

国外控制 SO₂ 排放的成功经验以及对我国 SO₂ 控制的政策建议

朱松丽¹

(国家发展改革委员会能源研究所, 北京 100038)

摘要: 我国的 SO₂ 排放已经成为制约国民经济健康持续发展的主要因素之一。本文首先回顾了十五”期间 SO₂ 排放控制政策的实施情况, 之后通过对国外 SO₂ 控制的成功经验的分析, 提出了对“十一五”期间 SO₂ 控制政策的建议。一方面, 国外的成功经验表明 SO₂ 减排与经济发展之间并不矛盾; 另一方面, 我国所面临的特殊国情和所处的特殊时期又决定了减排是一项艰巨的任务。除了最大限度地改善产业结构和能源结构, “十一五”期间我国的 SO₂ 减排政策应该更多着眼于能源效率的大幅度提高和烟气脱硫设施的普及; 加大环保投资、扩大需求、促进环保产业发展必不可少。

关键词 二氧化硫 政策建议 烟气脱硫 总量控制 排放交易

Successful experience on SO₂ controlling in developed countries and policy suggestion to Our SO₂ emission controlling

Zhu Songli (Energy Research Institute of National Development and Reform Commission, Beijing, 100038)

Abstract: SO₂ emission is one of main factors badly influencing sustainable and healthy economic growth in China. This paper first reviews the implementation status of SO₂ policy in “Tenth-five-year” plan, then gives policy suggestions to SO₂ policy for next “five-year” plan after analyzing successful experience on SO₂ reduction in developed countries. On the one hand, good practices show the goals of both SO₂ reduction and economic growth could be achieved synchronously; on the other hand, it is a hard job to reduce SO₂ emission under current situation in China. Except optimization of economic and energy structure, policies in next “five-year” plan should focus more on energy efficiency promotion and dissemination of FGD. It is very important to extent environment investment, expand demand and encourage the development of environmental industry.

Keywords: Sulfur Dioxide Policy suggestion FGD Total amount control Emission trade

我国的二氧化硫(SO₂)控制局面又一次面临严峻的挑战:2003 年全国 SO₂ 排放高达 21.59 万吨, 超出环境容量 80%, 比 2002 年增长 12%, 动摇了从上世纪末开始的 SO₂ 排放总体下降的趋势。未来几年的形势更为严峻: 电力短缺所带来的建设热潮依然将持续, 高能耗产业部门的过热不会快速降温。经济的飞速发展难免泥沙俱下, 发展与环境保护的矛盾将日益尖锐。目前我国 SO₂ 污染和酸雨对生态环境损害和人体健康造成的经济损失已经高达到 1100 亿元, 约占 GDP 的 3% 左右。如果没有及时有力的政策措施的干预, 今后这种损失还将持续不断增加。本文通过对我国 SO₂ 排放控制政策的优先性分析和对发达国家控制 SO₂ 的成功经验分析, 对未来几年的 SO₂ 控制政策提出建议。

1. 我国的 SO₂ 控制目标和政策措施回顾

《全国环境保护“十五”计划纲要》中明确提出 2005 年 SO₂ 排放总量要比 2000 年降低 10%, 其中“两控区”降低 20%。在《中国 21 世纪初可持续发展行动纲要》中又提出, 2010

¹ 作者简介: 朱松丽(1970-), 女, 山西省霍州市人, 助理研究员; 研究方向为能源环境与气候变化, 在国内外发表论文 20 余篇。

年 SO₂ 排放总量要比 2005 年再降低 10%。按照环境容量和全面建设小康社会的基本环境要求^[1-2]，2020 年排放总量至少需要比 2010 年降低 25%，约为 1300 万吨左右，接近 SO₂ 的环境容量。

SO₂ 污染防治政策措施主要包括以下几类：1) 降低煤炭硫含量；2) 控制点源的 SO₂ 排放，重点为电站锅炉、工业锅炉和工业窑炉；3) 控制面源的 SO₂ 排放，主要指服务业和居民部门的排放；4) 环境管理措施，包括分省的总量控制指标分配和新的火电厂污染物排放标准 (GB13223-2003) 以及重点行业的排污许可证制度；5) 经济措施，包括提高 SO₂ 排污费，试行 SO₂ 排放权交易制度、提高 SO₂ 防治投资等；6) 能力建设，主要包括完善空气质量监控网络，加强连续排放监测制度等。

