

—全球10城市比较—
道路交通污染监测网络

万薇 张伟豪
亚洲清洁空气中心

长三角交通空气污染治理研讨会
中国 上海
2019年5月30-31日

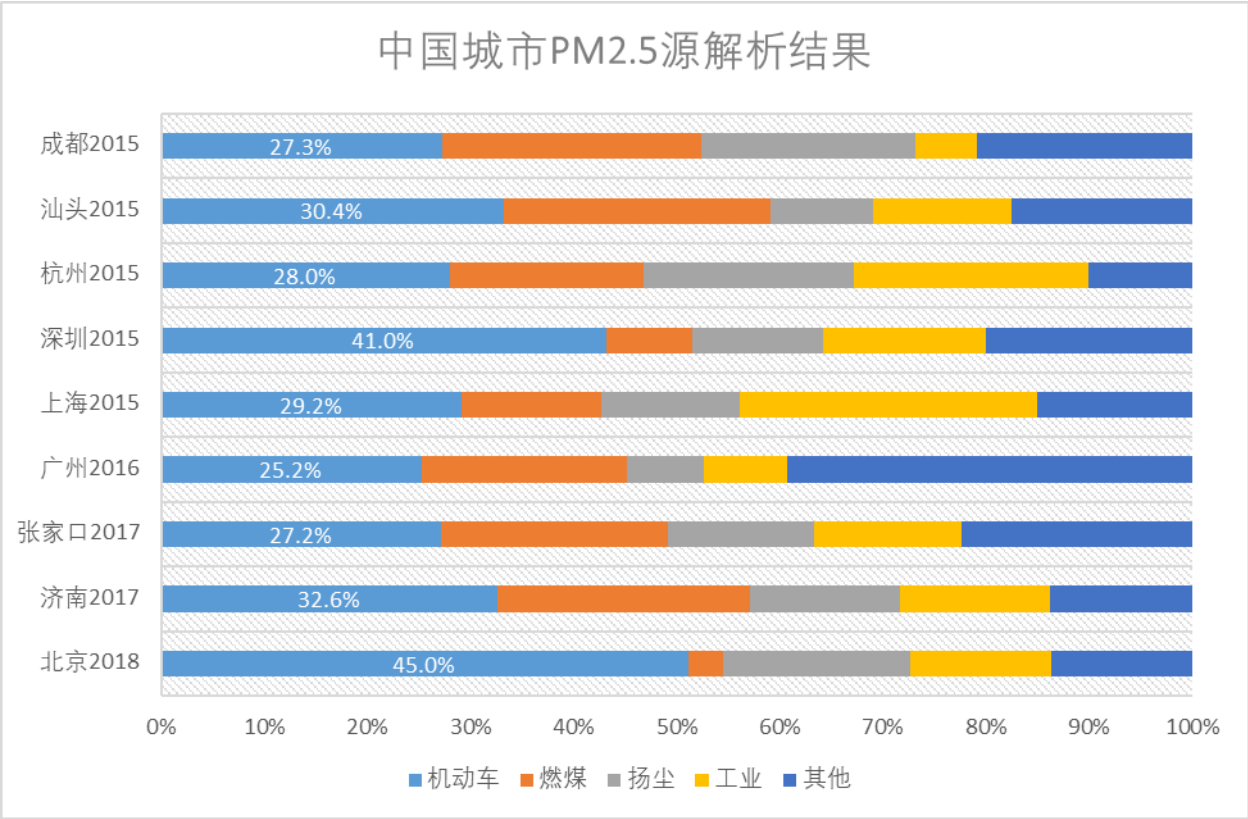
报告内容

- 背景—城市交通污染的影响
- 监测站点设置
- 监测要求和运营管理
- 空气质量评价

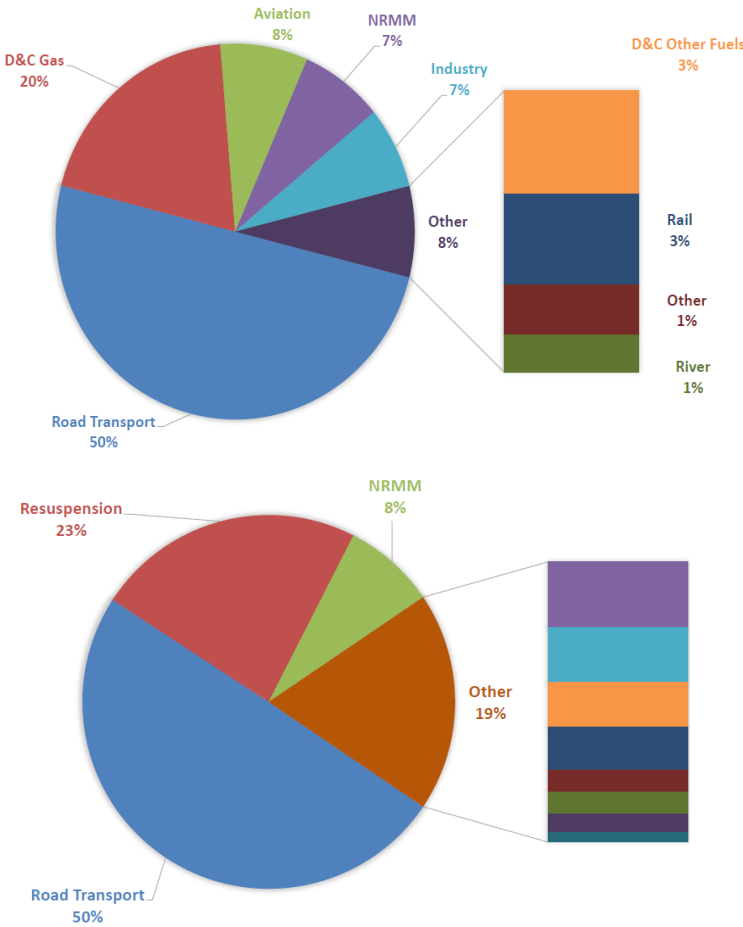


Continuous monitoring station at Marylebone Road
Source: Greater London Authority, 2018

