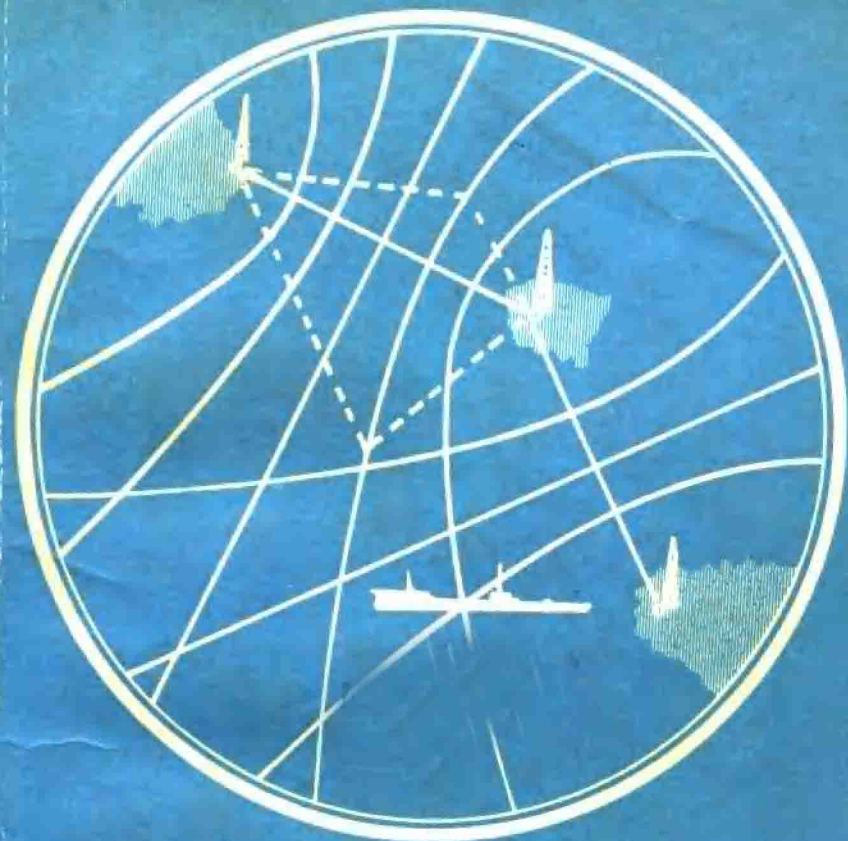




奥米加导航系统

邱民 编

AOMIJIA DAOHANGXITONG

人民交通出版社

奥米加导航系统

邱 民 编

人 民 交 通 出 版 社

1 9 7 8 年 · 北 京

内 容 提 要

奥米加导航系统是近年来新兴的远程无线电导航系统。全世界只要设置 8 个奥米加台，船舶、飞机就可以利用它不受时间、天气的限制，在地球上任何地点确定自己的位置。本书从航海的角度出发，对奥米加导航系统的原理及应用作了简要介绍。

全书共分五章，第一章介绍奥米加导航系统的概况；第二章介绍甚低频无线电波的传播基本原理；第三、四章介绍奥米加接收机的实际操作和奥米加海图及表册的使用；第五章简要介绍了一些奥米加系统的其它应用和发展，可供船舶驾驶人员及海运院校师生学习参考。

奥米加导航系统

邱 民 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：4.125 字数：87 千

1978 年 8 月 第 1 版

1978 年 8 月第 1 版 第 1 次印刷

印数：0001—6,900 册 定价(科三)：0.34 元

前 言

在浩瀚的大海上能随时定出准确的船位，是航海人员长久以来的愿望。奥米加导航系统就是为了满足这个要求而发展的。

奥米加系统属于双曲线方式的无线电导航系统。目前，世界上广泛使用的双曲线系统有劳兰（LORAN）系统、台卡（DECCA）系统。但是由于劳兰、台卡系统的作用距离近（在白天，劳兰 A 约 750 海里，劳兰 C 约 1,200 海里，台卡约 350 海里），而且发射台都建造在沿岸附近，所以，这些系统的有效作用区域只覆盖了北半球海域的三分之一，在南半球只有几个台卡台。因而在地球大部分海域，特别是在南半球海域航行的船舶，驾驶人员还是不得不采用天文方法来决定船位。

