《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）传感器法自动监测系统技术要求及检测方法》

编制说明

（征求意见稿）

编制组

二〇二二年

《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）传感器法自动监测系统技术要求及检测方法》编制说明

1 任务来源和工作过程

1.1 任务来源

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》，防治环境空气污染，改善大气质量，规范城市利用传感器法监测设备开展空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）自动监测工作，促进市场传感器自动监测技术的提升和推广应用，特制定本规范。

根据中共中央、国务院《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》中“加强排放标准、产品标准、环保规范和执法规范对接，联合发布统一的区域环境治理政策法规及标准规范，积极开展联动执法，创新跨区域联合监管模式”的规划要求，为实现长三角区域标准统一，本规范由上海、江苏、浙江、安徽生态环境局（厅）联合四地市场监督管理局下达任务，为长三角区域统一标准。

标准编制任务由上海市环境监测中心牵头，合作单位为江苏省环境监测中心、浙江省生态环境监测中心、安徽省生态环境监测中心、上海交通大学。

1.1 工作过程

（1）前期准备

①查询相关资料，开展仪器比对

2020 年 7 月前，收集并分析了国内外最新的相关标准文献资料，研究现有的传感器法监测设备的技术现状，调研气态污染物监测和管理需求，提出对传感器法监测设备功能和性能指标的要求。同时，确定仪器比对工作方案并组织多个传感器设备厂家集中开展了测试实验，分别对传感器设备的实验室性能指标以及室外平行性、相关性等应用性指标进行了测试，获得了大量的数据资料。

②成立规范编制小组

2020 年 7 月，上海市环境监测中心会同江苏省环境监测中心、浙江省生态

环境监测中心、安徽省生态环境监测中心、上海交通大学，成立了规范编制工作组。

③厂家验证实验

2020 年 10~12 月，制定规范验证实验方案；组织设备厂家开展验证实验；依据实验结果对规范补充修改；组织厂家对规范适用性讨论。

（2）规范征求意见稿和编制说明编写

2020 年 7 月-12 月，技术方案论证，编写规范草案；对草案框架和内容内部研讨，完善《规范》文本及编制说明。

2021 年 1 月，长三角区域环境监测中心等管理部门内部征求意见；组织长三角区域环境监测中心等管理部门召开讨论会议；完善规范文本。

（3）规范立项

2021 年 6 月，上海市环境监测中心会同江苏省环境监测中心、浙江省生态环境监测中心、安徽省生态环境监测中心、上海交通大学，提出联合立项申请。

2021 年 11 月 19 日，上海市市场监督管理局组织召开长三角区域统一地方标准（节能环保领域）立项论证会,。

2021 年 12 月 30 日，《规范》获批立项。

（4）公开征求意见

2022 年 2 月 16 日，编制组提交《规范》征求意见稿。

上海市市场监督管理局对《规范》公开征求意见，其他省也同步开展征求意见工作。公开征求时间为 2022 年 3 月 2 日至 2022 年 3 月 31 日。

（5）修改送审

公开征求意见期间，根据反馈意见对《规范》文本及编制说明进行进一步修改，并答复反馈意见。2022 年 9 月 2 日召开技术审定会。

2 制定的必要性分析

2.1 新形势下气态污染物管控的需求

我国高度重视大气污染防治工作，通过出台《大气污染防治行动计划》、实施“蓝天保卫战”三年行动计划”等一系列重要举措，近年来，大气污染治理工作

取得了显著成效，环境空气质量持续改善，大气污染特征也随之发生了变化。

从全国范围看，自“十三五”以来，2019 年 338 个城市空气质量达标率较 2015 年增加 115.1%。就各污染指标而言，$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、CO 的污染情况逐年好转，年均浓度较 2015 年有明显下降，$PM_{2.5}$ 的下降率达 28%；NO_2 的年均浓度相对稳定，无明显变化；与其他污染物不同，O_3 的年均浓度呈显著的上升变化趋势，年均浓度较 2015 年上升 14 微克/立方米。可见，当前我国大气颗粒物（$PM_{2.5}$、PM_{10}）污染形势得到有效控制，而大气气态污染物（O_3 和 NO_2）的污染问题逐渐突显。

从长三角区域看，2020 年上半年，长三角地区环境空气质量指数六因子中，$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO 日均值已达到国家环境空气质量一级标准，O_3 浓度达到国家环境空气质量二级标准，空气优良天数同比上升 19.1%，上述六项空气质量指标同比下降 4.5%~25.9%。长三角区域环境空气质量整体较好，但与国际先进水平相比，仍有很大的改善空间。首先，长三角地区的空气质量日均值尚未达到世界卫生组织指导值，年均值也未达到我国空气质量一级标准和世界卫生组织指导值；其次，臭氧浓度距我国空气质量一级标准和世界卫生组织指导值还有差距，一氧化碳和臭氧浓度略高于粤港澳、珠三角地区；此外，夏季和秋冬季 $PM_{2.5}$ 以及臭氧浓度时有超标。

随着社会经济的不断发展和我国大气污染特征的逐年变化，对新阶段环境空气质量管理提出了新的要求，我国政府部门大气环境污染治理工作的重点从颗粒物开始向颗粒物与臭氧等气态污染物的协同管控上偏移。制定《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）传感器法自动监测技术规范》，顺应了新形势下气态污染物重点管控工作的需求，有利于完善气态污染物监测监控标准体系，为大气污染防治工作提供数据依据和管控方向。

2.2 网格化监测作为大气污染管控重要手段

环境监测是环境管理的基础和技术支持，自 2012 年新《环境空气质量标准》颁布实施以来，我国城市空气质量监测网络日益完善，环境空气监测形成了国家级、省部级、市、区（县）4 级监测体系，目前全国 338 个地级及以上城市已建成监测站点超过 5000 个，其中，包括国控站点数量 1436 个，经“十四五”国家城

市环境空气质量监测网点位优化调整工作完成后，国控站点数量将增加至近1800个，解决了城市新增建成区缺少点位、现有建成区点位密度不均衡等问题，达到地级及以上城市和国家级新区全覆盖。

尽管全国已经建立了覆盖典型区域的环境空气质量监测网络，并通过“全国空气质量发布平台”向社会实时发布包括O_3在内的6项指标的实时浓度、AQI指数等空气质量信息，初步实现了区域尺度的空气污染联防联控。但大气一直处在不断的流动和变化状态中，空气质量状况受地形、建筑物、小环境温湿度、污染源、人口密度，风向，风速等多种因素影响，在大范围的城市区域中，现有的区域环境空气质量监测网络在城市大气污染溯源和局部监管方面仍存在不足，根据城市现有的空气监测站点所得出的空气质量数据在时间和空间分辨率上都达不到要求，因此，亟需开展大范围的空气污染物网格化监测，对城市气态污染物污染防治政策措施的制定与评估以及对人体健康风险评价等研究提供指导。

根据国务院发布的《生态环境监测网络建设方案》（国办发〔2015〕56号），要求进一步提高大气污染防治和监管执法精细化、科学化、信息化水平，实现对污染物的实时监控、精准排查，切实改善区域空气质量。

为了实时监测“散、乱、污”污染源、道路交通、建筑工地、区域边界、污染物传输通道、城市居民区、农村乡镇、重点工业企业等对象，高密度的环境空气质量传感器法网格化监测系统被提出。相比常规监测方法，传感器法监测设备能大面积布点，很好地弥补常规方法的不足，迅速在各地开展网络建设工作，大数据、云计算等信息技术的发展应用成为大气环境网格化精细化管理的重要抓手。

网格化监测系统基于颗粒物传感器和气体传感器，实时监测主要环境空气污染物和温室气体，利用传感器低造价、低维护成本、低功耗和小尺寸等特点，可通过固定和移动方式实施规模化部署，组成无线监测网络，对污染源、污染热点区域和污染暴露敏感人群进行高密度监测。利用“千里眼”“顺风耳”等设备，以实时、准确的环境监测数据作为管理基础，形成全覆盖式网格化精准监控，可增强环保工作的预见性，准确预测预判潜在环境风险，全面提升我国大气环境监管水平。

基于传感器设备的大气网格化监测微站与国家环境空气质量标准监测站在点位类别和使用用途等方面既有区别又有联系，主要体现在：（1）关注重点不

同。国家环境空气质量标准监测站侧重于城市或区域的环境空气质量总体水平和变化趋势，为制定全国大气污染防治规划和对策提供依据；而网格化监测则关注重点区域和重点时段，侧重于监控预警、追踪定位具体污染排放。（2）监测目的不同。国家环境空气质量标准监测站承担评价与考核功能，注重数据在时间尺度上的准确性和一致性；网格化监测注重监测的时效性、数据获取的经济性和分析结果的实用性，更注重数据在空间尺度上的一致性。（3）应用场景的不同。国家环境空气质量标准监测站仅用于环境空气质量的监测；而网格化监测微站既可以用于环境空气质量网格化监测，也可用于污染源的监测。污染源监测点根据功能和位置的不同，又可分为道路监测微站、企业监测微站、油烟监测微站、工地、消纳场监测微站、城乡接合部和农村监测微站等等。这些微站将我们周围的点、线、面污染源纷纷纳入，囊括了工业污染源、生活污染源、道路污染源等的监测。（4）两者的关系。网格化监测站点并非要替代空气质量标准站，而是作为现有空气质量标准站的延伸和细化，深入污染源边界进行监测，其范围覆盖区域更加精细，对数据变化的反映更为及时。系统中的网格化监测站和现有的国省控等空气质量标准站点同步结合，借助物联网、大数据和人工智能等先进技术的辅助，形成一张监测网和监管网相融合的空气质量“天网”系统。

2.3 标准需要适应管理的需要

尽管近年来传感器法网格化监测技术已日益普及，然而，由于目前空气传感器缺乏公认的性能规范，市场上各仪器厂家监测设备的技术水平层次不齐，这限制了对这种新兴技术产生的数据质量的理解。为了能正确使用空气质量传感器，国外发布了便携式颗粒物传感器使用规范、技术路线和性能测试等文件，指导人们使用和研究便携式颗粒物传感器，国内这些指导性的文件暂时滞后。

国家层面，目前已颁布的涉及气态污染监测方法的标准主要有 2013 年 7 月发布的《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 654）。该规范自颁布以来，在规范气态污染物监测技术等方面发挥了重要的作用，但由于采用的监测技术方法差异较大，并不完全适用于高密度的环境空气质量网格化监测系统。有关环境空气质量传感器法网格化监测的技术规范，国家层面已颁布的仅有 2017 年环办监测函 2027 号文件发布的《大

气 $PM_{2.5}$ 网格化监测系统》，但仅针对大气颗粒物 $PM_{2.5}$，缺乏其他气态污染物的网格化监测技术规范。

地方层面，部分较早开展环境空气质量网格化监测工作的省份与地区制定、颁布了相关地方标准，如河北省组织编写了《大气污染防治网格化监测系统技术要求及检测方法》等系列地方标准。由于这些地方标准具有较强的地方特点，标准规定的内容不全面等问题。

因此，为了实现高密度精细化大气监管目标，针对气态污染物传感器法监测技术缺乏相应技术规范的现状，亟需开展传感器法监测技术研究和规范编制，为上海市及其他长三角城市开展高时空分辨率的网格化监测提供技术支持。通过制定统一的标准，一方面有利于推进环境空气质量自动监测，提高监测时空分辨率；另一方面有利于规范现有的环境空气网格化监测系统，提高大气污染监管效率；此外，是对传感器监测设备开发和生产的宏观引导，有助于传感器监测技术的提升和推广应用。

3 国内外相关分析方法研究

3.1 相关标准

（1）国外

目前，美国的空气质量监测可以分为管制性空气质量监测（Regulatory Ambient Air Monitoring）和非管制性空气质量监测（Non-Regulatory Ambient Air Monitoring）。管制性空气质量监测站使用的仪器必须为联邦参考法（FRM）或联邦等效法（FEM）所规定的设备，即标准监测设备，标准监测设备有制定相应应的性能标准（40 CFR Part 53），通常情况下，这些标准监测设备体积大、价格高、对布设地点有较高的要求。低成本空气传感器在美国应用于非管制性空气质量监测。

美国环保署（EPA）于 2014 年左右开始关注小型传感器在空气质量监测和管理方面的应用，为了促进传感器技术在空气质量监测领域的发展，EPA 于 2013 年 8 月率先发布了利用空气质量监测传感器设备作为“下一代空气监测”的路线图（Roadmap for Next Generation Air Monitoring），积极开展设备研发比对，以

