

GNSS

精密单点定位理论与方法

赵兴旺 王胜利 刘超◎著



中国科学技术大学出版社

JSS

精密单点定位理论与方法

赵兴旺 王胜利 刘超◎著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

精密单点定位技术是 GNSS 领域研究的前沿问题。本书对精密单点定位中的系统误差、函数模型以及 PPP 模糊度固定进行了系统的阐述和研究,并特别强调了精密单点定位中模糊度固定的意义。

在详细介绍 GNSS 观测值中系统误差的基础上,给出精密单点定位的函数模型与随机模型,深入讨论相位偏差的特性,并建立基于方向数据统计理论的相位偏差估计模型;进而推导出 PPP 整周模糊度固定方法;结合 PPP 测量实际,给出了 PPP 不完全模糊度固定方法,并基于精度越高越容易固定的思想给出了最优模糊度子集选取方法。除此之外,围绕实时精密单点定位的应用,对基于模糊度固定的实时精密单点定位系统进行了设计。

本书内容既有理论阐述,又有实验分析,具有很强的专业特性,可供卫星大地测量、GNSS 气象学、地震震前预报等相关领域的研究与应用技术开发人员参阅,亦可作为高年级本科生和研究生关于卫星定位理论的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

GNSS 精密单点定位理论与方法/赵兴旺,王胜利,刘超著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2015. 7

ISBN 978-7-312-03666-8

I. G… II. ①赵… ②王… ③刘… III. 卫星导航—全球定位系统
IV. P228. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 112005 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
网址: <http://press.ustc.edu.cn>
印刷 安徽联众印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 15
字数 310 千
版次 2015 年 7 月第 1 版
印次 2015 年 7 月第 1 次印刷
定价 38.00 元



前 言

人们对未知领域的科学探索及洞悉自身精确位置的渴望,推进着全球导航卫星系统的快速发展。一方面卫星导航系统逐渐趋向多元化与多系统兼容性操作发展,形成了由美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧盟的 Galileo 和中国的 BDS 多系统联合导航定位的全球 GNSS 新格局;另一方面随着卫星系统应用的深入发展,GNSS 定位技术正朝着简洁、实时、高精度、高可靠性的方向发展。

精密单点定位技术是基于状态空间域改正信息的高精度定位方法,从技术发展模式来看,它是标准单点定位技术和广域差分技术相融合的定位技术。精密单点定位技术改变了只有相对定位模式才能达到高精度定位的现状,是 GNSS 定位技术中继网络 RTK 技术后的又一次技术革命。实时精密单点定位技术采用单向通信、独立定位的模式,具有不受基线长度限制等优点,仅需建立低密度连续运行参考站,便可实现大范围内全球 ITRF 框架下一致厘米级定位精度,大大提高了利用 GNSS 技术进行精确定位操作的灵活性。精密单点定位技术已广泛应用于区域坐标框架维持和精化、精密授时、水汽预测、地震震前预测、长距离动态定位、西部无图区测绘、海岛与岛礁测绘以及大范围、强机动性地面移动测量等相关领域,具有广泛的工程应用价值。

本书正是在这一背景下,介绍笔者在卫星精密定位领域中开展 GNSS 精密单点定位数据处理研究所取得的成果,同时也汇集了国内外众多学者在该领域的最新研究成果。全书共分 7 章,第 1 章概述了 GNSS 的发展现状以及精密单点定位技术的研究现状;第 2 章详细介绍了 GNSS 定位中常用的坐标基准与时间基准,以及不同导航系统的时空参考基准;第 3 章介绍了每个误差源的影响特性与修正方法;第 4 章介绍了精密单点定位的函数模型和随机模型,给出了多系统组合观测模型的统一表达式,并对组合精密单点进行了分析;第 5 章分析了 GNSS 观测值中相位偏差的统计特性和时空特性,给出了相位偏差的修正方法;第 6 章介绍了精密单点定位的固定方法,推导了不完全模糊度固定方

