

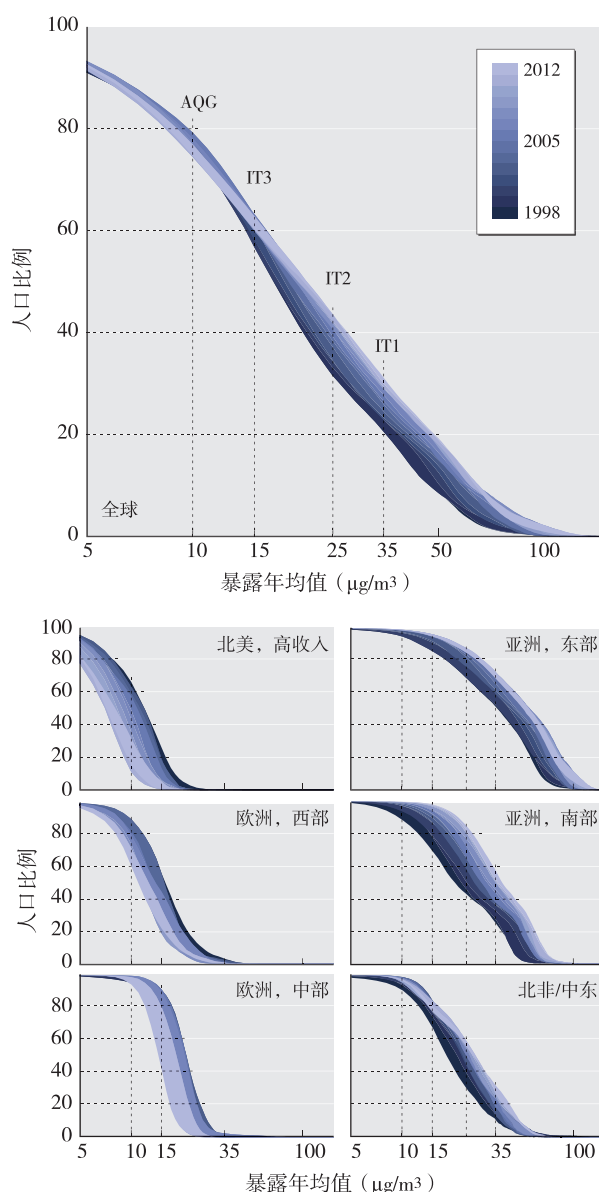
卫星观测在全球细颗粒物浓度长期暴露评估中的应用(续完)

Aaron van Donkelaar¹, Randall V. Martin^{1,2}, Michael Brauer³, Brian L. Boys¹

测量仪器、测量方法以及测量位置的差异会制约我们从已公开发表的文献中推导 PM_{2.5} 浓度的变化趋势, 并会影响其与卫星反演值等需要计算地区权重的数据的可比较性。尽管如此, 补充材料图 S4~S6 显示的北京、新德里和科威特三个城市从文献中获取的 PM_{2.5} 浓度实测值与图 5 的卫星反演估计值的比较仍然具有重要意义。Hyvarinen 等(2010)于 2007—2010 年对新德里进行研究, 数据显示卫星反演的年均 PM_{2.5} 浓度偏低, 可能由冬季卫星观测增加所致。Brown 等(2008)研究显示, 科威特市 2004—2005 年卫星反演的 PM_{2.5} 浓度为 31~38 μg/m³。即使研究时段接近, 不同研究获取的北京地面实测浓度也存在差异。如, Zhang 等(2007)在北京师范大学观测到 2001—2004 年 PM_{2.5} 平均浓度为 142 μg/m³, 而类似时间段(2002—2004 年)内, Hopke 等(2008)在城市和郊区观测得到的 PM_{2.5} 浓度为 28~42 μg/m³。PM_{2.5} 卫星反演值更接近于北京实测浓度的下限。

图 6 以时间函数描述全球及 3 个增幅最大和 3 个降幅最大的 GBD 区域的年均 PM_{2.5} 浓度估计值的累积分布。表 2 为 1998—2000 年和 2010—2012 年全球范围内 PM_{2.5} 浓度高于 WHO 中期目标(IT3、IT2 和 IT1)和空气质量指南(AQG)的人口比例。由于北美空气质量的改善使暴露于 PM_{2.5}>10 μg/m³ 的人口比例由 62% 下降至 19%, 因此 1998—2012 年符合 AQG 标准的全球加权人口数出现了小幅增长(1%)。由于南亚和东亚人口密集

区域的 PM_{2.5} 浓度不断增加, 我们推测同时期超过 IT1(35 μg/m³)标准的全球人口增幅为 8%, 2010—2012 年达到 30%。由于卫星反演值低于地面实测值, 居住环境 PM_{2.5} 浓度高于 WHO 目标的人口比例可能更高。



[注] AQG、IT3、IT2、和 IT1 指 WHO 各级空气质量标准, 分别为 10、15、25、35 μg/m³。

图 6 1998—2012 年各区域年均 PM_{2.5} 的累积分布

[作者单位] 1. Department of Physics and Atmospheric Science, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada; 2. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, Massachusetts, USA; 3. School of Environmental Health, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada

[通信作者] A. van Donkelaar, Department of Physics and Atmospheric Science, Dalhousie University, 6300 Coburg Rd., Halifax, Nova Scotia, B3H 4R2 Canada. E-mail: Aaron.van.Donkelaar@dal.ca

表2 全球疾病负担研究^a划定区域中PM_{2.5}水平高于WHO目标的人口比例(%)

区域	AQG(10μg/m ³)			IT3(15μg/m ³)			IT2(25μg/m ³)			IT1(35μg/m ³)		
	1998— 2000	2010— 2012	2010— 2012 [*]	1998— 2000	2010— 2012	2010— 2012 [*]	1998— 2000	2010— 2012	2010— 2012 [*]	1998— 2000	2010— 2012	2010— 2012 [*]
全球	76	75	75	57	61	60	32	43	42	22	30	30
亚太地区, 高收入	77	80	80	50	50	49	9	11	10	1	0	0
亚洲, 中部	78	84	82	56	69	68	14	18	17	2	2	2
亚洲, 东部	95	99	99	86	95	95	67	84	84	51	70	70
亚洲, 南部	92	100	100	75	98	97	43	78	77	27	52	51
亚洲, 东南部	42	55	56	23	27	28	6	7	7	3	2	2
澳大利亚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
加勒比	15	27	24	2	2	2	1	0	0	0	0	0
欧洲, 中部	96	96	97	80	63	63	10	3	3	1	0	0
欧洲, 东部	66	68	67	28	22	21	2	0	0	0	0	0
欧洲, 西部	84	66	66	45	27	26	7	3	3	1	0	0
拉丁美洲, 安第斯	23	26	26	10	4	4	1	0	0	0	0	0
拉丁美洲, 中部	43	34	34	24	9	9	11	1	0	6	0	0
拉丁美洲, 南部	8	8	8	2	1	1	0	0	0	0	0	0
拉丁美洲, 热带	15	6	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
北非/中东	93	97	97	72	80	79	35	53	51	15	28	27
北美, 高收入	62	19	20	17	2	2	1	0	0	0	0	0
大洋洲	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
撒哈拉以南非洲, 中部	65	60	59	34	27	26	5	2	2	1	0	0
撒哈拉以南非洲, 东部	32	38	38	19	19	20	8	9	9	3	3	3
撒哈拉以南非洲, 南部	3	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
撒哈拉以南非洲, 西部	97	96	95	91	84	84	74	56	55	51	32	32

[注] a: Lim等, 2012。*: 用1998—2012人口分布计算2010—2012年PM_{2.5}浓度未达标的人口比例。其他列使用对应年份的人口分布。

表2同时显示了将1998—2012年人口分布应用于2010—2012年PM_{2.5}浓度后, 达到WHO目标的人口变化情况。以人口变化导致的1998—2000年和2010—2012年达标人口比例差异来表示变化情况, 全部区域各级标准的达标率变化均<25%, 大部分<10%。由于人口变化导致某些地区超过AQG标准的人口数量增加, 1998—2012年中亚和撒哈拉以南非洲地区南部变化值的四分之一可由此解释。尽管总体变化幅度很小(2%), 但人口变化还是可以解释东欧增幅的一半。人口变化导致东南亚和北美等区域的人口加权平均PM_{2.5}浓度小幅降低。

3 讨论

需要对全球PM_{2.5}浓度及其随时间变化趋势进行持续观测。例如, 评估全球疾病负担(Brauer等, 2012; Lim等, 2012; WHO, 2014), 计算环境绩效指标(Environmental Performance Index, 2014), 以及进行全球(Anderson等, 2012; Fleischer等, 2014)和区域(Chudnovsky等, 2013; Crouse等, 2012; Vinneau等, 2013)空气污染健康效应的流行病学研究都需要这些

数据。卫星反演提供最完整的全球观测信息, 但为减少不确定性仍需要对预测值的计算方法进行改进。

在本研究中, 我们综合使用了几项近期获得的PM_{2.5}卫星反演值数据集合, 以提高对其长期暴露和年浓度变化(1998—2012年)估计的准确性。采用MODIS和MISR两种仪器以及无约束(van Donkelaar等, 2010)和至适估计(van Donkelaar等, 2013)两种方法收集数据并推断PM_{2.5}十年平均浓度。随后使用SeaWiFS和MISR卫星观测得到的相对时间变化(Boys等, 2014)来表示15年的年际变化。所得到的组合数据集与北美≥8年(斜率=0.96, r=0.76, 1-σ=1 μg/m³+16%)和欧洲≥3年的非同期地面实测值具有一致性(斜率=0.78, r=0.73, 1-σ=1 μg/m³+21%), 这样就全面地考虑了卫星反演及抽样导致的不确定, 优于单独使用其中任何一种数据。同期采样(即过去多项研究采用的方法, 仅限于同时可获得的卫星和地面实测数据)获得的地面实测值和卫星反演值的一致性高于非同期采样(即本研究所使用的方法)。例如, 前期van Donkelaar等(2010)所得的2001—2006年北美两组数据的相关性为0.77, 而不同时采样获得的数值

