

564756

TN967/01

现代军事电子技术丛书

卫星导航与微波着陆

丁子明 编
言 中



国防工业出版社



C0318895

内 容 简 介

“卫星导航与微波着陆”是《现代军事电子技术丛书》的一个分册。全分册共有九章：第一篇第一章，概述；第二章，概念，法；第三章，子午仪系统；第四章，导航星系统；第二篇第五章，概述；第六章，时基波束扫描微波着陆系统；第七章，多卜勒扫描微波着陆系统；第八章，地面导出数据的微波着陆系统；第九章，精密测距设备。本书可供航空工业、宇航工业、船舶工业等部门的高等院校师生、工程技术人员、工人及有关人员参考。

现代军事电子技术丛书 卫星导航与微波着陆

丁子明 编
言 中

责任编辑 余发棣

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销
国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张10¹/₈ 257千字

1984年9月第一版 1984年9月第一次印刷 印数：0,001—2,500册

统一书号：15034·2691 定价：1.30元

前 言

无线电导航对于保证飞机安全飞行和顺利完成作战任务是一种十分重要的技术措施。自从二次世界大战以来，得到了广泛而迅速的发展。六十年代后期付诸实用的卫星导航系统和七十年代提出的微波着陆系统，更将它推进到一个新的发展阶段。本书第一篇从卫星导航的基本概念出发，比较详细地介绍了两种卫星导航系统——子午仪系统 (Transit) 和导航星全球定位系统 (Navstar GPS)。前者原设计为导航北极星潜艇用，后来也可作民用导航；后者为美国目前正在研制的一种多用途高精度全球战略导航系统。第二篇介绍了西方各主要国家为满足高性能飞机着陆而研制的几种微波着陆系统，其中包括美国和澳大利亚研制的时基波束扫描微波着陆系统 (TRSB-Interscan MLS)，英国研制的多卜勒扫描微波着陆系统 (Doppler scan MLS)，西德研制的以测距机为基础的着陆系统 (DLS)，以及与这些着陆系统配合用的精密测距设备 (PDME)。由于这些系统大都处于研制阶段，因此本书主要着重介绍工作原理和某些技术措施。

本书可供从事导航工作和使用导航设备的工作人员参考。由于编者水平有限，搜集到的资料不多，书中遗漏及错误之处一定不少，敬请指正。

第一篇 卫星导航系统

第一章 概述	1
§1 引言	1
§2 简史	3
§3 系统特点	6
§4 系统分类	9
第二章 概念和方法	11
§1 空间直角坐标系	13
§2 地理坐标	14
§3 空间直角坐标与地理坐标的关系	15
§4 卫星的轨道参量	17
§5 空间直角坐标与轨道参量的关系	21
§6 导航卫星的轨道	22
§7 导航定位参量和位置面	26
§8 导航定位的一般原理	28
§9 测角导航定位	29
§10 测距导航定位	38
§11 测速导航定位	46
第三章 子午仪系统	50
§1 系统的组成	50
§2 工作原理	55
§3 主要误差因素	64
§4 导航信号及信号的接收处理	81
§5 对部分系统参量的说明	91
§6 结束语	97
第四章 导航星系统	99
§1 系统的组成	99
§2 工作原理	104
§3 主要误差因素	110

