

CH₄红外透过率的测定与计算

王松皋 张广顺 朱舜斌

(国家卫星气象中心,北京 100081)

提 要

对CH₄红外透过率的测定及计算作了介绍。测定是在实验室内进行的,主要设备是60SXR FTIR 分光计及可变光程吸收池;计算用的是FASCODE 2程序。测定结果与计算结果作了比较。

关键词: 透过率 测定 计算

前 言

地球大气的红外透过率资料对地球辐射收支、卫星气象遥感等都是重要的。在地球大气中诸如水汽、CO₂与O₃等是重要的吸收气体,而诸如CH₄、N₂O等微量气体的吸收也占重要位置。CH₄是大气中重要的温室气体成分,且对全球低层大气中O₃的变化有明显的影响,在计算和测量大气透过率中是不可忽略的因素。最近有人提出从CH₄浓度变化来预测地震的可能性,为此,对CH₄红外吸收光谱的了解成为一个重要的课题。我们用FTIR 分光计及可变光程吸收池测量CH₄强吸收带,并用FASCODE 2程序进行计算,文中给出了两者结果之间的比较,以对FASCODE 2的计算精度有一个感性的了解。

1 实验设备及主要实验结果

进行大气组分透过率测定实验的设备与原理在文献[1,2]中已有叙述,这里不再提及。

CH₄的实验是在室温条件下进行的。所用气体为纯度达99.95%的高纯CH₄。实验参数如下:

压强 P : 10—188hPa;
波数: 400—4000cm⁻¹;
程长 L : 75—2025cm;
分辨率: 8cm⁻¹、4cm⁻¹、1cm⁻¹。

文中给出当分辨率为8cm⁻¹时的结果。

图1是CH₄红外谱线的一般形状。可以看出,在7.6 μ 及3.3 μ (对应波数为1296cm⁻¹及3013cm⁻¹附近)处有两个强吸收带,在1545cm⁻¹处有一个较弱的吸收带。

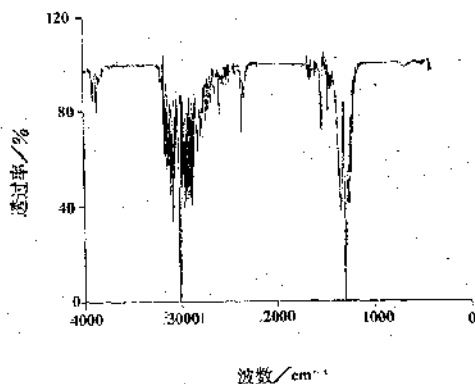


图1 CH₄吸收谱线的一般分布
 $T=22.0^{\circ}\text{C}$, $P=50.0\text{hPa}$, $L=525\text{cm}$

图2a 给出CH₄在1296cm⁻¹(7.6 μ)附近的透过率及其随压强的变化,图2b 给出对应的透过率随吸收程长的变化。可以看出,随着压强或程长的增长,CH₄的吸收不断增加,反映为透过率的不断下降。

如果把图2的曲线画成不同压强下的吸收随程长的变化或不同程长下的吸收随压强的变化,可以较明显地看出变化趋势来。也可以按照文献[3]的做法把它们整理出下列形

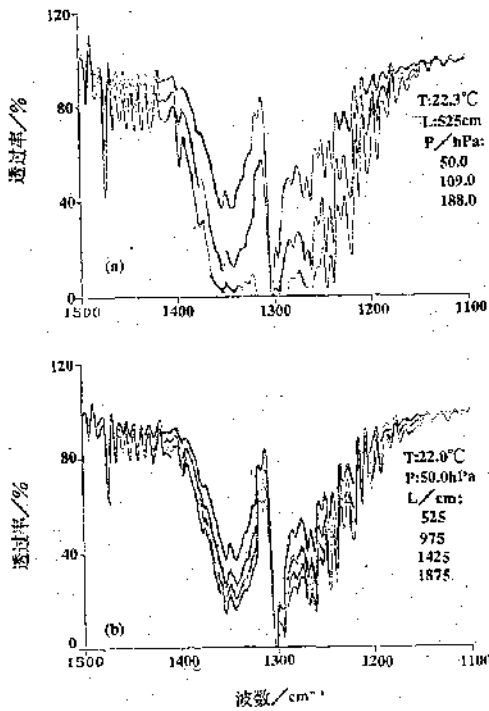


图2 CH₄ 7.6μ附近透过率随压强(a)和光程(b)的变化

图中L及P顺序值与曲线自上至下——对应

的经验公式来:

假定弱吸收带由非重迭的强线组成,其一般形式为:

$$\int A_s d\gamma = cW^n P^k$$

对于强吸收带,由于有重迭线,其一般形式为

$$\int A_s d\gamma = c + DlgW + klgP$$

上述两式中 $\int A_s d\gamma$ 是一定波数范围内的总吸收; W 是吸收浓度; $W = \frac{273}{T} PL$; P 是吸收气体的压强; L 是吸收光程长; T 是气体的温度,在我们的条件下 $T = \text{常数}$,为室温值。

