

导航战背景下的天文导航技术

——天文导航技术的历史、现状及其发展趋势

王 安 国

(大连舰艇学院航海系 大连 116018)

摘 要

综述近 30 年来国内外天文导航技术及其相关理论和方法的进展,介绍世界各军事大国对天文导航的认识,并就天文导航技术在导航战背景下的显著优势进行论述。包括下列主要内容:①天文导航设备的历史和现状;②天文导航理论的新成果;③各军事大国对天文导航的态度;④天文导航的优越性;⑤天文导航自动化的主要关键技术;⑥天文导航自动化技术的发展趋势。

关键词 天文导航 — 导航战 — 天文导航自动化

分类号 P128.4

1 导航技术的地位和作用

近几十年来,导航技术取得了突飞猛进的发展,其应用已由交通运输扩展到工、农、林、渔、土建、旅游、公安、救助、电信、物探、地理信息、地震预测、大地测绘、海上石油作业、气象预报等各个行业,涉及到科学研究的众多领域,渗透到了国民经济的各个方面,导航传感器已经成为当今最重要的信息源之一,并将成为全球信息基础设施的重要组成部分。

导航技术军事应用的发展可大致概括为以下几点:

①由海陆空作战平台导航向精确打击武器制导方向发展。

②作为 C³I 系统的重要组成部分,通过实时提供参战成员精确的位置及运动信息,了解友邻分布,明确战场态势,导航技术对于形成海陆空天协调一致、高度统一的指挥网络,起着坐标系的作用。

③导航技术在扫布雷、空投、侦察、搜救、卫星测控与跟踪等需要精确定位与时间信息的战术操作中发挥重要作用。

④在通信系统及计算机网络的时间同步、弹道测量、时统建立与保持、雷达精度校验等众多领域获得广泛应用。

由此可见,导航技术对于形成目标瞄准、精密武器投放、指挥控制、通信系统等作战能力而言,是最关键的定位定向及授时数据源。导航系统作为极其重要的军事传感器,

已经成为现代武器系统不可缺少的重要组成部分。可以毫不夸张地说, 没有先进的导航技术, 就没有现代的武器系统。拥有先进的导航技术, 就有可能拥有在未来战争中克敌制胜的杀手锏。

2 导航技术的现状

到目前为止, 我国尚未建立自己的全球导航系统。然而, 国民经济及国防建设事业迫切需要先进的导航技术。在这种两难的局面下, 人们不得已选择了 GPS。可以粗略地说, 现代导航技术在我国的发展, 基本上就是 GPS 应用技术的发展。GPS 的应用似乎是一条捷径, 它对我国的经济、国防建设的确发挥了重要作用。然而, GPS 是由美国军方研制和操控的, 本质上是一种军事系统, 它的首要目的是为美军谋取军事优势。虽然美国的 SA 政策已宣布取消, 并加发第二民用频率, 进而提高 GPS 民用精度, 但“新政策”的背后, 是在信息战原理及导航战理论指导下, 实施军用服务和民用服务的完全分离, 使其军用信号的截获不再依赖民用码, 同时加大其军用信号功率以压制敌对方可能的干扰, 从而进一步保证其军用服务的高度可靠性和更加严密的导航信息优势垄断地位。根据战争需要, 美国必将在战场区域附近“适当地中断或降级民用使用”服务, 或对民用信号实施不至于影响其军用信号接收的有效干扰。“新政策”的真正用心, 是试图用 GPS 这张“网”, 获取其最大的政治及经济利益。对此我们必须保持高度的警觉。此外, 1998 年前后, 美国数十位导航专家耗时 13 个月提出一整套导航战理论, 对未来战场上 GPS 的可用性表示担忧, 进而指出两种导航体制并存的必要性, 并特别强调天文惯性导航系统的重要性。

3 天文导航技术的战术优越性

日月星辰构成的惯性系框架, 具有无可比拟的精确性和可靠性。将导航技术建立在恒星参考系基础之上, 具有直接、自然、可靠、精确的优点。正是从这个意义上说, 天文导航代表着导航技术的最高境界。概括起来说, 天文导航具有下列优势:

① 被动式测量, 自主式导航

天文导航以天体作为导航信标, 被动地接收天体自身辐射信号, 进而获取导航信息, 是一种完全自主的导航方式。工作安全、隐蔽。

② 抗干扰能力强, 高度可靠

天体辐射覆盖了 X 射线、紫外、可见光、红外整个电磁波谱, 从而具有极强的抗干扰能力。此外, 天体的空间运动规律不受人为破坏, 这从根本上保证了天文导航最完备的可靠性。

③ 适用范围广

天文导航不受地域、空域和时域的限制, 是一种在整个宇宙空间内处处适用的导航技术。对地面导航而言, 技术成熟后可实现全球、昼夜、全天候、全自动天文导航。

④ 设备简单造价低, 便于推广应用

天文导航不需要设立陆基台站,更不必向空中发射轨道运行体,设备简单,工作可靠,不受别人制约,便于建成独立自主的导航体制。

综上所述,天文导航具有独到的战术优越性,这些优越性是 GPS、LRC 等无线电导航系统无法比拟的。我国的天文学及天文导航理论研究有着悠久的历史,可以扬长避短,重点发展我国的天文导航技术,有效地打破超级大国的导航信息垄断,把我国的国防建设及经济建设建立在独立自主、安全可靠的导航技术之上。并且,率先发展代表导航技术最高境界的天文导航技术,将使我国占据导航技术的先机,在国际导航信息领域立于不败之地。

4 世界军事大国对天文导航技术的认识

因为天文导航具有一系列的战术优越性,西方一些头脑冷静的军事家们认为,不应当纯粹依靠卫星导航。

- 美国海军舰艇上每天都在用天文导航。“美国海军政策要求必须有两种独立的定位手段,除 GPS 之外,天文导航是一种独立的、无条件的、全球范围的、低费用的、自主式导航系统。”(见美国《NAVIGATION》1995 年 Vol.42 “Determining the Position and Motion of a Vessel From Celestial Observations”)。美国海军天文台应用技术部研究员 J.Bangert 在美国国防部应用天文学论坛 1995 年年会上论文题目为“STELLA: New life for an old art”。专门从天文导航算法及软件的角度,论述了天文定位的重要性。美国海军天文台天文应用室主任 P.M.Tanjczek 博士认为,天文导航“能较容易地达到 1" 测天精度,从而使定位精度达到 30m 左右,不再需要任何的科学突破,所必须的技术目前都存在”。因此,天文导航有可能达到并名副其实地作为 GPS 换代设备。
- 俄罗斯一直把天文导航系统放在重要位置。美国 1995 年开始为期 13 个月的有关“导航战”研究计划,使之更加明确地认识到天文定位的重要作用,并注重实效和花巨资进行天文导航基础理论研究及实验室建设;
- 英国有关人士认为,如果敌方是在首先使我方的电子导航、无线电导航设备失去作用的情况下进行第一次打击,那么,天文导航就显得格外重要。为了对付这种突发事件,英国的海军要求提高潜艇潜望镜六分仪的天文导航能力,要求六分仪的定位精度达到 0.5 海里(见英国《Defense 1987.9》“IS THE SEXTANT?”)。
- 法国通用机械电气公司(SAGEM)认为,天文导航至少应当作为 GPS 的备用手段来使用。

由此可见,加大对天文导航技术的研究力度和经费投资力度,是世界各军事大国的共同认识。

天文导航技术的应用范围正在扩大,从航海六分仪定位到自动的星体跟踪器,从水下的天文导航潜望镜,到航空航天用的机载、弹载天文导航系统,直至卫星与航天飞机的星体跟踪器,已发展为小型化、高精度、全球昼夜、全自动、全天候天文导航系统的完整系列。

5 天文导航自动化需要攻克的关键技术

按星体的峰值光谱和光谱范围分, 天文导航包括星光导航、射电导航及红外导航。人眼可以看见的星体被用于星光导航。不良天气条件(主要指阴雨天)会妨碍星光导航的应用。而射电导航及红外导航, 对于克服不良天气条件的影响, 保证导航系统昼夜不间断连续工作, 意义重大。实现天文导航需要攻克的四大关键技术为: 高精度定位定向、昼夜导航、全天候导航和天文导航自动化。

