

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ / T 0201—2002

钨、锡、汞、锑矿产地质勘查规范

Specifications for wolfram , stannum ,
mercury and antimony mineral exploration

2002-12-17 发布

2003-03-01 实施

中华人民共和国国土资源部 发布

目 次

前言

1 范围

2 规范性引用文件

3 勘查的目的任务

4 勘查研究程度

4.1 预查阶段

4.2 普查阶段

4.3 详查阶段

4.4 勘探阶段

5 勘查控制程度

5.1 勘查类型确定

5.2 勘查工程间距的确定

5.3 控制程度的确定

6 勘查工作及质量要求

6.1 地形及工程测量

6.2 地质填图

6.3 物化探工作

6.4 探矿工程

6.5 化学分析样品的采取、加工和测试

6.6 矿石选（冶）试验样品的采集与分析、试验

6.7 岩石、矿石物理技术性能测试样品的采集与试验

6.8 原始记录、综合整理和报告编写

6.9 新技术、新方法

7 可行性评价

7.1 概略研究

7.2 预可行性研究

7.3 可行性研究

8 矿产资源 / 储量分类及类型条件

8.1 矿产资源 / 储量分类依据

8.2 矿产资源 / 储量类型

9 矿产资源 / 储量估算

9.1 矿产资源 / 储量估算的工业指标

9.2 矿产资源 / 储量估算的一般原则

9.3 确定矿产资源 / 储量估算参数的要求

9.4 矿产资源 / 储量分类结果表

附录 A （规范性附录） 固体矿产资源 / 储量分类

附录 B （资料性附录） 钨、锡、汞、锑矿床规模划分标准

附录 C （规范性附录） 汞的环保要求

附录 D （资料性附录） 汞矿含矿体的圈定

附录 E （资料性附录） 钨、锡、汞、锑矿床勘查类型确定因素参考

附录 F （资料性附录） 钨、锡、汞、锑矿床勘查类型划分实例

附录 G （资源性附录） 钨、锡、汞、锑矿床勘查工程间距

附录 H （资料性附录） 钨、锡、汞、锑矿床主要工业类型

附录 I （资料性附录） 钨、锡、汞、锑矿床一般参考工业指标

I.1 钨矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标

I.2 锡矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标

I.3 汞矿床一般参考工业指标

I.4 铋矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标

附录 J （资料性附录） 钨、锡、汞、铋（矿物、元素）的性质和用途及地球化学性状

J.1 钨（矿物、元素） 的性质、用途及地球化学性状

J.2 锡（矿物、元素） 的性质、用途及地球化学性状

J.3 汞（矿物、元素） 的性质、用途及地球化学性状

J.4 铋（矿物、元素）的性质、用途及地球化学性状

附录 K （资料性附录） 钨、锡、汞、铋的主要矿物

附录 L （资料性附录） 钨、锡、汞、铋矿石的选冶质量、工艺技术性能及精矿质量标准

L.1 钨、锡、汞、铋矿石的选冶质量、工艺与技术性能

L.2 钨、锡、汞、铋精矿石质量标准

前 言

本标准是根据 GB / T 17766—1999《固体矿产资源 / 储量分类》、GB / T 13908—2002《固体矿产地质勘查规范总则》的要求，对原全国矿产储量委员会 1984 年颁发的《钨矿地质勘探规范》、《锡矿地质勘探规范》、《汞矿地质勘探规范》三个规范进行修订而成的。

本标准自实施之日起，代替原《钨矿地质勘探规范》、《锡矿地质勘探规范》和《汞矿地质勘探规范》，为钨、锡、汞、锑矿产勘查工作的质量标准。

本标准附录 A、附录 C 是规范性附录。

本标准的附录 B、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I、附录 J、附录 K、附录 L 都是资料性附录。

本标准由中华人民共和国国土资源部提出。

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会归口管理。

本标准由湖南有色地质勘查局和北京有色冶金设计研究总院负责起草。

本标准起草人为凌水成、杨诗瑞、印建平、王新元、李殿喜。

本标准由中华人民共和国国土资源部负责解释。

钨、锡、汞、铋矿产地质勘查规范

1 范围

本标准主要为钨、锡、汞、铋矿产地质勘查工作规定了研究程度，控制程度，工作质量，可行性评价，矿产资源 / 储量类型及划分条件，矿产资源 / 储量估算等方面的要求。

本标准适用于钨、锡、汞、铋矿产的地质勘查和资源 / 储量估算；也适用于验收及评审钨、锡、汞、铋矿产各阶段地质勘查报告；还可作为矿业权转让，矿产勘查开发筹资、融资、股票上市等活动中评价及估算矿产资源 / 储量的依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 12719—91 矿区水文地质工程地质勘探规范

3 勘查的目的任务

钨、锡、汞、铋矿产地质勘查的目的是寻找和发现新的矿产资源，探求各类矿产资源 / 储量，提交各个阶段的勘查报告，为矿产资源开发服务。

勘查工作分为预查、普查、详查、勘探 4 个阶段。各阶段的任务如下：

a) 预查阶段是通过对区内资料的综合研究、类比及初步野外调查、极少量工程验证提出可供普查的矿化潜力较大地区，有足够依据时可估算预测的矿产资源量；

b) 普查阶段是对矿化潜力较大地区进行一定数量的各项野外工作，以及概略研究，确定是否有进一步详查的价值，并圈出详查区范围，估算推断的矿产资源量；

c) 详查阶段是进行系统的勘查工作，基本查明矿床地质特征以及控制或破坏矿体的因素，基本确定矿体的连续性，并通过预可行性研究，做出是否具有工业价值的评价，圈出勘探区范围，及估算控制的矿产资源 / 储量；

d) 勘探阶段是进行各项系统的加密工作，详细查明矿床地质特征以及控制和破坏矿体的因素，确定矿体的连续性，估算探明的矿产资源 / 储量，并通过预可行或可行性研究为矿山建设投资决策和设计确定生产方案等提供必要的依据。

4 勘查研究程度

4.1 预查阶段

4.1.1 地质研究程度

在全面收集，深入分析，研究和对比区域地质、物探、化探、重砂、遥感、矿产勘查资料和各种研究资料的基础上，对预查区内成矿条件有利的物探、化探、重砂异常、矿（化）点，采用路线地质踏勘，结合适宜的物探、化探方法进行初步评价。查明主要物探、化探异常特征和地质概况，对发现有价值的物探、化探异常和矿（化）体（层）投入极少量的验证工程，以了解矿体（层）品位、厚度、产状等，并与地质特征类似的已知矿床类比，选定普查区；当有必要参数时，可以估算预测的矿产资源量。

4.1.2 矿石质量研究

对发现的矿体（层），通过极少量的样品分析，大致了解矿石自然类型及矿石结构构造、矿物成分、化学成分和品位等。

4.1.3 矿石加工技术条件研究

通过少量矿石类比研究，做出是否可选的预测。

4.1.4 矿床开采技术条件研究

对发现的矿床（点）或有价值的异常，以收集、分析区域资料为主，大致了解勘查区水文、工程及环境地质条件。

4.1.5 综合勘查综合评价

据区域成矿条件，对预查区内可能赋存的其他矿产资源开展综合找矿和评价。

4.2 普查阶段

4.2.1 地质研究程度

在收集和研究区域地质资料、分析区域地质特征基础上，采用露头详细检查、（1：50 000）～（1：5 000）的地质填图和适宜的物探、化探方法以及数量有限的取样工程，基本查明普查区内的地层、岩浆岩、构造、围岩蚀变等基本特征；评价矿（化）点和各类异常的含矿性以及成矿远景；对已发现的矿体（层）进行大致控制，大致查明矿体（层）的形态、产状、规模和品位等；估算推断的资源量，为是否详查及如何详查提供依据。

4.2.2 矿石质量研究

通过数量有限的样品分析，大致查明矿石的结构构造、矿物成分、化学成分、品位、矿石的自然类型、工业类型以及矿石中有用、有益、有害组分的种类，为能否被工业利用提供依据。

4.2.3 矿石加工技术条件研究

一般进行对比研究，做出是否可能作为工业原料的初步评价；对组分复杂，粒度较细，国内尚无成熟选（冶）矿经验的钨、锡、汞、铋矿石，应进行可选（冶）性试验或视条件进行实验室流程试验。

4.2.4 矿床开采技术条件研究

收集、分析区域资料并与同类型矿山开采资料对比，必要时开展专项调查，大致了解地表水分布，地下水类型及补给、排泄条件，矿床主要充水因素，矿体顶、底板围岩稳固性及开采对环境、人文景观的可能影响；大致划分矿床开采技术条件类型（3类9型）。

4.2.5 综合勘查综合评价

初步了解与主矿种共、伴生矿产种类、含量及赋存状态，对其工业价值和利用的可能性做出初步评价。

4.3 详查阶段

4.3.1 地质研究程度

通过（1：5 000）～（1：2 000）地质填图和各种勘查方法和手段，详细查明钨、锡赋矿层位和汞、铋含矿岩系的地层年代、岩性、岩相、层厚和层序，特别注意汞、铋含矿（体）层位和矿化屏蔽层的研究，建立详查矿床的含矿地层柱状图（地层层序表）。

详细查明主要控矿构造（断层、褶皱、裂隙、破碎带等）的分布、产状、规模和性质，以及各种构造对矿床、矿体的控制作用；研究成矿后的构造对矿体的影响程度。

侧重研究与钨、锡矿化有关的岩浆岩的种类、岩性、形态、产状、规模、侵入时代、演化特点、与围岩接触关系，及其地球化学特征、地球物理特征等；研究其与成矿的关系或对矿体的破坏关系。

详细查明矿床的围岩蚀变特征和分布范围，研究蚀变与矿化的关系，编制矿化—蚀变分布图；对与变质作用有关的矿床需基本查明变质作用类型、强度、相带分布及岩性特征等。

用系统取样工程基本查明钨、锡、铋矿体和汞含矿体的总体分布范围、数量，基本控制主矿体以及规划首期开采矿体的产状、形态、空间分布；对汞矿还需阐明含矿体内矿体的赋存状态、展布规律和确定合理计算含矿系数的原则，并论述其可靠程度；基本确定矿体的连续性和矿体间相互关系；估算控制的矿产资源 / 储量，为是否勘探及选择勘探方法提供依据。

4.3.2 矿石质量研究

基本查明矿石结构构造,矿物组合及含量,有用矿物粒度、嵌布特征、空间分布规律、化学成分,有用、有益、有害组分的种类、含量及分布规律;初步划分氧化带、混合带和原生带;基本确定矿石自然类型和工业类型,为矿山项目建议书和预可行性研究提供矿石质量依据。

钨矿石要特别查明黑钨类和白钨类比例及空间分布。

锡矿石要特别查明锡石锡、硫化锡和胶态锡三者比例及空间分布。

锑矿石要特别查明锑氧化率,并据此划分氧化矿石($w_B > 50\%$)、混合矿石(w_B 为20%~50%)和原生矿石($w_B < 20\%$)。

4.3.3 矿石加工技术条件研究

一般进行矿石的可选(冶)性试验或实验室流程试验;对生产矿山附近,有类比条件的易选(冶)矿石,可以进行类比评价,不作选(冶)试验;对难选(冶)矿石或新类型矿石,可进行实验室流程试验或实验室扩大连续试验,以便对主矿种及其共伴生组分做出综合评价。

4.3.4 矿床开采技术条件研究

4.3.4.1 水文地质

基本查明地表水体分布范围及水(流)量情况;收集、了解大气降水资料;根据区域水文地质条件圈出汇水边界。

基本查明矿区和矿床的含水层和隔水层的岩性、厚度、产状、分布及埋藏条件;含水层的裂隙或岩溶的发育程度、分布规律及其富水性;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;地下水的水量、水位(水压)、水质、水温及其动态变化;隔水层的隔水性能和稳定性。

基本查明断裂构造和破碎带的富水性及导水程度,各含水层之间及其与地表水的联系,矿体围岩的富水性和水压,老窿分布及其积水情况等对矿床开采的影响。

初步确定水文地质边界和矿坑主要充水因素,预测矿坑涌水量。

根据矿床充水的主要含水层的类型和水文地质条件,初步确定矿床水文地质条件复杂程度。

根据矿区及区域水文地质资料,评价矿区的供水水源条件,提出解决矿山供水的方向。缺水或干旱矿区要投入找水勘查工程。

4.3.4.2 工程地质

初步测定矿石、围岩的有关物理力学性质参数;基本查明矿区内断层、破碎带、风化软弱带、节理、裂隙带、岩溶等的分布范围;研究矿体及顶底板围岩的稳固性和露采边坡的稳定性;调查老窿、生产矿井的分布情况,大致圈出采空区范围;初步确定矿床工程地质条件复杂程度。

4.3.4.3 环境地质

基本查明围岩、矿石、地表水体、地下(热)水、废石中危害人体健康的放射性元素、有害组分种类和含量,收集矿区及附近地震、岩崩、滑坡、泥石流等自然灾害资料,综合水文、工程地质条件分析它们对矿山开发的可能影响;预测矿山开发可能引起的滑坡、塌陷、泥石流、地震、突水、地表水体水量减少或枯竭、水污染、大气污染、土岩污染等环境地质问题,分析它们对周边环境、人文景观等的可能影响。

矿床地质勘查阶段一般与水文、工程和环境地质勘查阶段相匹配;但水文地质、工程地质条件特别复杂或矿区位于人口密集区、城镇、旅游区、重要文物保护单位、水源地和森林区等附近,水文、工程和环境地质勘查工作要超前开展。

4.3.4.4 划分的技术条件类型

根据上述水文、工程、环境地质条件,综合划分矿床开采技术条件类型(3类9型)。

4.3.5 综合勘查综合评价

基本查明共、伴生矿产种类、含量、规模、赋存状态、分布范围和共伴生关系,对其工业利用价值做出评价。

钨矿床注意综合评价锡、铋、钼、铜、铅、锌、锑、锂、铌、钽、钴、铍、银、金、锆、镓、铟、镉及稀土元素等。

锡矿床注意综合评价钨、铋、铅、锌、铜、钼、铌、钽、银、硫等。

锑矿床注意综合评价金、银、砷、钨、汞、铋等。

汞矿床注意综合评价金、硒、铊等。

4.4 勘探阶段

4.4.1 地质研究程度

在详查阶段基础上，用加密取样工程及相应的工作，进一步查明矿床的地质特征，建立矿床地质模型；在三维空间上详细查明勘探区内钨、锡、锑矿体（层）和汞（含）矿体（层）的数量、分布范围；详细查明主矿体（层）的规模、形态、产状、空间分布、厚度、品位及变化情况，确定其连续性；估算探明的矿产资源 / 储量。

