

北斗卫星导航系列科普丛书

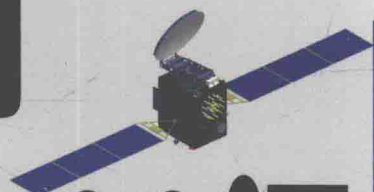
中国北斗卫星导航系统科学普及第 **1** 书

带你解读北斗的奥秘

袁树友 主编

上曜星月

中国北斗100问



解放军出版社

北斗卫星导航系列科普丛书

带你解读北斗的奥秘

上曜星月——

中国北斗

100 问

自主建设、独立运行的全球卫星导航定位系统

国之重器，国家安全、经济社会发展重要的空间基础设施

为全球用户提供全天候、全天时、高精度定位导航、测速授时、短报文服务

主编 袁树友

解放军出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国北斗100问/袁树友主编. —北京:解放军出版社, 2017. 5

ISBN 978 - 7 - 5065 - 7344 - 3

I. ①中… II. ①袁… III. ①卫星导航 - 全球定位系统 - 中国 - 问题解答 IV. ①P228.4 - 44

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第103676号

书 名: 上曜星月——中国北斗100问

主 编: 袁树友

责任编辑: 王耀华 龚 磊

出 版: 解放军出版社

社 址: 北京市西城区地安门西大街40号 邮编: 100035

印 刷: 中国人民解放军第1205工厂

开 本: 717毫米×970毫米 1/16

字 数: 203千字

印 张: 17.5

印 数: 5000

版 次: 2017年5月 第1版

印 次: 2017年5月 第1次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5065 - 7344 - 3

