

欧美经验对我国“十三五”大气污染防治 防治战略的启示

杜譔, 李宏涛*

(环境保护部环境保护对外合作中心, 北京 100035)

摘要 当前,我国大气污染防治形势严峻,复合型污染特征突出。新修订的《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《环境空气质量标准》以及《大气污染防治行动计划》的发布和实施,对我国大气污染防治工作提出了更高要求。“十三五”时期是我国环境保护负重前行困难期和大有作为关键期,也是我国改善大气环境质量的攻坚期,需要系统谋划大气污染防治战略。欧盟和美国在制定大气污染防治战略时,以改善空气质量为核心,构建了涵盖一次污染物和二次污染物的多污染物目标体系,规定了环境浓度、排放量、直观感受(能见度)、健康以及管理等约束性指标,并且针对大气污染防治政策分析实施的成本与收益,开发相应的模型工具,基于收益成本比进行科学决策。本文对欧美环境规划和战略中的多污染物协同控制目标体系以及大气污染防治政策成本效益评估经验进行梳理,分析我国大气污染防治战略的现状和问题,并提出相关政策建议,以期为解决“心肺之患”、实现环保“十三五”总体目标提供参考。

关键词 大气污染; 环境规划; 防治战略; “十三五”时期

中图分类号: X321; X51

文章编号: 1674-6252(2016)05-0057-006

文献标识码: A

DOI: 10.16868/j.cnki.1674-6252.2016.05.057

European and American Experiences and Its Implications on Air Pollution Control Strategy in China during the 13th Five-Year Period

DU Xuan, LI Hongtao*

(Foreign Economic Cooperation Office, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100035)

Abstract: Air pollution situation is grim in China currently, and complex pollution characteristics are prominent. The *Air Pollution Prevention and Control Action Plan*, the newly revised *Law on Environmental Protection*, the *Law on Air Pollution Prevention and Control*, and the *National Ambient Air Quality Standard* have been issued and implemented, which put forward higher requirements for air pollution control. There will be great difficulties and opportunities in the 13th Five-Year period, which is the crucial period of air quality improvement. It is necessary to plan strategy for air pollution control systematically. During the formulation process of air pollution control strategy in the European Union and the United States, to improve the air quality is the core, the multi pollutants target system covers both of primary pollutants and secondary pollutants, and the indicators include environmental concentrations, emissions, intuitive feelings (visibility), health and management. Cost benefit analysis is applied in air pollution control policy, and the corresponding model tools are developed, which support scientific decisions based on cost benefit ratio. This article summarized the experiences of multi pollutants target system and cost benefit evaluation method from EU and USA in air pollution control, analyzed the current situation and problems of China air pollution control strategy, and put forward the relevant policy recommendations, in order to solve the air pollution problem and achieve environmental protection overall goal of the 13th Five-Year period.

Keywords: air pollution; environmental planning; control strategy; the 13th Five-Year period

作者简介: 杜譔(1982—),女,博士,环境保护部环境保护对外合作中心高级工程师,主要研究方向为全球环境政策、环境保护国际合作、大气污染控制, E-mail: du.xuan@mepfeco.org.cn。

* 责任作者: 李宏涛(1979—),男,环境保护部环境保护对外合作中心高级工程师,主要研究方向为全球环境政策、环境保护国际合作。

引言

近年来,我国城市空气质量总体呈转好趋势,但大气污染形势依然严峻,复合型污染特征突出。其中,京津冀区域环境空气PM_{2.5}浓度仍超标较重,在北方采暖季空气污染严重,臭氧(O₃)污染问题也日益凸显,尤其是长三角区域,2015年O₃日最大8小时均值第90百分位浓度平均同比上升5.8%,与2013年相比上升13.2%^[1]。

