

改进型 PSO-SVM 算法对井下多组分气体定量分析的研究

段小丽^{1,2}, 王明泉^{1*}

1. 中北大学信息与通信工程学院, 山西 太原 030051

2. 晋中学院机械学院, 山西 晋中 030600

摘要 对于多组分混合气体定量分析而言, 基于特征光谱的定量分析技术具有不可比拟的优势, 而定量检测效率与精度取决于其采用的光谱数据处理算法的优劣。优化光谱分析算法参数与改进光谱数据处理方式是提高定量分析速度与精度的重要手段。针对井下多组分气体定量分析建模过程中支持向量机(SVM)参数难以确定, 并且随组分数增多而呈指数增长的光谱数据运算量的问题, 提出了一种改进型粒子群优化-支持向量机(PSO-SVM)算法。该算法主要针对多组分气体混合光谱数据量大, 光谱特征信息存在交叠的问题进行研究。通过粒子变异约束 PSO 算法的收敛路径, 再通过粒子信息共享提高模型优化效率, 最后利用设置动态不敏感区提高模型精度。设计了一种井下多组分气体快速定量检测系统。该系统由 CPU 控制信号调制模块驱动红外光源, 信号光经过滤尘除湿后的气室照射在探测器上。在压力与温度传感器补偿的基础上, 由信号处理模块将探测得到的光信号量化传入 CPU, 最终, 结合改进型 PSO-SVM 算法实现各组分气体浓度的定量分析。在完成井下实际样气采集、预处理的基础上, 对浓度范围 0~10.0% 的 CH₄ 和浓度范围 0~1.0% 的 C₂H₆, C₃H₈, SO₂ 和 CO₂ 共 5 种组分的混合气体进行了测试, 获得了 800 组红外光谱数据, 其中训练集 400 组, 验证集 400 组。采用 SVM 建立了多组分气体的定量分析模型, 利用改进型 PSO 对 SVM 中的参数进行了优化, 并将获得的最优参数重建了定量分析模型。对采集的红外光谱数据分别由本算法与传统 BP 网络算法进行各组分气体浓度反演, 实验结果显示, 由于变异粒子对其产生的约束, 使最优值收敛范围变小, 从而提高了收敛速度, 该算法建模时间仅为传统方法的 1/10; 由于通过气体光谱特性给出不敏感区, 使特征光谱计算时交叉敏感效率降低, 从而提高了模型预测的准确度, 平均误差约为传统方法的 1/5。由此可见, 该算法在全局优化及快速收敛方面得到了显著提升, 改进型 PSO 结合 SVM 用于井下多组分气体定量分析是可行的。改进型 PSO-SVM 算法对于多组分气体混合红外光谱数据的分离具有很好的适用性, 其有一定的实际应用价值。

关键词 多组分气体定量分析; 粒子群算法; 支持向量机; 红外光谱

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)09-2883-06

引言

煤炭是我国能源的主要组成部分, 而国内矿井类型复杂, 以地下矿、高浓度瓦斯矿居多, 也是我国矿难多发的主要因素之一^[1]。故研究能够快速定量井下各类有毒、有害气体对保障井下人员生命安全和煤炭工业发展具有重要意义。

多组分混合气体的定量浓度检测主要方法有电化学传感器法、气相色谱法以及光学检测法^[2-3]。电化学传感器法若拟实现多组分探测, 需要采用电解质, 在井下应用非常不

便, 而仅能测试瓦斯的单一传感器虽在矿井中曾被大量应用, 但其由于存在探测器“中毒”问题, 每月至少需要更换两次, 操作复杂, 同时还不适用于高瓦斯矿; 气相色谱法通过色谱分离实现, 该过程时间长, 系统结构复杂, 不适合工作人员在井下日常工作使用; 光学检测法利用各气体特征光谱经算法分离实现定量, 其结构紧凑、物理测量无辅材, 精度较低。

