

附件三：

# 《环境空气质量标准》（二次征求意见稿） 编制说明

《环境空气质量标准》编制组

二〇一一年十一月

项目名称：环境空气质量标准

项目统一编号：374

承担单位：中国环境科学研究院、中国环境监测总站

标准所技术管理负责人：王宗爽

标准处项目负责人：何俊

# 目 录

1. 背景.....	4
1.1 任务来源.....	4
1.2 工作过程.....	4
2. 标准修订的必要性.....	5
2.1 空气质量基准研究有了新的进展.....	5
2.2 我国环境空气污染特征发生变化.....	5
2.3 标准需要适应环境管理的新需求.....	6
2.4 各国环境空气质量标准的不断更新.....	6
3. 标准修订原则与思路.....	6
3.1 修订原则.....	6
3.2 修订思路.....	6
4. 标准修订的主要内容和依据.....	6
4.1 适用范围.....	6
4.2 环境空气功能区分类与标准分级.....	7
4.2.1 功能区分类.....	7
4.2.2 标准分级.....	7
4.3 污染物项目的设置.....	7
4.3.1 一般项目.....	8
4.3.2 特殊项目.....	8
4.3.3 重金属污染物参考项目.....	9
4.4 颗粒物 (PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> ).....	9
4.4.1 危害与指导值.....	9
4.4.2 现行标准的控制水平.....	10
4.4.3 修订结果.....	10
4.5 二氧化氮 (NO <sub>2</sub> ).....	11
4.5.1 危害与基准.....	11
4.5.2 现行标准的控制水平.....	11
4.5.3 修订结果.....	12
4.6 臭氧 (O <sub>3</sub> ).....	13
4.6.1 危害与基准.....	13
4.6.2 现行标准的控制水平.....	13
4.6.3 修订结果.....	14
4.7 二氧化硫 (SO <sub>2</sub> ).....	14
4.8 一氧化碳 (CO).....	15
4.9 铅 (Pb).....	15
4.9.1 危害与基准.....	15
4.9.2 现行标准的控制水平.....	16
4.9.3 修订结果.....	16
4.10 苯并[a]芘 (BaP).....	17

4.10.1 危害与基准.....	17
4.10.2 现行标准的控制水平.....	17
4.10.3 修订结果.....	17
4.11 其他污染物.....	18
4.12 数据统计的有效性规定.....	18
4.13 标准的实施.....	18
5. 实施保障.....	19
参考文献.....	20

# 1. 背景

## 1.1 任务来源

早在 1982 年，我国就制定并发布了首个环境空气质量标准《大气环境质量标准》（GB 3095-82）。1996 年进行了第一次修订，并更名为《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）。2000 年又发布了《〈环境空气质量标准〉（GB 3095-1996）修改单》（环发〔2000〕1 号）。在过去近 30 年中，我国各阶段的环境空气质量标准适应当时社会经济发展水平及环境管理的需求，在改善环境空气质量、保护人体健康和生态环境等方面发挥了重要作用。为适应新时期环境空气质量管理需求，环境保护部于 2008 年下达了修订《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）项目计划，由中国环境科学研究院牵头，中国环境监测总站参加修订工作。

## 1.2 工作过程

2008 年，承担单位接受任务后，成立了由大气科学、环境健康、环境管理等专业领域研究人员组成的编制组，收集并分析了美国、欧盟、日本、世界卫生组织（WHO）等多个国家、地区和组织的相关资料，对提出的技术路线、工作内容等多次研讨，形成标准文本草稿及编制说明。

2009 年 9 月，环境保护部就修订《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）的有关问题，向中国科学院、中国工程院等共计 193 家单位、部门发出环办函〔2009〕956 号文件征集意见，并通过环境保护部网站广泛征集社会各界意见。

2010 年 1 月~5 月，编制组对回函意见进行汇总和分析，形成了修订《环境空气质量标准》公开征集意见汇总表，并根据回函意见完善了标准文本草稿及编制说明。

2010 年 6 月 17 日，环境保护部科技标准司在北京召开《城市空气质量周报、日报和预报技术规范》暨环境空气质量评价方法研讨会，编制组汇报了修订《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）公开征集意见情况。

2010 年 7 月 29 日，环境保护部科技标准司在北京主持召开《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）修订讨论会，研讨标准文本技术内容。

2010 年 10 月 9 日，环境保护部科技标准司在北京主持召开《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）修订讨论会，深入讨论了标准的技术内容。会后，编制组根据会议意见进一步完善并形成了标准文本征求意见稿和编制说明。

2010 年 11 月 18 日，环境保护部办公厅向中国科学院、中国工程院等 215 家单位和部门发出环办函〔2010〕1246 号文件征求意见，并通过环境保护部网站向全社会公开征求意见。

见。

2011年5月17日，环境保护部科技标准司在北京召开修订与实施《环境空气质量标准》研讨会，对修订与实施环境空气质量标准中的关键问题进行广泛和深入的研讨；环境保护部领导出席会议，包括大气环境科学领域的院士、知名专家、部分地方环境保护厅（局）和部内有关司局60多人参加会议。

2011年6月1日，环境保护部监测司和科技司在北京组织召开全国环境监测系统环境空气质量标准研讨会，来自全国28个省（区、市）环境监测系统的专家参加会议，编制组向与会人员介绍了环境空气质量标准的修订原则、思路和技术内容。

2011年8月23日，环境保护部常务会议听取《环境空气质量标准》修订工作情况汇报，会议原则同意修订的指导思想、原则和思路，并要求进一步修改完善后在更大范围内再次对标准征求意见。

2011年8月29日，环境保护部科技标准司召集标准编制组召开专题会议，讨论落实部常务会的意见和建议，并决定召开《环境空气质量标准》研讨会，研讨完善后的草案。

2011年9月13日，环境保护部科技标准司在北京召开《环境空气质量标准》研讨会，对标准文本的技术内容进行了深入的研讨。大气环境科学领域的院士、知名专家参加会议。在此基础上进一步完善《环境空气质量标准》（二次征求意见稿草稿）

2011年11月7日，环境保护部科技标准司在北京召开《环境空气质量标准》研讨会，对标准文本和编制说明的技术内容进行了认真梳理。大气环境科学领域的院士、知名专家参加会议。在此基础上形成本《环境空气质量标准》（二次征求意见稿）。