机动车是空气污染主要贡献源

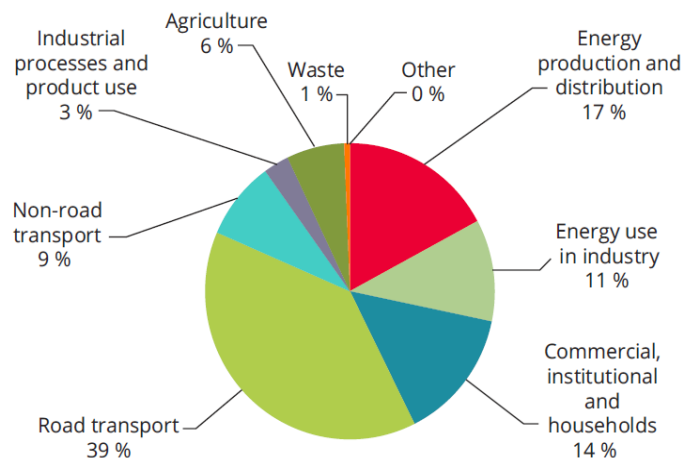


来源：亚洲清洁空气中心（2019）根据城市公开源解析结果汇编

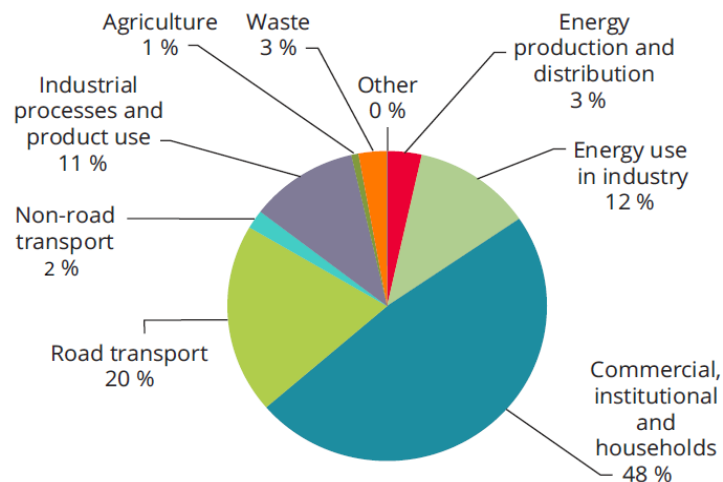


Source: David Green, Building a cleaner London, King's College London.

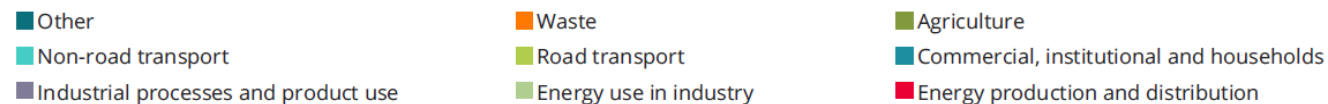
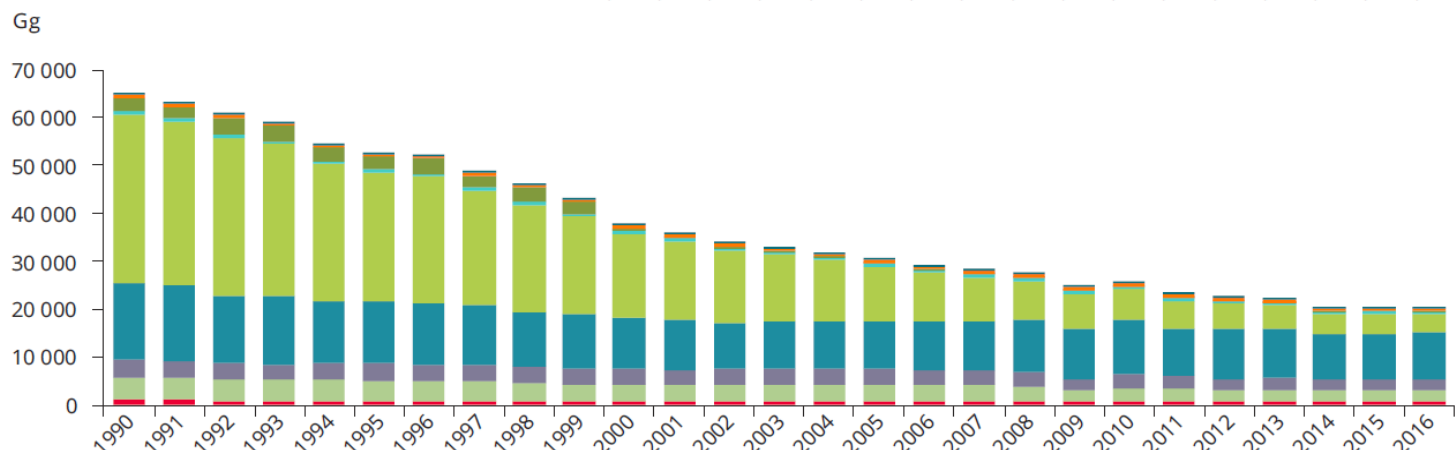
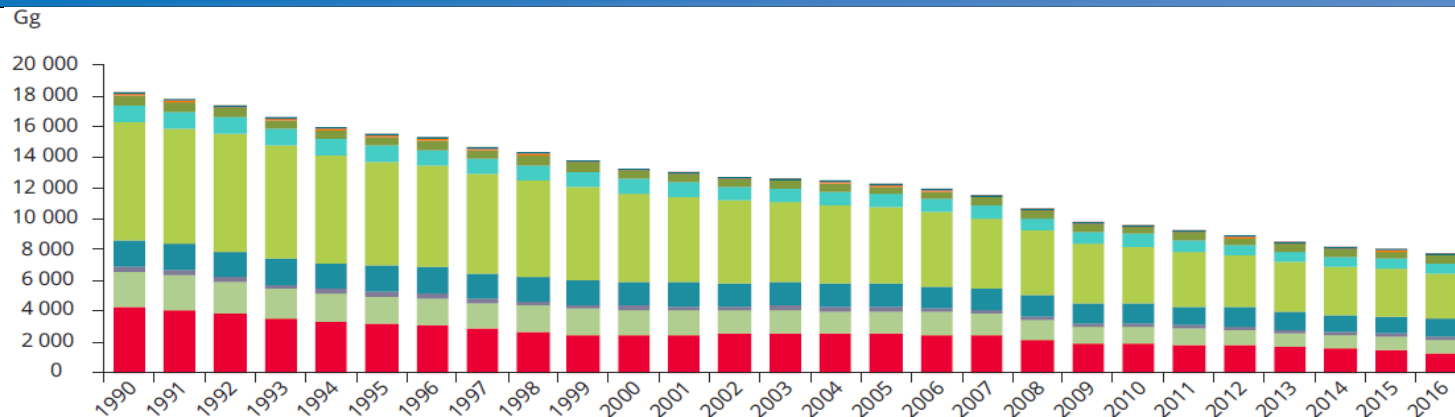
机动车是空气污染主要贡献源（续）



