

能源基金会中国可持续能源项目资助课题

# 电力行业二氧化硫排放信息校核与信息 公开制度研究

清华大学

环境保护部环境规划院

2011年12月

# 项目主要参加人员

## 项目负责人：

贺克斌 教授 清华大学环境学院

杨金田 研究员 环境保护部环境规划院

## 主要参加人：

清华大学

张强 王斯文 康思聪 刘菲

环境保护部环境规划院

严刚 雷宇 薛文博 蒋春来 许艳玲

南开大学

朱旭峰 张超

# 目录

第一章 项目概述.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 项目内容及意义.....	2
第二章 国内外电力行业二氧化硫排放信息公开的可行性及经验总结.....	4
2.1 环境信息公开与二氧化硫排放规制.....	4
2.2 美国电力行业二氧化硫排放信息规制体系.....	5
2.3 美国电力行业二氧化硫排放信息强制公开制度.....	9
2.4 美国电力行业二氧化硫排放信息自愿公开制度.....	11
2.5 其他几个西方国家电力行业二氧化硫排放信息公开制度.....	13
2.6 中国的环境信息公开制度.....	14
第三章 电力行业二氧化硫排放数据校核及 2010 年排放清单编制.....	17
3.1 电力行业二氧化硫排放数据现状评估.....	17
3.2 电力行业二氧化硫排放清单编制方法.....	26
3.3 电力行业二氧化硫排放清单的确认与公示.....	32
第四章 利用卫星数据作为管理部门减排核查工具的可行性研究.....	34
4.1 卫星遥感监测电厂排放的技术方法学研究.....	34
4.2 卫星遥感监测电厂排放的应用示范.....	47
第五章 电力行业二氧化硫减排信息公开制度设计.....	60
5.1 公开的法律依据.....	60
5.2 公开的目的.....	62
5.3 公开的原则.....	64
5.4 公开的主体.....	65
5.5 公开的范围和尺度.....	65
5.6 公开的内容.....	67
5.7 公开的途径.....	68
5.8 公开的法律保障及监督机制.....	69
5.9 公开制度小结.....	69
第六章 电力行业排放数据的常态化管理和减排信息公开的长效机制.....	71
6.1 建立电力行业二氧化硫排放数据库系统.....	71
6.2 信息公开的长效机制及配套措施.....	77

# 第一章 项目概述

## 1.1 研究背景

国内外经验表明，行政手段、经济手段、信息公开是推进环保工作的三种有效方式。信息公开作为一种新的环境管理制度和发展方向，能增强公众对环境监督及管理的参与程度，促使公众及企业改善其环境行为，从而达到环境保护的目的。

目前我国《政府信息公开条例（草案）》已经获得原则通过，该草案对政府信息公开的范围和主体、方式和程序、监督和保障等内容作出了具体规定，这将成为保障公众环境知情权和我国政府环境信息公开最重要的法律依据，也将进一步推动公众参与环境保护的理性化和有效性。

目前我国总量减排工作主要依靠行政手段，形成了一套“中央—地方—企业”层层负责、逐层监督的管理方式，随着总量减排工作的深入开展，这种管理方式使得政府行政成本急剧增大。减排信息公开制度作为一种新的环境管理制度，能够充分调动公众及媒体的积极性，发挥公众及舆论的监督力量，改善目前单纯依靠行政手段的管理模式，能有效推动我国二氧化硫减排工作。

电力行业二氧化硫排放量约占全国二氧化硫排放总量的 45% 左右，是二氧化硫排放大户，是总量减排的重点，同样也是公众及媒体关注的焦点。另一方面，电力行业相比其他行业具备较好的统计基础，易于推进总量减排信息公开。

与此同时，总量控制制度已成为我国环境管理的重要手段之一，在环境保护工作中发挥着越来越重要的作用。截止 2008 年，我国二氧化硫排放总量相比 2005 年降低了 8.95%，其中电力行业二氧化硫排放量相比 2005 年降低了 20%。据初步测算，截止 2009 年底我国已提前 1 年完成“十一五”二氧化硫减排目标，二氧化硫总量控制成效极为显著。这使得我国总量减排工作受到了国内外越来越多媒体及公众的高度关注，公众及媒体对污染减排工作的知情意愿愈加强烈，期望参与、监督污染减排工作。电力行业二氧化硫减排信息公开，可以满足公众对污染减排工作的强烈知情意愿；另一方面，公众监督又可有力推进电力行业总量减排工作。

因此探索总量减排信息公开制度应从电力行业入手。

## 1.2 项目内容及意义

本项目旨在开展中国电力行业二氧化硫排放数据公开方法的研究，在全面分析和系统总结国内外环境信息公开制度、实施经验的基础上，结合中国电力行业的特点及相关基础条件，以电力行业二氧化硫排放数据公开的主体、数据库的建立、公开方法为重点，提出适合中国环境保护需求和电力行业发展特点的二氧化硫排放数据公开的体系框架，为实施电力行业二氧化硫排放数据信息公开提供技术支持，推动中国电力行业二氧化硫的持续减排，服务于环境管理工作。

项目重点从以下五个方面开展研究。

### 1. 国内外电力行业二氧化硫排放信息公开的可行性及经验总结

重点调查和分析了西方国家，尤其是美国电力行业二氧化硫排放信息公开的制度体系。

对我国现行的环境信息公开制度及对策进行系统调查和评估，包括中国当前环境信息公开制度相关的法规、政策、制度及执行的现状，总结我国环境信息公开制度实施的经验。

从社会、政策、技术三方面研究电力行业二氧化硫环境信息公开工作的现有条件，分析存在的问题，为电力行业二氧化硫排放信息公开打下基础。

### 2. 电力行业二氧化硫排放数据校核及 2010 年排放清单编制

电力行业二氧化硫排放信息的整合和管理是减排信息公开框架设计的重要组成部分，也是减排信息公开的基础性工作。

研究通过将环境统计、污染源普查、在线监测、总量核查等多来源排放数据的整合，研究电力部门污染物排放清单的编制方法。以 2010 年为基准年，建立一套统一的，包括机组信息、发电量、煤耗量、煤炭含硫量等信息在内的基础信息数据库，并在此基础上，编制完整的电力行业二氧化硫排放清单。

针对目前多套电力排放数据并存，数据间一致性较差的问题，本研究将重点对各种数据的统计指标、统计方式、数据来源、以及污染物排放量进行对比，分析各数据间的内在关系，研究产生数据差异的原因，并通过物料衡算等方法对排放量进行校准。

### 3. 利用卫星数据作为管理部门减排核查工具的可行性研究

卫星遥感数据在监测电厂二氧化硫和氮氧化物排放变化方面具有很好的潜力。一方面，卫星数据能够提供长期的排放变化趋势，可用以证实全国污染物总量减排行动的效果；另一方面，卫星数据在技术上能够实现对单个电厂或电厂群污染物排放的实时监测，这将为环保部门提供一个在线监测之外的排放实时监控手段，而这一监测方法是完全独立、无法造假的。环保部门将有可能将这一技术作为减排核查的工具之一。

本项目将对卫星遥感监测作为管理部门减排核查工具的可行性进行研究，包括技术方法学研究、应用示范、工作程序设计等内容，重点探讨卫星遥感监测作为环保部电力排放常态监管工具的可能性。

### 4. 设计中国电力行业排放信息公开制度

研究设计出符合中国国情的电力行业二氧化硫排放数据信息公开方法。包括：公开的目的、原则，公开的主体，公开的范围、尺度，公开的内容，公开的途径以及公开的监督机制。

### 5. 信息公开长效保障机制及配套措施建议

在 2010 年电力行业污染物排放清单的基础上，建立和完善电力行业排放数据库，实现对排污数据的连续化和常态化管理。

构建基于 GIS 平台的电力行业二氧化硫排放信息公开平台。信息公开平台作为数据管理、比对、核准、发布的场所，主要作用是公众提供一个便于查阅各种减排信息的窗口。公众可通过互联网自由访问信息公示平台，并基于地图查阅各企业减排信息。

根据上述研究成果，提出建立长效信息公开制度的政策措施和具体建议，从法律法规、考核机制、监督管理等角度提出落实信息公开的保障需求。

## 第二章 国内外电力行业二氧化硫排放信息公开的可行性及经验总结

### 2.1 环境信息公开与二氧化硫排放規制

二氧化硫排放信息公开制度与西方国家的环境信息公开的制度演进历程息息相关。20 世纪 60 年代以来，世界各国掀起了制定政府信息公开方面的法律的浪潮。其中具有代表性和示范意义的是美国的“信息自由法”（1966 年）。另外，加拿大（1983 年），英国（1999 年），日本（1999 年）等国也制定了政府信息公开法。这些法律都涉及到了环境领域的信息公开问题。值得注意的是，德国公布并实施的“环境信息法”（1994 年），是有关环境信息公开的第一部专门性法律，对其它国家环境信息公开制度的开展与运行具有重要的借鉴价值。“挪威环境信息法”（2004 年）正式颁布后对保障公众知情权、充分发挥个人和社会组织在保护环境、防止公众健康和环境受到损害、环境事务决策等方面的作用，从而更广泛地促进了公众参与有关环境问题的决策。

西方发达国家对于电厂二氧化硫排放規制的发展历程主要可以分为三个阶段：行政主导，市场手段主导，行政手段与市场手段结合和无主导，行政手段与市场手段配合阶段。最近出现的以“信息披露”为核心的“环境政策的第三次浪潮”在各主要发达国家出现。政府、排污者以及社会公众在有效信息流通的前提下，开始共同承担“环境负担”。在这一过程中，公共环境信息的流通使得政府规制的作用在一些方面得到增强（如信息披露领域），在另一些方面被弱化（信息流通、市场传播领域），而法律法规形成了实际的约束力，市场的竞争机制也得以发挥了充分的作用。在这样的背景下，自 1996 年始，加强电力市场内的环境信息公开成为了保障公众环境知情权的重要手段，同时也是继指令性控制性手段和经济手段后的一项新的环境管理方法。

## 2.2 美国电力行业二氧化硫排放信息规制体系

美国是电厂二氧化硫排放信息公开等环境信息规制制度发展最为完善的国家，同时在国际上有着普遍的示范效应。

在现行美国电厂二氧化硫排放信息公开制度中扮演主要作用的是政府规制：科学监测和市场监管。科学监测主要指美国环保署根据《清洁空气法》（Clean Air Act）和“酸雨计划”（Acid Rain Program）在全国主要电厂建立的连续自动监测设施（连续排放监测系统，Continuous Emission Monitoring System, CEMS）；市场监管则主要在州范围内展开，以“电子标签”（Electronic Label）、“排放权交易”等形式对电厂进行市场准入规制，并激励各电厂参与市场竞争，从而按照既定标准自愿公开排放信息。前者旨在准确地从排放源获取信息（保障信息的供给），后者则在此基础上利用制度设计增强市场对于信息的敏感性，并与公众媒体及消费者情绪的约束相结合，调动由排放信息导致的消费者偏好，从而通过市场竞争实现电厂的优胜劣汰和技术革新（刺激信息的需求）。二者配合作用，不仅将全国监查审计机制、公众舆论监督机制与电厂自身利益及其信息公开的激励机制相结合，有效地实现了电厂-政府-消费者三者信息的平衡，而且还淡化了企业环境信息“保守者”、政府“环境信息管理者”的身份，充分发挥了电厂自身以及消费者及公众舆论的作用，实现了政府对于二氧化硫排放的有效规制。

基于美国《环境清洁法》中的“酸雨计划”而建立的“连续排放监测系统”是美国电力行业及工业部门大气排放物的强制性科学监测机制的主要组成部分。美国环保署（EPA）根据“酸雨计划”在美国主要电厂<sup>1</sup>建立的监测仪（实时监测数据，统计单位为 lbs/mmBtu, lbs/hr），其旨在监控电厂二氧化硫等气体的排放，规范信息披露行为，并最终推动“环境排放标准”的实现。其中，“连续排放监测系统”（CEMS）主要监测内容包括：二氧化硫浓度监测（一个二氧化硫污染物浓度监测仪）；二氧化氮浓度监测（一个甲氮氧化物污染物浓度监测仪）；气体排量监测（一个体积流量监测仪）；透明性监测（一个不透明指数监测仪）；稀释气体浓度监测（一个稀释气体浓度监测仪）；以及电子信息数据搜集处理系统（一个基于计算机的数据采集与处理系统，DAHS）。

---

<sup>1</sup> 主要电厂是指额定产能在 25MWe 以上，且不包括简制的燃气轮机。



与上述“强制信息披露”不同的是，美国电厂“自愿信息公开”主要通过电力“市场监管”的形式实现。虽然其发起主体仍为国家环境保护署（EPA），“自愿信息公开”在更大程度上受地方法规和政策的约束，在州级范围内展开。在联邦政府一级，由于无法针对各州电力市场不同的特点而做出普适性的要求，美国联邦政府层面尚没有针对电力企业自愿公开二氧化硫排放信息的要求。EPA 根据“环境清洁法”的规定要求各州政府向联邦政府提交实现“酸雨计划”的执行方案（SIP, State Implementation Plan），以保障排放标准的实现。在州政府层面，截止到 2005 年，至少有 25 个州已制定电力行业信息公开相关法案，设定信息公开标准，以促进电力市场中电力企业与电力消费者“信息对称”的实现，从而推动电力行业市场化竞争。图 2.1 表明，美国各州在 2005 年信息披露方案。截至这一年，美 25 个州已经通过了环境信息披露法案（其中有十八个州的法案明确要求对二氧化硫排量进行信息披露，其余法案要求至少对于电力能源构成及发电效率进行信息公开），这代表了超过 65% 的美国人口。



图 2.1 美国各州环境信息披露法律框架（美国电力行业二氧化硫排放信息校核与公开，2005 年 9 月）

资料来源：美国能源部网站

美国之所以可以实现电厂二氧化硫排放信息的自愿公开，原因在于“排放监测系统”准确有效地实现了排放信息的强制披露（这导致电厂不再是电力市场中的“信息优势者”，也同时没有了“保密信息”所能带来的收益），同时，完善的激励机制也起到了明显的推动作用。

首先，自愿信息公开可以帮助塑造良好的企业形象。应该注意到，在美国电厂自愿公开二氧化硫排放信息的过程中，公民社会始终扮演着积极的作用。其中，第三部门参与或直接参与制定自愿信息公开的形式（如规定 Electronic Label 的格式和内容）；媒体可以积极利用政府通过“排放监测”手段获取的电厂信息而进行针对性的宣传；环保协会和广大消费者作为“电厂信息披露系统”的监督主体，可以通过法律、市场及社会手段等影响电厂信息披露行为。因而，电厂会出于自身利益及市场竞争的考虑积极地公开排放信息。从某种意义上讲，“自愿信息公开”在充分的社会和市场压力之下，也成为了一种“强制”。

其次，按照联邦政府“酸雨计划”的规定，电厂的“自愿信息公开”可以得到多种形式的补助，包括最新科技设备的安置（Technical Assistance），减排津贴（Emission Allowance），及州政府自行设计的以激励信息公开为目的的各种补偿手段。

最后，由于自愿项目的实施有时被作为一种规制模式的试点，所以参与自愿项目的企业可以更快速地适应正式法律、潜在的诉讼、以及监督和执行成本的需要而实现自身转型。

美国电力行业二氧化硫排放信息规制体系各相关主体及其职能见表 2.1。

表 2.1 美国电力行业二氧化硫排放信息规制体系各相关主体及其职能

主体	职能
总统	从 1970 年开始，每年向国会进行“国家环境质量报告”（Environmental Quality Report）
国家环境质量委员会 Council on Environmental Quality（由总统委任，参 议院同意的三人组成）	审定环境质量信息；预测环境发展趋势；主导环境研究和监管工作；向总统进行环境问题报告；编写“国家环境质量报告”（Environmental Quality Report）
国家环保署 （Environmental Protection Agency）	制定环境保护标准（NAAQS for SO <sub>2</sub> and PM <sub>2.5</sub> ）；维护国家气体排放信息数据库；搜集、统计二氧化硫排放信息（Emission Inventory System (EIS)）；审核二氧化硫排放信息（the Emission Tracking System — ETS）；发放、管理、跟踪二氧化硫减排补贴情况（the

	Allowance Tracking System — ATS)
国家能源信息局 (Energy Information Administration, EIA, 隶属于能源部 DOE)	独立统计、分析电厂财务资产信息 (The Facility Registry System, FRS)；进行电厂运营情况报告 (Power Plant Operations Report 其中，包括电厂二氧化硫减排设备装置的购置、运行、废弃情况)；预测能源行业发展趋势；并通过网络和消费者信息交流中心 (Customer Contact Center) 进行电力行业信息公开
国家电力管理委员会 FERC (Federal Energy Regulatory Commission)	规制电力市场 (发放电厂执照，规范电厂竞争等)；搜集电厂财务及运营信息；与 EIA 配合进行电厂信息披露工作
各联邦政府机构	必须对涉及环境威胁的任何行为做出“环境影响陈述”Environmental Impact Statements (EIS)，以求明确自身环境危害，改进行为方式，降低环境影响
各州政府	须结合区域情况，针对如何实现二氧化硫排放标准向 EPA 做出实施计划陈述 (State Implementation Plan)。一般包括：监测系统 (CEMS 运转情况及改进建议)；空气质量预测 (对本州空气质量未来发展趋势进行展望并陈述相关政策的实施效果)；二氧化硫排放的审计数据；减排手段和研究进展情况说明 (本州减排方法的选取和说明)；前期计划效果陈述。 此外，州政府会结合本州情况制定更为细化的信息公开法案、政策，这主要涉及：电力产品环境标签 Electricity Facts Label (EFL)；排污权交易；排放处罚机制；补贴政策等等
国家电力行业及市场竞争协会 (The National Council on Competition and the Electric Industry)	统一州政府行为；联合各州法律制定电力行业标准；推动电力行业公平竞争；维护消费者知情权和满足公共利益

电厂	提交排放监测计划（monitoring plans）；定期检测设备监测报告；搜集并记录每小时二氧化硫排放数据、流量数据等；每季度汇报二氧化硫排放量、流量体积及监测装置运行情况（通过“酸雨热线”Acid Rain Hotline 在网络上进行提交）。
媒体	除此之外，大部分电厂自愿公开二氧化硫排放信息。以更为直观、多样的方式传播官方统计的二氧化硫排放信息；监督电厂信息披露行为；面向公众宣传二氧化硫等污染气体减排意识，提高电力环境标签的市场认可度。
消费者	通过“选票手段”激励政府开展或强化二氧化硫信息披露规制；通过市场手段激励电厂自愿公开排放信息；通过市场手段推动媒体传播信息；组织或参与环保协会，形成社会压力团体；或是在个别情况下，通过法律手段维护自身环境利益。

来源：作者编制

## 2.3 美国电力行业二氧化硫排放信息强制公开制度

### 1. 公开目的

美国“清洁空气法”规定，电厂二氧化硫排放信息的监测旨在实现“保护国家大气资源并不断提高空气质量，从而维护公众健康和社会福利，以及人口持续发展的能力”。

### 2. 公开主体

规定公开范围内的电力企业（见下节“公开范围”中规定）必须接受安置“排放持续监测装置”，包括一个二氧化硫排放浓度监测器；一个氮化合物排放浓度监测器；一个体积流量监测器；一个透明度监测器；一个稀释气体（氧气和二氧化碳）监测器以及一个用于记录运算排放数据的电子处理系统。针对电厂二氧化硫排放的监测，主要通过“二氧化硫排放浓度监测器”和“体积流量监测器”实现。从“持续气体监测装置”获取的二氧化硫排放信息，包括二氧化硫排放量、

流量体积及监测装置运行情况，必须由电厂相关工作人员定期（每季度）通过“酸雨热线”（Acid Rain Hotline）在网络上向环境保护署汇报，同时各电厂须制定保障监测设备有序运行的具体政策和工作安排。

### 3. 公开范围

在“酸雨计划”颁布的1990年，联邦环境保护署规定，所有产能为25兆瓦以上的电厂以及1990年之后新建电厂中硫化物占电厂发电原料比例的0.05%以上的电厂须安置持续排放监测装置。法案同时规定，新建的25兆瓦以下使用清洁燃料的电厂须每五年向环境保护署作“赦免资格的陈述”（采用自我证明的方式）；预计于1994年内关闭的电厂可以不受规定的约束。

### 4. 公开内容

典型的二氧化硫持续排放监测系统一般可以监测到如下的信息：二氧化硫排量，二氧化硫流量（体积）及排放二氧化硫的透明度。除此之外，监测系统还可以获取氮氧化物排量，二氧化碳排量，氢氯化物排量，粉尘微粒排放量，汞排量，挥发性有机化合物和氧和水蒸气排量等信息。

另外，以天然气燃烧发电为主的电厂除以“持续监测装置”披露信息以外，还被允许采用另外两种方式公开排放内容：一是利用气体消耗量和燃烧效率进行计算；二是利用气体消耗量和每日监测的硫化物排量进行计算；以燃油为主的发电厂，被允许采用另外三种方式：每日燃油抽样统计（daily manual oil sampling），（油量表累加计算）（analysis plus oil flow meter to continuously monitor oil usage）重柴油抽样分析（sampling and analysis of diesel fuel oil）；和自动的持续油量表抽样累加计算（automatic continuous oil sampling plus oil flow meter）。

### 5. 公开途径

美国电力行业二氧化硫信息的披露还采用季报和临时报的形式上报监测数据。从“持续气体监测装置”获取的二氧化硫排放信息由电厂的工作人员定期（每季度）通过“酸雨热线”在网络上进行提交。同时，派驻的审计人员也会单独进行信息的上报（每季度）。季度汇报时间严格按照日历时间进行。而临时报是指对于超过排量标准的气体排量，需由电厂的产权持有人、或经营者、或排遣的信息统计人员以不透明的形式向州政府或地方气体污染管理机构上报。公众的信息

公开则主要由国家能源部的环境信息部（EIA）来通过网络、数据分析报告和研究成果及论文等形式公开。

## 6. 公开的监督机制

对于美国各电厂二氧化硫排放信息公开的监督主要通过保障“持续气体监测装置”的正常运转来实现，最低的要求是每十五分钟可以监测、分析、记录一次排放数据。

环境保护署派驻审计人员对监测设备的运行情况进行监察。包括检查“装置”记录的每小时二氧化硫排量数据；为期七天的偏差调校检测；对于每一个污染物监测器的一体化检测；对于每种监测器的相对准确性检测（RATA）；对于每种监测器的运转周期检测；以及专门针对二氧化硫排放的偏差检测和流量检测。

如果出现“监测装置”运转失灵而导致的排放数据缺失，或由于其它原因导致的信息获取失败，电厂必须按照“保守估计”的方式来补足缺失数据；如果出现规制范围内的电厂拒绝安置“监测装置”或由于主观原因而导致长期无法运转，该电厂将无法获得电力市场准入的资格（License）；若是监测数据显示电厂二氧化硫排放量超出排放标准，将视程度给予罚款，或减少甚至取消对于电厂的减排补助。

## 2.4 美国电力行业二氧化硫排放信息自愿公开制度

由于美国电厂二氧化硫排放信息自愿公开都是在州政府展开，各州的情况不完全一样。这里只是介绍共性的有代表性的制度安排。

### 1. 公开的目的和原则

美国电厂在面向消费者自愿进行排放信息公开的过程中，往往致力于实现如下两点目的：一是提供给消费者充分的电力商品信息，以帮助消费者可以在电力商品之间进行理性选择；二是在保障电力消费者“信息知情权”的基础上，实现电力市场的良性竞争。

### 2. 公开主体

美国二氧化硫自愿信息公开的过程主要以电力企业为主体。其中，新英格兰地区的“电力市场信息公开法案”中的规定是各州情况的典型代表：“能源消耗信息和污染物排放信息须由电厂个体进行公开报告。”

### 3. 公开范围

美国各州对于自愿信息公开的约束范围一般都会与“持续信息监测体系”的监测范围相一致。或者，如新英格兰地区一样要求：公开范围包括由州环境管理委员会经同州大气质量局和美国环保署磋商后认定的排放设备。

### 4. 公开内容

在美国电力行业，“信息披露”的内容主要包括“燃料混合比例”和“强制性规定的污染物排放量”，主要披露对象是消费者。例如，明尼苏达州的公共事业委员会规定：“委员会认定消费者对于环境问题享有知情权并保障明尼苏达州所有电力产品消费者享有平等且充分的环境信息知情权。”对此，明尼苏达州颁布法令，规定披露监管的电力企业向消费者公开“各类能源消耗情况”（Fuel mix）以及“气体排放量”（Air emissions）的相关信息。每年两次，形式主要为公开包括如下内容在内的“信息明细表”，一个描绘了燃料类型及消耗量的饼状图；一个描述各类空气污染物排放量的柱状图；可再生能源使用对于电力产品价格的影响；以及一份对于“能源利用效率及测量标准的陈述”。此外，该信息表还必须列出电话号码、网站等各项公开信息的索引与来源，以使得消费者能够直接分析并验证被告知的各项环境信息。美国其它州的环境公开程序和形式与明尼苏达州类似，仅在具体展开的细节上有所出入。例如，有几个州根据具体的情况，要求电厂每季度披露信息，而非一年两次。

