

# 沙化土地野外光谱数据采集的技术方法探讨

李海萍<sup>1</sup> 庄大方<sup>1</sup> 熊利亚<sup>1</sup>

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京市安外大屯路 917 大楼 100101)

**摘要:** 根据对环北京地区沙化土地野外光谱数据采集工作, 探讨了光谱数据采集的技术方法选择, 并以 ASD FieldSpec<sup>TM</sup> FR 全波段野外光谱仪所测数据为例进行分析, 对影响光谱数据共享的辅助数据进行了讨论。

**关键词:** 沙化土地; 野外光谱; 测量方法; 数据共享

**中图分类号:** TP751; P237.9

近年来, 环北京地区频繁出现浮尘、扬沙和沙尘暴等天气, 主要原因之一是该地区土地不断沙化, 从而为沙尘天气的出现提供了丰富的物质来源。将遥感技术与地面观测相结合, 对沙化土地光谱特征进行测量和分析是沙尘灾害研究的一个重要内容, 也是获取沙化土地相关信息的基本途径之一。要获取高质量的野外实测光谱数据, 在进行沙化土地光谱数据采集前必须进行实验设计, 需要考虑的问题有: ① 野外测量时的光照条件; ② 影响光谱测量的环境参数; ③ 测量地区的地表覆盖特征; ④ 一年和一天中的最佳探测时间; ⑤ 选择何种采样策略; ⑥ 收集哪些辅助数据等。

## 1 ASD 原理及测量时的影响因素

根据物理学中对反射率的定义, 要确定一种物质反射能力的大小, 需要同时测量参考板和目标物的光谱反射能量, 两者相除可消除同时出现在目标物和参照物光谱响应中的放大参数, 如光源(通常为太阳)的光谱辐射和光谱仪自身的光学输出, 得到目标物相对于参考板的相对反射率, 即

$$r = B_i / B_0$$

式中,  $r$  为所测物体的反射率;  $B_i$  为目标物的反射能量;  $B_0$  为参考板的反射能量。由于自然界中不存在反射率为 100% 的物体, 因此, 要得到被测物体的绝对反射率, 还应用相对反射率乘以参考

板的反射系数。

进行野外光谱测量的前提是假设测量时的光照条件相对于目标地物和参考板是相同的, 但事实上, 在测量过程中, 诸如大气温度、湿度、云层覆盖度、风向、风速以及太阳高度角和方位角等环境因素都是随时间变化的随机变量, 这些环境参数的变化不容易测量但却是导致测量结果出现误差的主要原因, 解决方法就是尽量缩短参考板和目标物之间的测量时间间隔, 以使测量条件在较短的时间内保持相对稳定, 并根据天气状况的变化经常对参考板进行优化, 以保证观测值的精度。仪器优化不及时将导致光谱数据出现饱和(反射率超过 100%)而失效, 图 1 为因仪器优化不充分所造成的不可用数据。数据来源为用美国 ASD FieldSpec<sup>TM</sup> FR 全波段野外光谱仪在环北京地区进行光谱数据采集工作中所获取的数据。

### 1.1 ASD 野外光谱仪的性能考虑

用于野外光谱测量的光谱仪在性能上存在着较大的差异, 决定光谱仪性能的主要参数为光谱分辨率、光谱采样间隔、探测方式以及视场角。这些性能上的不同可导致所测光谱数据之间的精度差异, 因此, 进行测量前必须了解光谱仪的性能。在使用光谱测量数据时也应了解测量时选用的仪器, 以便正确进行数据分析。

#### 1.1.1 光谱分辨率和光谱采样间隔

光谱分辨率和光谱采样间隔这两个术语常常被混用, 而实际上对于光谱仪来说, 它们是完全不同的两个概念。光谱分辨率是光谱仪可识别的最

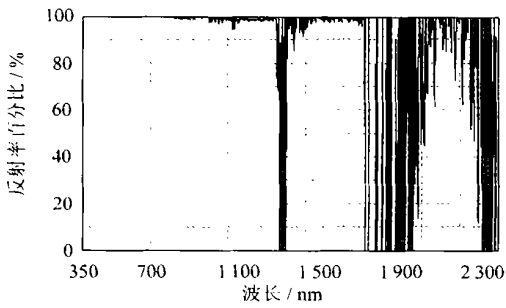


图1 因仪器优化不充分造成的光谱数据饱和和结果

Fig. 1 Spectrum Saturation Result in Incomplete Optimizing of Instrument

窄光谱特征的度量,通常用半功率响应宽度(full width half maximum, FWHM)来表示。光谱采样间隔指的是以波长为单位,测量光谱的数据点之间的波长间隔。ASD各波段光谱采样间隔为:1.4nm(350~1050nm);2nm(1000~2500nm)。光谱分辨率为:3.5nm(350~1050nm);10nm(1000~2500nm)。

