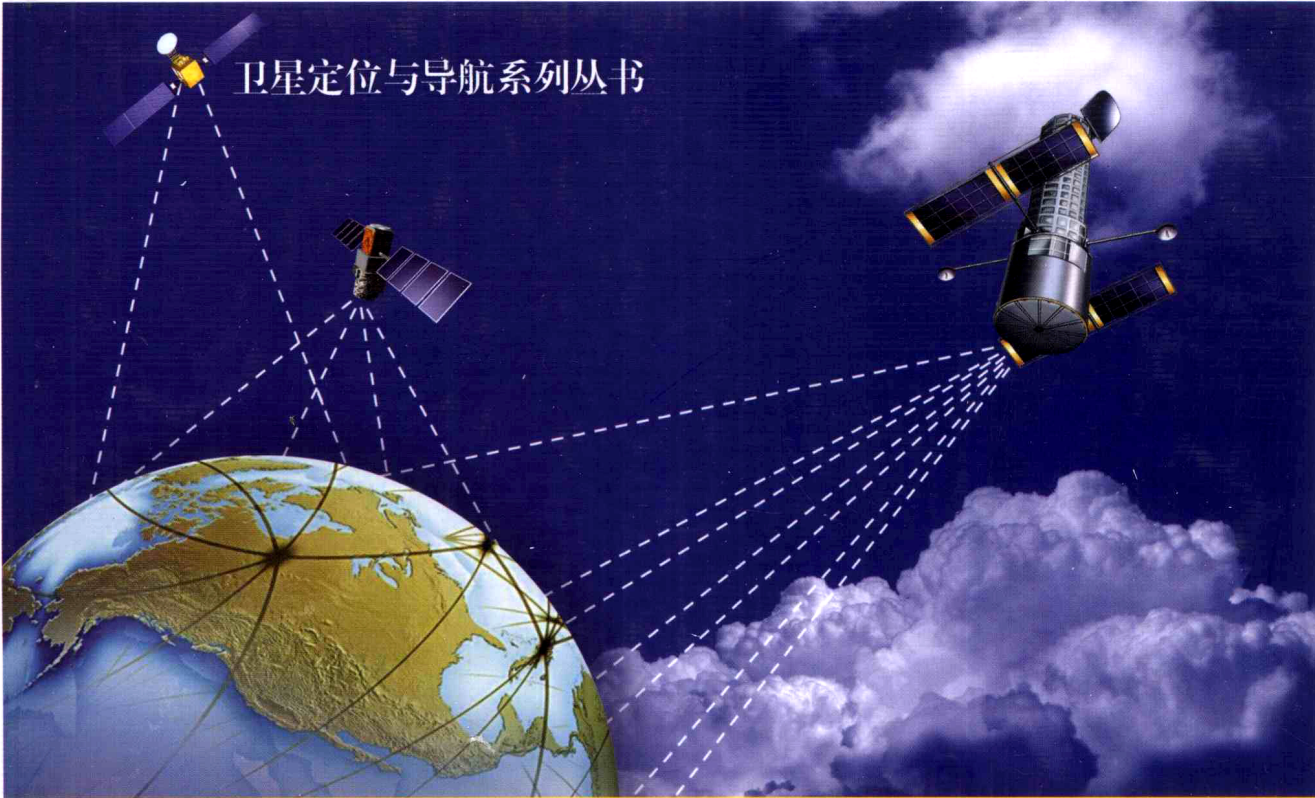




卫星定位与导航系列丛书

卫星导航常用知识问答

● 曹 冲 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

卫星定位与导航系列丛书

卫星导航常用知识问答

曹 冲 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是关于卫星导航的入门性科普读物, 共有 400 多个问答题。全书共分为 4 章, 第 1 章为引导篇, 介绍导航从石器时代到卫星时代的发展历程; 第 2 章为系统篇, 介绍卫星导航系统原理及其组成部分; 第 3 章为技术篇, 介绍卫星导航系统是现代新技术的制高点; 第 4 章为应用篇, 介绍 GPS 的应用只受到人们想象力的限制。

