

空气污染的健康影响： 一般概述

空气污染与健康工作者培 训工具包 (APHT)

注释

世界卫生组织 (WHO) 模块的参考编号 **空气污染的健康影响：一般概述** 是 WHO/HEP/ECH/AQE/2024.5 © WHO 2024. 保留一些权利。此作品可在以下条件下使用：[CC BY-NC-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/) 许可证

本模块包含大量幻灯片，演讲者应从中选择最相关的内容用于特定演示。这些幻灯片涵盖了问题的多个方面。仅展示与当地或区域情况最直接相关的幻灯片。如有需要，可以根据本模块演示的特定语境调整每个幻灯片中的信息、统计数据 and 照片。

本模块属于针对卫生工作者的空气污染与健康培训工具包 (APHT)。该工具包是在政府机构、世界卫生组织合作中心、非国家行为者 (包括医学和环境卫生协会) 以及学术机构等30多位专家的协作下开发的。其开发方法包括对现有针对卫生工作者的空气污染和健康培训机会的梳理，以了解全球材料的需求和差距。通过与世界卫生组织的现有合作，专家们对培训模块的大纲定义和内容填充做出了贡献。由世界卫生组织协调的同行评审和试点测试确保了收集反馈和输入，以最终确定产品。世界卫生组织在专业知识、经验和整体可行性方面存在限制的情况下，尽一切努力确保培训工具包开发的地理和性别平衡。您可以在相关情况下使用并访问其他APHT模块。要查看完整套餐，请访问：<https://www.who.int/tools/air-pollution-and-health-training-toolkit-for-health-workers>

关于世界卫生组织在空气质量、能源和健康方面工作的更多信息，请访问：
<https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health>

© 世界卫生组织 2024。本培训材料由世界卫生组织 (WHO) 开发。旨在用作教育材料。

材料。世界卫生组织已采取所有合理预防措施以核实本培训材料中包含的信息。然而，内容正在分发中。

无任何形式的保证，无论是明示的还是暗示的。在线培训的解释和使用责任由读者承担。在任何情况下，

应负责任的WHO对于由此使用产生的损害。本出版物中所使用的名称和资料的表现形式并不暗示对任何国家的官方地位，也不表示对国家边界、领土完整或政治地

关于任何国家、领土、城市或地区的法律地位，或其当局的立场，世界卫生组织不发表任何意见。

界定其边界或界限。地图上的虚线和点划线表示可能尚未达成完全协议的近似边界线。

关于具体项目或实体的提及，并不意味着WHO对其表示支持或推荐，以区别于其他性质类似的项目或实体。

未提及。



学习目标

- 了解空气污染的负面影响。
- 了解空气污染物如何进入人体的过程，以及器官大多受到影响，主要短期并且长期健康影响。
- 了解空气污染的健康影响被调查。
- 了解主要病理机制导致疾病。
- 识别谁更容易受影响或易受空气污染影响（易受影响的群体）更高的风险。

本模块的学习目标包括：

1. 了解空气污染的负面影响。
2. 学习空气污染物如何进入人体，哪些器官最受影响，以及主要的短期和长期健康影响。
3. 了解如何调查空气污染的健康影响。
4. 了解导致疾病的主要病理机制。
5. 认识到哪些人更容易受到或对空气污染更脆弱（风险较高的群体）。

缩略语

ALRI 急性下呼吸道感染

ATS 美国胸科学会

中枢神经系统

一氧化碳 (CO)

一氧化碳血红蛋白 (Carboxyhemoglobin)

慢性阻塞性肺疾病 (COPD)

CVD 心血管疾病

NOS 内皮型一氧化氮合酶

EPC 细胞内皮祖细胞

欧洲呼吸学会 (European Respiratory Society)

FEV₁ 1秒用力呼气量

肺活量 (FVC)

GSTM-1 谷胱甘肽S-转移酶μ-1

HAP : 家庭室内空气污染

HPA 下丘脑-垂体-肾上腺轴

国际癌症研究机构 (IARC)

IHD 是缺血性心脏病。

低收入和中等收入国家

MMP 矿物金属蛋白酶

辅酶I (烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸)

非传染性疾病 (NCD noncommunicable disease)

NF-kb 核因子 kappa

无₂ 二氧化氮

O₃ 臭氧

PM : 颗粒物

PM₁₀ 直径小于10微米的颗粒物

PM_{2.5} 颗粒物,直径小于2.5微米。

RNA 核糖核酸

RNS 反应性氮物种

ROS 反应性氧物种

SDG 可持续发展目标

SGA (Small for Gestational Age)

SO₂ 二氧化硫

TLR 吞噬体相关受体

TNF 肿瘤坏死因子

交通相关空气污染

VOC : 挥发性有机化合物

世界卫生组织 (WHO)



© iStock / Hapabapa

模块大纲



1. 什么是健康问题 空气质量的影响 污染？

- 进化，演变
定义
over the
年；
- 金字塔
健康影响
空气的
污染



从第2点起 暴露于 疾病：

- 集中度，
暴露，
剂量；
- 途径
暴露



3. 建设中 科学 证据：

- 流行病学
研究；
- 毒理学
研究。



4. 一般 病理性的 机制：

- 主要
机制
导致
疾病；
- 关注重点
PM_{2.5}。



5. 影响 空气污染 关于健康：

- 全球及
区域数据；
- 短期
并且长期
健康影响；
- 深入了解
主
健康
结果。



6. 人口 在更高风险：

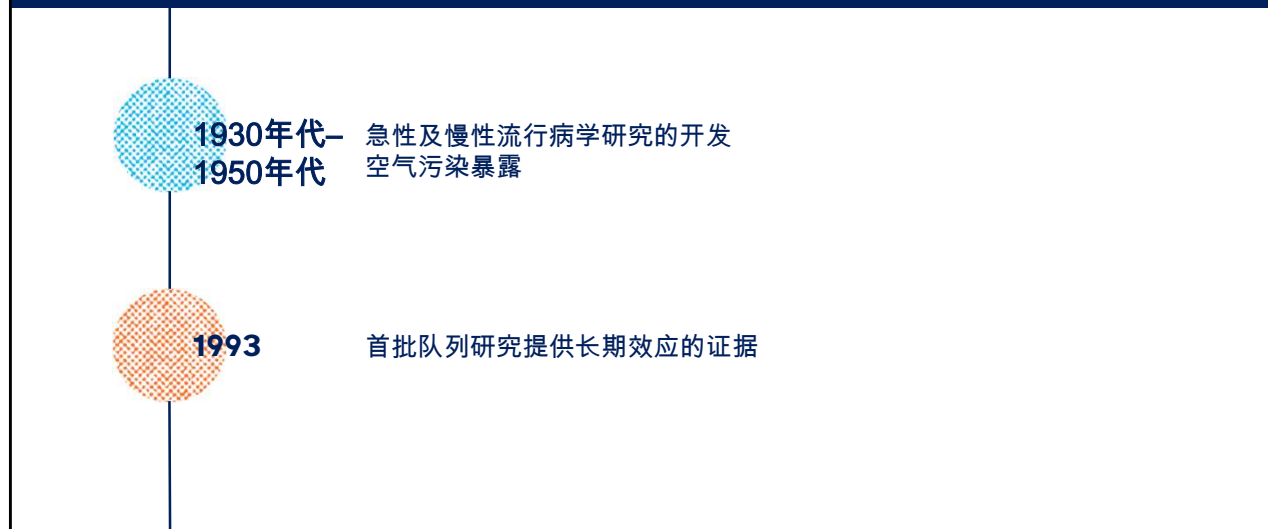
- 易感性
与...对比
脆弱性；
- 老年人，
妇女与
儿童



第一单元

空气污染的
不良健康影响
是什么？

定义不良 (Adverse) 的变化 空气污染的健康影响



在1930年代至1950年代欧洲急性暴露于空气污染期间，流行病学研究开始收集数据，这些数据后来提供了关于空气污染对健康影响的有力证据。

在1993年，美国首次队列研究的成果公布，将空气污染与死亡率联系起来。超过肺癌和心肺疾病的标准。

定义不良 (Adverse) 的变化 空气污染的健康影响



在过去30年中，医学社团发表了重要声明。

美国胸科学会 (ATS) 于1985年首次定义了空气污染的不良健康影响，包括可逆和不可逆效应的区分。该定义主要关注呼吸系统的后果。在当时，不良和非不良健康效应的区分仅基于医学和病理生理学考虑。

参考文献

• 美国胸科学会。关于何为不良呼吸健康效应的指南，特别针对空气污染的流行病学研究。美国呼吸病杂志。1985；131(4)：666-9。• 美国胸科学会。空气污染引起的不良健康效应构成要素是什么？美国胸科学会的官方声明。美国呼吸与危重症医学杂志。2000；161(2 Part 1)：665-73。doi:10.1164/ajrccm.161.2.ats4-00.

定义不良 (Adverse) 的变化 空气污染的健康影响



在2000年代，社会考虑因素、生活质量与福祉，以及道德与公平成分都被纳入了不良健康效应的定义中。

2004年，美国心脏协会 (AHA) 发布的一份声明承认了空气污染暴露对心血管的影响。

2017年，欧洲呼吸学会 (ERS) 和美国胸科学会共同制定了一个更新的定义。其范围得到了扩展，不仅包括呼吸系统以外的其他结果，如心血管疾病、宫内暴露和妊娠结果、代谢功能障碍、神经影响和心理障碍。

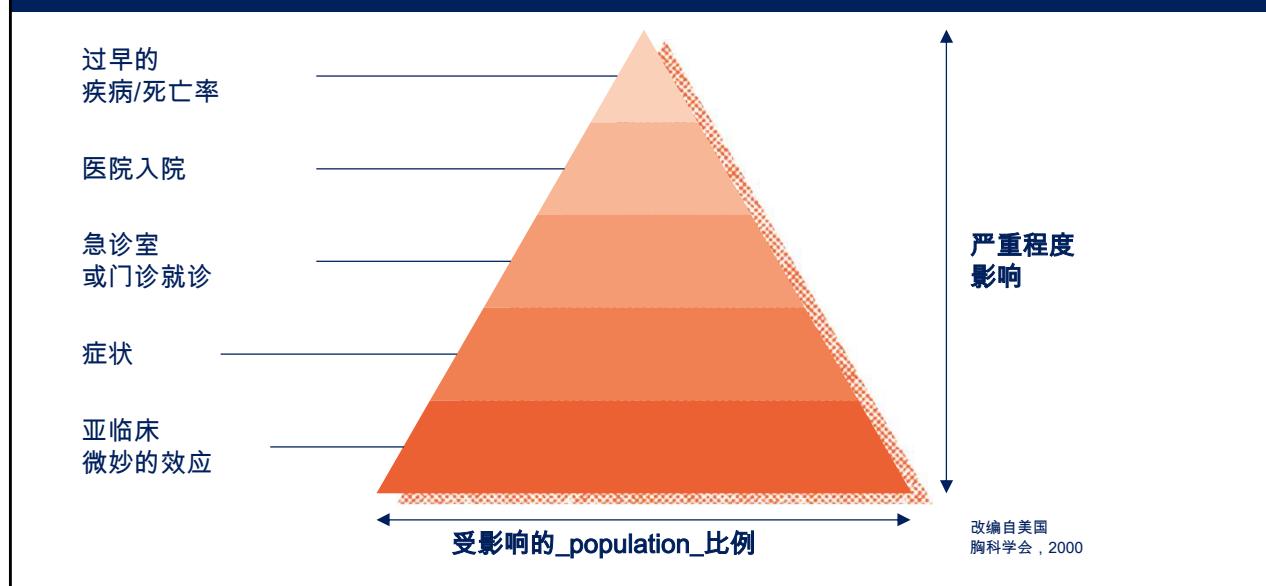
生物标志物在全身性疾病中所起作用的日益重要性也得到了强调。

我们应该将这些定义视为新考虑因素的不断增多，从而形成一个关于空气污染不良影响全面概念的渐进过程，而不是每个陈述都取代之前发布版本。

参考文献

- Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, Luepker R, Mittleman M, Samet J, Smith SC Jr, Tager I; 美国心脏协会人群与预防科学专家组. 空气污染与心血管疾病：美国心脏协会人群与预防科学专家组为医疗卫生专业人士发表声明. *Circulation*. 2004年6月1日;109(21):2655-71. doi: 10.1161/01.CIR.000128587.30041.C8.
- Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, Balmes J, Brook RD, Cromar K 等人. 一项 ERS/ATS 联合政策声明：何为空气污染的负面健康影响？一种分析框架。 *Eur Respir J*. 2017;49(1):1600419. doi:10.1183/13993003.00419-2016.

健康影响：空气污染



空气污染的健康影响症状和严重程度可以表示为一个金字塔：

- 金字塔顶部的健康结果更少且更严重；并且
-

在金字塔的底部，我们观察到疾病和过早的发生。

根据定义：

- 过早的意思是，该事件发生在某个种群预期寿命年龄以下。
-

疾病发生率或易疾病的表现由意味着系统紊乱至变化的症状出现或加剧，医院入院率、急诊室访问和/或门诊访问都在增加，例如，由于空气污染暴露导致的肺功能受损。

这些身体初始的变化，最初在临床层面上无法检测，被称为亚临床或细微效应。

亚临床效应是那些并不总是具有可识别的迹象或症状的表现，但它们会导致生活质量下降，因为它们代表着各种病理的第一阶段。空气污染的流行病学和毒理学研究也基于这些重要的亚临床健康结果。

需要注意的是，某些疾病可以归因于单一污染物，而其他疾病则与多种污染物有关。此外，一些污染物可能在长期暴露（数月或数年）后引起健康效应，而另一些污染物可能在几天内影响个人健康。污染物还可以相互作用，或者可能与温度等其他因素相互作用。

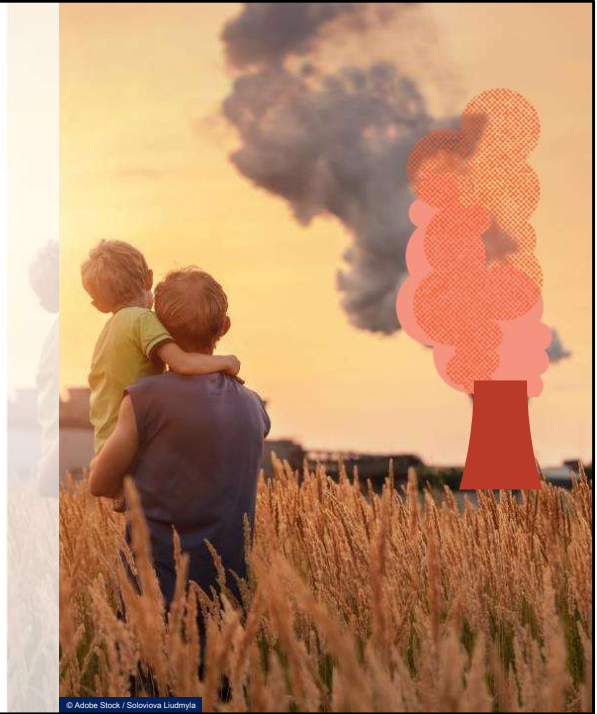
参考文献

- 美国胸科学会。关于构成不良呼吸健康效应的标准，特别参考空气污染的流行病学研究。美国呼吸疾病回顾。1985；131(4):666-9。• 美国胸科学会。什么是空气污染的不良健康效应？美国胸科学会的官方声明。美国呼吸与重症监护医学杂志。2000；161(2 Pt 1):665-73. doi:10.1164/ajrccm.161.2.ats4-00。• 暴露于空气污染的健康效应量化：世界卫生组织工作组报告，荷兰比特霍文，2000年11月20-22日。哥本哈根：世界卫生组织欧洲区域办事处；2001年 (http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/112160/E74256.pdf，访问于2022年8月9日)。