指导传感器的使用。并于 2014 年 EPA 颁布了指导社区和个人使用低成本空气质量传感器的《空气传感器指南》，该指南描述了空气传感器的成本范围和性能，其中一个主要部分是关于空气传感器监测数据质量注意事项的讨论，诸如在实际应用中需要校准传感器、确定设备响应的精度、响应偏差和其他性能特征等，用于帮助那些有兴趣使用低成本空气质量传感器技术进行空气质量监测的公民科学家和其他人员作出最适当的选择。

同时，EPA 希望通过“公民科学”（Citizen Science）让公众更好地参与到环境保护过程中，为空间发展贡献自己的力量。其中，利用低成本空气质量传感器实现社区空气质量改善就是其中一项，通过这样的方式可以填补监测数据空白、实现资源的有效利用、并与社区建立联系，让社区更多地参与到空气质量改善过程中。2017 年，美国加州政府通过的 AB617 法案（Assembly Bill 617）旨在通过针对每个社区的特定需求和问题制定战略来改善空气质量。加州空气质量管理区（Air Quality Management Districts，AQMDs）负责制定和实施“以社区为中心”的战略，在改善空气质量方面起着带头作用。

为了向公众展示低成本传感器的实际效能，南海岸空气质量管理区还建立了空气质量传感器性能评估中心(Air Quality Sensor Performance Evaluation Center，AQ－SPEC) ，旨在通过实地测试和实验室实验对当前可用的传感器进行全面的性能表征。在实地测试中，空气质量传感器与标准监测设备并排运行测量同一污染物，为期两个月以提供更加全面的整体性能统计信息，具体包括模型内部变异性（Intra-model Variability）、数据恢复（Data Recovery）以及线性相关系数（Linear Correlation Coefficient，R2）。

欧盟空气质量指令（Air Quality Directive，AQD）中确定了空气质量监测的标准，并定义了成员国在监测空气质量时应该采用的标准测量方法。这些标准方法目前应用于欧洲城市的固定监测网络。同时，空气质量指令也允许采用除规定外的其他技术进行空气质量监测，使得传感器技术在该领域的应用成为可能。

为探索低成本空气传感器技术，2011 年，欧盟出资建立欧盟科技合作网络（The European Cooperation in Science and Technology，COST），成员国与其合作伙伴签署了欧洲空气污染控制和环境可持续性新传感技术网络行动计划（TD 1105-European Network on New Sensing Technologies for Air-Pollution Control and

Environmental Sustainability，Eu Net Air）。该行动计划重点关注基于空气质量控制的低成本传感器技术，并建立一个跨学科顶级协调合作网络。

2013 年，欧盟环保署建立了监控认证计划（MCERTS），发布了用于监测空气污染的低成本气体传感器的评估和校准协议，并提供了一个传感器的测试流程用于指导传感器的评估。MCERTS 包括：监控设备必须满足的性能指标；员工必须具备的资格；认证实验室和测试场所符合欧洲和国际标准。该文件基于国际和欧洲标准，规定了指示性环境灰尘监测器的性能标准。传感器的测试流程包括 3 个步骤，首先测试传感器的基本性能（重复性、短期和长期漂移），其次确定可影响传感器性能的重要因子，最后通过实验/模型进行验证。

目前，在某项新技术被纳入空气质量监测网络用于向欧盟委员会报告空气监测数据之前必须经过严格的、全面的、针对特定污染物类型的测试程序，包括实验室条件下的极端测试以及三个月的实地测试。不过，现在的评估方法只是针对单一污染物从不确定性、校正、与其他传感器系统之间相互独立性等几个方面进行评估。如果是针对高密度的、多种污染物的低成本空气传感器网络，这种方法可能不适用、也不划算，因而需要进一步制定传感器技术评估指南或规范。另外，由于传感器性能的不确定性，监测数据能否满足 DQO(Data Quality Objective) 的质量要求在欧盟也是一个主要问题。

2015 年 9 月，欧洲标准化委员会(CEN/TC264 /WG42) 成立了评估空气质量传感器的工作组，目的是制定监测大气中气体污染物和颗粒物传感器测试方法的技术规范(Performance Evaluation of Sensors for the Determination of Concentrations of Gaseous Pollutants and Particulate Matter in Ambient Air) 。

（2）国内

在中国，原环境保护部 2012 年发布的《环境空气质量标准》（GB 3095）中规定了环境空气污染物监测项目及各项污染物浓度限值等内容，用于环境空气质量评价与管理。2013 年《环境空气质量自动监测技术规范》（HJ/T 193）对空气中气态污染物连续监测系统的技术要求做了规定。满足标准的污染物监测仪器均需要通过复杂的测试认证，以产出高质量的监测数据。

现有环境空气质量连续自动监测技术规范主要从采样器技术要求、检测方法、系统安装和运行、质控技术等 4 方面对大气颗粒物（PM_{10} 和 $PM_{2.5}$）和气态污染

物（SO_2、NO_2、O_3、CO）共 6 类监测因子做了规定。其中，颗粒物连续自动监测主要执行的技术规范包括：《环境空气颗粒物（PM_{10} 和 $PM_{2.5}$）采样器技术要求及检测方法》（HJ 93－2013）、《环境空气颗粒物（PM_{10} 和 $PM_{2.5}$）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2013）、《环境空气颗粒物（PM_{10} 和 $PM_{2.5}$）连续自动监测系统安装和验收技术规范》（HJ 655－2013）；气态污染物连续自动监测主要执行的技术规范包括：《HJ 817-2018 环境空气颗粒物（PM_{10} 和 $PM_{2.5}$）连续自动监测系统运行和质控技术规范》（HJ 817-2018）、《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 654-2013）、《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统运行和质控技术规范》（HJ 818 -2018）、《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统安装和验收技术规范》（HJ193－2013）。

自 2013 年提出《大气污染防治行动计划》以来，政府对空气污染治理重视程度不断提高的同时，也意识到传统监测方法的局限性。2015 年 7 月，国务院办公厅印发了《生态环境监测网络建设方案》提出要依靠科技创新与技术进步，强化卫星遥感等高新技术、先进装备与系统的应用，提高生态环境监测立体化、自动化、智能化水平。到 2020 年，全国生态环境监测网络基本实现环境质量、重点污染源、生态状况监测全覆盖，各级各类监测数据系统互联共享，监测预报预警、信息化能力和保障水平明显提升，监测与监管协同联动，初步建成陆海统筹、天地一体、上下协同、信息共享的生态环境监测网络，使生态环境监测能力与生态文明建设要求相适应。

2018 年 8 月，生态环境部启动了“千里眼计划”，要求利用各种技术手段不断细化执法监管区域、精密监控污染物浓度变化。京津冀及周边“2 + 26”城市全行政区域按照 3 千米×3 千米划分网格，利用卫星遥感技术，筛选出 $PM_{2.5}$ 浓度较高的 3600 个网格作为热点网格，进行重点监管。2018 年 10 月起增加汾渭平原 11 城市，2019 年 2 月起长三角 41 城市逐步纳入范围，实现对大气污染防治三大重点区域的热点网格监管全覆盖，提高环境监管效能。我国大气污染防治开始进入精细化管理阶段，这为低成本传感器在大气监测领域的进一步发展奠定了政策基础。

传感器领域的功能迭代和技术创新发展很快，低成本传感器在提供本地化的

污染数据方面发挥着很大潜力，成为大气环境精细化管理的重要抓手。由于传感器监测技术与传统监测技术方法差异较大，已有标准和规范不能适用于环境空气质量网格化监测系统。为了适应当前我国大气精细化管控的需求，环保部于 2017 年印发了《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术指南》（试行）等 4 项网格化细颗粒物监测指南，其内容包括：点位布设、技术要求和检测方法、系统质保质控与运行、系统安装与验收，用于指导传感器技术在城市实现小尺度 $PM_{2.5}$ 浓度监测。

已发布的地方相关标准主要有河北省 2017 年 7 月颁布的《大气污染防治网格化监测系统技术要求及检测方法》（DB13/T2544—2017）、《大气污染防治网格化监测系统点位布设技术规范》（DB13/T2545—2017）以及《大气污染防治网格化监测系统安装验收与运行技术规范》（DB13/T2546—2017）等三项大气网格化监测相关系列技术规范。这些技术规范对多种大气污染物的网格化监测进行了规定。

此外，生态环境部还将研究通过地面监测微站和移动式监测设备等技术手段，综合运用互联网技术和大数据理念，探索构建“热点网格＋地面监测微站+移动式监测设备”的工作模式，不断深入实施“千里眼计划”，细化执法监管区域，精密监控 $PM_{2.5}$ 等污染物的浓度变化和异常时段，进一步提升热点网格日常监管和执法检查的针对性和精准性，提高大气污染监管水平，坚决打赢蓝天保卫战。

3.2 相关研究

（1）国外

对于高密度传感器网络的小型和低成本的设备，目前国外研究主要在传感器性能测试、评估以及带有科研性质的城市局部区域小范围试用方面。

传感器性能的评估通常包括：线性、准确性、精度、响应时间、检测限度、检测范围、温湿度影响、污染物干扰等。如对于颗粒物传感器应侧重湿度影响、检测范围、颗粒物粒径和组分对其影响的评估；对安装在移动平台上的移动传感器应侧重其响应时间的评估、震动等对传感器性能的影响、机动车自身排放对传感器的影响等；对 VOCs、NH_3 等痕量气体的检测应侧重于检测限度、稳定性和精确度的评估；对 NO_2、 O_3、SO_2 等活性气体应侧重对污染物干扰的评估等。

传感器的评估手段分为实验室模拟和现场评估。实验室模拟，即人为地控制和改变条件排除复杂的气象因素、地理位置影响。现场评估，即将传感器暴露在实际的大气环境中，是了解真实大气的最直接手段。2014 年 6 月，美国南海岸空气质量管理区（SCAQMD）创立了空气质量传感器性能评估中心（AQ-SPEC），对多种传感器进行了大量测试工作，旨在成为低成本空气监测传感器的测试中心，以建立评估传感器的性能标准，向公众通报市场上的低成本空气传感器的实际性能。该评估中心在受控的实验室条件和现场条件下对空气传感器的性能进行全面的测试与评估。在现场测试中，以联邦参考方法和联邦等效方法（分别为 FRM 和 FEM）为标准，传感器与一个或多个 SCAQMD 现有的空气监测站一起测试，使用传统的联邦参考或等效方法来测量总体性能。然后将在现场显示可接受性能的传感器送到 AQ-SPEC 实验室，在受控的大气室中进行更详细的测试。在实验室测试中，通过改变“测试箱”中的温度和相对湿度，应用传感器对已知浓度的颗粒物或气体进行测量。然后，在技术报告中总结每个传感器的性能，并与其他相关信息发布在网站上(www.Aqmd.gov /aq-spec)。

2015 年 WANG 等根据 USEPA 建议方法对 3 个低成本颗粒物传感器进行实验室评估和校准；2016 年 USEPA 社区空气传感器网络（CAIRSENSE）项目，对传感器进行了现场测试（SAFT）和 WSN 长期测试；欧盟环境署监控认证计划在 2015、2017 年进行了低成本传感器的现场校准方法性能比对。

（2）国内

国内已有研究人员将空气传感器与其他原理大气污染物在线监测设备进行了比对研究。比如，王东方等人（王东方，2009）介绍了一种基于厚膜传感器技术，可同时测量 NO_2、O_3、CO 三个因子的空气质量监测仪器（ETL3000 空气质量监测仪），通过和常规点式仪器的检测性能对比分析，认为该仪器 O_2、O_3、CO 三因子的检测性能能够满足实际监测要求，在道路交通监测等领域中有广泛的应用前景。GAO 等（GAO M L, et al, 2015）应用一种由低成本颗粒物传感器组成的检测仪器 Portable University of Washington Particle（PUWP），作为补充监测网络，对西安市内住宅、商业区、政府和学术领域等 7 个地点颗粒物的时空变化进行研究。为探讨传感技术在环境空气监测中的方法适用性，车祥等人（车祥，2019）采用某品牌 3 台传感器，对上海市环境空气中气态污染物（NO_2、SO_2、

O_3、CO）和颗粒物（PM_{10}、$PM_{2.5}$）进行了为期 1 个月的连续监测，对各仪器的数据作比对，并与同时段临近国控点的监测数据作比对，考察传感器数据的一致性和准确性，结果表明，传感器 $PM_{2.5}$ 监测效果较理想，监测的颗粒物与国控点数据显著相关且质量浓度水平接近，pearson 相关系数＞0.9（p＜0.01），具有良好的应用价值和前景；而传感器气态污染物的测定值与国控点数据之间存在差异，电化学原理气态污染物传感器的性能仍有待提升。

