

《大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统 (γ 能谱法) 技术要求》(征求意见稿)

编制说明

标准起草组

2023年9月27日

目 录

一、 工作简况.....	4
1 项目来源.....	4
2 起草单位.....	4
3 编制组成员及其所做的工作.....	4
4 主要工作过程.....	4
5 制定标准的必要性和意义.....	6
6 同类标准的实施情况、工作研究进展情况.....	7
二、 标准编制原则和确定标准主要内容的依据，解决的主要问题.....	7
1 编制原则.....	7
2 确定标准主要内容的依据.....	8
3 解决的主要问题.....	9
三、 主要条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的分析.....	9
1 术语和定义.....	9
2 系统组成.....	9
3 功能要求.....	10
4 性能要求.....	11
4.1 自动采样单元.....	11
4.2 自动制样单元.....	12
4.3 自动测量单元.....	13
4.4 自动存样单元.....	13
4.5 控制单元.....	13
4.6 供电电源.....	13
4.7 探测下限.....	13
4.8 重复性.....	14
4.9 平均故障间隔时间（MTBF）.....	14
4.10 外观.....	14
5 工作环境.....	14
6 电气安全.....	15
7 电磁兼容性.....	15
四、 综述报告、技术经济论证、预期效果.....	15

1 综述报告	15
2 试验分析	17
2.1 滤膜截留效率及压降性能测试	17
2.2 滤膜压缩性能测试	18
2.3 采样流量、流量示值误差及流量重复性性能测试	19
2.4 流量稳定性性能测试	21
2.5 自动采样单元负载能力性能测试	22
2.6 温度示值误差性能测试	23
2.7 大气压示值误差性能测试	23
3 预期效果	24
五、团体标准中如涉及专利，应有明确的知识产权说明	24
六、采用国际标准和国外先进标准的程度及水平的简要说明	24
七、重大分歧意见的处理经过和依据	24
八、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）	24
九、其他应予说明的事项	25
十、参考文献	25

一、工作简况

1 项目来源

2022年7月，浙江恒达仪器仪表股份有限公司签订了制定浙江省辐射防护协会团体标准《大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统》合同，项目编号为ZJARP-TB-002-2022，项目的起止时间为2022年08起至2023年08月止，因对标准中有几个的参数的确定时间较晚，且浙江恒达仪器仪表股份有限公司忙于其他项目，项目实验完成时间推迟，项目延期半年到2024年2月完成项目的提交评审。

2 起草单位

浙江省辐射环境监测站、浙江恒达仪器仪表股份有限公司、浙江国辐环保科技有限公司。

3 编制组成员及其所做的工作

本标准主要编制组成员为潘志东、钱贵龙、唐旻、郑秀红、何李生、朱一昊、邢炎、丁逊、毛传林、吴程、王文鹏。

其分工如下：

参与人员	职称	单位	工作内容
潘志东	副教授	浙江恒达仪器仪表股份有限公司	标准的编制负责人，负责整个标准的框架结构，组织标准的前期调研。
钱贵龙	高级工程师	浙江国辐环保科技有限公司	负责标准中自动采样单元及自动测量单元的性能要求及相关的实验部分部分内容。
唐旻	高级工程师	浙江国辐环保科技有限公司	负责编写标准中术语和定义部分的相关内容及其资料查找核实。
郑秀红	工程师	浙江恒达仪器仪表股份有限公司	负责标准内容整合、编制、优化工作。
何李生	高级工程师	浙江国辐环保科技有限公司	负责编写标准中自动采样单元、自动测量单元及自动存样单元的功能及性能要求。
朱一昊	工程师	浙江省辐射环境监测站	负责编写标准中嵌入式软件、通讯相关内容（包括数据存储、数据传输等）。
邢炎	助理工程师	浙江国辐环保科技有限公司	负责编写标准中自动测量单元功能要求及性能要求内容。
丁逊	工程师	浙江省辐射环境监测站	负责编写标准中组成部分的相关内容及其资料收集整理。
毛传林	工程师	浙江恒达仪器仪表股份有限公司	负责对标准的技术内容的审核把关。
吴程	工程师	浙江恒达仪器仪表股份有限公司	负责编写标准中结构相关内容
王文鹏	工程师	浙江恒达仪器仪表股份有限公司	负责编写标准中功能部分的相关内容及其资料收集整理。

4 主要工作过程

2022年7月29日，浙江恒达仪器仪表股份有限公司与浙江省辐射防护协会签订了项目名称为

大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统团体标准的项目合同书（项目编号：ZJARP-TB-002-2022）。与此同时，初步明确了参与本团体标准编制的相关单位及主要人员，准备了大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统团体标准项目立项所需准备的材料，项目立项材料包括项目立项申请书、大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统介绍ppt等。

2022年8月3日，在浙江省辐射防护协会的组织下，邀请了浙江省辐射环境监测站，浙江省宁波生态环境监测中心、浙江省环境科学研究院及中核核电运行管理有限公司的相关专家召开了大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统团体标准的立项评审会，此次会议讨论了编制该团体标准的目的和意义，国内外是否有现行类似标准等内容，经会议讨论决定，申报材料基本齐全，一致同意立项。会议结束后，正式成立标准起草组，进一步明确了主要起草人员、任务分工、制定了工作进度计划。并收集整理标准编制相关资料，以及同类产品相关资料。

2022年8月10日，浙江恒达仪器仪表股份有限公司编制组针对团体标准框架、系统组成、技术要求等进行了第一次公司内部讨论，明确团体标准的名称为大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统（ γ 能谱法）技术要求。

2022年8月15日，团体标准草案初稿基本完成，编制组针对标准草案初稿召开了第一次会议讨论，会议针对团体标准草案框架，功能要求、技术要求的合理性进行讨论，会议结束后，对该团体标准草案进行了第一次修改。修改后的团体标准草案发给浙江省辐射防护协会，并于2022年8月31日在全国团体标准信息平台发布了关于《大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统（ γ 能谱）技术要求》团体标准立项公告。

2022年9月15日，浙江恒达仪器仪表股份有限公司编制组完成了相应编制说明的编写，对团体标准和编制说明进行了第二次公司内部讨论，根据标准制定规则规范，调整了标准中规范性引用文件的顺序，细化了功能要求及性能要求内容。在编制说明中增加了制定本标准的必要性的描述。会议结束后对该团体标准进行了第二次修改。

2022年9月27日，编制组对团体标准内容及标准说明进行了第二次会议讨论，增加自动测量单元工作环境条件限制，加入HJ 61标准要求，满足辐射环境监测的要求。先开专家评审会，根据专家意见开展试验及修改标准内容。会议结束后对该团体标准草案进行了第三次修改。后与浙江省辐射防护协会的老师沟通，建议完善实验内容再开专家评审会。

2022年10月10日，编制组召开第三次会议讨论，会议明确了编制说明中需试验内容及任务分工，自动采样单元的性能测试由浙江恒达仪器仪表股份有限公司完成，恒达NAS1000大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统与人工测量结果对比，由浙江国辐环保科技有限公司完成。

2022年10月至2023年4月，确定需实验的的具体内容，浙江恒达仪器仪表股份有限公司于

2023年4月19日向浙江省辐射防护协会提出团体标准延期申请。

2023年6月27日，在对团体标准内容及编制说明中需试验的内容做了进一步修改的基础上，编制组召开第四次会议讨论，此次会议明确了试验的具体任务分工及试验期限，同时进行了第四次文件更改。

