

T/CXCY

广西创新与创业研究会团体标准

T/CXCY XXXX—2025

风化壳离子吸附型稀土矿产 地质勘查规范

Technical specifications for evaluating shale gas potential area in structurally
complex region

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

广西创新与创业研究会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 勘查目的和勘查阶段 1

 4.1 勘查目的 1

 4.2 勘查阶段 2

5 勘查工作程度 2

 5.1 勘查控制基本要求 2

 5.2 普查阶段要求 3

 5.3 详查阶段要求 4

 5.4 勘探阶段要求 6

 5.5 供矿山建设设计的复杂和小型矿床的勘查工作程度要求 7

6 勘查工作质量要求 7

 6.1 绿色勘查要求 7

 6.2 测量工作 8

 6.3 地质填图 8

 6.4 水文地质、工程地质、环境地质工作 8

 6.5 探矿工程 8

 6.6 化学样品的采取、制备及测试 9

 6.7 矿石选冶技术性能试验样品的采集与试验 11

 6.8 岩(矿)石物理技术性能测试样品的采集与试验 11

 6.9 原始地质编录、资料综合整理和报告编写 12

 6.10 新理论、新方法的应用 12

7 可行性评价 12

 7.1 基本要求 12

 7.2 概略研究 12

 7.3 预可行性研究 13

 7.4 可行性研究 13

8 资源储量类型条件 13

 8.1 资源量 13

 8.2 储量 14

 8.3 资源量、储量类型调整 14

9 资源储量估算 14

 9.1 矿床工业指标及主要内容 14

 9.2 资源储量估算的一般原则 14

 9.3 资源量估算参数的确定 15

9.4 资源储量类型的确定 16

9.5 资源储量估算结果 16

附录 A（资料性） 稀土元素的性质和用途 17

 A.1 稀土元素的分组 17

 A.2 稀土的性质和用途 17

 A.3 稀土元素的地球化学特征 17

附录 B（资料性） 勘查类型及其主要因素与工程间距的确定 20

 B.1 勘查类型的划分 20

 B.2 勘查类型主要因素的确定 20

 B.3 勘查工程间距的确定 21

附录 C（资料性） 风化壳离子吸附型稀土矿石特征及选矿工艺 22

 C.1 矿石特征 22

 C.2 采选工艺及原理 22

 C.3 池浸工艺 22

 C.4 堆浸工艺 22

 C.5 原地浸矿工艺 22

附录 D（资料性） 风化壳离子吸附型稀土矿产资源储量规模划分 23

附录 E（资料性） 稀土元素在自然界的赋存状态及矿床类型 24

 E.1 稀土元素在自然界的赋存状态及其特征 24

 E.2 风化壳离子吸附型稀土矿床类型 25

 E.3 风化壳离子吸附型稀土矿床的配分类型 25

附录 F（资料性） 人力冲击取样钻技术要求 27

 F.1 适用范围 27

 F.2 基本规定 27

 F.3 人力冲击取样钻设计 27

 F.4 操作要求 28

 F.5 钻孔事故及处理 28

 F.6 质量要求 28

 F.7 编录及样品采集 28

附录 G（资料性） 资源量和储量类型及其转换关系 30

 G.1 资源量和储量类型及其转换 30

 G.2 资源量和储量的相互关系 30

附录 H（资料性） 稀土矿床工业指标制定原则及一般工业指标 31

 H.1 矿床工业指标制定原则 31

 H.2 共伴生矿产指标制定原则 31

 H.3 一般工业指标 31

附录 I（资料性） 矿体圈定、外推和资源量估算方法 33

 I.1 矿体圈定 33

 I.2 矿体外推 33

 I.3 资源量估算方法 34

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广西壮族自治区地质矿产勘查开发局提出。

本文件由广西创新与创业研究会归口。

本文件起草单位：广西壮族自治区地质矿产勘查开发局、广西壮族自治区二七四地质队、桂林理工大学、广西壮族自治区地质调查院。

本文件主要起草人：陆济璞、许成、付伟、姚双秋、徐海棚、符基卓、曾维宁、陈粤、王开朗、孟祥仑、尹本纯、梁文龙、黎家龙、周业泉、蒋剑、崔毅、黄秋、韦俸全、周锦科、陈健。

风化壳离子吸附型稀土矿产 地质勘查规范

1 范围

本文件规定了风化壳离子吸附型稀土矿产地质勘查的勘查目的及勘查阶段、勘查工作程度、勘查工作及质量要求、可行性评价、资源储量类型条件、资源储量估算等要求。
本文件适用于广西风化壳离子吸附型稀土矿地质勘查及其成果评价工作。

2 规范性引用文件

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/T12719 矿区水文地质工程地质勘查规范
- GB/T13908 固体矿产地质勘查规范总则
- GB/T17766 固体矿产资源储量分类
- GB/T18341 地质矿产勘查测量规范
- GB/T25283 矿产资源综合勘查评价规范
- GB/T33444 固体矿产勘查工作规范
- DZ/T0033 固体矿产地质勘查报告编写规范
- DZ/T0078 固体矿产勘查原始地质编录规程
- DZ/T0079 固体矿产勘查地质资料综合整理综合研究技术要求
- DZ/T0130(所有部分) 地质矿产实验室测试质量管理规范
- DZ/T0227 地质岩心钻探规程
- DZ/T0336 固体矿产勘查概略研究规范
- DZ/T0338(所有部分) 固体矿产资源量估算规程
- DZ/T0339 矿床工业指标论证技术要求
- DZ/T0340 矿产勘查矿石加工选冶技术性能试验研究程度要求
- DZ/T0374 绿色地质勘查工作要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

轻重稀土叠生型矿体

同一风化壳离子吸附型稀土矿床在垂向上发育多层矿体结构，具有轻稀土配分类型矿体和重稀土配分类型矿体垂向分带的特性。

4 勘查目的和勘查阶段

4.1 勘查目的

发现和评价风化壳离子吸附型稀土矿床(体),为投资决策提供相关地质信息，最终为矿山建设设计提供必需的地质资料。

4.2 勘查阶段

4.2.1 勘查阶段划分

勘查工作划分为普查、详查、勘探三个阶段。一般按勘查阶段循序渐进地进行；根据需要，也可合并或跨越阶段一次勘查完毕，但宜参照各阶段要求分步实施。

4.2.2 各阶段目的任务

4.2.2.1 普查

在区域地质调查、研究的基础上，通过有效的勘查手段，寻找、检查、验证、追索矿化线索，发现矿(化)体，并通过稀疏取样工程控制和测试、试验研究，初步查明稀土元素的性质和用途、矿体(床)地质特征、矿石选冶技术性能，稀土元素的性质和用途参见附录A。初步了解矿床开采技术条件。开展概略研究，估算推断资源量，做出是否有必要转入详查的评价，对有必要转入详查的提出可供详查的范围。

4.2.2.2 详查

在普查的基础上，通过有效勘查手段、系统取样工程控制和测试、试验研究，基本查明离子吸附型稀土矿床地质特征、矿石选冶技术性能以及矿床开采技术条件，为矿区规划、勘探区确定等提供地质依据。开展概略研究，估算推断资源量和控制资源量，做出是否有必要转入勘探的评价，对有必要转入勘探的提出可供勘探的范围；也可开展预可行性研究和可行性研究，估算可信储量。

4.2.2.3 勘探

在详查的基础上，通过有效勘查手段、加密取样工程控制和测试、深入试验研究，详细查明离子吸附型稀土矿床地质特征、矿石选冶技术性能以及矿床开采技术条件，为矿山建设设计确定矿山生产规模、产品方案、开采方式、开拓方案、矿石选冶工艺，以及矿山总体布置等提供必需的地质资料。开展概略研究，估算推断、控制和探明资源量；也可开展预可行性研究和可行性研究，估算可信、证实储量。

5 勘查工作程度

5.1 勘查控制基本要求

5.1.1 勘查类型

5.1.1.1 勘查过程中应合理确定矿体勘查类型和矿床勘查类型，合理确定勘查工程间距和部署勘查工程，对矿床进行有效控制，有效圈定和控制矿体。

5.1.1.2 应根据各矿体的地质特征确定各矿体的勘查类型，根据主要矿体的特征和空间相互关系确定矿床勘查类型。当主要矿体的勘查类型不同时，应综合考虑各主要矿体特征和矿床整体控制研究程度的要求，合理确定矿床勘查类型。对于规模巨大且不同地段勘查难易程度相差较大的矿床(体)，可分段确定勘查类型。

5.1.1.3 对于轻重稀土叠生型矿体，要在垂向空间上分别确定轻稀土矿体和重稀土矿体的勘查类型，当两者勘查类型不同时，确定勘查类型应综合考虑矿体的空间叠合关系，矿体控制研究程度应同时满足轻稀土矿体和重稀土矿体的要求。

5.1.1.4 主要矿体，即作为未来矿山主要开采对象的一个或多个矿体，在勘查阶段宜根据矿体的资源储量规模确定。

5.1.1.5 普查阶段有类比条件的，可通过类比初步确定勘查类型；没有类比条件的，可采用第Ⅱ勘查类型。详查阶段应根据影响勘查类型的主要地质因素确定勘查类型。勘探阶段应根据影响勘查类型的主要地质因素的变化情况验证勘查类型。

5.1.1.6 勘查类型划分为简单(第Ⅰ类型)、中等(第Ⅱ类型)、复杂(第Ⅲ类型)三种类型。依据矿体延展规模、矿化连续性、矿体形态复杂程度、矿体厚度稳定程度、稀土组分分布均匀程度五个主要地质因素，分别用相对应的上述五个地质因素类型系数之和，确定矿体勘查类型。勘查类型及其主要地质因素的确定参见附录B。

5.1.2 勘查工程间距

5.1.2.1 应根据勘查类型合理确定勘查工程间距。勘查工程间距的确定参见附录 B。

5.1.2.2 探明、推断资源量的勘查工程间距，一般在基本工程间距的基础上加密或放稀(但不限于)1 倍，具体以满足相应勘查研究程度为准则。实际勘查过程中，详查和勘探阶段可通过类比、地质统计学分析、工程验证等方法，论证工程间距的合理性，并视情况进行调整。

