广东省地方标准

《伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查技术导则》编制说明

（□征求意见稿　☑送审稿　□报批稿）

标准编制组

2024 年 2 月

目　录

1 项目概况 3

2 标准制订的必要性 5

3 国内外相关标准或技术文件情况 8

4 标准制订的基本原则和依据 17

5 标准主要技术内容说明 19

6 与相关法律法规、技术规范的关系 33

7 重大分歧意见的处理 33

8 贯彻要求和措施建议 33

9 其他应予说明的事项 33

1 项目概况

1.1 任务来源

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国放射性污染防治法》，进一步强化广东省内伴生放射性矿开发利用场地的辐射环境管理与放射性污染防治工作，明确伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染状况调查的原则、内容、程序和技术要求，完善辐射环境管理标准体系，制定广东省地方标准《伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查技术导则》。

2022 年 1 月经广东省市场监督管理局立项批准（粤市监标准〔2022〕26 号），由广东省环境辐射监测与核应急响应技术支持中心牵头、承担广东省地方标准“伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查技术导则”制定工作。

1.2 工作过程

2022 年 3 月，广东省环境辐射监测与核应急响应技术支持中心牵头成立了标准编制工作组，与项目参与单位制定了详细的技术规范编制计划与任务分工，完成了立项任务书、立项申请表等资料填报，形成了标准草案。项目负责人为陈志东教授级高工，参与人员有林淑倩、陈静、孙勋杰等；广东省广州生态环境监测中心站和广东省核工业地质局辐射环境监测中心为标准编制协作单位，参与人员有胡丹心、周志军、马卫江、李冠超、胡颖。

2022 年 5 月，标准编制工作组初步拟定了标准编制的工作目标、工作内容，制定了标准编制计划书与任务分工表，并召开了标准编制项目启动会，列出并讨论了目前在实际工作中遇到的技术难点问题。同时查询和收集了国内外相关标准和文献资料，分析了现有标准规范的实施情况和实际应用中存在的不足，确定了标准制修订的原则和技术路线。

2022 年 6 月，项目编制组通过文献调研、两次专家咨询、集中编写，全面开展标准编制工作，形成《建设用地场地土壤放射性污染调查技术导则》草案、编制说明。

2022 年 7 月，组织召开标准草案审查会，邀请生态环境部辐射环境监测技术中心、

中核第四设计研究院设计工程有限公司、广西壮族自治区辐射环境监督管理站、四川省辐射环境管理监测中心站、广州市环境技术中心的五位专家参加评审，论证委员会通过了该标准的开题论证。随后召开技术审查会，专家听取了编制组的汇报，充分肯定了编制组的工作成果，一致同意通过技术审查，同时提出以下建议和意见：1）标准名称变更为《伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查技术导则》；2）在文本中完善“术语和定义”，修改附录章节；3）补充完善监测区域分类内容；4）修改完善质量保证相关内容；5）参照《环境监测分析方法标准制定技术导则》（HJ 168-2020）等要求，对标准文本和编制说明进行编辑性修改。

2023 年 4 月至 5 月，标准编制工作组召开了两次标准编制阶段会议，针对专家所提的意见进行讨论，确认相关意见的采纳情况，并对标准文本及编制说明进行了修改与完善，形成了《伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查技术导则》（第一次征求意见稿）。

2023 年 6 月，标准编制组以广东省辐射环境监测与核应急响应技术支持中心名义通过定向发函的方式向在广东省内从事土壤或放射性监测的监测机构征求意见，同步在广东省环境辐射监测与核应急响应技术支持中心官方网站上公开征求社会意见。

2023 年 7 月，再次对《伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查技术导则》（第一次征求意见稿）召开专家咨询会，再次对标准和编制说明进行了修改与完善。

2023 年 10 月，以省生态环境厅核安全处名义通过定向发函的方式向广东省生态环境相关行业主管部门、各地市生态环境局、监测行业协会等进行第二次征求意见。

公开征求意见情况如下：

（1）发送“征求意见稿”单位数：46 个。

（2）收到“征求意见稿”后，回函的单位数：31 个，没有回函的单位数：15 个。

（3）回函的单位中，有意见和建议的单位数：5 个，无意见的单位数：26 个。

（4）回函的建议或意见数：39 条；其中采纳数：5 条，部分采纳数：0 条，不采纳数：6 条。

针对意见反馈，标准编制工作组对反馈意见进行了逐一研讨，对于不采纳和部分采纳的意见均已沟通取得一致。在此基础上完善本规范文本，并据此形成送审稿及编

制说明，报送省生态环境厅。

2 标准制订的必要性

2.1 满足伴生放射性矿开发利用场地转其他用途时监测健康风险的需要

伴生放射性矿是指原矿、中间产品、尾矿、尾渣或者其他残留物中铀（钍）系单个核素活度浓度超过 1 贝可/克的非铀（钍）矿。国内外对稀土、锆英砂、煤矿等行业辐射水平的调查均发现，在开采、处理、加工伴生放射性矿物料的过程中会导致辐射水平的升高，对伴生放射性矿行业辐射水平的调查发现部分辐射水平很高。《中华人民共和国放射性污染防治法》明确将伴生放射性矿开发利用纳入监管范围。伴生放射性矿开发利用过程中，会导致矿物质中的天然放射性核素的迁移和扩散，可能导致环境放射性污染，从而增加了人类日常生活工作中的照射剂量。在土地征收、收回、收购以及转让、改变用途等环节时，应及时对其放射性污染状况进行调查，避免或减少人员受到不必要的辐射伤害。

近年来，由于经济效益差，特别是一些小型伴生放射性矿利用企业，已处于停产、半停产状态，或由个体承包。由于这些企业环境保护意识差，环保投入少，中、低放射性固体废物缺乏妥善处置，造成放射性较高的原料、废水、废渣污染环境，厂址周围环境γ辐射吸收剂量率比该地本底水平高出数倍，环境污染事件时有发生，给区域辐射环境带来了负面影响。尽管目前还没有出现由辐射污染引起的地方性疾病或职业病，但放射性污染的影响是一种综合、长期的过程，特别是对于放射性污染场地转为农田地或建设用地时产生的放射性转移不容忽视。

2.2 落实国家及省生态环境保护要求

我国及广东省相关法律法规明确规定有土壤污染风险的建设用地地块，土地使用权人应按照规定进行土壤污染状况调查。用途变更为住宅、公共管理与公共服务用地的，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查。我国及广东省有关土地转为建设用地（即无限制开放使用）需开展土壤放射性污染状况调查的法律法规如下**表 1** 所示。

