

# 中华人民共和国地质矿产行业标准

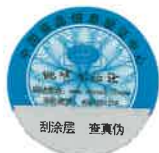
DZ/T 0204—2022  
代替 DZ/T 0204—2002

## 矿产地质勘查规范 稀土

Specifications for rare earth mineral exploration

2022-07-20 发布

2022-11-01 实施



中华人民共和国自然资源部 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 勘查目的及勘查阶段	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	4
5.3 详查阶段要求	5
5.4 勘探阶段要求	8
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	11
6 勘查工作及质量要求	11
6.1 绿色勘查要求	11
6.2 测量工作	12
6.3 地质填图	12
6.4 水文地质、工程地质、环境地质工作	12
6.5 物探、化探工作	12
6.6 探矿工程	13
6.7 化学样品的采取、制备及测试	13
6.8 矿石选冶技术性能试验样品的采集与试验	16
6.9 岩(矿)石物理技术性能测试样品的采集与试验	17
6.10 原始地质编录、资料综合整理和报告编写	18
6.11 计算机及其他新技术的应用	18
7 可行性评价	19
7.1 基本要求	19
7.2 概略研究	19
7.3 预可行性研究	19
7.4 可行性研究	19
8 资源储量类型条件	19
8.1 资源量	19
8.2 储量	20
8.3 资源量、储量类型调整	21

9 资源储量估算 .....	21
9.1 矿床工业指标 .....	21
9.2 资源储量估算的一般原则 .....	21
9.3 资源量估算参数的确定 .....	22
9.4 资源储量类型的确定 .....	23
9.5 资源储量估算结果 .....	23
附录 A (资料性) 稀土元素的性质和用途 .....	24
附录 B (资料性) 勘查类型及其主要因素与工程间距的确定 .....	27
附录 C (资料性) 稀土矿石特征及选矿工艺 .....	31
附录 D (资料性) 稀土矿产资源储量规模划分标准 .....	35
附录 E (资料性) 稀土元素在自然界的赋存状态及矿床类型 .....	36
附录 F (资料性) 人力冲击取样钻技术要求 .....	40
附录 G (资料性) 资源量和储量类型及其转换关系 .....	44
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 .....	45
附录 I (资料性) 矿体圈定、外推和资源量估算方法 .....	48
参考文献 .....	51

## 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。

本文件代替 DZ/T 0204—2002《稀土矿产地质勘查规范》，本文件与 DZ/T 0204—2002 相比，除编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 将文件名称由《稀土矿产地质勘查规范》改为《矿产地质勘查规范 稀土》；
- 取消了预查阶段，修改了各勘查阶段的内涵(见 4)；
- 将“勘查研究程度”与“勘查控制程度”合并为“勘查工作程度”，勘查工作程度要求按勘查阶段编排(见 5)；
- 增加了“勘查工程部署”(见 5.1.3)；
- 增加了“勘查深度”(见 5.1.4)；
- 修改了“综合勘查综合评价”(见 5.1.5)；
- 修改了“矿石选冶技术性能研究”(见 5.2.4、5.3.4、5.4.4)；
- 增加了勘查阶段资源储量比例的要求(见 5.2.6、5.3.6、5.4.6)；
- 增加了“人力冲击取样钻”(见 6.6.4)；
- 增加了风化壳(层)岩(矿)芯采样方法、样品分析项目(见 6.7.2.2)；
- 修改了分析测试中内外检及其误差的确定与处理以及仲裁分析的要求(见 6.7.8)；
- 增加了不同选冶试验样的质量要求(见 6.8.1.3)；
- 增加了体积质量样采样要求(见 6.9.1.3)；
- 修改了“可行性评价”(见 7)；
- 将“矿产资源/储量分类及类型条件”修改为“资源储量类型条件”，修改了资源储量分类及类型条件(见 8)；
- 增加了“不同类型矿床工业指标的构成”(见 9.1.2)；
- 修改了“资源储量估算的一般原则”(见 9.2)；
- 将附录 G“稀土元素的性质和用途”修改为附录 A“稀土元素的性质和用途”；
- 将附录 C“确定勘查类型的主要因素及工程间距的确定”修改为附录 B“勘查类型及其主要因素与工程间距的确定”，重新厘定了“含矿率”“矿体边界模数”的表述及表示方法(见附录 B)；
- 将附录 F“稀土矿石的选矿工艺、物理技术性能”修改为附录 C“稀土矿石特征及选矿工艺”，补充了池浸、堆浸及原地浸矿工艺特点(见附录 C)；
- 将附录 B“稀土矿产资源/储量规模划分标准”修改为附录 D“稀土矿产资源储量规模划分标准”，采用稀土氧化物浸出总量规定了风化壳离子吸附型稀土矿床规模划分标准(见附录 D)；
- 将附录 H“稀土主要矿物及矿床类型”修改为附录 E“稀土元素在自然界的赋存状态及矿床类型”，增加了风化壳离子吸附型稀土矿石稀土元素赋存状态类型、浅变质岩风化壳离子吸附型稀土矿床、风化壳离子吸附型稀土矿床的配分类型(见附录 E)；
- 增加了附录 F“人力冲击取样钻技术要求”(见附录 F)；
- 将附录 A“固体矿产资源/储量分类”修改为附录 G“资源量和储量类型及其转换关系”(见附录 G)；
- 修改了一般工业指标及共生矿产指标制订原则(见附录 H)；

DZ/T 0204—2022

- 将附录 D“矿体圈定和矿产资源/储量估算方法”修改为附录 I“矿体圈定、外推和资源量估算方法”，修改、补充了矿体圈定、外推的原则以及矿产资源量估算方法及其适用条件(见附录 D)；
- 删除了“光谱全分析样品”；
- 删除了附录 E“稀土精矿、稀土氧化物、稀土化合物质量标准”。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本文件起草单位：江西省地质局第七地质大队(原江西省地质矿产勘查开发局赣南地质调查大队)、中国地质调查局天津地质调查中心。

本文件起草人：曾载淋、朱宏新、梁景时、李晓华、彭琳琳、谢有炜、王家松、谢琳、龙永逵、刘翠辉、刘俊生、邹新勇。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- DZ/T 0204—2002。

# 矿产地质勘查规范 稀土

## 1 范围

本文件规定了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。

本文件适用于稀土矿产(砂矿除外)勘查工作及其成果评价。

## 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/T 12719 矿区水文地质工程地质勘查规范
- GB/T 13908 固体矿产地质勘查规范总则
- GB/T 17766 固体矿产资源储量分类
- GB/T 18341 地质矿产勘查测量规范
- GB/T 25283 矿产资源综合勘查评价规范
- GB/T 33444 固体矿产勘查工作规范
- DZ/T 0033 固体矿产地质勘查报告编写规范
- DZ/T 0078 固体矿产勘查原始地质编录规程
- DZ/T 0079 固体矿产勘查地质资料综合整理综合研究技术要求
- DZ/T 0130(所有部分) 地质矿产实验室测试质量管理规范
- DZ 0141 地质勘查坑探规程
- DZ/T 0227 地质岩心钻探规程
- DZ/T 0336 固体矿产勘查概略研究规范
- DZ/T 0338(所有部分) 固体矿产资源量估算规程
- DZ/T 0339 矿床工业指标论证技术要求
- DZ/T 0340 矿产勘查矿石加工选冶技术性能试验研究程度要求
- DZ/T 0374 绿色地质勘查工作要求

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 勘查目的及勘查阶段

### 4.1 勘查目的

发现和评价稀土矿床(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 各阶段的目的任务

#### 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（参见附录 A）矿体（床）地质特征以及矿石选冶技术性能，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 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，在勘查阶段一般根据矿体的资源储量规模确定。

5.1.1.4 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。

5.1.1.5 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。原生稀土矿床<sup>1)</sup>依据矿体延展规模、矿体形态复杂程度、构造影响程度、矿体厚度稳定程度和稀土组分分布均匀程度五个主要地质因素,风化壳离子吸附型稀土矿床<sup>2)</sup>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。

5.1.2.3 当矿体沿走向或倾向的变化不一致时,工程间距应适应其变化;当矿体出露地表时,地表勘查工程间距宜适当加密。

### 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。一般先根据稀土矿床类型选择进行地质填图、物探、化探、遥感、重砂测量等面积性工作,以指导、优化探矿工程的布置和施工。

5.1.3.2 根据矿床类型、矿体地质特征和矿山建设的需要,地形、地貌、物探、化探条件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。

5.1.3.3 原生稀土矿床采用勘查线法。地表一般以槽井探工程为主、浅钻为辅,配合有效的物探、化探;深部以钻探为主。当矿体形态复杂、矿体呈管条状、矿石物质组分变化大,以至于用钻探难以达到勘查目的时,应以坑探为主配以钻探或者采用坑探工程进行验证。坑探以沿脉配合穿脉进行。若钻探所获地质成果与坑探验证成果相近,则不宜投入较多的坑探工程。采取选矿大样时,也可动用坑探工程。

5.1.3.4 风化壳离子吸附型稀土矿床一般采用勘查线与地形地貌条件相结合的方法。当地形较平坦,沟谷不发育时,可采用勘查网法;勘查线尽量垂直山脊走向,当山脊较长且走向变化明显时,应分段取不同方向的勘查线;勘查工程的布置应视矿体在山顶、山脊、山坡和山脚的分布规律,采用相对均衡的工程间距。反之,对于地形复杂的矿床(体),应主要以地貌要素(山顶、山脊、山坡和山脚)为单元以梅花形均衡布置工程,根据勘查类型采用相应密度,并适当加密控制。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<sup>3)</sup>、浅井(小圆井)、浅钻的一种或多种,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。地表可辅以少量探槽对地质界线进行揭露,深部必要时可视露头或探槽揭露情况采用少量钻孔了解矿体底

- 
- 1) 原生稀土矿床:泛指除风化壳离子吸附型稀土矿(床)、砂矿(床)以外的稀土矿床,其矿石物理性状及稀土元素赋存状态未发生次生改变。
  - 2) 风化壳离子吸附型稀土矿床:指风化壳中稀土呈阳离子状态吸附于黏土矿物表面,且其稀土的吸附量达到工业开发利用要求的稀土矿床,简称离子吸附型稀土矿(床)或离子型稀土矿(床)。
  - 3) 人力冲击取样钻:在洛阳铲基础上经过地质勘查实践不断改进与创新发展起来的一种经济、高效、安全、环保的取样工具。在江西等地又称赣南钻。



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。原生稀土矿床一般不超过 700 m；风化壳离子吸附型稀土矿床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 100 m。

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。勘查深部原生稀土矿体应适当加强开采技术条件研究。

#### 5.1.5 综合勘查综合评价

5.1.5.1 各勘查阶段均应对矿床进行综合勘查综合评价。具体要求按 GB/T 25283 执行。

5.1.5.2 详查和勘探阶段，对于资源量规模达到中型以上的共生矿产，应与主矿产统筹考虑，并按该共生矿产的矿种勘查规范进行相应的控制和评价，详查阶段对共生矿产的勘查工作程度一般宜达到相应矿产勘查规范规定的详查程度要求，勘探阶段视具体情况确定；对于资源量规模为小型的共生矿产，视控制主矿产的工程对其控制情况和需要进行控制，并按该共生矿产的勘查规范进行评价。

5.1.5.3 对于伴生矿产一般利用控制主矿产的工程进行控制，对达到综合评价参考指标且在当前技术经济条件下能够回收利用的伴生矿产，应研究提出综合回收利用方案；对虽未达到综合评价参考指标或未列入综合评价参考指标，但可在矿石选冶过程中单独出产品，或可在某一产品中富集达到计价标准的伴生矿产，应研究提出综合回收利用途径，并进行相应的评价。

#### 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、重砂、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

5.2.1.1 通过 1:25 000~1:5 000 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。对风化壳离子吸附型稀土矿床，还应初步查明地貌类型、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。

5.2.1.2 对物探、化探异常进行 I—II 级验证。

#### 5.2.2 矿体特征

5.2.2.1 通过矿(化)点检查，1:10 000 或更大比例尺的物探、化探剖面测量或面积性测量，以及必要的取样工程等，对勘查区内发现的矿化线索逐一进行验证、检查、追索和评价，发现矿体。

5.2.2.2 对发现的矿化地质体及矿体，特别是主要矿体，应根据矿床类型、矿体出露情况等开展

1:10 000~1:2 000 比例尺的矿体地质填图和有效的物探、化探、遥感、重砂等工作。地表应以取样工程稀疏控制,深部应有工程证实,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。原生稀土矿床应初步查明近矿围岩蚀变类型、强度及其与成矿的关系。

### 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(原生稀土矿床)、化学成分、矿石品位、稀土配分、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<sup>4)</sup>技术性能

在矿石工艺矿物学基础研究基础上,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。不同类型矿床有以下不同的要求。

- a) 原生稀土矿床:对于易选矿石和中小型规模的较易选矿石进行类比研究;难选矿石和大型资源量规模的较易选矿石进行可选性试验;对于新类型矿石一般进行可选性试验,大型资源量规模的新类型矿石,必要时进行实验室流程试验。
- b) 风化壳离子吸附型稀土矿床:进行类比研究。

### 5.2.5 矿床开采技术条件

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。初步了解矿体顶板、底板及围岩的稳定性。初步了解风化壳岩(土)体粒度、渗透性等,以及风化壳离子吸附型稀土矿床矿体底板完整情况。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,初步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

5.3.1.1 基本查明区域地层、构造、岩浆岩、变质作用等成矿地质条件及主要矿产。对风化壳离子吸附型稀土矿床,还应基本查明区域第四纪地质、地貌类型、微地貌特征及与风化壳发育程度的关系。

5.3.1.2 通过 1:10 000~1:2 000 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。基本查明地层时代、层序、岩相,含矿层位或容矿层位的岩性、岩相、岩石地球化学背景、含矿性和分布特征;基本查明与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;基本查明控制与破坏矿体的主要地质构造类型、规模、性