我国新修订的《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《环境空气质量标准》以及2013年发布实施的《大气污染防治行动计划》,对环境保护五年规划的约束性指标提出了更高的要求,大气污染控制战略仍有待加强和完善^[2,3]。一方面,在控制复合型大气污染方面存在局限性,难以满足各项新政策对PM_{2.5}和O₃提出的环境质量要求。为了达到空气质量改善目标的要求,必须对一次颗粒物和SO₂、NO_x、VOCs、NH₃等二次颗粒物以及O₃的前体物进行持续减排,需要新的五年规划中对相应的指标加以扩充和强化。另一方面,缺乏大气污染防治政策的成本效益评估。大气污染防治目标和措施的设计应伴随相应的评估方法,从而跟踪和评价措施的执行情况及有效性。现阶段,我国尚未形成空气质量管理的全过程评价方法和体系,尤其是在环境规划中尚未形成成本效益的评估机制。需要借鉴国际经验,创新管理手段,逐步丰富和发展我国大气污染防治战略。

1 构建多污染物协同控制指标体系

1.1 多污染物减排目标

从20世纪五六十年代出现大气环境污染以来,欧洲在地区协作层面和规划层面设计了多指标的污染控制体系。随着酸雨等污染物跨界传输问题的凸显,欧洲开始采取积极的削减控制策略。1979年,欧洲各国缔结了控制酸雨越境污染的《长距离跨界大气污染公约》,1985年的《赫尔辛基公约》首次对SO₂提出了减排50%的控制目标,此后在《索菲亚议定书》、《哥德堡议定书》和《日内瓦议定书》中又分别增加了对NO_x和VOCs的削减目标。2012年,新修订的《哥德堡议定书》将PM_{2.5}和短期气候变化污染物黑炭(BC)的控制纳入《长距离跨界大气污染公约》防控体系。第六期环境行动计划(2002—2012)要求欧盟制定有关空气质量的实施战略,设定2020年的减排目标为:与2000年相比,SO₂减排82%,NO_x减排60%,VOCs减排51%,NH₃减排27%,PM_{2.5}减排59%。欧盟多污染物协同控制机制如图1所示。

迄今为止,美国环境保护局(EPA)已制定了七轮战略规划,目前正在实施2014年发布的《美国环境保护局2014—2018财年战略规划》。EPA的战略规划为目标导向型,在第一个战略规划中明确了污染防治的总目标,即带领全国削减污染物排放,并将污染防治作为首要战略。在其后六轮的战略规划中,均设置了专门的大气污染防治目标,约束性指标覆盖CO、SO₂、NO_x、PM、O₃和VOCs等多种污染物(表1)。