部分学者对如何提升电化学传感器监测数据的质量进行了探索。由于电化学气体传感器存在温度漂移和交叉灵敏度问题，代啟林等人（代啟林，2016）基于 SF_6 气体质量综合分析仪，利用线性神经网络学习思想，设计了多传感器数据融合算法，利用 CO 和 H_2S 混合气气体检测，实验证明，该算法对电化学气态传感器多传感器数据融合和温度补偿具有较好的效果。袁枫等（袁枫，2019）针对零点电流、环境温湿度对 NO_2 电化学传感器工作产生很大干扰的问题，建立了 NO_2 传感器测量数据校正方法来补偿环境因素对大气 NO_2 测量结果的影响；为验证校正方法可行性，利用四电极 NO_2 电化学传感器系统对大气 NO_2 进行了连续 72h 观测，并与同位置蓝色激光光源 CRDS 系统的测量结果进行了比对，发现未经温湿度补偿的系统数据与 CRDS 数据相关性 R^2 为 0.80，经补偿后的数据与 CRDS 的相关性提高到 0.95；结果表明，该方法可有效补偿不还价因素对电化学传感器测量大气 NO_2 影响。

3.3 相关应用

（1）国外

传感器技术在环境空气质量监测中的应用。受污染源的局地排放和污染物的区域传输等影响，环境空气污染物往往能够在相对较小的时间、空间尺度上快速变化，针对复杂的污染情况，大量部署低成本传感器可实现高时空分辨率监测，对区域环境空气质量进行有效监测。根据不同监测目的，传感器可适用于不同应用场景，目前基于传感器方法的空气质量监测已在欧美多个城市得到小规模应用。

现阶段，低成本空气传感器在美国应用于非管制性空气质量监测，应用场景主要可以归纳为四类，分别为：（1）教育和信息服务。将监测传感器作为教学仪器。（2）排放热点确认和排放源分类。通常通过固定监测微站或移动监测系

统绘制污染地图及确认污染源位置。（3）补充监测网络。通常也被称为“探索式监测”，是指利用传感器对现有的空气质量监测网络进行补充，在传统监测站之外利用大量相对低价的设备来填补空间上的空白，这类额外的设备可以根据监测的不同目的安装在固定位置或是移动平台上。（4）人体健康监测。主要对人体受空气污染的健康影响进行评估。

固定型监测可以起到网格化布点的作用，SCHNEIDER 等（SCHNEIDER P，et al， 2017）基于地质统计学的“数据融合”方法，将低成本传感器网络的空气质量观测与城市空气质量模型的空间信息相结合，绘制了城市空气质量地图，该方法应用于挪威奥斯陆的 NO_2 评估中，能够再现典型的 NO_2 日常循环规律。

美国的绿色村庄项目。美国环保署的绿色村庄项目是为了开发一种自动供电、低维护的监测系统，以测量北卡罗来纳州达勒姆的空气质量而启动。该项目是一个社区研究和教育项目，目标是向公众和社区提供以前没有的有关当地空气质量的信息，并让社区人员提高空气污染意识。该绿色村庄站的组成部分主要是由再生材料制成的公园长椅结构，包括用于测量两种常见空气污染物（$PM_{2.5}$ 和 O_3）和气象条件（如风速，温度和湿度）的精密仪器。获得的数据可以经过网络的方式实时的流式传输，更新时间为每分钟一次。用户可以在线或通过智能手机访问数据。数据通过蜂窝调制解调器从绿色村庄站无线传输，然后质量检查，最终发布到网站。

Aclima 和谷歌用街景车辆绘制室外空气质量地图。Aclima 是一家位于三藩的公司，设计和部署环境传感器网络，2015 年 7 月 28 日宣布与谷歌地图建立新的合作伙伴关系，他们这次合作主要是：用街景车辆绘制室外空气质量地图，以便更好地了解城市空气质量。通过为街景车配备 Aclima 的移动感应平台，以前所未有的方式观看周围的空气，从而实现人们对环保意识的转变。三个街道视图汽车测量了可能影响人类健康或气候变化的空气污染物，如二氧化碳、一氧化氮、臭氧等。

2014 年 8 月，Aclima 的科学家和工程师团队在美国航空航天局和美国环保署进行的 DISCOVER-AQ 研究期间，装备了三台 Google Street View 汽车在丹佛都会区进行了为期一个月的系统测试。美国环保署通过提供科学专业知识和指导，作为与 Aclima 的合作研究与开发协议的一部分，帮助确保高质量的数据和系统

性能。Aclima 的团队可以观察环境数据被处理和从汽车到定制的可视化工具及地图的流向的全过程。测试验证了 Aclima 的方法和研究方法，展示了移动传感的有效性。

（2）国内

国内气体传感器在应用领域上经历了从工业气体的监测到环境气体监测的过程。同时，气体传感器应用经历了从单个传感器的使用，到阵列化模组的使用，到基于物联网的智能器件的使用。目前，气体传感器主要应用领域为：①室外环境污染物监测，主要检测氮氧化物、二氧化硫、硫化氢等气体，主要采用电化学型气体传感器；②室内环境污染物监测，主要监测气体挥发性有机物（甲醛、苯等），主要采用半导体气体传感器；③密闭环境气体监测，例如军事领域中潜艇、航天领域中航天器舱内环境的监测，主要监测氧气、二氧化碳、氮氧化物等，主要采用半导体气体传感器与红外光谱气体传感器；④易燃易爆气体的监测，如：矿井坑道中对于甲烷气体的监测；新型氢能源领域（氢能源站、氢动力汽车等）对于氢气的监测。在该应用方向中，主要采用催化燃烧式气体传感器，该传感器具有选择性好，灵敏度高、响应迅速的特点。

近年内，传感器网络的建立在国内得到迅猛发展，国内多个城市陆续开展了网格化空气质量环境监管工作，如北京、天津、深圳、上海、贵阳及河北省石家庄、保定、沧州、唐山、廊坊等市。仅 2015-2016 年，空气传感器在全国的使用台数达到 6000~7000 个。

北京市自 2015 年底建设基于小型颗粒物传感器的高密度监测子网，作为全市空气质量监测体系的有机组成部分，同步建设、双向质控、综合应用。该子网络以平原地区 3×3 公里网格、山区 8×8 公里网格、重点地区加密的形式布设，由小型化颗粒物智能监测终端、物联网传输系统、数质转换模型、认知计算云质控系统等组成。目前，网络已完成上千个点位的布设，监测数据质量可控，并尝试开发了街乡镇级别空气质量报表、高污染区识别等功能，为城市环境精细化管理提供技术支持。

贵阳市在乌当区试点运行网格化生态环保大数据监测系统，其内部有 7 个传感器同时在工作，对当地的噪声、$PM_{2.5}$、PM_{10}、臭氧、二氧化硫、一氧化碳等多项指标进行监测，形成点多面广的生态环保大数据应用体系。所有已安装的

250 个大气监测点位都实现实时监测、在线传输、数据比对、网格化分析等功能，一旦有异常情况，会通过无线电传输到数据总控制室，监控人员可通过大数据库的分析计算，第一时间圈定污染源所在网格，由总控室的工作人员通知当地管理人员进行处置。

在长三角区域传感器法监测技术也得到了广泛的应用。如上海市的扬尘在线监测系统，2015 年开始建设，2018 年升级改造，目前有 3000 多个固定监测点，100 多辆公交车、出租车移动监测点，“动静结合”，构建了上海市扬尘智慧监测系统；上海市的网格化污染监控站也已达 523 个；安徽省的阜阳、亳州、宿州、淮北等地市也先后开展了传感器法监测网的布设，采用传感器法为主、个别固定站验证、公交和出租车移动监测相结合的方式进行监测；此外，在长三角部分城市已经将传感器法微型监测站建设至了重点乡镇。

但在广泛发展应用的同时，这些小微站还存在着监测项目较少，如仅监测 $PM_{2.5}$、PM_{10} 等颗粒物，以及监测与监管结合不紧密、数据已发生漂移导致监测数据质量不高等问题，难以满足大气污染治理需求。因此，基于传感器设备的网格化监管在城市区域还有待技术性能的提升规范和进一步的推广应用。

4 制定的基本原则和技术路线

4.1 基本原则

本次规范制定，编制组本着科学性、通用性和可操作性的原则，以《环境空气质量自动监测技术规范》（HJ/T 193-2005）为依据，同时参考国内外相关标准规范，在广泛了解传感器设备市场现状及监测工作需求的基础上，对传感器监测设备作出性能指标和技术要求的规定。基本原则主要体现在以下几个方面：

（1）**科学性。**本规范通过开展两轮实验测试，对规范中仪器性能指标的选取及限定提供了数据支撑。仪器测试从实验室性能指标及室外应用性能指标两方面进行了比对及验证，测试方法充分考虑到现有技术的特点，为各仪器提供了一套动态校准系统及比对平台。并基于实际工作经验与需求，规范划分出技术要求、性能指标、检测方法等条款。

（2）**通用性。**为了既满足现阶段环保管理工作对气态污染物的监测需求，

又适用于目前传感器法监测系统技术水平整体不佳的市场现状，本规范充分考虑了传感器法监测系统的实施场景和监测目的，在对相关技术指标的限定上较国家标准技术的要求进行了适当的放宽。同时，为促进传感器法监测技术进步，鼓励技术创新，本规范对仪器的前端设计不作过多的强制要求，更加注重仪器实地应用性能的优劣。另外，规范内容尽量与现有标准保持匹配，其中涉及到已有相关标准规范的指标和方法均直接引用原标准文件。

（3）**可操作性。**本规范所规定的设备技术要求、性能指标、检测方法，是以我国标准大气监测站工作的要求为基础，通过对相关管理部门和第三方运维人员在实际工作中面临的问题和操作经验的充分调研，兼顾了仪器的特点和不同实施单位的需求，保持一定的灵活性和可操作性。

4.2 技术路线

查阅相关文献、标准规范，对典型环境空气气态污染物连续自动监测系统的原理、性能进行对比评估，分析其系统组成与监测机制、应用现状与存在的问题。根据对大气连续自动监测系统的评估结果，整理并完善有代表性的环境空气气态污染物连续自动监测系统性能及特点。充分考虑在长三角区域实际条件（污染源分布、污染水平）、气候条件（温度、湿度）、地理条件（地形、地貌）等因素，对传感器法自动监测系统的外观要求、工作条件、安全要求、功能要求、性能指标等做出规定，并编制《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）传感器法自动监测技术规范》。在开展方法验证实验和征求仪器厂商、专家、代表性监测技术人员意见的基础上，进行修改和完善，编制完成本规范文本和编制说明。规范编制技术路线如图 1 所示。

