

国外卫星导航 军事应用

李向阳 慈元卓 程绍驰 席欢 杜彦昌 吕召鹏 编著



國防工業出版社
National Defense Industry Press

国外卫星导航军事应用

李向阳 慈元卓 程绍驰 席欢 杜彦昌 吕召鹏 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

国外卫星导航军事应用 / 李向阳等编著. —北京: 国防工业出版社, 2015.5

ISBN 978-7-118-10182-9

I. ①国... II. ①李... III. ①卫星导航—全球定位系统—军事应用 IV. ①TN967.1②E919

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第084832号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 17¹/₂ 字数 220 千字

2015 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

卫星导航的应用是在军事需求的推动下发展起来的，美国的 GPS 和俄罗斯的 GLONASS 是在美、苏两国冷战时期进行空间竞赛，作为军事系统发展而来。直到 20 世纪 90 年代后期，美、俄两国才先后宣布其卫星导航系统为军民两用系统。欧洲的“伽利略”（Galileo）系统虽声称为纯民用系统，实际上其公共特许服务对象是军警和公共安全，具有军用性质。

美国一开始完全是从军事方面的需求加以考虑，急需一套全球导航系统以提高和支持其全球军事能力。当时，美、苏作为战略威慑力量的洲际导弹发射基地，各自依托的平台不一样。苏联依托的平台主要是陆基，导弹放置在发射井内。美国的远程导弹发射平台很大部分是依靠在全球各地游弋的潜艇，导弹发射平台的定位需要一个洲际的精准的定位手段，卫星导航系统应运而生。

在 1991 年的海湾战争中，卫星导航发挥了巨大作用。根据这一经验，美国在对卫星导航系统的军事潜力进行分析评估后，认定它所提供的覆盖全球的精确的位置、速度与时间信息，将构成美军在未来战争中争夺和保持空中、空间优势，保持对全球战略目标的实时感知，对军队和装备进行快速运输，实施精确作战和对目标的精确打击，实行高效的战场管理 / 指挥与控制，执行灵活的后勤支持等方面的重要基础。

随着卫星导航系统的发展，从军事上看，导航的作用从作为航空航海的保障手段，发展成为各种军事行动提供关键的位置、速度与时间信息的传感器。导航的用户从以海空平台为主，扩展到了各级军事

指挥单位、武器系统、战车与单兵、导弹、炸弹与炮弹。导航渗透到战争的每个环节，在战争进程的各阶段发挥着重要的作用。因此，导航已成为战争中获取军事优势的重要手段。在可以预见的未来战争中，敌对双方将围绕提供精确导航定位信息的卫星导航系统而展开的干扰与抗干扰、利用与反利用、控制与反控制、摧毁与抗摧毁的斗争将十分激烈，并且将贯彻到整个战争的始终。

以精确打击为例，在历次局部战争中，以美国为首的多国部队使用 GPS 制导的弹药的比例不断提升，成为影响战争进程的关键因素。在海湾战争中精确制导弹药使用率不足 10%，科索沃战争为 30% 左右，阿富汗战争为 60% 左右，伊拉克战争为 90% 左右，而 2011 年的利比亚战争是西方国家第一次全部采用精确打击作战方式的局部战争，精确制导弹药使用基本达到 100%，为实现精确打击，减少平民伤亡，推动战争进程，掌握战争主动权，发挥了决定性作用。

全书共十三章，涉及卫星导航系统及其增强系统发展现状，国外卫星导航应用装备体系，国外改变卫星导航军事效能的措施，导航战以及卫星导航系统在现代战争中的应用形式，国外卫星导航系统在陆军装备、海军装备、空军装备、导弹装备、航天装备及军事后勤领域的应用，最后总结分析了国外卫星导航军事应用的发展特点。

本书的编写得到了中国卫星导航系统管理办公室张春领、陈罡、焦文海、江城、李作虎、王智以及中国国防科技信息中心刘林山、吕彬、赵相安、耿国桐等领导和专家的大力支持和帮助。在付梓之际，谨对参与本书编写、审定的各位领导和专家表示诚挚的感谢。

由于水平有限，疏漏或不当之处在所难免，敬请批评指正。

编 者
2015 年 4 月

目 录

第一章 国外卫星导航系统发展概况	1
一、美国 GPS 系统	2
(一) 发展历程	2
(二) 工作原理	4
(三) 系统构成	4
(四) 性能水平	15
(五) 应用情况	16
(六) 关键技术	24
(七) 未来发展计划	25
二、俄罗斯 GLONASS 系统	26
(一) 发展历程	26
(二) 发展现状	27
(三) 未来发展计划	28
三、欧洲 Galileo 系统	28
(一) 发展历程	28
(二) 发展现状	29
(三) 未来发展计划	31
四、日本 QZSS 系统	31

