

数字孪生技术助推海洋科技工业发展

报告人：赵正旭

2020年9月



目录

CONTENTS

01. 战略背景

02. 数字孪生技术

03. 航天领域的数字孪生技术

04. 对海洋信息技术发展的建议



1、战略背景

“海洋强国” 战略

- 党的十八大报告提出 “**建设海洋强国**” 的战略目标。
- 党的十九大报告进一步提出 “**坚持陆海统筹，加快建设海洋强国**” 的战略部署。
- 海洋科技在国家科技大格局中的地位日益突显。
- **海洋科技工业**以维护海洋安全、发展海洋经济为目标，构建海洋装备设计生产服务集群的工业门类。
- 海洋科技发达是海洋强国的重要标志，海洋竞争实质上是高科技竞争，海洋开发的深度取决于科技水平的高度。



“海洋强国”战略



《国家创新驱动发展战略纲要》提出，要发展海洋先进适用技术，加快发展海洋工程装备，构建立体同步的海洋观测体系，推进我国海洋战略实施和蓝色经济发展。

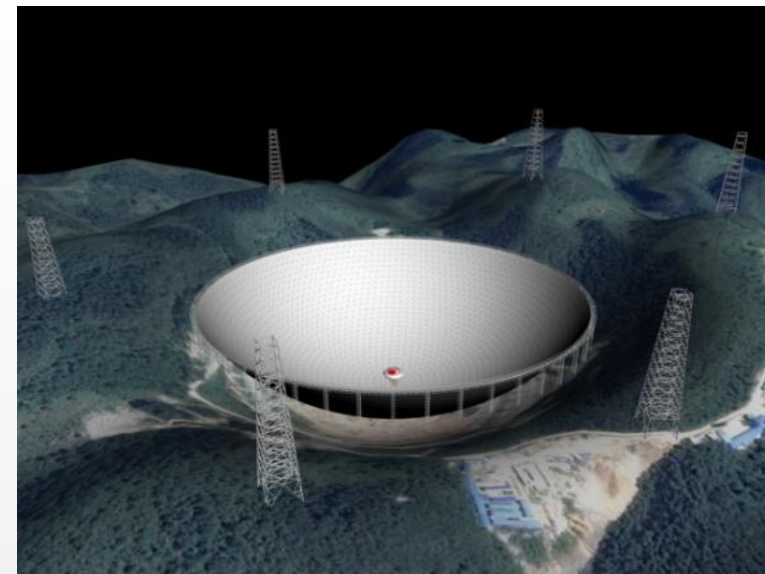
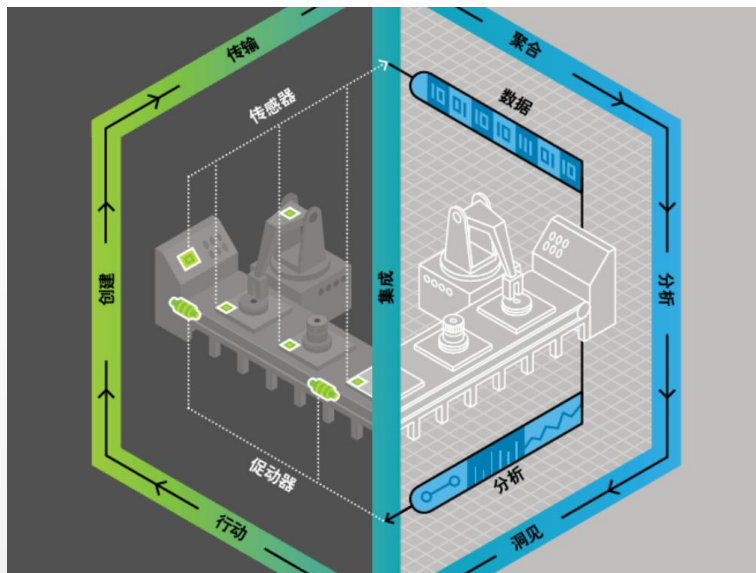
《“十三五”国家科技创新规划》明确提出，我国将加强海洋、极地空间拓展等关键技术突破，提升战略空间探测、开发和利用能力，为促进人类共同资源有效利用和保障国家安全提供技术支撑。



“十四五”战略性新兴产业发展方向布局

新一代信息技术产业		生物产业		新材料产业		数字创意产业	
• 物联网 • 通信设备 • 智能网联汽车 • 天地一体化信息网络 • 集成电路 • 操作系统与工业软件 • 智能制造核心信息设备		生物医药	• 疾病预防 • 早期诊断 • 治疗技术与药物 • 康复及再造 • 中医药	• 先进无机非金属材料 • 重大工程用先进金属材料 • 高分子及复合材料 • 高性能稀土材料 • 新能源与节能环保材料 • 信息功能材料 • 高端生物医用材料 • 前沿新材料与材料基因工程		数字创意技术装备	• 高清产业 • VR/AR产业 • 数字内容生产和创新设计软件
						数字内容创新	• 数字文化内容创作 • 智能内容生产平台 • 文化资源转换
		生物制造	• 能源生物炼制 • 化工与材料的生物制造 • 生物反应器及装备技术			创新设计	• 制造业创新设计 • 服务业创新设计 • 人居环境创新设计

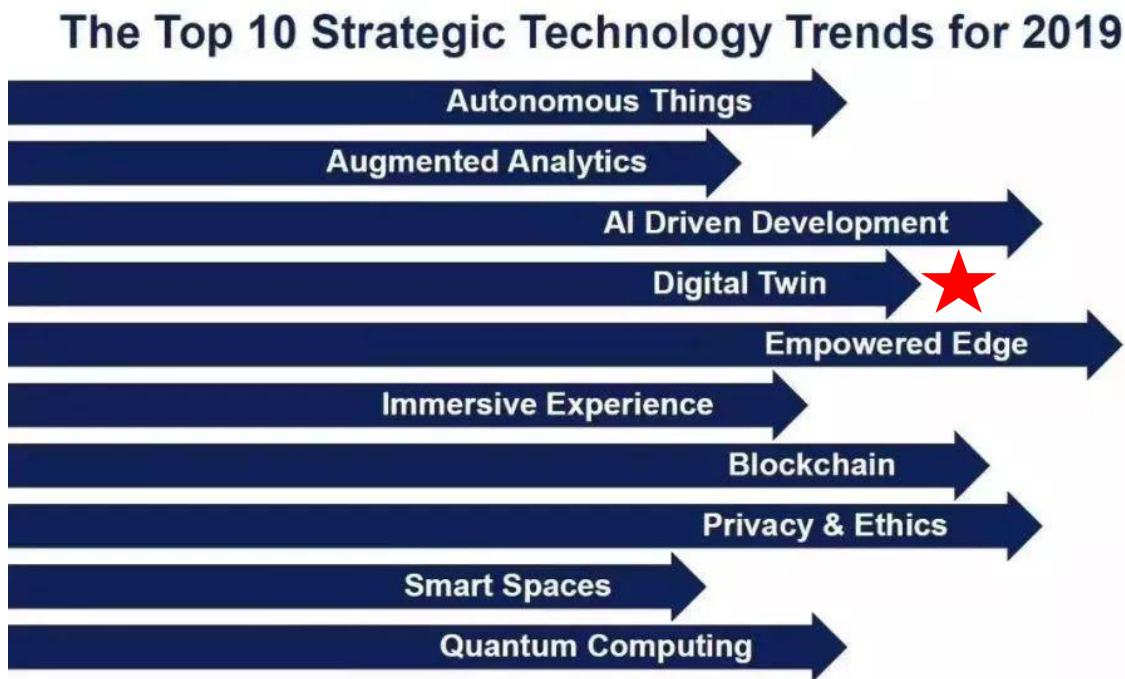
高端装备制造产业				绿色低碳产业	
航空装备	• 大型客机 • 军用战斗机 • 军用大型运输机 • 支线飞机 • 通用飞机和直升机 • 航空发动机 • 航空设备	海洋装备	• 海洋油气开发装备 • 高技术船舶 • 海洋资源开发装备 • 中高冰级装备 • 海洋环境立体观测装备与技术体系	智能装备制造	能源新技术
					• 煤炭清洁高效利用产业 • 非常规天然气产业 • 综合能源服务产业 • 核能产业 • 风电、太阳能光电、生物质能、地热等产业
航天装备	• 卫星遥感系统 • 卫星通信系统 • 卫星导航授时系统	民生装备	• 农业装备 • 食品装备 • 纺织装备 • 医疗装备		节能环保
					• 节能产业 • 环保产业 • 资源循环利用产业
					新能源汽车
					• 整车集成 • 动力电池、燃料电池 • 电机驱动、智能网联



2、数字孪生技术

数字孪生技术

- ◆ 全球最具权威的IT咨询公司**Gartner公司**，连续3年（2017-2019）将数字孪生技术列为全球十大颠覆性和战略性技术。
- ◆ 世界最大的武器生产商**洛克希德·马丁公司**将数字孪生列为未来国防和航天工业6大顶尖技术之首。
- ◆ 美国航空航天局（NASA）、波音公司、西门子、通用电气等全球工业巨头均将数字孪生技术列为未来工业技术重大战略。



47 © 2019 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner is a registered trademark of Gartner, Inc. and its affiliates.

数字孪生技术

2020年4月，工信部装备司发布《智能船舶标准体系建设指南》，首次提到数字孪生技术。指南中共列举了7项关键技术，分别是：

- 信息感知
- 网络与通信
- 网络安全与信息安全
- 数据管理与应用
- 系统集成
- 分析与控制
- 数字孪生（体）

**中华人民共和国工业和信息化部**
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China

邮箱登录 | 移动版网站 | 工信微报 | RSS订阅

统一搜索

看新闻 找文件 查办事 提意见 查数据 要投诉

 工业和信息化部  新闻动态  政务公开  政务服务  公众参与  工信数据  专题专栏  疫情防控专题

首页 > 公众参与 > 意见征集 > 正文

公开征求对《智能船舶标准体系建设指南》（征求意见稿）的意见

发布时间：2020-04-30 来源：装备工业二司 分享：

为贯彻落实《智能船舶发展行动计划（2019-2021年）》《智能航运发展指导意见》，充分发挥标准对推进智能船舶发展的指导、规范、引领和保障作用，我们组织有关单位编制完成了《智能船舶标准体系建设指南》（征求意见稿）（见附件1）。

现公开征求社会各界意见，如有意见或建议，请填写《征求意见反馈信息表》（见附件2）并反馈至工业和信息化部装备工业二司船舶处，电子邮件发送至SHIP@miit.gov.cn（邮件主题注明：智能船舶标准体系建设指南征求意见稿反馈）。

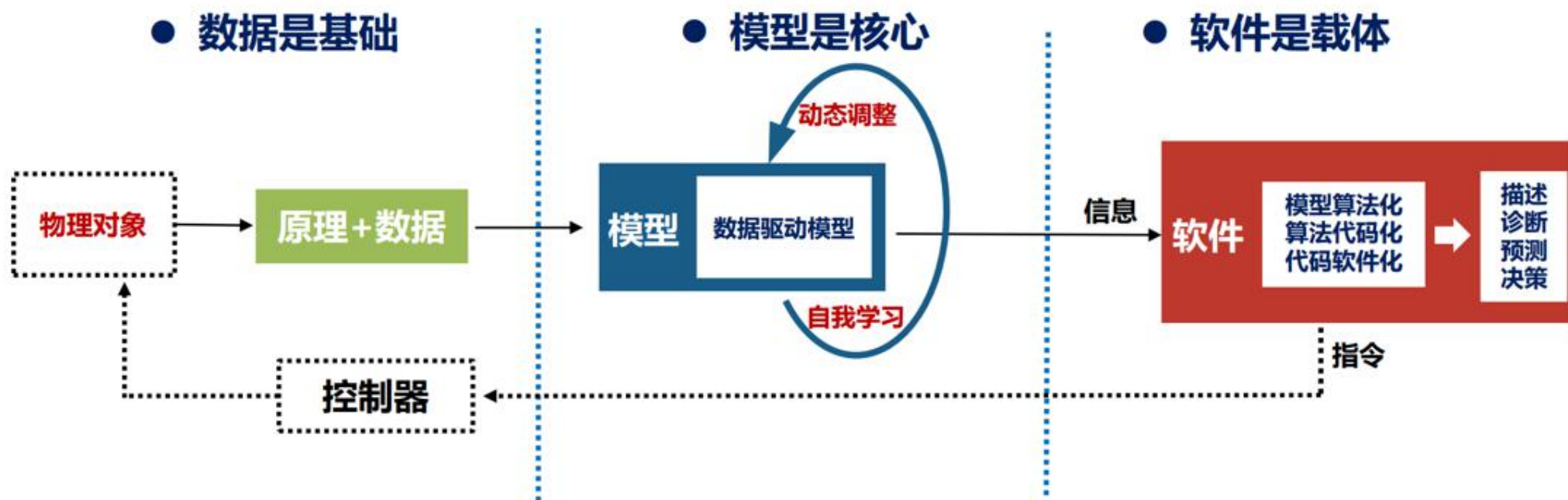
征求意见时间：2020年4月30日-2020年5月29日
联系电话：010-68205620
电子邮件：SHIP@miit.gov.cn
地 址：北京市西长安街13号
工业和信息化部装备工业二司船舶处
邮 编：100804

附件：
1. 《智能船舶标准体系建设指南》（征求意见稿）.pdf
《智能船舶标准体系建设指南》（征求意见稿）.doc
2. 征求意见反馈信息表.docx

工业和信息化部装备工业二司
国家市场监督管理总局标准技术司
2020年4月30日

数字孪生技术

数字孪生（Digital Twin），是综合运用感知、计算、建模等信息技术，通过软件定义，对物理空间进行**描述、诊断、预测、决策**，进而实现物理空间与赛博空间的交互映射。



