

二、项目简介

项目简介（限1000字）

随着时空数据采集效率的不断提高，社交网络、遥感和传感器等设备的普遍应用，产生了超大规模的时空数据，对其的存储处理分析服务等需要分布式GIS技术，但传统技术还存在存储高并发处理能力弱、计算分析调度颗粒粗/时效性低、分布式节点资源利用率低/无法快速弹性调度、GIS运算中心压力大等局限性。项目组针对这些局限性，构建了完整的支持超大规模时空数据的分布式GIS技术体系，研发了具有完全自主知识产权的分布式GIS系列软件产品，并实现规模产业化应用。主要技术创新有：

1. 提出了面向TB/PB级多源异构时空数据的矢栅一体分布式存储结构和索引机制，率先实现了基于弹性分布式时空数据一体化模型的分布式空间文件引擎，研发了跨平台并全兼容国产软硬件(CPU芯片、操作系统、数据库等)底层环境的分布式GIS内核，可支撑超大规模空间数据管理性能的数量级提升和自主可控分布式空间信息系统的应用建设。

2. 提出并实现了超大规模空间数据处理全过程“分布|并行|协同”的分布式空间计算关键技术，可满足单表十亿级规模时空数据频繁更新、并行分析、即时发布和快速可视化的全流程高性能需求。

3. 提出了分布式GIS微服务架构并实现GIS服务器微服务化重构，解决了传统GIS集群资源利用率较低、节点规模数量受限、无法快速扩容等难题，提升了分布式GIS业务系统的高可用性和横向快速扩容、动态弹性伸缩能力，为实现超大规模地理空间信息服务的秒级响应提供了技术支撑。

4. 提出了GIS边缘计算关键技术及“云、边、端”协同计算新模式，研发了GIS边缘计算服务器软件，突破了单一云计算环境下超大规模空间计算技术瓶颈，大幅降低云中心压力、节省网络带宽资源并显著提升系统整体性能。

经王家耀、龚健雅、郭仁忠等院士专家鉴定认为，项目成果“在云/边/端多层分布式空间计算技术体系、GIS微服务、分布式空间引擎及软件实现等方面居于国际领先水平”。项目申请发明专利8项（已授权3项），获得软件著作权65项，发表论文41篇，出版专著4部。2018年，项目成果位居亚洲GIS市场供应商排名第一，全球GIS市场排名第三，出口海外78个国家和地区。近三年销售总额约22.35亿元，纳税1.67亿元。项目成果广泛应用于国土测绘、智慧城市等93个细分行业，发展了718家增值开发商，支持了129个大型软件工程项目建设，效益显著。

三、科技创新

科技创新（限5000字）

1. 立项背景：

地理信息系统（GIS）基础软件是国家信息化建设的重要支撑，广泛应用于党政军及企事业单位，是数字孪生城市、空天地基础测绘等重要领域的基础软件。大数据时代的到来，不仅为GIS带来更加丰富的数据源，包括传统测绘数据、新型测绘数据、物联网数据、手机信令数据等，同时，以物联网、云计算为主要特点的大数据时代为GIS软件提供了分布式存储、并行计算等大数据技术，推动了分布式GIS技术的发展。

分布式GIS技术主要是解决如何应对超大规模时空数据的存储、计算以及可视化渲染的问题。在存储方面，近年来，GIS软件及产品开始对接各具特色的分布式存储系统，结合时空数据特征，选择合适的分布式数据存储方式；在计算方面，GIS计算模式已由传统的串行运算向并行运算，CPU计算向GPU计算转变，同时通过与主流的大数据计算框架相融合，提供分布式计算的能力；在可视化方面，GIS软件开始探索包含矢量金字塔、分布式渲染、自动缓存和前端渐进加载等高性能地图渲染技术，提供分布式可视化渲染能力。各大GIS厂商纷纷布局分布式GIS领域，推出自己的分布式GIS平台。

但是，面对指数级增长的时空数据，传统分布式GIS技术在数据管理、计算、分析、服务等方面存在局限性，具体表现为：（1）存储以NAS/SAN文件或SQL数据库集群为主，在面临从GB向TB/PB级发展的超大规模空间数据时，存在高并发处理能力弱、数据互操作能力有限等问题；（2）计算分析以功能任务级调度为主，随GIS数据量增大，时效性降低；（3）GIS服务以多机集群、虚拟机部署为主，资源利用率低，无法快速弹性调度；（4）层次模型缺少GIS边缘计算层，忽略了边缘设备的计算能力，无法分担中心的运算压力。本项目应对以上局限性和技术难题，开展研究、研发工作。项目历时六年，构建了完整的支持超大规模时空数据的分布式GIS技术体系，突破了分布式时空数据存储、GIS高性能分布式计算、GIS微服务、GIS边缘计算等关键技术，研发了具有完全自主知识产权的分布式地理信息系统系列软件产品，并实现规模产业化应用。

