

基于绝对拉曼差谱技术的白酒乙醇浓度测量

于 岚¹, 孟森森¹, 林 珂^{1, 2*}, 段司琪¹, 王志强¹, 张睿挺¹

1. 西安电子科技大学物理与光学工程学院, 陕西 西安 710071

2. 西安电子科技大学智能传感交叉研究中心, 陕西 西安 710071

摘 要 随着拉曼光谱技术的快速发展, 尤其是便携式拉曼光谱仪的普及, 拉曼光谱在食品安全快速分析领域显得极为重要。目前拉曼光谱用于白酒质量的定量分析还较少。因为在不同乙醇浓度下, 乙醇水溶液微观结构不同, 所以其拉曼光谱会有区别。提出一种绝对拉曼差谱分析新方法定量分析这些光谱区别, 并用于定量获取乙醇的浓度。把拉曼光谱进行强度归一化, 然后把待测样品的光谱减去纯乙醇的光谱, 再取绝对值就获得了绝对拉曼差谱。绝对拉曼差谱的强度和浓度有很好的相关性。利用这种关联测量了一系列瓶装白酒的乙醇含量。测量值与白酒标识的度数吻合得非常好, 这也证明了绝对拉曼差谱的可靠性。基于该方法, 系统地测量了西安市一系列散酒的拉曼光谱。绝对拉曼差谱分析显示散酒的乙醇浓度普遍比其标识值偏低几度, 这也凸显了散装白酒需要加强监管。实验证明利用绝对拉曼差谱技术可为白酒乙醇浓度测量提供一种快速检测方法。

关键词 拉曼光谱; 差谱; 酒精度; 白酒

中图分类号: TS261.7 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2020)07-2143-05

引 言

作为人们日常生活中普遍饮用的一种酒类, 白酒的质量一直是生产者和消费者十分关心的问题。酒精度是白酒重要的理化和安全指标之一, 也是消费者在购买白酒时主要的选择依据之一。作为一种合格的白酒, 其标识的酒精度数必须非常准确。相关国家标准规定白酒的乙醇浓度实测值与标识值之差不能超过 $\pm 1.0\%$ vol。对于白酒乙醇含量的测量可以用于白酒的质量评估。一些假酒, 及散装白酒, 因为其酒精度和相关标识值会存在较大的偏差, 所以可以使用乙醇含量来初步对这些白酒进行质量筛查。

目前在 GB5009.225—2016 的国家标准中, 规定了对白酒中乙醇浓度测量的标准方法。这些方法包括: 密度瓶法, 酒精计法, 气相色谱法和数字密度计法。这些方法的测量精度虽然很高(0.5% vol), 但是这些方法的测试过程极为繁琐, 测试耗时长。这些方法适合取样后在实验室进行分析, 不适用于现场的快速测量判断。鉴于快速检查需求的增长, 近年

来发展了快速测量白酒的质量安全的检测方法。Cleveland 等发展了小型化拉曼光谱用于测量酒饮料的乙醇含量, 他们主要是利用乙醇的 C—C—O 伸缩振动谱峰强度和乙醇浓度的关联进行的乙醇浓度测量^[1]。类似的, 刘文涵等也利用该谱峰强度来测量乙醇浓度, 他们采用了水的光谱作为内标来标定该谱峰的强度^[2]。这类方法是基于谱峰绝对强度, 会受到荧光背景及实际测量过程的影响, 导致其浓度测量误差较大。如果乙醇浓度改变, 除了强度会改变, 乙醇光谱的谱峰位置也会发生变化, 所以吴斌等人利用 CH 伸缩振动的拉曼位移与乙醇浓度的关系来测量乙醇浓度^[3]。但是这种方法需要对拉曼位移的测量极为准确, 其不确定性较大。近年来, 随着化学计量学和机器学习算法的发展, 各种模型被用来分析乙醇的拉曼光谱。例如 Ashok 等发展了基于光学微流控拉曼光谱技术结合偏最小二乘法测量了伏特加和威士忌酒的乙醇浓度^[4]。Kiefer 等利用拉曼光谱结合最小二乘法和偏最小二乘法测量了威士忌酒的乙醇浓度^[5]。在这些研究中, 都是使用化学计量学方法进行建模来区分不同浓度。由于不同白酒需要建立自己的模型, 一个特定的模型不能普遍适用于所

