

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06F 17/30 (2006.01)

G06F 19/00 (2006.01)

G06T 1/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710118012.4

[43] 公开日 2008年1月23日

[11] 公开号 CN 101110079A

[22] 申请日 2007.6.27

[21] 申请号 200710118012.4

[71] 申请人 中国科学院遥感应用研究所

地址 100101 北京市朝阳区大屯路甲38号科学院天地科学园区

[72] 发明人 郭华东 范湘涛

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 周国城

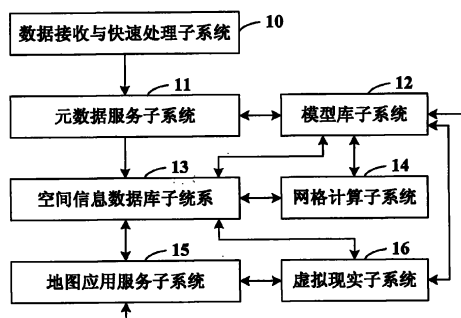
权利要求书7页 说明书45页 附图10页

[54] 发明名称

一种数字地球原型系统

[57] 摘要

本发明涉及数字地球技术领域，公开了一种数字地球原型系统，该系统包括：数据接收与快速处理子系统、元数据服务子系统、模型库子系统、空间信息数据库子系统、网格计算子系统、地图应用服务子系统和虚拟现实子系统。利用本发明，构建了数字地球原型系统的数据资源共享平台、知识共享平台、计算资源共享平台和协同工作平台，并通过原型系统的建立，解决了空间数据应用的科学服务平台建设的相关关键技术，形成了地球科学空间信息应用的服务体系。



1、一种数字地球原型系统，其特征在于，该数字地球原型系统包括：
数据接收与快速处理子系统，用于接收与处理星载中分辨率成像光谱仪 MODIS 发射的数据，并快速处理入库，提供数字地球原型系统中其它子系统试验和应用的基础数据源；

元数据服务子系统，用于管理整个系统的数据库中元数据信息，为系统合理快速利用数据库中元数据信息提供服务；

模型库子系统，用于为数字地球原型系统的空间数据处理与分析提供算法和应用程序的通用模型；

空间信息数据库子系统，用于管理数字地球原型系统中的空间数据，对客观模拟和反映现实世界的空间数据进行标准化处理、提取和分析，形成适宜多领域规模化应用的数据库；

网格计算子系统，用于根据用户需求从远程数据服务器或本地获得数据，触发服务并监控其运行状态，将一个任务分割成若干个子任务，然后把子任务分配给网格计算池中的计算机执行，回收及整合执行结果，将结果返回给用户；

地图应用服务子系统，用于在因特网环境下实现全球信息的可视化；

虚拟现实子系统，用于根据所建立的领域知识库和数据库运用人工智能、模式识别技术进行建模、学习、规划和计算，实现视觉、触觉、听觉以及动感的虚拟现实模拟。

2、根据权利要求 1 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述数据接收与快速处理子系统包括：

地面站控制系统模块，用于控制和监测地面站各个部分的运行状况，以直接命令的方式或者预先制定程序的方式运行；

卫星捕获与跟踪模块，用于实现卫星轨道报计算、轨道参数显示和轨道选取；

数据接收与快视模块，用于实现数据接收与数据快视；

数据处理模块，用于对接收并经预处理的原始数据进行解包规整、地理定位和定标订正处理，生成 0 级、1A 级、1B 级标准的 MODIS 格式数

据；

数据生产模块，用于生成 0 级、1A 级、1B 级 MODIS 标准数据产品，其中 1B 级产品格式为标准的地球观测系统/分层数据格式 EOS/HDF，并提供面向陆地、海洋和大气遥感应用的高级数据产品；

数据回放与编辑模块，用于对生成的数据产品进行回放显示和编辑处理；

数据分发与备份模块，用于对系统接收和处理的各级数据进行智能存档、分发、管理和备份；

应用软件模块，用于提供 MODIS 数据几何精确纠正、MODIS 数据全国镶嵌图及行政界线叠加、火灾监测、水灾监测、旱灾监测、地表温度反演、植被指数计算、云检测、海洋水色和积雪监测信息。

3、根据权利要求 2 所述的数字地球原型系统，其特征在于，对于预先制定程序的方式，所述地面站控制系统模块提供图形界面的用户菜单，用于实现多颗卫星多条轨道接收任务设定、任务时间表及执行状态显示、接收过程中各种状态参数的实时显示、事件信息记录文件和浏览、子系统状态配置运行和磁盘文件管理。

4、根据权利要求 2 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述卫星捕获与跟踪模块在实现卫星轨道报计算时，通过获取两行参数来进行卫星轨道报的计算；在实现轨道参数显示时，以文字方式显示过境卫星的所有轨道参数；在实现轨道选取时，用户根据需要任意选择想要接收的卫星轨道及其相应参数。

5、根据权利要求 2 所述的数字地球原型系统，其特征在于，

所述数据接收与快视模块在实现数据接收时，根据选定的过境卫星轨道参数，按卫星轨道时间表自动接收卫星信号，并对接收的信号进行至少包括放大、变频、解调、输出和存储的预处理，获取原始数据 RAW DATA；

所述数据接收与快视模块在实现数据快速视时，显示过境卫星轨道、当前正在接收的轨道及其进度，并将接收的数据以彩色图像的形式实时显示。

6、根据权利要求 2 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述数据回放与编辑模块对生成的数据产品进行编辑处理包括：

图像合成,用于将任意波段数据进行多通道合成显示,制作彩色图像;

图像增强,用于对显示图像进行增强处理;

数据投影变换,用于对图像进行至少包括兰勃托、极射赤面、麦卡托、等经纬度、高斯-克吕格的投影变换,并实时显示变换图像;

图层叠加,用于在图像上叠加至少包括经纬网格、行政区划、地理标志的地理信息图层;

地理信息添加,用于在图像上添加常用图形符号和注记字符,并对添加的图形符号和注记字符进行编辑;

图像数据提取,用于对图像进行分割,按省、市边界或自定义边界挖取图像,提取数据;

数据格式转换,用于将 HDF 数据按照位图图形文件 BMP 或 2 进制格式进行图像格式文件输出;

图像拼接,用于进行区域数据集基础上的多轨、多天数据拼接合成和显示。

7、根据权利要求 2 所述的数字地球原型系统,其特征在于,所述应用软件模块以美国宇航局 NASA 公布的算法和标准为基础,具有图像处理功能,面向遥感应用,采取公开的高级数据产品的设计框架,公开算法、公开标准。

8、根据权利要求 1 所述的数字地球原型系统,其特征在于,所述元数据服务子系统包括:

空间元数据网关,用于实现客户端与服务器端的信息交互;

空间元数据服务器,用于接收来自空间元数据网关的信息,经过解析后调用相应的功能模块,如果需要返回结果集,则将结果组织好后以可扩展置标语言 XML 文档的形式返回给客户端,并负责空间元数据在因特网上的发布;

空间元数据库管理器,用于空间元数据的采集、存储、管理和维护;

空间元数据查询工具,用于为客户端提供一个界面来管理元数据模式信息、元数据记录以及各种映射关系,包括添加、删除和修改和浏览元数据记录;

空间元数据管理工具,由用户界面模块和协议处理传输模块构成,用

户界面模块用于实现与用户交互，输入查询条件和呈现查询结果；协议处理传输模块用于将用户界面模块收集到的查询参数组织成查询语句，通过TCP/IP 协议发送给空间元数据服务器，然后查询空间元数据库，将查询结果交用户界面模块显示。

9、根据权利要求 1 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述模型库子系统中保存的通用模型至少包括：

改进的同态滤波去云模型、金字塔结构遥感数据快速压缩与回放模型、多尺度遥感图像小波融合模型、高光谱遥感图像立方体模型、地表温度反演模型、样条多尺度图像表示与配准模型、雷达数据土壤水分的反演模型、植被指数模型生物量模型、净初级生产率模型、微波遥感数据地面参数反演模型和雷达干涉测量 INSAR 模型。

10、根据权利要求 1 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述空间信息数据库子系统包括：

空间数据处理模块，用于实现控制底层数据处理、底层控制框架布设和底层数据精度检验；

遥感数据处理模块，用于实现同名控制点库建立、可测度精处理检验和图像元数据库建立；

特征信息处理模块，用于实现色彩的还原和增强、影像镶嵌色彩匹配、非同源数据同化和多尺度数据融合；

专题信息分析模块，用于实现对遥感数据成果进行基于标准遥感数据平台的各种遥感应用分析。

11、根据权利要求 1 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述网格计算子系统包括：

流程控制模块，用于采用 workflow 技术以应用为单位对流程进行控制；

网格中间件，用于集中管理和调度底层硬件计算资源，将上层递交的任务按一定策略分发到可用计算机上进行计算，并回收结果；

初始化模块，用于为专项处理进行准备，包括数据获取，日志文件的创建，获取远程数据，解压，子任务分割和封装，数据格式转换和接口转换；

专题处理模块，用于为节点提供地表温度反演、气溶胶光学厚度反演、

归一化植被指数、增强型植被指数、土壤调节植被指数、土地覆盖信息分类、云检测、几何校正、图像剪切、图像拼接和图像匹配；

后处理模块，用于将子任务的计算结果合并，生成 HDF 文件，并压缩，放入结果数据库。

12、根据权利要求 11 所述的数字地球原型系统，其特征在于，在专题处理模块中，

所述地表温度反演包括：通过移动分窗自适应分裂窗方法，使用 MODIS 的热红外数据，实现地表温度的反演；

所述气溶胶光学厚度反演包括：利用暗象元法提取 MODIS 影像的气溶胶光学厚度参数，实现气溶胶光学厚度的反演；

所述归一化植被指数包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 NDVI，实现归一化植被指数；

所述增强型植被指数包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 EVI，实现增强型植被指数；

所述土壤调节植被指数包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 SAVI，实现土壤调节植被指数；

所述土地覆盖信息分类包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再利用遥感图像的多波段信息，进行非监督分类，实现土地覆盖信息分类；

所述云检测包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,然后滤除图像中的云，实现云检测；

所述几何校正包括：利用 MODIS 500 米分辨率的 1B 数据中的 1KM 分辨率经纬度信息作为控制点,对 1KM 分辨率的 MODIS 数据进行几何校正，灰度重采样方法采用最临近插值的方法，实现几何校正；

所述图像剪切包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再从大的图像中裁切出较小的一块研究区，实现图像剪切；

所述图像拼接包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过 MODIS 数据内部的地理坐标数据，将相邻的多幅 MODIS 1B 数据影像拼接成一个较大的完整的图像，实现图像拼接；

所述图像匹配包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过几何纠正的结果获得的每个像元的定位信息进行相同区域数据的获取，用于生成对

同一地区的匹配的多幅影像，实现图像匹配。

13、根据权利要求 1 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述地图应用服务子系统通过基于结点的属性绑定、分层管理技术和 R 树技术管理空间数据和属性数据，并采用了皮肤+骨架技术，借助分布式存储、分布式运算技术实现海量数据的存储与动态载入和显示，至少包括可视化模块和查询模块，是原型系统平台对外服务的信息窗口。

14、根据权利要求 13 所述的数字地球原型系统，其特征在于，

所述可视化模块用于通过菜单命令控制地图，进行无级放大，随着分级放大，调用显示区域内更大分辨率的影像，并从不同的角度进行观察，按规定的路线进行浏览，实现从一览全球到详细观察某个城镇甚至范围更小的区域，通过键盘鼠标或者导航球实现漫游世界的任意地区；

所述查询模块用于实现对基础空间数据的资料查询、将各类等级矢量图和基础地形图进行分层综合显示，以及对 GIS 系统中的图形信息和属性信息进行双向空间查询。

15、根据权利要求 1 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述虚拟现实子系统包括：

海量数据管理功能模块，用于实现对实时采集的数据进行管理，并保留和整理一段时间内的历史数据；

大型地理景观的实时漫游浏览与编辑功能模块，用于实现大型地理景观的实时漫游浏览与编辑；

三维分析与显示功能模块，用于提供 GIS 分析功能的接口，全面的三维分析功能，查询地形数据，对地形数据进行统计分析，支持以可视化的方式对地形进行各种方式的测量，并把测量结果以直观的方式进行可视化；

数字模拟模型的可视化功能模块，用于实现数字模拟模型的可视化；

工程建设模型与方案的可视化功能模块，用于实现工程建设模型与方案的可视化。

16、根据权利要求 1 所述的数字地球原型系统，其特征在于，所述大型地理景观的实时漫游浏览与编辑功能模块支持多视角浏览和全屏浏览、历史回放、屏幕抓取、飞行路线编辑、目标信息查询，达到真实的视觉仿

真效果。

一种数字地球原型系统

技术领域

本发明涉及数字地球技术领域，尤其涉及一种将各种历史数据、模型算法与技术进行优化整合提高，在全球背景下建立多尺度要素综合动态模型，实现学科新跨越，利用数字地球元数据管理、多维时空尺度结构框架对地球的可持续发展问题，进行多层次、多变量关联分析和演化规律的历史重建，对未来发展做出预测和预现的数字地球原型系统。

背景技术

数字地球是美国前副总统戈尔于1998年1月31日在“数字地球——认识21世纪我们这颗星球”的报告中提出的概念，它勾绘出了信息时代人类在地球上生产、科研、学习和生活的时代特征。

数字地球是目前学术界研究的热点，属于科学前沿问题。数字地球是由海量、多分辨率、多时相、多类型空间对地观测数据和社会经济数据及其分析算法和模型构建而成的虚拟地球。

目前，在国内外虽然相关研究比较多，但大部分都仅仅停留在相关理论的探索阶段，而将理论落实为实践的为数不多。具有代表性的研究主要有美国宇航局（NASA）的数字地球演示系统和亚历山大数字地球原型。

NASA的数字地球演示系统主要应用于地图服务功能，应用领域相对较窄。如图1所示，图1示出了NASA数字地球演示系统的体系结构示意图。

亚历山大数字地球原型（ADEPT）的目标是建立一个分布式数字图书馆（DDL），其支持地理空间相关信息的个性化收集的创建和使用服务，与数字地球的研究目的有很大不同。如图2所示，图2示出了亚历山大数字地球原型的体系结构示意图。

此外，国内外一些软件厂商虽然已经开发出一些数字地球原型系统，不过他们的目标和服务价值主要体现在地图搜索和其他的辅助商业服务。

同时，目前国内也还没有非常规范化的数字地球原型计划，也没有网络服务商提供类似的信息服务。

发明内容

（一）要解决的技术问题

有鉴于此，本发明的主要目的在于提供一种数字地球原型系统，以建立一个数字地球原型系统的科学服务平台，在此基础上进行数字地球理论分析，建立数字地球框架与模型，研究发展关键技术与方法，演示在不同领域的应用能力，为数字地球战略提供理论与技术支持，并逐步形成数据资源共享平台、知识共享平台、计算资源共享平台和协同工作平台，解决空间数据应用的科学服务平台建设的相关关键技术，形成地球科学空间信息应用的服务体系。

（二）技术方案

为达到上述目的，本发明提供了一种数字地球原型系统，该数字地球原型系统包括：

数据接收与快速处理子系统，用于接收与处理星载中分辨率成像光谱仪 MODIS 发射的数据，并快速处理入库，提供数字地球原型系统中其它子系统试验和应用的基础数据源；

元数据服务子系统，用于管理整个系统的数据库中元数据信息，为系统合理快速利用数据库中元数据信息提供服务；

模型库子系统，用于为数字地球原型系统的空间数据处理与分析提供算法和应用程序的通用模型；

空间信息数据库子系统，用于管理数字地球原型系统中的空间数据，对客观模拟和反映现实世界的空间数据进行标准化处理、提取和分析，形成适宜多领域规模化应用的数据库；

网格计算子系统，用于根据用户需求从远程数据服务器或本地获得数据，触发服务并监控其运行状态，将一个任务分割成若干个子任务，然后把子任务分配给网格计算池中的计算机执行，回收及整合执行结果，将结果返回给用户；

地图应用服务子系统，用于在因特网环境下实现全球信息的可视化；
虚拟现实子系统，用于根据所建立的领域知识库和数据库运用人工智能、模式识别技术进行建模、学习、规划和计算，实现视觉、触觉、听觉以及动感的虚拟现实模拟。

上述方案中，所述数据接收与快速处理子系统包括：

地面站控制系统模块，用于控制和监测地面站各个部分的运行状况，以直接命令的方式或者预先制定程序的方式运行；

卫星捕获与跟踪模块，用于实现卫星轨道报计算、轨道参数显示和轨道选取；

数据接收与快视模块，用于实现数据接收与数据快视；

数据处理模块，用于对接收并经预处理的原始数据进行解包规整、地理定位和定标订正处理，生成 0 级、1A 级、1B 级标准的 MODIS 格式数据；

数据生产模块，用于生成 0 级、1A 级、1B 级 MODIS 标准数据产品，其中 1B 级产品格式为标准的地球观测系统/分层数据格式 EOS/HDF，并提供面向陆地、海洋和大气遥感应用的高级数据产品；

