ICS 73.020
D 10

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0201—XXXX
代替 DZ/T 0201-2002

矿产地质勘查规范　钨、锡、汞、锑

Specifications for wolfram , stannum ,mercury and antimony mineral exploration

（报批稿）

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－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　勘查目的及勘查阶段 1
3.1　勘查目的 1
3.2　勘查阶段 1
4　勘查工作程度 2
4.1　控制要求 2
4.2　普查阶段研究要求 4
4.3　详查阶段研究要求 5
4.4　勘探阶段研究要求 7
5　勘查工作及质量 9
5.1　绿色勘查要求 9
5.2　地形测绘及工程测量 9
5.3　地质填图 9
5.4　物化探工作 10
5.5　探矿工程 10
5.6　化学分析样品的采取、制备和测试 11
5.7　矿石选（冶）试验样品的采集与分析、试验 14
5.8　岩石、矿石物理技术性能测试样品的采集与试验 14
5.9　原始记录、综合整理和报告编写 15
5.10　新技术、新方法 15
6　可行性评价 15
6.1　总体要求 15
6.2　概略研究 15
6.3　预可行性研究 15
6.4　可行性研究 16
7　矿产资源储量估算 16
7.1　矿床工业指标 16
7.2　资源量估算 16
7.3　储量估算 18
7.4　矿产资源储量估算结果 18
附录A（资料性附录）　固体矿产资源储量类型 19
附录B（规范性附录）　钨、锡、汞、锑矿床规模划分标准 20
附录C（资料性附录）　钨、锡、汞、锑矿床勘查类型确定因素参考 21

附录D（资料性附录）　钨、锡、汞、锑矿床勘查类型划分实例.....23
附录E（资料性附录）　钨、锡、汞、锑矿床勘查工程间距.....25
附录F（资料性附录）　钨、锡、汞、锑矿床各勘查阶段探求的资源量及其比例的一般要求.....27
附录G（资料性附录）　钨、锡、汞、锑矿床主要工业类型.....28
附录H（资料性附录）　钨、锡、汞、锑的主要矿物.....32
附录I（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.....34
附录J（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.....38
附录K（规范性附录）　钨、锡、汞、锑的环保要求.....43
附录L（资料性附录）　钨、锡、汞、锑矿床一般参考工业指标.....47
附录M（资料性附录）　矿体圈定与块段划分原则.....49
附录N（资料性附录）　汞矿含矿体的圈定 51
参考文献.....52

前　言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准代替DZ/T 0201-2002《钨、锡、汞、锑矿产地质勘查规范》。与DZ/T 0201-2002相比主要技术变化如下：

——调整了“章”结构，将勘查研究程度和勘查控制程度合并为勘查工作程度（见 4），删除了矿产资源/储量分类及类型条件。

——明确将规范适用范围界定在钨、锡、汞、锑矿的原生矿床（见 1）。

——参照上位规范，落实了资源储量分类，将勘查阶段划分由四个阶段调整为三个阶段，取消了预查阶段（见 3.2.1），并进一步修改和充实了各阶段的目的任务（见 3.2.2）。

——提出了 5 大地质因素加权赋值确定矿床勘查类型的新方法，并要求传统定性法在研究确定矿床勘查类型时应充分考虑单一地质因素的短板效应（见 4.1.1.5、4.1.1.6）。

——明确了共、伴生矿产的勘查工程部署原则和要求（见 4.1.3、4.3.6.1、4.4.6.1）。

——调整了锡矿矿石特征研究中的物相种类，摒弃了非规范性专业术语“胶态锡”，增加了水锡石和硅酸锡（见 4.3.3.2、5.6.1.6.3）。

——明确并落实了绿色勘查要求（见 5.1）。

——增加了勘查深度要求（见 4.1.5）和各勘查阶段资源量比例要求（见 4.1.6、附录 F）。

——增加了综合评价的共伴生矿产种类（见 4.3.6），补充了采矿废石、选矿尾砂和露采剥离物进行综合利用评价的要求（见 4.3.6.6、4.4.6.2），调整了钨矿床一般工业指标和钨、锡、锑部分伴生组分综合评价指标（见附录 L）。

——充实了矿石选冶技术条件研究的试验要求（见 4.3.4、4.4.4），将汞的环保要求更新为钨、锡、汞、锑的环保要求（见附录 K）。

——提出了勘查阶段进行地应力测量和地温测试的内容要求（见 4.3.5.2.5、4.3.5.3.2、4.4.5.2.4、4.4.5.3.3）。

——删除了矿床开采技术条件类型划分的要求。

——调整了钨矿体大型规模的界定标准（见附录 C），增加或删除了部分钨矿典型矿床实例（见附录 G），调整了钨矿床、锑矿床工业类型（见附录 G）。

——修订了地质填图（见 5.3）、物化探（见 5.4）、探矿工程（见 5.5）、采样及试样制备（见 5.6.1、5.6.2）、化学分析质量检查（见 5.6.3）等工作技术要求。

——增加了三维地质建模、矿物参数自动分析系统、轻型便携式分析仪等新技术、新仪器、新方法（见 5.10）。

——增加了矿体圈定、外推和块段划分内容（见附录 M）。

——提出了对于主要有用组分分布极不均匀的钨、锡、锑含矿体，可采用含矿系数（率）估算资源量（见 7.2.2.1.5）。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC93）归口。

本标准起草单位：自然资源部矿产资源储量评审中心、湖南省矿产资源储量评审中心。

本标准起草人：傅群和、唐卫国、何建泽、陈志、高利民、魏军才、钟倩倩、汤亚平、刘敏、周皓迪、王谦、蒋星祥、姚鹏、周星灿。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——1984年全国矿产资源储量委员会颁发的《钨矿地质勘探规范》和《锡矿地质勘探规范》；
——1985年全国矿产资源储量委员会颁发的《汞矿地质勘探规范》；
——1989年国家技术监督局发布的GB 10583—89；
——2002年中华人民共和国国土资源部发布的DZ/T 0201-2002。

矿产地质勘查规范　钨、锡、汞、锑

1　范围

本标准规定了钨、锡、汞、锑矿原生矿床勘查目的及勘查阶段、勘查工作程度、勘查工作及质量、可行性评价、矿产资源储量估算等方面的要求。

本标准适用于钨、锡、汞、锑矿原生矿床各勘查阶段的地质勘查工作、资源储量估算及其成果评价。

2　规范性引用文件

下列文件中的条款通过本文件的引用而成为本文件的条款。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 12719 矿区水文地质工程地质勘查规范

GB 51060 有色金属矿山水文地质勘探规范

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 0141 地质勘查坑探规程

DZ/T 0033 固体矿产勘查地质报告编写规范

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/T 0227 地质岩心钻探规程

DZ/T　　固体矿产资源储量估算规程

3　勘查目的及勘查阶段

3.1　勘查目的

发现和评价可供进一步勘查或开采的钨、锡、汞、锑矿床（体），为钨、锡、汞、锑矿勘查或开发决策提供相关地质信息，最终为矿山建设设计提供必需的地质资料，以降低矿床开发的投资风险，取得最大的经济效益和合理的社会及生态环境效益。

3.2　勘查阶段

3.2.1　勘查阶段划分

勘查工作分为普查、详查、勘探3个阶段。一般应按阶段循序渐进地进行。即使合并或者跨阶段提交勘查成果，也应参照勘查阶段要求分步实施。

3.2.2　各阶段的目的任务

3.2.2.1 普查

在区域地质调查、研究的基础上，通过有效的勘查手段，寻找、检查、验证、追索矿化线索，发现矿（化）体，并通过稀疏的取样工程控制和测试、试验研究，基本查明区内基础地质特征，初步查明矿体（床）地质特征、推断矿体连续性，初步查明矿石特征、矿石加工选冶技术性能，初步了解矿床开采技术条件，初步评价共伴生矿产；开展概略研究，确定是否有进一步详查的价值，并提出可供详查的范围，估算推断资源量（固体矿产资源储量类型参见附录A）。

3.2.2.2 详查

在普查的基础上，通过有效勘查手段、系统取样工程控制和测试、试验研究，详细查明矿床地质特征和控制或破坏矿体的因素，基本确定矿体的连续性，基本查明矿石特征、矿石加工选冶技术性能和矿床开采技术条件，综合勘查评价共伴生矿产；开展概略研究，估算控制和推断资源量，提出可供勘探的范围,也可开展预可行性研究或可行性研究，估算可信储量，做出是否具有工业价值的评价；为编制矿区规划、勘探区确定等提供地质依据。对于加密了工程仍难以探求控制资源量的复杂小型矿床（矿床规模划分标准见附录B），可提交普终报告。

3.2.2.3 勘探

在详查的基础上，通过有效勘查手段、加密取样工程控制和测试、深入试验研究，详细查明矿体地质特征、确定矿体的连续性，详细查明矿石特征、矿床开采技术条件及矿石加工选冶技术性能，综合勘查和综合评价共伴生矿产；开展概略研究，估算探明、控制和推断资源量，也可开展预可行性研究或可行性研究，估算可信、证实储量；为矿山建设设计确定生产方案等提供必需的地质资料。对于加密了工程仍难以求出探明资源量的复杂大中型矿床，可提交详终报告。

4 勘查工作程度

4.1 控制要求

4.1.1 勘查类型

4.1.1.1 勘查过程中应合理确定矿床勘查类型，以正确选择勘查方法和手段，合理确定勘查工程间距和部署勘查工程，对矿床进行有效的控制。

4.1.1.2 普查阶段矿体的基本特征尚未查清，难以确定勘查类型，但有类比条件的，可与同类矿床类比，初步确定勘查类型；详查阶段应根据影响勘查类型的主要地质因素确定勘查类型；勘探阶段应根据影响勘查类型的主要地质因素的变化情况验证勘查类型。随着勘查阶段的次序推进和勘查控制程度的提高，应从实际出发及时修正和调整勘查类型，避免投入工程量浪费。

4.1.1.3 确定矿床勘查类型时，应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。确定勘查类型要分清主矿产和共生矿产，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，可分段勘查或开采的，则主、次矿体应分别确定勘查类型。

4.1.1.4 影响矿床勘查类型划分的 5 个主要地质因素是矿体（汞：含矿体，下同）规模、矿体形态复杂程度、厚度稳定性（汞：内部结构复杂程度）、矿石有用组分分布的均匀程度（汞：矿化连续性）和构造破坏程度。

4.1.1.5 勘查类型可根据主要地质因素加权赋值法确定，也可采用传统定性等其他方法，但要充分考虑单一地质因素的短板效应。

4.1.1.6　采用主要地质因素加权赋值法时，应首先根据影响矿床勘查难易程度研究确定各主要地质因素的权重。各主要地质因素的参考权重参见附录 C 表 C.1；各主要地质因素界定条件和分级赋值要求见表 C.2～C.8。按照主矿体 5 个主要地质因素加权赋值结果（主要地质因素权重值与各因素赋值的乘积之和），将勘查类型划为三类，见表 1。

4.1.1.7　各勘查类型实例详见附录 D。鉴于地质因素的复杂性，可有过渡类型。

表1　矿床勘查类型划分表

勘查类型	主要地质因素加权赋值	钨、锡、锑	汞
第Ⅰ类型（简单型）	76～100	矿体规模达大型（钨为中型至大型），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）	45～75	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，形态较复杂—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）	0～44	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。

4.1.2　勘查工程间距

4.1.2.1　矿床勘查时应根据勘查类型合理确定勘查工程间距，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，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。

4.1.2.2　最佳勘查工程间距一般需采取多种方法确定，不能一概而论，应采用由疏到密、疏密结合、由浅到深、深浅结合、典型解剖、区别对待的原则进行部署。

4.1.2.3　钨、锡、汞、锑矿勘查探求控制资源量的参考基本工程间距见附录 E，探明、推断资源量的勘查工程间距，一般在基本工程间距的基础上加密或放稀 1 倍，但不限于 1 倍，以满足相应勘查研究程度要求为准则。

4.1.2.4　实际勘查过程中，对于矿体地质变量了解较少的勘查工作早期，可采用类比法确定工程间距；在详查和勘探阶段，通过类比、地质统计学分析、工程验证等方法，论证工程间距的合理性，并视情况进行合理调整。

4.1.2.5　当矿体沿走向或倾向的变化不一致时，工程间距应适应其变化。

4.1.2.6　矿体出露地表时，地表工程间距宜根据实际情况适当加密，以深入研究成矿控矿规律，指导深部勘查。

4.1.3　共伴生矿产勘查

4.1.3.1　在勘查主矿产的同时，对共伴生矿产应进行综合勘查评价。

4.1.3.2　对于同体共生矿产和伴生矿产，其提交的矿产资源储量类型，按相应矿种（类）规范执行；对资源量规模达到中型及以上的同体共生矿产，当主矿产勘查程度达不到共生矿产相应要求时，可根据实际需要和可能，按该矿种的勘查规范适当增加勘查工程或进行专门的勘查工作，一般详查阶段对同体共生矿产的勘查工作程度应达到相应矿产勘查规范规定的详查程度要求。

4.1.3.3　对于异体共生矿产，一般情况下应根据需要，利用揭露主矿产的工程或适当增加工作量，对矿体进行勘查和评价；对资源量规模达到中型及以上、揭露主矿产的工程达不到相应控制程度的，按该矿种的勘查规范进行专门的勘查和评价工作。

