

中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所

China Center for Disease Control and Prevention Institute for Environmental Health and Related Product Safety



空气污染（雾霾）健康影响

徐东群

环境健康所

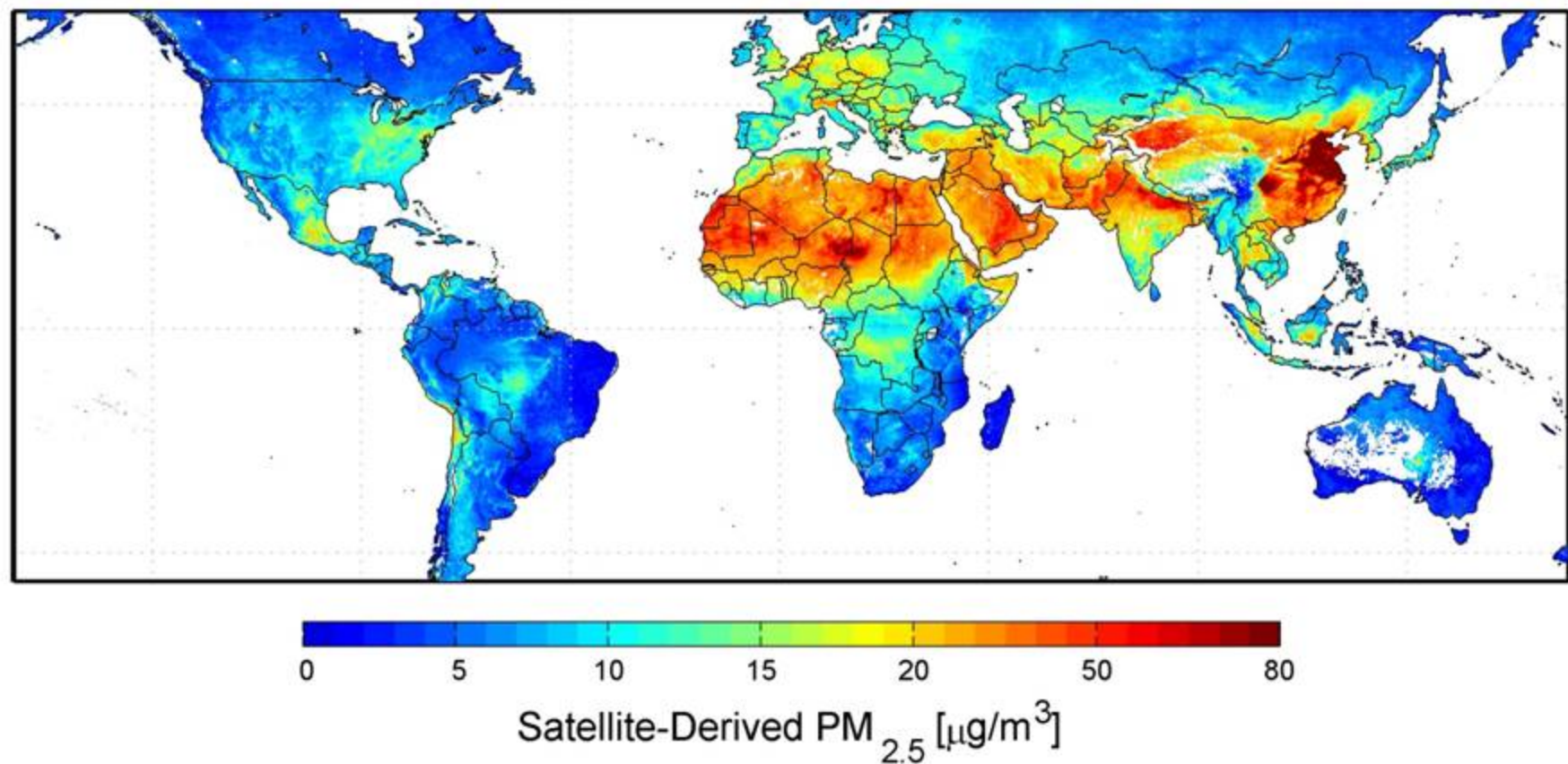
2014.07.24

提纲

- 一、全国的空气污染情况
- 二、空气质量标准及准则
- 三、空气污染的健康影响

一、全国空气污染情况

我国成为PM_{2.5}污染最严重的国家之一



2001-2006年PM_{2.5}浓度平均值 (Source : NASA , 2010年)

省会城市大气污染堪忧

WHO公布了世界1082个城市2008-2010年可吸入颗粒物年均浓度分布，我国32个省会城市参与排名，最好的是海口，排名第814位，其余均在890位以后，北京排名相当靠后，列1035位



74个城市空气质量监测结果

- **京津冀、长三角、珠三角是空气污染相对较重区域。京津冀区域空气污染最重。**空气质量相对较差的前10位城市是邢台、石家庄、邯郸、唐山、保定、济南、衡水、西安、廊坊和郑州。部分城市空气重度及以上污染天数占全年天数**40%左右**。
- **74个城市细颗粒物 (PM_{2.5}) 年均浓度为72 μg/m³ (35)**，仅拉萨、海口、舟山**3个城市**达标，达标城市比例为**4.1%**；可吸入颗粒物 (PM₁₀) 年均浓度为**118 μg/m³ (70)**，**11个城市**达标，达标城市比例为**14.9%**；二氧化氮 (NO₂) 年均浓度为**44 μg/m³ (40)**，**29个城市**达标，达标城市比例为**39.2%**；二氧化硫 (SO₂) 年均浓度为**40 μg/m³ (60)**，**64个城市**达标，达标城市比例为**86.5%**；臭氧 (O₃) 和一氧化碳 (CO) 分别按日最大8小时标准 (**160 μg/m³**) 和日均标准值 (**4 mg/m³**) 评价，达标城市比例分别为**77%**和**86.5%**。

- 空气污染呈现明显的季节性特征。一季度和四季度是空气重污染高发季节，74个城市PM_{2.5}季均浓度分别为96 μg/m³、93 μg/m³，是第二、三季度PM_{2.5}季均浓度的近2倍。尤以冬季发生频率最高，2013年1月和12月重污染天数占全年重污染总天数的53.4%。除污染物排放量大等因素，北方地区冬季燃煤取暖和不利气象条件是冬季空气重污染发生的重要因素。



2011年10月连续三天雾霾笼罩京城

2013年1月份的北京



Alistair Thornton
@AThorntonChina



The view from 30th floor, Guomao, Beijing. In a word, grim.

pic.twitter.com/oFc5qukp

上午10:36 1月29日周二



http://t.qq.com/t_news

这是天安门

这是故宫

这是长城

这是天坛

这是颐和园

这是中关村



关于雾霾的定义

什么是雾？

- 雾：是由大量悬浮在近地面空气中的微小水滴或冰晶组成的气溶胶系统，是近地面层空气中水汽凝结（或凝华）的产物。如果目标物的水平能见度降低到**1000**米以内，就将悬浮在近地面空气中的水汽凝结（或凝华）物的天气现象称为雾。

什么是霾？

- **霾**：是指大量细微的干尘粒等均匀地悬浮在空中，使水平能见度小于**10公里**、空气普遍混浊的现象。我国部分地区也将受到人类活动显著影响的霾称为**灰霾**。其判识条件为能见度小于**10.0公里**，排除降水、沙尘暴、扬尘、浮尘、烟幕、吹雪、雪暴等天气现象造成的视程障碍。相对湿度小于**80%**，判识为霾；相对湿度**80%-95%**时，按照地面气象观测规范规定的描述或大气成分指标进一步判识。

