

附件 3

《稀土工业辐射环境保护规定(征求意见稿)》 编 制 说 明

中核第四研究设计工程有限公司
二〇一八年九月

目 录

一、项目背景.....	15
二、目的和意义.....	15
三、编制过程.....	16
四、主要内容说明.....	17
1 适用范围.....	17
2 规范性引用文件.....	17
3 术语和定义.....	17
4 基本要求.....	22
5 剂量限制、流出物排放限值.....	23
6 选址.....	23
7 设计.....	25
8 建设、运行.....	30
9 运输.....	32
10 关闭整治.....	32
11 监护.....	34
12 环境辐射监测.....	34

一、项目背景

我国稀土矿产资源丰富，资源分布广，矿物种类齐全。稀土矿中伴生铀、钍等天然放射性核素，在开发利用过程会产生伴生放射性废气、废水和固体废物，由于对放射性污染的忽视以及废物不科学的处理处置，给区域辐射环境带来了一定的负面影响，辐射环境问题已经引起了国家、社会和公众的广泛关注与高度重视。

为了避免或减少辐射环境污染事件的发生，我国开展了对稀土等伴生放射性矿的辐射监管工作。目前我国有关伴生放射性矿监管的重要依据是2003年实施的《中华人民共和国放射性污染防治法》（以下简称《放污法》），其中规定了我国伴生放射性矿管理的基本制度和要求；2013年，原环境保护部发布了《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录（第一批）》（以下简称《名录》），规定了需要开展辐射监管的行业名录，将稀土等五类伴生放射性矿列入其中。这些为我国稀土工业辐射监管工作的开展奠定了基础。

但无论是《放污法》还是《名录》，均属于监管的顶层文件，具体应用的可操作性有待加强，这既不利于企业自身的辐射安全，也给辐射监管带来了现实困难，是我国辐射环境管理体系中亟需完善的部分。基于此，原环境保护部辐射源安全监管司委托中核第四研究设计工程有限公司，研究制定了本标准。

二、目的和意义

稀土矿属于伴生放射性矿，稀土的采选、冶炼等过程产生大量的伴生放射性废物，尤其是固体废物，给环境带来的放射性污染也日趋严重。由于稀土来源、生产工艺等的不同，稀土伴生放射性固体废物的性状、核素种类、活度浓度水平也存在较大差异。目前国家尚未出台针对稀土工业企

业生产及废物处理处置相关的标准规范，部分企业不科学的生产或不恰当的废物处理处置方式造成的辐射水平升高和环境污染事件时有发生。

为了保护环境、保障公众健康，本标准提出了稀土矿开发利用过程应遵守的辐射环境保护原则和基本要求，将有助于稀土工业的持续发展，有助于辐射环境保护工作的有序推进，有助于公众利益的切实维护，同时对进一步完善我国辐射环境管理体系具有重要意义。

三、编制过程

2017年5月10日，中核第四研究设计工程有限公司成立标准编制组，在广泛调研的基础上，进行了开题报告编写工作。

2017年11月7日，原环境保护部辐射源安全监管司在成都召开了开题论证会。根据专家意见，编制组开展了进一步的调研工作。编制组查阅了国内外伴生放射性矿开发利用过程适用的环境保护法律法规、相关标准和文献；调研了稀土矿产资源开发利用过程中伴生放射性废物排放情况及辐射环境污染现状；查阅了危险废物、极低水平和低中水平放射性废物等相关标准规范，并对标准规范内容进行了解读，分析其适用性和借鉴性；根据调研结果，并结合中核第四研究设计工程有限公司及其他相关单位在稀土行业辐射防护与环境保护方面的科研、咨询评价和设计成果，提出了稀土工业企业在选址、设计、建设、运行、关闭、整治以及监护等过程应遵守的辐射环境保护原则与基本要求，编制完成了标准及编制说明初稿。

2018年2月28日，原环境保护部辐射源安全监管司在北京召开了专家咨询会。根据专家意见，编制组对标准及编制说明进行了修改完善。

2018年4月18日，针对标准中的具体问题，编制组赴北京向生态环境部辐射源安全监管司进行了汇报。根据讨论形成的意见，编制组对标准及编制说明进行了修改完善。

2018年5月30日，生态环境部辐射源安全监管司对标准及编制说明进行了初步意见征求。根据反馈意见（共收到73条意见，其中34条采纳、23条部分采纳、16条不采纳），编制组对标准及编制说明进行了修改完善。