法;第7章对基于模糊度固定的实时 PPP 系统进行了设计。本书适用于 GNSS 理论研究与应用技术开发人员,亦可为相关专业师生提供科研参考。

本书及其研究工作得到了国家自然科学基金(项目编号:41404004、41474026)、安徽省自然科学基金(项目编号:1408085QD72)以及淮南科技计划(项目编号:2013A4021)的联合资助,在此表示衷心感谢。

限于作者水平、时间及经验,加之精密单点定位技术日新月异,书中难免有错误及疏漏,不足之处敬请各位专家和广大读者批评指正。

著 者

2014 年 10 月于安徽淮南

缩 略 词

ADOP	Ambiguity Dilution Of Precision	模糊度精度衰减因子
BDS	BeiDou Navigation Satellite System	北斗导航卫星系统(中国)
BINEX	Binary Exchange Format	二进制交换格式
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	德国制图和测地局
BNC	BKG Ntrip Client	BKG Ntrip 客户端
CGCS 2000	China Geodetic Coordinate System 2000	2000 国家大地坐标系
CODE	Center for Orbit Determination in Europe	欧洲定轨中心
CORS	Continuous Operational Reference System	连续运行参考站系统
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余检验
CRF	Celestial Reference Frame	协议天球参考框架
ECSF	Earth-Centered Space Fixed System	地心空间固定坐标系
ECEF	Earth-Centered, Earth-Fixed	地心地固坐标系
FAMaxS	Fixing the Ambiguity with a Maximum Success rate	最大成功率优先固定法
FAMinV	Fixing the Ambiguity with a Minimum Variance	最小方差优先固定法
FARA	Fast Ambiguity Resolution Approach	快速整周模糊度解算法
FASF	Fast Ambiguity Search Filter	快速模糊度搜索滤波
FKP	Flachen Korrektur Parameter	局域改正数
FPB	Fractional parts of uncalibrated Phase Biases	相位偏差小数
ITRS	International Terrestrial Reference System	国际地球参考系
IERS	International Earth Rotation Service	国际地球自转服务
GAST	Greenwich Apparent Sidereal Time	格林尼治恒星时
GFZ	GeoForschungsZentrum Potsdam	波茨坦地学研究中心
GLONASS	GLObal NAVigation Satellite System	全球导航卫星系统(俄罗斯)

GNSS	Global Navigation Satellite System	全球导航卫星系统(统称)
GPS	Global Positioning System	全球定位系统(美国)
GPST	GPS Time	GPS 时
IAG	International Association of Geodesy	国际大地测量协会
ICD	Interface Control Document	接口控制文档
IGDG	Internet-based Global Differential GPS	基于网络的全球差分系统
IGR	IGS Rapid	IGS 快速产品
IGS	International GNSS Services	国际 GNSS 服务
IGU	IGS Ultra-Rapid	IGS 超快速产品
ITRF	International Terrestrial Reference Frame	国际地球参考框架
JPL	Jet Propulsion Laboratory	美国喷气推进实验室
LAMBDA	Least-squares AMBiguity Decorrelation Adjustment	最小二乘降相关平差法
LSAST	Least Squares Ambiguity Search Technigue	最小二乘模糊度搜索技术
MJD	Modified Julian Date	约化儒略日
NRCan	Natural Resources of Canada	加拿大自然资源部
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol	通过互联网进行 RTCM 网络传输的协议
OSI	Open System Interconnection	开放式通信系统互联参考模型
PAF	Partial Ambiguity Fixing	不完全模糊度固定
PANDA	Position And Navigation Data Analyst	精密导航定轨分析软件
PRN	Pseudo-Random Noise	伪随机噪声
RINEX	Receiver Independent Exchange Format	与接收机无关的交换格式
PPP	Precise Point Positioning	精密单点定位技术
RMS	Root Mean Square Error	均方根误差
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics	航空无线电委员会
RTCM	The Radio Technical Commission For Maritime Service	国际海运事业无线电技术委员会
RTG	Real Time GIPSY	实时 GIPSY 软件