2. 科技含量：

（1）总体思路

为了有效支撑指数级增长的超大规模时空数据应用的迫切需要，项目以时空数据一体化模型为基础构建分布式GIS内核，以“分布|并行|协同”的全过程分布式GIS计算技术为依托提升GIS应用整体性能，并创新性开展GIS服务器微服务化重构，以及支持“云、边、端”协同计算的GIS边缘计算服务器研发，形成了全系列的大型分布式GIS基础软件产品。为了保障项目整体有序推进，在多个技术方面进行重点研发攻关，包括跨平台分布式GIS技术、云原生的分布式GIS技术、分布式时空数据存储技术、高性能GIS计算技术、GIS边缘计算技术等。项目深度挖掘地理信息、大数据、云计算等技术的交叉融合潜力，创新GIS技术体系，构建GIS基础软件产品，推动分布式GIS产

品的大规模产业化应用，保持国内市场份额第一，核心技术达到国际领先水平。

项目目标具体分解为三个方面：

第一，构建完整的分布式GIS技术体系，实现超大规模时空数据存储、计算、可视化渲染等全过程性能提升，并与微服务、边缘计算等新型技术进行深度融合；

第二，研发具有完全自主知识产权的大型分布式GIS基础软件产品，涵盖分布式GIS内核、服务器、PC端、浏览器端、移动端等全系列产品形态，且全面兼容国产软硬件（CPU芯片、操作系统、数据库等）底层环境。

第三，面向自然资源、政务、水利、公安、应急、交通、农业等多个行业部门进行分布式GIS产品技术验证和项目应用推广，基于分布式GIS产品提升超大规模时空数据管理与应用水平。

（2）技术方案与创新成果

项目研发过程从技术上划分为四个阶段：①分布式GIS内核研发、②支持超大规模时空数据的分布式GIS研发、③面向服务的分布式GIS研发、④微服务架构分布式GIS研发。项目首先将传统GIS内核与Spark分布式计算引擎进行有效结合，从内核级设计与实现时空数据一体化模型；而后将分布式GIS内核研发成果扩展到时空数据存储、更新、分析、发布、可视化渲染等GIS应用全过程，从整体上保障GIS应用性能的有效提升；进而在GIS服务器、PC端、浏览器端、移动端等全系列产品中实现分布式GIS功能支持，并研发空间数据处理与分析建模流程工具，使行业领域模型的分布式计算改造成为可能；在第四阶段中，提出了云原生GIS技术与GIS边缘计算技术，针对性开展了GIS微服务重构升级，使分布式GIS系统全面支持云计算技术核心特性，保障GIS服务产品的灵活、高效部署与使用。

研发过程中，有如下关键技术突破：

1) 跨平台分布式GIS技术

自主研发了我国首款跨平台分布式GIS内核，解决了分布式GIS基础产品应用中的多类型服务环境，以及多终端应用环境的普适性问题，全面兼容国产软硬件（CPU芯片、操作系统、数据库等）底层环境。

2) 分布式时空数据一体化模型与分布式存储关键技术

提出了弹性分布式时空数据一体化模型，结合分布式存储系统建立统一的空间文件引擎，实现了对自然资源监管、航空航天遥感、导航定位等多源异构时空数据的统一存储，极大提升了数据访问和查询效率，可支持PB级规模时空数据的存储与管理。

3) 时空数据全流程分布式计算技术

提出并实现了地理空间信息领域的全过程“分布|并行|协同”的分布式空间计算技术，可支持单表十亿级规模空间数据的处理与分析。将亿级空间数据从入库到发布的全过程时间从数月降低到数小时，支持超过60个分布式分析算子进行时空数据挖掘，相比传统空间分析计算效率提升50倍，并支持超大规模时空数据的快速发布与高效可视化渲染。

4) 大规模高弹性GIS微服务技术

提出并实现了分布式GIS微服务架构技术，以容器为部署载体，实现了自动化编

排与运维管理。解决了传统GIS集群存在的资源利用率较低、节点规模数量受限、无法快速扩容的难题，实现了分布式GIS业务系统的高可用、横向快速扩容和动态弹性伸缩，减少90%的系统部署时间，为地理空间信息服务的秒级峰值响应提供技术保障。

5) GIS边缘计算技术

提出并实现了低时延GIS边缘计算引擎，打破了中心计算、终端展示的传统模式，将边缘计算技术应用于GIS内容分发、GIS服务代理、GIS计算加速等边缘端，充分利用了边缘设备的计算能力，有效提升GIS整体服务性能，开创了“云、边、端”协同计算新模式。