数字孪生技术

数字孪生技术架构：分为物理层、数据层、模型层、功能层。



数字孪生技术

数字孪生技术的典型特征：

数据驱动

数字孪生的本质是以数据的流动实现物理世界的资源优化。

模型支撑

数字孪生的核心是面向物理实体和逻辑对象建立数据驱动模型，形成物理空间在赛博空间的虚实交互。

软件定义

数字孪生的关键是将模型代码化、标准化，以软件系统的形式动态模拟或监测物理空间的真实状态、行为和规则。

精准映射

通过感知、建模、软件等技术，实现物理空间在赛博空间的全面呈现、精准表达和动态监测。

智能决策

数字孪生将实现物理空间和赛博空间的虚实互动、辅助决策和持续优化。

数字孪生技术

数字孪生技术需要解决的关键问题：

物理实体维度

如何实现多源异构物理实体的智能感知与互联互通，实时获取物理实体对象多维度数据，从而实现物理实体的可靠控制与精准执行。

数字模型维度

如何构建动态多维多时空尺度高保真模型；
如何保证和验证数字模型与物理实体的一致性、真实性、有效性和可靠性。

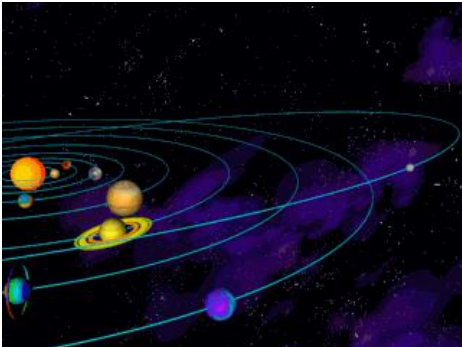
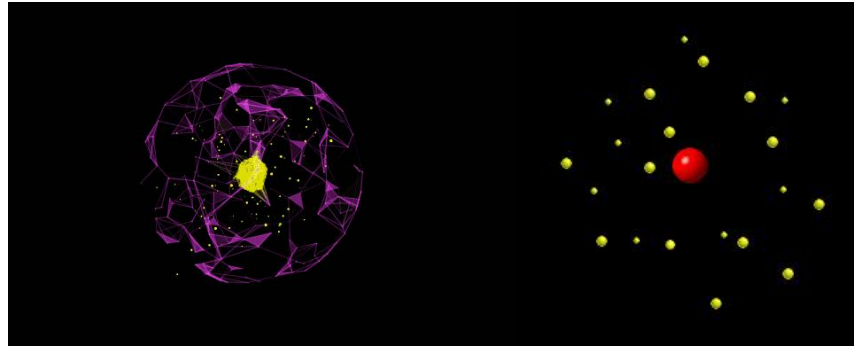
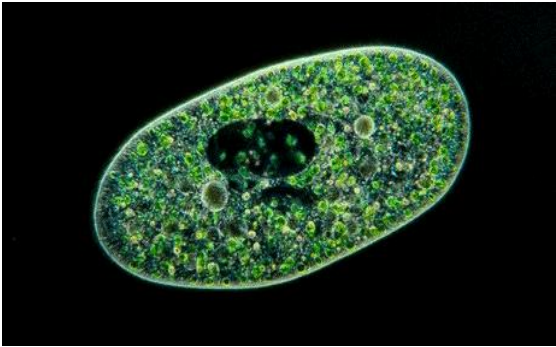
孪生数据维度

如何实现多源异构数据的实时采集与高效传输；
如何实现信息物理数据的深度融合与综合处理；
如何实现孪生数据与物理实体、虚拟模型的精准映射与实时交互等。

交互维度

如何实现跨协议/跨接口/跨平台的实时交互；
如何实现数据-模型-应用的迭代交互与动态演化等。

非可及环境 Inaccessible Environment



太空与深海 Inaccessible Environment

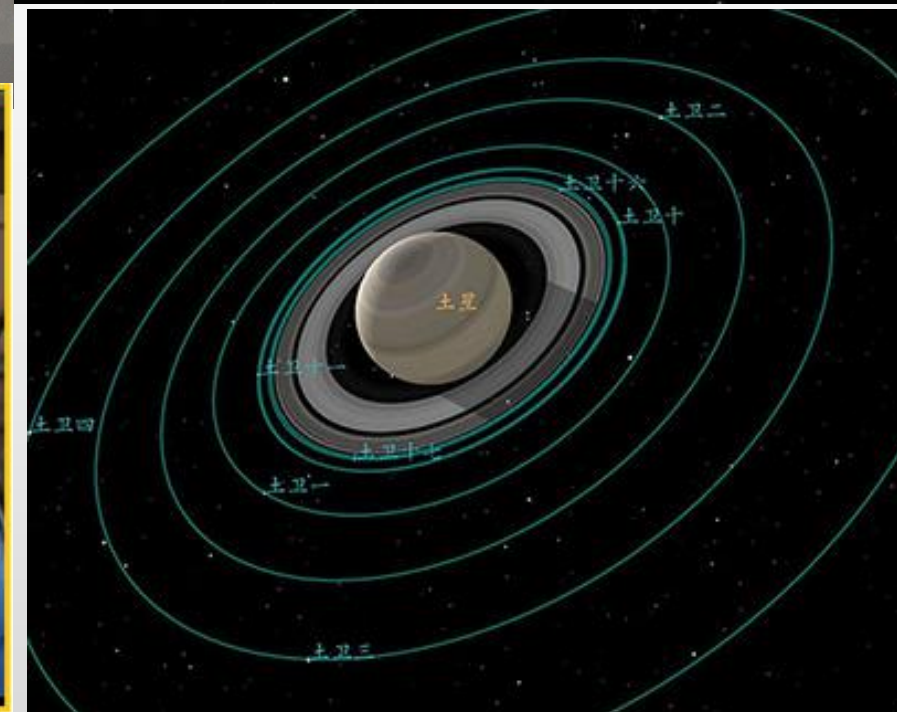
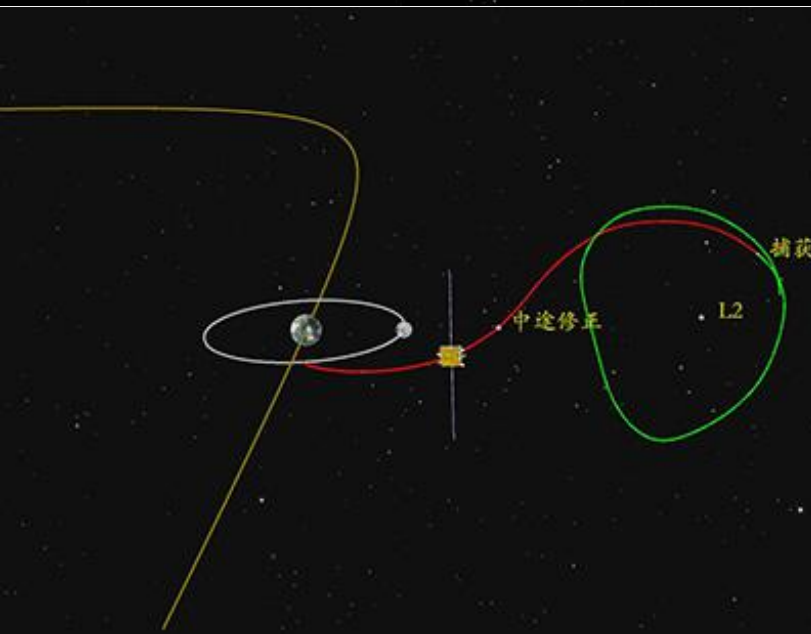
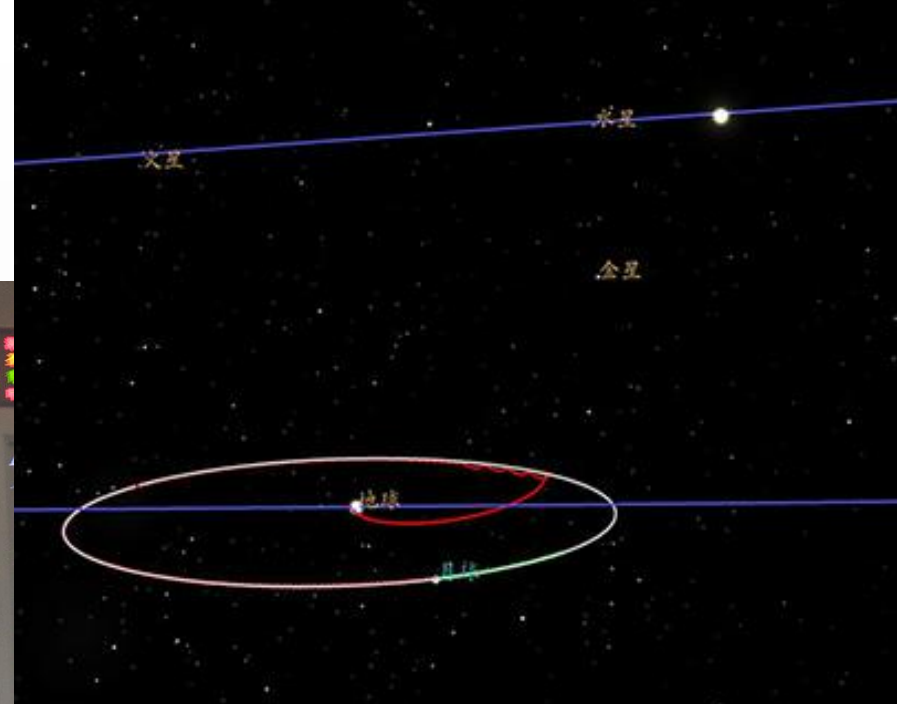
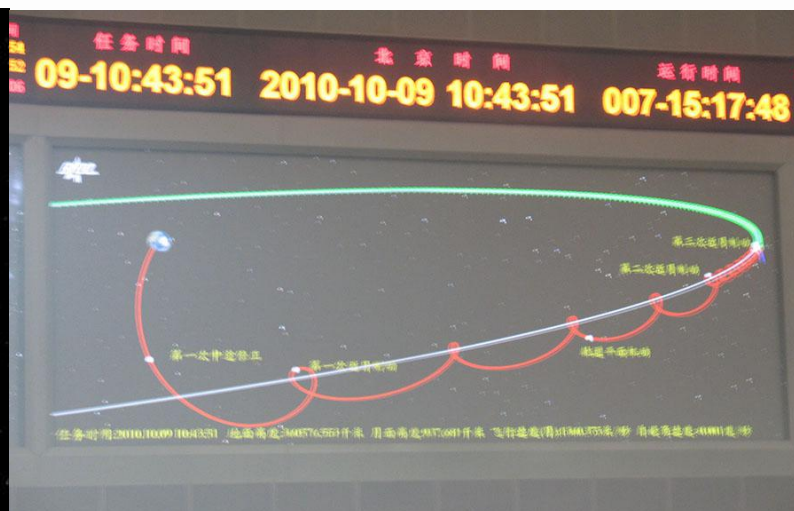
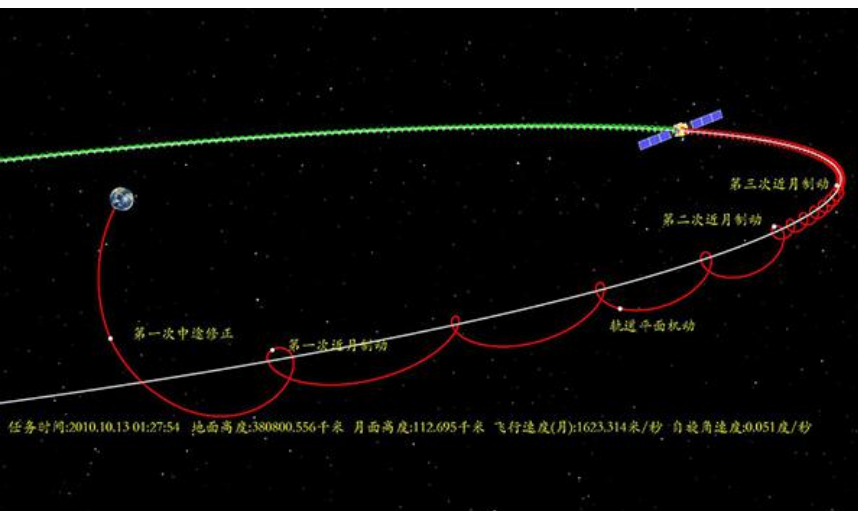


挑战

- 1、人类不能涉足
- 2、视频监控有局限
设备（续航）、动力（电池）、操作（遥操作）
第一人称视角问题
- 3、卫星遥感的技术问题
分辨率、在轨有效载荷、星下点（过境区域）
- 4、多架设监控摄像
在非可及环境中无法实现



