



中华人民共和国国家标准

GB/T 25283—2023

代替 GB/T 25283—2010

矿产资源综合勘查评价规范

Specification for comprehensive exploration and evaluation of mineral resources

2023-05-23 发布

2023-09-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 目的和总体原则 2

 4.1 目的 2

 4.2 总体原则 2

5 总体要求和基本任务 3

 5.1 总体要求 3

 5.2 基本任务 3

6 综合勘查控制程度 3

7 共生伴生矿产综合评价研究 4

 7.1 工艺矿物学研究 4

 7.2 矿石加工选冶技术性能研究 4

8 共生伴生矿产资源量估算 5

 8.1 工业指标应用 5

 8.2 综合工业品位制订 5

 8.3 估算原则与方法 6

9 共生伴生矿产资源储量类型确定 6

附录 A（资料性） 常见共生伴生矿产 7

附录 B（资料性） 部分矿种主要矿床类型中的共生伴生矿产 15

附录 C（资料性） 煤共生伴生组分综合评价 19

附录 D（资料性） 油气藏伴生组分综合评价 20

附录 E（资料性） 铀矿伴生组分综合评价 24

附录 F（资料性） 地热水伴生组分综合评价 25

附录 G（资料性） 铁、锰、铬矿伴生组分综合评价 26

附录 H（资料性） 铜、铅、锌、银、镍、钴、钼矿伴生组分综合评价 28

附录 I（资料性） 铝土矿、冶金菱镁矿伴生组分综合评价 30

附录 J（资料性） 钨、锡、锑矿伴生组分综合评价 31

附录 K（资料性） 岩金矿伴生组分综合评价 33

附录 L（资料性） 稀有金属矿伴生组分综合评价 34

附录 M（资料性） 化工原料非金属矿伴生组分综合评价 35

参考文献 38

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 25283—2010《矿产资源综合勘查评价规范》，与 GB/T 25283—2010 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 删除了工业品位、低品位矿、综合工业品位和工业指标的术语和定义（见 2010 年版的 3.8～3.11）；
- 增加了最低工业品位的术语和定义（见 3.9）；
- 增加了最低综合工业品位的术语和定义（见 3.10）；
- 更改了综合勘查评价的目的（见 4.1，2010 年版的第 4 章）；
- 增加了综合勘查评价的总体原则（见 4.2）；
- 更改了综合勘查评价的总体要求（见 5.1，2010 年版的 5.2）；
- 更改了普查阶段、详查阶段、勘探阶段的基本任务（见 5.2.1～5.2.3，2010 年版的 4.1～4.5）；
- 删除了测试内容（见 2010 年版的 5.3）；
- 增加了综合勘查控制程度要求（见第 6 章）；
- 更改了矿石加工选冶技术性能样品采集要求（见 7.2.1，2010 年版的 5.3）；
- 更改了呈独立矿物形式存在的共生伴生组分矿石加工选冶技术性能研究要求（见 7.2.4，2010 年版的 5.4.2）；
- 更改了呈分散状态存在的组分矿石加工选冶技术性能研究要求（见 7.2.4，2010 年版的 5.4.2）；
- 更改了矿石加工选冶技术性能研究工作程度要求（见 7.2.6，2010 年版的 5.4.2.2）；
- 增加了工业指标应用要求（见 8.1.1.1～8.1.1.3）；
- 更改了综合工业品位制订要求（见 8.2.5～8.2.6，2010 年版的 6.1.4～6.1.6）；
- 更改了共生伴生矿产资源量的估算原则与方法（见 8.3，2010 年版的 6.1）；
- 更改了共生伴生矿产资源储量类型确定（见第 9 章，2010 年版的 6.4）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

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

本文件起草单位：自然资源部矿产资源储量评审中心、中国瑞林工程技术股份有限公司、自然资源部油气资源战略研究中心、中国石油青海油田分公司、中国煤炭地质总局勘查研究总院、山东省地质科学研究院、中国地质科学院郑州矿产资源综合利用研究所、中国冶金地质总局、中国建筑材料工业地质勘查中心、中化地质矿山总局。

本文件主要起草人：万会、杨强、金铜标、韩征、万贵龙、薛建勤、王婉琼、李胜虎、李景东、洪安娜、张道勇、周尚国、雷涛、武秋杰、谭琦。

本文件于 2010 年首次发布，2020 年发布第 1 号修改单，本次为第一次修订。

矿产资源综合勘查评价规范

1 范围

本文件规定了矿产资源综合勘查评价的目的和总体原则、总体要求和基本任务、综合勘查控制程度、共生伴生矿产综合评价研究、共生伴生矿产资源量估算及资源储量类型确定等。

本文件适用于矿产资源勘查各阶段和矿山地质工作中共生伴生组分的综合勘查、综合评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 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 33444 固体矿产勘查工作规范
- DZ/T 0339 矿床工业指标论证技术要求
- DZ/T 0340 矿产勘查矿石加工选冶技术性能试验研究程度要求
- DZ/T 0344 石油天然气地质勘查总则
- DZ/T 0372 固体矿产选冶试验样品配制规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

共生矿产 **paragenetic commercial minerals**

同一矿区（矿床）内赋存两种及以上均达到其矿床工业指标要求的有用组分、其资源量规模能满足预期可经济开采（即“达标成型”）的要求，且在开采主要矿产时会受到影响的矿产。

注 1：矿床工业指标要求根据不同勘查阶段或矿山地质工作阶段，参照 DZ/T 0339 确定。

注 2：共生矿产分为同体共生矿产和异体共生矿产。

3.2

伴生矿产 **associated minerals**

在矿体中随主要矿产、共生矿产（3.1）赋存的，未达到该矿种矿床工业指标要求，或者虽达到工业指标要求但资源量规模不具单独开采价值，在开采主要矿产、共生矿产（3.1）时可经济回收利用的矿产。

注 1：包括可在矿石加工选冶过程中单独出产品、可在精矿及某一产品中富集达到计价标准的矿产，以及矿产品中所含的在后续处理工艺中能够回收利用的其他矿产。

注 2：对于矿体（藏）分布空间范围与主矿产不同，且不具单独开采价值，但在开采主要矿产时可一并开采利用的矿产（如开采油气资源时的深藏卤水），综合勘查评价工作中作为伴生矿产处理。

3.3

有用组分 **useful component**

在一定时期内的技术和经济条件下，能够单独产出矿产品，或可富集在矿产品中计价的组分。

3.4

有益组分 beneficial component

在矿石加工选冶中能发挥有益作用或改善产品性能的组分。

3.5

有害组分 harmful component

在矿产资源开发中对人体健康、生态环境产生不利影响,以及对矿石加工选冶和产品质量产生不利影响的组分。

3.6

综合勘查 comprehensive exploration

在勘查主要矿产的同时,对共生伴生矿产一并进行勘查的工作。

3.7

综合评价 comprehensive evaluation

在勘查评价主要矿产的同时,对共生矿产(3.1)及伴生有用、有益、有害组分的含量、赋存状态、分布规律,以及有用组分的可利用性和有益、有害组分的影响等进行研究评价的工作。

注:有用、有益、有害组分通常按矿物、化合物、元素、离子表征。

3.8

边界品位 cut-off grade

圈定矿体时对单个样品主要有用组分含量的最低要求,即矿与非矿的分界品位。

[来源:DZ/T 0339—2020,3.3]

3.9

最低工业品位 minimum industrial cut-off grade

圈定工业上可利用的矿体时,参照盈亏平衡原则论证确定的,对单个勘查工程连续样品段(部分矿种也可按块段)中主要有用组分平均含量的最低要求。

[来源:DZ/T 0339—2020,3.4]

3.10

最低综合工业品位 minimum industrial equivalent cut-off grade

圈定矿体时对同一矿床(体)中存在两种及以上有用组分时,将各有用组分折算为以主组分表示的当量品位的最低要求。

[来源:DZ/T 0339—2020,3.6]

3.11

当量品位 equivalent grade

将共生、伴生矿产含量折算成以主组分含量表示的品位。

4 目的和总体原则

4.1 目的

在矿产资源综合勘查综合评价工作中,研究共生伴生矿产的地质特征、回收利用途径,有用、有益、有害组分的赋存状态与分布规律,评价有益、有害组分的影响,为矿产资源开发利用可行性评价、矿山建设设计、矿山生产提供地质资料。

4.2 总体原则

4.2.1 坚持生态优先,落实绿色勘查,促进绿色矿山建设。

4.2.2 统筹考虑工作部署,提高矿产勘查工作效率和资金使用效益。

4.2.3 对共生伴生组分根据各勘查阶段工作要求应查尽查,夯实综合开发综合利用基础。

4.2.4 推动新技术和新方法应用,提升矿产资源勘查、开发和保护水平。

5 总体要求和基本任务

5.1 总体要求

5.1.1 各勘查阶段和矿山地质工作中,均应根据相应的工作要求,开展共生伴生矿产的综合勘查评价工作。

5.1.2 应在矿石工艺矿物学研究的基础上,开展共生伴生矿产的矿石加工选冶技术性能试验研究,注意查定呈分散状态赋存,在冶炼(化工)工艺过程中可回收利用的矿产资源。

5.1.3 普查阶段可通过类比方式,初步判断未来开采主要矿产时,是否对“达标成型”的其他矿产产生影响,以初步判定是否属共生矿产。详查及以上阶段应通过论证确定是否属共生矿产。

5.1.4 对于同体共生矿产,详查及以上阶段应论证制订综合工业指标。对于异体共生矿产,应参照相应矿种勘查规范,开展矿石加工选冶技术性能试验研究,并作出评价。对于多种用途的共生矿产,应根据需要按相应用途的工业要求进行研究评价。

5.1.5 应注意查定影响人体健康、生态环境、产品质量的有害组分,对勘查工作提出相关建议。

5.1.6 详查及以上阶段综合勘查评价的研究成果,应满足矿床工业指标论证需要,进行综合工业指标论证,且应说明伴生矿产评价指标确定依据,并评述其合理性。

5.1.7 应结合矿产勘查开采中的综合勘查评价研究程度,估算共生伴生矿产资源储量。

5.1.8 综合勘查评价要求应体现在勘查设计或矿山地质工作安排中,并予以落实,资源储量报告应作出评述并反映其成果。

5.1.9 随着矿产品价格市场变化,采矿、选冶技术的进步,应动态开展综合勘查、综合评价工作。

5.2 基本任务

5.2.1 普查阶段在初步查明主要矿产矿体(床)地质特征、矿石加工选冶技术性能,以及初步了解开采技术条件的同时,初步查明或初步了解共生矿产的地质特征和回收利用途径,初步了解伴生矿产,对共生伴生矿产的综合开发综合利用作出初步评价。

5.2.2 详查阶段在基本查明主要矿产矿体(床)地质特征、矿石加工选冶技术性能及开采技术条件的同时,基本查明(特定条件下也可初步查明)共生矿产地质特征和回收利用途径,初步查明伴生矿产,对共生伴生矿产的综合开发综合利用作出评价。

5.2.3 勘探阶段在详细查明主要矿产矿体(床)地质特征、矿石加工选冶技术性能及开采技术条件的同时,详细查明(特定条件下也可基本查明)共生矿产地质特征和回收利用途径,基本或初步查明伴生矿产的地质特征和回收利用途径,对共生伴生矿产的综合开发综合利用作出详细评价。

5.2.4 矿山生产阶段在矿山地质工作中,深化对矿床地质特征认识的同时,应加强对共生伴生矿产的综合评价研究,对综合开发综合利用方案和工艺流程提出优化建议,提高矿产资源综合利用水平。

6 综合勘查控制程度

6.1 主要矿产勘查时的工程布置应统筹考虑对共生矿产的控制,对于不能利用主要矿产工程控制的异体共生矿产,应专门施工取样工程,以达到控制程度。

6.2 在普查阶段,通常利用主要矿产控制工程对同体共生矿产一并勘查,并根据共生矿产的矿种勘查规范评价。对不能利用主要矿产控制工程进行控制的异体共生矿产,通常采用稀疏的取样工程控制。

6.3 在详查阶段,对于资源量规模达中型及以上的共生矿产,勘查程度应达到共生矿产的矿种勘查规

范规定的详查程度要求。资源量规模为小型的单体共生矿产及可利用主要矿产工程控制的异体共生矿产,一般利用主要矿产工程进行控制,并按该共生矿产的矿种勘查规范进行评价。资源量规模为小型且不能利用主要矿产工程控制的异体共生矿产,应施工稀疏取样工程,并按该共生矿产的矿种勘查规范进行评价。

