

机械制造工艺

2020年12月15日出版

2020年第4期·总第234期

编印单位：中国机械制造工艺协会

发送对象：中国机械制造工艺协会会员单位

印刷单位：北京北印印务有限公司

印 数：2000册

出 版：中国机械制造工艺协会

网 站：www.cammt.org.cn

电 话：010-88301523

传 真：010-88301523

邮 件：cammt_bjb@163.com

《机械制造工艺》编委会

主任委员：王西峰

名誉主编：卢秉恒

副主任委员：单忠德 祝宪民

主 编：单忠德

责任编辑：赵关红

委员（按姓氏笔画排序）

王至尧 王绍川 龙友松 史苏存 刘泽林
李成刚 李敏贤 李维谦 朱均麟 杨 彬
杨尔庄 谷九如 张 科 张伯明 张金明
邵泽林 郭志强 战 丽 费书国 聂玉珍

中国机械制造工艺协会第六届理事会

名誉理事长：卢秉恒

理 事 长：单忠德

副 理 事 长：（按姓氏笔画排序）

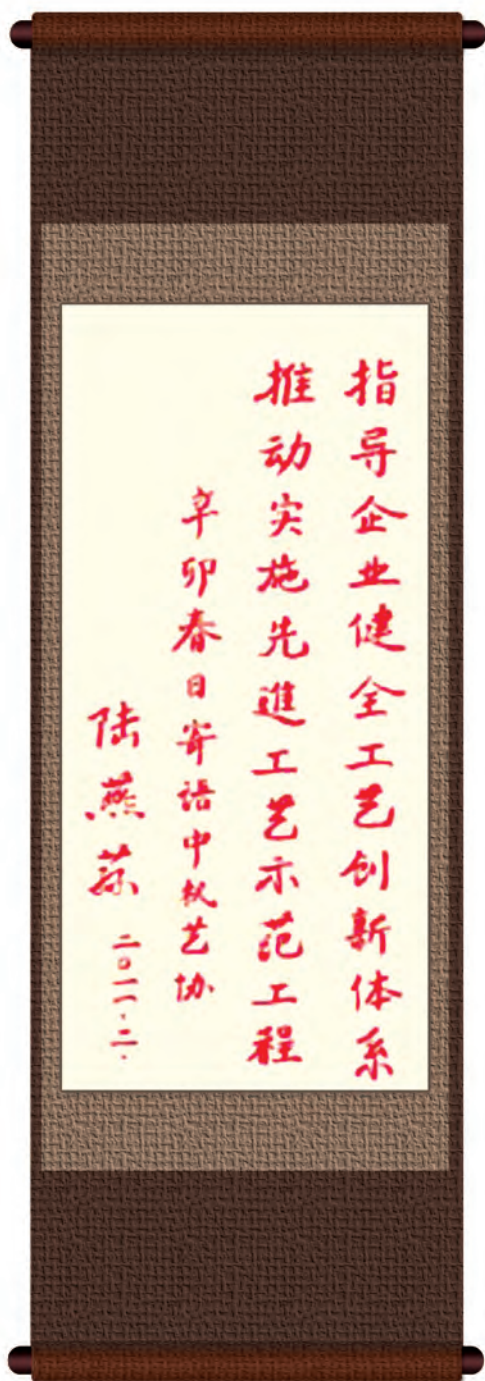
王建军 左健民 史苏存 孙海涛

严建文 李永革 李建军 汪瑞军

张 科 钟明生 高俊峰 梁清延

韩新亮 曾艳丽

秘 书 长：战 丽



专家视点

北斗发展历程与展望·····	P01
异质材料钎焊中的科学问题、技术难点与若干工艺方法·····	P04

协会动态

2020年全国机电企业工艺年会暨第十四届机械工业节能减排工艺技术研讨会在 山东潍坊隆重召开·····	P08
中国机械制造工艺协会基础制造工艺分会第五届换届选举大会顺利召开·····	P09
我会推荐的三项科技成果喜获中国机械科学技术奖奖项·····	P10
我会一项团体标准入选“工信部2020年百项团体标准应用示范项目”·····	P10

政策法规

国家科技奖励新规12月1日起实施三大看点早知道! ·····	P11
--------------------------------	-----

行业动态

2020智能制造科技进展发布·····	P12
“十三五”期间新增减税降费累计将达7.6万亿元左右 ·····	P13
制造业快速增长 服务业稳中向好 最新数据显示中国经济持续向好·····	P15