RTK	Real Time Kinematic	实时动态载波差分定位
RTNet	Real-Time Network	实时网络定位系统
RTP3-wiAF	Real Time Precise Point Positioning with Ambiguity Fixing	基于模糊度固定的实时精密单点定位技术
SNR	Signal Noise Ratio	信噪比
SDW-FPB	Single Difference Wide-lane Fractional parts of uncalibrated Phase Biases	单差宽巷相位偏差小数
SSR	State Space Representation	状态空间表示
UHD	Uncalibrated Hardware Delay	未校正硬件延迟
UPB	Uncalibrated Phase Biases	未校正相位偏差
UPD	Uncalibrated Phase Delay	未校正相位延迟
VRS	Virtual Reference Station	虚拟参考站技术

目 录

前言	(I)
缩略词	(VII)
第 1 章 全球导航卫星系统	(1)
1.1 全球导航卫星系统概述	(1)
1.1.1 GPS 系统简述	(1)
1.1.2 GLONASS 系统简述	(5)
1.1.3 Galileo 系统简述	(7)
1.1.4 BDS 系统简述	(10)
1.1.5 其他导航卫星系统	(12)
1.1.6 GNSS 应用	(15)
1.2 国际 GNSS 服务组织	(17)
1.3 全球导航定位技术	(19)
1.3.1 网络 RTK 与 PPP 技术	(19)
1.3.2 精密单点定位技术发展现状	(20)
第 2 章 GNSS 时空参考基准	(25)
2.1 卫星大地测量中的坐标系统	(25)
2.1.1 地心惯性坐标系	(25)
2.1.2 地心地固坐标系	(30)
2.1.3 站心坐标系	(37)
2.2 卫星大地测量中的时间系统	(38)
2.2.1 时间系统	(38)
2.2.2 时间的标示法	(40)
2.2.3 GNSS 时间参考基准	(41)
2.3 GNSS 卫星位置计算	(42)
2.3.1 GPS 卫星位置的计算	(44)
2.3.2 BDS 卫星位置的计算	(46)
2.3.3 GLONASS 卫星位置的计算	(47)
2.3.4 太阳/月球位置的计算	(49)

第 3 章 GNSS 定位中的误差源及其影响	(52)
3.1 经典误差分析	(53)
3.1.1 星历误差	(53)
3.1.2 钟差影响	(56)
3.1.3 电离层误差	(57)
3.1.4 对流层误差	(58)
3.1.5 多路径效应	(69)
3.2 其他误差分析	(70)
3.2.1 地球自转改正	(70)
3.2.2 天线相位中心偏差	(71)
3.2.3 相对论效应	(74)
3.2.4 固体潮影响	(76)
3.2.5 大洋负荷	(77)
3.2.6 天线相位缠绕	(79)
3.2.7 相位偏差	(80)
第 4 章 GNSS 精密单点定位理论基础	(82)
4.1 GNSS 定位基础	(82)
4.1.1 GNSS 观测方程	(82)
4.1.2 观测值组合	(84)
4.1.3 周跳探测与修复	(87)
4.2 PPP 数学模型	(90)
4.2.1 PPP 函数模型	(90)
4.2.2 PPP 随机模型	(92)
4.2.3 PPP 中需要注意的问题	(106)
4.3 参数估计的卡尔曼滤波方法	(109)
4.3.1 卡尔曼滤波	(109)
4.3.2 卡尔曼滤波的随机模型	(110)
4.3.3 算法优化与质量控制	(115)
4.4 不同函数模型解算性能分析	(117)
4.4.1 位置精度分析	(118)
4.4.2 天顶对流层延迟估计精度分析	(120)
4.4.3 参数解算性能分析	(120)
4.5 GNSS 组合精密单点定位	(121)
4.5.1 GNSS 观测模型的统一表达	(121)
4.5.2 GNSS 组合 PPP 性能分析	(122)
4.6 本章小结	(134)

