

铀矿床预测、 普查和勘探

〔苏〕A.B.卡日丹

中国核学会铀矿地质学会

中国核学会铀矿冶学会

核工业部铀矿地质科技情报网

1985 北京

铀矿床预测、 普查和勘探

〔苏〕A.B. 卡日丹

中国核学会铀矿地质学会
中国核学会铀矿冶学会
核工业部铀矿地质科技情报网

1985 北京

本书记述了铀矿床预测、普查及勘探（含矿山地质勘探）基础，概述了近十年来的世界范围内的有关经验，在系统论述上述工作的地质条件及工作方法的基础上，着重阐述了点带揭露评价标志及远景储量预测方法。

本书资料丰富，内容新颖，书中贯穿运用了普遍适用的新的找矿勘探方法——系统趋近法，对进一步开展区调、普查、勘探有较大的参考价值，可供从事铀矿地质研究、找矿、勘探人员、矿山地质工作人员、大专院校师生以及从事其它矿种的有关人员参考。

А. Б. КАЖДАН

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

МОСКВА

ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1983

译者：程华廷 李田港 徐润华 张木筠 于惠玉
陈晓秦 刘上偶 李普洲
校者：刘上偶 李普洲

发行 中国核学会矿冶科技咨询服务部

印刷 核工业部印刷厂

前 言

在最近四分之一世纪内，在全世界普查新的核燃料矿物原料资源的过程中已完成了大规模的地质研究，发现并掌握了一些新的铀矿类型，改变了铀成矿结构和成分的研究方法以及铀矿在时间和空间上形成条件的概念。铀矿地质文献出版量显著增加，有关这方面的最全面的参考文献见〔8〕、〔9〕、〔11〕、〔13〕、〔35〕、〔42〕、〔49〕、〔55〕、〔78〕、〔95〕、〔96〕、及著作。

在过去的时期内也形成了新的预测、普查和勘探工作方法。不仅有了较完善的鉴定放射性元素富集及研究地壳矿物成份和结构的技术手段，而且还制定了以系统趋近法为依据对地质体进行研究的、广泛运用研究客体的定量描述和评价方法的全新的地质勘探工作的方式方法。

苏联共产党第26次代表大会批准的《苏联1981~1985年及至1990年期间经济和社会发展的主要方针》中提出了我国地质研究和有计划地加强原子能工业原料普查和勘探问题；解决这一问题要求地质工作者进一步完善地质勘探方法，提高地质勘探工作效率。

本书编写的目的是系统概括地质勘探工作方法的理论基础、方法、战略和战术，因此该书不仅有益于从事铀矿预测、普查和勘探的专家，而且对高等地质院校和地质系的学生也有参考价值。

书中采纳了以C.奥尔忠尼启则命名的莫斯科地质勘探学

院矿产普查勘探方法教研室的同事们多年的研究成果，这些研究是在作者的领导下，同生产和科学研究机构的工作人员一起完成的。作者对于他们在制定铀矿预测、普查和勘探方法基础中给予的帮助表示感谢。

作者同样感谢书稿的评论者——地质矿物科学博士A.H.叶列梅耶夫教授和科学编辑、苏联科学院通讯院士H.П.拉维洛夫为提高本书的质量所提出的批评和建议。

作者以特别感激和亲切的心情回忆起同德米特里·符谢沃洛多维奇·克列奇科夫斯基和阿列克谢·帕夫洛维奇·罗戈仁共同进行研究的年代，并以本书作为光辉的纪念献给他们。在这些研究过程中，不仅形成了，而且在实践中检验了铀矿预测、普查及勘探的许多方法论点，从而也就增加了对选定方法的正确性的信心。

（译者：李普洲）

序 论

铀矿床预测、普查及勘探的地质基础包括：有关地壳中铀呈现的矿物-地球化学特点、形成铀富集的条件、其在地质构造中的空间分布规律及在时间上出现的特点等方面的知识。根据这些知识确定铀矿化的地质前提及标志，评价所研究地区的自然条件对地质勘探工作结果的影响。

地质前提一般理解为能决定铀矿化在具体地质环境中存在的有利条件的地质因素。地质前提知识可以提高预测地区内发现铀矿化的或然率。一般区分出岩浆、构造、岩性-岩相、地层、矿物-地球化学、地貌及其它有利的地质前提。综合运用这些地质前提来选择和论证远景区。

