

# 电离辐射量值传递溯源体系建设指南（试行）

2024年9月

## 前 言

电离辐射,是指携带足以使物质原子或分子中的电子成为自由态,从而使这些原子或分子发生电离现象的能量的辐射,波长小于100nm,包括宇宙射线、X射线和来自放射性物质的辐射。电离辐射的特点是波长短、频率高、能量高。电离辐射是一切能引起物质电离的辐射的总称,高速带电粒子有 $\alpha$ 粒子、 $\beta$ 粒子、质子,不带电粒子有中子以及X射线、 $\gamma$ 射线。

当前,随着人类对电离辐射研究和应用的不断深化,电离辐射在放射诊疗、核能发电、深空探测、环境评价、水文地质、工业探伤、事故应急、生物辐照、材料改性、军事国防等方面应用越来越广泛、越来越深入,也深刻改变着人类生产生活方式。但电离辐射在为人类提供巨大利益的同时,其应用也伴随着显著的风险,在医疗或工业环境中,一旦受照剂量超过一定限值就有可能导致辐射病、癌症、遗传变异等严重健康问题,由此电离辐射精准计量尤为重要。电离辐射计量是十大计量方向之一,电离辐射计量的核心在于准确测量和评估各种电离辐射,以确保公众健康安全,通过精确计量,更好地控制电离辐射,从而使其在社会各个领域发挥重要作用。

《计量发展规划(2021—2035年)》着眼于计量高水平自立自强能力建设,强调指出要面向经济主战场和重大民生需求,围绕计量供给不充分、不平衡、不全面的问题,加强计量基础能力建设;要适应国际单位制量子化变革发展和数字化、扁平化量值传递溯源

新要求，科学规划计量基准、计量标准建设，加大标准物质研制应用，填补量值传递溯源能力空白。

电离辐射量值传递溯源体系在国家计量体系中占据核心地位，是确保电离辐射量值统一的基本依据，也是科学合理用好电离辐射技术，保障人民生命健康和环境安全、生态安全、生产安全的技术基础。《电离辐射量值传递溯源体系建设指南（试行）》充分考虑保障国家战略发展需求，关键核心共性计量技术需求及新兴产业发展需要，系统梳理了剂量计量、活度计量以及中子计量基准、计量标准、标准物质体系框架并以图谱形式进行表述，前瞻性、引领性布局电离辐射计量基准、计量标准和标准物质，为未来电离辐射计量能力建设提供科学指南。

## 一、总体要求

### （一）指导思想

坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的二十大和二十届二中、三中全会精神，深入贯彻落实《计量发展规划（2021—2035年）》，科学规划电离辐射计量基准、计量标准和标准物质建设，填补电离辐射量值传递溯源体系空白，充分发挥电离辐射计量在科技创新、产业发展、民生保障、航空航天、国防建设等领域中的基础性保障作用，加快发展新质生产力，筑牢中国式现代化的计量根基。

### （二）建设阶段及目标

第一阶段到2027年，聚焦量子化、数字化、智能化等新技术，针对核电、医疗等应用领域需求，充分利用国内科技创新资源，大力加强电离辐射计量科技创新，建立铱-192（ $^{192}\text{Ir}$ ）参考空气比释动能基准装置、 $\beta$ 组织吸收剂量基准装置、放射性气体活度基准装置、中能X射线水吸收剂量基准装置，填补量值传递空白，初步形成能够支撑经济社会高质量发展的重点领域电离辐射量值传递溯源体系，基本满足电离辐射技术、产业发展和政府管理对量值传递溯源的需求。

第二阶段到2035年，突破计量关键技术瓶颈，系统形成能够支撑经济社会各领域高质量发展的电离辐射量值传递溯源体系，全面满足电离辐射技术、产业发展和民生对量值传递溯源的需求，电

