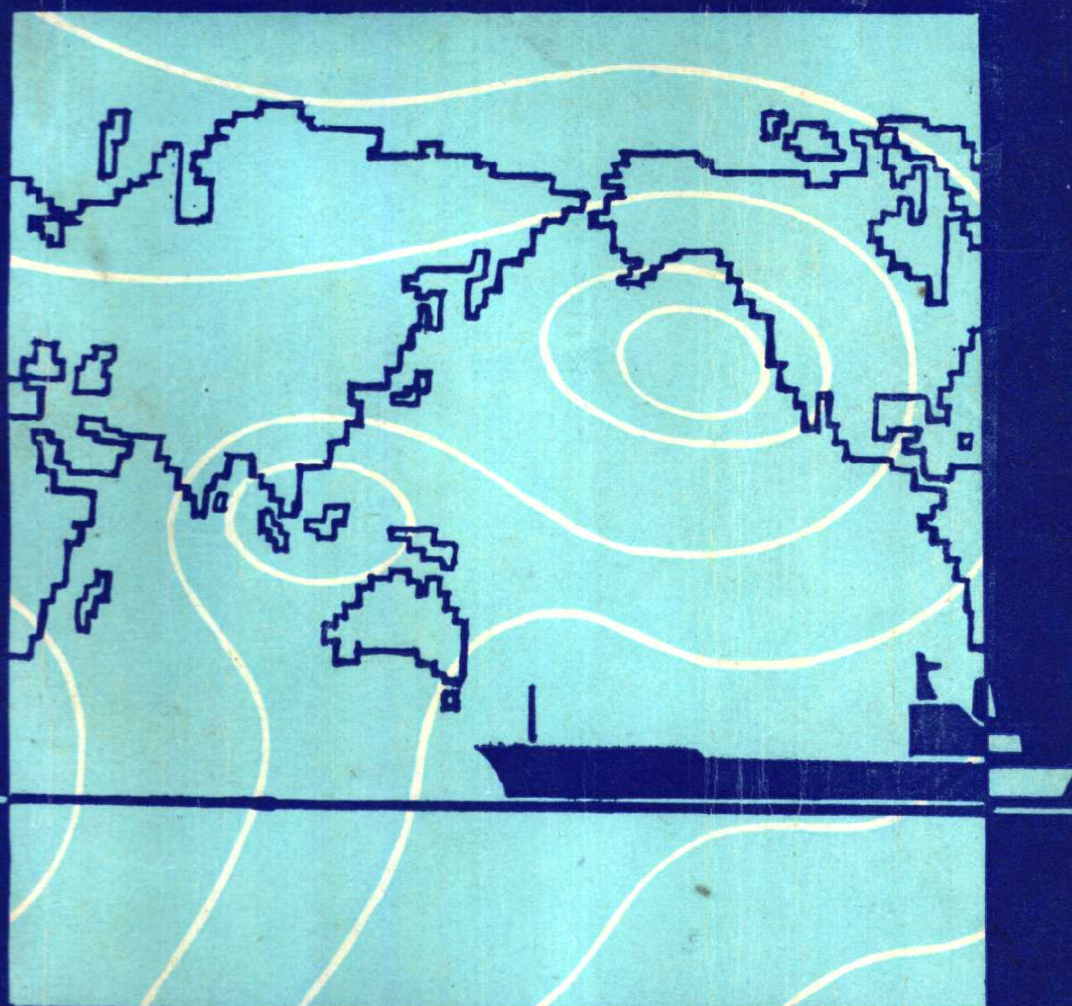


船舶海洋气象导航

王长爱 编著
姚洪秀
王淑梅 主审



中国纺织大学出版社

船舶海洋气象导航

王长爱

编著

姚洪秀

王淑梅

主审

中国纺织大学出版社

(沪)新登字第209号

内 容 提 要

本书介绍了船舶海洋气象导航发展及国内、外应用的概况。主要内容包括船舶海洋气象导航理论和技术、气象导航资料在海商、海事纠纷处理中的作用,大洋气候与航线选择,共分三篇12章及一个附录。本书可作为高等航海院校海洋船舶驾驶专业的教材,也可作为有关海船驾驶和管理人员的技术参考书。

