

ICS 27.120.30

F 40

备案号: 11080—2003



# 中华人民共和国核行业标准

EJ/T 1157—2002

---

## 地浸砂岩型铀矿地质勘查规范

Exploration specifications on in-situ leaching  
sandstone type uranium deposits

2002—11—20 发布

2003—02—01 实施

---

国防科学技术工业委员会 发布

# 目 次

|  |    |
|--|----|
| 前言 .....   | II |
| 1 范围 .....                                       | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                                  | 1  |
| 3 术语、符号和缩略语 .....                                | 1  |
| 4 目的任务 .....                                     | 2  |
| 5 工作程度 .....                                     | 2  |
| 6 控制程度 .....                                     | 6  |
| 7 勘查工作质量 .....                                   | 8  |
| 8 可行性评价工作 .....                                  | 10 |
| 9 资源/储量分类和类型条件 .....                             | 11 |
| 10 资源/储量的估算 .....                                | 14 |
| 附录 A (资料性附录) 钻探工程间距表 .....                       | 16 |
| 附录 B (资料性附录) 铀矿床伴生组分综合利用表 .....                  | 17 |
| 附录 C (规范性附录) 地浸砂岩型铀矿一般工业要求 .....                 | 18 |
| 附录 D (资料性附录) 铀矿山首期建设设计还本付息年限和铀矿冶业建设规模及服务年限 ..... | 19 |
| 附录 E (规范性附录) 固体矿产资源/储量分类表 .....                  | 20 |
| 附录 F (资料性附录) 确定特高品位下限品位变化系数 .....                | 21 |
| 附录 G (资料性附录) 资源/储量估算表格式 .....                    | 22 |

## 前 言

本标准的附录 C、附录 E 是规范性附录，附录 A、附录 B、附录 D、附录 F、附录 G 是资料性附录。

本标准由中国核工业集团公司提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国核工业地质局、陕西省核工业地质局、核工业二一六大队。

本标准主要起草人：张金带、王成、余水泉、陈淑德、郭三民、丁忙生、谭鸿赞。

# 地浸砂岩型铀矿地质勘查规范

## 1 范围

本标准规定了地浸砂岩型铀矿地质勘查的目的任务、勘查工作程度、勘查控制程度、勘查工作质量、可行性评价工作、铀矿资源/储量分类及类型条件、铀矿资源/储量估算等。

本标准适用于地浸砂岩型铀矿地质勘查各阶段的工作。

## 2 规范性引用文件

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

- GB/T 12719 矿区水文地质、工程地质勘探规范
- GB/T 13908 固体矿产地质勘查规范总则
- GB/T 17766—1999 固体矿产资源/储量分类
- EJ/T 276 铀矿床水化学找矿规范
- EJ/T 299 铀矿床水文地质勘探规范
- EJ/T 363 地面 $\gamma$ 能谱测量规范
- EJ/T 605 氡及其子体测量规范
- EJ/T 611  $\gamma$ 测井规范
- EJ/T 751 放射性矿产地质分析测试实验质量保证规范
- EJ/T 831 地面 $\gamma$ 总量测量规范
- EJ/T 956 水的放射性组分检测取样规程
- EJ/T 977 铀矿地质辐射环境影响评价要求
- EJ/T 995 放射性矿产资源坑探规程
- EJ/T 1030 铀矿射气系数测量规范
- EJ/T 1031 放射性矿石密度测量规程
- EJ/T 1052 放射性矿产资源钻探规程
- EJ/T 1070 铀矿岩矿心管理规定
- EJ/T 1094 铀镭平衡系数测量规程
- EJ/T 1121 铀矿样品加工管理规程
- EJ/T 1158 地浸砂岩型铀矿取样规程
- EJ/T 1159 地浸砂岩型铀矿钻探工程地质物探原始编录规范
- EJ/T 1162 地浸砂岩型铀矿地球物理测井规范
- DZ/T 0033 固体矿产勘查（闭坑）地质报告编写规范
- DZ/T 130.3 地质矿产实验室测试质量管理规定
- ZBD 10001 地质矿产勘查测量规范

## 3 术语、符号和缩略语

本章无条文。

#### 4 目的任务

地浸砂岩型铀矿地质勘查的最终目的是探明适于地浸开采，且经济合理的铀矿资源/储量，为铀矿山建设设计或矿业权流转提供铀矿资源/储量和开采技术条件等必需的地质资料。

依据GB/T 13908，地浸砂岩型铀矿勘查分为以下四个阶段：

- a) 预查阶段：通过对区内资料的综合研究和类比，适当开展地质调查、物探、化探、遥感和水文地质等工作，进行少量的钻探工程验证，大致查明预查区内铀矿资源远景，提出可供普查的矿化潜力较大的地区。
- b) 普查阶段：通过对矿化潜力较大地区或物探、化探异常区系统进行地质填图、物探、化探、遥感、水文地质和取样分析测试等工作，以稀疏的网度施工钻探工程，进行可行性评价的概略研究，估算资源量，对已知矿化区作出初步评价，圈出详查区范围。
- c) 详查阶段：采用各种勘查方法和手段，对详查区进行系统的工作和取样分析测试，较系统地收集地浸开采参数，进行预可行性研究，作出是否具有工业价值的评价，估算资源/储量，圈出勘探区范围，为勘探提供依据，并为制定矿山总体规划、项目建议书提供资料。
- d) 勘探阶段：通过进一步加密勘探区的钻探取样工程，系统收集地浸开采参数，进行预可行性研究或可行性研究，估算资源/储量，为铀矿山建设设计提供依据。

#### 5 工作程度

##### 5.1 预查阶段

###### 5.1.1 地质工作

全面收集地质、物探、化探、遥感、水文地质、区域矿产等资料，并通过综合分析和研究，基本查明预查区所处的区域地质背景，包括大地构造位置、区域地层、构造、岩浆岩、变质岩等。大致了解铀矿成矿地质环境和条件，包括预查区所在盆地的规模、形态、基底特征、盖层时代及其地层结构、主要砂体所属沉积体系类型、岩相古地理、古气候、形成和演化历史、蚀源区条件及含铀性、找矿目的层的氧化-还原过渡带及其空间展布特征、铀矿化（异常）特征、共生元素、伴生元素情况等。应进行一定数量的比例尺为 1:50 000 或 1:25 000 的地质路线踏勘和少量剖面测量，对有重要找矿线索地段应进行少量的钻探工程查证，预测成矿远景，圈出可供普查的矿化潜力较大的地区。对已发现的矿体应大致了解其品位、物质成分、结构构造等，并通过类比大致了解其经济意义。

###### 5.1.2 物探、化探工作

系统收集物探、化探的原始资料及成果资料，根据地浸砂岩型铀矿的特征对收集的资料进行重新解释，了解工作区放射性场的空间分布特征，大致查明前中生代基底形态特征、中生代盆地盖层岩性，大致确定找矿目的层的埋深及厚度。

###### 5.1.3 水文地质工作

系统收集水文地质和铀矿水文地球化学成果资料，概略研究和了解区域水文地质条件和放射性水化学条件，大致划分水文地质单元，大致了解地下水的补、迳、排系统、规模和水动力运行机制，大致了解找矿目的层的含水层、隔水层的组成、结构和水文地球化学环境、分带性，大致了解地下水水化学类型、潜水和层间水的数量和分布，进行铀矿水化学找矿。

###### 5.1.4 估算资源量

有足够依据时，可以根据预查成果估算预测的资源量，并与相似的已知铀矿床类比，大致评价地浸开采的可能性。

##### 5.2 普查阶段

###### 5.2.1 地质工作

收集各类地质资料，进行 1:50 000~1:10 000 的地质填图，以稀疏的网度施工钻探工程并取样分析，对重要找矿地段可适当加密，大致查明普查区地质特征和铀成矿地质条件。

应建立普查区的等时地层格架,划分岩相组合、岩性分带,确定找矿目的层和砂体所属沉积体系类型;应对控制或破坏矿床的主要构造进行研究,了解其空间分布、发育程度、先后次序及分布规律等;应对成岩成矿流体进行研究,了解其与铀成矿作用的关系;应了解普查区岩浆岩的岩类、岩性等特征;应了解变质岩岩类、岩相、岩性及变质作用的性质、强度等特点。

