

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0204—20XX
代替 DZ/T 0204-2002

稀土矿产地质勘查规范

Specifications for rare earth mineral exploration

(报批稿)

(本稿完成日期: 2019年5月30日)

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 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 勘查的目的任务	1
3.1 预查	1
3.2 普查	1
3.3 详查	2
3.4 勘探	2
4 勘查研究程度	2
4.1 地质研究程度	2
4.2 矿石质量研究	4
4.3 矿石加工和选（冶）技术性能研究	5
4.4 矿床开采技术条件研究	5
4.5 综合勘查综合评价	7
5 勘查控制程度	8
5.1 勘查类型的确定	8
5.2 勘查类型划分	8
5.3 矿床控制程度的确定	9
6 勘查工作及质量要求	9
6.1 绿色勘查要求	10
6.2 测量工作	10
6.3 地质填图	10
6.4 水文地质、工程地质、环境地质工作	10
6.5 物探、化探工作	11
6.6 探矿工程	11
6.7 化学样品的采集、制备及分析测试	12
6.8 矿石选（冶）试验样品的采集与试验	15
6.9 岩矿石物理技术性能测试样品的采集与试验	15
6.10 原始地质编录、资料综合整理和报告编写	16
6.11 计算机及其他新技术的应用	16
7 可行性评价	16
7.1 基本要求	16
7.2 概略研究	17
7.3 预可行性研究	17

7.4 可行性研究	17
8 矿产资源储量分类	17
8.1 资源储量分类依据	18
8.2 资源储量分类	18
8.3 资源储量类型条件	18
9 矿产资源储量估算	20
9.1 矿产资源储量估算的工业指标	20
9.2 矿产资源储量估算的一般原则	21
9.3 确定矿产资源储量估算参数的要求	22
9.4 矿产资源储量分类	22
附录 A (资料性附录) 稀土元素的性质和用途	24
附录 B (资料性附录) 稀土元素在自然界的赋存状态及矿床类型	27
附录 C (资料性附录) 稀土矿石类型及选矿工艺、物理技术性能	32
附录 D (资料性附录) 确定勘查类型的主要因素及工程间距的确定	36
附录 E (资料性附录) 稀土矿产资源储量规模划分	40
附录 F (资料性附录) 人力冲击取样钻技术要求	41
附录 G (规范性附录) 固体矿产资源/储量分类	45
附录 H (资料性附录) 稀土矿床工业指标制订原则及一般工业指标	46
附录 I (资料性附录) 矿体的圈定、外推和矿产资源储量估算方法	48
参考文献	51

前 言

本标准遵循GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准在DZ/T 0204-2002《稀土矿产地质勘查规范》的基础上，结合现阶段的技术发展和稀土矿产勘查、开发工作实践及相关研究成果修订而成。

本标准代替DZ/T 0204-2002《稀土矿产地质勘查规范》。

本标准与DZ/T 0204-2002相比，除编辑性修改外，主要技术内容变化如下：

- 修改了“综合勘查综合评价”（见4.5）；
- 增加了勘查阶段对相应资源储量比例的要求（见5.3）；
- 增加了“人力冲击取样钻”（见6.6.4）；
- 增加了风化壳（层）岩（矿）心采样方法、样品分析项目（见6.7.1）
- 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）试验样的重量要求（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）；
- 增加了“不同类型矿床工业指标的构成”（见9.1.2）；
- 修改了“矿产资源储量估算的一般原则”（见9.2）；
- 调整了附录的编排顺序；
- 修改了附录H及相关章条的名称（见附录B）；
- 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B）；
- 修改了“稀土矿石类型及选矿工艺、物理技术性能”（见附录C）；
- 修改了“含矿率”、“矿体边界模数”的表述及表示方法（见附录D）；
- 修改了风化壳离子吸附型稀土矿产资源储量规模划分标准（见附录E）；
- 增加了“人力冲击取样钻技术要求”（见附录F）；
- 修改了“稀土矿床工业指标制订原则及一般工业指标”（见附录H）；
- 修改了“矿体的圈定、外推和矿产资源储量估算方法”（见附录I）；
- 删除了“光谱全分析样品”
- 删除了附录“稀土精矿、稀土氧化物、稀土化合物质量标准”。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国国土资源标准化技术委员会（SAC/TC 93）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、中国地质调查局天津地质调查中心。

本标准起草人：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

本标准历次版本发布情况为：

- DZ/T 0204-2002。

稀土矿产地质勘查规范

1 范围

本标准规定了稀土矿产不同勘查阶段地质勘查的目的任务、勘查研究程度、勘查控制程度、勘查工作及质量要求、可行性评价、矿产资源储量分类及类型条件、矿产资源储量估算等要求。

本标准适用于稀土矿产(砂矿除外)勘查及矿产资源储量估算。也适用于验收、评审稀土矿产地质勘查成果,还可作为矿业权转让以及稀土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 0033 固体矿产勘查/矿山闭坑地质报告编写规范
- 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 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

3 勘查的目的任务

3.1 预查

根据区域成矿地质背景,全面收集预查区内的地质、矿产、物探、化探、遥感、重砂、探矿等各种有关信息及研究成果,在综合研究的基础上,通过类比及初步野外观测、地质填图和矿化点检查,采用物探、化探等方法,必要时投入极少量的工程进行追索、验证,初步了解预查区内地层、构造、岩浆岩等地质特征和矿产资源远景并作出潜力预测,当具备估算资源量的必要参数时,可估算相应的资源量,对是否具有进一步工作价值作出评价,根据评价结果提出可供普查的范围。

3.2 普查

在综合分析、系统研究区内已有各类地质资料的基础上,对预查阶段提出的普查区和物探、化探异常区,开展地质填图、露头检查,采用有效的物探、化探、遥感、重砂测量等方法手段和数量有限的取样工程,通过综合研究,确定成矿有利地段,大致查明区内地层、构造、岩浆岩的地质特征,圈出矿体

(化)地段：大致控制矿点或主要矿体的数量、规模、形态、产状，大致确定矿体的连续性，大致查明矿石物质组成及质量特征，类比研究矿石加工选(冶)技术性能或开展必要的可选性试验，大致了解开采技术条件，估算资源量，进行概略研究，对是否具有进一步工作价值作出评价，根据评价提出可供详查的范围。

3.3 详查

对经过普查工作证实具有进一步工作价值的详查区，采用大比例尺地质填图，通过有效的物探、化探工作及系统的取样工程，基本查明地层、构造、岩浆岩特征，控制矿体的总体分布范围及主要矿体规模、形态、产状，基本确定矿体的连续性，基本查明矿石的物质组成、矿石质量、矿石加工选(冶)技术性能和矿床开采技术条件，对可供综合利用的共伴生矿产进行相应的综合评价，估算主矿产和共伴生矿产资源储量，进行预可行性评价，确定矿床是否具有工业价值及能否开发利用，推荐勘探区范围，为编制矿区总体规划和矿山建设项目建议书提供依据。

3.4 勘探

在详查工作的基础上，对具有工业价值的勘探区，通过必要的勘查手段及有效的勘查方法，相应的地质、开采技术条件及矿石加工选(冶)技术性能研究工作，加密探矿工程(应征求矿山建设设计单位的意见，重点布设在先期开采地段或首采区)，详细查明矿床地质特征及矿体的连续性，确定矿体的规模、形态、产状、空间位置和矿石质量特征。详细查明矿床开采技术条件和矿石加工选(冶)技术性能，估算资源储量(查明的资源储量应保证首期、兼顾中期、储备后期，探明的资源储量原则上应集中在先期开采地段或首采区)，进行可行性评价，为确定矿山生产规模、开采方式、开拓方案、矿石加工选(冶)工艺、产品方案及矿山总体布置等提供依据。

4 勘查研究程度

4.1 地质研究程度

4.1.1 预查阶段

在收集并综合分析预查区已有资料的基础上，通过1:50 000~1:10 000比例尺的路线地质踏勘，初步了解与稀土(参见附录A)矿产成矿有关的地层、构造、岩浆岩、区域变质作用等成矿地质条件。对风化壳离子吸附型稀土矿床¹⁾，还应初步了解区域地貌类型、特征及与风化壳发育程度的关系。对预查发现的矿(化)点或有意义的地质体，用极少量工程进行揭露，初步了解矿(化)体有用组分、品位及其与成矿因素之间的关系，并与地质特征相似的已知矿床从基本特征、成矿地质条件等方面进行类比、预测，提出可供普查的矿化潜力较大地区或地段。

4.1.2 普查阶段

4.1.2.1 对选定的普查区，通过1:25 000~1:5 000比例尺的地质填图和露头检查，大致查明区内与稀土矿产成矿有关的地层、构造、岩浆岩、区域变质作用等成矿地质条件及主要矿产。对风化壳离子吸附型稀土矿床，还应大致查明区域地貌类型、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。

1) 风化壳离子吸附型稀土矿床是指风化壳中稀土呈阳离子状态吸附于粘土矿物表面，且其稀土的吸附量达到工业开发利用要求、具有经济价值的稀土矿床。简称离子吸附型稀土矿(床)或离子型稀土矿(床)。

4.1.2.2 对发现的矿化地质体及矿体，通过 1:10 000~1:2 000 比例尺的地质填图和有效的物探、化探、遥感、重砂等方法手段及数量有限的取样工程，大致控制主要矿体，地表应用取样工程稀疏控制，深部应有工程证实，不要求系统工程圈定，大致查明其规模、形态、产状和分布规律。原生稀土矿床²⁾应大致查明近矿围岩蚀变类型、强度及其与成矿的关系。

4.1.2.3 对物探、化探异常进行 I—II 级验证。

4.1.3 详查阶段

4.1.3.1 区域地质

基本查明与稀土矿产成矿有关的地层、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，以及微地貌特征及与风化壳发育程度的关系。