§ 4 导航信号及信号的接收处理	122
§ 5 对部分系统参量的说明	146
§ 6 结束语	148
第一篇 参考文献	19

第二篇 微波着陆系统

第五章 概述	
§ 1 无线电着陆系统的发展概况	
§ 2 微波着陆系统的分类	136
第六章 时基波束扫描微波着陆系统	162
§ 1 系统的发展概况	162
§ 2 时基扫描微波着陆系统的测角原理	165
§ 3 系统的组成及其在机场的配置	168
§ 4 时基波束扫描微波着陆系统的信号格式	172
§ 5 时基波束扫描微波着陆系统的地面设备	177
§ 6 时基波束扫描微波着陆系统的机上设备	193
第七章 多卜勒扫描微波着陆系统	211
§ 1 多卜勒扫描微波着陆系统的基本工作原理	211
§ 2 多卜勒扫描微波着陆系统信号频谱	220
§ 3 多卜勒扫描微波着陆系统的组成及其在机场的布置	226
§ 4 多卜勒扫描微波着陆系统的地面设备	229
§ 5 多卜勒扫描微波着陆系统的机上设备	235
第八章 地面导出数据的微波着陆系统	249
§ 1 以测距机为基础的微波着陆系统基本工作原理	249
§ 2 以测距机为基础的微波着陆系统的信号格式	252
§ 3 以测距机为基础的微波着陆系统的设备特点	255
§ 4 时序问答地面导出数据的微波着陆系统	272
第九章 精密测距设备	277
§ 1 概述	277
§ 2 引起测距误差的因素	278
§ 3 提高测距精度的技术措施	290
§ 4 相移键控编码的精密测距系统	303
第二篇 参考文献	314

第一篇 卫星导航系统

第一章 概 述

§ 1 引 言

由于航海、航空、宇航的需要，研制了近程、中程、远程导航系统，交通管制，进港和着陆等系统，但仍不能满足现代航行器对导航提出的愈来愈高的要求。现代航行器运动速度快，机动性能好，载运量大，续航时间长，多种航行器有全球续航能力，活动范围不断向深海和外层空间扩展，无论在陆地、空中、海洋，航行器的密集程度剧增。研制全球、全天候、高精度、多功能新型导航系统非常必要。

在卫星导航系统出现之前，已建立的远程导航系统有：无线电导航系统、如罗兰导航系统、奥米加导航系统、多卜勒导航系统等；惯性导航系统；天文导航系统；由以上系统中的两种或多种结合成的组合系统。

罗兰-C导航系统是工作频率为100千赫的脉冲相位双曲线定位系统。一个导航台组的工作区域约两千公里，一般每个台组由三个地面导航台组成，为了覆盖全球，需设置120多个庞大的地面导航台。而且，因受地理及其他条件限制，地面导航台不能任意建立的。罗兰-C的定位精度受电波传播条件限制，一般约为200~300米。定位精度还和航行器与导航台组的相对位置有关，

离导航台组越远，误差越大。

奥米加导航系统是工作频率为十几千赫的相位双曲线定位系统。十几千赫的电波通过大气波导传播，奥米加导航台的工作区域比罗兰-C导航台大得多。建八个地面导航台就可覆盖全球。十几千赫的电波还具有一定的入水能力。但由于工作频率低，地面导航台、尤其天线和地网更为庞大，建台费用更高，甚低频电波传播带来的误差更大，约2~3公里。

多卜勒导航系统是机载自备式航位推算系统。通过测量多卜勒频移得到飞机的地速和偏流角，对速度进行积分而推算出飞机的位置。由于积分，因而有积累误差，随航行距离增加，定位误差也加大，一般约为航程的1~0.5%。

惯性导航系统也是自备式航位推算系统。通过测量航行器的加速度，进行二次积分，推算出航行器位置。虽然惯性导航系统具有抗干扰、抗辐射性强、全天候、工作场合和适用范围广等优点，但它有积累误差，若陀螺漂移大，航行时间长，则定位精度就很差。

天文导航系统是以天空的星体作为导航台、星光作为导航信号的测角定位系统。星体离航行器很遥远，这时很小的测角误差就会产生很大的定位误差，为了精确定位，除了要求高精度测角外，还要有高精度的方向基准。一般很难达到较高的导航精度，设备的价格昂贵，系统的工作受气象条件限制。但是，由于星体离地面很远，系统工作区域广，可对在外层空间活动的航行器进行导航，而且当航行器在大气层之上时，导航就不再受气象条件限制。

组合系统是将多个系统结合起来，取长补短，提高了可靠性，对来自各系统的原始导航定位数据进行适当处理，可提高精度。但由于原始数据精度不高，即便加此也很难达到几十米，甚至几米的定位精度。多个系统合在一起，加上计算机，使整个系统庞大、复杂而又昂贵。