第 5 章 GNSS 观测值中相位偏差修正方法	(136)
5.1 相位偏差	(136)
5.1.1 初始相位	(136)
5.1.2 硬件延迟	(137)
5.2 相位偏差估计原则	(139)
5.2.1 相位偏差建模原则	(139)
5.2.2 相位偏差小数分离方法	(141)
5.3 相位偏差小数的统计特性分析	(142)
5.3.1 方向数据统计分析	(142)
5.3.2 偏差小数的分布检验	(144)
5.3.3 偏差小数计算方法	(148)
5.4 相位偏差建模方法研究	(149)
5.4.1 基于位置约束的逆向 PPP 模糊度解算方法	(150)
5.4.2 基于方向数据的宽巷相位偏差解算方法	(152)
5.4.3 基于方向数据的 L_1 相位偏差解算方法	(154)
5.4.4 相位偏差的平差方法	(155)
5.5 实验数据分析	(157)
5.5.1 宽巷相位偏差时空特性分析	(157)
5.5.2 L_1 相位偏差时空特性分析	(163)
5.6 本章小结	(167)
第 6 章 固定解精密单点定位	(168)
6.1 固定解 PPP 技术的提出	(168)
6.1.1 PPP 模糊度固定方法	(168)
6.1.2 LAMBDA 模糊度搜索方法	(170)
6.1.3 PPP 模糊度固定解分析	(178)
6.2 不完全模糊度固定方法研究	(186)
6.2.1 不完全模糊度固定方法的提出	(186)
6.2.2 不完全模糊度解算模型	(187)
6.2.3 不完全模糊度固定方法的约束条件	(189)
6.3 最优模糊度子集选取方法	(191)
6.3.1 基于最小方差的子集选取方法	(192)
6.3.2 基于最大成功率的子集选取方法	(193)
6.3.3 模糊度搜索性能分析	(194)
6.3.4 模糊度固定解分析	(197)
6.4 本章小结	(202)

第 7 章 基于模糊度固定的实时 PPP 系统设计	(203)
7.1 现有实时精密单点定位系统	(204)
7.2 RTP3-wiAF 系统框架设计	(206)
7.3 数据处理与产品设计	(207)
7.3.1 实时精密轨道与钟差	(207)
7.3.2 对流层增强改正信息	(211)
7.3.3 实时相位偏差信息	(211)
7.4 数据标准与传输协议	(212)
7.4.1 实时数据传输标准	(212)
7.4.2 实时数据传输协议	(216)
7.5 高性能实时 PPP 用户终端	(217)
7.6 精密单点定位系统开发	(218)
7.6.1 数据组织	(218)
7.6.2 模型与算法	(218)
7.6.3 数据处理内核	(219)
7.7 本章小结	(220)
参考文献	(221)

第 1 章 全球导航卫星系统

1.1 全球导航卫星系统概述

全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System,GNSS)泛指所有的导航卫星系统,包括全球性的系统,如美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧洲的 Galileo、中国的 BDS、法国的 DORIS、德国的 PRARE 等;区域性的系统,如中国的北斗-1、日本的 QZSS、印度的 IRNSS 等;增强系统,如美国的 WAAS、欧洲的 EGNOS、日本的 MSAS、印度的 GAGAN 以及伪卫星等。本章重点介绍 GPS、GLONASS、Galileo 和 BDS 四个系统,并对其他导航系统的基本情况进行简要说明。

1.1.1 GPS 系统简述

全球定位系统(Global Positioning System,GPS),又称全球卫星定位系统,是美国国防部研制和维护的中距离圆形轨道导航卫星系统。它可以为地球表面绝大部分地区(98%)提供准确的定位、测速和高精度的时间标准。