5.1.3 勘查工程部署

5.1.3.1 应按照由已知到未知、由表及里、由浅入深、由稀到密的原则进行，基准孔、参数孔、沿走向和倾向的主导剖面应优先施工。一般先选择开展地质填图、地质剖面测量等工作，以指导、优化探矿工程的布置和施工。

5.1.3.1 根据矿床类型、矿体地质特征和矿山建设的需要，地形、地貌和生态环境保护要求，选择适当、有效、对生态环境影响最小的勘查方法和手段，按合理确定的矿床勘查类型和相应工程间距部署勘查工程，对矿床进行整体控制；视具体情况调整局部勘查工程间距，加强矿体局部(如矿体变化较大的地段)和次要矿体的控制。

5.1.3.2 一般采用勘查密度为主，网度为辅的方法，以工程密度作为矿体控制程度评价指标，以勘查网度约束工程点距及矿体外推参数。布置工程应主要以地貌要素(山顶、山脊、山坡和山脚)为单元，充分考虑地形地貌的三维空间特点，不拘泥于常规平行排列网度间距，保证最有效地揭露与控制矿体厚度与品位变化。各地貌要素工程数量分布应该相对均衡，对于地形复杂的部位，应适当加密控制。

5.1.3.3 勘查工程以浅表工程为主，根据矿床风化程度及风化残留体的分布情况灵活选用人力冲击取样钻、浅井(小圆井)、浅钻的一种或多种，在满足工作目的的情况下优先选用人力冲击取样钻。对于矿石物质组分变化较大的，必要时可辅以井探工程对钻探进行验证。深部必要时可视露头揭露情况采用少量钻孔了解矿体底板特征。

5.1.4 勘查深度

5.1.4.1 勘查深度应根据矿床开采技术和经济条件、未来矿山建设规模以及主要矿体的埋深等科学合理确定。以揭露至矿体底板为准，原则上不低于矿区最低侵蚀基准面标高，一般不超过100m。

5.1.4.2 有类比条件的，鼓励通过类比确定勘查深度；不具备类比条件的，可通过论证确定勘查深度。

5.1.5 综合勘查综合评价

各勘查阶段均应对矿床共生有用有害组分进行综合勘查综合评价。具体要求按GB/T 25283执行。

5.1.6 放射性检查

勘查过程中应进行放射性检查，存在放射性异常时应按要求采样测试。当矿体或围岩中放射性核素含量超过允许限值又不能回收利用，可能影响人身健康及环境保护且无法采取有效措施防治时，不宜转入后续工作。

5.1.7 资料收集利用

各勘查阶段均应全面收集区域地质资料，特别是勘查区及周边的地质、矿产、物探、化探、遥感、探矿工程、取样测试、试验研究资料、最新研究成果等，并在充分研究的基础上加以利用。

5.2 普查阶段要求

5.2.1 成矿地质条件

通过1:25000~1:5000地质填图、露头检查和遥感解译，初步查明：

——勘查区内地层、构造、岩浆岩、围岩蚀变等成矿地质条件及其与成矿的关系；

——地貌类型、第四纪地质，以及风化壳在山脚、山坡、山脊和山顶等不同部位的发育情况、保存程度、分带(层)特征等及其与成矿的关系。

5.2.2 矿体特征

对发现的矿化地质体及矿体，特别是主要矿体，应根据矿体出露情况开展1:10000~1:2000比例尺的矿体地质填图。以稀疏的取样工程控制，不要求系统工程圈定，尽可能兼顾与后续勘查工程布置的合理衔接。通过控制研究，对矿体的连续性做出合理的推断。初步查明主要矿体的数量、规模、形态、产状等特征以及勘查区内矿体的总体分布范围。

5.2.3 矿石特征

通过有限的样品鉴定、测试、分析，初步查明矿石的矿物成分、化学成分、矿石品位、稀土配分类型及浸取率、结构和构造、矿石矿物的嵌布特征、主要有用有害组分的含量和赋存状态；初步查明矿石自然类型。

5.2.4 矿石选冶技术性能

通过类比研究，初步了解主要工业类型矿石的选冶技术性能。具体按DZ/T 0340执行。矿石选冶技术性能内容参见附录C。

5.2.5 矿床开采技术条件

5.2.5.1 收集、研究区域和勘查区的水文地质、工程地质和环境地质资料，结合矿区(床)所处的水文地质单元，初步了解：

- 矿区地表水体分布，地下水类型及补给、径流和排泄条件，矿床主要充水因素；
- 矿体顶板、底板及围岩的稳定性；
- 风化壳岩(土)体粒度、渗透性以及矿体底板完整情况。

5.2.5.2 与开采技术条件相似的矿山进行类比，对开采技术条件复杂的矿床，适当布置水文地质、工程地质工作，了解勘查区的水文地质、工程地质和环境地质条件，初步划分水文地质和工程地质勘查类型。

5.2.6 资源量分布及比例

按初步确定的勘查类型或第Ⅱ勘查类型(无类比条件的)和推断资源量的勘查工程间距，估算推断资源量。

5.3 详查阶段要求

5.3.1 成矿地质条件

通过1:10000~1:2000地质填图，结合工程控制和揭露，基本查明：

- 成矿地质条件，描述矿床的地质模型；
- 与离子吸附型稀土成矿有关的岩浆岩(含火山碎屑岩)种类、岩性、成分、产状、形态、规模、空间分布、时代、相带或喷发旋回与成矿的关系；
- 风化壳分布范围内的地貌类型、微地貌特征、第四纪地质等，以及风化壳在山脚、山坡、山脊和山顶的分布情况；
- 表土层(腐殖层、黏土层)、全风化层、半风化层的发育和保存程度等及其与成矿的关系。

5.3.2 矿体地质

通过系统取样工程，控制矿体的总体分布范围；基本控制主要矿体；基本查明矿体数量、分布范围、规模、形态、产状等；基本查明不同地貌及地貌要素(山脚、山坡、山脊和山顶)中矿体、夹石、盖层的变化特征。

5.3.3 矿石特征

基本查明矿石矿物种类、含量、共生组合及矿石结构和构造特征；基本查明矿石品位、稀土配分类型及浸取率、化学成分，主要有益及有害组分种类、含量、赋存状态和分布规律；划分矿石类型；基本查明黏土矿物类型、含量与品位的关系。

5.3.4 矿石选冶技术性能

有类比条件的一般进行类比研究，必要时进行柱浸试验；新类型矿石或无类比条件的矿石进行柱浸试验，基本查明主要工业类型矿石的选冶技术性能。具体按DZ/T 0340执行。矿石选冶技术性能内容参见附录C。

5.3.5 矿床开采技术条件

5.3.5.1 水文地质条件

通过水文地质工作，查明矿床水文地质条件和确定矿床水文地质勘查类型，并对矿床水文地质条件的复杂程度做出基本评价，具体要求如下：

- 调查研究矿区所处水文地质单元的位置，收集水文地质单元内以大气降水为主的气象、水文资料，查明当地最低侵蚀基准面标高；
- 基本查明矿区地表水的汇水面积、分布范围、水位、流量、流速及其动态变化；
- 基本查明大气降水和地表水对矿床开采的影响；
- 有代表性的地段不同类型矿石的渗透性及对浸矿工艺的影响；
- 基本查明构造破碎带特征及其富水性和导水性，以及对地表水水力联系的影响程度；
- 基本查明矿体底板隔水性能；
- 调查可供利用供水水源及其水量、水质，指出供水水源方向。

5.3.5.2 工程地质条件

通过工程地质工作，查明矿床工程地质条件和确定矿床工程地质勘查类型，并对矿床工程地质条件的复杂程度做出基本评价，具体要求如下：

- 划分矿区工程地质岩组。查明岩(土)体的产状、岩性、结构、分布范围、物理力学性质和水理性质，以及矿石和盖层的颗粒成分、粒级、含量及分布；
- 基本查明矿区内断裂的分布及发育程度；
- 基本查明矿体底板状态，包括完整程度、产状、起伏状况等；
- 基本查明各类边坡稳定性的影响因素，对露天采场边坡及自然边坡的稳定性进行基本评价；
- 预测矿床开采时可能出现的主要工程地质问题，并提出防治措施建议。

5.3.5.3 环境地质条件

通过环境地质工作，查明地质环境质量，基本确定地质环境类型，指出勘查区主要环境地质问题，提出防治措施建议，具体要求如下：

- 基本查明矿区地表水、地下水的水质情况；
- 基本查明岩石、矿石和地下水(含热水)中对人体有害元素及有害气体的成分、含量等情况，以及放射性强度，指出可能污染环境的因素；
- 收集或调查地震、泥石流、滑坡、山洪、岩崩、地面塌陷、地面沉降等自然地质灾害的有关资料，分析其对矿山生产的影响；
- 基本查明风化壳离子吸附型稀土矿床开发对地表水、地下水的影响，分析产生泥石流、滑坡等次生地质灾害的可能性；
- 预测矿床开采对地质环境、生态环境的破坏和影响，并提出防治措施建议。

5.3.6 资源量分布及比例

在确定的勘查深度以上范围，一般探求控制和推断资源量，且应具有合理的比例分布。控制资源量一般集中分布在可能首先或先期开采的地段。在确定的勘查深度以下，一般不进行深入工作，可对成矿远景做出评价。资源量比例根据资源储量规模(参见附录D)与矿床复杂程度确定。一般矿床和复杂矿床中的大、中型矿床，控制资源量应不少于总资源量的30%；复杂的小型矿床，仅估算推断资源量。

5.4 勘探阶段要求

5.4.1 成矿地质条件

5.4.1.1 通过 1:5000~1:1000 地质填图,加密各种取样工程,开展相应的地质工作,详细查明成矿地质条件及内在规律,建立矿床地质模型。详细研究与成矿有关的岩浆岩岩性、相带、岩石地球化学特征。详细查明岩体形态、产状、规模、空间分布、时代或喷发旋回,阐明其与成矿的关系。提出找矿方向及找矿标志。

5.4.1.2 详细研究风化壳分布范围内的地貌类型、微地貌特征、第四纪地质等;着重研究风化壳在山脚、山坡、山脊和山顶的发育与保存程度,以及表土层(腐殖层、黏土层)、全风化层、半风化层的厚度变化等与成矿的关系;详细研究成矿母岩稀土的物质组分和赋存状态(参见附录 E),探讨成矿母岩成岩时代、成岩方式、物质来源及其与成矿的关系。