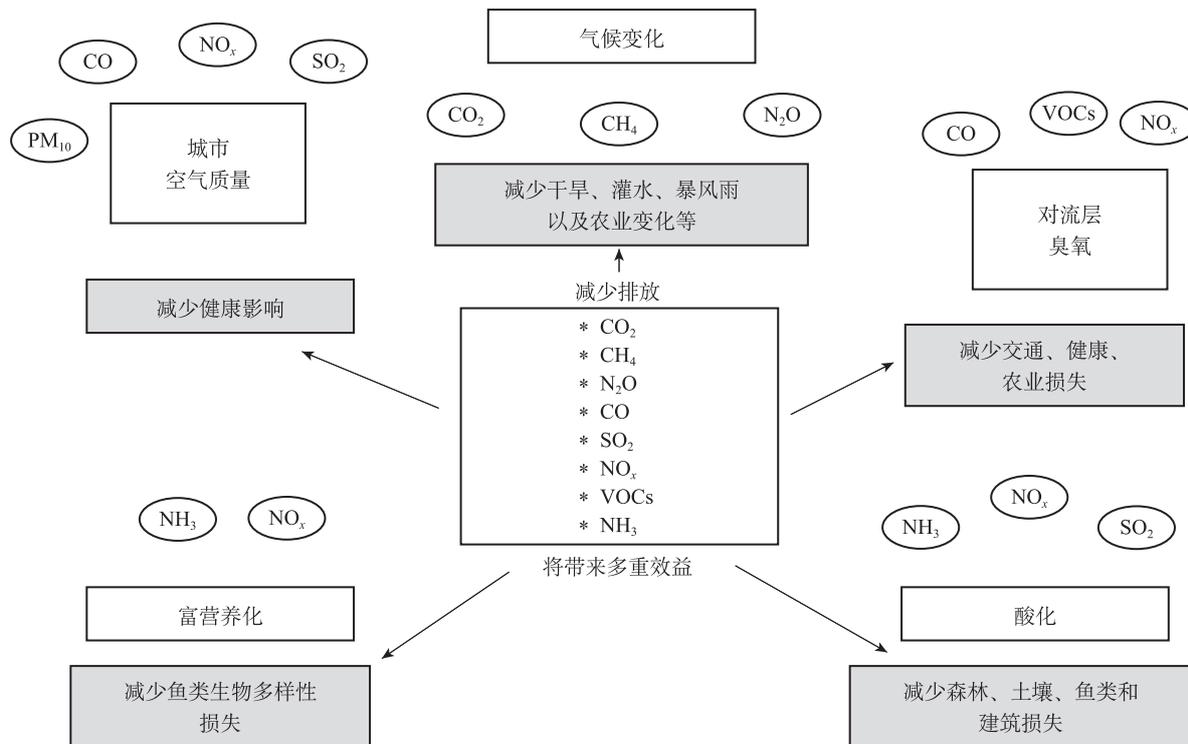


图1 欧盟多污染物协同控制机制

表 1 美国环境保护局战略规划^[4-9]

1997—2002 年	2000—2005 年	2003—2008 年	2006—2011 年	2011—2015 年	2014—2018 年
<ul style="list-style-type: none"> ● 目标：清洁空气 - CO 浓度 - SO₂ 浓度 - 铅浓度 - O₃ 浓度 - PM 浓度 - NO₂ 浓度 - SO₂ 排放量 - NO_x 排放量 - 空气有毒物质的排放量 - 硫酸盐环境浓度 - 硝酸盐环境浓度 - 总硫沉降 - 总氮沉降 - 能见度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 目标：清洁空气 - CO 浓度 - SO₂ 浓度 - 铅浓度 - O₃ 浓度 - PM 浓度 - NO₂ 浓度 - 能见度 - 电厂 NO_x 排放量 - 电厂 SO₂ 排放量 - 空气有毒物质的排放量 - 印第安部落的能力建设 - PM 健康风险评估工具 - PM 和 O₃ 排放和空气质量达标工具 - 空气有毒物质信息和工具 	<ul style="list-style-type: none"> ● 目标：健康的室外空气 ◇ 子目标 1：更多的人呼吸清洁空气 - SO₂ 固定源排放量 - NO_x 固定源排放量 - NO_x 移动源排放量 - VOCs 移动源排放量 - PM_{2.5} 移动源排放量 ◇ 子目标 2：减少空气有毒物质的风险 - 空气有毒物质固定源排放量 - 电厂汞排放量 - 空气有毒物质移动源排放量 - 柴油校车清洁化 ● 目标：健康的室内空气 - 家庭氡污染防治 - 儿童环境烟雾暴露 - 室内环境暴露引发的哮喘 - 学校空气质量改善 - 办公场所空气质量改善 	<ul style="list-style-type: none"> ● 目标：健康的室外空气 ◇ 子目标 1：O₃ 和 PM_{2.5} - O₃ 浓度 - PM_{2.5} 浓度 - PM_{2.5} 移动源排放量 - NO_x 移动源排放量 - VOCs 移动源排放量 - 能见度 - 印第安部落的能力建设 ◇ 子目标 2：削减空气有毒物质 - 空气有毒物质排放量 ◇ 子目标 3：慢性酸性水体控制 - SO₂ 电厂排放量 - NO_x 电厂排放量 - 总年均酸沉降 - 硫酸盐浓度 - 总年均氮沉降 ● 目标：健康的室内空气 - 家庭氡污染防治 - 室内环境暴露引发的哮喘 - 学校空气质量改善 - 办公场所空气质量改善 	<ul style="list-style-type: none"> ● 目标：改善空气质量 ◇ 子目标 1：削减指标污染物和区域雾霾 - O₃ 浓度 - PM₁₀ 浓度 - SO₂ 电厂排放量 - I 类地区能见度最差天数 - 印第安部落的能力建设 ◇ 子目标 2：削减空气有毒物质的排放 - 空气有毒物质（致癌毒性加权）的排放 ◇ 子目标 3：减少酸沉降的有害生态效应 - 慢性酸性水体的数量 - 生态系统的健康效益 ◇ 子目标 4：减少室内空气污染物的暴露 - 降低氡暴露以减少肺癌过早死亡病例 - 室内环境暴露引发的哮喘 	<ul style="list-style-type: none"> ● 目标：改善空气质量 ◇ 子目标 1：削减指标污染物和区域雾霾 - O₃ 浓度 - PM₁₀ 浓度 - NO_x 排放量 - SO₂ 排放量 - PM 排放量 - 能见度 - 印第安部落的能力建设 ◇ 子目标 2：削减空气有毒物质的排放 - 空气有毒物质的排放 ◇ 子目标 3：减少酸沉降的有害生态效应 - 慢性酸性水体的数量 - 生态系统的健康效益 ◇ 子目标 4：减少室内空气污染物的暴露 - 降低氡暴露以减少肺癌过早死亡病例 - 室内环境暴露引发的哮喘

