

附件2

**《环境空气质量标准（征求意见稿）》  
（修订GB 3095—2012）  
编制说明**

《环境空气质量标准》编制组

二〇二五年十二月

# 目录

1.项目背景 .....	1
1.1 任务来源 .....	1
1.2 工作过程 .....	1
1.3 标准的法律依据 .....	2
2.我国环境空气质量状况及发展趋势 .....	3
3.标准修订的必要性 .....	4
3.1 进一步保障人民群众身体健康 .....	4
3.2 支撑美丽中国建设目标如期实现 .....	4
3.3 逐步接轨空气质量标准国际先进水平 .....	5
4.标准修订的主要内容和依据 .....	5
4.1 环境空气功能区分类 .....	5
4.2 污染物项目 .....	6
4.3 细颗粒物（PM <sub>2.5</sub> ）浓度限值 .....	7
4.3.1 现行环境空气质量标准控制水平 .....	7
4.3.2 PM <sub>2.5</sub> 的危害和指导值 .....	8
4.3.3 标准修订内容 .....	8
4.4 可吸入颗粒物（PM <sub>10</sub> ）浓度限值 .....	9
4.4.1 现行环境空气质量标准控制水平 .....	9
4.4.2 PM <sub>10</sub> 的危害和指导值 .....	9
4.4.3 标准修订内容 .....	9
4.5 二氧化硫（SO <sub>2</sub> ）浓度限值 .....	10
4.5.1 现行环境空气质量标准控制水平 .....	10
4.5.2 SO <sub>2</sub> 的危害和指导值 .....	10
4.5.3 标准修订内容 .....	10
4.6 二氧化氮（NO <sub>2</sub> ）浓度限值 .....	11
4.6.1 现行环境空气质量标准控制水平 .....	11
4.6.2 NO <sub>2</sub> 的危害和指导值 .....	11
4.6.3 标准修订内容 .....	11
4.7 臭氧（O <sub>3</sub> ）浓度限值 .....	12
4.7.1 现行环境空气质量标准控制水平 .....	12

4.7.2 本次修订关于 O <sub>3</sub> 浓度限值的考虑 .....	12
<b>4.8 一氧化碳 (CO) 浓度限值 .....</b>	<b>12</b>
4.8.1 现行环境空气质量标准控制水平 .....	12
4.8.2 本次修订关于 CO 浓度限值的考虑 .....	13
<b>4.9 氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 浓度限值 .....</b>	<b>13</b>
4.9.1 NO <sub>x</sub> 的危害与指导值 .....	13
4.9.2 标准修订内容 .....	13
<b>4.10 铅 (Pb)、总悬浮颗粒物 (TSP) 及苯并[a] 芘 (BaP) 浓度限值 .....</b>	<b>13</b>
4.10.1 本次修订关于 Pb 浓度限值的考虑 .....	13
4.10.2 本次修订关于 TSP 浓度限值的考虑 .....	14
4.10.3 本次修订关于 BaP 浓度限值的考虑 .....	14
<b>4.11 本次修订关于附录A所列污染物的考虑 .....</b>	<b>14</b>
<b>4.12 污染物的监测与分析方法 .....</b>	<b>14</b>
4.12.1 监测点位布设 .....	14
4.12.2 样品采集 .....	15
4.12.3 分析方法的实施评估 .....	15
4.12.4 SO <sub>2</sub> 等 10 项污染物参比方法及等效方法的确定 .....	19
<b>4.13 标准实施方案及影响分析 .....</b>	<b>21</b>
4.13.1 标准实施方案 .....	21
4.13.2 影响分析 .....	22
<b>5. 空气质量达标路径与费效分析 .....</b>	<b>23</b>
5.1 达标路径分析 .....	23
5.2 费效分析 .....	24
<b>参考文献 .....</b>	<b>25</b>

# 1. 项目背景

## 1.1 任务来源

为保护和改善环境空气质量，防治大气污染，进一步保障人民群众身体健康，贯彻落实《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》（以下简称《大气法》）要求，修订本标准。

《大气环境质量标准》于1982年首次发布，1996年首次修订并更名为《环境空气质量标准》，2000年发布《环境空气质量标准》（GB 3095—1996）修改单，2012年第二次修订，2018年发布《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）修改单。上述标准有力推动了全国大气污染防治工作深化和空气质量管理转型，引领全国及重点区域空气质量显著改善，为打赢蓝天保卫战奠定了坚实基础。建设美丽中国是全面建设社会主义现代化国家的重要目标。为此，需要强化《环境空气质量标准》的引领作用，促进环境空气质量持续改善，降低大气污染对人民群众身体健康的影响。2023年，党中央、国务院印发的《关于全面推进美丽中国建设的意见》和国务院印发的《空气质量持续改善行动计划》，均要求研究修订环境空气质量标准及相关技术规范。

在大量前期研究基础上，生态环境部于2025年正式启动《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）修订项目。该项目由中国环境科学研究院牵头，联合中国环境监测总站、生态环境部环境规划院、复旦大学、清华大学、北京大学等单位共同承担。

## 1.2 工作过程

2022年10月，国家重点研发计划启动“环境空气质量评估与标准制修订关键技术及应用”项目，结合“大气重污染成因与治理攻关”等成果，开展标准修订关键技术方法研究。

2025年1月，接到标准修订工作任务后，项目承担单位组建了标准编制组（以下简称编制组），并组织院士专家开展专题研讨，明确了标准修订的总体思路、基本原则、技术路线与实施方案。为保障工作高效推进，生态环境部大气环境司同步成立工作专班，进一步明确组织协调机制，为标准修订工作提供充分保障。

2025年2~5月，编制组对现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）的

实施效果进行全面评估，充分调研国内外大气环境健康风险研究成果及国际环境空气质量标准制修订先进经验。在此基础上，编制组综合评估了标准修订后的潜在影响，并组织相关领域院士专家，就标准的修订思路与框架展开深入研讨，确定初步修订方案，并完成《环境空气质量标准》草案及开题论证报告编制工作。

2025年6月，编制组完成《环境空气质量标准》开题论证。

2025年7~10月，编制组就《环境空气质量标准（草案）》多次咨询专家意见并进行完善后，形成《环境空气质量标准（征求意见稿）》及编制说明。

2025年11月，生态环境部环境标准研究所组织召开《环境空气质量标准（征求意见稿）》技术审查会，会议邀请来自清华大学、北京大学等单位11位院士专家对《环境空气质量标准（征求意见稿）》及编制说明进行技术审查，生态环境部相关司局参加会议。编制组根据专家审查意见，进一步修改完善了《环境空气质量标准（征求意见稿）》及编制说明。

### 1.3 标准的法律依据

《中华人民共和国标准化法》第十条规定：对保障人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全以及满足经济社会管理基本需要的技术要求，应当制定强制性国家标准。

《中华人民共和国环境保护法》第十五条规定：国务院环境保护主管部门制定国家环境质量标准。省、自治区、直辖市人民政府对国家环境质量标准中未作规定的项目，可以制定地方环境质量标准；对国家环境质量标准中已作规定的项目，可以制定严于国家环境质量标准的地方环境质量标准。地方环境质量标准应当报国务院环境保护主管部门备案。第二十八条规定：地方各级人民政府应当根据环境保护目标和治理任务，采取有效措施，改善环境质量。未达到国家环境质量标准的重点区域、流域的有关地方人民政府，应当制定限期达标规划，并采取措施按期达标。

《大气法》第三条规定：地方各级人民政府应当对本行政区域的大气环境质量负责，制定规划，采取措施，控制或者逐步削减大气污染物的排放量，使大气环境质量达到规定标准并逐步改善。第八条规定：国务院生态环境主管部门或者省、自治区、直辖市人民政府制定大气环境质量标准，应当以保障公众健康和保护生态环境为宗旨，与经济社会发展相适应，做到科学合理。第十四