所谓铀矿化标志是指在具体地质条件下能证实存在放射性元素的增高含量，即直接指示可能有工业铀富集的一些地质现象。属于这类标志的有：基岩中的矿石露头 and 铀矿化现象；放射性元素（特别是同铀矿化伴生元素共生的）的分散晕、分散流及分散区；岩石、松散沉积物、自然水体、土壤-植被或空气中的放射性元素衰变产物；可以看成是铀含量增高标志的放射性异常。前提和标志作为一个整体是评价地区含铀性的判据。

进行地质勘探工作的自然条件取决于研究客体的地质构造位置及其近代与古代景观特征；在近地表带及地表的铀矿化标志呈现的条件决定于上述特征。在已划分出的成矿和景观单元中，有关地质勘探工作条件的知识，对于评价已完成

的预测和普查工作的可靠性以及完善铀矿化预测是必不可少的，这种知识正是选择和论证最有效的普查方法的基础。地质勘探工作的最终目的是查明并评价铀矿床，后者的质量和数量特征是成矿富集规模的主要标准。

目前，按铀的储量把铀矿石的局部富集分为：铀矿点——几十吨铀，小型铀矿床——几百吨铀，中型铀矿床——几千吨铀，大型铀矿床——几万吨铀，特大型铀矿床——几十万吨铀^[43]。

在现阶段，预测、普查和勘探工作的主要任务是查明和评价在储量和开采平衡表中起主要作用的大、中型规模的铀矿床。在远景预测中应该努力进行科学的预测论证，并首先阐明特大型铀矿床。只有大型铀矿床才能保证扩大核燃料生产的铀矿物原料基地。近年来，查明矿床的地质条件变差了，在大幅度提高地质勘探效率的要求下，这个问题的解决就更困难了。显然，有关铀矿化与具体地质构造的联系的信息越全，远景区预测范围越明确、越可靠，在远景区内查明的铀成矿现象数目越多、工业意义越大，消耗费用越低，预测及普查工作的时期越短，则地质勘探工作的效率也就越高。由于其最终目的是查明和评价铀矿床，故地质勘探工作的国民经济总效益应取决于已查明铀矿床的工业价值，探明储量的可靠程度，投资数目，勘探工作的期限以及由于开采铀矿石在国民经济预算中所获得的经济效果。

为了获得最高的经济效益，应当在远景地段内采用最有效的综合方法和手段，按照合理的顺序和工作量，即在正确的、科学的和方法论的基础上进行工作。但是，由于普查条件的复杂化和用于发现矿床的费用的不断增加，普查和勘探

方法论基础的缺欠表现得日益明显；尤其是在试图利用定量描述矿化的空间分布及其性质变化的规律来解决最重要的地质勘探问题时，该问题显得更加尖锐。上述困难在相当大的程度上与研究地球深部的不利条件及有限的可能性有关。为了寻找大中型矿床，不得不探查和评价数百，乃至数千个矿化点；而否定其中的任何一个都需要完成大量的地质勘探工作。

熟知铀矿床普查勘探的地质基础，有助于在地质勘探工作的早期及时排除许多矿化点和小矿床，但是仅有这些知识是不够的。

只有建立在正确的方法论的基础上，通过对成矿有利标志及深部含铀地段的规模进行对比和评价，才能解决预测和普查对象的排队问题。为此必须做到：

- 1) 详细研究并划分地壳地质构造和含铀生成物的级次；
- 2) 以系统趋近法来论证地质勘探工作的阶段性并评价其成果；

- 3) 在研究每一级构造的铀矿化生成物性质的变异性时，充分利用所划分的级次；

- 4) 制定取样的理论基础、资料的解释方法及以运用勘探工程取样结果外推的方法（此时要考虑到地壳结构的复杂性）。所有这些问题目前尚无一致的解决办法。因此，在第一章中概要地介绍建立在上述原则基础上的，并在本书材料叙述中利用了铀矿床预测、普查、勘探方法论基础。

（译者：李普洲）

目 录

前 言

序 论

第一章 铀矿床预测、普查和勘探方法原理····· (1)

1. 矿产资源研究的特点····· (1)

