

## 北斗与 GPS 的区别详解

本文分别从 9 个方面阐述北斗与 GPS 的技术区别：

### 1. 三频信号

北斗使用的是三频信号，GPS 使用的是双频信号，这是北斗的后发优势。虽然 GPS 从 2010 年 5 月 28 日发射了第一颗三频卫星，但等到 GPS 卫星全部老化报废更换为三频卫星还好几年。这几年就是北斗的优势期。三频信号可以更好的消除高阶电离层延迟影响，提高定位可靠性，增强数据预处理能力，大大提高模糊度的固定效率。而且如果一个频率信号出现问题，可使用传统方法利用另外两个频率进行定位，提高了定位的可靠性和抗干扰能力。北斗是全球第一个提供三频信号服务的卫星导航系统。

### 2. 有源定位及无源定位

有源定位就是接收机自己需要发射信息与卫星通信，无源定位不需要。北斗一代的有源定位，有源定位技术只要两颗卫星就可以完成定位，但需要信息中心 DEM（数字高程模型）数据库支持并参与解算。它在北斗二代上被保留下来，但不作为主要的定位方式。而北斗二代使用的是无源定位，和 GPS 是一样的，不需要信息中心参与解算，有源定位则作为补充功能。

这个功能的好处是当你观测的卫星质量很差，数量较少时（理论上，无源定位至少要 4 颗卫星才能解算 XYZ 和时间四个未知参数，实际需要的更多），仍然可以定位。这个功能对于紧急情况会比较

有用，比如在山谷中，观测条件非常差，能知道大概位置也是非常重要的。坏处是在战争中会暴露你的位置信息。

需要信息中心参与解算是因为“资源有限”，比如，某北斗一代手持机，每 60 秒可以定位一次，不能频繁定位，以保证信息中心不能过载。但是北斗一代不能民用的主要原因却不是因为这个。

北斗一代称为北斗卫星实验系统（RDSS），北斗二代称为北斗卫星导航系统（RNSS），“一代，二代”是为方便称呼。从名字上就可以知道，北斗一代只是做个内部实验而已，检验一下我们的理论、技术是否可行，定位精度如何，再进行后续改进，设计的初衷根本没打算民用啊。

### 3. 短报文通信服务

这个是中国卫星导航的原创功能，并且非常实用。08 年汶川地震的时候，震区唯一的通讯方式就是北斗一代。这一特色功能毫不意外在二代中保留下来。但是这个功能也是有容量限制的，所以并不适合作为日常通信功能，而是作为紧急情况通信比较合适。基于这个功能，北斗还有一个好处是，不但能知道我在哪，还能让别人知道你在哪。这个功能有利于求救。

### 4. 境内监控

pastedGraphic.png

卫星定位系统一般由三部分组成：空间星座部分，地面监控部分和用户接收机部分。其中，地面地面监控部分又由三大部分组成：监控站，主控站，注入站。

GPS 系统在全球建 5 个监控站，1 个主控站和 3 个注入站以保证卫星运行，这些站都设在美国国土上，并且在全球分布很均匀。包括美洲大陆的美国本土，太平洋的关岛和夏威夷、印度洋的迭哥伽西亚以及大西洋的阿森松群岛。中国没法把监控站建到全球，所以中国在设计北斗系统时必须考虑到，地面监控部分只建在中国境内，就能够保证整个系统的正常运行。在境外建站也不是不可以，只是就算建了，也只起到提高精度的作用，绝对不能作为控制功能。这本来是北斗的劣势，境内监控是被逼出来的，没有其他选项，但现在成了北斗的安全优势，不用受制于其他国家。

如今中国境外的首个陆地遥感卫星数据接收站“北极站”，将于今年在瑞典开工建设，预计两年建成。中国将在南美洲的阿根廷建造首个境外卫星跟踪站。从南美到北极，中国卫星产业开启全球化模式。

## 5. 分步开通

GPS 必须整个系统建成后才能使用。目前北斗的 14 颗在轨卫星使用了 5 颗地球静止轨道（GEO）卫星，5 颗倾斜地球同步轨道（IGSO）卫星，4 颗中高度圆轨道（MEO）卫星。北斗的星座方案来之不易，许院士说当时有几个方案参与竞争，光是方案的修改论证就持续了整整三年，最后确定的这个方案不敢说没有缺点，但绝对是所有方案里最好的一个。言归正传，北斗卫星导航系统在这个创新的空间星座支持下，仅仅发射了 16 颗卫星，就于 2012 年 12 月 27 日在亚太地区正式开通运行。这有利于加快北斗的商用进程，有利于对后

