

王金虎,金文雨,王宇豪,等.在特定环境中气溶胶组分光学特性的分析[J].江西师范大学学报(自然科学版) 2022 46(5): 481-488.

WANG Jinhua, JIN Wenyu, WANG Yuhao, et al. The analysis of the optical properties of aerosol components in three particular environments [J]. Journal of Jiangxi Normal University(Natural Science) 2022 46(5): 481-488.

文章编号: 1000-5862(2022)05-0481-08

在特定环境中气溶胶组分光学特性的分析

王金虎^{1 2 3 4}, 金文雨^{1 2}, 王宇豪^{1 2}, 蔡嘉晗^{1 2}, 谢槟泽^{1 2}

(1. 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 江苏 南京 210044; 2. 中国气象局气溶胶与云降水重点开放实验室, 江苏 南京 210044; 3. 中国科学院中层大气和全球环境探测重点实验室, 北京 100029; 4. 南京信息工程大学安全应急管理研究院, 江苏 南京 210044)

摘要: 基于 Mie 散射的 OPAC 软件包, 分析了在激光雷达探测气溶胶时的 3 种特定环境(大陆洁净、大陆污染、海上污染)下各种气溶胶组分对光学特性(消光系数、散射系数、吸收系数、激光雷达比)的影响, 对比了在 550、1 000 nm 这 2 个波长下的变化规律. 研究表明: 在 550、1 000 nm 这 2 个波长下不同环境中气溶胶组分的消光系数、散射系数随水滴数浓度的增加均呈线性递增, 大陆洁净型和大陆污染型气溶胶环境的吸收系数变化均比较缓慢. 在海上污染型气溶胶环境中, 当气溶胶组分为积聚模态海盐和粗模态海盐时, 水滴数浓度的变化率为 0, 这表明在这 2 种气溶胶组分环境下, 吸收系数不随水滴数浓度的变化而变化; 激光雷达比受雷达波长和气溶胶环境组分 2 个因素的影响, 该值在大陆污染型气溶胶环境下的变化最为明显, 在水溶性和非水溶性组分下大幅递减, 而在煤烟组分下大幅递增.

关键词: Mie 散射; OPAC 软件包; 气溶胶; 光学特性

中图分类号: P 407.5 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2022.05.07

0 引言

气溶胶是指漂浮在大气中所有颗粒物的总称^[1-5]. 气溶胶分布在各个领域, 深入研究气溶胶的光学特性对激光雷达的遥感探测具有重要意义. 气溶胶的探测主要分为卫星被动遥感和激光雷达主动遥感^[6-7]. 由于激光波长位于光波波段, 其大小尺度与气溶胶粒子直径接近, 所以大气气溶胶粒子对激光会产生较强的散射光^[8-10]. 目前, 激光雷达凭借其高分辨率、高隐蔽性、较强的抗扰力、低空探测性能好、占用空间小、质量较轻等特点, 已成为测量大气气溶胶的重要技术手段和工具^[11-12]. 国内相关学者已基于 Mie 散射激光雷达研究了气溶胶的光学特性, 如孙景群等^[13]运用多波长激光雷达来探测得到消光系数; 王向川等^[14]通过对实际大气气溶胶和云

雾粒子的光学特性换算, 得到了气溶胶各组分在典型状态下云雾粒子的激光雷达比; 文献[15]计算了在 2 种波段下, 在一般大陆、沙漠和洁净海洋 3 种典型的气溶胶环境中各组分浓度对光学参数的影响; 文献[16]计算了在 532 nm 激光雷达波段下, 在卷云环境中 3 种典型冰晶的消光系数、光学厚度、激光雷达比随冰晶数浓度的变化规律; 文献[17]分析了在 5 种特定环境中水云和雾在 550 nm 和 1 500 nm 激光雷达波段下的消光系数、散射系数、吸收系数、激光雷达比随水滴数浓度的变化规律; 李红旭等^[18]借助激光雷达方程、Mie 散射原理等理论方法, 探究了微物理特性与气溶胶光学特性之间的联系, 并采用正则化算法定量反演在气溶胶粒子谱分布中所出现的问题; 赵虎等^[19]借助粒子谱仪测得近地层气溶胶尺度谱分布并利用 Mie 散射理论和低层大气指数衰减规律, 校准了多波长激光雷达消光系数廓线近场

收稿日期: 2022-04-17

基金项目: 国家自然科学基金(41905026), 江苏省自然科学基金(BK20170945), 南京信息工程大学人才启动基金(2016r028), 中国博士后科学基金第 63 批面上课题(2018M631554)和江苏省 333 工程高层次人才(第 3 层次)资助项目.