4.4.2 矿石质量研究

在详查阶段工作基础上，对主矿体（层）进行详细的矿石质量研究。详细查明矿石结构构造，矿物种类及含量，化学成分，有用、有益、有害组分及其含量，研究它们在矿体（层）内赋存状态和分布规律；对氧化作用强烈的矿床，要详细查明氧化带、混合带、原生带各自的矿石结构构造，矿物成分及含量，化学成分，有用、有益、有害组分及其含量，研究次生富集（贫化）规律，详细划分氧化带、混合带和原生带；详细划分矿石自然类型和工业类型及矿石品级，以满足矿山开采和预可行性或可行性研究的需要。

4.4.3 矿石加工技术条件研究

一般进行实验室流程试验，必要时进行实验室扩大连续试验；有类比条件的矿山，易选矿石进行可选（冶）试验或实验室流程试验；对难选的或新类型矿石，进行半工业试验，必要时大型矿山做工业试验，为预可行性或可行性研究和矿山建设设计选择最佳工艺流程提供依据。

4.4.4 矿床开采技术条件研究

4.4.4.1 水文地质

详细查明勘探区水文地质条件，准确划分其复杂程度；根据水文地质资料结合矿山开拓方案，采用合理方法计算首采区、第一开采水平的矿坑涌水量及动态变化，预测下一开采水平的涌水量；预测开采中可能出现的水文地质问题，并提出防治措施。

4.4.4.2 工程地质

详细测定主矿体（层）矿石和顶底板围岩的有关物理力学性质参数，包括硬度、块度、湿度、体积质量（体重）、含泥率、安息角、松散系数、抗压、抗剪强度等；详细查明矿区内断层、破碎带、风化软弱带、节理裂隙带、采空区、溶洞等的分布范围；详细研究矿体（层）及顶底板围岩的稳固性和露天采场边坡角的稳定性；确定矿床工程地质条件复杂程度；预测开采过程中可能出现的工程地质问题，并提出防治措施。

4.4.4.3 环境地质

详细查明水体、矿石、围岩、废石中危害人体健康的放射性元素、有害物质组分及含量，充分收集矿区及附近有关自然灾害资料，研究它们对矿山开采可能造成的影响程度并提出防治措施；预测矿山开采对环境、人文景观可能造成的危害程度并提出防治措施。

4.4.4.4 划分矿床开采技术条件类型

综合上述水文、工程、环境地质条件，准确划分矿床开采技术条件类型（3类9型）。

4.4.5 综合勘查综合评价

在勘探主矿种和主矿体（层）的同时，对矿体（层）中及勘探区内具有工业价值的共生矿产、伴生有益组分进行综合勘探和综合评价，必要时采用加密工程详细查明它们的品位、规模、分布范围、赋存状况、分布规律及与主矿种关系，计算矿产资源 / 储量，并研究综合回收利用的途径。

如需独立系统开采，则视市场需求布置专门的勘探工程。

5 勘查控制程度

5.1 勘查类型确定

5.1.1 勘查类型的划分

在地质观察和研究的基础上,从矿床实际出发,抓住主要因素,参照类似矿床的勘查经验划分勘查类型。

确定勘查类型要分清主、次矿体及其变化情况,如果主、次矿体在同一地段平行重叠分布,且间隔较小时,应以主矿体为准;若矿体间距较大,或主、次矿体分布于不同地段,勘查或开采都可以构成单独的系统,则主、次矿体应分别确定其矿床勘查类型。

随着勘查工作的不断深入,对原先划定的勘查类型应进行及时的检查与修正。

5.1.2 确定矿床勘查类型的主要参数

矿体规模、形态复杂程度、厚度稳定性、矿石有用组分分布的均匀程度、构造破坏程度等五个方面。

5.1.2.1 矿体(汞:含矿体)规模

矿体(汞:含矿体)规模分级详见表 E.1。

5.1.2.2 矿体(汞矿:含矿体)形态复杂程度

a) 简单,即外形规则,呈层状、似层状、薄板状矿体,产状变化¹⁾小或变化规律明显,内部无或很少有夹石和无矿天窗,基本无分枝复合或分枝复合有规律;

b) 较简单,即外形较规则,呈似层状、板脉状、扁豆状、透镜状、不规则的带状,产状变化较小,内部有夹石和分枝复合;

c) 复杂,即外形不规则,多呈透镜状、扁豆状、管状、楔状等,夹石及分枝复合现象出现频繁,产状变化大,且规律性不明显。

5.1.2.3 主要有用组分分布均匀程度

钨、锡、锑矿按品位变化系数划分有用组分分布均匀程度,详见表 E.2;汞矿按含矿系数划分矿化连续性,详见表 E.3。

5.1.2.4 厚度稳定性或矿体内部结构复杂程度

钨、锡、锑矿按厚度变化系数划分矿体厚度稳定程度,详见表 E.4;汞矿体内部结构复杂程度则按含矿体与其中的矿体产状是否一致及矿化富集规律明显与否来划分,详见表 E.5。

5.1.2.5 构造破坏程度

a) 小,即矿体基本无断层破坏或岩脉穿切,矿体的圈定和连接基本没有受影响或影响很小;

b) 中等,即矿体有断层破坏或岩脉穿切,矿体的圈定和连接受构造明显影响;

c) 大,即有较多断层或岩脉穿切,矿体的主体欠完整,错动距离大,严重影响矿体形态。

5.1.3 勘查类型划分

原则按照主矿体(汞矿:含矿体)规模、形态、厚度稳定程度(汞:含矿体内部结构)、有用组分稳定程度(汞:矿化连续性)、构造影响程度等因素,将勘查类型划为三类,详见表 1。各勘查类型实例详见附录 F。

1) 产状变化:变化小或较小,即受控于单一的波状褶皱(或断裂),含矿体产状与控矿构造一致;变化较大,即受控于产状复杂的褶皱(或断裂),含矿体产状与控矿构造基本一致;变化大,即控矿构造复杂,含矿体产状多变。

表 1 矿床勘查类型划分表

勘查类型	钨、锡、锑	汞
第Ⅰ类型 (简单型)	矿体规模达大型(钨为中等至大型), 形态简单—较简单,厚度稳定—较稳定, 主要组分分布均匀较均匀,构造破坏程度 小—中等	含矿体规模达大型,形态简单—较复杂,矿 化连续—基本连续,内部结构简单—较复杂, 构造破坏程度小—中等
第Ⅱ类型 (中等型)	矿体规模属中型,少数为大型,形态简 单—复杂,厚度稳定—不稳定,主要组分 分布较均匀—不均匀,构造破坏程度小— 中等	含矿体规模中等,形态复杂,矿化不连续, 内部结构复杂,构造破坏程度小—中等
第Ⅲ类型 (复杂型)	矿体规模为小型,少数为中型,形态复 杂,厚度不稳定,主要组分分布不均匀, 构造破坏程度中等—大	含矿体规模小,形态复杂,矿化不连续,内 部结构复杂,构造破坏程度中等—大

5.2 勘查工程间距的确定

5.2.1 勘查工程间距确定的依据

确定勘查工程间距的合理性主要是用控制矿体的连续性和稳定性来检验的,当一个矿床由多个稳定程度不等的矿体或矿段组成时,应根据各自特征分别确定工程间距。

5.2.2 影响勘查工程间距的主要因素

影响勘查工程间距的主要因素是矿床地质条件复杂程度、变化规律及矿体地质变量。对于钨、锡、锑矿体而言,一般以矿体规模、矿体形态复杂程度、有用组分的稳定程度、厚度稳定程度、构造破坏程度等作为主要地质变量;对于汞矿而言,则主要以含矿体规模、形态、矿化连续性、矿体内部结构及构造破坏程度作为主要地质变量。

5.2.3 确定勘查工程间距的方法

勘查工程间距确定的方法主要有三种:

- 第一种地质统计学方法,即对勘查工程数量较多的矿床,运用地质统计学中区域化变量的特征,确定最佳网度值;
- 第二种类比法,即对一般的中小型矿床,有类比条件时,运用传统类比法确定最佳网度值;
- 第三种试验法,即对大型或超大型矿床,应进行不同勘查手段的工程验证,确定最佳网度值。

最佳勘查网度的确定一般需采取多种方法逐步确定,不能一概而论,应采用由稀到密,稀密结合,由浅到深,深线结合,典型解剖,区别对待的原则进行部署。对于矿体地质变量了解少的勘查工作早期,一般采用类比法,参考同类同型或同类矿床达到控制程度的网度放稀(多倍)控制,选择典型地段进行解剖并获取足够的矿体地质变量的变化的参数,运用地质统计学,确定矿体地质变量的变化区间长度,以此为基础,确定最佳网度值。

5.2.4 不同勘查工作阶段及控制程度对工程间距的要求

不同勘查工作阶段及控制程度对工程间距要求如下:

- 预查,即只用极少量工程验证地质、物化探异常,达到大致了解矿体(化)情况的目的,故对工程间距不作要求;
- 普查,即主要根据验证异常和初步控制矿体的需要布置有限取样工程,对工程间距一般采用类比法,用稀疏工程初步控制矿体;
- 详查,即要用系统取样工程控制矿体,一般以矿体地质变量的变化区间长度的 1 / 2 为基本控制间距,达到基本确定矿体连续性的目的;
- 勘探,即在勘探区内已有系统工程控制的基础(详查阶段)上加密取样工程控制,最终达到肯定矿体的连续性,排除矿体连接的多解性。

5.2.5 不同矿种及不同矿床勘查类型工程间距的确定

不同矿种、不同矿床勘查类型，控制的矿产资源 / 储量按类比法确定的工程间距参考表见附录 G。

5.3 控制程度的确定

5.3.1 预查阶段应对发现的矿体或矿化异常，根据极少量工程取得的资料，估算预测的矿产资源量，为区域远景规划提供宏观决策的依据。

5.3.2 普查阶段除大致查明矿床、矿体地质特征外，应根据有限的取样工程数据并根据地质成矿规律

等估算推断的矿产资源量，作为矿山远景规划的依据。

5.3.3 详查阶段除基本查明矿床、矿体地质特征，矿石质量和加工技术特性，主要开采技术条件等外，根据系统工程取得的资料估算的控制的矿产资源 / 储量，一般应达到矿山最低服务年限的要求。

5.3.4 勘探阶段除详细查明矿床、矿体地质特征，矿石质量，加工技术性能，主要开采技术条件外，还应根据在系统工程基础上的加密工程取得的资料圈定、估算探明的矿产资源 / 储量，其中可采储量部分一般应满足矿山首期建设设计返本还息的要求。

5.3.5 对延伸很大的矿床，勘探垂深应根据矿床规模、类型的不同与投资者商定。

6 勘查工作及质量要求

6.1 地形及工程测量

应采用全国统一坐标系统和最新的国家高程基准点。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，建立独立坐标系测图，但必须详细说明所采用定位仪器的型号、定位的时间、程序、精度；确有困难，可采用独立坐标系测图，但必须说明假定坐标及高程的依据。测量的精度要求应执行 DZ / T 0091《地质矿产勘查测量规范》。不同比例尺的勘探线剖面应是实测的。

6.2 地质填图

不同勘查工作阶段应开展不同比例尺的地质填图工作，以满足所要求的地质可靠程度，其精度要求应按同比例尺地质填图规范要求执行：

a) 预查阶段：对有望地区，一般选择几条路线进行地质踏勘，地形底图最好使用同比例尺正规地形图，地质点一般采用地形地物定点；

b) 普查阶段：一般开展（1：50 000）～（1：5 000）地质填图，地形底图为正规（1：50 000）～（1：10 000）地形底图，或放大成 1：5 000 的地形底图，地质点一般采用地形地物定点，对蚀变矿化体或重要地质界线而言，若遇浮土覆盖则需用适量槽探、井探或浅钻工程稀疏揭露控制，勘查工程及勘探线剖面必须实测；

c) 详查和勘探：详查一般开展（1：5 000）～（1：2 000）地质填图（精测），勘探一般开展（1：2 000）～（1：1 000）地质填图（精测），必要时勘探阶段可开展 1：500 地质填图，所用地形底图需进行地形测量，精度需符合同比例尺的测量规范，对蚀变矿化体及重要地质界线，若遇浮土覆盖，需按一定的工程间距布设槽探、井探或浅钻工程揭露控制，所有地表工程、地质点、勘探线剖面均须用仪器法展绘到图上，对于薄矿体（层）、标志层及其他有特殊意义的地质现象，必要时应扩大表示。

6.3 物化探工作

6.3.1 依据矿床的地质、矿化特征及矿区的自然地理条件，选择有效的物探、化探方法进行综合勘查。对于钨、锡矿床，常选择开展大比例尺重力、磁法、自然电流法等地球物理测量及土壤地球化学测量或岩石地球化学测量等；对于铋、汞矿床，可选择投入联合剖面、大功率电法、构造地球化学、岩石地球化学、汞气测量、土壤地球化学等方法。各比例尺物化探工作的精度要求需遵守同比例尺的物化探规范，各项测试数据应准确可靠，各项改进、创新的计算程序必须经有资质的专家评审、认可后方可使用。物、化探新技术、方法的应用需在有效、经济的原则下投入。

6.3.2 应开展一定数量的参数测定，布置一定的地质地球物理、地球化学综合剖面（已知剖面）作为物化探推断解释的依据。应充分利用普查、详查钻孔开展井中物化探工作，寻找

盲矿体，便于研究解决矿体形态产状和连接关系。用作储量计算的测井资料，必须是定量解释的测井成果。

6.4 探矿工程

6.4.1 原则

根据矿体产状、形态及地形条件合理选择勘探手段。

6.4.2 槽探、井探、硐探

槽探深度应挖至基岩新鲜面，断面应尽可能平整；当浮土较厚（大于 3m）时以浅井或浅钻揭露，深度以掘至基岩为止，浅井井壁应平整。若地形有利则应用平硐探索浅部矿体的产状与矿化的变化情况；对老窿应有选择地进行清理。为了有效地指导深部探矿工程设计，地表的工程密度应比深部工程加密一倍，必要时可用沿脉槽探或沿脉平硐等。

6.4.3 坑探

一般用于矿床首采区或主要储量区，并尽量考虑为生产利用，对陡倾斜矿脉（尤其是薄板状矿脉）的沿脉坑道，应严格在脉内坑道掘进，并按勘探线间距用穿脉坑道穿透矿体。坑探工程质量按 DZ / T 0141 《地质勘查坑探工程规程》执行。