亚临床效应并不始终具有可识别性迹象或症状，但可能代表第一阶段以及增加更多风险的可能性严重健康影响。

流行病学和毒理学研究也基于亚临床健康结果。



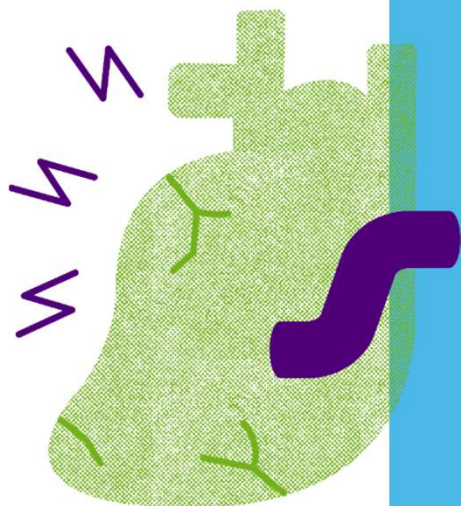
亚临床效应并不总是具有可识别的临床症状，但可能代表第一阶段，并增加原本健康人群发生更严重影响的几率。

流行病学和毒理学研究空气污染也基于这些重要的亚临床健康结果。一些例子包括心率变异性、高脂血症或空气炎症生物标志物。

生物标志物是易感性、暴露或影响的指标。它们可以在呼出空气、血液或支气管肺泡灌洗液以及尿、母乳和痰等液体中进行测量。

参考文献：

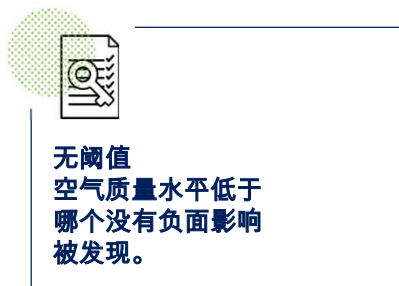
• 美国呼吸病学协会。关于构成不良呼吸健康效应的指南，特别参考空气污染的流行病学研究。美国呼吸疾病杂志。1985；131（4）：666-9。• 美国呼吸病学协会。空气污染的不良健康效应是什么？美国呼吸病学协会的官方声明。美国呼吸与危重症医学杂志。2000；161（2 Pt 1）：665-73。doi:10.1164/ajrccm.161.2.ats4-00。• 空气污染暴露的健康效应量化：世界卫生组织工作组报告，荷兰比尔特霍文，2000年11月20-22日。哥本哈根：世界卫生组织欧洲区域办事处；2001年（http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/112160/E74256.pdf，访问于2024年12月9日）。



第二单元

从暴露
至于疾病

连续体 在暴露之间 并且疾病



当我们确定空气污染对人类健康的影响时，我们通常假设在以下内容之间存在一个连续体或时间序列：When we determine how air pollution affects human health, we usually assume that there is a continuum or time sequence between the following content: 暴露及健康影响。

一旦个人接触到环境中特定浓度的污染物——这意味着此个人已暴露——则“有效剂量”是物质在一定时间内与目标部位（如呼吸系统或眼睛）相互作用并产生伤害或疾病的量。

理想情况下，我们应该能够在暴露和疾病之间的连续体中观察到从左到右的一个相当大的梯度。

即使是表面上健康的人，也容易受到长期接触空气污染物的危害，而无需最初可检测到的临床迹象。

暴露可能会加速疾病的进展，或者甚至引发或使其在临床上可被诊断。

重要的是要记住，科学告诉我们，不存在一个阈值，低于这个阈值就不会发现任何负面效应。

- 参考文献 • Schulte PA. A conceptual framework for the validation and use of biologic markers. Environ Res. 1989;48(2):129-44. doi:10.1016/s0013-9351(89)80029-5.
- 世界卫生组织全球空气质量指南：颗粒物（PM2.5和PM10）、臭氧、二氧化氮、二氧化硫和一氧化碳。世界卫生组织；2021（<https://iris.who.int/handle/10665/345329>，访问于2024年12月9日）



人类接触空气污染的途径

- 吸入
- 皮肤吸收
- 眼部暴露
- 摄取

人类暴露于空气污染的途径包括：

- 吸入
- 皮肤吸收
- 眼部暴露

摄取
参考文献：
Zili N, Perez L, Rapp R, 编者. 空气质量与健康. 洛桑：欧洲呼吸学会；2010 (<https://www.ersnet.org/wp-content/uploads/2021/03/Air-Quality-and-Health-2010.pdf> , 访问).

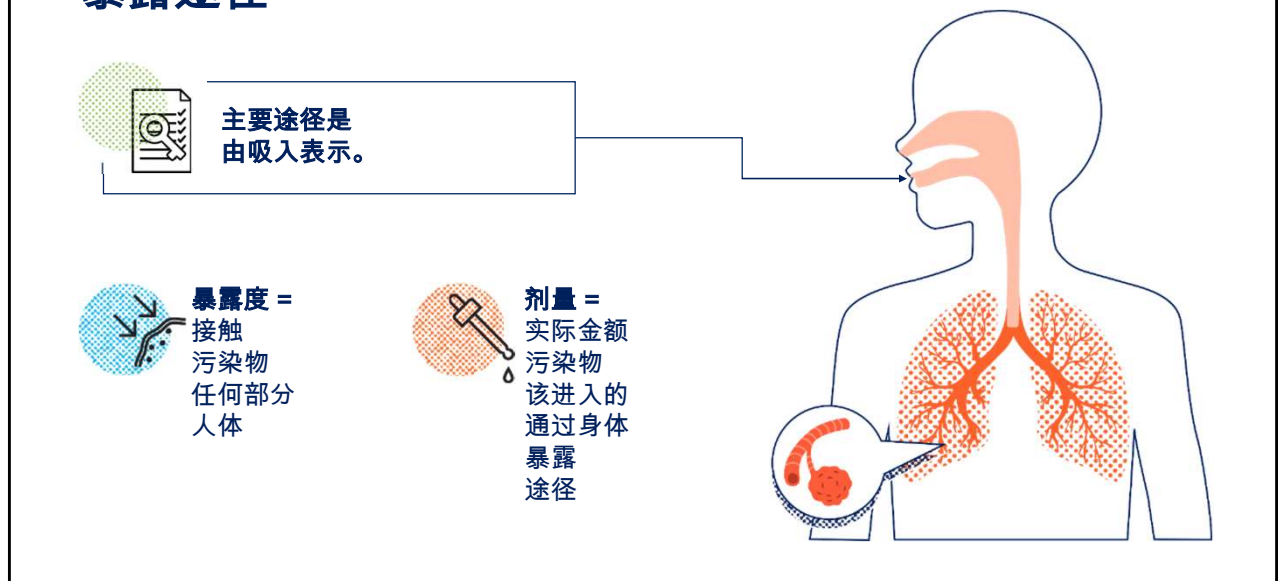
2024年12月9日

Schraufnager DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung S-H, Mortimer K 等人. 国际呼吸社会论坛环境委员会关于空气污染和非传染性疾病的综述：第2部分：空气污染和器官系统. Chest. 2019;155(2):409–26. doi:10.1016/j.chest.2018.10.041.

空气质量指南全球更新2005年：颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫。哥本哈根：世界卫生组织欧洲区域办事处；2006年 (<https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823> , 访问)

2024年12月9日

污染物如何进入人体： 暴露途径



主要途径是由吸入表示。

通过吸入，空气污染物根据多种因素到达呼吸道的不同部分。这包括：

- **暴露** – 污染物与人体任何部分的接触；以及

- **剂量** – 通过暴露途径进入人体的实际污染物数量。

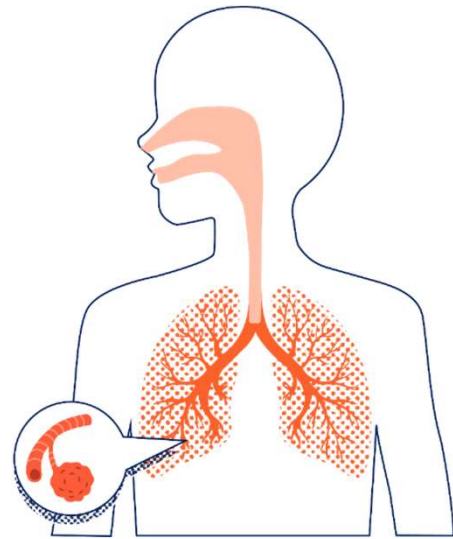
• Künzli N, Perez L, Rapp R, 编者. 空气质量与健康. 洛桑：欧洲呼吸学会；2010 (<https://www.ersnet.org/wp-content/uploads/2021/03/Air-Quality-and-Health-2010.pdf> , 访问于2024年12月9日) 。• 集成风险信息体系 (IRIS) 词汇表. 华盛顿 (DC) : 美国环境保护局；2022年 (https://iaspub.epa.gov/s_or_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&vocabName=IRIS%20Glossary , 访问日期：2024年12月9日) 。• Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung S-H, Mortimer K 等. 国际呼吸社会论坛环境委员会关于空气污染和非传染性疾病的综述：第2部分：空气污染和器官系统. 《胸科杂志》. 2019;155(2) : 409–26. doi:10.1016/j.chest.2018.10.041.

污染物如何进入人体：暴露途径



剂量受以下因素影响：

- 暴露特征：例如，污染物的浓度以及一个人暴露的时间长度。
- 污染物特定的特征：例如，颗粒物的大小，气体的水溶性。
- 生理因素：例如，个人敏感性，身体活动水平。



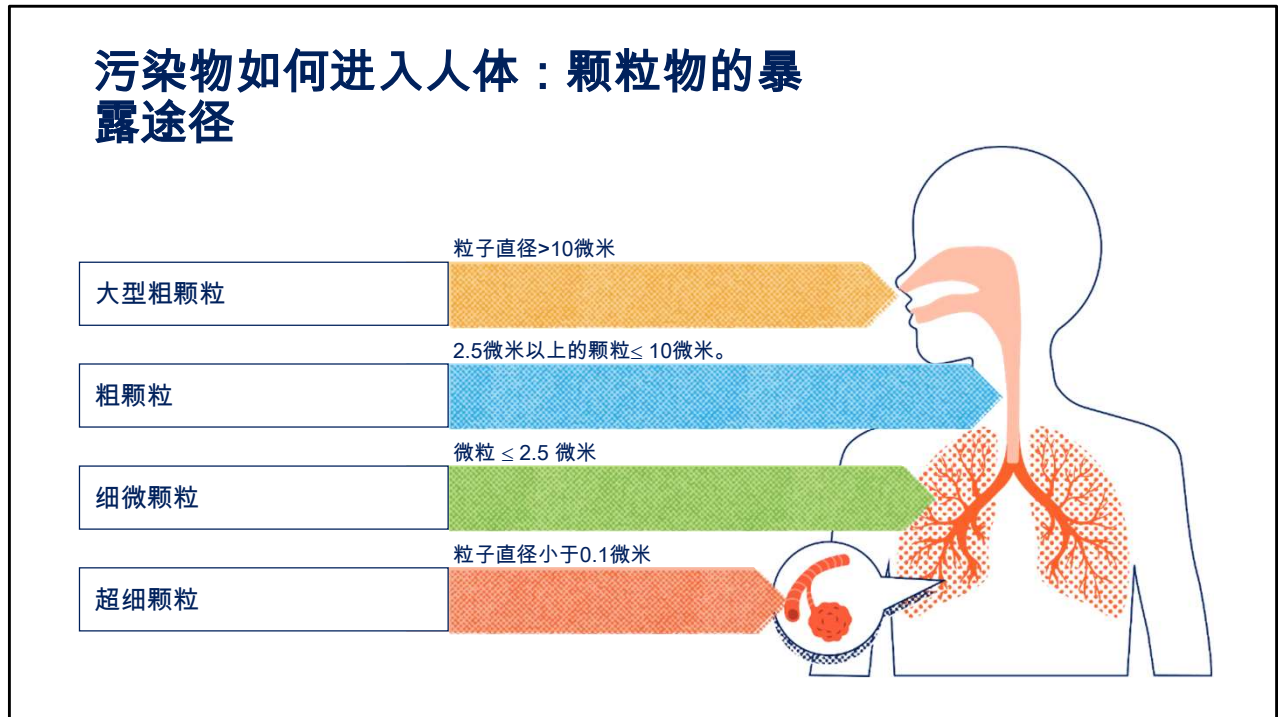
剂量受以下因素影响：

- the **暴露特征** 例如，一个人暴露的时间长度；
- the **特定污染物的具体特征**（主要用于粒度尺寸和气体的水溶性）；及

参考文献

生理因素包括个人敏感性、身体活动水平及任何皮肤状况。2010 (<https://www.ersnet.org/wp-content/uploads/2021/03/Air-Quality-and-Health-2010.pdf> , 访问于2024年12月9日) 。• Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung S-H, Mortimer K 等。国际呼吸社会论坛环境委员会关于空气污染和非传染性疾病的综述：第2部分：空气污染与器官系统。胸科杂志。2019；155（2）：409–26。doi:10.1016/j.chest.2018.10.041。• 2005年空气质量指南全球更新：颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫。哥本哈根：世界卫生组织欧洲区域办事处；2006年 (<https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823> , 访问于2024年12月9日)。

污染物如何进入人体：颗粒物的暴露途径



颗粒物尺寸大于10微米（也称作粗大颗粒）在湿润的口腔和鼻腔腔道中持续存在。

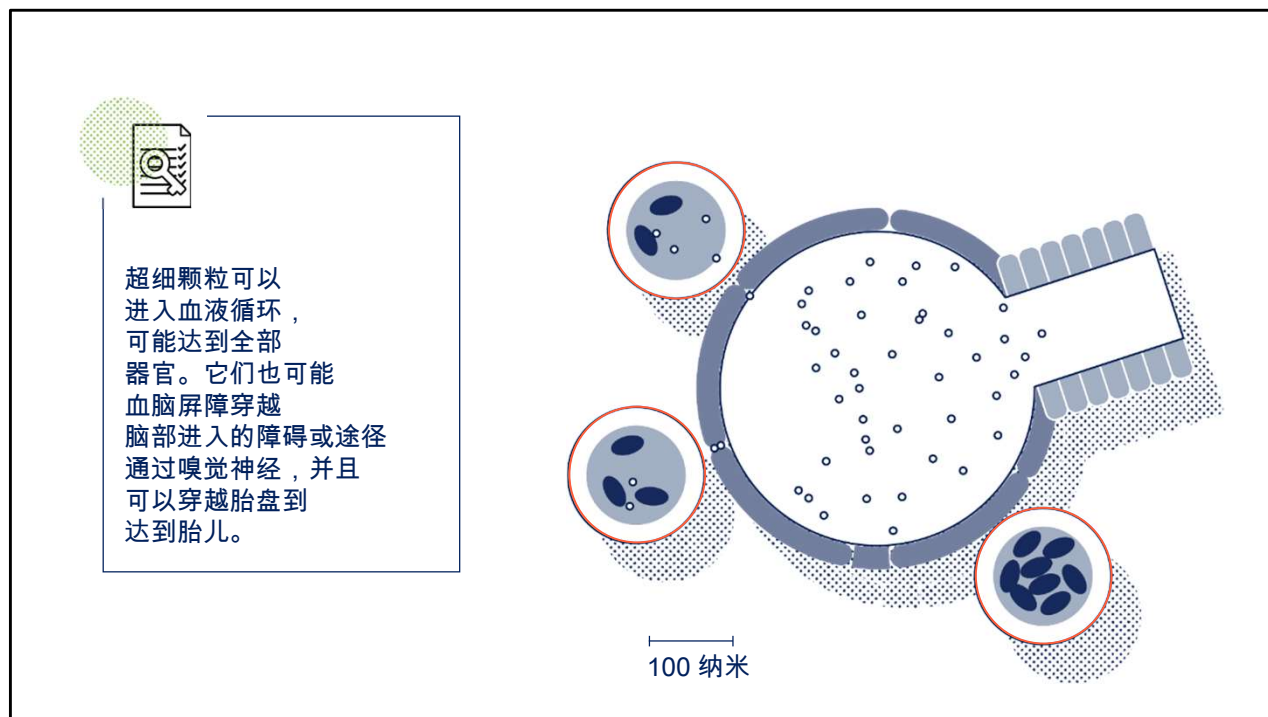
粒子直径大于2.5微米且小于10微米（被称为**粗颗粒**）达到上呼吸道和粘膜，引起咳嗽和流泪。

