

附件3

《固定式碘化钠  $\gamma$  谱仪连续监测技术规范（征求意见稿）》

编制说明

《固定式碘化钠  $\gamma$  谱仪连续监测技术规范》编制组

2023年9月

# 目 录

<b>1 项目背景</b> .....	<b>1</b>
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
<b>2 标准制定的必要性分析</b> .....	<b>1</b>
<b>3 国内外相关分析方法研究</b> .....	<b>2</b>
<b>4 标准制定的基本原则和技术路线</b> .....	<b>3</b>
4.1 标准制定的基本原则.....	3
4.1.1 科学性原则.....	3
4.1.2 系统性原则.....	3
4.1.3 实用性原则.....	3
4.2 标准制定的技术路线.....	3
<b>5 标准主要技术内容</b> .....	<b>4</b>
<b>6 报警阈值的确定</b> .....	<b>5</b>

---

# 1 项目背景

## 1.1 任务来源

根据生态环境部核与辐射安全监管项目计划，浙江省辐射环境监测站（生态环境部辐射环境监测技术中心）承担《固定式碘化钠 $\gamma$ 谱仪连续监测技术规范》制订工作。

## 1.2 工作过程

### （1）成立标准编制组，开展资料调研。

项目任务下达后，浙江省辐射环境监测站（生态环境部辐射环境监测技术中心）成立了标准编制组，对国内外碘化钠 $\gamma$ 谱仪监测的相关标准和文献资料等情况进行全面调研，初步确定框架结构和技术路线。

### （2）开题论证

标准编制组于2022年3月17日在杭州组织召开开题论证会。与会专家认为本标准技术原则和技术路线合理可行，内容基本符合要求。

### （3）编写标准初稿

按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国家环境保护总局公告2006年第41号）的有关要求，对现有各种方法和监测工作需求开展广泛而深入的调查研究，对工作内容等多次研讨，形成标准初稿。

### （4）形成标准征求意见稿

标准编制组于2023年7月8日至12日在杭州组织召开集中编写会，在会议讨论基础上修改完善并编制完成标准征求意见稿。2023年8月10日至11日，在北京组织召开专家审评会，对标准征求意见稿和编制说明进行专家审评，并进一步完善。

## 2 标准制定的必要性分析

伽马能谱测量是核辐射测量领域的重要手段，在各类型伽马谱仪中碘化钠 $\gamma$ 谱仪具有探测效率高、装置简单、使用方便的特点，广泛应用于测量土壤、岩石和建材的天然放射性核素含量，以及在应急监测中对食品、饮用水和生物样品的快速测量与筛选测量。

目前我国已建成投运500个辐射环境空气自动监测站，13个核电基地周边也建设了137个监督性监测自动站，碘化钠 $\gamma$ 谱仪连续监测系统是辐射自动站的

---

重要组成部分，主要用于连续监测环境空气中 $\gamma$ 放射性核素识别，也可用于空气吸收剂量率监测。

《辐射环境空气自动监测站运行技术规范》（HJ 1009-2019）明确了利用碘化钠 $\gamma$ 谱仪进行 $\gamma$ 放射性核素识别的基本要求，编制起草此规范有利于碘化钠 $\gamma$ 谱仪实际使用功能的开发扩展及应用，进一步提升自动站的智能化水平，确保当前在线式碘化钠谱仪分析测量朝着测得真、测得准、测得全、重质量、重时效的方向全面发展。

### 3 国内外相关分析方法研究

编制组调研欧洲、美国、日本、韩国等自动站建设、仪器配置、运行管理等情况，包括美国全美辐射监测网(RadNet)、法国环境 $\gamma$ 剂量率监测网(TELERAY)、德国综合测量与信息系统(IMIS)、英国辐射事故监测网(RIMNET)、日韩辐射环境监测系统等。这些国家重视先进辐射环境监测技术的研究和开发，建立了自动监测方法、监测标准和设备标准。如：国际电工委员会(IEC 60761-1 Ed. 2.0b:2002)：气态流出物的放射性连续监测设备，第1部分：通用要求。

(Equipment for continuous monitoring of radioactivity in gaseous effluents - Part 1: General requirements)；国际电工委员会(IEC 61504 Ed. 2.0 b:2017)：核设施-对安全有重要意义的设备和控制系统-连续监测辐射和(或)放射性水平的集成系统。(Nuclear facilities - Instrumentation and control systems important to safety -Centralized systems for continuous monitoring of radiation and/or levels of radioactivity)、IAEA-TECDOC-1363 技术报告。

