

《有色金属矿区伴生放射性水平测定 热释光法》

（征求意见稿）团体标准编制说明

《有色金属矿区伴生放射性水平测定 热释光法》编制组

二〇二二年八月

目 录

一、任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人.....	1
二、制定标准的必要性和意义.....	3
三、主要工作过程.....	4
四、制定标准的原则和确定标准主要内容.....	6
五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述.....	8
六、重大意见分歧的处理依据和结果.....	10
七、其他应说明的事项.....	10





一、任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人

随着人为活动频繁，天然放射性有不断增加趋势。有色金属矿山的尾矿量达 70%~95%，其伴生高水平放射性污染矿渣是我国矿山开采、选冶等工业活动中的主要的固体污染源之一，尾矿中放射性含量超出本底背景值数十倍，甚至数百倍，处置不当，可导致某些区域的放射性水平显著性上升。尾矿渣在自然迁移过程中，易引起环境污染和公众潜在照射风险，防控不容忽视。因此，开展有色金属矿区伴生放射性水平调查，建立科学可行的方法，为综合治理及健康开发利用提供技术依据，是迫在眉睫需要解决的问题。

2021 年 5 月，中华环保联合会组织开展了《关于召开固危废及土壤污染治理团体标准项目立项评审会的通知》团体标准立项评审。经申报，由中国医学科学院放射医学研究所等单位联合申报的《有色金属矿区伴生放射性水平调查的热释光方法》列入了 2021 年度团体标准立项项目。最终中国医学科学院放射医学研究所取得编制《有色金属矿区伴生放射性水平调查的热释光方法》团体标准制定权。

本文件由中华环保联合会归口，中国医学科学院放射医学研究所、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、内蒙古自治区综合疾病预防控制中心、中国计量科学研究院、湖北省疾病预防控制中心、江西省职业病防治研究院、河南黄淮检测科技有限公司、中华环保联合会固危废及土壤污染治理专业委员会等机构、单位参与该项团体标准的起草工作。

本文件主要起草人：翟贺争、武权、邓君、丁艳秋、许潇、李德

红、李伟、苏青春、孙刚涛、王芳、贾子健、吴香君、王曼瑶、张琪、李文炎、邓磊、陈坚剑、张建、张文艺、梁巧英。

起草组由中国医学科学院放射医学研究所、中国计量科学研究院、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、内蒙古自治区疾病预防控制中心、湖北省疾病预防控制中心等相关成员组成。

1、中国医学科学院放射医学研究所：翟贺争、武权、张文艺。

- a) 讨论稿、征求意见稿的专家沟通与汇总；
- b) 翟贺争：执笔编制初稿、审查稿、征求意见稿，并完成报批稿；
- c) 武权和张文艺：汇总并修改征求意见稿。

2、北京市职业病防治研究院：曹磊。

- a) 文本结构进行指导；
- b) 验证报告的结构进行指导；
- c) 文本内容的修改。

3、内蒙古自治区疾病预防控制中心和湖北省疾病预防控制中心：许潇、孙刚涛

- d) 许潇：专业性指导，技术把关和方案讨论；
- e) 孙刚涛：参与讨论稿、征求意见稿的汇总。

4、中国计量科学研究院和中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所：邓君、丁艳秋和李德红：意见汇总，修改文本，综合负责与协调。

5、中华环保联合会固危废及土壤污染治理专业委员会、湖北省疾病预防控制中心、江西省职业病防治研究院、河南黄淮检测科技有限公

司等参与方法论证和实践。

6、其他单位负责提供试验设备和仪器，并收集相关材料。

二、制定标准的必要性和意义

天然放射性（Natural radioactivity）是指天然存在的放射性同位素，其能够从不稳定的原子核自发地放出射线，（如 α 射线、 β 射线、 γ 射线等）而衰变形成稳定元素的属性。天然放射性广泛存在于土壤、水体、岩圈、生物圈和空气中，是地球上辐射环境的主要组成。近年来，人为活动引起的天然照射增加显著，例如：采煤和燃煤电厂、金属开采和熔炼、稀土提炼和加工、磷酸盐用于农业肥料、锆及锆加工业、建筑材料生产及加工、石油和天然气开采、水处理、各类尾矿渣及复利用、钍萃取和应用等，典型天然放射性核素如 ^{226}Ra 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 引起职业人群和公众关键人群组的照射水平处于快速增加的时期。

