

The cover features a dark blue night sky with a satellite in the upper left. The satellite has four large solar panels and a central body. Concentric white arcs represent signal waves emanating from the satellite and reaching a ship on the ocean below. The ship is a dark-hulled vessel with a white superstructure, moving across the greenish-blue waves of the sea. The background is a deep blue with scattered white stars.

天文导航 卫星导航

司徒杰

战士出版社

军事科技知识普及丛书

天文导航 卫星导航

司徒杰

战士出版社

一九七九年·北京

封面设计：孙立新

插图：冷增福

军事科技知识普及丛书

天文导航 卫星导航

司徒杰

战士出版社出版

新华书店北京发行所发行

七二一三工厂印刷

787×1092毫米 32开本 2.75印张 40,000字

1979年12月 第1版 1983年3月济南第2次印刷

书号：15185·39 定价：0.24元

目 录

前 言 1

天文导航

一、神奇有趣的海上星空.....3

二、我国古代的“牵星过洋术”9

三、测星星定舰位的奥妙14

四、天上星星的位置与星下点17

1. 天上的经度和纬度17

2. 记载星星位置的《航海天文历》21

五、测星的精确时间.....24

1. 精确的世界时24

2. 计时准确的“航海天文钟”28

六、舰船与星下点的距离31

1. 星星的仰角和星下点的距离31

2. 准确、简单、方便的“航海六分仪”34

七、测星定位的实现和发展	39
1. 距离差作图法	39
2. 突破夜幕的阻拦测星星	44
3. 在明亮的蓝天下测星星	46
4. 自动搜索、自动跟踪、自动 测星	50

卫星导航

一、导航卫星在飞行	52
二、天上的“广播站”——导 航卫星	54
三、空中的“高速公路”——卫 星轨道	56
四、天外千里传信息——“我 在这里”	60
五、火车的汽笛声与测量卫星 的距离差	66
六、卫星信号的多普勒频移	71
七、舰位在哪里	73
八、自动化的“顺风耳”——卫 星导航接收机	79

前 言

从我国美丽富饶的东海出发，穿过一串项链似的岛屿，就可以进入辽阔浩瀚的太平洋。军舰踏破翻腾起伏的波浪，航行在海洋上。白天，太阳陪着军舰行驶，晚上，星星伴着军舰航行。除了天上的“伙伴”，在一望无际的海面上，看不到半点岸峰、岛屿、灯塔、航标的影子。在这水天茫茫之中，军舰怎么能知道自己航行到了什么地方？怎么能保证自己不迷航呢？

原来，军舰上专门设有航海部门。管航海的同志不论白天黑夜，都聚精会神地操纵着各种现代化的航海仪器，不断测出有关数据，引导着军舰向目的地航行。你看，那架像天文望远镜一样的“星光跟踪器”，正指向太空，瞄准着神秘的导航目标——星星；那部“卫星导航接收机”，正频频地接收着人造地球卫星播发的无线电导航信息。在这些仪器的荧光显示器上不断地闪现出清晰的数字，指示出现

在军舰航行到什么地方，经度和纬度各是多少，军舰走的是什么航向，速度是多少。假如在出航前，人们把航行计划的有关数据输入这些导航仪器中，当快要到达航行计划规定的转向点时，荧光显示器还会提醒人们该准备转向啦。这是多么奇妙的导航仪器呀！

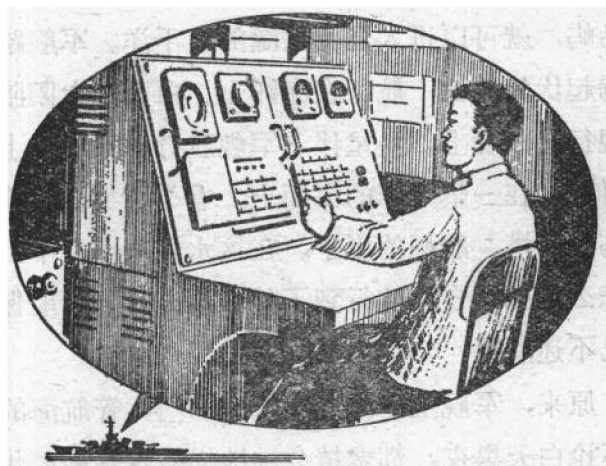
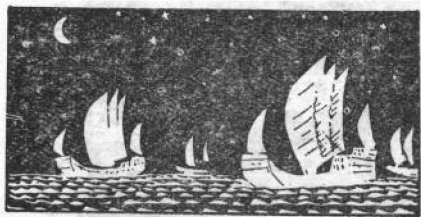


