

# 中国氮氧化物总量削减计划方案手册

## 修订版

本手册对于 2011 年 3 月编制的手册内容进行了部分修订。

2012 年 3 月

公益财团法人 国际环境技术转让中心



## 目 录

1.	手册的目的和内容 .....	1
1.1.	手册的目的.....	1
1.2.	中国的环境等 .....	3
1.3.	如何达到和维持大气环境基准 .....	5
1.4.	模拟的有效性 .....	5
1.5.	总量削减规划编制方法的中日比较 .....	6
1.5.1	中国.....	6
1.5.2	日本.....	9
1.6.	手册的内容.....	9
2.	基准年发生源的掌握.....	11
2.1.	掌握发生源的目的 .....	11
2.2.	发生源调查的概要 .....	11
2.3.	工厂、事业场所.....	11
2.3.1	污染源普查的运用和今后的完备方针 .....	11
2.3.2	完备用于掌握包括烟囱信息在内的发生源条件的信息.....	11
2.3.3	排放量等的计算、整理 .....	17
2.3.4	排放量等的整理.....	17
2.4.	汽车 .....	18
2.4.1	路上行驶的汽车排放量计算方法的示例 .....	18
2.5.	船舶 .....	26
2.5.1	掌握发生源条件的基本思路 .....	26
2.5.2	获取基本信息.....	26
2.5.3	排放量等的计算 .....	30
3.	目标年发生源的掌握.....	32
3.1.	工厂、事业场所.....	32
3.2.	汽车 .....	35
3.3.	船舶 .....	36
4.	工厂、事业场所的控制方法.....	37
4.1.	氮氧化物总量控制基准例 .....	37
4.1.1	基本思路.....	37
4.1.2	总结.....	41
4.2.	有关川崎市工厂等的氮氧化物措施 .....	43
4.2.1	总量控制地区.....	43
4.2.2	氮氧化物措施的变迁.....	43
4.2.3	市条例中氮氧化物控制的概要.....	44
4.2.4	基于综合性总量削减公式的粒子状物质控制的概要 .....	44
4.2.5	工厂、事业场所的氮氧化物排放量的推移.....	45
4.2.6	有关氮氧化物的大气环境措施.....	45
5.	削减效果的定量方法.....	46
5.1.	工厂、事业场所.....	46

5.2.	横滨市的实践事例 .....	49
6.	道路沿线措施 .....	54
6.1.	中国汽车排放量的概要 .....	54
6.2.	道路沿线浓度分布的估算 .....	54
6.3.	汽车措施示例 .....	56
6.3.1	日本的汽车废气综合措施 .....	56
6.3.2	汽车措施的削减效果 .....	59
6.4.	有助于道路沿线措施的可以考虑的措施示例 .....	61
7.	大气环境浓度的掌握 .....	62
7.1.	数据收集、整理相关的基本事项 .....	62
7.1.1	气象数据 .....	62
7.1.2	环境数据 .....	62
7.1.3	关于常时监视监测站 .....	62
7.2.	气象数据的整理 .....	63
7.2.1	地上风向、风速 .....	63
7.2.2	上空风向、风速 .....	63
7.3.	环境数据的整理 .....	63
7.3.1	环境浓度的地区分布 .....	63
7.3.2	浓度变动的解析方法 .....	63
7.4.	气象条件和环境浓度的关系 .....	64
7.4.1	各风向、风速等级的平均浓度 .....	64
	资料篇 .....	65

## 前 言

中国从 2006 年至 2010 年的 5 年间实施了“十一五计划”，实行了硫氧化物及化学性氧需求量的总量控制。接下来的 2011 年起的 5 年期间，将计划追加氮氧化物和氨性氮，实施“十二五计划”。“十二五计划”中指出国家、省、市的环境保护相关机构正在拟定氮氧化物的削减措施。

2011 年 3 月编制的手册是在中国氮氧化物措施推进的基础上，基于日本国环境省和中国环境保护部之间开展的“关于氮氧化物的大气总量削减的中日共同研究”，接着去年经株式会社数理计划的协助编制而成，目的是协助制定可达到和维持大气环境基准的总量削减规划，为环境保护相关机构提供参考。

为了在中国针对汽车发生源采取相应措施，本手册修订（草案）基于日本的经验而对部分内容进行了修订。

希望本手册能对中国氮氧化物总量削减规划的编制有帮助，同时也有助于环境保护。

2012 年 3 月 公益财团法人 国际环境技术转让中心



## 1. 手册的目的和内容

物体燃烧后，空气中的氮或燃料及原材料中含有的氮化合物中的氮会与氧结合，生成氮氧化物，排放到大气中。排放氮氧化物的发生源多种多样，包括工厂·事业场所、汽车、船舶、飞机、小发生源群（一般家庭、小型事业场所）等。

将来，随着经济增长，生产量和发电量会随之增加，由此将导致使用更多的原料和燃料，因此来自工厂、事业场所的氮氧化物排放量也会增加。另外，随着汽车的迅速普及，可以预计区域内交通量将增加，尤其与经济活动相随的物流的发展，会导致大型货物交通量的增加，汽车氮氧化物排放量的增加有可能会超出汽车排放尾气的控制。

因此，总量削减规划目标年（削减氮氧化物改善环境计划的目标年）的未来氮氧化物的排放量可以说是研究地区氮氧化物措施的最基本信息。为了掌握未来排放状况的相关信息，对于总量削减规划的基准——基准年的各发生源，希望尽可能详细地掌握分布状况及氮氧化物的排放状况。

另外，排放氮氧化物的发生源有从烟囱排放的工厂、事业场所，在地面附近排放的汽车等，其排放形态的范围广泛而多样。从大气扩散理论来看，从排放口排放的大气污染物借助于废气具有的浮力和运动量效果，会上升到一定高度，在平流、扩散的同时被稀释，但排放高度低的烟源，如低烟囱或汽车等，对地面浓度的影响较大。因此，研究削减排放量的措施时，要着眼于环境浓度的改善，不仅针对大型工厂，也要针对中小型工厂、汽车研究合理、有效的方法。

### 1.1. 手册的目的

综上所述，本手册的目的是协助编制可达到和维持大气环境基准的总量削减规划，为环境保护相关机构提供参考。

图 1.1-1 中显示了本手册的定位。

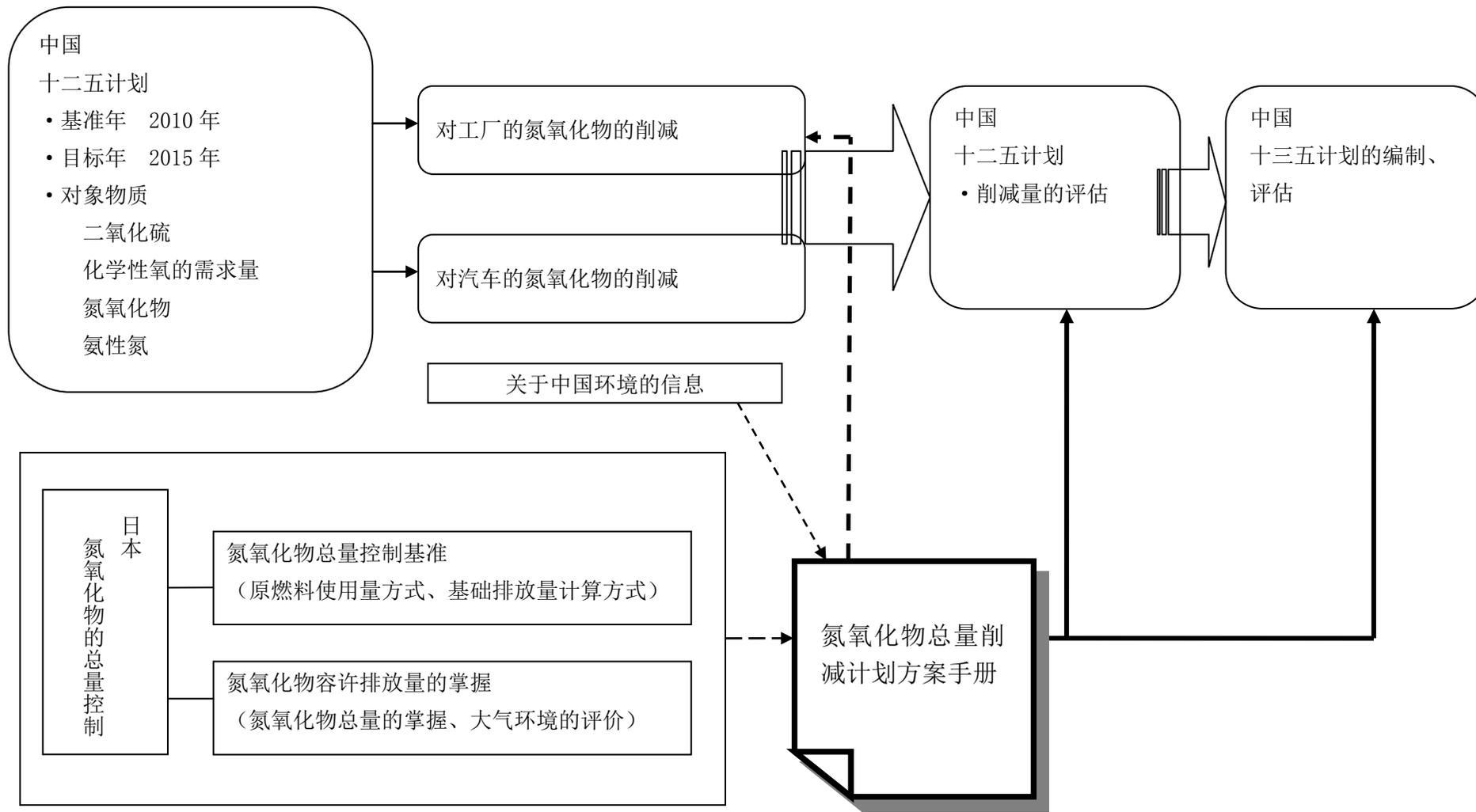


图 1.1-1 氮氧化物总量削减计划方案手册的定位

## 1.2. 中国的环境等

关于中国环境等的现状，可根据中国统计年鉴，了解煤炭消费量和交通运输的推移，这是影响人口推移和大气环境的代表性因素，此外，概观作为大气环境指标——二氧化氮的浓度推移，可以得出以下结论。

### (1) 人口

中国的人口如表 1.2-1 所示，在大幅度增长，1990 年约为 11.4 亿人，2000 年约为 12.7 亿人，2008 年约为 13.3 亿人。从 1990 年至 1995 年（约 12.1 亿人）年平均增长约 1.2%，从 2005 年（约 13.1 亿人）到 2008 年，同样年平均增长约 0.5%，最近增长速度有减缓的趋势，但预计中国的人口今后仍将增长。

### (2) 煤炭消费量

在人口增长过程中，中国整体的煤炭消费量的推移如表 1.2-2 所示，从 1990 年的 10.6 亿吨增加到 2000 年的约 13.2 亿吨，到 2007 年的约 25.9 亿吨，尤其 2000 年左右起，增加速度有加大的趋势。

通过明细可以看出，工业用途占据了绝对优势，2000 年约 8.1 亿吨的消费量到 2007 年成长为大约 24.5 亿吨，工业用途的急剧增加是推升煤炭消费量的主要原因。

预计煤炭消费量今后仍将增加。

### (3) 交通运输

中国的交通运输情况如表 1.2-3 所示，道路总长 2004 年约为 187 万 km，2008 年达到约 373 万 km，增加了近 2 倍。

运输人员 2004 年约为 162 亿人，2008 年达到约 268 亿人，增加了 60% 以上，货物量 2004 年约为 124 亿吨，2008 年达到约 192 亿吨，增加了 50% 以上，拥有车辆数 2004 年约为 2694 万辆，2008 年达到约 5100 万辆，增加了 80% 以上，汽车在迅速普及。

道路总长、运输人员、货物量及拥有车辆数都在增加，这些方面的增长预计会使道路行驶交通量增加。

### (4) 二氧化氮浓度

大气环境中的二氧化氮浓度如表 1.2-4 所示，观察从 2004 年至 2008 年的推移，可以看出不同城市增减的变动，但大体呈持平趋势。

表 1.2-1 人口的推移

年	人口
	万人
1990	114333
1995	121121
2000	126743
2005	130756
2008	132802

出处：中国统计年鉴 <http://www.stats.gov.cn/tjsj/nds/j/>

表 1.2-2 煤炭平衡表

年	煤炭消费量	工业	生活
	万吨	万吨	万吨
1990	105523.0	81090.9	16699.7
1995	137676.5	117570.7	13530.1
2000	132000.0	119300.7	7907.2
2005	216722.5	202609.1	8739.0
2007	258641.4	245272.5	8100.6

出处：中国统计年鉴

表 1.2-3 道路总长、运输人员及货物量、拥有车辆数的推移

年	道路总长	运输人员	货物量	拥有车辆数（民用）
	万 km	万人	万吨	万辆
2004	187.07	1624526	1244990	2693.71
2005	334.52	1697381	1341778	3159.66
2006	345.70	1860487	1466347	3697.35
2007	358.37	2050680	1639432	4358.36
2008	373.02	2682114	1916759	5099.61

出处：中国统计年鉴

表 1.2-4 城市二氧化氮浓度的推移（单位： $\text{mg}/\text{m}^3$ ）

城市	2004	2005	2006	2007	2008
北京	0.071	0.066	0.066	0.066	0.049
天津	0.052	0.047	0.048	0.043	0.041
沈阳	0.035	0.036	0.043	0.036	0.037
长春	0.032	0.035	0.039	0.038	0.038
哈尔滨	0.060	0.056	0.049	0.060	0.055
上海	0.062	0.061	0.055	0.054	0.056
南京	0.055	0.054	0.052	0.051	0.053
杭州	0.055	0.058	0.057	0.057	0.053
济南	0.038	0.024	0.021	0.023	0.022
武汉	0.054	0.050	0.049	0.055	0.054
广州	0.073	0.068	0.067	0.065	0.056
重庆	0.067	0.048	0.047	0.044	0.043
成都	0.048	0.052	0.049	0.049	0.052
西安	0.033	0.032	0.042	0.043	0.044

（直辖市及省会的副省级市）

出处：中国统计年鉴

### 1.3. 如何达到和维持大气环境基准

如上所见，中国的社会、经济活动今后仍将不断推进，预计煤炭消费量、运输人员、货物量及交通量都会持续增加。

由于煤炭消费量几乎都用于工业用途，所以削减工业领域氮氧化物的排放是当务之急的课题。

此外，随着汽车的迅速普及，削减汽车排放的氮氧化物的措施也很重要。

从 2004 年至 2008 年的推移情况来看，二氧化氮呈持平趋势，但随着社会、经济活动的推进，今后能否达到和维持大气环境基准令人担忧。评估是否达到和维持大气环境基准对有计划地推进大气环境保护、守护地区居民安全和放心的生活非常重要，以下所述的方法可以实现良好的效果。

### 1.4. 模拟的有效性

能否通过削减氮氧化物的排放量达到和维持大气环境基准，可以通过用该地区的排放量对大气环境浓度进行预测来评估。预测流程是一种叫作大气扩散模拟的方法。

模拟模型分为计算广范围浓度分布的模型（广范围模型）和计算站部地区高浓度的模型（站部地区模型）。

广范围模型是将地区发生源和气象作为输入条件，预测监测站和网格的地上浓度的模型，可对氮氧化物总量控制的削减效果进行评估。

使用广范围模型的事例中，各个发生源排放量的比例和浓度贡献率如图 1.4-1 所示。图中的“其他”为船舶和飞机。

该例中各个发生源的排放比例为工厂、事业场所 48.5%，汽车 46.8%，家庭 2.2%，其他 2.6%。另一方面，网格平均氮氧化物浓度的各个发生源贡献率为工厂、事业场所 21.6%，汽车 73.9%，家庭 4.0%，其他 0.6%，排放高度低的发生源的浓度贡献率大于排放量比例。用广范围模型可以得出这样的计算结果，可用于评估削减结果。只是，由于有些模型难以进行发生源贡献率的计算，因此使用时，应预先研究一下模型的结构。

站部地区污染模型是计算交叉路口周围及道路沿线的浓度分布的模型，可对站部地区的措施效果进行评估。

预计道路上行驶的汽车交通量会不断增加，由于汽车的集中，在交叉路口周围及干线道路沿线，有可能出现站部地区氮氧化物浓度变高，大气污染物对人体的影响令人担忧。针对这种站部地区的高浓度，从达到大气环境基准的角度来看，模拟也是一种非常重要的方式，可对排放大气污染物的汽车进行控制，并预测评估该控制效果。本手册中，第 6 章为道路沿线措施，其中概述了模拟示例和相关措施。

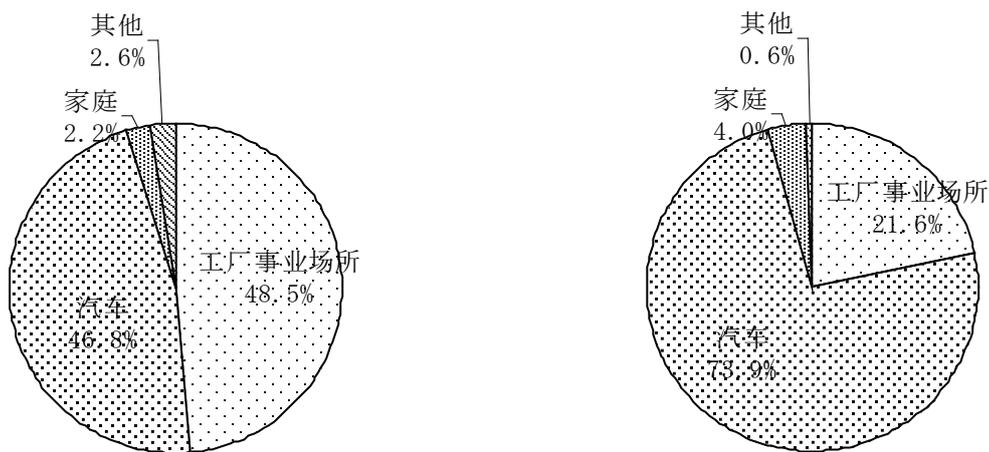


图 1.4-1 不同发生源的氮氧化物的排放量比例（左）和浓度贡献率（右）

## 1.5. 总量削减规划编制方法的中日比较

### 1.5.1 中国

#### (1) 制定总量控制规划

制定“十二五”（第12个五年计划(2011年至2015年)）的总量控制规划的技术性路线如图1.5-1所示，通过实施“十一五”（第11个五年计划(2005年至2010年)）的总量控制评估，确定“十二五”的总量控制指标、基准年的污染物基数、总量控制目标，到达实施削减规划的阶段。在总量控制目标的确定阶段，将推算基准年的排放量和新增量，在与各省（区、市）进行4次协议后，确定总量控制的目标。

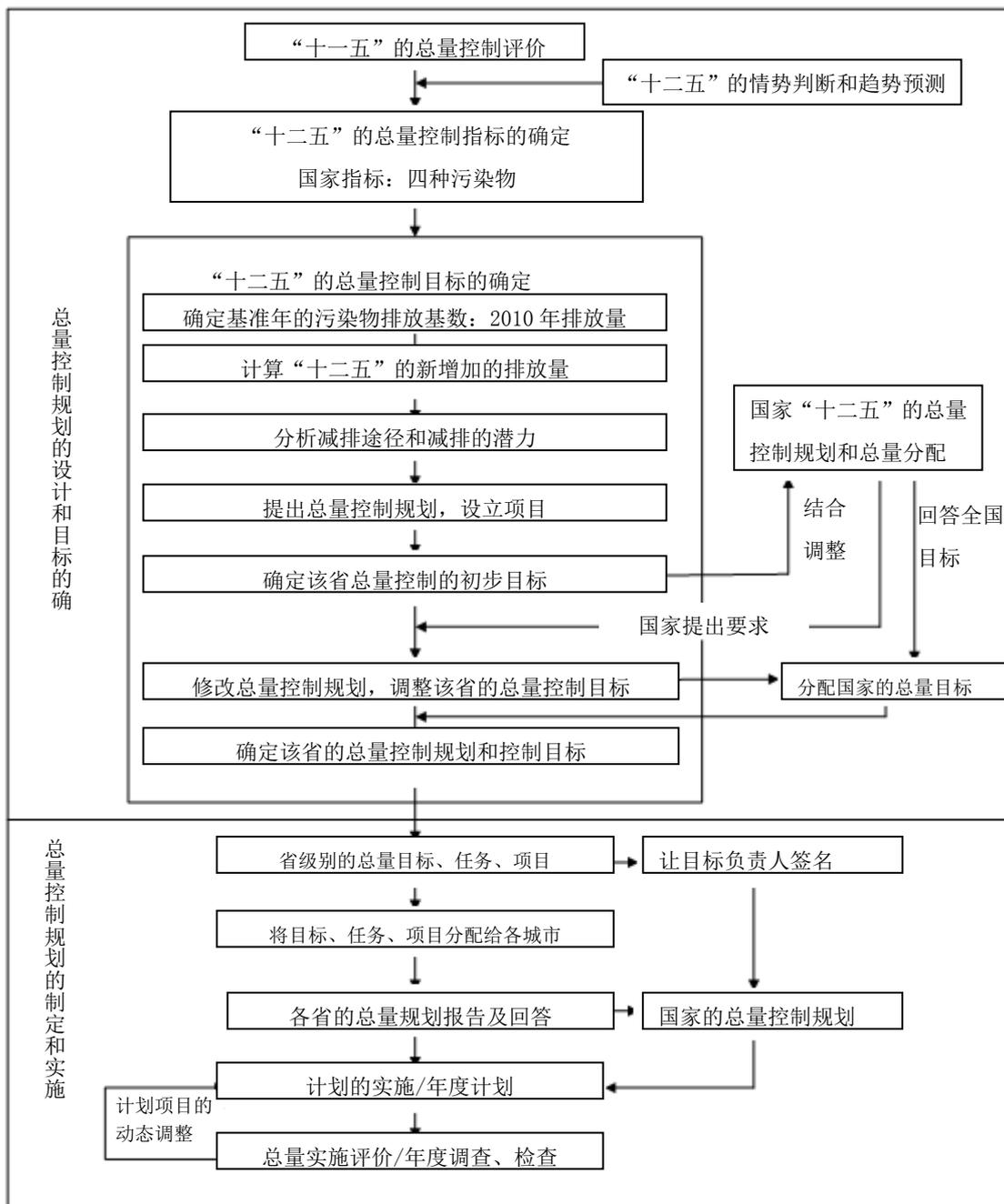


图 1.5-1 制定“十二五”总量控制规划的技术性路线图

## (2) 污染源普查数据的运用

中国正在开展污染源普查，可利用该污染源普查数据，掌握氮氧化物的总量。

### ① 工厂、事业场所

中国依据大气污染防治法，通过申报、现场检查活动对发生源进行了掌握。并且，通过污染源普查，了解了煤烟的实际排放量等，今后可以进一步对各个工厂、事业场所的氮氧化物排放量和原料使用量进行把握。

