

# 北京市大气污染总量控制降低机制研究

绿色奥运的空气质量

清华大学  
郭印诚

北京市可持续发展科技促进中心  
滕树龙

中国可持续能源项目

大卫与露茜·派克德基金会  
能源基金会 联盟

# 前 言

北京市作为全国政治、经济和文化中心，社会发展状况高于全国平均水平，已经成为世界上快速发展的大都市之一，得到了国际社会的普遍认可。然而，北京快速的城市发展所伴随的建设规模的不断扩大、人口密度的不断加大、机动车保有量的快速增长等因素，都导致了生活和生产过程中大量的污染物排放，造成了较为严重的大气环境污染状况，北京作为一个国际化的大都市在环境状况方面与国际先进水平相比还有很大的差距。

北京市在申办 2008 年奥运会时提出了“绿色奥运、科技奥运和人文奥运”三大主题，“绿色奥运”首当其冲，其中空气质量是一个重要的健康和环境问题，如何落实北京在环境上所作出的多项承诺，实现“绿色奥运”的空气质量，达到世界卫生组织的标准，是我们面临的主要问题之一。此外，适应国际上日益增加的对温室气体排放的关心和要求，北京市应以承办“绿色奥运”为契机，加快制定减少排放温室气体的计划。

为实现“绿色奥运”的空气质量，应该在大气污染管理体制上进行改革，采取以满足大气环境质量为目标的管理方法，即采用大气环境质量目标的总量控制方法。通过控制给定区域内污染源的允许排放总量，来确保控制区实现大气环境质量目标。对于北京市而言，为了实现预定的大气环境质量目标，应计算出该区域所有污染源的允许排放总量，并将其合理分配到污染源，然后通过控制这个总量，也就是每一个污染源所分配到的允许排放量，达到北京市预期的大气环境质量目标。

为了承办好 2008 年奥运会，北京市政府已下决心改变以煤为主的能源结构，建立市场化的优质能源供应体系，从而实现社会和经济的可持续发展。北京市计划在 2008 年奥运会举办前，引进 50 亿立方米天然气及大量外来电力，提高优质能源比重。根据本项目的研究，通过实施优质能源替代及大力发展可再生能源，与 2000 年北京市二氧化碳排放量 6812 万吨相比，到 2008 年，北京市二氧化碳的减排率可以达到 7.68%，减少二氧化碳排放 523 万吨。

美国能源基金会非常关注北京“绿色奥运”行动，作为“绿色奥运”行动的一部分，北京市科学技术委员会于 2002 年启动了《北京市高效清洁能源技术示范与相关政策和服务体系研究》项目，其中涉及北京市能源环境政策分析，经反复磋商讨论，在美国能源基金会资助的中国可持续能源项目中设立了《北京市大气污染总量控制和降低机制研究》子项目，由北京市可持续发展科技促进中心和清华大学共同承担。目的是通过项目研究，促进北京市大气污染控制方法及管理机制的进步，为实现“绿色奥运”的空气质量提供有效的途径，实现北京市经济与环境保护的协调发展。

# 目 录

前 言.....	1
目 录.....	2
第一部分 北京市大气污染现状分析.....	3
1.1 二氧化硫污染变化趋势 .....	3
1.2 氮氧化物污染变化趋势 .....	4
1.3 可吸入颗粒物污染变化趋势 .....	6
1.4 一氧化碳污染变化趋势 .....	8
1.5 二氧化碳排放变化趋势 .....	9
第二部分 北京城区及近郊区大气环境容量研究.....	10
2.1 北京城区及近郊区二氧化硫允许排放总量计算 .....	10
2.2 北京城区及近郊区氮氧化物允许排放总量计算 .....	11
2.3 北京城区及近郊区一氧化碳允许排放总量计算 .....	11
2.4 北京城区及近郊区可吸入颗粒物允许排放总量计算 .....	12
第三部分 绿色奥运的空气质量 .....	13
3.1 绿色奥运的主题 .....	13
3.2 实现绿色奥运空气质量的方案分析 .....	14
3.3 绿色奥运的空气质量 .....	16
3.4 北京市二氧化碳减排方案研究 .....	19
第四部分 北京市实施大气污染总量控制的框架研究.....	23
4.1 污染源平权排放评价方法 .....	23
4.2 北京市大气污染总量控制的经济优化方法 .....	23
4.3 制定北京市大气污染物排放绩效标准 .....	24
4.4 实施大气污染物排污交易 .....	25
4.5 实施大气污染物排污许可证制度 .....	28
第五部分 结论和政策建议.....	32
5.1 结论.....	32
5.2 政策建议.....	33
附录 北京市可选择的大气污染综合防治措施.....	34

# 第一部分 北京市大气污染现状分析

北京市作为全国政治、经济和文化中心，社会发展状况高于全国平均水平，已经成为世界上快速发展的大都市之一。特别是最近几年，北京经济实力快速增长，市政府提出了建设国际一流大都市的目标。但是作为拥有 1300 万人口的特大城市，在目前的快速发展时期，面临最为严峻的问题之一就是严重的空气污染状况，北京是世界上少数几个空气污染严重的首都城市，这不仅不符合首都的形象，也不符合可持续发展的战略。大气污染已成为政府和社会关注的焦点。近年来，特别是 1998 年底以来，北京市政府和各级环保部门对大气环境污染治理的力度不断加大，一些控制大气污染的政策及措施也相继出台，北京市大气环境中一次性气态污染及尘污染居高不下或不断加重的趋势得到有效遏制。然而，北京快速的城市发展和经济建设、居民生活水平不断提高、工商业能耗大幅度增加、建设规模的不断扩大、人口密度的不断加大及机动车保有量快速增加等因素，都会导致生活、生产过程中有组织源和无组织排放源的大量污染物排放，势必造成一定的大气环境污染，对人们的健康造成损害。

## 1.1 二氧化硫污染变化趋势

二十世纪九十年代北京城近郊区大气环境中  $\text{SO}_2$  浓度居高不下，至 1998 年达到高峰（如图 1-1 所示）。在 1998 年 12 月份市政府开始采取紧急措施后， $\text{SO}_2$  的污染发展趋势得到有效遏制。2001 年市区大气中二氧化硫浓度降低较快，接近大气环境二级质量标准。从近几年的监测数据来看，北京市区及近郊区  $\text{SO}_2$  的浓度变化季节性很强（如图 1-2 所示）。表现出春季浓度最高，秋冬季次之，夏季  $\text{SO}_2$  的污染水平最低，其季节性变化明显受采暖期和非采暖期影响，1998 年采暖期空气中二氧化硫的浓度平均值为非采暖期的 6 倍。2002 年北京市区及近郊区  $\text{SO}_2$  的浓度变化由图 1-3 给出。

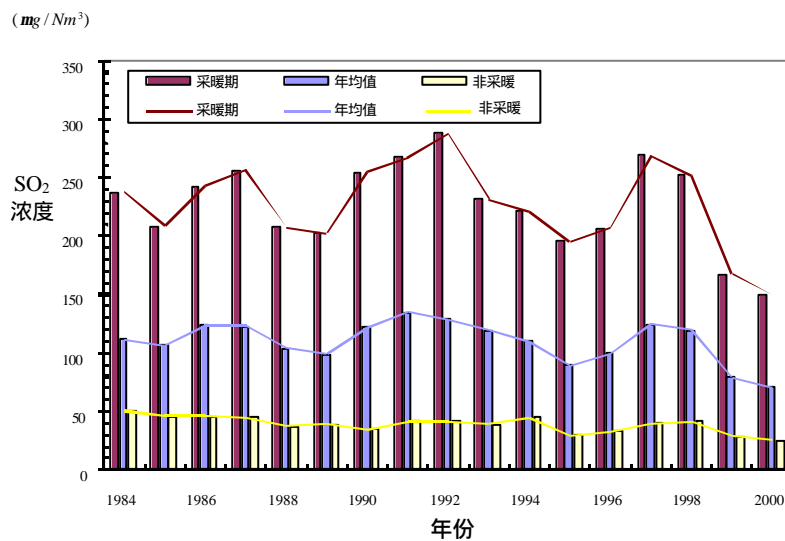


图 1-1 北京市区及近郊区 1984 年~2000 年  $\text{SO}_2$  浓度变化

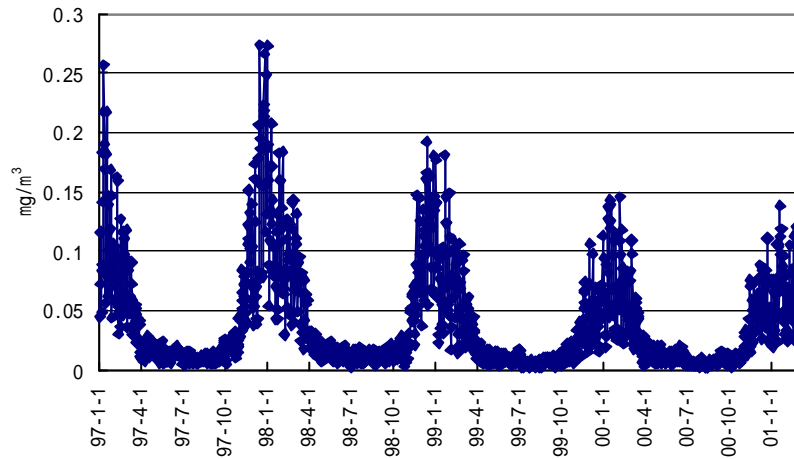


图 1-2 1997 年 1 月~2001 年 2 月北京市区及近郊区 SO<sub>2</sub> 的日平均浓度演变曲线

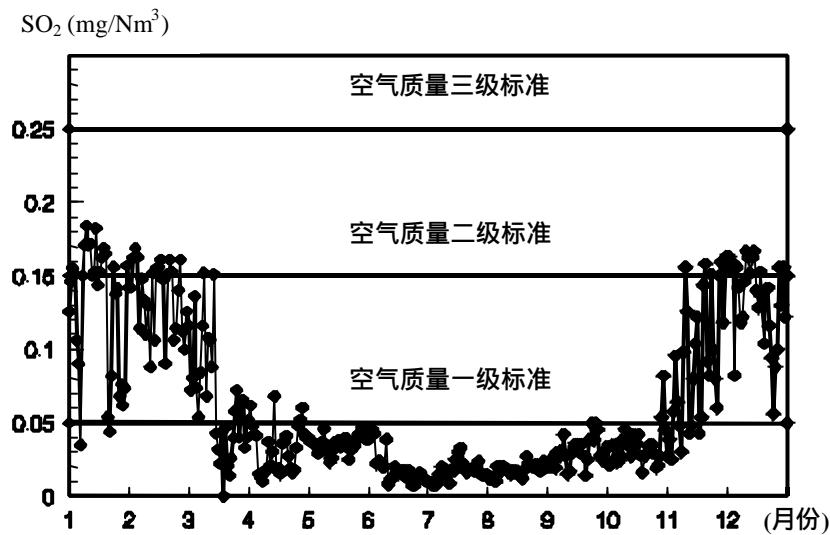


图 1-3 北京市区及近郊区 2002 年 SO<sub>2</sub> 浓度变化

从 2002 年 SO<sub>2</sub> 的变化来看，SO<sub>2</sub> 污染日主要集中在采暖季节，仍然是燃煤造成的污染，污染物浓度基本上与 2001 年的水平相当。2002 年 SO<sub>2</sub> 作为首要污染物的天数为 38 天，其中空气质量属于良（达到国家空气质量二级标准）的天数为 32 天，空气质量属于轻微污染的天数为 6 天。

但从另一方面来看，如果单独考察 SO<sub>2</sub> 对空气质量的影响，2002 年，在采暖季节，SO<sub>2</sub> 浓度超过国家空气质量二级标准的天数共有 45 天，也就是说尽管 SO<sub>2</sub> 作为首要污染物造成的轻微污染天数虽然只有 6 天，但还有另外 39 天里，SO<sub>2</sub> 浓度值也高于国家空气质量二级标准。

## 1.2 氮氧化物污染变化趋势

北京市区及近郊区大气中 NO<sub>x</sub> 的浓度变化如图 1-4 所示。从 20 世纪 80 年代开始，随着改革开放政策的逐步实施，国民经济走上快速发展道路，能源消

耗逐年增加，其中燃煤量也是逐年增加，导致  $\text{NO}_x$  排放的增加，此外，北京市汽车保有量逐年增加，特别是上世纪 90 年代以后，汽车保有量迅速提高，也造成汽车尾气排放的  $\text{NO}_x$  总量增加。总体上看，1999 年以前， $\text{NO}_x$  的浓度呈现出逐年增加的趋势，采暖季节浓度最高，非采暖季节  $\text{NO}_x$  的浓度最低。和  $\text{SO}_2$  的污染趋势相似，其季节性变化明显受采暖期和非采暖期影响，但不如  $\text{SO}_2$  在季节上相差得那么悬殊，虽然燃煤排放对大气中  $\text{NO}_x$  的浓度有贡献，但机动车的排放是主要的污染源。对统计结果的分析表明， $\text{NO}_x$  浓度的高值基本出现在交通繁忙的区域，相应年份的污染水平也都较高。

1998 年  $\text{NO}_x$  的浓度值在采暖期达到历史上最高峰。在 1998 年 12 月份市政府开始采取紧急措施后， $\text{NO}_x$  的污染发展趋势得到有效遏制。1999 年和 2000 年市区大气中氮氧化物浓度下降趋势很明显，与 1998 年相比，无论是采暖季节还是非采暖季节， $\text{NO}_x$  造成的污染状况均有改善，燃煤排放的  $\text{NO}_x$  对大气中  $\text{NO}_x$  的污染逐年减轻，但下降不如  $\text{SO}_2$  下降幅度大， $\text{NO}_x$  的浓度值仍高于空气质量二级标准（年均值）两倍以上。

