

第 1 章 PBN 导航概论

飞行程序设计是为了避免航空器与航空器、航空器与地面障碍物之间相撞而提供的能够对障碍物保持规定超障裕度的一系列预定的机动飞行指令,包括对飞行路线、高度和机动区域的设定等。传统的仪表飞行程序是以地基导航设备为导航源,基于机载飞行设备而设计的飞行程序,执行飞行程序时,需根据地基导航设施提供的航迹指引进行向台或背台飞行。基于地面导航设备设计的传统飞行程序受到地面导航设备的限制,其飞行航迹的精度不高,需占用过多的空域资源,进而导致无法适应日益增长的飞行需求。

随着机载计算机性能不断提升,飞行管理系统(flight management system,FMS)可以根据多种机载导航传感器获取的导航信号通过机载计算机计算出航空器所在位置。通过地基及星基导航设施导航信号或自主导航设备提供的导航信息或在两者配合下,结合飞行管理系统使航空器实现在区域内按希望路径运行,即区域导航。这种导航方式的飞行航路不再受地面导航台的制约,可实现真正意义上航路设计的任意性,更适合在复杂地形条件、繁忙空域中实施,是一种更精确、安全、高效的航空运行方式。

早期区域导航以其独特的优势在世界范围内发展得如火如荼,各国根据自身需求对区域导航的概念、术语和定义进行规范,形成早期的所需导航性能(required navigation performance,RNP)和区域导航(regional area navigation,RNAV)的概念,但各国范围内概念的定义又不尽相同,这就导致地区性概念泛滥。而缺乏统一的区域导航概念,反过来也制约了区域导航在世界范围内的推广。为了推进区域导航在世界范围内的可持续健康发展,国际民航组织(ICAO)成立了专门的 RNP 特殊运行要求研究小组,对 RNP 运行进行研究,对已经存在的 RNAV 及 RNP 概念进行梳理。2007 年,国际民航组织基于早期的 RNAV 和 RNP 概念,以新航行系统为基本架构,并整合空域概念提出了“基于性能导航”(performance based navigation,PBN)的概念。于此同时重新定义了 RNAV 及 RNP 的概念,并积极推进各国制定并实施 PBN 运行程序。

1.1 PBN 的概念

PBN 指的是在相应的导航基础设施条件下,航空器在指定的航路、仪表飞行程序或空域飞行时,符合系统精确性、完好性、可用性、连续性和特定功能性五方面性能要求的导航。

PBN 概念包含三个要素：导航规范、导航系统基础设施和导航应用。导航规范是在已定义的空域概念下对航空器和飞行机组提出的相关要求，同时规定相关导航设施和设备的选择与应用规范，并为管理当局和运营者提供指导意见。

ICAO 定义的 PBN 规范包含两种导航规范^[1]，即经过重新定义的 RNAV 和 RNP。RNAV 是一种导航方式，它能够使航空器在导航信号覆盖范围之内，或在机载导航设备的工作能力范围之内，或二者的组合，沿任意期望路径飞行。RNAV 不强制规定导航源，支持 VOR/DME、DME/DME、GNSS、IRS 及其他导航系统作为导航源，具有广阔的前景。

RNP 是一种 95% 的导航精度性能声明，该性能要求在特定飞行阶段或航段符合指定性能值，且要求具备相应的机载性能监控和告警功能，以便在无法达到所需导航性能要求时向飞行员发出告警。因此，是否具备机载性能监控和告警功能是区分 RNAV 和 RNP 的重要标准。RNP 是以全球卫星导航系统(global navigation satellite system, GNSS)为导航源的导航规范，而 RNAV 的导航源并不局限于 GNSS 导航源。

1.2 PBN 导航规范

导航规范是在已定义的空域概念下对航空器和飞行机组提出的一系列要求和实施 PBN 所需的性能及具体功能要求。PBN 导航规范中涉及的所需性能为精度、完好性、连续性和可用性^[2]，其具体内涵如下：

