

DB15

内蒙古自治区地方标准

DB15/T 4037—2025

城市大气温室气体（CO₂、CH₄、N₂O）
监测点位布设技术规范

Technical specification for selecting and positioning urban
atmospheric greenhouse gas monitoring stations for CO₂, CH₄ and N₂O

2025-06-06 发布

2025-07-06 实施

内蒙古自治区市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 布点原则 2

5 点位布设数量要求 2

6 布设流程及要求 3

7 国内外参考经验 3

附录 A（规范性） 统计分析和模型模拟推荐方法..... 4

附录 B（规范性） 监测点周围环境和采样口位置要求..... 5

附录 C（资料性） 国内外经验介绍..... 6

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由内蒙古自治区环境监测总站提出。

本文件由内蒙古自治区生态环境厅归口。

本文件起草单位：内蒙古自治区环境监测总站、中国科学院大气物理研究所。

本文件主要起草人：任远哲、吴林、辛金元、周兴军、曹无敌、赵文佳、王鹏、郝峰、程宇飞、谷雨、董杰、周海军、关塔拉、吕杨超。

城市大气温室气体（CO₂、CH₄、N₂O） 监测点位布设技术规范

1 范围

本文件规定了城市大气温室气体监测点位布设的原则、方法和要求。
本文件适用于城市大气温室气体CO₂、CH₄、N₂O高精度塔基地面监测点位的规划、设立和建设。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 8702 电磁环境控制限值
QX/T 174 大气成分站选址要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

温室气体 greenhouse gas

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的波长在红外光谱内的辐射的气态成分。本文件中的温室气体主要包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)。

[来源：GB/T 32150-2015，3.1，有修改]

3.2

下垫面 underlying surface

能与大气进行辐射、热量、动量、水汽、尘埃和其他物理量交换的地球表面。

[来源：QX/T 381.1-2017，4.48]

3.3

城市点 urban assessing stations

以监测城市内大气温室气体浓度水平和变化趋势为目的，反映城市本地人为温室气体排放状况，在城市内设置的监测点位。

3.4

背景点 background stations

以监测城市本底大气温室气体浓度水平和变化趋势为目的，反映城市本底温室气体源汇收支整体状况，在城市周边远离温室气体排放源的地区设置的监测站点。

4 布点原则

4.1 代表性

点位能够客观反映一定空间范围内大气温室气体水平和时空变化规律，满足评估城市温室气体浓度水平和排放量的需要。

4.2 可比性

同类型监测点设置条件尽可能一致，包括布设原则、监测方法、质量控制与质量保证等，使各个点位获取的数据具有可比性。

4.3 整体性

考虑城市地形地貌、气象等综合环境因素，以及能源结构、产业布局等社会经济特点，反映城市主要温室气体浓度水平和排放状况。

4.4 前瞻性

应结合城乡建设规划考虑点位布设，能兼顾未来城乡空间格局变化趋势。

4.5 稳定性

监测点位置确定后，原则上不应变更，以保证监测资料的连续性和可比性。

5 点位布设数量要求

5.1 基本原则

结合城市地理特征、大气温室气体排放特征、监测目标、技术力量等因素合理确定点位布设数量。

5.2 经验性建议

5.2.1 小型监测网络

小型监测网络至少需要布设2个点位。在城市主导风的上下风向且靠近城市周边的位置各设置1个城市点。适用于前期试验性监测。

5.2.2 中型监测网络

中型监测网络需要4~6个点位。在城市主导风的上下风向且靠近城市周边的地区各设置1~2个城市点，同时在城市内设置2~4个城市点。适用于中小型城市，或主导风向明确、地势平坦、以服务业为主的大城市。

5.2.3 大型监测网络

大型监测网络点位类型涵盖城市点、背景点，一般需要开展系统性的网络设计。适用于大型城市及城市群，或工业企业分布较多的中型城市。

6 布设流程及要求

6.1 城市点

6.1.1 总体原则。城市点用于监测本地 CO₂ 等温室气体排放影响，可基于移动监测、无人机遥感监测、卫星遥感观测和模型分析获得城市 CO₂ 等温室气体浓度空间分布，视当地实际情况在城市主导风向的上风侧和下风侧布设至少 2 个点位。点位应代表城市温室气体排放的年度平均浓度水平，并在当地具有一定相对高度，尽可能反映当地温室气体整体的空间分布。

