

# 全球定标场网数据库的设计与应用

徐文斌 史剑民 郑小兵 易维宁

(中国科学院安徽光学精密机械研究所通用光学定标与表征技术重点实验室, 安徽 合肥 230031)

**摘要** 针对多场地在轨定标新需求,采用 Oracle 10g 和 Visual C++ 开发了全球定标场网数据库,考虑了数据库体系结构、多源数据入库、访问控制策略和数据库优化等关键技术,汇集了全球 72°N~75°S 之间 103 个光学定标场地、15 种场地类型和 7 类场地参数,给出了部分场地参数的获取途径,场地反射率范围介于 0.01~0.90 之间,适用于太阳反射通道的在轨定标,数据库具有管理、查询、维护和应用等功能。在此基础上,介绍了场地数据的应用方法。

**关键词** 遥感;在轨定标;多场地;定标场网;数据库

**中图分类号** TP79; TP702 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS201434.1101002

## Design and Application of Global Calibration-Site Network Database

Xu Wenbin Shi Jianmin Zheng Xiaobing Yi Weining

(Key Laboratory of Optical Calibration and Characterization, Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei, Anhui 230031, China)

**Abstract** Due to the new requirements of post-launch calibration, the global calibration-site network database is developed by Oracle 10g and Visual C++. Key technologies including database architecture, multi-source data processing, access control model and database optimization are considered. 103 optical calibration sites between 72°N and 75°S are selected. There are 15 kinds of site types and 7 types of site parameters. The approaches to achieving some parameters are given. The range of site reflectivity is between 0.01 and 0.90. These sites are suitable for post-launch calibration of solar reflective bands. The database has the fundamental functions of management, query, maintenance and application. Finally, the application methods of site data are introduced.

**Key words** remote sensing; post-launch calibration; multi-sites; calibration-sites network; database

**OCIS codes** 280.1100; 010.0280; 010.1290

## 1 引 言

卫星遥感在轨运行过程中发生衰变是不可避免的,为保证载荷实现预期的科学目标和应用目标,需要在其运行期间开展持续的在轨定标和性能评价<sup>[1]</sup>。目前,遥感的在轨定标方法有星上定标方法和替代定标方法,两种定标方法各有优势和不足,综合应用,结果相互比较,可以有效提高在轨定标的精度。

随着我国航天事业的快速发展,功能和用途各

异的传感器不断投入业务运行,遥感数据能否有效地应用,直接取决于其在轨定标结果的精度。我国星上定标技术发展较替代定标技术晚,定标的主要指标尚不稳定,现阶段各类传感器定量数据产品的开发仍然依靠替代定标的结果。

辐射校正场替代定标方法<sup>[2]</sup>应用较早、技术成熟且效果稳定,已发展出反射率基法、辐照度基法和辐亮度基法三种技术方案,这些技术方案得以实施的前提是建立设施完善的辐射校正场。我国建设的

收稿日期: 2014-04-21; 收到修改稿日期: 2014-06-30

基金项目: 民用航天“十二五”预先研究项目(D040103)

作者简介: 徐文斌(1986—),男,博士研究生,主要从事卫星遥感高精度定标方面的研究。E-mail: wbxu@aiofm.ac.cn

导师简介: 郑小兵(1969—),男,研究员,博士生导师,主要从事光辐射精密测量的先进方法与仪器、卫星光学遥感器的高精度定标、光学遥感和海洋光学等方面的研究。E-mail: xbzhang@aiofm.ac.cn

本文电子版彩色效果请详见中国光学期刊网 www.opticsjournal.net

辐射校正场为敦煌和青海湖定标场,十几年来中的应用效果证明,这两个场为我国气象、资源、海洋等系列卫星载荷的在轨定标与性能评价发挥了关键性的作用<sup>[3]</sup>。

在载荷数量快速增加且功能不断细分的大背景下,依托少量固定场的在轨定标模式已难以适应业务应用的需求,其局限性表现为:1)定标场地数量不足且分布不均,难以适应卫星轨道的多样性;2)现有场地辐射和光谱特性单一,难以在宽辐射和宽光谱范围内更为准确地评价载荷性能的变化,难以兼顾多参数的在轨定标要求;3)定标场面积不一,难以满足不同视场尺度载荷的相对定标要求。应用需求正在促进在轨定标技术从“单场地、单时相”阶段向“多场地、多时相”阶段发展<sup>[4]</sup>。

我国在轨场地定标实践已经积累了大量数据,包括场地地表和大气参数信息,国外近 30 年来在全球范围内利用的场地数量和种类也有着充分的积累,在此基础上,收集、积累并管理全球范围内的定标场数据构建全球定标场网数据库不仅在技术上可行,更是满足多场地、多时相在轨业务化定标的一种客观需求<sup>[5]</sup>。

目前,关于定标场网的建设国外已有一些报道:地球观测卫星委员会(CEOS)选择 8 个装备场和 6 个“伪不变”定标场构建了陆地定标场网,CEOS 在线数据库中提供每个场区的位置、基本描述、装备仪器、基本气象数据等信息(<http://calvalportal.ceos.org/ceos-landnet-sites>);美国地质调查局(USGS)等建立了在线的世界主要辐射定标场的数据库,包含 59 个定标场,提供场区的位置、海拔、面积、基本描述、图片等信息(<http://calval.cr.usgs.gov/rst-resources/sites-catalog/radiometric-sites/test-site-gallery/>);美国航空航天局(NASA)在全球多个地区选择地表光谱反射率和天气状况稳定的定标场形成用于 Hyperion 在轨定标的全球定标场网,每个场区提供位置、基本描述、气象数据、装备仪器、图片等信息<sup>[6]</sup>;欧洲太空局建立了用于 MERIS 海洋产品评估的海洋定标场网,每个场区提供归一化离水辐亮度、归一化的离水反射率、大气光学厚度、大气透射率和叶绿素浓度等数据(<http://hermes.acri.fn/mermaid/dataproto/dataproto.php>)。综合来看,大多数定标场网数据库中可用于在轨定标的关键参数积累不够充分,且大多未考虑将数据库作为业务化在轨定标流程的基础平台。

本文针对多场地在轨动态定标的要求,在国内

外选择足够数量和辐射光谱特性具有差异的多个场地并收集场地关键特性参数信息形成全球定标场网数据库,将有利于提升在轨定标场地数据质量、及时性和可靠性,降低依赖场地实测数据的局限性,为业务化的在轨定标流程提供基础性的资源存储、分发和深加工平台<sup>[4]</sup>。

## 2 总体设计

### 2.1 基本数据

在实际遥感应用中,遥感器的在轨定标研究需要利用一系列描述完备的场地作为定标点<sup>[7]</sup>。场地基本信息包括经纬度、类型、海拔、面积、空间均匀性、定标适用季节等。对于定标时刻,需要获取场地准同步的光谱反射率数据、描述地表方向性的双向反射公布函数(BRDF)测量数据,以及测量仪器、测量平台、测量日期、测量时间等测量辅助信息。