(1) 精度。PBN 中的精度是指航空器所在位置与期望位置之间的偏差，也称作总系统容差(total system error, TSE)。总系统误差主要由三方面的误差组成：航径定义容差(path definition error, PDE)、导航系统容差(navigation system error, NSE)和飞行技术容差(flight technical error, FTE)。总系统容差即为上述三种误差平方和的根。

(2) 完好性。指导航性能的可信度。完好性的要求包括三个方面：其一，95% 的时间内，TSE 小于 RNP 值；其二，TSE 大于两倍 RNP 值且未告警的可能性低于 10^{-5} ；其三，以 GNSS 为导航源时的导航信号偏差导致的 TSE 超过 2RNP 的可能性小于 10^{-7} 。

(3) 可用性。当航空器在某种导航规范的航段内运行时，其导航性能的总系统容差应满足该导航规范的要求。即航空运行系统能够正常工作、正常使用的性能。一般用导航源能够提供可靠导航信息的时间比例表示。

(4) 连续性。指当航空器在某种导航规范的航段内运行时，运行的总系统容差应始终满足 PBN 性能要求，即航空运行系统能够连续保持正常工作的性能。

各飞行阶段的需求不同，对导航所需性能的要求也不尽相同。目前使用的导航规范根据飞行阶段可划分为适用于海洋、偏远航路、大陆空域航路、终端区及进近阶段的导航规范，如图 1-1 所示。

RNAV10：用于支持航路飞行阶段的 RNAV 运行，支持在海洋或偏远区域空域以纵向距离为基础的最低间隔标准。

RNAV5：用于支持大陆空域航路飞行阶段的 RNAV 运行。

RNAV1 和 RNAV2：用于支持航路阶段飞行、标准仪表离场、标准仪表进场和进近至最后进近定位点(FAF)/最后进近点(FAP)的 RNAV 运行。

RNP4：用于支持在海洋或偏远地区空域基于纵向距离最低间隔标准的航路阶段飞行

的 RNAV 运行。

RNP2: 用于支持洋区、偏远地区和大陆空域航路阶段飞行的 RNP 运行。

RNP1: 用于支持标准仪表离场程序、标准仪表进场程序和进近至 FAF/FAP 的 RNP 运行, 没有或有 ATS 监视服务的限制, 用于低到中等程度的交通量。

高级 RNP(ARNP): 用于支持大陆空域的航路、标准仪表离场程序、标准仪表进场程序和进近程序的 RNP 运行。

RNP APCH: 用于支持 RNP 进近运行至 LNAV、LNAV/VNAV、LP 和 LPV 的最低标准。

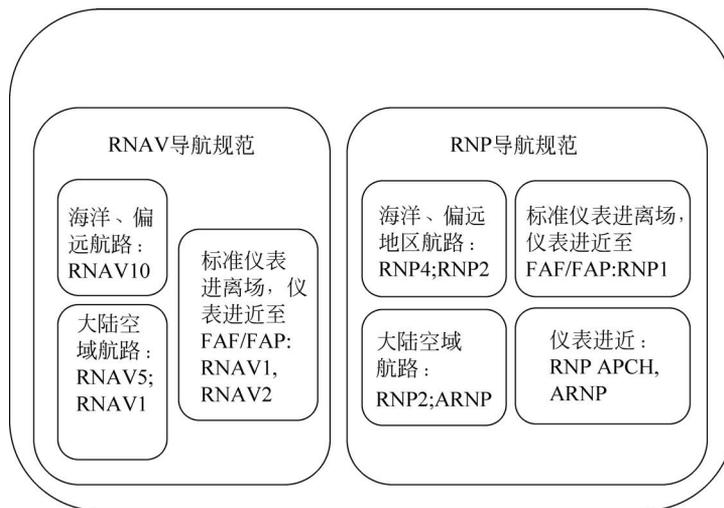


图 1-1 PBN 导航规范

1.3 实施 PBN 的基本设施及组合导航模式

目前应用于民航的导航技术种类较多。按照导航源功能可以分为自主式和他备式。

自主式导航源不依赖飞机以外的设备, 能够自主完成导航, 自主式导航设施一般为机载惯性导航系统(INS)。自主式导航源的优点在于不需要外界信号源, 不受外界环境干扰; 缺点是误差将随时间累积不断变大, 导航精度不恒定。