4.1.3.2 矿区（床）地质

通过 1:10 000~1:2 000 地质填图，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。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、粘土层）、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。

4.1.3.3 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。

4.1.4 勘探阶段

4.1.4.1 矿区（床）地质

通过 1:5 000~1:1 000 比例尺地质填图，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

2) 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经次生改变。

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。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、粘土层）、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B），探讨成矿母岩成岩时代、成岩方式、物质来源及其与成矿作用的关系。

4.1.4.2 矿体地质

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、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。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。

4.2 矿石质量研究

4.2.1 预查阶段

对预查中已发现的矿（化）体，应根据矿床类型初步了解矿石品位、矿物成分、化学成分、矿石结构构造及矿石自然类型。

4.2.2 普查阶段

通过有限的样品分析，大致查明矿石的矿物成分、矿石品位、稀土配分、矿石结构构造、矿石自然类型及有益有害组分等情况，大致评价矿石的经济价值。

4.2.3 详查阶段

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粘土矿物类型、含量与品位之关系。

4.2.4 勘探阶段

4.2.4.1 矿石的物质组分及赋存状态

详细查明矿石的矿物成分、化学成分、主要有用组分及其含量或品位、轻重稀土含量与比例、矿石结构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，详细查明粘土矿物类型、含量与品位之关系。

4.2.4.2 矿石类型划分

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；依据矿石加工技术性能及其分采、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。

4.3 矿石加工和选（冶）³⁾技术性能研究

4.3.1 预查阶段

通过少量矿石进行类比研究，做出是否可选或利用的预测。

4.3.2 普查阶段

对发现的矿产，应与邻区同类型已开采矿山，从矿石物质组成、结构构造、嵌布特征、粒度大小、有害组分及影响矿石选（冶）条件等因素进行类比研究，并就矿石加工选（冶）技术性能做出概略评述；对不具备类比条件或新类型矿石应进行可选性试验或实验室流程试验，为是否值得进一步工作提供依据。

4.3.3 详查阶段

基本查明主要矿石类型的加工选（冶）技术性能参见附录C。风化壳离子吸附型稀土矿床还应基本查明粘土矿物类型、含量、粒度等对浸出性的影响。一般矿石进行可选性试验或实验室流程试验，难选矿石或新类型矿石应进行实验室扩大连续试验；有类比条件的易选（冶）矿石可以进行类比评价，不做可选性试验；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。

4.3.4 勘探阶段

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加工选（冶）技术性能试验。详细查明矿石加工选（冶）技术性能。风化壳离子吸附型稀土矿床还应详细查明粘土矿物类型、含量、粒度等对浸出性的影响。可类比的易选矿石应进行实验室流程试验；一般矿石应在实验室流程试验基础上进行实验室扩大连续试验；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；极难选矿石根据需要进行半工业试验，必要时进行工业试验。

4.4 矿床开采技术条件研究

4.4.1 预查阶段

寻找的矿产与地表（下）水关系密切时，收集、分析区域水文地质、工程地质及环境地质资料，初步了解该区水文地质、工程地质及环境地质条件，为开展下步工作提供设计依据。

4.4.2 普查阶段

大致了解区域和普查区的水文地质、工程地质及环境地质条件。大致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；大致了解风化壳孔隙率、粒度、渗透性、潜水位等。大致了解矿体顶、底板及围岩的稳定性，以及风化壳离子吸附型稀土矿床矿体底板状态和矿石渗透性能。大致了解环境地质状况。大致划分矿床开采技术条件勘查（探）类型；对开采技术条件简单的矿床，可与同类型矿区（山）类比并作出评价。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) 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”。

4.4.3 详查阶段

4.4.3.1 水文地质条件

在研究区域水文地质条件的基础上，收集评价矿区水文地质条件所需的气象、水文资料。基本查明矿区含水层、隔水层、断裂带、风化带、岩溶等的水文地质特征、发育程度和分布规律；基本查明矿区内地表水体分布及其与矿床主要充水含水层的水力联系，并评价其对矿床充水的影响；基本查明地下水补给、径流和排泄条件，矿床主要充水因素，选择代表性的泉、井、钻孔、生产矿井进行流量、水位、水温、排水量的动态观测，估算矿坑涌水量，评价对矿床开采的影响程度；对于水文地质条件中等及复杂的矿床，应选择代表性地段对矿床充水的主要含水层进行抽水试验，初步确定矿床主要含水层的主要水文地质参数。风化壳离子吸附型稀土矿床还应基本查明不同类型矿石的渗透率（系数）、潜水面及其特征，基本查明主矿体底板含水性及隔水性。基本划分矿床水文地质勘查（探）类型及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。

4.4.3.2 工程地质条件

基本查明矿区岩、土体结构类型。根据矿体围岩类型及矿石特征，初步划分矿区工程地质岩组，测定主要岩、土的力学性质，研究其稳定性能；基本查明矿区内断层、节理、风化带、软弱夹层的分布及发育程度，评价其对矿体及顶、底板或近矿围岩稳固性的影响；对露天开采采场，应控制矿体四周边界及露天采场底部矿体的边界，对边坡的稳定性提出评价意见；调查老窿及采空区的分布、充填和积水情况。采用原地浸矿开采工艺的风化壳离子吸附型稀土矿床，还应基本查明主矿体底板状态，包括完整程度、产状、起伏情况等；基本查明饱和度、孔隙率、含水率等对边坡稳定性的影响。基本划分矿床工程地质勘查（探）类型和确定工程地质条件复杂程度。

4.4.3.3 环境地质条件

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

4.4.4 勘探阶段

4.4.4.1 水文地质条件

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；主要断裂带、裂隙带、岩溶发育带的发育程度、分布规律、含水性、导水性和相互联系；地下水的补给、径流、排泄条件；查明含水层的水温、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；老窿、采空区的分布与积水程度。收集评价矿区水文地质条件所需的气象、水文资料，包括多年降雨量和最高洪水位等，合理确定水文地质边界条件，分析矿床充水因素、充水方式和途径。风化壳离子吸附型稀土矿床还应详细查明潜水面特征及其变化情况，详细查明不同类型矿石的渗透率（系数）及对浸矿工艺的影响，详细查明矿体底板透（渗）水性能；原生稀土矿床应进行钻孔简易水文地质观测及抽水试验、注水试验或压水试验，计算首采地段第一开拓水平的正常和最大矿坑涌水量，估算最低开采水平的涌水量。详细划分矿床水文地质勘查（探）类型，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、矿坑排水、

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。

4.4.4.2 工程地质条件

详细查明矿区岩、土体结构类型。详细查明断层、节理、风化带的性质、特征、发育程度、分布规律及其对矿床开采的影响，测定岩、土的物理力学性质；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做出评价。适于露天开采的矿床，查明非矿盖层的岩性、发育程度、产状、厚度和分布范围，对露天采场边坡稳定性做出初步评价。调查研究老窿、采空区、岩溶的分布、充填和积水情况，并圈出其界线。对采用原地浸矿开采工艺的风化壳离子吸附型稀土矿床，还应详细查明矿体底板状态，包括完整程度、产状、起伏情况等；研究孔隙率、饱和度和含水率等与边坡稳定性的关系，预测饱水条件下的岩土边坡稳定性。在详细研究矿区（床）工程地质特征的基础上，详细划分矿床工程地质勘查（探）类型和确定工程地质条件复杂程度。对矿山建设和生产可能造成严重影响的岩溶以及可能形成滑坡、塌陷的工程地质条件需进行专门调查并做出相应的说明。

4.4.4.3 环境地质条件

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，并对原生环境质量进行评价，对次生环境质量进行预测，如：采选冶废水、废气排放、采矿废石及尾砂堆放与处置，并提出预防建议。风化壳离子吸附型稀土矿床还应详细查明矿床开发对地表（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。详细查明矿区地表水、地下水水质状况。分析地震活动区有关地震资料，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（岩崩、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。

4.4.5 开采技术条件勘查（探）类型

水文地质勘查（探）类型、工程地质勘查（探）类型，参照GB/T 13908和GB 12719划分；地质环境类型，参照GB 12719确定。

4.5 综合勘查综合评价

4.5.1 预查阶段

在勘查稀土矿的同时，初步研究可能存在的共伴生矿产种类。

4.5.2 普查阶段

大致了解共伴生矿产的物质组成、赋存状况及回收途径，并对共伴生矿产的综合开发利用做出初步评价。

4.5.3 详查阶段

原生稀土矿床应研究共伴生矿产的规模、物质组分、赋存状态、含量及其与主元素的相互关系、加工选冶技术性能，对稀土矿与共伴生矿产的综合回收利用可能性做出评价；基本查明共生矿产的赋存状态和回收利用情况；大致查明具有回收利用价值的伴生矿产的赋存状态。风化壳离子吸附型稀土矿床应大致查明共伴生有用组分及其含量并进行综合利用评价。

4.5.4 勘探阶段

原生稀土矿床应在详查的基础上进一步研究矿石物质组分、赋存状态、含量及其与主元素的相互关系、加工选冶技术性能研究，对稀土矿与共伴生矿产的综合回收利用可能性做出详细评价，以满足矿山建设设计的需要；对详查后共伴生矿产资源储量规模达中型及以上，其矿石加工选冶性能试验研究、共伴生矿产综合评价的程度应达到勘探阶段要求。风化壳离子吸附型稀土矿床应基本查明共伴生有用组分及其含量并进行综合利用评价。

4.5.5 其他

综合勘查评价工作具体要求按GB/T 25283执行。勘查工作中，应按规定开展放射性检查，存在放射性异常的应按要求采样测试，达到工业指标要求的应进行专项勘查和评价工作。

