

doi:10.3969/j.issn.1673-1719.2014.01.008

张小曳, 廖宏, 王芬娟. 对IPCC第五次评估报告评估气溶胶-云对气候变化影响与响应结论的解读 [J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(1): 37-39

对 IPCC 第五次评估报告气溶胶-云对气候变化影响与响应结论的解读

The Effects of Aerosols and Clouds on Climate Change and Their Responses

张小曳¹, 廖宏², 王芬娟³¹ 中国气象科学研究院, 北京 100081; ² 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029;³ 中国气象局国家气候中心, 北京 100081

在气候变化的驱动因子中, 气溶胶和云对气候变化的影响程度仍然是不确定性最大的部分。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第一工作组 (WG1) 第五次评估报告 (AR5) 总结了有关云和气溶胶对气候变化影响的研究, 从观测、理论以及模式角度评估了其对于气候变化的影响与响应^[1], 得出以下主要结论。

1 辐射气候效应

气溶胶作为气候变化的一类驱动因子, 其在 20 世纪 50 年代以来气候变化中的作用, 是认识人类活动贡献的关键问题之一。有关气溶胶对气候系统辐射强迫的影响, AR5 的结论是, 当今气溶胶全球总有效辐射强迫为 $-0.9 [-1.9 \sim -0.1] \text{ W/m}^2$ (中等信度, 图 1), 显示气溶胶对气候系统总体上具有冷却效应。这其中包括了气溶胶与辐射以及气溶胶与云相互作用产生的辐射强迫, 没有包括在冰雪表面吸收性气溶胶产生的约 0.04 W/m^2 辐射强迫。

AR5 认为对气溶胶-云相互作用产生辐射强迫的认识具有很低信度, 较第四次评估报告 (AR4) 没

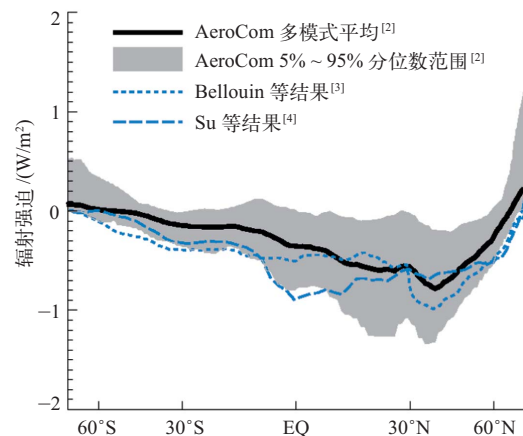


图 1 因气溶胶-辐射相互作用产生的大气顶辐射强迫的纬度年均值, 它们来自 AeroCom 模式对比计划 II 期不同模式输出人为气溶胶的结果, 辐射强迫是 2000 年相对于 1850 年的结果^[1]

Fig. 1 Annual zonal mean top of the atmosphere radiative forcing due to aerosol-radiation interactions due to all anthropogenic aerosols from the different AeroCom II models. No adjustment for missing species in certain models has been applied. The multi-model mean and 5th to 95th percentile range from AeroCom II models (from Ref. [2]) are shown with a black solid line and grey envelope. The estimates from Refs. [3] and [4] are shown with dotted and dashed lines, respectively. The forcings are for the 1850 to 2000 period

收稿日期: 2013-11-28; 修回日期: 2013-12-18

资助项目: 国家 973 计划项目 (2006CB403701); 国家科技支撑计划 (2012BAC20B05)

作者简介: 张小曳, 男, 研究员, 长期从事大气气溶胶研究, 关注其与黄土堆积、亚洲沙尘暴和雾-霾的联系, 与天气气候的相互作用及其环境影响, xiaoye@cams.cma.gov.cn

有明显进展,显示这仍是未来特别需要研究的方向之一。气候模式量化云、云的对流效应以及气溶胶在其中的作用仍然是一个挑战。与AR4相比,气候模式虽已纳入更多与云相关的过程,但对这些过程进行合理处理的信度仍然很低。云和气溶胶的特性变化尺度远小于气候模式分辨率,而且响应气溶胶变化的云尺度过程与气溶胶的变化尺度也有一些差别,在解决云以及气溶胶-云相互作用的次网格尺度参数化问题之前,模式对气溶胶-云相互作用及其辐射效应的估算结果将仍存在很大的不确定性。同时,报告指出尽管已有确凿的证据显示云对吸收性气溶胶在其中的作用存在快速调整与响应,但因其影响是多方面的,气候模式还不能很好地加以描述。

2 响应

气溶胶-气候的反馈主要体现在自然源气溶胶排放量以及自然和人为气溶胶的清除过程受气候变化的影响。目前有限数量的模拟研究认为,气溶胶-气候反馈参数约为 $\pm 0.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (很低信度)。一个例子是云凝结核数量对海洋二甲基硫化物排放量变化的敏感性小,二甲基硫化物-云凝结核-云反照率间具有弱的反馈过程 (中等信度)。