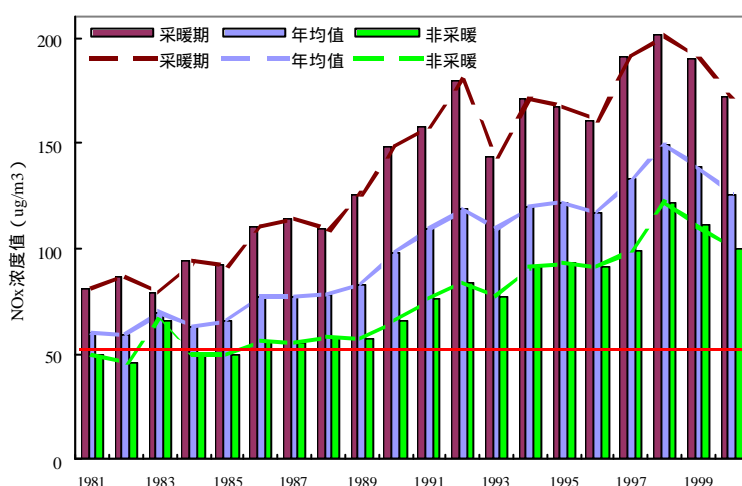


图 1-4 1981-2000 年北京城近郊区大气  $\text{NO}_x$  年均及采暖和非采暖期浓度的年际变化

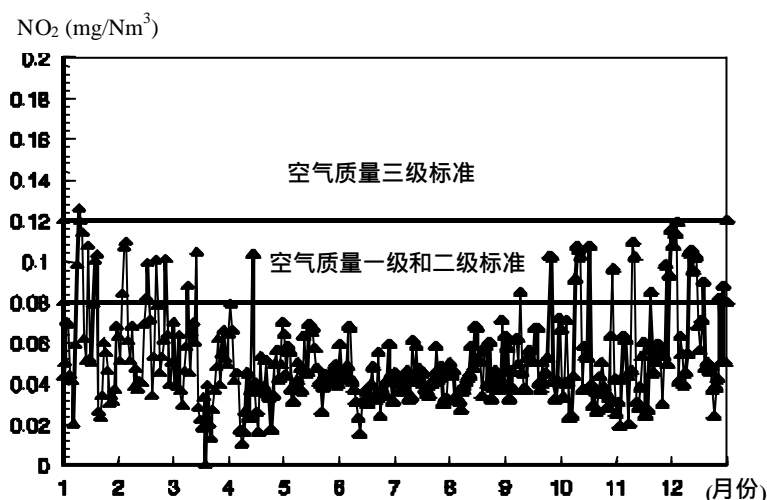


图 1-5 北京市区及近郊区 2002 年  $\text{NO}_2$  浓度变化

从 2002 年  $\text{NO}_2$  的变化来看,  $\text{NO}_2$  污染日也主要集中在采暖季节, 与  $\text{SO}_2$  污染特征相似, 夏季  $\text{NO}_2$  的污染水平最低。但总体来讲,  $\text{NO}_2$  的浓度值较低。2002 年  $\text{NO}_2$  作为首要污染物的天数为零。从另一方面来看, 如果单独考察  $\text{NO}_2$  对空气质量的影响, 2002 年, 在采暖季节,  $\text{NO}_2$  浓度超过空气质量二级标准的天数共有 27 天, 也就是说尽管  $\text{NO}_2$  作为首要污染物造成的污染天数虽然为零, 但有 27 天的  $\text{NO}_2$  浓度高于空气质量二级标准。

近年来, 北京市夏季在  $\text{NO}_x$  浓度相对较低的情况下光化学污染却日趋严重, 其代表物  $\text{O}_3$  污染有所加重, 并出现臭氧 4 级重污染日, 时均值超标的地域也有所扩大。1996 年后,  $\text{O}_3$  小时均值超标的日数和时数逐年增加, 1998 年至 1999 年全市超标分别由 101 天 504 小时(其中城近郊区 87 天 404 小时)增至 119 天 777 小时(其中城近郊区 111 天 645 小时); 2000 年最高小时均值高达  $448\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 超过国家二级标准一倍以上, 且超过某些发达国家的报警水平。近两年虽有下降, 但时均值超过  $300\text{mg}/\text{Nm}^3$  (国家 2000 年修改后的空气质量标准二级和三级均为  $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ ) 的情况也时有发生。

$\text{NO}_x$  是  $\text{O}_3$  生成的引发剂, 近年北京市  $\text{NO}_x$  浓度虽较 1998 年有所下降, 但污染水平仍很高。对监测数据的统计表明, 2000 年至 2002 年规划市区直接受机动车排气影响, 各环路范围交通环境的  $\text{NO}_2$  年均值不仅明显高于同期整体环境, 而且全部超过国家二级标准的年均值。除二环外, 其它环路污染均呈增长态势。

以 1999 年污染源数据为基础, 已有的研究表明, 北京市大气中的  $\text{O}_3$  主要来源于城近郊区污染源自身的贡献, 但当出现有利于污染物输送的天气时, 外地污染源也将影响北京市区。大气  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$ 、 $\text{VOCs}$  之间存在非线性相关性, 如果单独降低北京市城近郊区  $\text{NO}_x$  排放量而不考虑  $\text{VOCs}$  排放量的控制, 对降低大气  $\text{O}_3$  浓度不会有显著效果。因此, 控制北京市日益严重的光化学污染不仅要控制  $\text{NO}_x$ , 也要控制  $\text{VOCs}$  的排放。

### 1.3 可吸入颗粒物污染变化趋势

图 1-6 给出了北京市 1981-2000 年城近郊区总悬浮颗粒物的年际变化趋势, 北京市区及近郊区大气中 TSP、 $\text{PM}_{10}$  浓度高居国家标准之上, 至今并未出现显著下降迹象, 已成为控制大气污染的关键和难点。1991~2000 年。北京市区及近郊区 TSP 年均浓度在  $215\sim 370\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 平均浓度为  $332\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 2002 年 TSP 年平均浓度仍高达  $373\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 超过国家空气质量二级标准 86.5%, 超过纽约、伦敦、莫斯科等大城市 1 倍多。

总悬浮颗粒物中细粒子浓度较高, 2002 年  $\text{PM}_{10}$  年平均浓度为  $166\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 占 TSP 年均浓度的 44.5%。北京市城近郊区大气  $\text{PM}_{10}$  日均浓度演变的规律性不像  $\text{SO}_2$  那么强。其变化特征不受采暖期与非采暖期的明显影响, 表现为常年超标。颗粒物源解析研究表明,  $\text{PM}_{10}$  中, 尤其是  $\text{PM}_{2.5}$  中含有高浓度、组分复杂的有机物以及硫酸盐和硝酸盐, 其中有相当部分来源于  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  的转化。大气中的  $\text{SO}_2$  在夏季转化的氧化速率高达 12%/小时, 远比冬季 2.3%/小时高。夏季约 50% 的  $\text{SO}_2$  快速转化成硫酸盐而生成细粒子, 而冬季仅约有 20%; 夏季硫

酸盐的产生与气温高、湿度大、大气的强氧化性和非均相氧化都有关，而冬季主要是非均相转化，但因冬季采暖期  $\text{SO}_2$  排放量大，使冬夏季颗粒物中，硫酸盐浓度大体相当。颗粒物中硝酸盐的浓度与硫酸盐相当，夏季大气的强氧化性使大气中的  $(\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-)$  主要以硝酸盐的形式转变为细粒子。

北京市大气重污染日多以颗粒物为 4 级或 5 级的重污染出现，主要集中在秋冬季节和春季风沙季节，而一次气态污染物  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$  和  $\text{CO}$  均未出现 4 级或 5 级的污染。北京市大气颗粒物重污染可分为以下四种类型：（1）区域性重污染，这种污染情形发生最多，主要在稳定天气形势下出现，不利于大气污染物的扩散；（2）局地性重污染，这种污染情形是指仅在北京地区发生的积累性重污染过程，偶尔发生在秋冬季节；（3）沙尘类型重污染，这种污染情形多发生在每年的 3~4 月份，主要受我国西北部地区产生的沙尘暴影响，造成的污染状况最严重；（4）特殊重污染，这种污染过程是由于在不利气象条件下，北京郊区及其周边地区污染源排放异常造成的，如大面积焚烧秸秆等。

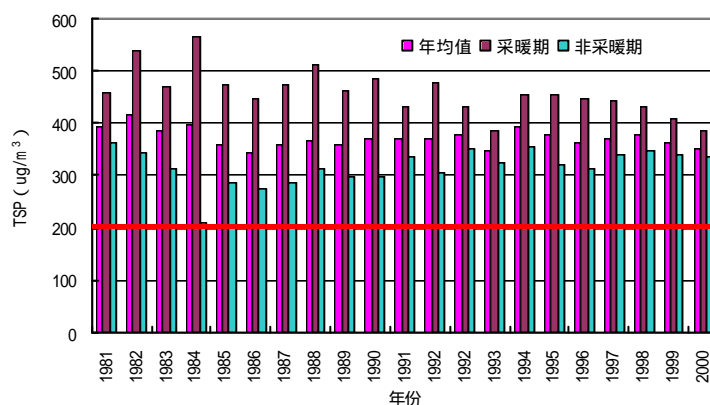


图 1-6 北京市 1981-2000 年城近郊区总悬浮颗粒物的年际变化趋势

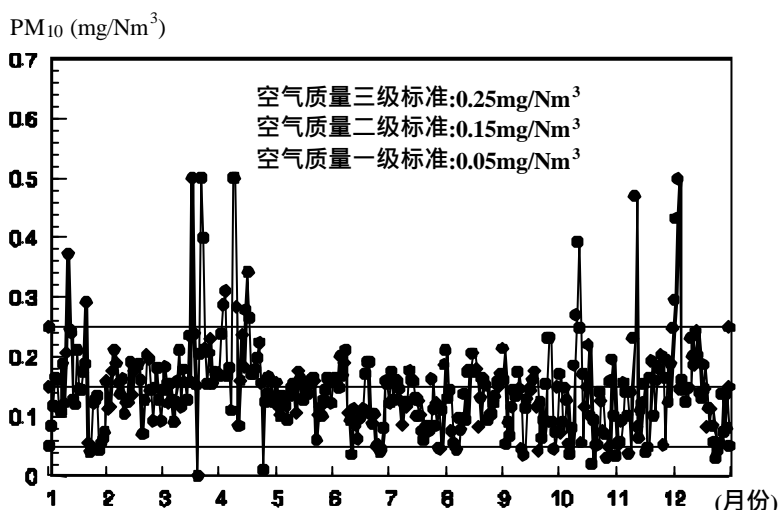


图 1-7 北京市区及近郊区 2002 年  $\text{PM}_{10}$  浓度变化

图 1-7 给出了北京市 2002 年城近郊区  $\text{PM}_{10}$  的变化过程，从 2002 年  $\text{PM}_{10}$  的变化来看， $\text{PM}_{10}$  常年维持在很高的水平上。2002 年  $\text{PM}_{10}$  作为首要污染物的



天数为 304 天，其中空气质量属于良（达到空气质量二级标准）的天数为 149 天，空气质量属于轻微污染的天数为 103 天，空气质量属于轻度污染的天数为 33 天，空气质量属于中度污染的天数为 3 天，空气质量属于中度重污染的天数为 5 天，空气质量属于严重污染的天数为 11 天。由此来看，PM<sub>10</sub>是北京市目前的首要污染物。

2002 年 PM<sub>10</sub> 作为首要污染物导致北京市区及近郊区空气质量低于国家二级标准的天数为 155 天，SO<sub>2</sub> 作为首要污染物导致北京市区及近郊区空气质量低于国家二级标准的天数为 6 天(均为轻微污染)，CO 作为首要污染物导致北京市区及近郊区空气质量低于国家二级标准的天数为 1 天(轻微污染)。2002 年北京市区及近郊区空气质量满足或优于国家二级标准的天数为 203 天，其中只有 22 天空气质量优于国家二级标准。

#### 1.4 一氧化碳污染变化趋势

近几年来，北京市区及近郊区大气中一氧化碳的浓度一直维持在较高水平上，1999 年到 2002 年 CO 的年平均浓度分别为 2.9mg/Nm<sup>3</sup>、2.7mg/Nm<sup>3</sup>、2.6mg/Nm<sup>3</sup>和 2.4mg/Nm<sup>3</sup>。2002 年 CO 作为首要污染物导致北京市区及近郊区空气质量低于国家二级标准的天数只有 1 天。已有的研究表明，采暖季节 CO 浓度最高，1997 年，北京市区及近郊区大气中一氧化碳的浓度在非采暖季节的平均值为 2.3mg/Nm<sup>3</sup>，而该年度采暖季节中一氧化碳浓度的平均值为 4.4mg/Nm<sup>3</sup>。1998 年，北京市区及近郊区大气中一氧化碳的浓度在非采暖季节的平均值为 2.6mg/Nm<sup>3</sup>，而该年度采暖季节中一氧化碳浓度的平均值为 4.4mg/Nm<sup>3</sup>，基本上与上一年持平。对 CO 的源解析表明，北京市大气中一氧化碳的 63.4%来自机动车排放，特别是非采暖期机动车排气的污染所占的比例更高，机动车排放的 CO 占 80.3%。因为机动车的排放位置低，接近呼吸带和采样点，实际对环境浓度的分担率达 70%以上。

近年来北京市机动车保有量以年递增 13%左右的速度增长，1990 年底为 50 万辆，到 2002 年底已超过 190 万辆，居于全国之首，2003 年 8 月超过 200 万辆。由于汽车技术水平相对较低，应用排气净化技术的步伐迟缓，使目前单车污染物的排放量高于发达国家的数倍。再加上汽车维修保养差、道路建设相对滞后等，导致北京市汽车排气污染问题日益突出，汽车尾气排放的 CO 日益严重，主要街道路口和人行横道 CO 污染物全部超标。“七五”期间主要交通干道的 CO 为 5.7mg/m<sup>3</sup>，“八五”期间达到 6.5 mg/m<sup>3</sup>，增加了 14%，是国家标准的 1.6 倍。1995 年北京市拥有汽车 100 多万辆，每天汽车排放一氧化碳 2200 吨。北京市 1998 年四环以内道路附近年日均浓度统计表明，一氧化碳超标率为 35.0%~86.5%，四环路旁年日均浓度稳步上升的趋势非常明显。从 1998 年起，北京加大机动车污染治理力度，在全国率先提出执行欧洲 Ⅱ号汽车尾气排放标准，对市场销售和在用车辆施行相应的限值。以设计乘员数不超过 6 人、最大总质量不超过 2.5 吨的车辆为例，其必须达到的排放标准限值为：汽油车一氧化碳