船舶海洋气象导航

王长爱 姚洪秀 编著

王淑梅 主审

责任编辑:持之 封面设计:韩宝威

中国纺织大学出版社出版

(200051 上海延安西路1882号)

上海中华电脑印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 8 字数: 200千

1993年9月第1版 1993年9月第1次印刷

印数: 0001-3000册 定价: 6.50元

ISBN 7-81033-023-0/U·02

目 录

第一篇 船舶海洋气象导航理论和技术

第一章 船舶海洋气象导航概述.....	1
第一节 海洋环境与航海.....	1
第二节 船舶海洋气象导航的定义及其种类.....	4
第三节 船舶海洋气象导航的发展过程及现状.....	8
第四节 OGS 船舶自导系统简介.....	13
第五节 气候航线、大圆航线.....	14
第二章 对岸上船舶海洋气象导航的评价.....	19
第一节 分析问题的方法.....	19
第二节 航行的安全性提高, 重大船损 及货损事故减少.....	20
第三节 经济效益的分析.....	22
第四节 PCTS计算机管理系统.....	31
第五节 促进现代航海事业的发展.....	32
第六节 目前船舶气象导航存在的问题.....	37
第三章 气象航线的设计原理和数值计算方法.....	39
第一节 气象航线的设计原理和实施步骤.....	39
第二节 气象航线的数学模型.....	42
第三节 气象航线的数值计算方法.....	46
第四章 岸上海洋气象导航工作系统.....	58
第一节 岸导工作系统的构成.....	58
第二节 天气、海况预报技术工作系列.....	57

第三节	航线分析技术工作系列·····	63
第四节	通讯网络·····	66
第五节	岸导工作系统框图和工作程序流程图·····	67
第五章	影响航线选择的海洋环境因素·····	70
第一节	海浪概述·····	70
第二节	影响风浪的因素·····	74
第三节	影响涌浪的因素·····	81
第四节	近岸浪·····	82
第五节	其它因素对海浪的影响·····	83
第六节	几种常用的统计波高·····	83
第七节	波浪预报方法简介·····	88
第六章	船舶耐波性与失速·····	92
第一节	船舶耐波性概述·····	92
第二节	船舶在波浪中的耐波性·····	93
第三节	船舶在波浪中的失速·····	107
第七章	船舶气象导航服务程序·····	118
第一节	气导公司与被导船舶之间的联系·····	118
第二节	气象导航公司与船公司或租船人之间的联系·····	131
第三节	船舶接受气象导航的注意事项·····	138

第二篇 气象导航资料在海事 纠纷处理中的作用

第八章	气象导航资料在海事纠纷中的引用·····	140
第一节	气象导航的法律地位概述·····	140
第二节	气导资料在租船合同纠纷中的使用	

	及其证据效力.....	145
第三节	气象导航与船舶保险.....	174
第四节	气象导航与货物索赔.....	176
第五节	气象导航与共同海损.....	178

第三篇 大洋气候与航线选择

第九章	北太平洋温带气旋(低气压)与航线选择.....	180
第一节	低气压的路径和低压中心通过的频数分布.....	181
第二节	北太平洋海浪分布特征.....	185
第三节	主要天气形势特征与航线选择.....	187
第十章	北大西洋温带气旋(低气压)与航线选择.....	194
第一节	低气压的路径和低压中心通过的频率分布.....	194
第二节	主要天气形势特征和海浪分布特征.....	198
第三节	北大西洋候平均气压分布与航线选择.....	204
第十一章	热带气旋简介及其与温带气旋 天气分布特征的比较.....	210
第一节	热带气旋简介.....	210
第二节	温带气旋和热带气旋的天气分布特征的比较.....	218
第三节	温带气旋和热带气旋的背离.....	223
第十二章	北印度洋夏季的风、浪特征与航线选择.....	225
第一节	6~8月份北印度洋的风、浪、流的特征.....	225
第二节	北印度洋航线选择.....	229
附录	气象导航缩略语和缩略词.....	231