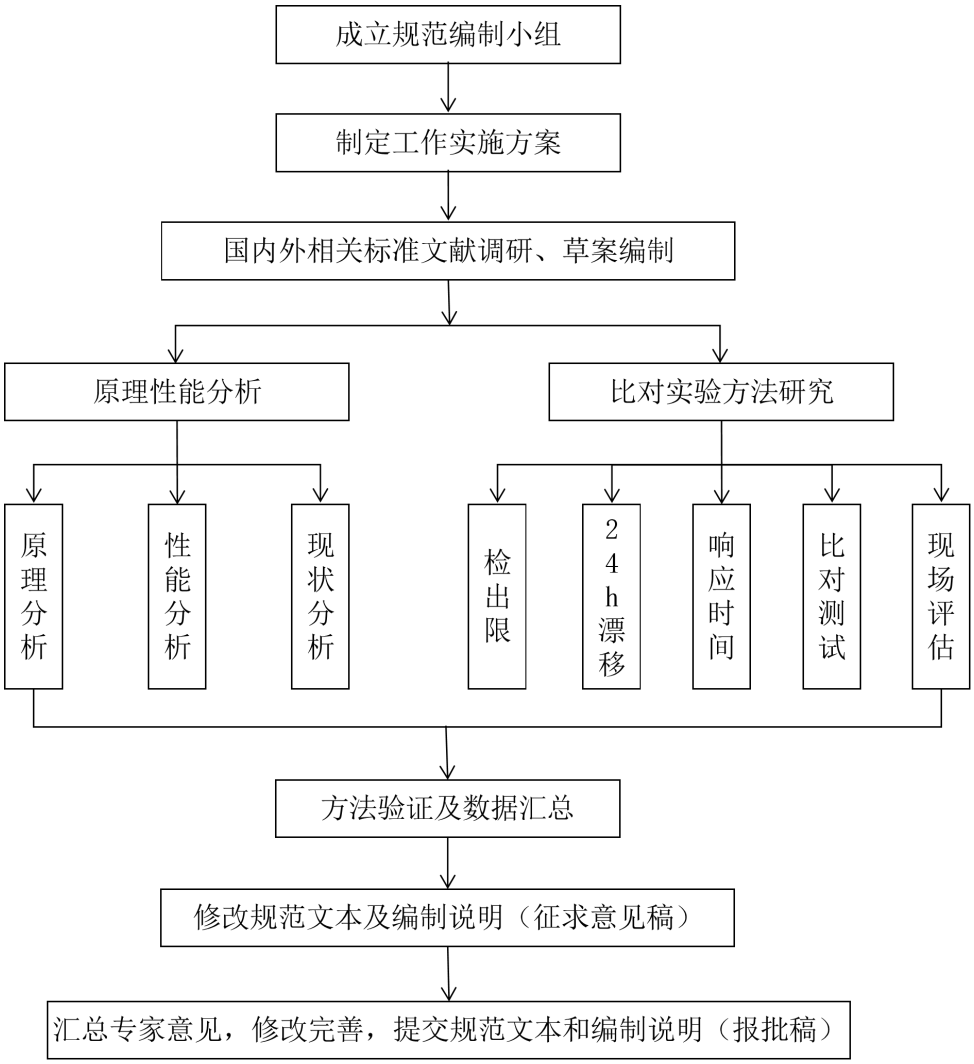

图 4.2-1 规范制定技术路线

5 主要内容说明

本规范的制定注重与国家现有标准和地方标准协调配套，与长三角区域大气管控方针政策一致。向国际及国内先进水平看齐，充分考虑现有市场技术水平，对技术要求、性能指标等作出详细要求，力求使规范涵盖技术内容尽可能全面，可操作性强、合理、有先进性。规范包括：前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、系统组成、技术要求、性能指标、检测方法、附录共九个部分。

5.1 适用范围确定

本规范目的在于为大气网格化监测提供支持。主要针对环境空气气态污染物网格化连续监测系统的微型传感器监测设备，对环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、

NO、O_3、CO）传感器法自动监测系统的技术要求和性能指标等作出规范要求。用于对环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）传感器法连续监测系统的认证测试。因此本规范的适用范围规定为：

本文件规定了环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）传感器法自动监测系统的组成结构、技术要求、性能指标和检测方法。

本文件适用于长三角区域环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）传感器法自动监测系统的检测和比对评估等工作。

其他同类城市经确认后可参考本规范进行境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）网格化监测设备的选型、检测和比对评估。

5.2 术语和定义

为对规范中的术语进行统一规范的定义，在本部分对重要术语进行定义和解释。本规范相关术语主要引用其他标准已规定的术语与定义。

“传感器法监测设备”在本规范中作为主体监测设备，具有网格化监测使用目的，因此本规范对其进行了明确的定义，参考了国家标准环办监测函 [2017] 2027号对网格化监测设备的定义，对传感器法监测设备定义为“指采用电化学、金属氧化物等传感器检测方法，可以直接用于室外监测大气气态污染物 SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 等浓度状况的监测设备”。

5.3 系统组成

本规范对环境空气气态污染物传感器法监测系统的系统组成与测量原理进行了描述。

监测系统由监测单元、数据传输及存储单元、数据处理分析单元、其他辅助单元组成。监测单元是指网格化监测设备，由采样入口、测量装置和辅助模块等组成，将环境空气中气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）输送到测量装置并进行测量。数据传输及存储单元能够实时无线传输监测单元产生数据、设备工作状态信息等，并安全存储。数据处理分析单元是整个系统运行的中心，一般由计算机、数据处理模块及系统管理模块组成，用于监测单元产生数据的换算、判别及网格化监测系统的管理等。其他辅助单元包括安装仪器设备所需要的安装固

定装置等。

电化学法、金属氧化物气体传感器相比于其他气体传感器，应用与研究较多，且具有成本低、功耗低、灵敏度高等优点，国内外市场上的气体传感器生产厂家的设计原理多为电化学法、金属氧化物。本规范对环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）网格监测系统网格化监测设备的测量方法推荐为电化学、金属氧化物传感器法，同时鼓励其他原理传感器监测性能的提升。

5.4 技术要求

本规范给出了监测系统的外观、工作环境条件、安全、功能、通信等方面的技术要求。主要参考了《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）、《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ654-2013）以及《大气污染防治网格化监测系统技术要求及检测方法》（DB13/T2544—2017）。

5.4.1 外观要求

（1）设备铭牌

监测设备应具有产品铭牌，铭牌上应标有仪器名称、型号、标识码（条码/二维码）、生产单位、出厂编号、制造日期等信息。

此条参考了《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ654-2013）的 5.1.1.1 条要求，属于一般要求。考虑到环境空气网格化监测系统中的监测设备数量较大，参考《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.1.1 的要求，增加了要求每个监测单元有唯一的标识码（条码/二维码），便于安装和管理。

（2）设备外观

监测设备表面应完好无损，无明显缺陷，各零部件连接可靠，各操作键、按钮灵活有效。

此条参考了《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ654-2013）的 5.1.1.2 条要求，属于一般要求。

（3）设备重量

为便于运输、携带、安装和动态调整位置，设备宜采用小型化、一体化设计。

表 5.4-1　监测设备外观要求对比

规范名称	检测参数	总体积（m^3）	重量（kg）
国标 HJ654-2013	SO_2、NO_2、O_3、CO	/	/
环办监测函 [2017] 2027 号	$PM_{2.5}$	＜0.05	＜10
河北标准 DB13/T2544—2017	SO_2、NO_2、O_3、CO，PM_{10}、$PM_{2.5}$、TVOC	＜0.1	＜5
比对测试结果（13 台设备）	SO_2、NO_2、O_3、CO，PM_{10}、$PM_{2.5}$	/	/
本规范	SO_2、NO_2、O_3、CO，NO	/	/

由于环境空气气态污染物（SO2、NO2、NO、O3、CO）传感器法自动监测系统中的监测单元安装和位置动态调整需要，以及监测单元安装条件要求，设备需要小型化、一体化设计。《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.1.3 要求 $PM_{2.5}$ 网格化监测设备的总体积小于 0.02m³、重量小于 10kg。《大气污染防治网格化监测系统技术要求及检测方法》(DB13/T2544—2017)的 3.2 要求微型空气监测站的监测设备体积小于 0.1m³，重量小于 5kg。本规范对气体污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）网格化监测设备的总体积和重量不做具体限制。

5.4.2 工作条件

（1）室外环境温度

（-20~50）℃。

绝大多数气体传感器对环境温度是敏感的。其原因是无论化学反应、电子元器件，还是无机和有机材料，性能参数都会随温度而变化。电化学传感器的温度范围稍微窄一点，一般是-20℃到 55℃。型号比较新的传感器可以做到在低温-40℃工作。但是，电化学传感器无法长时间在高温环境工作，主要是因为电化学传感器内部有酸性或碱性的液体，在高温的环境中水分会蒸发或迅速增加，从而造成电解液损失或漏液，最终导致传感器灵敏度衰减。本规范综合当前气态污

染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）网格化监测设备的实际要求，同时考虑长三角区域城市的常年温度，规定工作环境温度为（-20~50）℃。

（2）相对湿度

（15~95）%RH（无凝露）。

电化学传感器湿度范围较宽，一般能够长期使用的范围是 15%RH 到 85%RH。当湿度小于 15%RH 的时候，如果长期使用，传感器内电解液逐渐失水，催化剂慢慢变干，气体催化的效率和离子转移的效率会变低，最终导致灵敏度变低。本规范综合当前气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）网格化监测设备的实际要求，同时考虑长三角区域城市的常年相对湿度，规定工作环境相对湿度为（15%~100%）RH（无凝露）。

（3）大气压：（80~106）kPa；

（4）供电电压：AC（220±22）V，（50±1）Hz。

大气压、供电电压的的要求参考了《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ654-2013）的 5.1.2 条要求。供电电压是对监测设备采用市政供电方式的情况下的要求。

表 5.4-2　监测设备工作条件对比

规范名称	监测因子	环境温度（℃）	相对湿度（%，无凝露）	大气压（kPa）	供电电压	
					电压（V）	频率（Hz）
国标 HJ654	SO_2、NO_2、O_3、CO	15~35	≤85	80~106	220±22	50±1
环办监测函 [2017] 2027 号	$PM_{2.5}$	-20~60	≤80	/	/	/
地标 DB13/T2544	SO_2、NO_2、O_3、CO，PM_{10}、$PM_{2.5}$、TVOC	-20~55，-40~55（高寒型）	15~95	/	/	/
比对测试结果	SO_2、NO_2、O_3、CO，PM_{10}、$PM_{2.5}$	/	/	/	/	/
本规范	SO_2、NO_2、O_3、CO，NO	-20~55	15~100	80~106	220±22	50±1

考虑到长三角区域空气湿度整体较高，很多时间会出现湿度高于 85%的情况，尤其是黄梅天，会出现长时间的高于 85%。前期对几个厂家传感器设备的调研资料显示，其传感器设备机箱内均带有温度湿度控制功能。为了有效降低温度湿度对传感器法监测设备使用性能及寿命的影响，本规范要求传感器设备具有控温除

湿的功能，在高温、高湿等特殊环境条件下，可以满足正常工作的使用要求。

5.4.3 安全要求

环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、NO、O_3、CO）传感器法自动监测系统中的监测单元安装在室外，存在运输、装配、和动态调整位置的情况。本规范要求监测系统符合以下安全要求。

（1）一般要求

设备及其附件必须避免在装配、安装、使用和维护过程中可能造成的人身安全隐患，诸如锋边、毛刺等。

此条参考《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.3.1 要求。

（2）接地保护

设备采用市电供电时应连接地线，具有防雷保护功能。

此条参考《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.3.2 要求。

（3）防护等级

在满足性能要求的前提下，设备防护等级应满足 GB4208-2008 IP53 的规定。

《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.3.5 要求设备防护等级应满足 GBGB4208-2008 IP44 的规定。环保产品认证《微型环境空气质量监控系统》（CCAEPI-RG-Y-040-2017）仅要求 IP53 的标准。设备防护等级越高成本越高，考虑到常规户外监测环境“防护灰尘，防护淋水”已经可以符合传感器法监测设备的防护要求，因此，本规范要求设备防护等级应最低满足 GB4208-2008 IP53 的规定。

（4）绝缘电阻

使用交流电源时，设备的电源相、中联线对地的绝缘电阻应不小于 20 MΩ。

此条参考《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.3.3 要求。

（5）绝缘强度

使用交流电源时，设备的电源相、中联线对地的绝缘强度，应能承受交流电

压 1.5kV、50Hz 泄露电流 5mA，历时 1min 实验，无飞弧或击穿现象。

此条参考《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.3.4 要求。

（6）防盐雾腐蚀

经盐雾试验后，设备外壳应无腐蚀现象。

此条参考《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.3.6 要求。

5.4.4 功能要求

5.4.4.1 监测单元

a）监测单元应连接紧密，避免漏气；

b）监测单元的气体管路，应选用不与被监测因子发生化学反应和不释放有干扰物质的材料，一般选用聚四氟乙烯或硼硅酸盐玻璃等材料。

此条（a）、（b）的功能要求参考了《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ654-2013）的 5.1.4.1 条要求。

5.4.4.2 监测项目

a）常规监测因子：SO_2、NO_2、NO、O_3、CO；

b）可按实际监测需求调整常规监测因子监测模块或者增加其他污染因子监测模块；

c）可外接气象参数（温度、湿度、风速、风向、大气压等）监测单元。

表 5.4-3 监测项目对比

规范名称	污染物	气象因子
国标 HJ654	SO_2、NO_2、O_3、CO	/
环办监测函 [2017] 2027 号	$PM_{2.5}$	温度、湿度、大气压
地标 DB13/T2544	SO_2、NO_2、O_3、CO，	/

	PM_{10}、$PM_{2.5}$、TVOC	
比对测试结果（13 台设备）	SO_2、NO-NO_2-NOx、O_3、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 等	温度、湿度、大气压、风速、风向
本规范	SO_2、NO_2、O_3、CO，NO	温度、湿度、大气压、风速、风向