他备式导航源需要航空器配合地面或空间设施共同完成导航, 常见的他备式导航源包括甚高频全向信标台(VOR)、测距仪(DME)、无方向信标台(NDB)、全球卫星导航系统(GNSS)及仪表着陆系统(ILS)。他备式导航源分为地基导航源和星基导航源。其中甚高频全向信标台(VOR)、测距仪(DME)、无方向信标台(NDB)及仪表着陆系统(ILS)属于地基导航源。地基导航源优点在于导航信号发射源在地面, 系统可靠性高; 缺点是精度较低, 覆盖范围有限, 独立设备无法进行定位。星基导航源即全球卫星导航系统(GNSS)。其优点是导航信号发射源在外层空间, 全球或区域性覆盖, 导航定位精度较高; 缺点是信号易受射频干扰或电离层变化影响, 完好性需要增强。

其中, NDB 导航源的导航精度差, 不符合 PBN 导航精度的要求, 无法为 PBN 提供导航信号。VOR、DME、GNSS 及惯性导航系统根据其优缺点, 不适合独立为 PBN 导航规范提

供导航引导,故需要通过不同的导航源组合满足 PBN 导航规范的性能需求。符合 PBN 导航性能的导航设施组合包括 INS/INS 导航、DME/DME/INS 导航、VOR/DME/INS 导航及 GNSS/INS 导航。

1. INS/INS 导航系统

INS/INS 导航系统由惯性敏感元件和机载导航计算机组成。惯性敏感元件测量飞机相对惯性空间的运动参数,即加速度和角运动量。机载导航计算机根据给定的运动初始条件和测量出的加速度及角运动量计算出飞机所在的位置。加速度计及三自由度陀螺仪组成如图 1-2^[1]所示。但由于惯性导航测量元件工作过程中会受到自身及换件变化影响产生误差,且误差随时间累积很难消除。机载导航计算机计算过程中会引入这些误差,定位误差也会随时间的推移而扩大。因此 INS/INS 很难长时间独立定位,通常与其他导航设备共同定位。

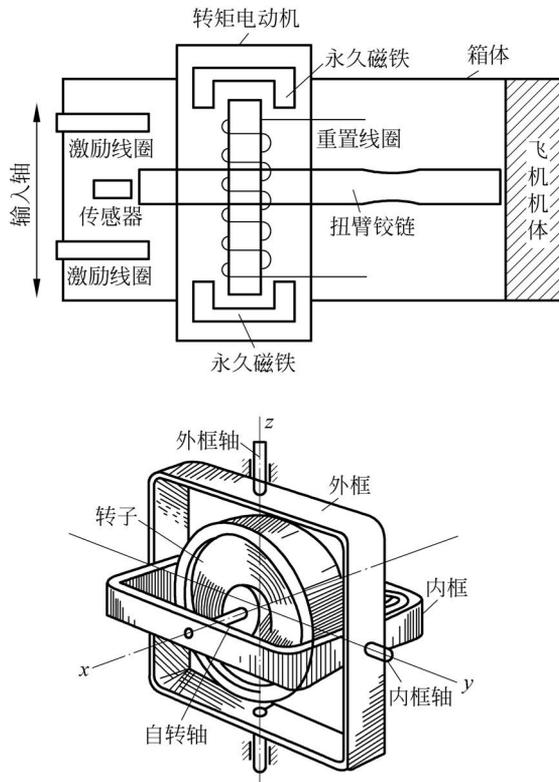


图 1-2 加速度计及三自由度陀螺仪组成

2. DME/DME/INS 与 VOR/DME/INS 导航系统

DME/DME/INS 与 VOR/DME/INS 导航系统的导航原理类似,都是利用地基导航设备与机载 INS 导航系统组合实施 PBN 导航,要求至少两台地基导航设备同时对航空器进行定位。由于地基导航设备精度较低、覆盖范围有限且受地形限制存在信号遮蔽,航空器在飞行过程中无法持续接收地基设备的导航信号,不符合 PBN 导航规范要求的所需性能。因此,在地基设备信号覆盖缺失区域,需要 INS 导航设备提供满足定位精度的导航信息。