### 5. 公开途径

“自愿信息公开”在美国各州的实现途径大体相同，主要以提供给消费者的电力产品环境标签（Electricity Facts Label, EFL）的形式进行。

### 6. 公开的监督机制

为了保障消费者充分获得电力产品信息以及电厂如实地公开排放信息，各州往往采用三种方式进行监督：各州信息公开统一标签（Uniform Label，如图 2.2 所示为典型的信息公开标签）；建立准确性审核的跟踪机制（Tracking Mechanism，其包括排放审查机制 The Emission Tracking System, ETS 和补贴跟踪机制 The Allowance Tracking System, ATS<sup>2</sup>）；在区域范围内制定专项的法律规定，并与相关的管理机构结合，制定符合本州实际情况的监督机制。

---

2 补贴跟踪机制：在给各个电厂实名注册的基础上，官方地记录补贴的发放及实施效果，旨在保障“补贴”作用的充分发挥。<sup>[23]</sup>

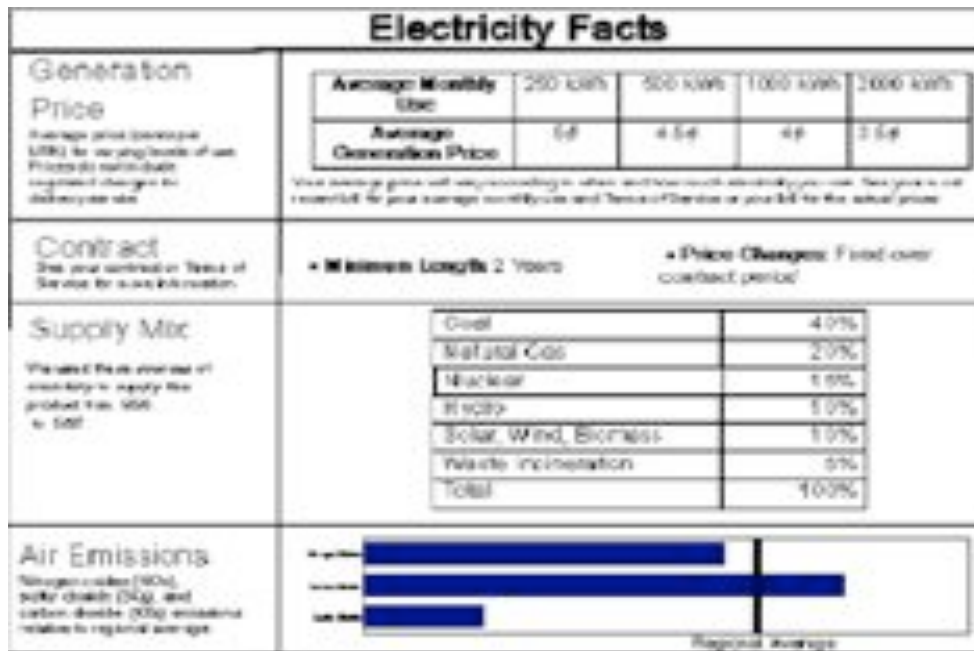


图 2.2 美国电力行业 Electricity Facts Label (EFL) 样本  
 资料来源：美国电力行业竞争协会，“各州电力信息公开法案概述”

## 2.5 其他几个西方国家电力行业二氧化硫排放信息公开制度

加拿大是较早研究和实施环境信息披露的国家，同时，其环境会计理论和实务一直处于世界前列。这与加拿大全国上下对环境问题的重视有很大关系。近年来，由于环境污染和破坏问题日益严重，加拿大政府陆续颁布了一系列法律法规，对企业的生产经营活动进行限制，理论界和实务界积极开展环境保护方面的研究。加拿大特许会计师协会在 1994 年发布的“环境绩效报告”，提出了披露环境绩效的建议；安大略省自 2000 年 3 月始施行电力行业的强制信息披露。

但与美国所不同的是，加拿大政府对于环境信息披露的作用不明显，积极性不高，而主要通过各地方政府推动。如安大略省能源委员会统一规定了省内电厂信息披露标准，并于 2002 年 5 月将“竞争机制”引入电力行业。加拿大同样效仿美国推行“产品标签”（Product label）。所不同的是，其要求标签不仅要显示电厂自身信息，还要同时显示相对应的省平均水平数据。

荷兰是欧盟国家在这一领域的典型代表（基本经历了从独立发展到欧盟融合的过程）。荷兰环境部一直主张建立强制性环境报告制度，强制企业进行环境信息披露。1999 年，荷兰环境部发布了适用于政府部门的“环境成本与收益的确认及计量方法”报告书，对宏观范围的环境成本确认和计量进行了规范。该报告



书的目的是用于指导宏观范围内包括二氧化硫排放在内的环境成本，并以此为前提，对企业环境治理活动所引发的支出进行推算。至于企业环境信息的披露，由企业根据自身具体情况确定。

同年，荷兰环境部还发布了“环境指南 99 年研究报告”。该研究报告中提出，应对企业的制造过程进行生命周期管理和控制，并制定了一系列指标，从人类健康、生态系统质量、资源消耗与再生三个方面，对企业损害环境的行为进行评价。

荷兰环境部还规定大型企业有编制环境报告的义务，现有 300 家企业属于编报范围。所编制的环境报告书分为两类，一类是面向政府部门的，另一类是面向社会公众的。其内容和格式有所不同，但可以交叉使用。面向政府部门的环境报告，其编报内容有统一规定，以便政府部门进行整理和汇总。面向社会公众的环境报告，所编报的内容由企业自行确定。虽然在实务中，企业环境信息披露的形式“五花八门”，但都取得了满意的效果。原因有：一是对公众对环保报告重视；二是政府和企业对环境信息披露中都投入了大量的人力财力，而不单纯是一种“政府补助”模式。

从 2001 年 12 月开始，在荷兰经济事务部（the Dutch Ministry of Economic Affairs）信息披露提案的推动下，荷兰的环境信息披露逐步融入欧盟体制，政策与其它欧盟国家趋同。

2000 年，“奥地利电力法”（EIWOG）颁布。其中 Section 45 规定，从 2001 年 10 月始，奥地利的电力厂商在面向消费者提供的“电力账单”上须对“二氧化硫排量”、“能源构成”等信息进行披露。尽管国家电力监管协会（E-Control）对于主导全国范围内的“电力行业信息披露”工作。各地方政府实际上拥有着充分的自主权并可以对管辖范围内的“信息披露工作”进行制度设计。例如，各地方在以“电厂”还是“单一电力产品”为信息披露对象的问题上，可结合不同的经济社会发展情况而施行不同的政策。

## 2.6 中国的环境信息公开制度

中国的环境信息公开制度已初步成形。最近，《政府信息公开条例》和《环境信息公开办法（试行）》已经实施，并建立了“生态与环境监测公报”等政府报

告制度。此外在环境信息公开方面还包括地区和城市环境质量公告，城市环境综合整治定量考核于环境保护模范城市，重点污染源名单公开等。这些制度的建立在很大程度上促进了中国环境信息公开工作，取得了宝贵的经验。

但是，当前中国电力行业还没有建立有效的二氧化硫排放强制信息监测或电厂自愿信息公开机制，政府和公众参与者无法顺利实现，政府对电厂二氧化硫排放的审计工作无法有效落实，从而导致了政府针对二氧化硫排放的处罚及补贴激励的一系列规制措施的失效。因此，通过借鉴国外电厂二氧化硫排放信息公开经验，结合中国实际情况建立相关信息公开制度和配套机制，是中国政府在推进电力行业二氧化硫减排行动中的重要而有效的途径。

但从数据来源上看，中国电力行业二氧化硫排放数据来源途径较多。环保系统内部传统的环境数据主要包括环境统计数据、排污申报数据及排污收费数据，除此之外还包括总量核查、污染源普查、在线监测等数据，各类数据与职能部门间的隶属关系如图 2.3 所示。由于各类数据统计的目的、指标、制度、方法等均不相同，相互之间衔接不够，并自成体系，致使环保系统的数据权威性大大降低。

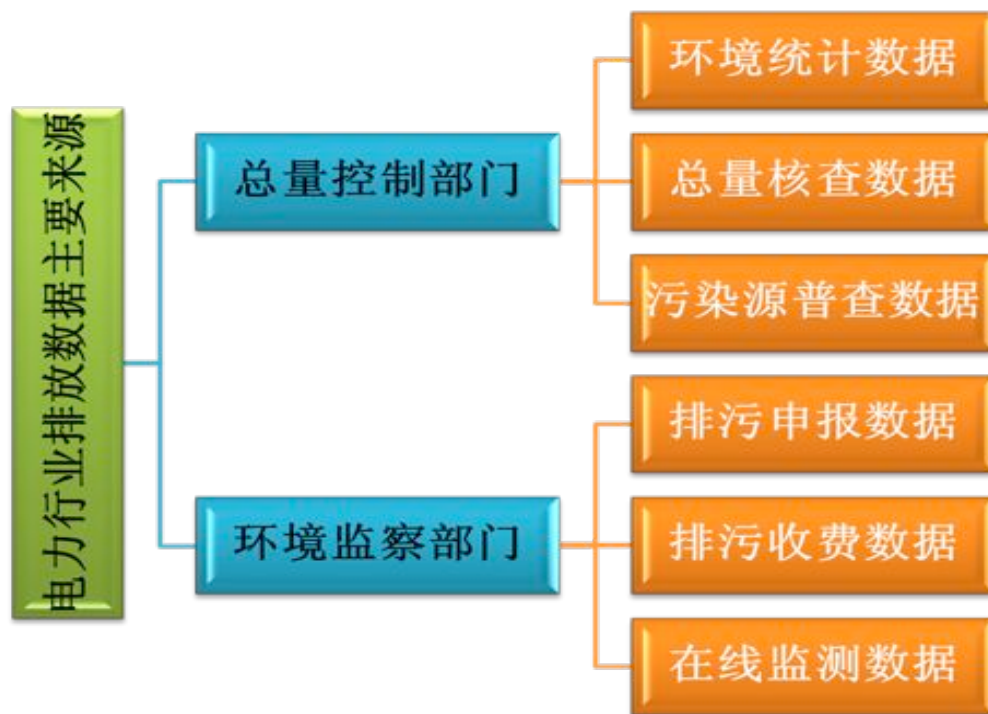


图 2.3 我国环保系统内主要数据来源

为统一数据口径，摸清污染源的排放状况，形成标准统一、计量准确的环境统计制度，中国环境保护部在环境统计领域做了大量的改革与试点工作，例如：

推行“三表合一”试点、开展全国第一次污染源普查、加大重点污染源在线监测系统的安装力度等。但客观来看，中国目前仍然缺乏一套能够准确掌控污染源排放情况的权威性数据，这已成为推行环境信息公开制度的主要障碍。

## 第三章 电力行业二氧化硫排放数据校核及 2010 年排放清单编制

### 3.1 电力行业二氧化硫排放数据现状评估

电力行业二氧化硫不同来源排放数据的特点和具体内容见表 3.1 和表 3.2。

表 3.1 电力行业二氧化硫不同来源排放数据的特点

掌握的数据	特点	主要对象	数据周期	主要作用
环境统计	制度化、常态化的数据，法定数据	现役电厂	一年	政府部门每年对外发布的法定数据
污染源普查	制度化、阶段性国情摸底数据，有法律依据	现役电厂	十年	将促进环境统计改革，逐渐与环境统计融合
总量核查	日常监督性数据	减排项目	半年	与环境统计紧密衔接，提高数据准确性的重要方式
在线监测	实时计量方式，实时掌握排放信息	安装电厂	实时	将成为环境统计数据来源之一

表 3.2 电力行业二氧化硫不同来源排放数据的具体内容

掌握的数据	数据指标	核算方法	不确定性的主要来源
环境统计	装机容量、运行时间、发电量、煤炭消费量、含硫率、脱硫工艺、脱硫效率、二氧化硫产生量、二氧化硫排放量	物料衡算、产排污系数、实际监测	数据尚未全部采用实测数据，审核环节相对薄弱，人为因素影响较大
污染源普查		物料衡算、产排污系数、实际监测	对于同样的脱硫方法取相同的脱硫效率，

		测	未考虑企业实际工况
总量核查		资料查阅、现场勘查, 脱硫效率以 DCS 系统历史性数据为准	重点核查对象为新增减排项目, 未实施全口径核查
在线监测	烟气流量、烟气流速、进出口浓度等相关烟气参数	日常手动校准仪器, 实测浓度折算为排放量	安装位置、校准方法、校准频次、CEMS 日常维护管理水平

### 1. 环境统计数据

中国环境统计数据是官方对外发布的法定性数据, 是制定环境保护政策、规划, 考核环境保护工作的基本依据。经过多年探索, 环境统计已经形成了一套相对完整的数据上报、审核和发布体系。环境统计中工业企业污染排放及处理情况的调查方法是对重点调查单位逐个发表填报汇总, 对非重点调查单位的排污情况实行整体估算。重点调查单位是指主要污染物排放量占各地区(以区县为基本单位)全年排放总量(指该地区排污申报登记库中全部工业企业的排污量)85%以上的工业企业和排污单位, 重点调查单位的范围每年根据排污申报登记的情况进行动态调整, 按规定火电厂应全部为重点调查单位。2009年, 纳入重点调查统计范围的电力企业2438家, 共安装了4270套脱硫设施, 二氧化硫排放量933万吨。在电厂基本信息和二氧化硫排放量统计方面, 统计的主要内容包括每台机组的装机容量、锅炉吨位、机组投运时间、发电量、供热量、燃料消费量、燃料含硫量、脱硫设施投运时间、脱硫技术、脱硫效率、脱硫剂消耗量、脱硫设施运行费用、废气排放量、二氧化硫排放浓度、二氧化硫排放量、二氧化硫去除量、废气在线监测仪器安装套数等信息。

#### (1) 环境统计数据的法律地位

《中华人民共和国统计法》是环境统计制度最基本的法律依据。原国家环保局于1995年6月发布国家环保局第17号令《环境统计管理暂行办法》, 这是环境统计的第一个法规性文件。该办法对环境统计管理的概念、范畴、技术规范等做出具体定; 对统计机构和人员设置提出要求, 明确了各级机构的职责; 对奖励

和处罚做出了明确规定。同年还制定了《国家环保局局内环境统计工作管理办法》规范了各职能机构在环境统计工作中行为。

2006年原国家环境保护总局在《环境统计管理暂行办法》基础之上对原有办法进行了修改，并颁布了新的《环境统计管理办法》，同时废止了1995年6月15日发布的《环境统计管理暂行办法》。

### (2) 环境统计数据主要内容

环境统计数据的内容包括环境质量、环境污染及其防治、生态保护、核与辐射安全、环境管理及其他有关环境保护事项。对电力行业大气污染排放统计而言，主要统计的内容包括火电企业数目、燃料消费量、废气治理设施数、脱硫设施数、废气治理设施运行费用、脱硫设施运行费用、二氧化硫排放量、二氧化硫去除量、氮氧化物排放量、氮氧化物去除量、烟尘排放量、烟尘去除量等信息。

### (3) 环境统计报表的上报及审核

环境统计数据年报表的报告期为当年的1月1日至12月底，上报时间是次年年初。数据报告程序首先是由重点调查单位填报纸质报表，并报送给区县级环保部门；区县级环保部门将排污单位上报数据录入统计数据库，并逐级上报；省级环保部门对统计数据进行审核后，在3月20日之前将全部数据库资料通过网络传报给国家级环保部门，同时将打印表、编制说明等文本材料用邮寄的方式报送。

中国环境监测总站根据企业上报的基本信息、燃料、原料、工艺特征、治理状况及排放数据等基础资料，结合已有的资料 and 实际监测数据对统计数据进行审核。审核内容包括上报数据的及时性、完整性及准确性（企业基础数据和汇总数据准确性）。环境统计数据的审核严格依据《环境统计管理办法》、《环境统计技术导则》、《环境统计报表制度》、《环境统计报表填报指南》等相关技术规范和要求进行。

审核方法包括：①依据统计报表数据对各指标的逻辑关系、完整性及格式进行判别；②依据企业提供的生产运行记录台账、工艺特点等进行审核；③利用监测数据、物料衡算数据及产排污系数数据进行审核；④利用多年积累的历史资料审核或利用有关部门的资料进行审核。

审核程序包括：各级（县、市）环境保护部门按时上报环境统计表，经省级环境保护部门审核后，交至国家环境环境保护部门，由中国环境监测总站依据《全国环境统计数据审核办法》对统计数据进行全面审查核实，并将审核意见反馈至数据报送单位。对有异议的统计数据，由中国环境监测总站报环境保护部环境统计主管部门，由环境统计主管部门负责组织全国环境统计数据审核专家组（包括经济学家、技术专家等等），对有争议的数据进行审定。数据核定无误后报经环境保护部批准后，定期公布有关环境统计数据。

#### （4）环境统计数据存在的不足

环境统计数据存在的问题主要包括：一是环境统计数据尚未完全采用监测数据计算排污量。按照环境统计要求重点调查单位原则上都应采用监测数据法计算排污量，但实际上包括火电厂在内的一些重点调查对象仍未全部采用监测数据计算排放量，或采用的监测数据为一次性监测结果，计算结果质量较差。大多数企业依然根据燃煤设备的耗煤量、煤炭含硫率、燃烧类型及脱硫效率等基础资料，采用物料衡算和排污系数法核算排污量；二是环境统计的审核环节较为薄弱。从环境统计数据的审核方法及审核程序看，环境统计数据的审核依然存在很大的不确定性，数据质量还有待提高；三是环境统计数据准确性易受到主观因素的影响。依据国务院《主要污染物总量减排统计办法》、《主要污染物总量减排核算细则》，环境统计数据已作为总量减排核查及考核的主要依据，因此难免存在人为篡改统计数据的现象，在环境统计上面“做文章”，致使环境统计难以客观反映企业真实的排污水平。

## 2. 污染源普查数据

为全面掌握各类污染源的数量、行业和地区分布情况，了解主要污染物的产生、排放和处理情况，建立健全重点污染源档案、污染源信息数据库和环境统计平台，中国于2007年开展了第一次全国污染源普查工作。为顺利开展全国污染源普查工作，国务院相继颁布了《关于开展第一次全国污染源普查的通知》、《国务院办公厅关于印发第一次全国污染源普查方案的通知》《全国污染源普查条例》三个重要文件，特别是《全国污染源普查条例》为污染源普查数据奠定了法律基础。

### （1）污染源普查的任务

污染源普查的主要任务是：掌握各类污染源的数量、行业和地区分布情况，了解主要污染物的产生、排放和处理情况，建立健全重点污染源档案、污染源信息数据库和环境统计平台，为制定经济社会发展和环境保护政策、规划提供依据。

#### （2）污染源普查的主要内容

污染源普查的主要对象包括工业污染源（重点工业源、非重点工业源）、农业污染源、生活污染源、集中式污染治理设施四大类。工业源调查的主要内容包括：企业基本登记信息，燃料消耗情况，产品生产情况，产生污染的设施情况，各类污染物产生、治理、排放和综合利用情况，各类污染防治设施建设、运行情况等。

污染源普查将火电行业统一纳入重点工业源范畴，基于对不同类型电力企业二氧化硫排污系数的调查分析，形成了一套针对电力行业二氧化硫的产排污系数，通过企业上报和基层环保部门对所辖范围内电力企业生产和耗煤情况的复核，建立了一套全国电力行业二氧化硫排放普查数据库。

#### （3）污染源普查的主要方法

污染源普查采用全面调查与个别抽样相结合、现场监测与物料衡算及排污系数计算相结合、技术手段与统计手段相结合的方法。对工业源中占各省（区、市）污染物排放量 65% 的污染源及集中式污染治理设施，同时采用现场监测和物料衡算与排污系数等方法核定污染物排放量；对其他工业源，采用分类抽样监测的方式，对物料衡算与排污系数测算的污染物排放量进行核准；对污染物排放量小、排放形式简单的源，采用排污系数法直接计算排污量。

#### （4）污染源普查成果的应用

污染源普查信息数据库是环保系统内覆盖面最大，信息量最全的污染源信息系统，同时也是最具权威的数据之一，是污染源普查成果的集中体现。污染源普查成果已在我国环境保护“十二五”规划、环境统计、节能减排、环境监测等多个领域得到充分应用。

#### （5）普查数据的不足之处

污染源普查数据的更新周期较长，按照《全国污染源普查条例》全国污染源普查每 10 年进行 1 次。此外，污染源普查数据依然存在与环境统计数据相似的不足之处。



### 3. 总量核查数据

为及时、准确掌握各地主要污染物减排情况，确保实现主要污染物总量减排目标，中国环境保护部开展了主要污染物总量减排核查工作，总量核查工作每半年进行一次。通过开展“十一五”总量减排核查工作，环境保护部门已掌握了大量电力企业基础信息及实际运行工况信息，电力行业二氧化硫排放清单的准确性得以明显提高。

#### (1) 总量核查数据的性质

总量核查数据是考核总量减排的日常监督性数据，主要核查对象为新增污染减排企业，目的在于核准新增减排项目的减排量。

#### (2) 总量核查的主要方法

为了规范总量核算工作，统一核查方法，环保部依据《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》、《国务院批转节能减排统计监测及考核实施方案和办法的通知》以及《“十一五”主要污染物总量减排核查办法（试行）》等规定，制定了《主要污染物总量减排核算细则(试行)》，该细则是“十一五”期间主要污染物总量减排核查的技术性大纲。

总量核查坚持现场核查与资料审核相结合的原则，以资料审核为重点，结合现场核查，依据明确的核算方法对各地上报的减排工程项目逐一核实削减量。资料审核主要核定电厂装机规模、发电量、标煤耗、煤炭消耗量、硫份及排放量等关键参数，并检查历年环统排放量的变化情况；现场核查主要核实企业的实际工况及在线监测信息等。具体核算方法如下：

$$E=M \times S \times (100-\eta) \times 1.6 \times 10^{-4}$$

$E$ ：机组二氧化硫排放量；

$M$ ：机组煤炭消耗量（万吨）。煤炭消耗量优先采用现场核查实际数据，并使用发电量校验。如无法获得以上数据，则按装机容量、运行小时数、发电标煤耗进行折算；

$S$ ：煤炭平均硫份（%）。可参考环统中的硫份数据或依据现场数据；

$\eta$ ：综合脱硫效率（%）。为脱硫设施投运率和烟气在线监测脱硫效率之积，须通过现场核查烟气在线监测系统储存数据、脱硫设施运行记录和上报环保部门停运时间确认。如无法提供有效数据，依据脱硫工艺按经验确定。

### （3）与环境统计数据的关系

总量核查数据是基于环境统计数据、企业实际工况及在线监测基础上的综合性数据，其准确性相对较高。从总量核查的实践来看，火电企业二氧化硫的减排基数主要以环境统计数据为准，总量核查不仅算清了“减量”，同时也对企业的实际排放状况进行了现场摸底，对环境统计制度的完善及统计水平的提高起到了促进作用。

### （4）总量核查数据的不足

总量核查机制是“十一五”特定时期下开展的一项工作，对落实“十一五”主要污染物总量减排目标起到了关键性的作用，但是总量核查机制存在的主要问题包括：一是环保部门每半年组织大量人力逐个核定全国每一个减排项目的减排量，投入的行政成本过高；二是核查的重点为减排企业，尚未实施电力行业全口径核查，难以形成完整的数据体系。因此，在“十二五”期间是否依然采用“十一五”总量核查的方式，总量核查数据是否会常态化，尚存在不确定性。

## 4. 在线监测数据

CEMS 作为一种能够准确计量火电厂二氧化硫排放量的方法，在国内外环境监测领域被广泛使用。依据国务院 2007 年发布的《主要污染物总量减排监测办法》规定“国控重点污染源必须在 2008 年底前完成污染源自动监测设备的安装和验收；监测数据必须与省级政府环境保护主管部门联网，并直接传输上报国务院环境保护主管部门”，为此各地积极推进火电厂锅炉烟气排放连续监测系统的安装、标准化管理和数据联网。

### （1）火电厂在线监测数据安装现状

截至 2009 年 3 月底，全国已建成 324 个省级、地市级监控中心，在 10279 个重点监控企业的 7225 个污水排放口、5472 个废气排放口安装了连续自动监测系统，对 85.5% 的国控重点污染企业实现了污染物排放自动监测。20 万千瓦以上燃煤机组已全面安装了烟气排放连续监测系统，实时监测数据与当地环保部门的联网上报率达到 90% 以上。但现役的在线监测系统运营管理水平整体较差，加之政府部门对在线监测系统的日常监管力度相对薄弱，导致在线监测系统难以稳定运行，数据质量较差。此外已有在线监测系统与省级及以上环境保护部门尚未全部联网，未形成覆盖全国的在线监测数据传输网。随着我国环境监测能力建设

的加强、燃煤机组脱硫步伐的加快及烟气自动在线监测系统相关技术规范的陆续出台，火电机组在线监测系统的安装率、数据质量及联网率有望在短期内得到大幅度提高。

## （2）在线监测数据的管理分工

2005 年以前，中国污染源自动监测系统（CEMS）的管理较为混乱，主要问题包括：自动监测系统产权不明确、数据没有法律地位、管理无章可循、各方职责不清晰、技术规范不系统等。为解决当时存在的一些突出问题，2005 年 9 月，原国家环境保护总局颁布了《污染源自动监控管理办法》（国家环境保护总局令第 28 号），基本明确了污染源自动监测系统的管理流程、数据的应用以及环保系统内部的职责划分，为污染源连续自动监测系统的管理奠定了基本的法律基础。该文件规定污染源自动监测系统的相关管理方为环境监察、环境监测和环境信息部门，管理流程包括设备选型、安装、验收、运营维护和数据有效性审核（见图 2-1）。环境监察部门负责督促企业安装自动监测仪器设备并及时按规范验收，监督企业确保污染源自动监控设备正常运行；环境监测部门负责自动监测数据的有效性审核工作；环境信息部门负责自动监控系统的联网、网络的日常运行和维护工作。此外，监测仪器设备选型需通过质检中心的适用性检测，监测设备运营维护由设备生产厂商或第三方运营公司负责。

