**中国卫星导航行业发展报告**

# 一、GPS卫星导航概述

卫星导航系统是一种具有全能性、全天候、连续性和实时性的国家重要空间基础设施，可提供高精度的导航、定位和授时信息，其应用涵盖交通运输、海洋渔业、水文监测、气象预报、测绘地理信息、森林防火、通信时统、电力调度、救灾减灾、应急搜救等领域，涉及国民经济和社会发展的各个方面，已成为社会运转体系不可或缺的一部分。卫星导航产业链一般分为卫星制造、卫星发射、配套地面设备建设、卫星导航应用以及下游市场四个环节。狭义的北斗导航产业链则一般只包括基础类产品、终端产品、信息系统应用和运营服务四大部分。

GNSS的全称是全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System），它是泛指所有的卫星导航系统，包括全球的、区域的和增强的，如美国的GPS、俄罗斯的Glonass、欧洲的Galileo、中国的北斗卫星导航系统，以及相关的增强系统，如美国的WAAS（广域增强系统）、欧洲的EGNOS（欧洲静地导航重叠系统）和日本的MSAS（多功能运输卫星增强系统）等，还涵盖在建和以后要建设的其他卫星导航系统。国际GNSS系统是个多系统、多层面、多模式的复杂组合系统。早在20世纪90年代中期开始，欧盟为了打破美国在卫星定位、导航、授时市场中的垄断地位，获取巨大的市场利益，增加欧洲人的就业机会，一直在致力于一个雄心勃勃的民用全球导航卫星系统计划，称之为Global Navigation Satellite System。该计划分两步实施：第一步是建立一个综合利用美国的GPS系统和俄罗斯的GLONASS系统的第一代全球导航卫星系统(当时称为GNSS-1，即后来建成的EGNOS)；第二步是建立一个完全独立于美国的GPS系统和俄罗斯的GLONASS系统之外的第二代全球导航卫星系统，即正在建设中的Galileo卫星导航定位系统。由此可见，GNSS从一问世起，就不是一个单一星座系统，而是一个包括GPS、GLONASS等在内的综合星座系统。GPS接收机制造厂商纷纷推出高性能GNSS接收机。如PENTAX的Smart 8800，SMT888-3G后者更是达到136动态物理通道，成为真正意义上的GNSS接收机。

目前全球卫星导航系统已形成“1+3”的产业格局，美国GPS系统首屈一指，中国北斗、俄罗斯GLONASS、欧洲GALILEO则迎头赶上。美国GPS系统由24颗美国卫星组成，是世界首个也是目前唯一全面运行的卫星导航系统，长期垄断全球军民用卫星导航市场，目前仍占据全球逾90%市场份额。

据国外专家预测，到2030年，世界GPS市场将进入到平缓发展阶段，市场趋于平稳，应用范围虽十分广泛，但随着产业规模的扩大，单位利润会逐渐降低。由于事关中国卫星导航产业的发展，多年来一直致力于此的业内人士对以上情况看在眼里急在心里，其中就包括东方联星科技公司总经理张峻林。他说：“卫星导航在国内外都是不成熟的，但是如果再等5年，国外技术完全成熟的时候，我们的机会就更少了，就像现在去做PC操作系统，谈何容易？”东方联星虽然在某些领域已经走在了世界GPS事业的前列，但是缺乏大的环境支持，难免曲高和寡。

国外卫星导航系统数据对比:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 国家/地区 | 在轨卫星数 | 规划卫星数 | 系统现状与未来规划 |
| GPS | 美国 | 27 | 27 | 2016年2月发射第二代卫星最后一颗GPS-2F卫星，着手发展第三代GPS系统。 |
| GLONASS | 俄罗斯 | 28 | 30 | 2011年底GLONASS系统全面恢复以来，除2014年因系统故障造成2次服务短时中断外，俄罗斯基本保证了GLONASS系统的稳定运行与服务。俄罗斯计划最终生产GLONASS－K2，用于替代现役的GLONASS－M卫星，并将GLONASS系统空间段扩展为30颗卫星组成的星座。 |
| Galileo | 欧洲 | 12 | 30 | Galileo系统尚处于系统部署阶段不提供定位、导航与授时服务。2015年，欧洲航天局（ESA）发布了3个Galileo系统用户文件，标志着Galileo系统信号与服务定义工作持续推进。由于2014年发射失利及采购进度缓慢影响，系统投入全面运行的时间从2014年计划中的2018年，推迟为2015年计划中的2020年。 |