3. GNSS/INS 导航系统

GNSS/INS 组合导航系统由 GNSS 接收器、惯性敏感元件及机载导航计算机组成。GNSS 接收器可获取卫星信号,计算出初始位置、速度和时间,并将此作为初始信息提供给 INS。惯性敏感元件测量航空器的加速度和角速度,并将测量得到的数据提供给机载导航计算机。机载导航计算机对数据进行积分,推算航空器的运动状态,计算航空器的实时位置。当 GNSS 提供的定位数据可用时,将 GNSS 测量值与机载计算机计算得到的位置信息进行比对,校正惯性敏感元件的累积误差。

GNSS 可以提供高精度的定位信息,而 INS 可以提供连续的运动跟踪。当 GNSS 信号丢失或受电离层干扰时,INS 可以在短时间维持高精度导航。两者相结合,可持续为航空器提供符合 PBN 导航规范的高精度导航信息。

1.4 全球卫星导航系统

随着卫星技术的快速发展,全球卫星导航系统(GNSS)迎来了蓬勃发展的机遇。全球卫星导航系统以其全球范围内的全天候、全天时、实时、海陆空天一体的定位优势,正逐渐取代传统导航手段,并广泛应用于航空领域。目前世界各国及国际组织构建的全球卫星导航系统主要有 4 种:美国的全球定位系统(GPS)、我国的北斗卫星导航系统、俄罗斯的格洛纳斯导航系统(GLONASS)和欧盟的伽利略卫星定位系统(Galileo satellite navigation system,GALILEO)。其中建设完全的仅有美国的 GPS 和我国的北斗卫星导航系统^[3]。

1.4.1 全球卫星导航系统的构成及工作原理

全球卫星导航系统发展迅猛,如今已经广泛地应用于精密工程、测量及变形监测、交通系统、地球动力学、气象学、旅游及农业生产等行业。当前存在的 4 种卫星导航定位系统虽然由不同国家或国际组织建造,也仅在名称和细节上有所不同,各卫星导航系统的主体组成部分及工作原理基本相似。

全球卫星导航系统通常由三部分组成:空间部分、地面部分和用户部分。空间部分包括在轨工作卫星和备份卫星,主要功能是向用户设备提供测距信号和导航电文。地面部分由监测站、主控站和注入站组成,其主要作用是跟踪和维护空间星座,调整卫星轨道,计算并确定用户位置、速度和时间需要的重要参数。用户部分主要是由接收机组成,完成导航、授时和其他有关功能。

GPS 的定位基本原理是将无线电信号发射机安装到 GPS 卫星上,这些 GPS 卫星就可以在空间中向地面发送无线电信号,这些无线电信号中包含有星历参数提供的坐标信息和 GPS 卫星运行轨道参数等详细信息,地面上的用户只需通过使用 GPS 信号接收机接收由 GPS 卫星发送的无线电信号,然后根据接收的这些无线电信号的传播时延确定 GPS 信号接收机和 GPS 卫星的距离,该距离称为伪距。最后依据三角位置关系解算出接收机的位置坐标。当前 GPS 定位技术通常包含三种:伪距单点定位、载波相位定位和实时差分定位。

(1) 伪距单点定位。GNSS 被动式定位基于被动式测距原理,根据该原理测量用户至 GNSS 卫星的距离(简称站星距离)时,GNSS 信号接收机只接收来自 GNSS 卫星的导航定位信号,不发射任何信号。因此,存在三种时间系统:各颗 GNSS 卫星的时间标准,各台

GNSS 信号接收机的时间标准,统一上述两种时间标准的 GNSS 时间系统。

当用测距码进行 GNSS 站星距离测量时,根据 GNSS 测距信号在上述三种时间系统的收发时元可以求得测距码从 GNSS 卫星到 GNSS 信号接收天线的传播时间。GNSS 卫星测得的伪距方程中有 4 个未知量,因此根据需要观测 4 颗 GNSS 卫星,才可列出 4 个观测方程式,进而求得用户所在位置。