4.1.4　勘查工程部署

4.1.4.1　在合理确定勘查类型和勘查工程间距的基础上，应根据矿体地质特征和矿山建设的需要、地形、地貌、物化探条件和生态环境保护要求，选择适当、有效的勘查方法和手段，按矿床勘查类型和相应工程间距部署勘查工程，对矿床进行整体控制；视具体情况（如矿体局部与整体变化情况相差较大、小矿体可随主矿体顺路开采等），按矿体勘查类型和相应工程间距适当调整勘查工程间距,对矿体进行局部控制。

4.1.4.2　普查阶段，对于发现的矿体在走向两端和倾向深部（盲矿体还应包括其头部）应具有一定的圈边工程；勘探阶段，一般应根据详查结果选择资源储量和开采技术条件综合最优的地段作为首采区，并以首采区为重点兼顾全区，有针对性地开展勘探阶段工作。

4.1.4.3　详查和勘探阶段，为采取试验样品、控制矿床首采区或主要资源储量区，可部署坑探工程。对第Ⅲ勘查类型中形态极复杂、主要有用组分变化很大的矿床，探明资源量、控制资源量估算区在具备条件时应部署坑探验证。坑探应以沿脉为主，当沿脉坑道不能揭露矿体全厚时应部署相应间距的穿脉控制矿体全厚。

4.1.5　勘查深度

4.1.5.1　对延伸很大的矿床，可以分段勘查。

4.1.5.2　对于埋藏较深或倾向延深较大的矿床，应科学合理地论证和确定勘查深度。一般情况下，小型矿床勘查垂深不小于 300m，中型不小于 500m，大型不小于 800m，老矿山深部勘查每次延深不小于矿山现有开采中段高的 3 倍。各类型矿床在勘查垂深以下应有少量的工程进行控制，了解矿床深部远景。

4.1.5.3　勘查深部矿体应适当加强开采技术条件研究。

4.1.6　资源量比例

普查、详查、勘探阶段的勘查工作程度，应满足各阶段的目的任务要求。各勘查阶段的资源量比例一般要求参见附录F。

4.2　普查阶段研究要求

4.2.1　勘查区地质条件

在全面收集和研究区域地质、物探、化探、重砂、遥感、矿产勘查和研究资料的基础上，对区内成矿条件有利的物化探和重砂异常区、矿（化）点，采用露头详细检查、1:10000～1:2000的地质填图和适宜的物探、化探方法以及稀疏的取样工程，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，查明主要异常特征和含矿性，基本查明主要控矿地质因素和主要矿化类型（矿床主要工业类型参见附录G），评价成矿远景。

4.2.2　矿体地质特征

对已发现的矿体（层）进行稀疏控制，深部应有工程证实，初步查明已发现主矿体（层）的分布、数量、规模、形态、产状和品位等，推断矿体的连续性；估算推断资源量，为是否详查及如何详查提供依据。

4.2.3　矿石特征

通过稀疏工程的样品分析，初步查明矿石的品位、化学成分、矿物组合（钨、锡、汞、锑的主要矿物参见附录H）、结构构造、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、含量。

4.2.4 矿石选冶技术条件

一般进行类比研究，做出是否可能作为工业原料的初步评价（矿物、元素的性质和用途及地球化学性状参见附录I）；对组分复杂，粒度较细，国内尚无成熟选（冶）矿经验的钨、锡、汞、锑矿石，应进行可选（冶）性试验或视条件进行实验室流程试验（矿石的选冶质量、工艺技术性能及精矿质量标准参见附录J）。

4.2.5 矿床开采技术条件

收集、分析区域资料并与同类型矿山开采资料对比，确定矿区（床）所处的水文地质单元；初步查明地表水分布、水位、流量、淹没范围，地下水类型及补给、径流、排泄条件，矿床主要充水因素；初步查明矿体和顶、底板围岩的稳固性；初步查明围岩、矿石、地表水体、地下（热）水中可能影响环境质量的放射性元素、有害组分种类及含量本底值，预测矿床开采对环境、人文景观的可能影响。

4.2.6 综合勘查综合评价

初步了解与主矿产共、伴生矿产种类、含量、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 详查阶段研究要求

4.3.1 矿床地质特征

4.3.1.1 通过1:5000～1:1000地质填图和各种勘查方法、手段，详细查明钨、锡赋矿层位和汞、锑含矿岩系的地层年代、岩性、岩相、层厚和层序，特别注意汞、锑含矿（体）层位和矿化屏蔽层的研究，建立矿床的含矿地层柱状图（地层层序表）。

4.3.1.2 详细查明主要控矿构造（断层、褶皱、裂隙、破碎带、接触带等）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。

4.3.1.3 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作用。

4.3.1.4 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，可编制矿化—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。

4.3.2 矿体地质特征

4.3.2.1 用系统取样工程基本查明钨、锡、锑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。

4.3.2.2 基本查明主矿体厚度、矿石品位在倾向和走向上的变化情况，计算变化系数；基本确定矿体的连续性和矿体间相互关系。

4.3.2.3 基本查明风（氧）化带、过渡带、原生带的性质、类型以及分布范围，研究其成因及控矿条件。

4.3.2.4 估算主矿产及共伴生矿产控制资源量和推断资源量，进行了（预）可行性研究的，还应估算可信储量，为下阶段勘探或开发（一般小型矿床）提供依据。

4.3.3 矿石特征

4.3.3.1　基本查明矿石矿物组合及含量，结构构造，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、赋存状态及分布规律；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，为矿山规划和预可行性研究提供依据。

4.3.3.2　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、水锡石锡和硅酸锡四者比例及空间分布；锑矿石要特别查明锑氧化率，并据此划分氧化矿石（ω_B ＞50%）、混合矿石（ω_B为20%～50%）和原生矿石（ω_B ＜20%）。

4.3.4　矿石选冶技术条件

在工艺矿物学研究的基础上，进行矿石的可选（冶）性实验或实验室流程实验；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，并进行验证试验；对难选（冶）矿石或新类型矿石，应进行实验室扩大连续试验，以便对主矿产及其共伴生组分做出综合评价。试验应包括尾矿沉淀、回水利用、尾渣和废石毒性浸出等内容，初步分析和评价选冶过程中有可能影响人居环境、人文景观的有害组分（钨、锡、汞、锑的环保要求见附录K）。

4.3.5　矿床开采技术条件

4.3.5.1　水文地质

4.3.5.1.1　勘查范围宜选择完整的水文地质单元，若水文地质单元面积很大时，应包括疏干排水可能影响的范围。基本查明地表水体分布范围及水（流）量情况；收集、了解大气降水等气象水文资料；根据区域水文地质条件圈出汇水边界。

4.3.5.1.2　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；矿床顶底板隔水层的隔水性能和稳定性。对有热水、气的矿床，应基本查明其分布、压力、温度、流量及影响因素。

4.3.5.1.3　基本查明断裂构造和破碎带的富水性及导水性，构造对各含水层及地表水水力联系的影响程度，可能引起突水的位置，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。

4.3.5.1.4　初步确定水文地质边界和矿坑主要充水因素、水源和途径，预测矿坑涌水量。

4.3.5.1.5　根据矿床充水的主要含水层的类型和富水程度，矿床与当地侵蚀基准面的关系，地下水的补给条件，地表水与主要充水含水层水力联系密切程度，主要充水含水层和构造破碎带的富水性、导水性，第四系覆盖层情况以及水文地质边界条件，初步确定矿床水文地质条件复杂程度。

4.3.5.1.6　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。

4.3.5.2　工程地质

4.3.5.2.1　初步测定矿石、围岩的有关物理力学性质参数。

4.3.5.2.2　基本查明矿区内断层、破碎带、风化软弱带、节理、裂隙带、岩溶等的发育程度和分布规律。

4.3.5.2.3　研究矿体及顶底板围岩的稳固性和露采边坡的稳定性。

4.3.5.2.4　调查老窿、生产矿坑（井）的分布情况，大致圈出采空区范围。

4.3.5.2.5　参考GB 51060，当中小型矿床位于已知高地应力地区或矿体埋藏于当地侵蚀基准面以下的深度大于700m时，应进行地应力测量。

4.3.5.2.6　预测可能发生的主要工程地质问题，初步确定矿床工程地质条件复杂程度。

4.3.5.3　环境地质

4.3.5.3.1　基本查明围岩、矿石、地表水体、土壤、地下（热）水、废石中可能影响环境质量的放射性元素、有害组分的种类和含量本底值。

4.3.5.3.2　当中小型矿床矿体海拔高度大于3000m或埋藏于当地侵蚀基准面以下的深度大于500m时，应在不同构造部位选择代表性的探矿钻孔测温。

4.3.5.3.3　收集矿区及其附近地震活动历史情况及新构造活动特征，按照地震动参数划分地震基本烈度，对区域地壳稳定性做出评价。

4.3.5.3.4　收集矿区及附近民居、基本农田、各类保护区、重要构筑物等资料和崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害资料，并进行相应调查，综合水文、工程地质条件分析它们对矿山开发的可能影响。

4.3.5.3.5　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，初步进行矿山建设适宜性评价。

4.3.5.3.6　矿床水文、工程和环境地质勘查阶段一般与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、重要文物保护区、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。

4.3.6　综合勘查综合评价

4.3.6.1　大致查明共、伴生矿产种类、含量、规模、赋存状态、分布范围和共伴生关系，对共、伴生矿产综合利用价值做出评价。当共生矿产规模达中型及其以上时，对其勘查和评价程度应与主矿产一致。

4.3.6.2　钨矿床注意综合评价铁、锰、铜、铅、锌、锡、铋、钼、锑、金、银、稀土元素、锂、铍、铷、铌、钽、钴、锗、镓、铟、镉、硫、砷、压电水晶、熔炼水晶、萤石、石榴子石、云母、长石、钾长石、钠长石、绿柱石、电气石等。

4.3.6.3　锡矿床注意综合评价铁、锰、铜、铅、锌、钨、铋、钼、锑、银、锂、铷、铌、钽、铟、铍、硫、砷、萤石、云母、长石、钾长石、钠长石、绿柱石、电气石等。

4.3.6.4　锑矿床注意综合评价铁、锰、铜、铅、锌、钨、锡、镍、铋、钴、汞、金、银、镉、铂、钯、钌、硫、砷、硒、碲、萤石、重晶石等。

4.3.6.5　汞矿床注意综合评价锑、金、铊、砷、硒、铀等。

4.3.6.6　初步评价采矿废石和选矿尾砂的矿物成分及综合利用的可能性，露天开采矿床需对剥离物的综合利用进行评价。

4.4　勘探阶段研究要求

4.4.1　矿床地质特征

在详查阶段基础上，用加密取样工程及相应的工作，深化成矿地质条件研究，进一步查明矿床的地质特征，建立矿床地质模型。

4.4.2　矿体地质特征

4.4.2.1.1　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、内部结构、品位及变化情况，确定其连续性。

4.4.2.1.2　估算主矿产及共伴生矿产探明、控制和推断资源量，开展了（预）可行性研究的，估算证实、可信储量。

4.4.2.1.3　对适宜露天开采的矿床，要对矿体四周边界及采场底部矿体边界进行系统控制，掌握矿体底板的起伏变化规律。对拟地下开采的矿床，要注意控制主矿体的两端，上下界线和延深情况。

4.4.3　矿石特征

在详查阶段工作基础上，对主矿体（层）进行详细的矿石特征研究。详细查明矿石化学成分，矿物种类及含量，结构构造，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、原生带各自的矿石化学成分，矿物成分及含量，结构构造，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，以满足矿山建设设计和预可行性或可行性研究的需要。

4.4.4 矿石选冶技术条件

在工艺矿物学研究的基础上，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，易选矿石可以与生产矿山进行类比，但要进行验证试验；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；类比和试验内容应包括尾矿沉淀、回水利用、尾渣和废石毒性浸出等；分析和评价选冶过程中有可能影响人居环境、人文景观的有害组分，研究共、伴生矿产、有害组分综合回收途径；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。

4.4.5 矿床开采技术条件

4.4.5.1 水文地质

4.4.5.1.1 详细查明勘探区水文地质条件，重点查清岩溶管道水、深循环承压含水层的埋藏分布情况、地下水动力特征，产生矿坑突水的危险性，准确划分水文地质条件复杂程度。

4.4.5.1.2 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。

4.4.5.1.3 预测开采中可能出现的水文地质问题，并提出防治措施。

4.4.5.2 工程地质

4.4.5.2.1 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。

4.4.5.2.2 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、岩溶等的发育程度和分布规律。

4.4.5.2.3 详细研究矿体（层）及顶底板围岩的稳固性、采空区允许暴露面积和露天采场边坡的稳定性。

4.4.5.2.4 参考 GB 51060，当矿床位于已知高地应力地区或矿体埋藏于当地侵蚀基准面以下的深度大于 700m 时，应进行地应力测量。

4.4.5.2.5 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。

4.4.5.3 环境地质

4.4.5.3.1 详细查明矿区民居、基本农田、各类保护区等人居环境及构建筑物的分布情况。

4.4.5.3.2 详细查明土壤、水体、矿石、围岩、废石、废水、尾砂、废渣中的放射性元素、有害物质组分及含量。

4.4.5.3.3 当矿体海拔高度大于 3000m 或埋藏于当地侵蚀基准面以下的深度大于 500m 时，应在不同构造部位选择代表性的探矿钻孔测温。

4.4.5.3.4 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。

4.4.5.3.5 开展矿山建设适宜性评价，评估矿山开采诱发或加剧地质灾害的可能性及危险性，预测矿山开发对环境、人文景观可能造成的危害程度，并提出防治措施。

4.4.6 综合勘查综合评价

4.4.6.1　在勘探主矿产和主矿体（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、伴生矿产进行综合勘探和综合评价，对于资源量达到中型及以上的共生矿产，当控制主矿产的勘查工作达不到控制共生矿产的需要时，根据实际情况和需要可能，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、分布规律及与主矿产关系，估算资源量，当同体共生矿产在主矿产矿体中分布零散、且形态复杂时，允许其勘查程度较主矿产降低一个级别；如需独立系统开采，则视市场需求布置专门的勘探工程。