1.2 约束性指标设计

(1) 以空气质量改善为首要目标。

EPA 战略规划围绕空气质量改善设计了环境浓度、排放量等约束性指标, 如 CO、SO₂、O₃、PM、NO₂、铅的环境浓度以及 SO₂、NO_x、VOCs、空气有毒物质的排放量, 同时设置涉及直观感受的能见度指标。并且在指标体系中, 考虑了健康风险目标, 如降低氡暴露以减少肺癌过早死亡病例、室内环境暴露引发的哮喘等。此外还将印第安部落的能力建设、PM 健康风险评估工具、PM 和 O₃ 排放和空气质量达标工具、空气有毒物质信息和工具等管理指标纳入约束性指标中。

(2) 差异化、精细化。

EPA 根据环境状况、污染物治理状况以及科学和技术的发展, 设计了差异化的控制目标。以总量目标为例, EPA 根据控制重点设置电厂、移动源等行业排放量目标, 1997—2002 年的控制目标为 SO₂、NO_x 排放量, 后续规划则根据污染物排放特征设置固定源的 SO₂ 和 NO_x 排放量、移动源 NO_x 和 VOCs 排放量等目标。此外, 美国的大气污染防治目标也在不断地细化, 如 2006—2011 年的规划指标体系相比于 2003—2008 年增加了一个目标“慢性酸性水体的控制”, 同时调整了子目标的分类, 增加了 4 个子目标。

2 实行成本效益评估

欧美发达国家在制定大气污染防治政策时注重政策措施的成本效益分析, 并积极研发集成模型工具, 优化大气污染防治决策体系。

2.1 明确成本效益评估责任

1995 年, 美国环境保护局 (EPA) 开始努力改变规划、预算、分析和审计的基础方法, 其核心是研究管理政策的成本与效益。当年的美国环境保护局规划委员会报告指出, “美国环境保护局有必要分析政策目标和可测量的环境结果。只有这样, 我们才能告诉公众, 要做什么来保障社区健康和环境, 将如何做, 花费多少, 何时达到目标。” EPA 在 1997—2002 财年战略规划的制定中, 开始将活动的成本与效益作为战略规划的重要内容, 并明确指出, EPA 有责任在战略规划中通过成本效益测算选择最为有效的方法和措施。EPA 大气与辐射办公室 (OAR) 负责对 EPA 战略规划中的大气污染控制目标和方法进行成本效益分析。

2.2 设计大气污染政策成本效益分析方案

美国针对《清洁大气法案》进行了一系列成本效益评估, 包括一次回顾性评估和两次前瞻性评估。参考《清洁大气法案》第二次前瞻性成本效益评估 (1990—2020 年), 大气污染政策的成本效益分析框架主要包括设计政策情景、成本效益模拟、成本效益比较三个环节^[10]

(图 2)。

其中, 政策情景可设计为“有控制措施情景”和“无控制措施情景”, 如对美国《清洁大气法案》1990 年修正案的评估, 第一个情景设置为“实施 1990 年修正案情景”, 即真实的情景, 第二个情景设置为“未实施 1990 年修正案情景”, 所有控制措施冻结在 1990 年的水平, 随后根据一系列的模型工具计算两个情景的成本和效益。

