

文章编号 1001-8166(2006)10-1063-07

西北荒漠草甸植被光谱反射特征研究

张 凯¹, 郭 锐¹, 王润元¹, 司建华², 王小平¹

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020 ;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要 选取位于西北干旱内陆地区的安西荒漠草场为观测试验区, 分别对盐生低地草甸、极旱荒漠草甸和荒漠灌丛三类草地进行了地面反射光谱测定, 并分析了主要荒漠草甸植被光谱反射的一般特征和红边参数特征, 进而探讨了形成草地光谱特征差异的主要内在原因和影响因素。结果表明, 在近红外波段, 由于荒漠植被类别间叶片内部结构变化大, 因此冠层光谱反射率差异较大, 同一植被冠层光谱反射率的大小主要受植被长势的影响, 受沙地背景的影响, 在近红外波段, 植被冠层的光谱反射率要明显小于叶片的光谱反射率, 荒漠植被冠层光谱的红边也具有“双峰”现象。红边特征的参数表现为: 沙地植被 > 绿洲植被 > 沙漠植被。对安西荒漠植被光谱特征的分析研究, 对于研究干旱区荒漠植被的理化性能、遥感反演、植被分类、植被调查等都具有重要的意义。

关 键 词 荒漠草甸; 光谱; 反射率; 植被

中图分类号: S127 文献标识码: A

1 引 言

地物光谱特征的测量和研究是遥感理论研究的重要内容, 也是各种遥感应用分析的基础。国内外许多遥感研究部门已经开展了大量的地物光谱测量和研究工作。前苏联是进行地物光谱特性研究最早的国家, 在 20 世纪 30 年代科学家们就对许多自然物体的光谱反射进行了系统的测量和研究^[1]。20 世纪 70 年代, 美国在陆地卫星发射后, 曾对各种地物的光谱特性进行了七八年的长期研究。目前美国已对 1 000 多种岩石矿物、土壤和 3 000 多种植物以及 60 余种水体的反射、辐射和吸收特性进行了系统的测试分析, 并进行了建立各种光谱数据库的研究^[2, 3]。近年来, 我国的大批科学工作者, 如董庆禧^[4]、宫鹏^[5]、田庆久^[6]、唐延林^[7]、刘建明^[8]、田国良^[9]、万余庆^[10]等对地物光谱也开展了广泛深入的

研究, 测量和研究的对象包括了自然界的植被、土壤、岩石、水体和人工建筑物等地物, 研究的波段基本覆盖了遥感所使用的所有波段。并在此基础上, 建立了一系列地物光谱数据库^[11, 12]。

草地光谱的测定与草地光谱反射特性是草地遥感技术应用的重要研究内容之一^[13]。长期以来, 对牧草资源的动态监测一直是草地工作者关心和颇感兴趣的问题之一, 而遥感技术的快速发展, 特别是成像光谱仪的应用, 使这问题成为可能。分析草地光谱反射特性不仅有助于区分草地类型, 而且对卫星数字资料进行计算机处理也可提供十分重要的信息。目前国内许多学者已对高寒草甸类、高寒干草原类等草地类型进行了光谱观测和分析研究, 如张风丽等^[14]对环青海湖地区的天然草地时序光谱特征参量进行了分析研究。龙瑞军等^[15]对祁连山东段高山草甸的光谱特征进行了测试研究。黄敬峰

收稿日期: 2006-05-24, 修回日期: 2006-09-11.