6.1.2 资料收集。应收集本地气象监测资料、温室气体地面监测数据和遥感监测数据、地理信息和土地利用信息资料、温室气体排放源资料、城市内及周边区域电视塔、通讯塔、水塔等塔基平台基础信息，综合考虑城市主导风向、地形地貌、土地利用类型、温室气体空间分布特征、塔基平台等因素，进行图上选址，按 1:3 的比例初步筛选备选点位。

6.1.3 点位初选。综合考虑城市环境条件、经济社会特点以及温室气体排放特征，新建或者依托城市现有符合要求的设施，在城市建成区内及周边合理布设点位。城市点应选在周围 50 m 范围内相对开阔、气流通畅的地区，避免设置在低洼地区。

6.1.4 点位优化。宜采用统计分析和模式模拟方法，从初步筛选的备选点位中筛选出对城市主要温室气体排放源敏感的点位，优化点位布设。统计分析和模式模拟推荐方法见附录 A。

6.1.5 点位确认。应实地勘查每一个筛选出的点位，确保周围环境和采样口设置符合要求。条件允许可开展现场监测或模拟实验，评估所选点位的有效性，确定候选点位。监测点周围环境和采样口设置的具体要求见附录 B。

6.2 背景点

6.2.1 总体原则。应选在城市主导风向上游具有较大区域尺度代表性的地区，原则上应离开城市建成区和主要污染源 20 km 以上。

6.2.2 背景点及周边 20 km 范围内，土地利用方式等应长期保持稳定。

6.2.3 背景点布设应在城市点布设基础上进行，相邻城市可共同设置 1 个背景点。

6.2.4 实地勘察拟选背景点时应注意点位附近植被影响。监测点周围环境和采样口设置的具体要求按照附录 B。

7 国内外参考经验

见附录 C。

附 录 A
(规范性)
统计分析和模型模拟推荐方法

A.1 统计分析方法

统计分析可采用K-Means、DBSCAN、层次聚类法等聚类统计方法，对站点的足迹做聚类分析，基于聚类结果筛选点位。适合备选站点数量较多时选择。

A.2 模型模拟方法

A.2.1 模式模拟计算可综合采用气象模式与粒子扩散模式，开展观测对碳源汇变化的敏感性分析，然后根据敏感程度评价优选点位，优选敏感度高的点位。

A.2.2 气象模式是高时空分辨的城市气象场计算手段，可选用WRF (Weather Research Forecast)、MM5 (Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model)、RAMS (Regional Atmospheric Modeling System)、ARPS (The Advanced Regional Prediction System)、AREM (the Advanced Regional Eta-coordinate Mode) 等模式。

A.2.3 粒子扩散模式是点位的足迹权重 (影响函数) 计算手段，可选用STILT (Stochastic Time-Inverted Lagrangian Transport model)、FLEXPART (FLEXible PARTicle dispersion model)、HYSPLIT (the Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model) 等模式。

A.2.4 模式模拟计算至少选择夏季和冬季2个典型季节开展，每个季节模拟时间不少于1个月。

附 录 B

(规范性)

监测点周围环境和采样口位置要求

B.1 监测点周边环境

B.1.1 城市点

城市点周边环境应满足以下条件：

- a) 监测点与城市主要温室气体排放源保持至少 1000 m，应采取措施保证监测点附近 50 m 内的土地使用状况相对稳定；
- b) 监测点附近无强大的电磁干扰，周围有稳定可靠的电力供应和避雷设备，通信线路容易安装和检修。站址周围电磁辐射环境应符合 GB 8702 限值规定。

