



中国PM_{2.5}的人口暴露评估

Estimating population exposure to PM_{2.5} in China

北京城市实验室，PM_{2.5}人口暴露研究小组

龙瀛，王江浩，吴康，张俊杰

2014年8月



BCL

Beijing City Lab

Home

Projects

Members

Working papers

Slides

Data released

Blogs

Links&Partners

About

Maintained by Dr Ying Long
BeijingCityLab(at)gmail(dot)com



Newsletter

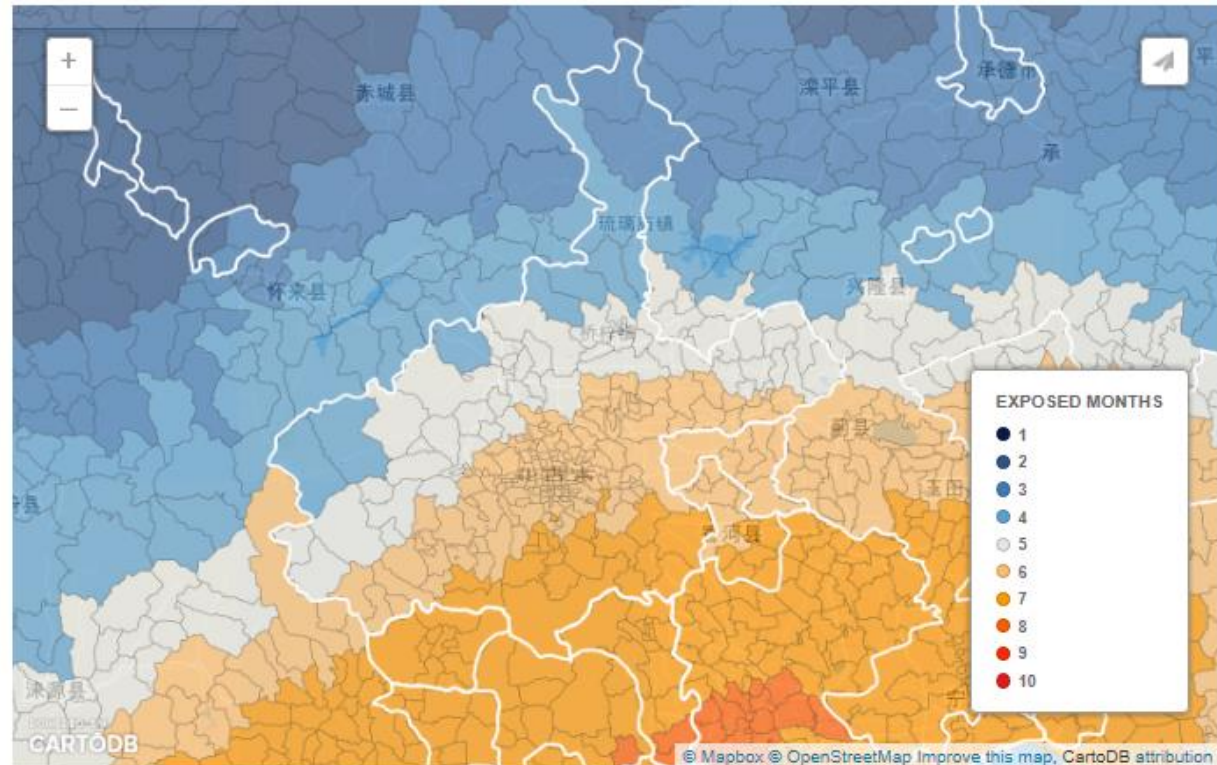
Email Address

sign up

The Beijing City Lab (BCL) is a virtual research community, dedicated to studying, but not limited to, China's capital Beijing. The Lab focuses on employing interdisciplinary methods to quantify urban dynamics, generating new insights for urban planning and governance, and ultimately producing the science of cities required for sustainable urban development. The lab's current mix of planners, architects, geographers, economists, and policy analysts lends unique research strength.

China PM2.5

We estimated 1-year-daily PM2.5 concentration at the Jiedao level for the whole China using both ground observations and remote sensing images. By Dr Ying Long, Dr Jianghao Wang and Dr Kang Wu.



Create your own custom maps with [CartoDB](#)

<http://www.beijingcitylab.com/>

About | Privacy Policy | Print Version | Sitemap |

Recommend this site!

longying1980@gmail.com

Login

Beijing City Lab

北京城市实验室（Beijing City Lab, BCL）是一个虚拟的研究网络社区，由龙瀛博士于2013年10月发起，BCL专注于运用跨学科方法量化城市发展动态，开展城市科学研究。BCL是中国第一个开放的定量城市研究网络，通过邀请学者发布工作论文等形式阐释对城市研究的最新见解，通过数据分享的行为来为科研群体提供开放的城市定量研究数据。



• 组织架构

- 核心成员 (×7) — 两个数据工程师
- 资深学人组成的荣誉会员 (×11)
- 作为骨干的研究员 (×24)
- 青年学生会员 (×38)
- 大量关注者 (6000+)

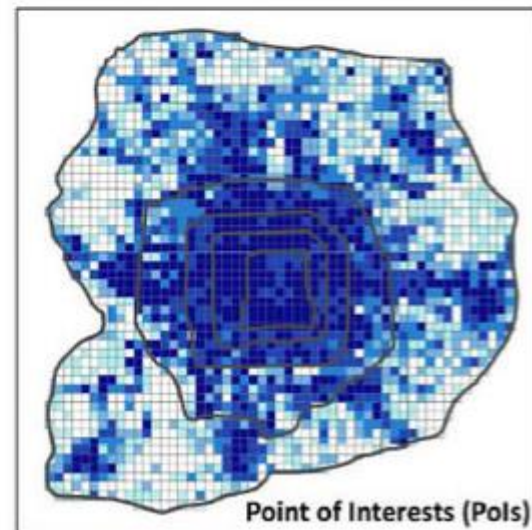
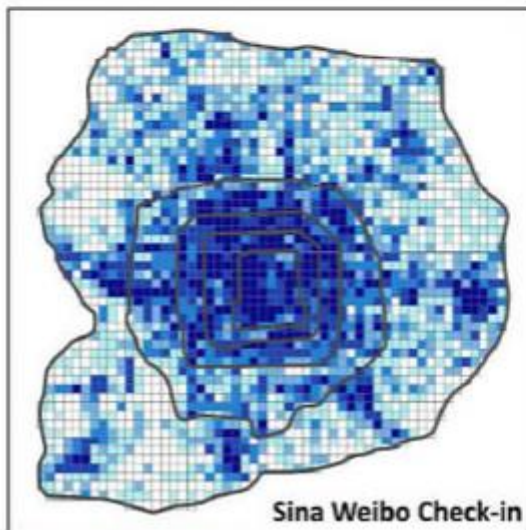
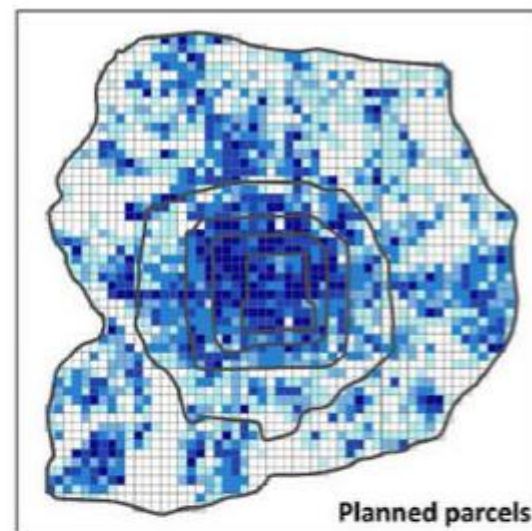
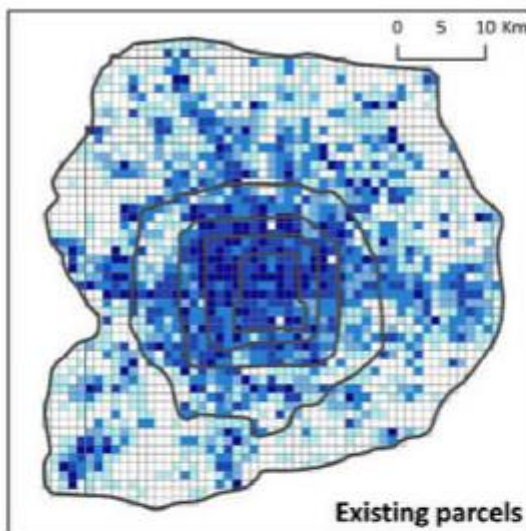
• 定位

- 一个定量城市研究学术网络
- 一个开放的共享平台 (40篇工作论文+24项研究数据)
- 一次科学地理解城市的尝试
- 一组吸引公众参与的可视化表达
- 立足北京、关注全国

BCL开展的一系列定量城市研究项目 (传统数据、大数据、开放数据、大的开放数据)

Projects

- 1 BUDEM
- 2 Urban Growth Boundaries
- 3 Bus Landscapes
- 4 Population China
- 5 Planning Support Systems
- 5 Urban Form
- 6 Population Synthesis
- 7 Social Network Mining
- 8 Big Model
- 9 Beijing Parking
- 10 Urban Network Analysis



BCL排行 (RANKING) 敬请期待

来自五洲四洋的访客（BCL visitors）



EMAIL: LONGYING1980@GMAIL.COM

BCL网址: WWW.BEIJINGCITYLAB.COM

时间PM	人物	事件/报告题目
2:00-2:10	毛其智	致欢迎辞
2:10-2:20	龙瀛	北京城市实验室 (BCL) 介绍
2:20-2:45	龙瀛	大模型及其中国应用案例
2:45-3:10	李栋	位置微博与城市规划
3:10-3:35	刘行健	多尺度城市网络分析
3:35-4:00	茅明睿	规划人：基于刷卡和微博数据的规划行业人脉分析”
4:00-4:10		间歇
4:10-4:35	王江浩	志愿者地理大数据分析可视化：中国案例研究
4:35-5:00	吴康	中国PM2.5的人口暴露评估：基于精细单元的空间分析
5:00-5:25	周江评	中国城市之城市形态、职住平衡与通勤效率
5:25-6:00	大家一起来	嘉宾点评和自由讨论

头条新闻
领导讲话综合新闻
紫荆论坛百年校庆
清华史苑媒体清华
高教视点清华人物
社会服务教学科研
专题新闻招生就业
图片新闻国际合作
视频新闻校园写意
清华展览校友动态
信息预告

最新新闻列表

诺奖得主芬恩·基德兰德做客五道口
全球名师... [2014-06-16]清华学子易思玲斩获射击世界杯冠
军 [2014-06-16]启迪控股就“清华科技园”品牌被盗
用发表声... [2014-06-16]

大学生体验城管执法 [2014-06-16]

清华学子“围观”城管执法 [2014-
06-16]经费可“养人” 信息须公开 [2014-
06-16]煤炭是个宝，关键要用好 [2014-06-
16]清华大学发布报告：全球数字产业规
模570... [2014-06-16]200余位清华学子兰州谏言甘肃发
展 [2014-06-16]清华大学生创办公益在线教育平台易
智在线 [2014-06-16]清华大学法学院院长王振民谈“一国
两制”白... [2014-06-16]美术学院研究生纪宇设计智能伴
侣 [2014-06-16]中国工程院院士程京：中国梦根植于
健康梦 [2014-06-16]