为了细化相关管理要求，环境保护部又出台了一系列规章制度。《污染源自动监控设施运行管理办法》（环发[2008]6 号），规定了污染源自动监控系统运行维护和监督管理等方面要求。《国家重点监控企业污染源自动监测数据有效性审核办法》和《国家重点监控企业污染源自动监测设备监督考核规程》（环发[2009]88 号），规定了国控重点企业污染源自动监测数据有效性审核的责任、内容和程序等要求。《国控重点污染源自动监控信息传输与交换管理规定》（环境保护部 2010 年第 55 号公告），规定了国控重点污染源自动监控信息传输与交换方式以及监督管理责任等。以上文件与《污染源自动监控管理办法》一起，共同构成了污染源自动监测系统的管理体系，明确了各部门职责和污染企业的责任等。各方具体职责如下。

环境监察机构：

- ①参与制定工作计划，并组织实施；

- ②核实自动监控设备的选用、安装、使用是否符合要求；
- ③对自动监控系统的建设、运行和维护等进行监督检查；
- ④本行政区域内重点污染源自动监控系统联网监控管理；
- ⑤核定自动监控数据，并向同级环境保护部门和上级环境监察机构等联网报送；

⑥对不按照规定建立或者擅自拆除、闲置、关闭及不正常使用自动监控系统的排污单位提出依法处罚的意见。

环境监测机构：

- ①指导自动监控设备的选用、安装和使用；
- ②对自动监控设备进行定期比对监测，提出自动监控数据有效性的意见。

环境信息机构：

- ①指导自动监控系统的软件开发；
- ②指导自动监控系统的联网，核实自动监控系统的联网是否符合国家环境保护总局制定的技术规范；
- ③协助环境监察机构对自动监控系统的联网运行进行维护管理。



图 3.1 CEMS 的管理与分工

### (3) 在线监测数据存在的主要问题

虽然目前中国电力企业大多配套安装了烟气在线监测系统,但在线监测数据质量仍有待进一步提高。存在的问题主要体现为:

①在线监测设施安装位置不够规范,少数自动监控系统并没有安装在烟囱上;

②在线监测设施的运行、管理及维护水平较低,数据质量难以保障,据调查我国已安装的 CEMS 运行稳定的约为 26%左右,剩余 74%的 CEMS 均不能稳定运行。

## 5. 电力行业排放数据存在的问题

### (1) 数出多门,相互之间衔接性差

由于现行管理体制等原因,造成污染源排放数据“数出多门”,环境统计数据、排污申报(收费)数据、总量核查数据和污染源普查数据等多套数据并存。从统计角度而言,不仅增加了环保部门和企业的工作量,而且相互之间存在矛盾,急需对各套数据进行分析整合,尤其是加快环境统计与污染源普查数据的衔接,确保数据的唯一性,增强环境数据的权威性。

### (2) 数据核定手段落后

目前对电力行业二氧化硫排放数据的核准主要采取人工检查的方式,通过对相关数据的校核、验证等核定企业二氧化硫排放量,核定手段落后,未实现基于信息网络的电子化审核及管理。

## 3.2 电力行业二氧化硫排放清单编制方法

以环境统计数据为基础,对比不同来源数据之间的差异(以环境统计数据为中心的数据关系如图 3.2 所示),依据统一的数据核准规则,建立电力行业二氧化硫排放清单。电力行业二氧化硫排放清单至少应包括每个电厂的生产数据、治理情况及二氧化硫排放量三类信息。

### 1. 以环境统计数据为信息公开的主要依据

①全国污染源普是对各类污染源的一次全面摸底,每 10 年进行 1 次,更新周期长、连续性差,其结果仅反映了阶段性的污染源状况,不能作为电力行业减

排信息公开的主要依据。但污染源普查工作的开展，有力推动了环境统计制度的改革，普查数据将逐渐与环境统计数据相融合。

②总量核查数据的核查对象主要为新增减排项目，目前尚未对电力行业实施全口径核查，无法建立全口径电力行业二氧化硫排放清单；此外由于总量核查数据基于环境统计数据，因此总量核查将逐步成为提高环境统计数据质量的一种有效手段。

③在线监测作为一种污染物排放计量方式，随着数据质量的大幅提高，必将成为环境统计数据的主要来源之一。

综上所述可以看出：由于我国环境数据“数出多门”，各数据间存在着一定的冲突与矛盾，必然要求我国环境统计制度的改革。环境统计数据作为我国唯一的常态化法定数据，是环保部门多套数据“归一”的最佳归宿。因此，应将环境统计数据作为电力行业二氧化硫减排信息公开的主要依据。



图 3.2 以“环境统计为中心”各数据间的数据关系

## 2. 通过不同来源数据的整合确保数据的唯一性

通过对环境统计、污染源普查数据、总量核查数据及在线监测数据的对比与分析，加快各类数据之间的衔接与融合，推进环境统计制度改革，逐步完善、改

进环境统计数据，提高我国环境统计水平。各数据间的具体整合方式如图 3.3 所示。

①以污染源普查数据为基础逐步扩大环境统计的范围，推进实施电力行业全口径统计，加快环境统计与污染源普查的衔接与统一；

②加强总量核查数据与环境统计数据衔接，在对减排项目削减量核定的基础上，夯实以环境统计为基准的排放基数；

③将在线监测作为环境统计数据的主要来源，特别是机组脱硫效率应尽量采用在线监测数据。

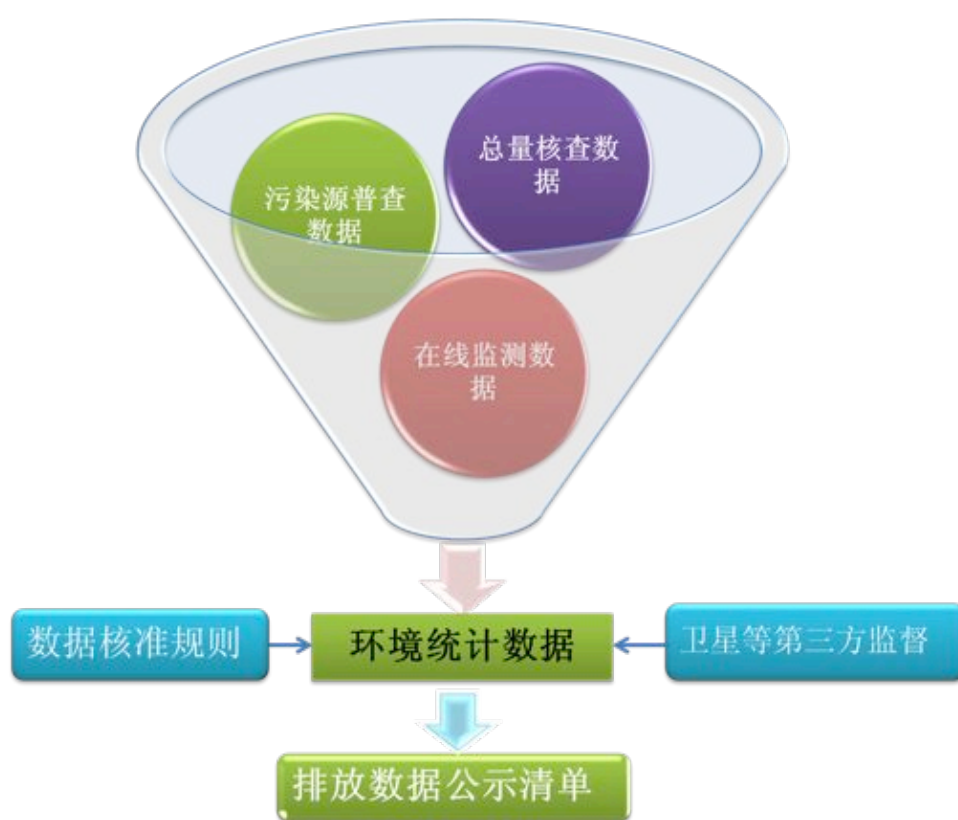


图 3.3 以“环境统计为中心”的数据整合模式

### 3. 建立统一的二氧化硫排放数据计量及核准方法

#### (1) 电力行业环境统计数据应尽可能以在线监测设施计量

电力行业二氧化硫排放量的计量方法主要包括：排污系数法、物料衡算法、间歇性手动监测及在线监测四种。CEMS 作为一种现代化的计量手段，可以实时计量二氧化硫的排放量。CEMS 核准火电厂二氧化硫排放量的优点在于 CEMS

能够准确计量污染源在各种工况下的排放量，克服了常规监测及监督性监测选取样本不具代表性的缺点。

目前，环境统计对电力企业二氧化硫排放量多通过物料衡算的方法进行核算，核算过程未考虑企业实际工况的差异性，此外由于物料衡算方法需要准确掌握企业的工况信息、煤炭消费状况及脱硫效率等基础资料，核算效率低、准确性差。因此，应逐渐将在线监测作为计量电力企业排放量的主要方式，环境统计数据应尽可能以在线监测数据为准。

(2) 通过物料衡算或排污系数法对企业关键指标进行核准

由于目前我国火电企业在线监测设施运营及管理方面存在诸多问题，尚不能单纯的依据在线监测数据对二氧化硫排放量进行计量，必须通过物料衡算方法对在线监测数据进行核准，将在线监测数据与物料衡算数据进行比对，最终确定企业实际排放量。

表 3.3 火电企业主要指标核准规则

分类	指标	核准规则
工况信息	装机容量 CAP (万千瓦)	$0 < CAP \leq 100$
	运行小时数 H (小时)	$H < 8760$ ，缺省默认值为 5500
	发电量 W (万千瓦时)	$W = CAP \times H \times 10^4$
能源信息	煤炭消耗量 M (万吨)	$M = W \times G \times 1.4 \times 10^{-6}$
	标煤耗 G (克/千瓦时)	$G = M / W \times 0.714 \times 10^{-6}$ ， $200 < G < 500$
	含硫率 S (%)	参照该地区平均硫份或现场数据， $0.2 < S < 4$
治理情况	脱硫工艺	各种资料相互印证，现场勘测
	脱硫效率 $\eta$ (%)	$\eta < 100$ ，具体以 CEMS 为准，无 CEMS 依据脱硫工艺确定（参考《总量核算细则》）
污染排放	二氧化硫排放量 E (万吨)	$E = M \times S \times 1.7 \times (100 - \eta) \times 10^{-4}$

(3) 通过第三方监督机制提高公开数据的公信力



利用卫星遥测、空气质量模型源清单反演等技术手段对电力企业二氧化硫排放信息进行核准，建立基于技术体系的污染源排放日常监督机制。此外，排放信息公开后，政府、企业应积极应对公众监督，建立公众反馈信息的相关途径，对于公众质疑的信息，政府、企业应及时给予说明或修正。通过第三方监督逐步提高数据的透明性、准确性，将信息公开制度作为提高我国环境统计水平的重要手段。

#### 4. 编制电力行业二氧化硫排放信息公开清单

##### (1) 不同层次信息公开清单的设计

电力行业二氧化硫排放清单以机组为统计单元，每个机组对应的主要指标至少应包括：装机容量、发电量、煤炭消耗量、含硫率、脱硫工艺、脱硫效率、排放量及排放绩效等信息，具体见表 3.4。不同层次排放清单间关系如图 3.4 所示。

表 3.4 电力行业二氧化硫排放信息公开清单的设计

清单类型	清单指标	获取方式
机组清单	各机组规模、发电量、能源消耗量、硫份、脱硫工艺、脱硫效率、污染物产生量、污染物排放量、排放绩效	以 CEMS 为环统数据的主要来源，并利用表 1-3 物料衡算规则进行核准
企业清单	总装机、发电量、能源消耗量、加权硫份、污染物产生量、污染物排放量、综合去除率、综合排放绩效	以机组进行汇总
各省清单		以企业进行汇总
各电力公司清单		以企业进行汇总

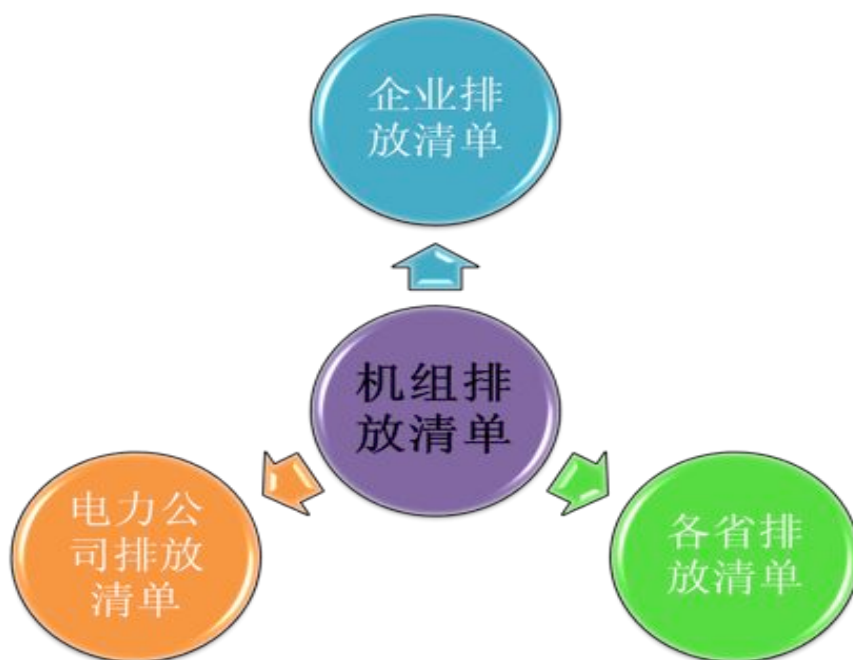


图 3.4 不同层次排放清单之间的汇总关系

(2) 2010 年各省及各电力公司排放清单

表 3.5 2010 年各省电力行业二氧化硫排放清单

省份	总装机容量 (GW)	总煤耗量 (亿吨)	平均硫份 (%)	SO <sub>2</sub> 排放量 (万吨)	综合去除率 (%)	排放绩效 (g/kwh)
北京	2.98	0.10	0.56	1	67	0.36
天津	10.74	0.29	0.79	10	90	1.88
河北	37.41	1.04	1.02	36	73	1.8
山西	41.51	1.17	1.06	83	80	3.94
内蒙	48.35	1.55	0.77	64	61	2.68
辽宁	28.44	0.84	0.64	45	68	3.63
吉林	15.04	0.45	0.44	18	50	3.53
黑龙江	17.52	0.59	0.34	23	46	3.14
上海	21.32	0.36	0.61	13	32	1.42
江苏	54.14	1.63	0.78	60	64	1.82
浙江	40.75	0.95	0.79	33	72	1.59
安徽	29.79	0.69	0.48	16	74	1.13
福建	23.97	0.36	0.67	12	71	1.33
江西	14.34	0.28	1.10	19	71	3.57
山东	59.73	1.80	1.08	96	63	3.12
河南	54.29	1.14	0.76	65	71	2.95
湖北	18.93	0.40	1.28	26	56	3.42

湖 南	15.98	0.35	1.08	17	70	2.28
广 东	52.31	1.07	0.69	36	74	1.41
广 西	9.46	0.24	1.84	24	71	4.29
海 南	2.65	0.05	1.06	2	69	1.36
重 庆	6.73	0.20	2.94	27	80	8.09
四 川	11.26	0.33	1.74	33	73	5.92
贵 州	18.76	0.52	2.45	68	66	7.14
云 南	11.20	0.32	1.34	25	68	4.52
陕 西	22.32	0.55	1.30	50	66	5.18
甘 肃	14.63	0.31	0.76	19	59	3.21
青 海	2.33	0.05	0.80	5	53	4.28
宁 夏	11.30	0.34	1.09	17	37	2.89
新建（含兵 团）	9.79	0.22	0.70	22	33	3.49
全国	707.94	18.24	0.94	965	67	2.82

表 3.6 2010 年各电力公司二氧化硫排放清单

电力公司	总装机 容量（ GW）	总煤耗 量（亿吨 ）	平均硫 份（% ）	SO <sub>2</sub> 排 放 量（万吨 ）	综合去 除率（% ）	排放绩效 （g/kwh）
中国华能集团	92.58	2.35	1.02	96	77	2.06
中国大唐集团	83.71	2.19	1.07	87	78	2.02
中国华电集团	71.92	1.73	1.08	91	72	2.89
中国国电集团	75.27	1.98	1.19	100	75	2.61
中电投集团	50.02	1.34	1.12	70	72	3.04
合计	373.50	9.59	1.10	444	75	2.41

### 3.3 电力行业二氧化硫排放清单的确认与公示

电力行业二氧化硫排放清单的确认过程采用“一下一上”的工作流程，如图 3.5 所示。具体确认流程为：首先，由国家环境保护部确定信息公开对象及公开的具体指标，形成初步的信息公开清单，并将清单分省下发到各省环保部门，由省级环保部门确认；其次，由省级环保部门与企业沟通，依据企业的实际排污状况，给出省级环保部门的确认排放量，并报国家环保部。各省上报结果经国家环保部确认后，向全社会公示。

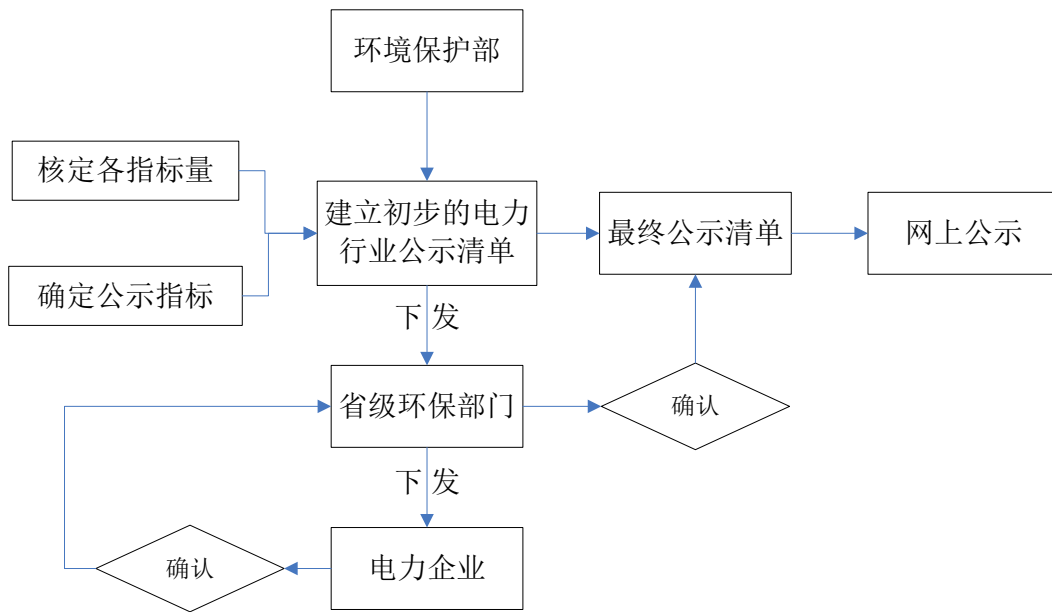


图 3.5 排放清单的确认流程

## 第四章 利用卫星数据作为管理部门减排核查工具的可 行性研究

### 4.1 卫星遥感监测电厂排放的技术方法学研究

#### 1. 卫星遥感观测大点源排放研究现状

卫星遥感技术应用于对流层大气污染物的研究始于 1978 年搭载于 Nimbus 7 卫星上的 TOMS 传感器的发射。此后的三十余年中，随着光学传感器制造和光谱分析技术水平的提高，现代卫星传感器对近地层大气污染物的遥感探测能力有了很大的进步。这一空间观测技术的发展极大地扩展了我们对于全球近地层大气污染物浓度水平、跨界传输和时间变化趋势的理解，对于极端污染事件的探测、跟踪和预报能力，以及对于自然及人为大气污染物排放源的识别、定量和监控能力。目前得到广泛应用的现代卫星传感器包括搭载于 ERS-2 卫星上的 GOME-1 传感器（1996 年发射）、搭载于 Terra 卫星上的 MOPITT、MISR 和 MODIS 传感器（2000 年发射）、搭载于 ENVISAT 卫星上的 SCIAMACHY 传感器（2002 年发射）、搭载于 Aura 卫星上的 OMI 和 TES 传感器（2004 年发射）以及搭载于 MetOp 卫星上的 GOME-2 传感器（2006 年发射）。

在卫星遥感观测对流层内微量气态污染物及气溶胶的研究中，二氧化氮（ $\text{NO}_2$ ）的可见光波段反演水平最为成熟，研究最为深入，因此定量精度也是最高的。GOME-1、SCIAMACHY 和 OMI 为我们提供了近 15 年的连续的、高时空分辨率的全球  $\text{NO}_2$  浓度水平情况。其中，OMI（Ozone Monitor Instrument）传感器是目前观测  $\text{NO}_2$  最为先进的传感器。而对于二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）近紫外光波段的反演，由于臭氧（ $\text{O}_3$ ）等光谱吸收特征的干扰非常严重，因此卫星遥感观测初期主要用于某些极端排放事件的研究，例如火山喷发。由于 SCIAMACHY 和 OMI 的光谱分辨率和信噪比进一步提高，对于边界层内二氧化硫的识别能力有了很大的改进，因此近年来针对二氧化硫遥感观测的主要工作都聚焦在这两颗传感器上，在二氧化硫反演的算法理论和精度控制方面也有了显著的进步。

燃煤电厂是中国最大的煤耗部门，也是中国最大的氮氧化物和二氧化硫排放源。自 2005 年以来，数百台大型燃煤发电机组在中国各地区陆续投入使用，导致燃煤电厂总装机容量由 2005 年初的 328GW 增长至 2009 年底的 603GW，年均增长率达 13%。然而，在中国，由于缺少类似于美国电厂所配置连续在线监测系统（CEMS），“自下而上”编制方法计算的单一电厂的氮氧化物和二氧化硫排放量存在一定的误差，其精度和可靠性也难以评估。

卫星遥感技术在监测大型点源氮氧化物和二氧化硫的排放方面则具有很好的潜力。一方面，卫星遥感能够提供长期连续的观测数据，便于分析污染物排放的变化趋势，评估排放控制技术的实施情况和控制效果，用以证实全国污染物总量减排行动的成效；另一方面，卫星遥感在技术上能够实现对单个点源或点源群污染物排放的实时监测，这将为环保部门提供一个在线监测之外的排放实时监控手段，而这一监测方法是完全独立、无法造假的。环保部门将有可能利用这一技术作为大型点源污染物减排核查的工具之一。

图 4.1 显示了 OMI 观测到的位于俄罗斯 Norisk 地区的大型铜冶炼厂所排放的二氧化硫所引起的局地性污染。

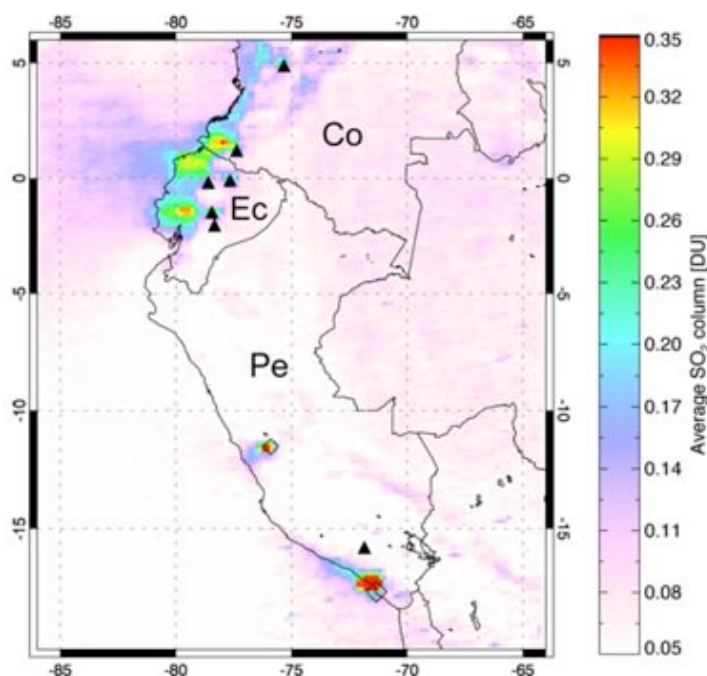


图 4.1 OMI 卫星观测到的俄罗斯 Norisk 地区的二氧化硫污染

美国 NOAA 的科学家近期开展的一项研究将卫星观测数据与空气质量模型结合，对美国西部电厂氮氧化物的排放情况进行了模拟。图 1-2 中红色方框部分为西部一些大电厂的所在地。经过对比发现，卫星能够监测到大电厂附近较强的氮氧化物浓度区（图 4.2），同时，空气质量模型的模拟结果与卫星观测结果吻合较好（如图 4.3 所示）。卫星能够捕捉到近年来美国电厂氮氧化物排放的下降趋势，显示了卫星在污染物排放监测方面的良好潜力。