收稿日期: 2019-07-04, **修订日期:** 2019-11-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(21473171, 21703164), 陕西省科技厅自然科学基金项目(2019JM-087, 2019JQ-047), 中国轻工业浓香型白酒固态发酵重点实验室开放基金项目(2018JJ001), 中央高校基本科研业务费(JBX180511), 高等学校学科创新引智计划项目(B17035)资助

作者简介: 于 岚, 1996 年生, 西安电子科技大学物理与光学工程学院硕士研究生 e-mail: 15511360398@163.com

* 通讯联系人 e-mail: klin@xidian.edu.cn

有白酒。尤其是不同白酒有各自的荧光背景等影响。耿响等结合近红外拉曼光谱和神经网络等方法分析了拉曼光谱测量白酒乙醇浓度的能力,分析了各种光谱处理方法对结果的影响^[6]。除此之外,在结合偏最小二乘法等方法时,单变量模型和多变量模型的对比^[7],拉曼光谱净信号的提取等具体光谱处理方法都被用来分析乙醇浓度。这些结果都显示使用机器学习分析白酒的拉曼光谱时有很多需要考虑的因素,包括谱峰选择,光谱背景处理等。

之前利用拉曼光谱揭示了不同浓度乙醇水溶液的不同微观结构,在不同浓度下主要区别是乙醇-乙醇相互作用,以及乙醇和水的相互作用的区别。因为乙醇水溶液中的相互作用主要是通过乙醇的羟基,所以乙醇的 C—C—O 伸缩振动对微观结构极为敏感。之前的研究也显示 C—C—O 伸缩振动的拉曼谱峰对乙醇浓度极为敏感^[8]。这里我们将发展绝对拉曼差谱来呈现不同浓度下的 C—C—O 伸缩振动拉曼谱峰差别。进一步利用这个差别来计算瓶装白酒和西安市散装酒的乙醇浓度。

1 实验部分

1.1 样品

无水乙醇购买于国药集团公司,纯度大于 99.7%。蒸馏水购买于上海穗天环保科技有限公司。无水乙醇和蒸馏水是直接使用,没有进一步纯化。我们采用称重法配置了一系列不同浓度的乙醇水溶液。利用乙醇质量浓度与体积浓度的对应关系换算出乙醇的体积浓度。瓶装酒,包括小郎酒,江小白,太白酒,牛栏山,西凤酒,五粮液酒等均购买于超市。21 种散装白酒购买于西安市各地区的小卖部,购买地点分布在西安市的二环,三环附近。

1.2 拉曼光谱实验

我们采用自己搭建的拉曼光谱仪,装置详细描述见我们

之前发表的文章^[9-10]。这里使用了波长为 532 nm 的激光 (Coherent, Genesis MX532-1000 MTM),激光的偏振使用格兰棱镜进行纯化,使用半波片进行偏振控制。我们采用背向散射方式来采集拉曼光谱。拉曼散射光经过三级联谱仪(卓立汉光, Omni λ -180D & Omni λ -5008i)进行色散,色散后的拉曼散射光由电制冷 CCD (Andor, DR-316B-LDC-DD) 进行采集。光谱采集范围 800 ~ 1 600 cm^{-1} , 光谱分辨率 ~ 2 cm^{-1} 。每个待测样品采集 5 次光谱,每次采集积分时间 8 s,采集五次后取平均值。拉曼位移使用汞灯标准谱线进行校准。

2 结果与讨论

2.1 绝对拉曼差谱定量分析乙醇浓度方法

不同浓度下的乙醇溶液其拉曼光谱有明显区别。因为随着乙醇的浓度减小,乙醇的拉曼光谱谱峰强度也减小,所以之前有利用乙醇的拉曼光谱强度进行浓度测量^[1-2]。除了强度的明显改变,谱峰位置也有明显改变,这是因为不同浓度下乙醇水溶液的微观结构有差别^[8]。拉曼光谱谱峰位移和乙醇浓度的关系也被用来进行浓度的测量^[3]。虽然利用拉曼光谱谱峰强度和谱峰位置可以测量乙醇浓度,但是这需要测量光谱系统以及测量本身保持极高的稳定性,还需要处理数据时荧光背景扣除和谱峰位置提取都极为准确。例如拉曼光谱谱峰的绝对强度和光路有直接关联,当测量光路稍有变动时,其绝对强度就有改变。对于光谱谱峰位置的提取如果采用不同谱形拟合时会得到不同的数值。所以这些方法的稳定性和准确性都不会特别高,这就最终影响了使用这些方法测量乙醇的浓度的结果。为了避开光谱强度和谱峰位置信息的提取,所以大家又使用基于机器学习等数据处理方法来对光谱进行建模分析。这些建模虽然有效,但是其处理过程忽略了不同浓度下光谱差别的具体物理化学起因。

