

空气污染 Air Pollution

傅立新 教授
清华大学环境科学与工程系
大气污染控制所所长

中国民间组织“协同效益”培训
China NGO Training on Co-benefits
18-19 December 2008





主要内容

本课程将回答以下问题：

- 空气污染是什么，它的历史是怎样的？
- 它从哪里来？
- 空气污染有哪些不同类型？
- 什么是标准污染物？
- 如何测量空气污染？
- 亚洲空气质量现状
- 空气污染有哪些不同影响？
- 谁来解决空气污染，如何解决？

本课件由CAI-Asia中心编写并提供。感谢傅立新教授的贡献。

The course material was formulated by CAI-Asia Center with contribution of Prof. Lixin Fu

空气污染历史（工业时代以前）

中世纪伦敦煤炭、工业及城市污染
13世纪伦敦严重缺乏木材，因此开始使用从英格兰北部船运而来的煤炭，特别是水泥厂以此来制造石灰。由于煤炭燃烧产生怪味，人们认为它有害健康，因此到13世纪80年代，人们试图避免使用煤炭。

盎格鲁-撒克逊英格兰王国鼻窦炎蔓延
盎格鲁-撒克逊时期鼻窦炎发病率上升，促使缺乏烟囱的小屋增加排烟的设备。

西班牙采矿业
地理学家斯特雷波(公元前7世纪)描述了西班牙白银冶炼业为疏散空气污染物而建的高烟囱。

罗马
约2000年前，罗马法庭就办理过因烟雾污染而要求民事索赔的案件。

赫库兰尼姆室内空气污染
保存完好的骨骼显示了肋膜炎的高频发作对肋骨的损伤。

埃及，赫尔莫普利斯
国王Piye的胜利石碑讲述了公元前734年努比亚皇帝在埃及的战役，由于恶臭和缺乏空气导致了赫尔莫普利斯城的投降。

瑞典住宅空气污染
室内污染物浓度严重影响铁器时代人们的健康

希腊
古代世界城邦通常较小，但居民居住密度很大，这导致居民逐渐开始关注污染。

得了黑肺病的木乃伊
木乃伊，特别是埃及出土的木乃伊的肺组织中有煤灰沉积，显示了这些木乃伊生前长期暴露在煤烟中。

查士丁尼法典
这部法典明确了公民对空气的权利：“根据自然法，空气、流水、海洋-以及海岸都是人类共有的。”

巴比伦
巴比伦和亚述的法律包括了影响邻人财产的条款，涉及水和空气。

Source: World Atlas of Atmospheric Pollution 2008

空气污染历史（城市）

曼彻斯特

曼彻斯特的热心人在1700年代晚期设立了自愿性健康部门，提出消除煤烟问题，雇用巡视员检查工业锅炉和烟囱，并尽量鼓励推广好的经验。

伦敦

1952年伦敦一连串大雾造成了4000-12000人死亡，这促成了1956年洁净空气法案的产生。这项立法虽然从伦敦空气污染史来看是迟到的法律，但仍加强了国内对排放的关注，并且不局限于工业源。

日本

自8世纪起为了铸造大型青铜雕像进行铜冶炼操作造成了二氧化硫污染。近年来，东京已成为大城市成功控制空气污染的典范

洛杉矶

20世纪40年代，洛杉矶开始遭遇严重的空气污染问题。各种工业源排放含过量硫的烟雾。20世纪50年代初，Haagen-Smit指出洛杉矶面临着新型污染，挥发性有机物经过光化学反应生成了光化学烟雾中的主要成分—臭氧。

匹兹堡

匹兹堡有丰富的煤储量，这导致了早期煤的使用以及重工业的成长，早在1804年普雷斯利·内维尔就控诉当地的煤烟污染。尽管1888年政府颁布了空气污染条例，却仍然没什么效果。

雅典

几千年来雅典始终是一个具有传统荣誉的小型城市，但是20世纪中期城市的成长加速了空气污染、以及当地称为nephos的棕色云发展

加尔各答

大英帝国的第二城市加尔各答自18世纪开始就遭受环境污染问题，并于1863年对烟雾污染进行立法。

奥克兰/克赖斯特彻奇

新西兰奥克兰市长时间受到烟熏气味的攻击，相对的，克赖斯特彻奇市在20世纪末以前一直使用固体燃料（木柴和煤炭）供暖，这在冬天造成了较严重的污染。

Source: World Atlas of Atmospheric Pollution 2008

空气污染事件

1910

加利福尼亚，沙贝

19世纪沙贝(Selby)开始关注工业排放对植物的危害，沙贝的研究认识到了SO₂的重要性

1930

比利时，马斯河谷事件

12月的一周，在浓雾和逆温层作用下由工厂烟囱排放的大量高浓度污染物造成了约60人死亡，几千人因此生病。

1948

宾夕法尼亚，多诺拉

1948年10月炼锌作业中产生的颗粒物和SO₂停留在浓雾空气中，消防员不得不向居民供氧，特别是呼吸困难的老年人。

1950

墨西哥，波萨里卡

波萨里卡镇工业事故（天然气制造过程中硫化氢泄露达半小时）引起居民中毒生病，22人死亡。

1952

伦敦

1952年冬天平静的一周，在逆温作用下，空气污染急剧恶化造成了4000到12000人死亡。

1984

印度，博帕尔

联合碳化工厂发生事故，泄露了50,000加仑甲基异氰酸酯(MIC)，造成超过2500人死亡

2006

越南，公河

某电解锌厂硫酸泄露，造成SO₂浓度急速升高至1.98mg/m³，对水稻作物和耕地造成了严重破坏。

中国

???

Source: World Atlas of Atmospheric Pollution 2008, and Vietnam State of Environment Report 2007

空气污染的定義

- 空气中有毒或有害物质造成的污染
- 不期望存在的化学物质或其他超过自然转化或分散能力的材料在空气中的排放



冬季烟雾 伦敦1952年
Winter smog, London 1952

Met Office (2007)



夏季烟雾 洛杉矶2003年
Summer smog, Los Angeles 2003

Photo AFP/Getty Images/David McNew

SMOG

- 1905年出现smog一词，表示烟与雾的结合体，描述了从英国工厂的烟囱和烟窗中排出的有害烟雾云团。

source: www.sei.se/cleanair



污染物?

CO
Carbon monoxide
一氧化碳

SO₂
Sulfur dioxide
二氧化硫

NO_x
Nitrogen oxides
氮氧化物

Pb
Lead
铅

O₃
Ozone
臭氧

VOCs
Volatile organic compounds
挥发性有机物

PM
Particulate matter
颗粒物

Air toxics
有毒有害气体

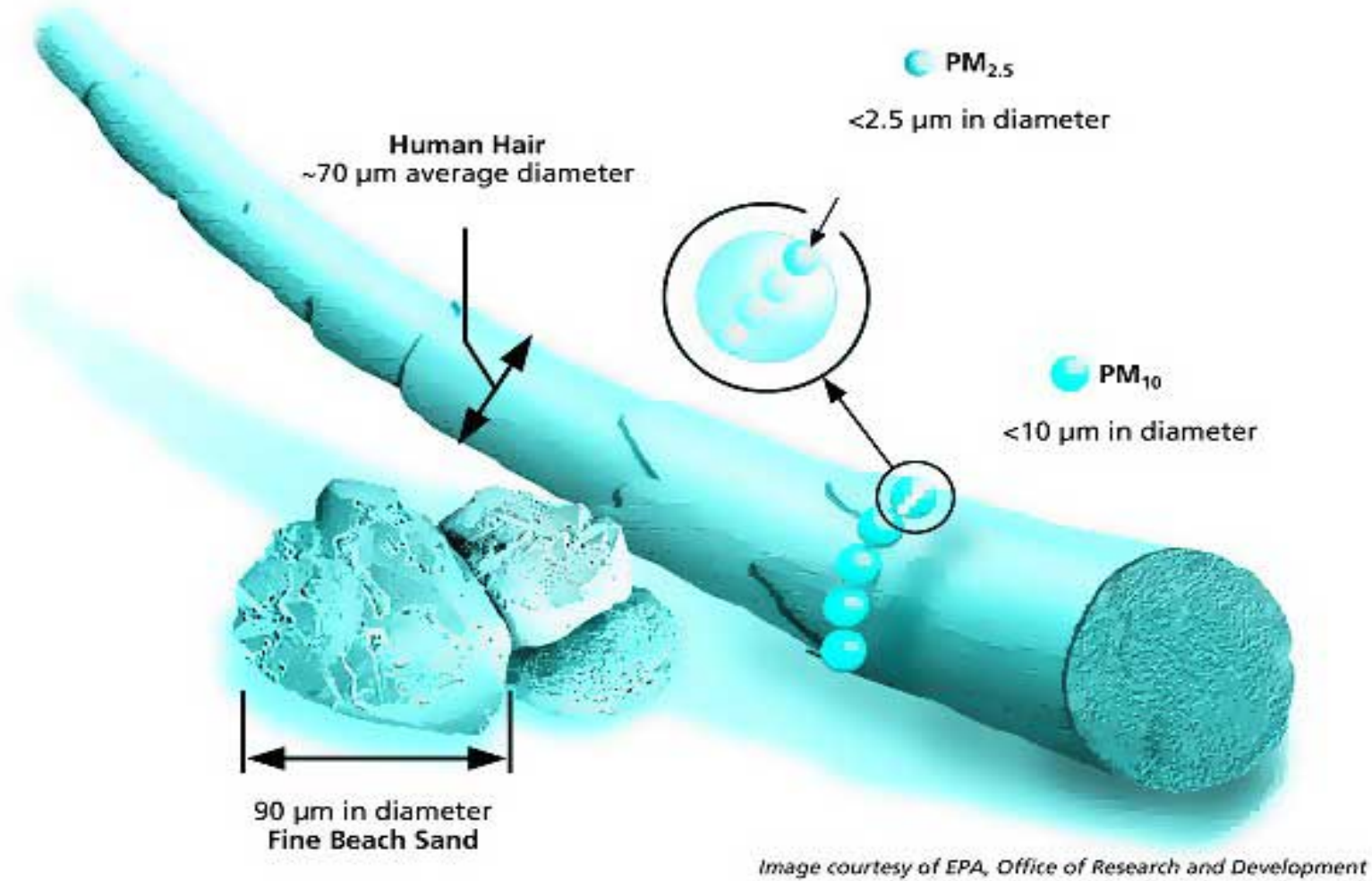
criteria
pollutants
标准污染物

http://media.canada.com/b17a5268-e809-4db2-a84b-06fc4c00d03e/m1x00198_9.jpg

www.cleanairnet.org/caiasia

污染物(颗粒物)

颗粒物或尘埃



空气污染从哪里来?



