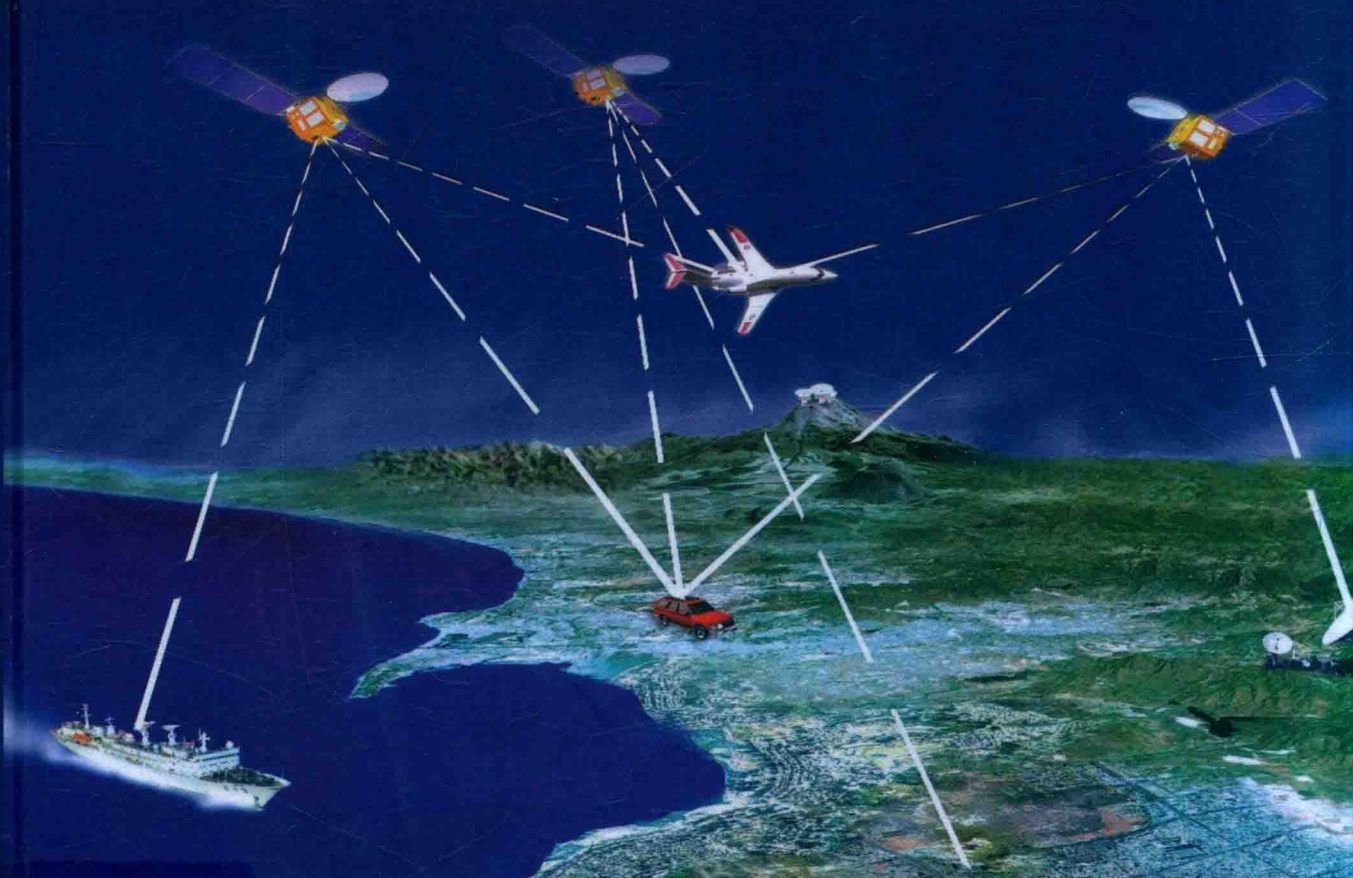




航天科技图书出版基金资助出版

# 全球导航卫星系统 兼容原理及其仿真

谢 军 张建军 著



中国宇航出版社

航天科技图书出版基金资助出版

# 全球导航卫星系统 兼容原理及其仿真

谢 军 张建军 著



中国宇航出版社

·北京·

版权所有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

全球导航卫星系统兼容原理及其仿真 / 谢军, 张建军著. — 北京: 中国宇航出版社, 2018. 11

ISBN 978-7-5159-1563-0

I. ①全… II. ①谢… ②张… III. ①卫星导航—全球定位系统—研究 IV. ①P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 282881 号

责任编辑 侯丽平 封面设计 宇星文化

出版 中国宇航出版社

社址 北京市阜成路 8 号 邮编 100830  
(010)60286808 (010)68768548

网址 [www.caphbook.com](http://www.caphbook.com)

