

北斗导航知识问答

1、北斗卫星导航系统两颗星如何定位？

北斗系统由 2 颗地球静止卫星（GEO）对用户双向测距，由 1 个配有电子高程图库的地面中心站进行位置解算。定位由用户终端向中心站发出请求，中心站对其进行位置解算后将定位信息发送给该用户。它的定位基于三球交会原理，即以 2 颗卫星的已知坐标为圆心，各以测定的本星至用户机距离为半径，形成 2 个球面，用户机必然位于这 2 个球面交线的圆弧上。中心站电子高程地图库提供的是一个以地心为球心、以球心至地球表面高度为半径的非均匀球面。求解圆弧线与地球表面交点，并已知目标在赤道平面北侧，即可获得用户的二维位置。

2、北斗卫星导航系统有哪三大功能？

快速定位：北斗导航系统可为服务区域内用户提供全天候、高精度、快速实时定位服务

简短通信：北斗系统用户终端具有双向数字报文通信能力，可以一次传送超过 100 个汉字的信息。

精密授时：北斗导航系统具有单向和双向两种授时功能。根据不同的精度要求, 利用授

时终端,完成与北斗导航系统之间的时间和频率同步,可提供数十纳秒级的时间同步精度。

3、北斗卫星导航系统适用于哪些应用领域？

北斗卫星导航系统可以在服务区域内任何时间、任何地点，为用户确定其所在的地理经纬度，并提供双向通信服务。系统可以为船舶运输、公路交通、铁路运输、野外作业、水文测报、森林防火、渔业生产、勘察设计、环境监测等众多行业以及其他有特殊调度指挥要求的单位提供定位、通信和授时等综合服务。例如在西部和跨省区运营车辆、沿海和内河船舶的监控救援，水利、气象、石油、海洋和森林防火的信息采集，通信、电力、铁路网络的精确授时，公安保卫、边防巡逻、海岸缉私和交通管理的导航通信等。

4、利用北斗系统导航定位有何优势？

北斗应用五大优势： 同时具备定位与通讯功能，无需其他通讯系统支持 覆盖中国及周边国家和地区，24 小时全天候服务，无通信盲区 特别适合集团用户大范围监控与管理 and 数据采集用户数据传输应用 融合北斗导航定位系统和卫星增强系统两大资源，提供更丰富的增值服务 自主系统、高强度加密设计，安全、可靠、稳定，适合关键部门应用

5、北斗系统与 GPS 相比有何特点？

北斗导航系统同时具备定位与双向通信能力，可以独立完成移动目标的定位与调度功能；GPS 系统本身不具备通信能力，需要和其他通讯系统结合才能实现移动目标的远程定位与监控功能。北斗导航系统是区域性导航系统，GPS 系统是全球性导航系统。北斗导航系统由我国自主控制，而 GPS 系统则是由美国军方控制。

6、北斗用户机有哪些类型？

依据北斗用户机的应用环境和功能的不同，可以将北斗用户机分为五类：

基本型：适合于一般车辆\船舶及便携等用户的导航定位应用，可接收和发送定位及通信信息，与中心站及其他用户终端双向通信。

通信型：适合于野外作业、水文测报、环境监测等各类数据采集和数据传输用户，可接收和发送短信息、报文，与中心站和其他用户终端进行双向或单向通信。

授时型：适合于授时、校时、时间同步等用户，可提供数十纳秒级的时间同步精度。

指挥型用户机：适合于小型指挥中心指挥调度、监控管理等应用，具有鉴别、指挥下属其他北斗用户机的功能。可与下属北斗用户机及中心站进行通信，接收下属用户的报文，并向下属用户发播指令。

多模型用户机：既能接收北斗卫星定位和通信信息，又可利用

GPS 系统或 GPS 增强系统导航定位。适合于对位置信息要求比较高的用户。

7、北斗导航系统有哪几种具体应用模式？

北斗导航系统依据用户的实际应用环境可以有以下应用模式：

小型集团监控应用——移动目标配置基本型北斗用户机，集团监控中心配置指挥型用户机和相应的计算机设备及监控软件，快速构建实用的监控管理应用系统。

大型集团监控应用——移动目标配置基本型北斗用户机，集团监控中心配置北斗天玑指挥所设备，通过地面网络接入北斗运营服务中心，完成大规模、跨区域的移动目标监控管理和指挥调度。