本书可供不同年龄段、不同文化水平和社会层面的人士采用, 作为卫星导航入门向导, 要是能够认真阅读其中的三分之一以上, 就可能算是入门了, 不妨试试看。

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

卫星导航常用知识问答 / 曹冲编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.5

(卫星定位与导航系列丛书)

ISBN 978-7-121-10755-9

I. ①卫… II. ①曹… III. ①卫星导航—普及读物 IV. ①TN967.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 074539 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 李 蕊 文字编辑: 李雪梅

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 787×980 1/16 印张: 17.75 字数: 397.6 千字

印 次: 2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 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, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

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。

服务热线: (010) 88258888。

出版说明

对于定位和导航的需求伴随着人类文明的发展史一直是一个重要的问题,进入 21 世纪以来,人类社会对于这种需求却从未像今天这样迫切。定位和导航技术在国防和军事上的重要性不言而喻,同时在民用领域也已经展现了巨大的应用前景和广阔的商业市场,势必在不远的将来改变我们每一个人的思维方式和生活习惯。随着现代科学技术的发展,尤其是通信、航天和半导体技术的飞速发展,基于卫星的无线电导航系统已经成为目前主流的定位和导航系统的系统架构。目前,全世界已经投入运行的卫星定位和导航系统有美国的 GPS 和俄罗斯的 GLONASS,即将投入运行的有欧盟的 Galileo 和中国的北斗卫星导航系统。从系统构成的角度分析,基于卫星的定位和导航系统主要由空间卫星网络、地面控制中心和用户终端构成;从技术的角度分析,卫星定位和导航系统包括了卫星姿态控制、卫星通信、原子钟技术、控制理论、微电子技术、系统状态参数估计和测绘测量等诸多现代科技分支。总体而言,基于卫星的定位和导航系统是现代科技多分支的有机结合,体现了一个国家的综合技术实力,是当前世界大国和主要利益集团之间竞相发展和竞争的热点科技领域。

在这样的背景下,为了推进祖国卫星定位和导航技术的快速发展,同时共享世界上已经成熟的相关理论和应用,我们携手业界知名专家和相关技术人员,借鉴了在学术界和工业界都已经成熟的卫星定位和导航理论,注重实际经验的总结与提炼,策划出版了这套面向 21 世纪的卫星定位与导航系列丛书。本套丛书中除了有国内专家、学者创作的技术专著外,还包括我们精挑细选从国外引进的一些精品图书。丛书的作、译者都是当今站在卫星定位和导航技术前沿的专家、学者及相关技术人员,丛书凝聚了他们在理论研究和实践工作中的大量经验和体会,以及电子工业出版社编书人的心血和汗水。丛书立足于卫星定位和导航系统中所涉及的最新和成熟技术,以实用性、工具性、可读性强为特色,注重读者在实际工作和学习中关心的问题,涵盖了从初学者到具有一定水平的工程技术人员和学术研究人员不同需求,对卫星定位和导航技术的基本概念、多学科的技术细节和实现,以及未来技术展望进行了深入浅出的翔实论述。其宗旨是将卫星定位和导航技术中最实用的知识、最经典的技术应用奉献给业界的广大读者,使读者通过阅读本套丛书得到某种启示,在日常工作中有所借鉴。

本套丛书的读者定位于卫星定位和导航相关产业的工程技术人员、技术管理人员、高等院校相关专业的高年级学生、研究生,以及所有对卫星定位和导航技术感兴趣的人。

在本套丛书的编辑出版过程中，我们得到了业界许多专家、学者的鼎力相助，丛书的制作、译者们为之付出了大量的心血，对此，我们表示衷心感谢！同时，也热切欢迎广大读者对本套丛书提出宝贵意见和建议，或推荐其他好的选题（E-mail: mariams@phei.com.cn），以帮助我们在未来的日子里，为广大读者及时推出更多、更好的卫星定位和导航技术类优秀图书。

电子工业出版社
2010年1月

序

当前，人们生活在信息化时代，科学技术的发展越来越体现出“以人为本”的宗旨。卫星定位导航技术以它深入和贴近百姓生活而受到普遍关注，并得到了长足的发展。卫星定位导航技术是国家信息化基础建设的重要组成部分，是能够适时提供人与人、人与物、人与环境之间位置、状态、时间等相关信息的重要资源。卫星定位导航技术使一些领域的工作和生产方式发生了革命性变化，它的应用可覆盖到人们工作、生活的方方面面，甚至可以说，只要是人们能够想象到的，这门技术都可以涵盖到。由于它在国防及经济建设中的重要作用，各国都高度重视建设独立自主的卫星定位导航星系及应用系统，我国的北斗卫星导航系统也将在 2012 年左右形成区域服务能力，并在 2020 年前全面建成。