* 基金项目: 甘肃省退牧还草科技支撑项目“甘肃省退牧还草效益遥感监测研究”(编号: 甘退牧 200301); 干旱气象科学研究基金项目“陇中黄土高原春小麦光谱反射特征观测研究”(编号: IAM200613); 国家自然科学基金项目“极端干旱区胡杨单株与林分耗水量测定与尺度转换研究”(编号: 40501012); 科技部科研院所社会公益研究专项“西北农作物对气候变化的响应及评价方法”(编号: 2005DIB3J100)资助。

作者简介: 张凯(1976-), 男, 甘肃甘谷人, 助理研究员, 主要从事农业生态与遥感应用方面的研究, E-mail: janzhouzhik@163.com

等^[16]分析了天山北坡中东段天然草地的光谱植被指数特征。王艳荣等^[17]研究了不同放牧强度对锡林郭勒草地近地面反射波谱特征的影响。但是,对西北干旱荒漠草甸主要植被群落的光谱反射特征研究尚少。因此,我们在位于西北干旱内陆区的安西草场选择了盐生低地草甸、极旱荒漠草甸和荒漠灌丛三类草地进行地面光谱测定,并分析了主要植被的光谱反射特征,本研究的目的在于探讨利用遥感技术区分草地类型的可行性,揭示干旱荒漠草甸植物群落间光谱反射的差异性,为草地资源动态遥感监测提供理论依据。

2 试验与数据获取

2.1 试验区概况和试验仪器

试验区选在甘肃省安西县,地处河西走廊西端,疏勒河流域中游,分布着我国典型的内陆河盐生草甸草场和极端干旱区荒漠草场,有国家级极旱荒漠自然保护区,是国家重点生态建设工程退牧还草示范县。县内生态系统和物种具有典型性、独特性、珍稀性和多样性,植被类型主要有芨芨草、红柳、黑果枸杞、大叶白麻、骆驼刺、白刺、红砂、泡泡刺、膜果麻黄、裸果木等。这些荒漠植物不仅在干旱区发挥着重要的生态作用和具有不可替代的生态位,而且蕴藏着极强的抗旱、耐瘠薄基因资源,其中有些珍贵物种濒临灭绝的边缘。根据研究区草地分布和具体试验条件,2005年7月我们在安西县南片选取了3个测点进行了观测试验,各测点具体情况如表1所示。

表1 各观测点地理位置与植被状况
Table 1 Geographical location and vegetation state of measuring points

观测点	桥子乡平头村	布隆吉乡上三户村	河东乡碱泉子村
海拔(m)	1 306	1 310	1 451
经纬度	96°09'19" N, 40°47'18" E	96°21'52" N, 40°30'08" E	96°46'42" N, 40°38'02" E
地貌	低平地	低平地	低平地
土壤类型	盐钙土	盐钙土	砂土
总盖度(%)	86	43	9
平均高度(cm)	37	82	14
植物名称	芦苇、芨芨草、 甘草、冰草	芨芨草、柽柳、大叶 白麻、白刺	泡泡刺、红砂、麻 黄、裸果木、盐爪爪
鲜重(kg/m ²)	6 842	2 199	361
风干重(kg/dm ²)	4 050	1 027	197

光谱测量采用美国 ASD (Analytical Spectral Device) 公司的 FieldSpec Pro FR2500 便携式光谱仪,波段值范围为 350 ~2 500 nm,最快采集速度为 100

ms,其中,350 ~1 000 nm 光谱采样间隔为 1.4 nm,光谱分辨率为 3 nm;1 000 ~2 500 nm 光谱采样间隔为 2 nm,光谱分辨率为 10 nm。采用 ASD 光谱仪标准配置 5°和 25°视场角。波长精度为 ±1 nm。

2.2 数据的获取及处理

光谱测量时,在每测点选取最具有代表性的植被类型。每种植被分别记录观测时间、GPS 位置、天气状况、实地照片,并测量草层高度和覆盖度。光谱测量时仪器探头垂直向下,与待测草和参考白板距离都保持 100 cm 左右。为减小随机误差影响,对每一目标的光谱测量记录数为 10 次,取均值作为该植被的反射光谱;为减少大气变化影响,牧草与参考白板测量交替进行,每测量牧草 3 次就重新获取白板光谱。测量时间控制在 10:00 ~14:00 之间。由于野外光谱仪测量时受环境影响较大,因此对测得的原始光谱数据进行了筛选,通过检查被测物体和标准板的光谱数据和光谱曲线,去除了其中无效的数据,保证光谱数据的有效性。野外光谱仪采用二进制格式记录光谱数据,数据处理时将二进制转为文本格式,对同一测点的 10 次记录数据进行平均处理。