所谓“单点定位”是用户只用一台 GNSS 信号接收机,测得自身的位置,如图 1-3 所示。一般采用 GNSS 卫星发送的测距码作测距信号,测得用户至 GNSS 卫星的距离,进而解算出用户的三维坐标^[4]。

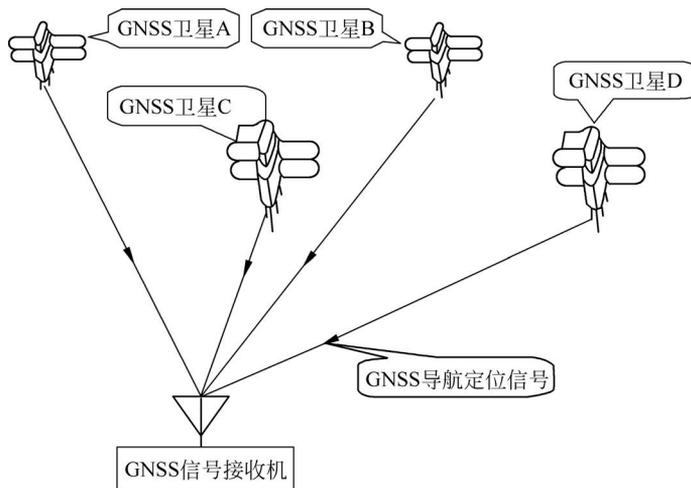


图 1-3 伪距单点定位原理图

(2) 载波相位定位。载波相位观测量是测定 GNSS 接收机接收的卫星载波信号与接收机振荡器产生的参考载波信号之间的相位差。载波相位观测量理论上是 GNSS 信号在接收时刻的瞬时载波相位值。但实际上无法直接测量出任何信号的瞬时载波相位值,测量接收的是具有多普勒频移的载波信号与接收机产生的参考载波信号之间的相位差。GNSS 信号被接收机接收后,首先进行伪随机码的延时锁定,即实现对卫星信号的跟踪。一旦跟踪成功,接收机的本地伪随机码就与卫星的伪随机码严格对齐,给出伪距观测量。之后利用锁相环实现相位的锁定,锁相后接收机本地信号相位与 GNSS 载波信号相位相同,此时接收机本地信号相位与初始相位的差即为载波相位观测量。

(3) 实时差分定位。将其中一台 GNSS 接收机作为参考,即为基准站,基准站的位置坐标信息是预先精确测得的。利用位置坐标信息,可以得知基准站自身到 GNSS 卫星的距离差分校正量,然后以广播或数据通信链的传输方式将这个差分校正量实时发送出去。流动站端的 GNSS 接收机利用基准站通过特定通信链发送过来的相关差分校正量,对自身的定位结果进行实时校正,从而有效地帮助流动站得到较高精度的位置定位坐标信息^[5]。

1.4.2 美国 GPS 的组成及导航性能

GPS 卫星导航系统是全球开发最早的卫星导航系统,该系统发展于 1958 年,历经半个世纪的发展,现已成为全球发展最成熟的卫星导航系统。GPS 以其完善的功能,广泛应用

于精密工程、测量及变形监测、交通系统、地球动力学、气象学、旅游及农业生产等民用行业。

GPS 卫星导航系统的空间部分包括 24 颗卫星,可以确保地球上任何时间、任何地点都能够同时接收 4 颗导航卫星提供的导航信息。地面站主要功能是接收并处理卫星数据、校对星历、卫星钟差及大气修正参数。在 GPS 的用户部分,接收机能够接收并处理卫星数据,能够根据数据计算出接收机的三维位置、速度和时间。

现代社会发展伴随着科技的进步, GPS 应用前景日趋广泛,其导航性能及工作特点如下。

(1) 能够为全球任何地点或近地空间的各类用户提供连续、全天候导航定位的能力,且能够满足多用户同时使用的需求。

(2) 可以提供实时导航,定位精度高,观测时间短。利用 GPS 具有接近实时定位的能力可以为高动态用户提供实时定位,同时为用户提供连续的三维位置、三维速度和精确的时间信息。民用 GPS 导航定位大部分情况下能达到 10m 左右的精度,军用 GPS 导航定位精度甚至可以达到 1m。

