

交通相关空气污染的 健康影响





关于亚洲清洁空气中心

亚洲清洁空气中心 (Clean Air Asia, 简称 CAA) 是一家国际非营利性组织, 致力于改善亚洲区域空气质量, 打造健康宜居的城市。CAA 成立于 2001 年, 由亚洲开发银行、世界银行和美国国际开发署共同发起建立, 是联合国认可的合作伙伴机构。

CAA 总部位于菲律宾马尼拉, 在中国北京和印度德里设有办公室。CAA 拥有来自全球的 261 个合作伙伴, 并建立了六个国家网络——印度尼西亚、马来西亚、尼泊尔、菲律宾、斯里兰卡和越南。

CAA 自 2002 年起在中国开展工作, 专注于空气质量管理 and 绿色交通两个领域。2018 年 3 月 12 日, CAA 获得北京市公安局颁发的《境外非政府组织代表机构登记证书》, 在北京设立亚洲清洁空气中心 (菲律宾) 北京代表处, 在公安部及业务主管单位生态环境部的指导下, 在全国范围内开展大气治理领域的能力建设、研究和宣传教育工作。

关于亚洲季风区可持续发展集成研究项目

亚洲季风区可持续发展集成研究项目 (Monsoon Asia Integrated Research for Sustainability-Future Earth, MAIRS-FE) 是“未来地球计划”旗下唯一亚洲区域研究项目, 旨在通过研究促进对亚洲季风区域人类活动与自然环境之间相互作用及其对地球系统影响的理解, 以支持该区域国家和地区的可持续发展战略制定。研究重点为亚洲季风区环境健康、水-能源-食物及自然灾害等与可持续发展相关的重大环境问题。

MAIRS 国际项目办公室设立在北京大学, 利用北京大学的人文社会学科及环境生态资源等学科的优势, 通过组织研究活动、发起国际合作, 推动跨学科、跨区域研究, 为亚洲国家与地区发展中出现的典型性问题提供解决方案。

作者: 汪琦

策划&编辑: 万薇

版权归亚洲清洁空气中心和亚洲季风区可持续发展集成研究项目共同所有

目录

引言	3
交通污染是怎么危害人体健康的？	4
在交通繁忙的马路边散步，对身体有没有好处？	5
考虑交通污染影响，选择骑车出行的利弊几何？	6
考虑到污染暴露的影响，那我们是否要放弃骑行呢？	6
是不是在车里就没事了？	8
那坐地铁是否需要防护措施保护健康呢？	8
居住在道路附近的人会多大程度受到交通污染的影响？	9
总结	10
参考文献	11

引言

1940 ~ 1960 年间发生的“洛杉矶光化学烟雾事件”是广为人知的环境公害事件之一，而光化学烟雾产生的原因，正是汽车尾气排放到空气中，在阳光作用下发生光化学反应。这也使得**交通相关空气污染 (Traffic-related air pollution , TRAP)** 一直以来都是空气污染治理的重点。近年来，人们对于对于空气质量的关心程度与日俱增，也非常关注交通排放对城市环境空气质量的贡献，大量研究结果表明，我国北京、上海、深圳等大城市，机动车排放已经成为了 PM2.5 本地排放源中的重要来源之一。殊不知，除了对城市整体环境空气质量的贡献，交通排放的影响还具有很强的局地性特征，而公众比较关注的 AQI (空气质量指数，基于固定空气质量监测站点的各项空气污染物浓度得出) 往往无法反映空间差异。

事实上，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，使得身处其中的人处于高暴露的微环境之中。研究表明，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)，而在人口密度大的城市地区，很多人不可避免在这个区域活动。一方面，在城市环境中，无论是自驾、乘坐公交地铁等公共交通工具，还是选择步行、骑车等通勤方式，人们每天有相当长时间的室外活动发生在各种交通环境当中。另一方面，由于城市规划和土地利用格局变化，很多人居住和工作在距离交通干道很近的区域内（北美城市地区大约有 35%~40%的人口生活在这一范围内）。