Industry
工业



Construction
建筑



Power plants
发电厂



Vehicles
机动车



Open burning
户外焚烧



Volcanoes
火山喷发



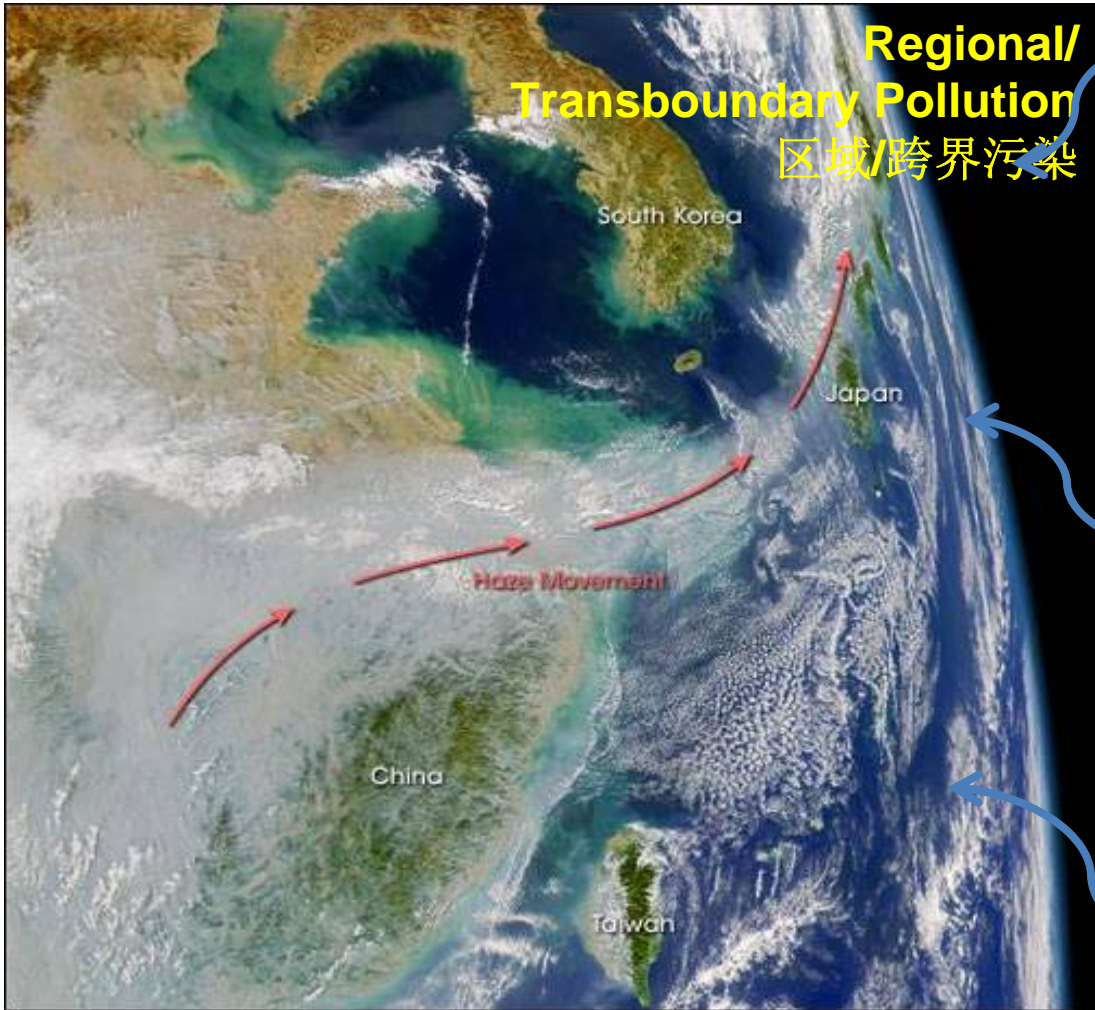
Cooking
餐饮



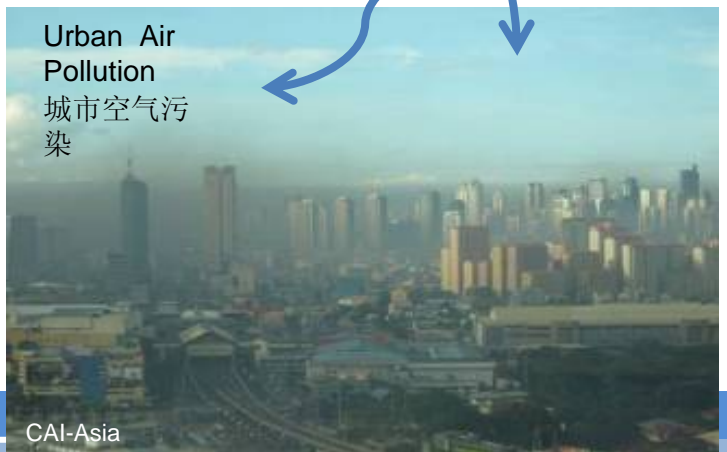
Forest fires
森林火灾

- 固定(点)源
- 流动(线)源
- 面源(非点源)
- 生物源或天然源

空气污染类型

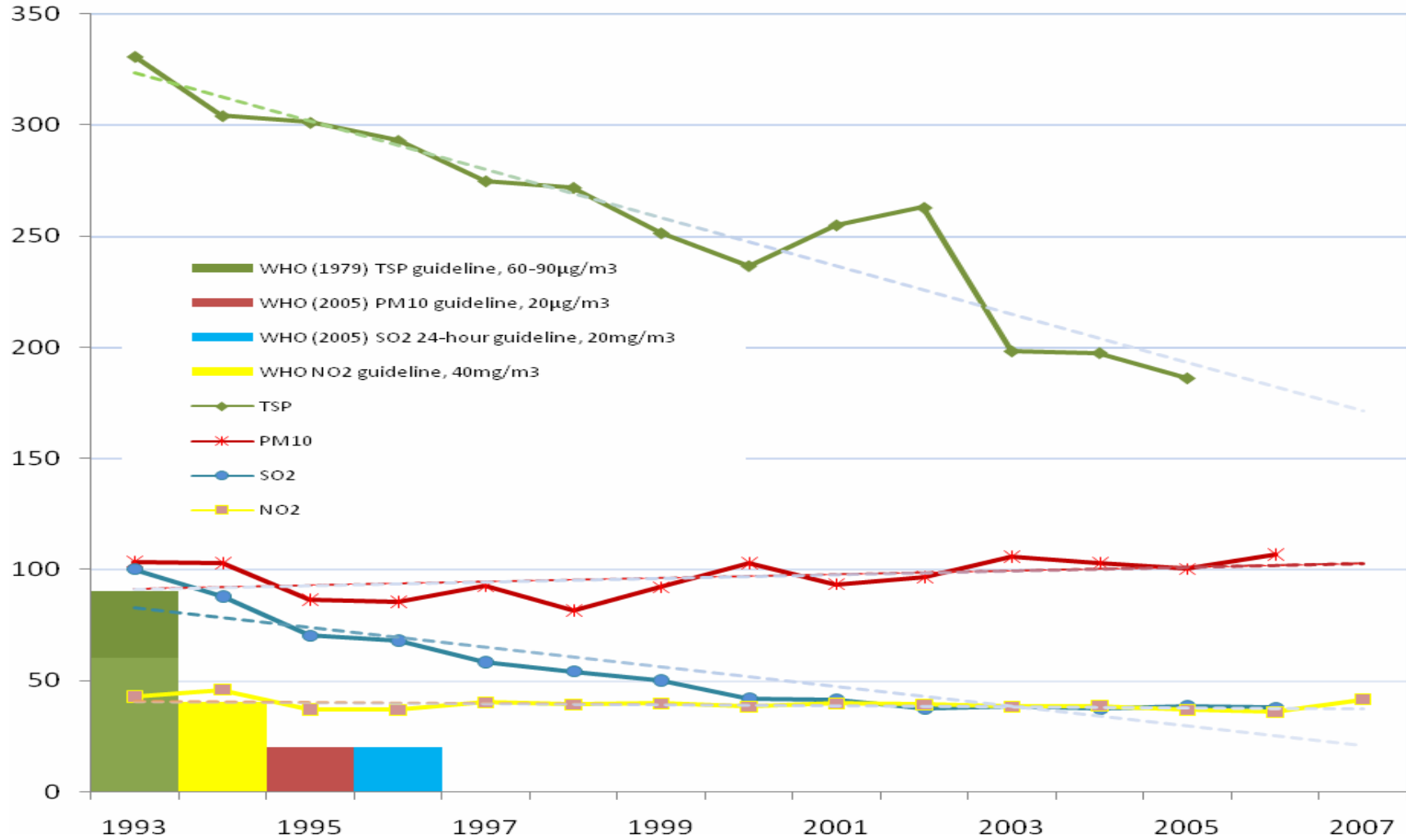