直径小于2.5微米（称为细颗粒）的颗粒可以进入细支气管和肺泡。

最后，超细颗粒物 这些是PM颗粒的子集，其直径小于0.1 μm，能够穿过肺泡-毛细血管膜。

参考文献

• Künzli N, Perez L, Rapp R, 编者. 空气质量与健康. 洛桑: 欧洲呼吸学会; 2010 (<https://www.ersnet.org/wp-content/uploads/2021/03/Air-Quality-and-Health-2010.pdf>, 访问日期: 2024年12月9日)。• Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowi CT, De Matteis S, Jung S-H, Mortimer K 等人. 国际呼吸社会论坛环境委员会关于空气污染和非传染性疾病的综述: 第2部分: 空气污染和器官系统. 胸科杂志. 2019; 155(2): 409-26. doi:10.1016/j.chest.2018.10.041。• 空气质量指南: 全球更新2005: 颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫. 世界卫生组织欧洲区域办事处; 2006 (<https://iris.who.int/handle/10665/107823>, 于2024年12月9日访问)。• 世界卫生组织全球空气质量指南: 颗粒物 (PM2.5和PM10)、臭氧、二氧化氮、二氧化硫和一氧化碳. 日内瓦: 世界卫生组织; 2021年 (<https://iris.who.int/handle/10665/345329>, 2024年12月9日)



肺泡是周围被毛细血管包围的空气囊，这些囊泡负责氧合血液。在这里，我们可以看到肺泡的横截面；浅蓝色的点代表能够穿过肺泡-毛细血管屏障进入血液循环的颗粒，这些颗粒由圆形的红圈表示。

一旦进入血液循环，它们就可以到达身体的各个器官，并在疾病部位积累。也有证据表明，超细颗粒可以通过血脑屏障或通过嗅觉神经的转位进入大脑。血液中的颗粒还可以穿过胎盘到达胎儿。

参考文献

- Bové H, Bongaerts E, Slenders E, Bijmens EM, Saenen ND, Gyselaers W, Van Eyken P, Plusquin M, Roeffaers MBJ, Ameloot M, Nawrot TS. 环境中黑碳颗粒可到达人类胎盘胎儿侧。Nat Commun. 2019;10(1):3866. doi: 10.1038/s41467-019-11654-3. PMID: 31530803; PMCID: PMC6748955.
- Kreyling WG. 发现独特的和纳米材料特异性病理生理学途径：比较呼吸道吸入钛纳米颗粒从鼻上皮细胞向肺泡上皮细胞及 rats 大脑的转移。Toxicol Appl Pharm acol. 2016;299:41-6. doi:10.1016/j.taap.2016.02.004.
- 米勒 MR, 拉夫蒂斯 JB, 兰格里什 JP, 克莱恩 SG, 沙穆特莱 P, 康奈尔 SP, 威尔逊 S, 维赛 AT, 佛科肯斯 PHB, 博埃尔 AJF, 克里斯泰克 P, 卡彭 CJ, 哈多克 PWF, 邓肯 K, 卡塞 FR, 诺比 DE, 达芬 R, 米尔斯 NL. 吸入纳米颗粒在血管疾病部位积累。ACS纳米. 2017;11(5):4542-4552. doi: 10.1021/acsnano.6b08551. Epub 2017年4月26日。更正见：ACS纳米. 2017年10月24日；11(10):10623-10624. doi: 10.1021/acsnano.7b06327.

颗粒物吸入



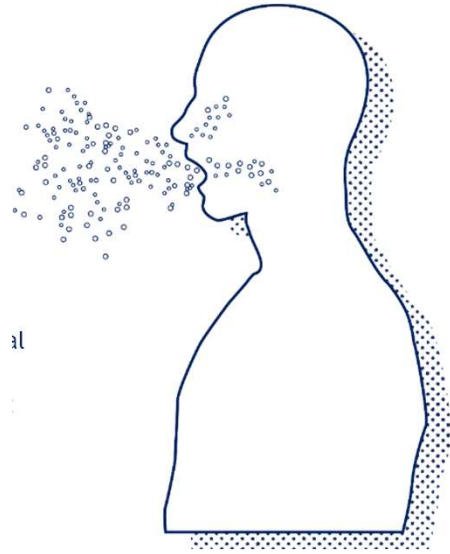
鼻呼吸

- 大型颗粒保留在胸外部分航空公司
- 5-10 μ m-sized 微粒存入呼吸道细支气管



口呼吸

- 胸外沉积是减少
- 较大的颗粒达到气管支气管的 al 支气管的呼吸道



正如我们讨论的那样，吸入颗粒的沉积受到他们的影响尺寸。

呼吸模式在颗粒物进入呼吸道深处的距离上起着重要作用。

两种呼吸模式是：

- **鼻呼吸** 在呼吸道外段保留较大颗粒，而5至10微米大小的
- **口呼吸** 在胸腔外沉积减少的情况下，使得更大颗粒能够达到气管、支气管和细支气管的呼吸系统。

呼吸模式受以下因素影响，例如：

- 休息或锻炼；
- 站立或坐着；
- 睡眠或甚至；

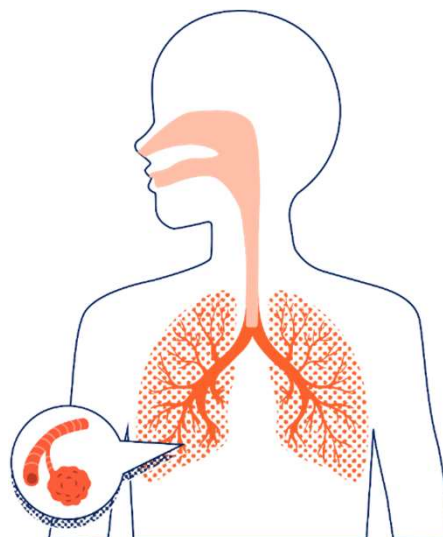
Camner P, Bakke B. 鼻子或口呼吸？环境研究。1980；21(2):394-8. doi:10.1016/0013-9351(80)90042-0. • 欧洲空气质量指南。哥本哈根：世界卫生组织欧洲区域办事处；1987 () <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107364>，访问于 2024 年 12 月 9 日).

污染物如何进入人体：暴露途径



影响因素
燃气渗透率在
呼吸树：

- 水溶性
- 专注
- 氧化能力



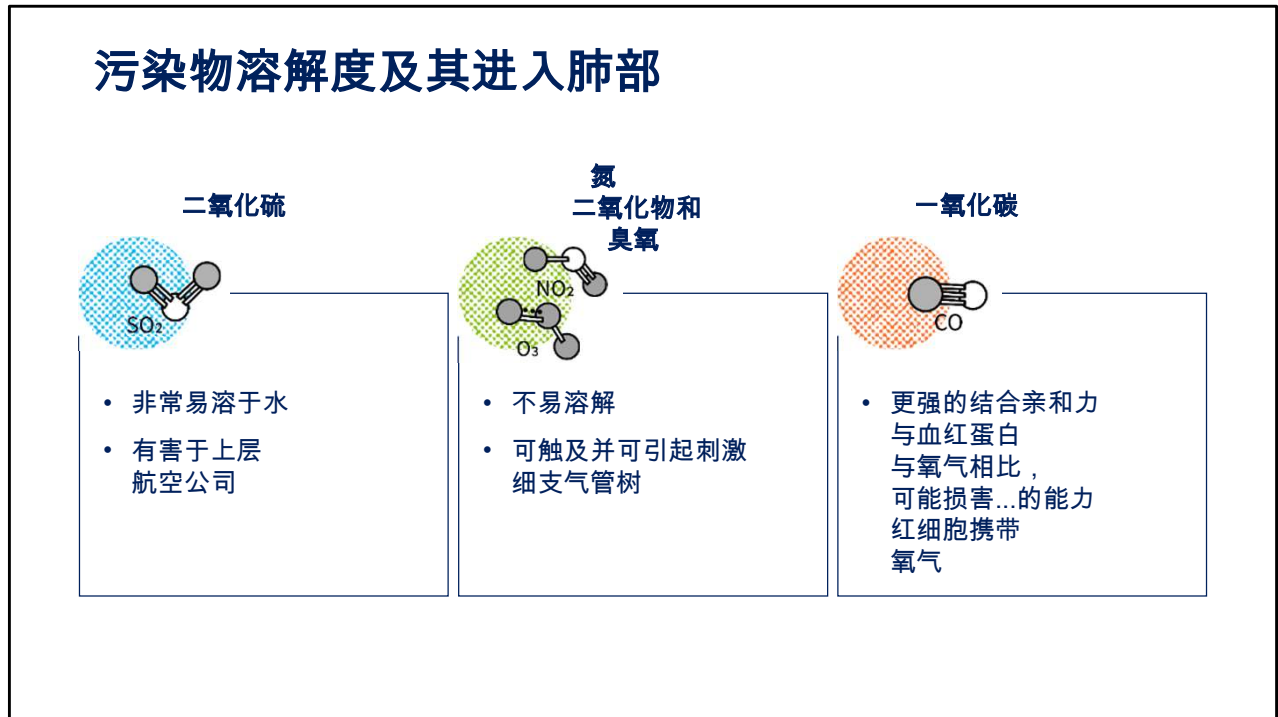
关于气体，存在不同因素影响其在呼吸树中的渗透，例如：

- 水溶性
- 专注

参考文献

- [氧化能力](#)。Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung SH, Mortimer K, Perez-Padilla R, Rice MB, Riojas-Rodriguez H, Sood A, Thurston GD, To T, Vanker A, Wuebbles DJ. 空气污染与非传染性疾病：国际呼吸社会论坛环境委员会的综述，第1部分：空气污染的损害效应。胸。2019年2月；155（2）：409-416。doi：10.1016/j.chest.2018.10.042。Epub 2018年11月9日。PMID：30419235；PMCID：PMC6904855。

污染物溶解度及其进入肺部



考虑到水溶性，气体越不易溶解，就越能深入肺部。

- **二氧化硫** 在水中的溶解性很高，因此会损害上呼吸道；
- **二氧化氮** 并且 **臭氧** 溶解度较低，因此可以到达并刺激呼吸树的细支气管；
- **一氧化碳** 这种物质独特，因为其不利健康效应与肺损伤无关；相反，与氧气相比，它对血红蛋白的更强结合亲和力会损害红细胞将氧气输送到身体组织和器官的能力。

混合空气污染物也非常重要，因为人们暴露在一种复杂的污染物混合物中。

参考文献

- Künzli N, Perez L, Rapp R, 编者. 空气质量与健康. 洛桑: 欧洲呼吸学会; 2010 (<https://www.ersnet.org/wp-content/uploads/2021/03/Air-Quality-and-Health-2010.pdf> , 访问日期: 2024年12月9日)。•
- Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung S-H, Mortimer K 等人. 国际呼吸学会论坛环境委员会综述: 空气污染和非传染性疾病, 第二部分: 空气污染与器官系统. 胸科杂志. 2019;155(2):409-26. doi:10.1016/j.chest.2018.10.041.
- 空气质量指南: 2005年全球更新: 颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫. 世界卫生组织, 欧洲区域办事处; 2006年 (<https://iris.who.int/handle/10665/107823> , 访问于2024年12月9日)

How do particles enter the body?

HELMHOLTZ MUNICH

这是一篇视频回顾，该视频有声音，但您也可以使用以下文本进行说明。

这段2018年的视频展示了被吸入的颗粒物根据其大小如何到达呼吸树的各个部分。粗颗粒物会到达上呼吸道和粘膜，引起咳嗽和流泪。细颗粒物可以到达细支气管和肺泡，而超细颗粒物能够穿过肺泡-毛细血管膜进入血液。肺泡是被毛细血管包围的空气囊，能够使血液氧合。您可以在视频中看到肺泡的横截面；浅蓝色点代表能够穿过肺泡-毛细血管屏障进入血液的颗粒物，这里用圆形的红圈表示。

当颗粒进入血液时，身体其他部位可能会出现负面影响。

新证据显示，UFPs可以通过嗅觉神经从鼻上皮直接进入大脑。

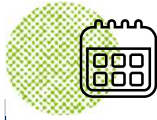
视频版权：© 2018 慕尼黑流行病学研究所 - 赫尔茨中心德国健康与环境研究所（有限责任公司），因戈尔施塔特 Landstraße 1 · D-85764 Neuherberg. 由...创建 <https://www.dr-carl.com/> - 经允许重新出版



第三单元

构建 科学 证据

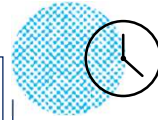
构建证据 流行病学关于空气污染的研究设计



队列研究 长期暴露

估计与长期空气相关的健康影响。污染物暴露，通常历时数年，如增加疾病导致虚弱的危险；死亡率的与长期平均污染暴露的相关性。

示例：六城市研究和美国癌症社会（ACS）关于年度平均全因死亡的研究与死亡率增加相关的增加暴露于细颗粒物，污染物的效应关于死亡和其他健康结果。



时间序列分析 短期暴露

估计短期暴露的相关性（每日浓度）对急性健康影响，例如日均死亡率、医院住院人数、就诊人次急诊部门和初级保健设施。

示例：关于652个城市每日死亡率和PM的研究全球范围内。

A 病例交叉研究 这是一种时间变体的缩写系列分析，该分析调查了以下效果：
暂时且间歇性的风险暴露
开发一种急性且罕见的健康结果
假设在曝光后不久发生。

过去几十年中，环境空气污染对发病率和死亡率的影响一直是研究的热点。

有两种广泛的观察流行病学研究设计被用于空气污染和健康研究：

- **个体层面的研究** 以下如队列研究可以对长期影响进行调查；及；

- **生态学研究** 例如，研究人员会追踪调查对象一段时间，并在研究过程中观察他们的健康状况。用于构建暴露数据的资料可以前瞻性地或回顾性地收集。这种研究设计主要用于评估长期污染暴露的影响。两个队列研究的例子是哈佛六城市研究，这是一项旨在检验美国联邦标准中二氧化硫（SO₂）和颗粒物（PM）标准的充分性的纵向研究，以及美国癌症研究。

2
社会（ACS）研究将空气污染与死亡率联系起来。

与之相反，时间序列研究探索与人群中的疾病相关的污染物浓度的日日变化，而不是个人。这种研究设计通常结合来自不同位置的中央站点数据和来自医院出院、疾病或死亡登记的数据。生态学研究（包括时间序列研究）未能控制个人混杂因素，可能会遭遇“生态谬误”，即从群体数据或群体中个人的数据中错误地得出结论。一个时间序列研究的例子是全球多个国家的652个城市的PM与每日死亡率之间关系的评估。