大致查明找矿目的层岩性、岩相古地理特征、岩石组分、结构构造、主要砂体规模及空间展布特征等,基本确定分层标志并划分含矿含水层沉积旋回。

大致查明含矿含水层岩性、岩石组分、结构构造、宽度和厚度及其分布和变化规律等。大致查明其韵律特征、含矿岩石结构构造、砂泥比例、有机物和碳酸盐矿物等的含量、分布及变化范围。

大致查明与含矿含水层有关的构造。大致查明含矿砂体顶底板特征。

大致确定氧化带划分依据。大致查明层间氧化带(潜水氧化带)发育程度、埋深、分布范围及其各亚带发育程度、蚀变特征、地球化学特征和空间分布规律。大致查明氧化带前锋线形态、规模、距蚀源区距离、埋深及其对铀矿的控制作用。

大致查明含矿砂体的结构、构造、韵律特征、产状、规模和空间展布特征,特别是主矿体在含矿含水层中所处的位置和展布规律。大致查明砂体中铀矿(化)带控制因素。大致查明矿化总体分布范围、矿体(层)数量、规模、空间位置及相互关系、矿体形态、产状、埋深、变化趋势等。

大致查明矿石物质成分、化学组分、矿石结构、构造、铀矿物种类、矿石自然类型、工业类型、共生、伴生元素及有害组分等,测定沥青铀矿(铀黑)含氧系数。

#### 5.2.2 物探、化探工作

根据需要进行有效的物探、化探工作方法,开展 1:50 000~1:25 000 的剖面或面积性测量工作,进一步研究盆地基底和盖层结构特征;通过钻孔中的地球物理测井、岩矿心物探编录、矿心取样分析等工作,大致查明区内放射性异常的分布特征,确定铀矿化的空间位置、厚度和品位;大致查明铀—镭、镭—钍放射性平衡状态,钍、钾干扰程度,铀矿石的密度、湿度和有效原子序数等。

#### 5.2.3 水文地质工作

继续进行铀矿水化学找矿,大致查明矿区水文地质、工程地质和环境地质条件。大致查明含矿含水层与隔水层的特征、含矿含水层渗透性和富水性、地下水水位的埋深、水头和涌水量、地下水的化学成分等。对地质孔进行水文地质编录,适当布设单孔及多孔抽水试验的水文地质孔,采集岩样、水样进行各种测试工作。大致查明地浸开采水文地质参数,进行地表水、地下水动态观测。

#### 5.2.4 地质工艺评价

主要进行实验室地质工艺评价,获取矿石地浸地质工艺参数,为现场条件试验提供依据。通过室内搅拌试验和注浸试验以及矿石物理、化学特征分析,提出溶浸剂的种类和强度、氧化剂的种类和强度;测定矿石中铀的浸出率及达到合理浸出率时的单位岩矿消耗溶浸剂的量等。对矿床用地浸方法开采前景作初步评价。

#### 5.2.5 估算资源量

依据所获数据和参数估算资源量。并依据获得的地质资料 and 市场需求情况,进行概略研究,研究有无投资机会,是否值得详查。

### 5.3 详查阶段

#### 5.3.1 地质工作

必要时进行大比例尺(1:5 000~1:10 000)地质填图,按勘查类型系统布置钻探工程(参见附录 A),进行系统取样分析测试,基本查明铀成矿地质条件。

基本查明含矿含水层数量、规模及其空间分布,确定分层标志。基本查明各含矿含水层的岩性在走向、倾向方向的变化特征,其顶板、底板隔水层的稳定性及分布变化规律。基本查明各含矿含水层之间的关系,重点查明主含矿含水层中含矿砂体的结构、构造、韵律特征、产状和规模等详细特征。基本查明详查区内构造对含矿含水层的影响。

基本查明氧化带各亚带的发育程度、宽度、走向变化特征、在含矿含水层中分布及其控制因素等。基本查明氧化—还原过渡带规模及其变化特征，基本查明氧化—还原过渡带对铀矿的控制作用。

基本查明矿体（层）的数量、品位、厚度、平米铀量、产状、埋深、标高、规模、空间展布等。重点查明主矿体规模、产状、质量及连续性、赋存空间、控制因素等。基本查明矿体中夹石的特征、矿体围岩岩性、物质成分、渗透性、厚度及稳定性。

### 5.3.2 矿石质量

基本查明矿石物质成分、矿石类型（自然类型、工业类型）、矿石的结构、构造、化学组分等。基本查明铀在矿石中存在形式、铀矿物种类、粒度、形态、分布、铀矿物的氧化系数等。基本查明各种铀矿物所占比例和铀矿形成时代。基本查明可溶解物质、难溶物质及不溶物质所占比例。基本查明矿石中粘土、有机质、黄铁矿、碳酸盐等有害组分含量及其对地浸开采可能的影响程度。基本查明有用共生、伴生元素的含量存在形式，分布及其与铀矿化的关系等。

### 5.3.3 物探、化探工作

研究区内地球物理、地球化学场的特征及其与铀矿化的关系。通过系统取样分析测试，并结合在专门物探参数钻孔实测的镭—钍放射性平衡系数，采用计算方法基本确定各矿体（层、带）的铀—镭、镭—钍放射性平衡系数，同时研究其变化规律；研究钍、钾元素干扰程度、矿石有效原子序数、不同矿石湿度、密度分布特点等，为铀矿体（层）定量解释提供参数。采用伽玛总量测井或伽玛能谱测井方法，确定铀矿体（层）品位、厚度、平米铀量及其空间位置，为资源/储量估算提供参数；系统开展综合测井工作，研究岩石、矿石的地球物理和地球化学特征，为划分地层，确定岩性、渗透性、含水性等提供依据。

### 5.3.4 水文地质及开采技术条件

基本查明矿床水文地质条件、矿床水文地球化学特征、地浸水文地质参数等。基本确定地浸砂岩型铀矿床水文地质类型。系统研究含矿含水层及其顶底板隔水层和地下水水动力机制等，基本查明含矿含水层岩石胶结程度、孔隙度、渗透性、富水性及其变化情况；基本查明地下水水头高度、涌水量、地下水运动状态、地下水物理性质和化学成分、地表水和地下水动态变化规律、水文地球化学环境、分带性、地下水与铀成矿作用的关系等。

基本查明矿床工程地质和环境水文地质条件。基本查明含矿含水层及其围岩的机械物理性质，基本确定矿床工程地质岩组类别。基本查明地下水、地表水中的有毒有害元素、放射性元素的背景，环境水文地质状况，供水水源的位置、水质和水量。分析地浸开采可能产生的污染及其影响程度、影响（扩散）方向。全面进行水文地质工程地质测绘。按水文地质剖面布设多孔抽水试验的水文地质孔。水文地质剖面原则上应控制水文地球化学分带（包括氧化带、过渡带和还原带）。剖面上的地质孔和水文地质孔都应进行水文地质编录和水文地球物理测井。水文地质孔应进行抽（注）水试验和系统取样。抽水试验方法为多孔抽水。开展其它各项专门性水文地质工作和各种测试工作，采集岩样和水样。

基本查明构造破碎带及脉岩（体）发育程度和分布规律、充水性质、影响范围。基本查明含矿含水层与隔水层接触面的特征、流砂层和风化带（或第四系松散物）的位置、物质成分、厚度、深度、隔水层的隔水性和分布的稳定性等。

基本查明矿床各类岩石的硬度和可钻性等级、研磨性和完整程度，为确定合理的钻进方法、钻进参数、钻进技术和成建井技术提供依据。基本查明涌水、涌砂、漏水、缩径和塌孔的位置及其程度、规模和所在地层的岩性。基本查明灾害地质和不良工程地质现象。

### 5.3.5 综合评价

基本查明共生、伴生元素的含量，存在形式，赋存空间和与铀矿体的关系，分析其在地浸开采工艺中综合利用的可能性及经济价值，研究综合利用指标（参见附录B），作出基本评价。