表 1 相关法律法规

序号	名称	主要条款内容
1	《中华人民共和国环境保护法》	第三十二条 国家加强对大气、水、土壤等的保护，建立和完善相应的调查、监测、评估和修复制度。
2	《中华人民共和国土壤污染防治法》	第五十九条 对土壤污染状况普查、详查和监测、现场检查表明有土壤污染风险的建设用地地块，地方人民政府生态环境主管部门应当要求土地使用权人按照规定进行土壤污染状况调查。 用途变更为住宅、公共管理与公共服务用地的，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查。
3	《国家环境保护标准“十三五”发展规划》	深入开展土壤环境质量调查和污染治理与修复，改善区域土壤环境质量的要求，配合土壤环境质量标准的修订，制定土壤环境质量评价技术规范，研究制定土壤环境调查、风险评估、风险管控，以及污染场地治理修复技术规范。
4	《广东省实施〈中华人民共和国土壤污染防治法〉法》	省人民政府及其相关部门依法制定、完善土壤环境监测、土壤污染状况调查、土壤污染风险评估、风险管控、修复等的相关标准和技术规范。 第十九条 各类涉及土地利用的规划和可能造成土壤污染的建设项目，应当依法进行环境影响评价。 对住宅、幼儿园、学校、医院、疗养院、养老院等建设项目进行环境影响评价时，应当调查、分析周边污染地块、污染源对项目的环境影响。
5	《广东省土壤污染防治行动计划实施方案》	第八条要求建立健全标准体系，依据我省土壤污染特征及监管实际情况，以农用地和建设用地为重点，制定土壤污染防治相关技术规范。
6	《土壤污染防治行动计划》	强调了系统构建标准体系、建立健全法规标准体系的必要性和重要性，针对改善环境质量提出了明确的国家目标和具体行动措施； （五）系统构建标准体系。……完成土壤环境监测、调查评估、风险管控、治理与修复等技术规范以及环境影响评价技术导则制修订工作； （十二）明确管理要求。建立调查评估制度。

7	中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见（2021 年 11 月 2 日）	（二十三）有效管控建设用地土壤污染风险。严格建设用地土壤污染风险管控和修复名录内地块的准入管理。未依法完成土壤污染状况调查和风险评估的地块，不得开工建设与风险管控和修复无关的项目。从严管控农药、化工等行业的重度污染地块规划用途，确需开发利用的，鼓励用于拓展生态空间。完成重点地区危险化学品生产企业搬迁改造，推进腾退地块风险管控和修复。 （三十二）完善生态环境标准体系，鼓励有条件的地方制定出台更加严格的标准。
8	关于发布《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》的公告（2020 年 11 月 24 日）	依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》环评类别为环境影响报告书（表）且已纳入《名录》，并且原矿、中间产品、尾矿、尾渣或者其他残留物中铀（钍）系单个核素活度浓度超过 1 贝可/克（Bq/g）的矿产资源开发利用建设项目，建设单位应当组织编制辐射环境影响评价专篇，并纳入环境影响报告书（表）同步报批；建设单位在竣工环境保护验收时，应当组织对配套建设的辐射环境保护设施进行验收，组织编制辐射环境保护验收监测报告并纳入验收监测报告。

2.3 现行标准体系不适用于放射性污染场地调查

现有土壤污染防治标准明确规定不适用于放射性污染的场地调查。2019 年生态环境部发布了土壤污染防治系列标准，包括《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复 监测技术导则》（HJ25.2-2019）和《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）等 6 个标准，以上标准中明确规定不适用于含有放射性污染的场地调查。

2020 年 11 月 25 日，生态环境部《关于发布〈矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录〉的公告》（公告 2020 年 第 54 号）规定对于依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》环评类别为环境影响报告书（表）且已纳入《名录》，并且原矿、中间产品、尾矿、尾渣或者其他残留物中铀（钍）系单个核素活度浓度超过 1 贝可/克（Bq/g）的矿产资源开发利用建设项目，建设单位应当组织编制辐射环境影响评价专篇，并纳

入环境影响报告书（表）同步报批；建设单位在竣工环境保护验收时，应当组织对配套建设的辐射环境保护设施进行验收，组织编制辐射环境保护验收监测报告。该公告明确了伴生放射性矿开放利用企业需要履行的环保手续，但对于部分放射性污染场地需要做场地调查却没有明确的规定及指导意义。

现行标准缺乏对于伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查针对性、可操作性的指导，这既不利于企业的自身辐射安全，也不利于辐射环境监管，是我国辐射环境管理体系中亟须完善的部分。

3 国内外相关标准或技术文件情况

本标准伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染状况调查的对象针对伴生放射性矿开发利用引起的天然放射性污染场地，其他受天然放射性污染地块的调查可参照执行。

关于人为活动引起的天然辐射照射的防护问题，全世界至今仍无统一的管理要求，加拿大、美国等已经开始管理，并建立相应的管理体系，在辐射防护标准、污染清洁解控标准方面也不一致，下面就国内外现况做简要介绍。

3.1 国外相关标准和研究情况

3.1.1 伴生放射性矿与 TENORM 的关系

在对天然辐射问题的研究中，出现了两个缩写词：NORM 和 TENORM。NORM 即为天然放射性物质英文字的缩写，TENORM 为：Techonologically Enhanced Naturally Ou-curring Radioactive Material.TENORM 与 NORM 相比强调了“人为活动”的影响。

伴生放射性矿概念与 TENORM 有相似之处，但也不完全相同。伴生放射性矿与 TENORM 两者均涉及天然放射性问题。天然放射性问题可分为：一类是完全天然存在的，未被人为活动所扰动或明显变化；另一类是由于人为活动导致天然放射性核素得到浓集或使其分布发生变化，从而使其对人类产生的照射增加。对于后一种情况，正是人们对伴生放射性矿和 TENORM 所关注的，在这一点上它们是相同的。

伴生放射性矿与 TENORM 的差别是它们涉及的范围。TENORM 涉及的范围更广

泛一些，可以说凡是使天然放射性物质得到浓集，或者使其分布发生变化的，都是TENORM 研究的对象。而伴生放射性矿仅指伴生的天然放射性水平较高，超出国家规定水平需要纳入管理的那部分 TENORM。

3.1.2 NORM/TENORM 有关限值

3.1.2.1 美国

在美国，除了环保局负责制定辐射防护标准之外，美国辐射项目指导者联合会（CRCPD）负责制定并出版国家在辐射控制方面建议性的管理规定(Sug-gested state Regulations for control of Radiation(SSRCR))。SSRCR 提出了一系列的相关标准，其中1999 年颁布的 Regulationand Licensing of Technically Enhanced NaturallyOccurring Radioactive Materials 是专门针对由于人为活动引起天然辐射照射的(TENORM)。这份文件建议的防护标准如下：接收、拥有、持有、使用、处理、转移、分配或处置 TENORM 的人员，如果 ^{226}Ra 和 ^{228} Ra 的浓度在扣除天然本底后小于 185Bq/kg，则可免除本标准的管理要求。包括 TENORM 在内的所有许可的各类辐射源项，对公众造成的总的年有效剂量不能超过 1mSv/a。

美国环保局（EPA）继承了联邦辐射委员会的任务，并结合其他法律的要求制定了许多辐射防护标准。针对人为活动引起天然辐射照射而言。美国环保局在 20 世纪 90 年代初根据全面环境响应、补偿和责任法（CERCLA）制定了关于放射性污染土壤的清理工作的目标，对于表面土壤，扣除本地后，结合 ^{226}Ra+^{228}Ra、总 U 和 Th 小于 0.19 Bq/g。

美国环保署（EPA）与美国核管理委员会（NRC）本着从保护公共卫生、安全和环境的角度出发于 2002 年达成了一份谅解备忘录（Cleanup standards for remediation of radionuclidecontaminated soils presented in the memorandum reached by EPA and NRC，简称备忘录），其中提出居民用地的总铀、^{232}Th 和 ^{226}Ra 修复标准分别为 47mg/kg、0.18Bq/g 和 0.18Bq/g。此外，美国“铀矿选冶尾矿辐射控制法案(UMTRCA)”针对 ^{226}Ra、^{232}Th 核素的比活度限制标准为：地表 15cm 以内不得高于背景值 0.18Bq/g。上述监管标准限值汇总见下表 2。