作者简介: 王金虎(1987—), 男, 江苏南通人, 教授, 博士, 主要从事粒子散射理论计算与测量以及微波遥感研究. E-mail: goldtigerwang@nuist.edu.cn

信号. 上述文献在通过 Mie 散射激光雷达研究气溶胶时, 仅对某种环境下少数的光学特性加以分析, 而对大陆洁净、大陆污染、海上污染类型气溶胶环境在不同波段下的光学特性缺乏研究讨论. 因此, 本文利用 Mie 散射的 OPAC 软件分析了激光雷达探测气溶胶的大陆洁净(典型气溶胶组分为水溶性、不溶性)、大陆污染(典型气溶胶组分为水溶性、不溶性、煤烟)、海上污染(典型气溶胶组分为水溶性、积聚模态海盐、粗模态海盐、煤烟)气溶胶组分对光学特性(消光系数、散射系数、吸收系数、激光雷达比)的影响, 并进一步对比了在 550、1 000 nm 这 2 种激光雷达波段下光学特性的变化规律.

1 理论分析

在考虑单位体积中多粒子总散射时, 可应用在独立散射条件下总散射为各粒子散射之和的原理, 若在单位体积中空气分子的数密度为 N , 其散射、吸收和消光截面分别为 σ_{sc}^m 、 σ_{ab}^m 和 σ_{ex}^m , 气溶胶的谱分布为 $n(r) dr$, 则单位体积空气总的散射系数、吸收系数和消光系数^[20] 分别为

$$k_{sc} = N\sigma_{sc}^m + \int \sigma_{sc}(r) n(r) dr,$$

$$k_{ab} = N\sigma_{ab}^m + \int \sigma_{ab}(r) n(r) dr,$$

$$k_{ex} = N\sigma_{ex}^m + \int \sigma_{ex}(r) n(r) dr,$$

其中 σ_{sc} 是散射截面, 其表示粒子散射光的总能量,

它反映了粒子的散射特性.

$$\sigma_{sc} = \int_{\Omega} \sigma(\theta, \varphi) d\Omega,$$

其中 $\sigma(\theta, \varphi)$ 为粒子的散射函数, 它表示当单位光强入射时, 在单位距离上所测到的散射光强度, 即在单位光强入射时, 粒子散射到 (θ, φ) 方向的单位立体角内的光能量. 在很多情况下, 由于粒子的对称性, 所以散射函数仅和散射角 θ 有关.

与散射截面相对应的还有吸收截面 σ_{ab} 和消光截面 σ_{ex} , 吸收截面反映粒子吸收的特性, 而消光截面表示粒子散射截面和吸收截面的总量^[21]:

$$\sigma_{ex} = \sigma_{sc} + \sigma_{ab}.$$

激光雷达比的定义为 $L = \sigma_e/p(180)$, 其中 σ_e 为消光系数, $p(180)$ 为方位角在 180° 时的散射系数.

2 OPAC 软件仿真

OPAC 软件是由德国慕尼黑大学和马克思普朗克气象学研究所(MPI)共同研发的气溶胶与云光学特性软件包^[22]. 该软件包提供了 6 种类型的水云、3 个冰云和 10 个气溶胶成分的微物理光学特性, 模拟波长范围为 0.25 ~ 40.00 μm . 本文选定 OPAC 提供的大陆洁净、大陆污染、海上污染 3 种气溶胶环境进行仿真计算分析, 气溶胶组分数浓度如表 1 所示, 选用的激光雷达波长分别为 550 nm 和 1 000 nm, 相对湿度为 50%.

表 1 3 种特定气溶胶环境的组分及其默认数浓度

气溶胶环境	组分	粒子数浓度/ cm^{-3}	组分粒子数浓度/所有粒子数浓度
大陆洁净	所有粒子	5 200.000 0	1.000 000 0
	水溶性	2 600.000 0	0.500 000 0
	不溶性	2 600.000 0	0.500 000 0
大陆污染	所有粒子	50 000.600 0	1.000 000 0
	水溶性	15 700.000 0	0.313 996 2
	不溶性	0.600 0	0.000 012 0
	煤烟	34 300.000 0	0.685 991 8
海上污染	所有粒子	9 000.003 2	1.000 000 0
	水溶性	3 800.000 0	0.422 222 1
	积聚模态海盐	20.000 0	0.002 222 2
	粗模态海盐	0.003 2	0.000 000 4
	煤烟	5 180.000 0	0.575 555 4

3 实验结果及其分析

3.1 消光系数

图 1 ~ 图 3 为在 500 nm 和 1 000 nm 这 2 种激

光雷达波长下, 在大陆洁净型、大陆污染型、海上污染型 3 种特定环境中消光系数的变化情况. 在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下 3 种气溶胶环境的消光系数对水滴数浓度的变化率如表 2 所示.