在环境质量和工业污染源领域，我国已经相继出台了在线监测技术规范，对在线检测方法、检测要求、仪器性能、质量控制、数据分析报送等做了明确的规定。在辐射环境在线监测领域也已经出台了《辐射环境空气质量自动监测系统运行技术规范》等相关标准，但是有关 $\gamma$ 谱仪连续监测技术规范仍属空白。

生态环境部辐射环境监测技术中心项目组有关成员近年来针对碘化钠 $\gamma$ 谱仪开展了系列技术工作。2017年和2018年组织对国内外10余个型号的碘化钠 $\gamma$ 谱仪开展了性能测试，对设备辐射特性、环境特性、机械特性进行了全面测试，测试技术指标包括核素识别能力、能量分辨率、能量响应等十余项，测试结果已应用于“十三五”国控自动站建设。2019年赴加拿大卫生部辐射监测技术机构以及相关碘化钠 $\gamma$ 谱仪制造单位就 $\gamma$ 谱仪监测数据处理、质量保证和运行维护等

---

技术问题进行了深入交流。2020年，依托生态环境部核与辐射安全监督管理项目完成了自动站 NaI 谱仪核素识别与干扰校正方法课题研究；在广泛调研国外应用情况、总结我国应用现状及问题的基础上，正式向生态环境部提出关于进一步加强碘化钠谱仪自动监测应用的建议。2021年以来，深化对历史监测数据的统计分析，进一步为标准制订打下基础。

## 4 标准制定的基本原则和技术路线

### 4.1 标准制定的基本原则

#### 4.1.1 科学性原则

本技术规范依据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》、《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T1.1-2020），在总结现有文件资料及辐射环境自动监测的实际应用经验基础上编写，同时考虑要与已颁布的各有关标准、规范内容相适应。

#### 4.1.2 系统性原则

对碘化钠  $\gamma$  谱仪的连续自动测量系统的组成和性能、测量技术方法、数据报送、质量控制等做了系统的规定。

#### 4.1.3 实用性原则

技术规范编制过程中，坚持问题导向，注重解决实际运行中存在的问题，可操作性强，易于实施。

### 4.2 标准制定的技术路线

本技术规范主要是在调研国内外相关标准规范和已经实施项目的基础上，结合国内碘化钠  $\gamma$  谱仪自动监测系统现状、多年操作实际经验和辐射环境自动监测工作需要，制定技术路线，确定碘化钠  $\gamma$  谱仪系统组成和功能，对仪器的组成、功能和技术要求、空气吸收剂量率和放射性核素的测量要求、数据报送和质量控制要求等内容进行详细规定。