4.4.6.2　评价采矿废石和选矿尾砂综合利用的可能性及利用方向，露天开采矿床需对剥离物的综合利用进行评价。

5　勘查工作及质量

5.1　绿色勘查要求

5.1.1　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，以最小的负面环境影响取得最佳的勘查效果。

5.1.2　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减轻对生态环境的负面影响，尽量少占地、少揭露、少毁植被。

5.1.3　矿产勘查工作应尽可能选择有利于环境保护的技术、方法和工艺，最大限度减轻对生态环境的扰动。如果可达到相应勘查目的，尽可能采用便携式钻探设备、水平钻、浅钻等勘查手段和一基多孔、一孔多枝等新技术。

5.1.4　勘查工作过程中，应进行多次阶段性或专项性验收，确保绿色勘查实施。勘查施工完成后，要及时修复施工对生态环境造成的负面影响，妥善处理物料堆存、废弃物处置等问题，槽探、浅井工程要及时回填，钻探机台、循环池要及时进行场地平整和土地复垦，岩心要及时入库或缩减后掩埋。

5.2　地形测绘及工程测量

5.2.1　应采用全国统一坐标系统和最新的国家高程基准点。

5.2.2　测量的精度要求应执行 GB/T 18341。

5.2.3　普查、详查、勘探阶段不同比例尺的勘查线剖面、探矿工程、矿体露头控制点等均应实测。

5.3　地质填图

5.3.1　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。

5.3.2　在地质填图前，应选定并实测 1 条～2 条基本穿越全区地质体的地质剖面，根据各地质体复杂程度，确定实测剖面的数量和地质填图单元，建立地层柱状图。实测剖面线应具代表性。

5.3.3　普查阶段可以填制地质简图，详查和勘探阶段应填制正测地质图。

5.3.4　地质简图地质观测点可用 GNSS 定位，正测地质图重要地质观测点须用仪器法定测，其他地质观测点可用高精度 GNSS 定位。地质图应准确、合理、清晰、美观。

5.3.5　地质简图的地形底图可以使用比例尺为填图比例尺 1/2 的正测地形图放大，正测地质图的地形底图精度须符合同比例尺地形图的测量规范。

5.3.6　地质填图正测的地质观测点密度一般要求见表 2，实际执行中，地质观测点的布设重点应保证对重要地质界线、构造界线和地表矿（化）体的有效控制，界线点数与加密点数之和一般应达到地质点总数的 70%以上，在地表浮土、植被大面积覆盖地段，除重要地质界线需人工揭露外，一般地段观察点宜适当放稀，充分利用探矿工程反推代表地质现象。经试验遥感、物探、化探等方法能有效地圈定某些

地质界线或矿体时，地质观测点的数量可酌情缩减 10%～30%，但不允许用遥感、物探、化探等工作成果完全代替地质观测点和工程揭露。地质简测的观测点密度及数量不低于正测的 70%。

5.3.7　对蚀变带、矿化体、重要地质界线，若遇浮土覆盖，视实际需要布置剥土、取样钻，必要时布置短槽、浅井工程揭露控制，所有地表工程、地质点、勘探线剖面均须用仪器法或高精度 GNSS 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。

表2　正测地质观测点密度一般要求

填图比例尺	地质界线上的点距（m）	地质观测点个数（个/km^2）			备注
		构造简单	构造中等	构造复杂	
1:10000	100～200	40～60	60～80	＞80	探槽长每 20m 可折合 1 个点
1:5000	50～100	80～120	120～150	＞150	
1:2000	20～50	160～240	240～300	＞300	探槽长每 10m 可折合 1 个点
1:1000	10～25	320～480	480～600	＞600	
1:500	5～10	500～600	600～1000	＞2000	

5.4　物化探工作

5.4.1　依据矿床的地质、矿化特征及矿区的地球物理、地球化学和自然地理条件，开展方法试验，选择有效的物探、化探方法进行综合勘查，测定有关参数，实测地质、地球物理、地球化学的综合剖面。对于钨、锡矿床，常选择开展大比例尺重力、磁法、电法、电磁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；对于锑、汞矿床，可选择电法联合剖面、大功率电法等物探方法，土壤地球化学、构造地球化学、岩石地球化学、汞气测量等化探方法。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、创新的计算程序或软件应经相关部门组织的专家评审、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。

5.4.2　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。

5.5　探矿工程

5.5.1　原则

根据矿体产状、形态及地形条件，结合生态与环境条件，依法、依规合理选择勘查手段。

5.5.2　浅表工程

浅表工程包括槽探、剥土、井探、浅钻等工程，用于揭露浅表部矿体、矿化带、构造、重要的地质界线和各类异常。槽探深度应挖至基岩，能够观察到基本地质现象，断面应尽可能平整；当浮土较厚（大于3m）或受到环保约束时以浅井或浅钻揭露，深度以至基岩为止，浅井四壁应平整。为了有效地指导深部探矿工程设计，矿体出露地表时，地表工程间距应适当加密，并考虑与深部工程的配合，必要时可用沿矿脉走向的槽探工程揭露。

5.5.3　坑探工程

一般用于勘查和评价复杂矿床、采取试验样品、控制矿床首采区或主要资源储量区，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，应严格在脉内掘进，并按勘查线间距用穿脉坑道穿透矿体。对老窿应有选择地进行清理，若地形有利则应用平硐探索矿体的产状与矿化的变化情况。坑探工程质量按DZ 0141执行。

5.5.4 钻探工程

5.5.4.1 钻探施工中应严格执行 DZ/T 0227 规定，岩心平均采取率不低于 70%。

5.5.4.2 矿体及其顶底板 3 m～5 m 的围岩、近矿围岩蚀变带、控矿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，应采取补救措施。

5.5.4.3 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假象。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，地表地质钻孔终孔孔径一般不得小于 59mm。

5.5.4.4 钻探施工中应按 DZ/T 0227 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。钻孔弯曲度和方位角偏斜应符合规程和地质设计要求，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、进行孔深误差验证。封孔质量不符合规程或设计要求时需返工重封。

5.6 化学分析样品的采取、制备和测试

5.6.1 样品的采取及分析项目

5.6.1.1 基本要求

采样应有代表性；采样的方法应根据采样目的，结合勘查手段、矿体（层）规模和厚度、矿石结构构造、矿物粒度大小等因素确定；采样规格应通过试验或类比确定；样品重量应满足测试需要。

5.6.1.2 基本分析样品

5.6.1.2.1 基本分析目的：查明矿石中有用组分的含量，作为圈定矿体、估算资源量的主要依据。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，对不同类型的矿石和目测品位不同的地段应分段连续采取，保证样品的代表性。

5.6.1.2.2 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。单样长度所代表的真厚度一般不超过该矿床的最小可采厚度，当矿体厚度较大，矿石类型简单，矿化均匀的矿床，单样长度可相应放长，但其所代表的真厚度不得大于夹石剔除厚度；样槽断面规格为（10 cm～5 cm）×（5 cm～3 cm）。对薄脉型钨锡矿体，矿化极不均匀时也可采用剥层法采样。在详查或勘探阶段，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，样品间距视矿化均匀程度而定，一般 2 m～10 m，并按勘查线间距，在矿脉顶底板上应各有一组厚度之和（一个或多个样品）略大于夹石剔除厚度的无矿样品控制矿脉的真实厚度；对钻探工程的矿心取样，一般沿矿心纵轴分半采样（当取样钻岩心直径小于 30mm 时采全心样），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。样长所代表的真厚度与刻槽法要求一致。

5.6.1.2.3 分析项目：主要有用组分（包括共生矿产）。

5.6.1.3 光谱全分析样品

在普查阶段，或者详查和勘探阶段矿石性质有较大变化时，为确定矿石化学全分析、基本分析和组合分析项目，需在矿体不同空间部位、不同矿石类型及某些围岩、蚀变带、可能含矿的岩石中取光谱全分析样，样品可从基本分析样的副样中挑取或单独采取。

5.6.1.4 组合分析样品

5.6.1.4.1 组合分析目的：主要了解矿石伴生的有用、有益和有害组分。
5.6.1.4.2 取样方法：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。
5.6.1.4.3 分析项目：根据光谱（或质谱）全分析和化学全分析结果，结合矿床地质特点，应将伴生有用有益有害组分列为组合分析项目。

5.6.1.5 矿石化学全分析样品

5.6.1.5.1 矿石化学全分析目的：为全面查明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；分析项目含量合计应接近 100%。
5.6.1.5.2 取样方法：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 2 件～3 件，以确定矿石的性质和特点。

5.6.1.6 物相分析样品

5.6.1.6.1 物相分析目的：用于研究矿石中有用、有害组分在不同物相（或矿物）中的分配值、分配率。
5.6.1.6.2 取样方法：样品可在基本分析样的副样中抽取，或用组合样品，也可专门采取物相分析样品，为防止样品氧化应及时进行。
5.6.1.6.3 分析项目：矿化主元素的全含量、硫化态、氧化态、硅酸态（锡）、水锡石（锡）、硫盐态（锑）、自然态（汞）等相态含量。

5.6.1.7 单矿物分析样品

5.6.1.7.1 **单矿物分析目的：**主要查明贵金属、稀散元素或稀有金属在矿石中的赋存状态、分布规律、含量及其与主元素的关系，为选冶流程提供依据。
5.6.1.7.2 取样方法：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；用作估算资源量时，应按工程或按块段采集。一般送样质量为 2 g～20 g。
5.6.1.7.3 分析项目：根据不同矿床、矿石矿物和查定目的确定。

5.6.1.8 岩石全分析样品

5.6.1.8.1 岩石全分析目的：岩石全分析亦称硅酸盐分析，目的是研究区内元素迁移规律、岩石成因及岩相，以研究岩石与成矿的关系。研究物质的带进或带出情况时，应以相同体积的氧化物质量进行对比，在进行分析前需测定样品的体积质量。
5.6.1.8.2 取样方法：根据岩矿鉴定成果，采取同样性质且经鉴定认为具有代表性的岩石作为分析样品，样品的原始质量应在 1kg 以上，样品的最终质量一般为 500g。
5.6.1.8.3 分析项目：SiO_2、Al_2O_3、CaO、MgO、Fe_2O_3、TiO_2、MnO、K_2O、Na_2O 等，次要项目有 SO_4^{-2}、NO_3^-、H_2O^+、H_2O^-、P_2O_5、Li_2O、S、CoO、BaO、Cr_2O_5、ZrO_2 等。为与全分析进行对比，可将金属成分和其他稀有元素列为分析项目，分析项目的取舍根据岩相研究的目的和要求而定。

5.6.2 试样制备

5.6.2.1 分析试样的制备原则上分为粗碎、中碎和细碎三个阶段，每个阶段又包括破碎、过筛、混匀和缩分四道工序。实验室可根据用户送来的实验室样品的粒度、样品的质量大小以及自身碎样设备具体情况，确定分析试样制备的阶段和工序。流程应保证分析试样对实验室样品的代表性，确保试样制备的质量。

5.6.2.2 分析样品的缩分应严格按照切乔特公式进行：

$$Q=Kd^2 \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：Q——缩分后所取得的最小可靠质量（kg）；

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。

5.6.2.3 试样制备过程中应留存相应的副样，作为检查分析结果质量和其他研究的备用样品，与正样具有同样的可靠性。中碎阶段通过 1mm（18 目）筛或 0.84mm（20 目）筛的，混匀后缩分出一半作为副样保存，称为粗副样，另一半继续加工至分析需要的粒度和重量，混匀后缩分出一半送作分析，称为分析正样，另一半作为副样保存,称为分析副样（正余样），一般分析副样质量为 300 g～400 g。

5.6.2.4 试样制备过程要求损失率不大于 5%，每次缩分误差应小于 3%。制备应严格遵守操作规程，严防混染。样品破碎、过筛、粒度以及其他质量要求按 DZ/T 0130.2 执行。

5.6.3 化学分析质量检查

5.6.3.1 基本要求

5.6.3.1.1 凡参加矿体圈定、资源量估算的基本分析结果、组合分析结果以及工业指标中规定的有害组分分析结果，均需进行内、外部检查分析（简称内检和外检）；物相分析结果应酌量进行内、外检；矿石全分析以及明显低于边界品位的样品，一般不做内、外检，必要时可做少量样品的检查。

5.6.3.1.2 基本分析、组合分析结果的内检、外检应分批、分期进行，分析测试单位须提供内部质量审核报告。

5.6.3.2 承担单位

样品测试应由国家或省级认证的有资质的单位承担(外检应由取得国家级计量认证资质的实验室承担），工作质量应严格按DZ/T 0130执行，测试方法须符合国家或省级认证管理部门认定的《检验检测机构资质认定证书附表》要求。

