

# 相对误差最小二乘法的 TDLAS 气体浓度标定曲线拟合

陈昊<sup>1,2</sup>, 鞠昱<sup>3</sup>, 韩立<sup>1</sup>, 常洋<sup>3</sup>

1. 中国科学院电工研究所, 北京 100190

2. 中国科学院大学, 北京 100049

3. 北京航天易联科技发展有限公司, 北京 100176

**摘要** 可调谐半导体激光光谱技术(TDLAS)是光谱检测技术的一个分支,具有高灵敏度、高分辨率、实时监测、便携性好、小型化等优点,在工业环保、医疗检测、气象监测等领域得到了广泛应用。TDLAS 气体传感器的测量精度与标定曲线密切相关,标定时,常用最小二乘法对标定曲线进行多项式拟合,但最小二乘法是以绝对误差的最小平方和作为评价标准,无法对相对误差进行约束,在低浓度量程下 TDLAS 气体传感器的标定曲线相对误差偏大,限制了标定量程。推导了光强透射率对数与气体浓度关系式作为目标函数,提出了基于相对误差意义下的最小二乘法,迭代方法采用高斯-牛顿迭代法(Gauss-Newton iteration method),实验以雅士林 DHS-100 恒温恒湿箱来产生大量程范围的水汽标定浓度, Vaisala HMT337 在线湿度检测仪的测量值作为标定浓度,自主研发的 TDLAS 湿度传感器选择波数为  $7\,306.752\,1\text{ cm}^{-1}$  的水汽吸收峰,气室的光路长为 50 mm,对 1%~50%VOL 的水汽浓度进行了拟合标定,对比了最小二乘法与相对误差最小二乘法的标定拟合结果。实验结果表明:采用最小二乘法拟合时,在低浓度量程下会出现较大的相对误差,高浓度量程下相对误差逐渐减小,无法保证整个大量程下测量精度要求;采用相对误差最小二乘法拟合时,在整个大量程范围下的相对误差波动比较小,相对误差分布曲线比较平稳,最大相对误差和相对误差标准差都远小于最小二乘法的拟合结果;以 Ratio-C 关系式作为目标函数,采用相对误差最小二乘法进行拟合标定时,最大相对误差为 0.049 4,相对误差标准差为 0.023 7,远优于最小二乘法的拟合结果,符合 TDLAS 传感器测量精度要求,验证了相对误差最小二乘法的标定算法可靠性,提高了 TDLAS 气体传感器的测量精度。

**关键词** TDLAS; 最小二乘法; 相对误差; 标定

**中图分类号:** O433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)05-1580-06

## 引言

可调谐半导体激光光谱(tunable diode laser absorption spectroscopy, TDLAS)是利用气体分子对激光信号的选频吸收,计算入射光与出射光的光功率变化,实现对待测气体浓度的定量检测。近年来大量学者对 TDLAS 技术进行了研究,相较于其他光谱检测技术,它具有高灵敏度、高分辨率、实时监测、便携性好、小型化等优点,在工业环保、医疗检测、气象监测等领域得到了广泛的应用<sup>[1-3]</sup>。

TDLAS 气体传感器出厂前需要进行标定,拟合出光强透射率对数与标定浓度的对应关系曲线,拟合结果影响传感器的测量精度<sup>[4]</sup>。最小二乘法(least squares method, LSA)

是目前常用的拟合算法,它是以绝对误差的平方和最小作为评价标准,无法对相对误差进行约束,而实际测量中的数据误差往往基于相对误差,即被测量值越大所允许的实际绝对误差也越大。采用最小二乘法拟合会导致 TDLAS 气体传感器的标定曲线在低浓度量程下的相对误差偏大,限制了标定量程。此外, TDLAS 气体传感器标定时一般采用多项式作为目标函数进行拟合,这只能保证较小浓度范围内的测量精度,量程外的测量误差急剧增大。对于大量程标定则需要推导完整的光强透射率对数与气体浓度关系式,以此作为目标函数进行拟合,提高整个量程范围内的测量精度<sup>[5-7]</sup>。为此提出了一种基于相对误差意义下的气体浓度标定算法,能够解决上述问题,提高 TDLAS 气体传感器测量精度。

