



中国大气污染防治进程与展望

清华大学 郝吉明

2014年9月18日



提 要



- ◆ 历史回顾
- ◆ 2010 年以来的举措
- ◆ 空气质量管理的新进展
- ◆ 展望



第一阶段：1970年至1990年



- **主要污染源：**工业点源
- **主要污染物：**TSP
- **空气污染范围：**局地
- **空气质量管理：**浓度控制、消烟除尘、工业点源治理、属地管理
- **大事记：**
 - ✓ 1973年，国家发布第一个综合性的排放标准：《工业“三废”排放标准》。
 - ✓ 1987年，发布针对工业和燃煤污染的《大气污染防治法》。



第二阶段：1990年至2000年



- **主要污染源**：燃煤、工业
- **主要污染物**： SO_2 , TSP
- **空气污染问题**：煤烟、酸雨
- **空气污染范围**：局地 + 区域
- **空气质量管理**：浓度控制、燃煤控制、工业点源、属地管理
- **大事记**：
 - ✓ 1998年，设立 SO_2 和酸雨控制为主的“两控区”；
 - ✓ 2000年，要求“两控区”实行 SO_2 排放总量控制标准。



开始忧虑城市环境空气质量

1997年5月，郝吉明发表文章《中国人翘首待蓝天》

- 监测网数据给中国敲响警钟，大气污染困扰着城市
- 蓝天需要清洁能源
- 为了蓝天，汽车工业应健康发展
- 蓝天需要政府依法保护



1998年：北京市出重拳治理大气污染



■ 1998年12月17日，北京市召开贯彻落实控制大气污染紧急措施动员大会，《中国环境报》发表文章《北京治理大气出重拳》

00 8000 2.5 900

注：测量方法按 GB/T3846 的规定执行
特此通告 一九九八年十二月十日

北京治理大气出重拳

采取紧急措施 进行全民动员

本报讯（记者 潘洪涛 班健）12月17日，北京市委、市政府召开贯彻落实控制大气污染紧急措施动员大会。会上传达了朱镕基总理、李岚清副总理对控制北京大气污染紧急措施所做的批示。北京市委书记、市长贾庆林和国家环保总局局长解振华出席会议并讲话。

北京市的环境保护工作历来得到党中央、国务院领导的高度重视。江泽民总书记对北京市的环境保护问题多次做过重要指示。最近，朱镕基总理、李岚清副总理针对北京市政府上报的《关于采取果断措施控制北京大气污染的紧急请示》分别作了批示。

朱镕基总理12月8日所作的批示是：国务院完全支持北京市为控制大气污染所采取的紧急措施，国务院各部门和中央在京单位必须全力支持和严格遵守。希望北京市加大执法力度，切实监督执行，造福北京人民。

李岚清副总理12月6日所作的批示是：赞成北京市提出的控制北京大气污染的意见。大家对此都很关心。关键是要切实认真实施，对不认真实施的要有严格的惩治措施，要追究有关责任者的责任。我们许多政策、条例、办法、措施不能得到实施或不能得到很好实施，往往主要是由于缺乏认真的精神，严格的责任制度和可行的法制保证，希望注意一下这一问题。

北京市委书记、市长贾庆林指出，北京将严格执法，加强管理，动员广大群众参与。市政府决定与各区县政府和有关部门签订责任书，各部门、各单位要根据紧急通知要求，制定详细实施方案，把每一项目标、每一件工作、每一个细节都要搞得十分明确，指定责任单位、负责人和经办人，规定完成时限和奖惩办法，一丝不苟地抓好落实。市监察局要加大行政监察力度，对不认真贯彻《通知》要求、推诿扯皮的单位和领导，要严肃查处，追究责任，绝不姑息迁就。

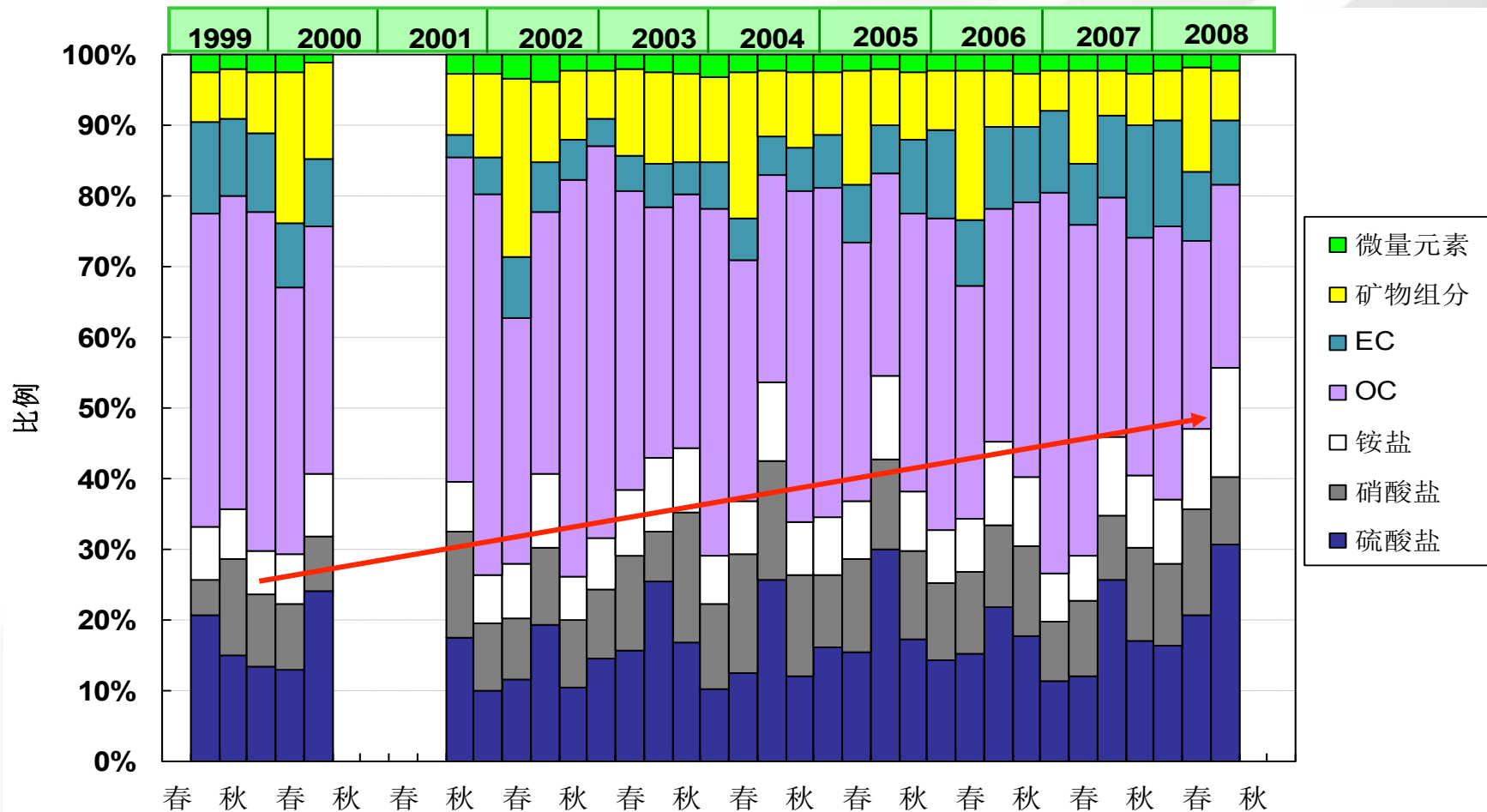
国家环保总局局长解振华在大会发言中指出，北京是首都，北京市的环境质量如何，国内外都很关注。因此，北京市在环境保护工作上应在全国起到表率作用。北京环境污染治理工作是

道上
十周年

健康、制约当地经济和社会发
育。再硬的“骨头”也要啃下。
纬、蓝天、碧海做颜料，今后五
两幅“巨画”；建立和完善适应
济体制的环境政策、法律、标准
；实现“九五”环保目标。
幅画，两支笔必不可少：一支是
是加大投入。但更关键的是作
局长语重心长地说：要认真落
讲学习、讲政治、讲正气的要
工作提高到一个新水平。

本报讯（记者 潘洪涛 班健）
北京市委书记、市长贾庆林近日
《市贯彻落实控制大气污染紧急
力大会上痛陈旧“面的”之弊，
“面的”所排放的污染物相当于
常车辆，必须强制报废，不得出
转让。年底将有一万辆报废“面
送到首钢回炉。
北京市有关方面正在做车辆报废
护的组织准备工作。
北京市现有“面的”2万多辆，约
市出租车总量的1/3。“面的”在
京城百姓出行而成为一道风景的
，也把大量污染物留在了这座城
天空之中。正是这一点加速了“面

1999年清华大学开始监测北京市PM_{2.5}化学组成



➤ SNA与EC在北京PM_{2.5}中的份额在持续增加;

第三阶段：2000年至2010年

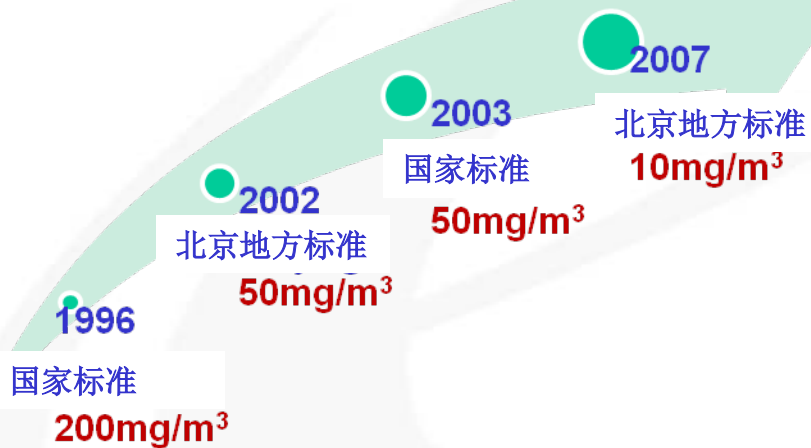


- **主要污染源：**燃煤、工业、扬尘和机动车
- **主要污染物：**SO₂、TSP、NO_x、PM₁₀
- **空气污染问题：**大气污染区域性复合型特征初步显现
- **空气污染范围：**区域 + 全球
- **空气质量管理：**单一的污染物目标总量控制、燃煤排放控制、点污染源、实施属地管理，但启动了多污染源综合管理的进程，并在部分重点区域首次尝试了区域联防联控。
- **大事记：**
 - ✓ 2000年：修订《大气污染防治法》：两控区的总量控制、机动车排放控制、扬尘污染控制
 - ✓ 二氧化硫排放总量控制范围扩大到全国
 - ✓ 为保障北京奥运会、广州亚运会和上海世博会，实施区域联防联控