2023年7月，开展试验研究，对标准中涉及到的参数、功能进行试验验证。收集补充试验数据。

2023年8月，整合完成了标准初稿，并进行了格式、参数、指标等校对工作。

5 制定标准的必要性和意义

为应对气候变化、缓解全球变暖，我国在2020年第75届联合国大会上，郑重向国际社会宣布中国将提高国家自主贡献力度，采取更为有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和的战略目标。核能作为清洁低碳能源是实现这一目标的主要手段之一。国家能源局2022年3月下旬公布的《“十四五”现代能源体系规划》提出“在确保安全的前提下积极有序推动沿海核电项目建设，保持平稳建设节奏，合理布局新增沿海核电项目”。和发达国家的核电在能源结构中的占比相比，中国核电发展空间依然比较大，核电将迎来新一轮发展机遇期。

在全国核电快速发展的推动下，核产业链下游环节的生产能力也在成倍扩大，并对上游核燃料，浓缩铀等环节提出了扩大产能的需求，对辐射环境监测也提出了更高的要求，放射性气溶胶监测作为辐射环境监测重点监测内容之一，一直都是环境监测的重点研究课题，人类的生产、生活及科学实验等活动都会引起放射性物质向大气的释放，土壤、岩石等自然物质也不断向大气中释放放射性物质。释放到环境中的放射性物质浓度一旦过高，将对人的健康产生不利的影响，为了能及时有效地对大气放射性浓度水平做出评估，很有必要进行大气环境放射性的长期监测，从而得出大气环境中的放射性成份及分布规律。1996年开始签署的《全面禁止核试验条约

（CTBT）》中，将大气放射性气溶胶监测列为主要的核查手段之一，用来监测任何违约的核活动。一旦大气中的放射性气溶胶浓度超过正常水平，就可立即寻找造成水平增高的原因并采取适当措施，以保证大气环境质量。

当辐射事故发生后，不但要知道放射性类型和污染程度，还要能准确的对事故等级进行定性，这就需要借助实验室分析级的定量分析。现阶段针对大气放射性气溶胶的定性和定量分析采取在监测站点采集气溶胶样品，然后送至实验室进行更精密的分析，但一个气溶胶样品从采集到测量完毕基本都需要半个月的时间，且现行各辐射环境监测项目的监测方案中，包括核电厂周围环境放射性监测、全国辐射环境质量监测、铀矿冶核设施周围辐射环境监测等项目中，均以一定

频次采样分析，多以每月一次或每季度一次。显然，这种模式的最大问题在于留下了大量采样和监测空白时间，从时间序列上为突发事件的监测留下了盲区，无法及时给出空气中放射性核素的活度浓度，不能及时分辨气态流出物的核素信息及排放量等情况。针对以上情况，采用大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统（以下简称“气溶胶核素监测系统”）以保证监测数据的及时性和完整性是十分必要且迫切的。

气溶胶核素监测系统基于自动化技术，可实现大气气溶胶自动采样（超大流量气溶胶采样器）、自动制样、自动测量分析（高纯锗 γ 能谱仪），使得现场气溶胶样品超低浓度的放射性分析成为了可能。该系统可保证不少于35天全天候无人值守连续工作，相比传统的现场采样，然后送往实验室制样分析，大大提高了监测效率、可快速发现异常、监测数据的及时性得到了有效保障，同时，也避免了工作人员在采样过程中可能遭受的辐射损伤，为气溶胶辐射监测增加了监测手段，可应用于常规辐射环境监测和事故应急监测。

随着核电的大力发展，气溶胶核素监测系统的需求会逐渐增多，相应的生产厂家也会逐渐增多，考虑到以后一段时间的需求和技术发展，国外还没有统一的气溶胶核素监测系统的技术要求，国内在新需求下也没有相关标准，为提高气溶胶核素监测系统的规范性、稳定性、可靠性以及监测数据的准确性、一致性，方便监测数据的比对，达到事先引导气溶胶核素监测系统的发展，产生更好的经济效益、社会效益的目的，制定本标准是十分必要的。

6 同类标准的实施情况、工作研究进展情况

目前，大气气溶胶放射性核素分析的相关标准有《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（WS/T 184—2017）和《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》（HJ 1149—2020），《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（WS/T 184—2017）规定了大气气溶胶 γ 能谱分析方法的通用性，但各监测单位采集滤膜的选择，采样质量控制、样品制备方式各不相同，造成监测数据可比性、准确性参差不齐；《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）统一规定了监测的试剂和材料，仪器与设备，样品的采集、保存、制备， γ 能谱的能量刻度与效率刻度，样品测量，结果计算与表示等，具有可操作性，方法的探测下限可满足国控网辐射环境监测的工作需求，适用于传统人工采样送往实验室制样测量分析大气气溶胶放射性核素分析，其人工采样、制样、测样流程对本标准规定的自动采样单元、自动制样单元、自动测量单元、自动存样单元、控制单元的技术要求具有一定的参考意义。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据，解决的主要问题

1 编制原则

本团体标准文件的编制过程，遵循了以下原则：科学性、先进性、适用性。

(1) 科学性

本标准充分借鉴和参考了国家、环保行业、核工业标准中的相关内容及试验方法，力求吸取相关的经验和做法，强调标准的科学性。标准中的术语和定义、功能要求、性能要求、工作环境、电气安全、电磁兼容等内容都有相关依据，或者是普遍认可的定义，或是经过试验数据验证，或是参考了法律法规，或是参阅了行业标准的编制内容，符合科学性的要求。

(2) 先进性

本标准充分吸收了之前环境空气气溶胶 γ 能谱分析、高纯锗 γ 能谱测定、空气气溶胶采样的相关标准规范的优点，结合现有实际需求和先进技术，考虑以后一段时间的需求和技术发展。国外还没有统一的气溶胶核素监测系统的技术要求，国内在新需求下也没有标准，本标准正好填补空白，充分体现了其先进性的属性。

(3) 适用性

在满足需求的前提下，充分考虑业内实际情况。本标准的技术要求，以尽可能代表当前国内外同类产品技术水平为原则，调研并参考行业内部同类产品的主要技术指标，尽量涵盖各厂商产品的技术指标，对需要规范的技术要求进行了筛选提炼。

收集已有研究成果，查阅大量资料，征求多方意见后，在综合考虑各方面需求和意见的基础上对标准内容进行了适当调整，兼容现有环境空气气溶胶 γ 能谱分析标准，实现环境空气气溶胶放射性核素在线自动连续监测的无缝切换，同时不同厂家的监测设备都能适用此标准，扩大了环境空气气溶胶放射性核素监测设备的选择范围。

2 确定标准主要内容的依据

本标准规定了气溶胶核素监测系统的组成，技术要求，描述了对应的试验方法，充分考虑了当前国内外同类产品的技术水平的主要技术指标，主要内容涉及到的依据有：

(1) 自动采样单元的功能和性能参考了以下标准：

- 1) 《总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法》（HJ/T 374—2007）
- 2) 《总悬浮颗粒物采样器检定规程》（JJG 943—2011）
- 3) 《辐射环境空气自动监测站运行技术规范》（HJ 1009—2019）
- 4) 《环境空气颗粒物（PM_{2.5}）手工监测方法（重量法）技术规范》（HJ 656—2013）
- 5) 《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器技术要求及检测方法》（HJ 93—2013）
- 6) 《辐射环境空气自动监测站安装和验收技术要求》（试行）
- 7) 《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》（GB/T 15432—1995）
- 8) 《压差式流量计》（JJG 640—2016）