2016年欧盟28国NOx排放分担率

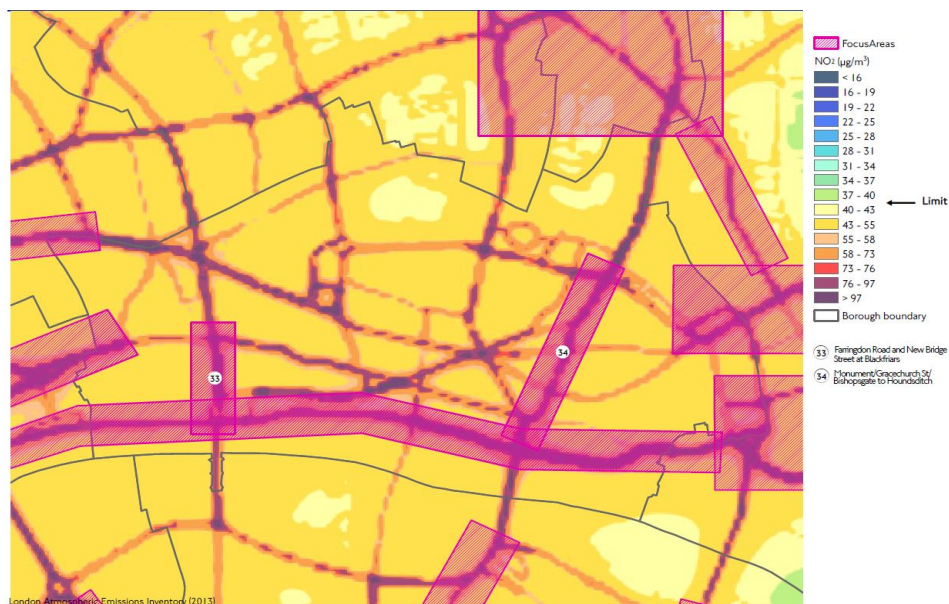


2016年欧盟28国CO排放分担率



交通空气污染暴露的污染和暴露影响

- 机动车排放导致道路及道路边一定范围内空气污染物水平高于普通环境。
- 交通干道两侧300米或500米以内的暴露区域是受到交通排放影响最显著的区间(HEI, 2010)。
- **空气污染暴露水平最高的人群就是有更多通勤需求的人群。**香港一项研究显示，上班族和学生是高暴露风险人群(Tang et al., 2018)