5.4.2 矿体地质

采取加密取样,详细查明矿体的赋存部位、范围、数量、规模、形态、产状以及夹石、盖层、底板情况等;详细研究矿体与母岩的关系,特别是与地貌类型、地貌要素之间的关系及其变化规律;详细研究抗风化较强的硅化带、岩层、岩脉(体)及风化残留体对矿体的影响程度并圈定其集中分布范围;在勘查条件允许的情况下,基本查明沟谷冲(坡)积层下的矿体及其特征。

5.4.3 矿石特征

5.4.3.1 详细查明矿石的矿物成分、化学成分、主要有用组分及其含量或品位、轻重稀土含量与比例、矿石结构和构造及其有益有害组分的赋存状态和分布规律。详细研究全风化、半风化矿石稀土元素的主要赋存状态及其变化规律,详细查明黏土矿物类型、含量与品位的关系。

5.4.3.2 依据矿石的有用组分含量及可利用的程度、稀土元素的赋存状态、风化程度等划分矿石自然类型。依据矿石技术性能及其分采、分选的可能性划分矿石工业类型。研究不同矿石类型的分布范围和所占比例。

5.4.4 矿石选冶技术性能

在矿石工艺矿物学详细研究基础上,结合矿山建设设计要求,针对不同矿石类型,采集有代表性的样品进行选冶技术性能试验,详细查明矿石选冶技术性能,为矿山建设设计推荐合理的选冶工艺流程。具体按DZ/T 0340执行。矿石选冶技术性能内容参见附录C。

5.4.5 矿床开采技术条件

5.4.5.1 水文地质条件

通过水文地质工作,详细查明矿床水文地质条件,详细划分矿床水文地质勘查类型,并对矿床水文地质条件的复杂程度做出详细评价。具体要求如下:

- 研究区域水文地质条件,确定矿区所处水文地质单元的位置。详细查明地下水的补给、径流、排泄条件,确定矿区水文地质边界。
- 详细查明矿床开采范围内大气降水的降水量、降水时间、降水强度以及降水量季节变化规律。详细查明矿区地表水的汇水面积、分布范围、水位、流量、流速及其动态变化。详细查明大气降水和地表水对矿床开采的影响。
- 详细查明不同类型矿石的渗透性及对浸矿工艺的影响。
- 详细查明矿体底板隔水性能。
- 详细查明构造破碎带特征及其富水性与导水性,以及构造破碎带之间的水力联系、构造与地表水的水力联系程度。
- 调查研究可供利用的供水水源水量、水质及其利用条件,指出生活与工业用水水源方向。

5.4.5.2 工程地质条件

通过工程地质工作,详细查明矿床工程地质条件,详细划分矿床工程地质勘查类型,并对矿床工程地质条件的复杂程度做出详细评价。具体要求如下:

- 详细划分工程地质岩组。详细查明岩(土)体的产状、岩性、结构、分布、物理力学性质和水理性质,以及矿石和盖层的颗粒成分、粒级、含量及分布。
- 详细查明矿区所处构造部位,主要构造线方向,确定结构面的级别及主要不良优势结构面,指出其对矿床开采的影响。
- 详细查明矿体底板特征,包括完整程度、产状、起伏状况等。重点查明结构面(尤其是Ⅲ、Ⅳ级结构面)的分布、特征、发育程度等。
- 详细查明各类边坡稳定性的影响因素并进行评价。对露天采场边坡稳定性应分不同的工程地质区进行评价。根据需要对矿石及盖层进行专门性的预先疏干试验及饱水抗剪试验,预测饱水条件下的边坡稳定性。
- 指出矿床开采时可能出现的主要工程地质问题,并提出防治措施建议。

5.4.5.3 环境地质条件

环境地质条件包括但不限于以下内容:

- 调查评价勘查区的地质环境质量,确定地质环境类型。预测矿床开采可能引起的主要环境地质问题,并提出预防措施建议。具体要求如下:
- 详细查明矿区地表水、地下水水质状况,对矿区水环境质量做出评价;
- 详细查明并研究放射性等有害物质及有害气体的强度、含量、分布与变化规律,指出可能污染环境的因素。对原生环境质量进行评价;对次生环境质量进行预测,提出预防建议;
- 详细查明风化壳离子吸附型稀土矿床开发对地表(地下)水的影响及其产生泥石流、滑坡等次生地质灾害的可能性,提出处置预案及防治措施;
- 分析区域和勘查区有关地震资料,研究新构造活动的特征,对区域稳定性做出评价;
- 调查矿区(床)内各种灾害地质现象(岩崩、滑坡、山洪、泥石流、地面塌陷、地面沉降等),预测矿床开采对地质环境、生态环境的破坏和影响,并提出预防措施建议。

5.4.6 资源量分布和比例

在确定的勘查深度以上范围,一般探求探明、控制和推断资源量,且应具有合理的比例分布。勘探阶段应以首采区为重点,兼顾全区。首采区内原则上应为探明和控制资源量。在确定的勘查深度以下,一般不进行深入工作,可对成矿远景做出评价。资源量比例根据资源储量规模(参见附录D)与矿床复杂程度确定。一般的中、大型矿床,探明资源量、控制资源量之和应占总资源量的50%以上,其中探明资源量应达10%以上;一般的小型矿床以及复杂矿床,对探明、控制资源量的占比不做要求。一般按照“保证首采区还本付息、矿山建设风险可控”的原则,通过论证,合理确定各级资源量的比例。

5.5 供矿山建设设计的复杂和小型矿床的勘查工作程度要求

5.5.1 复杂的大、中型矿床,在基本工程间距基础上加密控制后仍不能探求探明资源量的,可只探求到控制资源量,提交详终报告,作为矿山建设设计的依据;复杂的小型矿床,用基本勘查工程间距系统控制后仍不能探求控制资源量的,可只探求到推断资源量,提交普终报告,作为矿山生产阶段边探边采的依据。

5.5.2 详终程度、供矿山建设设计的一般小型矿床的矿体特征和矿石质量特征的勘查控制研究程度应达到详查程度,普终程度的矿体特征和矿石质量特征的勘查控制研究程度应达到普查程度,除此之外,其他方面的勘查控制研究程度均应达到勘探程度要求。

5.5.3 详终、普终报告作为矿山建设设计的地质依据,考虑地质风险,一般不宜建设大、中型矿山。

6 勘查工作质量要求

6.1 绿色勘查要求

6.1.1 矿产勘查工作应将绿色发展和生态环境保护要求贯穿于勘查设计、施工、验收的全过程,统筹兼顾勘查效益、生态环境效益和勘查活动所在地社会效益,以最小的环境影响代价取得最佳的勘查效果。

6.1.2 勘查工程布置应合理避让生态环境敏感地段,场地选址、道路选线、物料堆存等应最大限度地减轻对生态环境的影响。

6.1.3 矿产勘查工作宜选择有利于环境保护的手段、技术、方法和工艺,可因地制宜采用以钻代槽(井),最大限度地减少对生态环境的扰动。

6.1.4 勘查工作过程中或阶段工作结束,应根据勘查区实际情况对勘查活动造成的环境影响进行恢复治理,最大限度消除勘查活动对生态环境造成的影响。

6.1.5 绿色地质勘查工作应符合 DZ/T 0374 的规定。

6.2 测量工作

6.2.1 地形测量和地质勘查工程测量应采用全国统一的坐标系统和最新的国家高程基准。测量工作要求按 GB/T 18341 执行。

6.2.2 与资源量估算相关的各种地质剖面、探矿工程、矿体等均应进行定位测量

6.3 地质填图

6.3.1 大比例尺地质填图目的是为矿产勘查、矿山建设设计服务,比例尺的选择应以勘查区地质特征及具体工作需要为依据。对风化壳边界以及风化壳内的风化残留体或岩脉边界应加密控制,所有地表工程和重要的地质观测点均应用全仪器法测定位置。

6.3.2 经稀疏工程验证无矿的同级别沟系及更高级别沟系,或者常年流水、基岩裸露的沟系,可根据地质填图成果圈定为风化壳自然边界,地质观测点经 RTK 实际收测位置后可作为矿体自然边界。

6.3.3 在地质填图前,应根据不同岩类选定并实测 1 条~3 条基本穿越全区地质体(火山岩区应尽可能通过火山机构中心)且露头较清楚、能较全面地反映区内相关岩类特征的地质剖面,根据测区岩类分布和需要酌情采取适量的岩矿、岩石化学、地球化学、古生物及同位素年龄等样品,了解地质体的时代、岩相(相带)、岩性特征及含矿性。实测剖面比例尺一般为平面比例尺的 1~5 倍。

6.3.4 地质填图宜用相同或较大的地形图为底图。勘探、详查阶段的地形图应进行精测;普查阶段可采用 1:10000 地形图或由此缩放成适当比例尺的地形图为底图;无相应地形图的,可考虑草测或简测地形图,或采用更小比例尺地形图放大而成的地形图为底图。勘探、详查阶段地质填图应进行正测,普查阶段地质填图一般为简测。

6.3.5 充分利用已有地质资料,提取对地质填图有用的地质、矿化、蚀变等信息;或利用原有地质填图资料,减少地质填图工作量,提高地质填图工作效率和成图质量。

6.3.6 固体矿产勘查工作应符合 GB/T 33444 的规定;固体矿产勘查原始地质编录应符合 DZ/T 0078 的规定。

6.4 水文地质、工程地质、环境地质工作

各种比例尺的水文地质、工程地质测量和环境地质调查,应符合相应比例尺规范的要求和相适应的勘查阶段对矿区水文地质、工程地质、环境地质工作的要求。矿区水文地质、工程地质和环境地质工作按 GB/T 12719、GB/T 13908 执行。各勘查阶段不同类型稀土矿床具体工作要求见本文件“5 勘查工作程度”。

6.5 探矿工程

6.5.1 井探

适用于较大风化残留体不发育以及风化壳厚度一般不超过 10m 的地区或地段;也可用于大体积质量样、选矿试验样等样品的采集。

6.5.2 人力冲击取样钻

人力冲击取样钻适用于岩脉、硅化(破碎)带及风化残留体不发育,以及风化壳或矿体厚度小于 45 m 的矿区或地段。包括但不限于以下要求,具体技术参见附录 F:

——应揭穿矿体底板界线;

——岩(矿)芯采取率一般按 100% 计;

——终孔后应丈量孔深,孔深误差不应大于 5 cm;如超出则以校正后的孔深为准,但可不平差,不测顶角和方位角;

——采样后的岩(矿)芯(现场缩分后的副样)装袋后应按顺序排列放入岩芯箱或其他保存容器内,保存至工作项目结束。

6.5.3 钻探

在应用人力冲击取样钻难以揭穿矿体的地段使用钻探(浅钻)工程。用来控制和评价矿体深部原岩和底板性质的钻探(浅钻)工程,并深入基岩不低于5m。对于全覆式风化壳,或者用槽探等工程难以揭露至基岩的,也应用少量钻探(浅钻)了解基岩物质成分与矿床的关系,了解矿体底板特征。应尽量保持岩(矿)石原有结构和岩(矿)芯的完整性。

6.6 化学样品的采取、制备及测试

6.6.1 化学全分析样

按矿石类型组合样品或单独采取具代表性的样品进行矿石化学成分的全分析,以全面了解矿石的化学成分,为确定基本分析、组合分析项目提供依据。通常按主要矿体、分矿石类型抽取组合分析副样或单独采取有代表性的样品。每种矿石类型或品级一般分析1个~2个样品,每个矿床一般不超过20个。

6.6.2 分析样

6.6.2.1 取样原则:按风化壳的分层和围岩(原则上顶、底板1m~2m,至少各应有1个样品控制)分别连续取样;也可结合快速分析法等方法确定采样的起止位置,以保证在控制矿体的情况下,减少采样及分析测试成本。

6.6.2.2 样品长度一般为1m~2m,未论证最低可采厚度的情况下,应类比周边同类矿床的最小可采厚度来确定取样长度,避免样品长度大于最小可采厚度的情况出现。具体根据矿化均匀程度、矿体最小可采厚度等合理确定,并尽可能等长。

6.6.2.3 取样方法:缩分法,应用于钻探取样先除去岩(矿)芯中(可能)夹有的较大岩块或岩脉,然后对同一个样品内的岩(矿)芯搅拌均匀,采用对角线法进行缩分,重复数次,直到满足样品质量为1.5kg~2.0kg;刻槽法,应用于井探取样,样槽断面一般为5cm×3cm。

6.6.2.4 分析项目:根据矿体矿化特征选择分析稀土氧化物浸出总量(SRE0)或稀土氧化物浸出分量(SRE015)。通常,轻重稀土叠生型矿床应分析稀土氧化物浸出分量(SRE015)。当其他有用组分达到工业要求时,也应列入基本分析项目。

6.6.3 组合分析样

6.6.3.1 分析目的为查明矿石中伴生有用、有害组分和相关稀土氧化物含量及其分布状况,为评价伴生有用组分及相关稀土氧化物提供依据。

6.6.3.2 从基本分析的副样中提取,一般按基本分析的样长进行组合。已列入基本分析的项目不再列入组合分析项目。单个组合分析样品质量一般为200g~400g。按单工程矿体中参加资源量估算的样品分矿石类型进行组合。

6.6.3.3 分析项目为稀土氧化物浸出分量(不做基本分析时)、稀土氧化物总量,必要时伴生有用组分也可列入组合分析。

6.6.4 赋存状态研究样

6.6.4.1 风化壳离子吸附型稀土矿床按不同矿石类型,分别采取代表性样品,样品质量为30kg~50kg。

6.6.4.2 放射性比活度测定样品:样品在稀土氧化物(REO)的产品中提取,送有关部门进行放射性比活度 $\{\alpha\}$,单位为贝可[勒尔]每千克(Bq/kg)测定。

6.6.5 样品制备

6.6.5.1 样品制备一般按切乔特经验公式逐级缩分,具体流程参见DZ/T 0130。

6.6.5.2 样品制备前应选择适宜的方法测定缩分系数K值。K值一般取0.2~0.5。

6.6.5.3 样品制备的基本要求:

——原始样品不应采用任何方式洗涤,以防止有用、有益、有害组分流失;

- 制备前应样品烘干、过秤。称样天平应进行校对；
- 样品制备前后的制备器具及设备应保持清洁，严禁混入其他物质；
- 样品制备不应采用导致稀土元素赋存状态发生变化的方法或流程；
- 应采取有效措施，保证样品制备质量。制备全过程中，样品总损失率应不大于 5%，每次缩分误差应不大于原始质量的 3%；
- 样品应及时制备并进行分析、测试。从收样—制备—分析测试的时间不应超过 1 个月。

6.6.6 分析测试

- 6.6.6.1 承担样品测试机构的资质要求按国家规定执行。
- 6.6.6.2 分析测试方法及质量要求应符合相关国家标准或行业标准。
- 6.6.6.3 凡参加矿体圈定、资源量估算的基本分析、组合分析结果，均需进行内、外检。物相分析结果应酌量进行内、外检。矿石化学全分析、硅酸盐分析以及明显低于边界品位的样品，一般不进行内、外检，必要时可进行少量检查。对于分析结果反常或异常的样品，除检查采样、样品制备质量外，还应专门进行内检，外检视具体情况确定。
- 6.6.6.4 内、外检按批次抽取，各批(期)次样品的内、外检合格率均应不低于 90%。
- 6.6.6.5 内部质量检查：
- 判别基本分析、组合分析、物相分析结果是否合格，是否存在偶然误差；
 - 基本分析、组合分析结果应分批、分期做内部检查分析；
 - 基本分析内检样按低于边界品位(包括可能的综合指标中的边界品位)20%以上的样品总数不少于 10%的数量抽取；
 - 基本分析样品较少时，可适当提高内检样品抽取比例，内检样品数量不应少于 30 件；
 - 当基本分析样品数量较多(2000 个样品以上)时，内检数量可适当减少，但应不少于 5%；
 - 组合分析内检样品的数量应不少于组合分析总量的 5%；
 - 物相分析内检样品数量根据需要而定；
 - 内检样品由送检单位在矿石各种自然类型、工业品级及稀土含量在边界品位附近及以上的相应分析样品的粗副样(<0.850 mm, 即 20 目)中抽取，编密码送原测试单位进行复测。
- 6.6.6.6 外部质量检查：判别原测试单位基本分析结果是否合格，是否存在系统误差。送检单位收到内检结果后，应通知原测试单位从内检合格样品的正余样中抽取外检样品，以明码送外检单位进行外检。外检样品数量一般为参加资源量估算的基本分析样品的 5%。当基本分析样品数量较多(2000 个样品以上)时，外检比例可适当降低，但不应少于 3%；基本分析样品数量较少，可适当提高外检样品抽取比例，外检样品数量应不少于 30 件。
- 6.6.6.7 内、外检误差的确定：以重复分析相对偏差允许限的数学模型作为重复分析结果精密度的允许限(Y_c)，重复分析结果的相对偏差小于或等于允许限(Y_c)时为合格，大于允许限(Y_c)时为不合格。
- 6.6.6.8 稀土化学成分重复分析相对偏差允许限数学模型为：

$$Y_c = C \times 14.37\bar{X}^{-0.1263} - 7.659 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Y_c ——重复分析试样中稀土组分的相对偏差允许限，数值用“%”表示；
- C ——稀土组分重复分析相对偏差允许限系数，取 1.00；
- $\bar{X}$ ——重复分析试样中稀土组分的平均质量分数，数值用“%”表示。

- 6.6.6.9 内、外检结果的处理包括但不限于：
- 内检样品合格率符合要求时，原分析结果合格；内检样品合格率不符合要求时，除将不合格样品复检外，还应抽取同批(期)次同一数量未验证过的样品再次进行检查。若复检结果合格率符合要求，则相应批(期)次原分析结果全部合格；否则相应批(期)次原分析结果全部无效，对此应及时查明原因并确定处理办法；
 - 外检样品合格率符合要求时，原分析结果合格；否则，外检单位与原测试单位均应查明原因，并抽取扩大一倍外检样品数量重新外检。如仍超出允许范围应及时与原测试单位联系，查明原因。对于能确定原因的，双方协商处理；不能确定原因的，进行仲裁分析。
- 6.6.6.10 系统误差的确定与处理包括但不限于：
- 系统误差的确定：原分析结果较外检分析结果 75%以上偏高或偏低，即认为存在系统误差。

——系统误差的处理：对存在的系统误差，原测试单位和外检单位应及时查找原因。对于能确定原因的，双方协商处理；不能确定原因的，进行仲裁分析。

6.6.6.11 仲裁分析包括但不限于：

- 当外检合格率不符合要求或原分析结果存在系统误差，而原测试单位和外检单位不能确定误差原因，或者对误差原因有分歧意见时，应由原分析(基本分析、组合分析)单位和外检单位协商确定仲裁单位，进行仲裁分析。仲裁分析样品由原分析单位从原分析样品的正余样中抽取，数量一般不少于外检样品数量的20%，且应不少于10件。
- 当仲裁分析结果证明原分析结果错误时，应予纠正。若存在系统误差且必须校正时，应将存在系统误差的批次样品全部返工，或者加倍数量进行仲裁分析，取得充分可靠的依据，求出校正系数，对有系统误差的分析结果进行校正。

6.7 矿石选冶技术性能试验样品的采集与试验

6.7.1 样品采集

6.7.1.1 样品采集前矿产勘查人员应与试验单位密切配合，必要时征求项目开发咨询设计单位意见，共同编制采样设计书，经矿产勘查投资人批准后实施。

6.7.1.2 矿石选冶技术性能试验样品的采集，应注重矿石类型、品级、结构和构造及空间分布的代表性。当矿石中有共伴生有用组分时应注重采样的代表性，以便试验时研究其综合回收的工艺流程。当不同类型和品级的矿石不可能或不需要分采或分选时，可只采取混合矿样(矿样中各类型和品级矿石所占比例应有代表性)。样品采集时还应根据贫化率采取适量的近矿围岩和夹石。对于详查、勘探阶段拟进行工业指标(综合工业指标)论证的矿床，可按拟定的几个可能的工业指标方案圈定矿体，分别采取(配备)矿样进行矿石选冶技术性能试验，以便根据试验结果确定合理的工业指标(综合工业指标)。样品采集应符合相关标准的要求。