2. SO₂ 排放控制政策的实施情况

“十五”中前期，通过降低提高能源效率、调整能源结构、降低燃料含硫量以及建成一批 SO₂ 污染防治项目，SO₂ 防治工作取得一定进展。2000~2002 年，“两控区”SO₂ 排放总量从 1316.4 万吨减少到 1148.8 万吨，减少了 167.6 万吨；全国 SO₂ 排放总量从 1995 万吨减少到 1926.6 万吨，减少了 68.5 万吨。这表明这一阶段 SO₂ 排放控制政策是成功的。

但是，随着经济发展的提速，“两控区”和全国二氧化硫排放量分别上升到 1330 和 2220 万吨左右，比 2002 年约增加 181 和 293 万吨。如果按照目前的发展趋势不加以严格控制的话，“十五”计划中的二氧化硫排放总量目标以及中长期规划预计难以完成(图 1)。SO₂ 排放控制政策面临着失败的危险。

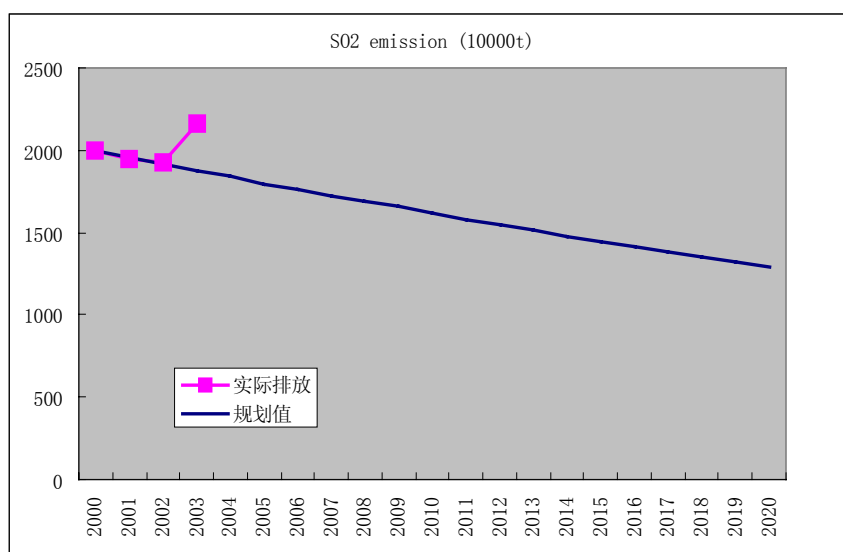


图 1 SO₂ 排放统计值和规划趋势

造成这一阶段 SO₂ 排放失控的主要原因有：1) 经济增长和能源需求超过预期目标。GDP 年增长率连续超过 9%；部分高耗能部门超常规发展；2) 污染治理项目进展缓慢；3) 全国性的电力短缺使得 5 万千瓦以下小机组的关停受到影响，有些已经关闭的机组甚至复开。其它原因还包括：远小于边际减排成本的 SO₂ 排污费和环境投资的不足等(见后文)。

这一阶段的经验教训说明了 SO₂ 减排工作的艰巨性。在减排初期，由于边际减排成本较低，采取一些成本较小的措施就可以取得一定的减排成果，因此出现了 1997 年到 2002 年之间 SO₂ 排放下降的趋势。但随着“低悬的果实”逐渐被采摘殆尽，边际减排成本逐渐升高，要继续减排必然要付出更大代价。同时，这一阶段的经验教训还说明我国环境政策的脆弱性。作为发展中国家，一旦经济发展与环境保护发生冲突，牺牲的往往是环境。如何协调这两方面的关系，是一个亟待解决的关键问题。

3. 国外 SO₂ 减排的成功经验

日本、欧盟和美国在 SO₂ 减排方面有非常成功的经验。通过对比可以为我国的 SO₂ 政策提供有益的启示。

3.1 日本的经验

日本在经济高速发展阶段(1950-1970)同样遭遇到严重的污染问题, SO₂ 排放量在上世纪六十年代中期达到峰值, 约 500 万吨左右。随着各种政策措施的实施, SO₂ 排放量逐年下降, 稳定在目前的不足几十万吨水平(图 2)。工业结构的改善、能源效率(节能)的提高、能源结构的改善和烟气脱硫设施(FGD)的普及为 SO₂ 减排作出了巨大贡献^[3]。