卫星定位导航技术的应用与通信技术和互联网技术的进一步融合，将给人们带来全新的生活方式，因此，我们需要更多地了解卫星定位导航技术，使它成为我们工作和生活中的助手和朋友。我们很早就酝酿出版一本关于卫星定位导航技术方面的科普读物，这本读物从策划到成书，经历了整整八年。这八年，正是卫星定位导航技术及应用迅猛发展的八年。作者与时俱进，不断完善和丰富写作内容，使本书内容涉及的理论更完善，技术更先进，应用服务更成熟、更广泛，更加符合当前的产业发展和应用需求，因此本书的面世恰逢其时。

科普读物在科技图书中是很难撰写的。它既要深入浅出、鲜活生动，又需要具有知识性、趣味性、可读性和实用性，使非专业读者看得懂，有收获，因此，对撰写者的要求是很高的。本书的作者曹冲先生，既是国内卫星定位导航技术方面的著名专家，又是颇具文学才华的科普读物作者。他在赴南极科考时，曾撰写了一本优秀的科普读物——《极光的故事》，书中“神奇的极光”曾被选入全日制普通高级中学语文教科书，作为阅读教材长达十多年之久，至今仍保留在中等职业学校的语文教科书上，深受老师和同学们的喜爱。

曹冲先生近年来撰写和翻译了大量有关卫星定位导航技术的论文和著作，汇集了各国最新的技术动态，参与了国家相关的技术与产业化专项的编制与审定，并经常深入到各个应用领域与相关人士进行交流与探讨，这本书是他以丰富的知识、敏锐的思维和流畅的文笔写出的一本好书。它为大家描述了卫星定位导航技术的奥妙与神奇，勾画出未来的应用前景与趋势，很值得一读。读这本书，会使你享受到科技知识带来的愉悦，使你的精神得到升华，甚至还会激发你创新的灵感，带给你全新的感受。

我对这本书的出版发行表示由衷的祝贺。我相信，凡是能够被人们认识、理解并应用的科学技术，都具有强大的生命力。卫星定位导航技术及产业一定会为提高和改善人民的生活、实现人与自然的和谐发展做出更大的贡献。

王志刚

中国全球定位系统技术应用协会原会长

电子工业出版社原社长、党委书记

2010年1月写于北京

前 言

本书经过前后至少八年的策划和撰写，凝聚了许多人的时间、精力和心血，终于问世了。不由得以手加额，击节相庆，实在太不容易了。“八年抗战，终成正果”，八年是实，正果就不好说了。但是，至少作为一本科学普及书，可以与大家见面了，一桩心事最终落了地。

卫星导航，又称为天基定位、导航、授时（PNT），是个大系统，催生个大产业，而且是个战略性新兴产业。卫星导航的确是个“大菩萨”，这种系统已经逐步成为国家信息基础设施，成为国防安全、经济安全、公共安全、社会安全的重大技术支撑系统，成为广大人民群众工作、学习和生活密切相关的组成部分，演化成为一种生活方式。所以，所有大国都在纷纷建立和运行自己的卫星导航系统，在 2020 年前，全世界至少有四大全球导航卫星系统（GNSS），这就是美、俄、欧、中各自的 GPS、GLONASS、Compass 系统。此外，日本与印度也在建立自己的卫星导航系统。

多年的专业技术实践和产业化研究推广，使我深知卫星导航之重要，深感广大人民群众对于这一新兴学科和产业知之甚少。迫切需要一本科普读物，已成为从业者和社会大众的共识。从 21 世纪初开始，我就孜孜不倦地求索，希望能够完成这样一本书的写作。实际上，作为一个科技工作者，一个推进卫星导航应用产业化的老兵，编写一本科普著作，做到通俗易懂，谈何容易，简直是一项“重大工程”。再加上，系统发展匪夷所思，技术进步日新月异，应用服务层出不穷，导航文献酷似烟海，真有点“丈二和尚摸不着头脑”。千言万语，万语千言，到底从何说起。但是，终于跨出了这一步，这是一种责任，一种尝试，一种学习，一种提高。回顾整个过程，重新浏览全书，发现个别章节仍然过于技术化，问答形式使得有些论述显得死板，缺点和不足委实不少，只能让大家来指导帮助了。