条规定：未达到国家大气环境质量标准城市的人民政府应当及时编制大气环境质量限期达标规划，采取措施，按照国务院或者省级人民政府规定的期限达到大气环境质量标准。

## 2. 我国环境空气质量状况及发展趋势

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）实施以来，我国环境空气质量显著改善。2015~2024年，全国细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）等主要环境空气污染物浓度大幅下降<sup>1</sup>。其中，PM<sub>2.5</sub>年均浓度从46微克/立方米下降至29.3微克/立方米，降幅达36%；可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）、二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、二氧化氮（NO<sub>2</sub>）、一氧化碳（CO）浓度降幅均超过25%。其中，SO<sub>2</sub>年均浓度从23微克/立方米降至8微克/立方米，降幅高达65%，大幅减轻了我国酸雨污染程度。截至2024年，全国环境空气质量达标的地级及以上城市数为222个，占全部城市数的65.5%，创历史新高。同时，“十四五”期间克服全球变暖背景下臭氧（O<sub>3</sub>）本底浓度上升的不利因素，积极推动前体物减排，协同控制PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>污染，遏制了O<sub>3</sub>浓度增长的趋势。污染物浓度的持续降低，有效减少了空气污染对人体呼吸系统、心血管系统等健康危害，切实保障了人民群众的生命健康安全，大幅提升了公众的蓝天获得感和幸福感。

标准实施在引领空气质量改善的同时，也为经济发展注入了绿色动能，为我国实现经济发展和环境向好“双赢”发挥了重要引领作用。与2015年相比，2024年全国国内生产总值上升了63%（按可比价），汽车保有量增长了111%，同时PM<sub>2.5</sub>浓度下降了36%，重污染天数减少了68%。在主要措施方面，一是推动产业结构优化调整，累计淘汰落后煤炭产能10亿吨、钢铁产能3亿吨、水泥产能4亿吨。二是推动能源清洁高效利用，煤炭消费占一次能源消费的比重从2013年的67.4%下降到2024年的53.3%；燃煤锅炉从近50万台减少到不足3万台。三是推动交通运输绿色转型，累计淘汰高排放车辆超过5000万辆，新能源公交车占比由2015年的不到20%提高到2024年的80%以上，大宗货物清洁运输水平持续提升。四是推动重点行业深度治理，全国96%以上的煤电机组实现超低排放；

---

<sup>1</sup> 本段PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>浓度均为实况数据且扣除沙尘影响；2015~2019年城市数为337个，2020~2025年城市数为339个。

累计完成9.3亿吨粗钢产能全流程超低排放改造或重点工程改造，占全国粗钢总产能约80%以上。建成全球规模最大的清洁电力体系和清洁钢铁生产体系。

### 3. 标准修订的必要性

#### 3.1 进一步保障人民群众身体健康

国内外越来越多的研究显示，以PM<sub>2.5</sub>为代表的空气污染物对人体健康存在显著影响，基于环境空气质量标准“保障公众健康”的宗旨，亟需通过修订标准，进一步保障人民群众身体健康。

我国本土健康研究显示，长期和短期PM<sub>2.5</sub>污染暴露均对人体健康造成不利影响，导致非意外全因死亡、心血管系统疾病死亡，增加呼吸系统疾病、代谢性疾病、退行性神经病及肺癌的发病率和死亡风险。美国健康影响研究所（HEI）发布的《全球空气状况报告2025》中指出，2023年，环境空气污染造成全球约540万人（95%置信区间：399~693万人）的死亡，占全因死亡人数的9.0%；其中，环境PM<sub>2.5</sub>贡献8.2个百分点，是空气污染疾病负担的最大驱动因素。

除PM<sub>2.5</sub>外，其他污染物的健康风险同样需要高度关注。SO<sub>2</sub>暴露会对人体呼吸系统造成显著危害，其与PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>等协同作用时，还会进一步扩大对人体健康及生态环境的负面影响；NO<sub>2</sub>长期暴露会增加非意外全因死亡、慢性阻塞性肺病、呼吸道疾病及急性下呼吸道感染风险，短期暴露则会提升非意外全因死亡风险与哮喘每日住院率。同时，氮氧化物（NO<sub>x</sub>）作为O<sub>3</sub>和二次颗粒物的主要前体物，间接加剧空气污染的健康危害。

#### 3.2 支撑美丽中国建设目标如期实现

《中共中央 国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》指出，到2027年全国PM<sub>2.5</sub>平均浓度下降到28微克/立方米以下，到2035年进一步降至25微克/立方米以下。党的二十届四中全会将美丽中国建设取得新的重大进展作为“十五五”时期经济社会发展的主要目标之一。

虽然全国空气质量得到显著改善，2024年74%的地级及以上城市PM<sub>2.5</sub>年均浓度达到国家二级限值（35微克/立方米），但其中约半数城市PM<sub>2.5</sub>年均浓度仍高于25微克/立方米，与美丽中国建设目标要求存在差距。而且部分城市在PM<sub>2.5</sub>年均浓度达到国家二级限值后，空气质量持续改善动力不足。因此，有必要修

订《环境空气质量标准》，为实现美丽中国建设目标提供引领和支撑。

### 3.3 逐步接轨空气质量标准国际先进水平

习近平总书记在2023年全国生态环境保护大会上强调“紧跟时代、放眼世界，承担大国责任、展现大国担当，实现由全球环境治理参与者到引领者的重大转变”。中国作为全球生态文明建设的参与者、贡献者、引领者，在过去十余年的大气污染防治工作中积累了大量管理实践经验和科学研究成果。修订环境空气质量标准，既是立足国情推动高质量发展的内在要求，也是参与全球环境治理、构建人类命运共同体的责任担当。

近年来，多个国家（地区）和国际组织修订 PM<sub>2.5</sub>浓度限值或指导值。世界卫生组织（WHO）在最新版《全球空气质量指南》（AQG）中，将 PM<sub>2.5</sub>年均浓度指导值由 10 微克/立方米加严至 5 微克/立方米。美国和欧盟于 2024 年分别将 PM<sub>2.5</sub>年均浓度限值加严至 9 微克/立方米和 10 微克/立方米，日本和韩国先后于 2008 年和 2018 年将 PM<sub>2.5</sub>年均浓度限值加严至 15 微克/立方米。目前，全球有九十多个国家制定了 PM<sub>2.5</sub>年均浓度限值，我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中 PM<sub>2.5</sub>年均浓度二级限值（35 微克/立方米）与 WHO 最新版 AQG 中第一阶段过渡值相当，相对宽松。

## 4. 标准修订的主要内容和依据

本次修订主要考虑以下原则：一是聚焦公众健康，重点关注对健康影响最大的PM<sub>2.5</sub>污染；二是统筹发展保护，对标美丽中国建设目标，综合考虑我国的发展阶段、产业结构、空间布局、资源禀赋、环境容量和治理能力等因素，合理设定浓度限值；三是构建科学体系，以全面规范为目标，整体提升大气环境管理水平。

### 4.1 环境空气功能区分类

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中将环境空气功能区分为二类：一类区为自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域；二类区为居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区。根据《中华人民共和国国家公园法》第二条规定，国家公园是指由国务院批准设立，以保护具有国家代表性的自然生态系统为主要目的，实现自然资源科学保护和合理利用



的特定陆地和海洋区域。根据《国家级自然公园管理办法（试行）》第二条规定，国家级自然公园是指经国务院及其部门依法划定或者确认，对具有生态、观赏、文化和科学价值的自然生态系统、自然遗迹和自然景观，实施长期保护、可持续利用并纳入自然保护地体系管理的区域。国家级自然公园已包括国家级风景名胜区。从功能定位与保护需求来看，国家公园和自然公园符合一类区定位，本次修订将一类区修改为国家公园、自然保护区、自然公园和其他需要特殊保护的区域。