5.6.3.3 内部质量检查

内部质量检查主要用于查定基本分析、组合分析、物相分析中可能产生的测试质量的偶然误差，内检样应由送检单位在矿石各种自然类型、含量在边界品位附近及以上样品的粗副样中抽取（抽检样品应包括对分析结果存在异议的样品的粗副样），编密码送原测试单位进行复测。基本分析内检样按边界品位附近及以上样品总数不少于10%的数量抽取，基本分析样品较少时，可适当提高内检样抽查比例至30%，当基本分析样品数量较大（大于2000个样品以上）或大量测试结果证明质量符合要求时，内检数量可适当减少至5%～10%。组合样品内检样的数量不少于组合分析总量的5%。物相分析内检样数量根据需要确定。

5.6.3.4 外部质量检查

外部质量检查主要用于验证原测试单位的分析质量是否存在系统误差。收到内检结果后，送检单位应通知原测试单位从内检合格的分析副样(正余样)中抽取外检样品。以明码送外检单位进行验证分析。基本分析、组合分析外检样数量一般为参加资源量估算的原分析样品总数的5%。当参加资源量估算的原分析样品数量较大（2000个样品以上）时，外检比例可降为3%～5%；若参加资源量估算的原分析样品数量较少，可适当提高外检样抽取比例，最高可至30%。

5.6.3.5 内、外检样品分析结果误差处理办法

5.6.3.5.1 内、外检样品分析结果误差计算方法和允许误差标准按 DZ/T 0130.3 执行，要求各批（期）次内、外检合格率均不低于 90%，若原分析结果较外检分析结果 75%以上偏高或偏低，即认为存在系统误差。

5.6.3.5.2 对于任何内检超差的样品均应分析超差原因，并视情况进行复检，复检结果证明原分析结果错误的应予改正。当内检样合格率不符合要求时，应抽取同批（期）次同样数量未验证过的样品再次内检。再次内检后，若合格率仍不符合要求，则相应批（期）次原分析结果全部无效，对此应及时查找原因，并根据具体情况进行处理。

5.6.3.5.3 外检样品合格率不符合要求或存在系统误差时，应扩大一倍外检样品数量重新外检。重新外检后，若外检样品合格率仍不符合要求或仍存在系统误差时，原测试单位和外检单位应共同查找外检超差或产生系统误差的原因，视情况对相应批（期）次原分析结果进行处理，确系原分析原因，必要时应采取补救措施或返工。一般，仅个别批（期）次存在系统误差，且相应批（期）次外检合格率符合要求，在不对矿体圈定和资源量估算产生较大影响的情况下，其原分析结果可以采用。

5.6.3.5.4 当外检合格率不符合要求或原分析结果存在系统误差，而原测试单位和外检单位不能确定误差原因，或者对误差原因有分歧意见时，应提请仲裁分析。仲裁单位由原分析单位和外检单位协商确定。仲裁分析样品由原分析单位从原分析样品的分析副样（正余样）中抽取，数量一般不少于外检样品数量的 20%，且不应少于 10 件。当仲裁分析结果证明原分析结果错误时，应予纠正；若存在系统误差且应校正时，应加倍数量进行仲裁分析，取得充分可靠的依据，求出校正系数，对有系统误差的分析结果进行校正，或根据具体情况，将原分析全部或部分返工。

5.7 矿石选（冶）试验样品的采集与分析、试验

5.7.1 矿石选（冶）试验程度

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。样品采集前，矿产勘查人员应与试验单位密切配合，必要时征求项目开发设计单位意见，共同编制采样设计书。

5.7.2 样品的采集

样品采取要考虑矿石类型、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，有害组分含量应不低于矿区内所代表的矿石工业类型的平均含量。有多种矿石类型的样品混合时，其比例应与矿石类型资源量比例一致，如果矿床规模大，物质组分复杂，还应分段采样。

5.7.3 主要试验内容

类比评价应从矿石物质组成、矿石类型、矿石结构构造、主要矿石矿物和脉石矿物、嵌布特征、粒度大小、元素赋存状态、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；可选性试验着重探索和研究各类型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；实验室流程试验应在进行流程结构及其条件的方案比较试验的基础上，进行推荐流程的综合条件闭路试验；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；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。以上试验应该包括尾矿沉淀、回水利用、尾矿和废石的毒性浸出等，提交的选矿试验报告还应包含技术经济分析和评价内容。

5.8 岩石、矿石物理技术性能测试样品的采集与试验

5.8.1 为了估算资源量和研究矿床开采技术条件，在详查、勘探阶段应采集岩、矿石物理力学样，测定岩石、矿石和矿体顶底板围岩的物理力学性能。样品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。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）、孔隙度、松散系数、研磨性能；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、土壤土工试验；采样方法、数量、质量按 GB/T 33444 及相关技术要求执行。

5.8.2 体积质量（体重）样应按矿石类型分别采样，样品主元素含量平均值应与矿床平均值基本相近，在空间上应有代表性。详查、勘探阶段，除每种主要矿石类型的小体积质量（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 cm^3～120 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。

5.9 原始记录、综合整理和报告编写

5.9.1 矿产勘查各阶段，原始编录应在现场及时进行，编录须客观、准确、齐全地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和影像资料。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 GB/T 33444、DZ/T 0078 和 DZ/T 0079 执行。

5.9.2 在不同阶段的勘查工作结束时，要及时编写阶段勘查报告，具体按 DZ/T 0033 的要求编写。

5.10 新技术、新方法

5.10.1 在有条件且不影响勘查工作质量情况下，鼓励采用定向钻探、定向取心、反循环钻探等新技术，鼓励采用矿物参数自动分析系统、轻型便携式分析仪等新仪器，倡导采用通过认证公告的基于三维地质建模技术估算资源量的新软件新方法。

5.10.2 提倡从野外数据采集，到自动化综合整理资料、提交报告，全过程使用新技术、新方法，各种数据建立勘查成果数据库。

6 可行性评价

6.1 总体要求

6.1.1 在普查、详查和勘探各阶段，均应进行可行性评价工作，并与勘查工作同步进行、动态深化，以使矿产勘查工作与下一步勘查或矿山（井田）建设紧密衔接，减少矿产勘查、矿山（井田）开发的投资风险，提高矿产勘查开发的经济、社会及生态环境综合效益。

6.1.2 可行性评价根据研究深度由浅到深划分为概略研究、预可行性研究和可行性研究三个阶段。

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

6.2 概略研究

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

6.2.2 概略研究可以在各勘查工作程度的基础上进行。

6.3 预可行性研究

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

6.3.2 预可行性研究应在详查及以上工作程度基础上进行。

6.3.3 经过预可行性研究，探明资源量、控制资源量可转换为储量。

6.4 可行性研究

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

6.4.2 可行性研究一般应在勘探工作程度基础上进行。

6.4.3 经过可行性研究，探明资源量、控制资源量可转换为储量。

7 矿产资源储量估算

7.1 矿床工业指标

7.1.1 工业指标是在当前技术经济条件下区分矿与非矿、圈定矿体、估算矿产资源储量、评价矿床工业价值的依据。

7.1.2 工业指标一般采用类比论证法、经济分析法、地质方案法等方法确定。普查阶段，一般采用矿产一般工业指标或同一成矿区（带）上成因相同、内外部条件相似的合理的矿山工业指标，详查、勘探阶段采用的工业指标应论证确定。

7.1.3 运用几何法、SD 法等估算资源储量时，工业指标的主要内容有边界品位、最低工业品位、最小可采厚度、夹石剔除厚度，对小于可采厚度而品位较高的矿体，可采用米百分值；运用以地质统计学、距离幂次反比法等为基础的三维建模软件估算资源量时，工业指标应采用矿块指标体系。在制定主矿产工业指标的同时，对于共生矿产、伴生矿产、以及可能影响环境而需回收的有害组分，应提出相应指标；对不宜分采分选，或多种组分综合回收后可降低工业指标要求的矿床，鼓励制定矿床综合工业指标。

7.1.4 钨、锡、汞、锑一般参考工业指标见附录 L。

7.2 资源量估算

7.2.1 资源量估算的一般原则

7.2.1.1 除普查阶段可使用本规范的参考工业指标外，详查、勘探阶段应严格使用经论证且经矿产资源主管部门正式审批或备案的工业指标。

7.2.1.2 参与资源量估算的各项工程质量、采样测试分析质量均须检查合格，不合格的工程不能参与相应控制程度的资源量类型估算。凡符合有关规范、规程要求的工程、采样测试分析结果均应参与矿体圈定和资源量估算。

7.2.1.3 共生组分应采用基本分析数据与主矿产等同估算资源量；能够回收利用的或选冶中富集并能计价的伴生有用组分应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矿产同时进行估算；虽达到综合评价参考指标要求但暂不能回收利用的伴生组分采用基本分析或组合分析数据与主矿产同时估算，以暂不能利用资源标示；稀散元素可根据单矿物分析或精矿分析资料估算。

7.2.1.4 应根据矿体的产状、形态和勘查工程布置形式，选择最合理的估算方法，并论证估算方法的正确性。较常用的有传统的几何法、地质统计学、距离幂次反比法及 SD 法。对于使用新软件估算资源量的，新软件应经矿产资源储量主管部门或其指定的机构组织认证公告后，方可使用。

7.2.1.5 矿体圈定应从单工程开始，按照单工程－剖面－平面或三维矿体顺序，依次圈连。采用传统几何法估算资源量时，应严格按照工业指标圈定矿体；采用地质统计学方法或距离幂次反比法估算资源量时，可按传统资源量估算方法圈定矿体，建立地质模型，估算出矿体的资源量，也可以合理确定矿化边界品位，先圈出矿化域，建立地质模型，再通过估值计算出工业品位矿块、低品位矿块和废石块，圈出矿体。矿体的圈定、外推、块段划分基本方法参见附录 M，具体要求按 DZ/T 执行。汞矿含矿体的圈定基本方法参见附录 N。

7.2.1.6 对勘查工作所获得的资源量应进行分类，分类方法按 GB/T 17766 执行。

7.2.1.7 根据矿床控制程度，按矿体、分块段、矿石类型、资源量类型分别估算矿石量、金属量，计算矿体平均品位，并在计算图件上标明各类资源量在地质空间的分布。

7.2.1.8 估算资源量时，应分别估算保有、动用和累计查明的资源量；对埋藏在各类保护区、永久性建筑物及文化古迹以下的矿体，应列出相应的资源量数据。

7.2.2 确定资源量估算参数的要求

7.2.2.1 传统几何法

7.2.2.1.1 块段面积一般采用计算机成图软件直接测定。

7.2.2.1.2 平均品位计算主要包括单工程平均品位计算、特高品位处理和块段平均品位计算 3 方面，具体要求如下：

a) 单工程平均品位计算：一般用样品代表的矿体厚度(最好是真厚度,水平厚度或铅垂厚度亦可）加权平均求得，遇有特高品位时，则应处理特高品位后再计算。

b) 特高品位处理：通常品位值高于矿体（床）平均品位 6 倍～8 倍的样品称为特高品位，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（单工程矿体厚度大于矿体平均厚度的 3 倍时）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，则应单独圈出估算资源量，不再进行特高品位处理；如果富矿段中存在特高品位，则用同样方法鉴别确定和处理。

c) 块段平均品位计算：用地质块段法估算资源量时，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估算时，先采用单工程厚度加权求取剖面或断面矿体平均品位，再采用面积进行加权求取块段平均品位。

7.2.2.1.3 平均厚度计算包括单工程矿体厚度计算和块段平均厚度计算，具体要求如下：

a) 单工程矿体厚度计算：一般采用样品所代表的矿体真厚度相加求得。

b) 块段平均厚度计算：一般用算术平均法，当厚度变化大而工程分布不均匀时，则用影响长度或面积加权平均。块段平均厚度有三种，即平均水平厚度、平均岩垂厚度和平均真厚度。估算块段资源量时，平均厚度视块段面积方向而定。用纵投影面积时，采用平均水平厚度；用水平投影面积时，采用平均铅垂厚度；用真面积时，采用平均真厚度。

7.2.2.1.4 一般致密矿石用小体积质量（体重）平均值估算资源量。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）平均值估算资源量。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。

7.2.2.1.5 汞矿体含矿系数应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。对于主要

有用组分分布极不均匀的钨、锡、锑含矿体，也可采用含矿系数（率）估算资源量，但对资源量类型要求降级处理。

7.2.2.2 地质统计学及其他方法

采用地质统计学方法、距离幂次反比法以及SD法等估算资源量时，“矿（框）块”划分、资源量估算参数的确定、特高品位处理等应从其规定。

7.3 储量估算

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

7.4 矿产资源储量估算结果

7.4.1 根据各地段（块段）资源量及分类，分矿种、分矿石工业类型、共伴生关系、资源储量类型统计汇总保有、动用、累计探明资源储量（矿石量、金属量）和平均品位。

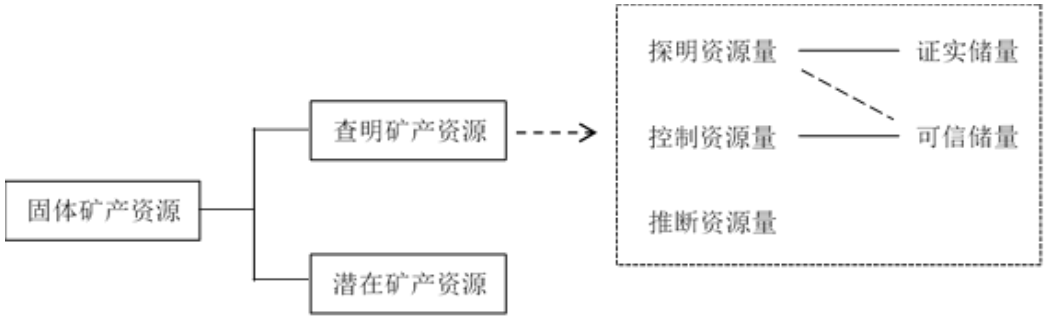
7.4.2 矿石量单位均为万吨（10kt），小数点后保留两位有效数字；金属量单位为吨（t），取整数；矿石品位为百分值（%），小数点后保留两位有效数字。其他共（伴）矿产资源储量单位，按相关规范和要求执行。