不超过 3.16 克 / 公里。从 2002 年 8 月 1 日起执行国家机动车排放标准第二阶段限值（相当于欧 标准），与欧洲 号标准相比，欧洲 号标准又有所提高：汽油车一氧化碳不超过 2.2 克 / 公里，汽油车的一氧化碳排放限值严格了 30%。

### 1.5 二氧化碳排放变化趋势

二氧化碳排放来自化石燃料和一些可再生能源消费，北京是能源消费量高的城市，2000 年北京市能源总消费量为 4110 万吨标准煤，仅次于上海，居全国第二位，与 1995 年相比增加了 500 多万吨标准煤，从 1995 年至 2000 年，平均年增长率为 2.6%。北京市终端能源消费品种繁多，包括煤炭、焦炭、天然气、液化石油气、燃料气、煤气、电力、热力、油品及地热能、太阳能等可再生能源。北京市能源消费结构中煤占了较大比例，2000 年，北京市一次能源消费中煤的比重为 51.4%，在终端能源消费结构中，煤炭和焦炭所占的比重高，占据主导地位，还有大量的发电、供热和炼焦用煤，终端能源消费中煤炭的比重为 36%。

高比重化石燃料的燃烧导致北京市二氧化碳排放量很高。按照燃料类型和二氧化碳排放关系，计算得到北京市 1998 年和 2000 年二氧化碳排放量分别为 6570 万吨和 6812 万吨(均不计外来电力)。二氧化碳的排放主要来自煤炭燃烧，1998 年和 2000 年煤燃烧排放的二氧化碳占总排放量的百分比分别为 61.3%和 62.6%。二氧化碳排放的第二大来源是焦炭燃料燃烧，1998 年和 2000 年焦炭燃料燃烧排放的二氧化碳占总排放量的百分比分别为 18.3%和 16.7%。和 1998 年相比，2000 年二氧化碳的排放量提高了 3.68%。

2001 年，北京市能源消费总量提高到 4210.7 万吨标煤，煤炭消耗实物量为 2675 万吨，比 2000 年煤炭消耗实物量增加 86 万吨，仅煤炭消耗造成的二氧化碳的排放量增加了近 170 万吨。

## 第二部分 北京城区及近郊区大气环境容量研究

北京市位于东经  $115^{\circ}97' \sim 117^{\circ}1'$  ,北纬  $39^{\circ}72' \sim 40^{\circ}47'$ 。北京地处内蒙古高原、山西黄土高原、华北平原的交接地带。地势西北高，东南低。西、北、东三面环山，东南面向广阔的平原和一望无际的大海，平原形势上象一个半封闭状态的海湾，地理学上称其为“北京湾”。

北京规划城区面积 1042 平方公里，占全市总面积的 6%，但集中了 81% 的城市人口，并且三分之二的工业产值集中在规划城区内，全市总能源消费量大部分消耗在规划市区。除了能源消耗产生的热量外，由于北京城区人口稠密，汽车保有量大，同时大多数建筑物是混凝土建成的，这些建材的热传导率和热容量很高，加上建筑物对风的阻挡或减弱作用，使得城市的平均气温比郊区和农村高，从而形成城市热岛。气象因素、地形动力因素、城市热岛效应等均影响城市的大气环境容量。从规划的角度看，大气环境容量是在城市生态和大气环境不受到污染时各污染源排放的量。

### 2.1 北京城区及近郊区二氧化硫允许排放总量计算

根据北京市  $SO_2$  污染状况， $SO_2$  污染只出现在采暖期，而且会出现  $SO_2$  浓度高于空气质量二级标准的情况，如果只计算一年内允许排放的  $SO_2$  总量，会导致在满足该总量的条件下，采暖期  $SO_2$  浓度仍然超标的现象，因此本课题研究中将  $SO_2$  污染的控制周期分别取为采暖期 120 天和一年。计算了不同空气质量标准及通风系数变化时北京市规划市区内的  $SO_2$  允许排放总量，图 2-1 给出了北京市规划市区采暖期内  $SO_2$  允许排放总量，图 2-2 给出了北京市规划市区一年内  $SO_2$  允许排放总量。

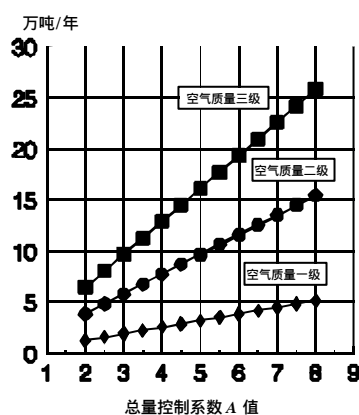
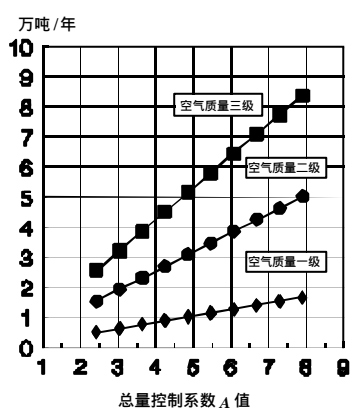


图2-1 采暖期内北京市规划市区 $SO_2$ 允许排放总量 图2-2 北京市规划市区一年内 $SO_2$ 允许排放总量

值得注意的是，北京市的总量控制系数的取值范围在 4.2~5.6 之间，平均值为 4.9，按照此平均值可以得到北京市规划市区在满足空气质量二级标准的条件下，采暖期内  $SO_2$  的允许排放总量只有 3 万吨， $SO_2$  的年允许排放总量为 10 万

吨左右，远远小于近几年来  $SO_2$  的排放总量，2001 年和 2002 年全市  $SO_2$  排放总量均在 20 万吨左右。按照图 2-2 中所给出的允许排放总量变化趋势，北京市空气质量应该在三级。而实际上从  $SO_2$  浓度监测结果来看，空气质量大部分在二级，许多天数甚至满足一级空气质量。导致这种现象的主要原因是实际排放的  $SO_2$  以高架源为主，高架源排放大约只占 15%。尽管高架源  $SO_2$  排放量大，但对当地的地面浓度的影响较弱，故使得当地仍能达到较好的空气质量。其次是目前给出的允许排放总量仅限于规划市区 1042 平方公里范围内，因此相对于全市的排放量要小。

## 2.2 北京城区及近郊区氮氧化物允许排放总量计算

根据北京市  $NO_x$  和  $NO_2$  污染状况， $NO_x$  和  $NO_2$  污染虽然与  $SO_2$  污染趋势类似，但  $NO_x$  和  $NO_2$  浓度变化比  $SO_2$  平缓，因此本课题研究中将  $NO_x$  和  $NO_2$  污染的控制周期取为一年。图 2-3 给出了北京市规划市区一年内  $NO_x$  允许排放总量，图 2-4 给出了北京市规划市区一年内  $NO_2$  允许排放总量。

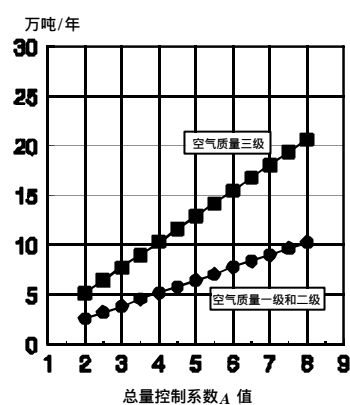
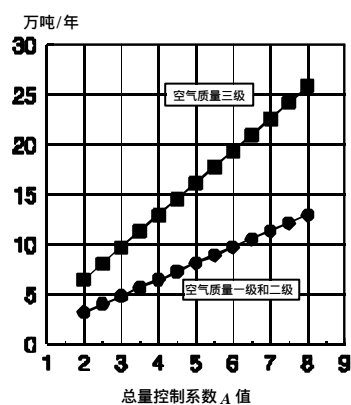


图 2-3 北京市规划市区一年内  $NO_x$  允许排放总量 图 2-4 北京市规划市区一年内  $NO_2$  允许排放总量

当总量控制系数取为平均值 4.9 时，可以得到北京市规划市区在满足空气质量二级标准的条件下， $NO_x$  的年允许排放总量为 7.5 万吨， $NO_2$  的年允许排放总量为 6 万吨。1999 年北京市城区及近郊区  $NO_x$  排放总量达到 22.5 万吨，仅机动车造成的  $NO_x$  排放量就达到 7.8 万吨， $NO_x$  的年平均浓度为  $0.140mg/m^3$ ，因此该年度就  $NO_x$  污染而言空气质量低于三级。2002 年  $NO_2$  的年平均浓度为  $0.076mg/m^3$ ，为空气质量二级标准的 1.9 倍，可见目前  $NO_2$  的年实际排放量远远高于允许排放总量。

## 2.3 北京城区及近郊区一氧化碳允许排放总量计算

一氧化碳浓度虽然在采暖期较高，但  $CO$  主要是机动车排放造成的，本课题研究中将  $CO$  污染的控制周期取为一年。图 2-5 给出了北京市规划市区一年内  $CO$  允许排放总量。从近几年来  $CO$  浓度的监测结果来看， $CO$  浓度的年平均值均小于空气质量一级和二级标准时  $CO$  年平均浓度限值，近几年  $CO$  浓度的年平均值，均低于二级标准的限值  $4.0mg/m^3$ ，这表明  $CO$  的实际排放量低于允许排

放总量，北京市 CO 的污染状况是所有污染物中最轻的。

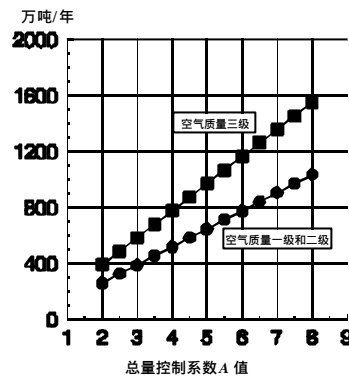


图 2-5 北京市规划市区一年内 CO 允许排放总量

#### 2.4 北京城区及近郊区可吸入颗粒物允许排放总量计算

颗粒物是北京市的首要污染物，2002 年总悬浮颗粒物的年平均浓度为  $0.373\text{mg}/\text{m}^3$ ，其中可吸入颗粒物  $PM_{10}$  的年平均浓度为  $0.166\text{mg}/\text{m}^3$ 。国家空气质量二级标准中总悬浮颗粒物和可吸入颗粒物  $PM_{10}$  的年平均浓度分别为  $0.2\text{mg}/\text{m}^3$  与  $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，2002 年总悬浮颗粒物和可吸入颗粒物分别超标 86.5% 与 66%，也高于空气质量三级标准的限值。五年来，总悬浮颗粒物和可吸入颗粒物  $PM_{10}$  的浓度变化很小，治理任务非常艰巨。

假定可吸入颗粒物  $PM_{10}$  的允许排放总量为总悬浮颗粒物的排放容量的一半。图 2-6 和图 2-7 给出了北京市规划市区一年内总悬浮颗粒物和可吸入颗粒物  $PM_{10}$  的允许排放总量。

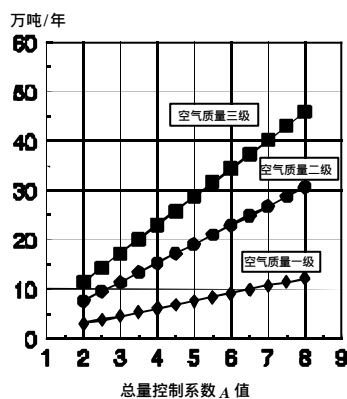


图 2-6 北京规划市区内总悬浮颗粒物年允许排放总量  
(不计入降尘的影响)

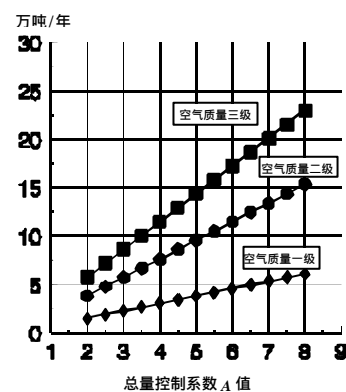


图 2-7 北京规划市区  $PM_{10}$  年允许排放总量  
(不计入降尘的影响)

按照北京市总量控制系数的平均值来看，当 A 值为 4.9 时，北京市城八区 1999 年排放的  $PM_{10}$  总量为 10.65 万吨/年，而可吸入颗粒物  $PM_{10}$  的允许排放总量为 9.4 万吨/年，可见实际排放量略高于允许排放量，因此当出现总量控制系数较小的气象条件时，会造成可吸入颗粒物超标。近年来，北京市的首要污染物主要是可吸入颗粒物，主要是本地的  $PM_{10}$  排放总量超过了允许排放量。

## 第三部分 绿色奥运的空气质量

### 3.1 绿色奥运的主题

悉尼在 2000 年奥运会上首次实践了“绿色奥运”，赢来好评如潮，奥运盛会也因承载了“环境保护”这一全球性的新使命，迸发出时代的风采，成为国际奥委会推崇的奥运新理念。北京市在申办 2008 年奥运会时提出了“绿色奥运、科技奥运和人文奥运”三大主题，其中“绿色奥运”首当其冲。“绿色奥运”的基本内涵之一就是绿色能源，其二是绿色生态环境。

#### 一．绿色能源

北京作为我国的首都，自新中国成立以来，特别是改革开放以来取得了长足发展，得到了国际社会的普遍认可。但是，北京作为一个国际化的大都市与国际先进水平相比还有很大的差距，尤其是它的环境状况令人担忧，其主要症结在于能源结构和产业结构不合理。北京是以化石能源为主的能源结构，过去能源消费中煤的比重过高，占 70% 左右，年耗煤量已达 2700 万吨，是世界烧煤最多的首都，而比较清洁的气体燃料仅占 5% 左右。