大气是遥感信息传输过程中必经的介质,大气的吸收、反射和散射特性使得传感器接收到的目标信息发生改变,因此,研究遥感信息传输过程中大气效应的影响机理,对于在轨定标过程中的大气订正环节是十分重要的,必须要有大量的大气光学特性观测数据作为支持。根据多年来在轨定标的研究成果与经验,大气信息应包括基本气象信息如温度、气压、风速、能见度、降雨量等,气溶胶特性信息如气溶胶类型、光学厚度等,大气分子信息如 O<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O 廓线等,以及测量辅助信息。

### 2.2 基本功能

全球定标场网数据库构建的主要目的,是针对全球定标场数据类型多、数据源复杂和更新时效性高的要求,提出数据整合原则,为定标场数据的管理与分析提供一个方便高效的平台<sup>[8]</sup>,数据库应具有以下基本功能:

1) 数据入库:对系统管理范围内的数据,按照数据库对数据文件的格式要求,经规整后导入数据库系统;

2) 数据查询:按照一定的搜索条件,实现定标场关键特性参数的查询,查询返回的数据通过图表的方式显示;

3) 数据维护:管理员能够实现对所有数据的添加、删除、修改,保证数据的完整性和条理性,实现数据的定期备份和恢复;

4) 数据分析:实现对数据库中存储数据和外部导入数据的分析处理功能。

## 2.3 模块组成

根据上述数据和功能要求,将全球定标场网数据库划分为数据库模块和数据库运行模块,如图 1 所示。数据库模块包含场地基本信息库、场地历史

信息库、场地波谱信息库和场地气象与大气信息库,数据库运行模块由用户管理模块、数据库查询模块、数据库维护模块和应用模式模块组成。

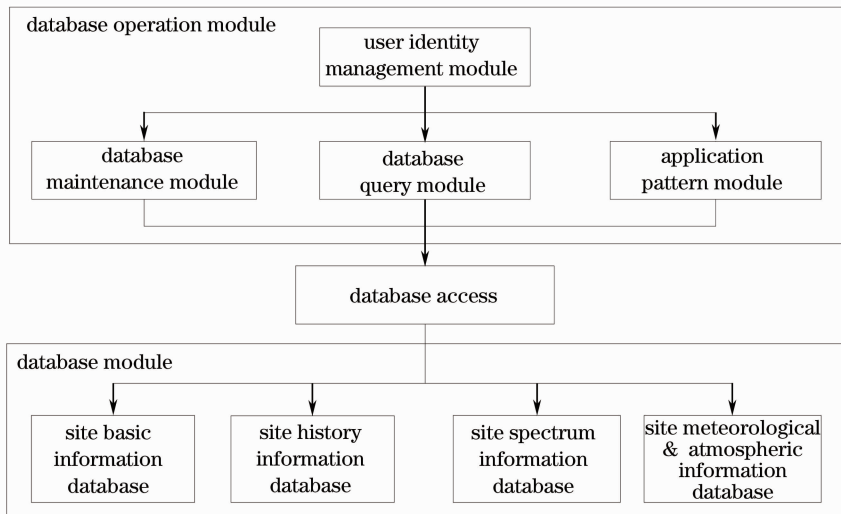


图 1 全球定标场网数据库总体结构图

Fig. 1 Overall structure of global calibration-site network database

各子模块的内容和功能描述如下:场地基本信息库记录场地经纬度、类型、海拔、面积、空间均匀性、定标季节、典型反射率、大气类型、气溶胶类型等信息;场地历史信息库记录卫星名称、搭载载荷、载荷指标、场地历史定标数据、历史观测数据等信息;场地波谱信息库记录场地反射率数据、BRDF 数据、测量辅助信息等;场地气象与大气信息库记录基本气象信息(温度、压强、能见度、雨量、风速)、气溶胶特性信息(各波段光学厚度)、大气分子信息( $O_3$ 、 $H_2O$  廓线等)、测量辅助信息等;用户管理模块负责用户登录、识别用户类型并对用户授予相应的权限;数据库查询模块根据用户输入的查询条件完成对数据库的查询;数据库维护模块完成数据库的添加、修改、删除、备份等相关维护工作;应用模式模块为用户提供数据分析处理应用支持,包括常用分析功能(统计分析、衰减分析、特征数据提取等)、观测数据预处理功能(BRDF 数据处理、光谱辐射计数据处理、CE318 数据处理等)和场地特性评价功能(空间均匀性评价、卫星数据产品信息提取等)。

## 3 开发与实现

### 3.1 开发工具

数据库模块采用 Oracle 10g 开发,数据库运行模块采用 Visual C++ 开发。

Oracle 是四大主流关系型数据库管理系统之

一,技术成熟,在数据管理、存取速度、安全性、并行处理等方面均有着优良的表现,广泛应用在大中型系统中<sup>[9]</sup>。

Visual C++ 是一种主流的面向对象程序设计语言,拥有优秀的集成开发环境,大量的 C++ 类库为软件开发人员提供了强有力的编程支持。

### 3.2 数据库体系结构

Oracle 数据库的体系结构分为数据库结构和实例结构两部分,如图 2 所示,数据库结构包括物理存储结构和逻辑存储结构,实例结构包括进程结构和内存结构<sup>[10]</sup>。

对于全球定标场网数据库物理存储结构的规划,需要创建场地基本信息库、场地历史信息库、场地波谱信息库和场地气象与大气信息库 4 个数据文件。

数据库的数据以何种结构存储到数据文件中,取决于数据库的逻辑存储结构,逻辑存储单元可以分为表空间、段、区和块,表空间是数据库中最大的逻辑存储单位,直接与物理结构数据文件相关联。对于场地基本信息库表空间,需要创建场地基本信息表和场地名称编码表;对于场地历史信息库表空间,需要创建卫星载荷信息表、载荷历史定标数据表和载荷历史观测数据表;对于场地波谱信息库表空间,需要创建场地光谱反射率信息表、场地 BRDF 信息表和波谱测量信息表;对于场地气象与大气信息库表空间,需要创建基本气象信息表、气溶胶特性