9) 《大气采样器检定规程》（JJG 956—2013）

(2) 自动制样单元的功能和性能参考了以下标准

1) 《应急监测中环境样品 γ 核素测量技术规范》（HJ 1127—2020）

2) 《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）

(3) 自动测量单元的功能和性能参考了以下标准：

1) 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》（GB/T 11713—2015）；

2) 《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）

3) 《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（WS/T 184—2007）

4) 《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145—2022）

5) 《锗 γ 射线谱仪校准规范》（JJF 1850—2020）

(4) 电气安全引用了以下标准

《核仪器及系统安全要求 第1部分：通用要求》（GB/T 19661.1—2005）

(5) 电磁兼容引用了以下标准

《测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分：通用要求》（GB/T 18268.1—2010）

(6) 可靠性引用了以下标准

《电子测量仪器可靠性试验》（GB/T 11463—1989）

(7) 试验环境条件参考了以下标准

1) 《核仪器和核辐射探测器质量检验规则》（GB/T 10257—2001）

2) 《核仪器环境条件试验方法》（GB/T 8993—1998）

3) 《电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验M：低气压》（GB/T 2423.21—2008）

3 解决的主要问题

通过制定本标准，可提高气溶胶核素监测系统的规范性、稳定性、可靠性以及监测数据的准确性、一致性，方便监测数据的比对，达到事前引导气溶胶核素监测系统的发展，产生更好的经济效益、社会效益的目的。

三、主要条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的分析

1 术语和定义

本标准共规定了2条术语，其中“气溶胶”定义引自《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中的3.1章节。

2 系统组成

环境空气中大气气溶胶放射性核素监测是辐射环境监测的重要内容，现行对大气气溶胶放射性核素监测流程通常是采用超大流量或大流量气溶胶采样器进行现场采样，然后送往实验室进行样品制样和测量分析，整个过程都需要人工干预，耗费大量人力物力，测量结果的时效性得不到保障。本标准定义的气溶胶核素监测系统可实现自动气溶胶采样、自动样品制样、自动样品测量分析、自动样品存储等功能，完全模拟人工气溶胶采样、人工样品制样和人工样品测量分析流程，可实现不少于35天全天候连续工作，监测频率高，可快速发现异常，避免了人工操作引起的误差，测量精度高。本标准定义的系统组成是根据气溶胶核素监测系统需实现的功能而定义的，其中采样器的组成参考了《总悬浮颗粒物采样器检定规程》（JJG 943—2011）中章节2对气溶胶采集器组成的规定，因自动采样单元需实现标况体积的自动换算，而工况体积换算为标况体积需要了解采样时的环境温度及环境大气压，因此，本标准在自动采样单元部分增加了大气压传感器。自动测量单元的组成是参考了《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》（GB/T 11713—2015）中章节3对典型高纯锗 γ 谱仪组成的规定。

3 功能要求

气溶胶核素监测系统属于在线监测设备，通过连续采样、制样、在线监测可提高监测频次，及时发现放射性异常。在气溶胶核素监测系统连续运行过程中，有时需对样品的测量结果进行复测，标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱法》（HJ1149—2020）、《应急监测中环境样品 γ 核素测量技术规范》（HJ 1127—2020）、《应急情况下放射性核素的 γ 能谱快速分析方法》（WST 614—2018）均提到需对样品进行复测。因此，为保证测量结果的可溯源性及分析精度，本标准规定样品需具有编码溯源功能。

标准《辐射环境空气自动监测站运行技术规范》（HJ 1009—2019）章节5.3.1.2规定采样体积一般应大于10000m³，考虑到气溶胶核素监测系统可能会应用于应急监测，或是雾霾天气，滤膜收集灰尘量较大，阻力增大影响流量，导致一张滤膜的采样体积达不到10000m³，为同时满足常规、应急监测的需要，本标准规定，具有多种监测模式，以适应不同的监测方案。

自动采样单元的主要功能参考了标准《辐射环境空气自动监测站安装和验收技术要求》（试行），根据气溶胶核素监测系统的特点增加了自动换膜的功能要求，自动换膜能够保证气溶胶核素监测系统在完成一次气溶胶样品采样后，自动换膜，无需人工干预。

自动制样单元的主要功能是根据标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）规定的样品制样过程总结出来的需具有的功能。

自动测量单元的主要功能引用于《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》（GB/T 11713—2015），同时增加了样品自动进出样和UPS不间断供电的功能要求。样品自动进出样功能可保证样品制样完

成后，自动进入铅室进行测量分析，测量分析完成后，自动离开铅室。因一个样品的测量时间较长，一般为24小时或满足待测核素特征 γ 射线全吸收峰净计数的统计误差小于5%，为防止样品测量分析过程中，突然断电，导致样品测量中断，本标准规定自动测量单元需具备不间断电源供电功能。

样品测量完成离开自动测量单元后，需有存储的空间，因此，本标准规定自动存样单元需具有样品自动传送，样品自动存储的功能。

4 性能要求

4.1 自动采样单元

目前，国控网点环境空气气溶胶采样采用的滤膜容易出现滤膜易堵塞、流量下降很快、滤膜样品压缩后容易变形等情况，而气溶胶核素监测系统作为无人值守的自动连续监测系统，需保证系统在采样时间内滤膜尽量不堵塞。引用标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中章节5.1对滤膜性能的要求，本标准规定，在膜面流速为0.6m/s时，对0.3 μ m标准粒子的截留效率应不低于95%。在0.6m/s的洁净空气流速时，压降小于1kPa。采样滤膜采集一定体积气溶胶后需用高纯锗 γ 能谱仪进行核素分析，为避免测量干扰，本标准规定采样滤膜的天然放射性核素含量低，无人工放射性污染。

《辐射环境空气自动监测站运行技术规范》（HJ 1009—2019）中章节5.3.1.2规定，根据采样目的，预计浓度及核素的探测下限设置采样体积，采样体积一般应大于10000m³，尽量采用超大流量采样器采样。为提高气溶胶核素监测系统的测量效率，缩短采样时间，本标准规定的自动采样单元的性能要求为超大流量采样器的性能要求。

目前，我国辐射环境监测系统主要的超大流量气溶胶采样器滤膜尺寸为570mm×470mm，有效采样面积不小于2420cm²。因此本标准规定，自动采样单元的有效采样面积应不小于2420cm²。

全面禁止核试验条约组织（CTBT）对气溶胶核素监测系统的技术要求为，采样流量不小于500m³/h；《辐射环境空气自动监测站运行技术规范》（HJ 1009—2019）中章节5.3规定，超大流量采样器流量不小于600m³/h，流量示值误差 $\leq \pm 5\%$ 。市场上现有的气溶胶核素监测系统的采样流量均不小于500m³/h，且在不同风速条件下，采样流量越低，收集效率相对会高一些，如果不是应急采样，日常监测采样流速通常控制在600m³/h左右就行。因此本标准规定，采样流量应不小于500m³/h，流量示值误差应不小于 $\pm 5\%$ 。

对于超大流量采样器的性能要求及测试方法目前没有相关的标准，本标准主要参考《总悬浮颗粒物采样器检定规程》（JJG 943—2011）、《压差式流量计检定规程》（JJG 640—2016）、《环境空气颗粒物（PM_{2.5}）手工监测方法（重量法）技术规范》（HJ 656—2013）、