第一篇 船舶海洋气象导航 理论和技术

第一章 船舶海洋气象导航概述

第一节 海洋环境与航海

海洋环境包括大气、海洋和海底地形等，与航海活动有着密切的关系。特别是大气和海洋经常处于不停的、有时甚至是很激烈的运动中，这就是人们通常所关心的航海水文气象条件。

远在帆船时代，由于人们对大自然的规律缺乏认识，海上天气条件的好坏对船舶安全航行起着决定性的不可抗拒的作用，因而给航海蒙上了一层冒险神秘的色彩。随着近代科学技术的发展，远洋船舶抗风浪性能大大改进，航海的安全性和经济效益也获得了大幅度的提高。但是，现代化的航海仍然受到海洋环境条件的约束和影响，恶劣的天气和海况仍是造成严重海损、甚至是海难事故的重要原因之一。所以，对航海环境的改善和利用仍是人们探索和研究的课题。这里，从以下几方面简述海洋水文气象条件对航海的影响。

一、风浪的影响

可以说，风是海员们最关心的气象要素。风不仅直接作用于船体，而且它的作用还会通过海浪间接地表现出来。风作用于船体产生的风压作用，会使船舶偏离计划航线，同时风所引起的表

面流也会在某程度上使航向偏离。故而， 为了保持预定航线，航行中必须不断地测定船位和进行风流压差的修正。船舶在大洋上航行时，短暂的偏离航线可能不会危及船舶安全，但若在有浅滩或暗礁的水域航行，或者如果船舶由大洋航线移向沿岸航线时，事先如不作好精确的预测和推算，就有可能发生搁浅或触礁事故。

风和浪对船体产生的阻力使船速降低。许多计算表明，对于上层建筑较小和马力较大的现代海轮，由于风的阻遏作用而产生的船舶失速显然变小，约占全部失速量的三分之一；而海水全阻力，主要是海浪作用下产生的失速约占全部失速量的三分之二。船舶在风浪中航行时，失速情况取决于船舶本身性能特征（诸如：船型、吨位、吃水、船速等）及风、浪高、浪向与航向夹角等因素。

船舶在大风浪中航行时，由于船体不断受到海水的冲击，引起船体纵摇、横摇、垂荡、砰击和上浪等现象。纵摇时，船首钻进波浪中，船尾翘出水面，推进器发生空转，这不仅使船速减慢，同时会造成主机和船体的强烈振动。横摇时，货物会产生移位，往往使船的稳性受到破坏。连续的浪击所造成的积累船体损伤可能相当严重，据计算，在风暴条件下，浪对船体的冲击力可超过 $20 \text{ 吨（力）} / \text{米}^2$ 。浪中颠簸会造成船舶结构的变形，如中垂、中拱等，严重时致使船体断裂。上浪也是造成货损的主要原因。由此可见，大风浪是危及船舶安全和造成经济损失的主要原因。

二、雾的影响

雾是影响海面能见度的主要因素之一，特别是在海上发生浓雾时能见度变得十分恶劣。为了减少碰撞和搁浅的危险性，不得不降低船速。但是，若船速过小，则由于航行时间长，受风浪影响大，会增大推算船位的误差，从而增加了船舶搁浅的危险性。一些有关的统计资料表明，雾中航行即使应用雷达等导航仪器，

仍有可能发生偏航、搁浅、触礁和碰撞等海事。

三、海冰的影响

海洋里的冰，除了海水自身冻结成的海冰外，还有来自陆地上的冰。陆冰中一种是从冰河流入大海的冰山，这主要是北大西洋纽芬兰附近的冰山；另一种是陆地冰川与海相连接的部分破碎而漂移在海上的冰山，这主要是南极洲附近的冰山。海冰是指在严寒的海域，由海水表层冻结而成的冰，它占海上浮冰的大部分。