3 结果与分析

3.1 荒漠草甸植被光谱反射的一般特征

3.1.1 不同植被类型的光谱比较

图1为荒漠区一些植被类型的冠层光谱曲线,包括红柳、芨芨草、芦苇、红砂、麻黄。其中红柳为沙地植被类型,属于荒漠灌丛,芨芨草和芦苇为绿洲植被类型,属于低地盐生草甸,红砂、麻黄为沙漠植被类型,属于极旱荒漠草甸。各种植被的光谱曲线总体上符合植被光谱特征的规律性,即在可见光波段的“绿峰”、红光低谷、近红外高原区两个明显低谷,这是绿色植物所特有的^[18,19]。但是不同植被类型由于叶子的组织结构、色素含量和含水量不同,反射率大小又具有各自的特点。通常,近红外反射率主要取决于生物量、叶面积指数和冠层结构,而可见光反射率主要取决于冠层叶绿素含量和盖度^[20]。在可见光波段 350 ~750 nm,沙漠植被(红砂、麻黄)反射率要高于绿洲植被(芨芨草、芦苇)和沙地植被(红柳),而在近红外波段 750 ~1 350 nm,由于沙地植被生物量、叶面积指数都要大于绿洲植被和沙漠植被,因此红柳反射率要明显高于红砂、麻黄,也高于芨芨草、芦苇。但在中红外波段 1 350 ~2 500 nm,沙漠植被(红砂、麻黄)反射率要高于绿洲植被

(芨芨草、芦苇)和沙地植被(红柳)。主要是因为沙漠植被主要由降低水分消耗的超旱生或真旱生的小乔木、灌木和半灌木组成,许多沙漠植被的叶退化,以绿色嫩枝进行光合作用,光合作用微弱,只消耗掉少量的太阳能,因此在该波段内反射率较高,相反,沙地植被和绿洲植被在该波段内,强烈的光合作用消耗掉大量的太阳能,因此,反射率较低。由于植被类别间叶片内部结构变化大,因此植物在近红外的反射率差异大,通过近红外波段反射率的变化可以区分不同植物类别。

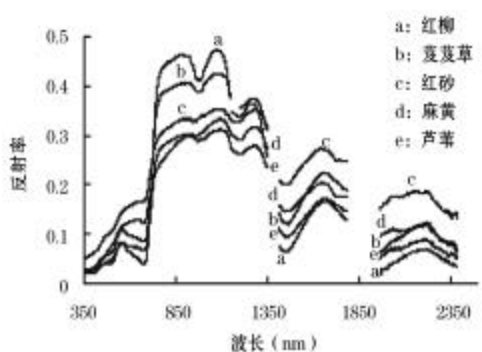


图 1 不同植被类型的光谱曲线
Fig.1 Spectral curves of different vegetative types

3.1.2 同一植被类型的光谱比较

前面提到,虽然绿色植物的光谱特征具有一定的相似性,但是不同植被类型由于叶子的组织结构、色素含量和含水量不同,反射率大小又具有不同的特点。那么,相同植被类型的反射光谱又具有什么样的特征呢?我们选取了不同长势的两株芨芨草,即芨芨草 1 和芨芨草 2 进行观测分析,芨芨草 1 和芨芨草 2 的高度分别为 100 cm 和 60 cm。

从图 2 可见,从可见光到近红外,再到中红外波段,芨芨草 1 反射光谱曲线都要高于芨芨草 2。在近红外波段这种差异尤其明显,这主要是由于芨芨草 1 比芨芨草 2 长势良好所致,不论是在生物量、叶面积指数和冠层结构,还是在叶绿素含量等方面,芨芨草 1 都要高于芨芨草 2。同样,光合作用的观测也表现出了与光谱特征很好的一致性。由于芨芨草 1 在生物量、叶面积指数等方面都要好于芨芨草 2,因而芨芨草 1 对发生光合作用的入射光吸收的比例要大,对光能的利用效率较高,所以,光合有效辐射 (PAR) 要明显高于芨芨草 2, PAR 平均分别为 $1196.95 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 $597.825 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ (图 3)。因此,我们可以利用这种在近红外波段的

