震期岩层受热、力发生形变、破裂,新生应力线、微裂隙、活断裂和块体,直到应力突然释放,深部油气藏的微渗漏增强,烃类及 CO_2 等气体大量逸出,使地面大气中甲烷及其同系物和 CO_2 等形成高浓度异常,由于温室效应和气体分子受到瞬变电场轰击等,导致地面增温并辐射热红外光谱,从而同步地形成卫星热红外异常增温的宏观现象。

3 结论

(1) 首次系统、定点、长期观测和采样测试,查明了我国东部和海域低层大气中甲烷及其同系物的分布。在油气区与非油气区、地震活动期与正常时期,其浓度有明显差别。

(2) 分析数据表明在距离中强地震震中250 km左右地区内,地震前后油气区低层大气出现高于平均值2倍多的甲烷异常及乙烷-丁烷等高浓度异常,同时伴有 CO_2 异常(高于平均值2.6倍);非油气区一般仅有 CO_2 异常,明显缺乏乙烷-丁烷异常。

(3) 资料及有关事实均表明,低层大气中甲烷及其同系物高浓度与深部油气藏密切相关,是地下油气赋存的重要标志之一,地震活动的激发和地球放气,促使油气微渗漏作用大大加剧,油气藏中有关气体大量逸出是甲烷系列气体高浓度的主要原因。

(4) 低层大气中甲烷及其同系物高浓度异常可以作为油气化探的重要指标之一加以利用。

致谢 十分感谢海洋石油总公司蔺殿忠、胜利油田刘鸿祥、东海石油公司陶建伟以及中国地质科学院海洋地质研究所郭振轩和中国地质科学院化探中心陈炜等高级工程师的指导和帮助。本工作为国家自然科学基金(批准号:49271054)资助项目。

参 考 文 献

- 1 强祖基, 侯常恭, 黄福林, 等. 寻找油气富集带的遥感找矿新方法——卫星热红外探测技术. 科学通报, 1992, 37(24): 2 259~ 2 262
- 2 王跃思, 王明星, 郑循华, 等. 北京大气甲烷浓度及其变化. 科学通报, 1994, 39(14): 1 306~ 1 308

(1997-06-03 收稿, 1997-10-10 收修改稿)

水云的短波光学性质参数化研究

汪宏七 赵高祥

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘要 在根据观测资料建立的各种水云滴谱模式的基础上,研究了水云微物理性质与光学性质的关系,对不同水云光学性质参数化方案进行了分析,提出了新的窄带云光学性质参数化方案,与只包括有效半径的参数化方案相比,同时用云滴谱的有效半径和平均半径的参数化能较好考虑小云滴的作用,精度有明显的提高。

关键词 水云 滴谱 光学性质 参数化

1 云光学性质参数化

云在地气系统的能量平衡中起着重要作用,是地球气候的一个主要调节者。Cess 等人^[1]

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1998-43-16-1771>

对19个GCM的试验表明,仅由于模式中云的处理的不同就可造成气候灵敏度参数有明显的差别,云的反馈作用在中等的负反馈到强的正反馈之间.因此,在环流模式中更为合理正确地处理云的作用是当前各国科学家关注和迫切要解决的问题.

云的消光系数、单次散射反照率和不对称因子是决定云辐射性质的最重要的光学参数,它们是由云的微物理性质确定的.对水云,单个云滴的散射和吸收性质可由Mie理论给出,在云滴谱分布已知的情况下就可算出云的积分光学性质.但Mie散射计算是非常费时间的,因此,在环流模式中云的光学性质需要用参数化的方法来计算.Slingo等人^[2]和Slingo^[3]的云光学性质参数化方案,除了云的液态水含量,还考虑了云滴谱的有效半径,在GCM中得到了较为广泛的应用.但这种建立在大滴近似基础上的参数化方案不能很好考虑云中大量存在的小云滴的作用,Hu等人^[4]则考虑了云光学性质与云滴谱有效半径之间的非线性关系.在Slingo等人^[2]的工作中,只用了8种典型的云滴谱模式,这就有可能影响到建立的参数化模式在不同情况下的适用性;另外,他们作为宽带云光学性质参数化基础的24波段的结果本身并不十分精确.因此,把0.2~0.4 μm的整个太阳光谱区分成180个窄波段,并用了国内外对不同地区不同时间的水云观测资料总结拟合得到的124个云滴谱模式^[2,5~13],以期有更广泛的代表性.这些云滴谱分布 $n(r)$ 可分别用修改的 γ 谱分布

$$n(r) = Ar^a \exp(-Br^b) \quad (1)$$

或对数正态分布

$$n(r) = \frac{N_0}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln r - \ln r_c)^2\right] \quad (2)$$