信息表和大气分子信息表。区大小在创建表空间时设定,值为 128 kB,均匀扩展。块大小在数据库创建时设定,值为 8 kB。

数据库的后台进程由 Oracle 自动启动、管理和维护,通过初始化参数对部分内存结构大小进行设置。

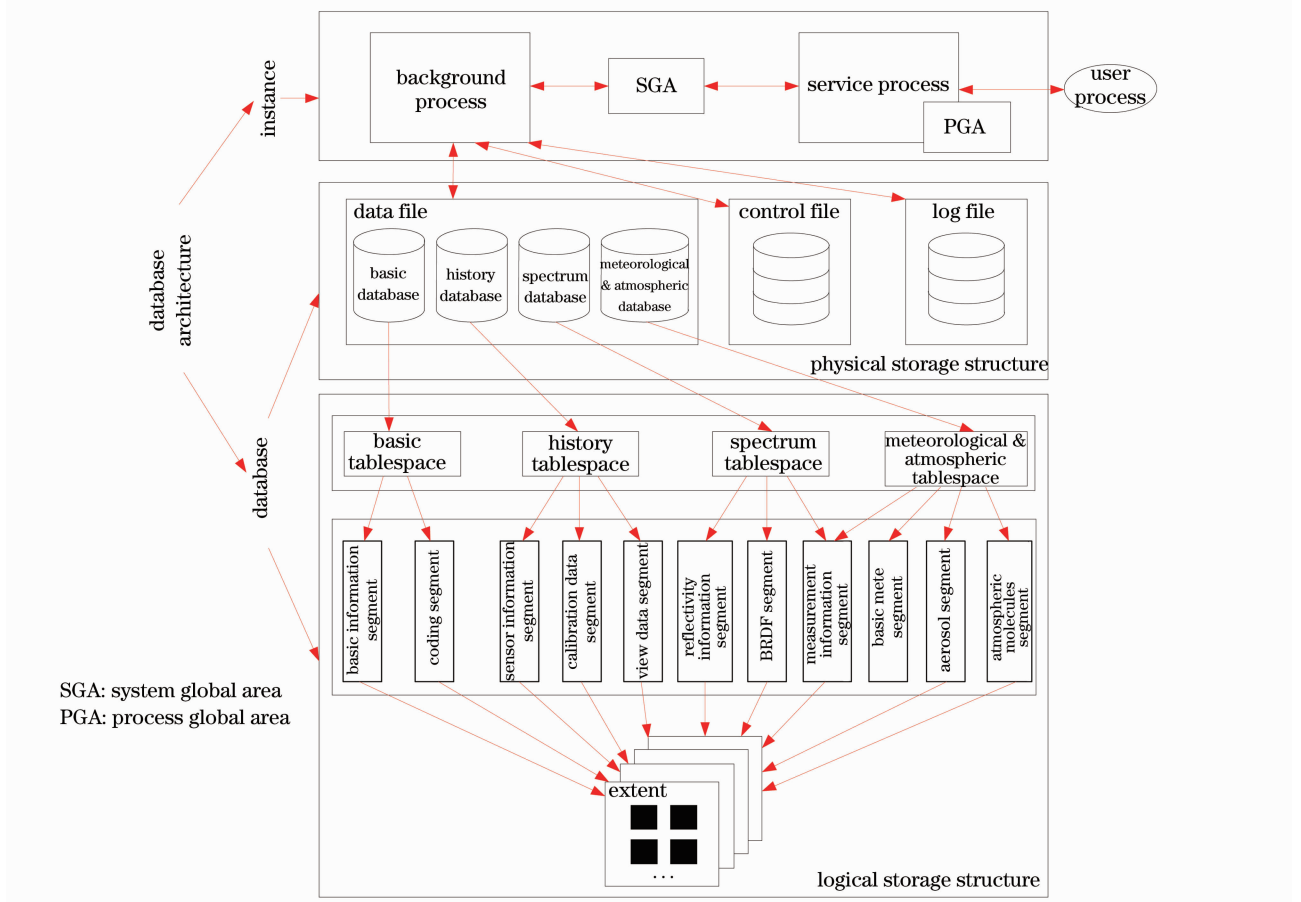


图 2 数据库体系结构图

Fig. 2 Architecture structure of database

### 3.3 多源数据的入库

全球定标场网数据库收集的数据来源广泛、格式类型多样,为便于存储管理,结合不同数据特点,制定规范化的数据制作、入库流程。

以 CSV(逗号分隔值)格式文件统一保存基本信息库、历史信息库、波谱信息库和大气信息库中各个表的短字段数据,在 CSV 文件基础上,编写数据加载控制文件,利用 Oracle 提供的数据库加载工具 SQL \* Loader 将数据批量导入到数据库中。

对于各个表中某些需要导入 BMP、TXT、CSV 格式文件的字段,通过 PL/SQL 语言编写相应的存储过程实现数据的入库,入库的数据以二进制形式存放。对于某些表中的长字段数据,通过 Oracle 提供的管理工具 SQL PLUS 执行插入语句完成数据的导入。

数据库中载荷观测数据信息量最大,直接存入数据库中耗时长且内存、中央处理器(CPU)开销

大,后期查询和显示难度也很大,通过建立数据库与文件系统相结合的管理模型可以有效解决这一问题,将载荷观测数据的存储目录信息存入数据库中,实现快速查询,栅格数据则保存在文件系统中,通过访问接口进行高效的存取操作。

各类数据经规范化处理入库后,数据库对所有数据进行统一管理,保证数据具有存储方便、访问高效、查询快捷等特点。

### 3.4 访问控制策略

数据库需要在主体(用户)和客体(数据对象)之间建立相应的访问控制策略以实现不同授权访问,有三种访问控制策略可供选择,分别为自主访问控制模型、强制访问控制模型和基于角色的访问控制模型(RBAC)<sup>[11-12]</sup>。前两种访问控制策略直接建立访问主体和客体的联系,而 RBAC 模型通过角色沟通主体和客体,角色实现了用户与访问权限的逻辑分离,具有灵活、方便和安全等特点,目前广泛应



用在大型数据库系统的权限管理中<sup>[13]</sup>。

全球定标场网数据库采用 RBAC 访问控制模型,由系统管理员定义角色并分配给指定用户,用户通过角色享有对应的权限,从而访问相应的客体,用户无权自主地将权限授权给其他用户。通过对用户与权限的控制,数据库实现了基于用户的安全控制。

### 3.5 数据库优化

为保障数据库高效稳定运行,需要从数据库结构、运维平台和查询效率等方面考虑数据库的优化设计。数据库结构的优化重点考虑表的设计与管理;对于表的设计,采取逐步优化的方法;对于表的管理,需要将同一信息库中的表放在同一表空间中,不同信息库部署到不同的表空间上,通过表空间可以控制数据库占用的磁盘空间,有利于备份和恢复等管理操作。通过建立索引、进行分区等操作可以进一步改善表的管理,加快数据库的查询速度。数

据库运维平台的优化重点考虑数据库运行的硬件平台和操作系统。查询效率的优化重点考虑 SQL 语句的调优,目的是避免全表扫描、提高查询复用能力<sup>[14]</sup>。