通过分析了 TDLAS 技术中大量程浓度标定的问题,提

收稿日期: 2020-04-26, 修订日期: 2020-09-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(41705141)资助

作者简介: 陈昊, 1990年生, 中国科学院电工研究所博士研究生

e-mail: chen hao9@mail. iee. ac. cn

出了基于相对误差最小二乘法的拟合算法，推导了完整的光强透射率对数与气体浓度关系式，搭建了 TDLAS 水汽标定平台，对 1%~50% VOL 的水汽浓度标定曲线进行了误差分析，验证了本文提出的相对误差最小二乘法的可靠性，提高了 TDLAS 气体传感器的检测精度。

### 1 TDLAS 标定原理

TDLAS 技术理论基础是 Beer-Lambert 定律，它描述了一束特定频率的激光进入气体样品前后的光强变化<sup>[8]</sup>，如式(1)所示。

$$\frac{I_t}{I_0} = \exp[-\alpha(\nu)cL] \tag{1}$$

式(1)中， $I_t$  为穿过待测气体后的透射光光强， $I_0$  为入射光强， $\alpha(\nu)$  为吸收系数， $c$  为待测气体的浓度， $L$  为光吸收路径长度。

TDLAS 气体传感器的标定原理是利用拟合算法得到光强透射率对数 Ratio 与标准气体浓度  $c$  之间的关系曲线，通过实测的 Ratio 来反演待测气体浓度。Ratio 的表达式如式(2)所示。

$$\text{Ratio} = -\ln\left(\frac{I_t}{I_0}\right) = \alpha(\nu)cL \tag{2}$$

根据式(2)可知，Ratio 与气体浓度  $c$  是一次函数关系，标定时采用一次函数作为目标函数具有较好的相关性。但这忽略了气体浓度对吸收系数  $\alpha(\nu)$  的影响，在大量程标定时，吸收系数受气体浓度变化影响，Ratio 与气体浓度  $c$  不再是一次函数关系。因此需要考虑气体浓度对吸收系数的影响，推导出完整的 Ratio 与气体浓度  $c$  的关系式，以此作为目标函数进行标定曲线的拟合。

吸收系数  $\alpha(\nu)$  表达式如式(3)

$$\alpha(\nu) = NSg_L(\nu) = \frac{NS\gamma_L/\pi}{(\nu-\nu_0)^2 + \gamma_L^2} = \frac{NS}{\pi\gamma_L[(\nu-\nu_0)^2/\gamma_L^2 + 1]} = \frac{\alpha_0}{[(\nu-\nu_0)^2/\gamma_L^2 + 1]} \tag{3}$$

式(3)中， $g_L(\nu)$  为洛伦兹线型函数， $S$  为吸收谱线强度， $N$  为单位体积内气体分子总数， $\alpha_0 = NS/\pi\gamma_L$ ，为气体吸收峰中心位置( $\nu=\nu_0$ )的吸收系数， $\gamma_L$  为气体吸收谱线半高宽，它与气体浓度大小有关，表达式如式(4)。

$$\gamma_L(p, T) = \frac{p}{p_0} \left(\frac{T_0}{T}\right)^n [(1-c)\gamma_{\text{air}}(p_0, T_0) + c\gamma_{\text{self}}(p_0, T_0)] \tag{4}$$

式(4)， $n$  为温度系数， $p_0$  和  $T_0$  为标准气压和标准温度， $\gamma_{\text{air}}$  是空气吸收谱线半高宽， $\gamma_{\text{self}}$  是待测气体吸收谱线半高宽，由式(4)可知， $\gamma_L$  与气体浓度值相关。

