温室气体14CO2手工监测技术规范

编制说明

（征求意见稿）

陕西省环境监测中心站

二〇二四年十月

项目名称：温室气体14CO2手工监测技术规范（征求意见稿）

项目统一编号：SDBXM044-2023

承担单位：陕西省环境监测中心站 中国科学院地球环境研究所 铜川市环境监测站、陕西省标准化研究院

编制组主要成员：杨震、范智超、牛振川、王利东、曹磊、张霖琳、吕婧、王启元、张扬、刘建利、张巍

**目录**

**[1 任务来源 1](#_Toc8640)**

**[2 目的意义 1](#_Toc25419)**

**[3 国内外研究现状 2](#_Toc9203)**

**[4 主要工作过程 3](#_Toc23190)**

**[5 标准起草工作组成员及任务分工 4](#_Toc29583)**

**[6 标准编制的原则、技术路线 5](#_Toc15852)**

**[7 标准研究内容 5](#_Toc31528)**

**[8 采标情况 15](#_Toc6632)**

温室气体14CO2手工监测技术规范编制说明

(征求意见稿)

# **1** 任务来源

2023年5月，根据陕西省市场监督管理局《关于下达2023年陕西省地方标准制修订项目计划的通知》（陕市监函〔2023〕410号），下达了《温室气体手动监测技术规范》标准制修订项目任务，项目编号为SDBXM044-2023。项目承担单位：陕西省环境监测中心站和中国科学院地球环境研究所。

# **2 目的意义**

（1）双碳战略目标是我国应对全球气候变化的重大战略需求

联合国政府间气候变化委员会相关报告指出，与 1850~1900 年相比全球平均温升幅度已高达 1.1 °C，陆地生态系统和北半球高纬度地区升温更加明显，日益加剧的全球气候暖化导致极地冰川消融、海平面上升、极端天气频发、物种加速灭绝，严重威胁人类生存发展。然而，世界人口数量的不断上升和各国经济的持续发展导致全球温室气体排放总量有增无减，最新的联合国气候报告指出 2019 年全球二氧化碳（CO2）排放已高达 380 亿吨。

中国作为全球最大的化石能源消费国和温室气体排放国，面临着巨大的国际减排压力。早在 2015 年《巴黎协定》谈判过程中，我国就向联合国递交了关于温室气体减排的“国家应对气候变化自主贡献”目标，承诺“碳排放总量在 2030 年达到峰值并争取尽早达峰；单位国内生产总值CO2排放（即碳排放强度）较 2005 年下降 60%~65%”，初步形成了碳排放强度下降和总量达峰的“双重”目标，之后，为积极响应联合国关于更新与强化各国“国家应对气候变化自主贡献”目标的号召，国家主席习近平在 2020 年 9 月召开的联合国大会上承诺我国将在 2060年前实现碳中和。在同年 12 月召开的气候雄心峰会上宣布，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，力争2030年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。

（2）建立碳监测技术规范是服务中省生态环境总体部署的需要

中共中央、国务院印发的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，使得我国在推进碳达峰、碳中和工作方面有了明确的顶层思路、清晰的发展目标和具体的任务安排，也将为推进全球气候治理、构建人类命运共同体提供重要支撑。生态环境部印发的《“十四五”生态保护监管规划》明确指出，“推进减污降碳协同增效。提升生态系统碳汇功能，强化生态保护与降碳协同增效。落实碳达峰、碳中和目标要求”。生态环境部印发的《 “十四五”生态环境监测规划》明确指出，“要补齐谈监测技术短板。构建温室气体监测技术体系，加强主要温室气体及其同位素监测分析技术研究”。陕西省委省政府印发《关于深入打好污染防治攻坚战的若干措施》要求， 构建全省碳达峰碳中和“1+N”政策体系。