## 4.2 污染物项目

国际上一些主要国家和地区在环境空气质量标准中规定的污染物项目见表1。各国环境空气质量标准在制定过程中普遍参考WHO发布的AQG，主要管控六项常规污染物（PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO）。此外，铅（Pb）因历史上含铅汽油的广泛使用而被多数国家和地区列为约束性污染物。部分发达国家和地区如欧盟还额外管控砷（As）、镉（Cd）、镍（Ni）等重金属污染物；英国、日本、印度等国将苯（C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>）等挥发性有毒有害污染物纳入标准管控范围。

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）已涵盖上述六项常规污染物，并针对Pb、苯并[a]芘（BaP）等污染物设置了限值。此外，标准附录还对Cd、汞（Hg）、As等重金属及氟化物给出了参考限值。与AQG和国际上其他主要国家空气质量标准中规定的污染物项目相比，我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中污染物项目覆盖范围较广，本次修订不考虑新增污染物项目。对于C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>、三氯乙烯、四氯乙烯、二氯甲烷等具有明显工业排放特征的有毒有害污染物，主要通过行业排放标准及有毒有害污染物名录等方式进行管控，不纳入环境空气质量标准。

尽管含铅汽油已逐步淘汰，但部分工业源仍持续向环境排放含铅污染物，对人体健康构成潜在威胁。BaP作为一种强致癌物，其污染来源广泛，主要来自生物质和化石燃料的不完全燃烧，在环境空气中持续存在。虽然PM<sub>2.5</sub>和NO<sub>2</sub>等指标已实施严格管控，但总悬浮颗粒物（TSP）和NO<sub>x</sub>在应对沙尘天气等特殊事件和治理移动源污染时仍具有重要价值。因此，本次修订亦不对现有污染物项目进行删减。

表1 国内外环境空气质量标准中污染物项目

国家/地区	污染物项目
中国	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、TSP、BaP、NO <sub>x</sub>
日本	PM <sub>2.5</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、CO、C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> 、悬浮颗粒物、光化学氧化剂、二噁英、三氯乙烯、四氯乙烯、二氯甲烷
韩国	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
新加坡	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO
印度	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、BaP、C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> 、NH <sub>3</sub> 、As、Ni
泰国	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、TSP、C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> 、三氯乙烯等
越南	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、TSP等
欧盟	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、BaP、NO <sub>x</sub> 、C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> 、As、Cd、Ni
英国	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、BaP、NO <sub>x</sub> 、C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> 、1,3-丁二烯
美国	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb
加拿大	PM <sub>2.5</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub>
墨西哥	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb
巴西	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、TSP、烟雾
南非	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pb、C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
澳大利亚	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、光化学氧化剂、CO、Pb

### 4.3 细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）浓度限值

#### 4.3.1 现行环境空气质量标准控制水平

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中PM<sub>2.5</sub>年均浓度限值分为两级：一级限值为15微克/立方米，二级限值为35微克/立方米。其中，一级限值与WHO第三阶段过渡值相当，二级限值与WHO第一阶段过渡值相当，与WHO指导值（5微克/立方米）存在较大差距。从国际比较来看，各国PM<sub>2.5</sub>浓度限值呈现梯度分布。第一梯队浓度限值在10微克/立方米以下，包括挪威、澳大利亚、加拿大、美国等发达国家；第二梯队浓度限值在10~15微克/立方米，主

要包括欧盟、日本、韩国、新加坡等；第三梯队浓度限值在17~25微克/立方米，包括巴西、南非、越南等。我国二级限值与印度、埃及等发展中国家限值属于比较宽松的第四梯队（ $\geq 35$ 微克/立方米）。

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中PM<sub>2.5</sub>日均浓度限值分为两级：一级限值为35微克/立方米，二级限值为75微克/立方米。WHO指导值为15微克/立方米。目前，欧盟已采用WHO第四阶段过渡值（25微克/立方米），美国、日本和韩国与WHO第三阶段过渡值（37.5微克/立方米）相当。

#### 4.3.2 PM<sub>2.5</sub>的危害和指导值

PM<sub>2.5</sub>是指空气动力学当量直径小于等于2.5微米的颗粒物，与人体健康和大气能见度密切相关。近年来，我国本土高质量、高证据等级的流行病学研究证据显示，PM<sub>2.5</sub>长期和短期暴露与我国居民非意外全因死亡、心血管系统疾病、呼吸系统疾病及肺癌等风险增加有关。大气能见度与公众的观感密切相关，PM<sub>2.5</sub>浓度和相对湿度是影响大气能见度的两个主要因素，环境空气中的颗粒物对光线具有散射和吸收作用，在一定相对湿度下，大气能见度随PM<sub>2.5</sub>浓度上升而快速下降。同时，颗粒物暴露也对生态福祉产生危害，主要包括对生态系统、生态服务功能、植物/作物、材料和文物等的影响。

WHO在最新版AQG中有关指导值的制定主要基于流行病学证据，将PM<sub>2.5</sub>年均浓度和日均浓度指导值分别收严至5微克/立方米和15微克/立方米，同时设置了不同阶段过渡值，PM<sub>2.5</sub>年均浓度的第一至第四阶段过渡值分别为35微克/立方米、25微克/立方米、15微克/立方米和10微克/立方米。美国环保署（Environmental Protection Agency, EPA）通过开展综合科学评估工作，确定了大气污染物基准，并将PM<sub>2.5</sub>年均浓度一级限值（以保护人体健康为目的）修订为9微克/立方米。其他国家和地区（如日本、欧盟等）主要以WHO的AQG不同阶段过渡值和EPA的国家环境空气质量标准（NAAQS）为依据，制修订各自浓度限值。基于WHO年均指导值确定方法，针对已公开发表、通过同行评议的我国本土研究，开展了严格的文献筛选，最终纳入高质量、高证据等级的PM<sub>2.5</sub>长期暴露与总死亡的流行病学研究证据，对PM<sub>2.5</sub>长期暴露指导值进行了研究，为本次标准修订提供了重要的科学依据。

#### 4.3.3 标准修订内容

综合考虑PM<sub>2.5</sub>暴露健康影响、保护生态环境及社会福祉与“美丽中国”建设目标，以及我国的发展阶段、产业结构、空间布局、资源禀赋、环境容量和治理能力等因素，本次修订将PM<sub>2.5</sub>年均浓度一级限值调整至10微克/立方米，与WHO第四阶段过渡值一致；二级限值调整至25微克/立方米，与WHO第二阶段过渡值一致。为保证不同时间尺度评价结果的一致性，本次修订将PM<sub>2.5</sub>的日均浓度一级限值调整至25微克/立方米，二级限值调整至50微克/立方米。

## 4.4 可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）浓度限值

### 4.4.1 现行环境空气质量标准控制水平

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中PM<sub>10</sub>年均浓度限值分为两级：一级限值为40微克/立方米，二级限值为70微克/立方米。目前，全球有九十余个国家规定了PM<sub>10</sub>年均浓度限值。从国际比较来看，我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）二级限值与WHO第一阶段过渡值相当。欧盟（20微克/立方米）、英国（40微克/立方米）、印度（60微克/立方米）、埃及（60微克/立方米）等国家均较我国二级限值严格。

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中PM<sub>10</sub>日均浓度限值分为两级：一级限值为50微克/立方米，二级限值为150微克/立方米。目前，全球有一百一十余个国家规定了PM<sub>10</sub>日均浓度限值。从国际比较来看，我国二级限值与WHO第一阶段过渡值相当。相比之下，欧盟（45微克/立方米）、巴西（100微克/立方米）、南非（75微克/立方米）和印度（100微克/立方米）严于我国二级限值。