经销 新华书店

发行部 (010)60286888 (010)68371900  
(010)60286887 (010)60286804(传真)

零售店 读者服务部 (010)68371105

承印 河北画中国画印刷科技有限公司

版次 2018 年 11 月第 1 版

2018 年 11 月第

规格 787 × 1092

开本 1/16

印张 25.75

字数 627 千字

书号 ISBN 978-7-5159-1563-0

定价 168.00 元



本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

## 航天科技图书出版基金简介

航天科技图书出版基金是由中国航天科技集团公司于2007年设立的，旨在鼓励航天科技人员著书立说，不断积累和传承航天科技知识，为航天事业提供知识储备和技术支持，繁荣航天科技图书出版工作，促进航天事业又好又快的发展。基金资助项目由航天科技图书出版基金评审委员会审定，由中国宇航出版社出版。

申请出版基金资助的项目包括航天基础理论著作，航天工程技术著作，航天科技工具书，航天型号管理经验与管理思想集萃，世界航天各学科前沿技术发展译著以及有代表性的科研生产、经营管理译著，向社会公众普及航天知识、宣传航天文化的优秀读物等。出版基金每年评审1~2次，资助20~30项。

欢迎广大作者积极申请航天科技图书出版基金。可以登录中国宇航出版社网站，点击“出版基金”专栏查询详情并下载基金申请表；也可以通过电话、信函索取申报指南和基金申请表。

网址：<http://www.caphbook.com>

电话：(010) 68767205, 68768904

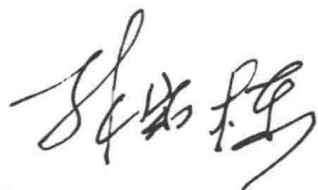
## 序 一

当前，我国北斗卫星导航系统按照“先区域，后全球，先有源，后无源”的发展思路，已经完成“北斗二号”系统的建设任务，“北斗三号”系统计划2020年前完成系统建设，在全球范围内提供性能优异、业务优良，以及与其他系统相互兼容的导航服务。美国正在全力推进GPS的现代化升级，欧洲已全面启动伽利略卫星导航系统（GALILEO），俄罗斯确定了GLONASS优先发展计划，以全面恢复GLONASS的开发与应用，其他国家和地区也在计划建立自己的区域卫星导航系统，日本正在建设“准天顶卫星系统”，印度正在研发独立的“印度区域卫星导航系统”。

随着多个卫星导航系统的建成，全球范围内同一地点已经实现了多卫星导航系统的信号同时覆盖，多系统联合导航定位的优越性也越来越突出。但多系统的存在和组合必须考虑系统间信号的兼容性问题。某一GNSS系统建设或升级时，需要确保不对所有现有系统和信号造成干扰，实现相互的兼容性，也希望与现有系统一起实现互操作，从而为用户提供更便利、更及时、更准确的导航定位服务。GNSS兼容性在卫星导航领域受到极大的关注，各个系统为了保持自己的导航系统独立性，不受到其他系统的干扰，都需要在系统上进行兼容性设计与分析，确定兼容性评估方法，发现并解决兼容性设计的问题。

为了在卫星导航领域占有一席之地，在协商中取得更多的频率资源和话语权，我国开展了导航信号体制设计方案、信号精度、抗干扰能力、兼容性和互操作性方面的研究和仿真分析工作，针对卫星导航信号频谱资源有限性，需要面对更多的系统性问题，加强系统设计的约束条件分析，从而实现与已有系统的兼容性。