6.4.4 钻探

施工中除严格执行有关规程外，根据矿床特征，必须达到如下要求：

- a) 岩心平均采取率不低于 70%；
- b) 矿体及其顶底板 3 m~5 m 的围岩、近矿围岩蚀变带、控矿构造标志层的采取率不低于 80%；若连续有两个回次（或厚大矿体中连续 5 m 以上）采取率低于 80% 时，必须采取补救措施；
- c) 矿心应尽可能保持原状，特别注意矿心被粉碎后可能造成的贫化或富集的现象，为此，对多脉带矿体及破碎带控制的矿体，应严格控制钻探回次进尺的长度与钻进时间；采用金刚石钻探工艺时，穿矿孔径要满足取样要求；
- d) 必须按有关规程的质量要求，认真测量钻孔顶角和方位角，做好钻孔测斜、孔深校正、简易水文地质观测、原始记录、封孔及岩心保管等工作。钻孔弯曲度必须符合规程和地质设计要求，钻孔方位角偏斜距离的允许范围不能超过勘探线间距的五分之一，偏斜超差时要及时设法补救，见矿点（及厚度大于 30m 的矿体出矿点）应测定钻孔弯曲度。封孔质量不符合规程或设计要求时需返工重封。

6.5 化学分析样品的采取、加工和测试

6.5.1 基本分析样品

凡是矿化露头和探矿工程中揭露控制的矿体、矿化带及夹石、矿化带顶底板界线都应贯穿矿体全厚度连续采取基本分析样品，对不同类型、不同品级的矿石应分段连续采取，保证样品的代表性。

a) 取样方法：对槽探、井探、坑探工程及矿化露头，一般采用刻槽法；但视矿化均匀程度，也可采用刻线法、方格法。单样长度一般为 0.5 m~1.5 m，样槽断面规格为：刻槽法，(10 cm~5 cm) × (5 cm~3 cm)；刻线法，宽度为 1 m，线距一般为 20 cm~30 cm，线断面为 3 cm × 2 cm；方格法，宽度为 1 m，点距一般为 (20 cm~30 cm) × (10 cm~20 cm)。在勘探或详查阶段，一般应进行采样方法试验，选择代表性强且经济的采样方法及规格。穿脉坑道的样槽应在坑壁腰线上连续采取，沿脉样槽应在掌子面或顶底板采取，并按勘探线间距，在矿脉顶底板上应各有一个无矿样品控制矿脉的真实厚度；对钻探工程的矿心取样，应沿矿心纵轴分半采样，遇不同回次的矿心直径不同和采取率相差大的情况下，应分别采样。样长一般亦为 0.5 m~1.5 m。

b) 基本分析项目：主要有用组分（包括共生矿产）。

6.5.2 光谱全分析样品

为确定组合分析和化学全分析项目，需在矿体不同空间部位、不同矿石类型（或品级）及某些围岩、蚀变带取样，样品可从基本分析样的副样中挑取或单独采取。

6.5.3 组合分析样品

主要了解矿石伴生的有益和有害组分。

a) 取样：样品的组合要依据伴生元素的分布规律，按工程、分矿体、矿石类型从基本分析样的副样中提取，按基本分析样品长度的比例进行组合。

b) 分析项目：根据光谱全分析和化学全分析结果，结合矿床地质特点，对有实际意义的伴生组分（有益的和有害的）均应列为组合分析项目。

6.5.4 矿石化学全分析样品

为全面查定矿石中元素的种类含量，应在光谱全分析与岩矿鉴定的基础上进行矿石化学全分析。

取样样品可利用组合样，或专门采取有代表性的样品，不同类型的矿石应分别分析 1 件~2 件，以确定矿石的性质和特点。

6.5.5 物相分析样品

用于研究矿石中有益、有害组分在不同物相（或矿物）中的分配值、分配率。

a) 取样：样品可在基本分析样的副样中抽取，或用组合样品，为防止样品氧化必须及时进行，也可专门采取物相分析样品。

b) 分析项目：矿化主元素的全含量、硫化态、氧化态、硅酸态（锡）、硫盐态（锑）、自然态（汞）等相态含量。

6.5.6 单矿物分析

主要查明贵金属、稀散元素或稀有金属的赋存状态、分布规律、含量及其与主元素的关系，为选冶流程提供依据。

a) 取样：样品一般采自富矿体，在实验室内用各种机械分选方法获得；用作计算矿产资源 / 储量时，应按工程或按块段采集。一般送样质量为 2 g~20 g。

b) 分析项目：根据不同矿床、矿石矿物和查定目的确定。

6.5.7 样品加工

分析样品的制备必须严格按照切乔特公式进行缩分：

$$Q=Kd^2$$

式中：

Q——缩分后所取得的最小可靠质量（g）；

K——缩分系数；

d——样品碾碎后最大颗粒的直径（mm）。

K 值的大小一般采用经验值。钨矿一般采用 0.2~0.3；锡矿一般用 0.2，组分很不均匀时用 0.3~0.5；锑矿一般采用 0.2~0.3，若伴有贵金属组分，K 值用 0.4；汞矿一般采用 0.2，组分很不均匀时，采用 0.3~0.5。若遇新类型矿床，必要时，应进行 K 值试验。

在样品加工过程中，要求损失率不大于 5%，每次缩分误差应小于 3%，加工应严格遵守操作规程，严防混染。

样品缩分后，除满足基本分析、组合分析和全分析需要外，还需保留一定数量的副样。一般副样质量为 300 g~400 g。

6.5.8 化学分析质量

6.5.8.1 承担单位

样品测试必须由获得国家或省级资质和计量认证三级以上的测试单位承担。

6.5.8.2 内部质量检查

基本分析、组合分析、物相分析结果应分批、分期做内部检查分析，内检样由按原分析样品总数的 10% 在副样中抽取，编密码送原分析室进行分析。

6.5.8.3 外部质量检查

外检样品由原实验室从正样中按原分析样品总数的 5% 抽取，当矿床样品总数量较少时，外检样比例要视情况适当提高（一般不得少于 30 个）。

6.5.8.4 内、外检样品分析结果误差处理办法

按 DZ / T 0130.3—94《地质矿产实验室测试质量管理规范》执行，内检合格率不低 95%，外检合格率不低于 90%。

当内检超差时，应及时检查加工、化验质量，找出原因，及时处理；当外检超过允许误差时，双方应认真查明原因，必要时进行仲裁分析。

6.6 矿石选（冶）试验样品的采集与分析、试验

6.6.1 矿石选（冶）试验程度

由矿产勘查投资人决定。样品采集前，矿产勘查人应与试验单位共同编制采样设计书，经矿产勘查投资人批准后实施。

6.6.2 样品的采集

样品采取要考虑矿石类型、品级、组构特征和空间分布的代表性，并应考虑开采时的矿石贫化，组合后样品的平均品位（包括共生组分）一般应略低于矿区内所代表的矿石工业类型的平均品位，有多种矿石类型的样品混合时，其比例应与矿石类型储量比例一致，如果矿床规模大，物质组分复杂，还应分段采样。

6.7 岩石、矿石物理技术性能测试样品的采集与试验

6.7.1 为了估算矿产资源 / 储量和研究矿床开采技术条件，在详查、勘探中必须测定岩石、矿石和矿体顶底板围岩的物理力学性能。采样与试验项目一般包括：矿石的体积质量（体重）、湿度、块度、含矿系数（汞矿）；矿体顶底板围岩和矿石的稳定性、硬度、安息角以及抗压、抗剪、抗拉强度；采样方法、数量、质量按《金属非金属矿产地质普查勘探采样规定及方法》执行。

6.7.2 体积质量（体重）样应按矿石类型和品级分别采样，在空间上应有代表性。详查、勘探阶段，除每种主要矿石类型或品级的小体积质量（体重）样品数量不少于 30 个外，还应采取一定的大体积质量（体重）样，以便对体积质量（体重）进行校正；对疏松或多裂隙孔洞的矿石则采取一定的大体积质量（体重）样。小体积质量（体重）样为 $60\text{ cm}^3 \sim 120\text{ cm}^3$ ，且应在野外封蜡；大体积质量（体重）样不少于 0.125 m^3 。测定矿石体积质量（体重）时需同时测定它的主元素品位、湿度和孔隙度。当湿度大于 3% 时，体积质量（体重）值应进行湿度校正。

6.7.3 岩、矿石物理力学样采集重点放在矿体的上下盘，采样要有代表性，能反映出各种岩矿石的主要特征。

6.8 原始记录、综合整理和报告编写

矿产勘查各阶段，原始编录必须现场及时进行，编录须客观、准确、齐全反映第一性地质情况，重要地质现象除文字记录外，应有大比例尺素描图。各项原始编录资料应及时进行质量检查验收和综合整理。工作质量按 DZ / T 0078《固体矿产勘查原始地质编录规定》和 DZ / T 0079《固体矿产勘查地质资料综合整理、综合研究规定》执行。

在不同阶段的勘查工作结束时，要及时编写矿产地质勘查报告，具体按 DZ / T 0033—2002《固体矿产勘查 / 矿山闭坑地质报告编写规范》的要求编写。

6.9 新技术、新方法

提倡从野外工作开始，到资料整理、提交报告，全过程使用计算机技术及 RS 技术、GPS 技术、GIS 技术开展工作，尽量采用数字化技术处理，各种数据建立勘查成果数据库。

7 可行性评价

7.1 概略研究

指在普查阶段对矿床开发经济意义的概略评价。所采用的数据是我国同类型矿山几十年的经验数据。其目的是确定投资机会，其结果可信度低，只可作为矿床进一步勘查和矿山制定长远规划的依据。

概略研究可由地质勘查单位完成。

7.2 预可行性研究

指在详查阶段对矿床开发经济意义的初步评价。其结果具有较强的时效性，可信度一般，可作为矿床进一步勘探和（或）矿山制定总体规划的依据。

研究所提供的地质资料和矿床（区）地形地貌特征，借鉴类似矿山经验，对未来矿山建设提出原则方案，包括规模、开拓主要工程量、开采方式、方法、产品种类、产品质量、选矿工艺流程和矿山总体建设轮廓等；收集、研究矿床（区）所在地的经济地理资料，包括交通、水源、电源、燃料、动力、建筑材料、劳动力、生活资料供应情况及气候、生态环境等，结合矿山建设方案初步估算矿山建设总投资和矿山生产成本；收集、研究国内外市场当时钨、锡、汞、锑的需求量、产量、产品品种、产品质量和价格等资料并预测其未来趋势，初步估算未来矿山产值；用动态方法估算矿山的赢利能力，包括内部收益率、净现值、投资回收期等。预可行性研究结果直接作为矿山开发投资依据时，还需进行不确定性分析，指出矿山经营风险中最关键因素，计算盈亏平衡点。

钨、锡、锑是我国优势矿种，大型以上矿床要考虑我国的资源政策、出口政策和外汇管理政策及其未来可能的调整。

预可行性研究必须由有资质的单位完成。

7.3 可行性研究

指在勘探阶段对矿床开发经济意义的详细评价。其结果具有很强的时效性，可信度高，可作为矿山开发投资和设计的依据。

详细研究矿床规模、矿体空间的位置、矿石质量、矿床开采技术条件和气候、矿（床）区地形条件，提出多个可供对比的采、选方案，包括开采规模、开采方式、开拓方案、产品方案、选矿工艺流程、产品质量、开拓工程量、采矿损失量、贫化率、选矿回收率等。

详细收集、研究国内外市场钨、锡、汞、锑资源 / 储量、产量、产品种类及质量现状并预测其未来走势；系统调查、统计、分析国内外市场对钨、锡、汞、锑需求量、产品种类、质量要求和价格现状并预测其未来走势。

详细收集、评价矿山外部建设条件，包括交通、水源、电源、燃料动力、建筑材料、劳动力、生活资料供应情况等，结合矿山采、选方案，提出矿山总图运输。

对于钨、锡、锑矿还要研究我国的资源政策、出口政策、外汇管理政策及未来走势。

大型以上矿床要开展国民经济分析。

用动态方法开展经济效益分析，包括投资总额、投资回收期、总成本、总产值、内部收益率、净现值等。开展不确定性分析，指出矿山经营风险最关键因素，计算盈亏平衡点。

可行性研究必须由有资质的单位完成。

8 矿产资源 / 储量分类及类型条件

8.1 矿产资源 / 储量分类依据

8.1.1 分类依据

储量和资源量分类依据是地质可靠程度、可行性评价程度和经济意义。

8.1.2 地质可靠程度

分为预测的、推断的、控制的、探明的。

8.1.2.1 预测的

是指具有矿化潜力较大地区经过预查得出的结果。在有足够的数据并能与地质特征相似的已知矿床进行类比时，才能估算出预测的资源量。

8.1.2.2 推断的

是指对普查区按照普查的精度大致查明矿床的地质特征以及矿体的展布特征、品位、质量等，也包括那些由地质可靠程度较高的基础储量或资源量外推的部分。矿体的连续性是推断的。矿产资源数量的估算所依据的数据有限，可信度较低。

8.1.2.3 控制的

是指对矿区的一定范围依照详查的精度基本查明了矿床的主要地质特征、矿体的形态、产状、规模、矿石质量、品位及开采技术条件，矿体的连续性基本确定，矿产资源数量的估算所依据的数据较多，可信度较高。

8.1.2.4 探明的

是指在矿区的勘探范围内依照勘探的精度详细查明了矿床的地质特征、矿体的形态、产状、规模、矿石质量、品位及开采技术条件，矿体的连续性已确定，矿产资源数量估算所依据的数据多，可信度高。

8.1.3 可行性评价程度

分为概略研究、预可行性研究和可行性研究，具体要求见前述。

8.1.4 经济意义

分为经济的、边际经济的、次边际经济的和内蕴经济的。

8.1.4.1 经济的

其数量和质量是依据符合市场价格确定的生产指标计算的。在可行性研究或预可行性研究当时的市场条件下开采，技术上可行，经济上合理，环境等其他条件允许，即每年开采矿产品的平均价格能足以满足投资回报的要求，或在政府补贴和（或）其他扶持措施条件下，开发是可能的（投资收益率高于国家或行业基准收益率）。

8.1.4.2 边际经济的

在进行可行性研究或预可行性研究之时，其开采是不经济的，但接近盈亏边界（投资收益率介于0与国家或行业基准收益率之间），只有在将来由于技术、经济、环境等条件的改善或政府给予其他扶持的条件下才可变成经济的。

8.1.4.3 次边际经济的

在进行可行性研究或预可行性研究之时，开采是不经济的或技术上不可行的（投资收益率小于0），需大幅提高矿产品价格或由于技术进步，使成本降低后方能变为经济的。

8.1.4.4 内蕴经济的

仅通过概略研究做了相应的投资机会评价，未做预可行性或可行性研究。由于不确定因素多，无法区分其是经济的、边际经济的，还是次边际经济的。

8.2 矿产资源 / 储量类型

8.2.1 储量

8.2.1.1 经济的可采储量（111）

探明的经济基础储量的可采部分，是指在已按勘探阶段要求加密工程的地段，在三维空间上详细圈定了矿体，肯定了矿体的连续性，详细查明了矿床地质特征、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，已进行了可行性研究，包括对开采、选冶、经济、市场、法律、环境、社会和政府等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，内部收益率高于国家或行业基准收益率。估算的可采储量及可行性评价结果可信度高。