### 5.3.6 地浸工艺条件试验

在详查区选择代表性地段对天然埋藏条件下的矿体（层）进行现场地浸工艺条件试验。其目的是验

证在室内条件下确定的工艺参数，对矿床能否采用地浸开采作出初步评价，为勘探阶段半工业试验提供参数。试验可采用一抽一注两孔一组的方法进行试验。其任务是：

- a) 确定单孔涌水量；
- b) 确定单孔抽注液能力及其变化情况；
- c) 获得含矿含水层水文地质基本参数，包括钻孔的静水位、动水位、天然渗透性能和导水系数等；
- d) 验证天然埋藏条件下矿石的可浸性。主要包括在特定的溶浸剂、氧化剂类型和强度条件下，浸出液中可能达到的最高铀浓度及浸出液铀浓度变化的基本规律；
- e) 浸出液铀浓度及其随时间的变化规律，到达合理浸出率时的平均铀浓度；
- f) 主要杂质元素的含量及其随时间的变化规律，对浸出过程的影响；
- g) 验证所采用的钻孔结构和溶液提升方式时是否合适。

### 5.3.7 估算资源/储量

根据详查区获取的资料和数据，进行预可行性研究，估算相应类型的资源/储量，为勘探决策、矿山总体规划、矿山立项建议书的编制提供资料。当矿床规模（见附录C）较大，且不宜一次性完成全区的详查工作时，可根据需要分期、分段估算资源/储量。

## 5.4 勘探阶段

### 5.4.1 地质工作

在详查阶段圈出的勘探区范围，按勘查类型系统加密钻探工程，并进行系统取样分析测试和收集地浸开采参数，详细查明铀成矿地质条件及规律，建立矿床的地质模型。

详细查明各含矿层层位、物质组分、结构构造、夹层岩性和数量、厚度及稳定性和空间展布特征，研究含矿层层序。详细查明各含矿层顶、底板隔水层岩性、厚度、稳定性，如有“天窗”、串层，应详细圈定。

详细查明勘探区各地段氧化带的地球化学特征和空间分布状况。详细查明氧化—还原过渡带的形态变化及控制因素，研究氧化带对铀成矿的控制作用和共生元素、伴生元素在氧化带中的分布及其与铀矿的关系。

详细查明勘探区矿体（层、带）的空间分布、矿体（层、带）的数量、埋深、标高、品位、厚度、平米铀量、形态、规模、产状及其变化状况。详细查明矿体中央夹岩性、层数、形态、厚度等。

### 5.4.2 矿石质量

详细查明各矿体（层、带）的矿石结构、构造、矿物成分、化学组分等。详细查明碳酸盐、粘土矿物、有机物、黄铁矿等组分的含量、赋存状态和分布规律及其对地浸开采的影响程度。详细查明有用共生、伴生元素含量、存在形式等。详细查明对于溶浸剂的可溶解组分、难溶组分及不溶组分所占比例及分布状态。

详细查明铀的赋存形式、铀矿物种类及其所占比例、粒度、形态、分布、铀矿物的氧化系数等。确定矿石的自然类型和工业类型。

### 5.4.3 物探、化探工作

详细研究勘探区地球物理场和地球化学场的特征及其与铀矿化的关系。通过系统取样分析测试，确定各矿体（层、带）的铀—钍放射性平衡系数，并结合观测一定数量的专门钻孔确定钍—钍放射性平衡系数，同时详细研究其变化规律；系统测定钍、钾元素含量、矿石有效原子序数、不同矿石湿度、密度等，为铀矿体（层）定量解释提供准确的修正系数。准确测定铀矿体（层）品位、厚度、平米铀量及其空间位置，为资源/储量估算提供参数。系统开展地球物理测井工作，并详细研究其成果，以取得准确的钻孔地质资料，尤其要为无岩心钻探提供准确划分地层、岩性、含水性、渗透性等内容解释资料。

### 5.4.4 水文地质和开采技术条件

在详查的基础上加密水文地质工程，采用多孔、群孔抽水试验方法提高地浸开采水文地质参数的精确度，系统采集各类样品，全面收集各种参数和资料。详细查明矿床水文地质条件、含矿含水层水文地



质特征、地浸开采水文地质参数等，确定地浸砂岩型铀矿床水文地质类型，对矿床地浸开采水文地质条件作出评价，为矿山开采设计提供依据。详细研究矿床水文地球化学特征、铀成矿水文地质条件和地下水的成矿作用。提供供水水源地。详细查明含矿含水层及其围岩的机械物理性质和矿床工程地质岩组类别，评价各类岩石对矿床开采及地浸成建井的影响。详细查明环境水文地质条件、预测地浸开采可能引起的环境污染（对地表水、地下水）的程度。

#### 5.4.5 综合评价

对详查阶段确定的具有综合开发利用价值的共生、伴生矿产，在勘探阶段应加强矿心取样和分析测试，以控制其空间分布及质量状况，圈定矿体，计算资源量。对共生、伴生矿产应作出综合利用评价，以提高铀矿床综合利用的经济价值。

#### 5.4.6 地浸工艺试验

勘探阶段地浸工艺试验应是现场半工业性试验，以获取矿床开采设计所需的地浸工艺参数和水冶工艺指标，评价地浸采铀的技术可行性和经济合理性。试验的主要任务包括：

- a) 确定合适的溶浸剂类型、强度和吨金属耗量；
- b) 确定合适的氧化剂类型、使用方法和吨金属耗量；
- c) 确定合理的井型、井距；
- d) 确定浸出液铀含量及其有关元素的变化规律；
- e) 提出浸出液铀回收一般工艺流程；
- f) 检验试验采用的工业技术和设备、仪器仪表的应用效果；
- g) 提出矿区含矿层地下水治理的原则方法；
- h) 对技术经济指标作出评价。

应查明的参数有：

- a) 有用组分浸出特征；
- b) 含矿含水层渗透性能：导水系数、渗透系数、渗透容量指标—压力传导系数、方向展示性指标（ $K_B$ （垂直渗透系数）/  $K_J$ （水平渗透系数））、孔隙度；
- c) 产品溶液中有用组分平均浓度；
- d) 地下有用组分的回收率；
- e) 达到有用组分最佳回收率的液固比；
- f) 浸出速度系数。

#### 5.4.7 环境地质评价

确定环境地质调查范围。视矿区可能发展的规模、所在地的自然景观、人文居住状况划分环境评价区域，以矿区为中心的20km~50km为半径的范围，划分环境评价区域。

环境地质调查，以矿区为中心，辐射布点，以0km、2km、5km、10km、20km、25km等为半径划出同心圆，在16个方向划出扇形子区，对居民密集区的水体、土壤、空气布点适当加密，同时选择对环境评价不可忽视的位置进行取样监测。

根据地浸试验地段的水文地球化学观测资料，确定地浸开采可能造成的污染范围。在试验工作开始之前，抽、注液孔和观测孔都应进行水文地球化学研究，收集污染组分背景值。定期（每季度或半年一次）进行观测工作，编制污染平面图。地浸试验后，对污染监测每年至少一次。对地浸开采造成的环境影响作出评价，提出防治污染的建议。

#### 5.4.8 估算资源/储量

根据系统的工程和各种资料、各种实测参数，进行预可行性研究或可行性研究，估算资源/储量，为矿山设计开发提供依据。

### 6 控制程度

## 6.1 勘查类型划分原则

勘查类型划分应遵循下列原则:

- 以主矿体为主的原则。矿床一般由一定数量的含矿含水层和矿体组成,勘查类型划分应以主含矿含水层及主矿体(即占矿床资源量/储量半数以上的矿层、矿体)特征为主要依据。若遇特大型矿体或地段内矿体规模差异较大时,可根据勘查的难易程度分区段确定勘查类型。
- 从实际出发的原则。矿床含矿含水层数、规模,矿体规模、形态、内部结构构造,有用组分分布均匀程度,矿体厚度变化及在走向、倾向的连续性,都会对矿床勘查产生重大影响。在确定影响勘查难易程度的主要地质变量时,应研究矿床自身的地质特征,从矿床自身实际出发。
- 经济合理的原则。矿床勘查控制程度与矿床地质变量密切相关,但钻探工程应合理布置,应从需要、可能、效益等多方面因素综合权衡、考虑。

## 6.2 勘查类型划分

根据 6.1 规定的原则,地浸砂岩型铀矿床的勘查类型划分为下列三类:

- I 勘查类型:含矿含水层及矿体规模巨大,一般矿体(带)长度 5km 以上,宽 500m 以上,面积大于  $2.5\text{km}^2$ ,矿体形态呈层(板)状、卷状,厚度变化稳定,矿化连续性好;
- 第 II 勘查类型:矿体规模大,一般矿体长度 2km~5km,宽度 200m~500m,面积在  $0.6\text{km}^2\sim 2.5\text{km}^2$ ,矿体形态呈层(板)状、卷状,厚度变化较稳定,矿化连续性较好;
- 第 III 勘查类型:矿体规模中小型。一般长度不大于 2km,宽度小于 200m,面积不足  $0.6\text{km}^2$ ,矿体形态呈似层状、透镜体、复杂卷状,厚度变化不稳定,矿化连续性差。

## 6.3 钻探工程间距确定原则

钻探工程间距应按下列原则确定:

- 对比勘查类型,根据具体条件确定钻探工程网度;
- 积极应用新技术新方法确定钻探工程最佳网度,如钻探工程已达到相当数量时,可运用地质统计学的方法或 SD 法确定合适的网度;
- 可由业主、勘查方及有关主管部门根据矿床开发的实际需要,协商确定钻探工程网度;
- 根据矿层(体)的具体部位,调整钻探工程网度。一般在勘探线方向的卷头、囊状部位可适当加密孔距,在矿体翼部适当放稀;矿层(体)走向方向局部发生较大弯曲的部位可适当加密,并可适当调整勘探线方向。

## 6.4 工程布置、施工原则及控制程度

### 6.4.1 工程布置

根据填图工作需要可适当施工探槽,以控制找矿目的层或含矿含水层在地表的变化。

#### 6.4.1.1 钻探工程布置

根据含矿含水层及矿化特征和氧化带产状展布,尽可能将钻探工程剖面线垂直推测的矿化带走向布置;在勘探过程中,应注重氧化带前锋线整体走向变化,合理构制勘探网。根据初步控制的含矿含水层展布规模及圈定的成矿远景区,在勘查各阶段应适时开展水文地质调查及布置专门水文地质孔(单孔或多孔)和物探参数孔。

#### 6.4.1.2 水文地质孔

普查阶段,根据需要布置一条水文地质剖面,施工 1~3 组水文地质孔;普查阶段的水文地质剖面线数应占普查区钻探剖面线数的 1/5,每条剖面线施工 1~3 组水文地质孔;详查阶段的水文地质剖面线数占详查区剖面线数的 1/4,每条剖面线施工 1~3 组水文地质孔;勘探阶段水文地质剖面线数占勘探区剖面线数的 1/4~1/3,水文地质孔 3 组或 3 组以上,具体孔数可与出资方和主管部门共同协商。

#### 6.4.1.3 物探参数孔

普查阶段在开展地球物理测井时,应布置 1~2 个研究岩石、地质—地球物理特征的参数孔;普查阶段专门物探参数孔,测定镭—钍放射性平衡系数,根据矿床可能的规模布置 2~5 个孔;详查阶段专门

物探参数孔根据矿床的规模累计布置 5~6 个孔；勘探阶段根据已有的专门物探参数孔成果，按实际需要布置专门参数孔。所有专门参数孔的布置要有代表性。专门参数孔施工前必须编写施工设计方案，具体孔数可与出资方和主管部门共同协商。

#### 6.4.2 施工原则

钻探工程的施工按照由已知到未知、由稀到密的原则进行。钻孔应尽可能施工在剖面线上。一个地区或矿床基准孔、矿化验证孔和主干剖面钻孔可先施工，以控制含矿含水层和氧化带的宽度、分带性。

#### 6.4.3 控制程度

首先应控制勘查范围内含矿含水层及氧化带的总体分布，然后根据勘查类型和不同勘查阶段的要求，加密钻探工程，重点控制主矿体，注意控制可同时开采的小矿体。勘查区的控制深度，应根据矿床地质特征和当时开采技术经济条件而确定，一般不大于 500m。

### 7 勘查工作质量

#### 7.1 地形及工程测量

##### 7.1.1 测绘工作总体要求

测绘工作按 ZBD 10001 执行。

##### 7.1.2 勘查区控制网

应采用同一平面坐标系统和高程系统，布设应经济合理，并能满足加密以及地质勘查工程的需要。根据测区的面积、测区比例尺，平面控制可采用全球定位系统（GPS）测量、三角测量、边角组合测量和导线测量。高程基本控制应为三、四等水准，四等光电测距高程导线。

##### 7.1.3 地形图测绘

普查阶段可采用 1:25 000 或 1:10 000 比例尺地形图，详查和勘探阶段应采用 1:5 000 比例尺地形图。按 50cm×50cm 或 40cm×50cm 的正方形或矩形分幅。当测区面积大于 50km<sup>2</sup> 时，应采用国际分幅。要合理布设图根点，并兼顾到勘查工程测量的使用。

##### 7.1.4 地质勘查工程测量

依据地形测量的成果进行，其平面及高程系统应保持一致。当尚未进行地形测量时，勘查工程测量应布设相应精度的控制网（线），以便于施测地形图时联测，勘探阶段的勘探线剖面地形应实测。对于地形比较平坦，地貌比较简单的矿区，普查、详查及勘探阶段其勘探线剖面可从相应的大比例尺地形图上直接切取，而对于地形地貌变化较大，地形较复杂的矿区，详查阶段其勘探线剖面地形应采用实测。在尚未建立控制网的新区，则应测设勘探基线作为布设和测定工程的依据。当控制网建立后，应及时进行联测和改算。

##### 7.1.5 测量图件

测量图件应尽可能采用数字化成图。测绘成果成图均应按规定实行三级检查和二级验收。

#### 7.2 地质填图

7.2.1 地质填图应以地质观察为基础，其技术和质量要求应按同比例尺地质填图规范执行，比例尺的选择应以矿床的自身特点（如地质构造和矿体规模、形态的复杂程度）为依据，并能满足勘查的需要。一般情况下，普查阶段可采用 1:25 000；详查阶段可采用 1:10 000；勘探阶段可采用 1:5 000。

7.2.2 对于出露地表的中新生代地层，采用穿越和顺层追索相结合的方法开展工作。查明各地层展布、岩性特点、氧化程度、产状等地质特征。

7.2.3 根据钻探剖面资料，将深部含矿含水层的旋回分界线、地层界线、标志层、构造、氧化带前锋线、矿（化）体等地质体，水平投影到一定比例尺的地形图上，制作前第四纪（或第三纪、白垩纪等）地层中含矿含水层的地形地质图。

#### 7.3 物探、化探工作

物探测量的测网布设和质量要求按有关规范规程执行。

岩矿心物探编录按 EJ/T 1159 执行, 地球物理测井按 EJ/T 1162 执行, 铀—钍放射性平衡系数测定按 EJ/T 1094 执行, 镭—钍放射性平衡系数测定按 EJ/T 1030 执行, 放射性矿石密度测量按 EJ/T 1031 执行。

#### 7.4 水文地质和工程地质

铀矿水化学找矿、工程地质测绘、地质—水文地质—水文地球化学找矿、水文地质编录、水文地质抽(注)水试验、水文地球物理测井、井中流量测量、岩样水样采集及分析测试、地下水和地表水观测、钻孔封孔等按 GB/T 12719、EJ/T 299、EJ/T 276、EJ/T 956 执行。水文地质编录比例: 预查阶段一般不大于 80%, 普查阶段一般不大于 50%, 详查和勘探阶段一般不大于 30%。

#### 7.5 环境地质调查

普查阶段仅对工作区环境地质作初步调查, 并以收集资料为主, 所获数据和资料应真实可靠, 评价应有可信的依据。辐射环境影响评价应符合 EJ/T 977 的要求。详查和勘探阶段的环境地质调查应严格按照规定执行, 数据齐全、真实、可靠。

#### 7.6 探矿工程

##### 7.6.1 槽井工程

槽、井工程都应按设计施工, 其方位、规格、坡度、断面偏差、点位偏差、安全间隙、壁面平整和防护措施等的质量标准和要求按 EJ/T 995 执行。

##### 7.6.2 钻探工程

7.6.2.1 岩心采取率按单孔计算, 不低于 65%。矿层在设计矿段范围内, 以相邻两个回次进尺(单个回次进尺一般不大于 3m)的矿心计算, 其采取率均应不低于 75%。专门设计的物探参数孔、水文地质孔及其它地质设计有特殊要求的钻孔, 根据地质设计采取率应不低于 85%。