图 1 结果表明: 在大陆洁净型气溶胶环境中,

2 种组分在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的消光系数变化幅度分别为 1.579%、0.526% (水溶性)、2 209.160%、2 350.210% (非水溶性)。因此,在大陆洁净型气溶胶环境中,在 2 种激光雷达波长下均是非水溶性组分对消光系数的影响更大,而水溶性组分的影响相对较小。图 2 结果表明:在大陆污染型气溶胶环境中,3 种组分在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的消光系数变化幅度分别为 9.995%、3.603% (水溶性)、0.505%、0.542% (非水溶性)、1.900%、0.846% (煤烟)。因此,在大陆洁净型气溶胶环境中,在 2 种激光雷达波长下均为水溶性组分对消光系数的影响最大,煤烟组分对消光系数的影响次之。在非水溶性组分中,在

波长为 550 nm 和 1 000 nm 下的定性情况基本相同。图 3 结果表明:在海上污染型气溶胶环境中 4 种组分在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的消光系数变化幅度分别为 2.421%、0.872% (水溶性)、5.024%、5.072% (积聚模态海盐)、0.046%、0.047% (粗模态海盐)、0.287%、0.128% (煤烟)。因此,在海上污染型气溶胶环境中,在 2 种激光雷达波长下均为积聚模态海盐组分对消光系数的影响最大;在粗模态海盐组分中,在波长为 550 nm 和 1 000 nm 下的定性情况基本相同。对于水溶性和煤烟组分而言,在波长 1 000 nm 下消光系数对水滴数浓度的变化率大于在波长 550 nm 下消光系数对水滴数浓度的变化率。

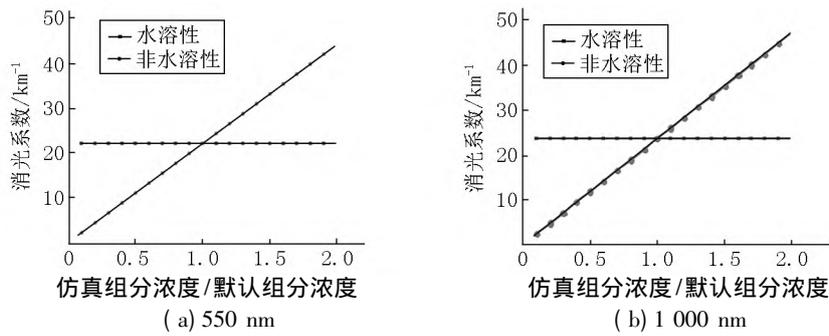


图 1 大陆洁净型气溶胶环境

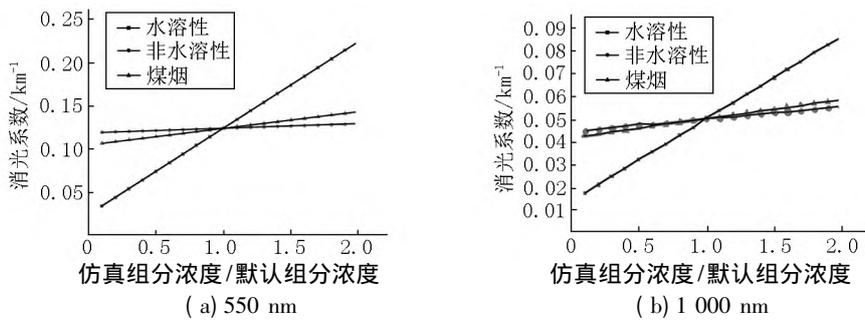


图 2 大陆污染型气溶胶环境

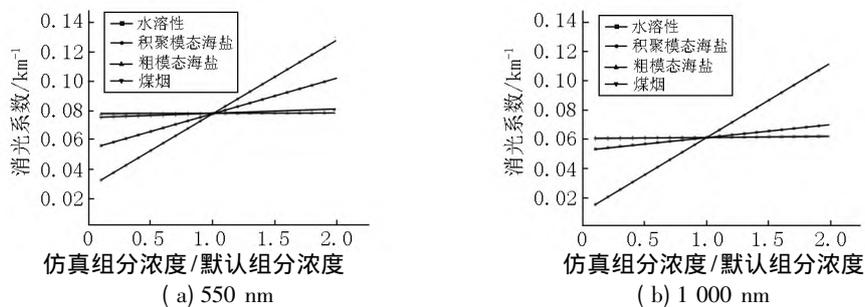


图 3 海上污染型气溶胶环境

表 2 在激光雷达波长为 500 nm 和 1 000 nm 下 3 种气溶胶环境的消光系数对水滴数浓度的变化率

波长/nm	变化率/%								
	大陆洁净型气溶胶环境		大陆污染型气溶胶环境			海上污染型气溶胶环境			
	水溶性	非水溶性	水溶性	非水溶性	煤烟	水溶性	积聚模态海盐	粗模态海盐	煤烟
550	1.579	2 209.160	9.995	0.505	1.900	2.421	5.024	0.046	0.287
1 000	0.526	2 350.210	3.603	0.542	0.846	0.872	5.072	0.047	0.128

3.2 散射系数

图4~图6为在500 nm和1 000 nm这2种激光雷达波长下在大陆洁净型、大陆污染型、海上污染

型3种特定环境中散射系数的变化情况.在激光雷达波长为550 nm和1 000 nm下3种气溶胶环境的散射系数对水滴数浓度的变化率如表3所示.