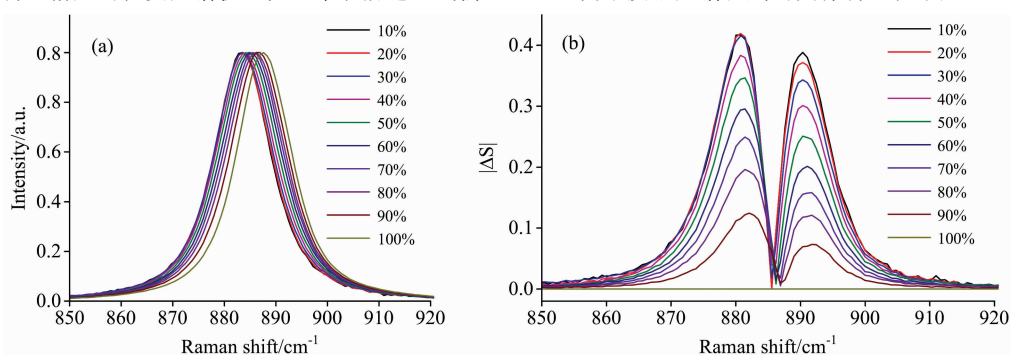


图 1 各浓度乙醇水溶液的归一化 C—C—O 伸缩振动拉曼光谱 (a) 及绝对拉曼差谱 (b)

Fig. 1 Normalized Raman spectra (a) and absolute Raman difference spectra (b) of ethanol in the C—C—O stretching region of aqueous ethanol at various concentrations

不同乙醇浓度下,乙醇水溶液的微观结构有区别。在高浓度下有更多的乙醇-乙醇氢键相互作用,在较低浓度下有更多的乙醇-水的氢键相互作用。这些不同的分子间相互作用就导致了乙醇的拉曼光谱在不同浓度下的谱峰位置和谱峰宽度的区别。由于这些氢键相互作用都是通过乙醇的羟基实

现的,所以乙醇的 C—C—O 伸缩振动对这些氢键相互作用极为敏感。基于此,我们认为使用 C—C—O 伸缩振动的拉曼谱峰进行乙醇浓度的识别将会更好。我们测量了各浓度下的拉曼光谱,将背景扣除后,获得了乙醇的光谱。针对 C—C—O 伸缩振动,我们利用谱峰高度进行了归一化,结果见图 1

(a)。可以看出随着乙醇浓度下降, C—C—O 伸缩振动谱峰逐渐红移。除了谱峰位置会发生变化外, 其光谱的谱峰宽度也在发生变化。这种谱峰宽度的改变主要是由于不同浓度下乙醇在水溶液中再取向动力学不一致^[8]。无论是谱峰位置改变, 还是谱峰宽度改变, 都可以归结为谱形的改变。

虽然通过高斯或者洛伦兹线型进行谱峰拟合, 可以获得谱峰的位置和宽度, 但是由于其中复杂的相互作用和微观结构, 这种拟合结果并不是很好。在不同的浓度下其拟合的效果也不一致。所以通过拟合获取谱峰位置和宽度来测量乙醇的浓度并不是很理想。这里我们引入绝对差谱的方法来分析光谱的谱形差别。当谱峰通过高度归一化后, 如果两个条件下的光谱谱峰完全一样, 那么其光谱的差谱将会是纵坐标为 0 的一条直线。如果两个条件下光谱的谱形有差别, 那么其光谱的相减将会偏离直线。偏离直线越远, 则表明两个光谱的谱形差别越大。将不同浓度乙醇水溶液的拉曼光谱减去纯乙醇的拉曼光谱, 即得到差谱。由于谱峰的红移, 则差谱会出现正峰和负峰。为了定量地分析正负峰偏离直线的程度, 我们将差谱取了绝对值, 得到了绝对拉曼差谱, 见图 1(b)。从绝对拉曼差谱中可以看出, 随着乙醇浓度下降, 相对应的差谱强度在提升。这表明随着乙醇浓度下降, 乙醇的 C—C—O 伸缩振动谱峰谱形愈加偏离纯乙醇的 C—C—O 伸缩振动谱峰谱形。

