

文章编号: 1672-8785(2015)05-0030-05

2 π 空间内土壤的偏振辐射亮度分析

刘宇 卢珊 赵云升*

(东北师范大学地理科学学院, 吉林长春 130024)

摘要: 土壤是人类生存的基础, 是对地遥感图像上反映的最重要的环境信息, 也是研究其他环境要素的基础, 因此对于土壤特性的研究具有十分重要的意义。目前关于土壤在2 π 空间内的偏振热辐射特性的研究较少。本文对土壤的偏振辐射亮度进行了测量。结果表明, 不同探测角、不同土壤类型的偏振辐射亮度不同。在探测角为60°时, 对土壤偏振辐射亮度的研究效果较显著。随着方位角的改变, 土壤的偏振辐射亮度会发生改变。在0°~240°范围内, 随着方位角的增大, 偏振辐射亮度呈现上升趋势, 而在240°~320°范围内, 则呈现下降趋势。波段的变化会引起土壤的偏振辐射亮度值的改变, 表现为CH1>CH3>CH4>CH2。偏振角对土壤的偏振辐射亮度值会产生一定的影响, 但波动较为平缓。土壤类型不同, 偏振辐射亮度不同, 对各因素的响应程度也不相同。

关键词: 偏振辐射亮度; 2 π 空间; 探测角; 方位角; 波段; 偏振角

中图分类号: TP72 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2015.05.007

Analysis of Polarized Radiance of the Soil in 2 π Space

LIU Yu, LU Shan, ZHAO Yun-sheng*

(School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: Soil is the foundation for human survival, the most important environmental information reflected in earth remote sensing images and also the basis for studying other environmental elements. So, it is of great significance to study the characteristics of soil. At present, there has been a few studies of the polarized thermal radiation characteristics of soil in 2 π space. In this paper, the polarized radiance of soil is measured. The result shows that the polarized radiance of different soil types is different at different detection angles. At the detection angle of 60°, the study of the polarized radiance of soil is more effective. With the change of the azimuth angle, the polarized radiance of soil will change. In the range from 0° to 60°, the polarized radiance of soil has a rising trend with the increase of the azimuth angle. But in the range from 240° to 320°, the polarized radiance of soil has a declining trend. The change of the detection band will cause the polarized radiance of soil to be changed. The order is CH1>CH4>CH3>CH2. The polarizing angle has a certain influence on the polarized radiance of soil too, but the fluctuation amplitude is gentle. For different soil types, the polarized radiance is different and the response to different factors is also different.

Key words: polarized radiance; 2 π space; detection angle; azimuth angle; channel; polarized angle

收稿日期: 2015-03-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271350, 41001258)

作者简介: 刘宇(1993-), 女, 辽宁凌源人, 硕士, 主要研究方向为高光谱与偏振光遥感。

E-mail:liuy212@nenu.edu.cn * 通讯作者 E-mail: zhaoyus975@nenu.edu.cn

0 引言

20世纪70年代,偏振技术开始被应用于地球遥感研究,目前主要被应用于大气探测、地球资源调查、医学诊断、军事目标伪装与识别、图像理解以及机器视觉等领域^[1]。偏振是一个与波长密切相关的物理量,不同的材料具有不同的独特的偏振特性^[2,3]。因此,对地上物体的偏振特性进行研究,有利于提高从遥感图像上对地球物体辨别的精度。

土壤是自然界不可或缺的组成部分,也是人类生活的重要基础条件之一。人类的衣食住行都离不开土壤,因此对土壤的特性进行研究具有极重要的理论价值与现实意义。以往关于土壤特性的研究,大部分是研究其反射光谱特性^[4~9],对其在热红外通道发射光谱的偏振特性的研究较少^[10~12]。

本文从探测天顶角、探测方位角、波段和偏振角四个方面对土壤的偏振辐射亮度进行测量,并分析讨论其影响因素,为偏振技术在热红外遥感中的应用提供理论支持。

1 数据测量

1.1 测量仪器

实验中,将法国 CIMEL 电子仪器公司生产的热红外波段式仪器—热红外辐射计(CE312-1b)与 NENULGS(the Northeast Normal University Laboratory Goniospectrometer System) 测量系统结合在一起,测量样本在 2π 空间范围内的热辐射特性,如图 1 所示。