# 二、GPS定位原理

GPS导航系统的基本原理是测量出已知位置的卫星到用户接收机之间的距离，然后综合多颗卫星的数据就可知道接收机的具体位置。要达到这一目的，卫星的位置可以根据星载时钟所记录的时间在卫星星历中查出。而用户到卫星的距离则通过记录卫星信号传播到用户所经历的时间，再将其乘以光速得到（由于大气层电离层的干扰，这一距离并不是用户与卫星之间的真实距离，而是伪距（PR，）：当GPS卫星正常工作时，会不断地用1和0二进制码元组成的伪随机码（简称伪码）发射导航电文。GPS系统使用的伪码一共有两种，分别是民用的C/A码和军用的P(Y)码。C/A码频率1.023MHz，重复周期一毫秒，码间距1微秒，相当于300m；P码频率10.23MHz，重复周期266.4天，码间距0.1微秒，相当于30m。而Y码是在P码的基础上形成的，保密性能更佳。导航电文包括卫星星历、工作状况、时钟改正、电离层时延修正、大气折射修正等信息。它是从卫星信号中解调制出来，以50b/s调制在载频上发射的。导航电文每个主帧中包含5个子帧每帧长6s。前三帧各10个字码；每三十秒重复一次，每小时更新一次。后两帧共15000b。导航电文中的内容主要有遥测码、转换码、第1、2、3数据块，其中最重要的则为星历数据。当用户接受到导航电文时，提取出卫星时间并将其与自己的时钟做对比便可得知卫星与用户的距离，再利用导航电文中的卫星星历数据推算出卫星发射电文时所处位置，用户在WGS-84大地坐标系中的位置速度等信息便可得知。

可见GPS导航系统卫星部分的作用就是不断地发射导航电文。然而，由于用户接受机使用的时钟与卫星星载时钟不可能总是同步，所以除了用户的三维坐标x、y、z外，还要引进一个Δt即卫星与接收机之间的时间差作为未知数，然后用4个方程将这4个未知数解出来。所以如果想知道接收机所处的位置，至少要能接收到4个卫星的信号。

GPS接收机可接收到可用于授时的准确至纳秒级的时间信息；用于预报未来几个月内卫星所处概略位置的预报星历；用于计算定位时所需卫星坐标的广播星历，精度为几米至几十米（各个卫星不同，随时变化）；以及GPS系统信息，如卫星状况等。

GPS接收机对码的量测就可得到卫星到接收机的距离，由于含有接收机卫星钟的误差及大气传播误差，故称为伪距。对 CA码测得的伪距称为CA码伪距，精度约为20米左右，对P码测得的伪距称为P码伪距，精度约为2米左右。

GPS接收机对收到的卫星信号，进行解码或采用其它技术，将调制在载波上的信息去掉后，就可以恢复载波。严格而言，载波相位应被称为载波拍频相位，它是收到的受多普勒频 移影响的卫星信号载波相位与接收机本机振荡产生信号相位之差。一般在接收机钟确定的历元时刻量测，保持对卫星信号的跟踪，就可记录下相位的变化值，但开始观测时的接收机和卫星振荡器的相位初值是不知道的，起始历元的相位整数也是不知道的，即整周模糊度，只能在数据处理中作为参数解算。相位观测值的精度高至毫米，但前提是解出整周模糊度，因此只有在相对定位、并有一段连续观测值时才能使用相位观测值，而要达到优于米级的定位 精度也只能采用相位观测值。

按定位方式，GPS定位分为单点定位和相对定位（差分定位）。单点定位就是根据一台接收机的观测数据来确定接收机位置的方式，它只能采用伪距观测量，可用于车船等的概略导航定位。相对定位（差分定位）是根据两台以上接收机的观测数据来确定观测点之间的相对位置的方法，它既可采用伪距观测量也可采用相位观测量，大地测量或工程测量均应采用相位观测值进行相对定位。

在GPS观测量中包含了卫星和接收机的钟差、大气传播延迟、多路径效应等误差，在定位计算时还要受到卫星广播星历误差的影响，在进行相对定位时大部分公共误差被抵消或削弱，因此定位精度将大大提高，双频接收机可以根据两个频率的观测量抵消大气中电离层误差的主要部分，在精度要求高，接收机间距离较远时（大气有明显差别），应选用双频接收机。

GPS定位的基本原理是根据高速运动的卫星瞬间位置作为已知的起算数据，采用空间距离后方交会的方法，确定待测点的位置。如图所示，假设t时刻在地面待测点上安置GPS接收机，可以测定GPS信号到达接收机的时间△t，再加上接收机所接收到的卫星星历等其它数据可以确定以下四个方程式。