学者聚焦：中国要有全球学术中

首页 > 综合新闻 > 内容

城市模型学术报告会暨2014年北京城市实验室年会在清华大学举办

清华新闻网6月12日电（通讯员 袁晓辉）6月11日，“城市模型学术报告会暨2014年北京城市实验室年会”在清华大学建筑学院举办。



图为报告会现场。

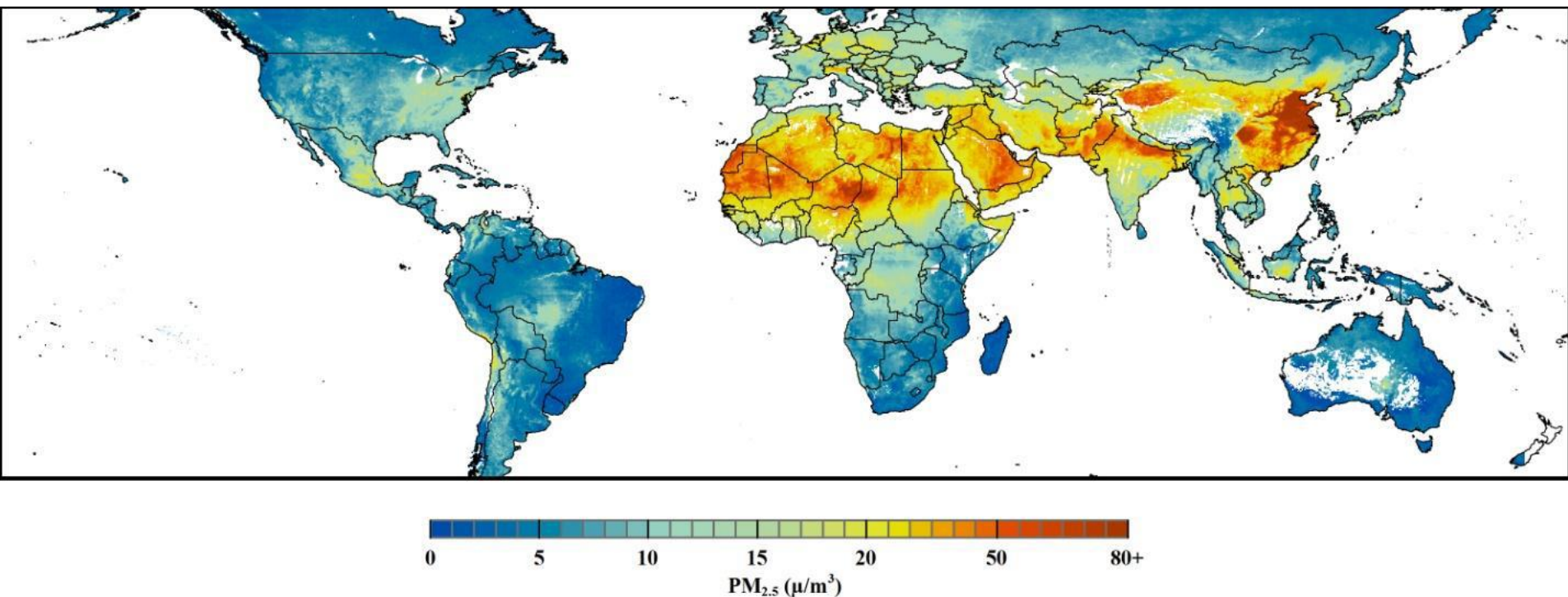
本次报告会由清华大学人居环境实验室（TSHSI Lab）和北京城市实验室（Beijing City Lab, BCL）共同组织，来自中国科学院、清华大学、北京大学、北京交通大学、北京建筑大学、北京联合大学、北京航空航天大学、首都经贸大学、北京测绘设计研究院、清华同衡城市规划设计研究院、北京城市规划设计研究院、中国城市规划设计研究院、武汉大学、河海大学、中山大学、美国爱荷华州立大学、美国北卡大学、美国佐治亚大学等30多个单位的150多人参加了此次学术报告会。

PM_{2.5}: 从陌生到关注

- 2011年秋冬季开始，一个本来国人并不熟悉的科技名词PM_{2.5}引发的空气污染问题开始受到大家的强烈关注。



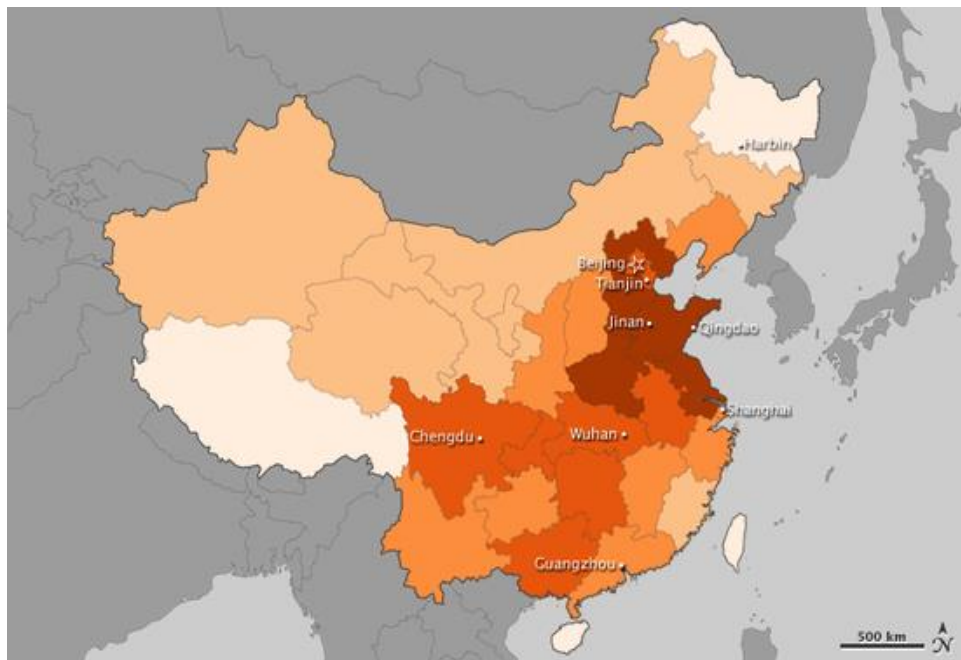
PM_{2.5}浓度格局：全球与中国



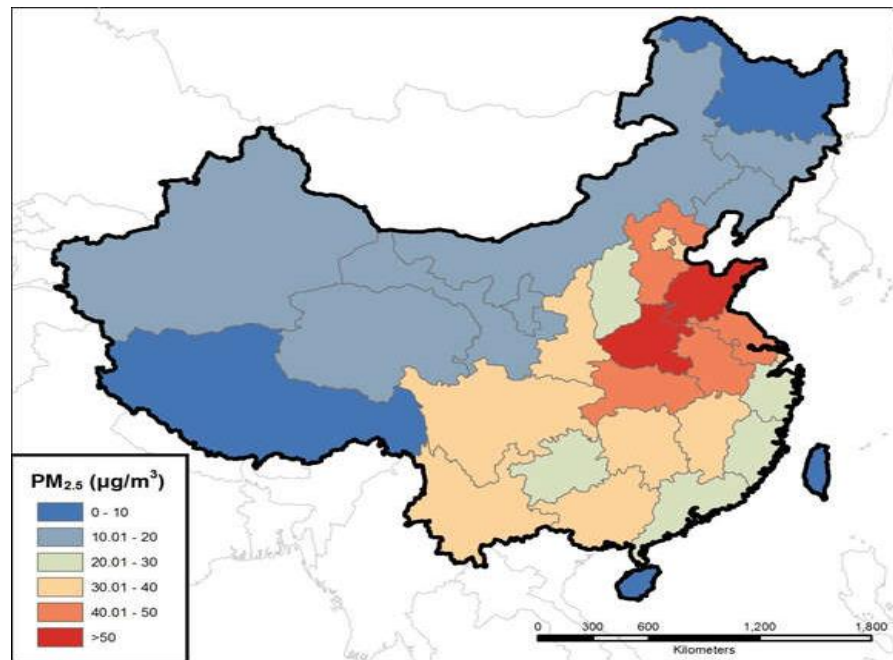
基于卫星数据模拟的2001-2006年间全球PM_{2.5}年均浓度分布图

van Donkelaar, A., Martin, R.V., Brauer, M., Kahn, R., Levy, R., Verduzco, C. and Villeneuve, P.J., 2010, Global Estimates of Ambient Fine Particulate Matter Concentrations from Satellite-Based Aerosol Optical Depth: Development and Application. *Environmental Health Perspectives*, 118, pp. 847-855.

PM_{2.5}浓度格局：全球与中国



中国2008-2010分省PM_{2.5}年均浓度图



中国2007年中国各省人口加权PM_{2.5}年均浓度图

PM_{2.5}等颗粒物有关的健康危害

- PM_{2.5}是空气中直径小于等于2.5微米的可吸入颗粒物。
- 由于这种细小颗粒物能够渗入人体肺部组织和血液，带来哮喘、癌症、心血管疾病等健康隐患。
- 儿童和老年人以及有呼吸和心脏问题的人会对PM_{2.5}特别敏感。

PM_{2.5}的严峻形势

- 中国处于快速工业化和城市化的进程中，在人类活动密集的城市区域，PM_{2.5}的暴露风险十分严峻。
- PM_{2.5}的来源及其动力学变化机制复杂，近5年虽然众多科学家投入其中，至今尚未取得完全一致的研究结论。
- 近3年，国家不断加大对PM_{2.5}的监控预防力度，地面监测站2013年底已经基本覆盖全国中等以上城市（190个），监测站点总数达到945个。