8.2.1.2 经济的预可采储量（121）

它所达到的勘查阶段、地质可靠程度同（111），但只进行了预可行性研究，表明当时开采是经济的，内部收益率高于国家或行业基准收益率。估算的可采储量可信度高，但可行性评价结果的可信度一般。

8.2.1.3 经济的预可采储量（122）

它是控制的经济基础储量的可采部分，指已达到详查工作程度要求的地段，地质勘查达到控制的程度，经预可行性研究结果表明开采是经济的，内部收益率高于国家或行业基准收益率。估算的可采储量可信度较高，可行性评价结果的可信度一般。

8.2.2 基础储量

8.2.2.1 经济的基础储量 (111b)

它所达到的勘查阶段,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,与其惟一差别在于本类型是用未扣除设计、采矿损失的数量表述。

8.2.2.2 经济的(预可研)基础储量 (121b)

它所达到的勘查阶段、地质可靠程度、可行性评价阶段及经济意义的分类同(121)所述,与其惟一差别在于本类型是用未扣除设计、采矿损失的数量表述。

8.2.2.3 经济的(预可研)基础储量 (122b)

勘查阶段、地质可靠程度、可行性评价阶段及经济意义均与(122)相同,差别在于用未扣除设计、采矿损失数量表述。

8.2.2.4 边际经济的(可研)基础储量 (2M11)

是指在达到勘探阶段工作程度要求的地段,详细查明了矿床地质特征、矿石质量、开采技术条件,圈定了矿体的三维形态,肯定了矿体连续性,有相应的加工选(冶)试验成果。可行性研究结果表明,在确定之时,开采是不经济的,但接近盈亏边界,内部收益率介于0和国家或行业基准收益率之间,只有当技术、经济等条件改善后,才可变成经济的。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,估算的基础储量和可行性评价结果的可信度高。

8.2.2.5 边际经济的(预可研)基础储量 (2M21)

它所达到的勘查阶段、地质可靠程度、分布特征与(2M11)完全相同,但只进行过预可行性研究,估算的基础储量可信度高,但可行性评价结果的可信度一般。

8.2.2.6 边际经济的(预可研)基础储量 (2M22)

指达到详查工作阶段要求的地段,基本查明了矿床地质特征、矿石质量、开采技术条件,基本圈定了矿体的三维形态,预可行性研究结果表明,在确定之时,开采是不经济的,但接近盈亏边界,内部收益率介于0与国家或行业基准收益率之间,待将来技术、经济条件改善后可变成经济的,这部分基础储量可以覆盖全详查区,也可以是详查区的一部分,可以在可采储量(122)周围或其间分布。估算的基础储量可信度较高,可行性评价结果的可信度一般。

8.2.3 资源量

8.2.3.1 次边际经济的(可研)资源量 (2S11)

是指在已达到勘探阶段工作程度要求的地段,地质可靠程度已达到探明的,经可行性研究结果表明,在确定当时,开采是不经济的,内部收益率小于0,需要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。所估算的资源量和可行性评价结果的可信度高。

8.2.3.2 次边际经济的(预可研)资源量 (2S21)

指勘查工作阶段和地质可靠程度同(2S11),但只进行过预可行性研究,在确定之时,开采是不经济的,内部收益率小于0。估算的资源量可信度高,可行性评价结果的可信度一般。

8.2.3.3 次边际经济的(预可研)资源量 (2S22)

是指已达到详查工作程度要求的地段,地质可靠程度为控制的,预可行性研究结果表明,在确定之时,开采是不经济的,内部收益率小于0,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,可行性评价结果的可信度一般。

8.2.3.4 内蕴经济的资源量 (331)

在已达到勘探程度要求的地段,地质可靠程度已达到探明的,但未做可行性研究或预可行性研究,仅做了概略研究,经济意义尚不确定。估算的资源量可信度高,可行性评价可信度低。

8.2.3.5 内蕴经济的资源量 (332)

是指勘查工作程度已达到详查阶段要求的地段，地质可靠程度为控制的，可行性评价仅做了概略研究，经济意义尚不确定。估算的资源量可信度较高，可行性评价可信度低。

8.2.3.6 内蕴经济的资源量（333）

是指在勘查工作程度只达到普查阶段要求的地段，地质可靠程度为推断的，资源量只根据有限的的数据估算，其可信度低。可行性评价仅做了概略研究，由于不确定因素多，故其经济意义无法区分是经济的、边际经济的，还是次边际经济的。

8.2.3.7 预测的矿产资源量（334）？

根据区域地质、地球物理、地球化学、遥感等工作，确定具有矿化潜力的地区，勘查工作只达到预查程度，并根据地质、物化探异常预测矿体（层）的存在和有极少量工程验证，其资源量是根据与其地质特征相似的已知矿床类比估算的，可信度很低，其经济意义尚不确定，属于潜在矿产资源，只能作为勘查工作规划的依据。

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 工业指标定义

工业指标是在当前技术经济条件下评价矿床的工业价值，圈定矿体，估算矿产资源 / 储量的依据。

9.1.2 工业指标的确定

9.1.2.1 类比法

可参考本规范附录 I 或《矿产工业要求参考标准》推荐的一般工业指标，也可类比类似矿床的工业指标。

9.1.2.2 统计法

利用试样的化验分析结果对矿物的主要有用组分按不同的含量区间作统计计算，求出各品位含量区间的频率分布特征，再根据主要有用组分的含量频率分布特征并结合矿区其他地质条件确定边界品位和最低工业品位。

9.1.2.3 价格法

一般根据产品价格，采、选（冶）综合回收率及综合生产成本等参数确定，并用“收支平衡品位”确定最低工业品位。

9.1.2.4 方案法

从矿石储量和质量、矿山生产规模、矿体开采的难易程度、矿石的损失与贫化、金属回收率、投资费用及经济效益等各方面进行综合分析论证来确定。根据矿床地质的实际资料，以充分合理利用矿产资源和有较好的经济效益为前提，经多方案试算对比，一般以净现值为 0 和内部收益率与行业基准收益率（一般为 8%~12%）相等为标准所对应的品位为边界品位，而且应根据不同的边界品位，估算矿产资源 / 储量，绘制矿产资源吨 / 品位曲线，为矿产资源 / 储量的动态管理创造条件。

9.1.3 不同勘查阶段确定工业指标的方法

不同勘查阶段确定工业指标的方法应不完全相同。一般预查、普查阶段多用类比法确定；详查阶段常用统计法、价格法确定；勘探阶段一般采用方案法确定。

9.1.4 工业指标的主要内容

有边界品位、最低工业品位、矿区（床）平均品位、最低可采厚度、夹石剔除厚度，对小于可采厚度而品位较高的矿体，采用米百分值。对工业能够利用的共生矿产及伴生组分，应提出综合指标。

钨、锡、汞、铋一般工业指标参考附录 J。

9.2 矿产资源 / 储量估算的一般原则

9.2.1 除预查、普查阶段可使用本规范的工业参考指标外，详查、勘探阶段必须严格使用投资方（业主）提出并经矿产资源主管部门正式审批下达的工业指标。

9.2.2 参与矿产资源 / 储量估算的各项工程质量均须检查合格，不合格的工程不能参与相应控制程度的矿产资源 / 储量类别估算。

9.2.3 共生组分应与主金属等同估算矿产资源 / 储量；伴生有用组分必须是在查明组分赋存状态、分布规律、回收利用途径的基础上，采用组合分析或精矿分析的数据与主金属同时进行估算；分散元素可根据单矿物分析或精矿分析资料估算。

9.2.4 必须根据矿体的产状、形态和勘查工程布置形式，选择最合理的估算方法，并论证其正确性。较常用的有传统的几何法、地质统计学法及 SD 法。对于使用新软件估算矿产资源 / 储量的，必须经矿产资源储量主管部门组织专家鉴定验收后，方可使用。

9.2.5 根据矿床控制程度，按矿体、分块段、矿石类型、矿产资源 / 储量类别分级估算矿石量、平均品位、金属量，并在计算图件上标明各类储量（或基础储量）、资源量在地质空间的分布。

9.2.6 估算已开采的矿床时，应扣除截止到勘查工作结束时的采空区储量；对埋藏在永久性建筑物及文化古迹以下的矿体，应列出基础储量（资源量）数据。

9.2.7 对估算方法及其结果的正确性应进行检验，要选择一部分有代表性的矿体或块段，采用其他方法进行检验估算。

9.3 确定矿产资源 / 储量估算参数的要求

9.3.1 面积测定

块段面积的测定可采用几何图形法、求积仪法、方格纸法、称量法及其他方法，面积应测定两次以上；要求其误差在 2% 以内，面积取其平均值。

9.3.2 平均品位计算

9.3.2.1 单工程平均品位计算

一般用样长加权求得，遇有特高品位时，则应处理特高品位后再计算。

9.3.2.2 特高品位处理

通常品位值高于矿体（床）平均品位 6~8 倍的样品称为特高品位，当品位变化系数大时取上限值，变化系数小时取下限值。处理特高品位前，首先应对被视为特高品位的样品的副样进行第二次内检分析，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。处理的方法是用特高品位参加其所影响的块段或单工程平均品位计算，用计算出的块段或单工程（矿体厚度较大时）平均品位代替该样品参与块段或单工程平均品位的正常计算；如果特高品位呈有规律分布，且可圈出高品位带时，则应单独圈出估算，不再进行特高品位处理。

9.3.2.3 块段平均品位计算

用地质块段法计算矿产资源 / 储量时，块段平均品位通常用单工程（或样品段）厚度加权法求得，用垂直剖面法和水平断面法计算时，先采用单工程厚度加权，再采用面积进行加权求取块段平均品位。

9.3.3 平均厚度计算

用于地质块段法的矿体厚度，都应是垂直于矿体投影平面的假厚度。块段平均厚度的计算，一般用算术平均法。当厚度变化大而工程分布不均匀时，则用加权平均。

9.3.4 矿石体积质量（体重）

一般致密矿石用小体积质量（体重）平均值估算储量。不同类型的矿石应分别使用各自的体积质量（体重），对裂隙发育、氧化疏松矿石应采用大体积质量（体重）平均值估算储量，当体积质量（体重）与品位正相关时，也可用回归法计算体积质量（体重），当矿石湿度大于 3% 时，矿石体积质量应予以校正。

9.3.5 含矿系数

汞矿床含矿系数必须客观地反映含矿体内具有工业价值的矿石比值，一般以具方向性的线性系数较为合理，宜按矿化富集规律或矿体分布变化特征灵活确定估算方法，不得简单地就矿连矿或用见矿工程率、见矿工程控制面积率及体积率取代。含矿系数一般先修正矿石量，再估算金属量。

9.4 矿产资源 / 储量分类结果表

根据矿体的经济意义、可行性评价程度、地质可靠程度，对勘查工作所获得的矿产资源 / 储量进行分类，并编制分类结果表。表中在说明矿石量、金属量、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 / 储量编码。

附 录 A
(规范性附录)
固体矿产资源 / 储量分类

表 A. 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。

附 录 B
(资料性附录)

钨、锡、汞、锑矿床规模划分标准

B.1 钨、锡、汞、锑矿床规模划分标准表

矿种名称	单 位	矿 床 规 模		
		大 型	中 型	小 型
钨	WO ₃ (万吨)	>5	1~5	<1
锡	Sn (万吨)	>4	0.5~4	<0.5
汞	Hg (吨)	>2 000	500~2 000	<500
锑	Sb (万吨)	>10	1~10	<1

附 录 C
(规范性附录)
汞的环保要求

汞是当前环境污染的最大公害之一。汞的污染分有机汞与无机汞两类,无机汞毒性较小,由呼吸道进入人体较之消化道进入者危害性大;有机汞通过生物界复杂的食物链可富集近数百至数十万倍。震惊世界的日本水俣病,即源于含汞废水。

a) 目前国家工业“三废”排放试行标准 GB / T 4—73 对汞的要求为:

1) 废水最高容许排放浓度: 0.005 mg / L

2) 废气:

烟囱高度 (m)	20	30	40	60
----------	----	----	----	----

最高允许排放浓度 (mg / m ³)	0.01	0.02	0.04	0.06
---------------------------------	------	------	------	------

b) 国家工业企业设计卫生标准 GBJ 3—73 要求:

居民区大气中含汞最高容许浓度日平均 0.000 3 mg / m³。

附 录 D
(资料性附录)
汞矿含矿体的圈定

汞矿的矿化一般极不均匀，各采样线间，品位呈跳跃变化，且不因加密测线而异。按勘查工程控制、圈定的“矿体”，开采时常见矿石与不稳定夹石随机交错，以致采场互不连续，或越出圈定边界，实为矿体相对密集的地质体。

含矿体按含矿系数与品位乘积及控矿地质特征圈定。为此，矿床的地质研究程度将直接影响到合理圈定含矿体的问题。具体用于圈定含矿体边界的标志能否定量，也主要取决于地质研究程度。

含矿体一般分两个步骤圈定，首先在乎面（或纵投影面）上圈定，然后在断面方向圈定。平面圈定含矿体均按见矿勘查工程内推或外推的原则，结合控矿地质构造条件，用直线或自然曲线连接、圈定。断面圈定一般以控矿地质标志为依据，随各矿床的地质特征及地质研究程度而异。含矿体的边界可以是矿体边界，也可以按控矿标志超越矿体边界。以往沿用于圈定边界的具体方法如下：

a) 含矿边界明显，含矿体厚度不大，矿体直接受控于标志面——包括覆盖层或断裂面，含矿体边界即按标志面圈定；

b) 含矿边界不明显，含矿体厚度较大，矿体在含矿部位内跳跃变化，含矿边界分别按以下方法确定，即：

1) 以矿体顶、底界以外的结晶辰砂为边界。
2) 按统计规律，首先确定见矿概率最大部位，再分别按矿体及辰砂的分布情况圈定边界，即在最大见矿概率部位内，按辰砂的顶、底界为边界；矿体在该部位内，辰砂连续分布至其外，按最大见矿概率部位的顶、底为边界；矿体自该部位连续至其外，以矿体顶或底为边界。

3) 有条件确定含矿体边界品位的矿床，按定量指标圈定。

附 录 E
(资料性附录)