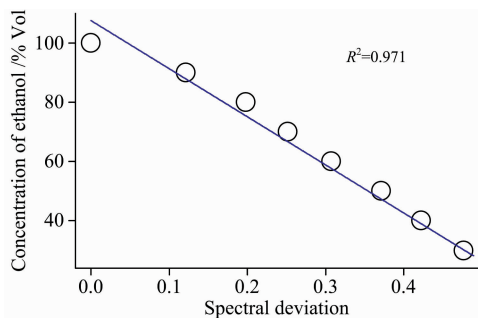


图 2 乙醇体积浓度与光谱偏离量的关系, 及直线拟合结果
Fig. 2 The relationship between ethanol volume concentration and spectral deviation, and the line fitting results

为了定量的表达绝对拉曼差谱偏离 0 的情况, 我们将绝对拉曼差谱进行了积分。通过积分可以获得图 1(b) 中的谱峰强度, 这种积分就避免了谱峰拟合的繁琐操作。为了避免不同实验装置的差异, 我们将绝对积分值除以纯乙醇的 C—C—O 伸缩振动归一化拉曼光谱的积分值。我们将除法获得的这个值定义为光谱偏离量。图 2 给出了各乙醇浓度下的光谱偏离量, 可以看出随着乙醇浓度减小, 光谱偏离量在逐渐增大。由图可以看出光谱偏离量和乙醇的体积浓度有很好的直线关系。我们通过直线拟合了各浓度下的光谱偏离量, 拟合的决定系数为 0.971, 这表明使用直线拟合非常好。

由于光谱偏离量和乙醇浓度有很好的线性关系, 这表明可以直接利用该直线关系和白酒的光谱偏离量来测量白酒的度数。通过测量白酒的绝对拉曼差谱, 进一步获得对应的光谱偏离量。由于使用了光谱强度归一化, 这就避免了对测量

系统和测量过程稳定性的高要求。由于使用了光谱偏离量, 避免了进行谱峰拟合带来的不确定性。同时比起之前的各种拉曼光谱方法而言, 该方法更加简捷实用。

2.2 瓶装酒酒精度的检测结果

为了验证该方法是否可以准确的测量白酒的酒精度, 我们测量了一系列瓶装白酒的拉曼光谱, 用上述方法来测量其度数。以瓶装小郎酒为例, 测量了其拉曼光谱, 见图 3。光谱和乙醇水溶液光谱一致, 光谱中呈现的谱峰都是乙醇的振动谱峰。其中 $\sim 882 \text{ cm}^{-1}$ 的谱峰归属为 C—C—O 伸缩振动, 其谱峰最强, 且对乙醇浓度最为敏感。利用小郎酒的拉曼光谱和纯乙醇的拉曼光谱, 计算了其光谱偏离量, 再利用光谱偏离量与浓度的关系计算了小郎酒的度数。我们独立测量其度数几次, 平均结果为 (44.6 ± 1) 度。该小郎酒的瓶装标识值为 45 度, 与我们利用该绝对拉曼差谱获得的度数吻合得非常好。这表明该技术可以很准确地测量白酒的度数。我们利用该方法测量度数的误差为 1 度, 这也符合国家标准误差要求。之前利用拉曼光谱强度对酒的乙醇含量测量的方法误差可达 2 度甚至更大^[1-2]。除此之外, 我们还测量了江小白, 太白, 牛栏山, 西凤酒, 五粮液酒, 测量值和这些酒的标识值都吻合得非常好。