（3）建立碳同位素手工监测技术规范是健全碳监测技术体系的迫切需要

碳监测技术是掌握其分布特征、变化趋势以及源和汇的构成、性质和强度等的基础，是效应评估的依据和减排措施制定的标尺，也是全面掌握碳排放及其环境、气候效应，预测其未来变化的重要保障。此外，随着国家“碳达峰”和“碳中和”战略的实施， 碳排放量核算法存在计算误差大、数据延后等的问题，为了提高核算精度，碳的准确监测与评估将成为降碳目标的根本前提。目前国内尚未建立碳监测技术体系，拟起草的碳同位素手工监测技术规范可填补该领域空白。

起草的碳同位素手工监测方法是碳自动监测设备性能比对测试的基准参考；可在自动监测设备出现故障时，及时弥补监测数据的缺失，提高监测数据有效性；同时还是用于区分人为源与自然源，并实现减小外来源对监测数据的影响不可替代的方法。只有完善的手工监测技术规范作为保障，才能更好的发挥碳同位素手工监测技术的基准性、数据的准确性。综上，该技术规范最终将成为碳监测技术体系的重要组成。

# **3 国内外研究现状**

CO2是影响全球气候变化的最大贡献者。天然放射性碳（14C ）是由高层大气中的宇宙射线产生的，其放射性半衰期为5730±40年。在化石燃料(如煤和石油)中的放射性碳（14C ）在化石燃料中已经完全衰变，监测大气中14 CO2的浓度的变化情况，能够客观反映出化石源CO2排放强度。使用14CO2追踪人为排放源有助于空气质量的改善，同时可以持续减少碳排放。加速器质谱法是一种高度灵敏和精确的分析技术，用于测量给定样本中稀有同位素的丰度。它特别适用于探测和定量天然丰度极低的同位素，如放射性碳(14C)和其他放射性同位素。

放射性碳(14C)监测已广泛应用于环境空气中的二氧化碳源分析。1954年新西兰建立首个用于监测大气14 CO2的背景点观测站，1959年在欧洲建立14 CO2的背景观测站。截至目前，美国国家海洋大气局、海德堡大学环境物理学研究所（海德堡大学）、欧洲综合碳观测系统、新西兰国家水和大气研究所、世界气象组织全球大气监测网以及中国科学院地球环境研究所等机构和组织已经在全球范围内建设30余个14 CO2监测背景点。随着采用无人机采样技术的发展，大气14 CO2的垂直剖面分布特征监测也稳步开展。

随着温室气体二氧化碳监测在我国10数个城市试点全面开展，大气中二氧化碳溯源成为碳监测的重要目标。基于14 CO2放射碳监测的标准方面，1996年由中国核工业总公司制定了空气中14C的取样与测定方法核行业标准（EJ/T 1008-96），2021年由中国石油化工集团制定了液体石油产品中含放射性碳的生物基含量测定 加速器质谱法（NB/SH/T 6044-2021），尚无相关温室气体14 CO2监测国家标准、行业标准以及地方标准发布。总之，温室气体14 CO2手工监测技术相关标准在我国属于技术空白，需要进一步明确规范，为温室气体14 CO2监测的质量保证和质量控制提供技术支撑。

# **4 主要工作过程**

4.1　成立标准编制组

2023年3月，编制组根据计划通知，结合陕西省实际情况对任务进行调研分析和研究。同时综合分析国内外相关技术资料和研究成果，及编制组温室气体碳同位素手工监测的实践经验，确定了本指南制定的技术路线和分工，并在此基础上完成了指南申请书和草案。

4.2　完成标准初稿

2023年5月，陕西省环境监测中心站接到此项标准制修订任务后，成立了由环境监测、环境管理、样品采集等专业领域研究人员组成的编制组，收集国内外14C监测相关资料，对提出的技术路线、工作内容等多次研讨。2023年7月至9月标准编制组根据确定的技术方案和论证意见，开展课题14CO2同位素地面采样和无人机采样比对监测工作实验研究工作，对方法各项技术参数和条件进行优化实验，确定具体的技术内容等特性指标，在此基础上编写方法标准草案和编制说明。