附 录 A
（资料性附录）
固体矿产资源储量类型

A.1 固体矿产资源按照查明与否分为查明矿产资源和潜在矿产资源，见图A.1。

A.2 查明矿产资源是指经矿产资源勘查发现的固体矿产资源。其种类、数量、质量、空间分布、开采利用条件等信息已获得，通常以资源量表征。

A.3 潜在矿产资源是指根据区域地质研究成果以及遥感、地球物理、地球化学信息，有时辅以极少量取样工程预测而未经查证的固体矿产资源。其数量、质量、空间分布、开采利用条件等信息尚未获得，不应以资源量表征。



图A.1 固体矿产资源类型

A.4 资源量是经矿产资源勘查查明并经概略研究，预期可开采的固体矿产资源，其数量、品位或质量是依据地质信息、地质认识及相关技术要求估算的。按照地质可靠程度由低到高，资源量分为推断资源量、控制资源量和探明资源量。

A.5 推断资源量是经稀疏取样工程圈定并估算的资源量，以及控制资源量或探明资源量外推部分；矿体的空间分布、形态、产状和连续性是合理推测的；其数量、品位或质量是基于有限的取样工程和信息数据来估算的，地质可靠程度较低。

A.6 控制资源量是经系统取样工程圈定并估算的资源量；矿体的空间分布、形态、产状和连续性已基本确定；其数量、品位或质量是基于较多的取样工程和信息数据来估算的，地质可靠程度较高。

A.7 探明资源量是在系统取样工程基础上经加密工程圈定并估算的资源量；矿体的空间分布、形态、产状和连续性已确定；其数量、品位或质量是基于充足的取样工程和详尽的信息数据来估算的，地质可靠程度高。

A.8 储量是探明资源量和（或）探明资源量中可经济采出的部分，是经过预可行性研究、可行性研究或与之相当的技术经济评价，充分考虑了可能的矿石损失和贫化，合理使用转换因素后估算的，满足开采的技术可行性和经济合理性。储量可分为可信储量和证实储量。

A.9 可信储量是经过预可行性研究、可行性研究或与之相当的技术经济评价，基于控制资源量估算的储量；或某些转换因素尚存在不确定性时，基于探明资源量而估算的储量。

A.10 证实储量是经过预可行性研究、可行性研究或与之相当的技术经济评价，基于探明资源量而估算的储量。

附 录 B
（规范性附录）
钨、锡、汞、锑矿床规模划分标准

根据国土资源部《关于印发<矿产资源储量规模划分标准>的通知》（国土资发【2000】133号），钨、锡、汞、锑矿床规模划分标准见表B.1。

表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
（资料性附录）
钨、锡、汞、锑矿床勘查类型确定因素参考

钨、锡、汞、锑矿床主要地质因素参考权重见表C.1,主要地质因素分级及赋值标准见表C.2～C.8。

表C.1 主要地质因素参考权重表

主要地质因素	参考权重
矿体（汞：含矿体）规模	0.3
矿体（汞：含矿体）形态复杂程度	0.2
主要有用组分分布均匀程度（汞：矿化连续性）	0.2
矿体厚度稳定程度（汞：矿体内部结构复杂程度）	0.2
构造破坏程度	0.1

表C.2 矿体规模分级及赋值表

矿产种类	矿体规模	长（m）	延深或宽（m）	展布面积（m^2）	赋值	备注
钨	大	＞800	＞400	＞320000	80～100	面状矽卡岩型、云英岩型矿体可按矿体展布面积分级。
	中	800～300	400～200	320000～60000	40～79	
	小	＜300	＜200	＜60000	0～39	
锡	大	＞700	＞200	＞140000	80～100	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。面状云英岩型矿体可按矿体展布面积分级。
	中	700～300	200～100	140000～30000	40～79	
	小	＜300	＜100	＜30000	0～39	
锑	大	＞600	＞400		80～100	
	中	600～300	400～200		40～79	
	小	＜300	＜200		0～39	
汞	大	＞600	＞100		80～100	此处规模指的是汞矿的含矿体规模。
	中	600～200	100～40		40～79	
	小	＜200	＜40		0～39	

表C.3 矿体形态复杂程度分级及赋值表

矿体形态复杂程度	矿体形态特征	赋值
简单	矿体（汞：含矿体）外形规则，呈层状、似层状、薄板状矿体，产状变化小或变化规律明显，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；	80～100
较简单	矿体（汞：含矿体）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；	40～79
复杂	矿体（汞：含矿体）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。	0～39

表C.4　钨锡锑矿矿体厚度稳定程度分级及赋值表

矿体厚度稳定程度	厚度变化系数（%）			赋值
	钨	锡	锑	
稳定	＜60	＜50	＜65	80～100
较稳定	60～80	50～100	65～100	40～79
不稳定	＞80	＞100	＞100	0～39
注：变化系数计算公式 $V=\frac{\sigma}{\overline{X}}\times 100\%$			V ：矿体厚度或品位变化系数 σ ：单工程厚度或单样品位统计的均方差 $\overline{X}$：单工程厚度或单样品位统计的算术平均值	

表C.5　汞矿体内部结构复杂程度分级及赋值表

内部结构复杂程度	内部结构特征	赋值
简单	矿体产状与含矿体一致，矿化富集规律明显	80～100
较复杂	矿体产状与含矿体不一致，矿化富集规律明显	40～79
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	0～39

表C.6　钨锡锑矿主要有用组分分布均匀程度分级及赋值表

均匀程度	品位变化系数（%）			赋值
	钨	锡	锑	
均匀	＜50	＜60	＜70	80～100
较均匀	50～130	60～120	70～125	40～79
不均匀	＞130	＞120	＞125	0～39

表C.7　汞矿矿化连续性分级及赋值表

矿化连续性	汞含矿系数	赋值
连续	≥0.7	80～100
基本连续	0.5～0.7	40～79
不连续	≤0.5	0～39

表C.8　构造破坏程度分级及赋值表

构造破坏程度	构造破坏特征	赋值
小	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	80～100
中等	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	40～79
大	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	0～39

附 录 D
（资料性附录）
钨、锡、汞、锑矿床勘查类型划分实例

钨、锡、汞、锑矿床勘查类型划分实例见表D.1。

表D.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	小	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	小	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锑金矿床	100～300	200～1500	0.2～3	板柱状、透镜状、囊状	285	70	小	不连续		
锡	第Ⅰ类型	广西大厂长坡区硫化物硫盐型矿体 92号	700	1130	5～79 平均26.53	似层状	169	14	无	连续	很少	又如云南个旧松树脚锡石—硫化物矽卡岩型Ⅰ—1号矿体
		广西大厂长坡区硫化物硫盐型矿体 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号矿脉	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；广东长辅锡石—石英型V2矿体；广西大厂长坡区硫化物—硫盐型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		小	连续		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 D.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	
		湖南安化渣滓溪锑矿床Ⅰ、Ⅱ脉组	545	1020	0.05～5.14 平均：1.24	脉状、透镜状	101	101	小	较连续	少	
	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	3300	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	1250	40～120	5.3	似层状	含矿系数0.74		小	连续		
		贵州铜仁沙落湾—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 E
（资料性附录）
钨、锡、汞、锑矿床勘查工程间距

钨、锡、汞、锑矿床勘查参考工程间距见表E.1。

表E.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
		控制资源量		
		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”字型穿脉或扇形水平钻控制。
	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，宜用勘查线法布置工程，勘查线的方向应垂直长轴； （2）汞矿一般隐伏并具多层性，宜用钻探为主要勘查手段；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	

表 E.1（续）

矿种	矿床勘查类型	勘查工程间距（m）		备　注
		控制资源量		
		沿走向	沿倾向	
锑	Ⅰ	坑：80～100 钻：80	坑：两个中段高 钻：60～120	缓倾斜矿床，中段高一般为 20 m～35 m，陡倾斜矿床中段高一般为 40 m～60 m。
	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：表中所列工程间距是指工程实际控制矿体的斜距； **注2**：划分勘查类型、选择勘查手段和确定勘查工程间距，宜充分考虑各矿床地质特征和矿体的具体地质因素，从实际出发，及时综合研究，合理布置勘查工程，不宜机械性简单地以工程密度取代地质研究程度。				

附 录 F
（资料性附录）
钨、锡、汞、锑矿床各勘查阶段探求的资源量及其比例的一般要求

钨、锡、汞、锑矿床各勘查阶段探求的资源量及其比例的一般要求见表F.1。

表F.1 钨、锡、汞、锑矿床各勘查阶段探求的资源量及其比例的一般要求表

<table>
<tr><td colspan="2">复杂程度</td><td colspan="3">一般</td><td colspan="2">复杂</td></tr>
<tr><td colspan="2">资源量规模</td><td colspan="2">大、中型</td><td>小 型</td><td>大、中型</td><td>小 型</td></tr>
<tr><td>普查</td><td>探求资源量类型</td><td colspan="2">推断资源量</td><td>推断资源量</td><td>推断资源量</td><td>推断资源量</td></tr>
<tr><td rowspan="2">详查</td><td>探求资源量类型</td><td colspan="2">控制资源量+推断资源量</td><td>控制资源量+推断资源量</td><td>控制资源量+推断资源量</td><td>推断资源量</td></tr>
<tr><td>占比（%）</td><td colspan="2">大型控制资源量≥20
中型控制资源量≥30</td><td>小型控制资源量≥40</td><td>大型控制资源量≥20，中型控制资源量≥30</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="3">勘探</td><td>探求资源量类型</td><td colspan="3">探明资源量+控制资源量+推断资源量</td><td colspan="2">控制资源量+推断资源量</td></tr>
<tr><td rowspan="2">占比（%）</td><td>探明资源量</td><td>探明资源量+控制资源量</td><td>推断资源量</td><td>控制资源量</td><td>推断资源量</td></tr>
<tr><td>≥10</td><td>≥40</td><td><60</td><td>≥40</td><td><60</td></tr>
<tr><td colspan="7">注1：复杂的小型矿床，用基本工程间距仍难以探求控制资源量，提交普终报告。
注2：复杂的大中型矿床，用基本工程间距加密后仍难以探求探明资源量，提交详终报告。
注3：一般的小型矿床对勘探阶段不做要求。</td></tr>
</table>

附 录 G
（资料性附录）
钨、锡、汞、锑矿床主要工业类型

钨、锡、汞、锑矿床主要工业类型及实例见表G.1～G.4。

表G.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(%)	主要伴生组分			
矽卡岩钨矿	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	江西香炉山、朱溪，湖南瑶岗仙、大溶溪
蚀变花岗岩钨矿	产于燕山期似斑状黑云母花岗岩顶面凹陷或顶部凹陷斜坡内外接触带中，具钾长石化、云英岩化、绿泥石化	侏罗纪为主，次为白垩纪	层状、似层状，小矿体条带状、透镜状，矿体可达数百个。走向近2 km，倾向达千米以上，厚数米至百余米	白钨矿矿石或黑钨矿矿石；浸染状、细脉浸染状、脉状	白钨矿、黑钨矿、黄铜矿、辉钼矿、斑铜矿、闪锌矿	平均0.18	Cu、Ag、Mo、Sn、Ga、Pb、P、S	大型、特大型	重要	江西大湖塘北区石门寺
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	白钨矿矿石或黑钨矿矿石；网脉状	白钨矿或黑钨矿，伴生辉钼矿、锡石、辉秘矿、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、辉秘矿、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，常有几至几百条平行脉	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、辉铋矿、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（微细粒）、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

表 G.1（续）

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（%）	主要伴生组分			
风化残坡积型钨矿	产于第四系残坡积物中，主要岩矿成份为残余粘土及滚石，滚石大小不一，以云英岩化花岗岩为主	新生代	岩体呈层状、似层状产出；矿体长大于1200 m，宽大于 800 m，厚 2.00 m～128.54 m	白钨矿矿石；粘土状或含砾粘土状结构	白钨矿、少量黑钨矿及钨华	0.101～0.148	Fe、Sn	中、小型	次要	湖南省水源山，江西塔前