考虑到环境空气气态污染物传感器法监测系统在实际监测中，可能应用于多场景环境，如道路、港口、机场、工业园区等，本规范要求气态污染物传感器法监测系统可以按照实际监测目的与需求对监测因子作出调整。

我国当前城市道路空气质量监测工作相对薄弱，道路环境空气质量监测网络的建设将是今后环境监测的必然，道路环境空气质量监测网对传感器设备有较大需求。研究表明，城市道路空气质量监测 NO_x 指标不同于一般站点监测，监测结果发现，交通道路空气 NO_x 中 NO_2 所占比例较低，而 NO 所占比例较高，因此评价道路空气污染指数采用 NO 指标较为适宜。综合设备实际情况，本规范增加 NO 为传感器法监测系统的特征监测因子。

5.4.4.3 供电方式

可采取市政供电或电池供电。配置的备用电池，支持断电后工作时长不少于 8 小时。

此条参考《网格化环境空气质量监测仪认证技术规范》（RJGF 008-2021）的 5.3.2 要求。为尽可能减少监测系统设备外供断电等异常情况对监测数据连续性的影响，本规范要求传感器法监测设备内含备用电池或外置电池，且支持断电后至少工作 8 小时的时间需求。

5.4.4.4 数据采集

数据检测周期≤1min，每小时监测时间应≥45min。

由于气态污染物传感器法监测均为连续测量，此条参考《环境空气质量自动监测技术规范》（HJ T 193 2005）的 5.2 要求，要求传感器法监测设备每小时监测时间应≥45min，保证在每小时中采集到监测分析仪器正常输出一次值的 75%以上。

5.4.4.5 数据查看与存储

可通过设备主机显示面板或其他无线传输方式现场读取监测数据，并能够记录存储至少 3 个月以上的有效数据。

为了便于监测系统设备的现场质控工作，本规范建议监测设备需配备显示面板，可以现场直接读取监测数值。未配备显示面板的设备应采用无线、蓝牙等其他传输方式保证可以现场读取监测数据。

表 5.4-4 其他功能对比

规范名称	整机功耗	供电		数据存储
		供电方式	电池续航能力	
HJ654-2013	/	市政供电	/	≥3 月
环办监测函 [2017]2027 号	≤50W	市政供电、太阳能供电或两者结合	＞8h	/
DB13/T2544—2017	/	市政供电或太阳能供电	≥30d	≥10 万条
本规范	≤50W	市政供电、电池供电	≥8h	≥3 月

5.4.4.6 异常数据标记

具有数据标记功能，应能标记设备维护、校准、故障、检修、更换或其他异常情况。

为了区分精细化管理过程中有效或者无效数据，要求具有数据标记功能，应能按照相关规范要求标记设备维护、校准、故障等异常情况。

5.4.5 通信要求

支持断点续传、一点多传。监测单元数据到存储单元丢包率小于 1%。若设备因网络信号差导致丢包，通信模块具备连接恢复后数据重发的功能。

此条参考《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函[2017]2027 号）的 5.5 要求。根据管理部门监测实施过程中对监测质量的监管需求，本规范要求监测系统数据可直接同时发送至设备厂家和环保部门管理平

台。

5.4.6 远程校核

具有远程校准功能，能够通过远程终端实现数据自动校核。

由于实际监测中传感器设备安装数量一般较多，可以达到上百台，为了减少维护工作量，本规范要求传感器设备应具远程校核功能，能够通过远程终端实现数据自动校核。

5.4.7 断电自动重联

监测系统设备外供电源掉电后，能自动保存历史数据；恢复供电后系统可自动启动，恢复运行状态并正常开始工作。

参考了《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ654-2013）的 5.1.4.2 中第（8）条要求。

5.5 性能指标

本规范重点给出了各气态污染物监测单元的性能指标要求，表 5.5-1 为环境空气气态污染物传感器法自动监测系统检测项和性能指标列表，具体给出了每一项性能指标要求，参考国家标准 HJ654-2013、《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》、地方标准 DB 13/T 2544—2017 和国内市场仪器性能实际情况制定。

总体上来说，传感器的性能要弱于标准方法。下文对各项性能指标进行详细阐述。

表 5.5-1 环境空气气态污染物传感器法自动监测系统性能检测项目

测量参数	SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
测量范围	0~500 nmol/mol	0~1000 nmol/mol	0~2000 nmol/mol	0~500 nmol/mol	0~50 μmol/mol
零点噪声	≤2.5 nmol/mol	≤2.5 nmol/mol	≤2.5 nmol/mol	≤2.5 nmol/mol	≤0.05 μmol/mol
最低检出限	≤5 nmol/mol	≤5 nmol/mol	≤5 nmol/mol	≤5 nmol/mol	≤0.1 μmol/mol
量程噪声	≤15 nmol/mol	≤15 nmol/mol	≤15 nmol/mol	≤15 nmol/mol	≤0.4 μmol/mol
24h 零点漂移	±10 nmol/mol	±10 nmol/mol	±10 nmol/mol	±10 nmol/mol	±1 μmol/mol

测量参数	SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
24h 80%量程漂移	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 mol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±1 μmol/mol（0~10 μmol/mol）
	±10%（100 ~500 nmol/mol）	±10%（100 ~1000 nmol/mol）	±10%（100 ~2000 nmol/mol）	±10%（100 ~500 nmol/mol）	±10%（ 10~50 μmol/mol）
响应时间（T90）	≤2 min	≤2 min	≤2 min	≤2 min	≤2 min
仪器平行性	≤20%	≤20%	≤20%	≤20%	≤20%
室外比对测试相关系数	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8	≥0.8
室外比对测量误差	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 mol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±1 μmol/mol（0~10 μmol/mol）
	±10%（100 ~500 nmol/mol）	±10%（100 ~1000 nmol/mol）	±10%（100 ~2000 nmol/mol）	±10%（100 ~500 nmol/mol）	±10%（ 10~50 μmol/mol）
数据捕获率	≥90%	≥90%	≥90%	≥90%	≥90%
流量测量误差	≤10%	≤10%	≤10%	≤10%	≤10%

5.5.1 测量范围

SO_2、O_3 的浓度测量范围：（0~500）nmol/mol，最小显示单位 0.1 nmol/mol；

NO_2 的浓度测量范围：（0~1000）nmol/mol，最小显示单位 0.1 nmol/mol；

NO 的浓度测量范围：（0~2000）nmol/mol，最小显示单位 0.1 nmol/mol；

CO 的浓度测量范围：（0~50）μmol/mol，最小显示单位 0.1 μmol/mol。

表 5.5-2　测量范围对比

规范名称	**SO_2**	**NO_2**	**NO**	**O_3**	**CO**
国标 HJ654	0~500 ppb	0~500 ppb	/	0~500 ppb	0~50 ppm
地标 DB13/T2544	0~500 ppb	0~500 ppb	/	0~500 ppb	0~50 ppm
比对测试结果	/	/	/	/	/
本规范	0~500 ppb	0~1000 ppb	0~2000 ppb	0~500 ppb	0~50 ppm

SO_2、O_3、CO 的浓度测量范围与国内其他标准保持一致；考虑到现阶段长三角区域大气中 NO_2、NO 的浓度相对与国内其他城市较高，常常超出国标 HJ654-2013 规定的测量范围，为了适应长三角区域污染物实际浓度状况，本规范对 NO_2、NO 的浓度测量范围作了相应的调整。

5.5.2 零点噪声

SO_2、NO_2、NO、O_3 的零点噪声：≤2.5 nmol/mol；

CO 的零点噪声：≤0.05 μmol/mol。

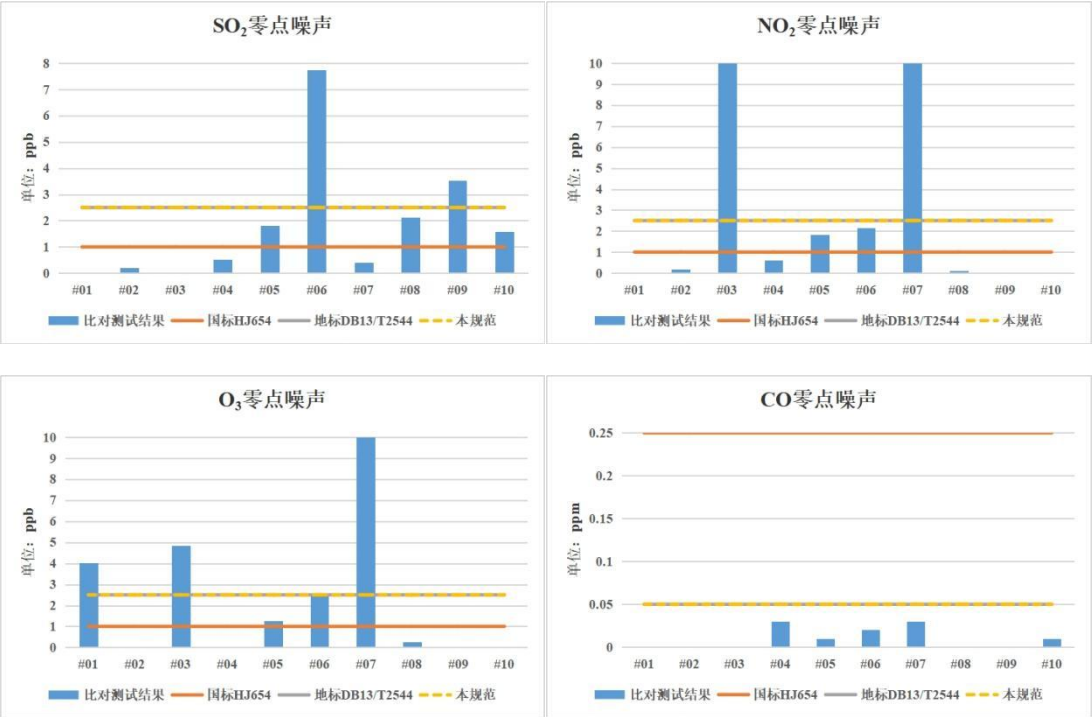

图 5.5-1　零点噪声比对测试结果

统计国内 10 家生产厂家的监测单元，综合考虑大多数设备的情况，拟定出传感器法自动监测系统设备 SO_2、NO_2、NO、O_3 的零点噪声不大于 2.5 ppb，CO 的零点噪声不大于 0.05 ppb，较国标 HJ654 更宽松，与地标 DB13/T2544 保持一致。

表 5.5-3　零点噪声对比

规范名称	SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654	≤1 ppb	≤1 ppb	/	≤1 ppb	≤0.25 ppm
地标 DB13/T2544	≤2.5 ppb	≤2.5 ppb	/	≤2.5 ppb	≤0.05 ppm
比对测试结果	0.00~7.73 ppb	0.00~24.27 ppb	/	0.00~46.77 ppb	0.00~0.03 ppm
本规范	≤2.5 ppb	≤2.5 ppb	≤2.5 ppb	≤2.5 ppb	≤0.05 ppm

5.5.3 最低检出限

SO_2、NO_2、NO、O_3 的最低检出限：≤5 nmol/mol；

CO 的最低检出限：≤0.1 μmol/mol。

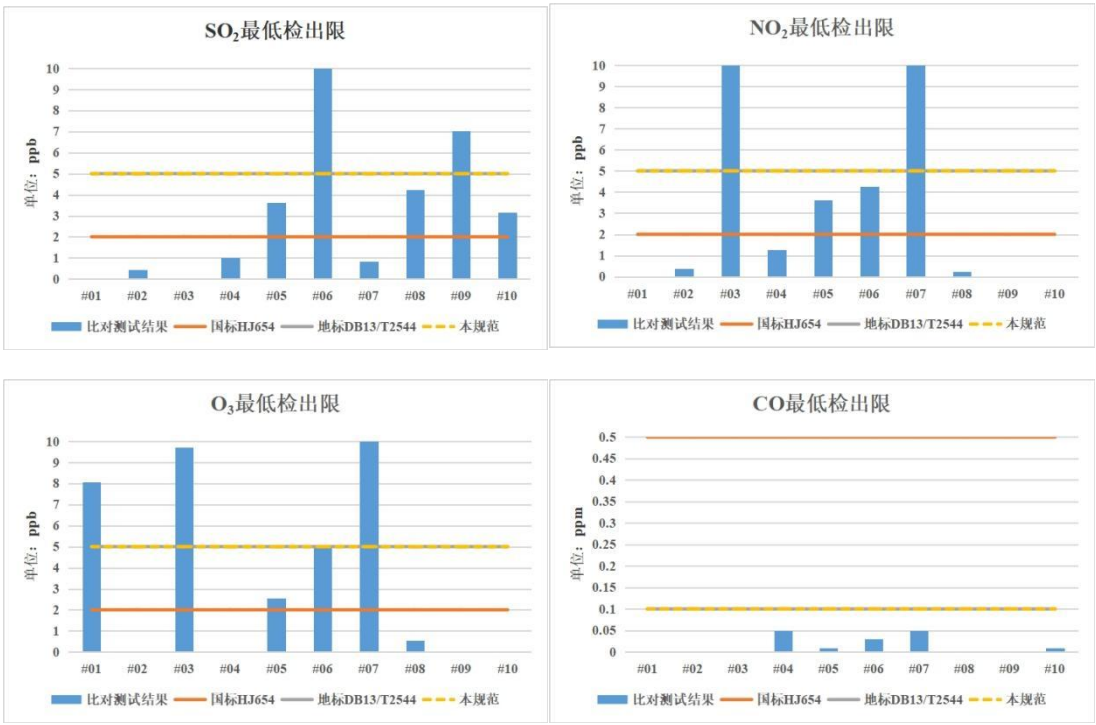

图 5.5-2　最低检出限比对测试结果

设备的最低检出限为零点噪声的两倍，本规范要求 SO_2、NO_2、NO、O_3 传感器的最低检出限应不大于 5 ppb，CO 传感器的最低检出限应不大于 0.1 ppm。