自主导航应用——利用北斗基本型用户机、多模型用户机进行车辆、船舶等的自主导航。

通信应用——利用北斗通信终端，实现点对点、点对多点的通信。这种应用模式适合于各类数据采集和数据传输用户，如水文观测、环境监测等。

授时应用——利用北斗授时终端，进行通信、电力、铁路等网络的精确授时、校时、时间同步等应用。

北斗运营服务系统的信息咨询和受托研究应用——北斗运营服务系统积聚了大量“北斗卫星导航系统”和 GPS 系统的导航定位信息，此外，还将积聚了大量运输和物流信息。通过这些数据和相应的模型可以为用户提供信息咨询和受托研究服务。

8、北斗能否成为全球性系统

北斗卫星导航系统由两颗工作卫星和一颗备份卫星组成，可以全天候全天时提供区域卫星导航信息，在任何时间任何地点确定中国用户地理位置，实现无缝覆盖。该系统已经于 2001 年底开通运行，并为中国经济发展服务。

据中国运载火箭型号总指挥黄春平介绍，中国的北斗卫星导航系统服务范围包括中国大陆及东南海域所有地域，属区域性系统。目前该系统发射三颗星的投资较少，适合中国当前经济能力和有关方面的需求。根据经济发展的实际情况，可以考虑发展成为准全球性系统。另据了解，全球性卫星定位系统卫星数量在 24 颗左右，准全球性系统的卫星数量在 6 颗左右。

9、第一代北斗系统的缺点在哪里

北斗导航系统的研制成功解决了中国自主卫星导航定位系统的有无问题。它是一个成功的、实用的、投资很少的初级起步系统。此外，该系统的建设并不排斥国内民用市场对 GPS 的广泛使用。相反，在该系统的基础上，还将建立中国的 GPS 广域差分系统，可使受 SA 干扰的 GPS 民用码接收机的定位精度由百米量级修正至数米级，可以更好地促进 GPS 在民间的利用。

但是，北斗导航系统需要中心站提供数字高程图数据和用户机发上行信号，从而使系统用户容量、导航定位维数、隐蔽性等方面受到限制，在体制上不能与国际上的 GPS、GLONASS 及将来的伽利略兼容。因此，中国还需要在第一代导航卫星系统成就的基础上发展第

二代导航卫星系统，以满足今后国家对卫星导航应用和长远经济发展的需求。

10、北斗的定位精度如何？

在网络上军迷们争论最多的就是北斗系统的定位精度问题。由于北斗系统更多的细节尚没有正式公布，因此我们无法断定其精度到底如何？只能从部分公开的资料来进行分析。在北斗星通公司的网站上，我发现了这样一段话：……北斗系统具有快速定位、短报文通信、精密授时三大功能，可为服务区域内用户提供全天候、高精度、快速实时位置服务，定位精度与 GPS 相当……

(<http://www.navchina.com/news/beidou1.asp>)

众所周知 GPS 对民用的定位精度是百米级，军用是米级。从北斗的定位原理来看，目前要达到米级是不太现实的，因此基于北斗星通公司的资料，我们可以初步确定，第一代北斗卫星导航系统的定位精度至少应该可以达到百米级。

三、如何发展中国第二代导航卫星系统

1. 第二代导航卫星系统的体制

第二代导航卫星系统与第一代导航卫星系统在体制上的差别主要是：第二代用户机可免发上行信号，不再依靠中心站电子高程图处理或由用户提供高程信息，而是直接接收卫星单程测距信号自己定位，系统的用户容量不受限制，并可提高用户位置隐蔽性。其代价是：测距精度要由星载高稳定度的原子钟来保证，所有用户机使用稳定度较低的石英钟，其时钟误差作为未知数和用户的