钨、锡、汞、锑矿床勘查类型确定因素参考

表 E.1 矿体规模分级参考表

矿 种	参 数	矿体规模			备 注
		大	中	小	
钨	长 m	>1 000	1 000~300	<300	
	延深或宽 m	>600	600~200	<200	
锡	长 m	>700	700~300	<300	若矿体为管条状, 则: 倾斜长大于 500 m, 截面积大于 200 m ² 为大型; 倾斜长为 500 m~200 m, 截面积为 200 m ² ~30 m ² 为中型; 倾斜长小于 200 m, 截面积小于 30 m ² 为小型
	延深或宽 m	>200	200~100	<100	
锑	长 m	>600	600~300	<300	
	延深或宽 m	>400	400~200	<200	
汞	长轴 m	>600	600~200	<200	此处规模指的是汞矿的含矿体规模
	短轴 m	>100	100~40	<40	

表 E.2 主要有用组分分布均匀程度分级参考表

均匀程度	品位变化系数 %		
	钨	锡	锑
均匀	<50	<60	<70
较均匀	50~130	60~120	70~125
不均匀	>130	>120	>125

表 E.3 矿化连续性分级参考表

连 续 性	汞含矿系数
连续	≥0.7
基本连续	0.5~0.7
不连续	≤0.5

表 E.4 厚度稳定程度分级参考表

稳定程度	厚度变化系数 %		
	钨	锡	锑
稳定	<60	<50	<65
较稳定	60~80	50~100	65~100
不稳定	>80	>100	>100

表 E. 5 汞矿体内部结构复杂程度分级表

级 别	特 征
简单	矿体产状与含矿体一致，矿化富集规律明显
较复杂	矿体产状与含矿体不一致，矿化富集规律明显
复杂	矿体产状与含矿体不一致或矿体产状多变，矿化富集规律不太明显或不明显

附 录 F
(资料性附录)

钨、锡、汞、锑矿床勘查类型划分实例

表 F.1 钨、锡、汞、锑矿床勘查类型划分实例

矿种	勘查类型	矿床实例	主矿体规模			矿体形态	品位变化系数 %	厚度变化系数 %	构造破坏程度	矿化连续性	夹石情况	备注
			长 m	延深或宽 m	厚度 m							
钨	第 I 类型	湖南瑶岗仙矽卡岩型白钨矿床	2000	>1000	一般：10~40 平均：20	缓倾斜似层状	86	较稳定		基本连续	偶见	
		江西漂塘石英细脉带型钨锡矿床的 I、III 矿带	880~1230	470~560	10~20	细脉带	26~42	42~40	小	基本连续	少	
	第 II 类型	江西盘古山石英大脉型钨铋矿床	400~800	400~800	0.3~0.72	陡倾斜薄板状至厚板状	220~242	稳定	小	基本连续		
		湖南邓阜仙石英大脉型钨铜锡矿床	400~1000	300~550	0.3~0.5	陡倾薄板状	170~400	较稳定		基本连续		
	第 III 类型	江西棕树坑石英大脉型钨锡矿床	80~150	150~300	0.16~0.45	陡倾薄板状	200	40	小			
		湖南沃溪层状浸染型钨铋金矿床	100~300	200~1500	0.2~3	板柱状、透镜状、囊状	285	70	小	不连续		

表 F. 1 (续)

矿种	勘查类型	矿床实例		主矿体规模			矿体形态	品位变化系数 %	厚度变化系数 %	构造破坏程度	矿化连续性	夹石情况	备注
				长 m	延深或宽 m	厚度 m							
锡	第 I 类型	广西大厂长坡区硫化物—硫酸盐型矿体	92 号	700	1130	5~79 平均 26.53	似层状	169	14	五	连续	很少	又如云南个旧松树脚锡石—硫化物砂卡岩型 I—1 号矿体
			91 号	480	1030	14.28	似层状 透镜状	142	82	无	连续	偶见	
	第 II 类型	广东阳春锡山锡石—石英脉 18 号矿体		400	200	12	似层状	75~85	60~80	中等			又如广西栗木老虎头蚀变花岗岩型矿床; 云南个旧马拉格锡石—硫化物型 22 及 4 号矿体; 广东长铺锡石—石英型 V2 矿体; 广西大厂长坡区硫化物—硫酸盐型 0 号矿脉等。
	第 III 类型	云南个旧老厂锡矿床 2~4 号矿体		266	92	平均脉幅: 5.6	层脉组合, 形态复杂	131					又如, 云南个旧卡房 1—2—1 号矿体、广东阳春锡山锡石—石英型 9 号矿体

表 F. 1 (续)

矿种	勘查类型	矿床实例	主矿体规模			矿体形态	品位变化系数 %	厚度变化系数 %	构造破坏程度	矿化连续性	夹石情况	备 注
			长 m	延深或宽 m	厚度 m							
锑	第 I 类型	湖南锡矿山飞水岩锑矿床 1 号矿体	1 010	753	一般: 1~5 平均: 3	似层状	65	62	很小	连续	少	又如甘肃崖湾锑矿 6 号矿脉、云南木利锑矿 1 号矿层等
		贵州半坡锑矿 I 号矿脉	1 196	430	3.74	陡倾斜交错脉状	124	114	很小	基本连续	少	
		湖南锡矿山飞水岩锑矿床 II 号矿层的主矿段	1 600	410	一般 3~17.8 平均: 5.62	似层状	89	88	很小	较连续	较多夹石	
	第 II 类型	湖南板溪锑矿床的蒋家冲 2 号矿脉	900	620	0.33	陡倾交错型薄板状	63	97	小	基本连续	少	又如湖南渣滓溪锑矿床 9 号矿脉
	第 III 类型	安徽花山锑金矿 III 号矿脉	240	120	1.82	透镜状	120	113	小	不连续		又如江西宝山锑金矿、广西赵家岭锑矿床
汞	第 I 类型	贵州务川木油厂汞矿床 449 号矿体	3 300	246~436	3.15	似层状	49~64	41~58	小	连续		
		贵州万山杉木董汞矿床主含矿体	1 250	40~120	5.3	似层状	含矿系数 0.74		小	连续		
		贵州铜仁沙落湾一回龙溪汞矿	400~1100	40~220	数米	似层状层带状	含矿系数 >0.5			较连续		
	第 II 类型	贵州丹寨宏发厂汞矿	120~440	60~200	数米至十余米	层带状或透镜状		内部结构较复杂		不连续		又如贵州铜仁路腊汞矿
	第 III 类型	贵州万山冷风洞汞矿床 I 号含矿体	360	8~30	0.5~2.75	似层状、扁豆状、豆荚状				不连续		

附 录 G
(资料性附录)

钨、锡、汞、锑矿床勘查工程间距

表 G.1 钨、锡、汞、锑矿床勘查工程间距参考表

矿种	矿床 勘 查 类 型	勘查工程间距 m		备 注
		控 制 的		
		沿走向	沿倾向	
钨	I	坑：100～120 钻：100～200	坑：100～200 钻：80～200	
	II	坑（穿脉）：80～100 钻：80～100	坑（沿脉）：100 坑（穿脉）：80～100 钻：60	
	III	坑（沿脉或穿脉加短沿脉）：50～60 钻：50	坑（沿脉或穿脉加短沿脉）：40～50 钻：40	
锡	I	80～120	80～120	（1）似层状与脉状或管条状与脉状组合而成的矿体，应根据具体情况控制主体部分或分别布置工程； （2）管条状矿体的水平截面控制工程应在两个以上，其布置形式可采用平行穿脉或“十”字型穿脉或扇形水痘钻控制； （3）对于第Ⅱ、第Ⅲ类型的板脉状矿体，一般采用沿脉坑道为主，配合钻探或穿脉部拉短沿脉进行勘查。
	II	60～80 管条状：20～40	40～60 管条状：30～40	
	III	40～50 管条状：10～20	30～40 管条状：30～40	
汞	I	240～120	80～40	（1）汞矿多呈带状分布，含矿体长：短轴之比一般为 5：1 至 10：1，宜用勘探线法布置工程，勘探线的方向应垂直长轴； （2）汞矿一般隐伏并具多层以性，宜用钻探为主勘查手段；但由于矿化的特殊复杂性，了解含矿体的内部结构，研究矿化富集规律等又必须用坑探，若地形条件允许，勘探阶段宜适当增加坑探工程量。
	II	120～60	40	
	III	120～60	40～20	
锑	I	坑：80～100 钻：80	坑：两个中段高 钻：60～120	（1）缓倾斜矿床，中段高一般为 20 m～35 m，陡倾余矿床中段高一般为 40 m～60 m； （2）对第Ⅲ类型矿床而言，只能“边采边探”。
	II	60～80	坑：一至两个中段高 钻：40～60	
	III	30～40	坑：一个中段高 钻：30～40	

注 1：表中所列为详查工程间距，勘探工程间距原则上加密 1 倍以上；
表中所列工程间距是指工程实际控制矿体的斜距；
当矿体的走向长与倾斜长有显著差别时，表中所列工程间距要作相应调整；
划分勘查类型、选择勘查手段和确定勘查工程间距，要充分考虑各矿床地质特征和矿体的具体地质因素，必须从实际出发，及时地综合研究，合理地布置勘查工程，不宜机械大胜或简单地以工程密度取代地质研究程度。

附 录 H

(资料性附录)

钨、锡、汞、锑矿床主要工业类型

表 H.1 钨矿床主要工业类型简表

矿床类型	地质特征	成矿时代	矿体形态及规模	矿石类型及结构构造	主要金属矿物	矿石质量		矿床规模	类型相对重要性	矿床实例
						WO ₃ 质量分数 %	伴生组分			
砂卡岩钨矿	产于花岗岩类岩体与碳酸盐岩或火山—沉积岩系接触带及其附近	古生代至新生代,以中生代为主	似层状、透镜状、少量脉状,厚数米至百余米,走向可达 1 km~2 km,倾向达 1 km	白钨矿矿石;块状、角砾状、细脉状、浸染状	白钨矿,伴生辉钼矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、锡石及铍矿物	0.2~2.5	Mo Pb Zn Cu Bi Au Ag Sn	小、中、大型,有时为特大型	重要	湖南瑶岗仙、大溶溪
斑岩钨矿	产于花岗石类(花岗闪长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩)岩体上部或顶部内外接触带中,具钾化、绢云母化、泥化、青磐岩化	侏罗纪为主,次为白垩纪	透镜状、带状,长宽为数百米、厚数十米	白钨矿矿石或钨矿矿石;网脉状	白钨矿或黑钨矿,伴生辉钼矿、锡石、辉钼矿、闪锌矿、黄铁矿、方铅矿、方钴矿	0.2~0.6	Cu Sn Mo Pb Zn Fe S Bi Au Ag	小、中、大型	次要	广东莲花山,江西阳储岭
云英岩钨矿	产于花岗岩类岩体上部及顶部硬砂岩、砂岩和页岩层中,花岗岩围岩中常见钾长石化和云英岩化	中生代至新生代	脉状、镶柱状、网脉矿化体,面积为几万至几十万平方米,深可达千米以上	黑钨矿矿石;块状、细脉状、浸染状	黑钨矿,伴生白钨矿、辉钼矿、锡石、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿	0.2~2.0	Mo Bi Sn	小、中型	次要	江西九龙脑,湖南柿竹园
石英脉钨矿	产于花岗岩类岩体上部与围岩的内外接触带裂隙中,花岗岩具钾长石化、云英岩化,泥质岩具角岩化	中生代和新生代为主、古生代次之	脉状和脉带状,厚几厘米至几米,脉带可达几十米,走向长可达 1 km~2 km,倾向达 700 m,常有几百条平行脉	黑钨矿矿石、白钨矿矿石;块状、细脉状,时见角砾状、浸染状	黑钨矿,有时为白钨矿,伴生锡石、辉钼矿、黄铁矿、辉钼矿、钽铌矿物、方铅矿、闪锌矿、绿柱石	0.2~2.4	Sn Mo Bi Nb Ta Be	小、中、大型	重要	江西华山、浒坑
硅质岩钨矿	产于沉积及火山—沉积岩的硅质岩中,有工业意义者为变质的类似物	古生代	层状、似层状、透镜状,矿带长数百至千米,最长 2 600 m,宽百余米至数百米,厚数米至百余米	黑钨矿及白钨矿矿石;微细粒浸染状,条带状	含钨赤铁矿、钨酸铁矿(微细料)、白钨矿,伴生菱铁矿、辉钼矿	0.2~0.5	Cu Fe S Mo Au Ag Bi	小、中、大型	潜在资源为主	江西枫林,广西大明山

表 H.2 锡矿床主要工业类型简表

矿床类型	地质特征	成矿时代	矿体形态及规模	矿石类型及结构构造	主要金属矿物	矿石质量		矿床规模	类型相对重要性	矿床实例
						Sn 质量分数 %	伴生组分			
砂卡岩锡矿	产于花岗岩类岩体与碳酸盐岩石内外接触带, 远离岩体出现各种成分似层状、沿层透镜状、脉状矿床	中生代为主	似层状、透镜状、囊状、脉状, 厚数米到数十米、延深数十米到数百米	原生锡石矿; 浸染状、块状、网脉状	锡石, 伴生磁黄铁矿、闪锌矿、黄铁矿、毒砂、方铅矿	0.3~1.0	Fe Cu Pb Zn	小、中、大型、特大型	重要	云南个旧, 广西大厂
斑岩锡矿	产于浅成—超浅成酸性斑岩岩体内接触带, 具黄玉绢英岩化、云英岩化、绿泥石化、硅化	中生代和新生代为主	筒状、复杂形态, 平面面积一般小于 1 km ² , 延深达数百米	原生锡石矿; 网脉状	锡石, 伴生黑钨矿、辉钼矿、辉铋矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿	0.1—0.6	W Mo	中、大型	重要	广东银岩、西岭
锡石硅酸盐脉锡矿	产于花岗岩类岩体外接触带的硅铝质岩石中, 近岩体常以电气石为主, 远岩体以绿泥石为主	中生代为主, 次为古生代	脉状、带状矿化体、镶柱状网脉体, 矿化深达数百米	原生锡石矿; 浸染状、带角砾状	锡石, 伴生有铜和锌的硫化物, 有时有黑钨矿	0.4~3.0	W Cu Bi Ln Pb Zn	小、中、大型、特大型	重要	云南铁厂
锡石硫化物脉锡矿	产于花岗岩类岩体外接触带的硅铝质岩石中	中生代为主, 其次为第三纪	脉状、带状矿化体、柱状、似层状、透镜状	原生锡石矿; 浸染状、角砾状	锡石为主, 伴生磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿	0.2~2.0	Cu Zn Pb Ln W Ag	小、中、大型	次要	内蒙古大井
石英脉及石英—LU 石锡矿	产于中深成花岗岩类岩体与硅铝质岩石内外接触带附近, 具云英岩化、浅色云母化、电气石化	中生代为主	脉状、脉带、镶柱状网脉体或呈不规则状, 从岩体内 100 m 至上部围岩中 600 m 为矿化区间	原生锡石矿; 块状、浸染状、少量为角砾状集合体	锡石为主, 常伴黑钨矿、辉钼矿、铌钽铁矿、辉钨矿、绿柱石、锂云母	0.3~0.8	W Bi Ta Nb Sc Be Li	小、中、大型	次要	广西栗木
花岗岩风化壳—元锡矿	产于含锡石的花岗岩或具锡石蚀变(钠长石化、云英岩化、硅化、电气石化等)带的花岗岩的顶部风化壳中	中生代、新生代	层状、似层状、透镜状、带状, 长宽一般数百米直至千米以上, 厚数米至数十米直至数百米以上	风化壳锡矿; 土状、半松散状	锡石, 伴生黑钨矿、白钨矿、铌钽铁矿、磷钇矿、钛铁矿、金红石	锡石含量为 0.15 kg / m ³ ~0.4 kg / m ³	W Nb Ta TR Ti	小、中、大型	重要	云南云龙