离辐射量值传递溯源体系达到国际先进水平。

## 二、建设内容

### (一) 计量基准体系建设内容及图谱框架

电离辐射计量基准体系建设内容分为剂量、活度、中子及新型基准四个方面。

1. 剂量计量体系的计量基准主要根据复现的物理量、测量介质、能量以及复现方法进行分类，已建立剂量计量基准共 14 项，规划建立剂量计量基准共 7 项。

2. 活度计量体系的计量基准主要根据复现的物理量、测量介质和复现方法进行分类，已建立活度计量基准共 9 项，规划建立活度计量基准共 2 项。

3. 中子计量体系的计量基准主要根据复现的物理量和能量及复现方法进行分类，已建立中子计量基准共 3 项，规划建立中子计量基准组 1 项。

4. 根据电离辐射领域发展新形势，未来拟在量子化基准、数字化基准、智能化基准等领域进行探索，建立新型电离辐射计量基准，已在计量基准图谱中预留相应位置。

图 1 为电离辐射专业计量基准图谱框架。剂量计量体系中，序号 1-1 至 1-14 为已建立剂量计量基准，序号 1-15 至 1-21 为规划建立剂量计量基准；活度计量体系中，序号 2-1 至 2-7，序号 2-10 至 2-11 为已建立活度计量基准，序号 2-8 至 2-9 为规划建立活度计量

基准；中子计量体系中，序号 3-1 至 3-3 为已建立中子计量基准，序号 3-4 为规划建立中子计量基准组。

规划建立的计量基准信息详见附表 1。



图 1 电离辐射专业计量基准图谱框架

## (二) 计量标准体系建设内容及图谱框架

电离辐射计量标准体系建设内容分为剂量、活度、中子三个方面。其中，剂量按照射线强度分为：辐射加工、辐射治疗、辐射诊断、辐射防护和环境、无损检测、数字化标准及其它，共七个小类。

### 1. 剂量计量标准

#### (1) 辐射加工

包括 $\gamma$ 射线辐射加工工作剂量计、硫酸亚铁剂量计、辐射加工水平电子束辐照装置等计量标准。

### (2) 辐射治疗

包括医用电子加速器辐射源、医用 $\gamma$ 射线后装近距离治疗辐射源、医用钴-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) 远距离治疗辐射源、放疗用质子/重离子剂量计等计量标准。

### (3) 辐射诊断

包括医用诊断螺旋计算机断层摄影装置 (CT) X 射线辐射源、医用数字摄影 (CR、DR) 系统 X 射线辐射源、剂量面积乘积仪、医用乳腺辐射源等计量标准。

### (4) 辐射防护和环境

包括 X、 $\gamma$  辐射个人剂量当量率报警仪、环境监测用 X、 $\gamma$  辐射空气比释动能 (吸收剂量) 率仪、直读式 $\beta$  射线剂量测量仪等计量标准。

### (5) 无损检测

包括 X 射线探伤机、 $\gamma$  射线探伤机、 $\gamma$  射线料位计、X 射线安全检查仪、车载式放射性探测系统等计量标准。

### (6) 数字化计量标准

包括医用数字摄影 (DR) 系统 X 射线辐射源远程检定、医用诊断数字减影血管造影 (DSA) 系统 X 射线辐射源远程检定等计量标准。

### (7) 其它

包括医用 X 射线 CT 模体、医用诊断 X 射线非介入千伏表、医用诊断 X 射线管电荷量计、工业 CT 性能模体等计量标准。

## 2. 活度计量标准

包括放射性活度计、测氦仪、低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪、闪烁探测器 $\gamma$ 谱仪、放射性溶液等计量标准。