表 2 美国监管标准

来源	NORM 或 TENORM 土壤清污有关限值
辐射项目指导者联合会（CRCPD）分委员会	^{226}Ra 和 ^{228}Ra 的浓度在扣除天然本底后小于 185Bq/kg
全面环境响应、补偿和责任法(CERCLA)	对于表面土壤，扣除本地后，结合 ^{226}Ra+^{228}Ra、总 U 和 Th 小于 0.19 Bq/g
美国环保署（EPA）与美国核管理委员会（NRC）谅解备忘录（居民用地）	总铀、^{232}Th 和 ^{226}Ra 修复标准分别为 47mg/kg、0.18Bq/g 和 0.18Bq/g
铀矿选冶尾矿辐射控制法案(UMTRCA)	100 m^2 内 ^{226}Ra、^{228}Ra、^{230}Th、^{232}Th 的平均浓度限值为：扣除背景值后地表 15 cm 以内为 1.9Bq/g，15cm 以下土壤为 0.56 Bq/g。

3.1.2.2 加拿大

加拿大联邦省级地方辐射防护委员会(Federal Provincial Territorial Radiation Protec-tion Committee）负责对天然放射性的管理，在该机构内成立了天然放射性物质工作组(Canadian NORM working Group)，由这个工作组制定对人为活动引起辐射照射问题的管理导则。按照公众成员和工作场所工作人员受到的年最大剂量，将工作场所管理分为不加以限制、NORM 管理、剂量管理和辐射防护管理四个类别，其管理阈值见表 3。

表 3 加拿大 NORM 工作场所分类

管理类别	管理阈值
不加以限制	工作人员或公众附加剂量≤0.3mSv/a
NORM 管理	0.3mSv/a＜工作人员或公众附加剂量≤1 mSv/a
剂量管理	1 mSv/a＜工作人员或公众附加剂量≤5 mSv/a
辐射防护管理	工作人员或公众附加剂量>5 mSv/a

针对职业工作人员工作场所导出限值是由年辐射剂量限值推导得出，分为γ剂量率导出限值和氡浓度导出限值。γ剂量率导出限值以 0.3mSv/a 和 1 mSv/a 的辐射剂量为基础，调查限值为高于场址本底 0.15μSv/h，剂量管理限值为高于场址本底 0.5μSv/h。

为了辅助 NORM 管理，加拿大以 ICRP77 报告建议的最大年辐射剂量 0.3mSv 为基准，确定了排放导出限值。对含天然放射性物质材料的管理，区分为散布型物质和分立型物质两种情况。对于散布型的含天然放射性物质，导出的无条件释放限值见下表

4。

表 4 散布型 NORM 无限制排放导出限值

放射性核素	无限制排放导出限值		
	液体（Bq/L）	固体（Bq/kg）	气体（Bq/m^3）
^{238}U 系列（所有子体）	1	300	0.003
^{238}U（^{238}U、^{234}Th、^{234m}Pa、^{234}U）	10	10000	0.05
^{230}Th	5	10000	0.01
^{226}Ra（与子体平衡）	5	300	0.05
^{210}Pb（与 ^{210}Bi 和 ^{210}Po 平衡）	1	300	0.05
^{232}Th（所有子体）	1	300	0.002
^{232}Th	1	1000	0.006
^{228}Ra（与 ^{228}Ac 平衡）	5	300	0.005
^{228}Th（与所有子体平衡）	1	300	0.003
^{40}K	/	17000	/

3.1.2.3 欧盟

欧共体自 1997 年以后，颁布了一系列涉及由于人为活动引起辐射照射的防护指南。其中 RP95 主题为：Reference activity concentration Leve for the identification of workplaces。识别工作场所的参考水平分为三个等级：

1 mSv/a，不必进行管理和进行较低程度管理之间的界线

6 mSv/a，是较低水平管理和较高水平管理之间的界线

20 mSv/a，是高水平管理和不允许操作之间的界线。

RP122 和 RP96 是针对建筑材料的，RP122PartII是专门针对天然辐射源的清洁解控和豁免。在 RP122PartII对固体 NORM 材料，剂量控制标准定为 0.3mSv/a。现在，丹麦、意大利和英国已经采用了 0.3mSv/a 这一控制限值。芬兰现在尚未确定具体的控制数值，但规定在 0.1~0.5mSv/a 之间。德国规定的限值较为严格，采取 0.01mSv/a。

3.1.3 土壤放射性污染调查

3.1.3.1 国际原子能机构

国际原子能机构（International Atomic Energy Agency，简称 IAEA）没有专门针对伴生放射性矿或天然放射性污染调查的技术导则，但针对放射性污染场地发布了多个技术报告，涉及放射性污染场地调查程序、污染表征、场地的修复技术和修复后监测等多方面内容。

a)《以补救为目的放射性污染场地表征》（IAEA-TECDOC-1017）

《以补救为目的放射性污染场地表征》（IAEA-TECDOC-1017）提供了关于描述放射性污染场地的特征和修复目的的一般信息，它提出了用于放射性污染的识别和表征的技术方法，用于确定污染的程度及其化学/物理性质、核素活度和分布等，为放射性污染场地的修复提供支持。提出了识别场地污染总体程序，包括三个阶段。第一阶段为初步调查，主要是资料收集和现场踏勘，确定现场调查目标和为下一阶段提供信息。第二阶段为进一步细化表征场地污染，选择最优位置和间距的采样点。第三阶段为采集地下水、土壤、气体或沉降物样品，使用便携式γ能谱仪进行现场核素识别等。第四阶段为通过钻孔等进行土壤取样，完成污染模型建立。

b)《环境污染物土壤采样》（IAEA-TECDOC-1415）

《环境污染物土壤采样》（IAEA-TECDOC-1415）提出针对不同种类的环境问题进行代表性土壤取样的方法。采样是环境污染调查中最重要的组成部分，特别是涉及污染地区的土壤调查研究，该技术导则为设计和实施土壤污染调查及解释测量结果提供框架和指导。提出了土壤采样的一般步骤，分为采样前和采样中两个阶段。在采样前的准备步骤中，主要是资料的收集和调查计划的制定，指出在制定调查计划时，所有可能与被采样地点直接或间接相关的信息以及样本中要测量的参数均应通过通信或现场勘探来收集。采样阶段包括样品收集、样品数量和体积确定、样品筛选、样品制备等多个步骤。指出在确定合适的样品体积时，样品的深度和面积都是需要考虑的因素。根据被调查的分析物，样品在表面（0-3 英寸），延伸表面（0-6 英寸、0-15cm）和 1 英尺深度间隔收集。对于表层样本，每个样本需收集面积超过一平方英尺的土壤。

c)《辐射监测土壤和植被采样指南》技术报告 486 号

《辐射监测土壤和植被采样指南》（TECHNICAL REPORTS SERIES No.486）提供了辐射监测土壤和植被取样指南，详细评估了核设施释放的放射性核素的环境浓度，