在 1955~1965 年的十年间, 日本基本上完成了能源结构的转换: 煤炭在一次能源结构中的比例由 1955 年的 50% 下降到 1965 年的 27%, 同时石油的比例从 19 提高到 58%。除了尽可能进口低硫油, 1967 年开始在原油精炼过程中加入脱硫技术, 使得重油中硫含量从 1966 年的 2.6% 下降到 1973 年的 1.43%。随着能源消费的急剧增长, 燃料脱硫技术已经不足以满足减排需求, 日本开始加大对 FGD 的投资。当时在日本国内存在不同的意见, 认为 FGD 的初始投资和运行成本太高, 大力发展 FGD 会给日本经济带来负面影响。但是事实证明, 巨额的污染控制投资不仅没有影响经济的发展, 污染物排放得到削减的同时还极大地促进了环保产业的发展, 使得日本的污染控制技术一直处于世界领先地位, 在国内和国际市场出售这些技术和设备为日本经济带来了很大活力。

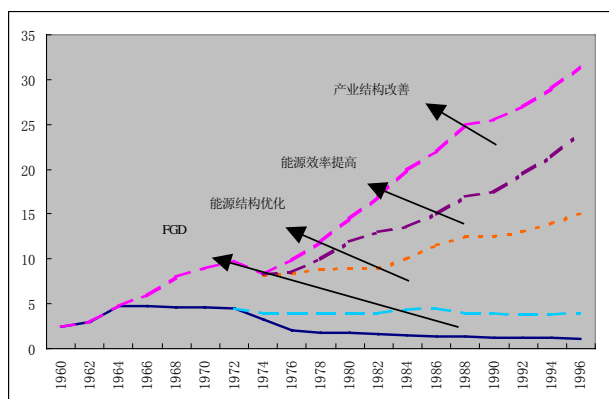


图 2 日本 SO₂ 排放(百万吨)

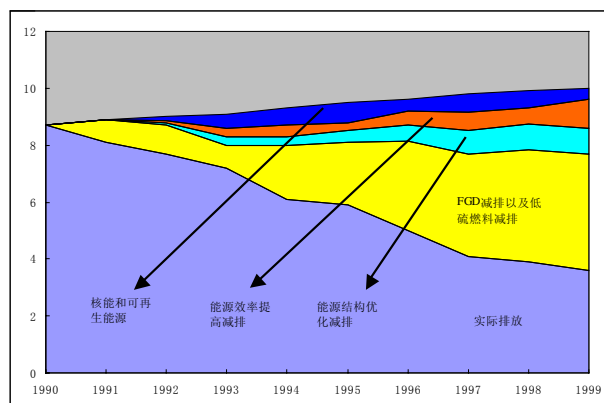


图 3 欧盟 15 国火电厂的 SO₂ 排放(百万吨)

日本对 FGD 的巨额投资始于 1970 年, 当年投资约 6500 万美元, 之后逐年上升, 到 1974 年达到峰值, 约为 17.1 亿美元, 相当于当年 GDP 的 2%; 而在当年日本对污染控制的全部投资更达到 GDP 的 6.5% 以及全社会固定资产投资的 18%。到九十年代, 由于设备的更新, 又掀起了新的投资高潮。

日本治理 SO₂ 污染的经验主要在于巨额环境投资、环保产业的发展和技术进步, 而后者又得益于前两者的保障。但在我国, 由于正处于发展阶段, 污染控制投资显得不是十分充足。在“十五”计划中, 共有 7000 亿元用于环境污染防治, 占这个阶段 GDP 的 1.3% 和全社会固定资产投资的 1.44%, 其中共有 2800 亿用于大气污染防治, 用于“两控区” SO₂ 防治的投资约为 96.7 亿, 仅占 GDP 的 0.18%。一方面, 投资和需求不足使环保产业的发展远远低于经济发展, 研制不出硬而适用的环保技术, 有了技术又无力推广。另一方面, 环境恶化又吞噬掉大量经济增量。要阻断这种恶性循环必须加大环保投资力度, 促进环保产业的大发展。日本的经验也证明, 环境投资越早, 由于经济直接投资的“缩水”所可能带来的经济损害越小, 甚至可以忽略。因此, 未来几年加大环境投资力度对我国 SO₂ 减排是至关重要的。