B.1.2 背景点

背景点周边环境应满足以下条件：

- a) 监测点原则上应离开城市建成区和主要污染源 20 km 以上，监测点附近 1 km 内的土地使用状况相对稳定；
- b) 监测点周围环境状况相对稳定，所在地质条件需长期稳定和足够坚实，所在地点应避免受山洪、雪崩、山林火灾和泥石流等局地灾害影响，安全和防火措施有保障；
- c) 监测点附近有稳定可靠的电力供应，通信线路容易安装和检修。

B.2 采样口位置

采样口设置及周边环境应满足以下条件：

- a) 采样口应距周边植物冠层 30 m 以上，距地面的相对高度在 50 m~100 m 为宜，以保证采集大气充分混合的样气，避免局地人为和自然排放源汇影响。下垫面平坦且无高大植被覆盖的，可适度将采样高度调整到 30 m~50 m；
- b) 采样口四周 360° 范围内障碍物的遮挡仰角不宜超过 5°，最大不应超过 30°；
- c) 采样口与交通道路边缘间的最小距离应符合 QX/T 174 中对气态污染物观测的限值规定；
- d) 优先新建铁塔或在已有的开放式高塔上设置采样口。已有塔基平台优先选择气象塔、电视塔、通信塔等不影响城市大气环流的公共设施，或雷达站、水塔等不受人影响的公共设施，或高层建筑屋顶。必须在高层建筑屋顶设置采样口时，应权衡建筑烟囱效应及屋顶涡流，厘清建筑屋面排风道、烟道等影响，且不应设置在烟道附近或其下风向。

附录 C
(资料性)
国内外经验介绍

C.1 概述

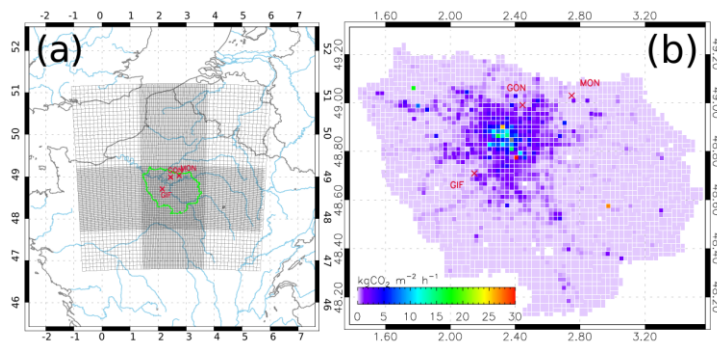
城市温室气体大气浓度监测是一个相对较新的研究领域，目前部分城市开展了一些探索研究，但仍未形成较成熟的技术体系。本附录分别对小型、中型和大型监测网络的典型案例进行简要介绍。

C.2 小型监测网络

C.2.1 法国巴黎（早期）

法国巴黎建成区早期温室气体监测网络设计情况如下：

- a) 城市特点。法国巴黎作为典型生活型大城市，城市布局非常密集，排放强烈，地势平坦，方便大气传输模式建模；
- b) 布设流程。巴黎温室气体监测网络建设早期，围绕主要建成区（小巴黎地区，建成区面积 105 km²）建设 3 个温室气体监测站点用于前期实验性监测。这些站点位于主导风向轴上，且位于主城区与郊区交界处。见图 C. 1。

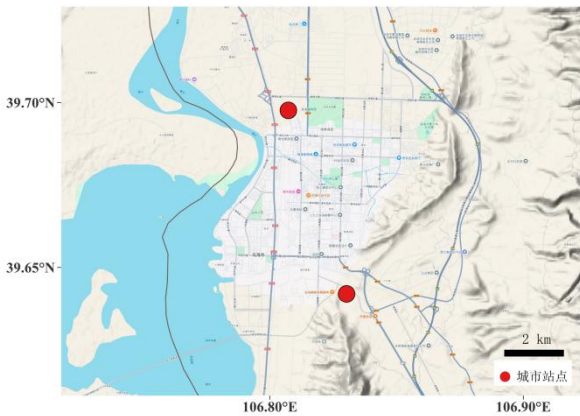


图C.1 巴黎早期（2010–2011 年）点位布设说明图

C.2.2 乌海市海勃湾区

乌海市海勃湾区温室气体监测网络设计情况如下：

- a) 城市特点。乌海市海勃湾区建成区面积较小，城市布局密集；
- b) 布设流程。乌海市主要建成区温室气体监测网络设计建设 2 个温室气体监测站点。在城市主导风的上下风向且靠近城市周边的地区各设置 1 个城市点。见图 C. 2；
- c) 类似城区：兴安盟乌兰浩特市、锡林郭勒盟锡林浩特市、阿拉善盟阿拉善左旗等。