第三人称视角



理论仿真
Emulation

实物仿真
计算仿真

技术模拟
Simulation

模型模拟
数学模拟

工程可视化
Visualization

二维图像可视化--过程数据
实时三位可视化--工程操控

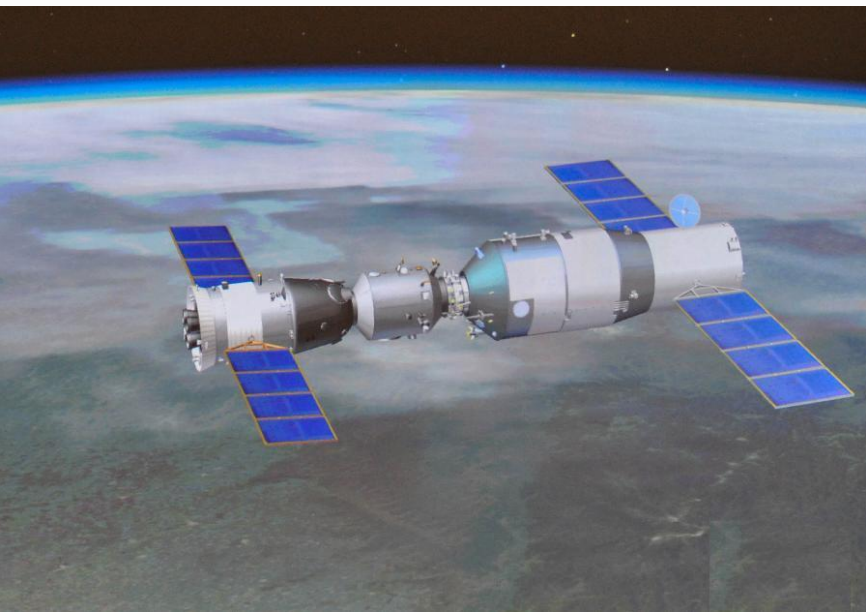


2008年可视化航天：载人航天、探月工程、火星探测、国防军事

现场直播



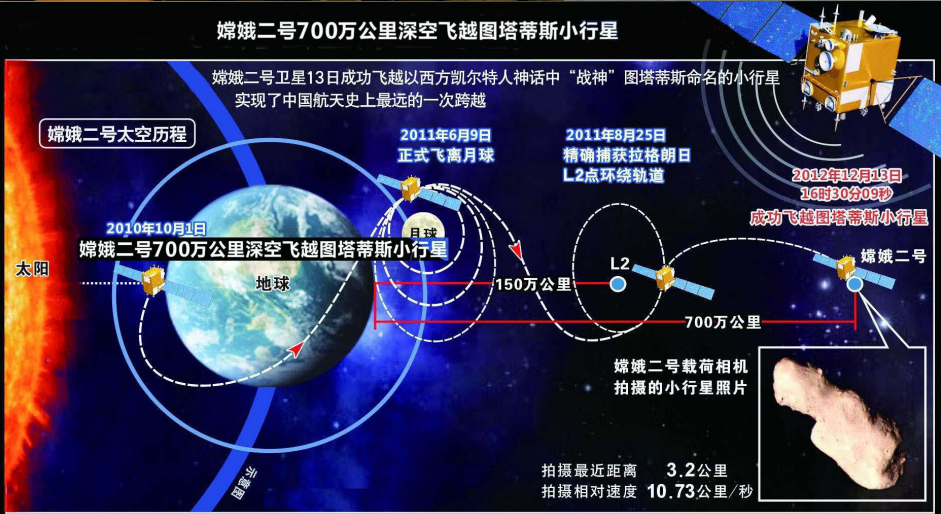
空间态势感知



装备监测与遥操控



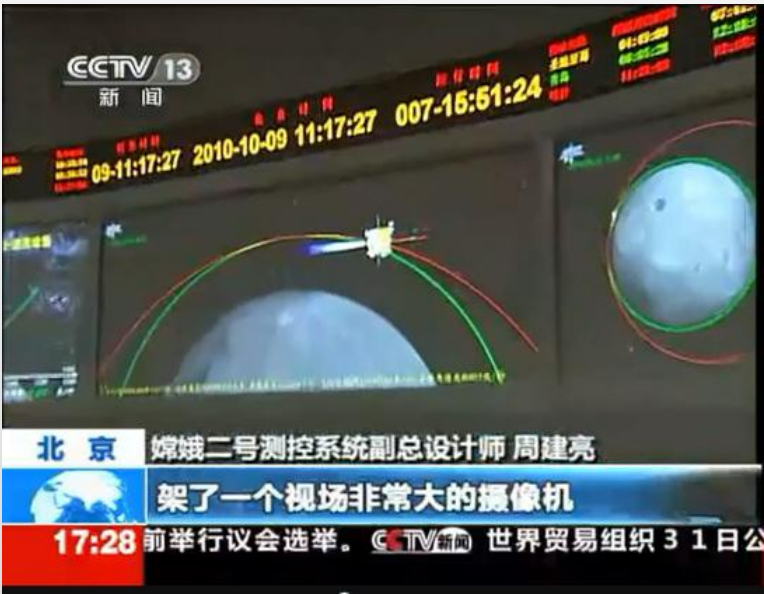
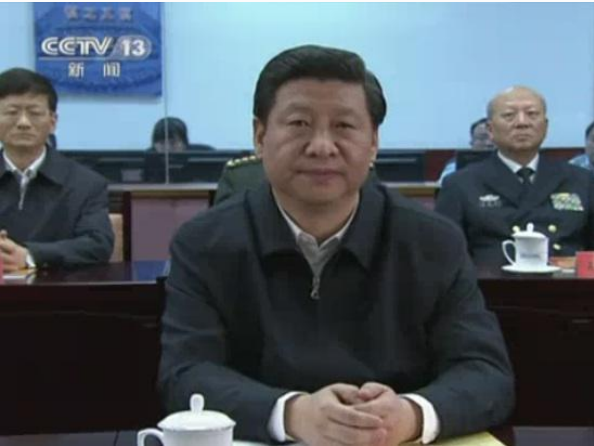
工程控制与任务保障

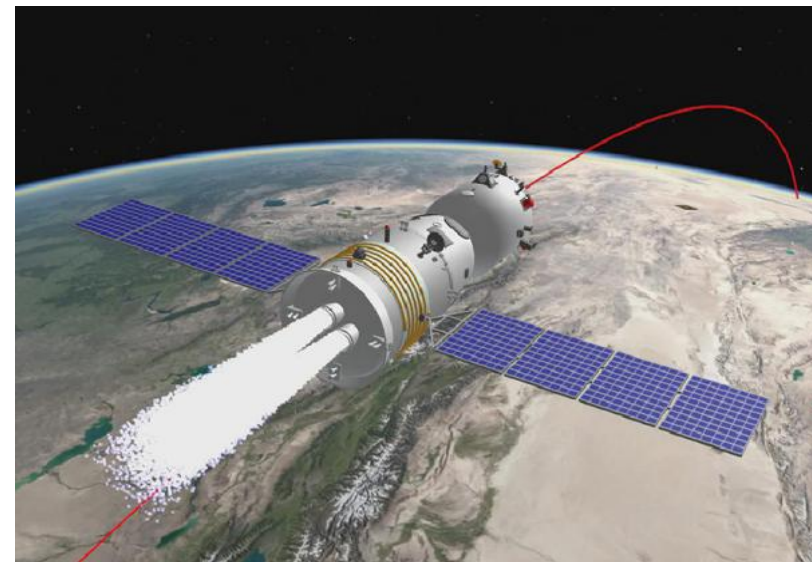
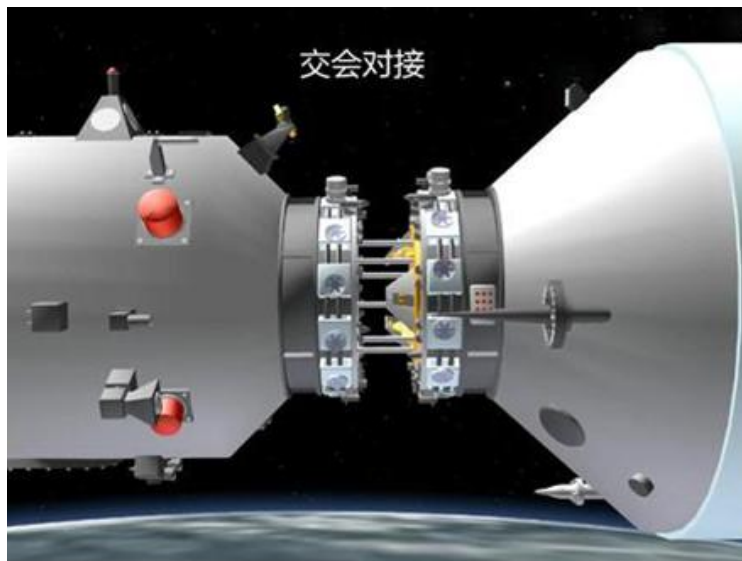
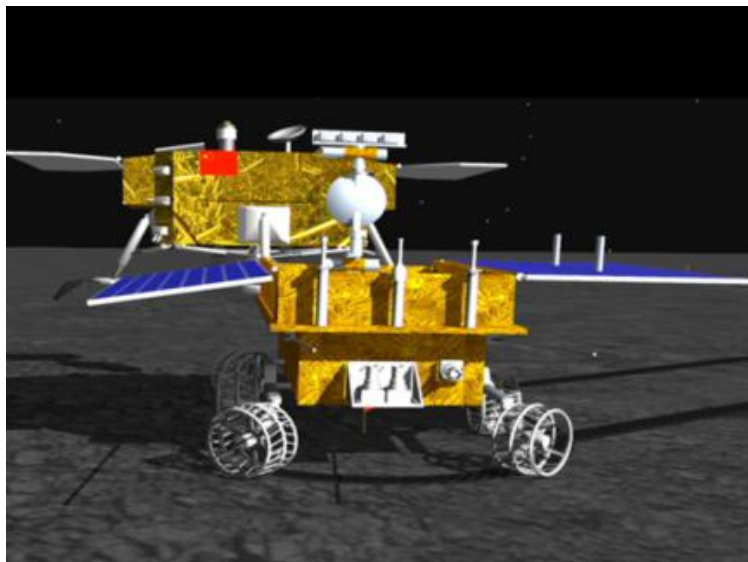


科学观测与分析

2008年可视化航天：载人航天、探月工程、火星探测、国防军事

任务实时观摩与指挥





3、航天领域的数字孪生技术

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



- 
- 2018年，**嫦娥四号**探测器月球背面软着陆可视化飞行控制指挥任务。
- 2017年4月20-27日，**天舟一号**货运飞船与天宫二号自主交会对接可视化飞行控制指挥任务。
- 2016年10月17日-11月18日，**神舟十一号**与**天宫二号**自动交会对接可视化飞行控制指挥任务。
- 2016年6月27日，**长征七号**运载火箭可视化飞行控制指挥任务。
- 2013年12月15日，**嫦娥三号**和**玉兔**月面巡视遥操作信息服务可视化控制指挥任务。
- 2013年12月2-15日，**嫦娥三号**发射、绕月、落月着陆互拍可视化飞行控制指挥任务。
- 2013年6月26日，**神舟十号**飞船返回过程的可视化飞行控制与指挥任务。
- 2013年6月24日，**神舟十号**飞船对**天宫一号**的绕飞可视化飞行控制与指挥任务。
- 2013年6月23日，**天宫一号**和**神舟十号**飞船的手动交会对接可视化飞行控制与指挥任务。
- 2013年6月13日，**天宫一号**和**神舟十号**飞船的自动交会对接可视化飞行控制与指挥任务。
- 2013年6月11日，**神舟十号**载人航天飞船发射可视化飞行控制与指挥任务。
- 2012年12月13-16日，**嫦娥二号**对4179小行星的探测过程的实时可视化任务。
- 2012年6月16-29日，**神舟九号**载人航天可视化飞行控制指挥任务。
- 2011年11月16-17日，**神舟八号**飞船返回指挥任务。
- 2011年11月14-15日，**天宫一号**和**神舟八号**分离和第二次交会对接指挥任务。
- 2011年11月3日，**天宫一号**和**神舟八号**的首次交会对接指挥任务。
- 2011年9月29日，**天宫一号**的发射飞行控制指挥任务。
- 2011年6月9日，**嫦娥二号**驶向拉格朗日L2点的可视化飞行控制指挥任务。
- 2010年9月-11月，**嫦娥二号**绕月探测飞行控制指挥任务。
- 2009年10月-2010年8月，火星探测可视化任务。

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化

深空探测

2009年10月至2010年8月火星探测可视化工程；
2010年9月至11月嫦娥二号绕月探测飞行控制指挥任务；
2011年6月9日嫦娥二号驶向拉格朗日L2点的可视化飞行控制指挥任务；
2013年12月2日至15日嫦娥三号发射、绕月、落月着陆互拍可视化飞行控制指挥任务；
2013年12月15日起嫦娥三号和玉兔月面巡视遥操作信息服务可视化控制指挥任务；
2016年6月27日长征七号运载火箭可视化飞行控制指挥任务；
2018年嫦娥四号探测器月球背面软着陆可视化飞行控制指挥任务；
2019年嫦娥五号探测器月面取样返回可视化飞行控制指挥任务；

载人航天

2011年9月29日天宫一号的发射飞行控制指挥任务；
2011年11月3日天宫一号和神舟八号的首次交会对接指挥任务；
2011年11月14日至15日天宫一号和神舟八号分离和第二次交会对接指挥任务；
2011年11月16日至17日神舟八号飞船返回指挥任务；
2012年6月16日至29日神舟九号载人航天可视化飞行控制与指挥任务；
2012年12月13日至16日嫦娥二号对4179小行星的探测过程的实时可视化；
2013年6月11日神舟十号载人航天飞船发射可视化飞行控制与指挥任务；
2013年6月13日天宫一号和神舟十号飞船的自动交会对接可视化飞行控制与指挥任务；
2013年6月23日天宫一号和神舟十号飞船的手动交会对接可视化飞行控制与指挥任务；
2013年6月24日神舟十号飞船对天宫一号的绕飞可视化飞行控制与指挥任务；
2013年6月26日神舟十号飞船返回过程的可视化飞行控制与指挥任务；
2016年10月17日至11月18日神舟十一号与天宫二号自动交会对接可视化飞行控制指挥任务；
2017年4月20日至4月27日天舟一号货运飞船与天宫二号自主交会对接可视化飞行控制指挥任务；