6.4 在勘探阶段,对于资源量达中型规模的非煤共生矿产,控制程度应达到共生矿产的矿种勘查规范规定的详查程度要求;对于资源量达大型规模的非煤共生矿产(砂石土等直接出让采矿权的“第三类矿产”除外)及中型以上的煤炭矿产,控制程度应达到共生矿产的矿种勘查规范规定的勘探程度要求。

6.5 应按照 GB/T 13908、GB/T 33444 的有关规定,综合确定共生矿产控制研究程度及伴生矿产研究程度。

6.6 油气矿产中共生矿产综合勘查评价按照 DZ/T 0344 及该共生矿产的技术标准执行。

7 共生伴生矿产综合评价研究

7.1 工艺矿物学研究

7.1.1 应查证共生伴生矿产的矿物组成、嵌布粒度、结构构造特征,矿物之间的共生伴生关系,有用、有益、有害组分的赋存状态。

7.1.2 对呈分散状态存在的伴生有用、有益、有害组分,应查明载体矿物。

7.1.3 常见共生伴生矿产见附录 A,部分矿种主要矿床类型中的共生伴生矿产见附录 B。

7.2 矿石加工选冶技术性能研究

7.2.1 采集试验样品时,对单体共生矿产应与主要矿产统筹考虑,尽可能保证各有用、有益、有害组分的代表性。对共生组分或经济价值占比较高的伴生有用组分在赋存空间分布上变化较大、可能对矿石加工选冶工艺流程和工艺条件有重要影响、需分采分选的,应按照不同地段单独采样,并分别包装,以供分别试验或配矿组合试验,配矿要求具体按照 DZ/T 0372 执行。

7.2.2 矿石加工选冶技术性能研究工作中的工艺矿物学研究样品,通常取自相应的矿石加工选冶试验类型样或综合样。应加强矿石工艺矿物学研究,以指导试验。工艺矿物学研究程度、内容按照 DZ/T 0340 执行。

7.2.3 在研究主要矿产矿石加工选冶技术性能的同时,应研究共生伴生组分综合回收利用的技术可行性和经济合理性。

7.2.4 对于呈独立矿物形式存在的共生伴生组分,应通过试验研究,明确其分离、富集方法,并得到合格产品的技术可能性和经济合理性。对于呈分散状态存在的组分,应通过试验研究查明其在精矿、尾矿中的分布与含量,并评价回收利用的可能性。

7.2.5 对于在矿山采选阶段不能产出矿产品或在精矿中未达计价标准,而在后续冶炼(化工)工艺中回收利用的伴生组分,应说明其在精矿及尾矿中的含量,类比评述后续工艺中回收利用的可能性。

7.2.6 研究工作程度要求如下。

- a) 对于单体共生矿产,根据不同勘查阶段任务,应结合主要矿产矿石加工选冶技术性能试验研究程度要求,一并开展共生伴生组分回收利用试验研究。各勘查阶段共生组分的试验研究工作程度,比照主要矿产的工作程度要求执行。
- b) 各勘查阶段均应重视对伴生组分综合回收利用研究,工作要求如下:
 - 1) 普查阶段通常在了解伴生组分的基础上,类比或结合矿石加工选冶技术性能试验研究,评述伴生组分回收利用的可能性;
 - 2) 详查阶段通常在初步查明伴生组分的基础上,结合矿石加工选冶技术性能试验研究,初步明确伴生组分回收利用途径及经济可行性;

- 3) 勘探阶段通常在基本查明或初步查明伴生组分的基础上,结合矿石加工选冶技术性能试验研究,基本确定伴生组分回收利用途径及经济可行性,对于经济价值较高的伴生有用组分,应明确伴生组分回收利用途径。

8 共生伴生矿产资源量估算

8.1 工业指标应用

8.1.1 共生矿产

8.1.1.1 普查阶段

普查阶段工业指标应用规定如下:

- a) 共生矿产可采用该矿种地质勘查规范推荐的一般工业指标;
- b) 尚无一般工业指标的共生矿产可参照该矿种勘查开发实际类比论证;
- c) 新发现及有新用途的共生矿产,应在矿石加工选冶技术性能试验研究的基础上进行必要的论证。

8.1.1.2 详查及以上阶段

详查及以上阶段工业指标应用规定如下:

- a) 同体共生矿产一般采用论证的综合工业品位指标;
- b) 异体共生矿产应采用论证的工业指标。

8.1.1.3 主要矿产的确定

根据勘查目标矿种或开采目标矿种(即矿业权证所载矿种)作为主要矿产。当与勘查结果不一致时,根据资源量规模大小确定,资源量规模较大的矿产为主要矿产。当资源量规模相近时,经济价值总量较高的矿产为主要矿产。

8.1.2 伴生矿产

8.1.2.1 普查阶段通常采用本文件推荐的伴生矿产评价参考指标,对于未列出伴生矿产评价参考指标的,可依据(或类比)矿石加工选冶试验研究成果或同类矿山生产实际资料类比确定。

8.1.2.2 详查及以上阶段,应说明伴生矿产(稀散元素除外)评价指标确定的依据,并评述其合理性。对于能够产出精矿,或在矿产品中达到计价标准的伴生组分,应有符合要求的矿石加工选冶试验研究成果或矿山生产实际资料作支撑;对于在后续冶炼(化工)工艺中回收的伴生组分,应收集相关冶炼(化工)工艺对此类资源回收利用的工业实践资料作支撑。

8.2 综合工业品位制订

8.2.1 在地质、技术、经济综合论证的基础上进行综合研究,制订适合该矿区矿床特征的综合工业品位指标,综合圈定矿体并估算矿产资源量。

8.2.2 充分考虑矿床的成因类型,矿体规模、形态、产状、矿石结构构造、矿石类型,有用、有益、有害组分的赋存状态、分布规律等。

8.2.3 充分考虑国家矿产资源和产业政策、市场需求及发展趋势、矿床开采技术条件、矿山开采方式、矿石加工选冶技术性能、外部建设条件、3年~5年(价格波动不大)或5年~8年(价格波动较大)矿产品平均价格和生产成本费用,经论证制订合理的综合工业品位。

8.2.4 根据各有用组分含量、开采条件、加工选冶回收效果、产品价格及未来矿山生产规模等条件,划

分主要有用组分和次要有用组分,进行综合论证,确定各有用组分的最低品位指标,或将矿石中的有用组分折算成主要矿产的当量品位指标,用于圈定矿体。综合工业品位制订按照 DZ/T 0339 执行。

8.2.5 当各有用组分已达边界品位但均低于最低工业品位,或部分有用组分在部分区段达到其最低工业品位要求时,可论证综合工业品位指标。该类矿床的主要矿产应是其中资源量规模较大(资源量规模相近时,为经济价值较高)的矿种,其他矿产视为伴生矿产。

8.2.6 对于主要矿产明确,其他有用组分含量低于最低工业品位但达到边界品位要求且资源量总量较大时,应随主要矿产论证最低综合工业品位指标。

8.3 估算原则与方法

8.3.1 详查及以上阶段,对共生矿产,通常按照论证的主要矿产当量品位指标圈矿,根据所圈矿体中主要有用组分、共生组分的实际含量,估算主要矿产、共生矿产的资源量。

8.3.2 当各有用组分品位分别达到其工业指标最低工业品位要求时,按相应矿种工业指标圈矿,也可根据矿床特征综合考虑并进行论证,适当降低各有用组分品位要求,按相应矿种矿产资源量估算原则与方法进行估算。

8.3.3 异体共生矿产分别按相应矿种矿产资源量估算的原则与方法进行估算。

8.3.4 参与论证综合工业品位指标的伴生矿产资源量估算,除平均品位据实确定外,依照主要矿产估算的原则和方法进行。

8.3.5 详查及以上阶段估算资源量的伴生稀散元素,应达到伴生矿产评价参考指标,同时应在资源储量报告中简要说明后续回收途径。

8.3.6 达到伴生矿产评价参考指标的组分,经符合要求的矿石加工选冶试验研究或生产实际证明,预期在矿山或后续冶炼(化工)工艺中不能回收利用的,不予估算资源量,但应在资源储量报告中作出必要的评述,说明其地质特征及含量。

8.3.7 伴生矿产评价指标一般应用于块段或矿体,评价指标中有区间值的,经类比或矿石加工选冶试验研究,回收伴生组分工艺流程简单、成本较低时取低值,回收伴生组分工艺流程复杂、成本较高时取高值。伴生矿产评价指标见附录 C~附录 M。

9 共生伴生矿产资源储量类型确定

9.1 共生矿产的资源储量类型按照 GB/T 17766 要求确定。

9.2 当伴生矿产进行了基本分析,且研究工作达到以下程度时,其资源储量类型可与主要矿产相同:

- a) 地质研究程度:伴生矿产的质量、赋存状态、分布规律等达到与主要矿产相同的查明程度;
- b) 矿石加工选冶试验研究程度:伴生矿产的物质组成与回收利用的加工选冶试验研究等达到与主要矿产相应的查明程度;
- c) 可行性评价:对伴生矿产综合回收的经济意义作出了相应评价。

9.3 当伴生矿产进行了基本分析但未能满足 9.2 中其他条件时,应降低资源储量类型。

9.4 伴生矿产只进行了组合分析而未做基本分析时,划为推断资源量。

附 录 A
(资料性)
常见共生伴生矿产

A.1 矿物矿产

共生伴生矿物矿产在矿床中的分布较为普遍,以矿物形式存在并能够在矿石加工选冶过程中富集回收。在主要矿产的加工选冶流程中,通常能同时选出其合格精矿产品或中间产品;或虽然在矿石中的含量较低,但能分选出精矿产品,因特殊需要或经济价值较高,有必要进行加工选别的某些矿物。这类共生伴生矿物矿产较多,但在具体矿床中,需要加工选别的共生伴生矿物较有限。砂矿中有用组分多呈矿物形式,需要选别的矿物种类相对较多。常见的共生伴生矿物矿产如下。

- a) 金属矿床共生伴生矿物矿产:
- 1) 铁矿床:钛磁铁矿、铬铁矿、钛铁矿、金红石、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿、钴黄铁矿、黑钨矿、白钨矿、辉钼矿、辉铋矿、辉锑矿、锡石、重晶石、磷灰石、萤石、铌钽及稀土矿物、自然金和铂族元素矿物,硼镁铁矿中伴生的晶质铀矿和沥青铀矿等;
 - 2) 锰矿床:钴土矿、硫镍钴矿、黄铁矿、银金矿等;
 - 3) 铬铁矿矿床:磁黄铁矿、镍黄铁矿、钛铁矿、铂族元素矿物等;
 - 4) 铜镍硫化物矿床:磁黄铁矿、黄铁矿、磁铁矿、辉(砷)钴矿、铂族元素矿物、碲银矿、自然金、银金矿、硒硫铋矿等;
 - 5) 铜矿床:磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、镜铁矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、辉钴矿、锡石、黑钨矿、白钨矿、辉铋矿、辉锑矿、辉银矿、碲铋矿、自然金、银金矿、磷灰石、重晶石等;
 - 6) 铅锌矿床:黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、锡石、辉钼矿、辉铋矿、白钨矿、辉锑矿、菱铁矿、辉银矿、自然金及金矿物、萤石、重晶石等;
 - 7) 钨矿床:锡石、辉钼矿、辉铋矿、绿柱石、铁锂云母、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、辉锑矿、萤石、水晶、黄玉、铌钽矿物、独居石、磷钇矿等;
 - 8) 锡矿床:白钨矿、黑钨矿、黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、辉铋矿、毒砂、铀矿物、银金矿物、铌钽矿物、绿柱石、锂云母、萤石、黄玉、褐钇铌矿、磷钇矿、独居石、锆石、金红石、磁铁矿等;
 - 9) 钼矿床:黄铁矿、黄铜矿、白钨矿、黑钨矿、锡石、辉铋矿、方铅矿、闪锌矿、萤石、黄玉、绿柱石、金和铂族元素矿物等;
 - 10) 稀有及稀土矿床:常见具有工业意义的矿物有锂辉石、锂云母、透锂长石、磷锂铝石、铁锂云母、绿柱石、烧绿石、细晶石、铈榴石、日光榴石、绿帘角闪石、羟硅铍石、金绿宝石、香花石、铌铁矿、钽铁矿、黑稀金矿-复稀金矿、褐钇铌矿、磷钇矿、硅铍钇矿、铌钇矿、氟碳铈矿、锡石、钛铁矿、锆石、斜锆石、异性石、黑钨矿、金红石、独居石、天青石、菱锆矿、磁铁矿、萤石等;
 - 11) 金矿床:黄铁矿、毒砂、黄铜矿、砷黝铜矿、辉银矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、辉锑矿、辉铋矿、白钨矿、黑钨矿、锡石等;
 - 12) 铀矿床:磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、铌钽矿物、羟硅铍石、磷灰石等;
 - 13) 锆英石砂矿床:钛铁石、金红石、独居石、电气石、锐钛矿、石英等;
 - 14) 钛铁矿砂矿床:锆英石、金红石、独居石、石英等;
 - 15) 风化残积型钛铁矿砂矿床:锆英石、金红石、石英、高岭土等;