### 1.1.2 探测器工作方式

目前所使用的光谱仪主要采用阵列探测方式或扫描探测方式,采用阵列探测方式的光谱仪的信噪比(SNR)同时依赖于采样间隔和光谱分辨率,而采用扫描方式的光谱仪其信噪比独立于光谱采样间隔。

在可见光近红外波段(350~1000nm波长范围),阵列探测器光谱仪可提供较好的选择。由于太阳光谱在短波近红外波段(1000~2500nm波长范围)迅速衰减,光谱仪需要较高的信噪比才能获得所需要的光谱信息,增加采样间隔以提高信噪比的做法通常并不可取,因为这将造成光谱仪的过度采样。因此,在短波近红外波段通常采用快速扫描式光谱仪,它可以具有小于光谱分辨率1/5的光谱采样间隔同时又不会降低光谱仪的信噪比<sup>[1]</sup>。ASD探测器350~1050nm为512阵元PDA(photodiode array),并用PE制冷,保证了较高的信噪比;1000~1800nm及1800~2500nm采用两个具有高响应速度的InGaAs(铟镓砷)探测器单元。

### 1.1.3 视场角

光谱仪的视场角决定光谱仪的采样范围,由于野外光谱仪是手持操作,因此测量的高度为测量者肩高,这一数值基本变化不是很大(约1.5m左右),如果光谱仪的视场角为20°,则可测量的地面范围约为直径0.5m、面积0.2m<sup>2</sup>的圆形区域。如果要测量出与遥感影像空间分辨率(如30m的

TM影像)相同大小的地面范围,就需要很多采样点,考虑到测量员每天所能行走的空间范围,测量的工作量将会很大。因此,进行较大范围的测量时,除了考虑光谱仪的视场角外,选择具有较快扫描速度的光谱仪是提高工作效率的惟一途径。

## 1.2 光照及环境参量的考虑

### 1.2.1 光照条件

与实验室光谱测量不同,野外光谱测量利用太阳作为光源,以保证与遥感图像获取的等效性。但是,处于自然环境中的被测目标通常受到3种以上的光源照射,如太阳的直接照射、天空的散射照射、周围环境背景的散射照射,甚至测量者以及测量仪器也成为一种散射源,这是因为野外光谱仪通常是手持测量,测量者的身高和臂长局限性使得目标物常常处于测量者和仪器的影响范围之内,从而受到影响。太阳高度角和大气状况等参数影响太阳光照的强度贡献率可达到总照射的20%~25%<sup>[1]</sup>。背景的散射光谱特性由其自身的反射特性决定,目标物的表面结构也对所测光谱有影响。因此,使野外光谱仪处于较稳定的环境是非常困难的,这也是野外测量数据、实验室测量数据以及遥感传感器测量数据之间出现偏差的主要原因<sup>[3]</sup>。可以通过选择环境条件较稳定的时间进行光谱测量,即在测量时间上保持同步或准同步,以尽可能消除差异,通常选择10点至14点之间进行测量较为理想,因为春秋季节11点至13点之间,夏季9点至11点之间,太阳高度角处于45°~60°之间,且变化速率不太大<sup>[3]</sup>。

### 1.2.2 环境参量的变化

大气以及观测地点的空气湿度是随时间变化的,风、光照、阴影等随着测量者的来回走动而影响光谱仪的测量。云的出现表明了大气中水汽含量在时空上发生变化,而水汽是造成光谱中的吸收带的原因之一,如果在测量目标物和参考板的时间间隔内大气水汽含量变化较大,将使测量结果出现误差,但这种误差可通过缩短两者间的时间间隔来消除。测量时参考板的反射曲线可以反映出大气的稳定程度及水汽含量的变化,因为在大气状况稳定时,参考板的反射率应该接近100%,反射率曲线接近于一条直线(可有微小起伏),如果反射率曲线有较大起伏,则表明水汽在相应波段的吸收特性增强或减弱(取决于水汽含量的增减),因此应观察参考板的反射率曲线,待其稳定时再进行测量。图2即为16点以后所测的以小叶锦鸡儿为主的灌丛草地,曲线中有较多的吸收带。云层覆盖的另一个影响是增强了天空