《辐射环境空气自动监测站运行技术规范》（HJ 1009—2019），规定了超大流量采样器流量重复性、流量稳定性、负载能力的性能要求；同时，规定了采样流量、流量示值误差、流量稳定性、负载能力的测试方法。气溶胶核素监测系统在常规监测时需连续采样24小时，标准《环境空气气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中12.1.2规定：采样期间保持流量稳定，采样全过程平均流量应控制在设定流量的95%~105%。因此，本标准规定24小时的采样流量变化应不大于5%。

因环境条件（温度、气压）的变化，可能影响到采样体积的估算的准确度，为了修正这种影响，工作状态下的空气采样体积 V （ m^3 ）需换算成标准状态下的采样空气体积，工作状态下的空气采样体积 V 换算成标准状态下的采样空气体积需了解采样时的大气压力和环境温度。因此，自动采样单元需配置温度传感器和大气压传感器。温度示值误差、大气压示值误差的性能指标及检测方法引用于《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中附录B的内容。

4.2 自动制样单元

目前，气溶胶样品的制备方法主要有四种，分别是灰法、压片法、打孔法和折叠法。灰化法制样时间较长，灰化过程温度高，容易造成核素损失；打孔法制样的操作流程比较复杂，打孔时容易造成样品洒落和交叉污染，且需对滤膜打孔面积占总面积的比例进行校正；折叠法制样虽简便快捷，但样品均匀性差，测量结果误差相对较大，探测效率低；压片法样品制备简单，且制样时采样量无损失，不易洒落、样品均匀性好，可减少样品体积、缩短测量样品与 γ 能谱探测器之间的距离。探测效率高，测量准确性好，且标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱法》（HJ 1149—2020）、《应急监测中环境样品 γ 核素测量技术规范》（HJ 1127—2020）均规定压片法制样，因此本标准规定滤膜压片的方式制样。

压片压力和压片机保持时间的性能指标引用于《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中7.4.4章节。

《应急监测中环境样品 γ 核素测量技术规范》（HJ 1127—2020）中5.8章节规定，制备成的超大流量气溶胶样品尺寸为 $\phi 70 \times 15\text{mm}$ ，或制备为与效率标准源几何尺寸一致的样品。为减少样品与效率刻度源几何形状的差异，避免作高度和密度差异修正，建议制样后的样品与效率刻度源的直径相同，高度相近，因此，本标准规定压膜后样品尺寸直径不大于70mm，与效率刻度源直径相同，高度不大于15mm，尽量与效率刻度源高度相近。

样品容器用于装制样后的样品，避免污染高纯锗探测器，样品容器的性能指标引用于《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中5.2章节。

4.3 自动测量单元

自动测量单元主要是指高纯锗 γ 谱仪系统，《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》（GB/T 11713—2015）章节3.1.1规定，高纯锗 γ 谱仪的典型构成包括半导体 γ 射线探测器、屏蔽室、高压电源、主放大器、多道脉冲幅度分析器、数据处理系统等。为便于统一管理和描述，本标准将数据处理系统归类到控制单元。自动测量单元的性能指标主要引用于标准《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》（GB/T 11713—2015）。《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中6.2规定，探测器的相对探测效率一般应不小于30%，全面禁止核试验条约组织要求对大气气溶胶监测采用的高纯锗 γ 谱仪相对效率不小于40%。目前，市场上对气溶胶核素监测系统测量单元的相对探测效率要求普遍在不小于50%，为提高探测灵敏度，本标准自动测量单元的相对探测效率规定应不小于50%。

4.4 自动存样单元

根据《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中8.2.3规定，测量时间一般为24小时或满足待测核素特征 γ 射线全吸收峰计数的统计误差小于5%，气溶胶核素监测系统常规的监测模式为24小时采样、24小时静置烘干、24小时测量，也就是说大气气溶胶从采样到完成测量最少需要24小时，为保证气溶胶核素监测系统能够连续工作不少于35天，本标准规定样品存储量应不小于35个。

4.5 控制单元

《辐射环境空气自动监测站安装和验收技术要求》（试行）规定，辐射环境自动监测站软件系统需实现1个月以上的数据存储量，历史数据队列采用循环更新的方式存储。本标准根据实际应用情况将要求提高到可存储监测数据总量不小于36个月，更有助于气溶胶监测数据的溯源。

综合数据处理软件引用了《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145—2022）中章节5.2、章节9、章节10的规定，数据处理软件应包含谱分析软件，谱分析软件应具有数据获取、自动寻峰、峰面积分析、能量刻度、效率刻度及核素定性、定量分析功能。配备无源效率刻度软件。

4.6 供电电源

本标准规定的采样流量不小于 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，各厂家对气溶胶的采样形式有多种，供电方式也不一样，因此本标准规定交流电压： $220\text{V} \times (1 \pm 15\%)$ 或 $380\text{V} \times (1 \pm 15\%)$ ，频率 $50\text{Hz} \times (1 \pm 10\%)$ 。

4.7 探测下限

探测下限的性能指标不仅取决于高纯锗 γ 谱仪，还与样品中 ^{212}Pb 与 ^{214}Pb 等氡气体浓度密切相

关。而样品中氡子体浓度除受采样地点及其当地气象条件的影响外，样品的氡子体衰变也是重要的影响因素。《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）的编制组曾做过样品氡子体衰变时间和测量时间对 ^7Be 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{140}Ba 、 ^{210}Pb 探测下限影响的实验，结果表明采集到的气溶胶样品静置时间越长，探测下限越低。气溶胶核素监测系统的常规监测静置时间为24小时，本校准探测下限的性能引用了《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）中表A.1对 ^{137}Cs 探测下限的要求。

4.8 重复性

在气溶胶核素监测系统连续运行过程中，有时需对样品的测量结果进行复测，标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱法》（HJ1149—2020）、《应急监测中环境样品 γ 核素测量技术规范》（HJ 1127—2020）、《应急情况下放射性核素的 γ 能谱快速分析方法》（WST 614—2018）均提到需对样品进行复测。本标准对样品重复性测量的规定引用了标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱法》（HJ1149—2020）中章节12.4对样品重复测定的规定。

4.9 平均故障间隔时间（MTBF）

平均故障间隔时间是用于评估系统长期稳定运行的重要指标，其性能指标参考了《总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法》（HJ/T 374—2007）和《环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）采样器技术要求及检测方法》（HJ 93—2013）对平均无故障时间（MTBF）的规定，均为不低于800h。为保证本系统能够连续运行不少于35天，本标准将平均故障间隔时间提高到不小于1000h，使系统能够连续运行更长时间。

标准	章节号	对平均无故障时间（MTBF）的规定
HJ/T 374—2007	6.1.9, 6.2.11	采样取平均无故障时间（MTBF） $\geq 800\text{h}$
HJ 93—2013	7.2.1	新研制或生产的采样器，其平均无故障时间（MTBF）不低于800小时。

4.10 外观

针对系统应用的环境和工作的特殊性，对其外观做了一些特定的规定。

5 工作环境

该系统一般用于有连续温度控制，且振动和冲击可忽略的固定室内环境，其指标参考了《核仪器环境条件试验方法》（GB/T 8993—1998）中表3.1 有气候防护场所固定使用环境条件（I组）对Ia组环境条件的规定：温度： $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $\leq 75\%\text{RH}$ （ $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）；大气压： $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。因自动测量单元受环境温度湿度影响较大，因此本标准规定工作环境为：环境温度： $(25\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $\leq 75\%\text{RH}$ （ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）；大气压： $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