来描述, $n(r)$ 为在半径 r 处单位体积单位半径长度间隔中的粒子数,式中的参数(A , α , B , b)和(N_0 , σ , r_c)决定了云滴谱分布的形状.定义云滴谱的平均半径 r_m 和有效半径 r_e 分别为

$$r_m = \int_0^\infty r n(r) dr / \int_0^\infty n(r) dr \quad (3)$$

和

$$r_e = \int_0^\infty r^3 n(r) dr / \int_0^\infty r^2 n(r) dr. \quad (4)$$

对云滴谱分布为 $n(r)$ 的云,单个云滴的光学性质可由Mie散射计算得到,然后,云的消光系数 β_e ,散射系数 β_s 和不对称因子 g 就可用数值积分方法算出.单次散射反照率 ω_0 则为

$$\omega_0 = \beta_s / \beta_e. \quad (5)$$

当云滴半径 $r \gg \lambda$ 时,消光效率趋近于2,这就是所谓的“大滴近似”.这时,消光系数可近似为

$$\beta_e = \frac{3}{2} \frac{LWC}{\rho_e}, \quad (6)$$

式中 r_e 为有效半径, ρ 为云水密度, LWC 为云水含量.(6)式表明在大滴近似下云的消光系数和有效半径之间有简单的反比关系.在太阳光谱区对消光有重要贡献的云滴的半径一般比波长小,因此,Slingo等人^[2]提出了水云光学性质参数化公式

$$\frac{\beta_e}{LWC} = a + b/r_e, \quad (7)$$

$$1 - \omega = c + dr_e, \quad (8)$$

对 124 个不同的云滴谱分布, 计算了在 $0.2 \sim 4.0 \mu\text{m}$ 太阳光谱区的 180 个窄波段的消光系数、单次散射反照率和不对称因子. 在图 1 中给出了计算得到的一些波长上, 单位云水含量上的消光系数 β_e/LWC , 余单次散射反照率 $1 - \omega_0$ 和不对称因子 g 相对于 Mie 散射计算的均方根误差, 用符号“○”表示.

考虑到大滴近似得到的简单的关系式不能很好地描述小云滴的作用, 用如下的多项式来对云的光学性质作参数化计算:

$$\frac{\beta_e}{LWC} = a_1 r_e + b_1 + c_1/r_e + d_1/r_e^2, \quad (10)$$

$$1 - \omega_0 = a_2 r_e + b_2 + c_2/r_e + d_2/r_e^2, \quad (11)$$

$$g = a_3 r_e + b_3 + c_3/r_e + d_3/r_e^2. \quad (12)$$

相应的结果在图 1 中用符号“+”表示, 可以看到用(10)~(12)式比用(7)~(9)式得到的 3 个重要的光学参数都有明显的改进.

从有效半径 r_e 的定义, 它是云滴谱的 3 次矩与 2 次矩之比, 小云滴的贡献相对是很小的, 因此只用有效半径的参数化公式未必能很好考虑小云滴的作用; 而由平均半径的定义可见, 每个云滴都具有相同的权重. 因此, 在(10)~(12)式的基础上增加了二项与平均半径有关的项, 以期能较好的反映小云滴的作用:

$$\frac{\beta_e}{LWC} = a_1 r_e + b_1 + c_1/r_e + d_1/r_e^2 + e_1 r_m/r_e + f_1 r_m, \quad (13)$$

$$1 - \omega_0 = a_2 r_e + b_2 + c_2/r_e + d_2/r_e^2 + e_2 r_m/r_e + f_2 r_m, \quad (14)$$

$$g = a_3 r_e + b_3 + c_3/r_e + d_3/r_e^2 + e_3 r_m/r_e + f_3 r_m, \quad (15)$$

用(13), (14)和(15)式的参数化公式计算得到的结果在图 1 中用符号“×”表示, 在绝大多数情况下, 其结果比用(10), (11)和(12)式又有进一步的改进.