雾是怎么形成的？

- 雾的最主要形成原因是近地面空气因冷却达到过饱和而形成的，通俗的讲就是地面**热量**散失，**温度**下降，空气又相当潮湿，那么当它冷却到一定的程度时，空气中一部分的水汽就会凝结出来，变成很多小水滴，悬浮在近地面的空气层里，就形成了雾。晴朗、微风、水汽比较充沛的夜间或早晨，天空无云阻挡，地面热量迅速向外辐射出去，近地面层的空气温度迅速下降，此时如果空气中水汽较多，就会很快达到过饱和而凝结成雾。

霾是怎么形成的？

- 霾的形成主要有三个重要因素：**(1)** 水平方向静风现象的增多。近年来城市建设迅速发展，高大建筑物增多，建筑物的阻挡和摩擦作用使风流经城区时明显减弱，造成静风现象增多，从而不利于大气污染物的扩展稀释，却使大气污染物在城区内和近郊区周边大量的积累；**(2)** 垂直方向上出现逆温层。逆温层使得大气层低空的空气垂直运动受到限制，导致污染物难以向高空飘散而被阻滞在低空和近地面；**(3)** 空气中悬浮颗粒物的增加，这也是形成霾的重要因素之一，夏季时，空气中的颗粒物含量受煤烟尘影响较小，而冬季时则受到的影响较大。

- 污染物又分天然源排放物和人为污染物，其中以人为污染物为主。按照排放源对大气颗粒物浓度的贡献率来看，汽车尾气的直接排放占**70%~80%**，其次为工业污染源及其它人类活动的直接排放。除一次性污染物外，霾上还附着有气体污染物经过一系列化学反应所形成的二次污染物。霾天气下的空气污染程度明显高于正常天气，其中颗粒物的污染程度最为显著。

雾与霾的区别是什么？

- 在大气环境科学里，雾和霾是以相对湿度来定义和区别的：相对湿度达到**95%**以上的低能见度现象叫做雾，低于**80%**的叫做霾，雾的颜色是乳白色、青白色或纯白色，霾则是黄色、橙灰色。大多数时间这两种现象混合在一起，尽管在概念定义上有明确的界定，但在实际观测和研究中却并不是太容易区分，所以经常统称为“雾霾天气”。

雾与霾的区别

	雾	霾
组成	大量悬浮在近地面空气中的微小水滴或冰晶雾滴	灰尘、硫酸、硝酸等粒子
大小	从几微米到100微米，平均直径大约在10~20微米	霾粒子直径从0.001微米到10微米不等，平均直径在1~2微米左右
视觉	肉眼可以看到乳白色或青白色	肉眼看不到，黄色或灰色
厚度	从几十米到一两百米	比较厚，可达1~3公里

雾霾有哪些组成成分？

- 雾霾天气时雾和霾两种不同的天气现象混合在一起出现，虽然它们都是视程障碍物，但雾与霾的组成却有很大的差别。
- 相对霾来讲雾的组成比较简单，雾是由大量悬浮在近地面空气中的微小水滴或冰晶雾滴组成的。
- 霾的组成成分非常复杂，有害物质通常大部分富集在细颗粒物（ $PM_{2.5}$ ）上。目前已知的主要成分包括：硫酸盐、硝酸盐、铵盐、重金属、地壳物质、含碳颗粒（包括元素碳和有机碳，元素碳主要产生于高温燃烧过程，有机碳则主要来自相对低温过程的不完全燃烧产物）等。

PM2.5和雾霾天气、能见度有什么关系？

- 高浓度的**PM2.5**是形成雾霾天气导致能见度降低的重要原因之一，颗粒物具有消光作用而导致能见度下降。消光作用是太阳光受地球大气的吸收与散射而造成的强度减弱的效应。对北京市大气的研究表明，大气中气体组分的消光作用仅占约**7%**，而大气颗粒物的消光作用约占**93%**。**PM2.5**中粒径**1.0**微米以下的颗粒物，与太阳辐射中可见光的波长相近（约为**0.4~0.8**微米），易于发生米散射，因此消光作用更强。

雾霾天大气细颗粒物在高度上怎样变化？

- 据文献报道，霾天大气细粒子在近地面垂直高度上分布均匀，分别在**8、80和240米**三个高处所测的**PM2.5**浓度无明显差别，在雾天，近地面的细粒子要明显高于较高层，**8米高的PM2.5浓度要高于80米和240米处**。

霾一天中什么时候污染最严重？

- 据文献报道，一般情况，大气颗粒物在一天中呈现双峰双谷的变化趋势，一般而言，傍晚至午夜之间出现最高值，早上**9-10**点出现次高值，下午**2**点左右出现最低值，早上**6**点左右出现次低值。霾天大气污染物的变化与气象条件、排放源、日照强度等多种因素有关，没有统一的结论。

霾的季节变化特征是什么？

雾霾发生频次均与季节变化具有较大的关系

- 中国大多数雾区秋冬季雾日最多，春夏季雾日较少。中国地区，冬季大陆上多为蒙古冷高压控制，夜间晴朗，潮湿下垫面上的空气经过辐射冷却，易出现辐射雾。故内陆地区秋、冬季雾多，春、夏季雾少。而沿海地区，海洋上暖而湿的空气流到冷的大陆上，易形成雾。从冬到夏，冷洋流减弱、北撤而暖湿空气逐渐加强北上，所以海岸区的雾逐渐北移。高山区相对于周围地区雾多。这是由于一些地方性的云，如层积云、层云等，在低洼处看是云，在高山上看便是雾。另外，空气遇山脉阻挡沿山坡稳定爬升，由于绝热冷却而形成。

- 冬季发生霾的次数最多，春季次之，而夏季时霾的发生次数最少。冬季，大气层较稳定，对流活动较弱，再加上冬季取暖时期燃煤烟尘排放量大，降雨量少，容易形成霾。而夏季降雨量多，降雨对空气中悬浮的灰尘和粉尘等颗粒物起冲刷作用，有效的减少了霾的形成。另外，夏季大气对流活动旺盛，使近地层污染物容易扩散稀释。

我国霾的特征和发展趋势是什么？

- 据文献报道，对**1961~2005**年中国霾日统计资料的分析表明：我国年和四季霾日的空间分布特征均呈现东多西少的空间分布特征，东部地区集中在长江中下游、华北和华南地区，并且大部分地区均呈现为冬季多、夏季少，春秋居中的特点。全国平均年霾日数呈现明显的增加趋势，增长率为**1.19天/10年**。经济发达、人口密集的特大城市霾天气现象加剧严重。

- **2014年1月14日**，[中国气象局](#)发布的**2013年《中国气候公报》显示，**2013年**中国中东部地区平均霾日数**36天**，较常年偏多**27天**，为**1961年**以来最多。其中，江苏、安徽、浙江、河南、河北、北京、天津等地的部分地区，霾日数超过**100天**。**
- **2014年1月11日起**，北京出现连续**4天**的重度污染，**2014年2月21起**，北京再次出现了连续**7天**的雾霾重度污染。

二、空气质量标准及准则

环境空气质量标准 (GB3095-2012)

附件:

DCS 13.040.20
Z.50



中华人民共和国国家标准

GB 3095—2012
代替 GB 3095—1996 GB 3095—88

环境空气质量标准

Ambient air quality standards

本电子版为发布稿，请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2012-02-29 发布

2016-01-01 实施

环 境 保 护 部 发 布
国 家 质 量 监 督 检 验 检 疫 总 局

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	μg/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	μg/m ³
		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	μg/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	μg/m ³
		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	μg/m ³
		24 小时平均	35	75	