6.7.1.3 试验矿样质量主要取决于矿石类型、试验目的、试验研究程度及规模、选冶方法工艺流程及其复杂程度、试验单位的设备能力等因素。一般情况下，可选性试验样质量为0.1 t~1 t，实验室流程试验样质量为0.2 t~5 t，实验室扩大连续试验样质量为5 t~20 t，半工业试验根据试验目的、试验内容、试验设备的能力和试验时间等因素具体确定试样质量。

6.7.2 样品试验

6.7.2.1 矿石选冶技术性能试验要求。具体按DZ/T 0340执行。

6.7.2.2 柱浸试验着重探索和研究各类型、品级矿石的可浸出性。即确定溶浸液的最佳浓度、溶浸剂和沉淀剂的消耗量、浸出液固比、稀土元素的浸出率及回收率等，通过稀土溶浸矿、母液除杂、稀土沉淀等工序的研究，提出合适的工艺技术指标，对矿床开采前景做出初步评价。

6.7.2.3 原地浸矿或堆浸试验宜在矿区结合矿山建设设计进行，根据柱浸试验结果选择适宜地块或场所模拟生产流程进行试验，获得接近生产状态下的试验成果。

6.8 岩(矿)石物理技术性能测试样品的采集与试验

6.8.1 样品采集

6.8.1.1 在详查、勘探阶段采集。通过测定岩(矿)石的物理技术性能，估算矿产资源量和研究矿床开采技术条件。采样方法、数量、质量按相关标准执行。

6.8.1.2 岩(矿)石物理力学性能测试样采集重点放在矿体的底板或风化壳底板。采样应有代表性，能反映出各种岩(矿)石的主要特征。

6.8.1.3 风化壳离子吸附型矿石，采用大体积质量估算资源量，其大体积质量样不少于5个，体积不小于0.125 m³。普查阶段不具备采样条件时，体积质量样的数量可视实际情况确定。

6.8.2 样品试验

测定项目：一般测定矿石的体积质量、品位、湿度、颗粒组成、松散系数、渗透系数、饱和度、孔隙度、含水量、饱和含水量、含泥率、液限、塑限，矿体底板围岩与矿石的稳定性及抗剪强度等。

6.9 原始地质编录、资料综合整理和报告编写

6.9.1 原始地质编录

6.9.1.1 所有探矿工程均应拍照保留施工开始前和施工现场恢复后的现场影像资料，以及施工采取的样品、岩(矿)芯等影像资料，并编号说明，制成光盘，作为原始资料加以保存。

6.9.1.2 勘查各阶段，应在现场及时进行原始编录，客观、准确、齐全地反映观察到的地质现象。各项原始编录资料应及时进行质量检查验收。各工作项目结束后，应及时提交原始资料和综合资料，并做到图件清晰、文字简练、文图表相符。采用计算机技术进行野外编录，应对修改过程进行版本控制。具体按 DZ/T 0078 执行。

6.9.2 资料综合整理

应贯穿于地质勘查工作的始终。及时整理第一手资料，编制综合性资料；以此为基础，结合区域性地质成果资料，运用先进的地质理论和方法，探索和认识地质规律，为编写勘查报告提供准确可靠、系统完整的地质成果资料。具体按 DZ/T 0079 执行。

6.9.3 报告编写

6.9.3.1 在编写勘查报告前，应进行野外工作的验收。未经野外验收或验收未通过，不应进行报告的编写。

6.9.3.2 勘查报告编写提纲应按有关要求结合离子吸附型稀土矿特点及勘查区实际情况拟定。矿山建设设计有特殊要求和勘查投资人有具体要求时，可适当增减有关内容。

6.9.3.3 勘查报告应由正文、附图、附表、附件组成。报告编写中存在的主要问题及讨论的结果，应在报告正文中反映。报告提交的附图、附表、附件按有关规范或规定执行。勘查报告内容、质量应符合 DZ/T 0033 的要求。

6.9.3.4 勘查报告经审查后按有关规定汇交有关地质资料。勘查工作中形成的原始资料(包括各种附件、图、表)和典型实物(影像)资料，应按照有关规定立卷、归档、汇交。

6.10 新理论、新方法的应用

鼓励运用新理论、新方法、新技术。在勘查工作各个阶段的全过程，尽量使用计算机信息处理技术及 RS、GPS、GIS 等技术开展工作，提交数字化成果资料，建档保存。

7 可行性评价

7.1 基本要求

7.1.1 在普查、详查和勘探阶段，均应进行可行性评价工作，以使离子吸附型稀土矿产勘查工作与下一步离子吸附型稀土矿产勘查或离子吸附型稀土矿山建设紧密衔接，减少离子吸附型稀土矿产勘查、离子吸附型稀土矿山开发投资的风险，提高离子吸附型稀土矿产勘查开发的经济效益和社会效益。

7.1.2 可行性评价划分为概略研究、预可行性研究和可行性研究三个阶段。根据需要开展相应研究。概略研究可由勘查单位完成；预可行性研究和可行性研究应由具有相应资质的单位完成。

7.1.3 可行性评价应视研究深度的需要，综合考虑地质、采矿、选冶、基础设施、经济、市场、法律、环境、社区和政策等因素，分析研究矿山建设的可能性(投资机会)、可行性，并做出是否适宜由较低勘查阶段转入较高勘查阶段以及矿山开发是否可行的结论。

7.2 概略研究

7.2.1 通过了解分析项目的地质、采矿、选冶、基础设施、经济、市场、法律、环境、社区和政策等因素，对项目的技术可行性和经济合理性进行简略研究，做出矿床开发是否可能、是否转入下一勘查阶段工作的结论。

7.2.2 概略研究应根据实际工作成果合理选取评价参数。若采用类比方式，应选择与勘查区主矿产及矿石类型一致，开采技术条件、矿石选矿技术性能等具有可类比性的矿山(矿床)，拟定开采方式、产品方案及技术经济参数等。

7.2.3 概略研究可在各勘查工作程度的基础上进行。具体按 DZ/T0336 执行。

7.3 预可行性研究

7.3.1 通过分析项目的地质、采矿、选冶、基础设施、经济、市场、法律、环境、社区和政策等因素，对项目的技术可行性和经济合理性的初步研究。做出矿山建设是否可行的基本评价，为矿山建设立项提供决策依据。

7.3.2 预可行性研究应在详查以上工作的基础上进行。

7.3.3 经过预可行性研究，探明资源量、控制资源量可转换为储量。

7.4 可行性研究

7.4.1 通过分析项目的地质、采矿、选冶、基础设施、经济、市场、法律、环境、社区和政策等因素，对项目的技术可行性和经济合理性的详细研究。做出矿山建设是否可行的详细评价，为矿山建设投资决策、确定工程项目建设计划和编制矿山建设初步设计等提供依据。

7.4.2 可行性研究一般在勘探工作的基础上进行。

7.4.3 经过可行性研究，探明资源量、控制资源量可转换为储量。

8 资源储量类型条件

8.1 资源量

8.1.1 资源量类型划分

按照地质可靠程度由低到高，资源量分为推断资源量、控制资源量和探明资源量。

8.1.2 推断资源量

经稀疏取样工程圈定并估算的资源量，以及控制资源量或探明资源量的外推部分。矿体的空间分布、形态、产状、连续性是合理推测的。数量、品位或质量是基于有限的取样工程和信息数据估算的，地质可靠程度较低。地质可靠程度达到下列具体条件：

- 初步控制矿体的形态、产状和空间位置；
- 初步控制控制矿和破坏矿体的较大褶皱、断裂、破碎带的性质、产状和分布范围；大致控制主要岩浆岩、夹石、无矿带岩石的岩性、产状及其分布变化规律；
- 初步查明影响矿石选冶性能的有用、有害组分及其赋存状态、分布变化规律，矿石类型（品级）。

8.1.3 控制资源量

经系统取样工程圈定并估算的资源量。矿体的空间分布、形态、产状、连续性已基本确定。数量、品位或质量是基于较多的取样工程和信息数据估算的，地质可靠程度较高。地质可靠程度达到下列具体条件：

- 基本控制矿体的形态、产状和空间位置；
- 基本控制控制矿和破坏矿体的较大褶皱、断裂、破碎带的性质、产状和分布范围；基本控制主要岩浆岩、夹石、无矿带岩石的岩性、产状及其分布变化规律；
- 基本查明影响矿石选冶性能的有用、有害组分及其赋存状态、分布变化规律，矿石类型（品级）；需要分采且地质条件允许的，矿石类型（品级）及其空间范围已基本圈定。

8.1.4 探明资源量

在系统取样工程基础上经加密工程圈定并估算的资源量。矿体的空间分布、形态、产状和连续性已确定；其数量、品位或质量是基于充足的取样工程和详尽的信息数据估算的，地质可靠程度高。地质可靠程度达到下列具体条件：

- 详细控制矿体的形态、产状和空间位置；
- 详细控制控制矿和破坏矿体的较大褶皱、断裂、破碎带的性质、产状和分布范围；详细控制主要岩浆岩、夹石、无矿带岩石的岩性、产状及其分布变化规律；
- 详细查明影响矿石选冶性能的有用、有害组分及其赋存状态、分布变化规律，矿石类型（品级）；需要分采且地质条件允许的，矿石类型（品级）及其空间范围已详细圈定。

8.2 储量

8.2.1 储量类型划分

根据地质可靠程度，按照采矿、选冶、基础设施、经济、市场、法律、环境、社区和政策等转换因素的确定程度由低到高，储量可分为可信储量和证实储量。储量由资源量转换而成。资源量和储量类型及其转换关系参见附录G。

8.2.2 可信储量

经过预可行性研究、可行性研究或与之相当的技术经济评价，基于控制资源量估算的储量；或某些转换因素尚存在不确定性时，基于探明资源量而估算的储量。

8.2.3 证实储量

经过预可行性研究、可行性研究或与之相当的技术经济评价，基于探明资源量而估算的储量。

8.3 资源量、储量类型调整

勘查过程中，当矿床(体)勘查类型发生变化，勘查控制研究程度不符合相应资源量的类型条件时，应对资源量类型进行调整；估算储量的，还应通过可行性评价对储量类型进行相应调整。