三维未知位置参数一起由 4 个以上的卫星测距方程来求解。这就要求用户在每一时刻至少可见 4 颗以上几何位置合适的卫星进行测距，从而使得星座所需卫星数量大大增多，系统投资将显著增加。建立高精度卫星轨道基准和卫星时间基准是新卫星导航系统技术的核心，需要开展深入的研究工作。为了获取对中国未来的导航频率的国际保护，需要加快向国际电联申请和协调。

中国第二代导航卫星系统复杂，全系统的设计研制和运行管理尚缺少经验，但中国对卫星的测控技术已有一定基础。北斗导航系统和广域差分系统的研发直接为中国第二代导航系统的研制和运行锻炼了技术队伍和积累了经验，各地面台、站设施等可在第一代导航卫星系统已有设备基础上进行扩建，卫星平台、运载火箭、双向数据移动通信等均可以继承或采用成熟技术。国内 GPS 的广泛应用为中国未来的卫星导航提供了应用基础和广阔的市场。发展新一代导航卫星系统不仅是必要的，而且在技术、经济上也是可行的。

2. 第二代导航卫星系统发展途径

(1) 充分保证民用导航精度 提供双频信号以消除电离层引起的误差，不实施 SA 干扰降低导航精度，C/A 码公众自由使用并与国际格式兼容，不收费；对授权用户提供双频和广域差分信息，以进一步提高导航精度和提供准实时完好性信息。GPS 广泛开发民间应用，形成重要产业，其军民之比已达 1:20。由于民用接收机的普及、批量生产和商业竞争，民用产品的数字化、小型化

和性能大大提高，价格显著下降，反过来又促进了 GPS 的军事应用，更大程度地满足了需求。相反，俄罗斯没有开发民用市场，军用接收机只生产了 2000 部，价格昂贵，性能不高。因此，中国在建立第二代导航系统的同时，应发挥中国导航 C / A 码精度高、含有亚洲区域加强系统的优势，首先开发国内民用市场，开发出批量生产的廉价国产导航接收机，普及国内民间应用，逐步取代进口产品，形成产业，进而开发中外导航信号双模式兼容、并可接受区域加强的高精度高可用性接收机，进一步拓宽需高安全性的中外用户在亚洲的应用市场，逐步建立中国导航系统今后持续发展的物质基础，为将来发展全球性的国际市场做好准备。建议中国指定相应领导部门加强民用卫星导航的开发和应用工作的管理。

（2）以建立全球导航系统为长远目标，分步实施 中国的卫星导航系统究竟应该是区域的还是全球的，这是中国导航界专家广泛关注的一个重要问题。当前为了首先确保在国内及附近海域的需求（少数国际民航飞机和航海船只除外），并力求减少初期一次性投资额度，在近期内仍以建成北半球约 120 度经度范围内的区域系统为宜。但从长远发展打算，中国经济和科学技术的发展离不开卫星导航，低轨飞行器的定轨也要求有全球导航系统支撑，要认真考虑中国区域系统今后顺利发展成为全球系统的可能性。这也有利于和俄罗斯、欧洲一起打破美国 GPS 独霸世界的局面，有利于民用方面今后开发导航产业的国际市场，满足国际航空、航海和航天器全球导航的需要。因此，从前瞻性考虑，建议以建立全球导航系

统为长远目标，按技术经济条件采取先区域后全球的两步实施方针。实现这一方针的可行性在于当前区域系统必须和未来全球系统在体制上兼容，区域星座可以扩展为全球星座，今后可根据中国国力和实际需要，随着后续卫星的发射，以最小的代价平稳地发展成全球系统。这一技术途径的可行性在于寻找到合适的卫星星座，下面为可考虑的几种区域星座轨道类型。