### 3.6 软件界面

全球定标场网数据库管理应用程序主界面如图 3 所示,数据库提供的绝大多数功能,都可以通过激活菜单栏中的某个菜单项来执行。主要包括用户登录子菜单、数据库查询子菜单、数据库维护子菜单和应用模式子菜单,其中用户登录子菜单下有登录、注销和退出菜单项,数据库查询子菜单下有基本信息库查询、历史信息库查询、大气信息库查询和波谱信息库查询菜单项,数据库维护子菜单下有基本信息库维护、历史信息库维护和波谱信息库维护菜单项,应用模式子菜单下有观测数据预处理、常用分析、场地特性评价菜单项。

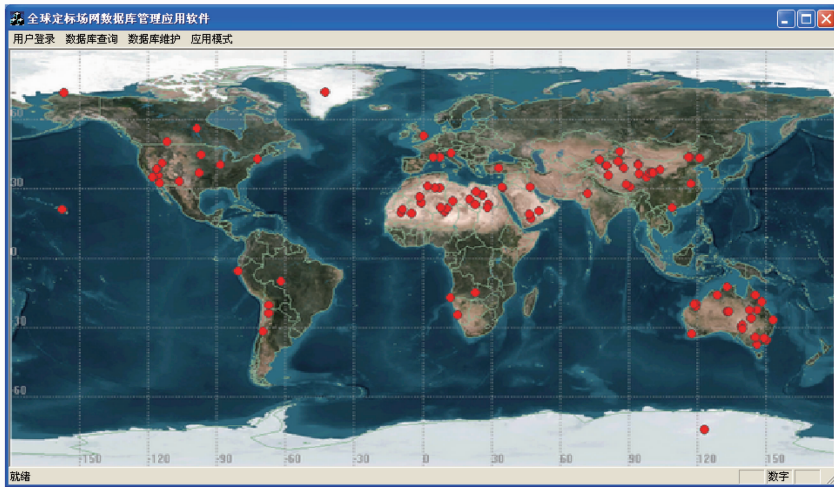


图 3 全球定标场网数据库管理应用软件界面

Fig. 3 Interface of management application software of global calibration-site network database

## 4 场地数据的获取和应用

目前,定标场网数据库主要包括光谱反射率、气溶胶特性等 7 类数据,限于篇幅,这里简要介绍场地数据的获取途径和应用方法。

在已选场地的基础上,通过现场测量、公开资料和交流合作等途径收集了部分场地的基本信息、历史信息、波谱信息和气象与大气信息。为实现资源、气象和海洋等系列卫星遥感器的在轨定标,获取遥感器绝对定标系数,每年 6~11 月,各相关单位都会组织开展野外定标实验,主要定标场地为敦煌戈壁场、敦煌高反场、渥洼池和青海湖等,测量项目包括地表反射率、BRDF、大气气溶胶、水汽含量、臭氧含

量、漫总比和基本气象参数等,十几年来,积累了大量的场地数据,现场测量数据成为获取场地数据的重要来源。

为了进一步积累数据,需要利用业务卫星同步观测数据产品、气溶胶观测网数据、Weather Underground 气象数据库和 NCEP FNL 全球分析资料等数据源进行场地空间均匀度、光谱反射率、气溶胶光学厚度、基本气象信息、大气分子信息等关键特性参数的获取。

### 4.1 场地选择

依据场地选择原则<sup>[7,15]</sup>,广泛调研国内外不同空间分辨率和光谱分辨率的卫星影像数据,搜集中国境内和全球范围内适合实施在轨定标的场地信

息,形成不同地理位置、海拔、地物光谱类型、辐射动态范围的场网。已选择 103 个光学定标场,如图 3 视图窗口所示,场地数量将根据需求不断扩充,场网整体概况如下:场地数量达到 103 个,包括国内核心场 25 个和国外参考场 78 个;地物类型达到 15 种,包括干盐湖、沙漠、戈壁、冰原、雪原、草原、湖泊、森林、矿区、海洋、农田、牧场等;场地在全球范围内分布,区域范围在  $72^{\circ}\text{N}\sim 75^{\circ}\text{S}$  和  $153^{\circ}\text{E}\sim 157^{\circ}\text{W}$  之间;场地反射率范围介于  $0.01\sim 0.90$  之间,适用于太阳反射通道的在轨定标,可以在宽辐射和宽光谱范围内评价载荷的性能状态。

## 4.2 地表特性参数获取

### 4.2.1 空间均匀性

场地空间均匀性对传感器的在轨定标特别重要,可以使配准的误差最小化。高分辨传感器图像适合进行场区空间均匀性评价,以 CBERS-02B/HR<sup>[16]</sup> 和 EO-1/Hyperion<sup>[17]</sup> 传感器图像对部分场

地进行了评价。

### 1) HR 图像评价

使用 HR 图像对敦煌戈壁场、青海湖场、轮台沙漠场、贡格尔草原场、阿尔及利亚沙漠场进行了评价,选取的图像如图 4 所示,结果如表 1,当选取区域尺度大于 10 km 时,场地的空间均匀性较差,缩小选取区域范围,尺度小于 5 km 时,场地的空间均匀性优于 3%。

表 1 5 个场地 HR 图像评价结果

Table 1 Evaluation results of HR images of five sites

Site name	Uniformity	
	Large zone /%	Small zone /%
Dunhuang gobi site	<7.1	<2.0
Qinghai lake site	<8.9	<2.3
Luntai desert site	<4.3	<2.2
Gonggeer grassland site	<4.0	<2.2
Algerian desert site	<4.8	<2.1

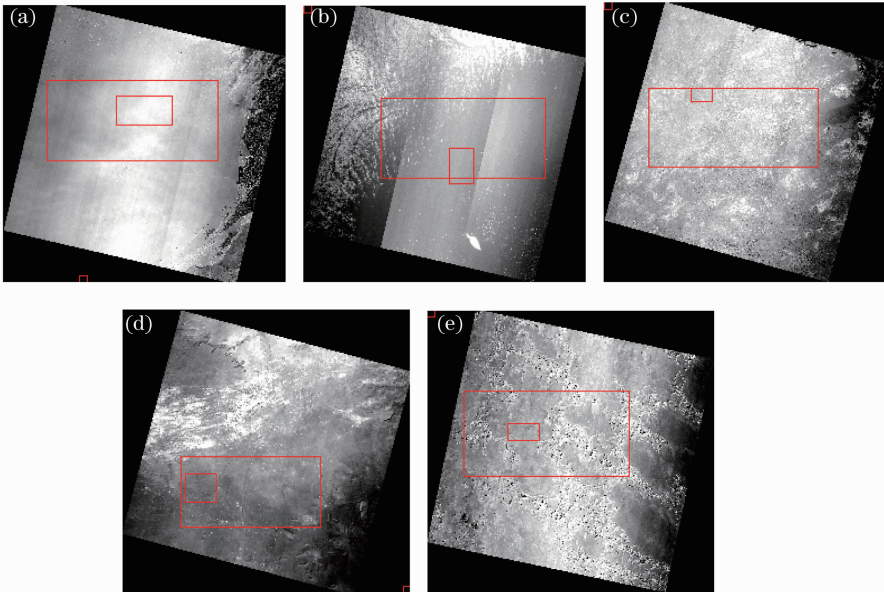


图 4 5 个场地 HR 图像。(a)敦煌戈壁场;(b)青海湖场;(c)轮台沙漠场;(d)贡格尔草原场;(e)阿尔及利亚沙漠场

Fig. 4 HR images of five sites. (a) Dunhuang gobi site; (b) Qinghai lake site; (c) Luntai desert site; (d) Gonggeer grassland site; (e) Algerian desert site