数据回放与编辑模块，用于对生成的数据产品进行回放显示和编辑处理；

数据分发与备份模块，用于对系统接收和处理的各级数据进行智能存档、分发、管理和备份；

应用软件模块，用于提供 MODIS 数据几何精确纠正、MODIS 数据全国镶嵌图及行政界线叠加、火灾监测、水灾监测、旱灾监测、地表温度反演、植被指数计算、云检测、海洋水色和积雪监测信息。

上述方案中，对于预先制定程序的方式，所述地面站控制系统模块提供图形界面的用户菜单，用于实现多颗卫星多条轨道接收任务设定、任务时间表及执行状态显示、接收过程中各种状态参数的实时显示、事件信息记录文件和浏览、子系统状态配置运行和磁盘文件管理。

上述方案中，所述卫星捕获与跟踪模块在实现卫星轨道报计算时，通过获取两行参数来进行卫星轨道报的计算；在实现轨道参数显示时，以文字方式显示过境卫星的所有轨道参数；在实现轨道选取时，用户根据需要

任意选择想要接收的卫星轨道及其相应参数。

上述方案中，所述数据接收与快视模块在实现数据接收时，根据选定的过境卫星轨道参数，按卫星轨道时间表自动接收卫星信号，并对接收的信号进行至少包括放大、变频、解调、输出和存储的预处理，获取原始数据 RAW DATA；

所述数据接收与快视模块在实现数据快速视时，显示过境卫星轨道、当前正在接收的轨道及其进度，并将接收的数据以彩色图像的形式实时显示。

上述方案中，所述数据回放与编辑模块对生成的数据产品进行编辑处理包括：

图像合成，用于将任意波段数据进行多通道合成显示，制作彩色图像；

图像增强，用于对显示图像进行增强处理；

数据投影变换，用于对图像进行至少包括兰勃托、极射赤面、麦卡托、等经纬度、高斯-克吕格的投影变换，并实时显示变换图像；

图层叠加，用于在图像上叠加至少包括经纬网格、行政区划、地理标志的地理信息图层；

地理信息添加，用于在图像上添加常用图形符号和注记字符，并对添加的图形符号和注记字符进行编辑；

图像数据提取，用于对图像进行分割，按省、市边界或自定义边界提取图像，提取数据；

数据格式转换，用于将 HDF 数据按照位图图形文件 BMP 或 2 进制格式进行图像格式文件输出；

图像拼接，用于进行区域数据集基础上的多轨、多天数据拼接合成和显示。

上述方案中，所述应用软件模块以美国宇航局 NASA 公布的算法和标准为基础，具有图像处理功能，面向遥感应用，采取公开的高级数据产品的设计框架，公开算法、公开标准。

上述方案中，所述元数据服务子系统包括：

空间元数据网关，用于实现客户端与服务器端的信息交互；

空间元数据服务器，用于接收来自空间元数据网关的信息，经过解析

后调用相应的功能模块，如果需要返回结果集，则将结果组织好后以可扩展置标语言 XML 文档的形式返回给客户端，并负责空间元数据在因特网上的发布；

空间元数据库管理器，用于空间元数据的采集、存储、管理和维护；

空间元数据查询工具，用于为客户端提供一个界面来管理元数据模式信息、元数据记录以及各种映射关系，包括添加、删除和修改和浏览元数据记录；

空间元数据管理工具，由用户界面模块和协议处理传输模块构成，用户界面模块用于实现与用户交互，输入查询条件和呈现查询结果；协议处理传输模块用于将用户界面模块收集到的查询参数组织成查询语句，通过 TCP/IP 协议发送给空间元数据服务器，然后查询空间元数据库，将查询结果交用户界面模块显示。

上述方案中，改进的同态滤波去云模型、金字塔结构遥感数据快速压缩与回放模型、多尺度遥感图像小波融合模型、高光谱遥感图像立方体模型、地表温度反演模型、样条多尺度图像表示与配准模型、雷达数据土壤水分的反演模型、植被指数模型生物量模型、净初级生产率模型、微波遥感数据地面参数反演模型和雷达干涉测量 INSAR 模型。

上述方案中，所述空间信息数据库子系统包括：

空间数据处理模块，用于实现控制底层数据处理、底层控制框架布设和底层数据精度检验；

遥感数据处理模块，用于实现同名控制点库建立、可测度精处理检验和图像元数据库建立；

特征信息处理模块，用于实现色彩的还原和增强、影像镶嵌色彩匹配、非同源数据同化和多尺度数据融合；

专题信息分析模块，用于实现对遥感数据成果进行基于标准遥感数据平台的各种遥感应用分析。

上述方案中，所述网格计算子系统包括：

流程控制模块，用于采用 workflow 技术以应用为单位对流程进行控制；

网格中间件，用于集中管理和调度底层硬件计算资源，将上层递交的任务按一定策略分发到可用计算机上进行计算，并回收结果；

初始化模块，用于为专项处理进行准备，包括数据获取，日志文件的创建，获取远程数据，解压，子任务分割和封装，数据格式转换和接口转换；

专题处理模块，用于为节点提供地表温度反演、气溶胶光学厚度反演、归一化植被指数、增强型植被指数、土壤调节植被指数、土地覆盖信息分类、云检测、几何校正、图像剪切、图像拼接和图像匹配；

后处理模块，用于将子任务的计算结果合并，生成 HDF 文件，并压缩，放入结果数据库。

上述方案中，在专题处理模块中，

所述地表温度反演包括：通过移动分窗自适应分裂窗方法，使用 MODIS 的热红外数据，实现地表温度的反演；

所述气溶胶光学厚度反演包括：利用暗象元法提取 MODIS 影像的气溶胶光学厚度参数，实现气溶胶光学厚度的反演；

所述归一化植被指数包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 NDVI，实现归一化植被指数；

所述增强型植被指数包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 EVI，实现增强型植被指数；

所述土壤调节植被指数包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 SAVI，实现土壤调节植被指数；

所述土地覆盖信息分类包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再利用遥感图像的多波段信息，进行非监督分类，实现土地覆盖信息分类；

所述云检测包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,然后滤除图像中的云，实现云检测；

所述几何校正包括：利用 MODIS 500 米分辨率的 1B 数据中的 1KM 分辨率经纬度信息作为控制点,对 1KM 分辨率的 MODIS 数据进行几何校正，灰度重采样方法采用最临近插值的方法，实现几何校正；

所述图像剪切包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再从大的图像中裁切出较小的一块研究区，实现图像剪切；

所述图像拼接包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过 MODIS 数据内部的地理坐标数据，将相邻的多幅 MODIS 1B 数据影像拼接成一个

较大的完整的图像，实现图像拼接；

所述图像匹配包括：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过几何纠正的结果获得的每个像元的定位信息进行相同区域数据的获取，用于生成对同一地区的匹配的多幅影像，实现图像匹配。

上述方案中，所述地图应用服务子系统通过基于结点的属性绑定、分层管理技术和 R 树技术管理空间数据和属性数据，并采用了皮肤+骨架技术，借助分布式存储、分布式运算技术实现海量数据的存储与动态载入和显示，至少包括可视化模块和查询模块，是原型系统平台对外服务的信息窗口。

上述方案中，所述可视化模块用于通过菜单命令控制地图，进行无级放大，随着分级放大，调用显示区域内更大分辨率的影像，并从不同的角度进行观察，按规定的路线进行浏览，实现从一览全球到详细观察某个城镇甚至范围更小的区域，通过键盘鼠标或者导航球实现漫游世界的任意地区；

所述查询模块用于实现对基础空间数据的资料查询、将各类等级矢量图和基础地形图进行分层综合显示，以及对 GIS 系统中的图形信息和属性信息进行双向空间查询。

上述方案中，所述虚拟现实子系统包括：

海量数据管理功能模块，用于实现对实时采集的数据进行管理，并保留和整理一段时间内的历史数据；

大型地理景观的实时漫游浏览与编辑功能模块，用于实现大型地理景观的实时漫游浏览与编辑；

三维分析与显示功能模块，用于提供 GIS 分析功能的接口，全面的三维分析功能，查询地形数据，对地形数据进行统计分析，支持以可视化的方式对地形进行各种方式的测量，并把测量结果以直观的方式进行可视化；

数字模拟模型的可视化功能模块，用于实现数字模拟模型的可视化；

工程建设模型与方案的可视化功能模块，用于实现工程建设模型与方案的可视化。

上述方案中，所述大型地理景观的实时漫游浏览与编辑功能模块支持

多视角浏览和全屏浏览、历史回放、屏幕抓取、飞行路线编辑、目标信息查询，达到真实的视觉仿真效果。

（三）有益效果

从上述技术方案可以看出，本发明具有以下有益效果：

1、本发明提供的这种数字地球原型系统，是一个通过多分辨率、多时相、多类型空间对地观测数据、地学数据和相关社会、经济数据的（数据）获取，建立以地理坐标为依据的、具有海量存储的分布式数据库体系，并利用科学计算、网络以及虚拟现实等技术，实现真实地球及其相关现象的数字化重现和预测的模型系统。该数字地球原型系统通过原型系统的建立与应用示范，构建了数字地球原型系统的数据资源共享平台、知识共享平台、计算资源共享平台和协同工作平台，并通过原型系统的建立，解决了空间数据应用的科学服务平台建设的相关关键技术，形成了地球科学空间信息应用的服务体系。

2、本发明提供的这种数字地球原型系统，创建了以大型先进软硬件环境为核心，由数据接收、元数据、模型库、网格计算、空间信息库、地图服务和虚拟现实 7 个子系统组成，并以网络为基础、以国家和行业标准为参照的大型空间信息服务平台。它构造了数字地球概念模型和数字地球理论框架，提出了真实地球、意识地球、数字地球的互动思维。该系统自主开发了数字地球数据挖掘算法和反演软件，开发了地学反演软件，发展了多种数据融合技术，构建了无级比例尺地理信息系统（GIS）信息综合模型。

3、本发明提供的这种数字地球原型系统，将网格技术和 workflow 技术结合起来用于原型系统数据处理，使得计算资源与数据处理的算法与模型得到大范围的共享，节省了时间与经济资源；采用亿兆字节（TB）的服务器群集技术，解决了网络 GIS 传输瓶颈问题，确保大数据量地图服务应用高效运作；集成了国际先进影像压缩技术，形成了海量影像数据压缩和管理能力；建立了精校正同名控制点库，提高了数字产品的整体精度，为国产数字产品与国际数字产品有机衔接提供了条件。

4、本发明提供的这种数字地球原型系统，构筑了可测度标准数字平

台，提高了数字产品标准化水平；实现了不同虚拟环境、虚拟现实与地理信息软件之间的交互和基于分页（PAGE）和层次细节/连续层次细节（LOD/CLOD）技术的大地形数据实时显示，开发出网络三维浏览系统；数据接收系统具有宽的捕获和跟踪带宽，信息码速率连续可变，系统自动化程度高，解决了极轨卫星高仰角过顶目标丢失问题，实现了无人值守。接收子系统与原型系统实现了无缝镶嵌，可异地操作。

5、本发明提供的这种数字地球原型系统，是一个高度集成的系统，制定了一套以国家和行业标准为参照的综合系统集成规范，构成了数字地球工作平台，实现了空间信息的共享。

6、在本发明提供的这种数字地球原型系统中，数据接收与快速处理子系统实现了接收处理、数据存档自动化，接收数据实时可视化，图像质量稳定。空间信息数据库子系统建立了精校正同名控制点库，提供了规模遥感数据的海量运算各种算法，实现了国际坐标体系数字产品的有机衔接，构筑了可测度标准数字平台。模型库综合集成了图像预处理、地物特性反演、数据融合和数据处理等多个模型，为遥感信息的进一步挖掘与提取提供了有效地技术方法。地图应用服务子系统实现图层控制、缩放、多层数据表现、图像图形的配准和显示功能，实现了空间数据与属性数据的有效查询，具备长度、面积量算与缓冲区分析等功能。虚拟现实子系统建立了仿真专用的地理景观数据库与专题数据库，实现了实时漫游浏览与编辑，三维环境下淹没分析、挖填方计算等功能，实现了三维场景网络发布、浏览与信息查询等功能。

附图说明

图 1 为 NASA 数字地球演示系统的体系结构示意图；

图 2 为亚历山大数字地球原型的体系结构示意图；

图 3 为本发明提供的数字地球原型系统的结构框图；

图 4 为本发明提供的数字地球原型系统中数据接收与快速处理子系统的系统框图；

图 5 为本发明提供的数字地球原型系统中元数据服务子系统的结构框图；

图 6 为本发明提供的数字地球原型系统中元数据服务子系统的运行过程示意图；

图 7 为本发明提供的数字地球原型系统中网格计算子系统与外部模块的逻辑结构示意图；

图 8 为本发明提供的数字地球原型系统中网格计算子系统与内部模块的逻辑结构示意图；

图 9 为本发明提供的数字地球原型系统中网格计算子系统数据流结构示意图；

图 10 为本发明提供的数字地球原型系统中网格计算子系统控制流结构示意图；

图 11 为本发明提供的数字地球原型系统中地图应用服务子系统服务流程示意图；

图 12 为本发明提供的数字地球原型系统框架体系结构图；

图 13 为本发明提供的数字地球原型系统三个基本功能层的示意图；

图 14 为本发明提供的数字地球原型系统的框架结构示意图；

图 15 为本发明提供的数字地球原型系统的体系结构示意图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明进一步详细说明。

本发明提供的这种数字地球原型系统，是一个通过多分辨率、多时相、多类型空间对地观测数据、地学数据和相关社会、经济数据的（数据）获取，建立以地理坐标为依据的、具有海量存储的分布式数据库体系，并利用科学计算、网络以及虚拟现实等技术，实现真实地球及其相关现象的数字化重现和预测的模型系统。该数字地球原型系统通过原型系统的建立与应用示范，构建了数字地球原型系统的数据资源共享平台、知识共享平台、计算资源共享平台和协同工作平台，并通过原型系统的建立，解决了空间数据应用的科学服务平台建设的相关关键技术，形成了地球科学空间信息应用的服务体系。

如图 3 所示，图 3 为本发明提供的数字地球原型系统的结构框图，该

数字地球原型系统包括数据接收与快速处理子系统 10、元数据服务子系统 11、模型库子系统 12、空间信息数据库子系统 13、网格计算子系统 14、地图应用服务子系统 15 和虚拟现实子系统 16。

其中，数据接收与快速处理子系统 10 用于接收与处理星载中分辨率成像光谱仪 (MODIS) 发射的数据，并快速处理入库，提供数字地球原型系统中其它子系统试验和应用的基础数据源。

元数据服务子系统 11 用于管理整个系统的数据库中元数据信息，为系统合理快速利用数据库中元数据信息提供服务。

模型库子系统 12 用于为数字地球原型系统的空间数据处理与分析提供算法和应用程序的通用模型。

空间信息数据库子系统 13 用于管理数字地球原型系统中的空间数据，对客观模拟和反映现实世界的空间数据进行标准化处理、提取和分析，形成适宜多领域规模化应用的数据库。

网格计算子系统 14 用于根据用户需求从远程数据服务器或本地获得数据，触发服务并监控其运行状态，将一个任务分割成若干个子任务，然后把子任务分配给网格计算池中的计算机执行，回收及整合执行结果，将结果返回给用户。

地图应用服务子系统 15 用于在因特网环境下实现全球信息的可视化。

虚拟现实子系统 16 用于根据所建立的领域知识库和数据库运用人工智能、模式识别技术进行建模、学习、规划和计算，实现视觉、触觉、听觉以及动感的虚拟现实模拟。

数字地球原型系统 1.0 版经过四年时间的建设，完成了数据接收与快速处理、网格计算、空间信息数据库、元数据服务、模型库、地图服务与虚拟现实等多个子系统的建立，在整个流程中，从数据获取，到数据分析与显示表达，子系统紧密衔接，构成数字地球工作平台。下面结合附图对本发明提供的这种数字地球原型系统进一步详细说明。

对于数据接收与快速处理子系统，该子系统以接收与处理星载中 MODIS 数据为目标，用先进的集成技术，融国内、外产品为一体，构建

数字地球原型体系的航天数据支撑系统，开辟 MODIS 集成技术及数据产品的广阔市场。该子系统按着功能划分，从天线接收到生成数据产品共有八个功能模块，它们分别是地面站控制系统模块、卫星捕获与跟踪模块、数据接收与快视模块、数据处理模块、数据生产模块、数据回放与编辑模块、数据分发与备份模块和应用软件模块。

其中，地面站控制系统模块用于控制和监测地面站各个部分的运行状况，以直接命令的方式或者预先制定程序的方式运行。对于预先制定程序的方式，所述地面站控制系统模块提供图形界面的用户菜单，用于实现多颗卫星多条轨道接收任务设定、任务时间表及执行状态显示、接收过程中各种状态参数的实时显示、事件信息记录文件和浏览、子系统状态配置运行和磁盘文件管理。另外，地面站控制系统模块控制和监测地面站各个部分的运行状况。能以直接命令方式或者预先制定程序的方式运行。对于预先制定程序的方式，能提供图形界面的用户菜单，以便利用这种方式监测、控制整个接收系统的各个环节。

卫星捕获与跟踪模块用于实现卫星轨道报计算、轨道参数显示和轨道选取。卫星捕获与跟踪模块在实现卫星轨道报计算时，通过获取两行参数来进行卫星轨道报的计算；在实现轨道参数显示时，以文字方式显示过境卫星的所有轨道参数；在实现轨道选取时，用户根据需要任意选择想要接收的卫星轨道及其相应参数。