本书内容为作者近年来在卫星导航兼容性领域的研究成果，深入地分析了全球卫星导航系统兼容性的基本原理、理论模型和算法，并附带了作者用于信号数据分析的程序源代码，是将理论研究和工程应用相融合的研究性专著，希望本书的出版对我国卫星导航系统兼容性设计，以及与其他GNSS系统的兼容性协调起到积极作用。作者在从事卫星导航系统的研发过程中，紧密结合工程建设与理论研究成果，在卫星导航技术与方法上进行创新与总结，希望在将来的工作中，取得更多的成绩与收获。



## 序 二

卫星导航系统在军事以及民用方面有着广泛的应用，自从卫星导航进入中国市场，美国的 GPS 卫星导航系统就占据了我国市场的绝大份额，中国出于对国家安全以及市场需要等方面考虑，建成了北斗卫星导航系统，目前，共发射了 41 颗卫星，完成北斗一号系统、北斗二号系统的建设，北斗三号系统正稳步推进，北斗系统已成为 GNSS 系统大家庭的成员之一，北斗特色将进一步发扬光大。

目前，北斗三号全球卫星导航系统进入快速部署阶段，北斗三号通过增量发展进一步开展激光星间链路、全球短报文等新业务，整体效能有望超越 GPS 系统，那么，随之而来的问题是北斗卫星导航系统的未来发展之路在哪里？我想，兼容是北斗融入 GNSS 系统的第一条件，也是任何无线电系统设计的第一要素，是维护系统性能的重要工作，是进入国际谈判、增强国际形象及取得更多话语权的必备条件。

本书立足现在，通过对卫星导航系统兼容性的基本技术进行分析，由浅入深，系统总结卫星导航系统兼容领域的新成果、新技术和新趋势，根据卫星导航兼容性理论，提出兼容性分析模型，给出了仿真分析结果。在本书后面还附带了作者用于信号数据分析的程序源代码，内容较为全面，适用面较广。在我国亟需培养大量卫星导航专业人才的今天，本书的出版是非常及时和有益的。

谭述林  
2018.11.19

## 前 言

2012年12月27日上午,北斗卫星导航系统(BDS)新闻发布会在国务院新闻办公室新闻发布厅召开,宣布北斗卫星导航系统正式提供区域服务。北斗卫星导航系统的建成意味着我国的科技实力在导航领域有新的突破和延伸,这期间有杰出的科学家在前面探索开拓研究,培养了众多科技人才。随着诸多关于卫星导航的优秀书籍陆续出版,使很多从事与卫星有关工作的学者受益匪浅。作为受益者之一,我们想尽一份力量,结合自己的研究成果,并综合国内外的一些研究成果,撰写《全球导航卫星系统兼容原理及其仿真》一书,帮助关注兼容评估或互干扰分析的学者系统了解兼容理论和互干扰计算方法。

第1章将介绍全球导航卫星系统兼容的研究背景、全球导航卫星系统兼容的定义,以及全球导航卫星系统兼容的国内外研究现状,并指出现代化全球导航卫星系统的性能指标不仅包括有效性、准确性、完好性和连续性,还应该包括兼容性和互操作。卫星导航系统一般由空间段、地面控制段和应用段等三个部分组成。其中,空间段主要由卫星导航星座等组成;地面控制段主要包括全球地面控制段、全球地面任务段、全球域网、导航管理中心、地面支持设施和地面管理机构等;应用段主要包括区域性和本地性的系统应用服务、用户接收机及其等同产品。在卫星导航系统的三个部分中,空间段中的星座、频率部署和信号体制处于首要的位置,直接影响着兼容结果。本书的第2章~第4章将围绕星座、频率部署和信号体制来综合分析目前的四大全球导航卫星系统。第2章介绍目前已存在和在建的四大全球导航卫星系统(GPS、GLONASS、GALILEO和BDS)在L频段上的频率部署情况,不同卫星导航系统占用相同的频段会造成相互干扰而出现兼容问题,因系统内或系统间信号频谱重叠,将导致信号间不同程度的干扰。第3章主要介绍子载波调制方式。导航信号子载波调制方式显著影响信号的功率谱密度包络,如BOC调制方式,其分裂的谱结构可以有效减小信号谱主瓣的重叠度,有效提高信号的兼容性。第4章介绍GPS、GALILEO、GLONASS和BDS的信号体制结构,GPS、GALILEO和BDS都采用CDMA传输模式,而GLONASS则采用FDMA传输模式。第5章介绍全球导航卫星系统干扰对捕获、跟踪与数据解调的影响,简单讨论射频前端带宽、自动增益控制和A/D转换对干扰抑制的影响,给出SNIR分析模型,以及等效载噪比和谱分离系数的推导过程。第6章讨论全球导航卫星系统干扰对码跟踪误差的影响,给出码跟踪误差分析模型,推导相干和非相干超前减滞后码跟踪误差、码跟踪谱灵敏度系数,总结白噪声下的码跟踪误差