2. 构造等级····· (3)

3. 矿产资源研究的基本原则····· (8)

4. 研究的同规模性的阶段和条件····· (12)

5. 矿化性质的数学模拟原则····· (14)

第二章 地壳含铀区的地质特征····· (19)

1. 铀的主要地球化学特征····· (19)

2. 铀矿床及其分类原则····· (24)

3. 铀矿的形成条件····· (29)

4. 铀矿化形成的部位和时间····· (31)

第三章 铀矿床工业类型····· (39)

1. 分类原则····· (39)

2. 古地台铀矿床····· (41)

3. 褶皱区铀矿床····· (46)

4. 构造岩浆活化区铀矿床····· (52)

5. 年轻地台铀矿床····· (64)

第四章 地壳构造中铀矿分布的规律性····· (66)

1. 含铀区的统计性分布规律····· (66)

2. 根据空间分布规律进行铀矿化远景评价·····	(70)
3. 空间分布的一般规律·····	(74)
第五章 铀矿化的地质前提·····	(78)
1. 铀成矿省及铀成矿域的地质前提·····	(79)
2. 铀成矿区及铀矿结的预测前提·····	(81)
3. 铀矿田及铀矿床的普查前提·····	(84)
4. 含铀带及铀矿体的普查-勘探前提·····	(88)
5. 前提的实际应用条件·····	(90)
第六章 铀矿化的标志·····	(93)
1. 铀矿富集体的普查-评价标志·····	(93)
2. 铀矿田和矿床的普查标志·····	(100)
3. 铀成矿区和矿结的预测标志·····	(106)
4. 铀矿化标志几何化的原始资料综合方法·····	(110)
第七章 地质勘探工作的自然条件·····	(124)
1. 研究地区的景观区划·····	(125)
2. 古景观环境对铀矿化标志显示的影响·····	(129)
3. 景观图的编制方法·····	(130)
4. 普查工作条件图·····	(132)
5. 景观单元的分类·····	(135)
6. 航空伽玛能谱测量的景观过滤方法·····	(138)
第八章 岩石及矿石的取样方法·····	(142)
1. 概述·····	(142)
2. 基岩及松散沉积物的地球化学取样·····	(147)
3. 矿石和围岩的常规取样·····	(151)
4. 技术加工取样·····	(154)
5. 松散、混合状态铀矿石的取样·····	(155)

6.加工方法及样品分析	(156)
7.取样分析的 检查	(158)
第九章 有效预测、普查和勘探铀矿床的条件	(160)
1.最佳地质勘探工作条件	(160)
2.普查和勘探地质-预测基础的建立	(165)
3.矿化标志的查明方法	(170)
4.地质勘探工作的阶段和时期	(181)
5.含铀地段的评价	(186)
第十章 铀矿化的预测	(202)
1.区域成矿预测研究	(202)
2.测量-预测工作	(207)
第十一章 铀矿床普查	(214)
1.初步普查	(214)
2.详细普查	(222)
3.普查-勘探工作	(229)
第十二章 矿山企业设计前和生产过程中	
铀矿床的勘探	(236)
1.某些一般原则	(236)
2.初步勘探	(242)
3.详细勘探	(250)
4.生产矿山的探矿工作	(259)
参考文献	(268)

第一章 铀矿床预测、普查 和勘探方法原理

1. 矿产资源研究的特点

地下矿产与很多自然物体之区别点，是其不能直接观察，而是用选择的方法根据空间上分散的人工和天然露头网对它们进行研究。这些露头的面积、所采标本和样品的体积同被研究矿化地段的面积和体积相比是如此之小，因此可以将其看成观察点或线。矿产是非均匀的，它们有复杂的、经常是断续的和各向异性的结构；这些现象用任何比例尺研究时都可显示出来——从造岩和金属矿物颗粒到组成构造圈的地壳。

在采取的标本或露头表面内，可直接对岩石和矿石结构、显微和宏观构造的高序次非均匀组分进行可靠的研究和描述。这些组分的规模显著小于露头、矿块、薄片或样品。因此为了准确判断所研究客体在高构造等级基础上的结构，只要拥有一定数量能说明其典型结构或构造的个别描述资料就足够了。