2018年6月12日，生态环境部辐射源安全监管司在北京召开了第二次专家咨询会。根据专家意见，编制组对标准及编制说明进行了修改完善。

2018年7月25日，生态环境部辐射源安全监管司在北京召开了第三次专家咨询会。根据专家意见，编制组对标准及编制说明进行了修改完善。

四、主要内容说明

1 适用范围

本条明确了本标准的适用范围，稀土工业企业应在选址、设计、建设、运行、关闭、整治以及监护等过程各相关阶段严格执行本标准提出的措施和要求。

本条明确了需要执行本标准的企业范围。企业在稀土矿开发利用过程中使用或产生的原矿、中间产品、尾矿（渣）或者其他残留物中铀（钍）系单个核素活度浓度超过1Bq/g时，其辐射环境保护工作需按照本标准的要求执行。该适用范围包括稀土伴生放射性固体废物综合利用及处置的企业或单位。

2 规范性引用文件

本部分为稀土工业企业应遵守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。

3 术语和定义

3.1 稀土工业企业

参照《稀土工业污染物排放标准》（GB26451-2011），结合稀土工业发展趋势，给出了“稀土工业企业”的定义，该定义将“稀土伴生放射性

固体废物处置企业”纳入其中。

3.2 稀土伴生放射性固体废物

结合辐射监管要求和调研成果，本条给出了稀土伴生放射性固体废物的定义。此外，基于固体废物的类型和放射性水平，将稀土伴生放射性固体废物分为 2 类。以下分别从分类目的、分类原则、分类依据以及分类结果与现状的对照等四部分对稀土伴生放射性固体废物的分类研究工作进行阐述。

1) 分类的目的

(1) 废物最小化

废物最小化是放射性废物管理的基本原则，对废物实行分类管理、分别处置，最大限度的控制废物量，是废物最小化的主要途径；稀土伴生放射性固体废物来源广、数量大、种类多且活度浓度范围广，对其进行分类管理，分别采取不同的处理处置措施是十分必要的。

(2) 辐射监管

根据前期调研资料，稀土伴生放射性固体废物的核素活度浓度在 1~6000Bq/g 之间，活度浓度水平跨度较大，参照放射性废物的分类，部分属于极低放废物，部分属于低放废物，极少数的接近于中放废物，而不同活度浓度的废物其辐射监管要求是不相同的。

(3) 人员防护

部分稀土伴生放射性固体废物中核素活度浓度较高，表面 γ 辐射剂量率水平较高，需要采取屏蔽等辐射防护措施对工作人员进行防护。

(4) 经济代价效益最优化

由于大部分稀土伴生放射性固体废物的放射性水平较低，若全部采用较高水平的辐射防护措施，经济上是不合理的，进行分类管理符合经济代

价效益的最优化。

2) 分类的原则

(1) 可操作性强

稀土伴生放射性固体废物中含有一种多种天然放射性核素，而相关标准或文件中曾以“总比活度”进行了大致分类，但“总比活度”难以测量，考虑可操作性强的原则，按照核素活度浓度进行了分类。

(2) 与放射性废物的分类基本保持一致

稀土伴生放射性固体废物属于放射性废物，由于含有天然放射性核素、废物数量多，需要采取不同的管理方式，但其属于放射性废物监管体系的一部分，因此考虑在分类上与其他放射性废物基本保持一致。

3) 分类的依据

(1) 国外调研结果

根据调研，国外稀土生产规模较小，没有专门针对稀土工业辐射监管方面的具体要求，尤其是稀土废渣等固体废物方面，可供参考的资料非常有限。ICRP 提出，对于涉及 NORM 的照射情况，监管机构应当选择母体放射性核素的活度浓度处在 1000-10000Bq/kg 作为确定这些放射性物质的照射是否应当受制于监管要求的依据。IAEA 使用排除概念导出了天然放射性核素的活度浓度值， ^{40}K 以外的所有其他天然放射性核素活度浓度均为 1Bq/g。IAEA 根据活度水平的不同将 NORM 废物分别划归到了豁免废物、极低放废物、低放废物和中放废物中，根据分类体系，NORM 废物较大部分属于豁免废物和极低放废物的范畴，部分属于低放废物的范畴，很小部分属于中放废物的范畴。

(2) 我国相关标准文件

我国相关标准或文件的要求见表 1。

表 1 相关标准或文件一览表

标准名称	具体要求与相关说明
《城市放射性废物管理办法》（1987 年发布，2016 年废止）	天然核素比活度大于 $7.4 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 的污染物，视为放射性废物，小于此水平的放射性污染物妥善处置。
《辐射防护规定》（GB8703-88，2003 年被 GB18871 代替）	含天然核素的固废，比活度处于 $(2-7) \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 时，建坝存放；大于 $7 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ 时，建库存放。
《放射性废物的分类》（GB9133-1995，2017 年废止）	比活度 $\leq 4 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ 的属于低放废物。不适用于铀、钍及伴生矿废物，但可参照执行。参照后独居石部分冶炼废渣属于中放废物。
《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）	可免于监管物料中天然核素活度浓度限值是 1Bq/g 。含有不同核素的物料，每种核素均应满足限值要求。
《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录》（第一批）环办[2013]12 号文	尾矿（渣）或者其他残留物中铀（钍）系单个核素含量超过 1Bq/g ，建设单位应当委托具有核工业类评价范围的环评机构编制辐射专篇。
《放射性废物分类》（2017 年第 65 号文）	与核设施产生的放射性废物的管理相比，矿物开采、加工处理过程中产生的含有较高水平天然放射性核素的废物的数量巨大，需要采取不同的管理方式。大多数含天然放射性核素的废物可以在地表填埋设施中处置。