(3) 对地面导航设备的依赖程度低,可减少地面导航台的建设费用,不会因航空器位置改变而产生定位精度的显著变化。GPS 导航能够适应不同的地理环境,且不会产生信号屏蔽。

由于 GPS 能够进行稳定、精确、连续的定位,相较传统地面导航具有明显优势,因此,国际民航组织近年来倡导使用卫星定位系统对航空器进行定位,目前越来越多的航空系统将卫星导航定位系统作为必选的机载设备配置在航空器中。

1.4.3 北斗卫星导航系统

北斗卫星导航系统(以下简称北斗系统)是我国着眼于国家安全和经济社会发展需要,自主建设、独立运行的卫星导航系统,是为全球用户提供定位、导航和授时服务的国家重要空间基础设施^[6]。

我国高度重视北斗系统的建设发展,自 20 世纪 80 年代开始探索适合我国国情的卫星导航系统发展道路。1994 年开始研制北斗导航实验系统(北斗一号),相继于 2000 年及 2003 年发射 3 颗轨道卫星,实现了区域性导航功能,完成了北斗导航实验系统的组建。2004—2012 年共发射 14 颗卫星,完成了北斗二号系统建设,能够为亚太地区用户提供定位、测速、授时和短报文通信服务。2009 年启动北斗三号组网建设,并于 2020 年 6 月 23 日完成最后一颗全球组网卫星发射。至此北斗系统全球组网建成,能够为全球用户提供基本导航、全球短报文通信、国际搜救服务。我国及周边地区用户还可享有区域短报文通信、星基增强、精密单点定位等服务。

1. 组成

北斗系统组成结构与 GPS 相同,同样由空间段、地面段和用户段三部分组成(图 1-4)。可在全球范围内为各类用户提供导航、定位、授时服务。

(1) 空间段。包括 3 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星,30 颗非静止轨道卫星又细分为 27 颗中轨道(含 3 颗备份卫星)卫星和 3 颗倾斜地球同步轨道卫星。其中 27 颗中轨道卫星平均分布在倾角为 55°的 3 个平面上,轨道高度为 21500km。空间星座组成^[6]如图 1-4 所示。

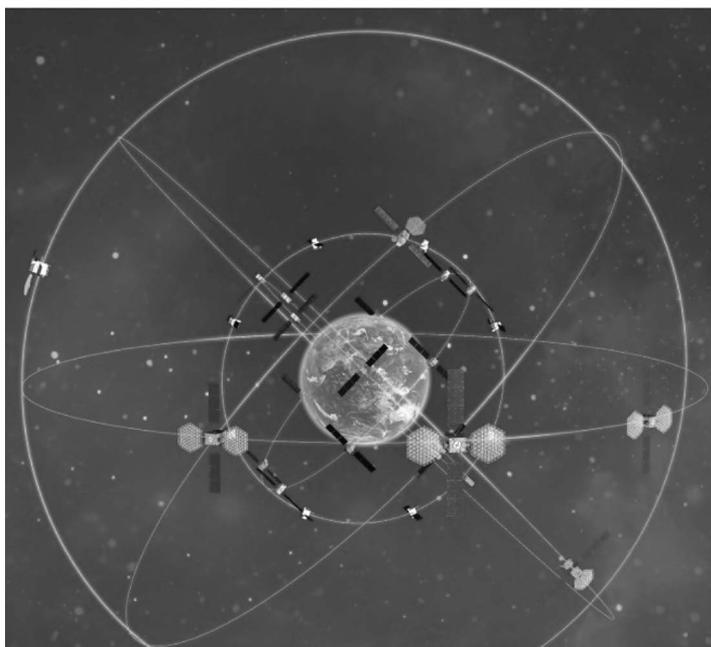


图 1-4 北斗卫星导航系统星系组成

(2) 地面段。包括主控站、时间同步/注入站和监测站等若干地面站,以及星间链路运行管理设施,如图 1-5 所示。系统的地面段由主控站、注入站、监测站组成。主控站用于系统运行管理与控制等,从监测站接收数据并进行处理,生成卫星导航电文和差分完好性信息,而后交由注入站执行信息的发送。注入站用于向卫星发送信号,对卫星进行控制管理,在接收主控站的调度后,将卫星导航电文和差分完好性信息向卫星发送。监测站用于接收卫星的信号,并发送给主控站,可实现对卫星的监测,以确定卫星轨道,并为时间同步提供观测资料。