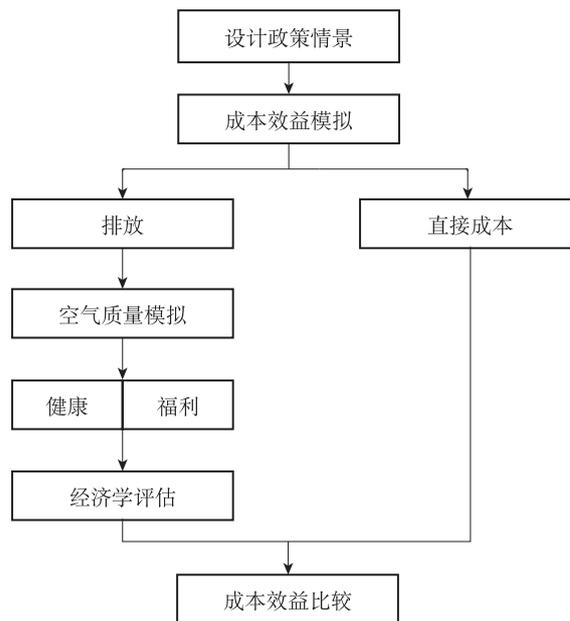


图2 美国《清洁大气法案》成本效益分析方案

效益分析包括定性、定量和货币化三类。其货币化大气污染政策的效益主要包括两方面: 第一, 健康效益, 包括急性和慢性健康影响; 第二, 公共福利, 包括农作物、能见度、氮沉降对生态环境的影响以及文物保护。当没有足够货币化数据时, 将考虑污染物减排的量化分析。如果没有足够的科学和经济数据, 将做出定性的讨论。

成本分析包括购置污染控制设备或改变生产流程的投资、年度运行和维护成本、监测和检查成本以及管理成本。此外, 成本分析还包括执行大气相关法律法规政策节约的成本, 如能源节约、产品循环利用、整个生产过程中原料的节约等。

2.3 开发成本效益及达标评估模型工具

目前, EPA 已开发出空气污染控制成本效益及达标评估系统 (air benefit and cost and attainment assessment system, ABaCAS), 能够同时实现成本有效环境控制战略选择、空气质量改善效果分析、达标分析、健康效益评估、控制策略成本效益优化等多种功能, 使得模型科学决策的功能更为强大。

欧洲环境署 (EEA) 结合 DSR (驱动力 - 状态 - 响应) 模型和 PSR (压力 - 状态 - 响应) 模型的优点开发

了DPSIR（驱动力-压力-状态-影响-响应）模型（图3），主要用于判定环境问题因果和环境状态关系，并将其应用于第五期环境行动计划中的空气质量管理评估。

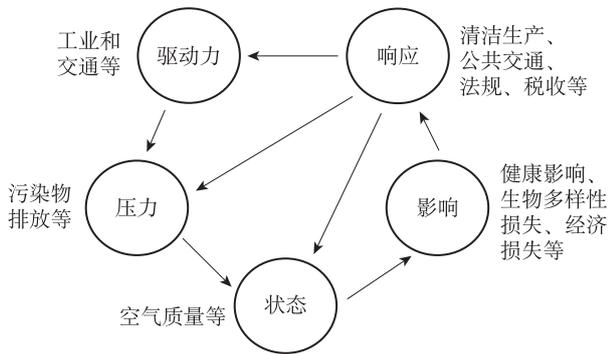


图3 欧洲环境署评估大气污染防治政策的DPSIR模型

2.4 评估重点大气污染减排措施

EPA 在 1997—2002 财年战略规划中指出，进行成本效益分析的大气污染防治措施包括国家环境空气质量标准（NAAQS）、钢铁业最佳可行控制技术标准、各类空气有毒物质的国家排放标准、第三阶段非道路柴油机颗粒物标准等。