4) 风化壳离子吸附型稀土矿床的开采利用,采用集采(溶浸采矿)、选(化学选矿)、冶(湿法冶金)技术于一体的综合性新工艺,故其矿石的可选(冶)性又称“可浸出性”。

质、产状及对矿体的影响与破坏程度；基本查明与成矿有关的变质岩岩类、岩性、成分、时代、相带特征及其与成矿的关系；基本查明变质(混合岩化)作用、围岩蚀变特征及与矿化的关系。

5.3.1.3 基本查明风化带(壳)特征。原生稀土矿床应研究风化带的发育程度、范围、深度、分带性、矿物组合和变化规律及稀土元素的表生富集、贫化作用。风化壳离子吸附型稀土矿床应基本查明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;基本查明表土层(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

通过系统取样工程或结合有效的物探、化探工作,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、赋存部位、分布范围、规模、形态、产状及连接对比条件等;基本查明夹石、顶底板围岩的岩性、厚度及分布情况等。风化壳离子吸附型稀土矿床还应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、脉石矿物种类、含量、共生组合及矿石结构和构造特征;基本查明矿石品位、化学成分,主要有用组分及轻、重稀土的含量与比例,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。风化壳离子吸附型稀土矿床还应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

在矿石工艺矿物学基础研究基础上,基本查明主要工业类型矿石的选冶技术性能。直接提供开发利用时,试验程度应达到可供矿山建设设计的要求。具体按 DZ/T 0340 执行。矿石选冶技术性能内容参见附录 C。不同类型矿床有以下不同的要求。

- a) 原生稀土矿床:小型资源量规模的易选矿石一般进行类比研究,必要时进行可选性试验;大中型资源量规模的易选矿石或中小型资源量规模的较易选矿石,进行可选性试验,必要时进行实验室流程试验;大型资源量规模的较易选矿石或中小型资源量规模的难选矿石,进行实验室流程试验;大型资源量规模难选矿石,进行实验室流程试验,必要时进行实验室扩大连续试验。
- b) 风化壳离子吸附型稀土矿床:有类比条件的一般进行类比研究,必要时进行柱浸试验<sup>5)</sup>;新类型矿石或无类比条件的矿石进行柱浸试验。

### 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,基本查明矿床水文地质条件,基本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。不同类型矿床有以下不同的要求。

- a) 原生稀土矿床:
  - 1) 调查研究矿区所处水文地质单元的位置或疏干排水可能影响的范围(当水文地质单元面积很大时),收集评价矿区水文地质条件所需的气象、水文资料,查明当地最低侵蚀基准面标高,调查地表水体的分布范围及水(流)量情况,圈出汇水边界。
  - 2) 基本查明矿区(矿床)含水层和隔水层的岩性、厚度、产状、分布及埋藏条件,节理、裂隙的发

5) 柱浸试验:风化壳离子吸附型稀土矿室内试验方法,相当于可选性试验。一般采用 6 根长 2.0 m、直径 110 mm 的有机玻璃管,分别用 0.5%、1%、1.5%、2.0%、2.5%、3% 六种不同浓度的溶浸液对试样(高度一般 0.3 m)进行对比试验,提出合适的工艺技术指标。

育程度、分布规律及其富水性,矿床顶、底板隔水层的隔水性能和稳定性,矿体围岩的富水性和水压。研究岩溶的发育程度、分布规律及其富水性。

- 3) 基本查明构造破碎带的富水性及导水性、构造对各含水层及地表水水力联系的影响程度,调查老窿水对矿床开采的影响,分析可能引起突水的位置。
- 4) 基本查明地下水的补给、径流、排泄条件及其与区域水文地质环境的关系,矿区水文地质边界和矿床主要充水因素。选择代表性地段对矿床充水的主要含水层进行抽水试验,初步确定矿床充水的主(次)要含水层及其主要水文地质参数,预测矿坑涌水量。
- 5) 基本查明地下水的水量、水位、水质、水温及其动态变化情况。调查可供利用的供水水源及其水质、水量等,指出供水水源方向。

b) 风化壳离子吸附型稀土矿床:

- 1) 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。
- 2) 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。
- 3) 基本查明大气降水和地表水对矿床开采的影响。
- 4) 选择有代表性的地段,基本查明不同类型矿石的渗透性以及对浸矿工艺的影响。
- 5) 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。
- 6) 基本查明矿体底板隔水性能。
- 7) 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,基本查明矿床工程地质条件,基本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。不同类型矿床有以下不同的要求。

a) 原生稀土矿床:

- 1) 根据矿体围岩类型及矿石特征,划分矿区工程地质岩组。
- 2) 测定矿石、夹石及顶、底板围岩的物理力学性质,对矿体及围岩的岩体质量做出基本评价。
- 3) 基本查明矿区内构造破碎带、风化软弱带、裂隙(节理)带等的发育程度和分布规律。
- 4) 对矿体及顶、底板围岩的稳固性和露天采场边坡的稳定性进行基本评价。
- 5) 调查老窿的分布情况,大致圈出采空区范围。
- 6) 预测矿床开采时可能出现的主要工程地质问题。

b) 风化壳离子吸附型稀土矿床:

- 1) 划分矿区工程地质岩组。基本查明岩(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。
- 2) 基本查明矿区内断裂的分布及发育程度。
- 3) 基本查明矿体底板状态,包括完整程度、产状、起伏状况等。
- 4) 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。
- 5) 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,基本查明地质环境质量,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。具体有以下要求。

- a) 基本查明矿区地表水、地下水的水质情况。
- b) 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。
- c) 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。

- d) 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。
- e) 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<sup>6)</sup>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 1:5 000~1:1 000 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。详细查明地层时代、层序、岩相,着重研究含矿层位或容矿层位的岩性、岩相、岩石的矿物组分、沉积环境、沉积建造、岩层对比标志及岩石地球化学背景,了解其含矿性,分析其变化规律及与矿床形成和矿体空间分布的关系。详细查明控制及破坏矿体的主要构造性质、规模、产状、形态、分布规律和生成顺序,对矿体破坏较大的断层应有加密工程控制。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。详细查明与成矿有关的变质岩岩类、岩性、成分、时代、相带特征及其与成矿的关系。详细研究与成矿有关的变质(混合岩化)作用以及围岩蚀变的类型、矿物组合、强度、分带性及其与成矿的关系。提出找矿方向及找矿标志。

5.4.1.2 原生稀土矿床应详细研究风化带(壳)的发育程度、范围、深度、分带性、矿物组合和变化规律及稀土元素的表生富集、贫化作用。风化壳离子吸附型稀土矿床应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

5.4.2.1 原生稀土矿床用加密系统取样工程,详细查明和研究矿体的空间特征和赋存规律,详细查明矿体的赋存部位、分布范围、数量、规模、形态、产状、夹石分布及矿体顶、底板特征,断层、岩脉对矿体的穿插破坏情况及风化带对矿体的影响等,正确圈定并连接矿体。

5.4.2.2 风化壳离子吸附型稀土矿床,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

---

6) 复杂矿床:指第Ⅲ勘查类型矿床中,在基本勘查工程间距基础上加密后难以探求探明资源量或用基本勘查工程间距难以探求控制资源量的矿床。

石结构和构造及其有益有害组分的赋存状态和分布规律。原生稀土矿床应详细研究矿石矿物和脉石矿物的种类、含量、粒级、嵌布关系、生成顺序、共生组合及其稀土元素占有率和配分值；风化壳离子吸附型稀土矿床还应详细研究全风化、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 原生稀土矿床依据矿石的有用组分、结构、构造、风化程度，风化壳离子吸附型稀土矿床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。不同类型矿床有以下不同的要求。

- a) 原生稀土矿床：小型资源量规模的易选矿石进行可选性试验，必要时进行实验室流程试验；大中型资源量规模的易选矿石或中小型资源量规模的较易选矿石或小型资源量规模难选矿石，进行实验室流程试验；大型资源量规模的较易选矿石，进行实验室流程试验，必要时进行实验室扩大连续试验；大中型资源量规模的难选矿石，进行实验室扩大连续试验；大型资源量规模的难选矿石，必要时进行半工业试验。
- b) 风化壳离子吸附型稀土矿床：进行柱浸试验。大型资源量规模的新类型矿石或大型资源量规模的无类比条件的矿石，有条件时可视矿床开采方式进行原地浸矿或堆浸试验。

#### 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。不同类型矿床有以下不同的要求。

- a) 原生稀土矿床：
  - 1) 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。
  - 2) 详细查明矿床开采范围内含水层、隔水层的岩性、厚度、分布、产状、埋藏条件、含水层的水力联系，主要隔水层的稳定性和隔水程度，主要充水含水层的富水性和渗透性，以及含水层的水位、水质、水温、水量及动态变化。
  - 3) 详细查明对矿坑充水有影响的构造破碎带的位置、规模、性质、产状、充填与胶结程度、风化及溶蚀特征、富水性和导水性及其变化情况，沟通各含水层及地表水的程度，分析构造破碎带可能引起突水的地段。
  - 4) 详细查明对矿床开采有充水影响的地表水的汇水面积、分布范围、水位、流量、流速及其动态变化，历史上出现的最高洪水水位标高、洪峰及淹没范围，以及地表水对矿坑充水的方式、地段。
  - 5) 对于有老窿分布的矿床，应调查老窿的分布范围、深度、积水和塌陷情况，圈出老窿区的分布范围。
  - 6) 研究地表水、主要地下充水含水层、构造破碎带之间的水力联系和联系程度、地下水场特征，分析老窿水对矿床开采的影响。详细查明地下水的补给、径流、排泄条件及矿床充水因素，确定矿区水文地质边界。
  - 7) 通过钻孔简易水文地质观测及抽水试验等工作求取水文地质参数，计算首采地段第一开采水平的正常和最大矿坑涌水量，预测下一开采水平的涌水量。提出矿山防治水建议。
  - 8) 调查研究可供利用的供水水源水量、水质及其利用条件，指出供水水源方向。

b) 风化壳离子吸附型稀土矿床:

- 1) 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。
- 2) 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。
- 3) 详细查明不同类型矿石的渗透性及对浸矿工艺的影响。
- 4) 详细查明矿体底板隔水性能。
- 5) 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。
- 6) 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。不同类型矿床有以下不同的要求。

a) 原生稀土矿床:

- 1) 详细划分工程地质岩组。详细查明对矿床开采不利的软弱岩组的性质、产状与分布。
- 2) 详细查明矿区所处构造部位,主要构造线方向,各级结构面的分布、规模、形态、产状、张开程度、充填胶结特征及充填、充水情况,以及结构面组合关系与力学效应;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。
- 3) 详细查明矿体及围岩的岩体结构、岩体质量,并对其稳定性做出评价。预测可能产生的工程地质问题,指出不良工程地质岩(层)组的分布地段,对矿体顶、底板及近矿围岩的稳定性进行评价。
- 4) 详细查明岩体的风化程度、风化带分布规律及其岩石物理力学性质。对强蚀变矿区,应查明影响岩体工程性质的主要蚀变作用,并圈定其蚀变范围。
- 5) 对于矿石及其围岩含黏土的矿区,应查明黏土的矿物成分、分布、厚度及其变化情况。
- 6) 对于有可溶岩类的矿床,应详细研究岩溶发育的主要层位、深度、发育程度和主要特征、充填和充水情况、连通性,以及表部覆盖层的厚度、岩性、结构特征及其变化。
- 7) 详细查明各类边坡岩(土)层和软弱夹层的产状、岩性、结构,黏土岩的矿物成分、含量、分布范围、物理力学性质和水理性质,以及含水层的水压、透水性和岩石力学强度差异的岩层界面位置及特征。详细查明各类结构面的发育程度、充填物成分及物理力学性质,以及边坡与各类结构面的产状、组合关系。划分工程地质区,并对边坡的稳定性进行评价。
- 8) 适于露天开采的矿床,应对露天采场边坡稳定性及剥离物岩性、厚度、分布规律及强度进行评价。

b) 风化壳离子吸附型稀土矿床:

- 1) 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。
- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 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。

5) 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: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。具体有以下要求。

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 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。
- e) 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 资源量分布及比例

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。

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。

### 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 勘查工作及质量要求

### 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 矿产勘查工作尽可能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)、“一基多孔”和“一孔多支”等手段和技术,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尽可能地、及时地对勘查活动造成的环



境影响进行恢复治理,最大限度地消除勘查活动对生态环境造成的影响。

6.1.5 绿色地质勘查工作要求按 DZ/T 0374 执行。

## 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 原生稀土矿床地质填图精度要求,参照同比例尺地质填图规范要求执行。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。对矿体分布地段和覆盖区的重要地质界线应采用相应的工程揭露控制,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。对于达不到一般标定精度要求的薄矿体、控矿层、含矿层、标志层及其他有特殊意义的地质体,可放大至 1 mm 表示。风化壳离子吸附型稀土矿床的地质填图,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。

6.3.2 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,研究和确定矿区各类地层或岩石的填图单位,了解各填图单位的分布、特征及相互关系。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,了解地质体的层序(形成顺序、序次)、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。

6.3.3 地质填图一般要求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 1:10 000 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。

6.3.4 充分利用已有地质、物探、化探、遥感资料,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。

6.3.5 具体工作要求和方法按 GB/T 33444、DZ/T 0078 执行。

## 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参看“5 勘查工作程度”。

## 6.5 物探、化探工作

6.5.1 根据勘查区矿床的地质、矿化特征及矿区的自然地理条件,深入研究,并掌握矿体(或隐伏矿体)和围岩、基岩面及风化壳下的构造和裂隙带的地球物理、地球化学特征,以便选择有效的物探、化探方法进行综合勘查。对矿化引起的异常,视不同勘查阶段进行适当的工程验证,勘查报告中应阐述工作质量与成果,并附必要的综合性图件,其比例尺应与地质图相适应。方法手段有效时,也可利用钻孔进行井中物探,寻找盲矿体,研究矿体规模、产状及连接对比关系。物探、化探工作质量、精度按有关规范、规程执行。