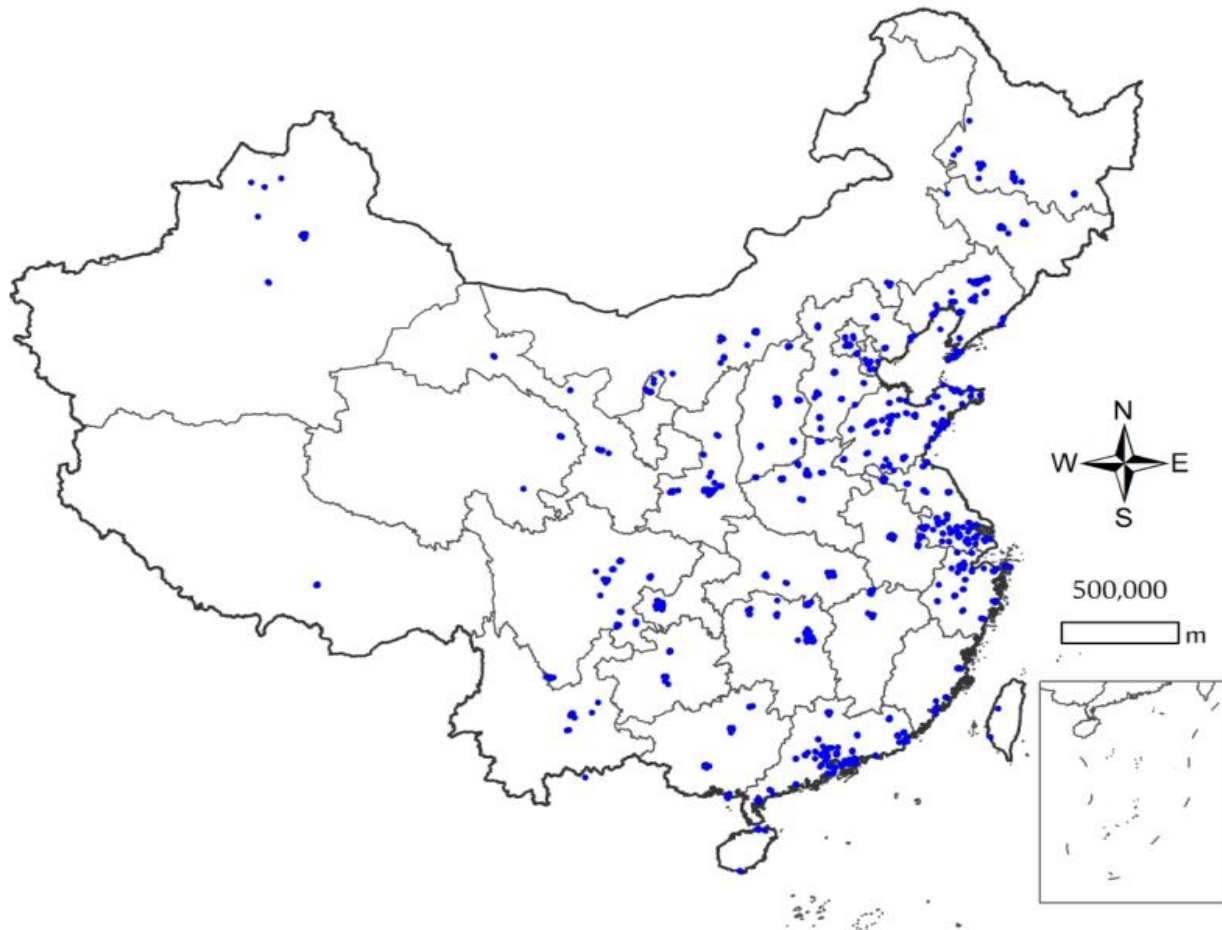
相关研究现状

- 既有的研究主要关注空气（污染）及其本身的理化特征和影响因素，或探讨其与人体健康的关系。
- 对PM_{2.5}等空气污染影响下的人口潜在暴露命题研究较少，从时空尺度进行中国PM_{2.5}人口暴露研究，尤其是大范围（如全国）、完整时段（如一年以上）的系统评估及其变化的研究尚未见到。
- 中科院地理所的张岸、齐清文等（2013）研究了北京市区PM_{2.5}人口暴露情况，采用的数据为2012年秋季北京市环保局公布的35个地面站点37天的PM_{2.5}实时监测数据。

BCL的工作

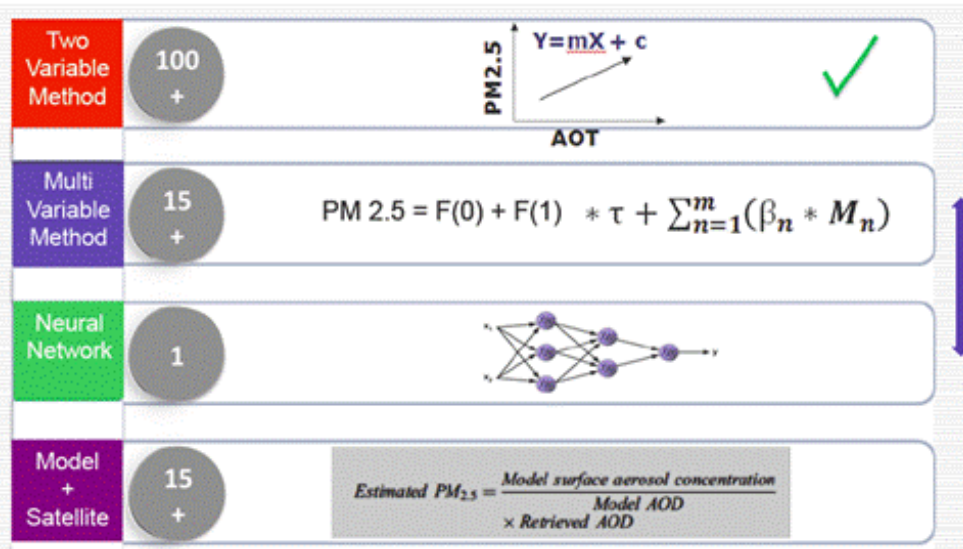
- 重点关注“人”及人口潜在暴露，而非“浓度”等PM_{2.5}的环境化学指标。要回答的问题有：
- How many residents are exposed to PM_{2.5} with high health risk in China?
- In which period and where?
- This question has never been explored in a fine-grain level for the whole country due to lack of both PM_{2.5} and well prepared population data before。

数据1：地面监测站



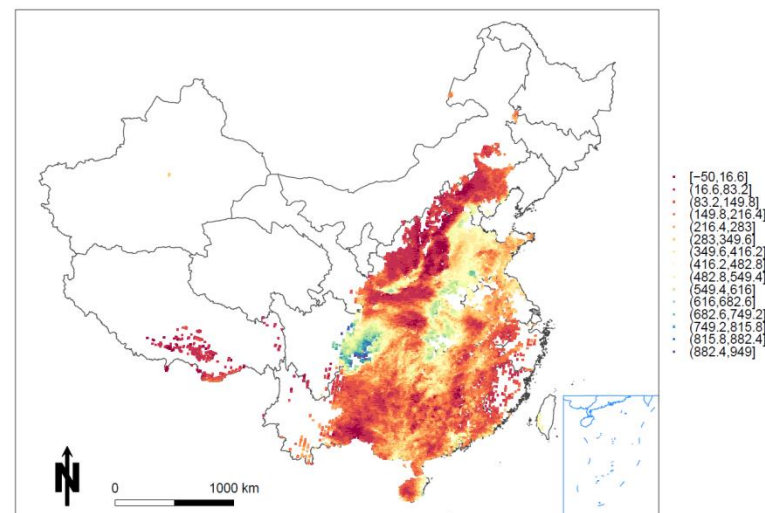
- PM2.5的地面监测站数据
- 时间：2013年4月8号~2014年4月7号
- 覆盖国内190个城市的945个地面监测站

数据2: MODIS 气溶胶光学厚度数据 (AOD产品数据)



- PM_{2.5}地面监测站无法做到全覆盖，因此需要采取其他方法对其进行补充估算以弥补地面监测基站不足所造成空间断层及信息缺口。

- 估算PM_{2.5}的常用方法：二元函数、多变量函数、神经网络、模型与卫星数据结合、经验方法、数据同化等。
- 其中利用卫星遥感搭载设备对气溶胶光学厚度(AOD)进行测定并结合模型来估算地表PM_{2.5}，能够实现长期监测、实时观测和提供空气质量预报，优势明显。



数据3：全国分乡镇街道人口数据

- 属性数据：
 - (1) 2010年全国第六次人口普查乡镇街道人口总量数据——《人口密度数据
 - (2) 分年龄（0-14岁，15-64岁，65岁以上）人口结构数据——《抵抗力低下的敏感人群
- 空间数据：全国乡镇、街道的polygon数据（2012年）
- 评估的基本单元为街道乡镇（尺度），是宏观层面研究中较为精细的空间单元。

Block Cokriging 空间插值

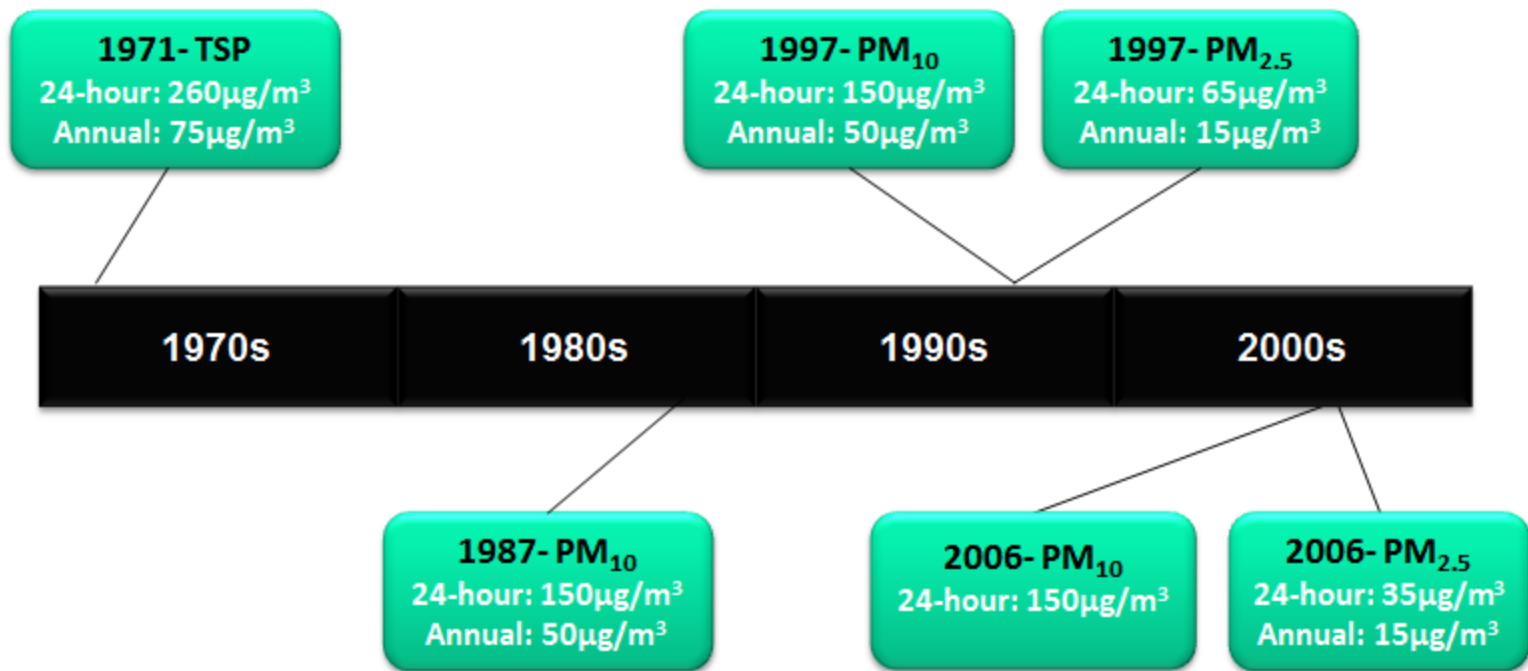
- 为了解决PM_{2.5}观测点稀疏带来的估计精度较低问题，结合地面站点和MODIS AOD产品，采用块协同克里格插值法(Goovaerts 1997, Cressie et al. 2011)实现空间可视化。

$$\hat{Z}_1(v) = \sum_{i=1}^{n_1} \lambda_{1i}(v) Z_1(s_{1i}) + \sum_{i=1}^{n_2} \lambda_{2i}(v) Z_2(s_{2i})$$

- 应用前提：MODIS AOD和PM_{2.5}具有一定的空间相关性
- 综合地面监测点和卫星观测可以提高PM_{2.5}的估计精度和精细程度。

PM_{2.5}标准

- 美国大气颗粒物标准演变：对于PM_{2.5}标准逐渐严格的过程



PM_{2.5}标准

- 世界卫生组织PM_{2.5}目标值及指导值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）：2005年引入