根据《关于进一步做好 2010 年污染源普查动态更新调查工作的通知》中附加的《污染源普查动态更新调查报表制度.doc》（以下称污染源普查调查票。）的内容，工厂、事业场所的调查票中包括了工厂、事业场所的名称、地址、规模的相关内容；所用原料燃料的性状和使用量相关的内容；以及氮氧化物排放量相关的内容。资料篇的资料-1 中示范了重点企业和非重点企业调查票的一例。

另外，获得个别工厂、事业场所单位的排放量和原料燃料使用量数据时，可将各工厂的排放量和原料燃料使用量显示于图表上，通过原料燃料使用量公式（ $Q=aW^b$  公式）削减氮氧化物。有关原料燃料使用量公式，请参照“4 工厂、事业场所的控制方法”。

### ② 汽车

中国汽车的分类如资料篇的资料-2(1)所示，分为 12 类。

在污染源普查调查票中，作为汽车相关的调查票，包括了拥有车辆数和氮氧化物排放量的相关内容。资料篇的资料-2 (2)~(3)中示范了其中一例。

基于拥有车辆数的氮氧化物的排放量为整个地区的排放量，由于不清楚地区分布，所以难以评估通过交通量措施实现的排放量的削减与环境浓度之间的关系。

根据路上行驶的汽车交通量来了解排放量，并与道路网相关联，这样就可以获得排放量的地区分布。根据不同时间的交通量推断排放量的时间变动，可将其作为模拟的输入数据加以运用。

### ③ 小发生源群（一般家庭）

在污染源普查调查票中，填写了一般家庭所用不同种类燃料的使用量、氮氧化物排放量的数值，一般家庭氮氧化物排放量的计算可利用污染源普查票。资料篇的资料-3 中示范了其中一例。

如果有分配到各个网格的指标（例如户数的分布），就可通过这种整个市的数值，制作排放量的分布。此外，城市天然气供给时间的变动数据可作为模拟的输入数据加以运用。

### 1.5.2 日本

在日本，依据大气污染防治法，都道府县知事有义务制定政令规定地区的总量削减规划。规划制定过程如图 1.6-1 所示，需掌握基准年的发生源，对基准年的大气环境进行解析后，构建预测模型（大气扩散模拟），预测、评估目标年的环境浓度，计算目标年的容许排放量（将来可确保大气环境基准的排放量）。

### 1.6. 手册的内容

如上所述，随着今后中国的社会、经济活动的推进，合理地对达到和维持大气环境基准的评估非常重要，本手册根据该重要性和站部性氮氧化物高浓度的对应措施，将日本进行的编制氮氧化物总量削减规划的技术性方法作为参考资料，为大家展示。

本手册从本章开始，由 7 个章节构成。图 1.6-1 展示了各章节与日本总量削减规划编制作业项目的关系。

以下是第 2 章以后各章的概要。

“2. 基准年发生源的掌握”中记述了代表性发生源——工厂、事业场所和汽车的氮氧化物排放量的掌握方法。

随着社会、经济活动的推进，工厂、事业场所及汽车排放的氮氧化物的排放量有可能增加，因此“3. 目标年发生源的掌握”中记述了与这种社会状况相适应的排放量的计算方式。

“4. 工厂、事业场所的控制方法”中介绍了针对特定工厂等单位的氮氧化物总量控制的方式——“原料燃料使用量方式”和“基础排放量计算方式”。该方法是对特定工厂等单位氮氧化物的削减目标量进行设定的方法。作为参考，展示了针对日本川崎市工厂等的氮氧化物措施的概要。还一并介绍了川崎市条例的控制内容。

“5. 削减效果的定量方法”中介绍了将削减后的发生源数据输入模拟模型后，对预测的大气环境浓度和大气环境基准进行比较的方法。作为参考，介绍了日本横滨市使用大气扩散模拟的事例。

“6. 道路沿线措施”中，介绍道路沿线的模拟示例和用于改善环境浓度的措施。

由于大气环境中排放的氮氧化物与气象条件的关联性较大，因此“7. 大气环境浓度的掌握”中就对象地区氮氧化物相关的排放条件和大气污染状况，记述了为运用大气环境监控数据进行解析的基本事项。

“资料篇 污染源普查调查票”展示了污染源普查的调查票示例。

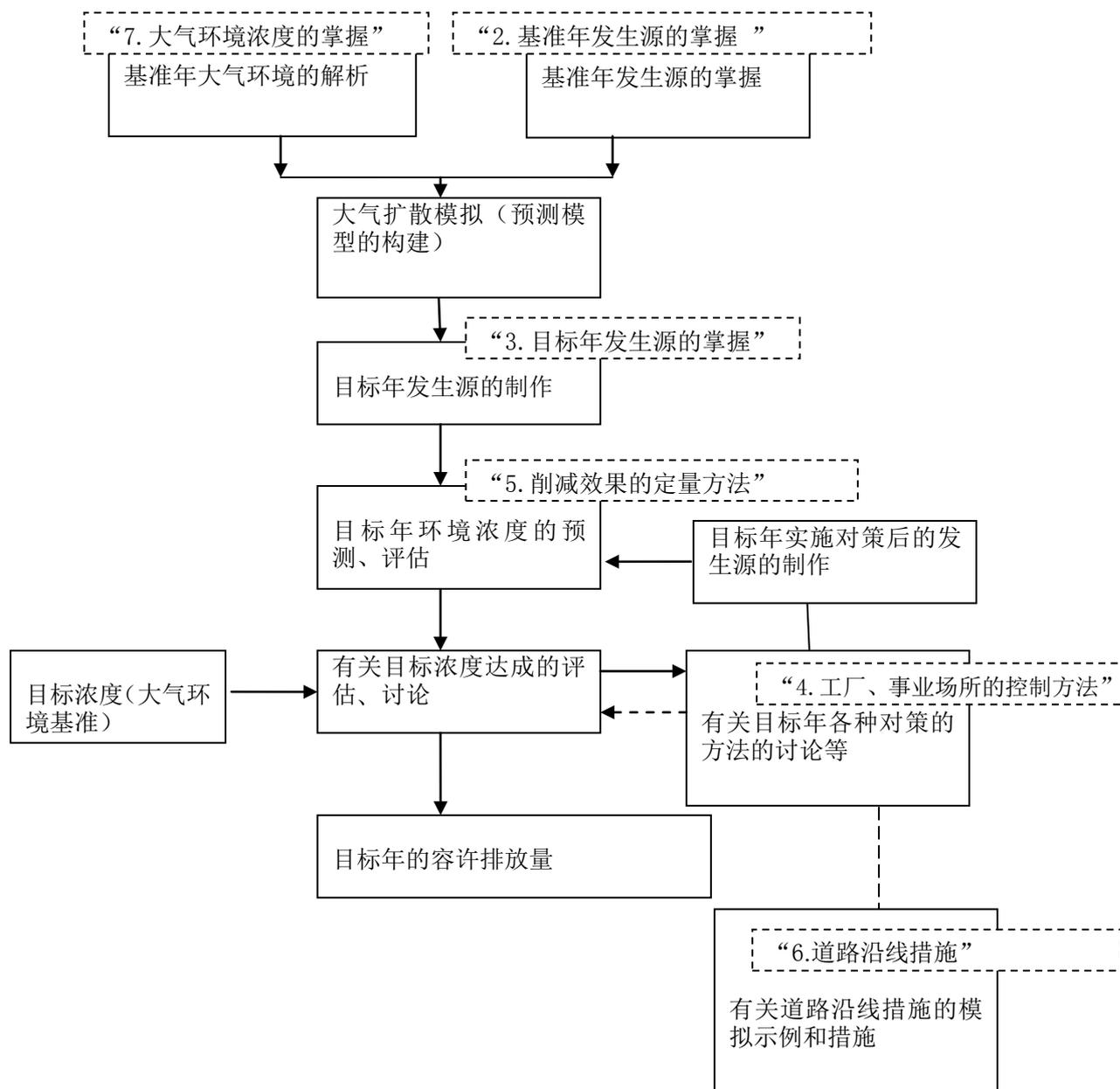


图 1.6-1 氮氧化物总量削减规划编制作业项目和本手册各章节的关系

## 2. 基准年发生源的掌握

### 2.1. 掌握发生源的目的

掌握发生源的主要目的如下。

- 1) 确认地区中氮氧化物相关的发生源的实际状况。
- 2) 将掌握的信息作为对氮氧化物污染结构进行解析的基础资料。

1) 是通过对工厂·事业场所、汽车等排放氮氧化物的发生源位置、氮氧化物排放状况进行归纳, 把握氮氧化物相关的发生源的排放实际状况。另外, 2) 是通过掌握各发生源个别烟源的氮氧化物的排放状况, 而将其用作为解析大气污染结构的基础资料。

### 2.2. 发生源调查的概要

作为氮氧化物相关的固定发生源, 有工厂、事业场所的煤烟发生设施、小发生源群等, 作为移动发生源, 有汽车、船舶、飞机等。

在此, 记述了代表性的发生源——工厂、事业场所和汽车。

### 2.3. 工厂、事业场所

#### 2.3.1 污染源普查的运用和今后的完备方针

中国正在实施污染源普查, 从而能够掌握工厂、事业场所的排放情况。

通过编制各个工厂、事业场所中不同原料燃料种类的性状、使用量和排放量等的一览表, 能够有助于进行以下活动:

- 通过原料燃料使用量方式 ( $Q=aW^b$  方式) 削减氮氧化物
- 对于工厂、事业场所的排放削减量进行确认
- 对于排放削减相关内容进行指导

而工厂、事业场所相关的调查票, 由于能够掌握一个个发生源 (工厂、事业场所) 的信息, 因此具有很高的利用价值。

但是, 目前的污染源普查不包含烟囱的相关信息, 不能考虑从烟囱排放到大气中的煤烟对于大气环境的影响。预测将来中国在采取进一步的大气污染防治措施时, 工厂、事业场所连接着的烟囱信息将会成为必须项目。

为了今后针对工厂、事业场所推行细致的发生源措施, 建议污染源普查调查票中添加设施和烟囱相关的信息。

以下除各个工厂的排放量外, 还将介绍掌握工厂的哪个烟囱有多少排放量的方法。

#### 2.3.2 完备用于掌握包括烟囱信息在内的发生源条件的信息

有关煤烟发生设施的信息掌握方法有以下几种, 但最好选择符合地区实际情况的方法完备信息。最好通过几个方法的组合, 掌握基础信息, 对数据进行补充、修改。

##### (1) 实际状况的把握

关于实际状况的掌握, 如果有既有调查结果, 可以对其进行利用, 但为了获取必要的基本信息, 也可以特别实施实际状况调查, 利用其结果。

特别开展的实际状况调查为了能获取所需要的信息, 将从策划阶段起对对象工厂、要掌握的项目等进行研究, 这个方法可以有效地收集到信息。

##### 1) 书面调查

开展书面调查时, 可制作书面文件以获取用于掌握发生源条件的必要信息。表 2.3-1 为其一例。氮氧化物排放量等项目是采用掌握发生源条件所需的平均值, 但考虑到数据的

检查，最好也调查额定运转时的最大值。另外，书面文件可预先根据工厂、事业场所的规模等，将格式分开。

并且，得到的结果最好和其他信息（申报书）进行反复核对。

表 2.3-1（1） 书面文件例

项目	填写栏
工厂、事业场所名	
地址	
业务内容	
行业编号	
记录负责人、部门、姓名	

注 在记录负责人对有关填写内容进行咨询时使用。

表 2.3-1 (2) 设施单位的书面文件例

项目	单位	填写栏	说明概要
设施编号			工厂、事业场所内的流水编号
设施种类			选择附表中所示的设施种类(电功率用锅炉、暖气设备用锅炉等)的编号后填写。
设施设置年月日			设施设置的年月日。
每小时的 <sup>3</sup> 最大排放气体量	m <sup>3</sup> N/h, 潮湿		填写原料燃料使用量每小时最大时的废气量(潮湿)。
一年排放的干燥气体量	m <sup>3</sup> N/y		将一年测定的干燥废气量转换为测定时原料燃料使用量的单位数据,用测定次数平均后,再乘以一年的原料燃料使用量,填写该数值。
平均氧浓度	%		填写将废气(干燥)中的氧浓度实测值平均后的数值。
平均水分	%		填写废气中的水分量实测值平均后的数值。
一年的开炉时间	h		一年实际运转的时间
一天的开炉时间 开始	点 分		平时一天的大约开始时间
一天的开炉时间 结束	点 分		平时一天的大约结束时间
开炉开始月份	月		一年中的开始月份
开炉结束月份	月		一年中的结束月份
连续烟囱编号			工厂、事业场所内的流水编号
烟囱高度	m		烟囱离地面的高度
废气温度	℃		将从烟道测定废气成分的废气温度用测定次数平均后,填写该数值。
连续烟囱编号			与多个烟囱相连时填写。以下相同。
烟囱高度	m		"
废气温度	℃		"
连续烟囱编号			"
烟囱高度	m		"
废气温度	℃		"

注 关于设施种类,在实际存在时,需掌握煤烟发生设施的设施种类,并列于附表中。

表 2.3-1 (3) 设施单位的书面文件例

项目	单位	填写栏	说明概要
NO <sub>x</sub> 煤烟浓度 (通过处理设施后)	ppm		填写最后通过煤烟处理设施后的采集出口的废气 (干燥) 中的实测值的平均值。
NO <sub>x</sub> 煤烟的一年排放量	kg/y		掌握了一年煤烟排放量时填写。
去除减少措施			选择附表中所示去除减少措施的代号后填写。
产品脱硫效率	%		在去除减少措施中选择了“产品脱硫”时, 填写效率。计算公式另行指示。
处理设施编号 (1)			将工厂、事业场所内的处理设施编上流水编号, 填写与氮氧化物相应的处理设施编号。
处理设施编号 (2)			”
处理设施编号 (3)			”
处理设施种类			选择附表中所示处理设施的种类代号后填写。
处理能力	1000m <sup>3</sup> N/h		填写煤烟发生处理设施被设计的每小时的处理能力。
效率	%		填写处理设施编号上记载的煤烟发生处理设施所有的综合收集效率。
运转时间	h		填写处理设施的运转时间。
最大生产量	kg, m <sup>3</sup> N		该设施针对主要产品的生产能力。
年产量	t, 1000m <sup>3</sup> N		填写年产量。

注 有关去除减少措施及处理设施种类, 掌握实际的各个种类, 制成附表。

表 2.3-1 (4) 设施单位的书面文件例

项目	单位	填写栏	说明概要
原料燃料种类			从附表中选择原料燃料种类的代号后填写。
硫磺部分	%		填写原料燃料中含有的固体、液体硫磺的量, LPG、LNG 填写其重量比, 气体则填写容积比。
氮部分	%		填写原料燃料中含有的固体、液体氮的量, LPG、LNG 填写其重量比, 气体则填写容积比。
高发热量	kcal/kg, kcal/m <sup>3</sup> N		原料燃料为固体或液体时用 kcal/kg 单位填写, 气体时用 kcal/m <sup>3</sup> N 单位填写。LPG、LNG 时用 kcal/kg 单位填写。
每小时的最大使用量	L, kg, m <sup>3</sup> N, kWh		填写设施每小时的最大原料燃料使用量。
每小时的通常使用量	L, kg, m <sup>3</sup> N, kWh		填写通常使用状况下每小时原料燃料使用量的平均值。
年使用量	kL, t, 1000m <sup>3</sup> N, 1000kWh		按不同原料燃料的种类填写原料燃料的年使用量。也可填写购买量。
原料燃料种类			使用多个原料燃料时填写。以下相同。
硫磺部分	%		"
氮部分	%		"
高发热量	kcal/kg, kcal/m <sup>3</sup> N		"
每小时的最大使用量	L, kg, m <sup>3</sup> N, kWh		"
每小时的通常使用量	L, kg, m <sup>3</sup> N, kWh		"
年使用量	kL, t, 1000m <sup>3</sup> N, 1000kWh		"
原料燃料种类			"
硫磺部分	%		"
氮部分	%		"
高发热量	kcal/kg, kcal/m <sup>3</sup> N		"
每小时的最大使用量	L, kg, m <sup>3</sup> N, kWh		"
每小时的通常使用量	L, kg, m <sup>3</sup> N, kWh		"
年使用量	kL, t, 1000m <sup>3</sup> N, 1000kWh		"

注 有关原料燃料的种类, 需掌握实际的各个种类, 制成附表。

## (2) 发生源遥测仪 数据的 运用

在大型工厂，会实施废气的连续测定，并将由此获得的数据发送给环境部门。由于可以获得特定煤烟发生设施及烟道废气的小时值，因此通过统计、整理遥测仪及数据，就可以掌握年排放量的变动。

使用时，最好考虑测定状况及有无异常值等。

### 关于横滨市大气发生源的常时监视

横滨市自 1970 年度起就对大气发生源的常时监视进行了完善，于 1974 年 2 月正式启动。关于发生源的常时监视，法律并无规定，而是与各经营者签订公害防止协议后实施。

最初是以市内的民间 40 家工厂、事业所为对象，1984 年度起对对象工厂、事业所重新进行了编组，新增市内的清扫工厂为对象。之后，每当发生工厂废止・搬迁、规模缩小等时，都会重新对对象工厂进行评估。通过对象工厂所掌握的燃料使用量及硫氧化物、氮氧化物的排放量就占据了市内整体固定发生源的 9 成以上。

对象工厂对燃料使用量、烟道中的氮氧化物及硫氧化物的排放浓度进行测定，这些数据每 10 分钟就通过遥测仪被传送到环境监视中心，受到集中监视。

另外，在发出光化学烟雾警报等出现大气污染紧急情况时，会通过遥测仪附带的同步通报系统进行通报，并确认削减氮氧化物排放量等措施的情况。

常时监视数据的主要用途如下。

- 1) 异常值等的监视
- 2) 基准值遵守状况的确认
- 3) 紧急情况下削减状况的监视
- 4) 污染物排放量的掌握

### 2.3.3 排放量等的计算、整理

中国的污染源普查中，计算了工厂、事业场所的氮氧化物排放量。预计将来计算各个设施的排放量时也会采用同样的方法。

根据计算基础数据的种类和内容，氮氧化物排放量的计算可以有各种方法，日本采用的计算方法为以下方法。

#### (1) 利用废气中的氮氧化物浓度

利用废气中氮氧化物浓度的计算方法依据以下公式。

$$\text{氮氧化物排放量 (m}^3\text{N/h)} = \text{氮氧化物的排放浓度 (ppm)} \times \text{干燥的废气量 (m}^3\text{N/h)} \times 10^{-6}$$

(排放量单位的 N 表示标准状态。)

最好在考虑设施的运转条件（负荷率）的基础上，使用氮氧化物排放浓度的实测值。

#### (2) 利用排放系数

针对使用同种燃料、原料的多个同种煤烟发生设施，可以研究燃料或原料使用量和氮氧化物排放量之间的关系，当两者之间存在一定统计性关系时，就能求出氮氧化物相关的排放系数。氮氧化物的排放量未必只通过与燃料或原料使用量的单纯关系来求得，但一般可用以下形式表现。