6.5.2 详查、勘探阶段应对代表性工程和地质剖面进行相同比例尺的放射性伽马能谱测量。

6.5.3 各项地球物理、地球化学的测试数据应准确、可靠,各项改进、创新的计算程序应按程序审查后使用。物探、化探异常的地质解译,应有对该类稀土矿床有勘查经验的地质专家参与。

## 6.6 探矿工程

### 6.6.1 槽探

对浅部矿体覆盖层小于 3 m 的可使用探槽、浅坑,应挖至基岩新鲜面。槽探主要用于揭露地表地质界线,了解矿(化)体在地表的规模、形态、产状和矿石质量变化、主要断裂构造特征等。

### 6.6.2 井探

对原生稀土矿床,主要作为槽探的辅助工程,一般覆盖层大于 3 m 可采用浅井,应挖至基岩。对风化壳离子吸附型稀土矿床,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 10 m 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。

### 6.6.3 坑探

用于勘查和评价比较复杂的原生稀土矿床,或选矿试验样等样品的采集。一般使用沿脉坑道,用于矿床首采区或探明、控制资源量的主要分布区。当矿体厚度大于坑道规格时,应按设计规定的间距用穿脉坑道揭穿矿体。坑道布设应以探明矿体情况为主,并尽可能为未来矿山建设生产所利用,同时尽量与已完工、已布设或将要布设的其他探矿工程相衔接。坑探工程质量按 DZ 0141 执行。对老窿、旧矿坑尽可能进行清理、编录取样。

### 6.6.4 人力冲击取样钻

主要应用于风化壳离子吸附型稀土矿床。应揭穿矿体底板界线。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。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。人力冲击取样钻技术要求参见附录 F。

### 6.6.5 钻探

6.6.5.1 原生稀土矿床矿芯及顶、底板 5 m 范围内的岩石及标志层等的采取率不应低于 80%,岩芯采取率一般不低于 70%。厚大矿体内部矿芯采取率连续 5 m 低于 80% 时,应及时采取补救措施,否则工程不予验收。钻孔进出矿体应测顶角、方位角,丈量孔深。钻孔实际出矿点偏离设计出矿点的垂直勘查线距离,应视矿床具体情况而定,其终孔位置一般不允许超过原设计要求线距的 1/4。岩(矿)芯应按规定妥善保存。钻探质量要求按 DZ/T 0227 执行。

6.6.5.2 对风化壳离子吸附型稀土矿床,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,并深入基岩不低于 5 m。对于全覆式风化壳,或者用槽探等工程难以揭露至基岩的,也可用少量钻探(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。

## 6.7 化学样品的采取、制备及测试

### 6.7.1 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。

## 6.7.2 基本分析样

6.7.2.1 取样原则:对原生稀土矿床,工程揭露的矿体、矿化带和勘查线上的矿化露头按矿石类型和围岩(顶、底板 3 m~5 m)分别连续取样。对风化壳离子吸附型稀土矿床,按风化壳的分层和围岩(原则上顶、底板 1 m~2 m,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。样品长度一般为 1 m~2 m,具体根据矿化均匀程度、矿体最小可采厚度及最小夹石剔除厚度等合理确定,并尽可能等长,保证有效剔除夹石,合理圈定矿体。

### 6.7.2.2 取样方法。

- a) 刻槽法:槽、井、坑(窿)和矿化露头中采用。原生稀土矿床的样槽断面规格为 10 cm×3 cm;风化壳离子吸附型稀土矿床样槽断面一般为 5 cm×3 cm。穿脉坑道样品在坑壁的腰线上连续采取;沿脉坑道样品在掌子面或顶板垂直矿体走向采取,样品走向间距视矿化均匀程度而定。
- b) 锯(切)芯法:应用于非松散状岩(矿)芯,一般沿长轴方向锯(切)1/2 作为样品。
- c) 缩分法:应用于风化壳(层)岩(矿)芯,在现场进行。缩分方法: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 1.5 kg~2.0 kg。

6.7.2.3 样品分析项目:原生稀土矿床为稀土氧化物总量(TREO)或稀土氧化物分量(TREO15),风化壳离子吸附型稀土矿床为稀土氧化物浸出总量(SREO)或稀土氧化物浸出分量(SREO15)。当其他有用组分达到工业要求时,也应列入基本分析项目。

## 6.7.3 组合分析样

目的是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。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 200 g~400 g。不同类型矿床样品的采取和分析项目有以下不同的要求。

- a) 原生稀土矿床:样品的组合应依据伴生元素的分布规律,按工程分矿体、分矿石类型(或品级)进行组合。分析项目根据化学全分析结果、基本分析结果,结合矿床地质特征及矿床选冶技术条件确定,必要时也可将稀土氧化物分量(不做基本分析时)列入组合分析。
- b) 风化壳离子吸附型稀土矿床: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。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。

## 6.7.4 物相分析样

了解原生稀土矿床的自然分带、矿石自然类型,以确定风化矿石与原生矿石中主组分、共生组分和伴生组分在不同矿物相中的赋存状态、物相种类、含量和分配率。样品的采集应以野外观测或岩矿鉴定为基础,在不同的自然分带中采集新鲜样品,或抽取相应位置未受风化变质影响的基本分析副样进行物相分析。样品数量应视矿床规模及物质组分复杂程度而定。对氧化带发育的矿床应进行系统的物相分析,必要时适当加密取样工程;在氧化带不发育的情况下,可适当减少物相分析数量。采样与分析应及时进行,以免样品氧化后影响分析质量。物相分析结果应与化学分析、岩矿鉴定(甚至选矿)的成果互相验证才可使用。

### 6.7.5 单矿物或人工精矿分析样

主要用于原生稀土矿床。查明稀土元素的赋存状态、分布规律、含量及其与主元素的关系。样品应采自矿体。采样时应注意样品的矿物组合类型及同一矿物的不同世代、不同结晶粒度、色调等代表性,单矿物一般在实验室用各种物理分选方法获得。采集地点及数量按实际需要确定。当以单矿物估算资源量时,可按工程或块段采集组合样,分离人工精矿进行分析。样品质量可根据分析项目多少、单矿物挑选难易程度而定,一般送样质量为:单矿物 2 g~20 g,人工精矿 30 g~50 g。

### 6.7.6 赋存状态研究样

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 30 kg~50 kg。

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。

### 6.7.7 样品制备

6.7.7.1 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。

切乔特经验公式为

$$Q = Kd^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q —— 缩分后样品的最低可靠质量,单位为千克(kg);

K —— 缩分系数;

d —— 样品最大颗粒直径,单位为毫米(mm)。

6.7.7.2 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。

6.7.7.3 样品制备的基本要求。

- a) 原始样品不能采用任何方式洗涤,以防止有用、有益、有害组分流失。
- b) 制备前应将样品烘干、过秤。称样天平应进行校对。
- c) 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。
- d) 样品制备不能采用导致稀土元素赋存状态发生变化的方法或流程。
- e) 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%。
- f) 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。

### 6.7.8 分析测试

6.7.8.1 承担样品测试机构的资质要求按国家规定执行。

6.7.8.2 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。

6.7.8.3 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。

6.7.8.4 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%。

6.7.8.5 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(2 000 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低于边界品位 20%以上样品的粗副样(<0.850 mm,即 20 目)中抽取,编密码送原测试单位进行复测。

6.7.8.6 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(2 000 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。

6.7.8.7 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。

稀土化学成分重复分析相对偏差允许限数学模型为

$$Y_c = C \times (14.37\bar{X}^{-0.1263} - 7.659) \dots\dots\dots (2)$$

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。

6.7.8.8 内、外检结果的处理。

- a) 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。
- b) 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。

6.7.8.9 系统误差的确定与处理。

- a) 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。
- b) 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。

6.7.8.10 仲裁分析。

- a) 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。
- b) 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。

## 6.8 矿石选冶技术性能试验样品的采集与试验

### 6.8.1 样品采集

6.8.1.1 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。

6.8.1.2 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(矿样中各品级和类型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。

6.8.1.3 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。

## 6.8.2 样品试验

6.8.2.1 矿石选冶技术性能试验研究程度,根据不同矿床类型不同勘查阶段的试验程度要求和工业利用要求确定。具体按 DZ/T 0340 执行。

6.8.2.2 原生稀土矿床的试验要求。

- a) 通过岩矿测试,矿石物质组分及工艺矿物学、矿石磨矿细度与磨矿难易程度、选冶方法、选别条件等研究,推荐矿石选冶工艺流程。
- b) 可选性试验着重探索和研究各类型、品级矿石的可选性及主要有用组分的可利用性。
- c) 实验室流程试验应通过工艺条件、流程结构及开路、闭路试验,对主要有用组分的可利用性、伴生有用组分综合回收及有害组分去除的可能性做出评价,择优推荐工艺流程和工艺条件。
- d) 实验室扩大连续试验应对实验室流程试验推荐的一个或数个流程,在申组为连续的、类似生产状态的操作条件下进行试验,并在动态中实现工艺流程试验条件的稳定,获得稳定的试验指标。
- e) 半工业试验应利用专门试验厂(车间),按生产操作状态进行工业模拟试验,获得接近生产状态下的试验成果。

6.8.2.3 风化壳离子吸附型稀土矿床的试验要求。

- a) 柱浸试验着重探索和研究各类型矿石的可浸出性。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。
- b) 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。

## 6.9 岩(矿)石物理技术性能测试样品的采集与试验

### 6.9.1 样品采集

6.9.1.1 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。

6.9.1.2 岩(矿)石物理力学性能测试样采集重点放在矿体的上、下盘(风化壳离子吸附型稀土矿床为矿体底板或风化壳底板)。采样应有代表性,能反映出各种岩(矿)石的主要特征。

6.9.1.3 体积质量样应按矿石类型或品级分别采样,每种主要矿石类型或品级的样品分布及数量应具有代表性。致密块状矿石采集小体积质量样,每种主要矿石类型或品级不少于 30 个;松散和多孔隙(裂

隙)矿石应采集不少于3个大体积质量样,用于校正其小体积质量;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。小体积质量样体积一般为 $60\text{ cm}^3\sim 120\text{ cm}^3$ ,大体积质量样体积不小于 $0.125\text{ m}^3$ 。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。

## 6.9.2 样品试验

6.9.2.1 测定项目:原生稀土矿床一般测定矿石的体积质量、湿度、块度、松散系数、孔隙度、含泥率,矿体顶、底板围岩与矿石的稳定性、硬度、可磨度、休止角以及抗压、抗剪、抗拉强度等;风化壳离子吸附型稀土矿床一般测定矿石的体积质量、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。

6.9.2.2 测定矿石体积质量的同时应测定样品的主元素品位、湿度和孔隙度(原生稀土矿氧化矿石)。当体积质量与某元素的含量有相关性时,应分析该元素的品位。当湿度大于3%时,应对体积质量进行湿度校正。

## 6.10 原始地质编录、资料综合整理和报告编写

### 6.10.1 原始地质编录

6.10.1.1 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。

6.10.1.2 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。

### 6.10.2 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。

### 6.10.3 报告的编写

6.10.3.1 在编写普查、详查、勘探报告(以下简称勘查报告)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。

6.10.3.2 勘查报告编写提纲应按有关要求结合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。

6.10.3.3 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。

6.10.3.4 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。

## 6.11 计算机及其他新技术的应用

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,以使稀土矿产勘查工作与下一步稀土矿产勘查或稀土矿山建设紧密衔接,减少稀土矿产勘查、稀土矿山开发投资的风险,提高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/T 0336 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。

- a) 初步控制矿体的形态、产状和空间位置。
- b) 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、含矿岩系、夹石、无矿带岩石的岩性、产状及其分布变化规律。
- c) 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。

- a) 基本控制矿体的形态、产状、空间位置。
- b) 基本控制对矿体有控制或破坏作用,影响中段(或水平)开拓的较大褶皱、断裂、破碎带的性质、产状和分布范围;初步控制主要岩浆岩、含矿岩系、夹石、无矿带岩石的岩性、产状及其分布变化规律。
- c) 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。

- a) 详细控制矿体的形态、产状和空间位置。
- b) 详细控制影响中段(或水平)采准的较大褶皱、断层、破碎带的性质、产状和分布范围;基本控制主要岩浆岩、含矿岩系、夹石、无矿带岩石的岩性、产状及其分布变化规律。
- c) 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

#### 9.1.1 矿床工业指标及主要内容

9.1.1.1 稀土矿产资源储量估算的工业指标是圈定稀土矿体、估算稀土矿产资源储量的依据。稀土矿床一般工业指标参见附录 H。

9.1.1.2 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。

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 最小夹石剔除厚度:当前开采技术条件下,圈定矿体时单工程中应单独剔除的夹石最小厚度(真厚度)要求。
- e) 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。

#### 9.1.2 不同类型矿床工业指标的构成

9.1.2.1 原生稀土矿床:由边界品位、最低工业品位(最低工业米·百分值)、最小可采厚度、最小夹石剔除厚度构成。

9.1.2.2 风化壳离子吸附型稀土矿床:采用原地浸矿采选工艺的,由边界品位、最低工业品位(最低工业米·百分值)、最小可采厚度构成;采用非原地浸矿采选工艺的,由边界品位、最低工业品位(最低工业米·百分值)、最小可采厚度、最小夹石剔除厚度构成。

### 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、勘探阶段原则上采用按照 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)、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 原生稀土矿床以总量指标分别估算矿石量、平均品位 $[w(\text{TREO})]$ ,数值以“%”表示]和稀土氧化物总量 $[\text{TREO}]$ ,单位为吨(t)。风化壳离子吸附型稀土矿床以浸出量指标分别估算矿石量、平均品位 $[w(\text{SREO})]$ ,数值以“%”表示]和稀土氧化物浸出总量 $[\text{SREO}]$ ,单位为吨(t),据组合分析结果估算稀土氧化物总量 $[\text{TREO}]$ ,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 不同资源量估算方法的要求按相关规范、规程执行。