9 资源储量估算

9.1 矿床工业指标及主要内容

矿床工业指标的主要内容包括边界品位、最低工业品位、最小可采厚度、最小夹石剔除厚度、最低工业米·百分值。一般工业指标参见附录H。

- 边界品位：圈定矿体时对单个样品主要有用组分含量的最低要求，是“矿”和“非矿”的分界品位。
- 最低工业品位：圈定工业上可利用的矿体时，参照盈亏平衡原则确定的，对单个勘查工程连续样品段中主要有用组分平均含量的最低要求。
- 最小可采厚度：根据当前采矿技术和矿床地质条件确定的具有工业开采价值的单个矿体厚度(真厚度)的最低要求。
- 最小夹石剔除厚度：采用原地浸矿采选工艺，浸矿剂由上往下都会到达，并发生离子交换，无法剔除非矿的“夹石”，所以不受最小夹石剔除厚度限制，非矿层也要参与单工程平均参数计算。当非矿层过大时，可考虑分层注液和设计人造底板收液。
- 最低工业米·百分值：最小可采厚度与最低工业品位的乘积。当单工程单矿体真厚度小于最小可采厚度而品位较高时，可采用最低工业米·百分值圈定矿体。

9.2 资源储量估算的一般原则

9.2.1 矿床工业指标的采用

- 9.2.1.1 普查阶段采用一般工业指标。
- 9.2.1.2 详查、勘探阶段采用按照 DZ/T 0339 要求论证确定的工业指标。
- 9.2.1.3 依据矿床工业指标圈定和外推矿体的原则参见附录 I。

9.2.2 资源量估算方法的选择

根据矿体特征(矿体的形态和内部结构、产状及其变化情况、厚度和品位变化情况等)、取样工程分布情况和取样数量等，选择适宜的矿产资源量估算方法。常用的方法有断面法、地质块段法、地质统计学法和SD法等。资源量估算方法的选择与运用按DZ/T 0338执行。

9.2.3 资源量估算的基本要求

- 9.2.3.1 按矿体、资源量类型、矿石类型、品级划分块段，兼顾矿体的自然边界。

- 9.2.3.2 以浸出量指标分别估算矿石量、平均品位[ω (SREO), 数值以“%”表示]和稀土氧化物浸出总量[SREO, 单位为吨(t)], 据组合分析结果估算稀土氧化物总量[TREO, 单位为吨(t)]。
- 9.2.3.3 可根据需要估算稀土氧化物总量或稀土氧化物浸出总量中主要计价元素的资源量。
- 9.2.3.4 应按矿体, 分资源量类型, 必要时分矿石工业类型或品级估算资源量。对于伴生矿产, 一般宜分块段估算资源量。
- 9.2.3.5 对于同体共生矿产, 采用综合工业指标的, 按综合工业指标圈定矿体, 估算资源量; 未采用综合工业指标的, 分别按主矿产和共生矿产的工业指标圈定矿体, 估算资源量, 将同体共生矿产中介于边界品位与最低工业品位之间的资源量归为伴生矿产。共生矿产、伴生矿产资源量估算执行 GB/T 25283 规定。
- 9.2.3.6 对于轻重稀土叠生型矿体, 应在垂向上划分轻稀土和重稀土两种矿床配分类型, 分别按照各自矿体工业指标圈定矿体, 并分别估算资源量。

9.2.4 储量估算的基本要求

分析研究采矿、选冶、基础设施、经济、市场、法律、环境、社区和政策等因素(简称转换因素), 通过预可行性研究、可行性研究或与之相当的技术经济评价, 认为矿产资源开发项目技术可行、经济合理、环境允许时, 探明资源量、控制资源量扣除设计损失和采矿损失后方能转为储量。

9.2.5 资源储量估算各种数值的修约要求

各种参数及资源储量小数进位规则是“四舍五人”, 具体修约要求见表1。

表1 资源储量估算各种数值的修约要求

资源储量名称	单位	修约要求
矿石量	千吨 ((1000 t))	取整数
稀土氧化物量	吨(t)	取整数
品味	%	保留小数点后三位有效数字
厚度	米(m)	保留小数点后两位有效数字
体积质量	吨每立方米 (t/m³)	保留小数点后两位有效数字
面积	平方米(m²)	取整数
体积	立方米(m³)	取整数

9.3 资源量估算参数的确定

9.3.1 面积

用计算机软件求取面积。矿产资源量估算图件的比例尺视矿体规模而定, 一般为1:5000~1:500。

9.3.2 平均品位

- 9.3.2.1 单工程(或样品段)平均品位计算: 采用样长加权平均法求得。样品中有特高品位, 则应先处理特高品位, 再计算单工程(或样品段)平均品位。
- 9.3.2.2 一般单样品位高于矿体平均品位 6~8 倍的样品称为特高品位。特高品位处理:
- 确定特高品位时, 当矿体品位变化大时, 取上限值; 变化小时, 取下限值; 变化中等时, 取中间值。
 - 处理特高品位前, 首先应对被视为特高品位的样品副样进行第二次内检分析, 当两次分析结果在允许误差范围内时确定为特高品位, 用第一次的结果作为待处理的特高品位。
 - 处理方法: 用特高品位所在工程影响块段的平均品位或工程(当单工程矿体厚度大时)平均品位代替。若存在特高品位集中地段, 可单独划分特高品位块段, 不再进行特高品位处理。对特高品位处理后, 所在单工程仍为特高品位时, 应进行特高品位的二次处理, 直至消除特高品位为止;
 - 特高品位处理的合理性可用西舍尔估值检验(Sichel's T)。
- 9.3.2.3 块段平均品位计算: 用地质块段法估算矿产资源量时, 采用单工程矿体厚度加权平均法求得; 用断面法计算时, 先采用单工程(或样品段)厚度加权, 再采用断面面积加权求得。

9.3.3 块段平均厚度

一般采用算术平均法求取平均厚度。但厚度的选取应视估算方法而定。用纵投影面积时，计算平均水平厚度；用水平投影面积时，计算平均铅垂厚度；用真面积时，计算平均真厚度。对于厚度变化很大的矿床，当工程分布很不均匀时，可根据其影响长度或面积加权计算。

9.3.4 矿石体积质量

9.3.4.1 矿石体积质量一般在野外具备相应测试条件下，由经过培训的技术人员测定，必要时应进行验证试验；也可与湿度、孔隙度样品一并送测试单位测定。矿石体积质量应按矿石类型或品级分别计算。当不同矿石类型或品级矿石体积质量相近时，全矿区可用总的平均体积质量估算矿产资源储量，否则应使用不同矿石类型或品级各自的平均体积质量；风化壳离子吸附型矿石采用大体积质量。当湿度大于 3% 时，应进行湿度校正。

9.3.4.2 单工程(或样品段)平均品位计算：采用样长加权平均法求得。样品中有特高品位，则应先处理特高品位，再计算单工程(或样品段)平均品位。

9.4 资源储量类型的确定

9.4.1 应根据矿床不同矿体、不同地段(块段)的勘查控制研究程度，客观评价分类对象的地质可靠程度，并结合可行性评价的深度和结论，确定矿产资源储量类型。具体按 GB/T17766、GB/T13908 执行。

9.4.2 共生矿产、伴生矿产资源储量类型按 GB/T 25283 确定。

9.5 资源储量估算结果

9.5.1 资源储量估算结果应用表格进行汇总，并用文字进行综述。根据工作区(或矿山)勘查和开采状况、矿体特征等，列示(存在的)保有、动用和累计查明，主矿产、共生矿产和伴生矿产，不同矿石工业类型、不同资源储量类型的资源储量。

9.5.2 反映的内容通常包括矿石量、稀土氧化物浸出总量、平均品位等。估算了单元素氧化物资源储量的，应反映单元素氧化物量及其平均品位。

附录 A

(资料性)

稀土元素的性质和用途

A.1 稀土元素的分组

稀土元素是元素周期表中第Ⅲ族的16个元素总称，即镧系元素(La—Lu, 57~71)和钇(Y, 39)。通常分为两组，即铈组和钇组。铈组稀土元素(La—Eu)，用 ΣCe 表示，称为轻稀土(组)元素或铈族稀土(组)元素；钇组稀土元素(Gd—Lu+Y)用 ΣY 表示，称为重稀土(组)元素或钇族稀土(组)元素。在稀土勘查、开发利用中，稀土元素通常指除钷(Pm, 61)以外的15个元素。

A.2 稀土的性质和用途

A.2.1 稀土元素的性质

A.2.1.1 稀土元素是典型的金属，呈银白色或灰色，金属光泽，硬度较大，导电性不良，具延展性。稀土元素化学性质活泼，其活泼性仅次于碱土金属。常温下，稀土金属需保存在煤油中。按稀土金属的活泼性次序排列，由镧—镱递减，即镧元素最活泼。

A.2.1.2 轻稀土金属燃点很低，如铈为 165 °C，镨为 290 °C，钕为 270 °C，并在燃烧时放出大量的热。

A.2.1.3 稀土元素能与许多元素化合。当和氧作用时，一般生成稳定性很高的 RE₂O₃ 型氧化物，与水作用可放出氢气，与酸作用反应更激烈，但与碱几乎不发生反应。

A.2.1.4 稀土元素及其合金具有大量吸氢的能力，如镧镍合金(LaNi₅)是良好的储氢材料。

A.2.2 稀土元素的用途

稀土元素最早的应用局限于汽灯纱罩、打火石、电弧碳棒、玻璃着色等。随着科学技术的发展，人们逐渐认识稀土元素的性质，使其应用领域日益广泛，用量逐渐扩大，成为现代工业的重要物质。

——冶金工业：稀土元素可作合金剂、还原剂、去硫脱氧剂等，在冶炼钢铁时加入少量稀土氧化物可净化钢铁中杂质，改变其物理化学性能；

——石油化工工业：催化裂化是炼油工业中重要的加工方法，原油直接蒸馏仅得 15%~20% 汽油，而稀土裂化取得的汽油可达原油的 80%，还可产出丙烯、丁烯等重要化工原料；

——玻璃陶瓷工业：稀土在玻璃陶瓷中的应用，近年发展较快。铈、镨、钕、钇等稀土可做玻璃的脱色剂和着色剂，制成的玻璃器具，具有透明度高，色彩鲜艳的特点；稀土在陶瓷制作中可作釉料，使陶瓷产品具有呈色均匀、光泽明亮、鲜艳柔和的特点。稀土还可制作特种陶瓷如热敏电阻器、光电陶瓷等；