表 2 5 个场地 Hyperion 图像评价结果

Table 2 Evaluation results of Hyperion images of five sites

Site name	Select area /km	Uniformity /%
Dunhuang gobi site	$3\times 3$	<3.0
Libyan desert site	$3\times 3$	<3.1
Sudan desert site	$2.5\times 2.5$	<2.9
Dunhuang high-reflectance site	$1\times 1$	<3.0
USA railroad valley site	$4\times 4$	<2.8

### 2) Hyperion 图像评价

使用 Hyperion 辐亮度产品图像对敦煌戈壁场、利比亚沙漠场、苏丹沙漠场、敦煌高反场和美国铁路河谷场均匀性进行了评价,图像如图 5 所示,评价结果如表 2 和图 6 所示,选取区域尺度不超过 4 km,空间均匀性优于 3%。

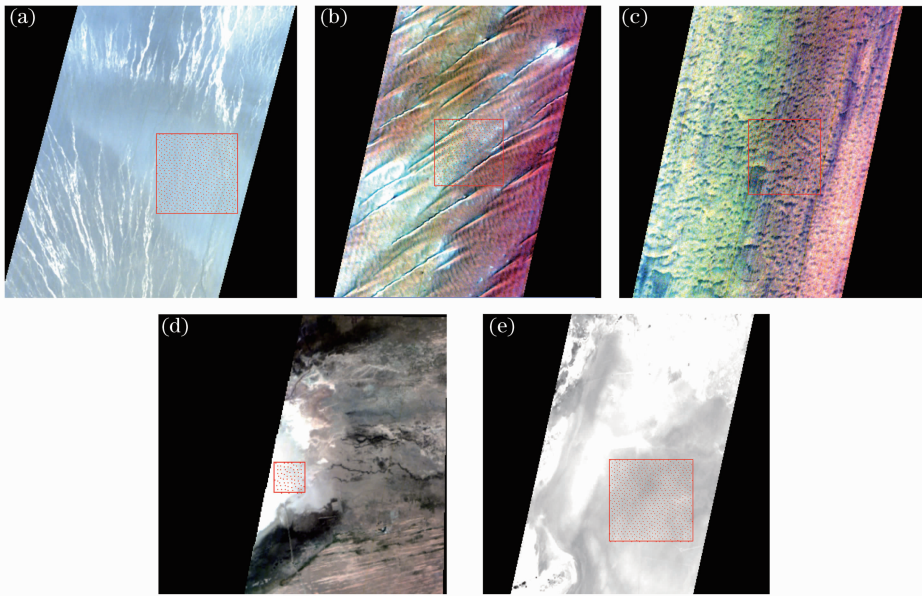


图 5 5 个场地 Hyperion 图像。(a)敦煌戈壁场；(b)利比亚沙漠场；(c)苏丹沙漠场；(d)敦煌高反场；(e)美国铁路河谷场  
Fig. 5 Hyperion images of five sites. (a) Dunhuang gobi site; (b) Libyan desert site; (c) Sudan desert site; (d) Dunhuang high-reflectance site; (e) USA railroad valley site

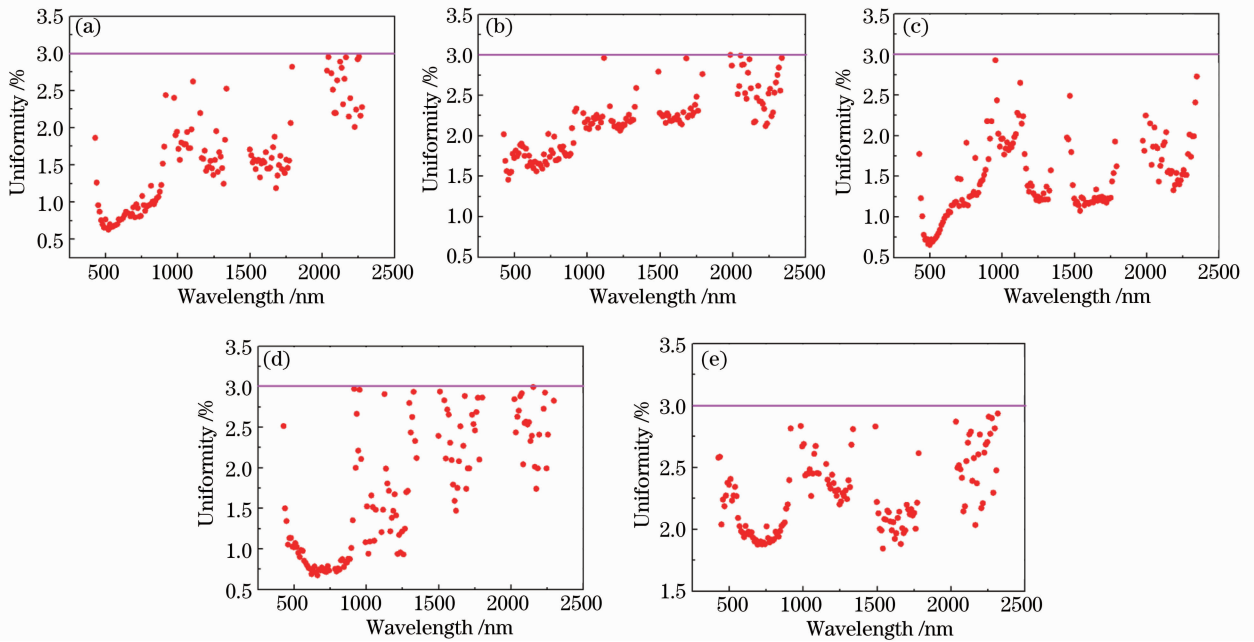


图 6 5 个场地太阳反射谱段均匀度分布。(a)敦煌戈壁场；(b)利比亚沙漠场；(c)苏丹沙漠场；(d)敦煌高反场；(e)美国铁路河谷场

Fig. 6 Uniformity distributions of five sites in solar reflective bands. (a) Dunhuang gobi site; (b) Libyan desert site; (c) Sudan desert site; (d) Dunhuang high-reflectance site; (e) USA railroad valley site

#### 4.2.2 反射率特性

对于在轨辐射定标,辐射定标场不仅需要空间均匀性评价,更需要进行反射率特性评价,以保证辐射定标的精度,高光谱传感器图像适合进行场区反射率特性评价。利用 Hyperion 高光谱影像辐射亮度产品对场地反射率光谱特性进行评价,