9.2.3.7 参与资源量估算的各个取样工程、样品分析测试质量均应符合有关规范、规程及规定的要求。

### 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

9.2.5.1 各种参数及资源储量小数进位规则是“四舍五入”。

9.2.5.2 矿石量为千吨( $10^3 \text{ t}$ ),取整数;稀土氧化物量为吨(t),取整数;品位用“%”表示,保留小数点后三位有效数字;厚度为米(m),保留小数点后两位有效数字;体积质量为吨每立方米( $\text{t}/\text{m}^3$ ),保留小数点后两位有效数字;面积为平方米( $\text{m}^2$ ),取整数;体积为立方米( $\text{m}^3$ ),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 : 5 000 ~ 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 特高品位处理: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。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。处理方法是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

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。块状矿石采用小体积质量;松散和多孔隙(裂隙)矿石采用经大体积质量校正的小体积质量;风化壳离子吸附型矿石采用大体积质量。当湿度大于3%时,大、小体积质量应进行湿度校正。

## 9.4 资源储量类型的确定

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结论,确定矿产资源储量类型。具体按 GB/T 17766、GB/T 13908 执行。

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

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。

反映的内容通常包括矿石量、稀土氧化物总量(原生稀土矿床)或稀土氧化物浸出总量(风化壳离子吸附型稀土矿床)、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<sub>B</sub>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 $\Sigma Ce$ 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 $\Sigma Y$ 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℃,镨为290℃,钕为270℃,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 $RE_2O_3$ 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( $LaNi_5$ )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,人们逐渐认识了稀土元素的性质,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。

- a) 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元素氧化物可净化钢铁中杂质,改变其物理化学性能。
- b) 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。
- c) 玻璃陶瓷工业:稀土元素在玻璃陶瓷中的应用,近年发展较快。铈、镨、钕、钇等稀土元素可作为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;稀土元素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。稀土元素还可制作特种陶瓷,如热敏电阻器、光电陶瓷等。
- d) 电气工业:钇、铽、铕等元素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;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元素。
- e) 原子能工业:钇具有中子俘获截面小、密度低的特点,可作为核反应堆的结构材料;而钐、铕、钆的中子俘获截面大,可作为核反应堆的控制棒或停堆棒材料,还可制作成屏蔽材料。

f) 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

原子序数	元素名称	相对原子质量	电子构式	电负性	地壳中克拉克值 $10^{-6}$	常见价态	离子半径 $10^{-10}$ m	能量系数	离子电位	配位数	在自然界的同位素
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	$^{138}\text{La}, ^{139}\text{La}$
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	$^{136}\text{Ce}, ^{138}\text{Ce}, ^{140}\text{Ce}, ^{142}\text{Ce}$
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	$^{141}\text{Pr}$
60	钕	144.24	$4f^4 5d^0 6s^2$	1.1	26	+4 +3	0.995	4.05	3.02	6 6.8	$^{142}\text{Nd}, ^{143}\text{Nd}, ^{144}\text{Nd}, ^{145}\text{Nd},$ $^{146}\text{Nd}, ^{148}\text{Nd}, ^{150}\text{Nd}$
61	钷	(147)	$4f^5 5d^0 6s^2$	1.1		+3	0.979	4.06	3.06	6.8	$^{145}\text{Pm}$
62	钐	150.36	$4f^6 5d^0 6s^2$	1.1	6.7	+2 +3	0.964	4.08	3.11	6.8	$^{144}\text{Sm}, ^{147}\text{Sm}, ^{148}\text{Sm}, ^{149}\text{Sm},$ $^{150}\text{Sm}, ^{152}\text{Sm}, ^{154}\text{Sm}$
63	铕	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	$^{151}\text{Eu}, ^{153}\text{Eu}$
64	钆	157.25	$4f^7 5d^1 6s^2$	1.1	6.7	+2 +3	0.938	4.09	3.20	8 6.8	$^{152}\text{Gd}, ^{154}\text{Gd}, ^{155}\text{Gd}, ^{156}\text{Gd},$ $^{157}\text{Gd}, ^{158}\text{Gd}, ^{160}\text{Gd}$
65	铽	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	$^{159}\text{Tb}$
66	镝	162.50	$4f^{10} 5d^0 6s^2$	1.2	4.1	+3	0.908	4.12	3.30	6.8	$^{156}\text{Dy}, ^{158}\text{Dy}, ^{160}\text{Dy}, ^{161}\text{Dy},$ $^{162}\text{Dy}, ^{163}\text{Dy}, ^{164}\text{Dy}$
67	钬	164.930	$4f^{11} 5d^0 6s^2$	1.2	1.4	+3	0.894	4.13	3.36	6.8	$^{156}\text{Ho}$
68	铒	167.26	$4f^{12} 5d^0 6s^2$	1.2	2.7	+3	0.881	4.14	3.41	6	$^{162}\text{Er}, ^{164}\text{Er}, ^{166}\text{Er},$ $^{167}\text{Er}, ^{168}\text{Er}, ^{170}\text{Er}$
69	铥	168.934	$4f^{13} 5d^0 6s^2$	1.2	0.3	+3	0.869	4.15	3.45	6	$^{169}\text{Tm}$
70	镱	173.04	$4f^{14} 5d^0 6s^2$	1.2	2.7	+2 +3	0.858	1.82 4.16	2.15 3.50	6.8 6	$^{168}\text{Yb}, ^{170}\text{Yb}, ^{171}\text{Yb}, ^{172}\text{Yb},$ $^{173}\text{Yb}, ^{174}\text{Yb}, ^{176}\text{Yb}$
71	镱	174.967	$4f^{14} 5d^1 6s^2$	1.2	0.8	+2 +3	0.848	4.17	3.54	6	$^{175}\text{Lu}, ^{176}\text{Lu}$
39	钇	88.906	$4d^1 5s^2$	1.3	24	+3	0.893	4.13	3.36	6	$^{89}\text{Y}$

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 0.015 3%。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  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Th}^{4+}$ 、 $\text{U}^{4+}$ 、 $\text{Zr}^{4+}$ 、 $\text{Hf}^{4+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$  等,它们常发生类质同象置换。

表 A. 2 稀土元素在各类岩中石中的丰度

岩石类型	$w(\text{RE}_2\text{O}_3)$ %
碱性岩	0.021
花岗岩	0.025
中性岩	0.013
基性岩	0.000 85
超基性岩	0.000 45

A. 3. 4 在自然条件下,稀土元素多呈三价状态,形成  $\text{RE}_2\text{O}_3$  型化合物,钇、铈、镱元素可还原呈二价状态,它们可置换钙、铅、铈而存在于斜长石、萤石、磷氯铅矿和菱铈矿中。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,稀土元素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,稀土元素一般不易较长距离迁移,多为就地富集。在某些沉积岩中稀土元素含量偏高,如在磷块岩中为 0.0n%~0.n%,但未见稀土元素独立矿物,稀土元素含量与磷元素具同步消长关系,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,稀土元素也可能富集成矿。

## 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 原生稀土矿床

B.1.1.1 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,形态简单,厚度稳定至较稳定,稀土组分分布均匀至较均匀,断层、脉岩对矿体影响小或无影响。如内蒙古白云鄂博西矿铁铈稀土矿 R4、R7 矿体和东矿顶板白云岩型铈稀土矿矿体。

B.1.1.2 中等(第Ⅱ类型):五个地质因素类型系数之和为 1.8~2.5。矿体规模大至中等,形态较简单,厚度较稳定,稀土组分分布均匀至不均匀,断层、脉岩对矿体影响明显或偶有断层破坏矿体。如内蒙古白云鄂博西矿 V<sub>2</sub> 号铁铈稀土矿体,四川牦牛坪稀土矿 2 号、17 号矿体和湖北庙垭铈稀土矿 I 4 号矿体。

B.1.1.3 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,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,断层、脉岩对矿体影响大或常有断层、脉岩破坏矿体。如山东鄱山稀土矿①、②号矿体。

## B.1.2 风化壳离子吸附型稀土矿床

B.1.2.1 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。如江西河岭稀土矿 I γπ、II γπ、III γπ 矿体。

B.1.2.2 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。如江西烂泥坑稀土矿 I 号矿体和广东仁居稀土矿赤鸡坳矿段。

B.1.2.3 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。如湖南姑婆山稀土矿 1 号、3 号、5 号矿体和福建南塘稀土矿罗地矿段 L7、L19 号矿体。

## B.2 原生稀土矿床勘查类型主要因素的确定

B.2.1 矿体延展规模:按矿体长度和沿倾向延深划分为大、中、小三类,相应类型系数见表 B.1。

表 B.1 矿体延展规模分类及类型系数

矿体延展规模	长度 m	沿倾向延深 m	类型系数
大	≥600	≥300	0.9
中	<600~300	<300~100	0.6
小	<300	<100	0.3

B.2.2 矿体形态复杂程度:按矿体形态、内部结构划分为简单、较简单、复杂三类。

a) 简单,类型系数为 0.6,矿体形态为层状、似层状、板状、大透镜状,产状稳定,内部结构简单,内



部无夹石或很少夹石,基本无分支复合。

- b) 较简单,类型系数为 0.4,矿体形态为似层状、透镜状、规则脉状,局部有分支复合现象,产状较稳定,内部结构较简单,内部有夹石。
- c) 复杂,类型系数为 0.2,矿体形态有脉状、带状、小透镜状、网脉状、网脉浸染状,具分支复合现象,膨大缩小,尖灭侧现,产状不稳定或极不稳定,内部结构复杂或极复杂。

**B. 2.3 构造影响程度:**按构造或岩脉对矿体的破坏及影响程度划分为小、中等、大三类。

- a) 小,类型系数为 0.3,矿体基本无断层破坏或岩脉穿插,构造对矿体形状影响很小。
- b) 中等,类型系数为 0.2,偶有断层破坏或岩脉穿插矿体,构造对矿体形状影响明显。
- c) 大,类型系数为 0.1,有或常有断层,岩脉破坏矿体,对矿体错动距离大,严重影响矿体形态。

**B. 2.4 矿体厚度稳定程度:**按厚度变化系数划分为稳定、较稳定和不稳定三类,相应类型系数见表 B. 2。

**表 B. 2 矿体厚度稳定程度分类及类型系数**

矿体厚度稳定程度	厚度变化系数 %	类型系数
稳定	<50	0.6
较稳定	50~100	0.4
不稳定	>100	0.2

**B. 2.5 稀土组分分布均匀程度:**根据稀土主元素品位变化系数划分为均匀、较均匀、不均匀三类,相应类型系数见表 B. 3。

**表 B. 3 稀土组分分布均匀程度分类及类型系数**

稀土组分分布均匀程度	品位变化系数 %	类型系数
均匀	<60	0.6
较均匀	60~120	0.4
不均匀	>120	0.2

### B. 3 风化壳离子吸附型稀土矿床勘查类型主要因素的确定

**B. 3.1 矿体延展规模:**按矿体面积分为大、中、小三类,其类型系数见表 B. 4。

**表 B. 4 矿体延展规模分类及类型系数**

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

**B. 3.2 矿化连续性:**按其含矿率分为连续、较连续、不连续三类。

- a) 连续,其含矿率<sup>7)</sup>大于 0.9,相应的类型系数为 0.3。
  - b) 较连续,其含矿率为 0.9~0.7,相应的类型系数为 0.2。
  - c) 不连续,其含矿率小于 0.7,相应的类型系数为 0.1。
- B.3.3 矿体形态复杂程度:**按边界模数划分为简单、较简单、复杂三类。
- a) 简单(矿体边界模数<sup>8)</sup>大于 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。
  - b) 较简单(矿体边界模数为 0.6~0.3),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。
  - c) 复杂(矿体边界模数小于 0.3),透镜状,较零散分布,类型系数为 0.3。
- B.3.4 矿体厚度稳定程度:**按厚度变化系数划分为稳定、较稳定、不稳定三类。
- a) 稳定,厚度变化系数小于 60%,类型系数为 0.6。
  - b) 较稳定,厚度变化系数为 60%~120%,类型系数为 0.4。
  - c) 不稳定,厚度变化系数大于 120%,类型系数为 0.2。
- B.3.5 稀土组分分布均匀程度:**按品位变化系数划分为均匀、较均匀、不均匀三类。
- a) 均匀,品位变化系数小于 30%,类型系数为 0.3。
  - b) 较均匀,品位变化系数为 30%~60%,类型系数为 0.2。
  - c) 不均匀,品位变化系数大于 60%,类型系数为 0.1。

## B.4 勘查工程间距<sup>9)</sup>的确定

### B.4.1 各勘查阶段工程间距

**B.4.1.1 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.4.1.2 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.4.1.3 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.4.2 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。

7) 含矿率:稀土矿体中的工业可采部分与整个稀土矿体的面积之比。它是评定矿体的矿化连续程度的重要指标。数值越小,矿体矿化越不连续;数值越大,矿体矿化越连续。变化于 0~1 之间。

8) 矿体边界模数:与矿体水平投影面等面积的矩形周长与矿体水平投影面边界总长度的比值。用于评定矿体边界外形的复杂程度。其矩形的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。变化于 0~1 之间。

9) 勘查工程间距:沿矿体走向和倾斜方向最相邻勘查工程控制矿体的实际距离。视勘查工程的布设情况也称为“工程网度”或“工程密度”。当勘查工程总体以勘查线为主的形式布设时,以“工程网度”称之;反之则称为“工程密度”。

## B.4.3 勘查工程间距

稀土矿床参考基本勘查工程间距见表 B.5。

表 B.5 稀土矿床参考基本勘查工程间距

勘查类型	原生稀土矿床		风化壳离子吸附型稀土矿床	
	走向 m	倾向 m	密度 个/km <sup>2</sup>	网度 m×m
简单(第Ⅰ类型)	200~240	100~200	60~80	(200×80)~(160×80)
中等(第Ⅱ类型)	120~200	80~120	100~140	(160×60)~(120×60)
复杂(第Ⅲ类型)	80~120	60~100	210~310	(120×40)~(80×40)



## 附录 C

(资料性)