——电气工业：钇、铽、铕等可制造最新式电子计算机中存储数码的记忆装置；铕、钇、钆、铽等稀土氧化物具有发光效率高、色彩鲜艳、稳定性好的特性，既是制造探照灯、弧光灯、电机等零件的重要原料，也是制造彩色电视机、高强度照明用红色荧光粉、投影电视白色荧光粉的荧光材料；稀土钴及钕是制造永磁电机的重要原料。在目前研究开发利用的超导领域，稀土也是重要的材料之一，如钇钡铜氧系、镧铜系超导材料离不开稀土；

——原子能工业：钇具有中子俘获截面小比重轻，可做核反应堆的结构材料；而钐、铕、钆的中子俘获截面大，可做核反应堆的控制棒或停堆棒，还可做屏蔽材料。

——此外，稀土在农业、医药、轻纺、环保等领域也有广泛用途。

A.3 稀土元素的地球化学特征

A.3.1 稀土元素的主要地球化学参数见表A.1。

表A.1 稀土元素的主要地球化学参数表

原子序数	元素名称	原子量	电子构式	电负性	地壳中重量克拉克值 10 ⁻⁶	常见价态	离子半径 10 ⁻¹⁰ m	能量系数	离子电位	配位数	在自然界的同位数
57	镧	138.906	4f ⁰ 5d ¹ 6s ²	1.1	39	+1 +3	1.39 1.061	0.43 4.01	2.83	6.8	¹³⁸ La, ¹³⁹ La
58	铈	140.15	4f ¹ 5d ¹ 6s ²	1.05	43	+3 +4	1.034 0.92	4.02 7.30	2.90 4.35	6.8 6	¹³⁶ Ce, ¹³⁸ Ce, ¹⁴⁰ Ce, ¹⁴² Ce
59	镨	140.908	4f ³ 5d ⁰ 6s ²	1.1	5.7	+3 +4	1.013 0.90	4.04 7.33	2.96 4.44	6.8 6	¹⁴¹ Pr
60	钕	144.24	4f ⁴ 5d ⁰ 6s ²	1.1	26	+4 +3	0.995	4.05	3.02	6 6.8	¹⁴² Nd, ¹⁴³ Nd, ¹⁴⁴ Nd, ¹⁴⁵ Nd, ¹⁴⁶ Nd, ¹⁴⁸ Nd, ¹⁵⁰ Nd
61	钐	(147)	4f ⁵ 5d ⁰ 6s ²	1.1		+3	0.979	4.06	3.06	6.8	¹⁴⁵ Pm
62	铕	150.36	4f ⁶ 5d ⁰ 6s ²	1.1	6.7	+2 +3	0.964	4.08	3.11	6.8	¹⁴⁴ Sm, ¹⁴⁷ Sm, ¹⁴⁸ Sm, ¹⁴⁹ Sm, ¹⁵⁰ Sm, ¹⁵² Sm, ¹⁵⁴ Sm
63	钆	151.965	4f ⁷ 5d ⁰ 6s ²	1.1	1.2	+2 +3	1.09 0.950	1.78 4.09	1.83 3.16	8.1 6.8	¹⁵¹ Eu, ¹⁵³ Eu
64	铈	157.25	4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	1.1	6.7	+2 +3	0.938	4.09	3.20	8 6.8	¹⁵² Gd, ¹⁵⁴ Gd, ¹⁵⁵ Gd, ¹⁵⁶ Gd, ¹⁵⁷ Gd, ¹⁵⁸ Gd, ¹⁶⁰ Gd
65	铈	158.925	4f ⁹ 5d ⁰ 6s ²	1.2	1.1	+3 +4	0.84	4.11 7.43	3.25 4.76	6.8 6	¹⁵⁹ Tb
66	铈	162.50	4f ¹⁰ 5d ⁰ 6s ²	1.2	4.1	+3	0.908	4.12	3.30	6.8	¹⁵⁶ Dy, ¹⁵⁸ Dy, ¹⁶⁰ Dy, ¹⁶¹ Dy, ¹⁶² Dy, ¹⁶³ Dy, ¹⁶⁴ Dy
67	铈	164.930	4f ¹¹ 5d ⁰ 6s ²	1.2	1.4	+3	0.894	4.13	3.36	6.8	¹⁵⁶ Ho
68	铈	167.26	4f ¹² 5d ⁰ 6s ²	1.2	2.7	+3	0.881	4.14	3.41	6	¹⁶² Er, ¹⁶⁴ Er, ¹⁶⁶ Er, ¹⁶⁷ Er, ¹⁶⁸ Er, ¹⁷⁰ Er
69	铈	168.934	4f ¹³ 5d ⁰ 6s ²	1.2	0.3	+3	0.869	4.15	3.45	6	¹⁶⁹ Tm

A.3.2 镧系元素在地壳中的分布量从镧到镥呈波浪式下降的趋势，这与它们的稳定性大小有关。镧系元素还有一特殊现象——“镧系收缩”，即随原子序数的增加，三价离子半径从镧到镥随之缩小，这为镧系元素的分离工艺提供了依据。镧系元素的碱性从镧到镥也逐渐降低，这是其在自然条件下发生分馏作用的主要原因。

A.3.3 稀土元素在地壳中的平均丰度值约为0.0135%。在各类岩石中的分布见表A.2。花岗岩和碱性岩是稀土的主要母岩，各类稀土矿床均与其密切相关。稀土是典型的亲石元素，与其地球化学性质相近的元素有Ca²⁺、Mn²⁺、Fe²⁺、Th⁴⁺、U⁴⁺、Zr⁴⁺、Hf⁴⁺、Sr²⁺、Ba²⁺等，它们常发生类质同象置换。

表A. 2 稀土在各类岩中石中的丰度

岩石类型	ω (RE ₂ O ₃) %
碱性岩	0.021
花岗岩	0.025
中性岩	0.013
基性岩	0.00085
超基性岩	0.00045

A. 3. 4 在自然条件下，稀土多呈三价状态，形成RE₂O₃型化合物，钐、铈、镧、可还原呈二价状态，它们可置换钙、铅、锶而存在于斜长石、萤石、磷氯铅矿和菱锶矿中。铈、铽、镨在表生条件下可氧化呈四价状态，形成方铈石等配合物是稀土元素迁移的最主要形式。

A. 3. 5 稀土元素在地壳中主要以参加矿物的晶格和类质同象置换形式赋存于岩石、矿（石）物中。在岩浆作用中稀土元素趋向于晚期富集。在伟晶作用中，不同成因类型的伟晶岩、稀土元素的富集特点不同。在气成热液阶段，稀土元素主要聚集于钠长岩和碳酸岩中，形成重要的稀土矿床。在热液作用阶段，稀土主要呈复杂的碳酸盐配合物被碱性溶液搬运。在表生作用下，稀土元素一般不大容易较长距离迁移，多为就地富集。在某些沉积岩中稀土含量偏高，如在磷块岩中为0.0n%~0.n%，但未见稀土独立矿物，稀土含量与磷具同步消长关系，稀土可能呈类质同象置换胶磷矿中的钙而赋存在胶磷矿的晶格中。在变质作用中，稀土也可能富集成矿。

附录 B

(资料性)

勘查类型及其主要因素与工程间距的确定

B.1 勘查类型的划分

B.1.1 简单(第I类型):五个地质因素类型系数之和为2.6~3.0。矿体规模大,矿化连续,形态简单至较简单,厚度稳定,稀土组分分布均匀至较均匀。如兴业县小平山离子吸附型稀土矿、北流市文城离子吸附型稀土矿。

B.1.2 中等(第II类型):五个地质因素类型系数之和为1.8~2.5。矿体规模中等至大,矿化较连续,形态简单至较简单,厚度较稳定,稀土组分分布较均匀至不均匀。如钟山县花山离子吸附型稀土矿、容县黎村离子吸附型稀土矿。

B.1.3 复杂(第III类型):五个地质因素类型系数之和小于1.8。矿体规模小至中等,矿化不连续,形态较简单至复杂,厚度不稳定,稀土组分分布较均匀至不均匀。如岑溪市糯垌离子吸附型稀土矿5-10号、5-11号、5-12号矿体。

B.2 勘查类型主要因素的确定

B.2.1 矿体延展规模

按面积分为大、中、小三类及类型系数见表D.4。

表B.1 矿体延展规模及类型系数表

矿体延展规模	矿体面积 km ²	类型系数
大	≥1	0.9
中	0.1~1	0.6
小	<0.1	0.3

B.2.2 矿体的矿化连续性

采用含矿率指标评价,即离子吸附型稀土矿体中的工业可采部分与整个离子吸附型稀土矿体的面积之比。数值越小,矿体矿化越不连续;数值越大,矿体矿化越连续。变化介于1~0之间:

- 连续,其含矿率>0.9,相应的类型系数为0.3;
- 较连续,其含矿率在0.9~0.7,相应的类型系数为0.2;
- 不连续,其含矿率为<0.7,相应的类型系数为0.1。

B.2.3 矿体形态复杂程度

采用矿体边界模数指标评价,即与矿体水平投影面等面积之矩形周长与矿体水平投影面边界总长度的比值。其矩形之一边采用矿体水平投影面的最大长度,另一边为矿体水平投影面积与矿体水平投影面的最大长度的比值。数值越小,矿体形态越复杂;数值越大,矿体形态越简单。变化介于1~0之间。

- 简单(矿体边界模数>0.6),似层状,成片连续分布,偶有夹石或风化残留体,相应的类型系数为0.9;
- 较简单(矿体边界模数0.3~0.6),似层状至透镜状,成片连续至较连续分布,常有夹石或风化残留体,相应的类型系数为0.6;
- 复杂(矿体边界模数<0.3),透镜状,较零散分布,类型系数为0.3。

B.2.4 厚度稳定程度

厚度稳定程度应符合以下内容的要求:

- 稳定，厚度变化系数为 $\leq 60\%$ ，类型系数为 0.6；
- 较稳定，厚度变化系数 $60\% \sim 120\%$ ，类型系数为 0.4；
- 不稳定，厚度变化系数 $> 120\%$ ，类型系数为 0.2。