热释光方法广泛应用于石油勘探等领域，核工业系统也得到广泛的推广，从砂岩型铀矿到花岗岩型，再到火成岩型都得到了不同程度的应用，并取得了良好的找矿效果。采用热释光发光体作为剂量元件，把接收到的射线的能量储存积累起来，由热释光加热发光装置加热后释光，通过光电倍增管转换成电信号并输出显示。但对于有色金属矿区伴生放射性水平（受放射性核素种类、量及环境因素等影响）调查，特别是应用该方法进行大范围环境监测，还未建立具有针对性的方法规范。本标准拟尝试在统一环境热释光监测技术的规范过程和步骤，提升调查测量的准确度和可靠性水平。

目前急需建立适合我国国情和现状的热释光方法来调查有色金

属矿区伴生放射性水平的方法。提升该项测量的整体技术水平，以保障稳定、准确的测量过程和结果，进而为生态环境监管等方面提供规范的指导方法，促进相关行业的健康发展，具有重要意义：以期建立我国伴生放射性矿物资源开发利用企业和伴生放射性污染源数据库。按照辐射防护的最优化原则，考虑技术、经济、社会等各方面因素，提出各类伴生矿产品以及各类废物的放射性限制指标体系。该体系包括各类产品和废物中放射性核素含量的清洁解控浓度水平、管理限值等。加强矿山的辐射监测的同时，处置后的尾矿、废石场和废水要加强辐射监测工作，发现问题及时补救，防治放射性污染的扩大。对伴生放射性矿开发利用企业，要实行分类指导。集中处理规模较小的放射性伴生矿企业所产生的放射性水平较高的废渣；建立我国放射性伴生矿治理研究的实验场所，加大对伴生放射性矿综合开发的科研力度，开发出在提取其它矿物的同时提取天然放射性核素的工艺，这是解决伴生矿放射性污染的最佳方法，同时也是对我国铀矿资源的一种保护和利用。

三、主要工作过程

1、工作原则与方法

本文件拟综合 GB/T 10264—2014《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》和国内外热释光监测方法和过程，参照国内外相关研究文献，进一步细化调查测量过程、方法、观察及数据处理等内容。包括应用于有色金属矿区伴生放射性水平的监测方法：监测周期、测量方法、测量方法、数据处理原则。

为确保该方法的实用性和可操作性，本标准拟汇总国内外用于剂量调查水平的热释光探测技术和剂量测读设备，力求标准方法的普及性，特别是给出具体的操作过程、技术方法和调查示例，同时给出评价和分析原则。本标准产出是制定出符合国内有色金属矿区伴生放射性水平调查的热释光监测方法，力求方法的科学性、普遍性和实用性，重点是其可操作性。同时，为国家生态环境保护提供必要的技术规范，也为国际上相关规范的制定提供基础数据和方法支撑。

- a) 调研工作开展，协作单位中有湖北、内蒙古、江西、河南，均有相关矿区调查的前期工作基础；
- b) 与协作单位所属地的矿区进行实地考察与监测；
- c) 现场便携式测读设备的测试和试验、计量部门的量值溯源测试等；
- d) 专题研究，参与国内生态环境相应的专家组讨论或咨询相关意见和建议；
- e) 定期开展技术交流会，同时邀请相关专家进行指导工作。

2、主要工作过程

1) 2021 年 5 月，本团体标准由中华环保联合会组织立项审查通过，下达任务项目编号 ACEF-WP-005-2021，并由中华环保联合会组织在全国团体标准信息平台发布立项进入本文件编制阶段。

2) 2021 年 8 月，起草人召集标准编制组主要起草人员和起草单位主要参与人员，进行了第一次会议集体讨论，形成标准草案稿目次。

3) 2022 年 2 月, 起草人召集标准编制组主要起草人员和起草单位主要参与人员, 进行了第二次会议集体讨论, 对标准草案稿内容进行细致调整。开展了标准草案稿内审会议, 补充了表格, 并根据内审意见形成了标准草案稿。

4) 2022 年 5 月, 起草人召集标准编制组主要起草人员和起草单位主要参与人员, 进行了第三次会议集体讨论, 开展了标准草案稿内审会议, 补充了计算方法内容和文字规范性描述内容, 并根据意见形成了新一版的标准草案稿。

5) 2022 年 7 月, 中华环保联合会组织本标准的草案稿审查会, 建议修改标准名称为《有色金属矿区伴生放射性水平测定 热释光法》, 并形成会议纪要。标准起草团队成员认真落实专家意见和建议, 于 8 月份最终形成征求意见稿。

四、制定标准的原则和确定标准主要内容

1、制定原则和依据

标准文本编制按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分: 标准的结构和编写》和《GB/T 1.2-2020 标准化工作导则 第 2 部分: 以 ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》给出的规则起草。另外, 有国际标准:

[1]ISO 4037.1-2019 Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 1: Radiation characteristics and production methods.