Hyperion 辐亮度产品经大气校正<sup>[18]</sup>获取地表反射率光谱曲线,获取了敦煌戈壁场、美国铁路河谷场、阿尔及利亚沙漠场、敦煌高反场、苏丹沙漠场和利比亚沙漠场的地表反射率曲线,如图 7 所示,除水汽吸收谱段外,大气校正获得的光谱曲线与实测光谱曲线接近。



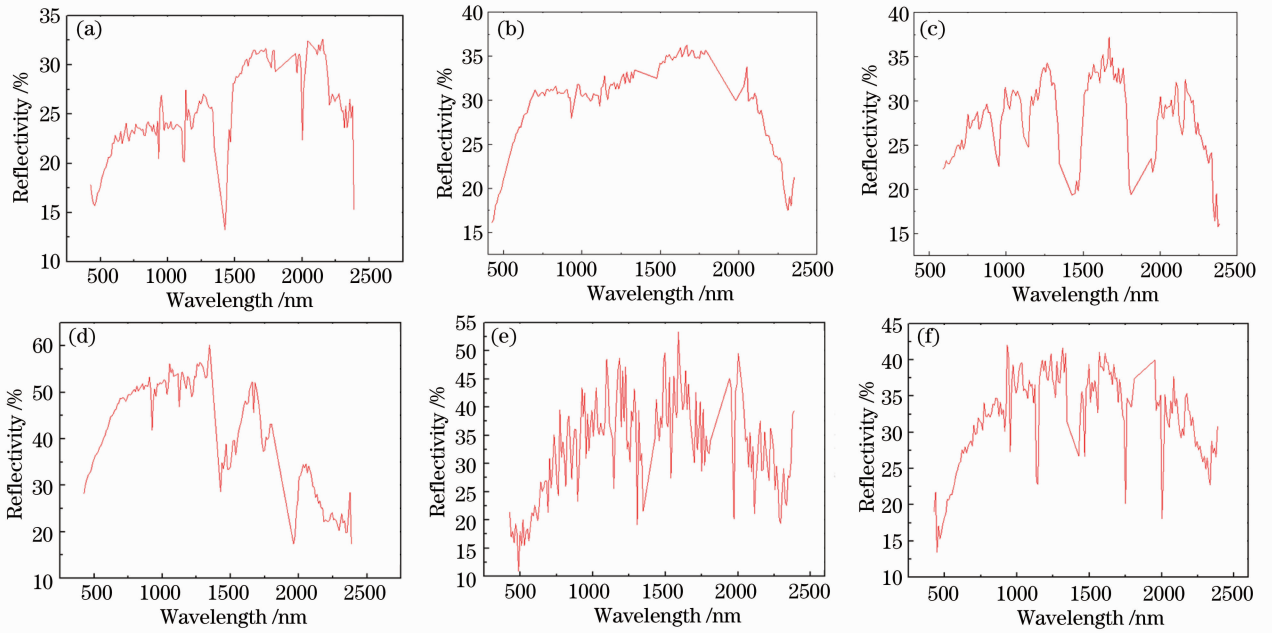


图 7 6 个场地反射率特性评价。(a)敦煌戈壁场；(b)美国铁路河谷场；(c)阿尔及利亚沙漠场；(d)敦煌高反场；(e)苏丹沙漠场；(f)利比亚沙漠场

Fig. 7 Reflectivity characteristic evaluations of six sites. (a) Dunhuang gobi site; (b) USA railroad valley site; (c) Algerian desert site; (d) Dunhuang high-reflectance site; (e) Sudan desert site; (f) Libyan desert site

### 4.3 大气特性参数获取

#### 4.3.1 大气气溶胶

对于辐射传输计算,需要获取卫星过境时刻场地大气气溶胶特性参数,利用全球气溶胶观测网(AERONET)观测数据,通过拟合算法实时获取 550 nm 气溶胶光学厚度(AOT)<sup>[19]</sup>,获取的 4 个场地月光学厚度曲线如图 8 所示。

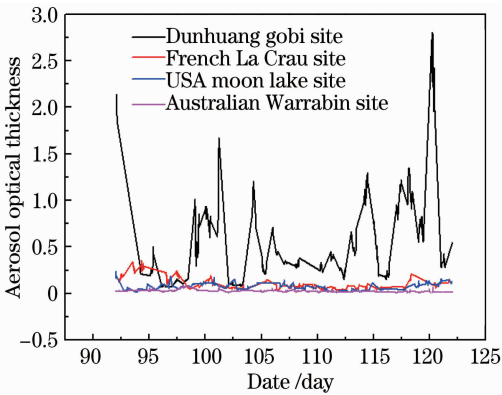


图 8 4 个场地 2012 年 4 月 550 nm 气溶胶光学厚度月曲线

Fig. 8 AOT 550 nm month curves of four sites in April 2012

#### 4.3.2 基本气象信息

场地基本气象信息包括温度、湿度、气压、风速、能见度、降雨量等,通过 Weather Underground 气

象数据库和 NCEP FNL 全球分析资料<sup>[20-21]</sup>实时处理获取,获取的 5 个场地能见度、风速、气压、降雨和温度月变化曲线如图 9 所示。

#### 4.3.3 大气分子信息

对于辐射传输计算,需要获取臭氧、水汽等大气分子信息,通过对 NCEP FNL 资料<sup>[20-21]</sup>的处理实时获取,获取的中国敦煌场和法国 La Crau 场臭氧和水汽含量月变化曲线如图 10 所示。

### 4.4 场地数据的应用

业务化在轨定标技术体系由全球定标场网数据库、定标任务自动规划系统和在轨定标处理平台三部分组成<sup>[5]</sup>,如图 11 所示。全球定标场网数据库是在轨定标技术体系的基础性资源,为所有有效载荷提供在轨定标的基本参数。定标任务自动规划系统依据全球定标场网数据库提供的场地特性数据,结合载荷的轨道参数和技术指标,执行相应的规划算法,生成最优化的在轨定标场地选择方案并快速生成满足在轨定标处理平台要求的参考数据。在轨定标处理平台利用参考数据完成定标系数的计算和动态性能评估。

数据库中场地类型信息分为辐射和光谱两种类型,实现场地类型规划;数据库中场地地理位置信息分为国内核心场和国外参考场,实现地理位置规划;场地面积信息结合载荷幅宽、空间分辨率等要素,实