冰山和浮冰受风和流的作用不断漂移，特别是冰山水下体积较大，有的延伸数百公里，所以，船舶必须远离冰山航行，以避免和冰山相撞。在浮冰密集的海区，由于浮冰的不断撞击和挤压，船体往往会受到严重的损坏，甚至破裂、下沉。当船舶航行在高纬度海域时，事先要做好充分的准备，摸清冰区规律，注意接收冰情报告和传真台发布的海冰图。

另外，船舶在高纬度海域航行时，在一定的水文气象条件下，还会发生船体积冰的情况。当气温下降到海水冰点以下时，并且同时又有大风浪把海水泼到主甲板以上的各个部位，往往冻结成冰，随时间推移，冰层会越结越厚。船体积冰的危害不仅会增加舱面工作的困难，如不及时清除，还会使船舶处于危险状态之中。这是因为当积冰严重时，导致重心上升，船体失去平衡，特别是小型船舶，可能有突然翻沉的危险。积冰沿船体纵向分布的不均匀，也会使船体向首部过份纵倾，引起尾部抬升和推进器空转。另外，船体积冰有时会切断天线，致使通讯阻隔。

总之，海洋水文气象条件对航海的影响是不可低估的。为此，长期以来，人们致力于研究水文气象和航海之间的关系。起初阶段首先考虑的是如何安全地将货物运抵目的港，随着国际国内航海事业的发展，国际航运市场越来越激烈，安全和高效益已成为现代航海的目标。要达到这一目标的途径之一就是如何改善航海

环境，避开其消极因素，有效地利用其积极因素，趋利避害。这就是船舶海洋气象导航技术得以发展的条件。

第二节 船舶海洋气象导航的定义及其种类

众所周知，无论是大洋航行还是沿海航行，气象条件都是船长拟定航线时必须考虑的因素，而且他们不断地将海上观察到的风、流等现象进行总结，运用到自己的航海实践中去，以求避害趋利。从这个角度而言，不论哪个时期的航海者都从未停止过运用其所掌握的气象知识指导航行。

近几十年来，随着天气预报能力的提高，通讯手段的发展，成功的天气预报已为航海带来了巨大的安全和经济方面的收益，这一点越来越为航海界所高度重视。于是，气象、海洋因素不再仅仅是作为航海的安全保证来考虑，如何依据天气、海况预报来优选航线已逐步形成一门新的航海技术。

一、船舶海洋气象导航的定义

船舶海洋气象导航就是根据大洋气候资料，长期、中期、短期天气和海况预报，结合船舶性能和装载特点，为船舶选择最佳航线，并在航行中利用不断更新的天气和海况预报修正航线，指导航行的导航技术。也可以表述为：它是根据船舶性能和装载特点，把长、中、短期天气、海况预报技术应用在优选航线和监视航行过程中，以达到在最短的时间内和损失最小的情况下完成航行的一种航海术。

船舶海洋气象导航具有以下的特点：

1. 由于在选择航线时和航行过程中充分考虑了航线上未来的各种天气过程和风、浪、涌、流等因素，所以可以使船舶有效地避开灾害性风浪区域，保证航行的安全。

2. 根据船舶不同的航行目的, 在保证航行安全的前提下, 为其提供不同要求的航线。它通常包括以下几方面:

1) 最短航行时间的航线。这种航线是通过省时而获得节能, 降低营运费用等经济效益。

2) 为货轮提供对于货物, 特别是对那些装载于甲板的货物给予最小损害的航线。

3) 在一定的航行时间内, 提供燃料消耗最少的航线。这种航线是直接通过节能而获得经济效益, 又称为节能航线。例如, 对于特定班轮, 在保证班期的前提下, 可采用节能航线。

4) 为客轮提供最大程度的旅客安全和舒适条件的航线。

5) 为完成船上预定的维修保养工作, 提供足够好天的航线。

6) 或是以上准则的某一组合。

无论选择哪一种要求的航线, 当前的天气、海况预报, 便成为优选航线和指导航行的最主要因素, 可以说, 这就是船舶海洋气象导航的实质。所以, 船舶海洋气象导航又有船舶气象定线、船舶气象预报选航线法等不同的说法。利用这种方法选定的航线称为气象航线, 国外文献上多称之为“船舶最佳航线”(OTSR — Optimum Track Ship Routing)。