## 2. 标准修订的必要性

### 2.1 空气质量基准研究有了新的进展

环境空气质量标准制修订的科学基础是空气质量基准。空气质量基准发生变化后，需要对环境空气质量标准进行评估和修订。近年来，一些重要污染物的空气质量基准有了新的发展，如WHO基于环境空气污染物健康影响研究的最新科学证据，于2005年发布了《空气质量准则—颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫（2005年全球更新版）》（《Air Quality Guidelines—Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide (Global update 2005)》），修订了4种典型污染物的空气质量指导值<sup>[1]</sup>；2000年以来，美国也连续修订了颗粒物（PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>）、臭氧（O<sub>3</sub>）、铅（Pb）、二氧化氮（NO<sub>2</sub>）等环境空气质量基准文件<sup>[2-6]</sup>。

### 2.2 我国环境空气污染特征发生变化

近年来，我国社会经济高速发展，以煤炭为主的能源消耗大幅攀升，机动车保有量急剧增加，经济发达地区 NO<sub>x</sub> 和 VOCs 排放量显著增长，O<sub>3</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 污染加剧，在 PM<sub>10</sub> 和总悬浮颗粒物（TSP）污染还未全面解决的情况下<sup>[7]</sup>，京津冀、长江三角洲、珠江三角洲等区域 PM<sub>2.5</sub> 和 O<sub>3</sub> 污染加重，灰霾现象频繁发生，能见度降低<sup>[8-10]</sup>。此外，重金属等有毒污染物污染事件发生频率较高，威胁公众的身体健康<sup>[11]</sup>。

## 2.3 标准需要适应环境管理的新需求

依据现行环境空气质量评价体系，我国部分区域和城市环境空气质量评价结果与人民群众主观感受不一致<sup>[12]</sup>。现行标准中分区分级要求不能适应新的社会经济发展和环境管理需求；部分污染物项目有待调整，限值有待修订；数据有效性规定有待收紧，部分监测分析方法也需更新等。

## 2.4 各国环境空气质量标准的不断更新

2000 年以来，依据最新的科学研究成果，美国、欧盟、日本、英国、加拿大、印度、泰国等国家、地区均对本国的环境空气质量标准进行了新一轮修订<sup>[13-28]</sup>，修订的重点是进一步提高保护人体健康和生态环境的要求，普遍增加 PM<sub>2.5</sub> 浓度限值以及 O<sub>3</sub> 的 8 小时浓度限值。此外，欧盟、英国、印度等国家和地区还增加了镉（Cd）等重金属污染物限值。

# 3. 标准修订原则与思路

## 3.1 修订原则

以最新的空气质量基准研究结果为科学基础，保护公众健康、生态环境和社会物质财富；充分考虑我国复合型、压缩型环境空气污染特征，客观反映我国环境空气质量状况；结合《中国宏观环境战略研究》等研究成果，考虑国家环境空气质量阶段性管理目标，与相关法律、法规、规划、政策和标准相衔接；充分借鉴发达国家和地区环境空气质量管理的经验及环境空气质量标准，逐步缩小与发达国家和地区的差距。

## 3.2 修订思路

研究整合相关环境空气质量标准；根据我国环境管理需求，研究调整环境空气功能区分类方案；根据我国环境管理需求，研究确定污染物项目，调整部分污染物限值；研究调整数据统计有效性规定；更新环境空气质量监测与分析方法标准。

# 4. 标准修订的主要内容和依据

## 4.1 适用范围

现行标准的适用范围是“本标准规定了环境空气质量功能区划分、标准分级、污染物项目、取值时间及浓度限值，采样与分析方法及数据统计的有效性规定。本标准适用于全国范围的环境空气质量评价。”

为强调《环境空气质量标准》在环境空气质量管理工作中的作用，新标准将适用范围调整为“本标准规定了评价环境空气质量的污染物项目、限值、监测规范和环境空气功能区分类。本标准适用于全国范围内的环境空气质量评价与管理。”

## 4.2 环境空气功能区分类与标准分级

### 4.2.1 功能区分类

现行标准将环境空气功能区划分为三类：一类区为自然保护区、风景名胜区和其它需要特殊保护的地区，二类区为城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农村地区，三类区为特定工业区。

将环境空气功能区划分为三类，最早可以追溯到我国 1982 年首次制定发布的《大气环境质量标准》(GB3095-82)。当时考虑到我国幅员广阔，地形和气象条件复杂，各城镇经济结构和功能各异，需要重点保护的也不一样，采用分区的办法制定标准。随着社会经济的发展和环境空气质量的改善，应逐渐取消三类区和三级标准<sup>[29]</sup>。遵循这一原则，在 1996 年第一次修订标准时，大大缩小了三类区的范围，三类区仅指 1998 年 1 月 1 日以前建成的冶金、建材、化工、矿区等污染严重的工业区<sup>[30-31]</sup>。

改革开放 30 多年来，我国社会经济得到了长足发展，人民群众生活水平大幅度提升，对环境空气质量的要求不断提高，取消三类区的条件成熟。因此，在本次标准修订过程中，将三类区全部并入二类区，环境空气功能区仅分为两类。

### 4.2.2 标准分级

与修订后的环境空气功能区分类相对应，将标准分为两级，一类区执行一级标准，二类区执行二级标准。一级标准保护自然生态环境及社会物质财富，同时也为理想的环境目标，二级标准保护公众健康，这与美国等发达国家和地区标准分级方式一致。

## 4.3 污染物项目的设置

环境空气质量标准是各国环境空气质量管理工作的重要手段之一，标准中污染物项目的选择取决于各国的环境空气质量管理体系。从各国发布的环境空气质量标准<sup>[14-28,32-36]</sup>来看，普遍将 SO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、PM<sub>10</sub> 作为污染物项目，大部分发达国家和地区还将 PM<sub>2.5</sub> 作为污染物项目，大部分发达国家和发展中国家将 Pb 作为污染物项目，许多发展中国家仍将 TSP 作



为污染物项目。欧盟、英国和日本都规定了苯，欧盟、英国和印度还将 As、Cd、Ni 等重金属污染物纳入标准中。

参照国际经验，结合我国环境空气质量管理需求，本次修订将污染物项目分为一般项目与特殊项目。一般项目是指在全国范围内实施的污染物项目，特殊项目是指具有区域或地区污染特征，应当在特定区域实施的污染物项目。此外，根据国家重金属污染防治的有关要求，在资料性附录中增加了重金属推荐项目，供地方制定空气质量标准时参考。

