

### 风化壳离子吸附型稀土矿产 地质勘查规范

Specifications for weathered crust ion-absorbed rare earth mineral geological  
exploration

2019 - 11 - 05 发布

2020 - 05 - 01 实施

---

江西省市场监督管理局 发布



# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 勘查阶段 .....	1
4 勘查控制程度 .....	6
5 勘查工作及质量要求 .....	6
6 可行性评价 .....	12
7 矿产资源/储量分类及类型条件 .....	13
8 矿产资源/储量估算 .....	13
附录 A (资料性附录) 稀土元素的性质和用途 .....	16
附录 B (资料性附录) 风化壳离子吸附型稀土矿床类型 .....	19
附录 C (资料性附录) 稀土元素在自然界的赋存状态及特征 .....	20
附录 D (资料性附录) 稀土矿产资源/储量规模划分标准 .....	22
附录 E (资料性附录) 勘查类型和勘查工程间距 .....	23
附录 F (资料性附录) 风化壳离子吸附型稀土矿床采选(冶)工艺 .....	26
附录 G (资料性附录) 风化壳离子吸附型稀土矿产一般工业要求 .....	27
附录 H (规范性附录) 固体矿产资源/储量分类 .....	28

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由江西省自然资源厅提出并归口。

本标准起草单位：江西省地质矿产勘查开发局赣南地质调查大队。

本标准起草人：曾载淋、朱宏新、彭琳琳、胡论元、谢有炜、李晓华、陈斌锋、彭正泉、徐九发、郑云飞、梁景时、龙永逵、刘明发、刘翠辉、刘俊生、邹新勇、曾跃、袁钟池。

# 风化壳离子吸附型稀土矿产地质勘查规范

## 1 范围

本标准规定了风化壳离子吸附型稀土矿产在地质勘查工作中的目的任务、工作内容(地质研究程度、矿石加工技术性能研究、矿床开采技术条件研究、综合评价)、勘查控制程度、勘查工作质量以及矿产资源/储量估算等要求。

本标准适用于江西省风化壳离子吸附型稀土各阶段勘查和矿产资源/储量估算,也适用于此类矿产地质勘查报告的验收和评审,可作为此类矿产矿业权转让和矿产勘查开发等活动中评价、估算矿产资源/储量的依据。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 12719 矿区水文地质工程地质勘探规范

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 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 地质矿产实验室测试质量管理规范

DZ/T 0227 地质岩心钻探规程

江西省国土资源厅关于江西省风化壳离子吸附型稀土矿床一般工业指标及赣南钻(人力冲击取样钻)技术规程的公告

## 3 勘查阶段

### 3.1 勘查阶段划分

矿产勘查工作分为预查、普查、详查和勘探四个阶段。一般分阶段循序进行,并提交相应阶段的勘查报告。在勘查地质条件允许时,应投资人要求,可合并阶段提交勘查报告。

### 3.2 预查阶段

#### 3.2.1 目的任务

通过对区内资料的综合研究、类比及初步野外调查，以及极少量的工程揭露，初步了解预查区地貌类型和风化壳发育程度，初步了解风化壳的含矿性及其与母岩的关系，发现矿化线索，预测资源远景，圈出可供普查的有利区段。

### 3.2.2 地质研究程度

3.2.2.1 收集地质、矿产、物探、化探、遥感、重砂、探矿工程等各种有关信息及研究成果，通过1:50 000~1:10 000比例尺的路线地质填图，初步查明与稀土（参见附录A）成矿有关的地层、构造、岩浆岩、区域变质作用等成矿地质条件，初步查明区域地貌类型、特征及与风化壳发育程度的关系。

3.2.2.2 对风化壳用极少量工程进行揭露，初步了解风化壳的含矿性及与母岩的关系，预测资源远景，提供可供普查的有利区段。对预查中发现的矿化地质体及矿体，大致了解矿石品位（全相、浸出相）、化学成分、矿石结构构造、矿物成分以及矿石自然类型等。

## 3.3 普查阶段

### 3.3.1 目的任务

通过对普查区开展地质、物探及稀疏工程验证，大致查明普查区风化壳类型及矿化特征，估算资源量及预测资源远景，并进行概略研究，为是否转入详查提供依据。对可转入详查的普查区，应提出详查区范围。

### 3.3.2 地质研究程度

#### 3.3.2.1 矿区地质

对选定的普查区，通过1:25 000~1:5 000比例尺的地质填图，大致划分矿区填图地质单位，大致查明矿区成矿地质条件，大致查明区内地层、构造、岩浆岩的分布和特征。大致查明风化壳在山脚、山坡、山脊和山顶的分布情况；大致查明风化壳结构的发育和保存程度等及其与成矿的关系，了解成矿母岩的含矿性。

#### 3.3.2.2 矿体特征

对发现的矿化地质体及矿体，通过稀疏的探矿工程，大致查明矿体的数量及空间分布特征，圈连矿体；大致查明主矿体赋存部位、分布范围、规模、形态、产状、厚度及其变化情况，矿体中夹层分布情况，底板岩性及产状等。

#### 3.3.2.3 矿石质量

通过取样分析，大致查明矿石的品位（全相或浸出相）、稀土配分（全相或浸出相）及浸出率；大致查明矿石结构构造、矿物成分、矿石自然类型等情况；大致评价矿石的经济价值。

### 3.3.3 矿石加工技术性能和矿床开采技术条件的研究

3.3.3.1 与邻区同类型已开采矿山进行对比研究，并就矿石加工和可选性能做出概略评述。

3.3.3.2 应收集区域水文地质、工程地质及环境地质资料和已有探矿工程，大致了解矿区地表水体分布；大致了解风化壳孔隙度、粒度、渗透系数、潜水位等；初步了解矿体底板状态和矿石渗透性能；大致了解环境地质状况。为是否可以进一步开展地质工作及确定下一步水文地质、工程地质、环境地质工作提供依据。

### 3.3.4 综合评价

初步了解共伴生有用组分及含量。其质量要求按GB/T 25283执行。

### 3.3.5 矿床控制程度

在普查区内，根据稀疏探矿工程的取样资料，合理圈连矿体，采用一般工业指标估算资源量。并依据普查所获得的地质矿产资料及国内外市场情况，进行概略研究，确定是否转入详查。对可转入详查的普查区，推断以上的资源量比例一般不小于30%。

## 3.4 详查阶段

### 3.4.1 目的任务

对详查区采用各种适宜的勘查方法和手段，通过系统探矿工程控制，基本查明矿区成矿地质条件和矿床地质特征，基本查明矿石加工技术性能和矿床开采技术，估算资源/储量，做出是否具有工业价值的评价，必要时，推荐勘探区范围，为矿山总体规划和编制矿山项目建议书等提供资料。对直接提供开发利用的矿区，其估算的资源/储量、矿石加工技术性能、矿床开采技术条件应满足矿山生产建设的要求。

### 3.4.2 地质研究程度

#### 3.4.2.1 矿区地质

通过1:10000~1:2000地质填图（直接提供开发利用的地质填图比例尺要求1:2000），基本确定矿区填图地质单位。基本查明成矿地质条件和矿床类型（参见附录B），描述矿床的地质模型。基本查明风化壳在山脚、山坡、山脊和山顶的分布情况；基本查明风化壳结构的发育和保存程度等及其与成矿的关系。对成矿有关的母岩进行含矿性研究。

#### 3.4.2.2 矿体特征

通过系统探矿工程，基本查明矿体的数量及空间分布特征，圈定并连接矿体；基本查明主矿体赋存部位、分布范围、规模、形态、产状、厚度及其变化情况，矿体中夹层分布情况，底板岩性及产状等。

#### 3.4.2.3 矿石质量

基本查明矿石的结构构造、矿物组成、化学成分；基本查明矿石品位（全相或浸出相）、稀土配分（全相或浸出相）及浸出率；基本查明有益及有害组分种类、含量、赋存状态（参见附录C）和分布规律；划分矿石类型。