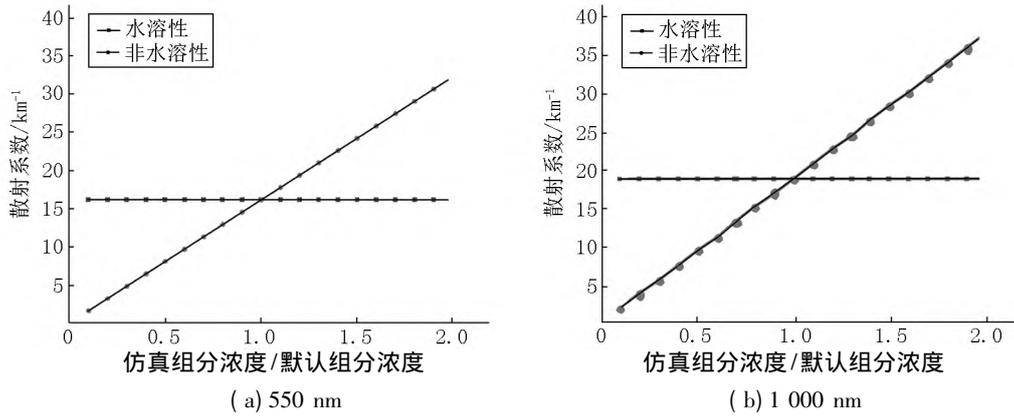


图4 大陆洁净型气溶胶环境

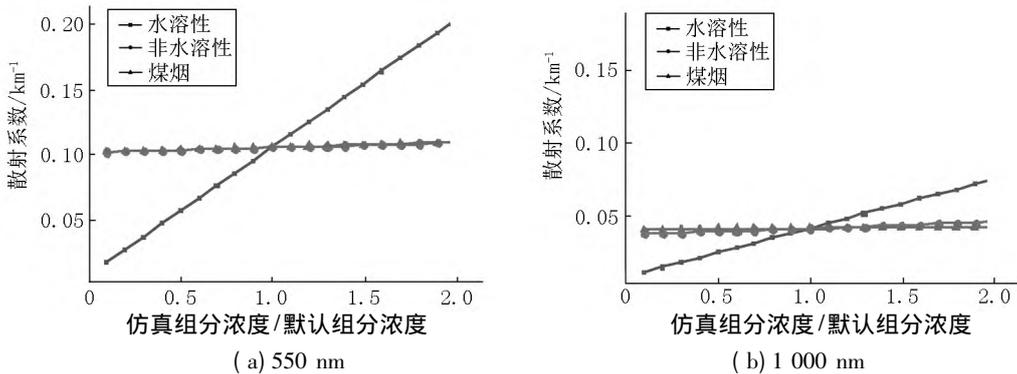


图5 大陆污染型气溶胶环境

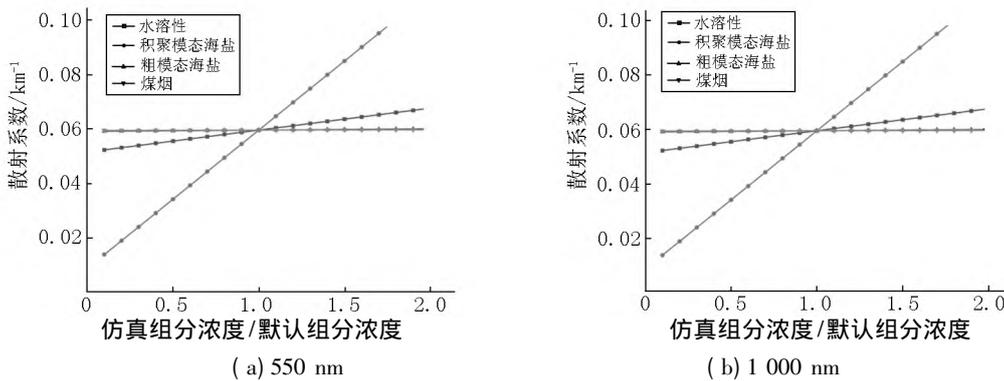


图6 海上污染型气溶胶环境

表3 在激光雷达波长为500 nm和1 000 nm下3种气溶胶环境的散射系数对水滴数浓度的变化率

波长/nm	变化率/%								
	大陆洁净型气溶胶环境		大陆污染型气溶胶环境			海上污染型气溶胶环境			
	水溶性	非水溶性	水溶性	非水溶性	煤烟	水溶性	积聚模态海盐	粗模态海盐	煤烟
550	1.579	1 612.684	9.761	0.374	0.400	2.363	5.026	0.046	0.059
1 000	0.526	1 889.211	3.328	0.436	0.842	0.806	5.073	0.047	0.012

表3结果表明:散射系数随组分浓度呈线性递增变化.对比图1~图3和图4~图6可知,散射系数随水滴数浓度变化的规律与消光系数随水滴数浓度变化的规律基本一致.

3.3 吸收系数

图7~图9为在500 nm和1 000 nm这2种激光雷达波长下在大陆洁净型、大陆污染型、海上污染型3种特定环境中吸收系数的变化情况.在2种激

光雷达波长下 3 种气溶胶环境的吸收系数对水滴数浓度的变化如表 4 所示.

