

## 二、项目简介

### 项目简介（限1000字）

高景卫星星座是由中国航天科技集团自主投资建设的商业遥感卫星星座，一期由四颗高分辨率轻型敏捷光学卫星高景一号组成，四星同一轨道，相位相差90度分布。不同于以往的国产陆地观测卫星，高景一号卫星星座具有较强的敏捷机动能力，可实现连续条带、多条带拼接、立体成像、多目标成像等多种模式高精度成像。通过其敏捷能力可满足区域普查、详查等常规任务，同时亦能满足对重点目标快速、精确成像，对突发事件、灾害应急监测等高附加值特殊场景应用，代表当前世界先进的卫星遥感观测能力，具有较高商业价值。

中国四维测绘技术有限公司面向高景卫星商业化运营需求，在以往国产陆地观测卫星处理系统的研制经验基础上，以多星多任务高效智能规划、原始数据全球自主可控稳定接收、高辐射清晰度高几何精确度标准产品生产与高置信度云检测、订单全链条跟踪控制与产品高效分发四个方面为技术突破点，创新研发了高景卫星处理系统，运行服务更高效，产品精度更高，客户服务能力更强。

高景卫星处理系统主要由任务规划、数据接收、数据处理、分发服务四个主要分系统组成。任务规划分系统负责卫星综合管理和任务计划编排，接收用户需求，综合考虑卫星观测特点和约束，以及地面站天线接收能力，实现在一定约束下，各种资源的最大化高效利用，满足各级用户的需求。数据接收分系统负责卫星数据全球范围自主接收，可实现任务自动加载、执行无人值守、接收数据与执行情况自动反馈，北极、乌鲁木齐、广州三站日均接收9轨/星。数据处理分系统负责卫星1A级、1B级、2A级、3A级产品的辐射与几何处理生产、在轨检校、质量监测和改进，为客户提供质量稳定的高辐射清晰度、高几何精确度的各级产品。分发服务分系统作为商业化服务窗口，负责客户与代理商订单全业务链条管理和统计分析，实现用户订购动态记录、生产自启动与控制、订单执行跟踪反馈和数据高效交付；同时，具备订单交付监管、订单商业价值分析与比较、项目与订单交付进度统计等运营辅助功能，为高效商业化运行提供技术保障。

截至2020年3月，高景一号卫星已累计采集影像250万余景，累计采集面积共计3.9亿平方公里。数据广泛应用于国土、测绘、环保、应急等国民经济各领域，在国土三调等国家级重大工程中发挥重要作用，同时数据也广泛销售到欧美等发达国家，打破了国外卫星对欧美市场的垄断、取得了重大的经济效益和社会效益，推动我国商业遥感的快速发展。

### 三、科技创新

#### 科技创新（限5000字）

##### （一）立项背景

经济建设、政治建设、文化建设、社会建设和生态文明建设五位一体全面推进是建设美丽中国的基本要求。新时期生态文明建设是提升人民生活质量改善民生的重要保障。如何优化国土空间开发布局，全面促进资源节约与高效利用，加强自然生态系统和环境保护力度，是加强生态文明制度建设的根本措施。这些举措将对卫星遥感应用提出巨大的业务需求。未来，遥感卫星应用服务产业具备巨大的发展潜力。

十三五期间国家形成了《民用空间基础设施中长期发展规划》，对遥感卫星系统的建设实施进行了长期的部署和安排。随着空间基础设施的不断建设完成，商业遥感卫星公司如雨后春笋般在近年来不断涌现。在此背景下，中国航天科技集团决定自主投资建设商业遥感卫星基础设施，以国家队的姿态进入商业遥感卫星数据市场，发射自研高景系列商业遥感卫星；由中国四维测绘技术有限公司、北京航天世景信息技术有限公司在已有卫星地面系统建设和运行经验基础上，充分利用自身数据与技术资源优势建设和运营高景卫星。高景卫星地面系统重点解决如下问题：

- 1、解决高景系列遥感卫星处理系统软硬件设备的通用性问题，实现系统高扩展。
- 2、商业星不存在主用户机制背景下，实现一星多用，解决任务有效分解、资源高效利用、快速任务编制等规划问题。
- 3、面对数字地球、空客等国际顶尖商业遥感公司的竞争，解决数据产品持续保持高质量水平的问题。
- 4、面对海量用户，解决高景系列卫星高并发查询访问与数据快速交付的分发服务问题。
- 5、面临商业化运营的新课题，解决订单化管理订购问题，保证数据出口可控，项目执行全流程服务。
- 6、解决高景卫星自主高效接收的问题，实现数据快速获取，提升应急服务能力。