### 4.4.2 PM<sub>10</sub>的危害和指导值

参照上述方法，系统梳理了我国关于PM<sub>10</sub>的流行病学研究证据。分析结果显示，PM<sub>10</sub>长期和短期暴露与非意外全因死亡、呼吸系统疾病死亡、心血管死亡、肺癌死亡风险等健康风险增加有关。WHO认为，PM<sub>10</sub>的健康危害主要来自PM<sub>2.5</sub>，在最新版AQG中将PM<sub>10</sub>年均浓度和日均浓度指导值分别收严至15微克/立方米和45微克/立方米。同时，PM<sub>10</sub>暴露也会对生态福祉产生危害。

### 4.4.3 标准修订内容

我国空气质量监测数据显示，PM<sub>2.5</sub>在PM<sub>10</sub>中的平均占比约为50%，与发展

中国家总体一致。综合考虑健康、生态影响及PM<sub>10</sub>与PM<sub>2.5</sub>的比例关系，本次修订将PM<sub>10</sub>年均浓度一级限值调整至20微克/立方米，二级限值调整至50微克/立方米。为保证不同时间尺度评价结果的一致性，本次修订将PM<sub>10</sub>的日均浓度一级限值维持在50微克/立方米，二级限值调整至100微克/立方米。

## 4.5 二氧化硫（SO<sub>2</sub>）浓度限值

### 4.5.1 现行环境空气质量标准控制水平

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中SO<sub>2</sub>年均浓度限值分为两级：一级限值为20微克/立方米，二级限值为60微克/立方米。目前，全球有六十余个国家规定了SO<sub>2</sub>年均浓度限值。其中，欧盟最新的浓度限值与我国一级限值持平，韩国SO<sub>2</sub>年均浓度限值为52微克/立方米，与我国二级限值相近。

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中SO<sub>2</sub>的日均浓度限值分为两级：一级限值为50微克/立方米，二级限值为150微克/立方米。根据目前掌握的资料显示，全球有一百一十余个国家规定了SO<sub>2</sub>的日均浓度限值。从国际比较来看，我国二级限值不仅高于WHO第一阶段过渡值（125微克/立方米），与世界各国也存在一定差距。

### 4.5.2 SO<sub>2</sub>的危害和指导值

国内外流行病学证据显示，即使在较低浓度下，SO<sub>2</sub>暴露仍会对人体呼吸系统产生显著危害，且SO<sub>2</sub>与PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>等污染物同时作用时，还会进一步加重对人体健康、生态和材料的负面影响。同时，高湿条件下SO<sub>2</sub>会向硫酸盐快速转化，显著推高PM<sub>2.5</sub>浓度。目前，WHO将SO<sub>2</sub>的日均浓度指导值设置在40微克/立方米。

### 4.5.3 标准修订内容

自1982年《大气环境质量标准》制定以来，我国SO<sub>2</sub>一、二级限值均未修订。现阶段我国SO<sub>2</sub>年均浓度水平在10微克/立方米以下，远低于现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中的浓度限值。综合考虑健康影响和我国现阶段SO<sub>2</sub>污染控制水平，减少PM<sub>2.5</sub>中硫酸盐等组分的生成，本次修订将SO<sub>2</sub>二级限值全面收严至与一级限值一致。具体修订内容包括：将SO<sub>2</sub>年均浓度二级限值调整至20微克/立方米，日均浓度二级限值调整至50微克/立方米，1小时平均浓度二

级限值调整至150微克/立方米。

## 4.6 二氧化氮（NO<sub>2</sub>）浓度限值

### 4.6.1 现行环境空气质量标准控制水平

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中NO<sub>2</sub>各项指标一级和二级限值相同，年均浓度限值为40微克/立方米，与WHO第一阶段过渡值一致。目前，全球约一百个国家制定了NO<sub>2</sub>年均浓度限值，其中六十余个国家的年均浓度限值在40微克/立方米以下。欧盟最新的浓度限值为20微克/立方米，与WHO第三阶段过渡值一致。美国（100微克/立方米）、韩国（56微克/立方米）等部分发达国家的限值较我国二级限值宽松。

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中NO<sub>2</sub>的日均浓度限值为80微克/立方米，控制水平介于WHO第一阶段过渡值（120微克/立方米）和第二阶段过渡值（50微克/立方米）之间，较欧盟（50微克/立方米）宽松，但严于日本、韩国（113微克/立方米），在国际上处于中等水平。

### 4.6.2 NO<sub>2</sub>的危害和指导值

NO<sub>2</sub>是一种具有强烈刺激性和毒性的空气污染物，主要来源于化石燃料燃烧和机动车尾气排放。已有流行病学证据表明，NO<sub>2</sub>长期和短期暴露与非意外全因死亡、心血管系统疾病和呼吸系统疾病等风险增加有关。在环境影响方面，NO<sub>2</sub>在高湿条件下可快速转化为硝酸盐，是加剧PM<sub>2.5</sub>污染的主要因素，同时也是引发O<sub>3</sub>污染的关键前体物，对大气环境质量造成双重压力。在足够的浓度下，NO、NO<sub>2</sub>和过氧乙酰硝酸酯（PAN）可以通过降低光合作用和诱导可见的叶面损伤对植物产生毒性作用，从而造成生态危害。WHO已将NO<sub>2</sub>年均浓度指导值加严至10微克/立方米，并增设25微克/立方米的日均浓度指导值。

### 4.6.3 标准修订内容

为进一步降低NO<sub>2</sub>的健康影响，保护生态安全，减少PM<sub>2.5</sub>中硝酸盐等组分的生成，协同控制PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>污染，综合考虑我国NO<sub>2</sub>浓度水平与经济社会发展需求，本次修订将年均浓度一级和二级限值调整至30微克/立方米，日均浓度一级和二级限值调整至50微克/立方米。我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中的1小时浓度限值（200微克/立方米）与WHO最新版AQG中指

导值及欧美等发达国家水平相当，处于国际领先水平，因此本次修订对该限值维持不变。

## **4.7 臭氧（O<sub>3</sub>）浓度限值**

### **4.7.1 现行环境空气质量标准控制水平**

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中O<sub>3</sub>日最大8小时平均浓度限值分为两级：一级限值为100微克/立方米，与WHO最新版AQG中指导值一致；二级限值为160微克/立方米，与WHO第一阶段过渡值一致。目前，全球有八十余个国家规定了O<sub>3</sub>最大8小时平均浓度限值。我国二级限值与欧盟（120微克/立方米）、韩国（118微克/立方米）相比较为宽松，与美国（137微克/立方米）较为接近。

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中O<sub>3</sub>的1小时平均浓度限值分为两级：一级限值为160微克/立方米，二级限值为200微克/立方米。目前，WHO未针对O<sub>3</sub>的1小时平均浓度制定指导值；从全球范围来看，仅有五十余个国家针对该指标设定了浓度限值，其中近三成国家的该指标限值超过200微克/立方米。综合而言，我国O<sub>3</sub>的1小时平均浓度限值的严格程度处于全球中等水平。

### **4.7.2 本次修订关于O<sub>3</sub>浓度限值的考虑**

已有研究表明，长期O<sub>3</sub>暴露全因死亡效应的混杂因素多样且复杂，我国现有流行病学证据不足以支撑本土指导值的提出。在当前全球变暖的背景下，O<sub>3</sub>的生成机理及影响还需要进一步研究。WHO在最新版AQG中O<sub>3</sub>的日最大8小时平均浓度指导值和第一阶段过渡值仍维持在100微克/立方米和160微克/立方米。因此，本次修订保持O<sub>3</sub>的日最大8小时平均、1小时平均两个指标，同时不调整浓度限值。