本书从内容上由引导篇、系统篇、技术篇和应用篇构成，分别为第 1 章介绍了导航从石器时代到卫星时代的发展历程；第 2 章介绍了卫星导航系统原理及其组成部分；第 3 章介绍了卫星导航系统是现代新技术的制高点；第 4 章介绍了 GPS 的应用只受到人们想象力的限制。每章均由若干节组成，进行分专题论述，专题又细分为主题，每个主题则以问答方式展开，尽量做到主题鲜明，言简意赅，具备知识性、可读性，适合更多的读者层。

本书由曹冲编著，参加本书编撰的还有张飞舟、刘建军、吴才聪、刘书燕、肖雄兵、李冬航和王淑芳等，他们对本书做出了实实在在的贡献。本书还得到中国全球定位系统技术应用协会的领导和同仁，尤其是王志刚、黄云康、常志海、张建国、郑立中、过静珺、冯海晴、王丽、韩丽华等相关人士的关心和帮助，在此一并表示衷心感谢。

曹 冲

2010 年 1 月于北京

目 录

第 1 章 导航从石器时代到卫星时代的发展历程	1
1.1 从唐诗《下江陵》和《枫桥夜泊》谈起	1
1. 卫星导航系统如此受人们重视, 究竟有什么用?	1
2. 美国国防部 (DOD) 建 GPS 的初衷是什么?	2
3. 为什么从唐诗《下江陵》和《枫桥夜泊》谈起?	2
4. 什么叫做 PNT?	3
5. 卫星导航系统有哪些值得一提的桂冠?	4
6. 卫星导航系统 (GPS) 是人类空间技术的哪三大成就之一?	4
7. 卫星导航应用产业是目前发展最快的哪三大信息产业之一?	5
8. 卫星导航是世界上哪八大无线产业之一?	5
9. 为什么说卫星导航系统是现代信息社会的基础设施之一?	5
10. 为什么说卫星导航是国家安全和现代国防的重大技术支撑系统?	5
11. 为什么说卫星导航系统是综合国力的体现和国际合作交流的重要领域?	5
12. 国际卫星导航产业发展面临哪三大转变趋向?	6
1.2 石器时代的导航概念	6
1. 什么是导航?	6
2. 什么是石器时代的导航概念?	7
3. 依靠地物和地 (界) 标定位的优缺点是什么?	8
1.3 天体导航 (或曰星球导航) 时代	8
1. 为什么说导航自古有之, 并非现时的新发明?	8
2. 天体导航是怎样引发出来的?	8
3. 什么是指南针?	9
4. 指南针如何在古代航海中应用?	10
5. 为什么说古代导航地 (海) 图出现是导航史上的又一进步?	11
6. GPS 之前 (天体导航时代) 人们是如何定位、导航与计时的?	12
7. 何为六分仪?	12
8. 为何说导航仪器需要综合利用?	13
9. 为什么测量时间从太阳观测开始?	14
10. 天体 (文) 导航的原理究竟是什么?	15
11. 在 17、18 世纪经度的测量为什么成为一种挑战?	16
12. 谁是中国历史上观测天体的代表人物?	19