6 电气安全

《总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法》（HJ/T 374—2007）中7.2.4规定：在10~35℃，相对湿度≤85%的条件下，采样器电源端子对地或机壳间的绝缘电阻不小于20MΩ。介电强度和绝缘电阻的性能和要求引用于《核仪器及系统安全要求 第1部分：通用要求》（GB/T 19661.1—2005）中5.6章节对介电强度试验的规定及5.8章节在正常大气条件下对II类防电击核仪器绝缘电阻限值的规定，在试验电压条件下，不应出现击穿或重复飞弧现象，电晕效应和类似现象（如单次瞬间闪烁）不考虑。正常大气条件下，电源输入端与机壳（接地端）间的绝缘电阻应不小于20 MΩ。同时，该标准增加了漏电保护要求。

7 电磁兼容性

根据系统实际应用，本标准增加了电磁兼容性要求，目的是提高系统在复杂电磁环境下的生存能力。自动测量单元工作时，附近不得有影响测量的电磁场，根据《测量、控制和试验室用的电气设备 电磁兼容性要求 第1部分：通用要求》（GB/T 18268.1—2010）中3.4和6.2规定，本系统为A类设备，适用于除使用在家用设施内和直接连接到住宅低压供电网络外的设施内使用的设备，需符合预期用于工业场所设备的特殊抗扰度要求。

四、综述报告、技术经济论证、预期效果

1 综述报告

气溶胶放射性监测作为辐射环境监测重点监测内容之一，一直都是环境监测的重点研究课题，人类的生产、生活及科学实验等活动都会引起放射性物质向大气的释放，土壤、岩石等自然物质也不断向大气中释放放射性物质。释放到环境中的放射性物质浓度一旦过高，将对人的健康产生不利的影 响，为了能及时有效地对大气放射性浓度水平做出评估，很有必要进行大气环境放射性的长期监测，从而得出大气环境中的放射性成份及分布规律。1996年开始签署的《全面禁止核试验条约（CTBT）》中，将大气放射性气溶胶监测列为主要的核查手段之一，用来监测任何违约的核活动。一旦大气中的放射性气溶胶浓度超过正常水平，就可立即寻找造成水平增高的原因并采取适当措施，以保证大气环境质量。



当辐射事故发生后，不但要知道放射性类型和污染程度，还要能准确的对事故等级进行定性，这就需要借助实验室分析级的定量分析。现阶段针对大气放射性气溶胶的定性和定量分析采取在监测站点采集气溶胶样品，然后送至实验室进行更精密的分析，但一个气溶胶样品从采集到测量完毕基本都需要半个月的时间，且现行各辐射环境监测项目的监测方案中，包括核电厂周围环境放射性监测、全国辐射环境质量监测、铀矿冶核设施周围辐射环境监测等项目中，均以一定频次采样分析，多以每月一次或每季度一次。显然，这种模式的重大问题在于留下了大量采样和

监测空白时间，从时间序列上为突发事件的监测留下了盲区，无法及时给出空气中放射性核素的活度浓度，不能及时分辨气态流出物的核素信息及排放量等情况，气溶胶核素监测系统的诞生就是为了解决传统现场采样后送往实验室制样，然后进行分析，过程复杂且耗时耗力、测量结果滞后、监测频次偏低等诸多不利因素。对比传统现场采样后送往实验室制样，然后进行分析，运用气溶胶核素监测系统存在如下优势特点：

- (1) 能第一时间响应辐射环境空气监测需求，无滞后性；
- (2) 提高了辐射环境空气监测频率；
- (3) 全程自动化，解放人力，节省物力，达到更大的经济效益；
- (4) 省去人工取样、制样等步骤，消除人为操作带来的各类误差，使数据更加精确；
- (5) 在发生极端事故的情况下，人员不适合停留的时候，仍能进行自动监测。

起草小组首先对国内外大气气溶胶放射性核素监测进行了初步调研。目前国内外研制气溶胶核素监测系统的厂家为数不多。国外具有代表性为芬兰的Cinderella JL-500 超大流量气溶胶自动监测系统，由芬兰国家核安全局（STUK）和全球禁止核试验组织（CTBTO）设计，能够自动完成空气中气溶胶的采集与测量，是全面禁止核试验条约（CTBT）国际监测系统（IMS）放射性核素监测网络的放射性核素台站所用设备，具有手动/自动模式（（1h/6h/8*3h/24h四种工作模式），国内主要有浙江恒达仪器仪表股份有限公司研制的大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统。

表1 两家产品性能参数对比表

名称	超大流量气溶胶自动监测系统	大气气溶胶放射性核素自动连续监测系统
型号	Cinderella JL-500	NAS1000
厂家	SENYA.FI	浙江恒达仪器仪表股份有限公司
网址	http://www.senya.fi/cinderellag2.php?key=1	http://www.ihenda.com/Home/ProductShow/128
设备图片		
主要技术指标	<ul style="list-style-type: none"> (1) 流量范围：$\geq 500\text{m}^3/\text{h}$，且流量可调 (2) 流量示值误差：$\leq \pm 5\%$ (3) 流量重复性：$\leq 2\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 流量范围：$360\text{m}^3/\text{h}\sim 1200\text{m}^3/\text{h}$，且流量可调 (2) 流量示值误差：$\leq \pm 5\%$ (3) 流量重复性：$\leq 2\%$

<p>(4) 流量稳定性: $\leq 5\%$ (24h 内的采样流量变化)</p> <p>(5) 温度示值误差: $\leq 2^{\circ}\text{C}$</p> <p>(6) 大气压示值误差: $\leq 1\text{kPa}$</p> <p>(7) 无人值守周期: 30 天</p> <p>(8) 滤膜更换周期: 30 天</p> <p>(9) 测量模式: 手动/自动模式, 自动工作模式为 1 小时 (应急测量模式)、6 小时 (快速测量模式)、3*8 小时 (针对雾霾气候优化模式)、24 小时 (CTBTO 站点标准运行模式)</p> <p>(10) 样品测量几何尺寸: $\leq \phi 77\text{mm} \times 15\text{mm}$</p> <p>(11) 滤纸尺寸: $460\text{mm} \times 285\text{mm}$, 制样后滤纸尺寸: $82\text{mm} \times 84\text{mm}$</p>	<p>(4) 流量稳定性: $\leq 5\%$ (24h 内的采样流量变化)</p> <p>(5) 温度示值误差: $\leq 2^{\circ}\text{C}$</p> <p>(6) 大气压示值误差: $\leq 1\text{kPa}$</p> <p>(7) 无人值守周期: 不低于 35 天</p> <p>(8) 滤膜更换周期: 不低于 35 天</p> <p>(9) 测量模式: 手动/自动两种工作模式, 自动工作模式为: 6h 和 24h 采样, 6h 和 24h 衰变、6h 和 24 小时测量, 缺省值均为 24h)。</p> <p>(10) 样品测量几何尺寸: $\leq 70\text{mm} \times 15\text{mm}$</p> <p>(11) 滤膜有效采样尺寸: $550 \times 450\text{mm}$</p>
--	---