现代科学技术的发展为卫星导航系统的建立奠定了基础。主

要有以下几方面:

1. 空间技术。各种轨道人造地球卫星的发射;卫星运行轨道的精确测定;卫星运行轨道和卫星姿态的精密控制;卫星运行轨道的准确预报。

2. 数字、计算机技术。对大量、复杂数据的实时处理、计算、作出最优决策,进行准确预报。

3. 无线电通讯技术。数字通讯和卫星通讯中的多路多址、编码、扩频、加密、解码和信号处理等技术。

4. 大气和大地测量技术。收集测量大气数据,提供大气模型;测量地球物理参量,提供地球重力模型。

5. 电子器件。精密时钟(石英钟、原子钟)、大规模或超大规模集成电路、微处理器、电荷耦合器件、表面声波器件。

6. 信息理论、信号与滤波理论、系统与控制理论等以及它们在上述各种技术中的应用。

7. 导航技术。导航技术本身也是产生卫星导航系统的重要基础之一。虽然卫星导航系统是一种崭新的导航系统,但其导航定位的基本原理仍然不变,只是现代科学技术将导航系统的工作性能提到更高的水平。上述各门科学技术也不是孤立的,而是互为基础,相互渗透,共同发展。

既然人造地球卫星在轨道上的位置是可以准确预报的,也就是说,每一时刻卫星对地球的相对位置是已知的,在天文导航中是利用已知位置的天然星体来进行导航,为什么就不能利用人造星体——卫星来导航呢?如果在卫星上装一部发射机发射无线电波,那不就相当于天然星体射出的光波吗?无线电波还不受气象条件限制。实际上是把地面导航台搬到了高空,卫星离地面很远,覆盖的地面和空间就比地面导航台大多了。

§ 2 简 史

子午仪系统(Transit),亦称海军导航卫星系统(NNSS)是世界上最早研制并试验成功的卫星导航系统,也是第一个正式投

入使用的系统。美国约翰·霍普金斯大学应用物理实验室的研究人员对苏联一九五七年十月四日发射的第一颗人造地球卫星进行观测，对卫星发播的无线电信号接收跟踪，当地面接收站的位置一定时，在卫星通过接收站视界的时间内，接收站接收无线电信号的多卜勒频移曲线与卫星的轨道有一一对应关系。这意味着，固定于地面某点的接收站，只要测得卫星通过其视界期间的多卜勒频移曲线，就可确定卫星运行的轨道。研究人员同时联想到，若卫星运行的轨道是已知的，那末根据接收站测得的多卜勒频移曲线，反过来便能确定接收站在地面的位置。于是提出了研制卫星导航系统的建议。一九五八年十二月，美国海军和应用物理实验室正式开始研制定名为 NNSS 的卫星导航系统。当时主要目标是为北极星核潜艇提供全球导航，确定潜艇在海洋中任一地点的精确位置，保证从潜艇发射的导弹准确命中目标。整个研制过程分为：方案论证、试验测试、改进发展三个阶段。从一九五九年九月发射第一颗子午仪试验卫星到一九六一年十一月先后分四批，共发射了九颗试验卫星。试验、研究并解决了星载高精度时钟、卫星能源、卫星消旋、卫星姿态稳定方式、工作卫星的可靠性等一系列问题。于一九六三年十二月发射第一颗工作卫星。一九六四年一月正式投入使用。一九六五年到一九六六年又发射四颗工作卫星，卫星寿命为一年。此后又解决了工作卫星的寿命问题。一九六七年四月和一九六七年五月相继发射了二颗寿命为五年的工作卫星。一九六七年七月二十九日美国政府宣布该卫星导航系统，也可以供民用，接着从一九六七年九月到一九七三年十月又发射了四颗卫星。

理论和实践证明，卫星导航不仅可行而且是很有前途的导航系统。一九六四年九月美国组成导航卫星委员会，负责确定指标、研究费用、制定计划、协调工作。美国先后由海军、空军、各公司、研究中心、大学提出十几种卫星导航系统的方案，经过实验、研究及应用，最后由于经费的限制，美国国防部决定建立一个供各军种共用的统一的卫星导航系统，于一九七三年十二月制定了