1.4 无线电导航时代.....	22
1. 什么是电子导航?	22
2. 什么叫做无线电导航?	23
3. 与无线电导航有关的主要电波传播知识有哪些?	23
4. 无线电导航主要有哪三大方法?	24
5. 什么是卫星导航?	25
1.5 卫星导航的发展简史.....	25
1. 第一颗人造卫星是怎样引出一段卫星导航的佳话的?	25
2. 子午仪导航卫星系统有什么样的发展过程?	25
3. GPS (全球定位系统) 的提出面临哪些总体性框架问题?	27
4. GPS 的成功必须解决哪四项关键技术?	28
5. 何谓 GNSS (全球导航卫星系统)?	29
6. 为什么利用 GPS 能全球全天候地实现定位与导航?	30
7. 为什么卫星导航系统能同时为无限多个用户提供服务?	30
8. 为什么说卫星导航接收机能成为大众化的应用产品?	30
9. 真的能在全球任何地方都可以利用 GPS 实现定位导航吗?	31
10. GPS 的现状如何? GPS 星座中现在有多少卫星在工作?	31
1.6 卫星导航系统及其应用“第一”知多少.....	31
1. 世界上第一个导航卫星系统叫什么?	31
2. 第一次提出 GPS 的概念是什么时候?	31
3. 为什么说第一次海湾战争是 GPS 的翻身仗?	32
4. GPS 的第一个卫星是什么时候发射升空的?	32
5. 何时完成第一台 GPS 接收机的研发和第一台民用接收机?	32
6. 欧洲何时涉足全球导航卫星系统第一个研究?	33
7. 何时何人开发了 GPS 第一个数据处理包?	33
8. 何时何人研发了第一个 GPS/惯导集成系统?	33
9. 何时何人完成全球第一个 GPS 汽车导航仪?	33
10. 何时开始差分 GPS (DGPS) 广播服务?	33
11. 第一本 GPS 教科书是在何时出版的?	33
12. GPS 发展史上 1991 年有什么大事?	33
13. GPS 广域增强系统在哪个时期得以在全球多处启动?	34
14. GPS 的实时动态 (RTK) 测量技术何时有所突破?	34
15. 何时 GPS 达到其初始和完全工作能力?	34
16. 美国 DGPS 服务走向成熟的历程是什么?	34
1.7 卫星导航系统与通信等其他系统的融合发展.....	34

1. 卫星导航真是信息产业多行业交会点吗?	34
2. 卫星导航系统与移动通信系统的融合是一种必然趋势吗?	34
3. 卫星导航系统还需要与其他通信手段结合吗?	34
4. 存在卫星导航与卫星通信相结合的实例吗?	35
5. 卫星导航能与蓝牙结合吗?	35
第 2 章 卫星导航系统原理及其组成部分	36
2.1 全球定位系统 (GPS) 和全球导航卫星系统 (GNSS)	36
1. 什么是 GPS?	36
2. 什么是 GNSS?	36
3. 2020 年前预计 GNSS 将包括哪四大全球系统?	37
4. 什么是 GLONASS?	39
5. 什么是 Galileo 系统?	39
6. 什么是 Compass 系统?	41
7. 什么是 QZSS?	42
8. 什么是 IRNSS?	42
2.2 卫星导航系统的基本原理	44
1. GPS 的现状如何?	44
2. GPS 具有什么样的空间星座?	44
3. 什么是 GPS 的地面运营控制系统?	46
4. 什么是用户设备?	46
5. GPS 是怎样工作的?	47
6. 为什么说 GPS 的工作是应用到达时间差的原理呢?	47
7. GPS 星座为什么有 3 个和 6 个轨道面之说?	49
8. GPS 的定位过程是怎样实现的?	49
9. 什么是卫星三角测量学?	50
10. 如何测量至卫星的距离?	51
11. GPS 的三维定位一般情况下为什么需要 4 颗卫星?	52
12. 何谓伪随机噪声码?	52
13. 何谓伪距?	53
14. 如何确定卫星在空间的位置?	53
15. 什么是 GPS 的导航电文?	53
16. GPS 信号有何特点?	53
17. GPS 信号加密是怎么回事儿?	54
18. 卫星导航信号为什么搞得如此复杂?	54