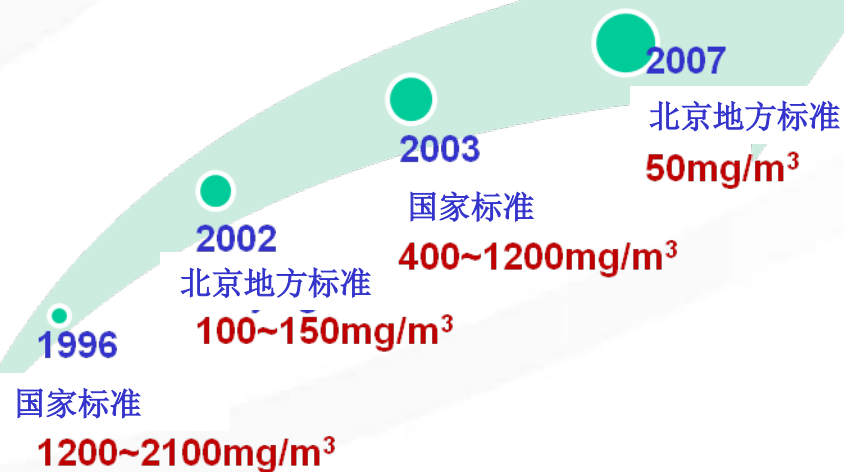
修订排放标准—固定源

PM排放标准的更新



《火电厂大气污染物排放标准》
我国新建、扩建、改建锅炉排
放限值

SO₂放标准的更新



《锅炉大气污染物排放标准》
北京新建、扩建、改建锅炉排
放限值



修订排放标准——机动车

北京市与1999年1月1日起实施与欧I相当的机动车尾气排放标准，促进全国机动车污染控制进程。

汽油车排放标准

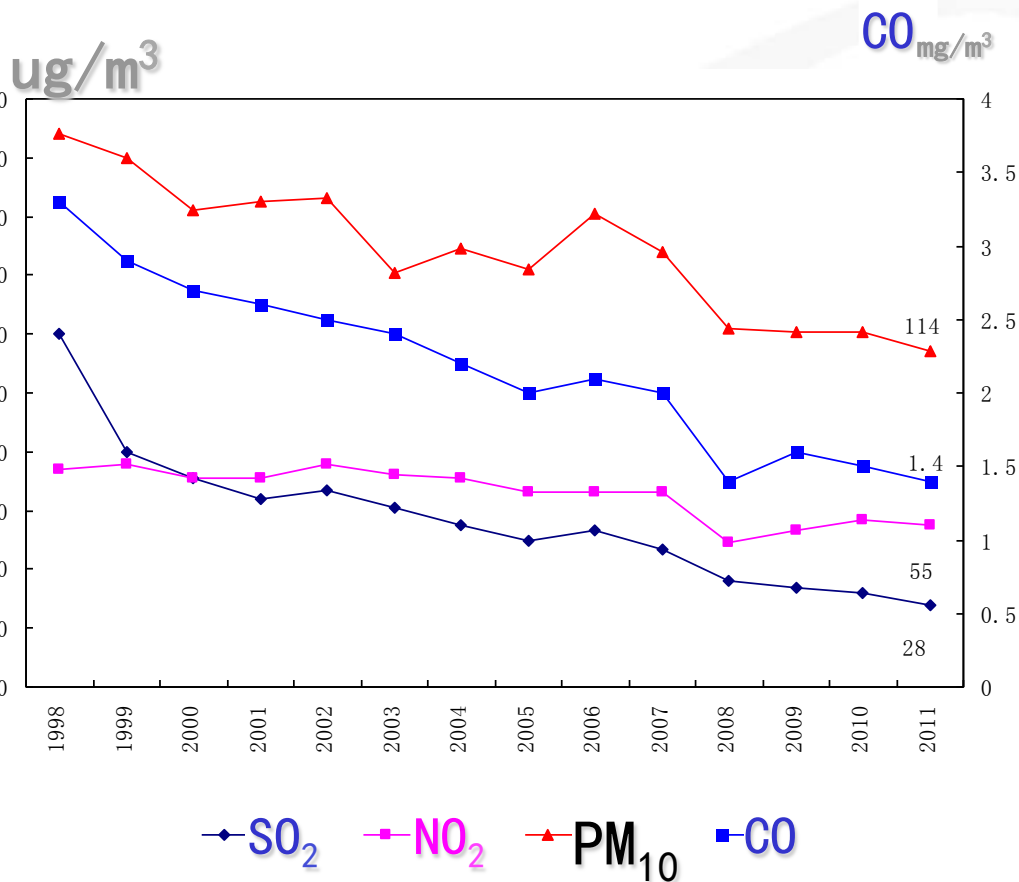
国家	年份 标准	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11		
美国	排放标准	Tier0			Tier1											Tier2									
	硫含量	338							0~500							Avg.120 Max.300		Avg.30 Max.80							
欧盟	排放标准		EURO1			EURO2				EURO3					EURO4			EURO5							
	硫含量		1000			500				150					50			10							
中国	排放标准												CHN1			CHN2			CHN3		CHN4				
	硫含量									1000				800		500				150					
北京	排放标准										CHN1			CHN2			CHN3		CHN4						
	硫含量														500		150		50						

柴油车排放标准

		年份																							
国家	标准	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11		
美国	排放标准	Tier0				Tier1										Tier2									
	硫含量	2000		500											30	15									
欧盟	排放标准				EURO1			EURO2			EURO3			EURO4			EURO5								
	硫含量	3000		2000		500			350			50			10										
中国	排放标准											CHN1				CHN2		CHN3		CHN4					
	硫含量					10000							2000		500										
北京	排放标准											CHN1		CHN2		CHN3		CHN4		CHN5					
	硫含量															500		350		50					



北京经济社会快速发展，空气质量有所改善



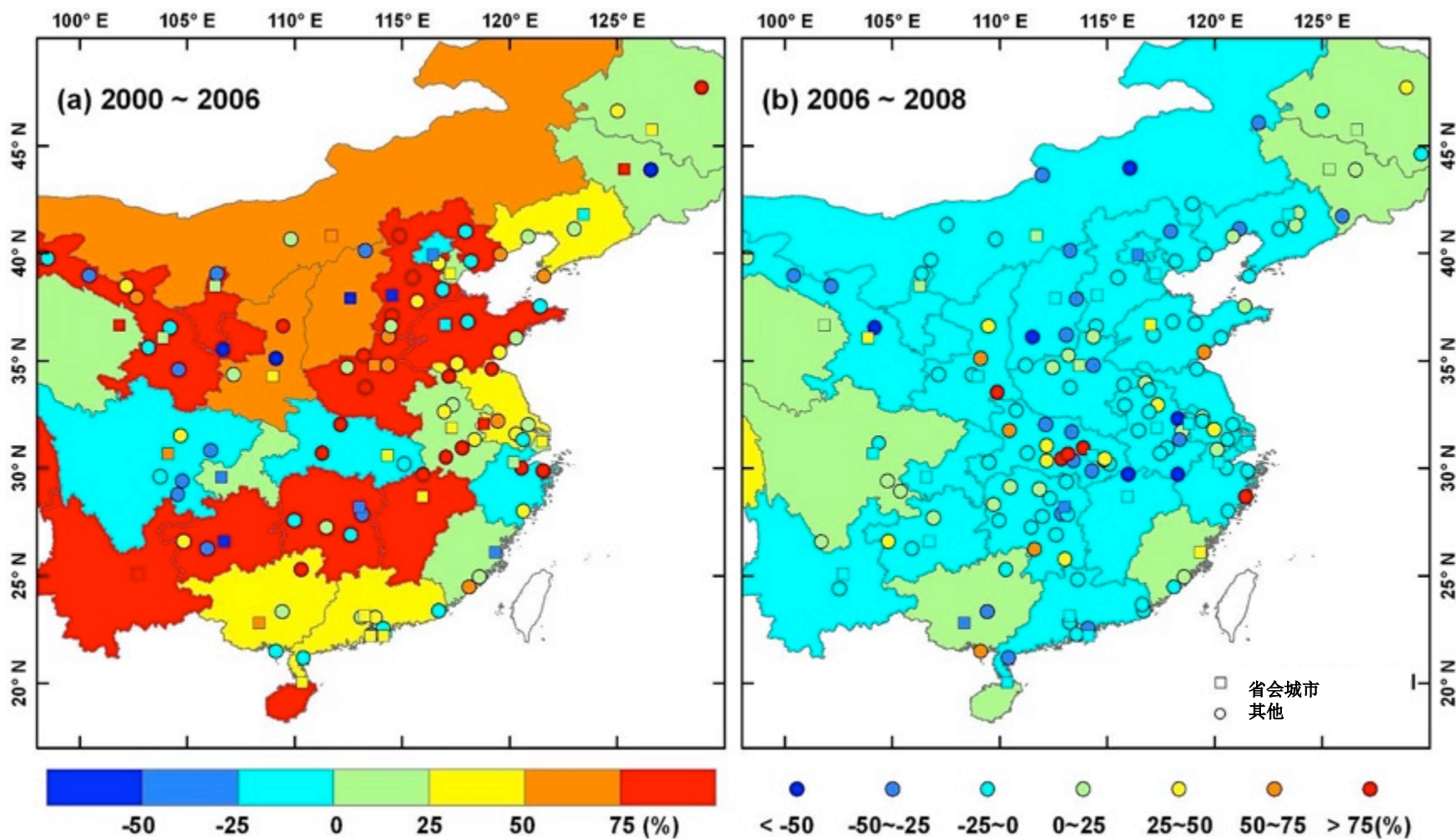
经过多年的大气污染治理，北京空气中各项主要污染物浓度都在呈下降趋势。主要有 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 等，其中：

- ✓ 二氧化硫： $\downarrow 77\%$
- ✓ 二氧化氮： $\downarrow 26\%$
- ✓ 可吸入颗粒物： $\downarrow 39\%$
- ✓ 一氧化碳： $\downarrow 58\%$