4.3　征求意见、完善标准

2023年9月，编制组就《温室气体碳同位素手工监测技术规范》的草案，组织参与标准编写的各家单位对草案的框架和内容进行了多次讨论。编制单位根据讨论征集的意见对草案和编制说明进行了修改。2023年12月，编制组完成技术规范草案和编制说明的编制工作，并提交至陕西省生态环境标准化委员会进行地方标准技术审查。陕西省生态环境标准化委员会组织杜新黎、陈洁、孙峰，师耀龙和柴麒敏专家组成标准审查专家组对《温室气体碳同位素手工监测技术规范》进行技术审查。专家通过审查一致认为，该标准按照GB/T 1.1-2020的要求组织编写，结构合理，内容满足温室气体碳同位素14CO2手工监测要求，并就标准中部分内容提出了修改意见，待公开征求意见。

2024年7月根据技术审核专家的意见，完善标准名称为《温室气体14CO2手工监测技术规范》，并按照其他技术审查意见的完成 技术规范的修改，并提交陕西省生态环境标准化委员会进行《温室气体14CO2手工监测技术规范（征求意见稿）》公开意见征求。2024年9月，完成对标准文本和编制说明所有征求意见的修改完善。2024年11月，陕西省生态环境厅对《温室气体14CO2手工监测技术规范（征求意见稿）》进行专题审查，随后根据审查意见进行标准文本的完善。

# **5 标准起草工作组成员及任务分工**

**5.1 标准起草工作组成员**

本标准由陕西省环境监测中心站、中国科学院地球环境研究所、铜川市环境监测站和陕西省标准化研究院等单位负责起草。起草小组成员为杨震、范智超、牛振川、王利东、曹磊、张霖琳、吕婧、王启元、张扬、刘建利、张巍。

**5.2 标准起草任务分工**

陕西省环境监测中心站负责标准的起草、整体协调和组织工作；铜川市环境监测站负责温室气体14CO2样品的采集、中国科学院地球化学研究所负责温室气体碳同位素手工监测方法测试的科学性指导；陕西省标准化研究院负责标准文本的规范和部分技术内容的完善。

# **6 标准编制的原则、技术路线**

**6.1　标准编制的原则**

本技术规范依据《标准化工作指南》GB/T1.1-2022给出的规则，遵循科学性、整体性、针对性原则，参考国内同行业已使用的较成熟的参考文献编制起草本标准。技术规范编写的基本原则如下：

科学性原则。参考现有的国家标准、行业标准和相关技术文件，充分借鉴试点工作的应用经验。

整体性原则。考虑系统规定温室气体碳同位素手工监测技术的方法原理、样品采集、样品处理、分析测试、质量保证和质量控制等技术要求。

针对性原则。总结现有文献资料及温室气体碳同位素手工监测的实际应用经验基础上，规范内容与指标明确。可操作性强，具有普遍的适用性，易于推广使用。

**6.2　技术路线**



# **7.标准研究内容**

**7.1　范围**

本文件规定了温室气体14CO2手工监测的方法原理、点位布设、样品采集、保存与运输、前处理、分析测试、质量保证和质量控制等技术要求。

本文件适用于指导温室气体14CO2手工监测工作。

**7.2　规范性引用文件**

本标准中引用的国内现行国家标准、行业标准共10项，如下。

GB/T 31705 气相色谱法本底大气二氧化碳和甲烷浓度在线观测方法

GB/T 34286 温室气体 二氧化碳测量 离轴积分腔输出光谱法

GB/T 34415 大气二氧化碳（14CO2）光腔衰荡光谱观测系统

EJ/T 1008 空气中14C的取样与测定方法

HG/T 2899 聚四氟乙烯材料

HJ 194 环境空气质量手工监测技术规范

HJ 664 环境空气质量监测站点布设技术规范（试行）

QX/T 67 本底大气二氧化碳浓度瓶采样测定方法——非色散红外法

QX/T 164 温室气体玻璃瓶采样方法

QX/T 213 温室气体玻璃采样瓶预处理和后处理方法

**7.3　术语和定义**

温室气体碳同位素手工监测中涉及一些专业词汇术语，为规范术语应用，列出技术中的重要术语并给出定义。编制组查阅了引用的规范性文件以及其他法律、法规和标准规范等，对于已经颁布实施的法律、法规和标准中有明确定义的术语，在本技术规范中不再重复。本技术规范只规定其他规范性文件中明确的专有技术名词。