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



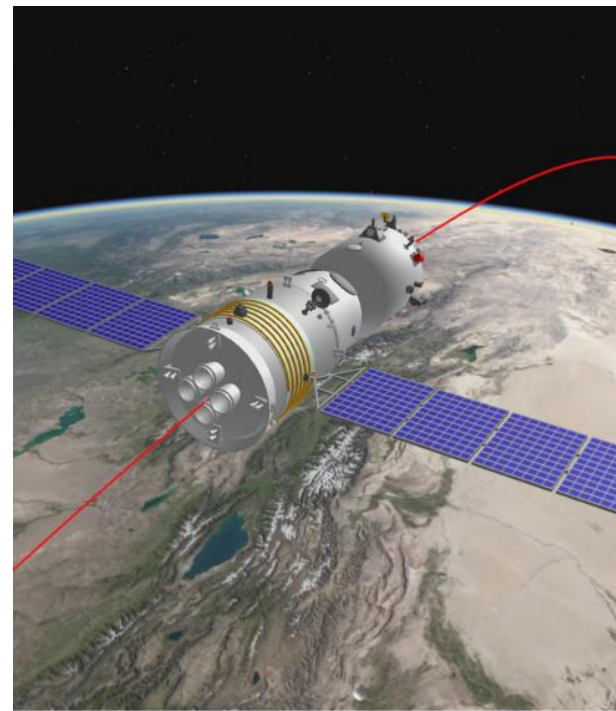
空间碎片监测



低轨卫星组网

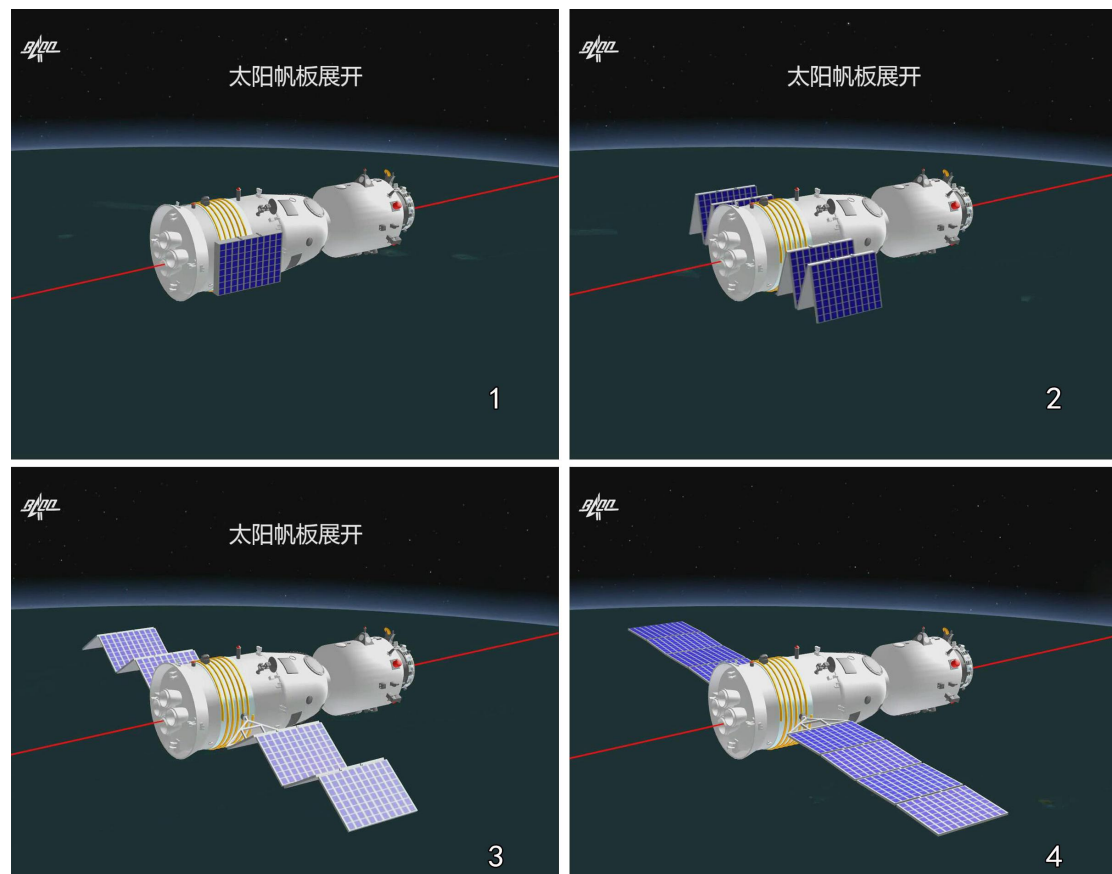


神舟八号火箭发射场景可视化

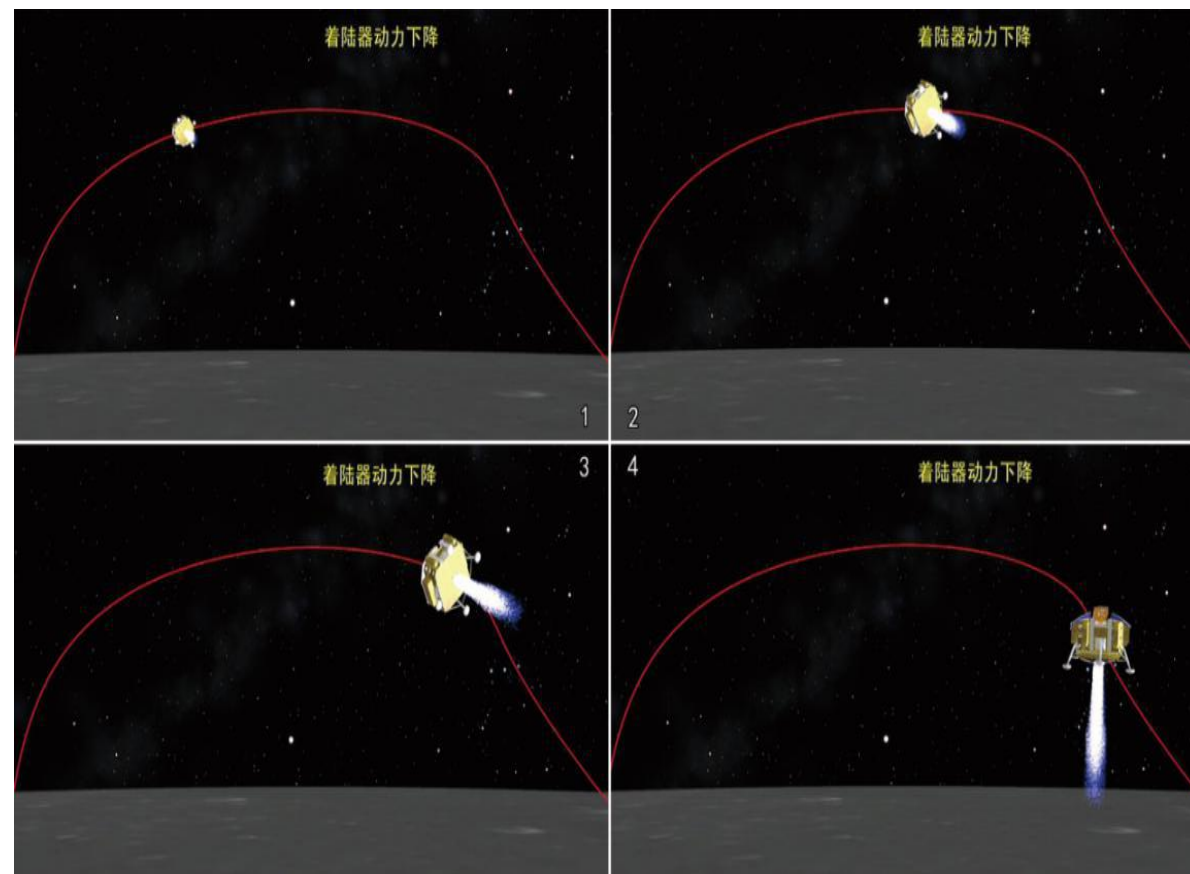


实时监控神舟九号飞行器状态

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化

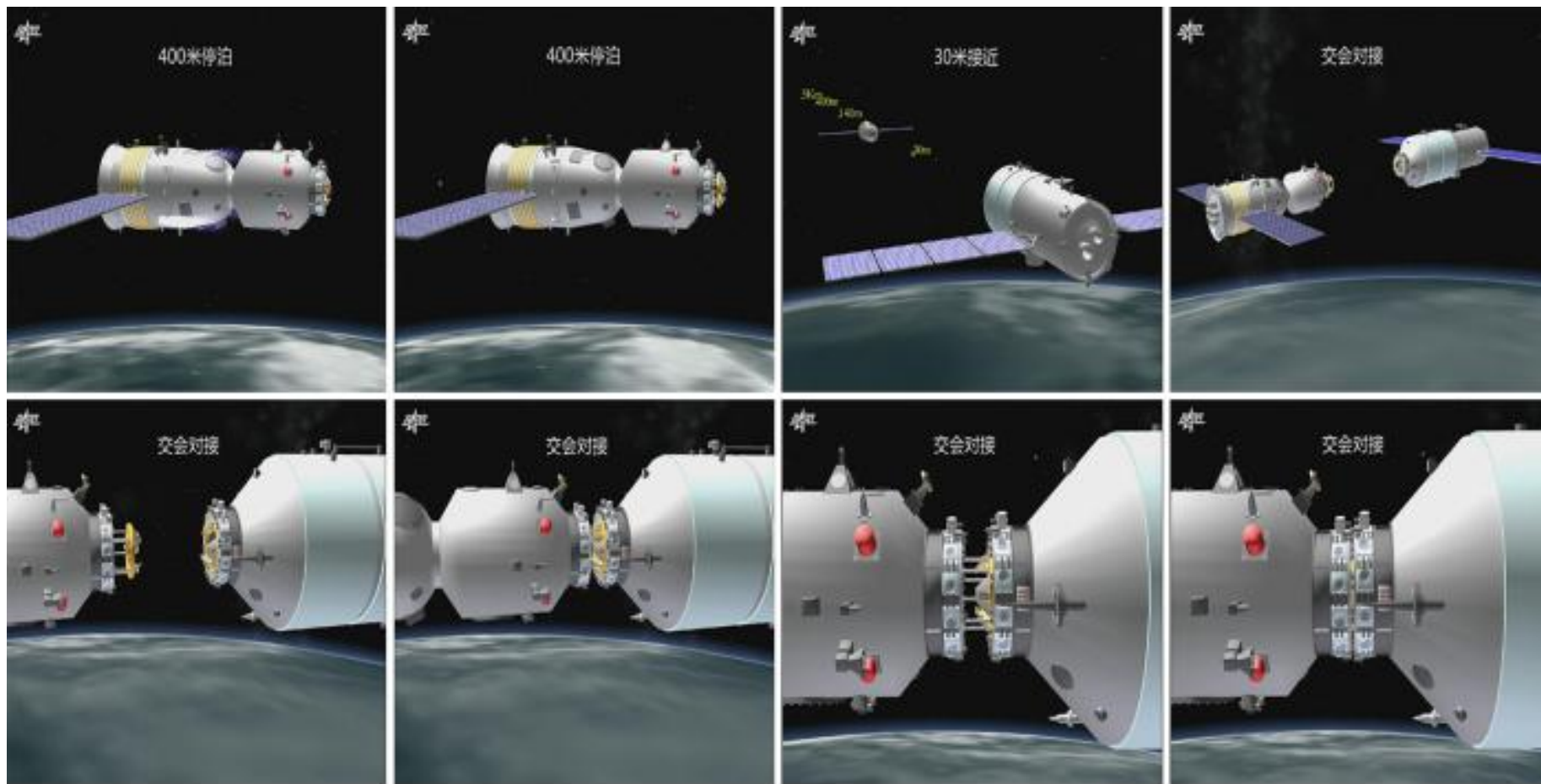


神舟八号太阳帆板展开过程可视化



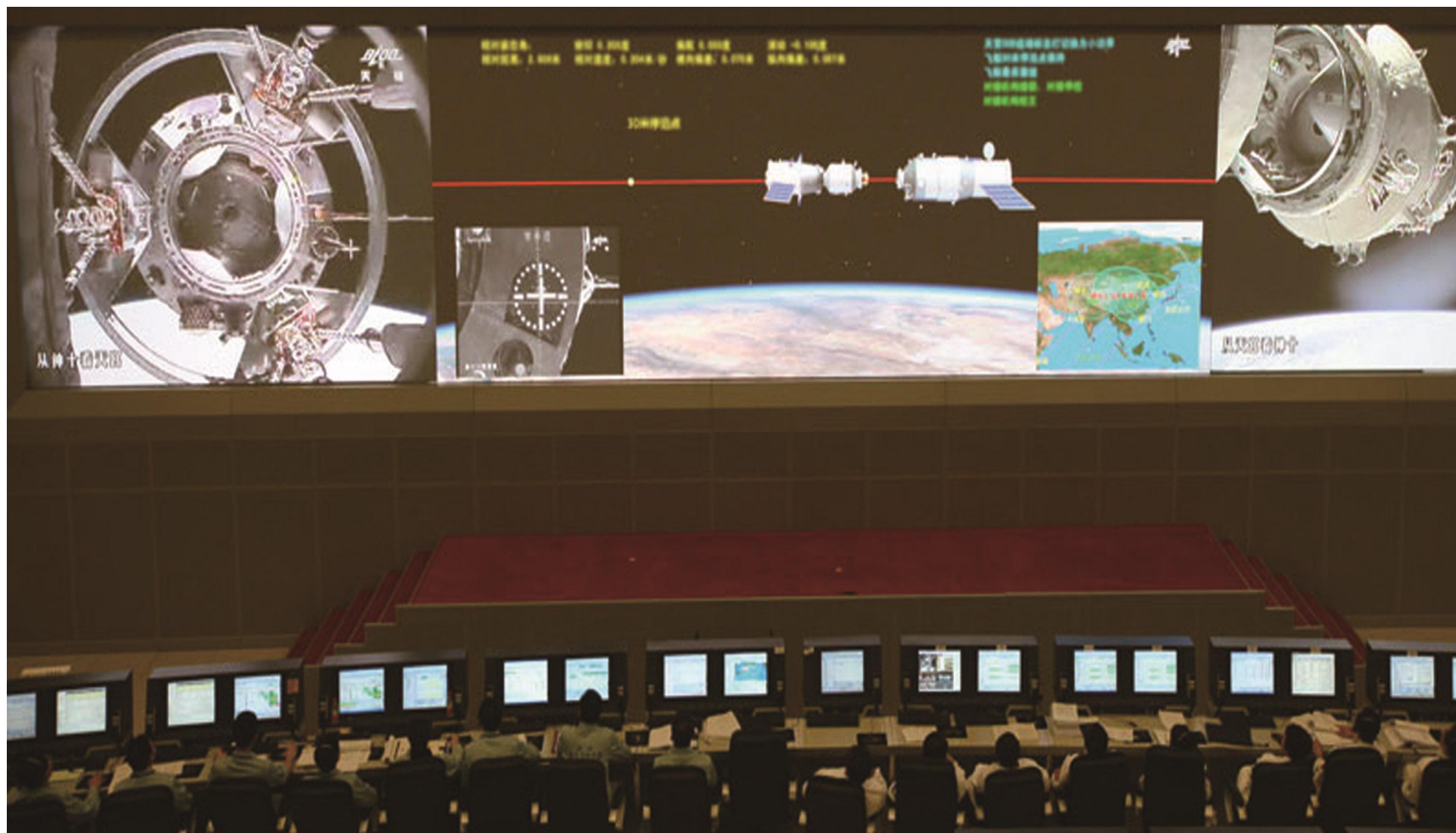
嫦娥三号着陆器落月过程可视化

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



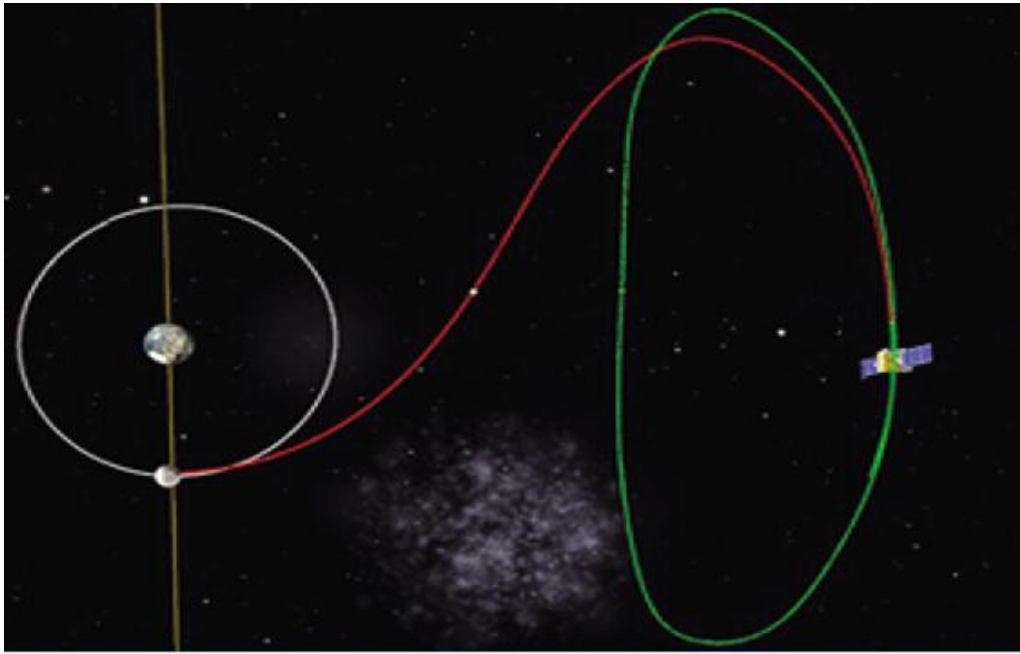
神舟九号与天宫一号交会对接过程可视化

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化

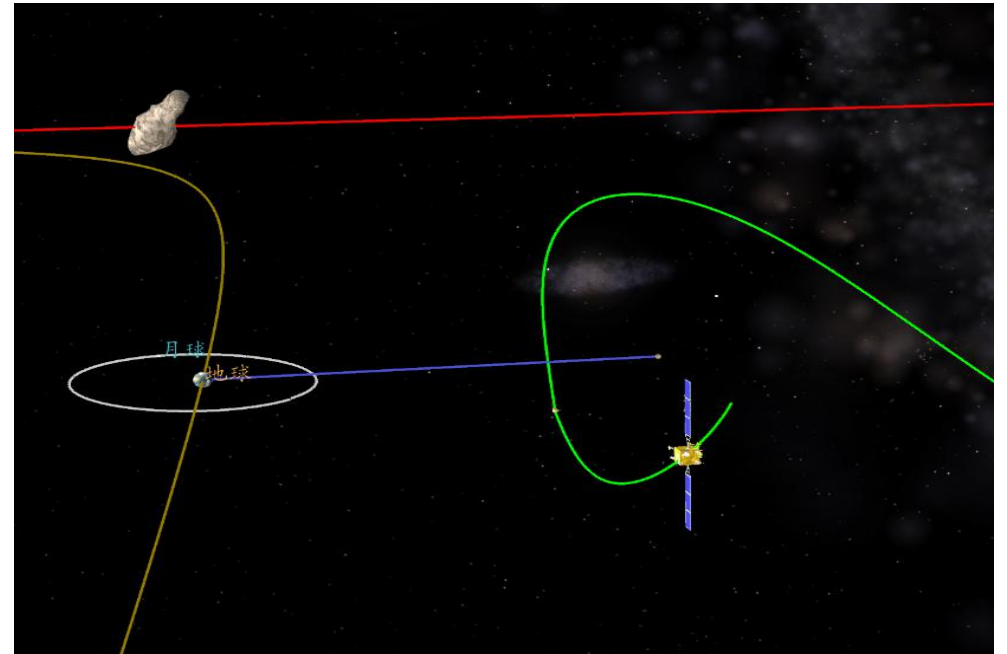


北京航天飞行控制中心，神舟十号与天宫一号交会对接任务现场

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化

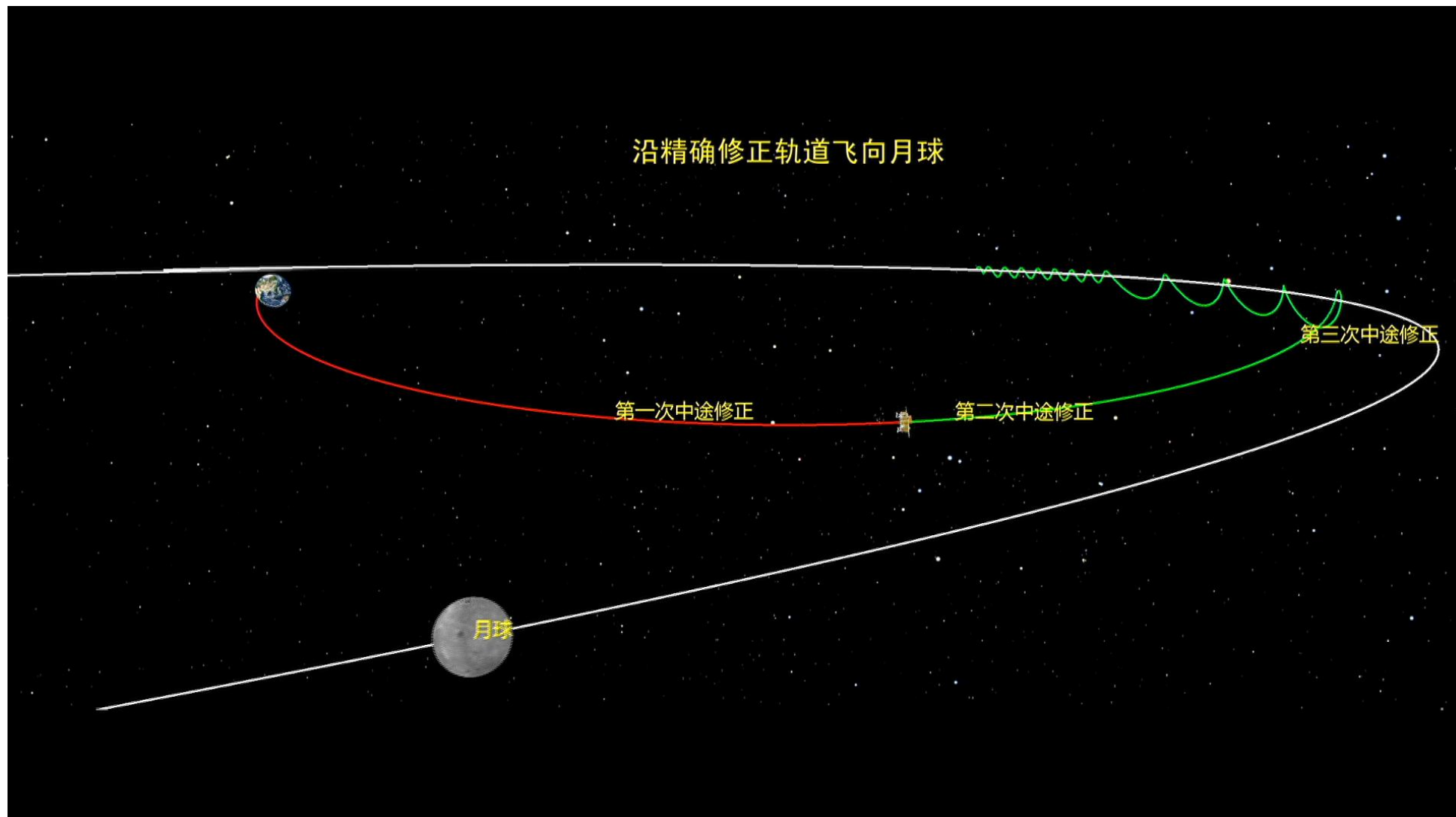


嫦娥二号奔赴拉格朗日L2全程可视化



嫦娥二号飞向4179小行星的飞越与交会任务

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



嫦娥三号轨道修正过程可视化展示

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化

感谢函

值此嫦娥二号卫星成功发射、准确入轨、顺利环月之际，特向贵校表示热烈的祝贺和诚挚的感谢！

在举国欢庆伟大祖国成立 61 周年之际，我们携手完成了嫦娥二号卫星的飞控可视化显示任务。嫦娥二号任务的成功，极大地振奋了中华民族的自信心，进一步增强了民族的凝聚力和自豪感。

在嫦娥二号卫星任务的准备和执行过程中，贵校赵正旭教授带领项目团队与中心协作研发的“探月二期工程三维可视化系统”为任务提供了准确实时的三维视景仿真，系统功能全面、性能稳定、展现精彩。贵校科学统筹、精心组织、精心测试、精心实施，与飞控中心团结协作、密切配合，确保了任务的顺利实施，为任务圆满完成奠定了坚实基础。在任务中，贵校项目团队充分展现了开拓创新、顽强拼搏的进取精神，严谨细实、一丝不苟的工作作风，深深值得我们学习。在此，谨向贵校致以崇高的敬意，对你们所给予的大力支持表示衷心的感谢！

长箭载星奔月去，神州欢腾歌声飞。让我们大力弘扬“两弹一星”精神和载人航天精神，团结一心，密切协作，再接再厉，拼搏奉献，争取我国航天事业的更大胜利，续写中华民族的壮丽篇章！

嫦娥二号任务测控通信指挥部指挥长：

二〇一〇年十月九日

嫦娥二号任务感谢信

感谢信

航天可视化研发团队：

值此嫦娥三号任务圆满成功之际，特向航天可视化研发团队的领导、专家和广大参试师生表示热烈祝贺并致以崇高敬意！

嫦娥三号任务作为我国探月工程承前启后的关键一仗，首次实现在地外天体实施软着陆探测，是中华民族征服太空、实现强国梦的又一辉煌壮举。嫦娥三号任务的圆满成功，为后续任务奠定了坚实基础。在任务准备和执行过程中，团队发扬科学求实精神，严谨细实，攻坚克难，为任务的圆满成功作出了卓越贡献。