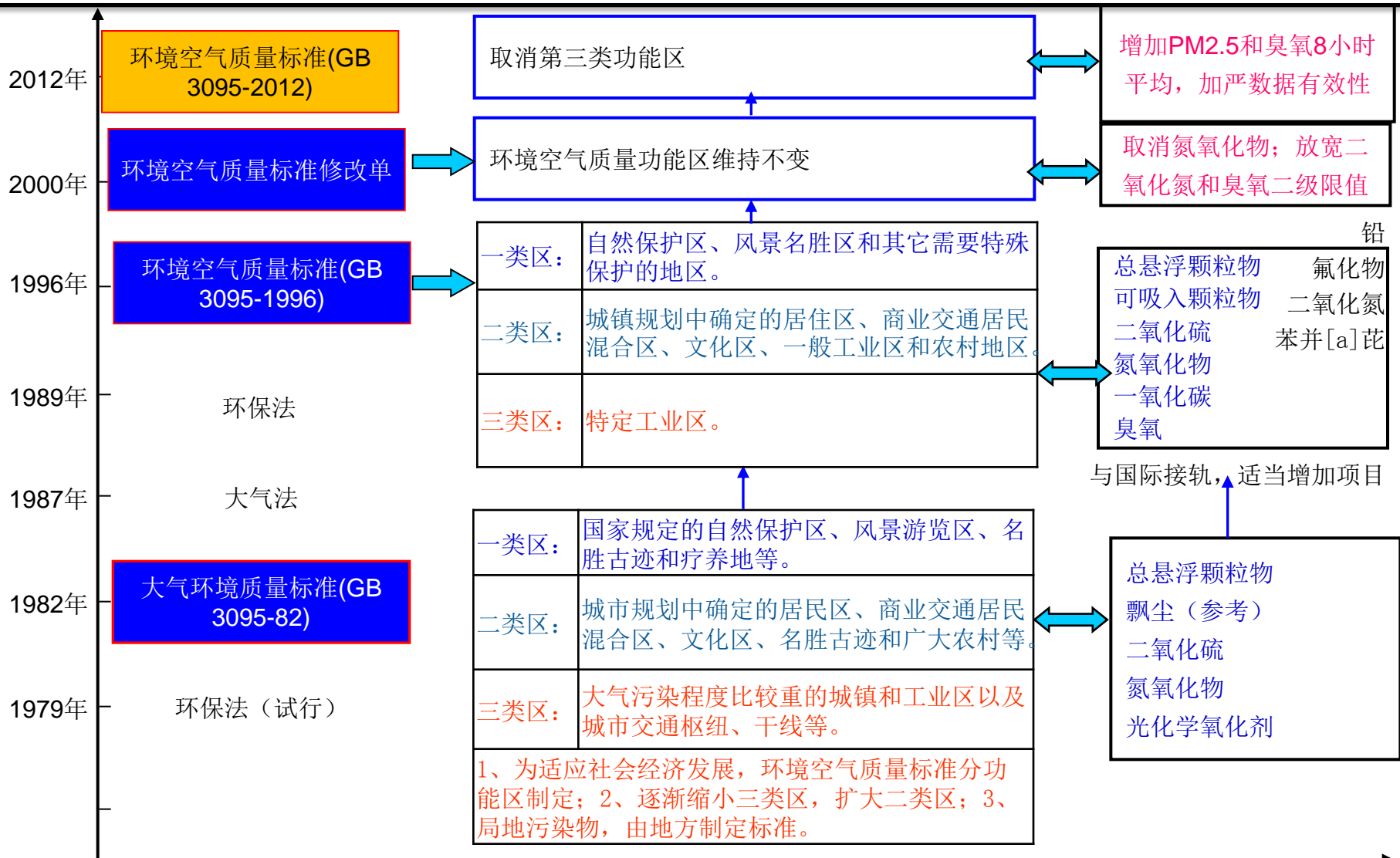
	第一过渡阶段	第二过渡阶段	第三过渡阶段	指导值
年日均值	35	25	15	10
24小时均值	75	50	37.5	25
采用国家	印度 墨西哥	欧盟 泰国	美国 日本/新加坡	加拿大 澳大利亚



BCL

Beijing City Lab

中国环境空气质量标准演变过程



中国最新PM_{2.5}标准

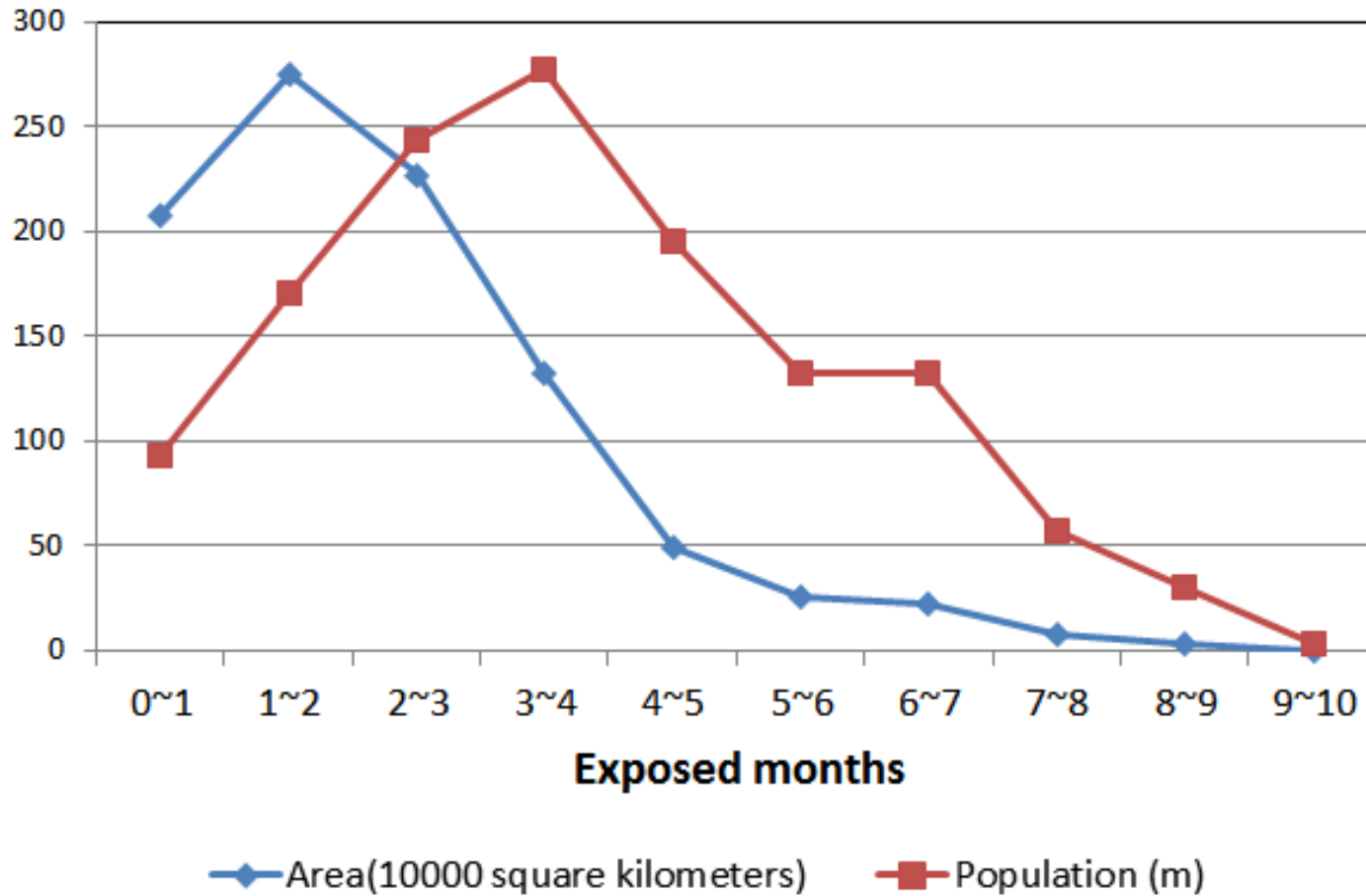
- PM2.5 二级标准年和24 小时平均浓度限值分别为 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

表 1 环境空气污染物基本项目浓度限值

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	二氧化硫 (SO ₂)	年平均	20	60	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 小时平均	50	150	
		1 小时平均	150	500	
2	二氧化氮 (NO ₂)	年平均	40	40	
		24 小时平均	80	80	
		1 小时平均	200	200	
3	一氧化碳 (CO)	24 小时平均	4	4	mg/m^3
		1 小时平均	10	10	
4	臭氧 (O ₃)	日最大 8 小时平均	100	160	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1 小时平均	160	200	
5	颗粒物 (粒径小于等于 10 μm)	年平均	40	70	
		24 小时平均	50	150	
6	颗粒物 (粒径小于等于 2.5 μm)	年平均	15	35	
		24 小时平均	35	75	