1、地球静止轨道地球静止轨道地球静止轨道地球静止轨道

（（（（GEO））））：卫星星座可一天 24 小时静止在规定的赤道位置上空，提供本区域导航服务，卫星利用率高。这就是北斗导航系统采用的星座，而且地球静止卫星也广泛应用于全球导航系统的区域增强系统。由于地球静止轨道卫星都处于赤道面内，受导航定位所需几何构形的限制，每个用户只能最多利用 2 颗相间隔 30 度以上经度的卫星。全区域究竟布设几颗地球静止轨道卫星则取决于导航服务区域大小，但单用地球静止轨道卫星是不够的，还必须要有相对于地球移动的高纬度卫星参与导航星座。

2、大椭圆轨道卫星星座：最典型的是俄罗斯用于高纬度地区广播卫星的“闪电”12 小时卫星轨道。这是一种大偏心率（通常取 0.7 左右）轨道，轨道倾角 63.43 度，其远地点在北半球本国高纬度上空，星下点轨迹移动缓慢，5 日内可保持近 10 小时有效运行。一个轨道面内均匀分布 3 颗星，即可保持一个高纬度星位的连续存在。其近地点在南半球，停留时间很短，卫星高度很低，用户可见区域范围小，对用户的导航贡献小。另有一个远地点在地球背

面，经度上远离服务区，本区域系统不能加以利用。另外，这种轨道的卫星高度变化剧烈，对信道设计很不利。因此，对大椭圆轨道不予考虑。

3、倾斜地球同步轨道倾斜地球同步轨道倾斜地球同步轨道
倾斜地球同步轨道（（（（IGSO））））：卫星星座的轨道倾角为 $55^{\circ}\sim 63.43^{\circ}$ 的24小时地球同步轨道，即所谓的大“8”字形轨道，中心位于赤道某设定的经度上，高度与地球静止轨道卫星相同，卫星星下点24小时轨迹在本服务区内南北来回运动，也是一种利用效率较高的区域星座，但只限于在本经度区域内使用。在立足于国内台站测控的条件下，中国采用9颗倾斜地球同步轨道卫星与4颗地球静止轨道卫星相结合可以建立区域导航系统，但接近服务区边缘处因卫星定轨精度下降导致导航精度明显恶化。欧洲曾对这种轨道星座方案作了多年研究，并企图在全球寻找几个区域系统联网成全球系统的合作伙伴未果，最终放弃了这种方案。如果中国采用这种轨道星座，将来发展成为全球系统是不可能的。

4、中高度圆轨道中高度圆轨道中高度圆轨道中高度圆轨道
（（（（MEO））））卫星星座卫星星座卫星星座卫星星座：这是一种周期为12小时，倾角为 $55^{\circ}\sim 63.43^{\circ}$ 的轨道，是经过GPS和GLONASS系统成功运行证明性能优良的全球星座轨道。分析计算证明，24颗倾角为 55° 的MEO卫星分布在3个轨道面内，可满足全球导航精度（3个倾角为 54.74° 的轨道面通过地心相互正交，卫星在全球分布最均匀，明显优于GPS的6个轨道面）。这种单一由

ME0 卫星组成的星座必须布满全部 24 颗卫星才能有效地投入运行，如要满足民航可用性要求和精密近进，则必须增加地球静止轨道卫星（GE0）进行区域加强，或大量增加 ME0 卫星。由于每一 ME0 卫星星下点轨迹历经全球，其优点是可立足于本国国土内测控所有卫星。中国服务区地处北纬 55 度以南（实际上南半球地区同样可以服务），东西经度范围很大，占全球 $1/3$ ，平均每颗星约有 $2/3$ 的时间可为本区域系统内的用户服务。采用其 12 颗星的子星座与 4 颗地球静止轨道卫星相结合（ $12\text{ME0}+4\text{GE0}$ ），可满足区域系统的导航要求。如果后续布满 24 颗卫星，则发展成为高精度区域加强的全球系统，可达到民航精密近进导航要求。下表为各类轨道星座 HDOP 与 VDOP 值的比较，其中 HDOP 为水平几何放大因子，VDOP 为垂直几何放大因子，它们和测距精度相乘可分别获得水平与垂直定位精度。比较数据表明所建议的轨道和 GLONASS 型轨道都可满足要求。前者，全球星座的精度更好；后者，所有中高度圆轨道卫星都历经同一星下点轨迹，有利于消除地球重力异常对星座内各卫星影响的差异，同一地面站可以分时监控到所有轨道面的卫星。