数据接收与快视模块用于实现数据接收与数据快视。数据接收与快视模块在实现数据接收时，根据选定的过境卫星轨道参数，按卫星轨道时间表自动接收卫星信号，并对接收的信号进行至少包括放大、变频、解调、输出和存储的预处理，获取原始数据（RAW DATA）。数据接收与快视模块在实现数据快视时，显示过境卫星轨道、当前正在接收的轨道及其进度，并将接收的数据以彩色图像的形式实时显示。

数据处理模块用于对接收并经预处理的原始数据进行解包规整、地理定位和定标订正处理，生成 0 级、1A 级、1B 级标准的 MODIS 格式数据。

数据生产模块用于生成 0 级、1A 级、1B 级 MODIS 标准数据产品，其中 1B 级产品格式为标准的地球观测系统/分层数据格式（EOS/HDF），并提供面向陆地、海洋和大气遥感应用的高级数据产品。

数据回放与编辑模块用于对生成的数据产品进行回放显示和编辑处理。数据回放与编辑模块对生成的数据产品进行编辑处理包括图像合成、图像增强、数据投影变换、图层叠加、地理信息添加、图像数据提取、数据格式转换和图像拼接。图像合成用于将任意波段数据进行多通道合成显示，制作彩色图像；图像增强用于对显示图像进行增强处理；数据投影变换用于对图像进行至少包括兰勃托、极射赤面、麦卡托、等经纬度、高斯-克吕格的投影变换，并实时显示变换图像；图层叠加用于在图像上叠加至少包括经纬网格、行政区划、地理标志的地理信息图层；地理信息添加用于在图像上添加常用图形符号和注记字符，并对添加的图形符号和注记字符进行编辑；图像数据提取用于对图像进行分割，按省、市边界或自定义边界挖取图像，提取数据；数据格式转换用于将 HDF 数据按照位图图形文件（BMP）或 2 进制格式进行图像格式文件输出；图像拼接用于进行区域数据集基础上的多轨、多天数据拼接合成和显示。

数据分发与备份模块用于对系统接收和处理的各级数据进行智能存档、分发、管理和备份。

应用软件模块用于提供 MODIS 数据几何精确纠正、MODIS 数据全国镶嵌图及行政界线叠加、火灾监测、水灾监测、旱灾监测、地表温度反演、植被指数计算、云检测、海洋水色和积雪监测信息。应用软件模块以 NASA 公布的算法和标准为基础，具有图像处理功能，面向遥感应用，采取公开的高级数据产品的设计框架，公开算法、公开标准。

该数据接收与快速处理子系统从结构上划分还可以由以下几个分系统组成：天线与控制分系统、信道分系统、GPS 时码单元、数据摄入分系统、接收与处理平台分系统、数据记录和存档分系统和高端数据产品开发与应用软件分系统。

1、天线与控制分系统

主要由天线、馈源、伺服和控制单元组成。天线结构采用 X/Y 型座架和无配重技术。控制系统由天线控制单元（ACU）、天线驱动单元（ADU）、轴角编码单元组成。步进跟踪接收机将下变频送来的中频信号进行检波，ACU 根据此信号电平大小进行轨道步进自动跟踪，提高天线跟踪目标的精度。X/Y 型座架保证系统的过顶跟踪能力。

分系统技术指标:

口径: 3.2M

工作频率: 8.0GHz~8.5GHz

天线增益: > 46dB

第一旁瓣: 优于 -15dB

极化方式: 圆极化、RHC、LHC 可切换

天线运动范围: X: 0度~180度

Y: 0度~180度

运动速度: X: 0度~6度/秒

Y: 0度~6度/秒

运动加速度: X: 0度~6度/秒*秒

Y: 0度~6度/秒*秒

伺服分辨率: 优于 0.01度

定位精度: 优于 0.07 (rms)

工作方式:

—— 待机

—— 手动

—— 命令预制

—— 等待预制

—— 轨道程序跟踪

—— 远控

控保要求: X-Y 预限位切断电源保护

X-Y 电机制动器制动

弹簧时缓冲吸收最后过冲能量

环境要求: 工作湿度: -40度~60度

湿度: 10~100%

耐风速: 小于等于 28.4m/s 保精度工作

小于等于 36.7m/s 可工作

小于等于 54m/s 保全收藏

2、信道分系统

主要由低噪声放大器、上变频器、下变频器、解调器组成。

低噪声放大器 LNA 和第一下变频器安装在天线上，保证 1GHZ 信号从天线传到接收机房的损耗较小。

DM-D-3 型信号解调器采用先进的数字解调技术，具有功耗低、体积小、抗干扰、可靠性高的特点。

技术指标：

A、噪声放大器 (LAN)

频率范围：8000Mhz~8500Mhz,带宽 500Mhz

噪声系数：小于等于 1.3dB

输入接口：BJ84 玻导法兰

输出接口：SMA

B、第一级下变频器

输入频率：8000Mhz~8500Mhz

输出频率：750Mhz~1250Mhz

增益：大于等于 10dB

输入接口：SMA

输出接口：L16

C、第二下变频器：750Mhz~1250Mhz L16 接头

输出中频：140Mhz N 型 / L16 接头

增益：大于等于 10dB

调谐步进：1Khz 串口控制 RS232 标准

环境要求：

LAN 及第一级下变频满足室外单元工作条件

第二级下变频器为室内单元：

工作温度：0 度~35 度

湿度：10%~100%

解调器：

解调方式：BPSK, QPSK, UQPSK

解调码速率范围：4~60Mbps

输入中频：140Mhz

载波捕获范围：正负 600Khz

载波同步带宽：正负 700Khz

3、GPS 时码单元

GPS 接收机，完成自动校时功能

4、数据摄入分系统

采用由国外引进的高速数据摄入板，数据摄入速率为 400Mbps，实现字位帧同步。能兼容多种遥感卫星数据的摄入。

5、接收与处理平台分系统

由工作站和接收处理软件组成。

6、数据记录和存档分系统

7、高端数据产品开发与应用软件分系统

该数据接收与快速处理子系统的系统框图如图 4 所示，图 4 为本发明提供的数字地球原型系统中数据接收与快速处理子系统的系统框图。该数据接收与快速处理子系统绝大部分硬件实现了国产化，同时也部分地集成了国外的先进产品，如高速进机板。该系统的集成技术，转化为高技术产品，现已为海军等单位研制了多套对地观测系统/中分辨率成像光谱仪（EOS/MODIS）接收系统。运行实践证明，该系统运行稳定，接收图像清晰。由于 MODIS 具有 250 米，500 米，1000 米的空间分辨率，每天至少 4 次过境的时间分辨率，波谱范围覆盖从可见光到远红外的 36 个通道，在遥感应用、大气与海洋研究中发挥了重要作用。与同类产品相比，本子系统已达到国际先进水平，该子系统的技术特点：

(1) 可接收 EOS/MODIS 两颗星上的数据，上午星（TERRA）和下午星（AUQA）；

(2) 采用步进跟踪和程序跟踪两种技术，使天线跟踪达到高精度（ $\leq 0.02^\circ$ ），避免了由于卫星本身姿态和轨道预报不准而产生的信号丢失（掉线）问题；

(3) 采用网板式天线，风矩小，天线增益值高；

(4) 接收与处理软件功能强，计算速度快；

(5) 接收软件同时具有管理、监控整个地面站的功能，实时动态显示系统运行的状态参数，并产生运行报告文件（历史的和现在的）；

(6) 系统产生的 1B 数据是国际通用标准的 EOS/MODIS 格式, 并带有 MOD03 产品【定标 (Calibrated) 和地理定位 (geolocated)】, 对开发高级产品是必需的;

(7) 实时产生彩色快视图像并自动生成浏览图像文件;

(8) 产生夜间红外波段快视图像;

(9) 源数据和产品数据的自动存档;

(10) 硬盘等存贮设备的智能化管理;

(11) 网上自动读取轨道参数;

(12) 接收与数据处理过程的全程自动化, 数据处理过程配有图形动态显示。

对于元数据服务子系统, 该子系统在参考了 FGDC 提供的用于建设空间信息交换中心 (ClearingHouse) 的 I-Site 系列软件和由 Blue Angel Technologies 公司开发的 MetaStar 系列产品后, 设计并部分实现了一个元数据服务子系统, 其体系结构如图所示。它主要包括服务器端的空间元数据服务器、空间元数据库管理器, 客户端的空间元数据查询工具, 空间元数据管理工具。为了方便用户使用, 服务器还提供一个空间元数据网关, 使得用户可以通过 WWW 网在浏览器中对系统进行查询和管理。

该元数据服务子系统按着功能划分, 包括空间元数据网关、服务器端的空间元数据服务器、服务器端的空间元数据库管理器、客户端的空间元数据查询工具和客户器端的空间元数据管理工具。

如图 5 所示, 图 5 为本发明提供的数字地球原型系统中元数据服务子系统的结构框图。空间元数据网关, 用于实现客户端与服务器端的信息交互。一般为 Z39.50 网关, 使用已有的免费软件。它在某个意义上相当于客户端的协议处理传输模块的工作。它的主要功能是将用户通过 HTTP 协议传过来的一系列参数转化为满足协议的系统消息, 然后发送到服务器, 最后将结果以 HTML 格式的形式返回给浏览器。这里, Z39.50 协议是一种在客户/服务器环境下计算机与计算机之间进行数据库检索的通讯协议。它的出版及使用解决了不同系统间的数据交流的问题, 克服了信息检索网络化的障碍^[10]。需要提及的是, 在 1992 年以后的 Z39.50 协议标准中增加

了对空间数据查询的支持，使得空间信息的查询可以通过 Z39.50 协议进行。

空间元数据服务器，用于接收来自空间元数据网关的信息，经过解析后调用相应的功能模块，如果需要返回结果集，则将结果组织好后以可扩展置标语言（XML）文档的形式返回给客户端，并负责空间元数据在因特网上的发布。空间元数据的发布支持国际通用的网络信息搜索和提取协议---Z39.50 协议，能够与其他支持 Z39.50 协议的共享系统实现互联。通过空间元数据服务器，数据用户可以查询远程的空间元数据库，获取系统返回的空间元数据集，实现特定的操作。

空间元数据库管理器，用于空间元数据的采集、存储、管理和维护。空间元数据的存储和管理主要由空间元数据库来承担。以 XML 文档方式确定的空间元数据数据结构和输入的空间元数据，可以通过空间元数据管理器，建立 XML 和关系数据的合理映射，将其存放到关系数据库中，同时借助成熟的关系数据库软件，实现对空间元数据的有效管理，包括数据完整性维护 and 安全性维护两方面。而且，空间元数据管理器还负责建立合理的索引，提高高速的查询和检索。当然它还负责元数据记录的添加、删除和修改。

空间元数据查询工具，用于为客户端提供一个界面来管理元数据模式信息、元数据记录以及各种映射关系，包括添加、删除和修改和浏览元数据记录。使用空间元数据管理工具，都需要先登录空间元数据服务器，获取一定的权限，才能进行权限内的操作

空间元数据管理工具，由用户界面模块和协议处理传输模块构成，用户界面模块用于实现与用户交互，输入查询条件和呈现查询结果；协议处理传输模块用于将用户界面模块收集到的查询参数组织成查询语句，通过 TCP/IP 协议发送给空间元数据服务器，然后查询空间元数据库，将查询结果交用户界面模块显示。

该元数据服务子系统的主要特征如下：

- (1) 鉴于空间元数据标准的不统一，合理的空间元数据系统应该支持尽可能多的空间元数据标准。系统基于 FGDC 标准，并保证对空间元数据标准可扩展性的支持。

- (2) 鉴于 Z39.50 协议是目前国际上广泛被接纳的一种在客户服务器环境下计算机与计算机之间进行数据库检索与查询的通信协议,所以空间元数据系统应该提供支持 Z39.50 协议访问的接口,保证响应任何基于 Z39.50 协议的查询,所以本系统支持基于 Z39.50 协议的查询。
- (3) 系统服务器提供一个网关,使得用户可以通过 WWW 网来访问服务器,因为一般的元数据查询都是通过浏览器进行的。当然元数据的管理和维护界面应该也是可以通过浏览器进行,实现了真正意义上的基于 Internet 的空间信息元数据管理系统。
- (4) 对元数据的存储方式有比较灵活的支持,可以用文件系统也可以通过数据库来存储。考虑空间元数据信息内部结构的复杂性,空间元数据系统可以选择 XML 文档来存储空间元数据标准模板,并支持基于 XML 的空间元数据的输入、存储、查询和输出。研究分布式环境下,用 XML 作为数据中介,实现异构数据的集成和交换。XML 作为下一代 Internet 语言,具有极大的灵活性。利用 XML,可以在 Internet 展开各种复杂的应用。

系统的运行过程描述如下:在服务器端通过 socket 建立监听组件。当接收到客户端的连接请求后,与客户端建立连接。然后客户端可以把查询请求通过 Socket 连接发送到服务器端。服务器端执行 ActiveX 数据对象(ADO)执行数据库的查询操作,并把查询到的结果封装为 XML 的形式,通过 Socket 连接发送到客户端。客户端通过解析收到的 XML 字符串,得到所需的信息。这一过程可用下图 6 所示,图 6 为本发明提供的数字地球原型系统中元数据服务子系统的运行过程示意图。

用 XML 作为数据交换的中介,会给系统的实现带来极大的灵活性。系统可以屏蔽掉后台的多种数据源,用统一的 XML 数据呈现给用户。接收数据一方根据 XML 数据的“模式(Schema)”可以对数据进行任意的处理,如分解出其中需处理的数据或是以不同的样式来呈现。通过 XML,我们可以实现网上数据的交换、处理自动化,作为下一代 Internet 应用的基础。

元数据服务子系统包括以下功能模块:管理员登录,元数据浏览,可

以查看所有的元数据记录；元数据录入，完成元数据属性信息的录入；元数据管理，完成元数据查询、删除和属性信息的修改；账户管理，以超级用户身份登录的管理员将有权限进行新的管理员账户的创立以及旧的账户的删除；注销登陆，用于账户的注销。

1、元数据浏览子模块

(1) 该页面主要完成管理员登录的功能。系统会对用户名和密码进行验证，用户名称以及密码匹配则通过验证，否则报错。测试账户 admin 密码为 power

(2) 登录成功之后进入元数据服务子系统主页面，该页面左半部分显示系统功能，右半部分含有系统功能介绍页面。

(3) 元数据浏览页面列出元数据管理系统数据库中的所有记录，显示每条记录的中文数据集名称，英文数据集名称和摘要，点击中文数据集名称，就会显示和数据集中文名称对应的相应元数据记录的详细信息。也可以通过 XML 形式查看相应元数据记录的详细信息。

2、元数据录入子模块

(1) 元数据录入子模块列出添加元数据记录所应该填写的各个字段，页面下方有按钮提示“输入完毕，开始入库”的按钮。开始入库之前要进行验证。本页面的查错机制：点击按钮之后激活查错功能，检查必填字段是否为空，有相应提示。对于所有不合乎要求的字段都会给出提示要求重新输入正确内容。

(2) 把刚才输入的所有信息显示出来，供用户核实。如更改可以退回到前一个页面，否则继续点击按钮“确认无误，正式上传”。

(3) 页面正式向数据库中添加记录，将刚才填写的信息依次写入相应的字段。本过程不可见，提醒用户新的记录已经添加完成。并有关闭页面的按钮。结束本次添加新记录的全部操作。

3、元数据管理子模块

(1) 该查询系统主要是为了帮助管理人员快速的定位要查找的元数据记录记录，以便对其字段内容进行核实，或者更改，甚至整条记录的删除。元数据查询中包含的检索字段有：数据集中文名称、数据起始日期、数据结束日期、最大经度、最高纬度、最小经度、最低纬度、关键词。所

有的检索字段皆为模糊查询，并且所有字段之间的关系都是“与”的关系。空字段将会自动被屏蔽，不进行匹配检索。各个字段都空白时将列出数据库中所有元数据记录。

(2) 根据特定的查询条件返回查询结果,列出查询出来的每条记录的中文数据集名称，英文数据集名称和摘要。点击中文数据集名称，就会显示和数据集中文名称对应的相应元数据记录的详细信息。也可以通过XML形式查看相应元数据记录的详细信息。也可以通过XML形式查看相应元数据记录的详细信息。页面下方有两个链接“编辑信息”以及“删除记录”。

(3) 根据数据集中文名称显示记录的具体信息，可以直接对关键部分修改，页面底下有两个按钮，分别进行更改操作以及放弃操作。根据传送过来的信息更新相关字段，提醒用户元数据记录属性修改已经完成。并有关闭页面的按钮。结束本次修改记录的全部操作。

(4) 如果选择删除记录操作，系统会完成删除记录并提示用户记录已经删除。

4、账户管理子模块

该页面检索数据库中普通管理员的账户记录，如果记录个数为0，则显示“目前还没有建立其它登录账户”；否则将显示已经存在的普通账户，显示内容包括登录名称以及密码(明文显示)。页面下方有新建账户的功能区，输入用户名以及密码。为提醒操作者大小写敏感问题，增设了密码检验步骤。尽管密码都会明文显示，仅以次环节作为提醒。