Polluted months and exposure population

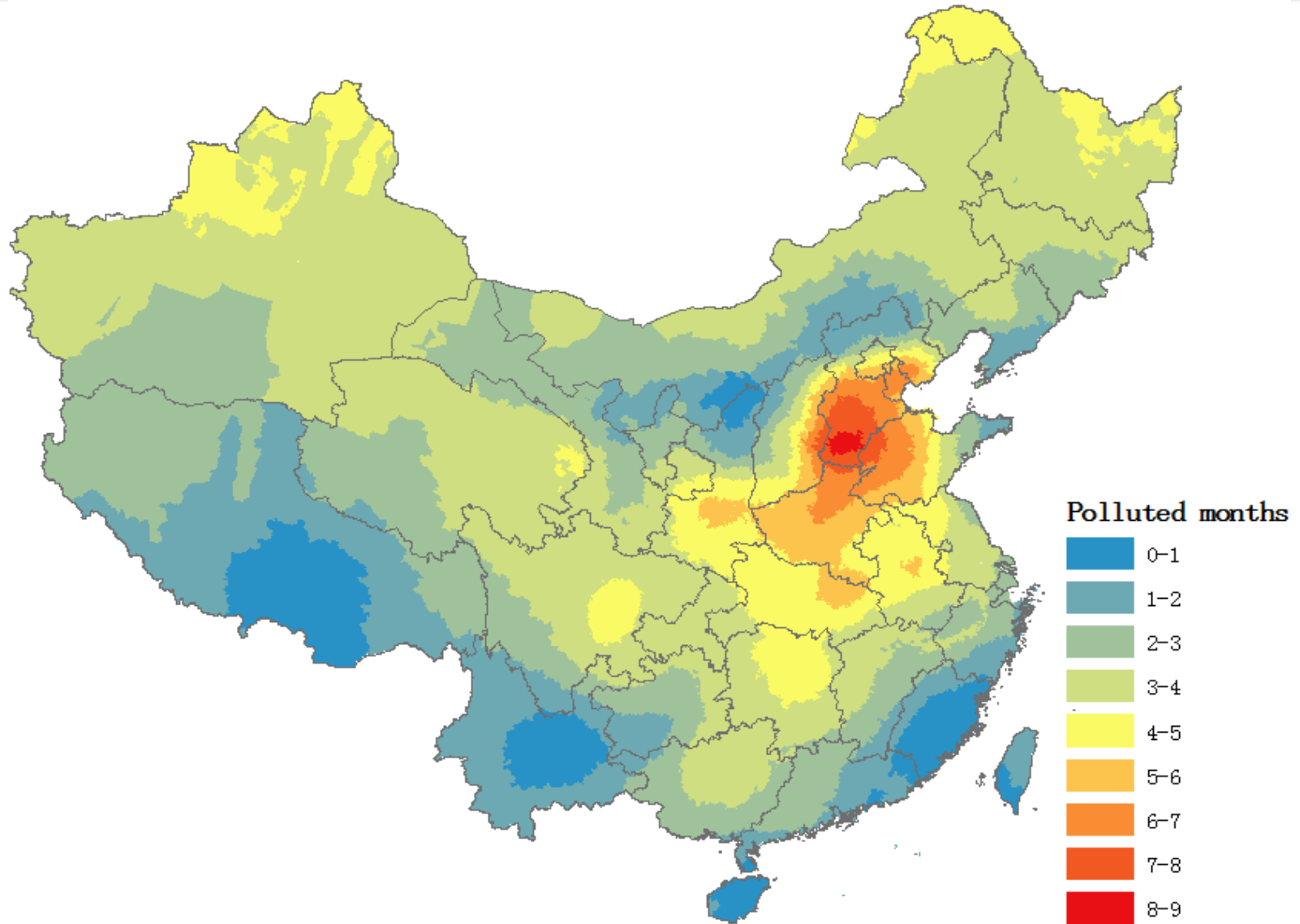




BCL

Beijing City Lab

Polluted months and exposure population

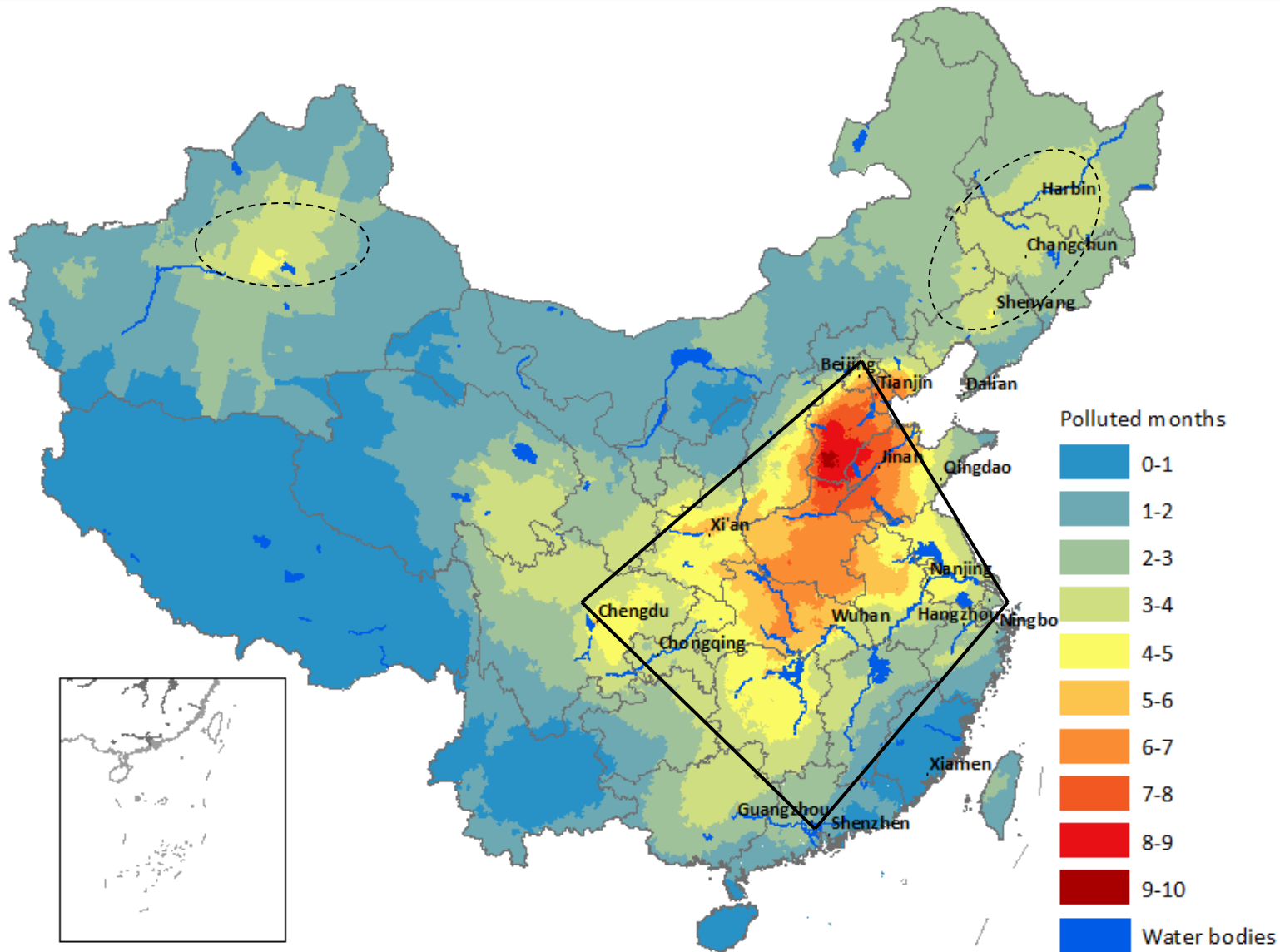




BCL

Beijing City Lab

Polluted months and exposure population



Polluted months and exposure population

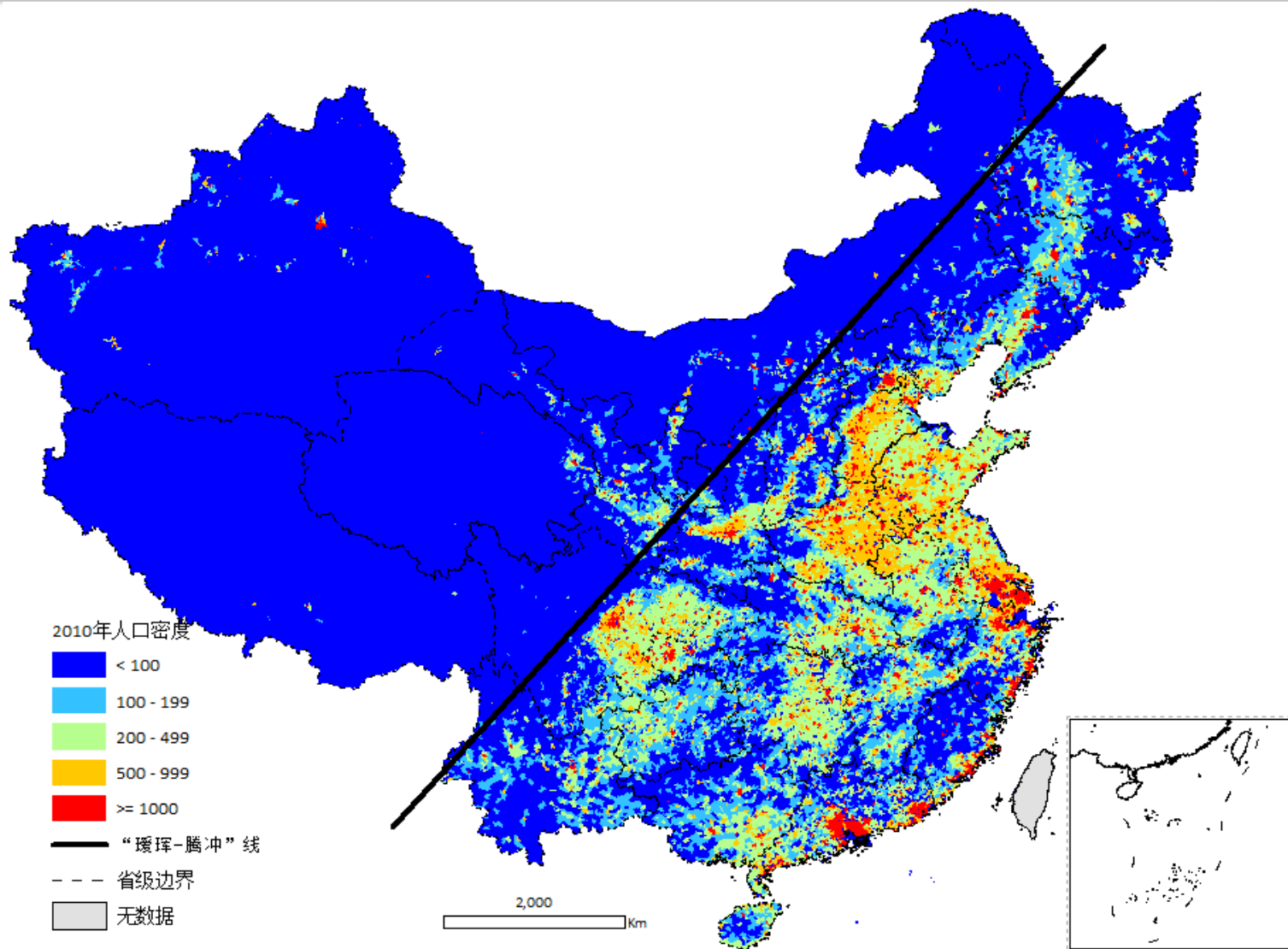
- 2013年4月-2014年4月，在近40000个街道乡镇中，暴露时长在2-3个月和3-4个月的最多，分别达到8,079和8,546个，面积超过300万平方公里，暴露人口约5.2亿；
- 约11%的街道乡镇暴露时长超过半年，面积达34.75万km²(占3.65%)，人口高达2.23亿(占全国17%)；
- 如换成世界卫生组织的25的达标门槛，全国有13.22亿人一年中有半年都处于PM_{2.5}的暴露风险下，更严重的河北南部、河南北部的暴露时长超过8个月甚至达到9个月,这样的区域累计面积超过12万km²，人口有9000万；
- 相比之下，仅有18,664个街道乡镇的暴露时长不足3个月（不到40000乡镇的一半），这部分低暴露区虽面积很大（约709万km²占3/4），但人口仅占38%。