散射光的强度。 $\text{CO}_2$ 的含量在大气中虽然较为稳定,但也随海拔高度的增加而降低<sup>[2]</sup>,因此在不同海拔高度进行测量时要考虑到 $\text{CO}_2$ 含量变化所造成的吸收光谱特征。

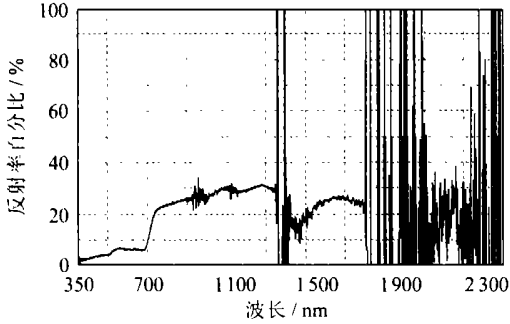


图2 大气不稳定造成的较多水汽吸收光谱带

Fig. 2 More Water Vapor Absorptions Due to Instability of Atmosphere

风的出现可使目标处于移动状态,尤其是植被的随风摆动,同时,风还可在光谱仪视场中形成阴影,造成测量数据的不准确。选择无风天气或具有快速扫描速度的光谱仪可降低这一误差源。

## 2 对象特征分析及相应光谱采样策略设计

风沙危害是北京及其周边地区面临的主要生态环境问题之一。对北京地区沙尘天气的分析表明,对该地区造成重大影响的沙尘主要发源于内蒙古中西部和河北北部,随着冷空气的移动向东南扩散,沿途起沙,不断增强<sup>[4]</sup>。京津地区位于华北平原北部燕山南麓的冲积平原,其北部为燕山山脉,向北依次为坝上高原、浑善达克沙地和锡林郭勒高原。坝上高原以南为旱作农业区,坝上高原以北至浑善达克沙地之间是农牧交错区,浑善达克沙地以北为草原牧区。由于农牧业生产技术比较落后,耕作制度不合理,管理粗放,人口压力不断增加等因素,这一地区普遍存在着不同程度的土地沙化问题,从而成为北京地区沙尘灾害的主要沙尘源区。因此,野外光谱测量工作主要在这一地区的丰宁县、多伦县和镶黄旗进行,以分别得到旱作农业区、农牧交错区和草原牧区内具有不同特征的沙化土地的光谱数据。

测量前对目标的特征分析十分重要,这有助于采取合适的采样策略以获得精确的数据。野外光谱测量得到的是地表覆盖的平均光谱数据,沙化土地光谱测量数据是沙化土地各组成部分的光谱特征平均值,应根据沙化土地的特征采取不同

的采样策略。

### 2.1 样地大小及采样数量的选择

由于光谱仪的信噪比随着采样点数的增加而增加,因此,样地越大,参与计算平均光谱的采样点内的特征值也就越多,噪音就可以被降低。

环北京地区内的植被属于非郁闭的草本、草本-灌木、草本-灌木群落以及农耕地,视场内土壤裸露面积和植被(主要是牧草、农作物)覆盖面积的不同,使光谱反射曲线的形状也有所不同。所以,当地表覆盖较复杂(比如灌丛草地)且光谱成分不惟一时,应尽可能选择较大的样地进行测量,以有效提高光谱仪的信噪比。同时,样地内地物多样性越大,光谱的空间多样性也越大,要得到能较好反映地面综合特征的平均光谱特征,就必须进行较多的采样,在地表覆盖较单一且光谱的空间分布也均一的情况下(如沙地或流动沙丘),则可以适当减小采样点数,这样既可以减轻测量员的测量工作量又可以保证光谱测量所需要的数据精度。