5 勘查控制程度

5.1 勘查类型的确定

5.1.1 勘查类型划分的原则

划分勘查类型是为了正确选择勘查方法和手段，合理确定勘查工程间距，有效地圈定和控制矿体。应遵循如下原则：以最少的投入，获取最大效益的原则——应从需要、可能、效益等多方面权衡来考虑，并非工程越密越好；从实际出发的原则——每个矿床都有自身的地质特征，应从影响各自矿床勘查难易的主要因素出发，选择勘查类型；以主矿体为主的原则——勘查类型划分应以一个或几个主矿体为主，大矿体可据不同地段勘查的难易程度，分段确定勘查类型。

5.1.2 勘查类型划分的依据

划分矿床勘查类型时，原生稀土矿床应综合主矿体规模、形态及内部结构、矿床的构造影响程度、主矿体厚度稳定程度和有用组分分布均匀程度等五个主要地质因素，风化壳离子吸附型稀土矿床应依据主矿体规模、矿化连续性、矿体形态复杂程度、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，用每个矿床相对应的上述五个地质因素类型系数之和，来确定勘查类型。在影响勘查类型的五个因素中，主矿体之规模，所赋予的类型系数值应大些，占30%，风化壳离子吸附型稀土矿床矿体的形态复杂程度所赋予的值也占30%；构造或矿化连续性、风化壳离子吸附型稀土矿床稀土组分分布均匀程度，所赋予的值应小些，各占10%；其他因素各占20%。矿床勘查类型划分及勘查工程间距的确定参见附录D。

5.2 勘查类型划分

5.2.1 原生稀土矿床

5.2.1.1 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。如内蒙古白云鄂博主、东矿铁铈稀土矿床和东矿顶板白云岩型铈稀土矿床（体）。

5.2.1.2 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V2号铁铈稀土矿体、四川牦牛坪稀土矿和湖北庙垭铈稀土矿体。

5.2.1.3 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。如山东郯山稀土矿。

5.2.2 风化壳离子吸附型稀土矿床

5.2.2.1 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。

5.2.2.2 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。如江西南桥稀土矿和广东仁居稀土矿。

5.2.2.3 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、福建南塘稀土矿等。

5.3 矿床控制程度的确定

5.3.1 预查阶段

应圈出预测矿产资源范围或圈出可供普查的矿化潜力较大地区，当有估算资源量的必要参数时，估算预测的资源量。

5.3.2 普查阶段

依据所获得的地质矿产资料及国内外市场情况，进行概略研究，判断是否值得转入详查，并采用一般工业指标估算资源量。推断以上的资源量比例一般不少于30%。

5.3.3 详查阶段

在详查区内，根据系统工程取样资料，有效的物探、化探资料以及实测的各种参数，依据有关规定确定工业指标，圈定矿体，选择适宜的方法估算相应类型的资源量，或经预可行性研究，分别估算相应类型的储量、基础储量、资源量，为是否进行勘探和编制矿区总体规划、项目建议书提供依据。控制的资源储量一般应不少于查明资源储量的30%。作为矿山建设设计依据的详查（最终）报告，控制的资源储量占查明矿产资源储量的比例一般应不少于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。

5.3.4 勘探阶段

对勘探区除矿床地质研究应达到勘探阶段的要求外，勘探时未进行可行性研究的，可依据系统工程及加密工程的取样资料，有效的物探、化探资料及各种实测的参数，依据一般工业指标，圈定矿体，并选择适宜的方法，详细估算相应类型的资源量；进行了预可行性研究或可行性研究的，按照地质矿产主管部门相关规定论证确定的工业指标圈定矿体，详细估算相应类型的储量、基础储量和资源量，为矿山建设设计的编制提供依据。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E。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。原生稀土矿床的勘探深度应根据主要矿体的埋深特点、当前开采技术经济条件和生产规模等确定，对地下开采的矿床应加密系统取样工程控制主矿体的两端、上、下界线并研究延深情况，对主要的盲矿体应注意控制顶部边界；对适于露天开采的矿床，应对主矿体四周和露采底板进行加密系统工程控制和基岩面起伏情况研究。对首采地段主矿体上、下盘具工业价值的小矿体应一并勘探，对延深不大的矿体，应一次勘探完毕；对于延深或延长大的矿体，可分段、分期勘探。

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。恢复施工影响或破坏的生态环境。

6.1.3 矿产勘查工作应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、一孔多枝等手段和技术，最大限度地减少对生态环境的扰动。

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通用和符合管理规定要求的全国坐标系统和最新的国家高程基准点。测量工作要求按 GB/T 18341 执行。对于边远地区小矿，周围没有可供联测的全国坐标系统基准点时，可采用全球卫星定位系统提供的当地数据，建立独立坐标系统测图。但应详细说明所采用定位仪器的型号，以及定位的时间、程序、精度。

6.2.2 普查、详查、勘探阶段与资源储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。当比例尺大于或等于 1:2 000 时，应采用全站仪或全球卫星定位系统进行解析法定位测量。当比例尺小于 1:2 000 时，除重点工程、特殊地质点或矿体标志外，其他定位测量可采用手持全球卫星定位系统接收机进行米级精度定位。

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，所有地表工程和地质观测点均应用全仪器法定位位置，见矿工程应测量坐标。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现象，可放大至 1mm 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之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及特征以及相互关系。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。实测剖面的比例尺一般为平面比例尺的 1 倍~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；预查阶段可采用 1:50 000、1:10 000 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；预查阶段地质填图可进行草测，或选择几条路线进行路线地质调查。

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。

6.4 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。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 要求执行。

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，其比例尺一般应与地质图相适应。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玛能谱测量。

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规定程序审查后使用。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。采样编录及质量检查后应及时对可回填的槽探工程进行回填。

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。工程应挖至基岩。对风化壳离子吸附型稀土矿床，是揭露矿体的手段之一，适用于较大风化残留体不发育地区或地段；也可用于大体积质量样、选矿试验样等样品的采集。采样编录及质量检查后应及时进行井探工程的回填。

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。一般使用脉内沿脉坑道，用于矿床首采区或主要储量区。坑道布置以探明矿体情况为主。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厚度。坑道设计应考虑未来矿山生产利用。坑探工程质量按DZ 0141执行。对老窿、旧矿坑应尽可能进行清理、编录取样。

6.6.4 人力冲击取样钻

6.6.4.1 风化壳离子吸附型稀土矿床揭露矿体的主要手段之一。工程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）心采取率一般按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）心（现场缩分后的副样）应按顺序排列装入岩心箱或其他保存容器内，保存至工作项目结束。

6.6.4.2 人力冲击取样钻其施工及质量要求参见附录F。

6.6.5 钻探

6.6.5.1 原生稀土矿床矿心及顶底板5 m范围内的岩石及标志层等的采取率不得低于DZ/T 0227规定的要求（80%）或勘查设计的要求，岩心采取率一般不低于70%。厚大矿体内部的矿心采取率，低于上述要求的不得连续超过5 m；超出5 m时，应立即采取补救措施，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。对岩（矿）心应入库保护、编码、有序排列，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5m。也可用少量钻孔了解基岩物质成分与矿床的关系，了解矿体底板特征，但应保持矿石原有结构和矿心的完整性。

6.7 化学样品的采集、制备及分析测试

6.7.1 基本分析样品

6.7.1.1 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均按矿石类型和围岩（顶底板3m~5m）分别连续取样；对于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1m~2m，至少各应有1个样品控制）分别连续取样，也可结合快速分析法等方法确定采样的起止位置，以保证控制矿体的情况下，减少采样及分析测试成本。采样具体要求参照相关规范执行。

6.7.1.2 取样方法。有以下两种：

- a) 刻槽法采样：在槽、井、坑（窿）和矿化露头中进行。原生稀土矿床的样槽断面规格10cm×3cm，样品长度一般为1m，厚大而品位均匀的矿体可大于1m，最长不大于2m；风化壳离子吸附型稀土矿床样槽断面一般为5cm×3cm，样品长度一般为1m~2m。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) 钻探岩（矿）心采样：原生稀土矿床及非松散状岩（矿）心采用1/2锯心法或切心法取样。对风化壳（层）岩（矿）心应在现场采用缩分法取样。缩分方法：先除去岩（矿）心中（可能）夹有的较大岩块或岩脉，然后对同一个样品内的岩（矿）心搅拌均匀，采用对角线法进行缩分，重复数次，直到满足样品质量1.5kg~2.0kg。

6.7.1.3 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。

6.7.2 组合分析样品

6.7.2.1 原生稀土矿床主要了解稀土氧化物总量和矿石中伴生有用、有害组分的含量及其分布状况。样品的组合应依据伴生元素的分布规律，按工程、分矿体、分矿石类型进行组合，从基本分析样的副样中提取。其分析项目根据化学全分析结果，结合矿床地质特点进行确定。已列入基本分析的项目不再列入组合分析项目中。

6.7.2.2 风化壳离子吸附型稀土矿床将稀土氧化物浸出分量（不作基本分析时）、稀土氧化物总量列入组合分析。稀土氧化物浸出分量、稀土氧化物总量样品按单工程矿体中参加资源储量估算的样品进行组合，但不同的矿石类型应分别进行组合。组合样从基本分析样的副样中提取。

6.7.3 矿石化学全分析样品

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做1个~2个，每个矿床一般不超过20个。

6.7.4 物相分析样品

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，应免样品氧化影响质量。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品

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储量时，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 赋存状态研究样品

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(α)测定(Bq/kg)。

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。

切乔特经验公式见式(1)：

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

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 ——样品最大的颗粒直径，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 值一般采用 0.2~0.5。