对于团队在任务中给予中心的指导帮助和鼎力支持，在此深表感谢！

携手铸辉煌，共圆中国梦。让我们紧密团结在党中央周围，在十八大精神的指引下，乘胜前进、顽强拼搏，为我国航天事业不懈奋斗，继续谱写中华民族伟大复兴的盛世华章！

北京航天飞行控制中心

二〇一三年十二月十五日



嫦娥三号任务感谢信

北京航天飞行控制中心

感谢信

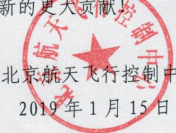
嫦娥四号任务圆满成功之际，谨向贵校领导、专家和广大参试人员表示热烈祝贺并致以崇高敬意！

嫦娥四号任务是国家大事、标志性工程，是探月四期工程首战，是今年航天发射任务的重中之重。任务的圆满成功，实现了人类历史首次在月球背面软着陆和巡视勘察，首次利用运行在地月 L2 点 Halo 轨道的中继卫星提供对地、对月通信服务，有力推动了我国由航天大国迈进航天强国，刷新了进军太空的中国高度，具有重要的里程碑意义，举国关注，举世瞩目。任务准备和执行过程中，你们求真务实、科学探索，攻坚克难、开拓创新，为任务的圆满成功做出了重要贡献。同时，向贵方对中心在任务期间给予的指导、帮助和鼎力支持，表示深深的感谢！

航天攻关任重道远，让我们更加紧密地团结在以习近平总书记为核心的党中央周围，坚定航天报国志向，坚定航天强国信念，大力弘扬“两弹一星”精神和载人航天精神，不忘初心、砥砺前行，团结协作、攻坚克难，为推动我国航天事业新发展新跨越，实现中华民族伟大复兴的中国梦作出新的更大贡献！

北京航天飞行控制中心

2019 年 1 月 15 日



嫦娥四号任务感谢信

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



天宫一号与神舟十号载人飞行任务成功纪念牌匾

北京航天飞行控制中心

感谢函

“天宫一号/神舟八号交会对接任务实时三维可视化测控平台”研发团队：

值此神舟八号顺利返回、我国首次空间交会对接任务圆满成功之际，特向你们表示热烈的祝贺和诚挚的感谢！

这是我国今年最具影响力、最具代表性的高科技实践活动，也是继突破载人飞船天地往返和航天员空间出舱活动技术后，我国航天领域的又一伟大壮举。任务的圆满成功，极大提升了我国的综合国力、国际地位和民族凝聚力。

任务准备和执行过程中，你们与中心协作研发的“天宫一号/神舟八号交会对接任务实时三维可视化测控平台”功能全面、性能稳定，为天宫一号、神舟八号空间飞行过程提供了准确实时的三维视景仿真，特别是两目标轨道/姿态控制、交会对接等关键过程展现精彩、完美、

逼真。你们科学统筹、精心组织、精心测试、精心实施，与飞控中心团结协作、密切配合，确保了任务的顺利实施，为任务的圆满完成奠定了坚实基础。你们开拓创新、勇于攻关、团结协作的优良作风为我们树立了榜样，你们的大力支持和无私帮助使我们倍受鼓舞。

在此，谨向你们致以崇高的敬意，对你们所给予的大力支持表示衷心的感谢！

神圣的使命和共同的理想将我们紧密地联系在一起。让我们在科学发展观的指引下，团结协作，开拓创新，勇于拼搏，敢于超越，努力夺取我国航天事业更大的胜利，续写中华民族更加壮丽的篇章！

北京航天飞行控制中心

二〇一一年十一月十七日

神舟八号胜利返回，北京航天飞行控制中心致函感谢

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



习近平深夜慰问航天工作人员



习近平与三名航天员通话

2013年6月24日，天宫一号与神舟十号组合体正运行在祖国上空，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平到北京航天飞控中心，同正在天宫一号执行任务的神舟十号航天员亲切通话。