本技术规范在编写时还考虑到国内监测工作的实际情况，按照工作流程叙述，力求条理清楚、文字简洁。

本标准制定技术路线如图 4-1 所示。

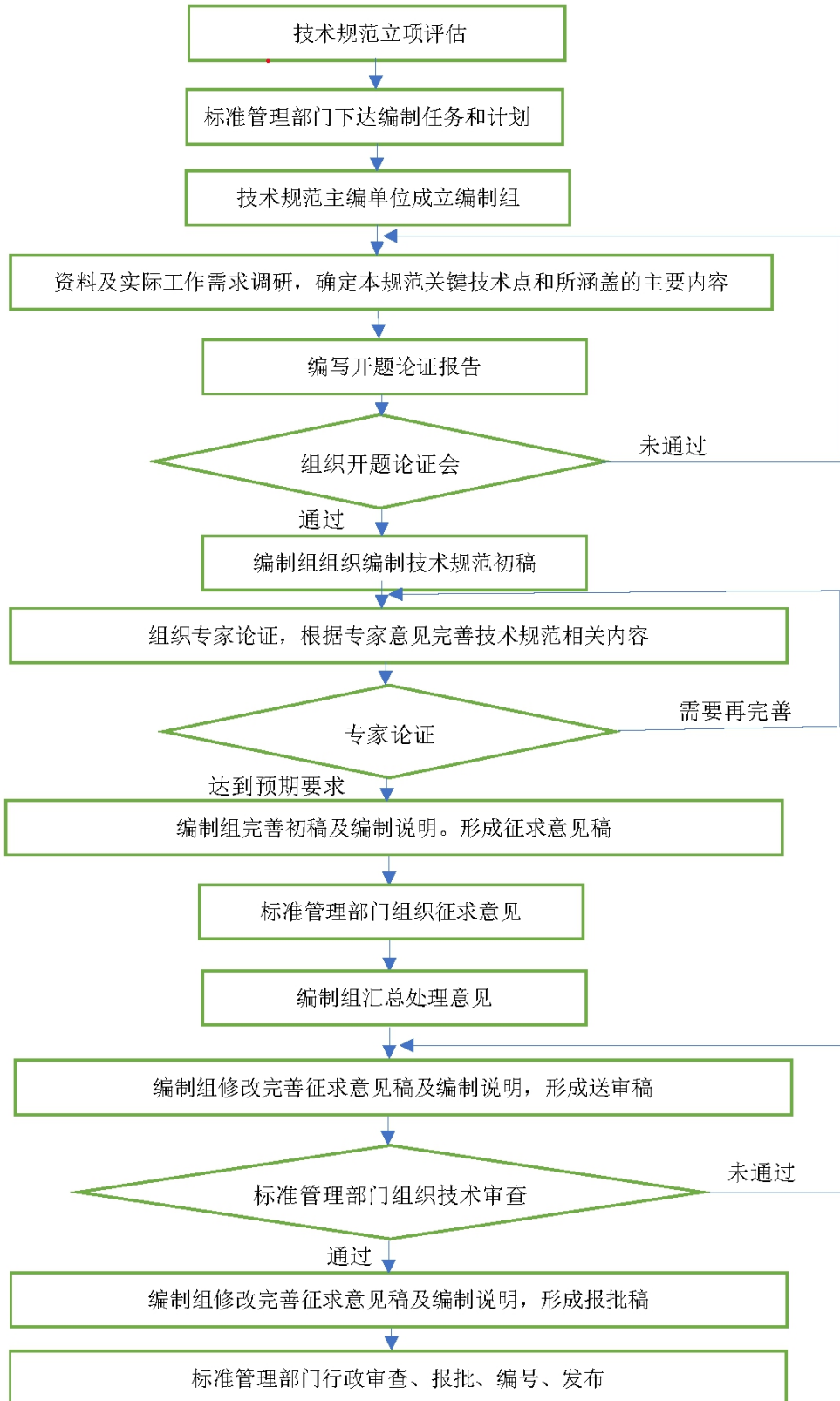


图 4-1 标准制定技术路线

## 5 标准主要技术内容

本标准分为 11 个部分，包括前言、适用范围、规范性引用文件、术语和定

义、测量系统、空气吸收剂量率测量、放射性核素测量、测量要求、数据报送、质量控制、附录和参考文献。

前言部分明确了编制目的，阐述了内容；第 1 章规定了标准适用的范围；第 2 章列出了本标准所引用的标准或文献资料；第 3 章阐述了相关术语和定义；第 4 章描述了碘化钠  $\gamma$  谱仪测量系统的组成和功能，提出了技术指标要求；第 5 章提出了用于空气吸收剂量率测量时的要求；第 6 章提出了用于放射性核素测量时的要求；第 7 章规定了其他测量要求；第 8 章提出了数据报送要求；第 9 章提出了仪器校准、期间核查等质量控制要求；附录部分给出了常用  $\gamma$  放射性核素数据表、剥谱法参考资料、数据报送格式。

## 6 报警阈值的确定

共选取了 6 个自动站一年中的碘化钠  $\gamma$  谱仪监测数据进行分析，各站点伽马谱数量见表 6-1。

表 6-1 各站点能谱数量

站点	伽马谱数量 (个)		
	晴天	其他天气	合计
吉林葫芦套村	72973	3622	76595
图们市环保局	63890	36936	100826
图们市环保局*	50260	15596	65856
辽宁营口鲅鱼圈	77964	13543	91507
黑龙江漠河	75788	5778	81566
吉林龙井三合镇	86908	3503	90411

注：带\*数据为 2015 年 7 月至 2016 年 6 月，其余数据为 2015 年整年

按能量大小将每个伽马谱分为 11 个感兴趣区，各感兴趣区的能量范围分别为 LLD（手动设置的能量探测下限）-100keV，100keV-200keV，200keV-400keV，400keV-600keV，600keV-800keV，800keV-1000keV，1000keV-1400keV，1400keV-1800keV，1800keV-2200keV，2200keV-2800keV，2800keV 以上。

表 6-2 至表 6-7 对各站点晴天正常运行时在不同阈值（各感兴趣区计数率平均值 + n 倍标准差）下的误报警率进行了统计，n 取 3 至 6 时的误报警率约为 10% 至 1% 左右，详见图 6-1 所示。因此，推荐 n 取 3 至 5，具体视各站点实际情况而定。