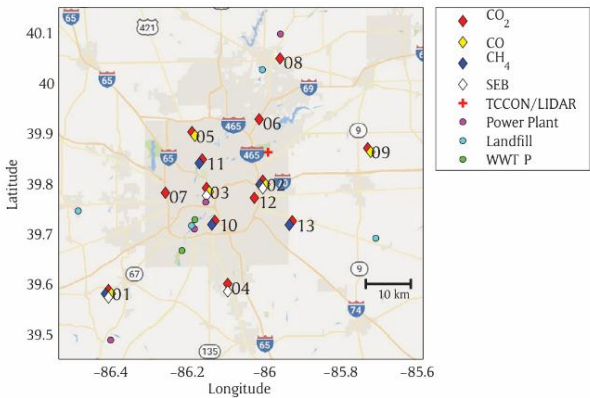
图C.2 乌海市点位布设说明图

C.3 中型监测网络

C.3.1 美国印第安纳波利斯

美国印第安纳波利斯市温室气体监测网络设计情况如下：

- a) 城市特点。该城市为中等城市，CO₂排放量位列全美第 11 名，与其他大城市距离较远，受影响小，地势平坦、气象条件简单；
- b) 布设流程。采用经验判断常规方法布设点位。2010 年左右，在主导风向的上、下风向各建设了 1 个站点。2011～2012 年，环绕城市外围建设 7 个站点，靠近城市中心建设 4 个站点。2012 年，下风向更远处建设了 1 个站点。见图 C.3。

