

铀资源评价

(译文集)

原子能出版社

**You
Ziyuan
Pingjia**

16.57/62
197

铀资源评价

(译文集)

24600 / 57

原 能 出 社

铀资源评价

(译文集)

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

海洋出版社印刷厂印刷

☆

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

开本787×1092 1/16 印张14 字数330千字

1988年4月北京第一版, 1988年4月北京第一次印刷

印数: 1—800

统一书号: 15175·710 定价: 3.75元

ISBN 7-5022-0052-5/P·2

内 容 简 介

铀资源评价是近年来国际上一项引人注目的活动。本译文集主要根据国际原子能机构顾问咨询会议论文集选译。全书分三大部分。第一部分概述了铀资源评价的内容、方法、要求与限制,并介绍了各国和各国际组织的资源分级分类方案。第二部分是对已发现铀资源的评价,其中系统介绍了美国铀矿储量估计与分析方法,以及在铀矿上应用地质统计学和克里金估计的经验与实例。第三部分是对未发现资源的评价,介绍了国际原子能机构和核能机构以及美国、加拿大等国的铀资源估量计划,对这些国际性或全国性计划的内容、组织、实施情况与结果,以及评价的方法学作了全面的阐述。本书的各位作者系西方在铀资源评价方面的有经验的主要专家。他们的论述内容广泛,取材新颖,深入浅出,论断准确,不但有理论叙述,而且介绍了实践经验,这些内容反映了国际上这一领域当前的现状和水平。本书内容可供我国组织与执行铀和其它固体矿产资源评价的部门、单位以及广大地质工作者、采矿工作者、资源分析工作者借鉴,亦可供高等院校有关专业高年级学生和研究生教学参考。

译者的话

1972年在西方出版了米多士等所著的《增长极限论》。该书作者第一次清楚地阐述了自然资源、食物、环境、人口和技术之间相互联系和相互制约的限度，特别是其中指出了确定矿产资源和能源的极限问题。这本书出版时正值西方受石油冲击和环境立法之际，因而反响热烈。当时出现的资源问题看上去只不过涉及到短期的供应，但其结果却导致了对矿产的中期和长期供应的重新评价。一些工业发达国家，如美国，在矿产资源对策上开始发生了影响深远的转变，即从简单地追求储量的增长转变到重视对矿产资源潜力的估量。这样，从七十年代初开始，一些国家和国际组织开始拟定并执行了各种全国性或全球性的矿产资源评价计划。本译文集收录的一些文章反映的就是这段时期国外在铀资源评价方面的概况。这些文章主要选自以下两本文集：

(1) Evaluation of Uranium Resources, IAEA, Vienna, 1979.

(2) Uranium Evaluation and Mining Techniques, IAEA, Vienna, 1980.

这两本文集是国际原子能机构(IAEA)在近期召开的几次顾问咨询组会议的一些论文汇编。

从内容看，铀资源评价可以包括以下三个方面：(1) 铀资源的分级分类；(2) 对已发现铀资源的评价；(3) 对未发现铀资源的评价。鉴于从七十年代以来的进展很快，在这里我们认为有必要作一些补充、说明和解释。

从七十年代以来，资源的概念有了扩展。矿产资源，是指天然赋存于地壳内或地壳上的固态、液态或气态物质的富集物，就其形态和数量而言，在当前或可以预见的将来，它们能成为经济上可以开采和提取的矿产品。

由此可见，矿产资源既是一个自然概念，又是一个经济概念；资源不但指已知的，而且包含未发现的；资源既指现在可开发的，也包含由于可预见的经济技术进步在将来可开发的。因此，在论及铀资源评价时我们不止是要研究引起铀富集成矿的地球化学过程及时空分布规律，还要研究资源经济学问题，即从矿产资源的发现、勘探、开发，一直到最终进入供应渠道成为商品的过程及其规律。就我国地质界普遍的现状来看，对后者较生疏但兴趣甚浓，因此，外国同行们在这些方面研究探索的结果很自然地引起了我们的关注。