图 1 舰船导航工作

现代化的仪器，就是这样利用日、月、星星和人造卫星从宇宙空间传来的光和无线电信号，自动地替人们完成了一系列复杂的测量和计算工作，确定出军舰在海洋上的位置，不断地引导着军舰准确到达指定的地点，执行各种战斗任务。



天文导航

一、神奇有趣的海上星空

神奇深邃 (sui 空间深远) 的宇宙星空，广阔无边。夏夜，我们在航行的军舰上，仰望星空，一下子就可以看到由朵朵亮云组成的银河，横贯夜空。沿着银河，你可以找到一个十字形的星座，它像一只脖子伸得长长的天鹅，在银河上空振扑着双翼，高高飞翔。因此，人们把它叫做天鹅星座。在天鹅星座的西边，就是天琴星座。其中最明亮最晶莹皎洁的一颗星，就是织女星。在它的旁边还有四颗小星，组成一个小小的菱形，好象织女织布用的梭子。隔着银河和织女星遥遥相对的是牛郎星，它是天鹰星座中最亮的一颗星。在牛郎星的两边还有两颗小星，古代神话传说中说这是牛郎担着的一对子女。

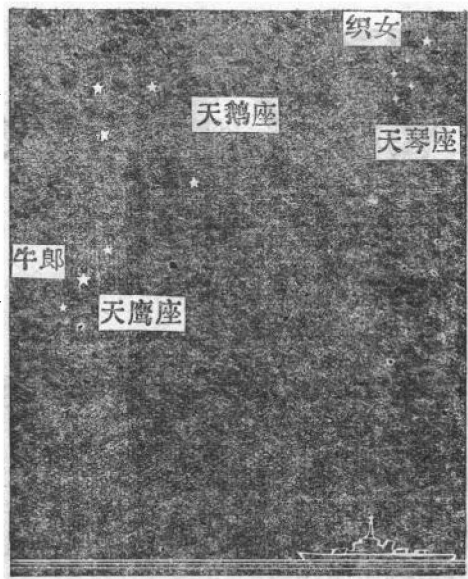


图2 夏夜星空

牛郎和织女每年农历七月初七在鹊桥相会，是我国古代流传下来的一个美好的神话故事。神话毕竟是神话。一道银河把牛郎织女分隔得非常远，就是牛郎使用现代化的无线电通信设备给织女拍一份电报，最快也得经过约30年才能收到织女的回音，怎么可能一年一度相会呢？今天，这个生动的神话故事，可以帮助航海的人们认识天上的这两颗星，以便利用它指引航行。

牛郎星，织女星，只是天空中许许多多星星中的两颗星。人们的肉眼可以看到的星星，在海平面以上的有 3000 多颗，在海平面以下还有 3000 多颗，总共有 6000 多颗。这也只是宇宙中所有星星的很小很小的一部分。长期以来，人们按照天空的区域和星星的形状，把天上的星星划分为 88 个星座，每个星座都有自己的名字。这些名字，多半采用各色各样的神仙凡人和飞禽走兽的名字，充满了神话般的奇异色彩。每个星座中的星星，又按照它们的不同亮度，顺序用 α (阿尔法)、 β (贝塔) 和 γ (伽马)……等希腊字母作为它们的记号。这样，人们在星空中寻找某一颗星星就比较方便了。

冬夜星空，群星闪烁，璀璨 (cuǐ càn 光彩鲜明) 夺目。人们抬头仰视夜空，会发现与夏夜星空不一样了，牛郎星和织女星不见了。向南看，最引人注目的是猎户星座。星座的外围是略成平行四边形的四颗亮星，中间横排着三颗星，三颗星的下方，斜挂着一串小星，真象一位身材魁梧的猎人，腰束锦带，身佩宝刀，矗 (chù) 立太空。在它东边是大犬星座和小犬星座，在它西边是牛角形的金牛星座。这些星座，在冬夜的天空构成一幅猎人带着大、小