2 云中的辐射通量的计算

为了检验云光学性质参数化计算对云辐射性质的影响, 对垂直方向分成 4 层, 云水含量 (g/m^3)、有效半径 (μm)、平均半径 (μm) 和厚度 (km) 分别为 (0.352, 11.3, 8.2, 0.04)、(0.435, 11.3, 8.2, 0.12)、(0.289, 7.3, 5.6, 0.13) 和 (0.023, 7.3, 5.6, 0.05) 的不均匀层云, 分别用 Mie 理论和参数化公式(13)~(15)计算了各云层的光学性质, 再用离散坐标法计算了在太阳天顶

$$g = e + f r_e. \quad (9)$$

图 1 用 3 种不同的参数化方案计算的云光学性质的均方根误差比较

角为 0° , 地面反照率为0.0时, 云层中整个太阳光谱区的辐射通量, 结果给出在表1中: $F_{\text{dir}} \downarrow$, $F_{\text{dif}} \downarrow$, $F \downarrow$ 和 $F \uparrow$ 分别表示直接向下, 漫射向下, 总的向下和总的向上辐射通量. 可以看到, 根据参数化公式(13)~(15)计算的光学性质得出的云顶、云底和云中的辐射通量与精确计算得到的结果十分一致. 在表2中给出用 Mie 散射和不同参数化方案计算云的光学性质后得到的云层的整体辐射性质, 无论是云的反照率、透过率和云中的吸收率, 根据二参数光学性质参数化计算得到的结果与精确计算的结果符合得最好.

表1 云中不同层上的辐射通量(单位: W/cm^2)

	层	$F_{\text{dir}} \downarrow$	$F_{\text{dif}} \downarrow$	$F \downarrow$	$F \uparrow$
Mie	1	0.135 995E+ 04	0.0	0.135 995E+ 04	0.719 489E+ 03
	2	0.188 280E+ 03	0.120 887E+ 04	0.139 715E+ 04	0.789 765E+ 03
	3	0.125 141E+ 00	0.104 757E+ 04	0.104 769E+ 04	0.507 701E+ 03
	4	0.338 512E- 04	0.541 001E+ 03	0.541 001E+ 03	0.195 897E+ 02
	5	0.263 395E- 04	0.521 204E+ 03	0.521 204E+ 03	0.0
(13)~(15)式	1	0.135 995E+ 04	0.0	0.135 995E+ 04	0.719 433E+ 03
	2	0.188 434E+ 03	0.120 868E+ 04	0.139 712E+ 04	0.789 654E+ 03
	3	0.125 573E+ 00	0.104 716E+ 04	0.104 728E+ 04	0.507 160E+ 03
	4	0.343 286E- 04	0.541 225E+ 03	0.541 225E+ 03	0.195 682E+ 02
	5	0.267 185E- 04	0.521 450E+ 03	0.521 450E+ 03	0.0

表2 整层云的反射率、透过率和吸收率(百分含量)

	反射率	透过率	吸收率
Mie	52.91	38.33	8.77
(7)~(9)式	53.69	37.58	8.73
(10)~(12)式	53.26	37.99	8.75
(13)~(15)式	52.90	38.34	8.76

从以上讨论可知, 云滴谱分布对云的光学性质和辐射性质有决定性的影响, 但由大滴近似表明, 在众多的云微物理参数中, 云滴谱的有效半径在决定云的光学性质中有着重要的作用. 在此基础上建立的云光学性质参数化方案, 形式简单并具有很大的实用价值. 但由对各种不同云滴谱的云的光学性质的精确计算表明, 基于大滴近似得到的云消光系数与有效半径的倒数之间的线性关系, 以及云的单次反照率和不对称因子与有效半径之间的线性关系并不总是很好的. 这一方面说明了在云辐射参数化中, 考虑的云滴谱的类型必须有广泛的代表性, 得到的参数化方案才能有更好的适应性; 另一方面也说明这种简单的参数化方案不能很好考虑小云滴的影响, 还有改进的必要. 用关于云滴谱有效半径的多项式代替简单的线性关系, 可以使云光学性质参数化的精度有明显提高, 而同时用有效半径和平均半径的两参数的参数化方案, 有助于较好考虑小云滴的影响, 可有更高的精度. 因此, 它可作为进一步建立用于环流模式中的宽带云光学性质参数化的基础.