6.7.7.3 样品制备基本要求如下：

- a) 原始样品不能采用任何方式洗涤，防止有用、有益、有害组分流失。
- b) 制备前应将样品烘干、过秤。秤样天平应进行校对。
- 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。一般从收样→制备→分析测试的时间不超过 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 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。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至30%;当基本分析样品数量较大(2000个样品以上)时,内检数量可适当减少至5%~10%。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(<0.84mm,即20目)中抽取,编密码送原测试单位进行复测。

6.7.8.4 外部质量检查。判别原分析测试单位基本分析结果是否合格,是否存在系统误差。收到内检结果后,送检单位应通知原分析测试单位从内检合格的正余样中抽取外检样品,以明码送外检单位进行验证分析。外检样品数量一般为参加资源储量估算的基本分析样品的5%。当基本分析样品数量较大(2000个样品以上)时,外检比例可降为3%~5%;基本分析样品数量较少,可适当提高外检样品抽取比例,最高可至30%。

6.7.8.5 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见式(2):

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

式中:

Y_c ——重复分析试样中稀土组分的相对偏差允许限,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 ——稀土组分重复分析相对偏差允许限系数,为1.00。

6.7.8.6 内外检结果处理:

- 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,还应抽取同一数量未验证过的样品进行检查。若复检结果合格率符合要求,则分析结果全部合格;否则全部分析结果无效。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,外检单位与原分析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分析测试单位联系,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。

6.7.8.7 系统误差的确定与处理:

- a) 系统误差的确定:当外检分析结果与原分析结果误差大部分(一般75%以上)偏高或偏低时,则认为有系统误差的存在;也可用数理统计法判别有无系统误差的存在。
- b) 系统误差的处理:
 - 1) 对存在的系统误差,原分析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。
 - 2) 外检样品合格率符合要求的,或外检样品合格率不符合要求,但经外检单位与原分析测试单位协商处理后符合要求的,可不进行系统误差处理;否则,提请仲裁分析。

6.7.8.8 仲裁分析:

- a) 由原分析测试单位和外检单位共同协商选定仲裁单位进行仲裁分析。提请仲裁分析时应将所采用的基本分析及外检分析方法告知仲裁单位。

- b) 仲裁分析的数量一般不少于外检样品数量的 20%，最少不应少于 10 个。由承担基本分析的单位从基本分析的正余样中抽取。
- c) 经仲裁分析，合格率符合要求的，则全部基本分析结果合格。仲裁分析认为合格率不符合要求或存在系统误差的，采用以下方法进行处理：
 - 1) 根据仲裁结果，采用加倍数量的仲裁分析，取得充分可靠的依据后，求出校正系数，对有关系统误差的分析结果进行校正。
 - 2) 根据具体情况，将分析样品全部或部分返工。返工后的基本分析结果仍需进行内外检，并对外检结果重新进行处理，直至满足要求为止。

6.8 矿石选（冶）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单位应与试验单位协商确定采样要求。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；半工业试验由勘查部门与工业（生产）部门配合进行。

6.8.1.2 加工选（冶）试验样品的采取，应考虑矿石类型、品级、组构特征和空间分布的代表性，能分采或需分采的应分类型采集，否则可采混合样（矿样中各品级和矿石所占比例应有代表性）。样品采集时还应考虑到开采时矿石的贫化，根据贫化率采取适量的近矿围岩和夹石。当矿石中有共、伴生有用组分时，采样时应一并考虑其代表性，以便试验时了解其赋存状态及综合回收的工艺流程。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）矿样进行矿石加工选（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技术规程、规范的要求。

6.8.1.3 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 0.1 t~1 t，实验室流程试验为 0.2 t~5 t，实验室扩大连续试验为 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。

6.8.2 样品试验

6.8.2.1 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、加工选冶方法、选别条件等研究，推荐矿石加工选冶工艺流程。

6.8.2.2 类比研究试验应从矿石物质组成、矿石类型、主要矿石矿物、脉石矿物、结构构造、嵌布特征、赋存状态、粒度大小、有害组分及影响加工选冶技术性能等方面与邻区同类型生产矿山进行详细类比，必要时进行可选性验证试验。

6.8.2.3 可选性试验着重探索和研究各类型、品级矿石的性质与可选性差别，基本选矿方法与主组分、共生组分可能达到的选别指标，伴生组分综合回收的可能性，有害杂质剔除的难易程度等。

6.8.2.4 实验室流程试验应进行流程结构及其条件的方案比较试验，一般情况下应有闭路试验结果。

6.8.2.5 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，在串组为连续的、类似生产状态的操作条件下进行试验，试验因素和指标应在动态平衡中反映。

6.8.2.6 半工业试验应按工业模式在专门的试验车间或试验工厂进行，以验证实验室扩大连续试验结果。

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。通过测定岩石、矿石和矿体顶底板围岩的物理技术性能，估算矿产资源储量和研究矿床开采技术条件。采样方法、数量、质量应符合规程、规范的要求。

6.9.1.2 岩、矿石（土）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、风化壳底板）。采样应有代表性，能反映出各种岩、矿石（土）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即可（通常要求每种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值；风化壳离子吸附型矿石，采用大体积质量估算矿产资源储量，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 m^3 。

6.9.2 样品试验

6.9.2.1 测定项目：矿石、岩石的体积质量、湿度、松散系数、渗透系数、孔隙率、含水率、含泥率，原生稀土矿床还应测定矿岩块度等；矿体顶底板围岩与矿石的稳定性、硬度、抗压、抗剪、抗拉强度及安息角等。

6.9.2.2 测定矿石体积质量的同时应测定矿石湿度。

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

矿产勘查各阶段，各项工作中原始地质编录工作质量应按DZ/T 0078执行。原始地质编录（槽、井、钻、坑、老窿等）应在现场进行，应及时、准确、客观、齐全。

6.10.2 资料综合整理

资料综合整理工作质量应按DZ/T 0079执行。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。

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以及讨论的结果，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、GB/T 33444 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，应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、详查和勘查各阶段，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社会效益。

7.1.2 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。概略研究或由勘查单位完成；预可行性研究和可行性研究应由具有相应能力的单位完成，并经有关部门审查或评估。

7.1.3 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。

7.2 概略研究

7.2.1 收集分析稀土矿产在国内外的资源状况，市场供求、市场价格及产品能力。

7.2.2 了解勘查区经济及外部条件概况，包括原料及燃料供应，供水水源地及距离，电网名称及距离，供水、供电满足程度，交通运输、建筑材料来源等。

7.2.3 分析已取得的地质资料，评价矿床开采的内部建设条件，包括开采技术条件及矿石加工选(冶)技术性能等。

7.2.4 类比邻近已知矿床，预测未来矿山生产规模、服务年限及产品方案，预计的开采与开拓方式、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、环境保护要求等，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，采用类比方法的应说明类比依据。

7.2.5 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。

7.2.6 概略研究一般缺乏准确参数和评价所必须的详细资料，其评价的资源量只具内蕴经济意义。

7.2.7 一般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。

7.3 预可行性研究

7.3.1 预可行性研究应在详查及以上工作的基础上进行。

7.3.2 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。

7.3.3 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的产品方案、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。

7.4 可行性研究

7.4.1 可行性研究应在勘探工作的基础上进行。

7.4.2 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。

7.4.3 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 7.3.3，以此作为资源储量分类的依据。

8 矿产资源储量分类

8.1 资源储量分类依据

依据是矿产资源经勘查所获得的不同地质可靠程度(预测的、推断的、控制的、探明的)和经相应的可行性评价(概略研究、预可行性研究、可行性研究)所获不同的经济意义(经济的、边际经济的、次边际经济的、内蕴经济的),将固体矿产资源储量分为:储量、基础储量、资源量三大类十六种类型,详见附录G。

8.2 资源储量分类

8.2.1 储量

储量是指基础储量中的经济可采部分。经过详查和勘探,地质可靠程度达到了控制的或探明的矿产资源,在进行了预可行性研究或可行性研究,或编制年度采掘计划时,经过了对经济、开采、选冶、环境、法律、市场、社会和政府等诸因素的研究及相应修改,结果表明在当时是经济可采或已经开采的部分。用扣除了设计和采矿损失的可实际开采数量表述。根据地质可靠程度和可行性评价阶段的不同,储量又可分为可采储量(111)、探明的预可采储量(121)及控制的预可采储量(122)3个类型。

8.2.2 基础储量

基础储量是查明矿产资源的一部分。它能满足现行采矿和生产所需的指标要求(包括品位、质量、厚度、开采技术条件等)。经过详查或勘探,地质可靠程度达到控制的和探明的矿产资源,在进行了预可行性研究或可行性研究后,经济意义属于经济的和边际经济的,用未扣除设计、采矿损失的数量表述。可分为探明的(可研)经济基础储量(111b)、探明的(预可研)经济基础储量(121b)、控制的经济基础储量(122b)、探明的(可研)边际经济基础储量(2M11)、探明的(预可研)边际经济基础储量(2M21)、控制的边际经济基础储量(2M22)6个类型。

8.2.3 资源量

资源量是指查明矿产资源的一部分和潜在矿产资源。包括经可行性研究或预可行性研究证实为次边际经济的矿产资源和开展矿产勘查工作自普查至勘探,地质可靠程度达到了推断的至探明的,但可行性评价工作只进行了概略研究,由于技术经济参数取值为经验数据,未与市场挂钩,区分不出其真实的经济意义以及经过预查后预测的矿产资源,统归为资源量。可分为探明的内蕴经济资源量(331)、控制的内蕴经济资源量(332)、推断的内蕴经济资源量(333)、探明的(可研)次边际经济资源量(2S11)、探明的(预可研)次边际经济资源量(2S21)、控制的次边际经济资源量(2S22)、预测的资源量[(334)?]7个类型。