能确定较大含矿体（铀矿层的地段或更大一些）结构的低序次非均匀性组分是直接观察不到的，因为它们的范围明显大于人工和自然露头的范围。关于它们的结构和性质的概念只能根据综合观察结果而得出，其方法是将按其研究标志属于同类的相近露头进行分类。因此关于含矿体构造的完整

和准确的概念决定于观察网的密度及其不均匀性的特点和程度。含矿地段的不连续性越大，构造要素的规模越小和观察网度越稀，则矿化空间分布的规律越难查明。如果对上列因素归纳得不恰当，则矿化的空间分布规律一般表现不出来，甚至全面的综合原始资料也得不出关于所研究客体构造的正确概念。

为了根据已知的观察网度判断具体矿化地段的研究程度，必须有一个地壳地质构造单元的分类(按其表现规模)。根据系统趋近原则研究矿产的方法可以建立这种分类。

系统趋近是科学研究物质世界的方法学原则，用这种原则时研究的客体被看成是一个复杂的系统，由很多假定不可分离的、相互间由内在联系的总体所结合起来的构造单元(非均匀性单元)所组成。假如只知道系统的结构由很多构造单元所组成，而单元间相互联系的特点不清楚，则只能谈论关于它们的内部非均匀性。在查明最主要构造单元的空间定向排列后才能建立关于所研究客体结构的各向异性概念，而在查明它们所有的相互间关系以后，才能建立关于客体的构造概念。进一步的详细观察将可得出，在每个结构单元范围内均能发现新的、更小的构造单元，这样可以把后者的总体看成是一个新的、较高序次的独立体系。同时，原始的研究客体本身可以看成是较大体系的一个构造单元。这样，在采用系统趋近法时，物质世界的结构可以看成是物体的不同规模的构造等级，这些构造等级由很多断续的、假定不可分离的构造单元所构成。

用来研究矿产的系统趋近法之基础是《相对单元论》概念^[30]，该概念以地壳结构规模的等级表示，而结构规模的

存在则是地壳的固有性质。在应用系统趋近法研究地质现象时，某些研究者区分出八个地壳物质结构等级，其中三个性质不同的等级（岩石或矿石，建造和建造组合）对金属矿床的预测、普查和勘探问题有直接关系。在制定铀矿床普查和勘探方法时，由于从一个物质结构等级转向另一等级引起研究比例尺的突然变化，会使所推荐的等级的采用复杂化。例如，地壳物质的第五结构等级（岩石和矿石）相当于局部铀矿化富集体；而下一个，第六等级（岩石和矿石建造）可与地壳的某些地区，象巨大的金属成矿地块或者构造-建造带相比拟。依据这种观点，会漏掉矿结、矿田、矿床、矿带和不连续的矿层，也就是说，漏掉了几乎所有作为预测和评价目标的成矿单元，以及许多各种规模控矿的地质构造单元。为了实用目的，在普查和勘探金属矿床时，在每一个性质均一的构造等级范围内不得不分出一系列补充的岩石和矿石结构等级。

2. 构造等级

在编制各种比例尺的地质图件时，产生了制定地质单元构造等级的必要性。众所周知，观察的详细程度取决于地质填图测绘工作的比例尺。根据多年区域填图的实践确定了应用下列比例尺的合理次序：1:1000000（1:500000），1:200000（1:100000）和1:50000（1:25000）。较大的比例尺——1:10000（1:5000）和1:2000（1:1000）——相应地用于编制矿田和矿床图，而1:500（1:200）和1:100的比例尺用于铀矿化带和矿层的地表和地下填图。在地质勘探工作按正常程序进行时，选用的后一个比例尺应比前一个大几

倍，以便能够反映出矿产结构性质的变化。这样，根据所选用的研究比例尺确定有效进行地壳某地段构造研究的水平，而所有各种比例尺水平的总合构成地壳最主要地质单元的等级。

例如，在区域填图时沉积岩系可看作是若干个决定岩系内部构造的独立层的组合。在增大比例尺时，在每一层范围内均能划分出作为其构造单元的亚层或者组，在组内分群，在群内分不同成份的岩层。在进行大比例尺研究时，每一个岩层可看作是分层群或亚层组，而每一分层可看成为一些单个亚分层的总体。在区分不具有非连续性性质的褶皱、断裂或者火山构造的不同构造等级时，作为比例尺的标准采用其大小的边界值；而为了区别侵入岩体非均匀性单元，则利用它们的结构或者岩石成份特征。这样，虽然关于很多地质单元体内部构造的概念有某些假定性，但为了在矿产研究和填图时运用系统趋近法，就必须划分出地质体的等级。