表 2 环境空气污染物其他项目浓度限值

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	总悬浮颗粒物 (TSP)	年平均	80	200	μg/m ³
		24 小时平均	120	300	
2	氮氧化物 (NO _x)	年平均	50	50	μg/m ³
		24 小时平均	100	100	
		1 小时平均	250	250	
3	铅 (Pb)	年平均	0.5	0.5	μg/m ³
		季平均	1	1	
4	苯并[a]芘 (BaP)	年平均	0.001	0.001	μg/m ³
		24 小时平均	0.002 5	0.002 5	

环境空气质量标准 (GB3095-2012)

表 4 污染物浓度数据有效性的最低要求

污染物项目	平均时间	数据有效性规定
二氧化硫 (SO ₂)、二氧化氮 (NO ₂)、颗粒物 (粒径小于等于 10 μm)、颗粒物 (粒径小于等于 2.5 μm)、氮氧化物 (NO _x)	年平均	每年至少有 324 个日平均浓度值 每月至少有 27 个日平均浓度值 (二月至少有 25 个日平均浓度值)
二氧化硫 (SO ₂)、二氧化氮 (NO ₂)、一氧化碳 (CO)、颗粒物 (粒径小于等于 10 μm)、颗粒物 (粒径小于等于 2.5 μm)、氮氧化物 (NO _x)	24 小时平均	每日至少有 20 个小时平均浓度值或采样时间
臭氧 (O ₃)	8 小时平均	每 8 小时至少有 6 小时平均浓度值
二氧化硫 (SO ₂)、二氧化氮 (NO ₂)、一氧化碳 (CO)、臭氧 (O ₃)、氮氧化物 (NO _x)	1 小时平均	每小时至少有 45 分钟的采样时间
总悬浮颗粒物 (TSP)、苯并[a]芘 (BaP)、铅 (Pb)	年平均	每年至少有分布均匀的 60 个日平均浓度值 每月至少有分布均匀的 5 个日平均浓度值
铅 (Pb)	季平均	每季至少有分布均匀的 15 个日平均浓度值 每月至少有分布均匀的 5 个日平均浓度值
总悬浮颗粒物 (TSP)、苯并[a]芘 (BaP)、铅 (Pb)	24 小时平均	每日应有 24 小时的采样时间

附录 A

(资料性附录)

环境空气中镉、汞、砷、六价铬和氟化物参考浓度限值

污染物限值

各省级人民政府可根据当地环境保护的需要,针对环境污染的特点,对本标准中未规定的污染物项目制定并实施地方环境空气质量标准。以下为环境空气中部分污染物参考浓度限值。

表 A.1 环境空气中镉、汞、砷、六价铬和氟化物参考浓度限值

序号	污染物项目	平均时间	浓度(质量)限值		单位
			一级	二级	
1	镉 (Cd)	年平均	0.005	0.005	μg/m ³
2	汞 (Hg)	年平均	0.05	0.05	
3	砷 (As)	年平均	0.006	0.006	
4	六价铬 (Cr (VI))	年平均	0.000 025	0.000 025	
5	氟化物 (F)	1 小时平均	20 ^①	20 ^①	μg/(dm ² ·d)
		24 小时平均	7 ^①	7 ^①	
		月平均	1.8 ^②	3.0 ^②	
		植物生长季平均	1.2 ^③	2.0 ^③	

注:①适用于城市地区;②适用于牧业区和以牧业为主的半农半牧区、游猎区;③适用于农业和林业区。

提高监测数据统计的有效性要求,可有效降低数据失真的可能性。

重金属限值虽仅作为参考值列入标准,但该限值均依据 WHO 限值酌情设定。根据研究资料,部分重金属如砷,铬等在我国个别地区超标现象严重,也应引起重视。

表1 WHO对于颗粒物的空气质量准则值和过渡时期目标：年平均浓度

	PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	选择浓度的依据
过渡时期目标-1 (IT-1)	70	35	相对于AQG水平而言，在这些水平的长期暴露会增加大约15%的死亡风险
过渡时期目标-2 (IT-2)	50	25	除了其它健康利益外，与过渡时期目标-1相比，在这个水平的暴露会降低大约6% [2%~11%] 的死亡风险
过渡时期目标-3 (IT-3)	30	15	除了其它健康利益外，与过渡时期目标-2相比，在这个水平的暴露会降低大约6% [2%~11%] 的死亡风险
空气质量准则值 (AQG)	20	10	对于PM_{2.5}的长期暴露，这是一个最低水平，在这个水平，总死亡率、心肺疾病死亡率和肺癌的死亡率会增加（95%以上可信度）。

表2 WHO对于颗粒物的空气质量准则和过渡时期目标：24小时浓度

	PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	选择浓度的基础
过渡时期目标-1 (IT-1)	150	75	以已发表的多中心研究和Meta分析中得出的危险度系数为基础（超过AQG值的短期暴露会增加5%的死亡率）
过渡时期目标-2 (IT-2)	100	50	以已发表的多中心研究和Meta分析中得出的危险度系数为基础（超过AQG值的短期暴露会增加2.5%的死亡率）
过渡时期目标-3 (IT-3)	75	37.5	以已发表的多中心研究和Meta分析中得出的危险度系数为基础（超过AQG值的短期暴露会增加1.2%的死亡率）
空气质量准则值(AQG)	50	25	建立在24小时和年均暴露的基础上

表3 WHO臭氧空气质量准则和过渡时期目标：8小时平均浓度

	每日最高8小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	选择浓度的基础
高浓度	240	显著的健康危害：危害大部分的易感人群
过渡时期目标-1 (IT-1)	160	<p>重要的健康危害：不能够充分地保护公众健康。暴露于该浓度臭氧与以下健康效应相关：</p> <ul style="list-style-type: none"> •在该浓度暴露6.6小时，可导致进行运动的健康年轻人生理及炎症性肺功能损伤 •可导致儿童的健康效应(基于儿童暴露于室外臭氧的各种夏令营研究) •估计的日死亡率增加为3%~5%^a(根据日时间序列研究)。
空气质量准则值 (AQG)	100	<p>充分保护公众的健康，尽管在该浓度可能产生一些不利的健康影响。暴露于该浓度臭氧与以下健康效应相关：</p> <ul style="list-style-type: none"> •估计的日死亡率增加为1%~2%^a(根据日时间序列研究)。 •实验室和现场研究结果的推断是基于现实暴露是反复发生的这种可能性以及在测试研究中排除了高敏感或临床免疫力低下的个体和儿童。 •室外臭氧作为相关氧化性污染物的标志物的可能性。

表4 WHO SO₂的空气质量准则与过渡时期目标：24小时平均浓度和10分钟平均浓度

	24小时平均 浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10分钟平 均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	选择该浓度基础
过渡时期 目标-1 (IT-1)	125	—	
过渡时期 目标2 (IT-2)	50	—	对机动车辆排放，工业排放、发电站排放的控制可实现过渡时期目标。对某些发展中国家来说（几年内有望实现），这是合理可行的目标，它将使健康效应得到明显改善，而且还会促进将来进一步的改善。（例如实现空气质量准则值）
空气质量 准则	20	500	

美国环境空气质量标准

污染物		一级/ 二级	平均时段	限制	形式
一氧化碳		一级	8-小时	9 ppm	每年不超过一次
			1-小时	35 ppm	
铅		一级和二级	3个月滑动平均	0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	不许超过
二氧化氮		一级	1-小时	100 ppb	3年平均98百分位
		一级和二级	年	53 ppb	
臭氧		一级和二级	8-小时	0.075 ppm	三年平均年度第四个最大8小时平均浓度
颗粒物	PM _{2.5}	一级和二级	年	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	三年平均的年度均值
			24-hour	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3年平均98百分位
	PM ₁₀	一级和二级	24-hour	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3年平均, 每年不超过一次
二氧化硫		一级	1-hour	75 ppb	三年平均1小时最大浓度的第99个百分位
		二级	3-hour	0.5 ppm	