(一) 发展历程	31
(二) 发展现状	32
(三) 未来发展规划	33
五、印度 IRNSS 系统	34
(一) 发展历程	34
(二) 发展现状	35
(三) 性能水平	35
(四) 未来发展规划	36
 第二章 国外卫星导航增强系统发展现状	38
一、卫星导航增强系统体系	38
(一) 星基增强系统	38
(二) 地基增强系统	39
(三) 机载增强系统	39
二、卫星导航定位技术体系	40
(一) 卫星导航定位方式	40
(二) GPS 定位技术	44
(三) 美国卫星导航增强系统现状	46
(四) 美国卫星导航地基增强网建设和管理特点	55
 第三章 国外卫星导航应用装备体系	62
一、GPS 卫星导航应用装备概况	62

(一) 第一阶段	62
(二) 第二阶段	63
(三) 系统建成前后采购情况	63
二、GPS 导航应用装备谱系	64
(一) 美军导航应用装备演变过程	64
(二) 美军导航应用装备体系	65
(三) 美军GPS应用装备的技术演变路线	66
三、美军卫星导航应用装备基本情况	66
(一) 手持接收机	66
(二) 集成式接收机	71
(三) 特种接收机	75
(四) 天线	77
(五) 安全设备	80
(六) 其他辅助装置	80
 第四章 国外改变卫星导航军事效能的措施	 82
一、积极研发导航攻击和防御手段	82
(一) GPS攻击手段	82
(二) 防御攻击的手段	88
二、高度重视 GPS 应用安全管理问题	92
(一) 改进GPS军用信号体制	92
(二) 升级军用GPS接收机的信号安全措施	93

(三) 强化密钥的安全使用机制	96
(四) 建立健全的GPS军事应用安全管理机构体系 ..	98
三、全力推进现代化和协调 GNSS 资源	100
(一) 卫星星座构型优化	101
(二) 改进卫星性能	101
(三) 地面操控、监测能力升级	102
(四) 研制下一代军用用户装备体系	102
(五) 开展军码频率协调	105
四、加速推进替代手段和增强手段的发展	105
(一) Locata 系统	105
(二) 卫星导航增强系统	106
(三) 定位、导航与授时微技术	107
(四) 全源定位与导航技术	109
(五) 随机信号导航技术	110
 第五章 导航战及其表现形式	 111
一、导航战的形成	111
(一) 二战时期的导航对抗	111
(二) GPS投入使用后导航战概念正式提出	112
(三) 进入21世纪导航战不断丰富和发展	114
二、导航战的基本要求	116
(一) 确保美国及其盟国对卫星导航资源的利用	117

(二) 阻止敌方对卫星导航资源的利用	117
(三) 保证作战区域外民用用户对卫星导航资源的利用	118
三、导航战的主要表现形式	119
(一) 干扰与抗干扰	119
(二) 利用与反利用	125
(三) 摧毁与抗摧毁	126
 第六章 卫星导航系统在现代战争中的应用形式	130
一、武器平台的导航定位	131
二、精确制导	132
三、作战部队定位	136
四、救援服务	137
五、目标侦察定位	138
六、应用于指挥自动化系统	139
 第七章 卫星导航系统在国外陆军装备中的应用	141
一、整体情况概述	141
二、典型应用实例	143
(一) “布雷德利” 车载导航系统	143
(二) “阿帕奇” 直升机导航系统	144
(三) “神剑” 远程制导弹药	145
(四) “蓝军跟踪系统”	146

第八章 卫星导航系统在国外海军装备中的应用	148
一、整体情况概述	148
二、典型应用实例	150
(一) 联合精密进近着陆系统	150
(二) ASCA水下GPS搜救系统	152
(三) “电子海图显示和信息系统”	153
(四) “俄亥俄”级弹道导弹核潜艇组合导航	154
(五) 海军弹药导航应用	154
(六) 无人加油操作和自主燃料补给	155
(七) 法国海军“山猫”直升机导航系统	156
第九章 卫星导航系统在国外空军装备中的应用	157
一、整体情况概述	157
二、典型应用实例	158
(一) 战斗机	158
(二) 机群编队飞行中的相对导航	161
(三) 无人机导航	162
(四) 直升机导航	165
第十章 卫星导航系统在国外导弹装备中的应用	168
一、整体情况概述	168
二、典型应用实例	172

