队在海上执行作战训练、护渔护航、军事运输任务时离不开航行手段,因而,与商业航行一样,没有海图也就没有安全保障,难免要造成“非战斗减员”现象。而且,军事航行用海图比商业航行用海图有更高的要求:

1. 商业航行有比较固定的习惯航线,而海军作战航行不可能有固定的航线,作战的战场也不可能由单方面的意愿去选择。平时训练当然也是一样。因而作为海上战场准备重要内容之一的海图资料准备,必须遍及全海域。

2. 军事航行对海图的内容详细程度和精度要求更高。因为海图中稍有疏漏,不仅有可能直接影响舰艇的作战行动,而且有可能因此而影响战斗的成败。由于舰艇速度快、战斗行动不容迟缓,需要利用海图快速定位;战斗中常不能按计划航行,而要根据海图随时选择有利海区进行隐蔽、待机,寻找最短、最安全航线出击,争取作战主动权。这一些,粗陋的海图是难以胜任的。

3. 在国际上,海军的地位已日显重要。一些军事大国鼓吹“海洋战略”、“制海权”,

都很重视加强海军的发展，因而对海图的需要量也在增加。在第二次世界大战中，“盟国”军队的诺曼底登陆一战，仅美国海道测量局一方，就给参战舰艇发放海图 28 万张。

除了航行以外，海图在军事上还有广泛的用途。例如，各级司令部机关和指挥员研究海洋区域政治、经济、军事和地理形势，作战、训练航行条件，作出战略决策，制订战役方案和作战、训练计划，需要使用海区形势图、辖区图；远程武器的试验和运用，需要有首区和末区精确的水深图、水文图和海洋重力图；布雷、扫雷和水下攻防，需要具有海流、潮汐、底质、水深等资料的大比例尺海图；登陆抗登陆需要详细表示岸滩坡度、物质组成、潮汐等水文情况的岸滩地形图；一些特殊舰艇（如潜艇）需要特殊的航行用图，等等。由此可见，在军事上使用海图不仅数量大、种类多，而且还在发展。

由于海图在军事上具有特别重要的价值，世界上多数临海国家的海洋测绘机构都由军队尤其是海军管理。我国是一个临海大国，历史上帝国主义对我国的侵略大多数都来自海上。为了保卫国家的安全，保卫社会主义现代化建设，加强我国海军的建设已是既定的方针。所以军用海图的研制和出版不能削弱，只能加强。

（四）在科学研究上

现代的海图已远远超出传统的“海道测量”所获取的单纯海洋深度加底质资料作为自己的主要内容。海图在科学研究领域中的用途已越来越明显，当前主要应用于海洋科学和地球科学的研究上。

海洋学的研究成果已作为重要的资料充实于海图内容之中，如海流、潮汐等水文资料已成为航海图的主要要素之一。详细表示海洋诸要素的海底地形图也不乏海洋学研究的成果。这就使航海图，尤其是海底地形图成为综合评判海洋环境，以及海洋学专题内容研究的不可缺少的工具。另外，更重要的是海洋学研究的成果已形成了多种多样的专题海图，如各种海洋水文（潮汐、流、浪、温度、盐度、密度和透明度等）图，海洋气象（风、降水、雾）图，海洋地质构造图，海洋地貌图，海洋生物图，等等。这些专题图自然是研究相关专题学科的重要资料，同时也是研究邻近学科（如风对于流）的重要参考资料。由于海洋环境对陆地也有很大的影响（如海洋气象对沿海陆地的气象，各大洋环流对沿海大陆气候的影响），所以，海图不仅是海洋学研究的工具，而且还具有全球意义。

同样具有全球意义的是海图应用于地球科学的研究。例如，利用海洋重力图的数据，可以确定海底地壳各种岩层质量分布的不均匀性，通过对海洋重力异常图提供的各种重力异常现象的解释，其中包括对某些重力异常的分析和延拓，可以取得地球形状、地壳结构以及沉积岩层中某些界面的资料，进而解决大地构造、区域地质方面的问题；通过对海洋磁力异常图中获得的数据，对磁异常进行分析，有助于阐明区域地质特征。世界各大洋的磁异常，都呈条带状分布于洋中脊的两侧，这种条带状磁异常被看成是大洋地壳具有的特性，由此可以研究大洋盆地的形成和演化历史；从大洋水深图、航海图、海底地貌图中获取的水深资料，构成了海底起伏形状，可以广泛地应用于各个领域。如根据世界海洋测深资料和陆地地形资料编制的《大洋地势图（GEBCO）》，建立起了全球的固体表面空间模型，除可直接用于海洋调查、海底勘探、资源利用、环境保护外，还可用于解释地球物理现象，如地球板块学说、地壳运动和重力场等。

海洋开发是 50 年代以来迅速发展的一门新兴科学技术。随着陆地资源的逐渐枯竭,人类对海洋资源开发寄以厚望,海洋工程应运而生,并已被列为与生物工程、核工程和航天工程同等地位的当今世界尖端科学技术。海洋中几乎蕴藏着陆地上所有资源,海洋是一个巨大的宝库。为此,有人把海洋开发利用事业称之为与工业、农业并驾齐驱的“海业”。人类为了到深海取宝,扩大自己的生活圈,首先要了解、认识海洋,而各种海图正是了解、认识海洋不可缺少的工具。所以,作为人类开发利用海洋的超前期性基础工作的海洋测绘及其主要成果——海图,必将愈加得到重视和越来越广泛的应用。