8.3 资源储量类型条件

8.3.1 可采储量(111)

探明的经济基础储量的可采部分。是指在达到勘探阶段要求的勘探地段内,依据系统工程和加密工程取样资料及经过验证是有效的物探、化探资料,详细圈定了矿体的三维空间,肯定了矿体的连续性,排除了多解性;详细查明了矿床地质特征、矿石的物质组成、矿石质量和开采技术条件,并有相应的矿石加工选冶试验成果;对共、伴生组分进行了综合勘查、综合评价,并对可供综合回收的共、伴生矿产进行了圈定。已进行了可行性研究,包括对开采、选冶、经济、市场、法律、环境、社会和政府因素的研究及相应的修改,证实其在估算的当时开采是经济的。可采储量及可行性评价结果可信度高,可供矿山建设设计利用。

8.3.2 探明的预可采储量(121)

探明的经济基础储量的可采部分。在达到勘探阶段要求的勘探地段内，地质可靠程度达到了上列111探明的程度，与其区别是仅作了预可行性研究，表明当时开采是经济的。在扣除了开采、选冶、经济、市场、法律、环境，社会和政府等多种因素影响而不能开采的部分后即为探明的预可采储量。估算的预可采储量可信度高，可行性评价结果的可信度一般。

8.3.3 控制的预可采储量（122）

控制的经济基础储量的可采部分。在达到详查程度的详查地段内，依据达到基本控制工程间距的系统工程取样资料和经验证是有效的物探、化探资料，圈定了矿体的三维空间，基本确定了矿体的连续性，排除了大的多解性；基本查明了矿床地质特征、矿石质量、开采技术条件、提供了矿石加工选（冶）性能条件的试验成果。对于工艺流程成熟的易选矿石，也可利用同类型矿产的试验成果。预可行性研究结果表明，当时开采是经济的。估算的预可采储量可信度较高，可行性评价结果的可信度一般。

8.3.4 探明的（可研）经济基础储量（111b）

在达到勘探阶段要求的勘探地段，其地质可靠程度、可行性评价阶段及经济意义的分类同111所述，与其唯一的差别在于本类型是用未扣除设计、采矿损失的数量表述。

8.3.5 探明的（预可研）经济基础储量（121b）

在勘探地段内，达到勘探阶段探明的程度，预可行性研究认定为经济的。条件同121。与其唯一的差别在于本类型是用未扣除设计、采矿损失的数量表述。

8.3.6 控制的经济基础储量（122b）

在详查地段内，达到详查阶段控制的程度，预可行性研究认定为经济的。条件同122。与其唯一的差别在于本类型是用未扣除设计、采矿损失的数量表述。

8.3.7 探明的（可研）边际经济基础储量（2M11）

在勘探地段内，达到探明的程度，如111所述那样。经过可行性研究，在确定当时开采是不经济的，但接近盈亏边界，只有技术、经济等条件改善后才可变为经济的。这部分基础储量可以是覆盖全勘探区的，也可以是勘探区中的一部分，在可采储量周围或在其间分布。未扣除设计和采矿损失的部分。估算的基础储量和可行性评价结果的可信度高。

8.3.8 探明的（预可研）边际经济基础储量（2M21）

在勘探地段内，达到探明的程度，如111所述。预可行性研究证实，开采是不经济的，但接近盈亏边界，待将来技术经济条件改善后可变成经济的。其分布特征同2M11。未扣除设计和采矿损失的部分。估算的基础储量可信度高，可行性评价结果的可信度一般。

8.3.9 控制的边际经济基础储量（2M22）

在详查地段内，达到控制的程度，如122所述。预可行性研究证实，在确定当时，开采是不经济的，但接近盈亏边界，待将来技术经济条件改善后可变成经济的。其分布特征类似于2M11。未扣除设计和采矿损失的部分。估算的基础储量可信度较高，可行性评价结果可信度一般。

8.3.10 探明的（可研）次边际经济资源量（2S11）

在勘探地段内，地质可靠程度达到探明的程度，如111所述。可行性研究证实，在确定当时开采是不经济的，必须大幅度提高矿产品价格或大幅度降低成本后，才能变成经济的。估算的资源量和可行性评价结果可信度高。

8.3.11 探明的（预可研）次边际经济资源量（2S21）

在勘探地段内，地质可靠程度达到探明的勘探程度，如121所述。预可行性研究的结果表明，在确定当时开采是不经济的，需大幅度提高矿产品价格或大幅度降低成本后，才能变成经济的。估算的资源量可信度高，可行性评价结果的可信度一般。

8.3.12 控制的次边际经济资源量（2S22）

在详查地段内，地质可靠程度为控制的，如122所述。预可行性研究结果表明，在确定当时开采是不经济的，需大幅度提高矿产品价格或大幅度降低成本后，才能变成经济的。估算的资源量可信度较高，可行性评价结果可信度一般。

8.3.13 探明的内蕴经济资源量（331）

在勘探地段内，地质可靠程度为探明的，未进行可行性研究或预可行性研究，仅进行了概略研究，经济意义介于经济的至次边际经济的范围内，估算的资源量可信度高，可行性评价的可信度低。

8.3.14 控制的内蕴经济资源量（332）

在详查地段内，地质可靠程度为控制的，可行性评价仅做了概略研究，经济意义介于经济的至次边际经济的范围内。估算的资源量可信度较高，可行性评价结果可信度低。

8.3.15 推断的内蕴经济资源量（333）

在普查地段内，地质可靠程度为推断的，资源量只根据有限的的数据估算的，其可信度低。可行性评价仅做了概略研究，经济意义介于经济的至次边际经济的范围内。可行性评价结果可信度低。

8.3.16 预测的资源量（334）？

依据区域地质研究成果、航空、遥感、地球物理、地球化学等异常或极少量见矿工程资料，确定具有矿产资源潜力的地区，并和已知矿床类比而估算的资源量。各项参数都是假设的，属于潜在矿产资源，有无经济意义尚不确定。

9 矿产资源储量估算

9.1 矿产资源储量估算的工业指标

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、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，是矿石和围岩的分界品位。
- 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的厚度（真厚度）要求。
- d) 夹石剔除厚度：当前开采技术条件下，矿体圈定时单工程中的夹石（或非工业矿石）应单独剔除的厚度（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、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、夹石剔除厚度构成。

9.2 矿产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 预查、普查时可用一般工业指标进行圈定和估算。

9.2.1.2 详查、勘探所用指标可结合预可行性研究或可行性研究，按照地质矿产主管部门相关规定论证确定的工业指标进行圈定和估算，推荐矿体形态完整、资源回收率高、有开采效益的指标方案。

9.2.1.3 未进行预可行性研究或可行性研究的可采用一般工业指标进行圈定和估算。

9.2.1.4 依据矿床工业指标圈定矿体的方法参见附录 I。

9.2.2 矿产资源储量估算方法的选择

9.2.2.1 根据矿体形态、产状和勘查工程控制程度，选择合理的矿产资源储量估算方法。常用的方法有断面法、地质块段法、地质统计学法（克里格法）和 SD 法等（参见附录 I）。

9.2.2.2 提倡和鼓励运用新技术、新方法。对于矿产资源储量估算的新方法或新研制的软件的使用，应按国家地质矿产主管部门的规定进行。倡导采用经国家地质矿产主管部门或其指定的机构组织认证公告的相关软件估算资源储量。

9.2.2.3 一般宜对主要矿体采用另一种估算方法进行验证，并根据验证结果评述资源储量估算的可靠性。

9.2.3 矿产资源储量估算的一般要求

9.2.3.1 按矿体、矿产资源储量类型、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 $[\omega(\text{TREO}), \%]$ 和稀土氧化物总量（TREO, 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 $[\omega(\text{SREO}), \%]$ 和稀土氧化物浸出总量（SREO, t），据组合分析结果估算稀土氧化物总量（TREO, 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储量。

9.2.3.4 储量用扣除设计、采矿损失的可实际开采的数量表示。基础储量、资源量用未扣除设计、采矿损失的数量表示。相应的矿产资源储量估算图件上应标明各类矿产资源储量在地质空间的分布。

9.2.3.5 共生矿产、伴生矿产资源储量估算执行 GB/T 25283 规定。

9.2.3.6 参与矿产资源储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 矿产资源储量估算各种数值的修约要求

9.2.4.1 各种参数及资源储量小数进位规则是“四舍五入”。

9.2.4.2 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；体积质量为吨每立方米，保留二位小数；面积为平方米，取整数；体积为立方米，取整数。

9.3 确定矿产资源储量估算参数的要求

9.3.1 面积测定

用计算机软件求取面积，计算机软件的合规性审查按有关规定执行。矿产资源储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 平均品位计算

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：一般单样品位值高于矿体（床）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。若存在特高品位地段，可以单独划分特高品位带块段，不再进行特高品位处理。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。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储量时，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 块段平均厚度计算

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（裂隙）度样品送测试单位测定。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即可；松散和多孔隙（裂隙）矿石应采用经大体积质量校正的小体积质量值；风化壳离子吸附型矿石采用大体积质量估算矿产资源储量。当湿度大于3%时，大、小体积质量应进行湿度校正。

9.4 矿产资源储量分类

9.4.1 根据矿体的勘查控制程度、地质可靠程度、预可行性研究和可行性研究结果，依据 GB/T 17766 对勘查工作所获得的矿产资源储量进行分类。低品位矿产资源量类型的确定可参照 GB/T 17766 执行。矿产资源储量估算应按矿体分别列出资源储量估算结果并汇总，制定矿产资源储量分类结果表，以说明

地质勘查工作所获得的矿产资源储量。矿产资源储量表应在说明矿石量、稀土氧化物量、平均品位的同时，反映出矿产资源储量的地质可靠程度和经济意义，并标明矿产资源储量的编码。