## 3. 中子计量标准

包括中子周围剂量当量（率）仪、长中子计数器、直读式中子个人剂量当量计、中子能谱测量系统等计量标准。

图 2 为电离辐射专业计量标准图谱框架，计量标准作为计量基准的延伸，本图谱仅对未来 5—10 年进行规划，未涉及新型计量标准及各领域新参数。

规划建立的计量标准信息详见附表 2。

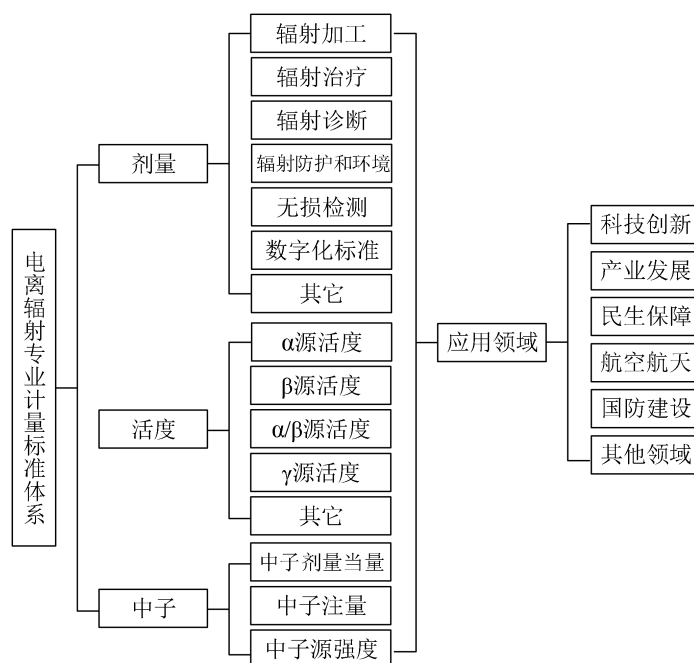


图 2 电离辐射专业计量标准图谱框架





（一）加强统筹协调。各级市场监管部门，有关行业、中央企业、计量技术委员会和计量技术机构要把涉及人民生命健康的电离辐射计量能力建设作为重中之重，结合本地区医疗卫生和科技创新、产业发展实际，明确电离辐射计量发展重点，分解细化目标任务，强化工作责任落实，确保各项任务落到实处。各有关部门、行业、企业要结合实际，采取切实有力措施，因地制宜加强电离辐射计量能力建设。

（二）加强人才队伍建设。各级市场监管部门、有关中央企业根据工作实际，建立电离辐射计量专家库，加强计量技术委员会建设，为电离辐射计量基础理论研究、法规政策制定、技术研究论证提供智力支持。推动海外高层次人才、海外专家与智力资源引进，推动高层次人才国际交流和学术交流，重视青年计量专家和复合型计量人才的培养。

（三）加强国际交流合作。各级市场监管部门，有关中央企业、计量技术委员会、计量技术机构和相关学术组织要深度参与电离辐射国际计量发展战略和规划，积极参与和主导电离辐射国际计量规则和规范制定，稳步提升国际互认的电离辐射计量校准测量能力。加强对共建“一带一路”国家和发展中国家的计量援助和知识传播，规划和实施一批重点计量援助项目，提升发展中国家电离辐射计量能力和水平。加强与世界主要国家和地区计量交流合作，建立健全多边交流合作机制，积极实施电离辐射双多边计量比对和技术交流。

附表 1

## 规划建立电离辐射计量基准

序号	类别	计量基准
1	剂量	$^{192}\text{Ir}$ 参考空气比释动能基准装置
2	剂量	低剂量率近距离治疗空气比释动能基准装置
3	剂量	$\beta$ 组织吸收剂量基准装置
4	剂量	医用加速器电子水吸收剂量基准装置
5	剂量	中能 X 射线水吸收剂量基准装置
6	剂量	石墨量热计加速器光子水吸收剂量基准组
7	剂量	(250~600) kV X 射线空气比释动能基准装置
8	活度	量热活度基准装置
9	活度	放射性气体 (氙、氡、氩、氦、碳) 活度基准装置
10	中子	单能中子注量率基准组, 包括: (1) 2keV 至 24keV 单能中子注量率基准装置 (2) 0.144MeV 至 1.2MeV 单能中子注量率基准装置 (3) 2.5MeV 至 5MeV 单能中子注量率基准装置 (4) 14.8MeV 单能中子注量率基准装置 (5) 17MeV 至 19MeV 单能中子注量率基准装置