光谱差异来判断草地生产力的高低及生长趋势。

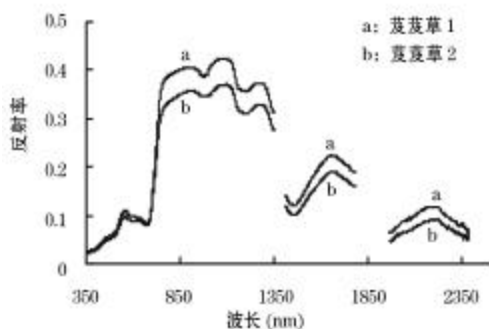


图 2 不同长势芨芨草光谱曲线比较
Fig.2 Spectral curves of *Achnatherum splendens* in different growth status

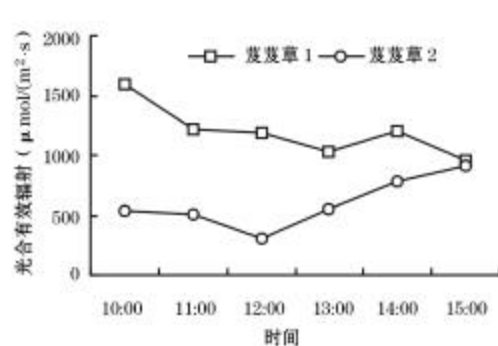


图 3 不同长势芨芨草光合有效辐射比较
Fig.3 Photosynthetically available radiation (PAR) of *Achnatherum splendens* in different growth status

3.1.3 冠层和叶片光谱比较

选择安西荒漠草甸主要植被类型骆驼刺、白刺冠层和叶片的反射光谱进行比较,从图 4 我们可以看出,在近红外波段 750 ~1350 nm,两种荒漠植被冠层的反射光谱要明显小于叶片的反射光谱,主要是由于在进行叶片反射光谱测量时,使整个叶片充满 5° 视场角,受下面沙地影响较小,且叶片的栅栏组织在近红外区有多次反射作用,而对冠层反射光谱测量时,虽然使整个冠层充满 25° 视场角,但由于荒漠草甸植被枝条稀疏,因而受下伏地表—沙地影响较大,使得植被的光谱特征明显减弱。两种荒漠植被冠层和叶片的反射光谱在 980 nm 和 1180 nm 都有明显的水吸收带。在 1850 ~2500 nm 之间,两种荒漠植被冠层和叶片的反射光谱则完全重合且反射率较低。

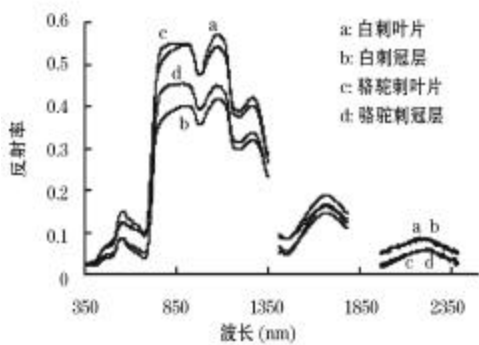


图 4 荒漠草甸冠层和叶片光谱比较
Fig. 4 Comparison of spectra of canopy and leaf of desert meadow

3.2 不同植被类型红边参数特征

在草地光谱测量中土壤、凋落物等以低频噪声形式影响目标光谱,因此可利用一阶导数运算予以限制和消除^[21]。公式采用:

$$(i) = \frac{(i+1) - (i-1)}{i+1 - i-1}$$

式中, i 为 i 波段波长, (i) 为 i 波段反射率, (i) 为 i 波段一阶导数光谱值。图 5 给出了荒漠草甸对应的一阶导数光谱曲线,可以看出导数光谱运算可以大大强化草地红边(680 ~760 nm 陡峭爬升脊)特征。