研制导航星系统 (NAVSTAR) 亦称为全球定位系统 (GPS) 的计划, 此系统综合了各种方案, 其中主要是海军和空军所提出方案的优点。GPS 系统比子午仪系统有更高的全球定位精度, 可连续、实时地导航定位, 除同时提供用户的三个坐标, 三个速度分量外, 还能提供精确时间。

GPS 系统的研制计划分为三个阶段, 一九七四年到一九七八年为方案验证阶段; 一九七八年到一九八一年为试验测试, 局部系统投入工作阶段; 一九八二年到一九八七年为改进完善系统工作性能, 整个系统投入使用阶段。一九七七年六月发射了第一颗名为导航技术卫星的卫星。随后自一九七八年二月至一九七八年十二月又先后发射了四颗导航技术卫星。一九八〇年二月又发射了一颗卫星。它们组成一个对美国本土周期性覆盖, 对指定测试场地每天约有四小时覆盖的卫星网, 进行三维空间定位试验。计划到一九八四年末, GPS 系统初步具有全球工作能力, 于一九八五年底正式投入使用。

苏联进行了类似于美国子午仪系统的试验, 一九七八年五月正式宣布苏联拥有全球卫星导航系统。法国也进行了类似美国子午仪系统的多卜勒卫星导航实验, 用自己制造的卫星进行大地测量、测距定位、改进多卜勒卫星导航等实验。日本用自己制作的设备, 接收美国子午仪卫星的信号, 进行导航定位实验, 为大多数船舶装备了子午仪导航设备。最近又进一步在研究主要以飞机和船舶为服务对象的通讯、测距卫星系统, 并准备发射自己的实验卫星。我国也对多卜勒卫星导航进行过研究和实验。

自子午仪系统问世以来, 使用该系统的国家越来越多。系统的应用范围也逐步扩大。通过实际使用, 卫星导航显示出巨大的优越性, 这促使世界各国都积极参加卫星导航的研究和发展工作。美、法、日、英等国都在各种国际会议上提出过一些卫星导航系统的方案。各国之间进行了国际合作, 联合试制各种卫星通讯和导航系统, 如由美国和日本参加研制的海用商业通讯卫星系统 (MARISAT); 由美国、加拿大、欧洲共同研制的实验型航空卫

星系统 (AEROSAT); 由欧洲宇宙研究机构 (ESA) 研制的海用静止卫星试验系统 (MAROTS); 还有由政府间航海协商组织 (IMCO) 提出研制的国际海用卫星系统 (INMARSAT); 国际民航组织 (ICAO) 提出研制的航空卫星系统 (以 AEROSAT 作为其实验估价系统。这些系统大都处于试验使用或研制阶段。总之卫星导航还处于发展阶段, 新的系统正在研制, 向着建立高性能、高可靠性、可同时满足多种要求的卫星导航系统的目标前进。

§ 3 系统特点

卫星导航系统是以卫星作为导航台的无线电导航系统。由三部分组成:

1. 卫星。是空间导航台, 它接收和贮存地面站制备的导航信号, 再依次向用户发射。它接收来自地面站的控制指令并向地面站发射卫星的遥测数据。

2. 地面站组。由多种地面站和计算中心组成。地面站组收集来自卫星及与系统工作有关的信息源的数据, 对数据进行处理计算, 产生导航信号和控制指令, 再由地面站发送给卫星。

3. 用户设备。为了方便, 以后把所有使用导航系统的船舶, 飞机等统称为用户。用户设备是用于接收和处理导航信号, 进行定位计算, 对用户进行导航。有的用户设备仅仅是无线电应答器。

卫星导航系统是一个庞大而又复杂的系统, 其主要的性能是:

1. 全球、全天候导航

导航卫星的运行轨道一般是离地面 1000 公里以上的近圆轨道, 轨道上的卫星离地面很高, 如图 1-1 所示。卫星离地面越高, 可见的地球表面越大。表 1-1 表示卫星高度、中心角、可见地面占地球总面积百分数之间的关系。