与其他国家和地区的PM2.5标准比较

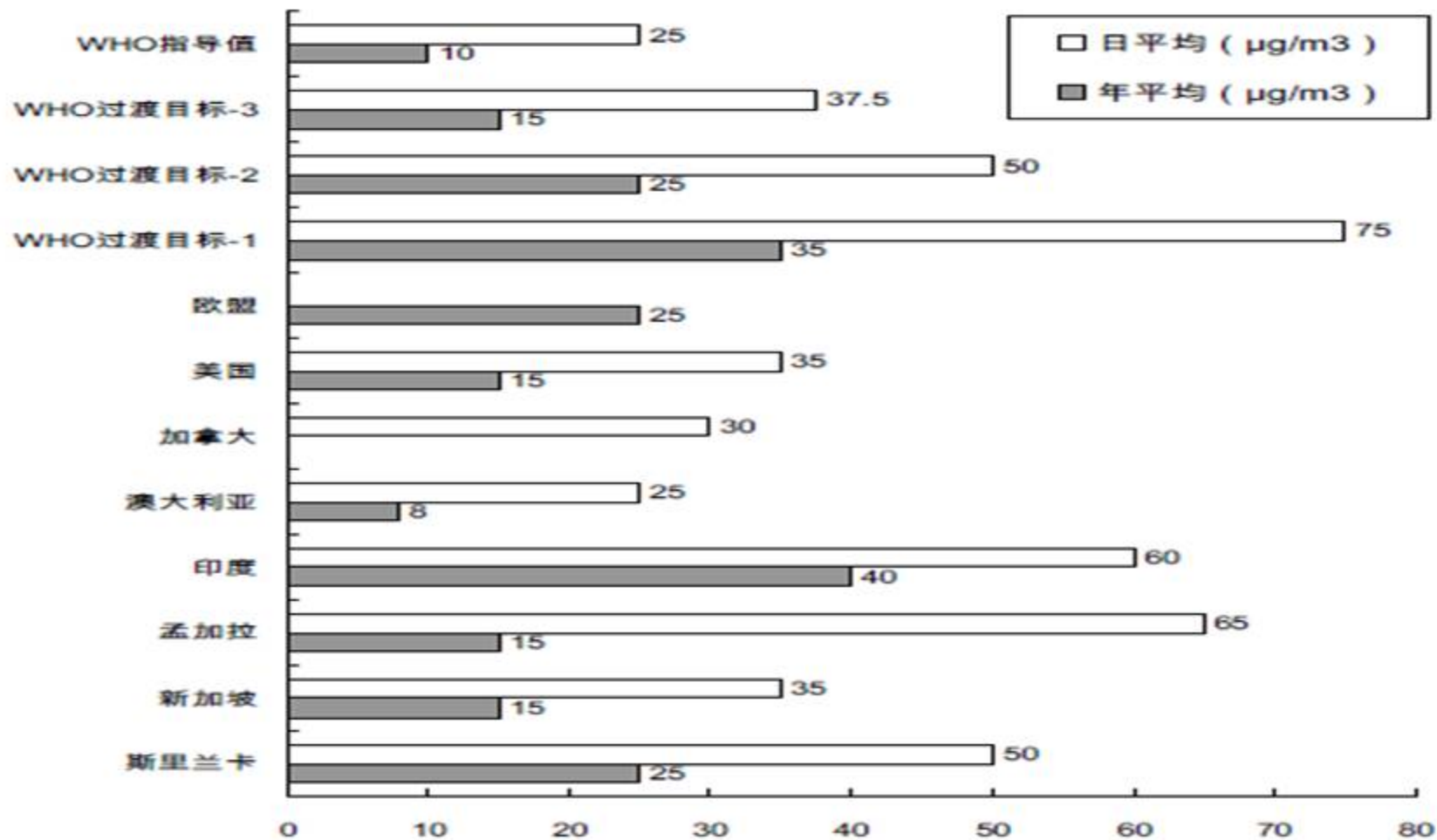
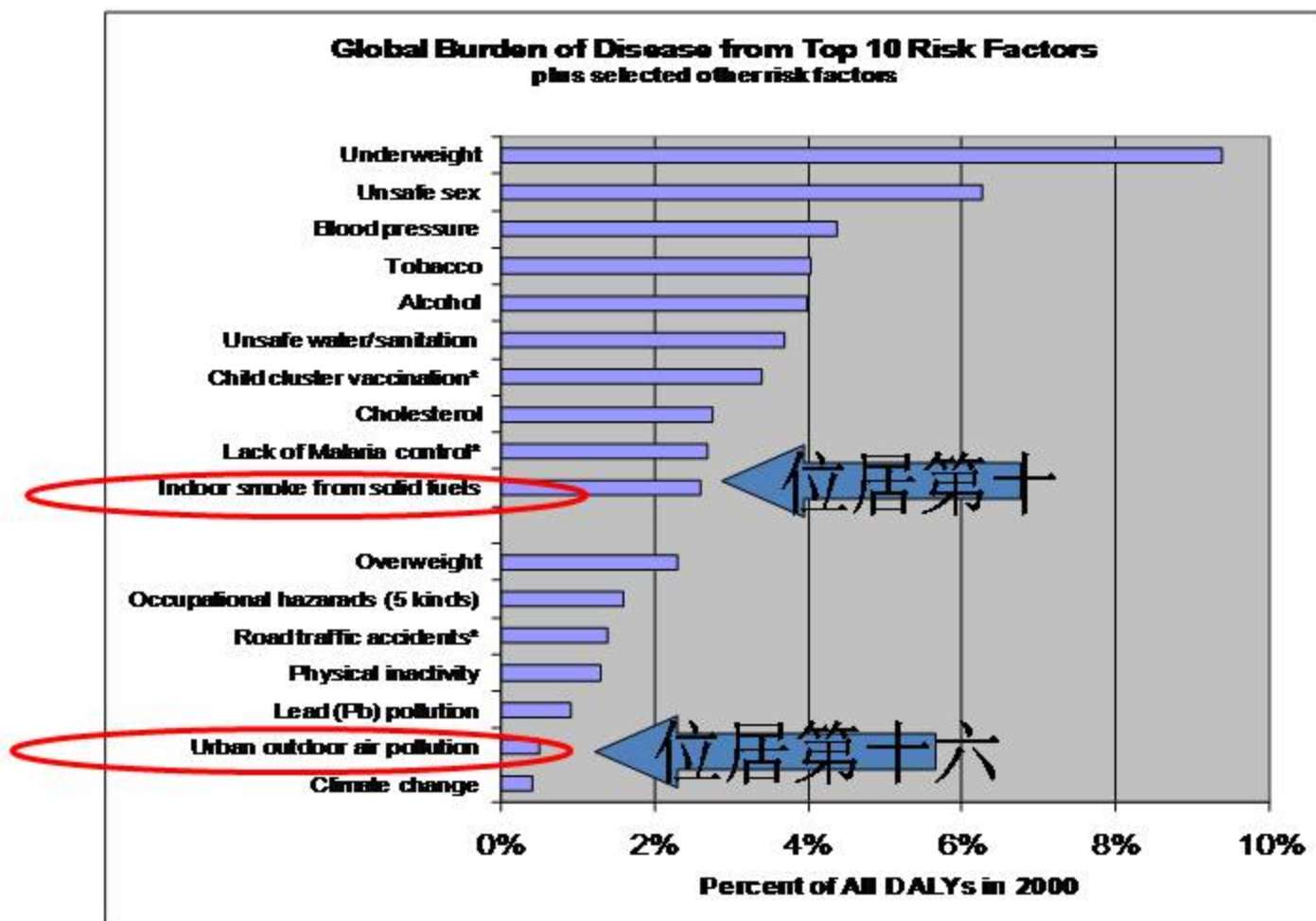