当  $\nu=\nu_0$ ，即在吸收峰的中心位置，将式(3)和式(4)代入式(2)，得到气体浓度  $c$  与 Ratio 的关系式。

$$c = \left[ \frac{S_0 N_0 L}{\gamma_{\text{air}}(p_0, T_0) \left[ -\ln\left(\frac{I_t}{I_0}\right) \left(\frac{T_0}{T}\right)^{n-1} \frac{1}{K_S T} \right]} + \right]$$

$$1 - \frac{\gamma_{\text{self}}(p_0, T_0)}{\gamma_{\text{air}}(p_0, T_0)} \tag{5}$$

式(5)中， $K_S(T)$  是吸收谱线强度关于温度的修正系数， $S_0$  是标准气压温度下的吸收谱线强度， $N_0$  是标准气压温度下的单位体积分子数。图 1 是气体浓度与光强透射率对数的关系曲线模拟图。

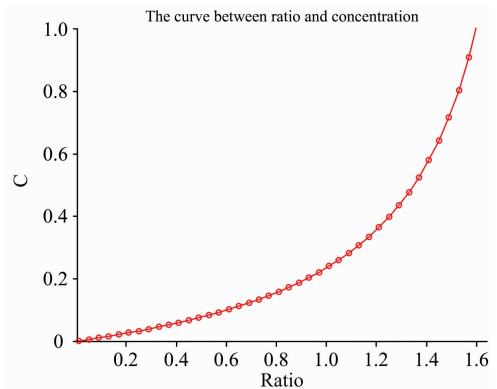


图 1 气体浓度与光强透射率对数的关系曲线模拟图  
Fig. 1 The relation of ratio and concentration

对式(5)简化，并对光强透射率对数 Ratio 进行温度修正，得到目标函数如式(6)

$$y = \left[ \frac{p(1)}{p(3)x} + 1 - \frac{p(2)}{p(3)} \right]^{-1} \tag{6}$$

式(6)中， $p(1) = S_0 N_0 L/\pi$ ， $p(2) = \gamma_{\text{self}}(p_0, T_0)$ ， $p(3) = \gamma_{\text{air}}(p_0, T_0)$ ，是拟合的待定系数， $x = -\ln\left(\frac{I_t}{I_0}\right) \left(\frac{T_0}{T}\right)^{n-1} \frac{1}{K_S(T)}$ ，是温度修正后的光强透射率对数 Ratio， $y$  是气体浓度  $c$ 。

以式(6)作为目标函数拟合能够提高标定曲线的拟合相关度，但目前常用的最小二乘法拟合是基于绝对误差意义，它是依据等精度数据而言，误差分布服从均值为 0 的正态分布。对 TDLAS 气体传感器进行大量程标定时，考虑的更多是相对误差，即高浓度下标定所允许的绝对误差也更大，研究相对误差意义下的标定曲线更具有实际应用意义。

### 2 相对误差最小二乘法

最小二乘法是一个最优化的问题，它是通过最小化误差的平方和寻找数据的最佳函数匹配，基于相对误差最小二乘法(relative error least squares method, RELSA)则是寻找相对误差的平方和最小来寻求最优解，迭代方法采用高斯-牛顿迭代法(Gauss-Newton iteration method)，该法使用泰勒级数展开式去近似地代替目标函数，然后通过多次迭代，多次修正待定系数，使待定系数不断逼近目标函数的最佳待定系数，使原函数的相对误差平方和达到最小<sup>[9-10]</sup>。

对于相对误差最小二乘问题, 目标函数为

$$y = f(x, p) = \left[ \frac{p(1)}{p(3)x} + 1 - \frac{p(2)}{p(3)} \right]^{-1} \quad (7)$$

目的是寻找最优解  $p$ , 使得相对误差平方和  $S$  最小。

$$S = \sum_{i=1}^m r_i^2 = \sum_{i=1}^m \left( \frac{y_i^* - f(x_i, p)}{y_i^*} \right)^2 \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (8)$$

