

数字化地物反射光谱数据库研究进展

周小虎^{1,2}, 周鼎武^{1,3}

1. 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069
2. 西北大学大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069
3. 山东科技大学地球科学与信息学院, 山东 青岛 266510

摘 要 随着遥感技术向更高的光谱分辨率方向发展, 数字化地物反射光谱数据库的建立和开发越发显得重要, 它是遥感应用研究中一项基础性的研究内容和研究方向。遥感应用越来越依赖于地物波谱特征, 并且已经发展到定量分析的新阶段, 文章较为系统的总结和介绍了近年来国际和国内在数字化地物反射光谱数据库方面的研究现状和该领域的发展趋势, 对已建立的包括荒漠、植物、地质、土壤、矿物、云层、雪、大气、岩石、水体、陨石、月球、人造材料、混合物、挥发物、液体等的多种数据库研究现状进行了介绍, 并对数字化地物反射光谱数据库的建设中存在的诸如没有统一的光谱数据库国家标准、缺乏地物划分的统一标准、不同数据库之间缺乏可比性、无法进行数据共享机制等问题提出了相应建议。

关键词 高光谱遥感; 地物; 反射光谱; 数据库

中图分类号: TP7, O657. 3 **文献标识码:** A **DOI:** 10. 3964/j. issn. 1000-0593(2009)06-1616-07

引 言

高光谱遥感研究的主要内容之一是对地物进行识别和分类, 数字化地物反射光谱数据库在高光谱遥感图像的识别和分类中起着“图例”的作用。地物反射光谱数据库的质量直接影响到高光谱遥感图像的分类精度和识别准确率。测量并建立各种典型地物的光谱数据信息是高光谱遥感理论和应用技术发展的基础^[1], 使研究人员有可能通过光谱匹配技术从高光谱遥感图像直接识别地物类型, 也可直接进行岩石分类及地质填图等工作。

国际上有代表性的数字化地物反射光谱数据库有 JPL 地物反射光谱数据库 (Jet Propulsion Laboratory, 美国喷气推进实验室)、USGS 地物反射光谱数据库 (US Geological Survey, 美国地质调查局)、JHU 地物反射光谱数据库 (Johns Hopkins University, 美国约翰·霍普金斯大学)、ASTER 地物反射光谱数据库 (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, 先进星载热辐射与反射辐射计) 和 IGCP-264 数字化地物反射光谱数据库 (International Geological Correlation Program, 国际地质对比计划) 等^[2-4]。在国内, 自 20 世纪 70 年代至今, 许多遥感研究部门相继建成了 10 余个数字化地物反射光谱数据库^[5]。在 EN-

VI, PCI, ERDAS, ER Mapper 等遥感软件中也嵌入多种地物反射光谱数据库, 为用户提供光谱分析和自动地物识别功能。

1 国外数字化地物反射光谱数据库研究进展

20 世纪 30 年代, 克利诺夫曾对 370 种自然地物进行了反射光谱测量^[6], Billings 和 Morris 研究了不同海拔高度的荒漠、植物反射光谱特征, Kondratyev 等在这方面也做了一些很有价值的工作^[7]。美国在 20 世纪 60 年代对岩石红外辐射特性进行研究, 此后, Stoner 等对土壤光谱的研究^[8]、Kahle 建立的地质反射光谱数据库^[9]以及 Collins 的工作^[10]都取得了较好的成果。美国国家航空和航天局在 70 年代初建立了地球资源信息系统 ERSIS (The NASA earth resources spectral information system), 日本也开展了地物光谱特征的研究^[11], 1973 年, 日本的江森康文等对北海道各种植物的反射光谱特性进行了测定; 1980 年, 美国普渡大学测定了 200 多条土壤光谱曲线; 法国第一大学在这方面也做了大量工作并召开了专题讨论会^[12]。美国喷气推进实验室对 160 种矿物在 0.4~2.5 μm 的反射光谱进行了测量^[13], 美国约翰·霍普金斯大学建立了包括多种地物反射光谱的数据库^[14]。Wegmuler 等建立了用于农作物分类的特征地物反射光谱数

收稿日期: 2007-12-28, 修订日期: 2008-03-29

基金项目: 国家高技术研究发展计划项目 (2002AA-13-02-03) 和中国国家博物馆基金项目 (2005010) 资助

作者简介: 周小虎, 1974 年生, 西北大学地质学系讲师 e-mail: zhousxiaohu993@sina.com

数据库系统^[15, 16], 1998 年, Auria 建立了云层分类专用反射光谱数据库系统^[17], 印度用 SAMIR 星载微波辐射计数据建立了用于雪、大气效应的反射光谱数据库系统^[18], 澳大利亚联邦科学研究院也建立了高光谱遥感地物反射光谱数据库; 2004 年, 美国地质调查局建成了包含 800 多条曲线的第五版数字化地物反射光谱数据库^[19]。