但环境空气质量仍与人民的期待有很大差距。



中国SO₂排放与浓度的区域分布



中国各省SO₂ 排放百分比变化和各城市SO₂ 浓度分布

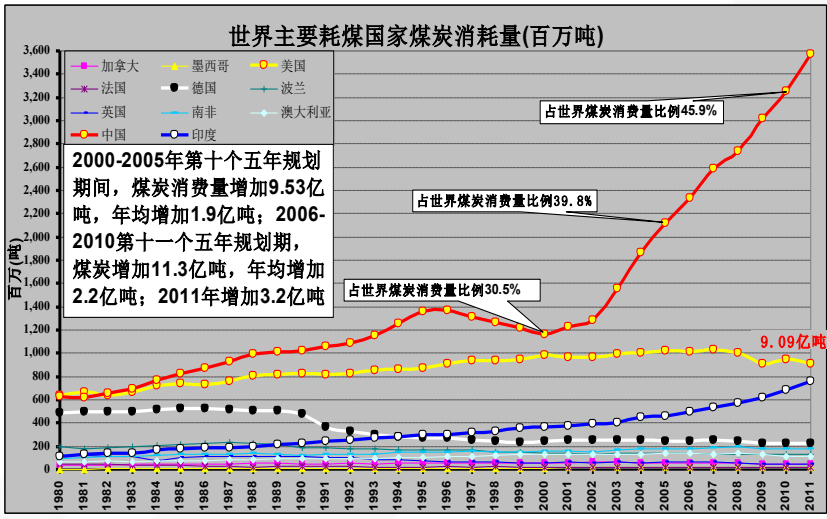
Lu 等, 《环境卫生展望》, 2010年



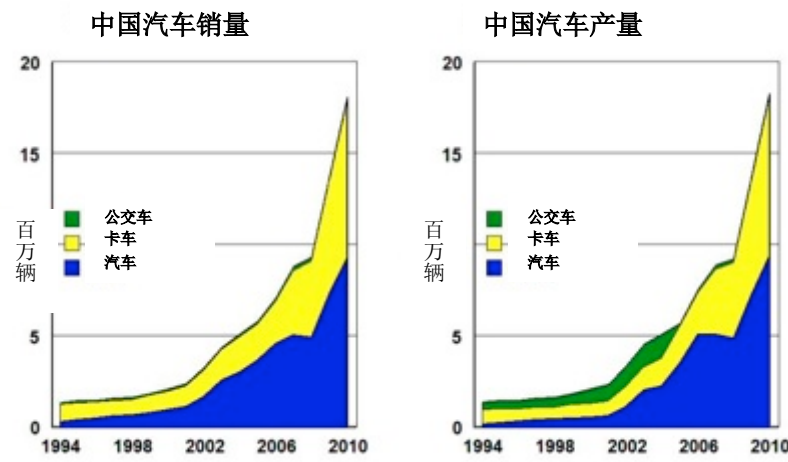
中国快速的工业化进程



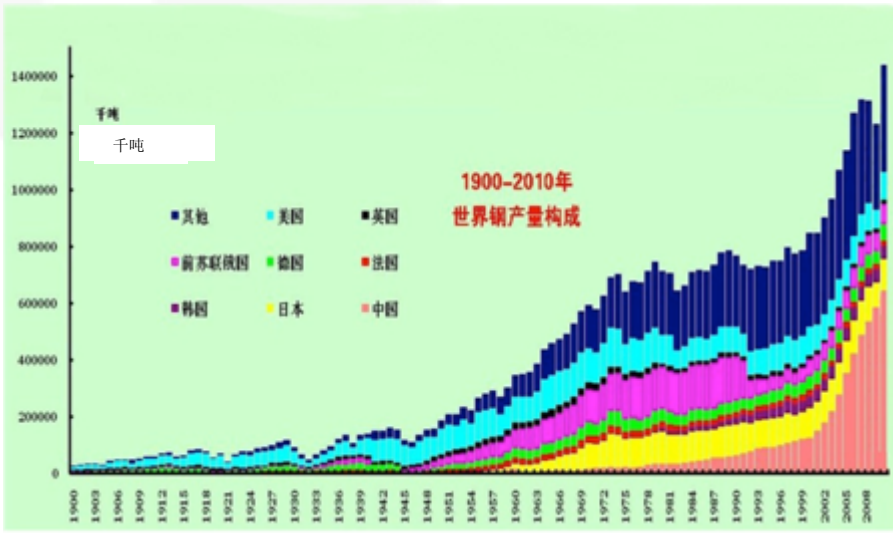
能源消费



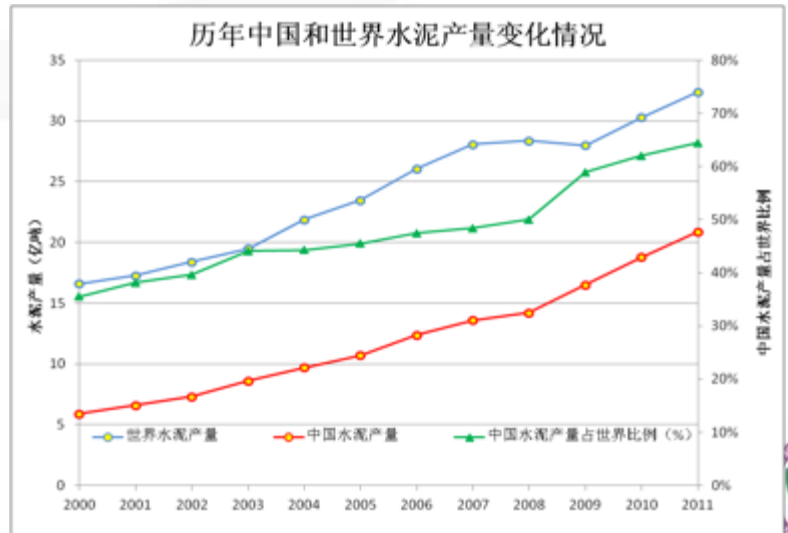
汽车保有量



钢产量



水泥产量

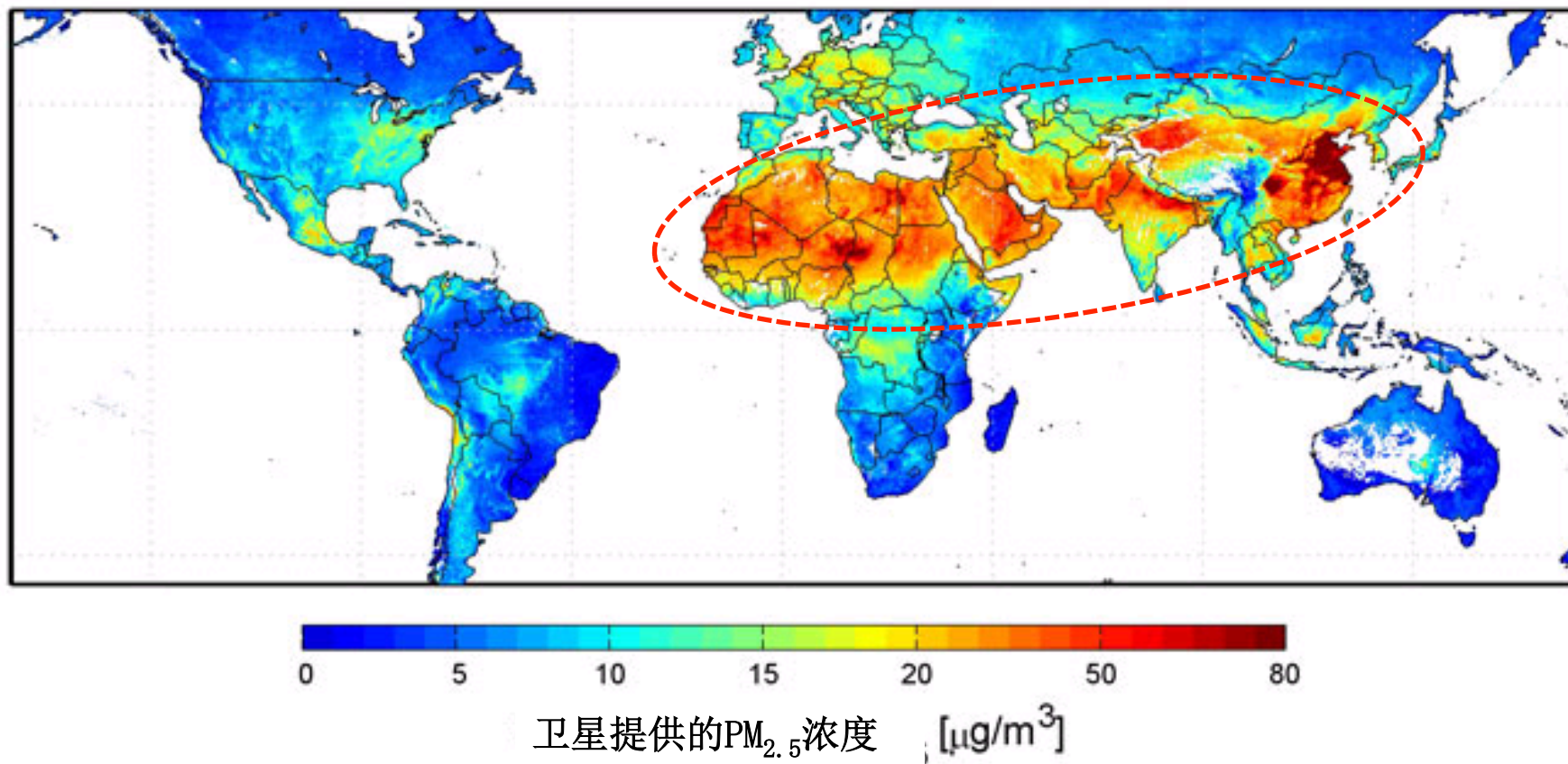


中国快速的城市化进程



PM_{2.5}污染凸显：2001

2006年



van Donkelaar等人, 《环境卫生展望》

(*Environmental Health Perspectives*), 2010年

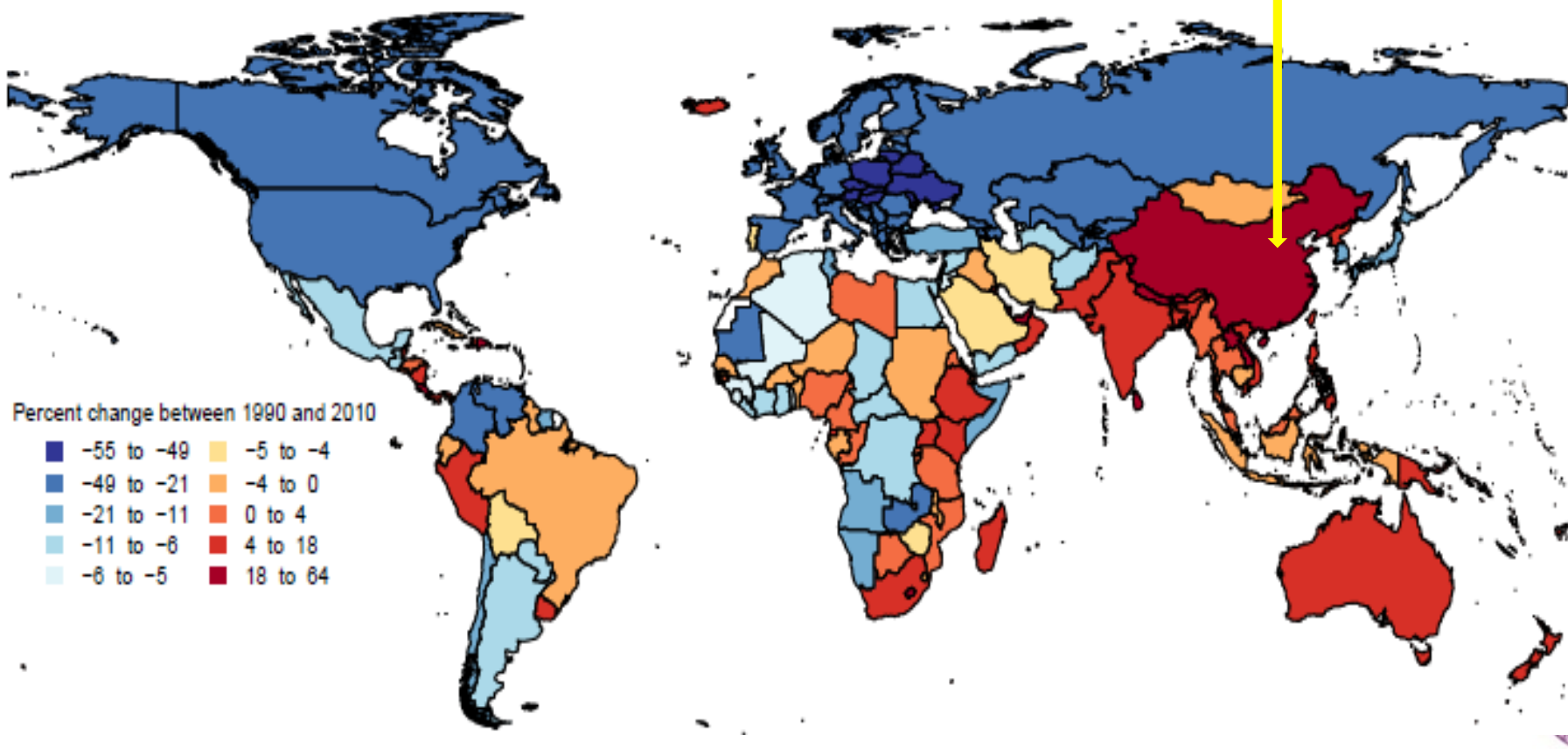
<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/health-sapping.html>



环境空气PM_{2.5}浓度变化趋势：1990-2010

1990 → 2010: 人口加权估算PM_{2.5}全球增加10%

1990 → 2010: 人口加权估算PM_{2.5}中国增加50%



站在全球角度看中国城市的空气质量

- 2012年世界银行发布的报告：2009年中国因PM10污染引发公众发病和过早死亡造成的健康损失占GDP的2.8%
- 2011年，WHO 发布世界城市以PM₁₀ 为主要因子的空气质量报告：在1082个城市中，北京市排名1035位，我国城市环境空气质量好的海口市排名在800位之后。
- 2014年5月WHO发布的“环境空气污染数据库”收录了全球1600个城市的空气质量数据。在PM2.5浓度最高的100个城市中，中国占9个，中国空气质量最差的兰州排名36位，首都北京排在第77位，最好的海口排名674位。



中国大气污染防治： 2010 年以来的举措



中国大气环境保护的战略目标