表G.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			
矽卡岩锡矿	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	于浅成一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、带状、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
石英脉及云英岩锡矿	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、辉铋矿、铌钽铁矿、辉钼矿、绿柱石、锂云母	0.3～0.8	W、Bi、Ta、Nb、Se、Be、Li	小、中、大型	次要	广西栗木
花岗岩风化壳锡矿	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百米以上	风化壳锡石矿；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G.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
						Hg 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，厚数米至十几米，长宽达数百米，偶可达数千米	汞硫化物矿或锑汞硫化矿；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、辉铋矿、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G.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
						Sb 质量分数(%)	伴生组分			
碳酸盐岩型锑矿	产于碳酸盐岩系地层中，赋存在灰岩、白云岩、层状燧石岩中	中生代	缓倾斜层状、似层状、扁豆状为主，少数为陡倾斜脉状；单个矿体走向长 100m～1600m，宽 100m～1200m，厚 2.20m～15.0m	单一辉锑矿石，锡、锑多金属矿石；矿石结构多为自形、半自形、他形粒状结构，其次为充填结构、交代结构等。矿石构造为致密块状、脉状、浸染状、角砾状、条带状和晶洞状构造等	辉锑矿及氧化物（锑赭石、黄锑华等）	1.5～5.5	Cu、Pb、Zn、Fe、Mn、Hg	多为大型，个别为特大型	重要	湖南锡矿山、广东乐家湾、云南木利、广西大厂
碎屑岩型锑矿	产于海相碎屑岩中，含矿围岩为细粒石英砂岩、粉砂岩、泥岩向碳酸盐岩的过渡部分	中生代	层间破碎带整合型矿脉为主，伴生斜切交错型矿脉；单个矿体长 200m～630m，延深 80m～450m，厚 0.35m～14.8m	单一辉锑矿石，矿石结构为自形—半自形，针状—柱状及花岗变晶、聚片双晶；块状、角砾状、脉状构造	辉锑矿	1.03～9.45		大中型	重要	贵州半坡
浅变质岩型锑矿	产于浅变质岩中，含矿围岩为板岩、浅变质砂岩、粘土质白云岩	中生代	以陡倾斜脉状和缓倾斜层间脉带为主，次为扁豆状、透镜状等；单个矿体长 50m～1000m，厚 0.20m～9.03m，	锑金或钨锑或金锑钨矿石，汞锑矿石，辉锑矿石；自形、半自形、交代、变晶、他形粒状、短柱状、骸晶、残余、柔皱、镶嵌、溶蚀、压碎结构；构造为角砾状、浸染状、脉状、块状、条带状、网脉状、晶洞状	辉锑矿、自然金、毒砂、辰砂、黄铁矿、白钨矿、钨铁矿、白铁矿、闪锌矿、方铅矿、雌黄	0.51～18.43	Se、Ag、Au、Te、As	中小型居多，个别为大型	重要	湖南龙山、湖南沃溪、陕西公馆、甘肃崖湾

表 G.4（续）

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
						Sb 质量分数(%)	伴生组分			
海相火山岩型锑矿	产于变余玄武岩及粘土岩（含凝灰质、玄武岩屑、玄武砾石）的蚀变岩石中	中生代	缓倾斜层带状、扁豆状、囊状及陡斜脉状、网脉状；主矿体长宽可达 700m～1200m，厚 20m～30m	单一辉锑矿石；矿石结构为自形—半自形，针状—柱状、聚片双晶；块状、角砾状、浸染状	辉锑矿、黄铁矿	1.5～5.5		大中型	重要	贵州晴隆
陆相火山岩型锑矿	产于活化地台火山断陷盆地边缘，含矿围岩为安山岩、安山质火山角砾岩、煌斑岩	中生代、新生代	陡倾斜脉状、细脉状、网脉状、囊状等；主矿体走向长 52m～176m，厚 2m～10m	锑、金矿石，单一辉锑矿石；晶粒、交代残留、包含结构；角砾状、块状、网脉状、浸染状构造	辉锑矿、微粒自然金、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿	5～20		中小型	重要	广东观音座莲、江西宝山锑金矿
岩浆期后型锑矿	产于岩浆期后型花岗岩、花岗斑岩内外接触带，或外接触带浅变质岩	中生代	陡倾斜脉状；单脉长 50m～500m，宽 0.1m～1m	钨、锑矿石，铅、锌、锑矿石，金、锑矿石，单一辉锑矿石；半自形、他形结构为主；浸染状、条带状、块状、晶洞状构造	辉锑矿、方铅矿、硫锑铅矿、闪锌矿、铁闪锌矿、锡石、黄铜矿、黄铁矿、毒砂、白钨矿、钨锰矿、钙钨矿、钨铁矿、	0.18～4.85	Sn、Bi、Mo、Cu、Pb、Zn、Mn、As	中小型	次要	湖南高挂山、湖南东岗山、安徽花山
外生堆积型锑矿	产于外生堆积型砂岩	中生代	层状、似层状，产状平稳，倾角小；主矿体长 470m～640m，宽 220m～170m，厚 0.75m～6.55m	锑、金砂矿石，锡、锑砂矿石	锑赭石、红锑矿、锑钙石、自然金			中小型	次要	广西镇圩

附 录 H
（资料性附录）
钨、锡、汞、锑的主要矿物

钨、锡、汞、锑的主要矿物见表H.1～H.4。

表H.1 钨的主要矿物表

中文名称	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	Ferberrite	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] O_4	47.92
铜白钨矿	Cuproscheelite	(Ca·Cu)[WO_4]	52.27
钨华	Tungstite	H_2WO_4	73.60
水钨华	Hydrotungstite	H_2WO_4·H_2O	68.66
高铁钨华	Ferritungstite	Fe_2O_3·WO_4·6H_2O	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H.2 锡的主要矿物表

中文名称	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_2FeSnS_4	27.6
硫锡矿	Herzenbergite	SnS	78.7
硫锡铅矿	Teallite	$PbSnS_2$	30.5
圆柱锡矿	Cylindrite	$Pb_3Sb_2Sn_4S_{14}$	26.5
辉锑锡铅矿	Franckeite	$Pb_5Sb_2Sn_3S_{14}$	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_8SnS_6	10.1
硫钼锡铜矿	Hemusite	Cu_6SnMoS_8	13.9
银黄锡矿	Hocartite	Ag_2FeSnS_4	22.9
锌黄锡矿	Isostannite	Cu_2(Zn·Fe)SnS_4	31.8
硫锡铁铜矿	Mawsonite	$Cu_6Fe_2SnS_8$	13.7
斜方硫锡矿	Ottemannite	Sn_2S_3	71.2

表H.3　汞的主要矿物表

中文名称	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_2Cl_2	84.98
氯汞矿	Pinchite	Hg_2C1_2O	90.2
黄氯汞矿	Terlinguaite	Hg_2C1_2O	82.20
橙红石	Montroydite	HgO	92.61
硫汞锑矿	Livingstonite	$HgSb_4S_8$	21.25
汞黝铜矿	Hermesite	$Cu_{10}(Hg·Fe·Zn)_2Sb_4S_{13}$	6～17

表H.4　锑的主要矿物表

中文名称	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_2S_3	71.72
车轮矿	Bournonite	$PbCuSbS_3$	24.90
硫锑铜矿	Skinnerite	Cu_3SbS_3	29.80
硫锑铁矿	Gudmundite	FeSbS	58.09
辉锑铁矿	Berthierite	$FeSb_2SO_4$	5
硫锑铅矿	Boulangerite	$Pb_sSb_4S_{ll}$	25.90
脆硫锑铅矿	Jamesonite	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	35.39
脆银矿	Stephanite	Ag_5SbS_4	15.42
火硫锑银矿	Pyrostilprite	Ag_3SbS_2	19.4
辉锑银矿	Miargyrite	$AgSbS_2$	41.44
辉锑锡铅矿	Franckeite	$Pb_5Sb_2Sn_3S_{14}$	11.68
硫汞锑矿	Livingstonite	$HgSb_4S_8$	51.62
锑华	Valentinite	Sb_2O_3	83.53
黄锑华	Stibiconite	$SbSb_2O_6$（OH）	
方锑矿	Senarmontite	Sb_2O_3	83.53
水锑铅矿	Bindheimite	$Pb_2Sb_2O_6$(O,OH）	
锑钙石	Romeite	$Ca_2Sb_2O_7$	

附 录 I
（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

I.1 钨（矿物、元素）的性质、用途及地球化学性状

I.1.1 钨金属呈银白色，质量密度大（单晶钨为19.3 g/cm^3），熔点高（3 400℃），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℃时开始氧化，失去光泽。高于600℃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℃～100℃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。

I.1.2 金属钨是电器工业和电子工业的重要原料。

I.1.3 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。

I.1.4 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。

I.1.5 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。

I.1.6 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离解器；核工业用来做盛液态金属的容器、热离子交换器等。

I.1.7 其他还应用于颜料、油漆、橡胶、纺织、石油、化工等方面。

I.1.8 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。

I.1.9 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ⅥB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0.65×10^{-6}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$[WO_4]^{2-}$。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。

I.1.10 钨的重要矿物均为钨酸盐。在成矿过程中与$[WO_4]^{2-}$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+}、$A1^{3+}$、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。

I.1.11 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。

I.1.12 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。

I.2 锡（矿物、元素）的性质、用途及地球化学性状

I.2.1 锡是人类最早发现和使用的金属之一。

I.2.2 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℃），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）。

I.2.3 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。

I.2.4 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。

I.2.5 锡铅和少量锑组成低熔点合金即焊锡，占锡消费量的20％。

I.2.6 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。

I.2.7 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。

I.2.8 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1.02×10^{-10} m、Sn^{4+}为0.74×10^{-10} m。

I.2.9 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。

I.2.10 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。

I.2.11 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$[SnO_3]^{2-}$、$[Sn0_3]^{4-}$等络离子的锡酸盐，另一方面又可生成硫化物（硫化锡）和含$[SnS]^{2-}$、$[SnS_4]^{4-}$、$[SnS_6]^{8-}$等络离子的硫锡盐酸。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）。

I.2.12 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、硫盐和硅酸盐矿物，在氧化带可形成木锡和水锡石。

I.3 汞（矿物、元素）的性质、用途及地球化学性状

I.3.1 汞是在常温下惟一呈液态的金属，又称水银。-38.89℃时凝成固体。银白色，质量密度为13.456g/cm^3，沸点357℃。汞还能与许多金属形成合金，称为汞齐。

I.3.2 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。

I.3.3 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。

I.3.4 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。

I.3.5 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。

I.3.6　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1.27×10^{-10}m，Hg^{2+}为1.12×10^{-10}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7.57eV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（AgHg或Ag_2Hg_2～$Ag_{36}Hg$）、汞膏（Hg_2Cl_2）、汞金矿（AuHg）]。

I.3.7　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（$CuHg)_{12}Sb_4S_{13}$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。

I.3.8　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。

I.3.9　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。

I.3.10　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（0.01×10^{-6}）～（0.1×10^{-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。

I.3.11　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。

I.4　锑（矿物、元素）的性质、用途及地球化学性状

I.4.1　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℃，沸点1 580℃，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。

I.4.2　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霞弹、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。

I.4.3　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,亦可应用于半金属盘式刹车片中。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。

I.4.4　目前，生产各种阻燃剂是锑主要市场需求。

I.4.5　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2.45×10^{-10}m和Sb^{5+}为0.62×10^{-10}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。

I.4.6　锑的最外层电子结构$5S^25P^3$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$[SbS_2]^-$、$[SbS_2]^{2-}$、$[SbS_3]^{3-}$、$[SbCl]^{3-}$、$[HS_2S_4]^-$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。

I.4.7　锑在地壳丰度为0.2×10^{-6}，但浓集系数高（为25 000）。

I.4.8 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钯矿（Pd_3Sb），或者呈固熔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+}使一些铌钽矿物不但含微量锑，而且有时形成钽锑矿、铌钽锑矿、锑铌矿等。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。

I.4.9 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。

I.4.10 辉锑矿在表生作用下，于弱酸性溶液中溶解成$Sb(OH)_3$，或$Sb_2(SO_4)_3$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、锑赭石，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 J
（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

J.1 钨、锡、汞、锑矿石的选冶质量、工艺与技术性能

J.1.1 钨矿石

J.1.1.1 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。黑钨矿以手选、光电、重介质、射线辐射等预先丢废后重选为主，现已发展了浮选—磁选、磁选—浮选等新工艺；白钨矿和黑白钨混合矿，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。

J.1.1.2 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。作为传统火法冶炼钨原料的钨精矿，ω（WO_3）应大于65%，经火法冶炼成钨铁合金［ω（W）＞70%或＞65%］经水法冶炼成正钨酸钠、钨酸铵或钨酸钙等，目前低品位钨矿石经过浮选，钨精矿品位达到20%即可用湿法冶炼的方法获得仲钨酸铵。最后进一步处理成三氧化钨[ω（WO_3）≥99.9%]，再还原（用氢）成钨粉[ω（W）≥99.9%]。

J.1.1.3 世界上长期以来开发的钨矿原料，主要是白钨矿，而我国以前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，通过使用大型浮选柱、浮选机或柱机联合流程，实现自动化管理，并结合后续冶炼工艺，大幅度提高了钨资源利用水平和钨选矿技术经济指标。

J.1.1.4 与钨矿床伴生组分通常有锡、钼、铋、铜、铅、锌、锑、金、银、钴、铍、铌、钽、锂、稀土元素、硫、砷、压电水晶、焙炼水晶、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。

J.1.2 锡矿石

J.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，如含锡磁铁矿矽卡岩型矿石，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%。

J.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、钽、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。

J.1.3 汞矿石

J.1.3.1 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。

J.1.3.2 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。

J.1.3.3 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。火法炼汞工序简单，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%一99%，但未见生产报道。

J.1.4 锑矿石

J.1.4.1 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。原矿品位为2%～7%的锑矿石，经辐射法丢废，可选出品位大于30%的合格精矿。