表 H.3 汞矿床主要工业类型简表

矿床类型	地质特征	成矿时代	矿体形态及规模	矿石类型及结构构造	主要金属矿物	矿石质量		矿床规模	类型相对重要性	矿床实例
						Sn 质量分数 %	伴生组分			
层状汞矿	产于背斜构造内的碳酸盐岩层中, 常见断层破碎带和层间破碎带	新生代、中生代	层状、透镜状, 厚数米至几十米, 长宽达数百米, 偶可达数千米	汞硫化物矿或锑汞硫化物矿; 浸染状、细脉浸染状	辰砂、辉锑矿, 伴生锑黑辰砂、碲汞矿, 时有自然汞, 其他有黄铁矿、白铁矿、毒砂及铜、铅、锌硫化物	1.5~2.0	Sb Cu Te Pb Zn	中、大型、特大型	重要	贵州万山、务川
脉状汞矿	产生各种岩石的断裂中, 具滑石菱镁片岩化, 少数碳酸盐化和泥化	中生代、新生代	脉状, 长几米至三百米, 偶达五百米, 宽几米, 偶达几十米, 延深几十至二百米, 偶可达七百米	汞硫化物矿; 浸染状、细脉浸染状	辰砂、伴生少量辉锑矿, 黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、雄黄、黄铁矿	0.1~1.0		小、中型至大型	次要	贵州大园、肖家冲

表 H.4 锑矿床主要工业类型简表

矿床类型	地质特征	成矿时代	矿体形态及规模	矿石类型及结构构造	主要金属矿物	矿石质量		矿床规模	类型相对重要性	矿床实例
						Sn 质量分数 %	伴生组分			
层状锑矿	产于碳酸盐岩地层中, 位于大断裂附近	中生代	似层状为主, 次为扁豆状、透镜状; 沿层产出, 长数百米至千米, 厚几十厘米至数米, 延深百米	辉锑矿及其氧化物; 块状、角砾状、浸染状	辉锑矿, 伴生少量黄铁矿, 微量磁黄铁矿、闪锌矿、毒砂等	2~6	Hg As	中、大型、特大型	重要	湖南锡山、云木、湖北徐家山
脉状锑矿	产生浅变质板岩、石英砂岩、火山碎屑岩、碳酸盐岩中的层间破碎带、断裂破碎带中	中生代为主, 次为古生代、新生代	脉状 (大脉状、细脉带状、不规则脉状); 交错脉和顺层脉, 长几十米至几百米, 个别达千余米, 宽几米, 延深数百米	辉锑矿及其氧化物、锑汞、锑钨硫化物; 块状、角砾状、浸染状、条带状及细脉带状	辉锑矿及其氧化物, 伴生白钨矿、黑钨矿、毒砂、黄铁矿、闪锌矿、黝铜矿等	2~5	W Au As Hg Pb	小、中、大型	次要	广西大厂, 贵州半坡, 湖南活溪

附 录 I
(资料性附录)

钨、锡、汞、锑矿床一般参考工业标准

1.1 钨矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标

钨矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标见表 I.1 和表 I.2。

表 I.1 钨矿床一般工业指标参考表

项 目	要 求	备 注
边界品位 (WO ₃ 质量分数)	0.064 %~0.1 %	坑采厚度<0.8 m 时应考虑米百分值计算
最低品位 (WO ₃ 质量分数)	0.12 %~0.20 %	
可采厚度	≥1 m~2 m	
夹石剔除厚度	≥2 m~5 m	

表 I.2 钨矿床伴生有用组分综合评价参考表

组 分	w (Cu) %	w (Pb) %	w (Zn) %	w (Sn) %	w (Mo) %	w (Bi) %	w (Sb) %	w (Co) %	w (BeO) %	w (Li ₂ O) %
含 量	0.05	0.2	0.5	0.03	0.01	0.03	0.5	0.01	0.03	0.3
组 分	w (Ta ₂ O ₅) %	w (Nb ₂ O ₅) %	w (Tr ₂ O ₅) %	w (Ga) %	w (Ge) %	w (Cd) %	w (In) %	w (S) %	w (Au) g / t	w (Ag) g / t
含 量	0.01	0.02	0.03	0.001	0.001	0.002	0.001	4	0.1	1

1.2 锡矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标

锡矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标见表 I.3 和表 I.4

表 I.3 锡矿床矿床一般参考工业指标参考表

项 目	要 求	备 注
边界品位（Sn 质量分数）	0.1 %～0.2 %	坑采厚度<0.8m 时应考虑米百分值计算
最低工业品位（Sn 质量分数）	0.2 %～0.4 %	
可采厚度	≥（ 0.8m～1m ）	
夹石剔除厚度	≥2 m	
注 1：本参考指标是以全锡计算，适用于以锡石为主的矿床。当矿床中胶态锡、硫化锡所占比例>10 % 时，要提高指标。		
注 2：以胶态锡、硫化锡为主的矿石，要按采、选、冶技术经济条件另行制定指标。		

表 I.4 锡矿床伴生有用组分综合评价参考表

组分	Cu	Pb	Zn	Bi	w	Mn	Fe	S
质量分数 %	0.2	0.5	0.8	0.01	0.02	4	20	10

1.3 汞矿床一般参考工业指标

汞矿床一般参考工业指标见表 I.5。

表 1.5 汞矿床一般工业指标参考表

项 目	要 求
边界品位 (Hg 质量分数)	0.04 %
最低品位 (Hg 质量分数)	0.08 %~0.10 %
可采厚度	≥0.8 m~1.2 m
夹石剔除厚度	≥2 m~4 m
<p>注 1: 由于汞矿勘查时只能圈出含矿体, 上述指标则用于勘查工程中圈定见矿厚度, 并据以计算含矿系数及矿体平均品位。</p> <p>注 2: 评价含矿体时, 按含矿系数与品位乘积提出指标要求, 即含矿系数×矿体平均品位≥0.04%</p> <p>注 3: 指标中品位下限用于规模较大, 开采建设条件好的汞矿床。</p> <p>注 4: 厚度下限用于陡倾斜矿床, 反之则用上限。</p> <p>注 5: 厚度<0.8 m, 用米百分值(厚度×品位)确定指标。</p> <p>注 6: 矿床的平均品位应大于 0.12 %~0.15 %, 才宜进一步工作。</p>	

1.4 锑矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标

锑矿床一般参考工业指标及伴生组分评价指标见表 1.6 和表 1.7。

表 1.6 锑矿床一般工业指标参考表

项 目	要 求
边界品位 (Sb 质量分数)	0.5 %~0.7 %
最低品位 (Sb 质量分数)	1.0 %~1.5 %
可采厚度	≥0.8 m~1 m
夹石剔除厚度	≥2 m
注: <0.8 m 时, 按工业米百分值计算。	

表 1.7 锑矿床伴生有用组分综合评价参考表

组 分	质量分数	组 分	质量分数
As	0.2 %	Se	0.001 %
Au	0.1×10^{-6}	Co	0.01 %
Ag	2×10^{-6}	Ni	0.1 %
WO ₃	0.05 %	CaF ₂	5 %
Hg	0.005 %	BaSO ₄	8 %
Bi	0.05 %		

附录 J
(资料性附录)

钨、锡、汞、锑(矿物、元素)的性质和用途及地球化学性状

J.1 钨(矿物、元素)的性质、用途及地球化学性状

钨金属呈银白色,质量密度大(单晶钨为 19.3 g/cm^3),熔点高(3400°C),高硬度和高强度,耐磨、耐腐蚀性强。 0.002 mm 的钨丝拉伸强度为 4.50 kg/mm^2 。在高温条件下的拉张强度超过任何金属,并有良好的高温导电、导热性能,膨胀系数小。常温下钨在空气中是稳定的,在 400°C 时开始氧化,失去光泽。高于 600°C 的水蒸气使钨迅速氧化,生成 WO_3 和 WO_2 。不加热时,任何浓度的单一盐酸、硫酸、硝酸、氢氟酸以及王水对钨都不起作用。当温度升至 $80^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$ 时,上述各种酸中除氢氟酸外,对钨发生微弱作用。在常温条件下钨可以迅速溶于氢氟酸和浓硝酸的混合液中,但在碱溶液中不起作用。在有空气存在条件下,熔融碱可以把钨氧化成钨酸盐,在有氧化剂(NaNO_3 、 NaNO_2 、 KClO_3 、 PbO_2)存在的情况下,生成钨酸盐的反应更猛烈。高温下,钨与氯、溴、碘、一氧化碳、二氧化碳和硫等起反应,但不与氢反应。

金属钨是电器工业和电子工业的重要原料。

碳化钨主要用于生产硬质合金。广泛用于金属切削加工工具、矿山及地质钻头镶片、拉伸冲压磨具、耐磨耐腐蚀零件等。

钨合金钢用于制造高速钻头、切削工具和机械中抗磨、抗打击、耐腐蚀的结构材料。

高比重钨基合金(钨、铁、镍、铜、锰制成)用于飞机的平衡系统和配重系统、仪表系统中的惯性旋转元件及陀螺仪的转子,以及医疗和化学放射性同位素(钴-60)的容器和反坦克、反潜艇的穿甲弹头。

含钨高温合金,应用于宇航业做火箭喷嘴、喷管、离子火箭发动机的热分解器;核工业用来做盛液态金属的容器、热离子交换器等。

其他还应用于颜料、油漆、橡胶、纺织、石油、化工等方面。

钨业生产主要品种有钨精矿和钨的中间制品,即钨铁、钨酸、钨酸钠、钨酸钙、三氧化钨、蓝色氧化钨、仲钨酸铵(APT)、偏钨酸铵、钨粉、钨丝、WC粉、硬质合金、铸造碳化钨等。

钨在自然界是一种分布较广泛的元素,几乎见于各类岩石中。钨在元素周期表中属于第6周期第

VI_B族,原子序数为74,原子量为183.85。钨在地壳中的平均含量为 1.3×10^{-6} ,在自然界主要呈六价

阳离子,其离子半径为 $0.65\times 10^{-6}\text{m}$,电价高,有极强的极化能力,是亲石元素,与氧、氟、氯亲和力强,而形成络阴离子,主要形式是 $[\text{WO}_4]^{2-}$ 。它与溶液中 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 等阳离子结合形成黑钨矿或白钨矿而沉淀富集。

钨的重要矿物均为钨酸盐。在成矿过程中与 $[\text{WO}_4]^{2-}$ 络阴离子结合的阳离子仅有 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Pb^{2+} 和 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Y^{3+} 等,因而形成矿物有限。目前在地壳中仅发现有20余种钨矿物,但具有开采价值的只有黑钨矿和白钨矿。

钨在热液中的迁移形式是多样的。钨矿液进入不同围岩时,往往产生不同反应,进入硅铝质围岩

时,易形成黑钨矿;而进入碳酸盐岩围岩时,易交代形成白钨矿。

在表生条件下,钨矿物较稳定,可形成砂矿。但在酸性介质条件下,含钨矿物可被分解,并以 WO_3

形式溶于地表水中,在一定条件下形成某些钨的次生矿物。有时以矿物微粒或离子形式被粘土或铁锰

氧化物吸附而聚集于页岩、泥质细砂岩及铁锰矿层中。近年来在古老变质岩系中发现有层状钨矿床和

钨的矿源层,说明变质作用对钨也能起富集作用。

J.2 锡(矿物、元素)的性质、用途及地球化学性状

锡是人类最早发现和使用的金属之一。

锡是一种银白色金属，强光泽，质量密度大（ 7.31 g/cm^3 ），熔点低（ 231.968°C ），质软（摩氏硬度 3.75），展性好，延性很差，不能拉成细丝。化学性稳定，锡盐无毒。随温度变化锡有三种同位素异性体： α —锡，或称灰锡（等轴晶系）； β —锡，或称白锡（正方晶系）； γ —锡，或称脆锡（斜方晶系）。

由于锡展性好，化学性质稳定，无毒，易溶、抗腐蚀、摩擦系数小等特点，广泛用于人类生活、现代工业、国防工业、尖端科学诸方面。

镀锡板（马口铁），占锡消费量的 40% 左右，用作食品和饮料的容器、各种包装材料、家庭用具和干电池外壳等。

锡铅和少量铋组成低熔点合金即焊锡，占锡消费量的 20%。

锡与一些金属（铜、铅、镍、铋、锆、银、金等）制成合金，如青铜、巴比特合金、活字合金、钛基合金、铌锡合金等用于轴承工业、印刷工业、原子能工业和航空工业等领域。

锡的有机化合物主要用作木材防腐剂、农药等；锡的无机化合物主要用作催化剂、稳定剂、添加剂和陶瓷工业的乳化剂等。

地壳中锡的丰度约 2×10^{-6} ，锡的原子序数为 50，原子量是 118.71，位于元素周期表第 5 周期ⅣA 族，离子半径： Sn^{2+} 为 $1.02 \times 10^{-10} \text{ m}$ ， Sn^{4+} 为 $0.74 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

锡属于亲铁铜元素组，但在岩石圈上部又具有亲氧和亲硫两重特性。锡与硫化合，形成一硫化锡和二硫化锡，在高温条件下具有较强的挥发性。锡与氧化合，生成一氧化锡和二氧化锡，其中四价化合物——二氧化锡（锡石）在自然界是最稳定的化合物之一。

由于离子半径、电负性的相近似，离子 Sn^{2+} 可与 Ca^{2+} 、 Cd^{2+} 、 In^{2+} 、 Te^{2+} 等类质同象置换；而 Sn^{4+} 则与 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Sc^{3+} 、 In^{3+} 、 Nb^{5+} 、 Ti^{4+} 等类质同象置换。