和部分频带干扰下的码跟踪误差。第7章就导航信号参数与功率谱密度的关系,给出导航信号功率谱密度的一般解析式,推导伪码序列、数据速率和码片波形对信号功率谱的影响,最后讨论预检测积分时间对信号功率谱的影响,并给出长码的界定准则。第8章将系统总结全球导航卫星系统兼容评估理论,给出评估模型及参数、星地链路损耗的计算模型、评价指标和兼容的理论评估方法。第9章基于前面的理论基础,对GPS、GALILEO和BDS的系统内干扰和系统间干扰进行仿真。第10章是本书内容的扩展,主要讨论全球导航卫星系统互干扰抑制技术,互干扰抑制技术的应用和发展可减弱导航系统间的干扰,提高系统间的兼容能力。第11章是认知卫星导航系统,主要讨论全球导航卫星系统兼容带来的优势与挑战,以及认知技术对全球导航卫星系统兼容带来的机遇。为了方便读者的学习和讨论,本书的最后附录为全球导航卫星系统兼容的应用程序源代码。

本书相关研究成果得到了国家自然科学基金重大研究计划(68113409)、国家自然科学基金面上项目(61563004),以及国家自然科学基金青年基金(61203226)的资助。

由于作者水平有限,书中难免会出现错误和不妥之处,敬请读者不吝指正。

作 者

2018年8月于北京



# 目 录

第 1 章 绪 论 .....	1
1.1 全球导航卫星系统简介 .....	1
1.1.1 全球导航卫星系统定义 .....	1
1.1.2 全球导航卫星系统的系统构成 .....	4
1.1.3 全球导航卫星系统的定位原理 .....	7
1.1.4 全球导航卫星系统的性能指标 .....	10
1.1.5 典型系统顶层性能指标要求 .....	12
1.2 全球导航卫星系统兼容性 .....	13
1.2.1 中国在国际兼容交流合作中的发展动态 .....	14
1.2.2 无线频率干扰分析方法 .....	15
1.2.3 全球导航卫星系统兼容评估标准 .....	16
1.2.4 全球导航卫星系统兼容的定义 .....	17
第 2 章 全球导航卫星系统及其频率部署 .....	19
2.1 概述 .....	19
2.2 GPS .....	20
2.2.1 GPS 空间段 .....	22
2.2.2 GPS 地面控制段 .....	34
2.2.3 GPS 用户段 .....	35
2.2.4 GPS 信号频率部署 .....	35
2.3 GLONASS .....	37
2.3.1 GLONASS 空间段 .....	39
2.3.2 GLONASS 地面控制段 .....	44
2.3.3 GLONASS 用户段 .....	45
2.3.4 GLONASS 信号频率部署 .....	47
2.4 GALILEO .....	49
2.4.1 GALILEO 空间段 .....	51
2.4.2 GALILEO 地面控制段 .....	58
2.4.3 GALILEO 用户段 .....	59