2007-2009年中国环境保护部与中国工程院共同完成“中国环境宏观战略研究”，这是一项总结过去、指导现在、谋划未来的重大工程。

2050年大气环境保护的总体目标：

通过大气污染综合防治，大幅度降低环境空气中各种污染物的浓度，城市和重点地区的大气环境质量得到明显改善，全面达到国家空气质量标准，**基本实现世界卫生组织(WHO)环境空气质量浓度指导值**，满足保护公众健康和生态安全的要求。（希望与世界卫生组织的标准体系接轨。）



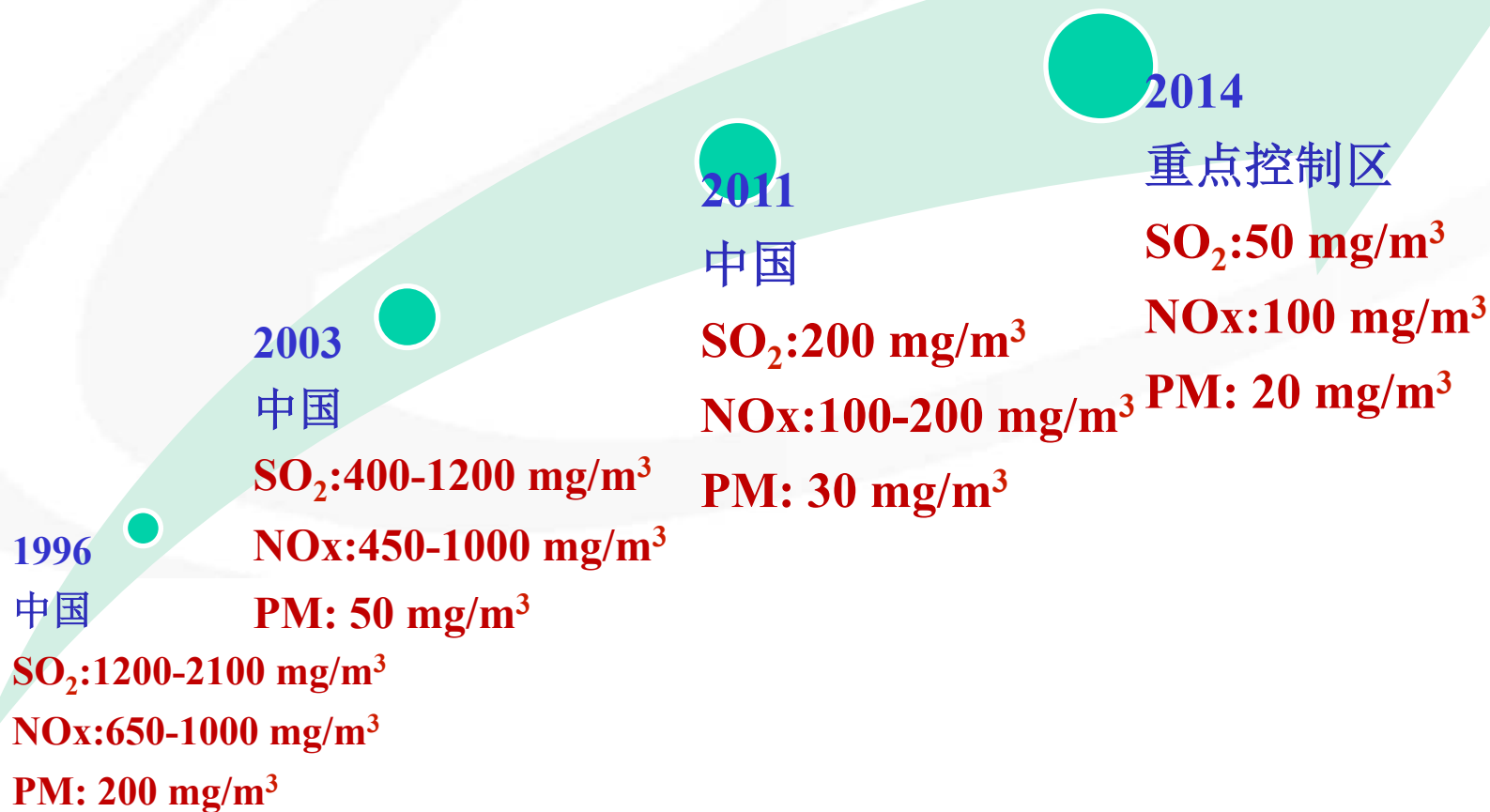
将SO₂和NO_x排放量纳入十二五规划约束性指标

	SO ₂ (百万吨)	NO _x (百万吨)
2010排放量	22.08	21.57
2010-2015预计新增量	4.17	5.34
2010-2015新增减排能力	5.97	7.6
2010-2015减排百分比	8%	10%



进一步加严排放限值，优化产业升级

中国火电厂排放标准的演变



颁布环境空气质量新标准（GB3095-2012）



附件：

ICS 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 9137—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

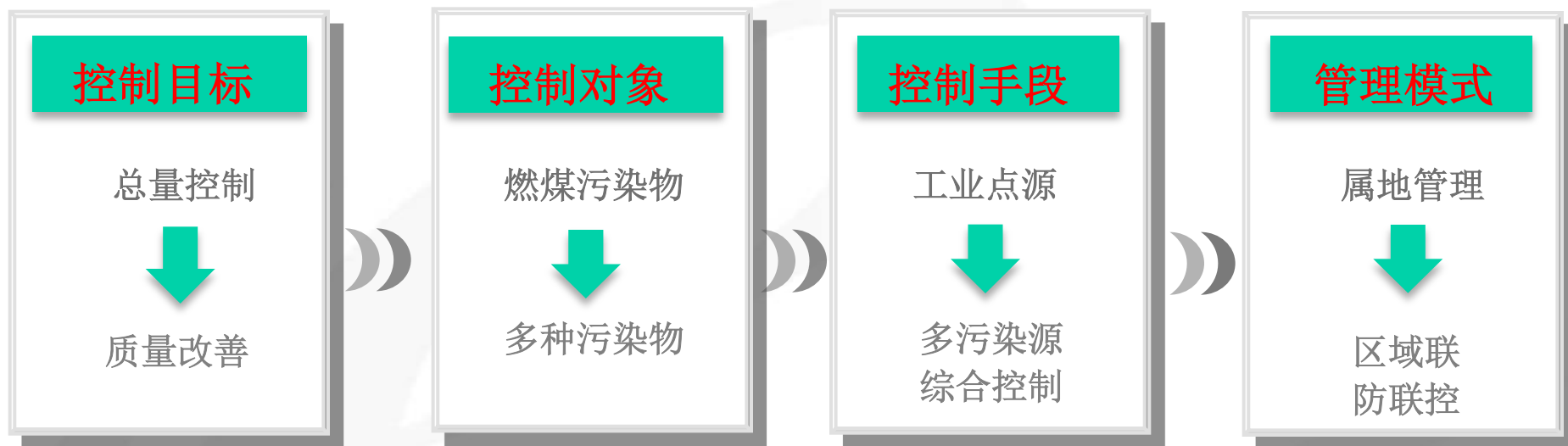
序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	二氧化硫 (SO ₂)	年平均	20	60	μg/m ³
		24 小时平均	50	150	
		1 小时平均	150	500	
2	二氧化氮 (NO ₂)	年平均	40	40	μg/m ³
		24 小时平均	80	80	
		1 小时平均	200	200	
3	一氧化碳 (CO)	24 小时平均	4	4	mg/m ³
		1 小时平均	10	10	
4	臭氧 (O ₃)	日最大 8 小时平均	100	160	μg/m ³
		1 小时平均	160	200	
5	颗粒物 (粒径小于等于 10 μm)	年平均	40	70	μg/m 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	