那么我们不禁会关心，暴露在交通相关空气污染的环境中对我们的健康到底会有怎样的影响呢？不同的出行方式的暴露水平和健康影响有什么差别？交通污染会对道路附近居民的健康产生多大程度的影响？

本文将基于环境健康研究相关领域的一些最新科研进展给出答案。

交通污染是怎么危害人体健康的？

机动车直接排放的大气污染物包括：二氧化碳，一氧化碳，碳氢化合物，氮氧化物，颗粒物，以及其他污染物（苯，甲醛，乙醛，1，3-丁二烯，铅等），其中一些物质进入大气环境中继续发生化学反应，生成臭氧和颗粒物等二次污染物，对人体健康造成不利影响，包括短期效应和长期效应。具体来说，交通相关空气污染危害健康的影响机制是**氧化应激机制**，也就是人体在外界空气污染物刺激下体内活性氧成分与抗氧化系统之间平衡失调引起的一系列适应性的反应，环境影响研究所（Health Effects Institute, HEI）针对交通相关空气污染发布的综述报告显示：交通相关空气污染短期暴露后心血管系统指标变化的研究，为二者之间因果关联提供强有力证据；居住在交通干道附近会导致儿童哮喘发病的风险加大、症状加剧；而在交通干道附近活动的成年哮喘患者也会更加敏感，表现为肺功能下降、过敏反应加重；身体健康的人也会产生较为温和的急性炎症反应；长期来说，交通污染暴露会影响人的肺功能水平(HEI, 2010)。

值得注意的是，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，因为他们日常受到交通污染影响的程度更高。2018 年香港一项研究显示，考虑行为模式和室内室外通气率，利用个体暴露模型来估计个体暴露情况的话，上班族和学生是高暴露风险人群(Tang et al., 2018)

在交通繁忙的马路边散步，对身体有没有好处？

城市交通干道两侧除了通勤的人群，还随处可见散步锻炼的路人，那么在交通繁忙的马路边散步，对身体到底有没有好处呢？近期发表在医学领域顶尖期刊《柳叶刀》杂志的一项研究(Sinharay et al., 2018)结果显示，沿交通干道散步的锻炼效果会被空气污染带来的不利健康影响削弱，对于患有慢性心肺系统疾病的敏感人群来说，负面效应甚至会高于正面效应，还不如不散步。

研究者召集了 119 位 60 岁以上的老年人作为志愿者参与研究实验，包含身体健康的老年人、慢性阻塞性肺病 (COPD) 患者、心脏病患者，安排他们分别在伦敦城区交通繁忙的牛津街行走两小时，或在海德公园绿地行走两小时；几周后再将志愿者交叉对调。行走过程中记录志愿者个体暴露的空气污染物浓度（具体污染物包括：NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, 超细颗粒物），同时测量并记录志愿者的肺功能水平和心脏健康相关指标。实验发现，行走在低污染的公园区域会显著改善志愿者的心肺系统的健康状况，包括肺功能增加和动脉硬化水平降低等；而行走于高污染的道路时，这种心肺系统健康改善则被空气污染带来的负面健康影响削弱。而对于敏感人群来说，负面影响更加明显——患有慢性阻塞性肺病的志愿者在交通繁忙道路行走之后表现出咳嗽、咳痰、气短、喘息等不适症状。同时，研究发现心肺健康指标中的肺功能、小呼吸道阻力、和动脉硬化水平与各种污染物水平显著相关，包括黑碳、NO₂、超细颗粒物、细颗粒物等。