2.4.4	GALILEO 信号频率部署 .....	60
2.5	北斗卫星导航系统 .....	62
2.5.1	北斗卫星导航试验系统 .....	62
2.5.2	“北斗二号”卫星导航系统 .....	64
2.5.3	“北斗三号”卫星导航系统 .....	67
2.5.4	北斗卫星导航系统信号频率部署 .....	68
<b>第3章</b>	<b>全球导航卫星系统信号子载波调制方式 .....</b>	<b>70</b>
3.1	GNSS 信号基本结构 .....	70
3.1.1	扩频调制 .....	70
3.1.2	载波调制 .....	74
3.1.3	子载波调制方式 .....	76
3.1.4	导航电文数据调制 .....	77
3.2	BPSK 和 BOC 调制 .....	81
3.2.1	BPSK 调制信号 .....	81
3.2.2	BPSK 的功率谱和自相关函数 .....	81
3.2.3	BOC 调制信号 .....	82
3.2.4	BOC 调制信号的功率谱和自相关函数 .....	84
3.3	MBOC 调制 .....	88
3.3.1	MBOC 调制 .....	88
3.3.2	TMBOC 调制 .....	88
3.3.3	CBOC 调制 .....	89
3.3.4	MBOC 调制信号的功率谱密度和自相关函数 .....	89
3.4	CBCS 调制 .....	91
3.4.1	CBCS 调制信号的定义 .....	91
3.4.2	CBCS 调制信号的功率谱密度和自相关函数 .....	91
3.5	AltBOC 调制 .....	99
3.5.1	双通道 AltBOC 调制 .....	99
3.5.2	标准 AltBOC 调制 .....	100
3.5.3	恒包络 AltBOC 调制 .....	103
3.6	复用调制 .....	106
3.6.1	Interplex 调制 .....	106
3.6.2	CASM 调制 .....	109
<b>第4章</b>	<b>全球导航卫星系统信号结构 .....</b>	<b>111</b>

4.1	GPS 卫星信号 .....	111
4.1.1	L1 频段信号 .....	112
4.1.2	L1/L2M 信号 .....	119
4.1.3	L2C 频段信号 .....	121
4.1.4	L5C 频段信号 .....	124
4.2	GALILEO 卫星信号 .....	127
4.2.1	E1 频段信号 .....	127
4.2.2	E5 频段信号 .....	130
4.2.3	E6 频段信号 .....	132
4.3	GLONASS 卫星信号 .....	132
4.3.1	基本组成 .....	133
4.3.2	C/A 码 .....	133
4.3.3	P 码 .....	134
4.3.4	数据调制 .....	135
4.4	BDS 卫星信号 .....	137
4.4.1	扩频基码 .....	138
4.4.2	二次编码 .....	140
<b>第 5 章</b>	<b>全球导航卫星系统干扰对捕获、跟踪与数据解调的影响 .....</b>	<b>142</b>
5.1	GNSS 干扰 .....	142
5.1.1	射频干扰 .....	142
5.1.2	GNSS 干扰 .....	143
5.2	卫星信号的捕获、跟踪与数据解调的基本原理 .....	145
5.2.1	GNSS 接收机工作原理简介 .....	145
5.2.2	信号捕获 .....	150
5.2.3	载波跟踪 .....	156
5.2.4	码跟踪 .....	159
5.2.5	数据解调 .....	167
5.3	接收机射频前端设计参数对干扰的抑制作用 .....	170
5.3.1	射频前端带宽的影响 .....	170
5.3.2	自动增益控制的影响 .....	172
5.3.3	A/D 转换的影响 .....	172
5.4	全球导航卫星系统干扰对捕获、载波跟踪与数据解调的影响 .....	173
5.4.1	GNSS 接收机模型 .....	174

5.4.2	SNIR 分析模型	176
5.4.3	等效载噪比和谱分离系数	186
<b>第 6 章 全球导航卫星系统干扰对码跟踪误差的影响</b>		190
6.1	码跟踪误差与码跟踪精度的概念	190
6.1.1	码跟踪精度	190
6.1.2	码跟踪误差	191
6.2	GNSS 干扰对码跟踪误差的影响	193
6.2.1	码跟踪信号处理模型	193
6.2.2	码跟踪误差分析模型	193
6.2.3	相干超前减滞后码跟踪误差	197
6.2.4	码跟踪谱灵敏度系数	203
6.2.5	非相干超前减滞后码跟踪误差	205
6.3	不同干扰下的码跟踪误差	208
6.3.1	白噪声下的码跟踪误差	208
6.3.2	部分频带干扰下的伪码跟踪误差	210
<b>第 7 章 导航信号参数与功率谱密度的关系</b>		214
7.1	随机脉冲序列的功率谱密度	214
7.2	导航信号功率谱影响因素	221
7.2.1	导航信号功率谱密度解析式	221
7.2.2	伪码序列对信号功率谱的影响	225
7.2.3	数据速率对信号功率谱的影响	231
7.2.4	码片波形对信号功率谱的影响	233
7.3	预检测积分时间对信号功率谱的影响	238
7.3.1	预检测积分时间大于等于伪码周期	239
7.3.2	预积分时间小于伪码周期	240
7.3.3	偏差验证	243
7.4	长码的界定	248
<b>第 8 章 全球导航卫星系统兼容评估理论</b>		258
8.1	评估模型及参数	258
8.2	星地链路损耗	259
8.2.1	发射天线口面的功率 (EIRP) 建模	260
8.2.2	自由空间损耗模型	260
8.2.3	氧分子和水蒸气分子的吸收损耗建模	260