但是，每天世界上有 65~70% 的地区被云遮盖着，根据经验，有四分之一的天数不能测天。而且，还要受各种测定条件的限制。因此，实际上能够测天的机会还要减少，驾驶人员往往只能用推算的方法求得自己的船位。

奥米加系统，由于采用了 10~14 千赫的频率范围，传播衰减小，相位稳定性较好，能够传播 7,000 海里以上，所以只需 8 个奥米加发射台，其有效作用区域就足够覆盖全世界。

使用该系统，无论是船舶、飞机，还是在水下 15~20 米深的潜艇，都能在任何时间、任何地点，不受天气条件的限制，以白天 1 海里、夜间 2 海里的精度确定自己的位置。所以，奥米加系统的出现标志着无线电导航发展到一个新阶段，引

起各方面广泛地重视。

伟大领袖和导师毛主席教导我们：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。”奥米加系统目前虽然是比较先进的导航系统，但仍存在着一些缺点，因而最近又相继出现了“测差奥米加”、“微奥米加”、“阿尔法—奥米加”等。

目前，随着各个奥米加发射台陆续建成，奥米加系统正逐步进入实用阶段，系统本身尚在实践中不断发展，本书只能初步地作一介绍。由于学习不够、水平有限，错谬之处难免，望航海及有关方面读者予以批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 奥米加导航系统的概况	1
第一节 双曲线导航系统	1
第二节 奥米加发射台的布局	7
第三节 发射台的概况	9
第四节 发射频率与发射顺序	12
第二章 甚低频无线电波的传播	17
第一节 电离层	17
第二节 波导管理论	20
第三节 相位的变化	22
一、日变化曲线	22
二、相位阶跃	25
三、周滑移	26
第四节 电场强度的变化和工作区域	27
一、传播方向	28
二、传播模式	28
三、大地电导率	29
四、工作区域	30
第五节 由太阳爆发引起的传播异常	32
第六节 奥米加频段的噪声	33
第三章 奥米加接收机的实际操作	36
第一节 奥米加接收机的概述	36
第二节 奥米加记录	40

一、锚泊时的记录	41
二、航行中的记录	44
第三节 奥米加接收机的操作步骤	48
一、OR-160 型奥米加接收机	52
二、JLA-101 型奥米加接收机	59
三、TDO-1000型自动奥米加导航接收机	62
第四节 巷识别	72
第四章 奥米加海图和表册	77
第一节 奥米加表	77
第二节 奥米加传播改正表	83
第三节 奥米加海图	99
第四节 奥米加表册的实际使用	104
第五章 奥米加系统的其他应用和发展	106
第一节 ρ - ρ 航法	106
第二节 测差奥米加	107
第三节 阿尔法—奥米加	108
第四节 OPLE 系统	110
附：JLA-101 型导奥米加导航接收机 主要工作原理	111

第一章 奥米加导航系统的概况

第一节 双曲线导航系统

奥米加系统和劳兰系统、台卡系统一样，都是双曲线方式的无线电导航系统。

所谓双曲线，根据几何学的定义，是到二定点 A、B 的距离之差为某一定值的那些点的轨迹。就是说，从双曲线上的任意点到二定点的距离之差是某一定值，如图 1-1 中 $\overline{AC} - \overline{BC} = \overline{AD} - \overline{BD} = \text{定值}$ 。

如果在 A、B 定点设置发射台，同时发射无线电波，在 C 点设置接收机，则 B 台发射的电波到达 C 点比 A 台发射来的要早。假定 $\overline{AC} - \overline{BC} = 1$ 海里，即 B 点距 C 点比 A 点距 C 点近 1 海里，根据公式知：

$$t = \frac{d}{c} = \frac{1 \text{ 海里}}{3 \times 10^8 \text{ 米/秒}} \approx 6 \text{ 微秒}$$

式中：c——电波速度

把距离差换算成时间差，则二电波到达 C 点的时间差约为 6 微秒，即 B 台的电波早到约 6 微秒。

“当航海人员用接收机测出时间差为某一值时，就知道船正在相应的双曲线上。如果同时再测得另一组台（例如 B、E 台）的双曲线，则该二条双曲线的交点就是船位。这就是双曲线导航系统最基本的定位原理。”

