



上海卫星导航产业信息简报

上海卫星导航定位产业技术创新战略联盟



总编专栏

- ◇ 多传感器集成导航系统通用框架（曹冲）

专家视角

- ◇ 星基增强：北斗系统特色的高精度导航定位服务（陈俊平）

大事速报

- ◇ 26卷本《卫星导航工程技术》丛书面世
- ◇ 民航局召开通用航空北斗飞行动态信息服务工作推进会议
- ◇ 第十二届导航年会北斗卫星导航应用推进贡献奖评选开启
- ◇ GSA 发布伽利略高精度服务（HAS）信息说明
- ◇ 墨西哥城开设服务于墨西哥、中美洲和加勒比地区的伽利略中心
- ◇ GNSS 数据显示黎巴嫩爆炸影响电离层
- ◇ 以色列启动无 GPS 导航研究中心

上海专讯

- ◇ 上海市委副书记、市长龚正调研北斗西虹桥基地
- ◇ 大庆高新区新兴产业促进中心来沪调研卫星导航产业

跨界融合

- ◇ OneWeb 走出破产保护后首次组网发射 36 颗卫星
- ◇ 美国航空航天局与 SpaceX 公司签署航天安全协议
- ◇ 洛克希德·马丁公司与 Omnispace 探讨合建天基 5G 网络

市场数据

- ◇ 全球卫星遥感服务市场 2024 年将达到 70 亿美元

多传感器集成导航系统通用框架

曹 冲

毫无疑问，全球导航卫星系统（GNSS）改变了我们对于导航系统的思考和使用方式。在 GPS 和其他 GNSS 问世之前，使用可以确定自己位置的自动化系统（无需人工操作干预），一般都限于大型的、昂贵的平台，例如飞机或轮船，甚至经常需要这些类型的高端车辆，还需要人类导航员协助完成导航任务。但是，随着 GNSS 的出现，一切都发生了变化。多亏了 GNSS，现在大多数人已经习惯了准确知道他们的智能手机或车辆所在位置，它们已经成为人们日常生活的一部分，以及这种能力已经建立在我们的期望中。

正如我们所期望的，当我们打开电灯开关时，灯会亮，每当我们打开智能手机或其他设备时，也同时开启了导航功能。这种依赖 GNSS 的程度，明显地远远超越了导航设备的范畴，我们在很大程度上取决于大量使用的其它系统，GNSS 还用于授时目的，例如银行、通信，还有我们的电网。有人说导航会让人上瘾，不管其精度或可用性如何，总是想更多地使用之。具有讽刺意味的是，GNSS 的巨大成功，导致了用其他类型的传感器补充 GNSS 的愿望愈加强烈，希望在 GNSS 无法使用的情况下，仍然尽可能有保证地确定时间或位置的能力。

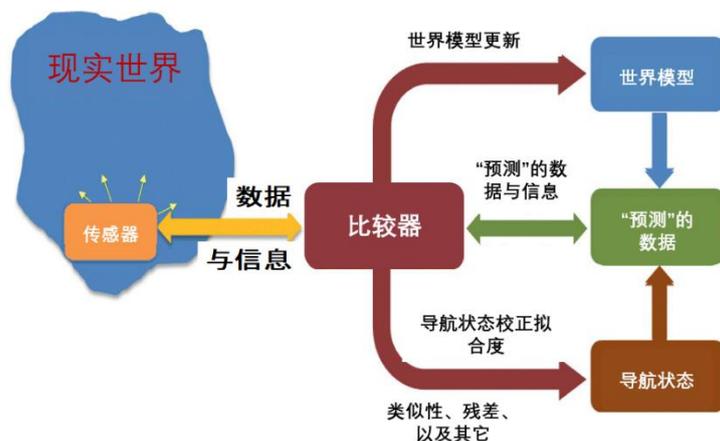


图 1：现实世界与数字模拟

由于 GNSS 存在固有的脆弱性威胁，在室内和存在遮挡的地方，无法实现导航，还受到复杂电磁环境和干扰欺骗的影响，所以需要备份、互补和替代系统技术的配合互换，因此出现了多种多样的互补技术，涵盖声光机电磁多个学科领域，从而使得多传感器集成融合，成为新兴的导航系统解决方案，成为受到大家关注的重点。泛在导航系统需要一个“通用导航系统框架”加以支撑。