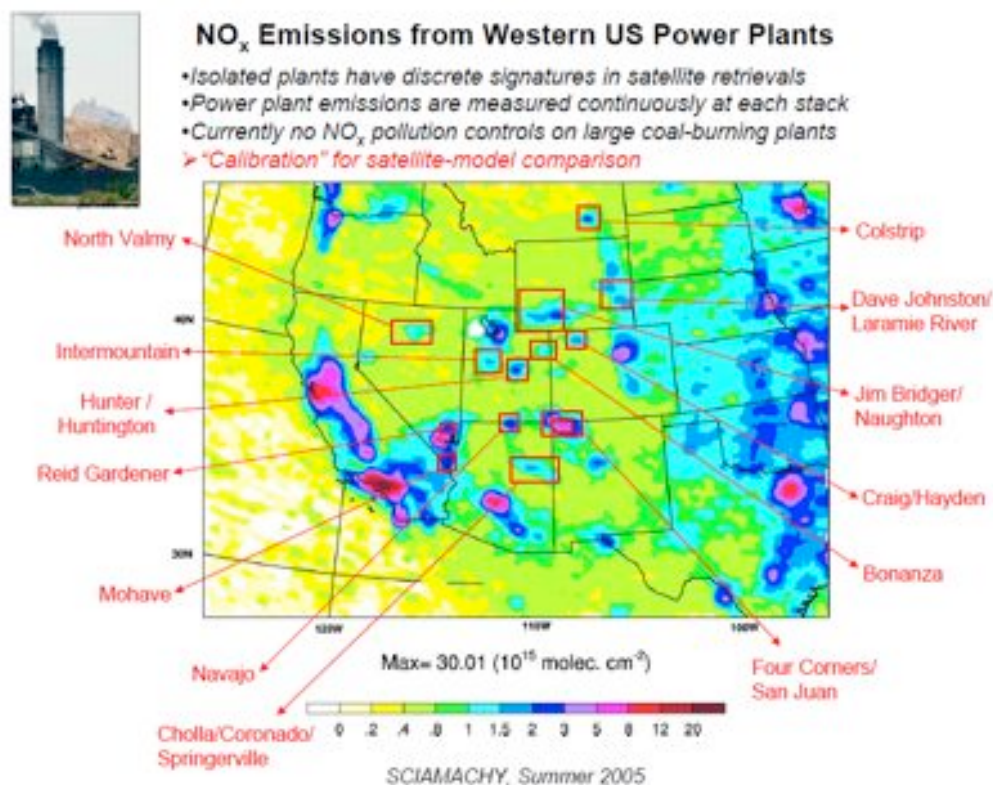


图 4.2 美国西部电厂集中地区氮氧化物浓度分布情况

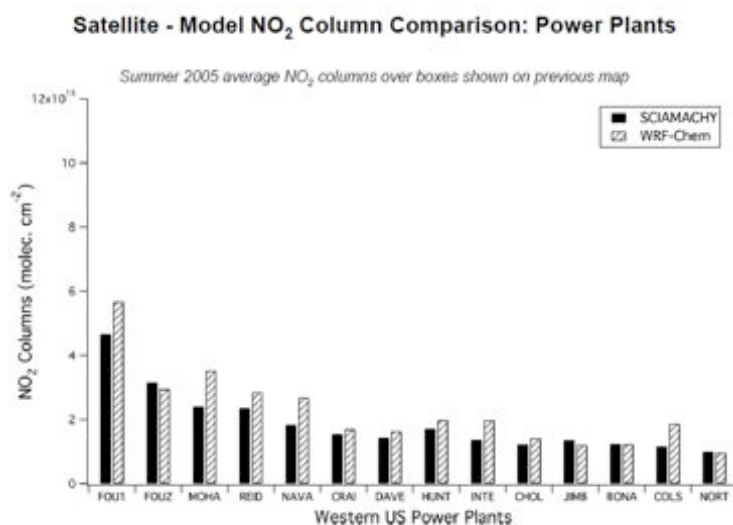


图 4.3 美国西部大电厂附近区域模型模拟 NO<sub>2</sub> 柱浓度与卫星观测 NO<sub>2</sub> 柱浓度的比较

## 2. 卫星数据的选择与质量控制

### (1) 卫星数据的选择

2004年7月发射的 Aura 卫星, 作为美国宇航局 NASA 负责的“地球观测系统-EOS (Earth Observation System)”系列中的最后成员, 是一颗太阳同步近地极轨道卫星, 飞行高度为 705 km, 在低纬及中纬度地区, Aura 的当地过境时间一般为 13:45 左右。OMI 传感器由荷兰皇家气象学会和芬兰气象学会共同研制, 观测光谱覆盖近紫外-可见光波段(264 - 504 nm), 每轨观测地面宽度为 2600 km, 可以观测直接太阳辐射和地球反射的太阳辐射。OMI 的空间分辨率在天底位置约为  $24 \times 13 \text{ km}^2$ , 轨道边缘位置降低为  $128 \times 13 \text{ km}^2$ , 可以实现每天一次的全球覆盖观测。

OMI 传感器与其他卫星传感器相比, 对近地层微量气态污染物的信号更为敏感, 这使得利用卫星观测大型点源的氮氧化物和二氧化硫排放成为可能。OMI 与 GOME-1 和 SCIAMACHY 的主要性能参数对比见表 4.1。

表 4.1 OMI 与 GOME-1 和 SCIAMACHY 的主要参数对比

	GOME-1	SCIAMACHY	OMI
当地过境时间	10:30	10:00	13:45
空间分辨率/ $\text{km}^2$	$320 \times 40$	$60 \times 30$	$24 \times 13$
全球覆盖周期/天	3	6	1
光谱波段/ $\mu\text{m}$	0.23-0.79	0.23-2.3	0.26-0.50

从表 4.1 中的数据可以看出, 与 GOME-1 和 SCIAMACHY 相比, OMI 具有更小的地面像元和更短的全球覆盖观测周期, 因此更有利于对排放源区与周边地区的细微污染物浓度差异的观测和对重要污染过程的跟踪和捕捉。

卫星反演研究中, 对于遥感数据的质量和误差分析也十分重要。尤其对于  $\text{NO}_2$  和  $\text{SO}_2$  而言, 对流层柱浓度反演的过程中需要对目标气体的垂直分布进行假设, 通常由空气质量模型提供。常用的 GOME/SCIAMACHY 和 OMI 的不确定性大约为 30-60%左右。但是对于 GOME 和 SCIAMACHY 的验证显示, 对于某些区域和某些季节,  $\text{NO}_2$  柱浓度可能存在 10%-50%的系统偏差。本研究中选用 OMI 传感器观测的  $\text{NO}_2$  和  $\text{SO}_2$  数据开展研究。

### (2) 卫星数据的算法和质量控制



NASA 的行星边界层 (PBL) SO<sub>2</sub> 柱浓度产品 (L2G) 是基于光谱吸收带残差 (BRD) 算法, 利用波长在 311nm-315nm 之间的 3 条 SO<sub>2</sub> 吸收带计算光谱残差, 并反演得到光程中的 SO<sub>2</sub> 倾斜柱浓度 (SCD)。该倾斜柱浓度进一步通过大气质量因子 AMF (Air Mass Factor) 转换成以 Dobson Units (DU) (1 DU ≈ 2.69 × 10<sup>15</sup> molecules cm<sup>-2</sup>) 为单位的垂直柱浓度 (VCD)。计算公式如下:

$$\text{total SO}_2\text{VCD} = \frac{SCD}{AMF}$$

AMF 是与 SO<sub>2</sub> 垂直分布、卫星观测几何角度、臭氧总量、气溶胶及云量相关的函数。目前计算行星边界层 SO<sub>2</sub> 柱浓度产品所用的 AMF 值为 0.36。这一数值基于的假设为无云无雾, 太阳天顶角为 30°, 地表反射率为 0.05, 地表大气压为 1013.25 hPa, 夏季中纬度臭氧含量为 325DU, 绝大多数 SO<sub>2</sub> 分布在边界层内且中心位置约在 900 hPa 处。目前 SO<sub>2</sub> 浓度产品中采用恒定的 AMF 值会带来一定的误差。Lee 等人最近将 GEOS-Chem 模拟得到的 SO<sub>2</sub> 和气溶胶垂直分布用于卫星 SO<sub>2</sub> 反演, 建议中国区域 AMF 的季节平均值约为 0.5 左右。基于中国东北地区的航测数据的验证结果表明, 目前的 OMI 边界层 SO<sub>2</sub> 数据产品可以区分清洁大气与污染事件。

OMI 的 NO<sub>2</sub> 反演数据产品中, 倾斜柱浓度是基于差分光谱吸收 (DOAS) 算法反演得到。在总倾斜柱浓度中扣除大气空气质量模型模拟得到的平流层 NO<sub>2</sub> 倾斜柱浓度, 从而得到对流层 NO<sub>2</sub> 倾斜柱浓度, 再进一步通过辐射传输模型计算的 AMF 因子转换成对流层 NO<sub>2</sub> 垂直柱浓度, 通常浓度表示为单位面积上方的 NO<sub>2</sub> 分子数 (molecules cm<sup>-2</sup>)。

卫星遥感数据应用于科学分析中还需要对数据进行一定的筛选以保证质量, 通常从以下几个方面进行考虑。

①像元大小: OMI 采用摆进式扫描方式, 在垂直于飞行方向上产生 60 个观测像元, 这些像元从中心向边缘处逐渐增大, 导致边缘处像元的空间分辨率较低, 因此每侧边缘的 4 个观测数据需要予以去除。

②天顶角: 天顶角 (SZA) 越大, 卫星接收到的光线在大气中的穿透路径越长, 受其他因素的干扰也就越大, 因此 SZA ≥ 70° 的观测数据需要予以去除。

③云：云的存在会对卫星观测结果产生较大的误差，因此云辐射百分数 $\geq 0.3$ 的观测数据需要予以去除。

④云压：低云会对近地层的污染气团的观测产生干扰，因此云压 $\geq 800$  hPa的观测数据需要予以去除。

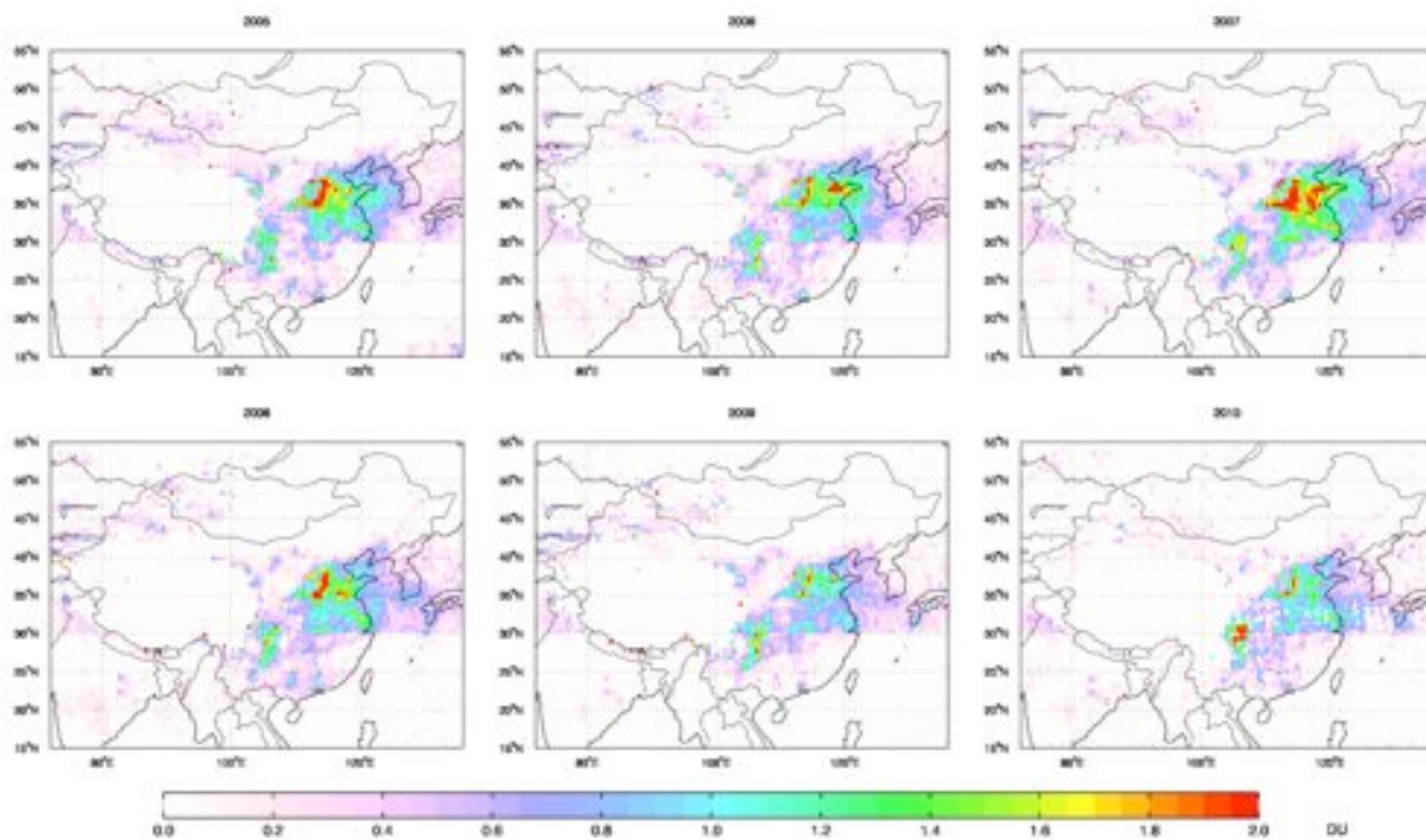
⑤异常值：自 2007 年 6 月 25 日以来，OMI 的多个轨道位置受仪器内部故障干扰陆续出现异常，这些异常值也在分析中予以去除。

经筛选后的逐日卫星观测数据，在空间网格化后通常需要在一定时间尺度上进行平均以降低单个观测数据中存在的随机误差。该随机误差降低的程度与观测数据数量的二次方根成反比，对于  $\text{NO}_2$  而言，季节尺度的平均可以保证中国大部分地区足够的观测数据量；对于  $\text{SO}_2$  而言，通常需要进行半年以上的平均才可以保证中国主要地区有足够的观测数据量。

### 3. $\text{SO}_2$ 浓度变化趋势

图 4.4 给出了 OMI 观测到的中国地区 2005-2010 年均  $\text{SO}_2$  对流层柱浓度分布及其变化趋势。 $\text{SO}_2$  浓度的高值区主要分布在东部华北平原一带以及西南地区，这也是中国酸雨问题比较严重的两个主要地区。

从图 4.4 中可以明显看出， $\text{SO}_2$  浓度在近 6 年中存在明显变化。2005-2007 年华北地区  $\text{SO}_2$  浓度持续增加，山东、河北、河南一带尤为明显，但 2007 年以来， $\text{SO}_2$  浓度开始逐步下降。至 2010 年，部分地区  $\text{SO}_2$  年均浓度相比 2007 年降幅达 50% 以上，甚至低于 2005 年年均浓度水平。然而，西南地区的  $\text{SO}_2$  年均浓度持续上升，成为中国  $\text{SO}_2$  污染最为显著的地区。这一地区性浓度变化趋势的差异很可能与“十一五”期间全国范围污染物减排控制措施的实施情况有关。



为了研究各地区 SO<sub>2</sub> 浓度变化趋势的差异，我们选择了两个区域进行研究：华北地区（30°N -40°N，110°E -123°E）和西南地区（26°N -32°N，104°E -109°E），区域地理范围如图 4.5 所示。

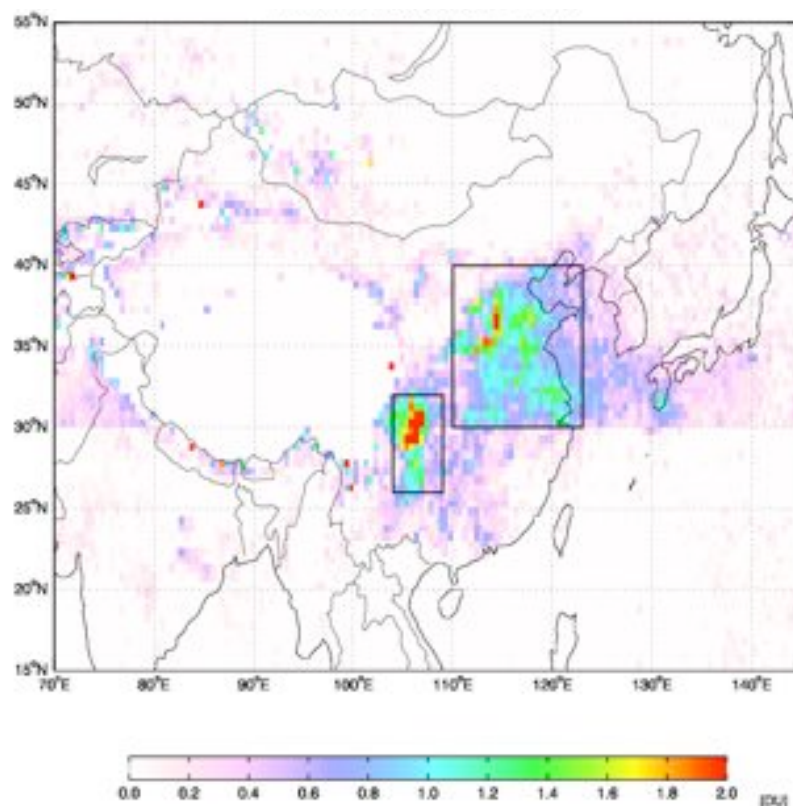


图 4.5 华北地区及西南地区地理范围示意图。图中所示为 NASA-OMI 2010 年均 SO<sub>2</sub> 柱浓度

2005-2010 年华北地区和西南地区的区域年均 SO<sub>2</sub> 浓度变化趋势如图 4.6 所示。该图表明，华北地区年均 SO<sub>2</sub> 浓度峰值出现在 2007 年，2008 年 SO<sub>2</sub> 浓度显著下降，这反映了“2008 北京奥运会”期间北京及周边六省市的阶段性大气污染物排放控制措施的有效实施，火电厂和工业排放源的 SO<sub>2</sub> 排放状况得到明显改善，SO<sub>2</sub> 浓度下降十分明显。2009 年华北地区年均 SO<sub>2</sub> 浓度达到近年来最低水平，一方面可能是由于电厂减排，另一方面的原因可能是 2008 年末至 2009 年初，受全球经济危机的影响，中国东部密集的工业生产活动受到了抑制，电力需求下降，能耗量减少。2010 年，随着经济危机影响的减弱，华北地区 SO<sub>2</sub> 的浓度也略有增加，反映了经济活动的回升。与此对比，西南地区的区域年均 SO<sub>2</sub> 浓度近年来呈现持续增长态势。2009 年开始，西南地区的年均 SO<sub>2</sub> 浓度已经超过华北地区。2008 年西南地区的 SO<sub>2</sub> 浓度同样相比 2007 年有明显下降，这可能受多方面因素的影响，例如汶川地震和气象条件的年际变化。

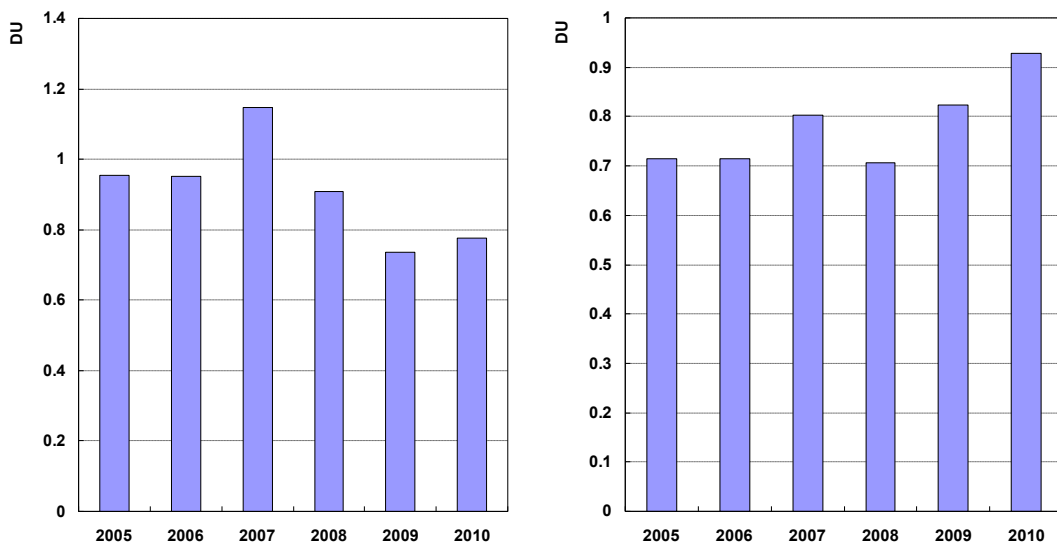


图 4.6 2005-2010 年华北地区（左）和西南地区（右）OMI SO<sub>2</sub> 柱浓度变化趋势

我们进一步分析了华北地区的 SO<sub>2</sub> 浓度变化趋势。图 4.7 给出了 2005 年至 2011 年第一季度 NASA-OMI 观测的 SO<sub>2</sub> 对流层柱浓度 7 日滑动平均结果。SO<sub>2</sub> 浓度呈现明显的季节变化，冬季浓度较高，夏季浓度较低。总体趋势表明，自 2008 年第一季度以后，中国华北地区 SO<sub>2</sub> 区域平均浓度逐步下降，尤其 2008 年下半年至 2009 年上半年尤为明显。

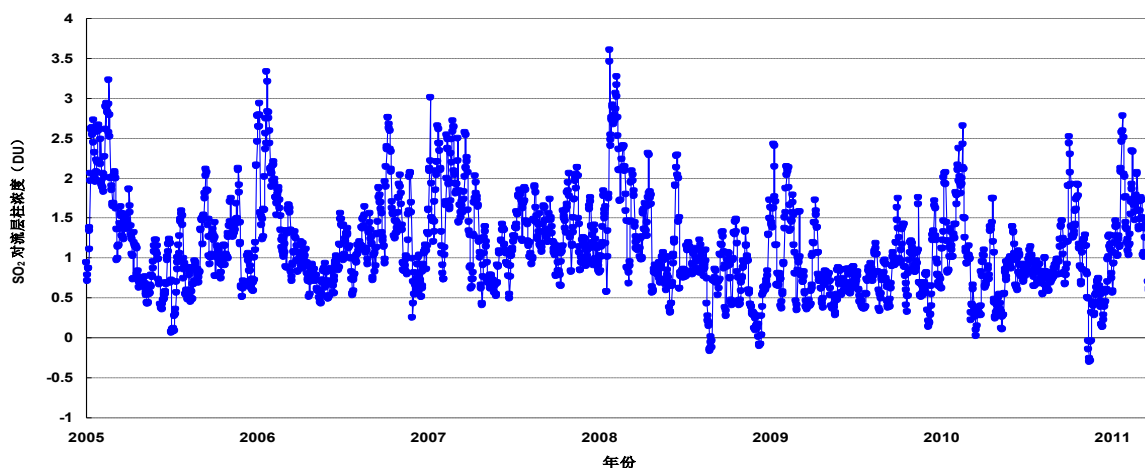


图 4.7 NASA-OMI 观测 2006-2011 年（第一季度）中国华北部地区 SO<sub>2</sub> 对流层柱浓度 7 日滑动平均结果

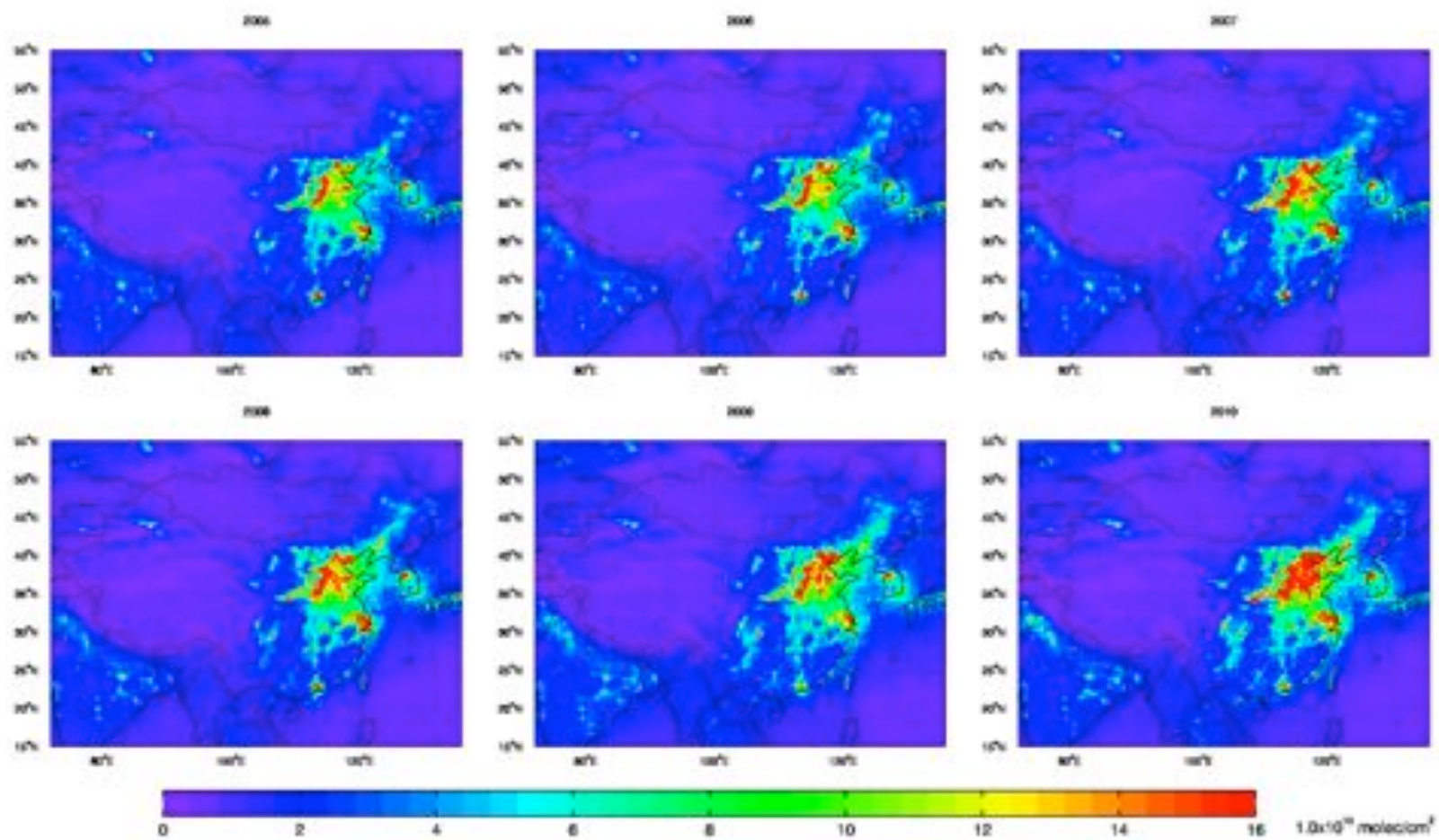
以上分析表明，利用 OMI 卫星遥感监测 SO<sub>2</sub> 浓度的变化趋势与工业、电力等部门的活动水平具有紧密的联系。因此，利用卫星监测结果可以快速且有效地反映出区域 SO<sub>2</sub> 排放的变化。根据这一结论，我们在第二章中选取了中国北部地区作为示范区域，进一步研究了 OMI 对该地区 2005-2007 年期间新建大型火电厂的识别能力。