##### 1) 仅由于燃料燃烧引起氮氧化物排放的设施

$$\text{氮氧化物排放量 (m}^3\text{N/h)} = \text{氮氧化物的排放系数 (kg/10}^8\text{kcal)} \times \text{燃料使用量 (kL/h)} \times \text{比重} \times \text{高热值 (kcal/kg)} \times 22.4/46 \times 10^{-6}$$

##### 2) 不仅由于燃料燃烧，还因原料引起氮氧化物排放的设施

$$\text{氮氧化物排放量 (m}^3\text{N/h)} = \text{氮氧化物的排放系数 (kg/t)} \times \text{原料使用量 (t/h)} \times 22.4/46$$

排放系数原本表示相应设施的统计性平均排放量，由于单个设施的排放量未必可通过该系数正确求得，因此对于“偏差”较大的设施应注意是否适用排放系数。

### 2.3.4 排放量等的整理

通过以上的基础信息，就可以计算氮氧化物的年平均排放量，按不同设施、不同烟囱进行整理，并针对每个工厂、事业场所进行汇总。原料燃料使用量可进行重油换算，按照各个工厂、事业场所进行汇总。

此外，无法获取每个烟囱的氮氧化物排放量的数据时，应确认烟道的连接状况、各个设施的运转状况，同时，通过各个设施的氮氧化物排放量计算烟囱的排放量。



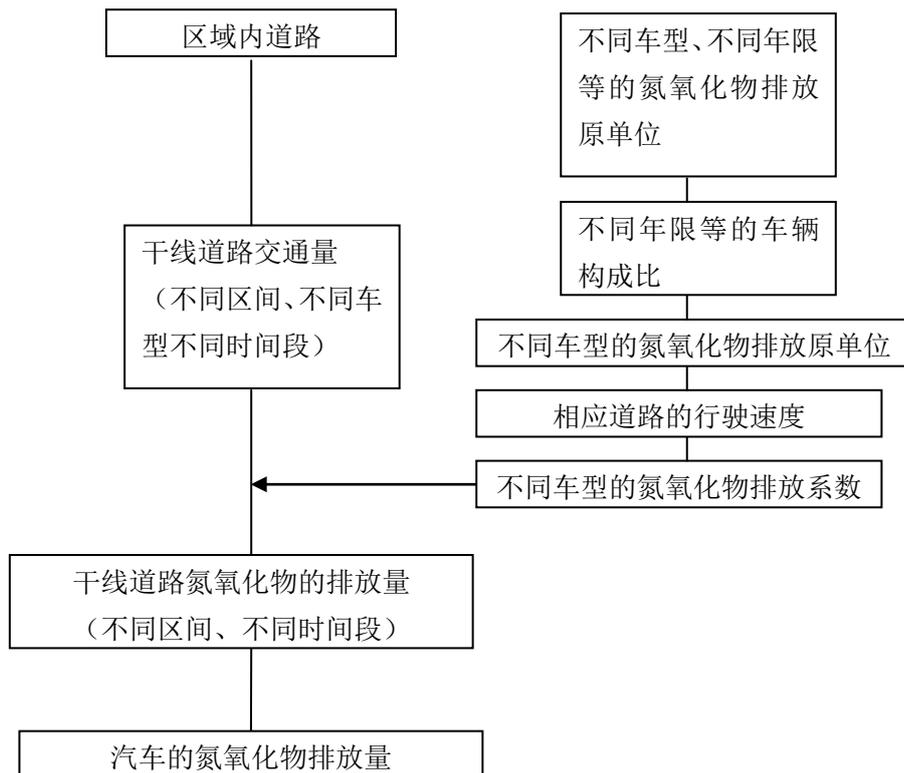


图 2.4-1 在干线道路行驶的汽车氮氧化物排放量的计算流程

### (1) 基础信息的完备

#### ① 道路相关信息

道路的位置坐标可以通过在 1/25,000 左右的地形图等中，读取近似为直线的道路区间（路段）的端点坐标来获取。该道路区间就是在“（2）干线道路行驶量的计算”的交通量观测中确定的观测单位区间。

近似直线的精度应与区域内的实际状态一致。可以通过制作道路网络图，然后与地图重叠等方法，对读取的各道路路段进行确认。如果对有关车道数、车道宽度、人行道宽度的信息也进行收集，当要通过变更相应道路的结构等措施来控制交通量时，这些信息会有所助益。

#### ② 行驶量的掌握

将干线道路的行驶量（辆·km）作为道路路段的行驶量进行整理。行驶量可通过不同车型、不同时间段的交通量（辆）乘以行驶距离（km）来求得。

通过交通量观测来求出基准年的区域内汽车行驶量是比较理想的，但由于观测区域内所有道路的交通量非常困难，所以日本一般是利用全国道路交通情况调查结果来计算。

## (2) 干线道路行驶量的计算

以下说明利用交通量的观测结果，对干线道路行驶量的进行推算的方法。该方法概要为如下。

### ① 确定对象干线道路

由于观测区域内所有道路的交通量非常困难，所以选择列为对象的干线道路。

### ② 交通量的掌握

将干线道路类别到多个观测单位区间（该区间的长度相当于行驶距离），确定相应区间的代表地点，将该地点作为交通量观测地点。也就是说，一个观测单位区间确定一个交通量观测地点，将其作为该调查单位区间的代表交通量

分别观测平时和假日 24 小时不同时间段不同车型的交通量。日本的全国道路交通情况调查所实施的交通量调查是为了掌握平时和假日的年平均交通量而进行，在一年中交通量变动较小的秋季（9~11 月左右）进行观测。在设定平时的观测日时，会避免选择周末或节假日前后的日子、异常天气等能预计交通状况会有异于平时的日子。

### ③ 年平均交通量的推算

利用平时和假日的交通量观测，推算年平均的日交通量。

### ④ 不同路段的交通量计算

通过上述作业取得各交通量观测地点 24 小时不同车型的交通量后，将其分摊到“2.4.1（1）基础信息的完备”中确定的路段。行驶量可用各路段的总距离乘以分摊到的交通量来求出。

## (3) 排放系数的设定

不同车型的氮氧化物排放系数的设定作业如图 2.4-2 所示。

首先说明计算不同限制车型、不同年限的排放原单位的基本项目，接着为大家解释通过按该原单位和行驶状况的车型构成求出基准年排放系数的方法。

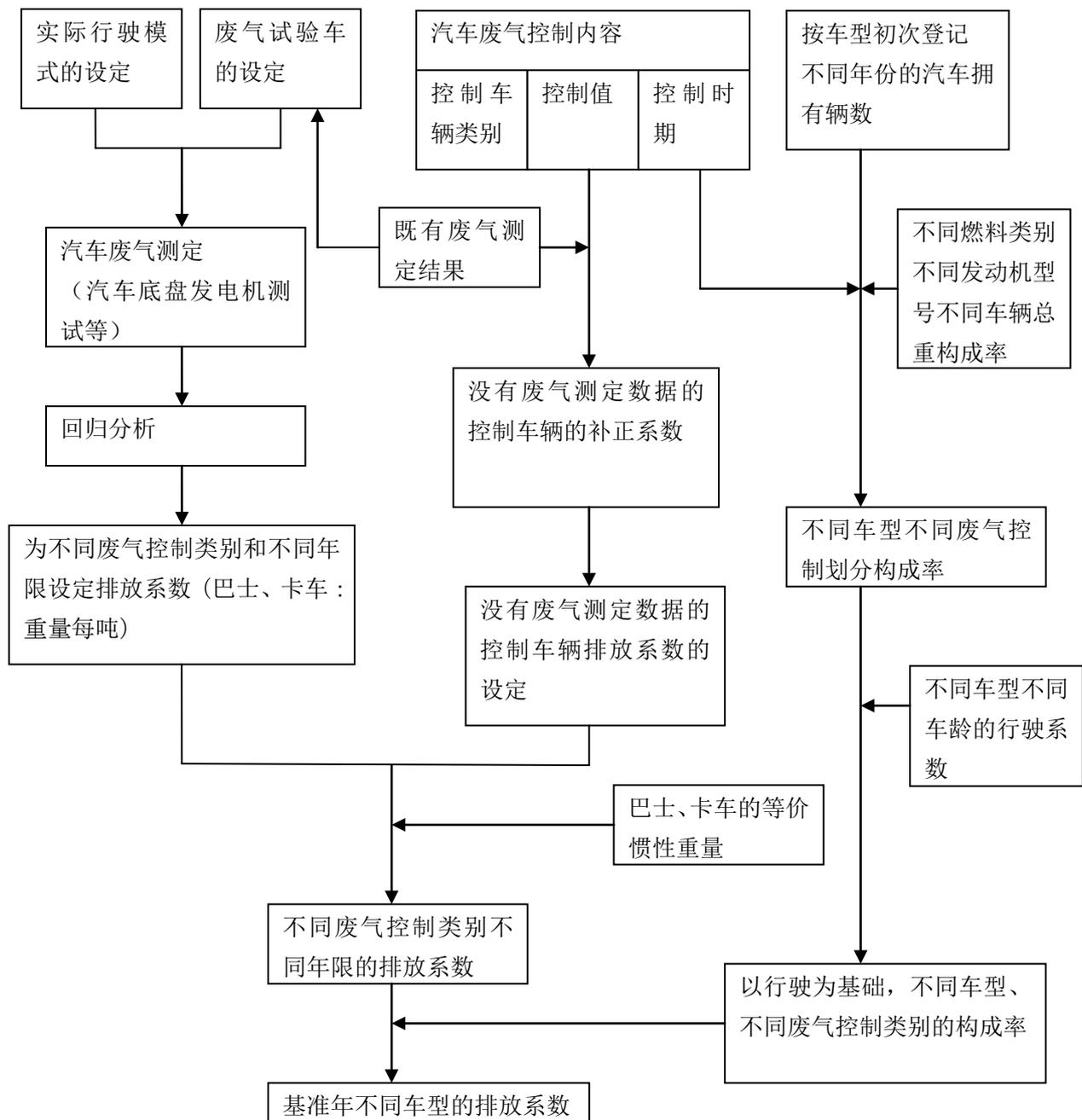


图 2.4-2 氮氧化物排放系数的设定作业流程

① 不同控制车型类别、不同年限的排放原单位

由于排放原单位多利用既有测定数据或排放原单位公式，所以像这种情况，了解排放原单位的性质非常重要。

② 不同行驶车型分类的排放系数

这是不同控制车型类别、不同年限的排放原单位，重新整理后作为行驶车型分类中对象的排放系数。也就是说，将其整理后作为交通量观测中各车型类别的氮氧化物排放系数，乘以行驶量，就可以算出排放量。

如果行驶量分类中的车型类别与控制车型类别相同，则基准年中不同车型的氮氧化物的排放系数可通过以下公式求出。

$$E_k = \sum_l E_{kl} \cdot S_{kl}$$

$E_{kl}$  : 基准年 k 车型的氮氧化物排放系数 (g/台·km)

$E_{kl}$  : k 车型中 l 废气控制年限车辆的氮氧化物排放原单位 (g/台·km)

$S_{kl}$  : 基准年 k 车型中的 l 废气控制年限车辆的构成比

$E_{kl}$  为通过“①不同控制车型类别、不同年限的排放原单位”求得的氮氧化物排放原单位。 $S_{kl}$  则要考虑每辆车行驶量的车龄构成比，通过以下公式设定，然后将其按照不同的废气控制年汇总来求出。

$$S_{kl} = N_{kj} \cdot D_{k(i-j+1)} / \sum_j N_{kj} \cdot D_{k(i-j+1)}$$

$S_{kl}$  : 考虑了基准年 k 车型中 j 年登记车辆的行驶量的车辆构成比

$N_{kj}$  : 基准年 k 车型中 j 年登记车辆的拥有辆数

$D_{k(i-j+1)}$  : k 车型中的车龄 (i-j+1) 年车的行驶系数 (注)  
以 i 为基准年。

注 请参照“●不同车龄平均行驶系数”

行驶车型类别和排放原单位的车型类别不同，控制类别的分类较多。

k 车型由废气控制类别不同的多个车型构成时，如以下公式所示，可先求出各废气控制类别车辆的平均氮氧化物排放原单位，再将其乘以构成比，通过聚合计算来求得  $E_k$

$$E_k = \sum_a f_{ka} (\sum_l E_{k al} \cdot S_{k al})$$

a : 构成 k 车型的各废气控制类别车辆

$f_{ka}$  : k 车型中 a 废气控制类别车辆的车辆构成比

$E_{k al}$  : k 车型中 a 废气控制类别车辆的 l 废气控制年限车辆的氮氧化物排放原单位 (g/台·km)

$S_{k al}$  : 基准年 k 车型中 a 废气控制类别车辆的 l 废气控制年限车辆的构成比

不同车型的燃料、燃烧室形式、不同车辆总重的类别例如表 2.4-1 所示。

行驶量的车型分类中排放系数计算所必需的数据可大致区分如下。

- 不同控制类别车型、不同年限排放原单位
- 行驶量的车型分类中不同登记年的拥有车辆数

- 行驶车型中控制车型的构成比
- 不同车龄的行驶系数
- 巴士、卡车的等价惯性重量

通过这些数据，如果简化一下，可用以下公式计算排放系数。

$$EF_i = \sum_j \sum_k F_{ijk} W_{ijk} IW_{ik}$$

- $EF_i$  : 基准年 i 车型的排放系数
- $F_{ijk}$  : i 车型 j 年 k 型号的排放原单位
- $W_{ijk}$  : i 车型 j 年 k 型号的构成比  $\sum W_{ijk} = 1$
- $IW_{ik}$  : i 车型 k 型号的等价惯性重量

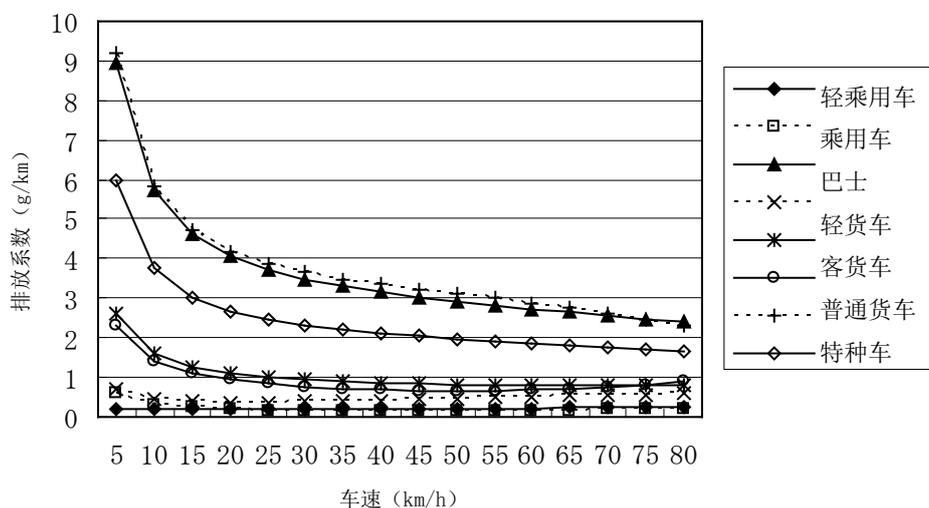


图 2.4-3 不同车型的氮氧化物排放系数 (EF<sub>i</sub>) 例

表 2.4-1 不同车型不同燃料不同燃烧室形式车辆总重类别例

车型	燃料类别	燃烧室形式	车辆总重类别
乘用车	汽油 轻油		
巴士、卡车	汽油		轻型车（车辆总重 1.7t 以下） 中型车（" 1.7~2.5t） 重型车（" 2.5~3.5t） 重型车（" 3.5~5.0 t） 重型车（" 5.0~12t） 重型车（" 12 以上）
		副室式	
	轻油	直喷式	

●不同登记年份的拥有车辆数

中国汽车拥有辆数相关的数据完备，可通过相关机构获取。

●废气控制类别车辆构成比

通过汽车拥有辆数相关的数据，求出表 2.4-2 所示的构成比。

表 2.4-2 不同车型、不同燃料、不同燃烧室形式、不同车辆总重类别构成率举例

燃料·形式	重量类别	普通货车	小型货车	客货车	巴士	特种车	乘用车
汽油	轻型	0.3%	0.0%	29.6%		9.5%	87.8%
	中型	0.7%	35.7%	8.6%	0.2%	7.6%	
	重型1	0.4%	2.8%	6.1%	0.4%	3.2%	
	重型2	0.6%	1.7%	3.7%	1.4%	1.2%	
	重型3	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	
	重型4	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	
	合计		1.9%	40.1%	48.1%	1.9%	21.5%
轻油 副室式	轻型	0.0%	0.0%	7.8%		2.5%	8.9%
	中型	0.9%	18.3%	7.8%	0.2%	4.4%	3.3%
	重型1	3.1%	12.2%	21.2%	3.8%	9.0%	
	重型2	4.2%	7.2%	12.9%	14.8%	3.3%	
	重型3	1.3%	0.0%		1.9%	2.6%	
	重型4	0.6%	0.0%		1.6%	1.2%	
轻油 直喷式	轻型	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	
	中型	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%	
	重型1	6.0%	13.6%	1.3%	2.2%	12.6%	
	重型2	8.1%	8.1%	0.8%	8.4%	4.6%	
	重型3	49.4%	0.5%		35.6%	25.7%	
	重型4	24.2%	0.0%		29.6%	12.5%	
	副室+直喷		98.1%	59.9%	51.9%	98.1%	78.5%
合计		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

●等价惯性重量

所谓等价惯性重量是指在进行汽车废气试验时，将相当于试验车辆重量的惯性阻抗作为负荷重量（Inertia Weight）施加。计算汽车废气排放系数时，在车辆重量或载重

量范围较广的车型（巴士或卡车）中，多将车辆的实际重量（车辆重量+实际载重量）称为等价惯性重量。

车辆总重量的范围如表 2.4-3 所示，具有相当的幅度。从氮氧化物排放量会随之相应增减的角度考虑，计算这些车型的排放系数时，最好设定与车辆实际重量相当的等价惯性重量。

日本在乘用车、轻 中型汽油  
系数时，没有特别设定等价惯性重量。

车等车辆总重量

设定等价惯性重量时，有一种方法是在平均车辆重量加上平均最大载重量一半（半载重状态）数值。

表 2.4-3 废气控制中不同车型、不同车辆总重量类别等价惯性重量的举例（单位：t）

车辆总重量类别	普通货车	小型货车	巴士	特种车	客货车
轻型 1.7以下	1.5	1.5	-	1.4	1.5
中型 1.7~2.5	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
重型 1 2.5~3.5	2.5	2.6	2.3	2.4	2.6
重型 2 3.5~5.0	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
重型 3 5.0~12.0	5.6	4.5	5.7	5.6	4.5
重型 4 12.0~	15.9	-	11.5	15.5	-

●不同车龄的平均行驶系数

每辆汽车的年行驶距离除了根据车型不同外，还会因车龄而变化，一般可以认为，随着车龄的增加，行驶距离会减少。此时为进行补正所用的系数叫做行驶系数。

③ 排放量的计算

通过算出的行驶量和排放系数来计算污染物排放量。氮氧化物排放量根据不同车型的氮氧化物排放系数和不同车型的行驶量，用以下公式求得。

$$Q_p = \sum E_k \cdot M_k$$

$Q_p$  : 氮氧化物排放量 (g/h)

$E_k$  : 车型 k 的氮氧化物排放系数 (g/辆·km)

$M_k$  : 车型 k 的行驶量 (辆·km/h)

排放系数公式一般多作为车速的函数进行整理，因此，为了计算排放量，最好求出对象道路中的平均车速。原则上需要通过实际行驶等方式，设定反映了对象道路实际情况的平均车速。

## 2.5. 船舶

船舶上搭载的内燃机有主机、辅机、辅助锅炉等，这些装置用于装货加温、冷气暖气、照明、厨房等一般伙食、航行时的航行动力、停泊时的码头装卸动力等用途。燃料主要使用重油，其性状也是多种多样。在停泊时或航行时，随着机构的运转而排放氮氧化物，因此不应该忽视该发生源。

以下示范了船舶氮氧化物排放量计算方法的一例。

### 2.5.1 掌握发生源条件的基本思路

#### (1) 对象范围

位于该地区等的港湾区域、预测会对该地区造成影响的周边地区的港湾区域、以及用于掌握船舶相关航路的发生源条件为对象范围。

通过相关港湾的港湾规划等确认对象范围内存在的港湾设施的系留场所（码头、栈桥等）以及船舶的航行航路位置的情况等。

#### (2) 掌握发生源条件的基本流程

将船舶分为一般船舶以及港内船舶，根据图 2.5-1 所示的基本流程掌握船舶的发生源条件。一般船舶是指通常运行在各港湾之间的货船、油轮、客船等船舶，可以通过港湾调查票等掌握这些相关的具体信息。