1. GPS 发展历程

早在第二次世界大战期间,Gee、LORAN(Long Range Navigation)和 Decca 等地基无线电导航系统的出现,为军方提供了极大的战略支持。1957 年,随着第一颗人造卫星 Sputnik 的升空,约翰霍普金斯大学应用物理实验室的 William Guier 和 George Weiffenbach 通过多普勒效应确定了卫星的轨道,进而反算出了用户的位置,使得空基无线电导航系统的实现成为可能。

1958 年底,美国海军武器实验室决定建立世界上第一个卫星导航定位系统“子午仪系统”(Transit System),后来也称为“海军导航卫星系统”(Navy Navigation Satellite System,NNSS)。该系统于 1964 年建成,并开始在美国军方使用。1967 年美国批准该系统解密,提供民用。

“子午仪系统”由空间部分、地面控制部分和用户部分组成。其中,空间部分包括:6 颗卫星和 6 个极轨道面(图 1.1),轨道高度 1075 km;地面控制部分包括:跟

踪站、计算中心、控制中心和海军天文台;用户部分为多普勒接收机。



图 1.1 “子午仪系统”卫星空间分布

由于“子午仪系统”卫星数目较少,运行高度较低,从地面站观测到卫星的时间间隔较长(平均约 1.5 小时),因而它无法提供连续实时三维导航。同时,由于它定位速度较慢(一个测站一般平均观测 1~2 天),精度也较低(单点定位精度 3~5 m,相对定位精度约为 1 m),在大地测量学和地球动力学研究方面的应用也受到了很大的限制。

为了满足军事部门和民用部门对连续实时三维导航的迫切要求,1973 年美国国防部正式开始组织海陆空三军,共同研究建立新一代导航卫星系统的计划,即许多文献中所称的“授时与测距导航系统/全球定位系统”(Navigation System Timing and Ranging/Global Positioning System, NAVSTAR/GPS),简称为全球定位系统(GPS)。随后,在 1978~1985 年间,共有 10 颗 Block I 型试验卫星升空,用于进行硬件研制与系统测试。1989 年第一颗 GPS 工作卫星(Block II)发射成功,标志着 GPS 进入工程建设阶段。并于 1994 年发射第 24 颗卫星,宣告 GPS 星座组建完成,1995 年 4 月 27 日宣布 GPS 完全投入工作状态。在随后近 20 年间,不断有新的卫星进入轨道替代失效卫星,维持 GPS 的健康运行。

2. GPS 的组成

GPS 主要由空间星座、地面监控和用户设备三个部分组成。

空间星座部分:GPS 卫星星座由 24 颗卫星组成,其中 21 颗为工作卫星,3 颗为备用卫星。24 颗卫星均匀分布在 6 个轨道平面上,即每个轨道面上有 4 颗卫星。卫星轨道面相对于地球赤道面的轨道倾角为 55° ,各轨道平面的升交点的赤经相差 60° ,一个轨道平面上的卫星比西边相邻轨道平面上的相应卫星升交角距超前 30° 。这种布局的目的是保证在全球任何地点、任何时刻至少可以观测到 4 颗卫星,如图 1.2 所示。

地面监控部分:由 1 个主控站(Master Control Station, MCS)、1 个备用主控站(Alternate Master Control Station, AMCS)、4 个地面天线站(Ground Antenna)和

6 个监测站(Monitor Station)组成。

主控站位于美国科罗拉多州的谢里佛尔空军基地,是整个地面监控系统的管理中心和技术中心。备用主控站位于马里兰州盖茨堡,在发生紧急情况时启用。注入站分别位于南太平洋马绍尔群岛的瓜加林环礁、大西洋上英国属地阿森松岛、印度洋上英国属地迪戈加西亚岛和美国科罗拉多州的科罗拉多斯普林斯。注入站的作用是把主控站计算得到的卫星星历、导航电文等信息注入到相应的卫星。注入站同时也是监测站,另外还有位于夏威夷和卡纳维拉尔角的 2 处监测站,故监测站目前有 6 个。监测站的主要作用是采集 GPS 卫星数据和当地的环境数据,然后发送给主控站。

