

# 惯性测量技术在海洋开发中的应用

沈文周 许国祯

(国家海洋局)

从六十年代末期以来,随着惯性系统硬件水平的提高与软件能力的迅速发展,以及一些经济技术部门的迫切需要,惯性技术经过一个彻底的改造之后,已逐渐地从传统的军用范围走向广阔的商业天地。目前,惯性测量系统就是一个非常活跃的领域。

## 1. 什么是惯性测量系统

惯性测量系统是在飞机惯性导航系统的基础上发展起来的。而惯性导航则是一种完全自主式的导航。它是根据牛顿惯性原理,利用惯性元件(加速度计和陀螺)来测量运动物体相对惯性空间的加速度,从而在完全自主的基础上得出运动物体的姿态、速度和位置信息。

在导航定位中,通过测量位置、速度或加速度,都可以求得运动物体的轨迹。但是,在运动物体内部能够测量的量仅有加速度。与其他的导航设备相比,惯性导航的特点是:不向外界发射电磁波、不受外界干扰、隐蔽性好;不受运动物体机动运动的影响;不受航行地区和气象条件的限制;精度较高;但位置误差随时间积累。特别是在军事上惯性导航具有更宝贵的优点。因此,它一直是军用武器上的主要导航设备。

然而,通常的惯性导航还不能满足大地测量等需要。要使飞机惯导系统变成惯性测量系统必须解决的问题是:①同样的硬件,但后者要求高的分辨率和好的校准;②在软件上改进。主要是通过建立较准确的误差模

型,对数据的测后分析及建立重力场模型来实现。

要成功地完成测量任务,必须使惯导系统中产生的误差保持在一容许值内。也就是说,需要应用许多误差控制技术来减少各种误差源对系统性能的影响。这就是惯性测量不同于惯性导航之处。

## 2. 惯性测量技术在海洋开发中的应用

海洋开发作为新技术革命的一个重要内容,已引起各国的普遍重视。目前,以能源为中心的海洋开发等活动,对海洋测量的需要日趋迫切,精度要求也越来越高。但是,世界各地沿海,迄今大约还有1/3尚未测量的广阔海域。有的海域即使曾经测量过,但采用的是旧的方法和手段,加之年深月久,测量资料已经不适用了。如联合国曾有一调查报告指出,需要用新方法重新测量的海域,其中挪威占全国海域的80%、美国占57%、法国占64%、意大利占30%、荷兰占40%等。可见,海洋测量的任务是十分艰巨的。

历史上的近海测量和勘探工作,主要是依靠无线电导航设备。近来,此项工作已应用有关多普勒声纳和装于海底的声波系统的声学技术。在没有无线电导航装置的情况下,也采用与导航卫星修正相结合的手段,但这些方法的应用往往受到传感器特性的限制。因此,高精度惯性系统的测量技术已被逐步应用于海上环境,即将惯性测量系统装在飞机或水面和水下的舰船上,用于沿海测

图、深海摄影、深海采矿或洋底勘探，以及其他与测量问题和运动补偿有关的方面，包括钻井架定位（尤其是不下锚的钻探船）、管路敷设和浮标定位。基于惯性测量系统精度高和不依靠岸上导航设备的优点，可以使主要的应用部门从地面到深海环境提高生产力。例如，将惯性系统与现有的声纳系统组合，在出现井喷或其他声干扰事件时，依靠纯惯性特性，对于深海钻探船的操作来说，将具有十分引人注目的优点。

下面简略介绍几点国外有关海洋惯性测量系统的应用情况。

(1) 用于近海测量的静电陀螺惯导系统。该系统是由美国杭尼韦尔公司在军用机载惯导系统基础上发展而成的，名为标准精密惯导/测量系统。它是将框架式静电陀螺惯导系统用于定位、平滑和测量控制，并与现有的无线电设备的最好部件、声波信标、多普勒声纳和导航卫星修正相结合，用以改善深、浅海测量的精度和工作能力。在水深1828.8米或更深的情况下，系统定位精度可达15—25米（在与多普勒导航卫星和多普勒声纳或电磁速度记程系统相结合的情况下）。

(2) 惯性辅助摄影深海测量系统。这是加拿大遥感中心和水文局为对加拿大近海浅水区域进行遥测和绘制水位深度图而研制的设备。该系统将立体彩色摄影技术与导航技术组合，装在飞机上，可用于水深测量和海洋摄影测量，被称之为摄影水文测量系统(PHS)。它由一个用于收集导航和深海测量数据的机载部件和一个用来处理这些数据的地面部件组成。其中，机载部件包括：①惯导系统——LTN-51；②航空测绘照相机——Wild RC-10；③气压高度表——AFTS-23；④机载数据采集系统。地面部件包括：①PDP-10计算机及外部设备；②AP/2C分析绘图机。系统中的惯导、气压高度表和照相机与机载数据采集系统相接，由机载数据