会员传真

·····	P17
-------	-----

工艺创新

多模态智能感知系统与边云协同技术在工业质量检测与质量控制过程中的应用·····	P21
MES对接下重卡输入轴智能化减材制造 ·····	P35

优秀成果

异质材料钎焊、扩散焊关键技术及应用·····	P39
多元多尺度复合刀具涂层设计与制造技术研发·····	P40
柴油发动机高性能铸造材质工艺开发及应用·····	P41

协会通知

关于缴纳2021年度会费的通知·····	P42
关于征集2021年团体标准立项计划的通知·····	P42

北斗发展历程与展望

王至尧

航天科技集团中国空间技术研究院

1 引言

1.1 系统工程

系统工程是把产品、工程、项目或系统视为一个整体,研究整个系统的设计和应用,而不是更多关注其组成部分细节。系统工程是研究系统的顶层集成综合、迭代深化,在研发和运行过程中,追求以优化的方式满足系统各方面的要求。系统工程是一门跨学科的综合性科学,它基于对问题做系统的思考,支持横向的决策和持续改进。

1.2 系统工程的核心思想

在系统工程方法论的基础上,综合工程研制和质量管理的相关经验和成果,作为产品工程研究的基础。系统工程的核心思想可概括为以下6个方面:

- (1) 综合集成→构建组成产品工程任务需求的系统原型;
- (2) 集成综合→使系统原型尽可能接近真实系统的技术状态;
- (3) 迭代深化→在新阶段对前一阶段进行迭代、反复识别、分析、持续改进系统设计;
- (4) 放大细节→深化对系统关键细节的把握,追求以优化的方式满足系统各方面的要求;
- (5) 严格管理→实现跨学科协同

和专业综合的基础和保障,它基于对问题做系统的思考,支持横向的决策和持续改进;

(6) 快速成熟→探索开发适用产品工程特点的快速成熟路径和方法,开展有效的质量可靠性验证, FMEA影响分析,环境适应性分析。

1.3 系统工程技术状态基线

技术状态基线(Baseline)是指在某一特定时间正式规定的产品的技术状态,它是后续活动的参照基准。一般要考虑3个基线,即功能(需求)基线、设计(分配)基线和生产(产品)基线。

(1) 功能(需求)基线,主要是对研制任务书规定的产品功能特性和性能特性作出详细说明,以及对有关问题约束形成技术要求。这就是最初的功能技术状态标识。功能(需求)基线系指经正式确认的,用于描述技术状态项目的功能特性、接口特性的文件,一般由设计任务书、产品规范(含环境试验条件)、设计技术流程、IDS等构成。

(2) 设计(分配)基线,是最初批准的分配技术状态标识,通过先行试验等活动和确认,将产品或系统的功能分配到产品的各个组成部分,形成产品各个组成部分的设计任务书。设计(分配)基线系指经正式确认的,一般由设计图表、下一级产品设计任务

书、设计规范、测试覆盖性分析报告、设计关键特性表等构成。

(3) 生产(产品)基线,是最初批准或有条件批准的产品技术状态标识,是经过初步设计、技术设计和鉴定等阶段后,形成产品重复或批量生产使用的成套技术文件。生产(产品)基线系指经正式确认的,一般由工艺总方案、工艺文件、试验大纲与细则、测试大纲与细则、使用说明书、工艺关键特性表、过程关键特性表等构成。

2 中国北斗系统工程研发

2.1 航天现代管理理念

中国北斗系统工程追求“一加一大于二”的效果。提到产品系统工程,那么就想到航天之父钱学森,他为中国航天事业留下了宝贵的遗产:

(1) 完整的科研生产体系:研究院、总体部、设计所、工艺所、材料所、标准化所、情报所、试验站、制造厂、总装厂,发射场,测控系统、基地等。

(2) 建立了一套航天管理理念:一是系统工程,二是技术民主,航天至今一直在坚持。系统工程的核心是一切服从总体,具体体现总体设计部,通过这种机构设置,保证工程最优化。技术民主是所有研制项目都有研制流程和考核节点,预研,产品转型评审制,依据严密体系文件和作业文

件来考核,技术归零和管理归零——双归零质量管理体系保证。

2.2 中国北斗系统工程功能(需求)基线

作为我国全球卫星导航系统建设的新一代“北斗”导航卫星,许多技术和产品都是第一次进行实际在轨考验。它功能(需求)基线主要具有三大技术难点:

(1) 技术指标要求高。全球卫星导航系统与区域卫星导航系统相比,技术要求大幅提升,由此带来新一代“北斗”导航卫星和地面系统的关键指标和技术要求必须大幅提升。

(2) 新技术、新产品多。新一代“北斗”导航卫星系统承担多项新技术验证任务,包括全新的导航信号体制、星间链路体制、综合电子技术等,此外还承担着大量的关键产品实现国产化后的在轨验证任务。