卫星可见的地球表面称为卫星的覆盖区域。只要少数几颗离地面高的卫星就可同时覆盖全球。卫星导航系统不像罗兰-C、奥

表1-1 卫星高度、中心角、可见地面占地球
总面积百分数之间的关系

卫星种类	低高度卫星	中高度卫星	高高度卫星
卫星高度 H (公里)	1000	10000	20000
中心角 ϕ (度)	60	134	162
百分数(%)	6.7	30	42

米加等系统那样有时受地理、气象或其他条件限制,不能在需要设置台站的地方架设导航台站。它可按需要在各种轨道上配置要求数量的卫星。导航的范围可从地面、水面、近地空间延伸至外层空间。就卫星导航的实质而言,它也是无线电导航,因此不受气象条件和昼夜的影响。卫星居高临下地发射无线电波,电波不会因地形、地物遮挡而衰减。大部分卫星导航系统工作于甚高频或 L 波段,电波受电离层、对流层吸收衰减很小,所以卫星离地面虽很高,卫星辐射的平均功率一般也只有几瓦到几十瓦,但地面的用户仍能收到足够强的信号。

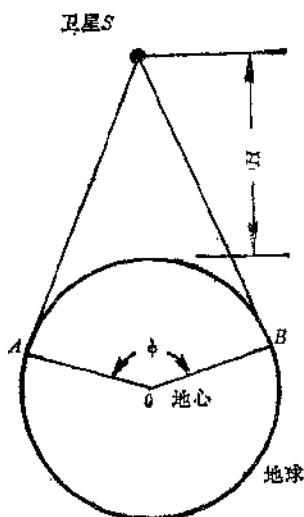


图1-1 卫星可见的地球表面
 H —卫星离地面高度; R —地球半径;
 ϕ — $\widehat{AB}$ 弧所对中心角。

2. 高精度

一个导航系统的导航定位精度是该系统性能优劣最重要的指标。前面曾指出,罗兰-C、奥米加等系统的导航定位精度与用户相对于导航台组的几何位置有关。多卜勒和惯性导航系统的积累误差随用户航行距离和时间增大而增加。天文导航系统因星体和用户距离很遥远,很小的测角误差就要产生很大的定位误差。但是卫星导航系统可通过适当地配置卫星轨道和轨道上卫星的数

目，使用户可选用几何位置配合得最好的一些卫星来进行导航定位。地球上任何地点的用户都可这样做。这就使卫星导航系统在全球都保持几乎同样良好的精度。卫星导航系统不是航位推算系统，当然无积累误差。

一般靠地面导航台进行导航的无线电系统，其定位精度受地波和天波相互干扰的影响，而卫星导航利用直射波工作，不存在这个问题。但卫星发射的电波要穿过电离层、对流层才能到达地面，电波传播将产生附加延时，电波频率将产生附加的多卜勒频移，这也会产生导航定位误差。通过对电离层、对流层及电波在其中传播规律的深入研究，已可给出电离层、对流层的精确模型，它们产生的误差或是利用模型计算，或是通过实际测量可以有效地予以校正。

在卫星导航系统中，用户通过测定相对卫星的位置，确定自己在地球上位置。由于卫星相对地球作轨道运动，即使是静止卫星也不会总是静止的，为了精确定位，就需精确地知道每一时刻卫星相对地球的位置，或确定卫星位置的一组轨道参量，每一时刻计算卫星位置的一组轨道参量称为星历。卫星运动是由作用在卫星上的各种力决定的。现代大地测量技术及人造卫星在这领域中的应用，使我们能得到精确的地球重力场模型，再考虑到太阳、月球引力场，太阳辐射压力等作用，配合上地面站对卫星位置的精确测定，借助计算机，已能以几米的精度预报卫星星历。预报的精度不断提高，能预报的时间也逐渐增长。研究精确地预报卫星星历是实现高精度卫星导航的关键之一。