在每一个账户信息栏中都包含一个“删除”操作链接。点击后请用户确认是否删除账户，确认后执行删除操作并自动切换回到账户管理的初始页面。

对于模型库子系统，其中保存的通用模型至少包括：改进的同态滤波去云模型、金字塔结构遥感数据快速压缩与回放模型、多尺度遥感图像小波融合模型、高光谱遥感图像立方体模型、地表温度反演模型、样条多尺度图像表示与配准模型、雷达数据土壤水分的反演模型、植被指数模型生物量模型、净初级生产率模型、微波遥感数据地面参数反演模型和雷达干涉测量(INSAR)模型等。

模型是将原始数据处理成可用的信息和知识的中间过程，是数字地球应用的重要内容。数字地球 1.0 版模型库中收录了近年来遥感所自主开发的模型，包括图像预处理、地面物质特性反演、数据融合和微波数据处理等 16 个模型，这些模型经过课题验证和发表在国内外刊物上。一些已经使用多年的模型，如植被指数等没有收录到本模型库中，本模型库将不断收入新的模型，同时希望对已经收录的模型使用和改进。模型库按模型名称、算法与文档说明的方式介绍给用户。

1、改进的同态滤波去云模型

图像函数 $f(x,y)$ 可以简化为光源入射量函数 $f_i(x,y)$ 与地面反射率函数 $f_r(x,y)$ 的乘积。在这里，把式(1)的形式做一些改变：

$$f(x,y) = i_0 \times f_i(x,y) \times f_r(x,y)$$

其中， i_0 是光源入射量常数，对于地表的每一点 (x,y) 来说都是恒定的， $f_i(x,y)$ 是由薄云引起的入射量变化函数， $f_r(x,y)$ 是地面反射率函数。

$f_i(x,y)$ 主要反映的是图像中的低频部分，即大范围内的亮度差异。去云的问题即转化为如何减弱 $f_i(x,y)$ 所引起的图像照明不均，图像上各部分的平均亮度有起伏而使对应于云区的图像细节结构较难分辨的问题。

对数变换：

由于 $f_i(x,y)$ 和 $f_r(x,y)$ 二者是乘积关系，在频率域无法分开处理。因此，对(1')取对数，是空间域内的乘积关系转化为相加关系：

$$g(x,y) = \ln f(x,y) = \ln i_0 + \ln f_i(x,y) + \ln f_r(x,y)$$

实际运用中，需要将 $f(x,y)$ 加 1 之后再取对数。这是为了避免出现对 0 取对数而得到无意义的值。

低通滤波：

如果直接采用高通滤波提取 $f_r(x,y)$ ，无云区的细节部分会被不必要地过度增强，引起图像的失真。既然 $f_i(x,y)$ 缓慢变化，而 $f_r(x,y)$ 快速变化，对 $g(x,y)$ 进行低通滤波，就可以先把 $f_i(x,y)$ 分离出来。

$$g'(x,y) = LPF(g(x,y)) \approx \ln i_0 + \ln f_i(x,y)$$

如果一副图像包含有噪声，根据噪声干扰的统计学特征，可以假定这些噪声相对于每一坐标点是不相关的，且其数学期望值为零。与噪声相类似， $\ln(f_r(x,y))$ 快速变化，也可以假定其相对于每一坐标点是不相关的（其

数学期望值不为零)。对图像的某一区域来说, $\ln(fr(x,y))$ 可以视为“随即加性噪声”, 对该区域取均值后可以“消除”。[8]为了简化计算, 采用邻区平均的方法来近似低通滤波算子:

$$g'(x,y) = LPF(g(x,y)) \approx \frac{1}{N^2} \sum_{j=y-[N/2]}^{y+[N/2]} \left(\sum_{i=x-[N/2]}^{x+[N/2]} f(i,j) \right)$$

其中, N 是奇数, 上述计算在以 (x,y) 为中心, $N \times N$ 大小的区域内进行。 $[N/2]$ 代表 $N/2$ 的整数部分。 N 的取值应适当较大, 否则对于整幅图像来说, 较小的邻区平均并不能很好地削弱高频部分。

2、金字塔结构遥感数据快速压缩与回放模型

可视化是通过数字地球与人交互的窗口实现的。用遥感数字图像重建三维数字地球是本研究的关键技术和最显著的特点。将不同比例尺的遥感图像乃至整个地球、国家和区域无缝拼接, 任意漫游和放大, 由三维数据通过人造视差的方法, 构造虚拟立体。实现上述任务的关键技术是小波不同尺度遥感数据金字塔快速压缩与回放技术。研究中开发了小波不同尺度遥感数据金字塔快速压缩与回放软件。原理介绍如下:

为了利用有限的存储容量存储更多的影像, 就需要研究怎样才能最大限度地压缩影像数据, 并保证利用这些被压缩的数据所重建的影像质量和速度是用户能够接受的, 这就是较大影像的无级显示与压缩所要解决的问题。

由于影像像素之间存在密切的相关性, 即影像数据含有较高的冗余度, 因此可以对影像数据进行压缩。另一方面, 用于重建该影像必须具备振幅、相位、两个空间频率至少四个量, 这四个变量是相互独立的, 即其中任何一个都不能从其余三个变量中获得。所以, 把一个含有大量相关像素的影像, 经过某种可逆的变换(压缩-解压), 变成仅含有由非相关元素组成的数据组, 便可以完成影像数据的压缩。目前常用方法有数据分块(tile)、金字塔层次影像以及小波压缩。一方面进行影像压缩, 减小冗余度; 另一方面优化存储结构, 以提高解压影像的速度, 数据分块技术适于连续重叠小影像构成大影像显示, 主要应用在游戏地图显示领域。金字塔层次影像压缩技术, 是目前研究的一个重要方向。

小波压缩是目前最新的视频压缩技术, 能够实现在较低的带宽下实现

高品质的画面传输、压缩和存储，同时小波是当前数学中一个迅速发展的新领域，它同时具有理论深刻和应用十分广泛的双重意义。它与 Fourier 变换、窗口傅利叶（Fourier）变换或伽柏（Gabor）变换相比，这是一个时间和频率的局域变换，因而能有效的从信号中提取信息，通过伸缩和平移等运算功能对函数或信号进行多尺度细化分析（Multiscale Analysis），解决了 Fourier 变换不能解决的许多困难问题，从而小波变化被誉为“数学显微镜”，它是调和与分析发展史上里程碑式的进展。小波分析可以在指定的频带和时（空）域内，对信号成分进行分析。时（空）频域局部化性质和多分辨率分析特征，是小波分析的主要特点和优点。它可以在任意的时（空）尺度内，以任意高的分辨率，观察信号的细微特征。

在时（空）域定义：

$$\sigma_x^2 = \int x^2 |\varphi(x)|^2 dx$$

为小波函数 $\psi(x)$ 的有效带宽。于是伸缩平移小波 $\psi_s(x-x_0)$ 的时宽中心为 x_0 ，有效时宽为 $s\sigma_x$ 。在尺度-空间平面内，由

$$[x_0 - s\sigma_x, x_0 + s\sigma_x][\omega_0/s - \sigma_0/s, \omega_0/s + \sigma_0/s]$$

定义的矩形窗口，反映了小波变换的时（空）频域分辨率。当尺度 s 增加时，小波滤波器中心频率减小，频带变窄，而时窗宽度增大。这意味着在低频带内，有越来越高的频度分辨率。反之亦反，即意味着高频带将有更好的时间（位置）分辨率。

在压缩过程中，采用金字塔层次存储不同分辨率层次的小波系数，采用不同的码字长度进行编码，并据分辨率的不同要求，压缩不必要的小波系数，从而达到编码、压缩的目的。在软件中，首先读入影像图的文件头信息，获取数据的尺寸、像素的大小；

其次，根据映射内存中屏幕的四个角点的坐标，计算所需要影像的比例尺和坐标；根据分辨率的不同要求，解压数据；将数据调入到映射内存。

最后，将映射内存反转到显示内存中，显示给用户。

实现了遥感数据压缩比大于 20%，回放时间在 3 秒之内。

3、多尺度遥感图像小波融合模型

不同分辨率下的信息差别（即细节），可以通过将函数在一小波正交基上分解而获得，解决了以前的图像用定义在渐增分辨率序列 $(V^j)_{j \in \mathbb{Z}}$ 上的细节来描述时难以解决的细节间的相关性问题，去除了信息的冗余。

平方可积函数空间 $L^2(\mathbb{R})$ 中的一列闭子空间 $\{V_j\}_{j \in \mathbb{Z}}$ 若满足一定的条件，则称 $\{V_j\}_{j \in \mathbb{Z}}$ 为 $L^2(\mathbb{R})$ 的一个多分辨率分析（MRA）。我们利用多分辨率分析可以得到空间 $L^2(\mathbb{R})$ 的正交分解。

设 W_{j+1} 是 V_{j+1} 在 V_j 上的正交补空间，则有 $V_j = V_{j+1} \oplus W_{j+1}$

对于 $f \in L^2(\mathbb{R})$ ，已知 $f(x)$ 在 2^{j+1} 和 2^j 分辨率下的逼近分别等于其在 V_{j+1} 和 V_j 中的正交投影，则 $f(x)$ 在 2^j 分辨率下的高频细节部分为空间 W_{j+1} 中的正交投影。

设 $f(x)$ 在 2^k （ $k \in \mathbb{Z}$ ）分辨率下在 V_k 和 W_k 中的投影分别为 $f_k \in V_k$ 和 $g_k \in W_k$ ，则 $f_k = f_{k-1} + g_{k-1}$ ，因此

$$f = f_1 + g_1 = f_2 + g_2 + g_1 = f_N + g_N + \cdots + g_2 + g_1 = f_N + \sum_{i=1}^N g_i$$

由于 $\{\phi_{k,n} : k, n \in \mathbb{Z}\}$ 是 V_k 的规范正交基， $\{\psi_{k,n} : k, n \in \mathbb{Z}\}$ 是 W_k 的规范正交基，

因而 f_k, g_k 可表示为：

$$f_k = \sum_n c_n^k \phi(2^k x - n), \{c_n^k\} \in l^2$$

$$g_k = \sum_n d_n^k \psi(2^k x - n), \{d_n^k\} \in l^2$$

其中 ϕ 称为尺度函数， ψ 称为小波函数。

分解算法：由 $\{c_n^k\}$ 求 $\{c_n^{k-1}\}$ 和 $\{d_n^{k-1}\}$

$$\begin{cases} c_n^{k-1} = \sum_n a_{l-2n} c_l^k \\ d_n^{k-1} = \sum_n b_{l-2n} c_l^k \end{cases}$$

重构算法：由 $\{c_n^{k-1}\}$ 和 $\{d_n^{k-1}\}$ 求 $\{c_n^k\}$

$$c_n^k = \sum_n [p_{n-2l} c_l^{k-1} + q_{n-2l} d_l^{k-1}]$$

上述分解算法与重构算法又称为 Mallat 算法。其中 $\{a_n\}$, $\{b_n\}$ 称为分解序列, $\{p_n\}$, $\{q_n\}$ 称为重构序列。

4、高光谱遥感图像立方体模型

高光谱是高光谱分辨率遥感在特定光谱域获得连续的地物光谱图像, 高光谱遥感应用可以在光谱维上展开。在高光谱影像中的象元是由连续波段构成, 一种表现这种光谱与地表现象关系的表达方式是建立图像立方体了, 见下图。

在图像立方体中, x 和 y 轴表示光谱的空间维, 图中表示一个农场; z 轴由所有剩余波段组成, 叠合方式如同书中的页。

图像立方体制作:

- (1) 顶层图像是 R, G, B 合成图像;
- (2) 色彩沿着边部像元的 z 轴向流变化用 R, G, B 表示;
- (3) 全部像元 z 轴方向构成光谱立方体, 光谱立方体中包含了许多变化信息。

5、地表温度反演模型

改进地表温度反演的分裂窗算法: 建立了不同观测角度和地表高程影响的分裂窗算法系列模型系数, (1) 考虑不同卫星观测角时, 因大气辐射路径带来的影响。在 $0^\circ \sim 65^\circ$ 之间分别设立了以下几个区间: $0^\circ \sim 30^\circ$ 之间为 10° 间隔, $30^\circ \sim 65^\circ$ 为 5° 一个间隔; (2) 利用地表典型波谱知识库和植被冠层辐射传输模型, 建立叶面积指数与像元比辐射率之间的关系, 将这种关系作为先验知识, 为地表温度反演提供像元级比辐射率值; (3) 根据我国地形明显的 3 级台阶差异, 建立不同海拔高度的算法模型系数,

$$T_s = (A_1 + A_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + A_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2}) \frac{T_{31} + T_{32}}{2} + (B_1 + B_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + B_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2})(T_{31} - T_{32}) + C$$

实现地表温度反演的日夜算法: 建立 MODIS 中红外和热红外窗口 7

个通道的辐射亮度值与各参数之间的查找表，利用查找表得出与给定观测值最接近的大气廓线初始值大气廓线；正模式选用 RTTOV7.0 模式来计算不同大气状况下的辐射亮度值；反演算法选用正则化约束和牛顿迭代反演算法。

6、B 样条多尺度图像表示与配准模型

基于 B-样条多尺度表示具有多分辨率特性，一阶导数和 Hessian 矩阵可以利用多尺度递归计算的特性实现图像匹配，基本模型，

$$S_1^n = \left\{ g^n(x) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} c(k) \beta^n(x-k) \right\}, x \in R^1$$

$$\beta^n(x) = \sum_{j=0}^{n+1} \frac{(-1)^j}{n!} \binom{n+1}{j} \left(x + \frac{n+1}{2} - j\right)_+^n$$

其中， $(x)_+^n = \max(0, x)^n, n > 0$

B-样条导数递归计算模型，

$$\frac{\partial \beta^n(x)}{\partial x} = \beta^{n-1}\left(x + \frac{1}{2}\right) - \beta^{n-1}\left(x - \frac{1}{2}\right)$$

7、雷达数据土壤水分的反演模型

利用沃尔夫冈(wolfgang)基于动态检测的模型，认为同一点的后向散射系数（规范化到 40°的）之间的比较能获得该点的土壤水份信息。对于同一个点，最大和最小的 $\sigma^\circ(40)$ 表示最干和最湿的地表状态，分别用 $\sigma^\circ_{dry}(40, t)$ 和 $\sigma^\circ_{wet}(40)$ ，其中 $\sigma^\circ_{dry}(40, t)$ 中的 t 表示最干的情况是随季节而变化的。

假设 $\sigma^\circ(40)$ 和表面土壤水分有一个线性关系，wolfgang 的土壤水份获取模型表示为：

$$m_s(t) = \frac{\sigma^\circ(40, t) - \sigma^\circ_{dry}(40, t)}{\sigma^\circ_{wet}(40, t) - \sigma^\circ_{dry}(40, t)}$$

8、植被指数

比值植被指数:

$$NDVI=(TM4/TM3)$$

归一化植被指数:

$$NDVI=(TM4-TM3)/(TM4+TM3)$$

土壤调节植被指数:

$$SAVI=[(I+L)*(TM4-TM3)]/(TM4+TM3+L),L=0.5$$

转换植被指数:

$$TVI=(NDVI+0.5)$$

环境植被指数:

$$EVI=TM4-TM3$$

9、生物量模型

植被指数不可以直接用于衡量生物量或 NPP，它是通过与叶面积指数（LAI）等的关系来估测这些生物参数。叶面吸收光合有效辐射，光合作用合成有机质，进而将植被指数通过 LAI 与生物量联系起来。S.W Todd 等 1998 年利用 TM 数据对位于 Rocky 山区雨影区的已放牧和未放牧的矮草草原进行研究，其中放牧区的 NDVI 与地上生物量的相关系数为 0.812，未牧地区的 NDVI 与生物量相关系数为 0.304，并建立了牧区生物量的光谱模型，

$$\text{生物量}=60.86+352.71*NDVI, \text{其中 } R^2 \text{ 为 } 0.66。$$

10、净初级生产率模型

NPP 是单元时间从大气进入绿色植物的碳通量，NPP 是衡量生态环境

变化的基本要素。

净初级生产率(Net primary productivity NPP)一般公式: $NPP = 0.29 * [\exp(-0.216) * RDI^{**2}] R_n$

Rn: 年净辐射 (kcal/cm**2)

RDI: 辐射干量指数 (=Rn/(I*R))

I: 潜在蒸腾热量 (580cal/gH2O)

R: 年降水量 (cm)。

11、微波遥感数据地面参数反演模型

高斯 IEM 面散射模型适用范围为 $(ks) (kl) < 1.2\sqrt{\epsilon}$, 范围较宽, 被用作地面参数提取的基本公式。

$$\sigma_{pp} = |\alpha_{pp}|^2 \left[\frac{s_r}{\alpha_{pp}(\theta) + b_{pp}(\theta)} \right]$$

其中, pp 表示入射—散射的极化状态, σ_{pp} 表示该极化状态下的地面散射系数, s_r 是地面离散高度 S 及相关长度 L 有关的地面粗糙参数 $s_r = (ks)^2 W$ 。W 为高斯分布型地面相关函数的一阶能量谱。