www.pittrxman.com/chinasea_sea_2004296.jpg





亚洲空气污染现状



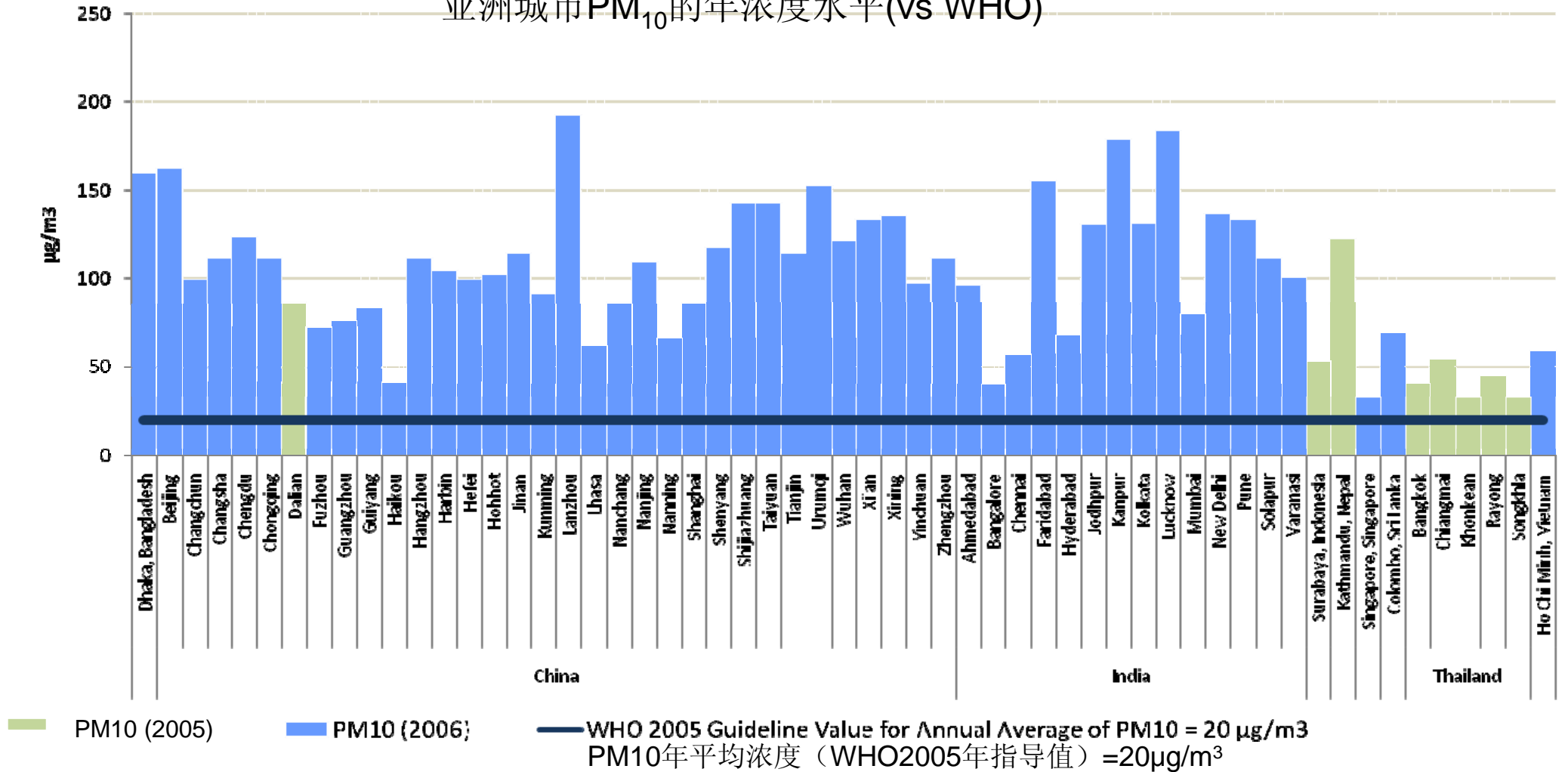
Source: CAI-Asia, 2008

年均空气质量趋势, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1993 to 2007)



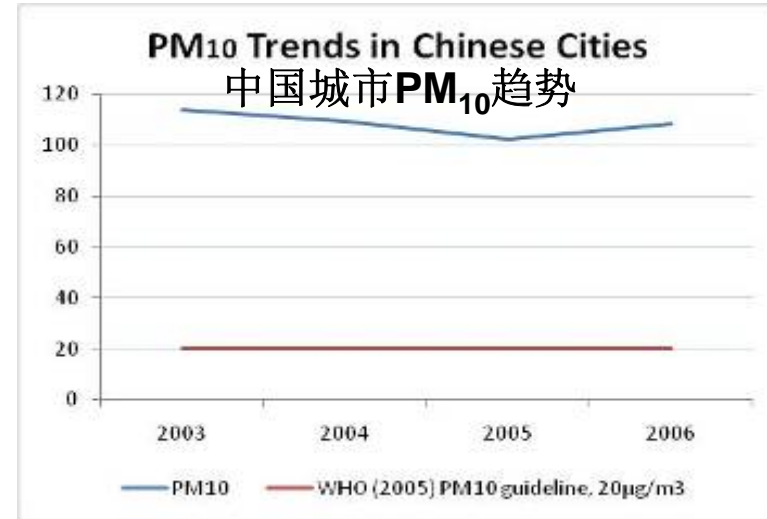
亚洲颗粒物浓度水平-相对于WHO指导值

PM10 Annual Ambient Concentrations in Asian Cities vs WHO 亚洲城市PM₁₀的年浓度水平(vs WHO)