并检查了评估紧急情况和现有暴露情况所需的信息。提出采样设计应包括：分析场地的历史记录，特别是其使用记录，以确定污染物和来源；对优先污染物迁移路径和积累区域的分析；以及现场调查以划定取样区域。指出在采样开始前需完成初步调查，主要包括资料收集和现场勘探。在对放射性污染的地点进行采样时，可以使用外部γ剂量率测量或移动γ光谱法进行初步调查帮助确定风险区域。指南还指出对于土壤的取样深度，不同的放射性核素在沉降物中具有特定的物理和化学性质，根据采样目标，需要对土壤中放射性核素的垂直分布进行初步研究。本标准参考了其中的场地污染调查总体程序，以及使用γ剂量率确定疑似污染区域。

d)《环境恢复中使用的场地表征方法》（IAEA-TECDOC-1148）

《环境恢复中使用的场地表征方法》（IAEA-TECDOC-1148）指出确定受放射性污染场址的特征是环境恢复所有方面中一项不可或缺的活动。其主要程序包括：1.评估场地使用、过去做法或事故的历史记录；2.可能污染物的现场筛选调查；3.使用统计和/或确定性模型规划详细的场地特征；4.详细的场地描述。提出了取样和测量技术，特别是便携式和手持式仪器以及空气、水和（地表和地下）土壤采样。本标准参考了其中的场地污染调查总体程序，资料调查内容，采样技术等。

e)《修复场地的达标监测》(IAEA-Safety Reports Series No.72)

《修复场地的达标监测》(IAEA-Safety Reports Series No.72）重点介绍修复场地后的达标监测，以及完成这项任务的规划和管理方案。指出修复和释放潜在污染场地的关键阶段流程通常包括两个阶段，第一阶段是意识到可能的污染，基于相关调查资料对场地进行初步评估，并进行保守剂量和风险评估。该阶段完成后，应决定是否需要采取补救措施，以使该场地满足所定义的标准。如果不符合标准，第二阶段通常是一个更详细和完整的表征，以便获得必要的数据，建模确定可能的暴露情况，并进行详细的评估。

3.1.3.2 国际标准化组织 ISO

国际标准化组织(International Organization for Standardization，简称 ISO）制定环境辐射的测量土壤系列标准，包括：《环境辐射的测量土壤第 1 部分：一般指南和定义》（ISO 18589-1：2019）、《环境辐射的测量土壤第 2 部分：样品的取样策略、取样和

预处理的选择指南》（ISO 18589-2：2015）、《环境辐射的测量土壤第 3 部分：利用伽马能谱法测量放射性核素的方法》（ISO 18589-3：2015）。其中规定了土壤放射性采样方案、采样点位布设、采样垂直深度、样品采样方法等。

本标准参考上述文件污染调查程序和污染表征方法。一是污染调查程序，分为两个阶段，第一阶段为初步调查，主要是资料收集和现场踏勘。第二阶段为表征场地污染，表征污染场地包括利用γ剂量率或γ能谱仪进行现场污染识别、现场监测和采样；土壤点位布放和采样方法等。

3.2 国内标准现状及对比

近年来，我国出台了相关的伴生放射性矿产资源开发利用标准规范，大部分是生态环境部发布，主要是针对伴生放射性矿产资源开发利用涉及的辐射防护和环境保护，此外其他部委也出台了一些相关的产品和废渣再利用方面的标准，但几乎没有专门针对共伴生放射性矿场地调查方面的标准规范。

3.2.1 NORM/TENORM 相关限值

a)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

1988 年国家颁布了辐射防护规定 GB8703-88，在制定该标准时考虑了伴生放射性矿的问题。但当时考虑的侧重点是有些伴生放射性矿含的天然放射性水平较高，对其应进行辐射防护管理，管理要求应参照对核设施和核技术应用项目一样进行。按照原 GB8703-88 的要求，对伴生放射性矿开发利用的职业工作人员应执行年剂量限值 20mSv/a。对于周围公众的剂量，含其他来源人工核素影响在内，不能超过 1mSv/a。即对单个伴生放射性矿项目，对公众的影响一年的剂量应 1mSv/a 的若干分之一。具体数值并未规定。2002 年新的国家标准 GB18871-2002 颁布了，取代了 GB8703-88，对于伴生放射性矿问题仍未有新的规定。即从总体上考虑无论是对于核设施、核技术应用，还是伴生放射性矿都按统一的标准来处理。

b)《铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定》（GB23727-2020）

规定了铀矿冶设施的选址、设计、建设、运行、关停、退役与关闭、长期监护等过程应遵守的辐射防护和辐射环境保护原则与基本要求。适用于中华人民共和国境内

的铀矿冶设施，钍矿或其他伴生放射性矿可参照执行。其中规定：铀矿冶企业闲置工业场地在未完成治理前禁止开发利用；铀尾矿（渣）库、废石场、露天采矿废墟等设施，经退役、关闭与环境整治后，表面氡析出率应不大于 0.74 Bq/m^2·s；土地去污整治后，任何 100 m^2 范围内土层中 ^{226}Ra 的平均活度浓度扣除当地本底值后不超过 0.18 Bq/g，可无限制开放或使用。本标准参考其中 ^{226}Ra 评价限值。

c)《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》 （HJ 53-2000）

给出了土壤中剩余放射性的可接受暂行水平。适用于核设施（包括铀、钍矿冶设施和放射性同位素生产设施）退役场址的开放利用。对于其他从事导致天然放射性水平增高活动的场址的开放利用，可参照执行。标准要求所选剂量约束值能保证在场址开放后，由土壤中剩余放射性核素对公众中关键居民组成员所造成的附加年有效剂量不超过上述剂量限值的一小部分，一般为公众年剂量限值的 1/10 到 1/4，即 0.1-0.25 mSv。标准也示例列举了基于年剂量约束值为 0.1 mSv 所导出的土壤中放射性核素的剩余活度浓度的可接受水平的表格，可接受水平数值为不小于 100 m^2 范围内的浓度均值，且其中任何 1 m^2 范围内的浓度不得超过均值的 10 倍。多种污染核素时，各个核素的污染浓度与浓度限值相除值加和小于等于 1 则地块可无限制开放使用。

3.2.2 国内外 NORM/TENORM 土壤清污限值比较

通过上述限值表可以看出，国内外关于放射性污染土壤的清理限值基本一致，即对于表面土壤，扣除本底后，结合 ^{226}Ra、^{228}Ra 小于 0.18~0.19 Bq/g、Th 小于 0.18~0.19 Bq/g，总铀小于 47mg/kg 或 0.19 Bq/g。

3.2.3 土壤放射性污染调查

国内目前并无专门针对放射性污染场地调查标准或技术规范。以下标准为部分可参考，涉及土壤点位设置、土壤样品采集、质量控制的规定。

a)《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）

《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）规定了建设用地土壤污染状况调查的原则、内容、程序和技术要求。适用于建设用地土壤污染状况调查，为建设用地土壤污染风险管控和修复提供基础数据和信息，不适用于含有放射性污染的