为了提高光学检测法的精度, 通常采用人工神经网络^[4-5] (artificial neural network, ANN)、支持向量机^[6-9] (support vector machine, SVM)、蚁群算法等。刘全金^[10]等

收稿日期: 2018-08-22, 修订日期: 2018-12-27

基金项目: 国家重大科学仪器设备开发专项(2013YQ240803), 山西省科技攻关项目(20140321010-02)资助

作者简介: 段小丽, 女, 1982年生, 中北大学信息与通信工程学院博士研究生 e-mail: duanxiaolinuc@sina.com

* 通讯联系人 e-mail: wangmq@nuc.edu.cn

利用 RBF-ANN 实现了传感器阵列采集的方式,大幅降低了运算数据量,经实验验证了其方法的可行性;王智文^[11]等对多组分气体建模,利用主成分筛选特征标志,从而优化 ANN 网络,实现了检测时间从 4 000~8 s 的提高;曲健^[12]等通过优化 SVM 参数,对 CO₂ 进行定量分析,其分类收敛精度提升了 1 个数量级。

本文在改进了粒子群优化 (particle swarm optimization, PSO)^[13-15] 算法的基础上,完成了支持向量机参数的确定,实现了对多组分气体混合光谱数据的有效降维。对瓦斯浓度在 1.0%~10.0% 范围内多组分混合气体进行了测试,并与传统人工神经网络的测试结果进行了比较。

1 井下多组分气体检测系统

多组分气体快速检测系统如图 1 所示, CPU 控制信号调

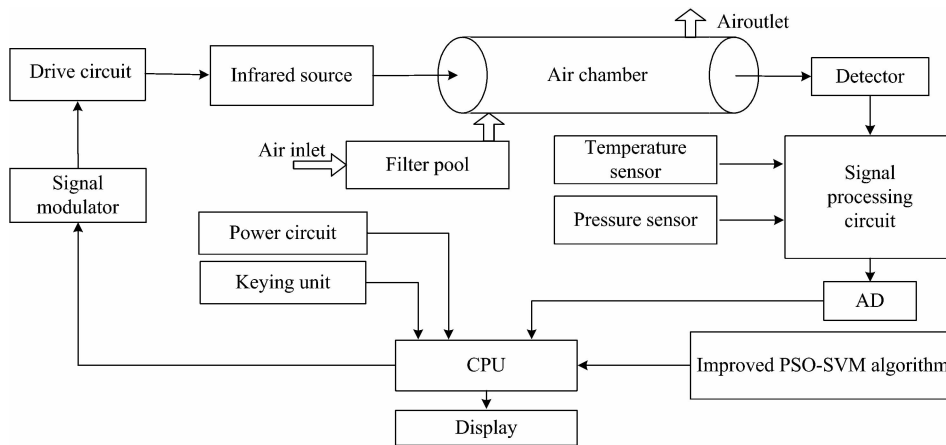


图 1 多组分气体快速检测系统
Fig. 1 Multi-component gas rapid detection system

2 改进型 PSO-SVM 算法

2.1 SVM

SVM 常被应用于分类与回归问题的解决,适用于多组分气体光谱数据的分离。该算法具有较高的适用性和鲁棒性,针对多组分分离的情况是比较合适的。设训练数据 (x_i, y_i) , $i=1, 2, 3, \dots, n$ (n 表示样本个数), x_i 和 y_i 均属于 R , x_i 为样本输入, y_i 为期望输出,其拟合函数有

$$f(x) = \omega x + b \tag{1}$$

式中, ω 是空间超平面, b 偏移量。

根据结构风险最小准则,该问题可被优化为

$$\min \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \sum_{i=1}^l (\xi_i + \xi_i^*)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} y_i - \omega x_i - b \leq \epsilon + \xi_i, -y_i + \omega x_i + b \leq \epsilon + \xi_i^* \\ \xi_i + \xi_i^* \geq 0 (i = 1, 2, \dots, l) \end{cases} \tag{2}$$