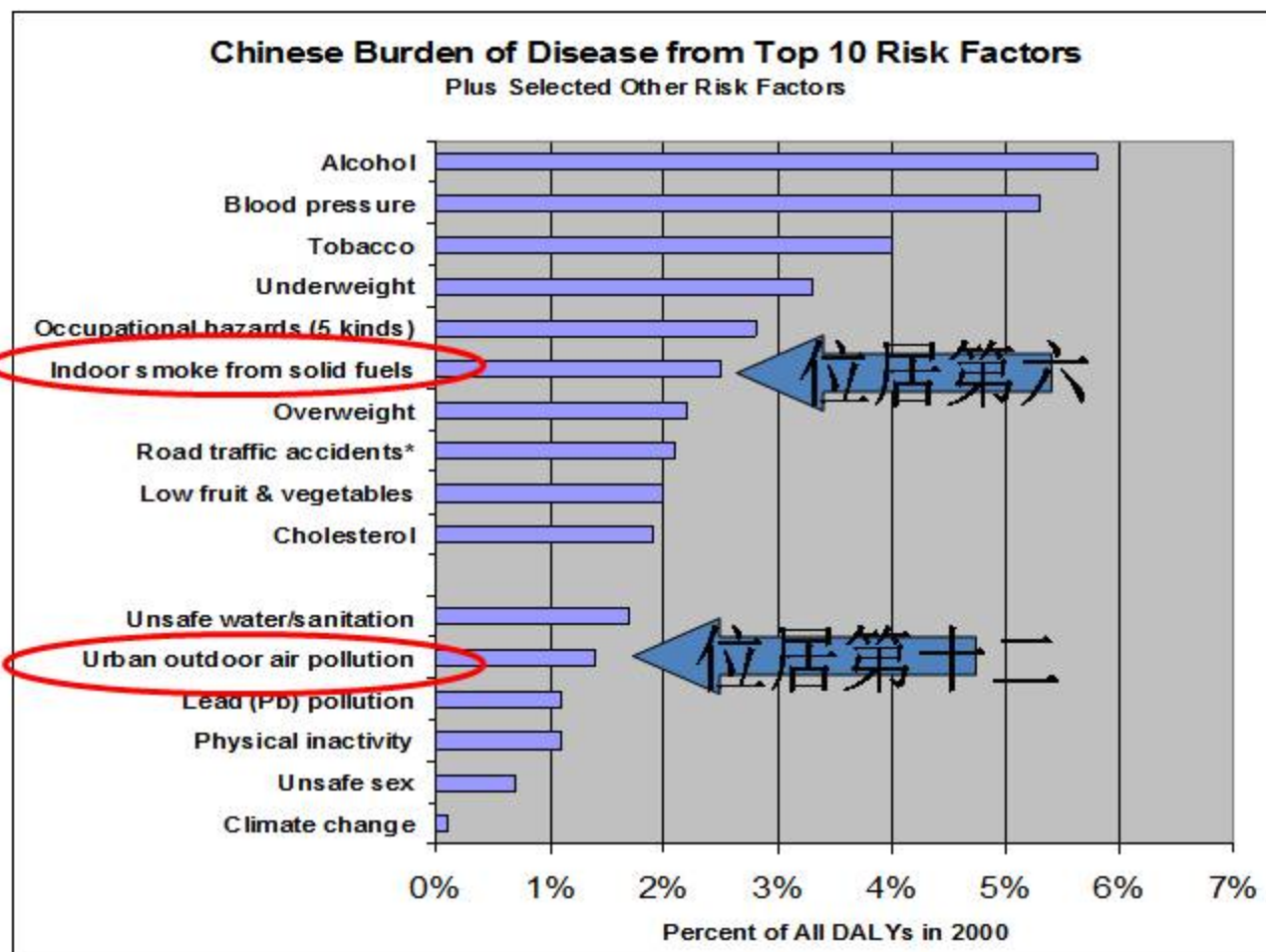
图 2. 国际组织和各国制定的大气 $\text{PM}_{2.5}$ 标准
(欧盟只制定了年平均, 加拿大只制定了日平均)