从根本上讲,几乎每个导航系统都在以同样的方式运行。如图所示,是现实世界与数字模拟数据的对比,这可以表示为预测—观察—比较这样的运作周期。这右下方的“导航状态”代表用户的当前的导航状态(时空关联),或有关的所有信息用户的位置、速度等以及估算值这些信息的质量。可以认为也是系统对用户位置的最佳猜测,就是预测的精度。作为如左侧“传感器”框中所示,系统将测量或观察得出的结果对用户导航状态进行了解。该系统还使用了真实世界的模型,如右上方的“世界模型”。在这种情况下,GPS的世界模型可能由用户位置、GPS卫星的位置(轨道)组成。在预测阶段,预测算法确定系统期望,其根据是世界模型和当前导航状态。期间,在观察阶段,系统收到了带有噪音的来自现实世界的测量结果。在比较器中,将预测的测量值与实际值进行比较测量。任何差异都可用于改善导航状态,甚至可能是世界模型形成。最有趣的应用包括观察值的预测。典型的GPS应用使用卡尔曼滤波器执行预测—观察—比较的循环周期。世界模型由GPS卫星实现的位置和时间测量。根据一些先验信息,接收机预测用户的位置。观察结果可能包括范围内的每个卫星。这些观察值是与预测范围应该根据接收机的位置估算值进行比较完善,也就是根据预测的相对质量要求进行导航状态和观察结果比较。在图中,标有“世界模型更新”的箭头,表示可以根据以下方式更改世界模型已进行的测量。一些导航系统,特别是那些设计和专为导航而部署,不需要系统的最终用户,也可参与到此部分过程。例如,在GNSS中,世界模型包括有关卫星轨道(星历)的信息、卫星时钟误差以及信号中给出的详细信息规范(频率,码率等)。GNSS系统,在地面上使用自己的接收机网络来估计卫星轨道和时钟误差,并进行监测来自太空的信号,推广信号的测量,该网络用于不断更新GNSS世界模型。结果,用户只需获取最新的星历和卫星时钟信息,并将其用于定位授时。这样,在更新世界模型时,用户完全不参与,这有助于大大降低了用户系统的复杂性。与人为信号不同,自然信号通常不会具有系统的专用部分,该部分不断更新简明的世界模型,该模型描述了感知到的测量值与现实世界之间的关联。因此,这种系统的挑战通常是确定一个可用的世界模型。例如,使用相机拍摄很容易获得附近环境的图像。

然而,为了从中确定时间位置和/或态势,这种测量,用户必须具备所感知的世界知识,作为位置函数的外观和状态(世界模型)。图中的导航传感器,指的是物理传感器,用黄色方框表示。图示中的任何导航系统的关键部分,和选择合适的传感器或传感器组合,是导航系统最重要的决定要素之一。导航传感器由什么组成?从根本上讲,任何能测量某些目标的时空物理传感器,在移

动时会发生某些可以感知 (PVT) 的变化。另外, 由于时钟是许多导航系统的不可或缺的组成部分。只有时空变化以及物体属性联动变化被感知, 才能够反映移动目标的时空和环境变化, 才能够实现导航。多传感器集成融合导航系统所涵盖的主要传感器类型如表所列。从这个表中, 我们可以看到目前最为常用的传感器类型, 及其所用的技术手段和提供的时空相关参量。关于集成导航系统详细信息见《21 世纪 PNT 技术》一书。

传感器	感知的物理现象	世界模型的要求	其它考虑
蜂窝无线电接收机	蜂窝电话 RF 信号	蜂窝铁塔位置, 信号定时	机会信号采样, 有时需要参考接收机
地面信标接收机	地面信标的导航信号	信标位置, 信号结构, 信号定时	要求完善的基础设施, 与机会信号比有更多设计灵活性
数字 TV 接收机	数字 TV 信号	发射机位置, 信号定时	机会信号采样, 有时需要参考接收机
低频 (LF) 接收机	低频 RF 信号	发射机位置, 或信号到达方向, 本地失真效应	易受本地失真影响, 精度不如较高频率/较宽带宽信号
雷达	RF 信号	对于绝对定位而言, 应有可识别的 RF 反射器位置	通常与基于接收机系统的方法相比, 体积要大功率要高
低地球轨道 (LEO) 卫星接收机	LEO 卫星信号	LEO 卫星定位/测速, 定时以及大气模型	与 GNSS 相比, 几何形状和信号离散度更高, 接收到功率更强
惯性	旋转和专门力	地球引力	仅仅为航向测定, 存在偏移, 需要不断更新
GNSS 接收机	卫星的 RF 信号	卫星星历, 星钟误差, 大气模型	给惯性提供不断校正更新
磁力计	磁场及其变化	磁场图形	需要本机效应定标校正
光达	激光往返距离和场强	感知目标形状与位置	可用于航向测定或绝对定位模型
照相机	光强度作为方向函数	图像特征图, 或绝对定位的三维图像模型	可用于航向测定或绝对定位模型