用户设备部分:用户设备主要为 GPS 接收机,主要作用是从 GPS 卫星收到信号并利用传来的信息计算用户的三维位置及时间。

3. GPS 现代化

自 1994 年宣布 GPS 完全投入工作状态,翌年便启动 GPS 现代化计划,对系统进行全面的升级和更新。GPS 现代化的提法是 1999 年 1 月 25 日美国副总统戈尔以文告形式发表的,他宣布将投资 4 亿美元启动 GPS 现代化,增强对全球民用、商业和科研用户提供的服务。

为了能使 GPS 更好地满足军事、民间和商业用户不断增长的应用需求,美国决定用先进的技术改进和完善 GPS。其现代化计划主要包括以下内容:

(1) 增加新的 GPS 信号。在 Block II R 卫星上播发新的军用码(M 码)和第二民用码(L₂C),同时 Block II R-M 卫星新增了卫星间的测距、在轨数据通信和自助导航等功能,在 Block II F 卫星上增设了第三民用码(L₅)。

(2) 研发新一代军用 GPS 接收机,提高 GPS 的抗干扰能力。

(3) 增强或视情关闭 GPS 发射信号,以防止 GPS 信号战时受干扰或被他国利用。

(4) 改善地面设备。更新 GPS 地面测控设备,增加地面测控站的数量;用新的数字接收机和计算机来更新专用的 GPS 监测站和有关的地面天线;采用新的算法和软件,提高测控系统的数据处理与传输能力等。

(5) 实施 GPS III 计划。早在 2004 年,美国国防部开始研究 GPS III 的采购和结构概念,以便验证系统要求。GPS III 将选择全新的优化设计方案,放弃现有的 24 颗中轨道卫星,采用全新的 33 颗高轨道加静止轨道卫星组成。GPS III 全部卫星在轨运行将在 2015~2020 年实现。与现有 GPS 相比,GPS III 的信号发射功率将提高 100 倍,信号抗干扰能力提高 1000 倍以上,授时精度将达到 1 ns,定位精度提高到 0.2~0.5 m。

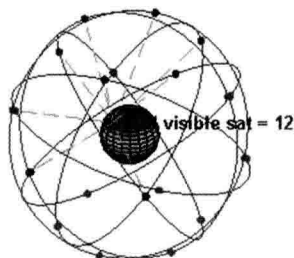


图 1.2 GPS 卫星空间分布

GPS 卫星发射情况如表 1.1 所示,截至 2014 年 6 月 13 日,健康在轨卫星共 31 颗,还将进一步发射新的 Block II F 型号卫星,替代超龄的 Block II A 型号卫星。GPS 健康在轨卫星状态如表 1.2 所示。

表 1.1 GPS 卫星状态概况

卫星型号	发射时间	发射情况				当前健康 在轨卫星
		成功	失败	准备中	计划中	
Block I	1978~1985	10	1	0	0	0
Block II	1989~1990	9	0	0	0	0
Block II A	1990~1997	19	0	0	0	6
Block II R	1997~2004	12	1	0	0	12
Block II R-M	2005~2009	8	0	0	0	7
Block II F	2010~	6	0	6	0	6
Block III A	2014~	0	0	0	12	0
Block III B	—	0	0	0	8	0
Block III C	—	0	0	0	16	0

注:表格数据来源于 http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System#cite_note-29。