三、空气污染的健康影响

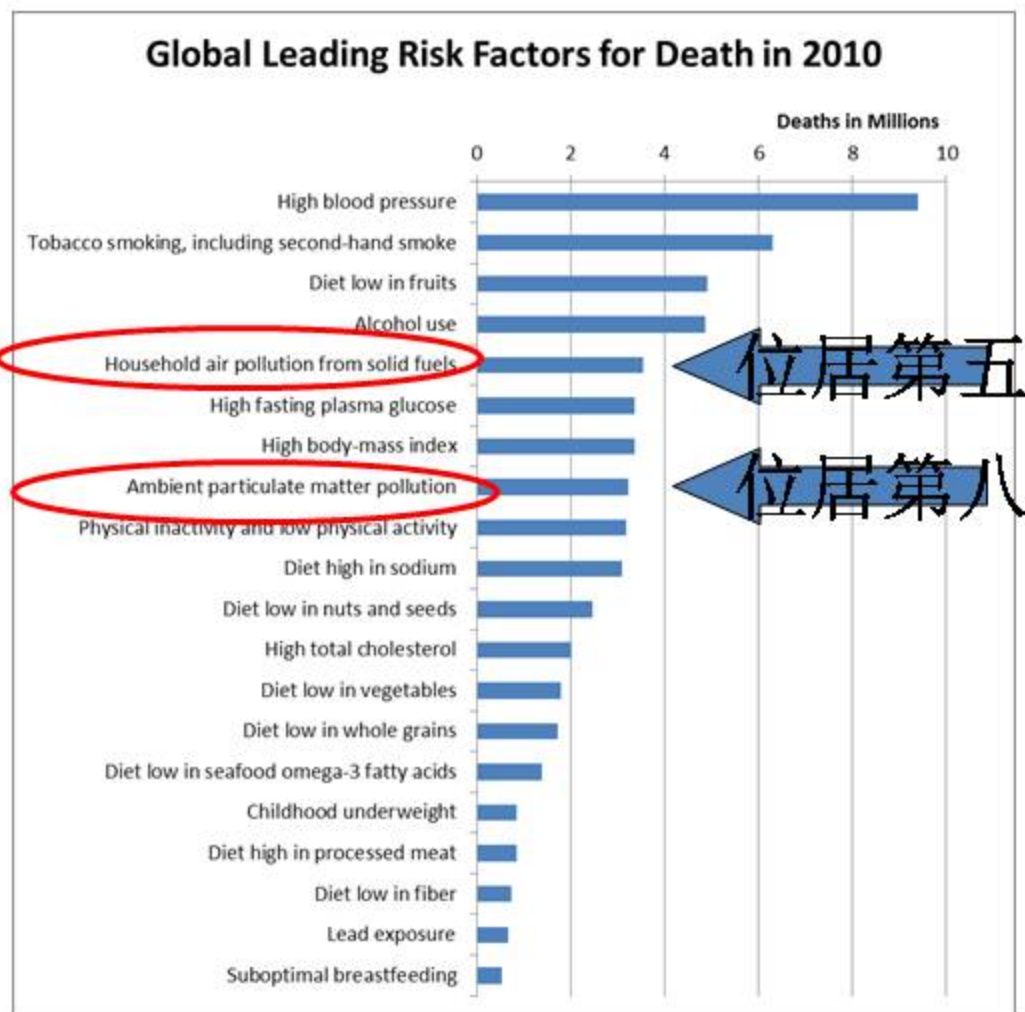
2000年全球疾病负担危险因素排序



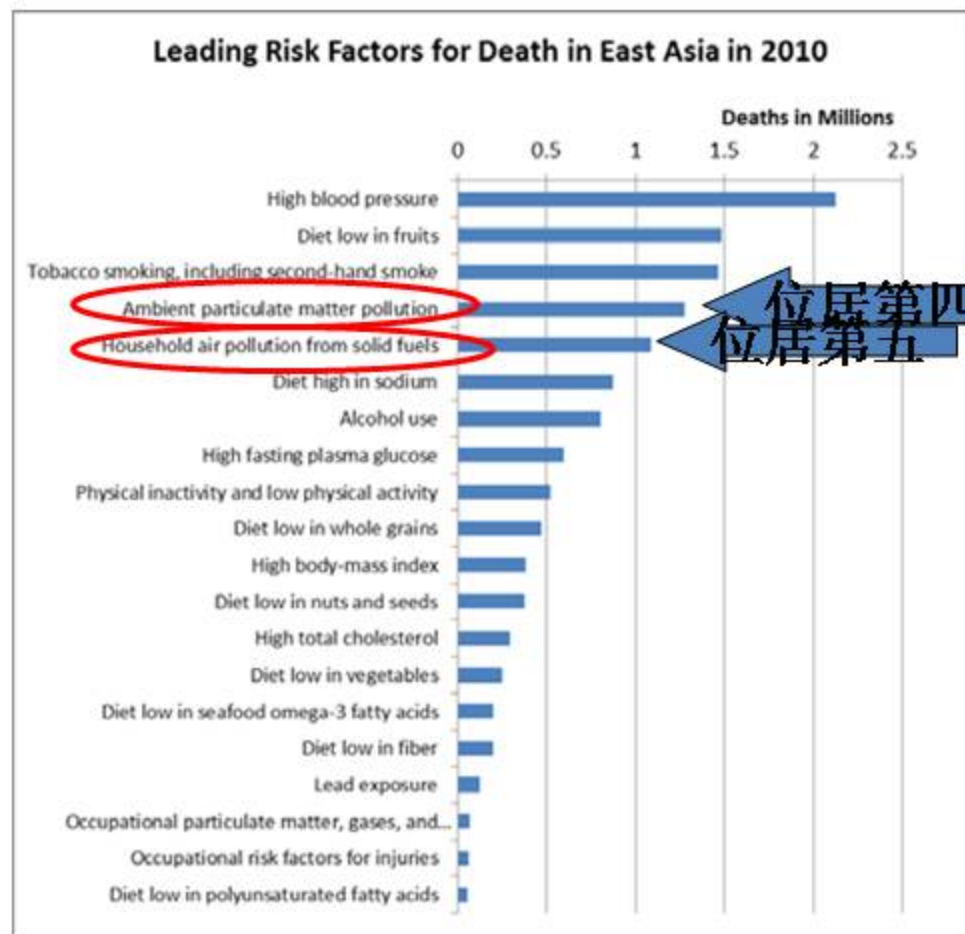
2000年中国疾病负担危险因素排序



2010年全球疾病负担危险因素排序



2010年东亚（主要为中国） 疾病负担危险因素排序

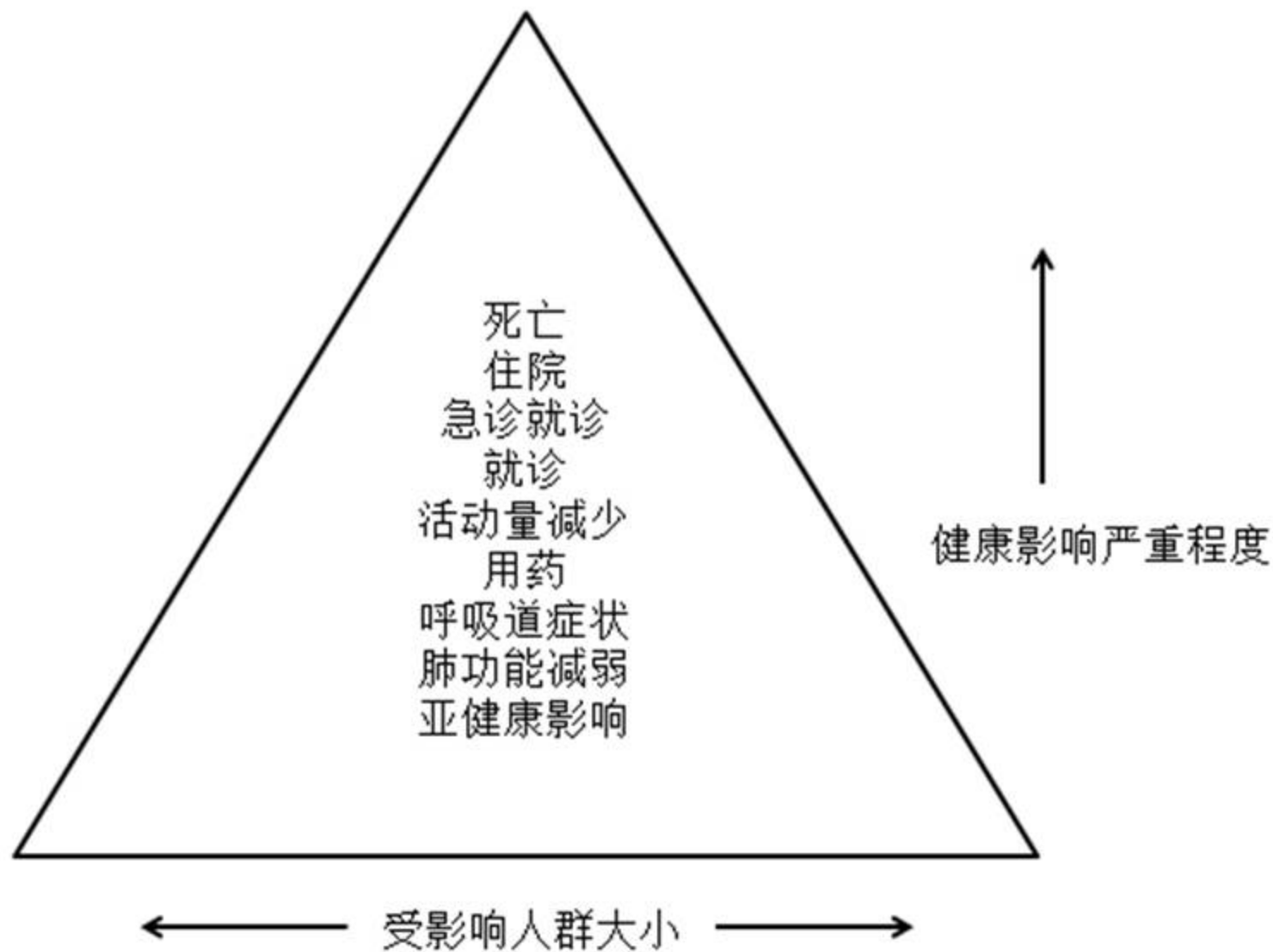


Lancet. 2012

- **细颗粒物（PM2.5）** 由于其粒径较小，易吸附多种有毒有害物质，可进入呼吸道深部，被广泛认为是对人体健康危害最严重的大气污染物。
- 世界范围内大量的人群流行病学研究发现，心肺系统是颗粒物健康危害的主要靶器官。

PM_{2.5}对人群健康的影响

- 研究证实，PM_{2.5}不仅会增加人群出现咳嗽、呼吸困难、鼻塞流鼻涕、上呼吸道感染、哮喘、支气管炎、眼和喉部刺激、结膜炎等症状增强，与人群的许多慢性疾病，特别是呼吸系统疾病、心血管疾病、肿瘤的患病率和死亡率密切相关。