- 16) 风化残积型铝土矿矿床: 钻土矿(含镓)、蓝刚玉和红锆石(宝石)等;
- 17) 金红石矿床: 石榴子石。
- b) 非金属矿床共生伴生矿物矿产:
 - 1) 磷灰石矿床: 磁铁矿、钒钛磁铁矿、黄铁矿、金红石、锆石、霞石、石墨、矽线石、蛭石、稀土和铀;
 - 2) 硫铁矿矿床: 磁铁矿、赤铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉钼矿、金、银、钴、石墨矿物等;
 - 3) 硼矿床: 锡矿、黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿、磁铁矿、金红石、锆石、稀土矿物、磷灰石等;
 - 4) 明矾石矿床: 黄铁矿、磁铁矿、锆石、金红石、刚玉、叶蜡石、黄铜矿、方铅矿、黝铜矿、高岭土、金、银等;
 - 5) 石墨矿床: 霞石、锆石、矽线石、磷灰石、金红石、磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、铌钽矿物、稀土矿物等;
 - 6) 云母矿床: 长石、石英、磷灰石、绿柱石、铌钽铁矿、锂云母、电气石、锡石、稀土矿物等;
 - 7) 石英砂矿床: 钛铁矿、锆英石、金红石、独居石等;
 - 8) 砂质高岭土矿床: 石英、长石、云母等;
 - 9) 重晶石矿床: 黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等;
 - 10) 萤石矿床: 石英、方铅矿、闪锌矿、重晶石等。

A.2 矿石矿产

部分矿产主要共生伴生矿石矿产如下:

- a) 高岭土: 黄铁矿、明矾石、菱镁矿、叶蜡石、膨润土、瓷土、铝土矿、煤、贵金属、地开石、伊利石、珍珠陶土、变高岭石(埃洛石)、水云母、蒙脱石等;
- b) 石膏: 岩盐、芒硝、天青石、自然硫、高岭石、重晶石、黄铁矿等;
- c) 膨润土: 沸石、珍珠岩、高岭土、煤、石膏、白垩、伊利石、高岭土、重晶石、海泡石、凹凸棒石、硅藻土等;
- d) 白云岩: 石膏、石灰岩、菱镁矿、磷、方镁石、硅灰石、大理岩石材矿等;
- e) 重晶石: 毒重石、萤石、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等;
- f) 叶蜡石矿床: 明矾石、高岭石、红柱石、矽线石、石英、地开石、一水硬铝石等;
- g) 石灰岩矿床: 铁矿石、黄铜矿矿石、方铅矿矿石、闪锌矿矿石、岩金矿矿石、铅银矿矿石、冰洲石矿石、饰面石材矿、泥灰岩(水泥原料)矿石、化工石灰岩矿石、风化壳黏土吸附型锂矿石等;
- h) 钾长石矿: 共生石英矿、石灰岩矿、白云岩矿等;
- i) 石灰岩矿: 共生白云岩矿、钾长石矿、石英砂岩矿、石英矿等;
- j) 铁矿: 共生石灰岩矿等;
- k) 磷矿: 含钾页岩、白云石、方解石、玉髓等;
- l) 煤矿: 天然焦、高灰煤(高碳泥岩)、油页岩、锰铁矿、赤铁矿、菱铁矿、硫铁矿、铝土矿、膨润土、高岭土、耐火黏土、硅藻土、稀散(Ga、Ge、Sc)、稀有(Li)、稀土、陶瓷原料、建筑原料、常规砂岩气(或油)、煤层气、地下水(热水)、铀矿物(沥青铀矿、晶质铀矿、铀黑)等;
- m) 金属矿床: 硫铁矿石、重晶石矿石、萤石矿石等。

A.3 元素矿产

A.3.1 概述

元素矿产是呈分散状态存在、能够在加工选冶过程中附带回收的共生伴生有用组分,包括赋存在其他有用矿物中的类质同象成分、微细包裹体;离子吸附型的有用组分;煤和油页岩中能够附带提取的有机化合物;油气藏中的溶解气、凝析气、工业气体和元素附产物;固体和液体盐类矿床中的共生伴生元素等。回收方式取决于主要矿产的加工选冶工艺流程。需选矿石伴随精矿富集并可回收;矿石直接用于

冶金、化工、动力原料时,能够在生产过程中某一阶段富集回收或在最终的“废料”中提取。

共生伴生元素矿产分为贵金属共生伴生矿产;稀有、稀土、稀散元素共生伴生矿产;液体和气体共生伴生矿产。

A.3.2 贵金属矿床共生伴生矿产

A.3.2.1 金(Au)

金和铜、银属元素周期表中的 IB 族,通称铜族元素。金的最主要的工业矿物是自然金、银金矿和碲金矿。

金在矿床中一般不形成独立硫化物,而常与黄铜矿或其他硫化物伴生。所有金矿物都含有一些银;以银为主的矿石也含金。伴生金主要赋存于铜矿床、铜镍矿床,其次赋存于汞锑矿床以及铅锌等有色金属矿床、铜铀矿床和磁铁矿床等。几乎各种类型的铜矿石,特别是斑岩铜矿、矽卡岩铜矿、黄铁矿型铜矿、黄铁矿型多金属矿都有伴生金。

A.3.2.2 银(Ag)

银属铜族亲硫元素,常形成辉银矿等矿物并富集在硫化物中,目前已发现的银矿物有 47 种,主要的有自然银、辉银矿、硫锑银矿、深红银矿、淡红银矿、硫锑铜银矿、碲银矿、碲金银矿、砷硫银矿、辉银铜矿、角银矿、脆银矿和金银矿等 14 种。

银与金具有相同的原子半径,故两者极易形成连续的固熔体系。银与铜的离子半径和负电性相近;与铅离子电位相似,因而能和铅、铜发生类质同象互换,因此自然界中银大多呈类质同象或微细包裹体存在于铜的硫化物和方铅矿、闪锌矿中;铜的硫化物和方铅矿则是最常见的银的载体矿物。银在矿物中聚集能力的递增次序为:闪锌矿→黄铜矿→方铅矿→黝铜矿。伴生银主要是与有色金属矿床有关,重要的伴生银矿床有斑岩铜矿、矽(页)岩铜矿、块状硫化铜镍矿、交代型铅锌矿、灰岩及白云岩中的层控型铅锌矿床。

A.3.2.3 铂族(Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os)

铂族元素具有亲硫性和亲铁性;其亲铁性从属于亲硫性。铂族金属的原子半径极为相近,相互之间的固熔体十分广泛;与铁、镍和铜也很接近,所以也能够相互替换而共生在一起。

铂族元素在自然界产出的形式主要有两种:一是铂族元素与硫、砷、铋、锑呈化合物的铂族矿物,这类矿物很多。但主要的是砷铂矿和铋碲钨矿;二是铂族元素之间以及铂族元素与铁、镍、铜、金等的天然合金或金属互化物。由于铂族元素具有很强的亲硫性,因而常呈类质同象(或显微矿物颗粒)赋存在磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿等硫化物中,或为重要的伴生矿产。

铂族元素,尤其是铂和钯,不但在与基性、超基性岩有关的岩浆阶段能够富集,而且在与中酸性岩浆有关的热液阶段也能富集。因此,岩浆期后的各种多金属矿,也常有伴生的铂族元素;值得注意的多金属矿床有斑岩铜钼矿床、矽卡岩铜钼矿床和铜矿床、石英脉型金、硫化物铜矿床以及汞、锑、铋矿床等。

此外在表生作用条件下,黑色页岩中也发现有铂、钯富集,例如我国南方下寒武系黑色页岩沉积型镍钼矿床中,含铂、钯并与镍呈正比关系。铂族金属矿物主要是天然合金,化学性质稳定,密度大,在某些砂矿床中也具有工业意义。

A.3.3 部分稀有、稀土、稀散元素矿床共生伴生矿产

A.3.3.1 稀有、稀土、稀散元素矿床伴生矿产特征

A.3.3.1.1 锗(Ge)

锗的地球化学参数与锌、锡、铁比较接近,锗常呈类质同象在闪锌矿中富集,并在煤层中及煤层上下页岩中富集,有时能形成锗、铀、煤综合矿床。已知主要的含锗矿物有闪锌矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、

斜方硫砷铜矿,砷黝铜矿、锡石、毒砂、磁铁矿、赤铁矿、硬锰矿、菱锌矿和有机岩。上述有色金属硫化物对提取锗具有工业意义;个别锗特别富集的硫化物矿床及煤矿,锗也能够成为主要矿产。已知有 50 多种非金属矿物含微量锗,但目前尚无开发利用价值。

锗主要从炼锌厂烟化挥发物中和炼锡、炼铜烟尘与升华物及燃煤烟尘中提取。

A.3.3.1.2 镓(Ga)

镓原子与锌具有类似的电子构型。镓同铝在化学及结晶化学性质上十分近似,决定了二者的紧密共生关系。地壳中绝大部分镓都赋存于铝的矿物中,对提取镓有实际意义的有铝土矿和霞石。

A.3.3.1.3 铟(In)

铟在地壳中也处于分散状态,它在矿物中呈类质同象存在。铟主要和 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Sn^{4+} 、 Pb^{2+} 等离子有类质同象关系,常在铁闪锌矿中富集。已知有 4 种铟矿物:自然铟、硫铟铜矿、铟石和氢氧铟石,但含量甚少。在各种含铟的金属硫化物中,最有意义的是闪锌矿、黄铜矿、锡石,有时还有方铅矿。

铟主要从炼锌的残渣和烟尘中提取。

A.3.3.1.4 硒(Se)

硒是亲硫元素,离子半径与硫接近,常呈类质同象替换硫,进入硫化物的晶格。硒有 39 种独立矿物,但都很少见;其中硒银矿、硒铅矿、六方硒铜矿、硒铊银铜矿、红硒铜矿、硒铋矿、锥碲硒矿等相对稍多。主要的含硒矿物有:黄铁矿、白铁矿、毒砂、黄铜矿、辉钼矿、辰砂、方铅矿、斑铜矿、铜蓝、硫砷铜矿、辉锑矿、镍黄铁矿、闪锌矿等。

硒主要在硫精矿、铜精矿和铅精矿中提取。

A.3.3.1.5 碲(Te)

碲的化学性质与硫、硒十分相似,常与铜、铅、铋、金、银在一起,也能形成独立矿物。已知含碲矿物约 70 种,独立矿物有 40 多种,但都很少见。较常见的碲矿物为碲银矿、碲金银矿、针碲金矿、辉碲铋矿、叶碲矿。对于提取碲有实际意义的矿物为方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿等。

碲主要从精炼铜、镍、铅、锌和银的电解阳极泥、生产硫酸的酸泥以及硫酸厂收尘器捕集的烟尘中回收。

A.3.3.1.6 镉(Cd)

镉是亲硫元素,化学性质近似锌,所以与锌关系密切,也常进入铅、锌、铜和铁的硫化物中。镉的独立矿物已发现有硫镉矿、黄硫镉矿、方镉矿、菱镉矿、锥碲镉矿和非晶硫镉矿等 6 种;其中以硫镉矿最重要。镉主要在闪锌矿、方铅矿、黄铜矿中富集。

镉主要从锌精矿中提取,也能从方铅矿和黄铜矿中提取。

A.3.3.1.7 铊(Tl)

铊具有亲石、亲硫性。化学性质与钾、铷近似,常进入长石和云母中,同时又常与铜、铅、锌、银、锰和砷伴生。铊的单矿物有 5 种:硫砷铊锑矿、红铊矿、硒铊银铜矿、硫砷铊铅矿、阿维森纳矿,但都很少见。有利用价值的含铊矿物通常为白铁矿、黄铁矿和方铅矿。

铊主要从有色金属冶炼过程中,特别是炼锌残渣和烟尘、焙烧黄铁矿制酸过程中提取。

A.3.3.1.8 铼(Re)

铼具有亲硫性,化学性质近似钼和铜,所以常与其结合在一起。铼又是高度分散的元素,很难形成独立矿物,目前仅发现铼石一种独立矿物,其他含铼的矿物中的含量也都很低。常见的含铼矿物有:辉