### 3.4.3 矿石加工技术性能研究

基本查明矿石的粒度分布及矿物组成；通过不同条件下的实验室可选性试验，对矿石的可选性进行评价。

### 3.4.4 矿床开采技术条件研究

#### 3.4.4.1 水文地质条件

基本查明矿区水文地质条件，确定矿区水文地质勘查类型；基本查明矿床主要充水因素，并评价其对矿床充水的影响；基本查明风化壳的渗透（滤）性能(系数)、潜水位及变化情况、风化壳底板的含、隔水性，确定水文地质条件复杂程度；调查研究可供利用的供水水源的水量、水质，指出供水水源方向。

#### 3.4.4.2 工程地质条件

确定矿区工程地质勘查类型，划分矿区工程地质岩组，测定岩土の力学性质，基本查明结构面发育程度，研究岩土稳定性；基本查明风化壳的结构、底板完整程度、产状、起伏情况等。确定工程地质条件复杂程度。

#### 3.4.4.3 环境地质条件

基本查明矿区地表水、地下水水质状况；基本查明矿区内对人体有害元素の成分、含量等情况，以及放射性强度，指出环境影响因素；收集地震等影响区域稳定性の资料；基本查明矿床开发对地表水、地下水的影响；分析产生泥石流、滑坡等次生地质灾害の可能性；预测矿床开采对地质环境、生态环境の破坏和影响，并提出防治建议。确定地质环境类型。

#### 3.4.4.4 矿床开采技术条件类型

根据上述水文、工程、环境地质条件初步划分矿床开采技术条件类型，为矿山建设项目建议书の编写提供依据。

#### 3.4.5 综合评价

基本查明共伴生有用组分并进行综合利用评价。其质量要求按GB/T 25283执行。

#### 3.4.6 矿床控制程度

3.4.6.1 在详查区内，根据系统工程取样资料，有效的物探资料以及实测の各种参数，圈连矿体，选择合适の方法估算相应类型の资源量，或经预可行性研究，确定合理の工业指标，估算相应类型の资源/储量，为是否进行勘探决策、矿山总体设计、开发利用方案等の编制提供依据。

3.4.6.2 详查阶段控制の资源/储量一般应不少于查明资源/储量の30%。作为直接提供矿山开发利用の详查报告，控制の资源/储量一般应不少于查明资源/储量の50%，且开采技术条件查明程度及矿石加工选冶技术性能研究程度应满足矿山建设设计要求。

### 3.5 勘探阶段

#### 3.5.1 目的任务

对已知具有工业价值の矿区或经详查圈出の勘探区，应用各种适宜の勘查手段和有效方法，加密探矿工程，估算资源/储量，为矿山建设设计提供依据。

#### 3.5.2 地质研究程度

##### 3.5.2.1 矿区地质

通过1:5 000~1:1 000地质填图，详细查明成矿地质条件及内在规律，确定矿区填图地质单位，建立矿床地质模型；详细查明地层、构造、岩浆岩特征及其分布；着重研究含矿层位の岩性、矿物组分以及成矿母岩の地球化学背景，了解其含矿性，分析其变化规律与矿床形成和矿体空间分布の关系。详细查明风化壳在山脚、山坡、山脊和山顶の空间分布特征；详细查明风化壳结构の发育和保存程度及其与成矿の关系。

##### 3.5.2.2 矿体地质

采取加密探矿工程，详细查明矿体の数量及空间分布特征；详细查明矿体赋存部位、范围、规模、形态、产状、夹层、盖层、底板等。

### 3.5.2.3 矿石质量

3.5.2.3.1 详细查明矿石结构构造、矿物成分、化学成分；详细查明矿石品位（全相或浸出相）、稀土配分（全相或浸出相）及浸出率；详细查明有益及有害组分种类、含量、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。

3.5.2.3.2 依据矿石的有用组分含量及被利用的程度、稀土元素的赋存状态、风化程度等划分矿石自然类型，结合矿石加工技术性能和用途等划分矿石主要的和次要的工业类型，并研究其分布范围和所占比例。

### 3.5.3 矿石加工技术性能研究

在矿区范围内，针对不同矿石类型，采集具有代表性的样品，进行加工选（冶）性能试验。一般矿石应进行实验室流程试验，对矿石物质组分复杂，综合利用价值较高，或新类型矿石应进行实验室扩大连续试验，必要时进行半工业试验。

### 3.5.4 矿床开采技术条件研究

#### 3.5.4.1 水文地质条件

详细查明矿区风化壳及底板含、隔水性，风化壳底板的岩性、分布、产状、埋藏条件，详细查明矿床主要充水因素，并评价其对矿床充水的影响；详细查明矿床水文地质条件，确定矿区水文地质勘查类型；查明风化裂隙水的水温、水质、水量及动态变化，地表水体的分布、水文特征及其与地下水的水力联系；查明风化壳及其底板的渗透（滤）性能（系数）。确定矿床水文地质条件的复杂程度。对矿床开采的防水措施、排供结合及综合利用提出建议。指出生活和工业用水水源方向。水文地质条件简单的矿床，上述研究内容可适当从简，以满足地质勘探和矿山建设设计需要为原则。

#### 3.5.4.2 工程地质条件

确定矿区工程地质勘查类型，划分矿区工程地质岩组，测定岩石的力学性质，详细查明结构面发育程度，研究岩土边坡稳定性能；详细查明风化壳的结构，底板完整程度、产状、起伏情况等。确定工程地质条件复杂程度。预测饱水条件下的岩土边坡稳定性。对矿山建设和生产可能造成严重影响的滑坡、塌陷等工程地质条件需进行专门调查并做出相应的说明。

#### 3.5.4.3 环境地质条件

详细查明并研究放射性等有害物质的强度、含量、分布与变化规律，指出可能污染环境的因素，并对原生环境质量进行评价，对次生环境质量进行预测；详细查明矿床开采对地表(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。对地震活动区应分析有关地震资料、研究新构造活动的特征、阐明矿区地震地质情况和对区域稳定性的影响。调查矿区（床）内各种灾害地质现象（滑坡、山洪、泥石流等），预测矿床开采对地质环境、生态环境的破坏和影响，并提出防治建议。确定地质环境类型。

#### 3.5.4.4 矿床开采技术条件类型

根据上述水文地质、工程地质、环境地质条件，划分矿床开采技术条件类型，做出水文、工程、环境方面的总体评价，为矿山建设设计提供依据。

### 3.5.5 综合评价

详细查明共伴生有用组分并进行综合利用评价。其质量要求按GB/T 25283执行。

### 3.5.6 矿床控制程度

3.5.6.1 根据加密工程取样资料、有效的物探资料以及实测的各种参数，圈连矿体，估算资源量；或经可行性研究，确定工业指标，估算资源/储量，为矿山建设设计的编制提供依据。

3.5.6.2 勘探阶段探明的、控制的资源/储量之和一般应占总资源/储量的50%以上，资源/储量规模（参见附录D）为大型以上的矿床可适当放低。探明的（预）可采储量应满足矿山建设还本付息的需要。

## 4 勘查控制程度

### 4.1 勘查类型确定

#### 4.1.1 勘查类型划分的原则

4.1.1.1 划分勘查类型是为了优选勘查方法和手段，合理确定勘查工程网度（间距与点距），有效控制和合理圈连矿体，逐步肯定矿体的连续性。

4.1.1.2 应遵循以主矿体为主，综合考虑矿床特征和勘查难易程度和需求、效益等外部的各类因素，以最少的投入，获取最大效益的原则。

#### 4.1.2 勘查类型划分的依据

划分矿床勘查类型时，依据主矿体规模、矿体形态复杂程度、矿体内部结构复杂程度、厚度稳定程度、稀土组分分布均匀程度等五个主要地质因素来确定。用每个矿床相对应的上述五个地质因素类型系数值之和，来确定勘查类型。矿床勘查类型划分及勘查工程间距的确定参见附录E。