1.1 ERSIS 地物反射光谱数据库

美国国家航空和航天局于 20 世纪 70 年代初测量了大量植物、土壤、岩石矿物和水体等 1 000 余种地物的反射光谱数据, 包括 100 种岩矿、260 种植物、1 000 种土壤和 60 种水体, 建立了地球资源信息系统地物反射光谱数据库 (ERSIS)^[6, 20, 21], 该系统在美国开展早期遥感仪器和遥感波段选择研究中发挥了积极作用。

1.2 JPL 地物反射光谱数据库

Hunt 等发表的一系列论文标志着矿物反射光谱研究成为高光谱遥感领域一个新的研究方向^[22, 23]。1990 年, 卡尔等开发了标准矿物反射光谱数据库, 测试了 160 种不同粒度的常见矿物^[13, 24, 25]。主要类别有砷酸盐、硼酸盐、碳酸盐、硅酸盐、氧化物、氢氧化物、磷酸盐、硫酸盐、硫化物、卤化物和钨酸盐等。光谱范围 0.4~2.5 μm , 光谱分辨率 1 nm (0.4~0.8 μm) 和 4 nm (0.8~2.5 μm)。按照 500~125 nm、125~45 nm、小于 45 nm 三种粒度建立了 3 个地物反射光谱数据库, 分别对应细 - 中砂、粗泥砂 - 细砂、中泥砂 - 粘土, 反映粒度对光谱反射率的影响。

1.3 ASTER 地物反射光谱数据库

2000 年, 加州技术研究所建立了 ASTER 地物反射光谱数据库, 内含 2 000 种自然地物和人造物质的光谱数据, 光谱范围 0.4~25 μm , 反射光谱数据共 8 类: 矿物 (1 348 种)、岩石 (244 种)、土壤 (58 种)、月球 (17 种)、陨石 (60 种)、植物 (4 种)、水雪冰 (9 种) 和人造材料 (56 种)。可见/近红外光谱定标后误差小于 3%, 2.08~15 μm 光谱数据误差小于 1%。光谱数据入库时, 将 FTIR 和 Beckman 两种型号仪器测量的 2.08~2.5 μm 范围的光谱数据进行比较, 如差值大于 3%, 就重新测量, 两者差异控制在 3%。该数据库含有陨石光谱数据, 光谱范围 2.08~25 μm , 除雪和植被光谱, 其他

光谱数据是通过直接方向半球反射获取的, 大部分光谱数据的红外部分可用基尔霍夫定律计算地物发射率。

1.4 USGS 地物反射光谱数据库

1993 年, 美国地质调查局建立了波长 0.2~3.0 μm 的第四版 USGS 地物反射光谱数据库, 包含 423 种矿物、17 种植物和一些混合物共 444 个样本的 498 个光谱, 光谱分辨率为 4 nm (0.2~0.8 μm) 和 10 nm (0.8~2.35 μm)。

2004 年, 美国地质调查局建成了第五版 USGS 数字化地物反射光谱数据库, 包括从紫外线-近红外波段的光谱, 含有 800 多种矿物、岩石、土壤、混合物、植被、混和植被、涂料、液体、液体混合物、水和其他挥发物 (包括冻结的挥发物) 微生物以及人造材料 (包括人造化学制品) 的光谱。地物反射光谱数据库中包括用于光谱数据库管理和科学分析的软件, 可读取二进制光谱文件和光谱曲线。矿物类型包括硼酸盐、碳酸盐、氯化物、元素、卤化物、氢氧化物、硝酸盐、氧化物、磷酸盐、硫酸盐、硫化物、无机硫代酸盐、硅酸盐等类别; 植被包括树木、灌木、草类、开花植物、树叶、苔藓和其他微生物; 人造物质包括塑料、屋顶材料、处理过木材、油漆涂料和其他人造物质; 液体物质包括水、有机液体、含矿液体。

光谱曲线使用四种不同光谱仪来测量, 光谱范围分别为 0.2~3 μm , 0.35~2.5 μm , 1.3~5.2 μm , 0.4~2.5 μm 。野外光谱测试在同一地点采集数百个光谱数据取平均值, 部分样品在实验室重新测量用于修正野外测量光谱。美国地质调查局已计划发展第 6 版数字化地物反射光谱数据库, 将增加中红外地物反射光谱数据库 (1.5~150 μm), 包括中红外数据约 400 份样品。