本技术规定给出了5条术语和定义，包括14CO2、手工监测、瓶采样、气袋采样。

**7.4** **方法原理**

大气中的CO2经低温分离纯化后，在铁粉催化下，使用锌粒或氢气等还原剂将CO2还原成石墨，制成碳靶，将碳靶样品和同位素标准品以一定的顺序置于加速器质谱进行分析，经过同一样品的13C测定值分馏校正后，得到大气样品中CO2的14C值。

锌还原法是将大气CO2收集管与还原反应装置相连接，使用电炉对还原反应管进行加热，使纯化的CO2气体与Zn粒管中的Zn粒加热生成CO，然后在Fe粉管中与Fe粉表面发生还原反应，将CO2还原成石墨，附着在Fe粉表面。

氢还原法是将纯化好的CO2气体用液氮冷阱转移入已放入Fe粉并预抽真空的石英玻璃管回路中，混入一定比例的H2，进行加热催化反应，形成的石墨附着在Fe粉表面。

各方法的化学反应公式如下：

a）锌还原法（简称锌法）：

 （1）

 （2）

b）氢还原法（简称氢法）：

 （3）

 （4）

 （5）

**7.5技术要求**

7.5.1 试剂与材料

7.5.1.1　标准样品

1. 14C 主标样，一般为国际草酸OX-II，用于加速器质谱法（AMS）测量比对基准及检测测量精度；
2. 14C 次级标样，选择中国糖碳（CSC），用于检测AMS测量样品的准确性；
3. 14C 监控本底；可选择无烟煤，用于扣除制样和AMS测量过程的本底。

7.5.1.2　反应试剂

反应试剂应符合以下要求：

1. 催化剂：铁粉，纯度 ≥ 99.999%；
2. 还原剂：锌粒，纯度 ≥ 99.999%

氢气，纯度 ≥ 99.999%。

7.5.1.3　冷阱材料 包括液氮和乙醇。

7.5.1.4　辅助耗材

1.CO2收集管：应选择阀门密闭性强高硼硅带阀门玻璃管进行制作；

2.石墨合成管：应选择熔点大于1100℃的石英玻璃管进行制作；

3.标准样品反应管：应选择熔点大于1100℃的石英玻璃管进行制作；

4.助燃气体：应选择纯度≥99.99%的氧气，通入标准样品密封反应管。

7.5.2 仪器与设备

7.5.2.1 采样系统

技术规范对14CO2手工监测采样系统进行了规范，

高塔采样系统：

高塔采样系统应包括除水装置、采样泵、压力表、采样容器、供电设备（包括蓄电池、外接电源）以及安全装置（如安全阀）和流量控制装置（如转子流量计）等采样设备，同时要建设地面高塔采样必须的高塔及相关设施。采样高塔为满足获得高空均匀混合温室气体样品而架设的设施，以减少局地温室气体源汇对监测的影响，主要用于室外监测设备安装、采样管线架设等。采样塔采样口距塔基的相对高度在50 m以上，采样口周围水平面保证360°的捕集空间。地面采样系统可购置商品化设备，也可自组装。地面采样高塔建设受地理环境的影响较大，同时要考虑采样相关的电力需求和通讯要求。

无人机采样系统

无人机系统至少包括除水装置、采样泵、压力表、采样容器、供电设备（包括蓄电池、外接电源）、压力表、流量控制装置（如转子流量计）、气动软管、无人机等。可购置商品化设备，也可自组装。无人机采样需要购置或租用满足采样需求的无人机，同时无人机的使用应满足 《民用无人驾驶航空器系统安全要求》（GB42590 ）相关规定。无人机采样不受地理环境的限制，温室气体采样的代表性更强。