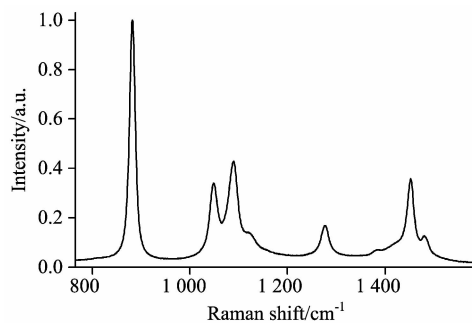


图 3 小郎酒的拉曼光谱图

Fig. 3 Raman spectra of Xiaolang liquor

2.3 西安市散装酒酒精度的检测结果

我们还利用上述绝对拉曼差谱技术检测了西安市收集到的 21 款散酒。拉曼光谱结果显示多数散酒的度数都比标识值偏低很多。以取自不同零售商的 60 度的散装白酒为例, 我们测量了其拉曼光谱, 再结合纯乙醇的拉曼光谱, 计算了其 C—C—O 伸缩振动绝对拉曼差谱, 见图 4(a)。可以直接观察到这两个散酒的绝对拉曼差谱的谱峰强度有明显的不同。通过计算这个绝对拉曼差谱的积分面积, 进一步计算光谱偏移量, 就可以获得其酒精度数。在图 4(a) 中光谱强度较小的散酒对应的度数测量值为 (58 ± 1) 度, 光谱强度较大的散酒对应的度数测量值为 (52 ± 1) 度。而这两款白酒的标识值都是 60 度, 可以看出散酒的实际度数比标识值明显偏低。图 4(b) 列出了我们利用该方法测量的西安市各地区 21 款散酒的度数, 可以看出所有散装白酒的酒精度普遍偏低, 轻者比标识值低 2 度, 严重者比标识值低 8 度。这些散酒的测量值相对标识值平均偏低了 5 度。这个拉曼光谱测量结果直接表明了西安市散装白酒的质量有待提高。

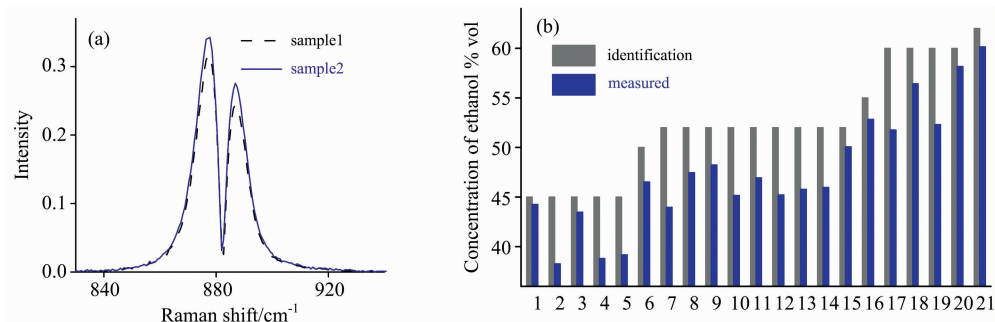


图 4 不同商家标示值为 60 度的散酒绝对拉曼差谱 (a), 西安市散装白酒的乙醇浓度标识值与基于绝对拉曼差谱的测量结果对比 (b)

Fig. 4 Absolute Raman difference spectra of different bulk liquors marked with 60 degrees (a), the identification ethanol concentration of bulk liquors marked in the shop in Xi'an and that was measured through absolute Raman difference spectra (b)

3 结 论

这里介绍了一种基于绝对拉曼差谱分析的乙醇含量的测量方法。比较了乙醇水溶液光谱相对纯乙醇光谱的差别, 这个光谱差别与乙醇浓度有很好的相关性。首先将光谱归一化, 再用待测溶液的光谱减去纯乙醇的光谱, 然后对差谱取绝对值, 最后对绝对拉曼差谱进行积分后计算光谱偏移量。

利用这个光谱偏移量和乙醇浓度的关系来确定待测溶液的乙醇含量。我们利用该方法测量了几款瓶装白酒的酒精度数, 测量值和标识值吻合得非常好。进而利用该方法测量了西安市 21 款散装白酒的酒精度数, 发现散酒的酒精度普遍较标识值偏低。这些散酒平均偏低了 5 度, 偏离最高可以达到 8 度。我们的测量结果表明散装白酒需要加强监管。实验证明绝对拉曼差谱是一种快速测量白酒乙醇浓度的有效方法。