19. 怎样利用 GPS?	54
20. 谁用 GPS?	55
21. GPS 提供什么样的服务分级?	55
22. 什么是可用性选择 (SA)?	56
23. 为什么美国采取 SA 方法?	56
24. SA 是否永远退出历史舞台?	56
25. 民用用户怎样去利用美国军方控制的 GPS 系统?	57
26. GPS 卫星在什么样的轨道上工作?	57
27. GPS 的精度和完好性如何? 与现有的地基导航系统能有一比吗?	57
28. 有没有更新和增强 GPS 能力的计划?	58
29. 为什么要实施 GPS 现代化和 GPSIII 计划?	58
30. 何时能用上 GPS 的第二个和第三个民用信号?	59
31. GPS 卫星抗干扰的能力如何?	59
32. 对射频干扰 (RFI) 应做何考虑?	60
2.3 卫星导航性能与误差	60
1. 卫星导航系统性能有哪些主要评价指标?	60
2. 为什么卫星导航系统中最主要的指标是精度?	60
3. 卫星导航系统的可用性是什么?	61
4. 卫星导航系统的连续性是什么?	61
5. 卫星导航系统的完好性是什么?	61
6. 现代化的卫星导航系统总体性能指标还应包括什么?	61
7. 卫星导航系统的覆盖范围的定义是什么?	61
8. 卫星导航系统的可靠性的定义是什么?	61
9. GPS 的定位测量误差实测结果如何?	61
10. GPS 提供什么样的服务?	62
11. 现代化后的 GPS 和 GPSIII 会提供怎样的精度?	63
12. Galileo 的服务及其相应的精度如何?	63
13. GPS 的测量误差来源是什么?	63
14. 什么叫做精度的几何因子?	64
15. GDOP 如何确定, 其起到怎样的作用?	64
16. GDOP 可以分解成哪几种分量?	64
17. 为什么说好的 GDOP 不一定会有高的定位精度?	65
18. GNSS 的误差来源除了噪声和偏差, 还有什么?	65
19. 怎样定量地估算 GPS 的定位误差?	66
20. GNSS 精度为什么常常让人莫衷一是?	67

21. 通常 GPS 精度度量标准是什么?	67
22. 不同厂家标识的精度如何相互比较?	67
23. 新世纪 GNSS 精度度量标准是什么?	68
24. 圆误差概率 (CEP) 和均方根 (rms) 概念为什么在导航电子地图应用中受重视?	68
25. 新的 GNSS 精度度量是怎样定义的?	68
26. GNSS 的精度表示方法有哪些特征?	69
27. 实际工作中, GNSS 精度表示图形是什么样的?	69
28. 如何进行位置误差估算 (EPE)?	70
29. 怎样对你的 GNSS (或 GPS) 接收机精度进行评估?	70
30. 卫星导航系统的定位误差主要包括哪 6 种?	71
31. 什么是卫星星历误差?	71
32. 什么是卫星的时钟误差?	71
33. 什么是大气时延?	72
34. 什么是电离层误差?	72
35. 什么是对流层误差?	73
36. 什么是多径误差?	73
37. 什么是接收机误差?	73
38. 怎样解读 GPS 卫星导航的标准误差表?	74
39. 如何用简单的几句话归纳卫星导航的精度和误差?	76
2.4 卫星导航系统的组成	76
1. 卫星导航系统究竟由三大部分组成, 还是由四大部分组成?	76
2. 环境段被列入卫星导航系统四大组成部分的理由是什么?	76
3. 导航卫星系统究竟以多少颗卫星组成全球星座为宜?	77
4. 全球导航卫星系统为什么大多选择中高地球轨道?	77
5. 全球导航星座轨道面最佳数目是 3 个吗?	78
6. GNSS 有必要由这么多个系统星座构成吗?	78
2.5 空间段—卫星星座	78
1. 什么是卫星导航系统的空间段 (以 GPS 为例)?	78
2. GPS 卫星至今已有哪些更新换代类型?	79
3. 什么是 GPS Block I 卫星?	79
4. 什么是 GPS Block II 卫星?	80
5. 什么是 GPS Block II A 卫星?	81
6. 什么是 GPS Block II R 卫星?	81
7. 什么是 GPS Block II R-M 卫星?	83
8. 什么是 GPS Block II F 卫星?	83