无人机采样工作过程

将压缩气泵固定于无人机机体上，并与气动软管（材质：食品级的聚四氟乙烯或PU ，参照GB 5477-1985和 GB/T10544-2011）进气口密封联接，在无人机启动时，同时启动气泵，气泵输出压力大于或等于2.5bar，保证空气正常在气动软管中流动；待无人机匀速上升（参照GB42590-2023）到达所需的高度（50米或100米）时，无人机悬停，气动软管的出气口联接气体压力阀，并与采气玻璃瓶的进气口密封联接，玻璃瓶出气口开放，进行充分冲洗。无人机悬停15分钟后，关闭采气玻璃瓶的出气口；待瓶中，软管中的气体气压达到1.1个大气压时（以气体压力阀显示数字为准），关闭采气玻璃瓶的进气口，打开气动软管的出气口。室外高空无人机空气采样完成。同时记录采样信息。

采样现场注意事项：

（1）在无人机采样开始采样工作前，须先采集并记录采样点的气象六要素。

（2）当采样点风力达到或超过六级风速时（即：10.8～13.8m/s），为确保飞行安全，不能开展采样工作；

（3）当采样点相对湿度超过70%时，应在采气玻璃瓶进气口前加装去湿装置。

流量控制

用于采样流量控制、压力调节，一般由流量控制设备、压力调节装置等部件组成。

除水冷阱

用于去除样气中的水汽，避免水汽对温室气体监测产生影响。制冷工作温度≤-50℃，除水后样品气体绝对湿度小于0.005%。

采样容器

可使用5 L以上密封性良好的气体采样袋，也可使用4 L以上的玻璃采样瓶（瓶体外侧应有防爆保护层），如样品CO2浓度较高且采样容器压力较大，可适当减小采样容器体积。

采样管

材质对CO2无污染、无吸附或不发生反应，内径一般为5 mm～10 mm。

变径接头

材质对CO2无污染、无吸附或不发生反应，不锈钢材质为佳。

无人机性能要求

无人机类型：专业级四轴飞行器；飞行高度：≥500m；起飞重量： ≤ 7 kg；悬空时间：无负载 ＞ 50 min，负载 5.5kg ＞ 30 min。

7.5.2.1 14C监测系统

1. 14CO2纯化系统

可由实验室自行搭建，也可购置商品化设备。主要部件包括机械泵、真空计、压力计、真空管道、无油脂阀门、各种口径连接件、气体流量控制器、针阀、液氮冷阱（≤ -196℃）、除水冷阱（-90℃～-78℃）等。该系统主要用于分离大气中的CO2气体，收集提纯到的CO2气体，测量收集到的CO2气体压力，根据压力计算碳质量，将收集到的适量CO2气体转移至石墨合成管或还原反应装置，用于合成石墨。纯化系统还应包括：

铝制靶：用于压制石墨靶。

压靶机：将合成的石墨压进铝制靶中。

1. 14CO2同位素分析系统

14C同位素分析系统即加速器质谱系统（AMS），用于测量14C，测量精度为2.0‰。加速器质谱系统由离子源系统、快速交替注入系统、串列加速器系统、高能质谱分析系统、探测器系统和控制系统组成等。可由实验室自主设计，各装置在细节处有一定差异，但基本原理一致，也可购置一体化系统。参考加速器质谱仪系统示意图（图1）所示。