(3) 卫星国产化程度高。为建设自主可控的卫星导航系统,共有77项国产化元器件在导航卫星上首次进行试验和应用,国产化部件35项,部件国产化率由此前的71%提高到98%,卫星上关键器件和部件、芯片全部实现国产化。卫星系统的验证内容之多、范围之广、技术难度之高前所未有的。

2.3 关键技术

北斗三号系统在研制过程中共攻克数百项关键技术,非常有代表性的,自主创新的核心技术就是:

- (1) 星载原子钟——氢原子钟;
- (2) 星间链路——Ka频段微波电路 行波管放大器;
- (3) 大型可展开天线——构架式天线、伞状天线;
- (4) 供电系统——太阳帆板;
- (5) 卫星三轴稳定——动量轮及微推进系统——10N推力器。

3 北斗系统工程经历了“三步走”

第一步是建立北斗一号系统,发射了3颗试验卫星,解决我国卫星导航从无到有的问题。有源定位,抢占国际规定的通信频道见图1。

第二步是建立北斗二号,由14颗卫星组网,从有源定位到无源定位,覆盖范围为我国周边到亚太地区见图2。

第三步是建立北斗三号全球卫星导航定位系统,发射30颗卫星,架设“星间链路”,实现全球组网。见图3。

4 北斗核心技术国产化

4.1 原子钟

原子钟是导航卫星的“心脏”,如今北斗系统采用新型氢原子钟、甚高精度星载铷钟以及原子钟的无缝切换技术,这项突破让导航系统的时频精度提高了一个数量级,见图4。

原子钟是通过原子这一微小量子构件,实现普通钟表一般的“嘀嗒”声。不同的是,这种“嘀嗒”更均匀,表现为一种电磁波形式,通常听不见,只有通过微波信号处理技术才能输为了提高整个服务定位精度水平。星载原子钟有氢原子钟、铯原子钟和铷原子钟,三者相比,铷原子钟体积小、重

量轻、功耗低、可靠性高和寿命长,制造和使用成本也最低,但精度差,我们已用氢原子钟,3百万年差1。美国GPS 氢原子钟为2千万年误差1秒,中国北斗氢原子钟为3百万年误差1秒,1秒=1000毫秒,1毫秒=1000微秒,1微秒=1000纳秒,1秒=10亿纳秒;1纳秒误差为0.3米,定位精度有差距。

4.2 星间链路

在北斗三号上,自主设计了,利用星间链路,来实现星和星之间的精密测量,信息传输,控制指令的传送,北斗三号采用星间链路以后,对整个系统服务精度的提升贡献非常大,我们现在可以达到优于两米,这样一个水平。通过不断研究试验,北斗三号卫星的使用期限由原来的八年,提升至十到十二年,卫星寿命延长可以减少备份卫星的数量,保证长期稳定为用户提供服务。