采集系统收集包括照相机开启次数和照相数字的各种导航参数，并记录于高密度磁带上。水深测量的精度指标规定为1米；测量绘图精度为1毫米，相当于1:10 000比例尺图上10米的定位精度。

(3) 沿海测图惯性辅助飞机航迹恢复系统。该系统主要用于绘制浅海和内陆水域的地图，通过采用一种精密航迹恢复系统来直接测量测绘照相机的方位参数，以完成上述要求。系统主要部件有：①航空测绘照相机——Wild RC-10；②激光雷达；③解析式立体绘图机；④多传感器航迹恢复系统——TRS，其中惯性导航系统采用的是LTN-51。经试验结果表明，TRS可达到径向位置精度优于1米，姿态精度优于2角分（均方根）。这足以使水深测量达到优于0.65米（均方根）的精度。该系统已在加拿大航空水文试验计划中得到使用。

### 3. 惯性测量系统的应用前景

从本世纪七十年代起，作为民用测量仪器的惯性测量仪开始逐渐投入市场，到八十年代，惯性技术已有可能为用户提供精度、价格和生产力等方面都合适的惯性测量系统。美国和加拿大是目前世界上应用惯性测量系统比较广泛的国家，一些军用惯性系统制造公司，如利登公司、杭尼韦尔公司和基尔福特公司等都开始生产惯性测量装置。其中，利登公司的自动测量仪是目前应用最多的系统；杭尼韦尔公司的标准精密惯导/测量系统是现有产品中精度最高的系统。此外，还有一些专门的测量公司承揽世界各地的测量任务。总之，惯性测量系统可能应用的范围是：①大地测量控制点的加密，即以天文或卫星测定的已知点为一等控制点，惯性测量系统被装在汽车或直升飞机上，在预定的测区内建立起二等或二等以下的控制网（点）；②航空摄影测量及遥感控制点的布设；③城市基准点的测定；④输电线路的测

定；⑤输油或输气管道的选线测量；⑥地震预报和地球物理测量控制点的测定；⑦海上石油等资源勘探、开采；⑧重力异常和垂线偏差的测定；⑨海洋测量。

一些国外测量界的专家认为，惯性测量系统是除了卫星技术以外，最先进的大地测量设备，它会在愈来愈大的程度上代替其他测绘手段。惯性定位技术和卫星定位技术的应用，将为大面积的大地测量和大规模的海洋开发中的海洋测量，开辟一个新的历史时代。例如，加拿大国家测绘局，从1975年起，就开始用美国利登公司的惯性测量系统进行1:50 000的全国测图。在英国，北海油

田一个生产性的海上石油平台，在应用惯性定位技术后，可在平台周围打40口油井，测量定位精度为0.3米，方位角测量精度为1角秒。据有关资料说明，惯性定位技术与卫星定位技术相结合，不仅精度和效率较高，而且，成本也比传统的测量方法低。它尤其适用于广阔的海域测量和边远地区的大面积大地测量，对于地质勘探也具有良好的效率和经济效益。因此，是值得重视的一门新学科和新技术。重视惯性测量技术的发展、研究与应用，特别是在海洋开发中的应用，对于我国来说具有更为重要的意义。



## “国际大陆边缘地质科学讨论会” 在南京举行

1986年10月20日至24日，在南京大学新落成的“中美文化交流中心”会议厅中，举行了“国际大陆边缘地质科学讨论会”。中外学者计150余人参加了这次会议。

外国学者来自美国、英国、法国、加拿大、联邦德国和日本等国，其中包括研究西太平洋大陆边缘海沟—岛弧—盆地体系著名的日本东京大学教授上田诚也等人。

中国学者中有十余名学部委员，还有中国科学院、地矿部、石油部、中国海洋石油总公司以及许多大学的教授和专家们。

这是一次大陆边缘地质研究的盛会。五天会议中，有90余人在大会上发了言。他们用新的资料和观点，论述了有关现代板块活动的机制、元古代以来古板块的研究、地壳结构的研究和盆地与油气的研究。其中，美国学者发起了关于“地体学”的讨论。

大陆边缘地质的研究，对海洋开发关系十分密切，一些新的观点和认识，将促进各项海洋开发活动。

(赖万忠)