粗糙度: 描述地面粗糙度的参量有 2 个, 地面离散高度 s 和地面相关函数, 对一维离散数据, 像元单元地面离散高度为,

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Z_i^2 - N(\bar{z})^2}{N-1}}$$

与地面离散高度 s 和地面长度 L 有关的地面粗糙度参数 s_r 与后向散射系数有关:

$$10\log(\sigma_{vv}) = \sigma_{vv}(\theta) + b_{vv}(\theta) 10\log \frac{1}{s_r}$$

12、雷达干涉测量 (INSAR) 模型

合成孔径雷达干涉测量技术（INSAR）是以同一地区的两张合成孔径雷达（SAR）图像为基本处理数据，通过求取两幅 SAR 图像的相位差，获取干涉图像，然后经相位解缠，从干涉条纹中获取地形高程数据新技术，干涉测量基本模型，

$$\phi_p = -\frac{4\pi}{\lambda} (B \sin(\theta_p^0 - \alpha) - D_p + \frac{B_{\perp p}^0}{R_p \sin \theta_p^0} H_p)$$

B-基线距离；

$$B_{\perp p}^0 = B \cos(\theta_p^0 - \alpha)；$$

θ_p^0 =根据参考体选取的初始相位值；

H_p =地形高度；

D_p =地表移动；

α =基线水平夹角。

雷达差分干涉测量（D-INSAR）：差分干涉雷达测量技术（D-INSAR）是指利用同一地区的两幅干涉图像，其中一幅是通过形变事件前的两幅 SAR 获取的干涉图像，另一幅是通过形变事件前后两幅 SAR 图像获取的干涉图像，然后通过两幅干涉图差分处理（除去地球曲面、地形起伏影响）来获取地表微量形变的测量技术。

对于空间信息数据库子系统，为了满足数字地球原型的海量数据的需求，遥感数据子系统以多尺度遥感标准数据的深加工为主要内容。包括空间数据处理、遥感数据处理、特征信息处理、专题信息分析等四个主要模块。

空间数据处理模块用于实现控制底层数据处理、底层控制框架布设和底层数据精度检验。空间数据处理模块建立遥感标准数据平台预处理环节，将符合国家测绘标准的地形图控制本底用于多时空尺度遥感数据几何

精校正数学模型的执行过程，并生成用于几何精校正质量精度检验的参照本底，使可测度检验有据可依。主要包括：

1、控制底层数据处理——通过几何精校正实现扫描地形图与理论值相符合的数字栅格地图，消除扫描误差和纸质地形图的变形误差。它是遥感图像几何精校正数学模型实现基础中的基础；并同时应用于数据产品定量化检验精度的参照本底基本单元。

2、底层控制框架布设——以数字栅格地图为基本单元，形成满足各种坐标体系的基本控制框架，是遥感图像几何精校正数学模型实现的基础，同时还具备进行图像数据产品质量精度检验参照本底的功能。

3、底层数据精度检验——是对遥感图像几何精校正数学模型实现基础和相关数据产品质量精度的参照本底的检验，以便保证参照本底的权威性。

遥感数据处理模块用于实现同名控制点库建立、可测度精处理检验和图像元数据库建立。遥感数据处理模块建立遥感标准数据平台，将各种时空尺度的遥感数据进行统一的定位、定标，使各种遥感图像数据归一化到同一坐标体系中，以量化的理念贯穿于每一个处理环节之中，使得作为遥感应用基础数据的质量精度检验建立在可测度的环境中，生成适宜各种应用目的的标准遥感数据本底。主要包括：

1、同名控制点库建立——选取既能够满足几何精校正数学模型要求，又具有典型意义的地面控制点集。其选取的合理性直接关系到不同数据源的复合使用精度和同一区域数据动态对比分析的基础。是保证遥感图像数据产品系统精度的核心，最大限度地防止误差的传递。并将所提出的“同名控制点技术”用于控制遥感图像数据几何精校正的系统精度，防止因控制点选取方案的不同而造成遥感图像产品的系统误差。它的主要作用在于使遥感图像数据产品质量的可测度检验具有了实际意义。

2、可测度精处理检验——对遥感图像几何精校正产品质量精度进行的检验，由于是将图像数据产品和检验的参照本底置于同一检测环境中，使得质量检验在透明的状态下随意进行，摒弃了以往对每一景图像精度笼统采取一个区域象元值的含混表述方式，保证了检验结果的权威性。

3、图像元数据库建立——包括遥感图像描述信息、几何精校正控制

点选取信息和标准图像产品的检测报告等，它是衡量整个遥感图像处理过程中标准化水平的重要标志。并使数据产品生成的每一个具体环节的脉络趋于清晰，使质量精度的检验结果具有说服力。

特征信息处理模块用于实现色彩的还原和增强、影像镶嵌色彩匹配、非同源数据同化和多尺度数据融合。特征信息处理模块在标准遥感数据本底的基础上，客观地提取各种谱段匹配响应中固有的特性信息，规范信息提取的操作流程，形成成熟的特色算法模式。尝试新的提取信息算法；进一步探讨、完善遥感影像制图和专题制图的标准。主要包括：

- 1、色彩的还原、增强
- 2、影像镶嵌色彩匹配
- 3、非同源数据同化
- 4、多尺度数据融合

专题信息分析模块用于实现对遥感数据成果进行基于标准遥感数据平台的各种遥感应用分析。专题信息分析模块将经过标准化建设的遥感数据成果根据国家所关注环境方面的重点问题，开展基于标准遥感数据平台的各种遥感应用分析。旨在突出遥感固有信息所反映的交互式解译结果的应用；注重学科、领域之间的交叉与渗透，并逐步形成应用于不同学科、领域的遥感分析方法。向国家有关部门提供可持续的各种科学分析数据。同时，结合遥感数据多领域覆盖的特点，有针对性地了解 and 掌握各个领域对遥感数据应用需求的程度、趋势。在城市环境、植被动态、水域动态、耕地动态和沙漠化等方面，有针对性的开展了基于标准数据平台的应用分析。还将在湿地环境、海岸带变迁，以及遥感考古等方面开展工作。

对于网格计算子系统，数字地球是由海量、多分辨率、多时相、多类型空间对地观测数据和社会经济数据及其分析算法和模型构建而成的虚拟地球。对遥感数据的处理是数字地球中的一个关键。网格计算子系统是一个基于网格技术，针对遥感数据的处理平台。目前我们已经实现了网格计算子系统的原型系统。本系统利用从第三方远程获取的 MODIS 数据进行地面和大气参数的反演，还可以提供指定地理区域中的大气气溶胶厚度和植被指数的信息。本系统提供一个 JSP Web portal，用户通过浏览器（IE）

来使用本系统。本系统根据用户需求从远程数据服务器或本地获得数据，触发服务并监控其运行状态。在任务的执行过程中，本系统将一个任务分割成若干个子任务，然后把子任务分配给网格计算池中的 PC（或高性能计算机）执行，回收及整合执行结果，将结果返回给用户。

网格计算子系统与外部模块的逻辑结构如图 7 所示，图 7 为本发明提供的数字地球原型系统中网格计算子系统与外部模块的逻辑结构示意图。网格计算子系统与以下 2 个外部模块有关：

(1) 数据服务器：网格子系统本地只提供演示数据，其它数据需从第三方的数据服务器获取。

(2) 高性能计算机：当某些处理任务过大，网格子系统处理困难时，将该任务移交给高性能计算机来处理。

网格计算子系统与内部模块的逻辑结构如图 8 所示，图 8 为本发明提供的数字地球原型系统中网格计算子系统与内部模块的逻辑结构示意图。

另外，图 9 和图 10 还分别示出了网格计算子系统数据流结构示意图和网格计算子系统控制流结构示意图。

网格计算子系统主要模块（模块功能，模块接口）如下：

1、流程控制模块

功能：以应用为单位进行流程控制。采用 workflow 技术。

接口：和 JSP 网站进行交互。输入为远程数据 URL，应用所需参数（用户填写），任务单号（网站生成）。

2、网格中间件

功能：集中管理和调度底层硬件计算资源。负责将上层递交的任务按一定策略分发到可用计算机上进行计算，并回收结果。

接口：以批处理文件和任务描述文件为载体。输入为任务的可执行程序，输入输出参数，运行环境需求；输出为任务的计算结果和局部日志信息。

3、初始化模块

功能：为专项处理进行准备，包括数据获取，日志文件的创建，获取远程数据，解压，子任务分割和封装，数据格式转换和接口转换。

接口：采用 XML 格式，输入参数为远程数据 URL，专项处理所需的

遥感参数，任务单编号；输出参数为子任务封装参数。

4、专题处理模块

功能：节点提供地表温度反演，气溶胶光学厚度反演，一系列植被指数（NDVI, EVI, SAVI），地表覆盖分类，云检测，几何纠正，剪切，拼接，匹配功能，具体功能描述参见 SIG-SID-PS-001 到 SIG-SID-PS-011。

接口：采用私有协议，输入参数为子任务封装参数；输出为专项功能处理后的 ASCII 格式数据，经纬度数据，元数据。

5、后处理模块

功能：将子任务的计算结果合并，生成 HDF 文件，并压缩，放入结果数据库。

接口：输入为子任务的结果文件集（ASCII 格式数据，经纬度数据，元数据）；输出为最终压缩包结果的 URL。

网格计算子系统目前的具体服务功能有：

1. 地表温度反演功能

功能描述：通过移动分窗自适应分裂窗方法，使用 MODIS 的热红外数据实现地表温度的反演。

2. 气溶胶光学厚度反演功能

功能描述：利用暗象元法提取 MODIS 影像的气溶胶光学厚度参数。

3. 归一化植被指数(NDVI)

功能描述：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 NDVI。

4. 增强型植被指数（EVI）

功能描述：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 EVI。

5. 土壤调节植被指数（SAVI）

功能描述：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过单幅数据生成 SAVI。

6. 土地覆盖分类

功能描述：先对 MODIS 数据进行几何校正,再利用遥感图像的多波段信息，进行非监督分类，达到提取地表覆盖信息的目的。

7. 云检测

功能描述：先对 MODIS 数据进行几何校正,然后滤除图像中的云。

8. 几何校正

功能描述：利用 MODIS 500 米分辨率的 1B 数据中的 1KM 分辨率经纬度信息作为控制点,对 1KM 分辨率的 MODIS 数据进行几何校正,灰度重采样方法为最临近插值的方法。

9. 图像剪切

功能描述：先对 MODIS 数据进行几何校正,再从大的图像中裁切出较小的一块研究区。

10. 图像拼接

功能描述：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过 MODIS 数据内部的地理坐标数据,将相邻的多幅 MODIS 1B 数据影像拼接成一个较大的完整的图像。

11. 图像匹配

功能描述：先对 MODIS 数据进行几何校正,再通过几何纠正的结果获得的每个像元的定位信息进行相同区域数据的获取,用于生成对同一地区的匹配的多幅影像。

对于地图应用服务子系统,该子系统通过基于结点的属性绑定、分层管理技术和 R 树技术管理空间数据和属性数据,并采用了皮肤+骨架技术,借助分布式存储、分布式运算技术实现海量数据的存储与动态载入和显示,至少包括可视化模块和查询模块,是原型系统平台对外服务的信息窗口。

地图服务子系统是基于 Internet 环境下的全球可视化信息系统。系统基础结构支持基于包设备的流操作来传输不断更新的数据,配制成包用动态服务页面 (turnkey ASP) 解决方案,第三方数据可以独立发布,并与客户端反馈的主要数据融合。

针对当前遥感技术对海量数据存储和传输能力的要求,集成了目前国际上最先进的两种基于小波的影像压缩技术:多分辨率影像小波压缩格式 (MrSID)和增强压缩小波 (ECW);提供了海量影像数据压缩和管理能力,解决大规模地形数据在 Internet 上的实时、快速传输。

系统通过基于结点的属性绑定、分层管理技术和 R 树技术管理空间数据和属性数据。另外采用了皮肤+骨架技术，并借助分布式存储、分布式运算技术解决了海量数据的存储与动态载入、显示的问题。

采用 TB 的服务器群集技术，解决了 Internet GIS 的瓶颈问题，确保超大数据量的 GIS 应用高效运作。当规模扩大时，只需增加应用实例或服务器即可，原来开发的应用不需要作任何改变，而且完全可以不需中断服务而动态地加入或卸载。在降低成本的同时，大大提高系统性能。

客户端采用异步传输和客户端缓存的技术，对数据在传输和解压缩的同时，并根据视点的位置用多进制小波 (M-Band Wavelet) 对地形做简化，解决用户长时间等待的问题。

在客户端的浏览器上，地形层上可以叠加矢量数据、标注和建筑物模型等，该系统将全球地形场景浏览、空间分析和双向查询融为一体。

系统采用网络实名插件 (ActiveX) 控件构建网络客户端/服务器结构 (Client/Server) 模型，如图 11 所示，图 11 为本发明提供的数字地球原型系统中地图应用服务子系统服务流程示意图。ActiveX 是建立在对象链接与嵌入技术 (OLE) 技术基础之上的 Internet 技术，其基础是 COM(Component Object Model)，它既是一个自动化对象，也是一个标准的 COM 对象，能被支持 OLE 标准的任何程序语言或应用系统所使用。ActiveX 控件与 Web 浏览器结合在一起，执行速度快，可以用多种语言实现，能复用原有软件的源代码，从而提高了软件开发效率，快速建立起功能全面的应用系统。ActiveX 控件可以通过开发式图形语言 (OpenGL) 图形库和 ATL 模板来实现，OpenGL 指令的解释模型是客户/服务器模式，即客户 (用 OpenGL 进行绘制工作的应用程序) 向服务器发布命令，这些 OpenGL 命令则由服务器来解释，因此 OpenGL 就具有网络透明性；ATL (ActiveX Template Library) 对 Microsoft 的基于 COM 的各种新组件技术，如 MTS、ASP 等有很好的支持，它能快速开发出高效、简洁的代码，对 COM 组件的开发提供最大限度的代码自动生成以及可视化支持。基于 ActiveX 控件的数字地球虚拟系统是依赖 ActiveX 来完成三维虚拟地形景观的建模和显示。

客户端部分是与远程用户交互的接口和界面，通过 http 协议与服务器

端进行通讯。主要完成三维地形景观的建模与显示、场景的漫游和操作、空间分析和属性信息查询、三维模型的接口等功能。

客户端对不同比例尺的数据分别进行缓冲，当用户操作时，首先检查缓冲区的数据是否符合要求，如果不符合，则向服务器端请求应补充的数据。客户端将服务器的 DEM 数据和影像数据传输到本机上可分为两个过程：一是 ActiveX 控件在浏览器上启动时将数据块的索引文件传到客户端并读入内存，二是视点变化或漫游时实时传输数据：随着视点向地面拉进，视角也相应变小，客户端随之向服务器请求更高分辨率、空间范围更小的数据，反之视点远离时，若数据已经从服务器端调入，便不再发送请求；地形沿规定的路线漫游时，要实时绘制先前没有调入而又位于视景体内的数据。为了保证数据传输的连续性，客户端的程序采用多线程的模式，当显示某层数据时，同时另一线程在后台调入其相邻的数据块。

该地图应用服务子系统的主要特征是：（1）通过适当的索引和检索参数，能实时传送不同层次数据，保证数据的一致性、完整性，实现客户端的数据重用。（2）数据一旦调入内存或驻留本地，便于服务器端无关，所以能减少数据的冗余传输和减轻服务器的压力。这些特点可满足海量数据可视化对多层信息显示、有效数据传送、智能缩放等技术的要求。

Web 环境的一个特点就是对于用户操作的快速反应，Internet 中可供选择的信息很多，如果等待时间太长，用户会放弃对这种信息的要求或转移到其它信息的服务上，这就要求在服务器端应尽可能减少运算量，将较多的数据运算分散到客户端。服务器端包括两部分：一是 Web 服务器部分，二是数据库部分。Web 服务器主要是接收客户端提交的请求，在数据库中快速搜寻到满足条件的数据，并通过 HTTP 协议将结果返回远程的客户端。面向数字地球的虚拟现实系统的数据库主要包括三维模型数据库、数字高程模型（DEM）数据库、影像数据库。其数据从覆盖全球的分辨率为几分或几秒的 DEM 数据和分辨率几百米的卫星影像到局部区域高分辨率的 DEM 数据和正射航空影像，数据量可想而知，少则几个 G，多则上百 G 甚至几个 TB。对于如此大的数据，要想在中低档微机上达到实时交互的目的，必须对数据分级、分块管理。

地图应用服务子系统的功能模块主要包括：

1、可视化模块

系统启动后，可通过菜单命令控制地图，能够无级放大。随着分级放大，调用显示区域内更大分辨率的影像。能够从不同的角度进行观察，按规定的路线进行浏览等。能实现从一览全球到详细观察某个城镇甚至范围更小的区域，通过键盘鼠标或者导航球可以漫游世界的任意地区，真正实现了“所见即所得”。