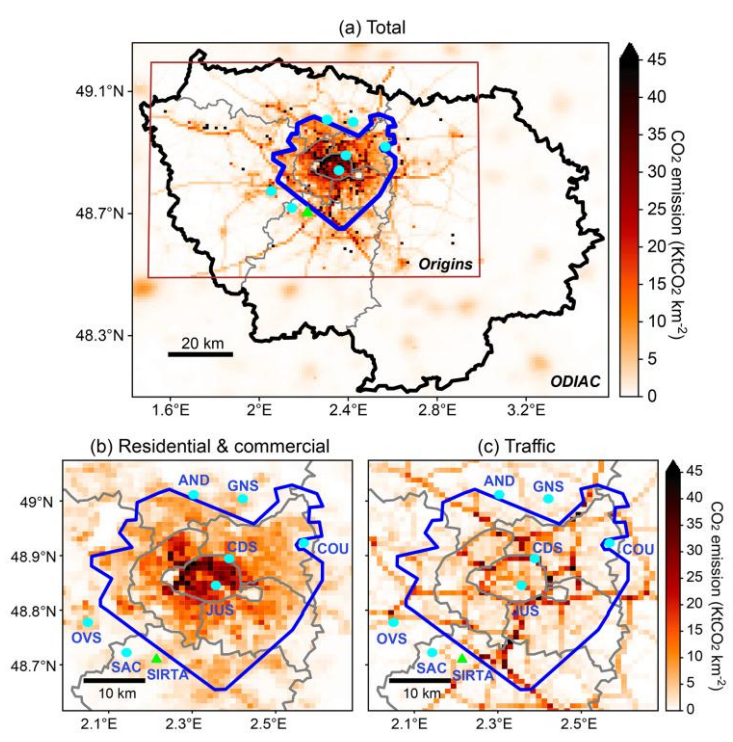


图C.3 印第安纳波利斯点位布设说明图

C.3.2 法国巴黎（后期）

法国大巴黎地区温室气体监测网络设计情况如下：

- a) 城市特点。法国巴黎作为典型生活型大城市，城市布局非常密集，排放强烈，地势平坦，大气传输模式建模容易；
- b) 布设流程。采用经验判断常规方法布设点位。围绕主要建成区（大巴黎地区）建设 7 个高精度温室气体监测站点。这些站点位于主导风向轴上，其中两个站点位于人为排放较高的巴黎中心密集建成区，另外 5 个站点则位于城区与乡村交界处，同时还有 1 个城市大气边界层监测站为传输模式优化和数据滤波提供辅助数据信息。见图 C.4；
- c) 类似城区：呼和浩特市。

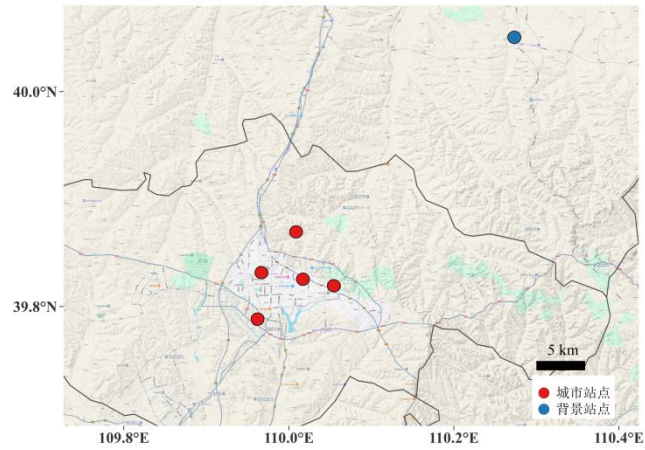


图C.4 巴黎点位布设说明图

C.3.3 鄂尔多斯市东胜区

鄂尔多斯市东胜区温室气体监测网络设计情况如下：

- a) 城市特点。鄂尔多斯东胜区人口及产业分布相对集中，城区地势较平坦，主导风向明确；
- b) 布设流程。围绕东胜区主要建成区建设 6 个温室气体监测站点，城市主导风的上下风向且靠近城市周边的地区建设 2 个城市点，远离城市建成区建设 1 个背景点，同时在城市内建设 3 个城市点。见图 C.5；
- c) 类似城区：呼伦贝尔市海拉尔区、乌兰察布市集宁区、巴彦淖尔市临河区、通辽市科尔沁区等。

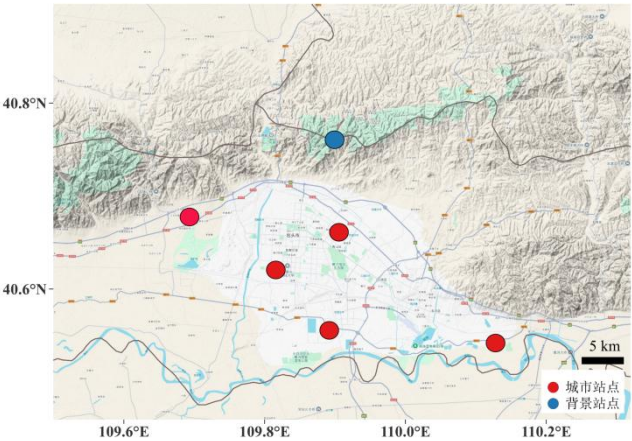


图C.5 鄂尔多斯市东胜区点位布设说明图

C.3.4 包头市

包头市主城区温室气体监测网络设计情况如下：

- a) 城市特点。包头市是我国重要的工业城市，市区人口较多，工业发达，主城区及周边温室气体排放强度大；
- b) 布设流程。借鉴鄂尔多斯市温室气体监测网络布点经验，包头市主要建成区温室气体监测评估网络初步设计方案包括 6 个碳监测点位，其中城市主导风的上下风向且靠近城市周边的地区设置 2 个城市点，城市内设置 3 个城市点，远离城市建成区设置 1 个背景点。见图 C. 6；
- c) 类似城区：赤峰市。