#### 4.3.1 一般项目

##### (1) SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>10</sub> 和 O<sub>3</sub>

煤炭是我国的主要能源，同时机动车保有量持续增加，因此，煤烟型污染和机动车尾气污染的特征污染物 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>10</sub> 和光化学反应产生的二次污染物 O<sub>3</sub> 应是我国保护人体健康和自然生态环境的主要污染物，而且目前国际上普遍控制的污染物项目主要是上述五项。因此，本次修订将 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>10</sub> 和 O<sub>3</sub> 作为适用于全国环境空气质量评价与管理的基本污染物项目，这些污染物项目也是现行标准中规定的项目。

##### (2) PM<sub>2.5</sub>

由于 PM<sub>2.5</sub> 与人体健康和能见度密切相关<sup>[9]</sup>，已经成为发达国家和地区普遍控制的污染物项目，长远来看，也应该是我国环境空气质量管理的重点内容之一，属于标准中的一般项目。但目前我国主要是京津冀、长江三角洲、珠江三角洲地区，以及山东半岛、辽宁中南、中原、长江中游（武汉城市圈）、海峡西岸、川渝和关中等地区城市群 PM<sub>2.5</sub> 污染问题较为突出<sup>[8]</sup>；国家有关政策也要求在上述地区加强 PM<sub>2.5</sub> 污染防治<sup>[37]</sup>，有关方面要求在标准中增加 PM<sub>2.5</sub> 项目的呼声很高。考虑到目前我国一些区域迫切需要开展 PM<sub>2.5</sub> 环境空气质量评价与管理工作，为满足新形势下环境空气质量管理的需要，在一般项目中增加 PM<sub>2.5</sub>，这是我国首次制定 PM<sub>2.5</sub> 标准。

#### 4.3.2 特殊项目

由于我国自然地理环境差异较大，加之东西部经济发展不平衡，各区域空气污染特征有较大的差异。根据近年的环境空气质量状况公报，TSP 污染较重地区主要集中在新疆、青海、宁夏、甘肃、内蒙古等省区。近年来我国 Pb 污染事件频发，严重威胁暴露人群的身体健康<sup>[38]</sup>，我国环境空气中的 Pb 主要来自有色冶炼、铅酸蓄电池等固定排放源<sup>[38-39]</sup>。我国环境空气中 BaP 主要来源于煤炭、石油、生物质等的燃烧源，部分地区浓度水平较高。氟化物污

染在我国局部地区比较显著。研究表明，我国部分地区氮氧化物污染较为严重，现有 NO<sub>2</sub> 监测点位的监测结果不能准确反映 NO<sub>x</sub> 的真实污染状况。为此，本次修订将上述五种污染物列为特殊项目。

#### 4.3.3 重金属污染物推荐项目

根据国家有关重金属污染防治等环境管理需求<sup>[38]</sup>，选取汞、镉、铬、砷等重金属或类金属项目，为其提供参考限值。上述四种污染物项目的参考限值作为资料性附录，供各省级人民政府制定地方环境空气质量标准参考。

### 4.4 颗粒物（PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>）

#### 4.4.1 危害与指导值

颗粒物对环境产生的危害主要包括人体健康效应、植物和生态系统影响、能见度降低以及材料的腐蚀等<sup>[1-2,40-41]</sup>。环境空气中的颗粒物对光线具有散射和吸收作用，使能见度下降<sup>[8,12]</sup>，细颗粒物的影响比粗颗粒物显著，而且颗粒物的浓度、组分及环境湿度都对能见度下降产生影响。颗粒物通过干、湿沉降一方面对生态系统产生影响，另一方面对建筑材料产生腐蚀作用。颗粒物在植物和土壤上的沉积可以直接或间接产生生态系统反应，导致生态系统结构形态和生态过程功能改变。颗粒物中的硫酸盐和硝酸盐通过沉降进入土壤后，改变能量流和营养物质循环，抑制营养物质吸收，改变生态系统结构和影响生态系统多样性。

颗粒物对健康的影响范围很广，包括对心血管系统疾病、呼吸系统疾病、肺癌死亡率增加等。WHO 根据最新的科学研究结果，从保护人群健康出发，考虑到各国环境空气质量差异，提出指导值和三个过渡期目标，为各国制定本国环境空气质量标准提供参考，具体见表 1。综合考虑 WHO 的研究结果，以及我国的经济社会发展阶段和环境管理需求，将 WHO 的第 1 阶段和第 3 阶段过渡期目标值分别作为本标准的二级和一级浓度限值。

表 1 WHO 对于颗粒物的空气质量指导值和过渡期目标

	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	
	年平均	24 小时平均	年平均	24 小时平均
过渡期目标-1	70	150	35	75
过渡期目标-2	50	100	25	50
过渡期目标-3	30	75	15	37.5
空气质量指导值	20	50	10	25

#### 4.4.2 现行标准的控制水平

图 1 是我国与美国、欧盟等国家、地区 PM<sub>10</sub> 环境空气质量标准的对比<sup>[14-28,32-35]</sup>。可以看出,我国保护人体健康的 PM<sub>10</sub> 现行二级标准浓度限值无论是 24 小时平均还是年平均浓度限值在国际上相对较宽,而一级标准较严。

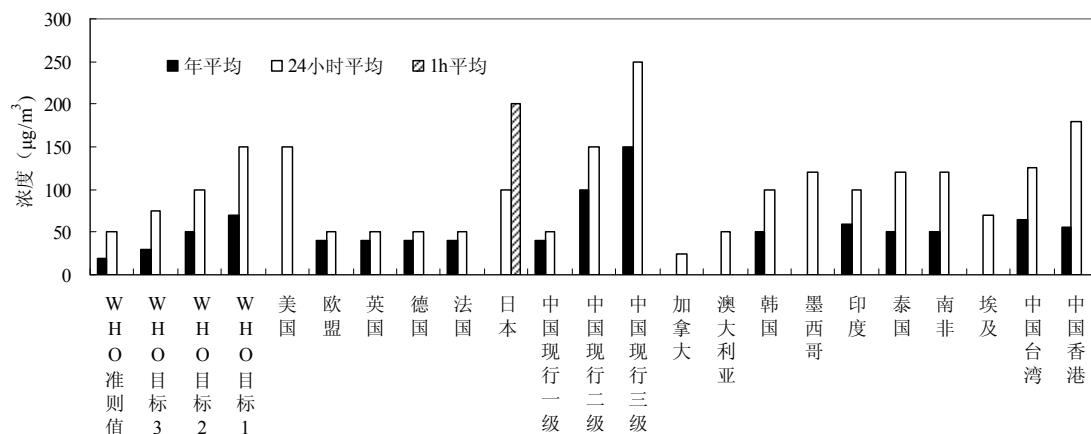


图1 国内外 PM<sub>10</sub> 环境空气质量标准值比较

#### 4.4.3 修订结果

##### (1) 取值时间

流行病学研究表明,环境空气颗粒物 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的短期或长期暴露都会对人体产生不利的健康效应<sup>[1]</sup>。短期暴露的健康效应可通过 24 小时平均浓度标准保护,长期暴露的健康效应可通过年平均浓度标准保护<sup>[40-41]</sup>。我国现行颗粒物标准的取值时间是 24 小时和年。本次修订保留 24 小时和年两种取值时间。