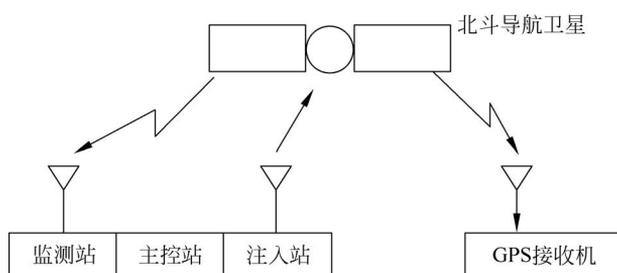


图 1-5 地面段

(3) 用户段。包括北斗系统及兼容其他卫星导航系统的芯片、模块、天线等基础产品,以及终端设备、应用系统与应用服务等。用户端是专用于北斗系统的信号接收机,也可以是同时兼容其他卫星导航系统的接收机。接收机需要捕获并跟踪卫星的信号,根据数据按一定的方式进行定位计算,最终得到用户的经纬度、高度、速度、时间等信息。

2. 定位原理

北斗系统进行定位时,其定位过程大致可描述为:控制站首先向空间卫星发射信号,卫

星接收到控制站信号后,通过转发器对信号进行传输,用户接收到卫星转发的信号后对其做出回应。然后,地面控制中心接收卫星转发的回应信号,并对信息进行归纳和分析。最后卫星将地面控制站分析后的结果传递给用户,得到最终位置信息。目前北斗系统大致可分为两种定位方式:单点定位和载波相位的双差组合方式。

北斗系统全面建成后,根据北斗卫星的星座分布及运行轨道情况,用户在地球表面的任意地点都可以同步观测到 4 颗以上的卫星。从接收的各卫星播发的导航电文中可以精确确定视野范围内的卫星空间位置,从而计算出用户接收机到卫星的空间距离。一般情况下,利用 3 颗卫星就可以组成 3 个基于基站距离的公式,3 组方程式就可以解算出用户接收机的位置,如图 1-6 所示。但是现实定位过程中,卫星时钟与接收机时钟之间也存在偏差。将该偏差作为未知量引入方程,利用 4 颗卫星组成 4 组方程式进行解算,消除时钟产生的偏差,以得到更精确的定位。上述方法即为北斗系统采用的“单点定位”方式。

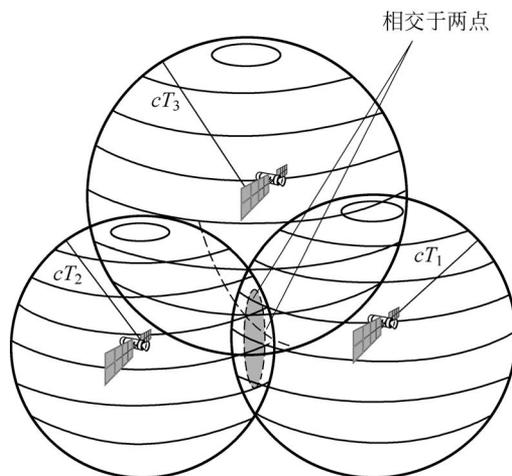


图 1-6 卫星定位原理

北斗系统与 GPS 同样面临载波相位整周模糊度的问题。北斗系统载波信号波长在 15~28cm 之间,所以通过确定载波相位观测值的整周模糊度,可以得到较为精准的卫星到用户接收机之间的空间距离,进而实现高精度定位。因此,北斗系统通常采用相对定位的方式对接收机进行导航定位。双差组合方式可以消除接收机钟差和卫星钟差,并大大削弱卫星星历误差、电离层延迟、对流层延迟等误差对定位结果的影响^[3]。因此为提高定位精度,北斗导航系统采用载波相位双差组合的定位方式^[7]。