式(8)中,  $y_i^*$  是标定值,  $r_i$  是相对误差,  $S$  最小值的问题就是求解  $S$  对  $p$  偏导数等于 0 的方程。在非线性系统中, 通过设定初始值, 用迭代法逼近求解。

$$\frac{\partial S}{\partial p_j} = 2 \sum_i r_i \frac{\partial r_i}{\partial p_j} = 0 \quad (9)$$

$$p_j \approx p_j^{k+1} = p_j^k + \Delta p_j \quad j = 1, \dots, n \quad (10)$$

其中,  $k$  是迭代次数,  $\Delta p$  是迭代矢量, 每次迭代函数是线性的, 在  $p_k$  处用泰勒级数展开。

$$\begin{aligned} f(x_i, p) &\approx f(x_i, p^k) + \sum_j \frac{\partial f(x_i, p^k)}{\partial p_j} (p_j - p_j^k) \\ &\approx f(x_i, p^k) + \sum_j J_{ij} \Delta p_j \end{aligned} \quad (11)$$

令  $\frac{\partial r_i}{\partial p_j} = -J_{ij}$ , 此时相对误差为

$$\begin{aligned} \Delta y_i &= y_i^* - f(x_i, p^k) \\ r_i &= \frac{y_i^* - f(x_i, p)}{y_i^*} \\ &= \frac{(y_i^* - f(x_i, p^k)) + f(x_i, p^k) - f(x_i, p)}{y_i^*} \\ &= \frac{\Delta y_i - \sum_{s=1}^n J_{is} \Delta p_s}{y_i^*} \end{aligned} \quad (12)$$

式(12)中,  $\Delta y_i$  是第  $k$  次迭代的残差, 将式(12)代入式(9), 得到

$$\begin{aligned} -2 \sum_{i=1}^m J_{ij} \left[ \frac{\Delta y_i - \sum_{s=1}^n J_{is} \Delta p_s}{y_i^*} \right] &= 0 \\ (J^T J) \Delta p &= J^T \Delta y_i \end{aligned} \quad (13)$$