# 三、中国卫星导航发展

中国GPS导航的市场潜力巨大。截至到2005年底，中国拥有车载导航设备的车辆不足10万辆，相对于3000万辆的汽车总数来说，普及率不到1%。而日本的汽车车载导航安装率高达59%，欧美约占25%。2006年便携导航市场应该有近5亿元的规模，而随着市场的高速发展及新品牌的层出不穷，预计2009年中国汽车GPS导航系统终端的销售额将接近100亿元。卫星导航应用产业在国民经济中发挥着越来越重要的作用，将成为十一五”发展的亮点。在“十一五”期间，卫星导航在其它领域如航空、海路、铁路、建筑、电信、电力等方面的应用都会有很大的发展空间。

与GPS产业发达的国家相比，我国的GPS产业尚处于起步阶段，与之配套的大环境还没有形成，企业发展相对较难。虽然中国企业自主研制的GPS核心技术产品已经达到国际水平，甚至直接卖给国外的公司，但由于没有适合产业发展的大环境，产业链没有形成，许多相关配套产品都没有企业提供。特别是能够研发核心技术的企业太少，只有东方联星、西安华讯、北京星科联通等少数几家，势单力孤。

在政策环境方面，虽然国家已经认识到发展GPS的重要性，但支持力度远远不够。“主要还是国家卫星导航的人才太少，制定发展卫星导航产业的框架战略不清晰，导致国家对未来卫星导航产业的认识不足，投入谨慎，对企业的支持力度不够。”业内人士表示。此外，高校中没有教授GPS知识的人，更谈不上培养下一代GPS人才。

国家已经认识到发展GPS的重要性，特别是对某些国有企业动辄支持几千万甚至上亿元。但这些国有企业并没有自己的核心技术，而是斥巨资购买国外的技术产品。如果这些企业能转而利用国内企业的核心技术，让他们分一杯羹，不仅可以保证国内企业的生存，还能打开GPS发展的大环境，推动我国卫星导航事业的发展。

从GPS导航产业链上来看，目前中国卫星导航与位置服务产业链产值主要集中在中游,占比为68%,其中终端集成环节最大,其次是系统集成环节。中游产值占比较去年同期下降4%,虽然整体产值规模较上年有明显提升,但因终端价格大幅下降,产值增速弱于上游和下游,导致中游产值占比有所下滑。中游的终端集成和系统集成属于产业链低附加值环节,中游一端独大,说明产业仍处于发展初级阶段。

产业链发展趋势在国家相关扶持政策带动及市场逐步拓宽发展下,到2020年产业总产值达4000亿的目标有望顺利实现。从当前产业链产值分布趋势看,未来几年,中国卫星导航与位置服务产业链产值的构成仍将会发生持续变化,至2020年下游的运营服务产值贡献预计达到总产值的50%,应用服务水平大幅度提高;中游系统集成及终端集成产值在整个产业链的占比约为40%,终端产品质量和用户量将有巨大飞跃,产业国际竞争力将大幅增强。上游数据、芯片、模块类产值在整个产业链的占比达到10%左右,产业链结构逐步趋于稳定成熟。

到2020年,预期移动互联网将融入我们的日常生活,并深刻地改变我们的生活方式,位置服务将成为大众生活的一部分。得益于移动互联网的长足发展和北斗全球系统的稳步建设成熟,卫星导航与位置服务中游环节将实现跨越式增长。北斗全球系统建成后,北斗的市场国际化和服务全球化将得以实现,北斗的应用深度和广度都将有大幅度提升,北斗的市场潜力将得到极大的释放,中国卫星导航与位置服务产业竞争能力将有质的提升。

届时在上游将形成拥有自主知识产权的生产研发体系及配套产业环境,在国际分工中占有重要地位;在中游将形成一批国际知名企业和民族品牌,在国际市场占据巨大份额;在下游将形成全球化的运营服务体系,培育出全球性位置服务运营商。