### 4.2 勘查类型划分

#### 4.2.1 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，矿体形态简单至较简单，矿体内部结构简单，厚度稳定，稀土组分分布均匀至较均匀。如河岭稀土矿等。

#### 4.2.2 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，矿体形态简单至较简单，矿体内部结构较简单，厚度较稳定，稀土组分分布较均匀至不均匀。如南桥稀土矿等。

#### 4.2.3 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，形态较简单至复杂，矿体内部结构复杂，厚度不稳定，稀土组分分布较均匀至不均匀。如涂屋稀土矿等。

## 5 勘查工作及质量要求

### 5.1 勘查工作方法及手段

5.1.1 风化壳离子吸附型稀土矿产的勘查工作包括现行的最普遍最常用的地质测量、探矿工程、采样测试、矿石加工技术性能研究及矿床开采技术研究等工作。

5.1.2 鼓励新理论、新方法、新技术运用在勘查各个阶段工作的全过程。应尽量使用计算机信息处理技术及RS技术、GPS技术、GIS等技术开展工作，提交数字化成果资料，并建档保存。

5.1.3 勘查工作方法及质量要求按 GB/T 33444 执行。

## 5.2 测量工作

5.2.1 地质图精度要求一般为：图上地物点与邻近野外控制点的误差，平面位置中误差不超过图上的 0.8 mm，高程中误差不超过图上基本等高距的二分之一。

5.2.2 探矿工程位置精度要求一般为：与邻近图根点的误差平面位置中误差不超过图上的 0.6 mm，高程中误差不超过图上基本等高距的三分之一。

5.2.3 地质勘查工作测量质量要求按 GB/T 18341 执行。

## 5.3 地质填图

5.3.1 在地质填图前，应充分收集以往各种比例尺的各类地质填图资料，选定并实测 1 条~2 条基本穿越全矿区地质体的代表性地质剖面，研究矿区构造格架、各类岩石，确定填图单位。

5.3.2 地质填图的路线布置一般应垂直矿体走向及主要构造线走向，并对主要矿体或地质体进行追索控制。应圈出各填图单位，调查其变化特征以及相互关系。应着重填出风化壳的范围以及与地貌类型的关系，并采取一定数量的样品，了解其含矿性。

5.3.3 根据不同勘查阶段的目的任务，进行不同比例尺的地质填图，预查阶段比例尺一般为 1:50 000~1:10 000，普查阶段比例尺一般为 1:25 000~1:5 000，详查阶段比例尺一般为 1:10 000~1:2 000，勘探阶段比例尺一般为 1:5 000~1:1 000。

5.3.4 预查阶段的地质填图可进行草测或选择几条路线，进行路线地质调查；普查阶段的地质填图可进行简测，详查和勘探阶段的地质填图应进行正测。

5.3.5 预查、普查阶段的地形底图可采用 1:50 000~1:10 000 出版的地形图。详查、勘探阶段的地形底图应进行实地测量。

5.3.6 地质填图质量要求应按相应比例尺的地质填图规程或规范执行。

## 5.4 水文地质、工程地质、环境地质工作

5.4.1 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。各勘查阶段有关水文地质、工程地质和环境地质工作按 GB 12719、GB/T 13908 要求执行。

5.4.2 水质分析样和岩土物理力学性质测定样应满足有关规定、规范的要求。

5.4.3 详查、勘探阶段应对代表性工程和地质剖面进行放射性伽玛检查。

## 5.5 探矿工程

### 5.5.1 基本要求

要求在探矿工程施工中坚持“绿色勘查”，并将“绿色勘查”理念贯穿整个勘查全过程。应最大限度地减少对生态环境的破坏，最大限度地恢复和改善生态环境，预防次生地质灾害的发生。

### 5.5.2 探槽

包括浅坑、剥土。布设时，应与自然露头、井探相结合，主要用于揭露地表地质界线、断裂等。探槽施工深度一般小于 3 m。应符合施工安全要求。

### 5.5.3 探井

一般为小圆井，主要用于揭露风化壳型矿体。适用于风化壳厚度不大地段，也可用于大体重样、选矿试验样等样品的采集。小圆井施工直径一般不小于0.8m；施工井深应符合施工安全要求，一般小于10m。编录采样后应及时进行回填。

#### 5.5.4 赣南钻

揭露风化壳离子吸附型稀土矿体的主要手段。赣南钻施工口径一般不小于 80 mm，施工深度应揭穿全风化层，尽量达到矿体底板。编录采样后应及时进行回填。赣南钻工程质量应符合《赣南钻(人力冲击取样钻)技术规程》。

#### 5.5.5 钻探

5.5.5.1 为机械岩心钻探，用于风化壳离子吸附型稀土矿勘查的一般为浅钻。主要用于揭穿风化壳、研究风化壳结构、了解矿化与母岩关系等。也用于其它探矿工程难以揭穿矿体的地段。

5.5.5.2 设计钻孔直径应满足各类样品的取样要求。施工深度需揭露基岩不小于 5m。在风化层中钻进时，不得使用冲洗液。施工结束后，应及时封孔并在井口立好标记。

5.5.5.3 钻探工程质量按 DZ/T 0227 执行。

### 5.6 化学样的采集与分析测试

#### 5.6.1 基本分析样品

##### 5.6.1.1 基本分析目的及项目

5.6.1.1.1 基本分析是为了查明矿石中 useful 组分的含量，是估算资源/储量的主要依据。

5.6.1.1.2 基本分析样品的分析项目：根据矿床条件，从浸出相稀土氧化物(SREO)、全相稀土氧化物(TREO)中明确一个作为基本分析项目。

##### 5.6.1.2 样品采集

5.6.1.2.1 基本分析样品在各探矿工程中采取，应按探矿工程揭露的风化壳的全风化层到底板连续取样，且不得跨层，样品长度一般为 1m。

5.6.1.2.2 取样方法：井探用刻槽法连续取样，样槽断面一般为 5cm×3cm。赣南钻岩心样品应采用缩分法取样。浅钻岩心样品，松散的岩心采用缩分法取样，非松散的岩心采用劈半法取样。

##### 5.6.1.3 分析测试

样品采集后，送测试单位进行分析测试。测试单位对来样进行加工、制备、分析测试，并及时报送分析测试结果。

#### 5.6.2 组合分析样品

##### 5.6.2.1 组合分析目的及项目

5.6.2.1.1 组合分析是为了查明矿石中伴生有用、有益和有害组分的含量，是制订综合工业指标、估算伴生矿产资源/储量的依据。

5.6.2.1.2 组合样品分析项目：基本分析项目为浸出相稀土氧化物(SREO)时，组合分析项目为全相稀土氧化物(TREO)及浸出率；基本分析项目为全相稀土氧化物(TREO)时，组合分析项目为浸出相稀土氧化物(SREO)及浸出率。

##### 5.6.2.2 样品采集

组合分析样品从原测试单位测试分析的基本分析样品的副样中提取。应按不同的矿石类型，在单工程矿体中进行提取组合，或在资源/储量划分的块段中进行提取组合。每个基本分析样品最多只能提取一次。

### 5.6.2.3 分析测试

组合样品提取后，由原测试单位进行分析测试。

## 5.6.3 稀土配分样品

### 5.6.3.1 稀土配分目的及分析项目

5.6.3.1.1 稀土配分样品为了查明矿石中 15 个稀土元素的分布情况，是划分轻、重稀土矿床的主要依据。

5.6.3.1.2 样品分析项目： $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sm}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Eu}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Tb}_4\text{O}_7$ 、 $\text{Dy}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ho}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Er}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Tm}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Lu}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 。

### 5.6.3.2 样品采集

稀土配分样品从组合分析样的副样中提取。应按不同的矿石类型在组合样中再次进行提取组合，被提取的组合样原单工程矿体厚度应较大（一般大于 5 m）或组合样块段资源/储量较大。每个矿石类型稀土配分样品一般为 3 个~5 个。