由上可知, 气象航线能否成为实际的最佳航线是依赖于对天气、海况预报的准确程度, 依赖于导航者制作推荐航线和变更航线的能力。鉴于目前国际上气象科学的发展水平, 3~5天的预报准确率还比较高, 但要求更长时效的预报就必须采用气候资料作为补充, 否则预报时效和准确率就很难满足航程远、航时长航线的要求。所以最佳航线只能是在现阶段科技水平上的“最佳”, 从而它是“相对”的。

二、船舶海洋气象导航的种类

船舶海洋气象导航(以下简称为气导)可以分为岸上气象导

航（简称岸导）、船舶自行气象导航（简称自导）和船岸结合导航三种方式。目前，岸导已具有比较成熟的导航技术和工作系统。国内外船舶普遍采用岸导，它已成为实施气导的最主要方式。自导和船岸结合的导航仍处于摸索和试验阶段。

1. 岸导

岸上成立专门的船舶海洋气象导航机构。船舶开航前，岸导机构与船舶取得联系，以便掌握船舶的航行目的地、航行日程表船舶特性及所装货物等，然后为船舶提供优选初始航线、详细的天气形势分析和天气、海况预报等；船舶开航后，岸上导航机构定时向船舶提供航线前方的天气、海况预报。有时为了避开不利的天气、海况的影响，及时向船上提出调整航速或变更航线的建议，这就是通常所说的船舶开航后为其提供跟踪导航服务，直到船舶到达目的地为止。

岸上导航机构拥有经验丰富的各种专业人员，其中主要包括气象、海洋学专家、航海家、船长、操作计算机和编制程序的专业人员。拥有大容量、高速度的计算机，它可以用来处理大量的观测数据，制作预报及进行优选航线计算。拥有快速有效的通讯网络，它一方面用于与气象组织联网，以取得大量的气象、海洋情报资料，另一方面用于与船舶的通讯联系。要取得有效的气象导航，以上的人员构成和技术设备是必不可少的。可见，船舶海洋气象导航是一门融气象学、海洋学、航海学、造船学、计算机科学等多门学科知识为一体的综合性应用科学。

气导完全属于咨询服务性质，采用气导后，船长仍有操纵驾驶船舶的自主权，仍对船舶安全负有完全的责任。

如前所述，由于目前受到气象预报时效及预报准确率的限制，岸导服务尚未达到完全令人满意的地步，有时会出现因预报不准及突发天气的影响而中途变更航线的情况。另外，岸导全过程的实施紧紧依靠通讯联系，一旦岸船间通讯阻隔，岸导机构提供的

信息便失去意义，等等。为克服岸导所存在的一些问题，近年来，国外已开始重视和研究船舶自导及船岸结合的导航方式。

2. 自导

船舶自行气象导航是船长根据所能得到的气象和海洋资料，如各种传真天气图及现场观测资料等，结合本船性能和装载情况，经综合分析选择最佳航线。

船舶自导要求船舶装备气象传真接收机，要求船长有丰富的气象、海洋知识和预报能力。与岸导相比，自导有其优点。船长最熟悉本船性能特点，在航行过程中他又始终掌握海上天气及海况变化的第一手资料，如果他注重对天气形势的分析，就会弥补岸导机构分析的不足，更有利于他不失时机地主动采取措施，有效地避开恶劣海况的影响。同时，采用自导可以减少岸导时繁复的通讯联系及电报业务，节约导航费用等。

实施自导的困难在于船长在航行中不能得到丰富的、详细的资料，特别是缺乏对中期天气形势变化进行分析的依据；再者也不可能要求船长的预报能力达到岸上专业人员的水平，加之船上计算机设备限制等因素，自行气象导航虽越来越引起重视，但仍未形成系统的专门的航海技术。