## 稀土矿石特征及选矿工艺

## C.1 稀土矿石类型

据稀土矿床中其他有用组分是否符合工业指标、矿床规模是否在小型以上及被利用的程度,可将稀土矿石分为单一稀土矿石、共生稀土矿石;按稀土的赋存状态,可将稀土矿石分为内生型稀土矿石、风化壳离子吸附型稀土矿石;按风化程度,可将稀土矿石分为全风化稀土矿石、半风化稀土矿石、原生稀土矿石。

## C.2 稀土矿石的选矿工艺

稀土的回收技术主要有浸矿法、浮选法、重选法、磁选法和联合工艺法等。影响稀土回收的主要因素有稀土元素的赋存状态,稀土矿物的结构、构造、嵌布特征、脉石矿物的种类和特征等。依据稀土产品回收率的高低,矿石可选性可分为易选、较易选和难选。

## C.3 内生型稀土矿石和风化壳离子吸附型稀土矿石

## C.3.1 内生型稀土矿石

## C.3.1.1 单一稀土矿石的特征和选矿性能

不同类型的单一稀土矿石或不同矿床中相同类型的单一稀土矿石具有不同或不完全相同的特征和选矿性能。如郴山矿(见示例 1 至示例 4)、牯牛坪矿(见示例 5、示例 6)、白云鄂博主东矿(见示例 7、示例 8)。

## 示例 1:

原生石英重晶石碳酸岩脉型稀土矿石:试样中含稀土氟碳酸盐矿物 9.43%(氟碳铈矿为主,氟碳钙铈矿次之);菱钙铈钠矿、碳酸铈铈矿、铈磷灰石、独居石、褐帘石等占 3.34%;碳酸盐、重晶石、石英等占 78.37%;少量白云母、萤石、长石、霓辉石、钠铁闪石、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、钍石、富钠烧绿石等。氟碳铈矿粒径 0.02 mm~5 mm,其中 0.04 mm~0.5 mm 的占 93.9%。矿石稀土品位 $[w(\text{REO})]$ 4.25%,主要为稀土单矿物,呈分散状态的稀土极少。经矿石浮选稳定性试验,获稀土精矿,产率为 7.22%,含 REO 41.59%,REO 回收率为 70.49%;尾砂含 REO 1.16%。矿石较易选。

## 示例 2:

风化石英重晶石碳酸岩脉型稀土矿石:试样中稀土矿物含量为 23.14%,主要为氟碳铈矿、氟碳钙铈矿,次之为风化稀土;风化矿物含量为 39.98%,有赤铁矿、褐铁矿、软锰矿、硬锰矿、水针铁矿、铅矾、铅铁矿等。含石英、蛋白石、玉髓 16.08%,含重晶石 24.44%,少量长石、云母、黄铁矿、方铅矿、金红石、电气石等。矿石稀土品位 $[w(\text{REO})]$ 12.55%。采用浮选工艺对矿石进行可选性试验,磨矿细度—200 目占 65.38%,经一次粗选、两次扫选、一次精选,获稀土精矿,产率为 20.64%,含 REO 55.48%,REO 回收率为 90.88%。重晶石精矿含  $\text{BaSO}_4$  90%以上;尾矿含 REO 1.16%。矿石易选。

## 示例 3:

原生稀土矿石:取含矿片麻岩、含矿正长岩、石英重晶石碳酸岩稀土矿石按比例组合成试样。矿石含稀土矿物 1.27%(以氟碳酸盐稀土矿物为主,独居石次之),长石 57.75%,石英 12.61%,方解石 10.57%,辉石与闪石 5.91%,云母 4.83%,重晶石 2.54%,其他为萤石、赤铁矿、褐铁矿、黄铁矿等。矿石稀土品位 $[w(\text{REO})]$ 0.89%,氟碳铈矿 REO 占 91.75%,独居石 REO 占 8.25%,氟碳铈矿粒径大于 0.04 mm 的占 72.54%。采用浮选工艺对矿石进行可选性试验,磨矿细度—200 目占 62.5%,经一次粗选、两次精选,获稀土精矿,产率为 1.53%,含 REO 33.82%,REO 回收率为 62.29%。矿石较易选。

## 示例 4:

弱风化稀土矿石:试样取自地表,组合条件同示例 3。矿石中含稀土矿物 1.96%(氟碳铈矿占 95.04%,独居石占 4.96%),长石 61.36%,石英 11.38%,方解石与重晶石 7.78%,云母 6.2%,辉石与闪石 4.1%,赤铁矿与褐铁矿 4.58%,其他为磁铁矿、黄铁矿、萤石等。矿石稀土品位 $[w(\text{REO})]$  1.4%。氟碳铈矿粒径大于 0.04 mm 的占 76.19%。采用浮选工艺对矿石进行可选性试验,磨矿细度—200 目占 67.45%,经一次粗选、一次精选,以石蜡皂加煤油作捕收剂,获稀土精矿,产率为 1.58%,含 REO 43.03%,REO 回收率为 48.49%;采用重选—磁选工艺,获稀土精矿,产率为 1.29%,含 REO 42.14%,REO 回收率为 43.97%。矿石难选。

## 示例 5:

原生霓石碱长花岗岩型稀土矿石:试样中含稀土矿物 1.74%,以氟碳铈矿为主,极少量独居石、硅铈矿、磷钇矿、褐帘石等,脉石矿物主要为长石、石英、霓辉石、重晶石,少量黑云母、磷灰石、钠铁闪石、萤石,金属矿物有少量褐铁矿、赤铁矿、磁铁矿、锐钛矿等。氟碳铈矿粒径 0.074 mm~0.991 mm 的占 81.47%。矿石含 REO 1.18%。采用重选—浮选工艺对矿石进行可选性试验,磨矿细度—200 目占 80%。获稀土精矿,产率为 1.22%,含 REO 63.11%,REO 回收率为 65.25%;尾矿含 REO 0.42%。矿石较易选。

## 示例 6:

原生稀土矿石:试样由半风化的伟晶状重晶霓辉石型、方解石碳酸岩型(含 Mo、Pb、Bi)、霓石碱长花岗岩型三种稀土矿石组成。混合样比例分别为 75%、10%、15%。矿石含稀土矿物 4.57%(以氟碳铈矿为主),方铅矿 0.81%,重晶石 33.44%,脉石矿物主要为长石、石英、方解石、钠铁闪石、霓辉石、黑云母等。矿石含稀土(REO)3.7%,以稀土单矿物为主,其稀土(REO)占 96.6%,除氟碳铈矿外,尚含极少量氟碳钙铈矿、硅铈矿、磷钇矿。重晶石中的稀土(REO)占 1.44%,其他脉石矿物中的稀土(REO)占 1.96%。稀土矿物粒径大于 0.074 mm 的占 93.59%。采用重选—浮选工艺对矿石进行小型选矿工艺试验,磨矿细度—200 目占 80%,重选粗选,中矿再选的合并稀土粗精矿用浮选,以一次粗、中矿返回粗选,一次精选,获稀土精矿,产率为 4.08%,含 REO 66.69%,REO 回收率为 71.42%,重晶石精矿产率为 9.6%,含 BaSO<sub>4</sub> 95.48%,BaSO<sub>4</sub> 回收率为 25.93%;尾矿含 REO 1.14%。采用浮选工艺,获稀土精矿,产率为 4.04%,含 REO 66.71%,REO 回收率为 72.19%,重晶石精矿,产率为 10.43%,含 BaSO<sub>4</sub> 95.48%,BaSO<sub>4</sub> 回收率为 29.11%;尾矿含 REO 1.08%。两种工艺表明,矿石较易选。

## 示例 7:

铁矿下盘原生白云岩型稀土矿石:试样中稀土矿物以独居石为主(含 5.56%),次为氟碳铈矿(含 1.4%),另含赤铁矿 7.12%,磁铁矿 1.8%,少量铌铁矿;脉石矿物主要为白云石和铁染白云石。稀土矿物粒径一般小于 0.02 mm。矿石含 REO 4%, $w(\text{Nb}_2\text{O}_5)$  为 0.068%。采用重选—浮选工艺对矿石进行可选性试验,获稀土精矿,产率为 5.77%,含 REO 35.6%,REO 回收率为 52.49%;含铌铁精矿,产率为 4.88%,含 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.483%,含 sFe 61.37%,含 REO 1.4%,Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 回收率为 34.2%,sFe 回收率为 31.54%,REO 回收率为 1.77%。矿石较易选。

## 示例 8:

铁矿上盘原生白云岩型稀土矿石:矿石特征与下盘白云岩相似,REO 含量为 3.5%。稀土矿物以氟碳铈矿为主,稀土(REO)占 67.1%,独居石稀土(REO)占 32.9%。矿物粒径小于 0.075 mm 的占 86.46%。采用浮选工艺对矿石进行可选性试验,磨矿细度—200 目占 95%,获稀土精矿,产率为 6.72%,含 REO 37.04%,REO 回收率为 71.83%;含铌铁精矿,产率为 9.19%,含 sFe 59%,sFe 回收率为 58.04%。矿石较易选。

### C.3.1.2 共生稀土矿石的特征和选矿性能

不同类型的共生稀土矿石或不同矿床中相同类型的共生稀土矿石具有不同或不完全相同的特征和选矿性能。如白云鄂博主东矿(见示例 1、示例 2)、庙垭矿(见示例 3、示例 4)。

## 示例 1:

原生铁铌稀土矿石:由矿区各种类型矿石组成平均试样,稀土矿物主要为氟碳铈矿,次为独居石;铁矿物主要为赤铁矿,次为磁铁矿,少量针铁矿;含铌矿物有铌铁矿、烧绿石、易解石、钛铁金红石;脉石矿物有萤石、钠辉石、钠闪石、氟磷灰石、蒙脱石和少量石英、重晶石、方解石、金云母。氟碳铈矿与独居石的比为 6:4;氟碳铈矿粒径 0.001 mm~0.05 mm,独居石粒径 0.001 mm~0.06 mm,多数小于 0.04 mm。矿石含 REO 7%~7.65%,Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.125%~0.13%,TFe 24.19%~29.27%。采用浮选—选择性团聚分选工艺对矿石进行最佳化选矿试验,获稀土精矿,产率为 2.52%,含 REO 68.57%,

REO 回收率为 25.25%；铁精矿，产率为 34.69%，含 TFe 65.3%，TFe 回收率为 81.09%；萤石精矿，产率为 7.41%，含  $\text{CaF}_2$  87.11%， $\text{CaF}_2$  回收率为 33.95%。采用弱磁选—浮选—强磁选—浮选工艺，获稀土精矿产率为 8.5%，含 REO 68.18%，REO 回收率为 19.65%；铁精矿，含 TFe 65.47%，TFe 回收率为 73.55%，萤石精矿，含  $\text{CaF}_2$  85.99%， $\text{CaF}_2$  回收率为 16.61%。两种工艺表明，矿石难选。

#### 示例 2:

氧化铁铈稀土矿石：试样由氧化萤石型、钠辉石型、钠闪石型、白云石型、云母型矿石按比例组成。矿石含氟碳铈矿 5.1%~5.5%，独居石 2.3%~2.4%，含磁铁矿、赤铁矿、假象—半假象赤铁矿、褐铁矿共计 43.1%~46.8%，含萤石 15.2%~18.6% 和少量铈铁矿。脉石矿物有钠辉石、钠闪石、长石、石英、白云母、方解石、黑云母、金云母、重晶石等。矿石含 REO 5.21%~5.49%， $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.086%~0.14%，TFe 33.57%~35.19%。采用弱磁选、强磁选—浮选工艺对矿石进行选矿试验，磨矿细度—200 目占 89.52%~91.98%，获稀土精矿，产率为 1.69%，含 REO 61.44%，REO 回收率为 18.81%；稀土(次)精矿，产率为 2.31%，含 REO 39.52%，REO 回收率为 16.7%；铁精矿，产率为 43.9%~46.15%，含 TFe 60.54%，TFe 回收率为 79.19%~80.31%。矿石难选。

#### 示例 3:

原生碳酸盐化正长斑岩型铈稀土矿石：试样中稀土矿物以独居石为主，含量 2%，含氟碳铈矿 0.2%；金属矿物有铈铁矿 0.2%，铈金红石 0.3%，磁黄铁矿、黄铁矿 5%，褐铁矿 3%，少量赤铁矿、闪锌矿、黄铜矿、铜蓝等；脉石矿物有钾长石 32%~36%，方解石、白云石 25%，钠长石 10%，绢云母 10%~15%，磷灰石 3%，石英 2%。主要有用组分粒径：氟碳铈矿 0.01 mm~0.05 mm，铈铁矿 0.01 mm~0.03 mm，铈金红石 0.02 mm~0.1 mm。矿石含 REO 1.55%， $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.733%，S 1.81%， $\text{P}_2\text{O}_5$  2.5%， $\text{K}_2\text{O}$  5.24%。采用浮选—重选—磁选工艺对矿石进行选矿试验，磨矿细度—200 目占 94.25%，获稀土精矿，产率为 2.75%，含 REO 38.29%，REO 回收率为 67.96%；铈精矿，产率为 0.228%，含  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  18.04%， $\text{Nb}_2\text{O}_5$  回收率为 22.75%；硫精矿，产率为 2.96%，含 S 33.24%，S 回收率为 56.78%；磷精矿，产率为 2.86%，含  $\text{P}_2\text{O}_5$  28.89%， $\text{P}_2\text{O}_5$  回收率为 33.08%。矿石较易选。