1.5 IGCP-264 地物反射光谱数据库

1990 年, 美国地质调查局执行的国际地质对比计划 (IGCP) 第 264 项工程是专门研究遥感地物反射光谱特性的, 包括 5 个地物反射光谱子数据库, 为比较光谱分辨率和采样间隔对光谱特征的影响, 这些子光谱数据库是通过五个不同的分光计测试得到 (表 1)。植被光谱的光谱数据库范围是 0.4~2.5 μm 。

Table 1 Parameters of spectrometers

分光计名称及型号	光谱分辨率/ nm	采样间隔/ nm	光源	参考白板
克罗拉多大学 Beckman 5 270	3.8	1.0	钨灯	HALON
布朗大学 Relab	2~13	5	石英钨灯	HALON
克罗拉多大学 SIRIS	采样间隔随波长连续变化			HALON
美国地质调查局 Beckman	8~0.05 nm (0.2~0.85 μm) 32~0.3 nm (0.85~4.0 μm)			HALON
克罗拉多大学 PIMA II	2.5		机内光源	

1.6 AEDC/ EPA 红外反射光谱数据库

AEDC/ EPA 红外反射光谱数据库是由美国阿诺德工程中心 (AEDC: arnold engineering development center) 和美国环保总署 (EPA: environmental protection agency) 于 1993 年

开发的^[26], 主要用于污染监测和气体诊断性群落中样品光谱数据存档分发。数据库主要包括 EPA 参考吸收率光谱、EPA 参考光谱干涉图、AEDC 计算光谱、AEDC 测量光谱和附加测量光谱。EPA 参考吸收率光谱以三种方式排序: CAS

序号(chemical abstracts service, 美国化学文摘登记号)、化学名称和化学符号。地物反射光谱数据库包括甲醛、四氯化碳、木精、敌敌畏等 189 种空气污染物。醛和酮是 189 种危险的空气污染物中的两种。AEDC 计算反射光谱是根据高频谱分辨率传输地物反射光谱数据库(HITRAN: high-resolution transmission molecular absorption)和修正版快速大气光谱信息码(FASCODE: fast atmospheric spectral code)计算的。HITRAN 地物反射光谱数据库所收录的是 38 种基本大气环境分子、离子光谱数据。理论光谱和实测光谱间的误差会随温度升高而增大。AEDC/EPA 还提供谱图库转换程序, 可将 SpectraCalc, LabCalc 或 GRAMS 文件转换成 ASCII 文件。

1.7 JHU 地物反射光谱数据库

JHU 地物反射光谱数据库包括火成岩、变形岩、沉积岩、雪、月球土壤、陆地土壤、陨星样品、水体、矿物、植被及人工目标等物质^[27-29], 光谱测量是在约翰·霍普金斯大学和美国地质调查局进行的。数据库包含有两种光谱数据, 矿物和陨星样品测量的是双向反射率(实际是双锥反射率)^[30, 31], 记录了 2.08~25 μm 的光谱信息; 第二种光谱数据是除雪和植被外的光谱数据, 测量的是半球-方向反射比^[28, 29]。可见光-近红外波段的光谱数据进行了校准, 反射率误差在 $\pm 3\%$ 。波长精度使用钦氧化物参考滤波器进行了校正, 误差在 $\pm 0.004 \mu\text{m}$ 。在红外波段(2.08~15 μm)采用了两个相似的光谱仪来记录反射率, 测量结果都可重复操作且绝对精度优于 $\pm 1\%$ 。数据库含 15 个子数据库(表 2)。

Table 2 Sub-libraries of JHU spectral Library

名称	光谱波长/ μm	光谱数	物种数
粗粒岩浆岩	0.4~14	33	23
细粒岩浆岩	0.4~14	34	22
粗粒沉积岩	0.4~14	15	15
细粒沉积岩	0.4~14	13	13
粗粒变质岩	0.4~14.98	25	25
细粒变质岩	0.4~14.98	29	29
月球物质	2.08~14	17	17
人造物	0.42~14	14	10
人造物	0.3~12.5	19	14
流星物	2.08~25	59	44
矿物	2.08~25	326	82
雪	0.3~14	4	4
土壤	0.42~14	25	24
植物	0.3~14	3	3
水	2.08~14		

2 国内数字化地物反射光谱数据库研究现状

我国地物反射光谱测量研究是从 1978 年腾冲航空遥感试验开始的, 该测试历时 3 年, 完成 75 项专题研究, 获得了 1 000 多组树木、农作物、土壤、水体和岩矿等光谱曲线^[32]。20 世纪 80 年代, 中科院空间科技中心在宁芜地区获得各种