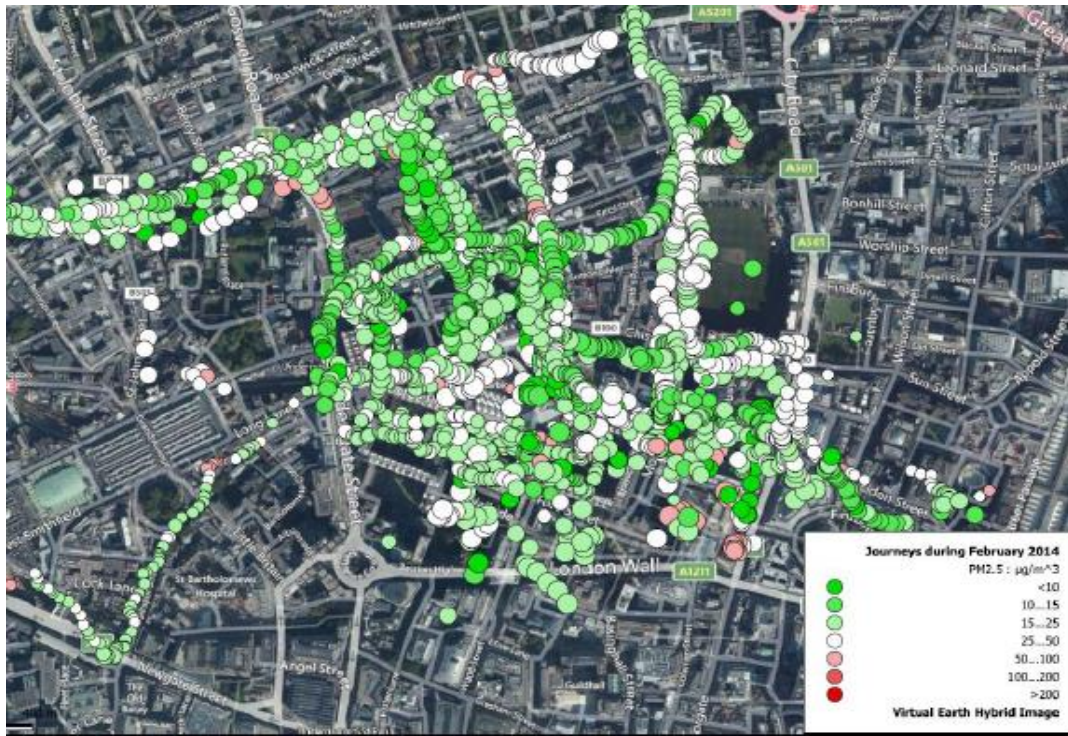
Source: London Air, 2013



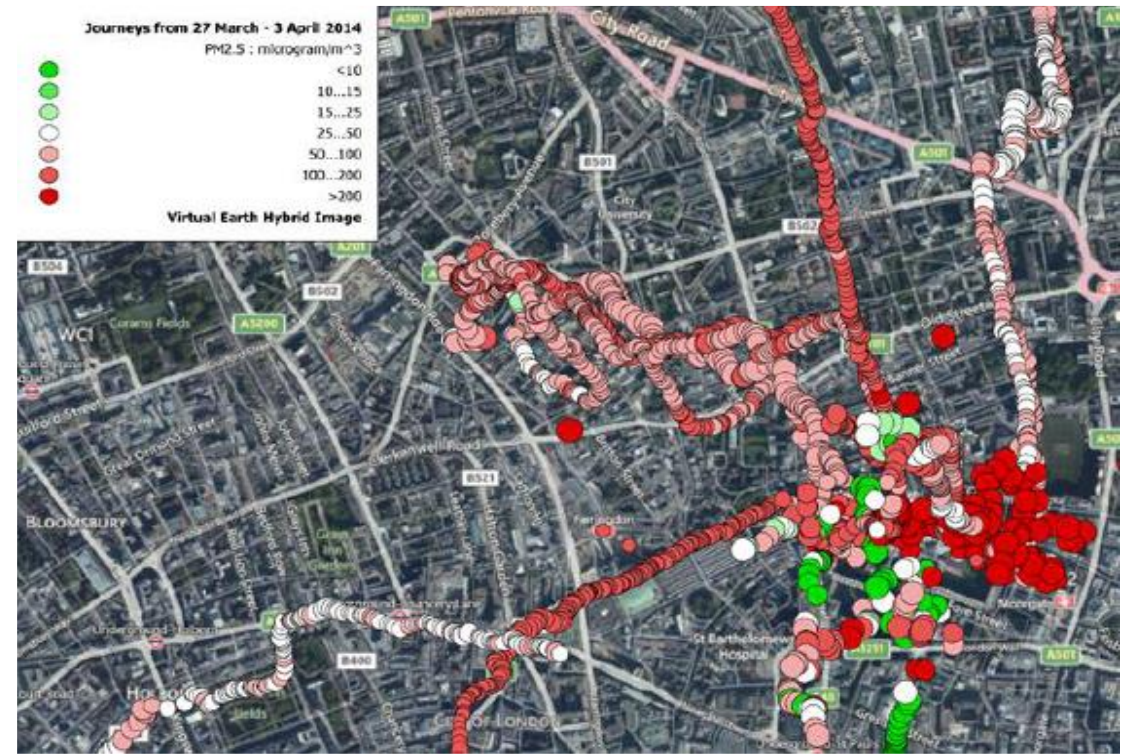
Source: London Air, 2015

交通空气污染暴露的污染和暴露影响 (续)

2014年2月巴Barbican进行的个人PM2.5暴露监测



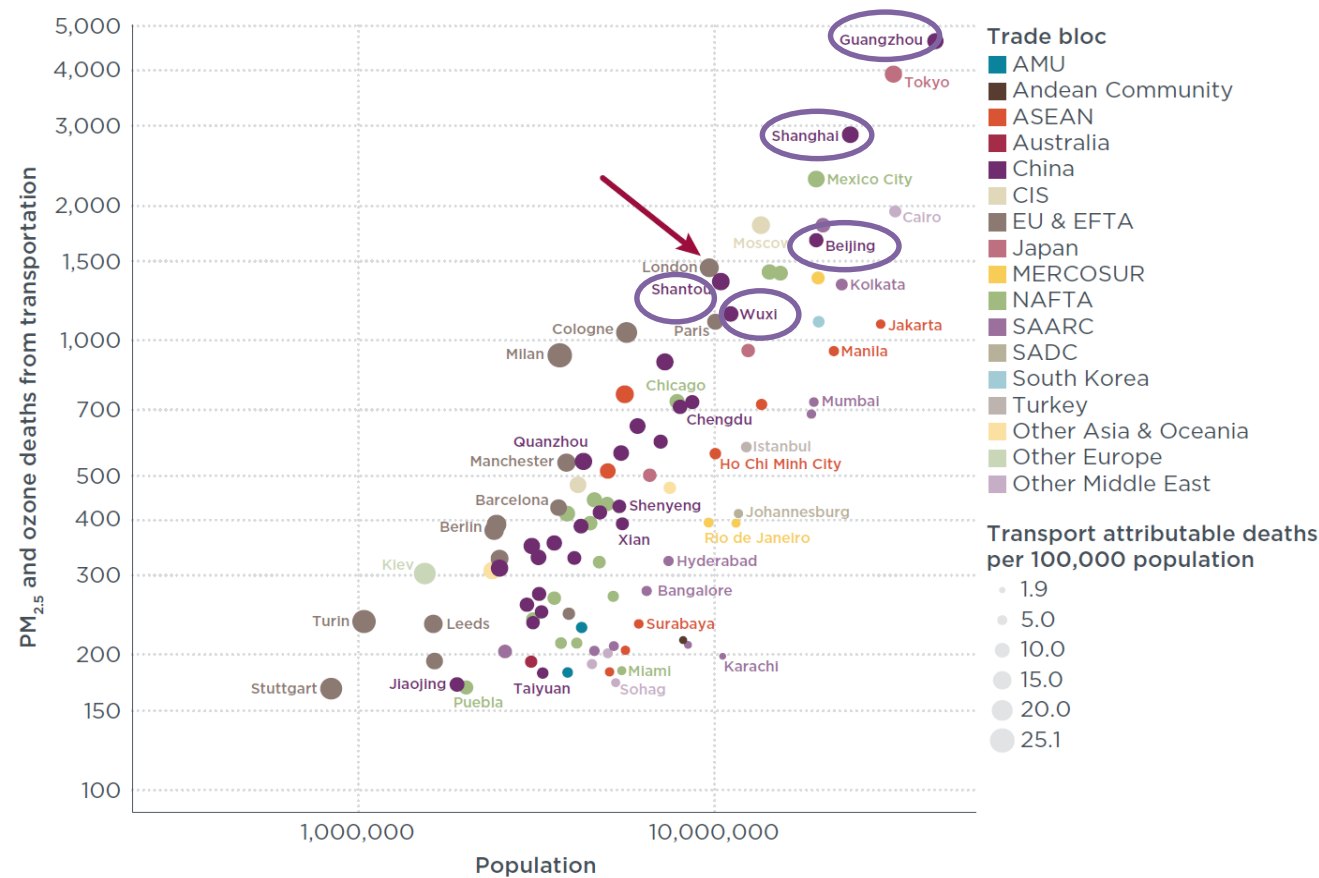
2014年4月巴Barbican进行的个人PM2.5暴露监测，包括3天重污染



Source: City of London Air Quality Strategy 2015 – 2020, 2015

交通空气污染暴露的健康风险

- 交通相关空气污染危害健康的影响机制是**氧化应激机制**。心血管系统指标影响；儿童与成年人哮喘发病风险加大、症状加剧；肺功能下降、过敏反应加重等（HEI,2010）。WHO将柴油燃烧排放物列为致癌物质。
- 研究显示，2015年,伦敦约1500人由于**交通尾气排放**的PM_{2.5}和O₃过早死亡，占**空气污染相关死亡风险**比例高达**32.7%**，其中道路柴油车贡献约46%。