为了承办好 2008 年奥运会，北京市政府已下决心改变以煤为主的能源结构，建立市场化的优质能源供应体系，从而实现社会和经济的可持续发展。北京市计划在 2008 年奥运会举办前，引进 50 亿立方米天然气，提高优质能源比重，大幅度减少市区燃煤量。2007 年全市耗煤总量由 2001 年的 2600 多万吨减少到 1500 万吨以下，其中市区燃煤量由 2001 年的 1600 万吨减少到 800 万吨左右，且全部使用低硫优质煤，以减少煤烟型污染。

在机动车的污染治理方面，也和清洁能源密切相关。除了继续提高、完善北京市机动车排气污染物排放标准外。机动车用燃料也是重要的污染治理环节，要保证车用油品质量，还要鼓励使用清洁燃料车、燃料电池车、电动汽车及达到更高排放标准的车辆。到 2008 年，北京市 90% 的公交车辆和全部的环卫、邮政用车都将使用清洁燃料，70% 的出租车为清洁能源车。

#### 二．绿色生态环境

按照“新北京，新奥运”对生态环境的要求，北京市以“绿色奥运”为主题，将全面建设绿色生态城市。加快推进高标准的林业生态体系、高效益的林业产业体系、高水平的森林资源安全保障体系建设。到 2005 年，完成三道绿色生态屏障建设，即面积一万零四百平方公里的山区绿色生态屏障、长度一千公里的平原地区绿色生态屏障和绿地超过一百平方公里的城区绿色生态屏障。山区完成宜林山地造林面积 10 万公顷，山区林木覆盖率达到 70%。平原完成“五河十路”两侧 2.3 万多公顷的绿化带及其它河道、道路绿色通道，完善农田林网化，郊区卫星城和中心镇达到园林城镇标准。利用一切可能的措施扩大公共绿地面积，基本上形成 500 米服务半径的街区公园布局。完善市区二环和东西、南北“十字”景观轴线的两侧绿化，搞好其它城市道路、水系两侧绿化，高标准

完成 255 条主要大街的绿化改造。广泛开展立体绿化，有条件的墙体、立交桥进行垂直绿化，逐步试点并推广屋顶绿化，鼓励和引导居民绿化阳台。到 2007 年，北京市的森林覆盖率要达到 50%，城市绿化覆盖率要达到 45%，城市人均绿地要达到 50 平方米。

“绿色奥运”的实施，将为一个有着一千三百万人口的大城市和十三亿人口的国家留下巨大的环境资产。北京将以满目青翠、绿茵铺地、花团锦簇展示其美丽风采。“绿色奥运”也不仅仅在于建设绿色生态环境，更重要的是，在“绿色奥运”的实践过程中，会唤起人们对自己生存的地球的保护意识，使人们认识到保护地球就是保护人类自己，是为自己创造更美好的生活环境，实现人类自身的延年益寿和健康繁衍。

### 3.2 实现绿色奥运空气质量的方案分析

“绿色奥运”的空气质量是一个重要的健康和环境问题，“2008 年奥运会期间，北京将会有良好的空气质量，达到国家标准和世界卫生组织指导值。同时北京市政府继续致力于提高全年的空气质量”。

空气质量国家二级标准的日平均限值分别为： $SO_2:150mg/m^3$ ， $NO_2:80mg/m^3$ ， $CO:4mg/m^3$ ， $PM10:150mg/m^3$ 。世界卫生组织指导值分别为： $SO_2:120mg/m^3$ ， $NO_2:150mg/m^3$ ， $CO:10mg/m^3$ ， $PM10:80mg/m^3$ 。

科技部专项课题《北京市大气污染控制对策研究》的结果表明，随着经济的持续发展和人民生活水平的提高，到 2008 年机动车保有量和民用能源消费将有所增长，若不采取有效控制措施，必然会带来大气污染物排放量的增加，表 3-1 给出了在不采取控制措施条件下 2008 年北京市规划市区大气污染物预计排放量。附录给出了 2008 年可供选择的大气污染综合防治措施。

表 3-1 北京市规划市区 2008 年大气污染物预计排放量(吨/年)

PM10	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
93238	216126	228620

注：数据来源于《北京市大气污染综合防治对策研究》报告[文献 10]

从附录中所列出的控制措施来看，控制措施的力度区别主要体现在如何控制电力行业中高井电厂及冶金行业中首钢的污染排放，如果选择高井电厂及首钢全面停产，则这两家企业所产生的控制效果为 PM10 减排 17290 吨/年、SO<sub>2</sub> 减排 46258 吨/年、NO<sub>x</sub> 减排 24900 吨/年，由此而引起的投资费用为 190.36 亿元。此外第二热电厂和第三热电厂改烧天然气所产生的效果是 PM10 减排 1170 吨/年、SO<sub>2</sub> 减排 7800 吨/年、NO<sub>x</sub> 减排 1897 吨/年，由此而引起的投资费用为 2.92 亿元，运行费用为 7.95 亿元/年，此方案称为高方案。

如果选择高井电厂改烧天然气及首钢钢产量减产等综合治理措施，则这两家企业所产生的控制效果为 PM10 减排 15178 吨/年、SO<sub>2</sub> 减排 45187 吨/年、NO<sub>x</sub> 减排 11796 吨/年，由此而引起的投资费用为 3.45 亿元，运行费用为 20.46 亿元/年。第二热电厂燃重油锅炉加装电除尘器和第三热电厂两台燃煤锅炉安装 FGD

所产生的环境效果是  $PM_{10}$  减排 435 吨/年、 $SO_2$  减排 6600 吨/年、 $NO_x$  减排效果无，由此而引起的投资费用为 1.63 亿元，运行费用为 0.15 亿元/年，此方案称为低方案。总的来看，从减排效果来看，高低方案中  $PM_{10}$  减排量相差 2847 吨/年， $SO_2$  减排量相差 2271 吨/年， $NO_x$  减排量相差 15001 吨/年。高低两种方案的投资费用相差近 188 亿元，低方案的运行费用比高方案多出 12.66 亿元/年。从投资收益（减排效果）来看，显然高方案不可取。从用电安全及天然气用气量调峰角度看，高井电厂改燃用天然气也是较佳的选择，而不应停产。

对于上面所述的低方案，总的控制效果为  $PM_{10}$  减排总量为 79650 吨/年、 $SO_2$  减排总量为 168449 吨/年、 $NO_x$  减排总量为 90637 吨/年，由此而引起的投资费用为 442.4 亿元，运行费用为 71.23 亿元/年。考虑到从 1998 年到 2002 年北京市治理大气污染的投资是 500 亿元，对于经济不断发展的北京，低方案所需投资费用 442.4 亿元是可以承受的。表 3-2 给出了高低两种方案的减排效果。

表 3-2 大气污染综合防治措施的减排效果

污染物	$PM_{10}$	$SO_2$	$NO_x$
2008 年预计排放量(吨/年)	93238	216126	228620
低方案的减排总量(吨/年)	79650	168449	90637
低方案的减排比率	85.4%	77.9%	39.6%
实施低方案后的预计排放量(吨/年)	13588	47677	137983
高方案的减排总量(吨/年)	82497	170720	105638
高方案的减排比率	88.5%	79%	46.2%
实施高方案后的预计排放量(吨/年)	10741	45406	122982

在污染物治理的低方案中， $PM_{10}$  的减排主要靠控制扬尘污染，通过控制扬尘污染取得的减排总量是 41804 吨/年，占  $PM_{10}$  减排总量的 52.53%，其投资费用为 54 亿元，运行费用为 2.25 亿元/年。 $PM_{10}$  减排的第二个主要措施是首钢的技术改造和综合治理，可以减少  $PM_{10}$  的排放 12568 吨/年，占  $PM_{10}$  减排总量的 15.78%。 $PM_{10}$  减排的第三个主要措施是锅炉污染的控制，可以减少  $PM_{10}$  的排放 9183 吨/年，占  $PM_{10}$  减排总量的 11.52%。电力行业的污染控制措施的实施可以减少  $PM_{10}$  的排放量约为 7380 吨/年，占  $PM_{10}$  减排总量的 9.26%。

在污染物治理的低方案中， $SO_2$  的减排主要靠电力行业的污染控制，电力行业通过安装 FGD (Flue Gas Desulfurization) 和实施天然气替代可减少  $SO_2$  的排放量为 92100 吨/年，占  $SO_2$  减排总量的 54.68%，其中石景山热电厂四台燃煤锅炉安装 FGD、第一热电厂两套机组安装 FGD、第三热电厂两台燃煤锅炉安装 FGD、华能全部安装 FGD 共削减  $SO_2$  的排放 66700 吨/年。电力行业除安装 FGD 外，高井电厂改燃用天然气可削减  $SO_2$  排放 25400 吨/年。 $SO_2$  减排的第二个主要措施是实施锅炉污染控制，可以减少  $SO_2$  的排放量约为 51667 吨/年，占  $SO_2$  减排总量的 30.67%。 $SO_2$  减排的第三个主要措施是首钢的技术改造和综合治理，可以减少  $SO_2$  的排放量为 19787 吨/年，占  $SO_2$  减排总量的 11.75%。



在污染物治理的低方案中,  $NO_x$  的减排主要靠控制机动车的污染排放, 通过实施严格的排放标准、严格的油品质量控制、强化定期的检测维修制度、及清洁燃料替代可减少  $NO_x$  的排放量为 44252 吨/年, 占  $NO_x$  减排总量的 48.82%。 $NO_x$  减排的第二个主要措施是锅炉污染控制措施, 可以减少  $NO_x$  的排放量为 17435 吨/年, 占  $NO_x$  减排总量的 19.24%。 $NO_x$  减排的第三个主要措施是电力行业的污染控制, 可以减少  $NO_x$  的排放量为 13821 吨/年, 占  $NO_x$  减排总量的 15.25%。 $NO_x$  减排的第四个主要措施是首钢的技术改造和综合治理, 可以减少  $NO_x$  的排放量为 11322 吨/年, 占  $NO_x$  减排总量的 12.49%。

与上述污染物治理的低方案相比, 高方案中  $PM_{10}$  和  $SO_2$  的减排效果分别提高了 3.1% 和 1.1%, 提高的效果较弱, 差别较大的是  $NO_x$  的减排效果, 采用高方案中的治理措施使  $NO_x$  的减排效果提高了 6.6%, 主要是高井电厂停产而导致  $NO_x$  的减排量增加。

### 3.3 绿色奥运的空气质量

按照上述污染物治理的低方案, 2008 年北京市规划市区中  $PM_{10}$ 、 $SO_2$  和  $NO_x$  的排放量分别为 13588 吨/年, 47677 吨/年, 137983 吨/年。采用前面应用的总量控制的表达式, 可以计算出 2008 年北京市规划市区中上述各种大气污染物的浓度值, 该浓度不仅和排放量有关系, 还与气象条件有密切关系。

#### 一. 采用低方案控制措施时北京规划市区 $PM_{10}$ 浓度的预测

控制周期为一年, 北京规划市区 2008 年  $PM_{10}$  的排放量 13588 吨/年为约束条件, 计算得到的 2008 年北京市规划市区本地排放导致的  $PM_{10}$  的平均浓度随总量控制系数的变化如图 3-1 所示。由图中可见, 在大范围的总量控制系数下, 2008 年由北京市规划市区本地排放而造成的  $PM_{10}$  的年平均浓度均在空气质量一级标准的限值  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下, 如果仅仅考虑本地排放, 空气质量应该总是优。

但是上述空气质量是很难达到的, 因为  $PM_{10}$  的浓度受区域性的影响, 已有的研究表明, 北京市目前  $PM_{10}$  的背景浓度(本底值)很高, 一般为  $60\sim 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 背景浓度除了受本地污染源的排放影响外(清洁对照点的浓度测量值会受局地环流的影响), 北京市远郊区县及周边省市也对北京市的  $PM_{10}$  浓度有影响。假定 2008 年北京市  $PM_{10}$  的背景浓度仍然为  $60\sim 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 考虑此背景浓度和本地  $PM_{10}$  的排放后, 在假设的不同裸露地面的扬尘百分率为 0.3, 2008 年北京市规划市区中  $PM_{10}$  的实际浓度由图 3-2 所示。

由图 3-2 可以看出, 考虑背景浓度后, 北京市规划市区中  $PM_{10}$  的年平均浓度均在国家空气质量一级标准的限值  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上, 背景浓度占北京市规划市区中  $PM_{10}$  年平均浓度的 70%~90%。当背景浓度为  $60\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  时, 在绝大多数的气象条件下, 空气质量可以达到国家空气质量二级标准, 只有在总量控制系数非常小的时候才超过二级空气质量标准的限值。当背景浓度为  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  时, 取北京市的总量控制系数为平均值 4.9, 北京市规划市区的空气质量很难达到国