3.2 欧盟的经验

在 1990—2000 年期间，虽然欧盟十五国的人口增长了 2.5%，能源消费增长了 10%，GDP 增长了 23%，SO₂ 排放却下降了 60%，其中能源燃烧排放下降 48%，工业过程下降 51%，交通部门下降了 25%，农业部门下降了 17%，其它非能源利用部门下降了 54%^[4-5]。SO₂ 的减排还带来了颗粒物排放的降低。

欧盟非常重视大点源(主要指电厂)的 SO₂ 排放，先后出台多项法令严格控制电厂的 SO₂ 排放。1990—1999 年期间，尽管电力生产增长了 16%，电厂 SO₂ 的排放却下降了 60%左右。FGD 以及低硫煤和低硫油的推广对 SO₂ 减排的贡献率达到 60%以上，能源结构优化的贡献率为 20%，能源效率的提高贡献 10%，核电和水电的贡献率达到 10%(图 3)。

欧盟还非常重视机动车的 SO₂ 排放。催化剂在汽油轻型车中的普遍应用以及柴油含硫量的下降在很大程度上降低了机动车的 SO₂ 排放。欧洲排放标准系列对油品含硫量有严格限制，以柴油为例，九十年代初实施的 EU-II 对柴油最大含硫量的限制为 500ppm，目前正在实施的 EU-IV 已经降低为 50ppm，未来几年将要实施得 EU-V 排放标准要求硫含量接近于零。

表 1 欧洲排放标准对柴油硫含量的限制

	EUII	EUIII	EUIV	EUV
硫含量最大值(ppm)	500	350	50	≈ 0

在我国，占 SO₂ 排放量 40%左右的火电厂是 SO₂ 去除率最低的行业，约为 10.9%，远低于全国工业平均去硫率，29.5%。已建和在建的脱硫机组仅占全国火电装机容量的 5.2%。目前的全国性电力短缺带来的电力建设热潮更加剧了脱硫设施的滞后局面。因此在未来几年的 SO₂ 控制工作中，重中之重便是控制火电厂的 SO₂ 排放，加速 FGD 设施的建设和安装。这需要国家从法律手段和经济手段两方面入手，前者通过严格立法要求电厂安装 FGD，后者给予安装 FGD 的电厂以资金和电价方面的优惠。

我国道路交通方兴未艾，私人机动车数量猛增，但是发动机效率和油品质量欠佳造成过多排放。机动车的 SO₂ 排放目前还没有引起太多注意，但由于我国油品含硫量高和燃料标准不健全，随着机动车数量的增加，SO₂ 排放必然会升高。及早动手防治有利于降低减排成本。

3.4 美国的经验

与欧盟类似，美国也非常关注占全国 SO₂ 排放量 67%(2002 年)的火电厂的排放。1990 年出台的《清洁空气法修正案》第四条规定了对火电厂的总量控制目标：2010 年的 SO₂ 排放量降低为 1980 年的一半，895 万吨。到 2003 年，火电厂的 SO₂ 排放量已经降低为 1060 万吨，比 1980 年降低了 38%^[6](图 4，由于天然气价格增长，2003 年的 SO₂ 排放比 2002 年增长率 4%)。