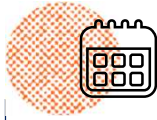
一个病例交叉研究是时间序列分析的变体，其中每个病例都充当他/她的自身对照。它用于研究间歇性暴露对急性结果发生的影响。需要注意的是，短期研究基于时间比较，而长期研究基于空间比较。

参考文献

- - Crosignani P, Tittarelli A, Borgini A, Codazzi T, Rovelli A, Porro E 等人. 儿童白血病与道路交通：一项基于人群的研究案例对照研究。《国际癌症杂志》。2004；108（4）：596-9。https://doi.org/10.1002/ijc.11597。
- Dockery DW, Pope CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME 等人. 美国六个城市的空气污染与死亡率相关研究。新英格兰医学杂志。1993；329(24)：1753-9。doi:10.1056/NEJM199312093292401。
- 刘C, 陈R, 塞拉F, 维塞多-卡布拉拉AM, 郭Y, 董S等. 652个城市中的环境颗粒物空气污染与每日死亡率。新英格兰医学杂志。2019；381(8)：705-15。doi:10.1056/NEJMoa1817364。
- Schwartz J, Litonjua A, Suh H, Verrier M, Zanobetti A, Syring M 等人. 交通相关污染与老年群体心率变异性研究。Thorax。2005;60(6):455-6

构建证据

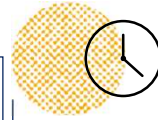
流行病学关于空气污染的研究设计



面板研究 短期暴露

一小群个体被前瞻性地追踪研究观察短时间内发生的情况。研究对象被要求记录每天的突发事件调查结果，例如呼吸系统症状（嗓子痛、感冒、咳嗽、喘鸣、呼吸困难）呼吸、药物使用等）但也包括其他方面，例如心率变异性。暴露也可以从个人监测设备，因为样本人口较少。

示例：交通相关颗粒物和CO对一组老年人心率变异性影响的研究。



病例对照研究 短期 / 长期暴露

评估长期暴露的影响，将比较以下内容：病例组与对照组。

示例：儿童白血病与道路交通：一项研究人口 - 基于案例 - 控制研究。

两种其他值得提及的研究设计是面板研究和病例对照研究。

横断面研究是纵向研究的一种特殊设计，其分析单位在较长时间内以指定间隔进行跟踪。这种研究设计通常用于评估空气污染的短期健康影响，例如：一项评估与交通相关的颗粒物和CO对老年人心率变异性影响的研究，其中受试者在每周一次的情况下进行了最多12周的观察。

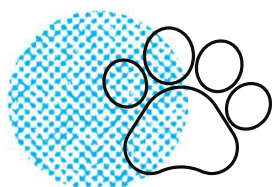
在病例对照研究中，根据特定感兴趣的结果（例如，病例为患有疾病的受试者，对照为未患有疾病但可能患病的受试者）确定受试者。使用病例和对照的重建暴露来估计患病受试者相对于非患病受试者暴露的比值比。一个例子是研究儿童白血病与道路交通空气污染之间的关联。

病例交叉研究是病例-对照设计的一种变体，其中每个病例都作为他/她自己的对照。它用于研究间歇性暴露对急性结果发生的影响。

参考文献

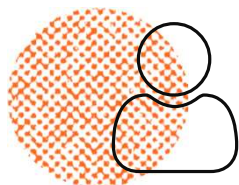
- Crosignani P, Tittarelli A, Borgini A, Codazzi T, Rovelli A, Porro E 等人。儿童白血病与道路交通：一项基于人群的病例对照研究。国际癌症杂志。2004;108(4):596-9. doi:10.1002/ijc.11597.
- Dockery DW, Pope CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME 等人。美国六个城市的空气污染与死亡率关联。新英格兰医学杂志。1993;329(24):1753-9. doi:10.1056/NEJM199312093292401.
- Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S 等人。652个城市的空气颗粒物污染与每日死亡率。新英格兰医学杂志。2019;381(8):705-15. doi:10.1056/NEJMoa1817364.
- Schwartz J, Litonjua A, Suh H, Verrier M, Zanobetti A, Syring M 等人。交通相关污染与老年受试者心率变异性。胸科杂志。2005;60(6):455-61. doi:10.1136/thx.2004.024836.

构建证据 毒理学研究



动物研究

毒理学研究探讨了空气污染物的病理生理学效应。这些研究大多为吸入研究（暴露途径是通过呼吸），在控制暴露条件下对人类志愿者或动物进行检查。



人体临床试验

这些研究对于推断因果关系是有用的。

与流行病学研究不同，毒理学研究探讨空气污染物的病理生理学效应。这些研究大多是吸入研究（暴露途径是通过呼吸），在此过程中，人类志愿者或动物在受控暴露条件下进行检查。

人类进行的毒理学研究被称为“人体临床试验”。在这种研究中，可以评估亚临床的呼吸和心血管效应，如肺功能、血压和心率的变化。采用这种方法可以单独探索特定污染物的效应，从而消除现实世界环境中许多混杂因素。此外，重复访问允许志愿者作为自己的对照。

这些研究对于推断因果关系非常有用。可以评估单个空气污染物以及污染物组合的影响。这对于确定每种污染物的个体作用机制尤其重要。此外，污染物组合可以更好地反映实际暴露条件。确实，我们都呼吸着空气污染物的混合物。

所有三种方法（流行病学、人体可控暴露和动物/细胞研究）都是必要的，因为这些方法可以克服彼此的限制，解决特定的假设，并最终构建出一个更大的图景，以了解空气污染如何影响健康。

参考文献

- Lippmann M, Chen LC, Gordon T, Ito K, Thurston GD. 国家颗粒物毒性 (NPACT) 倡议：结合流行病学和毒理学关于颗粒物成分对健康影响的研究。健康影响研究所报告。2013年；177：5-13。PMID：24377209。
- 空气质量指南：全球更新 2005：颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫。世界卫生组织。区域办事处欧洲；2006年 (<https://iris.who.int/handle/10665/107823>，访问于 2024 年 12 月 9 日)。



第四单元

一般 病理性的 机制



空气污染影响器官的主要方式包括：

- 氧化应激

也有许多其他途径是特定于某些细胞和器官的，或者导致它们之间的相互作用，例如表观遗传学变化、循环micro-RNA的改变、神经调节的改变、循环激素和细胞的改变。

参考文献

- Berger SL, Kouzarides T, Shikhattar R, Shilatifard A. 对表观遗传学的操作性定义。Genes Dev. 2009;23(7):78 1-3.
- NCI癌症术语词典。美国国家癌症研究所，美国国立卫生研究院。
- Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Mitchell RN. 罗宾斯基基础病理学，第8版。Saunders Elsevier，费城，2007；516-522.
- Hadley MB, Baumgartner J, Vedanthan R. 制定空气污染和心血管健康临床方法。Circulation. 2018;137(7):725-42.
- Miller MR, Newby DE. 空气污染和心血管疾病：汽车病，心血管研究。2020;116(2):279-294.
- Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD. 空气污染和心血管疾病：JACC最新研究综述。J Am Coll Cardiol. 2018;72(17):2054-2070. doi: 10.1016/j.jacc.2018.07.099. PMID: 30336830.
- Schraufnagel DE, 等。空气污染和非传染性疾病：国际呼吸社会论坛环境委员会综述，第1部分：空气污染的破坏性影响。Chest. 2019;155(2):409-16

一般病理 PM的机制

2.5



PM_{2.5} 能够
与...互动
激活
本地细胞：

- 居民巨噬细胞
- 树突状细胞
- 肺泡的/内皮细胞

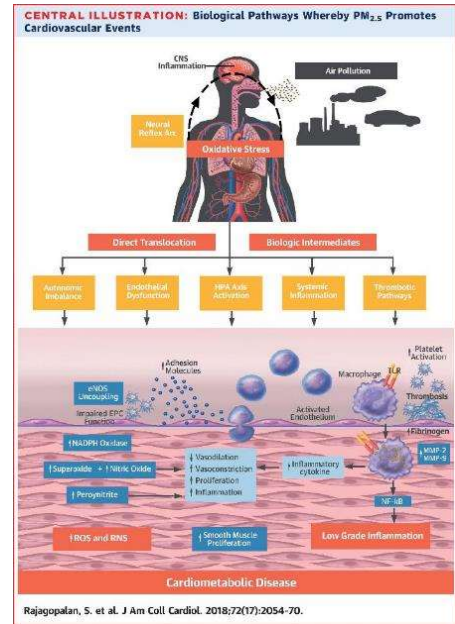


修改
内生的
结构：

- 细胞膜
- 表面活性剂脂质
- 抗氧化剂

炎症反应

- 也通过TNF- α , IL-6 , C-RP , TLR-4



一旦吸入，PM会深入到肺道，达到肺泡。2.5

PM能够与并激活局部细胞，如定居巨噬细胞、树突状细胞和小肺泡/内皮细胞。

2.5 细胞，同时修改如细胞膜、表面活性剂脂质和抗氧化剂等结构。氧化应激的介质，如自由基，可引发炎症反应，这是对PM激活的反应。超细颗粒是

2.5 能够通过肺泡-毛细血管膜，因此能够直接与肺部以外的其他器官相互作用，诱导这些器官中的氧化应激或炎症。

正如这里展示的图表所示，出于实用性和教育目的，病理途径被分为主要和次要两大类。红色框显示主要病理途径，而黄色框包含次要途径。

α 细胞因子如肿瘤坏死因子 α (TNF- α) 和白细胞介素-6 (IL-6) 参与由颗粒物空气污染暴露引起的全身炎症反应。

此外，急性期反应蛋白 (例如C反应蛋白) 和诸如 Toll 样受体4 (TLR-4) 的蛋白会导致细胞因子产生，从而进一步增强炎症反应。

参考文献

- Hadley MB, Baumgartner J, Vedanthan R. Developing a clinical approach to air pollution and cardiovascular health. *Circulation*. 2018;137(7):725-42. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030377.
- Rajagopalan S, Al-Kindi SG, Brook RD. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(17):2054-70. doi:10.1016/j.jacc.2018.07.099.
- Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowi CT, De Matteis S, Jung S-H, Mortimer K, et al. Air pollution and noncommunicable diseases: a review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The damaging effects of air pollution. *Chest*. 2019;155(2):409-16. doi:10.1016/j.chest.2018.10.042.

图注：CNS = 中枢神经系统；eNOS = 内皮型一氧化氮合酶；EPC = 内皮祖细胞；HPA = 下丘脑-垂体-肾上腺轴；MMP = 纤维蛋白溶酶原激活剂；NADPH = 尼古酰胺腺嘌呤二核苷酸；NF- κ B = 核因子 κ B；RNS = 反应性氮物种；ROS = 反应性氧物种；TLR = Toll样受体。



第五单元

空气的影响 污染在 健康



全球范围内，估计2019年空气污染导致了670万人死亡。

世界卫生组织的数据显示，2019年全球99%的人口呼吸的空气中含有高浓度的污染物。

此外，2022年仍有21亿人依赖污染能源进行烹饪，暴露于有害空气污染中。

这些数据基于PM值，因为这被认为是估算空气污染健康影响的最佳指标。2.5

在死亡率方面，有充分证据表明空气污染作为环境风险因素具有因果作用的空气污染相关疾病包括：

- **心血管疾病**，例如缺血性心脏病和缺血性卒中；
- **呼吸系统疾病** 例如，慢性阻塞性肺疾病和急性下呼吸道感染；以及

参考书目

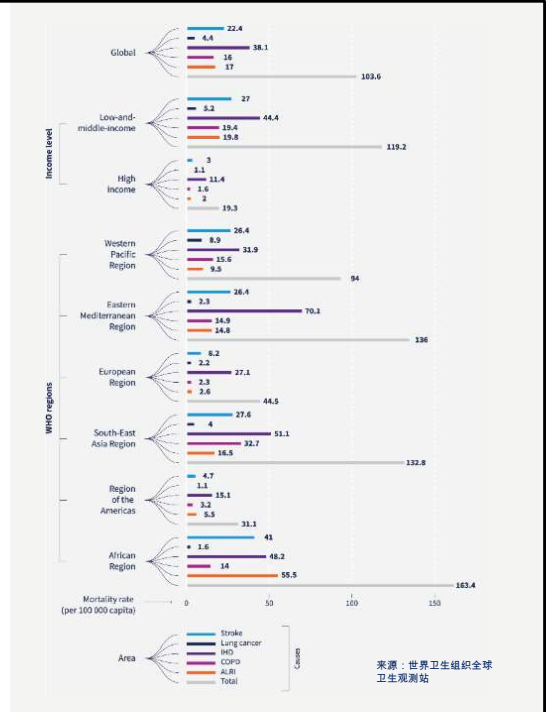
- **肺病** 污染数据门户。全球卫生观察站[在线数据库]。日内瓦：世界卫生组织；（<https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution>，访问于 2024 年 12 月 9 日）。

<https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution>

年龄标准化死亡率 率 (每10万人) 归因于联合效应的 家庭及环境空气 2019年, 按地区划分, 污染情况 收入水平及原因

- 每10万人中全球有104人死亡。
由于2019年 暴露于空气污染。
- 心血管疾病 代表
最大负担
- 受影响最严重的国家是
低收入和中等收入国家
死亡率高是其他六倍高。
观察到在高收入国家。

, 以及一个空格

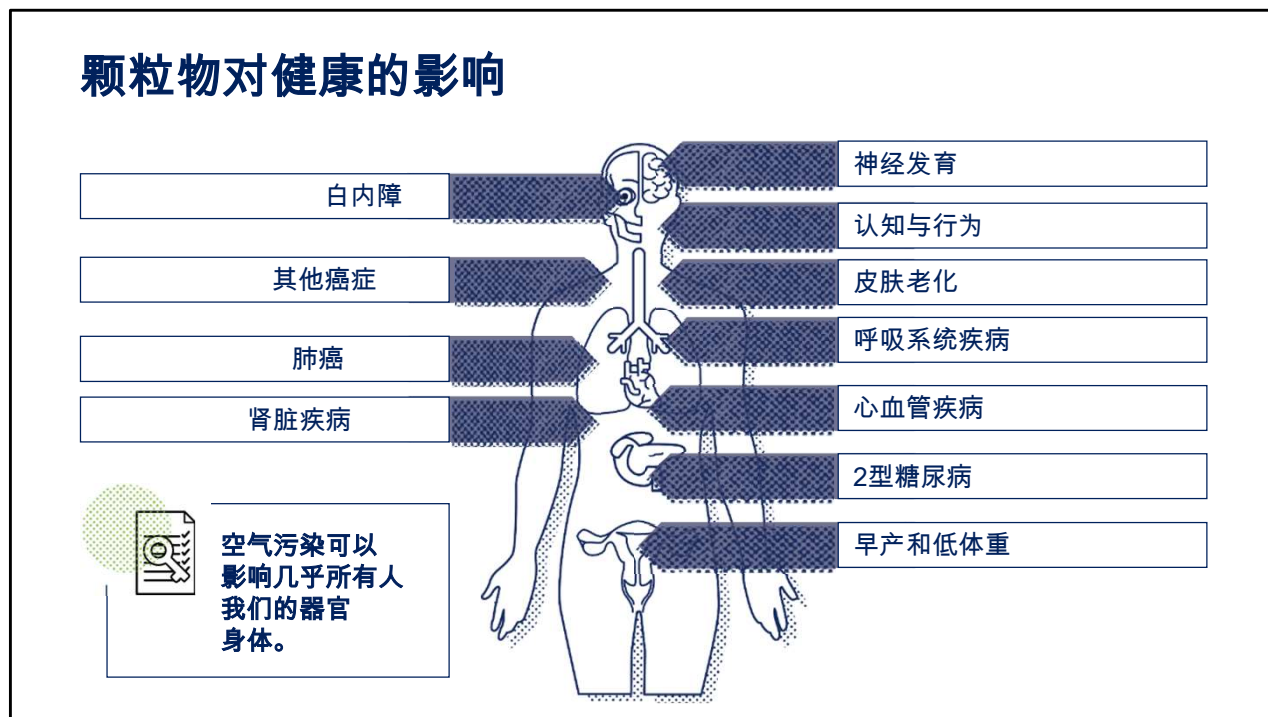


在这个图表中, 由于家庭和室内空气污染的共同影响所导致的死亡率被展示出来。它指的是可持续发展目标 (SDG) 的3.9.1指标, 世界卫生组织作为监管机构, 用以监测SDG 3的健康环境目标。如图所示, 2019年全球每10万人中有104人因暴露于空气污染而死亡; 心血管疾病 (即缺血性心脏病和中风) 是负担最重的疾病。由于污染水平较高, 受影响最严重的国家是低收入和中等收入国家, 其死亡率是高收入国家的六倍。另一方面, 非洲和东地中海世界卫生组织的地区死亡率最高。

参考书目

- 空气污染数据门户。全球卫生观察站[在线数据库]。日内瓦: 世界卫生组织; (<https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution>, 访问于2024年12月9日)。
- 国际能源署 (IEA), 国际可再生能源机构 (IRENA), 联合国统计局 (UNSD), 世界银行, 世界卫生组织 (WHO)。2024. 跟踪SDG 7: 能源进展报告。世界银行, 华盛顿特区

颗粒物对健康的影响



证据表明，空气污染几乎可能损害我们身体的几乎所有器官。主要健康影响包括：

- 呼吸道疾病：哮喘、慢性阻塞性肺病和肺炎；
 - 心血管疾病，包括中风、缺血性心脏病和高血压；
 - 肺癌及其他癌症；
 - 2型糖尿病；
 - 白内障；
 - 神经发育；
 - 早产和低体重出生；
 - 皮肤老化；
- 请记住，除了吸入外，接触空气污染的途径还包括眼部暴露、摄入和皮肤吸收。

参考文献

• Ruckerl R, Schneider A, Breitner S, Cyrys J, Peters A (2011). Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhalat Toxicol*. 2011;23(11):55-65. doi:10.3109/08958378.2011.593587.

• Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung S-H, Mortimer K 等. 空气污染与非传染性疾病：国际呼吸学会论坛环境委员会的综述，第2部分：空气污染与器官系统。 *Chest*. 2019;155(2):409-26. doi:10.1016/j.chest.2018.10.041.

• Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, Balmes J, Brook RD, Cromar K 等. 联合欧洲呼吸学会/美国胸科学会政策声明：空气污染的何种健康影响构成不良效应？一个分析框架。 *Eur Respir J*. 2017;49(1):1600419. doi:10.1183/13993003.00419-2016.

主要污染物短期影响

短期暴露 (小时、天或周)	
污染物健康影响	
PM	<ul style="list-style-type: none"> 所有原因、心血管、中风和呼吸系统死亡率； 因心血管疾病、呼吸系统疾病、慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 紧急情况； 高血压，心律失常； 疾病恶化，哮喘患者症状增加或药物剂量增加。 疾病或症状在慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 患者中的恶化； 并且 紧急状况，如低血糖、心力衰竭和哮喘恶化。
NO ₂	<ul style="list-style-type: none"> 哮喘症状和呼吸内科就诊情况； 紧急情况下呼吸系统疾病的治疗访问和死亡率； 非意外死亡率； 并且 门诊就诊情况，包括精神分裂症和干眼病。
中国石化工业集聚区	<ul style="list-style-type: none"> 一氧化碳血红蛋白上升20%，降低血液携氧能力； 急诊和住院，包括哮喘和肺炎；以及 心血管事件和住院。
O ₃	<ul style="list-style-type: none"> 炎症标志物进入支气管肺泡灌洗液； 儿童患哮喘的风险； 哮喘、过敏和鼻炎症状； 紧急情况，由于呼吸道疾病、哮喘引起。 慢性阻塞性肺疾病急性加重 糖和代谢紊乱/疾病 (例如，糖尿病)。

大胆
最强证据在

COHb: 一氧化碳血红蛋白；COPD: 慢性阻塞性肺疾病；CVD: 心血管疾病；O: 氧；O₃: 臭氧。2 3

短期暴露 (数小时、数天、数周) 于环境空气污染物与慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 、呼吸道疾病、医院入院或医疗就诊率增加以及全因和特定原因死亡率有关。

短期接触颗粒物 (PM) 的影响还包括低血糖、心律失常和心力衰竭等状况，而短期接触二氧化氮 (NO₂) 则与精神分裂症风险增加及眼科急诊就诊次数增多有关。

研究显示，短期暴露于臭氧 (O₃) 峰值可能增加对吸入性过敏原的敏感性，增加儿童患哮喘的风险，降低肺功能，并暂时影响肺部和呼吸道。

注意：本表格并非旨在详尽无遗，对许多条件的证据权重始终在变化。许多不同的空气污染物在人体内产生多种不同的效果，加剧了具有巨大疾病负担和死亡率的疾病。

参考文献

- Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV 等人 (2010). 颗粒物空气污染与心血管疾病。Circulation. 2010;121(21):2331–78. doi:10.1161/CIR.0B013E3181DBECE1.
- Cheng Y, Ermolieva T, Cao G-Y, Zheng X. 北京大气污染物和颗粒物暴露的健康影响——基于新证据的非线性分析。Int J Environ Res Public Health. 2018;15(9):1969. doi:10.3390/ijerph15091969.
- Gu Y, Lin H, Liu T, Xiao J, Zeng W, Li Z, 等等. 环境PM10与NO2对广州死亡率的影响。Int J Environ Res Public Health. 2017;14(11):1381. doi:10.3390/ijerph14111381.
- Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S 等等. 652个城市环境颗粒物污染与每日死亡率。N Engl J Med. 2019;381(8):705–15. doi:10.1056/NEJMoa1817364.
- Mills IC, Atkinson RW, Anderson HR, Maynard RL, Strachan DP. 区分每日死亡率和住院率与二氧化氮的关系以及颗粒物的关系：一项系统回顾和荟萃分析。BMJ Open. 2016;6(7):e010751. doi:10.1136/bmjopen-2015-010751.
- Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, Baccarelli AA, Brook RD, Donaldson K 等人，代表ESC血栓形成工作组、欧洲心血管预防与康复协会和ESC心力衰竭协会。关于空气污染和心血管疾病的专家立场文件。Eur Heart J. 2015;36(2):83–93. doi:10.1093/eurheartj/ehu458.
- Rodríguez-Villamizar LA, Rojas-Roa NY, Fernández-Niño JA. 2011-2014年哥伦比亚急诊科呼吸和循环疾病就诊的短期联合影响。Environ Pollut. 2019;248:380–7. doi:10.1016/j.envpol.2019.02.028.
- Tian Y, Xiang X, Juan J, Song J, Cao Y, Huang C, 等等. 环境细颗粒物污染对北京慢性阻塞性肺疾病住院的短期影响。Environ Health. 2018;17(1):21. doi:10.1186/s12940-018-0369-y.
- U.S. EPA. 颗粒物综合科学评估 (最终报告，2019年12月)。美国环境保护署，华盛顿 (DC)，EPA/600/R- 19/188，2019。
- U.S. EPA. 氮氧化物综合科学评估 (最终报告) ——健康标准。美国环境保护署，华盛顿 (DC)，EPA/600/R-15/068，2016。
- U.S. EPA. 臭氧及相关光化学氧化剂综合科学评估 (最终报告)。美国环境保护署，华盛顿 (DC)，EPA/600/R-20/012，2020。
- U.S. EPA. 硫氧化物综合科学评估 (最终报告) ——健康标准。美国环境保护署，华盛顿 (DC)，EPA/600/R- 17/451，2017。
- U.S. EPA. 一氧化碳综合科学评估 (最终报告)。美国环境保护署，华盛顿，(DC)，EPA/600/R-09/019F，2010。
- Xia X, Zhang A, Liang S, Qi Q, Jiang L, Ye Y. 空气污染与呼吸道感染人口健康风险的相关性：以深圳为例。Int J Environ Res Public Health. 2017;14(9):950. doi:10.3390/ijerph14090950.

- 杨 H, 李 S, 孙 L, 张 X, 曹 Z, 徐 C, 等. 雾霾与整体和特定类型的心血管疾病风险：一项荟萃分析
分析包含2109万参与者的53项队列研究。环境研究。2019；172：375–83。doi:10.1016/j.envres.2019.01.040。
- Zhong J-Y, Lee Y-C, Hsieh C-J, Tseng C-C, Yiin L-M. 卫生眼疾病、空气污染与气候变化之间的关联
台湾。国际环境与健康研究杂志。2018;15(10):2269. doi:10.3390/ijerph15102269 .

主要污染物长期影响

长期暴露（数月或数年）	
污染物健康影响	
PM	<ul style="list-style-type: none"> 呼吸、心血管和肺癌的发病率和死亡率； 动脉硬化、高血压、心律失常、血液凝固； 肺功能下降（用力肺活量，第一秒用力呼气量）和慢性阻塞性肺疾病（COPD）的发展； 糖尿病 抑郁、痴呆（例如阿尔茨海默病）的风险，以及自杀风险略有增加；以及 产前DNA甲基化、低出生体重和神经发育不良。
NO ₂	<ul style="list-style-type: none"> 哮喘； 肺功能/生长受损； 慢性支气管炎；以及 帕金森病风险增加及儿童心理健康发展下降。
中国石化工业集团	<ul style="list-style-type: none"> 糖尿病和低出生体重的风险增加。
O ₃	<ul style="list-style-type: none"> 哮喘发作； 过敏症状增加；以及 哮喘患者疾病加重、症状加剧或药物用量增加。

慢性阻塞性肺疾病（COPD）；脱氧核糖核酸（DNA）；第一秒用力呼气量（FEV₁）。

FVC：用力肺活量。

大胆
最强证据在

长期暴露（数月、数年）于PM2.5与肺癌、心脏病、心理健康状况不佳以及癌症的发病有关，以及心血管和心肺死亡率。这些死亡和疾病的原因也与NO₂、CO和O₃等其他污染物有关。长期暴露于空气污染包括广泛的身体和心理健康影响，包括呼吸道症状（咳嗽和打喷嚏）、肺功能下降以及哮喘、支气管炎、肺气肿、慢性阻塞性肺病（COPD）和癌症等疾病的发展。

暴露于孕期细颗粒物、二氧化氮和一氧化碳与不良的妊娠结局相关，对个人整个生命周期都会产生健康影响。

事实上，流行病学研究中估计的空气污染导致的疾病负担和死亡率在人口水平上，长期暴露高于短期暴露，这表明长期影响不仅仅是短期影响的简单累加。

注意：本表并非旨在详尽无遗，且许多条件的证据权重一直在变化。许多不同的空气污染物在整个身体中产生多种不同的影响，加剧了那些在发病率和死亡率方面负担沉重的疾病。

参考文献

- Atkinson RW, Butland BK, Anderson HR, Maynard RL. 长期二氧化氮浓度与死亡率：队列研究的荟萃分析. 流行病学. 2018;29(4):460-72. doi:10.1097/EDE.00000000000000847.
- Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV 等人. (2010). 颗粒物空气污染与心血管疾病. 循环. 2010;121(21):2331-78. doi:10.1161/CIR.0B013E3181DBECE1.
- Faustini A, Rapp R, Forastiere F. 二氧化氮与死亡率：长期研究的综述和荟萃分析. 欧洲呼吸杂志. 2014;44(3):744-53. doi:10.1183/09031936.00114713.
- Hamra GB, Laden F, Cohen AJ, Raaschou-Nielsen O, Brauer M, Loomis D. 肺癌与二氧化氮和交通暴露：系统评价和荟萃分析. 环境健康展望. 2015;123(11):1107-12. doi:10.1289/ehp.1408882.
- Jacob AM, Datta M, Kumpatla S, Selvaraj P, Viswanathan V. 糖尿病和悬浮颗粒物暴露的患病率. 健康污染杂志. 2019;9(22):190608. doi:10.5696/2156-9614-9.22.190608.
- Lim CC, Hayes RB, Ahn J, Shao Y, Silverman DT, Jones RR 等人. 美国臭氧长期暴露与特定原因死亡率风险. 美国呼吸与危重症医学杂志. 2019;200(8):1022-31. doi:10.1164/rccm.201806-1161OC.
- Liu Q, Wang W, Gu X, Deng F, Wang X, Lin H 等人. 颗粒物空气污染与抑郁和自杀风险之间的关联：系统评价和荟萃分析. 环境科学污染研究. 2021;28:9029-49. doi:10.1007/s11356-021-12357-3.
- Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, Baccarelli AA, Brook RD, Donaldson K 等人, 代表ESC血栓形成工作组, 欧洲心血管预防与康复协会和ESC心力衰竭协会. 关于空气污染和心血管疾病的专家立场文件. 欧洲心脏杂志. 2015;36(2):83-93. doi:10.1093/eurheartj/ehu458.
- Tsai T-L, Lin Y-T, Hwang B-F, Nakayama SF, Tsai C-H, Sun X-L 等人. 细颗粒物是阿尔茨海默病的潜在决定因素：系统评价和荟萃分析. 环境研究. 2019;177:108638. doi:10.1016/j.envres.2019.108638.
- 美国环保署. 颗粒物综合科学评估（ISA）（最终报告，2019年12月）。美国环保署，华盛顿（DC），EPA/600/R-19/188，2019年。
- 美国环保署. 氮氧化物综合科学评估（ISA）——健康标准（最终报告）。美国环保署，华盛顿（DC），EPA/600/R-20/012，2020年。
- 美国环保署. 硫化物综合科学评估（ISA）——健康标准（最终报告）。美国环保署，华盛顿（DC），EPA/600/R-

17/451, 2017.

- 美国环境保护署 (U.S. EPA) 一氧化碳 (Carbon Monoxide) 综合科学评估 (ISA) (最终报告) 。美国环境保护署 , 华盛顿 (DC) , EPA/600/R-09/019F , 2010。
- 杨 H , 李 S , 孙 L , 张 X , 曹 Z , 徐 C , 等. 雾霾与整体和特定类型的心血管疾病风险 : 一项荟萃分析
分析包含2109万参与者的53项队列研究。环境研究。2019 ; 172 : 375–83。doi:10.1016/j.envres.2019.01.040。
- Weuve J, Bennett EE, Ranker L, Gianattasio KZ, Pedde M, Adar SD, Yanosky JD, Power MC. 空气污染暴露与相关
痴呆及相关结果的风险 : 对流行病学文献的系统回顾更新。环境健康
视角。2021 年 9 月; 第 129 卷 第 9 期: 96001. doi: 10.1289/EHP8716.

关于空气污染长期健康影响的重要性

“队列研究通常具有比时间序列研究更大的估计值，这表明长期暴露于环境颗粒物对人类健康的影响大于短期暴露。”

– Eftim & Dominici, 2005

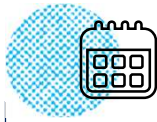
”

虽然在过去研究人员主要集中在关注空气污染的短期影响，但是随着明确地认识到长期暴露于PM对人类健康的危害远远大于短期暴露，这一研究重点发生了显著变化。

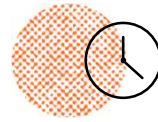
参考文献：

- Eftim S, Dominici F. 多站点时间序列研究与队列研究：方法、发现和政策含义。J Toxicol Environ Health A. 2005;68(13-14):1191–205. doi:10.1080/15287390590936076.