据研究，锡在岩浆演化成岩早期，锡以分散状态分布于云母、角闪石、榍石等造岩矿物中，或以锡石副矿物产出；热液作用阶段，锡一方面生成氧化物（锡石）和含 $[\text{SnO}_3]^{2-}$ 、 $[\text{SnO}_3]^{4-}$ 等络离子的锡酸盐，另一方面又可生成硫化物（硫化锡）和含 $[\text{SnS}]^{2-}$ 、 $[\text{SnS}_4]^{4-}$ 、 $[\text{SnS}_6]^{8-}$ 等络离子的硫锡酸盐。由于锡酸盐和硫锡酸盐均易于水解，生成锡的氢氧化物，经脱水作用生成 SnO_2 （锡石）。

锡石在表生条件下极稳定，可富集于锡石硫化物矿床的氧化带和砂矿床中，锡的硫化物、硫酸盐和硅酸盐矿物，在氧化带可形成木锡和水锡石。

J.3 汞（矿物、元素）的性质、用途及地球化学性状

汞是在常温下惟一呈液态的金属，又称水银。 -38.89°C 时凝成固体。银白色，质量密度为 13.456 g/cm^3 ，沸点 357°C 。汞还能与许多金属形成合金，称为汞齐。

朱砂（ d-HgS 黑色粉末， D-HgS 红色粉末）是传统的贵重中药，色泽艳红、美丽，粒大的称珠宝

砂，是珍品；含辰砂的叶蜡石，称为“鸡血石”，是珍稀的宝玉石原料。

氧化汞，其鲜红色粉末，广泛用于各种标准汞电池中作电池去极剂，橙黄色（红色）氧化汞还用于分析试剂、防腐、防霉和制药工业。

氯化汞（ HgCl_2 ）又称升汞，主要用于化工触媒剂，也用于锌锰电池、医药、分析试剂、防腐和制取其他汞盐等。在塑料工业，用乙炔法生产聚氯乙烯时，氯化汞可作为氯乙烯合成工序的催化剂。

汞齐合金中，钛汞齐主要是作为汞释放器代替液态汞用于汞灯及荧光灯的生产之中。锌汞齐主要

用于碱性高能电池、锌银扣式电池和锌空气电池的生产之中，作电池负极活性材料。

汞位于元素周期表第 6 周期第Ⅱ。族中，原子序数为 80，原子量 200.59，离子半径： Hg^+ 为 $1.27 \times 10^{-10} \text{ m}$ ， Hg^{2+} 为 $1.12 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。它是典型的亲铜元素，在亲铜元素中具有最大的电离势。汞的第一个电子的电离势为 10.43 eV ；第二个电子的电离势是 18.75 eV 。这就是说它比金的电离势 9.22 eV 和银的 7.57 eV 还要大，所以汞易与各种金属按不同比例生成合金[例如汞银矿（ Ag_2Hg 或 $\text{Ag}_2\text{Hg}_2 \sim \text{Ag}_{36}\text{Hg}$ ）、汞膏（ Hg_2Cl_2 ）、汞金矿（ AuHg ）]。

在自然界中的汞主要是形成红色的硫化物—辰砂。它几乎是一种纯的 HgS ，而黑色的硫化物—黑辰砂（ HgZnFe ）（S）是一种固溶体。至于汞的复杂硫化物——汞黝铜矿（ CuHg ）

$_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ 和硫汞锑矿 HgSb_4S_8 ，由于不太稳定，在低温热液条件下极易转变为简单硫化物—辰砂，因此，汞的复杂硫化物极为少见。

汞的显著特点之一是具有很强的挥发性，所以它具有和其他金属不同的迁移性能。

自然界中分布的汞有金属汞、一价汞和二价汞的化合物。 HgCl_2 可以溶于水而迁移，但硫化汞的溶解度很低，而且周转介质中许多物质对汞都有很高的吸附能力，因而汞矿床的分散晕能延伸的范围很小。汞在地壳中的丰度为 0.08×10^{-6} 。在不同类型火成岩中含量变化范围在 $(0.01 \times 10^{-6}) \sim (0.1 \times 10^{-6})$ 之间；在不同类型的沉积岩中，汞含量顺序为页岩 > 砂岩 > 灰岩；在各种土壤中，汞的含量亦有较大的变化。

汞在土壤中的行为主要表现在土壤对汞的固定和释放作用上。土壤中的腐殖质对汞有很大的吸附

性，尤其在 pH 值较低时，更易吸附。当 pH 值偏高时，土壤中矿物质对汞的吸附作用相应地增强。

J.4 锑（矿物、元素）的性质、用途及地球化学性状

锑是一种银白色金属。质量密度为 6.69 g/cm^3 ，摩氏硬度 3，熔点 630.5°C ，沸点 1580°C ，性脆，不具延展性，是电和热的不良导体（导电率为银的 4.2%），在常温下不易氧化，耐酸，抗腐蚀。锑的最大特征是热缩冷胀和具同素异形现象。

锑与其他软金属（铅、锡、铝、铜）制成合金，用于制作蓄电池、印刷铅字合金、轴承、耐酸和耐磨元件以及军事上榴霰弹、曳光弹等。锑还制作低熔点焊接材料。高纯度锑金属（99.99%）作为硅、锗的掺杂元素或铋、硒、碲的掺杂元素以及锑的金属互化物（铟锑、铝锑、镓锑）可制成半导体晶体元件，用于通讯器材、医疗器材、国防武器、军工仪表、电视机、收录机等方面。

锑的化合物用途也很广泛。天然硫化锑用于制成火柴，将其加入炮弹有利于射击校准。三氧化锑

是制造珐琅亮漆和耐火漆的重要原料。三氯化锑可供钢的制品、医药上刺激剂、试器上的烧蓝用。五氯化锑用于有机化学生产。五硫化锑是橡胶生产的红色颜料及硬化剂。锑酸铅是一种耐火涂料。硫酸三氟锑酸铵是染剂，用于织物的染色。

目前，生产各种阻燃剂是锑主要市场需求。

锑在元素周期表中是第 5 周期的 V_A 族元素。原子序数 51，原子量 121.75，原子半径 1.45×10^{-10}

m，离子半径 Sb^{3-} 为 $2.45 \times 10^{-10} \text{ m}$ 和 Sb^{5+} 为 $0.62 \times 10^{-10} \text{ m}$ ，地球化学电价有 3-、3+、4+、5+。锑和砷、铋有密切的地球化学关系和相似的化学性质，同属亲铜元素，被称为“半金属族”。故砷、锑、铋、汞常组成各种硫盐矿物和复硫化物，如黝铜矿—砷铜黝矿、硫锑汞矿等。

锑的最外层电子结构 $5\text{S}^25\text{P}^3$ 以 P^3 充填形式出现，丢失电子和获得电子可能性均存在，既可形成阳离子（ Sb^{3+} 、 Sb^{4+} 或自然金属（Sb）），也可形成阴离子（ Sb^{3-} ）和络阴离子 $[\text{SbS}_2]^-$ 、 $[\text{SbS}_2]^{2-}$ 、 $[\text{SbS}_3]^{3-}$ 、 $[\text{SbCl}]^{3-}$ 、 $[\text{HS}_2\text{S}_4]^-$ 等。在自然界中常形成阳离子三价态（ Sb^{3+} ），在低氧富硫环境中， Sb^{3+} 与硫结合形成自然界最普遍分布的辉锑矿；只是在低硫富氧环境中才形成阳离子五价态（ Sb^{5+} ），与氧结合形成锑华等。个别情况出现自然锑或金属互化物的零价态。

锑在地壳丰度为 0.2×10^{-6} ，但浓集系数高（为 25 000）。

锑的熔点和沸点较低，高温时挥发性强，在地球物质分异过程中集中于地壳上部。在岩浆作用初期阶段，因低硫低氧， Sb^{3+} 可与铁族元素结合形成锑钼矿（ Pd_3Sb ），或者呈固溶体分离状态分布于辉长岩质的深成岩中， Sb^{3+} 与 Sb^{5+} 进入磁铁矿、钛铁矿、磷灰石、斜长石中，使它们成了锑的载体矿物。晚期阶段 Sb^{3+} ，有限地代替与碱相近的亲石元素钙，致使方解石、白钨矿等含钙矿物含微量锑。 Sb^{3+} 还部分地替代 Y^{3+} 、 Ce^{3+} 、 U^{4+} 、 Th^{4+} 使一些铈钼矿物不但含微量锑，而且有时形成钼锑矿、铈钼锑矿、锑铈矿等。此时含锰矿物（黑钨矿物、蔷薇辉石等）也含微量锑。由于上述原因，使很多矿床含微量锑，从而在地球化学勘查中，锑成为远程指示元素。

高温热液阶段，锑熔点和沸点低，溶解度大，不能富集成矿；中温阶段，随硫的浓度增加，锑与亲铁、亲铜元素共同与硫结合形成复硫化物和硫盐矿物（如硫锑铅矿、脆硫锑铅矿、

车轮矿等)；低温热液是锑主要浓集成矿期， Sb^{3+} 与硫结合形成辉锑矿，常出现砷、汞、银等低温元素组合。

辉锑矿在表生作用下，于弱酸性溶液中溶解成 $\text{Sb}(\text{OH})_3$ ，或 $\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$ 发生迁移。然而，锑硫酸盐很不稳定，将很快水解，在极强氧化条件下形成锑华、黄锑华、锑赫石，有时构成残积或坡积矿床。有的则迁移到水体沉积形成“矿源层”，成岩后期又活化迁移到有利构造（破碎带、裂隙）中充填成矿。

附 录 K
(资料性附录)
钨、锡、汞、锑的主要矿物

表 K.1 钨的主要矿物表

汉字名称	英文名称	化学分子式	金属钨质量分数 %
黑钨矿	Wolframite	(Fe • Mn)[WO ₄]	51.25
钨铁矿	Ferberite	Fe[WO ₄]	60.53
钨锰矿	Huebnerite	MnLWO ₄]	60.72
白钨矿	Scheelite	Ca[WO ₄]	63.89
钼白钨矿	Molybdoscheelite	Ca[Mo • W] ₄	47.92
铜白钨矿	Cuproscheelite	(Ca • Cu)[WO ₄]	52.27
钨华	Tungstite	H ₂ WO ₄	73.60
水钨华	Hydrotungstite	H ₂ WO ₄ • H ₂ O	68.66
高铁钨华	Ferritungstite	Fe ₂ O ₃ • WO ₄ • 6H ₂ O	36.22
铜钨矿	Cuprotungstite	Cu ₂ [WO ₄](OH) ₂	44.88
辉钨矿	Tungstenite	WS ₂	74.19
钨铅矿	Stolzite	Pb[WO ₄]	40.44
钼钨铅矿	Chillagite	3Pb[WO ₄] • Pb[MoO ₄]	14.89
钨锌矿	Sanmartinite	(Zn • Fe)[WO ₄]	49.73

表 K.2 锡的主要矿物表

汉字名称	英文名称	化学分子式	金属锡质量分数 %
锡石	Cassiterite	SnO ₂	78.8
黑锡矿 (亚锡石)	Romarchite	SnO	88.1
三方硫锡矿	Berndtite	SnS ₂	64.9
黄锡矿	Stannite	Cu ₂ FeSnS ₄	27.6
硫锡矿	Herzenbergite	SnS	78.7
硫锡铅矿	Teallite	PbSnS ₂	30.5
圆柱锡矿	Cylindrite	Pb ₃ Sb ₂ Sn ₄ S ₁₄	26.5
辉锑锡铅矿	Franckeite	Pb ₅ Sb ₂ Sn ₃ S ₁₄	17.09
马来亚石 (钙硅锡矿)	Malayaite	CaSn[SiO ₄]O	44.5
水锡石 (锡酸矿)	Hydrocassiterite	(Sn • Fe)(OH) ₂	62.2
硫银锡矿	Canfieldite	Ag ₈ SnS ₆	10.1
硫钼锡铜矿	Hemusite	Cu ₆ SnMoS ₈	13.9
银黄锡矿	Hocartite	Ag ₂ FeSnS ₄	22.9
锌黄锡矿	Isostannite	Cu ₂ (Zn • Fe)SnS ₄	31.8
硫锡铁铜矿	Mawsonite	Cu ₆ Fe ₂ SnS ₈	13.7
斜方硫锡矿	Ottemannite	Sn ₂ S ₃	71.2

表 K.3 汞的主要矿物表

汉字名称	英文名称	化学分子式	金属汞质量分数 %
自然汞	Mercury	Hg	100.00
辰砂	Cinnabar	HgS	86.20
黑辰砂	Metacinnabare	HgSe	86.22
硒汞矿	Tiemannite	HgSe	71.76
碲汞矿	Coloradoite	HgTe	61.12
汞膏	Calomel	Hg ₂ Cl ₂	84.98
氯汞矿	Pinchite	Hg ₂ Cl ₂ O	90.2
黄氯汞矿	Terlinguaite	Hg ₂ Cl ₂ O	82.20
橙红石	Montroydite	HgO	92.61
硫汞锑矿	Livingstonite	HgSb ₄ S ₈	21.25
汞黝铜矿	Hermesite	Cu ₁₀ (Hg · Fe · Zn) ₂ Sb ₄ S ₁₃	6~17

表 K.4 锑的主要矿物表

汉字名称	英文名称	化学分子式	金属锑质量分数 %
自然锑	Antimony	Sb	100.00
砷锑矿	Stibarsen	SbAs	61.9
辉锑矿	Antimonite	Sb ₂ S ₃	71.72
车轮矿	Bournonite	PbCuSbS ₃	24.90
硫锑铜矿	Skinnerite	Cu ₃ SbS ₃	29.80
硫锑铁矿	Gudmundite	FeSbS	58.09
辉锑铁矿	Berthierite	FeSb ₂ SO ₄	5
硫锑铅矿	Boulangerite	Pb ₈ Sb ₄ S ₁₁	25.90
脆硫锑铅矿	Jamesonite	Pb ₄ FeSb ₆ S ₁₄	35.39
脆银矿	Stephanite	Ag ₅ SbS ₄	15.42
火硫锑银矿	Pyrostilprite	Ag ₃ SbS ₂	19.4
辉锑银矿	Miargyrite	AgSbS ₂	41.44
辉锑锡铅矿	Franckeite	Pb ₅ Sb ₂ Sn ₃ S ₁₄	11.68
硫汞锑矿	Livingstonite	HgSb ₄ S ₈	51.62
锑华	Valentinite	Sb ₂ O ₃	83.53
黄锑华	Stibiconite	SbSb ₂ O ₆ (OH)	
方锑矿	Senarmontite	Sb ₂ O ₃	83.53
水锑铅矿	Bindheimite	Pb ₂ Sb ₂ O ₆ (O,OH)	
锑钙石	Romeite	Ca ₂ Sb ₂ O ₇	

附录 L
(资料性附录)