定 价: 88.00元



如有印装错误, 请与我社联系调换。

《上曜星月——中国北斗 100 问》

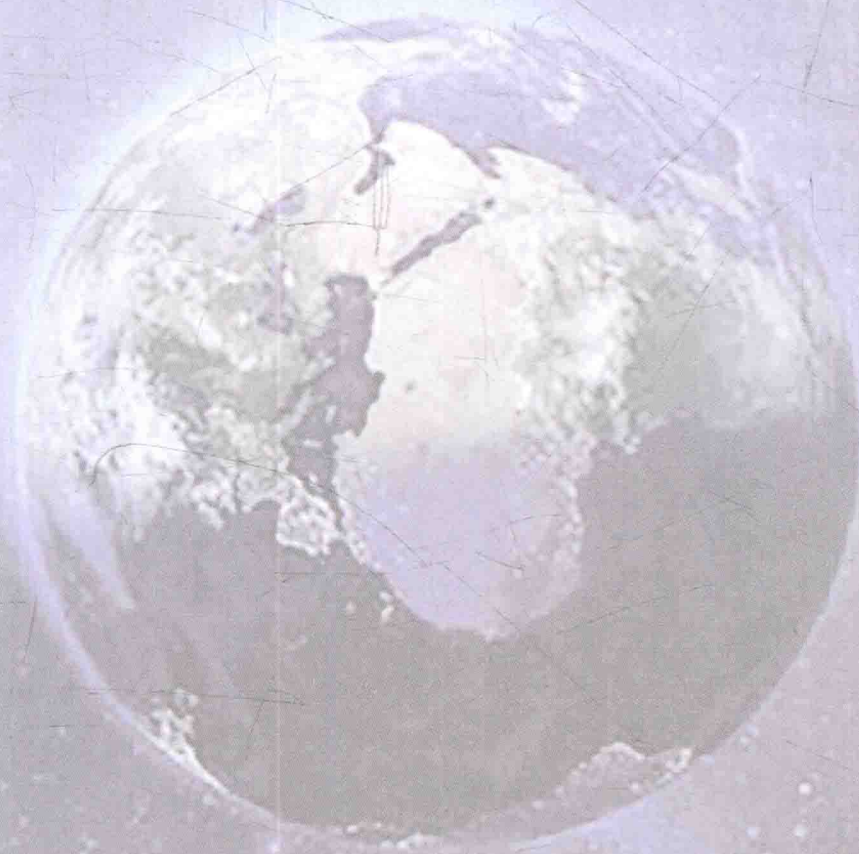
编委会

主 编：袁树友
策 划：王建民
副主编：王建民 王耀华
顾 问：卜庆君 孙家栋 沈荣骏 龙乐豪
 范本尧 许其凤 杨元喜 谭述森
审 稿：卜庆君（原总参测绘局局长、少将）
 孙家栋（中国科学院院士）
 沈荣骏（中国工程院院士）
 龙乐豪（中国工程院院士）
 范本尧（中国工程院院士）
 许其凤（中国工程院院士）
 杨元喜（中国科学院院士）
 谭述森（中国工程院院士）
 岑 拯（北斗系统火箭总指挥）
 谢 军（北斗系统卫星总师）
 周建华（北斗系统运控总师）
 吴光辉（北斗系统应用总师）
统 稿：杨 力（解放军信息工程大学教授）
总撰稿：杨 力 张传定 陈金平 何海波
撰 稿：郭 睿 唐 波 贾鹏志 王 丰
封面设计：赵 杰

一个民族有一些关注天空的人，他们才有希望。

一个民族只是关心脚下的事情，那是没有未来的。

——黑格尔



前 言

北斗卫星导航系统 (COMPASS/BDS) 是中国着眼于国家安全和经济社会发展需要, 自主建设、独立运行的卫星导航系统, 是为全球用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航、授时和短报文服务的国家重要空间基础设施。

北斗系统建设正在按照“三步走”的发展战略稳步推进, 先后完成了北斗一号、北斗二号的建设, 分别于 2003 年 12 月和 2012 年 12 月开通运行, 北斗全球系统 (北斗三号) 建设正在按计划有序实施。在北斗系统建设过程中, 因其独特的星座设计和双模式服务, 开放、兼容、互操作的建设理念, 进一步创新、发展、丰富了卫星导航系统的理论和方法, 引起世界注目, 使关注的人越来越多, 影响力越来越大, 应用面越来越广。但多年来, 由于对北斗系统的宣传重视力度不够, 知识普及不足, 使得一些人对北斗系统认识不清、说法不一、概念混淆的现象仍然存在。为使广大关心、了解、支持北斗系统建设发展的人们更进一步认识北斗、普及北斗、应用北斗, 我们特意组织编写了北斗卫星导航系统科普系列丛书《上曜星月——中国北斗 100 问》《下安物望——北斗应用 100 例》。这两部图书旨在全面详实地介绍北斗系统基本概念、原理、组成, 科学解读北斗系统的关键技术、理论方法和应用范例。其书名引语源自原国家新闻出版总署副署长李东东专门为北斗创作的《北斗赋》中“仰之可以曜星月, 俯之可以慰物望”两句赋辞, 我们提炼出“上曜星月、下安物望”, 希望能成为北斗的“名片”。同时希望这两本书能为广大群众答疑解惑, 厘清概念, 提供权威解读, 让更多的人进一步认识北斗、了解北斗、支持北斗, 推动北斗系统在国防和经

济社会以及各行业的广泛深入应用，让北斗这颗闪耀民族智慧和科技文明璀璨光芒的“中国之星”照耀世界、惠及大众，为实现两个百年目标和中国梦增光添彩。

《上曜星月——中国北斗 100 问》共分为四个部分。第一部分为卫星导航的基本知识，由解放军信息工程大学导航与空天目标工程学院杨力教授编写；第二部分为北斗卫星导航系统的空间部分，由北京卫星导航中心张传定研究员编写；第三部分为北斗卫星导航系统的运行控制部分，由北京卫星导航中心高级工程师陈金平编写；第四部分为北斗卫星导航系统的应用部分，由北京卫星导航中心高级工程师何海波编写。全书由杨力统稿，并诚邀北斗系统工程首任总师孙家栋等院士、专家审阅定稿。本书图文并茂，以问答的形式通俗易懂地讲解了北斗系统基本知识和基本概念，采用讲故事的方式增加本书的可读性和趣味性。本丛书可供相关从业人员及广大读者参考。丛书得到中国卫星导航应用主管机关的大力支持，中国卫星导航定位应用管理中心马冬、赵勇、汤静等同志仔细审阅书稿，并提出了宝贵的意见建议，在此一致表示感谢。