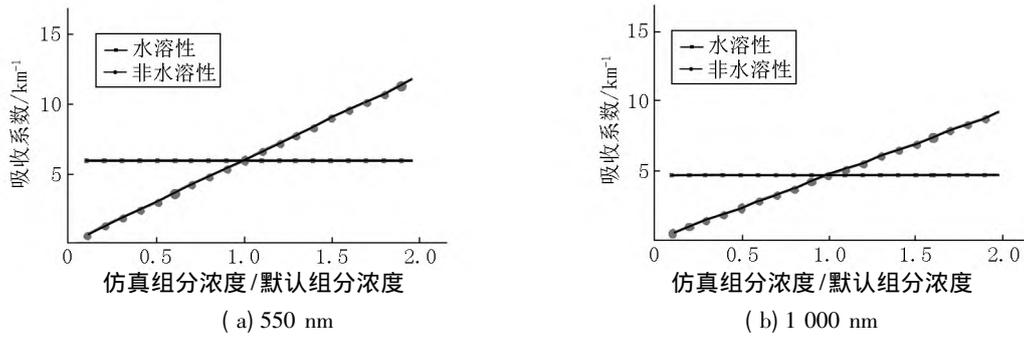


图 7 大陆洁净型气溶胶环境

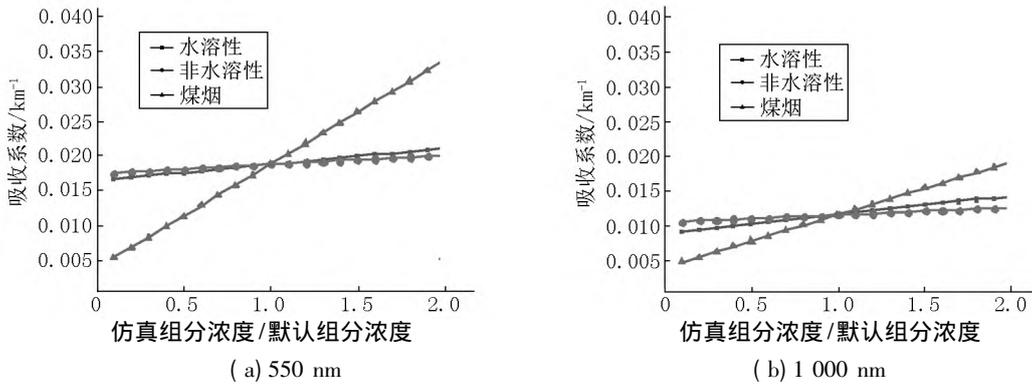


图 8 大陆污染型气溶胶环境

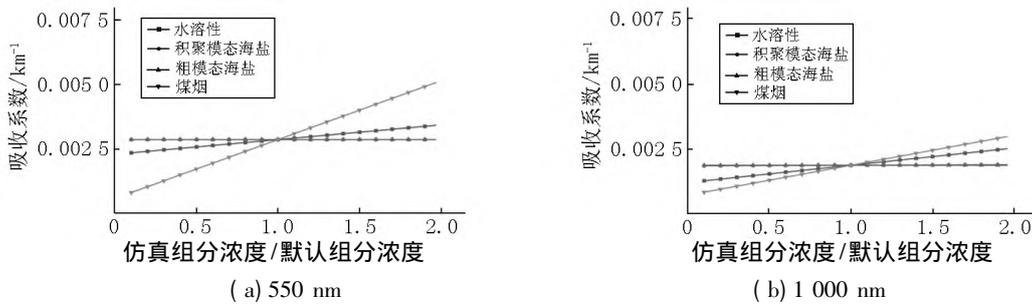


图 9 海上污染型气溶胶环境

表 4 在激光雷达波长为 500 nm 和 1 000 nm 下 3 种气溶胶环境的吸收系数对水滴数浓度的变化

波长/nm	变化率/%								
	大陆洁净型气溶胶环境		大陆污染型气溶胶环境			海上污染型气溶胶环境			
	水溶性	非水溶性	水溶性	非水溶性	煤烟	水溶性	积聚模态海盐	粗模态海盐	煤烟
550	0.053	596.484	0.235	0.137	1.503	0.057	0.000	0.000	0.227
1 000	0.053	460.979	0.276	0.106	0.765	0.067	0.000	0.000	0.115

表 4 结果表明: 在 2 种激光雷达波长下的吸收系数在 3 种环境中随组分数浓度的变化规律较复杂. 图 7 结果表明: 在大陆洁净型气溶胶环境中, 2 种组分在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的吸收系数变化幅度分别为 0.053%、0.053% (水溶性), 596.484%、460.979% (非水溶性); 在大陆洁净型气溶胶环境中, 在 2 种激光雷达波长下均是非水溶性组分对吸收系数的影响最大, 水溶性组分的影响能力相同并且相对较小. 图 8 结果表明: 在大陆污染型气溶胶环境中, 3 种组分在激光雷达波