BCL

Beijing City Lab

Exposure intensity

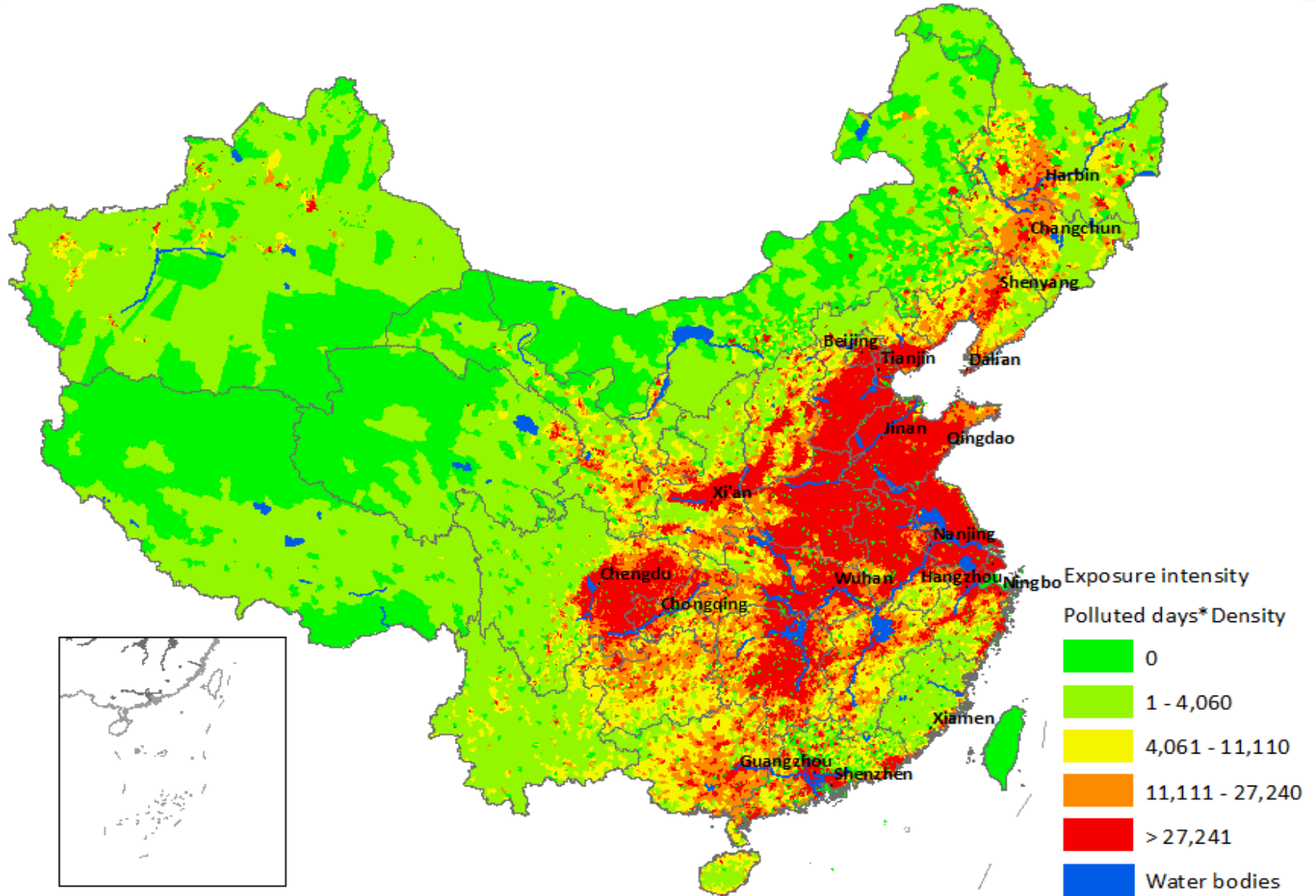




BCL

Beijing City Lab

Exposure intensity

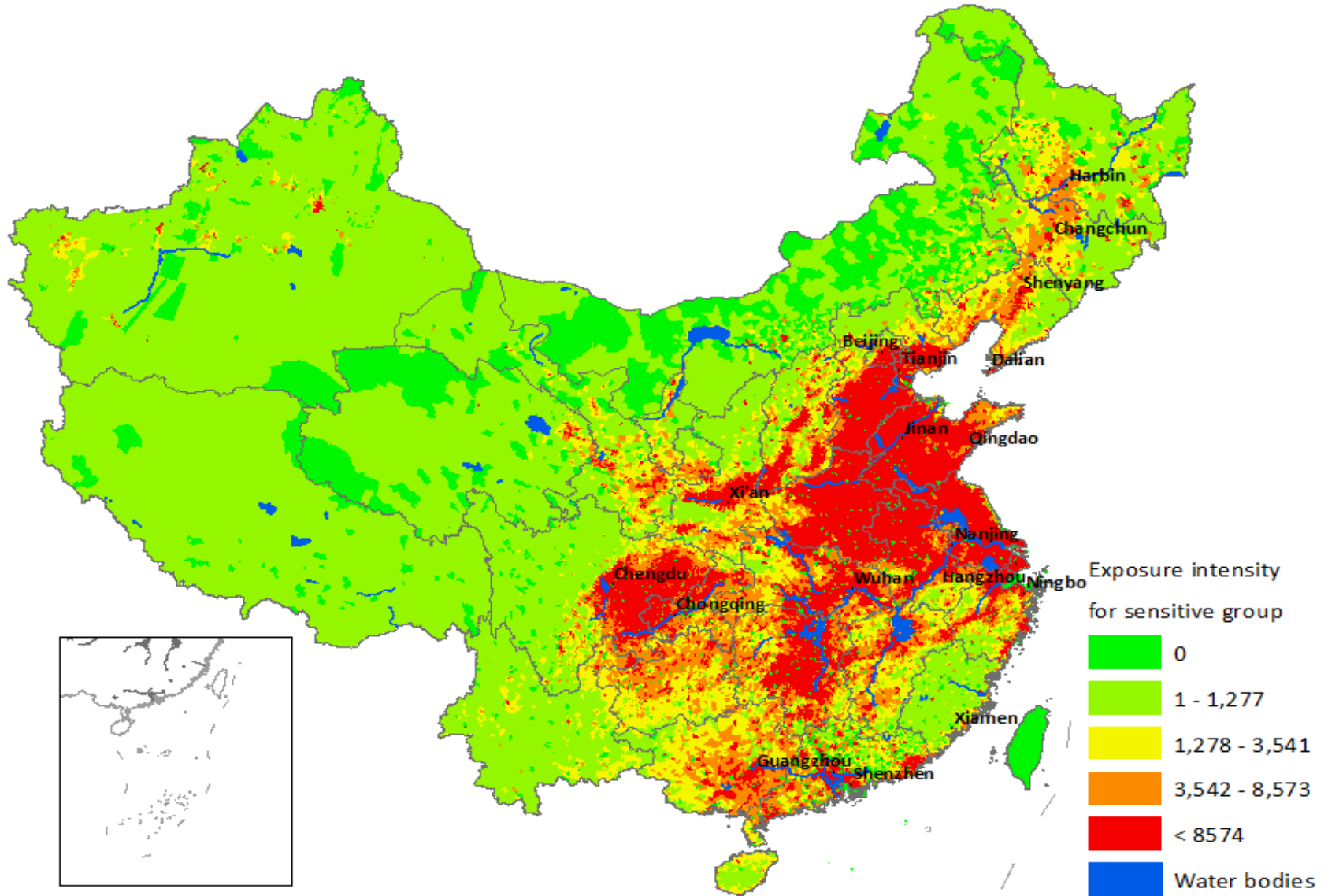




BCL

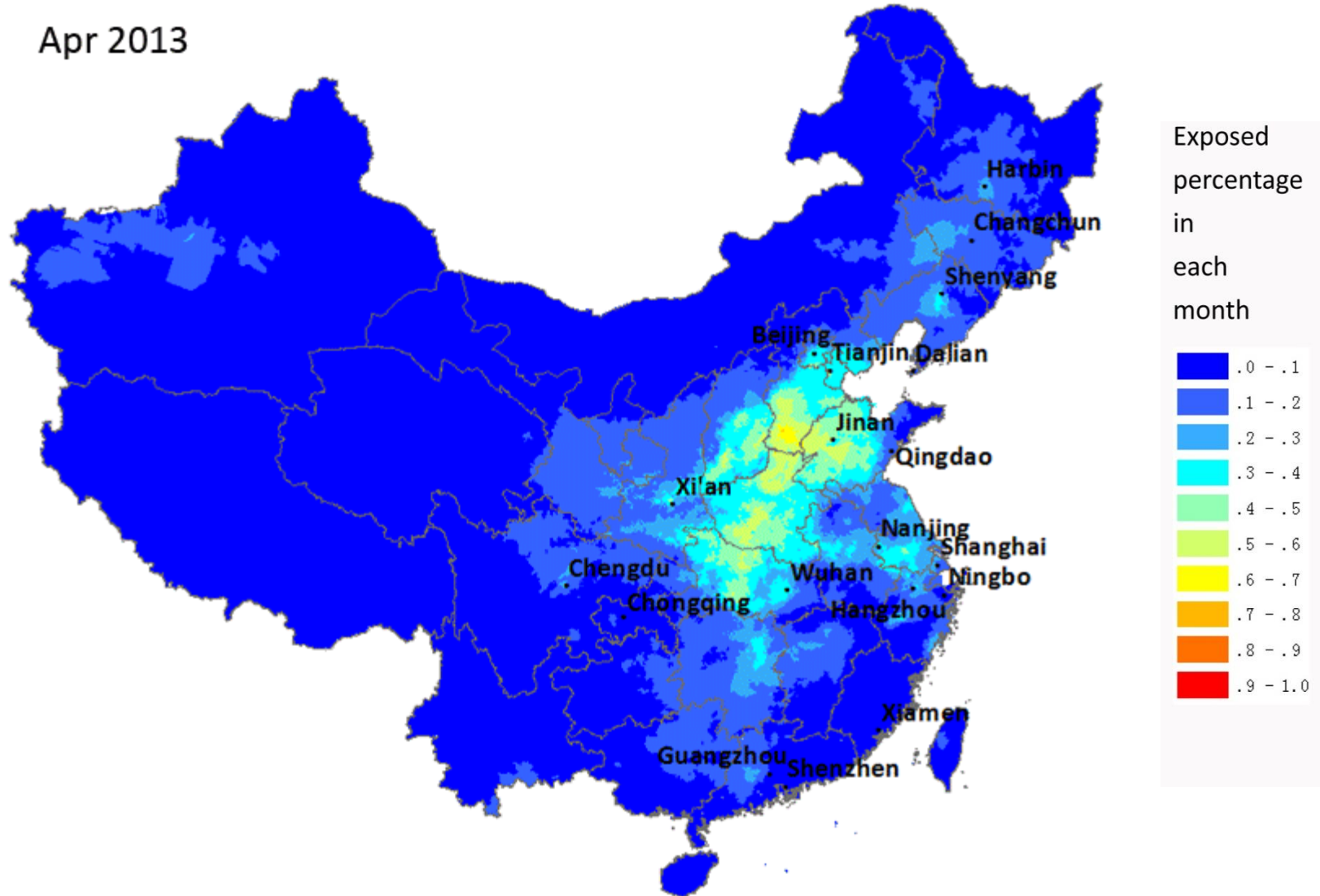
Beijing City Lab

Exposure intensity: vulnerable population



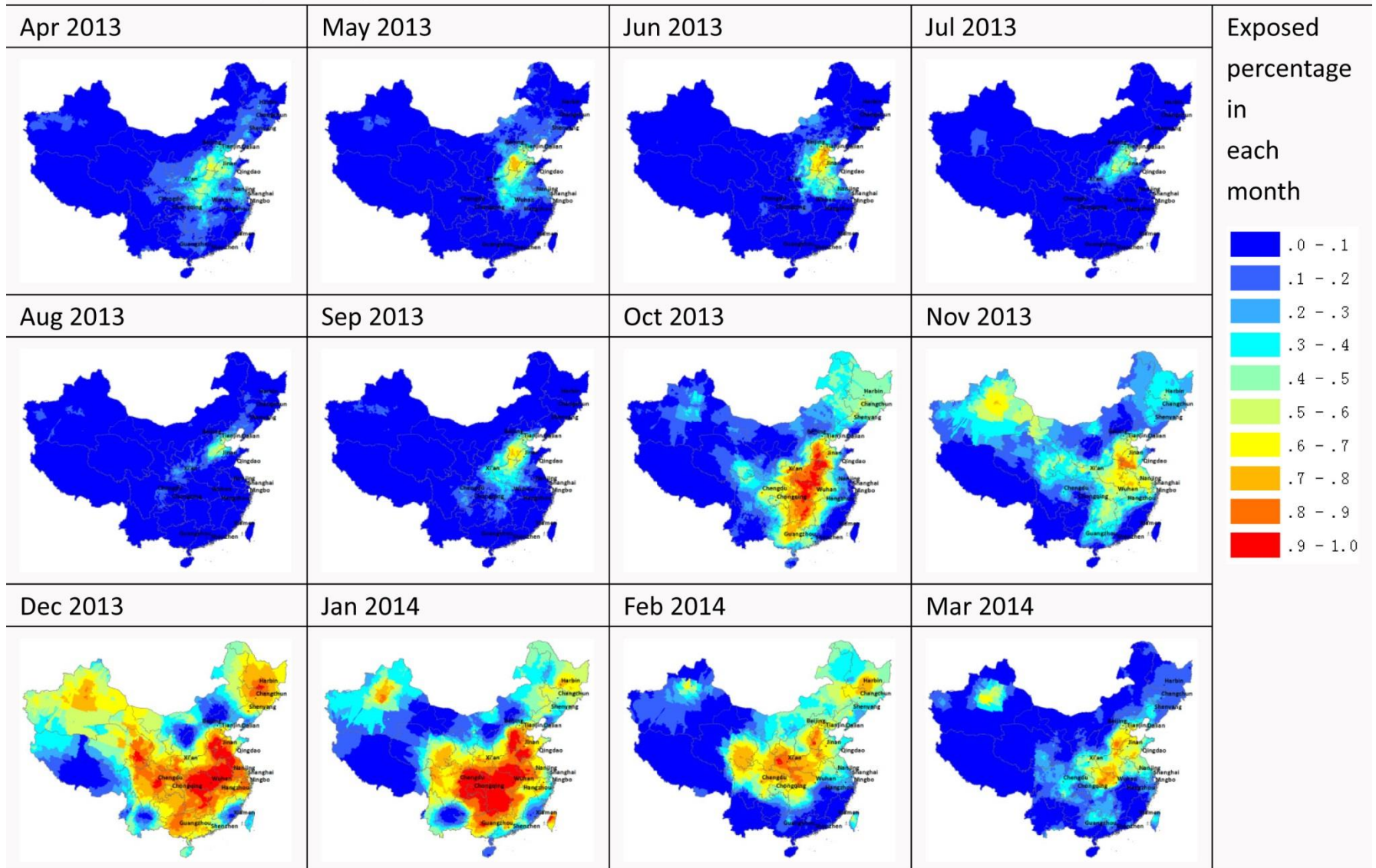
Spatiotemporal regularity

Apr 2013

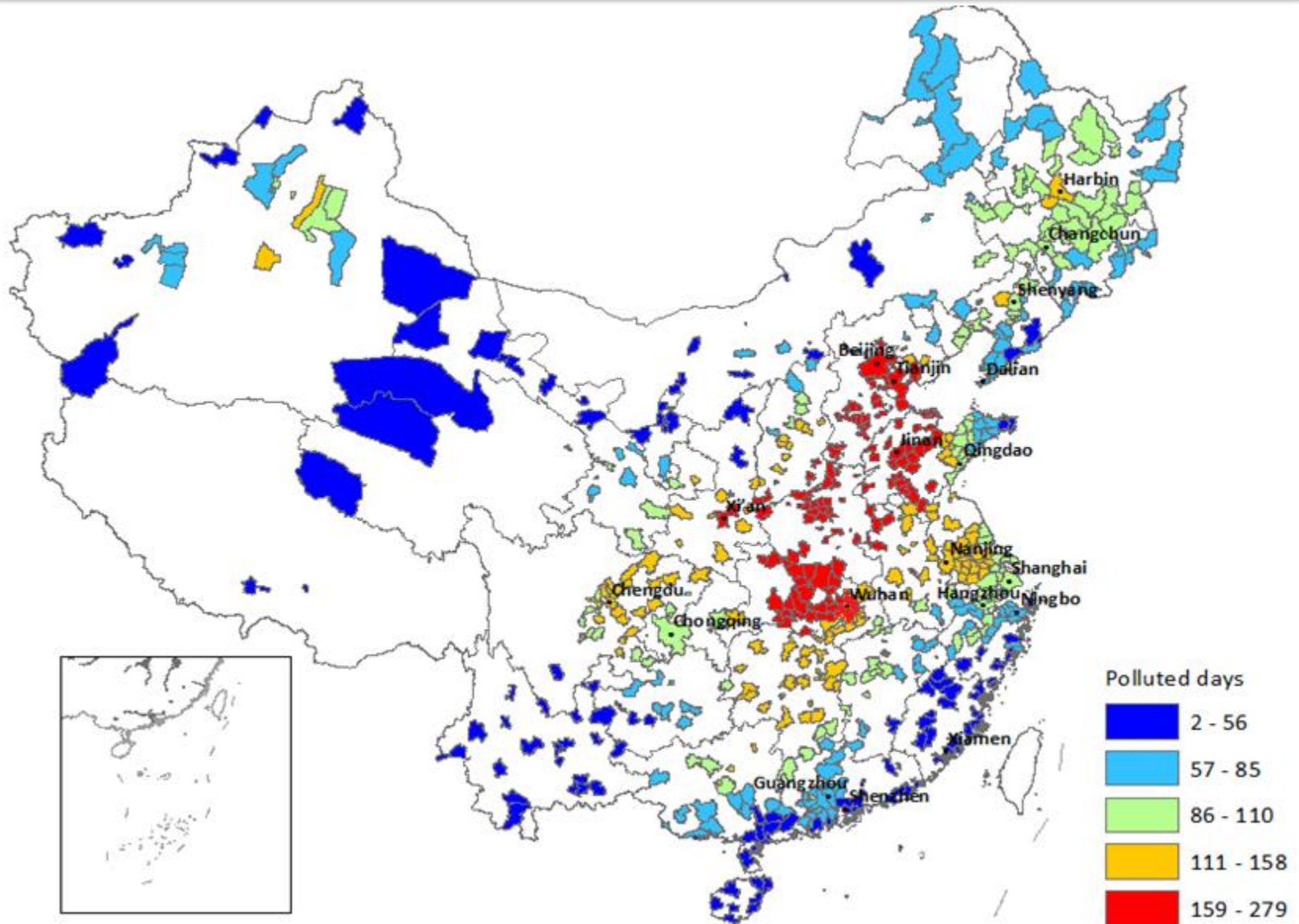


Spatiotemporal regularity

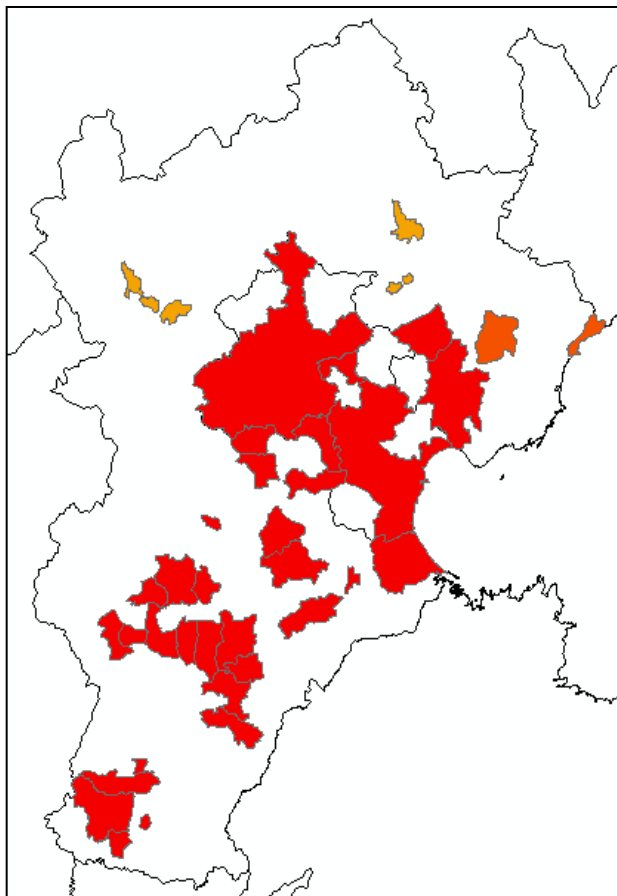
Table 1 Exposed days in each month for each sub-district