家空气质量二级标准。

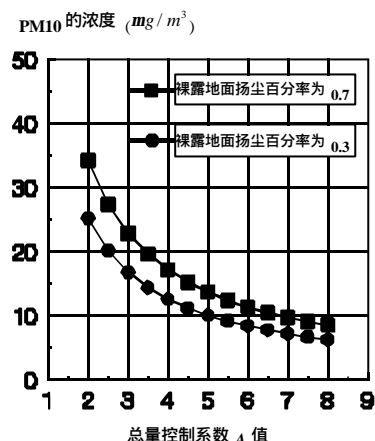


图3-1 北京市区2008年本地排放导致的PM10年平均浓度

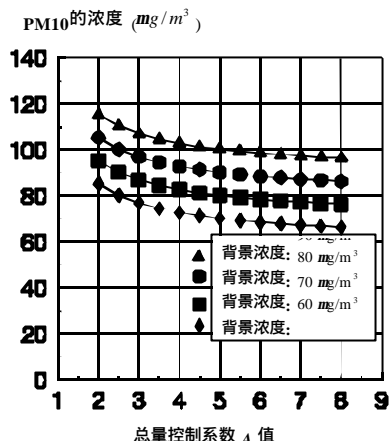


图3-2 北京市区2008年实际PM10年平均浓度

## 二. 采用低方案控制措施时北京规划市区 $SO_2$ 浓度的预测

控制周期为一年，北京规划市区 2008 年  $SO_2$  的排放量 47677 吨/年为约束条件，计算得到的 2008 年北京市规划市区本地排放导致的  $SO_2$  的平均浓度随总量控制系数的变化如图 3-3 所示。在有效实施  $SO_2$  排放控制措施后，本地污染源排放的  $SO_2$  所造成的  $SO_2$  平均浓度在很宽的总量控制系数范围内均低于国家空气质量二级标准的浓度限值  $60 \text{ mg/m}^3$ ，按照北京市平均的总量控制系数 4.9 来计算，本地污染源排放所造成的  $SO_2$  平均浓度为  $30 \text{ mg/m}^3$  左右，也远远低于绿色奥运承诺的空气质量标准  $50 \text{ mg/m}^3$ 。若考虑  $SO_2$  的背景浓度值，则 2008 年北京规划市区实际  $SO_2$  的平均浓度要高一些，如图 3-4 所示。

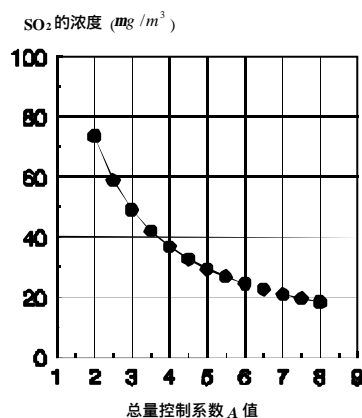


图 3-3 北京市区 2008 年本地排放导致的  $SO_2$  年平均浓度

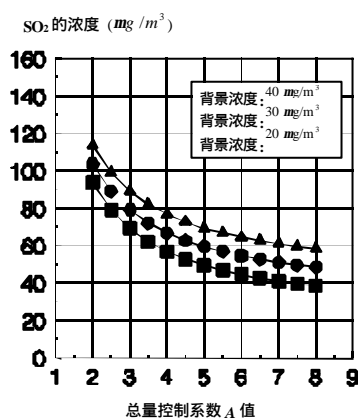


图 3-4 北京市区 2008 年实际  $SO_2$  年平均浓度

$SO_2$  的背景浓度主要受周边省市的影响，从 1998 年至 2000 年定陵监测站的年日均值的变化来看，定陵监测站  $SO_2$  的浓度值比市区各监测站的  $SO_2$  的浓度值要低得多，1998 年、1999 年和 2000 年定陵监测站  $SO_2$  的浓度值分别为  $35 \text{ mg/m}^3$ 、 $23 \text{ mg/m}^3$  和  $30 \text{ mg/m}^3$ ，尽管市区中  $SO_2$  的浓度平均值在这三年间由  $120 \text{ mg/m}^3$  下降到  $72 \text{ mg/m}^3$ ，但定陵监测站  $SO_2$  的浓度值无明显变化，可以认为北京市  $SO_2$

的背景浓度在  $20\sim 40\text{ mg/m}^3$  之间变化。

由图 3-4 可见，在北京  $\text{SO}_2$  的污染治理状况较好时，北京  $\text{SO}_2$  的污染状况受背景浓度的影响很大，当  $\text{SO}_2$  的背景浓度为  $40\text{ mg/m}^3$  时，2008 年北京市规划市区的空气质量难以达到国家空气质量二级标准，当  $\text{SO}_2$  的背景浓度为  $30\text{ mg/m}^3$  时，2008 年北京市规划市区的空气质量处于国家空气质量二级标准左右，但达不到绿色奥运所承诺的空气质量，当  $\text{SO}_2$  的背景浓度为  $20\text{ mg/m}^3$  时，2008 年北京市规划市区的空气质量能达到国家空气质量二级标准，并基本满足绿色奥运的空气质量。由此可见，要达到绿色奥运的空气质量，除了北京市要加大污染治理力度外，周边省市也要采用必要措施，控制大气污染物的排放。

### 三．采用低方案控制措施时北京规划市区 $\text{NO}_x$ 浓度的预测

$\text{NO}_x$  污染的控制周期取为一年，北京规划市区 2008 年  $\text{NO}_x$  的排放量 137983 吨/年为约束条件，计算得到的 2008 年北京市规划市区本地排放导致的  $\text{NO}_x$  的平均浓度随总量控制系数的变化如图 3-5 所示。由图中可见，2008 年北京市的空气质量很难满足国家空气质量二级标准。

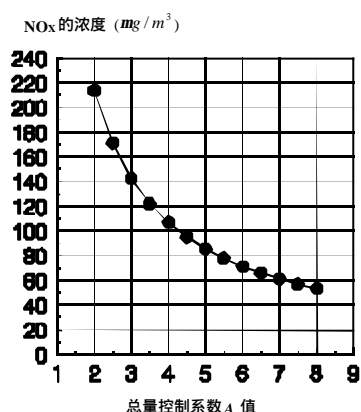


图 3-5 北京市区 2008 年本地排放导致的  $\text{NO}_x$  年平均浓度

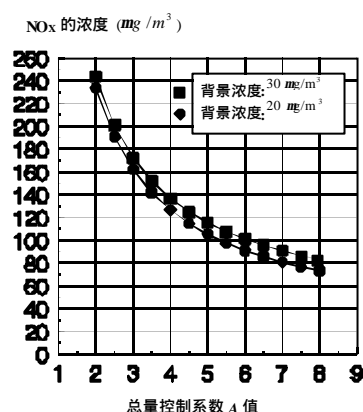


图 3-6 北京市区 2008 年实际  $\text{NO}_x$  年平均浓度

分析近几年  $\text{NO}_x$  的浓度监测资料可以发现，市区中监测点的浓度持续下降， $\text{NO}_x$  的浓度平均值在这三年间由  $152\text{ mg/m}^3$  下降到  $127\text{ mg/m}^3$ ，但定陵监测站  $\text{NO}_x$  的年日均值基本保持不变，1998 年、1999 年和 2000 年定陵监测站  $\text{NO}_x$  的浓度值分别为  $26\text{ mg/m}^3$ 、 $24\text{ mg/m}^3$  和  $26\text{ mg/m}^3$ 。可以认为北京市  $\text{NO}_x$  的背景浓度在  $20\sim 30\text{ mg/m}^3$  之间变化。考虑  $\text{NO}_x$  的背景浓度的影响，则 2008 年北京市规划市区实际  $\text{NO}_x$  的平均浓度还要高一些，背景浓度所占的比例较小，如图 3-6 所示。

研究表明，目前北京市  $\text{NO}_2$  约占  $\text{NO}_x$  浓度的 56%，按照此比例，可以得到 2008 年北京市规划市区中  $\text{NO}_2$  的预测结果，如图 3-7 所示。国家空气质量一级和二级标准的  $\text{NO}_2$  年平均浓度限值为  $40\text{ mg/m}^3$ ，空气质量三级标准时  $\text{NO}_2$  年平均浓度限值为  $80\text{ mg/m}^3$ 。如果按照北京市平均的总量控制系数 4.9 来计算，本地污染源排放所造成的  $\text{NO}_2$  平均浓度为  $50\text{ mg/m}^3$  左右，超过国家空气质量二级标准，难以达到绿色奥运的空气质量。考虑  $\text{NO}_2$  背景浓度值，则 2008 年北京市规

划市区实际  $NO_2$  的平均浓度还要高一些，如图 3-8 所示。

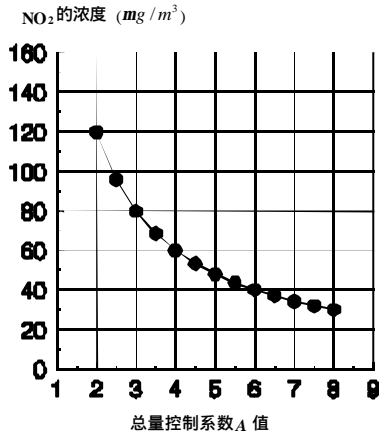


图 3-7 北京市区 2008 年本地排放导致的  $NO_2$  年平均浓度

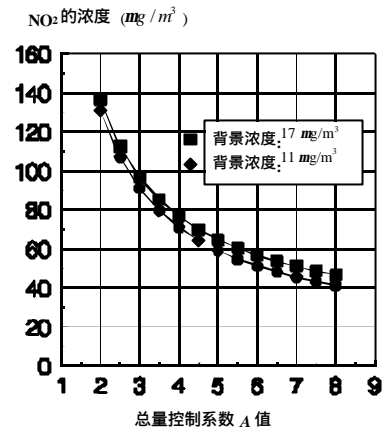


图 3-8 北京市区 2008 年实际  $NO_2$  年平均浓度

总的来看，随着北京市能源结构调整规划和产业结构调整逐步实施，本地污染源所排放的  $PM_{10}$  和  $SO_2$  对北京市规划市区中的  $PM_{10}$  和  $SO_2$  浓度值的贡献率将逐渐减少， $PM_{10}$  和  $SO_2$  浓度值主要受背景浓度的影响，随着周边省市污染治理力度的加强，可以实现绿色奥运的空气质量。由于 2008 年  $NO_x$  的排放量很高，因此  $NO_x$  和  $NO_2$  的浓度值很高，很难达到国家空气质量二级标准，难以满足绿色奥运的空气质量要求。由于机动车排放是  $NO_x$  的主要来源之一，也是造成一氧化碳污染的最主要的来源，因此必须严格机动车污染治理措施。此外， $NO_x$  的第二个主要来源是天然气燃烧造成的，由于天然气热值高，燃烧温度高，会造成热力型  $NO_x$  的排放增加，因此必须加强锅炉燃烧产生的  $NO_x$  的排放控制，采用先进的天然气利用方式如燃气轮机冷热电联产，不仅提高能源利用效率也会降低污染物  $NO_x$  的排放，对于通常的“煤改气”采暖锅炉或工业锅炉及窑炉应采用低  $NO_x$  燃烧技术，通过锅炉炉膛的优化设计和天然气燃烧器的优化配置形成炉内烟气再循环的燃烧方式，降低天然气燃烧过程中  $NO_x$  的排放。

### 3.4 北京市二氧化碳减排方案研究

温室气体排放增加所引起的全球气候变化已经引起了公众的广泛关注，国际上日益增强对温室气体的减排要求，其中主要是减少来自化石燃料燃烧所产生的二氧化碳排放。目前中国已经批准了限制全球温室气体排放的《京都议定书》，中国作为发展中国家，虽然目前尚不承担二氧化碳的减排义务，但中国政府已经采取和将要采取很多富有成效的能效政策和技术，以及制定鼓励新能源和可再生能源发展的政策，逐步实现替代常规的化石能源。北京作为国家政治文化中心的首都城市，在承办绿色奥运的时候，应当制定相应的温室气体减排计划，适应办成最好的一届奥运会的呼声和要求。

### 一、实施能源结构调整

目前北京市能源结构中煤炭的比重过大，是造成二氧化碳排放量高的主要原因，1998年和2000年二氧化碳排放量分别为6570万吨和6812万吨，其中由于煤炭燃烧和利用造成的二氧化碳排放占总排放量的79.6%和79.4%。因此，降低二氧化碳排放的主要措施是实施能源结构调整。根据燃料消费结构可以计算出2005年北京市二氧化碳的排放量，表3-3给出了2000年和2005年北京市二氧化碳排放状况的比较。

表 3-3 北京市 2000 年和 2005 年二氧化碳排放量

年 份	2000 年		2005 年	
	标煤量(万吨)	CO <sub>2</sub> 排放量(万吨)	标煤量(万吨)	CO <sub>2</sub> 排放量(万吨)
合 计	2716	6812	2627	5991
1、煤炭	1596	4269	1191	3184
其中：发电	568	1520	428	1145
供热(热力)	140	373	160	426
终端	888	2376	603	1613
2、焦炭	419	1141	300	817
3、天然气	116	167	486	670
4、人工煤气	95	258	35	95
5、汽煤柴油	274	544	371	737
6、燃料油	120	252	158	332
7、液化气	48	85	71	126
8、其它油品及炼厂干气	48	96	15	30

由表 3-3 可以看出，实施能源结构调整规划后，2005 年减少煤炭消费量 405 万吨标煤及减少焦炭消费量 119 万吨标煤，由此带来的二氧化碳减排量为 1436 万吨。与 2000 年相比，2005 年北京市二氧化碳排放总量减少了 821 万吨，二氧化碳排放量下降 12%，其中最主要的调整措施是煤和焦炭消费量的下降。

根据北京市发展计划委员会制定的奥运能源建设和结构调整规划方案以及 2010 年远景规划方案，北京的能源结构在 2005 年以后将进一步加快调整的步伐。在大力削减煤炭消费的同时，积极引进优质能源，2008 年天然气供应量可达到 50 亿立方米，引进外部电力将达到 343 亿千瓦时，此外还将增加替煤的液化石油气和轻柴油 115 万吨。按照能源结构的远景规划，2010 年天然气供应量可达到 60 亿立方米，电力消费量将达到 570 亿千瓦时。可以预计，经过实施奥运能源规划之后，2010 年北京市的能源结构还将会优于早期的规划前景。

根据以上规划方案，表 3-4 给出了根据燃料消费结构计算出的 2008 年和 2010 年北京市二氧化碳的排放状况。

表 3-4 北京市 2008 年和 2010 年二氧化碳排放量

年 份	2008 年		2010 年		
	燃料种类	标煤量(万吨)	CO <sub>2</sub> 排放量(万吨)	标煤量(万吨)	CO <sub>2</sub> 排放量(万吨)
合 计		2985	6289	2760	6018
1、煤炭		923	2468	1019	2724
其中：发电		435	1164	428	1145
供热(热力)		174	464	181	482
终端		314	840	410	1097
2、焦炭		268	730	295	803
3、天然气		608	875	729	1050
4、人工煤气		25	68	20	54
5、汽煤柴油		992	1970	453	899
6、燃料油				158	332
7、液化气		71	126	71	126
8、其它油品及炼厂干气		26	52	15	30