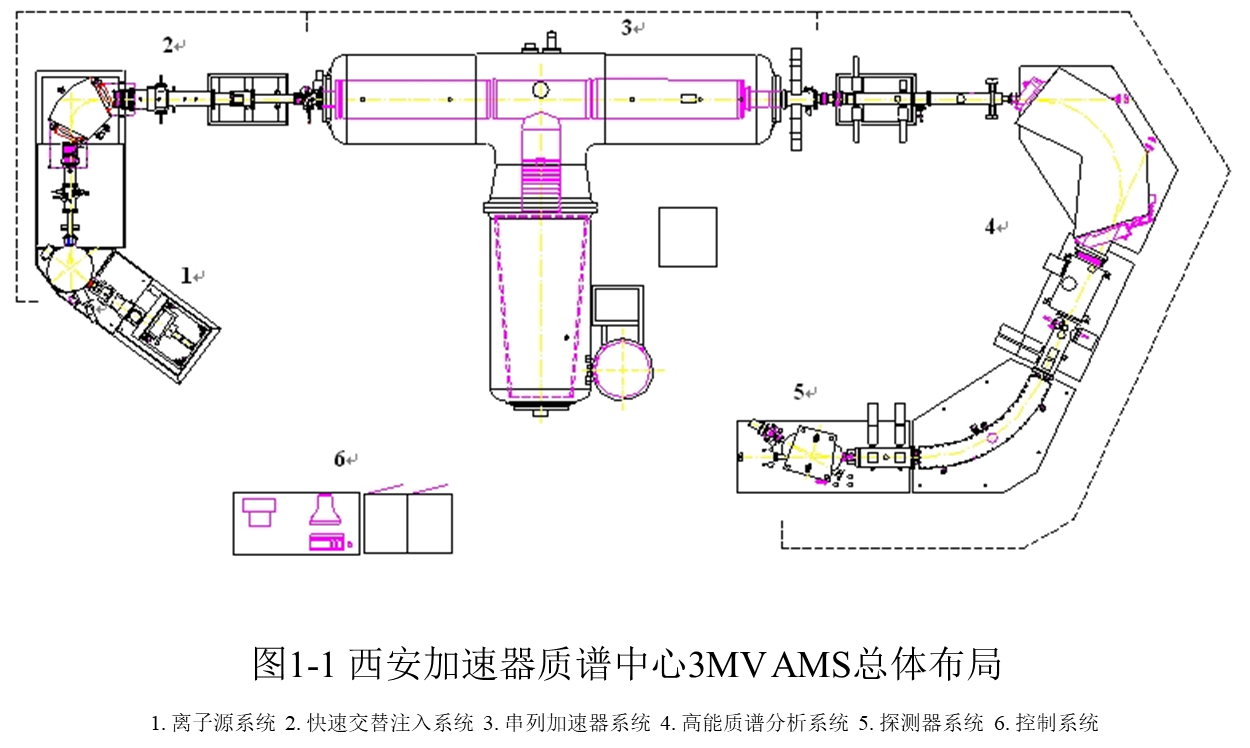


图1 加速器质谱系统构造示意图

1.离子源系统；2. 快速交替注入系统；3. 串列加速器系统；4. 高能质谱分析系统；

5. 探测器系统；6. 控制系统

7.5.3样品采集

7.5.3.1点位布设

按照HJ 664中相关要求确定点位，至少需设置一个城市点位。采样口周围水平面尽可能保证360°以上的捕集空间，优先布置在开放式采样塔上，也可布置在高空悬停的无人机上，采样口距离地基相对高度在50~100米，保证采集充分混合的环境空气，同时避免受到局地人为和自然源汇影响。

7.5.3.2采样时间频次以及采样方式

监测选取大气混合均匀、对流最旺盛、混合层高度最高的时段，一般可在14时至15时之间进行采样。不宜在降水、沙尘等不利天气条件开展监测。

采样频次建议至少每周采样1次，如不具备条件，可适当降低采样频次。

采样方式为地面高塔采样和悬停无人机采样。

7.5.3.3采样

1. 气路连接

地面采样系统：地面处采样管连接采样泵、流速测量装置、采样容器等。每次采样前，封闭采样泵至采样容器的气路及部件检查气密性。对于双口采样容器，设置平行样的串联采集气路；对于单口采样容器，设置平行样的并联采集气路。

无人机采样系统：将采样泵固定于无人机机体上，与气动软管、压力表、流速测量装置、采样容器等密封联接，在无人机启动时，气泵启动，保证气体正常在气动软管中流动，封闭采样泵至采样容器的气路及部件检查气密性。对于双口采样容器，设置平行样的串联采集气路；对于单口采样容器，设置平行样的并联采集气路。

1. 采样系统冲洗

首先启动采样泵，打开采样容器的进气口和出气口的密封旋塞。在采样系统气路完全开通情况下，在一定流速下（样品从采样口至采样容器的驻留时间不超过5 min）对采样容器和连接管路进行充分冲洗，冲洗体积一般不小于采样容器体积的10倍。