#### 4. 氮氧化物变化趋势

图 4.8 给出了 2005-2010 年 NASA-OMI 观测的中国地区年均 NO<sub>2</sub> 对流层柱浓度的分布及变化趋势。从 NO<sub>2</sub> 浓度的整体分布来看，高值区主要集中在中国东部地区的华北平原、山西、陕西城市带以及长江三角洲和珠江三角洲等人口密集、经济发达的地区。NO<sub>2</sub> 的排放与燃烧过程密切相关，由于 NO<sub>2</sub> 在大气中的生命周期较短，其浓度的分布与排放源的分布具有十分显著的一致性。因此，区域性 NO<sub>2</sub> 浓度的变化趋势可以很好地反映出其主要排放源，如电力、工业、交通等，活动水平的变化和政策性减排措施的整体效果。

与国内、外其他研究结果一致，我们发现中国主要地区的 NO<sub>2</sub> 浓度近年来呈持续恶化趋势。这与 SO<sub>2</sub> 年均浓度的变化趋势形成了明显的对比。更为严重的是，NO<sub>2</sub> 污染严重的地区较 SO<sub>2</sub> 污染严重地区的分布更为广泛，这可能与氮氧化物排放源的多样化有密切关系。同样以华北地区和西南地区为例，图 1-9 给出了 2005-2010 年华北地区和西南地区的区域年均 NO<sub>2</sub> 浓度变化趋势。与 SO<sub>2</sub> 浓度的变化趋势相比，两个地区的 NO<sub>2</sub> 均呈现明显的增长趋势，西南地区的 NO<sub>2</sub> 年均浓度约为华北地区的 40%，但近年来浓度增长趋势更为明显。华北地区 2008-2009 年 NO<sub>2</sub> 浓度与 2007 年相比并没有增加，这反映了“2008 北京奥运会”期间控制措施的实施效果，以及 2008 年底至 2009 年初经济危机对生产活动的抑制作用。但随着经济危机的冲击减弱，制造业活动逐渐恢复至正常水平，该地区 NO<sub>2</sub> 浓度迅速增加。2010 年，华北地区 NO<sub>2</sub> 年均浓度相比 2009 年增加 22%。可以预见的是，如果国家继续对氮氧化物缺乏有效的控制措施，华北地区的 NO<sub>2</sub> 污染情况将迅速恶化，并成为影响该地区空气质量的主要问题之一。





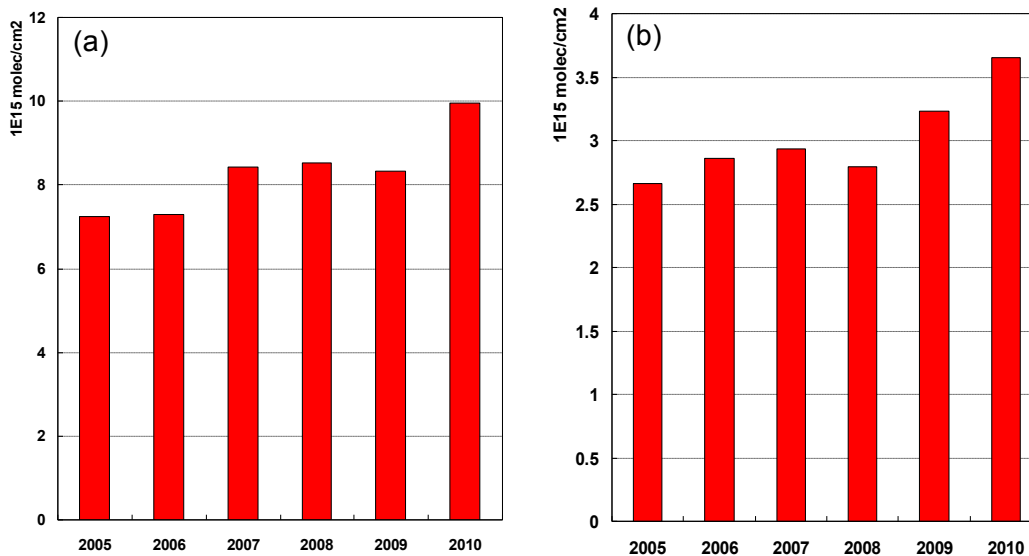


图 4.9 2005-2010 年华北地区 (a) 和西南地区 (b) OMI NO<sub>2</sub> 柱浓度变化趋势

结合 OMI 观测的 NO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub> 浓度，我们还可以初步判断区域内电厂脱硫设施的运行状况。对比图 4.6 和图 4.9 所示的 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 的区域浓度变化趋势，可以判断华北地区 2008 年以来有重要的 SO<sub>2</sub> 排放源的排放水平受到了抑制。2010 年，NO<sub>2</sub> 浓度水平较 2009 年迅速增加，而 SO<sub>2</sub> 浓度水平相比 2009 年并没有明显变化，因此可以排除经济危机等工业活动水平抑制因素的影响。因此，可以推测，SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 浓度相反的变化趋势表明火电厂脱硫设施 (FGD) 在 2007 年以后得到了有效的运行。由于我国目前对电厂 NO<sub>x</sub> 排放还未能进行有效控制，因此 NO<sub>2</sub> 浓度虽然在 2008 年和 2009 年受奥运控制措施和经济危机的影响得以控制，但 2010 年则迅速增加。与华北地区不同，西南地区的 SO<sub>2</sub> 浓度和 NO<sub>2</sub> 浓度在 2005-2010 年均呈现总体增加的趋势，这表明该地区的火电厂脱硫设施运行状况较差。

## 5. 卫星监测二氧化硫的减排趋势

自 2005 年以来，由于燃煤电厂中烟气脱硫装置 (FGD) 的安装比例逐年迅速提高，电厂 SO<sub>2</sub> 排放总量应该会有可观的下降，是缓解我国酸雨污染恶化趋势的主要减排控制措施之一。但是，在实际运行过程中，FGD 装置可能因为操作不当或人为关闭等因素而得不到有效的运行，造成排放总量预测低估，而实际情况却是 SO<sub>2</sub> 污染愈发严重。为保证电厂 SO<sub>2</sub> 减排控制措施的有效运行，必须建立一个长效的监控机制，达到实时监测电厂 SO<sub>2</sub> 的排放变化。目前我国还没有建立起这种实时污染物监控网络，卫星数据的空间分辨率和数据精度还不足以达到使



得卫星遥感监控成为具有一定法律、法规效应的标准化监控手段。但是，通过卫星数据观测的年均  $\text{SO}_2$  柱浓度的变化，与估算的电厂  $\text{SO}_2$  排放量在 FGD 完全运行和完全不运行两个极端情景下的排放变化进行对比，有助于从整体上把握某一区域内的电厂 FGD 装置运行情况，以便对我国  $\text{SO}_2$  排放的总体趋势做出正确地判断，并进一步有针对性地采取控制措施和监控措施。

以图 4.10 给出的 2006-2007 年电厂排放  $\text{SO}_2$  情况为例，在 FGD 装置完全运行（图（a））和完全不运行（图（b））的两个极端情境下，燃煤电厂的  $\text{SO}_2$  排放量在 2006-2007 年之间的变化趋势是截然相反的。2006-2007 年煤电总装机容量和燃煤量分别增长 14% 和 12%。2007 年燃煤电厂 FGD 装机容量增加 121GW，其中，当年新增配有 FGD 装置的机组 65GW，旧机组改造 56GW。在这样的背景下，若 FGD 装置完全运行，燃煤电厂  $\text{SO}_2$  排放量应该在全国范围内显著下降的；若 FGD 装置完全不运行，那么燃煤电厂  $\text{SO}_2$  排放量将有显著增长。

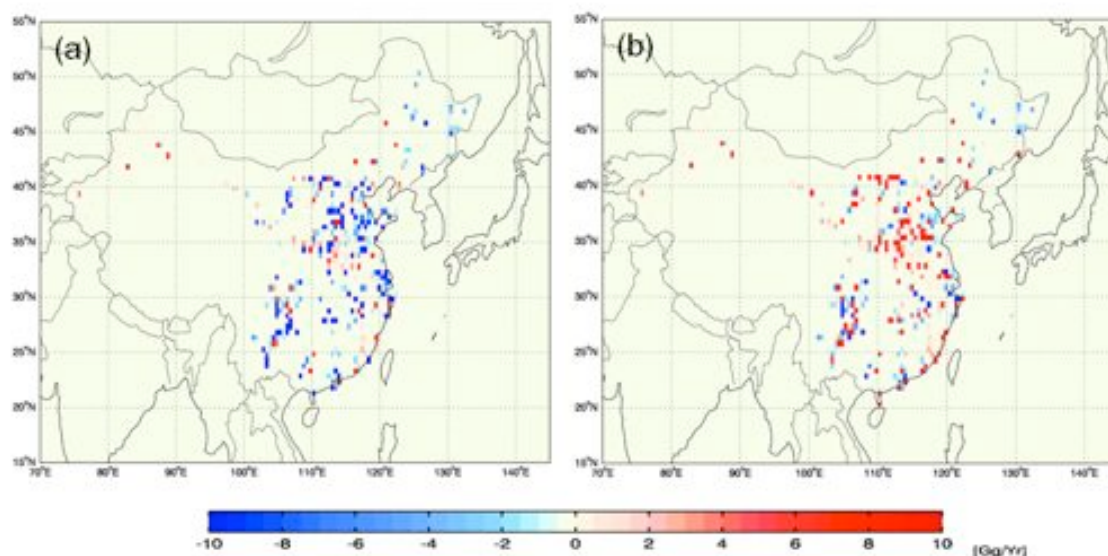


图 4.10 不同 FGD 装置运行情境下，2006-2007 年燃煤电厂二氧化硫年排放量变化：(a) FGD 完全运行；(b) FGD 完全不运行。

对比卫星观测 2006-2007 年之间  $\text{SO}_2$  年均柱浓度变化结果，如图 4.11（a）所示，在华北、华中及西南地区，两年间  $\text{SO}_2$  柱浓度有明显增长，大部分网格浓度增幅超过 1DU。与此对比的是，2007-2008 年之间，如图 1-11（b）所示，该地区  $\text{SO}_2$  柱浓度迅速下降。Lu 的研究中采用 SCIAMACHY 传感器的观测结果也得到类似的  $\text{SO}_2$  柱浓度年际变化趋势。为保证 2008 年“北京奥运会”期间的空气质量，前期环保部所采取的一系列措施，包括对燃煤电厂 FGD 运行的严格监控，效果是得到认可的，而控制  $\text{SO}_2$  的排放燃煤电厂是主体且控制效果最能得到

保障，因此，我们可以判断，2008年SO<sub>2</sub>柱浓度相比2007年的降低，主要是由于电厂FGD装置的有效运行。那么，2006-2007年SO<sub>2</sub>柱浓度的增长很可能说明在此期间电厂FGD装置并未得到有效运行，从而导致排放的实际情况更接近于图1-10(b)中所示的情景。

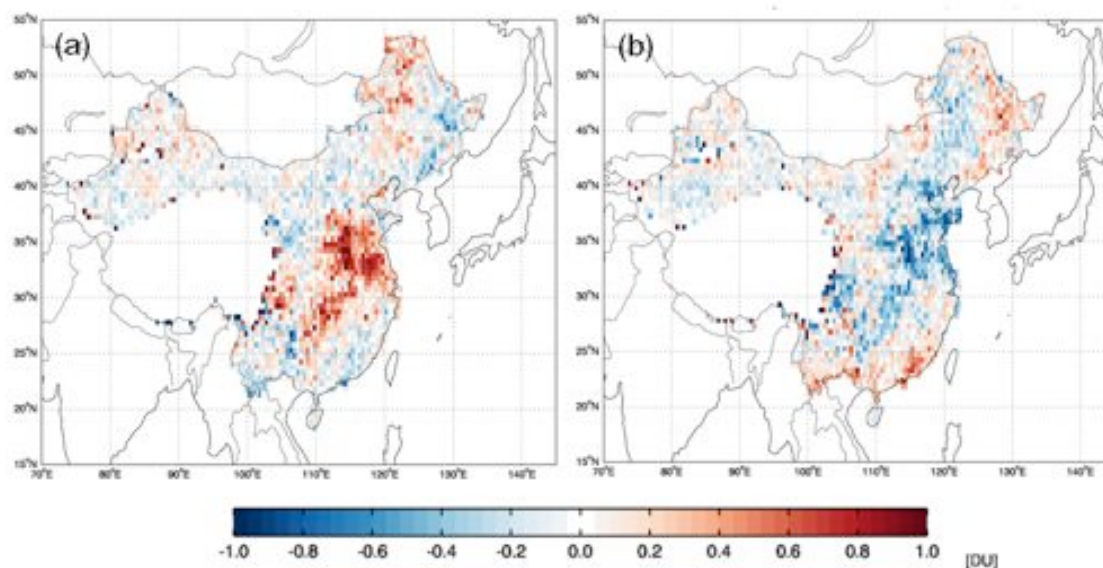


图 1-11 NASA-OMI 观测 SO<sub>2</sub> 年均柱浓度的变化：(a) 2006-2007 年；(b) 2007-2008 年。

上述分析表明，卫星数据在分析或验证SO<sub>2</sub>排放变化趋势方面十分直观，对电厂SO<sub>2</sub>的减排具有很好的敏感性。在下一节中，我们重点选取了内蒙地区的几个新建电厂，通过卫星数据观测SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>浓度的变化，对单一电厂进行遥感监测的敏感性分析。

## 4.2 卫星遥感监测电厂排放的应用示范

### 1. 示范区域的选择

在利用卫星遥感监测和评估电厂污染物排放的研究中，我们首先选取中国北部地区（包括内蒙古、宁夏、山西、陕西）作为示范区域，区域位置如图4.11所示，研究卫星对新建电厂氮氧化物及二氧化硫排放趋势的识别情况。

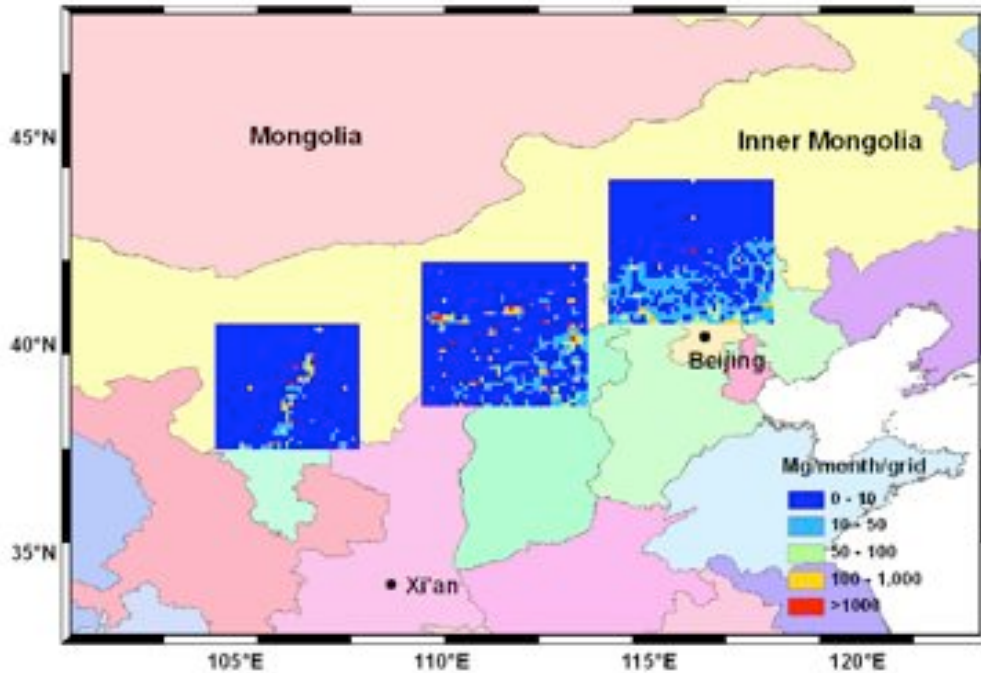


图 4.11 研究区域地理位置示意图。内蒙古 3 个区域所示为 2007 年  $\text{NO}_x$  排放量。

在上述选取的示范区域内，电厂排放相对集中，多数新建电厂落址于煤矿附近（坑口电厂），且这些地区的其他人为源排放水平相对较低，是空间识别新建电厂排放研究的理想地点。

## 2. 卫星对新建电厂排放的识别

首先，我们利用 OMI 探测仪观测得到的卫星数据产品对  $\text{NO}_2$  和  $\text{SO}_2$  的对流层浓度变化趋势进行分析。

对于  $\text{NO}_2$  而言，我们利用 OMI 探测仪的 3 种数据产品对 2005 年和 2007 年夏季(6-8月)月均对流层  $\text{NO}_2$  浓度进行分析。这 3 种 OMI 数据分别为 KNMI-OMI, NASA-OMI, UB-OMI, 它们的平均值记为 Average-OMI。图 4.12 展示了 2005 年和 2007 年内蒙古 3 个区域的 KNMI-OMI 夏季(6-8月)平均对流层  $\text{NO}_2$  柱浓度以及两年之间浓度的比值。由于夏季卫星观测  $\text{NO}_2$  柱浓度与地表  $\text{NO}_x$  排放量之间的线性相关性要优于其他季节，因此仅采用夏季卫星观测结果。图 4.12 清楚地表明了  $\text{NO}_2$  柱浓度的增长在有新建电厂（如图 4.12 中实心圆圈所示）的区域附近较其他区域更为明显。我们甚至发现部分新建电厂附近网格内的  $\text{NO}_2$  柱

浓度在两年之间增加了一倍。

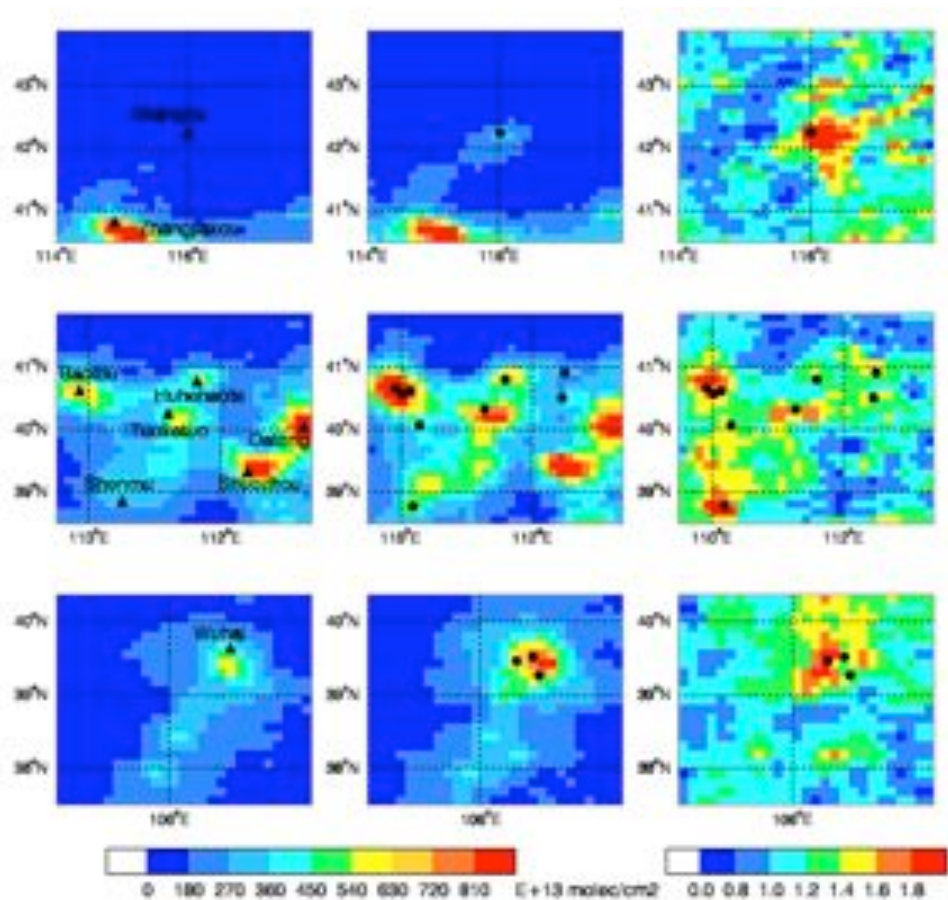


图 4.12 2005 年和 2007 年内蒙古地区夏季 KNMI-OMI 对流层  $\text{NO}_2$  垂直柱浓度。自上而下依次为：东部、中部和西部区域（如图 4.11 所示）。从左至右依次为：KNMI-OMI 2005 年夏季（6-8 月）平均  $\text{NO}_2$  柱浓度、2007 年夏季平均  $\text{NO}_2$  柱浓度和两年  $\text{NO}_2$  柱浓度的比值。新建电厂的位置如实心圆圈所示。实心三角为 9 个研究地点的位置。

我们进一步选取了 9 个地点来分析 2005-2007 年  $\text{NO}_x$  排放和  $\text{NO}_2$  柱浓度的变化情况。这 9 个地点为可分为 3 组：包头、呼和浩特和乌海——有新建电厂的城市（A 组）；大同、朔州和张家口——无新建电厂的城市（B 组）；上都、托克托和神木——有新建电厂的郊区（C 组）。每个地点的水平范围为  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 。

图 4.13 中我们比较了这 9 个地点 2005-2007 年  $\text{NO}_x$  排放和  $\text{NO}_2$  柱浓度的增长率。所有 3 种 OMI 数据产品都显示了与  $\text{NO}_x$  排放相同的趋势特征。在 A 组中， $\text{NO}_x$  排放和  $\text{NO}_2$  柱浓度在两年间均有明显增长。这一增长主要是由于新建电厂的排放所致，但工业和机动车排放的同步增长也有贡献。在 B 组中， $\text{NO}_x$  排放和  $\text{NO}_2$  柱浓度的增速与 A 组相比明显减弱，这是由于这些地区的排放变化主要由缓慢增长的工业和机动车排放所驱动，而没有新增大型排放源。在有新建电厂的



郊区中（C组），由于新建电厂的主导地位，NO<sub>x</sub>排放量急剧增加。C组中新建电厂排放NO<sub>x</sub>的影响可以从空间角度清晰地观测到，但是，NO<sub>2</sub>浓度的增长率与NO<sub>x</sub>排放的增长率之间有明显的差别。

