

DF/HF 化学激光大气衰减的测量

吴际华 浦达生 陈小华 龚知本* 张荣耀 廉继友 刘建儒

(中国科学院安徽光机所)

(中国科学院大连化物所)

提要: 给出在实际大气中测量 DF/HF 化学激光若干谱线大气衰减的一些主要结果, 并与其他实验和理论结果进行了比较。

Measurement of atmospheric attenuation of DF/HF chemical laser radiation

Wu Jihua, Pu Dasheng, Chen Xiaohua, Gong Zhiben

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Zhang Rongyao, Lian Jiyou, Liu Jianyong

(Dalian Institute of Chemical Physics, Academia Sinica)

Abstract: In this paper we present the main results of the attenuation of some spectral lines of DF/HF chemical laser radiation, measured in the actual atmosphere. A comparison of our results with other theoretical and experimental work is made.

一、引言

已有若干工作者对 DF/HF 化学激光各谱线的大气气体分子吸收做了理论计算^[1~4]和实验室模拟测量^[4~6]。McClatchey 等人^[3]也给出了 3~5 微米这个谱区能见距离为 5 公里和 23 公里时气溶胶衰减的理论模式值, 但在实际大气中的测量资料很少。我们于 1981 年 8、9 月份在大连地区对 DF/HF 激光若干谱线进行了水平光程大气衰减测量, 同时对光程上的温度、压力、相对湿度、能见度以及气溶胶粒子浓度等要素进行了观测。

二、实验装置和测量方法

实验装置如图 1 所示。光源是中国科学院大连化物所提供的光栅选支脉冲 DF/HF 化学激光器, 单谱线输出能量为 0.1~1 毫焦耳, 脉冲宽度约为 2 微秒, 光束发散度小于 1.8 毫弧度。激光器发出的光束由分束板 BS_1 分成两束, 一束(参考光束)作为激光谱线监视和输出能量监测(由真空热电偶检测), 另一束(主光束)由反射镜 M_1 、 M_2 和 M_3 导入直径 30 厘米的卡塞格林式望远镜发射到大气中, 经 440 米传输后由直径 40 厘米的平面反射镜 M_4 来回发射端。最后用直径 32 厘米的球面反射镜 M_5 接收全部光束能

收稿日期: 1982 年 10 月 3 日。

* 参加本工作的还有李德华、李冀生。

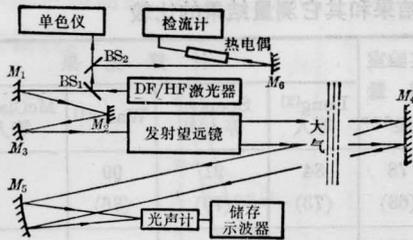


图1 实验装置示意图

量。并以光声计检测,光声信号的幅度由储存示波器显示。

实验在大连郊区进行。有效传输距离为880米,光程离地面平均高度约为20米,下垫面是山谷和草木。衰减测量期间气象要素的观测在光路的一端进行,能见度与气溶胶粒子采用安徽光机所制的“能见度仪”和“多道光电粒子计数器”进行测量,其它气象要素采用常规气象仪器观测。

为消除激光输出不稳定造成的误差,采用比值法测量透射率,即将反射镜 M_4 移到发射端,记录其传输距离 $L \approx 0$ 时真空热电偶的监测信号 S_0 和光声计的接收信号 S_1 :

$$S_0 = PA \quad (1)$$

$$S_1 = PB \quad (2)$$

然后记录经880米传输(反射镜 M_4 位于离发射端440米处)后的 S'_0 和 S'_1 :

$$S'_0 = P'A \quad (3)$$

$$S'_1 = P'BT \quad (4)$$

其中 P 是激光脉冲的能量, A 和 B 分别是与参考光路和主光路中光学元件、探测器灵敏度有关的常数, T 是880米光程上的透射率。由方程(1)~(4)可得:

$$T = S_0 S'_1 / S'_0 S_1 \quad (5)$$

根据朗伯定律,每公里的透射率可由下式求出:

$$t = T^{1/L} = T^{1/0.88} \quad (6)$$

三、结果和讨论

表1给出了透射率测量结果以及当时的

气象条件。表中所有测量资料都是在相似条件下多次测量的平均值,其中透射率测量的相对误差一般不大于 $\pm 7\%$ 。由于我们所测量的激光谱线,其主要吸收体为水气,其他大气成分的吸收比水气吸收小得多,可忽略不计^[9]。因此为比较起见,可对某些计算结果和测量结果做适当的水气含量订正,使之和我们当时测量的水气含量一致。由于测量时温度差别不大,订正时没有必要考虑温度效应。表中给出的就是经水气订正后的资料(未加括号的数据),它代表由分子吸收引起的衰减。在实际大气中,尚需考虑大气气溶胶的消光作用。我们根据文献[3]中给出的能见度为5公里的气溶胶衰减系数值,用下式估算了测量期间各能见距离时的气溶胶衰减系数:

$$\beta(\lambda, V) = \frac{\beta(\lambda, 5)}{(3.91/5)} \cdot \frac{3.91}{V} \quad (7)$$