## **4.8 一氧化碳（CO）浓度限值**

### **4.8.1 现行环境空气质量标准控制水平**

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中CO各项指标一级和二级限值相同，其中日均浓度限值为4毫克/立方米，1小时平均浓度限值为10毫克/立方米。从国际对比来看，我国CO的日均浓度限值与WHO指导值要求一致，在全球范围内处于领先水平；1小时平均浓度限值更为严格，远低于美国（40毫克/立方米）、韩国（29毫克/立方米）、挪威（25毫克/立方米）等发达国家。

#### 4.8.2 本次修订关于CO浓度限值的考虑

CO作为含碳燃料不完全燃烧的产物，其对人体健康的潜在危害一直以来是环境与公共卫生领域关注的焦点。WHO基于人群研究证据，推荐24小时CO浓度不超过4毫克/立方米。我国现行CO浓度限值已与WHO空气质量指导值接轨，严于美国、欧盟、加拿大、日本、韩国等发达国家及地区，本次修订不对CO浓度限值进行调整。

### 4.9 氮氧化物（NO<sub>x</sub>）浓度限值

#### 4.9.1 NO<sub>x</sub>的危害与指导值

NO<sub>x</sub>包含NO和NO<sub>2</sub>，其中NO<sub>2</sub>通常约占NO<sub>x</sub>的80%，主要来源于化石燃料燃烧和机动车尾气排放。现有健康研究普遍认为，NO<sub>x</sub>长期暴露与全因死亡存在线性的暴露—反应关系，对健康的影响不存在明确的阈值。考虑到国内外最新健康研究证据、国际标准演变趋势及我国近年来空气质量持续改善进程，本次修订通过加严NO<sub>x</sub>浓度限值，加强对机动车尾气、工业排放和火力发电的管控。

#### 4.9.2 标准修订内容

综合考虑健康影响、PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>污染协同控制、NO<sub>x</sub>与NO<sub>2</sub>的比例关系，依据本次修订中NO<sub>2</sub>调整方案进行同步修订，将年均浓度一级和二级限值调整至40微克/立方米，日均浓度一级和二级限值调整至70微克/立方米，1小时平均浓度一级和二级限值维持250微克/立方米不变。与国际现行浓度限值水平相比，NO<sub>x</sub>年均浓度限值加严后，与欧盟和英国的浓度限值较为接近。

### 4.10 铅（Pb）、总悬浮颗粒物（TSP）及苯并[a]芘（BaP）浓度限值

#### 4.10.1 本次修订关于Pb浓度限值的考虑

我国现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中大气Pb浓度限值主要基于儿童血铅暴露水平及其相对安全值范围而得出。采用国际通用的50微克/升的血铅参考值，以及研究得到的我国儿童血液中非空气铅浓度（14.5微克/升），当大气Pb与血铅比值采用WHO建议的1:50（微克/立方米:微克/升），我国Pb空气质量浓度的安全阈值约为0.7微克/立方米；采用EPA建议的1:70（微克/立方米:微克/升），我国Pb空气质量浓度的安全阈值约为0.5微克/立方米。因此，在现行大气Pb浓度限值（0.5微克/立方米）下，敏感人群血铅可稳定在相对安全区间，我国现行浓度限值严于欧盟。综上，本次修订不对Pb浓度限值进行调整。



#### 4.10.2 本次修订关于TSP浓度限值的考虑

TSP是指空气中空气动力学当量直径小于等于100微米的颗粒物，在质量构成上，TSP以大粒径颗粒物为主。TSP具有重要健康效应，但其健康效应主要由PM<sub>2.5</sub>驱动。TSP浓度达到200微克/立方米时，随着TSP浓度的升高，持续性咳嗽、哮喘等疾病的调整发病率显著升高，但TSP浓度在200微克/立方米以下与呼吸健康等显著关联证据偏少，不足以支撑本土健康指导值的提出。国际上仅泰国、越南、巴西等少数国家设置TSP浓度限值，年均浓度限值在80~100微克/立方米，但上述国家的地理、气候等自然条件与我国差异很大，TSP浓度限值不完全适用于我国。鉴于本次修订已收严PM<sub>2.5</sub>浓度限值，综合考虑上述因素，不再进一步收严TSP浓度限值。

#### 4.10.3 本次修订关于BaP浓度限值的考虑

BaP被国际癌症研究机构（IARC）列为一类致癌物，其致癌风险被认为不存在安全阈值。目前，世界上大部分国家和地区尚未制定BaP的空气质量标准。欧盟设定其年均浓度目标限值为0.001微克/立方米，要求成员国监测并努力达标。国际上对于BaP指导值的制定，往往是根据BaP健康风险与其浓度之间的关系确定的。我国现行BaP浓度限值（0.001微克/立方米）所对应的终生致癌风险约为 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ ，与欧盟使用的限值相当，本次修订不对BaP浓度限值进行调整。但下一步需针对BaP进一步完善监测能力，加强科学评估。

#### 4.11 本次修订关于附录A所列污染物的考虑

重金属污染具有长期性、累积性、潜伏性和不可逆性等特点，危害大、治理成本高。Hg、Cd、As的参考限值与欧盟的浓度限值相同；欧盟制定这几项污染物的浓度限值时，综合考虑了健康风险评价结果、职业卫生限值外推结果和WHO的空气质量指导值。六价铬的参考限值是依据WHO的健康风险—浓度关系和可接受风险水平确定的。动物对氟化物的敏感性大于植物，而植物又大于人体，因此原标准分为三类，分别保护家畜、植物和人体健康，健康风险阈值没有显著的变化。现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中的参考限值与国际水平接近，本次修订不对附录A所列污染物参考限值进行调整。

#### 4.12 污染物的监测与分析方法

##### 4.12.1 监测点位布设

《环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）》（HJ 664—2013）已发布实施，且与本标准同步修订，可替代《环境空气质量监测规范（试行）》中关于监测点位布设的相关要求。因此，环境空气污染物监测点位的设置应按照HJ 664执行。

#### 4.12.2 样品采集

原标准中HJ/T 193及HJ/T 194两项推荐性标准已被HJ 193、HJ 194、HJ 655、HJ 817、HJ 818等标准替代。环境空气质量监测中的采样环境、采样高度及采样频率等要求，应首先遵循具体标准分析方法的规定，如标准分析方法无明确规定，则参照HJ 193、HJ 194、HJ 655、HJ 817、HJ 818等标准执行。

#### 4.12.3 分析方法的实施评估

##### 4.12.3.1 SO<sub>2</sub>

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中，SO<sub>2</sub>手工分析方法包括2项：《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》（HJ 482—2009）及修改单，以及《环境空气 二氧化硫的测定 四氯汞盐吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》（HJ 483—2009）及修改单。自动分析方法涉及紫外荧光法和差分吸收光谱分析法2种原理。目前，紫外荧光法已有标准分析方法《环境空气 二氧化硫的自动测定 紫外荧光法》（HJ 1044—2019）发布，差分吸收光谱分析法尚未发布相关标准。

经评估，HJ 482—2009及修改单可满足标准中SO<sub>2</sub>指标的测定需求，继续作为《环境空气质量标准》的标准方法；HJ 483—2009及修改单因使用剧毒性四氯汞盐作为吸收试剂，存在一定的环境与健康风险隐患，且测定下限无法满足一类区年浓度达标情况的评价要求，因此不继续作为《环境空气质量标准》的标准方法；HJ 1044—2019实施情况较好，可作为《环境空气质量标准》的标准方法使用。差分吸收光谱分析法与国家环境空气质量监测网普遍使用的点式监测仪器在监测污染物代表性方面存在明显差异，且该方法受极端天气影响较大，故不继续作为《环境空气质量标准》中SO<sub>2</sub>指标的标准分析方法。