根据 EPA 的回顾性分析，1970—1990 年，执行和遵守《清洁空气法》的直接成本为 6 890 亿美元，而直接效益为 29.3 万亿美元，效益约是其成本的 40 倍。对 1990 年《清洁空气法修订案》的前瞻分析表明，1990—2020 年美国执行该法律的核心效益为 2 万亿美元，成本为 650 亿美元，效益成本比高达 30 : 1^[11]。

根据 DPSIR 模型对欧盟第五期环境行动计划的评估，欧洲环境署认为，欧盟正在努力削减大气污染及其对人体健康和生态系统的影响，主要通过控制点源的硫排放以及汽油无铅化改善了酸化和城市空气质量。然而，这些措施不足以改善欧洲所有地方的二氧化硫和铅

浓度，欧盟在大气污染造成的其他环境问题（气候变化和对流层臭氧）止步不前。对于与大气相关的所有环境问题，削减排放的政策响应措施已经被压力背后的驱动力抵消，尤其是交通部门。需要更有效地降低所有大气污染物的排放才能达到空气质量以及生态系统承载力的目标^[12]。

3 启示与建议

我国的大气污染控制早期是基于排放限值的浓度控制，“九五”规划开始实施二氧化硫（SO₂）和烟粉尘总量控制，“十五”规划一定程度上实现了总量控制与质量控制相结合，提出了总量、工业污染防治、环境质量以及区域指标，“十一五”规划精简了约束性指标，实施 SO₂ 排放削减 10% 的总量控制目标，“十二五”规划实施了 SO₂ 以及氮氧化物（NO_x）的总量控制目标，同时还增加了环境质量的控制。在以往的规划中，缺乏对 O₃ 以及二次污染物前体物质 VOCs 的控制目标，难以对症下药。

建议从以下几个方面加强“十三五”时期大气污染防治战略的规划设计，进一步优化政策体系和机制：

（1）扩充“十三五”环境保护规划中约束性指标的大气污染物类型。

当前，我国传统的煤烟型污染、汽车尾气污染与二次污染相互叠加，部分城市不仅 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 超标，O₃ 污染也日益凸显。“十三五”时期，大气污染防治应逐步由一次污染物控制向一次与二次污染物并重转变。既要继续抓好 SO₂、NO_x 等常规一次污染物控制，又要深入推进 PM_{2.5}、O₃ 等二次转化污染物及重要前体物 VOCs 的污染防治工作，尽快在规划体系中考虑设置重点地区和重点行业的 VOCs 控制目标以及长三角、珠三角等区域的 O₃ 控制目标。此外，在规划体系中考虑空气有毒物质等健康风险目标，以解决损害群众健康的突出环境问题。我国环境保护规划中大气污染防治指标见表 2。

表 2 我国环境保护规划中大气污染防治指标^[13-15]

“九五”时期 (1995—2000 年)	“十五”时期 (2001—2005 年)	“十一五”时期 (2006—2010 年)	“十二五”时期 (2011—2015 年)
<ul style="list-style-type: none"> • 烟尘排放量 • 工业粉尘排放量 • SO₂ 排放量 • 工业废气处理率 	<ul style="list-style-type: none"> • 主要污染物排放总量控制指标 • 二氧化硫排放量 • 尘（烟尘和工业粉尘）排放量 • 工业污染防治指标 • SO₂ 排放量 • 烟尘排放量 • 粉尘排放量 • 城市环境保护指标 • 设区城市空气质量达到国家二级标准比例 • 重点地区环境保护指标 • 两控区 SO₂ 排放量、降水酸度和酸雨发生频率、SO₂ 浓度 	<ul style="list-style-type: none"> • SO₂ 排放总量 • 重点城市空气质量好于 II 级标准的天数超过 292 天的比例 	<ul style="list-style-type: none"> • SO₂ 排放总量 • NO_x 排放总量 • 地级以上城市空气质量达到二级标准以上的比例