### 2.2 采样时的路线选择

地表覆盖是多种物质的组合叠加,因此在测量时应尽量选择能包含所有覆盖物的采样路线,以免有疏漏而使所获取的数据特征不明显。在研究区域内,天然草场、人工草场、飞播草场以及耕地等不同类型的地表覆盖,其植被覆盖度和分布格局均有不同,天然草场植被分布较均匀,人工草场及飞播草场呈明显的条带状分布,耕地为十分规则的形状,在测量时应根据样地特征选择测量路线,通常以走网格路线较实际,这样可以覆盖所有地物且每种地物在采样区域内所占比例较为均匀。采样路线的方向还应考虑到测量时太阳的方位,在进行测量时应向着太阳光线方向行走,以免测量者的身体阴影进入光谱仪的视场之内影响测量结果。

### 2.3 采样时间的选择

由于土地沙化是一个动态变化的过程,具有多年变化、年变化、季节变化、天气变化等特征,因此,不同时间内在野外采集的光谱数据是有所不同的,反映出沙化土地光谱特征随时间变化的特征。对于沙化土地来说,随着季节的变化,植被的季相也会发生变化,降雨量和温度将影响到农作物和牧草的长势以及土壤含水量。因此,获取不同时期沙化土地的光谱特征对于监测土地沙化过程是非常重要的。如果与同时期的遥感数据匹配,可以成为遥感影像分析和光谱分析的地面参考数据源。图3是同一地表类型不同季节所测数据的比较,可以看出,同类地物具有基本相同的光

谱曲线特征,但3月份的光谱反射(上部曲线)高于9月份(下部曲线)的,反映出光谱反射率的季节变化特征。

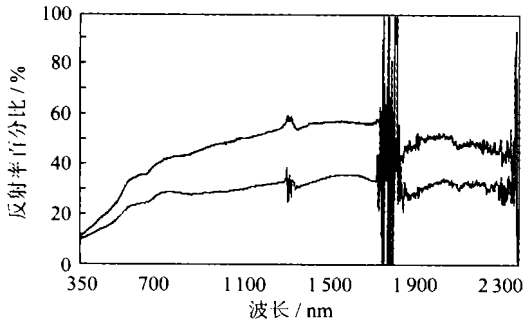


图3 同一地表不同时期的光谱反射特征

Fig. 3 Spectrum Character of One Sample Plot Collected in Different Times

除了季节选择,光谱测量还应考虑到一天中的时间选择,考虑到一次光谱测量数据还可用于对沙化土地进行遥感影像解译分析,因此,光谱测量时间应与遥感影像获取时间同步或准同步,以尽可能免除水汽校正的复杂过程。

#### 2.4 辅助数据的收集及数据共享

辅助数据的收集和光谱数据的收集同样重要,缺乏必要的辅助数据将影响到使用者对所采集的光谱数据的有效性和可靠性的认可,从而进一步影响到对光谱数据的应用和分析,必要的辅助数据收集不全面有时会导致数据不可用。精确、全面、可靠的测量数据可用于建立光谱数据库并多次成为其他相关研究领域中的数据源而得以重复使用,从而避免了人、财、物的浪费和重复工作,有利于实现数据资源的共享,真正体现出一方测量、多方受益的数据共享原则。因此,在进行光谱测量的同时一定要重视对辅助数据的收集。

沙化土地光谱数据获取中的辅助数据应包括:① 光谱仪的性能指标,如名称型号、光谱分辨率、采样间隔、探测范围等;② 参考板的材料及质量标定;③ 测量过程中的环境参数,如测量的时间、太阳高度角和方位角、海拔高度、大气参数、天空云层覆盖状况等;④ 采样地点及其地表特征描述,采样点物质组成及其均一性、植被覆盖状况、地表粗糙程度等;⑤ 数据采集者;⑥ 采样点的景观照片。

### 3 结 论

野外光谱测量数据在沙化土地分类及监测中具有重要意义,通过运用 ASD 野外光谱仪对环北京地区沙化土地的光谱测量,可得出以下结论。

1) 进行沙化土地光谱测量时,野外光谱仪的性能是十分重要的,应选择波谱范围宽、精度高、采样时间短、光谱采样间隔短、光谱分辨率高的光谱仪。

2) 精确的光谱测量数据获取,需要对环境变量进行充分考虑,通常应选择天气晴朗、云层覆盖较少、接近中午、温度适中(非极冷极热等极端温度条件下)、风力较小的时段进行测量,将环境参数的变化降低到最小,在较为稳定的环境条件下进行光谱数据的采集测量。