9. GPS Block II F 有哪些值得提及的特点?	84
10. 什么是 GPS III 卫星? 为什么说它是新一代导航卫星系统?	84
11. 为什么 GPS 卫星要有自主导航能力?	86
12. 如何避免 GPS 卫星的碰撞?	87
2.6 环境段—空间环境	87
1. 为什么要研究环境段?	87
2. 卫星导航系统的环境段包括哪些方面?	88
3. 环境段有什么挑战性的难题?	88
4. 什么叫做大气效应?	88
5. 近地空间环境的重要性为什么日益突出?	89
6. 电离层是什么?	89
7. 对流层是什么?	89
8. 多径效应是什么?	89
9. 导航系统的电磁环境指的是什么? 导航卫星信号干扰来源主要有哪些?	89
10. 解决大气环境影响的主要对策是什么?	90
11. 电离层是怎样形成的? 有哪些主要特征?	90
12. 对流层有哪些特征?	91
13. 如何消除、缓解和改正 GPS 测量中主要由环境段形成的误差?	91
2.7 地面段—控制运行	92
1. 地面运控段主要具由哪些功能和组成部分?	92
2. 什么是监测站网络?	93
3. GPS III 阶段的运控段 (OCX) 与其前的“传统”地面段有何区别?	93
2.8 用户段—接收设备	94
1. 什么是 GPS 系统的用户段?	94
2. GNSS 接收机主要分为哪些类型?	94
3. GNSS 卫星导航接收机是怎样分类的?	95
4. 卫星导航接收机有哪些重要指标?	96
5. 卫星导航接收机主要由哪些部分组成?	97
6. 什么是软件无线电导航接收机?	97
7. 什么是 GNSS 兼容接收机?	98
8. 什么是 GPS 高动态技术?	98
9. 什么是卫星导航接收机的灵敏度?	99
10. 什么是 A-GNSS 技术?	99
2.9 新一代导航卫星系统的安全问题	100
1. 安全问题为什么在新一代导航卫星系统中那么突出?	100

2. 民用 GNSS 安全性现状如何?	100
3. 卫星导航的脆弱性应该采取什么样的应对措施?	101
4. 卫星导航的脆弱性主要表现在什么方面?	101
5. 美国提出的导航战基本概念是什么?	101
2.10 GPS 的现代化与 GPS III	102
1. GPS 为什么要搞现代化?	102
2. 美国 GPS 现代化的目标是什么?	102
3. GPS 现代化分成哪三个阶段? 各自的任务是什么?	103
4. GPS III 计划包括哪四个新的卫星导航信号?	105
5. 为什么说 GPS III 计划重点向民用倾斜?	107
6. GPS Block III 卫星改进最突出的特点是什么?	107
7. GPS III 究竟是个什么样的计划?	107
8. GPS III 计划的空间段 (Block III) 有何改进?	108
9. GPS III 计划的运控段 (OCX) 有何目标?	109
2.11 GLONASS 现代化	110
1. 俄罗斯的 GLONASS 经历过什么样的发展里程?	110
2. GLONASS 卫星有些什么型号?	111
3. GLONASS 卫星在轨情况如何?	111
4. GLONASS 系统由哪些部分组成?	112
5. GLONASS 卫星的组成结构和信号情况如何?	115
6. GLONASS 卫星的演变情况如何?	116
7. 俄罗斯的 GLONASS 与 GPS 一样也有现代化计划吗?	118
8. GLONASS 现代化计划分为哪三个阶段?	118
9. GLONASS 现代化目标是什么?	119
10. GLONASS 现代化的内容有哪些?	119
11. GLONASS 现代化采取什么样的发展策略?	120
2.12 GALILEO—欧洲的全球导航卫星服务	121
1. 欧洲的 Galileo 系统有哪些特点?	121
2. Galileo 与所谓的 GNSS1 和 GNSS2 有什么关系?	121
3. 美国同意 GPS 全部与欧洲共享, 欧洲为什么还要建 Galileo?	122
4. Galileo 由哪些部分组成?	122
5. Galileo 能提供哪些与 GPS 不同的服务?	124
6. 为什么说 Galileo 国际合作策略是成功之作?	124
7. Galileo 卫星导航系统的发展计划和现状?	124
2.13 中国的北斗卫星导航系统	126