钼矿、黄铜矿、黄铁矿、硒铅矿、斑铜矿、辉铜矿、硅铍钼矿等。对提取铼有实际意义的有辉钼矿、黄铜矿及斑铜矿、辉铜矿；所有的钼矿床中几乎都含铼。

铼主要从斑岩型铜钼矿床的辉钼矿中提取回收。

A.3.3.1.9 钪(Sc)

钪是典型的亲石元素。已知有 3 种独立矿物：钪钇石、水磷钪石、铁硅钪矿，但都很少见。含钪的矿物有 100 多种，较为主要的为黑钨矿、褐帘石、锡石、杂铌矿、磷钇矿、铁锂云母、绿柱石、黑稀金矿、钇易解石、烧绿石、独居石、磁铁矿、黝铜矿、钛铌铀矿、褐钇铌矿、锆石和铌钽铁矿等。

钪主要从黑钨矿、锡石以及红土镍矿等中提取。

A.3.3.1.10 铪(Hf)

铪和锆的化学性质极为相似，在矿物中紧密伴随同时出现。目前仅发现 1 种铪的独立矿物——铪石。主要的含铪矿物有：钙钛矿、铈铌铪矿、铌锆黑稀金矿、黑钽铀矿、锆英石、铪钽锆矿、水锆石、曲晶石、锆钽矿、异性石和锡石等，其中具有重要工业意义的是锆石、曲晶石、水锆石和斜锆石。

A.3.3.2 稀有、稀土、稀散元素富集特点

稀有、稀土、稀散元素伴生矿产富集一般情况如下：

- a) 多金属矿床中，通常伴生有镉、铟、硒、碲、铊、镓等稀散元素的组合（有时含锗）；在含锡的多金属矿床中，铟的含量较高；在含铜和砷的铅锌矿床中，锗和铊（有时还有硒和碲）的富集程度相对偏高；
- b) 铜矿床通常含有硒和少量的碲、镉、铊、锗、镓、铟；随着其中锌含量的增高，锗、铟和镉的含量往往也随之增加；含铜砂岩往往含铼，其次是锗、硒和铊；铜钼矿床往往含铼、硒、碲，其次是铟、锗和铊；硒、碲能作为铜镍矿床的特征元素，此外含有铊、镓和锗；
- c) 锡石硫化物矿床中，铟的含量相对偏高，在石英-锡石和黑钨矿床中铪的含量偏高；钼矿床铼含量相对偏高，此外还含有少量的硒、碲、锗和镓；锑矿床通常含铊和硒；
- d) 砷（毒砂）矿床含硒和碲，还有少量的锗、镓和铊；
- e) 石英-金矿床往往含碲；含金硫化物矿床中有时有铟、铊、硒和碲；
- f) 铝矿床含镓（铝土矿床、明矾石矿床、霞石矿床）和铪（铝土矿床），有的赋存少量金和锗；有的能提取铪、钛、钒、铬、铁、镍、钴、铂、银、铌和钽等；
- g) 在有色金属选矿时，其中所含稀散元素在选矿产品（精矿或尾矿）中的走向，依这些元素的载体矿物的富集情况而定，如：锌精矿含镉、硒、碲、铊、镓，有时含锗；铅精矿含硒、碲、镉、铊及少量铟和锗；铜精矿含硒、锗、碲、铊、镓，有时含有镉和铼；锡精矿含铪、铟、钽；钨精矿含铪、钽；铍精矿含铪；钼精矿含铼；黄铁矿精矿含铊、硒、碲；
- h) 在精矿和矿石的冶炼和化学处理时，稀散元素同样分布在各种不同的冶炼产品中；在有色金属矿石或精矿冶炼时，稀散元素通常聚集在水冶液、烟尘、滤渣、矿泥或电解泥里，一部分进入主要产品中，一部分在熔渣里，还有一部分呈气态；硫酸厂在处理黄铁矿精矿时，稀散元素在矿泥里会有所聚集，但大部分在黄铁矿灰渣中；
- i) 矿石中有一部分稀散元素随非金属矿物（石英、石榴石、云母、长石及其他硅酸盐、碳酸盐矿物）以及没有选入精矿中的金属矿物一起进入尾矿中，无法回收利用。

A.3.4 部分非金属矿床共生伴生矿产

A.3.4.1 金刚石

金刚石砂矿床中常含有自然金和锆石，在原生矿床中常伴有磷灰石、烧绿石、白钛矿和钙钛矿。

A.3.4.2 石墨

晶质石墨矿床中共生伴生云母、石英、透闪石、透辉石、石榴子石、方解石、金红石,以及铀、钒、钛、金、银、黄铁矿、磷灰石、铝土矿、稀有元素等。隐晶质石墨矿床中可能共生伴生高岭土、锆等。

A.3.4.3 磷

磷矿中共生伴生矿产按其赋存状态分为两类。以独立矿物形式产出的共生伴生矿产,主要有硫铁矿、钛磁铁矿、黄铜矿、黄铁矿、钾长石、蛭石、石墨、金云母等。赋存在碳酸盐矿物中或脉石矿物间的伴生组分,主要有氟、碘、锶、稀土和铀等。

A.3.4.4 硫

硫铁矿矿床和多金属硫铁矿矿床常共生伴生铁、铜、铅锌矿和金、银、钴、硒、碲、镉等,煤系硫铁矿矿床常共生煤、铝土矿、耐火黏土等。其他金属和某些非金属矿床中可能伴生硫铁矿。

A.3.4.5 钾盐

钾盐矿床常共生伴生岩盐、镁盐、芒硝、石膏和硼、锂、碘、溴、铯、铷等。

A.3.4.6 盐(岩盐、湖盐、天然卤水)

盐矿床常共生伴生钾盐、芒硝、无水芒硝、钙芒硝、石膏、硼矿、天然碱等。卤水盐矿床或固液共存的盐矿床中,常伴生硼、锂、铯、铷、铀、锶、锆、镓、溴、碘等。

A.3.4.7 硼

以硼镁石为主的硼矿,在沉积变质再造硼矿床中,常共生伴生有磁铁矿、赤铁矿、菱镁矿、黄铁矿、磷灰石等,有的还伴生晶质铀矿、稀土矿(铈硼硅石、独居石等),以及大理岩、蛇纹石化大理岩、蛇纹岩等。海相沉积硼矿床常共生伴生菱锰矿、硬锰矿、白云岩等。内生矽卡岩型硼矿床常共生伴生磁铁矿、褐铁矿、黄铜矿,以及铅锌、铋、锑、锡、铬、金、银等。

现代盐湖硼矿床共生伴生石盐、石膏、芒硝、无水芒硝、菱镁矿、钾石盐、天然碱、苏打、白钠镁矾、钠硝石等;卤水中常含有锂、铍、铷、铯、溴、钾、钠等。

A.3.4.8 芒硝

在碳酸盐类型盐湖中,常共生伴生天然碱、苏打等;在硫酸盐类型盐湖中,常共生伴生石膏、石盐、白钠镁矾等;在一些盐湖卤水和晶间卤水中,含有硼、锂、溴、碘、锶等。

A.3.4.9 天然碱

天然碱矿床常共生伴生石盐、芒硝、无水芒硝等,卤水中常含有少量钾、硼、碘、溴等。

A.3.4.10 红柱石、蓝晶石、矽线石

矿体中常共生伴生绢云母、白云母、刚玉、石墨、金红石、黄玉、锆石、石榴子石、钛铁矿等,海相沉积黑色页岩中的红柱石矿床,黑色页岩含有钒、钴、镉、锆等。

A.3.4.11 钠硝石、钾硝石

钠硝石常共生伴生石盐、石膏、硬石膏、重晶石、钾芒硝等,有时含有钙硝石、泻利盐;钾硝石常共生伴生钠硝石、白钠镁矾、石盐、钾石盐、光卤石、石膏、芒硝等。

A.3.4.12 锂辉石、锂云母

锂辉石常共生伴生锂云母、含锂电气石、钠长石、铯榴石、铌铁矿、绿柱石和铷等；锂云母常共生伴生锡石、黑钨矿、黄玉、萤石等。

A.3.4.13 石膏

某些石膏层和黏土质膏层中常含有较多天青石。石膏、硬石膏、泥膏常呈共生伴生状态。

A.3.4.14 重晶石、毒重石

在热液型矿床中，重晶石常共生伴生黄铁矿、赤铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿，以及萤石、天青石、石英、毒重石等，并形成不同矿物组合的矿石类型，如黄铁矿-重晶石型矿石，萤石-重晶石型矿石，铅锌-重晶石型矿石等。在火山沉积型矿床中，常共生伴生菱铁矿、镜铁矿、菱镁矿、菱锰矿等。在沉积型矿床中，常共生伴生磷、铀、钼、铜、镍、钒、石煤等。

A.3.4.15 天青石

碳酸盐岩建造中的天青石矿床，常共生伴生石膏、自然硫、黄铁矿、重晶石、石灰岩、白云岩等。盐湖沉积的天青石矿床，常共生伴生石膏、石灰岩，以及硼酸盐-钠硼解石、硬硼钙石等。火山热液充填型天青石矿床，共生伴生黄铁矿；后生低温热液矿床，共生伴生铅锌等金属和黄铁矿。

A.3.4.16 菱镁矿

常共生伴生白云岩、滑石、橄榄岩、蛇纹岩、大理岩、石棉、石膏等，有时在盐湖矿产中共生石盐，有时共生伴生方铅矿、闪锌矿。在超基性岩中共生伴生橄榄岩、铬铁矿，在蛇纹石化的超基性岩中，可能共生伴生镍、钴、铂等。

A.3.4.17 萤石

在内生矿床中常共生伴生石英、重晶石、铅锌等。在层状矿床中常共生伴生方解石、白云石、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、重晶石、天青石等。

A.3.4.18 石灰岩

常共生伴生白云岩、铝土矿、黏土等，有的还共生伴生层状铅锌矿、磷矿层、赤铁矿等。

A.3.4.19 白云岩

常共生伴生菱铁矿、滑石、石灰岩、石棉等。

A.3.4.20 砂、卵石、碎石（集料用）

天然砂中常伴生稀有金属矿物和其他有用矿物，如金、独居石、钛铁矿、辰砂、白钨矿等。卵（砾）石中常共生砂层。

A.3.4.21 高岭土

高岭土矿常共生伴生黄铁矿、明矾石、菱铁矿、叶蜡石、钾长石、硬质黏土、铝土矿、膨润土、煤和稀散元素。

A.3.4.22 耐火黏土

常共生煤、铝土矿、山西式铁矿、硫铁矿、铁矾土、普通黏土等，有时还共生石灰岩、高岭土等。

A.3.5 油气藏和地下水共生伴生矿产

A.3.5.1 石油中往往伴生有凝析气或溶解气,非烃化合物氧、氮、硫三种元素的化合物也不少,有时能达石油重量的 30%,含氧化合物有石油酸、酚;含硫化合物如硫化氢(H_2S)硫醇(RSH);含氮化合物;沥青也是非烃的一部分,是油渣的主要成分。此外,有时还有钒、镍金属等能够回收,需注意分析。石油中的共生伴生液体和气体矿产目前已回收利用的有液化烃、凝析液、碳酸气、硫醇、硫、氮、氦、碘、溴、硼等。

A.3.5.2 油田水中常含有钾和一些特有的微量元素,如碘、溴、硼、锶、铵等;其中碘和溴含量较高,能作为伴生矿产开采利用,但在油气开采中常因人工注水而稀释,是否具有利用价值,视具体情况确定。

A.3.5.3 天然气中往往伴生有凝析油及非烃气体(包括 CO_2 、 N_2 、 H_2S 、He 和 Ar)。它们的含量不高,但个别也有含二氧化碳、硫化氢或氮很高,甚至成为以二氧化碳为主的气藏。氦、氩等气体在天然气中含量较少,一般仅千分之几,个别含量也可能较高,如美国四角地(Four Corners)最高达 7.5%。我国四川震旦系的天然气中,亦含相当数量的惰性气体。氦和氩是极其宝贵的工业原料,特别是前者,目前大多数氦采自天然气中。

A.3.5.4 煤中共生伴生的煤层气是以甲烷为主的烃类气体,按有关规定进行煤和煤层气的综合勘查评价。其综合开发利用不仅可提高经济效益,同时能够防止瓦斯所造成的危害,有良好的社会及环境效益。

A.3.5.5 高矿化度的地下水和某些温泉也常含有碘、溴、钾、镁、硼、锂、铷、铯、锶、锆等,通过取样分析以确定其是否具有利用价值。

附 录 B
(资料性)

