



陆志东

综合导航技术专家

■ 陆志东 Lu Zhidong

中航工业首席技术专家
Chief Expert of AVIC

原中航工业西安飞行自动控制研究所副所长、总工程师

Former Vice Director and Chief Designer of AVIC Xi'an Flight Automatic Control Research Institute

☞: 您长期从事惯性导航相关技术研究,请介绍一下该技术的现状及未来的发展。

陆志东: 导航是解决在哪里、到哪去和怎么去的一项技术,既古老,又现代,伴随人类的诞生而出现,依赖技术的进步而发展。

自19世纪初惯性技术出现,因其自主性、连续性、完备性等优点,得到了飞速发展。它利用系统内惯性传感器直接测量角速度和加速度、经计算直接输出导航信息,既不受外部电磁、气象等影响,也不对外发射任何电磁辐射,备受军事应用的关注,民用领域也获得了广泛的应用。

惯性传感器的典型代表是陀螺。基于机械工艺、以高速旋转转子稳定性和进动性为特征的自旋陀螺,如挠性陀螺,在近一个世纪的发展历程中,它曾统治了导航领域,其制造核心主要是减小轴承摩擦。基于光学工艺、以光学干涉为特征的光学陀螺现已处于绝对应用优势,其制造焦点是减小光路损耗。另外,基于硅工艺、以振动变形为特征的微机电陀螺,其大批量、低成本的优点,大大拓展了应用空间。将来,由于对以原子干涉或原子自旋为特征的原子陀螺的超高精度的预期,不依赖卫星导航的量子导航系统将可能成为现实。

可以预见,未来的惯性导航系统将形成低精度微机电系统、中精度和高精度光学导航系统、超高精度量子导航系统的格局。

☞: 采用以惯性技术为基础的组合导航系统是导航技术的发展方向之一,请您谈谈其发展的重点。

陆志东: 任何一种导航系统都有缺陷,惯性导航位置误差随时间增长,景象匹配和天文导航受天气影响,无线电和卫星导航易受电磁干扰,利用2种或以上导航方式进行数据融合的组合导航系统得到了发展。

在各种组合方式中,惯性/卫星(INS/GPS)组合是最常用的方式,既

保持了INS自主性、连续性的优点,又发挥了GPS高精度、低成本的特点。因此,INS/GPS被称为组合导航的“黄金搭档”,实现了“1+1>2”的组合目标。

研究重点是:高度信息融合的超紧耦合方式;基于3D硅工艺的微硅惯性传感器和基于2D硅工艺的GPS芯片化、一体化和智能化;基于纳机电系统(NMES)的纳米惯性传感器的研制和误差精密建模;使GPS集高度灵敏、快速响应、鲁棒性、抗欺骗和抗干扰于一体。

☞: MEMS被认为是21世纪的“使能”技术,对航空工业会产生哪些重要影响?

陆志东: MEMS技术利用微电子和硅工艺技术实现从传感到控制的智能化,主要是微陀螺和微加速度计等惯性器件,正扩展至微传感器、微执行器、微能源、微信号处理及微控制电路等广义的MEMS产品。在航空领域, MEMS技术应用前景广阔,可以直接制造微飞行器、微导弹及配套的微地平仪、微高度计、微舵机、微摄像机、微通信、微导航和微能源等;采用分布式微流体传感器及微执行器阵列,实现飞行器表面微流体主动控制、增升减阻的智能蒙皮;可以用于发动机内外流控制、涡轮和涡扇的扰流、振动、燃烧控制及状态监控和健康检测等; MEMS工艺的RF器件将彻底改变通信、雷达的体制。

☞: 量子导航技术已成为又一个研究热点,请谈谈该技术的前景。

陆志东: 量子导航技术成为热点源于其战略性。根据美国和欧洲的报道,量子导航的极限精度约为

10m,比现有的航空惯导系统提高了3个数量级,完全构建了无GPS的超精密导航体系。目前,诺斯罗普·格鲁门公司已研制出系统体积为 10cm^3 的导航级系统,体积减少约3个数量级,居2013年度DARPA10项重大研究首位。

陆志东: 自然科学研究员,博士生导师,曾任中航工业西安飞行自动控制研究所副所长、总工程师,主管自控所的预先研究、技术创新、技术发展以及产学研合作等工作;现任中航工业综合导航技术首席技术专家、中航工业航电与任务管理系统专业组组长、中国惯性技术学会常务理事及西安惯性学会分会理事长。

作为主要技术负责人,主持或参与了多个重点型号和预先研究工作。陆志东承担研制的机载激光捷联系统已经成机载导航系统的主导产品,共获得国家级科技进步二等奖1项,国防科技进步二、三等奖多项,集团科技进步一、二、三等奖多项。



☞: 新一代惯性传感器的出现都是源于理论上的创新,您认为它对制造技术与装备提出哪些挑战?请以实例说明。

陆志东: 惯性技术的发展得益于制造工艺和工艺装备的进步,其加工高精度甚至达到了制造极限。例如,挠性陀螺挠性接头最薄处约为头发丝直径的 $1/8$,接近机械制造的极限;激光陀螺反射镜的粗超度要求小于 $0.1\mu\text{m}$ 、损耗小于 10^{-5} ,是光学加工的极限。在原子陀螺中,磁屏蔽系数高达 10^9 ,内径2mm真空气室要实现原子团制备、原子自旋态极化、宏观磁矩进动控制、原子族进动角速度检测,涉及气室系统、抽运系统、磁场系统、热控系统和探测系统,其制造难度可想而知,制造工艺仍在探索中。

(采访 谷雨 责编 叶枫)