地块调查。土壤污染状况调查可分为三个阶段，第一阶段土壤污染状况调查是以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段，原则上不进行现场采样分析。第二阶段土壤污染状况调查是以采样与分析为主的污染证实阶段。第三阶段土壤污染状况调查以补充采样和测试为主，获得满足风险评估及土壤和地下水修复所需的参数。本标准参考资料收集、现场踏勘和人员访谈的内容和方法。

b)《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166 -2004）

《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166 -2004）规定了土壤环境监测的布点采样、样品制备、分析方法、结果表征、资料统计和质量评价等技术内容。适用于全国区域土壤背景、农田土壤环境、建设项目土壤环境评价、土壤污染事故等类型的监测。其中规定：建设项目土壤环境评价监测采样时，每 100 公顷占地不少于 5 个且总数不少于 5 个采样点，其中小型建设项目设 1 个柱状样采样点，大中型建设项目不少于 3 个柱状样采样点，特大型建设项目或对土壤环境影响敏感的建设项目不少于 5 个柱状样采样点。本标准参考土壤设置柱状样要求。

c)《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）规定了辐射（仅限于电离辐射）环境质量监测、辐射污染源监测、样品采集、保存和管理、监测方法、数据处理、质量保证以及辐射环境质量报告编写等主要技术要求。适用于辐射环境监测单位进行辐射环境质量监测，辐射污染源监测以及辐射事故监测。其中辐射环境质量监测主要是积累环境辐射水平数据，总结环境辐射水平变化规律，判断环境中放射性污染及来源，报告辐射环境质量状况；辐射环境污染源监测主要是监测污染源排放情况，核验排污单位的排放量，检查排污单位的监测工作及效能，为公众提供安全信息。本标准参考其中土壤表层土壤采样方法以及质量保证、样品管理和保存要求。

d)《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB 23726-2009）

《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB 23726-2009）规定了铀矿冶辐射环境监测、流出物监测、样品采集与处理、测量分析方法、数据处理、质量保证内容与要求以及监测报告与报表的格式和内容。适用于铀矿山和铀选冶厂辐射环境监测。伴生放射性矿山或选冶厂亦可参照执行。

4 标准制订的基本原则和依据

4.1 基本原则

1.合法与支撑原则

本标准制订以国家及广东省生态环境保护相关法律法规、政策和规章为依据。符合《生态环境标准管理办法》《广东省标准化条例》等相关要求；与生态环境部发布的《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》（HJ 53-2000）等相关标准衔接，可支撑环境影响评价、核与辐射安全监管等生态环境管理制度的实施。

2.全面系统原则

结合广东省建设用地和伴生放射性矿开发利用场地土壤污染状况调查的全过程，补充土壤放射性污染状况调查的工作内容、程序和技术要求，对广东省开展伴生矿开发利用场地土壤放射性污染状况调查及辐射监督管理工作具有现实指导意义。

3.可操作性

本文件以生态环境部《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、建设用地土壤污染风险管控和修复系列环境保护标准等相关标准为基础，结合广东省生态环境行政主管部门的管理要求，提出了放射性污染场地调查的具体原则、内容、程序和技术要求，保证了本文件的适用性和可操作性。

4.2 依据

《中华人民共和国放射性污染防治法》

GB 8999 电离辐射监测质量保证通用要求

GB 11215 核辐射环境质量评价一般规定

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB 23727 铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ 53 拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）

HJ 61 辐射环境监测技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ 1157 环境γ辐射剂量率测量技术规范

《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点》（试行）

IAEA，IAEA-TECDOC-1118， Compliance monitoring for emediated sites

IAEA，IAEA-TECDOC-1415， Soil sampling for environmental contaminantsb

IAEA，IAEA-TECDOC-1017， Characterization of Radioactively Contaminated Sites for Remediation Purposes

4.3 技术路线

1．查阅期刊文献、国内和国际标准化组织的标准文本。梳理国内外土壤放射性污染状况调查技术导则存在问题、需求分析或适用性分析。结合广东省放射性污染场地的特点及存在的问题，开展审查要点的需求分析，梳理重点难点。编制标准草案和开题报告，召开专家论证会；

2．开展我国和广东省土壤放射性污染现状调查和调研，完善标准草案。主要调研周围环境辐射水平，包括土壤、地下水、空气、地表水，了解是否开展过土壤放射性状况调查，包括调查方案、分析项目、采样方案、辐射防护措施等；

3．组织专家咨询会评审，进一步完善标准的框架和内容，修改完善形成征求意见稿和编制说明；

4．向全国和广东省有关部门、企事业单位、科研院所、高等院校、相关企业等公开征求意见；

5．汇总回复意见，针对意见对标准文本和编制说明进行完善，提交标准文本和编制说明的送审稿；

6．召开标准审议会，进行技术和格式审查；

7．按照审议会专家意见修改，形成标准和编制说明报批稿，经行政审查合格后正式发布。

5 标准主要技术内容说明

标准分为 7 个部分，本标准主要结构框架如下表 5：

表 5　标准结构框架表

章节	标题	主要内容
1	范围	介绍了标准的主要内容，并规定了标准的适用范围。
2	规范性引用文件	列出了标准中所涉及的引用文件。
3	术语和定义	对“土壤放射性污染状况调查”等 5 个术语进行了解释
4	调查目的和工作程序	规定了伴生放射性矿开发利用场地土壤调查目的和程序
5	第一阶段调查具体工作	规定了第一阶段调查工作具体内容和技术要求。
6	第二阶段调查具体工作	规定了第二阶段调查工作具体内容和技术要求。
7	报告编制	规定了报告内容、数据处理和结论等要求。

5.1 适用范围

文本内容

本文件规定了伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查的目的、工作程序、工作内容、技术要求和结果评价。

本文件适用于伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染状况调查，以及退役场址的终态验收监测，其他受天然放射性污染地块的调查可参照执行。

编制说明：

本条明确了标准适用范围，由于伴生放射性矿物料属于天然放射性，因此其他受天然放射性污染地块的调查可参照执行。

5.2 规范性引用文件

文本内容

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 8999电离辐射监测质量保证通用要求

GB 23727 铀矿冶辐射防护和辐射环境保护规定

HJ 53 拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）

HJ 61 辐射环境监测技术规范

HJ 1157 环境γ辐射剂量率测量技术规范

编制说明：

本部分为本标准引用的辐射环境保护相关标准和文件，其有效版本适用于本标准。

5.3 术语和定义

本章给出了适用于本标准的相关术语及定义。

文本内容

3.1 **土壤放射性污染状况调查** investigation on radioactive contamination of soil

采用系统的调查方法，查明地块是否存在放射性污染，确定污染程度和范围的过程。

编制说明：

“土壤放射性污染状况调查”取自《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）中的术语。

文本内容

3.2 **伴生放射性物料** other radioactive material

非铀（钍）矿产资源开发利用活动中使用或产生的铀（钍）系单个核素活度浓度超过 1Bq/g 的原矿、中间产品、尾矿、尾渣和其他残留物等。

编制说明：

“伴生放射性物料”取自《伴生放射性矿开发利用项目竣工辐射环境保护验收监测报告的格式与内容》（HJ 1148-2020）中的术语。

文本内容

3.3 伴生放射性固体废物 other radioactive solid waste

非铀（钍）矿产资源开发利用活动中产生的铀（钍）系单个核素活度浓度超过 1 Bq/g 的固体废物， 包括采选及冶炼过程产生的尾矿、尾渣和其他残留物等。

编制说明：

“伴生放射性固体废物”取自《伴生放射性矿开发利用项目竣工辐射环境保护验收监测报告的格式与内容》（HJ 1148-2020）中的术语。

文本内容

3.4 对照点 comparison point

位于地块边界外，受被监测辐射源（或伴有辐射活动）的环境影响可以忽略，能够提供地块及周围区域环境辐射本底值的点。

编制说明：

“对照点”取自《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中的术语。

文本内容

3.5 无限制开放使用 unrestricted release or use

放射性污染或潜在污染水平足够低，场址的开放或使用不受任何限制。

编制说明：

“无限制开放使用”取自《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》（HJ 53-2000）中的术语。