这是国外城市的研究证据，那么中国城市呢？2016 年北京也有一项类似的实验研究(Huang et al., 2016)，选择 40 名健康年轻大学生作为志愿者，在北京市最大的交通枢纽之一——东直门交通枢纽和城市公园分别进行两小时暴露测试。同时用个体携带的采样器记录每一位志愿者的实时暴露情况（PM_{2.5}, 黑碳，一氧化碳浓度水平）。并在暴露前、暴露中、以及暴露结束后的 5~22 小时，都对志愿者的肺功能水平进行测试。

北京的这项研究结果显示，在半封闭的交通枢纽微环境中，由于交通排放的影响，空气污染水平显著高于公园环境，两类微环境中 PM_{2.5} 的浓度分别是 162.10 vs. 53.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （中位数，后同），路边暴露水平是公园暴露水平的 3 倍以上，而健康负面影响较大的黑碳浓度分别是 17.89 vs. 1.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一氧化碳浓度则分别是 2.52 vs. 1.08 ppm。在这样的交通微环境中，短期暴露能够降低肺功能指标下，暴露结束后的 1~2 小时内负面效果显著存在，在 5~22 小时期间暴露与肺功能下降之间的关联变得微弱。

国内外的实验研究发现都与以往流行病学研究具有一致性，进一步支持了交通相关空气污染短期暴露对心肺系统健康影响的因果关联。也就是说，呼吸污染空气所带来的负面健康损害很可能会超过日常散步所带来的健康收益。

考虑交通污染影响，选择骑车出行的利弊几何？

骑车出行是可以减少交通拥堵和排放的绿色环保的出行方式。近年来伴随各城市运营的公共自行车和共享单车的兴起，选择骑车出行的人又不在少数。通常认为，骑车除了能够满足通勤需求，还可以为无暇进行休闲运动的都市人群带来增加身体锻炼的机会，从而带来健康益处。但另一方面，城市普遍存在自行车道常与机动车道并行或共用的情况，使得骑行者暴露于相对高浓度的空气污染中。而骑行属于中等强度运动，人在骑行时的呼吸速率大约是静息状态下的四倍，这就使得骑行者要比步行、乘车的人吸入更多的污染物。那么，骑行的利弊得失各几何？

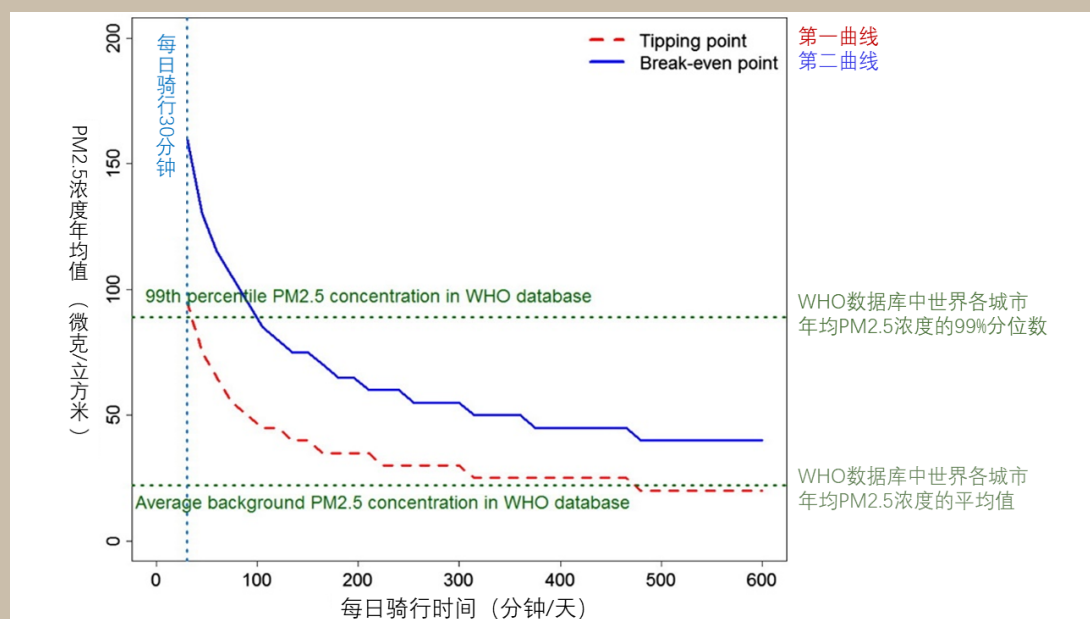
英国一项综述(de Nazelle et al., 2017)总结了欧洲地区多项针对步行、骑行、乘小汽车、乘公交车等不同出行方式中交通污染物暴露情况的研究，发现在欧洲地区步行者平均暴露水平最低，小汽车乘客平均暴露水平高于骑行和步行的人。但如果在交通主干道之外的小路骑行，就能够在一定程度上减少暴露。