呼吸系统疾病



长期接触 短期接触



呼吸道/气道症状（例如，哮喘）；
气道/呼吸道炎症，炎症反应；
肺功能下降。

- 哮喘发作、加重或增加症状或药物；
- 过敏性患者症状增加；
- 慢性支气管炎和急性支气管炎；
- 肺部生长受损；或
- 肺癌（PM被列为人类致癌物，国际癌症研究机构2013年）
- 疾病加重，增加症状或患者用药哮喘；
- 肺功能下降在患有哮喘的病人中；
- 疾病恶化或增加症状在患有COPD的患者中；或肺炎/急性呼吸道感染。

呼吸/气道症状，如喘鸣、气道/呼吸炎症和炎症反应，以及肺功能下降，与长期和短期接触空气污染有关。

长期暴露于空气污染可能导致哮喘发作和慢性阻塞性肺病（COPD）的发展。同时，也有强有力的证据表明空气污染会导致肺癌。国际癌症研究机构（IARC）对相关证据进行了广泛审查，于2013年将PM归类为致癌物。

短期接触空气污染会导致哮喘和慢性阻塞性肺疾病（COPD）症状加剧。长期接触会导致幼儿新发哮喘，并且已被证明与COPD的发生发展有关。此外，暴露于较高水平空气污染的儿童表现出肺功能下降，这引发了关于早期生活接触可能导致晚年COPD的担忧。短期接触空气污染还会导致肺炎或急性下呼吸道感染（ALRI），这在妇女和儿童接触家庭空气污染的背景下尤其相关。

参考文献

- Achakulwisut P, Brauer M, Hystad P, Anenberg SC. 全球、国家和城市儿童哮喘发病率归因于环境二氧化氮污染的负担：来自全球数据集的估计。Lancet Planet Health 2019;3(4):e166–78. doi:10.1016/S2542-5196(19)30046-4.
- Consonni D, Carugno M, De Matteis S, Nordio F, Randi G, Bazzano M 等人。EAGLE 研究中室外颗粒物（PM10）暴露与肺癌风险。PLoS One. 2018;13(9):e0203539. doi:10.1371/journal.pone.0203539.
- Gauderman WJ, Urman R, Avol E, Berhane K, McConnell R, Rappaport E 等人。改善的空气质量与儿童肺部发育的相关性。N Engl J Med. 2015;372(10):905–13. doi:10.1056/NEJMoa1414123.
- Gordon SB, Bruce NG, Grigg J, Hibberd PL, Kurmi OP, Lam K-BH 等人。低收入和中等收入国家家庭空气污染的呼吸风险。Lancet Respir Med. 2014;2(10):823–60. doi:10.1016/S2213-2600(14)70168-7.
- Guarnieri M, Balmes JR. 室外空气污染和哮喘。Lancet. 2014;383(9928):1581–92. doi:10.1016/S0140-6736(14)60617-6.
- Huang F, Pan B, Wu J, Chen E, Chen L. PM2.5 暴露与肺癌发病率和死亡率之间的关系：一项荟萃分析。Oncotarget. 2017;8(26):43322–31. doi:10.18632/oncotarget.17313.
- 室外空气污染。国际癌症研究机构（IARC）人类致癌风险评估报告，第109卷。里昂：国际癌症研究署；2016。
- Moore E, Chatzidiakou L, Kuku MO, Jones RL, Smeeth L, Beevers S 等人。空气污染物与慢性阻塞性肺疾病住院的全球关联。Ann Am Thorac Soc. 2016;13(10):1814–27. doi:10.1513/AnnalsATS.201601-064OC.
- Morales E, Garcia-Esteban R, de la Cruz OA, Basterrechea M, Lertxundi A, López de Dicastillo MD 等人。子宫内和早期出生后暴露于室外空气污染与学龄前儿童肺功能。Thorax. 2015;70(1):64–73. doi:10.1136/thoraxjnl-2014-205413.
- 健康影响。Allschwil：瑞士热带和公共卫生研究所；2022（<https://www.swisstph.ch/en/projects/ludok/healtheffects/>，访问于2024年12月9日）。• 向T，朱J，斯蒂布D，格雷N，方I，皮诺特L等人。儿童期暴露于空气污染与儿童哮喘、过敏性鼻炎和湿疹发病率的关系。欧洲呼吸杂志。2020；55(2)：1900913. doi:10.1183/13993003.00913-2019.

空气污染与肺癌

国际癌症研究机构 (IARC) 将以下内容归类为：

第1组 (致癌的 (人类):

- 环境空气污染 (2013)
- 环境颗粒物 (2013年)

2016年家庭煤炭燃烧

国际癌症研究机构 (IARC) 的致癌性分类	
第1组	致癌于人类
第2组A	可能对人类致癌
第2组B	可能对人类有致癌性。
第3组	无法归类为对人体致癌性。



在2013年，国际癌症研究机构 (IARC) 将大气污染，尤其是颗粒物 (PM) ，列为对人类致癌。流行病学和临床证据都支持这一决定。通过对所有可获取的科学文献进行彻底审查，IARC的手册工作组评估了整个空气污染混合物是否引起癌症。IARC手册计划之前已经确认，空气污染的组成部分 (如苯) 和空气污染混合物 (如柴油尾气和煤烟) 均具有致癌性。最新审查发现，整个空气污染，以及构成空气污染一部分的小颗粒 (例如PM和PM，PM等) 均具有致癌性。

2.5 10
在空气污染和流行病学研究中监测到的 () ，是致癌的。

工作组从五大洲查阅了1000多项研究，涵盖了大气科学、流行病学和毒理学等科学领域。来自所有这些不同类型的研究，包括人类、动物和实验系统的研究证据表明，空气污染会导致癌症。

科学研究显示，室外空气污染与肺癌以及其他疾病 (如呼吸和心脏病) 之间存在一致的关联。同时，与膀胱癌风险增加也存在正相关关系。2010年，国际癌症研究机构 (IARC) 也将家庭煤炭燃烧归类为第1组 (对人类致癌) 。柴油尾气是肺癌的诱因 (有充分证据) ，并且还指出与膀胱癌风险增加存在正相关关系 (有限证据) (第1组) 。

参考文献

• Benbrahim-Tallaa L. 空气污染评估：理由、发展、结果和影响。里昂：国际癌症研究机构；2018 () <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/Review2014-AirPollution-Lamia.pdf> ，访问于2024年12月9日) 。

• 柴油和汽油发动机排放物以及某些硝基芳烃。里昂：国际癌症研究机构，国际癌症研究机构 (IARC) 人类致癌风险评估手册，第105卷；2013。• 家庭使用固体燃料和高温煎炸。里昂：国际癌症研究机构，人类致癌风险评估手册，第95卷；2010。• 关于室外空气污染和癌症的问答。里昂：国际癌症研究机构；2013 (https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr221_QA.pdf ，访问日期：2024年12月9日) 。

• 户外空气污染。里昂：国际癌症研究机构，IARC人类致癌物评估手册，第109卷；2016年。• 斯特赖夫K，科恩A，萨梅特J，主编。空气污染与癌症。里昂：国际癌症研究机构，科学出版物第161号；2013年。

心血管疾病



两者都short- 并列长期 暴露
已被证明可以增加
心血管死亡率。

短期暴露

加重原有的缺血性心脏病、心力衰竭、心律失常或缺血性中风。

长期暴露

动脉粥样硬化、高血压、肺高血压和心血管代谢性疾病（如糖尿病）的发展。

全球因联合影响导致的死亡和伤残调整生命年 (DALYs)。2019年家庭和大气污染，按原因分类



心血管疾病 (CVDs) 是心脏和血管的疾病，包括供应心脏的冠状动脉疾病和供应大脑的脑血管疾病。通常更直观地认为空气污染会影响肺部。然而，对心血管系统的影响也很重要，需要认识到。这需要了解之前描述的潜在科学病理生理学机制，以及暴露途径。

根据最新估计，由于关节和室内外空气污染导致的疾病负担最大，其中心血管疾病占了总归因负担的62%。首先，缺血性心脏病导致超过250万人死亡，而中风导致150万人死亡。

存在大量证据表明，短期暴露于空气污染与现有心血管疾病 (CVD) 的恶化有关，包括缺血性心脏病 (IHD)、心力衰竭、心律失常和缺血性中风。此外，医院外心脏骤停与心血管疾病导致的住院和死亡率之间也存在关联。

长期暴露于空气污染 (即数月和数年) 与动脉粥样硬化、高血压、肺高压和心血管代谢性疾病 (例如糖尿病) 的发展有关。研究表明，PM和氮氧化物 (NO_x) 的背景浓度与加速的动脉粥样硬化密切相关，如所示：

^{2.5}
冠状动脉钙化在10年期间的计算机断层扫描评估。

短期和长期暴露均已证明会增加心血管死亡率。

参考文献

- Brook RD, Rajagopalan S. 颗粒物空气污染与动脉粥样硬化。当前动脉粥样硬化报告。2010；12(5):291-300. doi: 10.1007/s11883-010-0122-7.
- Brook RD, Rajagopala S, Pope CA 3rd, Brook JR, Bhatnaga RA, Diez-Roux AV 等；美国心脏协会流行病学和预防委员会；心血管疾病肾脏委员会；营养、身体活动和代谢委员会。颗粒物空气污染与心血管疾病：美国心脏协会科学声明的更新。循环。2010；121(21):2331-78. doi:10.1161/CIR0b013e3181d8bec1.
- Brook RD, Newby DE, Rajagopalan S. 室外环境空气污染对心血管健康的全局威胁：干预时间。美国心脏病学会杂志。2017；2(4):353-4. doi:10.1001/jamacardio.2017.0032.
- Hadley MB, Baumgartner J, Vedanthan R. 制定临床方法以应对空气污染和心血管健康。循环。2018；137(7):725-42. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030377.
- Kaufman JD, Adar SD, Allen RW, Barr RG, Budoff MJ, Burke GL 等。颗粒物空气污染暴露、亚临床动脉粥样硬化和临床心血管疾病的纵向研究：多民族动脉粥样硬化与空气污染研究 (MESA Air)。美国流行病学杂志。2012；176(9):825-837. doi:10.1093/aje/kws169.
- 米勒 MR, 纽比 DE. 空气污染与心血管疾病：汽车病。心血管研究。2020年2月1日；116(2)：279-294. doi: 10.1093/cvr/cvz228.
- Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, Baccarelli AA, Brook RD, Donaldson K 等人，代表ESC血栓工作组、欧洲心血管预防与康复协会和ESC心力衰竭协会。关于空气污染和心血管疾病的专家立场文件。Eur Heart J. 2015;36(2):83-93. doi:10.1093/eurheartj/ehu458.

- 可持续发展目标指标3.9.1：归因于空气污染的死亡率。日内瓦：世界卫生组织；2024年。
许可证：CC BY-NC-SA 3.0 国际组织
- 世界心脏报告2024：清除空气以应对污染的心血管健康危机。世界心脏联合会，2024年。



妊娠与避孕结果 cont

- 长期暴露于PM和其他污染物与出生结果相关，如早产、低出生体重、胎儿发育迟缓（SGA）和死产。
- 孕期暴露于PM会增加儿童时期慢性喘息和哮喘的患病风险。
- 孕期暴露于空气污染与每1000名儿童中出现的不良反应相关，比儿童后期生活的健康状况。
- 证据表明有可能关联介于暴露于PM和妊娠高血压症和妊娠糖尿病。

存在暗示性证据表明，孕期接触空气污染物可能会影响母亲和胎儿的健康，可能通过全身性炎症和氧化应激作为生物机制。不同污染物和结果之间的证据强度各不相同。对于出生结果，整体证据暗示了接触PM、O和可能产生的有害影响。

氮氧化物。证据还表明，颗粒物和臭氧的暴露与妊娠结果相关。近期对由于暴露于环境和家庭颗粒物污染而导致的全球不良围产期负担的评估表明

2.5
2019年全球约280万低体重婴儿病例和590万早产儿病例本可以避免。南亚和撒哈拉以南非洲合计，可以将2019年的低体重和早产发生率降低约78%（参见Ghosh等人，2021年）。

主要结论总结如下：

- 长期暴露于PM_{2.5}和其他污染物与早产、低出生体重、胎儿发育迟缓和死产等出生结果相关。
- 孕期暴露于PM会增加儿童时期慢性喘息和哮喘的患病风险。
- 围产期接触空气污染与儿童后期生活中出现的一系列健康不利影响有关。

当前证据证明有必要进一步研究空气污染、妊娠和出生结果。

证据表明，暴露于PM与妊娠高血压和妊娠糖尿病之间可能存在一种关联。

参考文献

- Chiu Y-HM, Hsu H-HL, Coull BA, Bellinger DC, Kloog I, Schwartz J 等人。城市儿童的前置期颗粒物空气污染与神经发育：检验敏感期和性别特异性关联。环境国际。2016；87：56-65。doi:10.1016/j.envint.2015.11.010。
- Conway F, Portela A, Filippi V, Chou D, Kovats S。气候变化、空气污染及母体和新生儿健康：对健康结果的综述。全球卫生杂志。2024年5月24日；14：04128。
- Ghosh R, Causey K, Burkart K, Wozniak S, Cohen A, Brauer M。环境颗粒物和室内PM_{2.5}污染与不良围产期结局：204个国家和地区归因于全球负担的meta回归和分析。PLOS医学。2021年9月28日；18(9)：e1003718。 <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003718>
- Guxens M, Garcia-Esteban R, Giorgis-Allemand L, Fornes J, Badaloni C, Ballester F, 等等。妊娠及儿童认知和运动心理发展期间的空气污染：六个欧洲出生队列。流行病学。2014年9月；25(5):636-47。doi: 10.1097/EDE.000000000000133。PMID: 25036432。
- He D, Wu S, Zhao H, Qiu H, Fu Y, Li X, He Y。颗粒物2.5与糖尿病之间的关联：队列研究荟萃分析。糖尿病研究杂志。2017年9月；8(5):687-696。doi:10.1111/jdi.12631。
- Kim E, Park H, Hong Y-C, Ha M, Kim Y, Kim B-N 等等。妊娠期间暴露于PM₁₀和NO₂与儿童出生至24个月大的神经发育：母亲与儿童环境健康（MOCEH）研究。科学总环境。2014年；481:439-45。doi:10.1016/j.scitotenv.2014.01.107。
- Koman PD, Hogan KA, Sampson N, Mandell R, Coombe CM, Tetteh MM, Hill-Ashford YR, Wilkins D, Zlatnik MG, Loch-Carusio R, Schulz AJ, Woodruff TJ。在《清洁空气法》下界定“高危”人群时检验空气污染暴露与健康社会决定因素联合作用：孕妇对妊娠高血压综合症的易感性。世界医学与健康政策。2018年3月；10(1):7-54。doi: 10.1002/wmh3.257。Epub 2018年3月12日。PMID: 30197817; PMCID: PMC6126379。
- Le HQ, Batterman SA, Wirth JJ, Wahl RL, Hoggatt KJ, Sadeghnejad A 等等。密歇根州底特律空气污染暴露与早产和足月小体重儿出生：长期趋势和关联。环境国际。2012年；44:7-17。doi:10.1016/j.envint.2012.01.003。
- Liu L, Zhang D, Rodzinka-Pasko JK, Li YM。自闭症谱系障碍的环境危险因素。神经科医生。2016年；87(suppl 2):55-61。doi:10.1007/s00115-016-0172-3。
- Pedersen M, Stayner L, Slama R, Sørensen M, Figueras F, Nieuwenhuijsen MJ 等等。环境空气污染与妊娠高血压综合征。

- 高血压。2014 ; 64 (3) : 494-500. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03545.
- Rappazzo KM, Nichols JL, Rice RB, Luben TJ. 臭氧暴露在早孕期与早产 : 一项系统评价和 meta分析。环境研究。2021年7月1日 ; 198 : 111317。
 - Zhu X, Liu Y, Chen Y, Yao C, Che Z, Cao J. 妇女接触细颗粒物 (PM2.5) 与妊娠结局 : 一项荟萃分析。环境科学与污染研究国际期刊。2015年3月 ; 22 (5) : 3383-96. doi: 10.1007/s11356-014-3458-7. Epub 2014年8月28日。更正于 : 环境科学污染研究国际期刊 , 2015年3月 ; 22(5) : 3397-9. doi: 10.1007/s11356-014-3609-x. PMID: 25163563.