光谱曲线 1 000 多条^[33], 中国科学院长春地理所也建立了长春净月潭地物反射光谱数据库系统^[34], 中科院遥感所对 277 种中国典型地物反射光谱特征进行了测量^[6]。20 世纪 90 年代, 安徽光机所建立遥感卫星辐射校正场并开展了地物反射光谱测量研究^[35, 36]。1990 年西昌遥感试验场对水体、土壤、植被、农作物等地物进行了测试, 在 0.4~1.1 μm 范围内测得 6 816 个数据, 还对水体、土壤、小麦、植被等地物光谱曲线进行了对比分析^[37]。1998 年北京航遥中心建立了典型岩石矿物反射光谱数据库, 包含典型岩石和矿物 500 余种。2001 年, 北京师范大学在北京顺义获取了冬小麦光谱测量数据、农学参数等^[38]。2005 年, 中煤航测遥感局建立了黄土高原生态环境观测基准带地物反射光谱数据库^[39-41]。此外, 国家海洋局进行了以赤潮为重点的光谱测量^[42]、地矿部遥感中心在热红外遥感方面的测量^[43]和浙江大学以农业为重点的遥感研究^[44]及南京大学建立的高光谱遥感地物反射光谱数据库系统等都取得了较好的研究成果。

2.1 中国科学院空间科技中心地物反射光谱数据库

1981~1983 年, 中科院空间科技中心测量了岩石、土壤、水体、植被、农作物等地物光谱曲线 1 000 余条, 测试范围西自天山、东至长江下游、北起三江平原、南至海南岛, 其中岩石 261 条、水体 116 条、土壤 221 条、植被 206 条、农作物 196 条; 水体包括雪、蒸馏水、内陆咸、淡水及河水(黄河水、长江水)和污水等, 波长范围 0.4~1.0 μm , 部分在 0.4~2.4 μm , 室内测量精度优于 1%, 室外测量精度不低于 7%。还记录了样品测量时间、地点、目标特征参量、环境参量。为使测量值具有统计意义, 对植被等地物测量 12 次、对岩石、土壤等测量 8 次取平均值。

2.2 矿物红外反射光谱数据库

1982 年, 中科院地化所测量并建立了矿物红外反射光谱数据库^[45], 收录 583 种矿物图谱, 主要包括硫化物、卤化物、氧化物和氢氧化物、硝酸盐、碳酸盐、硼酸盐、硫酸盐、碲酸盐、铬酸盐、钼酸盐、钨酸盐、硅酸盐、有机物等, 光谱范围 0.3~4.0 μm 。有些类质同像系列矿物无法准确定名, 使用罗马序号加以区分。除天然矿物外还收集了煤、石油、沥青、人体结石等的红外图谱。

2.3 长春净月潭地物反射光谱数据库

1989 年, 中科院长春地理所建立了长春净月潭地物反射光谱数据库^[46], 包括土壤、植被、水体、雪和人工目标等 5 大类地物光谱(0.38~0.85 μm , 0.8~2.5 μm)。在春、夏、秋三季节定期测试农作物(高粱、大豆、小麦、玉米、水稻)、森林、水体、土壤等的光谱曲线^[34], 积累了不同高度平台、多方位测试数据。数据在入库前进行标准化、规范化处理, 保证数据精度和质量, 数据库具存储、查询、统计、制表及维护等功能。光谱数据按获取方式分为野外、室内和航空测量数据 3 类, 包含相关环境、地理辅助信息。

2.4 HIPAS 地物反射光谱数据库

1990 年, 中科院遥感所建立了面向对象地物光谱数据库(HIPAS: hyperspectral image processing and analysis system), 测量仪器为 GER MARK V(0.4~2.5 μm), SE590(0.4~1.1 μm), ASD1050(0.38~1.05 μm), ASD2500

(0.35~2.5 μm), 包括植被、土壤、水体、岩石矿物、人工目标等5类地物光谱数据、光谱特征参数、环境参数、仪器参数等。共有光谱数据1152条, 其中植被562条、岩石125条、军事目标146条、城市地物399条。该数据库系统可对大量地物标准数据进行统一管理、查询、修改, 提供光谱数据预处理与分析功能。光谱数据还含有测量时的环境参数、仪器参数及目标参数。地物反射光谱数据库按统一的测试标准, 以定标后仪器标准波长为基准, 在使用过程中出现的波长漂移等现象进行了自动插值校正。