部分矿种主要矿床类型中的共生伴生矿产

固体矿产部分矿种主要矿床类型中可能存在的共生伴生矿产见表 B.1。

表 B.1 固体矿产部分矿种主要矿床类型中可能存在的共生伴生矿产

矿床	矿床类型	共生伴生矿产	有害组分
煤	海相沉积型矿床	天然焦、高灰煤(高碳泥岩)、油页岩、锰铁矿、赤铁矿、菱铁矿、硫铁矿、铝土矿、石墨、石膏、膨润土、高岭土、耐火黏土、硅藻土、Ga、Ge、Sc、Li、稀土元素(La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Y)、陶瓷原料、建筑原料、常规砂岩气(或油)、煤层气、地下水(热水)、铀矿物(沥青铀矿、晶质铀矿、铀黑)等	S、P、As、F、Cl、Hg、Pb、Cr、Cd
	湖相沉积型矿床		
铀	花岗岩型矿床	Fe、Cu、Pb、Zn、Ni、Co、W、Mo、Bi、La、Ce、Y	—
	火山岩型矿床	Mo、Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Th、S、P、Be、Nb、Ta、Ga、Cd、Tl	
	沉积矿床	煤、V、Cu、Pb、Zn、Re、Hg、P、S、Ag、Ge、Ga、In、Te、油气	
	岩浆岩型矿床	V、Cr、Al、Mo、Ce、Y、Ga、Se、Te、Th、Zr	
铁	岩浆晚期矿床	Mn、V、Ti、Cu、Ni、Co、Pt、Pd、Sc、Te、Ga、S、P、U	S、P、SiO ₂ 、Cu、Pb、Zn、As、Sn、F
	火山岩型矿床	Mn、V、Cu、Co、Pb、Zn、Ge、Au、S、P	
	矽卡岩型矿床	Cu、Pb、Zn、Ni、Co、W、Sn、Bi、Mo、Sb、Au、Ag、Pt、Pd、Be、Rb、Rh、In、Ga、Cd、Se、Te、S、P、B	
	受变质矿床	Mn、Cu、Pb、Zn、Co、Ge	
	沉积型矿床	Mn、V、Ni、Co、Mo、Be、P	
	风化型矿床	Mn、V、Cr、Ti、Pb、Zn、Cu、Co、Ni、W、Bi、Al、Sc、As、S	
	铁-氟-稀土矿床	Mn、Nb、Ta、Ce、S、P、F	
锰	海相沉积型矿床	Fe、Cu、Ni、Co、P、B	S、P
	沉积变质型矿床	Fe、S	
	风化型矿床	Fe、Cu、Ni、Co、Pb、Zn、Au、Ag、S	
钛	岩浆晚期矿床	Fe、V	—
	滨海沉积型矿床	Zr(Hf)、Nb、Ta、Ce、La、Dy	
	风化残积型矿床	Zr(Hf)、Nb、Ta	
铬	岩浆晚期矿床	Fe、V、Ti、Ni、Au、Pt、Ir、Os	—
铜	变质岩层状矿床	Fe、V、Al、Pb、Zn、Ni、Co、Mo、Bi、Au、Ag、Pt、Pd、Ge、Tl、Re、Cd、Se、Te、U、Th、S、As	As、F、Mg、Pb、Cd、Hg、放射性元素
	斑岩型矿床	W、Sn、Mo、Co、Pb、Zn、Au、Ag、In、Ge、Tl、Re、Cd、Se、Te、S	
	矽卡岩型矿床	Fe、V、Mo、Pb、Zn、Co、W、Sn、Bi、Mo、Au、Ag、Pt、Pd、Os、Be、Ge、Ga、In、Tl、Re、Cd、Se、Te、U、S	
	超基性岩铜矿床	Fe、Ni、Co、Au、Ag、Pt、Pd、Rh、Ru、Ga、Ge、Tl、Se、Te、S	

表 B.1 固体矿产部分矿种主要矿床类型中可能存在的共生伴生矿产（续）

矿床	矿床类型	共生伴生矿产	有害组分
铜	火山岩黄铁矿型矿床	Pb、Zn、Mo、Bi、Hg、Au、Ag、In、Ga、Ge、Cd、Se、Te、S、As	As、F、Mg、Pb、 Cd、Hg、放射性元素
	砂岩铜矿床	W、Mo、Au、Ag、U、S	
	各类岩石中脉状矿床	Pb、Zn、W、Mo、Co、Au、Ag、S	
铅 锌	碳酸盐岩型矿床	Cu、Sb、Au、Ag、Ga、Ge、Cd、S	Cu、As、Fe、F、MgO、 Al ₂ O ₃ 、SiO ₂
	沉积-细碎屑岩型矿床	Cu、Au、Ag、Ga、In、Ge、Cd、Sr、S、CaSO ₄ （石膏）	
	矽卡岩型矿床	Cu、Mo、Ni、Co、Hg、Bi、W、mFe、Au、Ag、Ga、In、Ge、Tl、Cd、Se、 Te、U、S	
	海相火山岩型矿床	Mo、Sn、Au、Ag、Cd、Tl、Ge、In、S	
	砂、砾岩型矿床	Sb、Bi、Mo、Co、Au、Cd、Tl、Ge、S	
	各类岩石中脉状矿床	Cu、Sn、Sb、Bi、Au、Ag、Cd、Ge、In、S	
银	碳酸岩型矿床	Pb、Zn、Cu、Sb、Ga、Ge、Cd、S	—
	泥岩-碎屑岩型矿床	V、Sb、Au、Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os、Se、Ge	
	海相火山岩型矿床	Zn、Cu、Sn、Sb、Au、Ga、Ge、In、S	
	陆相火山岩型矿床	Mn、Pb、Zn、Bi、Hg、Au、Se、Te、As	
	千枚岩、页岩型矿床	Pb、Zn、Cu、Au、Cd、S	
	各类岩石中脉状矿床	Cu、Pb、Zn、Sn、Sb、Au、Cd、Ge、In、Se	
镍	超基性岩型铜镍矿床	Fe、Cr、Cu、Co、Au、Ag、Pt、Pd、Rh、Ir、Ru、Os、Ga、Ge、Tl、Se、 Te、S	Pb、Zn、As、F、Cr、 Cu、Mn、Sb、Bi
	沉积型硫化镍矿床	V、Mo、Cu、Pb、Zn、Co、Au、Ag、Pt、Re、U、S、As	—
	脉状硫化镍-砷化镍矿床	Cu、Bi、Sb、Ag、As	
	风化壳型镍矿床	Fe、Mn、Co、Mg	
钼	斑岩型矿床	Cu、W、Pb、Zn、Co、Au、Ag、Nb、Re、S	Cu、Pb、Sn、As、P、 Ca、SiO ₂
	矽卡岩型矿床	Cu、W、Pb、Zn、Bi、Au、Ag、Re、S、As	
	沉积型矿床	Fe、V、Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Ge、Re、Se、U、P	
	脉状钼矿床	Cu、W、Pb、Au、Ag、Re、S	
钨	石英脉型矿床	Co、Sn、Mo、Bi、Sb、Li、Nb、Ta、Be、TR（稀土元素）、Ge、Ga、In、 Cd、CaF ₂ （萤石）	As、S、Cu、P、Sn、 Mo、Ca、Mn、Sb、 Bi、Pb、Zn
	矽卡岩型矿床	Mo、Pb、Zn、Cu、Bi、Sn、Au、Ag、CaF ₂ （萤石）	
	斑岩型矿床	Fe、Mo、Pb、Zn、Cu、Bi、Sn、Au、Ag、S	
	云英岩型矿床	Mo、Bi、Sn	
	硅质岩型矿床	Fe、Cu、Mo、Bi、Au、Ag、S	
锡	矽卡岩型矿床	Fe、Mn、Cu、Pb、Zn、S、F	As、Bi、Cu、Fe、 Pb、Sb
	斑岩型矿床	W、Mo	
	锡石硅酸盐型矿床	W、Pb、Zn、Cu、Bi、In	
	锡石硫化物脉型矿床	W、Pb、Zn、Cu、Bi、Au、In	
	石英脉及云英岩型矿床	W、Bi、Nb、Ta、Be、Li、Sc	

表 B.1 固体矿产部分矿种主要矿床类型中可能存在的共生伴生矿产（续）

矿床	矿床类型	共生伴生矿产	有害组分
锑	层状矿床	Hg、As	S
	脉状矿床	Cu、Pb、Zn、Ni、Co、W、Sn、Bi、Hg、Au、Ag、As、BaSO ₄ 、CaF ₂ 、Se	
铝土矿	沉积型矿床	Fe、Ti、V ₂ O ₅ 、Ga、Ge、Li、Ta、Ce、Sc、石灰岩、硫铁矿、铁钒土、耐火黏土、煤等	Fe ₂ O ₃ 、S
	风化型矿床	Fe、Ga	
金	石英脉型矿床	Cu、Pb、Zn、W、Mo、Cd、In、Ga、Ge	As、Sb、C
	蚀变岩型矿床	Cu、Pb、Zn、Ag	
	斑岩型矿床	Cu、Ag	
	矽卡岩型矿床	Fe、Cu、Pb、Zn、Bi	
	角砾岩型矿床	Cu、Ag、S	
	硅质岩层中金矿床	Co、As	
	微细浸染型矿床	Sb、Hg	
稀有	钠长石锂云母花岗岩型锂钽铌锂铷铯矿床	Be、Zr、Hf	—
	钠长石铁锂云母花岗岩型锂钽铌矿床	Rb、Cs、Zr、Hf	
	钠长石白云母花岗岩型钽铌矿床	W、Sn、Be	
	钠长石锂白云母花岗岩型锂钽铌稀土矿床	W、Sn、Zr、Hf、Rb、Cs	
	钠长石黑磷云母花岗岩型钽铌矿床	Hf、Y、Th	
	钠长石钠闪石花岗岩型钽稀土矿床	La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Y（稀土元素）	
	碱性岩-碳酸盐岩钽稀土矿床	Zr、Ta、Sr	
	花岗伟晶岩型钽铌锂铷铯铍矿床	Zr、Hf、Sn、长石、石英、云母	
	云英岩型铍矿床	W、Mo	
磷	沉积型(磷块岩)矿床	V、Mo、Ni、Sr、TR（稀土元素）、U、F、K、Cl、I、KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O(明矾)、石煤	Fe ₂ O ₃ 、Al ₂ O ₃ 、MgO、CaO、CO ₂ 、SiO ₂
	变质型(磷灰岩)矿床	Fe、Mn、Ti、V、Co、Ga、U、F、K、KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O(明矾)	
	岩浆岩型(碱性基性-超基性)磷灰石矿床	Fe、V、Ti、Cu、Co、Hg、Ta、Zr、La、Ce、Ho、Tm、Ln(镧系元素)、Y、K、S、蛭石	

表 B.1 固体矿产部分矿种主要矿床类型中可能存在的共生伴生矿产（续）

矿床	矿床类型	共生伴生矿产	有害组分
硫铁矿	煤系沉积型矿床	Fe、Al、Ga、耐火黏土、煤、油页岩	制硫酸：As、Fe、Pb、Zn、C、Ca、Mg
	沉积变质型矿床	Fe、Tl、Se、Te、Cd	
	火山岩、矽卡岩型矿床	Fe、Cu、Pb、Zn、Mo、Ni、Co、Au、Ag、Pt、Ga	
石膏、硬石膏	海相沉积矿床	Sr、B、S、盐类	—
	湖相沉积矿床	S、盐类	
耐火黏土	沉积矿床	Fe、Ti、Al、Zr、煤	K ₂ O、Na ₂ O、MnO ₂ 、TiO ₂ 、Fe
	残积矿床	Fe、Al	
萤石	内生矿床	Pb、Zn、重晶石、石英	冶金：S、P、SiO ₂
	沉积矿床	CaSO ₄ （石膏）	化工：SiO ₂ 、S
石墨	晶质矿床	V、Zr、Sr、S、P、蓝晶石	Fe、S、SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 、CaO、MgO
	非晶质石墨	Ge、瓷土	
盐类	海相沉积矿床 湖相沉积矿床 卤水矿床	Li、Rb、Cs、Sr、Ga、Ge、B、I、Br、N、He、CO ₂	As、Fe、Mg、F、Ba、Cu、Pb、Zn