5.1 提高定位定向精度

目前的天文导航方法以当地垂线为基准测量天体的天顶距进而确定舰位。定位精度主要取决于垂线基准精度和天文仪器测量精度(含轴角测量和星体检测精度)。按照目前制造工艺水平, 把天文仪器的测量精度提高到 $3''$ 是可能的, 而把惯性平台的水平精度提高到 $3\sim 5''$ 却是非常困难的。这是星光导航定位精度较低的主要原因。因此高精度星光导航正期待小型化高精度垂直陀螺仪的问世。探讨不用垂线基准或采用粗略垂线基准进行精确天文定位的新导航方法具有重要意义。显而易见, 若能消除垂线误差的影响, 则星光导航的定位精度主要取决于天文仪器的测量精度(比如 $3''$), 则星光导航的定位精度会有大幅度提高。高精度天文导航的理论和方法研究及相关设备预研需要攻克下列技术障碍:

- ① 无垂线基准的天文导航理论、方法、关键技术、设备研究;
- ② 粗略垂线基准的高精度天文导航理论和方法;
- ③ 天文导航的多维解法研究;
- ④ 信息融合理论在天文导航中的应用。

5.2 提高全球天文定位仪的自动化程度

自动化的星光导航主要需解决: 对星体的自动捕获; 对星体的自动跟踪; 对星体的自动检测; 定位定向自动解算。其技术难点是自动捕获跟踪星体与自动检测星体。目前, 自动捕获跟踪星体的数学模型已经建立, 关键是提高跟踪精度以减小星像在视场中的抖动。天文导航自动化需要攻克下列技术障碍:

- ① 星体自动捕获技术;
- ② 星体自动跟踪技术;
- ③ 星光自动检测技术;
- ④ 高精度自动星历表技术;
- ⑤ 高精度定位定向自动解算技术。

5.3 关于实现全球昼夜导航

把天文导航的有效工作时间从夜间扩展到白天, 实现昼夜 24h 连续的星光导航, 这对于军事航海具有十分重要的意义。星体距地球的距离十分遥远, 照在地面上的星光是平行光, 通过光学系统后被聚焦在靶面上的星像是直径不大于 0.05mm 的光点, 只要靶面上的星像照度大于星像传感器的阈值, 便可以检测到星体。夜间测星是易于作到的。而在白天, 由于太阳光透过大气层时的散射与折射, 使白天天空背景变得很亮, 星体被淹没了, 不仅人眼看不到星, 即便借助一般的光学仪器也看不到星。从亮的天空背景中

检测比较弱的星体信号，这是天文导航的又一重大技术关键。全球昼夜天文导航需要攻克下列技术障碍：

- ① 强光背景噪声中的弱信号提取技术；
- ② 高质量成像技术；
- ③ 高精度复合控制技术；
- ④ 不同峰值光谱的星光检测技术；
- ⑤ 昼夜星光自动跟踪技术；
- ⑥ 全球昼夜天文导航理论、方法及关键设备研究。

5.4 关于全天候导航

当前射电天文导航要解决的关键技术主要包括：研究和发现新的射电源；小型化及高灵敏度接收天线；射电源中心确认技术等。全天候天文导航需要攻克下列技术障碍：

- ① 不良天气条件下的星光检测技术研究；
- ② 红外天文探测技术研究；
- ③ 射电天文学的理论、方法和技术研究；
- ④ 射电源研究；
- ⑤ 射电接收天线与馈源尺寸的理论分析；
- ⑥ 射频信号非失真传输技术；
- ⑦ 角误差信号转换技术；
- ⑧ 小型化高灵敏度接收天线研究；
- ⑨ 射电源中心确认技术。

Celestial Navigation Technique in the Background of Navigation War —The History, Present Situation and Developing Tendency of Celestial Navigation Technique

Wang Anguo

(Navigation Department of Da Lian Naval Academy, Da Lian 116018)

Abstract

This paper probes into the development of celestial navigation technique and its related theories or methods in the recent 30 years, It is introduced the attentions which the major military countries of the world has paid on celestial navigation technique. It is also discussed about the conspicuous superiority of celestial navigation technique in the background of navigation war. The main contents are: (1) The history and present situation of celestial navigation equipment, (2) new achievements of celestial navigation theory, (3) attitudes towards celestial navigation of major military countries, (4) superiority of celestial navigation, (5) key technique to the automation of celestial navigation and (6) developing tendency of automatic celestial navigation technique.

Key words celestial navigation—navigation war—automation of celestial navigation