### 5.6.3.3 分析测试

稀土配分样提取后，送测试单位进行分析测试。

## 5.6.4 全分析样品

### 5.6.4.1 全分析样品分类及目的

5.6.4.1.1 分为光谱全分析样品和化学全分析样品两类。

5.6.4.1.2 光谱全分析是利用光谱学的原理定性确定样品的元素组成，定量确定各元素的含量，尤其是微量贵金属、稀有、稀散以及放射性元素的含量，是确定化学全分析的依据，也是确定基本分析、组合分析项目的依据。

5.6.4.1.3 化学全分析是在光谱全分析的基础上，进一步准确查明矿石的各种组分及其含量，研究矿石化学成分，为确定基本分析、组合分析项目提供依据。

### 5.6.4.2 样品采集

光谱全分析样应分不同矿石类型，不同矿体、不同的空间位置以及某些围岩、蚀变带中采取，光谱样的采集一般在探矿工程中用连续打块法（或攫取法）的采样方法采取，也可在基本分析样的副样中提取。

化学全分析样应在光谱全分析样的基础上，在主要矿体上，分不同的矿石类型，在基本分析样的副样中提取。每种矿石类型一般采 1 个~3 个样品。

### 5.6.4.3 分析测试

全分析样采取后，送测试单位进行分析测试。主要是确定矿石的元素种类及其含量，查定矿石中所含的微量贵金属、稀有、稀散及放射性元素。

### 5.6.5 分析测试质量检查

分为内部与分为内部检查分析和外部检查分析。内检是验证原测试单位的分析结果是否存在偶然误差。外检是验证原测试单位的分析质量是否存在系统误差。

凡参加资源/储量估算的基本分析样品、组合分析样品均需做内、外部质量检查分析。一般来说低于边界品位的基本分析样品，以及除基本分析、组合分析之外的其它化学样品，一般不做内、外检分析。

#### 5.6.5.1 内外检重复样品的抽取

内检重复样品的抽取：由送检单位在被检对象样品的副样中抽取，编密码送原测试单位进行复测。内检样品抽取比例不少于被检对象样品总数的10%，当总数较少时，抽检样品数不少于30件，当总数少于30件时，应全部抽检；当总数大于2 000件时，抽检比例可适当降至5%~10%。

外检重复样品的抽取：从原测试单位在被检对象内检合格的余样中抽取，送外检单位进行验证分析。外检样品抽取比例不少于被检对象样品总数的5%。当总数较少时，抽检样品应不少于30件，当总数少于30件时，应全部抽检；当总数大于2 000件时，抽检比例可适当降至3%~5%。

基本分析样品的被检对象为参与资源/储量估算的样品；也可为矿石品位（包括各种自然类型、工业品级的矿石品位）含量在边界品位(包括综合指标中的边界品位)附近及以上的那部分基本分析样品。

组合分析样品被检对象为全体组合样品。

#### 5.6.5.2 内、外检重复分析质量要求

5.6.5.2.1 内检合格率不小于95%。外检合格率不小于90%。

5.6.5.2.2 合格率是指重复分析合格的样品数占重复分析样品总数的百分比。

5.6.5.2.3 重复分析合格的样品是指当重复分析的相对偏差（ $RD$ ）小于或等于允许限（ $Y_c$ ）时的样品。其相对偏差（ $RD$ ）和允许限（ $Y_c$ ）的计算公式分别见式（1）、式（2）：

$$RD = |X_1 - X_2| / \bar{X} \quad (1) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$RD$ ——重复分析样品的相对偏差，单位为%；

$X_1$ ——原分析结果，单位为%；

$X_2$ ——重复分析结果，单位为%；

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

式中：

$Y_c$ ——重复分析试样中稀土组分的相对偏差允许限，单位为%；

$\bar{X}$ ——重复分析试样中稀土组分平均质量分数，单位为%；

$C$ ——允许限系数。分析项目为稀土组分时，取1.00。

5.6.5.2.4 化学样的加工及分析测试要求按 DZ/T 0130 执行。

### 5.7 体积质量样及其它样品的采集与测试

#### 5.7.1 体重（矿石体积质量）样品采集与测试

采用大体积质量样估算资源/储量。大体积质量样按不同矿石类型采取有代表性的样品，每种矿石类型的样品数不少于5件。大体积质量样品体积不小于0.125m<sup>3</sup>。测定矿石体重时应同时须测定湿度，当湿度小于3%时可不校正。

#### 5.7.2 水工环地质测试样品

水质分析样和岩石力学性质样按规定要求适当采取和分析。

### 5.7.3 其它样品的采集与测试

#### 5.7.3.1 岩矿鉴定样

岩矿鉴定样主要是为了研究岩矿石的结构构造、矿物成分及含量、矿物特征以及相互关系等。一般以透明矿物为主的岩矿石制作成薄片，以不透明矿物为主的制作成光片。岩矿鉴定样在探矿工程、实测剖面及填图地质观察点上采集，大小一般为3cm×6cm×9cm左右。一般要求普查以上矿区的主要岩性、不同矿石类型的矿石要有若干个岩矿鉴定样。松散的矿石不做要求。

#### 5.7.3.2 硅酸盐分析样品

硅酸盐样主要是研究岩石的化学成分、以及岩石与成矿的关系等。分析项目一般为： $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{SO}_3$ 、烧失量等。一般要求详查以上矿区主要与成矿作用有关的岩浆岩作若干个硅酸盐分析。

#### 5.7.3.3 物相分析、单矿物分析、以及同位素测试等样品

物相分析、单矿物分析和同位素测试等研究样品，根据需要适当采取。

## 5.8 矿石选（冶）试验样品采集与试验

### 5.8.1 样品采集

5.8.1.1 样品采集前矿产勘查单位应与试验单位协商确定采样要求，编制采样设计，必要时应征求矿山设计生产部门的意见。根据不同勘查阶段要求确定适宜的矿石加工选(冶)技术性能试验研究程度和试验规模。实验室选矿流程试验和扩大连续试验样品的采取，一般由勘查部门负责完成；当选择原地浸矿工艺（参见附录F）时，需由勘查部门跟生产部门协商，进行半工业试验。

5.8.1.2 样品一般在小圆井采取，也可在探槽、赣南钻及钻孔中采取。所采样品应具有代表性，要求试样的矿石类型、品位、矿物成分、结构构造、化学成分及空间分布等方面与详查和勘探范围内矿石特征基本一致，还须考虑开采时的贫化率，故试样中应采取一定量的近矿围岩或夹石。当矿石中有共、伴生有用组分时，采样应考虑其含量和分布情况，以便同时研究其赋存状态和综合回收工艺。

5.8.1.3 试验矿样重量主要取决于矿石类型、试验目的、试验研究程度及规模、加工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重量为0.1t~1t，实验室流程试验为0.2t~5t，实验室扩大连续试验为5t~20t，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。

### 5.8.2 加工和试验

5.8.2.1 试验样品一般应对原矿、产品及尾矿进行光谱全分析、化学全分析、稀土配分分析，大致查明不同对象稀土组分的种类、含量及配分类型，了解伴生有用、有害组分的种类及含量；应进行矿石不同粒度条件下实验室可选性试验及实验室可选性试验，了解矿石不同粒度与稀土回收率的关系；必要时通过对稀土赋存状态及配分情况的研究，了解其赋存方式，为矿石加工选冶技术性能提供依据。

5.8.2.2 实验室可选性试验通过矿石不同粒度下不同试剂及浓度的试验，探索各类型、品级稀土矿石的性质和与可选性差别，了解选矿方法与稀土组分的选别指标即稀土回收率；实验室流程试验在实验室可选性试验基础上，通过流程结构及其条件的方案的比较试验，进一步选别及确定合理的工艺流程。半工业试验实际上是实验室可选性或实验室流程试验结果在实际开采中的延续与应用，即在不改变或基本不改变矿石原始状态下实地确定稀土和回收利用情况，验证其实验室工艺流程采用原地工艺的可行性。