3) 沙化土地具有一定的时空变化规律,因此,进行沙化土地光谱数据野外测量时应尽可能获取较多时相和不同空间分布区的数据。长期、连续、多时相沙化土地光谱测量是进行土地沙化动态监测的有效手段。

4) 实现数据共享目标必须重视辅助数据的收集。

#### 参 考 文 献

- 1 Curtiss B. Field Spectrometry: Techniques and Instrumentation. International Symposium on Spectral Sensing Research, San Diego, 1994
- 2 Clark R N, Swayze G A, King T V V, et al. Surface Reflectance Calibration of Terrestrial Imaging Spectroscopy Data-a Tutorial Using AVIRIS. [http://speclab.cr.usgs.gov/PAPERS\\_calibration\\_tutorial/calibntA.html](http://speclab.cr.usgs.gov/PAPERS_calibration_tutorial/calibntA.html), 2002
- 3 Ю.С. 杜尔切尼科夫. 景观光学特性. 明世乾, 吴焕宁译. 北京: 科学出版社, 1988
- 4 叶笃正, 丑纪范, 刘纪远, 等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策. 地理学报, 2000, 55(5): 513 ~ 520

第一作者简介: 李海萍, 博士生。主要从事地理信息系统与资源环境遥感应用研究。

E-mail: lihp@reis.ac.cn

(下转第 491 页)

- of Geographical Information Systems, 1995, 9(5): 489~507
- 4 Zhan F, Mark D M. Conflict Resolution in Map Generalization: a Cognitive Study. *Auto-Carto.*, 1993(13): 406~413
- 5 Saalfeld A. Topologically Consistent Line Simplification with the Douglas-Peucker Algorithm. *CGIS*, 1999, 26(1): 7~18
- 6 Berg M, Kreveld M, Schirra S. Topologically Correct Subdivision Simplification Using the Bandwidth Criterion. *CGIS*, 1998, 25(4): 243~257
- 7 应 申, 郭仁忠, 闫浩文, 等. 制图综合中等高线自相交的判断与消除. *测绘科学*, 2001, 26(4): 39~41
- 8 郭庆胜. 点状要素与线状要素、面状要素的关系处理. *武汉测绘科技大学学报*, 1993, 18(增刊): 68~71
- 9 Liu Y L, Molenaar M, Ai T H, et al. Frameworks for Generalization Constraints and Operations Based on Object-Oriented Data Structure in Database Generalization. *Geospatial Information Science*, 2001, 4(3): 42~49
- 10 艾廷华. 城市地图数据库综合的支撑数据模型与方法的研究:[ 博士论文]. 武汉: 武汉大学, 2000

第一作者简介: 应申, 博士生. 现从事制图综合、空间分析、GIS 应用和系统开发等研究。

E-mail: senying@sina.com

## Consistent Line Simplification Based on Constraint Points

YING Shen<sup>1</sup> LI Lin<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

**Abstract:** This paper develops some algorithms to simplify polylines consistently based on the constraint points, whether they are on or out of lines.

**Key words:** map generalization; line simplification; constraint point

**About the first author:** YING Shen, Ph. D candidate. He is engaged in the research on map generalization, spatial analysis and GIS applications etc.

E-mail: senying@sina.com

(责任编辑: 燕子)

(上接第 487 页)

## Technical Method of Collecting Desertified Land Spectrum Data

LI Haiping<sup>1</sup> ZHUANG Dafang<sup>1</sup> XIONG Liya<sup>1</sup>

(1 Institute of Geographical Sciences and Resources, CAS, 917 Building, Anwai Datun Road, Beijing, China, 100101)

**Abstract:** According to the field spectrum data collecting within Beijing area, some technical methods in data acquisition are discussed, which include environment condition, analysis of the character of desertified land, strategy of sampling and selecting of instrument. Spectrum data collected by the ASD-FR field spectroradiometer has been used as an example to show how the errors in data collecting can be eliminated. Ancillary data that effect spectrum data sharing are also discussed.

**Key words:** desertified land; field spectrum; measuring method; data sharing

**About the first author:** LI Haiping, Ph. D candidate. She is interested in the research on GIS and remote sensing application in natural resources and environment.

E-mail: lih@reis.ac.cn

(责任编辑: 涓涓)