表 1.2 GPS 卫星状态信息

轨道面	卫星编号	卫星型号	发射时间	轨道面	卫星编号	卫星型号	发射时间
A2	31	II R-M	2006. 9. 25	D3	21	II R	2003. 3. 31
A3	8	II A	1997. 11. 06	D4	4	II A	1993. 10. 26
A4	7	II R-M	2008. 3. 15	D5	11	II R	1999. 10. 7
A5	24	II F	2012. 4. 10	D6	6	II F	2014. 5. 17
A6	30	II F	2014. 2. 21	E1	20	II R	2000. 5. 11
B1	16	II R	2003. 1. 29	E2	22	II R	2003. 12. 21
B2	25	II F	2010. 05. 28	E3	5	II R-M	2009. 8. 17
B3	28	II R	2000. 7. 16	E4	18	II R	2001. 1. 30
B4	12	II R-M	2006. 11. 17	E5	32	II A	1990. 11. 26
C1	29	II R-M	2007. 12. 20	E6	10	II A	1996. 7. 16
C2	3	II A	1996. 3. 28	F1	14	II R	2000. 11. 10

续表

轨道面	卫星编号	卫星型号	发射时间	轨道面	卫星编号	卫星型号	发射时间
C3	19	Ⅱ R	2004. 3. 20	F2	15	Ⅱ R-M	2007. 10. 17
C4	17	Ⅱ R-M	2005. 9. 26	F3	13	Ⅱ R	1997. 7. 23
C5	27	Ⅱ F	2013. 5. 15	F4	23	Ⅱ R	2004. 6. 23
D1	2	Ⅱ R	2004. 11. 6	F5	26	Ⅱ A	1992. 7. 7
D2	1	Ⅱ F	2011. 7. 16				

注:表格数据来自 <http://glonass-iac.ru/en/GPS/>。

1.1.2 GLONASS 系统简述

格洛纳斯(Global Navigation Satellite System, GLONASS)是由俄罗斯研发的卫星导航系统,由俄罗斯政府运作。

1. GLONASS 发展历程

类似于美国发展 GPS 的过程,前苏联在确定发展 GLONASS 前,在 20 世纪 60~70 年代,发展了一套类似于美国“子午仪系统”的全球卫星导航系统,即西科琳(Tsiklon/Циклон)卫星定位系统,但该系统同样无法及时地提供准确的定位,难以满足前苏联产生的各种新的需要,前苏联决定组建新的全球导航卫星系统。1968~1969 年前苏联国防部、国家科学院和海军联合开发新的导航系统,用于海陆空及太空的军事力量。1970 年,这些部门联合制订了关于此计划的文书。1976 年,取名为“Unified Space Navigation System GLONASS”的方案在前苏联共产党中央委员会和前苏联内阁分别获得通过。

最初,GLONASS 的设计任务由 NPO-PM 科研生产联合体的一群青年专家承担,在 20 世纪 70 年代末完成 GLONASS 方案,并授权西伯利亚东部城市鄂木斯克的 PO Polyot 公司生产 GLONASS 卫星。从 1982 年首颗试验卫星升空,到 1991 年 4 月,前苏联共成功发射 43 颗 GLONASS 卫星和 5 颗试验卫星,直到前苏联解体后的 1995 年底,GLONASS 在轨卫星达到了满额的 24 颗卫星,这比 GPS 完全实现工作状态晚了一年。

由于 GLONASS 卫星的工作寿命仅为 3 年,为了保持满额运行,需要平均每年发射 6 颗 GLONASS 卫星。而在前苏联解体后,俄罗斯经济状况不佳,难以维持高昂的研发费用,致使在 1995~1999 年间,再未发射任何 GLONASS 卫星,到 2001 年仅有 6 颗运行的 GLONASS 卫星。

进入 21 世纪,随着俄罗斯经济的不断复苏,在时任俄罗斯总统普京的大力推动下,GLONASS 系统更新与重建进展迅速,并于 2011 年底补齐了该系统需要的 24 颗卫星,这比原计划晚了 2 年。