图3 冬夜星空

猎犬追捕金牛的天上狩猎图。

寒来暑往，年复一年，星空总是这样一年一个周期的变化着。除了这种变化，人们看到星空还有一日一周期的变化。所有星星都和太阳、月亮一样，每天东升西降，从不停息。一些星星升出来了，一些星星就要降下去。在北半球的人们，比较容易发现的是北斗七星。它是由七颗星组成，很象一把有柄的勺子，它的名字叫做大熊星座。沿着它的勺子

口上的 β 星向 α 星的方向，把这两颗星之间的距离延长五倍，就可以找到一颗星星，这就是闻名的北极星。北极星是小熊星座中的一颗星。以北极星为中心，和北斗七星遥遥相对的另一个星座，就是仙后星座，意思是神仙的皇后，它的形状象英文字母的 W 或者 M。一夜之间，人们会发现这三个星座都以北极星为中心旋转，北斗七星有时在下，有时在上，有时在东，有时在西。北极星虽然并不是正

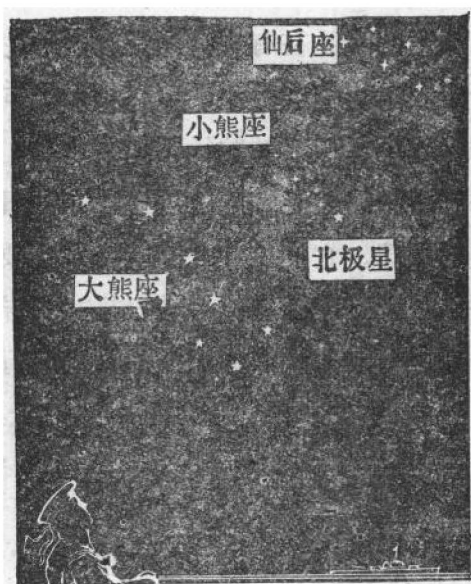


图 4 北部星空

好在这个旋转的中心，但是，相距不远，十分靠近。这个中心位置正好在地球北极的正上方，所以，北极星能指示出正北的方向。航海者熟悉了北边星空这三个主要的星座，在晴朗的夜晚，就能很方便地找到北极星，判断出大概方向。

海上夜空的景色十分有趣，冬有猎户狩猎图，夏有牛郎会织女，北斗天勺舀极星，一日转一圈。这些引人入胜的景象，清楚地告诉人们：在不同的时间，不同的地点，看到星星在天上所在的位置是不同的；天上的星星在有规律地运动着，它们相互之间保持着固定的位置关系，可以指示方向。在古代，靠驾帆乘风、划桨转舵行驶的大木船，没有现代的航海仪器，居然能够漂洋过海，东达日本，西抵印度洋的西部。它们靠什么导航呢？主要是靠这些天上的星星。这些星星像灯塔一样，引导着无数的舰船，征服了波涛汹涌的海洋，开向航行的目的地。

二、我国古代的“牵星过洋术”

一千五百多年前，我国东晋时代有个名叫法显的和尚，从印度乘船回国后，写了一本叫做《佛国记》的书，记叙了他游历印度的事迹。书中有这样几句话：“船航于海上，大海弥漫无边，不识东西，唯望日月星宿而进”。这段记载说明：很早以前，我国古代的航海家就知道观测日、月和星星的位置，以辨别海上的方向，确定行船的航向，引导航船远涉重洋驶向目的地。这种古老的天文导航方法，在我国古代叫做“牵星过洋术”。

到了八百多年前的宋代，海船装上了我们祖先的伟大发明之一——指南针，出现了磁罗经。导航方法有了新的发展。1119年宋人朱彧所著的《萍州可谈》记有：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针或以绳钩取海底泥，嗅之便知所至”。这就是说，航海者夜间可以观测星星，白天可以观测太阳，阴天可以根据磁罗经，或者用长绳悬挂重

物，沉入海底取出泥土，根据经验加以辨认，就可以知道自己航行到什么地方了。从这段记载中可以看出：导航方法虽然增多了，但是白天夜晚主要还是用“牵星过洋术”。

我国航海史上最著名的航海家，要算明代“七下西洋”的郑和了。自1405年至1430年的25年间，郑和先后七次率船队往返于南洋、印度洋和阿拉伯海，南至爪哇，西到非洲东海岸。规模最大的一次远航，船队由63条大船和两万七千多人组成。郑和用的是什么导航方法，引导这样庞大的船队多次到达大洋的彼岸呢？从明代茅元仪所撰写的《武备志》中，找到了当时郑和下西洋用的航海图，其中有四幅“过洋牵星图”，是我国航海史上很有价值的资料。从航海图中可以看出，郑和的船队在驶离海岸之后，是应用“牵星过洋术”来判断船队航行到达什么地方的。