2.5 安徽光机所地物反射光谱特性数据库

1990年, 中科院安徽光机所收集了宁芜、唐山、禹城、黑河、西昌、江山桥、南昆山、湖南及广东南海等遥感试验场(站)长达9年、不同自然带(气候带)以光谱为主的5大类300余种地物、535种光学、微波、不同时相的基础遥感数据15000条, 建立了安徽光机所地物反射光谱特性数据库^[47]。包括植被光谱182种5000余条, 有针叶林、阔叶林、灌木草丛、草原、荒漠、高山植被、草甸、沼泽和水生植被、草本类、木本类及小麦、玉米、大豆、棉花等农作物光谱, 土壤光谱138种2000余条, 岩矿光谱156种1600余条, 水体光谱有清洁水(咸水和淡水)、浑浊水、污染水、积雪、粒雪、冰川冰等34种900余条, 人工目标有300条光谱。

在地物反射光谱数据库和分析模型支持下, 在试验场对森林植被、灾害、土壤水分、地表热特性、农作物、水体、海洋及城市环境开展了示范应用研究^[48]。该数据库含地面光谱数据库(0.4~2.4 μm)、航空光谱数据库(0.4~1.1 μm)、微波光谱数据库(8~3 cm)^[49]和字典库, 数据文件中存放被测目标的光谱曲线, 地物名称以相应代码存入库中, 系统可进行代码名称转换。系统中光谱数据可分为野外测量光谱(含微波光谱)、室内测量光谱和航空测量光谱3部分, 该数据库已应用于航空、航天遥感的方案设计^[50]。

2.6 面目标微波辐射特性数据库

为研究无源微波遥感、制导技术及其应用, 华中理工大学建立了微波辐射特性测量场, 在1982年6月~1983年7月和1994年1月~1995年9月获得了大量地物原始测量数据并建立了面目标微波辐射特性数据库^[51, 52]。测量目标为天空、水泥路、沥青路、黄土、草地、水、碎石、水稻和小麦、丛树林(场外)。测量输出采用天线温度, 每个目标都测量平行极化和垂直极化(天空除外), 天空辐射角 $0^\circ\sim90^\circ$, 其他目标 $20^\circ\sim85^\circ$ 。同时记录了目标表面物理温度、大气温度、大气湿度、大气压、风速、风向、云层类型(卷积云、浓积云、雨积云等)、天气情况(晴天、雨、雾、雪等)。

2.7 中国污染水体反射光谱数据库

2001年, 国家海洋局建立了中国污染水体反射光谱数据库, 包含河流、水库、湖泊、入海河口、排污口、近海纳污海湾、海带养殖区、扇贝养殖区、雄涂虾池养殖区、盐池、赤潮水体、溢油水体等不同类型污染水体光谱曲线330组。室外测量采用VF921-B光谱辐射计(0.4~1.04 μm , 光谱分辨率5.4 nm)、PIS-C光谱辐射计(0.4~1.04 μm , 光谱分辨率5.0 nm)、ASD UV/VNIR光谱辐射计(0.35~1.05 μm , 光谱分辨率3 nm)。测量前对仪器进行光谱定标、辐射定标、

暗电流校正、稳定度校正、响应线性校正、绝对相应度校正。由于水体反射率较低, 采用25%灰板作参考板。对七大类污染水体进行测量并记录气温、水温、透明度、水深等参数及水质与生物学分析项目。室内水体光谱测试采用内涂无光黑漆试验水槽来模拟无限深水环境, 可防止入射光被桶壁反射至水面, 以消除测量误差。试验使用清洁天然海水、日光光源, 光谱范围0.4~1.04 μm , 加入试验污染水体前先测量桶内海水本地光谱值, 每个水样测量8次, 按先高浓度后低浓度次序。

2.8 黄土高原生态环境观测基准带地物反射光谱数据库

2000年~2005年, 中煤航测遥感局先后以陕北延河流域、延安宝塔区、太原西山煤田、宁夏汝箕沟煤田、内蒙古达煤田、陕西秦始皇陵区、陕西长安—户县为研究区, 通过搭载实用型模块化成像光谱仪(OMIS: operative modular imaging spectrometer)的一系列高光谱遥感飞行, 进行了植被、煤火、烧变岩、水污染和粉尘污染、地下文物遗存高光谱信息提取研究, 并作了同步地面光谱测试, 建立了黄土高原生态环境观测基准带地物反射光谱数据库。数据库有910种地物、33740条光谱曲线, 包含植物、岩石、城市地物、水体、煤系地层、烧变岩、土壤、火烧土等。