式(13)是矩阵形式,  $J$  是目标函数的雅克比矩阵, 求解式(13)便可以获得迭代增量  $\Delta p$ , 代入式(10)得到最终的迭

代公式。

$$p_j \approx p_j^{k+1} = p_j^k + (J^T J)^{-1} \Delta y_i \quad (14)$$

整个算法流程如图 2 所示。

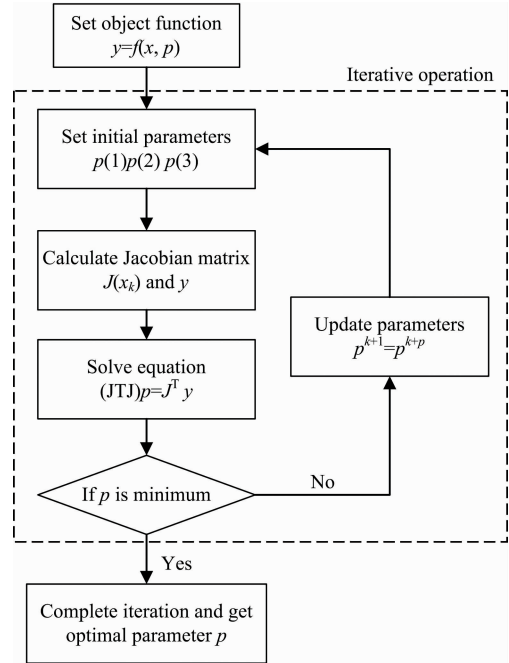


图 2 相对误差最小二乘算法流程图

Fig. 2 Flow chart of relative error least squares algorithm

### 3 实验与结果讨论

实验用雅士林 DHS-100 恒温恒湿箱来产生大量程水汽标定浓度, 以 Vaisala HMT337 在线湿度检测仪的测量值作为标定浓度, 自主研发的 TDLAS 湿度传感器选择波数为  $7306.7521 \text{ cm}^{-1}$  的水汽吸收峰(表 1 所示), 吸收强度为  $1.8 \times 10^{-20} \text{ cm}^{-1} \cdot (\text{molec} \cdot \text{cm}^{-2})^{-1}$ , 气室的光路长为 50 mm。实验时, 将 HMT337 在线湿度检测仪的湿度探头以及自研 TDLAS 湿度传感器湿度探头和温度探头放入恒温恒湿箱中, 通过对恒温恒湿箱的控制来完成对不同浓度的水汽标定。

表 1 Hitran 数据库

Table 1 Hitran database

Isotopologue	$\nu$	$S$	$A$	$\gamma_{\text{air}}$	$\gamma_{\text{self}}$	$E''$	$n_{\text{air}}$	$\delta_{\text{air}}$	$J'$	$J''$
$\text{H}_2^{16}\text{O}$	7 306.745 1	$1.046 \times 10^{-27}$	0.001 09	0.078 9	0.281	1 899.007 5	0.47	-0.027	11	11
$\text{H}_2^{18}\text{O}$	7 306.752 1	$1.8 \times 10^{-20}$	8.886	0.093	0.51	79.496 4	0.72	-0.0	3	2
$\text{H}_2^{17}\text{O}$	7 306.779 3	$7.708 \times 10^{-28}$	8.305	0.049 8	0.352	3 738.609 1	0.61	-0.015	8	7

实验测量了 1%~50% 标定浓度下的 Ratio 值, 目标函数选择多项式函数和 Ratio-C 关系式(6), 对比了最小二乘法(LSA)和相对误差最小二乘法(RELSA)的拟合结果。

#### 3.1 多项式为目标函数的拟合结果

多项式拟合时, 目标函数选用了三次多项式和五次多项式两种算法进行拟合, 图 3 是两种算法进行多项式拟合的标定曲线图, 图 4 是拟合值与标定浓度的相对误差分布图, 表

2 是最小二乘法和相对误差最小二乘法的相对误差分布图。

由图 4 可知, 采用最小二乘法拟合时, 在低浓度量程下出现较大的相对误差, 高浓度量程下相对误差变小; 采用相对误差最小二乘法时, 整个量程下的相对误差曲线比较平稳。在表 2 中也得到验证, 以三次多项式拟合为例, 相对误差最小二乘法下的最大相对误差为 0.082 8, 远低于最小二乘法的 0.722 9, 同时相对误差的标准差为 0.030 3, 明显优