劳兰系统是具有代表性的双曲线方式的导航系统。在我

国沿海已普遍使用劳兰 A 系统，因此，双曲线方式对我们并不陌生。

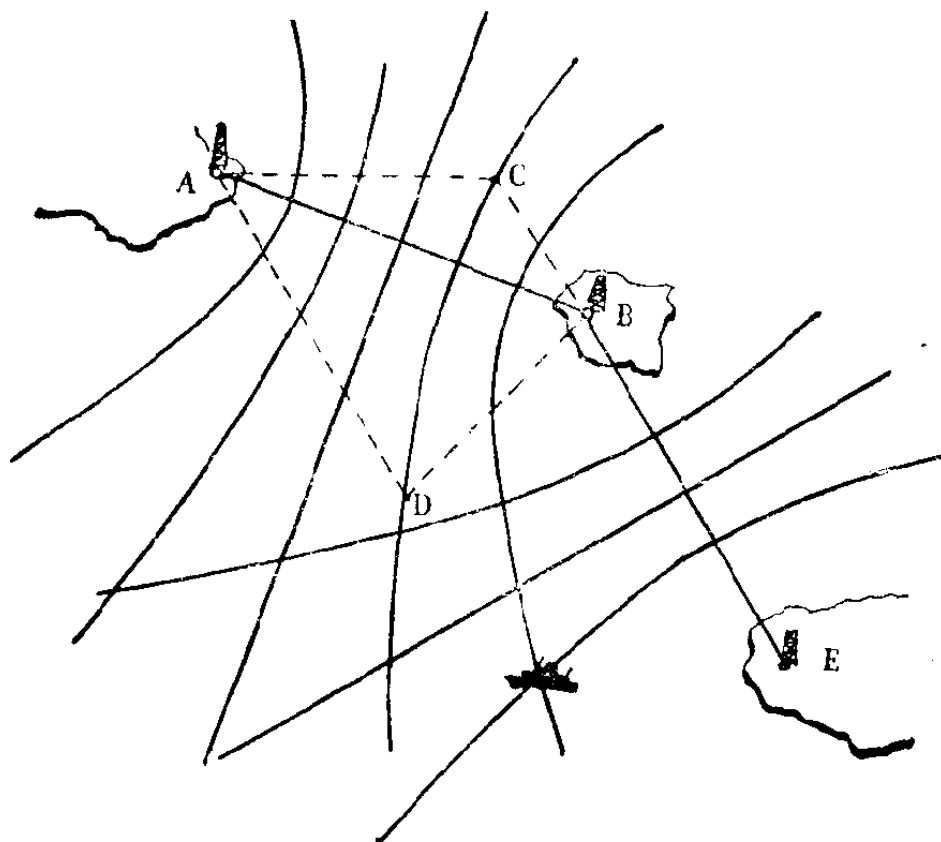


图1-1 双曲线系统

劳兰(LORAN)名称的来由，是英语远距离导航(Long Range Navigation)几个词首字母的缩写，顾名思义，当初设立劳兰系统的目的，是为了用于全球远程导航。如果在地球上合理配置约 96 对劳兰发射台，其有效作用区域就可以覆盖世界整个海域。但实际上，在大洋中建台是不可能的，而且有些地区由于国际间的原因也不能建台。再则现在广泛使用的劳兰 A 系统（又称标准劳兰系统），使用约 2 兆赫的频率，波长较短，陆地上的衰减大，所以劳兰 A 系统不能覆盖全世界。

另外，劳兰 A 系统是测定一对发射台的电波到达的时间差，由主、副发射台分别发射约 2 兆赫的脉冲波，并由接收

机测定解调后的主台脉冲与副台脉冲之间的时间差。由于脉冲波形是很多频率合成的，经常容易受干扰而失真，所以定位精度较差。

为了提高定位精度，最好采用测定相位差的方式。台卡导航系统就是采用测定相位差方式。由发射台发出70~130千赫的持续长波(LF)，接收机将主、副台频率分别叠倍，得出相同的频率，再在这相同的频率（称比较频率）上测定出主、副台之间的相位差。