通过对以上两家产品的调研与分析, 可以看出这些产品所标称的技术指标大部分均能达到本标准的相关技术要求, 说明本标准制订的相关技术条款的合理性和可行性。因目前国辐射环境监测系统主要的超大流量气溶胶采样器滤膜尺寸为 $570\text{mm} \times 470\text{mm}$, 有效采样面积不小于 2420cm^2 。因此本标准规定, 自动采样单元的有效采样面积应不小于 2420cm^2 , NAS1000所采用滤膜的有效面积不小于 2420cm^2 , 满足标准要求。

2 试验分析

为了验证本标准中涉及的主要技术指标, 起草小组做了大量调研与试验。主要针对几个关键性指标进行了实际试验和对比工作。

浙江恒达仪器仪表股份有限公司(NAS1000型)、芬兰SENYA.FI (Cinderella JL-500型)两家公司的产品设备进行如下2.1~2.7性能测试。

2.1 滤膜截留效率及压降性能测试

本内容实验主要是验证采样滤膜在膜面流速为 0.6m/s 时, 对 $0.3 \mu\text{m}$ 标准粒子的截留效率不低于95%, 空滤膜在 0.6m/s 的洁净空气流速时, 压降小于 1kPa 。

主要测试方法: 按(高效空气过滤器性能试验方法 效率和阻力)《GB/T 6165—2021》中章节6.1、6.2规定的方法对在膜面流速为 0.6m/s 时, 对 $0.3 \mu\text{m}$ 标准粒子的截留效率, 空滤膜在 0.6m/s 的洁净空气流速时的压降进行试验。参考论文《高流速下气溶胶取样滤材的性能测试》, 根据截留

效率E和压降 Δp ，计算出的品质因子 Q_f 可综合评价滤膜的性能，品质因子 Q_f 越高、代表滤材的综合性能越好。品质因子的计算公式如公式（1）所示，本标准规定的滤膜性能品质因子经计算约为3.0，也就是说选用滤膜的品质因子需达到3.0以上才能符合本标准要求。

$$Q_f = \frac{\ln\left(\frac{1}{1-E}\right)}{\Delta P} \quad (1)$$

起草小组对国控网辐射环境监测常用滤膜、标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）的采用膜、Cinderella JL-500 的IMS滤膜、NAS1000的高效滤膜根据截留效率及压降进行了综合性能评价，具体结果如下表所示。

表2 滤膜性能对比表

膜面流速	粒径范围	滤膜类型	截留效率 (%)	压降 (kPa)	品质因子	备注
0.6m/s	0.3 μ m	国控网常用膜	91.9	1.9	1.32	
		HJ 1149 采用膜	96.5	0.73	4.58	
		IMS滤膜	98.5	0.71	5.91	
		高效滤膜	99	0.60	7.68	

结果表明国控点辐射环境监测常用滤膜的压降大于1kPa，相应的品质因子小于3.0，从而导致其滤膜综合性能较差，采样过程中容易造成滤膜堵塞，其他滤膜的过滤效率及压降均满足要求，相应的品质因子大于3.0，说明所选取滤膜性能均满足标准所述要求。

2.2 滤膜压缩性能测试

本标准规定样品制样的方式为压片法，试验主要验证滤膜的压缩性能，标准要求易于压片、压片后表面应平整，不易变形。

主要试验方法：采样滤膜通过气溶胶核素监测系统制样后，用游标卡尺测量样品高度，观察样品的几何形状及变形情况。

试验小组分别采用磨具内径为50mm，70mm的压样装置对国控网辐射环境监测常用滤膜、标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）的采用膜、Cinderella JL-500 的IMS滤膜、NAS1000的高效滤膜进行滤膜压样，试验结果如下表所示。

表3 滤膜压缩性能测试表

压样模具内径	50mm			70mm			
	国控网常用膜	HJ 1149 采用膜	IMS滤膜	国控网常用膜	HJ 1149 采用膜	IMS滤膜	高效滤膜
样品高度 (mm)	25	4.7	5.1	12.5	3.0	2.8	13.2

样品几何形状	不平整	平整	平整	平整	整体内凹变形	整体内凹变形	平整
压缩7日后样品变形	明显变形	无明显变形	无明显变形	无明显变形	无明显变形	无明显变形	无明显变形
备注							

试验结果表明，因国控网辐射监测常用膜较厚，采用内径50mm的压样磨具压样存在压样不紧实的情况，需采用内径70mm的压样磨具压样；标准《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱仪》（HJ 1149—2020）的采用膜、Cinderella JL-500 的IMS滤膜采用内径为70mm的压样模具，样品高度过薄易整体内凹变形，更严重的会造成外边缘不规则，而采样内径为50mm的压样磨具压缩的样品表明平整，几何形状规整。NAS1000的高效滤膜在70mm的压样磨具下，具有较好的压缩性能，满足标准所述要求。

2.3 采样流量、流量示值误差及流量重复性性能测试

本内容测试主要验证自动采样单元的采样流量、流量示值误差及流量重复性的性能参数指标。标准要求采样流量应不小于500m³/h，流量示值误差应不大于 $\pm 5\%$ ，流量重复性应不大于2%。

主要测试方法：确保自动采样单元的滤膜压框上已有一张空白滤膜，流量校准器按照使用说明与采样器连接，保证气路密封不泄露，采样器通电后，设置采样流量不小于500m³/h，启动采样器运行10min，待采样流量稳定后，读取流量校准器和自动采样单元的流量读数，重复读取10次。

流量示值误差按公式（2）计算，计算结果应符合所述要求。

$$\delta = \frac{\overline{Q}_S - \overline{Q}_R}{\overline{Q}_R} \times 100\% \quad (2)$$

式中： δ —流量示值误差，%；

\overline{Q}_R —流量校准器流量平均值，m³/h；

\overline{Q}_S —采样器流量平均值，m³/h。

根据测试采样流量及流量示值误差读取的数值，按照公式（3）计算流量重复性，计算结果应符合所述要求。

$$S_{rel} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_{Ri} - \overline{Q}_R)^2}}{\overline{Q}_R} \times 100\% \quad (n=10) \quad (3)$$

式中： S_{rel} —流量重复性，%；

Q_{Ri} —流量校准器第 i 次测量显示的流量值， m^3/h 。

起草小组对所选取两家公司的产品按上述方案进行采样流量、流量示值误差、流量重复性的性能测试，测试结果如表4所示。结果表明所选取两家公司的产品设备采样流量、流量示值误差、流量重复性均满足标准所述要求。

表 4 采样流量、流量示值误差、流量重复性测试结果

产品类型	设定流量值 (m^3/h)	采样器流量平均值 (m^3/h)	校准器流量平均值 (m^3/h)	测量次数	流量示值误差	流量重复性	结论
Cinderella JL-500	500	500.55	503.28	10次	0.40%	0.40%	通过
NAS1000	600	600	602.56	10次	-0.43%	0.43%	通过
	900	900	906.27	10次	-0.69%	0.30%	通过
	1200	1200	1200.47	10次	-0.04%	0.39%	通过