(2) 建立我国大气污染防治政策的成本效益评估机制。

明确大气污染防治政策成本效益评估的作用及责任部门, 选取影响大的重点政策进行试点分析, 如《环境空气质量标准》和《大气污染防治行动计划》。针对大气污染防治政策的成本效益评估方法学开展研究, 健全分析理论和方法, 建立适合于我国国情和环境空气质量现状的标准化的成本效益货币化方法与原则, 构建我国重点区域大气污染防治政策的成本效益评估方法体系, 推动我国大气污染防治规划目标的制定从基于命令控制型向基于成本效益型转变。开发大气污染防治政策成本效益评估的集成模拟工具, 整合排放清单模型、空气污染物扩散模型、暴露评价模型、健康生态效益模型以及政策成本分析模型, 形成大气污染防治政策的集成模拟工具箱, 对大气污染防治政策进行前瞻性和回顾性的成本效益分析, 优化大气污染防治政策决策体系, 切实改善大气环境质量。

参考文献

- [1] 环境保护部. 2014年中国环境状况公报 [EB/OL]. (2015-06-04)[2016-02-16]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201506/t20150604_302942.htm.
- [2] 赵华林. 国家环保“十三五”规划编制思路 [J]. 环境保护. 2014 (22): 28-32.
- [3] 王金南. 关于国家环境保护“十三五”规划的战略思考 [J]. 中国环境管理. 2015(2): 1-8.
- [4] European Parliament and of the Council. Decision No 1386/2013/EU Environment Action Programme to 2020 [EB/OL]. (2013-12-28)[2016-02-16]. <http://ec.europa.eu/environment/action-programme/>.
- [5] USEPA(US Environmental Protection Agency). EPA strategic plan: 1997-2002 [EB/OL]. (1997-09-30)[2016-02-16]. <http://www.epa.gov/planandbudget/archive#StrategicPlan>.
- [6] USEPA(US Environmental Protection Agency). EPA strategic plan: 2000-2005 [EB/OL]. (2000-09-30)[2016-02-16]. <http://www.epa.gov/planandbudget/archive#StrategicPlan>.
- [7] USEPA(US Environmental Protection Agency). EPA strategic plan: 2003-2008 [EB/OL]. (2003-09-30)[2016-02-16]. <http://www.epa.gov/planandbudget/archive#StrategicPlan>.
- [8] USEPA(US Environmental Protection Agency). EPA strategic plan: 2006-2011 [EB/OL]. (2010-09-30)[2016-02-16]. <http://www.epa.gov/planandbudget/archive#StrategicPlan>.
- [9] USEPA(US Environmental Protection Agency). EPA strategic plan: 2011-2015 [EB/OL]. (2006-09-30)[2016-02-16]. <http://www.epa.gov/planandbudget/archive#StrategicPlan>.
- [10] USEPA(US Environmental Protection Agency). EPA strategic plan: 2014-2018 [EB/OL]. (2014-04-10)[2016-02-16]. <http://www.epa.gov/planandbudget/strategicplan>.
- [11] USEPA(US Environmental Protection Agency). The benefits and costs of the clean air act from 1990 to 2020 [EB/OL]. (2014-04-10)[2016-02-16]. [http://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/0/EADC4268A8BD8A51852576540049ED3A/\\$File/100816+812+pro+II+summary+report+-+external+review+draft+-+Final+Rev+A.pdf](http://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/0/EADC4268A8BD8A51852576540049ED3A/$File/100816+812+pro+II+summary+report+-+external+review+draft+-+Final+Rev+A.pdf).
- [12] European Environment Agency. Air pollution in Europe 1997 [EB/OL]. (1997-06-05)[2016-02-16]. <http://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-059-6-sum>.
- [13] 国家环境保护总局. 关于印发《国家环境保护“十五”计划》的通知 [EB/OL]. (2001-12-30)[2016-02-16]. http://www.mep.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_172232.htm.
- [14] 国务院. 国务院关于印发国家环境保护“十一五”规划的通知 [EB/OL]. (2007-11-26)[2016-02-16]. http://www.gov.cn/zwzk/2007-11/26/content_815498.htm.
- [15] 国务院. 国务院关于印发国家环境保护“十二五”规划的通知 [EB/OL]. (2011-12-15)[2016-02-16]. http://www.gov.cn/zwzk/2011-12/20/content_2024895.htm.