由上表可以看出，稀土伴生放射性固体废物的豁免水平是确定的，但是进一步的分类依据都不是现行有效的标准。

（3）分类依据

放射性废物分类方法取决于分类体系的目的，本标准分类的目的是为了确保在国家政策框架下以安全和经济的方式管理稀土伴生放射性固体废物，分类方法主要是基于废物处置的长期安全性，且同时能被用于废物管理的各个阶段。

对于稀土伴生放射性固体废物，其“总比活度”这一概念和相应数值在实际应用或监测时难以操作，因此，本标准建议参照 GB27742，以单个

核素活度浓度为依据进行分类。基于此，编制组对典型稀土伴生放射性固体废物的种类和活度浓度进行了统计，根据统计结果发现总比活度与最大的单个核素活度浓度的比值在 1.3-24 倍之间，平均在 10 倍左右，参照原《放射性废物的分类》（GB9133-1995）低、中放废物的分类界限总比活度 $4 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ ，则单个核素的活度浓度大约在 $4 \times 10^5 \text{Bq/kg}$ 左右。

此外，原环境保护部 2017 年第 65 号文《放射性废物分类》表 2（低水平放射性废物活度浓度上限值）中给出了“半衰期大于 5 年发射 α 粒子的超铀核素”的平均活度浓度上限值为 $4 \times 10^5 \text{Bq/kg}$ ，可以作为不同放射性水平管理要求的界限参照值。

结合 IAEA《放射性废物的分类》（GSG-1）的建议（由于安全准则通常以数值的形式表示，因此有必要建立定量的分类方法。定量标准可以用活度浓度水平、废物中放射性核素的半衰期、废物产生的剂量或剂量率表示）和上述调研成果，本标准建议按照单个核素活度浓度 $4.0 \times 10^5 \text{Bq/kg}$ 作为分类依据，给出每类固体废物放射性水平的参考范围。

综上所述，基于放射性水平，将稀土伴生放射性固体废物分为 2 类。

第 I 类： $1 \text{Bq/g} < \text{铀（钍）系单个核素活度浓度} \leq 400 \text{Bq/g}$ ；

第 II 类：铀（钍）系单个核素活度浓度 $> 400 \text{Bq/g}$ 。

4) 分类结果与现状的对照

根据调研结果以及上述分类标准，采选产生的部分尾矿或尾渣，冶炼产生的放射性水平较高的中和渣，离子型稀土矿冶炼产生的酸溶渣，氟碳铈稀土矿冶炼产生的酸溶渣、铅渣、铁钍渣，北方混合型稀土矿冶炼产生的水浸渣以及独居石矿冶炼产生的部分的铀钍渣（也称作优溶渣）一般属于第 I 类；独居石冶炼产生的镭钡渣及部分放射性水平较高的铀钍渣属于第 II 类。

3.3 整治

本条给出了整治的定义。

稀土工业企业关闭后，内部建（构）筑物、设施、场地以及周围土壤、水体等可能受到一定程度的放射性污染，为了减少污染，消除辐射环境隐患，使放射性污染水平符合国家法律法规和标准要求，通常需要采取去污、清挖、搬运、填埋等各种处理处置活动，统称为整治。

4 基本要求

本部分规定了稀土工业企业辐射环境保护的基本要求，即应满足相关的法律法规和标准要求，满足辐射防护三原则、“三同时”制度、达标排放、废物最小化等要求，同时加强辐射环境管理，开展辐射监测、事故应急等工作。

4.1 本条规定了稀土工业企业在全生命周期中均应满足有关法律法规和标准的要求，满足辐射环境保护相关要求。

4.2 本条依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）提出了辐射防护三原则要求。

4.3 “三同时”制度是我国环境管理的基本要求，稀土工业企业的放射性污染防治也应遵守。

4.4 达标排放是我国环境管理的基本要求，稀土工业企业应采取必要的工程和技术措施，确保流出物达标排放；废物最小化是放射性废物管理的基本原则，稀土工业企业产生的伴生放射性废物也应通过源头控制、科学管理、综合利用、分类处置等措施，做到放射性废物最小化。