儿童健康



呼吸影响 其他健康结果

- 气道/呼吸系统炎症，炎症反应和症状，例如喘息
- 由于哮喘导致的医院入院和急诊科就诊人数增加。
- 哮喘、呼吸系统和呼吸道感染导致的死亡率
- 疾病加剧，哮喘患者症状增加或药物用量增加
- 症状增加，过敏性患者数量上升。
- 肺功能下降和肺生长受损
- 急性呼吸道低感染，如肺炎
- 上呼吸道感染和耳炎



在研究中考量

- 大脑发育影响
- 代谢性疾病
- 儿童癌症
- 晚年患非传染性疾病的风险

有强有力的证据表明，一些环境空气污染物与儿童的呼吸系统影响相关，包括急性下呼吸道感染（如肺炎）、肺功能和发育的改变、哮喘的恶化以及由呼吸道疾病导致的入院率和死亡率增加。

其他在儿童中正在研究但尚存在研究有限、混合或结论不明确的健康结果包括：

- 神经发育影响，如自闭症谱系障碍、认知和行为影响；
- 代谢疾病，如肥胖和糖尿病；
- 儿童癌症；

重要的是要指出，评估某一特定污染物是否与某种儿童健康结果相关是困难的。空气污染总是由多种化学物质和颗粒物混合物构成，因此儿童可能接触到多种污染物。既往研究暴露于空气污染物混合物的影响，以及如遗传和营养状况等修改性因素的影响，仍然是必要的。

参考文献：

- Brumberg HL, Karr CJ, 环境健康委员会. 环境空气污染：对儿童的危害. 儿科学. 2021;147(6):e2021051484. • Eguiluz-Gracia I, Mathioudakis AG, Bartel S, Vijverberg SJH, Fuertes E, Comberiat P, 等人. 清洁空气的必要性：空气污染和气候变化如何影响过敏性鼻炎和哮喘. 过敏. 2020. 可从：<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/all.14177> • Gauderman WJ, Urman R, Avol E, Berhane K, McConnell R, Rappaport E, 等人. 改善空气质量与儿童肺发育的相关性. 新英格兰医学杂志. 2015;372(10):905–13. 可从：<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1414123> • Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F. 空气污染对10至18岁儿童肺发育的影响. N Engl J Med 2004; 351 (11): 1057-67 <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa040610>
- 美国环保署. 颗粒物综合科学评估 (ISA) (最终报告, 2019年12月)。美国环境保护署，华盛顿 (DC)，EPA/600/R-19/188，2019年。
- 美国环保署. 氮氧化物氧化物综合科学评估 (ISA) ——健康标准 (最终报告)。美国环境保护署，华盛顿 (DC)，EPA/600/R-15/068，2016年。
- 美国环保署. 臭氧及相关光化学氧化剂综合科学评估 (ISA) (最终报告)。美国环境保护署，华盛顿 (DC)，EPA/600/R-20/012，2020年。
- 美国环保署. 硫化物综合科学评估 (ISA) ——健康标准 (最终报告)。美国环境保护署，华盛顿 (DC)，EPA/600/R-17/451，2017年。
- 美国环保署. 一氧化碳综合科学评估 (ISA) (最终报告)。美国环境保护署，华盛顿，(DC)，EPA/600/R-09/019F，2010年。

白内障

- The 主要致盲原因在低收入国家。
- 强有力的证据 协会之间的曝光度 household air pollution and cataract formation.
- 在非洲地区，大约25% 女性患白内障的原因是家庭空气质量污染暴露。

家庭室内空气污染的预估污染分担值	
地区	归因人口比例
全球	12.3%
Afr	25.5%
Amr	3.4%
Sear	14.0%
欧元	2.6%
埃姆尔	12.1%
Wpr	8.8%

白内障的发病率
仅适用于
女性≥25岁)

来源：世界卫生组织全球卫生
观测台



白内障是眼睛晶状体的混浊，阻碍了清晰的视力，是发达国家和发展中国家视力不良的重要原因。

白内障的治疗是通过手术进行的，并且非常成功，可以恢复视力。混浊的晶状体被移除，并替换为人工的晶状体。然而，在许多发展中国家偏远地区，由于缺乏眼保健服务，人们仍然因白内障而失明。全球至少有22亿人存在近视力或远视力障碍。在这其中至少有10亿人的视力障碍是可以预防的或者尚未得到解决。

随着世界上的人们寿命延长，预计患有白内障的人数将增加。

燃烧如粪便、木材和煤炭等燃料在效率低下的炉灶或明火上会产生各种有害健康的污染物，包括颗粒物（PM）、一氧化碳（CO）和其他污染物。在简单的灯芯灯中燃烧煤油也会产生大量细颗粒物和其他污染物。

与男性相比，女性的负担更重，这可能是由于女性比男性有更大的和更长时间的HAP暴露。在非洲地区，大约25%的女性白内障是由于家庭空气污染暴露引起的。

证据已从印度和中国的研究中提供，并通过动物实验中的毒理学证据支持。

参考文献

- 空气污染数据门户。全球健康观察站[在线数据库]。日内瓦：世界卫生组织；(<https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution>, accessed 8 July 2024)
- Kulkarni H, Narlawar UW, Sukhsohale ND, Thakre S, Ughade SN. 2014. 生物燃料使用与白内障风险：系统综述和荟萃分析。J Adv Med Med Res. 2014;4(1):382–94. doi:10.9734/BJMMR/2014/5297.
- Ravilla TD, Gupta S, Ravindran RD, Vashist P, Krishnan T, Maraini G 等人。烹饪燃料使用与人群研究中的白内障：印度眼病研究。Environ Health Perspect. 2016;124(12):1857–62. doi:10.1289/EHP193.
- 盲力和视力障碍。日内瓦：世界卫生组织；2024 (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment> , 访问于2024年12月9日)。



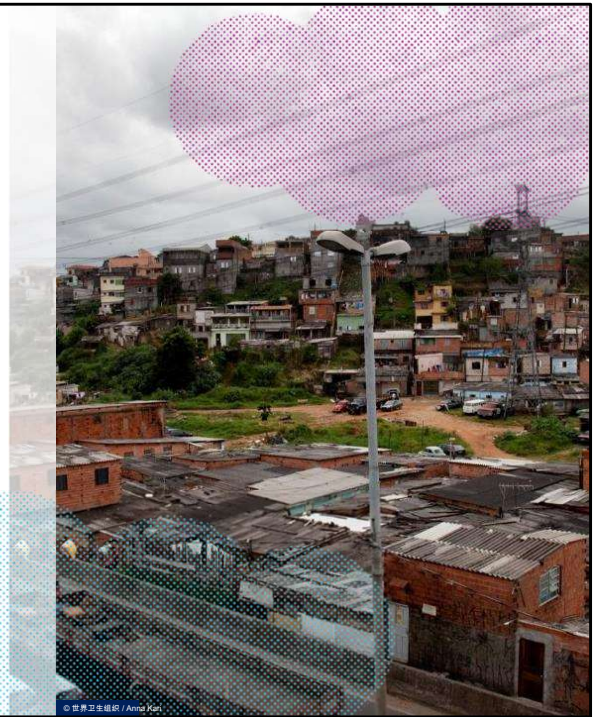
单元6

人口数量在
更高的风险

其他脆弱性因素

社会经济因素增加风险的因素包括：

- 不良饮食习惯
- 缺乏锻炼
- 缺乏绿地空间
- 缺乏医疗服务接入。
- 住在繁忙的道路旁边
- 不得不在繁忙的交通中通勤
- 居住在靠近工业区的住宅。
- 暴露于不恰当的废物处理
例如：燃烧
- 缺乏清洁能源的接入
家庭层面



与以下因素相关：**较低的社会经济地位** 可能会使一个人更容易受到空气污染的影响，包括：

- 不良的饮食习惯；
- 缺乏运动；
- 缺乏对绿色空间的访问；
- 缺乏获得医疗保健的机会；
- 住在繁忙的道路旁边；
- 不得不在繁忙的交通中通勤；

• Anderson KM, Wilson PWF, Odell PM, Kannel WB. 更新后的冠状动脉风险特征。针对医务工作者的声明。Circulation. 1991;83(1):356-62.

• Hadley MB, Baumgartner J, Vedanthan R. 发展针对空气污染和心血管健康的临床方法。Circulation. 2018;137(7):725-42.

• 住宅靠近工业区；
• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。心理学。1972;19(4):180-3.

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

• 暴露于不当处置废物，例如焚烧。

我们并不全都平等。 易感性与脆弱性



鉴于这一问题的复杂性和个人因素与外部因素之间的明显重叠，“易感性”比“脆弱性”更普遍地被用来广泛地表示“处于增加风险”状态，这种状态是指接触空气污染所造成的负面影响。

生命阶段因素：例如，年长者、儿童或女性（尤其是孕妇）。

☐ **遗传因素** 包括某些多态性，如谷胱甘肽S转移酶 μ -1 (GSTM-1) 或TNF- α ，以及

☐ 遗传疾病，如囊性纤维化和 α -1抗胰蛋白酶缺乏症。许多因素，包括遗传，影响我们抵御PM和其他污染物暴露引起的氧化应激、炎症和免疫效应的能力。例如，GSTM-1是抗氧化损伤保护途径中的一种重要酶；该酶的一种多态性具有无蛋白表达的null等位基因，导致抗氧化保护能力降低。这种等位基因在美国人口中占40%。具有GSTM-1 null等位基因的儿童肺功能增长减少，似乎对环境O₃暴露的影响更为敏感。GSTM-1和其他多态性也可能在增强鼻部

对柴油颗粒物暴露引起的免疫球蛋白E反应

并发症 例如，慢性疾病、呼吸系统疾病、心血管疾病和糖尿病都会使人们更容易受到空气污染的负面影响。

人口统计学因素 例如，住宅或工作地点，尤其是靠近交通要道，或者在贫民窟附近或靠近其他排放源。社会经济状况也是影响一个人暴露于空气污染的一个重要因素。与富裕人群相比，贫穷人群更常住在高度污染的地区或靠近交通要道，且他们获取医疗保健的机会更少。

营养 有研究表明，抗氧化剂摄入和 ω -3脂肪酸可能在保护我们免受空气污染影响方面发挥作用，但因此还需要进一步的研究，因此目前考虑添加额外的补充剂以特别针对空气污染进行保护还为时尚早。

参考文献

- Breton CV, Salam MT, Vora H, Gauderman WJ, Gilliland FD. 针对谷胱甘肽合成途径中的遗传变异、空气污染以及儿童肺功能的研究增长。美国呼吸与危重症医学杂志。2011；183(2):243-8. doi:10.1164/rccm.201006-0849OC.
- Weichental SA, Godri-Pollitt K, Villeneuve PJ. PM_{2.5}, 氧化剂防御与心呼吸健康：综述。环境健康。2013;12(1):40-9. doi:10.1186/1476-069X-12-40.



暴露可能
加速进展
关于疾病，或许
甚至启动它，直到它
临床诊断。

最易受影响的
效应是那些
具有不稳定和/或
慢性疾病。

易感人群组在不同短期或长期暴露下有所不同。

即使是看似健康的人也容易受到其影响。 **长期暴露** 至颗粒物。接触可能加速疾病的进展，或甚至可能引发疾病，直到临床诊断。

然而，最易受影响的可能是
合并症

短期暴露

那些有不稳定和/或慢性状况的人或

主要人群面临更高的风险 通过生命阶段因素

老年人 儿童 孕妇



如上所述，不同的生命历程因素可能导致对空气污染的敏感性增加——特别是对于：•老年人•
儿童•孕妇。

老年人及 空气污染

对污染的暴露增加
老年人已被关联

抱歉，您提供的文本“with:”似乎不是一个完整的句子或可翻译的段落，因此我将保留原有内容：with:

- 死亡率增加
- 医院入院情况
- 急诊室就诊次数

这是主要由以下结果造成的
慢性疾病的加重
疾病或呼吸道
感染（例如肺炎）。



预计到2050年，60岁以上的人口数量将翻一番，这是我们必须考虑与空气污染相关的疾病时考虑的新的人口学现实。

衰老的生物水平上与分子和细胞损伤的逐渐积累相关，这是增加易感性的原因。

随着时间的推移，这种损害会导致生理储备量逐渐减少，增加了许多疾病和整体健康下降的风险，使老年人更加脆弱。

接触污染的增加与老年人死亡率、住院和急诊室就诊次数的增加相关联，这主要是慢性疾病恶化或呼吸道感染的结果。

正如我们所说，合并症会影响易感性，而老年人是最有可能遭受此类病症的人口群体。

参考文献

• Simoni M, Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G, Viegi G. 室外污染对老年人的不利影响. 胸科疾病杂志. 2015;7(1):34-45. doi:10.3978/j.issn.2072-1439.2014.12.10.

• <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/older-persons-day/en/>

• 世界老龄化与健康报告。日内瓦：世界卫生组织；2015年（<https://apps.who.int/iris/handle/10665/186463>，访问于2024年12月9日）。

儿童和 空气污染



儿童 处于更大的
风险高于成年人，因为一个
组合
生理学，
环境和
行为因素。

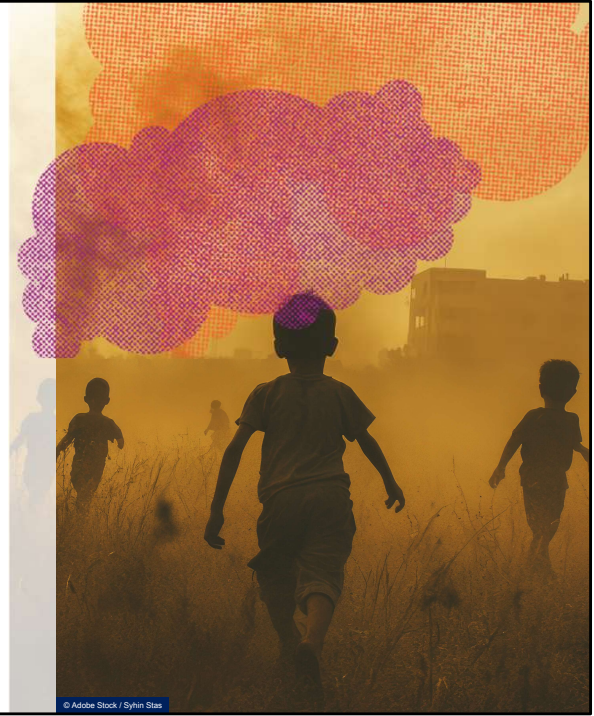


儿童由于生理、环境和行为因素的共同作用，比成人更容易受到空气污染带来的多种不良健康影响。

儿童与空气污 染

一些增加儿童风险的因 素：

- 发育免疫系统、呼吸系统和中枢神经系统
- 胎儿发育期间易感
- 更高的呼吸速率，更可能通过口呼吸。
- 较低高度更接近峰值污染物专注于地面 (the ground)
- 更有可能参与户外活动体力活动



在生理上，儿童仍然是正在发育的人类，这意味着他们的免疫系统、呼吸系统和中枢神经系统尚未成熟，对环境刺激，包括空气污染，高度敏感。在胎儿发育期以及他们最早几年，当他们的肺部、器官和大脑仍在成熟时，儿童特别容易受到感染。

他们的身体正处于快速发育阶段，因此更容易受到污染物质引起的炎症和其他损害。在幼童中，呼吸道的内衬具有渗透性，使他们对气道中的刺激物特别易感。

一个婴儿的呼吸速率大约是成人的五倍，而3至5岁的儿童的呼吸速率比成人高出60%。因此，相对于成人，空气中的环境毒素会以更高的内部剂量传递给儿童。儿童还有高频率的口呼吸现象，绕过了鼻滤过，这也可能使他们暴露于更高水平的空气污染中。

由于身材比成人低矮，孩子生活在地面附近，某些污染物在此浓度达到峰值。

他们也可能在户外花费更多时间，在可能受到污染的空气中玩耍和进行身体活动。在子宫内，他们容易受到母亲接触污染物的影响。与成人相比，儿童的预期寿命更长，因此潜在的疾病机制有更多的时间显现并影响他们的健康。

参考文献

- 空气污染与儿童健康：处方清洁空气：摘要。日内瓦：世界卫生组织；2018（访问日期：2024年12月9日）。
- 有毒空气正随着孩子们每一次呼吸伤害着他们。纽约：联合国儿童基金会；2019（<https://www.unicef.org/rosa/stories/toxic-air-damage-to-our-children-every-breath-we-take>，访问于2024年12月9日）。

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/275545> .