实施大气污染防治的四个战略性转变

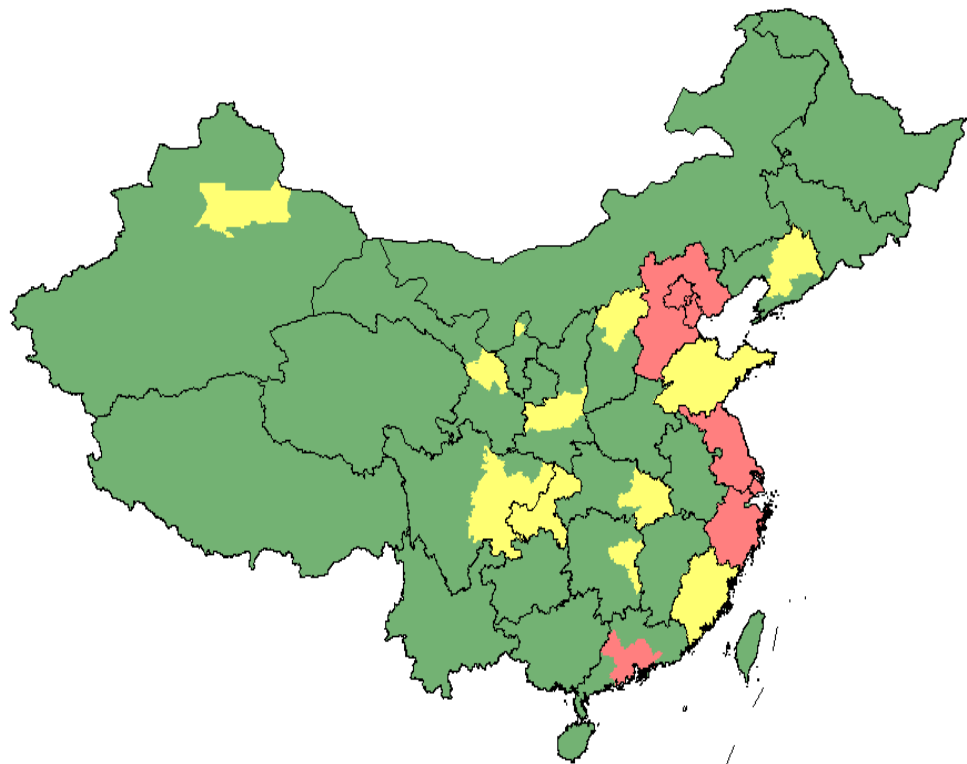


● 国务院发布了两个主要文件

- ✓ 2012年, 《重点区域大气污染防治“十二五”规划》
- ✓ 2013年, 《大气污染防治行动计划》



重点区域大气污染防治“十二五”规划



3个地区和10个城市群体

- 1.京津冀
- 2.长江三角洲
- 3.珠江三角洲
- 4.辽宁中部
- 5.山东半岛
- 6.武汉及其周边
- 7.长株湘
- 8.成渝
- 9.海峡西岸
- 10.山西中北部
- 11.陕西关中
- 12.兰州白银
- 13.新疆乌鲁木齐

- 共13个地区，包括19个省、117个市，132.56万平方公里
- 排放强度是全国平均水平的2.9 - 3.6倍
- 根据新的空气质量标准，82%的城市不达标
- 复合型空气污染，包括PM_{2.5}和O₃



重点地区规划目标

重点是空气质量改善和污染减排

类别		指标	百分比
空气质量	1	SO ₂ 年均浓度下降	10%
	2	NO ₂ 年均浓度下降	8%
	3	PM ₁₀ 年均浓度下降	10%
	4	PM _{2.5} 年均浓度下降	5%
	5	臭氧超标天数减少	5%
排放控制	6	SO ₂ 减排量	12%
	7	NO _x 减排量	13%
	8	工业粉尘减排量	10%
	9	VOC减排量（重点行业）	14%



2013年1月中国东部PM_{2.5}污染事件

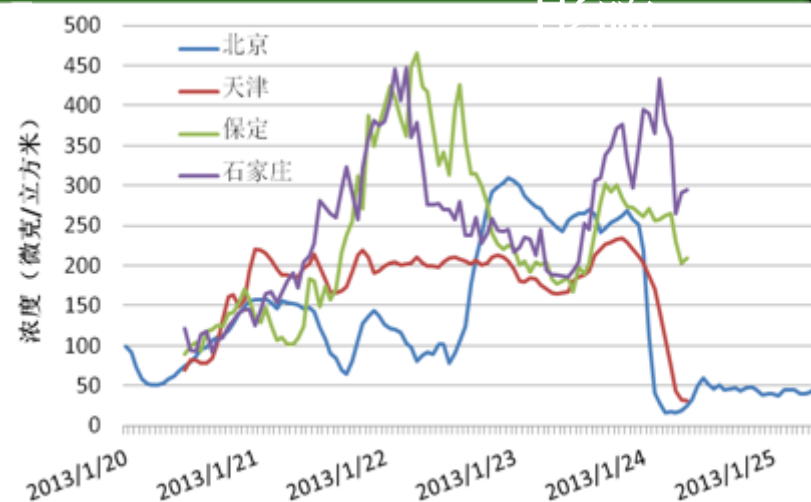
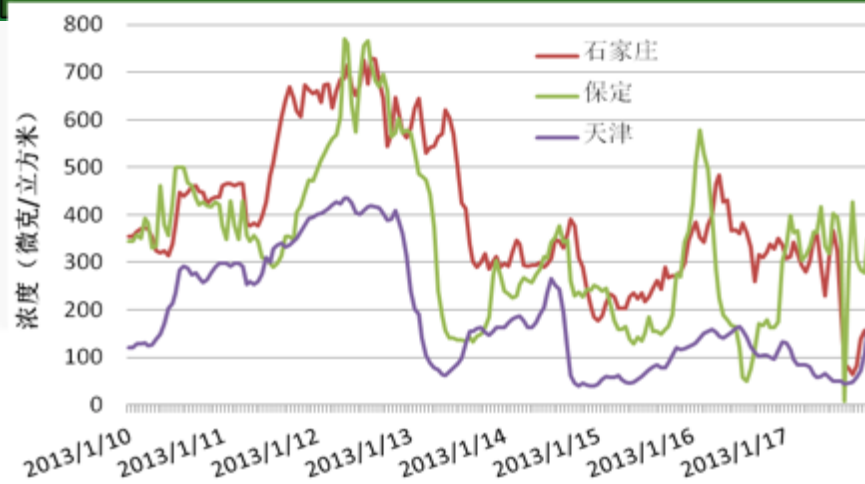
2013年1月：特点