4.5 辐射环境管理是进行辐射防护、防止辐射环境污染的有效手段，稀土工业企业应根据国家法律法规和标准要求，通过建立辐射环境管理组织及应急机构、健全辐射环境管理制度、编制辐射环境应急预案、制定环境辐

射监测计划等方式加强辐射环境管理。

5 剂量限制、流出物排放限值

本部分依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等标准和调研成果,规定了剂量限值、剂量约束值、流出物排放限值。

5.1 本条规定了稀土工业企业公众照射剂量限值和剂量约束值。

5.1.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)是我国现行的辐射防护基本标准,该标准规定了电离辐射防护的基本要求,因此稀土工业企业公众照射执行 GB18871 规定的剂量限值要求。

5.1.2 稀土工业企业应根据辐射防护最优化原则制定公众照射的剂量约束值。

参照《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》(GB23727-2009),分别按照新、改、扩建和设施关闭整治两种不同的情况,给出稀土工业企业公众照射的剂量约束值,其中新、改、扩建项目的公众剂量约束值为 0.5mSv/a,稀土工业企业设施关闭整治后的公众剂量约束值为 0.3mSv/a。

5.2 本条规定了稀土工业企业气载流出物和液态流出物排放限值。

5.2.1 为了保证标准执行的一致性,稀土工业企业气载流出物放射性核素排放限值按照《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)执行。

5.2.2 为了保证标准执行的一致性,稀土工业企业液态流出物放射性核素排放限值按照《稀土工业污染物排放标准》(GB26451-2011)执行。

6 选址

对于稀土工业企业的选址,以环境保护、安全稳定为主要目标。在环境保护方面,主要考虑风向、运输路线、敏感区域、公众辐射影响等因素;在安全稳定方面,主要考虑工程地质、水文地质、地表作用等因素,由此提出了选址的一般要求。针对稀土伴生放射性固体废物处置设施,又分别

从洪水水位、地层岩性、地下水水位等方面提出了有关建设条件方面的要求。

6.1 本条规定了稀土工业企业选址的一般要求。

6.1.1 设施的选址应考虑大气等环境介质对放射性污染物稀释扩散条件，选择具有较大辐射环境容量或对放射性流出物能够快速削减的环境条件，避免或减轻对公众的辐射影响；选址宜位于区域常年最小风频上风向，可降低放射性核素向公众居住区的扩散，选址时应结合区域气象条件进行确定；物料和固体废物运输路线应进行优化，避开人口稠密区，减轻对公众的辐射影响。

6.1.2 从安全稳定性角度出发，对选址的地质结构、水文地质、地震和活动构造条件等进行了规定。

6.1.3 从安全稳定性角度出发，对选址的地表作用方面提出了要求。

6.1.4 《集中式饮用水水源环境保护指南（试行）》规定，饮用水水源保护区范围内应防止附近人类活动对水源的直接污染，应足以使选定的主要污染物浓度在向取水点（或开采井、井群）输移（或运移）过程中，衰减到所期望的水平；在正常情况下保证取水水质达到规定要求；一旦出现污染水源的突发事件，有采取紧急补救措施的时间和缓冲地带。基于此，建议排放口与相关区域之间应有一定的缓冲距离。参照《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法（试行）》中地表水取样点与排放口的距离，同时保守考虑放射性核素可通过食入途径进入人体，提出了GB3838规定的Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类水域上游1km范围内不得设置排放口的要求。

6.2 本条规定了稀土伴生放射性固体废物处置设施选址还需满足的要求。

稀土伴生放射性固体废物处置的目标是将固体废物与公众及环境长

期、安全的隔离，降低对公众和环境的影响并达到合理可行尽量低的水平，而选择合适的场址是稀土伴生放射性固体废物处置的关键。考虑固体废物放射性水平，处置设施的选址参照了低中放固体废物相关要求；同时，结合稀土伴生放射性固体废物与重金属和危险废物类似的特性（如对土壤和地下水的影响为主，可能造成人群健康的累积性效应等），参照了危险废物安全填埋场选址相关要求，从洪水水位、地层岩性、地下水水位等方面对设施选址提出了要求。

6.2.1 从防洪安全角度，调研了危险废物、一般工业固体废物、生活垃圾填埋处置设施，以及铀矿冶尾矿（渣）库选址关于洪水水位的要求，其中危险废物的标准最高，为百年一遇，综合考虑稀土伴生放射性固体废物的辐射管理需求，本标准参照危险废物安全填埋场，提出应位于百年一遇洪水水位之上。