假定主、副台发射的电波频率均为100千赫（台卡台实际上是频率分割发射，主、副台发射不同的频率），波长为3,000米，所以电波传播1周前进了3,000米，相位也变化了 360° 。换言之， 360° 的相位差相当于3,000米的距离。若如图1-2所示，主台A、副台B同时发射相同频率的电波，如果船位于与两台等距离的P点，则接收两台到达的电波的相位相等；如果船位于①点，则B台的电波相位比A台的要超前 180° ，因此，可以得知在①点两台的距离差为1,500米。也就是说，知道了两台到达的电波的相位差，也就知道了两台间的距离差。若把相位差相等的各点连接起来就成双曲线。相邻两条相位差为0的双曲线之间的间隔，称作“巷”(Lane)。基线上的1巷的距离正好相当发射电波的 $1/2$ 波长。

巷的百分之一称作“分巷”(Centi-Lane)。

因为相位的测定其精度可达到 1° ，则根据相位与距离的关系，推定出定位精度最佳可达③米。但是，测定的波长必须经常保持一定，所以只能以稳定的地波为对象，这样，台卡系统的有效作用区域仅仅在发射台的地波传播范围（约350海里）之内。因此，仅适用于海峡、河口等狭窄水域内定位。目前主要在北欧，其他还有日本、加拿大东海岸、波斯湾、马六甲海峡、西班牙、澳大利亚、孟加拉、印度、非洲南部