港内船舶是指通常只在港湾区域内运行的拖船、驳运拖船、游览船、政府船只等。

### 2.5.2 获取基本信息

#### (1) 一般船舶

##### ① 船舶各要素

从利用港湾的船舶相关记录（港湾调查票及船舶明细表等）提取出必要事项，掌握港湾内船舶的出入港及停泊等情况。必要事项是指表 2.5-2 中所示项目，最好尽可能获取除去“搭载机构”以外的项目。

关于搭载机构，只要根据停泊时和航行时的运转机构不同，整理出各机构的用途即可。

表 2.5-1 展示了不同船型不同总吨位级别船舶数量的示例。

表 2.5-1 不同船型不同总吨位级别船舶数量的示例 （单位：艘）

船型	5~ 99t	100~ 499t	500~ 999t	1000~ 2999t	3000~ 5999t	6000~ 9999t	10000~ 29999t	30000~ 59999t	60000t ~
客船	0	548	0	0	0	0	2	0	0
轮渡	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全集装箱船	0	129	73	0	202	75	154	0	0
油轮	2,809	22,128	8,644	4,734	719	50	209	227	16
LNG 油轮	0	0	2	0	0	0	0	108	91
货船	476	31,377	3,875	2,121	1,697	426	1,255	138	238
渔船	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他	4,376	6,069	151	103	614	2	4	2	0
合计	7,661	60,251	12,745	6,958	3,232	553	1,624	475	345

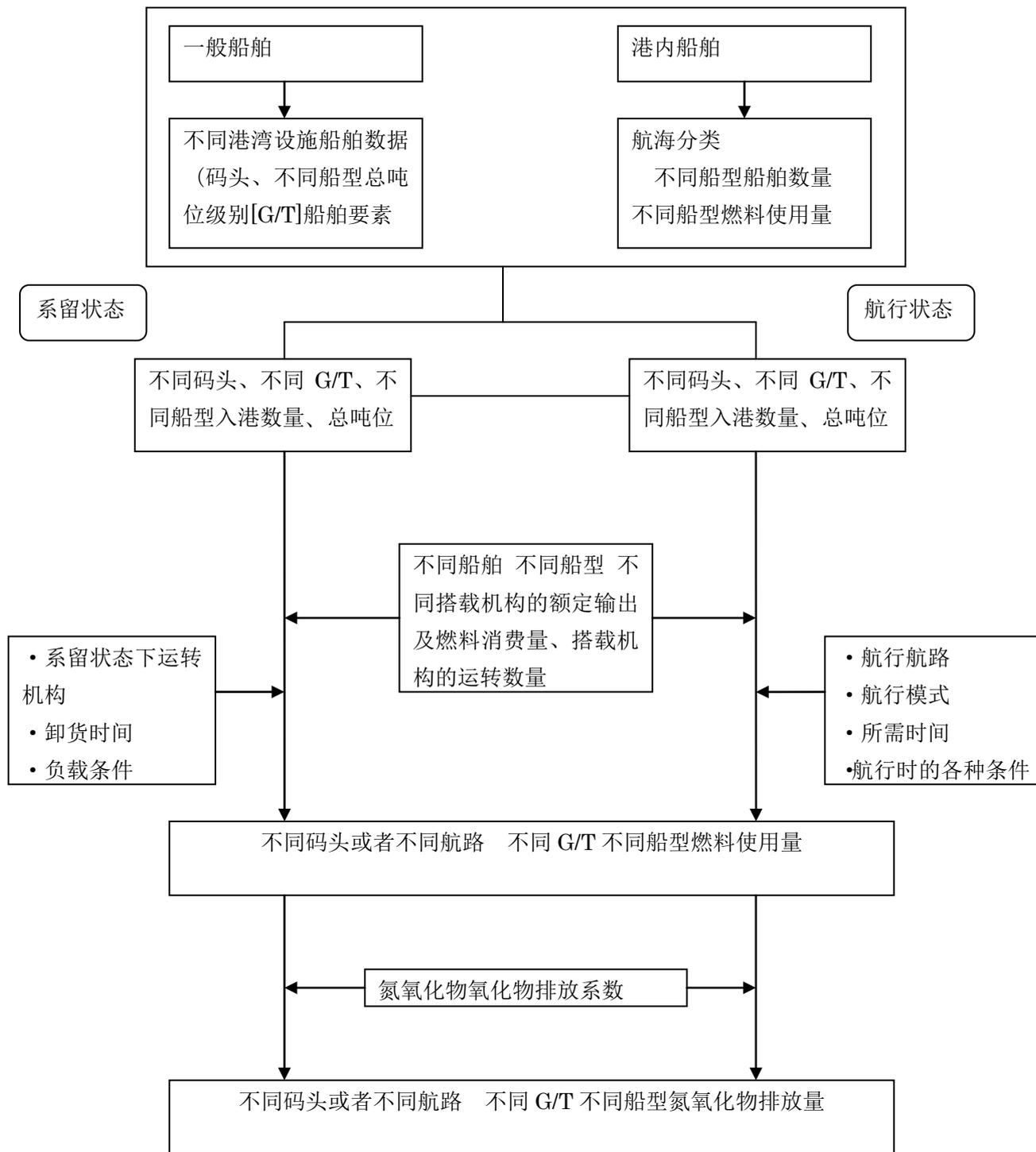


图 2.5-1 船舶氮氧化物排放量的计算流程

表 2.5-2 入港船舶相关的基本信息

出入港时间		港内转驳时间		船名	总吨位	货物种类	不同内外航线	不同航路	国籍	船型	入港目的	系留情况		目的和起运港		搭载机构				
																主机柴油机	辅机柴油机	主锅炉	辅助锅炉	
入港	出港	开始	结束									场所	时间	目的港	起运港	台数、型号 和输出	台数、型号 和输出	台数和燃 料消费量	台数和燃 料消费量	

如果无法获得搭载的主机柴油机和辅机柴油机的额定输出以及主锅炉和辅助锅炉的额定燃料消费量，有种方法是通过掌握实际情况来设置推算额定输出和燃料消费量的公式。

表 2.5-3 展示了柴油机机构的额定输出、锅炉的额定燃料消费量的示例，仅供参考。

表 2.5-3(1) 主机柴油机和辅机柴油机机构的额定输出示例

船型	主机柴油机机构的额定输出 (PS)	辅机柴油机机构的额定输出 (kW) 以及台数 (台)
客船	$7.9 X^{0.83}$	$1.5 X^{0.63} \times 3$
轮渡	$4.1 X^{0.95}$	$1.4 X^{0.70} \times 3$
集装箱船	$1.9 X^{0.97}$	$2.2 X^{0.60} \times 2$
油轮	$12 X^{0.70}$	$10 X^{0.37} \times 2$
货船	$19 X^{0.65}$	$7.7 X^{0.40} \times 2$
渔船	$73 X^{0.50}$	$13 X^{0.43} \times 3$
其他	$33 X^{0.61}$	$0.089 X \times 3$

注 X 为船舶的总吨位。

表 2.5-3(2) 主锅炉以及辅助锅炉的额定燃料消费量示例

船型	主锅炉的额定燃料消费量 (L/小时)	辅助锅炉的额定燃料消费量 (L/小时)
油轮 (总吨位大于等于 10 万)	$6.7 X^{0.58}$	—
油轮 (总吨位小于 10 万)	—	$0.29 X^{0.88}$
非油轮	—	$0.27 X^{0.67}$

注 X 为船舶的总吨位。

## ② 机构的用途以及运转状况

关于船舶的航行及停泊等各种状态下的机构运转状况 (负载率等)，通过从业界听取信息、上船考察等方式进行掌握。

港湾区域内船舶搭载机构的负载状况示例 (柴油机主机船) 如表 2.5-4 所示，仅供参考。

表 2.5-4 港湾区域内辅机柴油机机构、辅助锅炉的负载率示例

船型	停泊状态下非卸货时及港湾区域内航行时的负载率		停泊状态下卸货时的负载率		卸货时间与卸货时间/停泊时间之比 辅助锅炉
	辅机柴油机	辅助锅炉	辅机柴油机	辅助锅炉	
客船、轮渡、渔船	0.42(1)	0.48(全)	—	—	0
集装箱船	0.42(1)	0.48(全)	—	—	0
油轮	0.37(1)	0.19(全)	0.45(1)	0.76(全)	外航: 0.23 内航: 1
货船	0.42(1)	0.48(全)	0.46(2)	0.76(全)	外航: 0.23 内航: 1
其他	0.42(1)	0.48(全)	0.46(2)	0.76(全)	0

注 ( ) 内为运转台数。(全) 为全部运转。

## (2) 港内船舶

由于港内船舶难以一艘艘的调查其航行状况等，因此对业界（拖船事业协会、领航员协会、接驳同业会等）实施访谈，掌握各船型每月或者每年的燃料使用量的实际数据、使用燃料的种类、燃料中的硫磺成分等的实际状态。同时最好掌握航运状况等。

### 2.5.3 排放量等的计算

以下示范了船舶排放量计算方法中的一例。这是计算一般船舶每艘排放量的公式。

船舶排放量可以按照表 2.5-1 所示的不同船型不同吨位等级的排放量统计（分为停泊时和航行时）。

#### (1) 一般船舶每艘的排放量

##### ① 停泊时

##### 1) 辅机柴油机

$$\text{燃料使用量 (W: kg/艘)} = 0.17 P^{0.98} (A_1^{0.98} T_1 m_1 + A_2^{0.98} T_2 m_2)$$

$$\text{NOx 排放量 (m}^3\text{N/艘)} = 1.49 P^{1.14} (A_1^{1.14} T_1 m_1 + A_2^{1.14} T_2 m_2) / 1000$$

P: 额定输出 (PS/台)

A<sub>1</sub> 卸货时的负载率、A<sub>2</sub> 非卸货时的负载率

T<sub>1</sub> 卸货时间 (小时)、T<sub>2</sub> 非卸货时间 (时)

m<sub>1</sub> 卸货时的运转机构数量 m<sub>2</sub> 非卸货时的运转机构数量

##### 2) 辅助锅炉

$$\text{燃料使用量 (W: kg/艘)} = F (A_1 T_1 + A_2 T_2)$$

$$\text{NOx 排放量 (m}^3\text{N/艘)} = W n \cdot 22.4/46$$

F: 额定燃料消费量 (W: kg/艘时)

n: 氮氧化物排放系数 (例如: 0.0059 kg/kg)

##### ② 航行时

##### 1) 主机柴油机机构

$$\text{燃料使用量 (W: kg/艘)} = 0.21 \sum \{(P A_i)^{0.95} T_i\}$$

$$\text{NOx 排放量 (m}^3\text{N/艘)} = 1.49 \sum \{(P A_i)^{1.14} T_i / 1000\}$$

A<sub>i</sub> 各运行模式负载率

T<sub>i</sub> 各运行模式航行时间

i 运行模式

##### 2) 辅机柴油机机构

$$\text{燃料使用量 (W: kg/艘)} = 0.17 P^{0.98} A T m$$

$$\text{NOx 排放量 (m}^3\text{N/艘)} = 1.49 (P A)^{1.14} T m / 1000$$

A 航行时的负载率

T 航行时间

m 运转机构数量

##### 3) 辅助锅炉

$$\text{燃料使用量 (W: kg/艘)} = F A T$$

$$\text{NOx 排放量 (m}^3\text{N/艘)} = W n \cdot 22.4/46$$

(2) 港内船舶每艘的排放量

假设港内船舶上搭载的机构全部为柴油机机构，按不同船型通过以下计算公式求出年煤烟排放量。

燃料使用量 (W: kg/艘) = F A T

NO<sub>x</sub> 排放量 (m<sup>3</sup>N/艘) = W n 22.4/46

F: 额定燃料消费量 (W: kg/艘时)

n: 氮氧化物排放系数 (kg/kg)

### 3. 目标年发生源的掌握

目标年的发生源条件是用于预测对象地区将来的氮氧化物相关的大气环境状态，并就今后的氮氧化物削减措施进行讨论得到的最基本的信息。必须密切注意今后的经济活动及能源的供需体制，同时对社会性、经济性状况的变化进行定量，以便能够设定恰当的发生源条件。

以下说明掌握目标年发生源条件的方法。

掌握与将来的发生源条件相关的社会性、经济性状况的变化时，除了利用对象地区的综合开发计划和基本计划中明示的社会经济活动相关的指标推移外，最好还要对氮氧化物相关的工厂、事业场所的未来新增规划、影响大气环境的各种规划（城市规划、交通规划、港湾规划、废弃物处理规划、污水设施整備规划等）进行研究。

#### 3.1. 工厂、事业场所

##### (1) 掌握发生源条件的相关思路

关于工厂、事业场所相关的目标年发生源条件，最好获取以下 1)~3) 项目相关的信息，研究之后确定方针，尽可能在误差少的范围内进行设定。

- 1) 各个工厂、事业场所的作业规划、原料燃料使用规划、煤烟发生设施的运转规划等
- 2) 对象地区的工业出货额等经济指标的前景预测或燃料供需动向
- 3) 新开发等规划

其中，主要工厂、事业场所最好个别掌握前景规划等上述 1) 的信息。拥有大型煤烟发生设施的工厂、事业场所原则上需要个别根据的煤烟发生设施等未来规划，掌握其额定（通常最大）能力、运转条件，设定氮氧化物排放条件等。

此时，最好确认设施有无新增或更新、当前处于预备或停止状态的设施未来有无运转规划、燃料有无更换规划。

如上所述，个别掌握的发生源条件也最好从前述 2) 的观点出发，研究是否与社会统计指标等之间存在很大不一致。

另一方面，中小型工厂、事业场通常难以通过个别调查等方式来掌握前景规划和设定氮氧化物的发生源条件，因此，这种情况下，可运用相关基本规划等中使用的工业出货额、燃料使用量等指标，根据增长率及限额，来推算将来的发生源条件。

对今后工厂、事业场的选址前景等也最好加以掌握，必要时，还要对目标年以后数年间的开发规划及选址规划进行较为准确的了解。

##### (2) 关注事项

###### ① 未来作业条件的设定

对于目标年的发生源条件，需要研究每季（期）的设施作业条件，设定每个烟囱的氮氧化物排放条件等，在难以从工厂、事业场掌握目标年的个别详细信息时，可将目前的运转条件等作为参考，进行推算。

###### ② 未来排放系数的思路

有关氮氧化物相关的煤烟浓度及排放系数，对于今后在目标年之前基本明确会采取措施的设施，可将效果作为前提。另外，有关目标年之前明确会执行的排放基准，需要切实评估其效果。另一方面，这些以外的设施最好使用目前的排放系数。但需要考虑到，根据煤烟发生设施等的种类，有些设施的浓度等排放条件会随着运转率的变动而变动。

③ 未来框架的执行方法

使用相关指标的增长率及框架推算目标年的发生源条件时，最好如下通过细分指标值等，来设定恰当的指标。

- 1) 根据煤烟发生设施的种类进行分类。
- 2) 根据工种进行分类。
- 3) 根据工厂、事业场所的规模进行分类。
- 4) 将工厂和事业场所加以区分。

设定目标年的发生源条件时的基本信息等可参考表 3.1-1。

表 3.1-1 掌握目标年发生源条件所需的基本信息举例

相关调查、计划	调查内容
针对工厂、事业场所的目标年相关实际情况调查	1) 设施的运转规划 2) 各个设施的原料燃料使用状况、氮氧化物的排放状况等 3) 设施的新设、更新、废止及停止的规划 4) 燃料的转换规划、节能规划 5) 其他生产规划等
基本规划	1) 地区的工业出货额 2) 地区的人口、员工数 3) 地区的燃料使用量
替代能源规划、能源预测	1) 地区的燃料供需预测 2) 节能预测
废弃物处理规划	1) 普通废弃物焚烧工厂的建设规划 2) 废弃物的焚烧量
下水道整治规划	1) 终端处理场的建设规划 2) 污泥的焚烧量
城市规划	1) 工业用地的修建规划 2) 有关用途地区的规划
港湾规划	1) 港湾开发

### (3) 节能

减少从煤烟发生设施排放的氮氧化物的方法可以有几种，如在燃烧产生氮氧化物的过程中，减少燃料中含有的氮成分；或对燃烧法进行改善，以减少燃烧过程中产生的氮氧化物；又或者减少投入的燃料量，由此来减少氮氧化物的排放量。

即使氮氧化物浓度相同，如果能够减少为获取必要的锅炉输出而使用的燃料量，就可以减少氮氧化物的排放量。减少使用燃料量就可以实现节能。节能是解决由二氧化碳引起的地球变暖的措施，同时也是解决由于消耗热能所引起的环境问题的技术性措施之一，具有重要意义。

节能有好几种方法，低空气比燃烧和排热回收比较有效。

低空气比燃烧是减少过剩空气量，尽可能以接近理论空气量的空气比燃烧，提高燃烧节减率的方法，其结果，氮氧化物排放量会减少。

排热回收是将废气的热量用供水预热的方式回收，通过降低废气温度节约燃料的方法。对废气温度高的锅炉，有望通过排热回收节约燃料。

### 3.2. 汽车

#### (1) 有关掌握发生源条件的思路

计算目标年的汽车排放量等时，应对相关规划的交通网及交通量额度等进行适当评估，然后纳入基准年的道路网络，设定目标年的排放系数后，计算排放量。

- 1) 对相关规划的框架做出适当评估后，利用该评估，对整个地区行驶量的推移做出预测。
- 2) 既有道路的行驶量要以基准年的干线道路行驶量为基础，注意尽可能反映各道路拥有的车辆构成及时间行驶系数等特性，最终根据将 1) 考虑在内的整个地区的行驶量，来进行适当的推算。
- 3) 目标年各种车型的氮氧化物排放系数要考虑“汽车废气控制”的动向来设定。

#### (2) 道路相关基础信息的完备

以基准年的道路信息为基础，补充标准变更、新设道路等信息。这些信息是根据更广范围地区的各种规划确定，因此，最好通过这些规划获取有关未来年份道路网的基础资料。有关未来道路网的规划如下所示。

- 1) 道路整治规划
- 2) 城市规划（城市设施的配置等）
- 3) 港湾规划

#### (3) 干线道路的行驶量

干线道路行驶量的推算采用目前的交通量或行驶量乘以增长率的方法。该方法是用目前的交通量或行驶量乘以增长率来计算未来交通量（行驶量），增长率可从道路整治规划等中了解增长率、交通量（行驶量）的过去推移数据，通过对这些数据的解析来取得。

难以计算不同车型、不同时间段变动、日期变动等各系数时，使用基准年设定的值。

#### (4) 排放系数的设定

##### ① 不同车型不同年限的排放系数公式

考虑氮氧化物相关的废气控制，以基准年制定的废气系数为基础，设定目标年的排放系数。

##### ② 不同废气控制类别的车型构成

通过解析在设定基准年构成比中所使用的资料的经时数据，设定目标年的车型构成比。实施使用车型控制时，要注意车型构成的变化。

### 3.3. 船舶

#### (1) 掌握发生源条件的基本思路

船舶的发生源条件的推算以目标年的港湾未来蓝图为基础。掌握系留设施及航路的新增和变更等港湾功能的未来规划非常重要。

这些相关信息一般可以通过港湾规划掌握。通过港湾规划推测港湾的未来蓝图时，需要从港湾部门等充分掌握实际情况，如相关事业的进展等。

目标年的讨论事项为以下项目：

- 1) 入港船舶数量、
- 2) 港湾货物处理量等的推移

这些基本上以港湾规划中展示的数值为基础，不过，如果港湾规划制定后已经过了相当长的时间等，则需要通过港湾统计资料等掌握这些数据的推移并考虑实际形势。

港湾统计资料设想为记载了港湾出入港船舶的不同船型数量、总吨位、处理货物量等相关统计值的资料。

#### (2) 注意事项

##### ① 利用港湾规划以外的未来框架资料时

如果通过港湾规划以外的资料推算港湾货物处理量，除了港湾统计资料等之外，也可使用地区经济指标等。特别是工业港，在工厂、事业场所未来的作业和运转规划、选址规划与港湾货物处理量之间注意保持一致。

关于港内船舶的出入港船舶数量的推算，尽量通过对于相关业界等的访谈来掌握。

##### ② 排放系数的设定

排放系数以及其他排放量等的计算方式必须与基准年相同。

## 4. 工厂、事业场所的控制方法

### 4.1. 氮氧化物总量控制基准例

#### 4.1.1 基本思路

日本所采用的针对特定工厂等单位的氮氧化物的总量控制基准有原料燃料使用量方式(A)和基础排放量推算方式(B)两种。

特定工厂等单位是指将工厂、事业场所氮氧化物排放设施中使用的原料及燃料量换算成的重油量后,超出都道府县知事规定的1~10kL/h规模的工厂、事业场所,且氮氧化物排放量占地区内的工厂、事业场所排放量的80%以上。