2.9 中国典型地物反射光谱数据库

2005年, 北京师范大学建成了覆盖植被、岩矿、水体三种地物的中国典型地物反射光谱数据库 SpeLib, 它集反射光谱数据库、遥感影像数据库、先验知识数据库、模型库于一体, 为定量遥感理论与应用研究提供了系统化和专业化的遥感光谱科学实验平台^[53], 提供针对农业、水环境、岩矿三种应用领域的示范平台。该数据库已完成四方面研究: 在栾城实验区进行了农作物长势监测与面积估算、从航空高光谱影像中提取农作物生化组分信息并实现变量施肥、水质监测、完成了示范区岩性与矿物识别。

3 存在的关键问题

建立反射光谱数据库的主要目的是给研究人员提供遥感研究和应用的参考数据平台, 光谱数据应具有代表性、典型性和可比性。目前在数字化地物反射光谱数据库的建设中存在的 key 问题包括以下几方面。

(1) 缺乏地物反射光谱数据库的国家标准。各研究部门在建立光谱数据库时由于缺乏可执行的国家统一标准, 只能参考其他部门的经验来制定自己的测量标准, 而每一个光谱数据库的建立都会花费相当的人财物力, 如果以后再往统一的国家标准转换, 必将产生很大的难度。

(2) 缺乏统一的协调管理。各研究部门在不同的研究计划中建立起了单独的光谱数据库系统, 由于缺乏协调, 这些光谱数据库很多是重复测量, 但同时又缺少大量应有的光谱数据, 造成了不必要的浪费和缺乏。

(3) 缺乏持续的地物反射光谱数据库建设。国内的数字化地物反射光谱数据库大都停留在1.0版本, 缺乏持续的观测和建设。

(4) 不同反射光谱数据库之间缺乏可比性。由于国内外

建立的各种光谱数据库是在不同的测试地点、不同的测试时间、不同的天气状况、采用不同的测试仪器和测试规范所建立起来的,即使同一种地物也会出现光谱曲线的巨大差异,产生异物同谱或者同物异谱现象。

(5)缺乏地物划分的统一标准。目前进行光谱测量时对地物一般划分为土壤、植被、水体、岩矿、人工目标五大类,在大类内部没有进行进一步分级,而土壤、植被、水体、岩矿等地物在各自学科内部都有非常详细的分类标准,这样不利于数据库的高效管理。

(6)没有反映地物光谱特性的时空差异。地物的光谱响应随时间和空间变化很大,在某一时刻、某一地点所测量的地物光谱曲线不能反映这种地物在不同时间、空间下的特点。

(7)地物光谱测量辅助信息不完整。多数光谱数据库在建立时只记录了简单的参数,对以后的使用非常不利。

(8)数据存储格式不统一。

(9)缺乏光谱数据共享机制。很多数据库只是限于本部

门、本单位使用、利用率低,造成了数据成果闲置和浪费。

4 建 议

在光谱数据库的建设过程中应建立统一的国家标准,从仪器设备、辐射标准、测量规范、数据精度、资料完整性、数据库结构及格式、光谱特性与地质体等多方面进行规范;应建立统一的协调部门来进行持续的、大范围的光谱测量和收集,才有可能建立起一个更加实用、更加完整的光谱数据库。应该借鉴不同的行业分类标准并结合地物的物理组成和物理形成机制特点来制定统一的用于光谱测试的地物分类体系。

数字化反射光谱数据库的建立和完善是遥感研究和应用两大领域的基础性内容,它的建立是许多遥感研究内容的支撑和基础,目前的现状是研究成果突出,存在的问题也不容忽视,需要更长时间的、持续的努力和工作来完善。