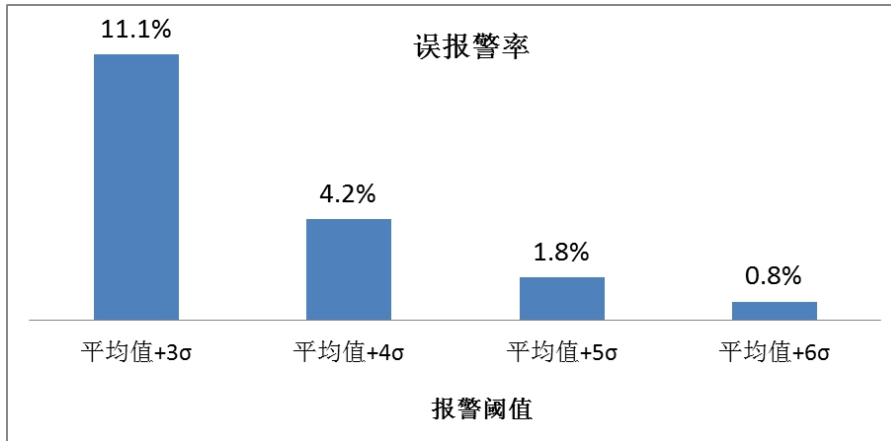


图 6-1 不同阈值下的误报警率



表 6-2 误报警率与阈值关系（吉林葫芦套村 2015 年整年）

ROI (keV)	LLD-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1400	1400-1800	1800-2200	2200-2800	>2800
计数平均值	44036.13	44401.88	27453.20	8324.47	4471.92	2792.90	3595.28	1613.08	569.11	314.22	77.64
标准差	6259.64	4298.43	3283.12	934.51	629.11	292.29	452.97	529.31	104.96	134.11	99.62
3σ 外	501	317	343	467	627	370	457	121	859	11	0
误警率 (%)	0.687	0.434	0.470	0.640	0.859	0.507	0.626	0.166	1.177	0.015	0.000
4σ 外	86	98	127	144	302	170	184	1	393	0	0
误警率 (%)	0.118	0.134	0.174	0.197	0.414	0.233	0.252	0.001	0.539	0.000	0.000
5σ 外	83	87	99	116	114	121	125	0	223	0	0
误警率 (%)	0.114	0.119	0.136	0.159	0.156	0.166	0.171	0.000	0.306	0.000	0.000
6σ 外	83	82	79	100	90	102	114	0	38	0	0
误警率 (%)	0.114	0.112	0.108	0.137	0.123	0.140	0.156	0.000	0.052	0.000	0.000

表 6-3 误报警率与阈值关系（吉林图们环保局 2015 年整年）

ROI (keV)	LLD-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1400	1400-1800	1800-2200	2200-2800	>2800
计数平均值	47487.10	39757.95	22200.04	7613.00	3659.99	2579.82	3339.16	805.95	405.55	157.73	19.45
标准差	2253.63	1695.21	1351.64	478.56	169.48	148.84	230.37	90.65	33.85	54.01	4.45
3σ 外	1351	860	662	811	807	713	488	671	968	0	239
误警率 (%)	2.115	1.346	1.036	1.269	1.263	1.116	0.764	1.050	1.515	0.000	0.374
4σ 外	346	156	251	405	379	344	230	314	205	0	4
误警率 (%)	0.542	0.244	0.393	0.634	0.593	0.538	0.360	0.491	0.321	0.000	0.006
5σ 外	12	28	94	208	160	112	51	151	12	0	1
误警率 (%)	0.019	0.044	0.147	0.326	0.250	0.175	0.080	0.236	0.019	0.000	0.002
6σ 外	9	12	31	60	50	25	12	25	2	0	0
误警率 (%)	0.014	0.019	0.049	0.094	0.078	0.039	0.019	0.039	0.003	0.000	0.000