在讨论矿产资源评价时，所遇到的第一个问题就是资源分级分类问题。众所周知，世界上现有的资源分级存在着两个体系，在本译文集所反映的时期内，美国体系已趋于成熟，已出现了“未发现资源”的概念，而这一时期苏联分级体系还没有出现对应的概念。但随着时间进展，情况有了变化。因此，我们有必要作一点补充。

1981年苏联国家矿产储量委员会批准的“固体矿产储量和预测资源分类”中，明确划分出“预测资源”。在这一分类中，预测资源是根据一般地质概念、科学理论前提、地质填图和地球物理及地球化学调查结果推测的，按含矿盆地、大的矿区、矿结、矿田和各矿床进行估算。预测资源的数据用于制订普查评价和地质勘探工作的计划。

苏联新分类方案中将预测资源分为 P_1 、 P_2 和 P_3 三级。

P_1 级预测资源是指由于 C_2 级储量计算边界以外矿体分布面积的扩大，或者在已勘探

矿床、正在勘探矿床和普查评价中发现的矿床中另外发现新矿体可能增加的储量。对这一级资源进行定量评价要运用矿床工业类型的概念。

P₂级预测资源是指含矿盆地、矿区、矿结和矿田内可能发现的新矿床。推测矿床存在的根据是对大比例尺地质测量和普查工作中发现的矿点以及地球物理、地球化学异常的肯定评价,这些异常的性质和可能的远景已经个别工程确定。所推测矿床资源的定量评价,关于矿体形状、规模、矿物成分和质量的概念,都是根据与同一建造类型(成因类型)的已知矿床类比得到的。

P₃级预测资源是指根据所评价地区进行中,小比例尺地质测量、航天照片解释以及分析地球物理和地球化学调查资料时发现的地层、岩性、构造和古地理条件有可能形成并呈工业规模矿化产出的某些矿产的矿床。这一级资源的定量评价是在与研究得比较详细、有相同成因类型探明储量存在的矿区、含矿区和含矿盆地类比的基础上,按推测的参数进行的。

根据上述这些基本原则,保证了在不同规模的地质体,即从成矿区、盆地、矿区、矿带(P₃级),到矿结和矿田(P₂级),进而到矿床(P₁级),可循序渐进地研究矿物原料的潜力。在评价某一级矿物原料特征时,要研究矿化类型的相应特征。为了评价P₁级资源,要利用矿床工业类型概念;评价P₂级要利用有关建造类型(或成因类型)的概念;而评价P₃级资源则要利用有关成因类型的概念。

苏联对预测资源没有象对储量那样按其国民经济意义分类,但是规定了对这部分资源的估算深度应是现在或近期可能的采矿经济技术条件下可能达到的开采深度,同时还要考虑该种矿物原料的质量和加工技术性质的特点。此外,在进行预测资源的定量评价时,对所用已知同类矿床的工业指标的参数如需改变应有相应的论证。

由此可见,从80年代开始,国外主要工业国家都已把对本国资源潜力的评价作为地质矿产工作的一项新的基本任务正式地、明确地肯定了下来。这是一个大趋势。

近20年来,世界各国都在修改本国的矿产资源分级分类方案,虽然名词术语各异,但修改的基本要点不外乎以下两个方面:(1)对已发现资源更加强调经济评价;(2)加强对未发现资源的评价工作。当然,对任何国家来说,修改矿产资源分级方案都不是轻而易举的,因为每个国家现在都有一批矿山,有许多份储量报告,这些都是以现行资源分类为准绳的。如果匆忙修改,考虑不周,现行管理被搞乱,就不好收拾;但另一方面,现行方案落后于时代,不合理,也会给经济计划带来消极影响。从总的趋势看,各国都有一个定期审查和修改资源分级方案的任务。