表 5.5-4　最低检出限对比

规范名称	SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654	≤2 ppb	≤2 ppb	/	≤2 ppb	≤0.5 ppm
地标 DB13/T2544	≤5 ppb	≤5 ppb	/	≤5 ppb	≤0.1 ppm
比对测试结果	0.00~15.46 ppb	0.00~48.53 ppb	/	0.00~93.53 ppb	0.00~0.05 ppm
本规范	≤5 ppb	≤5 ppb	≤5 ppb	≤5 ppb	≤0.1 ppm

5.5.4 量程噪声

SO_2、NO_2、NO、O_3 的量程噪声：≤15 nmol/mol；

CO 的量程噪声：≤0.4 μmol/mol。

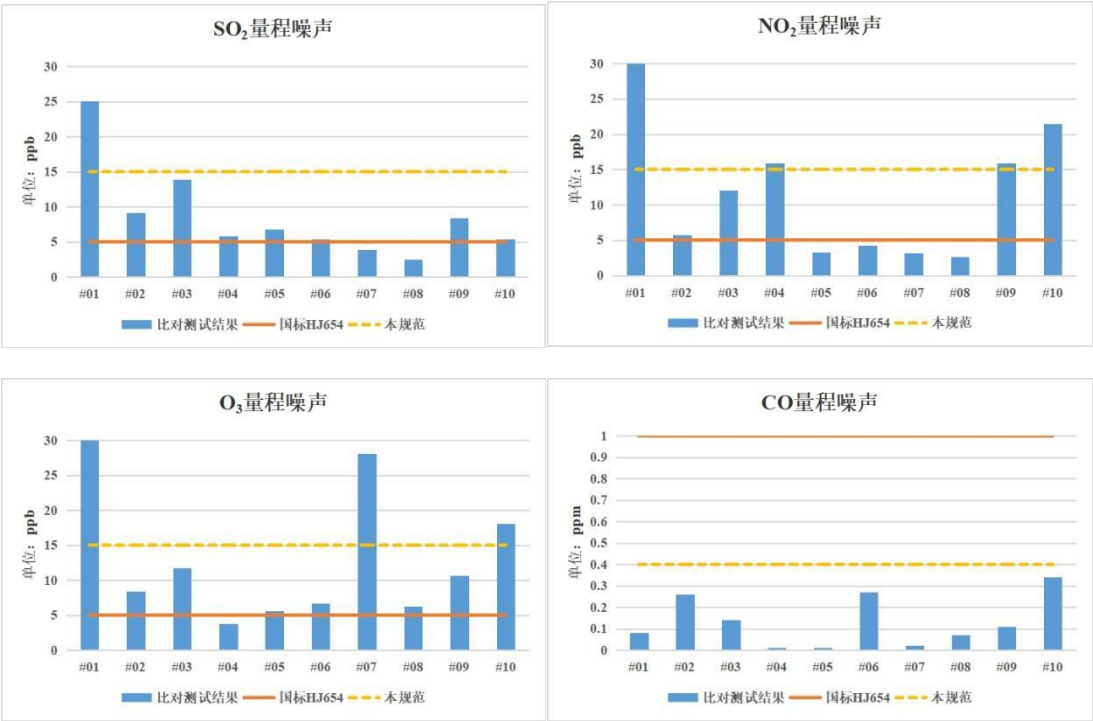

图 5.5-3　量程噪声比对测试结果

统计国内 10 家生产厂家的监测单元，综合考虑大多数设备的情况，拟定出传感器法自动监测系统设备 SO_2、NO_2、NO、O_3 的量程噪声不大于 15 ppb，较国标 HJ654 更宽松；CO 的量程噪声不大于 0.4 ppb，较国标 HJ654 更严格。

表 5.5-5　量程噪声对比

规范名称	SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654	≤5 ppb	≤5 ppb	/	≤5 ppb	≤1 ppm
地标 DB13/T2544	/	/	/	/	/
比对测试结果	2.46~25.01 ppb	2.62~47.25 ppb	/	3.83~41.88 ppb	0.01~0.34 ppm
本规范	≤15 ppb	≤15 ppb	≤15	≤15 ppb	≤0.4 ppm

5.5.5　24h 零点漂移

SO_2、NO_2、NO、O_3 的 24h 零点漂移：±10 nmol/mol；

CO 的 24h 零点漂移：±1 μmol/mol。

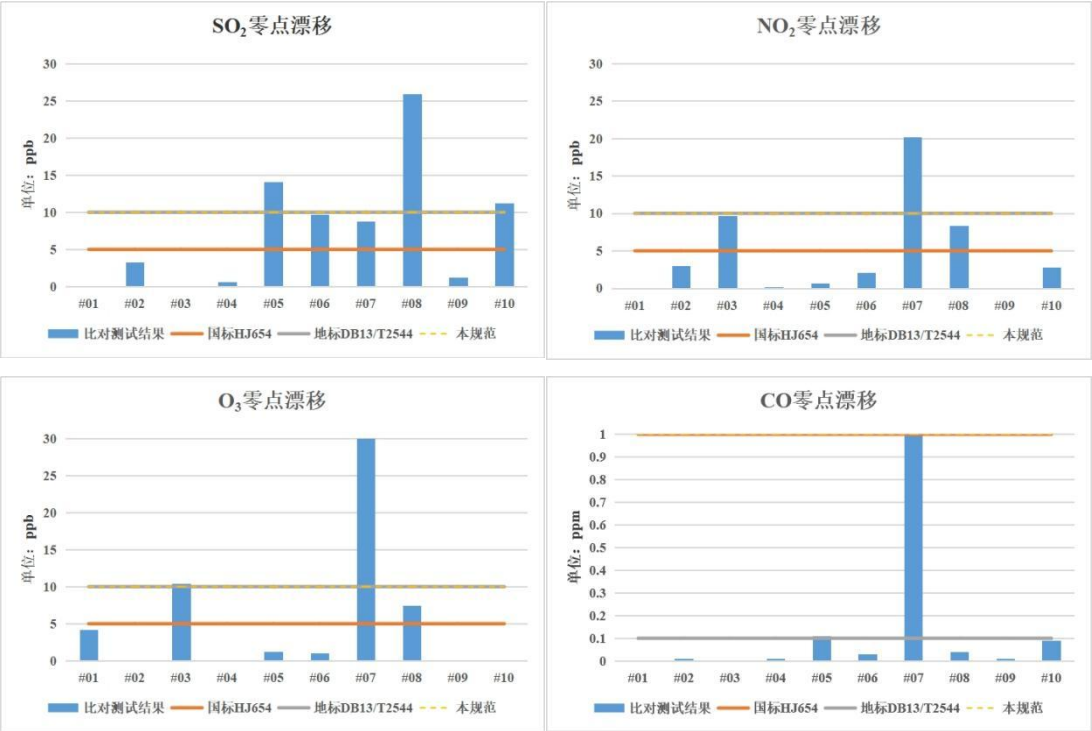

图 5.5-4　零点漂移比对测试结果

（注：图中比对测试结果数据全部以绝对值表示。）

参考地标 DB 13/T 2544 和国内 10 家生产厂家设备的实际情况，本规范要求 SO_2、NO_2、NO、O_3 的 24h 零点漂移不大于±10 ppb，较国标 HJ654 的要求有所放宽；CO 的 24h 零点漂移不大于±1 ppm，与国标 HJ654 的要求保持一致。

表 5.5-6　24h 零点漂移对比

指南名称		SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654		≤5 ppb	≤5 ppb	/	≤5	≤1
环办监测函[2017] 2027 号		/	/	/	/	/
地标 DB13/T2544		≤10 ppb	≤10 ppb	/	≤10 ppb	≤0.1 ppm
比对测试结果	平均值	-5.91ppb	-4.77 ppb	-4.20 ppb	-4.53 ppb	-0.11 ppm
	最小值	-25.90 ppb	-21.00 ppb	-4.20 ppb	-39.90 ppb	-1.23 ppm
	最大值	11.20 ppb	2.80 ppb	-4.20 ppb	1.23 ppb	0.09 ppm
本规范		≤10 ppb	≤10 ppb	≤10 ppb	≤10 ppb	≤1 ppm

5.5.6　24h 80%量程漂移

SO_2、NO_2、NO、O_3 在 0~100 nmol/mol 范围的 24h 80%量程漂移：±10 nmol/mol；

SO_2、NO_2、NO、O_3 在 100 nmol/mol 以上范围的 24h 80%量程漂移：±10%；

CO 在 0~10 μmol/mol 范围的 24h 80%量程漂移：±1 μmol/mol；

CO 在 10 μmol/mol 以上范围的 24h 80%量程漂移：±10%。

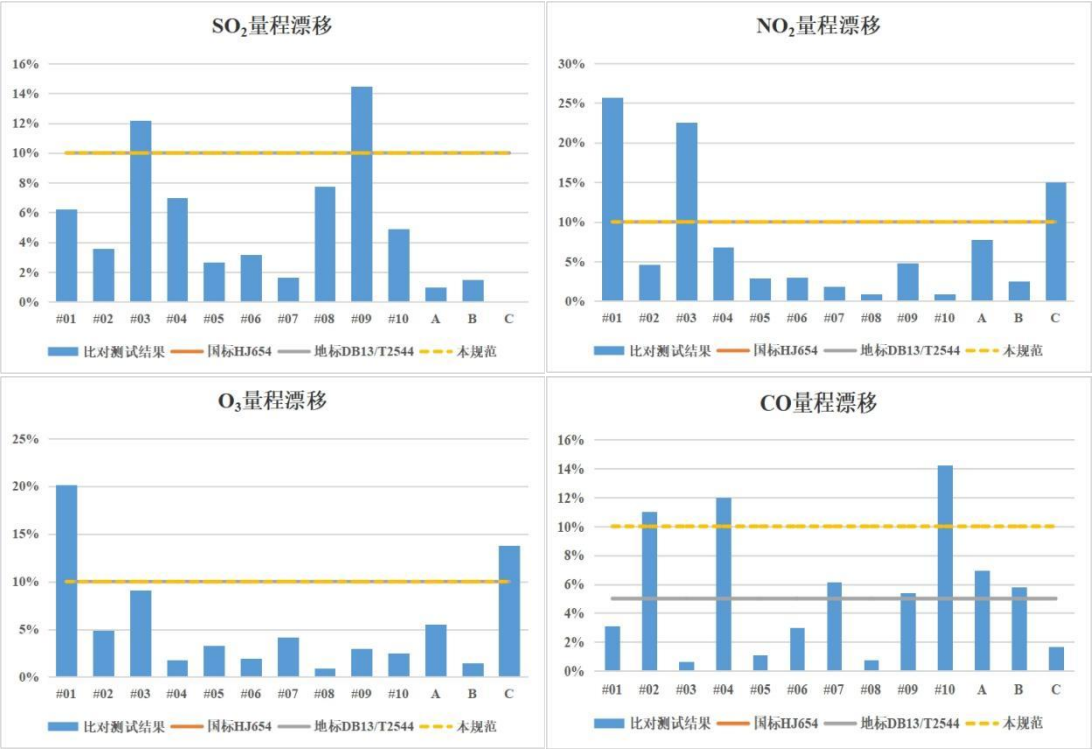

图 5.5-5　24h 80%量程漂移比对测试结果

（注：图中比对测试结果数据全部以绝对值表示。）

统计国内 10 余家生产厂家的监测单元，综合考虑大多数设备的情况，拟定出传感器法自动监测系统设备 SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 的 24h 80%量程漂移在高浓度范围内不大于±10 %，较国标 HJ654 更宽松；在低浓度范围与国标要求一致。