# 四、北斗导航系统

北斗卫星导航系统是中国正在实施的自主发展、独立运行的全球卫星导航系统。1994年，我国启动北斗卫星导航项目试验系统建设。2011年，北斗导航被列入16个国家重大科技专项之一。2012年，北斗导航正式运行，向亚太地区提供服务。2013年是中国北斗产业的元年。经过三年发展，我国市场上带北斗兼容机功能的终端产品，已经跨越了万万级销量，同时在智能手机、汽车前装、高精度批量化应用、室内外位置服务和产品国际化推广五大方面我国的北斗卫星导航系统空间段由5颗静止轨道卫星和30颗非静止轨道卫星组成，中国在2012年左右，“北斗”系统覆盖亚太地区，计划在2020年左右覆盖全球。中国正在实施北斗卫星导航系统建设，已成功发射16颗北斗导航卫星。根据系统建设总体规划，系统首先具备覆盖亚太地区的定位、导航和授时以及短报文通信服务能力。我国北斗导航将成为信息产业的核心。北斗是国家重大空间和信息化基础设施，北斗承载着国家独立掌握自主时空基准和位置信息控制权的战略意图，北斗是保障国家安全的必要技术手段，北斗作为我国自主的卫星导航系统代表着未来巨大的政治经济利益，北斗是“一带一路”服务全球的先行者，“军民融合”产业发展的排头兵，“创业创新”瞪羚企业的策源地。，实现了历史性的突破。我国卫星导航产业有充足的发展空间与潜力。

目前二代系统建设尘埃落定，三代系统组网全速推进。我国相继在2000年和2003年分三次发射成功北斗导航试验卫星组成“北斗一代”，覆盖北纬5°到-55°，东经70°到-140°区域。2004年启动北斗二号系统工程建设，2012年底完成14颗卫星发射组网，启动亚太服务运营。2015年3月新一代北斗导航卫星升空入轨，标志着北斗导航迈入第三代全球系统建设阶段。截至2016年6月，我国已成功发射二十三颗北斗导航卫星，第三代系统组网布阵正全速推进。

北斗卫星导航试验验证系统的服务区域为东经70°～ 140°, 北纬5°～ 55°, 定位精度优于20 m[ 6] 。北斗试验验证系统具有如下特点:一是首次定位速度快。北斗验证系统的用户定位、电文通信和位置报告可在几秒内完成, 而GPS 首次定位一般需要1 ～ 3 min 。二是集定位、授时和报文通信为一体,GPS 和GLON ASS 系统只解决了用户在何时、在何地的授时和定位问题, 北斗验证系统是世界上首个集定位、授时和报文通信为一体的卫星导航系统, 解决了“何人、何时、何处”的相关问题, 实现了位置报告、态势共享。三是授时精度高。GPS 的精密定位服务(PPS)授时精度为200 ns , 北斗验证系统的单向授时精度达100 ns ,双向定时精度达到20 ns , 远远高于GPS 的授时精度。四是可实现分类保障。即可划分使用等级范围, 授权用户与公开用户分开, 公开用户也可随时进行定位保障等级的调整、优先权调配和能力集成。

卫星导航系统的频率资源十分紧缺, 不同卫星导航系统间的频谱重叠不可避免。关于频谱重叠和频谱分离是目前兼容与互操作讨论的热点,我们认为不同系统服务信号间共享频谱是可行的。对许多应用来说, 开放信号的频谱重叠对实现互操作是有益的。

中国北斗导航与美国GPS、俄罗斯GLONASS以及欧洲GALILEO一起被联合国确认为全球四大卫星导航系统核心供应商。这四大导航系统中，美国GPS是目前系统成熟度最高、应用最具规模的卫星导航系统。美国GPS走向大众应用后，成为继电信、互联网之后的IT新增长点。数据显示，美国GPS全球市场占有率超过90%。据介绍，目前美国卫星导航产业链呈金字塔型，下游应用产值占整个产业链的比例在70%以上。与此相反，我国北斗产业链呈陀螺型，下游应用产值占比不足30%。下游商业回报小，仅靠政府长期投入，未来难以持续。公开信息显示，多家上市公司已入局北斗基础产品及终端产品，如海格通信、振芯科技、北斗星通、欧比特、合众思壮、中海达、华力创通等。

北斗卫星导航系统由于起步较晚, 国际国内卫星导航市场已基本被GPS 和GLONASS 占领, 许多与卫星导航有关的先进设备进口相对困难, 所以北斗卫星导航系统的发展也面临严峻的挑战。首先, 北斗面临无线电频率资源的竞争, 要实现北斗导航系统与其他卫星导航系统间的兼容与互操, 首先面临频率资源短缺问题;其次, 北斗坐标系统的最佳实现应该全球均匀建站, 但是目前情况下很难实现;第三, 卫星导航定位市场竞争也十分激烈GPS 导航定位用户在国际市场上占有绝对垄断地位, 在国内测绘、导航领域也占据主导地位,GPS 时间系统也已在国内电力、通信、交通、金融、空间技术等领域广泛应用, 要从现有GPS 市场份额中占有一席之地十分困难。