X射线检测器	来自脉冲星的X射线信号	脉冲星方向和信号特征，以及定时	具有信号到达时间的定位
原子时钟	时钟类型的变化	作为定标参量	测量时间流逝的速率（频率），如果已初始化，则测量积分和绝对时间

表 1: 多传感器集成融合导航系统所涵盖的主要传感器类型

细心的人们可能会发现，在导航系统通用框架中，隐含着一种伟大的数字经济核心价值的数字孪生概念，如果把通用框架与世界人事物和环境的时空变化，形成连续不断发生的历史长卷般的动态图像，现实与虚拟的不断比较和预测，那么会产生什么样的认识和改变世界、时代和人生的力量？大家都可以放开想象力去使劲地无限地想！

【专家视角】

星基增强：北斗系统特色的高精度导航定位服务

陈俊平

作者简介：



陈俊平，中国科学院上海天文台研究员、博士生导师、研究室副主任，主要研究方向为卫星导航（GNSS）数据处理技术、北斗地面运控信息处理技术。荣获中国科学院青年科学家奖、中国侨界贡献奖一等奖、国家科技进步二等奖、省部级科技进步特等奖、一等奖等。入选中国科学院百人计划，上海市优秀学术带头人，国家高层次青年人才等；入选国家百千万人才工程，并被授予“有突出贡献中青年专家”荣誉称号。

北斗系统是我国独立自主建设的卫星导航系统，采用了混合星座、星间链路等诸多创新技术，实现了国际先进的导航、定位和授时服务能力。北斗系统星基增强系统在北斗地球同步轨道（GEO）卫星覆盖的亚太区域提供广域、免费的精密导航定位服务。与当前快速发展的商业星基导航增强、地基增强系统不同，北斗系统自带的星基增强服务是系统提供的基础保底服务之一。其增强参数是在广播星历的基础上进行计算，并调制在相应广播电文中；用户接收北斗导航信号时，同步接收增强参数，无需额外的解析协议和设备，使用方便。

北斗星基增强播发的实时差分改正数及完好性参数包括：调制在北斗二号

B1/B2/B3 频点以及北斗三号平稳过渡信号 B1/B3 上的四重增强改正数^[1]，以及分别调制在北斗三号 B1C/B2a、B2b 上的轨道、钟差改正数等^[2]。

B1/B2/B3 信号上的四重增强改正数包括轨道、钟差、格网电离层以及分区综合改正数。四重增强改正数仅基于北斗地面运控区域跟踪站网的伪距/载波相位进行计算。由于测控范围小，可见弧段短，实时轨道、钟差改正数支持的用户定位精度最高仅为 1-2 米^[3,4]。通过叠加分区综合改正数，北斗卫星空间信号误差 (SISRE) 进一步降低，从而用户可采用精密单点定位 (PPP) 模型实现基于载波相位观测值的实时动态定位^[5,6]。用户基于双频观测数据的 PPP 定位 10 分钟内三维误差小于 0.5 米，收敛精度优于 0.2 米；单频 PPP 定位 5 分钟内三维误差小于 1 米，收敛精度优于 0.4 米。