中国城市历年空气质量水平($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

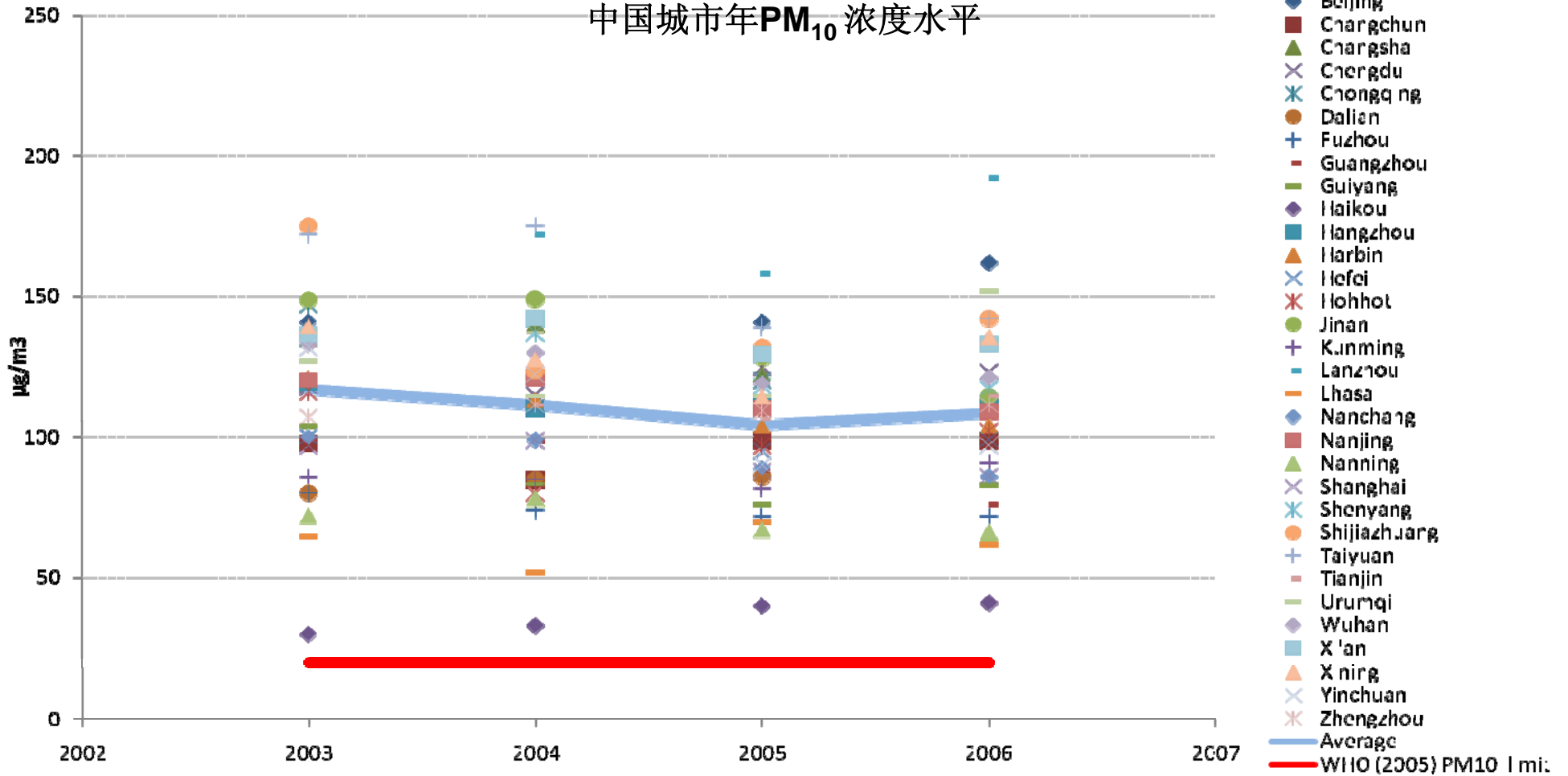




中国空气质量

Annual PM10 Levels in Chinese Cities

中国城市年PM₁₀浓度水平

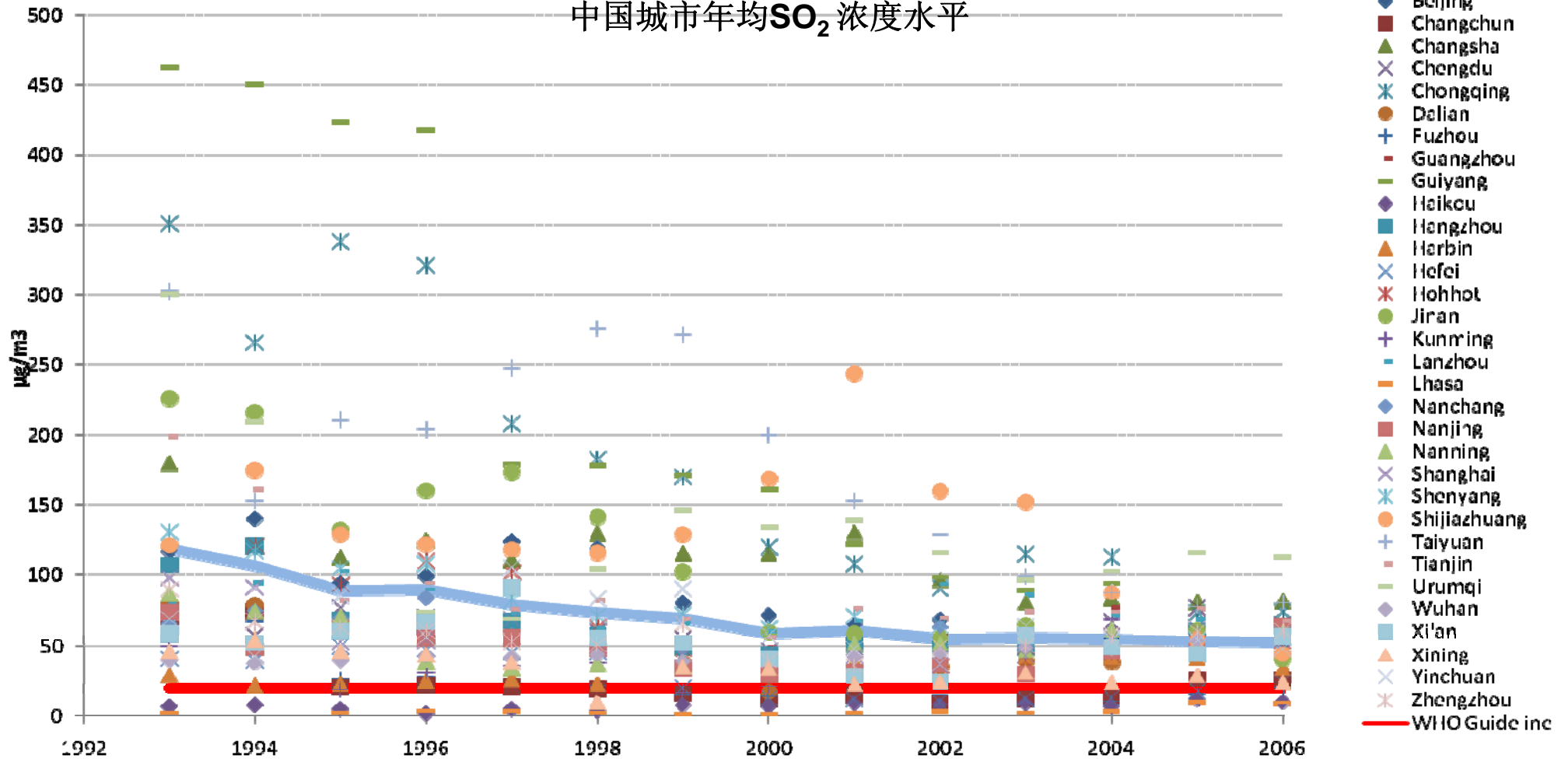




中国空气质量

Annual Average SO₂ Levels in Chinese Cities

中国城市年均SO₂浓度水平

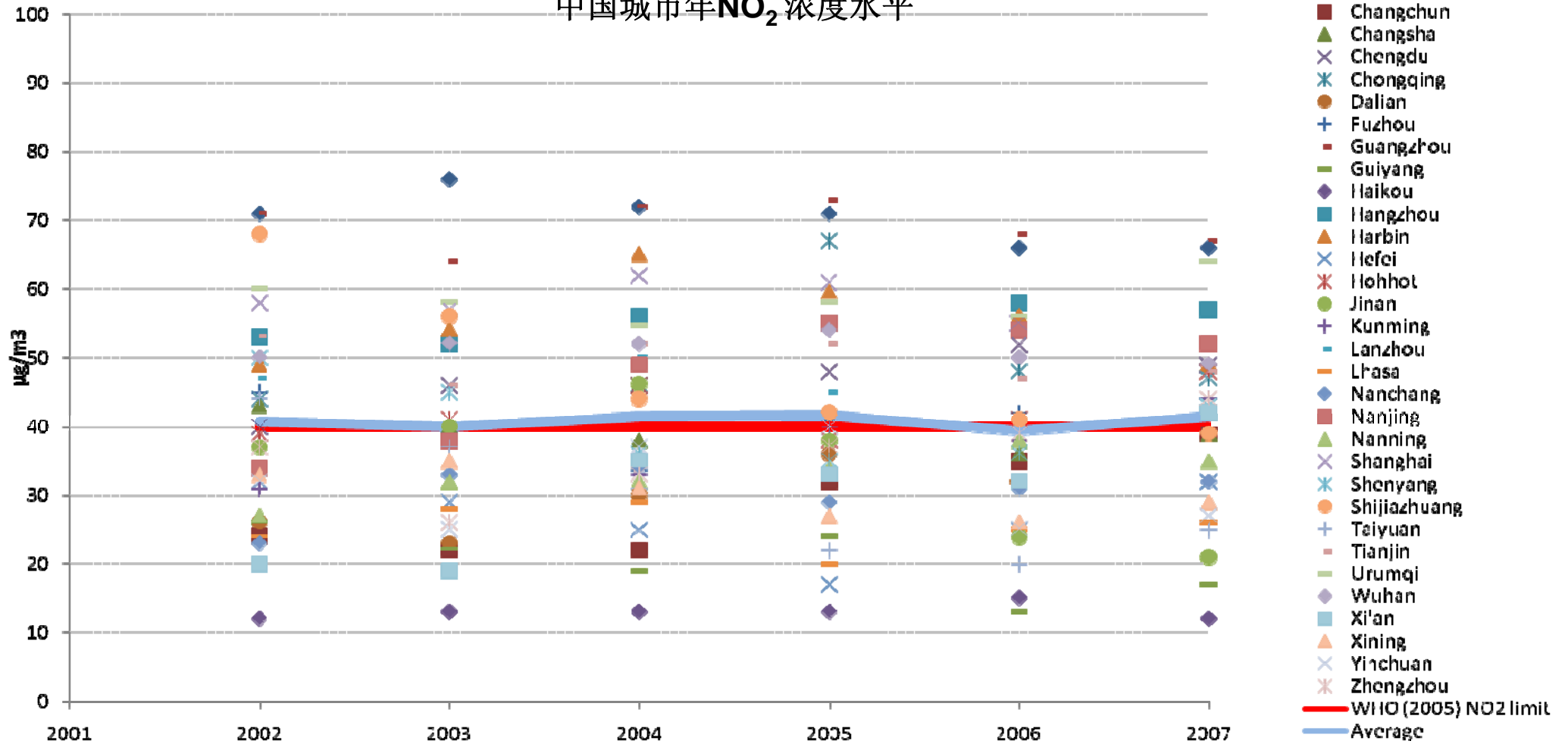




中国空气质量

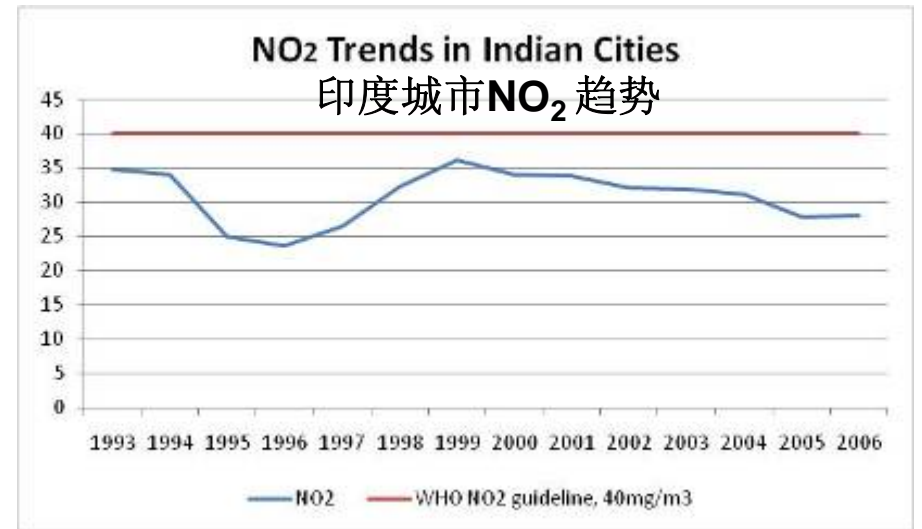