四、北斗用户机的类型及其功能

北斗用户机是北斗导航定位系统的用户终端设备，根据执行任务的不同，北斗用户机可分为定位通信型（基本型用户机）、通信型、授时型和管理型（指挥型用户机）；按照装载方式的不同，北斗用户机可分为手持式、车载式、船载式、机载式等类型。（看上去好像并没有传说中的那样大，呵呵）

北斗用户机主要功能

定位功能：可以进行手动、自动和紧急定位设定，向中心站发出定位请求，并接收中心站发出的定位结果。在显示屏上显示经度、纬度、高程、时间及定位精度等信息。

通信功能：可以接收中心站发出的短报文信息，显示报文内容并将接收到的信息存储，以便查询。可编辑发送电文及编辑发送固定电文。

导航功能：可以设定、预置、存储航路点、航线，可自动计算偏航距离，偏航后还可以自动报警。

设置功能：可以对定位方式、通信频度、高程基准、坐标形式（大地、高斯、麦卡托）、显示信息方式等多种参数进行预设。

加密功能：可对信息进行加密/解密处理，以保证用户数据的安全性。

五、北斗导航定位系统图示

北斗导航定位系统由北斗导航定位卫星、地面控制中心站为主的地面部分、北斗用户终端三部分组成。其结构和原理如下图所示：

北斗集团用户信息服务系统项目于 2001 年通过立项评审，2002 年底完成了系统研制并顺利通过验收评审。北斗星通公司成为国内首家获得授权的北斗导航定位系统运营服务商，并于 2002 年在北京航天城建成北斗运营服务中心。该中心是北斗集团用户信息服务系统门户的第一个出口，为用户提供的北斗信息由北斗集团用户信息服务系统经专用光纤被推送至中心，再由中心分送至各集团用户中

心，从而实现了对各类集团用户的信息服务：

为集团用户提供入网和计费服务

为集团用户提供多种方式的接入服务：PSTN(公众电话网)、FR(帧中继)、DDN(专用数字网)、VSAT(卫星接入)等

为集团用户提供其下属终端用户的位置、短报文等信息服务 可将用户信息长期保存，用户通过 E-MAIL/WWW 等方式随时查询

为数据采集用户提供定位和数据传输服务 为气象、物流等部门提供信息咨询、受托研究等服务

北斗系统首家用户陕南水利进入试运行

近日，随着北斗第三颗星的成功升空，国内首家应用北斗系统的签约用户——陕南水利的“陕南水利雨量监测速报系统”也已安装调试完毕，进入试运行阶段，近期即将全面开通。该系统由西安山脉公司和北斗星通卫星导航技术有限公司（以下简称北斗星通公司）共同建造，依托北斗卫星导航定位系统，凭借其自主性和无通讯盲区的优势，突破陕南多山地域水文测报信息的传输瓶颈，通过北斗卫星链路，实现了陕南汉中安康商洛三地市用户所需的水文水情信息的实时传输，从而大大提高该地区雨情、水情、旱情和灾情信息采集的准确性及传输的时效性，并对其发展趋势做出及时、准确的预测和预报，为制定防洪抗旱调度方案提供重要的科学依据，对陕南水利的发展起到积极的推动作用。该系统的建成从根本上解决了在流域内偏远地区及山区内部署自动测站的通信问题，为今后水利、水电部门实现全流域水情自动测报提供了重要手段。

陕南地区是一个典型的多山地区，目前主要采用短波、超短波、邮电电话和卫星小站来进行数据采集及信息传输，其超短波网络受到秦岭、秦巴山脉及雷电影响，无法及时正常工作，这就为当地的防洪抢险决策部门的决策造成了极大的不便。由于北斗系统具有自主性和无通讯盲区的特点，通过北斗卫星链路，可以实时传输用户所需的水文水情信息，从而保证了水情预报的可靠性和数据的完好性，为决策部门提供了重要的科学依据。“陕南水利雨量监测速报系统”于 2002 年 12 月开始建立，2003 年 4 月底首批用户 ID 号已经提供到用户手中，目前该系统已处于试运行阶段，其功能齐全，运行稳定可靠，所有的终端测站在 2 分钟内全部收齐；终端测站与数据采集系统连接简单，操作方便，安装简易。