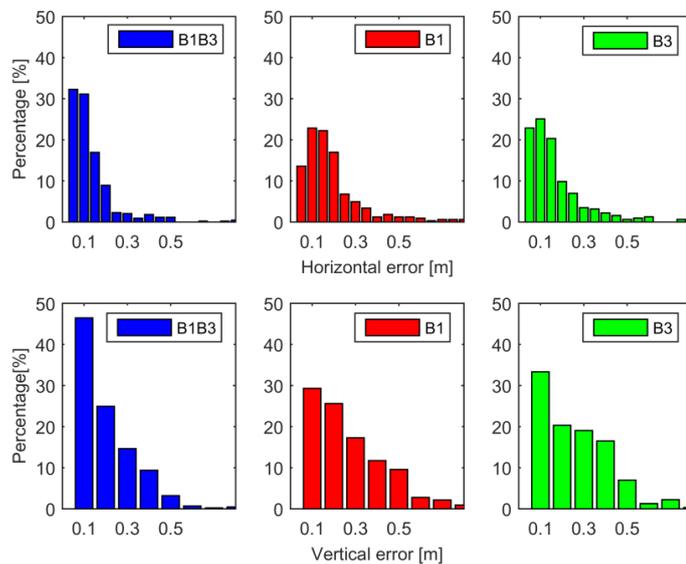


图2：基于北斗星基增强参数的双频/单频动态 PPP 平面及高程误差分布情况。上面子图为平面坐标，下面子图为高程；左、中、右分别为 B1B3 双频组合、B1 单频、B3 单频；横坐标为误差的绝对值，纵坐标为所占的百分比。

北斗三号系统的星基增强包含了两类：符合国际民航组织 (ICAO) 标准的伪距增强以及基于载波相位观测值的 PPP 增强。其中伪距增强服务分为通过 BDSBAS-B1C 播发针对 GPS 系统的单频 (SF) 增强和 BDSBAS-B2a 播发的双频多星座 (DFMC) 增强。北斗三号星基增强服务的完好性满足民航一类进近 $2 \times 10^{-7}/150$ 秒的要求。

北斗三号 PPP-B2b 信号作为数据播发通道，通过北斗三号 GEO 卫星播发北斗三号系统和其它全球卫星导航系统 (GNSS) 精密轨道和钟差等改正参数，为我国及周边地区用户提供基于载波相位观测值的 PPP 服务。与 B1/B2/B3 信号上改正数的计算方法不同，北斗三号的实时轨道、钟差改正数联合了地面监

测站网和星间链路的数据。采用北斗三号实时轨道、钟差改正数，能够实现用户10分钟内平面精度优于0.3米，高程优于0.6米；定位收敛后，双频用户三维定位精度优于0.1米。

基于以上北斗系统播发的星基增强参数进行实时精密导航定位，要求用户按照系统给出的接口文件进行准确的参数解析及时序匹配，并优化相应的导航定位算法。在系统建设过程中，司南导航、华测导航、振芯科技、泰斗微电子等企业积极参与了系统的测试，实现了相关终端、芯片产品的研发，已经初步具备应用推广能力。未来，伴随着国家综合PNT体系建设规划的逐步实施，北斗系统的星基增强服务还将在参数精度和完好性方面持续进行改进，同时期待该免费服务的应用场景不断推广，形成北斗应用新的增长点。

【大事速报-国内】

26卷本《卫星导航工程技术》丛书面世

3月22日，“十三五”国家重点出版物出版规划项目暨国家出版基金项目《卫星导航工程技术》丛书出版座谈会在京举行。《卫星导航工程技术》丛书由我国北斗卫星导航系统副总设计师、中国科学院院士杨元喜担任主编，来自北斗工程应用领域的十余所高等院校、科研院所的百余名科研带头人参与编写工作。

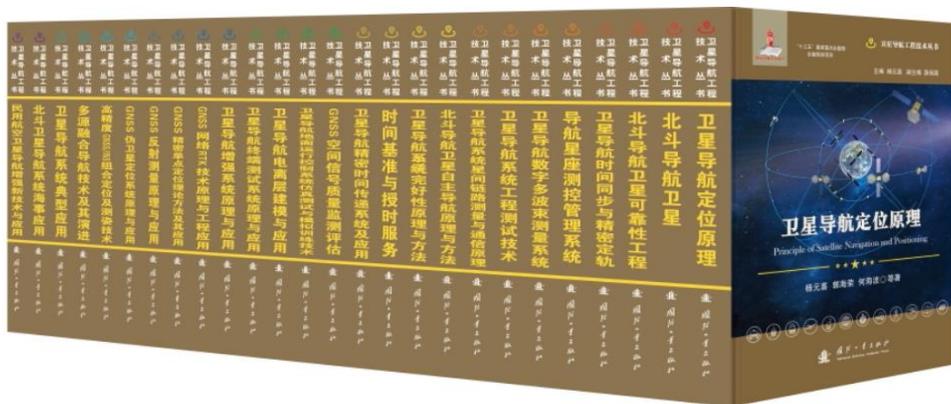


图3:《卫星导航工程技术》丛书(来源:国防工业出版社)