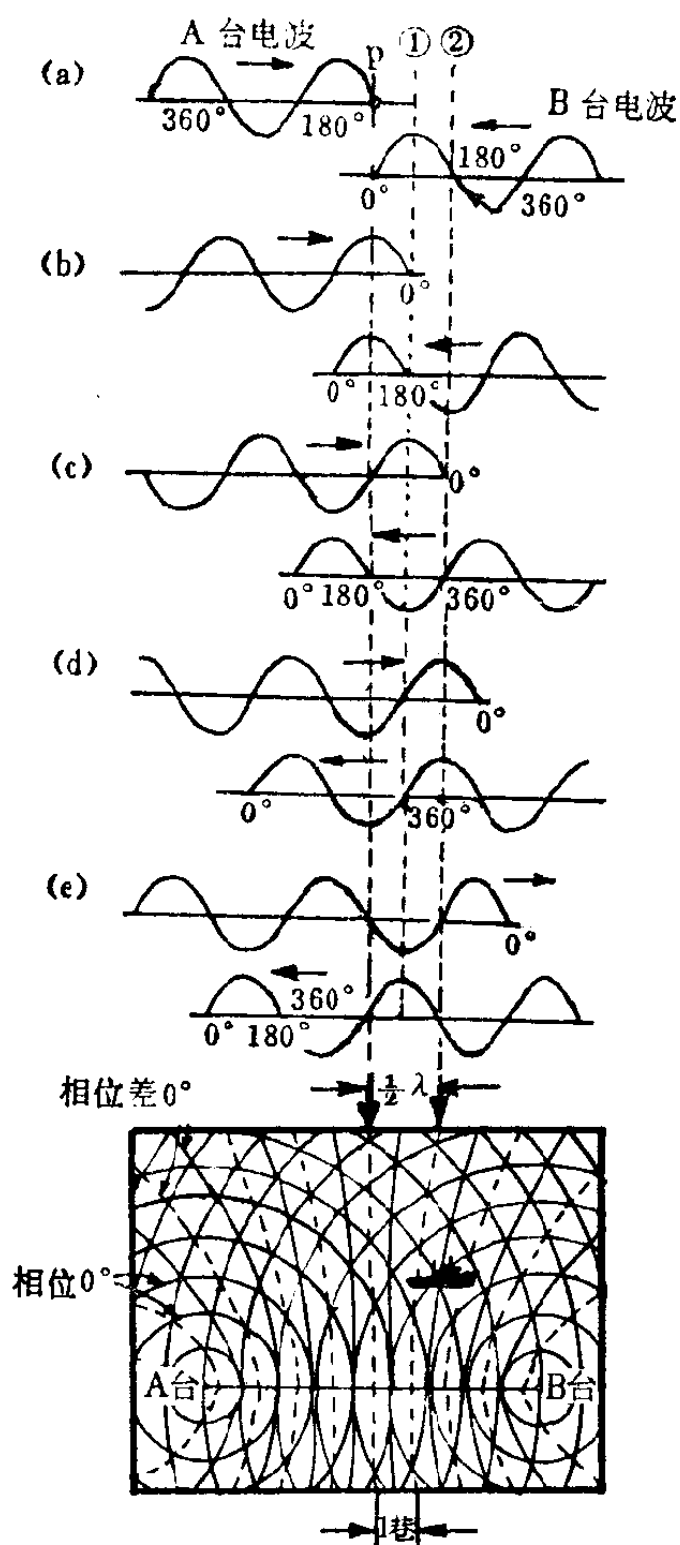


图1-2 相位差双曲线原理图

等地，设有台卡发射台。

由上所述，测定时间差的劳兰 A 系统，作用距离较远，但定位精度差；测定相位差的台卡系统，定位精度显著提高，

但有效作用区域太小。吸取两者各自的长处，于1963年开设了劳兰C系统，工作频率采用低频100千赫，由于低频电波传播衰减小，传播范围显著增大，白天传播距离达1500海里，夜间一次天波可达2300海里。

人们在实践中逐步认识到，为了扩大传播范围，不能采用高频，因为频率越高衰减越大。于是着手对甚低频段（VLF）进行研究。结果，大量的试验证明：

① 10~14千赫的甚低频，传播时的相位很稳定。有利于提高测定精度。

② 传播衰减小（只有传播路径经过极地的长年冰区时，衰减较大）。

③ 在远距离，电波传播的第一模式成分十分大，第二模式不干扰相位（参看第二章第二节）。有利于减少测定上的误差。

④ 因为频率低，波长长，即巷幅宽，在基线上1巷约为8.2海里。在定位中对巷的识别非常有利。

所以，奥米加系统采用了测定10~14千赫甚低频的相位差的方式。

甚低频可以比较稳定地进行远距离传播，这是奥米加系统成立的前提，可是为了建立奥米加系统，还必须解决相距几千海里的发射台之间怎样来保持时间上的同步。双曲线系统的特点，是必须使两个发射台之间发射电波的时间保持同步，所以在过去两个台之间的基线长受限制，只能限定在电波可以稳定传播的距离之内，也就是说，发射台之间相距不能太远，只能在地波传播范围以内。台卡、劳兰系统，除了电波传播的衰减因素外，就是因为这个缘故使其基线长受到限制，进而传播范围相应地缩小。

随着科学技术的发展，近几年来出现了稳定性极高的

振荡器，可以达到在300年内只相差1秒的精度，因此各个发射台能够具有独立的时间标准，相互间可不需要用电波同步。

所以，奥米加发射台之间的基线长可达到5,000~6,000海里，奥米加系统才有了实现的可能。

△图1-3是几种双曲线导航系统覆盖范围的比较。假设劳兰A发射台之间的基线长为200海里，劳兰C的基线长为1,000海里，奥米加的基线长为5,000海里，则奥米加的覆盖面积是劳兰A的625倍，是劳兰C的25倍。

虽然建立了80几个劳兰A台，可是只覆盖了地球面积的15%，而且要维持这么多发射台，开支费用极其庞大。所以，有的国家提出关闭劳兰A发射台的计划。美国将于1979年7月1日和1980年7月1日分两批关闭劳兰A发射台。