表 6-4 误报警率与阈值关系（吉林图们环保局 2015 年 6 月-2016 年 7 月）

ROI (keV)	LLD-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1400	1400-1800	1800-2200	2200-2800	>2800
计数平均值	47387.10	38436.13	21118.67	7322.37	3587.66	2478.29	3143.73	764.58	393.61	115.39	19.84
标准差	2046.98	1562.98	1305.81	466.96	165.69	155.47	220.52	83.84	34.93	47.04	4.44
3σ 外	693	672	741	869	809	745	615	791	963	5	138
误警率 (%)	1.379	1.337	1.474	1.729	1.610	1.482	1.224	1.574	1.916	0.010	0.275
4σ 外	163	143	239	506	448	380	193	371	204	0	5
误警率 (%)	0.324	0.285	0.476	1.007	0.891	0.756	0.384	0.738	0.406	0.000	0.010
5σ 外	15	56	98	202	187	140	57	141	24	0	0
误警率 (%)	0.030	0.111	0.195	0.402	0.372	0.279	0.113	0.281	0.048	0.000	0.000
6σ 外	10	21	37	92	74	53	13	50	2	0	0
误警率 (%)	0.020	0.042	0.074	0.183	0.147	0.105	0.026	0.099	0.004	0.000	0.000

表 6-5 误报警率与阈值关系（辽宁鲅鱼圈 2015 年整年）

ROI (keV)	LLD-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1400	1400-1800	1800-2200	2200-2800	>2800
计数平均值	47270.66	39599.83	22082.28	7579.76	3657.62	2567.94	3307.05	791.56	398.87	145.90	19.53
标准差	1911.69	1582.36	1349.71	479.44	167.59	152.54	239.08	92.75	36.46	58.08	4.46
3σ 外	879	994	903	1118	1105	992	669	910	1277	0	311
误警率 (%)	1.127	1.275	1.158	1.434	1.417	1.272	0.858	1.167	1.638	0.000	0.399
4σ 外	194	249	470	673	665	570	351	489	122	0	7
误警率 (%)	0.249	0.319	0.603	0.863	0.853	0.731	0.450	0.627	0.156	0.000	0.009
5σ 外	65	119	223	389	346	249	105	272	3	0	1
误警率 (%)	0.083	0.153	0.286	0.499	0.444	0.319	0.135	0.349	0.004	0.000	0.001
6σ 外	42	66	95	155	154	91	31	87	2	0	0
误警率 (%)	0.054	0.085	0.122	0.199	0.198	0.117	0.040	0.112	0.003	0.000	0.000

表 6-6 误报警率与阈值关系（黑龙江漠河 2015 年整年）

ROI (keV)	LLD-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1400	1400-1800	1800-2200	2200-2800	>2800
计数平均值	47377.03	39636.60	22096.01	7586.01	3659.26	2570.34	3312.84	794.76	400.59	148.31	19.53
标准差	1968.55	1594.80	1353.66	482.68	169.45	152.95	238.02	92.54	36.11	57.83	4.46
3σ 外	907	918	899	1139	1105	1012	696	926	1290	0	294
误警率 (%)	1.197	1.211	1.186	1.503	1.458	1.335	0.918	1.222	1.702	0.000	0.388
4σ 外	195	250	461	671	638	553	347	496	126	0	6
误警率 (%)	0.257	0.330	0.608	0.885	0.842	0.730	0.458	0.654	0.166	0.000	0.008
5σ 外	59	116	214	364	314	224	91	255	6	0	1
误警率 (%)	0.078	0.153	0.282	0.480	0.414	0.296	0.120	0.336	0.008	0.000	0.001
6σ 外	36	55	91	150	138	81	30	78	2	0	0
误警率 (%)	0.048	0.073	0.120	0.198	0.182	0.107	0.040	0.103	0.003	0.000	0.000

表 6-7 误报警率与阈值关系（吉林三合镇 2015 年整年）

ROI (keV)	LLD-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1400	1400-1800	1800-2200	2200-2800	>2800
计数平均值	47637.44	39745.42	22147.74	7603.66	3664.98	2576.01	3320.60	800.01	402.80	151.26	19.47
标准差	2297.39	1686.33	1352.26	477.43	169.79	151.11	231.77	91.97	36.31	56.56	4.45
3σ 外	1481	1083	865	1084	1081	943	603	815	1418	0	326
误警率 (%)	1.704	1.246	0.995	1.247	1.244	1.085	0.694	0.938	1.632	0.000	0.375
4σ 外	348	265	384	556	530	467	311	400	139	0	5
误警率 (%)	0.400	0.305	0.442	0.640	0.610	0.537	0.358	0.460	0.160	0.000	0.006
5σ 外	36	93	203	322	277	227	113	227	7	0	1
误警率 (%)	0.041	0.107	0.234	0.371	0.319	0.261	0.130	0.261	0.008	0.000	0.001
6σ 外	24	51	95	161	142	89	37	79	6	0	1
误警率 (%)	0.028	0.059	0.109	0.185	0.163	0.102	0.043	0.091	0.007	0.000	0.001