北斗系统商业化难题：价格是美国 GPS 数倍

北斗卫星导航系统(BDS，下称“北斗系统”)是中国自主创新的重大成果，但它的市场化之旅才刚刚开始。能否取得商业上的成功，关系到北斗系统的成败存亡。

交通运输部日前下发通知，要求自 2013 年 1 月 1 日起，9 个示范省份在用的“两客一危”车辆(旅游包车、三类以上班线客车和危险品运输车)需要更新车载终端的，应安装北斗兼容车载终端；所有重型载货汽车和半挂牵引车应加装北斗终端。随后，交通运输部专门召开电视电话会议，对上述通知做进一步的落实和督促，并称，凡未按规定安装或加装北斗兼容车载终端的车辆，不予核发或审验道路运输证。

这一带有强制性色彩的政策释放出明显的信号：北斗系统是想借助“有形之手”，以非市场化的方式来启动首批民用客户。这遭到了一些人的批评，认为此举模糊了政府与企业之间的界限。其实，在国家重大科技专项，特别是涉及国家重大战略安全的产业领域中，动用国家资源帮助其发展壮大并无不妥。卫星导航系统本身就是投资数百亿、建设数十年的国家工程，商业化注定也是一个漫长的过程，在商业化初期，它还不能以有竞争力的性价比来吸引客户，政府采用财政、税收、政府采购等手段，帮助企业或项目启动客户，显有其必要性。

关键的问题在于，谁来承担额外的成本。尽管北斗车载导航与美国的 GPS 相比并不逊色，但价格却是后者的数倍，强制性地让车主多花数倍的高价来安装北斗系统，否则不核发道路运输证，确是行政越界行为。笔者建议，在用户启动策略上，不妨采用公共采购的方式，公务车必须安装北斗导航，非公务车安装北斗导航则给予一定的补贴，这既体现了国家扶持的意愿，也没有将成本转嫁到消费者的身上。

但保护只能是有限保护，且非长久之计，因为随着用户的增长，补贴将是一笔庞大的数字，会加重财政负担。最重要的是，保护政策极易营造一个封闭的生存环境，而北斗系统绝无可能在一个封闭的环境中成长，否则会丧失自生能力，一个没有自生能力的工程，注定是失败的工程。所谓自生能力，用林毅夫的话来讲，就是在一个开放、竞争的市场中，只要有着正常的管理，就可以预期这

个企业在没有政府或其他外力的扶持或保护的情况下，获得市场上可以接受的正常利润率。

受保护而失败的典型案例，莫过于前苏联的民机产业。在产业政策的呵护下，前苏联的民机产业维持了一个封闭的内循环，三大飞机制造商包揽了前苏联所有的民机，不参与国际竞争，不照顾客户体验，甚至不去关注盈亏状况，失去了自生能力。随着前苏联的解体，民机产业也一蹶不振，如今俄罗斯的航空公司不得不从波音、空客购买飞机。

在此，不妨分析一下全球卫星导航系统领域的竞争格局。美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS 已经运行了数十年，技术成熟，欧洲正在建设伽利略卫星导航系统(Galileo)，与中国的北斗系统一道，构成全球四大卫星导航系统，目前欧洲的伽利略建设进程落后于中国的北斗系统，各国(区域)都把独立完善的卫星导航系统视为拱卫国土安全的重要因素。在商业化进程上，美国的 GPS 处于垄断地位，在中国占有 95%的市场份额，可以预料，随着北斗系统的进一步完善，未来在中国本土市场，将是北斗系统与美国的 GPS “短兵相接”。

北斗系统的技术创新是成功的，但它还需要经受市场化的洗礼，只有商业上的成功，才是真正的成功。