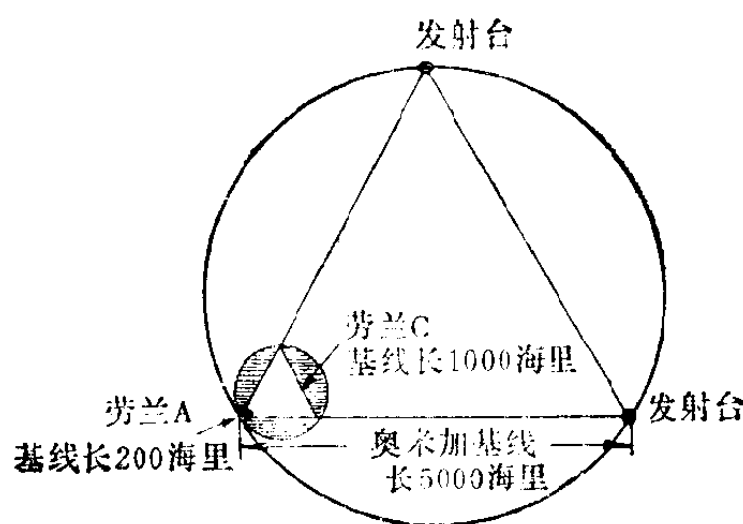


图1-3 几种双曲线导航系统覆盖区域的比较图

第二节 奥米加发射台的布局

计划中的奥米加发射台的天线辐射功率是10千瓦,由此推算,每个台的电波可以传播7,000海里以上。最理想的布局是在地球上每相隔 90° 设一发射台(图1-4),这样,各个发射台之间的基线长为5,400海里,全球只要设6个台就够了。

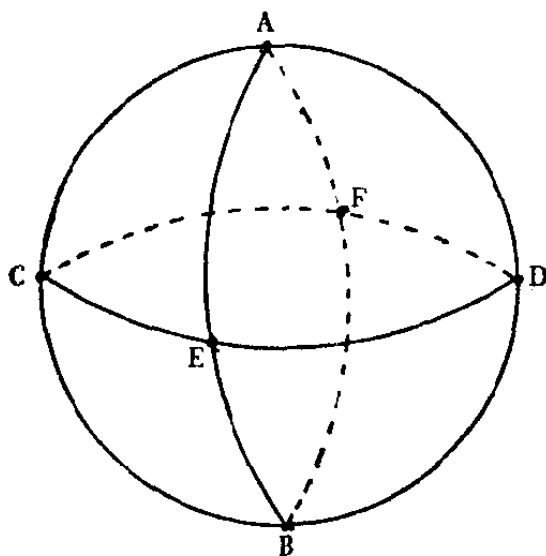


图1-4 发射台理论上的布局图

但是,考虑到由于在极地附近电波衰减厉害,影响传播距离;还由于受地磁场的影响,有效距离随传播方向而变化;另外,受地理条件的限制,在大洋、沙漠等处实际无法建台;并且可能有1~2个台发生故障或进行检修等原因,所以6个台的方案在实际上无法实现。

现行的方案是设8个发射台。每两个台组合起来,可得出1根位置线,总共有28根位置线,这样在地球上的任何海域都能够选择5~6根位置线来决定船位。即使有的台发生故障,也有足够的位置线供以定位。