2、查询模块

(1)“基础空间数据的资料查询”基本功能：

对地图进行放大、缩小、漫游、复位。

图层控制，浏览器端矢量格式显示。

支持并发用户

从信息查询图形，从图形查询信息

选择图元闪烁

鹰眼

表示出多层数据（各种专题、基础矢量数据的分类，如道路（公路、街道、铁路、注记）、水系、绿地、境界、立交桥、公交线路、地下管线、医院、学校、邮局、加油站、收费站、停车场、电话亭、火车站、运动场馆、影院、美术馆、纪念馆、博物馆、展览馆、图书馆、故居、百货商店、超市、商场、写字楼、办公楼、商厦、大厦、银行等分布）等分层的开关显示和消失效果

表示出地名库的查询定位（行政地名、自然地物名、建筑物名、街道名、医院、学校、邮局、旅游景点、饭店等）带属性资料。

(2) 图形显示

系统能将各类等级矢量图、以及基础地形图进行分层综合显示，包括图形无级缩放、图形平滑漫游、图形显示“鹰眼”功能。

(3) 空间查询

可对 GIS 系统中的图形信息和属性信息（数据库信息）进行灵活多样的双向空间查询。

对于虚拟现实子系统，结合数字地球原型系统其它子系统的结果，虚

拟现实子系统主要进行了以下功能模块的开发。

1、海量数据管理功能模块

由于某些行业部门不但要对实时采集的数据进行管理，而且要保留、整理一段时间内的历史数据，以便对相关情况进行预测。

本系统平台通过建立仿真专用的地理景观数据库与仿真专用的专题数据库，具备海量数据管理功能。

同时系统软硬件采用国际领先的产品，具备对不同类型和规模的数据和使用对象都不会崩溃的特质，以及灵活而强有力的恢复机制；具备完善的权限控制机制来保障系统不被有意或无意地破坏；能够具备在并发响应和交互操作的环境下保障数据安全和一致性。

2、大型地理景观的实时漫游浏览与编辑功能模块

支持多视角浏览和全屏浏览。多种浏览控制方式可以自由切换。

支持历史回放。可以将浏览过程记录下来，并在需要的时候进行回放。

支持屏幕抓取。可以随时将当前屏幕内容作为图像文件保存下来。

灵活方便的飞行路线编辑功能。利用飞行路线编辑器，可以随心所欲的编辑飞行路线。

支持目标信息查询功能。提供了方便的目标查询功能，可以方便的获取场景中指定目标的描述信息。

真实的视觉仿真效果。通过对遥感图像的处理、数字高程模型的建立、公路水系矢量层导入、区域细节贴图指定等手段，迅速制作出片级场景浏览效果。支持天空、云彩、日光光影、雾化等特殊的显示。

3、三维分析与显示功能模块

提供 GIS 分析功能的接口，全面的三维分析功能。可以查询地形数据，可以对地形数据进行统计分析。支持以可视化的方式对地形进行各种方式的测量，并把测量结果以直观的方式进行可视化。可以进行地形分析、通视分析、水淹分析。

4、数字模拟模型的可视化功能模块

以水资源保护的应用为例,可提供水资源模型的接口,应用遥感、遥测、GPS、微波等信息获取系统提供的实时数据,在系统平台开发完善的、具有三维计算机视觉效果的系统,实现暴雨分析模型、降雨径流预报模型、

洪水过程计算模型、洪水演进模型等的可视化，实现流域自然地理、社会经济和水利工程设施的数据分析、洪水洪灾演变过程的数值模拟以及计算结果可视化显示等，定量评估不同洪水条件下，洪水调度、滞洪区分洪、堤防决口的风险，为防洪决策提供科学依据。

5、工程建设模型与方案的可视化功能模块

工程建设的选址、规划、管理和模拟控制。可以按需要计算不同区域的工程建设的土方开挖量和工作量。通过创建三维场景，可预先了解工程全貌，利用仿真技术模拟各种设施的运转情况。

通过触发器，传感器等软件插件可以模拟控制各种设备，表现运作情况，模拟设施各种复杂的变化。

虚拟现实(Virtual Reality—VR)，也称为灵境，是一种可以创建和体验虚拟世界(Virtual World)的计算机系统。虚拟世界是全体虚拟环境(Virtual Environment)或给定仿真对象的全体。虚拟环境是由计算机生成的，通过视、听、触觉等作用于用户，使之产生身临其境的感觉的交互式视景仿真，因而一个身临其境的虚拟环境系统是由包括计算机图形学、图像处理与模式识别、智能接口技术、人工智能技术、多传感器技术、语音处理与音像技术、网络技术、并行处理技术和高性能计算机系统等不同功能、不同层次的具有相当规模的子系统所构成的大型综合集成环境，所以虚拟现实技术是综合性极强的高新信息技术，在军事、医学、设计、艺术、娱乐等很多领域都得到了广泛的应用。

把虚拟现实技术引入系统模拟仿真的各个阶段，可使人沉浸其中，对所需解决的问题有清晰的认识，而不必在屏幕外面去观察仿真的结果，将使模型的建立和验证更加方便。虚拟现实技术主要体现在：计算机根据所建立的领域知识库和数据库运用人工智能、模式识别等技术，主控机构进行建模、学习、规划和计算。通过三维动画制作和显示头盔进行该领域的视觉模拟；通过传感机制和触觉手套来进行该领域的模拟；通过音响制作和音效卡进行声音模拟；通过机械控制和传动装置进行动感模拟。然后将人对这些感官刺激所作的动作反应反馈给主控机构，从而实时产生新的感觉模型的模拟。

该虚拟现实子系统的结构与组成如下：数字地球原型系统虚拟现实子

系统软硬件环境主要由计算机主机系统、控制系统、投影系统、交互设备系统和软件系统（科学计算软件、数据库管理、三维仿真软件）五部分组成。

该虚拟现实子系统的主要特征如下：

- 1) 高性能图形工作站
- 2) 高亮度的投影仪及显示屏幕（平面、球面或柱面）
- 3) 边缘融合及色彩校正电子技术
- 4) 集中式的数据、音频及光照控制系统（包括触感式面板的屏幕）
- 5) 立体观察装置（发送装置及有源和无源立体观察眼镜）
- 6) 输入控制装置（如操纵杆及跟踪球）
- 7) 先进的输出装置（如头戴式受话器，以及触觉装置）
- 8) 高保真度、多通道的音频 / 视频回放系统
- 9) 实时三维应用软件、工具包及实用程序
- 10) 大型数据库管理系统和网络技术

该虚拟现实子系统的技术问题如下：利用面向对象(Object Oriented)技术，以高档微机及工作站为平台，采用仿真软件 MultiGen Creator、Vega、Performer、Motif 等作为开发工具，建立在 SGI 的 IRIX 操作系统环境下运行的虚拟现实系统。

1、区域内地理景观的实时仿真

该部分主要实现超大规模场景的实时浏览，为资源合理利用以及规划、环境保护等提供实时仿真的平台。具体包括以 1: 10 万、1: 1 万地形数据采用遥感图像处理 PCI 软件生成 DEM 库，并建立 3D 仿真地形地貌，包括流域地形、地表结构等，显示水文站、雨情站、水文测点以及城市等点位信息。河流、公路、铁路等矢量线属性，水库、湖泊等面状信息、楼房等块状信息。建立流域内相关空间对象（如河流、监测设备、公路、水利设施、居民点、农作物）的几何模型库，对各个几何目标进行精确定位，在大场景仿真时动态、实时的调入模型库的几何模型进行浏览。

2、模型的虚拟可视化

提供与专题模型的接口，利用模型提供的数据，对天气系统、生态及环境变化等进行各种尺度的实时模拟，为准确揭示和把握自然现象及其内

在规律提供了先进的技术手段。可以实时浏览灾害（洪灾、旱灾）发展和演进过程，真正做到一目了然。

3、基于虚拟现实的辅助决策支持

通过对以上部分的集成，在数据、地理模型支持下，通过各种专业模型，最终形成基于虚拟现实的辅助决策支持系统。

建立内容全面的知识库，该知识库应涵盖诸如国家有关法律、法规及各种政策，历史上处理同类问题的经验和教训，流域规划、流域内及相关区域规划、干支流工程规划的布局及其具体要求，经济社会发展的制约因素等内容，从而形成有较强的可视化表现能力的辅助决策支持方案库，对有关的各种信息进行综合处理。

资源管理系统及其各类工程往往组成了一个复杂的工程体系，如何对这些复杂的工程进行有效的管理是一项难度很大的工作。常规的数据管理方式采用的是数据库及平面图形相接合的方式，这种方式只能表现工程的位置属性，不能显示工程的全貌，不够形象生动，缺少多媒体动画技术，利用先进的计算机地理信息技术及模拟现实技术，把空间信息以三维立体模型的形式直观的表现出来给人以身临其境的感觉，同时把各种专题特征叠加到三维立体模型上，进行模型与特征属性的叠加分析，以空间图形为背景结合多媒体手段进行信息显示，真实、直观、动态地再现自然景观及现状工程分布情况及工程建设情况，得到常规方法难于得到的信息，并将工程在三维环境中精确地定位和描述，能够让决策者有一个全局的、明确的认识，有助于决策者实现工程建设和管理的科学决策。

基于上述对本发明提供的数字地球原型系统的详细描述，下面提出对的观测技术的数字地球基础理论框架和互操作扩展模型。如图 12 所示，图 12 为本发明提供的数字地球原型系统框架体系结构图。

本发明提供的数字地球原型系统 CAS1.0 的研究内容主要分为基础理论研究、关键技术研发和领域应用三大方面。目前整合了近 3TB 的数据资源，数十个数据库系统，并已为农作物估产、灾害监测、城市变化遥感动态监测、数字城市、数字奥运、能源、考古、旅游等多个领域的应用提供服务和支持。以下分别从软硬件环境建设和系统框架结构两个方面再次进

行详细说明。

1、软硬件环境建设：

1.1、EOS/MODIS 接收系统

EOS/MODIS 接收系统由以下几个分系统组成：天线与控制分系统(天线、馈源、伺服和控制)；信道分系统(低噪声放大器、上变频、下变频器、解调器)；数据摄入分系统(高速帧同步板)；接收与处理分系统(计算机与软件包)；海量数据记录及存贮分系统；高端数据产品分系统。

该系统的绝大部分硬件实现了国产化,同时也吸收了部分国外的先进技术，如高速进机板和接收软件。目前，该系统运行状况良好，与其他 MODIS 接收系统相比，具有以下技术特点：天线设计新颖，跟踪精度高，风矩小；信道双功能，可接收两颗卫星(TERRA 和 AQUA)数据；数据接收处理全过程自动化；系统在接收时，可实时彩色图像快视；实时的系统运行参数报告；定标数据处理计算速度快；自动产生检索浏览图像文件；接收与处理数据的分级自动存档；数据存档资源的智能化管理；网上自动读取轨道预报参数；产生红外波段图像(非可见光)；星下点轨迹的实时显示(图形界面)。

1.2 系统集成硬件环境

主机系统：SGI 3200 超级图形工作站一台

控制与交互系统：方位跟踪器一套和 Crestron 集中控制系统一套
投影系统：Barco909 高档投影机 3 台（含 10 米弦长、3 米高弧形柱面屏幕一套）

其它设备：立体眼镜 50 副，SGI 330 NT 工作站一台，微机若干台，音响设备、以及高精度扫描仪、数码相机、刻录机、磁带机、360G 磁盘阵列等。

1.3 系统开发软件环境

编程语言：VC++ 6.0，Unix 环境的 C，C++，Motif

图像处理及 GIS 软件：PCI、Arcinfo 8.0，Arcview3.1 PhotoShop 等

仿真建模工具：MultiGen Creator，Maya，3D Max，AutoCad

场景驱动：Vega，OpenGL，OpenGL Performer

2. 数字地球原型系统 CAS1.0 框架

2.1 数字地球系统由三个基本功能层构成：基础数据层、数字地球服务层和用户层构成，如图 13 所示，图 13 为本发明提供的数字地球原型系统三个基本功能层的示意图。

2.2 数字地球原型系统 CAS1.0 的基本功能：

地表模型分析：能生成平面/立体等高线图、进行地形因子分析(如坡度、坡向、沟脊系数等)、距离量算、剖面图制作以及根据地形数据自动提取水系等。

地表三维绘制：对 TIN 模型和网格模型提供了强大的三维交互地形可视化环境，支持高程分层设色、遥感影像叠加、矢量数据叠加等多种绘制方式；实现三维场景的多角度实时观察、动态飞行模拟；提供地貌晕渲图、飞行场景录制等输出功能

空间叠加分析：提供区对区、线对区、点对区、区对点、点对线叠加分析等，支持高效率大数据量分析。

高程库管理：采用金字塔结构存放多种空间分辨率的栅格数据，实现对整个地形数据的快速无缝漫游和提取。

模型应用：提供高程点标注制图、连线可视性及可视域、土方量计算、表面最佳路径、流域、洪水淹没等实用分析功能。

2.3 数字地球原型系统数据框架

数字地球数据结构，多分辨率遥感数据为基本内容数据框架，实现海量数据存储，管理 3D 景观的数据结构。如图 14 所示，图 14 为本发明提供的数字地球原型系统的框架结构示意图。

2.4 体系结构：

数字地球原型系统 CAS1.0 采用三层体系结构，总体构架如图 15 所示，图 15 为本发明提供的数字地球原型系统的体系结构示意图。

采用三层结构可以解决：

所内多种服务器，其数目或种类超过 50 个；

应用是用不同语言编写的；

多个以上的异构数据源，如不同 DBMS 或文件系统；

高工作负荷，例如每天超过 5 万个事务处理或在同一系统访问同一数据库的并发用户数超过 300 个；

应用于企事业内部外部通信。

2.5 数字地球原型系统 CAS1.0 的组成：

数字地球原型系统 CAS1.0 版经过四年时间的建设，完成了数据接收与快速处理、网格计算、空间信息数据库、元数据服务、模型库、地图服务与虚拟现实等多个子系统的建立，在整个流程中，从数据获取，到数据分析与显示表达，子系统紧密衔接，构成数字地球工作平台。

结合以上介绍可见，数字地球原型系统 CAS1.0 是集成了当今最先进的技术，并将其成功运用于实际应用中的。它成功的探索出一套研究数字地球、实现数字地球的理论和方法，并通过不断的升级完善，从根本上解决数字地球长期停留于理论阶段的尴尬局面。