1. 样品采集

冲洗结束后，关闭采样容器的出气口，利用采样泵将空气样品采集进采样容器。采样容器内气量达到预定量（根据采样容器体积及样品分析量的要求确定，至少1.1倍大气压以上）后，关闭采样泵并立刻拧紧采样容器的进气口。从采样系统上卸下采样容器，标注样品标识，放回装运箱。样品采集时，应记录监测点位信息、采样设备运行状况、采样容器信息、采样时间、气象条件、人员信息、采样过程中的天气条件和污染活动等相关信息。气象参数包括采样点环境温度、气压和相对湿度，有条件的可观测风向和风速等气象参数，气象条件监测相关规范和要求参见HJ 194中相关规定。

7.5.4.样品保存和运输

采样容器在采集样品后在常温条件下保存和运输。运输过程中应避免磕碰、泄漏和污染，样品应尽快送至实验室，气袋采样样品应在3天内完成制样，瓶采样样品应在15 天内完成制样。

7.5.5 样品前处理

7.5.5.1 实验前准备

1. 大气CO2浓度的测定

样品分析前，根据实验室的仪器配置情况，选择光腔衰荡光谱、离轴积分腔输出光谱、气相色谱、非色散红外光谱等方法对同一样品CO2浓度的准确测定。测定前需检查采样容器压力，确认采样容器密封性良好。目前CO2浓度的测定方法有光腔衰荡光谱法、离轴积分腔输出光谱法、气相色谱法、非色散红外光谱法等，这些测试原理的实验室分析仪器性能应满足下列标准中的分析仪器指标要求。其他原理的仪器应满足相应的标准要求。

1)光腔衰荡光谱法，参考GB/T 34415；

2)离轴积分腔输出光谱法，参考GB/T 34286；

3)气相色谱法，参考GB/T 31705；

4)非色散红外光谱法，参考QX/T 67。

采样点位有CO2自动监测设备的，可采用样品采集时同步自动监测的CO2浓度数据。

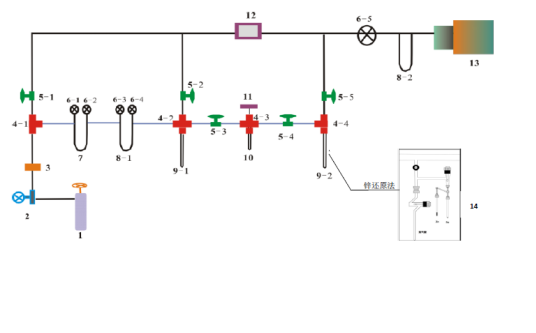
测定结果以干空气的摩尔分数（µmol/mol ）计，小数点后保留一位有效位数。

2. 除水冷阱制备

液氮-乙醇冷阱：根据低温温度仪读数，利用液氮将乙醇调温至-90℃～-78℃左右备用。除水冷阱是进行气体样品去除水蒸气的重要一环。

3. 大气CO2样品分离纯化

CO2纯化系统在高真空（< 10-5 torr）下，将采集的大气样品导入真空纯化系统，样品经过低温液氮冷阱（-196℃），其中的CO2、H2O被冷冻，其他杂质气体通过真空管道抽出系统；随后在除水冷阱（-90℃～-78℃）将样品中的CO2释放同时冷冻H2O，纯化的CO2气体通过管道转移到测量区域时再次经过液氮冷阱将CO2冷冻，同时通过压力表显示的读数，根据压力差计算CO2含量，并使用收集器收集释放的纯CO2。CO2纯化系统的基本原理构造原理见图2，给系统可由实验室自主设计，也可购置一体化设备。

图 2 大气 14C（CO2）纯化系统示意图

1.气体样品；2.针阀；3.气体质量流量控制器；4. -1~-4，三通或四通连接件；5. -1~ -5，金属阀门；6. -1~-5，玻璃阀门；7.除水冷阱；8. -1~-2，液氮冷阱；9. -1~-2，CO2 分压收集器/石墨合成管；10.测量气体压力 CO2 收集处；11.微压力计；12.真空计；13.真空泵；14.锌还原法反应装置。