颗粒物健康影响

- 在什么样的暴露条件下可以观察到健康效应？
- 暴露—反应关系是什么？
- 什么样的人群更易受到影响？

颗粒物健康影响研究方法

- 观察性流行病学研究
 - 控制暴露人群研究
 - 实验动物毒理学研究
- 可以单独或综合给出空气污染及健康影响的关系。

观察性流行病学研究

- 人群的观察性流行病学研究，可以描述暴露和效应之间的关系。这类研究分为横断面研究、前瞻性队列研究和时间序列研究。这种“自然实验”可以提供暴露变化前后健康效应的变化，但无法控制人群的暴露或干预水平。

- 横断面研究是在某一特定时间对某一定范围内的人群，以个人为单位收集和描述人群的特征以及疾病或健康状况。
- 横断面研究可以发现高危人群，或有关的病因线索，但由于所收集的资料是调查当时所得到的现况资料，只能反映特定时间颗粒物与相关疾病的关联。

前瞻性队列研究

- 前瞻性队列研究可以直接获取颗粒物暴露和健康结局的第一手资料，因而资料的偏倚较小，结果可信。但所观察的人群样本量很大，观察时间长、花费大，因而影响其可行性。
- 这种研究要求疾病的发病率或者死亡率较高；有足够的观察人群，并将其清楚地分成暴露组和非暴露组；应有把握获得观察人群的暴露资料；大部分观察人群应能被长期随访下去，并获得可靠完整的资料。

时间序列研究

- 时间序列研究的优点是常规收集数据就可以看出空气污染物随时间的变化，很容易研究空气污染物变化导致的成千上万的死亡和医院就诊人数的变化，利用强大的统计功能可以得到空气污染物浓度的少量增加导致的不良健康效应。

- 其研究假设是空气质量监测数据能够代表大范围人群的暴露，季节、天气的长期变化以及流行性感冒等混杂因素是可以通过统计方法控制的。但这与实际情况存在很大差异，这种研究方法的局限性，是缺乏个体特性。

控制暴露人群研究

- 控制暴露人群研究，是在高度控制的实验室条件下，评价颗粒物暴露的健康效应，能够直接提供人群颗粒物暴露健康影响的证据。
- 利用柴油废气（DE）用于控制暴露人群研究，评估DE中PM_{2.5}引起的人体相关指标的变化，为生物合理性提供证据。

实验动物毒理学研究

- 实验动物毒理学研究，可以帮助描述关注的颗粒物健康效应特征、暴露—反应关系、易感人群。在没有前两种研究时，实验动物毒理学研究也可以提供颗粒物污染健康影响相应的生物学证据。

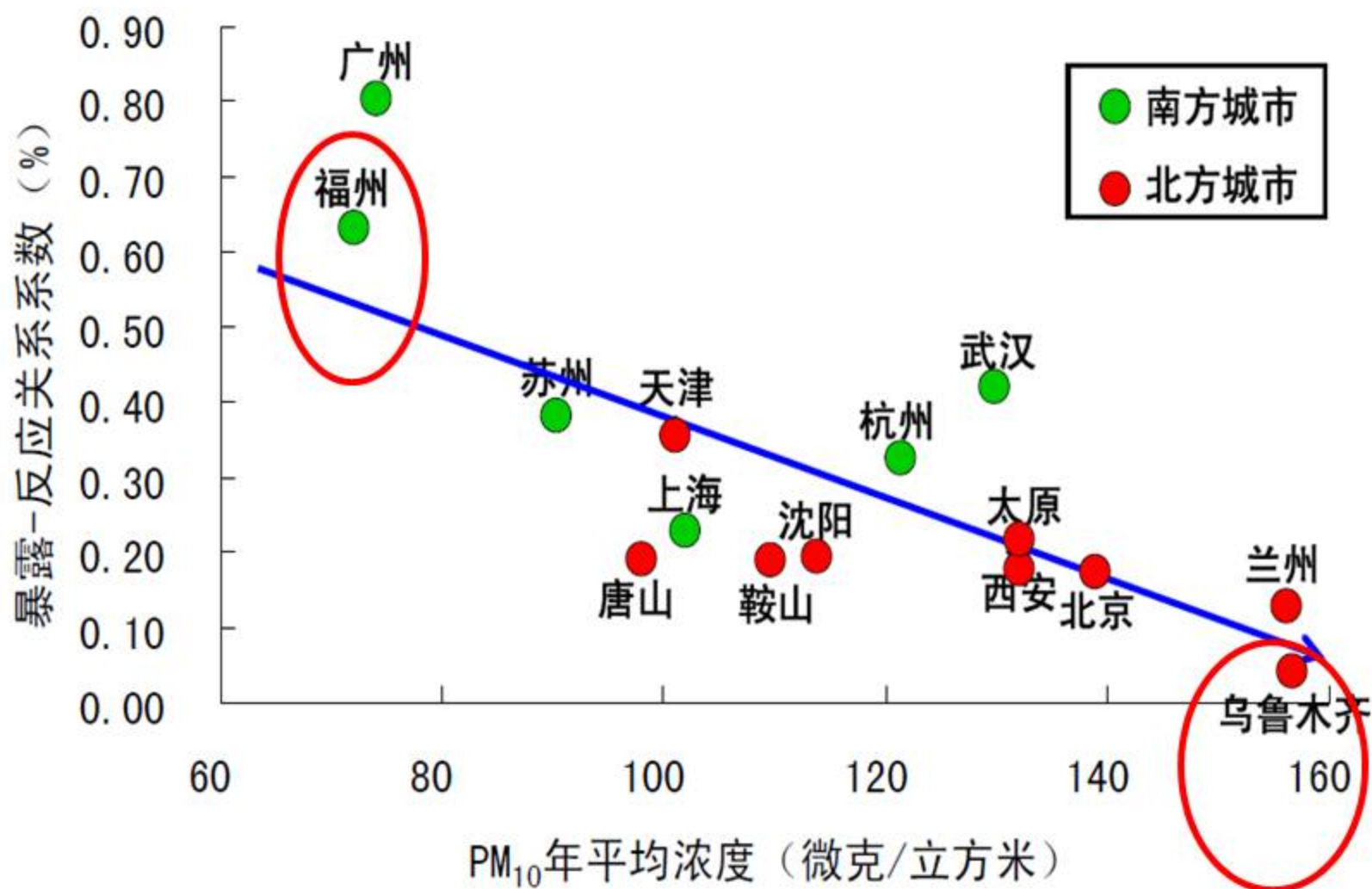
- 短期暴露的健康影响
- 长期暴露的健康影响

短期暴露：时间序列研究

- 美国国家发病率、死亡率和空气污染研究
(NMMAPS 90 US cities) (Samet et al, NEJM, 2000)
- 欧洲空气污染与健康(APHEA 29 Eur cities)
(Katsouyanni et al, BMJ, 1999)
- 欧洲和北美空气污染与健康(APHENA Eur, US, and Canada) (Samoli et al, EHP, 2009)
- 亚洲空气污染与健康(PAPA Asian cities)
(Wong et al, 2008)
- 我国大气污染对居民急性健康效应影响研究
(CAPES 16个城市) (Am J Epidemiol, 2012;
Environ Int, 2012; Sci Total Environ, 2012;
Environ Res, 2012)

- Meta分析的结果表明， $\text{PM}_{2.5}$ 每增加 $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 可使每日死亡率增加0.46% (美国90个城市)，0.62% (欧洲29个城市)和0.49% (亚洲4个城市)。

PM₁₀健康危害CAPES区域特征明显



长期暴露：前瞻性队列研究

- 美国哈佛六城市队列(Dockery et al, *NEJM*, 1993)
- 荷兰饮食和癌症队列(Hoek, *Lancet*, 2002)
- 美国癌症协会队列 (Pope et al, *JAMA*, 2002)
- 美国女性健康队列(Miller et al, *NEJM*, 2007)
- 美国多种族大气污染与动脉硬化队列 (MESA-Air)
- 欧洲大气污染的健康效应队列 (ESCAPE)
- 中国国家高血压调查—大气污染队列研究 (CNHS-Air)