附表 2

## 规划建立电离辐射计量标准

序号	类别	计量标准
1	剂量	近距离治疗光子辐射剂量计（指型电离室）校准装置
2	剂量	近距离治疗光子辐射剂量计（井型电离室）校准装置
3	剂量	高剂量率近距离治疗光子辐射源检定装置
4	剂量	低剂量率近距离治疗光子辐射源校准装置
5	剂量	近距离治疗 $\beta$ 辐射剂量计校准装置
6	剂量	近距离治疗 $\beta$ 辐射源校准装置
7	剂量	放疗用半导体剂量仪校准装置
8	剂量	加速器高能光子/电子标准剂量计检定装置
9	剂量	放疗用质子/重离子剂量计校准装置
10	剂量	放疗用胶片剂量计校准装置
11	剂量	X、 $\gamma$ 辐射场所监测报警器校准装置
12	剂量	应急辐射防护用便携式高量程 $\beta$ 和光子剂量和剂量率仪校准装置
13	剂量	防护水平 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率连续监测仪在线校准装置
14	剂量	辐射防护用超高剂量率 X、 $\gamma$ 辐射剂量当量率仪和监测仪校准装置
15	剂量	(40-150)kV 脉冲 X 射线辐射剂量仪校准装置

16	剂量	环境水平 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率连续监测仪在线校准装置
17	剂量	X 射线食品异物检测仪校准装置
18	剂量	$\alpha$ 、 $\beta$ 射线薄膜厚度计校准装置
19	剂量	$\alpha$ 、 $\beta$ 射线纸张厚度计校准装置
20	剂量	运输车辆 X 射线检查系统校准装置
21	剂量	运输车辆电子加速器检查系统校准装置
22	剂量	运输车辆 $\gamma$ 射线检查系统校准装置
23	剂量	X 射线安全检查仪计量模体校准装置
24	剂量	医用 CR、DR 性能检测板校准装置
25	剂量	医用 X 射线全景牙科机模体校准装置
26	剂量	医用 X 射线乳腺机模体校准装置
27	剂量	医用 X 射线口腔颌面锥束 CT 模体校准装置
28	剂量	医用 PET-CT 系统计量模体校准装置
29	剂量	医用 SPECT 系统计量模体校准装置
30	剂量	X 射线成像系统分辨力测试卡校准装置
31	剂量	低对比度细节模体校准装置
32	剂量	工业 CT 性能模体校准装置
33	剂量	X、 $\gamma$ 射线骨密度计模体校准装置
34	剂量	材料铅当量校准装置

35	剂量	半值层仪校准装置
36	剂量	屏-片密着度检测板校准装置
37	剂量	滤线栅中心对准检测板校准装置
38	剂量	有用射线束垂直度检测筒校准装置
39	剂量	同步辐射光子能注量校准装置
40	剂量	辐射加工水平电子束辐照装置剂量校准装置
41	剂量	近距离治疗光子辐射标准剂量计(指型电离室)检定装置
42	剂量	近距离治疗光子辐射标准剂量计(井型电离室)检定装置
43	剂量	放疗用自动扫描水模体系统校准装置
44	剂量	体部立体定向放射外科 $\gamma$ 辐射治疗源校准装置
45	剂量	医用诊断水平剂量计校准装置
46	剂量	医用乳腺剂量计校准装置
47	剂量	放射治疗定位 X 射线 CT 辐射源检定装置
48	剂量	个人与环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射光释光剂量测量(装置)系统检定装置
49	剂量	直读式 $\beta$ 射线剂量测量仪校准装置
50	剂量	医用数字摄影(DR)系统 X 射线辐射源远程检定装置
51	剂量	医用诊断数字减影血管造影(DSA)系统 X 射线辐射源远程检定装置
52	剂量	医用诊断螺旋计算机断层摄影装置(CT) X 射线辐射源远程检定装置