丛书从内容上分为4个系列:一是卫星导航系统技术,对北斗导航卫星、精密定轨、授时及验证等方面做了重点介绍;二是卫星导航装备技术,包括组合定位测姿、可靠性保证及数字多波束测量等内容;三是卫星导航测试评估技术,主要描述卫星导航系统工程测试和终端测试;四是卫星导航增强与应用技术,包括海上航行、空中航管等方面的卫星导航应用。

民航局召开通用航空北斗飞行动态信息服务工作推进会议

3月17日，民航局召开通用航空北斗飞行动态信息服务工作推进电视电话会议。会议介绍了通用航空北斗飞行动态信息服务工作总体安排，通用航空器绑定北斗机载终端工作推进方案，以及前期北斗通航应用进展和工作经验。

会议要求，要加强协同，合力推进通航北斗飞行动态信息服务工作。在通航北斗工作开展过程中，要充分考虑通航工作综合性、地域性鲜明和相关单位多、产业链条长、服务领域广、带动作用强的特点，推动各相关方加强合作，协同推进。民航各地区管理局要进一步加大工作力度，切实承担好辖区内工作推进责任，确保工作目标按时按量完成。各通航企业要利用好支持政策的窗口期，及早开展工作，尽快完成通用航空器北斗终端设备绑定，并实际用起来，早行动早获益。

第十二届导航年会北斗卫星导航应用推进贡献奖评选开启

第十二届中国卫星导航年会组织委员会现面向社会开展第十二届年会“北斗卫星导航应用推进贡献奖”评选活动。该奖项将在本届年会参展单位以及社会报名参评的单位中评选，按照“探索创新类”、“应用推广类”以及“跨界融合类”三类分别评选，每类奖项评选出不超过3家获奖单位，并在2021年4月下旬第十二届年会全体工作会暨科学委员会全体会议上确定获奖单位后向社会公示。年会组织委员会将在第十二届中国卫星导航年会开幕式上对获奖单位进行现场颁奖。

【大事速报-国际】

GSA 发布伽利略高精度服务（HAS）信息说明

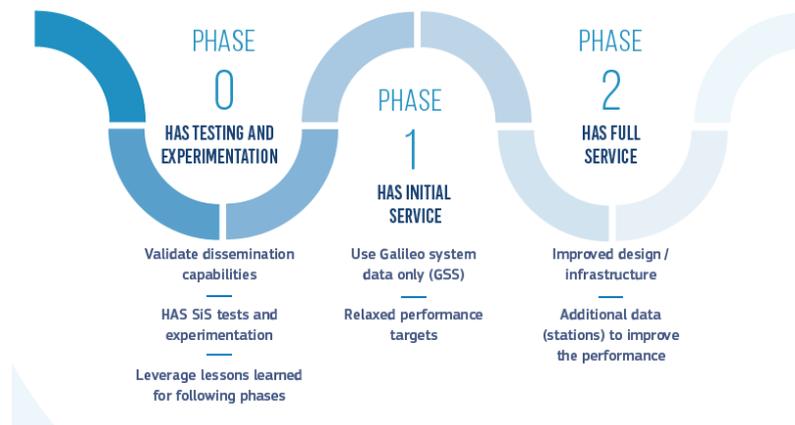


图 4：伽利略 HAS 路线图

欧洲全球导航卫星系统局(GSA)与欧盟委员会共同发布了伽利略高精度服务(HAS)信息说明,概述了该服务的主要特点、服务水平、目标绩效、实施路线图和目标市场等信息。HAS 第一阶段初始服务将仅使用伽利略系统数据。第二阶段将全面提供伽利略高精度服务,在2024年之后达到其全球定位精度20厘米的目标性能。通过伽利略高精度服务(HAS),GSA将开创一项全球免费的高精度定位服务,其目标市场包括地理学、农业、交通运输或消费者解决方案。