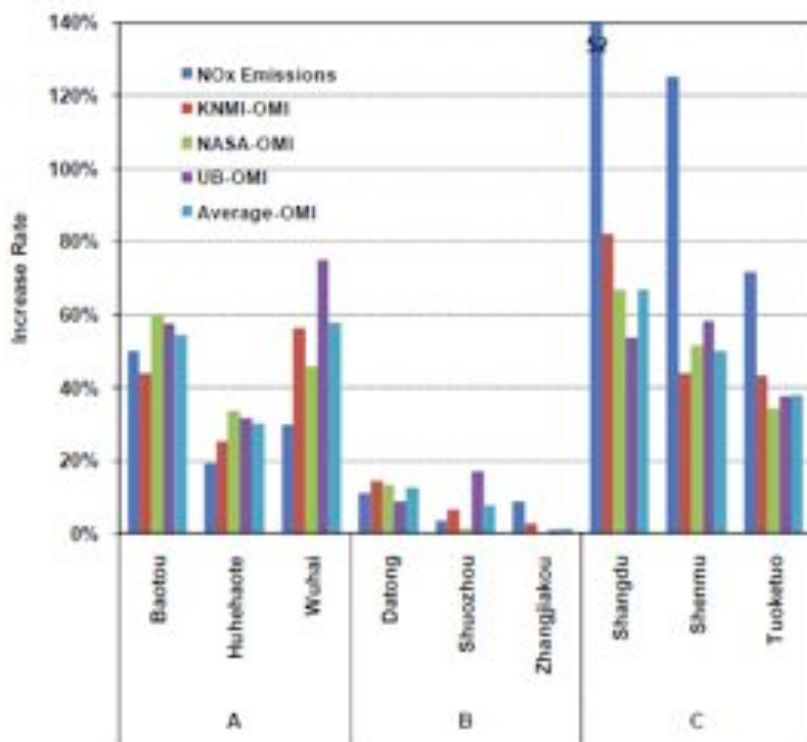


图 4.13 2005-2007 年之间 9 个所选地点 NO<sub>x</sub> 排放量和 OMI NO<sub>2</sub> 柱浓度的增长比例。上都 NO<sub>x</sub> 排放量增长比例为 52，超出了图中 y 轴范围。

对于 SO<sub>2</sub> 而言，在类似的地理范围之内，我们利用 2005 年至 2008 年的 NASA-OMI 的数据进行分析。同样地，采用夏季（6-8 月）的平均结果。图 4.14 为 2005-2008 年这三个区域夏季（6-8 月）OMI 获得的边界层 SO<sub>2</sub> 柱浓度信息。实心圆和三角形分别代表该地区在 2005 至 2008 年间有新建电厂和没有新建电厂两种情况。如图 4.14 所示，OMI 观测到了 2005 至 2007 年之间 SO<sub>2</sub> 浓度的显著上升。在上都、包头（图 4.14 a 和 c）和托克托（图 4.14 e 和 g）这些新建装机容量在 2000MW 以上的地区，SO<sub>2</sub> 浓度的增加尤为明显。神木和呼和浩特（图 4.14 e 和 g）地区的新建装机容量相对较小，但 OMI 观测到的 SO<sub>2</sub> 柱浓度在此期间也有所上升。OMI 观测到乌海（图 4.14 i 和 k）地区的 SO<sub>2</sub> 浓度的显著增加，这可能是因为乌海既有新建电厂，又是一座焦化冶炼业比较发达的城市。与图 4.12 进行比较可以发现，在这三个相同的区域内，夏季 SO<sub>2</sub> 出现浓度增长的范围更广，而 NO<sub>2</sub> 的增长区域则更局限于新建电厂附近。在几乎无云的气象条件下，

我们注意到  $\text{SO}_2$  的大气寿命更长，因此对于同一排放源来说，相比  $\text{NO}_x$  排放，可以在更大的范围内检测到  $\text{SO}_2$  的排放。在 2005 至 2007 年间，这些区域的工业源  $\text{SO}_2$  排放也很可能增加。对于那些没有新建电厂的城市区域（如图 4.14 中三角图标所示），图 4.12 中发现 2005 至 2007 年间  $\text{NO}_2$  浓度的年均增长率约为 10%。而同期 OMI  $\text{SO}_2$  柱浓度的年均增长率可达到 20%-50%，这可能反映了工业源  $\text{SO}_2$  排放的增加。

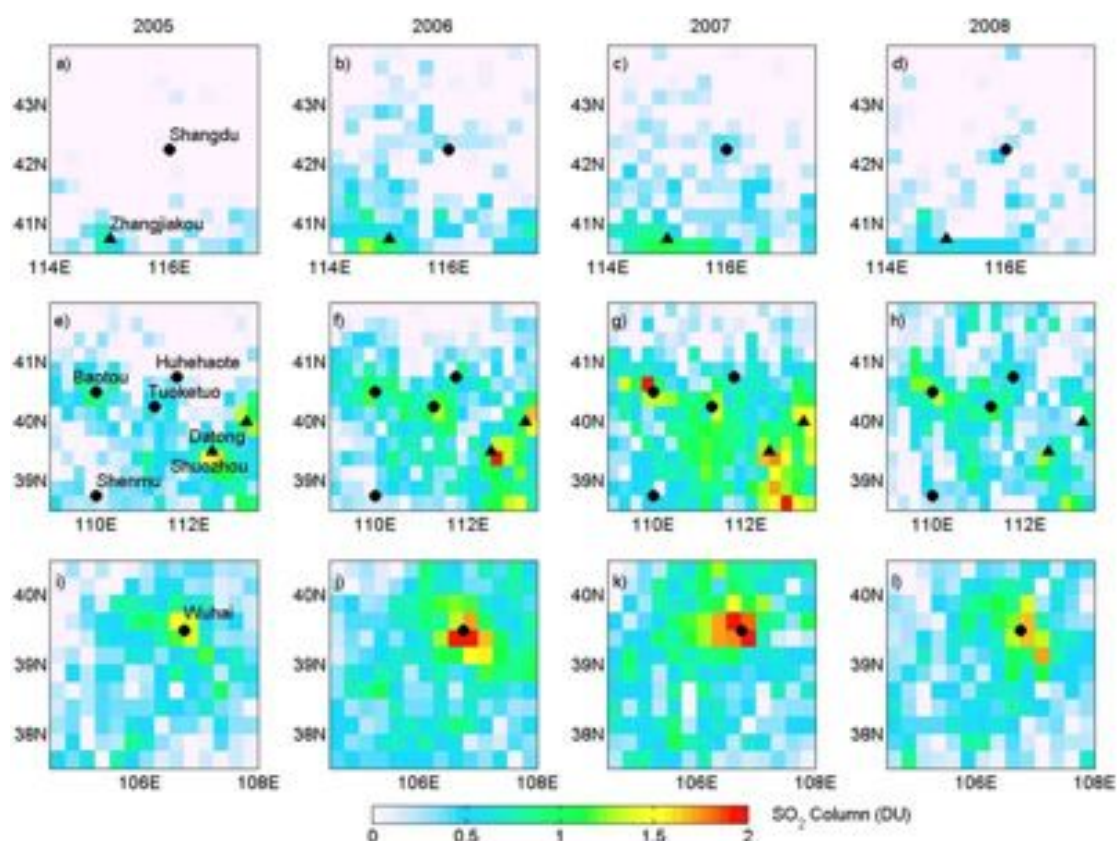


图 4.14 OMI 观测得到的 2005-2008 年夏季内蒙古东 (a-d)、中 (e-h)、西 (i-l) 地区  $\text{SO}_2$  柱浓度值。其中，实心圆和三角形分别代表该地区在 2005-2008 年有新建电厂和没有新建电厂两种情况。

在上述卫星观测  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  柱浓度的增加与电厂  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  排放的增加对比研究中，由于未能考虑污染物的传输、气象和化学因素所导致的排放与浓度之间的非线性关系，因此尽管发现新建电厂附近  $\text{NO}_2$  和  $\text{SO}_2$  浓度均有明显增长，但还不能给出排放与浓度之间的定量关系。因此，我们利用自主开发的氮氧化物排放清单作为前置清单，利用化学传输模型估算了  $\text{NO}_2$  柱浓度，并与 NASA-OMI 卫星观测结果做比较。我们利用全球化学传输模型 (GEOS-Chem) 对该地区的夏季 (6-8 月) 对流层  $\text{NO}_2$  柱浓度进行了模拟。

GEOS-Chem 是一个全球尺度的化学传输模型，其采用的同化气象场由美国宇航局全球模拟与同化实验室（NASA Global Modeling and Assimilation Office, GMAO）大尺度地球观测系统（Goddard Earth Observing System, GEOS）提供。本研究中，我们选用 GEOS-5 气象场，利用 v8-02-01 版本的区域（ $0.5^\circ \times 0.667^\circ$ ）嵌套 GEOS-Chem 模型，对亚洲地区（ $70^\circ\text{E}-150^\circ\text{E}$ ,  $11^\circ\text{S}-55^\circ\text{N}$ ）进行了模拟研究。该版本的 GEOS-Chem 模型支持人为源  $\text{NO}_x$  排放的分层输入，这一点对于电厂和大型工业等高空排放点源尤为重要。我们将 100MW 以下机组排放的  $\text{NO}_x$  输入到模型的第 2 层（层中心高度约为 205m）中，其他规模电厂排放输入到模型的第 3 层（层中心高度约为 335m）中。其余人为源排放的  $\text{NO}_x$  统一作为地面源输入到模型的第 1 层中。土壤、闪电、生物质燃烧和航空源的排放采用了模型的默认清单。模型中采用了月均的对流层顶高度计算逐日对流层  $\text{NO}_2$  柱浓度。获得模拟的初始浓度之前对模型进行了至少 6 个月的预模拟。最后，我们将每日 13:00-15:00 的模拟对流层  $\text{NO}_2$  柱浓度进行了平均。为了保证与卫星观测结果比对的一致性，我们将模拟结果处理至  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ，并按照卫星观测的位置进行了采样。

我们略微扩展了图 4.11 的 3 个区域，包含了位于内蒙古、宁夏、山西和陕西境内的 18 个电厂中的 42 个新建机组，装机容量总计为 16.3 GW。其中 6 个电厂的新增机组装机容量超过 1000 MW。模拟的夏季平均对流层  $\text{NO}_2$  浓度如图 4.15 所示，结合图 4.12 可以看出，模拟与观测的 2005-2007 年夏季  $\text{NO}_2$  柱浓度的增长率（图中右列）具有良好的相关性，反映出有新建电厂的地区  $\text{NO}_x$  排放的较快增长。从图 4.15 中可看出大型电厂对区域  $\text{NO}_2$  浓度的影响范围一般在 100 km 左右。

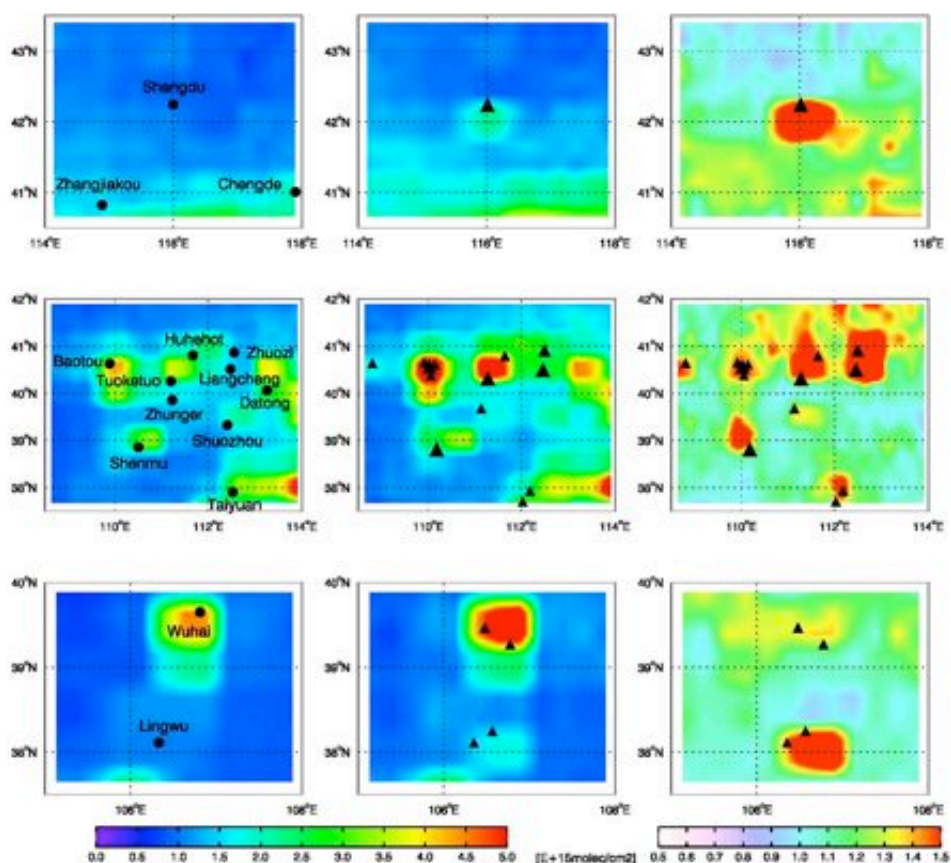


图4.15 GEOS-Chem模拟的中国北方地区夏季平均对流层NO<sub>2</sub>柱浓度：2005年(左)、2007(中)及其比值(右)。从上至下，分别为：东部、中部和西部地区。实心圆点表示所研究的15个城市或郊区；实心三角为新建电厂，符号大小按装机容量<800 MW、800-1200 MW和>1200 MW进行标识。

我们将所有新建电厂集中在15个子区域进行分析，并划分为3组，如表4.2和图4.16所示：有新建电厂的城市(A组)、无新建电厂的城市(B组)和有新建电厂的郊区(C组)。每个子区域的空间范围为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 。该范围接近模型的原始网格分辨率，考虑到夏季NO<sub>2</sub>的生命周期较短(约为3.6h)，这一范围足够考虑传输和化学转化等因素的影响。表4.2中同时给出了电厂排放NO<sub>x</sub>的比例和模拟、观测NO<sub>2</sub>浓度的绝对值。



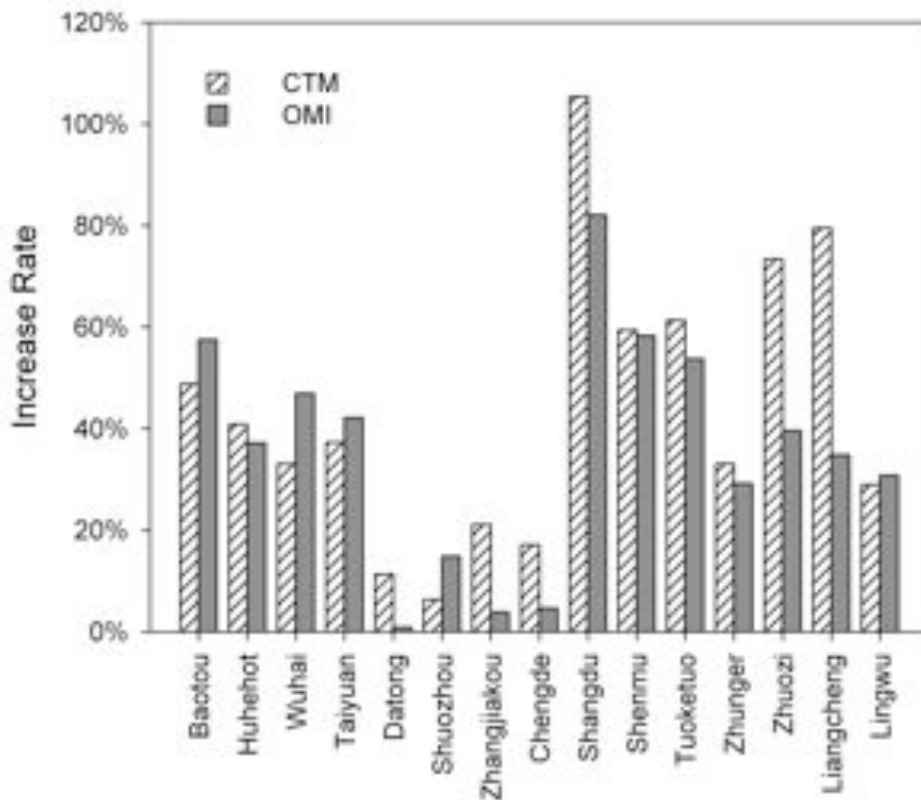


图 4.16 15 个研究区域内 2005 年至 2007 年模拟和观测的夏季平均对流层 NO<sub>2</sub> 柱浓度增长比例

表 4.2 2005 年和 2007 年夏季 NO<sub>x</sub> 排放量及 GEOS-Chem (CTM) 模拟与 OMI 观测 NO<sub>2</sub> 柱浓度

组别 <sup>a</sup>	区域	位置 <sup>b</sup>	NO <sub>x</sub> 排放量 <sup>c</sup> (Gg/月)		NO <sub>2</sub> 柱浓度 (10 <sup>15</sup> molecules/cm <sup>2</sup> )			
			2005	2007	CTM		OMI	
					2005	2007	2005	2007
A	包头	[40.25N,109.75E]	4.92(0.63)	9.05(0.71)	4.25	6.33	5.78	9.11
	呼和浩特	[40.50N,111.50E]	3.99(0.56)	5.49(0.54)	2.34	3.30	4.51	6.18
	乌海	[39.25N,106.50E]	6.03(0.91)	7.57(0.90)	4.44	5.91	5.04	7.41
	太原	[37.75N,112.00E]	0.75(0.28)	1.84(0.57)	1.92	2.64	8.67	12.32
B	大同	[39.75N,113.00E]	2.54(0.58)	3.17(0.51)	2.71	3.02	9.82	9.90
	朔州	[39.00N,112.25E]	1.98(0.84)	2.04(0.77)	1.72	1.83	7.73	8.88
	张家口	[40.50N,114.75E]	0.87(0.06)	1.24(0.04)	1.68	2.04	7.03	7.30
	承德	[40.75N,117.75E]	1.70(0.62)	1.71(0.46)	2.11	2.47	3.87	4.05
C	上都	[42.00N,115.75E]	0.09(0.00)	2.01(0.94)	1.06	2.17	1.48	2.69
	神木	[38.75N,110.00E]	1.04(0.95)	2.57(0.97)	1.57	2.50	4.51	7.14
	托克托	[40.25N,111.00E]	3.59(0.94)	7.51(0.96)	3.63	5.85	4.82	7.42
	准格尔	[39.25N,111.00E]	0.20(0.54)	0.87(0.85)	1.36	1.81	4.98	6.43
	卓资	[40.50N,112.25E]	0.26(0.00)	3.75(0.90)	1.50	2.60	2.28	3.18
	凉城	[40.25N,112.25E]	0.21(0.00)	2.10(0.86)	1.48	2.66	2.65	3.57
	灵武	[38.00N,106.25E]	0.30(0.36)	1.97(0.86)	1.09	1.40	2.68	3.51

<sup>a</sup>A 组为有新建电厂的城市；B 组为无新建电厂的城市；C 组为有新建电厂的郊区。

<sup>b</sup>区域左下角经纬度坐标，区域范围为 0.5° × 0.5°。

<sup>c</sup>括号内数值为电厂 NO<sub>x</sub> 排放占总排放的比例。

尽管图 4.12、图 4.15 中  $\text{NO}_2$  浓度的空间分布表现出相似的特征, 模拟的  $\text{NO}_2$  柱浓度相比卫星的观测值明显低估 (平均低估 46%), 对于太原、张家口、朔州和大同几个城市尤为明显。模型结果的低估在之前的研究中也曾被发现。这一低估的原因可能是多方面的, 其中一个可能的原因是 INTEX-B 排放清单低估或遗漏了一些小型工业和移动源。在本研究中有 3 点可支持这一猜测。首先, 张家口、朔州和大同的电厂  $\text{NO}_x$  排放比例在 2005 年和 2007 年之间基本未发生变化, 而这些地区的 GEOS-Chem 模拟结果相比 OMI 的观测结果低估了 75%, 低估程度明显高于该区域平均水平。其次, 包头、乌海和太原的  $\text{NO}_2$  观测浓度增长率要高于模拟值, 这很可能意味着我们低估了排放的增长。第三, A 组中电厂  $\text{NO}_x$  排放占总排放的比例在两年中基本未发生变化, 而在 B 组城市中这一比例的下降并没有达到预期的程度。另一个可能的原因是 GEOS-Chem 中的夏季土壤  $\text{NO}_x$  排放量被低估了 1 倍, 导致背景  $\text{NO}_2$  浓度水平低于实际值。由于空气质量因子 (AMF) 的计算中使用了年均  $\text{NO}_2$  垂直形状因子, NASA 的夏季 OMI 反演数据可能高估了  $\text{NO}_2$  柱浓度达 67%-74%。此外, 高浓度的气溶胶负荷, 尤其对于城市地区, 也会导致  $\text{NO}_2$  柱浓度的反演结果高于平均的误差范围。

尽管模拟和观测的  $\text{NO}_2$  浓度之间存在一定的差异, 二者 2005-2007 年之间浓度的变化是一致的。模拟的夏季平均  $\text{NO}_2$  柱浓度在有新建电厂的地区增长迅速: A 组城市平均增幅为 40%, C 组郊区平均增幅为 63%, 而卫星观测浓度的平均增幅分别为 46%和 47%。由于工业源和交通源排放的干扰, 我们并不期望所有地点的模拟值与观测值之间的比较都能达到理想效果, 我们仅关注电厂  $\text{NO}_x$  排放占总排放中占有较大比例的地区。在有新建电厂的地区, 模拟值与观测值的增长率表现出良好的一致性, 但上都、卓资和凉城除外, 因为 2005 年这 3 个地点的电厂  $\text{NO}_x$  排放量为零。B 组城市的  $\text{NO}_2$  浓度增长率, 除朔州外, 均低于卫星观测浓度增长率。考虑到工业源和交通源的误差, 这一低估也是合理的。所有 15 个地点的模拟与观测  $\text{NO}_2$  浓度增长率之间的相关性  $R^2$  为 0.65, 斜率为 0.67。与上一节研究中发现郊区地点  $\text{NO}_x$  排放浓度的骤增相比, 这些地区的模拟  $\text{NO}_2$  浓度增长率与卫星观测结果具有很好的可比性, 这也证明了引用 GEOS-Chem 模拟结果与卫星结果进行比较的方法是可信的。

### 3. 卫星对电厂 FGD 运行状况的识别

自 2005 年以来，火电厂脱硫设备（FGD）的安装比例迅速增加，SO<sub>2</sub> 排放量有所缓减，如图 4.17 所示。如果 FGD 正常投入运行，则火电厂 SO<sub>2</sub> 排放量自 2005 年以后应该迅速下降。

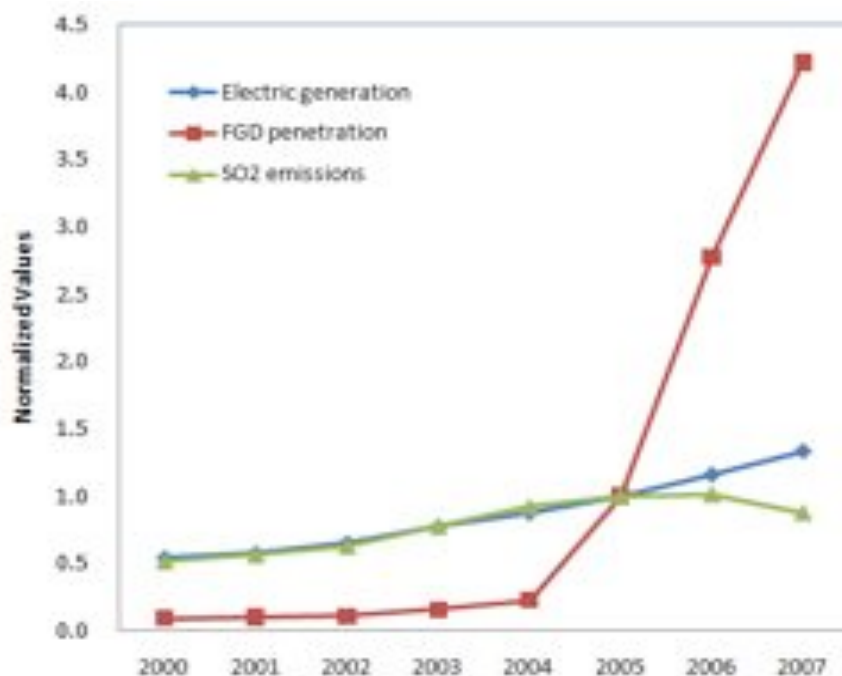


图 4.17 2000-2007 年中国火电厂发电量、FGD 装机容量和 SO<sub>2</sub> 排放量的变化趋势分析

我们利用美国宇航局 Goddard 太空飞行中心所开发的 OMI SO<sub>2</sub> L2G 数据产品和 OMI NO<sub>2</sub> L2G 数据产品对电厂 FGD 的使用情况进行分析。

我们选择了 9 个 1°×1°区域，将这些地区由 OMI 观测值计算得到的 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>2</sub> 柱浓度及计算出的电厂 SO<sub>2</sub> 排放信息绘于同一图中，如图 4.18 所示。选择 1°×1°网格的目的为了将张家口和大同附近的电厂包含于网格内。这九个区域可以进一步分为三类：①包头、呼和浩特和乌海——在 2005-2007 年间有新建电厂的工业化城市；②大同、朔州和张家口——同期没有新建电厂的城市；③上都、神木和托克托——同期有新建电厂的边远地区。2005-2007 年间在大同、朔州和张家口这三个地区，OMI 检测到的 NO<sub>2</sub> 浓度变化较小，而同期 SO<sub>2</sub> 却增长了约 0.3~0.5DU；而在其它 6 个区域，NO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub> 浓度在此期间均出现了增长。