钨、锡、汞、锑矿石的选冶质量、工艺技术性能及精矿质量标准

L.1 钨、锡、汞、锑矿石的选冶质量、工艺与技术性能

L.1.1 钨矿石

钨矿的主要选矿方法有手选、重介质选、重选、浮选、磁选和电选。黑钨矿以重选为主，白钨矿以浮选为主。为提高钨精矿质量和钨的回收利用率，当前有选冶工艺联合的趋势，增加焙烧除砷和浸出水冶（回收有益组分）等冶炼手段。

钨的冶炼有火法和水法两种。黑钨精矿和白钨精矿的冶炼工艺流程不同。当矿石中既含黑钨矿又

含白钨矿时，要查明其相应关系和含量比例，分别选出白钨精矿和黑钨精矿，以便分别冶炼。作为钨冶炼矿物原料的钨精矿， $w(\text{WO}_3)$ 应大于 65%，经火法冶炼成钨铁合金 [$w(\text{W}) > 70\%$ 或 $> 65\%$] 经水法冶炼成正钨酸钠、钨酸铵或钨酸钙等；最后进一步处理成三氧化钨 [$w(\text{WO}_3) \geq 99.9\%$]，再还原（用氢）成钨粉 [$w(\text{W}) \geq 99.9\%$]。

世界上长期以来开发的钨矿原料，主要是白钨矿，而我国长期以来开采利用的以石英脉型黑钨矿为主。我国的大型、超大型以白钨矿为主的多金属矿床，由于嵌布粒度细，矿石物质组分复杂，选冶的经济技术指标尚未彻底解决。为此要注意寻找黑钨矿和大颗粒的、易选的白钨矿石。

与钨矿床伴生有益组分通常有锡、钼、铋、铜、铅、锌、锑、金、银、钴、铍、铌、钽、锂、稀土元素、硫、砷、压电水晶、熔炼水晶、萤石等，但如不能在选矿中回收，使其进入精矿，则变成有害组分。砷、硫、铜、磷会使钨钢变脆，影响制品质量；锡会降低钨钢的切削性能；水法冶炼过程中砷会使粗钨酸不易净化，钼会影响钨丝的效能和使用寿命，水冶黑钨精矿过程中钙会影响三氧化钨的浸出率而降低回收率。水冶白钨精矿过程中，锰会影响三氧化钨回收率。黑钨精矿中锑、铋、铅，白钨精矿中锌、铋、铅对于生产优质钨铁有不良影响，白钨精矿中铁，锑对生产优质钨制品也有不良影响。在勘探工作中，查明矿石中和钨矿物中有害杂质的含量及赋存状态，选择合理的选矿方法和工艺流程，尽量降低钨精矿中有害杂质的含量，以便使生产的钨精矿达到国家标准。

L.1.2 锡矿石

L.1.2.1 锡质量分数大于 40% 以上的低杂质富锡矿石，可直接入炉冶炼；锡质量分数低于 40% 的矿

石，或杂质多的矿石，需经选矿后去杂质，使锡质量分数富集到 40% 以上再入炉冶炼。不同类型的锡矿石，国内采用的选矿方法（流程）有：

a) 易选矿石，如氧化矿石、锡石石英型矿石、含锡花岗岩型矿石等，常用重选或重—浮流程处理；

b) 难选矿石，如锡石硫化物的矽卡岩型矿石、锡石硫化物型矿石，一般采用重—浮—重、磁—浮—重等选矿综合流程或选冶联合流程处理；

c) 极难选矿石，如含锡铁矿矽卡岩型矿石，要用磁—浮—重，或中矿烟化等选冶联合流程处理；

d) 对锡铅共生的矿石，难以选出合格的锡精矿时，则可选出锡铅混合精矿，冶炼生产锡铅焊料或其他合金；

e) 在锡石粒度细，含铁高，铁锡连生体多，单体锡石少的情况下，我国一些选厂在维持和提高最终锡精矿品位的同时，产出部分富中矿（锡质量分数为 3%~10%）和难选中矿（锡质量分数为 1%~2%），使锡的选矿回收率提高约 10%。

L.1.2.2 锡的冶炼方法，以火法为主，湿法为辅。现代锡的生产，一般包括四个主要过程：炼前处理、还原熔炼、炼渣和粗锡精炼。

a) 炼前处理是为了除去对冶炼有害的硫、砷、锑、铅、铋、铁、钨、钼、铌等杂质，同时达到综合回收各种有用金属的目的；炼前处理的方法包括精选、焙烧和浸出等作业，根据所含杂质不同，采用一个或几个作业组成的联合流程；

b) 还原熔炼主要是使氧化锡还原成粗锡,同时将铁的氧化物还原成 FeO 并与脉石成分一起造渣;

c) 炼渣用烟化炉挥发方法,这样产出的废渣含锡低,金属回收率高,同时大量减少铁的循环;

d) 粗锡精炼,一般分为火法精炼和电解精炼,主要是进一步除去铁、铜、砷、锑、铅、铋和银等杂质,同时综合回收有用金属。

L. 1.3 汞矿石

我国已发现的汞矿石类型有单汞、汞铀、汞锑、汞硒、汞金以及汞多金属等。目前,供工业利用者均为单汞矿石。单汞矿石,无论品位高低其选冶性能相近,工业技术不要求划分矿石品级。汞铀矿石中汞未回收。汞锑矿石中汞的分离正在试验中。

单汞矿石易选、易冶,工艺流程简单。通常可在矿山就地进行处理,常在坑口或其附近建成采—冶或采—选—冶联合企业。手选后高品位汞矿石可直接冶炼,低品位矿石经选矿富集后冶炼。一般是重—浮联合流程。用摇床回收药用朱砂,浮选后获汞精矿。

金属汞的冶炼方法有火法和湿法。

a) 火法炼汞,将汞矿石或精矿进行焙烧,直接将汞还原呈气态分离出来,而后冷凝成液态汞。法炼汞工序简单,技术经济指标高。

b) 湿法炼汞是用硫化钠或次氯酸盐溶液浸出汞精矿,浸出液净化后用电解或置换等方法获得金属汞。此法可减少汞污染,但流程复杂,技术经济指标不如火法,故未广泛采用。

美国还研究出从辰砂矿石中提取汞的电氧化法,汞的回收率可达 90%—99%,但未见生产报道。

L. 1.4 锑矿石

锑矿选矿方法,有手选、重选和浮选,大多数采用手选—浮选流程、手选—重选—浮选联合流程,采用单一浮选流程少。

我国锑矿石分为三大类:锑矿石:锑金钨、锑钨、锑金、锑汞共生矿石;锡铅锌为主的锑硫酸盐矿石。

辉锑矿及其氧化物组成的矿石为易选冶矿石,是目前我国主要锑矿石。锑金钨、锑钨、锑金共生矿石是中等易选冶矿石。锑硫酸盐矿石和锑汞矿石分别是较难选冶和难选冶矿石。

锡矿山飞水岩硫化锑矿石,氧化率为 8%~18%,采用手选—重介质—浮选联合流程。

锡矿山童家院混合锑矿石,氧化率为 33%~46%,氧化物以黄锑矿为主,采用手选—跳汰—浮选—摇床的选矿流程。

云南木利氧化锑矿石,氧化率为 63.46%。氧化矿物主要为锑华、锑赫石、黄锑华、红锑矿等,呈土状和粉末状。以重介质旋流预选—重选(跳汰)—矿泥浮选的联合流程效果最好。

含砷较高的锑矿石,在浮选过程中用丁醛铵黑药取代黄药作捕收剂,有利于降低锑精矿中砷的品位。

硫化锑矿、氧化锑矿和混合锑矿,均采用火法冶炼工艺流程。

低品位的块精矿[$w(\text{Sb})$ 为 6%~15%],用直井焙烧炉氧化挥发焙烧生产氧化锑。产出的锑氧平均含量为 80%—81%(部分达 82%)。颜色洁白,可作商品出售。

高品位粉状锑精矿经制粒或压团后在鼓风炉中挥发熔炼制取锑氧。锑氧再进入反射炉加碱除砷还

原熔炼并精炼成精锑。精锑进入锑白炉内经加热熔化氧化挥发制成三氧化二锑(锑白)。含氧化锑不少

于 99.6%,平均粒度 $1.4/\mu\text{m}\sim 1.6/\mu\text{m}$,为优质锑白。

高品位单一块状硫化锑块矿,经生铁炉加热熔炼,可产出纯净的针状三硫化锑(俗称生锑)。

除火法冶炼外,为消除环境污染,提高产品质量,推广了电解湿法冶炼,即硫化钠碱性溶液浸出—电解湿法冶炼流程。

湘西锑金钨共生矿石，采用手选（反手选）—重选（摇床、溜槽）—浮选联合流程，分别获得白钨精矿、金精矿和锑金混合精矿。锑金精矿采用“鼓风炉氧化挥发—贵锑电解”提取工艺。

广西大厂铅锌锑硫盐多金属矿石中锑的回收，采用浮选流程获锑铅精矿，再用“火法—电解”联合流程，反射炉还原熔炼成高铅合金和高品位锑氧。高品位锑氧再还原熔炼成铅锑合金[$w(\text{Sb}) 91\% \sim$

93% ， $w(\text{Pb}) 6\% \sim 9\%$]。

陕西公馆锑汞矿石与含汞锑矿石，经浮选得锑汞混合精矿，再用火法冶炼挥发汞，使汞锑分离。

L.2 钨、锡、汞、锑精矿质量标准

L.2.1 钨精矿质量标准

钨精矿质量标准见表 L.1 和表 L.2。

表 L.1 特级钨精矿国家标准（GB2825—81）

品 种	$w(\text{WO}_3)$ 不小于 %	杂质 (w_B) 不大于 %													
		S	P	As	Mo	Ca	Mn	Cu	Sn	SiO ₂	Fe	Sb	Bi	Pb	Zn
黑钨特-I-3	70	0.2	0.02	0.06	—	3.0	—	0.04	0.08	4.0	—	0.04	0.04	0.04	—
黑钨特-I-2	70	0.4	0.03	0.08	—	4.0	—	0.05	0.10	5.0	—	0.05	0.05	0.05	—
黑钨特-I-1	68	0.5	0.04	0.10	—	5.0	—	0.06	0.15	7.0	—	0.10	0.10	0.10	—
黑钨特-II-3	70	0.4	0.03	0.05	0.010	0.3	—	0.15	0.10	3.0	—	—	—	—	—
黑钨特-II-2	70	0.5	0.05	0.07	0.015	0.4	—	0.20	0.15	3.0	—	—	—	—	—
黑钨特-II-1	68	0.6	0.10	0.10	0.020	0.5	—	0.25	0.20	3.0	—	—	—	—	—
白钨特-I-3	72	0.2	0.03	0.02	—	—	0.3	0.01	0.01	1.0	—	—	0.02	0.01	0.02
白钨特-I-2	70	0.3	0.03	0.03	—	—	0.4	0.02	0.02	1.5	—	—	0.03	0.02	0.03
白钨特-I-1	70	0.4	0.03	0.03	—	—	0.5	0.03	0.03	2.0	—	—	0.03	0.03	0.03
白钨特-II-3	72	0.4	0.03	0.05	0.010	—	0.3	0.15	0.10	2.0	2.0	0.1	—	—	—
白钨特-II-2	70	0.5	0.05	0.07	0.015	—	0.4	0.20	0.15	3.0	2.0	0.1	—	—	—
白钨特-II-1	70	0.6	0.10	0.10	0.020	—	0.5	0.25	0.20	3.0	3.0	0.2	—	—	—

注 1：表中“—”者为杂质不限。

注 2：本标准不包括人造白钨，该产品订标准执行。

注 3：精矿中钼铌为有价元素，供方应报出分析数据。

注 4：根据用户需要和资源特点，钨精矿中特级品可自订企业标准执行。

注 5：黑钨精矿特级品 I 类产品中 Sb, Bi, Pb 的杂质要求和白钨精矿特级品 II 类产品中 Fe、Sb 的杂质要求暂不作交货依据，但供方应报出数据。

L. 2. 3 汞精矿质量标准

汞精矿质量标准见表 L.4 和表 L.5

表 L. 4 朱砂质量标准 (YB 748—70)

等 级	硫化汞 (w_B) 不小于 %	杂质 [$w(Se)$] 不大于 %
特	98	0.10
1	97	0.20
2	96	0.40

注 1: 特级朱砂粒度规定 5 mm 以上, 如用户对粒度有特殊要求, 可与厂家协商解决。
注 2: 各级朱砂除硒外的杂质, 如用户有特殊要求, 可与生产厂家协商议定。

表 L. 5 湿法朱砂质量标准 (GB 3631—83)

品 级	硫化汞 (w_B) 不小于 %	杂质 (w_B) 不大于 %	
		Se	Fe
一	99.00	0.050	0.10
二	98.00	0.100	0.10

注 1: 产品不得混入机械混合物
注 2: 产品表面应清洁, 洗涤液静置澄清后应清澈透明, 其 pH 值与当地天然水 PH 值之差应小于 0.5

L. 2. 4 锑精矿质量标准

锑精矿质量标准见表 L.6、L.7 和 L.8。

表 L. 6 硫化锑精矿标准 (YB2419—82)

类 别	品 级	锑 (w_B) 不小于 %	杂质 (w_B) 不大于 %	
			As	Pb
粉精矿	一级	55	0.6	0.15
	二级	45	0.6	0.15
	三级	35	0.4	0.15
	四级	30	0.4	0.15
块精矿	一级	60	0.6	0.15
	二级	50	0.6	0.15
	三级	40	0.4	0.15
	四级	30	0.4	0.15
	五级	20	0.2	0.10
	六级	10	0.2	0.10

注 1: 硫化锑中的含锑量与精矿中总含锑量之比大于 85%。

表 L. 7 混合铈精矿标准 (YB 2419—82)

类 别	品 级	铈 (w_B) 不小于 %	杂质 (w_B) 不大于 %	
			As	Pb
粉精矿	一级	55	0.6	0.15
	二级	45	0.6	0.15
	三级	35	0.4	0.15
	四级	30	0.4	0.15
块精矿	一级	60	0.6	0.15
	二级	50	0.6	0.15
	三级	40	0.4	0.15
	四级	30	0.4	0.15
	五级	20	0.2	0.10
	六级	10	0.2	0.10
注 1: 硫化铈中的含铈量与精矿中总含铈量之比在 15%~85% 范围内。				

表 L. 8 氧化铈精矿标准 (YB 2419—82)

类 别	品 级	铈 (w_B) 不小于 %	杂质 (w_B) 不大于 %	
			As	Pb
块精矿	一级	60	0.6	0.2
	二级	50	0.6	0.2
	三级	40	0.4	0.15
注 1: 铈精矿中含氧量达到工业品位时, 应报出分析数据。				
注 2: 硫化铈中的含铈量与精矿中总含铈量之比不小于 15%。				