9.4.2 共生矿产、伴生矿产资源储量类型的确定参照 GB/T 25283 的规定。

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Ⅲ_B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 ΣCe 表示，称轻稀土（组）或铈族稀土（组）；钇组稀土（Gd—Lu+Y）用 ΣY 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（ $LaNi_5$ ）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；稀土钆及钆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^{-6}	常见价态	离子半径 10^{-10} m	能量系数	离子电位	配位数	在自然界的同位数
57	镧	138.906	$4f^0 5d^1 6s^2$	1.1	39	+1 +3	1.39 1.061	0.43 4.01	2.83	6.8	^{138}La , ^{139}La
58	铈	140.15	$4f^4 5d^1 6s^2$	1.05	43	+3 +4	1.034 0.92	4.02 7.30	2.90 4.35	6.8 6	^{136}Ce , ^{138}Ce , ^{140}Ce , ^{142}Ce
59	镨	140.908	$4f^3 5d^0 6s^2$	1.1	5.7	+3 +4	1.013 0.90	4.04 7.33	2.96 4.44	6.8 6	^{141}Pr
60	钕	144.24	$4f^4 5d^0 6s^2$	1.1	26	+4 +3	0.995	4.05	3.02	6 6.8	^{142}Nd , ^{143}Nd , ^{144}Nd , ^{145}Nd , ^{146}Nd , ^{148}Nd , ^{150}Nd
61	钷	(147)	$4f^5 5d^0 6s^2$	1.1		+3	0.979	4.06	3.06	6.8	^{145}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}Sm , ^{147}Sm , ^{148}Sm , ^{149}Sm , ^{150}Sm , ^{152}Sm , ^{154}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}Eu , ^{153}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}Gd , ^{154}Gd , ^{155}Gd , ^{156}Gd , ^{157}Gd , ^{158}Gd , ^{160}Gd
65	铽	158.925	$4f^8 5d^0 6s^2$	1.2	1.1	+3 +4	0.84	4.11 7.43	3.25 4.76	6.8 6	^{159}Tb
66	镝	162.50	$4f^{10} 5d^0 6s^2$	1.2	4.1	+3	0.908	4.12	3.30	6.8	^{156}Dy , ^{158}Dy , ^{160}Dy , ^{161}Dy , ^{162}Dy , ^{163}Dy , ^{164}Dy
67	钬	164.930	$4f^{11} 5d^0 6s^2$	1.2	1.4	+3	0.894	4.13	3.36	6.8	^{166}Ho
68	铒	167.26	$4f^{12} 5d^0 6s^2$	1.2	2.7	+3	0.881	4.14	3.41	6	^{162}Er , ^{164}Er , ^{166}Er , ^{167}Er , ^{168}Er , ^{170}Er
69	铥	168.934	$4f^{13} 5d^0 6s^2$	1.2	0.3	+3	0.869	4.15	3.45	6	^{169}Tm

表 A.1 (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^{-6}	常见价态	离子半径 10^{-10} m	能量系数	离子电位	配位数	在自然界的同位数
70	镱	173.04	$4f^{14}5d^06s^2$	1.2	2.7	+2 +3	0.858	1.82 4.16	2.15 3.50	6.8 6	^{168}Yb , ^{170}Yb , ^{171}Yb , ^{172}Yb , ^{173}Yb , ^{174}Yb , ^{176}Yb
71	镱	174.967	$4f^{14}5d^16s^2$	1.2	0.8	+2 +3	0.848	4.17	3.54	6 6	^{175}Lu , ^{176}Lu
39	钇	88.906	$4d^15s^2$	1.3	24	+3	0.893	4.13	3.36	6	^{89}Y

A. 3.2 镧系元素在地壳中的分布量从镧到镱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镱随之缩小，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镱也逐渐降低，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0.0153%。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^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Th^{4+} 、 U^{4+} 、 Zr^{4+} 、 Hf^{4+} 、 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 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	$\omega(\text{RE}_2\text{O}_3)$ %
碱性岩	0.021
花岗岩	0.025
中性岩	0.013
基性岩	0.00085
超基性岩	0.00045

A. 3.4 在自然条件下，稀土多呈三价状态，形成 RE_2O_3 型化合物，钇、铈、镱、可还原呈二价状态，它们可置换钙、铅、锶而存在于斜长石、萤石、磷氯铅矿和菱锆矿中。铈、铽、镱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距离迁移，多为就地富集。在某些沉积岩中稀土含量偏高，如在磷块岩中为0.0n%~0.n%，但未见稀土独立矿物，稀土含量与磷具同步消长关系，稀土可能呈类质同象置换胶磷矿中的钙而赋存在胶磷矿的晶格中。在变质作用中，稀土也可能富集成矿。

附 录 B (资料性附录)

稀土元素在自然界的赋存状态及矿床类型

B.1 稀土元素在自然界的赋存状态及其特征

B.1.1 稀土元素赋存状态及分类

稀土元素在矿石中的赋存状态可分为4种：矿物相、离子吸附相、胶体分散相和晶格杂质相。原生矿石主要为矿物相。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B.1。

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

B.1.2 主要矿物

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

表B.2 我国稀土矿床中主要稀土矿物表

分类	矿物名称	英文名称	化学分子式	$\omega(\text{RE}_2\text{O}_3)/\%$	
				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
	澜石	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	褐钇铈矿	Fergusonite	YnbO_4	39.94	
	易解石	Aeschnite	$(\text{Ce}, \text{Th}, \text{Y})(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$	29.36	
	黑稀金矿	Euxenite	$(\text{Y}, \text{U})(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6$	20.82	
	铈铈钙钛矿	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	Rinkoite	$\text{CeNa}_2\text{Ca}_4\text{Ti}[\text{Si}_4\text{O}_{15}\text{F}_3]$	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	

B.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。

B.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。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 ΣCe 被吸附的能力大于 ΣY 。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。

B.2 稀土矿床类型

B.2.1 矿床的成因类型

- B.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。
- B.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。
- B.2.1.3 花岗岩系列包括花岗岩型、伟晶岩型、石英脉型。
- B.2.1.4 变质岩系列包括混合岩型、碳酸岩型。
- B.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。
- B.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。
- B.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。

B.2.2 矿床的工业类型

B.2.2.1 原生稀土矿床

B.2.2.1.1 铁铈稀土型矿床

矿床的产出主要在中元古界的一套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—较难选矿石。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。

B.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。主矿体长500m~600m、宽（斜深）为400m~500m，厚度变化大，为0.2m~16m。脉体分枝复合、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[ω(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、铈磷灰石型稀土矿石等。

B.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—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。矿石稀土含量中一低，平均品位[ω(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0.005mm~0.1mm；氟碳铈矿呈不规则碎屑状、粒状集合体与炭质混杂充填于白云石、长石粒间或与长石交织嵌布，亦有呈细脉状充填于裂隙中，粒径为0.01mm~0.1mm。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。

B. 2. 2. 2 风化壳离子吸附型稀土矿床

B. 2. 2. 2. 1 花岗岩风化壳离子吸附型稀土矿床

从富ΣCe—富ΣY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。

B. 2. 2. 2. 2 混合岩风化壳离子吸附型稀土矿床

该类矿床与B. 2. 2. 2. 1很类似，仅以原岩成因而有差异。以ΣCe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ΣCe常大于Σy，且Eu可能出现不同程度的富集。如江西安远等地。

B. 2. 2. 2. 3 火山岩风化壳离子吸附型稀土矿床

以ΣCe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。

B. 2. 2. 2. 4 浅变质岩风化壳离子吸附型稀土矿床

以ΣCe为主，规模较大，品位低，易采选。与元古代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。

B. 2. 3 风化壳离子吸附型稀土矿床的配分类型

风化壳离子吸附型稀土矿床根据ΣCe、ΣY氧化物总量和氧化钇（Y₂O₃）、氧化铕（Eu₂O₃）等配分指标的不同，划分为轻稀土和重稀土二个亚类、十种矿床配分类型，详见表B. 3。

表B. 3 风化壳离子吸附型稀土矿床配分类型划分表

稀土亚类	配分类型	ΣYO %	ΣCeO %	Y ₂ O ₃ %	Eu ₂ O ₃ %
轻稀土	低钇低铈		>50	<20	<0.5
	低钇中铈			<20	≥0.5, <0.8
	低钇高铈			<20	≥0.8
	中钇低铈			≥20, <35	<0.5
	中钇中铈			≥20, <35	≥0.5, <0.8
	中钇高铈			≥20, <35	≥0.8
稀土亚类	配分类型	ΣYO %	ΣCeO %	Y ₂ O ₃ %	Eu ₂ O ₃ %
重稀土	中钇高铈	≥50		≥20, <35	≥0.8
	高钇低铈			≥35, <50	<0.5
	高钇中铈			≥35, <50	≥0.5, <0.8
	富钇高铈			≥50	≥0.8

附 录 C

(资料性附录)

稀土矿石类型及选矿工艺、物理技术性能

C.1 稀土矿石类型

据稀土矿床中其它有用组分是否符合工业指标、矿床规模是否在小型以上(含小型)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,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 稀土内矿石的选矿工艺、物理技术性能

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。依据获得稀土精矿产品的回收率高低,矿石可选性可分为易选、较易选、较难选和难选。

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。如祁山矿,见示例1~示例4;牦牛坪矿,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、钼矿、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 $[\omega(\text{REO})]$ 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 $[\omega(\text{REO})]$ 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20.64%,含REO 55.48%,REO回收率90.88%。重晶石精矿含BaSO₄90%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 $[\omega(\text{REO})]$ 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1.53%,含REO 33.82%,REO回收率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 $[\omega(\text{REO})]$ 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1.58%，含REO43.03%，REO回收率48.49%；采用重选—磁选工艺，获稀土精矿，产率1.29%，含REO42.14%，REO回收率43.97%。矿石较难选。