针对美国城市地区的一项研究(Hankey et al., 2017)发现，主动通勤（通常指步行和骑行）通常也发生在机动车交通流量高的活跃区域，而这些区域空气中的颗粒物浓度恰恰也是最高的；如果将该地区 20%的主动通勤从上述高交通流量路段转到低交通流量的路段，那么本地人群的总体的颗粒物暴露水平就能随之下降大约 15%。城市营造适宜骑车的道路环境，也能减少骑行过程中暴露水平，例如杭州就通过树丛隔开自行车道与机动车的行驶主路。

考虑到污染暴露的影响，我们是否要放弃骑行呢？

为了做出选择，人们需要在空气污染的负面健康损害和骑行带来的健康收益之间进行风险—收益权衡。那么是否存在一个可以选择骑行的安全阈值呢？一项基于欧洲地区的研究恰好给出这一问题的答案。该研究(Tainio et al., 2016)发现，在欧洲大多数城市年均 PM2.5 浓度水平下，骑行的健康收益是超过空气污染带来健康损害的；如果是从自驾车改为骑行，即运动水平净增加的情况下，这一健康收益会更加突出。该研究以 PM2.5 环境浓度年均值为度量指标，看在不同污染浓度下的骑行运动量能否带来正的健康效应——给出两条阈值曲线来框定范围，第一曲线 (Tipping Point) 表示骑行健康收益的最大值，该曲线以上额外的骑行量并不能带来更高健康收益；第二曲线 (Break-even Point) 表示骑行健康收益与空气污染健康损害相互抵消的临界值，该曲线以上污染带来损害将超过健康收益。具体如下图，以每天 30 分钟骑行通勤时间（蓝色垂直虚线）为例，对应的第一、

第二曲线上的 PM2.5 年均值分别为 $95\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $160\mu\text{g}/\text{m}^3$,世界上绝大多数城市的 PM2.5 年均值(99%分位数绿色虚线) 都低于上述阈值。



(资料来源 : *Tainio et al., 2016*)

2017 年 ,我国北京、上海、广州三个超大城市 P2.5 浓度年均值分别为 $58\mu\text{g}/\text{m}^3$, $39\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$,也都远低于上述阈值。需要注意的一点是 ,该研究局限于 PM2.5 单一污染物种 ,而交通源排放的污染物实际上有很多种 ,不过道理是类似的 ,只有当空气污染水平低于某一阈值时 ,骑行才能带来正的健康收益。因此为了让人们更愿意选择骑行 ,更应该继续降低交通源排放 ,以及改善整体空气质量。

是不是在车里就没事了？

当人们自驾车或者乘坐出租车、公交车时也可能受到车厢内空气污染水平的不利影响，而车厢内的空气质量状况通常与所在行驶道路区域空气质量水平、车厢密闭情况、车辆自身排放这几个要素相关。当汽车行驶在交通繁忙的路段时，道路上的交通相关空气污染物浓度高于普通环境，如果车厢密闭情况欠佳，自然使得乘车人暴露于较高污染水平下。在车内无吸烟情况的前提下，车厢内的绝大部分颗粒物来自外部环境空气。由于汽车引擎新鲜排放的颗粒物粒径一般在 3-300nm，因此很多车内空气质量研究会着重关注到超细颗粒物（粒径小于 100nm 的颗粒物）。曾有研究测量了在北京地区出租车和公交车的车内环境中 PM_{2.5} 和 CO 浓度，发现在该研究中公交车内 PM_{2.5} 浓度较高，而出租车中 CO 浓度较高(Huang et al., 2012)。