墨西哥城开设服务于墨西哥、中美洲和加勒比地区的伽利略中心

墨西哥、中美洲和加勒比伽利略信息中心于近期在墨西哥城开设,该信息中心配备有培训设施,将提供交流、推广和培训活动。Telespazio Ibérica公司将担任该中心的管理方。公司表示,该地区的1.77亿人口是一个基本上尚未开发的太空市场。据悉,信息中心由欧盟委员会国防工业和航天总局共同资助,为期36个月。与现有的智利和巴西中心一起,这些中心将有助于欧盟委员会开展外联活动,以提高欧盟太空方案在拉丁美洲的市场接受程度。

GNSS 数据显示黎巴嫩爆炸影响电离层

2020年,黎巴嫩港口城市贝鲁特发生爆炸,该爆炸被认为是人类历史上最强大的非核人为爆炸之一。现在,经日本北海道大学的科学家计算发现,爆炸产生的大气波导致地球高层大气中的电子扰动。该发现被发表在《科学报告》杂志上。经研究发现,爆炸产生的波以每秒0.8公里左右的速度向南移动。这类似于声波穿过电离层的速度。研究小组通过观察GNSS向地面站传输的微波信号所经历的延迟差异,计算了电离层电子含量的变化。电子含量的变化会影响这些信号通过电离层,因此为准确进行GPS定位,需定期了解这些变化。

以色列启动无GPS导航研究中心

据中国国防科技信息网消息,以色列国防部于数月前开设了一个新的研究中心,将开发不依赖GPS的导航系统。3月10日,以色列国防部发布了一份声明表示:由以色列国有企业以色列航空工业公司(IAI)开设的先进导航技术中心将研制高精度的惯性传感器“将使下一代导航系统的生产成为可能,并将大大提高其性能和能力。”该中心旨在不使用GPS的情况下,提供一个独立的导航解决方案,使得作战人员可以在没有GPS信号的情况下,继续进行长航时的精确导航。以色列航空工业公司预测,新技术将克服影响其它惯性导航系统的尺寸和重量限制,并将具有所需的战术级精度。该公司的目标是在未来15

年内用新技术取代现有的导航传感器。

【上海专讯】

上海市委副书记、市长龚正调研北斗西虹桥基地

3月24日，上海市委副书记、市长龚正到访中国北斗产业技术创新西虹桥基地调研北斗产业发展情况。他指出，北斗应用市场前景广阔，要不断拓展应用场景，为超大型城市精细化管理提供科技助力。在园区展厅，北斗西虹桥基地首席科学家郁文贤介绍了北斗产业发展现状及规划、园区企业亮点产品。

此次调研，市领导一行还走访了上海华测导航技术股份有限公司，了解北斗技术在智慧城市、地灾预警及无人船、农机自动驾驶、数字施工等无人智能方面的应用。华测导航董事长赵延平介绍了公司在2020年疫情背景下持续科研高投入，实现北斗三号芯片自主可控；还重点介绍了公司与上海市测绘院利用三维激光雷达技术共同完成上海智慧城市数字底图的项目情况。调研过程中，龚市长对能够守护百姓生命的自动化监测技术尤为关注。他希望华测导航继续探索，让相关技术不仅助力地质灾害防治，也能应用到城市楼宇安全监测，解决城市中的居民安全问题。

大庆高新区新兴产业促进中心来沪调研卫星导航产业

3月17日，大庆高新区新兴产业促进中心副主任曹忠臣带队赴上海调研卫星导航产业。调研组走访了上海卫星导航定位产业技术创新战略联盟、上海博泰悦臻网络技术服务股份有限公司、上海司南卫星导航技术股份有限公司、上海联适导航技术有限公司、上海势航网络科技有限公司等单位，就卫星导航定位产业发展及与大庆高新区产业合作等事宜进行深入交流。希望通过加强两地之间的信息沟通，搭建上海导航领域企业与大庆高新区产业需求对接平台，促成双方企业实现合作共赢，并重点推进依托北斗卫星导航技术开展智慧农业、智慧交通、智慧城市等相关产业项目开发与合作。大庆高新区于1992年获批为国家级高新区，现已形成主体区和宏伟、兴化、林源三个化工园区的“一区三园”发展格局。重点打造“3（石化、汽车、新材料）+N（战略性新兴产业）+1（现代服务业）”产业体系。