本丛书由原总参测绘局局长袁树友少将精心策划、组织编审，经编写组近一年的共同努力，现终于付梓出版，与读者见面。在此特别感谢在本书编写过程中提供相关资料和给予支持的单位和同志，也特别感谢参与书稿审定的各位院士、专家。由于时间紧张、作者水平有限，疏漏之处在所难免。当前北斗系统建设应用正处于迅速发展阶段，我们力求与时俱进，全面准确反映北斗系统建设应用的新理论、新技术、新方法和新成就，但未必如愿，真诚希望广大读者批评指正。

编 者

2016 年 12 月

部分专家修改手稿局部

审稿结论:

本书对北斗卫星导航系统及其在智能交通中的应用作了全面系统的介绍,深入浅出,通俗易懂,是一本北斗卫星应用领域的优秀书籍,适读及出版。

签名: 沈荣骏

沈荣骏院士

2. P113页第二段中“自强不息……”的“西畴精神”精神鼓舞,这24个字是传统“敢死精神”,而应是“西畴量”精神,如果一意“西畴量”精神,则上述24字应变为“热爱祖国、无私奉献、自强不息、大力协同、永攀高峰”;
3. P113页第二段第3行中的“12”应改为“19”紧跟其后“有4种”以及隔句的“其发射……1.5~5.5吨”。

龙乐豪院士

《北斗应用100问》

- ① P115 153问中的(1)远距高刷屏和(2)车牌识别技术两项补充说明如何应用
- ② P131 第八部分时间同步中的61、62、63、64、65、66、67、70项目的内容均未应用,应归入本节“时间同步”中,可归入其他相关部分。
- ③ P167 [75]北斗在民航中的应用,归入第一部分国防建设为宜。
- ④ P219 第十二部分[智慧旅游]中的103、104、105项应调整到106项“北斗在海陆空中的应用”,调整到第十三部分[2017]项“北斗在低轨卫星中的应用”,1082页。

范本尧院士

所有问题的回答,可以改成同一模式,即第一句说
 回答,对于感兴趣的读者可看余下的解释及参考文献。
 举例:什么是定位,通过观测确定点的坐标或位置叫
 定位。(测绘学或测量学)
 定位。然后,接现在书中写的內容。

杨元喜院士

如有可能,请将个别章节的应用文章的标题稍加润色,比如
 将引用100例第5页第2处“北斗地磁环境中大质量”改为
 “北斗地磁环境对北斗系统的影响”等。再与出版社
 沟通此问题在大表中是否有吸引力。其他文章均有叙述处理
 如将北斗系统出现的困难放在开头,用对比。

谭述森院士

审稿结论:

两书内容丰富,涉及面广,科学性较强,在
 介绍北斗技术的原理、方法,有很好的指导意义,因
 北斗系统的
 广大科技工作者、爱好者对科技创新的热情,对北斗
 的应用会起到很好的作用。建议出版 签名
 岑拯

岑拯总指挥

建议改为“虽然美国同意欧洲使用GPS技术发展”，比“无保留”中晚一些。

2. P100 在数字第3行：第3行：“27款M80中国地球轨道卫星”，
应改为“24款中国M80中国地球轨道卫星，和3款M80中国轨道卫星在轨备份卫星”。

Walker-27/3/9 是卫星，应改为 Walker-24
在数字第3款M80改根据卫星运行状态设置

谢军总师

二个北斗75问，“北斗系统同新一代的定位技术相结合”