3. 船岸结合的导航系统

为了克服、弥补岸导、自导各自存在的不足，充分发挥两者的优势，在船岸结合实施气象导航方面，国内外都提出了有关设想及研究方案等。它的主要内容是岸导机构为船长提供初始推荐航线和中期天气、海况预报，最后由船长选定航线；或者为船长提供第一阶段航线，即从进入公海始至48小时的这一段航线，以及不断提供气象、海洋方面的预报资料，以后的航线设计由船长完成。这就要求船长充分理解岸导航线的意图，最大限度地参考它；另外，由于大部分选择航线工作由船长完成，要求船上添加一定的设备来支持这一工作系统。

第三节 船舶海洋气象导航的发展过程及现状

纵观航海发展史，它与气象科学的发展一直是有着密切联系的。船舶海洋气象导航发展成今天的面貌也是航海家与气象学家不懈探索的结果，是历代的航海家和气象学家们刻苦钻研和经验积累的结晶。

一、气候气象导航阶段

在第二次世界大战以前，主要是在气候学方面不断积累资料，航线的拟定也主要是根据气候资料。

在帆船时代，最理想的航线是在顺风海区内，同时尽可能少偏离最短航线。例如，18世纪中期，美洲英属可罗尼斯的邮电部长本杰明·富兰克林运用新英格兰捕鲸船船长们提供的资料，第一次制作了海湾水流图；同时还忠告他的邮船横渡大西洋去欧洲时走偏北的西风带航线，回航时走偏南的信风带航线。航行实践证明，这种航法比过去要减少航行时间达14天之多。在18世纪，发现新大陆的时代过去之后，海上气象观测变得更为详尽，海洋气候学也因此得到了发展。

19世纪初(1808年)，法国人罗姆出版了“地球的风、海潮和海流图”，并在书中写到：“如果有一天大气和海洋运动的历史和理论能达到臻于完美的程度，它将为航海家们制定航线，并宣告在更安全的条件下环游世界各国的时代到来。”最重要的是19世纪最著名的气象航海学家马修·方丹·莫里，他是美国海军军官，他用毕生的心血和劳动投身于巨量的研究和收集资料工作，于1840年首次整理出逐月地球各大洋的气候风向图。迄今为止，航海者们所使用的分月分海区的“航海图”就是从莫里的第一幅海图发展起来的。1853年，在布鲁塞尔召开了国际会议，会议制定了一个统一执行计划，所有从事航海的国家都出版了航海图，

莫里的“航海指南”一书被译成~~了~~各国文字，所有的航海家都使用他的“交叉海图”。在这种图上标出连续的点，所需航线与某经线和纬线在其点上相交，同时标有一点到另一点所需的时间。这次国际会议的召开，也促使航海气象得以迅速发展。

尽管当时莫里的海图还很不完善（只标有风向，缺少风力），但却使帆船的航运节约了大量的时间。1870年，人们做了个统计，全世界的航海业因采用莫里的航线，每年节约可达一亿法朗以上。这足以说明，在当时没有天气预报，没有通讯工具的时代，人们利用莫里的各大洋的气候风向图，已经实现了“气候气象导航”。

19世纪后半叶，即最初的蒸汽动力船时期，随着气候资料的不断积累，已逐步统计分析出各种气候图。以莫里的海图资料为基础，逐步发展成为季节性推荐航线，这就是所谓的“气候航线”。以后使用的“世界大洋航路”中所推荐的即属此类航线。1887年，法国气象学家泰瑟朗·德博尔在他的“气象海图”中写到：“航海者应该注意气象方面的一个新问题，即确定大气活动中心的相对位置及其在各种天气形势下的区域，人们将要遇到的风就取决于这个区域。毋庸置疑，对于一个船长来说这是十分重要的。在已知某种天气形势会持续下去的情况下，假如他遇到葡萄牙附近的南风，而不是他所等待的北风，这样在去纽约的航线上，在该大气活动中心的影响下，如果航行在最北面，他就会处在弱风的高压区，如果南下他就会遇到低气压和大风浪。”早在19世纪50年代，美国成立了世界上第一个气象局，局长Frityoy是一位有经验的船长，当时他利用最简单的天气图标出气旋位置用以指导航行避开大风区。上述事例说明，远在100多年前，气象学家和航海学家已开始了气象导航的探索。

