

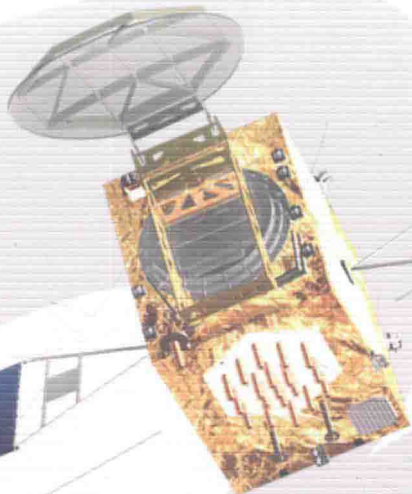


北斗系统与应用出版工程

“十二五”国家重点图书出版规划项目

国家出版基金项目

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



应用篇

北斗在高精度 定位领域中的应用

◎ 夏林元 鲍志雄 李成钢 金永新 李倩霞 等著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

北斗系统与应用出版工程

“十二五”国家重点图书出版规划项目

国家出版基金项目

北斗在高精度定位领域中的应用

夏林元 鲍志雄 李成钢 金永新 李倩霞 等著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书作者在总结多年科学研究成果的基础上,全面系统地介绍了北斗卫星导航系统的发展、构成、产业现状等,并从定位、导航、授时、通信等方面阐述了北斗卫星导航系统的高精度应用。本书介绍了基于北斗兼容技术的硬件系统,包括天线、芯片、板卡和 RTK 产品;讨论了多模 GNSS 定位原理与基础模型、网络 RTK 及高精度定位数据处理技术,包括实时差分技术、后处理差分技术、精密单点定位技术等;描述了国家政策、行业标准及人才工程的现状并从技术产品、行业应用及国家战略等方面做了总结与展望。

本书可作为测绘、国土、规划、土木、交通、农林、水利、地质、矿质、海洋、航天航空等部门从事勘测设计、信息系统、位置服务与导航等科学研究人员、工程技术人员、产业规划人员等的参考用书,也可作为高等院校相关专业研究生的参考教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

北斗在高精度定位领域中的应用 / 夏林元等著. —北京: 电子工业出版社, 2016.4
北斗系统与应用出版工程

ISBN 978-7-121-28517-2

I. ①北… II. ①夏… III. ①全球定位系统—卫星定位 IV. ①P228.1
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 072399 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 谭丽莎

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

装 订: 三河市兴达印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 720×1000 1/16 印张: 22.5 字数: 467 千字

版 次: 2016 年 4 月第 1 版

印 次: 2016 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 88.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: mariams@phei.com.cn。

北斗系统与应用出版工程

指导委员会

主任

孙家栋: 中国科学院院士, 两弹一星功勋奖章获得者

副主任

张履谦: 中国工程院院士

刘经南: 中国工程院院士

沈荣骏: 中国工程院院士

杨元喜: 中国科学院院士

杨小牛: 中国工程院院士

谭述森: 中国工程院院士, 北斗卫星导航系统副总设计师

杨长风: 北斗卫星导航系统总设计师

李祖洪: 北斗卫星导航系统副总设计师

夏国洪: 原中国航天科工集团公司总经理, 党组书记, 科技委主任

张荣久: 中国卫星导航定位协会会长

委员 (以下按姓氏汉语拼音排列)

敖然 陈少洋 刁石京 高晓滨 李忠宝 刘九如 柳其许 苗前军

冉承其 宋起柱 于春全 赵坚

编审委员会

主任

曹冲

副主任 (以下按姓氏汉语拼音排列)

郭树人 景贵飞 李冬航 陆明泉 施闯 王传臣 王飞雪 王俊峰

王莉 魏永刚 夏青 肖雄兵 杨强文 郁文贤 张代平 赵丽松

周建华

委员 (以下按姓氏汉语拼音排列)