在研究金属交代作用产物（其中有很多铀矿化）的结构时应用系统趋近法的复杂性又增加了。外生成因的铀矿化以叠加方式在围岩中形成，一般来说还继承了后者的特征。所以，在研究它们的非均匀性时应采用同一比例尺，并紧密结合围岩的非均质性进行研究，因为围岩的构造预先决定铀矿化富集的条件。基于这一点，天然铀矿化体的构造应该与同一比例尺的围岩构造单元可以相比拟和相符合。此外，只有把划分含铀地段同划分铀的分散晕、铀的衰变产物和伴生元素晕以及其高含量分布区结合起来，才能保证准确地测定含铀地段本身。

由于对每个地质勘探工作阶段成果进行预测的质量要求的提高，以及越来越趋向于运用定量地质预测描述，因而制定天然铀矿化等级体系的必要性也就更突出了。

在系统趋近法基础上，Л.Я. 苏拉日斯基发表了适用于含铀体形态成因分析的自然现象形态成因分类经验^[83]。他认为矿化系统是金属矿床的总合，这些矿床因构造控制的统一性相互间有规律地联系在一起，并被包含在边界随着经济因素可以变化的空间里。每一矿化系统是另一个较复杂系统的组成部分，同时它本身被分成一系列从属的系统。这样的等级结构的基本组成单元被认为是从地质、经济和技术加工观点考虑的矿体。矿体可定义为一个由矿化集合体及将其隔离的无矿或弱矿化岩石组成的自然系统，其中的有益组分的数量对开采和技术加工来说是合算的；该系统本身已经构成，或可能作为独立开采的对象。

有成生联系的矿体之总合组成矿层（矿带），矿层的总合——矿床，矿床的总合——矿田。同时假定：在某一等级结构水平中的矿化系统的形状、规模和组构只是反映一定的、仅这个水平固有的外部条件综合影响的结果。

每一个被划分出的系统可以用含矿系数（某一等级系统的总范围同包含它们在内的较大的成矿系统范围的比值）、描述铀矿化易变性及其他任何定量描述其性质的系数来说明。

运用含矿区成矿区划的成果，地质勘探工作的成果及对铀矿床开采条件和评价的工业要求，本书采用以下铀成矿区构造等级：铀成矿省，铀成矿域，铀成矿区，铀矿结，铀矿田，铀矿床，矿床块段（铀矿带），铀矿层（铀矿

表 1 地质构造单元和铀成矿聚集等级范例

地壳铀成矿单元	地 质 构	
	地 质	构
地壳铀成矿单元	沉积和变质围岩	岩 浆 岩 体
铀成矿省	地壳的地球化学特殊区域	花岗岩类岩浆作用多期次显示
铀成矿域	地盾、褶皱区或者活化地区的地球化学特殊建造组合	花岗岩类岩浆杂岩体的多旋回系列
铀成矿区	地盾、褶皱区、活化区或年轻地台的地球化学特殊建造	混合花岗岩、花岗岩、花岗-流纹岩、流纹-玄武岩和其它造山期后建造的岩浆杂岩体群
铀矿结	结晶的、变质的或者沉积岩的地球化学特殊建造	花岗岩、流纹岩和流纹-玄武岩建造
铀矿田	地球化学特殊岩性的亚建造(岩相)或者厚度为数十米~头几百米的岩性有利的岩组	花岗岩类、流纹岩和流纹-玄武岩建造的侵入和次火山岩体, 巨大的岩墙带
铀矿床	厚度数十米的岩段(一些岩性有利的岩层)	个别的花岗岩和次火山岩体、岩被和岩墙带
铀矿层	厚度为十米和更大的岩层(一些岩性有利的薄层和透镜体)	大岩墙, 混合岩带, 爆发角砾岩体
铀矿层段和铀矿石局部富集体	厚度不到一米~数米的岩性有利的薄层和透镜体	小岩墙, 贯入体和岩枝