7.6.2.2 钻孔弯曲质量要求, 按有关规范执行。

7.6.2.3 孔深误差, 每钻进 100m, 或见矿层, 以及终孔和处理重大事故后, 应用钢尺校正孔深, 每次误差不得超过 0.5m。遇见矿层进行孔深校正和终孔孔深校正时, 地质或物探编录人员应到现场监督校正, 并对校正结果认定签字。

7.6.2.4 对勘查(指普查、详查、勘探)过程中, 已基本查明含矿含水层埋藏深度, 对其上覆的年青地层岩性和厚度已经查明, 有地球物理测井资料可对比的, 按下列情况可采取无岩心钻进:

- a) 全矿区(床)第四系覆盖层;
- b) 第四系与含矿含水层之间的地层, 在每隔 800m 有一个剖面取心后, 施工其它钻孔;
- c) 在物探参数及水文地质资料、取样数量已能满足资源/储量估算要求, 地球物理测井资料可代替岩矿心编录划分层位、岩性、矿层等时, 勘探加密孔。

拟采用部分无岩心或全孔无岩心钻进的钻孔, 均应在年度地质设计中提出, 经局级主管部门批准或业主同意后方能进行。

7.6.2.5 对钻探岩矿心应妥善保管, 不同阶段对岩矿心保管的技术要求和处理程序按 EJ/T 1070 执行。

##### 7.7 岩心地质编录

7.7.1 原始编录应在现场进行, 应确保真实、及时、准确和完整, 其技术和质量要求按 EJ/T 1159 执行。物探编录应与地质编录同步进行。水文地质编录也应及时进行。对重点钻孔、重点层位的岩矿心应开展二次编录。野外原始地质编录应严格执行检查制度, 现场自检和互检率应达到 100%, 项目技术负责或专业技术负责的抽检率应达到 30%, 项目承担单位抽检率应达到 10%。

7.7.2 综合整理应及时进行, 使资料规范、准确、清楚、整洁、美观, 发现问题应及时查找原因和处理。积极运用新理论、新方法, 全面、深入分析研究地质问题, 及时指导勘查工作。

##### 7.8 采样及分析测试

7.8.1 取样工作应随工作进展有计划、有步骤地及时进行,不同类型样品的取样和送样的技术质量要求按 EJ/T 1158 执行。样品采取后应严格按照规定进行加工和管理,其技术和质量要求按 EJ/T 1121 执行。

7.8.2 样品分析、测试,应由通过国家认证的有资质的实验单位承担,并严格执行 DZ0130.3、EJ/T 751 技术标准。应按规定进行样品的平行分析和外检(样品编密码),其误差不得超过要求。

### 7.9 地浸工艺试验

不同阶段开展的地浸工艺试验其技术和质量要求,按有关规范规定执行。其中,地浸工艺条件试验和半工业性地浸工艺试验应单独编制设计书和试验报告,并组织专家评审验收。

### 7.10 勘查地质报告

7.10.1 每一勘查阶段工作结束后,应编写相应阶段的勘查地质报告。业主或上级主管部门确定各阶段连续工作,可不编写中间报告的,应在该勘查项目结束时以全部勘查资料编写报告。因项目中途撤销而停止地质勘查工作的,应在已取得资料的基础上编写相应工作阶段的勘查地质报告。

7.10.2 报告应客观、真实、准确全面地反映地质勘查工作所取得的各项资料和成果。内容要有针对性、实用性和科学性,原始数据资料准确无误,研究分析简明扼要,结论依据可靠。应积极采用计算机技术,力求做到图表化、数据化。

7.10.3 报告出版印刷质量应符合归档要求,并按保密规定确定报告的密级和保密时限。

## 8 可行性评价工作

为使铀矿勘查工作与铀矿山建设紧密衔接,避免勘查和开发投资失误,提高勘查开发的经济、社会效益,在地浸砂岩型铀矿的普查、详查和勘探三个阶段,应分别进行概略研究、预可行性和可行性研究。

### 8.1 概略研究

概略研究是对铀矿床开发经济意义的概略评价。是在收集分析国内外铀矿资料市场供求状况和趋势的基础上,研究已取得的普查、详查或勘探地质资料,类比同类型矿床,推测矿床规模、开采量和开采利用的技术条件,所采用的矿石品位、平米铀量、地浸开采参数、埋藏深度和生产成本等参数指标可用矿山经验数据和实验室地浸工艺条件试验数据,一般采用总利润、投资利润率、投资收益率、投资回收期等指标进行静态的技术经济评价。其主要目的是确定投资机会,所估算的资源量只具有内蕴经济意义。

### 8.2 预可行性研究

预可行性研究是指对矿床开发经济意义的初步评价。研究应有详查或勘探后采用参考工业指标求得的资源/储量数据和现场地浸工艺条件试验成果资料及矿区交通运输、供电、供水等资料,还应研究国内外铀矿资源供求、价格的现状和预测未来趋势,但研究详细程度可低于可行性研究。当为选择拟建项目而进行预可行性研究时,应根据矿床地质特征、规模和矿区地形地貌,借鉴类似矿山的实践经验,初步提出矿山建设规模、服务年限(参见附录 D)、产品种类、矿区总体建设轮廓和工艺技术的原则方案;参照类似矿山选择适合当时市场价格的技术经济指标,提出主要设备品种、型号和数量,初步估算出建设总投资、主要工程量和生产成本。根据对国内外铀资源的市场调查和预测,综合矿区资源条件、工艺技术、建设条件、环境保护以及项目建设经济效益等各方面因素,从总体上、宏观上对项目建设的必要性、建设条件的可行性和经济效益的合理性作出适当的评价,为是否进行勘探或推荐项目和编制项目建议书提供依据。

### 8.3 可行性研究

可行性研究是指对矿床开发经济意义的详细评价。可行性研究依据经勘探所获的储量数及相应的现场半工业性地浸工艺试验成果进行研究评价。进行成本投资估算所需确定的参数,如原材料、动力、燃料、辅料的价格及其它经济参数都应是当时的市场价格。在研究过程中,应认真详细地对国内外铀矿资源/储量、生产和消费进行调查、统计和分析;对国内、外市场的需求趋势、产品品种、质量要求、价

格、竞争能力进行研究和预测。还要充分考虑地质、工程环境、法律和政府的经济政策等多种因素的影响,使其具有很强的时效性。在进行经济分析时,要根据矿山建设方案精确确定评价参数,并进行动态的企业经济评价,其经济评价指标为内部收益率、净现值、动态的投资回收期等,对大型规模的矿区还应做国民经济评价。要求投资计算和初步设计概算的误差一般在 10% 以内。可行性评价的项目和数据应满足投资各方审查、评价的需要,其成果可为主管部门及其它投资主体的投资决策、编制和下达设计任务书、确定矿山建设计划等提供依据。

## 9 资源/储量分类和类型条件

### 9.1 分类的依据

#### 9.1.1 概述

地浸砂岩型铀矿资源/储量根据 GB/T 17766—1999 进行分类和编码。分类的依据是经济意义、可行性评价和地质可靠程度。

#### 9.1.2 经济意义

经济意义是可行性评价的结果,分为下列几类:

- a) 经济的:其数量和质量是依据符合市场价格的生产指标计算的。在预可行性研究或可行性研究当时的市场条件下(特殊情况下也包含政府补贴或其它扶持条件),地浸开采在技术上可行、经济上合理、环境和社会等条件允许,即在生产期内,每年开采矿产品的平均价值能满足投资回报的要求,年均内部收益率大于核工业铀矿山的基准收益率。
- b) 边际经济的:在预可行性研究或可行性研究当时,其地浸开采是不经济的,但接近盈亏边界,年均内部收益率介于零与核工业铀矿山的基准收益率之间,只有在将来由于技术、经济、环境等条件的改善或政府给予其它扶持的条件下才可变成经济的。
- c) 次边际经济的:在预可行性研究或可行性研究当时,地浸开采是不经济的或技术上不可行,年均内部收益率为负值,需大幅度提高矿产品价格或技术进步,使成本降低后方能变为经济的。
- d) 内蕴经济的:可行性评价只进行了概略研究,对投资机会作了初步评价。由于不确定因素多,无法区分其是经济的、边际经济的,还是次边际经济的。