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



胡锦涛与神舟九号航天员通话



时任党和国家领导人在北京航天飞控中心
观看天宫一号和神舟八号交会对接任务

2012年6月26日，时任中共中央总书记、国家主席和中央军委主席胡锦涛到北京航天飞控中心，拿起话筒同正在天宫一号执行任务的神舟九号航天员亲切通话。

2011年11月3日，时任党和国家领导人在北京航天飞控中心观看天宫一号和神州八号交会对接任务。

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



团队成员在嫦娥二号任务控制指挥现场

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



嫦娥二号驶向拉格朗日L2点工程控制现场

深空探测可视化系统在北京航天飞控中心
呈现嫦娥二号飞越“图塔蒂斯”小行星探测任务实况



航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



团队执行神舟十号载人航天交会对接任务



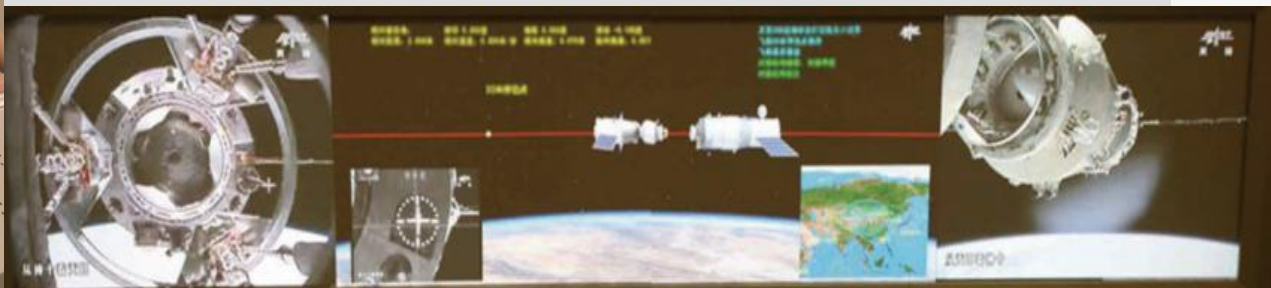
嫦娥三号任务控制指挥现场

航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



团队执行嫦娥四号探月工程任务

神舟十号与天宫一号载人交会对接现场实况



航天领域的数字孪生技术——新闻报道



“感动省城”十大人物颁奖仪式及奖杯

复杂网络可视化研究所创新团队荣获2011年度“感动省城”十大人物荣誉称号，著名主持人张泉灵采访团队赵正旭教授和王威教授。

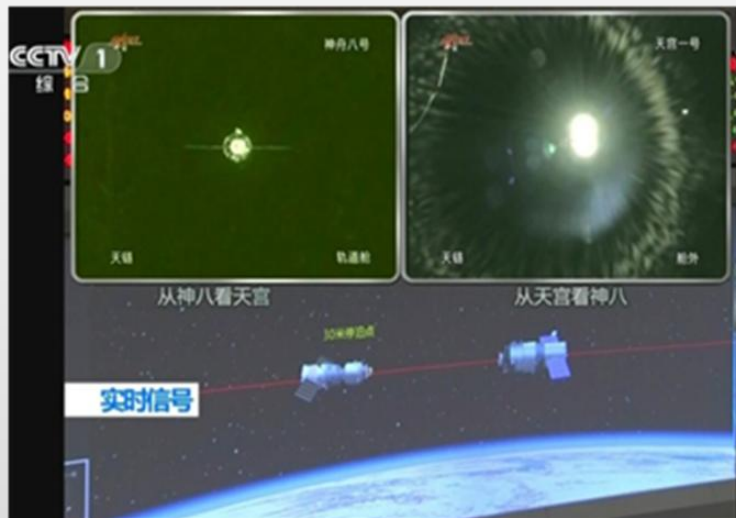
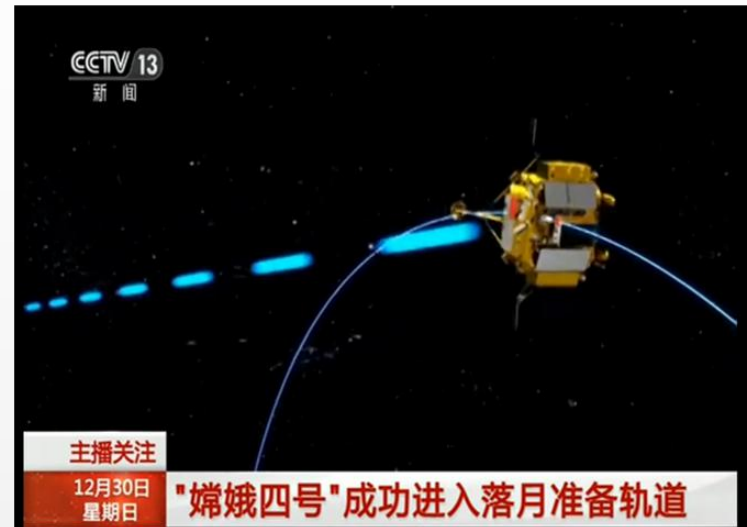
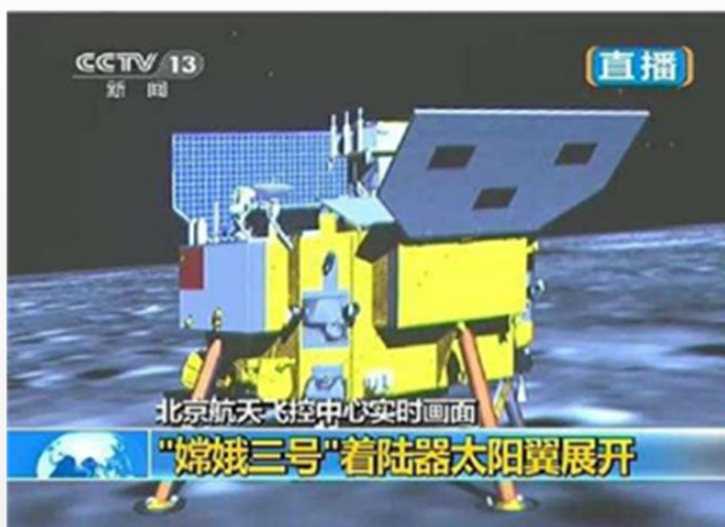


北京航天飞控中心“最佳合作单位”牌匾

在嫦娥二号任务的准备和执行过程中，团队研发的三维可视化系统为“嫦娥二号”发射提供了精确的实时三维视景仿真，北京航天飞控中心向学校授予“最佳合作单位”牌匾。

航天领域的数字孪生技术——新闻报道

载人航天与探月工程任务期间，团队成果直接用于央视直播，以下为部分央视直播截图。



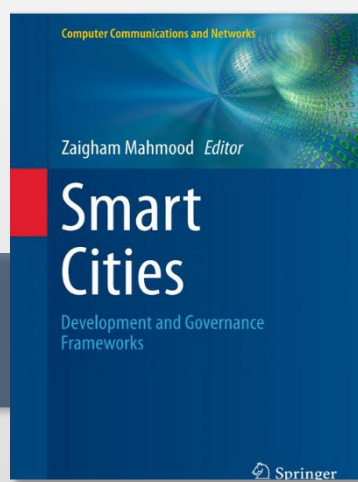
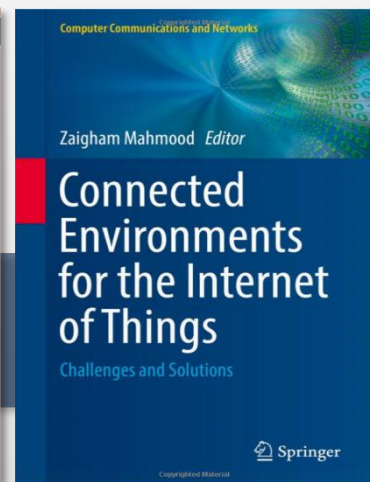
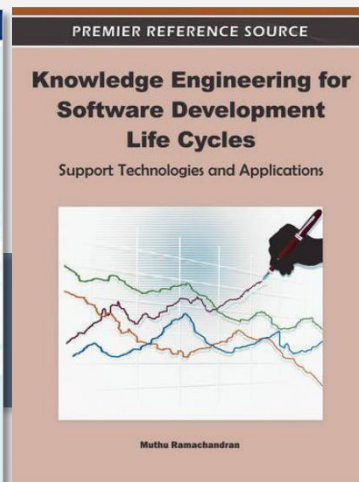
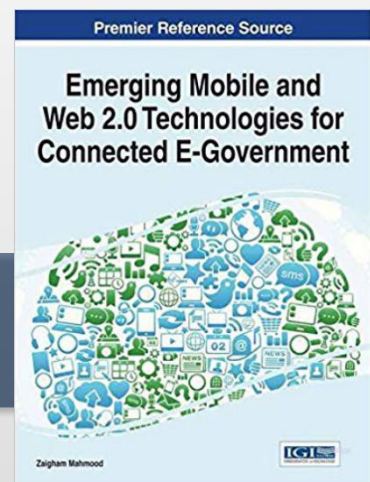
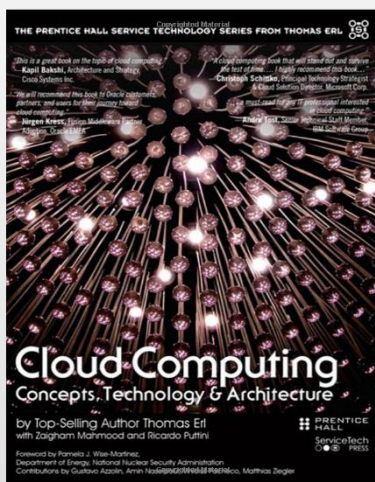
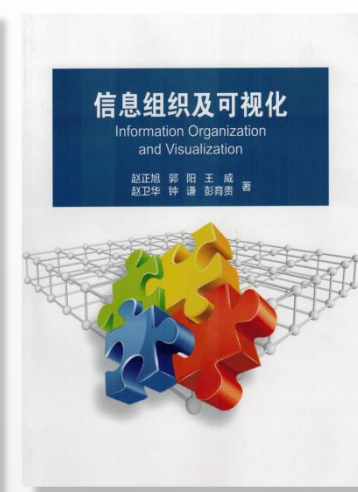
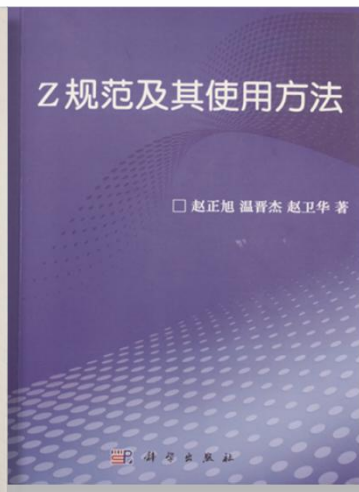
航天领域的数字孪生技术——科研成果

团队主持和参加国家自然科学基金4项，省部级项目39项，科研经费5000多万元；获得省部级科技进步奖一等奖1项、二等奖3项、三等奖4项；省教学成果二等奖1项；复杂网络、信息组织、可视化航天、建模系统设计、Z规范及其使用、国产操作系统使用与推广等领域出版专著54部；发表SCI、EI、ISTP三大检索论文340篇；获得计算机软件著作权15项，发明专利3项。



航天领域的数字孪生技术——科研成果

相关专著



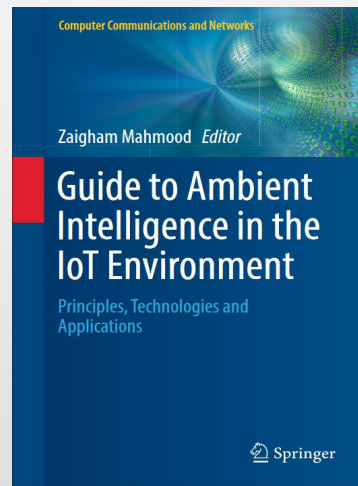
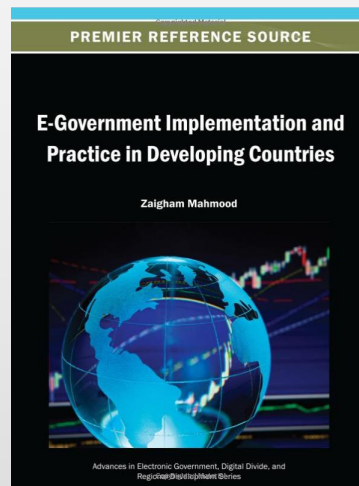
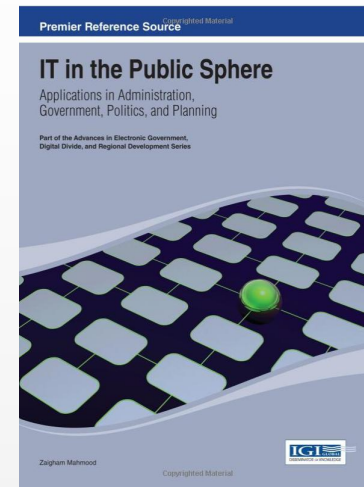
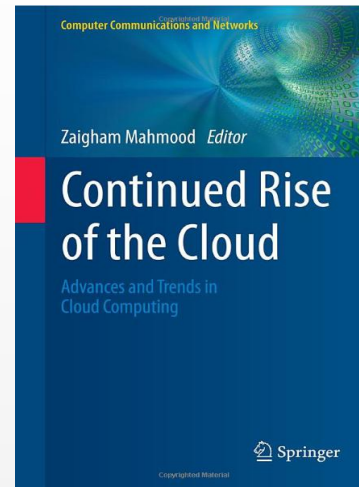
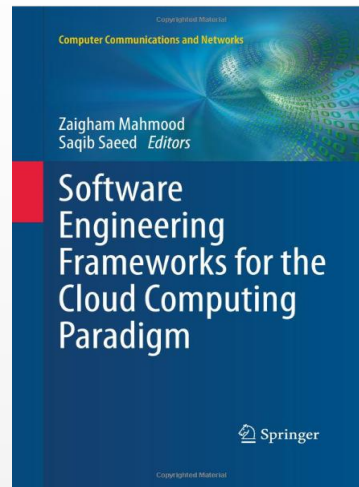
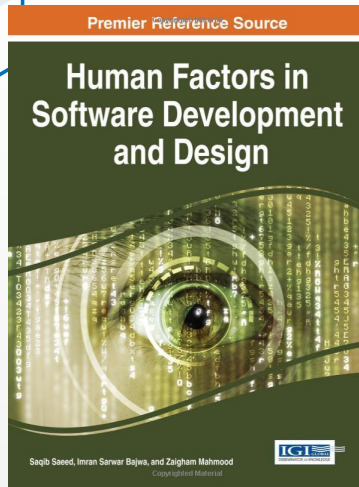
航天领域的数字孪生技术——科研成果