致谢 本工作作为国家自然科学基金(批准号:49675248)资助项目.

参 考 文 献

- 1 Cess R D, Potter G L, Blanchet J P, et al. Intercomparison and interpretation of climate feedback processes in 19 atmospheric general circulation models. J Geophys Res, 1990, 95: 16 601~ 16 615
<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1998-43-16-1771>

- 2 Slingo A, Schrecker H M. On the shortwave radiative properties of stratiform water clouds. *Quart J R Met Soc*, 1982, 108: 407~ 426
- 3 Slingo a. A GCM parameterization for the shortwave radiative properties of water clouds. *J Atmos Sci*, 1989, 46: 1 419~ 1 427
- 4 Hu Y X, Stamnes K. An accurate parameterization of the radiative properties of water clouds suitable for use in climate models. *J Climate*, 1993, 6: 728~ 742
- 5 Asano S, Shiobara M, Nakanishi Y, et al. Western North_Pacific Cloud_Radiation Experiment, Progress Report of WCRP in Japan. 3. Clouds and Radiation. Nagoya Univ Sept. 1992. 19~ 49
- 6 Stephens G L. Radiation profiles in extended water clouds. I. Theory *J Atmos Sci*, 1978, 35: 2 111~ 2 122
- 7 Welch R M, Cox S K, Davis J M. Solar radiation and clouds. *Meteorological Monograph* 17, American Meteorological Society, 1980. 3~ 42
- 8 Chylek P, Damiano P. Polynomial approximation of the optical properties of water clouds in 8~ 12 μm spectral region. *J Appl Meteor*, 1992, 31: 1 210~ 1 218
- 9 Hunt G E. Radiative properties of terrestrial clouds at visible and infrared thermal window wavelengths. *Quart J Roy Met Soc*, 1973, 99: 346~ 369
- 10 Perez C A, Martinez D, Petrov V V. Microstructure, mixing and turbulence in cumulus clouds over Cuba and the Caribbean sea. *Proceedings of WMO Workshop on Cloud Microphysics and Applications to Global Change*, WMP Report No. 19, 10~ 14 Aug. Toronto, Canada, 1992. 245~ 256
- 11 Leitch W R, Johnson D W, Korolev A V. Panel report on data summaries, *Proceedings of WMO Workshop on Cloud Microphysics and Applications to Global Change*, WMP Report No. 19, 10~ 14 Aug. Toronto, Canada, 1992. 301~ 307
- 12 谷福印, 马培民, 游来光, 等. 准噶尔盆地低云研究. 见: 全国云物理和人工影响天气会议文集. 北京: 气象出版社, 1989. 18~ 23
- 13 吴 兑. 宁夏夏季降水性层状云的微物理特征. 见: 全国云物理和人工影响天气会议文集. 北京: 气象出版社, 1989. 24~ 34

(1997-11-21 收稿, 1998-03-09 收修改稿)

鼎湖山自然保护区森林土壤 ^{14}C 测定 及 ^{14}C 示踪初步研究

沈承德 刘东生^(四) 彭少麟^(四) 孙彦敏 姜漫涛
易惟熙 邢长平 高全洲 李志安^(四) 周国逸^(四)

(中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; ^(四)中国科学院华南植物研究所, 广州 510650;
^(四)中国科学院地质研究所, 北京 100029)

摘要 鼎湖山庆云寺、五棵松两森林土壤剖面有机碳均含快慢变化两组分、两剖面 $\Delta^{14}\text{C}$ 值均随深度增加而减少. 五棵松剖面 $\Delta^{14}\text{C}$ 值在 30~ 40 cm 层位锐减, 表明大约 1 560 aBP 该剖面附近地质环境发生过大的变动. ^{14}C 表观年龄表明, 五棵松周围针叶阔叶混交林是在 425 aBP 的土壤上发育起来的, 与历史记载吻合. 庆云寺、五棵松两剖面核试验产生的 ^{14}C 的穿透深度分别为 10 和 20 cm.

关键词 鼎湖山 森林土壤 ^{14}C 示踪 ^{14}C 表观年龄

陆地生态系统由土壤圈和植被组成, 它处于大气圈和岩石圈界面, 不断地与大气圈、岩石

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1998-43-16-1771>