(3) 实施效果

项目研发和应用推广历时6年，完成了以分布式GIS技术体系为核心的多个GIS基础软件产品版本的迭代发布，形成了从GIS内核、服务器到浏览器端、桌面端和移动端的全系列分布式GIS基础软件形态。有效支撑了超大规模时空数据应用的快速定制和灵活搭建，超额完成大规模产业化的既定目标。经统计，项目成果直接服务国家信息化建设，广泛应用于基础测绘、自然资源规划、智慧城市建设、大型工程项目建设、资源环境管理、国防建设、应急减灾等93个细分行业领域，被自然资源部、水利部、生态环境部、交通运输部、农业农村部、应急管理部等多个部委部门采购应用，支撑了129个大型软件工程项目建设。近三年项目累计销售收入22.35亿元，实现税收1.67亿元，累计用户数6750个，出口78个国家和地区。

3. 创新点：

针对超大规模时空数据的存储、计算以及可视化渲染的难题，项目设计并研发了矢栅数据一体化的分布式空间文件引擎（DSF），实现了“分布|并行|协同”的全过程的GIS分布式计算，并创新性提出GIS微服务架构与“云、边、端”协同计算新模式，研发了可同时支持空间大数据和超大规模经典空间数据的大型分布式GIS基础软件。创新点具体包括：

(1) 提出了面向TB/PB级多源异构时空数据的矢栅一体分布式存储结构和索引机制，率先实现了基于弹性分布式时空数据一体化模型的分布式空间文件引擎，研发了跨平台并全兼容国产软硬件（CPU芯片、操作系统、数据库等）底层环境的分布式GIS内核，可支撑超大规模空间数据管理性能的数量级提升和自主可控分布式空间信息系统的应用建设。（佐证材料：《查新报告》；软件著作权5项，专著3部，论文7篇，见《九、知识产权情况》）

(2) 提出并实现了超大规模空间数据处理全过程“分布|并行|协同”的分布式空间计算关键技术，可满足单表十亿级规模时空数据频繁更新、并行分析、即时发布和快速可视化的全流程高性能需求。（佐证材料：《查新报告》；发明专利3项，软件著作权9项，专著3部，论文19篇，见《九、知识产权情况》）

(3) 提出了分布式GIS微服务架构并实现GIS服务器微服务化重构，解决了传统GIS集群资源利用率较低、节点规模数量受限、无法快速扩容等难题，提升了分布式GIS业务系统的高可用性和横向快速扩容、动态弹性伸缩能力，为实现超大规模地理空

间信息服务的秒级响应提供了技术支撑。（佐证材料：《查新报告》；发明专利3项，软件著作权9项，专著2部，论文8篇，见《九、知识产权情况》）

（4）提出了GIS边缘计算关键技术及“云、边、端”协同计算新模式，研发了GIS边缘计算服务器软件，突破了单一云计算环境下超大规模空间计算技术瓶颈，大幅降低云中心压力、节省网络带宽资源并显著提升系统整体性能。（佐证材料：《查新报告》；发明专利2项，软件著作权4项，专著2部，论文2篇，见《九、知识产权情况》）

经王家耀、龚健雅、郭仁忠三位院士和胥燕婴等专家鉴定认为，项目成果“在云/边/端多层分布式空间计算技术体系、GIS微服务、分布式空间引擎及软件实现等方面居于国际领先水平”（证明文件见《技术评价证明文件》），并已在国内外规模化应用，取得了良好的社会经济效益，对保障国家空间信息基础设施和重大GIS工程建设与应用的安全可靠具有重大意义。

4. 保密方面：

该项目具备完全自主知识产权，项目成果非保密，其中的产品成果可用于国家空间信息化建设各个领域。

5. 国际比较：

本项目面向我国国情，结合国际行业技术发展方向，创造性地提出的新模式、新技术，专家鉴定认为多项技术成果居于“国际领先水平”。

在时空数据的分布式访问与调度研究上，ArcGIS的大数据产品所采用的是矢量、栅格数据分开存放的策略，并使用GeoAnalytics Server和Image Server分别进行矢量和栅格数据的分析，难以同时使用矢量和栅格数据进行分布式空间分析，在面对复杂的业务场景应用时受到限制。本项目率先研发了矢栅数据一体化的分布式空间文件引擎（DSF），通过弹性分布式数据集提供的统一分布式数据访问能力，能够一体化访问矢量、栅格等多种数据类型，支持更多样的矢栅结合的分布式空间分析。此外，ArcGIS简单地把现有shp、tif等文件直接存放于分布式文件系统中，无法充分发挥分布式存储与计算优势，本项目的DSF在数据存储结构上采用了面向分析优化的存储管理方式，实现了超大规模矢量栅格数据读写与分析性能的数量级提升。