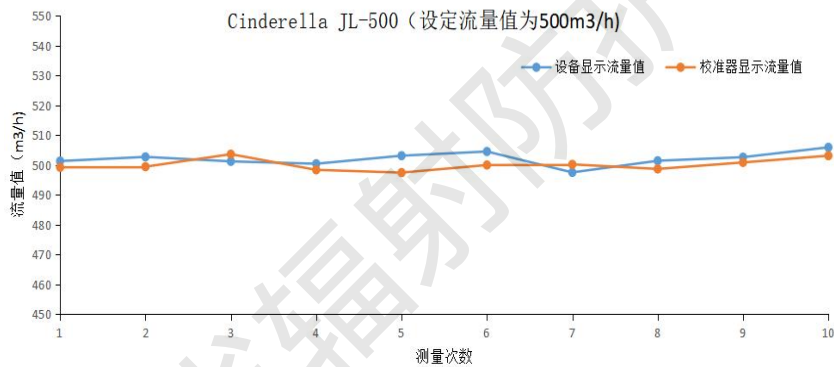


图1 设定流量值为 $500m^3/h$ 时，CinderellaJL-500及校准器显示的流量值

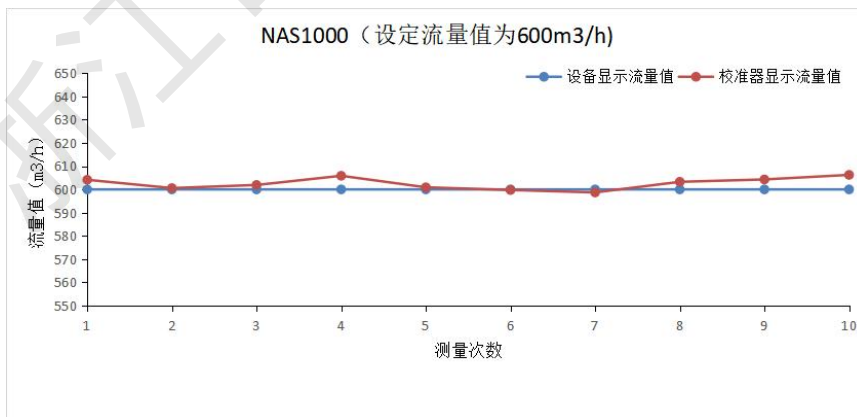


图2 设定流量值为 $600m^3/h$ 时，NAS1000及校准器显示的流量值

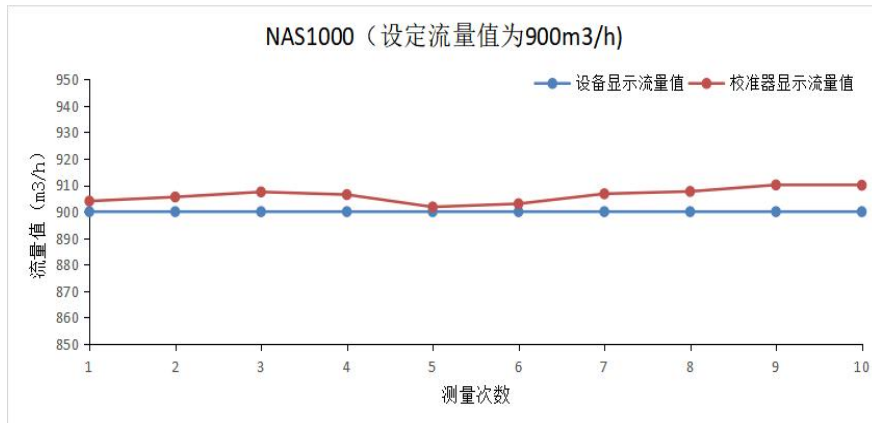


图3 设定流量值为900m³/h时，NAS1000及校准器显示的流量值

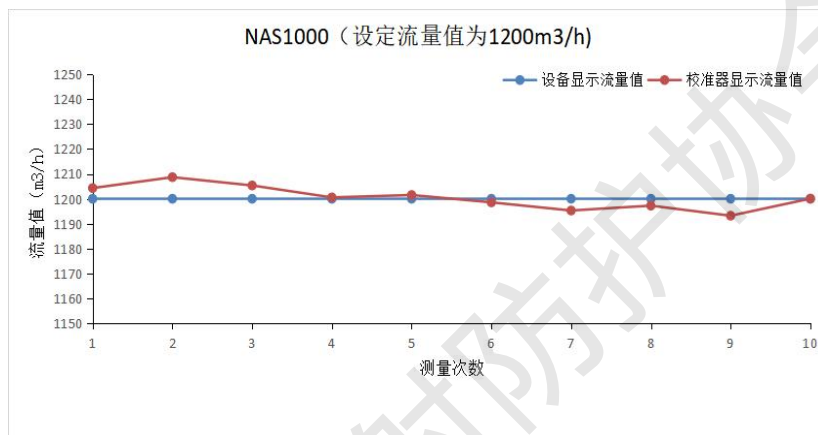


图4 设定流量值为1200m³/h时，NAS1000及校准器显示的流量值

2.4 流量稳定性性能测试

本内容测试主要验证自动采样单元的稳定性性能参数指标。标准要求24h内的采样流量变化应不大于5%。

主要测试方法：确保自动采样单元的滤膜压框上已有一张空白滤膜，设置采样流量不小于500m³/h，采样时间为24小时，启动采样，每隔两小时读取一个流量值，连续测试24h，取最大值和最小值，按公式（3）计算流量稳定性，计算结果应符合所述要求。

$$W = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q} \times 100\% \quad (3)$$

式中：W—流量稳定性，%；

Q_{\max} —自动采样单元采样流量的最大值，m³/h；

Q_{\min} —自动采样单元采样流量的最小值，m³/h；

Q—自动采样单元设置的流量值，m³/h。

起草小组对所选取两家公司的产品按上述方案进行流量稳定性的性能测试，测试结果如下表所示。结果表明所选取两家公司的产品设备流量稳定性均满足标准所述要求。

表5 流量稳定性测试结果

测试项	产品型号	设定流量值 (m ³ /h)	最小流量值 (m ³ /h)	最大流量值 (m ³ /h)	流量稳定性	结论
流量稳定性	Cinderella JL-500	500	497.5	502.6	1.02%	通过
	NAS1000	600	598.1	614.2	2.68%	通过
		900	898.3	914.2	1.77%	通过
		1200	1183.1	1203.5	1.70%	通过

2.5 自动采样单元负载能力性能测试

本内容测试主要验证自动采样单元的负载能力，标准要求采样口附加4kPa~6kPa的负载，采样流量变化应不大于5%。

主要测试方法：确保自动采样单元的滤膜压框上已有一张空白滤膜，设置采样流量不小于500m³/h，启动采样，待采样流量稳定后，读取自动采样单元的采样流量值，在自动采样单元的采样口逐渐增加4kPa~6kPa的负载，10min后读取加载负载的采样流量值，按公式（4）计算流量变化量B即为负载能力。

$$B = \frac{Q_{\text{前}} - Q_{\text{后}}}{Q} \times 100\% \quad (4)$$

式中：B—采样流量变化量，%；

$Q_{\text{前}}$ —增加负载前自动采样单元的流量值，m³/h；

$Q_{\text{后}}$ —增加负载后自动采样单元的流量值，m³/h；

Q—自动采样单元的设置流量值，m³/h。。

起草小组对所选取两家公司的产品按上述方案进行负载能力的性能测试，测试结果如下表所示。结果表明所选取两家公司的产品负载能力均满足标准所述要求。

表6 负载能力性能测试

测试项	产品型号	设定流量值	增加负载前采样流量值	增加负载后采样流量值	测量结果	结论
负载能力	Cinderella JL-500	500m ³ /h	500.2	497.8	0.48%	通过
	NAS1000	600m ³ /h	600.0	600.0	0.28%	通过
		900m ³ /h	900.0	900.0	2.25%	通过