相关性降低为0.70。本研究所使用的无约束比较数据包含卫星采样对PM_{2.5}长期平均浓度估计值的剩余效应,较好地考虑了研究中的不确定性。

评价全球PM_{2.5}卫星反演浓度的数据质量所面临的一个主要挑战是地面监测不足。我们从文献中收集了210个地面基站的监测数据,并用它们来评价包括印度和中国的许多地方在内的全球卫星反演PM_{2.5}浓度估计值的准确性。尽管基站监测数据提示卫星反演的PM_{2.5}浓度通常比地面实测值低(斜率=0.68),但两种数据仍具有较好的一致性($r=0.81$)。导致这种低估可能的原因包括:南亚和东亚MISR反演中的AOD偏低(Kahn等,2009),冬季和/或夜间等PM_{2.5}浓度相对较高时期的卫星观测数据缺失(例如,波兰卡托维兹、蒙古乌兰巴托),卫星反演产品或用AOD模拟PM_{2.5}时的分辨率较粗,这些都可能掩盖地区特征。北美和欧洲以外的卫星反演PM_{2.5}浓度预测值偏低,意味着PM_{2.5}的真实浓度很可能高于目前估值。

卫星反演PM_{2.5}浓度值的不确定性随采样的增加而减少,不同季节之间差异很大。因此,本研究使用的卫星反演PM_{2.5}浓度估计值适用于长时期大规模地区观测。地区观测数据的有效性将有助于有关季节变化和/或更小的空间尺度的研究。

本研究发现,东亚地区十年间人口加权环境PM_{2.5}浓度约为全球估计均值26.4 μg/m³的两倍,并在1998—2012年以年均1.63 μg/m³·年,95%CI: 1.09~2.17(3.2%/年,95%CI: 2.1~4.3)的速度增加。西欧和北美同时段人口加权浓度估计值的变化分别为-0.25 μg/m³·年,95%CI: -0.37~-0.13(-1.9%/年,95%CI: -2.8~-1.0)和-0.33 μg/m³·年,95%CI: -0.41~

-0.25(-3.3%/年;95%CI: -4.1~-2.5),相对而言,南亚(1.02 μg/m³·年,95%CI: 0.77~1.27;2.9%/年,95%CI: 2.2~3.6)和中东(0.38 μg/m³·年,95%CI: 0.17~0.59;1.5%/年,95%CI: 0.7~2.3)均上升。卫星反演估计值表明2010—2012年全球30%人口的居住环境中PM_{2.5}浓度高于WHO IT1标准(35 μg/m³),较1998—2000年的22%有所上升。研究发现,导致暴露变化的最重要原因并非人口数量本身,而是PM_{2.5}浓度的变化。

从公众利益出发,本研究中涉及的PM_{2.5}浓度卫星反演值和地面实测值都可通过我们的网站(http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page_id=140),SEDAC网站(<http://sedac.ciesin.columbia.edu/>),或联系本文作者免费获取。

卫星反演和模拟气溶胶廓线的进一步发展能更好地代表全球PM_{2.5}暴露情况。特别是更高分辨率卫星反演可以更好地描述城市内变化(Chudnovsky等,2013)。对MODIS仪器校准的最新改进(Levy等,2013)可成为计算变化趋势的另一个数据源。此外,提高地面基站长期实测数据的可及性将有益于评估变化趋势。

翻译:王晓宇、张伊人;审校:金泰虞

参考文献(略)

本文原文刊登于EHP杂志,需要者务必引用英文原文,详见:van Donkelaar A, Martin R V, Brauer M, et al. Use of satellite observations for long-term exposure assessment of global concentrations of fine particulate matter. Environ Health Perspect, 2015, 123(2): 135-143.

本文原文及参考文献请浏览<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408646>

(编辑:汪源;校对:洪琪)

(上接第897页)

接触某化学物质;不是依据健康效应,而是这群人接触该化学物质而导致的背景负荷(背景生物负荷水平,依据第95%分位数)。它有助于评估职业接触的程度。

1998—1999年间,我们在《工业卫生与职业病》杂志曾连续刊文介绍德国职业卫生标准。现在,随着计算机网络技术发展,信息交流更畅通。德国MAK委员会秘书Heidrun Greim女士提供了网址(MAK-und BAT-Werte-Liste 2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

book/10.1002/9783527694983; Further new or revised documents of the MAK value documentation series: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/homepage/WhatsNew.html>)。欢迎使用他们的资料。

[注]*: 英文来自外文出版物,分号后为德文原文;** : 英文系作者根据德文按意思翻译。

(收稿日期:2015-09-06)

(英文编辑:汪源;编辑:洪琪;校对:郑轻舟)