由表 3-4 可以看出,2008 年北京市二氧化碳的排放总量为 6289 万吨,与 2000 年相比二氧化碳的排放总量减少了 523 万吨,二氧化碳排放量下降 7.68%。2008 年煤和焦炭燃烧排放的二氧化碳占总排放量的 50.8%,50 亿立方米的天然气燃烧排放的二氧化碳占总排放量的 13.9%。根据奥运行动能源结构调整规划,2008 年液体能源消费量大量增长,不包括替煤的轻柴油,液体能源的消费量约为 850 万吨标煤,替煤的液化气和轻柴油还有 115 万吨,因此汽煤柴油燃烧和利用所排放二氧化碳增加很大,占总排放量的 31.3%。

2010 年北京市二氧化碳的排放总量为 6018 万吨,煤和焦炭燃烧排放的二氧化碳占总排放量的 58.6%,60 亿立方米的天然气燃烧排放的二氧化碳占总排放量的 17.4%,汽煤柴油燃烧和利用所排放的二氧化碳占总排放量的 14.9%。与 2000 年相比二氧化碳的排放总量减少了 794 万吨,二氧化碳排放量下降 11.66%。但从奥运行动能源结构调整规划来看,2010 年燃料油的消费会比原来规划的目标要高,尽管煤炭终端消费和焦炭消费会有所下降,二氧化碳排放总量有可能比原来的规划方案要高一些。

总体来看,由于实施清洁能源替代措施,在能源消费总量增加的情况下,北京市未来几年二氧化碳排放总量会呈现下降趋势,其主要因素就是削减煤炭在能源消费中的比例,特别是终端能源中煤炭的消费比例大大下降,基本上实现了北京城区终端能源的“电气化”,2008 年和 2010 年煤炭的终端消费主要分布在远郊区县。

## 二、加速产业结构调整

第二产业是北京市的耗能大户,其能耗却占到了各产业能源消耗总量的 71.35%,GDP 贡献率与能源消耗比例极不相称。第三产业 GDP 贡献率高达 58.31%,而其能耗仅占各产业能源消耗总量的 25.35%,因此北京市有必要进行

产业结构调整，应充分利用作为首都的有利条件以及充足的人力、信息、金融和科技实力等强势资源，大力发展高新技术产业和金融、咨询和服务等第三产业，整体改善北京市以第二产业为主体的产业结构，把北京建设成为一个全国高新技术研发中心，并逐步形成低能耗、高附加值的优势产业。通过这些产业的发展，使北京的经济得到更快、更持续和更有竞争力的发展，同时能源消费总量和污染物排放总量也会得到很好的控制，环境将得到根本性的保护。此外，大力发展第三产业，也是降低单位 GDP 产值能耗所必须的。

### 三．制订促进能效提高的政策

目前北京市整体能源利用效率低，单位 GDP 产值能耗高于全国平均水平，因此提高能源利用效率，不仅可以节约能源和降低能源需求增长速度，还可以获得良好的环境效益，增强竞争力，带来社会效益和经济效益双赢的局面。为达到这一目的，就必须利用先进技术治理和改善能源利用环节。改善现有产业的生产技术水平，大力推进产业升级换代，实现清洁高效生产，节约能源。

### 四．制订促进可再生能源的发展政策

新能源和可再生能源代表着可以预见的未来能源的发展方向，是十分重要的减排温室气体手段。为加强新能源和可再生能源的开发利用，不断提高其在能源结构中的比重，应制定相关的优惠政策，鼓励新能源和可再生能源的发展。目前北京已有很多利用太阳能和地热能商业技术的实例，也有许多成功的应用实例。

北京 2008 年奥运会在能源方面已经提出以下环境友好的技术和承诺，包括：  
(1) 奥运会场馆周围 80~90% 的路灯将采用太阳能光伏发电技术。(2) 采用全玻璃真空太阳能集热技术，供应奥运会 90% 的洗浴热水。(3) 购买绿色电力——风力发电，提供各运动场馆 20% 的用电需求，这些措施体现了可再生能源在奥运中的应用。以奥运为契机，必将推动北京市可再生能源的利用和发展，提高可再生能源的比重，提升北京市的整体形象。

## 第四部分 北京市实施大气污染总量控制的框架研究

### 4.1 污染源平权排放评价方法

对于北京市来说，造成大气污染的污染源数以万计，在几年甚至几十年的生产过程和治理污染过程中，由于各个污染源建成的年代不同、生产设备和生产工艺不同、燃料结构不同、生产管理水平不同，特别是污染源主人对治理污染的态度不同以及治理费用不同，造成的排污现状差别很大。这些差别是普遍存在的事实，对于这样一种现状，不论从原来执行的国家浓度控制标准或  $P$  值控制标准，还是从造成城市大气污染严重超标的现状所应该承担的责任来说，都是一种排污权的不平等现状。

公平地对待各个污染源是实施总量控制的基本原则，在大气污染总量控制方法中，可以采用多源模拟方法给出区域大气污染物的浓度，但是如何计算在满足一定的空气质量条件下的允许排放总量，并如何分配到各个污染源是该方法的关键，其中的核心是制订合理的削减模式。对于一个城市而言，按照国家标准所允许的大气环境质量浓度，应该允许所有的污染源各自具有一定的允许排放量，满足这一限值的源应该不必削减，只有超过自己的限值的源才应该承担削减义务。

必须根据北京市的污染源状况，研究制订出合理的平权排放评估模式，也就是各污染源之间以一种比较平等的地位，给出每一个污染源比较公平合理的允许排放量，即平权排放量。与此相对应的，也就得到该污染源的平权削减量。这一模式的建立也是发放排污许可证和排污收费的重要依据。应具体针对大气污染物  $SO_2$ ， $NO_x$ ， $PM_{10}$ ， $CO$  和  $CO_2$  等，建立起这些大气污染物和排放物的平权排放评价方法。

### 4.2 北京市大气污染总量控制的经济优化方法

投资费用是实施总量控制方案进行污染治理的关键因素，应根据北京市的污染源状况，在空气质量达标的约束条件下，研究制订出经济优化方法，使最后实施的削减方案的污染治理费用投资总和为最小。在经济优化原则指导下，应探讨具体的优化控制对策方案，如集中供热方案、冷热电联产、燃料结构调整方案、工业结构调整等。

对于北京市这样污染严重的大城市，很难在短时间内就能实现总量控制的最终优化方案，需要经过若干年的努力，分期实施控制对策，通过不同时期内达到不同的环境目标的控制方法，才能逐步实现最终大气环境质量目标的要求。因此必须根据北京市的污染源状况，研究制订出经济优化方法。制订出实施分期治理方案的原则，根据目前大气污染的现状和特征，以治理费用和技术难度为依据，集中经济力量和技术力量用于最需要的项目上，将强化管理和重点治理结合起来，将不同时期的环境要求建立在经济可行的基础上。制订出相应的



近期实施方案、中期实施方案和远期实施方案。此外随着城市发展的需要，旧的污染源需要改建扩建，新的污染源还会不断增加，在城市大气质量保证达标的条件下，还需要进行总量控制的规划研究。

### 4.3 制定北京市大气污染物排放绩效标准

排放绩效标准 (Emission Performance Standard, EPS) 最早在美国电力行业中应用，也称为发电绩效标准 (Generation Performance Standard, GPS)，是以火电厂单位发电量所排放的污染物为基准的新的火电厂污染物排放标准。与以往的火电厂排放标准不同，EPS 标准并不考虑发电厂的燃料特性以及排放的污染物浓度和发电厂的地理位置，主要考虑发电厂发电时的污染物排放强度。对于建材、冶金和化工等行业可以采用吨产品污染物排放量为基准，制定相应的排放绩效标准。

采用 EPS 不仅能够提高能源利用效率、促进清洁能源的使用以及减少污染物排放，而且还有利于推动实施污染物排放总量控制、污染物排放总量收费以及污染物排放交易等措施。

#### 北京市电力行业大气污染物排放绩效

以 1999 年为基准年，北京市规划市区内有 6 个电厂，包括北京第二热电厂、国华热电厂、华能热电厂、第三热电厂、石景山热电厂和高井发电厂。除了高井发电厂以外，其余 5 家均为热电厂，为了便于和国际上采用的 GPS 标准比较，以纯发电造成的大气污染物排放为计算依据，选取高井发电厂的排放状况进行计算，可以得到高井发电厂目前的排放绩效，如表 4-1 所示。与美国麻萨诸塞州的火电厂 GPS 标准(表 4-2)相比，高井发电厂的  $SO_2$ 、 $NO_x$  和  $CO_2$  排放均较高。

表 4-1 1999 年北京市电力行业排放绩效(kg/兆瓦时)

电 厂	发电机组容量	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	CO <sub>2</sub>
高井发电厂	60 万千瓦	0.745	0.5169	0.2449	4.734	2.530	0.4734	0.2203	519.8

注：数据来源于《北京市大气污染的成因和来源分析》项目研究报告(上册)

表 4-2 美国麻萨诸塞州的火电厂 GPS 标准(kg /兆瓦时)

SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>
1.816	0.454	499.4

注：数据来源于中国环境科学研究院  
《利用排放绩效标准控制电力行业污染研究》报告

1999 年高井发电厂排放  $SO_2$ 、 $NO_x$  和  $CO_2$  分别为 24882 吨、13299 吨和 273 万吨，如果执行美国麻萨诸塞州的 GPS 标准，在达标情况下，可以减少排放大气污染物  $SO_2$ 、 $NO_x$  和  $CO_2$  分别为 15337 吨、10913 吨和 10.7 万吨，其中  $SO_2$  和  $NO_x$  分别下降了 61.6% 和 82%。在实现这一目标的前提下，势必会促进发电厂的燃料结构调整及污染物控制技术的提高。当然，在目前的条件，如何制定合理的排放绩效标准，是一项非常复杂的工作，必须考虑北京市电力行业的总体现状，必须认真评价采用新的排放绩效标准所带来的一系列如投资费用、治

理费用、治理技术及管理等问题。

从目前北京市 GDP 产值单耗 1.73 吨标煤/万元来看，与 OECD 国家 0.437 吨标煤/万元有巨大的差距（日本只有 0.257 吨标煤/万元），尽管这一数据不能直接反映排放绩效的差别，然而从整体来看，我们北京市的工业技术水平整体落后于国外先进水平，因此能耗高必然造成污染物排放量大。在今后的产业结构调整、能源结构调整、提高能源利用效率、实现清洁生产等方面还有很大的优化和提升空间，具有跨越式调整、发展和提高的潜力。确定合理的排放绩效标准，不仅有助于北京市治理大气污染和控制污染总量，而且也将有助于促进产业升级换代，提升北京市的工业竞争能力。但需要注意的是，对大气污染物  $SO_2$ 、 $NO_x$ 、 $CO$  和  $PM_{10}$  排放绩效标准的执行可以通过传统的追加控制技术（外接辅助装置）而得到削减，但对二氧化碳排放绩效标准的执行会带来很大的成本支出，因为二氧化碳的减排方案主要是电厂能源效率的提高和低碳燃料（如天然气）或非排放资源（可再生资源）的利用。

#### 4.4 实施大气污染物排污交易

排污权交易是一种以市场为基础的经济政策和经济刺激手段，排污权的卖方由于超量减排而剩余排污权，出售剩余排污权获得的经济回报实质上是市场对有利于环境的外部经济性的补偿；无法按照政府规定减排或因减排代价过高而不愿减排的企业购买其必须减排的排污权，其支出的费用实质上是为其外部不经济性而付出的代价。排污权交易与排污收费都是基于市场的经济手段，但排污收费是先确定价格然后让市场确定总排放水平，而排污权交易则是先确定排污总量后再让市场确定价格。市场确定价格的过程就是优化资源配置的过程。

排污权交易实质是环境容量使用权交易，是环境保护经济手段的运用，是一种典型的市场手段。它以追求最大的成本效益为原则，在价值取向上较好地把握了公平与效益这一对矛盾的平衡，可以刺激环境保护工作的发展。此外，实施排污权交易有利于降低企业治理污染的成本、有利于污染治理技术的进步、有利于改善工业布局、有利于政府对环境状况进行宏观调控、有利于遏制某些环保部门的利己行为、有利于提高公民的参与意愿。

北京市要实施排污权交易还存在着一系列亟待解决的问题。除了必须克服大量来自行政部门和企业界的障碍外，还必须要创造法律条件。从法律角度讲，要推行排污权交易、建立排污权转让市场，必须创造如下条件：从法律上确认排污权；从法律上保障可用于交易的富余排污权；从法律上保障有权出卖其富余排污权的卖方；从法律上保障有需要购买排污权的买方；从法律上规定排污权交易的市场规则和管理机构。目前国家法律和北京市地方法规还不具备上述条件。根据我国现行的法律法规：一切单位和个人只有保护和改善环境、防治环境污染和破坏的义务，没有明确规定有向环境排放基本污染量的权利；对单位和个人超额治理污染的行为，法律规定可以给予奖励，但法律上没有设定可用于交易的富余排污权的概念；法律既没有承认有权出卖其富余排污权的卖方，也没有承认有需要购买排污权的买方；法律既没有创立排污权交易的市场规则，

也没有规定排污权交易市场的管理机构。因此，为了实行排污权交易、建立排污权转让市场，北京市在立法方面及具体操作规程方面必须创造基本条件，建议具体确定下列内容：

### 1. 大气污染物排污权的确定

排污权交易市场首先需要确立排污权。从法律权利的角度看，在市场经济中，无论是商品还是劳务的交换，既是物质的转移和移动，也是权利的转让和移动；因此，交易实质上是产权的交易，明确的产权是交易的先决条件。