鲍志雄 蔡毅 陈涤非 陈洪卿 陈向东 高玉平 韩云霞 何在民

华军 金永新 李变 李成钢 鲁郁 潘高峰 蒲小兵 施浒立

王李军 吴才聪 吴海涛 武建锋 夏建中 夏林元 熊立 姚铮

俞能杰 苑严伟 郑瑞锋

秘书组成员 (以下按姓氏汉语拼音排列)

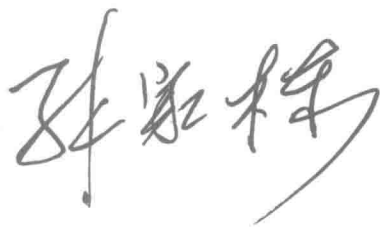
来春丽 宋梅

策划编辑

宋梅

总 序

“北斗系统与应用出版工程”丛书，能作为国家出版工程推进，是件很好的事情，我表示热烈的祝贺，欣然作序予以鼓励支持。北斗系统不仅是项充满活力的新兴技术，而且是国家重要的时空信息基础设施，同时由于它与其他技术和产业的多重关联性和融合性，故成为现代智能信息产业群体的重大技术支持系统和具有巨大带动力的时代产业发展引擎，与国家安全、国民经济和社会民生密切相关，与两个“中国梦”密切相关，能够服务全中国和全世界。北斗系统的建设和运营，给国家和社会的兴邦强国、行业 and 企业的建功立业、团队和个人的著书立说与创新创业创造精神的大发挥、大发展，提供了百年难遇的良好机会。“北斗系统与应用出版工程”丛书，也承载着同样的使命，它所包括的内容包括系统、技术和应用三个方面，这种选择非常符合实际需要，很全面，且顾及了眼前和长远，而且应用方面所占的分量相当大。我建议在服务领域要多下点功夫，这是北斗系统和时空信息服务体系的关键。在当今的条件下，推进这个出版工程，具有明显的现实意义和长远价值。为此，我在这里要强调三点：一是一定要把国内外 GNSS 领域的成功经验和教训，进行系统总结，作为良好的参考；二是应该将我们在系统建设中的实践，上升为理论与模式，进一步推进我们的工作与事业；三是在上面两点的基础上，我们要有所前进，有所创造，在理论、实践、产业和体系化发展推进上有所突破，逐步走向世界的前列，真正把这一出版工程，做成北斗系统伟大工程的一个不可分割的组成部分，反过来对于系统工程发挥指导促进作用，发挥其 GNSS 里程碑效应和效能。



2015年12月

前 言

随着北斗卫星导航系统的亚太服务及全球化应用发展，基于北斗卫星导航系统的产业化应用已逐步开展，北斗卫星导航系统作为全球卫星导航系统（GNSS）的三大营运服务系统之一，其应用潜力就像有识之士指出的那样，只受人们想象力的限制，并会成为我国时空信息的支柱，逐步引领众多行业及产业的发展与提升。

高精度导航定位的应用作为北斗产业化的一个重要板块，在变形监测、精细农业、机械控制等多方面彰显优势，并涌现出一批典型技术系统与示范应用工程。例如，广州中海达卫星导航技术股份有限公司近年来运用北斗高精度定位理论，研究了相关解算方法，并结合新一代无线数据通信技术，提出与研制了一种基于现代无线网络远程控制 RTK 系统的方法、装置及系统，并不断将这些智能化的高精度定位技术应用在多项领域，诸如现代农业、精准控制及健康监测等，并取得了良好的效果。为了总结、推动与深化这些北斗高精度的相关应用，编著组在综合十余年来取得的系列研究及应用成果的基础上，适当增加了一些相关的新素材与主题内容编写而形成本书。