##### (2) PM<sub>10</sub> 的浓度限值

我国现行 PM<sub>10</sub> 一级标准年和 24 小时平均浓度限值分别为 40µg/m<sup>3</sup> 和 50µg/m<sup>3</sup>, 二级标准年和 24 小时平均浓度限值分别为 100µg/m<sup>3</sup> 和 150µg/m<sup>3</sup>。

欧盟、德国、印度等国家和地区的年平均浓度限值主要在 40~65µg/m<sup>3</sup> 之间,美国前标准为 50µg/m<sup>3</sup> (已于 2006 年取消,目前只规定 24 小时平均浓度限值)。各国 24 小时平均浓度限值一般在 50~150µg/m<sup>3</sup> 之间。WHO 的年和 24 小时平均浓度指导值分别为 20µg/m<sup>3</sup> 和 50µg/m<sup>3</sup>。过渡期第 1、2、3 阶段目标的年平均浓度值分别为 70µg/m<sup>3</sup>、50µg/m<sup>3</sup>、30µg/m<sup>3</sup>, 24 小时平均浓度值分别为 150µg/m<sup>3</sup>、100µg/m<sup>3</sup>、75µg/m<sup>3</sup>。

综合考虑到我国目前环境空气质量现状和经济技术水平,我国应分阶段逐步改善环境空气质量。现行一级标准的年平均浓度限值与其他国家和地区相比,仍然处于较为严格的水平,本次修订维持不变;二级标准采用 WHO 过渡期第 1 阶段目标值,即年平均浓度限值由目前的 100µg/m<sup>3</sup> 调整为 70µg/m<sup>3</sup>, 24 小时平均浓度限值为 150µg/m<sup>3</sup>。

##### (3) PM<sub>2.5</sub> 的浓度限值

美国、欧盟、日本、德国、印度等国家和地区的年平均浓度限值在 15~40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  之间，24 小时平均浓度限值在 35~65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  之间。

我国于 2010 年组织的多个城市长期灰霾试点监测结果表明，各试点城市环境空气中  $\text{PM}_{2.5}$  与  $\text{PM}_{10}$  浓度的比例在 40.4%~69.9%之间，平均为 50%<sup>[9,42]</sup>。WHO 分析世界各国的研究结果后认为，发达国家城市中  $\text{PM}_{2.5}$  与  $\text{PM}_{10}$  浓度的比例通常在 50~80%之间，对于发展中国家的城市， $\text{PM}_{2.5}$  与  $\text{PM}_{10}$  浓度具有代表性的比例为 50%<sup>[1]</sup>。因此，此次修订标准，采用二级标准  $\text{PM}_{2.5}$  与  $\text{PM}_{10}$  平均浓度限值的比例为 50%。

综合考虑到我国目前环境质量现状和经济技术水平，本次修订标准一级标准年和 24 小时平均浓度限值分别为 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  和 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，与国际上发达国家的标准下限值一致，也与 WHO 过渡期第 3 阶段目标值基本一致；二级标准按照  $\text{PM}_{2.5}$  与  $\text{PM}_{10}$  的浓度限值之间的比例为 50%确定，年和 24 小时平均浓度限值分别为 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  和 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，修订后的二级标准与 WHO 过渡期第 1 阶段目标接轨。

## 4.5 二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ )

### 4.5.1 危害与基准

根据相关基准资料，植被、材料等短期暴露  $\text{NO}_2$  的阈限值为 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，长期暴露的阈限值为 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>[5]</sup>。根据人群流行病学和毒理学研究结果，短期暴露主要引起气道等呼吸系统反应。WHO 认为短期暴露浓度超过 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  时可引起显著的健康效应，短期暴露于 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下相对安全<sup>[1]</sup>。儿童长期暴露较低浓度水平下的  $\text{NO}_2$ ，会引起呼吸效应。WHO 将年平均 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  作为长期暴露健康效应的指导值<sup>[1]</sup>。

### 4.5.2 现行标准的控制水平

图 2 是我国、美国等国家、地区和组织  $\text{NO}_2$  的环境空气质量标准浓度限值<sup>[14-28,32-34,36]</sup>。可见，我国现行一级标准较为严格，而二级标准与主要发达国家相比，仍然宽松。

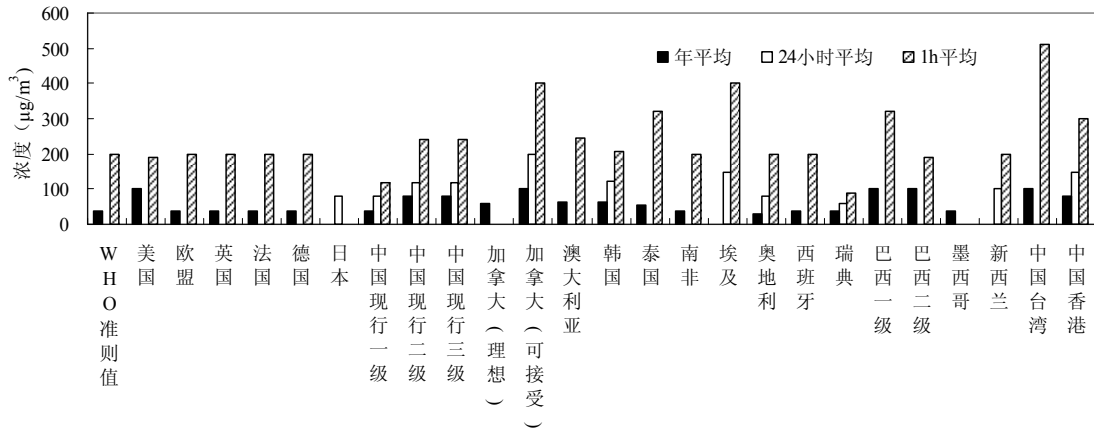


图2 NO<sub>2</sub>的环境空气质量标准值比较

#### 4.5.3 修订结果

我国一级标准浓度限值是根据保护人体健康和生态植被较为严格的基准确定的。由于NO<sub>2</sub>保护人体健康的基准比保护生态植被的基准严格得多，因而一级标准应与二级标准相同。正是基于这样的原则，1996年修订标准时NO<sub>2</sub>一级和二级标准浓度限值相同，年、24小时和1小时平均浓度限值都分别为40µg/m<sup>3</sup>、80µg/m<sup>3</sup>和120µg/m<sup>3</sup>。为适应当时国家社会经济发展和环境管理需求，2000年修改标准时将二级标准放宽至与三级标准相同，成为现行二级标准。