5.4 调查目的和工作程序

文本内容

4.1 调查目的

实施伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染状况调查的主要目的是保障公众健康和辐射环境安全，为土地的安全利用提供数据支撑，为地块的辐射环境监督管理提供依据。

编制说明：

依据《放射性污染防治法》调查目的包括两点即：（1）保障公众健康和辐射环境安全。通过对地块放射性污染状况调查，查清地块及周围区域是否被污染、污染原因和范围。（2）为建设用地的安全利用提供数据支撑，为地块的辐射环境监督管理提供

依据。通过资料收集、现场监测和采样等手段，查明地块放射性污染核素（种类）、水平和范围。

文本内容

4.2 工作程序

伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查可分为两个阶段，调查的工作程序如图1所示。

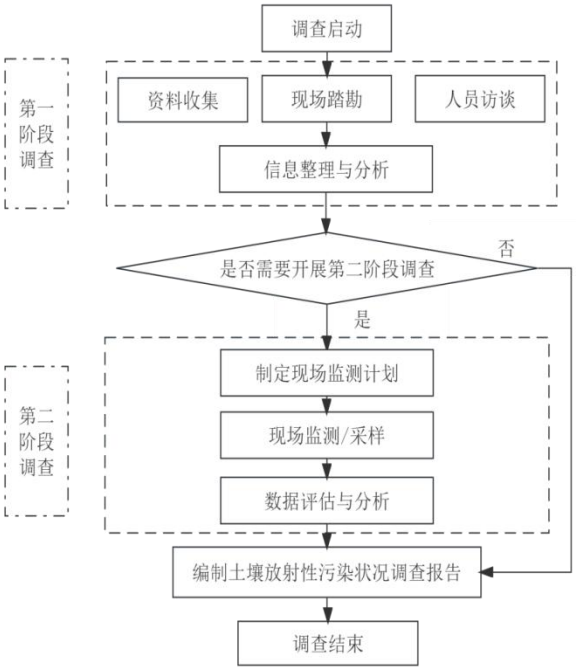

图 1　伴生放射性矿开发利用场地土壤放射性污染调查的工作内容与程序

编制说明：

参照《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）、IAEA 相关技术文件、《环境辐射的测量土壤第 1 部分：一般指南和定义》（ISO 18589-1：2019），结合放射性污染防治特点，提出建设用地土壤放射性污染状况调查可分为两个阶段，调查的工作程序如图 1 所示。

文本内容

4.2.1 启动条件

原则上应在地块内造成放射性污染的生产行为完全停止，涉及放射性物料的相关设施（如储罐（槽）、污水处理设施、伴生放射性固体废物暂存库）等已拆除，场地中已知的环境风险较高的放射性物质（如伴生放射性物料、废水和固体废物等）妥善处置后，才能启动调查工作。

编制说明：

为减少工作人员受到不必要的照射，增加了调查启动条件，调查启动前应在地块内造成放射性污染行为完全停止。

文本内容

4.2.2 第一阶段调查

本阶段是以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段。根据资料收集结论对地块及周围区域进行现场踏勘，分析地块是否存在放射性污染。若第一阶段调查确认地块内及周围区域无可能的放射性污染，则认为地块的环境状况可以接受，调查活动可以结束。

编制说明：

第一阶段调查以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段，初步分析地块是否存在放射性污染，判断已有资料能否满足地块辐射环境监督管理措施实施。若确认地块内及周围区域无可能的放射性污染，则调查活动可以结束。

文本内容

4.2.3 第二阶段调查

本阶段是以现场采样分析为主的污染证实阶段。通过第二阶段调查，明确土壤是否存在污染及污染核素、程度、污染范围和分布等。可根据实际情况分批次实施，逐步减少调查的不确定性。

编制说明：

第二阶段是以现场采样分析为主的污染证实阶段。通过第二阶段调查，明确土壤是否存在污染及污染程度、污染范围和空间分布等。可根据实际情况分批次实施，逐步减少调查的不确定性。

5.5 第一阶段调查具体工作

文本内容

5.1 资料收集

5.1.1 主要内容

收集的资料主要包括地块基本信息、地块生产信息、地块相关记录、地块所在区域的环境、自然和社会信息等，资料清单列表参见附录 A。可根据实际情况增减有关资料。尽可能掌握场地以及周围区域是否存在可能的放射性污染源、污染源类型、辐射水平、辐射影响来源、地块历史上生产或使用单位等信息以及地块和周围区域环境状况。

当调查地块与相邻地块存在相互污染的可能时，应调查相邻地块的相关记录和资料。

编制说明：

第一阶段调查通过资料收集和现场踏勘进行放射性污染识别。目前，生态环境部颁布的《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）对于污染识别阶段的工作内容进行了原则规定。本文件在该导则的基础上，参考 IAEA 相关技术报告（见 3.1 国外标准情况）结合放射性污染特点和土壤放射性污染状况调查的工作需要，对主要内容、技术方法等提出具体要求。本条款明确了资料收集内容和方法，通过资料收集，掌握场地以及周围区域是否存在可能的放射性污染源、污染源类型、辐射水平、来源、生产或使用单位等信息，并调查地块和周围区域环境状况。

文本内容

5.1.2 资料分析

调查人员应根据专业知识和经验识别资料中的错误和不合理的信息，因资料缺失影响地块污染状况分析时，应进行说明。

编制说明：

直接引用《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）5.1.2 条款。

文本内容

5.2.1 安全防护准备

现场踏勘前，根据地块已有信息装备必要的防护用品。

编制说明：

现场踏勘前，根据地块已有信息掌握相应的辐射安全防护知识，并装备必要的防护用品。

文本内容

5.2.2 踏勘范围

以地块内为主，并应包括地块的周围区域，踏勘范围应由现场调查人员根据地块内外放射性污染类型和可能分布、不同使用功能区域等因素来确定。

编制说明：

直接引用《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）5.2.2 条款。

文本内容

5.2.3 主要内容

5.2.3.1 地块及相邻地块现状与历史情况：关注可能造成土壤放射性污染物质的使用、生产、贮存；“三废”处理排放及可能发生的泄漏情况、事故污染区域、运输撒漏区域等。

5.2.3.2 周围区域的现状与历史情况：目前或过去土地利用的类型，如住宅、商店和工厂等，应尽可能观察和记录。

5.2.3.3 地块及周围是否有可能受到污染物影响的居民区、学校、饮用水源地保护区以及其他公共场所。

编制说明：

参考《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）5.2.3 条款，结合伴生放射性开发利用场地污染特征制定本条款。

文本内容

5.2.4 方法

5.2.4.1 可通过摄影、照相、现场测量、现场笔记等方式记录踏勘情况。

编制说明：

直接引用《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）5.2.5 条款。

文本内容

5.2.4.2 现场测量一般用 X-γ 辐射剂量率仪、便携式 γ 能谱仪等，通过现场巡测或其他快速检测方法，判断地块是否存在放射性污染，若存在可能的放射性污染，应初步界定地块污染程度及范围。

编制说明：

通过 X-γ辐射剂量率仪、便携式γ能谱仪等现场巡测或其他快速检测方法，初步判断地块是否存在放射性污染，若存在可能的放射性污染，应初步界定地块污染程度及

范围，为下一步工作开展提供基础数据。

文本内容

5.4.2.3 鼓励通过无人机γ辐射水平巡测、辐射成像等方法分析地块污染水平及范围。

编制说明：

由于目前无人机巡测、辐射成像等先进技术发展较快，优点是便捷快速获得辐射水平分布和减少人员受照剂量，因此鼓励使用无人机巡测、辐射成像等先进方法，分析污染水平及范围。