130万平方公里

在一些地区持续三周

PM_{2.5}浓度高：
爆表

8.5亿人受到霾的





大气污染防治行动计划（国10条）： 空气质量管理的 new 进展



《大气污染防治行动计划》是里程碑性纲领

第一个国家级大气污染防治行动计划

第一个以环境空气 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度改善为目标的行动计划

第一个基于环境空气质量改善（基于风险分析）为目标的行动计划。

目标与原则

1

加快改善空气质量：基于当前的十二五规划，做出实施计划以实现更大程度的改善

2

强调重点地区：重点区域实行更高的目标（京津冀，长江三角洲和珠江三角洲）

3

明确控制重点：重点区域的控制重点为PM_{2.5}，其他地区的控制重点是PM₁₀



国家战略高度的顶层设计

奋斗目标：

经过五年努力，全国空气质量总体改善，重污染天气较大幅度减少；京津冀、长三角、珠三角等区域空气质量明显好转。

力争再用五年或更长时间，逐步消除重污染天气，全国空气质量明显改善

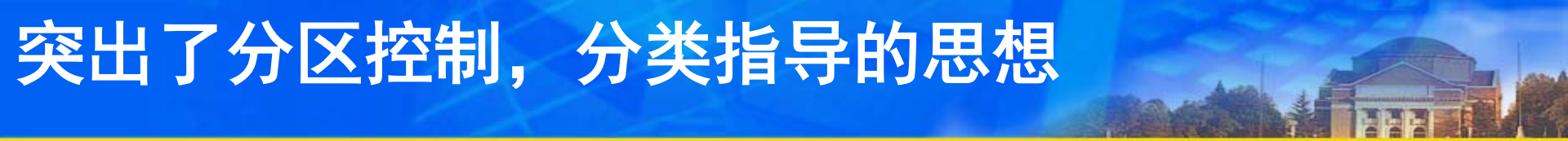


具体指标：

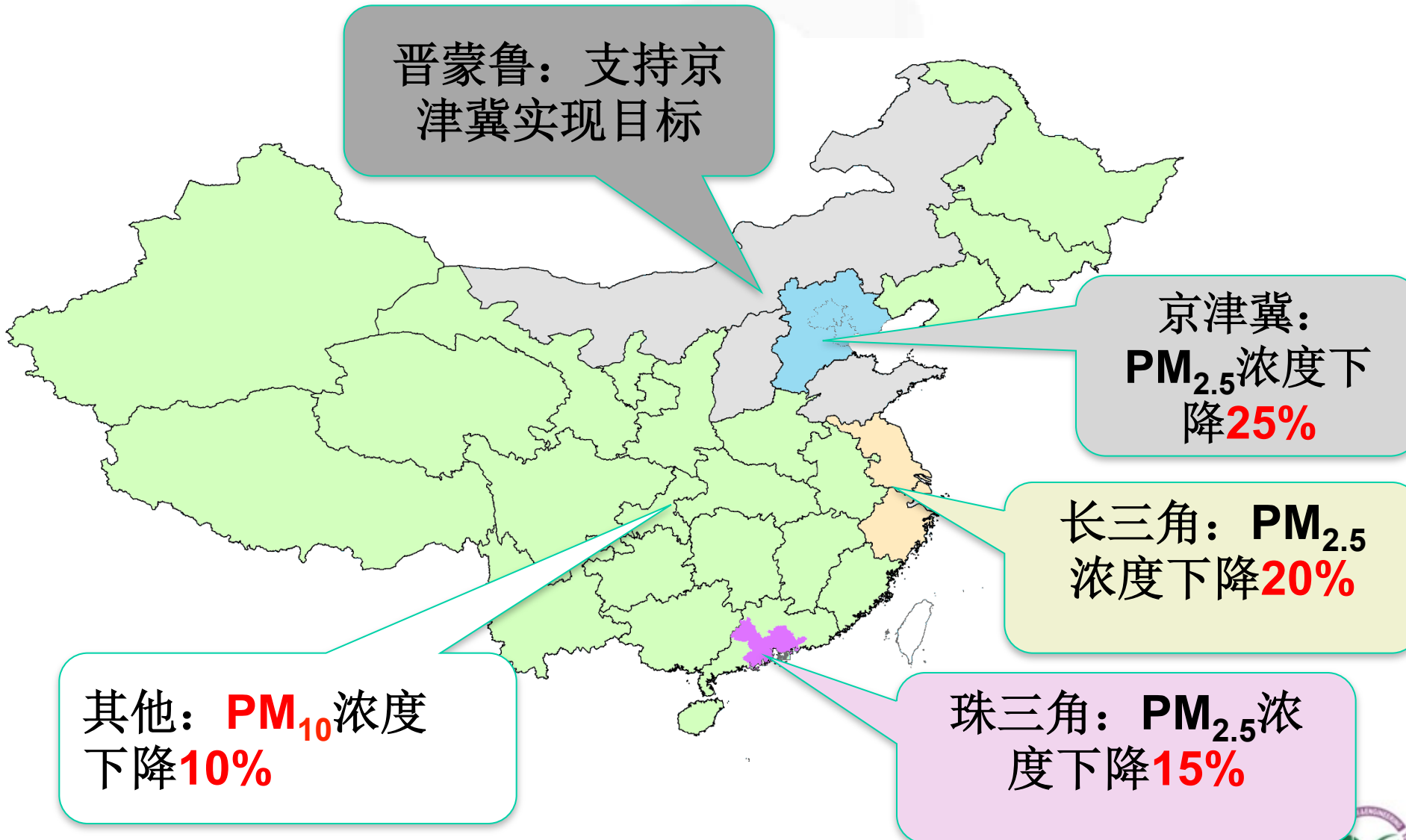
到2017年，全国地级及以上城市in PM_{10} 比2012年下降10%以上，优良天数逐年提高。

京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度分别下降25%、20%、15%左右，其中北京市细颗粒物年均浓度控制在60微克/立方米左右。