##### 4.12.3.2 NO<sub>2</sub>

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中，二氧化氮配套手工分析方法为《环境空气 氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》（HJ 479—2009）及修改单；自动分析方法包括2种原理，分别为化学

发光法和差分吸收光谱分析法。目前，化学发光法已有发布的标准方法《环境空气 氮氧化物的自动测定 化学发光法》（HJ 1043—2019），差分吸收光谱分析法尚未发布相应的标准方法。

经评估，HJ 479—2009及修改单在测定下限和准确度等方面均能满足《环境空气质量标准》相关污染物项目的监测要求。在操作环节上，该方法需进一步补充及细化，可通过修订进一步优化改进，但不影响整体使用，可继续作为《环境空气质量标准》中的标准方法；HJ 1043—2019实施情况较好，技术成熟，操作和分析步骤明确，技术指标符合标准中相关要求，二者协调性较好，可作为《环境空气质量标准》中的标准方法；差分吸收光谱分析法不再作为《环境空气质量标准》中的NO<sub>2</sub>标准分析方法（原因同SO<sub>2</sub>）。

#### 4.12.3.3 CO

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中，CO配套手工分析方法为《空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法》（GB/T 9801—1988）；自动分析方法涉及2种原理，分别为气体滤波相关红外吸收法和非分散红外吸收法。目前，非分散红外法已有发布的标准方法《环境空气 一氧化碳的自动测定 非分散红外法》（HJ 965—2018），而气体滤波相关红外吸收法尚未发布标准方法。

经评估，GB/T 9801—1988标准在仪器性能要求、采样分析流程、操作细节、方法验证及质控规范性等方面的规定存在模糊、陈旧或缺失的问题，规定的环境空气采样体积仍为标准状态体积，与《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）修改单的规定不符，需开展标准修订，但该标准适用范围及检出限可满足监测要求，可继续作为《环境空气质量标准》中的标准方法；HJ 965—2018标准内容全面、可操作性强，其技术指标满足标准的相关要求，实施情况较好，可作为《环境空气质量标准》的标准方法。气体滤波相关红外吸收法本质上是非分散红外法的一种具体实现技术，而HJ 965—2018已作为非分散红外法的标准发布，足以涵盖该方法，因此气体滤波相关红外吸收法无需单独列为《环境空气质量标准》的标准方法。

#### 4.12.3.4 O<sub>3</sub>

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中，O<sub>3</sub>的手工分析方法包括《环境空气 臭氧的测定 靛蓝二磺酸钠分光光度法》（HJ 504—2009）及修改单和《环境空气 臭氧的测定 紫外光度法》（HJ 590—2010）及修改单；自动分

析方法主要采用紫外光度法，差分吸收光谱分析法虽在实际监测中应用，但尚无国家标准方法发布。此外，新发布的《环境空气 臭氧的自动测定 化学发光法》（HJ 1225—2021）也已作为自动分析的现行有效标准。

经评估，HJ 504—2009及修改单可继续作为《环境空气质量标准》的手工分析方法，但其操作步骤及文字描述需进一步修订完善。HJ 590—2010适用于环境空气中O<sub>3</sub>的瞬时测定和连续自动监测，本次修订将其调整至自动分析方法。HJ 1225—2021方法稳定，抗干扰能力和可操作性均较强，方法性能指标符合相关要求，本次修订推荐纳入《环境空气质量标准》的标准方法；差分吸收光谱分析法不再继续作为《环境空气质量标准》的标准方法（原因同SO<sub>2</sub>）。

#### 4.12.3.5 PM<sub>2.5</sub>

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中，PM<sub>2.5</sub>的手工分析方法为《环境空气 PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的测定 重量法》（HJ 618—2011）及修改单；自动分析方法包括微量振荡天平法和β射线法，2种自动分析方法均未形成标准分析方法。

经评估，HJ 618—2011及修改单实施情况一般，在适用性、科学性及协调性上均有改进空间，已启动方法修订工作，该方法继续作为《环境空气质量标准》的标准方法；微量振荡天平法和β射线法技术成熟、可操作性强，其技术性能指标符合相关要求，且在国家环境空气质量监测网中应用效果良好，可将这2种方法继续作为《环境空气质量标准》的推荐方法使用。

此外，近年来光散射法在欧盟与美国等发达国家的PM<sub>2.5</sub>法规监测中已广泛应用，我国已有光散射法监测仪的研制，该方法具备实时监测、连续测量及粒径分布分析能力，建议在《环境空气质量标准》修订中将光散射法纳入PM<sub>2.5</sub>测定方法。

#### 4.12.3.6 PM<sub>10</sub>

同PM<sub>2.5</sub>。

#### 4.12.3.7 TSP

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中，TSP的测定采用手工分析方法《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》（GB/T 15432—1995）。2022年，《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》（HJ 1263—2022）发布，并明确规定自实施之日起，停止执行GB/T 15432—1995。HJ 1263与GB/T 15432测定

原理相同，但方法更为完善，本次修订将《环境空气质量标准》中TSP的标准方法更新为HJ 1263。

#### 4.12.3.8 NO<sub>x</sub>

同NO<sub>2</sub>。

#### 4.12.3.9 Pb

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中，Pb的配套手工分析方法有2项，分别为《环境空气 铅的测定 石墨炉原子吸收分光光度法》（HJ 539—2015）及修改单、《环境空气 铅的测定 火焰原子吸收分光光度法》（GB/T 15264—94）及修改单。已发布的其他现行标准方法有4项，包括《空气和废气颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》（HJ 657—2013）及修改单、《空气和废气颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》（HJ 777—2015）、《环境空气 颗粒物中无机元素的测定 能量色散X射线荧光光谱法》（HJ 829—2017）和《环境空气 颗粒物中无机元素的测定 波长色散X射线荧光光谱法》（HJ 830—2017）。本次重点针对上述6项现行监测标准开展评估。

经评估，HJ 539—2015内容完整、可操作性强，技术指标可满足相关监测要求，实施情况较好，可继续作为《环境空气质量标准》的标准方法。GB/T 15264—94存在检出限偏高，不适用于环境空气中低浓度Pb的准确测定等问题，不继续作为《环境空气质量标准》的标准方法。HJ 657—2013、HJ 777—2015、HJ 829—2017、HJ 830—2017的技术指标均可满足环境管理要求，但需对部分具体操作细节和文字描述进一步细化完善；此外，HJ 777、HJ 829、HJ 830规定的环境空气采样体积仍为标准状态体积，与《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）修改单的规定不符，需要对相应内容进行修订。总体来看，4项标准方法灵敏度较高，具有普适性，均可作为《环境空气质量标准》的标准方法。

#### 4.12.3.10 BaP

现行《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中，BaP配套手工分析方法共有2项，分别为《空气质量 飘尘中苯并[a]芘的测定 乙酰化滤纸层析荧光分光光度法》（GB 8971—88）和《环境空气 苯并[a]芘的测定 高效液相色谱法》（GB/T 15439—1995），其中GB/T 15439—1995已被《环境空气 苯并[a]芘的测定 高效液相色谱法》（HJ 956—2018）替代。此外，现行《环境空气质量标准》

（GB 3095—2012）中还包括其他两项方法：《环境空气和废气 气相和颗粒物中多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法》（HJ 646—2013）和《环境空气和废气 气相和颗粒物中多环芳烃的测定 高效液相色谱法》（HJ 647—2013）。本次重点评估以上4项现行标准。