随着我国北斗卫星导航系统的不断完善和各种应用的深入、新的技术与应用需求也会不断涌现，这都需要我们不断以新的视野，从新的高度去学习并推动这些应用，才能最大限度地发挥北斗卫星导航系统的潜能。本书在比较短促的时间内对目前北斗卫星导航系统的高精度应用做了初步总结与分析，希望能起到抛砖引玉的作用，更希望同行与专家们对不足之处批评指正。

本书由夏林元负责大纲的制定并组织撰写，参与本书编写的还有鲍志雄、李成钢、金永新、李倩霞、李青春、潘国富、李庚禄。另外，中山大学的研究生李吉龙、王泽彬、黄秋楣参与了本书的编写工作。

本书的编写工作同时得到了武汉大学施闯教授、姚宜斌教授、叶世榕教授及张小红教授的大力支持；本书还得到电子工业出版社及广东省水利科技创新项目[基于北斗与 GPS 集成定位的水利工程自动化监控关键技术研究（2014-19）]的支持，在此一并致谢。

作者

2016年1月于广州

目 录

第 1 章 北斗卫星导航系统概述	1
1.1 概述	2
1.1.1 三步走战略	3
1.1.2 管理和运营	4
1.2 时空参考框架	4
1.2.1 坐标系统	4
1.2.2 时间系统	5
1.3 系统服务	6
1.3.1 开放服务	7
1.3.2 授权服务	7
1.4 北斗系统结构	8
1.4.1 空间段	8
1.4.2 地面段	12
1.4.3 用户段	12
1.5 其他全球卫星导航系统	13
1.5.1 GPS	13
1.5.2 GLONASS	15
1.5.3 Galileo	16
1.5.4 GNSS 系统间的异同	18
1.6 主要组织机构	19
1.6.1 官方组织机构	19
1.6.2 民间组织机构	23
1.7 全球卫星导航系统基础设施	26
1.7.1 地基增强系统 (GBAS)	27
1.7.2 星基增强系统 (SBAS)	31
1.8 北斗高精度产业现状	36
1.8.1 CORS 系统建设	36
1.8.2 北斗兼容型高精度芯片	36
1.8.3 北斗兼容型高精度接收机	37
1.8.4 北斗兼容型高精度天线	37

第 2 章	卫星导航定位及高精度应用	39
2.1	定位	40
2.1.1	大地测量	41
2.1.2	高速铁路	44
2.1.3	精细农业	46
2.1.4	港口运输	48
2.1.5	监测防灾	51
2.2	导航	53
2.2.1	位置服务	54
2.2.2	车辆导航	55
2.2.3	物流管理	58
2.2.4	航海导航	60
2.2.5	航空导航	62
2.3	授时	63
2.3.1	电信网同步与移动通信	65
2.3.2	智能电网同步与监控	67
2.3.3	金融与网络同步	68
2.3.4	广播电视及三网融合	69
2.3.5	国防建设	71
2.4	北斗短报文通信	71
2.4.1	气象预报预警	73
2.4.2	船舶交通管理	73
2.4.3	地震灾情汇集	74
2.4.4	森林火灾监测	75
第 3 章	多模 GNSS 定位原理	77
3.1	北斗卫星信号	78
3.1.1	卫星码信号	78
3.1.2	卫星导航电文	83
3.1.3	信号构成	87
3.2	观测量的误差源及其影响	89
3.2.1	误差的分类	89
3.2.2	与卫星有关的误差	90
3.2.3	与信号传播有关的误差	93
3.2.4	与接收设备有关的误差	99
3.2.5	其他误差来源	100