所用热红外辐射计的温度分辨率为 0.01 °C,探测视场角为 10°,数据重复性优于 99.65%,它有四个与遥感卫星热红外传感器的波段相同的工作光谱通道: CH1($8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$)、CH2($11.5\mu\text{m} \sim 12.5\mu\text{m}$)、CH3($10.3\mu\text{m} \sim 11.3\mu\text{m}$) 和 CH4($8.2\mu\text{m} \sim 9.2\mu\text{m}$)。NENULGS 测量系统的方位角的探测范围为 0° ~ 360°,探测精度为 0.5°; 天顶角的探测范围为 -90° ~ +90°,探测精度为 12'。在测量过程中,为此仪器配备了精度为 2°、可在 0° ~ 360° 范围内任意旋转的热红外偏振片,该偏

振片可让 3~15μm 波长的光透过,被用于测量样本的偏振热辐射亮度。



图 1 CE312-1b 热红外辐射计与 NENULGS 测量系统

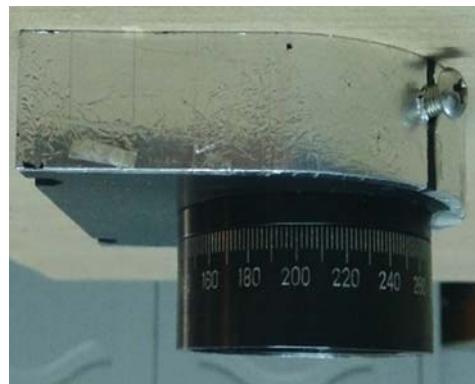


图 2 热红外偏振片

1.2 测量样本

测量所用的土壤样本均采自农田,共包含四种土壤类型,见表 1。

为尽量减少容器自身辐射对测量结果的影响,测量时所用的样品盒是平均比辐射率为 0.03~0.07 的铝制品。

表 1 土壤样本情况表

土壤类型	土壤含水量	采样坐标
草甸土 (Meadow Soil, C322)	15%	125° 47' 47.4"E 47° 13' 10.9"N
风沙土 (Aeolian Soil, G153)	15%	124° 18' 42.0"E 46° 33' 10.4"N
黑钙土 (Chernozem, D111)	15%	124° 59' 51.3"E 47° 15' 23.7"N
淋溶黑钙土 (Leached Chernozem, D112)	15%	125° 21' 26.1"E 47° 48' 40.5"N

2 2π 空间内土壤的偏振辐射亮度分析

从探测天顶角、探测方位角、波段和偏振角四个方面对 2π 空间内土壤的热偏振辐射亮度进行分析与讨论。

2.1 探测天顶角对土壤的偏振辐射亮度的影响

在方位角为 0° 、波段为 CH3、偏振角为 0° 时, 对天顶角(以下简称探测角)进行探测。

在 $0^\circ \sim 80^\circ$ 范围内发生变化时, 不同土壤类型的偏振辐射亮度随探测角的变化如图 3 所示。

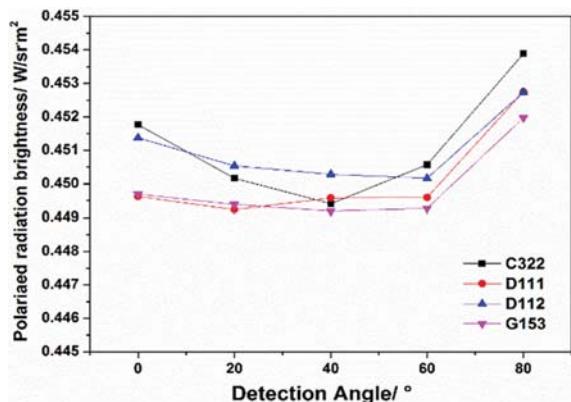


图 3 不同探测角的土壤偏振辐射亮度图

从图 3 中可以看出, 随着探测角的改变, 不同土壤类型的偏振辐射亮度呈现出不同的变化规律。对于变化规律相同的草甸土(C322)和风沙土(G153)来说, 其偏振辐射亮度在探测角为 40° 时达到最小值, 且在探测角从 0° 向 40° 变化的过程中, 随着探测角的增大而呈现下降趋势; 在从 40° 向 80° 变化的过程中, 呈现的规律与从 0° 向 40° 变化的过程相反, 随着探测角度的增大而升高。通过观察图像可知, 草甸土的变化幅度明显大于风沙土。对黑钙土(D111)来说, 其偏振亮度温度的最小值在探测角为 20° 处。当探测角的变化范围为 $20^\circ \sim 80^\circ$ 时, 其值随着探测角度的增加而逐渐增大, 但在 40° 与 60° 时, 无明显变化。对于淋溶黑钙土(D112)而言, 在探测角从 0° 向 60° 变化时, 其偏振辐射亮度逐渐减少, 在 60° 时达到最小值; 在探测角为 80° 时, 其值明显增加。可以看出, 对于不同的土壤类型来说, 其偏振辐射亮度随着探测角度的改变而呈现的