#### 示例 4:

原生含碳方解石碳酸岩型铈稀土矿石：试样中有一定数量的正长斑岩和白云岩碳酸盐岩等。稀土矿物以氟碳铈矿为主，含量 2%~3%，含氟碳钙铈矿少于 0.1%，含独居石少于 0.5%；金属矿物褐铁矿 5%，黄铁矿、白铁矿 1%，少量铈铁矿、铈金红石、 $\beta$ -褐钇铈矿、方铅矿、闪锌矿、软锰矿；脉石矿物中方解石、铁白云石、白云石占 71%，绢云母 8%，钾长石 5%，石英 3%，钠长石、磷灰石、萤石、黑云母等 2.3%。氟碳铈矿粒径 0.005 mm~0.02 mm，80% 以上呈集合体，粒径 0.5 mm~1 mm。矿石含 REO 1.34%， $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.105%，S 0.54%。采用重选—浮选—重选—磁选工艺对矿石进行可选性试验，获稀土精矿，产率为 1.15%，含 REO 42.72%，REO 回收率为 36.66%；铈精矿，产率为 0.058%，含  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  19.63%， $\text{Nb}_2\text{O}_5$  回收率为 15.87%；硫精矿，产率为 0.314%，含 S 37.54%，硫回收率为 21.85%。矿石难选。

### C.3.2 风化壳离子吸附型稀土矿石

#### C.3.2.1 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、埃洛石等黏土矿物(20%~70%)和石英、钾长石、云母等残留矿物以及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。易选。

#### C.3.2.2 采选工艺及原理

C.3.2.2.1 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( $\text{Na}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  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.3.2.2.2 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，

其主要的提取工艺流程均为: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: $w(\text{REO})>92\%$ 、 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)<0.3\%$ 、 $w(\text{ThO}_2)<0.01\%$ 。

C.3.2.2.3 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.3.2.3 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.3.2.4 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.3.2.5 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)

## 稀土矿产资源储量规模划分标准

稀土矿产资源储量规模划分标准见表 D.1。

表 D.1 稀土矿产资源储量规模划分标准

矿床类型		统计对象及单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
原生矿床		稀土氧化物(TREO) 10 <sup>4</sup> t	≥50	<50~5	<5
风化壳离子 吸附型矿床	轻稀土矿	稀土氧化物(SREO) 10 <sup>4</sup> t	≥6.5	<6.5~0.5	<0.5
	重稀土矿	稀土氧化物(SREO) 10 <sup>4</sup> t	≥3	<3~0.3	<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四种：离子吸附相、胶体分散相、独立矿物相和晶格杂质相。

原生矿石主要为独立矿物相。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

相	态	稀土元素赋存特征	稀土元素迁移富集特征	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黏土矿物、水云母等带负电荷的矿物表面双电层中，可被 NaCl、HCl、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 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
	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	20~40 (个别矿床)
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黏土矿物、无定形 $\text{SiO}_2$ 表面	大量形成于微风化和半风化层中，全风化层以下随 pH 值降低而逐渐溶解	0~11 (一般矿床)，
	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，全风化层以下随 pH 值降低而逐渐溶解	>50 (个别矿床)
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、榴石、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，主要的稀土矿物有二十余种，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

分类	矿物名称	英文名称	化学分子式	w(RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %	
				分析值	理论值
碳酸盐、氟碳酸盐	氟碳铈矿	Bastnaesite	Ce[(CO <sub>3</sub> )F]	74.89	4.77
	氟碳钙铈矿	Parisite	Ce <sub>2</sub> Ca[(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> F <sub>2</sub> ]	60.30~63.37	60.89
	氟碳钡铈矿	Cordylite	Ba(Ce,La) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	47.31~52.19	51.55
	直氟碳钙钇矿	Synchysite-(y)	(Y,Dy)[Ca(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> F]	35.35	
	黄河矿	Huanghoite	Ba(Ce,La,Nd)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> F	35.40~39.71	39.39
	镧石	Lanthanite	Ce <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·8H <sub>2</sub> O	54.65	54.21
	碳钙铈矿	Calcioancylite	Ce(Ca,Sr)[(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH)]·H <sub>2</sub> O	48.72	
	碳铈钠石	Carbocernaite	(Sr,RE,Ba)(Ca,Na)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	21.98	
磷酸盐	独居石	Monazite	Ce[PO <sub>4</sub> ]	65.13	69.73
	磷钇矿	Xenotime	Y[PO <sub>4</sub> ]	62.02	61.40
	水磷铈石	Rhabdophane	Ce[PO <sub>4</sub> ]H <sub>2</sub> O	63.68	64.88
氧化物	褐钇铌矿	Fergusonite	YNbO <sub>4</sub>	39.94	
	易解石	Aeschnite	(Ce,Th,Y)(Ti,Nb) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	29.36	
	黑稀金矿	Euxenite	(Y,U)(Nb,Ti) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	20.82	
	铈铌钙铀矿	Loparite	(Na,Ce,Ca)(Ti,Nb)O <sub>3</sub>	28.71	
硅酸盐	褐帘石	Orthite	(Ca,Ce) <sub>2</sub> (Al,Fe) <sub>3</sub> [SiO <sub>4</sub> ][Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ]O(OH)	23.12	
	硅铈铈矿	Chevkinite	Ce <sub>4</sub> Fe <sub>2</sub> Ti <sub>3</sub> [Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ] <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	46.24	
	硅铈钇矿	Gadolinite	Y <sub>2</sub> FeBe <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	51.51	55.40
	羟硅铈钙石	Brithoite	Ce <sub>3</sub> Ca <sub>2</sub> [(SiO <sub>4</sub> ,PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ](F,OH)	61.91	62.00
	绿层硅铈铈矿	Rinkolite	CeNa <sub>2</sub> Ca <sub>4</sub> Ti[Si <sub>4</sub> O <sub>15</sub> F <sub>3</sub> ]	18.55	
	羟硅铈钇矿	Yberisilite	(ΣCe,ΣY) <sub>2</sub> Be <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (OH) <sub>2</sub>	54.574	

### E.1.3 类质同象

自然界中大量稀土元素是呈类质同象赋存于其他矿物中,尤其是分散在含钙的造岩矿物中。稀土元素的类质同象多是不等价置换的。值得注意的是,部分矿物中含有较高的稀土元素并非都是类质同象,而是可能含有稀土独立矿物的细微包裹体。分散在某些工业矿物中的稀土元素具有综合利用价值。

### E.1.4 离子状态

在风化壳中,稀土元素可以被胶体矿物——蒙脱石、多水高岭石、铁和锰的氢氧化物所吸附,在风化壳中富集。吸附于黏土中的稀土元素可用硫酸铵、氯化钠等电解质淋洗出来。pH 值对黏土吸附稀土元素有明显的影响。同时,稀土元素被黏土矿物吸附的能力随原子序数的增加和半径的减小而减弱,即 ΣCe 被吸附的能力大于 ΣY。呈离子状态被黏土矿物吸附的稀土元素,可以富集成规模巨大的离子吸附型稀土矿床。

## E.2 稀土矿床类型

### E.2.1 矿床的成因类型

- E.2.1.1 超基性—基性岩系列包括超基性岩型、碳酸岩型、基性岩型。
- E.2.1.2 碱性岩系列包括霓霞正长岩型、正长岩—碳酸岩型、伟晶岩型、热液脉型。
- E.2.1.3 花岗岩系列包括花岗岩型、伟晶岩型、石英脉型。
- E.2.1.4 变质岩系列包括混合岩型、碳酸岩型。
- E.2.1.5 风化壳系列包括花岗岩风化壳型、混合岩风化壳型、火山岩风化壳型、浅变质岩风化壳型。
- E.2.1.6 机械沉积系列包括碎屑岩型、残坡积型、冲积型、滨海砂矿。
- E.2.1.7 化学—生物化学沉积系列包括磷块岩型、铁质岩型、有机岩型。

### E.2.2 矿床的工业类型

#### E.2.2.1 原生稀土矿床

##### E.2.2.1.1 铁铈稀土型矿床

矿床主要产出在中元古界浅海相浅变质岩系中，白云鄂博铁铈稀土矿是其典型代表。矿床分布于白云鄂博群组成的近东西向狭长向斜构造内。矿体呈层状、似层状、透镜状产于白云岩中，矿体规模巨大，常与铁、铈共生或伴生。矿床蚀变强烈，广泛发育萤石化、霓石化、钠闪石化等。主要矿石矿物有磁铁矿、赤铁矿、铈铁矿、易解石、独居石、氟碳铈矿等；主要脉石矿物为萤石、重晶石、白云石、钠闪石、金云母等。稀土元素成矿率85%以上。稀土矿物呈细小粒状集合体嵌布于白云石粒间或呈浸染状、细脉浸染状和囊状集合体产出。属难选矿石。矿床的矿石类型复杂，主要类型有块状、条带状铁铈稀土矿石，萤石型、霓石型、白云石型、钠闪石型、黑云母型铁铈稀土矿石，白云岩型铈稀土矿石等。矿床综合利用价值巨大，是我国重要的铁铈稀土共生工业矿床类型。目前对矿床成因还存在不同意见。

##### E.2.2.1.2 碱性岩—热液(脉)型稀土矿床

矿床的产出与碱性岩、碱性花岗岩的侵入密切相关，矿体位于侵入体内外接触带或岩脉内，如祁山碱性岩—碳酸岩脉型稀土矿床，牦牛坪霓石碱长花岗岩、重晶霓辉石脉型稀土矿床。祁山碱性岩—碳酸岩脉稀土矿床产于前震旦系泰山群片麻岩中含霓辉石石英正长岩内外接触带。矿体主要为含稀土的石英重晶石碳酸岩脉和细脉带，以外接触带为主。主要矿体长500 m~600 m，宽(斜深)400 m~500 m，厚度变化大，为0.2 m~16 m。脉体分支复合、膨缩变化频繁，有时沿走向过渡为细脉带状或细脉浸染状。围岩发生显著的碱质交代，有钠长石化、霓辉石化和钠铁闪石化，同时可见面型碳酸盐化、重晶石化、萤石化等。矿石矿物主要为氟碳铈矿，其次为氟碳钙铈矿、独居石等，矿石品位 $[\omega(\text{REO})]$ 为1.55%~4.92%。主要脉石矿物为碳酸盐、重晶石和硫化物等。稀土元素成矿率90%左右。稀土矿物粒度细微，-200目解离度较高，属较易选稀土矿石，同时可综合回收重晶石。矿石类型主要为石英重晶石碳酸岩型，其次有霓辉花斑岩型、霓辉石型、铈磷灰石型等。

##### E.2.2.1.3 碱性岩—碳酸岩型铈稀土矿床

矿床产于碱性岩—碳酸岩杂岩体中，如庙垭铈稀土矿床。该矿床含矿杂岩体规模大，长、宽较稳定，产状与围岩一致。岩浆与围岩的同化混染作用强烈，脉状充填亦较复杂。含矿正长岩类规模较大者为混染正长岩、正长岩，其次为正长斑岩；碳酸岩中较大矿体为方解石碳酸岩、黑云母碳酸岩，其次为铁白云石碳酸岩和含碳方解石碳酸岩。矿床蚀变类型有碳酸盐化、黄铁矿化、微斜长石绢云母—白云母化等。正长岩稀土矿化因碳酸岩的穿插交代而相对富集。矿体规模变化较大，主要矿体长数百米至千余米，延深数十米至数百米，厚数米至50余米。主要矿石矿物有铈铁矿、独居石、氟碳铈矿、氟碳钙铈矿等，主要脉

石矿物有正长石、方解石、白云石、黑云母、黄铁矿、磷灰石等。矿石稀土平均品位 $[w(\text{REO})]$ 为1.25%~2.77%。稀土元素成矿率30%以上。独居石呈散粒、团块集合体或条带状产出,粒径0.005 mm~0.1 mm;氟碳铈矿呈不规则碎屑状、粒状集合体与碳质混杂充填于白云石、长石粒间或与长石交织嵌布,也有呈细脉状充填于裂隙中,粒径为0.01 mm~0.1 mm。矿石可选性较差。主要矿石类型有碳酸盐正长斑岩型、铁白云石碳酸岩型和含碳方解石型铈稀土矿石。

### E.2.2.2 风化壳离子吸附型稀土矿床

#### E.2.2.2.1 花岗岩风化壳离子吸附型稀土矿床

从富 $\Sigma\text{Ce}$ —富 $\Sigma\text{Y}$ 都有,规模大,品位低,分布广,易采选,是主要的工业类型,如江西龙南、江西定南、广东乳源、广西贺州等地。

#### E.2.2.2.2 混合岩风化壳离子吸附型稀土矿床

该类矿床与E.2.2.2.1很类似,仅原岩成因有差异。以 $\Sigma\text{Ce}$ 为主,品位变化常不均匀。稀土元素大多来自黑云母、斜长石或钾长石中的类质同象物,因而 $\Sigma\text{Ce}$ 常大于 $\Sigma\text{Y}$ ,且Eu可能出现不同程度的富集。如江西安远等地。

#### E.2.2.2.3 火山岩风化壳离子吸附型稀土矿床

以 $\Sigma\text{Ce}$ 为主,规模大,品位低,易采选,与陆相火山岩(带)有关,如江西寻乌等地。

#### E.2.2.2.4 浅变质岩风化壳离子吸附型稀土矿床

以 $\Sigma\text{Ce}$ 为主,规模较大,品位低,易采选,与元古宙海底火山沉积的浅变质粉砂岩及变质沉凝灰岩等有关,如江西宁都等地。

### E.2.3 风化壳离子吸附型稀土矿床的配分类型

根据 $\Sigma\text{Ce}$ 、 $\Sigma\text{Y}$ 氧化物总量和氧化钇( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )、氧化铈( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ )等配分指标的不同,风化壳离子吸附型稀土矿床划分为轻稀土和重稀土两个亚类、十种矿床配分类型,详见表E.3。

表 E.3 风化壳离子吸附型稀土矿床配分类型

稀土亚类	配分类型	$w(\Sigma\text{YO})$ %	$w(\Sigma\text{CeO})$ %	$w(\text{Y}_2\text{O}_3)$ %	$w(\text{Eu}_2\text{O}_3)$ %
轻稀土	低钇低铈	$\geq 50$	$> 50$	$< 20$	$< 0.5$
	低钇中铈			$< 20$	$\geq 0.5, < 0.8$
	低钇高铈			$< 20$	$\geq 0.8$
	中钇低铈			$\geq 20, < 35$	$< 0.5$
	中钇中铈			$\geq 20, < 35$	$\geq 0.5, < 0.8$
	中钇高铈			$\geq 20, < 35$	$\geq 0.8$
重稀土	中钇高铈	$\geq 50$	$\geq 50$	$\geq 20, < 35$	$\geq 0.8$
	高钇低铈			$\geq 35, < 50$	$< 0.5$
	高钇中铈			$\geq 35, < 50$	$\geq 0.5, < 0.8$
	富钇高铈			$\geq 50$	$\geq 0.8$