3.3	绝对定位	102
3.3.1	绝对定位方法概述	102
3.3.2	伪距法定位原理	102
3.3.3	伪距绝对定位精度评定	109
3.4	相对定位	111
3.4.1	静态相对定位观测方程	112
3.4.2	动态相对定位观测方程	116
3.5	网络 RTK	120
3.5.1	VRS 技术模式	120
3.5.2	FKP 计算模型	121
3.5.3	MAC 技术模式	122
3.6	精密单点定位	124
3.6.1	定位原理	124
3.6.2	误差分析	124
3.7	整周模糊度确定方法及周跳分析	125
3.7.1	整周模糊度及其确定方法	125
3.7.2	周跳分析	128
3.8	北斗卫星网整体平差	131
3.8.1	整体平差方法概述	131
3.8.2	基线向量网平差模型	132
3.8.3	平差结果精度评定	135
第 4 章	北斗兼容型高精度接收机技术	137
4.1	北斗兼容型高精度天线	138
4.1.1	引言	139
4.1.2	天线的关键特性	139
4.1.3	天线的关键技术	143
4.1.4	天线的种类	147
4.1.5	产品介绍	148
4.2	北斗兼容型导航芯片及板卡	150
4.2.1	引言	150
4.2.2	北斗/GPS 双模板卡的主要技术指标	151
4.2.3	射频前端处理技术	152
4.2.4	高灵敏度基带信号处理技术	154
4.2.5	多星座数据融合处理前端技术	161
4.2.6	导航解算处理后端技术	164

4.2.7	北斗兼容型导航芯片架构设计	169
4.3	北斗兼容型高精度 GNSS RTK 产品	170
4.3.1	引言	170
4.3.2	接收机产品介绍	171
4.3.3	北斗兼容型高精度 GIS 设备	177
第 5 章	高精度定位数据处理与软件技术	181
5.1	实时差分技术	182
5.1.1	实时动态伪距差分	184
5.1.2	实时动态载波相位差分	186
5.2	后处理差分技术	189
5.3	精密单点定位技术	193
5.3.1	精密单点定位	193
5.3.2	三频精密单点定位	195
5.4	网络 CORS 及其定位技术	197
第 6 章	北斗高精度定位专业应用	201
6.1	科学研究	202
6.1.1	大气探测	202
6.1.2	电离层延迟	203
6.2	行业应用	204
6.2.1	精细农业	204
6.2.2	灾害监测	210
6.2.3	精密授时	221
6.2.4	国情监测	224
6.2.5	机械控制	225
6.3	区域发展概况	231
6.3.1	珠三角地区	231
6.3.2	环渤海地区	232
6.3.3	长三角地区	232
6.3.4	华中鄂豫湘地区	233
6.3.5	西部川陕渝地区	233
第 7 章	典型应用工程与案例	235
7.1	重大工程	236
7.1.1	现代测绘基准体系建设	236
7.1.2	海岛与岛礁测绘	240

7.1.3	国家航空应急测绘体系建设	241
7.1.4	极地测绘	243
7.2	示范工程	244
7.2.1	重点运输过程监控管理示范工程	244
7.2.2	物流管理应用示范工程	246
7.2.3	智能交通及车辆信息系统示范工程	248
7.2.4	移动位置服务示范工程	250
7.2.5	泛在 PNT 系统示范工程	254
7.2.6	高精度应用创新专项工程	255
7.2.7	水利工程自动化监控	258
7.3	典型应用案例	260
7.3.1	地质灾害及建筑物安全监控	260
7.3.2	高速铁路安全监控	264
7.3.3	精密施工与机械控制	265
7.3.4	飞机精密进近	267
第 8 章	支撑与保障体系产业现状	271
8.1	社会资源与环境	272
8.1.1	国家政策	272
8.1.2	知识产权保护	276
8.1.3	法律法规	277
8.1.4	市场环境	278
8.2	行业技术标准及规范	280
8.2.1	测试检验	280
8.2.2	标准与规范	283
8.3	人才与引智工程	286
8.3.1	卫星导航专业人才培养	286
8.3.2	地方部门与高校及院所联合	287
8.3.3	示范城市与示范工程	288
8.3.4	人才培养与引智总结	289
第 9 章	总结与展望	291
9.1	高精度导航定位技术产品	293
9.1.1	广域实时精密定位技术	293
9.1.2	协同时精密定位技术	294
9.1.3	智能硬件	295