AR5指出根据传统定义的水汽及其递减率的变化对全球变暖的净反馈效应极有可能是正的,即加剧了以变暖为特征的全球气候变化。同时,云反馈的正或负及其幅度的不确定性仍然主要来自于变暖对低云影响的不确定性。AR5估算的来自水汽及其递减率对全球变暖响应的反馈参数约为 $1.1 [0.9 \sim 1.3] \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,所有类型云的反馈为 $0.6 [-0.2 \sim 2.0] \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。这些通过气候模式得到的平均反馈参数与AR4相比没有明显变化,但得到了更强的间接观测的支持,以及对过程较以往更好的认识(特别是对水汽)。低云在多数模式中都对正反馈有贡献,但对其变化还不能很好地把握,还缺乏观测资料对其模拟的有效限定,尚无信心确认低云的正反馈是真实的。

气候变暖背景下气候模式模拟的多数云和湿度

变化被认为主要是对大尺度环流变化的响应,而大尺度环流变化受模式次网格过程的影响并不显著。AR5认为对这些云和湿度变化认识的信度在增加。例如,多方证据均表明受环流驱动的高云其高度和云的纬度分布变化对全球变暖有正反馈贡献(中到高信度)。但是,所有类型的云对全球变暖响应在某些方面、在各模式间的模拟效果差别很大,而这又表明次网格过程对模拟这些云的响应有很大的影响(很低信度)。

3 对降水的影响

在全球变暖背景下从气溶胶和云对极端降水的影响评估看,尽管主要在海洋区域有一个对全球增温的降水响应,即“湿润区更为湿润”“干旱区域更为干旱”,但由于陆地表面和大气过程的复杂性,对区域尺度降水量变化预估的信度要小很多(特别是在陆地)。AR5认为日和一日之内局地极端降水事件的变化受对流层低层水汽含量的影响很大,平均每增温 1°C ,极端降水事件增加 $5\% \sim 10\%$ (中等信度)。评估显示气溶胶-云相互作用可以影响单个风暴的特性,但气溶胶对风暴或降水强度的系统性影响证据被认为还非常有限。在气候平均增温的情况下降水量和蒸发量会有所增加,但其也会随着 CO_2 和其他强迫因素在全球和区域有所调整。而具有高信度的是,随着气候变暖,在日尺度上的极端降水频次将比一段时间平均降水频次增加更多。

4 其他进展

与AR4的评估相比,AR5认为对于气候相关的气溶胶过程的理解进一步加深,与气候相关的气溶胶特性被更好地观测。然而,不同的全球气溶胶和气候模式中对这些过程的表达很不相同,仍然不清楚过程模拟复杂到什么程度的模式能较好地模拟出气溶胶的气候效应。在全球范围内,20%~40%的气溶胶光学厚度(中等信度),以及 $1/4 \sim 2/3$ 的云凝结核浓度(低信度)被认为是人为来源的贡献。

AR5在辐射强迫的概念与划分上与传统有所不

同,最近的研究已经证明将瞬时辐射强迫及其导致的快速调整从反馈中区分开来的重要性,这种快速调整是通过间接调整地-气间辐射收支来实现的,而反馈是地球表面温度变化使有关气候变量产生的变化。此外,AR5指出了传统辐射强迫概念与有效辐射强迫新概念的区别,在气溶胶辐射强迫评估中,提出气溶胶-辐射相互作用和气溶胶-云相互作用产生的有效辐射强迫概念。

宇宙射线对气溶胶及其气候效应的影响不大。虽然宇宙射线会增加自由对流层中新气溶胶粒子的形成,但对云凝结核浓度的影响很弱,在一个太阳周期或20世纪以来都没探测到这种作用对气候变化的影响(证据量中等,一致性高)。还没有证据表明宇宙射线和云量变化之间存在很强的联系。

理论、模式和观测研究均表明,如果可行的话,一些对太阳辐射的管理方法可以大大抵消全球气温上升,并且部分抵消全球变暖产生的一些其他方面

的影响,但其代价是不确定的,这种不确定性具有很高信度。AR5还列举了已经发现的一些额外的效应、风险和不足之处。■

参考文献

- [1] Boucher O, Randall D, Artaxo P, *et al.* Clouds and aerosols [M/OL]// Climate change 2013: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, in press. 2013-09-30 [2013-09-30]. http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_Chapter07.pdf
- [2] Myhre G. Radiative forcing of the direct aerosol effect from AeroCom Phase II simulations [J]. *Atmos Chem Phys*, 2013, 13: 1853-1877
- [3] Bellouin N, Quaas J, Morcrette J-J, *et al.* Estimates of aerosol radiative forcing from the MACC re-analysis [J]. *Atmos Chem Phys*, 2013, 13: 2045-2062
- [4] Su W, Loeb N G, Schuster G L, *et al.* Global all-sky shortwave direct radiative forcing of anthropogenic aerosols from combined satellite observations and GOCART simulations [J]. *J Geophys Res*, 2013, 118: 655-669