突出了分区控制，分类指导的思想



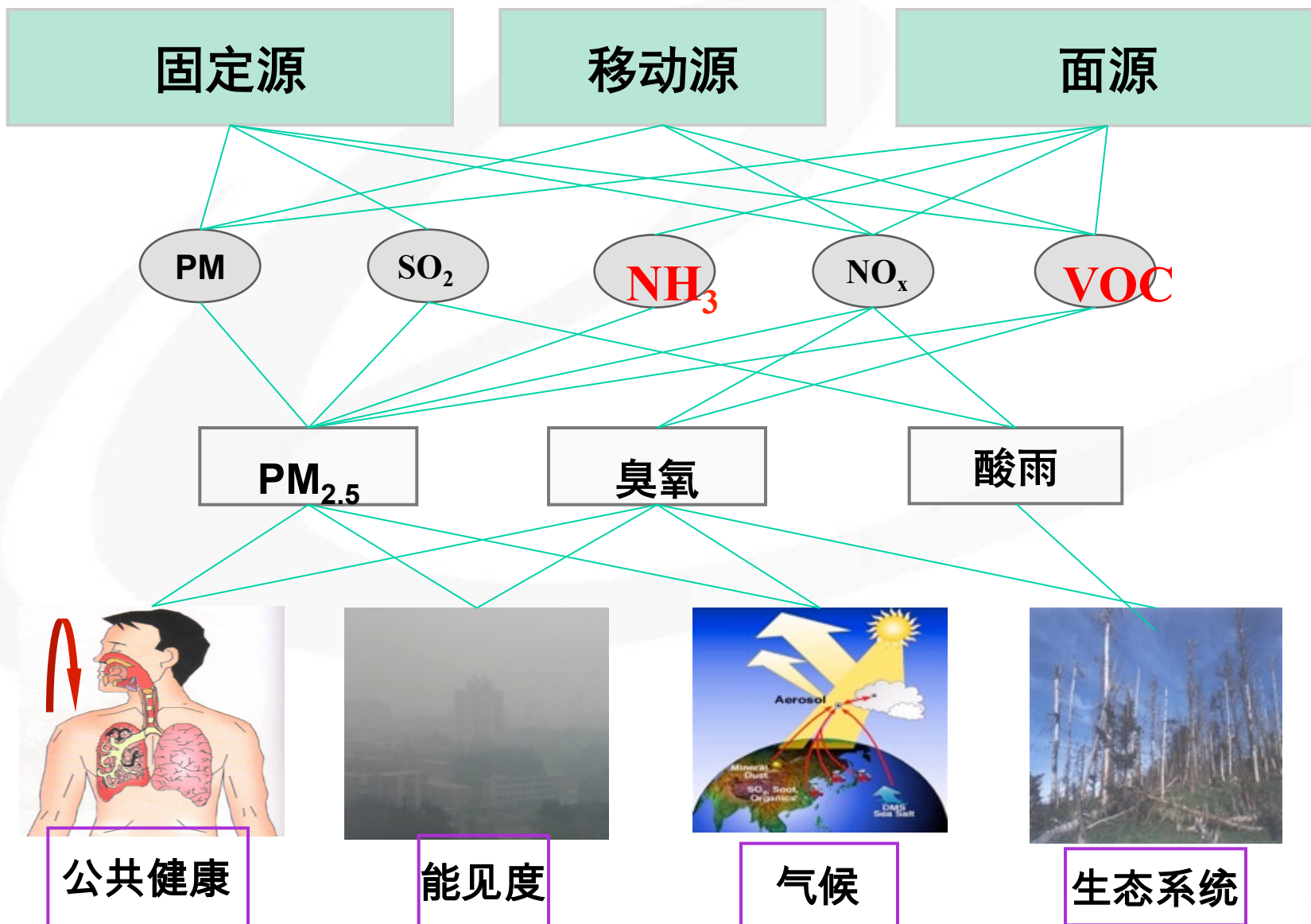
关注了大气污染产生的重要因素

加快产业结构转型和升级

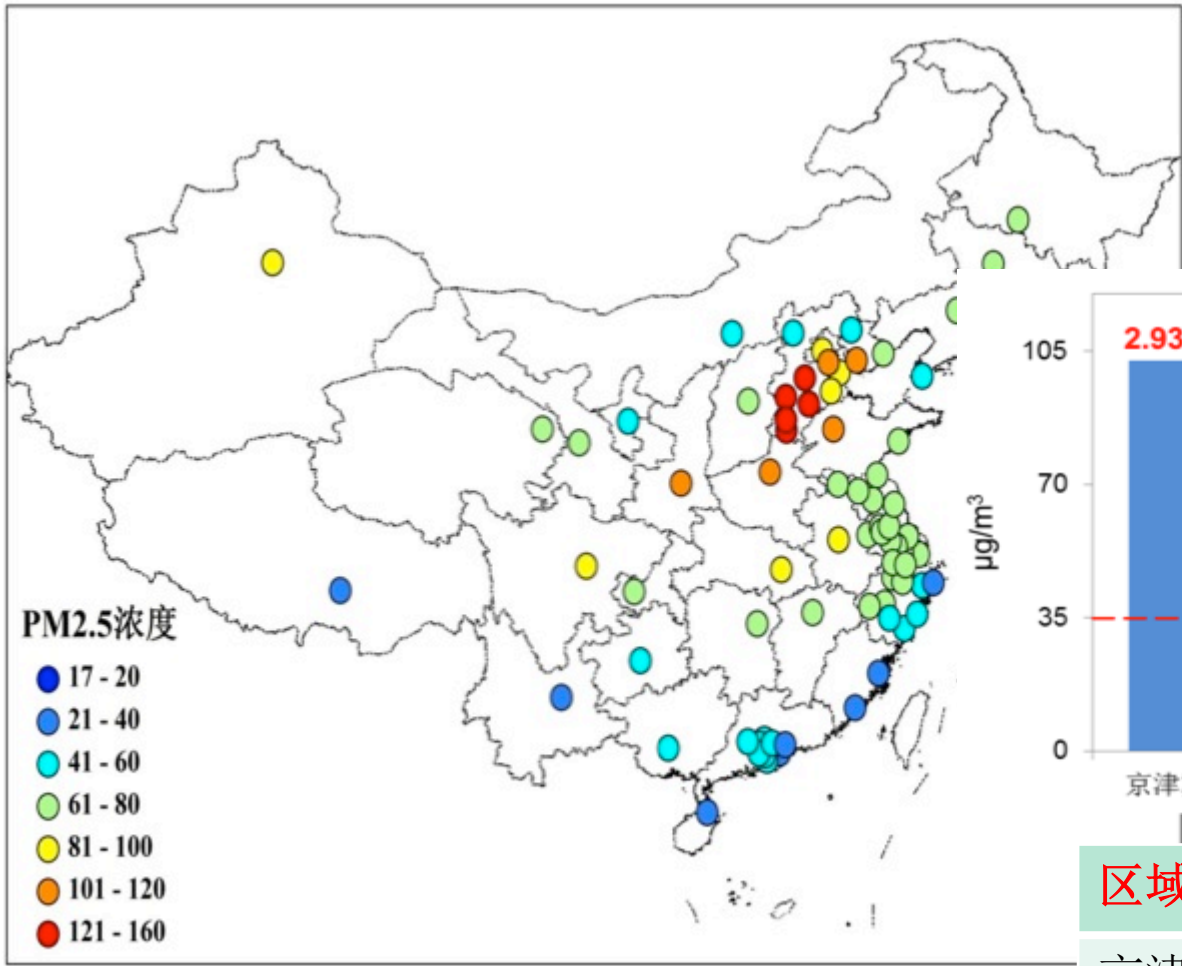
加快能源效率提升和低碳化

强化机动车污染防治

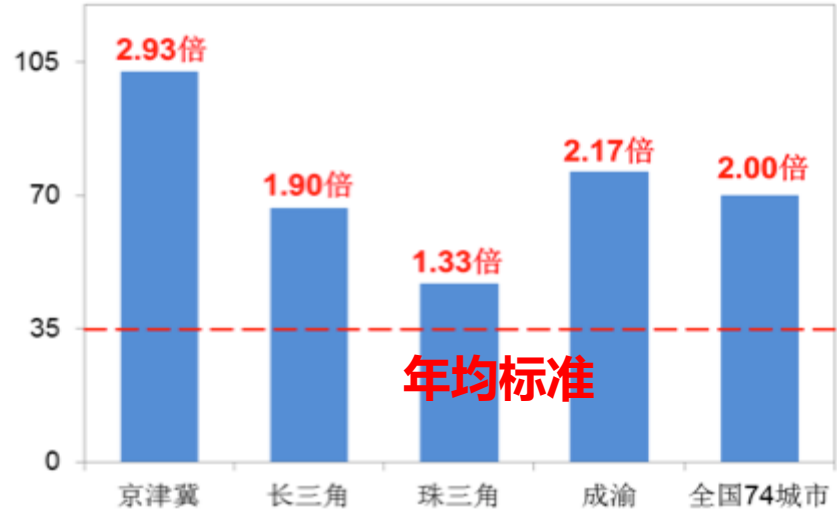
推动多污染源综合控制、多污染物协同控制



加快建设PM_{2.5} 质量浓度监测系统



2013年74个重点城市监测结果



区域	城市总数	平均达标天数
京津冀	13	37.5%
长三角	25	64.2%
珠三角	9	76.3%



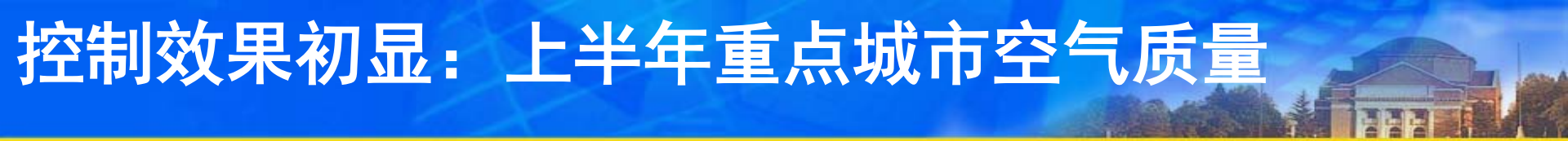
建立京津冀、长三角区域联防联控工作协调机制

国务院
有关部门

省级
人民政府

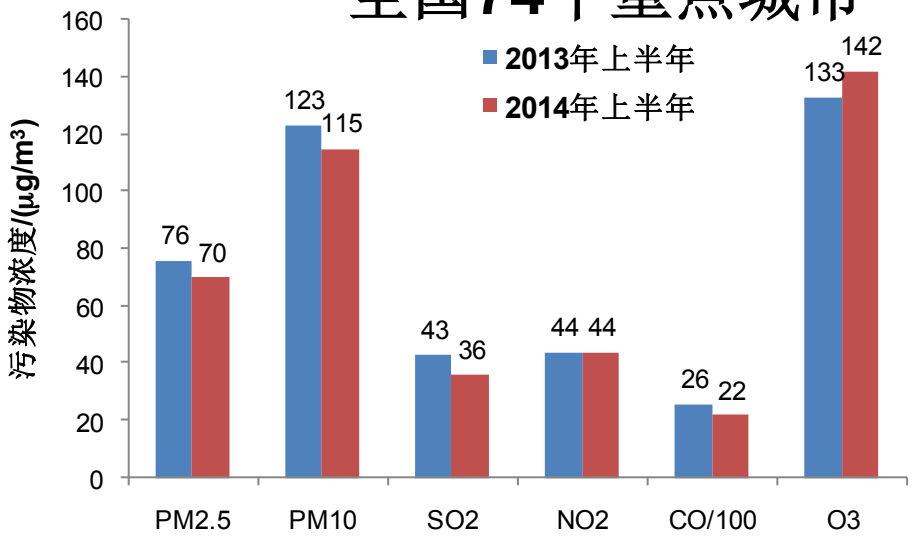
- 协调解决区域内突出环境问题
- 组织实施环评会商、联合执法、信息共享、预警应急等工作
- 通报工作进展
- 研究确定阶段性工作要求、工作重点和主要任务。



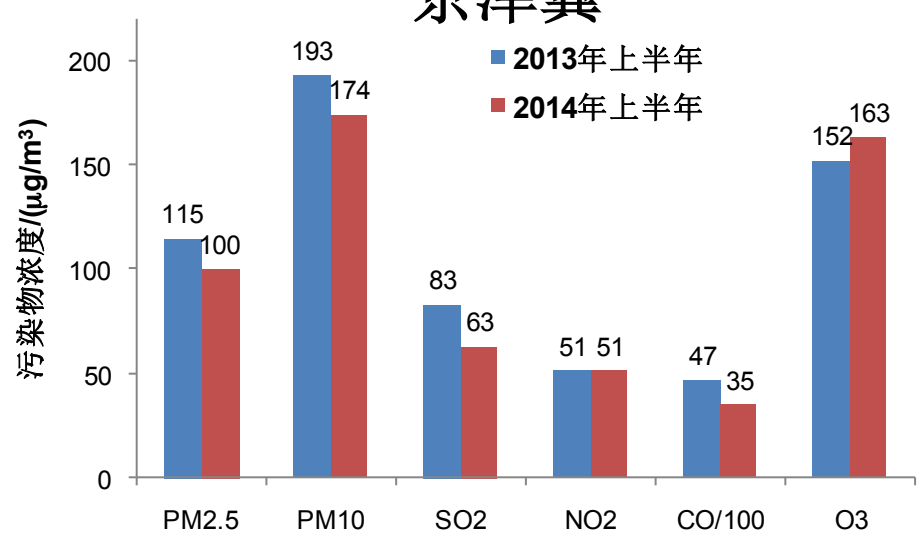


控制效果初显：上半年重点城市空气质量

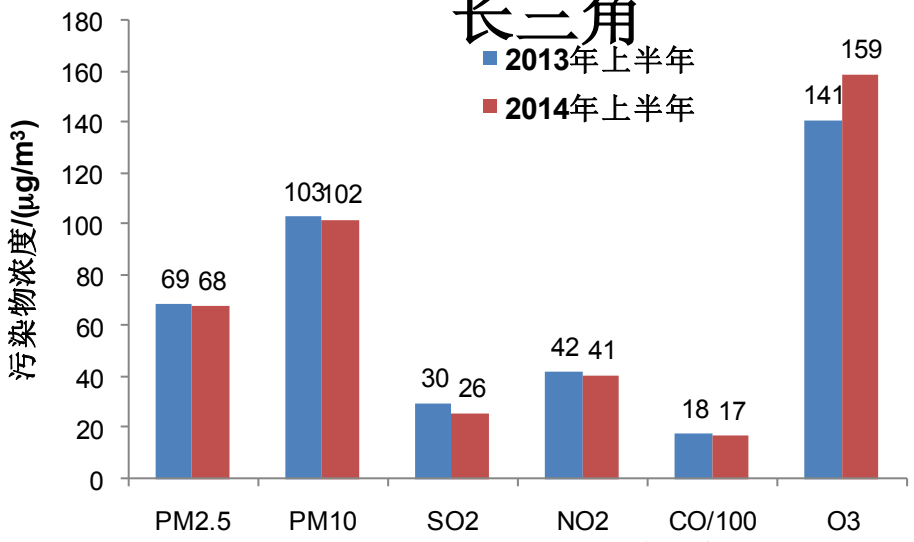
全国74个重点城市



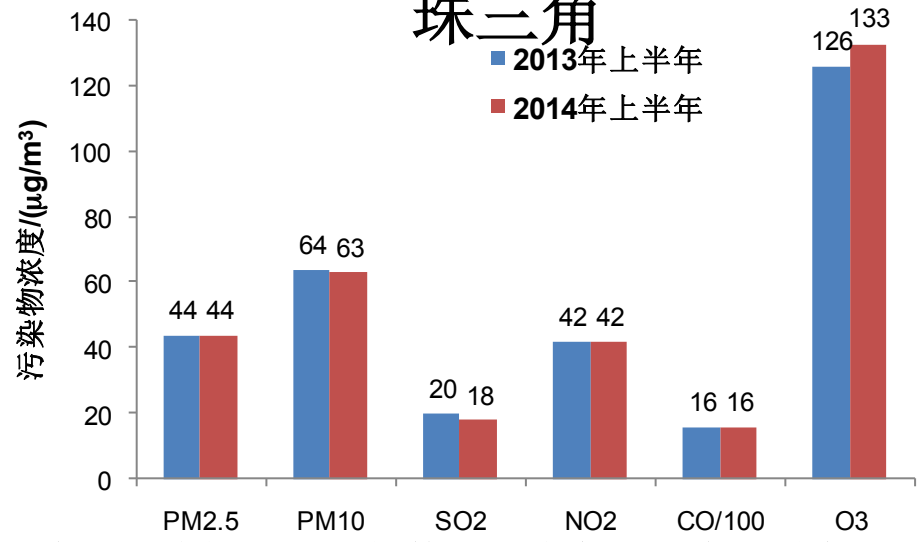
京津冀



长三角



珠三角



➤注：PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂为6个月平均值，CO为日均值第95百分位数平均浓度，O₃为日最大8小时均值第90百分位数平均浓度



中国大气污染防治： 展望



达到既定目标任务艰巨，需要付出巨大努力

- 为达到既定目标，需要多污染物减排幅度远超过远超过以往任何时期。

污染物减排目标百分比的比较

	SO ₂	NO _x	PM	VOCs
（确保实现）行动计划	>15%	>20%	>20%	>7%
“十二五”	>8%	>10%	N/A	N/A
“十一五”	>10%	N/A	N/A	N/A