Burch等^[4]对CH₄实验结果进行过整理。结果表明,波数范围大小不同其经验公式也不同。其波数范围为数百个波数,我们用 8cm^{-1} 整理数据,其结果如附表所示。

2 FASCODE 2计算结果及其与实验比较

FASCODE 2是一种快速的逐线计算程序。它是目前公认为最先进、最精确的计算程序,有着广泛的应用。它根据HITRAN或其它谱线数据库提供的谱线参数(谱线强度,半宽等)逐条计算吸收值,然后迭加而得到一定范围的吸收。它的计算结果与很多实验进行过比较,从实验结果再对它进行修正^[5,6]。因而,FASCODE 2并不是完善的,处于不断提高、改善过程之中。我们这里给出的计算结果,是在实验条件下进行计算的。它与实验结果的比较可以对FASCODE 2的计算精度有一个大致的了解。

图3给出FASCODE 2计算结果与1993年6月8日实验之间的比较。可以看出,在 3.3μ 的条件下,计算结果与实验之间的符合是非常满意的。但在 7.6μ 的条件下,两者之间的差别比较明显,计算值偏高。

3 结束语

本文给出CH₄透过率的实验测定及用

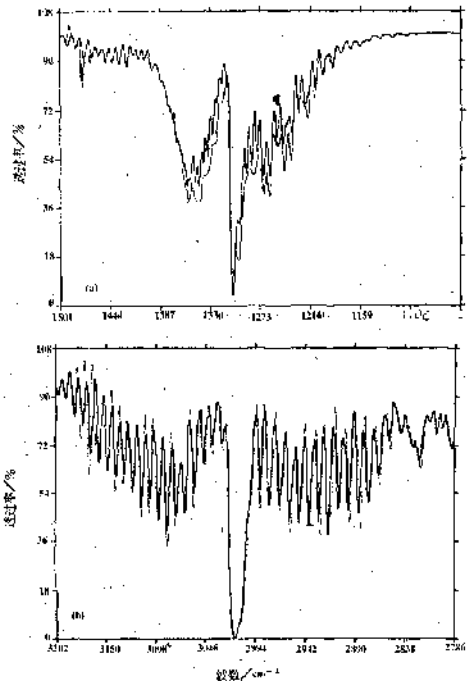


图3 计算(粗线)与实验(细线)的比较

$P = 50.0\text{hPa}$, $T = 22.0^\circ\text{C}$, $L = 525\text{cm}$

(a) 7.6μ (b) 3.3μ

FASCODE 2计算的结果及它们之间的比较。比较说明,FASCODE 2是一种很好的计算程序。它与实验之间的差别原因需要仔细研究。

附表 数据处理结果举例

波数/cm ⁻¹	P/hPa	W/atm-cm	经验公式
1296	101.6	35-175	82W ^{0.04}
	64.8	31-112	71W ^{0.07}
	41.4	14-72	47W ^{0.16}
	21.5	7-37	36W ^{0.20}
	10.9	4-19	29W ^{0.20}
3013	101.6	35-175	80W ^{0.04}
	64.8	22-112	73W ^{0.06}
	41.4	14-72	71.5W ^{0.06}
	21.5	7-37	52W ^{0.14}
	10.9	5-9	47W ^{0.14}
1545	101.6	21-175	12.74(lgW) ²
	64.8	22-112	11.90(lgW) ²
	41.4	14-72	10.37(lgW) ²
	21.5	7-37	9.40(lgW) ²
	10.9	8-19	8.30(lgW) ²

参考文献

- 1 云希俊等. 大气辐射传输模拟实验. 气象, 1989, 15(7): 42.
- 2 王松举等. 常温下 CO₂ 红外透过率的初步测定. 气象, 1990, 16(6): 21.
- 3 J. N. Howard et al., Infrared Transmission of Synthetic Atmospheres. II. Absorption by Carbon Dioxide, JOSA, 1956, 46(4): 237.
- 4 D. E. Burch et al., Total Absorptions of Carbon Monoxide and Methane in the Infrared, Appl. Opt., 1962, 1(15), 587.
- 5 J. M. Theriault et al., Atmospheric Transmission in the 2.8—5.5 μm Region, Description of Fourier Interferometer Transmission and Typical Result at Low Temperature, Appl. Opt., 1990, 29(25): 3654.
- 6 D. E. Burch., Absorption by H₂O in Narrow Windows between 3000 and 4200 cm⁻¹, AFGL-TR-85-0036, 1985.

Measurement and Calculation for Infrared Transmittance of CH₄

Wang Songgao Zhang Guangshun Zhu Shunbin

(National Satellite Meteorology Center, Beijing 100081)

Abstract

With FTIR spectroscopy and absorption cell infrared transmittance of CH₄ has been measured. Using FASCODE 2 program the transmittance of CH₄ has been calculated and compared with measurement.