经评估，GB 8971—88相关的技术要求已难以适应当前的管理需求，标准实施效果较差，不继续作为《环境空气质量标准》的标准方法。HJ 956技术较为稳定，标准实施情况良好，可继续作为《环境空气质量标准》的标准方法。HJ 646—2013满足《环境空气质量标准》的管理需求，实施情况较好，可纳入标准方法。HJ 647—2013技术指标可满足标准相关要求，可作为《环境空气质量标准》的标准方法，但其适用性及协调性等方面有提升空间，可通过修订进一步优化。此外，HJ 646、HJ 647规定的环境空气采样体积仍为标准状态体积，与《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）修改单的规定不符，需要对相应内容进行修订。

#### 4.12.4 SO<sub>2</sub>等10项污染物参比方法及等效方法的确定

全面收集国内外关于环境空气质量监测方法的标准文件、科研文献、技术报告以及实际监测案例等资料，重点参考美国与欧盟在各污染物指标参比方法方面的规定和实际应用情况，结合国家环境空气质量监测网长期运行经验、国内外主流应用现状及现有标准评估结果，优先筛选应用频次高、稳定性好、国际可比性强的方法作为候选参比方法，确保每项污染物选出至少1~3种方法。

针对所筛选的候选参比方法，从技术指标（包括检出限、测定下限、精密度、准确度等）、国际可比性、实际应用等方面进行对比分析，并基于专家论证结果，最终确定参比方法。本标准实施后，通过国务院生态环境主管部门组织的等效性评估，确认与本标准中规定的参比方法等效的生态环境监测标准方法为等效方法的，同样适用于本标准相应污染物项目的测定。

《环境空气质量标准》各项污染物参比方法评估结果说明如下。

##### 4.12.4.1 SO<sub>2</sub>

候选手工参比方法为HJ 482，目前美国及欧盟等发达国家均未将该原理方法列为参比方法，实际工作中应用较少。该方法检出限可满足《环境空气质量标准》环境空气质量监测要求，且具备精密度和准确度较高，测试成本低等优点。综上，可继续将该方法作为标准方法，但不作为参比方法。

候选自动参比方法为HJ 1044（紫外荧光法），目前美国及欧盟等发达国家均将紫外荧光法定为参比方法，该方法在我国国家环境空气质量监测网及地方监测网中广泛应用，能够满足《环境空气质量标准》使用要求，可将该方法列为参比方法。

#### 4.12.4.2 NO<sub>2</sub>

候选手工参比方法为HJ 479，目前美国及欧盟等发达国家均未将该原理方法列为参比方法，在实际监测中应用较少。该方法检出限可满足《环境空气质量标准》环境空气质量监测要求，且具备方法精密度和准确度较高，测试成本低等优点，可继续将该方法作为标准方法，但不作为参比方法。

候选自动参比方法为HJ 1043（气相化学发光法/化学发光法），目前美国及欧盟发达国家已广泛采纳为参比方法，该方法在我国国家环境空气质量监测网中应用普遍，可满足《环境空气质量标准》使用要求，可将该方法列为参比方法。

#### 4.12.4.3 CO

根据评估结果，CO监测的候选参比方法仅有一项HJ 965（非分散红外法），目前美国及欧盟发达国家将非分散红外法定为参比方法，HJ 965方法原理与美国及欧盟相应的标准一致，在国家网中应用较为普及，能够满足《环境空气质量标准》的使用要求，可将其列为参比方法。

#### 4.12.4.4 O<sub>3</sub>

候选手工参比方法为HJ 504，目前美国及欧盟等发达国家均未将该方法列为参比方法，且该方法在实际监测工作中应用较少。但考虑到其检出限可满足《环境空气质量标准》环境空气质量监测要求，具有方法精密度和准确度较高，测试成本低等优点，可将该方法继续列为标准方法，但不建议作为参比方法。

候选自动参比方法为HJ 590（紫外光度法）和HJ 1225（化学发光法）。目前，美国将化学发光法列为参比方法，欧盟则采用紫外光度法。考虑到我国国家环境空气质量监测网主要使用紫外光度法自动监测仪器，且为保持历年监测数据的延续性，本次修订将HJ 590（紫外光度法）列为参比方法。

#### 4.12.4.5 PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>

PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的手工监测方法为重量法（HJ 618）。国内外均要求自动监测结果必须与手工重量法可比，因此，本次修订将其作为PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>监测的参比

方法。

#### 4.12.4.6 TSP

候选手工参比方法为HJ 1263。目前，美国及欧盟等发达国家尚未设定TSP的参比方法。我国主要采用HJ 1263重量法进行TSP的监测，该方法精密度和准确度较高，且测试成本低，本次修订将其作为环境空气中TSP测定的参比方法。

#### 4.12.4.7 NO<sub>x</sub>

同NO<sub>2</sub>。

#### 4.12.4.8 Pb

美国对于环境空气TSP中Pb测定采用电感耦合等离子体质谱法作为参比方法，欧盟则采用石墨炉原子吸收分光光度法和电感耦合等离子体质谱法。我国现阶段适用于环境空气中低浓度Pb测定的方法主要有HJ 539、HJ 657、HJ 829和HJ 830。其中，两个X射线荧光光谱法（HJ 829和HJ 830）由于缺乏国产标膜，测试成本高，不考虑其作为参比方法。《空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》（HJ 657—2013）具有检出限低、准确度高、普适性较强等优点，已被美国及欧盟采纳为参比方法，具备良好的国际可比性，本次修订将其作为环境空气中Pb测定的参比方法。

#### 4.12.4.9 BaP

目前，EPA尚未提出BaP的参比方法，欧盟已将高效液相色谱法和气相色谱-质谱法确定为参比方法。我国BaP监测主要采用高效液相色谱法（HJ 956、HJ 647）和气相色谱-质谱法（HJ 646）。其中，HJ 956替代了《环境空气质量标准》中的推荐方法GB/T 15439，同时HJ 647是环境空气中多环芳烃的测定方法，其BaP的测定部分与HJ 956重复。相较HJ 647，HJ 956具有检出限更低、精密度及准确度更高的优势，本次修订将HJ 956作为环境空气中BaP测定的参比方法。

### 4.13 标准实施方案及影响分析

#### 4.13.1 标准实施方案

##### 4.13.1.1 第一阶段（2026—2030年）

为保障《环境空气质量标准》实施后的平稳过渡，本次标准修订拟采用分阶段实施方式。2031年1月1日前，PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>采用过渡限值。其中，PM<sub>2.5</sub>年均浓度二级过渡限值取现行与修订限值的中间值（30微克/立方米）。为保证不同



时间尺度评价结果的一致性，将PM<sub>2.5</sub>日均浓度二级过渡限值设置为60微克/立方米。根据PM<sub>10</sub>与PM<sub>2.5</sub>的比例关系，将PM<sub>10</sub>年均和日均浓度二级过渡限值分别设置为60微克/立方米和120微克/立方米。PM<sub>2.5</sub>年均和日均浓度二级过渡限值、PM<sub>10</sub>年均和日均浓度二级过渡限值总体处于现行与修订限值的中间范围。

#### 4.13.1.2 第二阶段（2031年1月1日起）

自2031年1月1日起，全国环境空气污染物基本项目按照《环境空气质量标准（征求意见稿）》中表1规定的浓度限值在全国范围内实施；其他项目（征求意见稿中表2）由国务院生态环境主管部门或者省级人民政府根据实际情况，确定具体实施方式。

采用分阶段实施方式，主要基于以下两方面考虑：一是“十五五”期间实施过渡方案，能够在新标准全面实施前推动部分地区空气质量持续改善。设置过渡限值，对于PM<sub>2.5</sub>浓度处于30至35微克/立方米区间的城市，可推动其巩固成果、持续改善空气质量。二是能为各地稳妥有序实施新标准留出准备期，降低标准修订对经济社会发展的短期压力，实现平稳过渡。