在高光谱遥感中,采用微分技术寻找关键波段可描述植被的红边特性^[22~24]。定量描述光谱红边

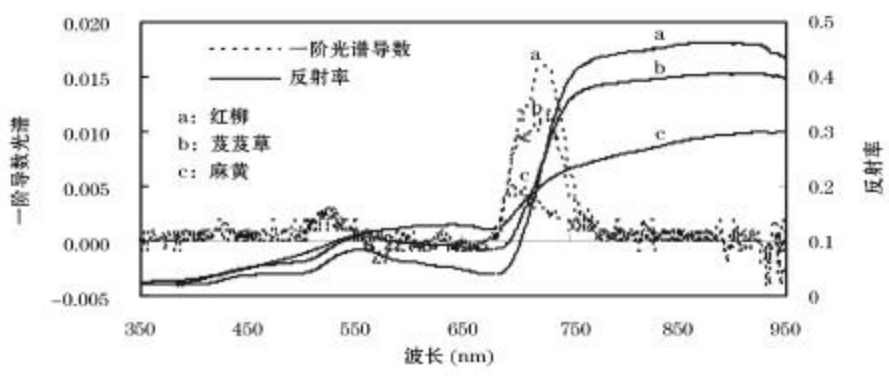


图 5 荒漠草甸反射及一阶导数光谱
Fig. 5 Reflectance and first-order derivative spectra of desert meadow

特征的参数主要有^[25]:(1)红边位置 λ_{red} :红光范围(680 ~760 nm)内一阶导数光谱最大值对应的波长,红边位置主要与叶片叶绿素含量有关;(2)红边幅值 D_{red} ,又称红边斜率:红光范围(680 ~760 nm)内一阶导数光谱的最大值,红边斜率主要与植被覆盖度或叶面积指数有关。

从图 6 可见,荒漠草甸植被冠层光谱的红边都具有“双峰”现象,这跟大多数绿色植物的红边相似。由于沙漠植被红砂、麻黄冠层叶面积指数小,受沙地背景的影响,冠层光谱的“双峰”现象并不明显,而由绿洲植被芦苇、芨芨草到沙地植被红柳,随着生物量增加,叶面积指数增大,沙地背景对冠层光谱的影响减小,“双峰”现象越来越明显。

从图 7 可见,在营养期内,不同荒漠草甸植被类型的红边位置基本处于 700 ~730 nm 之间。但是从不同植被类型来看,表现为:麻黄 <红砂 <芦苇 <芨芨草 <红柳。主要是由沙漠植被到沙地植被,植被

中叶绿素含量逐渐增多,红边位置将向长波方向偏移,通常称之为“红移”。同样,在营养期内,红边斜率(红边幅值)也是麻黄 <红砂 <芦苇 <芨芨草 <红柳,主要是由沙漠植被到沙地植被,植被覆盖度越高和叶面积指数越大,红边斜率越大。