##### （二）科技含量

###### 1、总体思路

高景地面系统的建设总体思路坚持：

- （1）统筹规划，充分利用资源、高分、空基等系列国产陆地观测卫星处理系统研制与运行的已有资源，特别是辐射几何定标与处理、产品质量监测与控制、任务规划和分发服务等方面的技术积淀与软硬件资源，发挥“抢跑”的领先优势。
- （2）突出重点，继承资源、高分、空基系列等处理系统既有建设能力的基础上，根据商业化服务的特点重点建设多星多任务高效智能规划、原始数据全球自主可控稳定接收、高辐射清晰度高几何精确度标准产品生产与高置信度云检测、订单全链条跟踪控制与产品高效分发等方面，逐步形成商业化的卫星遥感应用运营服务能力。

###### 2、技术方案与创新成果

高景卫星处理系统建设围绕多星多任务高效智能规划、原始数据全球自主可控稳定接收、高辐射清晰度高几何精确度标准产品生产与高置信度云检测、订单全链条跟踪

控制与产品高效分发等方面展开。关键技术如下：

(1) 辐射定标与处理技术：采用高频次时序化交叠更替的在轨辐射定标策略，基于实验室定标、典型区域90度偏航定标、少量轨90度偏航成像的在轨动态直方图匹配定标和海量轨常规推扫成像的在轨动态直方图匹配定标四种技术有机结合的在轨辐射定标技术体系，及时准确跟踪并纠正了由CCD器件探元响应不一致、片间搭接光学处理、分片分抽头电子输出、卫星在轨成像状态变化等因素导致的影像条带噪声、抽头间色差、片间色差、坏线等一系列辐射质量问题。

(2) 几何定标与处理技术：采用高频次时序化的在轨几何定标策略，基于卫星内外方位元素误差分离方法和几何检校技术，及时准确跟踪并纠正了由于受到相机地面测量内方位元素精度的限制以及卫星发射过程对焦面位置的冲击、外空间非重力状况下成像状态不一致、焦面位置调整等造成的相机内外方位元素变化所导致的影像产品定位精度、内部精度、融合精度、波段配准精度下降问题。基于多CCD严格成像模型构建与传感器校正技术，解决了焦平面弧形设计引入的传感器校正难题，使校正前后影像内外部几何精度几乎无损。

(3) 分发服务技术：基于redis list和定时任务技术、PostGIS和turf的空间分析算法、Node.js框架定制设计工作流引擎、Html5的WebSoket协议搭建微服务以及影像光谱特性分析与深度学习相结合的云判分析技术，实现任务队列的调度、空白区实时更新、系统业务流程灵活扩展、后端主动推送消息、提高卫星成像效能。

(4) 任务规划技术：基于多星多模协同调度技术，实现多星多任务统筹规划；基于多模成像因子评分技术，实现收益最大化及资源利用最优；基于剩余成像资源搜索提取技术，最大化提升商业效益及星地资源利用率，提高存档数据应用率。

项目主要创新成果如下：

(1) 突破了基于搭接区同名像元畸变校正与辐射信息归一化同步处理的相对辐射校正技术，该技术可明显减轻甚至完全去除多光谱影像搭接区条带噪声，使影像辐射一致性有较大提升。

(2) 突破了基于搭接区辐射信息自动定权的相对辐射校正技术，该技术可明显减轻甚至完全去除全色影像搭接区条带噪声和全色多光谱影像片内片间色差，使影像辐射一致性有较大提升。

(3) 突破了卫星内外方位元素误差分离方法和几何检校技术，实现精确检校载荷与姿轨测量系统间、姿轨测量系统与平台间的几何关系的精确检校，提高卫星影像产品无控定位精度；实现每个成像CCD线阵每个探元的精确内方位元素的精确求解，提高产品内部几何精度、波段配准精度。

(4) 突破了卫星平台统一几何基准的多CCD严格成像模型构建与传感器校正技术，根据相机内各CCD器件各谱段精确真实位置构建了基于统一平台的传感器校正模型，统一解决几何畸变、几何拼接、成像时间归一化、波段配准等问题，实现每个探元分辨率的统一，保证卫星影像的高内部几何精度。

(5) 突破了集合规划、云检、质量监测多重信息的订单全链条跟踪、反馈、分析统计技术。

(6) 突破了基于影像光谱特性分析与深度学习相结合的云判分析技术，实现国产商业遥感卫星数据云含量、云掩模产品业务化生产，为有效数据检索、有效成像范围确认、成像计划准确制定提供必要支撑。

(7) 突破了以成像收益最大化为原则的多星协同规划技术。

(8) 突破了剩余资源优化应用与全球数据覆盖技术。

### 3、实施效果

高景一号四星日均数传38圈，单日成像面积大于40万平方公里，数据有效率优于40%。地面接收站，三站稳定接收成功率优于98.7%；地面系统每日处理0级数据38轨，日均生产0级超过4000景，单轨数据生产用时100分钟以内，全天常规任务24小时内完成，应急任务12小时内完成，日均订购交付数据约300余景，全年无重大运行故障和服务中断；数据质量合格率始终优于90%。