其中, C 表示惩罚因子,用于调节对样本误差超限的惩罚程度; ξ 表示松弛因子; ϵ 表示不灵敏参数,用于体现系统对误差的容忍程度。

制模块发出控制信号,控制信号使驱动电路产生需要的调制波形。红外光源受驱动电路控制产生相应的初始光信号,经过检测气室后由探测器采集出射光信号。气室待测气体首先由入气口进入过滤池,其采用滤网及分子筛完成对煤尘、粉尘以及水蒸气的滤除,再进入气室,待气体稳定后测试完毕再由出气口排出。出射光信号经信号处理电路,处理电路根据温度传感器和压强传感器的参数值完成对出射光信号的数据处理,并通过 A/D 转换电路传输给 CPU。最终, CPU 实现对多组分气体的混合光谱数据的分离与定量反演,研究中所设计的改进型 PSO-SVM 算法将对光谱反演过程进行优化,利用各待测气体光谱特征构造数据联系,从而通过 PSO 实现 SVM 参数的确定,提高光谱数据中特征数据分类的准确度与收敛速度。

由拉格朗日乘子获得上式的对偶表述有

$$\max \left[-\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) (\alpha_j - \alpha_j^*) (x_i x_j) - \sum_{i=1}^l \alpha_i (\epsilon - y_i) - \sum_{i=1}^l \alpha_i^* (\epsilon + y_i) \right]$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum (\alpha_i - \alpha_i^*) = 0 \\ 0 \leq \alpha_i, \alpha_i^* \leq C (i = 1, 2, \dots, l) \end{cases} \tag{3}$$

其中, α_i 和 α_i^* 可通过二次规划求解。再由 KKT 条件计算可得输出有

$$\begin{cases} f(x) = \sum_{i=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) (x_i x) + b \\ b = \frac{1}{N_s} \sum_S [t_s - \epsilon - \sum_{m \in S} (\alpha_m - \alpha_m^*) (x_m x_S)] \end{cases} \tag{4}$$

2.2 PSO

PSO 的核心思想是通过样本个体间的信息交换寻找最优解的,其公式为

$$\begin{cases} V_{ij}^{k+1} = \sigma V_{ij}^k + c_1 r_1 (P_{ij}^k - X_{ij}^k) + c_2 r_2 (P_{gj}^k - X_{ij}^k) \\ X_{ij}^{k+1} = X_{ij}^k + V_{ij}^{k+1} \end{cases} \tag{5}$$

其中, $i \in N$ (N 为粒子总数), j 表示维度, σ 为惯性权重; D 表示维数; k 和 $k+1$ 分别表示当前和下一次迭代数; V_{ij} 表示粒子速度; X_{ij} 表示粒子位置; P_{ij} 和 P_{gj} 分别表示个体和群的极值, c_1 和 c_2 表示加速度因子。虽然 PSO 收敛快, 适用于多组分光谱分离, 但其存在早熟收敛、后期迭代效率低的问题, 故本工作在改进了 PSO 的基础上与 SVM 结合实现对多组分气体光谱的反演。

2.3 改进型 PSO-SVM

算法改进主要从两个方面实现, 一是针对 PSO 的改进, 通过拟测气体光谱特性设定限制条件使相应粒子变异, 从而

引导种群达到最优收敛效果; 二是针对 SVM 的改进, 在支持向量回归计算中设置一个动态变化不敏感区 $\epsilon(y_i)$, 即采用 $\epsilon(y_i)$ 取代原算法中的 ϵ 。在此改进思路的基础上, 式(4)被替换后化简可得

$$\begin{cases} f(x) = \sum_{i=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) (x_i \cdot x) + b \\ b = \frac{1}{N_s} \sum_S [t_s - \epsilon(y_i) - \sum_{m \in S} (\alpha_m - \alpha_m^*) (x_m \cdot x_S)] \end{cases} \quad (6)$$