### 4.13.2 影响分析

#### 4.13.2.1 PM<sub>2.5</sub>修订的影响分析

在本次修订过程中，基于2024年全国339个城市PM<sub>2.5</sub>年均浓度和日均浓度监测数据，系统评估了不同浓度限值下的空气质量达标情况。在现行PM<sub>2.5</sub>浓度限值（35微克/立方米）下，全国PM<sub>2.5</sub>年均浓度达标城市比例为74.3%。

通过构建空气质量改善的政策情景，开展2026~2035年的全国空气质量达标模拟和情景分析。2026年实施过渡限值（年均浓度二级限值为30微克/立方米，日均浓度二级限值为60微克/立方米）时，全国PM<sub>2.5</sub>年均浓度达标城市数量下降至194个，全国PM<sub>2.5</sub>达标天数比例下降3.7个百分点。预计到2030年，全国PM<sub>2.5</sub>年均浓度达标城市数量将上升至225个，全国PM<sub>2.5</sub>达标天数比例上升至93.8%。

2031年起，年均浓度二级限值加严至25微克/立方米、日均浓度二级限值加严至50微克/立方米时，全国PM<sub>2.5</sub>年均浓度达标城市数量降至138个，全国PM<sub>2.5</sub>达标天数比例下降3.8个百分点。预计到2035年，全国PM<sub>2.5</sub>年均浓度达标城市数量将上升至204个，全国PM<sub>2.5</sub>达标天数比例上升至92.1%。

#### 4.13.2.2 其他污染物项目修订的影响分析

在本次修订过程中，基于2022~2024年全国339个城市PM<sub>10</sub>年均浓度监测数

据，系统评估了浓度限值修订前后空气质量达标情况。 $\text{PM}_{10}$ 与 $\text{PM}_{2.5}$ 的达标变化趋势一致，主要影响因素仍是 $\text{PM}_{2.5}$ 。当 $\text{PM}_{10}$ 年均浓度二级限值从70微克/立方米加严至60微克/立方米时，达标城市比例下降幅度较 $\text{PM}_{2.5}$ 偏小6.4个百分点，且对多数城市而言， $\text{PM}_{10}$ 与 $\text{PM}_{2.5}$ 同时超标。

基于2022~2024年全国339个城市 $\text{SO}_2$ 年均浓度监测数据的分析表明，在现行年均浓度限值（60微克/立方米）下，全国所有城市均达标；当限值加严至20微克/立方米时，仅个别城市出现超标情况。日均浓度监测数据的分析表明，在现行日均浓度限值（150微克/立方米）下，全国无城市出现超标天；当限值收紧至50微克/立方米时，全国 $\text{SO}_2$ 超标天数比例上升0.1个百分点。总体来看，收严 $\text{SO}_2$ 浓度限值对全国绝大多数城市的达标情况基本无影响。

基于2022~2024年全国339个城市 $\text{NO}_2$ 年均浓度和日均浓度监测数据的分析表明，在现行浓度限值要求下，全国所有城市 $\text{NO}_2$ 年均浓度均达标， $\text{NO}_2$ 达标天数比例达到99.9%。当 $\text{NO}_2$ 年均浓度限值加严至30微克/立方米时，8.6%的城市出现超标；当日均浓度限值收紧至50微克/立方米时，全国 $\text{NO}_2$ 达标天数比例下降3.2个百分点。总体来看，收严 $\text{NO}_2$ 浓度限值后，全国年均浓度达标城市比例、日均浓度达标天数比例仍将保持在较高水平。

#### 4.13.2.3 标准修订的健康影响和社会效益

研究表明， $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的进一步降低，将有效减少心血管疾病、呼吸系统疾病的急性发病和住院风险，对儿童、孕妇、老年人等易感人群的保护作用尤为显著。实施更严格的《环境空气质量标准》，将引领空气质量持续改善，带来显著的公共健康收益，进一步提升“蓝天幸福感”，满足人民群众对优美生态环境的期盼，增进民生福祉。

## 5. 空气质量达标路径与费效分析

### 5.1 达标路径分析

为实现2035年全国平均 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度下降至25微克/立方米的空气质量改善目标，通过空气质量模型模拟和情景分析，结合不同污染物减排的可行性和经济性研究，相较于2023年，一次 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、VOCs排放量应分别削减23%、21%、28%、22%。其中，各部门对污染物减排的贡献如下：民用部门和工业部门对一次 $\text{PM}_{2.5}$ 减排贡献最大，合计贡献77%的一次 $\text{PM}_{2.5}$ 减排量；工业、民用、

电力三个部门对SO<sub>2</sub>减排的贡献相当，各占约三分之一；交通部门对NO<sub>x</sub>的减排贡献最为突出，占比约为60%；溶剂使用源和工业部门对VOCs减排量贡献最大，分别约为50%和30%。在实现PM<sub>2.5</sub>目标的同时，NO<sub>x</sub>和VOCs的大幅减排也将推动O<sub>3</sub>年评价值的下降。

## 5.2 费效分析

本次修订对基于达标路径方案的污染物减排成本、达标路径实现后PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>浓度下降带来的健康效益进行了测算。结果显示，减排措施的治理总投入与健康收益的比例关系约为1:10。从具体措施来看，推广环保型溶剂、调整运输结构、提高机动车燃油经济性等措施的减排成本相对较高，但此类措施不仅能引领新质生产力的培育与发展，还可推动产业结构向绿色低碳转型。

本次修订还测算了各类措施的协同降碳效益，结果显示，在达标路径下，污染物减排措施预计可实现每年CO<sub>2</sub>减排约6~8亿吨，到2035年累计协同减排CO<sub>2</sub>超100亿吨。

## 参考文献

- [1] 《中华人民共和国大气污染防治法》，2018
- [2] 国务院关于印发《空气质量持续改善行动计划》的通知（国发〔2023〕24号）
- [3] 原环境保护部，环境空气质量标准（GB 3095—2012），北京：中国环境科学出版社，2012
- [4] 生态环境部，环境空气质量标准（GB 3095—2012）修改单，北京：生态环境部，2018. [https://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/sthjbgg/201808/t20180815\\_451398.htm](https://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/sthjbgg/201808/t20180815_451398.htm)
- [5] 原环境保护部，环境空气质量评价技术规范（试行）（HJ 663—2013），北京：中国环境出版社，2013
- [6] 原环境保护部，环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）（HJ 633—2012），北京：中国环境科学出版社，2012
- [7] 生态环境部，中国环境状况公报，<https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/>
- [8] 中共中央 国务院关于全面推进美丽中国建设的意见，[https://www.gov.cn/zhengce/202401/content\\_6925406.htm](https://www.gov.cn/zhengce/202401/content_6925406.htm)
- [9] 中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议公报，[https://www.gov.cn/yaowen/libiao/202510/content\\_7045444.htm](https://www.gov.cn/yaowen/libiao/202510/content_7045444.htm)
- [10] World Health Organization. Global Air Quality Guidelines, 2021
- [11] U.S. Health Effects Institute and Institute for Health Metrics and Evaluation. State of Global Air, 2025
- [12] U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Science Assessments for Particulate Matter, 2019
- [13] U.S. Environmental Protection Agency. National Ambient Air Quality Standards, 2024
- [14] U.S. Environmental Protection Agency. Air Quality Criteria for Lead, 2006
- [15] European Commission. EU Air Quality Standards, 2009
- [16] European Union. Directive (EU) 2024/2881 of The European Parliament and of The Council of 23 October 2024 on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe
- [17] Ministry of the Environment Government of Japan. Environmental Quality Standards in Japan: Air Quality, 2009