1. 什么是北斗一号卫星导航系统?	126
2. 北斗一号 (BD-1) 系统是怎样构成的?	126
3. 什么是 Compass 系统?	127
2.14 GNSS 多个系统间的比较	128
1. Galileo 与 GPS 相比有哪些进步之处?	128
2. GPS 与 GLONASS 和 Galileo 主要性能有何不同之处?	128
3. GNSS 多个系统工作带来什么好处?	129
4. GNSS 多个系统的管理模式哪个最为典型?	129
2.15 新一代 GNSS 发展的方向	130
1. 为什么说 GNSS 正转入一个崭新的发展阶段?	130
2. 天上将会有多少卫星在工作?	130
3. 从应用的角度真的需要那么多导航卫星吗?	132
4. GNSS 的兼容和互操作为什么说是特别重要的大事?	132
第 3 章 卫星导航系统是现代新技术的制高点	133
3.1 卫星导航系统五大关键技术	133
1. 卫星导航系统涉及到的最重要的是哪五大关键技术?	133
2. 为什么空间平台技术被列为卫星导航系统五大关键技术之一?	133
3. 为什么环境模化技术被列为卫星导航系统五大关键技术之一?	133
4. 为什么原子时钟技术被列为卫星导航系统五大关键技术之一?	133
5. 为什么扩频通信技术被列为卫星导航系统五大关键技术之一?	134
6. 为什么集成电路技术被列为卫星导航系统五大关键技术之一?	134
3.2 差分技术	134
1. 何谓差分 GPS 技术?	134
2. 差分技术究竟为了消除哪些类型的误差?	135
3. 差分 GPS 为什么能提高定位测量精度?	136
4. 差分技术从工作原理上主要分为哪几种类型?	136
3.3 星基增强系统 (SBAS) 或者说是广域增强系统 (WAAS)	138
1. 美国联邦航空局 (FAA, Federal Aviation Administration) 对 GPS 基本服务做何种增强?	138
2. 什么是广域增强系统 (WAAS)?	139
3. WAAS 是怎样发送差分改正满足人们特定的需要?	141
4. WAAS 提供的性能与 ILS 可比吗?	141
5. 评价电离层和太阳活动超标数据的采集方法是什么样的?	141
6. 谁与怎样管理 WAAS 的安全分析 (包括地面分量 RF 上行链路系统以及卫星)?	141

7. 什么是 WAAS 的 6 秒预警?	141
8. 什么时候 SBAS 能在欧洲应用?	142
9. 航空飞行应如何利用 GPS 或 WAAS?	142
10. 航空飞行涉及哪些技术标准?	142
11. 各种 WAAS 的 TSO 在能力上有何区别?	142
12. 已经有了 GPS 接收机, 接收 WAAS 信号要另加天线吗?	142
13. 什么是多模接收机 (MMR)?	142
14. 在汽车上能利用 WAAS 功能吗?	143
3.4 地基增强系统 (GBAS) 或者说是局域增强系统 (LAAS)	144
1. 什么是地基增强, 又称局域增强技术 (LAAS)?	144
2. 区域增强系统 (LAAS) 与 SCAT-I 的差异是什么?	144
3. WAAS 与 LAAS 是不是要满足同样的 CAT-I 性能要求?	144
4. LAAS 的全尺度部署 (FSD) 处在什么状态?	144
5. GPS 能提供全天候着陆的足够的精密进近能力吗? 在非常低的可见度进近中也可 以吗?	145
6. 如将 WAAS 用于 LAAS, 则可以在能见度非常低的条件下用于着陆吗?	145
7. 如何将 LAAS 配合到将来的国家空域系统 (NAS) 中去?	146
8. LAAS 的价格如何?	146
3.5 SA/AS 技术	146
1. 美国为什么要采取 SA/AS 技术?	146
2. SA 是什么技术?	146
3. AS 是什么技术?	147
4. 为什么说差分技术是 SA 技术的克星?	147
5. SA 举措是什么时候终止的?	147
6. 美国还会重新启动 SA 举措吗?	148
3.6 抗干扰技术	148
1. GPS 卫星抗干扰的能力如何?	148
2. 对射频干扰 (RFI) 应做何考虑?	148
3. 什么是 GPS 伪卫星 (Pseudolites) 抗干扰技术?	148
4. 什么是 GPS 干扰器?	150
5. 美国海军研制 GPS 干扰机定位设备 (LOCOPSI) 有何特点?	150
6. 什么叫做压制式干扰?	151
7. 什么叫做欺骗式干扰?	151
3.7 高精度定位技术	152
1. 什么是精密单点定位 (PPP) 技术?	152