长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的吸收系数变化幅度分别为 0.235%、0.276% (水溶性), 0.137%、0.106% (非水溶性), 1.503%、0.765% (煤烟); 在 2 种激光雷达波长下均是煤烟组分对吸收系数的影响最大, 水溶性组分对吸收系数的影响次之, 非水溶性组分对吸收系数的影响最小. 图 9 结果表明: 在海上污染型气溶胶环境中, 4 种组分在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的吸收系数变化幅度分别为 0.057%、0.067% (水溶性), 0.000%、0.000% (积聚模态海盐), 0.000%、0.000% (粗模态海盐),

0.227%、0.115% (煤烟) . 这说明当海上污染型气溶胶环境的组分为积聚模态海盐、粗模态海盐时, 吸收系数均无明显变化; 在 2 种激光雷达波长下均是煤烟组分对吸收系数的影响最大. 对于水溶性组分而言, 在波长 1 000 nm 下吸收系数对水滴数浓度的变化率均大于在波长 550 nm 下吸收系数对水滴数浓度的变化率.

3.4 激光雷达比

图 10 ~ 图 12 为在 2 种激光雷达波长下在大陆洁净型、大陆污染型、海上污染型 3 种特定环境中激光雷达比的变化情况. 在激光雷达波长为 550 nm、1 000 nm 下 3 种气溶胶环境的激光雷达比对水滴数浓度的变化如表 5 所示.

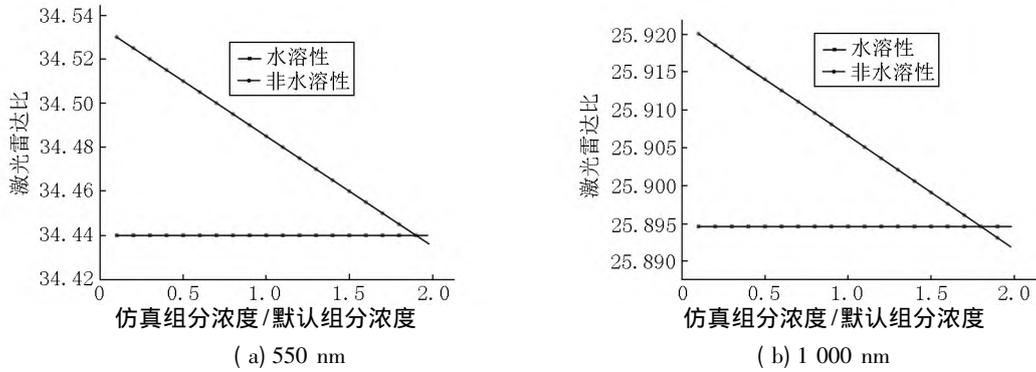


图 10 大陆洁净型气溶胶环境

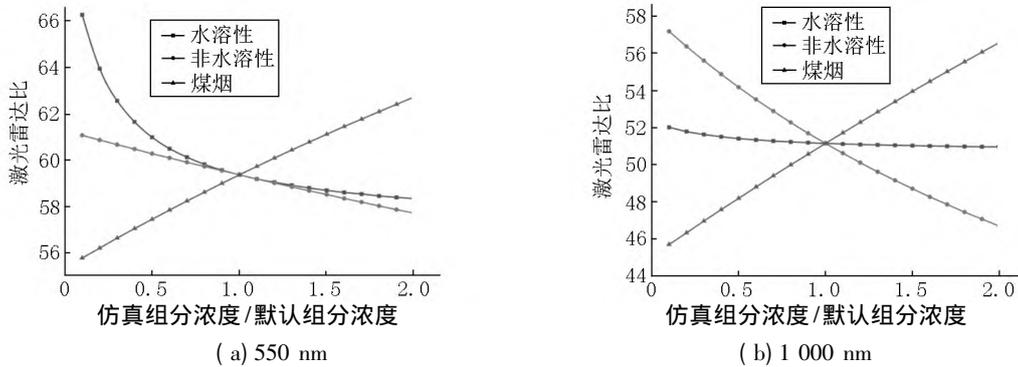


图 11 大陆污染型气溶胶环境

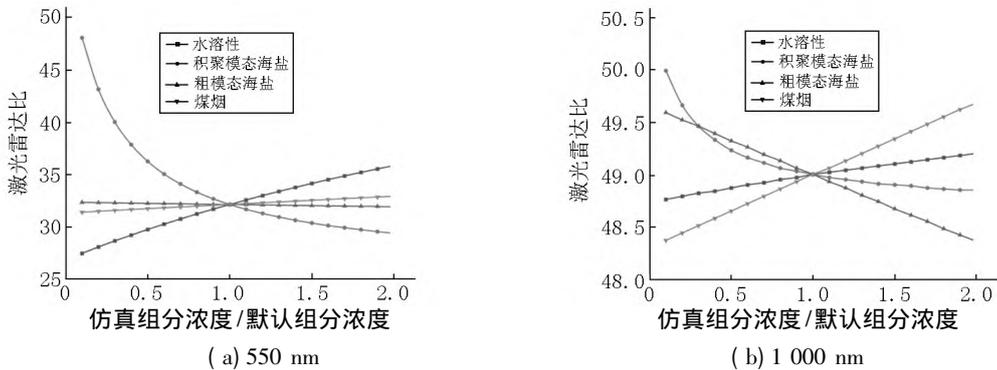


图 12 海上污染型气溶胶环境

表 5 在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下 3 种气溶胶环境的激光雷达比对水滴数浓度的变化