参 考 文 献

- [1] YI Wei-ning, LU Yi-huai, LUO Ming (易维宁, 陆亦怀, 罗 明). Optoelectronic Technology & Information (光电子技术与信息), 1998, 11(5): 25.
- [2] Adams J B, Berry L G, Clark R N. JPL Open File Report, 2005.
- [3] Clark R N, Swayze G A, Wise R. USGS Open File Report 03-395, 2003.
- [4] Simon J Hook. JPL Open File Report, 2006.
- [5] TIAN Qing-jiu, GONG Peng (田庆久, 宫 鹏). Remote Sensing Information (遥感信息), 2002, (3): 2.
- [6] TONG Qing-xi, TIAN Guo-liang (童庆禧, 田国良). Spectra and Analysis of Typical Earth Objects of China (中国典型地物波谱及其特征分析). Beijing: Science Press (北京: 科学出版社), 1990. 45.
- [7] Kondratyev A A, Buznikov O B, et al. Dokl. Akad. Nauk. Ukr. SSR, 1971, 197(5): 1066.
- [8] Stoner E R. Am. J. Soil Science, 1981, 45: 115.
- [9] Anne B Kahle, Madnra D P, Soha J M. Applied Optics, 1980, 19: 2179.
- [10] William Collins, et al. Economic Geology, 1983, 78: 737.
- [11] DAI Chang-da (戴昌达). The Application of Remote Sensing Technology in Soil and Water Resources (遥感技术在土壤和水资源研究中的应用). Beijing: Science Press (北京: 科学出版社), 1981. 73.
- [12] Becker F. Angular Reflectivity and Emissivity of Natural Media in the Thermal in the Thermal Infrared Bands. In Proceeding of the First International Collquim on Spectral Signature of Objects in Remote Sensing, Avignon, France, Septmber, 1981. 57.
- [13] Grove C I, Hook S J, Paylor E D. JPL Publication 92-2, Jet Propulsion Laboratory, USA: Pasadena, CA, 1992.
- [14] Salisbury J W, Walter L S, Vergo N, et al. Infrared (2.1~25 μm) Spectra of Minerals. Hopkins: Johns Hopkins University Press, 1991.
- [15] Weguller U. Int. Journal Remote Sens. 1993, 14(5): 15.
- [16] Wegmuler C, Matzler R Huppi, Schanda E. IEEE Transaction. On Geosci. and Remote Sens., 1994, 32(3): 32.
- [17] d'Auria G. et al. Radio Sci, 1998, 33(2): 21.
- [18] Bhattacharya B B, Majumdar T J. Int. Journal of Remote Sens., 1990, 11(4): 140.
- [19] Roger N Clark, Gregg A Swayzel, Richard Wisel, et al. USGS Open File Report, 2003.
- [20] Wharton S W. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1987, 25(3): 272.
- [21] LI Xiao-wen (李 小 文). Remote Sensing of Environment China (环境遥感), 1989, 4(1): 67.
- [22] Clark R N, King T V V, Klejwa M. J. Geophys. Res., 1995, 110: 12653.
- [23] Lang H R, Bartholomew M J, Grove C I. Journal Sedimentary Petrology, 1990, 60(4): 504.
- [24] Kahle A B, Goetz A F H. Preceedings of 15th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 1981. 332.
- [25] Clark R N, King T V V, Klejwa M. Journal of Geophysical Research, 1990, 95(B-8): 12653.
- [26] U. S. Environmental Protection Agency. AEDC/ EPA Spectral Database, 2006.
- [27] Clark B E, Fanale F P, Salisbury J W. Johns Hopkins University Spectral Library, 2006.