变化规律明显不同。当探测角从 60° 向 80° 发生变化时, 土壤的偏振辐射亮度均呈现明显的增加趋势, 而且在探测角为 60° 时, 这四种土壤类型之间的差异明显。因此, 选用 60° 探测角对偏振辐射亮度进行研究效果较显著。

2.2 探测方位角对土壤偏振辐射亮度的影响

在探测角为 60° 、波段为 CH1、偏振角为 0° 、探测方位角在 $0^\circ \sim 320^\circ$ 范围内发生变化时, 不同土壤类型的偏振辐射亮度随方位角的变化如图 4 所示。

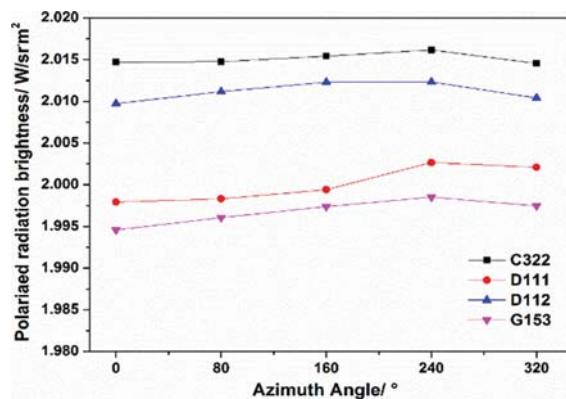


图 4 探测方位角不同的土壤偏振辐射亮度

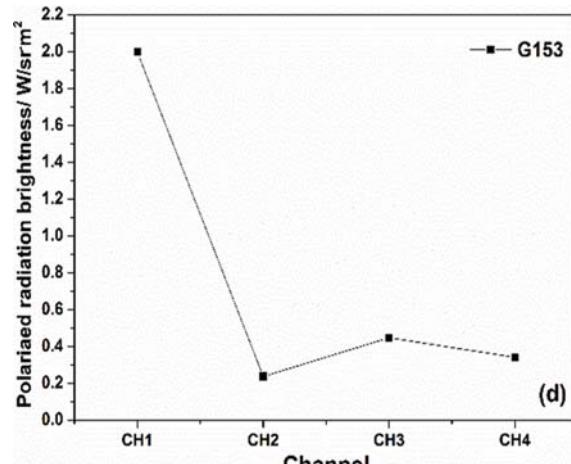
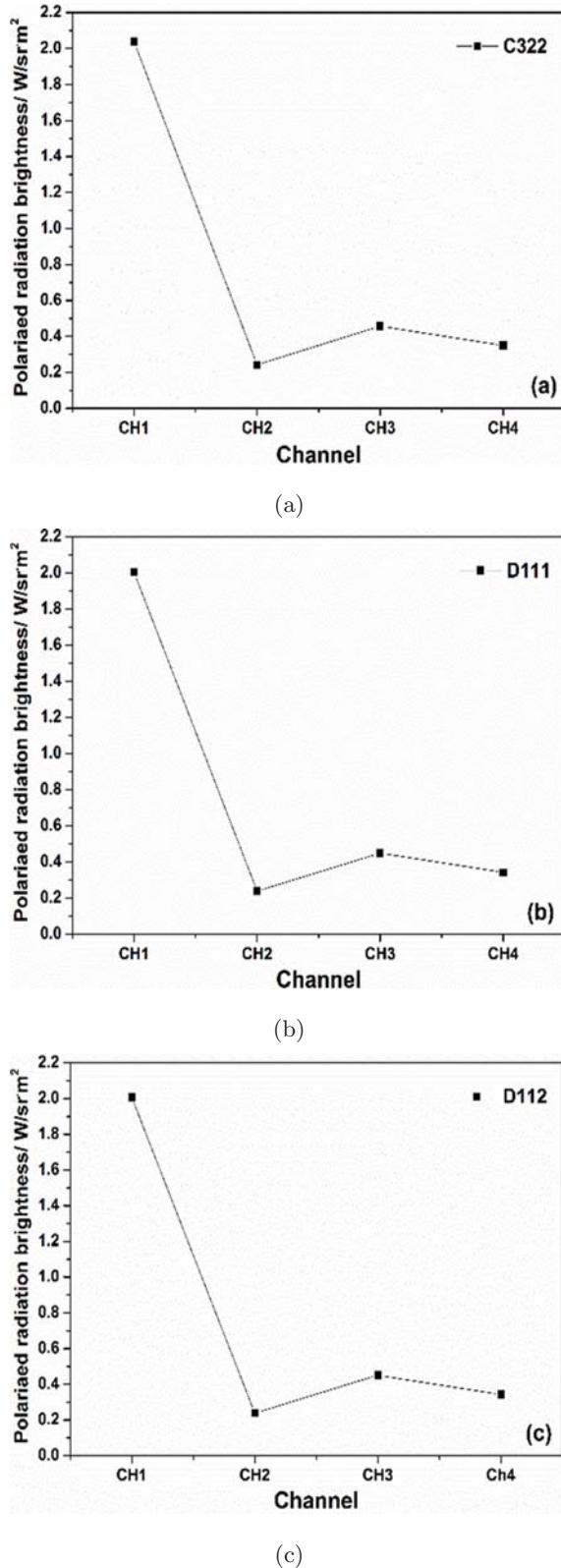
从图 4 中可以看出, 随着探测方位角的增加, 不同的土壤类型呈现的变化趋势大致相同, 即在探测方位角的变化范围为 $0^\circ \sim 240^\circ$ 时, 随着探测方位角度的增加, 其偏振辐射亮度均增加; 在 $240^\circ \sim 320^\circ$ 范围内, 随着探测方位角度的增加, 呈现出下降的趋势。虽然这四种土壤类型随着探测方位角的改变呈现的总体趋势相同, 但是每种土壤类型的偏振辐射亮度的变化量明显不同。其中草甸土的变化量最小, 为 $1.61 \times 10^{-3} \text{ W/sr}\cdot\text{m}^2$; 黑钙土的变化量最大, 为 $4.73 \times 10^{-3} \text{ W/sr}\cdot\text{m}^2$; 黑钙土的变化量约为草甸土的三倍。