6.2.2 渗透性低的天然地层对放射性核素有较好的吸附阻滞性能，即使在防渗结构失效后也可以尽可能延长放射性核素向地下水的扩散时间、降低放射性核素扩散量。

6.2.3 为加强对地下水的保护，同时避免地下水破坏处置设施的防渗系统，参照《危险废物填埋污染控制标准》（GB18598-2001），提出处置设施基础层底部与地下水年最高水位大于 3m 的要求；若选址无法满足该要求，需采取地下水导排、增加库底基础层厚度、设置多层防渗结构等多种方式，提高防渗设计标准。

7 设计

7.1 本条规定了稀土工业企业设计的一般要求。

稀土工业企业的设计，除遵守行业标准外，还应考虑总体布置和放射性污染物的排放对环境和公众的影响。

7.1.1 提出了总体布置中的分区要求；对生产区和生活区的布置，结合放射性污染物的环境扩散条件和公众辐射影响，提出了相关要求。

7.1.2 稀土伴生放射性固体废物贮存及处置设施属于稀土行业中放射性较为集中的区域，相较于稀土工业企业的其他设施，其对公众的辐射影响相对明显，这两类设施的边界与居民区的辐射防护距离要求，应按照辐射环境影响评价结论确定。

7.1.3 稀土伴生放射性固体废物具有体量大、衰变时间长的特征，考虑固体废物放射性特性和工程建设的经济性，以集中贮存和处置的思路进行设计为宜。

7.2 本条规定了稀土伴生放射性废气处理设计要求。

提出了稀土伴生放射性废气处理的一般要求，给出了常用的废气处理措施，包括通风、喷雾洒水、机械除尘等。

7.3 本条规定了稀土伴生放射性废水处理设计要求。

7.3.1 分类收集、分别处理是废水最小化的源头控制措施，循环利用是最小化的重要手段，提出了稀土伴生放射性废水的处理应首先考虑这两种处理原则。

7.3.2 提出了稀土工业企业生产车间设置伴生放射性废水处理设施的条件和要求。

7.3.3 提出了稀土伴生放射性废水处理的一般要求。伴生放射性废水的处理工艺有多种，包括离子交换法、吸附法、化学沉淀法、膜处理法等，在铀矿冶行业中已有较多实践，稀土工业中，应根据废水中放射性核素的性质、活度水平，采取先进成熟的废水处理工艺，减少液态流出物中放射性核素的排放量。

7.3.4 提出了废水排放口设置的要求，废水可以进入排水管网，也可以排

入符合相关要求的受纳水体，但不允许漫滩排放；对于排入受纳水体的，参照《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009），提出了5倍以上稀释倍数的要求；同时为了降低排放口附近放射性物质的沉积积累，参照《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》（GB14587-2011），提出了排放口应尽量避免受纳水体中悬浮沉积物较多的地方这一要求。

7.4 本条规定了稀土伴生放射性固体废物贮存设计要求。

7.4.1 贮存设施是放射性相对集中的区域，提出了隔离和警示要求。

7.4.2 为了便于对稀土伴生放射性固体废物的辐射监管，考虑后续废物处置的技术、经济可行性，避免稀释排放，贮存设施内不得贮存非放射性固体废物。

7.4.3 分类分区贮存有利于后期的运行管理和最终的分类处置，因此提出了分类贮存要求。

7.4.4 防腐防渗处理是使放射性与外界隔离和保护地下水的重要措施，为了避免渗漏对环境的潜在危害，贮存区域应做防腐防渗处理。参照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）和《石油化工工程防渗技术规范》（GB/T50934-2013）中的防渗要求，提出了稀土伴生放射性固体废物贮存的防渗要求。贮存设施底部一般为钢筋混凝土结构，其自身除结构的稳定性外，也具有一定的防渗性能，建议采用抗渗型钢筋混凝土进行防渗处理。

7.5 本条规定了稀土伴生放射性固体废物处置设施设计要求。

7.5.1 提出了稀土伴生放射性固体废物处置设施设计的辐射安全目标。

7.5.2 考虑处置设施运行管理的优化，提出了固体废物分类和分区的处置要求，对于第Ⅰ、Ⅱ类固体废物，考虑运行以及关闭整治后的辐射安全，应分类、分区处置；对可能有回收利用价值的固体废物，考虑回取的可能

性，宜单独分区处置。

7.5.3 参照铀矿冶放射性固体废物、极低放废物、低中放废物以及危险废物处置方式，提出了稀土伴生放射性固体废物的推荐处置方式，即填埋处置。从固体废物处置设施运行的环境安全角度，提出固体废物处置设施设计的一般构成，包括填埋处置设施应设置防渗系统、渗水导排系统和截排洪系统等；若固体废物处置设施选址地下水埋深较浅，需设置地下水导排系统；若固体废物处置设施有废水产生，需根据情况设置废水处理系统。