于最小二乘法的 0.187 6，五次多项式的拟合结果也表明相对误差最小二乘法的拟合结果更优。

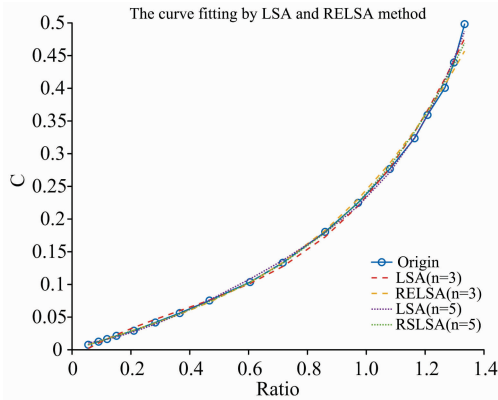


图 3 多项式拟合曲线  
Fig. 3 Polynomial curve fitting

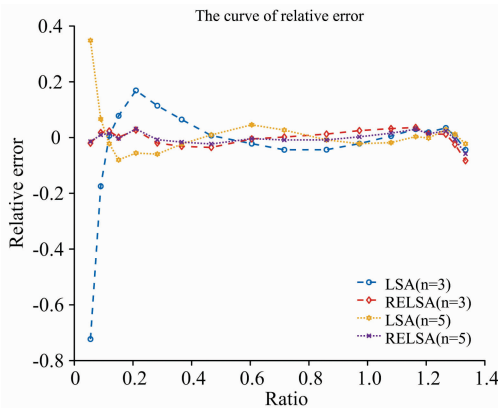


图 4 多项式拟合误差分布  
Fig. 4 The distribution of relative error in polynomial fitting

表 2 多项式为目标函数的拟合误差统计

Table 2 The error analysis in polynomial fitting

Function	Maximum		Std deviation	
	LSA	RELSA	LSA	RELSA
N=3	0.722 9	0.082 8	0.187 6	0.030 3
N=5	0.348 3	0.058 0	0.091 4	0.026 5

### 3.2 Ratio-C 关系式为目标函数的拟合结果

以 Ratio-C 关系式(6)作为目标函数进行拟合时，为了使迭代计算尽快收敛，根据表 1 的 Hitran 数据，将初值设定为  $p(1)=0.85$ ， $p(2)=0.093$ ， $p(3)=0.51$ ，两种算法的拟合曲线如图 5 所示，图 6 是拟合曲线相对误差分布图。

由图 6 所示，从 Ratio-C 关系式作为目标函数的拟合误差分布结果上看，采用最小二乘法在低浓度量程下出现了较大的相对误差，高浓度量程下逐渐减小；采用相对误差最小二乘法整个误差分布趋于平稳，这与多项式为目标函数的拟合结果相似。表 3 可知，相对误差最小二乘法的最大相对误差为 0.049 4，相对误差标准差为 0.023 7，均优于最小二乘

法的最大相对误差 0.160 4 和相对误差标准差 0.057 2。结合多项式拟合结果，以 Ratio-C 关系式作为目标函数，采用相对误差最小二乘法的拟合结果最好，相对误差在  $\pm 5\%$  以内，最大相对误差和相对误差标准差都最小，拟合结果最优。

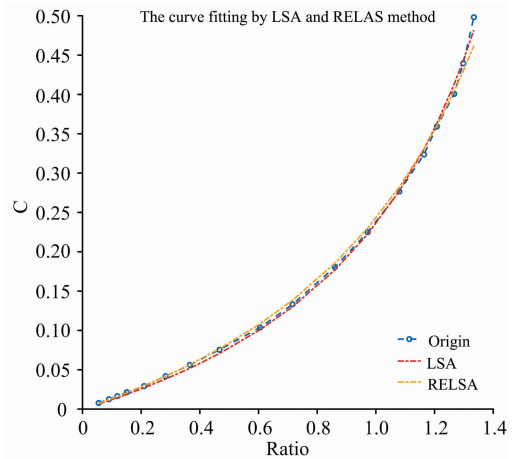


图 5 Ratio-C 关系式拟合曲线  
Fig. 5 Fitting curves with Ratio-C formula

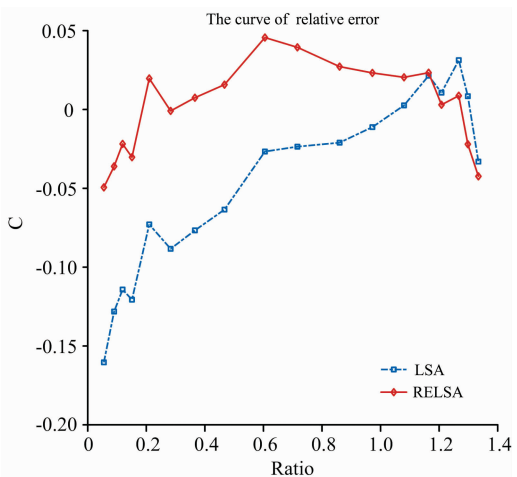


图 6 Ratio-C 关系式拟合误差分布  
Fig. 6 The distribution of relative error in Ratio-C formula fitting