附 录 F  
(资料性)  
人力冲击取样钻技术要求

### F.1 适用范围

人力冲击取样钻是风化壳离子吸附型稀土矿产勘查与评价的主要探矿手段之一,可替代浅井(小圆井)及部分浅钻,适用于岩脉、硅化(破碎)带和风化残留体不发育且风化壳或矿体厚度小于 45 m 的矿区或地段。也可作为其他风化壳型矿床勘查的加密工程使用。

### F.2 基本规定

#### F.2.1 岩石可钻性

岩石可钻性是指岩石被碎岩工具钻碎的难易程度,即岩石的抗钻性能。与岩石的强度、硬度、弹塑性、研磨性和结构特征相关。根据钻探工艺,人力冲击取样钻适用于岩石等级 I 级~II 级。其特性见表 F.1。

表 F.1 I 级~II 级岩石等级特性

岩石等级	代表性岩石	岩石特性
I 级	黏土、砂质黏土、全风化岩石(包括花岗岩、花岗斑岩、混合岩、熔岩、变质凝灰岩)	岩石松软疏散,手捏完全粉碎。长石完全风化成高岭土。石英粒径小于 5 mm。标贯密实度( $D_r$ )一般为 20~60。塑性状态为软塑—硬塑
II 级	中等风化岩石(包括花岗岩、花岗斑岩、混合岩、熔岩、变质凝灰岩)	岩石较松软疏散,见少量手捏不动的小碎块。长石未完全风化,部分保留长石晶体外形,具有砂粒感。标贯密实度( $D_r$ )一般为 60~85。塑性状态为坚硬

#### F.2.2 钻探方法

人力冲击取样钻采用人力冲击、无水钻进,提钻取芯。

#### F.2.3 钻探主要程序

人力冲击取样钻的施工过程,包括孔位确定→场地平整→施工准备→开孔钻进→岩(矿)芯整理→缩分取样→终孔→校正孔深→封孔→验收。

孔位确定:根据设计工程位置采用手持 GPS 仪进行孔位确定。

场地平整:修整 1 m×1 m 的简易平台。

施工准备:摊开取样布,将钻头与钻杆连接,准备工作就绪后即可开孔钻进。

### F.3 人力冲击取样钻设计

F.3.1 使用人力冲击取样钻施工的项目,实施前应进行矿区踏勘,了解矿区地形地貌、气候、地层、岩性

及岩石的可钻性。一般要求测制 1 个~2 个剖面,每个剖面上施工 1 个~2 个代表性的浅井或浅钻,了解矿区全风化层、半风化层的厚度及风化层矿物成分、结构、构造、矿物颗粒大小等特征,了解矿区风化残留体的分布特征以及岩石节理发育程度、破碎程度及其可能给钻进带来的影响。

F. 3. 2 根据项目的性质、目的任务、地形地貌条件和地质特征,编制项目地质设计书,明确具体的钻孔布置原则、工程间距、施工顺序、钻孔数和工作量。人力冲击取样钻工程布置采用勘查线与地貌相结合的方法,按地貌要素(山顶、山脊、山坡和山脚)均衡布施。

F. 3. 3 明确人力冲击取样钻施工口径、设计孔深、孔深测量、封孔要求、孔位测量等具体质量指标和保证措施。

#### F. 4 操作要求

F. 4. 1 人力冲击取样钻开孔时应垂直地面向下钻进。当遇有夹石或风化残留体等无法钻进时应进行移位处理。

F. 4. 2 下钻时应将钻具慢慢放入孔底,避免与孔壁发生摩擦导致孔壁物质掉入孔底,引起岩(矿)芯混染。起钻后应及时清除岩芯防掉器及取样筒上部可能掉落或混染的岩(矿)芯。

F. 4. 3 每次钻进深度不应大于取样筒长度(一般为 0. 20 m~0. 40 m)。起钻时,应将钻具慢慢提起,以防取样筒中岩(矿)芯掉出。

F. 4. 4 钻探深度一般要求穿过矿体,即揭穿全风化层,进入半风化层 1 m(或连续 2 个~3 个回次取芯困难)后终孔,以能控制矿体为准。

#### F. 5 钻孔事故及处理

F. 5. 1 在钻进过程中发生钻杆脱扣、钻具坠落孔底等事故时,采用公锥(母锥)套入钻杆,按顺时针方向拧紧打捞即可。

F. 5. 2 在上、下钻时,应检查钻头焊接筋是否有断裂现象,发现问题应及时更换钻头。如钻头掉入孔底可用磁铁吸上;无法打捞时,应移动孔位重新施工。

F. 5. 3 由于孔壁塌陷等原因,造成岩(矿)芯或样品混乱的钻孔,应移动孔位重新施工。

#### F. 6 质量要求

##### F. 6. 1 岩(矿)芯采取率

岩(矿)芯采取率 100%,无须计算。

##### F. 6. 2 岩(矿)芯保存

将缩分取样(基本分析样)后的另一半岩(矿)芯装袋编号,按顺序放入岩芯箱或其他适合的容器内保存。岩芯箱或其他保存容器上应注明矿区名称、孔号、孔深、样号及位置等,并在指定地点统一存放。项目结束后可不予保存。

##### F. 6. 3 孔深测量与测斜

F. 6. 3. 1 孔深测量方法:采用铅锤挂细钢丝绳,确定位置后,再用钢尺丈量。

F. 6. 3. 2 地质编录人员划分的分层位置和终孔后应进行孔深测量。孔深校正误差不应大于 5 cm。如超出则以校正后的孔深为准,但可不平差。

F. 6. 3. 3 人力冲击取样钻依靠自然重力和人力垂直钻进,孔深较浅,不要求测斜,钻孔顶角按 0°计。

#### F. 6. 4 封孔

人力冲击取样钻终孔后用采样后的残余岩(矿)芯进行封孔,孔口以木桩或水泥桩树立标志。木桩或水泥桩长度以 30 cm 为宜,埋设时应至少露出地表 5 cm,其上用红油漆或红色油性笔写明孔号等。

#### F. 6. 5 验收

人力冲击取样钻竣工后,项目负责人及地质编录人员根据采样质量、岩(矿)芯保存、孔深误差测量与校正、孔位测量、封孔情况进行钻孔验收。

### F. 7 编录及样品采集

#### F. 7. 1 地质编录

F. 7. 1. 1 地质编录应参照 DZ/T 0078 的要求执行。

F. 7. 1. 2 地质编录应根据不同岩性进行分层描述,重点描述全风化层颜色、矿物成分、含量、结构及构造等。观察记录应详细、准确。

F. 7. 1. 3 根据岩性分层取样,注明样号、采样位置、样长及品位等。

F. 7. 1. 4 钻孔施工结束后,应及时绘制钻孔柱状图。柱状图比例尺一般为 1 : 100。人力冲击取样钻工程代号用 QYZ 表示。

F. 7. 1. 5 钻孔终孔后应及时封孔,孔口位置需使用 GPS 仪定位。

F. 7. 1. 6 人力冲击取样钻施工与地质记录格式参见表 F. 2。

表 F. 2 ×××矿区人力冲击取样钻施工与地质记录表

回次	孔深 m		进尺 m	地质描述	样号	采样位置 m	样长 m	品位(SREO) %	备注
	自	至							

记录人:

检查人:

日期:

## F.7.2 样品采集

F.7.2.1 基本分析样品在现场采用岩(矿)芯缩分法采集。样品缩分方法: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,直到满足送样标准。最后将所取岩(矿)芯分为两份装袋编号,一份送实验室分析,另一份保存备查(用)。每个样品缩分后的质量一般为 1.5 kg~2 kg。

F.7.2.2 采样时应剔除取样筒上部掉落或污染的岩(矿)芯。

F.7.2.3 钻孔基本分析样品按不同层位和不同矿石类型采取。基本样长为 1 m~2 m。

F.7.2.4 样品编号按“工程号+样品顺序号”编码。每个工程按从上至下的顺序依次编号。

F.7.2.5 采样情况应实地记入样品登记表中。





附录 G  
(资料性)  
资源量和储量类型及其转换关系

G.1 资源量和储量类型及其转换

资源量和储量类型及其转换关系见图 G.1。

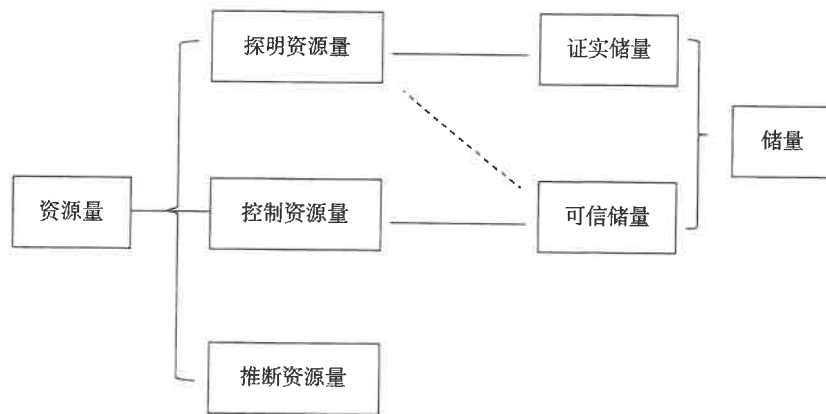


图 G.1 资源量和储量类型及其转换关系示意图

G.2 资源量和储量的相互关系

- G.2.1 资源量和储量之间可以相互转换。
- G.2.2 探明资源量、控制资源量可转换为储量。
- G.2.3 资源量转换为储量应经过预可行性研究、可行性研究或与之相当的技术经济评价。
- G.2.4 当转换因素发生改变,无法满足技术可行性和经济合理性的要求时,储量应适时转换为资源量。

## 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

##### H.1 矿床工业指标制定原则

- H.1.1 遵守国家法律法规,符合相关产业政策。
- H.1.2 遵循矿产勘查规范、矿山建设设计规范和相关技术标准。
- H.1.3 应有利于资源的保护与高效、合理利用。
- H.1.4 应综合勘查、综合评价、综合开发、综合利用矿产资源。
- H.1.5 全面考虑技术可行性、资源效益、经济效益、社会效益和环境效益,体现最佳综合效益。
- H.1.6 应实事求是,与时俱进,适时合理论证制定、优化矿床工业指标。

##### H.2 共伴生矿产指标制定原则

###### H.2.1 稀土矿床共伴生矿产

原生稀土矿床已知有铁、铈、铅、钼、钽、硫、磷、萤石、重晶石等。风化壳离子吸附型稀土矿床已知有铈、铷、镓、钽等。

###### H.2.2 伴生组分种类与品位确定的原则

- H.2.2.1 各勘查阶段应按工作程度要求,相应查明伴生组分的种类、数量、质量、赋存状态、分布规律、技术经济条件等,确定可回收利用的组分种类。
- H.2.2.2 伴生矿产的综合评价参考指标,一般情况下采用单一品位指标。
- H.2.2.3 对于品位变化较大、需单独设立选冶流程的伴生组分,应根据回收该组分的综合效益确定块段平均品位指标。

###### H.2.3 综合工业品位制定的基本原则和方法

- H.2.3.1 充分考虑矿床的成因类型,矿体的形态、产状、规模、矿石结构和构造,有用、有益、有害组分的赋存状态、分布规律等。
- H.2.3.2 充分考虑国家资源政策、市场需求及发展趋势、矿床开采技术条件、矿山开采方式、矿石选冶性能、外部建设条件、3年~5年的矿产品平均价格和经济效益,经过多方案比较,制定合理的综合工业品位。
- H.2.3.3 在地质、技术、经济综合论证的基础上进行综合研究,可采用综合指标评价法,研究选择适合该矿区地质特征的综合指标体系,综合圈定矿体并估算矿产资源储量。
- H.2.3.4 根据各有用组分含量高低、开采条件、选冶回收状况、产品价格及矿产资源储量规模等条件,划分主要有用组分和次要有用组分,进行综合论证,确定各有用组分的最低品位指标,或将矿石中的有用组分按等价原则折算成主矿产的综合品位指标,用于圈定矿体。

##### H.3 一般工业指标

- H.3.1 稀土矿床一般工业指标见表 H.1。

表 H.1 稀土矿床一般工业指标

工业指标		矿床类型			
		原生稀土矿床	风化壳离子吸附型稀土矿床		
			重稀土	轻稀土	备注
边界品位	$w(\text{TREO})$ %	0.5~1.0			
	$w(\text{SREO})$ %		0.020~0.033	0.035~0.065	
最低工业品位	$w(\text{TREO})$ %	1.5~2.0			
	$w(\text{SREO})$ %		0.035~0.065	0.050~0.098	
最小可采厚度 m		1~2	1~2	1~2	
最小夹石剔除厚度 m		2~4	2~4	2~4	原地浸矿采选 工艺不受此限制

H.3.2 品位指标的要求:矿床资源储量规模较大,开采技术条件、矿石可选性、外部建设条件较好的矿床,一般采用“下限值”;反之则采用“上限值”。对于风化壳离子吸附型稀土矿床,还应视矿石计价元素的含量而定,当计价元素比例高时,一般取“下限值”;比例低时一般取“上限值”。对小于最小可采厚度的矿体可用最低米·百分值。

H.3.3 最小可采厚度、最小夹石剔除厚度的要求。

- 一般缓倾斜矿体、低品位矿石、大规模采矿方法,可采用“上限值”;陡倾斜矿体、高品位矿石、小规模采矿方法,则采用“下限值”。
- 风化壳离子吸附型稀土矿床采用原地浸矿采选工艺的,不受最小夹石剔除厚度的限制。