美国、欧盟、德国、英国等发达国家和地区的年平均浓度限值在40~100µg/m<sup>3</sup>之间，主要集中在40µg/m<sup>3</sup>，24小时平均浓度限值在60~200µg/m<sup>3</sup>之间，主要集中在80µg/m<sup>3</sup>，1小时平均浓度限值在200~400µg/m<sup>3</sup>，主要集中在200µg/m<sup>3</sup>。WHO的年和1小时平均浓度指导值分别为40µg/m<sup>3</sup>和200µg/m<sup>3</sup>，未设置过渡期目标值。

现行一级标准年、24小时和1小时平均浓度限值分别为40µg/m<sup>3</sup>、80µg/m<sup>3</sup>和120µg/m<sup>3</sup>。与各国标准浓度限值和WHO指导值相比，现行一级标准年和24小时平均浓度限值处于较为严格的水平，1小时平均浓度限值比发达国家的浓度限值和WHO的指导值要严格得多。本次修订一级标准年和24小时平均浓度限值维持不变，1小时平均浓度限值由120µg/m<sup>3</sup>调整为200µg/m<sup>3</sup>，与国际接轨。

我国现行二级标准年、24小时和1小时平均浓度限值分别为80µg/m<sup>3</sup>、120µg/m<sup>3</sup>和240µg/m<sup>3</sup>，与发达国家和WHO的指导值相比，处于相对较宽的水平。NO<sub>2</sub>除对人体健康有直接影响外，还会通过促进产生O<sub>3</sub>和含硝酸盐和亚硝酸盐的二次颗粒物间接影响人体健康和社会物质财富。目前，全国所有城市均达到现行二级标准年平均浓度限值，大部分城市年

平均浓度限值达到现行一级标准。进一步收紧二级标准,将有利于 NO<sub>x</sub> 排放控制,促进 PM<sub>2.5</sub> 和 O<sub>3</sub> 污染防治。在征集意见过程中多个单位建议收紧标准。因此,本次修订年平均浓度限值和 24 小时平均浓度限值分别恢复至 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  和 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;1 小时平均浓度限值由 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  调整为 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,与 WHO 和欧美等发达国家的浓度限值接轨。

## 4.6 臭氧 (O<sub>3</sub>)

### 4.6.1 危害与基准

O<sub>3</sub> 对人体健康的危害主要是强烈刺激呼吸道,造成肺功能改变,引起气道反应和气道炎症增加、哮喘加重等。一般认为老人与儿童对 O<sub>3</sub> 更为敏感。很多植物对 O<sub>3</sub> 比较敏感,在 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  浓度下暴露 8 小时,或在 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  暴露 1 小时,植物叶面可出现点彩状和青铜色伤斑。O<sub>3</sub> 对建筑材料、衣物及其他物质材料等有损坏作用,如加速橡胶和塑料老化,使纺织品褪色等<sup>[3]</sup>。WHO 依据近年的研究结果,提出的 8 小时平均浓度指导值为 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,过渡期第 1 阶段目标值为 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>[1]</sup>。

国际上保护人体健康的 O<sub>3</sub> 环境空气质量基准的研究最早是从 1 小时浓度值开始的。上世纪研究发现,1~3 小时短期急性暴露较高浓度水平 O<sub>3</sub> 会引起健康效应,为此发达国家制定了 1 小时标准。通过加强控制,O<sub>3</sub> 浓度水平降低至 1 小时平均浓度限值以下,但又研究发现,在低浓度水平下暴露 6~8 小时仍然会引起健康效应。与 1 小时暴露相比,较低浓度水平 8 小时暴露引起的健康效应更直接相关<sup>[43]</sup>。因而上世纪九十年代后期国际上的 O<sub>3</sub> 环境空气质量基准逐渐发展为 8 小时浓度值。

### 4.6.2 现行标准的控制水平

图 3 是部分国家、地区和组织 O<sub>3</sub> 的环境空气质量浓度限值<sup>[14-28,32-34,36]</sup>。我国现行一级标准 1 小时平均浓度限值为 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,是加拿大的 1.6 倍,日本的 1.3 倍,澳大利亚和韩国的 0.8 倍,在国际上处于中间水平。我国现行二级标准 1 小时平均浓度限值为 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,是加拿大的 2 倍,日本的 1.6 倍,与澳大利亚和韩国相同。

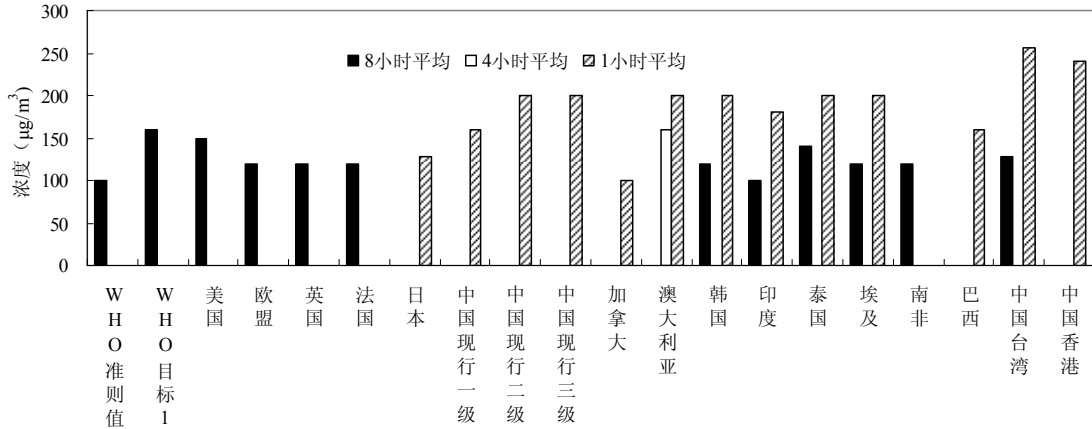


图3 O<sub>3</sub> 的环境空气质量标准比较

#### 4.6.3 修订结果

##### (1) 取值时间

虽然发达国家现行标准主要采用 8 小时平均浓度限值，废除了 1 小时平均浓度限值，但主要是由于 O<sub>3</sub> 的浓度水平已经下降到较低浓度水平。虽然我国未开展过系统的 O<sub>3</sub> 环境空气质量监测，但已有研究表明，我国一些地区 O<sub>3</sub> 的浓度水平较高，污染存在加重趋势<sup>[8-9]</sup>，因而应继续保留 1 小时平均的取值时间，控制较高浓度水平下对公众健康造成的潜在影响。在征集意见过程中很多单位要求增加 O<sub>3</sub> 的 8 小时平均浓度限值。为使标准具有先进性，综合考虑国内实际情况和国际发展趋势，本次修订增加 8 小时平均，与国际接轨。