表 5.5-7　24h 80%量程漂移对比

指南名称		SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654		±10 ppb	±10 ppb	/	±10 ppb	±1 ppm
环办监测函[2017] 2027 号		/	/	/	/	/
地标 DB13/T2544		±10%	±10%	/	±10%	±5%
比对测试结果	平均值	3%	2%	3%	-2%	-5%
	最小值	-8%	-26%	3%	-20%	-14%
	最大值	14%	23%	3%	9%	3%
本规范		±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±10 nmol/mol（0~100 nmol/mol）	±1 μmol/mol（0~10 μmol/mol）

	±10% （≥100 nmol/mol）	±10% （≥100 nmol/mol）	±10% （≥100 nmol/mol）	±10% （≥100 nmol/mol）	±10% （≥10 μmol/mol）

5.5.7 响应时间（T90 和 T10）

SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 的响应时间（上升时间/下降时间）：≤2 min。

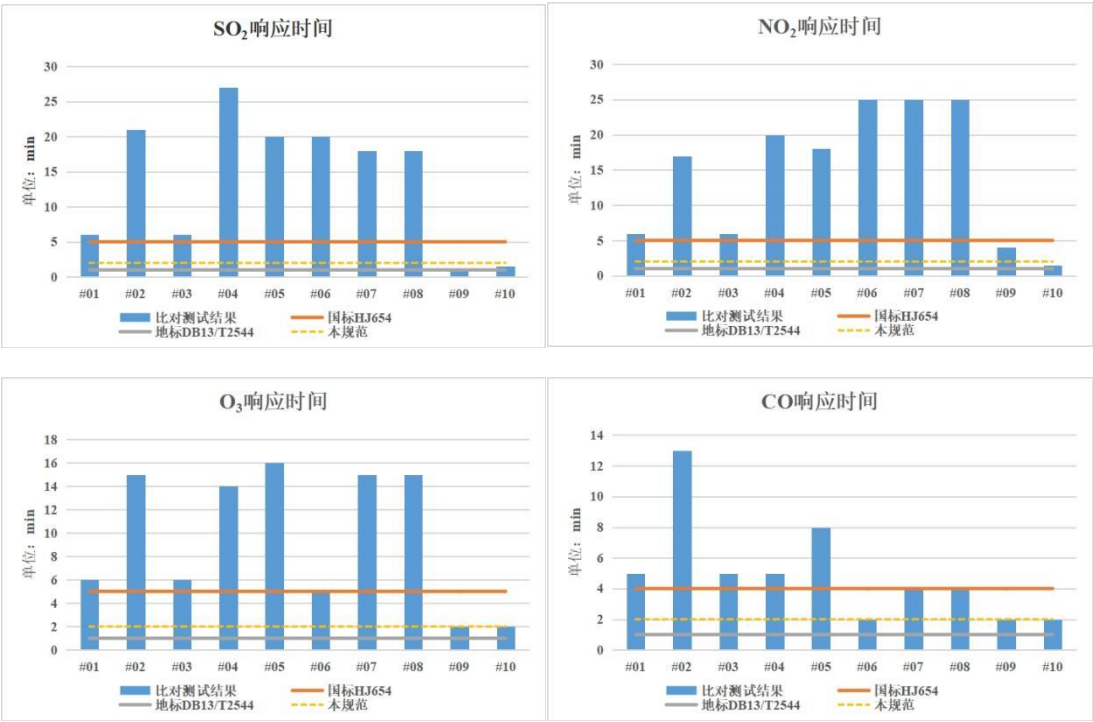

图 5.5-6　响应时间比对测试结果

空气气态污染物传感器法监测设备在采样气路设计上主要有三种工作方式，分别是泵吸式采样设备、引风式采样设备、扩散式采样设备，泵吸式采样设备是仪器配置了一个小型气泵，通过电源带动气泵对待测区域的气体进行抽气采样，然后将样气送进传感器模块进行检测，泵吸式设备中监测不同气体的传感器均是相互独立互补干扰的，可以降低气体之间的交叉干扰，提高设备检测结果的准确性。实际比对结果也显示，泵吸式、引风式等主动采样式设备在响应时间和准确性方面相对扩散式气路设计的采样设备表现更为突出。

表 5.5-8　不同气路设计监测设备的响应时间比对

气路设计	SO_2	NO_2	O_3	CO
泵吸式	1~6 min	1.5~6 min	2~6 min	2~5 min
引风式	20 min	18~25 min	5~16 min	2~8 min
扩散式	18~21 min	17~25 min	15~17 min	4~13 min

统计国内 10 家生产厂家的监测单元，综合考虑实际监测的需求，拟定出固定式监测系统设备 SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 的响应时间不大于 2 min，与《微型环境空气质量监控系统》（CCAEPI-RG-Y-040-2017）保持一致。

表 5.5-9　响应时间对比

指南名称		SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654		≤5min	≤5min	/	≤5min	≤4min
环办监测函[2017] 2027 号		/	/	/	/	/
地标 DB13/T2544		≤1min	≤1min	≤1min	≤1min	≤1min
比对测试结果	平均值	14min	14min	15min	9min	5min
	最小值	1min	2min	15min	2min	1min
	最大值	27min	25min	15min	16min	13min
本规范		≤2min	≤2min	≤2min	≤2min	≤2min

5.5.8 仪器平行性

SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 监测设备之间的平行性不大于 20%。

表 5.5-10　仪器平行性对比

规范名称		**SO_2**	**NO_2**	**NO**	**O_3**	**CO**
国标 HJ654		/	/	/	/	/
环办监测函[2017] 2027 号		≤15%	≤15%	≤15%	≤15%	≤15%
地标 DB13/T2544		/	/	/	/	/
比对测试结果	平均值	39%	29%	25%	38%	16%
	最小值	16%	10%	25%	12%	8%
	最大值	77%	53%	25%	63%	36%
本规范		≤20%	≤20%	≤20%	≤20%	≤20%

监测设备的平行性在大气网格化监测系统中极为重要。已有规范中，《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函 [2017] 2027 号）对颗粒物 $PM_{2.5}$ 的网格化监测设备作出了规定，要求“50 台网格化监测设备平行性≤15%”；《大气污染防治网格化监测系统技术要求及检测方法》（DB13/T 2544—2017）对颗粒物 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的网格化监测设备作出了规定，要求微型空气监测站室外测试时“$PM_{2.5}$ 平行性≤10%、PM_{10} 平行性≤15%”。目前，已有规范中尚无关于气态污染物监测设备平行性的相关规定。

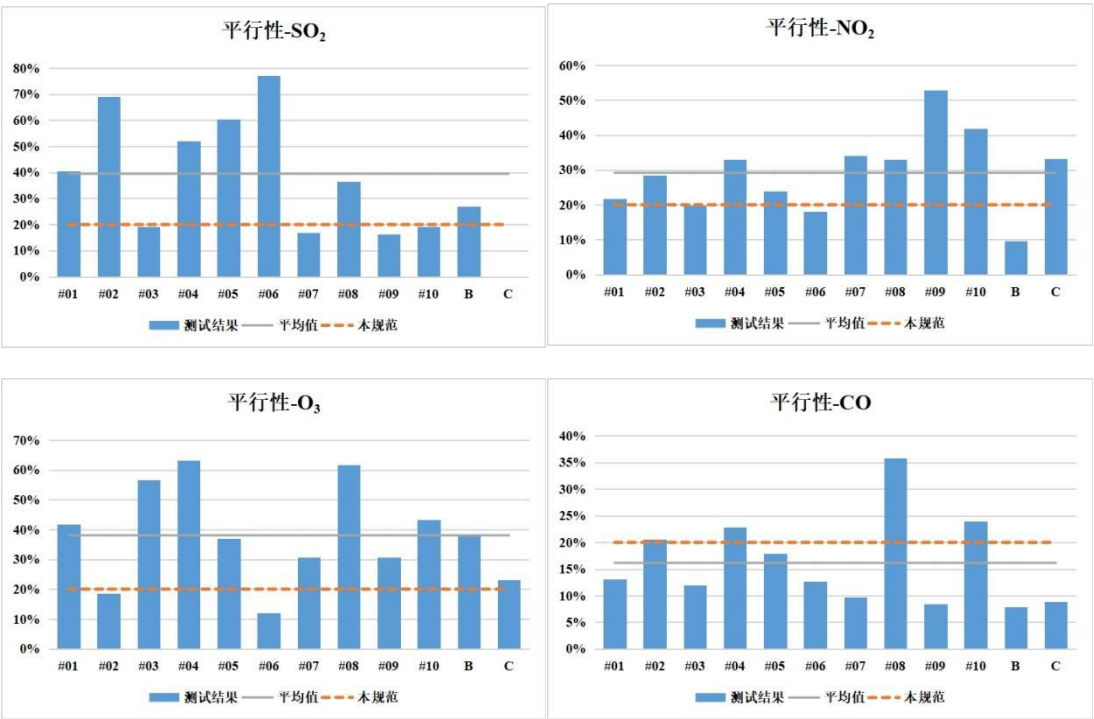

图 5.5-7　监测系统设备平行性实测结果

根据传感器监测设备平行性实测比对结果可知，SO_2、NO_2、NO、O_3等因子的平行性相对 CO 较差，综合大多数厂家设备的实际情况，本规范要求 SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 监测设备之间的平行性不大于 20%；考虑到监测系统设备平行性测试中多选择 3 台设备比对试验，本规范要求任意 3 台监测系统设备的平行性应符合上述要求。

5.5.9 室外比对测量相关系数

使用监测系统设备与标准监测设备进行至少 336 组有效数据的比对测试，测试结果进行线性回归分析，符合以下要求：

SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 因子的相关系数≥0.80。

注：SO_2 平均浓度在 10 nmol/mol 以下时，该指标不作要求。

图 5.5-8　室外比对测试相关性调研结果

此条要求参考了《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函 [2017] 2027 号）的 6.8 的要求，根据市场监测设备实际调研结果，放宽了指标。考虑到长三角区域 SO_2 浓度基本处于低值范围，低浓度下传感器设备的响应不够明显，相关系数较低。因此增加指标说明“注：SO_2 浓度在 10 nmol/mol 以下时，该指标不作要求。”

表 5.5-11　监测系统设备相关性对比

规范名称		SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654		/	/	/	/	/
环办监测函[2017] 2027 号		≥0.85	≥0.85	≥0.85	≥0.85	≥0.85
地标 DB13/T2544		≥0.80	≥0.80	/	≥0.80	≥0.80
比对测试结果	平均值	0.20	0.73	1.00	0.71	0.76
	最小值	-0.10	0.45	1.00	-0.04	0.12
	最大值	0.53	0.95	1.00	0.97	0.95
本规范		≥0.80	≥0.80	≥0.80	≥0.80	≥0.80

5.5.10　室外比对测量误差

O2、NO_2、NO、O_3、CO 的室外测量误差应符合下表的要求。

表 5.5-12 传感器法监测设备室外比对测量误差

监测项目	浓度范围	测量误差

SO_2	0~100 nmol/mol	±10 nmol/mol
	100~500 nmol/mol	±10%
O_3	0~100 nmol/mol	±10 nmol/mol
	100~500 nmol/mol	±10%
NO_2	0~100 nmol/mol	±10 nmol/mol
	100~1000 nmol/mol	±10%
NO	0~100 nmol/mol	±10 nmol/mol
	100~2000 nmol/mol	±10%
CO	0~10 μmol/mol	±1 μmol/mol
	10~50 μmol/mol	±10%