文本内容

5.3.1 **访谈内容**

必要时，可通过人员访谈进一步补充和核实地块信息，访谈内容应包括资料收集和现场踏勘所涉及的疑问，以及信息补充和已有资料的考证。

5.3.2 **访谈对象**

地块企业负责人、熟悉地块生产活动的管理人员和职工、地块属地的生态环境、发展改革、工业和信息化等主管部门的工作人员，相关行业专家，熟悉所在地或地块情况的第三方等。

5.3.3 **访谈方式**

可采取当面交流、电话交流、电子或书面调查表等方式进行。

编制说明：

直接引用《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）5.3.1、5.3.2、5.3.3 条款。

文本内容

5.3.3 **信息整理与分析**

本阶段调查结论应明确地块内及周围区域有无可能的污染源，并进行不确定性分析。

a) 若第一阶段调查确认地块内及相邻区域当前和历史上均无可能的放射性污染，调查活动可以结束，无需开展第二阶段调查工作，在此基础上编制土壤放射性污染状况调查报告。

b) 若有可能的放射性污染或因资料缺失无法判断地块是否存在放射性污染时，则在对资料收集、现场踏勘、人员访谈进行整理和汇总的基础上，列出需要重点关注的放射性污染物质，以及重点调查区域，建立初步的地块概念模型，并明确应进入第二阶段调查。

编制说明：

根据第一阶段工作包括资料收集、现场探勘和人员访谈应明确地块及周围区域内

有无可能的放射性污染。若有可能的污染，列出需要重点关注的放射性污染物质，以及重点调查区域，建立初步的地块概念模型，并明确应进入第二阶段调查。

5.6 第二阶段调查具体工作

文本内容

6.1 **制定调查工作计划**

根据第一阶段调查结论制定调查工作计划，内容包括判断污染物分布、制定监测方案、制定样品分析方案、制定健康和安全防护计划、确定质量保证和质量控制要求等。

6.1.1 **判断污染物分布**

根据已有信息、地块的具体情况、地块内外的污染源分布、水文地质条件以及污染物的迁移等因素，判断地块污染核素在土壤中的可能分布和范围，为制定监测方案提供依据。

6.1.2 **制定现场监测及采样方案**

监测目的是识别土壤中放射性污染，并分析和确定地块内的土壤中放射性污染核素、活度浓度和范围。监测方案一般包括：监测点位的布设、样品采集的数量、样品采集的方法、样品采集、保存、运输和储存等要求。

编制说明：

直接引用《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）6.1、6.1.2、6.1.3条款。

文本内容

6.1.3 **制定样品分析方案**

根据伴生放射性矿类型选择测试分析项目，土壤检测项目包括天然铀、镭-226 或（和）钍。

编制说明：

依据伴生放射性矿污染特点和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）确定土壤中检测项目为天然铀、镭-226 或（和）钍。

文本内容

6.1.4 **制定健康和和安全防护计划**

结合工作现场的实际情况，制定地块调查人员的健康和安全防护计划。

编制说明：

根据有关法律法规和工作现场的实际情况，为保护人员减少受到不必要的照射，制定地块调查人员的健康和安全防护计划。

文本内容

6.2 监测点位布设

6.2.1 监测区域分类

根据原地块使用功能不同，将地块分为重点关注区域和非重点关注区域。重点关注区域包括：地块内涉及放射性“三废”处理处置、放射性物料贮存的区域，例如各生产车间、伴生放射性物料贮存库、伴生放射性固体废物贮存库、尾矿（渣）库以及物料流通道路等。非重点关注区域一般为生活区、办公区，例如办公建筑、道路、绿地、食堂、宿舍及公用建筑等。

若地块使用功能无法明确划分，整个地块应按重点关注区域进行调查。

编制说明：

应根据土地使用功能和污染可能性，有针对性地开展地块监测。若地块使用功能无法明确划分，整个地块应按重点关注区域进行调查。

文本内容

6.2.1 陆地γ辐射监测点位的布设

6.2.1.1 通过γ辐射空气吸收剂量率测量判定疑似污染位置和范围，分别划定热点区域和疑似污染区域，指导土壤采样点位布设。

6.2.1.2 重点关注区域原则上以建构筑物（或生产工艺）划分工作单元（面积不大于 100 平方米），每个工作单元内巡测确定最大值点位并进行监测。

6.2.1.3 非重点关注区域在每个工作单元（面积不大于 400 平方米）内巡测确定最大值点位并进行监测。

6.2.1.4 γ辐射空气吸收剂量率超过对照点测值 150 nGy/h 以上的区域应划定为热点区域，需进一步加密布点测量。

6.2.1.5 热点区域一般以 1 平方米为工作单元进行监测，同时划定疑似污染区域指导土壤监测点位设置。疑似污染区域的划定采用未超标点位连线法，以超过对照点测值 150 nGy/h 以上的点位为中心，周围未超过对照点测值 150 nGy/h 的点位进行连线。

6.2.1.6 陆地γ辐射与土壤对照监测点位应尽量保持一致。如在地块周边已有符合要求的历史监测数据，可以引用。

编制说明：

通过γ辐射空气吸收剂量率的巡测和布点，初步判定疑似污染位置和范围，分别划定热点区域和疑似污染区域，指导土壤采样点位布设。

（1）为满足地块可无限制开放要求，参考《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》（HJ 53-2000）和铀矿选冶尾矿辐射控制法案（UMTRCA）要求土壤放射性核素活度浓度为 100m^2 范围内的浓度均值，提出以 100 平方米进行网格布点。

（2）非重点区域为办公区或生活区，存在污染可能性较小，因此参考《建设用地土壤污染状况调查技术导则》HJ 25.1-2019 第一阶段详细调查采样单元面积以 400 平方米进行网格布点，在网格内进行巡测并记录最大值。

（3）γ辐射空气吸收剂量率超过对照点测值 150 nGy/h 以上的区域应划定为热点区域，需进一步加密布点测量。参考加拿大 NORM 调查管理阈值为 0.3mSv/a，γ辐射空气吸收剂量率导出限值以 0.3mSv/a 为基础，得出调查限值为高于场址本底 150 nGy/h，因此明确应在γ辐射剂量率大于对照点测值 150 nGy/h 以上的区域划定“疑似污染区域”。

（4）热点区域以 1 平方米为工作单元进行监测。依据《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》（HJ 53-2000）中 3.5 节土壤中不得含有局部强污染的热点，要求其中任意 1 平方米不超过 100 平方米范围内所有读数平均值的 10 倍。故以 1 平方米为工作单元，划定疑似污染区域指导土壤采样点布设。

（5）为了获得土壤本底数据，应设置陆地γ辐射空气吸收剂量率的对照点。陆地γ辐射与土壤对照监测点位应尽量保持一致。如在地块周边已有符合要求的历史监测数据，可以引用。

文本内容

6.2.2 **土壤采样点位的布设**

6.5.2.1 土壤监测点位布设应以尽可能捕获污染为原则，布设在关键疑似污染位置。

6.5.2.2 疑似污染区域土壤监测点位布设一般以 1 平方米为工作单元，若疑似污染区域面积大于等于 10 平方米，随机抽取 10%的工作单元(不少于 10 个）开展采样监测以判断是否存在污染，但应保证污染识别无遗漏。