##### (2) O<sub>3</sub> 的浓度限值

美国、欧盟、德国、英国等发达国家和地区制定的主要是 8 小时平均浓度限值，主要在 120~150µg/m<sup>3</sup> 之间。WHO 的 8 小时平均浓度指导值为 100µg/m<sup>3</sup>，设置的过渡期第 1 阶段目标值为 160µg/m<sup>3</sup>。本次修订一级标准 8 小时平均浓度限值为 100µg/m<sup>3</sup>，与 WHO 的指导值一致；二级标准 8 小时平均浓度限值为 160µg/m<sup>3</sup>，略宽于发达国家的上限值，与 WHO 过渡期第 1 阶段目标接轨。

目前，仅有澳大利亚、韩国等少数发达国家制定了 1 小时平均浓度限值，在 160~200µg/m<sup>3</sup> 之间。WHO 已经在 2000 年废除了 1987 年制定的 1 小时平均浓度指导值（150~200µg/m<sup>3</sup>）。我国现行一级和二级标准 1 小时平均浓度限值分别为 160µg/m<sup>3</sup> 和 200µg/m<sup>3</sup>，分别处于国际上限和下限水平。本次修订不做调整。

## 4.7 二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)

美国、欧盟、德国、日本、英国等发达国家保护人体健康的年平均浓度限值主要在

50~80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，24 小时平均浓度限值主要在 110~500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，1 小时平均浓度限值在 200~520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。欧盟、英国、芬兰等保护生态植被的标准主要是年平均浓度限值为 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，美国设置的是 3 小时平均浓度限值 1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，加拿大理想级年和 24 小时平均浓度限值分别为 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。WHO 24 小时和 10 分钟平均浓度的指导值分别为 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，过渡期第 1 和 2 阶段目标 24 小时平均浓度值分别为 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

我国现行一级标准浓度限值年平均、24 小时平均和 1 小时平均分别为 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二级标准浓度限值分别为 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。与上述美国、欧盟、WHO 等国家、地区和组织相应标准相比，我国现行一级标准在国际上仍然最为严格，可以保护社会物质财富，二级标准处于中等偏严水平，可以保护人体健康。本次修订不对  $\text{SO}_2$  浓度限值进行调整。

## 4.8 一氧化碳（CO）

美国、欧盟、日本等发达国家制定的主要是保护人体健康的 1 小时和 8 小时平均浓度限值。1 小时平均浓度限值主要集中在 30~40 $\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，8 小时平均浓度限值主要集中在 10~25 $\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。WHO 制定的 1 小时和 8 小时平均浓度指导值分别为 30 $\text{mg}/\text{m}^3$ 和 10 $\text{mg}/\text{m}^3$ ，无 24 小时平均浓度限值。

由于 CO 对植物产生危害的阈值远高于对人体和动物的阈值，一级标准主要依据保护人体健康的基准制定限值，一级标准的浓度限值和二级浓度限值相同。现行环境空气质量标准 1 小时和 24 小时平均浓度限值分别为 10 $\text{mg}/\text{m}^3$ 和 4 $\text{mg}/\text{m}^3$ ，严于当前 WHO 的指导值，也严于美国、欧盟等发达国家的浓度限值。迄今为止，无论 WHO 还是美国等发达国家均未发布新的 CO 基准，也未有新的空气质量标准出现。基于上述情况，本次修订不对 CO 浓度限值进行调整。

## 4.9 铅（Pb）

### 4.9.1 危害与基准

Pb 通过不同的作用机制对多个器官系统产生有害作用，损害神经发育，造成儿童智商（IQ）损失，影响认知、记忆和行为，影响成人肾功能和心血管功能，并造成贫血。血 Pb 是反映 Pb 污染程度的最好指标，低浓度水平暴露时，血 Pb 与空气中的 Pb 浓度水平线性相关显著<sup>[44-45]</sup>。WHO 推荐儿童血 Pb 临界水平为 100 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，并按照空气 Pb 与血 Pb 比值 1:5（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : $\mu\text{g}/\text{dL}$ ），非空气血 Pb 贡献 30 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，确定 Pb 的指导值为 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>[44]</sup>。

2008 年美国修订 Pb 环境空气质量标准时，采用了新的标准制定方法，主要是统计分析



出美国儿童血铅水平与 IQ 损失的关系，以保护儿童 IQ 损失低于 2 个点为目标，采用 1:7 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) 作为空气铅与血 Pb 的比值和 1.75 作为血 Pb 与 IQ 损失斜率，将 Pb 标准由季平均浓度限值  $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$  调整为三个月平均浓度限值  $0.15\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>[45]</sup>。2008 年美国环境空气中 Pb 的平均浓度已经低至  $0.12\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

#### 4.9.2 现行标准的控制水平

图 4 是美国、欧盟等国家、地区和组织 Pb 环境空气质量标准中的浓度限值<sup>[14-26,32-35]</sup>。

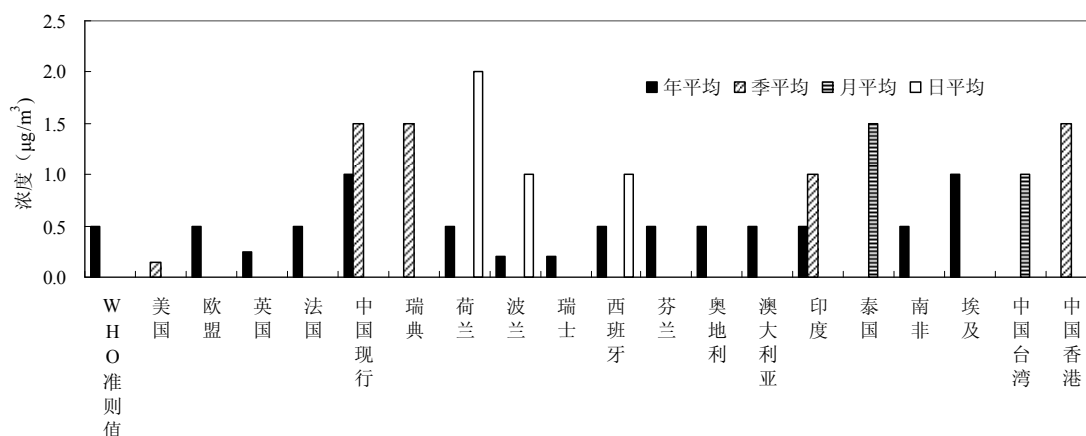


图4 国内外Pb环境空气质量标准比较

可以看出，国际上的环境空气质量标准主要采用了年平均、季平均（美国和中国香港为三个月平均）、月平均、24 小时平均共四种取值时间，而以年平均为主。我国现行标准与发达国家相比，较为宽松。