以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

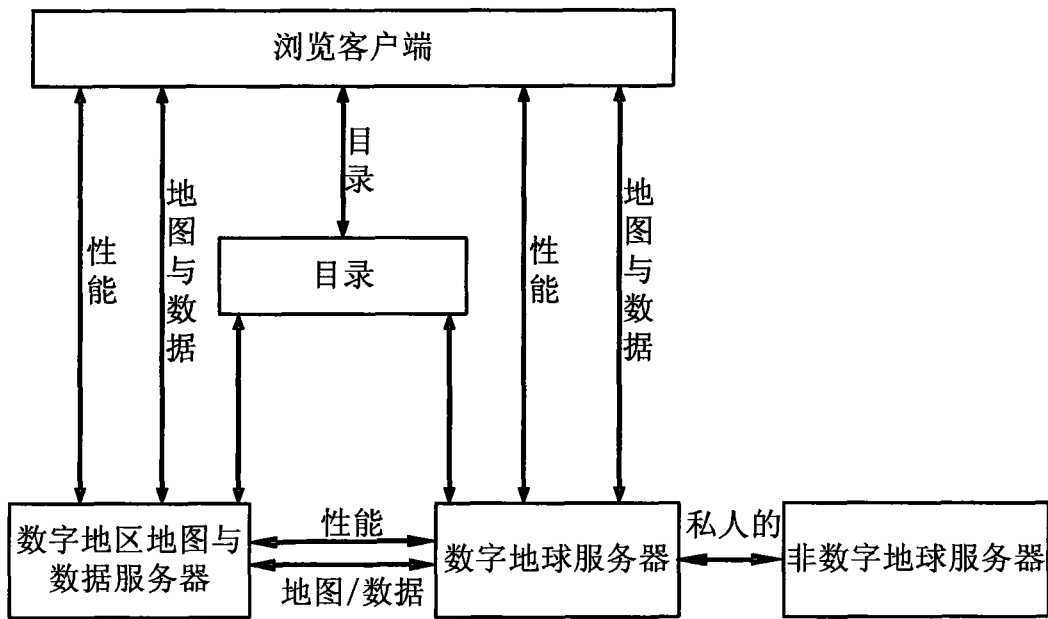


图 1

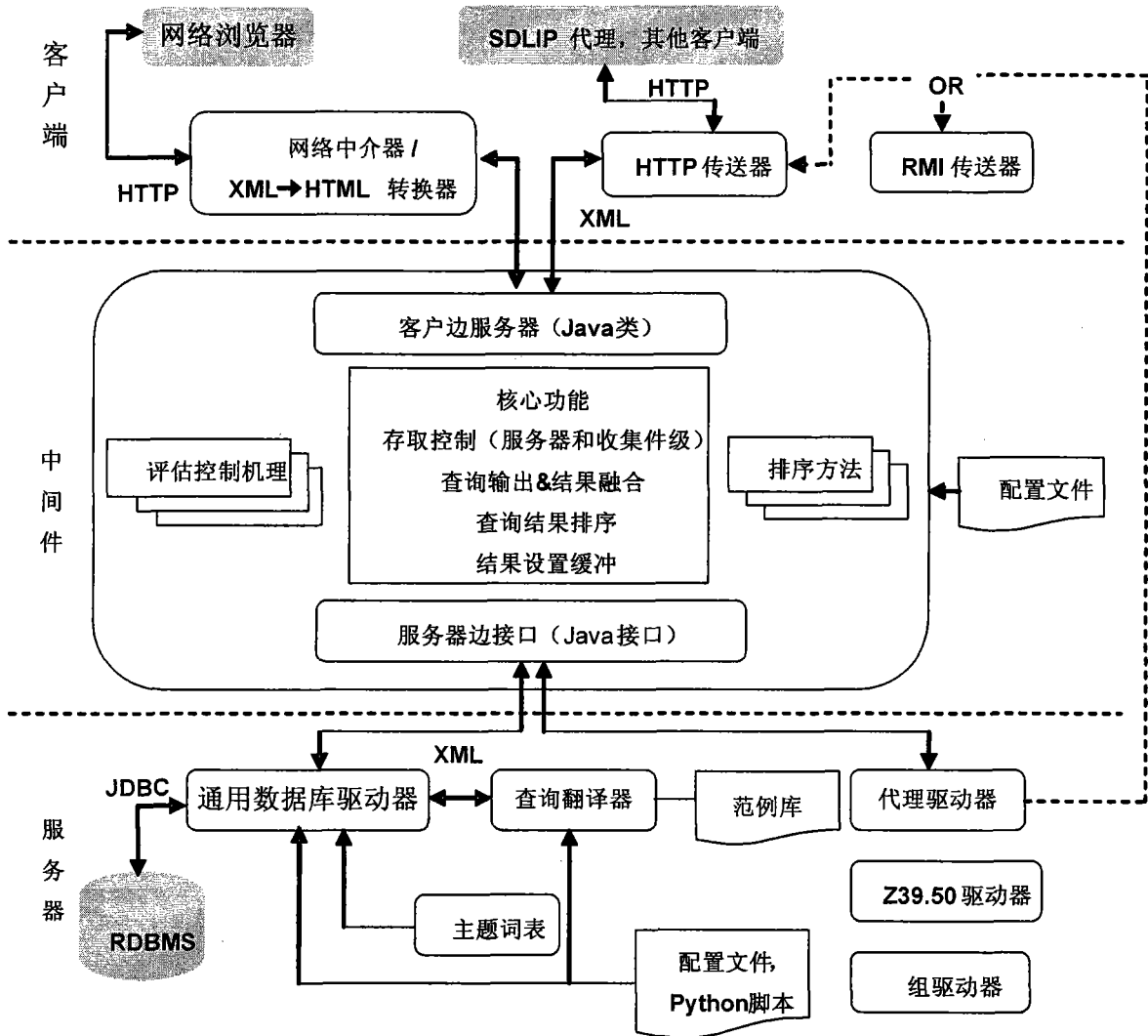


图 2

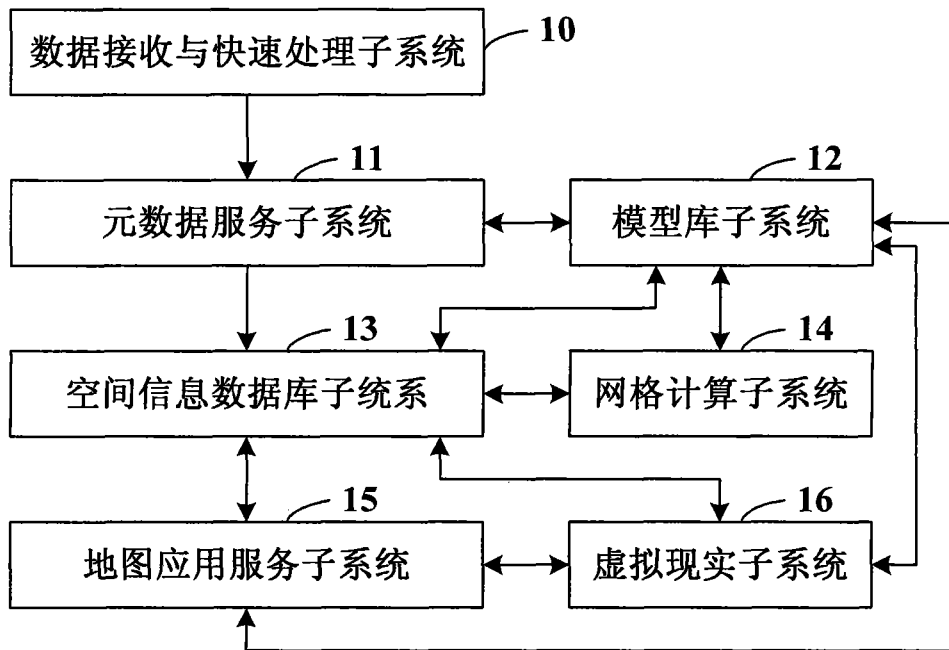


图 3

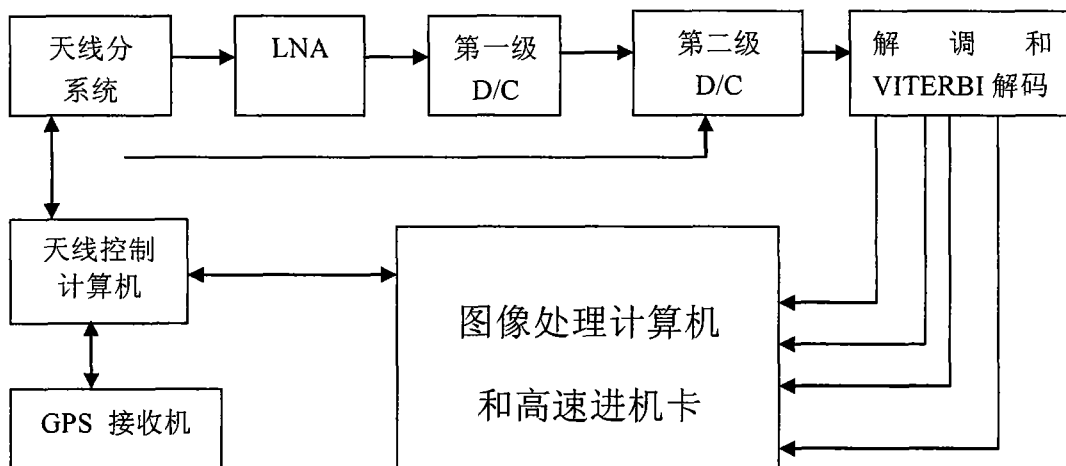


图 4

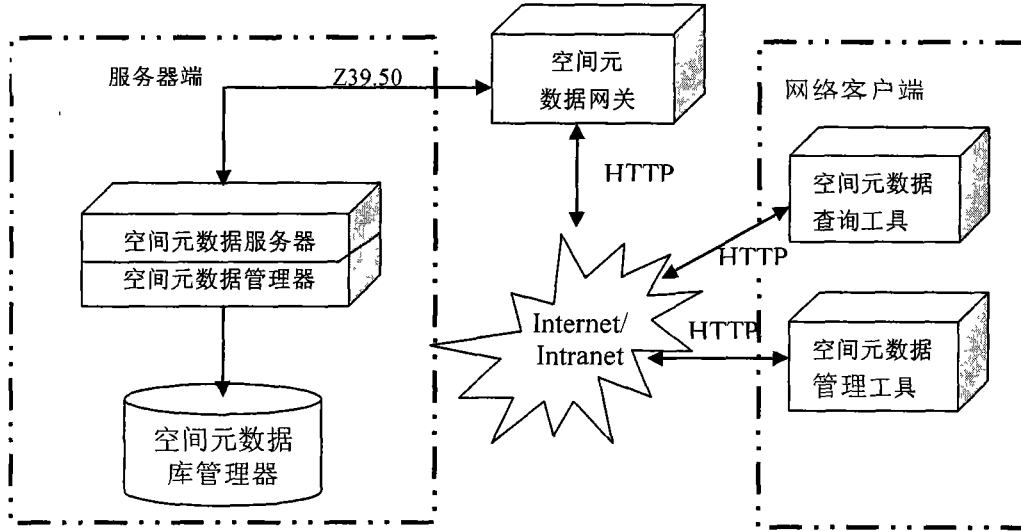


图 5

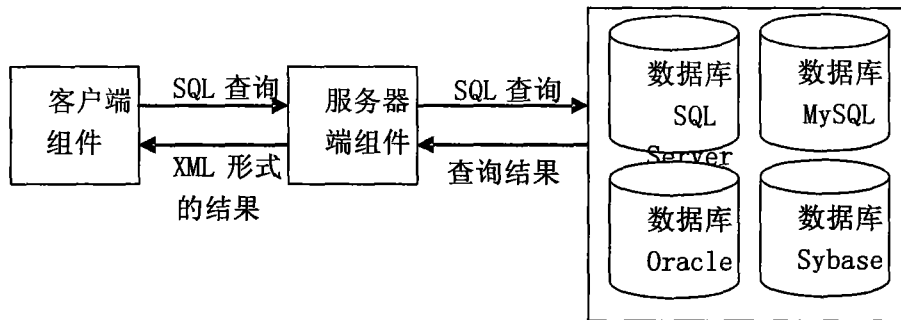


图 6

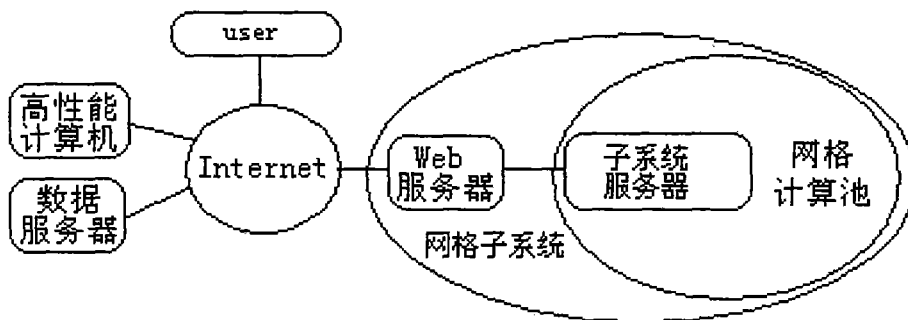


图 7