## 5.9 原始地质编录、资料综合整理和报告编写

### 5.9.1 原始地质编录、资料综合整理

5.9.1.1 矿产勘查各个阶段，各项勘查工作中的地质记录和原始地质编录应在现场进行，应及时、准确、客观、齐全。

5.9.1.2 资料综合整理应运用新理论、新方法，全面、深入地分析研究，特别是对规律性的研究，用以指导矿产勘查工作。

5.9.1.3 原始地质编录、综合整理的质量按 DZ/T 0078、DZ/T 0079 执行。

### 5.9.2 报告的编写

矿产勘查报告由正文、附图、附表、附件组成，应清楚、清洁、齐全。按照 DZ/T 0033 的要求编写勘查地质报告。

## 6 可行性评价

### 6.1 基本要求

6.1.1 可行性评价包括概略研究、预可行性研究和可行性研究三个阶段。

6.1.2 勘查报告编写时，只进行了概略研究的，其资源量分类均为内蕴经济的。已有预可行性研究和可行性研究报告的，可依据其研究结果，对资源/储量进行分类。

### 6.2 概略研究

6.2.1 普查阶段只进行概略研究。详查或勘探阶段，条件不具备时，也可只进行概略研究。

6.2.2 通过了解和分析国内外稀土市场的状况、供求及价格，收集矿区外部建设条件资料和矿区内部已有的地质、矿床等资料，类比邻近已知矿床或相似矿床，预测未来矿山生产规模、服务年限及产品方案、矿山开采与采矿方法、矿石加工选冶方法及工艺流程等，结合矿区的自然经济条件、环境保护等要求，采用类似企业的技术经济指标或按扩大指标对矿床开发作出大致的技术经济评价。

6.2.3 根据技术经济评价结果，对矿床开发有无投资机会、是否进行下一阶段的工作作出结论。

### 6.3 预可行性研究

6.3.1 预可行性研究一般在详查以上工作的基础上进行。

6.3.2 通过国内外市场调研和分析预测，综合矿产资源条件、采选工艺、矿山内外部建设条件、环境保护以及项目预期经济效益等，对矿山建设的必要性、建设条件的可行性及经济效益的合理性作出初步评价，为勘探决策、编制矿区总体规划和项目建议书提供依据。

6.3.3 勘查报告编写时，可依据预可行性研究报告，简要说明未来矿山的方案、预计的开采及开拓方式、采矿方法、矿石加工选冶方法及工艺流程等，摘录基本的技术经济指标(包括采选冶技术指标、投资、采矿及选矿成本费用的构成、税费、各类矿产品的产量及销售价格、利润等)，所计算的财务内部收益率、财务净现值、投资回收期等财务指标，财务评价结论等，以此作为资源/储量分类的依据。

### 6.4 可行性研究

6.4.1 可行性研究应在勘探工作的基础上进行。

6.4.2 可行性研究是对矿床开发经济意义的详细评价。其结果可以详细评价拟建项目的技术经济可靠性，为矿山建设的投资决策、拟建项目的技术经济可行性、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。

6.4.3 勘查报告编写时，简要说明可行性研究的有关内容和结论，具体可参照预可行性研究的有关内容的要求，以此作为资源/储量分类的依据。

## 7 矿产资源/储量分类及类型条件

矿产资源/储量分类及类型按照 GB/T 17766 标准执行。

## 8 矿产资源/储量估算

### 8.1 矿产资源/储量估算的工业指标

8.1.1 矿床资源/储量估算的工业指标包括边界品位、最低工业品位、最小可采厚度、夹石剔除厚度；露天开采矿山应综合考虑开采标高、边坡角、剥采比、底盘最小宽度、爆破安全距离等开采技术条件。

8.1.2 预查、普查阶段可采用一般工业要求（参见附录 G）；详查、勘探阶段可采用一般工业指标或论证的工业指标。

### 8.2 矿产资源/储量估算的方法

8.2.1 根据矿体形态、产状和勘查工程控制程度等因素，选择合理的矿产资源/储量估算方法。常用的方法有地质块段法、断面法、等高线法。提倡和鼓励运用新技术、新方法来估算资源/储量。

8.2.2 对于使用的任何一种估算方法，都应选取一部分有代表性的矿体或块段，采用与原估算方法不同的传统估算方法进行验算与对比。

### 8.3 矿体的圈连

#### 8.3.1 单工程矿体的圈定

8.3.1.1 单工程矿体的圈定是在见矿的探矿工程的连续取样地段，依据边界品位确定矿体边界。

8.3.1.2 在圈定的单工程矿体边界内，低于最低工业品位的样品厚度，不得大于夹石剔除厚度。不能圈入矿体的介于边界品位与工业品位之间样品，可单独圈出作为低品位矿处理。

8.3.1.3 圈定的单工程矿体，矿体厚度需大于或等于最低可采厚度；矿体平均品位，需大于或等于最低工业品位。

#### 8.3.2 相邻见矿工程间的矿体连接

8.3.2.1 在相邻的见矿的探矿工程及之间，应先连接风化壳类地质体（填图单位）界线，再根据风化层壳内部的风化层特征的对应性来圈连矿体。

8.3.2.2 对于形态复杂、有不同分支的矿体，应按其自然形态连接；不同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。

8.3.2.3 相邻见矿工程的矿体中所夹的无矿夹石的层位相同、部位对应，则应连成同一夹层。

#### 8.3.3 矿体的外推原则

8.3.3.1 应按矿体延伸方向的走向或倾向的实际距离外推，一般分为有限外推和无限外推。

8.3.3.2 有限外推是指为见矿工程矿体邻近，有该矿体的无矿控制工程，当两工程间距小于规定的工程间距时，则尖推两工程间距的 1/2，或平推两工程间距的 1/4；当两工程间距大于规定的工程间距时，则尖推规定工程间距的 1/2，或平推规定工程间距的 1/4。

8.3.3.3 无限外推是指当见矿工程矿体边缘，无该矿体的探矿控制工程，则按其规定的工程间距来外推，一般是尖推规定工程间距的 1/2，或平推规定工程间距的 1/4。

8.3.3.4 当外推边界超出风化壳自然边界（如第四系界线）时，只能外推至风化壳自然边界。

8.3.3.5 无论采用何种方法，推断的矿体边界应考虑矿体的主要控矿因素特征，应与已知的矿体特征相近似，且工程间推断的矿体厚度不得大于见矿工程实际控制的矿体厚度。

#### 8.4 矿体块段的划分原则

8.4.1 矿体块段边界的划分一般应以见矿工程连线、矿体边界线来划定，同时应考虑勘查控制程度、勘探线、矿石类型、单工程矿体厚度及品位分布特征等因素。

8.4.2 详查及勘探阶段，其控制的和探明的资源/储量块段以工程连线内圈划定，块段划分一般以 4 个工程为单元，每个工程一般最多使用 4 次。

8.4.3 推断的资源量块段可由工程内圈圈定，也可外推圈定。

#### 8.5 矿产资源/储量类别的确定

8.5.1 根据划分的矿体块段的勘查控制程度、可行性研究、经济评价的结果，确定矿体块段的资源/储量类别（参见附录 H）。

8.5.2 主要的资源/储量类别：

8.5.2.1 基础储量类别如下：

- a) 111b: 经济评价为经济的，进行了可行性研究，块段控制网度达到基本间距加密网度控制；
- b) 112b: 经济评价为经济的，进行了可行性研究。块段控制网度达到基本间距网度控制；
- c) 121b: 经济评价为经济的，进行了预可行性研究，块段控制网度达到基本间距加密网度控制；
- d) 122b: 经济评价为经济的，进行了预可行性研究。块段控制网度达到基本间距网度控制。