#### 原料燃料使用量方式(A)

这是以特定工厂等单位中设置的、所有氮氧化物相关的煤烟发生设施所使用的原料燃料量为基础,进行计算的方式。原料燃料使用量的重油换算量大致与氮氧化物排放量成比例。

日本的“横滨市、川崎市等”采用此方式。

#### 基础排放量计算方式(B)

这是以特定工厂等单位中设置的、所有氮氧化物相关的煤烟发生设施的废气量乘以各个煤烟设施种类的设施系数后的合计量作为基础,进行计算的方式。这种方式认为氮氧化物排放特性因设施而异、着眼于各个设施规定了控制值,控制中反映了设施的特性。日本的“东京都特别区等”和“大阪市、堺市等”采用此方式。

#### (1) 原料燃料使用量方式

基本式如下所示。

$$Q = aW^b$$

Q : 容许排放的氮氧化物量 (m<sup>3</sup>N/h)

a : 为达到削减目标量,都道府县知事规定的常数

b : 在大于等于0.8、小于1.0的范围内,都道府县知事规定的常数

W : 将原料燃料使用量换算成重油的量 (kL/h)

将基本式用图表示,则如图4.1-1所示。上述系数a、b的思路中,随着原料燃料的重油换算量的增加,容许排放量的增加率的曲线呈减少状。图4.1-1中,工厂A的原料燃料使用量为W<sub>A</sub>时,容许排放量计算为Q<sub>2</sub>,现状氮氧化物排放量为Q<sub>1</sub>,大于Q<sub>2</sub>时,需要削减到Q<sub>2</sub>。

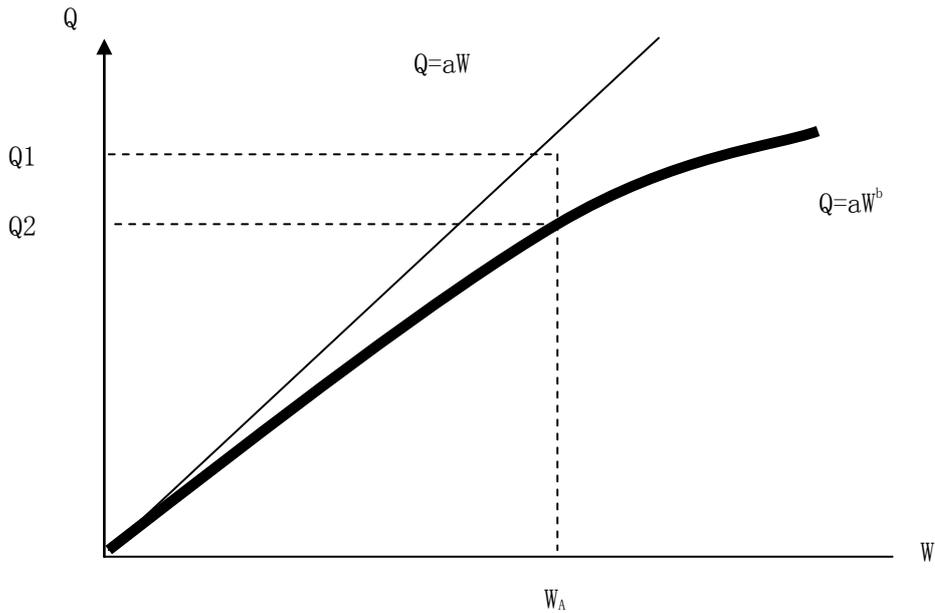


图 4.1-1 原料燃料使用量方式

(2) 基础排放量计算方式

基本公式如下所示。

$$Q = k (\sum C \cdot V)^L$$

Q : 容许排放的氮氧化物量 (m<sup>3</sup>N/h)

k : 为达成削减目标量, 由都道府县知事制定的不到 1.0 的削减常数

L : 都道府县知事制定的大于等于 0.8、小于 1.0 的范围内的常数

V : 氮氧化物排放设施的废气量 (万 m<sup>3</sup>N/h 残存氧浓度 0%换算、干燥)

C : 各种排放氮氧化物设施中由都道府县知事制定的设施系数

( $\sum C \cdot V$ )<sup>L</sup>: 表示特定工厂等单位氮氧化物的基础排放量。可以认为与削减前的“含有量”大致相当。

用图来表示基本公式的话, 如图 4.1-2 所示。即, 根据一定的削减率, 由基础排放量 ( $\sum C \cdot V$ )<sup>L</sup> (与削减前的排放量大致相当) 进行削减。

图 4.1-2 中, 相对工厂 A 的 ( $\sum C \cdot V$ )<sub>A</sub>, 基础排放量为 Q<sub>0</sub>, 根据氮氧化物的排放控制, 现状的排放量也有可能为低于 Q<sub>0</sub> 的 Q<sub>1</sub>。但是, Q<sub>1</sub> 比容许排放量 Q<sub>2</sub> 还多时, 要削减到 Q<sub>2</sub>。

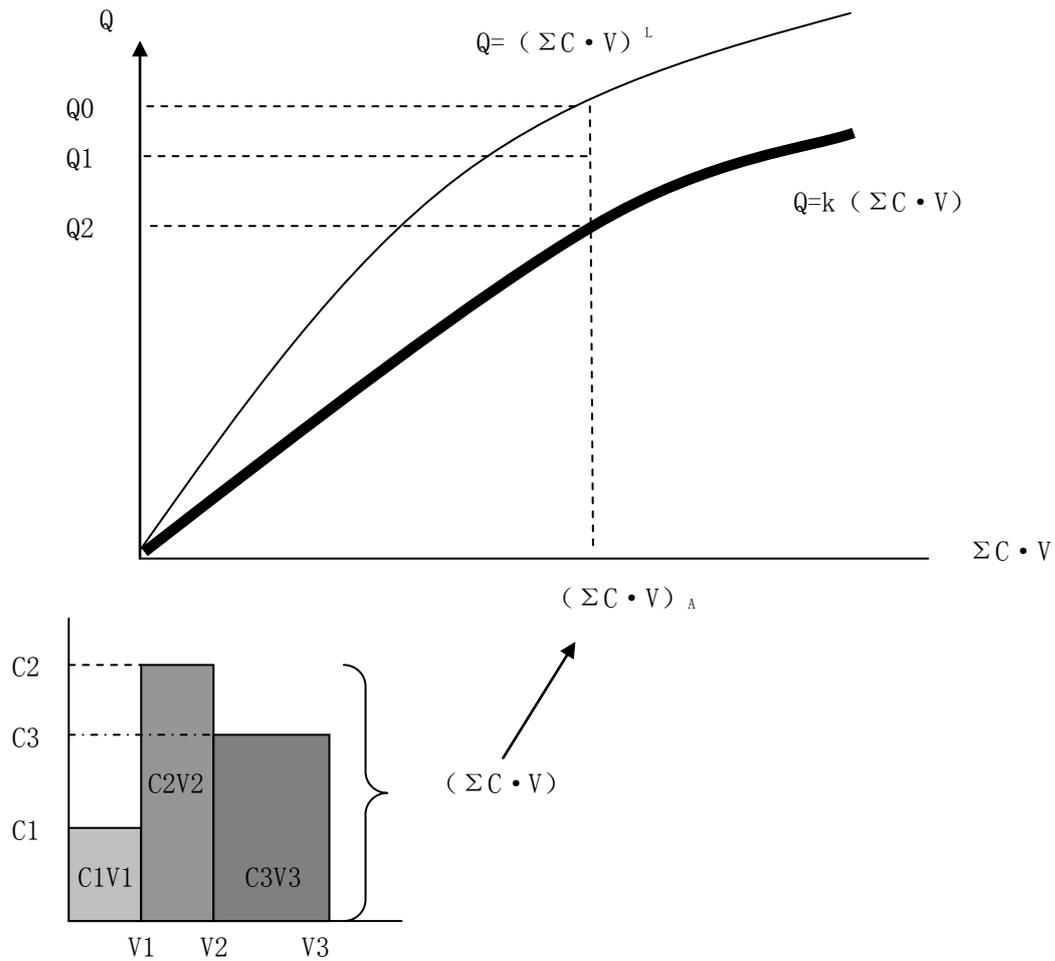


图 4.1-2 基础排放量计算方式

(3) 有关总量控制基准设定的注意事项

总量控制基准  $W$  和  $V$  值为相应设施进行额定运转时的数值。根据设施的作业条件和运转条件， $W$  和  $V$  值在通常时和额定时被允许有差异，用额定时的  $W$  和  $V$  值计算的基准值不合理时，可根据适当期间的实际情况等，采用通常运转时的  $W$  或  $V$ （通常运转时的最大）计算。

(4) 重油换算方法

在日本，将原料燃料使用量换算为重油的方式规定如下。

表 4.1-1 原料使用量的重油换算方式（日本）

对象设施	重油量
焙烧炉	左列设施中，假设处理 1 吨原料时会产生 X 的氮氧化物，用重油专烧锅炉燃烧 1 公升重油会产生 Y 的氮氧化物时，1 吨原料即相当于 Y/X 公升重油。
烧结炉	
转炉或平炉	
触媒再生塔	
电炉	
废弃物焚烧炉	
HCL 反应、吸收设施	
HNO <sub>3</sub> 制造设施	
其他热源为电气的设施	

表 4.1-2 燃料使用量的重油换算方式（日本）

	燃料的种类	燃料量	重油量(单位:升)
1	原油 轻油	1 升	0.95
2	石脑油 灯油		0.90
3	煤炭	1 公斤	0.30~0.80
4	液化天然气		1.3
5	液化石油气		1.2
6	城市燃气		0.33~1.3
7	其他燃料	1 升(固体燃料 或气体燃料时为 1 公斤)	发热量与每升(固体燃料或气体燃料时为 1 公斤)燃料相当的重油量

注 固体燃烧锅炉、氧化铝煅烧炉、水泥烧结炉、玻璃熔融炉、焦炭炉等排放特性与重油锅炉不同，需要根据设施的排放特性进行换算。

(5) 特别总量控制基准（新增设施时）

针对新设置了煤烟发生设施的特定工厂等单位或新设置的特定工厂等单位，规定了代替（1）、（2）的总量控制基准的适用基准。其目的是为了确保总量控制指定地区的环境基准，并考虑到对新增设施能采用最新的公害防止技术。

① 原料燃料使用量方式

$$Q = aW^b + r a \{ (W + W_i)^b - W^b \}$$

$r$  : 在 0.3~0.7 的范围内规定的数值。 $r$  值越小越严格。

$W_i$  : 规定日之后设置在特定工厂等单位的氮氧化物排放设施中使用的原料燃料使用量的重油换算量

② 基础排放量计算公式

$$Q = k (\sum C \cdot V + \sum C_i V_i)^L$$

$C_i$  : 针对规定日之后设置在特定工厂等单位的氮氧化物排放设施, 为各个种类规定的设施系数。以  $C$  值为上限值, 在  $C$  值和国家规定的下限值范围内设定。

$V_i$  : 规定日之后设置在特定工厂等单位的各个氮氧化物排放设施的废气量 (万  $m^3N/h$  残存氧浓度 0%换算、干燥)

③ 注意事项

有关基本公式中的  $r$  或  $C_i$  值, 需要对今后氮氧化物相关的煤烟发生设施的新增计划、新增煤烟发生设施的氮氧化物减排措施技术状况等进行准确的掌握、评估, 在此基础上进行规定。

由于特定工厂等单位相关的削减目标量在目标年之后也需要维持, 所以在目标年之后对于有明确新增计划的工厂·事业场所、煤烟发生设施等也需要有准确的了解。

#### 4.1.2 总结

对原料燃料使用量公式和基础排放量计算公式进行比较和整理后, 结果如表 4.1-3 所示。

表 4.1-3 总量控制基准公式的比较

	原料燃料使用量方式 (A)	基础排放量计算方式 (B)
基准公式	既有 $Q=a \cdot W^b$ 新设 $Q=a \cdot W^b + r \cdot a \{ (W+W_i)^b - W^b \}$	既有 $Q=k \{ \sum (C \cdot V) \}^L$ 新设 $Q=k \{ \sum (C \cdot V) + \sum (C_i \cdot V_i) \}^L$
名称	原料燃料使用量公式	基础排放量计算公式
符号的含义	Q:容许排放的 NO <sub>x</sub> 的量 (m <sup>3</sup> N/h) a:用于确保削减目标量的常数 b:在 0.8~1.0 范围内,由知事规定的常数 W:既有设施的原料燃料使用量 (kL/h) r:在 0.3~0.7 范围内,由知事规定的常数 W <sub>i</sub> :新设施的原料燃料使用量 (kL/h)	Q:容许排放的 NO <sub>x</sub> 的量 (m <sup>3</sup> N/h) k:用于确保削减目标量的常数 L:在 0.8~1.0 范围内,由知事规定的常数 C:既有设施的设施系数 V:既有设施的废气量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> N/h、残存氧浓度 0%换算、干燥) C <sub>i</sub> :新设设施的设施系数 V <sub>i</sub> :新设设施的废气量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> N/h、残存氧浓度 0%换算、干燥)
内容	本方式着眼于将氮氧化物相关的煤烟发生设施中使用的原料燃料使用量换算成的重油量大致与氮氧化物的排放量成比例。W 的换算在环境厅告示中指示了基本方法,由知事据此进行规定。	本方式着眼于各种煤烟发生设施的氮氧化物排放特性等存在差异,以及根据煤烟发生设施的种类而设定氮氧化物排放基准的过程。 设施系数在环境厅告示中以一定的范围指示,由知事在该范围内规定。
优点	1.基本上与 SO <sub>x</sub> 总量控制公式相同。 2.NO <sub>x</sub> 排放量和原料燃料使用量成正比关系的设施多时,具有效果。	1.大气污染防治法和基准公式都着眼于各个设施的排放浓度,所以容易理解。 2.设施种类多,且每个该种类的数量也多时,可以准确地取得设施之间的平衡。
缺点	1.NO <sub>x</sub> 排放量因设施种类存在差异,所以难以准确地获取平衡。 2.有可能与 SO <sub>x</sub> 总量控制公式混淆。	在环境厅告示中,设施系数按各个设施指示了一定范围,需要在该范围内分别规定设施系数,因此要研究各个设施的减少技术、进行设施间的调整、认定额定废气量等,作业量增加。

出处:《关于氮氧化物总量控制》1983年1月 大阪府

注 1.原则上该设施以最大限度进行运转、作业时也应遵守容许排放量。

2.总量控制 3 地区的基准公式的系数如下所示。

东京都特别区等	k=0.51, L=0.95	特定工厂 W≥4
横滨市、川崎市等	a=1.37, b=0.95	特定工厂 W≥1
大阪市、堺市等	k=0.6, L=0.95	特定工厂 W≥2

## 4.2. 有关川崎市工厂等的氮氧化物措施

### 4.2.1 总量控制地区

由于川崎市地区根据大气污染防治法实施令被指定为氮氧化物总量控制地区，所以适用神奈川县知事规定的氮氧化物总量控制基准。在川崎市地区，始终都要利用发生源的大气自动监视系统，从监视对象工厂收集硫氧化物浓度、氮氧化物浓度、燃料使用量、氧浓度等数据，掌握各个工厂的排放量及常时监视总量控制基准的遵守情况。

### 4.2.2 氮氧化物措施的变迁

川崎市除了被指定为总量控制地区外，它本身还在推进防公害措施。1972年公布了《川崎市公害防止条例》，针对防止大气污染方面的健康条件，制定了有关二氧化硫、氮氧化物（二氧化氮）及粉尘（浮游粒子状物质）的环境目标值，为了达成该目标值，采取了控制措施。

1974年在工厂、事业场所引进了氮氧化物总量控制，并于4年后的1978年开始实施，以中间目标值（作为当前措施的目标值）0.04ppm（日平均值）为目标。然而，由于没有达成中间目标值，1980年进行了总量控制的调整（强化），并于1985年在一般环境中达成了中间目标值。

之后，川崎市因汽车公害引起的大气污染也变得严重，在汽车措施被作为重点的背景下，1999年废止了川崎市公害防止条例，制定了《有关川崎市公害防止等生活环境保护的条例》（以下称市条例），对氮氧化物总量控制基准进行了部分调整并运用综合性总量削减公式设定了粒子状物质控制基准，同时，设定了措施目标值（与国家环境基准相同）取代中间目标值，并规定了目标达成年。表4.2-1中显示了目标值和目标年。

表 4.2-1 二氧化氮和浮游粒子状物质的目标值、目标年

措施 \ 年度	2005年~2010年
二氧化氮	2005年~2010年，尽可能早地达到环境基准。
浮游粒子状物质	2005年~2010年，尽可能早地在一般环境监测站达到环境基准。
备注	2005年度对环境浓度的改善状况及措施的改进状况进行检查、评估，并适当进行调整。

#### 4.2.3 市条例中氮氧化物控制的概要

从事业所的排烟发生设施排放的氮氧化物的容许限量规定如下。

- 新设事业所和既有事业所分别进行了设定。
- 以事业所的所有排烟发生设施的年使用热量为基础进行了设定。
- 有规定一天的容许排放量的日控制基准和规定一年的容许排放量的年控制基准。
- 例如，新设事业所拥有锅炉等条例对象（也是大气污染防治法对象）的燃烧设施时，日控制基准规定为使用热量每  $10^5$  千焦耳 3.8g 以下，年控制基准按以下公式规定。

$$\text{容许限度 } Q = \sum Q_i$$

$$Q_i = \alpha \times \beta \times H$$

Q: 一年容许排放的氮氧化物量（吨/年）

$Q_i$ : 不同排放类别的氮氧化物量（吨/年）

$\alpha$ : 单位使用热量的氮氧化物量的系数（吨）=0.463

$\beta$ : 不同排放类别的系数=0.7

H: 所有条例对象燃烧设施的年使用热量（ $10^{10}$  千焦耳/年）

#### 4.2.4 基于综合性总量削减公式的粒子状物质控制的概要

浮游粒子状物质（粒径  $10 \mu\text{m}$  以下）分为两种，一种是从生成过程起就包含在工厂、事业场所及汽车等废气中的 1 次粒子（煤尘、柴油机排气粒子），另一种是放出时为气体的硫氧化物、氮氧化物、氯化氢在大气中反应生成的 2 次生成粒子。可以说是包含了各种污染物质的复合型大气污染物质。

市条例中将“煤尘及由硫氧化物、氮氧化物及氯化氢生成的粒子状物质”定义为“粒子状物质”，由以下公式表达。

粒子状物质排放量 = 煤尘排放量 + 2 次生成粒子排放量

2 次生成粒子排放量 =  $x \times$  硫氧化物排放量 +

$y \times$  氮氧化物排放量 +  $z \times$  氯化氢排放量

$x$ 、 $y$ 、 $z$  为通过大气扩散模拟模型计算得出的常数。

控制方式采用年控制基准方式，用以下公式规定基准值。

$$Q = \sum Q_i + 0.094 \times Q_n$$

Q: 一年中容许排放的粒子状物质的量（吨/年）

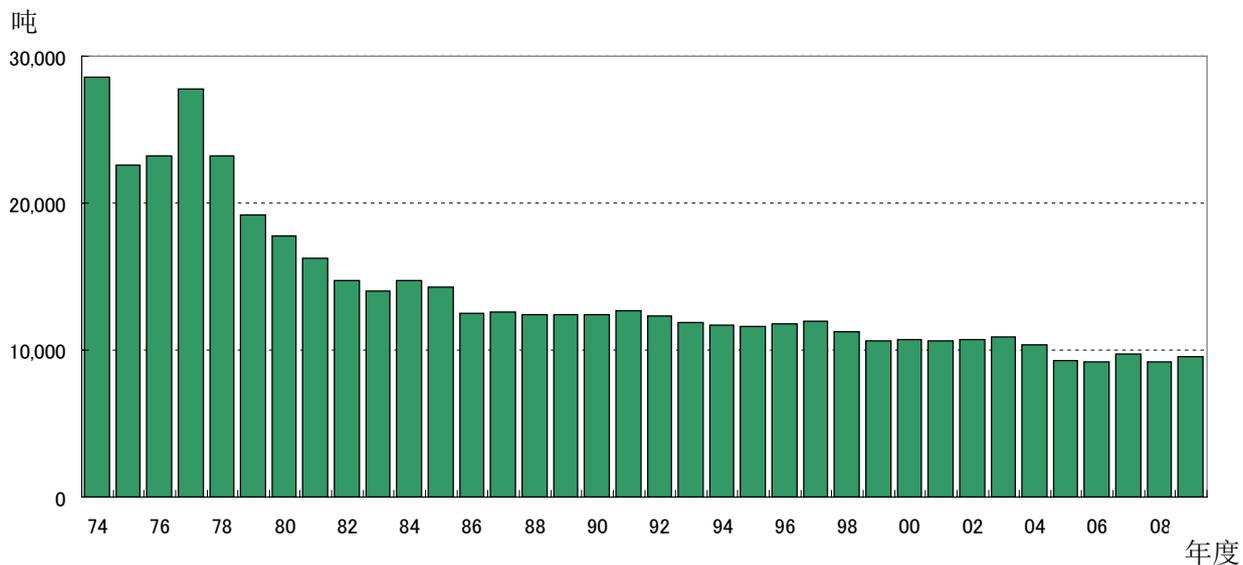
$Q_i$ : 不同排放类别的粒子状物质的量（吨/年）

$Q_n$ : 氮氧化物的年控制基准（吨/年）

事业所为了能使上述粒子状物质排放量达到控制基准，必须判断在煤尘、硫氧化物、氮氧化物、氯化氢这 4 种物质中，哪种物质要削减到哪种程度，并实施削减措施。由于各个事业所排烟处理装置的设置状况及使用燃料等不同，削减物质的选择就需要依靠事业所方面的判断。像这样，综合性总量削减方式的特点是事业所可以选择要削减的物质和方法。