8.2.4	雨、雾、云、雪和大气闪烁损耗建模 .....	261
8.2.5	天线方向跟踪误差和极化误差损耗建模 .....	263
8.2.6	平坦信道和衰落信道接收天线口面的功率建模 .....	264
8.2.7	接收机输入端功率和接收载噪比 .....	265
8.3	评价指标 .....	266
8.3.1	等效噪声功率谱密度 .....	267
8.3.2	集总增益因子 .....	268
8.3.3	等效载噪比及其衰减量 .....	273
8.4	兼容的理论评估方法 .....	274
8.4.1	兼容评估方法 .....	274
8.4.2	系统内兼容的评估方法 .....	275
8.4.3	系统间兼容的评估方法 .....	276
<b>第 9 章</b>	<b>全球导航卫星系统兼容评估仿真 .....</b>	<b>278</b>
9.1	引言 .....	278
9.2	L1 频段上 GPS 信号的系统内干扰 .....	279
9.2.1	C/A 信号受到的系统内干扰 .....	281
9.2.2	P (Y) 信号受到的系统内干扰 .....	285
9.2.3	M 信号受到的系统内干扰 .....	287
9.2.4	L1C 信号受到的系统内干扰 .....	289
9.3	E1 频段上 GALILEO 信号的系统内干扰 .....	293
9.3.1	E1 OS 信号受到的系统内干扰 .....	294
9.3.2	E1 - A 信号受到的系统内干扰 .....	296
9.3.3	结论 .....	298
9.4	GNSS 系统间干扰 .....	298
9.4.1	最坏和最好情况下 GPS 和 GALILEO 的兼容性分析 .....	299
9.4.2	基于计算机仿真的兼容性分析 .....	311
9.4.3	基于信号集总增益因子的兼容性分析 .....	314
<b>第 10 章</b>	<b>全球导航卫星系统互干扰抑制技术 .....</b>	<b>316</b>
10.1	强弱信号共存下互相关干扰影响分析 .....	316
10.1.1	GNSS 互相关特性分析 .....	316
10.1.2	弱信号信噪比后处理函数 .....	318
10.2	强弱信号互相关干扰问题的解决 .....	320
10.2.1	物理方法 .....	320

---

10.2.2	连续干扰直接相减技术 .....	320
10.3	子空间投影技术抑制干扰的基本理论 .....	321
10.3.1	子空间投影算法 .....	321
10.3.2	子空间投影算法较直接相减技术的优势 .....	322
10.3.3	子空间投影算法抑制 GPS 强干扰信号原理 .....	323
10.3.4	改进子空间投影算法抑制 GPS 强干扰信号的性能分析 .....	325
10.4	基于 GNSS 反射信号双站雷达系统直达波干扰抑制 .....	329
10.4.1	基于 GPS 反射信号双站雷达的直达波干扰信号分析 .....	330
10.4.2	场景模型和仿真计算 .....	331
<b>第 11 章</b>	<b>认知卫星导航系统 .....</b>	<b>335</b>
11.1	GNSS 多系统兼容带来的优势与挑战 .....	335
11.2	认知技术对 GNSS 兼容带来的机遇 .....	338
11.2.1	认知技术 .....	338
11.2.2	认知卫星导航系统 .....	339
<b>附录</b>	<b>程序源代码 .....</b>	<b>352</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>393</b>