截至2020年3月，高景一号卫星在轨稳定运行，已累计采集影像250万余景，累计采集面积共计3.9亿平方公里，云量小于15%的影像优于40%，并呈现逐年上升趋势。目前，高景一号商业卫星应用服务对象涵盖测绘、国土资源调查、城市建设、农林水利等众多传统行业，同时数据也广泛销售到欧美等发达国家，打破了国外卫星对欧美市场的垄断、取得了重大的经济效益和社会效益。

### (三) 创新点

创新点1: 突破redis list和定时任务相结合的技术，实现卫星编程订单任务调度及数据生产交付自动触发，实时更新卫星待拍摄区域，降低成像重复度，解决编程时效和卫星效能提升问题。突破基于“影像光谱特性分析与深度学习相结合”的云判分析技术，首次实现国产商业遥感卫星数据云含量、云掩模产品业务化生产，且云判精度有较大提高，云检测准确率由71.85%提升至92.68%，极端错误率由10.25%降低至2.95%，为有效数据检索、有效成像范围确认、成像计划准确制定提供必要支撑，提高卫星成像效能。

创新点2: 基于敏捷卫星复杂多样化约束管理，运用静态任务调度、动态循环迭代控制技术，实现多星多任务统筹规划。采用多模成像因子评分模型，结合收资占比统筹组合模型，实现商业效益最大化。基于主备份固存切换与擦除多样化约束管理，运用固存与数传资源优配管理算法，实现星地资源最大化利用，星地资源利用率达94%。基于约束管理与订单冲突消解，采用剩余资源搜索提取法，见缝插针式匹配合适的自定义元任务，提高卫星空闲时段资源利用率，实现全球数据最大化覆盖。利用历史存档大数据分析提取，将关注度/需求度高的区域生成热点区域库，提高存档数据应用率。

创新点3: 突破了基于“搭接区同名像元畸变校正与辐射信息归一化同步处理”技术，通过搭接区同名像元畸变修正后、再辐射能量加和的方法来重建辐射模型，通过矩匹配方法对搭接区边缘进行过渡性匀色处理，解决多光谱影像搭接区条带噪声问题。突破了“搭接区辐射信息自动定权”技术，通过样本权重优化配置，判断成像状态跳变趋势，通过样本数量优化配置，精准优化辐射模型，解决全色多光谱影像片内片间色差和全色影像搭接区条带噪声。提出了高频次时序化交叠更替的在轨辐射定标策略

，精确跟踪定位影响高精度辐射模型构建的卫星辐射性能变化，实现产品辐射校正精度始终优于1.5%。

创新点4：突破了“基于内外方位元素误差分离方法的几何检校”技术，精确检校载荷与姿轨测量系统间、姿轨测量系统与平台间的几何关系，提高卫星影像产品无控定位精度；精确求解每个成像CCD线阵每个探元的精确内方位元素；提高产品内部几何精度、波段配准精度。突破了“基于卫星平台统一几何基准的多CCD严格成像模型构建与传感器校正”技术，根据相机内各CCD器件各谱段精确真实位置构建了基于统一平台的传感器校正模型，统一解决几何畸变、几何拼接、成像时间归一化、波段配准等问题，实现每个探元分辨率的统一，保证卫星影像的高内部几何精度。基于高频次时序化几何检校策略，精确分析卫星内外方位元素参数变化。在不考虑地形起伏和测试角度影响的情况下，实现无控定位精度优于10米（CE90）、高程精度优于10米（LE90）；多光谱谱段间配准精度优于0.2像元（ $1\sigma$ ），全色与多光谱间配准精度优于0.2像元（多光谱像元）（ $1\sigma$ ）。

#### （四）国际比较

##### 1) 观测任务规划系统方面

国外方面，多星组网及任务规划技术较为成熟，但各类观测平台的管理权相对分散，在对复杂遥感需求的处理方面存在具有一定局限性。国内方面，常见的任务规划系统主要包含单星任务规划、固定多星任务规划模式，高分辨率遥感卫星多星任务规划系统从观测需求到卫星指令编制全流程的实现还比较少。

本项目情况：系统突破了成像任务调度、订单冲突消解的动态循环迭代控制技术、固存与数传资源的统一优化算法和剩余资源搜索提取算法，实现多星多任务高效联合规划；通过多模成像因子评分与收资占比组合分析，构建商业效益最大化模型。系统充分发挥商业遥感卫星系统对国家建设的信息支撑能力，达到国内领先、国际先进水平。

##### 2) 产品辐射与几何质量控制方面

国内外现状：目前，辐射方面线阵推扫CCD相机一般采用基于实验室辐射定标数据与卫星在轨数据概率密度统计相结合的方法来构建相对辐射校正模型。几何方面，将传感器校正分解成行频归一化、波段配准、rpc参数解算，几何模型构建、几何纠正等各自独立的多个过程顺序推进。