类似还有地球敏感器以及动量轮/10N推力器等关键技术。

5 北斗系统工程应用

5.1 北斗导航应用系统见图5

5.2 具体应用

利用北斗定位和网络技术,市场上销售的“北斗菜”,扫一扫二维码,

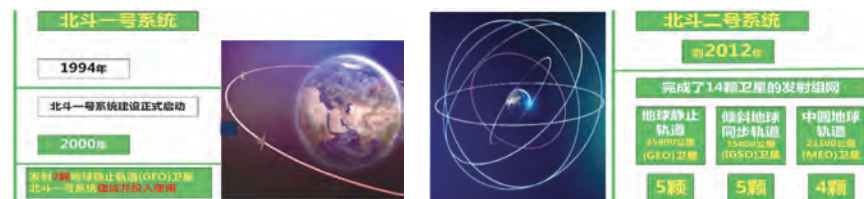


图1

图2



图3

图4

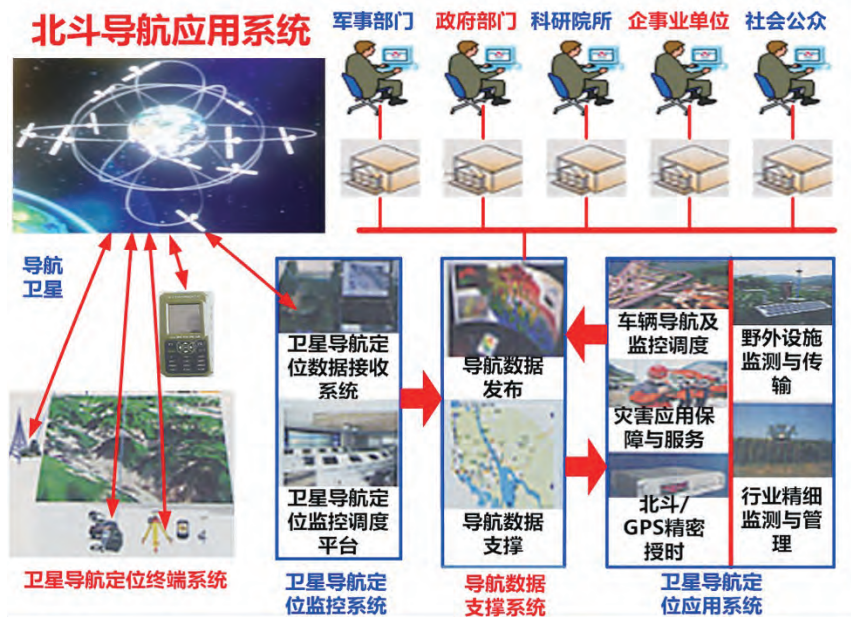


图5

就能追踪它生长过程的所有数据；北斗精准定位、北斗短报文通讯服务已成熟应用于燃气管网日常运营管理中，保障城市燃气安全稳定；北斗高精度燃气泄漏检测系统结合北斗精准服务网，采用第四代激光分析技术，从设备、系统到云实现数字化集成，实时检测甲烷和乙烷，快速判断燃气泄漏、准确定位疑似漏点，实现燃气管网高精度快速体检；“5G+北斗”高精度定位系统，能提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务，可以实现毫秒级时延和厘米级定位；在手机上打开“嵌入”北斗的电子地图、约车软件，出行更加便利；渔民们能够利用北斗系统与家人联络，增进感情；与国内市场联络，提前通知预售；与周边渔船联络，遇险时及时自救和互救；2020年，疫情发生后，火神山、雷神山医院建设分秒必争。北斗高精度定位设备可在环境复杂的场地实现高精度定位、精确标绘，为医院迅速施工争取

宝贵时。同时还能够助力无人机按照系统生成的航点以及飞行路径，实现精准喷洒等防疫作业；无人驾驶拖拉机的自动驾驶系统连接着方向盘上的电机，并通过北斗导航系统控制拖拉机的行进路线。不仅节省人力，还降低了粮食损耗，提高了耕作效率和效益；2020年中国珠峰高精度测量登山队登顶后，测量登队伍在珠峰树立起测量觇标，峰顶GNSS测试首次依托北斗卫星导航系，使用雪深雷达探测仪探测峰顶雪深，并使用重力仪进行重力测量。

6 北斗四号系统工程展望

就像移动通信发展一样，现在处于5G开始普及的阶段，与此同时6G规划已在谋划中。北斗导航系统的发展也是如此，据《IT时报》记者了解，新一代北斗导航系统已经在酝酿中。“下一代北斗系统的框架设想，向更泛在的PNT（导航、定位、授时）方向发

展，建立国家时空体系。卫星导航系统只是这个体系的组成部分，还有其他技术会同步发展，要做到无处不在的导航定位。预计，到2025年时完成下一代北斗系统的框架设计，并且进行初步的性能试验，而到2035年将完成下一代北斗系统的组网工作、初步建成我国泛在国家时空系统。

2020年6月23日，国内最早基于北斗卫星系统（兼容GPS、GLONASS、Galileo）建设高精度定位服务的千寻位置，在发射成功后第一时间宣布，将在今年内完成全球200座全球框架站的部署，通过接收北斗卫星信号，结合自研算法，互联网和卫星双路播发，为海外用户提供动态亚米级和静态厘米级的高精度定位服务。千寻位置提供的高精度时空服务，类似于“增强版北斗”，通过北斗地基增强系统、星基增强系统、星地一体融合能力及全球站网系统，构成了一个实时无缝的“星地一体”高精度时空网络，可以让手机、智能驾驶等用户实现厘米级定位、毫米级感知、纳秒级授时。

据悉，新一代系统将会在导航、星基增强、精密定位、星间链路等方面进一步提升能力，而且会更好融入国家网络信息体系。比如在精密定位方面，因为处于高空高轨，目前北斗三号卫星的信号传到地面时，信号衰减很厉害，无法穿透障碍物。现在解决办法是，通过发射低轨卫星来承担“中继站”的作用，增强到达地面的卫星信号，或者通过在地面建“伪卫星站”，模拟导航卫星向外发射信号。未来，北斗的精密定位能力会有进一步提升。**T**