油气矿产部分矿种主要矿床类型中可能存在的共生伴生矿产见表 B.2。

表 B.2 油气矿产部分矿种主要矿床类型中可能存在的共生伴生矿产

矿种	共生伴生矿产	可能钻遇的矿产
石油	天然气	煤、铀、卤水等
天然气	石油、氮气、二氧化碳气、硫化氢气、氦气	煤、铀、卤水等
页岩气	氦气、二氧化碳气、硫化氢气	煤、铀、卤水、石膏、铝土矿等
煤层气	煤	铀等

附录 C
(资料性)
煤共生伴生组分综合评价

C.1 共生组分

煤炭勘查工作中,通常结合投入的实物工作量情况,对煤系地层中勘查工程涉及的、赋存于煤层上部、煤层之间和煤层顶底板附近的共生组分开展必要的综合评价。

赋存于煤层中的煤层气,按照专门规范的技术要求,开展综合勘查综合评价。勘查工作中发现放射性异常时,对于达到铀矿工业指标要求的,按规定开展专项勘查。部分煤田(井田)存在天然焦资源,需注意开展相关研究和应用评价。

煤炭勘查开发中,对于可能存在的高灰煤(高碳泥岩)、油页岩、锰铁矿、赤铁矿、菱铁矿、钒矿、硫铁矿、铝土矿、锆矿、石墨、石膏、膨润土、高岭土、耐火黏土、硅藻土、陶瓷原料、建筑原料、常规砂岩气(或油)、地下水(热水)等,需开展必要的研究和评价工作。可能成为共生矿产的,需结合煤炭勘查工程及相关矿种勘查要求,统筹考虑部署综合勘查评价工作。

C.2 伴生组分

对于煤层及直接顶底板、夹矸中预期可利用的未“达标成型”的油页岩、锰铁矿、赤铁矿、菱铁矿、硫铁矿、铝土矿、锆矿、石墨、石膏、膨润土、高岭土、耐火黏土、硅藻土、陶瓷原料、建筑原料等,需开展必要的评价,并作为伴生矿产处理。

煤矸石能用作水泥、建筑用砖的原料或配料,也能用于采空区充填,需注意评价。

对于可能赋存在煤层及直接顶底板、夹矸中的 Ga、Ge、Sc、Li、稀土元素(La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Y)等,需结合微量元素分析,作出必要的评价。

煤中硫分通常为有害组分,但煤炭作为化工用煤时,视为有益组分,需结合煤的工业用途开展综合评价。

煤中的 P、F、As、Cl、Cr、Pb、Hg、Cd、Se 等有害组分,需按照煤炭勘查规范和相关技术标准要求,开展测试和评价。

C.3 注意事项

煤炭是我国的主体能源,还能生产重要的化工产品。新型煤化工能生产洁净能源和油气化工产品,如煤制油、煤制气、煤制甲醇、煤制乙醇、煤制烯烃、煤制二甲醚等。基于煤化工产业,能够研发煤基特种燃料、煤基生物降解材料等。煤炭勘查开发工作中,需关注新兴产业发展,结合煤的新用途和用户需求,必要时,按要求开展相关评价工作,促进煤炭-煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展。

煤炭发电中产生的粉煤灰主要成分为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 TiO_2 等,能够提取白炭黑、氧化铝和稀散元素等,作为混凝土的掺合料,生产粉煤灰水泥、粉煤灰砖、粉煤灰硅酸盐砌块、粉煤灰加气混凝土及其他建筑材料,用作农业肥料和土壤改良剂,制造分子筛、絮凝剂和吸附材料,用于废水处理等。必要时,结合煤的工业用途和用户需求,开展相关评价工作,促进循环经济发展。

附录 D
(资料性)
油气藏伴生组分综合评价

D.1 常见伴生组分

油气藏中常见伴生组分有氦气、硫化氢气、二氧化碳气等,勘探过程中可能钻遇煤、铀、卤水等矿产。油田(卤)水是盆地演化过程中形成的流体之一,赋存于储集层的孔、洞、缝介质中,与油气藏接触关系多样,或与油气混合出现,或与油气叠置互层分布,或单独分布于油气底部,或作为边水环绕于油气田的周边,成矿地质条件及规律与石油和天然气相关,含有钾、锂、硼、钠、碘、溴、铯、铷等元素。油气勘查时需对氦气、硫化氢气、二氧化碳气、氮气及同层位的卤水进行综合评价,对钻遇的煤、铀、铝土矿、卤水等矿产进行必要说明。

D.2 氦气、硫化氢气和二氧化碳气综合评价

氦气是一种稀有气体,工业应用越来越广泛。硫化氢气既是一种重要的化学原料,也是油气藏综合评价中需要重点监测关注的易燃有毒气体。二氧化碳气既是一种水气矿产,更是一种常见的温室气体,对生态环境有重大影响。油气藏综合评价中需注重氦气、硫化氢气和二氧化碳气气体组分分析,达到表 D.1 指标时,需根据组分占比估算储量。

表 D.1 氦气、硫化氢气和二氧化碳气矿产评价参考指标

组分	He	H ₂ S	CO ₂
含量/%	0.01	0.5	5

D.3 油田(卤)水综合评价

D.3.1 基本任务

在油气各阶段工作中,研究油田(卤)水在油气藏中的赋存状态、分布规律及可利用性,为油田(卤)水资源评价、开发利用设计、生产提供必要的地质资料,合理利用油田(卤)水资源。

预探阶段,通过对油田(卤)水分布潜力较大地区开展构造和沉积储层研究工作,在油井工程目的段进行测井、取心、试水、采集卤水样品,对油田(卤)水资源作出初步评价。在初步查明油田(卤)水的分布、规模、水量和水质的同时,进行必要的室内蒸发试验,了解离子组成及赋存状况,并对综合开发利用作出初步评价。提交油田(卤)水推断资源量。

评价阶段,充分利用已有油井工程,采取有效的油气勘查方法和手段,进行抽(放)卤试验、卤水采样,基本查明油田(卤)水资源的总体分布范围,基本查明主要卤水层、卤水层特征及空间分布,圈出卤水分布范围,作出是否具有工业价值的评价;基本查明油田(卤)水卤水量、组分及含量等;进行室内中一大型蒸发试验研究,基本查明有用组分的综合开发利用性能。提交油田(卤)水控制资源量。

开发阶段,通过加密的油井工程及采用其他方法技术手段,详细查明油田(卤)水储卤层地质特征,油田(卤)水赋存状态、水量、主要组分及其他组分、水化学特征,通过油田(卤)水盐田开发利用试验研究,对有用组分的综合开发利用作出详细评价,以满足油田(卤)水开发利用设计的需要。提交油田(卤)水探明资源量。

D.3.2 工作要求

D.3.2.1 概述

油气勘探过程中,对与油气混合或互层的油田(卤)水需进行综合评价,矿产资源量类型参照 GB/T 17766 执行,卤水可采量分类分级参照 GB/T 15218 执行。对达到工业利用要求、矿产资源储量规模达到中型及以上的,能够制订综合工业品位指标。

单独存在于油气藏底部、周围的油田(卤)水的评价工作,根据需要增加油井工程对油田(卤)水进行勘查评价,完成阶段目的任务,提交对应级别的油田(卤)水资源量;对矿产资源储量规模达到中型及以上、油井工程达不到相应控制程度的,按油气藏勘查规范适当增加油井工程解译、试水等工作。

D.3.2.2 测试

油田(卤)水测试项目包括基本分析、多项分析和全分析,卤水密度及储层孔隙度、给水度,卤水加工试验。

D.3.2.3 试验

对自喷井,进行放水试验。观测卤水压力、流量、温度和外界气候条件,按要求采样。自喷井本身存在产出压力且常有变化,进行试水时,能用不同直径油嘴进行试水。对非自喷井,用采油机进行抽卤试验,了解卤水产量。

D.3.2.4 开发利用(蒸发)试验

预探阶段,进行室内小型至中型蒸发试验。

评价阶段,完成室内中型至大型蒸发试验。

开发阶段,完成盐田试验。

D.3.3 资源储量类型的确定

D.3.3.1 当油田(卤)水的研究达到以下要求,并进行了基本分析,其矿产资源储量类型的确定需参照 DZ/T 0212(所有部分)执行:

- a) 地质研究程度要求:利用地震、测井、地质、实测分析等研究方法和手段,使油田(卤)水的质量、水量、赋存状态、分布规律等达到与油气藏(矿床)同等研究认识程度;
- b) 蒸发试验要求:油田(卤)水的物质组成与回收利用的蒸发试验研究等达到勘查阶段对应的开发利用(蒸发)试验要求;
- c) 可行性评价要求:不同勘查阶段的可行性评价中,对油田(卤)水矿产综合回收的经济意义作出了相应评价。

D.3.3.2 油田(卤)水进行了基本分析但未能满足其他条件时,需降低资源储量类别。

D.3.3.3 当油田(卤)水只进行了组合分析而未做基本分析时,归类为推断资源量。

D.3.3.4 未达到伴生矿产评价参考指标组分,能够单独出产品或在精矿及某一产品中能够富集回收利用的,归类为推断资源量。

D.3.3.5 油田(卤)水虽达到伴生矿产评价指标要求,但其赋存状态和回收情况尚未查清的,只作定性的综合评价,不予估算资源量。

D.3.4 资源储量估算

D.3.4.1 油田(卤)水组分资源量估算方法

油田(卤)水组分资源量估算方法如下。

a) 油田(卤)水资源量估算公式。

1) 油田(卤)水资源量计算公式见式(D.1):

$$V_w = A_w \times h_w \times \varphi_w \times S_w / B_w \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

若用质量单位表示时,计算公式见式(D.2):

$$P_w = V_w \times \rho_w \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

2) 含水饱和度计算公式如下:

与油气混合或互层的油田(卤)水属于油气藏的同体共生矿产,在赋存空间、存在状态、富集规律、产状特征等与油气类似,且与地下石油和天然气为液相或气液相形式共存。因此能根据卤水与烃类赋存特点关系,利用含油饱和度求取,计算公式见式(D.3):

$$S_w = 1 - S_o \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

单独存在于油气底部、周围的油田(卤)水属于油气藏的异体共生矿产,以单一液相形式赋存于地层中,对这种单独圈出油田(卤)水矿体,含水饱和度(S_w)取值为 1。

b) 油田(卤)水伴生矿产资源量估算公式。

1) 对于 KCl 、 $MgCl_2$ 、 $NaCl$ 、 Na_2SO_4 、 Na_2CO_3 油田(卤)水伴生矿产资源量,计算公式见式(D.4):

$$P_A = P_w \times C_1 \quad \dots\dots\dots (D.4)$$

2) 对于 $LiCl$ 、 B_2O_3 、 Br^- 、 Rb_2O 、 Cs_2O 、 I^- 油田(卤)水伴生矿产资源量,计算公式见式(D.5):

$$P_A = V_w \times C_2 \quad \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

V_w ——油田(卤)水资源量,单位为立方米(m^3);

A_w ——含水面积,单位为平方米(m^2);

h_w ——卤水层有效厚度,单位为米(m);

φ_w ——卤水层有效孔隙度,以小数表示,保留 3 位小数;

S_w ——含水饱和度,以小数表示,保留 3 位小数;

B_w ——卤水体积系数,无因次,保留 3 位小数;

P_w ——油田(卤)水资源量,单位为吨(t);

ρ_w ——卤水密度,单位为吨每立方米(t/m^3);

S_o ——含油饱和度,以小数表示,保留 3 位小数;

P_A ——油田(卤)水伴生矿产资源量,单位为吨(t);

C_1 ——有用组分平均品位,以小数表示,保留 3 位小数;

C_2 ——有用组分平均品位,单位为吨每立方米(t/m^3)。

3) 伴生矿产资源量估算的其他要求:对未列入或未达到工业指标要求的(表 D.2)伴生组分,能够根据油田(卤)水蒸发试验结果生产实际,或参照相近矿种地质勘查规范中所列的伴生矿产评价参考指标估算矿产资源储量,其中:在油田(卤)水蒸发试验过程中可单独回收产品的伴生组分,按实际回收状况确定评价指标。达到伴生矿产评价参考指标的,经蒸发试验或生产实际确定当前不能回收利用的,不予估算资源量。除平均品位要单独确定外,其余估算参数均与油气资源量计算的参数确定方法一致。

D.3.4.2 油田(卤)水伴生矿产评价参考指标

油田(卤)水伴生矿产评价参考指标见表 D.2。

表 D.2 油田(卤)水伴生矿产评价参考指标

组分	KCl	MgCl ₂	NaCl	LiCl	Na ₂ SO ₄	B ₂ O ₃	Na ₂ CO ₃	Br ⁻	Rb ₂ O	Cs ₂ O	I ⁻
含量	0.2%	1%	5%	150 mg/L	3%	400 mg/L	1.5%	50 mg/L~ 60 mg/L	50 mg/L	20 mg/L~ 30 mg/L	15 mg/L~ 20 mg/L