$\epsilon(y_i)$ 的引入可抑制模型过学习的效果, 提高模型预测精度和鲁棒性。由此完成优化的具体流程如图 2 所示。

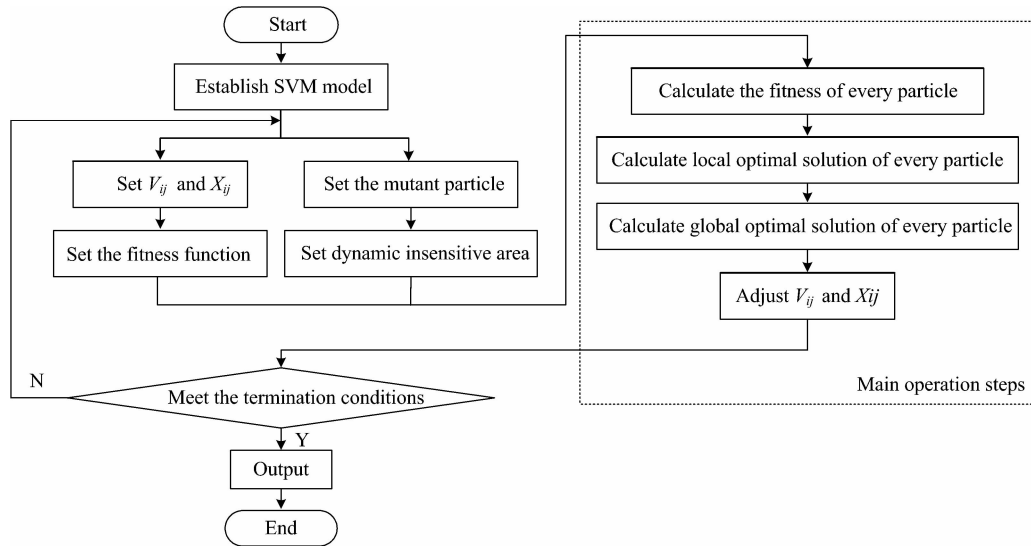


图 2 改进型 PSO-SVM 算法流程图

Fig. 2 Flowchart of the improved PSO-SVM algorithm

如图 2 所示, 改进后的 PSO-SVM 算法在设置变异粒子和动态不敏感区后再完成分类计算。优化步骤如下: (1) 取光谱测试数据总量 1/3 作为训练样本, 其他作为测试样本; (2) 初始化 C 和 ξ , 构建 SVM 模型; (3) 设置粒子群维度为 2, 每个维度选取 20 个粒子, 迭代数设为 200, 根据设定范围优化 V_{ij} 和 X_{ij} , 并计算适应度函数的均方误差; (4) 设置变异粒子约束收敛方向, 设置 $\epsilon(y_i)$ 提高学习效率; (5) 比较每个粒子的适应度, 计算每个粒子的局部和全局最优值; (6) 根据(4)和(5)的结果调整 V_{ij} X_{ij} ; (7) 若不满足结束条件重新并学习至符合要求。

3 实验部分

采用 Nicolet iS5 型红外光谱仪, 扫描范围: 350~7 800 cm^{-1} , 分辨率为 0.8 cm^{-1} 。被测气体在井下实际采集, 由于井下气体中包含大量煤尘、粉尘和水蒸气, 所以首先将待测气体引入过滤池进行去尘去湿处理, 然后再导入气室进行检测。测试主要针对 CH_4 (0~10%), C_2H_6 (0~1%), C_3H_8 (0~1%), SO_2 (0~1%), CO_2 (0~1%) 进行。混合气体共计 800 组样本数据, 取 400 组为样本数据, 其他为检验样本。对样本进行基线校正、降噪、归一化从而完成光谱数据的预处理。