北斗导航系统尚无健全的国家政策和标准。为了掌握卫星导航的主导权, 北斗卫星导航系统一方面需要构建独立自主的导航定位与时间系统, 又要实现与其他卫星导航系统兼容与互操作,所以需要尽快制定较完备的卫星导航发展政策。北斗导航系统的发展除要满足国防建设急需外, 还应该促进国民经济建设的发展。但是若要实现北斗导航系统的良性发展, 又必须鼓励国际竞争, 反对垄断。没有竞争, 北斗的整体技术就很难进步。任何的市场垄断都可能影响北斗导航系统的技术进步, 都有可能葬送北斗导航事业。与北斗导航系统建设与应用相关的管理政策也急需明确, 多层次管理或不顺畅的管理都会影响北斗用户的拓展。

# 五、卫星导航的应用

 三类应用驱动行业大发展，千亿市场空间高度可期。我国卫星导航产业下游市场可分为三种，分别是特殊应用市场、领域应用市场和个人应用市场。其中特殊应用市场包括军事应用、公安武警及应急救援应用,市场规模占比最小，但是产业发展的高端市场，行业资质要求高，现阶段处于稳定增长期；领域应用市场包括测绘建筑工程、石油、水陆交通及城市建设等，现阶段处于高速规模化发展期；个人市场包括私家车、移动端、互联网应用等，这一部分市场规模占比最大，是北斗卫星导航系统产业化的重心，限于技术水平和成本，目前仍处于成长初级阶段。

卫星导航定位行业按照定位精度差别可区分为两大服务群体：一是高精度GNSS行业（常规使用的定位误差在米级以下）；二是消费类行业（常规使用的定位误差在1米至10米以上）。显然，特殊应用市场和领域应用市场采用第一种高精度定位，个人市场则采用常规精度定位。

对于军用市场，国家庞大的军费支持，市场大。北斗军用市场将首先启动，2015 年中国国防预算为8869 亿元，同比增长10. 11%，按美国军用GPS 投入占整个军费开支比重约1.5%估算，中国军用北斗市场规模为133 亿元。卫星导航应用于军工多领域，如飞机、舰艇、坦克、装甲车、导弹、士兵。中国士兵整体北斗终端装配率仅有30%，离美国单兵100%的装配率差距还很大，我们估计在2020 年军用市场规模将达200 亿左右。而高精度GNSS 市场将受益于行业应用领域扩展，2014 年行业市场规模达到8.03 亿元，预计到2020 年，高精度GNSS 市场规模在480亿元左右。

从美国GPS等卫星导航市场的发展路径来看，都经历了从小众到大众的发展路径，最初是为了军事应用，国防安全部门率先批量应用卫星导航产品，其次道路交通、渔业等行业应用爆发，最后随着技术成熟和成本降低，大众消费市场爆发。中国的北斗市场也在走同样的发展路径，首先是国防安全部门采购试点，验证系统性能，保障国家军事安全，其次是个行业示范推广，最后随着成本降低和技术完善成熟走向大众消费，即北斗市场发展沿着“国防安全行业应用大众消费”的顺序展开。

长期以来，GPS输出的自给式应用模式极大地限制了我国卫星导航应用创新，造成我国卫星导航应用滞后市场需求、卫星导航和通信产业缺乏有效融合、企业基础研发自主创新不足的不利局面，使得国内丰富的导航、通信资源大多停留在彩铃等娱乐水平。与此相对，北斗卫星导航系统提供系统服务5年以来已取得了显著的社会经济效益。随着下一步区域系统以及未来的全球系统的建成，北斗导航通过与国内通信产业融合，在航天、通信和电子等“国家队”集团公司的主导推动下，将有能力通过功能、技术和资源互补，构成多类型、多层次卫星导航应用服务产业（包括应用终端+应用服务），使我国卫星导航应用从根本上实现从自给到按需的转变，真正成为国家高精度、高可靠性、高可用北斗全球卫星导航系统示意图度的关键信息基础设施。

根据产业信息网预测，民用行业预期在2016年后大规模放量，而消费市场大规模放量的时间约在2018年前后。根据我们对行业的观察，过去几年国内芯片等元器件成本在快速下降，随着国家政策支持力度加大，北斗国防军工市场已经从试点走向稳定，行业应用市场也在快速拓展。随着地基增强系统的建设完成，北斗的市场应用有望快速推进，行业的加速发展拐点正在到来。