来源: ICCT等, 2015



对城市道路交通污染情况的监测对于评价空气质量水平和分析污染特征至关重要。

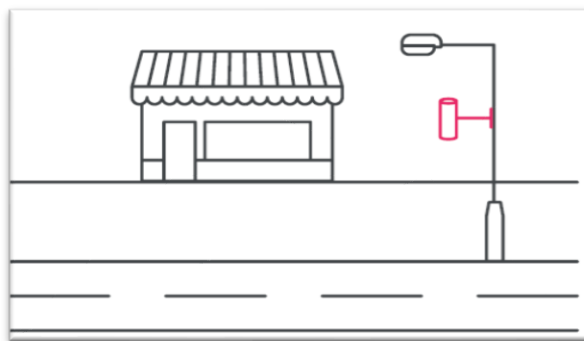
基于道路交通污染的观测和分析制定和评估减排政策可以帮助更有效地减少交通污染暴露和保护人群健康。

交通监测站点设置

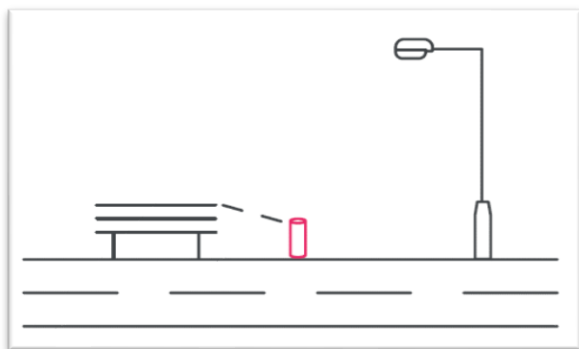
道路类别	标准	污染物	浓度指标
拥堵狭窄的道路，两侧有居住区	5,000车/日 路边2米以内暴露 车流缓慢或频繁停车/启动	NO2	年均 1小时平均
繁忙的街道，人们可能在道路两侧滞留1小时或者更长时间	10,000车/日 路边5米以内暴露 暴露时间> 1小时	NO2	1小时平均
有较多重型柴油车通行的道路	2,500柴油车/日 路边10米以内暴露	NO2/PM10	年均 NO2-1小时平均 PM10-日均
交通拥堵路段	10,000车/日 路边10米以内暴露	NO2/PM10	年均 NO2-1小时平均 PM10-日均
新建道路	10,000车/日 路边10米以内暴露	NO2/PM10	年均 NO2-1小时平均 PM10-日均
交通流量变化明显的道路	10,000车/日 路边10米以内暴露 车流量增加了25%	NO2/PM10	年均 NO2-1小时平均 PM10-日均
公交车站/枢纽	2,500公交车/天 路边10米以内暴露	NO2	年均 NO2-1小时平均

交通监测站点设置 (续)

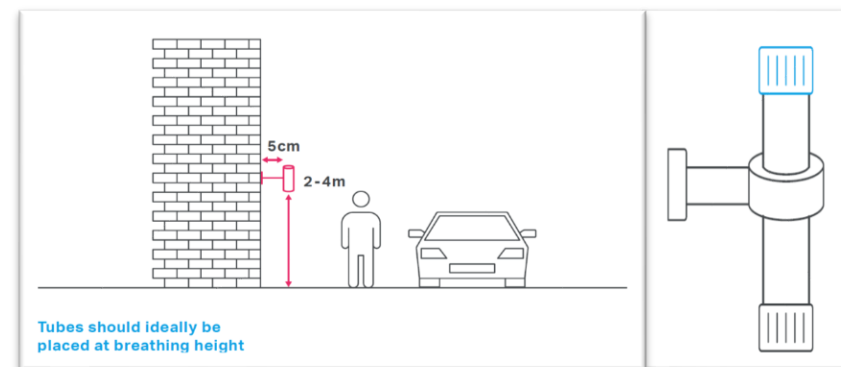
路边站 (Kerbside) 采样点位于繁忙道路的1米范围内，高度与排放源相当。可能是最高浓度水平，由道路交通排放主导。