理。

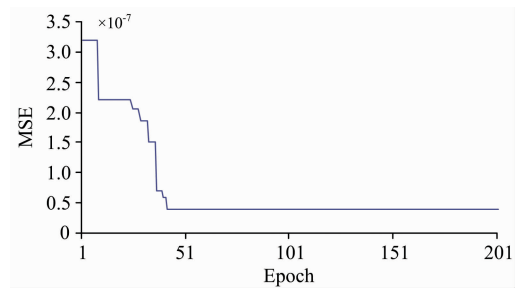


图 3 优化后粒子群优化误差曲线

Fig. 3 Error curve of particle swarm optimization

为了使模型具有快速、高效的预测能力, 对于不同组分气体进行了独立建模处理, 对于主要检测气体 CH_4 而言, 粒子数群维数设置为 2, 每维粒子数为 20, 优化迭代 200 代, 惯性权重为 0.9, 终止值为 0.4, 完成逐代计算。根据上述模型优化后得到其粒子群优化误差曲线。如图 3 所示, 改进型 PSO 算法仅需 43 步可达全局最优解, 具有很高的收敛性, 200 代的优化时间约为 4 012 s, $c=58.46$, $\sigma=4.67$ 。将该优化结果带入 SVM, 得到测试样本的预测均方差是 4.8×10^{-8} 。同时, 将同组光谱数据采用 BP 网络进行光谱分离并

反演各组分浓度(仅选测试范围内典型的三个值)。对井下五种主要待测气体的测试结果见表 1。

由于遍历算法过程范围大,当步长过小时优化时间会大幅增加,而步长过大时,容易造成局部最优。将 (c, σ) 从 $(0,$

$0.01)$ 开始以 $(100, 1)$ 为步长遍历至 $(10^{-4}, 20)$,由传感模型反馈完成参数的优化。经遍历优化构建五种气体模型的部分测试数据仿真结果如表 2 所示,实测数据采用测量精度更高的气体传感器实现。

表 1 改进型 PSO-SVM 和传统 BP 网络的测试结果对比

Table 1 Comparison of test results between improved PSO-SVM and traditional BP network

Gas tested	PSO-SVM				BP network			
	Time spent/s	square error Mean	Parameter of model		Time spent/s	Concentration test value/%		
			c	σ		1.00	5.00	9.00
CH ₄	2 012	4.8×10^{-8}	58.46	4.67	15 246	0.92	4.92	8.91
C ₂ H ₆	1 457	8.1×10^{-8}	45.75	7.24	13 457	0.91	4.95	8.89
C ₃ H ₈	1 945	6.2×10^{-8}	46.21	5.47	14 102	1.06	5.06	9.05
SO ₂	2 265	1.13×10^{-7}	26.87	9.68	16 578	0.94	5.07	9.06
CO ₂	1 027	9.4×10^{-8}	55.27	11.68	12 689	1.07	4.94	8.94
Average error/%						7.20	6.40	7.40

表 2 基于改进型 PSO-SVM 的测试结果

Table 2 Test results based on improved PSO-SVM

Real measurement value/%					Test results of improved PSO-SVM/%				
CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	SO ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	SO ₂	CO ₂
0.06	0.11	0.09	0.12	0.10	0.05	0.10	0.11	0.14	0.11
1.51	0.18	0.13	0.17	0.19	1.50	0.17	0.12	0.15	0.18
3.27	0.28	0.24	0.23	0.21	3.25	0.27	0.23	0.24	0.22
4.32	0.45	0.35	0.38	0.42	4.33	0.46	0.36	0.37	0.43
5.10	0.51	0.49	0.51	0.53	5.15	0.51	0.51	0.50	0.51
6.37	0.63	0.58	0.60	0.64	6.34	0.64	0.57	0.64	0.65
7.06	0.74	0.71	0.72	0.77	7.04	0.75	0.72	0.76	0.78
8.15	0.82	0.82	0.82	0.83	8.12	0.83	0.82	0.81	0.84
9.13	0.91	0.89	0.89	0.87	9.08	0.92	0.86	0.87	0.83
9.89	0.98	0.95	0.95	0.96	9.92	0.97	0.93	0.94	0.95
Average error/%					0.868	1.378	1.481	1.557	1.062