相关专著



航天领域的数字孪生技术——科研成果

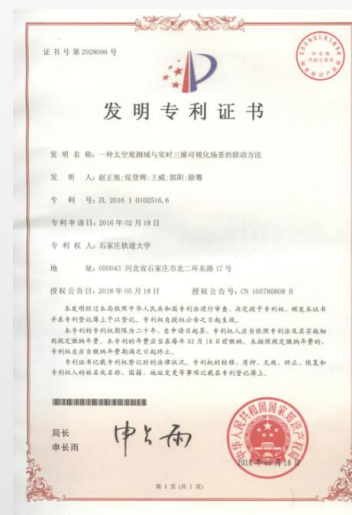
相关专著



航天领域的数字孪生技术——科研成果



软件著作权



相关专利

航天领域的数字孪生技术——合作单位



航天领域的数字孪生技术——实时三维可视化



空间碎片监测与低轨卫星组网联合实验室

国家航天局空间碎片监测与应用中心
青岛理工大学
昆宇蓝程（北京）科技有限责任公司
青岛古镇口融合创新区联合建设的实验室



航天领域的数字孪生技术——其它数字孪生工程



2018年1月6日，团队一行九人赴贵州省对我国“五百米口径球面射电望远镜FAST（中国天眼）”大型科研设施进行了三维可视化工作的实地考察。1月7日，双方就合作事项进行交流，并签订技术合作协议。

航天领域的数字孪生技术——其它数字孪生工程

FAST工程办公室主任张蜀新向在场团队成员介绍了FAST的建设过程。FAST利用贵州喀斯特地区的洼坑作为望远镜台址，建造世界第一大单口径射电望远镜，其拥有30个标准足球场大的接收面积。



五百米口径球面射电望远镜FAST（中国天眼）

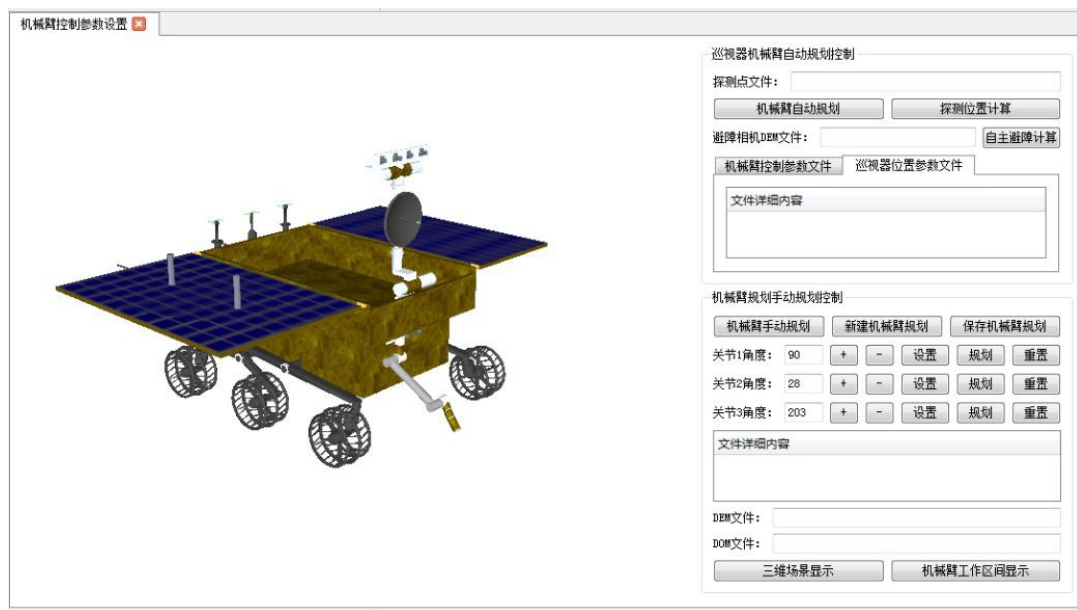
航天领域的数字孪生技术——其它数字孪生工程

团队与中国人民解放军陆军装甲兵工程学院合作完成中国国防科学技术项目：基于海量数据的XXXXX维修保养决策支持系统，支撑国家陆军装备云的建设。

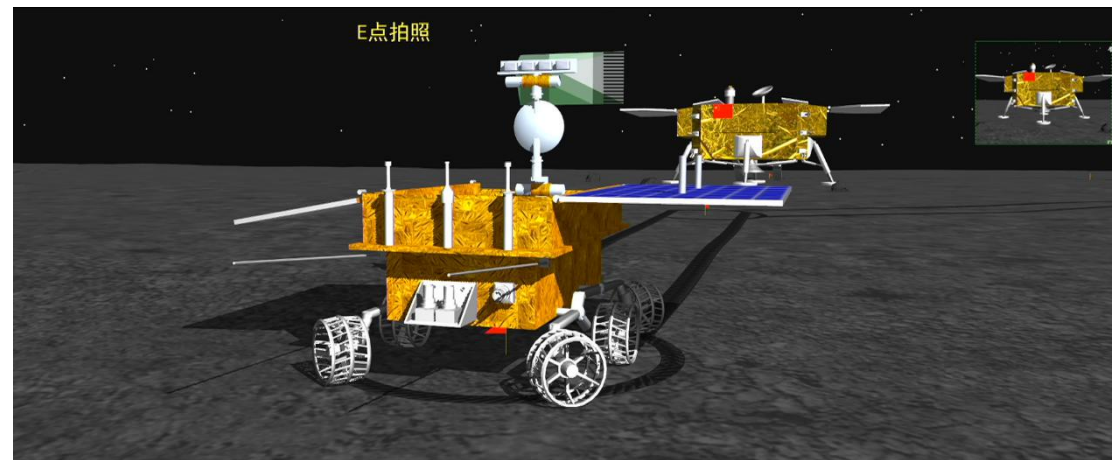


陆军装备实时监控系统

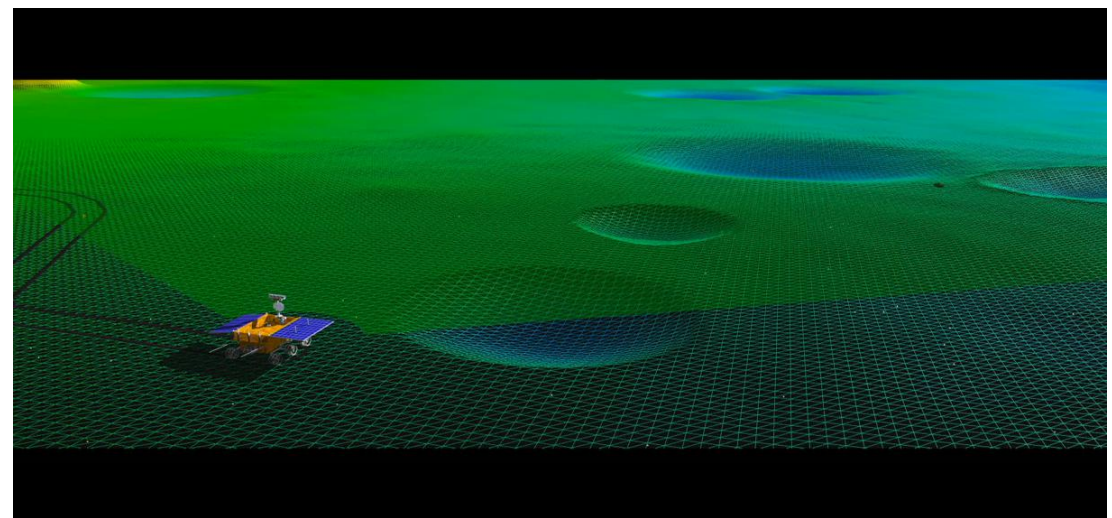
航天领域的数字孪生技术——遥操作



巡视器机械臂参数设置



嫦娥三号两器互拍过程可视化



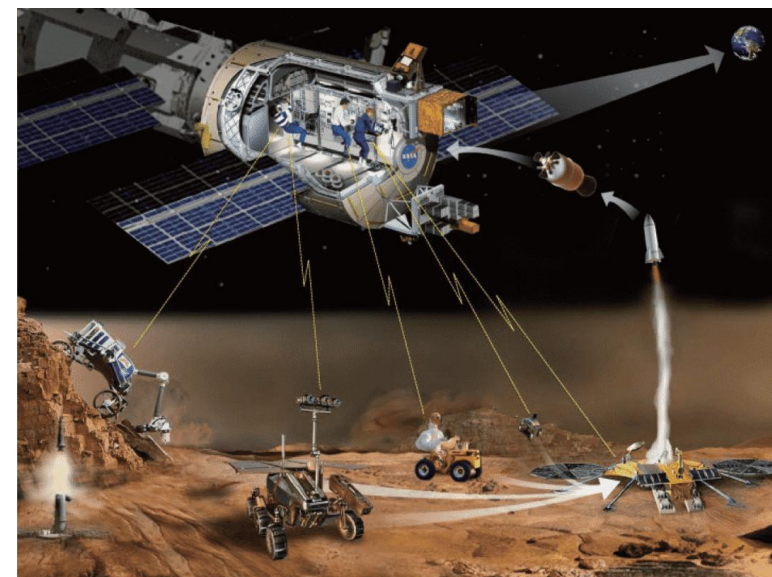
巡视器规划验证界面

航天领域的数字孪生技术——遥操作

月球与火星是目前最具吸引力的地外探测对象。地外遥操作技术是推动未来载人登月、月球基地建设和火星探测等任务实质进展的关键支撑。

目前探测遥操作模式主要有：

- 1、地球控制中心遥操作控制模式；
- 2、在轨对星球表面遥操作模式。



航天领域的数字孪生技术——遥操作

(1) 地球控制中心遥操作控制模式：

由地面操作者根据星球表面作业机器人(具有局部自主能力)的状态反馈对其进行遥操作控制, 可以实现在星球表面缓慢移动、拍照、监测温度、分析星球表面特征等简单作业任务. 但受限于地球与目标星球之间遥远距离造成的较大通信时延、信道抖动和丢失、远程作业环境可视化受限等问题, 该模式下机器人的决策与控制过程极其缓慢和低效, 无法应对深空探测和星球基地建设等工程中高自由度、强交互性、星球表面低延迟响应操作任务需求。

航天领域的数字孪生技术——遥操作

(2) 在轨对星球表面遥操作模式：

航天员在星球轨道载人航天器内, 通过视觉呈现和力觉反馈等设备来感知星球机器人作业状态, 并控制其执行作业任务. 这与地球控制中心遥操作控制模式相比, 大大缩短了通信距离, 保障了足够低的通信时延, 提高了操作效率, 使星球表面机器人在有限的寿命周期内完成更多的科学任务, 同时避免了非必需的航天员着陆星球表面、暴露于星球表面危险环境、发射返回星球轨道的风险和巨额成本, 减少了资源的损耗, 对推动载人登月、月球基地建设和载人火星探测等深空探测任务实质进展具有重要意义。

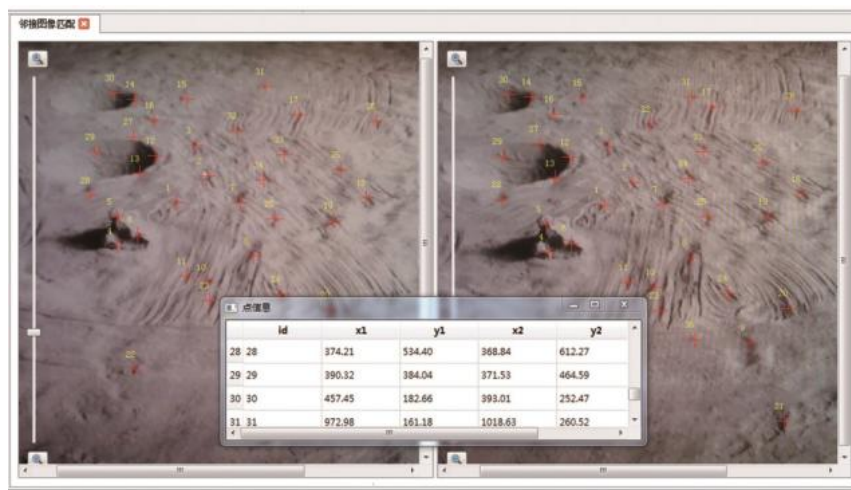
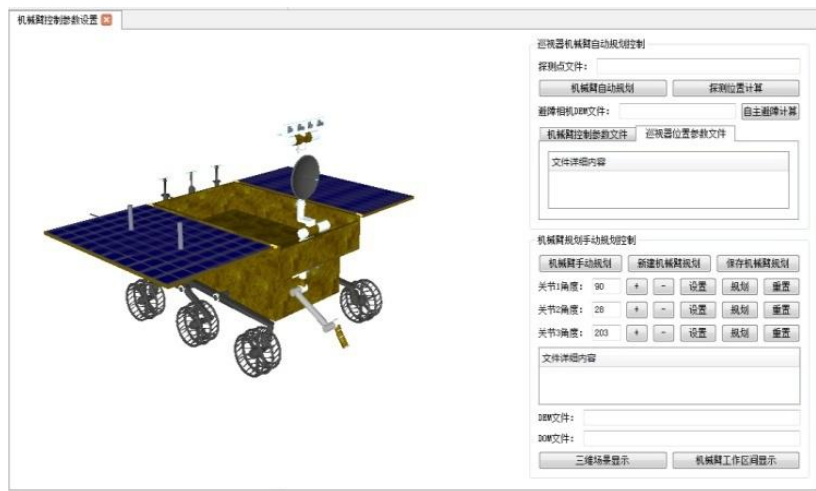
航天领域的数字孪生技术——遥操作