1. 核实内容中半精度指标，存在打印错误。
2. 讨论广域差分北斗系统技术集成于GPS解
3. 考虑将北斗系统分为三类：普通型、高精度型和精密型三大类，每类1.单、双频应用
4. 有关RTK、短基线定位模式和地基解算

(修改意见如此处不够，请另附页)这样可解更合

周建华总师

P19 “多级上的”改为“多级扁平化的”，删“经制跟踪”是付下
P21 “陆军正在”改为“北斗应用项目已在陆军”。P22 删“设备”
P28 林记部分删除。P30 “和”删除。P33 林记部分删除。P
P58 “全”改“有”。P75 林记部分删除。P79 “5”改“于”P87 加通
P93 林记部分两处删。P102 林记部分两处删，“属于”改
P115 北斗在智能汽车中的应用需点亮北斗的作用，并
关内容。P119 按林记部分修改。该55例也

吴光辉总师

宝剑锋从磨砺出

序 1

孙家栋

中国科学院院士

“两弹一星”功勋奖章获得者

国家最高科学技术奖获得者

北斗导航工程首任总设计师

2016“感动中国”十大年度人物

宇宙丰富多彩，充满魅力，自古以来就吸引了人类极大的兴趣和关注。世代凝视茫茫太空，不知星辰其然和所以然。屈原问天：“日月安属？列星安成？”直到1969年，阿波罗飞船把地球人送上月球，才结束了人类对星月的疑惑和梦幻。原子弹、氢弹的爆炸成功证明了光和热的实质来源，让人们明白了太阳为何炙热发光，星辰为何闪烁耀眼，也为宇宙起源的“大爆炸”理论提供了科学依据。

发展航天事业，建设航天强国，造福人类生活，既是国家战略，也是我们科学人的不懈追求。“两弹一星”的成功雪扫了百年来部分国人的怯懦心态，结束了国人能否自力更生发展现代工业和科学技术的争论；“载人航天”“探月工程”的实施圆了国人千年飞天的梦想。“北斗系统”按照“三步走”的发展战略已经完成了前两步，第三步即将实现，“北斗”已然成为“中国高科技”的名片。这一系列宏大的航天工程的顺利实施，有力地推动了国家的经济建设，极大地增强了国防实力，树立了国人的民族自信、道路自信、

文化自信和科技自信。当今，航天技术飞速发展，日新月异，正在深刻影响着人类的政治、军事、经济和社会生活。

北斗系统作为我国实施周期最长、投资规模最大、技术最为复杂的航天系统工程，在工程建设与技术探索的过程中，遇到过许多挫折和困难，历经磨难，充满坎坷，经过几代人的艰苦努力，创造性地建成了具有两种服务体制和混合星座设计的卫星导航系统，体现了中国特色，彰显了中国智慧，极大地拓展了卫星导航应用领域，为世界卫星导航发展做出了突出贡献。北斗系统的建成和运行是“军民融合”国家战略的有力体现，也是我国大国地位和综合国力的象征，已经成为我国重要的空间基础设施，必将为我国的“创新驱动”发展战略和“一带一路”倡议注入强大的活力，为国家安全提供强有力的技术支撑和信息保障。

北斗系统建设的出发点和落脚点是应用，其应用领域十分广泛，业内有句名言：卫星导航系统的应用仅受人们想象力的限制，没有做不到，只有想不到。但要真正做到“天上的好用，地下的用好”还任重道远。在法规标准、应用平台、融合创新等方面还有许多路要走。要加大北斗系统的推广和宣传力度，让更多的人认识北斗、关注北斗、参与北斗、支持北斗，共同把北斗应用推向深入。