低成本扩散管 (Diffusion Tubes) 用于热点区域的NO₂的补充观测。采样持续时间1个月，用于年均目标评价。



路边站 (Roadside) 位于繁忙道路的1至5米范围内，理想情况下与呼吸高度相当。更好地反映人群暴露水平，识别健康风险。

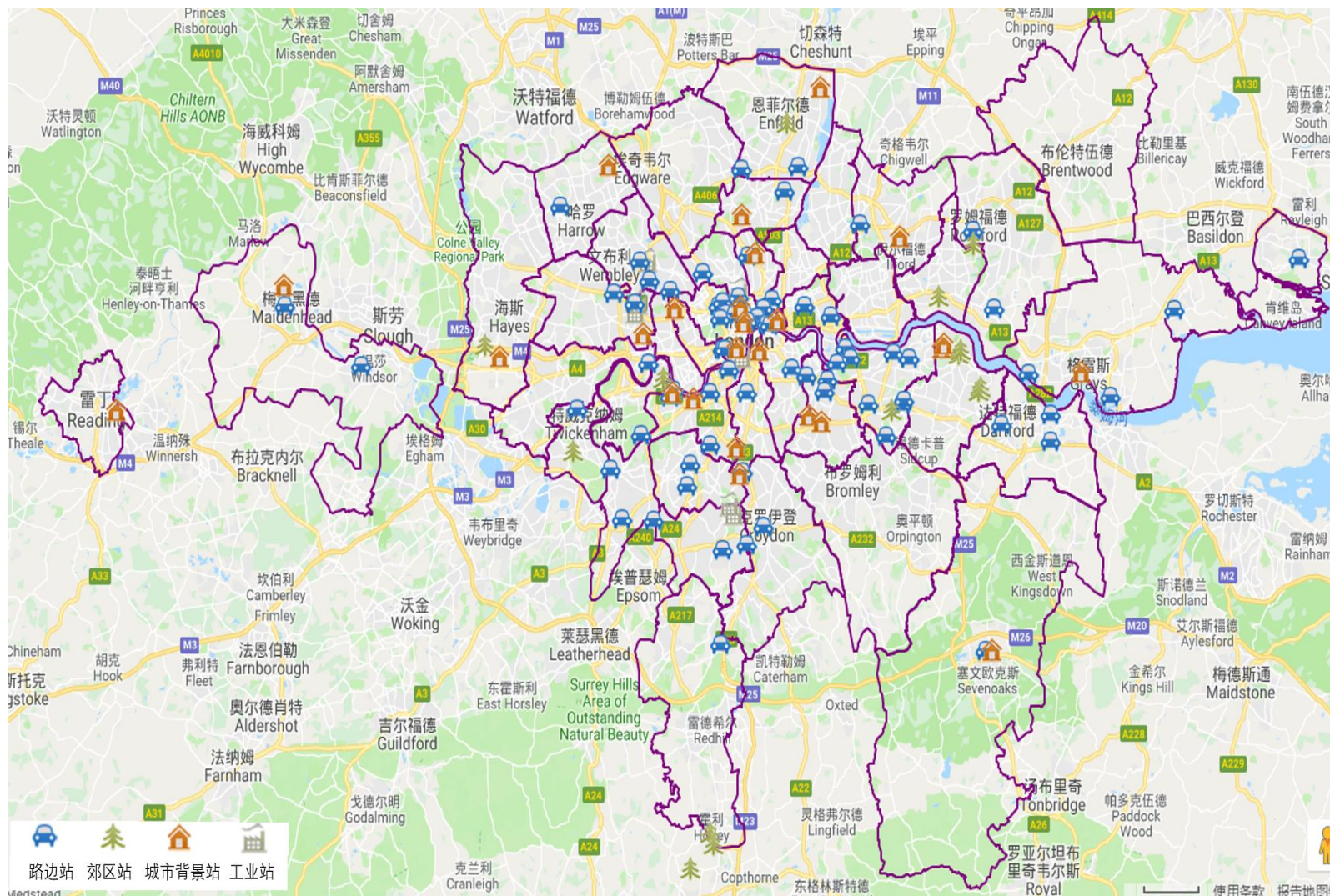


10城市交通监测站点设置

城市	监测站点总数	路边站点数量	面积 (平方公里)	机动车 保有量(万辆)	常住人口 (万人)	总体监测站点密度 (个/10,000 平方公里)	交通监测站点密度 (个/10,000 平方公里)	路边站主要监测 指标
北京	35 (国控)	14 (5国控)	16410	608.4	2154.2	21	3	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃
上海	54 (国控 + 市控)	5	6340	399.3	2423.78	85	8	
广州	51 (国控 + 市控)	2	7434	248.9	1490.44	69	3	
香港	16	3	1106	78.4	748.25	145	27	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃
伦敦	119	62 (道路站) 11 (路边站)	1577	307	882.5	755	463	PM ₁₀ , NO ₂
巴黎	64 (50 个自动站)	13 (自动站)	12000	511.6	1214.28	54	11	PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO, NO ₂ , NO _x , CO
新加坡	22	4	719	95.7	563.87	306	56	
东京	82	35	2155	314.67	1388.51	390	162	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, O _x
湾区 (旧金山等 9 郡)	32	4	17932	675.1	763	18	2	NO ₂ , CO, PM _{2.5}
南海岸地区 (洛杉矶等 4 郡)	42 (其中 5 个只监测 Pb)	4	83599	1487.3	1773.8	5	1	NO ₂ , CO, PM _{2.5}

来源：亚洲清洁空气中心（2019）汇编

伦敦交通监测站点设置



- ✓ 伦敦城市面积1577平方公里，常住人口882.5万人，机动车保有量307万辆。
- ✓ 伦敦的空气质量监测网络（LAQN）于1993年开始建立，截至目前共有119个监测站点，其中62个道路监测站（距离道路1-5米），11个路边监测站（道路侧1米以内）。
- ✓ 主要开展PM10和NO₂两项指标的监测，其下辖的33个自治市（boroughs）均会自行开展tubes监测，以Ealing市为例，2013年该自治市拥有99个NO₂的tube监测站点。

东京交通监测站点设置



- ✓ 东京市面积2155平方公里，常住人口1388.5万人，机动车保有量约315万辆。
- ✓ 东京空气质量监测网络共有82个监测站点，其中35个为道路监测站。
- ✓ 开展PM2.5, PM10, SO₂, NO₂, CO, O_x等6项空气污染物指标。

城市交通污染监测要求

城市	数量要求	布设要求	QA/QC	管理方	运营方	技术支持
北京 / 上海 / 广州	路边交通点的数量由地方环境保护行政主管部门组织各地环境监测机构根据本地区环境管理的需要设置 ¹ 。	应在行车道的下风侧，根据车流量大小、车道两侧地形、建筑物的分布情况等确定路边交通点的位置。采样口距道路边缘距离不得超过 20 米。采样口离地面高度应在 2–5 米范围内。	详 见 PM _{2.5} 、PM ₁₀ 、SO ₂ 、NO ₂ 、O ₃ 、CO 的连续自动监测系统技术要求及检测方法等标准。	国控点：中国环境监测总站 省控点：各省级环境监测部门 市控点：各市级环境监测部门	第三方运维机构	国家和省级环保主管部门
香港 ²	香港环保署参考美国环保署（USEPA）的指南，并实际考虑香港大厦林立的独特情况，小心选择了 16 个监测站的位置。		按《香港实验所认可计划》的准则设立了质量控制制度 ³	香港环境保护署		
伦敦	详 见 DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe–Annex V–Criteria for determining minimum numbers of sampling points ⁴	路边站距离路缘 1 米以内 道路站距离路缘 1–5 米内 ⁵ 。	详见 Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) Procedures for UK Air Quality Monitoring under 2008/50/EC and 2004/107/EC ⁶	由伦敦国王学院环境研究团队（Environmental Research Group, King’ s College London）负责日常管理运维，监测站点所在自治市的政府（local boroughs）提供资金。		
巴黎	特别要求：对于 NO ₂ 、CO、PM，根据数量要求，在不增加点位的情况下，应保证该地区至少同时有一个交通监测点和城市背景点 ⁴ 。	设置在距离主要路口至少 25 米的位置，距离马路边缘不超过 10 米 ⁴ 。	详见 DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe–Annex I–Data Quality Objectives	Airparif		
新加坡	新加坡的空气监测站的管理运行参考国际上其他国家的指南。路边监测站用来评估新加坡的机动车排放控制项目的有效性。监测数据通过公用电话网络定期传输给数据管理系统，数据被系统自动处理后发布。系统配备有专门定制的数据处理软件。			新加坡环保署（The National Environment Agency）		
东京 ⁷	设置在被认为对人体健康影响较大的高浓度地点，考虑到污染物浓度随距离的衰减，最好是在路边 10m 以内。设置点在难以确保用地的情况下，也可从路边 20 米以内。详见《環境大気常時監視マニュアル 第 6 版》 ⁷ 。			东京都政府（Tokyo Metropolitan Government）		
湾区（旧金山等 9 县）	在人口不少于 100 万的核心统计区内（CBSA） ⁸ ，必须有一个路边 NO ₂ 监测站来监测 1 小时浓度。在人口不少于 250 万的核心统计区，或人口不少于 100 万且拥有至少一条年平均日交通流量不少于 25 万的路段的核心统计区内，应该设置第二个路边 NO ₂ 监测站 ⁹ 。	路边 NO ₂ 和 CO 监测站探测器的采样入口应位于距离地面高度 2–7 米范围内。市中心和街道峡谷中的 CO 监测站的探测器采样入口应位于距离地面高度 2.5–3.5 米范围内 ¹⁰ 。	详 见 Quality Assurance Program Plan For Gaseous Pollutant Air Monitoring Program ¹¹	湾区空气质量管理局 Bay Area Air Quality Management District (BAAQMD)		
南海岸地区（洛杉矶等 4 县）				南海岸空气质量管理局 South Coast Air Quality Management District (SCAQMD)		