测距、测速都离不开时间、频率基准——标准时钟。时钟的稳定度、时钟的走时规律、时钟在引力场中和在运动状态中行为的准确描述是高精度卫星导航的另一个关键问题。

另外，采用易于实现最佳接收的导航信号，制作相应的接收设备，对导航信号的最佳处理和余度信息的合理利用，可以保证卫星导航系统高精度的要求。

3. 多功能

多功能是指一种设备具有多种用途。一般用户为了准确可靠地导航，常携带多种导航系统。为了通讯、识别和武器控制还要设置各种相应的系统。设备增多，费用昂贵，使用维护极不方便，尤其对用户来说，在其本来就有限的空间里，这些装备占用了大量体积和重量。设备密集地装在一起，工作起来相互干扰，降低了精度和可靠性，由此可见，设备的多功能化是一种必然趋势。

卫星导航系统有全球、全天候的工作能力，定位精度高，凡是需要高精度定位的地方都可以利用它，例如在导弹发射、精确投弹、照相侦察、反潜、布雷、搜索营救、火炮定位、步兵定位联络、海洋石油勘探、钻台并位的精确定位等方面获得广泛的应用。卫星通讯、卫星广播正在通讯广播领域中起着越来越重要的作用。采用同类技术的卫星导航系统很容易同时用来完成这些任务。具有通讯、识别功能的卫星导航系统可用于空中交通管制、空中指挥、陆海空协同作战。卫星导航系统中有精密时钟、气象情报和地球重力场资料，可用来授时和完成气象预报等。卫星导航系统也可综合成具有通讯、导航、识别、授时等多功能系统。

系统中地面站组也是通用的设施，可用来对各种卫星、宇宙航行器进行跟踪、测量和控制。

4. 庞杂性

整个卫星导航系统庞大而复杂，卫星在宇宙环境中要连续工作五年以上，因此要求有极高的可靠性，并有充分的余度。地面工程庞大，设备昂贵，在使用期间为了保证系统正常运转，维修费用很高。

§ 4 系统分类

到目前为止，正式宣布投入使用的系统只有美国的子午仪和苏联的宇宙卫星导航系统。但提出过的方案却不下十几种，对多种方案进行试制、实验测试、应用，下一代的卫星导航系统正在研制，因此对系统进行分类有助于对卫星导航概貌的了解。

卫星导航系统按测量的导航定位参量可分为：测角系统；测

距、测距差、测距和系统，测速或测距离变化率系统，测量多种参量的系统。

测角系统是利用测量电波传播方向来测定用户相对于某基准方向的夹角。为了高精度测角，就必须有高精度的方向基准，例如高精度陀螺平台等。

测距、测距差及测距和系统都是通过测量电波在空间传播所需的时间来测定用户和卫星组之间的距离、用户和卫星组之距离差、用户到卫星及地面站的距离和。为了精确地测量电波在空间传播所需的时间，系统必须有精确的时间基准——精密时钟。

测速或测距离变化率系统是通过测量由于用户和卫星之间相对运动而产生的电波频率的多卜勒频移来测定用户和卫星之间的相对运动速度，为了准确地测量多卜勒频移，系统中应有精确的频率基准，精密的时钟也是高精度的频率源。

测量多种参量系统是由上述各系统组合而成，例如测距、测角系统，测距、测速系统等。

卫星导航系统测量的导航定位参量几乎都是角度、距离、速度。而且测角、测距、测速实际上仍是测量电波传播的方向、电波传播的延迟时间、电波的多卜勒频移。卫星导航系统只是利用各种现代技术进行这种测量，并将导航定位的性能提到更高的水平。