通过表 1、表 2 的数据比较可知,采用传统 BP 网络的方法总计用时 72 072 s,而改进型 PSO-SVM 算法总用时为 8 706 s,提高了仅一个数量级,相比本算法效率更高。而对整个测试范围内几个典型值进行比较可知,基于传统 BP 网络的测试误差的总平均值为 7.00%,而基于改进型 PSO-SVM 算法的测试误差的总平均值为 1.269%,由此可见,该算法的误差也相比传统处理方法要好。该多组分混合气体的定量分析模型具有较好的预测能力,改进型 PSO-SVM 算法可以快速、准确地完成多组分气体的定量分析,通过信息共享和变异粒子约束大大降低了寻优时间,提升了收敛速度。

4 结 论

研究了一种用于多组分气体定量分析的光谱数据处理算法,该改进型 PSO-SVM 算法能够通过变异粒子约束、设置动态不敏感区间等方法提升预测精度和缩短收敛周期。与传统 BP 网络优化算法相比,该算法优化速度更快、模型预测精度更高,建模效率得到了大幅提升。验证了该模型符合实际测试要求,在井下多组分气体定量分析具有一定的实际应用价值。

References

- [1] Wu Hongpeng, Dong Lei, Zheng Huadan, et al. Nature Communication, 2017, 8: 15331.
- [2] LI Jing-yu, ZHANG Ying-wei, LI Wen-zhe, et al(李晶宇, 张影微, 李文哲, 等). Agricultural Mechanization(农机化研究), 2015, 6: 255.
- [3] SUN Ming-guo, MA Hong-liang, LIU Qiang, et al(孙明国, 马宏亮, 刘 强, 等). Acta Optica Sinica(光学学报), 2018, 38(5): 0530003-1.
- [4] PENG Peng, DI Chang-an, ZHANG Yong-jian(彭 澎, 狄长安, 张永建, 等). Acta Armamentarii(兵工学报). 2018, 39(7): 1397.

- [5] Cao Y, Sanchez N, Griffin R J, et al. *Optics Express*, 2015, 23: 2121.
- [6] LI Nan, ZHU Xiu-fang, PAN Yao-zhong, et al(李楠, 朱秀芳, 潘耀忠, 等). *Journal of Remote Sensing(遥感学报)*, 2018, 22(4): 560.
- [7] ZHA Shen-long, LIU Kun, TAN Tu, et al(查申龙, 刘 镔, 谈 图, 等). *Acta Photonica Sinica(光子学报)*. 2017, 46(6): 0612002-1.
- [8] PANG Tao, WANG Yu, XIA Hua, et al(庞 涛, 王 煜, 夏 滑, 等). *Acta Photonica Sinica(光子学报)*, 2016, 45(9): 0912003.
- [9] Yin Xukun, Dong lei, Wu Hongpeng, et al. *Sensors and Actuators B*, 2017, 247: 329.
- [10] LIU Quan-jin, ZHAO Zhi-min, LI Ying-xin, et al(刘全金, 赵志敏, 李颖新). *Acta Electronica Sinica(电子学报)*, 2016, 44(4): 995.
- [11] WANG Zhi-wen, ZHANG Ji-long, WANG Zhi-bin, et al(王智文, 张记龙, 王志斌, 等). *Transducer and Microsystem Technologies(传感器与微系统)*, 2011, 30(3): 67.
- [12] QU Jian, CHEN Hong-yan, LIU Wen-zhen, et al(曲 健, 陈红岩, 刘文贞, 等). *Chinese Journal of Sensors and Actuators(传感技术学报)*, 2015, 28(5): 774.
- [13] ZENG Yi-shuai, YANG You-liang, MA Cui-hong(曾怡帅, 杨友良, 马翠红). *Chinese Journal of Luminescence(发光学报)*, 2016, 37(7): 859.
- [14] GUO Tian-tai, HONG Bo, PAN Zeng-rong, et al(郭天太, 洪 博, 潘增荣, 等). *Infrared and Laser Engineering(红外与激光工程)*, 2016, 45(6): 0617011-1.
- [15] Li Duan, Zhang Hongxin, Muhammad, et al. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, 2017, 24(3): 83.