（一）联合直接攻击弹药（JDAM）.....	172
（二）“战斧”巡航导弹.....	174
（三）“斯拉姆”（SLAM）导弹.....	176
（四）“哈姆”高速反辐射导弹.....	176
（五）“常规空射巡航导弹”（CALCM）.....	177
（六）联合防区外空地导弹.....	178
（七）GMLRS制导火箭弹.....	179
（八）“标准”—3导弹.....	179
（九）“民兵”Ⅲ洲际弹道导弹.....	181

第十一章 卫星导航系统在国外航天装备中的应用182

一、整体情况概述.....	182
二、典型应用实例.....	184
（一）精密定轨与编队飞行.....	184
（二）绝对导航与相对导航.....	186
（三）精密定姿.....	189

第十二章 卫星导航系统在军事后勤领域的应用191

一、物资补给系统.....	191
二、野战生存与战斗保障系统.....	193
三、野战卫生救治系统.....	194
四、后勤指挥控制系统.....	194

第十三章 国外卫星导航军事应用的发展特点	196
一、以完善的政策、法规和规划文件指导系统建设和应用.....	196
二、以统一的管理机构和规范的采办流程实施集中管控.....	197
三、以基本型、通用型、系列化引领军用导航装备的发展.....	198
四、以健全的试验鉴定手段确保导航装备的作战有效性.....	200
五、以组合式制导和导航应对复杂不确定战场环境	202
附录 1 美国卫星导航增强系统基本情况	204
附录 2 GPS 主要生产厂商.....	248
参考文献	262

第一章 国外卫星导航系统 发展概况

时空信息是信息化社会的基础资源。卫星导航系统具有覆盖范围广、全天候全天时、精度高、应用便捷、用户数量无限制等优点，已成为世界范围内首选的定位导航授时手段。作为最重要的空间信息基础设施，全球卫星导航系统（GNSS）广泛应用到国防和经济建设的各个领域，如军事、交通运输、基础建设、大地测量、金融服务、通信服务、电力系统等，对人们的生产和生活方式产生了深远的影响，成为国家经济建设与发展的重要基础，成为影响国家经济安全的重要因素。

目前，世界卫星导航的格局，已经从美国GPS独霸天下，演变为美国GPS、俄罗斯GLONASS、中国“北斗”（BDS）和欧洲Galileo四大全球卫星导航系统竞相发展，日本准天顶卫星系统（QZSS）、印度区域导航卫星系统（IRNSS）猛赶直追的局面。虽然美国GPS的优势正在逐渐缩小，但仍引领着卫星导航领域的发展。

未来10年将是GNSS发展最重要的10年，卫星导航能力将得到迅速发展，格局将发生重大变化，应用市场将重新洗牌。按计划，2030年，美国将完成GPS现代化计划，建成全部由GPS III卫星组成的星座；2020年左右，俄罗斯将初步完成GLONASS现代化，新型GLONASS-K卫星成为GLONASS星座的主体；2018年，Galileo系统完成部署，全面投入运行；印度、日本也将建成或初步建成IRNSS、QZSS区域卫星导航系统，成为亚太地区卫星导航市场的新竞争者。

一、美国GPS系统

全球定位系统（GPS）是美国星基无线电导航系统的简称。20世纪60年代，美国国防部为了满足高精度全球导航定位的军事需求，开始主导建设GPS。1993年7月，GPS达到初始运行状态，1995年7月，达到完全运行状态。1999年，开始实施GPS现代化计划，预计于2030年完成。为了提高GPS的定位精度，美国还发展了广域增强系统（WAAS）、局域增强系统（LAAS）和国家差分GPS系统等星基增强系统。截至2011年，美国国防部已获得了总额超过240亿美元用于研发和购买GPS，包括卫星、地面控制系统和接收机。截至2014年10月，共有在轨工作星31颗，其中GPSⅡA卫星4颗，GPSⅡR卫星12颗，GPSⅡR-M卫星7颗，GPSⅡF卫星8颗。GPS地面控制系统由2个主控站、4个注入站和6个专用监测站，以及国家地理空间情报局（NGA）的10个监测站组成。已应用了众多类型的GPS接收机。GPS具备全天候、全天时提供高精度全球定位、导航和授时服务的能力，可提供标准定位服务（SPS）和精密定位服务（PPS）。

作为美国的第二代卫星导航系统，GPS最初主要用于军事，并在海湾战争、科索沃战争和伊拉克战争中发挥了重要作用。1996年，美国开始推动GPS的民用应用。GPS以其高精度、全天时、全天候、大范围、低成本的特点，成为陆海空天域进行定位、导航、授时的首选手段，已广泛应用到国家安全和经济社会建设的各个领域，对人们的生产和生活方式产生了深刻而深远的影响，成为美国国家安全和经济社会不可或缺的信息基础设施。