卫星导航系统按工作方式可分成有源系统和无源系统。

有源系统是指系统中用户不单是接收信号而且要转发信号。其工作过程示于图1-2。

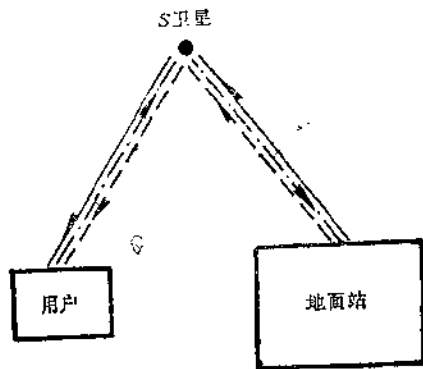


图1-2 有源系统原理方块图

实线：表示信号由地面站经卫星至用户的通路。

点划线：表示应答信号由用户经卫星至地面站的通路。

虚线：表示用户和地面站间的通信通路。

地面站将无线电询问信号发至卫星，由卫星转发至用户，用户应答器发出应答信号，再次经卫星转发回到地面站，地面站从信号中提取所有有用信息，并将用户所需的导航数据通过卫星送至用户。如要得到用户和卫星之间的距离，可由地面站测得用户到卫星以及卫星到地面站的距离之和，减去已知的卫星到地面站的距离即可。有源系统中用户只要装备一个应答器就可以了，设备简单而价廉。但用户要发射电波，为使设备简单，发射电波的功率不能很强，但功率小又易受干扰。系统中地面站有可能掌握系统工作区域中全部用户的位置及其他信息，便于实现空中交通管制。地面站要接收和处理用户的应答信号，受容量的限制，有源系统只能为数目有限的用户服务，当用户数目超过规定的容量时，系统就不能为这些过多的用户服务，这称为系统饱和了。

无源系统是指系统中用户只接收而不发射无线电信号。用户这时必须处理接收的导航信号，从中提取需要的信息并进行定位计算。用户需有信号处理器和计算机。无源系统无饱和问题，凡处于系统工作区域中的用户都可利用系统进行导航定位。

有源方式和无源方式也可结合起来构成具有二种工作方式的卫星导航系统。

——卫星导航系统按卫星运行轨道的高度可分为低轨、中轨、高轨系统。卫星轨道离地面一千到几千公里为低轨，离地面一万到二万公里为中轨，离地面三万六千公里为高轨。

卫星运行的轨道越低，其同时覆盖的区域就越小，为同时覆盖全球，就需大量卫星。低轨卫星受大气阻力大，每绕地球一周后轨道就稍有变化，低轨卫星受地球扁平度和分布不均匀性影响亦大，因此低轨卫星星历的精度较低。低轨卫星运行周期短，运行速度快，当卫星发射电波的频率一定时，接收到低轨卫星电波的多卜勒频移比高轨的大。卫星离地面越近，要求卫星发射电波的功率越小。相反，卫星运行轨道越高，覆盖区域越广，星历精度越高，多卜勒频移越小，要求卫星辐射功率越大。

在离地面高度为三万六千公里的轨道上，卫星运行的周期是

24小时，与地球自转周期相同，因此称这样的轨道为同步轨道。同步轨道面和地球赤道面重合时，轨道上的卫星相对于地球是不动的，这种卫星称为静止卫星。静止卫星有充裕的时间与在其覆盖区域中的地面站或用户联系，但不能和设置在卫星覆盖区域背面的地面站直接联系。这种联系常常是必要的，地面站正是通过这种联系将导航数据及控制指令送给卫星的。静止卫星的覆盖区域虽广，但覆盖不到地球两极区。轨道面与赤道面有倾角的非同步卫星，与地球有相对运动，地球上大片地区都能看到卫星，倾角越大，能看到卫星的地区越大，在可见到卫星的地区设置的地面站，总有机会和卫星取得直接联系。

卫星导航系统还可按其工作区域分为全球覆盖系统和区域覆盖系统，区域覆盖系统常用静止卫星来实现。

卫星导航系统按用户获得导航定位数据的情况来分，可分为间断和连续卫星导航系统；实时和非实时卫星导航系统。间断导航是指用户在进行一次定位之后要间隔若干时间再进行下一次定位。而连续导航则可以连续进行定位。非实时导航是指用户作一次定位需要相当长的时间。这样，在某一时间取得的数据是表示前一时间的情况。实时导航则可瞬时获得定位数据，因此不是前一时间的数据，而是即时的数据。实际上不需要时间就可得到数据是不可能的，所谓实时，只是获得数据的滞后时间很短罢了。