在铀资源分级方案上,有一个很特殊的做法,即美国等国是以远期成本或价格来报告本国铀资源的。这不仅涉及资源分级问题,而且涉及对已发现铀资源评价问题。

这里应该指出,一般固体矿产都没有发展到以远期成本报告资源量的地步。但美国在铀资源方面的这一做法对其它矿产的储量分析也是有参考价值的。因为任何国家任何矿山都存在一个如何在全面获取经济效益的前提下充分利用矿产资源的问题。

当前,在对已发现资源的评价中,地质统计学和克里金估计占有十分突出的地位。这些方法虽已有不少中文文献,但本译文集中收录的几篇文章读来仍令人有一种新鲜感。在铀矿方面应用这种方法的报导最早是在1964年,但由于保密,至今尚未系统地发表具体实例,这种限制,国外有人认为已经到了影响地质统计学声誉的地步。尽管如此,我们从这

里收录的文章里还是可以看到西方地质-采矿界这些年来所取得的有价值的经验。例如，对“铀矿储量的地质统计学估计”一文的讨论中，法国学者明确指出：用地质统计学方法计算可回收储量是与矿山开发可行性研究相联系的，其目的是估价在面对较大单元时选择开采类型的效果，以便能在长期基础上计划开采。这种方法并不代替用以确定原地储量的传统计算方法。这种明确的说法有助于消除地质界的误解，国外也不乏这方面的误解。再如，是不是在一切场合都可能或者必须应用地质统计学方法呢？也不是。这里，重要之点在于：当远景估算是仅依据数十个钻孔时，应用地质统计学是不恰当的，但在包含数百甚至数千个钻孔的大型勘探计划中，地质统计学不仅合乎要求而且必不可少。在对“取样型式与块段估计方法最优化”一文讨论中，Kriging本人根据多年的经验明确指出：如果在块段中有许多可用数据点，一般说，这时应用地质统计学原理获益较少；如果数据相当丰富而且分布均匀，这时应用地质统计学估计整个矿床获益也很小；从实用目的而言，如果有大量的分布良好的样品，直接取平均值就足够精确了；只有当根据有限数据估量单个矿石块段，而且估计误差很大，这时克里金法才会显示出明显的优点。

系统地介绍地质统计学在铀矿方面应用的文献历来十分罕见。因此，象“铀矿床矿石储量地质统计学估计之实例分析”、“取样型式与块段估计方法最优化”等文章，都是令人感兴趣的。例如，上述第一篇文章从铀矿储量计算通常大量依靠放射性测井数据这一点入手，分析了铀矿的一些特殊问题，并针对卷型、斑岩型矿床的实际，给出了一些实例，这是很有价值的。在上述后一篇文章中，应用具体数据论证了钻探网度问题，其中提到：在一些情况下，钻探网即使加密一倍，精度也并没有明显提高。这些事例是有说服力的。

总之，国外在对已发现资源评价方面所做的工作和取得的经验，对我国开拓这方面的工作，是可供借鉴的。

对未发现铀资源的评价问题是七十年代以来国际上一项令人瞩目的活动。其中，属于国际性的有“国际铀资源估量计划”（IUREP）；属于一国范围的有美国的“国家铀资源估量规划”（NURE）等。它们的提出与实施，标志着人们在铀资源方面的活动已进入了一个新阶段。由于这些计划庞大的规模和难以完全预料的深远影响，总的说，它们已超出一般工程的领域而应属于系统工程的范畴。

应该指出，从总体上来说，对未发现资源的评价当前还处在萌芽阶段或起步阶段。因此，一系列重大的问题仍然需要不断地探索和研究，例如：对未发现资源评价的指导思想，区域成矿模型，评价对象，评价方法学，资源量估算的数学模型，效果与检验，地质评价与经济分析，等等。