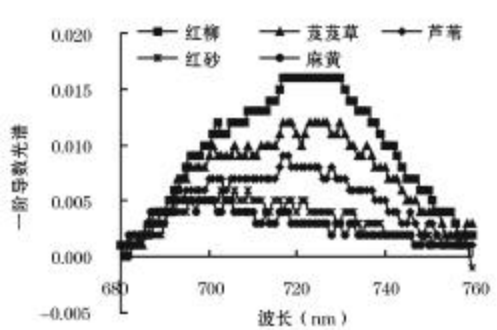


图 6 荒漠草甸植被冠层光谱的红边
Fig. 6 The red edge of canopy spectra for desert meadow

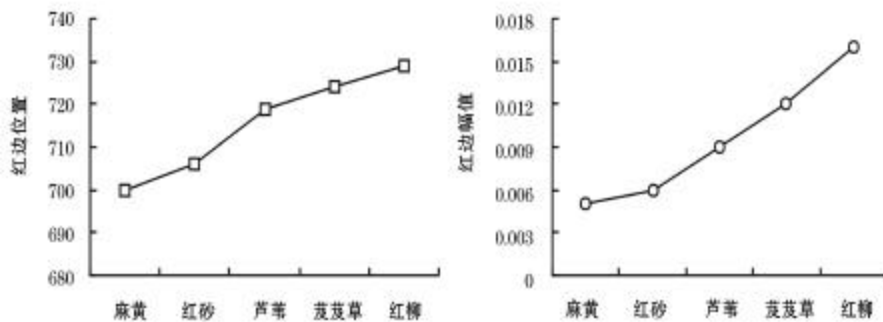


图7 不同植被类型的红边参数

Fig.7 Red edge parameters of different vegetative types

4 结 论

通过对以上安西荒漠草甸植被光谱反射特征的初步分析,可以得出以下结论:

(1) 在可见光波段 350 ~750 nm 和中红外波段 1 350 ~2 500 nm,沙漠植被(红砂、麻黄)反射率都要高于绿洲植被(芨芨草、芦苇)和沙地植被(红柳),而在近红外波段 750 ~1 350 nm,红柳反射率要明显高于红砂、麻黄,也高于芨芨草、芦苇。由于植被类别间叶片内部结构变化大,因此植物在近红外的反射率差异较大,通过近红外波段反射率的变化可以区分不同植物类别。

(2) 受到植被长势的影响,同一植被类型的光谱反射率差异较大,在近红外波段尤其明显,因此,我们可以利用这种在近红外波段的光谱差异来判断草地生产力的高低及生长趋势。

(3) 主要受沙地背景的影响,在近红外波段 750 ~1 350 nm,安西荒漠草甸两种主要植被类型骆驼刺、白刺冠层的反射光谱要明显小于叶片的反射光谱,而在 1 850 ~2 500 nm 之间,两种荒漠植被冠层和叶片的反射光谱则完全重合且反射光谱较低。

(4) 荒漠草甸植被的一阶导数光谱运算可以大大强化草地红边(680 ~760 nm 陡峭爬升脊)特征。荒漠草甸植被冠层光谱的红边都具有“双峰”现象,这跟大多数绿色植物的红边相似。从定量描述光谱红边特征的参数红边位置和红边斜率来看,在营养期内,表现为 麻黄 < 红砂 < 芦苇 < 芨芨草 < 红柳。

安西荒漠草场作为我国西北地区典型的荒漠草场,不仅面积广大,而且植物种类也很丰富。这些荒漠植物不但为发展本地的畜牧业,也为防风固沙,改善当地生态环境发挥了十分重要的作用。对该区荒

漠植被的光谱特征的分析研究,对于研究干旱区荒漠植被的理化性能^[26]、覆盖度、植被的计算机识别和自动提取、植被分类、植被调查和干旱区的生态环境调控及演变、遥感反演、牧草评估等都具有重要的意义。

参考文献(References):

- [1] Tong Qingxi, Tian Gudiang. Spectra and Analysis of Typical Earth Objects of China[M]. Beijing: Science Press, 1990. [童庆禧, 田国良. 中国典型地物波谱及其特征分析[M]. 北京: 科学出版社, 1990.]
- [2] Leeman V. The NASA Earth Resources Spectral Information System: A Data Compilation[M]. NASA-CR-415757, Willo Run Lab, Michigan University, 1971.
- [3] Su Lihong, Li Xiaowen, Wang Jindi, et al. Some problems in constructing the ground objects spectral knowledge base and its services[J]. Advances in Earth Science, 2003, 18(2): 185-191. [苏理宏, 李小文, 王锦地, 等. 典型地物波谱知识库建设与波谱服务的若干问题[J]. 地球科学进展, 2003, 18(2): 185-191.]
- [4] Tong Qingxi, Zheng Lanfen, Wang Jinnian, et al. Study on imaging spectrometry remote sensing information for wetland vegetation[J]. Journal of Remote Sensing, 1997, 1(1): 50-57. [童庆禧, 郑兰芬, 王晋年, 等. 湿地植被成像光谱遥感研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(1): 50-57.]
- [5] Pu Ruiliang, Gong Peng. Hyperspectral Remote Sensing and Its Applications[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 23-327. [浦瑞良, 宫鹏. 高光谱遥感及其应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 23-327.]
- [6] Tian Qingjiu, Gong Peng, Zhao Chunjiang, et al. A feasibility study on diagnosing wheat water status using spectral reflectance[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(24): 2645-2650. [田庆久, 宫鹏, 赵春江, 等. 用光谱反射率诊断小麦水分状况的可行性分析[J]. 科学通报, 2000, 45(24): 2645-2650.]
- [7] Tang Yanlin, Huang Jingfeng, Wang Xiuzhen, et al. Comparison of the characteristics of hyperspectra and the red edge in rice, corn and cotton[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(1): 29-