8.5.2.2 资源量类别如下：

- a) 331: 经济评价为内蕴经济的，进行了概略研究，块段控制网度达到基本间距加密网度控制；
- b) 332: 经济评价为内蕴经济的，进行了概略研究，块段控制网度达到基本间距网度控制；
- c) 333: 经济评价为内蕴经济的，进行了概略研究，块段的控制网度达到基本间距放稀 1~1.5 倍网度控制（即稀疏网度控制）。

#### 8.6 资源/储量估算参数的确定

##### 8.6.1 资源/储量估算参数的选择要求

参与矿产资源/储量估算的各个取样工程位置、样长以及地质编录数据应采用实测数据，参与资源/储量估算的各个取样工程的质量、样品分析测试质量均应符合有关规范、规程及规定的要求。

##### 8.6.2 单工程矿体厚度与平均品位的计算

8.6.2.1 单工程矿体的视厚度为单工程矿体圈定的样品样长之和。单工程矿体的真厚度可根据单工程矿体视厚度、采样线方位和坡角、矿体产状，通过换算公式求得。单工程矿体的水平厚度、垂直厚度可根据单工程矿体真厚度、矿体产状，通过换算公式求得。

8.6.2.2 单工程矿体平均品位为单工程矿体圈定的样品品位与样长的加权平均值。如样品中有特高品位，则需先处理特高品位，再计算单工程矿体平均品位。

8.6.2.3 特高品位处理：一般单样品位值高于矿体（床）平均品位 6 倍~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 2 次内检分析，当两次分析的结果在允许误

差范围内确定为特高品位时，用第一次的结果作为待处理的特高品位值。处理方法是，用特高品位所在工程所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。当对特高品位处理后，所在单工程仍为特高品位时，应进行特高品位的二次处理。

8.6.2.4 若存在特高品位地段，可以单独划分特高品位地段块段，对特高品位地段，可不进行特高品位处理。

### 8.6.3 块段平均厚度与平均品位的计算

8.6.3.1 估算方法为地质块段法时，块段平均厚度为参与块段计算的单工程矿体厚度的算术平均值(矿体厚度为资源/储量估算投影图上的投影面法线方向上的厚度，纵投影图时为垂直纵投影图方向上的水平厚度，水平投影图时为垂直厚度)。块段平均品位为参与块段计算的单工程矿体品位与厚度的加权平均值。

8.6.3.2 估算方法为断面法时，先计算块段在断面上的断面平均品位，断面平均品位为参与块段断面计算的单工程矿体的平均品位与单工程矿体视厚度的加权平均值；然后再计算块段的平均品位，块段平均品位为构成块段两相邻断面平均品位与断面面积的加权平均值。

### 8.6.4 面积测定

8.6.4.1 估算方法为地质块段法时，块段的投影面积在资源/储量估算投影图上直接测定。

8.6.4.2 估算方法为断面法时，块段的断面面积，在资源/储量估算断面图上直接测定。

### 8.6.5 矿石体重(体积质量)

采用大体重估算资源/储量。当不同矿石类型矿石体积体重相近时，全矿区可用总的平均体重估算矿产资源/储量，否则应使用不同类型矿石各自的平均体重。

### 8.6.6 体积计算

8.6.6.1 估算方法为地质块段法时，用块段投影面积乘以其法线方向上的矿体平均厚度。

8.6.6.2 估算方法为断面法时，可根据构成块段两断面的面积、断面间的距离及夹角，采用不同的体积计算公式进行计算。

8.6.6.3 采用其他先进的资源/储量估算方法时，可用认可的软件在计算机中计算相应体积及参数。

## 8.7 矿产资源/储量估算结果

8.7.1 根据不同的矿体、不同的块段，分别统计不同类别的资源/储量。

8.7.2 矿产资源/储量估算单位及数据精度：矿石量为千吨，取整数；稀土氧化物量为吨，取整数；品位为%，保留三位小数；厚度为米，保留二位小数；体重吨/每立方米，保留二位小数；面积为平方米，取整数；体积为立方米，取整数。

## 附 录 A

### (资料性附录)

### 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IIIB族的16个元素总称,即La-Lu镧系元素(57~71)和钇(Y, 39)。通常分为二组,即铈组和钇组,铈组稀土(La—Eu),用 $\Sigma Ce$ 表示,称轻稀土(组)或铈族稀土(组),钇组稀土(Gd—Lu+Y)用 $\Sigma Y$ 表示,称重稀土(组)或钇族稀土(组)。在稀土勘查、开发利用中,稀土元素通常指除钷(Pm, 59)以外的15个元素。

#### A.2 稀土的性质和用途

##### A.2.1 稀土的性质

A.2.1.1 稀土是典型的金属,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 稀土及其合金具有大量吸氢的能力,如镧镍合金(LaNi<sub>5</sub>)是良好的储氢材料。

##### A.2.2 稀土的用途

稀土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的性质,使其应用领域日益广泛,用量逐渐扩大,以至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。
- d) 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;铈、钕、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;稀土钆及铽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。
- e) 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;而钷、铈、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。

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 <sup>-6</sup>	常见价态	离子半径 10 <sup>-10</sup> 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 <sup>0</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	1.1	39	+1 +3	1.39 1.061	0.43 4.01	2.83	6.8	<sup>138</sup> La, <sup>139</sup> La
58	铈	140.15	4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	1.05	43	+3 +4	1.034 0.92	4.02 7.30	2.90 4.35	6.8 6	<sup>136</sup> Ce, <sup>138</sup> Ce, <sup>140</sup> Ce, <sup>142</sup> Ce
59	镨	140.908	4f <sup>3</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.1	5.7	+3 +4	1.013 0.90	4.04 7.33	2.96 4.44	6.8 6	<sup>141</sup> Pr
60	钕	144.24	4f <sup>4</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.1	26	+4 +3	0.995	4.05	3.02	6 6.8	<sup>142</sup> Nd, <sup>143</sup> Nd, <sup>144</sup> Nd, <sup>145</sup> Nd, <sup>146</sup> Nd, <sup>148</sup> Nd, <sup>150</sup> Nd
61	钷	(147)	4f <sup>6</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.1		+3	0.979	4.06	3.06	6.8	<sup>145</sup> Pm
62	钐	150.36	4f <sup>6</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.1	6.7	+2 +3	0.964	4.08	3.11	6.8	<sup>144</sup> Sm, <sup>147</sup> Sm, <sup>148</sup> Sm, <sup>149</sup> Sm, <sup>150</sup> Sm, <sup>152</sup> Sm, <sup>154</sup> Sm
63	铕	151.965	4f <sup>7</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.1	1.2	+2 +3	1.09 0.950	1.78 4.09	1.83 3.16	8.1 6.8	<sup>151</sup> Eu, <sup>153</sup> Eu
64	钆	157.25	4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	1.1	6.7	+2 +3	0.938	4.09	3.20	8 6.8	<sup>152</sup> Gd, <sup>154</sup> Gd, <sup>155</sup> Gd, <sup>156</sup> Gd, <sup>157</sup> Gd, <sup>158</sup> Gd, <sup>160</sup> Gd
65	铽	158.925	4f <sup>9</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.2	1.1	+3 +4	0.84	4.11 7.43	3.25 4.76	6.8 6	<sup>1159</sup> Tb
66	镝	162.50	4f <sup>10</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.2	4.1	+3	0.908	4.12	3.30	6.8	<sup>156</sup> Dy, <sup>158</sup> Dy, <sup>160</sup> Dy, <sup>161</sup> Dy, <sup>162</sup> Dy, <sup>163</sup> Dy, <sup>164</sup> Dy
67	钬	164.930	4f <sup>11</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.2	1.4	+3	0.894	4.13	3.36	6.8	<sup>156</sup> Ho
68	铒	167.26	4f <sup>12</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.2	2.7	+3	0.881	4.14	3.41	6	<sup>162</sup> Er, <sup>164</sup> Er, <sup>166</sup> Er, <sup>167</sup> Er, <sup>168</sup> Er, <sup>170</sup> Er
69	铥	168.934	4f <sup>13</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.2	0.3	+3	0.869	4.15	3.45	6	<sup>169</sup> Tm
70	镱	173.04	4f <sup>14</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	1.2	2.7	+2 +3	0.858	1.82 4.16	2.15 3.50	6.8 6	<sup>168</sup> Yb, <sup>170</sup> Yb, <sup>171</sup> Yb, <sup>172</sup> Yb, <sup>173</sup> Yb, <sup>174</sup> Yb, <sup>176</sup> Yb