目前由国家或北京市地方环境行政主管部门颁发的排污许可所确认的排污权，是一种行政性的个人公权利，不具有可以自由转让或交易的个人私权利的性质。为了确立可用于排污权交易市场的排污权，应该充分利用现行法律建立健全排污许可证制度，今后颁发的排污许可证应该规定排放污染物的主体、种类、浓度、数量、期限、地点和方式；可以通过国家法律或地方法规将排污许可证中规定的行政性排污权转化为私权性排污权，即将排污许可证中规定的排污量或部分排污量转化为可以转让或交易的排污权。

### 2. 确认排放减少量或排放减少信用

为了便于交易，排污权交易中的排污权，应该是可以用数量来度量的排污量，即排污权表示一定的许可排污量。排污权交易中的排污权不是指政府分配或批准给企业的许可排污总量  $A$ ，也不是指企业目前的实际排污量  $B$ ，而是指企业在达到国家规定的排污总量后超额减少的排污量即排放减少量或“排放减少信用” ( $A-B$ )。这是因为，企业目前的实际排污量  $B$  是企业正在利用的排污量，因而不能转让或交易；政府分配或批准给企业的许可排污总量  $A$  同样包括企业目前的实际排污量，也不能转让或交易；只有企业在达到国家规定的排污总量后超额减少的排污量即排放减少量或“排放减少信用” ( $A-B$ )，才是企业没有利用的节余排污量，才能转让或交易。

另外，为了保障企业在达到国家规定的排污总量后超额减少的排污量即排放减少量或“排放减少信用”顺利转让和交易，国家环境行政主管部门应该为企业建立排放减少量或“排放减少信用”的账户，加强对该账户的监督和管理。

### 3. 建立抵消政策

所谓抵消政策是指以一处污染源的污染物排放削减量来抵消另一处污染源的污染物排放增加量或新污染源的污染物排放量，或者指允许新建、改建的污染源单位通过购买足够的“排放减少信用”，以抵消其增加的排污量。该政策将未达标地区视为一个整体，允许有资格的新建或扩建污染源在未达标地区投入运营，条件是它们从现有的污染源购买足够的“排放减少信用”；其实质是通过新污染源单位购买“排放减少信用”为现有污染源单位治理污染提供资金。北京市要建立排污权交易市场，也可以通过立法确立抵消政策和净得政策。

#### 4. 建立“泡泡”政策

所谓泡泡政策（又译为气泡政策，bubbles），是指允许现有污染源单位利用“排放减少信用”来履行州实施计划规定的污染源治理义务。所谓泡泡，是指将众多排污点想象为位于一个理想的泡泡内，或将由多个排污点排放的污染物总量比作一个泡泡，着眼于控制整个泡泡的污染物总排放量，而不是泡泡内每个排污点的排放量。泡泡既可以视为包括多个排污点的某一工厂，工厂可以在此泡泡内调节各排污点的排放量，即允许一个工厂内各排污点之间的交易；也可以视为包括多个工厂的某个公司，该公司的一个工厂的某种污染物的排放减少量可用于抵消该公司的另一个工厂的同类污染物的相应的排放增加量；还可以视为包含多个污染源的某一区域，即允许多个污染源之间进行排放交易。

泡泡政策的主要作用是，增加企业守法的灵活性，降低治理污染的成本，使企业界把它们的治理资金集中用于能够产生最大治理效益的地方，并且不妨碍实现规定的清洁空气目标。北京市要推行排污权交易计划，应该借鉴和吸收美国的经验，通过法律规定泡泡政策。

#### 5. 建立排污银行政策

银行政策（banking）是指污染源单位可以将“排放减少信用”存入银行，可以在泡泡、抵消和净得计划中使用该“排放减少信用”。各州有权制定本州的银行计划和银行规划，包括如下内容：“排放减少信用”的所有权；“排放减少信用”所有者的资格；管理发放、持有、使用“排放减少信用”的条件。除非污染源单位对“排放减少信用”拥有产权，否则它们将对超额治理污染失去积极性。排污银行政策对排污权交易计划的实施有重大促进作用，如果没有排污银行，污染源单位对污染物进行超额治理对本单位将毫无利益，除非正好同时有其他污染源单位需要抵消。如果排污银行政策要发挥其预期的作用，存入银行的“排放减少信用”应该成为公司的确实财产，并应得到法律的保护。

#### 6. 建立排污交易的法定程序

排污权交易的一般操作程序是：首先由政府部门规定一定区域的环境质量目标，然后根据环境质量目标评估该区域的环境容量，再根据环境容量推算出污染物的最大允许排放量，再将污染物的最大允许排放量分解为若干个排放份额即若干排污权，然后政府通过一定的方式（如公开竞价拍卖、定价出售、无偿分配等）将这些排污权分配给企业。

如果工厂的排污量减少超过了国家环境保护行政主管部门规定的水平，超出部分可以作为“排放减少信用”储存起来，并报告有管辖权的环境保护行政主管部门审核、备案及公布。这些工厂可在排污权市场挂牌销售富余的“排放减少信用”，可以向那些污染治理费用较高的工厂或新建单位出售它们的“排放减少信用”，也可以同那些老污染源工厂交易排放减少信用。

## 4.5 实施大气污染物排污许可证制度

长期以来我国的大气污染管理办法是建立在浓度控制基础上，虽然对控制污染起了一定的积极作用，但随着我国经济的发展，资源和能源消耗量逐年增加，单靠浓度控制，阻止不了污染源数量的增加或污染排放量的增加。因此，从环境质量管理需要出发，要逐步由单一的浓度控制向大气污染总量控制转变。大气污染物的排污许可证制度是实施总量控制的重要组成部分。实施排污许可证制度，是以改善环境质量为目的，以控制污染物排放量为基础，以强化监督管理为手段的一项具有法律含义的行政管理制度。

### 一、大气污染物排污许可证制度的作用

#### 1. 实施排污许可证制度是实现环境质量根本改善的有效措施

排污许可证制度的基础是总量控制，一个排污者一个排污总量指标是排污许可证制度最显著的特征之一。排污许可证制度以法律责任形式促使排污者严格按照排污限量控制排污。环境保护部门通过控制排放源，及时掌握污染动态变化状况，制定切实可行的污染控制对策，以改善超标区域的环境质量，防止未超标区域的环境质量下降。由于排污许可证制度建立了排污总量与环境质量间的定量关系，并制定了相应的监管体系，成为根本改善环境质量的有效措施。

#### 2. 实施排污许可证制度有利于环境与经济的协调发展

实施排污许可证制度有利于在社会主义市场经济体制下，强化政府对排污单位的监督管理，形成企业“自我约束、自我激励、自我协调发展”的内部环境管理机制。实施排污许可证制度引入了排污总量收费及排污交易政策等经济手段。这些经济手段的运用，适合于在市场经济体制下，强化政府环保部门对环境资源利用的管理及“污染者负担”原则的实施，有利于环境与经济的协调发展。促使企业建立自我激励，自我协调发展机制，以较少的投入，实现排污总量削减。

#### 3. 实施排污许可证制度有利于推行清洁生产政策

1993年全国第二次工业污染防治工作会议提出了转变传统发展战略，积极推行清洁生产。由于目前我国工业行业在生产过程中的能耗、物耗较高，工艺设备仍比较落后，再加上经营管理上的问题，造成污染比较严重。清洁生产是以节能、降耗、减污为目的，通过对生产全过程的控制，把污染尽量消除在生产过程中，实现最大限度地利用能源和资源，减少污染物的产生量和排放量。因此，推行清洁生产将是我国工业污染防治的重要战略措施。

排污许可证制度的试点城市证明，实行排污许可证制度是推行清洁生产的重要手段之一。试点城市在核定企业排污许可证指标中，始终坚持一条基本原则，即要求企业实行生产全过程控制，以较少投入，实现总量削减。其中具有代表性的是吉林市提出的“四个最佳”方法，即采用最佳的工艺技术、最佳的

技术改造路线、最佳的污染治理技术和最佳的运行管理确定排污指标，这种确定排污指标方法实质是推行清洁生产的基本作法。

通过实施排污许可证制度，使企业在掌握自身的产污环节和排污动态的基础上，通过调整产品结构、改革生产工艺、采用节能、降耗技术、加强生产管理等措施来控制污染物的产生量，同时也通过增加治理投资、加强环保设施运转管理等措施来确保污染物的去除量，有利于推行清洁生产政策。

#### 4. 实施排污许可证制度有利于深化环境管理制度

实施排污许可证制度，对环境管理提出了更高的要求，增加了新的内容，在实施排污许可证制度的试点城市中，许多城市的环保局都制定了实施排污许可证制度中各环境管理及监督部门的职责分工，具体规定了污染管理科、开发科、计划科、监理科及监测站等部门在实施排污许可证管理中的工作任务和职能，在日常管理过程中体现“四个一致”，即：环境影响评价、“三同时”管理内容与排污许可证要求一致；限期治理的安排与排污许可证制度管理目标一致；排污收费的征收与排污许可证制度管理目标一致；集中控制要求与排污许可证控制指标一致，从而调整职能，理顺关系，提高了环境监督管理部门的整体管理效果，使各项环境管理制度很好地衔接起来。

## 二. 北京市实施大气污染物排污许可证制度的思路和措施

### 1. 北京市实施大气污染物排污许可证的指导思想

坚持把促进经济与环境协调发展作为推行排污许可证制度的指导思想，实施排污许可证制度与经济建设、生产发展有密切的关系，通过实施排污许可证制度，要使之成为经济建设服务与强化环境管理职能融为一体。特别是在确定排污许可证排污指标时，要充分考虑排污单位的现实条件和承受能力，合理规划分配量，使排污单位通过努力，能够达到排污指标要求，促进经济效益和环境效益的提高，从而在总体上实现经济与环境的协调发展。

### 2. 建立排污许可证制度的法律依据

确立排污许可证制度的法律地位，是顺利推行该制度的关键。在现行的《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法(修正案)》中都没有对实施排污许可证制度作出明确的规定，因此推行排污许可证制度存在一定难度。在国家层面上，应力争将排污许可证制度纳入到《中华人民共和国大气污染防治法(修正案)实施细则》中。对于北京市而言，可尽快开展排污许可证制度的地方法规建设，使这项制度具有必要的法律依据，便于在北京市范围内稳步推行。

### 3. 实施大气污染物的总量控制

大气污染总量控制是实施排污许可证制度的基础，北京市政府可以根据北京市的技术、经济和管理水平，首先进行试点，将影响城市大气环境质量超标

的主要区域划定为总量控制区，在总量控制区内应实施排污许可证制度，以确保区域总量控制目标的实现。当然，总量控制区的选择必须慎重，一定要具备较强的总量控制研究基础和与之配套的政策规定。通过试点示范，积累实施大气污染总量控制和排污许可证的经验，然后逐步推广到北京市全市域。

#### 4. 制定大气污染物的排放指标

确定排污指标是实施大气污染物排污许可证制度的技术核心。排污许可证中所规定的排污指标是排污单位依法排污、环境管理部门依法行政的基本依据。确定排污指标不仅是一项技术工作，也是一项严肃的法律行为。

排污指标与排放标准既有密切的关系，也存在质的差别。排放标准是对污染源排放污染物浓度与数量的限制，它不直接与环境质量挂钩。因而，原则上讲执行排放标准不可能限制排污单位排污总量的增加和防止区域环境质量的退化。以总量控制为基础的排污许可证制度以改善区域环境质量为目标，以削减区域排污总量为手段，根据区域大气环境特征和经济发展水平，以排污单位为单元核定其排污指标，并与执行污染源排放标准相结合，使污染控制活动与环境污染防治和环境质量的改善密切联系起来。

#### 5. 进行相关环境管理制度的改革

排污许可证制度是一项促使环境管理观念转变，真正落实到环境管理各个环节的一项重要制度，然而它并不是一种孤立的制度，它的可操作性很大程度上涉及一系列现行的以浓度控制为基础的管理制度的相应改革，这是许可证制度在具备立法依据的前提下得以有效实施的重要问题。旧的管理制度缺乏区域总量控制指标，排污收费大多数也只是浓度超标收费，这就存在一个和以总量控制为基础的排污许可证制度的管理衔接问题。如目前正在实施的限期治理制度、城市环境综合整治定量考核制度、集中控制措施和环境保护目标责任制等都需要和排污许可证制度有效地结合起来。

#### 6. 制定有效的经济政策

在排污许可证的实施工作中，可以实施排污交易政策，如规定一切新建、扩建、改建和技改项目均实行环境补偿，对新增排污量由建设单位出资削减相当的现有排污量，或按新增量所需的治理费用向环保部门缴纳环境污染补偿费。实施排污交易，有利于环境与经济协调发展，有利于提高企业治理污染的积极性和主动性，有利于环境保护工作逐步适应社会主义市场经济体制，它是实施排污许可证制度的一个必不可少的经济政策。

在没有建立完善的排污交易政策的情况下，可以加大排污收费的力度。由于目前排污收费标准过低，使得不少企业宁肯多交排污费，而不积极治理污染。采取提高收费标准的办法，是促进企业污染治理，筹集环保治理资金的有效手段。为控制排污总量，必须尽快颁布新的排污收费标准，提高收费额度，并将

此项政策纳入到排污许可证管理中。

## 7. 建立健全证后监督制度

决定排污许可证能否发挥其控制污染物排放作用的关键是既要有健全的监督管理机制，又要有完善的监控手段。必须开展以下工作：（1）采取多种形式组织宣传和培训活动，提高各级领导对实施排污许可证制度的认识，提高参加排污许可证工作人员的业务素质。（2）对已有的技术基础工作和科研成果进行收集、归纳及筛选，充分利用起来，避免作重复工作，同时还要围绕总量控制和排污许可证管理的需要开展必要的基础研究工作。（3）加强基层环保队伍建设，特别是增加监理人员的数量，提高监理人员的素质，增加监理的手段等。可以肯定的讲，推行排污许可证制度关键的问题不是技术问题，而是加强基层环保管理力量的问题。一个好的制度，如果没有一支过硬的队伍来执行，就会流于形式，不能很好地发挥它的作用。（4）加强连续监测及多种计量仪器的开发、研制、筛选和评价工作，各级环保研究单位和监测站应密切配合排污许可证的证后监理需要安排相应的研究和管理工作。