9.1.4	无人驾驶技术	296
9.2	北斗卫星导航的行业应用	296
9.2.1	行业应用技术体系	297
9.2.2	典型应用分析	297
9.2.3	行业应用拓展	302
9.3	北斗全球化和国家战略	303
9.3.1	北斗东盟国际合作	304
9.3.2	北斗与“一带一路”	306
附录		309
附录 A	国内外常用 GNSS 数据处理软件	310
A.1	PANDA 软件	310
A.2	GAMIT 软件	312
A.3	Bernese 软件	314
A.4	GIPSY 软件	317
A.5	TriP 软件	319
A.6	HGO 数据后处理软件	320
附录 B	厂商	320
B.1	天宝	320
B.2	徠卡	320
B.3	诺瓦泰	321
B.4	中海达	321
B.5	华测	322
B.6	南方测绘	322
附录 C	学术刊物	322
C.1	Journal of Geophysical Research (JGR)	322
C.2	Geophysical Research Letters (GRL)	323
C.3	Journal of Geodesy	323
C.4	GPS Solutions	324
C.5	Navigation	324
C.6	Advances in Space Research	324
C.7	Survey Review	324
C.8	Inside GNSS	325
C.9	GPS World	325
C.10	Journal of Navigation	325
C.11	Journal of Global Positioning Systems (JGPS)	326
参考文献		327
缩略语		337

第 1 章

北斗卫星导航系统概述

本章要点

- 概述
- 时空参考框架
- 系统服务
- 北斗系统结构
- 其他全球卫星导航系统
- 主要组织机构
- 全球卫星导航系统基础设施
- 北斗高精度产业现状



1.1 概述

北斗卫星导航系统 [BeiDou (COMPASS) Navigation Satellite System, BDS] 是中国正在实施的自主发展、独立运行的全球卫星导航系统,是继美国全球卫星定位系统 (GPS) 和俄罗斯全球卫星导航系统 (GLONASS) 之后第 3 个成熟的卫星导航系统。它旨在建成独立自主、开放兼容、技术先进、稳定可靠的覆盖全球的卫星导航系统,促进卫星导航产业链的形成,建立完善的国家卫星导航应用产业支撑、推广和保障体系,推动卫星导航在国民经济社会各行业的广泛应用。

该系统由空间段、地面段和用户段组成,空间段包括 5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星,地面段包括主控站、注入站和监测站等若干个地面站,用户段包括北斗用户终端及与其他卫星导航系统兼容的终端。完全建设后的系统将可在全球范围内全天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠定位、导航、授时服务,并具备短报文通信能力。

1. 发展历程

随着近代与现代科学技术的发展,卫星导航系统一直是重要的空间信息基础设施。中国高度重视卫星导航系统的建设,一直在努力探索和发展拥有自主知识产权的卫星导航系统。

20 世纪 70 年代末,我国开始积极探索适合我国国情的卫星导航定位系统的技术途径和方案;1983 年,著名航天专家陈芳允院士首次提出在中国利用 2 颗地球静止轨道通信卫星实现区域快速导航定位的设想;1989 年,我国利用通信卫星开展双星定位演示验证试验,证明了北斗卫星导航试验系统技术体系的正确性和可行性;1994 年,我国启动了北斗卫星导航试验系统的建设;2000 年,我国建成了北斗卫星导航试验系统,使我国成为继美、俄之后的世界上第 3 个拥有自主卫星导航系统的国家。为更好地服务于国家建设与发展,满足全球应用需求,2004 年 9 月,我国启动实施了北斗卫星导航系统的建设。

2. 建设原则

北斗卫星导航系统的建设与发展,以应用推广和产业发展为根本目标,不仅要建成系统,更要用好系统,强调质量、安全、应用、效益,遵循以下建设原则。

1) 开放性

北斗卫星导航系统的建设、发展和应用将对全世界开放,为全球用户提供高质量的免费服务,积极与世界各国开展广泛而深入的交流与合作,促进各卫星导航系统间的兼容与互操作,推动卫星导航技术与产业的发展。