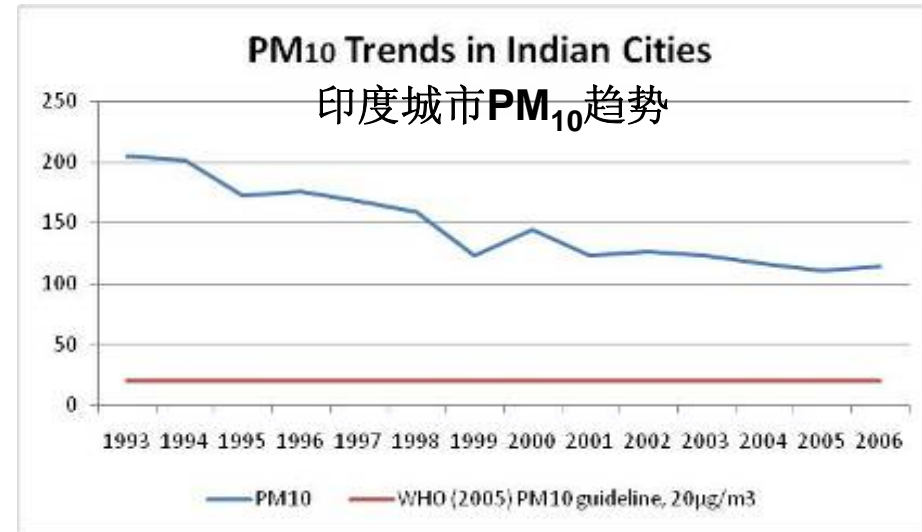
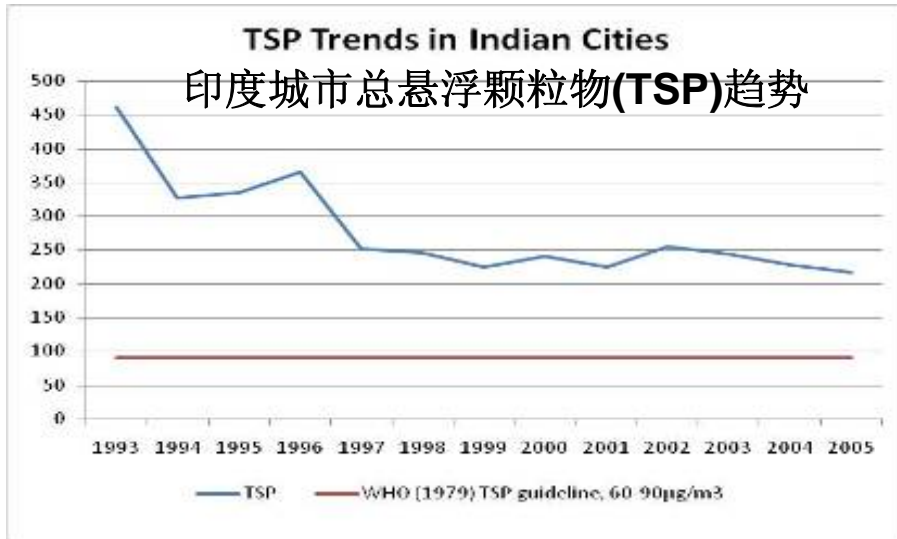
Annual NO₂ Levels in Chinese Cities

中国城市年NO₂浓度水平



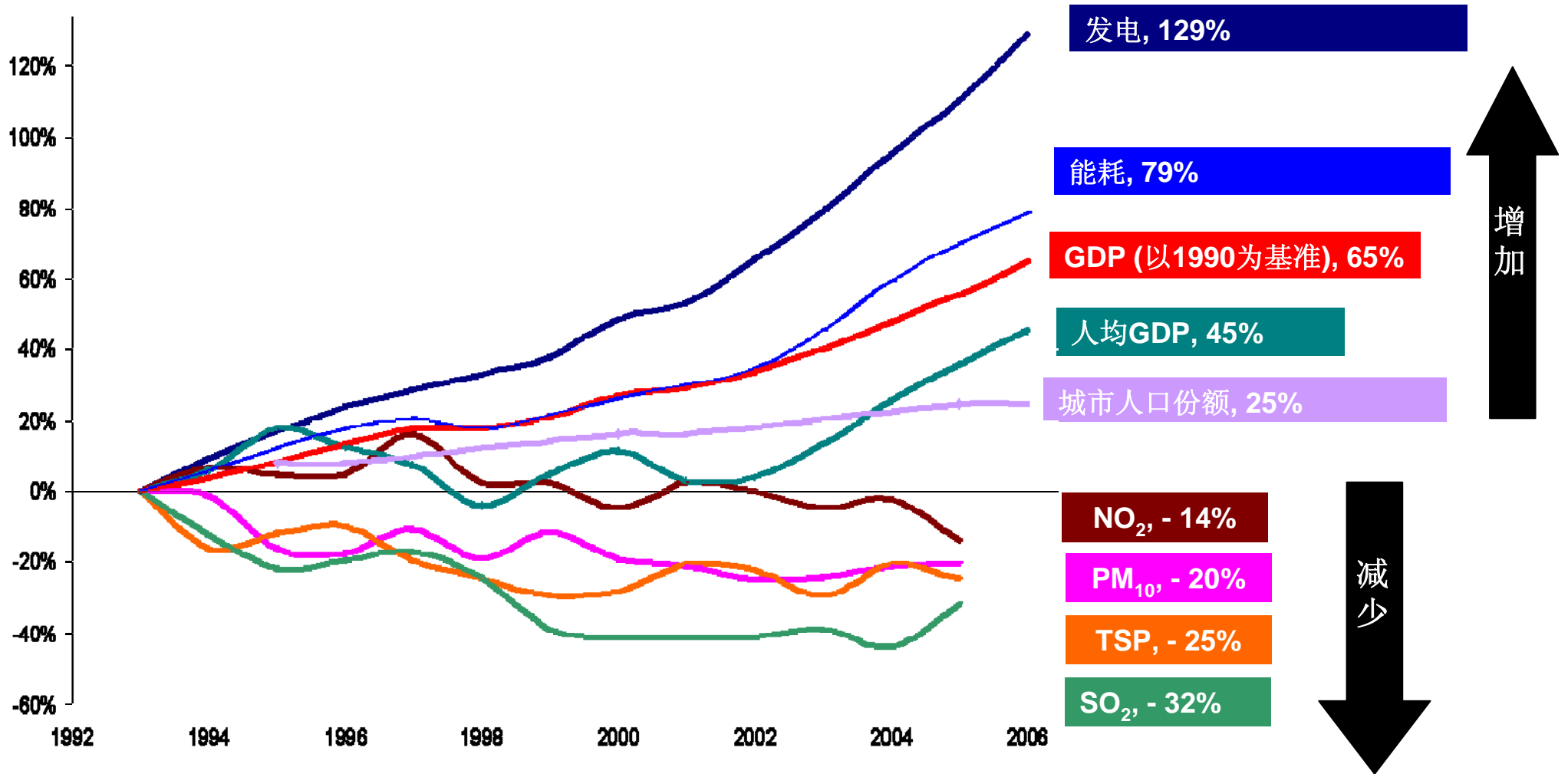


印度城市历年空气质量水平 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)





空气污染：存在与经济脱钩的可能性



Sources:
BP Statistical Review of World Energy June 2007 - <http://www.bp.com/statisticalreview>
UN DESA - <http://esa.un.org/unpp>