2.6 温度示值误差性能测试

本内容测试主要验证温度示值误差，标准要求温度示值误差应不大于2℃。

主要试验方法是：用标准温度计测量并记录环境温度值，同时读取并记录气溶胶核素监测系统显示的环境温度值，重复测量3次，计算出各次气溶胶核素监测系统与标准温度计显示的环境温度值之差的绝对值，最大差值即为温度示值误差。起草小组对所选两家公司的产品按上述方案进行了温度示值误差的性能测试，测试结果如表7所示。结果表明所选两家公司的产品的温度示值误差均不大于2℃，满足标准所述要求。

表7 温度示值误差测试结果

产品型号	温度示值误差（单位：℃）			
	次数1	次数2	次数3	最大差值
Cinderella JL-500	0.6	0.5	0.6	0.6
NAS1000	0.4	0.3	0.7	0.7

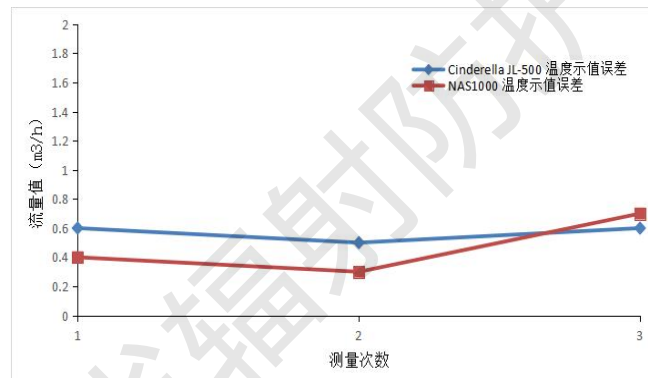


图5 温度示值误差

2.7 大气压示值误差性能测试

本内容测试主要验证大气压示值误差，标准要求大气压示值示值误差应不大于1kPa。

主要试验方法：用气压计测量并记录环境大气压值，同时读取并记录气溶胶核素监测系统显示的环境大气压值，重复测量3次，计算出各次气溶胶核素监测系统与空盒气压表显示的环境大气压之差的绝对值，最大差值即为大气压示值误差。起草小组对所选两家公司的产品按上述方案进行了大气压示值误差的性能测试，测试结果如表8所示。结果表明所选两家公司的产品的大气压示值误差均不大于1kPa，满足标准所述要求。

表 8 大气压示值误差测试结果

产品型号	大气压示值误差（单位：kPa）			
	次数1	次数2	次数3	最大差值
JL-500 Cinderella	0.7	0.4	0.8	0.8
NAS1000	0.8	0.7	0.8	0.8

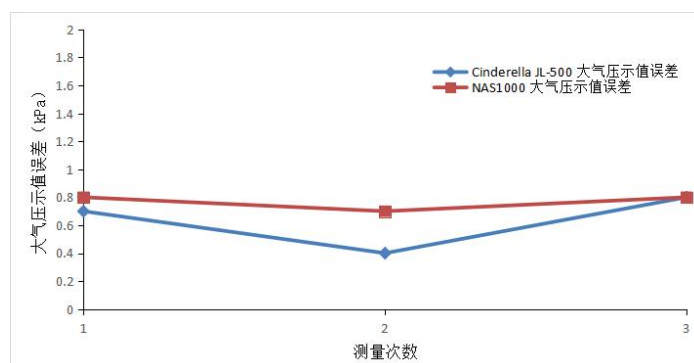


图6 大气压示值误差

3 预期效果

随着产品的不断推广和深入应用，其研究价值和业务价值将会越来越显著。本标准充分调研、深入理解现有同类产品的设计思路、技术特点、功能指标和检验方法，尊重产品个性，提炼共有属性，规定气溶胶核素监测系统的组成、技术要求、试验方法、运行期质量保证等的一般要求，对气溶胶核素监测系统的研发、生产和验收提供规范化指导，指标要求科学合理，检验方法切实可行，保证产品的可用性，便于接口、互换、兼容或相互配合，促进厂家提升技术、完善品质，帮助用户理解产品、掌握方法，能够更好地满足辐射环境监测领域的推广应用要求，显然将会有力地推动相关技术、产业及应用的蓬勃发展，促进我国环境空气气溶胶放射性核素在线采样测量能力的显著提高，在造福社会的同时，产生良好的经济效益。

五、团体标准中如涉及专利，应有明确的知识产权说明

无。

六、采用国际标准和国外先进标准的程度及水平的简要说明

无。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）

本标准为新标准，规定了气溶胶核素监测系统的一系列规范性要求。本标准颁布、贯彻实施前建议在公众媒体、行业内部及时进行公开宣传，以引起各相关方面的重视，使相关企业能够积极主动购买标准、参加培训，并结合本企业实际情况，学习研究与贯彻实施标准。

标准归口单位进行贯彻指导，组织标准宣贯培训班。设立专门的答疑或咨询部门或网站，为贯标企业释疑解惑，使企业对标准有明确的认识。

相关企业和单位建议组织有关人员积极参加行业协会和标准归口单位组织的各项培训活动，结合企业自身特点制定贯标细则。产品设计、工艺设计、生产与交付均须按照标准要求进行。

九、其他应予说明的事项

无。

十、参考文献

- [1] GB/T 11713—2015 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》
- [2] HJ/T 374—2007 《总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法》
- [3] JJG 943—2011 《总悬浮颗粒物采样器检定规程》
- [4] HJ 1009—2019 辐射环境空气自动监测站运行技术规范
- [5] HJ 656—2013 《环境空气颗粒物（PM_{2.5}）手工监测方法（重量法）技术规范》
- [6] HJ 93—2013 《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器技术要求及检测方法》
- [7] GB/T 15432—1995 《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》
- [8] JJG 640—2016 《压差式流量计》
- [9] JJG 956—2013 《大气采样器检定规程》
- [10] HJ 1127—2020 应急监测中环境样品 γ 核素测量技术规范
- [11] HJ 1149—2020 《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱仪》
- [12] GB/T 11713—2015 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》
- [13] WS/T 184—2017 《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
- [14] GB/T 16145—2022 《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
- [15] JJF 1850—2020 《锗 γ 射线谱仪校准规范》
- [16] HJ/T 61—2001 《辐射环境监测技术规范》
- [17] GB/T 19661.1—2005 《核仪器及系统安全要求 第1部分：通用要求》
- [18] GB/T 18268.1—2010 《测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分：通用要求》
- [19] GB/T 11463—1989 《电子测量仪器可靠性试验》
- [20] GB/T 10257—2001 《核仪器和核辐射探测器质量检验规则》
- [21] GB/T 8993—1998 《核仪器环境条件试验方法》
- [22] GB/T 2423.21—2008 《电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验M：低气压》
- [23] 中华人民共和国住房和城乡建设部.高效空气过滤器性能试验方法效率和阻力: GB/T 6165—2021[S].
- [24] 吴艳敏,王旭辉,刘龙波,刘蜀疆.高流速下气溶胶取样滤材的性能测试[J].辐射防护, 2009(1): 13-17.

[25] 党海军,刘龙波,武山.我国禁核试核素核查技术发展展望[J].2019(2):134.

[26] CTBT/PTS/INF.96/Rev.10,Certification and Surveillance Assessment of Radionuclide Laboratories for Particulate and Noble Gas Sample Analysis [R], August 14, 2019.

[27] 《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测量 γ 能谱法（征求意见稿）》编制说明.

浙江省辐射防护协会