35. [唐延林, 黄敬峰, 王秀珍, 等. 水稻、玉米、棉花的高光谱及其红边特征比较[J]. 中国农业科学, 2004, 37(1): 29-35.]
- [8] Liu Jianming, Chen Jianping. Indexing of spectrum curves: Method and implication[J]. *Advances in Earth Science*, 1995, 10(2): 205-209. [刘建明, 陈建平. 波谱曲线指数化的方法和意义[J]. 地球科学进展, 1995, 10(2): 205-209.]
- [9] Tian Guoliang. Imaging spectroscopy remote sensing technology in geological investigations on the mineral resources[J]. *Advances in Earth Science*, 1992, 7(5): 74-75. [田国良. 矿产地质调查中的成像光谱遥感技术[J]. 地球科学进展, 1992, 7(5): 74-75.]
- [10] Wan Xuqing, Zhang Fengli, Yan Yongzhong. The application of the hyperspectral remote sensing technology to water environment monitoring[J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2003, (3): 10-14. [万余庆, 张凤丽, 闫永忠. 高光谱遥感技术在水环境监测中的应用研究[J]. 国土资源遥感, 2003, (3): 10-14.]
- [11] Tian Qingjiu, Wang Shixin, Wang Leyi, et al. Remote sensing standardized spectral database system design[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2003, 18(4): 185-190. [田庆久, 王世新, 王乐意, 等. 典型地物标准波谱数据库系统设计[J]. 遥感技术与应用, 2003, 18(4): 185-190.]
- [12] Zhang Yan, Bo Liqun, Lu Xingchang. Design and development of object spectrum database in Jingyuetan of Changchun[J]. *Remote Sensing Information*, 2002, (6): 25-27. [张妍, 薄立群, 路兴昌. 长春净月潭地物波谱数据库的研究与开发[J]. 遥感信息, 2002, (6): 25-27.]
- [13] Tueller P T. Remote sensing technology for rangeland management applications[J]. *Journal of Range Management*, 1989, 42(6): 442-453.
- [14] Zhang Fengli, Yin Qiu, Kuang Dingbo, et al. Analysis of time series spectrum feature parameters derived from dominant natural grasslands in the region around Qinghai lake[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(12): 155-160. [张凤丽, 尹球, 匡定波, 等. 环青海湖地区天然草地时序光谱特征参量分析[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 155-160.]
- [15] Long Rujun, Mou Xindai, Chen Gong. An analysis of relationship between the spectral reflectance and the herbage growing on alpine meadow grassland[J]. *Pratacultural Science*, 1994, 11(1): 53-55. [龙瑞军, 牟新待, 陈功. 高山草地的反射光谱与牧草长势的相关分析[J]. 草业科学, 1994, 11(1): 53-55.]
- [16] Huang Jingfeng, Wang Xiuzhen. The characteristics of natural grassland spectral vegetation indices in eastern and middle part of northern Tianshan mountain[J]. *Journal of Mountain Science*, 1999, 17(2): 119-124. [黄敬峰, 王秀珍. 天山北坡中东段天然草地光谱植被指数特征[J]. 山地学报, 1999, 17(2): 119-124.]
- [17] Wang Yanrong. The influence of different grazing intensity on the near-ground spectral reflectance of *Leymus chinensis* steppe[J]. *Grassland of China*, 2001, 23(2): 1-6. [王艳荣. 不同放牧强度对羊草草地近地面反射波谱特征的影响研究[J]. 中国草地, 2001, 23(2): 1-6.]
- [18] Lillesand T M, Kiefer R W. *Remote Sensing and Image Interpretation*[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1994: 17-50.
- [19] Knipling E B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1970, (1): 155-159.
- [20] Tang Yanlin, Wang Xiuzhen, Wang Renchao. Study on the hyperspectral and their red edge characteristics of corn[J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2003, 22(3): 189-194. [唐延林, 王秀珍, 王人潮. 玉米高光谱及其红边特征分析[J]. 山地农业生物学报, 2003, 22(3): 189-194.]
- [21] Chen Shupeng, Tong Qingxi, Guo Huadong. Hyperspectral remote sensing mechanism and material recognition[C]. Chen Shupeng, et al, eds. *The research on remote sensing mechanism*. Beijing: Chinese Scientific Press, 1998: 139-233. [陈述彭, 童庆禧, 郭华东. 高光谱分辨率遥感信息机理与地物识别[C]. 陈述彭主编. 遥感信息机理研究. 北京: 科学出版社, 1998: 139-233.]
- [22] Curran P J, Dungan J L, Gholz H L. Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine[J]. *Tree Physiology*, 1990, 7: 33-48.
- [23] Miller J R. Season patterns in leaf reflectance red edge characteristics[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1991, 12(7): 1509-1523.
- [24] Filella D, Penuelas J. The red edge position and shape as indicators of plant chlorophyll content, biomass and hydric status[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1994, 15(7): 1459-1470.
- [25] Liu Zhanyu, Huang Jingfeng, Wu Xinhong, et al. Hyperspectral remote sensing estimation models for the grassland biomass[J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(2): 111-115. [刘占宇, 黄敬峰, 吴新宏, 等. 草地生物量的高光谱遥感估算模型[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 111-115.]
- [26] Zhao Dehua, Li Jianlong, Song Zhi'an. Hyperspectral remote sensing for estimating biochemical variables of canopy[J]. *Advances in Earth Science*, 2003, 18(1): 94-99. [赵德华, 李建龙, 宋子健. 高光谱技术提取植被生化参数机理与方法研究进展[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 94-99.]