表 A.1 稀土元素的主要地球化学参数表(续)

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 <sup>-6</sup>	常见价态	离子半径 10 <sup>-10</sup> m	能量系数	离子电位	配位数	在自然界的同位数
71	镧	174.967	4f <sup>4</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	1.2	0.8	+2 +3	0.848	4.17	3.54	6 6	<sup>175</sup> Lu, <sup>176</sup> Lu
39	钇	88.906	4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	1.3	24	+3	0.893	4.13	3.36	6	<sup>89</sup> Y

A. 3. 2 镧系元素在地壳中的分布量从镧到镨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镨随之缩小，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镨也逐渐降低，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Ca<sup>2+</sup>、Mn<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Th<sup>4+</sup>、U<sup>4+</sup>、Zr<sup>4+</sup>、Hf<sup>4+</sup>、Sr<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) %
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，稀土多呈三价状态，形成RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>型化合物，钇、铈、镧、可还原呈二价状态，它们可置换钙、铅、铋而存在于斜长石、萤石、磷氯铅矿和菱铈矿中。铈、铈、镧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，稀土元素一般不较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0.01%~0.9%，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。

## BB

## 附 录 B

(资料性附录)

## 风化壳离子吸附型稀土矿床类型

## B.1 花岗岩风化壳离子吸附型稀土矿床

矿体赋存于花岗岩全风化层之中,为似层状面型表露矿体,其形态和产状与地形变化基本一致,而且连续成片,矿体厚度山顶较厚,山脊厚度次之,山坡两翼及坡脚厚度较薄。成矿母岩时代广泛,自加里东期到燕山期各时代的岩体均有,岩石类型主要有:二长花岗岩、斜碱花岗岩、碱长花岗岩、花岗闪长岩、石英二长岩、石英正长岩、花岗斑岩等。稀土矿床从富 $\Sigma\text{Ce}$ —富 $\Sigma\text{Y}$ 都有,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。主要分布于龙南、定南、信丰、赣县等地。矿床实例:龙南足洞、寻乌南桥。

## B.2 火山岩风化壳离子吸附型稀土矿床

矿体赋存于火山岩全风化层之中,为似层状面型表露矿体,其形态和产状与地形变化基本一致,而且连续成片,矿体厚度山顶较厚,山脊厚度次之,山坡两翼及坡脚厚度较薄。成矿母岩主要为白垩系鸡笼嶂组,岩石类型主要有:晶屑(碎斑)凝灰熔岩、流纹质熔结凝灰岩、灰白色薄层状沉凝灰岩等。稀土矿床以 $\Sigma\text{Ce}$ 为主,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。主要分布于寻乌、安远。矿床实例:寻乌河岭。

## B.3 混合岩风化壳离子吸附型稀土矿床

该类矿床与B.1很类似,仅以成矿母岩有差异,成矿母岩主要为新元古界寻乌岩组的混合花岗岩、均质混合岩、眼球状混合岩和条带状混合岩等。稀土矿床以 $\Sigma\text{Ce}$ 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。主要分布于寻乌、安远。矿床实例:安远涂屋、寻乌江贝。

## B.4 浅变质岩风化壳离子吸附型稀土矿床

成矿母岩为青白口系库里组、南华系沙坝黄组等一套含火山物质的浅变质岩系,岩石类型主要有:变沉凝灰岩类、变质凝灰质碎屑岩类。稀土矿床以 $\Sigma\text{Ce}$ 为主,规模较大,品位低,易采选,与元古代海底火山沉积有关。主要分布于宁都、石城。矿床实例:宁都葛藤嘴。

## 附录 C

(资料性附录)

## 稀土元素在自然界的赋存状态及特征

## C.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(见表C.1)。

表C.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	占用比例 %
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、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 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 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 $\text{SiO}_2$ 表面	大量形成于微风化和半风化层中，全风化层以下 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	主要为氟碳镧矿、水磷铈石、水磷镧石等新生稀土矿物	常交代原生稀土矿物，如褐帘石、榍石、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	

## C.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（丁孝石、白鸽等，1989年，南岭花岗岩及其风化壳的稀土元素赋存状态和分配研究，即含稀土矿物就是指 $\text{RE}_2\text{O}_3=0.5\% \sim 5\%$ 的副矿物，如榍石、锆石、磷灰石和萤石等），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（见表C.2）。

表C.2 风化壳离子吸附型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	$\omega(\text{RE}_2\text{O}_3)/\%$	
				分析值	理论值
碳酸盐、氟碳酸盐	氟碳铈矿	Bastnaesite	$\text{Ce}[(\text{CO}_3)\text{F}]$	74.89	4.77
	氟碳钙铈矿	parisite	$\text{Ce}_2\text{Ca}[(\text{CO}_3)_3\text{F}_2]$	60.30~63.37	60.89
	氟碳钡铈矿	Cordylite	$\text{Ba}(\text{Ce}, \text{La})_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$	47.31~52.19	51.55
	直氟碳钙铈矿	Synchysite-(y)	$(\text{Y}, \text{Dy})(\text{Ca}(\text{CO}_3)_2\text{F})$	35.35	
	黄河矿	Huanghoite	$\text{Ba}(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})(\text{CO}_3)_2\text{F}$	35.40~39.71	39.39
	镧石	Lanthanite	$\text{Ce}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	54.65	54.21
	碳钙铈矿	Calcioancylite	$\text{Ce}(\text{Ca}, \text{Sr})[(\text{CO}_3)_2(\text{OH})]\text{H}_2\text{O}$	48.72	
	碳铈钠石	Carbocernaite	$(\text{Sr}, \text{RE}, \text{Ba})(\text{Ca}, \text{Na})(\text{CO}_3)_2$	21.98	
磷酸盐	独居石	Monazite	$\text{Ce}[\text{PO}_4]$	65.13	69.73
	磷钇矿	Xenotime	$\text{Y}[\text{PO}_4]$	62.02	61.40
	水磷铈石	Rhabdophane	$\text{Ce}[\text{PO}_4]\text{H}_2\text{O}$	63.68	64.88
氧化物	褐钇铋矿	Fergusonite	$\text{YNbO}_4$	39.94	
	易解石	Aeschnyite	$(\text{Ce}, \text{Th}, \text{Y})(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$	29.36	
	黑稀金矿	Euxenite	$(\text{Y}, \text{U})(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6$	20.82	
	铈铋钙钛矿	Loparite	$(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_3$	28.71	
硅酸盐	褐帘石	Orthite	$(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$	23.12	
	硅铈铈矿	Chevkinite	$\text{Ce}_4\text{Fe}_2\text{Ti}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_8$	46.24	
	硅铈铈矿	Gadolinite	$\text{Y}_2\text{FeBe}_2[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2$	51.51	55.40
	羟硅铈钙石	Brithoite	$\text{Ce}_3\text{Ca}_2[(\text{SiO}_4, \text{PO}_4)_3](\text{F}, \text{OH})$	61.91	62.00
	绿层硅铈铈矿	Rinkolite	$\text{CeNa}_2\text{Ca}_4\text{Ti}[\text{Si}_4\text{O}_{15}\text{F}_3]$	18.55	
	羟硅铈铈矿	Yberisilite	$(\Sigma\text{Ce}, \Sigma\text{Y})_2\text{Be}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{OH})_2$	54.574	

### C.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Ca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的价值。

### C.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。当它们被吸附在粘土中时，可以用EDTA或HCC将大部分稀土元素淋洗出来，pH值对粘土吸附稀土元素有明显的影响。同时，稀土元素被粘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 $\Sigma\text{Ce}$ 被吸附的能力大于 $\Sigma\text{Y}$ 。呈离子状态被粘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矿床。