表 3 Ratio-C 关系式为目标函数的拟合误差统计

Table 3 The error analysis in Ratio-C formula fitting

Function	Maximum		Std deviation	
	LSA	RELSA	LSA	RELSA
Ratio-C Equation	0.160 4	0.049 4	0.057 2	0.023 7

## 4 结 论

针对 TDLAS 气体传感器的标定，推导了完整的光强透射率对数与气体浓度关系式，以此作为目标函数，提出了基于相对误差最小二乘法对标定曲线进行拟合。实验结果表

明:采用最小二乘法拟合时,在低浓度量程下会出现较大的相对误差,高浓度量程下相对误差逐渐减小,无法保证整个大量程下测量精度要求;采用相对误差最小二乘法拟合时,在整个大量程范围下的相对误差波动比较小,相对误差曲线比较平稳,最大相对误差和相对误差标准差都远小于最小二

乘法的拟合结果;以 Ratio-C 关系式作为目标函数,采用相对误差最小二乘法进行拟合标定时,最大相对误差为 0.049 4,相对误差标准差为 0.023 7,远优于最小二乘法的拟合结果,验证了相对误差最小二乘法的标定算法可靠性,提高了 TDLAS 气体传感器的测量精度。

## References

- [ 1 ] CHEN Yi-kang, JU Yu, HAN Li(陈奕杭,鞠昱,韩立). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2017, 37(1): 27.
- [ 2 ] HU Ya-jun, ZHAO Xue-hong, ZHANG Rui, et al(胡雅君,赵学红,张锐,等). Acta Optica Sinica(光学学报), 2013, (11): 296.
- [ 3 ] Jiang J, Zhao M, Ma G M, et al. IEEE Sensors Journal, 2018, (99): 1.
- [ 4 ] YAO Lu, LIU Wen-qing, LIU Jian-guo, et al(姚路,刘文清,刘建国,等). Chinese Journal of Lasers(中国激光), 2015, 42(2): 313.
- [ 5 ] LIU Cheng-you, DING Yong(刘成友,丁勇). Chinese Journal of Health Statistics(中国卫生统计), 2012, 29(6): 905.
- [ 6 ] GAN Zhen-hua, XIONG Bao-ping, DU Min, et al(甘振华,熊保平,杜民,等). Opto-Electronic Engineering(光电工程), 2016, 43(12): 52.
- [ 7 ] Zhang Aihua, Yang Pei. An Improved Algorithm for Fractal Image Encoding Based on Relative Error. International Congress on Image & Signal Processing (CISP 2012), 2012.
- [ 8 ] Reid J, El-Sherbiny M, Garside B K. Appl. Optica Acta, 1980, (3): 575.
- [ 9 ] Broyden C G. Institute of Mathematics & Its Applications, 1970, 6(1): 76.
- [ 10 ] Shanno D F. Mathematics of Computation, 1970, 24(111): 647.

## Curve Fitting of TDLAS Gas Concentration Calibration Based on Relative Error Least Square Method

CHEN Hao<sup>1, 2</sup>, JU Yu<sup>3</sup>, HAN Li<sup>1</sup>, CHANG Yang<sup>3</sup>

1. Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
3. Beijing Aerospace Yilian Science and Technology Development Company, Beijing 100176, China