波长/nm	变化率/%								
	大陆洁净型气溶胶环境		大陆污染型气溶胶环境			海上污染型气溶胶环境			
	水溶性	非水溶性	水溶性	非水溶性	煤烟	水溶性	积聚模态海盐	粗模态海盐	煤烟
550	1.053	0.000	-417.368	-176.316	365.263	441.579	-983.158	-22.105	80.000
1 000	0.526	0.000	-55.789	-552.632	573.158	23.158	-60.000	-64.737	68.947

表 5 结果表明: 激光雷达比在 3 种环境中随组分浓度变化的变化规律更为复杂. 图 10 结果表明: 在

大陆洁净型气溶胶环境中 2 种组分在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的激光雷达比变化幅度分别为 1.053%、0.000% (水溶性), -5.263%、0.000% (非水溶性), 在大陆洁净型气溶胶环境中, 激光雷达比在水溶性组分下水滴数浓度线性递增, 而在非水溶性组分下保持不变, 这说明在大陆洁净型非水溶性组分气溶胶环境下, 激光雷达比不随水滴数浓度的变化而变化, 在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下均为水溶性组分对激光雷达比的影响最大. 图 11 结果表明: 在大陆污染型气溶胶环境中 3 种组分在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的激光雷达比变化幅度分别为 -417.368%、-55.789% (水溶性), -176.316%、-552.632% (非水溶性), 365.263%、573.158% (煤烟). 因此, 在大陆污染型气溶胶环境中, 激光雷达比在水溶性和非水溶性组分下水滴数浓度线性递减, 而在煤烟组分下线性递增, 且在波长 1 000 nm 下各个组分的激光雷达比对水滴数浓度的变化率均大于在波长 550 nm 下激光雷达比对水滴数浓度的变化率. 图 12 结果表明: 在海上污染型气溶胶环境中 4 种组分在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下引起的激光雷达比变化幅度分别为 441.579%、23.158% (非水溶性), -983.158%、-60.000% (积聚模态海盐), -22.105%、-64.737% (粗模态海盐), 80.000%、68.947% (煤烟). 因此, 激光雷达比在水溶性、煤烟组分下水滴数浓度线性递增, 而在积聚模态海盐、粗模态海盐组分下线性递减. 进一步研究表明: 在海上污染型气溶胶环境中水溶性组分对激光雷达比的影响最大, 在激光雷达波长为 550 nm 下尤为明显.

4 结论

基于 OPAC 软件包分析了在激光雷达波长为 550 nm 和 1 000 nm 下在大陆洁净、大陆污染、海上污染 3 种特定气溶胶环境中各组分浓度对 Mie 散射激光雷达光学参数的影响. 结果表明:

1) 消光系数、散射系数变化随水滴数浓度呈线性增长, 吸收系数和激光雷达比则表现复杂. 相比其他 3 种光学特性, 吸收系数在 3 种气溶胶环境的各个组分中变化平稳, 尤其在海洋污染型气溶胶环境中积聚模态海盐和粗模态海盐组分的水滴数浓度变化率为 0.000%, 几乎没有任何波动.

2) 在大陆洁净型气溶胶环境中非水溶性组分的光学特性变化明显; 在大陆污染型气溶胶环境中

非水溶性组分和在海上污染型气溶胶环境中煤烟组分表现都较为稳定, 呈现逐步递增的趋势.

3) 激光雷达比受到雷达波长和气溶胶环境组分 2 个因素的影响, 所呈现的变化规律更为复杂. 在大陆洁净型气溶胶环境下水溶性和非水溶性组分分别呈现递增和递减的趋势, 而在大陆污染型气溶胶环境下, 煤烟组分在 2 种激光雷达波长下激光雷达比均呈对数递增, 而水溶性和非水溶性组分均呈线性递减; 在海上污染型气溶胶环境下对激光雷达比影响最大的是积聚模态海盐组分, 该值在 2 种激光雷达波长下单调递减.