附 录 E
(资料性)
铀矿伴生组分综合评价

铀矿床中常见的伴生组分有钼(Mo)、铼(Re)、银(Ag)、铅(Pb)、锌(Zn)、铜(Cu)、镍(Ni)、锗(Ge)、硒(Se)、氟(F)、磷(P)、钒(V)、铍(Be)等,在铀矿勘查时要注意综合研究和评价。铀矿伴生矿产评价参考指标见表 E.1。

表 E.1 铀矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分	含量		伴生组分	含量 %
	%	10^{-6}		
金	—	0.5	钼	0.01
银	—	5	钒(V_2O_5)	0.08
钴	0.01	—	磷(P_2O_5)	8
镍	0.02	—	钽(Ta_2O_5)	0.01
铋	0.01	—	铌(Nb_2O_5)	0.01
铁(mFe)	6	—	锗、硒、碲	0.001
铜	0.1	—	铟	0.000 2
铅	0.3	—	镓	0.001
锌	0.3	—	铯	0.000 02~0.001
汞	0.03	—	铊	0.003
铍	0.04	—	镉	0.002

附录 F
(资料性)
地热水伴生组分综合评价

地热水中常见伴生组分有碘(I)、溴(Br)、铯(Cs)、锂(Li)、铷(Rb)、锗(Ge)等。在地热远景区开展矿产勘查时,需注意对地热资源的伴生组分进行综合勘查评价。地热水伴生矿产评价参考指标见表 F.1。

表 F.1 地热水伴生矿产评价参考指标

单位为毫克每升

元素	碘(I)	溴(Br)	铯(Cs)	锂(Li)	铷(Rb)	锗(Ge)
指标	20	50	80	25	200	5

附 录 G

(资料性)

铁、锰、铬矿伴生组分综合评价

G.1 铁矿综合评价

铁矿中常见伴生组分有钒(V)、钛(Ti)、铜(Cu)、钴(Co)、镍(Ni)、铅(Pb)、锌(Zn)、锡(Sn)、钼(Mo)、铝(Al)、硫(S)、磷(P)、镓(Ga)、锗(Ge)、硼(B)、铂(Pt)族元素、稀有稀土元素及铀(U)等。不同的矿床伴生有不同的组分。一些组分当其超过一定限量时,成为有害组分,但若这些有害组分通过选冶途径可以分离出来综合回收时,它又变成了有用组分。因此,在铁矿勘查过程中需查明伴生组分的含量、赋存状态、分布规律、综合利用途径、回收的难易程度等,以便作出确切的评价。

铁矿床中的伴生元素达到铁矿床伴生矿产评价参考指标(见表 G.1)的含量要求时,注意综合评价。当某些矿床中的伴生组分含量虽低于表 G.1 的要求,但在尾矿中能富集时,需进行评价。

表 G.1 铁矿床伴生矿产评价参考指标

伴生组分		V ₂ O ₅	TiO ₂	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Sn	Mo
含量	%	0.15~0.20	3~5	0.1~0.2	0.2	0.2	0.1~0.2	0.02	0.1	0.02
伴生组分		Au	Ag	U	Nb ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	B	As
含量	%	—	—	0.005	0.05	0.5	1~2	2~4	1~2	0.2~0.5
	10 ⁻⁶	0.1~0.2	5	—	—	—	—	—	—	—
注: Cu、Pb、Zn、Ni、Co、Mo、Au、Ag、S 系指这些元素赋存于硫化物中的含量; V ₂ O ₅ 指赋存于有用铁矿物中的含量; P ₂ O ₅ 指磷灰石中的含量; U 指以晶质铀矿、方钍石等独立矿物存在的含量; Nb ₂ O ₅ 指以铌铁矿矿物为主的含量; TR ₂ O ₃ 指以独居石、氟碳铈矿矿物为主时的含量; Sn 指富集在铁精矿中的锡,当铁精矿还原焙烧时,锡被挥发,可在烟道中回收或在铁尾矿中呈锡石单独矿物的含量; TiO ₂ 指钒钛磁铁矿床中,可被选出的粒状钛铁矿中的含量; 铁矿石中其他有用组分,如 Cr、Ga、Ge 等达到多少含量能够综合回收,目前尚无成熟经验,需在工作中根据具体情况确定; 表含量一般为块段平均品位。										

G.2 锰矿综合评价

G.2.1 锰矿石的用途不同,对矿石的含锰量等的要求亦不同,特别是矿石中 MnO₂ 含量高、可用于制作干电池的,在勘查中要特别注意,单独圈出,以便优质优用。

G.2.2 在锰矿中常有铁(Fe)、铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镍(Ni)、钴(Co)、金(Au)、银(Ag)、铟(In)、镉(Cd)、磷(P)、硫(S)、硼(B)等。锰矿床伴生矿产评价参考指标见表 G.2。

表 G.2 锰矿床伴生矿产评价参考指标

伴生组分		Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Au	Ag	B ₂ O ₃	S
含量	%	0.1~0.2	0.4	0.4	0.1~0.2	0.02~0.03	—	—	1~3	2~4
	10 ⁻⁶	—	—	—	—	—	0.2	5	—	—
注 1: 锰矿石中伴生组分多呈细微粒分散、包裹,或与锰铁矿物结合的状态存在。										
注 2: Co、Ni、Cu、Pb、Zn、Au、Ag、S 系指赋存于硫化物中的含量。										

G.3 铬矿综合评价

在铬矿中常伴生有铂族(以 Os、Ir、Ru 为主)及镍(Ni)、钴(Co)等元素。铬矿体的围岩纯橄榄岩、斜方辉岩、蛇纹岩,可做耐火材料和制作钙镁磷肥的配料,围岩里有时还见有石棉、滑石、水镁石、菱镁矿等。铬矿床伴生矿产评价参考指标见表 G.3。

表 G.3 铬矿床伴生矿产评价参考指标

伴生组分		Ni	Co	铂族总量
含量	%	0.2	0.02	—
	10^{-6}	—	—	0.2
注: Ni 含量指硫化镍的含量。				

附 录 H

(资料性)

铜、铅、锌、银、镍、钴、钼矿伴生组分综合评价

H.1 铜矿综合评价

在铜矿中常伴生多种具有综合利用价值的伴生组分，如铅(Pb)、锌(Zn)、钼(Mo)、钴(Co)、锡(Sn)、镍(Ni)、铋(Bi)、金(Au)、银(Ag)等。铜矿伴生矿产评价参考指标见表 H.1。

表 H.1 铜矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分		Pb	Zn	Mo	Co	WO ₃	Sn	Ni	S	Bi	Au	Ag	Cd、Se、Te、Ga、 Ge、Re、In、Tl
含量	%	0.2	0.2	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1	1	0.05	—	—	0.001
	10 ⁻⁶	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	1	—

H.2 铅、锌矿综合评价

在铅、锌矿中常伴生多种具有综合利用价值的伴生组分，如铜(Cu)、钨(W)、锡(Sn)、钼(Mo)、铋(Bi)、砷(As)、汞(Hg)、钴(Co)、镍(Ni)、金(Au)、银(Ag)、铂(Pt)、稀有金属、分散元素、铀以及硫铁矿、磁铁矿、萤石、天青石、重晶石等，铅、锌矿伴生矿产评价参考指标见表 H.2。

表 H.2 铅、锌矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分		Cu	WO ₃	Sn	Mo	Bi	S	Sb	CaF ₂	Au	Ag	As
含量	%	0.06	0.06	0.08	0.02	0.02	4	0.4	5	—	—	0.2
	10 ⁻⁶	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	2	—
伴生组分		U	Cd	In	Ga	Ge	Se	Te	Tl	Hg	mFe	Co
含量	%	0.02	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	3~6	0.01

H.3 银矿综合评价

银矿中常伴生金(Au)、铅(Pb)、锌(Zn)、铜(Cu)、硫(S)、镉(Cd)、锰(Mn)、锗(Ge)、镓(Ga)等。另外，银经常伴生于铜矿、多金属矿床。银矿伴生矿产评价参考指标见表 H.3。

表 H.3 银矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分		Au	Pb	Zn	Cu	S	Cd	Mn	mFe	As
含量	%	—	0.2	0.2	0.1	2	0.005	4	3~6	0.2~0.5
	10 ⁻⁶	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—

H.4 镍矿综合评价

硫化镍矿普遍含铜，常称含铜硫化镍矿床。除铜外，一般常伴生铁(Fe)、铬(Cr)、钴(Co)、锰(Mn)、铂族元素、金(Au)、银(Ag)及硒(Se)、碲(Te)等。镍矿伴生矿产评价参考指标见表 H.4。

表 H.4 镍矿伴生矿产评价参考指标

单位为克每吨

伴生组分	Pt、Pd	Os、Ru、Rh、Ir	Au	Ag	Co	Se	Te
含量	0.03	0.02	0.05~0.1	1.0	100	6	2

H.5 钴矿综合评价

单独的钴矿床较少。钴大量分散在矽卡岩型铁矿、钒钛磁铁矿、热溶多金属矿、各种类型铜矿、沉积钴锰矿、硫化铜镍矿、硅酸镍等矿床中。其品位虽低，但规模往往较大，是提取钴的主要来源。

对于选冶性能较好的矿石，一般当含钴品位大于 0.01%，钴精矿品位达 0.2%时会有回收价值。

H.6 钼矿综合评价

钼矿中常伴生有钨(W)、铋(Bi)、铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、钴(Co)、铁(Fe)、金(Au)、铌(Nb)、铍(Be)、铯(Re)、铟(In)、硒(Se)、碲(Te)、铀(U)、硫(S)等，尤其是铯主要伴生在辉钼矿中。钼矿伴生矿产评价参考指标见表 H.5。

表 H.5 钼矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分		WO ₃	Cu	Pb	Zn	mFe	S	Bi	Re
含量	%	0.06	0.1	0.2	0.2	3~6	1	0.03	—
	10 ⁻⁶	—	—	—	—	—	—	—	10

H.7 有关说明

H.7.1 伴生 S 指黄铁矿中的 S 含量。

H.7.2 伴生 Cu、WO₃、Pb、Zn、Sn、Mo、Fe、Bi、CaF₂、Sb 等主要是对能形成独立的有用矿物，通过加工选矿能选出单独精矿产品而言的，如：Pb、Zn、Cu 主要系指赋存于硫化矿物中者；WO₃ 主要系指赋存于白钨矿、黑钨矿中者；Sn 主要系指赋存于锡石中者；Mo 主要系指赋存于辉钼矿中者；CaF₂ 主要指赋存于萤石中者；Sb 主要系指赋存于硫锑铅矿和脆硫锑铅矿中者；Fe 主要系指赋存于磁铁矿中者；Bi 主要系指赋存于辉铋矿中者。

H.7.3 Ge、Ga、In、Se、Te、Cd 等稀散元素，经选矿一般富集在铜、铅、锌的精矿中，通过冶炼回收。

附 录 I

(资料性)

铝土矿、冶镁菱镁矿伴生组分综合评价

I.1 铝土矿综合评价

铝土矿矿石中常见伴生组分有镓(Ga)、铁(Fe)、钒(V)、钪(Sc)、锗(Ge)、钽(Ta)、钛(Ti)、铈(Ce)、锂(Li)、稀土及放射性元素等,目前已综合利用的有镓。沉积型铝土矿层常常相变为耐火黏土,其上部、下部常常共生多种有用矿产,如铁矿、硫铁矿、熔剂灰岩、煤矿、高岭土、陶瓷土、铁矾土等;红土型铝土矿常共生有钴土矿、刚玉类宝石。

I.2 镁矿综合评价

镁质碳酸盐岩层中的菱镁矿共生伴生矿产一般有镁化白云岩、白云岩滑石、石棉、透闪石和石料等。超基性岩中的菱镁矿还要注意镍(Ni)、镉(Cd)、铬(Cr)、铂(Pt)、钴(Co)及蛇纹岩。

菱镁矿常与白云岩、大理岩、蛇纹岩、石棉、滑石、石膏、盐矿等矿产共生,尤其是产在超基性岩蛇纹石中的菱镁矿,可能伴生有镍(Ni)、镉(Cd)、铬(Cr)、铂(Pt)、钴(Co)。

附录 J
(资料性)