本项目情况：突破“搭接区同名像元畸变校正与辐射信息归一化同步处理”、“搭接区辐射信息自动定权”等技术，解决了反射镜弧形拼接相机影像搭接区条带噪声、片内片间色差等顽疾。突破“内外方位元素误差分离方法的几何检校技术”、“卫星平台统一几何基准的多CCD严格成像模型构建与传感器校正”技术，解决了反射镜弧形拼接相机内外方位元素在轨高精度几何检校和高精度传感器校正问题，统一解决几何定位、几何畸变、几何拼接、成像时间归一化、波段配准等问题，实现每个探元分辨率的统一，提高影像内外部几何精度。采用“高频次时序化相对辐射定标和几何定标、密集化严标准产品质量监测、高时效高精度定位质量问题原因、高成效高可靠性解决质量问题”的质量控制方案，使影像辐射和几何精度始终处于较高水平，运

行期间持续保持数据交付合格率90%以上。

### 3) 云检测方面

国内外现状：国内外现有云检测算法均基于影像上云的辐射、几何、时相或高程等特征的选取、表达、组合和变换。

本项目情况：突破基于影像光谱特性分析与深度学习相结合的云判分析技术，首次实现国产商业遥感卫星数据云含量、云掩模产品高置信度业务化生产。

地理信息科技进步奖

## 四、推广应用情况

### 1、推广、应用情况及社会评价（限 2000字）

#### （一）推广情况

高景一号商业卫星可为政府、各行业部门工作的开展提供快速、准确、可靠的基础依据。观测任务规划系统能够协同多卫星资源，目前已在国防安全、城市规划、环境监测、农林普查等社会公益事业的政策制定、决策与服务中提供了有力的数据支持。

国防安全方面：高景一号卫星已成功为军队、武警、公安、国安等涉密单位提供影像服务，在边防管控、战场信息获取、军事目标监控、军事情报分析等众多方面提供了有力的基础性保障。

资源监测方面：在全国地理国情普查、全国土地调查、全国林业调查、水利普查等国家级项目的建设过程中，基于高效的观测任务方案以及高精度成像、数据更新快等卫星自身优势，高景一号卫星能够高效率完成大面积资源监测任务，并取得了良好的社会效益和经济效益。

应急救援方面：高景一号卫星可快速响应灾害发生地区的信息，为政府和救灾组织提供公益服务、帮助救灾人员准确制定营救和控制方案。在2019年四川省凉山火灾、江苏省盐城市响水县爆炸等灾害事故中，高景一号卫星第一时间拍摄现场影像，为灾情发生地区提供免费的灾后救援数据支持。

通过高效的高景一号商业卫星服务，构建了“国家—省市—地方”一体化的地理信息服务体系，形成了覆盖国防安全、应急救援、资源监测等多领域的监管能力；有效地提高了地理信息高效获取、灾情预测和及时控制等难题的解决效率；为提高我国遥感应用的商业化服务水平和促进我国商业遥感产业的可持续发展贡献了重要力量。

#### （二）应用情况

（1）2019年与重庆市地理信息中心签订《2019年重庆市域商业卫星影像采集项目》项目合同，合同金额552万元。合同内容主要为利用高景一号卫星对项目所在任务区进行遥感影像数据获取工作。项目完成良好。

（2）2019年与广东省国土资源技术中心签订《优于0.5米分辨率卫星遥感影像数据获取（2019年度）》项目合同，合同金额582.4万元。合同内容主要为利用高景一号卫星对项目所在任务区进行遥感影像数据获取工作。项目完成良好。

（3）2018年与国家基础地理信息中心签订《国家航天遥感影像获取项目合同（全国困难区（一））》项目合同，合同金额5254.8万元。合同内容主要为利用高景一号卫星对项目所在任务区进行遥感影像数据获取工作。项目完成良好。

（4）2018年与中国土地勘测规划院签订《2018年全国土地利用变更调查监测与核查一类监测区遥感数据采集》项目合同，合同金额901.52万元。合同内容主要为利用高景一号卫星对项目所在任务区进行遥感影像数据获取工作。项目完成良好。

（5）2017年与国家基础地理信息中心签订《南方困难区域（一）》项目合同，合同金额3157.2580万元。合同内容为利用高景一号卫星对项目所在任务区进行遥感

影像数据获取工作。项目完成良好。

(6) 2017年与江苏省测绘工程院签订《江苏省测绘工程院江苏省航天遥感影像数据采集技术服务》项目合同，合同金额656万元。合同内容为利用高景一号卫星对项目所在任务区进行遥感影像数据获取工作。项目完成良好。

地理信息科技进步奖