国外实际执行的铀资源评价计划，其基本指导思想是地质类比。在“美国国家铀资源估量规划的执行”一文中指出：“很遗憾，NURE规划所企图得到的数据——在一定价格和成本下美国可回收的铀数量——是不能抽样的，因为仅有关于已发现矿床的资料可用，而对整个总体的规模知之甚少。因此，抽样不是一个可行的办法。”在这一思想指导下，尽管为了地质类比的目的广泛运用概率统计方法，特别是多元统计方法，但仅是作为一种数学工具使用的。

进行地质类比就要取一个标准。美国NURE规划中提出的“控制区”就是这样一个标准。为了类比，传统的做法是对每种有利于铀成矿的地质环境找出一套识别准则（判据），然后用这套准则去发现成矿远景区。这里，涉及到整个国家的一项系统工程，如果参与者每

人自立一套准则，其结果将会混乱到无法收拾。因此，每项矿产资源评价的负责单位都需要拟订一套能反映本国矿床类型实际情况的识别准则。美国在执行NURE规划时，拟订了“有利于铀矿床环境之地质特征”，其中指出了世界上现有各类铀矿床的识别准则，可供参考。这里我们将其中石英卵石砾岩型和含铀钙结岩型的识别准则列出，由此可以看到它的一般格式和内容。

石英卵石砾岩型识别准则

地质背景	太古界地盾或其周围；花岗质成份源岩。
主岩	
时代	早元古界；22至27亿年显得是最有利的，但可能十分局限。
岩性	由磨圆度好的石英、燧石组成的陆海的、黄铁石英卵石砾岩，或在石英、长石、黄铁矿及其它重矿物颗粒之基质中的石英卵石，绢云母或绿泥石变质成为绿色片岩相；典型的海槽交错层。
沉积环境	主要为网状河流；也可能代表了湖泊环境和边缘海环境；缺氧大气圈。
伴生岩石	石英岩，长石砂岩，粉砂岩，泥质岩和多杂质砾岩，岩性次序可能循环。
矿物学	
铀矿物	沥青铀矿和（或）钛铀矿；在某些地方有铀钍矿，铀石，脂铅铀矿和碳铀钍矿。
伴生矿物	黄铁矿，金和种类繁多的碎屑矿物；基质中有绿泥石和绢云母。
几何形态	层状；薄扁豆状层，常接合成席状。

含铀钙结岩型识别准则

地质背景	遭受风化和淋滤的花岗质岩石和绿岩区或其邻近地区；地形起伏和构造活动中等或较低；大的流域盆地；具有异常铀和钒的含碳酸盐的地表水；沿水系的钙结岩建造。
主岩	
时代	晚更新世到全新世；较老的矿床很可能因淋失而被破坏。
岩性	瓷土状到土状结砾岩（白云石和蒙脱石），它们置换了冲积粘土（高岭土）和石英碎屑。
沉积环境	河谷轴部；温暖干燥气候；每年降雨是分散的和季节性的；全年蒸发量大；大部分为地下径流。
伴生沉积物	冲积层。

矿物学

铀矿物	钒钾铀矿。
伴生矿物	碳酸钙和白云石；石英碎屑、长石和粘土。
几何形态	长条形，长宽比大；在交错层剖面中的透视镜体。

各类铀矿床的识别准则是指导矿产资源评价的基础，而区域成矿模型则是这些准则的发展和深化。在本译文集中，“加拿大未发现铀资源之估计”，“关于以交互性成因-地质模型估量未发现铀资源有利性的研究”，“特征分析1981年最终程序及一次可能的发现”等，反映了国外近年来在这方面的的工作。其中，美国格兰特成矿带的成因-地质模型实际上为实际资料架设了一条通向理论认识的桥梁。在模型中采用逻辑关系去组合变量的做法，不能不说是地质模型定量化方面的一项带突破性的进展。近年来出现的“模型广义化”思想，对于在一个矿田范围内构成预测模型提供了重要的经验。