H.3.4 具体矿床工业指标实例见表 H.2。

表 H.2 稀土矿床工业指标实例

矿床名称		边界品位 %	工业品位 %	可采厚度 m	最小夹石剔除厚度 m
内蒙古某 大型铁矿床 共生稀土 矿床	铁矿体内的夹层 $w(\text{TREO})$	1	2	3	3
	铁矿上、下盘含稀土白云岩(即围岩) $w(\text{TREO})$	1	2	8	4
	铁矿体(含铈)中的稀土矿	没有具体工业指标要求,不单独圈定稀土矿体,根据铁矿中的稀土含量估算资源储量			
四川某大型碱性岩—热液(脉)型稀土矿床 $w(\text{TREO})$		1	2	2	3

表 H.2 稀土矿床工业指标实例(续)

矿床名称	边界品位 %	工业品位 %	可采厚度 m	最小夹石剔除厚度 m
江西某风化壳离子吸附型轻稀土矿床 $w(\text{TREO})$	0.035	0.050	1	2
江西某风化壳离子吸附型重稀土矿床 $w(\text{TREO})$	0.020	0.035	1	2



## 附 录 I

### (资料性)

#### 矿体圈定、外推和资源量估算方法

##### I.1 矿体圈定

I.1.1 矿体圈定和连接应在充分研究矿床地质特征、成矿控制因素的基础上,按照一般工业指标及论证确定的工业指标进行。其中原生稀土矿床用稀土氧化物总量(TREO)圈定连接矿体;风化壳离子吸附型稀土矿床用稀土氧化物浸出总量(SREO)圈定连接矿体,需要时也可用单元素稀土氧化物进行圈定。

I.1.2 矿体圈定应按单工程—横向及纵向剖面—二维平面—三维空间的顺序依次圈连。

I.1.3 单工程矿体的圈定应在确定矿床类型和采矿方法的基础上主要依据边界品位、最低工业品位、有害组分平均允许最高含量、最小夹石剔除厚度、最小可采厚度或最低工业米·百分值等综合考虑,同时应注意矿体的划分问题。当同一工程中按工业指标圈出多个符合工业指标的样段时,应根据对比标志、构造特征、产状变化、同一剖面上和剖面间样段的对应关系圈连矿体,在依据不充分时一般不宜处理为分支复合关系。

I.1.4 单工程中按边界品位初步确定矿体及夹石;小于最小可采厚度而品位较高时,可按米·百分值圈定。按最小夹石剔除厚度指标剔除夹石,当夹石厚度小于该指标时,可圈入矿体。

I.1.5 按最低工业品位、最小可采厚度或最低工业米·百分值圈连工业矿体。单工程矿体两侧若存在连续多个大于边界品位而低于最低工业品位的样品,即出现厚大且连片的低品位矿(即介于边界品位与最低工业品位之间)时,允许在满足工业要求的前提下各圈入一个小于或等于最小夹石剔除厚度的样品参与矿产资源量估算,其余的可作为低品位矿单独圈出。但对单工程矿体两侧零星分散而不能单独圈出的低品位矿,在满足最低工业品位要求的前提下,可以带入多个低品位矿样品。

I.1.6 对于采用原地浸矿工艺的风化壳离子吸附型稀土矿床,不考虑夹石厚度,在满足最小可采厚度的前提下,根据样品品位及分布情况圈定单工程矿体。

a) 单工程中只有一个连续达到边界品位以上的样段,先按边界品位进行圈定,达到工业要求者为矿体;若达不到工业要求,则依次剔除边部样品,直至达到工业要求为止;若仍达不到工业要求,则依次从两个或两个以上达到工业品位样品(段)之间分为两个或两个以上样段,按上述方法进行处理,直至达到工业要求为止。对存在的低品位矿,可参照 I.1.5 进行处理。

b) 单工程中存在两个或两个以上连续达到边界品位以上的样段(即其间存在夹石),先按一个矿体或矿段比照 a) 进行处理。若达不到工业要求,则依次以夹石为界分为两个或两个以上的矿段比照 a) 分别进行圈定。

I.1.7 凡穿过矿体上、下盘边界的沿脉坑道、天井及地表沿脉探槽的连续采样部位,均可视为单一采样工程。

I.1.8 沿脉坑道中圈定矿体时,无矿地段的剔除标准一般为:上、下工程对应时为 10 m~15 m,上、下工程不对应时为 20 m~30 m。

I.1.9 对于形态复杂的矿体,其中有部分地段达不到工业指标要求,沿走向及倾向迅速尖灭再现、呈扁豆状或串珠状矿体,厚度急剧膨缩或有分支复合现象的矿体,无矿或贫矿地段体积过小、开采无法剔除时,可作为连续矿体圈定。

I.1.10 对夹在工业矿体中厚度不大、分布零星又不影响工业矿体圈定的低品位矿,或对夹在低品位矿中厚度不大、分布零星难以分采的工业矿,均不必单独圈出。

- I. 1. 11 若矿体中有由不同矿石类型构成的矿段且需分采分选时,应分别圈出。
- I. 1. 12 稀土矿产和同体共生矿产的变化性相近且不需分采分选时,也可采用混圈(只要其中的一种组分达到工业指标要求,即圈入同一矿体),但应分别估算资源量。
- I. 1. 13 相邻见矿工程之间的矿体成矿后被断层(或岩脉)切割的,则矿体只能推至断层(或岩脉)的边界。
- I. 1. 14 相邻见矿工程中夹石的层位相同、部位对应,可连成同一夹石层(即使小于最小夹石剔除厚度),圈连出两个或多个矿体(层)。
- I. 1. 15 相邻见矿工程之间矿体可直线连接,若按直线连接时所圈定的矿体形态与自然形态出入较大,则按自然形态(用自然趋势曲线)连接矿体。但工程间矿体厚度不得大于相邻两工程实际控制的矿体厚度。
- I. 1. 16 对相邻见矿工程之间形态复杂、具有不同产状的分支矿体或交叉矿体,应按自然形态连接;不同产状的分支矿体其连接部位的推定厚度,不应大于工程实际控制的最大见矿厚度。

## I. 2 矿体外推

- I. 2. 1 应按矿体延伸方向的实际距离外推,而非按水平投影图或纵投影图上的投影距离外推。
- I. 2. 2 外推距离一般按稀土矿产地质勘查规范或勘查设计规定的工程间距确定。若工程间距小于规定的工程间距,则按实际间距确定;若工程间距大于规定的工程间距,则按规定的工程间距确定。
- I. 2. 3 推断的矿体形态应与已知的矿体形态特征相近似,且工程间推断的矿体厚度不应大于工程控制的实际厚度。
- I. 2. 4 相邻两工程间外推,采用有限外推。
- a) 相邻两工程一个见矿,另一个不见矿时,一般尖推两工程间距的  $1/2$  或平推两工程间距的  $1/4$ ;如另一个见矿化(大于边界品位的  $1/2$ ) 时,一般尖推两工程间距的  $2/3$  或平推两工程间距的  $1/3$ 。
  - b) 相邻两工程一个见工业矿,另一个见低品位矿,一般平推两工程间距的  $1/2$ ;也可视具体条件将工业矿和低品位矿互为楔形尖灭。
  - c) 地质统计学方法、SD 法估算资源量时,矿体边界可通过计算直接推定。
- I. 2. 5 边缘见矿工程外推,采用无限外推。
- a) 无限外推应结合矿体特征综合考虑。当矿体的外延经统计分析有一定的规律可循时,可按统计的规律外推;当矿体的外延无明显规律可循时,一般视矿体形态(状)、资源量估算方法等按相应工程间距的  $1/2$  尖推或  $1/4$  平推。
  - b) 采用米·百分值圈定矿体边界时一般不外推。对多数采用米·百分值圈定的薄脉型矿体可外推。
  - c) 当矿体分布与岩相、构造、蚀变有关,或见矿工程显示矿体形态变化有一定规律时,可根据其特点推断延伸矿体边界。但其延伸的距离,均应不超出同类型资源量工程间距的  $1/2$ 。
  - d) 风化壳离子吸附型稀土矿床外推边界可推至风化壳与第四系、基岩、采空区等分界处。但外推的工程间距为同类型资源量的一个工程间距尖推或  $1/2$  工程间距平推。
- I. 2. 6 探明和控制资源量原则上不应以推断界线为界,但沿脉坑道上、下介于推断和控制的勘查工程间距之间的取样工程见矿时,或者见矿工程连线两侧,当介于推断和控制的勘查工程间距之间的取样工程见矿且矿体厚度和品位变化不大时,可平推控制工程间距  $1/4$  的控制资源量。
- I. 2. 7 坑道或盲矿体顶部向上的外推。
- a) 沿脉坑道向下,当见矿钻孔达到控制的工程间距时,圈定和估算控制资源量;达到推断的工程间距时,可平推基本工程间距的  $1/4$  圈定和估算控制资源量;当推断的工程间距钻孔未见矿时,不

能推算控制资源量,可平推推断工程间距的 1/4 圈定和估算推断资源量。

- b) 最低一层沿脉和穿脉坑道的无限外推,其深部无钻孔时,只能平推推断工程间距的 1/4 圈定和估算推断资源量。
- c) 在穿脉坑道控制外,矿体走向上有控制的工程间距钻孔见矿时,可圈定和估算控制资源量;否则不能外推控制资源量,可平推推断工程间距的 1/4 圈定和估算推断资源量。
- d) 盲矿体的顶部、最高一层坑道向上外推,可采用 I. 2. 7a) 的方法外推。当顶部存在剥蚀边界时,最多外推至剥蚀边界。

### I. 3 资源量估算方法

#### I. 3. 1 常用估算方法

结合矿体特征及探矿工程实际,选择适宜的资源量估算方法。估算方法主要包括几何法(地质块段法、断面法、开采块段法等)、地质统计学法、距离幂次反比法、SD 法等。

#### I. 3. 2 估算方法的选择

I. 3. 2. 1 对于形态相对简单、产状相对稳定、有用组分分布均匀或较均匀的层状或脉状矿体,由钻孔、人力冲击取样钻、浅井等垂直施工工程为主控制的、偏离勘查线较远的矿体,不以勘查线或不以勘查线为主布设工程的矿床,勘查工程分布不均匀的矿床,宜采用地质块段法。

I. 3. 2. 2 对于勘查程度较高,并有探矿天井控制的矿床,宜采用开采块段法。

I. 3. 2. 3 采用勘查线进行勘查的矿床可采用垂直断面法。对于矿体形态复杂、矿石类型较多、有用组分分布不均匀,需反映矿体在三维地质空间沿走向及倾向变化规律的矿床,宜采用断面法。对于按一定的勘查工程间距,以穿脉、沿脉坑道及坑内水平钻孔为主勘查的矿床,宜采用水平断面法。

I. 3. 2. 4 对于探矿工程信息相对较多,样品数量满足统计学要求,并可计算出变异函数的矿床,可采用统计学法(克里格法)。

I. 3. 2. 5 对以勘查线为主的矿区可采用 SD 法,要求至少要有两条勘查线并且每条线上至少有两个工程,预测精度时要加倍。

I. 3. 2. 6 对于有用组分分布均匀或较均匀的矿床,可采用距离幂次反比法。幂的取值一般参考区域化变量的空间变异程度,变化较快对应于较大的幂次(一般取 3),变化较小对应于较小的幂次(一般取 2)。若经过交叉验证,幂次可取其他值。

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 15676—2015 稀土术语
  - [2] 陈德潜,陈刚. 实用稀土元素地球化学. 北京:冶金工业出版社,1990
  - [3] H. J. 勒斯勒,H. 朗格. 地球化学表. 北京:科学出版社,1985
  - [4] 赵伦山,张本仁. 地球化学. 北京:地质出版社,1988
  - [5] 江西省地矿局赣南地质调查大队,等. 赣南离子吸附型稀土矿成矿规律研究(内部资料). 1986
  - [6] 张培善,陶克捷. 白云鄂博矿物学. 北京:科学出版社,1986
  - [7] 陈德潜. 稀有元素地质概论. 北京:地质出版社,1982
  - [8] 中国科学院贵阳地球化学研究所. 稀有元素矿物鉴定手册. 北京:科学出版社,1972
-



---

## 特 别 声 明

一、地质出版社有限公司是自然资源类行业标准的合法出版单位、发行单位。我们发现，有不法书商以地质出版社有限公司的名义征订、发行我社出版的自然资源行业标准。在此声明，我社未委托任何单位或个人征订、发行我社出版的行业标准。读者订购时请注意甄别：凡征订者要求汇款的账户不是“地质出版社有限公司”者，所发行的标准涉嫌盗版。

二、正版自然资源行业标准的封面贴有数码防伪标志，读者可通过两种方式鉴别真伪：（1）手机拨打 4006361315，按照语音提示操作（验证码在防伪标的涂层下），将有语音回告是否为正版；（2）登录 <http://www.china3-15.com> 中国商品信息验证中心输入验证码，验证该标准是否为正版。防伪标涂层下的验证码一书一码，并且仅限查询一次，第二次查询将提示“该数码已被查询过，谨防假冒”。

三、标准订购与咨询请联系：010-66554646，66554578。

地质出版社有限公司特此声明。

---

中 华 人 民 共 和 国  
地 质 矿 产 行 业 标 准  
矿 产 地 质 勘 查 规 范 稀 土  
DZ/T 0204—2022

\*

责任编辑：徐 洋 责任校对：陈 曦  
地质出版社出版发行  
北京市海淀区学院路 31 号  
邮政编码：100083  
网址：<http://www.gph.com.cn>  
电话：(010) 66554646 (邮购部)  
(010) 66554582 (编辑室)

\*

开本：880 mm×1230 mm 1/16  
印张：3.75 字数：116 千字  
2022 年 10 月北京第 1 版 2022 年 10 月北京第 1 次印刷

\*

书号：12116·558 定价：64.00 元

\*

如本书有印装问题 本社负责调换  
版权专有 侵权必究