钨、锡、锑矿伴生组分综合评价

J.1 钨矿综合评价

钨矿中常见伴生组分有铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、钴(Co)、锡(Sn)、钼(Mo)、铋(Bi)、锑(Sb)、金(Au)、银(Ag)、锂(Li)、铍(Be)、铌(Nb)、钽(Ta)、稀土(TR)、磷(P)、硫(S)、砷(As)、压电水晶和熔炼水晶、萤石等。这些组分大多数在钨冶炼中是有害杂质,但经选冶富集综合回收,能够成为有用组分。钨矿伴生矿产评价参考指标见表 J.1。

表 J.1 钨矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分	含量		元素	含量 %
	%	10 ⁻⁶		
mFe	3	—	Li ₂ O	0.3
Cu	0.05	—	BeO	0.03
Pb	0.2	—	Nb ₂ O ₅	0.02
Zn	0.2	—	Ta ₂ O ₅	0.01
Co	0.01	—	TR ₂ O ₃	0.03
Sn	0.03	—	Ge	0.001
Mo	0.01	—	Ga	0.001
Bi	0.03	—	In	0.001
Sb	0.3	—	Cd	0.001
Au	—	0.1	S	4
Ag	—	1	CaF ₂	8
注：S 的品位指标指黄铁矿中的硫含量。				

J.2 锡矿综合评价

原生锡矿中常伴生铁(Fe)、锰(Mn)、铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、钨(W)、钼(Mo)、铋(Bi)、锑(Sb)、金(Au)、银(Ag)、铍(Be)、铌(Nb)、钽(Ta)、锗(Ge)、镓(Ga)、铟(In)、镉(Cd)、硫(S)、砷(As)、萤石等。砂锡矿中通常共生伴生有自然金、黑钨矿、白钨矿、独居石、锆石英、钛铁矿、金红石、白铅矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿,以及铌、钽等,需注意综合评价。锡矿伴生矿产评价参考指标见表 J.2。

表 J.2 锡矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分	mFe	Mn	Cu	Pb	Zn	WO ₃	Mo	Bi	Sb	CaF ₂	S
含量/%	3~6	4	0.2	0.4	0.4	0.02	0.01	0.01	0.18	8	6

J.3 铋矿综合评价

我国铋矿中常伴生金(Au)、钨(W)、铅(Pb)、锌(Zn)、汞(Hg),以及锡(Sn)、铜(Cu)、铋(Bi)、砷(As)、硫(S)、铁(Fe)、镍(Ni)、钴(Co)、锰(Mn)、镉(Cd)、铂(Pt)、钯(Pd)、钌(Ru)、硒(Se)、镓(Ga)等组分。当杂质砷超过 0.05%,铁超过 0.02%、硫超过 0.04%、铜超过 0.01%,或者杂质总量超过 0.15%,不符合我国金属铋标准化学成分的工业要求时,则要系统地确定伴生矿产评价参考指标。铋矿伴生矿产评价参考指标见表 J.3。

表 J.3 铋矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分	含量		伴生组分	含量	
	%	10 ⁻⁶		%	10 ⁻⁶
Au		0.1	Sn	0.08	—
Zn	0.2	—	Ag		2
WO ₃	0.05	—	Bi	0.05	—
Hg	0.005	—	Se	0.001	—
Pb	0.2	—	Co	0.01	—
As	0.2	—	Ni	0.1	—
S	4	—	CaF ₂	5	—
Cu	0.1	—	BaSO ₄	8	—
Cd	0.002	—	Ga	0.001	—
注：伴生 S 是指黄铁矿中的硫含量。					

附 录 K
(资料性)
岩金矿伴生组分综合评价

岩金矿中常见伴生组分有银(Ag)、铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、钨(W)、锑(Sb)、钼(Mo)、硫(S)、铋(Bi)、钇(Y)矿、白钨矿、独居石、刚玉等。岩金矿伴生矿产评价参考指标见表 K.1。

表 K.1 岩金矿伴生矿产评价参考指标

伴生组分		Cu	Pb	Zn	WO ₃	Sb	Mo	As	Co	S	Ag
含量	%	0.1	0.2	0.2	0.05	0.3	0.01	0.2	0.01	2	—
	10 ⁻⁶	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
注：表中的铜、铅、锌、锑、钼、钴为硫化物中的含量,S 为硫铁矿中的硫含量。											

附录 L
(资料性)
稀有金属矿伴生组分综合评价

L.1 锂矿综合评价

锂(Li)常与铌(Nb)、钽(Ta)、铍(Be)、铷(Rb)、铯(Cs)、云母、长石、萤石伴生;盐湖锂矿常伴生有钠盐、钾、芒硝、镁盐、天然碱、硼、溴、碘等。

L.2 铍矿综合评价

铍矿中常伴生锂(Li)、钽(Ta)、铌(Nb)、铯(Cs)、钨(W)、锡(Sn)、铅(Pb)、锌(Zn)及云母等组分。

L.3 铌钽矿综合评价

铌钽常伴生锂(Li)、铍(Be)、铷(Rb)、铯(Cs)、锆(Zr)、锡(Sn)、钍(Th)等组分,在砂矿中常与独居石、锡石、金红石、锆英石、钛铁矿等组分,除上述金属矿物伴生外,还有一些非金属矿物如长石、石英等,在花岗伟晶岩型的矿床中常产有各种宝石、玉石、彩石矿物和石材等。锂铍铌钽伴生矿产评价参考指标见表 L.1。

表 L.1 锂铍铌钽矿伴生矿产评价参考指标

矿床类型	铍	锂	铌钽	
	BeO %	Li ₂ O %	(Ta,Nb) ₂ O ₅ (Ta ₂ O ₅ /Nb ₂ O ₅ >0.4) %	Ta ₂ O ₅ %
花岗伟晶岩矿床与 气成-热液矿床	0.04	0.2	0.007~0.01	0.003
碱性长石花岗岩矿床	0.04~0.06	0.3	0.01~0.015	0.005

附 录 M
(资料性)
化工原料非金属矿伴生组分综合评价

M.1 磷矿综合评价

磷矿中常伴生氟(F)、碘(I)、稀土元素、放射性元素,以及锰、钒钛磁铁矿、钛铁矿、黄铜矿、黄铁矿、石墨、蛭石等。当磷矿石中的伴生元素含量达到: $U>0.02\% \sim 0.03\%$ 、 $I>0.004\% \sim 0.005\%$ 、 $mFe>3\% \sim 6\%$ 时,需考虑综合回收。

M.2 硫铁矿综合评价

硫铁矿中伴生组分主要有铁(Fe)、铅(Pb)、锌(Zn)、铜(Cu)、金(Au)、银(Ag)、钴(Co)、硒(Se)、碲(Te)、镉(Cd)等,以及某些非金属矿产。硫铁矿伴生矿产评价参考指标见表 M.1。

表 M.1 硫铁矿伴生矿产评价参考指标

组分		Cu	Pb	Zn	Co	Se	Te	Cd	Au	Ag
含量	%	0.1~0.2	0.2~0.4	0.2~0.4	0.01~0.02	0.001	0.005	0.001	—	—
	10^{-6}	—	—	—	—	—	—	—	0.2	5

M.3 盐类矿床

盐类矿床是在溶解度较大的无机盐类通过蒸发浓缩的条件下天然形成的,呈固相(固体盐类)或液相(卤水),在一定的技术、经济和环境允许条件下能被开采利用。成分主要包括氯化物(石盐、钾石盐、光卤石、水氯镁石等)、硫酸盐、碳酸盐(不包括石灰岩、白云岩、大理岩中的主要矿物)、硝酸盐和硼酸盐等。按照形成环境分为海相盐类矿床和陆相盐类矿床,按照矿石类型分为固体盐类矿床和固体盐、卤水混合的卤水矿床。固体盐类矿床分为现代盐湖固体盐类矿床和古代盐类矿床。卤水矿床分为地表卤水矿床、潜藏卤水矿床和深藏卤水矿床。

盐类等液体矿产勘查时,需注意开展共生伴生元素离子状态和结晶矿物学研究。

M.4 钾盐矿综合评价

钾盐矿常与岩盐、镁盐、芒硝、石膏等伴(共)生,并常伴生有硼(B)、锂(Li)、碘(I)、溴(Br)、铯(Cs)、铷(Rb)等元素。

M.5 石盐矿综合评价

石盐矿床有固体石盐矿床和卤水矿床,常伴生有石膏、无水芒硝、钙芒硝及少量其他盐类矿物,并常伴生有钾(K)、硼(B)、锂(Li)、铀(U)、锶(Sr)、锗(Ge)、镓(Ga)、碘(I)、溴(Br)、铯(Cs)、铷(Rb)等元素,需注意综合评价。

M.6 芒硝矿综合评价

芒硝是蒸发作用使水介质中的可溶盐发生化学沉淀形成的蒸发岩型矿床,和其他盐类矿物有密切

关系。在碳酸盐类型的盐湖中,常与天然碱、苏打等形成矿物组合;在硫酸盐类型的盐湖中,常与石膏、石盐、白钠镁矾等形成矿物组合;在一些盐湖卤水和晶间卤水中,可能含硼(B)、锂(Li)、溴(Br)、碘(I)、锶(Sr)等组分,需注意综合评价。

M.7 石膏和硬石膏矿综合评价

石膏和硬石膏矿综合评价需注意:

- a) 石膏矿床的生成条件与盐类矿床(如钾盐、岩盐等)极为相似,有时以石膏、硬石膏为主,成为石膏矿床,有时则以岩盐为主,成为重要的岩盐矿床,或者膏盐均有工业价值,需综合勘查、综合评价;
- b) 某些石膏的膏层及黏土质膏层中,常含较多天青石矿物(含锶),要注意分析测试与评价;
- c) 由于硬石膏能够代替含水石膏,用于生产硅酸盐水泥的缓凝剂,因此,要重视对硬石膏的评价和利用。

M.8 重晶石矿综合评价

重晶石常与各种硫化物(黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿)及其氧化产物以及石英、碧玉、菱镁矿、菱锰矿、天青石、萤石等矿物共生,在铜铅锌等有色金属矿床中常伴生重晶石,在金银稀土矿中重晶石是主要脉石矿物,需注意综合评价。

M.9 天然碱矿综合评价

天然碱矿常伴生盐、芒硝、无水芒硝等矿产,并含有少量钾、硼、碘、溴等组分,要注意综合评价。

M.10 硼矿综合评价

盐湖硼矿伴生石盐、石膏、芒硝、无水芒硝、菱镁矿、钾石盐、天然碱、苏打、白钠镁矾、钠硝石;卤水中含有锂、铯、铷、钇、溴、钾、钠等组分。盐类矿伴生矿产评价参考指标见表 M.2 和表 M.3。

表 M.2 现代盐湖盐类矿伴生矿产评价参考指标

组分		KCl	MgCl ₂	NaCl	LiCl	Li ₂ O	Na ₂ SO ₄
含量	固体	0.5%	5%	20%	—	0.06%	3%~5%
	卤水	0.2%	1%	5%	150 mg/L	—	3%
组分		B ₂ O ₃	Na ₂ CO ₃	Br ⁻	Rb ₂ O	Cs ₂ O	I ⁻
含量	固体	0.2%~0.5%	10%~15%	—	0.02%	0.01%	0.005%~0.01%
	卤水	400 mg/L	1.5%	50 mg/L~ 60 mg/L	50 mg/L	20 mg/L~ 30 mg/L	15 mg/L~ 20 mg/L

表 M.3 古代盐湖盐类矿伴生矿产评价参考指标

组分	KCl	MgCl ₂	NaCl	Li ₂ O	Na ₂ SO ₄	B ₂ O ₃	Na ₂ CO ₃	Rb ₂ O	Cs ₂ O	I ⁻
含量	0.5%	5%	20%	0.06%	3%~5%	0.2%~0.5%	10%~ 15%	0.02%	0.01%	0.005%~ 0.01%

M.11 锂矿综合评价

锂矿床主要赋存于卤水中,在油田(卤)水和盐类晶间卤水中含量较高,常共(伴)生钾(K)、硼(B)、

锂(Li)、溴(Br)、碘(I)、锶(Sr)、铷(Rb)、铯(Cs)等组分。

M.12 水菱镁矿综合评价

水菱镁矿属固体盐类矿床,主要矿石类型为水菱镁矿矿石,主要矿物为水菱镁矿,常伴生菱镁矿、菱锶矿。

M.13 硝石矿综合评价

硝石矿床属固体盐类矿,分为钾硝石矿床和钠硝石矿床。常见伴生矿物为石盐、芒硝、石膏、镁盐、碘等。

参 考 文 献

- [1] GB/T 15218 地下水资源储量分类分级
 - [2] DZ/T 0212(所有部分) 矿产地质勘查规范 盐类
-