。

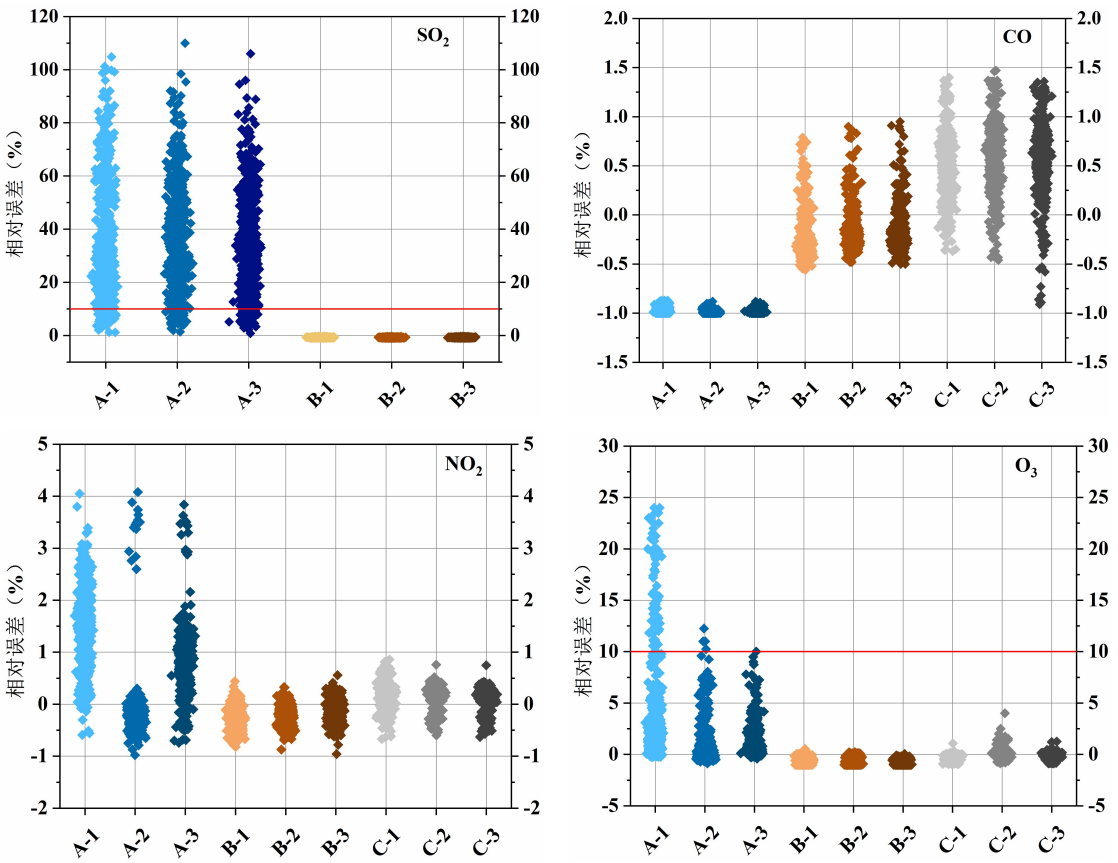

图 5.5-9　室外比对测量相对误差调研结果

已有规范中，《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测技术要求和检测方法技术规范》（环办监测函 [2017] 2027 号）对颗粒物 $PM_{2.5}$ 的网格化监测设备的测量误差作出了规定，要求“测量误差不大于±10%”；《大气污染防治网格化监测系统技术要求及检测方法》（DB13/T 2544—2017）对气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）的网格化监测设备作出了规定，要求微型空气监测站室外测试时“SO_2、NO_2、O2 在 0~100 nmol/mol 范围时，测量误差不大于±20 nmol/mol；在 100~500 nmol/mol

范围时，测量误差不大于±20 %。CO 在 0~10 μmol/mol 范围时，测量误差不大于±2.0 μmol/mol；在 10~50 μmol/mol 范围时，测量误差不大于±20%”。本规范要求 SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 的测量误差在低浓度段按绝对误差计算，在高浓度段用相对误差计算，鉴于实测误差较低且该指标在实际应用中较为关键，测量误差相对河北地标有所控制。

表 5.5-13　测量误差对比

规范名称	浓度范围	SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654	不限	/	/	/	/	/
环办监测函[2017] 2027 号	不限	±10%	±10%	±10%	±10%	±10%
地标 DB13/T2544	SO_2、NO_2、O_3：（0~100）nmol/mol CO：（0~10）μmol/mol	±20 nmol/mol	±20 nmol/mol	±20 nmol/mol	±20 nmol/mol	±2.0 μmol/mol
	SO_2、NO_2、O_3：（100~500）nmol/mol CO：（10~50）μmol/mol	±20%	±20%	±20%	±20%	±20%
比对测试结果	平均值	16.53%	0.23%	-0.01%	0.39%	-0.21%
	最小值	-0.77%	-0.28%	-0.04%	-0.73%	-0.99%
	最大值	34.23%	1.55%	0.05%	3.78%	0.61%

5.5.11　数据捕获率

监测单元数据到存储单元的数据捕获率应不小于 90%。

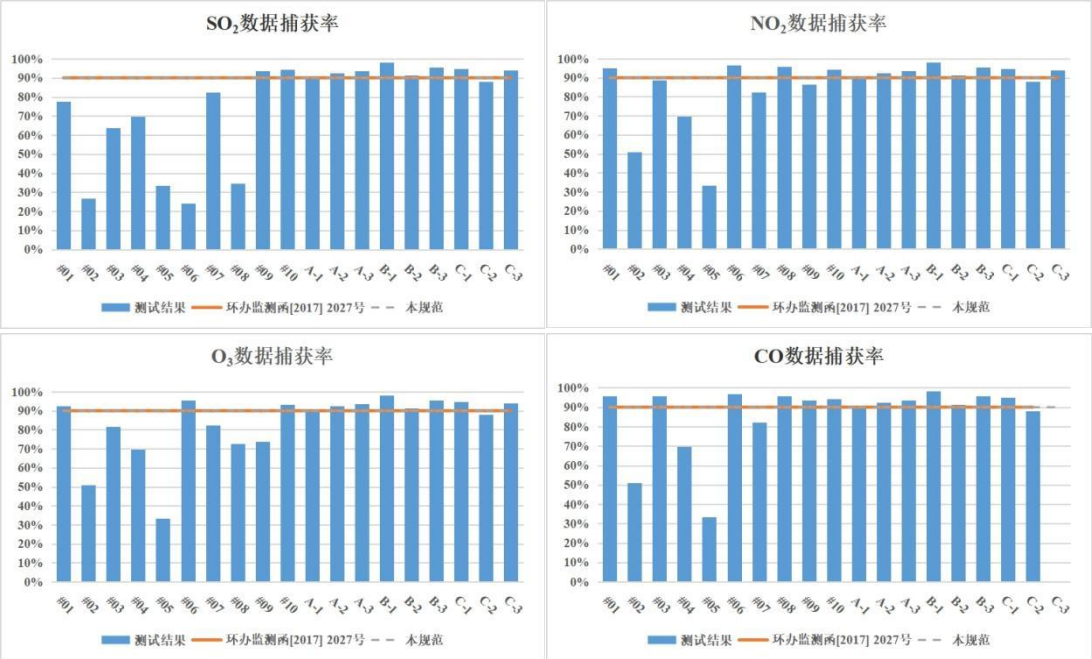

图 5.5-10　数据捕集率调研结果

此条要求参考了《大气 $PM_{2.5}$ 网格化监测系统质保质控与运行技术规范》（环办监测函 [2017] 2027 号）的要求，根据市场监测设备实际调研结果，数据捕集率要求与 $PM_{2.5}$ 规范要求保持一致。

表 5.5-14　数据捕获率对比

规范名称		SO_2	NO_2	NO	O_3	CO
国标 HJ654		/	/	/	/	/
环办监测函[2017] 2027 号		≥90%	≥90%	≥90%	≥90%	≥90%
地标 DB13/T2544		/	/	/	/	/
比对测试结果	平均值	76%	86%	93%	83%	87%
	最小值	24%	34%	88%	34%	34%
	最大值	98%	98%	98%	98%	98%
本规范		≥90%	≥90%	≥90%	≥90%	≥90%

5.5.12　流量测量误差

监测设备的采样流量误差应≤10%。

此条要求参考了《环境空气气态污染物（SO2、NO2、O3、CO）连续自动监测系统运行和质控技术规范》（HJ 818 -2018 ）的要求。

6　征集意见及处理情况

编制组于 2021 年 1 月-2022 年 5 月，向多家传感器监测设备供应商和上海、江苏、浙江、安徽环境监管部门通过邮件等方式征求意见。共收到各单位条 40 反馈意见，编制小组对反馈意见逐条进行了讨论与修改完善，最终采纳 12 条、部分采纳 8 条、不采纳 17 条、无需修改 3 条。以下为主要反馈意见及处理情况。

主要反馈意见 1：2 家传感器设备供应商和 1 家监测实施单位认为 5.3.3 防护等级要求过于高了，建议降低防护等级。

处理情况：采纳。考虑到防护等级越高设备成本越高，常规环境较低防护等级已经可以满足防护需求，修改 5.3.3 防护等级要求为“在满足性能要求的前提下，设备外壳防护等级应至少满足 GB4208-2008 IP53 的规定。”与环保产品认证要求的 IP53（微型环境空气质量监控系统 CCAEPI-RG-Y-040-2017）保持一致。

主要反馈意见 2：1 家传感器设备供应商和 2 家监测实施单位建议 SO_2、NO_2、NO、O_3、CO 的室外比对测量误差根据高低浓度范围，采用不同计算方法。

处理情况：采纳。室外比对误差已采用分浓度段计算的方法，在低浓度时计算绝对误差值，高浓度时计算相对误差值，具体浓度分段情况见本《编制说明》5.5.10。

主要反馈意见 3：1 家监测实施单位认为 5.4.5 数据查看与存储中要求传感器监测设备具有显示面板没有必要，因为很多微站设备安装高度很高，仪器即使有面板也不方便看到。

处理情况：部分采纳。根据建议修改规范 5.4.5 为“可通过设备主机显示面板或其他传输方式读取原始监测数据”。

主要反馈意见 4：1 家监测实施认为 5.4.2 监测项目中，NO 性质比较活泼，传感器法测量相对误差会不稳定，NO 因子的标准不便制定。

处理情况：不采纳。前期比对实验中部分厂商设备有测试 NO 因子，且 NO 因子测试结果整体性能尚可，同时 NO 因子对长三角区域交通道路环境空气质量具有重要指示意义，因此保留。

7 先进性说明

本规范为首个专门针对传感器法监测设备用于气态污染物质量监测工作的标准化文件。本规范规定了传感器法监测设备的定义，对传感器法监测设备实施监测工作的过程进行了要求，包括系统组成，外观要求、工作条件、安全要求、功能要求、通信要求及断电重联等技术要求，性能指标与检测方法。针对市场上空气传感器设备品牌众多、监测设备技术水平层次不齐、缺乏公认性能规范的局面，基于实测数据，兼顾技术现状和发展趋势，规定了可落地的传感器法监测设备性能指标及其检测方法要求。

本规范基于长三角区域空气 NO_2、NO 浓度值偏高，交通道路污染特征日趋明显的实际情况，在气态污染物监测因子的设置上较国家标准增加了 NO 的监测要求，为传感器法自动监测系统在交通道路环境的使用提供数据依据，符合长三角区域大气污染防治长期管控策略的制定需求。

8 重大分歧意见的处理

暂无重大分歧意见。

9 规范实施的措施建议

（1）加强标准宣贯培训

《规范》发布实施后，各省市应组织地方生态环境主管部门、空气质量监测网络建设相关单位进行《规范》的宣贯，确保相关政府部门、单位知晓、了解以及使用本《规范》。同时，在《规范》实施期间，对于实施过程中碰到的问题，进行统一回复和解答，确保《规范》在长三角区域内得到统一实施。

（2）加强政策文件对规范引用

考虑到《规范》为推荐性标准，因此，长三角区域在相关大气污染防治政策中要加强对规范的引用，确保规范有效实施。

（3）配套区域协调机制

为保障长三角区域气态污染物传感器法监测工作按照本文件执行，并推动区域内工作的不断完善，宜配套相应协调机制。长三角区域环境监测部门组成协调小组，监督本文件的落实情况，协调推动长三角区域内空气质量监测网络建设共同开展。

10 参考文献

[1] GB 3095 环境空气质量标准

[2] HJ/T 193 环境空气质量自动监测技术规范

[3] HJ 654 环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法

[4] DB 13/T 2544 大气污染防治网格化监测系统技术要求及检测方法

[5] RJGF 008-2021 网格化环境空气质量监测仪认证技术规范

[6] GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP 代码）

[7] 环办监测函[2017] 2027 号 大气 PM2.5 网格化监测技术要求和检测方法技术指南