7.5.4 针对第 I 类固体废物的填埋处置设施，提出防渗技术要求。

填埋处置是极低放、低中放废物处置的典型方式，参照《极低水平放射性废物的填埋处置》（GB28178-2011），填埋场可分为平地型（含丘顶平面型）和山谷型（含傍山型）两类。填埋处置设施多为露天形式，与大气、地表水、地下水等外环境联系紧密，其设计过程除关注地质屏障和工程设施的安全稳定性外，还需考虑采取严格的防渗和监测手段达到地下水隔离的有效性，本部分主要针对第 I 类固体废物的填埋处置设施防渗提出了相关要求。

参照《危险废物填埋污染控制标准》（GB18598-2001），提出第 I 类固体废物填埋处置设施防渗系统由天然基础层和人工防渗衬层组成，其中天然基础层渗透系数应不大于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，且厚度不宜小于 2m；人工防渗衬层应为双人工防渗衬层结构，目前，人工防渗材料一般采用高密度聚乙烯膜（HDPE），若采用其他人工合成材料，其防渗性能应不低于 HDPE 膜的要求，对于人工合成衬层采用 HDPE 材料的，标准要求下层厚度不宜小于 1.5mm，上层厚度不宜小于 2mm；另外，参照《极低水平放射性废物的填埋处置》（GB28178-2011），高密度聚乙烯膜的渗透系数应小于 $1 \times 10^{-12} \text{cm/s}$ ，膜的厚度应不小于 1.5mm；表 4 为 GB18598 和 GB28178 对

防渗结构层构成、材料及性能的相关要求。因此，本标准参照上述两个标准，确定人工防渗衬层渗透系数不大于 $1 \times 10^{-12} \text{cm/s}$ ，上下层人工防渗衬层厚度参照危废标准要求。

另外，考虑到人工防渗材料都有一定的使用寿命，而稀土伴生放射固体废物中放射性核素的半衰期很长，为保持对稀土伴生放射性固体废物长久有效隔离，标准要求天然基础层和人工防渗衬层之间设置渗透系数不大于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 、厚度不小于 50cm 的粘土防渗层，这也与 GB18598 中防渗要求一致。

表 4 防渗结构层构成、材料及性能的相关要求

标准名称	防渗层要求
《危险废物填埋污染控制标准》 (GB18598)	防渗层由下至上要求如下： 天然基础层饱和渗透系数不应大于 $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，且其厚度不应小于 2m。 填埋场应采用双人工衬层。当使用 HDPE 膜作为人工防渗材料时，应符合 CJ/T234 相关技术要求，双人工衬层必须满足下列条件： ——下层人工合成材料衬层下应具有厚度不小于 0.5m，且其被压实、人工改性等措施后的饱和渗透系数小于 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 的粘土衬层； ——上层人工合成衬层可以采用 HDPE 材料，厚度不小于 2.0mm； ——下层人工合成衬层可以采用 HDPE 材料。厚度不小于 1.5mm。
《极低水平放射性废物的填埋处置》 (GB28178-2011)	防渗结构层由下至上依次为：天然土壤、夯实地基、压实粘土层或复合防渗层（GCL+HDPE 膜）； 其中压实粘土层压实系数应不小于 0.94，且渗透系数不应大于 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。（附录 C） 高密度聚乙烯膜的渗透系数应小于 $1.0 \times 10^{-12} \text{cm/s}$ ，膜的厚度应不小于 1.5 mm。（附录 C）

注：上述 GB18598 中的防渗层要求引自 2015 版的《危险废物填埋污染控制标准》（征求意见稿），该标准虽未正式实施，但其中防渗层的要求已是现有危废安全填埋处置的常规要求和做法，因此在此引用。

7.5.5 针对第 II 类固体废物的填埋处置设施，提出设计要求。

a) 考虑到第 II 类固体废物的放射性活度浓度较大，外照射水平较高，为降低废物处置过程中的职业照射剂量，起到一定辐射屏蔽的作用，同时实现对废物的有效包裹，提出了第 II 类固体废物处置设施应使用钢筋混凝土处置单元形式。

为了保证处置设施的防渗效果，参照《危险废物填埋污染控制标准》（GB18598-2001）以及《危险废物处置工程技术导则》（HJ2042-2014），对处置单元提出了抗渗设计的要求。

b) 第 II 类固体废物的处置设施与第 I 类固体废物的处置设施对天然基础层要求相同。

c) 考虑到钢筋混凝土结构以及人工防渗材料等都有一定的使用寿命，为保持对稀土伴生放射性固体废物核素长久的阻滞效果，要求在天然基础层上方、与钢筋混凝土处置单元之间设置粘土防渗层。

d) 为减少放射性渗水产生量，处置过程应采取设置雨棚的措施。

7.5.6 该条对设施的地下水隔离有效性提出了监测要求，地下水监测设施为监测井形式；监测井的布设应充分考虑设施周围的水文地质条件。

7.5.7 处置设施应根据实际填埋情况，结合区域风速、降水等气象条件，对设施进行中间覆盖，减少扬尘产生，实现雨污分流。应及时对达到设计容量的区域进行最终覆盖，以实现有效隔离。