#### 9.1.3 地质可靠程度

地质可靠程度分为下列几类:

- a) 预测的:是指对铀矿化潜力较大地区经过预查得出的结果。在有足够的数据并能与地质特征相似的已知矿床类比时,才能估算出预测的资源量。
- b) 推断的:是指对普查区依照普查的精度大致查明了铀矿产的地质特征和矿体(矿化范围)的展布特征等。即在普查的地段,大致查明了矿化范围和矿体的基本特征;大致查明了氧化—还原过渡带的性质、产状、分布范围及其变化规律;大致查明了含矿含水层的岩性、产状、结构、构造、厚度及其变化规律;大致查明了含矿含水层顶底板地层、岩性、产状、厚度、隔水性能;大致查明了含矿含水层渗透性、富水性、承压性、地下水水位埋深、涌水量、矿化度、pH 值等;大致查明了矿石矿物成分、结构、构造、矿石类型、铀赋存形式及其变化规律、品级;大致查明了有用有害组分;大致查明了开采技术条件;大致查明了铀—镭平衡和镭—氡平衡特征;对共生、伴生组分初步进行了综合评价。资源量的估算所依据的数据有限,可信度较低。
- c) 控制的:是指对矿区一定范围依照详查的精度基本查明了矿床的地质特征和矿体特征等。即在详查的地段,基本圈定了矿体三维形态,基本确定了矿体的连续性;基本查明了氧化—还原过渡带的性质、产状、分布范围及其变化规律;基本查明了含矿含水层的岩性、产状、结构、构造、厚度及其变化规律;基本查明了含矿含水层顶底板地层、岩性、产状、厚度、隔水性能;基本查明了含矿含水层渗透性、富水性、承压性、地下水水位埋深、涌水量、矿化度、pH 值等;基本查明了矿石矿物成分、结构、构造、矿石类型、铀赋存形式及其变化规律、品级;基本查

明了有用有害组分；基本查明了开采技术条件；基本查明了铀—镭平衡和镭—钋平衡特征；对共、伴生组分进行了综合勘查、综合评价，基本圈定了可供综合回收的共、伴生矿产的矿体。对代表性地段进行了现场地浸工艺条件试验。铀矿产资源数量估算所依据的数据较多，可信度较高。

- d) 探明的：指在矿区的勘探范围依照勘探的精度详细查明了矿床的地质特征和矿体特征等。即在勘探阶段要求加密钻探工程的地段，三维空间上详细圈定了矿体，探明了矿体（矿层）的规模、产状、形态和空间位置，肯定了矿体的连续性；详细查明了氧化—还原过渡带的性质、产状、分布范围及其变化规律；详细查明了含矿含水层的岩性、产状、结构、构造、厚度及其变化规律；详细查明了含矿含水层顶底板地层、岩性、产状、厚度、隔水性能；详细查明了含矿含水层渗透性、富水性、承压性、地下水水位埋深、涌水量、矿化度、pH 值等；详细查明了矿石矿物成分、结构、构造、矿石类型、铀赋存形式及其变化规律、品级；详细查明了有用有害组分；详细查明了开采技术条件；详细查明了铀—镭平衡和镭—钋平衡特征；对共、伴生组分进行了综合勘查、综合评价，可供综合回收的共、伴生矿产的矿体进行了圈定。进行了现场半工业性地浸工艺试验。铀矿产资源数量估算所依据的数据详尽，可信度高。

#### 9.1.4 可行性评价

可行性评价见第8章。

### 9.2 资源/储量分类

地浸砂岩型铀矿资源/储量分储量、基础储量、资源量三大类十六种类型，见附录 E。

#### 9.2.1 储量

储量是指基础储量中的经济可采部分。经过详查或勘探，地质可靠程度达到控制的或探明的，并进行了预可行性研究或可行性研究，认为在确定的当时地浸开采是经济的，用扣除了设计、采矿损失的可实际采出的数量表述。依据地质可靠程度和可行性评价阶段的不同，储量可分为可采储量（111）、预可采储量（121）和预可采储量（122）三个类型。

#### 9.2.2 基础储量

基础储量是查明铀矿资源的一部分。经过详查或勘探，地质可靠程度达到控制的或探明的，并通过预可行性研究或可行性研究后认为属于经济的、边际经济的部分，用未扣除设计、采矿损失的数量表述。经济的基础储量在确定的当时地浸开采是经济的；边际经济的基础储量在确定的当时地浸开采是不经济的，只有当技术经济等条件改善后才变成经济的。经济的基础储量与储量中的三个类型呈对应关系，分探明的（可研）经济基础储量（111b）、探明的（预可研）经济基础储量（121b）和控制的（经济）基础储量（122b）。边际经济的基础储量也分为三个类型：探明的（可研）边际经济基础储量（2M11）、探明的（预可研）边际经济基础储量（2M21）、控制的（经济）基础储量（2M22）。

#### 9.2.3 资源量

资源量是指查明铀矿资源的一部分和潜在铀矿资源。查明铀矿资源分两部分：第一部分是次边际经济资源量，第二部分是内蕴经济资源量。次边际经济资源量是指经勘查，并通过预可行性研究或可行性研究后认为，其内部收益率为负值，在确定当时地浸开采是不经济的，只有在技术上有了很大进步、能大幅度降低成本或大幅度提高铀产品价格时，才能变为经济的；内蕴经济资源量是经勘查，地质可靠程度达到了推断的或控制的或探明的，但可行性评价只进行了概略研究，无法区分其经济意义。次边际经济资源量分为三个类型：探明的（可研）次边际经济资源量（2S11）、探明的（预可研）次边际经济资源量（2S21）、控制的次边际经济资源量（2S22）。内蕴经济资源量分为三个类型：探明的内蕴经济资源量（331）、控制的（内蕴）经济资源量（332）和推断的内蕴资源量（333）。潜在铀矿资源是指预测资源量（334）？，其地质可靠程度仅达到预查，是依据已有资料分析、类比所估算的资源量，有无经济意义尚不明确。

### 9.3 资源/储量各类型条件

### 9.3.1 可采储量 (111)

可采储量 (111) 是地质可靠程度达到探明的, 进行了现场半工业性地浸工艺试验, 经可行性研究, 包括对矿床的地浸开采、水冶加工、经济、市场、法律、环境、社会和政府因素的研究, 证实其在计算的当时地浸开采是经济的。估算储量所依据的数据详尽, 可信度高。可行性评价的结果可直接用于矿山建设设计。

### 9.3.2 预可采储量 (121)

预可采储量 (121) 是地质可靠程度与可采储量 (111) 相同, 与可采储量 (111) 的区别是仅作了预可行性研究, 经济意义也属于经济的。估算的预可采储量的可信度高, 可行性评价结果可作为矿山建设设计的依据。

### 9.3.3 预可采储量 (122)

预可采储量 (122) 是地质可靠程度达到控制的, 对代表性地段进行了现场地浸工艺条件试验, 经预可行性研究, 认为其在计算的当时地浸开采是经济的。估算的预可采储量可信度较高。可行性评价的结果可作为矿山建设设计的参考依据。

### 9.3.4 探明的 (可研) 经济基础储量 (111b)

探明的 (可研) 经济基础储量 (111b) 是在达到勘探程度要求的地段, 其地质可靠程度、可行性评价阶段及经济意义同 9.3.1 所述, 与其差别在于本类型是用未扣除设计、采矿损失的数量表述。

### 9.3.5 探明的 (预可研) 经济基础储量 (121b)

探明的 (预可研) 经济基础储量 (121b) 是在达到勘探程度要求的地段, 其地质可靠程度、可行性评价阶段及经济意义同 9.3.2 所述, 与其差别在于本类型是用未扣除设计、采矿损失的数量表述。

### 9.3.6 控制的经济基础储量 (122b)

控制的经济基础储量 (122b) 是在达到详查程度要求的地段, 其地质可靠程度、可行性评价阶段及经济意义同 9.3.3 所述, 与其差别在于本类型是用未扣除设计、采矿损失的数量表述。