#### 4.2.5 工厂、事业场所的氮氧化物排放量的推移

川崎市工厂、事业场所的氮氧化物排放量在 1974 年度约为 28,600 吨，2009 年度减少到了约 9,600 吨。



注 申报对象的事业所数约为 500、设施数约为 1700。

图 4.2-1 工厂、事业场所的氮氧化物排放量的推移 (川崎市內)

#### 4.2.6 有关氮氧化物的大气环境措施

2010 年度，基于市条例规定的《关于减轻环境负荷的方针》被修改，针对属于大气污染防治法对象的煤烟发生设施，即锅炉、燃气轮机等部分设施，设定了作为代表性燃烧设施的环境性能的目标浓度。

表 4.2-2 代表性燃烧设施的环境性能 (指针值)

设施分类	氮氧化物排放浓度
发电锅炉	小于等于 10ppm
锅炉 (发电以外)	小于等于 30ppm
吸收冷热水器	小于等于 40ppm
燃气机	小于等于 30ppm
燃气轮机	小于等于 5ppm

- 注 1 以新设的煤烟发生设施 (大气污染防治法对象) 为对象  
 2 燃气轮机按  $O_2=16\%$  换算，除此以外换算值为 0%  
 3 氮氧化物排放浓度 (指针值) 是根据市内各种设施实际排放浓度设定，属于分布较前的浓度水准。

## 5. 削减效果的定量方法

削减氮氧化物排放量相关的各种措施大致分为工厂·事业场所、小发生源群等固定发生源措施和汽车、船舶等移动发生源措施，其中在地区排放量中比例较高的工厂及汽车的措施占据主要地位。

通过各种措施的实施定量削减效果的方法是根据由专业机构提供的各种措施的实施计划及通过措施实现的削减率，计算采用该措施的工厂的削减量，将其作为削减后的发生源数据输入到大气扩散模拟模型中后，比较预测的大气环境浓度和大气环境基准。

### 5.1. 工厂、事业场所

#### (1) 削减模拟例

氮氧化物的总量控制是用于针对一定规模以上的工厂、事业场所（特定工厂等）控制氮氧化物排放量的制度。使用了针对此特定工厂等的原料燃料使用量方式的削减模拟例如下所示。

$Q=aW^b$  中，将 A 逐步（5 种情况）从 2.0 减少到 0.9，以工厂、事业场所为单位进行统一削减。为各种情况实施适当的模拟，计算环境目标值超出网格数的比例。表 5.1-1 为将工厂、事业场所的氮氧化物排放量进行了统一削减时对模拟结果的总结，将基准年的超过环境目标值的网格数设为 100 时，采取措施前为 79， $a=0.9$  时，下降到了 33。

表 5.1-1 工厂、事业场所削减后的环境目标值超出比例

	基准年	目标年					
		措施前	A	B	C	D	E
			a=2.0	a=1.4	a=1.2	a=1.0	a=0.9
削减对象 工厂的 NOx 排放量（千 吨）	56	53	48	45	43	41	40
基准年超 出网格数 的指数	100	79	45	39	37	36	33

注 以《千叶县 氮氧化物对策专门委员会报告书》

（1981 年 4 月 氮氧化物对策专门委员会）中揭示的表为基础制作。

为了尽可能实现这一削减量，需要对氮氧化物排放设施实施可适用的措施，进行推算氮氧化物削减量的作业。但上例由于工厂、事业场所都一律做了削减，所以要注意在排放氮氧化物设施中为相同数值。为了以设施为单位变更削减率，可利用基础排放量计算公式。

(2) 非特定工厂的工厂、事业场所

关于氮氧化物，其发生源复杂且涉及面广，因此，为了改善环境浓度，不仅需要特定工厂进行总量控制，还需同时针对汽车及特定工厂之外的工厂、事业场所采取削减措施等各种措施。

一种有效的措施为：在氮氧化物削减量与燃料使用量成比例的前提下，根据燃料使用量的推移以及通过各种调查资料考虑节能措施的实际数据和今后的效果等，采取节能措施。节能措施可以考虑按照下述步骤推行。

- 1) 在以现有设备为前提、强化能源管理的阶段，主要致力于改善作业条件
- 2) 需要小规模的投资，进行部分设备改进，以期有效利用废气等
- 3) 需要大规模的投资，进行以节能为目的的新工艺开发、设备的根本性改造等

(3) 氮氧化物措施和削减量的计算

氮氧化物根据生成过程分为 Thermal（热量的）NO<sub>x</sub> 和 Fuel（燃料）NO<sub>x</sub>。

- Thermal NO<sub>x</sub>            由空气中的氮和氧在高温状态下结合生成
- Fuel NO<sub>x</sub>             由燃料及原材料中含有的氮氧化物燃烧时氧化生成

Thermal NO<sub>x</sub> 的生成因子被认为是氧浓度、燃烧温度、以及燃烧气体的高温停留时间。氮氧化物措施的基本方法是针对这些生成因子 1) 控制 NO<sub>x</sub> 生成、2) 减少废气量、3) 去除产生的 NO<sub>x</sub> 等。

- 1) 要控制 NO<sub>x</sub> 生成，有降低燃料中的氮分含有率（燃料的优质化）、将氧浓度控制在低位、降低燃烧温度、缩短高温带的停留时间等手段。
- 2) 要减少 NO<sub>x</sub> 排放量，有通过调整锅炉运转管理及推进节能等来减少废气量的手段。
- 3) 要去除产生的 NO<sub>x</sub>（排烟脱硝），有对产生的废气中的氮氧化物进行去除、脱硝的手段。

工厂、事业场所的设施中实施了上述措施时，1) 和 3) 将被定量为废气浓度的减少，2) 将被定量为废气量的减少。

来自排放氮氧化物设施的氮氧化物排放量根据以下公式计算。

氮氧化物排放量 (m<sup>3</sup>N/h) = 氮氧化物的排放浓度 (ppm) × 干燥废气量 (m<sup>3</sup>N/h) × 10<sup>-6</sup>

因此，1) 和 3) 措施中的氮氧化物削减量根据以下公式计算。

氮氧化物排放量的削减量 = (采取措施前的氮氧化物浓度 - 采取措施后的氮氧化物浓度) × 干燥废气量

2) 措施中的氮氧化物削减量根据以下公式计算。

氮氧化物排放量的削减量 = 氮氧化物浓度 × (采取措施前的干燥废气量 - 采取措施后的干燥废气量)

关于氮氧化物的排放浓度、干燥废气量的测定场所，如果设施中连接着处理设施，则在处理设施之后的烟道中进行测定。

下例中，工厂、事业场所有 4 个设施，处理设施与烟囱的连接如图 5.1-1 所示，展示了这种情况下的排放浓度和废气量的测定地点。

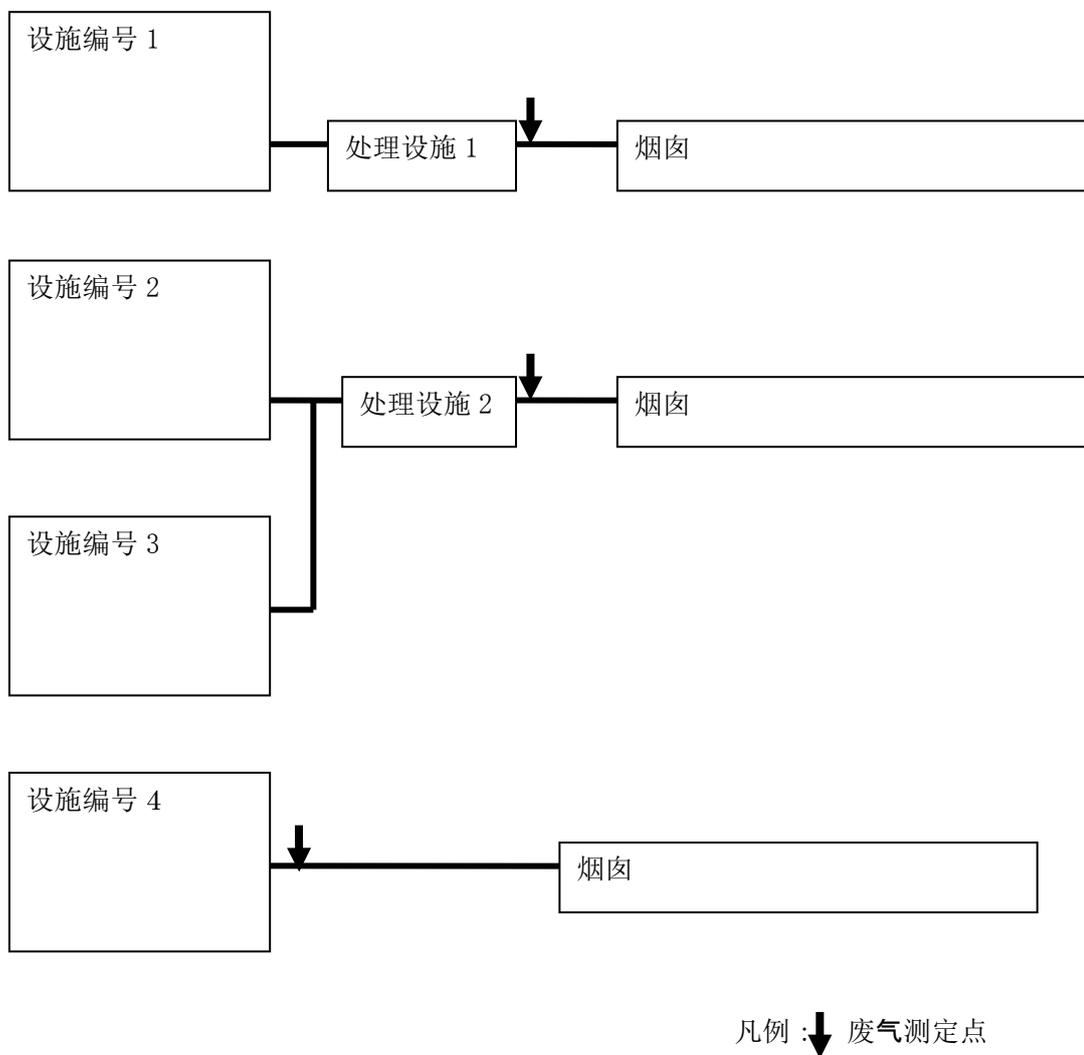


图 5.1-1 排放浓度、废气量的测定点

## 5.2. 横滨市的实践事例

以横滨市提供的资料为基础，说明进行浓度预测的事例。

### (1) 方法的概要

由于大气环境基准是围绕二氧化氮而制定，所以实施了氮氧化物相关的大气扩散计算，然后换算成了二氧化氮浓度。

#### ① 基准年

- 计算基准年氮氧化物的排放量，制作发生源数据。
- 将基准年的气象条件和发生源条件输入大气扩散模拟模型中，构建可再现基准年监测站氮氧化物浓度的模型。
- 利用二氧化氮变换模型，通过氮氧化物计算基准年监测站和网格的二氧化氮浓度。

#### ② 目标年

- 计算目标年氮氧化物的排放量，制作发生源数据。
- 将目标年发生源数据及和基准年相同的气象条件输入大气扩散模型，计算目标年的氮氧化物浓度。
- 利用二氧化氮变换模型，通过氮氧化物计算目标年的二氧化氮浓度。

#### ③ 目标年的措施

- 考虑各项氮氧化物排放量削减措施的难易度或预计可以实现的年份等，制定 2~3 例削减措施方案，重复和②相同的步骤。
- 在监测站或网格中寻找达成环境目标值所必需的各个发生源的氮氧化物削减量。

### (2) 基准年和目标年的确定

基准年要选择制作发生源所需数据已完备的年度，目标年是制定了未来规划框架的年度。

### (3) 数据收集

氮氧化物模拟作业的大部分是用于对大气环境和发生源相关的数据进行收集和加工。在这些数据中，最好对不存在的或难以获取的数据进行实测。

### (4) 环境数据

数据的收集范围是以横滨市为中心、直径 30km 范围的 1 都 2 县，从相关的都县市获取以下数据。

气象数据还可以从国家或民间等获取。

- 1) 大气环境 氮氧化物、二氧化氮、二氧化硫等
- 2) 地上气象 风向风速、日照量、放射收支量等
- 3) 上层气象 风向风速、气温
- 4) 海上气象 风向风速

(5) 发生源数据

数据收集范围是以横滨市为中心，直径 30km 范围的 1 都 2 县，从相关的都县市获取，也可以向国家或各种法人等借用数据。表 5.2-1 显示发生源数据一览（部分）。

表 5.2-1 发生源数据一览（部分）

发生源的种类		数据		获取处
固定发生源	工厂、事业场所	烟源各种数据 燃料使用量 运转率 排放浓度 排放量	大气污染防治法的申报 污染物排放量综合调查 " " 发生源遥测仪	环境厅 " "
	小发生源群	燃料使用量 " " 网格统计 原单位	城市燃气销售量 LPG 灯油销售量 国情调查、事业所统计 生计调查年报	民间法人 民间法人 民间法人 国家 "
移动发生源	汽车	初次登录辆数 车型构成 车辆各种数据 道路结构 道路倾斜度 干线交通量 " 燃料使用量 排放系数 土地利用形态 道路网 未来交通量	登录辆数 车检证 各种数据表 道路台账 地图 道路交通情况调查 独自调查 汽油、灯油销售量 排放源单位调查 面源统计调查 道路网络图 基于 OD 调查的分配交通量	国家 " " 市道路站 市城市规划站 国家 市道路站 民间法人 都府县市 市城市规划站 市道路站 国家
	船舶	出入港船只数 货物处理量	港湾统计	国家 市港湾站

(6) 季节、时间段的确定

使用的大气扩散模拟模型是将一年按阶段类别，每个阶段对平均浓度进行评估的模型，因此要确定阶段。具体来说，要综合考虑环境数据的季节、时间变动及发生源的作业类型，制作以下类型。

1) 季节 : 暖气设备期和非暖气设备期（以及春天）

2) 时间段 : 早晨、白天、晚上、深夜

(7) 基准年氮氧化物排放量的计算

① 固定发生源

大气污染防治法对象的工厂、事业场所通过申报数据掌握。

大排放量或高烟囱的烟源作为点源，之外作为面源。

小发生源群将把燃料销售量按网格统计量分配的数值作为面源强度。

② 汽车

计算汽车的氮氧化物排放量时，需要以下数据。

- 各条路线 平 时
- 各条路线 不同 时间段的平均车速
- 装载状态下的车辆重量

- 不同车型、不同生产商、不同年款、不同废气控制年份的构成比
- 不同车型、不同生产商、不同年款、不同废气控制年份的氮氧化物排放原单位
- 旧车的行驶比例
- 道路各路段的长度
- 道路纵贯倾斜

#### (8) 气象条件的整理

将基准年的气象条件输入大气扩散模拟模型时，要通过统计性的假设检验方法，检验基准年的气象条件与过去年份相比，是否有特别不同的状况。

由于使用的大气扩散模拟模型是常规模型，所以将风向风速类似的地区作为一个区块分割处理。使用对象地区中设置的众多风向风速计的测定值，解析相关关系，将具有类似风系的风向风速计归为同一区块，然后选定代表各区块的气象站，确定气象区块。

#### (9) 有效烟囱高度的计算

烟囱排放的烟因浮力（热量）和突破速度（运动量）上升，上升到一定高度后，几乎呈水平状态。这个高度叫做有效烟囱高度。要算出有效烟囱高度，除了气象数据外，还需要废气量、废气温度等数据。

#### (10) 基准年氮氧化物浓度的再现

将氮氧化物浓度作为计算对象，把所有烟源数据和气象数据输入大气扩散模拟模型中，计算监测站的氮氧化物浓度，与实测环境浓度核对。

##### ① 扩散计算

有风时采用正态分布型的烟羽模型，无风时采用烟团模型。扩散计算除了气象数据外，还需要烟源坐标、废气量、污染物浓度、运转类型等烟源数据，计算值受风速和大气稳定度影响较大。

扩散计算按不同的季节时间段，分别计算每一发生源种类的监测站和网格的浓度。最终将所有发生源的计算浓度合计（全部聚合），计算一年全天的年平均值。

##### ② 计算值和实测值的核对

利用散布图对扩散计算得出的各监测站的氮氧化物计算值和实测值进行比较，检验相关系数、Y轴的截距等是否在容许范围内。

一般来说，受收集到的数据范围和精度、大气扩散模拟模型的制约，计算值会降低。实测值和计算值之间的差以进行了一次回归时的Y截距表示，该Y截距越小越好。

#### (11) 二氧化氮浓度的变换

从氮氧化物浓度变换为二次污染物的二氧化氮浓度。

为了预测未来的浓度，以各监测站的氮氧化物和二氧化氮的实测值散布图为基础，如下公式般，采用将二氧化氮浓度作为氮氧化物浓度函数表示的统计模型。

$$[\text{二氧化氮年平均值浓度}] = a \times [\text{氮氧化物年平均值浓度}]^b$$

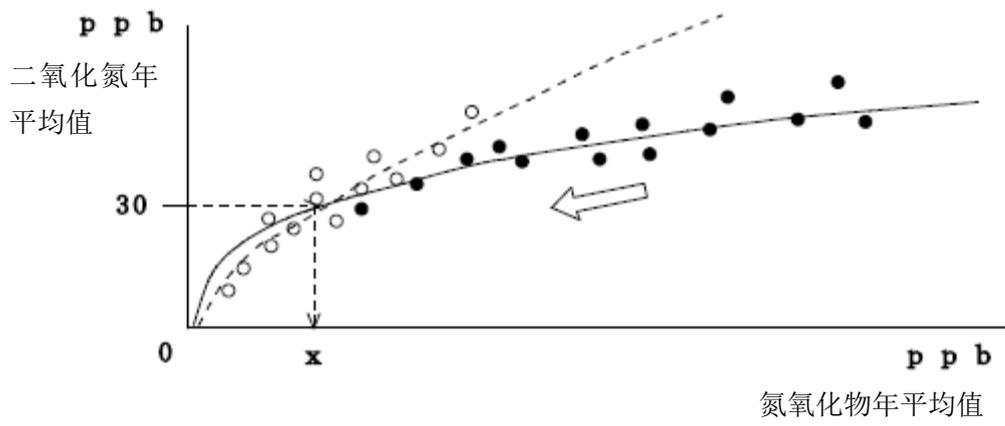


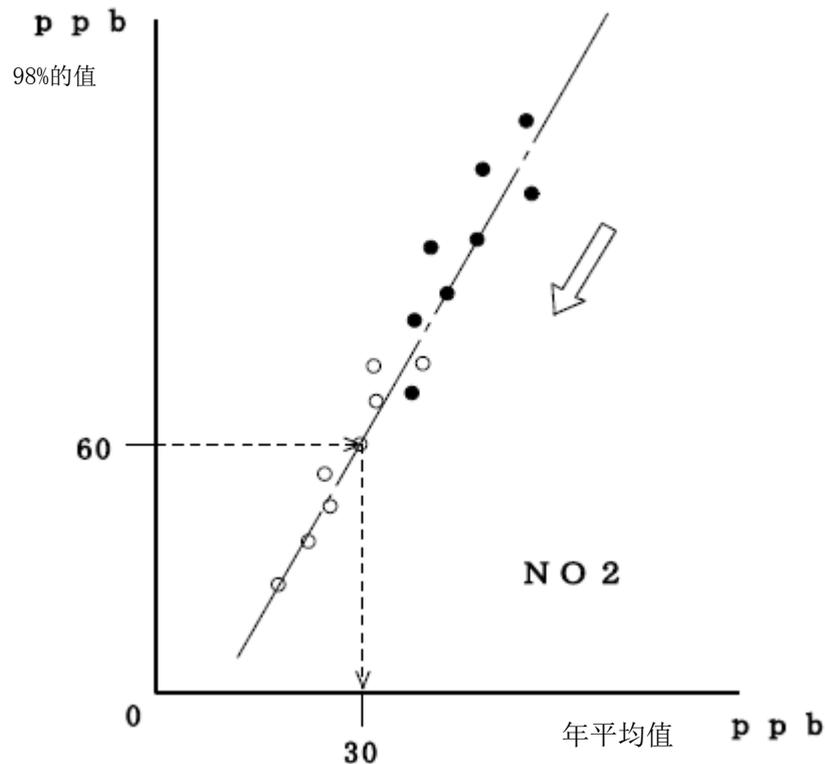
图 5.2-1 二氧化氮浓度和氮氧化物浓度的关系

(12) 环境目标值的设定

评估大气扩散模拟模型的未来计算值时，用到的环境目标值一般为环境基准，环境基准按二氧化氮日平均值的全年 98% 的值进行评估，与作为模拟结果获得的年平均值不一致。

因此，使用以下回归方程式，将二氧化氮的环境基准上限——日平均值的全年 98% 的值=60ppb 换算成预测对象的二氧化氮年平均值。

$$[\text{二氧化氮年平均值浓度}] = a \times [\text{全年 98\% 的值}] + b$$



(13) 未来氮氧化物排放量的计算

采用和基准年同样的方法，考虑预定的发生源的控制、固定发生源的新增、废弃等规划、人口及物流等未来预测值等的未来动向，计算目标年的氮氧化物排放量。

(14) 目标年氮氧化物及二氧化氮浓度的计算

使用基准年使用的气象条件、扩散参数、二氧化氮变换系数，计算目标年氮氧化物及二氧化氮浓度。

(15) 目标年的措施

上述 (13)、(14) 中计算的二氧化氮浓度引进了目前计划实施的削减措施或目标年之前可能实施的削减措施被落实的情况下的数值，是“一定会按此计划进行”的事例。这叫做“单纯未来”。