#### 4.9.3 修订结果

##### (1) 取值时间

我国现行环境空气质量标准中的取值时间是年平均和季平均。暴露环境空气低浓度 Pb 具有长期慢性累积健康效应，短期暴露环境空气中的 Pb 对人体内血 Pb 水平影响不显著<sup>[48-49]</sup>，因此国际上主要采用年平均或季平均或三个月平均。征集意见过程中，没有单位对现行标准中的年平均和季平均提出异议，因此，本次修订仍保留年平均和季平均。

##### (2) Pb 的浓度限值

美国、欧盟等国家和地区的环境空气质量标准不分级，欧盟、英国、澳大利亚等发达国家和地区主要制定了年平均浓度限值，在  $0.25\sim 0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$  之间，主要集中在  $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。美国制定了三个月平均浓度限值  $0.15\mu\text{g}/\text{m}^3$ （2008 年前为  $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ），瑞典制定了季平均浓度限值为  $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。WHO 仅制定了年平均浓度指导值  $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

我国现行一级和二级标准年平均浓度限值相同，为  $1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。本次修订调整为  $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，与 WHO 的指导值相同，与欧盟、英国等大多数发达国家和地区的年平均浓度限值相同。我国现行标准季平均浓度限值为  $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，本次修订调整为  $1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比瑞典季平均浓度限值

严格。

## 4.10 苯并[a]芘 (BaP)

### 4.10.1 危害与基准

BaP 已被国际癌症研究机构 (IARC) 列为第二类 A 组人类致癌物。通过大量的研究,尤其是对长期职业暴露人员的研究,发现肺癌发病率、死亡率与所暴露的空气中 BaP 浓度之间存在较为显著的多元线性关系。所以往往根据 BaP 暴露的健康风险度与 BaP 浓度之间的关系确定基准值<sup>[44]</sup>。

2000 年 WHO 根据大量的流行病学调查研究结果,认为  $1\text{ng}/\text{m}^3$  的终生暴露肺癌致癌风险为  $8.7\times 10^{-5}$ , WHO 依据上述关系给出了健康风险为  $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$  时, BaP 浓度分别为  $1.2\text{ng}/\text{m}^3$ 、 $0.12\text{ng}/\text{m}^3$ 、 $0.012\text{ng}/\text{m}^3$ ; 欧盟根据本辖区流行病学调查结果,认为  $1\text{ng}/\text{m}^3$  导致的终生暴露肺癌风险为  $80\times 10^{-6}\sim 100\times 10^{-6}$ , 与 WHO 的研究结果基本一致<sup>[44]</sup>。

### 4.10.2 现行标准的控制水平

目前,制定 BaP 环境空气质量标准的国家和地区主要是欧盟和印度等<sup>[15,22,35]</sup>, 相关标准见表 1。可以看出, 欧盟和印度都设置了年平均浓度限值, 无 24 小时平均浓度限值, 而我国只设置了 24 小时平均浓度限值。

表1 国内外 BaP 空气质量标准

国家和地区	取值时间	限值
WHO		风险度为 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 时, 对应的浓度分别为 1.2、0.12、0.012 $\text{ng}/\text{m}^3$
欧盟	年平均	$1\text{ng}/\text{m}^3$ (PM <sub>10</sub> 中 BaP)
法国	年平均	$1\text{ng}/\text{m}^3$ (PM <sub>10</sub> 中 BaP)
印度	年平均	$1\text{ng}/\text{m}^3$ (PM <sub>10</sub> 中 BaP)
中国 (环境空气)	24 小时平均	$10\text{ng}/\text{m}^3$ (PM <sub>10</sub> 中 BaP)
中国 (居住区)	24 小时平均	$5\text{ng}/\text{m}^3$ (PM <sub>10</sub> 中 BaP)

### 4.10.3 修订结果

#### (1) 平均时间

BaP 是强致癌物, 其危害主要是致癌性, 具有慢性毒性作用, 因此, 欧盟等都采用了年平均。本次修订增加年平均, 以评价长期环境空气质量状况。

#### (2) BaP 的浓度限值

对于强致癌物 BaP, 一级标准和二级标准应采用相同的浓度限值。

欧盟、法国的年平均浓度限值为  $1\text{ng}/\text{m}^3$ 。经过进一步研究分析后认为, 本次修订采用

1ng/m<sup>3</sup>，与欧盟、印度等国家、地区相同。

现行标准 24 小时平均浓度限值为 10ng/m<sup>3</sup>。根据二级标准 PM<sub>10</sub> 年平均浓度限值与 24 小时平均浓度限值的分布关系，本次修订 24 小时平均浓度限值由 10ng/m<sup>3</sup> 调整为 2.5ng/m<sup>3</sup>。

#### 4.11 其他污染物

除上述污染物外，TSP 和氯化物的限值与现行标准相同。NO<sub>x</sub> 的限值按照 GB3095-1996 NO<sub>2</sub> 在 NO<sub>x</sub> 中的比例制定。汞、镉、砷的参考限值与欧盟环境空气质量标准限值相同；欧盟制定这几项污染物的限值时，主要是综合考虑健康风险评估结果，职业卫生限值外推结果和 WHO 的指导值而制定的。六价铬的参考限值是依据 WHO 的健康风险-浓度关系和 10<sup>-6</sup> 可接受风险水平确定的。

#### 4.12 数据统计的有效性规定

在环境空气质量监测过程中，任何情况下都应采取有效措施确保监测数据的准确性、连续性和完整性，保证各取值时间段内获取 100% 的有效数据。由于仪器在运转过程中发生校准、故障维修、停电等各种情况，因而国际上通常都会在标准中规定数据统计有效性的最低要求。根据第一次征求意见情况，现行标准中数据统计的有效性规定较为宽松。随着我国环境空气质量自动监测能力的不断提高，数据统计的有效性规定应进一步收紧，本次修订提高至 90%。