### 9.3.7 探明的 (可研) 边际经济基础储量 (2M11)

探明的 (可研) 边际经济基础储量 (2M11) 是地质可靠程度达到探明的, 但可行性研究结果表明, 在确定当时, 它属于边际经济的。这部分基础储量可以是覆盖全勘探区的, 也可以是勘探区中的一部分, 在可采储量周围或在其间分布。估算的基础储量和可行性评价结果的可信度高。

### 9.3.8 探明的 (预可研) 边际经济基础储量 (2M21)

探明的 (预可研) 边际经济基础储量 (2M21) 是地质可靠程度达到探明的, 可行性评价仅作预可行性研究, 其结果表明, 在确定当时, 它属于边际经济的。这部分基础储量可以是覆盖全勘探区的, 也可以是勘探区中的一部分, 在可采储量周围或在其间分布。估算的基础储量可信度高, 可行性评价结果的可信度较高。

### 9.3.9 控制的边际经济基础储量 (2M22)

控制的边际经济基础储量 (2M22) 是地质可靠程度达到控制的, 可行性评价仅作预可行性研究, 其结果表明, 在确定当时, 它属于边际经济的。估算的基础储量和可行性评价结果的可信度较高。

### 9.3.10 探明的 (可研) 次边际经济资源量 (2S11)

探明的 (可研) 次边际经济资源量 (2S11) 是地质可靠程度达到探明的, 但可行性研究结果表明, 在确定当时, 它属于次边际经济的。估算的资源量和可行性评价结果的可信度高。

### 9.3.11 探明的 (预可研) 次边际经济资源量 (2S21)

探明的 (预可研) 次边际经济资源量 (2S21) 是地质可靠程度达到探明的, 可行性评价仅作预可行性研究, 其结果表明, 在确定当时, 它属于次边际经济的。估算的资源量可信度高, 可行性评价结果的可信度较高。

### 9.3.12 控制的 (预可研) 次边际经济资源量 (2S22)



控制的(预可研)次边际经济资源量(2S22)是地质可靠程度达到控制的,可行性评价仅作预可行性研究,其结果表明,在确定当时,它属于次边际经济的。估算的资源量和可行性评价结果的可信度较高。

#### 9.3.13 探明的内蕴经济资源量(331)

探明的内蕴经济资源量(331)是地质可靠程度达到探明的,但未进行预可行性研究或可行性研究,只依据我国同类铀矿山多年生产经验所研究的各项指标,进行概略研究,尚无法确定其经济意义。估算的资源量可信度高,可行性评价结果的可信度较低。

#### 9.3.14 控制的内蕴经济资源量(332)

控制的内蕴经济资源量(332)是地质可靠程度达到控制的,未进行预可行性研究或可行性研究,只依据我国同类铀矿山多年生产经验所研究的各项指标,进行概略研究,尚无法确定其经济意义。估算的资源量可信度较高,可行性评价结果的可信度较低。

#### 9.3.15 推断的内蕴经济资源量(333)

推断的内蕴经济资源量(333)是指地质可靠程度只达到推断的,也包括地质可靠程度较高的基础储量或资源量外推部分,进行了实验室地浸工艺条件试验和评价。可行性评价仅作了概略研究,尚无法确定其经济意义。估算的资源量可信度和可行性评价结果的可信度均较低。

#### 9.3.16 预测的资源量(334)?

预测的资源量(334)?是依据预查阶段成果、物探化探异常等资料,确定具有矿化潜力的地区,并与已知的类似矿床类比所估算的资源量,属潜在的铀资源,其经济意义尚不确定。

### 10 资源/储量的估算

#### 10.1 工业指标

10.1.1 工业指标是在一定时期内,依据资源开发与节约并重、保护和合理利用矿产资源的方针及国家经济政策、科技水平和经济效益所确定的,用于圈算矿产资源/储量的技术经济参数。地浸砂岩型铀矿的主要工业指标有:边界品位、边界平米铀量和允许最大夹层(可渗透砂岩)厚度。对伴生组分有利用价值的铀矿床还应制定其综合利用边界品位指标。

10.1.2 预查、普查时,可用一般工业指标进行圈定和估算,详查和勘探的中间过程也可用一般工业指标进行试圈定和估算(见附录C)。

10.1.3 详查和勘探的地质勘查报告应结合预可行性研究或可行性研究,依据当时铀市场价格,论证和确定工业指标。工业指标的审批应严格执行国家和核工业主管部门规定的程序和要求。

#### 10.2 估算资源/储量的一般原则

估算资源/储量的一般原则如下:

- a) 根据正式批准的工业指标估算资源/储量;
- b) 按矿体(层)、品级、块段、类型分别圈定和估算资源/储量;
- c) 资源/储量估算应扣除截至野外施工结束时已采出的储量;
- d) 对有工业价值的共生、伴生矿产,应估算其资源/储量;
- e) 参与资源/储量估算的各项工程和工作质量,应符合有关规范、规程和规定的要求。

#### 10.3 资源/储量的估算方法

10.3.1 应根据矿床地质特点、矿体形态、产状和勘探工程分布情况,选择合理的资源/储量估算方法。估算资源/储量的方法主要有几何图形法、地质统计学法和SD法等。

10.3.2 除用一种基本方法估算资源/储量外,还应选择部分有代表性的矿体或块段,采用其它方法检查,其相对误差如果超过10%,应研究原因,或重新划分计算块段,或选用别的方法估算。

10.3.3 应积极采用计算机技术,并应选用国家地质矿产主管部门认可的软件。

#### 10.4 矿体圈定的一般原则

矿体圈定的一般原则如下：

- a) 只圈定计算含矿含水层中可供地浸开采的砂岩型铀矿体的资源/储量。矿体中及其顶底板的泥岩、粉砂岩型等非渗透铀矿体不参与资源/储量的估算，但在剖面上可用含矿岩性符号和着不同颜色的方法区别于地浸砂岩型铀矿体。
- b) 钻孔中低于边界品位的矿段不计算平米铀量；圈定工业矿体（块段）时，边缘工程必须达到边界平米铀量指标；在矿体（块段）内部，出现低于边界平米铀量指标的工程时，应单独圈出，并予以剔除。
- c) 应根据矿体的特征、控制程度和所选择的资源/储量估算方法确定矿体外推形式和距离。
- d) 卷状矿体的两翼矿层之间夹石（可渗透的砂岩层）厚度在允许范围内时，两翼矿层可用压缩法累计厚度和计算平米铀量，但夹石中低于边界品位的夹层样段一般不能带入计算。当单个矿层内出现低于边界品位的夹层厚度较小时，可把等于或小于 1m 的夹层合并解释计算。合并解释计算后，矿层平均品位应等于或大于边界品位，否则，夹层不应带入计算。

#### 10.5 块段划分原则

出现下列情况时，应划分为不同的资源/储量估算块段：

- a) 空间上远离主矿体矿层（体）存在，或含矿性（平米铀量）差异较大的矿层（体）；
- b) 渗透性差异较大的矿层（体）；
- c) 含矿含水层中消耗溶浸剂的成分性质很不相同的矿层（体）；
- d) 用不同钻探网度控制的具有不同富集形态特征的矿层（体）。

#### 10.6 确定资源/储量估算参数的要求

##### 10.6.1 物探参数

物探参数见 7.3。

##### 10.6.2 平均品位计算

单工程平均品位和矿体（块段）平均品位均用加权平均法计算。

计算平均品位时，如有特高品位样品（矿段），应根据矿体地质特征，或作富矿段（带）单独圈出，或作特高品位处理。

##### 10.6.3 特高品位的确定和处理方法

###### 10.6.3.1 特高品位的确定

根据矿床（体）品位变化系数大小确定特高品位下限，参见附录 F。

###### 10.6.3.2 特高品位的处理

一般可采用包含有特高品位样品（矿段）的工程平均品位或块段平均品位代替。作富矿段（带）单圈、单算的应有足够的工程控制和地质论证。

##### 10.6.4 平均厚度计算

一般采用算术平均法求得。只有当厚度变化很大，且工程分布不均匀时才用加权平均法计算。

##### 10.6.5 平米铀量计算

单工程平米铀量按公式(1)计算：

$$U = c \cdot m \cdot d \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$U$  ——单工程平米铀量， $\text{kg}/\text{m}^2$ ；