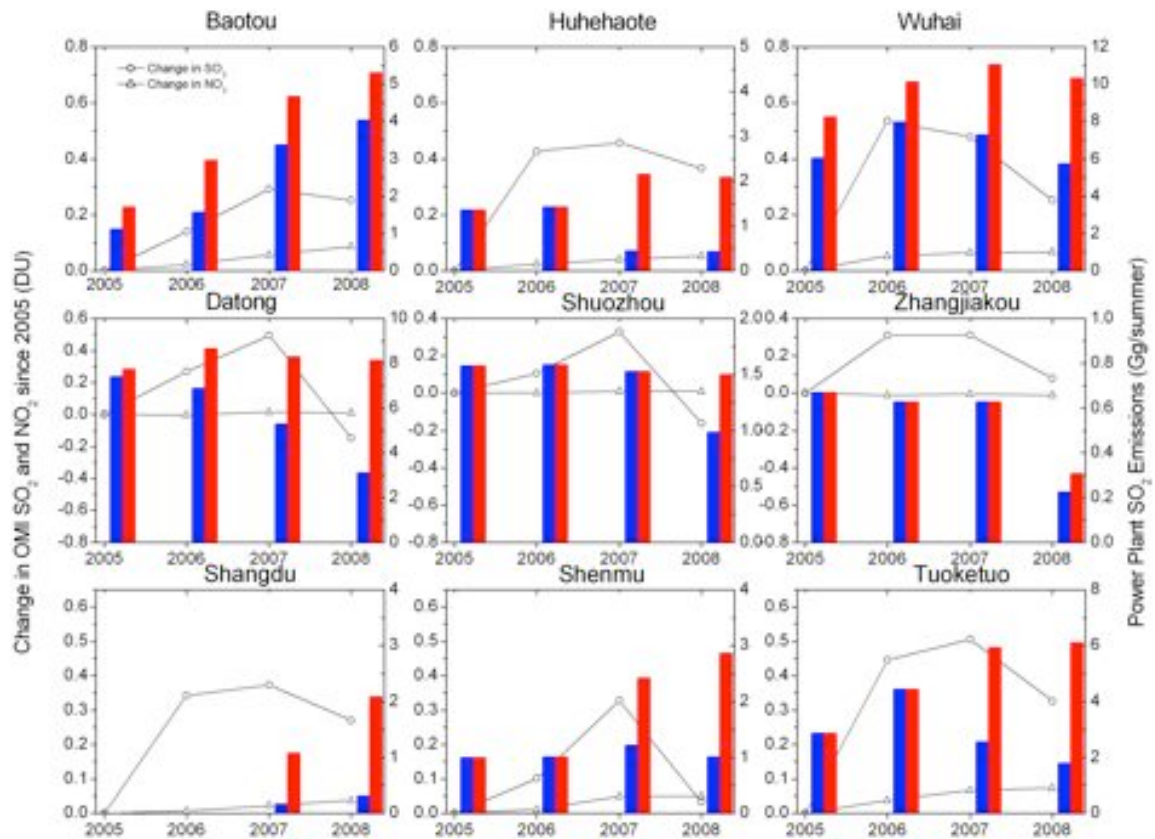


图 4.18  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  网格内夏季  $\text{SO}_2$  与  $\text{NO}_2$  浓度值与电厂  $\text{SO}_2$  排放比较。图中圆形点线代表夏季 OMI PBL  $\text{SO}_2$  浓度变化；三角形点线代表夏季 OMI 对流层  $\text{NO}_2$  浓度变化；蓝色条代表相同区域 FGD 全部运行的情景下电厂  $\text{SO}_2$  的排放；红色条代表相同区域无 FGD 运行的情景下电厂  $\text{SO}_2$  的排放。

针对污染源主要为电厂的区域，我们对区域内 OMI 检测到的  $\text{SO}_2/\text{NO}_2$  的比值和电厂  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  排放因子的比值进行了比较，并据此来分析这些电厂的排放特征。对于较大的燃煤电厂（发电量 $>100\text{MW}$ ）而言，燃烧烟煤或褐煤的采用了低氮燃烧技术的锅炉的排放因子约为  $4.05\text{-}5.6\text{kg/t}$ ，而未采用低氮燃烧技术的锅炉的排放因子为  $6.6\text{-}7.4\text{kg/t}$ 。我国内蒙古地区电厂采用的燃煤含硫量差别较大，从  $0.5\%\text{-}2\%$  不等。在假设没有运行 FGD 的情境下， $\text{SO}_2$  的排放因子取决于燃煤的含硫量，含硫量为  $0.5\%$  的低硫煤排放因子为  $9.5\text{kg/t}$ ，而含硫量为  $2\%$  的高硫煤排放因子为  $38\text{kg/t}$ 。与上述数据相对应的  $\text{SO}_2/\text{NO}_x$  排放比值（mole/mole）约在  $1.4$  到  $5.5$  之间，与在中国一些电厂的实际测量值基本一致。而在电厂排放为主导的区域（电厂排放占  $60\%$  以上），OMI 观测得到的 2007 年夏季  $\text{SO}_2/\text{NO}_2$  浓度比值介于  $1.6$ （上都）与  $6.8$ （乌海）之间。乌海市焦化冶炼业排放的  $\text{SO}_2$  可能占有很大份额。在农村区域（上都、神木和托克托）， $\text{NO}_x$  和  $\text{SO}_2$  的最主要排放源均为电厂；在 2007 年夏天，OMI 观测到的这些区域  $\text{SO}_2/\text{NO}_2$  比值为  $1.6$  到  $3.6$

之间，与我们估计的电厂排放因子比值接近。然而值得注意的是，卫星获得的  $\text{SO}_2/\text{NO}_2$  比值相对于实际排放来说可能会偏高。因为尽管在夏季，边界层内  $\text{NO}_2$  占据了  $\text{NO}_x$  的大部分，但仍然有一部分  $\text{NO}_x$  以  $\text{NO}$  的形式存在。考虑到内蒙古地区地形高度及污染物排放高度等因素，确定 AMF 时采用的  $\text{SO}_2$  垂直廓线假设也可能导致  $\text{SO}_2$  垂直柱浓度的高估。此外，由于  $\text{NO}_x$  在大气中的化学寿命比  $\text{SO}_2$  短， $\text{SO}_2/\text{NO}_x$  比值在排放后会随着时间而增加。然而，对于大点源来说这些都不是主要因素。因为在这些区域，OMI 检测到的  $\text{SO}_2/\text{NO}_2$  比值在  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  和  $1^\circ \times 1^\circ$  范围内没有明显的区别。无论如何，我们的比较结果显示，在这些区域内电厂的  $\text{SO}_2$  排放在 2007 年夏季之前并没有得到有效的控制。

相比 2007 年，OMI 检测到 2008 年夏季上述区域的  $\text{SO}_2$  浓度明显下降（见图 4.14），而  $\text{NO}_2$  浓度变化却不大。在这 9 个区域内， $\text{SO}_2$  的浓度均值降低了约为 0.3DU，而  $\text{NO}_2$  浓度的变化幅度却低于 0.01DU。2008 年，对于那些  $\text{NO}_x$  的排放源主要为电厂的区域，OMI 获得的  $\text{SO}_2/\text{NO}_2$  比值比 2007 年下降了 17% 到 84% 不等。2008 年北京奥运会期间，卫星也检测到了北京及其周边地区  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  及 CO 浓度的区域性下降，这与奥运期间临时实行严格的区域减排措施相关。本研究中的电厂区域距离北京约几百公里，OMI  $\text{NO}_2$  浓度在 2007 和 2008 年之间变化较小，这表明 2008 年这些电厂的运行装机容量与 2007 年基本保持一致。而 OMI 所观测到的 2008 年  $\text{SO}_2$  浓度大幅下降很可能与电厂普遍安装运行了 FGD 有关。

图 4.18 中给出的电厂  $\text{SO}_2$  排放计算基于两种情景：情景 1（蓝色柱）假设安装的 FGD 全部运行；而情景 2（红色柱）则假设 FGD 没有运行。对于绝大多数区域，需要将两种情景结合起来分析，才能与 OMI 的观测值相匹配。以包头为例，2005-2007 年间基本没有 FGD（情景 2），而在 2008 年 OMI  $\text{SO}_2$  浓度的下降与 FGD 的运行相关（情景 1）。呼和浩特地区，2007 年并没有 FGD 在运行，因为可以看出 2007 年  $\text{SO}_2$  的浓度水平与 2006 年相当；而 2007-2008 年 OMI  $\text{SO}_2$  浓度的下降则很可能是 FGD 开始运行的效果。乌海、大同和朔州等地 OMI  $\text{SO}_2$  浓度的显著降低也反映了 2007-2008 年间大批 FGD 开始运行。张家口地区电厂排放量相对较少，该地区 OMI 检测到的  $\text{SO}_2$  浓度的下降还可能与北京周边地区奥运会期间关停小电厂有关。对于农村区域（上都、神木和托克托），2005-2007 年间的排放与情景 2（FGD 未运行）更为接近，而在 2008 年则与情景 1 更为接

近。2006 年上都和神木地区的新建电厂很可能在正式运行以前进行过试运行，这一点在排放计算中并没有考虑。总体上说，将 OMI 获得的 SO<sub>2</sub> 浓度变化与假设不同情景下的 SO<sub>2</sub> 排放趋势进行比较后可以发现，2007 年至 2008 年期间，内蒙古地区燃煤电厂的 FGD 得到了广泛应用。在 0.5°×0.5°网格内进行与上述类似的比较可以得出与之一致的结果。

## 第五章 电力行业二氧化硫减排信息公开制度设计

环境信息公开制度已经成为当今各国环境管理中的一项行之有效的法律制度，信息公开和群众监督已经成为美国、加拿大、荷兰等发达国家在督促企业执行政府环保法规、达到减排要求这一过程中的重要手段。

进入 21 世纪以来，随着我国电力需求的增加，我国电力行业燃煤使用量快速增长，由此产生的二氧化硫也随之快速增长。针对我国快速增长的二氧化硫产生量和人民日益增长的环境质量要求的矛盾，我国开始重视燃煤电厂锅炉的脱硫工作，尤其是“十一五”期间，我国新建的燃煤电厂全部配套加装脱硫装置，同时加大既有电厂的脱硫改造力度。截至 2010 年，全国火电厂烟气脱硫机组投运容量达到 5.8 亿千瓦，占全部火电机组的比例从 2000 年的不到 2% 提高到 82%。在 2005-2010 年间，全国火电装机容量增长 80%，而同期全国二氧化硫排放量下降了 14.3%，火电厂烟气脱硫为此做出了很大贡献。

“十一五”期间大量脱硫装置的安装一方面在很大程度上降低了我国电力行业的总体二氧化硫排放，另一方面也对我国电力行业的二氧化硫污染控制管理提出了更高的要求。由于技术水平、管理水平、监管水平等多方面的原因，我国有一些在“十一五”期间安装的发电锅炉烟气脱硫设备在运行效率、脱硫效率等方面不能达到设计要求，与国际水平尚有一定差距。为了在“十二五”期间进一步控制全国二氧化硫的排放量，必须要对已投运的燃煤锅炉烟气脱硫设备加强管理，以充分发挥其脱硫能力，降低二氧化硫排放量。在此过程中，既需要强化控制措施，严格执行现有法规和标准，也需要引入更多的管理手段，一方面增加驱动力，引导企业强化自身管理，达到国家要求；另一方面通过更有效的监督，使社会舆论成为推动电力行业落实二氧化硫减排工作的重要力量。因此，我国应当考虑逐渐实施电力行业二氧化硫减排信息公开制度，并将其纳入到我国二氧化硫排放总量控制的管理框架中。

### 5.1 公开的法律依据

随着我国环境保护的发展和人民群众环保意识的提高，人民对所处环境的基本情况、环保工作的进展等基本环境信息的了解需求逐渐增加。近年来，通过完

善相关的法律法规，我国逐步增加了对环境信息的公开力度，对公民的环境信息知情权进行了保护。

我国明确环境信息公开的第一部法律是《中华人民共和国环境保护法》，其中第十一条明确提出“国务院和省、自治区、直辖市人民政府的环境保护行政主管部门，应当定期发布环境状况公报”。我国针对企业环保信息公开的第一部法律是《清洁生产促进法》，其中第十七条提出“省、自治区、直辖市人民政府环境保护行政主管部门，可以按照促进清洁生产的需要，根据企业污染物的排放情况，在当地主要媒体上定期公布污染物超标排放或者污染物排放总量超过规定限额的污染严重企业的名单，为公众监督企业实施清洁生产提供依据”。此外，在《水污染防治法》、《环境噪声污染防治法》、《放射性污染防治法》、《环境影响评价法》、《清洁生产法》等诸多法律文件中，也对公众知情和公众参与做出了一定的规定，涉及到了环境信息公开的内容

在这些法律的基础上，中国国家环境保护总局于 2007 年通过了《环境信息公开办法（试行）》（以下简称《办法》），并于 2008 年开始实施。《办法》分别就政府环境信息公开和企业环境信息公开作出了要求，见表 5.1。

表 5.1 我国与环境信息公开相关的法律法规

实施时间	法律	信息公开主体	公开内容
1989 年	环境保护法	政府环保部门	环境状况
2003 年	清洁生产促进法	省级政府环保部门	污染严重企业名单
2008 年	环境信息公开办法（试行）	级以上政府环保部门	环境状况、总量指标分配及落实情况等 17 类环境信息，
		企业	企业资源消耗总量、污染物排放情况等 9 类信息

《办法》中分别就政府和企业的环境公开信息范围作出了明确，并指出超标排放或超总量指标排放的企业需要向社会公开相应信息。《办法》中与电力行业二氧化硫减排信息相关的内容包括：

**第十一条** 环保部门应当在职责权限范围内向社会主动公开以下政府环境信息：

（四）环境统计和环境调查信息；



(六) 主要污染物排放总量指标分配及落实情况, 排污许可证发放情况, 城市环境综合整治定量考核结果;

(十三) 污染物排放超过国家或者地方排放标准, 或者污染物排放总量超过地方人民政府核定的排放总量控制指标的污染严重的企业名单。

**第十九条** 国家鼓励企业自愿公开下列企业环境信息:

(一) 企业环境保护方针、年度环境保护目标及成效;

(二) 企业年度资源消耗总量;

(四) 企业排放污染物种类、数量、浓度和去向;

(五) 企业环保设施的建设和运行情况;

(六) 企业在生产过程中产生的废物的处理、处置情况, 废弃产品的回收、综合利用情况;

(七) 与环保部门签订的改善环境行为的自愿协议。

**第二十条** 列入办法第十一条第(十三)项名单的企业, 应当向社会公开下列信息:

(一) 企业名称、地址、法定代表人;

(二) 主要污染物的名称、排放方式、排放浓度和总量、超标、超总量情况;

(三) 企业环保设施的建设和运行情况;

企业不得以保守商业秘密为借口, 拒绝公开前款所列的环境信息。

《办法》的通过和实施, 代表我国环境信息公开制度建设的长足进步, 也为我国电力行业二氧化硫排放信息公开制度的建立和实施提供了依据。由于我国在法律体制、环境信息结构等诸多方面与欧美发达国家的情况有所区别, 我们不能简单照搬其二氧化硫排放信息公开的制度, 而需要根据我国目前在环境信息公开方面的法律法规, 以及各级政府环境保护部门所收集和管理的电力行业二氧化碳排放信息现状, 建立适合我国现实情况的电力行业二氧化硫减排信息公开制度。

## 5.2 公开的目的

作为一项环境信息公开制度, 我国电力行业二氧化硫减排信息公开制度的构建, 首先应当明确其建立的基本目的和其应遵循的基本原则。总的说来, 对电力行业的二氧化硫减排信息进行公开, 主要目的在于保障公众在我国二氧化硫总量控制工作上的参与权与知情权, 从而促进政府正确合理地进行全国与各级地方的

二氧化硫排放控制决策，并促进我国电力行业企业加强自身的环境管理，落实其二氧化硫减排技术手段的有效实施。

### 1. 保障公众参与权与环境知情权

中共中央十七届五次全会强调，当代中国要坚持科学发展，更加注重以人为本。电力行业二氧化硫减排作为我国二氧化硫排放总量削减的主要抓手，是我国达到节能减排目标，改善大气环境和生态环境的重要保证。大气和生态环境资源作为一种公共财产，其品质影响着每个人的生活质量，每一个社会公众作为环境污染和环境破坏的直接受害者，都对大气、生态环境保护有发言权。因此电力行业二氧化硫减排作为我国大气、生态环境改善的重点工作，公众应该对其实施效果与进程最有了解与参与权。通过电力行业二氧化硫减排信息的公开，能够使公民及时的了解全国以及各地的电力行业二氧化硫减排工作开展情况，积极主动的跟进电力行业二氧化硫减排的进程，并参与到环境管理中来，对政府的二氧化硫减排组织工作和企业的二氧化硫排放行为进行监督和评价，促进全国二氧化硫减排工作的开展以及大气、生态环境质量的改善。

### 2. 促进政府进行正确决策

虽然我国的二氧化硫减排工作在“十一五”期间有了很明显的成效，但我国的二氧化硫排放总量依然非常高，二氧化硫减排在我国依然是一个需要长期努力的工作。在这一过程中，燃煤机组装机的增加、煤耗的增加以及电力行业内各企业对二氧化硫排放控制措施的管理和实际运行，都会对全国的二氧化硫排放总量以及地域分布产生很大的影响。对于我国的各级环保部门，只有切实掌握整个电力行业二氧化硫减排工作的进展，才能对全国二氧化硫排放的态势作出科学的分析决策。电力行业二氧化硫减排信息的公开法通过促进公众参与，使公众舆论和公众监督对政府的决策造成一定压力，从而使政府对减排政策措施的修订与实施更加合理有效，并帮助政府在一定区域范围内合理配置减排的重点，以照顾绝大多数公众的环境利益。

### 3. 促进企业加强环境管理

随着我国节能减排工作的开展，公众已经逐步认识到了二氧化硫减排的重要性，并开始进一步关注自己的环境权益。在此时机下对电力行业二氧化硫减排信息进行公开，将进一步激励电力行业的企业从管理和预防上下功夫，迫使企业在生产过程中更加重视二氧化硫排放控制措施的有效运行。在电力行业二氧化硫减

排信息公开制度中引入激励与惩罚机制,通过对于未能有效实施二氧化硫排放削减的电力企业以及对其进行处置的结果进行通报,必然将使企业为了提高其公众形象而改善环境行为,提高二氧化硫排放控制,从而促进整个电力行业二氧化硫减排工作的开展。

### 5.3 公开的原则

我国电力行业二氧化硫减排信息公开的基本原则是适用于此信息公开制度实施全过程的指导性行为准则。主要包括以下几个方面。

#### 1. 有效真实的原则

作为加强电力行业企业二氧化硫减排管理的重要手段,减排信息公开必须做到真实有效,而不应只考虑到对企业的影响力,发布不真实或不完整的信息。有效的信息会对地方政府或企业的环境声誉造成正面或负面的影响,因此,公开二氧化硫减排信息必须要做到环保管理部门认可、企业认可、群众认可。如果公众对相关信息的真实性产生质疑,信息公开制度的公信力就会大大折扣,其对企业二氧化硫减排工作的推动力也将大幅降低。因此必须坚持信息的公开、公平和公正,坚持信息的客观真实。

#### 2. 逐步公开的原则

电力行业二氧化硫减排信息的公开最终需要做到全面、充分,不仅包括内容的全面与充分,还包括信息公开的范围应该充分,让更广泛的公众能够享受到环境信息知情权。然而我国电力行业的不同企业间在规模、现代化及信息化程度、管理水平等诸多方面有较大差异,难以在段时间内核实这些企业的所有信息,“一刀切”地进行公布。应当根据企业的客观条件,在满足第一条“有效与真实”的原则基础上,逐步地进行展开,最终达到全面公开。

#### 3. 通俗易懂的原则

有效的电力行业二氧化硫减排信息公开制度必须依赖一套完整、统一的指标体系,并运用相应的定量分析方法将减排行为及效果转化为简单的衡量数据,从而使企业的环境行为表现具有可比性,同时也便于群众接受和了解。电力行业二氧化硫减排信息公开的发展,除了需要客观科学地反映企业的减排效果,还需要将减排效果信息的表征通俗化。

## 5.4 公开的主体

根据欧美发达国家的二氧化硫排放信息公开经验，公开的主体一般包括政府环境保护管理部门和电力企业自身。其中，政府环保管理部门主要就区域内电力企业二氧化硫减排的总体情况进行公开，电力企业自身主要就自身的二氧化硫排放绩效进行公开

我国的电力行业二氧化硫减排工作是由环境保护部及地方政府环境保护职能部门负责协调和监督，电力行业企业具体执行和实施。作为整个电力行业二氧化硫减排工作的协调者和监督者，各级政府的环境保护部门收集、整理了大量电力行业企业的二氧化硫减排工作开展的情况，并对其实际减排效果和最终排放量信息进行收集、整理、核实，因此，从宏观层面上而言，我国的电力行业二氧化硫减排信息公开的义务主体是各级政府的环境保护职能部门，应该由地方环保部门负责对其行政辖区内电力行业总体二氧化硫减排工作的实施进展、实际效果等进行统计，并由其上级环保部门进行审核、认定、评估，加以公开。

相对于各级政府的环境职能部门而言，电力行业的企业是二氧化硫减排工作实际开展的主体，对自身的二氧化硫减排工作的开展、二氧化硫排放控制措施的实际运行情况有第一手的数据，因此电力行业的企业有义务在信息公开的整个环节中配合各级政府环境保护职能部门的工作，准确、完全地提供信息公开需要的信息及数据。同时，为了推动电力行业企业主动进行二氧化硫减排工作，企业也可以作为信息公开的主体，通过建立针对企业的公开制度，鼓励电力行业企业主动公开自身的二氧化硫减排工作进展和成效。这样通过企业自身的信息公开，一方面可以帮助建立企业自身负责任的公众形象，提升企业品牌价值，另一方面对不能公开信息的电力企业产生一种压力，迫使其增加投入，增强管理，以取得更好的脱硫效果并予以公开，从而通过公众舆论的压力，在电力行业内部形成竞争，推动全行业二氧化硫减排工作的开展。

## 5.5 公开的范围和尺度

根据美国电力部门二氧化硫排放信息公开的经验，以政府环保部门为主体进行的信息公开企业范围与要求安装烟气连续在线监测系统的企业范围相对应，且其公开的信息直接来源于对烟气连续在线监测数据的统计和整合。对于我国而

言，绝大多数的燃煤发电机组都已经安装了烟气连续在线监测系统，然而对于这些烟气连续在线监测系统的运行，目前尚缺乏有力的实施细则和技术指南，从而实现有效的质量保障/质量控制。因此，我国的电力部门二氧化硫减排信息公开，必须借助环境统计、污染源普查和总量核查的信息。

目前，我国容量在 30 万千瓦及以上的发电机组已占我国燃煤发电机组的 60%以上，而这些机组中的绝大部分都已经安装了烟气脱硫装置(如图 5.1 所示)。根据我国电力行业二氧化硫减排信息公开遵循的“逐步公开”的原则，公开信息所对应的企业应该在保障数据和信息可靠性的前提下，逐渐扩大范围。考虑到我国电力企业管理水平的差异，二氧化硫减排信息的公开可以先从技术水平、管理水平更高的大机组开始。这样一方面由于大机组的管理水平总体较高，信息的可靠性和准确性更有保证，另一方面能够更有效地促进这些企业进一步提高管理水平，提高脱硫设施的脱硫效率。在大机组的二氧化硫减排信息公开后，逐步扩大信息公开的机组范围，最终实现所有燃煤发电机组的二氧化硫减排信息公开。

电力行业二氧化硫减排信息的公开需要在一定的时间和空间尺度上进行。由于我国的二氧化硫总量减排是以行政区为单位进行组织的，因此以政府环保部门为主体的电力行业二氧化硫减排信息公开宜以行政区为基本单位进行。在信息公开的初步阶段，可以省/自治区/直辖市为公开的基本单位，对于二氧化硫和酸雨污染较为严重，民众关注较为强烈的地区，有条件的可以以地级市为基本单位进行信息公开。以发电企业为主体的二氧化硫减排信息公开主要以电力集团公司为基本单位，同时鼓励以企业为基本单位的自愿信息公开。

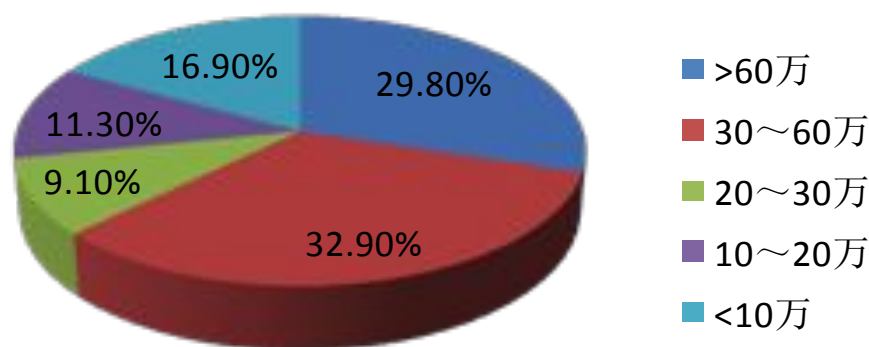


图 5.1 我国 2008 年不同容量发电机组的构成比例

我国的二氧化硫总量减排一般按照年度进行统计和总结。为了保持信息的一致性和可比性，电力行业二氧化硫减排信息公开宜以年报的形式体现，总结一个省或一个地市全年二氧化硫减排工作的效果。