除了尾气排放之外，车辆内饰排放的各类 VOCs 也是车厢内另一个污染来源。2016 年中国一项研究综合评估了不同行驶状况下车厢内多种 VOCs 浓度。该研究发现，新车内部 VOCs 浓度显著高于旧车；使用皮革内饰的车内 VOCs 浓度显著高于使用纺织品内饰的车辆；以及当外界环境温度升高时车内 VOCs 浓度也会随之显著上升(Xu et al., 2016)。

比较不同国家地区的公开数据发现，亚洲城市中行人的 PM_{2.5} 暴露浓度是欧洲城市的 1.6 倍、美国城市的 1.2 倍。类似地，亚洲城市中小汽车和公交车内 PM_{2.5} 浓度大约是欧洲和美国城市的 2~3 倍(Kumar et al., 2018)。

那坐地铁是否需要防护措施保护健康呢？

对于城市人群特别是上班一族来说，每日通勤必不可少，即使不在路面通勤，搭乘地铁可能也无法避免空气污染暴露。与地面相比，地铁里的空气质量会好一些吗？区别于地面交通的排放源特征，影响地铁空气质量的关键因素包括车站深度，施工日期，通风类型（自然/空调），列车上使用的制动器类型（电磁或传统刹车片）和车轮（橡胶或钢），列车频率和平台屏蔽门系统的存在与否。大多数地铁内的颗粒物来自移动的火车部件，例如轮子和刹车片，以及钢轨和电源材料，这些部件在运行时会产生含铁的颗粒物。站台通常具有最高的颗粒物浓度，当列车驶入和离开站台时，铁质颗粒物在空气中迅速传播。这些颗粒物与其他来源的物质混合，包括来自轨道的岩石压载物，以及列车和通风系统产生的细菌和病毒(Amato and Moreno, 2017)。

研究表明，戴口罩这种简单的防护措施能够有效降低乘坐地铁时的颗粒物暴露，并且降低与空气污染相关的心血管系统负面健康影响。仍然以北京为例，一项 2017 年的研究(Yang et al., 2018)关注了这个问题。研究者

北京的地铁系统中实施了一项由 40 名年轻大学生参与的随机交叉研究。除了颗粒物暴露对心血管系统的影响，研究还关注了噪声暴露的健康效应，因为二者都主要来自交通源，并且对人体某些健康指标的影响可能是同时发生的，因此噪声也是研究交通空气污染对人体健康影响的重要混淆因素。

参与研究的志愿者分别以四种不同的防护状态乘坐地铁：①无保护措施，②佩戴颗粒物过滤面罩，③佩戴降噪耳机，④佩戴面罩+降噪耳机。当志愿者乘坐地铁时，他们佩戴的便携式监测设备会实时记录所处环境的 PM2.5，PM10 和噪声污染水平。与此同时，对志愿者进行动态心电监测和动态血压监测以表征心血管系统健康收益。实验结果显示，三种防护状态下均呈现心率变异性参数更高、心率更低等心血管系统健康指标改善。并且，同时佩戴颗粒物过滤面罩和降噪耳机效果最好，该组志愿者的心血管系统指标改善幅度最大。