2.3 波段对土壤偏振辐射亮度的影响

在探测角为 60° 、探测方位角为 0° 、偏振角为 0° 、波段由 CH1 变到 CH4 时, 不同土壤类型的偏振辐射亮度随波段的变化如图 5 所示。

从图 5 中可以看出, 随着波段的改变, 土壤的偏振辐射亮度也随之改变, 但是不同土壤类型的变化趋势大致相同, 即土壤的偏振辐射亮度

值表现为 CH1>CH3>CH4>CH2，第一通道的值明显高于其他三个通道，这是由第一通道的波段范围较宽导致的。



(d)

图 5 土壤在不同波段的偏振辐射亮度 a 为草甸土，b 为黑钙土，c 为淋溶黑钙土，d 为风沙土

2.4 偏振角对土壤偏振辐射亮度的影响

在探测角为 60°、探测方位角为 0°、波段为 CH3、偏振角在 0°~120° 范围内发生变化时，不同土壤类型的偏振辐射亮度随偏振角角的变化规律如图 6 所示。

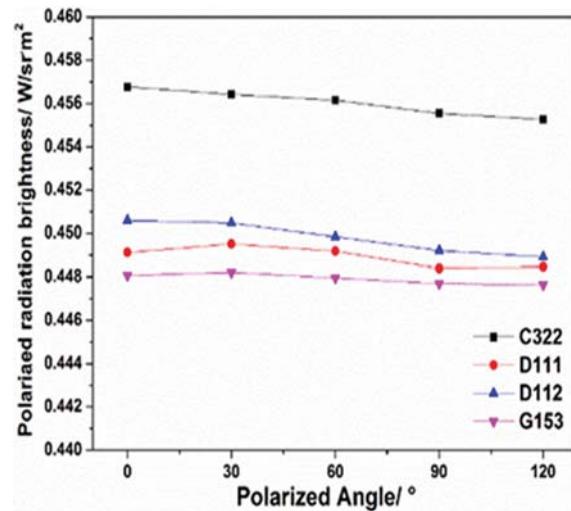


图 6 土壤在不同偏振角时的偏振辐射亮度

从图 6 中可以看出，土壤的偏振辐射亮度值会随着偏振角的变化而改变，不同的土壤类型表现的变化规律不相同。对于草甸土和淋溶黑钙土，随着偏振角的增加，二者的偏振辐射亮度值均下降。对于黑钙土和风沙土，在偏振角为 30° 时，二者的偏振辐射亮度均达到最大值；在偏振