在“单纯未来”的事例中，当难以达到环境目标值时，需要寻求措施，为达到环境目标值将各发生源的氮氧化物排放量削减到必要的程度。

## 6. 道路沿线措施

### 6.1. 中国汽车排放量的概要

中国的汽车排放量使用各车型登记辆数和排放系数进行计算。根据《中国机动车污染防治年报(2010年度)》，2009年的NO<sub>x</sub>排放量为583.3万吨，其中，汽车529.8万吨、低速车45.4万吨、摩托车8.1万吨。

2009年的拥有车辆数为16,993.5万辆(汽车6,209.4万辆(36.6%)、低速车1,331.0万辆(7.8%)、摩托车9,453.1万辆(55.6%)。数量仅为四成的汽车占据了大部分的排放量。

关于各汽车废气基准的拥有车辆数比，国I未达标(黄标车)为17.1%、国I为25.7%、国II为31.8%、国III以上为25.4%，而从排放量构成来看，国I未达标为263.1万吨、国I为156.2万吨、国II为79.0万吨、国III以上为31.5万吨。

在“十二五”期间，计划推动实施针对汽车的国IV基准。根据《武汉市氮氧化物污染现状与对策》(武汉市环境保护局 2010年11月29日 以下为武汉市资料)，计划通过更为严格的废气标准达标车辆的购买引导、全面贯彻落实在用车辆排气污染的定期检验和交通管制、加速淘汰高污染排放车辆等措施，计划使“交通和运输行业的NO<sub>x</sub>排放量”比2009年的79,438吨削减5,183.23吨。

### 6.2. 道路沿线浓度分布的估算

根据武汉市资料，对于武汉市的道路沿线状况有后述记载：“交通量大，城市总体氮氧化物污染显著。在交通干线及交通路口，由于汽车流量大，已经形成氮氧化物等有害气体的高浓度区。据监测，内环线上阅马场氮氧化物的平均值为0.918mg/m<sup>3</sup>，比同时期市区的日均值高6.3倍，超标5.1倍，超标率达100%。”。针对道路沿线大气污染的严峻形势，采取道路沿线措施是当务之急。

目前，虽然难以再现0.918mg/m<sup>3</sup>的氮氧化物浓度，但是可以通过模拟来模拟性地调查道路沿线周边的浓度分布。

关于局部高浓度发生源的市区道路的大气扩散状况，使用日本的《氮氧化物总量控制手册》中记载的JEA模型进行示范。JEA模型是根据包括空气示踪实验在内的汽车废气扩散调查的结果、由环境省开发的模型。

道路条件为：道路宽度(单边的人行道至对面的人行道)为20m，道路结构为平坦。氮氧化物排放条件设置为单位距离、单位时间的单位排放量(约1kg/hkm)。

气象条件为：全年平均出现16个方位的风向等，风速为1.5m/s，大气状态昼夜均为中立条件。假设道路周边有低中层的建筑物。

氮氧化物浓度的计算结果如图6.2-1所示。沿着道路呈现超过0.020ppm浓度的地带，离道路越远，浓度越低。距道路2个格子左右(水平距离约30m)为小于等于0.010ppm的浓度。

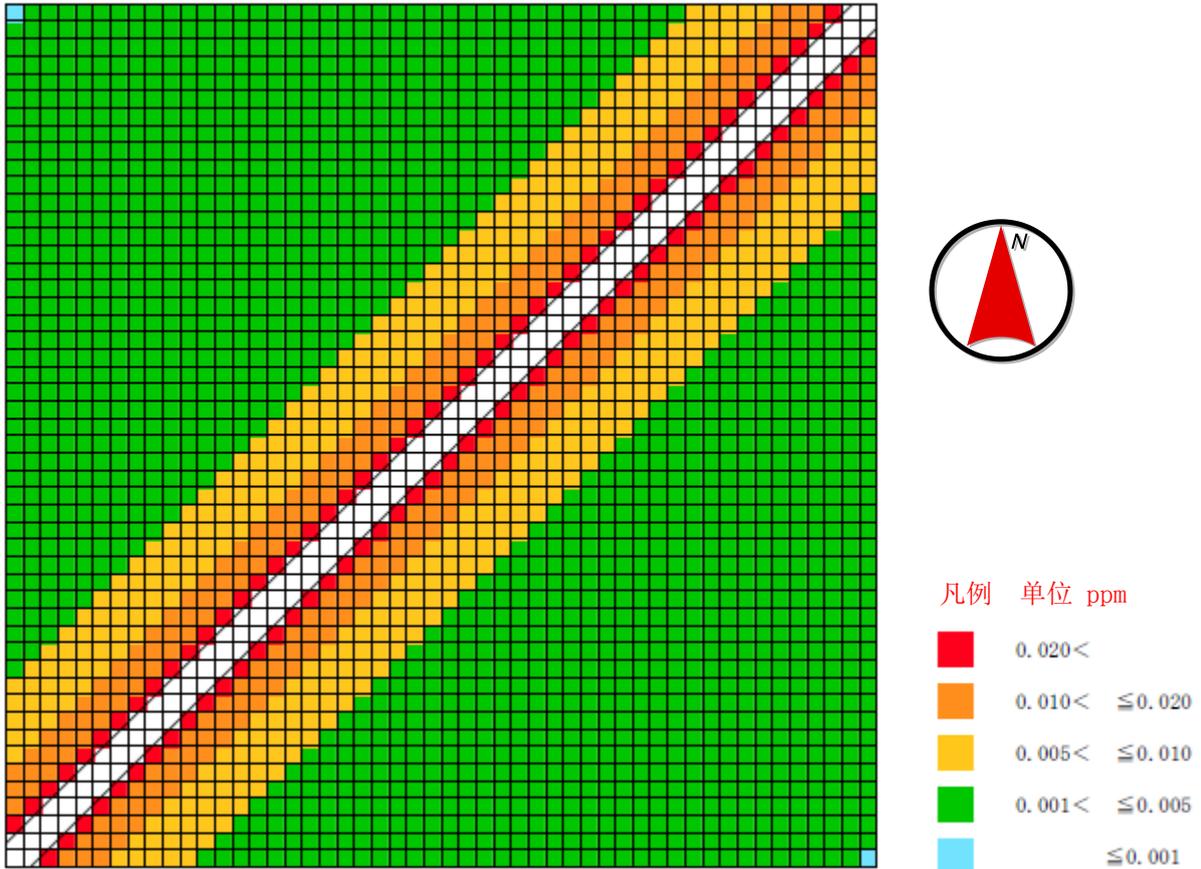


图 6.2-1 道路沿线的氮氧化物浓度分布 (有低中层建筑物的情况下)  
 (图中的白色部分表示道路。1 个格子为 10m×10m。缩小比例为 1/5000。)

### 6.3. 汽车措施示例

如果道路沿线环境浓度高，则需要针对该区域的浓度实施改善措施。以下所示为日本汽车废气综合措施和汽车措施削减效果的示例。

#### 6.3.1 日本的汽车废气综合措施

##### ① 机动车 NO<sub>x</sub> 法的施行

为了使二氧化氮的“1小时值的日平均值超过 0.06ppm 的地区”截至 1985 年底确保环境基准，环境厅（现环境省）在相关都道府县开展了为引进氮氧化物相关的总量控制的调查。但是，如图 6.3-1 所示，1985 年以后，由于交通量的增加以及随之而来的交通堵塞等情况，导致以汽车交通量大的大城市地区为中心，环境基准的达标仍然呈现严峻态势。

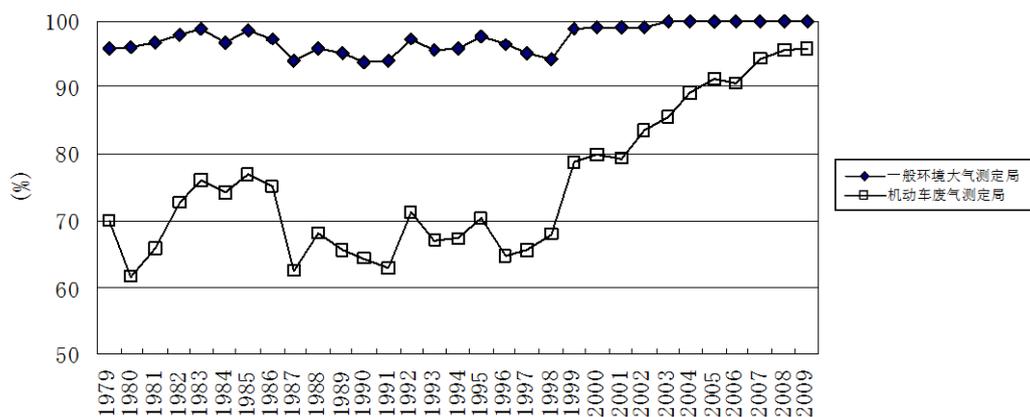


图 6.3-1(1) 二氧化氮的大气环境基准达标率 (全国) (出处 环境白皮书)

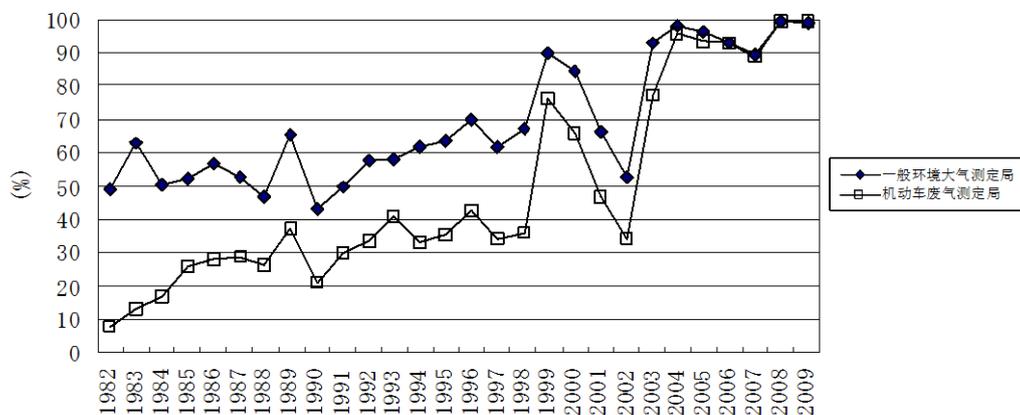


图 6.3-1(2) 浮游粒子状物质的大气环境基准达标率 (全国) (出处 环境白皮书)

虽然基于大气污染防治法而加强了对工厂、事业场所的煤烟发生设施的对策，但是由于汽车交通量大等因素，针对认为难以达到环境基准的地区（特定地区）在 1993 年施行了《关于减少特定地区机动车排放氮氧化物总量的特别措施法》（以下称为机动车 NO<sub>x</sub> 法），以削减汽车排放氮氧化物的总量。

虽然根据机动车 NO<sub>x</sub> 法而实施了各种措施以削减氮氧化物的总量，但是考虑行驶量的上升等因素，指出现实情况为：单体控制和车型控制的效果被抵消难以达成目标；浮游粒子状物质也是以大城市地区为中心、环境基准的达标状况以较低水平推移等。

② 机动车 NO<sub>x</sub> PM 法的施行

结合上述情况，于 2002 年施行了《关于减少特定地区机动车排放氮氧化物和粒子状物质总量的特别措施法》（以下称为机动车 NO<sub>x</sub>·PM 法）。根据国家对 2005 年大气污染状况及当前措施进展情况等的检查和评估，围绕今后重点课题的流入车辆（在非措施区域使用的本据点的汽车）措施以及局部污染措施展开深入讨论，于 2010 年施行机动车 NO<sub>x</sub>·PM 法修订案。

机动车 NO<sub>x</sub>·PM 法修订案中规定的、关于减少汽车排放氮氧化物总量的特别措施概要如表 6.3-1 所示。

表 6.3-1 关于总量削减的特别措施概要

措施	概要
关于氮氧化物排放汽车等相关措施	<p>在措施区域内，对卡车、巴士等（柴油车、汽油车、LPG 车）以及柴油乘用车规定氮氧化物排放基准以及粒子状物质排放基准的容许限度。</p> <p>此控制适用于在措施区域内具有使用据点位置的新车和在用车辆。</p>
氮氧化物重点措施区域等相关措施	<p>1) 指定重点措施区域</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 都道府县知事可以在措施区域内、将大气污染特别严重、需要针对该地区的实际情况有计划地实施局部污染措施的地区指定为重点措施区域。</li> </ul> <p>2) 制定重点措施计划</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 都道府县知事制定所指定重点措施区域相关的重点措施计划。</li> </ul> <p>3) 关于新建特定建筑物的措施</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 在重点措施区域内新建产生新交通需求的建筑物的单位，根据针对该重点措施区域所制定的重点措施计划，申报考虑以控制汽车排放氮氧化物等排放为目的的事项等并加以合理考量。</li> </ul>
事业者相关措施	<p>1) 指定指定地区和周边区域</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 环境大臣将重点措施区域中需要推行流入车辆措施的地区指定为指定地区。</li> <li>• 环境大臣和事业分管大臣将措施区域的周边区域、并且在该区域内具有使用据点位置的汽车相当程度地流入指定地区的区域指定为周边区域。</li> </ul> <p>2) 周边区域内汽车相关措施</p> <p>① 周边区域内事业者的计划编制等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用在周边区域内具有使用据点位置（以下称为“周边区域内汽车”）的固定事业者（以下称为“周边区域内事业者”）编制并提交关于实施汽车排放氮氧化物等排放控制措施的计划，并且进行定期报告。</li> </ul> <p>② 事业者的努力义务</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 在措施区域内运行周边区域内汽车的事业者以及向这样的事业者进行运输的事业者努力控制汽车排放氮氧化物等的排放。</li> </ul>

出处：《关于机动车 NOx・PM 法的修订案》手册(2007 年 12 月)

：《关于机动车 NOx・PM 法的车型控制》手册（2005 年 9 月）

### 6.3.2 汽车措施的削减效果

在此大致说明一下汽车行驶量乘以排放系数来计算汽车排放量时如何对削减效果进行定量的方法。

可以考虑的汽车措施如下：

- 1) 汽车废气控制措施 尽早替换为采取了现行汽车废气控制措施的车辆，对于柴油车等则需要强化排放基准
- 2) 物流措施 通过货物运输的合理化削减交通量，并采取措施，引导开私家车上班、上学的人们转向利用巴士、铁路等公共交通工具
- 3) 交通流措施 通过交通管制、交通管理使交通流顺畅，从而减少氮氧化物
- 4) 消除交通量集中的措施 研究通过支线道路的建设来消除汽车交通量集中的措施

在 1) 的情况下，必须推算尽早进行车辆替代后汽车废气控制车的构成比，并决定在进一步强化的排放基准下汽车废气控制式。每辆汽车的平均排放系数可以通过排放系数公式算出，排放系数公式则根据汽车废气控制构成比和汽车废气控制式的加重平均得出。

在 2) 的情况下，大致分为通过区域内的物流措施、在区域内出发或到达的物流措施、区域内出发和到达的物流措施。

经过区域内的物流可以考虑完善城市间汽车专用道，或是引导从货车转换为铁路、船舶等低公害的运输工具，最好与邻接各城市合作。

在区域内出发或到达的物流经常以生产、消费这些经济活动为主，要对此进行控制有可能会造成经济活动的停滞。

在区域内出发和到达的措施有控制货车运行、削减集配量等，需要尊重企业的物流合理化措施时，对于该企业，可采用在运输合理化等方面掌握相关的实际情况，对削减量进行定量的方法。这样的物流措施经常得到例如下面的结果：货车行驶量的减少与代替其的氮氧化物排放量更少的车型行驶量的增加。要显示这种增减量，用相应车型的行驶量乘以与增减相对应的比率，进行行驶量补正即可。

在 3) 的情况下，可以考虑大型车驶入控制等交通管制或让汽车的氮氧化物排放量中所占比例较高的柴油车适量行驶的交通流措施、为了减少阻碍交通流顺畅的路上停车可适当配置停车场等。根据车型不同，要将伴随汽车行驶速度增加的排放系数减少这一效果定量。

在 4) 的情况下，随着支路的整治，城市中心道路的交通量有望减少，主道的行驶会变顺畅。行驶速度增加时，部分车型的排放系数会减少，所以加上交通量的减少，氮氧化物的排放量有可能会减少。但是，随着行驶速度的增加，也有车型的排放系数会增加，希望引起注意。在支路和主道行驶的车辆有根据交通量分配模拟进行计算的方法和根据支路的计划交通量进行计算的方法。可以采用任意一种合适的方法。

实施了上述 1) ~3) 措施后，可在制成的汽车发生源数据中输入采取措施后减少的行驶量和汽车排放系数，计算汽车氮氧化物排放量。为了进行计算，制成的汽车发生源数据必须可以将设定的

措施进行定量。在计算过程中，要针对每一措施制作发生源数据，输入适当的模拟中进行预测，由监测站对是否超过环境目标值进行评估。

表 6.3-2 显示采取汽车措施后氮氧化物的排放量和评估例。

表 6.3-2 采取汽车措施后氮氧化物的排放量和评估例

	基准年	目标年				
		采取措施前	采取措施后			
			1) 汽车排放废气控制措施	2) 物流措施	3) 交通流措施	综合措施 1) +2) +3)
氮氧化物排放量 (万吨)	37	33	30	31	32	26
超过环境目标值的一般环境监测站的比例 (%)	34	21	11	13	17	6

注 以《关于推进神奈川县氮氧化物的汽车交通措施》(1986年3月 关于氮氧化物的自动车交通对策检讨委员会) 中所示数值为基础制成。

#### 6.4. 有助于道路沿线措施的可以考虑的措施示例

局部污染措施的具体内容有如下措施：

- 1) 交通流的畅通（改善交通信号控制、取缔违法停车等）
- 2) 交通量的控制（统一收集和递送、调整出发到达时间、分车型和分时限行等）
- 3) 道路结构措施（设置环境设施带、道路结构的高架化和地下化、设置侧壁和覆盖、向隧道部位设置净化装置和扩散装置等）
- 4) 沿线措施（缓冲绿地、确保扩散区域等）
- 5) 交通路口措施（建设立体交叉、设置右转车辆线等）

关于直接净化大气的装置，可以列举以下装置等。

- 1) 通过土壤的吸附性能和微生物的净化作用除去大气污染物质的设施
- 2) 高效集尘的低功耗的自然通风型电动集尘装置
- 3) 带脱硝过滤器的电动集尘装置
- 4) 使用高活性碳纤维的道路沿线废气削减技术
- 5) 在道路周边（道路铺设、高架桥桥墩、隔音壁）涂刷光触媒
- 6) 利用树木的大气净化能力

（出处 中环审大气环境部会汽车废气综合措施小委员会第 10 次资料 6）

需要考量今后将被广泛实际应用的技术开发前景，继续研讨装置的研究开发。

为了掌握交通路口周边的二氧化氮浓度分布，使用一些简单测定法，有 PTIO 法（能够同时采集 NO 和 NO<sub>2</sub>。NO 采集使用氧化剂 PTIO）、气袋法等。通过这样简单测定，能够监测交通路口的大气污染状况，掌握污染分布。

## 7. 大气环境浓度的掌握

以下说明对作为基础资料的气象及环境数据进行解析、整理的方法，并介绍应该如何使用这些方法。

### 7.1. 数据收集、整理相关的基本事项

#### 7.1.1 气象数据

由于氮氧化物浓度在风速弱时或冬季逆转层产生时浓度容易变高，因此对氮氧化物的平流及扩散带来重大影响的气象数据可作为对象地区气象状况的确认材料使用。另外，进行大气扩散模拟时，气象数据还可作为输入条件利用。大气扩散模拟是能明示对象地区的环境浓度分布状况、氮氧化物的排放状况和大气环境关系的预测模型。

最基本项目（基准年的全年观测）

##### 1) 地上风向、风速

#### 7.1.2 环境数据

环境数据是用于确认对象地区的环境浓度（NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>）实际状况的基础数据。实施大气扩散模拟时，还用于评估与计算值的一致性。通过解析与气象数据之间的关联，可对浓度的出现条件进行解析。