第三节 海图的内容和形式

一、海图的内容

对编图者欲编出高质量的海图和用图者要充分利用海图,都必须了解海图的内容特性。了解海图内容特性的有效方法是将海图分解为各种要素,分析并掌握每一种要素的含义、功能和作用,以及它们之间的相互联系,并找到影响这些内容要素的因素。

(一) 海图内容的种类

海图的内容随着历史发展而越来越丰富。各种海图在内容上有较明显的区别。尽管如此,所有海图的内容都可以划分成数学要素、图形要素和辅助要素三大类。

1. 数学要素

数学要素是建立海图空间模型的数学基础,因而是海图内容中非常重要的要素,包括海图投影及与之有关的坐标网、基准面、比例尺及大地控制网。

海图投影的实质是地球椭球面及其在平面上的图形各点坐标之间的解析关系式。制图工作者必须先按海图的用途选择投影,再用该投影的关系式计算坐标网(如经纬网)并展绘到平面上。多数海图以经纬网作为坐标网,是各种海图必不可少的要素。但是也有少数海图上在出版时不绘出坐标网。

在海图上,基准面包括高程基准面和深度基准面。在某些国家的海底地形图上,高程和深度采用统一的基准面。基准面是建立海图三维空间模型的重要数学基础之一。它和坐标网一起,使海图图形要素不仅能确定平面位置,而且还可确定立体位置。

通常将比例尺定义为图形上线段长度与实地上相应线段长度之比,其实确切地说是图上线段与实地上相应线段在椭球面上之水平投影的长度之比。比例尺决定了实地到图形长度缩小的程度。

在一般海图上均需标明所用基准面和比例尺,但在某些不需进行量测的海图上,有时也不标示基准面和比例尺。

大地控制网主要用于将地球自然表面上的地理要素转移到椭球面上,并使其在海图上对于坐标网位置正确。所以,大地控制网是测图过程中所必需的,通常也表示在海图上。但在较小比例尺海底地形图、航海图和多数专题海图上不予表示。

与海图数学基础有关的内容,如图廓(内图廓线及坐标分度线划)、方位圈、图幅内的图形配置也属海图的数学要素。

2. 图形要素

如果说海图的数学要素是海图使用者对图上所提供的信息进行认识和量测不可缺少的依据和手段的话,那么海图的图形要素就是读图者所要获取信息的主体。它是任何一种海图内容的主要组成部分。海图图形表示出海区各种要素的数量、性质、分布和联系,有时还要表示其发展,是海洋地理信息的某种程度的总和。图形要素通常按地物的种类划分成自然现象和社会经济现象两大类,然后再分成若干种。在不同种类的海图上,图形要素的总体结构是不同的。但是,对任何能独立使用的单幅海图或拼接使用的成套海图,海岸线是其共同要素,它勾划出海图所表现的主体区域——海洋的范围,并以它为界线向两侧分别显示海洋和陆地两类性质显著差别的地理要素。

海图图形要素是借助专门制定的海图符号系统和注记来表达的。不论制图者还是用图者,不仅都要具有认识客观实际的基本能力,即海洋地理知识,还应具有认识作为传输工具的制图语言——海图符号系统的能力。

3. 辅助要素

是帮助读者读图和用图的要素,虽只能起辅助和补充作用,但也是很必要的。例如各种海图上图廓外的接图表、图例、图名、出版单位、出版时间,等等。又如航海图中的对景图、潮信表、潮流表、单位换算表、内插尺、图廓上的对数尺,等等。

(二) 影响海图内容的因素

我们拿出一些海图来进行分析比较就可以发现,它们的内容(甚至形式)各不相同,不仅数学要素、图形要素和辅助要素种类的选择、图形要素和辅助要素的详细程度不同,而且某些内容的制图综合原则和表示方法也有差异。这是由于各幅海图的用途、比例尺、海洋地理景观及其测量调查详细程度不同所致。

1. 用途的影响

如前所述,海图的用途很广,但除海底地形图具有多用途性质外,其它海图各有各的用途。例如内容比较详细的航海图,因为以航海为使用对象,一般选用墨卡托投影,图上岸滩、港口、海底地貌、航行障碍物、助航标志、水文等图形要素为显示的重点,与航海有关的辅助要素也比较齐全,陆地上除航行目标外,其它要素则非常简略;而内容同样很详细的海底地形图(以日本已出版的为例),一般都采用兰勃脱正形圆锥投影,海部以海底地貌为主要内容,但表示方法有异(如等深线在航海图上为保证航行安全略向深处移动,海底地形图上则不然),陆地内容要素则与同比例尺的陆地地形图基本一致。一些其它专用(或专题)海图,由于其用途上的专门性,内容上的差异自然更为显著。

2. 比例尺的影响

在其它因素相同的情况下,比例尺决定了内容(主要是图形要素)的详细程度和完备性。一般情况下,比例尺越大,描绘的内容越详细越完备;比例尺越小,表示的内容越概括。

3. 海洋地理景观的影响

不同区域海洋的地理景观具有显著的差别。差别之一是景观要素的种类有别,如我国渤海、黄海多滩、东海多岛、南海多珊瑚礁;差别之二是同类景观的形态有异,如我国渤