角由 30° 变到 90° 时,均随着偏振角的增大而减小。但是,在偏振角由 90° 向 120° 变化时,黑钙土的偏振辐射亮度呈上升趋势,而风沙土则表现为非常微小的下降趋势。可以看出,不同土壤类型对偏振角的响应程度不同。

3 结束语

综上所述,可以得出以下几个结论:

(1)不同的探测角度会导致土壤的偏振辐射亮度值不同。当探测角从 60° 向 80° 发生变化时,所有土壤类型的偏振辐射亮度均呈现明显的增加趋势;

(2)随着探测方位角的改变,不同土壤类型的偏振辐射亮度呈现相似的变化趋势,但每种土壤类型的变化量明显不同,表现为黑钙土>风沙土>淋溶黑钙土>草甸土;

(3)波段的变化会引起土壤的偏振辐射亮度值的改变,不同土壤类型随着波段的改变呈现的变化趋势大致相同,土壤的偏振辐射亮度值表现为CH1>CH3>CH4>CH2;

(4)偏振角的改变对土壤的偏振辐射亮度值会产生一定的影响,但波动较为平缓,不同的土壤类型对偏振角的响应程度明显不同;

(5)土壤类型的不同会引起土壤的偏振辐射亮度值的改变。在探测角为 60° 时,辐射亮度值表现为草甸土>淋溶黑钙土>黑钙土>风沙

土,此时对土壤的偏振辐射亮度进行研究效果较为显著。

参考文献

- [1] 赵永强,潘泉,程咏梅. 成像偏振光谱遥感及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
- [2] 普朝光,李桂春. 光波光学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013.
- [3] Neal R M, David D , John G. Laboratory Results Using an Active Wollaston Polarimeter[C].Proc. Of SPIE, 2005, 5888.
- [4] 韩阳,赵云升,王野乔. 不同含水量土壤偏振光谱特征定量分析 [J]. 遥感学报, 2013, 17(5):1077–1088.
- [5] 程街亮,纪文君,周银,等. 土壤二向性反射特性及水分含量对其影响研究 [J]. 土壤学报, 2011, 48(2):255–262.
- [6] 申慧彦,周浦城,冯少茹. 石油污染土壤的偏振反射特性分析 [J]. 土壤通报, 2012, 43(4):949–955.
- [7] 刘焕军,张柏,刘志明,等. 松嫩平原主要土壤光谱特征分析 [J]. 中国科学院研究生院学报, 2007, 24(4):439–445.
- [8] 赵虎,晏磊,赵云升. 土壤的多角度偏振反射光谱研究 [J]. 土壤学报, 2004, 41(3):476–479.
- [9] 宋开山,张柏,赵云升. 土壤偏振发射特性研究 [J]. 地理科学, 2004, 24(3):352–357.
- [10] 徐军,蒋建军. 基于热红外辐射特征的土壤水分含量估算模型研究 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(28):14099–14102.
- [11] 黄启厅,史舟,潘桂颖,等. 沙质土壤热红外高光谱特征及其含沙量预测研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(8):2195–2199.
- [12] 薛辉,倪邵祥. 我国土壤水分热红外遥感监测研究进展 [J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(6):168–172.

新闻动态 News

可见光和短波红外光谱相机

4月21–23日,在美国马里兰州巴尔的摩市巴尔的摩会议中心举办的SPIE国防、安全与传感2015年展会上,英国PIXELTEQ公司展示了其增加了新功能的PixelCamTM和SpectroCamTM两款多光谱摄像机。

PixelCam相机使用PIXELTEQ独特的像素化二向色滤光片阵列传输实时多光谱图像,具有与单色成像仪相同的SWaP值。PIXELTEQ还在其SpectroCam系列多光谱成像解决方案中增加了一个短波红外(SWIR)摄像机选项,因而使其能提供生动丰富的高达6个光谱段的图像,能让用户看到超越人类视觉的彩色红外图像。

(信息来源: SPIE Newsroom)

□ 张小华