# 第1章 绪论

## 1.1 全球导航卫星系统简介

全球导航卫星系统 (GNSS) 是各国为了军事或民用目的, 而发展的一套使用卫星提供位置与时间的系统, 能够为地球表面和近地空间的广大用户提供高精度、全天时、全天候的导航、定位和授时信息。在国民经济领域, 全球导航卫星系统已经具有非常广泛的应用, 为生产、生活、娱乐等多方面提供强大的定时定位基准, 并且形成了以卫星导航为基础的庞大的应用产业, 对推动国民经济的发展产生了积极作用。在军事领域, 全球导航卫星系统是实现武器平台精确导航定位和制导武器远程精确打击的关键支撑, 是信息化战争的重要保障, 并推动和促进全球范围内的新的军事变革, 从而影响和改变全球军事力量和政治力量的对比。全球导航卫星系统已成为国家重大的空间和信息化基础设施, 成为体现现代化大国地位和国家综合国力的重要标志。

### 1.1.1 全球导航卫星系统定义

#### (1) 国外定义

1957年10月4日, 在苏联成功发射第一颗地球卫星 Sputnik-1 后不久, 美国约翰·霍普金斯大学 (John Hopkins University) 应用物理实验室乔治·C·韦范巴赫 (G. C. Weiffenbach) 和威廉·H·吉尔 (W. H. Guier) 等学者就在地面已知坐标点上安装无线电接收设备, 对卫星信号进行捕获和跟踪试验, 通过测量卫星的多普勒频移, 成功解算出卫星的轨道参数。实验室的另一位学者弗兰克·T·麦克卢尔 (F. T. McClure) 提出了一个大胆的设想: 如果已知卫星的轨道参数, 地面观测者又测量了该卫星发射信号的多普勒频移, 就可以计算出观测者的位置坐标, 这就是第一代卫星导航系统的基本工作原理, 开启了卫星导航系统发展的序幕。国际上对于“GNSS”的定义表述有很多种, 内涵和确切释义并不明确。

1992年5月, 国际民航组织 (ICAO) 在未来的航空导航系统会议上通过了 GNSS 方案。方案中定义“GNSS 是一个全球性的位置和时间的测定系统, 它包括一个或几个卫星星座、机载接收仪及监视系统”。

鉴于当时建成的全球导航卫星系统只有 GPS 和 GLONASS, 所以在 ICAO 文件附件 10 中, 所定义的 GNSS 只包含这两个系统的相关内容。

在附件 10《航空电信》(V01.1) 中定义的 GNSS 系统功能是: 为航空器提供位置和时间数据。GNSS 利用安装在地面、卫星和/或航空器上的设备的不同组合, 提供导航服

务。这些可选组合包括：

- 1) GPS 提供的标准定位服务 (SPS)；
- 2) GLONASS 提供的标准精度通道 (CSA) 导航信号；
- 3) 机载增强系统 (ABAS)、星基增强系统 (SBAS) 和陆基增强系统 (GBAS)。

报告认为 GNSS 不是一成不变的，它需要不断演变以适应用户新的和不断提高的需求。

## (2) 国内定义

国内对 GNSS 的定义，存在各种表述，其中，最具代表性的为《国防科技名词大典》与北斗卫星导航系统网站给出的定义。

《国防科技名词大典》对 GNSS 没有完整的定义，但对“卫星导航”给出了确切定义，这应该是我国 GNSS 系统定义的溯源：“通过地球上运动物体携带的接收机接收导航卫星系统播发的无线电编码信号，求得运动物体的位置和速度，以实现导航的方法。”

北斗卫星导航系统网站对 GNSS 的定义为：“GNSS 的全称是全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)，它是泛指所有的全球导航卫星系统，包括全球的、区域的和增强的，如美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS、欧洲的 GALILEO、中国的北斗卫星导航系统，以及相关的增强系统，如美国的广域增强系统 (WAAS)、欧洲的静地导航重叠系统 (EGNOS) 和日本的多功能运输卫星增强系统 (MSAS) 等，还涵盖在建和以后要建设的其他卫星导航系统。国际 GNSS 是个多系统、多层面和多模式的复杂组合系统。”