- [28] Korb A R, Dybwad P, Wadsworth W. Applied Optics, 1996, 35: 1679.
- [29] Salisbury J W, D'Aria D M. Journal of Geophys. Res. 1994, 99: 24, 235.
- [30] Salisbury J W, D'Aria D M, Jarosevich E. Icarus, 1991, 92(2): 280.
- [31] Salisbury J W, Walter L S, Vergo N. Johns Hopkins University Press, 1991b. 294.
- [32] CHEN Shu-peng(陈述彭). The Exploration of Geoscience. Volume 4, Geography Information System(地学的探索·第四卷, 地理信息系统). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 1992. 96.
- [33] Center for Space Science and Technology of Chinese Academy of Sciences(中国科学院空间科学技术中心编). Data Compilation of Chinese Earth Resources Spectral Information(中国地球资源光谱信息资料汇编). Beijing: Energy Press(北京: 能源出版社), 1987. 24.
- [34] ZHANG Hou-ying, GONG Wang-sheng(张厚英, 龚望生). Brief Introduction to the Research Centers of Chinese Academy of Sciences(中国科学院对外开放实验室简介). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 1992. 182.
- [35] CHEN Shu-peng, TONG Qing-xi, GUO Hua-dong(陈述彭, 童庆禧, 郭华东). Mechanism of Remote Sensing Information(遥感信息机理研究). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 1998. 114.
- [36] TIAN Qing-jiu, YU Tao, ZHENG Lan-fen(田庆久, 余涛, 郑兰芬). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 1997, 17(6): 113.
- [37] Institute of Mountain Hazards and Environment(CAS)(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所). The Application of Remote Sensing, Map, GIS in Resources and Environment(遥感·地图·地理信息系统在资源与环境研究中的应用). Chengdu: Chengdu Maps Press(成都: 成都地图出版社), 1991. 285.
- [38] LI Xiao-wen, WANG Jun-fa, WANG Jin-di(李小文, 王骏发, 王锦地). Multiangle and Thermal Infrared Remote Sensing(多角度与热红外对地遥感). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2001.
- [39] WAN Yu-qing, ZHANG Feng-li, YAN Yong-zhong(万余庆, 张凤丽, 闫永忠). Remote Sensing for Land & Resources(国土资源遥感), 2003, (3): 10.
- [40] WAN Yu-qing, ZHANG Feng-li, YAN Yong-zhong(万余庆, 张凤丽, 闫永忠). Geo-Information Science(地球信息科学), 2001, 3(3): 54.
- [41] WAN Yu-qing, ZHANG Feng-li, YAN Yong-zhong(万余庆, 张凤丽, 闫永忠). Remote Sensing for Land & Resources(国土资源遥感), 2002, (1): 47.
- [42] CUI Ting-wei, ZHANG Jie, MA Yi(崔廷伟, 张杰, 马毅). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2006, 26(5), 884.
- [43] Center for Remote Sensing in Geology of the Ministry of Geology and Mineral Resources(地质矿产部地质遥感中心编). Airborne Thermal-Infrared Remote Sensing Image Album(航空热红外遥感图像集). Beijing: Geological Publishing House(北京: 地质出版社), 1988. 33.
- [44] BAO Yi-dan, HE Yong, FANG Hui(鲍一丹, 何勇, 方慧). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2007, 27(1): 62.
- [45] PENG Wen-shi, LIU Gao-kui(彭文世, 刘高魁). Album of Mineral Infrared Spectras(矿物红外光谱图集). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 1982. 28.
- [46] ZHANG Yan, BO Li-qun, LU Xing-chang(张妍, 薄立群, 路兴昌). Remote Sensing Information(遥感信息), 2002, (6): 25.
- [47] XUN Yu-long(荀毓龙). The Fundamental Experimentation and Application of Remote Sensing(遥感基础实验与应用). Beijing: Chinese Science and Technology Publishing House(北京: 中国科学技术出版社), 1991. 61.
- [48] LIU Qing-hui(刘庆辉). Collection of Chinese Technology Achievements(中国技术成果大全). Beijing: Scientific and Technical Documents Publishing House(北京: 科学技术文献出版社), 1992. 192.
- [49] Bureau of Comprehensive Planning of the Chinese Academy of Sciences(中国科学院计划局编). Collection of Applications Achievements of Chinese Academy of Sciences(中国科学院应用性科技成果简介汇编). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 1992. 104.
- [50] JIANG Jun-lu, XIN Xi-meng(姜均露, 辛希孟). Florilegium of National Key Scientific and Technological Project Achievements in the Seventh Five- Years Plan(国家“七五”科技攻关项目重大成果简介选编). Beijing: Chemical Industry Press(北京: 化学工业出版社), 1993. 630.
- [51] ZHANG Ti-yuan, ZHANG Zu-yin, LI Qing-xia(张惕远, 张祖荫, 李青侠). Journal of Huazhong University of Science & Technology(华中理工大学学报), 1999, 27(8): 98.
- [52] ZHENG Han-lin, DENG Tao, HAO Jian-zhong(郑汉麟, 邓涛, 郝建中). Ground Object Microwave Spectral Library. In: Proceedings of the 7th National Remote Sensing Technology Congress(第七届全国遥感技术学术交流会论文集). 1991. 248.
- [53] SU Li-hong, LI Xiao-wen, LIANG Shun-lin(苏理宏, 李小文, 梁顺林). Geo-Information Science(地球信息科学), 2002, 4: 7.

Review of Digital Ground Object Spectral Library

ZHOU Xiao-hu^{1,2}, ZHOU Ding-wu^{1,3}

1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China

2. State Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwest University, Xi'an 710069, China

3. College of Geosciences and Technology, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China

Abstract A higher spectral resolution is the main direction of developing remote sensing technology, and it is quite important to set up the digital ground object reflectance spectral database library, one of fundamental research fields in remote sensing application. Remote sensing application has been increasingly relying on ground object spectral characteristics, and quantitative analysis has been developed to a new stage. The present article summarized and systematically introduced the research status quo and development trend of digital ground object reflectance spectral libraries at home and in the world in recent years. Introducing the spectral libraries has been established, including desertification spectral database library, plants spectral database library, geological spectral database library, soil spectral database library, minerals spectral database library, cloud spectral database library, snow spectral database library, the atmosphere spectral database library, rocks spectral database library, water spectral database library, meteorites spectral database library, moon rock spectral database library, and man-made materials spectral database library, mixture spectral database library, volatile compounds spectral database library, and liquids spectral database library. In the process of establishing spectral database libraries, there have been some problems, such as the lack of uniform national spectral database standard and uniform standards for the ground object features as well as the comparability between different databases. In addition, data sharing mechanism can not be carried out, etc. This article also put forward some suggestions on those problems.

Keywords Hyperspectral remote sensing; Ground object; Reflected spectral; Library

(Received Dec. 28, 2007; accepted Mar. 29, 2008)