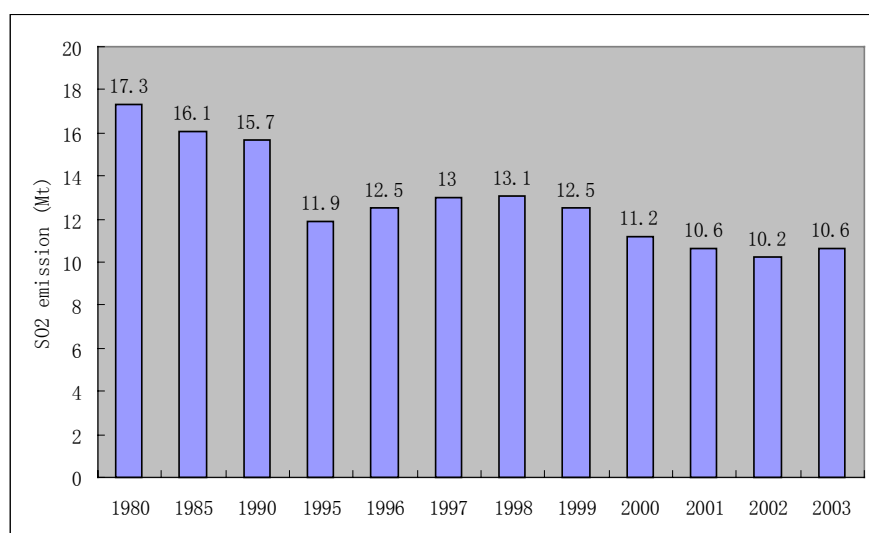


图4 美国火电厂的SO₂排放

除了基于市场机制的总量控制措施,美国还广泛采用了SO₂排放权交易制度,给予污染排放企业充分的灵活性来选择减排方式。某一特定企业的排放权是根据其在减排开始之前的历史能源消费状况和排放率确定的,各个排污企业的排放权之和等于该年的允许排放总量。在这种制度下,一些技术先进、减排成本较低的企业可以采取减排措施将排放量降低到允许排放量之下,实际排放与允许排放之间的差额可以存入“银行”以备日后之用或将其卖掉;减排成本较高的企业可以推迟减排或通过购买更多排放权来降低排放成本。从1995年到2003年,SO₂排放权价格呈波浪起伏状,2003年末的价格为215美元/吨SO₂,呈现出上升趋势。这种排放交易制度可以大大降低减排成本^[7-8]。超标排放的企业必须交纳一定的罚款,2003年每超标排放一吨的罚款额为2900美元。

在我国SO₂排放交易制度刚开始在部分省市试行,还没有很多成功的范例。尤其是各个电厂下一个五年计划的排放限额还没有确定,使得排放权交易存在一定的不确定性。

我国的SO₂排放收费制度已经试行多年,排污费已经由200元/吨左右上涨到目前的420元,2005年7月1日以后还将上调到620元。但相比SO₂治理成本(边际治理成本约为800元/t甚至更高),排污费显得非常低,企业宁可交排污费也不愿意治理污染。

4. 对我国SO₂减排政策的建议

国外SO₂减排的成功经验表明,SO₂减排与经济发展并不矛盾。日本正是在经济高速发展阶段取得了SO₂减排的成功,欧盟和美国在减排的同时都保持了经济的稳定发展。还可以看出,SO₂减排的手段主要包括能源效率提高、能源结构改善、FGD技术的普及、可再生能源的发展以及工业结构的改善,相关的政策措施包括总量控制、排污交易、排污收费等。日本的成功经验主要在于技术,巨额的环保投资保证了环保产业和烟气脱硫技术的高速发展;美国的经验在于管理,通过排放权交易赋予排污者相当的灵活性,减排成本降低;欧盟通过一系列行之有效的法律法规约束排污者的行为,普及FGD技术,除了传统的大点源,还十分注重机动车的排放控制。这些对我国来说都是非常有益的经验。另一方面,同发达国家相比,我国有很多特殊性:正处于工业化中期,工业增加值在GDP中的比重在很长时间内不会降低,因此不可能像日本那样通过产业结构的调整来大幅度削减SO₂排放;出于能源安全的考虑,煤炭在很长时间内还将在我国的能源结构中占主导地位,核电和可再生能源的大发展也需要相当长时间,因此在未来几年中能源结构调整所带来的SO₂减排也将是非常小的;硫含量低于0.5%的低硫煤在我国的比例比较低,而且低硫煤要首先保证民用和用作工业原料的需求;煤炭洗选目前仅能去除煤炭中的部分无机硫,对有机硫尚无经济可行的去除技术,因此煤炭洗选也难以保证SO₂控制目标的实现。因此我国SO₂减排政策应更多地着眼于能源效率的提高和烟气脱硫技术的普及。基于此,“十一五”SO₂控制目标和政策的制定应该充分考虑以下几点:

- 1) SO₂减排是一项长期艰巨的任务,某一阶段的排放下降是由多种特殊原因造成的,稍一懈怠就将带来排放反弹。随着边际减排成本的逐渐上升,以后的减排任务将更加艰巨。
- 2) 能源效率提高和烟气脱硫技术的普及应该是目前我国减少SO₂排放的主要手段。
- 3) 我国的能源效率平均水平大大低于发达国家。八个高能耗产业的平均能耗均高于世界先进水平40%,而这八个行业的能源消耗总量占整个工业能耗的70%以上。提高能源效率应成为当务之急,必须大力保证《节能法》和一系列节能标准的确实实施,严格限制建设项目的低水平重复。在能源短缺的今天,建立资源节约型社会应成为全社会的共识。
- 4) 除了区域环境问题,随着《京都议定书》的生效,我国还将面临CO₂减排的压力。

能源效率的提高既可以减少 SO₂ 的排放,也可以减少 CO₂ 的排放,缓解我国在国际谈判中的压力。

- 5) 采取各种措施促进环保产业的发展,例如生产烟气脱硫设施的企业,努力让环保企业的发展成为新的经济增长点。政府应该为购买环保设施的企业提供一定优惠,例如免除购买环保设备的购置税、提供贷款优惠等^[9]。
- 6) 烟气脱硫技术的普及必须要有充足投资作为保障。一方面,国外的烟气脱硫技术已经非常成熟,可以充分利用国外资金和技术合作更多地引进技术;另一方面,要加大对脱硫技术国产化的投资力度,降低成本。日本的经验充分证明,对环保产业和污染控制的大量投资不仅不会影响经济体的发展,反而会消除总量控制可能带来的负面影响,并极大地促进环保产业的发展。而且越早投资,对经济发展的影响越小,因此下一个五年计划对实现 SO₂ 减排目标是非常关键的。
- 7) SO₂ 排污收费制度在我国实行已久,但效果不明显,模型研究也证明现在的收费水平很难促进 SO₂ 减排目标的实现。应该加大收费力度并不断调整,使之至少与一定时期内的 SO₂ 边际减排成本相当。
- 8) 欧洲和美国在减排 SO₂ 的同时也非常注重 NO_x 的控制,对 NO_x 的排放也同样提出了总量控制目标。我国酸雨虽然属于硫酸型,但研究也发现一些经济比较发达地区的氮氧化物排放对酸雨形成的贡献呈上升趋势。因此对 NO_x 的控制也应该提上议事日程,尤其是对发达地区的机动车排放的控制。

参考文献

- [1] 苗俊杰,黄蕙,邹昌钦,中国能源战略走向[J],瞭望新闻周刊 2004 年 4 月 12 日第 15 期,29—31;
- [2] 杨宏伟,徐华清,全面建设小康社会的环保需求正成为影响我国能源发展的重要因素,中国能源问题研究(2003)[M],中国环境科学出版社:北京,2004
- [3] Committee on Japan's experience in the battle against air pollution (CJEBAP), 1997, *Japan's experience in the battle against air pollution*[M]. Japan: Pollution-related health damage compensation and prevention Association
- [4] AEA Technology Environment, 2002, Energy and Environment in European Union, Environment Issue Report, No. 31, European Environment Agency. [<http://www.eea.gov>], (Jan. 11, 2004)
- [5] Larssen S., Adama K.J., Barrett M., Bolscher V., Leeuw F. and Pulles T., 2003, *Air Pollution in Europe: 1990-2000*, European Environment Agency. [<http://www.eea.gov>], (Nov. 15, 2004)
- [6] Environment Protection Agency (EPA), 2004, *Acid Rain Program-2003 progress report*, [<http://www.epa.gov>]. (Jan. 4, 2005)
- [7] Svendsen G.T., Daugbjerg C., Hjøllund L., Pedersen A.B., 2001, *Consumers, industrialists and the political economy of green taxation: CO₂ taxation in OECE*[J], Energy Policy, 29(2001): 489-497
- [8] Riahi K., Rubin E.S., Taylor M.R., Schrattenholzer L., Hounshell D., 2004, *Technological learning for carbon capture and sequestration technologies*[J], Energy Economics 26(2004) 539-564

[9] 孙大胜, *我国应把发展和环保统一起来*[J], 瞭望东方周刊, 2005 年 3 月 10 日

通讯地址: 北京市木樨地北里甲 11 号国宏大厦 B-1407

邮政编码: 100038

联系电话: 010—63908457

Email: zhusongli@eri.org.cn