2) 自主性

中国将自主建设和运行北斗卫星导航系统，它可独立为全球用户提供服务。

3) 兼容性

在全球卫星导航系统国际委员会 (ICG) 和国际电联 (ITU) 框架下，使北斗卫星导航系统与世界各地卫星导航系统实现兼容与互操作，使所有用户都能享受到卫星导航发展的成果。

4) 渐进性

中国将积极稳妥地推进北斗卫星导航系统的建设与发展，不断完善服务质量，并实现各阶段的无缝衔接。

3. 发展规划

目前，我国正在实施北斗卫星导航系统的建设。在 2012 年年底，北斗卫星导航系统已具备覆盖亚太地区的定位、导航和授时及短报文通信服务能力。根据系统建设总体规划，2020 年左右，我国将建成覆盖全球的北斗卫星导航系统。

4. 系统服务

北斗卫星导航系统致力于向全球用户提供高质量的定位、导航和授时服务，包括开放服务和授权服务两种方式。开放服务是向全球免费提供定位、测速和授时服务，定位精度为 10m，测速精度为 0.2m/s，授时精度为 20ns。授权服务是为有高精度、高可靠卫星导航需求的用户提供定位、测速、授时和通信服务及系统完好性信息。

为使北斗卫星导航系统更好地为全球服务，加强北斗卫星导航系统与其他卫星导航系统之间的兼容与互操作，促进卫星定位、导航、授时服务的全面应用，中国愿意与其他国家合作，共同发展卫星导航事业。

1.1.1 三步走战略

在北斗卫星导航系统的建设中，我国遵循循序渐进的建设原则，将按照三步走的总体规划分步实施。

第一步，1994 年启动北斗卫星导航试验系统的建设，2000 年形成区域有源服务能力，利用少量地球同步静止轨道卫星来完成试验任务，为北斗卫星导航系统的建设积累技术经验、培养专项人才，研制一些地面应用基础设施设备。目前，该系统已成功应用于测绘、电信、水利、渔业、交通运输、森林防火、减灾救灾和公共安全等诸多领域，产生了显著的经济效益和社会效益，特别是在 2008 年北京奥运会、汶川抗震救灾中发挥了重要作用。

第二步，2004 年启动北斗卫星导航系统的建设，到 2012 年，建成覆盖亚太区

域的北斗卫星导航系统，具备覆盖亚太地区的定位、导航和授时及短报文通信服务能力。

2011年12月27日，北斗卫星导航系统的新闻发言人、中国卫星导航系统管理办公室主任冉承其宣布，北斗卫星导航系统正式提供试运行服务。试运行服务期间，主要性能服务区为东经 84° 到 160° ，南纬 55° 到北纬 55° 之间的大部分区域；位置精度可达平面25m、高程30m；测速精度达 0.4m/s ；授时精度达50ns。

自试运行服务以来，北斗卫星导航系统又完成了4箭6星的发射，扩大了系统覆盖范围，增强了星座稳健性，提高了系统服务精度。目前，在轨卫星和地面系统工作稳定，通过各类用户终端测试和评估，系统服务性能均满足设计指标要求。2012年12月27日，北斗卫星导航系统在继续保留北斗卫星导航试验系统有源定位、双向授时和短报文通信服务的基础上，向亚太大部分地区正式提供连续无源定位、导航、授时等服务。其位置精度为平面10m、高程10m；测速精度为 0.2m/s ；授时精度为单向50ns。