**Abstract** Tunable diode laser absorption spectroscopy (TDLAS) is a branch of spectrum detection technology with high sensitivity, high resolution, real-time monitoring, good portability and miniaturization. It has been widely used in environmental protection, medical treatment, meteorology and other fields. The accuracy of the TDLAS gas sensor is closely related to the calibration curve. The least square method is utilized to perform polynomial fitting on the calibration curve. However the least square method is based on the least square sum of absolute errors as the evaluation criterion. It cannot restrict the relative error. As a result, the relative error of the calibration curve of the TDLAS gas sensor at low concentration ranges is too large. This paper proposes the least square method based on relative error. The relationship between the logarithm of light intensity transmittance and gas concentration is derived as the objective function. The iteration method uses the Gauss-Newton iteration method (Gauss-Newton iteration method). In the experiment Yashilin DHS-100 constant temperature and humidity box were used to generate a large range of water vapor calibration concentrations. Vaisala HMT337 online humidity detector's value was used as the calibration concentration. Self-developed TDLAS humidity sensor selects the water vapor absorption peak with  $7\,306.752\,1\text{ cm}^{-1}$ . The optical path of the air chamber is 50 mm. The water vapor concentration of 1% ~ 50% VOL is calibrated. The calibration results of the least square method and least square method based on relative error are compared. The experimental results show that when using the least square method for curve fitting, the calibration curve will have a large relative error in the low concentration range. In the high concentration range the relative error gradually decreases. This cannot guarantee the measurement accuracy requirements for the entire large range. When using the relative error least square method for curve fitting, the relative error curve is relatively stable in the whole range. The maximum relative error and the relative error standard deviation are much lower than the fitting result of the least square method. When the relative error least squares method is used and the Ratio-C formula is used as the objective function for fitting, the maximum relative error is 0.049 4 and the relative error standard deviation is 0.023 7. The fitting result is far better than the fitting result of the least square method. The

reliability of the calibration algorithm of relative error least squares is verified. The measurement accuracy of the TDLAS gas sensor is improved.

**Keywords** TDLAS; Least squares method; Relative error; Calibration

(Received Apr. 26, 2020; accepted Sep. 18, 2020)

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告

## 《光谱学与光谱分析》2021年征订启事

国内邮发代码：82-68

国外发行代码：M905

《光谱学与光谱分析》1981年创刊，国内统一刊号：CN 11-2200/O4，国际标准刊号：ISSN 1000-0593，CODEN 码：GYGFED，国内外公开发行人，大 16 开本，332 页，月刊；是中国科协主管，中国光学学会主办，钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的学术性刊物。北京大学出版社出版，每期售价 95 元，全年 1140 元。刊登主要内容：激光光谱测量、红外、拉曼、紫外、可见光谱、发射光谱、吸收光谱、X 射线荧光光谱、激光显微光谱、光谱化学分析、国内外光谱化学分析领域内的最新研究成果、开创性研究论文、学科发展前沿和最新进展、综合评述、研究简报、问题讨论、书刊评述。

《光谱学与光谱分析》适用于冶金、地质、机械、环境保护、国防、天文、医药、农林、化学化工、商检等各领域的科学研究单位、高等院校、制造厂家、从事光谱学与光谱分析的研究人员、高校有关专业的师生、管理干部。

《光谱学与光谱分析》为我国首批自然科学核心期刊，中国科协优秀科技期刊，中国科协择优支持基础性、高科技学术期刊，中国科技论文统计源刊，“中国科学引文数据库”，“中国物理文摘”，“中国学术期刊文摘”，同时被国内外的 CJCR, CNKI, CSCD, SCI, AA, CA, Ei, AJ, PJK, MEDLINE, Scopus 等文献机构收录。根据中国科学技术信息研究所发布信息，中国科技期刊物理类影响因子、引文量及综合评价总分《光谱学与光谱分析》都居前几位。欢迎国内外厂商在《光谱学与光谱分析》发布广告（广告经营许可证：京海市监广登字 20170260 号）。

《光谱学与光谱分析》的主编为高松院士。

欢迎新老客户到全国各地邮局订阅，若有漏订者可直接与《光谱学与光谱分析》期刊社联系。

联系地址：北京市海淀区学院南路 76 号（南院），

《光谱学与光谱分析》期刊社

邮政编码：100081

联系电话：010-62181070, 62182998

电子信箱：chnghxygpfx@vip.sina.com

修改稿专用邮箱：gp2008@vip.sina.com

网 址：http://www.gpxygpfx.com