## (3) 本书中定义

### ① 定义

根据航天发展特点，以及卫星导航系统相关的概念、特征，本书提出如下概念：

“GNSS 的全称是全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)，又称天基定位、导航、授时 (PNT) 系统，是个综合性的概念，泛指所有的全球导航卫星系统，包括全球性的、区域性的和增强性的，以及行星际卫星导航网络，如美国的 GPS 系统、俄罗斯的格洛纳斯系统 (GLONASS)、欧洲的伽利略系统 (GALILEO)、中国的北斗卫星导航系统 (BDS)、日本的准天顶卫星系统 (QZSS) 和印度的区域导航卫星系统 (IRNSS)，以及相关的增强系统，如美国的广域差分增强系统 (WAAS)、欧洲的静地导航重叠系统 (EGNOS) 和日本的多功能卫星增强系统 (MSAS) 等，还涵盖在建和以后要建设的其他卫星导航系统，其关键作用是能够为地球表面、近地空间和深空探测的广大用户提供全天时、全天候、高精度的定位、导航和授时服务，具有极其重要的军事和民用价值，已成为国家重大的空间和信息化基础设施，也是战略性新兴产业的重要组成部分。”

上述概念中包含几个关键词，其内涵如下：

### (a) 综合性

泛指全球所有的导航卫星系统，包括全球系统、区域系统和广域增强系统，以及未来的行星际卫星导航网络。



### (b) 全球性

至2020年,四大全球导航系统的格局基本形成。它们是现有的美国GPS和俄罗斯GLONASS,欧盟计划并在建的GALILEO,以及我国正在建设的北斗卫星导航系统,现在已经正式投入全球运营服务的全球系统有GPS和GLONASS,2012年年底,我国已经建成北斗区域卫星导航系统,初步覆盖亚洲及其周边地区,满足公路交通、铁路运输以及海上作业等领域的应用需求,目前,正有条不紊地推动全球系统的建设,欧盟GALILEO系统也在积极建设过程中。

### (c) 增强性

卫星导航增强型系统是由美国GPS实施选择可用性(SA)政策而发展起来的。虽然,2000年美国取消了SA政策,导航定位精度有了显著的提高,但随着全球导航卫星系统应用的不断推广和深入,现有系统在定位精度、可用性、完好性等方面还无法满足一些高端用户的要求,为此,出现了各种卫星导航增强系统,系统基本上分为两种类型。

#### • 星基增强系统(SBAS)

星基增强系统通过地球静止轨道(GEO)卫星搭载卫星导航增强信号转发器,可以向用户播发星历误差、卫星钟差、电离层延迟等多种修正信息,实现对于原有卫星导航系统定位精度的改进。目前,所有建设全球系统的国家,都在同时建设它们的星基增强系统,其中有美国的广域差分增强系统(WAAS)、俄罗斯的差分修正监测系统(SDCM)、欧洲的静地导航重叠系统(EGNOS)、日本的多功能卫星增强系统(MSAS),以及印度的GPS辅助静地增强系统(GAGAN),此外,还包括加拿大用来扩展WAAS的CWASS系统,以及中国与尼日利亚合建的为非洲大陆提供服务的NigComSat-1系统等。

#### • 陆基增强系统(GBAS)

陆基增强系统主要原理为地面参考站完成差分定位,并将对应各颗卫星的差分修正量发送给地面主控站,主控站经过相关处理并通过地面布设的甚高频网络(Very High Frequency, VHF)广播高精度的差分修正信息和完好性信息,从而为其作用区域内的用户提供全天候的精密进近要求的导航服务。目前陆基增强系统主要有美国的海事差分GPS(MDGPS)和局域增强系统(LAAS),以及澳大利亚的陆基区域增强系统(GRAS)。

### (d) 区域性

对于在城市峡谷或高山地区的国家或地区,传统系统中的定位卫星与地面夹角较小,导致地面接收器常常受建筑或山岳遮挡而无法捕获到卫星信号,或捕获到导航卫星数量不足,难以定位,特别期望通过一种区域卫星导航系统以提高由于障碍不能观测有效数量卫星地区的导航性能。

现在正在建设的区域系统有两个:日本的准天顶卫星系统(QZSS)和印度的区域导航卫星系统(IRNSS)。

### (e) 行星际卫星导航网络

利用建设拉格朗日太空导航卫星或行星表面卫星导航系统可以完成深空和近地一体的大天基导航系统,可以突破远地探测的导航瓶颈,另外还可以支持近地空间的卫星导航系