Research on Spectral Reflectance Characteristics for Desert Meadow of Northwest China

ZHANG Kai¹, GUO Ni¹, WANG Run-yuan¹, SI Jian-hua², WANG Xiao-ping¹

(1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction, Institute of Arid Meteorology of Gansu Province, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China, 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Taking Anxi desert grassland that locates in northwestern arid zone as experimental area of the observation, ground spectral reflectance of the saline lowland meadow, extremely arid desert meadow and desert shrubs were determined. The paper analyzes the spectral reflectance common characteristics and red edge parameter characteristics of main desert meadow vegetations. At the same time, the major interior reasons and influencing factors that lead to the difference of grassland spectral characteristics are discussed. The results show that canopy spectral reflectance has a marked difference for different desert meadow types in the near infrared waves because the internal structures of leaf laminae change greatly. The canopy spectral reflectance of the same vegetation has relation to their growing status. Influenced by sandy land backgrounds, in the near infrared waves, the canopy spectral reflectance of desert meadow is clearly smaller than the leaf spectral reflectance. There are "double peak" phenomena for the red edge of canopy spectra in desert meadow, and the maximum value of red edge parameters of different vegetative types is the biggest for sandy land vegetation and the smallest for desert vegetation. Research on spectral reflectance characteristics for desert meadow of Anxi plays an important role in the research of physical chemistry performances, remote sensing retrieval, classification and investigation on the vegetation in an arid area.

Key words: Desert meadow; Spectra; Reflectance; Vegetation.