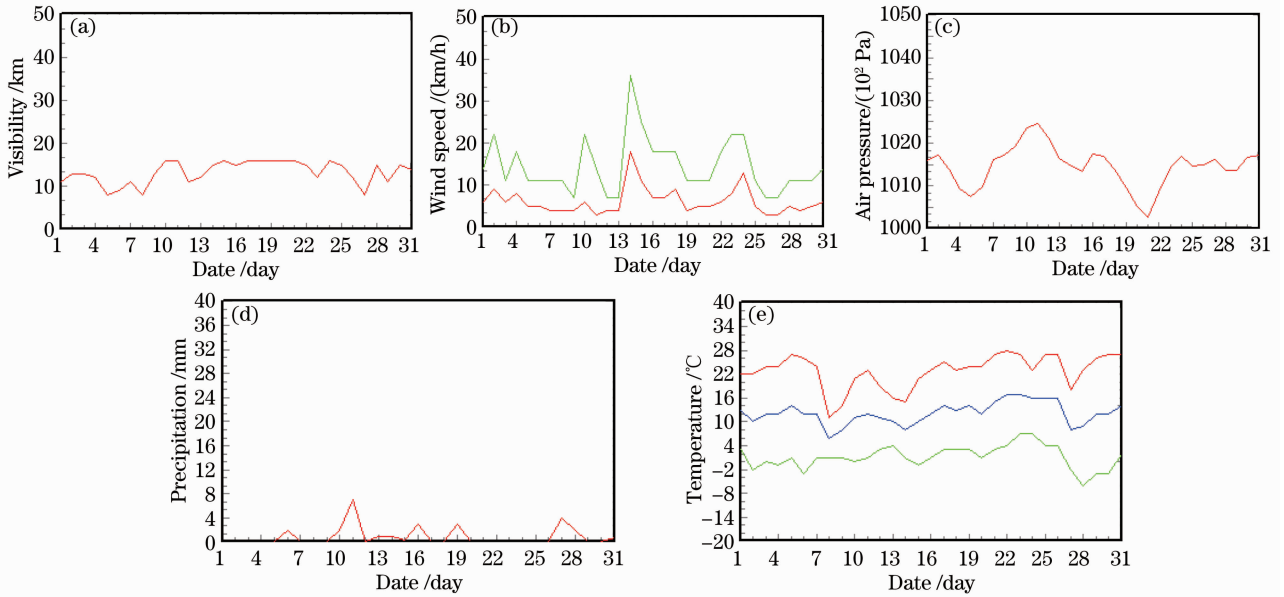


图 9 5 个场地 2012 年 5 月基本气象信息月曲线。(a)美国白沙滩能见度；(b)中国敦煌最大和最小风速；(c)法国 La Crau 气压；(d)土耳其 Lake Tuz 降雨；(e)美国 Sonoran 最大、最小和平均温度

Fig. 9 Month curves of basic meteorological information of five sites on May 2012. (a) White sand visibility; (b) Dunhuang maximum and minimum wind speed; (c) La Crau air pressure; (d) Lake Tuz rainfall; (e) Sonoran maximum, minimum and average temperatures

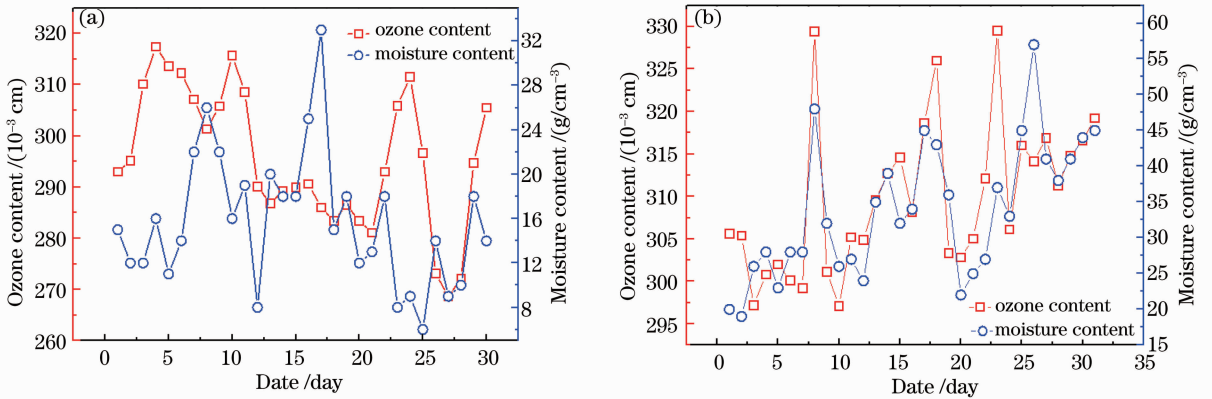


图 10 臭氧和水汽含量月曲线。(a)敦煌场,2013 年 9 月；(b) La Crau 场,2013 年 8 月  
Fig. 10 Month curves of ozone and moisture content. (a) Dunhuang site in September 2013;  
(b) La Crau site in August 2013

现场地尺度规划；数据库中场地空间均匀性信息分为不同等级，实现空间均匀性规划；数据库中场地反射率信息分为高、中、低三档，对应的反射率范围分别为小于 10%、10%~40%、大于 40%，实现宽动态范围规划；场地基本气象信息、气溶胶信息和大气分子信息实现大气条件规划。经过以上规划，获得最优的定标场地和定标时刻及相应的参考数据。

## 5 结 论

针对多场地、多时相的业务化在轨定标要求，建立了全球定标场网数据库。数据库由数据库模块和

数据库运行模块组成，采用 Oracle 10g 完成了数据库模块的开发，设计了合理的数据库体系结构，制定了多源数据入库的流程，选择了基于角色的访问控制策略，考虑了数据库的优化设计；采用 Visual C++ 完成了数据库运行模块的开发，数据库具有管理、查询、维护和应用等功能。

在场地数据获取方面，依据场地选择原则，汇集了全球 72°N~75°S 之间 103 个光学定标场地、15 种场地类型(干盐湖、沙漠等)和 7 类场地参数(光谱反射率、气溶胶特性参数等)，给出了部分关键场地参数的获取途径，场地反射率范围介于 0.01~0.90