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、磷铈矿、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0.074mm~0.991mm的占81.47%。矿石含REO1.18%。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1.22%，含REO63.11%，REO回收率65.25%；尾矿含REO0.42%。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、磷铈矿。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0.074mm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4.08%，含REO66.69%，REO回收率71.42%，重晶石精矿产率为9.6%，含BaSO₄95.48%，BaSO₄回收率为25.93%；尾矿含REO1.14%。采用浮选工艺，获稀土精矿，产率4.04%，含REO66.71%，REO回收率72.19%，重晶石精矿，产率10.43%，含BaSO₄95.48%，BaSO₄回收率为29.11%；尾矿含REO1.08%。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REO4%， $\omega(\text{Nb}_2\text{O}_5)$ 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5.77%，含REO35.6%，REO回收率52.49%；含铌铁精矿，产率4.88%，含Nb₂O₅0.483%，含SFe61.37%，含REO1.4%，Nb₂O₅回收率34.2%，SFe回收率31.54%，REO回收率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0.075mm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6.72%，含REO37.04%，REO回收率71.83%；含铌铁精矿，产率9.19%，含SFe59%，SFe回收率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；氟碳铈矿的粒径为0.001

mm~0.05mm, 独居石为0.001mm~0.06mm, 多数小于0.04mm。矿石含REO 7%~7.65%, Nb_2O_5 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2.52%, 含REO 68.57%, REO回收率25.25%; 铁精矿, 产率34.69%, 含TFe 65.3%, TFe回收率81.09%; 萤石精矿, 产率7.41%, 含 CaF_2 87.11%, CaF_2 回收率33.95%。采用弱磁选—浮选—强磁选—浮选工艺, 获稀土精矿产率8.5%, 含REO 68.18%, REO回收率19.65%; 铁精矿, 含TFe 65.47%, TFe回收率73.55%, 萤石精矿, 含 CaF_2 85.99%, CaF_2 回收率16.61%。两种工艺表明, 矿石稀土较难选至难选。

示例2:

氧化铁铌稀土矿石: 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、假象一半假象赤铁矿、褐铁矿共计43.1%~46.8%, 含萤石15.2%~18.6%和少量铌铁矿。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%, Nb_2O_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1.69%, 含REO 61.44%, REO回收率18.81%; 稀土(次)精矿, 产率2.31%, 含REO 39.52%, REO回收率16.7%; 铁精矿, 产率43.9%~46.15%, 含TFe 60.54%, TFe回收率79.19%~80.31%。矿石稀土较难选。

示例3:

原生碳酸盐化正长斑岩型铌稀土矿石: 试样中稀土矿物以独居石为主, 含量2%, 含氟碳铈矿0.2%; 金属矿物有铌铁矿0.2%, 铌金红石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0.01mm~0.05mm, 铌铁矿0.01mm~0.03mm, 铌金红石0.02mm~0.1mm。矿石含REO 1.55%, Nb_2O_5 0.733%, Si 1.81%, P_2O_5 2.5%, K_2O 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2.75%, 含REO 38.29%, REO回收率67.96%; 铌精矿, 产率0.228%, 含 Nb_2O_5 18.04%, Nb_2O_5 回收率22.75%; 硫精矿, 产率2.96%, 含S 33.24%, S回收率56.78%; 磷精矿, 产率2.86%, 含 P_2O_5 28.89%, P_2O_5 回收率33.08%。矿石稀土较易选。

示例4:

原生含碳方解石碳酸岩型铌稀土矿石: 试样中有一定数量的正长斑岩和白云岩碳酸盐岩等矿石。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%, 含独居石小于0.5%; 金属矿物褐铁矿5%, 黄铁矿、白铁矿1%, 少量铌铁矿、铌金红石、 β -褐钨铌矿、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0.005mm~0.02mm, 80%以上呈集合体, 粒径0.5mm~1mm。矿石含REO 1.34%, Nb_2O_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1.15%, 含REO 42.72%, REO回收率36.66%; 铌精矿, 产率0.058%, 含 Nb_2O_5 19.63%, Nb_2O_5 回收率15.87%; 硫精矿, 产率0.314%, 含S 37.54%, 硫回收率21.85%。矿石稀土较难选。

C.3.2 风化壳离子吸附型稀土矿石

C.3.2.1 矿石特点

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

C.3.2.2 采选(冶)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、云母等粘土矿物的表面, 采用常规的物理选矿方法无法使稀土富集为精矿, 但是被吸附的稀土离子在遇到化学性质活泼的阳离子

(Na^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 等)能被其交换解吸。根据离子吸附型稀土矿以离子相稀土为主的特点，采用电解质进行离子交换浸取稀土的方法。

C.3.2.2.2 采选（冶）工艺第一代池浸工艺、第二代堆浸工艺和第三代原地浸矿工艺。不论何种采选（冶）工艺，其主要的提取工艺程序均为：浸取母液→除杂澄清→沉淀稀土、灼烧→混合稀土氧化物产品→废液处理等。一般混合稀土氧化物，其质量要求是： $\omega(\text{REO}) > 92\%$ 、 $\omega(\text{Al}_2\text{O}_3) < 0.3\%$ 、 $\omega(\text{ThO}_2) < 0.01\%$ 。

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来确定适宜的采选工艺。对不能采用原地浸矿工艺的，经有关部门审批，也可采用堆浸工艺等。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矿方法。该工艺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。

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矿方法。该工艺对植被破坏严重，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采矿方法。该工艺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。但该工艺对矿石的渗透性和地形等有一定要求，适用范围有限；使矿石内部结构或山体遭到破坏，易发生滑坡、泥石流等次生地质灾害；溶浸液不可控，易污染地下水；对于有较高利用价值的共生矿产，不适宜采用。

附 录 D
(资料性附录)

确定勘查类型的主要因素及工程间距的确定

D.1 原生稀土矿床勘查类型划分

D.1.1 矿体延展规模：分为大、中、小三类，其具体划分及类型系数见表D.1。

表D.1 矿体延展规模划分及类型系数表

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

D.1.2 矿体形态复杂程度：

- a) 简单，类型系数 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，基本无分枝复合。
- b) 较简单，类型系数 0.4，矿体形态为似层状、透镜状、规则脉状，局部有分枝复合现象，产状较稳定，内部结构较简单，内部有夹石。
- c) 复杂，类型系数 0.2，矿体形态有脉状、带状、小透镜状，网脉状、网脉浸染状，具分枝复合现象，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。

D.1.3 构造影响程度：

- a) 小，类型系数 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 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 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。

D.1.4 矿体厚度稳定程度：按厚度变化系数划分稳定、较稳定和不稳定三种，相应类型系数见表D.2。

表D.2 矿体厚度稳定程度表

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

D.1.5 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、不均匀三种，相应的类型系数见表D.3。

表D.3 有用组分分布均匀程度

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

D.2 风化壳离子吸附型稀土矿床勘查类型划分

D.2.1 矿体延展规模：按面积分为大、中、小三类及类型系数见表D.4。

表D.4 矿体延展规模及类型系数表

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

D.2.2 矿体的矿化连续性：按其含矿率分为连续、较连续、不连续三种。

- a) 连续，其含矿率⁴⁾>0.9，相应的类型系数为0.3。
- b) 较连续，其含矿率在0.9~0.7，相应的类型系数为0.2。
- c) 不连续，其含矿率为<0.7，相应的类型系数为0.1。

D.2.3 矿体形态复杂程度：

- a) 简单（矿体边界模数⁵⁾>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0.3~0.6），似层状至透镜状，成片连续至较连续分布，常有夹石或风化残留体，相应的类型系数为0.6。
- c) 复杂（矿体边界模数<0.3），透镜状，较零散分布，类型系数为0.3。

D.2.4 厚度稳定程度：

- a) 稳定，厚度变化系数为<60%，类型系数为0.6。
- b) 较稳定，厚度变化系数60%~120%，类型系数为0.4。
- c) 不稳定，厚度变化系数>120%，类型系数为0.2。

D.2.5 稀土组分分布均匀程度：

- a) 均匀，品位变化系数<30%，类型系数为0.3。
- b) 较均匀，品位变化系数30%~60%，类型系数为0.2。
- c) 不均匀，品位变化系数>60%，类型系数为0.1。

D.3 勘查工程间距⁶⁾的确定

- 4) 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。变化介于1~0之间。
- 5) 矿体边界模数：与矿体水平投影面等面积之矩形周长与矿体水平投影面边界总长度的比值。用于评定矿体边界外形的复杂程度。其矩形之一边采用矿体水平投影面的最大长度，另一边为矿体水平投影面积与矿体水平投影面的最大长度的比值。数值越小，矿体形态越复杂；数值越大，矿体形态越简单。变化介于1~0之间。

D.3.1 勘查工程的布置原则

D.3.1.1 勘查工程间距应根据矿体地质特征和矿山建设的需要，参考同类矿床勘查的经验进行。一般是以一定的几何形态的网格控制矿体，并根据工程密度估算不同类型的矿产资源储量。

D.3.1.2 原生稀土矿床采用勘查线法，其地表槽、井探工程间距比深部勘查工程加密一倍。地表应以槽井探浅钻工程为主，深部应以岩心钻探为主，当地形有利或矿体形态复杂，钻探难以控制，需要验证或需要采集选矿大样时，也可用坑探工程。管条状和形态极复杂的矿体以坑探为主。若钻探所获地质成果与坑探验证成果相近，不宜投入较多的坑探工作量。坑探以沿脉配合穿脉进行。