## 三. 北京市实施大气污染物排污许可证制度的障碍

### 1. 缺少必要的法律支持

目前国家环境法律和北京市地方法规中还没有明确排污许可证的条文，如果没有国家法律或北京市地方法规作依托，这项制度的深入贯彻就会受到限制。建议在北京市地方法规中予以明确排污许可证制度的法律地位。

### 2. 基础工作比较薄弱

实行排污许可证制度，必须加强基础工作，目前在这方面尚存在一些问题，阻碍着排污许可证制度的有效实施。（1）规范整治企业排污工作进展缓慢，监测和计量手段还不能满足深化实行许可证制度的需要。（2）基层环保监理队伍人员少、素质参差不齐、管理不善也影响着证后监督的效果。应加强连续监测计量仪器的开发、研制、筛选和评价工作，促进企业排污口规范整治全面落实。加强基层环保队伍建设，增加监理人员数量，提高人员素质，应有计划地逐步完成管理人员业务培训，建立新的运行机制和完善各部门职责，提高管理水平。

### 3. 缺乏实施排污许可证制度的配套措施

目前北京市实施的大气污染控制措施名义上实行的是管理目标总量控制的技术路线，实际上是浓度控制方法，与质量目标总量控制相比，有明显的差距。从发展角度看，由管理目标向质量目标转变是必然趋势，只是目前尚不具备实行质量目标管理的条件，是不得已而为之。北京市应当尽快完成环境容量和规划方面的研究，着手建立污染源排放与环境质量响应关系，完成总量控制下的大气污染物分配计划的制定。



## 第五部分 结论和政策建议

### 5.1 结论

(1) 通过对 2002 年北京市大气污染状况的分析,2002 年北京市区及近郊区空气质量低于国家二级标准的天数是 162 天,其中  $PM_{10}$  作为首要污染物导致北京市区及近郊区空气质量低于国家二级标准的天数是 155 天,占 95.7%, $PM_{10}$  的年平均浓度为  $166\text{mg}/\text{m}^3$ ,高于国家空气质量二级标准 66%,是北京市控制大气污染的关键和难点。在平均的总量控制系数及达到国家二级空气质量标准条件下,根据单箱模型计算得到的北京市区及近郊区  $PM_{10}$  的允许排放总量是 9.4 万吨/年,实施“绿色奥运”行动后,2008 年北京市区及近郊区  $PM_{10}$  的排放总量预计为 1.36 万吨/年,北京规划市区本地  $PM_{10}$  的排放对  $PM_{10}$  浓度的贡献率将大大下降,那时  $PM_{10}$  的浓度将主要取决于区域背景浓度,要达到“绿色奥运”的空气质量标准,北京周边省市也应采取必要的大气污染控制措施。

(2) 在平均的总量控制系数及达到国家二级空气质量标准条件下,根据单箱模型计算得到的北京市区及近郊区  $SO_2$  的允许排放总量是 10 万吨/年,实施“绿色奥运”行动后,2008 年北京市区及近郊区  $SO_2$  的排放总量预计为 4.77 万吨/年,如果能切实开展低方案中所提出的控制措施,则  $SO_2$  的浓度可以达到“绿色奥运”的空气质量标准。

(3) 实施“绿色奥运”行动后,2008 年北京市区及近郊区  $NO_x$  的排放总量预计为 13.79 万吨/年。按照修订后的国家标准,应采用  $NO_2$  浓度作为空气质量的评价指标,根据目前的研究结果,北京市  $NO_2$  约占  $NO_x$  浓度的 56%,按照上述比例关系,2008 年北京市区及近郊区  $NO_x$  的排放总量预计为 7.72 万吨/年。在平均的总量控制系数及达到国家二级空气质量标准条件下,根据单箱模型计算得到的北京市区及近郊区  $NO_2$  的允许排放总量是 6.0 万吨/年,因此如果不采取积极的治理措施,难以达到“绿色奥运”的空气质量标准。除了加强机动车污染治理措施外,还必须加强天然气燃烧排放的  $NO_x$  的控制,应采用先进的天然气利用方式如燃气轮机冷热电联产以及在锅炉上采用低  $NO_x$  燃烧技术,以降低天然气燃烧过程中  $NO_x$  的排放。

(4) 一氧化碳的浓度在非采暖季节较低,2002 年  $CO$  的平均浓度为  $2.4\text{mg}/\text{m}^3$ ,低于世界卫生组织的指导值  $10\text{mg}/\text{m}^3$ ,也低于国家空气质量二级标准的日平均值  $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。 $CO$  主要是机动车排放造成的,在严格机动车排放标准以及保证正常行驶速度条件下,可以达到“绿色奥运”的空气质量标准。

(5) 能源结构调整是北京市减排二氧化碳的关键措施,根据奥运能源规划和 2010 年远景规划,北京市将大力引进天然气及大量外来电力,逐渐提高优质能源比重。通过实施优质能源替代及大力发展可再生能源,与 2000 年北京市二氧化碳排放量 6812 万吨相比,到 2008 年,北京市二氧化碳的减排率可以达到 7.68%,减少二氧化碳排放 523 万吨。到 2010 年,北京市二氧化碳的减排率可以达到 11.66%,减少二氧化碳排放 794 万吨。

## 5.2 政策建议

### (1) 实施质量目标的大气污染总量控制政策

质量目标的大气污染总量控制是将控制区域内的排污总量及环境质量有机地联系起来的环境管理方法，是以排放总量的最低削减量为基础，以削减达标为要求，通过控制给定区域内污染源的允许排放总量，来确保控制区实现大气环境质量目标。对于北京市而言，为了实现预定的大气环境质量目标，应计算出该区域所有污染源的允许排放总量，并将其合理分配到污染源，然后通过控制这个总量，也就是每一个污染源所分配到的允许排放量，达到北京市预期的大气环境质量目标。通过实施质量目标的大气污染总量控制方法，有利于北京市经济与环境保护的协调发展。

### (2) 施行大气污染物排污许可证制度

排污许可证是实行总量控制最有效的手段之一，只有通过排污许可证管理，才能把控制排污单位的排污总量与控制区域内的排污总量及环境质量有机地联系起来。通过实施排污许可证制度，逐步过渡到质量目标总量控制，才能使北京市政府有计划、有目标、有步骤地控制排污总量，真正实现“绿色奥运”的空气质量目标。

### (3) 建议在北京市区内开展排污交易的示范项目

实施排污权交易的目的是提高治理污染费用的效率，加快达标的速度。排污权交易是鼓励企业通过技术进步治理污染，最大限度地节约防治污染费用和减少排放总量。可以根据北京市的技术、经济和管理水平，首先进行试点示范，将影响城市大气环境质量超标的主要区域划定为总量控制区，在总量控制区内应实施排污交易制度，以确保区域总量控制目标的实现。通过试点示范，积累实施大气污染总量控制和排污交易的经验，然后逐步推广到北京市全市域。

### (4) 制定切实可行的鼓励天然气高效利用的政策

天然气的冷热电联供是先进、高效、清洁的天然气利用和城市供能技术，但目前发电成本高，缺乏市场竞争力。尽管热电联产已经在《节能法》中得到明确鼓励，但因涉及天然气、电力、市政、投资、用户等方方面面的利益，尚缺乏针对性和可操作性的条款。建议对于冷热电联供给予优惠政策，如补贴、优惠的天然气价、减免税、贴息或低息贷款等，或不采取“以热定电”的方案，给予较多的上网时间，以降低发电的固定成本。

### (5) 施行促进可再生能源的发展政策

2008年举办奥运会时北京市将购买绿色电力—风力发电，用于满足各运动场馆20%的用电需求，使用可再生能源将成为“绿色奥运”的有机组成部分。风电的引入是“绿色奥运”精神的具体体现。希望北京市通过举办奥运会，进行采用“特许权方式”开发风电的示范，经过经验积累，出台实施有关的政策措施，如实行可再生能源配额制(RPS—Renewable Portfolio Standard)，推动绿色电力在我国的发展。

## 附录 北京市可选择的大气污染综合防治措施

控制措施	实际减排量 (吨/年)			投资费用 (万元)	运行费用 (万元)
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>		
<b>1. 机动车排放控制措施</b>					
加严新车标准 2006 实行欧 III, 部分欧 IV	658		10240		
强化 I/M 制度, ASM+VMAS			14080	1273000	195000
公交车采用 CNG 替代			12800		
交通规划和交通管理措施			3100		
强制推行超低排放车的使用			512		
油品质量控制			2240		
实行缺陷车回调制度			1280		
重型柴油车安装颗粒捕集器	910				
<b>2. 锅炉污染控制措施</b>	9183	51667	17435	1147044	271521
全部面源锅炉改清洁燃料 (改用天然气)					
点源锅炉容量的 50% 进行清洁燃料替代 (折合 105.5 万吨煤)					
点源锅炉容量的 50% 进行技术改造节能 降耗 (2008 年节煤约 30 万吨煤)					
点源锅炉改烧低硫煤 (技术改造后 2008 年燃煤约 76 万吨煤)					
点源燃煤锅炉采用湿法脱硫技术改造					
电采暖	305	1691	492		
<b>3. 电力行业污染控制措施</b>					
石景山热电厂四台电除尘 3 电场改 5 电场	3165			3500	23
石景山热电厂四台燃煤锅炉加装 FGD		38200		65000	6864
第一热电厂两套机组安装 FGD		12200		53000	3579
第二热电厂改烧天然气 (方案 A)	463	900	-1154	27600	11100
第二热电厂燃重油锅炉加装电除尘器 (B)	435			3342	1158
第三热电厂改烧天然气 (方案 A)	707	6900	3051	1608	68400
第三热电厂两台燃煤锅炉安装 FGD (B)		6600		13000	343
所有煤粉锅炉安装低氮燃烧器			13347	1350	
华能全部安装 FGD		9700		63000	6652
高井电厂停产 (方案 A)	2774	25400	13578	23600	
高井电厂改烧天然气 (方案 B)	2610	25400	474	23650	184000
高井电厂改用循环流化床锅炉 (方案 C)	2196	23736	9313	90000	

注：数据来源于《北京市大气污染综合防治对策研究》报告

续表 北京市可选择的大气污染综合防治措施

控制措施	实际减排量 (吨/年)			投资费用 (万元)	运行费用 (万元)
	PM10	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>		
<b>4. 建材行业污染控制措施</b>	<b>2768</b>	<b>587</b>	<b>791</b>	<b>100000</b>	
燕山水泥厂停产、搬迁或转产, 彻底解决市区西部粉尘污染					
现代建材公司作转产或停产准备, 与高井电厂煤改气同步退出水泥生产					
<b>5. 化工行业污染控制措施</b>	<b>5244</b>	<b>2617</b>	<b>2524</b>	<b>1037000</b>	
北京焦化厂全面停产, 改储气或废水处理					
北京染料厂、北京第二制药厂、北京化工二厂停产搬迁技术改造					
北京有机化工厂、普莱克斯气体有限公司整体搬迁, 有利于城市整体规划					
<b>6. 冶金行业污染控制措施(首钢)</b>					
首钢全面停产或搬迁 (方案 A)	<b>14516</b>	<b>20858</b>	<b>11322</b>	<b>1880000</b>	
首钢进行技改和治理 (方案 B)	<b>12568</b>	<b>19787</b>	<b>11322</b>	<b>10882</b>	<b>20640</b>
烧结厂全面停产					
2#、4#、5#高炉停产, 1#、3#高炉上炉顶余压发电					
一炼钢停产, 二炼钢进行一次除尘和二次除尘改造					
电厂烧口泉煤、装低氮燃烧器, 安装烟气烟尘在线监测					
特钢减产、除尘, 高炉、转炉煤气回收初轧厂停产等					
焦化厂全面停产					
吨钢综合能耗由 926.85 千克降到 810 千克, 降低 12.6%					
<b>7. 交通扬尘控制措施</b>	<b>18908</b>			<b>72870</b>	<b>14180</b>
路面冲刷 90%					
普通机扫 85%, 其中真空吸扫 35%					
控制土壤溢出 70%					
市区路面全部铺装					
发展以轨道交通为主的城市交通体系					
<b>8. 拆迁扬尘控制措施</b>	<b>1303</b>			<b>3836</b>	<b>410</b>
围挡、清运、洒水					
四级风停工、增加中水洒水					
暂不能施工地简易绿化					

注: 数据来源于《北京市大气污染综合防治对策研究》报告

续表 北京市可选择的大气污染综合防治措施

控制措施	实际减排量(吨/年)			投资费用 (万元)	运行费用 (万元)
	PM10	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>		
<b>9. 建筑扬尘控制措施</b>	<b>943</b>			<b>115217</b>	<b>2245</b>
四环内全部商品混凝土, 散装水泥使用率达到 80%					
所有大中型工地安装洗车系统					
易扬料采用密闭车					
土方采用编织物覆盖					
所有道路硬化, 非道路盖上					
四级风停工					
<b>10. 市政工地扬尘控制措施</b>	<b>6035</b>			<b>55402</b>	<b>3574</b>
围挡					
100%大中型工地洗车					
全部使用密闭式渣土运输车					
裸露地面用钢板铺装, 夜间清洗					
大中型工地土方和细料堆覆盖剂					
四级风停工					
<b>11. 料堆扬尘控制措施</b>	<b>1730</b>			<b>111850</b>	<b>1746</b>
市区煤厂和精细料场地为封闭式料堆					
大型料场建地下运料廊					
其它料堆均采用覆盖剂					
消灭市区所有垃圾堆					
清运城乡结合部的渣土堆					
<b>12. 裸露地面扬尘控制措施</b>	<b>12885</b>			<b>181050</b>	<b>360</b>
市区裸露地面全部绿化或硬化					
暂未开工的成片工地喷洒覆盖剂					
单位庭院绿化鼓励采用花木杂草共生型					
郊区冬季农业空闲地冬小麦					
城乡结合部裸露农业用地作物结构					
沙石采料场生态恢复					

注: 数据来源于《北京市大气污染综合防治对策研究》报告