【跨界融合】

OneWeb 走出破产保护后首次组网发射 36 颗卫星

英国通信公司 OneWeb 摆脱破产保护后恢复宽带卫星星座部署，36 颗卫

星日前搭乘联盟号 2.1b 运载火箭从俄罗斯东方港航天中心发射升空，起飞 4 小时后完成部署。这是 OneWeb 走出破产保护后的首次组网发射。OneWeb 至今已累计发射 110 颗卫星。该公司表示，此次成功发射将使 OneWeb 有望于 2021 年向英国、阿拉斯加、北欧、格陵兰、冰岛和加拿大等地的客户提供网络服务，2022 年实现全球服务。

美国航空航天局与 SpaceX 公司签署航天安全协议

根据 NASA 与太空探索公司 (SpaceX) 所签的一项协议，太空探索公司同意让靠近国际空间站或 NASA 其它低轨航天器的“星链”卫星实施机动。根据协议，在出现任何与 NASA 航天器近距离接近的情况时，太空探索公司将利用“星链”卫星的自主避撞功能来实施避让。协议称，这是为了避免出现双方都进行机动的情况。

洛克希德·马丁公司与 Omnispace 探讨合建天基 5G 网络

洛克希德·马丁公司 3 月 23 日宣布同弗吉尼亚州创企全向空间公司 (Omnispace) 签署协议，共享天基 5G 网络技术部署方面的商业和技术信息。全向空间公司正在建设一个天地混合网络，用以提供 5G 和物联网服务。洛马称，同全向空间所签“战略意向协议”并不涉及资金投入，意在探讨联合建设天基 5G 移动宽带能力。

作为美头号军事承包商，洛马有意把商业宽带和无线技术提供给政府使用。高速低时延大宗数据传输是洛马想要带入政府市场的一项能力。全向空间公司瞄准的是农业、采矿与能源、航运和物流等市场。据悉，全向空间公司的网络还在建设之中。该公司打算综合利用卫星和地面无线网络来实现 5G 连接。

【市场数据】

全球卫星遥感服务市场 2024 年将达到 70 亿美元

美国市场调查与咨询公司 Research and Markets 近期发布了《全球卫星遥感市场轨迹与分析》报告。该报告表示，由于目前卫星图像数据在商业、采矿、减灾规划与恢复、天气预报和环境保护等多种领域的成功应用，预测全球卫星遥感服务市场到 2024 年将达到 70 亿美元。商业卫星遥感服务主要面向商业机构出售卫星图像，越来越受重视的地球观测应用推动了商业卫星遥感服务的进一步发展。报告认为，美国是全球最大的市场，亚太地区是增长最快的市场。

本期参考文献:

- [1]Jianhua Zhou, Junping Chen, Bo Tang et al.(2021), Satellite positioning method and satellite positioning system, US Patent App. 16/216,496, 已授权美国专利
- [2]中国卫星导航系统管理办公室(2020), 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件-精密单点定位服务信号 PPP-B2b, 2020年7月
- [3]陈俊平, 杨赛男, 周建华等(2017), 综合伪距相位观测的北斗导航系统广域差分模型, 测绘学报,46(5) :537-546
- [4]陈俊平, 杨赛男, 张益泽等(2015), 一种伪距相位综合广域差分改正值的求解方法, 中国发明专利, ZL201510369140.0
- [5]陈俊平, 张益泽, 周建华等(2018), 分区综合改正:服务于北斗分米级星基增强系统的差分改正模型.测绘学报, 47(9): 1161-1170
- [6]陈俊平, 张益泽, 杨赛男等(2016), 基于分区改正的星基增强系统定位精度提高方法, 中国发明专利, ZL201610407689.9

报送单位: 上海市发展改革委、市经济信息化委、市科委和有关应用主管委办

抄送单位: 上海卫星导航定位产业技术创新战略联盟成员及有关合作单位等

支持单位: 上海市北斗导航研发与转化功能型平台

总编: 曹冲 责任编辑: 叶子 审核: 陆星海 校对、发行: 杨必玮

编辑部地址: 上海市徐汇区桂平路 555 号 47 号楼

联系电话: 021-64953739; 15201898620

本期主要信息来源: 北斗网, 中位协, 泰伯网, GPSWorld, InsideGNSS,

澎湃新闻, 中国新闻出版广电网, 卫星界, 振芯科技, 北斗西虹桥, 华测导航,

中电科, 中国卫星导航年会

如果您对卫星导航行业有任何见解, 欢迎您来投稿! 来稿请发至 yezi53184@yeah.net

上海卫星导航定位产业技术创新战略联盟编