J.1.4.2 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；锡铅锌为主的锑硫盐矿石。

J.1.4.3 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。锑硫盐矿石和锑汞矿石分别是较难选冶和难选冶矿石。

J.1.4.4 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。

J.1.4.5 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。

J.1.4.6 云南木利氧化锑矿石，氧化率为63.46%。氧化矿物主要为锑华、锑赭石、黄锑华等，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。

J.1.4.7 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。

J.1.4.8 硫化锑矿、氧化锑矿和混合锑矿，均采用火法冶炼工艺流程。

J.1.4.9　低品位的块精矿[ω（Sb）为6%～15%]，历史上曾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%一81%（部分达82%），颜色洁白，可作商品出售。但直井焙烧炉存在炉床能力低，低浓度SO_2污染严重等缺点，目前基本已停止使用，用平炉或侧吹炉取代。

J.1.4.10　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/μm～1.6/μm，为优质锑白。

J.1.4.11　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）。

J.1.4.12　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。

J.1.4.13　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。

J.1.4.14　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[ω(Sb)91%～93%，ω（Pb）6%～9%]。

J.1.4.15　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。

J.2　钨、锡、汞、锑精矿质量标准

J.2.1　钨精矿质量标准

钨精矿质量标准按YS/T 231-2015规定执行，见表J.1。

表J.1　钨精矿质量标准（YS/T 231-2015）

品种		主含量（质量分数，%），不小于	杂质含量（质量分数，%），不大于										
类型	品级	WO_3	S	P	As	Mo	Ca	Mn	Cu	Sn	SiO_2	Sb	Ba
黑钨精矿	特级	65	0.7	0.05	0.15	0.04	5.0	—	0.13	0.15	7.0	0.01	0.20
	一级	63	2.0	0.20	0.35	0.05	5.0	—	0.15	0.35	8.0	0.02	0.30
	二级	58	2.5	0.25	0.37	0.10	5.0	—	0.25	0.40	8.0	0.02	0.50
	三级	55	3.0	0.30	0.40	0.20	5.0	—	0.30	0.60	—	0.02	0.50
	四级	50	3.5	0.35	0.45	0.25	6.0	—	0.35	0.60	—	0.02	0.50
	五级	45	4.5	0.35	0.45	0.25	6.0	—	0.35	0.60	—	0.03	0.50
白钨精矿	特级	65	0.7	0.05	0.15	—	—	1.0	0.13	0.15	7.0	0.01	0.20
	一级	63	2.5	0.25	0.30	—	—	1.0	0.35	0.20	8.0	0.15	0.30
	二级	58	3.0	0.30	0.35	—	—	1.5	0.40	0.25	8.0	0.20	0.50
	三级	55	3.5	0.35	0.40	—	—	2.0	0.45	0.35	—	0.20	0.50
	四级	50	4.0	0.40	0.40	—	—	2.0	0.45	0.40	—	0.20	0.50
	五级	45	4.5	0.40	0.45	—	—	2.0	0.45	0.40	—	0.20	0.50
混合钨精矿		63	2.0	0.25	0.35	—	—	—	0.35	0.50	6.0	0.20	0.50
钨细泥		20	3.0	10.0	0.30	—	—	—	—	—	—	—	—

注1：表中“—”为杂质含量不限。

注2：精矿中钽、铌、钼为有价元素，如有需要，供方应报出分析数据。

注3：供需双方对表中规定的个别杂质含量及其他杂质（如Fe、Pb、Bi等）有特殊要求时，可协商解决。

J.2.2 锡精矿质量标准

锡精矿质量标准按YS/T 339-2011规定执行，见表J.2。

表J.2 锡精矿质量标准（YS/T 339-2011）

类别	品级	化学成分（质量分数，%）								
		Sn 不小于	杂质不大于							
			S	As	Bi	Zn	Sb	Fe	F	Cu
一类	一级品	70.00	0.30	0.20	0.08	0.30	0.20	3.00	0.20	0.30
	二级品	65.00	0.40	0.30	0.10	0.40	0.20	5.00	0.20	0.40
	三级品	60.00	0.50	0.40	0.10	0.50	0.30	7.00	0.20	0.50
	四级品	55.00	0.60	0.50	0.15	0.60	0.40	9.00	0.20	0.60
	五级品	50.00	0.80	0.60	0.15	0.70	0.40	12.00	0.20	0.70
	六级品	45.00	1.00	0.70	0.20	0.80	0.50	15.00	0.20	0.80
	七级品	40.00	1.20	0.80	0.20	0.90	0.60	16.00	0.20	0.90
二类	一级品	70.00	0.70	0.30	0.30	0.50	0.30	3.00	0.20	0.50
	二级品	65.00	1.00	0.40	0.40	0.80	0.40	5.00	0.20	0.80
	三级品	60.00	1.50	0.50	0.50	0.90	0.50	7.00	0.20	0.90
	四级品	55.00	2.00	1.00	0.60	1.00	0.60	9.00	0.20	1.00
	五级品	50.00	2.50	1.50	0.80	1.20	0.70	12.00	0.20	1.20
	六级品	45.00	3.00	2.00	1.00	1.40	0.80	15.00	0.20	1.40
	七级品	40.00	3.50	2.50	1.20	1.60	0.90	16.00	0.20	1.60

J.2.3 汞精矿质量标准

朱砂质量标准按YS/T 345-1994规定执行，见表J.3；湿法朱砂质量标准按YS/T 507-2006规定执行，见表J.4

表J.3 朱砂质量标准（YS/T 345-1994）

等 级	硫化汞（ω_B）不小于（%）	杂质[ω（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J.4 湿法朱砂质量标准（YS/T 507-2006）

品 级	硫化汞（ω_B）不小于（%）	杂质（ω_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。			

J.2.4 锑精矿质量标准

锑精矿质量标准按YS/T 385-2006规定执行，硫化矿、混合矿和氧化矿分别见表J.5、表J.6和表J.7。

表J.5 硫化锑精矿标准（YS/T 385-2006）

类　别	品　级	锑（ω_B）不小于（%）	杂质（ω_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：硫化锑中的含锑量与精矿中总含锑量之比大于85%。				

表J.6 混合锑精矿标准（YS/T 385-2006）

类　别	品　级	锑（ω_B）不小于（%）	杂质（ω_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：硫化锑中的含锑量与精矿中总含锑量之比在15%～85%范围内。				

表J.7 氧化锑精矿标准（YS/T 385-2006）

类　别	品　级	锑（ω_B）不小于（%）	杂质（ω_B）不大于（%）	
			As	Pb
块精矿	一级	60	0.6	0.2
	二级	55	0.6	0.2
	三级	45	0.4	0.15
	四级	35	0.4	0.15
注1：锑精矿中含金量达到工业品位时，应报出分析数据。 注2：硫化锑中的含锑量与精矿中总含锑量之比小于15%。				

附 录 K
（规范性附录）
钨、锡、汞、锑的环保要求

K.1 钨的环保要求

按工信部2016年1月发布《钨行业规范条件》执行。冶炼、加工废气排放要达到GB 9078和GB 16297，废水排放符合GB 8978，企业污染物排放总量不超过环保部门核定的总量控制指标，冶炼及加工企业产生的固体废物应妥善利用和处置，其中属于危险废物的，应按照国家有关标准进行管理。

K.2 锡、锑、汞的环保要求

K.2.1 执行标准

锡、锑、汞的环保要求按GB 30770执行。

K.2.2 水污染物排放控制要求

K.2.2.1 现有、新建企业执行表K.1规定的水污染物排放限值。

K.2.2.2 根据环境保护工作的要求，在国土开发密度已经较高、环境承载力开始减弱，或水环境容量较小、生态环境脆弱，容易发生严重水环境污染问题而需要采取特别保护措施的地区，应严格控制企业的污染物排放行为，在上述地区的企业执行表K.2规定的水污染物特别排放限值。执行水污染物特别排放限值的地域范围、时间，由国务院环境保护主管部门或省级人民政府规定。

K.2.2.3 水污染物排放浓度限值适用于单位产品实际排水量不高于基准排水量的情况。若单位产品实际排水量超过基准排水量，须按式（1）将实测水污染物浓度换算为基准水量排放浓度，并以水污染物基准水量排放浓度作为判定排放是否达标的依据。产品产量和排水量统计周期为一个工作日。在企业的生产设施同时生产两种以上产品、可适用不同排放控制要求或不同行业国家污染物排放标准，且生产设施产生的废水混合处理排放的情况下，应执行排放标准中规定的最严格的浓度限值，并按式（1）换算成水污染物基准水量排放质量浓度。

$$\rho_{基}=\frac{Q_{总}}{\sum_{i=1}^{N}Y_iQ_{i基}}\omega_{实} \quad \cdots\cdots\cdots\

表K.1　现有、新建企业水污染物排放限值

序号	污染物项目	限值（mg/L，pH 值除外）		污染物排放监控位置
		直接排放	间接排放	
1	pH 值	6～9	6～9	企业废水总排放口
2	化学需氧量（COD_{Cr}）	60	200	
3	总磷	1.0	2.0	
4	总氮	15	40	
5	氨氮	8	25	
6	石油类	3	10	
7	悬浮物	70（采选）	200（采选）	
		30（其他）	140（其他）	
8	硫化物	0.5	1.5	
9	氟化物	5	15	
10	总铜	0.2		
11	总锌	1.0		
12	总锡[a]	2.0		
13	总锑	0.3		
14	总汞	0.005		车间或生产装置排放口
15	总镉	0.02		
16	总铅	0.2		
17	总砷	0.1		
18	六价铬	0.2		
单位产品基准排水量	选矿（原矿，m^3/t）	1.4 2.0[b]		排水量计量位置与污染物排放监控位置一致
	锡、锑冶炼（m^3/t）	5.0		
	汞冶炼（m^3/t）	2.0		
注1：[a] 锡、锑工业企业废水监测项目。 注2：[b] 多金属锑矿。				

表K.2　水污染物特别排放限值

序号	污染物项目	限值（mg/L，pH 值除外）		污染物排放监控位置
		直接排放	间接排放	
1	pH 值	6～9	6～9	企业废水总排放口
2	化学需氧量（COD_{Cr}）	50	60	
3	总磷	0.5	1.0	
4	总氮	10	15	
5	氨氮	5	8	
6	石油类	1	3	
7	悬浮物	10	30	
8	硫化物	0.5	1.0	
9	氟化物	5	10	
10	总铜	0.2		
11	总锌	1.0		
12	总锡[a]	2.0		
13	总锑	0.3		

表 K.2（续）

序号	污染物项目	限值		污染物排放监控位置
		直接排放	间接排放	
14	总汞	0.005		车间或生产装置排放口
15	总镉	0.02		
16	总铅	0.2		
17	总砷	0.1		
18	六价铬	0.2		
单位产品基准排水量	选矿（原矿，m^3/t）	1.0 1.5[b]		排水量计量位置与污染物排放监控位置一致
	锡、锑冶炼（m^3/t）	3.0		
	汞冶炼（m^3/t）	1.0		
注1：[a] 为锡、锑工业企业废水监测项目。 注2：[b] 为多金属锑矿。				

K.2.3 大气污染物排放控制要求

K.2.3.1 现有、新建企业执行表K.3规定的大气污染物排放浓度限值。

表K.3 现有、新建企业大气污染物排放浓度限值

序号	生产类别	工艺或工序	污染物名称及排放限值（mg/m^3）											污染物排放监控位置
			二氧化硫	颗粒物	硫酸雾	氮氧化物	氟化物	锡及其化合物[a]	锑及其化合物[a]	汞及其化合物[a]	镉及其化合物[a]	铅及其化合物[a]	砷及其化合物[a]	
1	采选	破碎、筛分	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	车间或生产设施排气筒
		其他	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	锡冶炼	全部	400	30	—	200	3	4	1	0.01	0.05	2	0.5	
3	锑冶炼	全部	400	30	—	200	—	1	4	0.01	0.05	0.52[b]	0.5	
4	汞冶炼	全部	400	30	—	200	—	—	1	0.01	—	0.5	—	
5	烟气制酸	全部	400	30	20	200	3	1	1	0.01	0.05	0.5	0.5	
6	单位产品基准排气量（m^3/t）		冶炼		63 000						排气量计量位置与污染物排放监控位置一致			
注1：[a] 金属及其化合物均以金属元素计。 注2：[b] 以脆硫锑铅矿为原料的锑冶炼企业。														

K.2.3.2 根据环境保护工作的要求，在国土开发密度已经较高、环境承载力开始减弱，或大气环境容量较小、生态环境脆弱，容易发生严重大气环境污染问题而需要采取特别保护措施的地区，应严格控制企业的污染物排放行为，在上述地区的企业执行表K.4规定的大气污染物特别排放限值。执行大气污染物特别排放限值的地域范围、时间，由国务院环境保护主管部门或省级人民政府规定。

K.2.3.3 企业边界大气污染物执行表K.5规定的浓度限值。

K.2.3.4 在现有企业生产、建设项目竣工环保验收及其后的生产过程中，负责监管的环境保护主管部门应对周围居住、教学、医疗等用途的敏感区域环境质量进行监控。建设项目的具体监控范围为环境影响评价确定的周围敏感区域；未进行过环境影响评价的现有企业，监控范围由负责监管的环境保护主管部门，根据企业排污的特点和规律及当地的自然、气象条件等因素，参照相关环境影响评价技术导则确定。地方政府应对本辖区环境质量负责，采取措施确保环境状况符合环境质量标准要求。