7.5.8 参照《极低水平放射性废物的填埋处置》（GB28718-2011）和《危险废物填埋污染控制标准》（GB18598-2001），给出了封场结构层。

GB28718 的封场结构层和铀尾矿（渣）库封场设计中均设置了防生物侵扰层，其主要做法是铺设硬质卵砾石，从而避免根深植物和打洞类动物破坏防渗层。

8 建设、运行

8.1 本条规定了稀土工业企业建设、运行的一般要求，包括有关人员配备、

制度建立、辐射标志设置，企业环境应急等方面的要求。

8.1.1 规定了稀土工业企业建设及运行过程中应严格遵守各项辐射防护法律法规和标准的一般要求，同时提出了辐射防护管理机构建立、人员配备，制度建立的相关要求。

8.1.2 规定了稀土工业企业伴生放射性物料、固体废物等贮存、处置建立台账制度的要求。

8.1.3 规定了稀土工业企业改扩建项目的建设过程中应采取相应放射性污染防治措施的要求。

8.1.4 规定了稀土工业企业车间废水处理设施应稳定、有效运行的要求。

8.1.5 规定了伴生放射性物料、固体废物贮存和处置设施周围设置电离辐射标识，加强管理的要求。

8.1.6 提出了稀土工业企业辐射环境应急的整体要求。对编制辐射环境应急预案以及进行相应的应急演练提出了具体的要求，包括应急预案应包括的典型辐射环境事故类型，应急预案的主要编制内容以及对应急预案进行演练并不断改进的要求等。

8.2 本条规定了伴生放射性固体废物管理要求。

8.2.1 对稀土采选过程产生的伴生放射性尾矿提出了堆放处置要求。

8.2.2 提出了稀土伴生放射性固体废物的贮存要求，考虑到贮存只是固体废物资源化利用或处置的过渡措施，时间不宜过长，参照《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB 11928-89）等标准，提出贮存期限不宜超过 5 年。

8.2.3 为了体现废物最小化以及落实国家资源综合利用相关政策，同时考虑到铀资源属于国家战略资源，根据我国铀矿冶行业现有的技术水平，对于铀含量达到 0.1%的固体废物，提出了鼓励进行铀资源化回收利用的要求。

8.2.4 由于稀土伴生放射性固体废物的来源不同，废物类型多种多样，性状不同，为便于管理，对废物提出了分类贮存并进行标识的要求，并明确了标识的内容。

8.2.5 对于不同放射性水平的稀土伴生放射性固体废物，提出了不同的包装要求。其中，对于第Ⅰ类固体废物，为了减少储运过程的洒落，保持储运环境的洁净，减轻对周围环境的放射性污染，且便于管理，建议采用防水集装袋进行包装，对于产生量很大的固体废物，也可根据实际情况，采用散装的形式，但应采取必要的防尘防污染措施；对于第Ⅱ类固体废物，其放射性活度浓度较高，为减少贮存、运输以及处置过程中对环境的放射性污染，同时减少工作人员的照射剂量，提出采用金属容器或混凝土容器进行包装的要求。

8.3 本条规定了稀土伴生放射性固体废物处置设施入场要求。为尽量减少稀土伴生放射性固体废物处置过程的渗水放射性水平、减小对环境的辐射影响以及体现废物最小化，提出了入场要求。

8.3.1 为减少废物淋滤产生酸性或碱性废水，要求伴生放射性固体废物 pH 在 6~9 之间。

8.3.2 为实现稀土伴生放射性固体废物的有效处置，处置设施内严禁混入人工放射性固体废物和非放射性固体废物。

9 运输

稀土伴生放射性物料及固体废物性质与铀矿冶物料及尾矿(渣)类似，运输的相关要求可参照《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》(GB23727-2009)的相关规定执行。

10 关闭整治

本部分参照《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》(GB14586-1993)、

《极低水平放射性废物的填埋处置》(GB/T28178-2011)和国内外调研成果,规定了稀土工业企业设施关闭整治的基本程序、环境标准等方面的要求。

10.1 本条规定了稀土工业企业设施关闭后转为它用时整治的基本要求。

10.2 本条规定了稀土工业企业设施关闭整治后场址的表面氡析出率。

美国联邦法规第 40 分册 192 号《铀水冶尾矿健康和环境保护标准》(1983 年 1 月 5 日美国国家环保局发布)规定:“关停水冶厂尾矿堆的控制要求为:尾矿对表面氡的平均析出率不超过 $0.74\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ”。

