



1405年，郑和船队从太仓刘家港扬帆起航，开启七下西洋的壮阔航程。在没有卫星、雷达与电子导航的时代，这支横跨亚非的远洋船队，能在“洪涛接天，巨浪如山”的大洋中不迷路，依靠的是一套融合天文、地磁场、里程计量的完整导航体系。现在，让我们从牵星术说起，看古人如何乘风破浪、实现远航。

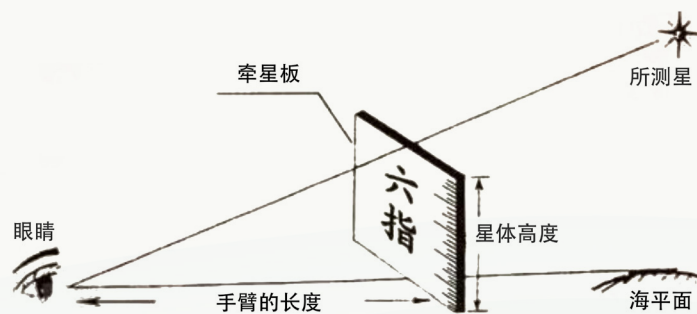
# 过洋牵星：古代海上“GPS”

撰文 / 齐锐（北京天文馆）

## 在海上怎么测星星？

所谓牵星术，是通过观测星辰高度确定船舶地理纬度的天文导航技术，核心工具为**牵星板**。整套牵星板由12块正方形乌木板与一块四角缺刻的象牙方块组成，12块乌木板的尺寸从约24厘米递减至约2厘米，从大到小分别标有十二指到一指（一指约2厘米），象牙方块的4个缺刻，分别标有半指、半角、一角、三角。

使用时，观测者伸直手臂，让牵星板垂直于海平面，下沿对齐海平面，通过不断更换直到木板上沿对准北极星，此时即测得北极星的高度（以“指”为单位），若木板上沿距离北极星不足一指时，便拿出象牙方块，以其半指、一角、三角等缺刻来精细校准，获得北极星的最终高度值。



► 牵星板测星示意图



## 为什么要“牵”北极星？

古人早已发现，北极星高度角约等于观测地的地理纬度，因此，靠牵星术测得北极星的高度，便能算出船只所在纬度。在低纬度时，北极星难以观测，聪明的古人便会观测天空中的其他星，例如华盖星，同样可以测得所在纬度。如此看来，牵星术这个海上“GPS”（全球定位系统，由美国建立的卫星导航系统，中国有北斗卫星导航系统）适配全航线。

## 牵星术有多准？

牵星术的单位换算与科学精度，在明代已达到惊人水准。现代有学者研究认为，1指=2古度（指中国古代早期以周天365.25度为基准的度量体系） $\approx 1.9713$ 度（约1度58分），1角=1/2古度 $\approx 0.4928$ 度，由此可以算出，四角折合一指。在《郑和航海图》所附《过洋牵星图》中，古里国（今属印度喀拉拉邦科泽科德地区）、祖法儿（今阿曼苏

丹国南部的佐法尔地区）、忽鲁谟斯（mó）斯（今伊朗东南米纳布附近）等地的牵星记录，经现代验算误差小于0.1度，证明当时的精度足以支撑跨洋航行。

## 古代海上如何实现精准导航？

如果说牵星术是定位，那么“针”就是海上数字导航系统。“针”特指航海罗盘（由指南针和刻有方向的盘组成，用以确定航向）与针路（由罗盘指引的具体航线）。南宋吴自牧《梦粱录》曾记载，“风雨晦冥时，惟凭针盘而行，乃火长掌之”，是说“火长”手持针盘，专司导航。

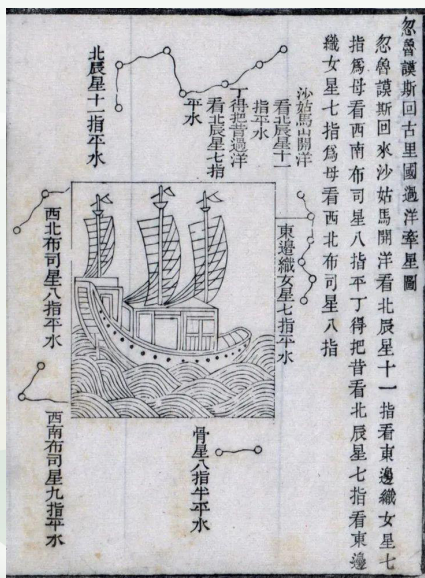
行程，通常为60里左右，既是时间单位，也是里程单位。以更计程，配合针路，船队就能在茫茫大海中精准推算出相对位置；再配合牵星术，校正绝对纬度，形成“以针定向、以更计程、以星定位”的三重导航体系。

## 实用高效，远洋不迷路

除牵星板、罗盘、针经、更数外，古人还有测深、辨礁、察水势的辅助设备。

在郑和七下西洋过程中，这套技术体系配合得天衣无缝：白天以罗盘定针位，以更数计航程；夜间以牵星板测纬度，校正航线；阴雨天则全凭针路与更数推算；近岸时结合山形水势与测深确认泊位。这种将天文定位、罗盘定向、航程计量融为一体的远洋导航体系，比欧洲同类型技术早近百年。

中国古代航海人以观测为依据、以经验为支撑、以工具为载体，构建了一套实用高效的导航系统。它不仅支撑起郑和下西洋的航海奇迹，更打通了海上丝绸之路的航路脉络。现在，北斗卫星导航系统早已替代牵星辨向，但“过洋牵星，持针计更”的智慧，仍镌刻在航海史的长河中，见证着中华民族探索海洋的勇气与创造力。[1]



► 《郑和航海图》所附“忽鲁谟斯回古里国过洋牵星图”，代表了当时天文导航的先进水平

## “以针定向、以更计程”

明代航海罗盘将圆周分为二十四向，进而细化为四十八向，每两向间隔仅7.5度，精度远超同期西方的三十二向罗盘。而针路，以干支、八卦、方位标注，如“甲寅针”“乙辰针”等，是船只转向、续航的核心依据。“海道针经”便是记录针路、里程、山形、水势的海上导航工具书，火长世代秘传，每条针路都标注始发港、转向点、目的地。

有了方向与纬度，还需要“更”来计量航程。更是古代航海独有的时空复合单位，一更约合一夜航速

（责任编辑 / 关鹿鹿 美术编辑 / 周游）