- 环境空气质量监测点位布设技术规范 HJ 664–2013.
下载链接：http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/jcffbz/201309/t20130925_260810.shtml
- 2017 年香港空气素质报告 .
下载链接：<http://www.aqhi.gov.hk/tc/download/air-quality-reports.html>
- 监测网络的准确度按成效审核方式评价。颗粒物和气态污染物准确度的成效目标应分别在 ± 15% 及 ± 20% 以内。在 2017 年，环保署对监测站的分析仪及采样器进行了 371 次审核检查。根据 95% 机率限值，监测网络的气态污染物准确度介乎 –6.6 % 至 6.7 %，而粒子的准确度则介乎 –6.7 % 至 8.2 %，全都属指定成效目标以内。精确度用以测定可重复性，测定结果的精确度按环保署的质量手册作验算。在 2017 年，环保署对分析仪及采样器进行了 2943 次精确度检查。根据 95% 机率限值，监测网络的精确度介乎 –5.4% 至 5.3% 之间，同时颗粒物和气态污染物 ± 15% 的成效目标。除上述措施外，环保署每年会对监测网络进行一次系统审核，以检讨质量保证工作。审核完毕后，审核人员会于审核报告中列出改善建议、不符合规定的项目及相应的改正行动
- DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe
欧盟指令 2008/50/EC—环境空气质量与清洁空气 . 下载链接：<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32008L0050>
- GUIDE FOR MONITORING AIR QUALITY IN LONDON. 伦敦空气质量监测指南 .
下 载 链 接：<https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/pollution-and-air-quality/monitoring-and-predicting-air-pollution>
- Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) Procedures for UK Air Quality Monitoring under 2008/50/EC and 2004/107/EC.
英国空气质量监测 QA/QC 步骤指南 . 下载链接：https://uk-air.defra.gov.uk/library/reports?report_id=766
- 環境大気常時監視マニュアル（第 6 版） .
下载链接：http://www.env.go.jp/air/osen/manual_6th/index.html
- 核心统计区（CBSA）是美国用于开展全国统计工作的基本地理区划，全国被划分为不同的 CBSA，主要包括大都市统计区（metropolitan statistical areas）和小都市统计区（micropolitan statistical areas）。每个 CBSA 由若干郡组成，这些郡可以来自不同的州。
- 40 CFR Part 58 Appendix D – Network Design Criteria for Ambient Air Quality Monitoring. 附件 D– 环境空气质量监测网络设计标准
下 载 链 接：<https://www.govinfo.gov/app/details/CFR-2017-title40-vol6/CFR-2017-title40-vol6-part58-appD>
- 40 CFR Part 58 Appendix E – Probe and Monitoring Path Siting Criteria for Ambient Air Quality Monitoring. 附件 E– 环境空气质量监测点选址标准
下 载 链 接：<https://www.govinfo.gov/app/details/CFR-2017-title40-vol6/CFR-2017-title40-vol6-part58-appE>
- Quality Assurance Program Plan for Gaseous Pollutant Air Monitoring Program.
下载链接：https://www.arb.ca.gov/aaqm/qa/drupal/gaseous_pollutant_qapp.pdf

空气质量 评价

北京 / 上海 / 广州					
污染物	平均时间	浓度限值 ¹	2018 年浓度达标情况		
		二级	北京 ²	上海 ³	广州 ⁴
PM _{2.5} (μg/m ³)	年平均	35	51 (不达标) 58 (交通站)	36 (不达标)	35 (达标)
	24 小时平均	75			
PM ₁₀ (μg/m ³)	年平均	70	78 (不达标)	51 (达标)	54 (达标)
	24 小时平均	150			
SO ₂ (μg/m ³)	年平均	60	6 (达标)	10 (达标)	10 (达标)
	24 小时平均	150			
	1 小时平均	500			
NO ₂ (μg/m ³)	年平均	40	42 (不达标) 66 (交通站)	42 (不达标)	50 (不达标)
	24 小时平均	80			
	1 小时平均	200			
CO (mg/m ³)	24 小时平均	4	1.7 (达标)	0.67 (达标)	1.2 (达标)
	1 小时平均	10			
O ₃ (μg/m ³)	日最大 8 小时平均	160	192 (不达标)	160 (达标)	174 (不达标)
	1 小时平均	200			

1. 环境空气质量标准 (GB 3095-2012)