奥米加发射台的布局方案曾提出近30个,最后采用的方

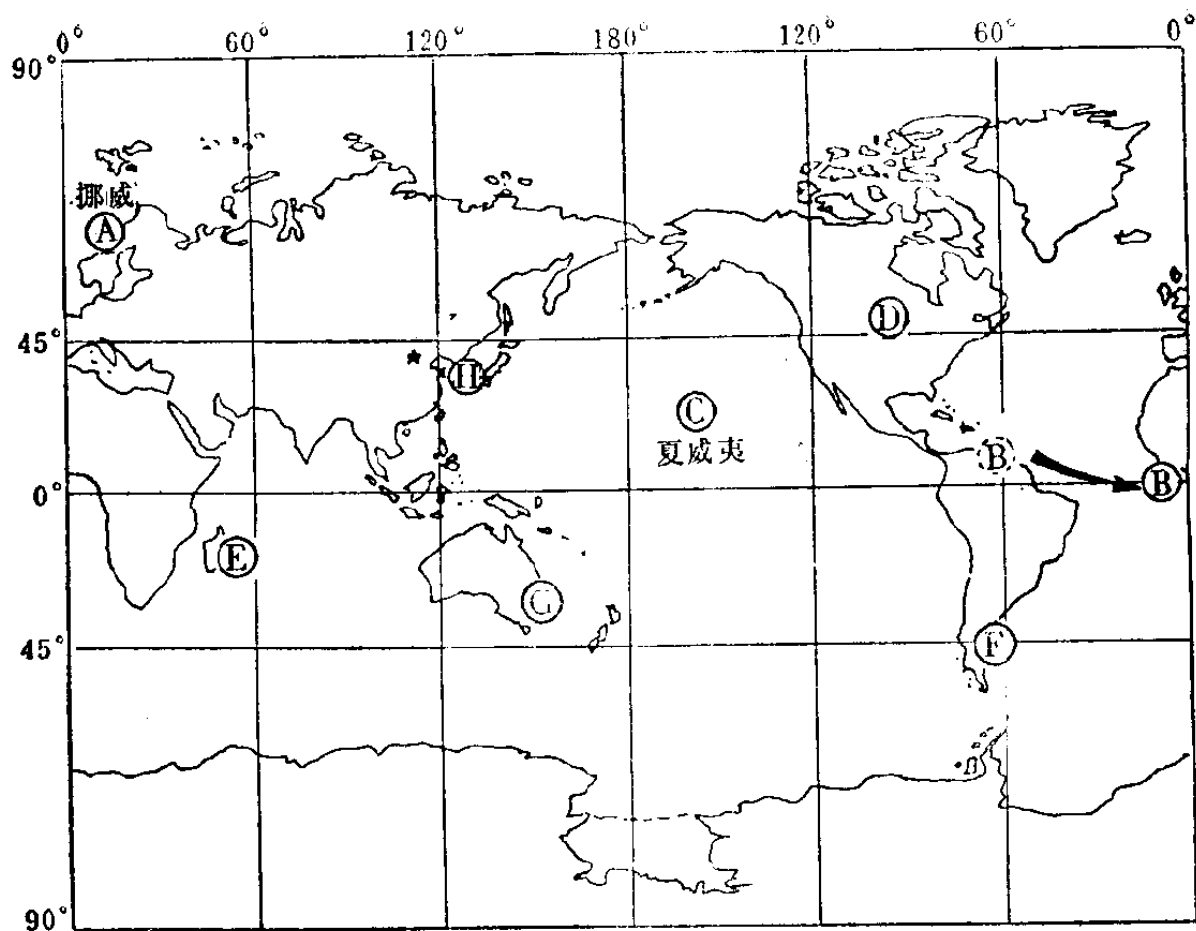


图1-5 奥米加发射台分布图

表1-1

台 名	位 置 (经 纬 度)	
A 挪威 (Norway)	66°25'15.00"N	13°09'10.00"E
B 利比里亚 (Liberia)	6°N	11°W
C 夏威夷 (Hawaii)	21°24'16.90"N	157°49'52.70"W
D 北达科他 (North Dakota)	46°21'57.20"N	98°20'08.77"W
E 留尼汪岛 (Reunion)	20°58'26.47"S	55°17'24.25"E
F 阿根廷 (Argentina)	43°03'12.53"S	65°11'27.69"W
G 澳大利亚 (Australia)	未 建	
H 日本 (Japan)	34°36'53.26"N	129°27'12.49"E
旧B 特立尼达 (Trinidad)	10°42'06.20"N	61°38'20.30"W

案如图 1-5 所示。各台的地理位置如表 1-1。

自1958年以来，在挪威、特立尼达、夏威夷和纽约四个地点建立了试验性的发射台（当时它们的天线辐射功率分别为4千瓦、1千瓦、2千瓦和250瓦），进行了大量的评价试验。其中纽约台因离特立尼达台过近，双曲线的曲率过大，影响定位精度，所以D台已迁移至美国北部的北达科他。

另外的三个台（E、F、H）也已建设完毕，E台和F台在1976年2月正式工作，日本的H台也已于1975年5月正式工作。

此外，特立尼达的B台已迁至非洲利比里亚新址，并于1976年2月1日在新址正式工作。

只有澳大利亚台（G）目前尚未兴建，预计动工后30个月才能发射。

原来的特立尼达台在澳大利亚台未建成之前代替G台进行发射。

第三节 发射台的概况

建设奥米加发射台，最大的难关是天线系统。由于甚低频的天线辐射功率与发射频率的四次方成比例，所以当给电功率一定时，如果天线长度相等，频率越低，天线的辐射效率就越低。例如：以10千赫与20千赫相比，尽管它们的频率相差2倍，但效率却相差16倍。为了提高奥米加台的辐射功率，可以想像必须采用多么高大的天线系统，这在经济上、技术上都有很大的困难。