本项目还发挥GIS内核跨平台的技术优势，将GIS基础功能与Spark框架深度融合，实现了从数据更新、索引建立、数据转换到空间分析和可视化全过程的GIS分布式计算技术。相比ArcGIS产品仅提供数据存储、分析的分布式计算支持，本项目能够实现超大规模空间数据处理全过程“分布|并行|协同”的分布式空间计算。

同时，提出GIS微服务架构并完成GIS服务器微服务化重构，并在2018年发布了微服务化的GIS服务器基础软件产品，已经在大量项目中成功应用，可实现秒级节点弹性伸缩。ArcGIS尚在研究中，官宣将在2020年底实现对分布式GIS的微服务化改造，提供云原生交付。

最后，创新性提出了GIS边缘计算理念，并突破边缘空间分析等关键技术及研发了GIS边缘计算服务器软件。大幅度降低了云中心压力、节省了网络带宽资源、显著提升了系统整体性能。ArcGIS系列产品中未见发布GIS边缘计算相关产品，也未见相

关报道。

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）

项目坚持自主创新，突破了分布式超大规模时空数据存储、GIS高性能分布式计算、GIS微服务、GIS边缘计算等多项关键共性技术，构建了完整的分布式GIS技术体系，率先研发了具有完全自主知识产权的分布式地理信息系统，形成了从GIS组件、服务器到浏览器端、桌面端和移动端的全系列分布式GIS基础软件形态，大幅提升了我国自主GIS基础软件的核心技术竞争力。项目成果总体达到国际先进水平，在云/边/端多层分布式空间计算技术体系、GIS微服务、分布式空间引擎及软件实现等方面居于国际领先水平。

项目建立了先进的研发质控体系、精细的产品营销服务网络和完整的上下游产业生态链，为华为、阿里等718家二次开发商提供GIS开发平台和专业技术支持，大幅提升了面向各行业地理信息应用系统的开发质量和运维效率，有力支撑并深化了国防、政府和行业的GIS市场应用需求，成为撬动地理信息上下游产业发展的重要引擎。据第三方机构统计，自2015年，项目产品稳居中国区GIS市场份额第一；2018年，位居亚洲GIS市场供应商排名第一，全球GIS市场排名第三。

项目成果直接服务于国家信息化建设，满足了地理空间数据快速增长和大型工程项目云化应用的实际需求，广泛应用于国土测绘、智慧城市、政务、地矿、交通、公安、农业、生态、水利、环保、烟草、海关等93个细分行业领域，并实现规模产业化。项目成果被自然资源部、水利部、生态环境部、交通运输部、农业农村部、应急管理部等多个部委部门采用，直接支持了129个大型软件工程项目建设，获得用户单位的广泛认可好评。

项目支持了自然资源部一张图系统、全国不动产登记信息平台、全国水利一张图、国家防汛抗旱指挥系统、国家农业农村时空数据服务平台、交通运输部交通大数据业务应用平台、国家应急测绘保障项目、资源三号卫星应用建设、上合组织峰会、朱日和军事演习、国庆七十周年庆祝活动安保、雄安新区规划设计、全球5G通信网络规划等重点工程项目建设 and 重要活动保障，为其提供自主可控的GIS基础软件产品和国产解决方案，有力保证了国家地理空间信息安全。

项目连年举办面向国内外同行的GIS技术大会，参加InterGeo、ACM SigSpatial、国际测量师联合会、BIM World等国内外大型会议，加强国际宣传推广与交流合作，面向全球推广我国自主地理信息技术。项目产品出口德国、日本、韩国、印尼、土耳其、泰国等78个国家，促进了我国GIS软件产业的跨越式发展，有效提高了我国GIS软件产品的国际竞争力。

在最近的三年（2017年~2019年）中，项目直接销售收入约22.35亿元，实现税收1.67亿元，累计用户数6750个。基于项目成果建设研制的多个工程应用系统，获得地理信息优秀工程奖、地理信息科技进步奖等25项奖励荣誉。项目成果在国内外已实现规模化应用，在国民经济、社会发展和国防建设等众多领域中取得了良好的社会效益，推广前景广阔，对促进我国GIS软件产业跨越发展和持续提升国际竞争力、保障国家空间信息基础设施和重大GIS工程建设与应用的安全可靠具有重大意义。

3. 社会效益（限 200 字）

项目成果作为链接地理信息产业上下游产业链的基础核心GIS中间件产品，具备良好的通用性和可扩展性，二次开发商和上下游用户可以快速定制并灵活搭建满足业务深度需求的大型地理信息应用系统，满足行业更深层次的应用需求，促进行业科技进步。

项目在北京、成都等地建立了分布式地理信息基础软件研发中心，形成了一支专业的技术研发和应用推广团队，培养了一批分布式GIS领域的高端技术人才。

地理信息科技进步奖