2. 2018 年北京市生态环境状况公报 . 北京市生态环境局

3. 2018 年上海市环境空气质量状况报告 . 上海市生态环境局

4. 2018 广州市环境质量状况公报 . 广州市生态环境局

说明: 只有国控点位监测数据计入公开发布的空气质量评价, 如路边监测点位是省控或市控点位, 则其监测数据不计入公开评价。

空气质量 评价

香港

污染物	平均时间	浓度限值 ¹	容许超标次数	2017 年达标情况 ²	
				一般站	路边站
PM _{2.5} (μg/m ³)	年平均	35	N/A	达标	达标
	24 小时平均	75	9	达标	达标
PM ₁₀ (μg/m ³)	年平均	50	N/A	达标	达标
	24 小时平均	100	9	达标	达标
SO ₂ (μg/m ³)	10 分钟平均	500	3	达标	达标
	24 小时平均	125	3	达标	达标
NO ₂ (μg/m ³)	年平均	40	N/A	不达标 (最高浓度 57)	不达标 (最高浓度 97)
	1 小时平均	200	18	不达标 (超标 20 次)	不达标 (超标 272 次)
CO (mg/m ³)	8 小时平均	10	0	达标	达标
	1 小时平均	30	0	达标	达标
O ₃ (μg/m ³)	8 小时平均	160	9	不达标 (超标 37 次)	达标

1. 香港《空气污染管制条例》(第 311 章)

2. 2017 年空氣質素指標達標情況。香港环保署

说明：当所有监测站监测到的某种污染物浓度都达标，才表示该污染物达标

空气质量 评价

伦敦

污染物	平均时间	浓度限值 ¹	年容许超标次数	英国要求 达标日期	2017 年达标情况 ²
PM _{2.5} (μg/m ³)	年平均	25	N/A	2020.01.01	全部 13 站点达标
PM ₁₀ (μg/m ³)	年平均	40	N/A	2004.12.31	全部 53 站点达标
	24 小时平均	50	35	2004.12.31	49/51 站点达标
SO ₂ (μg/m ³)	15 分钟平均	350	35	2005.12.31	全部 6 站点达标
	1 小时平均	266	24	2004.12.31	全部 6 站点达标
	24 小时平均	125	3	2004.12.31	全部 6 站点达标
NO ₂ (μg/m ³)	年平均	40	N/A	2005.12.31	41/70 站点达标
	1 小时平均	200	18	2005.12.31	65/70 站点达标
CO (mg/m ³)	日最大 8 小时平均	10	N/A	2003.12.31	全部达标
O ₃ (μg/m ³)	8 小时平均	100	10	2005.12.31	12/16 站点达标

东京

污染物	平均时间	浓度限值 ¹	2017 年达标情况 ²	
			一般站	路边站
PM _{2.5} (μg/m ³)	年平均	15	41/47 站点达标	27/34 站点达标
	24 小时平均	35 (指定监测站第 98 百分位数)		
PM ₁₀ (μg/m ³)	1 小时平均	200	47/47 站点达标	34/34 站点达标
	24 小时平均	100		
SO ₂ (ppm)	1 小时平均	0.1	20/20 站点达标	5/5 站点达标
	24 小时平均	0.04		
NO ₂ (ppm)	24 小时平均	0.04–0.06 或更少	44/44 站点达标	33/34 站点达标
CO (ppm)	8 小时平均	20	11/11 站点达标	16/16 站点达标
	24 小时平均	10		
O ₃ (ppm)	1 小时平均	0.06	0/41 站点达标	N/A

空气质量 评价

巴黎

污染物	平均时间	浓度限值 ¹	年容许超标次数	欧盟要求 达标日期	2017 年空气质量 ²	
					一般站	路边站
PM _{2.5} (μg/m ³)	年平均	25	N/A	2010.01.01	达标	达标
PM ₁₀ (μg/m ³)	年平均	40	N/A	2005.01.01	达标	不达标 (最高值 43)
	24 小时平均	50	35	2005.01.01	达标	不达标 (超标 80 次)
SO ₂ (μg/m ³)	1 小时平均	350	24	2005.01.01	达标	达标
	24 小时平均	125	3	2005.01.01	达标	达标
NO ₂ (μg/m ³)	年平均	40	N/A	2010.01.01	达标	不达标 (最高值 90)
	1 小时平均	200	18	2010.01.01	达标	不达标 (超标 33 次)
CO (mg/m ³)	日最大 8 小时 平均	10	N/A	2005.01.01	达标	达标
O ₃ (μg/m ³)	日最大 8 小时 平均	120	3 年内不超过 25 天	2010.01.01	达标	N/A

1. French Air Quality Standard

2. Air quality in the Paris region–SUMMARY 2017. Airparif

空气质量 评价

美国					
污染物	平均时间	浓度限值 (加州标准) ¹	浓度限值 (联邦标准) ²	旧金山(湾区) ³	洛杉矶中心城区 (南海岸) ⁴
PM _{2.5} (μg/m ³)	年平均	12	12	9.7 (达标)	11.94 (达标)
	24 小时平均	N/A	35	超标 7 天 (联邦标准) 最大值 49.9	超标 5 天 (联邦标准) 最大值 49.2
PM ₁₀ (μg/m ³)	年平均	20	N/A	22	34.4
	24 小时平均	50	150	超标 2 天 (加州标准) 最大值 77	超标 41 天 (加州标准) 最大值 96
SO ₂ (ppm)	1 小时平均	0.25	0.075	达标	达标
	24 小时平均	0.04	N/A	达标	达标
NO ₂ (ppm)	年平均	0.03	0.053	0.011 (达标)	0.02 (达标)
	1 小时平均	0.18	0.1	达标	达标
CO (ppm)	8 小时平均	9	9	达标	达标
	1 小时平均	20	35	达标	达标
O ₃ (ppm)	8 小时平均	0.07	0.07	达标	超标 14 天 最大值 0.086
	1 小时平均	0.09	N/A	达标	超标 6 天 最大值 0.116

1 California Ambient Air Quality Standards

2 U.S. National Ambient Air Quality Standards

3 Bay Area Air Pollution Summary - 2017. Bay Area Air Quality Management District

4 2017 South Coast Air Quality. South Coast Air Quality Management District



**CLEAN AIR
ASIA**
亚洲清洁空气中心



地址：北京市朝阳区秀水街1号建国门外外交公寓11-152, 100600

电话 / 传真：+86 10 8532 6172

Email: china@cleanairasia.org

微博：@亚洲清洁空气中心 微信：cleanairasia

官网： www.cleanairasia.cn / www.cleanairasia.org

空气知库： www.allaboutair.cn