最基本项目（基准年的全年观测）

##### 1) 一氧化氮、二氧化氮、氮氧化物

#### 7.1.3 关于常时监视监测站

气象和环境浓度的相关数据利用的是常时监视监测站（以下称监测站）每小时对环境中的气象和浓度进行监视的测定结果。利用这些数据时，如果事先掌握相应数据的测定环境、测定条件等，能对解析有所帮助。关于常时监视监测站的测定环境、测定条件的确认作业项目，示例如下。

##### (1) 制作监测站配置图

监测站根据测定目的，大致分为测定一般环境的一般环境大气监测站（以下称一般站）和测定前面道路影响的汽车废气监测站（以下称汽废站）。

监测站的基本信息会预先设定监测站编号，然后将其地理位置标绘到地图上，整理为监测站分布图。地上风向·风速、上空风监测站等气象观测站也在同一地图上标记位置。

##### (2) 制作测定信息一览表

根据上述整理好的监测站名称、监测站编号，对以下项目进行整理后，整理成一覧表。

##### 1) 监测站名称、位置信息

##### 2) 监测站属性信息

- 监测站的种类（一般站、汽废站等）
- 监测站的管理者类别、测定开始及变更年月日
- 用途地区类别、周边状况（建筑物的有无、高度、测定环境等）
- 本地发生源的信息

（附近道路的方向及位置、交通量、煤烟发生设施的方向、规模等）

##### 3) 测定项目、测定方法

- 大气污染物及气象数据的测定项目
- 各项目的测定高度

## 7.2. 气象数据的整理

### 7.2.1 地上风向、风速

地上风是指在相对平坦的地形下，在距离地面 10m 左右的高度测定的风向、风速。

常时监视监测站对风向、风速的测定高度往往互不相同。因此，在利用这些数据时，例如，屋顶上设置的风向、风速计，最好对测定环境、测定条件进行研究，如该建筑物本身、邻接建筑物的尾流是否会引起旋流（乱流）或容易形成遮蔽效果等。

为了统计分析风向、风速数据并进行制表、制图，引进适当的风向类别、风速等级类别会比较方便。

利用这些类别设定的统计项目包括以下基本内容。

- 1) 年风向图（全监测站）
- 2) 月平均风速变动图
- 3) 各季（期）、各时间段的风向图（代表性监测站）
- 4) 风向、风速出现频度（率）表（代表性监测站）

### 7.2.2 上空风向、风速

被叫做上空风的风向、风速是从距离地面 100m 到数百米高度的风，它被用于解析较高烟囱发生源的平流、扩散现象的资料。

## 7.3. 环境数据的整理

### 7.3.1 环境浓度的地区分布

为了了解氮氧化物的环境污染状况，一般站及汽废站最好对氮氧化物浓度的测定结果进行整理，将有效测定天数、测定时间、年平均值、1 小时值的最高值、日平均最高值、环境基准符合状况等进行汇总。

### 7.3.2 浓度变动的解析方法

#### (1) 月平均值的变动类型

各监测站都需要计算基准年每月的氮氧化物（二氧化氮）浓度的平均值，以此调查月浓度的变动类型。掌握浓度的月（季节）度变化可以为解析风速的月变化、污染物排放量季节变化时提供参考。

#### (2) 不同时刻平均值的变动类型

各监测站将基准年各个季节的氮氧化物（二氧化氮）浓度的不同时刻平均值汇总，求出日变动类型。和“月平均值的变动类型”相同，通过与发生源数据关联，可在解析浓度日变动时提供参考。

#### (3) 工作日的平均值变动类型

地区主要煤烟发生设施的运转没有因工作日有显著变化，但大楼暖气设备及汽车等发生源活动会因工作日而变化很大。因此，在受汽车行驶、停车场及大楼暖气设备等影响较大的监测站，往往氮氧化物（二氧化氮）浓度的工作日变化明显，各监测站最好求出各季节（期）工作日的氮氧化物浓度平均值，制作工作日变化类型图。

#### 7.4. 气象条件和环境浓度的关系

风向·风速、稳定性等气象条件会对某地的大气污染浓度造成很大影响。

通过调查环境浓度和气象条件的关系，可解析监测站主要污染源的构造。在实施氮氧化物的大气扩散模拟时，作为基础信息非常重要。

##### 7.4.1 各风向、风速等级的平均浓度

根据各监测站的数据，利用以下所示项目制作图表或交叉表。

###### (1) 各季（期）、各风向的平均浓度

最好算出监测站的氮氧化物（二氧化氮）各季（期）、各风向的平均浓度，查找相应监测站和各种发生源之间的地理位置关系。所使用的风的数据是包括相应监测站的地区代表性气象监测站的数据，不一定是监测站设置的风向、风速计的数据。

###### (2) 各季（期）、各风速等级的平均浓度

调查监测站各季（期）、各风速等级的氮氧化物（二氧化氮）的平均浓度。氮氧化物（二氧化氮）在弱风时多观察到高浓度，而风较强时，有时会观察到高浓度的二氧化硫。最好根据需要，观测各风向及各时间段每个风速等级的环境浓度出现倾向。风速等级设为0~0.9, 1.0 ~2.9, 3.0 ~4.9, 5m/s 以上的4级，会方便观察。



资料-1(2) 主要产品、原材料及燃料消费情况调查表 格式 G102

单位名称(公章): \_\_\_\_\_

**主要产品、原辅材料及  
能源消费情况调查表**

表 号: G102 表

制表机关: 环境保护部

批准机关: 国家统计局

文 号: 国统制[2009]113 号

有效期至: 2011年12月

单位代码:

□□□□□□□□-□(□□)

2010 年

一、主要产品						
1.产品名称	2.产品代码		3.计量单位	4.生产能力	5.计量单位	6.实际产量
二、主要原辅材料						
1.原辅材料名称		2.原辅材料代码	3.计量单位	4.实际使用量		
三、能源消费情况						
1.能源名称	2.代码	3.计量单位	能源消费量		6.硫份 (%, 气态能源mg/m <sup>3</sup> )	7.灰份 (%)
			4.消费总量	5.其中: 用作原料量		
煤炭	100	吨				
焦炭	105	吨				—
煤矸石	109	吨				
焦炉煤气	201	万立方米				—
高炉煤气	202	万立方米				—
天然气*	204	万立方米				—
液化石油气*	206	吨				—
炼厂干气*	207	吨				—
柴油*	304	吨				—
燃料油	305	吨				—
其他燃料*	400	吨标准煤				—
电力	600	万千瓦时		—	—	—

注: 标注\*的能源, 硫份为选填; 产品的生产能力保留整数; 主要原辅材料实际使用量、以“%”为计量单位的指标允许保留一位小数; 以“mg/m<sup>3</sup>”为计量单位的指标保留三位小数; 其他指标允许保留两位小数。

单位负责人:

审核人:

填表人:

填表日期: 20 年 月 日

资料-1(3) 排放量调查表 格式 G109

单位名称: \_\_\_\_\_

废气污染物产生量、  
排放量调查表

表 号: G109 表

制表机关: 环境保护部

批准机关: 国家统计局

文 号: 国统制[2009]113 号

有效期至: 2011 年 12 月

单位代码: \_\_\_\_\_

2010 年

□□□□□□□□-□(□□)

指标名称	1.废气排放量 (万立方米)	烟尘 (吨)		工业粉尘 (吨)		二氧化硫 (吨)		氮氧化物 (吨)		氟化物 (千克)	
		2.产生量	3.排放量	4.产生量	5.排放量	6.产生量	7.排放量	8.产生量	9.排放量	10.产生量	11.排放量
总计											
其中: 燃烧过程				—	—						
工艺过程		—	—								

注: 氟化物的产生、排放量保留整数; 其他指标保留两位小数。

指标间关系: 产生量 ≥ 排放量。

单位负责人: \_\_\_\_\_

审核人: \_\_\_\_\_

填表人: \_\_\_\_\_

填表日期: 20 年 月 日

资料-1 (4) 非重点工业源的排放情况调查表 格式 H1-2

汇总机构名称 (公章): \_\_\_\_\_ **工业源污染物产生及排  
放情况非重点估算表**

行政区划代码: □□□□□□ 2010 年

指 标 名 称	计 量 单 位	非重点排放量	非重点 比 例 (%)
一、工业废水	—	—	—
1.工业用水总量	万吨		
其中：取水总量	万吨		
重复用水量	万吨		
2.工业废水排放量	万吨		
3.工业废水中 COD 排放量	吨		
4.工业废水中氨氮排放量	吨		
二、工业废气	—	—	—
1.煤炭消费量	万吨		
其中：原料煤消费量	万吨		
2.二氧化硫排放量	吨		
其中：燃料燃烧过程中排放量	吨		
3.氮氧化物排放量	吨		
其中：燃料燃烧过程中排放量	吨		
4.烟尘排放量	吨		
5.粉尘排放量	吨		
三、工业固体废物	—	—	—
1.工业固体废物产生量	万吨		
2.工业固体废物倾倒丢弃量	万吨		
3.危险废物产生量	吨		
4.危险废物倾倒丢弃量	吨		

资料-2(1) 中国的汽车分类

分类		说明	
汽车	载客汽车	大型	车长大于等于6000mm或者乘坐人数大于等于20人的载客汽车。
		中型	车长小于6000mm且乘坐人数为10~19人的载客汽车。
		小型	车长小于6000mm且乘坐人数小于等于9人的载客汽车,但不包括微型载客汽车。
		微型	车长小于等于3500mm且发动机气缸总排量小于等于1000mL的载客汽车。
	载货汽车	重型	总质量大于等于12000kg的载货汽车。
		中型	车长大于等于6000mm或者总质量大于等于4500kg且小于12000kg的载货汽车,但不包括低速货车。
		轻型	车长小于6000mm且总质量小于4500kg载货汽车,但不包括微型载货汽车、三轮汽车和低速货车。
		微型	车长小于等于3500mm且总质量小于等于1800kg的载货汽车,但不包括三轮汽车和低速货车。
低速汽车	三轮(三轮汽车)	以柴油机为动力,最大设计车速小于等于50km/h,总质量小于等于2000kg,长小于等于4600mm,宽小于等于1600mm,高小于等于2000mm,具有三个车轮的货车。其中,采用方向盘转向、由传递轴传递动力、有驾驶室且驾驶人座椅后有物品放置空间的,总质量小于等于3000kg,车长小于等于5200mm,宽小于等于1800mm,高小于等于2200mm。	
	低速(低速货车)	以柴油机为动力,最大设计车速小于70km/h,总质量小于等于4500kg,长小于等于6000mm,宽小于等于2000mm,高小于等于2500mm,具有四个车轮的货车。	
摩托车	普通	最大设计车速大于50km/h或者发动机气缸总排量大于50mL的摩托车。	
	轻便	最大设计车速小于等于50km/h,且若使用发动机驱动,发动机气缸总排量小于等于50mL的摩托车。	

出处: 中国汽车污染白皮书 2010

资料-2 (2) 汽车污染源调查表 格式 S406

机动车污染源调查表

2010 年

表 号: S406 表

制表机关: 环境保护部

批准机关: 国家统计局

文 号: 国统制[2009]113 号

有效期至: 2011 年 12 月

1. 直辖市、地区(市、州、盟)名称(公章) _____																																																								
2. 行政区划代码 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>																																																								
3. 联系方式		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">区 号</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td>电话号码</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>传真号码</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										区 号											电话号码															传真号码															联系人姓名 _____			
		区 号																																																						
		电话号码																																																						
传真号码																																																								
4. 载客汽车																																																								
车辆类型	使用性质	燃料类型	其中: 各年度注册量(辆)																																																					
			2010 年保有量	1999 年底前	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010																																									
微型汽车	出租	汽油																																																						
		其他																																																						
	其他	汽油																																																						
		其他																																																						
小型汽车	出租	汽油																																																						
		柴油																																																						
		其他																																																						
	其他	汽油																																																						
		柴油																																																						
		其他																																																						
中型汽车	公交	汽油																																																						
		柴油																																																						
		其他																																																						
	其他	汽油																																																						
		柴油																																																						
		其他																																																						
大型汽车	公交	汽油																																																						
		柴油																																																						
		其他																																																						
	其他	汽油																																																						
		柴油																																																						
		其他																																																						

资料-2(3) 汽车污染物排放表 格式 H306

汇总机构名称(公章): \_\_\_\_\_

**机动车登记与污染物**

**排放情况汇总表**

表 号: H306 表

制表机关: 环境保护部

批准机关: 国家统计局

文 号: 国统制[2009]113 号

有效期至: 2011 年 12 月

行政区划代码: □□□□

2010 年

□□

类型	2010 年 度 机 动 车 保 有 量 ( 辆 )	大气污染物排放量 ( 吨 )			
		总颗粒物	氮氧化物	一氧化碳	碳氢化合物
<b>一、载客汽车</b>					
(1) 微型					
(2) 小型					
(3) 中型					
(4) 大型					
<b>二、载货汽车</b>					
(1) 微型汽车					
(2) 轻型汽车					
(3) 中型汽车					
(4) 重型汽车					
<b>三、三轮汽车及低速载 货汽车</b>					
(1) 三轮汽车					
(2) 低速载货汽车					
<b>四、摩托车</b>					
(1) 普通摩托车					
(2) 轻便摩托车					
总计					

注: ①按省(自治区、直辖市)汇总。

单位负责人:

审核人

填表日期: 20 年 月 日

## 居民生活污染调查 表

表 号: S405-1 表  
制表机关: 环境保护部  
批准机关: 国家统计局  
文 号: 国统制[2009]113 号  
有效期至: 2011 年 12 月

2010 年

1. 地区(市、州、盟)名称(公章): _____			
2. 行政区划代码: □□□□□□			
3. 联系方式			
	区 号		
电话	号	码	联系人姓名 _____
传真	号	码	
4. 辖区内城镇常住人口(万人)		5. 煤炭消费总量(万吨)	
6. 城镇生活煤炭消费量(万吨)		7. 其中: 生活供热煤炭消费量(万吨)	
8. 煤炭中平均硫份(%)		9. 煤炭中平均灰份(%)	
10. 城镇生活煤气消费量(万立方米)		11. 城镇生活天然气消费量(万立方米)	
12. 城镇生活液化石油气消费量(万吨)		13. 生活用水总量(万吨)	
14. 其中: 居民家庭用水总量(万吨)		15. 其中: 公共服务用水总量(万吨)	
16. 二氧化硫排放量(吨)		17. 氮氧化物排放量(吨)	
18. 烟尘排放量(吨)			

注: 填报的数据在指标解释和填报说明中没有特殊规定的取整数。

单位负责人: \_\_\_\_\_ 审 核 人: \_\_\_\_\_ 填 表 人: \_\_\_\_\_ 填表日期: 20 年 月 日

#### 资料-4 JEA 公式

得出以浓度的水平和垂直两种分布为正规型数据为基础的线烟源扩散公式的条件为：“风速及扩散系数为常数”，然而，在实际的地面附近，它们会因为高度  $z$  不同而有很大变化。在此将描述根据将风速及扩散系数设为  $z$  的扩散公式而得出的线烟源扩散公式。

以下所示的各公式是经过改良的 JEA 修改模式，针对具有某个高度的计算点，作为预测高架道路这样具有高度的发生源的影响时的扩散公式。

关于各公式中附带的其他参数类，表示根据扩散实验结果求得的经验值，它们并非绝对值，总之，为了提高浓度的再现性，可以在合理范围内修改使用。（JEA 公式的参数类基于 4 车道的观测结果。风速为 15m 高度的观测值。）

##### (1) 有风时

JEA 公式中定义的“有风时”是指风速大于等于 1m/s 左右，这时的扩散公式按照风与线烟源形成的角  $\theta$  ( $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ) 分为以下两种。

1) 直角风时（风速大于等于 1m/s、线源与风向形成的角度大于等于 40 度时）

$$C(x, z) = Q_L \cdot \frac{A \cdot \Gamma(S)}{(u \cdot \sin \theta)^{0.5} \cdot (x + x_0)^S} \cdot \exp\left\{-B \left(\frac{z^P + He^P}{x + x_0}\right)\right\} \cdot \left\{\frac{B \cdot (He \cdot z)^{P/2}}{x + x_0}\right\}^{1-S} \\ \cdot I_{S-1}\left(\frac{2B \cdot (He \cdot z)^{P/2}}{x + x_0}\right) \cdot W(x; y_1, y_2)$$

C	: 浓度 ( $m^3/m^3$ )
x	: 计算地点和线源之间的垂直距离 (m)
z	: 计算地点的高度 (m)
u	: 风速 (m/s)
$Q_L$	: 线源排放强度 ( $m^3/m \cdot s$ )
He	: 排放源高度 (m)
$x_0$	: 距线源的隔离距离 [初始扩散宽度 (m)]
$\theta$	: 线源与风向形成的角度
$\Gamma$	: 伽马函数
I	: 第一种变形贝塞尔函数
W	: 有限效果

$$W(x; y_1, y_2) = \frac{1}{2} \cdot \left[ \operatorname{erf}\left(G \cdot \frac{y_2}{\sqrt{x}}\right) - \operatorname{erf}\left(G \cdot \frac{y_1}{\sqrt{x}}\right) \right] \quad (y_2 > 0)$$

$$W(x; y_1, y_2) = 0 \quad (y_1 < y_2 \leq 0)$$

$$\operatorname{erf}(w) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^w \exp(-t^2) dt$$

参数	道路结构	有低中层建筑
A	平坦、坑道	7.2
S	平坦、坑道	$\alpha = 1.03$
B	平坦、坑道	0.036
G	平坦、坑道	$\gamma = 0.120$
P	平坦、坑道	2.5

$$S = \alpha \cdot \exp\left(0.89 \cdot \frac{L}{u \cdot \sin \theta}\right) \quad FB = \exp\left(-3.12 \cdot \frac{L}{u \cdot \sin \theta}\right) \quad G = \gamma \cdot \exp\left(-2.45 \cdot \frac{L}{u \cdot \sin \theta}\right)$$

$$\Gamma(s) = \int_0^{\infty} \exp(-t) \cdot t^{s-1} dt \quad L: \text{辐射收支量}(kW/m^2)$$

$$I_{\nu}(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{m! \Gamma(\nu + m + 1)} \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^{\nu+2m}$$

2) 平行风时 (风速大于等于 1m/s、线源与风向形成的角度小于 40 度时)

$$C(x, z) = \frac{Q_L}{2} \cdot \frac{A}{(u \cdot \cos \theta)^{0.5}} \cdot \left[ \frac{W_+(x: y_1, y_2)}{\sqrt{B_+}} + \frac{W_-(x: y_1, y_2)}{\sqrt{B_-}} \right]$$

$$B_{\pm} = (x + x_0)^2 + G_2 \cdot (z \pm He)^2 \quad (\text{多号同序})$$

$$W_{\pm}(x: y_1, y_2) = 1 - \operatorname{erf}\left(G_1 \cdot \frac{\sqrt{B_{\pm}}}{\sqrt{y_2}}\right) \quad (y_1 \leq 0, y_2 > 0) \quad (\text{多号同序})$$

$$W_{\pm}(x: y_1, y_2) = \operatorname{erf}\left(G_1 \cdot \frac{\sqrt{B_{\pm}}}{\sqrt{y_1}}\right) - \operatorname{erf}\left(G_1 \cdot \frac{\sqrt{B_{\pm}}}{\sqrt{y_2}}\right) \quad (y_2 > y_1 > 0)$$

$$W_{\pm}(x: y_1, y_2) = 0 \quad (y_1 < y_2 \leq 0)$$

参数	道路结构	有低中层建筑
A	平坦、坑道	$\alpha = 6.98$
		$\beta = 3.36 (L \geq 0)$
		$\beta = 11.3 (L < 0)$
$G_1$	平坦、坑道	$\gamma = 0.143$
$G_2$	平坦、坑道	5.24

$$A = \alpha \cdot \exp\left(-\beta \frac{L}{u \cdot \cos \theta}\right) \quad G_1 = \gamma \cdot \exp\left(-1.61 \frac{L}{u \cdot \cos \theta}\right)$$

(2) 无风时 (风速小于 1m/s 时)

$$C(x, z) = \frac{Q_L}{2} \cdot \pi \cdot A \cdot \left[ \frac{W_+(x: y_1, y_2)}{(B_+)^S} + \frac{W_-(x: y_1, y_2)}{(B_-)^S} \right]$$

$$B_{\pm} = (x + x_0)^2 + G \cdot (z \pm He)^2 \quad (\text{多号同序})$$

$$W_{\pm}(x: y_1, y_2) = \frac{1}{\pi} \left[ \tan^{-1} \left( \frac{y_2}{\sqrt{B_{\pm}}} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{y_1}{\sqrt{B_{\pm}}} \right) \right] \quad (\text{多号同序})$$

参数	道路结构	设置公式
A	平坦、坑道	$A = 1.86 \exp(-0.948 L)$
S	平坦、坑道	$S = 0.47 \exp(1.29 L)$
G	平坦、坑道	$G = 3.9$