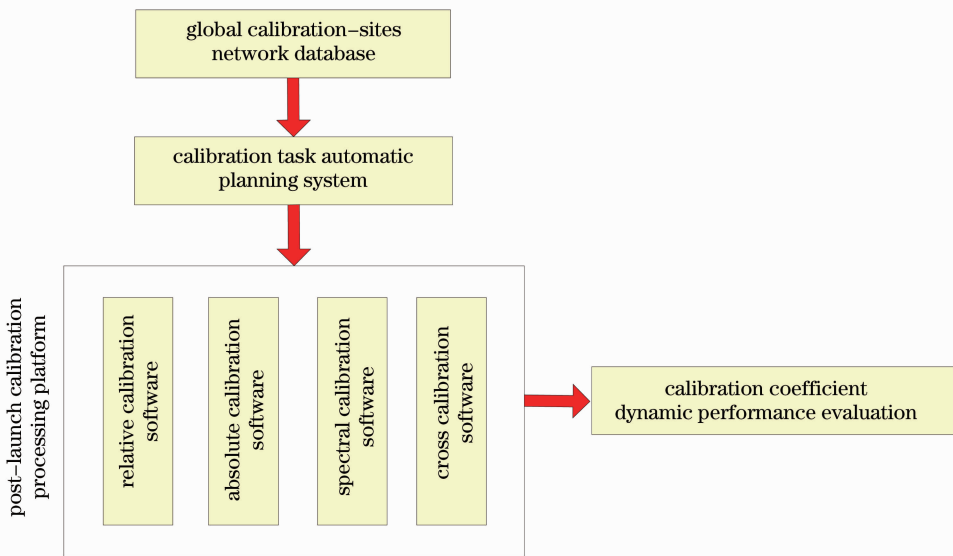


图 11 业务化的在轨定标技术体系图

Fig. 11 Diagram of operational post-launch calibration technical system

之间,适用于太阳反射通道的在轨定标。

全球定标场网数据库建立后,已成功应用于我国 HJ-1A 等卫星载荷的在轨相对和绝对辐射定标,利用全球多个场地结合 EO-1/Hyperion、Aqua/MODIS 等开展了与 HJ-1A 等卫星载荷的交叉定标,初步验证了数据库的技术优势,为定标数据的管理和分析提供了一个高效的技术平台,为多场地、多时相的业务化在轨定标提供了一种可行的技术途径。定标结果将另文报道。

### 参 考 文 献

- 1 Qiao Yanli, Zheng Xiaobing, Wang Xianhua, *et al.*. Whole-process radiometric calibration of optical remote sensors [J]. *J Remote Sensing*, 2006, 10(5): 616–623.  
乔延利, 郑小兵, 王先华, 等. 卫星光学传感器全过程辐射定标 [J]. *遥感学报*, 2006, 10(5): 616–623.
- 2 Li Yuan, Zhang Yong, Liu Jingjing, *et al.*. Calibration of the visible and near-infrared channels of the FY-2C/FY-2D GEO meteorological satellite at radiometric site [J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, 29(1): 41–46.  
李元, 张勇, 刘京晶, 等. 风云二号静止气象卫星可见光通道辐射校正场定标方法研究 [J]. *光学学报*, 2009, 29(1): 41–46.
- 3 Qiu Kangmu. Scientific Research Papers Anthology of China Remote Sensing Satellite Radiation Calibration Site [M]. Beijing: Maritime Press, 2001.  
邱康睦. 中国遥感卫星辐射校正场科研成果论文选编 [M]. 北京: 海洋出版社, 2001.
- 4 Zheng Xiaobing. Some respects for development of radiometric calibration techniques for optical remote sensing satellites [J]. *J Atmospheric and Environmental Optics*, 2014, 9(1): 2–8.  
郑小兵. 发展光学遥感卫星辐射定标技术的几点思考 [J]. *大气与环境光学学报*, 2014, 9(1): 2–8.
- 5 Zheng Xiaobing. High-accuracy radiometric calibration of satellite optical remote sensors [J]. *Spacecraft Recovery & Remote Sensing*, 2011, 32(5): 36–43.

- 6 郑小兵. 高精度卫星光学传感器辐射定标技术 [J]. *航天返回与遥感*, 2011, 32(5): 36–43.
- 6 J S Pearlman. Hyperion Validation Report [R]. NASA/GSFC, 2003.
- 7 A Angal, G Chander, X X Xiong, *et al.*. Characterization of the Sonoran desert as a radiometric calibration target for Earth observing sensors [J]. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2011, 5(1): 059502.
- 8 Lan Shaomin. Design and implement of typical object spectrum database [J]. *Computer & Digital Engineering*, 2009, 37(3): 183–185.  
蓝绍敏. 典型地物波谱数据库设计与实现 [J]. *计算机与数字工程*, 2009, 37(3): 183–185.
- 9 Michele Cyran. Oracle Database Concepts 10g Release 2(10.2) [Z]. Oracle, 2005.
- 10 Li Bingyang. Painting Oracle [M]. Beijing: China Water Power Press, 2010.  
李丙洋. 涂抹 Oracle [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- 11 R S Sandhu, E J Coyne, H L Feinstein, *et al.*. Role-based access control models [J]. *IEEE Computer*, 1996, 29(2): 38–47.
- 12 R S Sandhu, P Samarati. Access control: Principles and practice [J]. *IEEE Communications*, 1994, 32(9): 40–48.
- 13 Wang Xin. Development and Application of Privilege System Based on RBAC [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2005.  
王鑫. 基于角色的权限系统开发与应用 [D]. 成都: 西南交通大学, 2005.
- 14 Liu Xiaotang. Design and Realization of Massive Remote Sensing Image Database System [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2013.  
刘晓棠. 海量遥感影像数据库系统的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
- 15 P M Teillet, J A Barsi, G Chander, *et al.*. Prime candidate earth targets for the post-launch radiometric calibration of space-based optical imaging instruments [C]. *SPIE*, 2007, 6677: 66770S.
- 16 Xu Yuguo, Liu Tuanjie, You Hongjian, *et al.*. On-orbit calibration of interior orientation for CBERS02B-HR camera [J]. *Optical Technique*, 2011, 37(4): 460–465.  
徐雨果, 刘团结, 尤红建, 等. CBERS-02B 星 HR 相机内方位元素的在轨标定方法 [J]. *光学技术*, 2011, 37(4): 460–465.
- 17 M Folkman, J Pearlman, L Liao, *et al.*. EO-1/Hyperion

- hyperspectral imager design, development, characterization, and calibration [C]. SPIE, 2001, 4151: 352–363.
- 18 Yuan Jinguo, Niu Zheng, Wang Xiping. Atmospheric correction of Hyperion hyperspectral image based on FLAASH [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2009, 29(5): 1182–1185.  
袁金国, 牛 铮, 王锡平. 基于 FLAASH 的 Hyperion 高光谱影像大气校正[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(5): 1182–1185.
- 19 Chen Jianping. The Design and Realization of Software for Aerosol Optical Depth Retrieval [D]. Shanghai: East China Normal University, 2008.  
陈见平. 气溶胶光学厚度反演软件的设计与实现[D]. 上海: 华东师范大学, 2008.
- 20 Deng Wei, Chen Haibo, Ma Zhensheng, *et al.*. Decoding and graphic display of the NCEP FNL global analysis data [J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2009, 32(3): 78–82.  
邓 伟, 陈海波, 马振升, 等. NCEP FNL 全球分析资料的解码及其图形显示[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(3): 78–82.
- 21 Li Wei. Decoding and convert of NECP-FNL data [J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 2011, 34(1): 63–68.  
李 葳. NECP FNL 资料解码及数据格式转换[J]. 气象与减灾研究, 2011, 34(1): 63–68.

栏目编辑: 王晓琰