References

- [1] Cleveland D, Carlson M, Hudspeth E D, et al. *Spectroscopy Letters*, 2007, 40(6): 903.
- [2] LIU Wen-han, TANG Wei, WU Xiao-qiong, et al(刘文涵, 汤未, 吴小琼, 等). *Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学)*, 2007, (3): 416.
- [3] WU Bin, LUO Xiao-sen, LU Jian, et al(吴斌, 骆晓森, 陆建, 等). *Optics and Precision Engineering(光学精密工程)*, 2011, 19(2): 392.
- [4] Ashok P C, Praveen B B, Dholakia K. *Raman Spectrosc.*, 2013, 44(6): 795.
- [5] Kiefer J, Cromwell A L. *Anal. Methods*, 2017, 9(3): 511.
- [6] GENG Xiang, CHEN Bin, YIN Dao-yong(耿响, 陈斌, 殷道永). *Spectronic Instruments & Analysis(光谱仪器与分析)*, 2009, (Z1): 134.
- [7] LÜ Hui-ying, LI Gao-yang, FAN Wei, et al(吕慧英, 李高阳, 范伟, 等). *Food Science(食品科学)*, 2013, 34(24): 107.
- [8] Lin Ke, Hu Naiyin, Zhou Xiaoguo, et al. *Journal of Raman Spectroscopy*, 2012, 43(1): 82.
- [9] Wang Yuxi, Lin Ke, Chen Lin, et al. *Chinese Journal of Chemical Physics*, 2017, 30(4): 365.
- [10] Zhang Ning, Konigsberger E, Duan Siqi, et al. *Journal of Physical Chemistry B*, 2019, 123(15): 3304.

Ethanol Concentration in Chinese Liquors by Absolute Raman Difference Spectra

YU Lan¹, MENG Sen-sen¹, LIN Ke^{1,2*}, DUAN Si-qi¹, WANG Zhi-qiang¹, ZHANG Rui-ting¹

1. School of Physics and Optoelectronic Engineering, Xidian University, Xi'an 710071, China

2. Interdisciplinary Research Center of Smart Sensor, Xidian University, Xi'an 710071, China

Abstract Because of the rapid development of Raman spectroscopy, especially the popularization of portable Raman spectrometer, Raman spectroscopy is particularly important in the rapid analysis of food safety. However, Raman spectroscopy is still less used to analyze the quality of liquor. Because the microstructures of aqueous ethanol solution are different at different concentrations, the Raman spectra are different at different concentrations. Here we proposed an absolute Raman difference spectra to

quantify these spectral differences and the concentration of aqueous ethanol. The absolute Raman difference spectra are obtained through subtracting the normalized spectra of pure ethanol from the normalized spectra of solution. The intensity of the absolute Raman difference spectra related to the concentration of ethanol. Using the relationship, we measured the ethanol concentration of a series of bottled Chinese liquors. The measured values agree well with those marked on the bottle, which confirms the reliability of the absolute Raman difference spectra. Based on this method, we also measured the spectra of a series of bulk liquors in Xi'an. The results show that the ethanol concentration of bulk liquor is generally a few degrees lower than its identification value, which highlights the need for supervision of bulk liquors. Our results show significantly that the absolute Raman difference spectrum is a good method to detect the ethanol concentration of liquors rapidly.

Keywords Raman spectra; Difference spectra; Alcohol degree; Chinese liquor

* Corresponding author

(Received Jul. 4, 2019; accepted Nov. 20, 2019)

(上接 2142 页)

拟作墙报展示的代表,在会议注册系统中提交墙报题目和编号。组委会将组织专家对青年学者、博硕士研究生墙报进行评审,并对优秀墙报颁发优秀论文证书和奖金。

三、会议稿件

会议截稿日期为 2020 年 6 月 30 日,请大家按照会议第一轮通知的要求继续投稿。

<http://www.sinospectroscopy.org.cn/readnews.php?nid=94098>

四、会议注册

4.1 会议注册费

2020 年 9 月 20 日以前缴纳注册费:正式代表:1600 元/人;学生代表:1000 元/人;2020 年 9 月 20 日后及现场缴纳注册费:正式代表:1800 元/人;学生代表:1200 元/人,现场缴费将邮寄发票。由于酒店房间是预留,2020 年 9 月 20 日后及现场缴纳注册费的代表将不能保证房间;陪同家属 1000 元/人(没有发票)。