53	剂量	医用数字 X 射线系统输出图像远程校准装置
54	剂量	剂量指数 (CTDI) 校准装置
55	剂量	$^{85}\text{Kr}$ 测量装置校准装置
56	剂量	高能 $\gamma$ 辐射周围剂量当量 (率) 仪监测仪检定装置
57	剂量	个人内污染监测仪校准装置
58	活度	手持式放射性核素活度测量仪校准装置
59	活度	$\gamma$ 放射性点源校准装置
60	活度	$\gamma$ 放射性体源校准装置
61	活度	微量铀分析仪校准装置
62	活度	气载氡监测仪校准装置
63	活度	放射性气溶胶监测仪校准装置
64	活度	氦子体测量仪校准装置
65	活度	半导体探测器 $\gamma$ 谱仪校准装置
66	活度	闪烁体探测器环境 $\gamma$ 辐射能谱监测仪校准装置
67	活度	气载放射性核素参考源校准装置
68	活度	核设施气态流出物中 $^{14}\text{C}$ 活度监测校准装置
69	活度	核设施液态排出流活度监测仪校准装置
70	活度	$\alpha$ 和 $\alpha/\beta$ 计数器校准装置
71	活度	氡 ( $^{220}\text{Rn}$ ) 测量仪校准装置

72	活度	核医学病人出院体内核素活度监测标准装置
73	活度	核设施气态排出流中气溶胶监测仪校准装置
74	活度	核设施气态排出流中惰性气体 ( $^{85}\text{Kr}/^{127}\text{Xe}/^{133}\text{X}$ 等核素) 监测仪校准装置
75	活度	核设施气态排出流中碘监测仪校准装置
76	中子	长中子计数器检定装置
77	中子	模拟工作场所的中子辐射场校准装置
78	中子	放射性核素中子源 (发射率) 强度校准装置
79	中子	直读式中子个人剂量当量计和监测仪校准装置
80	中子	中子注量 (率) 测量装置校准装置
81	中子	含氢正比计数管校准装置
82	中子	闪烁望远镜校准装置
83	中子	半导体望远镜校准装置
84	中子	中子能谱测量系统校准装置
85	中子	快中子剂量计校准装置
86	中子	个人剂量监测用中子辐射热释光剂量测量系统 检定装置



附表 3

## 规划研制放射性核素活度标准物质

序号	类别	标准物质
1	溶液	$^{134}\text{Cs}$ 放射性溶液标准溶液
2	溶液	$^{133}\text{Ba}$ 放射性溶液标准溶液
3	溶液	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 放射性溶液标准物质
4	溶液	$^{57}\text{Co}$ 放射性溶液标准物质
5	溶液	$^{54}\text{Mn}$ 放射性溶液标准物质
6	溶液	$^{113}\text{Sn}$ 放射性溶液标准物质
7	溶液	$^{65}\text{Zn}$ 放射性溶液标准物质
8	溶液	$^{88}\text{Y}$ 放射性溶液标准物质
9	溶液	铀镭钍镅铯钴 6 核素混合溶液放射性标准物质
10	溶液	铅镅铬钴铈锡铟铯锰钷钯 12 核素混合溶液放射性标准物质
11	固体	$^{241}\text{Am}$ $\alpha$ 表面发射率标准物质
12	固体	$^{36}\text{Cl}$ $\beta$ 表面发射率标准物质
13	固体	土壤中放射性核素活度标准物质
14	固体	滤膜中放射性核素活度标准物质
15	固体	生物灰中镅镭钴铈锡铟铯钷钾 10 核素活度标准物质

16	固体	沉降灰中放射性核素活度标准物质
17	固体	活性炭碘盒中放射性核素活度标准物质
18	固体	点状源活度标准物质
19	固体	水残渣中放射性核素活度标准物质
20	固体	$^{14}\text{C}$ $\beta$ 表面发射率标准物质
21	气体	$^3\text{H}$ 气体活度浓度标准物质