1.5 我国卫星导航系统的导航性能

北斗系统可提供精度媲美 GPS 卫星导航系统的定位、测速和授时服务、导航服务,能够全天候、全天时地为全球用户提供服务。目前使用的北斗系统为北斗三号卫星导航系统,其定位精度较北斗二号系统提升了一倍。可实现全球定位,全球水平定位精度优于 2.5m,垂直定位精度优于 5m;全球测速精度为 0.2m/s,亚太地区精确至 0.1m/s;全球授时精度 20ns,亚太地区精确至 10ns;系统连续性提升至 99.998%。为提高北斗系统定位精度,上

海某测绘院在原基于 GPS 的基础上,引用广州南方测绘仪器有限公司的技术资源,建立了基于北斗系统的上海 GNSS 连续运行参考站系统。该系统能够为上海及周边区域范围内的各单位用户提供高精度的差分定位服务,其水平方向的精度差异小于 3cm,垂直方向的精度差异小于 5cm,极大满足了上海及周边区域用户的定位需求。

北斗导航终端与 GPS、GALILEO 和 GLONASS 相比,优势如下:短信服务与导航结合,增加了通信功能;全天候快速定位,极少的通信盲区,精度与 GPS 相当,而在增强区域即亚太地区,精度甚至超过 GPS;在提供无源导航定位和授时等服务时,用户数量没有限制,且与 GPS 兼容^[8]。

北斗星基增强服务、地基增强服务及精密单点定位服务是北斗系统的重要组成部分,按照“统一规划、统一标准、共建共享”的原则,整合国内地基增强资源,建立以北斗系统为主、兼容其他卫星导航系统的高精度卫星导航服务体系。利用北斗系统/GNSS 高精度接收机,通过地面基准站网,利用卫星、移动通信、数字广播等播发手段,在服务区域内提供 1~2m、分米级和厘米级实时高精度导航定位服务。北斗系统具有以下特点。

(1) 空间段采用 3 种轨道卫星组成的混合星座,与其他卫星导航系统相比高轨卫星更多,抗遮挡能力强,尤其是低纬度地区,性能特点更明显。

(2) 提供多个频点的导航信号,能够通过多频信号组合使用等方式提高服务精度。

(3) 创新融合导航与通信能力,具有实时导航、快速定位、精确授时、位置报告和短报文通信服务五大功能。

基于以上优势,我国的北斗系统正成为 GPS 系统的替代导航系统,且其在亚太地区有着较 GPS 更优越的定位性能,而其稳定性也不亚于 GPS 导航系统。北斗系统在我国各行业发挥着重要作用,尤其是在民用航空导航定位中作用显著。同时北斗系统的定位性能也得到国际社会的广泛认可。

2011 年 1 月,ICAO 第 192 次理事会以决议形式同意北斗系统逐步列入 ICAO 标准框架;为国际民航应用提供 B1I、B1C、B2a 3 种服务信号的策略获得认可;累计参加 ICAO 导航系统专家组(NSP)10 余次会议,基本完成了北斗系统 B1I 信号标准和建议措施草案核心内容修订;同时与工业界标准组织航空无线电技术委员会(RTCA)、欧洲民用航空设备组织(EUROCAE)建立了联系。北斗系统按照国际民航组织标准,服务中国及周边地区用户,支持单频及双频多星座两种增强服务模式,能够满足国际民航组织相关性能要求,为民用航空提供导航服务。

1.6 北斗卫星导航系统的应用

我国北斗卫星导航系统目前已经广泛应用于各行各业,深入生产生活中。其功能强大,具备导航、定位、短报文通信等功能,可以为人们的生活提供极大的便利。

(1) 交通运输方面。俗话说“要想富,先修路”,可见交通在国家的经济发展、社会交流、人民生活中起到巨大作用。而北斗系统强大的导航、定位为交通运输的发展提供了新可能。陆地交通可以利用北斗系统实施车辆自主导航、车辆跟踪监控、车联网应用及铁路运营监控等;海洋交通中北斗系统可在远洋运输、内河航运、船舶停泊与入坞等方面发挥作用;航空方面北斗系统可为航空器提供航路导航、精密进近及机场场面监控等服务。北斗系统的高