20世纪初期，船舶机械动力的发展促使航海者寻求最短航线以便节约燃料，需要解决的不仅是航行安全，而且包含诸如从欧洲至美国东海岸是走北航线还是走南航线最为有利这类问题。20

年代初，有些国家已开始制作天气预报和向船舶发布无线气象报告，船长据此了解当前和未来短期内天气、海浪状况，然后结合船舶情况调整航线以保证航行安全。当时，天气预报作为安全保证已显示出越来越明显的作用。但是，由于预报水平较低，有效预报时间一般只有24小时，预报区域也有限，同时缺乏有效的通讯联系，所以，天气预报还不可能成为拟定整条航线的主要因素，拟定航线还要依靠气候资料。

二、天气预报成为选择航线的主要因素

随着天气预报能力的提高，通讯手段及电子计算机的发展，为海洋气象导航创立了必要的条件。20世纪40年代末50年代初，美国海军和几个商务性的私人导航组织，对于海洋气象导航的发展起了重大作用。他们有效地运用海面和高空预报为横渡大西洋航行的船舶服务，使船舶有效地规避灾害性天气，既保证了航行安全，又提高了航行的经济效益。

40年代末，美国海军为了舰船能够安全、准时地航行，海军水路部首先开始利用天气预报来选择和计算航线，并建立了海洋气象导航局。50年代初，约于1952年，美国西海岸一些航运界人士为了尽量减轻因天气、海况而造成的船损、货损，也为了探求比惯用航线更为省时的航线，以便节约营运成本，提出了为船舶提供海洋气象导航服务和成立导航机构的要求。于是，由霍华德和卡斯特组建了太平洋气象分析公司，它是世界上第一个为商船安全航行提供气象资料和航线选择指导的组织，之后改名为美国气象导航公司（Oceanroutes Inc.），总部设立在旧金山。它是一家私人办的气象导航机构，该公司自1952年成立，发展到1987年，其服务质量达到了有效应用程度。由于80年代后石油价格的猛涨，要求定线的船舶大大增加，从而促使气导业务得以迅速发展。正是在80年代，荷兰、原苏联、西德、挪威、日本等国都相继建立

了海洋气象导航服务机构，其中荷兰气象导航局成立于1960年，是欧洲最早成立的气导机构。这些机构都与世界或国家气象组织密切联系，以便从那里获取选择航线所需的基本数据，如天气图、海浪图以及雾、冰、海流等对航行有影响的情报资料等。从50年代起，经历了迄今为止30多年的发展，气导服务的范围已由局部大洋扩展到对全球范围的、各种类型和各种航行任务的船舶提供咨询服务。

三、船舶海洋气象导航机构的分布和概况

1. 美国气象导航公司 (Oceanroutes Inc.)

该公司创立于1952年，总部设在美国加州旧金山。创立之后的20年间，导航范围仅限于北太平洋海域。1971年在日本东京成立第一个分公司后，相继在世界各地成立了12个分公司，于是开始了全球性的导航服务。现在约有250名专职人员，为世界各地共800多家客户提供多种与气象海洋有关的服务。每个月的导航船只超过1000艘，为船舶提供气导服务并为船东或租船人作有关的船舶航行分析论证报告。此报告为世界海事组织承认，在海商、海事纠纷中具有证据效力。此外，它还对沿岸海域各种服务对象提供天气、海事情报的服务。目前，它已发展成为世界上最大规模的船舶气象导航机构，在船舶导航及海洋气象应用方面均居世界之首。

自1979年起，该公司开始为中国航运界提供服务，1985年它在中国上海成立海洋气象导航分公司。

2. 美国舰队天气海洋服务有限公司 (Fleet Weather Ocean Services, Inc.)

美国海军在40年代末已开始了气象导航技术的研究，后由舰队气象总局设立上述导航机构。该机构利用由加利福尼亚蒙特雷美海军舰队数值海洋中心 (FNOC) 提供的气象海洋资料计算航线。