B.2.5 稀土组分分布均匀程度应符合以下要求：

- 均匀，品位变化系数 $\leq 30\%$ ，类型系数为 0.3；
- 较均匀，品位变化系数 $30\% \sim 60\%$ ，类型系数为 0.2；
- 不均匀，品位变化系数 $> 60\%$ ，类型系数为 0.1。

B.3 勘查工程间距的确定

B.3.1 各勘查阶段工程间距

- B.3.1.1 普查阶段：根据验证异常和初步控制矿体的需要布置的有限取样工程，工程间距无明确要求，一般以一条至数条剖面或结合地貌单元稀疏控制矿体。
- B.3.1.2 详查阶段：在普查时对矿体初步查明之后，布置系统取样工程对矿体加以控制。工程间距根据勘查类型确定。该工程间距是进行详查的基本工程间距，也是估算控制资源量的最小工程间距。
- B.3.1.3 勘探阶段：是对详查中系统取样工程间距加密后估算探明矿产资源量的工程间距。探明、控制资源量其勘查工程间距相互间原则上成倍数关系，勘查工作程度越高，工程间距越密。

B.3.2 勘查工程间距的确定方法

勘查工程间距的确定与矿床勘查类型有关，也与矿体五种主要地质因素有关。对于勘查工程数量较多的矿床，可运用地质统计学法、SD法或其他数理方法确定最佳工程间距；对于一般中小型矿床有类比条件时，运用传统的类比法确定最佳工程间距；对于大型矿床，应进行不同勘查间距的工程验证，以确定最佳工程间距。

B.3.3 勘查工程间距

根据勘查类型，参考基本勘查工程间距见表B.2。

表B.2 矿床勘查类型工程间距参考表

勘查类型	基本勘查工程间距		
	密度 个/km ²	长方形网度 m×m	正方形网度 m×m
简单（第Ⅰ类型）	60~80	(200×80) ~ (160×80)	(110×110) ~ (120×120)
中等（第Ⅱ类型）	100~140	(160×60) ~ (120×60)	(80×80) ~ (100×100)
复杂（第Ⅲ类型）	210~310	(120×40) ~ (80×40)	(50×50) ~ (60×60)
注：勘查工程布置以密度作为矿体控制程度评价指标，网度用来约束工程点距及矿体外推参数。网度类型的的选择应根据地形地貌特征综合判断。			

附 录 C

(资料性)

风化壳离子吸附型稀土矿石特征及选矿工艺

C.1 矿石特征

该类矿石，主要为全风化型，其次为半风化型。矿石主要由高岭石、埃洛石等粘土矿物（20%~70%）和石英、钾长石、云母等残留矿物和少量难风化稀土矿物、副矿物组成。矿石结构松散，湿度较大，渗透性能一般较好。

C.2 采选工艺及原理

C.2.1 风化壳离子吸附型稀土矿中的稀土一般赋存于风化壳矿床中，其原矿品位很低，一般稀土氧化物(REO)含量0.0n%~0.n%。稀土离子主要被吸附于高岭土、长石、云母等黏土矿物的表面，采用常规的物理选矿方法无法使稀土富集为精矿，但是被吸附的稀土离子在遇到化学性质活泼的阳离子(Na^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 等)能被其交换解吸。根据离子吸附型稀土矿以离子相稀土为主的特点，采用电解质进行离子交换浸取稀土的方法。

C.2.2 采选工艺有第一代池浸工艺、第二代堆浸工艺和第三代原地浸矿工艺。不论何种采选工艺，其主要的提取工艺程序均为：浸取母液→除杂澄清→沉淀稀土、灼烧→混合稀土氧化物产品→废液处理等。一般混合稀土氧化物，其要求为： $\omega(\text{REO}) > 92\%$ 、 $\omega(\text{Al}_2\text{O}_3) < 0.3\%$ 、 $\omega(\text{ThO}_2) < 0.01\%$ 。

C.2.3 目前生产多采用原地浸矿工艺，但应根据矿床地质特征，从有利于提高稀土回收率和减少环境影响两个主要方面确定适宜的采选工艺。推广采用资源回收率高、环境影响小的生产新工艺。

C.3 池浸工艺

将稀土矿石采运至建设的水泥池中，用溶浸液浸析矿石，进而收集浸出母液回收稀土的采(选)矿方法。该工艺需要剥离大量的矿石，产生的尾砂、剥离物和废水容易控制且易处理，但处理的矿石量有限，生产效率低，劳动强度和生产成本较高。一般用于残矿处理。

C.4 堆浸工艺

将稀土矿石采运至(就近)用防渗漏材料做成的堆矿场中，用溶浸液浸析矿石，进而收集浸出母液回收稀土的采(选)矿方法。该工艺需剥离植被，但由于采取了机械化作业，其开采效率得到提高；可以利用地形筑堆，就地浸取，集中收液、集中处理来进行生产，做到不压矿、不弃矿；尤其对于低品位稀土矿也有良好的浸取效果，其资源利用率和产量均高于池浸工艺。产生的尾砂、剥离物、废水多于池浸、原地浸矿工艺，但可控。

C.5 原地浸矿工艺

在不破坏矿区地表植被、不开挖表土与矿石的情况下，将溶浸液经注液孔直接注入矿体，溶浸液中的阳离子将吸附于黏土矿物表面的稀土离子交换解吸出来，形成稀土母液，进而收集浸出母液回收稀土的采(选)矿方法。该工艺基本不破坏矿区的原生地貌形态，劳动强度和直接生产成本相对较低，不产生尾砂、废石。但该工艺对矿石的渗透性，以及地下水、地形地貌、底板等开采技术条件有一定要求，适用范围有限；使矿石内部结构或山体遭受破坏，易发生滑坡、泥石流等次生地质灾害；溶浸液、浸出液不可控，易造成资源流失及污染地下水；不利于共伴生矿产的回收利用。

附 录 D
(资料性)

风化壳离子吸附型稀土矿产资源储量规模划分

风化壳离子吸附型稀土矿产资源储量规模划分见表D. 1。

表D. 1 矿产资源储量规模划分表

矿床名称	储量单位	矿 床 规 模		
		大型	中型	小型
轻稀土矿	稀土氧化物 (SREO) 10 ⁴ t	≥6.5	0.5~6.5	<0.5
重稀土矿	稀土氧化物 (SREO) 10 ⁴ t	≥3.0	0.3~3.0	<0.3

附 录 E

(资料性)

稀土元素在自然界的赋存状态及矿床类型

E.1 稀土元素在自然界的赋存状态及其特征

E.1.1 稀土元素赋存状态及分类

稀土元素在矿石中的赋存状态可分为4种：矿物相、离子吸附相、胶体分散相和晶格杂质相。风化壳离子吸附型稀土矿石主要为离子吸附相，其稀土元素赋存状态类型共分四相八态，具体见表E.1。

表E.1 风化壳离子吸附型稀土矿石稀土元素赋存状态类型划分表

相	态	稀土赋存特征	稀土迁移富集特征	占比 %
离子吸附相	交换性吸附态	主要呈水合稀土阳离子吸附于粘土矿物、水云母等带负电荷的矿物表面双电层中，可被NaCl、HCl、(NH ₄) ₂ SO ₄ 等电解质溶液淋洗、浸取出来	主要以水合阳离子形态迁移，通常在风化壳全风化层中、上部富集成矿	42~90 以上
	专性吸附态	铁镁氧化物、铝硅氧化物等胶体表面，双电层内吸附稀土离子，一般用NaCl等强电解质溶液不能提取出来	与针铁矿、褐铁矿、硅胶腐殖质等吸附因素有关，迁移能力很小	个别矿床可达20~40
胶体分散相	胶体吸附态	稀土呈氢氧化物、碳酸盐微胶体吸附于粘土矿物、无定形SiO ₂ 表面	大量形成于微风化和半风化层中，全风化层以下pH值降低而逐渐溶解	一般0~11，个别矿床可达50以上
	凝胶态	稀土呈氢氧化物、碳酸盐、凝胶分散于风化壳中	大量形成于微风化和半风化层中，全风化层以下pH值降低而逐渐溶解	
独立矿物相	表生矿物态	主要为氟碳铈矿、水磷铈石、水磷铈石等新生稀土矿物	常交代原生稀土矿物，如褐帘石、楣石、磷灰石等	0~22
	残留矿物态	主要为难风化的稀土矿物，如独居石、磷钇矿和副矿物锆石等	在风化壳上部和表面富集。常以水力机械搬运方式迁移	5~8
晶格杂质相	类质同象态	以类质同象方式分散于未风化的长石、云母、锆石的造岩矿物和副矿物中	伴随主晶矿物以机械方式迁移	1~13
	内潜同晶态	分散于矿物晶格缺陷和空位中	伴随主晶矿物以机械方式迁移	

E.1.2 主要矿物

自然界的稀土矿物种类繁多。据统计，稀土独立矿物约170种，加上含稀土矿物合计超过250种。在我国各类稀土矿床中，主要的稀土矿物20余种，共分四类，详见表E.2

表E.2 我国稀土矿床中主要稀土矿物表

分类	矿物名称	英文名称	化学分子式	ω (RE ₂ O ₃) /%	
				分析值	理论值
碳酸盐、氟碳酸盐	氟碳铈矿	Bastnaesite	Ce[(CO ₃)F]	74.89	4.77
	氟碳钙铈矿	parisite	Ce ₂ Ca[(CO ₃) ₃ F ₂]	60.30~63.37	60.89
	氟碳钽铈矿	Cordylite	Ba(Ce、La) ₂ (CO ₃) ₃ F ₂	47.31~52.19	51.55
	直氟碳钙钇矿	Synchysite-(y)	(Y、Dy)(Ca(CO ₃) ₂ F)	35.35	
	黄河矿	HuanghOite	Ba(Ce、La、Nd)(CO ₃) ₂ F	35.40~39.71	39.39
	澜石	Lanthanite	Ce ₂ (CO ₃) ₃ ·8H ₂ O	54.65	54.21
	碳钙铈矿	Calcioancylite	Ce(Ca、Sr)[(CO ₃) ₂ (OH)]·H ₂ O	48.72	
	碳铈钠石	Carbocernaitite	(Sr、RE、Ba)(Ca、Na)(CO ₃) ₂	21.98	

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/745101034040012024>