会议注册费收缴方式:

银行汇款,如网银、手机银行、支付宝、微信转账、银行柜台等。

收款单位:四川大学(请注明:2020 光谱+姓名);

帐号:5100 1870 4690 5988 8666;

开户行:建行成都川大支行;

汇款成功后请务必将姓名、参会编号、单位发票抬头、单位税号、汇款金额通过邮箱(atcpubs@scu.edu.cn)告知会务组,以便核实会议注册费发票信息。(如果需要开具增值税发票,请注明并提供单位名称、纳税人识别号、地址、电话、开户行及账号)

发票联系人:张亮 联系邮箱:zhang.liang@scu.edu.cn 联系方式:15902844473

4.2 会议注册系统

请登陆光谱网会议主页:<http://www.sinospectroscopy.org.cn/meeting/index.php?mid=24>

注册并提交您的参会信息,包括个人信息、报告题目、墙报题目、住房预定等信息。

4.3 会议住宿

会议酒店:

1. 世外桃源酒店

地址:四川省成都市武侯区科华北路 69 号

酒店房间价格:标间 620 元/间天;大床房 560 元/间天

2. 科华苑宾馆

地址:四川省成都市武侯区科华北路 141 号

酒店房间价格:标间 360 元/间天;大床房 470 元/间天

由于会议期间住宿相对紧张,涉及到房间预定、会议安排等因素,务请各位专家、同学在截止日期前注册,只有在收到注册费后,才会进行会议相关安排,务请体谅与协助。

(下转 2158 页)

termine the sensitive bands of SiO_2 content of two grade roughness samples. Located at 8.12~8.13, 8.02~8.03 μm , the correlation coefficients are 0.947 and 0.972, respectively. A quantitative inversion model of the sensitive band and SiO_2 content is established to analyze the effect of roughness on the inversion of SiO_2 content. The results show that: (1) The increase of roughness R_q has a significant effect on the spectral emissivity of RF (Reststrahlen Features) characteristic regions. The average roughness R_q is increased from 1.05 to 2.47 μm , so that the maximum difference between the rough surface and the smooth surface emissivity of the same sample is 0.17 (relative difference 42.9%). (2) When the same grade roughnesses are used for content inversion, the inversion error is small, and the average absolute error is 1.88%. The inversion accuracy of most samples can meet the error requirements of the geological and mineral industry standards. (3) The experimental results of inversion SiO_2 content accuracy are great higher than the inversion accuracy of 3.57% without considering the iron ore surface morphology, and the relative improvement accuracy is 47.3%. Therefore, considering the influence of roughness is of great significance for improving the inversion accuracy of SiO_2 content, then it is of great significance to realize the precise division of iron ore and mine iron ore resources reasonably and efficiently.

Keywords Iron ore; Thermal infrared spectral; Roughness; SiO_2 content; Quantitative inversion

(Received May 5, 2019; accepted Sep. 13, 2019)

* Corresponding author

(上接 2147 页)

五、会议组织机构

大会组委会人员组成请见如下链接: http://www.sinospectroscopy.org.cn/meeting/extend.php?mid=24&body_id=12

学术委员会人员组成见如下链接: http://www.sinospectroscopy.org.cn/meeting/extend.php?mid=24&body_id=13

有关会议的邀请报告、住房信息、交通路线、稿件编号等信息敬请登录会议主页查询。

六、组委会和会务组联系方式

组委会:

吴兰: 13688385033 Email: wulan@scu.edu.cn

会务组:

注册&住宿: 张亮 15902844473 Email: zhang.liang@scu.edu.cn

报告&论文: 李成辉 18980877825 Email: atcpubs@scu.edu.cn

厂商联络: 王香凤 13520034335 Email: xiangfeng@bnu.edu.cn

七、支持媒体

会议官网: 光谱网(<http://www.sinospectroscopy.org.cn>)

会议各类信息发布以光谱网信息为准。

主办单位:

中国光学学会

中国化学会

中国光学学会光谱专业委员会

承办单位:

四川大学分析测试中心

中国光学学会光谱专业委员会

四川大学分析测试中心

2019年11月18日