Quantitative Analysis of Multi-Component Gases in Underground by Improved PSO-SVM Algorithm

DUAN Xiao-li^{1, 2}, WANG Ming-quan^{1*}

1. School of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China

2. College of Mechanical Engineering, Jinzhong University, Jinzhong 030600, China

Abstract For quantitative analysis of multi-component gas mixtures, there are incomparable advantages for the quantitative analysis technology of characteristic spectrum. However, the efficiency and accuracy of quantitative detection depends on the capabilities of the spectral data processing algorithms. Optimizing the parameters of spectral analysis algorithms and improving the processing of spectral data are important means to improve the speed and accuracy of quantitative analysis. According to the problem in selecting parameter of support vector machine(SVM) when detecting quantitatively the concentration of multi-component gas in underground mine, an improved Particle Swarm Optimization-Support Vector Machine (PSO-SVM) algorithm was proposed. The algorithm is mainly used to research the problem that the multi-component gas mixed spectrum data is large and the spectral feature information overlaps. The algorithm constrains the convergence path of the PSO algorithm through particle variation, and it improves model optimization efficiency through particle information sharing, and it uses the setting of dynamic insensitive areas to improve model accuracy. A rapid quantitative detection system for multi-component gas was designed in underground mine. The infrared light source was driven by signal modulation module controlled by PC, and the signal light was irradiated on the detector by the air chamber with dust and steam filter. On the basis of the pressure and temperature sensor compensation, the detected optical signals were transmitted to the CPU by signal processing module. Finally, quantitative analysis of the gas concentrations for the various components was achieved by the improved PSO-SVM algorithm. On the basis of the actual sample gas collection and pretreatment in the underground, five kinds of gas components of CH₄, C₂H₆, C₃H₈, SO₂ and CO₂ were tested. The concentration range of CH₄ was 0~10%, and the concentration range of other gases was 0~10%. Infrared spectral data of these five gases were collected with Fourier infrared spectrometer. 800 groups of these gases were divided into 400 groups for calibration set and 400 groups for validation set. The quantitative analysis model of multi-component gas was established by SVM. The parameters of SVM were optimized by improved PSO, and the quantitative parameters were reconstructed by the obtained optimal parameters. The infrared spectral data collected by the algorithm and the traditional BP network algorithm were used to invert the gas concentration of each component. The experimental results show that the convergence range of the optimal value is reduced due to the constraint of the mutated particle, which improves the convergence speed. The modeling time of the algorithm is only 1/10 of that of the traditional method; Since the insensitive area is given by the spectral characteristics of the gas, the cross-sensitivity effect of the characteristic spectrum is reduced, which improves the prediction accuracy of the model. It improves the accuracy of model predictions, with an average error of about 1/5 of traditional methods. It is feasible to use improved PSO combined with SVM for quantitative analysis of multi-component gas in underground. The improved

PSO-SVM algorithm has good applicability for the separation of multi-component gas mixed infrared spectral data, and it has certain practical application value.

Keywords Multicomponent gas quantitative analysis; Particle swarm optimization (PSO); Support vector machine (SVM); Infrared spectroscopy

(Received Aug. 22, 2018; accepted Dec. 27, 2018)

* Corresponding author

(上接 2867 页)

论文摘要提交方式

欢迎大家通过网站提交论文, 请您注册登陆中国光谱网(<http://www.sinospectroscopy.org.cn>), 在主页会议会展栏目下本次会议通道, 点击会议投稿按提示要求上传您的论文摘要。论文摘要将采用网上评审的方式, 你可在网上浏览对您论文的评审结果和修改意见。若通过电子邮件方式提交论文, 请发往: atcpubs@scu.edu.cn。