[2]ISO 4037.2-2019Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV

[3]ISO 4037.3-2019 Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy —Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence.

2、标准的主要内容

2-1、范 围；

2-2、规范性引用文件；

2-3、术语和定义；

2-4、总体要求；

2-5、仪器要求；

2-6、测量技术要求；

2-7、测量记录与保存；

附录 A（资料性）环境热释光剂量计示意图；

附录 B（规范性）环境热释光测量系统主要性能要求； 1

附录 C（规范性）记录和保存的内容；

参考文献等。

3、文件中关于计量性能要求和检验方法主要参考了 IEC 62387-2020 《Radiation protection instrumentation—Dosimetry systems with integrating passive detectors for individual, workplace and environmental monitoring of photon and beta radiation》、GB/T 10264-2014 《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》、JJG 593-2016 《个人与环境监测用 X、 γ 辐射热释光剂量测量（装置）系统》等标准和检定规程的检验方法和计量性能要求，并结合我国实际情况（如辐射场剂量率、累积时间）等修订优化。根据专家意见，本团体标准在国内首次提出了有色金属矿区伴生放射性水平测量方法 热释光法。

4、国外：国外有热释光方法监测 X、 γ 剂量和相关的基础和累计经验。但尚未有关于有色金属矿区伴生放射性水平调查的热释光监测方法，特别是缺少主动测样和被动扩散累计测矿区剂量水平的文献。

国内：现行 GB/T 10264—2014 《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》和 GBZ 128—2019 《职业性外照射个人监测规范》 分别介绍了人员和环境中热释光监测技术，结合我国有色金属矿的治理工作，摸索建立适合方法。同时，提升该项测量的整体技术水平，以保障稳定、准确的测量过程和结果，进而为生态环境监管等方面提供规范的指导方法，促进相关行业的健康发展，具有重要意义。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1、补加了“原理”一章内容：环境热释光剂量计累计放置在有色金属矿区一定周期后，其接受矿区中伴生的天然放射性核素的电离辐射，能够通过热释光元件中的晶格陷阱捕获的方式储存辐射能量。

当探测元件从剂量计取出后，置于一定的高温环境，就会以光的形式释放储存的能量，这种现象被称为热释光。测量并记录热释光信号，其强度可与辐射水平成线性关系。由于热释光元件中的物质的种类和数量不同，产生的热释光信号也不同。为了消除元件种类的差别，需对其在标准辐照场下进行刻度，便于量值传递与溯源。同时，测量结果与跟随剂量计结果进行比较，来得到矿区伴生放射性水平。

2、环境热释光剂量计，其应具备：

a) 应可以在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $10\%\sim 90\%$ 范围内使用，且不冷凝。

b) 外观应完好且无缺损、无污物，并带有编号等必要的识别信息。

c) 外壳应不透光、防潮，其内部应具有夹持装置；在使用中不易被放射性核素沾污，且易清除沾污。

d) 各部件包括内部的热释光探测元件装配应结构紧密，不应随意活动或脱落。

e) 剂量计宜显示下列但不限于下列信息：测量范围；能量范围；参考点；参考取向（或在用户手册中给出）；可读取的识别码。

3、环境热释光测量系统基本要求：

a) 应符合 JJG 593 提出的计量检定要求，便于量值溯源和传递；

b) 应标明或明确最低探测水平；

c) 主要性能要求满足表 2 的要求。

表 1 对实验室环境条件的要求

环境参量	要 求
环境温度	10℃~40℃，测量过程中变化不超过 2℃
相对湿度	相对湿度 ≤ 75 %
大气压	86.0 kPa~110.0 kPa
γ辐射本底	周围剂量当量率低于 0.25 μSv/h

表 2 环境热释光测量系统性能要求

主要计量性能	量值或影响量的量值范围	技术要求
非线性相对响应	$0.1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$	-13 %~+18 %
变异系数	$H < 0.1 \text{ mSv}$ $0.1 \text{ mSv} \leq H < 1.1 \text{ mSv}$ $H \geq 1.1 \text{ mSv}$	15 % $(16 - H/0.1 \text{ mSv}) \%$ 5 %
相对误差	0.1 mSv~1 Sv, S-Cs	-10 %~+10 %
能量和入射角的相对响应	80 keV~1.25 MeV 和 $0^\circ \sim \pm 60^\circ$	0.71~1.67
量值检验的相对误差	—	-10 %~+10 %

同时，结合方法的实际情况，在湖北、河南、内蒙和江西开展了方法的验证并出具了验证报告。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

征求意见稿阶段，尚未出现重大意见分歧。

七、其他应说明的事项

无。