$c$  ——单工程平均品位，%；

$m$  ——单工程矿体厚度，m；

$d$  ——矿石密度， $\text{t}/\text{m}^3$ 。

块段平米铀量按公式(2)计算:

$$U' = c' \cdot m' \cdot d \cdots \cdots (2)$$

式中:

- $U'$  ——块段平米铀量, kg/m<sup>2</sup>;
- $c'$  ——块段平均品位, %;
- $m'$  ——块段矿体厚度, m。

10.6.6 面积测定

可用计算机测算。也可用求积仪法或几何图形法及其它方法测算, 至少应进行两次测定, 取其平均值, 其相对误差不得超过±2%。

10.7 资源/储量估算结果

10.7.1 块段资源/储量估算参数表(格式参见附录 G)应列出序号、矿体号、块段号、工程号、品位、厚度、平米铀量、块段平均品位、块段平均厚度、块段平均平米铀量等。

10.7.2 块段资源/储量估算表(格式参见附录 G)应列出序号、矿体号、块段号、块段面积、块段平均品位、块段平均厚度、矿石密度、块段平米铀量、金属量等。

10.7.3 矿床资源/储量总表(格式参见附录 G)应列出资源储量类型、矿体号、块段数、平均品位、平均厚度、平均平米铀量、金属量等。

10.7.4 金属量用吨表示(保留小数点后一位), 矿石量不必列出。

附录 A  
(资料性附录)  
钻探工程间距表

钻探工程间距表见表 A. 1。

表 A. 1 钻探工程间距表

单位为米

| 勘查类型 | 推断的      |         | 控制的     |         | 探明的     |           |
|------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|      | 走 向      | 倾 向     | 走 向     | 倾 向     | 走 向     | 倾 向       |
| I    | 1600~800 | 400~200 | 800~400 | 200~100 | 400~200 | 100~50~25 |
| II   | 800~400  | 200~100 | 200     | 100~50  | 200~100 | 100~50~25 |
| III  | 400~200  | 100~50  | 200     | 50~25   | —       | —         |

目前我国仅对第 II 勘探类型（库捷尔太式矿床）进行了勘探，以线距 200m×孔距 100m 探求“控制的资源量/储量”；以线距 200m×孔距 50m~25m 探求“探明的资源量/储量”。

附录 B  
(资料性附录)  
铀矿床伴生组分综合利用表

铀矿床伴生组分综合利用见表 B. 1。

表 B. 1 铀矿床伴生组分综合利用表

| 伴生元素                               | 品 位<br>%      | 伴生元素  | 品 位<br>%      |
|------------------------------------|---------------|-------|---------------|
| 金                                  | 0.05~0.1(g/t) | 铜     | 0.0005~0.001  |
| 银                                  | 5~0.2(g/t)    | 镓     | 0.001         |
| 钼                                  | 0.01~0.02     | 铈     | 0.00002~0.001 |
| 钒(V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )  | 0.08          | 铊     | 0.003         |
| 磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )  | 8             | 镉     | 0.002         |
| 钽(Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 0.01          | 铈     | 0.000n        |
| 铌(Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 0.01          | 锗、硒、碲 | 0.001         |

附录 C  
(资料性附录)  
地浸砂岩型铀矿一般工业要求

按查明铀矿资源/储量(金属量)矿床规模分为以下三类:

- a) 大型矿床: 铀矿资源/储量 $\geq 10000\text{t}$ ;
- b) 中型矿床:  $3000\text{t} \leq \text{铀矿资源/储量} < 10000\text{t}$ ;
- c) 小型矿床:  $1000\text{t} \leq \text{铀矿资源/储量} < 3000\text{t}$ 。

一般工业指标: 边界品位 0.01%、边界平米铀量  $1\text{kg}/\text{m}^2$ 。

附录 D  
(资料性附录)

铀矿山首期建设设计还本付息年限和铀矿冶业建设规模及服务年限

铀矿山首期建设设计还本付息年限为:

- a) 投资不超过 1 亿元的还本付息年限不超过 7a;
- b) 投资超过 1 亿元的还本付息年限不得超过 10a。

注: 该项指标受贷款银行的控制。

铀矿冶企业建设规模及服务年限要求见表 D. 1。

表 D. 1 铀矿冶企业建设规模及服务年限要求

| 类 型 | 生产规模(金属铀)<br>t/a | 最低服务年限<br>a |
|-----|------------------|-------------|
| 大型  | >400             | >20         |
| 中型  | 100~400          | 10~20       |
| 小型  | <100             | 5~10        |

附录 E  
(资料性附录)  
固体矿产资源/储量分类表

固体矿产资源/储量分类见表 E. 1。

表 E. 1 固体矿产资源/储量分类表

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

注：表中所用编码（111—334）

第1位数表示经济意义：1=经济的，2M=边际经济的，2S=次边际经济的，3=内蕴经济的，  
? =经济意义未定的；

第2 位数表示可行性评价阶段：1=可行性研究，2=预可行性研究，3=概略研究；

第3位数表示地质可靠程度：1=探明的，2=控制的，3=推断的，4=预测的。

b=未扣除设计、采矿损失的基础储量。

附录 F  
(资料性附录)  
确定特高品位下限品位变化系数

确定特高品位下限品位变化系数见表 F.1。

表 F.1 确定特高品位下限品位变化系数表

| 品位变化系数<br>% | 特高品位下限为平均品位的倍数 |
|-------------|----------------|
| <30         | 2~4            |
| 30~60       | 4~6            |
| 60~100      | 6~8            |
| 100~150     | 8~12           |
| >150        | 12~15          |

附录 G  
(资料性附录)  
资源/储量估算表格式

块段资源 / 储量估算参数表格式见图 G.1，块段资源 / 储量估算表格式见图 G.2，矿床资源 / 储量总表格式见图 G.3。

| 序号 | 矿体号 | 块段号 | 工程号 | 品位 % | 厚度 m | 平米吨量 kg/m <sup>2</sup> | 块段平均品位 % | 块段平均厚度 m | 矿石密度 kg/m <sup>3</sup> | 块段平均平米吨量 kg/m <sup>2</sup> | 备注 |
|----|-----|-----|-----|------|------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------------------------|----|
|    |     |     |     |      |      |                        |          |          |                        |                            |    |
|    |     |     |     |      |      |                        |          |          |                        |                            |    |
|    |     |     |     |      |      |                        |          |          |                        |                            |    |
|    |     |     |     |      |      |                        |          |          |                        |                            |    |
|    |     |     |     |      |      |                        |          |          |                        |                            |    |
|    |     |     |     |      |      |                        |          |          |                        |                            |    |

图 G.1 块段资源 / 储量估算参数表格

| 序号 | 矿体号 | 块段号 | 块段平均品位 % | 块段平均厚度 m | 矿石密度 kg/m <sup>3</sup> | 块段平均平米吨量 kg/m <sup>2</sup> | 块段面积 m <sup>2</sup> | 金属量 t | 备注 |
|----|-----|-----|----------|----------|------------------------|----------------------------|---------------------|-------|----|
|    |     |     |          |          |                        |                            |                     |       |    |
|    |     |     |          |          |                        |                            |                     |       |    |
|    |     |     |          |          |                        |                            |                     |       |    |
| 总计 |     |     |          |          |                        |                            |                     |       |    |

图 G.2 块段资源 / 储量估算表格式

| 资源 / 储量类型 | 矿体号 | 块段数<br>个 | 平均品位<br>% | 面积<br>m <sup>2</sup> | 平均厚度<br>m | 矿石密度<br>kg/m <sup>3</sup> | 平均平方米储量<br>kg/m <sup>2</sup> | 金属量<br>t |
|-----------|-----|----------|-----------|----------------------|-----------|---------------------------|------------------------------|----------|
|           |     |          |           |                      |           |                           |                              |          |
|           |     |          |           |                      |           |                           |                              |          |
|           |     |          |           |                      |           |                           |                              |          |
| 总 计       |     |          |           |                      |           |                           |                              |          |

图 G.3 矿床资源 / 储量总表格式

\_\_\_\_\_