《铀矿冶设施退役环境管理技术规定》(GB14586-1993)中要求,铀矿冶设施退役后,场址表面平均氡析出率不应超过 $0.74\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

本标准参照上述两个标准,规定了稀土工业企业设施关闭整治后场址表面氡析出率的要求。

10.3 本条规定了稀土工业企业设施关闭整治后土壤中放射性核素限值。

根据稀土伴生铀、钍的特点,本条给出了稀土工业企业设施关闭整治后土壤中 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 的限值。

美国于 1978 年发布的《铀矿选冶尾矿辐射控制法案》中,对 ^{226}Ra 的比活度限制标准为地表 15cm 以内不得高于本底值+185Bq/kg。

美国联邦法规第 40 分册 192 号《铀水冶尾矿健康和环境保护标准》(1983 年 1 月 5 日美国国家环保局发布)规定,受退役铀加工场址残余放射性物质污染的土壤和建筑物去污后应满足“任何 100m^2 面积的土地中的平均 ^{226}Ra 浓度扣去本底值后应不超过:在地表上层 15cm 土壤表层的平均浓度为 0.18Bq/g ”;另外,还规定了“当存在铀、钍系混合污染时, 0.18Bq/g 指的是 ^{226}Ra 和 ^{228}Ra 的叠加值”。

因此本标准给出了受污染土壤进行整治后,任何 100m^2 范围内土层中

^{226}Ra 、 ^{228}Ra 的平均比活度扣除当地本底值后叠加值不超过 0.18Bq/g 。即表示，若偏铀，则 ^{226}Ra 比活度扣除当地本底值后平均值不超过 0.18Bq/g ；若偏钍，则 ^{228}Ra 比活度扣除当地本底值后平均值不超过 0.18Bq/g ；若铀钍混合，则 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 比活度扣除当地本底值后叠加值不超过 0.18Bq/g 。

11 监护

11.1 本条提出对稀土伴生放射性固体废物处置设施进行长期监护的要求。

IAEA 在安全报告丛书 No.27《铀钍矿冶尾矿（渣）的监督维护》中，对铀钍矿冶尾矿（渣）提出了进行长期监护的要求，并对“长期监护”的过程、监护内容作了详细的解释。

《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）规定，低、中放废物的隔离期不应少于 300 年， α 废物和高放废物（包括不被后处理的乏燃料）的隔离期不应少于 10000 年；铀、钍矿冶设施完成退役治理后应进行长期监护；《铀矿冶辐射防护和环境保护规定》（GB23727-2009）要求，铀矿冶退役治理工程竣工验收移交后，应对封闭矿井、覆盖层、废石场、尾矿（渣）库坝体和排洪等有限制开放设施的安全稳定性与有效性进行长期监护。最新发布的 65 号文《放射性废物分类》中指出，伴生放射性矿废物监护的时间需要足够长，从而确保废物处置满足安全准则。

综上所述，针对人工放射性核素有具体的安全隔离期要求；而针对天然放射性核素，由于其具有非常长的半衰期，故需要长期监护。

11.2 本条规定了稀土伴生放射性固体废物处置设施监护期内需开展的相关工作。

12 环境辐射监测

12.1 本条提出了稀土工业企业应定期开展环境辐射监测的要求。

12.2 本条提出了流出物及固体废物的监测要求。

12.2.1 本条依据《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法（试行）》的相关规定给出了流出物监测方案，考虑到本标准的适用范围中包括稀土伴生放射性固体废物处置设施，且该处置设施包括尾矿（渣）库（处置核素含量超过 1Bq/g 的尾矿或尾渣的设施），因此，废水部分采样点的名称有所调整，由“尾矿（渣）库渗出水排放口”调整为“稀土伴生放射性固体废物处置设施渗出水排放口”。

12.2.2 为掌握稀土工业企业产生的伴生放射性固体废物的性质、数量，提出了对固体废物中 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 核素活度浓度进行监测的要求；同时，为了解固体废物向周围环境释放废气的情况，提出了表面氡析出率、钍析出率的监测要求；固体废物的监测频次为每年至少监测一次，当稀土工业企业的原料来源或批次发生变化时，也应进行废物核素活度浓度的监测。

12.3 本条提出了辐射环境监测的相关要求。

12.3.1 本条明确了辐射环境监测的类型。

12.3.2 本条依据《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法（试行）》给出了运行期间常规辐射环境监测方案，并规定其他辐射环境监测方案可参照运行期间常规辐射环境监测方案，并可根据实际情况适当调整。

12.4 本条提出了长期监护设施监护期的监测要求。

本条参照《铀矿冶辐射环境监测规定》（GB23726-2009）和《伴生放射性矿开发利用企业环境辐射监测及信息公开办法（试行）》，从监测项目、监测频次等方面提出了监测要求。