（一）发展历程

（1）早期概念开发阶段（20世纪60—70年代初）：GPS发展历史可以追溯到20世纪60年代，为了满足军事上机动平台的全球精密导航定位需求，美三军分别启动了卫星导航计划。1963年，美空军启动“项目57”，用于

研究如何利用卫星提高高速运动车辆的三维导航能力，后来该项目演变为空军的“621B项目”，继续研究GPS概念。1964年，美海军研究实验室开始研发TIMETION系统，重点开发可全球覆盖、最有效的卫星星座方案。同时，美陆军开发了距离连续校正（SECOR）系统，并在1964—1969年期间，共发射了13颗卫星。这种分散开发卫星导航系统的状况引起了美国国防部的担忧，国防部指示，由空军牵头、将三军的卫星导航系统项目合并为一项GPS联合计划，并于1973年9月上报给国防系统采办与评估委员会。1974年，GPS联合计划由国防系统采办与评估委员会呈报国防部部长、并最终获批。

（2）概念开发到全面运行阶段（20世纪70—90年代中）：GPS联合计划描述了GPS的预期性能、系统特性，并将计划分为概念与验证、全面工程开发、生产3个阶段。按计划设想，1981年具备有限的初始运行能力，1989年达到完全运行能力。然而，实际情况是，1978年2月22日，首颗试验卫星GPS I才发射升空，1983年签订了第一批28颗卫星的生产合同，1989年发射了第一颗工作星。1993年12月8日，GPS在轨工作星（GPS I/II/IIA）达到21颗，美国宣布GPS具备了初始运行能力。1995年4月17日，星座的卫星数量增至24颗，GPS达到完全运行能力。

（3）现代化建设阶段（20世纪90—目前）：从制定最初计划到提供完全运行能力，GPS经历了20多年的时间，一方面GPS的军事需求和民用需求日益提高，另一方面技术的不断进步要求GPS提供更高的能力。因此，1999年1月，美国副总统戈尔宣布《新的GPS现代化倡议》，美国开始实施GPS现代化计划，对GPS空间、地面和用户段进行全面升级改造。现代化计划的目标，降低GPS存在的脆弱性，为军民用户提供抗干扰能力更强、定位精度更高和更安全可靠的服务。GPS星座现代化原计划分3个阶段实施。第一阶段，2003—2005年，发射12颗GPS II R-M卫星，更新星座。但

由于资金和技术原因，2005年9月才发射了首颗GPS II R-M卫星，2009年完成了全部12颗卫星的发射任务。第二阶段，从2005年底开始，发射GPS II F卫星，但由于计划多次推迟，首颗GPS II F在2010年5月28日才发射升空。第三阶段，部署全新的一代GPS III卫星。原计划于2009年发射首颗GPS III卫星，目前已推迟到2016年发射。地面段的现代化分传统精度改进计划（L-AII）、体系结构演进计划（AEP）、运行控制段现代化（OCX）3个阶段推进，其中传统精度改进计划已于2008完成，体系结构演进计划在2013年完成最新版本升级，OCX计划正在进行之中，计划完成后，将具备对所有类型卫星更强的控制能力，安全性、精度和可靠性将得到进一步提升。

（二）工作原理

GPS利用到达时间测距的原理确定用户位置。每颗GPS卫星在空中连续播发带有时间和位置信息的无线电信号，供GPS接收机接收。GPS接收机计算信号从离开卫星的时刻到抵达接收机的时刻之间的延迟，这个时间延迟乘以光速就确定了接收机与卫星之间的距离。理论上讲，通过同时计算与3颗不同卫星的距离，GPS接收机便能够计算出它的三维位置。但实际上，为了能更准确地计算GPS接收机的位置，一般需要测量与第四颗卫星之间的距离。

（三）系统构成

GPS由空间段、地面控制段和用户设备段三个部分组成。

1. GPS空间段

GPS标准星座由分布在6个轨道面上的至少24颗卫星组成，原采用21+3星座结构，2011年6月后采用24+3结构。截至2015年1月，美国GPS系统共发射了两代、7种型号，共计68颗卫星，其中GPS I卫星11颗（1颗发射失败），GPS II卫星9颗，GPS II A卫星19颗，GPS II R卫星13颗（1颗发射失败），GPS II R-M卫星8颗，GPS II F卫星8颗。目前，处于正常工作状态