4. 大气CO2样品石墨化

锌还原法是将大气CO2收集管与还原反应装置相连接，使用电炉对还原反应管进行加热，使纯化的CO2气体与Zn粒管中的Zn粒加热生成CO，然后在Fe粉管中与Fe粉表面发生还原反应，将CO2还原成石墨，附着在Fe粉表面。氢还原法是将纯化好的CO2气体用液氮冷阱转移入已放入Fe粉并预抽真空的石英玻璃管回路中，混入一定比例的H2，进行加热催化反应，石墨会在Fe表面形成。石墨化反应结束后，小心取出生成的石墨，并将其转移至压靶机中压实，待使用加速器质谱仪进行测定。

7.5.6分析测试

7.5.6.1 加速器质谱测定要求

大气14CO2 AMS 测量，需要按表1要求插入主标样、次级标样与本底样品。当靶盘为30个时，每批次样品测定时，主标样为6个，次级标样为1～2个，本底样品为2个。对于一个城市的样品，可以采取一段时间（如一个季度）集中测量的模式，选择在AMS仪器性能稳定的时期进行测量，避免因仪器状况波动产生的不利影响。

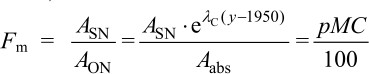
表1 大气14CO2 AMS 测量时，每批次样品中样品与标样配比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **标样分类** | **主标样** | **次级标样** | **本底** |
| 标样名称 | OXII | CSC | 煤 |
| 每批次标样数量 | 6 | 1~2 | 2 |

7.5.6.2结果计算与表示

14C数据针对不同的测试对象和用途有不同的报道形式。对于大气14CO2，有以下两种报道形式，Fm 和∆14C：

1. Fm（Fraction Modern）：现代碳比值，计算公式如下：

 （6）

其中，Fm——现代碳比值

*A*SN——样品14C/12C比值，以 δ13C = -25‰为标准化值；

*A*ON——标准样品14C/12C比值，以 δ13C = -25‰为标准化值；

*A*abs——绝对标准值，1950年国际草酸OXI的放射性比活度的0.95倍；

λC——14C衰变常数；

y——测量年；

*pMC*——现代碳百分含量。

1. ∆14C（Delta14C）计算公式如下：

 （7）

其中，∆14C——Delta14C，标准化样品与绝对14C标准的14C相对富集或亏损；

*A*SN——样品14C/12C比值，以 δ13C = -25‰为标准化值；

*A*abs——绝对标准值，1950年国际草酸OXI的放射性比活度的0.95倍。

7.5.7质量保证和质量控制

7.5.7.1 样品采集

每批样品应采集10%平行样，样品数量少于10个时，应至少采集1个平行样。

7.5.7.2样品前处理

采集的样品应尽快送至具备分析能力的实验室。气袋采样样品应在7 d内完成制样，瓶采样样品应在结束后15 d内完成制样。实验室在完成多个城市站点CO2样品制备时，应在2个月内对每个城市的样品进行至少一次平行样的测试。

7.5.7.3样品测试

AMS测定时应性能稳定，测量精度为0.2%，次级标样测量值应符合表2要求。实验室应每两年参加国际固体样品14C测量比对，有条件下参与国内/国外实验室之间的大气14CO2的AMS测量比对。若无法进行外部AMS实验室间测量比对，可利用标准气体作为参考对象进行不少于60天的长周期制样与监测，以确保实验室在制样过程中数据水平不随时间产生明显的偏移。

表2 实验室14C标准样品参考值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 材料 | 14C (pMC) | 年代 |
| OXII | 草酸 | 134.07 | 现代 |
| 中国糖碳CSC | 糖碳 | 135.33 ± 0.34 | 现代 |
| 本底（有机） | 煤 | <0.25 | > 48000 |

7.5.7.4 质控样准备

质控样应多于有效样品的5%～10%。

# **8 采标情况**

温室气体14CO2手工监测尚无相关国家标准、行业标准和地方标准。