科普工作是让科学走近大众的桥梁，是打开深奥科学知识的钥匙。袁树友同志曾作为北斗系统建设应用的主管部门领导，是北斗系统建设发展的见证者和亲历者，更是具体工程的实施者。他心系北斗，始终为北斗系统的建设、应用、发展奔走呼号。这次由他牵头组织编写的《上曜星月——中国北斗 100 问》《下安物望——北斗应用 100 例》，是北斗系统科学普及的通俗读物。自北斗建设 20 多年来，北斗人本着只做不说、多干少说、默默奉献的品质，在北斗宣传上做的确实不是很多，特别是针对广大群众的北斗科普读物很少。在国家大力推动北斗建设和应用的重要时期，这两本读物的问

世非常及时。两本书图文并茂，互为支撑，语言通俗，叙述科学严谨，事例生动，较为详尽的解读了北斗系统的原理和构成，较为全面的展示了北斗系统应用的行业领域和前景。

受编者之邀，仔细阅读了全书。看到由从事北斗教学、科研、建设、应用保障一线的青年学者精心编撰的科普读物，感到很高兴。可以称之为北斗系统科学普及第一书。相信两书的出版，必将为北斗知识的普及和应用推广产生积极的推动作用。是为序。

孙家栋

2016 年 12 月 15 日

千呼万唤始方出

序 2

卜庆君

原总参谋部测绘局局长

我与《上曜星月——中国北斗 100 问》《下安物望——北斗应用 100 例》两本科普图书的主编袁树友同志是战友、同事，在共同从事军事测绘工作，特别是在建设北斗系统的历程中结下了深厚的友谊，得知他主编了目前大家急需的北斗科普图书，我非常欣慰。受他之邀为这两本书写个序言，我欣然答应，在通读两本样书之后，结合我主持北斗论证、参与北斗建设的工作实践，写了一些情况、过程与认识，是为序。

人类起源后，随着活动范围、行走距离的增加，人们对如何辨别方向、行走到了哪里的定位需求日益渴求。在中华民族灿烂文明中，自古就利用北斗星定方位、判季节；中国的四大发明之一的司南，经古丝绸之路等途径传入欧洲，对欧洲文明乃至世界文明的发展起到了极大的促进作用。随着时代的进步，科技的发展，自 20 世纪 50 年代人造地球卫星上天后，人们就迫不及待地将这一航天技术应用于导航定位，服务于国防、军事，并逐步扩大到民生各个领域。

自 20 世纪 60 年代，美国建成世界上最早的卫星导航系统——子午仪卫星导航系统，冷战时期，美苏两超级大国的博弈，催生了 GPS 与格洛纳斯两个全球卫星导航系统，随着卫星定位技术应用的广泛深入，人们越来越清晰、深刻地认识到，全球卫星导航系统是国防安全的保护伞、武器效能的倍增器、国家实力的宣言书、经济发展的助推器、信息社会的天基网、应急救援的生命线、高新技术

的代言人。世界上有实力的大国都相继研发建设自己的全球卫星导航系统。苏联解体后，俄罗斯在经济十分困难的情况下，仍恢复完善自己的格洛纳斯系统；美国的铁杆盟友欧盟，为摆脱对美国 GPS 的依赖，维护自身战略利益，建设自己的“伽利略”全球卫星导航系统；日本、印度等国也在加紧建设自己的区域卫星导航系统。

20 世纪 70 年代起，忧心忡忡的中国科学家就已经未雨绸缪，根据我国国情，启动了卫星导航定位系统的论证研究工作。1983 年，陈芳允院士提出了利用两颗地球同步轨道卫星进行定位导航的设想，后来被归纳为“双星定位”理论，为日后我国北斗系统工程建设奠定了基础。