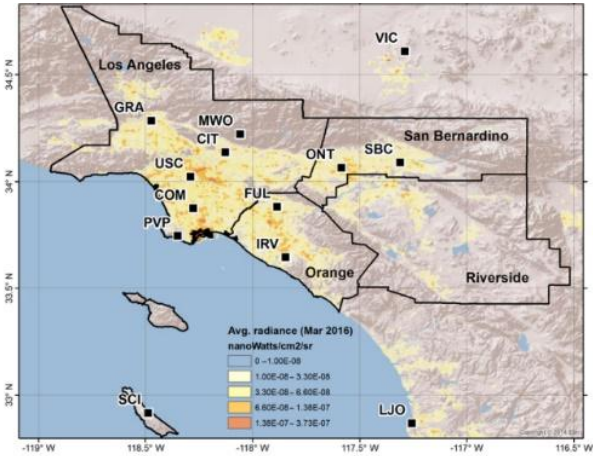
图C. 6 包头市温室气体监测点位布设说明图

C. 4 大型监测网络

C. 4. 1 美国洛杉矶

美国洛杉矶市温室气体监测网络设计情况如下：

- a) 城市特点。该城市为美国第二大城市，面积约 10773 km²，地形和气象条件复杂；
- b) 布设流程。采用模式模拟计算常规方法布设点位。通过 WRF-STILT 模式模拟初步筛选站点位置确定站点数量。开展现场评估，通过检查地图和卫星图像评估地形和附近强温室气体排放源的潜在影响；查看是否有高塔，现有开放式通讯塔等优先，高度在 50 m~100 m 左右；在矮塔（约 10 m）上短期部署光腔衰荡光谱法（CRDS）监测设备开展监测约 1~2 周。共布设 12 个城市点，4 个背景点。见图 C. 7；
- c) 类似地区：乌海市及周边地区。

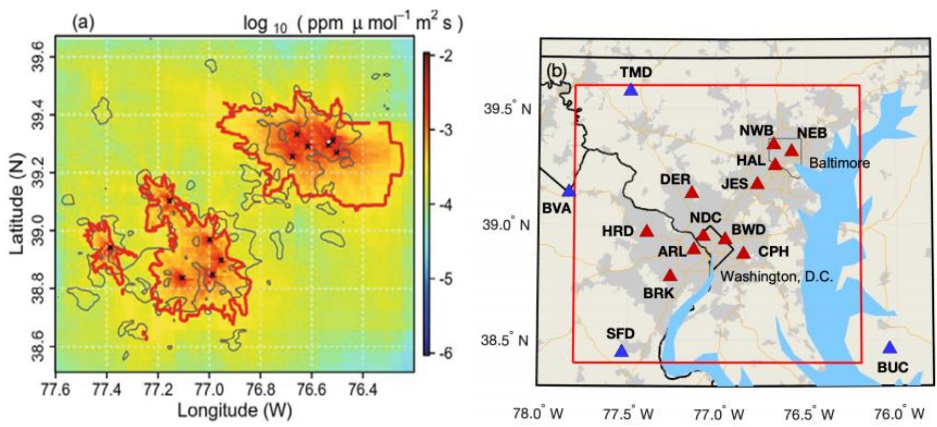


图C. 7 洛杉矶点位布设说明图

C. 4. 2 美国东北走廊城市群

美国东北走廊城市群温室气体监测网络设计情况如下：

- a) 城市特点。包括华盛顿和巴尔的摩地区，面积约 10000 km²；
- b) 布设流程。采用统计分析拓展方法布设点位。根据城市现有高塔信息，选择 50 m~150 m 的高塔位置，作为备选站点。基于大气扩散模型，获得城市排放通量对所有备选站点的影响系数。结合聚类分析的迭代算法，剔除掉城市贡献度较小的站点，最终剩余的监测点即为最优的建站位置。共布设 11 个城市点，4 个背景点。见图 C. 8；
- c) 类似地区：呼包鄂城市群。



图C. 8 东北走廊城市点位布设说明图