续的系统做进一步改进，有利于加快北斗产业链的成熟。毕竟北斗的最大市场肯定是中国嘛，先让北斗系统在亚太地区发展几年，让芯片成熟几年，想推广到全球的时候也会相对容易。而且亚太地区的卫星利用效率肯定也更高，更值得优先投资。

## 6. 局部加强，逐步成熟

理论上 GPS 在全球的定位精度是相当的。北斗系统针对中国及其周边地区是特别加强过的，在国内卫星的几何条件比较好。单点定位的精度取决于两个方面：一是观测量精度，二是所观测卫星的空间几何分布。导航中用精度衰减因子 DOP 来表示卫星空间图形的贡献，包括：空间精度衰减因子 GDOP、位置精度衰减因子 PDOP、时间精度衰减因子 TDOP、平面精度衰减因子 HDOP、垂直精度衰减因子 VDOP、相对定位几何精度衰减因子 RDOP。随着北斗全球系统逐渐成熟，DOP 越来越小，它在中国及周边地区的定位精度超过 GPS 也只是时间问题。“逐步成熟”并不是一个托词，而是技术、理论上的进步。

(1) 卫星数量增加。GPS 设计使用 21+3 颗卫星，即 21 颗工作卫星，3 颗备用卫星。目前 GPS 实际已经使用了 32 颗卫星，卫星数量越多，就会得到越多的冗余数据，数据就越可靠，DOP 值越小。北斗现在只有 16 颗，等北斗卫星的数量越来越多，也会得到更多观测数据，精度提升是必然的了。目前北斗芯片一般会支持 GPS，可能存在以下原因，第一是补充北斗系统的精度，第二是为了开拓市场（刚开始只支持北斗没人用啊）。这样的话芯片更复杂，功耗更

高，开发难度更大。但也不能说全是坏处，目前兼容不同系统也是行业发展的趋势，GLONASS 芯片一般也要兼容 GPS，北斗芯片也有支持 GLONASS 甚至三个系统的。兼容系统，数据冗余更多了，精度更高，DOP 小，这项功能做好了也会成为中国芯片厂商的优势。

补充一下，目前魅族 MX4，MX4pro，小米 4，华为 G7，三星 S5，NOTE4 现在均已支持 GPS、GLONASS、北斗。可以看到，兼容三大导航系统已经是大势所趋，相信在不久的将来，兼容北斗的终端将会越来越多。

(2) 改正模型优化。与信号传播路径有关的误差有：对流层折射误差，电离层折射误差延迟误差，多路径效应，地球自转效应误差。这些误差是没办法完全消除的，只能不断减小。用于改进电离层折射误差延迟误差的 Klobuchar 模型就是根据长时间气象观测数据，构造出电离层折射随时间变化的经验公式。说白了就是猜出来的，不过是有水平，有数据支持，聪明的猜，才出来后进行试验验证，好用就留着，不好用就继续改。全球不同地区的电离层对流层都是不同的，这些公式是根据国外的观测数据构造的，用在中国自然会差一些，我们需要给北斗更多的时间累计观测数据，等待开发或优化更多的适合中国地区的改正模型。

(3) 卫星轨道精度提高。卫星的实际运行轨道肯定与设计轨道有一定的差距。伪距定位的原理是：采用距离后方交会的方法确定接收机天线的三维坐标。只有卫星轨道精度提高了定位精度才会高。卫星的轨道是通过监控站的观测数据拟合出来的，观测时间越久，累