空气污染问题会引起什么？



健康危害



腐蚀建筑物



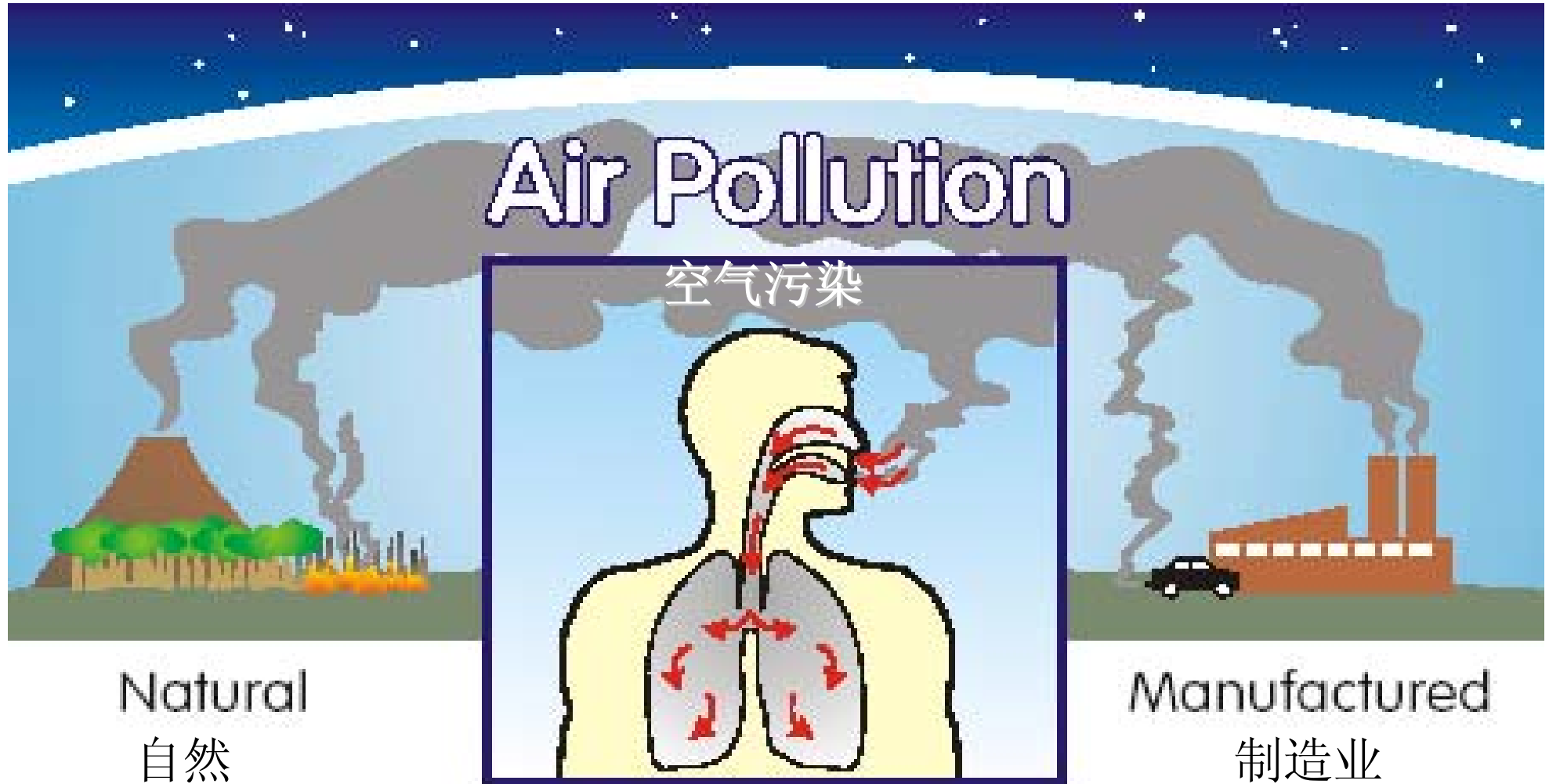
粮食生产



旅游



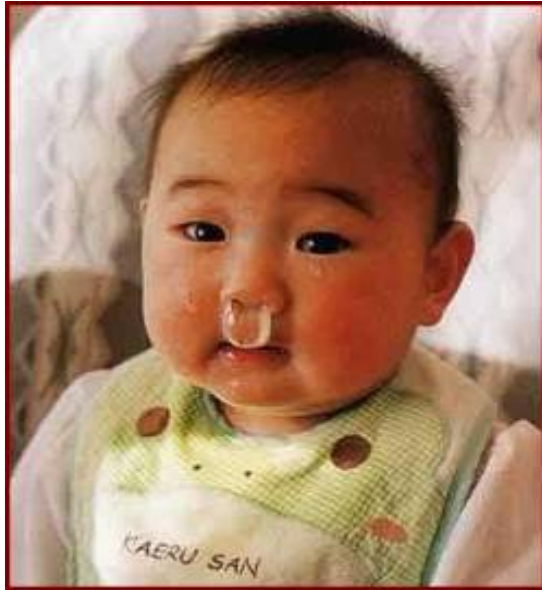
空气污染怎样影响人体健康?



<http://www.atsdr.cdc.gov/general/images/airpollution.png>

www.cleanairnet.org/caiasia

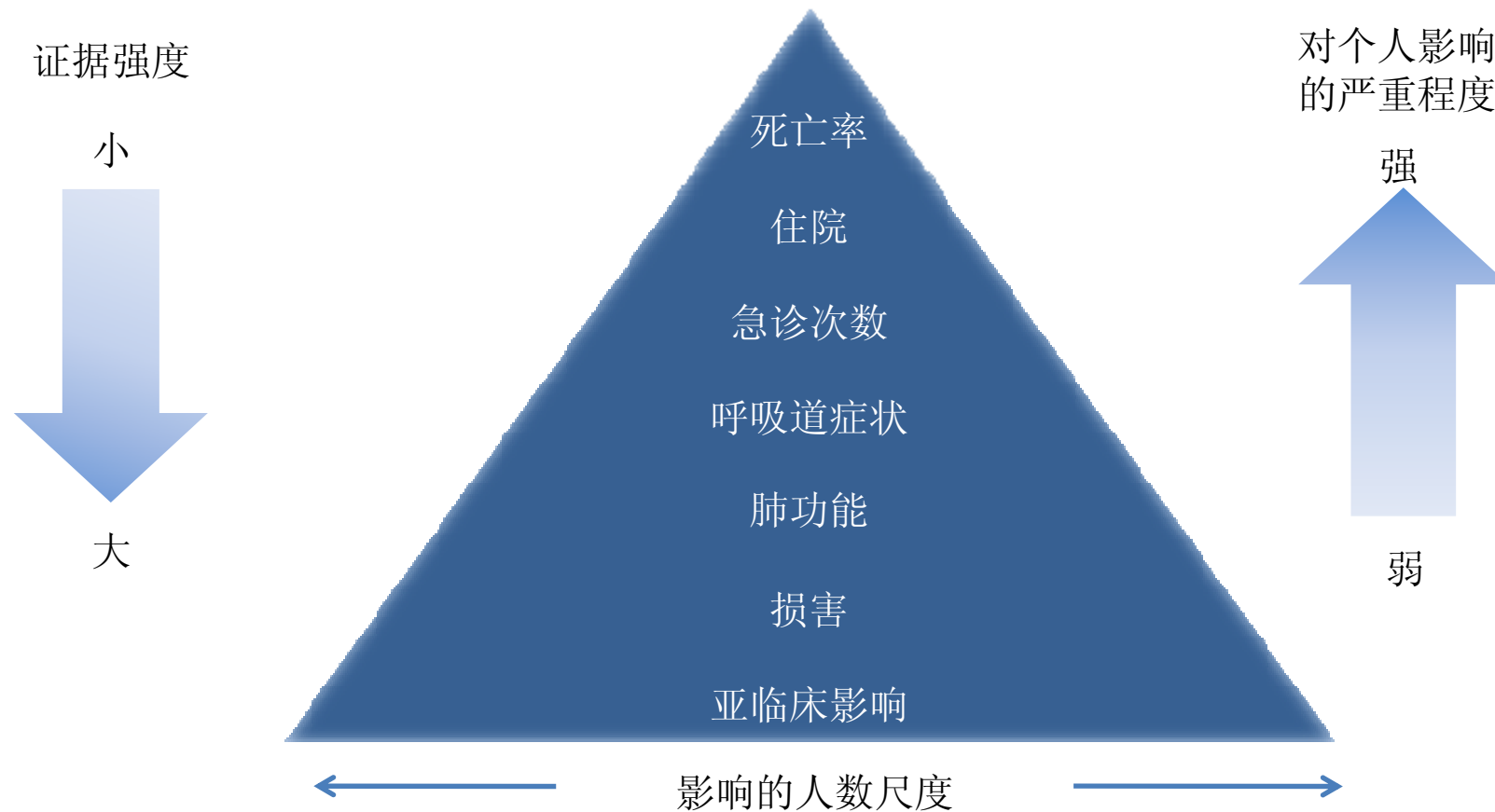
空气污染对人体的影响



- 刺激眼睛
- 流鼻涕
- 咳嗽
- 呼吸困难



空气污染的健康影响金字塔



Source: American Thoracic Society (ATS) and Canadian Respiratory Journal

谁受到空气污染影响最大?



Young children 儿童



Sporting people
运动员



Elderly 老年人



the poor and other people
working outside
穷人和户外工作人员

www.ec.gc.ca/
http://goodhealth.freeservers.com/Asthma_Child.jpg
<http://www.bacongco.com>

www.cleanairnet.org/caiasia

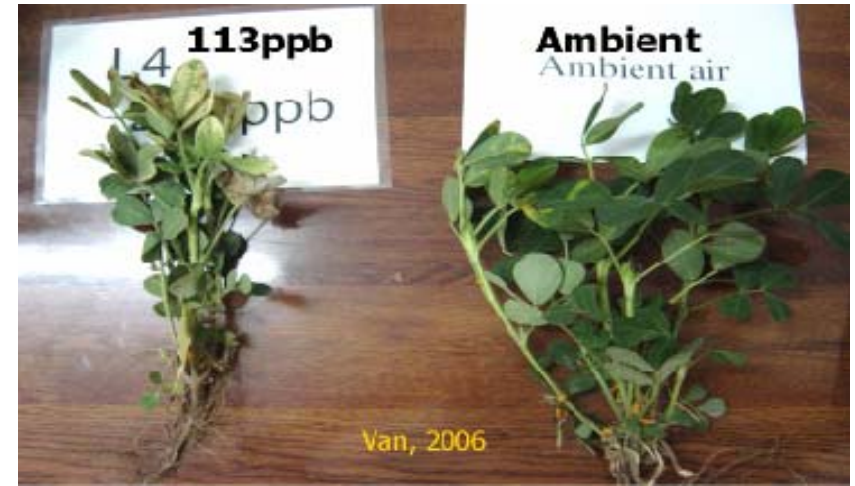
空气污染对植物的影响



$O_3 = 90 \text{ ppb}$ $O_3 = 60 \text{ ppb}$ $O_3 = 30 \text{ ppb}$ $O_3 < 10 \text{ ppb}$
 O_3 effects on rice at the end of vegetation stage: experiment in Malaysia by S. Ishii (2006)