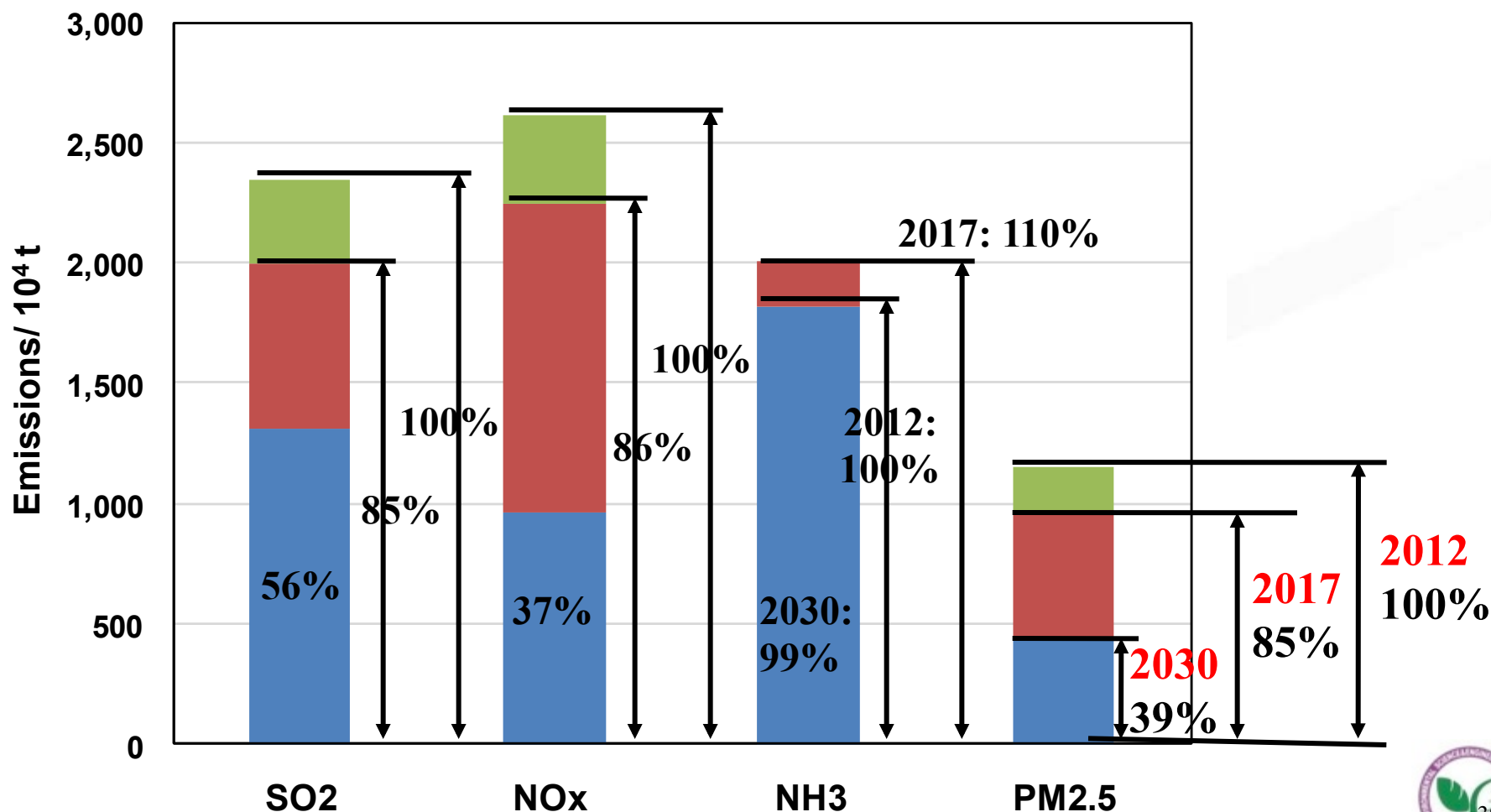
- 三大重点区域所需实现的减排比例更高。



实现环境空气质量达标，需要减排幅度大



- ◆ 空气质量目标：国十条 (2017); 2030年环境质量PM2.5达标
- ◆ 全国需要的消减比例

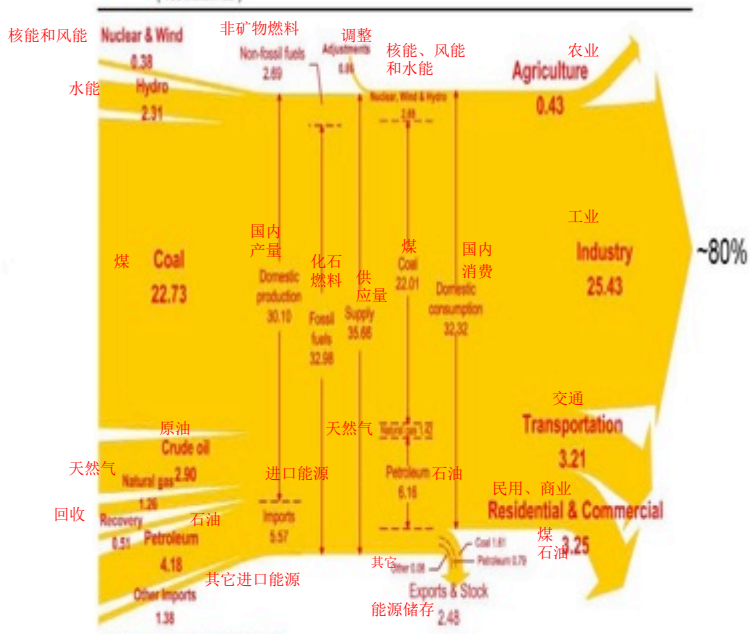


进一步强调节能对大气污染防治的协同效益



China: more than 2/3 are for industry
中国终端耗能中，工业约占三分之二

2010年中国能流图 (1 亿tce)



数据来源：中国能源统计年鉴，2011年

版权所有：清华—BP清洁能源研究与教育中心

中国工业产品能耗与国际先进水平的差距

单位能耗 (kgce/t)	中国	国际先进	Gap (%)
钢铁	625	550	13.6
水泥	151	118	28.0
乙烯	1003	629	59.5

- 提高工业生产过程中的能源利用效率
- 加强材料研发和管理，强化建筑节能
- 减少交通油品消耗



更加重视改善环境空气质量与气候变化的关联性协同性、一致性



数据来源：世界银行，《中国可持续性低碳城市发展》

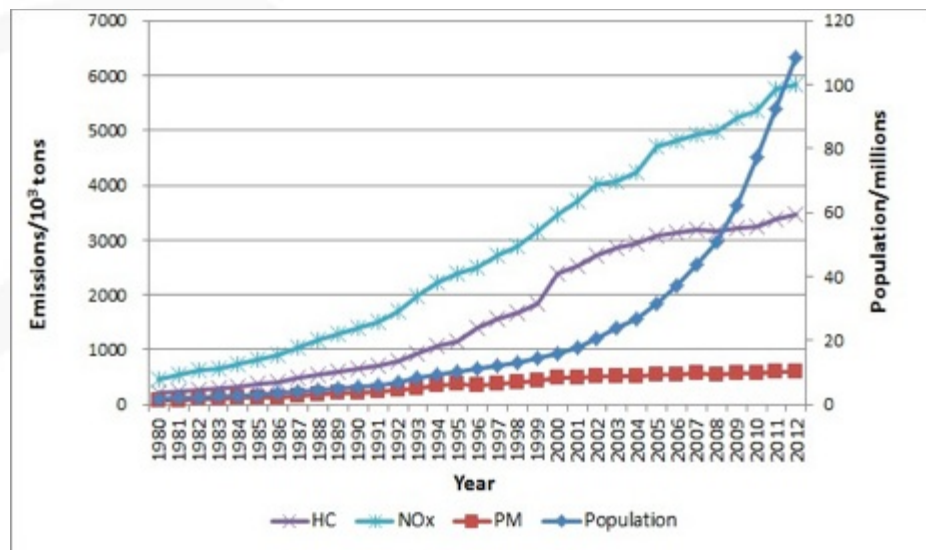
科学谋划，有序推进城镇化

- **在城镇化过程中考虑产业和能源调整要求：**严格产业准入，控制落后产能扩张；强化基础设施建设，保障清洁能源供给。
- **科学进行城市规划：**合理规划城市规模，慎重发展千万人口级的城市；控制城市煤炭消费量，以减少燃煤污染。
- 合理规划城市布局：优化交通系统，以减少机动车污染。
- **关注O₃污染问题：**随着对PM污染控制的逐渐深入，关注重点区域日益严重的O₃污染问题。

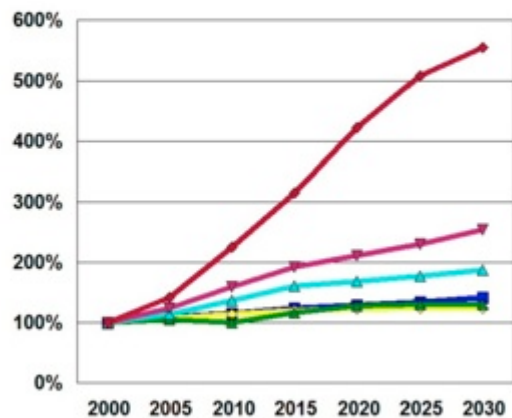


进一步推进移动源污染防治

- 妥善应对机动车保有量快速增长、高频使用的压力
- 积极推动非道路移动源污染防治。



各地区客运量（以2000年为标准）



机动车快速增长在很大程度上抵消了减排成果

交通需求还将大幅增长

来源：国际能源署



积极开展大气污染对人体健康影响的研究

- 大气污染与人体健康影响的研究成果是推动空气质量标准和污染防治进程的重要力量

1987年以来，WHO关于空气质量导则的三次修订，每一次都是基于有关人体健康影响的最新进展和研究成果。

中国自1979年以来，在空气质量标准和大气污染防治法制定与修订过程中，充分借鉴了国际社会的经验与成果。

- 国际学术界关于大气污染健康影响研究的方法与最新成果将为中国环境健康研究和政策制定提供重要帮助



空气质量改善任重道远，需持续努力，并循序渐进



建立环境质量目标



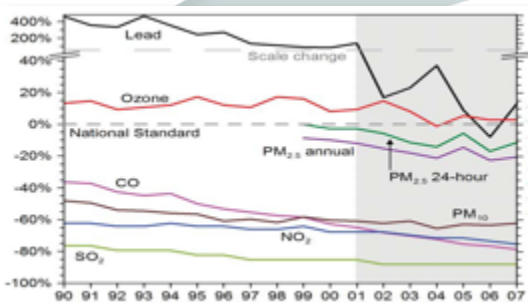
确定减排目标

Scientific Research

科学研究



控制措施



跟踪评估



项目实施

结 语

- 1、大气污染既具有局地性，也具区域性及全球性；
- 2、改善环境空气质量，既要关注直接排放的污染物，也要关注大气环境中形成的二次污染物；
- 3、控制大气污染仅靠标准是不够的，减排是硬道理。现有污染物排放总量减少30-50%，环境空气质量才会出现明显好转；
- 4、空气质量管理是持续发展和改善的过程，任重道远，是政府、企业和公众的共同责任，需要区域合作共同应对。想看真正蓝天，需要坚定也需要耐心。

谢谢！