关键技术一：人机交互界面设计

人机交互界面是航天员感知地面作业现场状态, 输入任务级操作指令的主要媒介。人机交互界面设计的优劣将直接决定航天员遥操作效率甚至任务成败。

最优设计原则：

- 根据任务的具体状况, 将航天员执行任务所必须的地面作业状态全面呈现;
- 优化交互界面, 将可视化信息减少到必要的最小值。

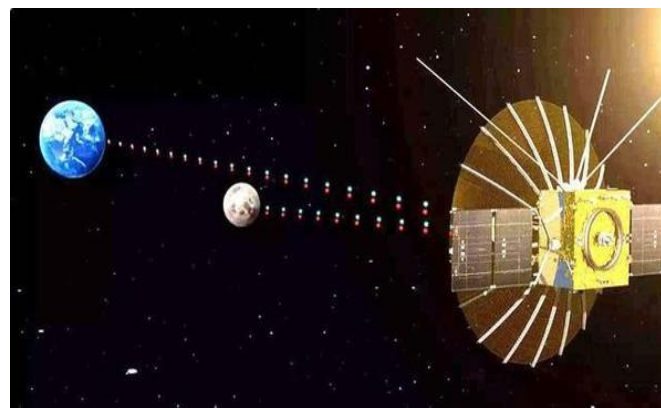
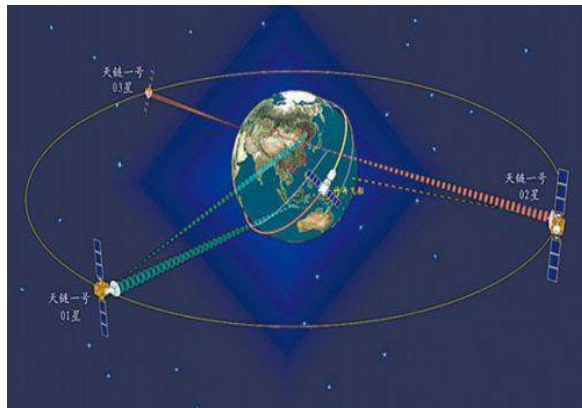


航天领域的数字孪生技术——遥操作

关键技术二：空间通信

空间通信是航天员与星球表面作业机器人进行信息交互的基础。

- **载人航天工程**：天链中继卫星
- **嫦娥四号**：鹊桥中继通信卫星
- **火星探测**：佳木斯66米、喀什35米和阿根廷35米三个深空测控站，实现对天问一号探测器4亿公里距离的遥测、遥控和轨道控制。

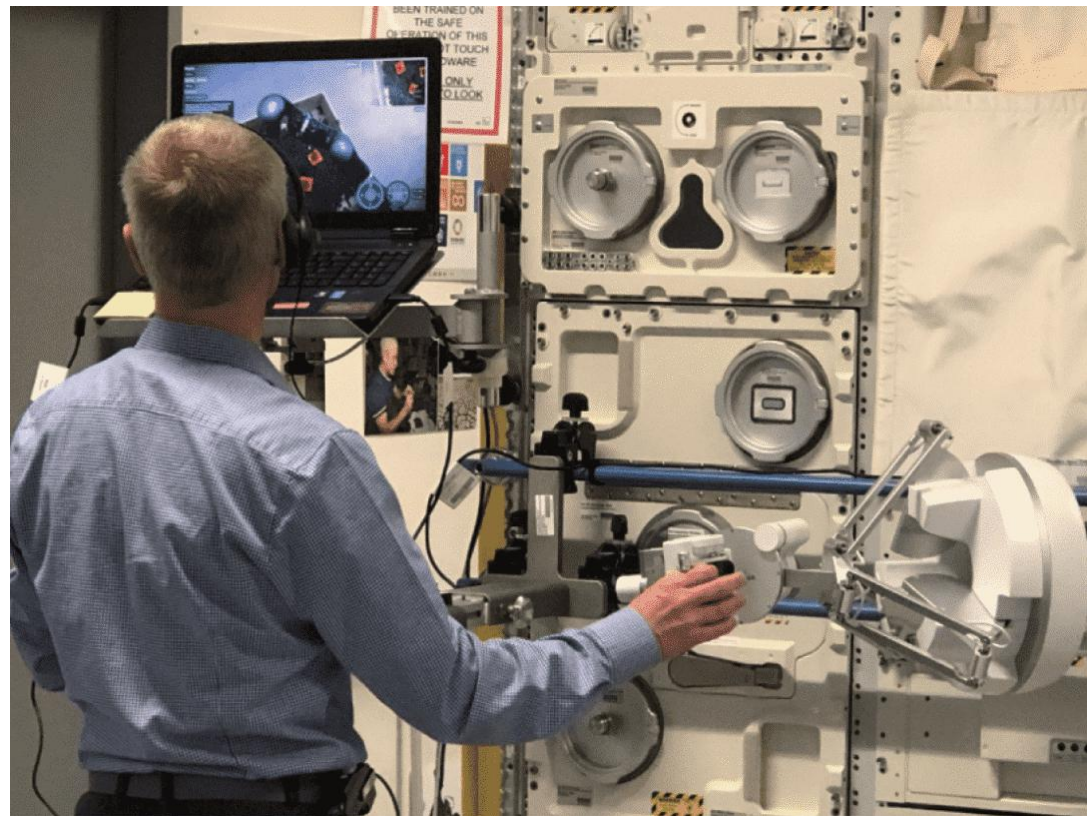


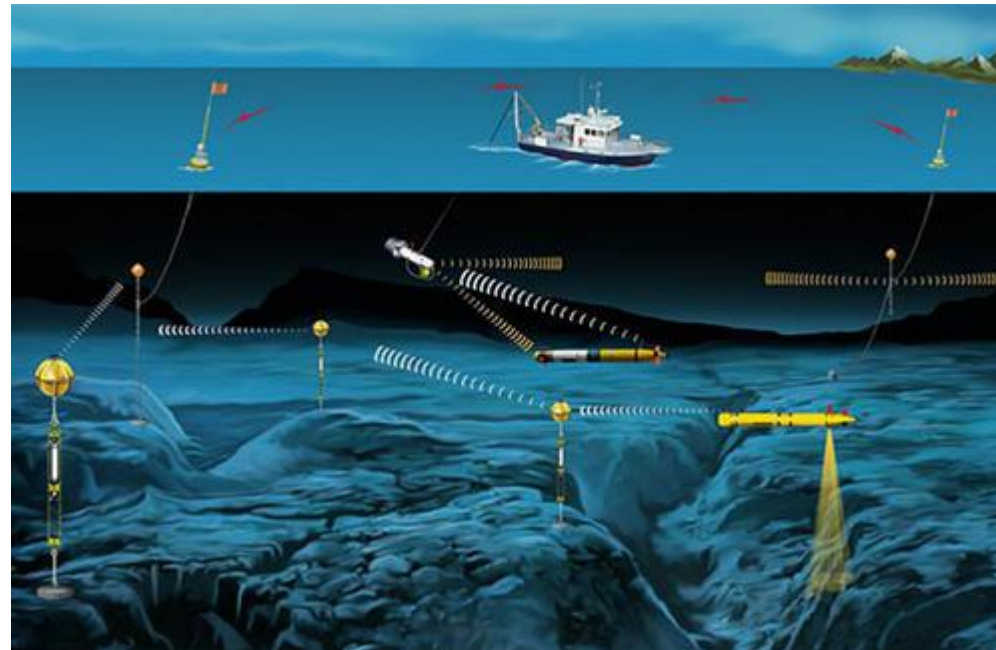
航天领域的数字孪生技术——遥操作

关键技术三：力反馈

力反馈是指在人机交互过程中，被操作的机器人或仿真系统对操作者的输入做出响应，并通过力反馈设备作用于操作者的过程。

遥操作过程中，力反馈设备通过位置和角度传感器测量航天员的操纵方向和位移大小，并将数据输入主控计算机处理后发送给地面作业机器人，地面作业机器人执行动作并将运动过程中的力觉信号反馈到空间站端的力反馈设备，形成阻尼、振动等力觉响应，辅助航天员态势感知和下一步操作决策。





4、对海洋信息技术发展的建议

海洋信息技术现状

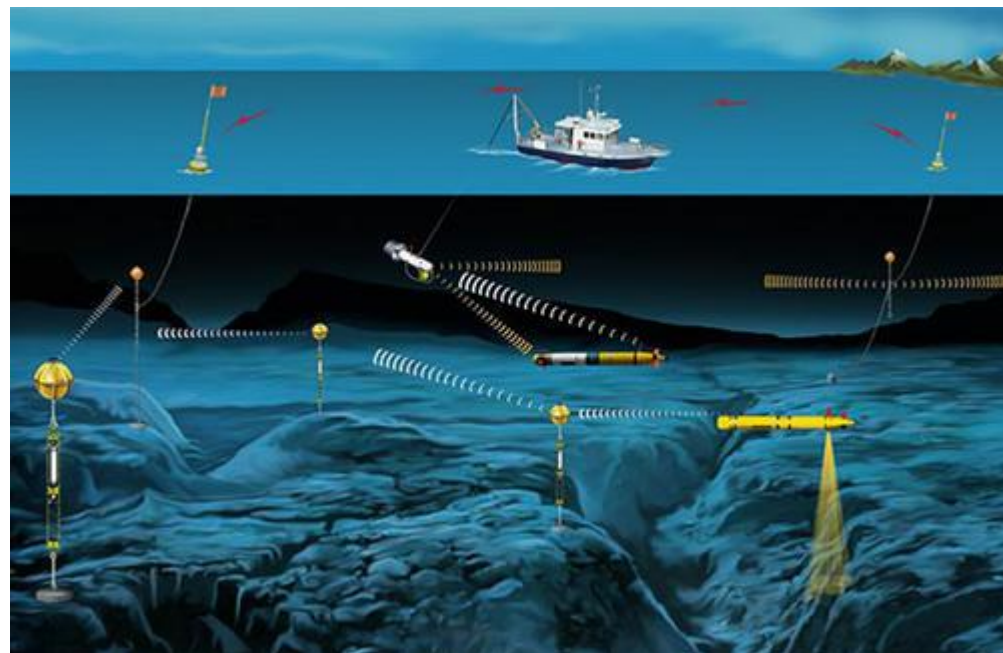
我国一直致力于海洋事业发展，在海洋科技、治理、经济等领域取得了显著成效，但仍无法满足**创新驱动发展**、**海洋强国建设**等重大战略需求。

因此，必须利用**新一代信息技术**，构建以海洋信息智能化基础设施为核心的**海洋信息体系**，加快海洋核心智能科技的创新研发，实施智慧海洋工程，为海洋资源开发利用、海洋经济发展、海洋生态环境保护和海洋权益维护，提供全面透彻的**信息感知**、泛在随行的**通信保障**和精准智能的**决策服务**，从而全面提升认识海洋和经略海洋的能力。

海洋信息技术

信息技术是海洋科技发展的“助推剂”，加强海洋信息化建设、整合海洋信息资源、构建海洋信息网络、提高共享服务能力、增强智慧应用能力、推动产业融合发展，以信息流带动业务流，助力海洋强国建设。

新一代信息技术，现代通信技术，海洋传感仪器和卫星遥感技术的发展，使人类能够以组网的方式，实时获取海洋信息，利用信息化手段去表达海洋。



海洋信息化存在的问题

我国的海洋信息体系还存在一些“短板”。主要体现在以下三个方面：

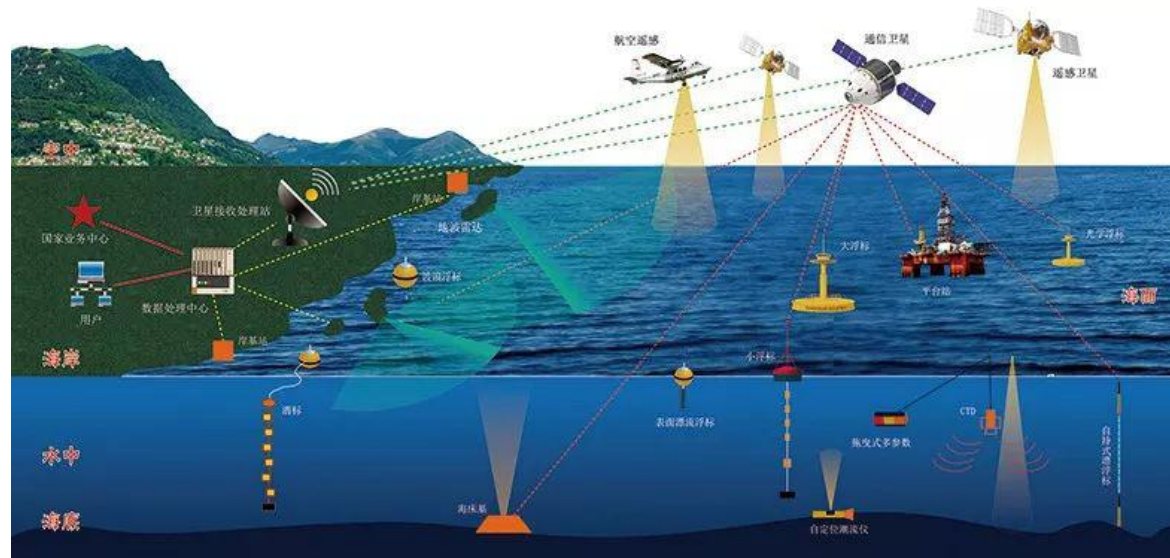
问题一、海洋信息技术和装备自主创新能力不足，国产化程度偏低；

问题二、海洋信息通信保障能力较弱；

问题三、海洋信息资源开发利用和数据开放共享水平较低。

对海洋信息技术发展的建议

针对海洋信息通信保障能力问题，建议综合利用陆、海、空、天、潜等多种通信手段和组网技术，提升覆盖范围、观测要素、时效精度和数据质量，形成国家海洋信息通信网，提供稳定、可靠、安全的信息传输与交换服务。



对海洋信息技术发展的建议

针对海洋信息资源开发利用效率和数据开放共享水平问题，搭建海洋信息平台，其构成主要包括：

海洋信息感知系统：实现海洋环境、海上目标、涉海活动和重要海洋装等信息的全面获取。

海洋信息通信系统：利用陆、海、空、天、潜等多种通信手段，实现各类海洋感知、管理决策、指挥控制信息和指令的安全、实时、畅通传输。

海洋信息综合处理系统：实现多源信息处理、融合、推送、共享及可视化。

感谢聆听！