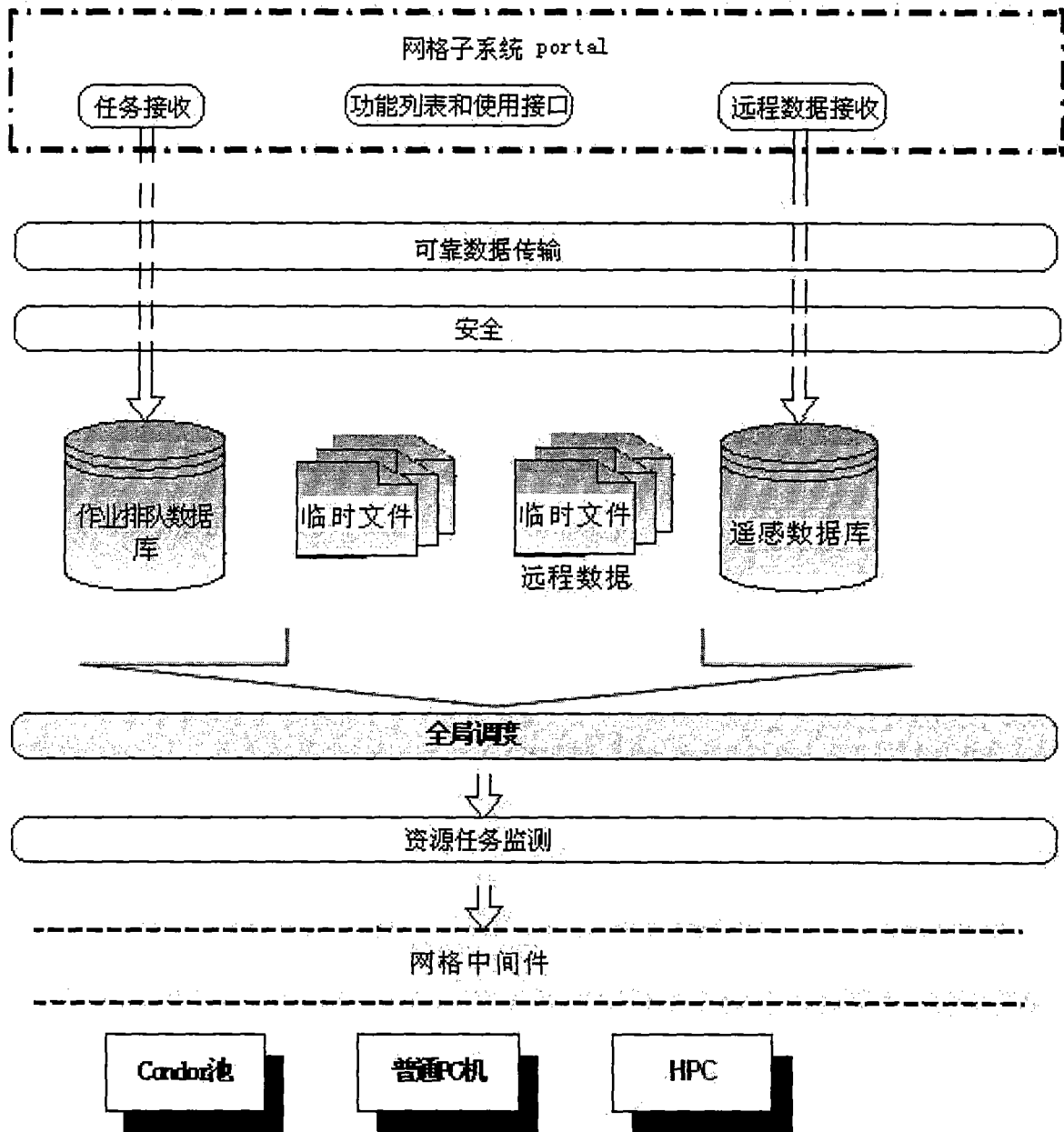


图 8

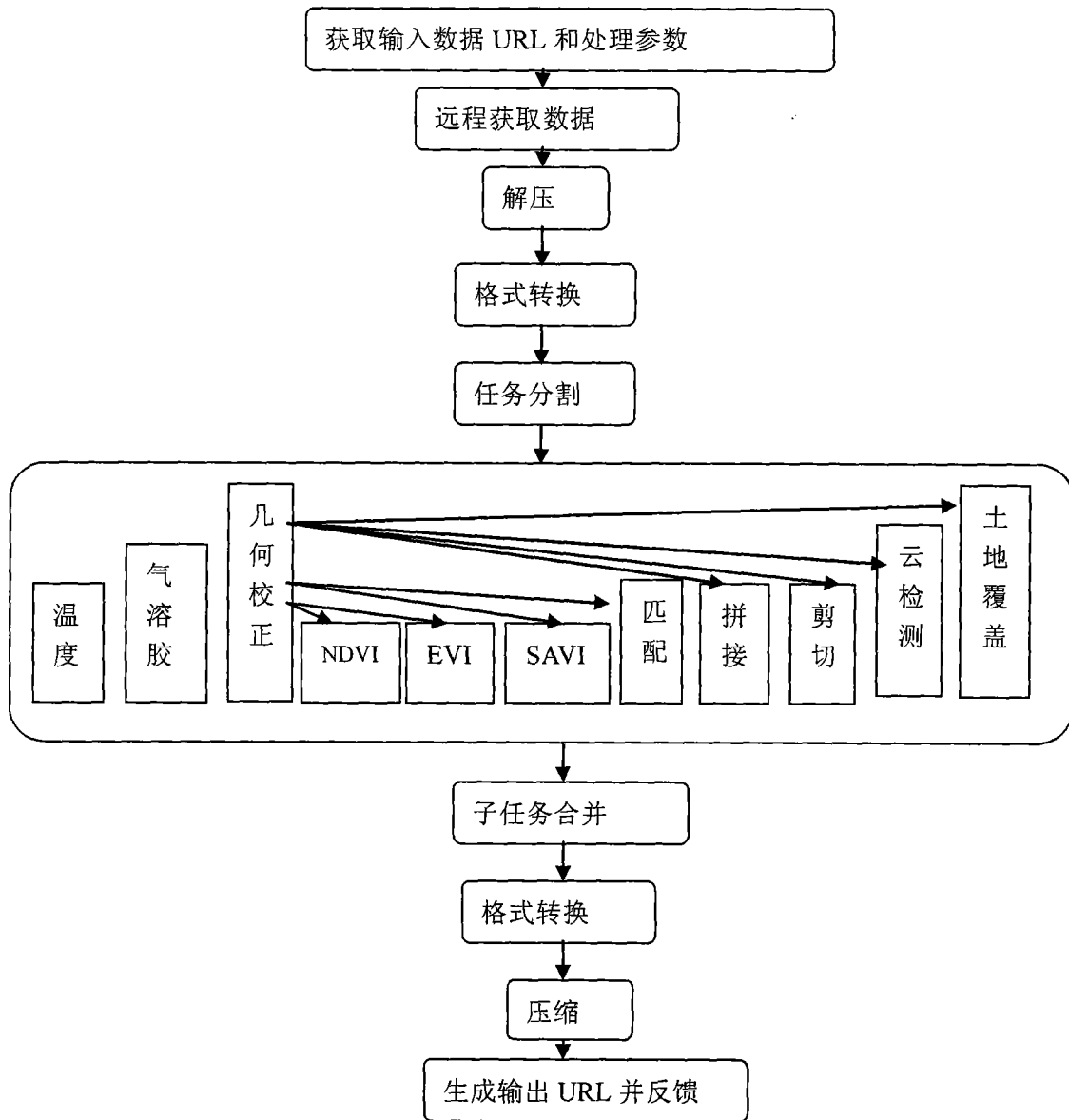


图 9

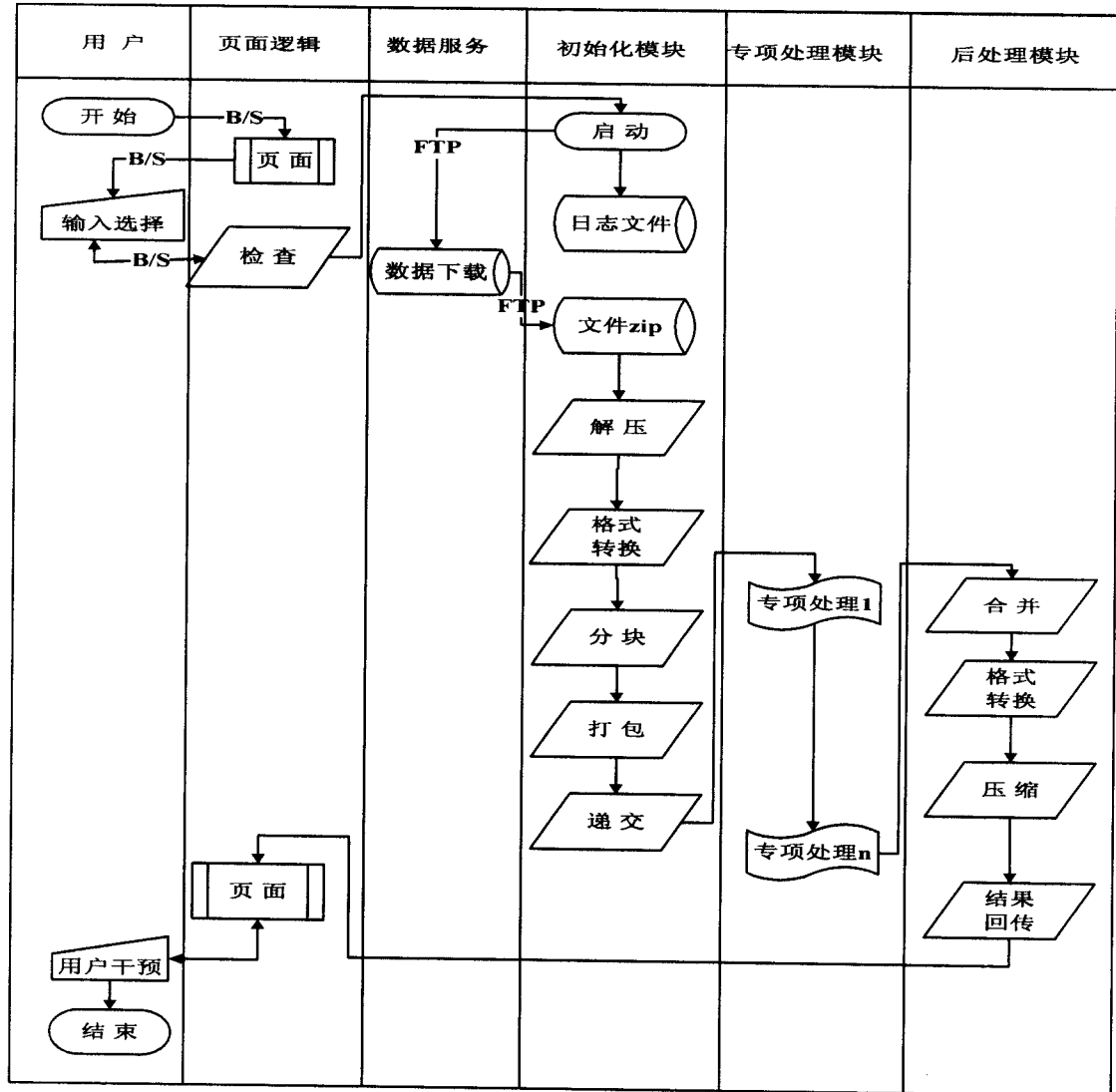


图 10

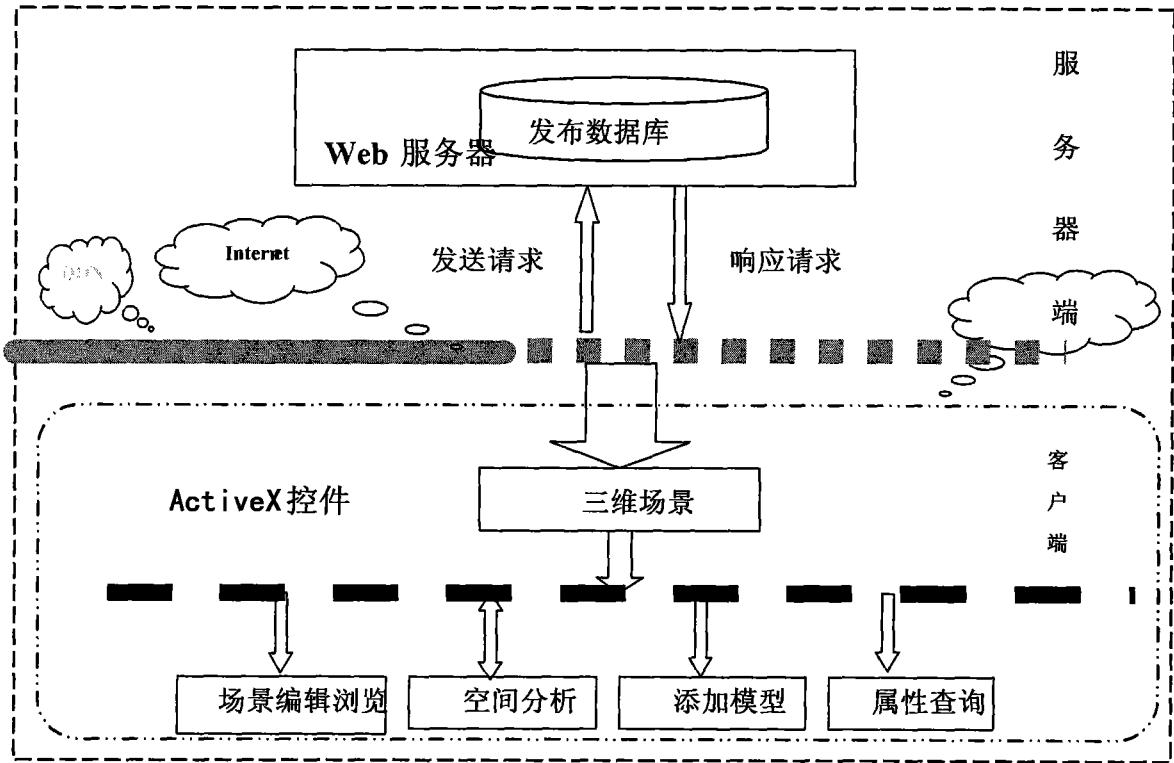


图 11

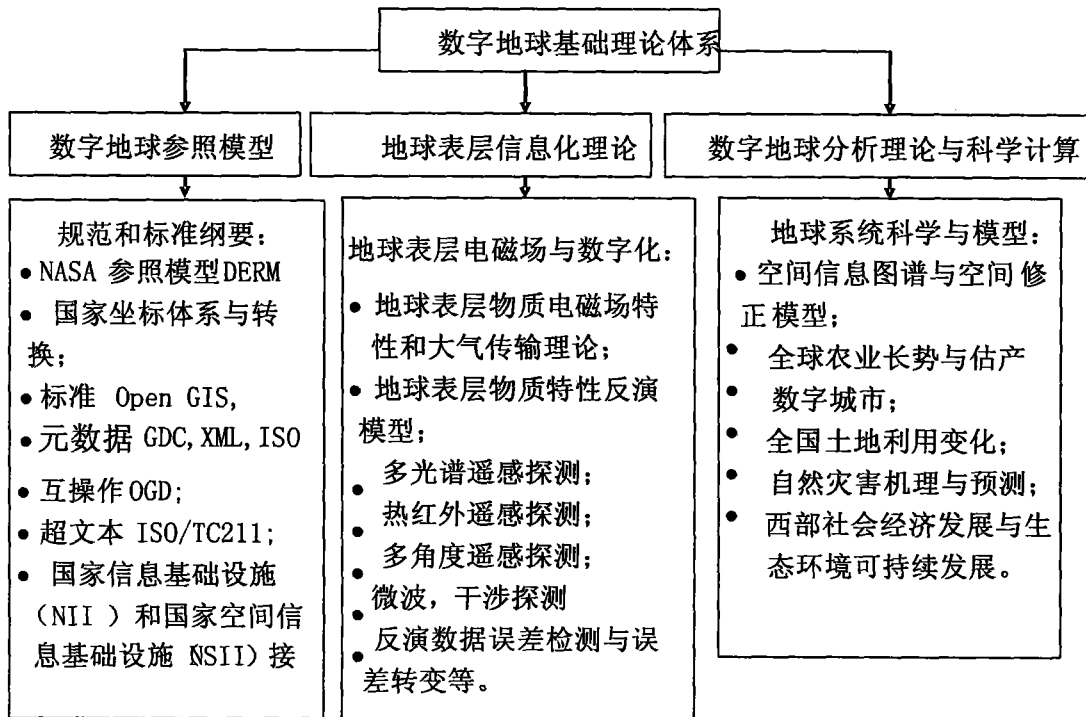


图 12

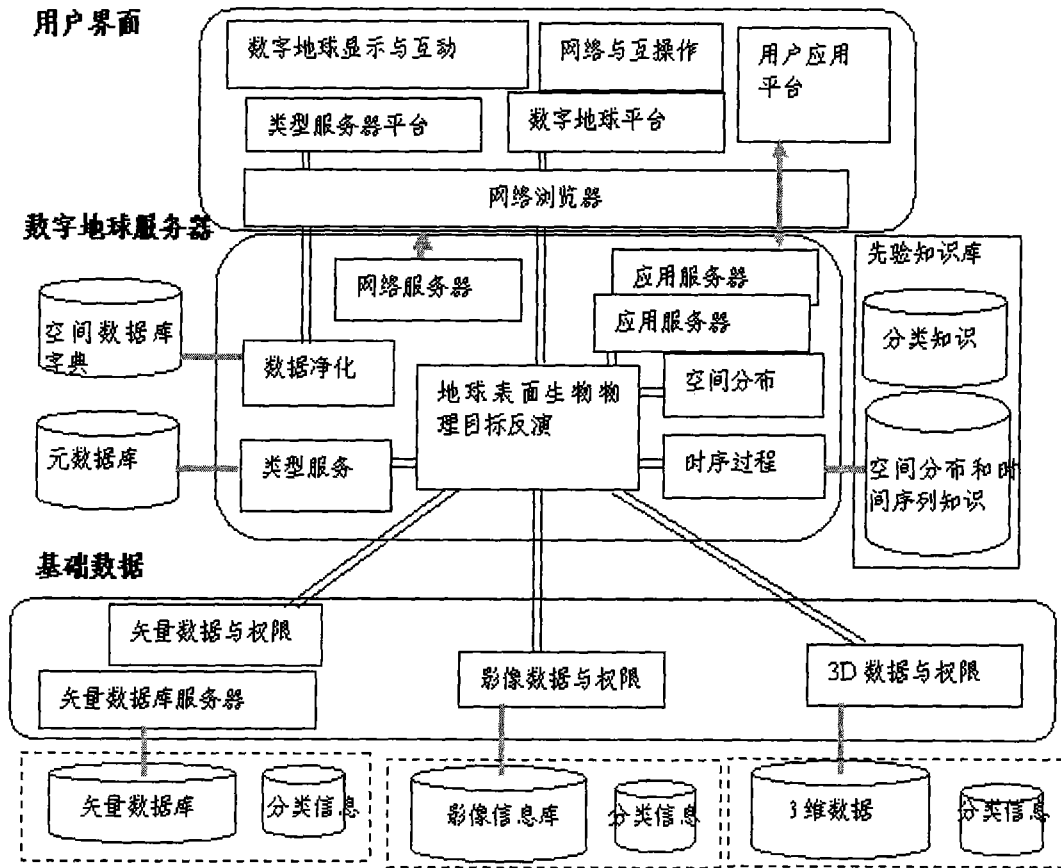


图 13

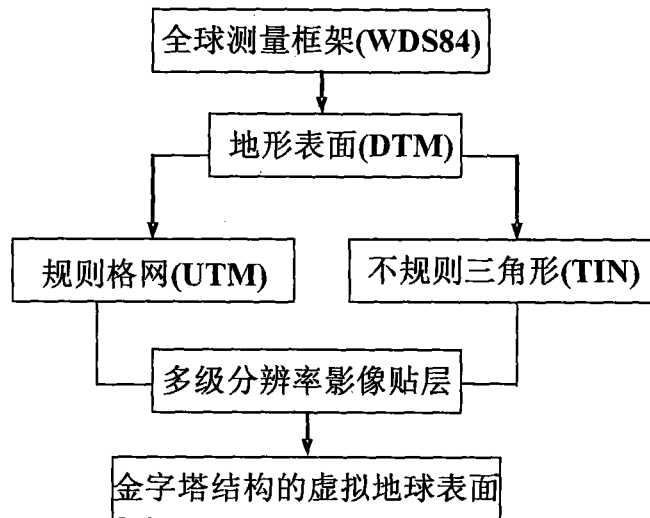


图 14

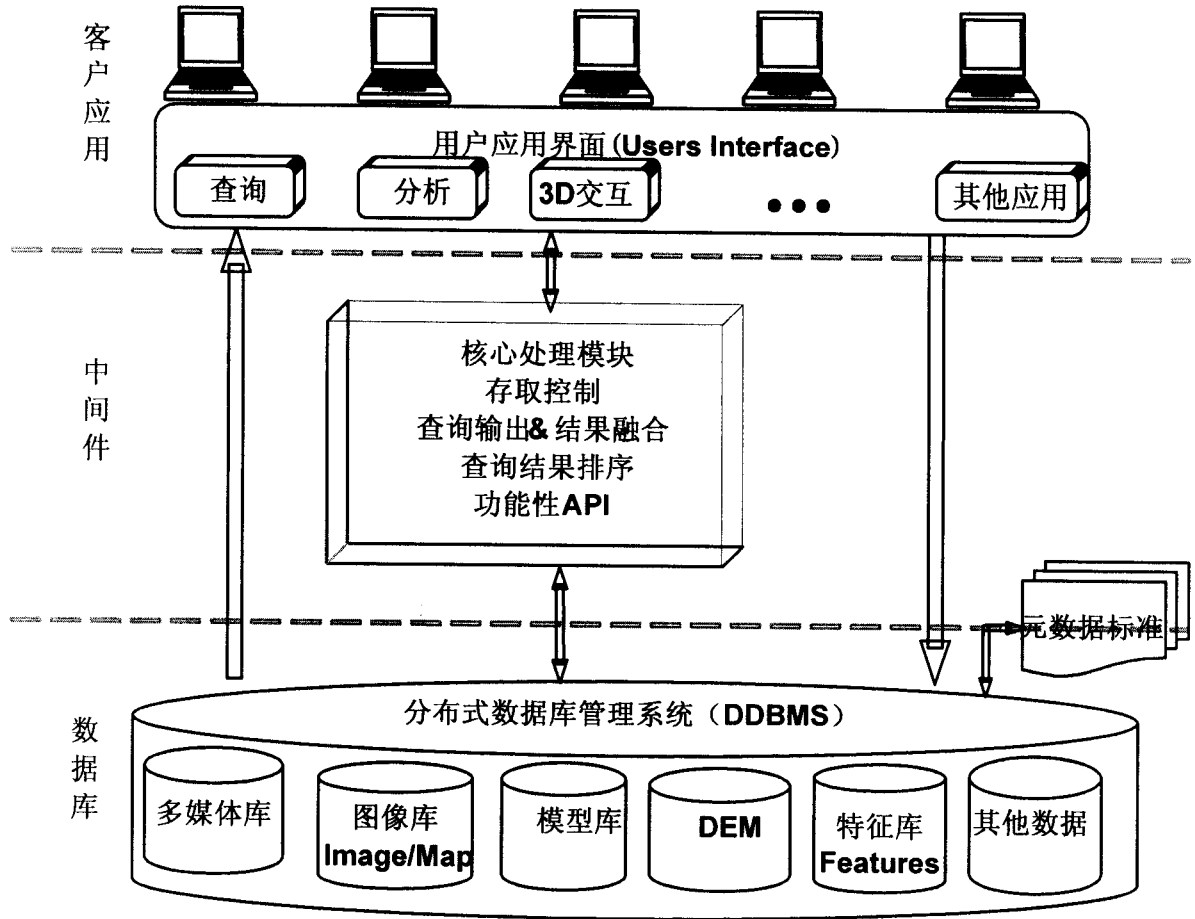


图 15