积的数据越多，拟合的轨道越精确。北斗缺少国外的观测数据，所以轨道精度在亚太地区较高，在国外的轨道精度会比较差。弥补这个缺陷也需要给北斗时间。再提一下地球静止轨道（GEO）卫星。GEO 卫星相对地球做不到完完全全的静止，会有一些的漂移。而地球同步轨道只有一个，资源非常稀缺，国际上把这个轨道划分成了一小段一小段的圆弧，卫星只能在分配的范围内移动，否则可能与其他卫星相撞，所以每隔一段时间就需要调整 GEO 卫星位置。目前调整北斗采用的是脉冲式，只能按整次数来调整卫星的位置，不能是零点几次，所以可能出现多一次嫌多，少一次不足的情况。在后续发射的 GEO 卫星，调整卫星会改用连续式，想喷多少就喷多少，增强卫星控制能力与精度。一旦进行调整，之前的观测数据就会作废，需要重新累积数据。在调整卫星期间，那颗卫星处于失效状态，因为我们不知道它的具体位置，需要几天时间来重新定轨。但好在 GEO 卫星数量比较少（5 颗），定轨比其他两种卫星容易一些，速度也比较快一些。其他两种卫星不存在这种情况，观测时间久了，拟合的轨道精度自然就提高了，直到它耗尽为止。

## 7. 定位精度

pastedGraphic.png

北斗系统定位精度由水平 25m、高程 30m，提高至目前水平 10m、高程 10m，测速精度由每秒 0.4 米，提高至 0.2m，授时精度优于 20ns，目前在中国及周边地区，北斗系统服务性能与 GPS 相当。许院士讲座时说，他们的实测精度（按中误差算）可以达到水平 4—

5m，高程 5-6m 的精度水平。许院士表示，北斗在刚投入使用就能达到如此精度，这连他们设计北斗系统的时候都没想到，已经非常满意了，而且北斗还有很大进步空间，精度还能进一步提高。

上述 10m 的精度，很多人认为应该是对亚太地区的平均精度。需要注意的是，北斗的平面精度与高程精度是基本相当的，而 GPS 系统的水平精度确实不错，但是它的高程精度是软肋，比水平精度差得比较多，一般 1.5 倍到 2 倍。

GPS 定位精度可以达到 mm 级，这是能实现的，但是不能脱离限制条件而谈。卫星定位方法有很多种形式，如果按用户卫星测量设备在作业中的状态，可分为静态定位与动态定位，若按参考点的位置不同，可分为绝对定位和相对定位。差分技术是基于同步同轨性原理，使用已知点的基准站，计算出改正信息，再发送给流动站，进而改正流动站的瞬时位置。这是针对动态测量的技术，把定位精度由 10-40m 提高到小于 3m。精度达到 mm 级应该是静态的长时间的优质观测条件下的绝对定位。具体解释一下，静态，就是要专门建一个房子，专门建一个固定观测墩，这时三脚架精度已经不够，而且还容易被移动。长时间，就是 24 小时，365 天不间断观测，这就肯定要保证有电源，而且要求还很高，不能断电，备用电源神马的一定要有。优质观测条件，就是要没有电磁干扰，没有高达建筑遮挡，人不能随意靠近 GPS 天线，附近不能有平静水面（会有多路径效应），没有大的山坡。不可或缺的是一台高精度，高稳定性，高品质的 GPS 接收机及其他附属设施（保存、处理数据等功能）。要

满足这些条件只能远离城市，在有一定条件的农村，建一个永久的高精度观测站。不是随随便便就能满足这样苛刻条件的，建设和运行成本都非常高。北斗要这么观测，精度肯定也不是 10m 了，不要随便道听途说了一个数据就说比北斗强，请说明观测条件。特别说明一下，GPS 系统使用的是 WGS-84 坐标系，北斗使用的是 CGCS2000 坐标系，所以二者的数值不能直接进行比较，需要进行坐标转换，而坐标转换一般会带来精度上的损失。精度是可以在各自坐标系下直接比较的，不用进行坐标转换

## 8. 促进整个制造业的升级

(1) GPS 的芯片那么好用，难道我们北斗系统的芯片不好用就不去努力进步了吗？答案肯定是否定。建成北斗系统，中国芯片厂商春天到了！虽然目前存在着差距，但是中国的芯片厂商终于可以有机会和国外的芯片厂商在北斗芯片上一较高低，这是完全有可能的。反倒是让国内的芯片厂商生产 GPS 的芯片和国外厂商竞争，那才叫几乎不可能。这就叫打破 GPS 的垄断地位。专家预测，到 2020 年，仅北斗卫星导航市场将达到年产值 4000 亿元人民币，年复合增长率达到 40% 以上。