第三步，2020年左右，建成由5颗静止轨道和30颗非静止轨道卫星组网而成的全球卫星导航系统，具备全球无源服务能力。

1.1.2 管理和运营

与美国GPS一样，中国北斗卫星导航系统的建设、运行和应用管理也由多个部门共同参与。国家有关部门联合成立了中国卫星导航系统管理办公室，归口管理北斗卫星导航系统建设、应用推广与产业化的有关工作。同时，成立了专家委员会和专家组，以充分发挥专家作用，实施科学化管理与决策。

北斗卫星导航系统的建设与发展将满足国家安全、经济建设、科技发展和社会进步等方面的需求，维护国家权益，增强综合国力。北斗卫星导航系统将致力于为全球用户提供稳定、可靠、优质的卫星导航服务，并与世界其他卫星导航系统携手，共同推动全球卫星导航事业的发展，促进人类文明和社会进步，服务全球、造福人类。

1.2 时空参考框架

1.2.1 坐标系统

卫星导航系统的最基本任务是确定用户的空间位置，简称定位。而用户的位置是指该用户在特定的坐标系中的位置坐标，因此位置是相对于参考坐标系而言的。

大地坐标系是一种固定在地球上，随地球一起转动的非惯性坐标系。大地坐标

系根据其原点的位置不同,分为地心坐标系和参心坐标系。地心坐标系的原点与地球质心重合,参心坐标系的原点与某一地区或国家所采用的参考椭球中心重合,通常与地球质心不重合。我国先后建立的1954北京坐标系、1980西安坐标系和新1954北京坐标系都是参心坐标系。这些坐标系为我国经济社会发展和国防建设做出了重要贡献。但是,随着现代科技的发展,特别是全球卫星定位技术的发展和运用,世界上许多发达国家和中等发达国家都已在多年前就开始使用地心坐标系。我国测绘工作者经过20多年的努力,为建立我国的地心坐标系做了大量细致的准备工作。我国已经具备推广使用地心坐标系的技术条件和运用基础,采用地心坐标系的时机已经成熟。考虑到我国在20世纪90年代建立了2000国家GPS大地控制网,同时借鉴国际地心坐标系统的定义,建议我国地心坐标系的名称为2000中国大地坐标系统(China Geodetic Coordinate System 2000, CGCS2000)。北斗卫星导航系统就是采用2000中国大地坐标系作为参考坐标系的。

CGCS2000是全球地心坐标系在我国的具体体现,其原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心,Z轴指向BIH1984.0定义的CTP,X轴为IERS参考子午面与通过原点且同Z轴正交的赤道面的交线,Y轴与X、Z轴构成右手地心地固直角坐标系。CGCS2000采用的地球椭球参数如下:

长半轴 $a = 6\,378\,137\text{m}$

扁率 $\alpha = 1/298.257\,222\,101$

地心引力常数 $GM = 3.986\,004\,418 \times 10^{14}\text{m}^3/\text{s}^2$

自转角速度 $\omega = 7.292\,115 \times 10^{-5}\text{rad/s}$

CGCS2000是2000国家GPS大地网在历元2000.0的点位坐标和速度的具体实现,实际上CGCS2000框架与ITRF97在2000.0参考历元是相一致的,因此已经建立的GPS控制点采用ITRF97(2000.0)为参考框架重新解算得到了与CGCS2000相一致的坐标成果。

根据《中华人民共和国测绘法》规定,现有各类测绘成果,在过渡期内可沿用现行国家大地坐标系,2008年7月1日后新生产的各类测绘成果应采用2000国家大地坐标系;现有地理信息系统,在过渡期内应逐步转换到2000国家大地坐标系,2008年7月1日后新建设的地理信息系统应采用2000国家大地坐标系。

CGCS2000与国际地球参考框架ITRF的一致性差异约为5厘米,对于大多数应用来说,可以忽略两者之间的差异。

1.2.2 时间系统

卫星导航系统是建立在时空框架下的系统,它的定义不仅需要空间参考系(坐标系统),而且还需要时间参考系(时间系统)作为重要的基准来精确刻画研究对象的运动状态(位置、速度、姿态等)。