因此，在建设奥米加台时往往考虑利用自然条件，用山峰之间来代替铁塔，如挪威台（图1-6），天线架设在Aldra岛与Brat land山顶之间，发射台机房设在Brat land山麓。

还有如夏威夷台、特立尼达台等利用了死火山的喷火口（图 1-7）。

但是，辐射效率不光是长度起作用，而且也取决于天线与大地之间的电容性能，即地线效率很重要，挪威台的地线电缆伸入海中，所以效率极高。而夏威夷台、特立尼达台，它们的地线就不得不在陆上铺设庞大的铜网。

因而从经济效果考虑，应充分利用海、湖泊、沼泽而不能强求天线采用跨山谷（Valley Span）架设的方式。如日本的对马台选择利用海，阿根廷台、和将来的澳大利亚台选择利用沼泽地带，它们均采用顶负载（Top load）方式的天线。

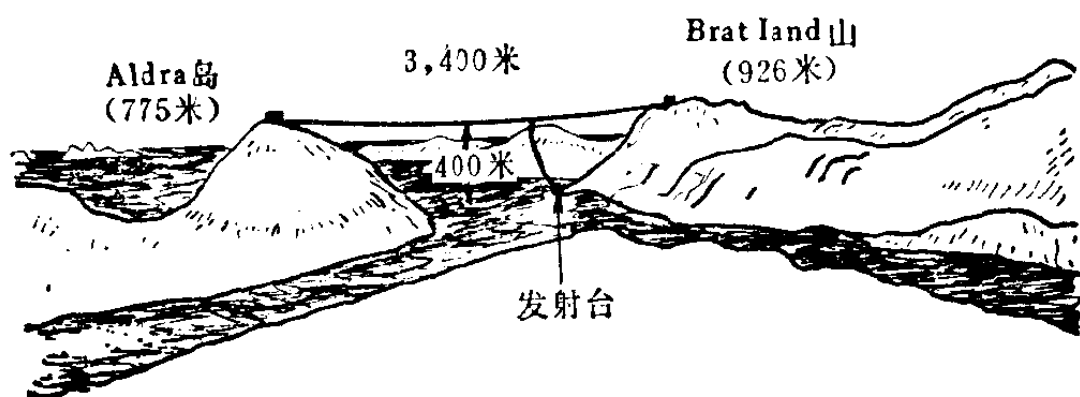


图1-6 挪威台示意图

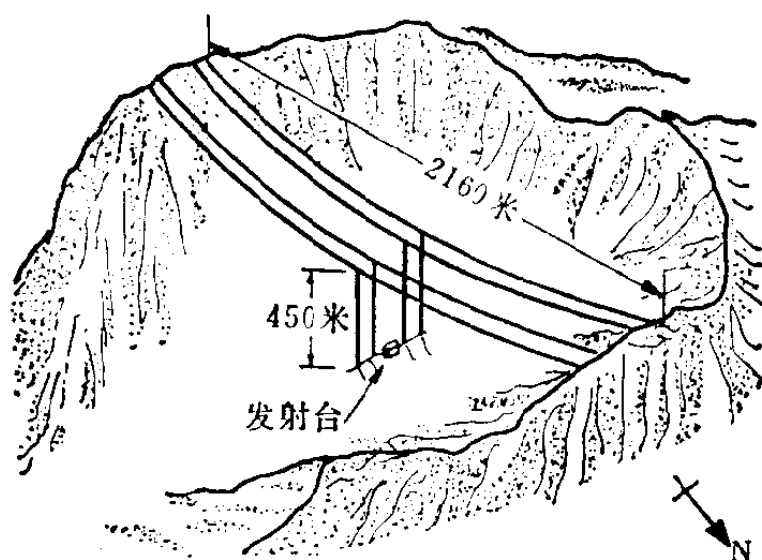


图1-7 夏威夷台的天线伸张状况示意图