居住在道路附近的人会多大程度受到交通污染的影响？

加拿大奥克兰的研究评估了居住在道路附近的人所受到的空气污染暴露相关健康影响。当地的研究者在每日行驶在各个街区采集信息的谷歌街景车上搭载了空气污染物监测仪，监测一氧化氮、二氧化氮、黑碳、一氧化碳浓度值。并且通过多次路网的重复行驶观测获得较高精度的暴露水平数据，结合该地区涵盖 4 万多名成年人的长期队列研究，发现交通相关空气污染暴露会增加老年人血管疾病发生的风险。在 65 岁以上老年人群中，二氧化氮、一氧化碳、黑碳浓度每上升一单位标准偏差的幅度，对应的心血管疾病风险分别提高 12%，12%和 7%。

总结

通过对相关研究进展的总结，我们可以知道交通相关空气污染物确实会对人体健康产生负面影响，短时间暴露就会产生相应的健康指标下降，敏感人群甚至会产生明显的不适症状；而居住和通勤过程中的长期暴露，很可能导致健康损害累积，并进一步增加相关疾病的发病风险和加重症状的可能性。

本文针对不同出行方式中暴露差异的详细解读，希望可以帮助人们认识到他们日常出行过程中所面对的暴露水平以及影响暴露的各种因素，使得可以理性选择更加适宜的出行方式和出行路线，尽可能规避高暴露所带来负面影响。

城市交通相关空气污染水平与居民的出行方式息息相关，反过来又对公众健康产生影响，在满足通勤需求的情况下尽量选择绿色出行方式不仅可以助力改善空气质量，也可以增加健康收益。

参考文献

- AMATO F, MORENO T 2017. Commuting by subway? What you need to know about air quality [M].
- DE NAZELLE A, BODE O, ORJUELA J P 2017. Comparison of air pollution exposures in active vs. passive travel modes in European cities: A quantitative review. *Environment International* [J], 99: 151-160.
- HANKEY S, LINDSEY G, MARSHALL JULIAN D 2017. Population-Level Exposure to Particulate Air Pollution during Active Travel: Planning for Low-Exposure, Health-Promoting Cities. *Environmental Health Perspectives* [J], 125: 527-534.
- HEI 2010. Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects [M], HEI SPECIAL Report 17. Health Effects Institute.
- HUANG J, DENG F, WU S, et al. 2012. Comparisons of personal exposure to PM_{2.5} and CO by different commuting modes in Beijing, China. *Science of The Total Environment* [J], 425: 52-59.
- HUANG J, DENG F, WU S, et al. 2016. Acute effects on pulmonary function in young healthy adults exposed to traffic-related air pollution in semi-closed transport hub in Beijing. *Environmental Health and Preventive Medicine* [J], 21: 312-320.
- KUMAR P, PATTON A P, DURANT J L, et al. 2018. A review of factors impacting exposure to PM_{2.5}, ultrafine particles and black carbon in Asian transport microenvironments. *Atmospheric Environment* [J], 187: 301-316.
- SINHARAY R, GONG J, BARRATT B, et al. 2018. Respiratory and cardiovascular responses to walking down a traffic-polluted road compared with walking in a traffic-free area in participants aged 60 years and older with chronic lung or heart disease and age-matched healthy controls: a randomised, crossover study. *The Lancet* [J].
- TAINIO M, DE NAZELLE A J, GÖTSCHI T, et al. 2016. Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking? *Preventive Medicine* [J], 87: 233-236.
- TANG R, TIAN L, THACH T-Q, et al. 2018. Integrating travel behavior with land use regression to estimate dynamic air pollution exposure in Hong Kong. *Environment International* [J], 113: 100-108.
- XU B, WU Y, GONG Y, et al. 2016. Investigation of volatile organic compounds exposure inside vehicle cabins in China. *Atmospheric Pollution Research* [J], 7: 215-220.
- YANG X, JIA X, DONG W, et al. 2018. Cardiovascular benefits of reducing personal exposure to traffic-related noise and particulate air pollution: A randomized crossover study in the Beijing subway system. *Indoor air* [J], 28: 777-786.

【联系我们】

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