#### 4.13 标准的实施

考虑到环境空气质量标准实施是一项复杂的系统工程，以及目前全国的环境监测能力现状，结合现行标准实施过程中的经验，为保障数据准确性和可比性，将全国统一实施本标准的时间定为 2016 年 1 月 1 日，以便为各地区预留足够的准备时间，加强标准实施的有关配套工作。

在本标准规定的实施时间之前，国务院环境保护行政主管部门可根据国务院办公厅《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》等文件要求指定部分地区提前实施本标准。灰霾、光化学烟雾污染较为严重的地区，应在全国提前实施本标准，切实采取有力措施，控制细颗粒物及其与颗粒物生成相关的污染物排放强度，改善环境质量；其他地方则应积极开展细颗粒物监测、减排技术研究等准备工作，为按时实施标准做好准备。

为了进一步明确标准实施的法律要求，此次修订增加以下内容：按照《中华人民共和国大气污染防治法》的规定，未达到本标准的大气污染防治重点城市，应当按照国务院或者国务院环境保护行政主管部门规定的期限，达到本标准。该城市人民政府应当制定限期达标规

划，并可以根据国务院的授权或者规定，采取更严格的措施，按期实现达标规划。

## 5. 实施保障

本标准中的污染物项目数量较多，并大幅度收紧了数据有效性规定，因此，标准的全面实施对我国环境监测系统提出了更高的要求。基于“十二五”末实现标准中所规定的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、CO、O<sub>3</sub> 项目自动监测以及其他污染物的手工监测，“十二五”期间，需要完善全国的城市、农村、背景和区域监测站点，为新建站点配备监测仪器，并对现有站点进行升级改造，加强监测运行质量控制和监测人员培训，完善国家监测信息传输和发布系统，全面提升国家环境空气质量监测能力；同时，还应加大投入，加强我国环境空气污染特征的研究，研发具有自主知识产权的仪器设备，为全面实施本标准做好技术储备。

## 参考文献

- [1] WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen (Global Update 2005)
- [2] US EPA. Air quality criteria for particulate matter (Volume I),2004
- [3] US EPA. Air quality criteria for ozone and related photochemical oxidants, 2006
- [4] US EPA. Air quality criteria for lead, 2006
- [5] US EPA. Integrated science assessment for oxides of nitrogen - health criteria
- [6] US EPA. Integrated science assessment for oxides of nitrogen and sulfur - ecological Criteria, 2008
- [7] 环境保护部.中国环境状况公报. <http://jcs.mep.gov.cn/>
- [8] 中国工程院, 环境保护部.中国环境宏观战略研究环境要素保护战略卷（上）. 北京,中国环境科学出版社, 2011:254-255
- [9] 中国环境监测总站.灰霾试点监测报告.2010
- [10]中国环境监测总站.臭氧试点监测报告.2010
- [11]中国工程院, 环境保护部.中国环境宏观战略研究环境要素保护战略卷（上）.北京,中国环境科学出版社,2011:329-330
- [12]环境保护部科技标准司. 城市空气污染指数（API）改进和完善研究. 2011
- [13]香港特别行政区政府环境保护署. 检讨本港空气质素指标及制定长远空气质素管理策略可行性研究最终报告,2009
- [14]US EPA. National ambient air quality standards,2010
- [15]European Commission. Air quality standards,2009
- [16]EC. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe,2009
- [17]Ministry of the Environment Government of Japan. Environmental quality standards in Japan: air quality. Tokyo: Ministry of the Environment Government of Japan,2009
- [18]Australian Government, Department of the Environment,Water,Heritage.Air quality standards. Canberra: Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, 2009
- [19]Government of Canada. National ambient air quality objectives (NAAQOs), 2009
- [20]UK Department for Environment, Food & Rural Affairs and the Devolved Administrations. Air quality standards,2009

- [21]Ministry of Environment Republic of Korea. Atmospheric environmental standard,2009
- [22]Ministry of Environment & Forest, Govt of India. National ambient air quality standards,2009
- [23]The Brazilian Ministry of the Environment. CONAMA resolution 8/90 on standards of air quality foreseen in PRONAR,2009
- [24]Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. Ambient air standards,2009
- [25]Republic of South Affrica Department of Environment Affairs. National environmental management: air quality act,act NO 39/2004.2004.12.9
- [26] Ministry of Environment Republic of Korea. Atmospheric environmental standard.
- [27]Germany Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Assessing and enforcing clean air regulations in German.
- [28] Agencia de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales.Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto.
- [29]国家环境保护局大气污染管理处.国家环境质量标准编制说明.北京,北京工业学院出版社,1985:11-12
- [30]国家环境保护局科技标准司.大气环境标准工作手册.北京,1996
- [31]国家环境保护局.环境空气质量功能区划分原则与技术方法(HJ 14-1996).北京,1996:1-2
- [32]香港特别行政区政府环境保护署.空气质素指标.
- [33]台湾环境保护署. 空气品质标准.
- [34] Ministy of Egypt Environmental Affairs. the Executive regulations of the environment law, Decree No. 338 of 1995,1995.2.28
- [35]原国家环境保护局.GB 3095-1996 环境空气质量标准. 北京:中国环境科学出版社,1996.
- [36] 原国家环境保护总局. 环境空气质量标准(GB3095-1996) 修改单. 北京: 原国家环境保护总局, 2000.  
[http://www.zhb.gov.cn/info/gw/huanfa/200001/t20000106\\_61586.htm](http://www.zhb.gov.cn/info/gw/huanfa/200001/t20000106_61586.htm).
- [37]国务院办公厅.关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量指导意见的通知(国办发(2010)33号). 2010, [http://www.gov.cn/zwgk/2010-05/13/content\\_1605605.htm](http://www.gov.cn/zwgk/2010-05/13/content_1605605.htm)
- [38]环境保护部. 重金属污染综合防治“十二五”规划.2010
- [39]环境保护部科技标准司. 国家污染物环境健康风险名录. 北京, 中国环境科学出版社, 2009:351
- [40]US EPA. Air quality criteria for particulate matter (Volume II),
- [41]2004US EPA National ambient air suality standards for particulate matter; final rule,2006
- [42]环境保护部科技标准司.我国五城市大气细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)污染与居民死亡关系研究报告
- [43]US EPA. National ambient air quality standards for ozone final rule,2008

[44]WHO. Air quality guidelines for Europe (second edition). Copenhagen,2000:175

[45]US EPA. National ambient air quality standards for lead final rule, 2008