O_3 在不同植物生长阶段对水稻的影响：马来西亚S.Ishii实验(2006)

Kim Oanh, 2007



Peanut at 15 days ozone exposure
 在臭氧中暴露15天的花生



Ozone effects: flecks on upper surface of leaves, premature aging, suppressed growth

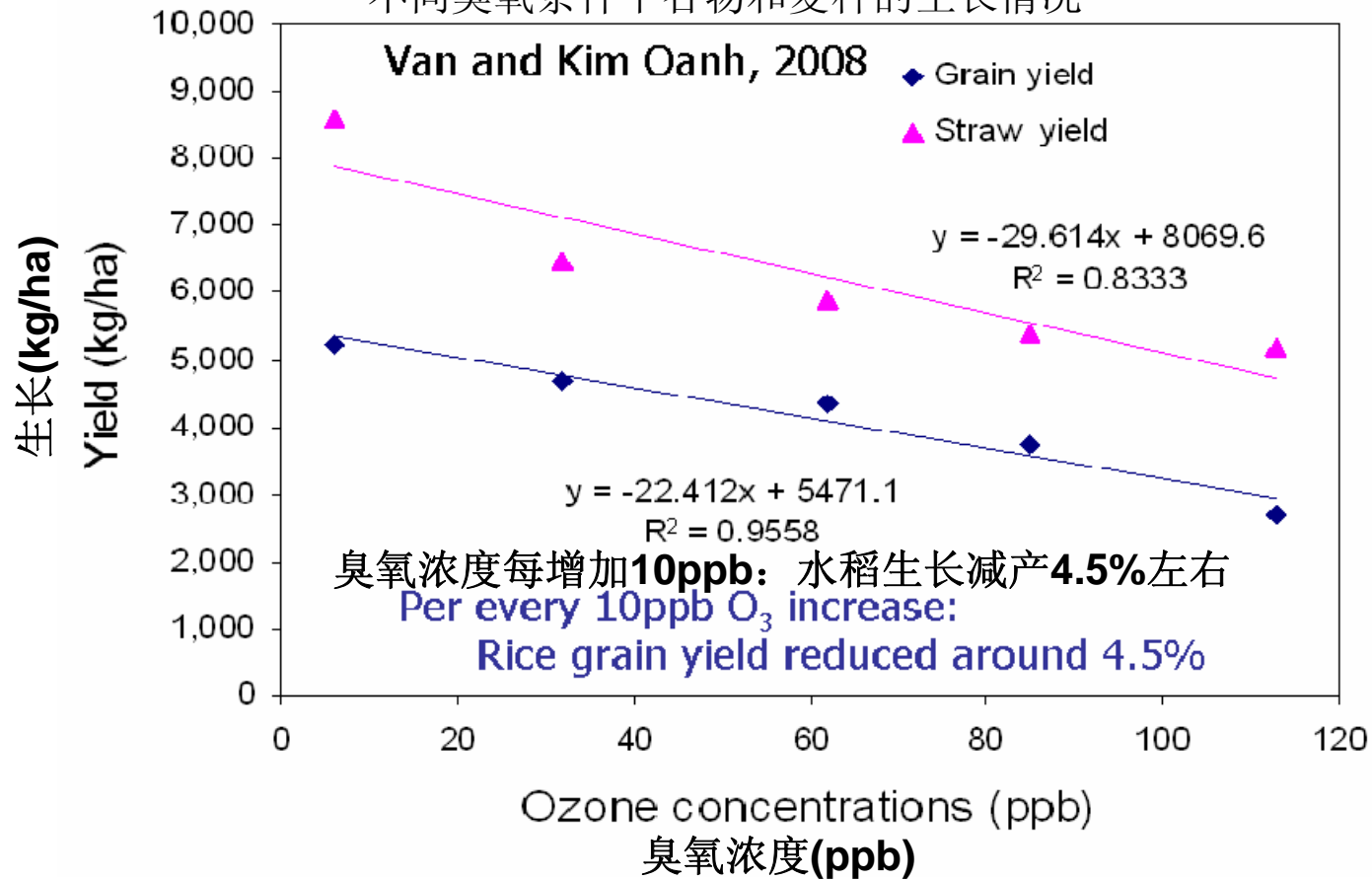
臭氧影响：叶面上表面呈现斑点，未成熟期，抑制生长



空气污染对植物的影响

Rice grain and straw yield in different ozone treatments

不同臭氧条件下谷物和麦秆的生长情况





空气污染对植物的影响

近地面臭氧对不同谷物产量造成的损失

**Yield loss in different crop from ground level O₃
(RAPIDC, Bangkok, 2003)**

Crop	O ₃ , ug/m ³	Yield 产量减少 reduc. %	Country	Reference
谷物			小麦	参考文献
小麦	86	40	巴基斯坦	Wahid et al, 1995a
水稻	143	40-60	巴基斯坦	Wahid et al. 1995b
大豆	80-150	64	巴基斯坦	Wahid et al, 2001
萝卜	55-67	30	埃及	Hassan et al. 1995
芜菁	55-67	17	埃及	Hassan et al. 1995
豆	686	40	墨西哥	Laguetta-Rey et al. 1986
番茄	88 90	24	印度	Varshney and Rout, 1998
大豆	46-65	16-31	印度	Varshney and Rout, 2003

Kim Oanh, 2008

空气污染的其他影响



1908



1969

在加德满都，接受采访的旅游者中**17%**表示由于糟糕的空气质量，他们不会再来尼泊尔旅游



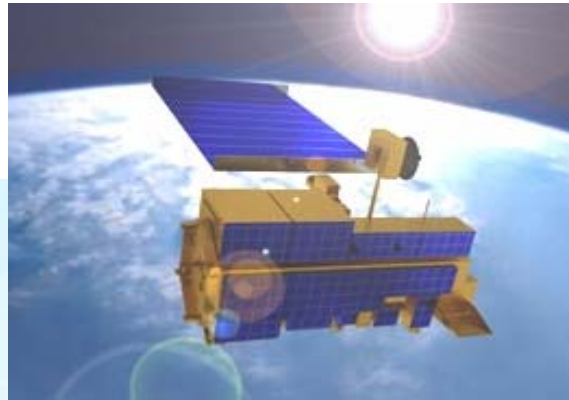
由于空气污染，**35%**的管理者在劝说高智商人才迁居香港时遇到困难。
44% 迁离香港的人以空气污染作为一条理由。

Photos by Westfaliches Amt fur Denkmalpflege

与气候效应的相互作用



如何测量空气污染?



<http://www.environmental-expert.com/files/19861/images/rec...>
http://www.ssp-europe.com/chroma_1j.jpg
http://www.lisburncity.gov.uk/filestore/images/IMG_0465.JPG
<http://gtresearchnews.gatech.edu/images/mobileairu.jpg>
<http://www.cleanairnet.org/caiasia/1412/article-73008.html> (Kansri ppt)
<http://www.spacetoday.org/images/Sats/TerraAqua/Terra264x198.jpg>



空气质量监测方案的影响因素

待测污染物

监测站点

- 监测站应该建在什么地方?
- 需要建设多少样品采集站?
- 空间分布密度

仪器设备

- 什么种类的仪器设备?

采样

- 样品数量及采样时段?
- 平均采样时间和频率?