## 5.6 公开的内容

目前，我国公开的环境信息主要有以下几类：第一，国家环境状况公报；第二，各省、自治区、直辖市环境状况公报；第三，地区或流域环境状况公报；第四，城市空气环境状况周（日）报；第五，企业环境信息公告。可见，其中的绝大多数属于环境质量信息，而非污染控制信息。对于绝大多数民众而言，由于知识结构的限制，更关心的是所处环境的状况，而非环境治理的具体技术内容，因此 为了满足民众的要求，我国电力行业二氧化硫减排信息的公开内容需要包括以下几部分。

对于以政府为主体进行的信息公开而言，最主要的任务是满足行政辖区内民众对于二氧化硫总体减排效果信息的需求，因此其所需要公开的最核心的信息在于其下一级行政辖区二氧化硫减排的总体效果，即二氧化硫排放的控制目标与实际排放量。此外，为了促进地方推动电力行业二氧化硫减排工作，还可以向公众公开辖区内所有电力企业的二氧化硫减排总体技术和管理水平。由于环境信息的公开必须满足兼顾科学性与通俗性的原则，此水平可以通过一个指标体系，用“二氧化硫减排系数”进行通俗化的表征，如表 5.2 所示。此外，其他与减排系数相关的信息，如行政辖区内当年的电力行业企业二氧化硫治理措施建设情况等信息，也可以作为辅助内容加以公开。

表 5.2 电力行业二氧化硫减排系数的设置方案

总体去除效率 e	二氧化硫减排系数	对指数的说明
$e > 90\%$	1 级	整个行政辖区内电力企业减排总体效果优秀，基本发挥了电力企业二氧化硫减排的潜力
$90\% \geq e > 85\%$	2 级	整个行政辖区内电力企业减排总体效果良好，电力企业二氧化硫减排尚有潜力可控
$85\% \geq e > 80\%$	3 级	整个行政辖区内电力企业减排总体效果一般，未能发挥电力企业应有的二氧化硫减排潜力
$80\% \geq e > 70\%$	4 级	整个行政辖区内电力企业减排总体效果较差，需要进一步加强脱硫能力建设

70%≥e

5 级

整个行政辖区内电力企业减排总体效果很差，急需加强技术和管理，增加减排能力

除此之外，按照《办法》的要求，污染物排放超过国家或者地方排放标准，或者污染物排放总量超过地方人民政府核定的排放总量控制指标的污染严重的企业名单，也应当纳入以政府为主体的二氧化硫减排信息公开内容。

在以政府为主体对每个行政辖区内的电力行业企业二氧化硫减排总体情况进行信息公开的同时，鼓励电力企业自身对自身的二氧化硫减排绩效进行公开。公开的形式可参照美国电力标签（electricity facts label, EFL），通过将企业的二氧化硫排放绩效与平均水平进行比较，以图形的形式进行公开。

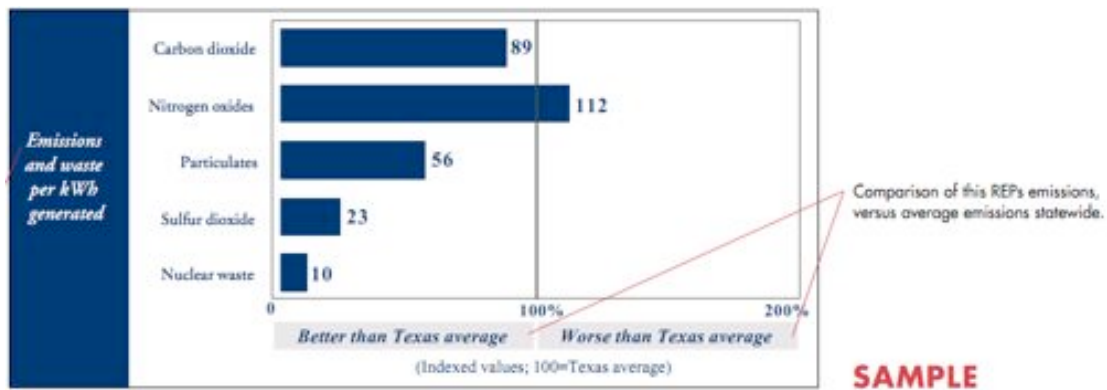


图 5.2 美国 EFL 中的电力企业污染物排放绩效公开示例

除二氧化硫排放绩效信息外，企业还可主动将其他二氧化硫减排信息进行公开，包括企业总体二氧化硫减排系数、当年的机组容量、发电量、二氧化硫年排放量、脱硫措施的建设、使用状况等。

## 5.7 公开的途径

电力行业二氧化硫减排信息公开的最主要目的是保障在二氧化硫减排过程中的公众参与权与环境知情权，其对象主要是民众。因此，公开的途径根据主要对象进行决定。

以政府环保部门为主体进行的二氧化硫减排信息公开，主要公开途径应选择政府公报，将其作为国家级及省/自治区/直辖市环境公报的组成部分，反映二氧化硫减排工作的进展。另外，为了使信息公开具有时效性，并方便民众随时查询，应重点采用网络公开的形式，在环境保护部省级政府环保部门的网站上将相关的公开信息按年分类列出，供民众查阅和监督。

以电力企业为主体进行的二氧化硫减排信息公开，以企业年报为主要的公开途径。对于六大电力企业等上市电力公司，要求其在年报中公开其二氧化硫排放绩效、主要的二氧化硫减排措施等重要信息，同时在其网站上公开相应内容。对于其他电力企业，鼓励其在网站上对二氧化硫减排信息进行公开。

此外，随着民众对电力行业二氧化硫减排信息的关注度逐渐提高，也可在网络公开、报告公开的同时，辅以电视公开、广播公开等手段，在每年环境公报公布的时候加以报道。电力行业企业对于自身二氧化硫减排信息的公开还可通过企业宣传册进行。

## 5.8 公开的法律保障及监督机制

一项有效的法律制度的有效实施必须有相应的法律保障，电力行业二氧化硫减排信息公开制度的有效实施也是如此。在《环境信息公开办法（试行）》的基础上，政府应该制定有关电力行业二氧化硫减排信息公开的法规、规章和其他规范性文件，并将这些文件向社会公开，在法律上明确公民享有得知相应信息的权利；同时明确相应主体部门公开的义务。

为了保证公开内容的真实、准确，公开主体的环境保护部门及其下级环境保护部门应当仔细收集、整理各企业的二氧化硫减排信息，并加以审核和认定；针对各企业的信息还应受到相关企业的认可。此外，还需要建立第三方校验、监督的机制，通过卫星遥感数据验证、空气质量模式反演等科学工具，对区域的公开信息进行验证，并在必要时对相应信息进行修正。总体而言，以政府为主体进行的二氧化硫减排信息公开的内容以国家环保部组织的污染物普查和总量核查数据为基础，对于超标排放的企业排放信息，辅以在线监测数据，对经过综合校核得到的数据进行公开；以企业为主体进行的二氧化硫减排信息公开，其排放绩效应当基于总量核查的二氧化硫排放量数据和企业年发电量，其他信息基于企业自身的环保投资、工程进展情况。

## 5.9 公开制度小结

综上所述，对不同的公开主体，我国电力行业二氧化硫减排信息公开制度的框架见表 5.3。



表 5.3 我国电力行业二氧化硫减排信息公开的制度框架

主体	环境保护部	省级环保厅（局）	电力企业
形式	强制	强制	推荐（六大电力集团等上市公司） 自愿（其他电力企业）
空间	全国 以省为单位	全省（区/市） 以地级市为单位	企业自身
时间	公布前一年的减排信息		公布前一年的减排信息
内容	电力行业二氧化硫排放控制目标与实际排放量 电力行业二氧化硫减排系数 超标及超总量控制指标的污染严重企业名单		二氧化硫排放绩效 企业二氧化硫减排系数 发电量、二氧化硫年排放量、脱硫措施的建设、运行状况等
途径	环境公报、环保部门网站、电视、广播		企业年报、企业网站、企业宣传册等

## 第六章 电力行业排放数据的常态化管理和减排信息公开的长效机制

建立电力行业排放信息公开长效机制是确保信息公开制度常态化、程序化、合法化的制度保障，长效机制的建立主要涉及技术层面和政策层面两个领域。技术层面主要是建立电力行业二氧化硫排放数据库系统，数据库系统的主要作用是整合各种来源的数据，对数据的准确性进行自动审核，实现数据的规划化、集约化、高效化管理，为建立具有公信力的电力行业排放信息公示清单提供技术支撑；政策层面主要涉及完善信息公开的政策法规体系、建立信息公开的日常运行机制、发挥公众参与作用、提高企业参与信息公开机制的激励措施等多个方面，发挥政策、法律、监督、管理、公众、企业等多方面作用，确保信息公开制度长效化。

### 6.1 建立电力行业二氧化硫排放数据库系统

#### 1. 建立数据库的目的

建立“电力行业大气污染物排放数据库”是实现污染排放数据集约化、信息化管理，确保电力行业二氧化硫减排信息公开制度常态化的重要保障，主要目的包括：

- ①智能化、高效率管理各种来源的电力行业二氧化硫排放数据；
- ②实现各类数据的自动录入、技术化整合及自动审核；
- ③对各种数据进行比对、查询、统计、分析，提高数据的准确性；
- ④建立具有公信力的电力行业排放信息公示清单；
- ⑤提供基于 GIS、互联网技术的信息发布平台；
- ⑥为总量控制的其他领域工作提供有效支撑。

#### 2. 数据库建设的原则

电力行业二氧化硫排放数据库系统的建设应面向用户，立足电力行业二氧化硫总量控制工作，为电力企业二氧化硫排放信息公开制度的实施提供技术保障。因此，要求平台应在结构构成上科学合理，在功能设计上充分满足政府管理和信

息公示的需求，在应用上体现安全易操作的特征。根据系统的特点，系统建设主要遵从以下原则。

#### （1） 规范化原则

重视系统的规范性，对系统数据分类、数据解释、数据定义、编码规则及开发成果等均需严格遵守环保部发布的涉及环境统计、污染源普查、在线监测等相关技术规划。

#### （2） 完备性原则

确保基础数据库及系统功能的完备性。系统开发应以电力行业二氧化硫总量控制和信息公开为主线，通过对企业二氧化硫排放数据的智能化管理，尽可能使信息公开数据的整合、审核、发布等过程具有科学性。此外，应切实结合目前现有工作基础，尽可能充整合现有资源，逐步提高现有数据库系统的性能。

#### （3） 科学性与通俗性兼顾原则

对数据的录入、整合、审核、发布等过程应建立严格的技术规划，技术规范的制定必须严谨科学，以防止数据的随意性。同时应兼顾公众的感受，尽可能使拟公开的数据清单简单易懂、通俗直观，确保普通公众的知情权，提高公众参与的程度。

#### （4） 安全性原则

系统建设过程中应采用严格的安全保密措施，如数据库、文件及用户等多级安全保障机制、数据的光纤存储、灾难恢复等；明确各级工作人员的职责、保证各司其职、各负其责，并且严格权限管理，防止信息泄漏或被随意篡改；在考虑系统组网时应选用高可靠性的产品和技术，提高整个系统的应变能力，确保系统安全、可靠；系统软件应具有较强的容错能力，保障整个软件系统不易崩溃或受破坏，并具有良好的恢复能力。

### 3. 数据库系统的总体结构

数据库系统主要要数据库本身和信息发布平台两部分构成，如图 6.1 所示。数据库系统的参与人员主要为各级环保部门的管理人员，管理人员可通过内网对后台数据进行录入、更新、整合、审核、查询、统计、分析、拟定公示清单、对外发布数据等操作；信息发布平台的主要参与对象为公众及媒体，公众可通过信息发布平台查看、下载公开的数据清单，此外还可通过地图浏览的方式查看企业排放的相关信息。



图 6.1 数据库系统及发布平台的总体结构

#### 4. 数据库主要功能

数据库主要功能如下。

##### (1) 数据录入

系统能够针对不同的数据来源提供相应的数据采集方式。标准库采集系统主要通过提供标准库信息录入入口的方式，将标准库（一定的数据格式要求）的信息录入到系统中。所采集的数据包括：在线监测数据、环境统计数据、总量核查数据、污染源普查数据以及其他自定义数据。

##### (2) 数据审核

数据审核过程主要对各种数据的真实性、逻辑性、完整性及格式进行审查，通过 4 方面的审核确保排放数据的准确性、完整性及统一性。真实性审核即利用物料衡算数据或有关部门的日常监测资料、历史资料甚至现场监督检查的方法等对在线监测数据的真实性进行审核，真实性审核是数据审核的关键环节；逻辑审查主要是对某些变量之间的逻辑关系进行审核，确保各数据之间的逻辑关系合理；完整性审查是针对数据缺失进行审核的环节，以保障数据的完备性；格式性审查是针对数据进行基本格式的审核，确保录入数据格式规范、统一。逻辑审查、完整性审查及格式审查由系统自动完成。

对在线监测数据的真实性审核，必须用环境统计、排污系数法或物料衡算法所得的排放数据进行比对验证，若在线监测数据与环境统计、排污系数法或物料衡算法所得的排放数据差距较大，该数据视为异常数据。审核过程若发现数据错

误、遗漏及异常数据，数据库系统将按取大数的原则自动补齐或向交易企业发出数据报表，详细指出错误或遗漏之处，要求重报数据。另外审查人员也可以对数据进行人工检查，如果需要，可以向排污企业要求更多的基础数据以验证 CEMS 数据。具体如图 6.2 所示。

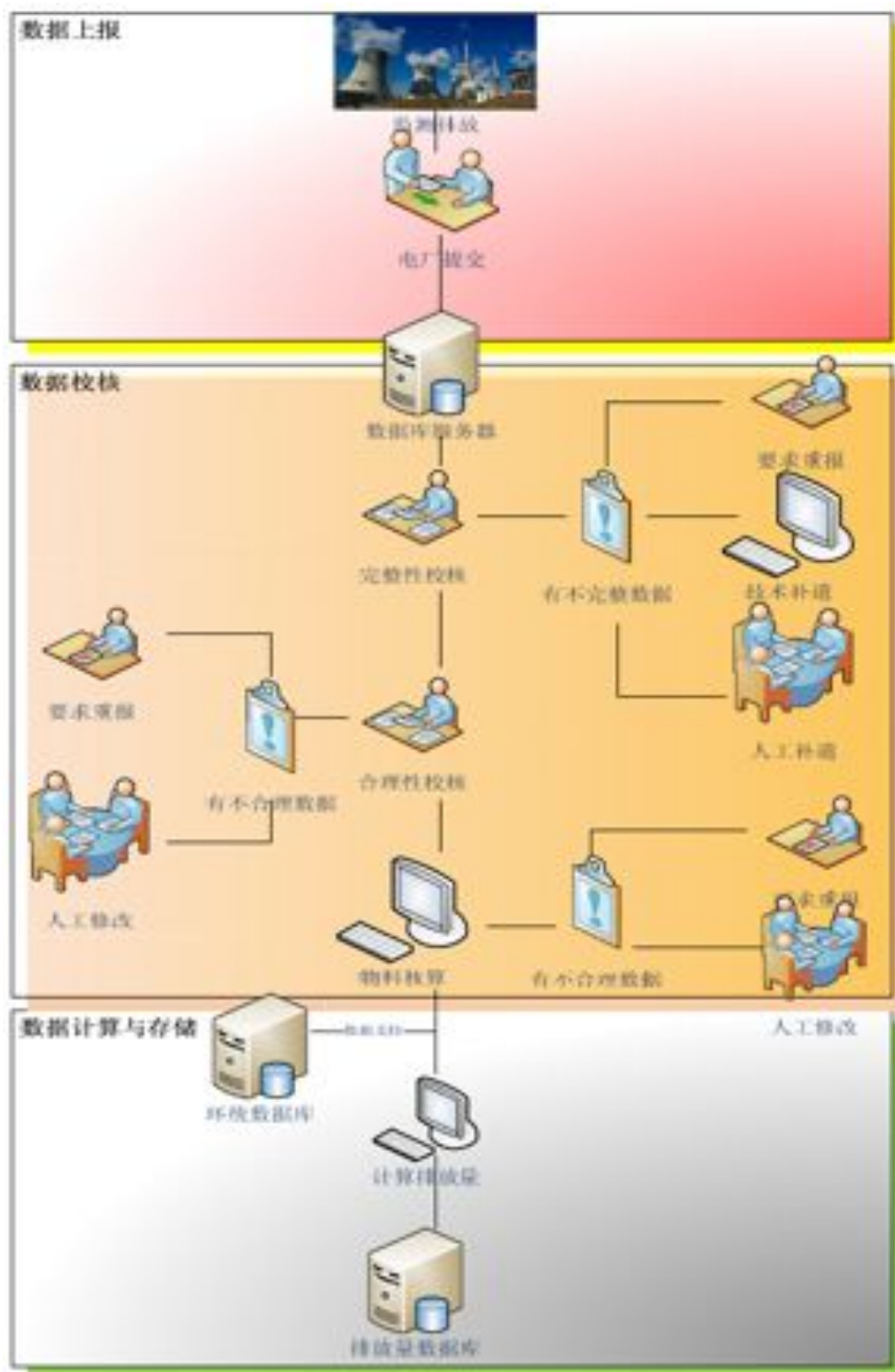


图 6.2 CEMS 数据的录入与审核

### (3) 数据分析

系统的数据统计分析包括设置统计分析模板和自定义统计分析功能。统计分析模板是用户常用的而又较复杂的统计条件定制设计，形成模板对象，用户可以方便地选择调用模板获取复杂的统计分析结果。自定义统计分析功能则为用户提供了—个开放的统计分析环境，用户可以根据—些临时产生的需要自行设置的统计分析条件，而不受预设的统计条件和统计模板的限制。用户可以存储临时设置的统计分析条件并进行命名，形成新的模板，方便以后重复使用。此功能保证了统计分析的灵活性，可以更好地满足规划和科研工作需要。

此外，系统可以对数据统计分析结果以柱状图、表格等方式显示，并按用户要求生成各种报表。

### (4) 数据发布平台

环保部门建立了环境信息公开披露平台，并作为企业环保工作的一项常规工作。管理用户可在数据库系统中自主选择拟公示的企业、公示的指标、公示的方式（机组、企业、行政区、电力公司），系统依据用户提交的相关条件自动生成拟公示的信息清单，信息清单将直接提交给信息发布平台（信息发布门户网站），以文件、列表、地图等多种形式向社会发布。公众用户可通过文件列表、地图的方式在信息发布平台查询相关信息。

## 5. 数据库的更新与维护

数据库系统每年更新—次，每年年初更新上—年的数据信息，具体工作由负责总量减排工作的相关技术部门负责。相关技术部门应建立相应的数据管理管理技术规范，保障数据更新、维护的相关技术方法及工作流程制度化。

## 6. 数据库系统开发成果







图 6.3 企业排放源数据库管理界面



图 6.4 查询统计界面



图 6.5 数据高级查询分析界面



图 6.6 系统维护界面

## 6.2 信息公开的长效机制及配套措施

为加强环境信息公开工作的规范化、制度化、法治化建设，更加有效地保护公民、法人或者其他组织对污染减排的知情权、参与权、表达权、监督权，加快依法减排，根据国务院《政府信息公开条例》和有关法律、法规，原国家环保总



局环境保护部制定了《环境信息公开办法（试行）》，该《办法》规定了信息公开的具体范围，明确将“主要污染物排放总量指标分配及落实情况，排污许可证发放情况，城市环境综合整治定量考核结果”纳入环境信息公开范围。

环境信息公开作为一种新的环境管理制度，对于提高环境决策水平，强化污染减排监管有着重要的作用。我国已在政府环境信息公开、企业环境信息公开和其他形式环境信息公开领域进行了积极探索和实践。从实践结果来看，我国仍存在着环境信息公开法规体系不完善、公开环境信息不准确企业及环境信息公开不充分等问题。迫切需要健全环境信息公开的法规体系、加强部门协作理顺环境信息公开的工作机制、提高企业参与环境信息公开的积极性、加强宣传接受公众媒体监督等，逐步建立信息公开的长效机制及配套措施。

## 1. 完善信息公开的政策法规体系

(1) 在《大气污染防治法》、《环境信息公开办法（试行）》等现有法规体系中，对环境信息公开加以明确。

法律法规中需明确的主要内容包括环境信息公开主体（政府及企业两大类）、环境信息公开内容、公开时限、公开程序、公开对象、公众参与具体方式的规定等。其次，保障公众主动申请获得环境信息的权利，实现信息的双向沟通。规定政府有责任接受公众对于环境信息的申请，并制定相应的操作方法，使公众申请的范围、回复时间、收费等程序有法可依，从而实现政府主动公开与申请公开相结合的双向公开体制。

### (2) 建立完善环境信息发布制度

为建立信息采集、审核、发布和更新的长效机制，确保公开信息的准确、及时、规范、全面，应尽快制定环境信息发布及考核管理办法。办法应对信息的报送、采集、审核、发布等主要环节做出详细规定，明确各部门和有关单位在信息公开工作中的职责分工，按照“谁主管，谁负责”的原则，规范管理流程，保证信息公开工作正常运行，做到“公开信息不涉密，涉密信息不公开”，确保涉密数据的绝对安全。

## 2. 加强部门协作理顺信息公开制度的运行机制

### (1) 应加强国家环保部门和证监会等部门的合作监管力度

上市公司的信息披露主要由证监部门监督，而环境信息的公开主要由环境保护行政部门进行监管。上市公司环境信息公开的监管较复杂，涉及到较多的会计

专业知识和环境科学专业知识，需要环境保护行政部门和证监部门的通力合作。我国可以借鉴美国方面的经验，首先由环保部根据现行环境法律法规标准结合现场检查确定公示企业内容、公示企业名单、公示方式，然后定期向中国证监会部门公报，由中国证监会对列入名单的上市公司进行环境信息公开监督，并对没有按要求公开企业环境信息的上市公司进行必要的处罚。

#### (2) 实行企业环境信息审计

为加强对企业的公开行为进行监督，保证企业公开的环境信息的真实性和可靠性，必须引入独立的第三方（如：卫星技术、审计机构）对其进行审计、监督。环境信息审计是一种对企业公开的环境信息的真实性和公允性进行验证、核实和评价的过程，评价结果应以审计报告的形式向环境管理部门、投资者和债权人以及公众公开。

### 3. 提高公众参与程度，强化媒体及非政府组织监督

#### (1) 加强信息公开工作的宣传，提高公众参与度

通过媒体宣传、会议培训学习、发放学习资料等形式，向全社会宣传信息公开工作，使广大环保人员、普通公众了解环境信息公开工作的重要性，调动广大民众积极参与环境信息公开工作，拓宽环境信息公开的知情群体、关注群体。

#### (2) 强化媒体及非政府组织监督

企业环境信息公开与公众的推动和监督密切相关。在企业环境信息公开的过程中，公众的积极支持是环境信息公开成功的保证。公众参与包括促进与监督两层含义。首先，公众如行业协会、NGO、个人以及新闻媒介等参与到环境信息的实践中，能够形成一种社会氛围，促使企业公开环境信息；其次，公众更多地参与环境信息公开，可使公众更清楚地了解企业环境保护状况，发挥监督作用。同时通过信息公开可提升环境信息公开制度的影响力，树立良好的政府、企业形象。

### 4. 与企业信用评级挂钩，提高企业参与的积极性

#### (1) 强制上市公司公开主要污染物减排信息

完善上市企业的环境信息公开制度。重点是形成一套客观有效的环境信息公开评价体系和评定标准，规定充分有效的公众参与形式，加强对责任的追究，使其扩展到民事、刑事等各个方面，加强对企业信息公开行为的检查与监督等。同时，应在更大范围内积极推广企业环境信息公开制度，建立与之配套的企业环境

信用等级制度，对于产品环境信息公开，应不断加强环境标志或者标签建设，通过相应立法的形式确定发放标签的组织和评定的标准，充分利用 WTO 现行规则保护和发展我国的绿色产业。

制定上市公司环境信息公开指南。环境保护部 2010 年已发布《上市公司环境信息披露指南（征求意见稿）》，《指南》对上市公司发布定期环境年报和临时公报做出强制性要求，还首次明确了环境年报应该披露的内容。上市公司不仅要报告年度内重大环境问题的发生情况、环境影响评价、污染物达标排放情况，还要对企业的总量减排任务、清洁生产实施情况以及环境风险管理体系建立和运行完成情况做出说明。此外按照“绿色证券”相关政策，环保部门将定期向证监部门通报上市公司环境信息以及未按规定披露环境信息的上市公司名单，而证监部门应在配合环保部门做好上市融资环保核查之外，督促上市公司尽快建立常态化的环境信息披露机制，对于虚报、漏报、瞒报环境信息的行为，应采取必要的惩戒措施。

### （2）提高非上市企业参与信息公开的积极性

加强环境信息公开制度与绿色信贷、绿色证券、绿色保险等环境经济制度的衔接，尽量使得制度设计具有“刚性”约束力，逐步提高企业参与信息公开的积极性。

### （3）强化企业环境信息公开的意识

我国环境信息公开程度较低的主要原因之一在于企业对环境信息公开的认识不够，没有进行有效的宣传、培训和学习。对于企业建议：首先，建立专门关于环境信息公开的部门。有条件的企业可以投入专门资金，尝试建立像企业社会责任部、可持续发展部，给企业一个既能发布环境信息的平台，又能起到监督和督促作用的专业部门；其次，企业开展专门培训。特别是企业管理部门，要经常参与关于企业环境信息公开的培训和学习，主要学习包括企业环境信息公开的含义，环境信息公开的法律法规，环境信息公开的内容，环境信息公开内容的编制方法及程序，以及评价与自我批评等方面。