1985 年 10 月，在原总参谋部测绘局召开的“动力法测地学术会议”上，陈芳允院士介绍了利用两颗地球同步卫星进行定位和通信的原理，从理论上解决快速定位通信问题。从此，我国开始有组织有步骤地研究独立自主的卫星导航定位系统。经过艰苦周密的研究论证与大量协调攻关工作，在国家经济困难、军费紧张的情况下，通过主管部门核减其他工程项目经费，确保导航定位项目上马。1994 年，国家正式批准立项，此后，该项目以我国传统文化中寓意方向、光明与季节的星座——“北斗”来命名。从此，中国北斗卫星导航系统这一伟大工程建设拉开了序幕，并根据自己的国情国力，提出了“三步走”的发展战略。第一步，建设北斗卫星导航试验系统（北斗一号），2000 年第一颗卫星发射，2003 年建成了覆盖我国及周边地区的卫星导航系统，解决了有无，满足了急需。第二步，2004 年，启动北斗二号卫星导航系统建设，至 2012 年底，建成开通了由 14 颗卫星组网的覆盖亚太地区的卫星导航系统，被联合国确定为全球卫星导航系统四大核心供应商之一，跻身世界卫星导航强国。第三步，从 2009 年始，启动北斗全球系统（北斗三号）建设，计划到 2018 年，为“一带一路”沿线及周边国家提供服务；2020 年左右，将建成由 35 颗卫星组成的全球卫星导航系统，真正实现导航全球、造福人类的梦想，为绚丽的中国梦助力添彩。

卫星导航系统是国之重器，地位重要、作用突出、应用广泛。按照“军民融合”“创新驱动”国家战略，北斗已经在国防建设、抢险救灾、海洋渔业、交通运输、国土监测、智慧城市、公众安全等各个领域得到广泛应用。卫星导航应用产业的迅猛发展，为社会转型、企业转产、产品升级和供给侧改革注入了强大的动力。

北斗属于高科技知识与高技术产业，但真正了解北斗、能说清楚北斗的人很少，即使是北斗应用从业人员，大部分也是从其他领域转行而来，因此，迫切需要对真正想了解北斗、从事北斗、准备应用北斗的人进行科学普及，介绍北斗的 ABC，但到目前为止，我还没看到市面上有一本系统解读北斗的科普图书，这不能不说是个缺憾。

袁树友同志主编的《上曜星月——中国北斗 100 问》《下安物望——北斗应用 100 例》尤如及时雨，能够帮助广大读者全面系统了解北斗知识与应用案例。他从北斗系统研究论证起就参与其中，后来担任北斗卫星导航系统地面运控与应用两个分系统的总指挥，从领导岗位退下后，仍一直心系北斗，做了大量北斗系统建设发展的研究咨询、北斗知识的普及与应用推广工作，是北斗事业矢志不渝的有力推动者。这次他主编的两本北斗科普图书，聘请了卫星导航领域的专家学者集中撰写，并邀请相关院士、专家团队进行审查把关，一方面体现了这些专家院士们对北斗卫星导航系统科学普及工作的热心参与，更体现了袁树友和编写组的同志们认真负责的态度和严谨科学的作风。这两本科普图书既通俗易懂，又有很高的专业水准，是关心北斗事业人士的科普图书，是从事北斗产业人员的参考读物，是新晋北斗大业人士的入门教材，是应用北斗行业人员的参照范例，对了解北斗、宣传北斗、应用北斗、建设北斗、扩大北斗影响力将起到积极的推动作用。

卜庆君

2016 年 12 月 12 日

目 录

第一部分	卫星导航的基本知识	//1
	一、导航定位的基本概念及种类	//3
	1. 什么是导航	//3
	2. 什么是定位	//5
	3. 古代人们是怎样导航的	//8
	4. 现代人是怎样导航的	//14
	5. 什么是天文导航	//16
	6. 什么是地磁导航	//19
	7. 什么是重力匹配导航	//20
	8. 什么是地形辅助导航	//22
	9. 什么是惯性导航	//23
	10. 什么是脉冲星导航	//26
	11. 什么是无线电导航	//29
	12. 什么是组合导航	//31
	二、卫星导航的基本概念	//34
	13. 什么是卫星导航	//34