所需背景信息

- 方法学，地形，人口密度，排放源和排放率等

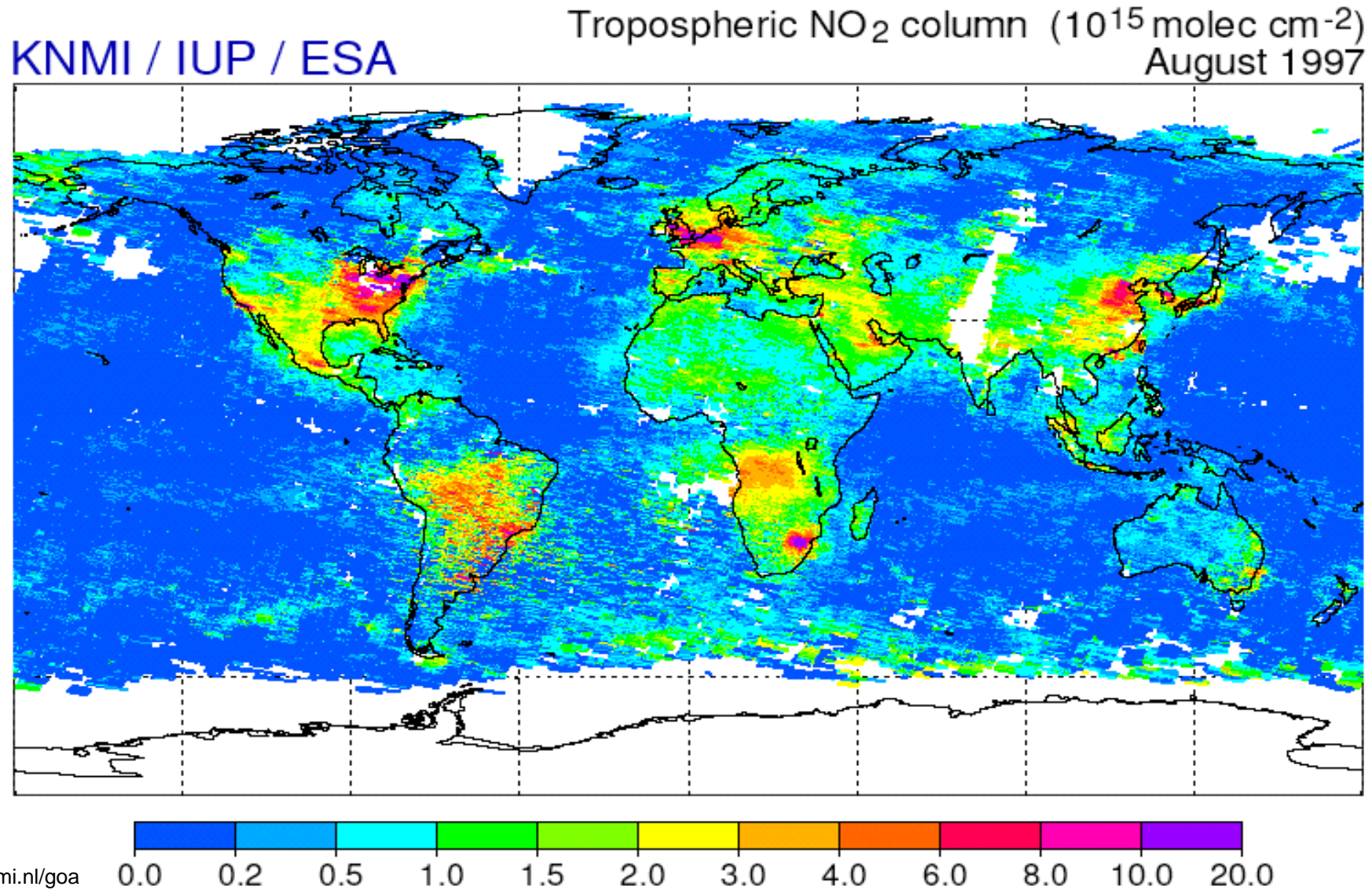
数据加工及报道

空气质量监测是进行空气质量决策的有效工具!

- 符合公众健康保护标准和环保标准
- 确定有效的措施和政策



如何测量空气污染？



<http://www.knmi.nl/goa>

www.cleanairnet.org/caiasia

利用苔藓进行生态监测



有下列方法:

1. 群落变化: 不同污染水平下物种组成的变化=反应缓慢
2. 生理变化: 不同空气质量下叶绿素容量及光合作用的变化=反应迅速
3. 苔藓中铁及其他元素的累积



Source: Kansri Boonpragob

我们如何知道空气是否受到污染？

阿富汗
不丹
柬埔寨
香港
印度
印尼
老挝
马来西亚
尼泊尔
巴基斯坦
菲律宾
中国
新加坡
斯里兰卡
泰国
越南

没有
PM_{2.5} 标准

有PM_{2.5} 标准

孟加拉国

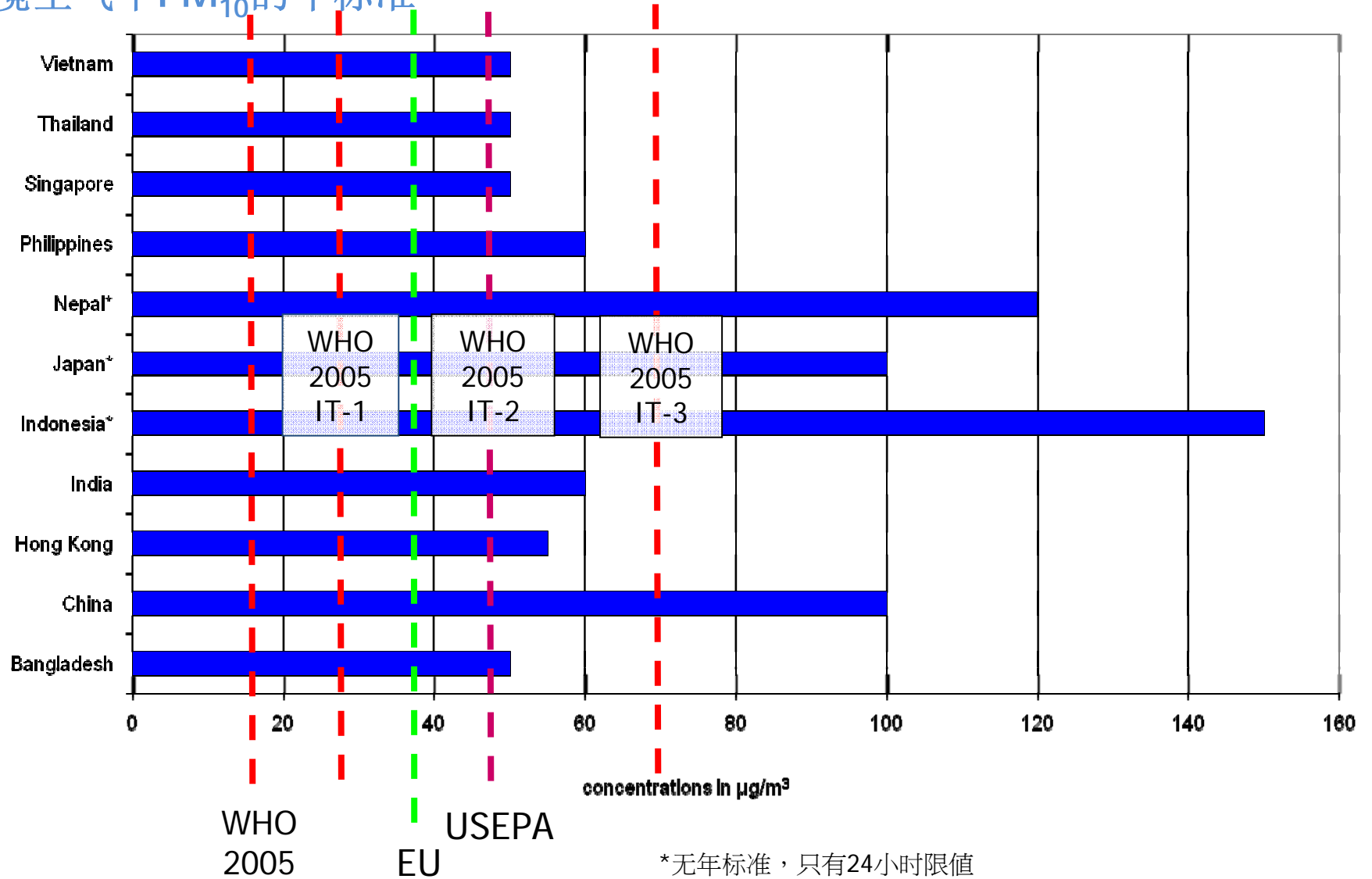


- 亚洲什么时候更新环境空气质量标准？
- 城市对国家/城市空气质量标准的达标率有多少？
- 巴基斯坦是亚洲最大的没有环境空气质量的亚洲国家。
- 目前亚洲在PM_{2.5}法规制定方面远远落后于欧美
- 关于有毒有害气体的法规仍然分离于其他法规，并且在亚洲也没有很好的推广



我们如何知道空气是否受到污染？

环境空气中PM₁₀的年标准



*无年标准，只有24小时限值

No annual ambient air quality standards, only 24-hour limits

www.cleanairnet.org/calasia



我们如何知道空气是否受到污染？

空气污染指数(API):

将不同污染物(臭氧、颗粒物、二氧化氮、二氧化硫) 的污染水平“翻译”为使人们能够更好理解的代码

Health classifications used by the EPA: 美国EPA使用的健康分类

- **0-50** Good 好
- **51-100** Moderate 中等
- **101-150** Unhealthy for sensitive groups 对敏感人群不健康
- **151-200** Unhealthy 不健康
- **201-300** Very unhealthy 非常不健康
- **301-500** Hazardous 有害



我国空气污染指数的定义

- 空气污染指数分级标准

API	空气质量级别	空气质量状况	对健康的影响
0~50	I	优	可正常活动
51~100	II	良	可正常活动
101~150	III	III ₁	轻微污染 长期接触, 易感人群出现症状
151~200		III ₂	轻度污染 长期接触, 健康人群出现症状
201~250	IV	IV ₁	中度污染 一定时间接触后, 健康人群出现症状
251~300		IV ₂	中度重污染 一定时间接触后, 心脏病和肺病患者症状显著加剧
>300	V	重度污染	健康人群明显强烈症状, 提前出现某些疾病

我们能做什么？ -减少排放

机动车排放检测及修理



使用更清洁的能源



使用更有效的汽车



骑自行车上班



走路上班



乘坐公共交通

利益相关团体能做什么？

非政府/学术界



政府



发展机构



私营企业

\$\$



我们能做什么？ - 政府的作用

绿化城市



出台新法律政策



促进更清洁的燃料和
机动车发展



对吸烟者罚款



建设自行车道、步道和公共交通—不止是公路



中国的十一五计划与空气污染

2000年第二次修订<<大气法>>的指导思想

- ❖ 面对现实，对我国以煤为主的能源结构短期难以改变的现状以及经济条件给予了充分考虑；
- ❖ 针对要害，主要是针对燃煤、机动车、扬尘等造成的大气污染；
- ❖ 抓住重点，主要是抓住重点城市、重点区域；
- ❖ 在禁止超标排放、按排污量收费，以及总量控制和排污许可证方面取得了重大突破；
- ❖ 强化法律责任，加强执法监督。



关于您的组织...

- 在达到5年计划中的空气污染目标过程中，您所在的**NGO**扮演着什么角色？
- 如果您的组织没有特定的空气质量目标，您将推荐您的组织做什么？