六个代表性大气污染队列的比较

表1 六个代表性大气污染队列的比较^[2-14]

名称	人群选择	人群代表性	地区分布	地区代表性	大气污染物
哈佛六城市	城市内随机抽样 8111 名白人 25 ~ 74 岁	城市内覆盖性较好;但限于白人,人群代表性较差	硝酸盐型污染未覆盖;暴露差异不够大	集中于美国中东部,未能覆盖主要大气污染分区和不同浓度梯度	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ , 颗粒
NLCS-Air	全人群随机抽样 120 852 名居民 55 ~ 69 岁	未限制性别、人种或民族,代表性好	荷兰全境	较好,选择人口档案和肿瘤登记的地区,可能有一定偏差	BS, NO ₂ , PM _{2.5} , SO ₂
ACS 队列	志愿者招募 552 138 名成年人 30 岁以上且家中至少有 1 名 45 岁以上成员	数量大、覆盖面广、代表性好	151 个大中城市覆盖 50 州	覆盖面广,硝酸盐和硫酸盐污染分区、各浓度梯度均有覆盖,代表性好	PM _{2.5} , O ₃
WHI	随机抽样 58 610 名女性 50 ~ 79 岁已绝经	较差,限制性别,不能反映男性状况	36 个大城市 4 个地理分区均有分布	尚可,基本覆盖主要大气污染分区和浓度梯度	PM _{2.5}
MESA-Air	志愿者招募 6814 名成年人 45 ~ 84 岁无心血管疾病临床症状	原队列加额外招募人群,样本量略小,代表性尚可	6 个地区中心 4 个地理分区均有分布	一般,覆盖主要大气污染分区,但地域较局限	SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5}
CNHS-Air	多阶段的随机群组抽样 70 947 名成年人 40 岁以上	去除随访资料不完善的人群,代表性一般	31 个城市 16 个省	一般,排除了无大气质量监测数据和随访资料不全地区	TSP, SO ₂ , NO _x

注:BS:黑烟(black smoke); TSP:总悬浮颗粒物; NO_x:氮氧化物

周晓丹等, 中华流行病学杂志, 2012

美国癌症协会队列

(American Cancer Society, ACS)

- 1982—1998年跟踪了50万名成人，覆盖全美50州、151个大中城市；收集了大气污染资料，对吸烟、体重指数、饮食、职业暴露、年龄、性别、种族、教育程度、饮酒等混杂因素进行控制后，结果表明， $PM_{2.5}$ 每增加 $10\mu g / m^3$ 可使总死亡率、心血管疾病死亡率和肺癌死亡率各增高4%，6%和8%，而粗颗粒物($PM_{2.5} \sim PM_{15}$)、总悬浮颗粒物(TSP)和死亡率相关性不大。

PM_{2.5}增加心血管系统疾病风险

AHA Scientific Statement

Air Pollution and Cardiovascular Disease

A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association

Robert D. Brook, MD; Barry Franklin, PhD, Chair; Wayne Cascio, MD; Yuling Hong, MD, PhD; George Howard, PhD; Michael Lipsett, MD; Russell Luepker, MD; Murray Mittleman, MD, ScD; Jonathan Samet, MD; Sidney C. Smith, Jr, MD; Ira Tager, MD

Abstract—Air pollution is a heterogeneous, complex mixture of gases, liquids, and particulate matter. Epidemiological studies have demonstrated a consistent increased risk for cardiovascular events in relation to both short- and long-term exposure to present-day concentrations of ambient particulate matter. Several plausible mechanistic pathways have been described, including enhanced coagulation/thrombosis, a propensity for arrhythmias, acute arterial vasoconstriction, systemic inflammatory responses, and the chronic promotion of atherosclerosis. The purpose of this statement is to provide healthcare professionals and regulatory agencies with a comprehensive review of the literature on air pollution and cardiovascular disease. In addition, the implications of these findings in relation to public health and regulatory policies are addressed. Practical recommendations for healthcare providers and their patients are outlined. In the final section, suggestions for future research are made to address a number of remaining scientific questions. (*Circulation*. 2004;109:2655-2671.)

Key Words: AHA Scientific Statements ■ air pollution ■ cardiovascular diseases ■ respiration

Brook et al, *Circulation*, 2004

The NEW ENGLAND JOURNAL *of* MEDICINE

ESTABLISHED IN 1812

FEBRUARY 1, 2007

VOL. 356 NO. 5

Long-Term Exposure to Air Pollution and Incidence of Cardiovascular Events in Women

Kristin A. Miller, M.S., David S. Siscovick, M.D., M.P.H., Lianne Sheppard, Ph.D., Kristen Shepherd, M.S.,
Jeffrey H. Sullivan, M.D., M.H.S., Garnet L. Anderson, Ph.D., and Joel D. Kaufman, M.D., M.P.H.

Considered both between-city and within-city exposure

An increase of $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ of $\text{PM}_{2.5}$ was associated with

- 24% increase in the risk of a cardiovascular event**
- 76% increase in the risk of death from cardiovascular disease**

CNHS-Air: 回顾性队列研究

- “全国高血压跟踪调查”队列：建立于1991年，涵盖全国17个省41个地区（包括城市和农村）158,666名大于15岁的成年居民，1999年终止观察。
- 利用该队列已有的健康资料，结合大气污染暴露评价，复旦大学（阚海东课题组）分析了大气污染长期暴露对我国城市居民死亡的影响。

- 调整了年龄、性别、肥胖、吸烟、饮酒、体育锻炼等混杂因素后，研究证实，大气污染的长期高暴露，会增加我国居民的死亡风险

TSP：心血管疾病死亡

SO₂：居民总死亡、心血管疾病死亡、呼吸系统疾病死亡和肺癌死亡

NO_x：居民总死亡和心血管疾病死亡

PM_{2.5} 短期暴露与健康效应的关系

健康效应结局	关系
心血管疾病	因果关系
呼吸系统疾病	可能的因果关系
死亡	因果关系

(来源: US EPA Integrated Science Assessment for Particulate Matter)

短期研究结果证据

- 流行病学研究、控制暴露人群研究和毒理学研究的证据表明短期 $PM_{2.5}$ 暴露与心血管疾病存在因果关系。
- 流行病学研究、控制暴露人群研究和毒理学研究表明： $PM_{2.5}$ 短期暴露对呼吸系统疾病有广泛的影响，尽管这些研究结果并不完全一致，但 $PM_{2.5}$ 暴露与呼吸系统疾病存在可能的因果关系。
- 流行病学研究的证据表明 $PM_{2.5}$ 短期暴露与死亡存在因果关系。

PM_{2.5} 长期暴露与健康效应的关系

健康效应结局	关系
心血管疾病	因果关系
呼吸系统疾病	可能的因果关系
死亡	因果关系
生殖和发育	提示性因果关系
癌症、致突变性、 基因毒性	提示性因果关系

长期研究结果证据

- 毒理学研究提供了生物学证据，并与人群 $PM_{2.5}$ 短期暴露心血管疾病的发病和死亡具有一致性。 $PM_{2.5}$ 长期暴露增加心血管疾病的死亡。流行病学和毒理学研究有充分的证据表明 $PM_{2.5}$ 长期暴露与心血管疾病存在因果关系。
- 流行病学研究和毒理学研究有充分的证据证明： $PM_{2.5}$ 长期暴露与呼吸系统疾病存在可能的因果关系。
- 有足够的研究证据证明 $PM_{2.5}$ 长期暴露与死亡存在因果关系。

谢谢！