其中 λ 是波长, V 是能见距离。然后把估算的气溶胶衰减系数与计算和实验室测量的分子吸收系数相加,并求其相应的透射率。这样计入气溶胶消光作用后的理论计算和实验室测量的每公里透射率在表中以加括号的数据给出。

从表1我们可以看到:①对于DF激光本测量结果与Long等人^[2]的计算结果基本一致,与White等人^[5]的实验室模拟测量以及美国海军实验室的野外测量结果^[7]也相近。虽然在 $P_2(8)$ 和 $P_2(9)$ 线上,表中给出的各个工作者的计算结果与测量结果差别不大,但对于 $P_1(8)$ 线和 $P_2(7)$ 线,Spencer等人^[4]、Wang^[11]以及McClatchey等人^[13]计算的透射率明显偏高,(2)对于HF激光,本测量结果与Watkins等人^[6]的实验室测量结果相当符合,Wang^[11]和McClatchey等人^[13]的计算结果均偏高,特别是Wang的计算结果似乎是不可信的。(3)DF激光的 $P_2(8)$ 和 $P_2(9)$ 线具有较好的传输性能,在一般晴好大气条件下每公里透射率可达90%以上。一

表1 本测量的每公里透射率 t (%)与计算结果和其它测量结果的比较

本测量日期	激光谱线	温度(°C)	水气分压力(托)	气溶胶浓度*(万个/升)	能见距离(公里)	本测量结果	国外野外测量结果**	实验室测量结果***	计算结果			
									Long ^[2] 等人	Spencer等人 ^[4]	Wang ^[1]	McClatchey等人 ^[3]
15/8/81	DF P ₁ (8)	27	21.8	10	5	61		78 (68)	84 (73)	91 (79)	99 (86)	
17/8/81	P ₁ (8)	28	22.2	5.5	8	79		77 (71)	84 (77)	91 (83)	99 (91)	
17/8/81	P ₂ (7)	28	22.1	5.5	8	78	80	82 (75)	86 (79)	93 (85)	98 (90)	94 (86)
18/8/81	P ₂ (7)	29	12.5	3.8	15	83	88	89 (85)	92 (88)	96 (92)	99 (94)	96 (92)
17/8/81	P ₂ (8)	28	22.1	5.5	8	90	92	93 (85)	95 (87)	96 (88)	98 (90)	99 (91)
18/8/81	P ₂ (9)	29	13.6	3.4	20	92		94 (91)	96 (93)	97 (94)	99 (96)	93 (94)
1/9/81	HF P ₂ (8)	26	17.2	18	3.5	13		15 (12)			62 (48)	21 (16)
2/9/81	P ₂ (8)	24	12.4	10	5	19		26 (22)			71 (59)	32 (27)
3/9/81	P ₂ (7)	25	12.2	5.1	10	0.27		0.067 (0.062)				2.9 (2.6)

*) 只包括半径大于0.25微米的气溶胶粒子浓度。

**) 引自文献[8]。

***) DF激光资料引自 White 等人^[5]的工作; HF激光资料引自 Watkins 等人^[6]的工作。

般来说, DF激光的传输性能要比 HF激光好得多。由于 HF激光受2.7微米水气吸收带影响,在低层大气中有严重的衰减,即使其中透射率较高的 P₂(8)线,每公里的透射率也只有百分之十几。(4)对于透射率比较高的 DF激光各谱线,即使在一般晴好大气条件下,大气气溶胶衰减仍然是一个不可忽略的因素。如果不作大气气溶胶衰减的订正,所有的计算结果都比我们测量结果偏高。(5)对于 DF激光 P₁(8)线,在水气分压力几乎相同的八月十五日和八月十七日,测量结果相差很大,已超过本身的测量误差。其原因尚未清楚,可能是气溶胶衰减的不确定性所致。

参 考 文 献

- [1] J. Y. Wang; *Appl. Opt.*, 1974, **13**, 56.
- [2] R. K. Long *et al.*; "Calculated Absorption Coefficients for DF Laser Frequencies", AD775373, 1973.
- [3] R. A. McClatchey *et al.*; "Atmospheric Attenuation of HF and DF Laser Radiation", AD747010, 1972.
- [4] D. L. Spencer *et al.*; *Appl. Opt.*, 1974, **13**, 2855.
- [5] K. O. White *et al.*; *Appl. Opt.*, 1978, **17**, 2711.
- [6] W. R. Watkins *et al.*; *Appl. Opt.*, 1979, **18**, 1532.
- [7] P. L. Kelley *et al.*; *Optical and Quantum Electronics*, 1976, **8**, 117.