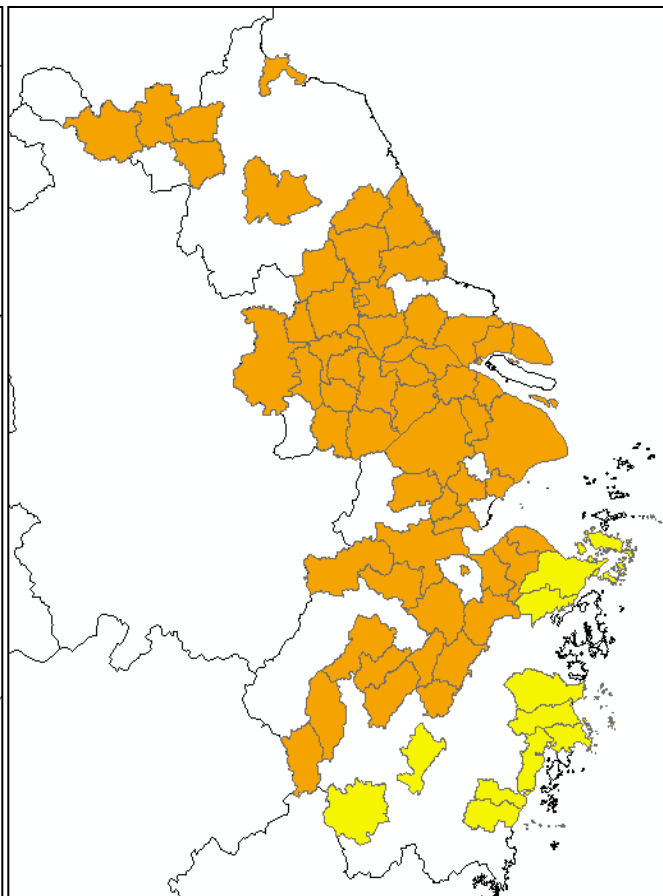
Cities and City-regions



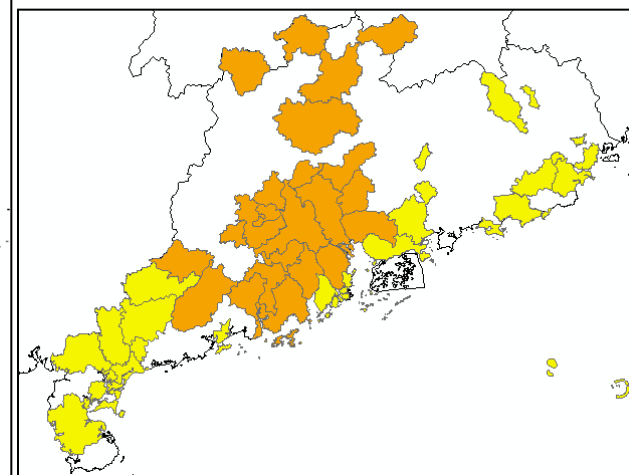
Cities and City-regions



平均暴露天数: 219天
PM2.5年均浓度: 107
达标城市比重: 0



平均暴露天数: 99天
PM2.5年均浓度: 64
达标城市比重: 0



平均暴露天数: 53天
PM2.5年均浓度: 44
达标城市比重: 4.5%

Cities and City-regions

	年均暴露天数（天）	年均浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	达标城市比重(%)
京津冀	219	107	0
长三角	99	64	0
珠三角	53	44	4.5
辽中南	80	56	0
山东	146	80	0
武汉及周边	161	87	0
长株潭及湖南	127	71	0
成渝	113	66	0
海峡西岸	17	37	43.5
山西中北部	128	70	0
关中	132	79	0
甘宁	69	58	0
新疆乌鲁木齐	89	60	0