5 参考文献

- [1] 徐俊杰, 卜令兵, 刘继桥, 等. 机载高光谱分辨率激光雷达探测大气气溶胶的研究 [J]. 中国激光, 2020, 47(7): 411-420.
- [2] 麻晓敏, 陶宗明, 单会会, 等. 激光雷达探测对流层气溶胶消光系数的统计分布 [J]. 光学学报, 2020, 40(11): 28-36.
- [3] TAO Zongming, SHAN Huihui, ZHANG Hui, et al. Development of lidar system based on one wavelength emission and five channel receivers [J]. 红外与激光工程, 2017, 46(10): 1030002-1030008.
- [4] 韩永, 王体健, 饶瑞中, 等. 大气气溶胶物理光学特性研究进展 [J]. 物理学报, 2008, 57(11): 7396-7407.
- [5] 王浩然. 大气气溶胶的辐射与气候效应研究 [J]. 科技创新导报, 2015, 12(35): 163-164.
- [6] 汪安璞. 大气气溶胶研究新动向 [J]. 环境化学, 1999, 18(1): 10-15.
- [7] 刘专, 吴朝辉, 胡静, 等. LIDAR 技术的发展及应用 [J]. 国土资源导刊, 2013, 10(10): 85-87.
- [8] 刘思含, 周春艳, 毛学军, 等. 大气气溶胶主动遥感探测应用技术进展 [J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(4): 131-135.
- [9] 伯广宇, 刘东, 王邦新, 等. 探测云和气溶胶的机载双波长偏振激光雷达 [J]. 中国激光, 2012, 39(10): 203-208.
- [10] 石玉立, 杨丰恺, 曹念文. MPL 反演南京北郊气溶胶光学厚度准确度的研究 [J]. 激光技术, 2015, 39(3): 372-376.
- [11] LIU Houtong, CHEN Liangfu, SU Lin. Theoretical research of Fernald forward integration method for aerosol backscatter coefficient inversion of airborne atmosphere detecting lidar [J]. Acta Physica Sinica, 2011, 60(6): 868-870.
- [12] 施百棋. 对流层气溶胶光学参数的 Rayleigh-Raman-Mie 激光雷达探测研究 [D]. 南京: 南京信息工程大学,

- 2021.
- [13] 孙景群, 张海福. 激光遥测大气气溶胶的尺度谱分布 [J]. 气象学报, 1982, 40(4): 483-489.
- [14] 王向川, 饶瑞中. 大气气溶胶和云雾粒子的激光雷达比 [J]. 中国激光, 2005, 32(10): 19-22.
- [15] 王金虎, 张炎, 陈钟荣, 等. 基于 OPAC 的典型环境中气溶胶组分的光学特性分析 [J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2019, 47(5): 55-63.
- [16] 王金虎, 蔡嘉晗, 张炎, 等. 基于 Mie 散射的卷云环境中冰晶光学特性分析 [J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2019, 43(5): 47-51.
- [17] 王金虎, 王宇豪, 蔡嘉晗, 等. 多种特定环境中水云和雾的光学特性 [J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2022, 46(1): 37-42.
- [18] 李红旭. 基于激光雷达数据的气溶胶特性反演方法研究 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2021.
- [19] 赵虎, 华灯鑫, 毛建东, 等. 基于粒子谱的多波长激光雷达近场大气光学参数校正方法 [J]. 物理学报, 2015, 64(12): 227-232.
- [20] 盛裴轩. 大气物理学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2013.
- [21] DEIRMENDJIAN D. Scattering and polarization properties of water clouds and hazes in the visible and infrared [J]. Applied Optics, 1964, 3(2): 187-196.
- [22] HESS M, KOEPKE P, SCHULT I. Optical properties of aerosols and clouds: the software package OPAC [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79(5): 831-844.

The Analysis of the Optical Properties of Aerosol Components in Three Particular Environments

WANG Jinhu^{1,2,3,4}, JIN Wenyu^{1,2}, WANG Yuhao^{1,2}, CAI Jiahao^{1,2}, XIE Binze^{1,2}

(1. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210044, China; 2. Key Open Laboratory of Aerosol and Cloud Precipitation, China Meteorological Administration, Nanjing Jiangsu 210044, China; 3. Key Laboratory of Middle Atmosphere and Global Environment Observation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 4. Institute of Safety and Emergency Management, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210044, China)

Abstract: Based on the OPAC software package of Mie scattering, the effects of various aerosol components on optical properties (extinction coefficient, scattering coefficient, absorption coefficient and lidar ratio) are analyzed when lidar detects aerosols in three specific environments (continental clean, continental polluted and maritime polluted). And the changing regular under the two wavelengths (550 nm, 1 000 nm) are further compared. The results show that the extinction coefficients and scattering coefficients of aerosol components in different environments at two wavelengths increase linearly with the increase of number concentration, and the absorption coefficients of the continental clean and continental polluted aerosol environments change slowly. In the maritime polluted aerosol environment, when the aerosol components are the accumulation mode sea salt and the coarse mode sea salt, the change rate of the water droplet number concentration is zero, which shows that the absorption coefficient doesn't change with the water droplet in the environment of the two aerosol components. The lidar ratio is affected by two factors (the wavelength of the radar and the composition of the aerosol environment), the lidar ratio changes obviously in the continental polluted aerosol environment. The ratio is greatly increased under the soot component.

Key words: Mie scattering; OPAC software package; aerosol particles; optical properties

(责任编辑: 刘显亮)