附 录 D  
(资料性附录)  
稀土矿产资源/储量规模划分标准

D.1 稀土矿产资源/储量规模划分见表D.1。

表D.1 稀土矿产资源/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(TREO) 万吨	>10	1~10	<1
重稀土矿	稀土氧化物(TREO) 万吨	>5	0.5~5	<0.5

注：当稀土矿床中重稀土元素（或钇组稀土）氧化物总量（ $\Sigma YO$ ）与稀土元素氧化物总量（ $\Sigma REO$ ）的比值大于或等于50%时，称为重稀土矿（床），否则为轻稀土矿（床）。

**附 录 E**  
(资料性附录)  
**勘查类型和勘查工程间距**

**E.1 确定勘查类型的主要因素**

E.1.1 矿体延展规模：按面积分为大、中、小三类，见表E.1。

**表E.1 矿体规模划分及类型系数**

矿体延展规模	矿体面积 km <sup>2</sup>	描述特征	类型系数
大	>1	延展规模大	0.9
中	0.1~1	延展规模中等	0.6
小	<0.1	延展规模小	0.3

注：矿体面积为矿体在平面上的投影面积。

E.1.2 矿体形态复杂程度：按矿体边界模数分为简单、中等、复杂，见表E.2。

**表E.2 矿体形态复杂程度划分及类型系数**

矿体形态复杂程度	矿体边界模数	描述特征	类型系数
简单	>0.6	似层状，成片连续分布	0.9
中等	0.3~0.6	似层状至透镜状，成片连续至较连续分布	0.6
复杂	<0.3	透镜状，较零散分布	0.3

注：矿体边界模数是与矿体水平投影面等面积之矩形（矩形的长边长为矿体水平投影面的最大长度）周长与矿体水平投影面边界总长度的比值。

E.1.3 矿体内部结构复杂程度：按夹层率分为简单、中等、复杂，见表E.3。

**表E.3 矿体内部结构复杂程度划分及类型系数**

矿体内部结构复杂程度	夹层率 %	描述特征	类型系数
简单	<5	矿石质量稳定或变化有规律	0.3
中等	5~15	矿石质量较稳定	0.2
复杂	>15	矿石质量不稳定	0.1

注：夹层率为见夹层的钻孔个数与见矿钻孔总数的比值。

E.1.4 矿体厚度稳定程度：按厚度变化系数分为稳定、中等稳定、不稳定，见表E.4。

表E.4 矿体厚度稳定程度划分及类型系数

矿体厚度稳定程度	厚度变化系数 %	描述特征	类型系数
稳定	<60		0.6
中等稳定	60~120		0.4
不稳定	>120		0.2

注：厚度变化系数以参加资源/储量估算的单工程矿体厚度为基本计算单元。

E.1.5 矿体稀土组分分布均匀程度：按品位变化系数分为均匀、中等均匀、不均匀，见表E.5。

表E.5 矿体内部结构复杂程度划分及类型系数

矿体稀土组分均匀程度	品位变化系数 %	描述特征	类型系数
均匀	<30		0.3
中等均匀	30~60		0.2
不均匀	>60		0.1

注：品位变化系数以参加资源/储量估算的单个样品品位为基本计算单元

## E.2 勘查类型的确定

### E.2.1 第I类型（简单）

五个地质因素类型系数之和为 2.6~3.0。矿体规模大，矿体形态简单至较简单，矿体内部结构简单，厚度稳定，稀土组分分布均匀至较均匀。如河岭稀土矿等。

### E.2.2 第II类型（中等）

2 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，矿体形态简单至较简单，矿体内部结构较简单，厚度较稳定，稀土组分分布较均匀至不均匀。如南桥稀土矿等。

### E.2.3 第III类型（复杂）

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，矿体内部结构复杂，厚度不稳定，稀土组分分布较均匀至不均匀。如涂屋稀土矿等。

## E.3 勘查工程间距的确定

根据确定的勘查类型，其勘查工程基本控制间距见表 E.6。

表E.6 矿床勘查工程基本控制间距参考表

勘查类型	基本工程间距	
	密度 个/km <sup>2</sup>	网度 m×m
简单（第I类型）	50~80	(200×100) ~ (160×80)
中等（第II类型）	80~120	(160×80) ~ (120×80)
复杂（第III类型）	210~310	(120×40) ~ (80×40)

注：控制的矿产资源/储量按基本工程间距（密度或网度）控制，探明的矿产资源/储量在基本工程间距的基础上加密 1 倍控制，推断的矿产资源/储量在基本工程间距的基础上放稀 1~1.5 倍稀疏控制。

## 附 录 F

(资料性附录)

## 风化壳离子吸附型稀土矿床采选(冶)工艺

## F.1 池浸工艺

将稀土矿体表土剥离后,采掘稀土矿石,将矿石搬运至合适厂址而建设的一系列水泥池中,用溶浸液浸析矿石。该方法需要剥离大量的矿石,产生的尾沙、剥离物和废水容易控制且易处理,处理的矿石量有限,生产效率低,劳动强度和生产成本都较高。一般用于残矿处理。

## F.2 堆浸工艺

用推土机等把稀土矿石挖运到就近用防渗漏材料(如塑料等)做成的堆矿场中,用溶浸液浸析矿石。该方法对植被破坏严重。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,尤其是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。

## F.3 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,将浸出电解质溶液经浅井(槽)直接注入矿体,电解质溶液中的阳离子将吸附在粘土矿物表面的稀土离子交换解吸下来,形成稀土母液,进而收集浸出母液回收稀土的方法。该方法主要特点是基本不破坏矿区的地貌形态,劳动强度和直接生产成本相对较低,不产生尾砂、废石。但矿床适应性较差,对矿体的渗透性有一定的要求;矿石内部结构遭到破坏,易发生滑坡、泥石流;浸矿液不可控,污染地下水;对于有较高利用价值的共生矿产,不适宜采用。

附 录 G  
(资料性附录)  
风化壳离子吸附型稀土矿产一般工业要求

G.1 风化壳离子吸附型稀土矿床一般工业指标见表G.1。

表G.1 风化壳离子吸附型稀土矿产一般工业要求

工业指标		矿床类型	
		重稀土	轻稀土
边界品位	$\omega$ (TREO) %	0.03	0.05
	$\omega$ (SREO) %	0.02	0.035
最低工业品位	$\omega$ (TREO) %	0.05	0.08
	$\omega$ (SREO) %	0.035	0.05
最小可采厚度/m		1~2	1~2
夹石剔除厚度/m		2~4	2~4

附 录 H  
(规范性附录)  
固体矿产资源/储量分类

H.1 固体矿产资源/储量分类见表H.1。

表H.1 固体矿产资源/储量分类表

经济意义	地质可靠程度				
	查明矿产资源			潜在矿产资源	
	探明的	控制的	推断的	预测的	
经济的	可采储量 (111)				
	基础储量 (111b)				
	预可采储量 (121)	预可采储量 (122)			
	基础储量 (121b)	基础储量 (122b)			
边际经济的	基础储量 (2M11)				
	基础储量 (2M21)	基础储量 (2M22)			
次边际经济的	资源量 (2S11)				
	资源量 (2S21)	资源量 (2S22)			
内蕴经济的	资源量 (331)	资源量 (332)	资源量 (333)		资源量 (334) ?

注：表中所用编码 (111~334)，第 1 位数表示经济意义，即 1=经济的，2M=边际经济的，2S=次边际经济的，3=内蕴经济的，?=经济意义未定的；第 2 位数表示可行性评价阶段，即 1=可行性研究，2=预可行性研究，3=概略研究；第 3 位数表示地质可靠程度，即 1=探明的，2=控制的，3=推断的，4=预测的，b=未扣除设计、采矿损失的可采储量。