<https://www.unicef.org/rosa/stories/toxic-air-damage-to-our-children-every-breath-we-take>



儿童从胚胎时期开始就暴露于污染中，因为他们容易受到其母亲暴露于污染物的影响。

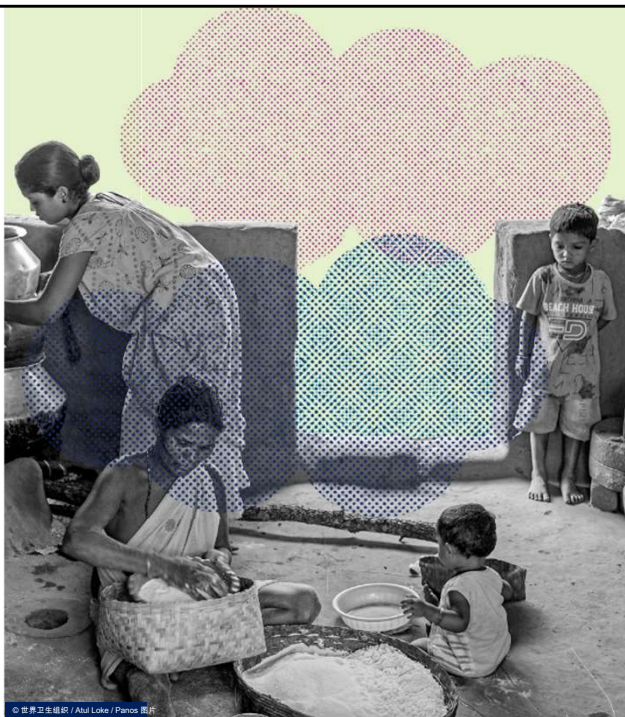
参考文献

- 空气污染与儿童健康：处方清洁空气：摘要。日内瓦：世界卫生组织；2018 (<https://apps.who.int/iris/handle/10665/275545> , 访问日期：2024年12月9日)
- 毒空气正随着孩子们每一次呼吸伤害他们。纽约：联合国儿童基金会；2019年 (<https://www.unicef.org/rosa/stories/toxic-air-harming-our-children-every-breath-they-take> , 访问于2024年12月9日)。

儿童和 空气污染



幼儿花费时间
在家庭中暴露于
家庭空气污染来自
不洁净的燃料和技术
对于烹饪、加热及
照明。



© 世界卫生组织 / Alul Loke / Pamos 图片

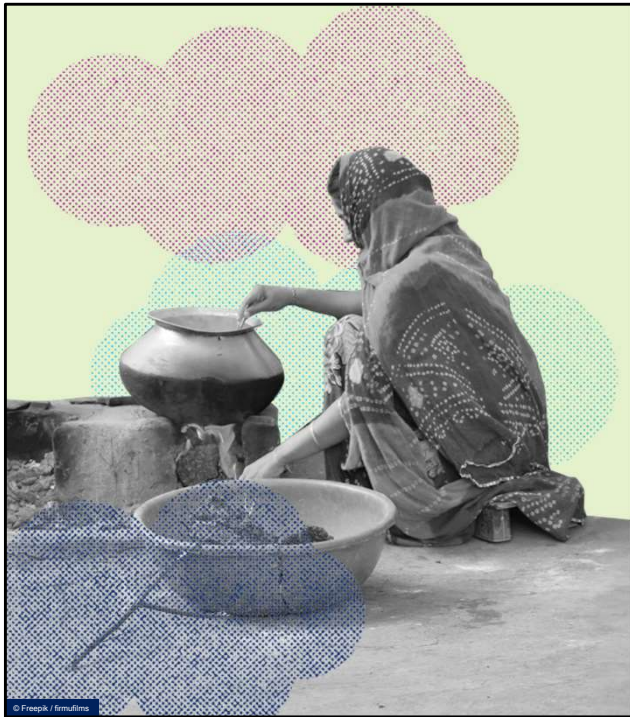
特别是在低收入和中等收入国家，与母亲在家中度过时间的幼儿会暴露于使用不洁燃料和技术进行烹饪、供暖和照明所产生的家庭空气污染中。

参考文献

- 空气污染与儿童健康：处方清洁空气：摘要。日内瓦：世界卫生组织；2018（访问日期：2024年12月9日）。
- 有毒空气正随着孩子们每一次呼吸伤害着他们。纽约：联合国儿童基金会；2019（<https://www.unicef.org/rosa/stories/toxic-air-damaging-our-children-at-every-breath>，访问于2024年12月9日）。

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/275545>，

[https://www.unicef.org/rosa/stories/toxic-air-](https://www.unicef.org/rosa/stories/toxic-air-damaging-our-children-at-every-breath)



儿童， 女性与 空气污染



特别是在低收入和中等收入国家，女性通常更容易暴露于由家庭内部和周围使用不洁燃料和技术进行烹饪、供暖和照明产生的空气污染中。

女性被认为是一个更容易受到空气污染负面影响的高风险人群，尤其是在家庭空气污染的背景下。

这些性别不平等的原因在于，在低收入和中等收入国家，女性通常更容易暴露于来自使用不洁燃料以及家庭烹饪、供暖和照明技术的空气污染。

与儿童，尤其是女孩一起，他们是燃料的主要采购者，这与我们在第2模块所学到的健康和​​安全​​风险有关。

女性和儿童在2016年因家庭空气污染导致的死亡人数中占比超过60%。

参考文献

- Calogero C, Sly PD. 发展生理学：从出生到老年期生长和发育过程中的肺功能。见：Frey U, Merkus PFJM，编者。儿童肺功能。英国谢菲尔德：欧洲呼吸学会期刊有限公司；2010。欧洲呼吸学会手册47。
- 为儿童净化空气。纽约：联合国儿童基金会（UNICEF）；2016（https://www.unicef.org/media/49966/file/UNICEF_Clear_the_Air_for_Children_30_Oct_2016.pdf 访问日期：2024年12月9日）。
- 基于氧气消耗率的代谢性人类通风率：一个基于修订的方法。华盛顿（DC）：美国环境保护署；2009年（<https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=202543>，访问日期：2024年12月9日）。
- 燃烧机会：清洁的家庭能源对妇女和儿童的卫生、可持续发展及福祉。日内瓦：世界卫生组织；2016年（<https://apps.who.int/iris/handle/10665/204717>，访问日期：2024年12月9日）。
- 空气污染与儿童健康：洁净空气的处方。日内瓦：世界卫生组织；2018年（<https://www.who.int/publications/i/item/air-pollution-and-child-health>，访问于2024年12月9日）。



关键字 消息

- **空气污染在2019年导致670万人死亡。** 并且几乎所有（99%）的全球人口都居住在空气污染超过世界卫生组织全球空气质量指南的地区。
- **对空气污染和健康的研究十分广泛，** 基于流行病学以及（动物和人类）毒理学研究。
- 空气污染影响器官、导致全身性炎症的主要方式是：**氧化应激触发、免疫系统调节和促炎途径、表观遗传调控。**
- **暴露的主要途径是通过吸入。** 其他包括摄入、眼部暴露和皮肤吸收。
- **几乎人体内的每一个器官都会受到空气污染的影响；** 尤其重要的是非传染性疾病（NCDs），包括心血管疾病、呼吸系统疾病、妊娠影响以及传染病，尤其是儿童肺炎。
- **儿童比成人面临更大的风险。** 由于生理、环境和行为因素的共同作用，空气污染导致了众多不良健康效应。
- 尤其是 **在低收入和中等收入国家，女性被认为是一个风险较高的群体。** 经历空气污染的负面健康影响，尤其是在家庭空气污染的背景下。
- 医疗专业人士应具备以下装备：**了解科学，帮助保护他们的患者并倡导** 为社区清洁空气。

该模块的关键信息如下。

- 空气污染在2019年导致了670万人死亡，并且几乎全球所有（99%）的人口都居住在空气污染超过世界卫生组织全球空气质量指南的地区。
- 对空气污染与健康的调研广泛，基于流行病学以及（动物和人类）毒理学研究。
- 空气污染主要影响器官的方式，可导致全身性炎症，包括引发氧化应激、调节免疫系统及促炎通路、表观遗传调控。
- 主要接触途径为吸入。其他包括摄入、眼部接触和皮肤吸收。
- 几乎所有身体器官都会受到空气污染的影响；尤其是非传染性疾病，包括心血管疾病、呼吸系统疾病、对妊娠的影响以及传染病，尤其是儿童的肺炎，尤为重要。
- 儿童由于生理、环境和行为因素的结合，比成年人更容易受到空气污染引起的诸多不利健康影响。
- 尤其在低收入和中等收入国家，女性被认为是一个更容易受到空气污染负面影响（特别是在室内空气污染的背景下）的健康风险更高的群体。
- 医疗卫生专业人员应具备理解科学知识、帮助保护他们的患者并在其社区内倡导清新空气的能力。

术语表

全因死亡率：流行病学家和科学家用来指代任何原因造成的死亡的术语。

浓度：在介质中某物质的数量，通常用单位体积中的质量来表示（例如 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。

剂量：一种物质在穿过生物体外部边界后，可供与代谢过程或生物上有意义的受体相互作用的量。

暴露：发生在一种化学、物理或生物剂与生物体的外部边界（例如皮肤、肺或肠道）之间。

强迫肺活量 (FVC)：指在尽可能深吸一口气后，可以被呼出的空气量。

子痫前期：孕妇怀孕20周后出现高血压。它可能是无症状的，也可能表现为损害其他器官系统的症状，最常见的是肝脏和肾脏。如果妊娠高血压伴有癫痫（抽搐），则称为子痫。

过早死亡：发生在特定人群平均寿命之前的死亡。

早产儿 (SGA)：胎儿或新生儿的体重低于相应孕周的第10百分位数。

敏感性：一种固有的或后天获得的生理倾向，增加了在空气污染暴露下经历健康影响（如现有状况或疾病）的相对风险。

脆弱性：意味着人们由于外部因素而增加了对空气污染的暴露。

参考文献 • 康沃斯英语词典。格拉斯哥：哈珀柯林斯出版社，1994年。

- 污染物排放术语表。哥本哈根：世界卫生组织欧洲区域办事处；1980年（<https://apps.who.int/iris/handle/10665/272866>，访问于2024年12月9日）。
- 集成风险信息系统 (IRIS) 术语表。华盛顿 (DC)：美国环境保护署；2022年（https://iaspub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&vocabName=IRIS%20Glossary，访问日期：2024年12月9日）。
- 关于空气污染的个人干预和风险沟通。日内瓦：世界卫生组织；2020年（<https://apps.who.int/iris/handle/10665/333781>，访问于2024年12月9日）。

贡献者和致谢

本培训模块是世界卫生组织（WHO）空气质量、能源与健康部门开发的《空气污染与健康培训工具包》（APHT）的一部分。

主要作者

Alan Abelsohn（加拿大卫生部门）；Sophie Gumy（世界卫生组织）；Magali Hurtado（墨西哥国家公共卫生研究所）；Samantha Pegoraro（世界卫生组织）；Horacio Riojas（墨西哥国家公共卫生研究所）。

审稿人

弗朗西斯科·福拉斯蒂埃里（伦敦帝国理工学院，客座教授）；迈克尔·哈德利（纽约大学）；米哈尔·克日扎诺夫斯基（伦敦帝国理工学院，客座教授）；马克·米勒（爱丁堡大学）；雷金纳德·库安萨（加纳大学）；米利亚姆·托博利克（德国环境署）。

世界卫生组织还衷心感谢为包括在本课程中的视频访谈做出贡献的专家。

特别感谢赫尔姆赫兹慕尼黑研究中心流行病学研究所批准使用空气污染的系统影响视频。

空气污染与健康工作者培训工具包（APHT）得以实现，得益于加拿大、挪威和西班牙政府的慷慨财务支持，以及气候与清洁空气联盟（CCAC）的支持。

免责声明

世界卫生组织 (WHO) 模块参考编号 **健康影响：空气污染概述** 是WHO/HEP/ECH/AQE/2024.5 © WHO 2024。一些权利保留。本作品可在CC BY-NC-SA 3.0 IGO许可证下获得。

本模块包含大量幻灯片，演讲者应从中选择最相关的内容用于特定演示。这些幻灯片涵盖了问题的多个方面。仅展示那些最直接适用于当地或地区情况的内容。如有相关，您可以对每个幻灯片中的信息、统计数据和图片进行适配，以符合本模块演示的具体背景。

本模块属于针对卫生工作者的空气污染与健康培训工具包 (APHT)。该模块是在与来自政府机构、世界卫生组织合作中心、非国家行为者 (包括医学和环境健康协会) 以及学术机构等30多位专家的协作下开发的。开发过程中采用的方法包括对现有针对卫生工作者的空气污染与健康培训机会的梳理，以了解全球材料的需求和差距。通过与世界卫生组织的现有合作，专家们参与了大纲的定义以及培训模块内容的填充。由世界卫生组织协调的同行评审和试点测试确保了收集反馈和输入，以最终确定产品。

世界卫生组织 (WHO) 为确保地理和性别平衡，在发展培训工具包方面做出了所有可能的努力，同时承认在专业知识、经验和整体可行性方面的局限性。您可以在相关情况下使用并获得其他APHT模块的访问权限。要查看完整套餐，请访问：<https://www.who.int/tools/air-pollution-and-health-training-toolkit-for-health-workers>

关于世界卫生组织在空气质量、能源和健康方面工作的更多信息，请访问：<https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health>

© 世界卫生组织 2024。本培训材料由世界卫生组织 (WHO) 开发。它旨在用作教学材料。世界卫生组织已采取所有合理的预防措施，以核实本培训中包含的信息。然而，本材料是以任何形式 (明示或暗示) 无任何保证的方式分发的。在线培训的解释和使用责任由读者承担。在任何情况下，世界卫生组织不对因使用本材料而引起的损害承担责任。本出版物中使用的名称和材料呈现方式，并不表示世界卫生组织对任何国家、地区、城市或地区的法律地位或其当局的意见，或对其边界或边界的划定有任何意见。地图上的虚线和虚线表示可能尚未达成完全协议的大致边界线。提及具体项目或实体，并不表示世界卫生组织对其表示认可或推荐，也不表示对性质类似但未提及的其他项目表示认可或推荐。