怎样应用“过洋牵星图”判断船队航行到了什么地方呢？让我们先联想一下部队在陆地行军中的情况吧。在陆地行军中，指挥员随时观察周围的地形、地物，如山形、河流、村庄、道路和一些特殊的明显的目标，然后和标有地形地物的军用地图相对照，

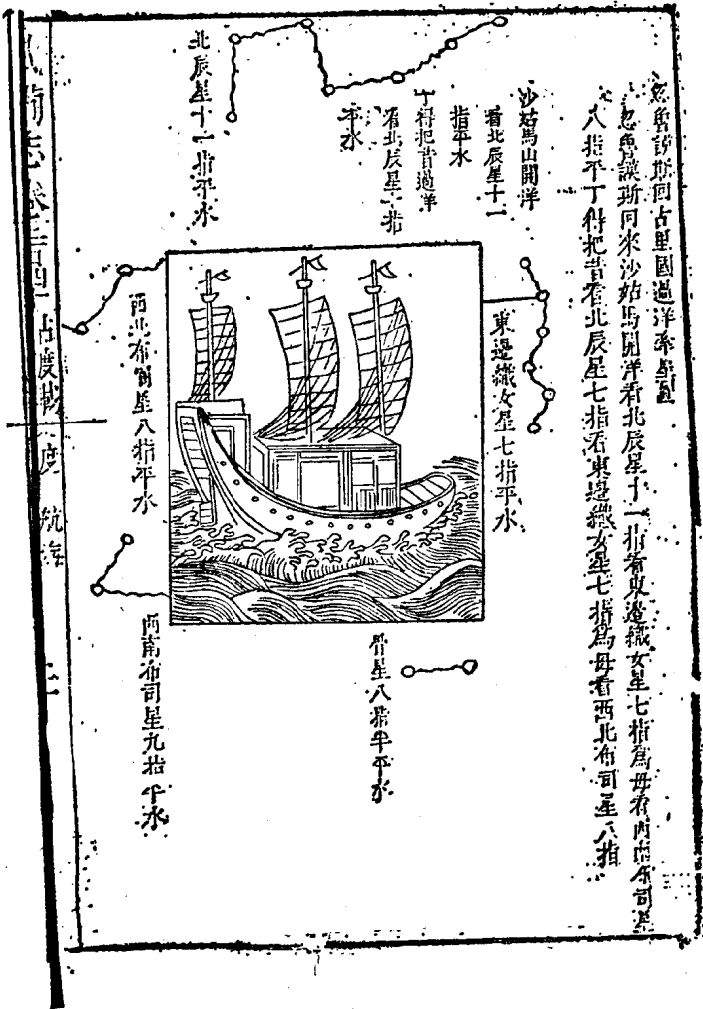


图5 郑和“过洋牵星图”

就能判断出部队已经到达的位置，进一步决定前进的方向。

在远离岛岸的茫茫大海中航行，看不到像陆地上那样的目标，只能看到天上的日月星辰。有些星星靠近人们的头顶，有些星星靠近海水和天空的交线——水天线，它们从水天线向上仰起的角度是不同的。航海者在不同的时间不同的地点航行，看到的星座不同，星星的仰角也不同。因此，郑和的“过洋牵星图”，标记的不是山山水水，而是航船在不同时间不同地点看到的星星仰角。例如图中记载着：“沙姑马山开洋看北辰星十一指平水”，意思是说，某个时间在沙姑马山附近海面测量北斗七星的仰角是十一指，这个“指”字，根据有些资料的分析，可能是当时阿拉伯天文学上使用的一个角度单位。如果航海者在一定的时间，测得北斗七星的仰角是十一指，对照一下图，那就说明航海者所在的位置在沙姑马山附近。用这种方法，航海者走一段，测一下，对一下图，判断位置，继续航行。平时记录和积累下来的一幅幅“过洋牵星图”，就好比现代的军用地图一样，可供航海者查对以判断位置，引导航行。