表K.4　大气污染物特别排放限值

序号	生产过程	污染物名称及排放限值（mg/m³）											污染物排放监控位置
		二氧化硫	颗粒物	硫酸雾	氮氧化物	氟化物	锡及其化合物[a]	锑及其化合物[a]	汞及其化合物[a]	镉及其化合物[a]	铅及其化合物[a]	砷及其化合物[a]	
1	采选	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	车间或生产设施排气筒
2	锡冶炼	100	10	—	100	3	4	1	0.01	0.05	2	0.5	
3	锑冶炼	100	10	—	100	—	1	4	0.01	0.05	0.52[b]	0.5	
4	汞冶炼	100	10	—	100	—	—	1	0.01	—	0.5	—	
5	烟气制酸	100	10	10	100	3	1	1	0.01	0.05	0.5	0.5	
6	单位产品基准排气量（m³/t）	冶炼		63 000						排气量计量位置与污染物排放监控位置一致			

注1：[a] 金属及其化合物均以金属元素计。

注2：[b] 以脆硫锑铅矿为原料的锑冶炼企业。

表K.5　现有企业和新建企业边界大气污染物限值

序号	污染物项目	浓度限值（mg/m³）		
		锡工业	锑工业	汞工业
1	硫酸雾	0.3		
2	氟化物	0.02	—	—
3	锡及其化合物[a]	0.24	0.24	—
4	锑及其化合物[a]	0.01	0.01	—
5	汞及其化合物[a]	0.0003	0.0003	0.0003
6	镉及其化合物[a]	0.0002	0.0002	—
7	铅及其化合物[a]	0.006	0.006	0.006
8	砷及其化合物[a]	0.003	0.003	—

注：金属及其化合物均以金属元素计。

K.2.3.5　产生大气污染物的生产工艺和装置应设立局部或整体气体收集系统和集中净化处理装置。所有排气筒高度应按环境影响评价要求确定，至少不低于15m。

K.2.3.6　大气污染物排放浓度限值适用于单位产品实际排气量不高于基准排气量的情况。若单位产品实际排气量超过基准排气量，须将实测大气污染物浓度换算为大气污染物基准气量排放浓度，并以大气污染物基准气量排放浓度作为判定排放是否达标的依据。大气污染物基准气量排放浓度的换算，可参照水污染物基准水量排放浓度的计算公式。产品产量和排气量统计周期为一个工作日。

附 录 L
（资料性附录）
钨、锡、汞、锑矿床一般参考工业指标

L.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L.1和表L.2。

表L.1 钨矿床一般参考工业指标表

项 目	要 求		备 注
	坑采	露采	
边界品位（WO_3，%）	0.08～0.1	0.064	坑采厚度＜0.8 m时应考虑米百分值计算
最低工业品位（WO_3，%）	0.12～0.20	0.12	
最小可采厚度（m）	0.8～2	2～4	
夹石剔除厚度（m）	2	4～8	

表L.2 钨矿床伴生组分综合评价参考表

组分		Cu	Pb	Zn	Sn	Mo	Bi	Sb	Co	BeO	Li_2O	CaF_2
含量（%）		0.05	0.2	0.2	0.03	0.01	0.03	0.3	0.01	0.03	0.3	8
组分		Ta_2O_5	Nb_2O_5	Tr_2O_3	Ga	Ge	Cd	In	S	Au	Ag	mFe
含量	（%）	0.01	0.02	0.03	0.001	0.001	0.001	0.001	4			3
	（g/t）									0.1	1	
注：表中“S”品位指标系指黄铁矿中硫在矿石中的品位。												

L.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L.3和表L.4。

表L.3 锡矿床矿床一般参考工业指标表

项 目	要 求	备 注
边界品位（Sn，%）	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，%）	0.2～0.4	
最小可采厚度（m）	0.8～1	
夹石剔除厚度（m）	2	
注1：本参考指标是以全锡计算，适用于以锡石为主的矿床。当矿床中硫化锡、水锡石锡、硅酸锡所占比例＞10％时，要提高指标。 注2：以硫化锡、水锡石锡、硅酸锡为主的矿石，要按采、选、冶技术经济条件另行制定指标。		

表L.4 锡矿床伴生组分综合评价参考表

组分	Cu	Pb	Zn	Bi	WO_3	Mn	mFe	S	CaF_2	Sb	Mo
含量（%）	0.2	0.4	0.4	0.01	0.02	4	3～6	6	8	0.18	0.01
注：表中“S”品位指标系指黄铁矿中硫在矿石中的品位。											

L.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L.5。

表L.5 汞矿床一般参考工业指标表

项　目	要　求
边界品位（Hg，%）	0.04
最低品位（Hg，%）	0.08～0.10
最小可采厚度（m）	0.8～1.2
夹石剔除厚度（m）	2～4
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。 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% 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。 注4：厚度下限用于陡倾斜矿床，反之则用上限。 注5：厚度＜0.8 m ，用米百分值（厚度×品位）确定指标。 注6：矿床的平均品位应大于0.12 % ～0.15 % ，才宜进一步工作。	

L.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L.6和表L.7。

表L.6 锑矿床一般参考工业指标表

项　目	要　求	备　注
边界品位（Sb，%）	0.5 ～0.7	坑采厚度＜0.8 m 时，按米百分值计算。
最低品位（Sb，%）	1.0 ～1.5	
最小可采厚度（m）	0.8～1	
夹石剔除厚度（m）	2	

表L.7 锑矿床伴生组分综合评价参考表

组分		Cu	Pb	Zn	WO_3	Sn	Bi	Hg	Co
含量（%）		0.1	0.2	0.2	0.05	0.08	0.05	0.005	0.01
组分		Ni	Au	Ag	As	Se	CaF_2	$BaSO_4$	S
含量	（%）	0.1			0.2	0.001	5	8	4
	（g/t）		0.1	2					
注：表中“S”品位指标系指黄铁矿中硫在矿石中的品位。									

附 录 M
（资料性附录）
矿体圈定与块段划分原则

M.1 单工程矿体的圈定

M.1.1 单工程矿体的圈定主要依据边界品位、最低工业品位、最小可采厚度、夹石剔除厚度或最低工业米·百分值等综合考虑。

M.1.2 按边界品位初步确定矿体及夹石，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，但圈入矿体后，单工程品位需达到工业要求。

M.1.3 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。若工业矿体两侧连续存在多个大于边界品位而低于最低工业品位的样品时，一般允许将大于边界品位样品圈入矿体，但一侧带入的样品总厚度不大于夹石剔除厚度，且带入后单工程品位需达到工业要求。其余的可单独圈出低品位矿体。

M.1.4 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，沿脉工程的控制矿体长度少于控制的勘查工程间距长度时，应视为单一采样工程。沿脉工程长度较大时，可根据工程控制情况划分为多个单一采样工程。

M.1.5 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。

M.1.6 混采、混选的多组分矿体可采用“混圈法”圈定矿体，即单工程中只要有一种组分达到边界品位和最小可采厚度要求，就可圈入工业矿体，但应保证块段平均品位至少有一种组分达到工业矿体指标要求。

M.2 剖面图上矿体边界线的圈定

M.2.1 应先连地质界线，再根据主要控矿地质特征连接矿体。将相邻见矿工程内达到工业指标要求、地质部位互相对应、各项地质特征相同的采样段，在剖面上连接为同一矿体。

M.2.2 相邻见矿工程中矿体的夹石层位和部位对应时，则应连成同一夹层。

M.2.3 相邻见矿工程之间矿体的边界线可直线连接，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连接矿体。两工程之间圈连的矿体及见矿工程外推的矿体，其矿体厚度不得大于工程实际控制的最大见矿厚度。

M.3 矿体的外推原则

M.3.1 有限外推原则

M.3.1.1 两相邻工程一个见矿，另一个不见矿，若两个工程间距小于或等于相应资源量类型工程间距，则平推（矩形外推或板推）实际工程间距的1/4，尖推（三角形外推、锥形外推和楔形外推）实际工程间距的1/2；若两个工程间距大于相应资源量类型工程间距，则平推相应资源量类型工程间距的1/4，尖推相应资源量类型工程间距的1/2。

M.3.1.2　两相邻工程一个见矿，另一个工程见矿化时，若两个工程间距小于或等于相应资源量类型工程间距，则平推（矩形外推或板推）实际工程间距的1/3，尖推（三角形外推、锥形外推和楔形外推）实际工程间距的2/3；若两个工程间距大于相应资源量类型工程间距，则平推相应资源量类型工程间距的1/3，尖推相应资源量类型工程间距的2/3。

M.3.1.3　两相邻工程，一个见工业矿，另一个见低品位矿，可视具体条件将工业矿和低品位矿互为楔型尖灭。

M.3.1.4　地质统计学、SD法等估算资源量时，矿体边界可通过计算直接推定。

M.3.2　无限外推原则

M.3.2.1　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具有一定规律可循时，可按统计的规律外推;当矿体的外延无明显规律可循时,一般按相应资源量类型工程间距的1/2尖推或1/4平推。

M.3.2.2　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以外推，尖推相应资源量类型工程间距1/2或平推相应资源量类型工程间距的1/4。

M.3.2.3　单工程外推时，沿走向及倾向方向外推相应资源量类型工程间距的1/4，用各外推边界点的连线作为矿体边界。

M.3.2.4　矿体被断层或脉岩错断时，矿体边界可平推至断层或脉岩边界上，外推距离不得超过相应资源量类型工程间距的1/4。

M.3.2.5　盲矿体的顶部工程向上外推，可采用M.3.2.1的方法外推，当顶部存在剥蚀边界时，最多外推至剥蚀边界。

M.4　资源量类型确定原则

M.4.1　一般根据勘查类型确定的勘查工程间距来确定资源量类型。

M.4.2　探明资源量和控制资源量块段边界线一般以工程连接线内圈划分，推断资源量可由工程圈定，亦可外推圈定。

M.4.3　根据成矿规律、对矿体的认识程度，单工程可合理外推推断资源量。

M.4.4　沿脉坑道控制矿体较稳定时，如果上、下有见矿钻孔，当见矿钻孔达到控制的工程间距时，圈算控制资源量。当见矿钻孔达不到控制的但达到推断的工程间距时，沿脉坑道往上、下可平推控制的工程间距的1/4圈算控制资源量；当推断的工程间距钻孔未见矿时，沿脉坑道向上、下可平推实际工程间距的1/4圈算推断资源量。

M.5　块段划分原则

M.5.1　采用几何法估算资源量时，块段边界的划分一般应以勘查线、工程连线、矿业权边界线、断层等构造界线划分。同时应考虑控制程度、矿石类型、单工程矿体厚度及品位分布特征。

M.5.2　采用地质块段法以4个相邻工程划分块段时,在保证块段平均品位高于最低工业品位指标的前提下，一般允许由3个工业矿的工程带入1个低品位工程，共同组成一个工业块段。

M.5.3　采用地质统计学方法或距离幂次反比法时，设置矿块尺寸应考虑选别开采单元的尺寸、钻孔工程间距以及矿床类型。

M.5.4　若矿体内有由不同矿石类型构成的矿块，需分采分选时，应分别圈出；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，可不必单独圈出。

附 录 N
（资料性附录）
汞矿含矿体的圈定

N.1 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。在详查或勘探阶段，应视条件部署坑探验证并至少解剖 1 个矿体，以确定含矿系数。

N.2 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。

N.3 含矿体一般分两个步骤圈定，首先在平面（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：

c) 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；

d) 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。

参 考 文 献

[1]GB 18599 一般工业废弃物贮存、处置场污染控制标准[S].
[2]GB 30770—2014 锡、锑、汞工业污染物排放标准[S].
[3]T/CMAS 0001 绿色勘查指南[S].
[4]DZ/T 0287-2015 矿山地质环境监测技术规程[S].
[5]HJ 651-2013 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）[S].
[6]LY/T 2356-2014 矿山废弃地植被恢复技术规程[S].
[7]YS/T 231-2015 钨精矿[S].
[8]YS/T 345 -1994(2009) 朱砂分析方法[S].
[9]YS/T 385-2006 锑精矿[S].
[10]YS/T 399-2011 锡精矿[S].
[11]YS/T 507-2006 湿法朱砂技术条件[S].
[12]陈湘立,金艳辉.湘南地区内生锡矿床锡的赋存状态[J] .地质与勘探,2003,39（4）：46-49.
[13]付建明,徐德明,杨晓君等.南岭锡矿[M].武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2011.5.
[14]关于印发<矿产资源储量规模划分标准>的通知（国土资发【2000】133号）[S].
[15]国土资源部矿产资源储量司.固体矿产地质勘查规范的新变革[M].北京:地质出版社,2003
[16]赖来仁,李艺.矽卡岩锡矿石中锡的赋存状态与锡物相[J].矿产与地质,1999,13（2）：86-90.
[17]邱显扬,董天颂.现代钨矿选矿[M].北京:冶金工业出版社,2012.
[18]钨行业规范条件（中华人民共和国工业和信息化部公告，2016年第1号）[S].
[19]中国有色金属工业协会.中国钨业[M].北京:冶金工业出版社,2012.
[20]中国有色金属工业协会.中国锡业[M].北京:冶金工业出版社,2012.
[21]中国有色金属工业协会.中国锑业[M].北京:冶金工业出版社,2014.