论文摘要提交具体步骤:

1. 请您在光谱网上(<http://www.sinospectroscopy.org.cn>)用真实姓名注册, 已经注册的用户, 请修正和完善您的个人信息。
2. 点击光谱网会议会展栏目, 选择《第 21 届全国分子光谱学学术会议暨 2020 年光谱年会》。
3. 点击会议基本情况下的会议快捷通道中的“会议投稿”。
4. 输入用户名和密码登陆, 在页面下选择稿件提交。
5. 按照提示提交稿件。

报告形式

为充分利用会议学术交流的效率, 会议仍采用“口头报告”和“墙报展示”两种方式进行学术交流。无论是口头报告还是墙报展示, 均属大会同等学术交流。为尊重个人意见和便于组委会的安排, 请大家在会议注册时, 提交“口头报告”或“墙报”的题目。为了鼓励博士、硕士研究生积极参与学术交流活动, 本次会议将继续设立“优秀青年论文奖”和“优秀墙报奖”, 表彰那些研究水平高、能突出研究内容要点、条理清晰的“口头报告”和“墙报”, 大会将给获奖作者颁发优秀论文证书和奖金。同时会议还将邀请国内外知名专家学者就光谱有关学术领域的前沿热点问题作大会报告和主题报告。

主要报告形式有:

1. 大会邀请报告: 主要邀请国内外知名专家学者报告光谱分析的前沿技术在各个领域的最新研究进展。
2. 主题邀请报告: 本次会议将选择光谱技术的热点应用领域, 开设多个专题论坛, 邀请在该领域的知名专家作论坛主题报告。
3. 青年论坛报告: 为博士、硕士研究生开设交流平台, 并评选“优秀青年论文奖”。
4. 口头报告和墙报展示: 作为本次会议的主要交流和展示形式。会议统一安排墙报讲解时间, 希望作者按时到位讲解。

重要时间

论文截稿日期: 2019 年 12 月 30 日

第二轮会议通知: 2019 年 10 月(开通会议注册系统)

第三轮会议通知: 2020 年 4 月

会议召开期: 2020 年 5 月 15—18 日

会议组织机构、注册费及缴纳方式、宾馆住宿介绍及住房预定等信息近期将在会议主页上发布, 请您经常浏览光谱网上会议主页, 了解会议筹备情况和会议具体安排。网址: <http://www.sinospectroscopy.org.cn>

产品展示

会议热忱邀请国内外仪器厂商前来展示分子光谱(红外、近红外、拉曼、荧光等)、原子光谱等各类光谱仪以及质谱、核磁等其它相关仪器设备。我们将在本次会议的网站和会议现场提供展出场所, 希望各厂商充分利用这次机会展示自己的最新产品。

(下转 2928 页)

inversion of water quality parameters such as pH, hardness and magnesium-to-alkalinity ratio, and it provides a new technique for dynamic monitoring of the regional water environment.

Keywords Hyperspectral; Water quality parameters; Quantitative inversion; Industrial and mining cities

(Received Jul. 6, 2018; accepted Nov. 10, 2018)

* Corresponding author

(上接 2888 页)

会务组联系方式

李成辉(会议稿件)

四川大学分析测试中心

电话: 028-85410280; 18980877825

Email: atcpubs@scu.edu.cn

吴兰(会议咨询)

四川大学分析测试中心

电话: 028-85412512; 13688385033

Email: wulan@scu.edu.cn

王香凤(厂商联络)

北京师范大学分析测试中心

电话: 010-58807981; 13520034335

Email: xiangfeng@bnu.edu.cn

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)

支持媒体:

分析测试百科网 <http://www.antpedia.com/>

仪器信息网 <http://www.instrument.com.cn>

主办单位:

中国光学学会

中国光学学会光谱专业委员会

中国化学会

承办单位:

四川大学分析测试中心

第 21 届全国分子光谱学学术会议暨 2020 年光谱年会组委会
2019 年 6 月 18 日