D.3.1.3 风化壳离子吸附型稀土矿床一般采用勘查线与地形地貌相结合的方法。以人力冲击取样钻、浅钻、井探工程为主。地形较平坦，沟谷不发育时可采用勘查网法；勘查线应尽量垂直山脊走向，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。

D.3.2 勘查工程的施工原则

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。

D.3.3 勘查各阶段工程间距

D.3.3.1 预查阶段：勘查工程极少，无间距要求。

D.3.3.2 普查阶段：勘查工程是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1至数条剖面或结合地貌单元稀疏控制矿体。

D.3.3.3 详查阶段：是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。工程间距是根据勘查类型来确定。该工程间距是进行详查的基本工程间距，也是估算控制的矿产资源储量的最小工程间距。

D.3.3.4 勘探阶段：是对详查中系统取样工程间距加密后估算探明的矿产资源储量的工程间距。探明的、控制的矿产资源储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。

D.3.4 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，亦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，应进行不同勘查手段的工程验证，确定最佳工程间距。

D.3.5 勘查工程间距表

在总结我国稀土矿床勘查经验和探采对比的基础上，根据矿床的不同勘查类型、不同地质可靠程度的矿产资源储量，按类比法确定的工程间距见表D.5。

6) 勘查工程间距是指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”。

表D.5 矿床勘查类型工程间距参考表

勘 查 类 型	达到控制程度的工程间距			
	原生矿床		风化壳离子吸附型矿床	
	走 向 m	倾 向 m	密 度 个/km ²	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 E
(资料性附录)
稀土矿产资源储量规模划分

稀土矿产资源储量规模划分见表E.1。

表E.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
原生矿床		稀土氧化物(TREO) 万吨	≥ 50	5~50	< 5
风化壳离子 吸附型矿床	轻稀土矿	稀土氧化物(SREO) 万吨	≥ 6.5	0.5~6.5	< 0.5
	重稀土矿	稀土氧化物(SREO) 万吨	≥ 3.0	0.3~3.0	< 0.3

附录 F
(资料性附录)
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。也可作为其它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 ~ II 级。其特性见表 F.1。

表F.1 I ~ II 岩石等级特性

岩石等级	代表性岩石	岩石特性
I	粘土、砂质粘土、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(Dr)一般为 20~60。塑性状态为软塑~硬塑
II	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)	岩石较软疏散，见少量手捏不动小碎块。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(Dr)一般 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工冲击、无水钻进，提钻取心。

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)心整理→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全球卫星定位系统进行孔位确定。

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，了解矿区地理、交通位置、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，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。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 应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）心混染。起钻后应及时清除岩心防掉器及取样筒上部可能掉落或混染的岩（矿）心。

F.4.3 每回次钻进深度不应大于取样筒长度（一般为0.20m~0.40m）。起钻时，应将钻具慢慢提起，以防取样筒中岩（矿）心掉出。

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1m（或连续2个~3个回次取心困难）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 若孔壁塌陷等原因，造成岩（矿）心或样品混乱的钻孔，应移动孔位重新施工。

F.6 质量要求

F.6.1 岩（矿）心采取率

岩（矿）心采取率100%，无须计算。

F.6.2 岩（矿）心保存

人力冲击取样钻岩（矿）心松散，在缩分取样（基本分析样）后，副样装袋编号作为岩（矿）心保存，按顺序装入岩心箱或其他保存容器内。岩心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5cm。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度计。

次，直到满足送样标准。最后将所取岩（矿）心分为两份装袋编号，一份送化验室分析，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）心。

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
(规范性附录)
固体矿产资源/储量分类

固体矿产资源/储量分类见表G. 1。

表G. 1 固体矿产资源/储量分类表^a

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1: 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。					

引自GB/T 17766-1999

附 录 H (资料性附录)

稀土矿床工业指标制订原则及一般工业指标

H.1 矿床工业指标制订原则

- 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 应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，适时合理论证制订、优化矿床工业指标。

H.2 共（伴）生矿产指标制订原则

H.2.1 稀土矿床共（伴）生矿产

我国稀土矿床已知有铁、铌、铅、钼、钽、硫、磷、萤石、重晶石、钾长石、高岭石、云母、石英等共（伴）生矿产。

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、需单独设立加工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 共（伴）生矿产综合工业品位的制订的基本原则和方法

- 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、矿石加工选冶性能、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，制订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、加工选冶回收状况、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 根据我国勘查实践所采用的工业指标，结合矿山开发利用情况，提出稀土矿床一般工业指标，见表H.1，供地质勘查参考。

表H.1 稀土矿床一般工业指标

工业指标		矿床类型			
		原生矿床	风化壳离子吸附型矿床		
			重稀土	轻稀土	备注
边界品位	ω (TREO) %	0.5~1.0			
	ω (SREO) %		0.020~0.033	0.035~0.065	
最低工业品位	ω (TREO) %	1.5~2.0			
	ω (SREO) %		0.035~0.065	0.050~0.098	
最小可采厚度 m		1~2	1~2	1~2	
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”；反之一般采用“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”，低时一般取“上限值”。对小于最小可采厚度的富矿体用最低米·百分值。

H.3.3 最小可采厚度、夹石剔除厚度的要求：

- 一般是缓倾斜、低品位、大规模采矿方法，可采用“上限值”；陡倾斜、高品位、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，不受夹石剔除厚度的限制。

H.3.4 具体矿床实例见表H.2。

表H.2 稀土矿床一般工业指标实例

项目		边界品位 %	工业品位 %	可采厚度 m	夹石剔除厚度 m
内蒙古某大型含铈—稀土—铁矿床	铁矿体内的夹层 ω (TREO)	1	2	3	3
	铁矿上下盘含稀土白云岩（即围岩） ω (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 ω (TREO)		1	2	2	3
江西某风化壳离子吸附型轻稀土矿床 ω (TREO)		0.035	0.050	1	2
江西某风化壳离子吸附型重稀土矿床 ω (TREO)		0.020	0.035	1	2

附 录 I

(资料性附录)

矿体的圈定、外推和矿产资源储量估算方法

1.1 矿体的圈定

1.1.1 矿体的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，按照一般工业指标或地质矿产主管部门相关规定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。需要时可对单元素稀土氧化物进行圈定。

1.1.2 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、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枝复合关系。

1.1.3 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。

1.1.4 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，允许在满足工业要求的前提下各圈入一个小于或等于夹石剔除厚度的样品参与矿产资源储量估算，其余的可单独圈出作为低品位矿（即介于边界品位与最低工业品位之间）处理。

1.1.5 对于采用原地浸矿采选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边界品位以上的样段，先按边界品位进行圈定，达工业要求者为矿体；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 1.1.4 进行处理。
- b) 单工程中存在两个或两个以上连续达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。

1.1.6 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。

1.1.7 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10m~15m，上下工程不对应时为20m~30m。

1.1.8 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枝复合现象的矿体，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。

1.1.9 对于厚大且又能连成一片的低品位矿应单独圈出；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。

1.1.10 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。

- 1.1.11 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。
- 1.1.12 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。
- 1.1.13 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。
- 1.1.14 对相邻见矿工程之间形态复杂、具有不同产状的分枝矿体或交叉矿体,应按自然形态连接;不同产状的分枝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。

1.2 矿体的外推

- 1.2.1 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。
- 1.2.2 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。
- 1.2.3 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。
- 1.2.4 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 法估算资源储量时,矿体边界可通过计算直接推定。
- 1.2.5 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)、资源储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,均不应超出同类别资源储量工程间距的 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别资源储量的一个工程间距尖推或 1/2 工程间距平推。
- 1.2.6 最低一层坑道向下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,圈定和估算控制的资源量;达到推断的工程间距时,可平推基本工程间距的 1/4 圈定和估算控制的资源量;当推断的工程间距钻孔未见矿时,不能推算控制的资源量,可平推推断工程间距的 1/4 圈定和估算推断的资源量。
 - 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 圈定和估算推断的资源量。
 - 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,可圈定和估算控制的资源量;否则不能外推控制的资源量,可平推推断工程间距的 1/4 圈定和估算推断的资源量。
 - d) 盲矿体的顶部、最高一层坑道向上外推,可采有 a) 的方法外推。当顶部存在剥蚀边界时,最多外推至剥蚀边界。

1.3 矿产资源储量估算方法

1.3.1 常用估算方法

结合矿体特征及探矿工程实际，选择适宜的资源储量估算方法。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。倡导采用经国家地质矿产主管部门或其指定的机构组织认证公告的相关软件，参见GB/T 33444-2016 的附录N，估算资源储量。

1.3.2 估算方法的选择

1.3.2.1 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置工程的矿床，勘查工程分布不均匀的矿床，宜采用地质块段法。

1.3.2.2 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。

1.3.2.3 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。

1.3.2.4 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)。

1.3.2.5 对以勘查线为主的矿区可采用SD法。至少有两条勘查线并每条线上至少有两个工程。预测精度时则要加倍。

1.3.2.6 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] 丁孝石, 白鸽等. 南岭花岗岩及其风化壳的稀土元素赋存状态和分配研究. 1989年
 - [3] 陈德潜、陈刚, 《实用稀土元素地球化学》, 冶金工业出版社, 1990年。
 - [4] 《地球化学表》, 科学出版社, 1985年。
 - [5] 《地球化学》(黎彤值), 地质出版社, 1988年。
 - [6] 《赣南离子吸附型稀土矿成矿规律研究》, 内部资料, 1986年。
 - [7] 《白云鄂博矿物学》, 科学出版社, 1986年。
 - [8] 《地质地球化学》, 增刊(总139期), 1985年。
 - [9] 《稀有元素地质概论》, 地质出版社, 1982年。
 - [10] 《稀有元素矿物鉴定手册》, 科学出版社, 1972年。
-