北斗很赚钱，国家给你创造机会了，这个钱要怎么拿，就看各自的本事了。看看全国遍地开花的北斗产业园就知道机会多难得。整个系统国家只负责空间星座和地面监控部分，这两部分耗资巨大，技术要求高，且具有唯一性，系统性能指标主要取决于这两部分。用户接受设备部分则主要交给市场完成，这部分决定了导航系统的易

用性，生态链的活力等，但这部分是人人可以参与的，替代性非常强。不能提高自身竞争力的产品终究会被替换下场。

(2) 北斗系统的精度不够高很大一部分的原因是中国的原子钟不行。卫星导定位中，时间系统有着极其重要的意义，在由跟踪站对卫星进行定轨时，要求卫星位置的误差小于 1cm 时，相应的时刻误差应小于  $2.6 \mu s$  (1 微秒= $10^{-6}$  秒)；如果要求测量的距离误差小于 1cm 时，则信号传播时间的测定误差应小于  $0.03ns$  (1 纳秒= $10^{-9}$  秒)。中国的原子钟相对国外产品，体积大、质量重、精度还差了一个量级，这种高精尖的技术国外是对中国禁运的，我们只能靠自己。为什么不行？因为有一段时间原子钟是可以从国外买的，相比起自己研制成本还不高，质量很好，国内直接放弃研制原子钟了。等中国说要建导航系统，国外立刻对中国实施禁运，中国这个时候才赶紧又开始原子钟的研制工作，暂停研制这几年对中国的原子钟发展多可惜，本来技术虽然不算先进，但也勉强跟上世界潮流，现在却拉下一大截，如果中国一直坚持自己研制原子钟，现在的北斗系统精度更高。要不是北斗系统，中国的原子钟技术更是悲剧了。

## 9. 建设速度块

pastedGraphic.png

欧洲早在 1999 年 2 月 10 日就提出建设 GALILEO 系统，在 2005 年发射了第一颗实验卫星，2008 年 4 月 27 日，发射第二颗实验卫星，

进度比最初的计划推迟了整整五年，2012年10月发射第3第4颗卫星。这四颗卫星组成网络，初步发挥地面精确定位的功能。

北斗的第一颗卫星在2007年4月14日发射升空，2012年10月25日第16颗北斗卫星发射，这是北斗区域网最后一颗卫星，北斗导航工程区域组网顺利完成，2013年12月27日正式发布了《北斗系统公开服务性能规范（1.0版）》和《北斗系统空间信号接口控制文件（2.0版）》两个系统文件，这是北斗正式商用的标志，所有的厂商都可以根据这两个文件来开发自己的产品。

北斗与 GALILEO 在使用频率上是有竞争关系的（有重叠），根据“谁先使用谁先得”的国际法原则，中国在2009年发射三颗“北斗”二代卫星，正式启用该频率，而欧盟连预定的三颗实验卫星都没有射齐。败下阵来，失去对频率的所有权。

上文列举了北斗9点优势，当然也没有回避北斗的问题。除了国外监控站很少，优势与劣势并存的 GEO 卫星等，上面没提到的有：

（1）卫星质量不高，寿命比较短。GPS 卫星的寿命一般在8年，北斗卫星的寿命在5年左右，已发射的16颗卫星中，已有2颗老旧卫星失效。替换卫星的工作都是国家完成的，完全不影响用户使用。

当前，这个问题基本解决了，新卫星寿命已经延长了。

（2）芯片价格较高。这是由于芯片的生产特点决定的，芯片在研发阶段投入非常大，一旦研制成功，后续的生产成本就比较低了。北斗刚投入使用，用户还比较少，所以价格高，等到大规模生产的时候，成本就被摊薄。

2014年11月17日至21日，国际海事组织（IMO）海上安全委员会第94次会议在英国伦敦召开，审议通过了对北斗卫星导航系统认可的航行安全通函，标志着北斗卫星导航系统正式成为全球无线电导航系统的组成部分，取得面向海事应用的国际合法地位。北斗卫星导航系统成为继全球定位系统（GPS）、格洛纳斯卫星导航系统（GLONASS）后的第三个全球卫星导航系统，服务世界航海用户。这必将带动北斗卫星导航系统在航海领域的国际化、产业化。获得IMO认可后，我国将继续全面推进国际电工委员会、国际航标组织、国际海事无线电技术委员会、国际电信联盟等国际技术组织的标准、规范、指南文件的制定和修订，以实现北斗系统进一步在国际海事领域的全方位应用。