编制说明：

土壤监测点位布设应以尽可能捕获污染为原则，布设在关键疑似污染位置。疑似污染区域土壤监测点位参考《拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定（暂行）》（HJ 53-2000）中 3.5 节土壤中不得含有局部强污染要求，一般以 1 平方米为工作单元。

为了快速分析土壤中是否存在污染和节省企业监测成本，提出可抽取 10%的工作单元开展采样监测。一是土壤样品中γ能谱和放化分析耗费时间长，成本相对较高。二是若疑似污染区域面积较大，可抽取 10%工作单元开展监测以快速判断是否存在污染。

文本内容

6.5.2.3 除疑似污染区域之外，地块其他区域可采用系统随机布点法和分区布点法（每个工作单元面积不超过 1600 平方米）布设少量土壤采样点位，以防止污染识别遗漏。

编制说明：

为防止污染识别遗漏，参考《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（试行）》，地块其他区域应通过系统随机布点法和分区布点法布设少量土壤采样点位。参考《建设用地土壤污染状况调查技术导则》HJ 25.1-2019 第一阶段详细调查采样单元面积 1600 平方米。

文本内容

6.5.2.4 每个工作单元应至少采集表层土壤和下层土壤样品各 1 个。表层土壤一般应在 0-0.5m 采集，采样深度应扣除地表非土壤硬化层厚度；下层土壤的采样深度应根据污染类型及迁移、土壤特征、调查目的、地块使用目标等因素进行确定，例如作为无限制开放场址，下层土壤采样最大深度应直至满足无限制开放使用要求为止。

编制说明：

根据伴生放射性矿地块污染特点，土壤采样垂直方向布设参考《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）和《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）、《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166 -2004）明确了采集表层土壤和下层土壤，以及土壤采样要求。明确了土壤点位垂直方向布设方法和间距。

文本内容

6.5.2.5 下层土壤可根据污染物迁移特性适当增加采样点，宜通过专业判断或现场快速检测设备的监测结果，筛选相关污染核素含量最高点进行采样。下层土壤采集可根据调查需求可分阶段进行。

编制说明：

下层土壤可根据污染物迁移特性适当增加采样点，通过下层土壤采集可根据调查需求可分阶段逐步进行。

文本内容

6.5.2.6 对照监测点位一般布设在地块外部区域四个垂直轴向上，设置在地块周边具有相同土壤类型、未经扰动、周边没有污染源的的地方。如因地形地貌、土地利用方式、污染物扩散迁移特征等因素致使土壤特征有明显差别或采样条件受到限制时，监测点位可根据实际情况进行调整。如在地块周边已有符合要求的历史监测数据，可以引用。

6.5.2.7 对照点应采集表层土壤样品，采样深度尽可能与地块表层土壤采样深度相同。

编制说明：

对照监测点位布设参考《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021），一般在地块外部区域四个垂直轴向上，设置在地块周边具有相同土壤类型、未经扰动、周边没有污染源的地方。

文本内容

6.3 **现场监测与分析**

6.3.1 **准备工作**

现场采样应准备好定位设备、现场监测仪器设备、土壤采样设备、样品的保存装置和个人安全防护装备等材料和设备。

6.3.2 **定位和探测**

采样前，应采用卷尺、GPS卫星定位仪等工具确定采样点的具体位置。

编制说明：

参考《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）6.3.1 和 6.3.2 条款。

文本内容

6.3.2 **陆地γ辐射测量**

通过γ辐射空气吸收剂量率巡测，初步判断地块土壤污染的水平和范围。在不同区域按照不同网格进行巡测并记录最大值。具体测量步骤参照HJ 1157执行。

编制说明：

本条提出了通过γ辐射空气吸收剂量率巡测，初步判断地块土壤污染的水平和范围。在不同区域按照不同网格进行巡测并记录最大值。具体测量步骤参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）执行。

文本内容

6.5.1 数据评估

整理调查信息和检测结果，评估检测数据的质量，分析数据的有效性和充分性，确定是否需要补充采样分析等。

编制说明：

为确保数据质量和结果有效性充分性，提出本条要求。

文本内容

6.5.2.2 地块若用作建设用地按照无限制开放场地进行评价，要求任意 100 平方米土壤中对应放射性核素浓度应满足表 1 中限值要求，且任意 1 个样品的土壤放射性核素活度浓度不超过上述 100 平方米内所有读数平均值的 10 倍。若不满足上述要求，则可能存在环境风险。

表1 土壤中放射性核素浓度限值

放射性核素	限值
$U_{天然}$	本底值 [a]+47mg/kg
^{232}Th	本底值 [a]+0.18 Bq/g
^{226}Ra	本底值 [a]+0.18 Bq/g
a：对照点平均值，若有符合要求的历史监测数据可以引用。	

编制说明：

伴生放射性矿开发利用地块若用作建设用地按照“无限制开放场地”进行评价，参考国内外天然放射性污染土壤清污限值，制定有关限值，详见国内外相关标准情况。美国环保署（EPA）与美国核管理委员会（NRC）本着从保护公共卫生、安全和环境的角度出发于 2002 年达成了一份谅解备忘录（Cleanup standards for remediation of radionuclidecontaminated soils presented in the memorandum reached by EPA and NRC，简称备忘录），其中提出居民用地的总铀、^{232}Th 和 ^{226}Ra 修复标准分别为 47mg/kg、0.18Bq/g 和 0.18Bq/g。此外，美国“铀矿选冶尾矿辐射控制法案(UMTRCA)”针对 ^{226}Ra、^{232}Th 核素的比活度限制标准为：地表 15cm 以内不得高于背景值 0.18Bq/g。由此可见，UMTRCA 和备忘录两个文件对于 ^{226}Ra、^{232}Th 修复标准是一致的。

扣除本底便于操作和实施。$U_{天然}$、^{232}Th 和 ^{226}Ra 是天然放射性核素，在某些高本底地区，其本底值可能超过现有标准的限值，如果不扣除本底，这些未受污染的处于本底水平的场址均需治理，显然不合理。

文本内容

6.5.2.3 若同时存在多种的放射性污染核素的情况，可根据公式（1）是否得到满足来判断地块能否可以无限制开放使用：

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{C_{li}} \leq 1 \qquad \text{公式（1）}$$

式中：

C_i——放射性核素 i 的监测结果（mg/kg 或 Bq/g）

C_{li}——放射性核素 i 在表 1 中的浓度限值（mg/kg 或 Bq/g）

编制说明：

如果环境中存在多种放射性核素，用比例总和或份额总和法来计算每个单一核素的贡献，所有核素的测量值与浓度限值比值的总和应该不大于 1；如果大于 1，就超过了限值。

6 与相关法律法规、技术规范的关系

本文件与有关的现行法律法规和强制性国家标准、行业标准、广东省地方标准协调一致，无与之相冲突的内容。

7 重大分歧意见的处理

无重大分歧意见。

8 贯彻要求和措施建议

本文件的实施后，将应用于全省伴生放射性矿开发利用场地土壤污染状况调查技术工作中，为防范我省人居环境风险提供重要的技术标准保障。

建议自发布之日起，3 个月以后正式实施，以利于相关工作的衔接。

本文件发布实施后，建议开展与本文件使用相关的科学研究，并根据本文件实施情况适时对本文件进行修订。

9 其他应予说明的事项

无