City list: 暴露时长城市排名

Table 2 Top twenty worst and best cities in China

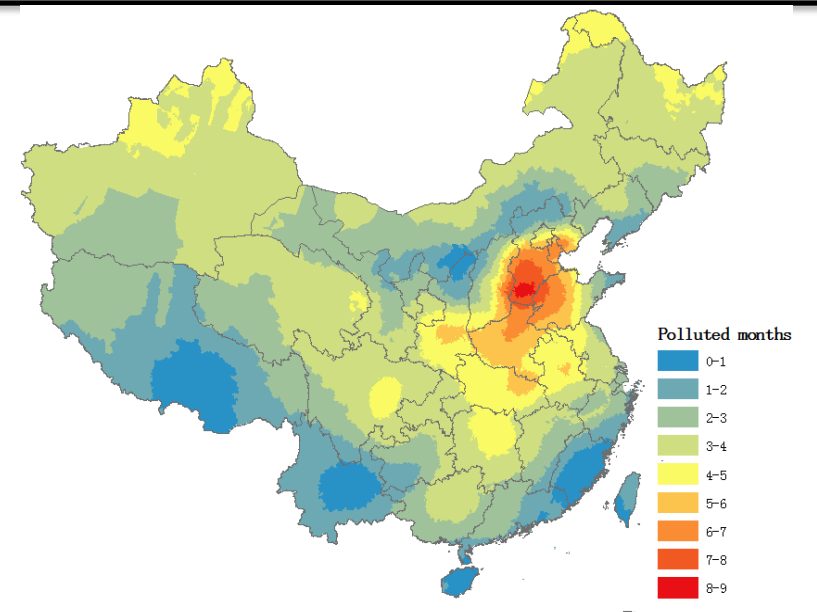
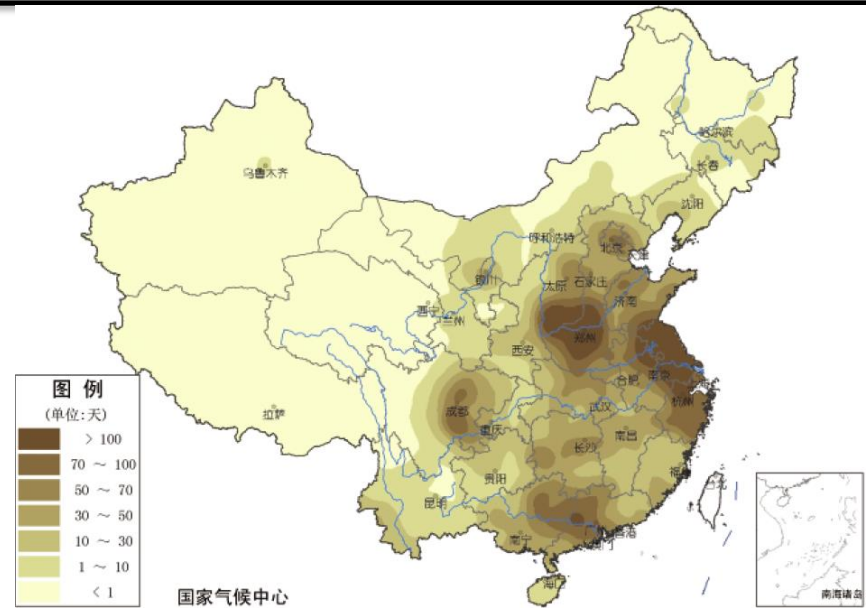
Top 20 worst cities			Top 20 best cities		
City	Pop (m) ⁶	Exposed days	City	Pop (m)	Exposed days
邢台	0.7	279	福清	1.2	15
沙河	0.5	260	福州	2.9	15
南宫	0.5	255	瑞丽	0.2	14
邯郸	1.4	253	永安	0.3	14
临清	0.7	253	莆田	1.9	12
石家庄	2.6	252	昆明	3.5	11
冀州	0.4	252	石狮	0.6	11
藁城	0.8	250	龙海	1.0	11
晋州	0.5	248	楚雄	0.6	11
安阳	0.6	246	龙岩	0.7	11
辛集	0.6	245	晋江	1.9	10
武安	0.8	244	漳平	0.2	10
衡水	0.5	241	漳州	0.5	10
德州	0.6	240	泉州	1.5	9
新乐	0.5	239	厦门	3.5	8
鹿泉	0.4	238	南安	1.4	8
深州	0.6	238	玉溪	0.5	7
聊城	1.1	238	安宁	0.3	6
安国	0.4	238	拉萨	0.3	2
禹城	0.5	238	日喀则	0.1	2

- 暴露最长的前20个城市全部位于河北省中南部、河南省北部+山东的临清；
- 暴露最短的20个城市主要位于西藏、云南、和福建。

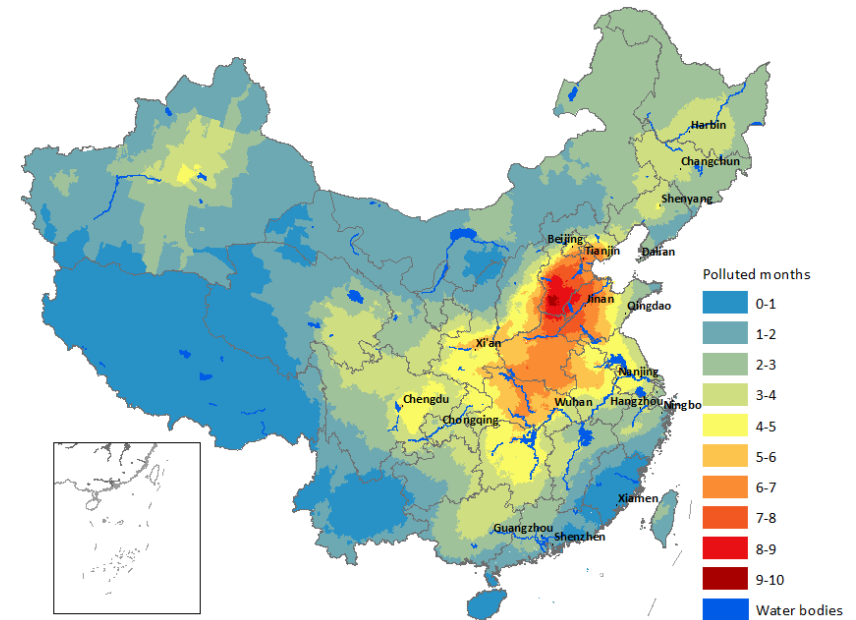
City list: 暴露强度最高的20个城市

City	Pop (m)	Exposed days	Total exposure (m people*days)	Annual average concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Area(km^2)
北京	18.9	161	3048	84	12163
天津	10.4	204	2130	94	7158
上海	22.4	88	1964	60	5476
武汉	9.7	158	1535	85	8583
成都	7.4	150	1114	81	2171
重庆	11.4	97	1104	61	15385
西安	6.5	162	1056	91	3569
南京	7.2	138	991	76	4736
济南	4.1	213	873	98	3070
郑州	4.1	201	832	96	1015
广州	11.1	65	723	50	3412
沈阳	6.3	108	676	64	3471
哈尔滨	5.8	115	668	69	7016
唐山	3.2	205	653	96	3253
石家庄	2.6	252	645	136	379
杭州	6.3	98	619	66	3344
淄博	3.1	188	589	91	2984
苏州	5.3	109	581	68	4606
佛山	7.4	75	551	52	3798
徐州	3.1	148	451	80	3038

与国家环保部发布的最新数据比较



- 环保部于2014年6月5日发布了《2013中国环境状况公报》，其中首次基于2013年新标准监测了74个城市的PM2.5超标天数，由于样本量仅覆盖了70余个城市，所以得到的全国雾霾日分布插值图并不精确。



与国家环保部发布的最新数据比较

- 74个城市中仅海口、舟山和拉萨3个城市空气质量达标，占4.1%；超标城市比例为95.9%。
- **BCL的研究结果：654个城市中，25个城市达标，占3.8%；超标城市比例为96.2%。**
- 74个城市的平均达标天数比例为60.5%，平均超标天数比例为39.5%。
- **BCL的研究结果：654个城市的平均达标天数比例为70.96%，平均超标天数为29.04%。**

与国家环保部发布的最新数据比较

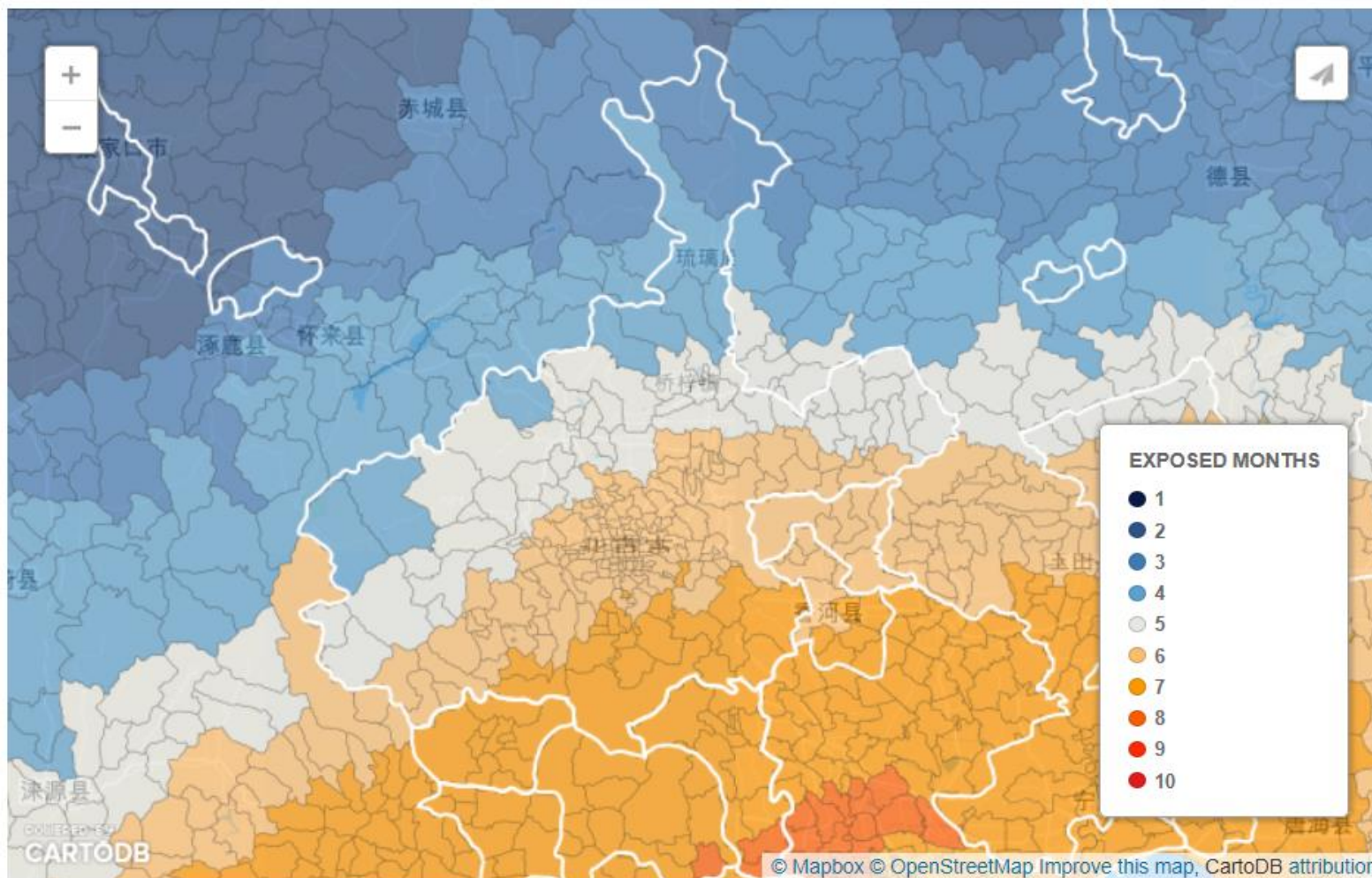
	达标比重 (%) -环保部	达标比重 (%) -BCL	PM2.5年 均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 环保部	PM2.5年 均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) BCL	达标城市数-环 保部	达标城市数- BCL
京津冀	37.5	40	106	107	0	0
#北京	48	55.89	89	84	-	-
长三角	64.2	72.88	67	64	1	0
#上海	67.4	75.89	62	60	-	-
珠三角	76.3	85.48	47	44	0	2
#广州	71	82.19	53	50	-	-

研究特色和创新

- 数据组织：覆盖地面观测站+遥感反演的一手数据；
- 尺度：兼顾了大尺度研究范围和精细化研究单元；
- 数据驱动：从最基本数据出发，摒弃复杂建模，运用尽量简单的模型和方法；
- 开放性研究：研究结果将通过CARTODB在线可视化浏览、工作论文也会陆续上线，研究具有可比性，可供各方参考决策。

China PM2.5

We estimated 1-year-daily PM2.5 concentration at the Jiedao level for the whole China using both ground observations and remote sensing images. By Dr Ying Long, Dr Jianghao Wang and Dr Kang Wu.





BCL

Beijing City Lab

我们还不算最糟糕的！

CITIES WITH GREATEST ANNUAL MEAN PM2.5 MEASUREMENTS

Measure of fine particles PM2.5, which is one of the most dangerous pollutants for human health.





谢谢!

敬请批评指正!!