有了控制区、识别准则和区域成矿模式，这只是解决了地质类比的标准问题。下一个问题是评价对象。在化石能源如煤、石油的资源评价中，其对象是清楚的，而在金属矿产包括铀在内的资源评价中，这个问题不那么明确。一般地说，评价对象的确定应遵从下列步骤，即：以控制区为标准，运用识别准则或（和）区域成矿模型，在充分收集和分析各种地质的、地球物理及地球化学以及遥感等方面资料的基础上，采用传统的、统计的或主观的方法，确定评价对象。根据工作程度和数据水平，评价对象或者是已知矿床以内或（和）其延伸部分的潜在矿体，或者是已知矿田内的潜在矿床，或者在数据水平更低时可能是潜在矿田甚至潜在成矿带。

这里有必要指出：不管采用何种方法，基础地质图件和地球物理及地球化学图件都是十分重要甚至必不可少的。但是，在任何时候、任何情况下，这些图件本身不能被认为是评价对象。评价过程中当然是按国幅逐个地依次做下去，但不能误解成只要有了上述图件就能评价出远景区和资源量。否则，评价的结果会过分粗略，得不出新看法，有时甚至连原有的认识深度也达不到，弄不好会成为一场纸上谈兵的“数字游戏”。美国的NURE规划所包含的丰富内容足以说明：一项严肃的资源评价计划决不是一般意义上的整理资料。

对未发现铀资源的评价方法，不外乎唯象的或统计的、唯理的或成因的、唯灵的或主观的三大类。在本译文集中只有主观方法设有适当的文章。Harris用主观概率法评价新墨西哥州铀资源的文献由于篇幅过大我们没有收录。但应该指出，这类方法的重要性不应低估。

对于用地质类比来评价未发现资源的局限性，应该有个明确的认识。从人类利用矿产的历史来看，某种矿产资源量的飞跃通常是通过发现新类型实现的，或者是通过技术进步使已知低品位资源经济上变得可以利用实现的。因此，在美国NURE规划中包括了航测、水化和水系沉积物测量等项内容，此外，他们还专门对中等品位资源进行系统的研究。这些都是必要的。如果没有这些工作，单凭现有的区域成矿模型，即使是这些模型很精致，投入的力量再大，也难以达到基本摸清一个国家资源家底的目的。对此，我们应该有一个清醒的认识。

对未发现资源的评价结果，一方面是供资源和能源经济规划决策使用，另一方面是供地质找矿勘探规划决策使用。从前者出发，人们并不要求也不可能对总结果进行“验证”；而从后者出发，就存在一个检验和效果问题。

这里我们列举美国NURE规划执行以来的一些数字和事例来说明工作的效果。

美国从1974年开始执行NURE规划，到1981年底全国铀资源有了明显的增长。例如，

1974年的10美元/磅 U_3O_8 资源相当于目前30美元/磅 U_3O_8 的资源,其平均品位为0.19% U_3O_8 ,在1974年这级资源全美的总量为70万吨,到1981年底达到160万吨,为1974年的229%。其它各级资源也有很大增长。

为了验证评价结果的可靠性,曾用钻探对个别地段进行了检验。例如,犹他州的托马斯山,1976年前曾做过踏勘,一些公司还做过一点勘探,那里的第三系凝灰岩含铍和铀,其中铀是作为铍矿副产品开采的。根据1977年详查认为远景储量有17.4万吨 U_3O_8 。1978年进行资源评价的结果,认为上述数字严重偏高。为此布置了30个钻孔,平均孔深1100英尺,孔距0.7至5.5英里,结果发现远景有限,只有8000吨 U_3O_8 。再一个例子是圣胡安盆地恰乔峡谷,在那里推测在北东走向上有磨拉石砂岩矿层延伸,其远景可观。1978年布置了15个钻孔,平均孔深4700英尺,孔距为1.5至9.5英里,结果证实了评价结论的可靠性,使远景储量增加了6万吨 U_3O_8 。

由于铀资源评价在国内外都是一项新的工作,因而名词术语不可避免地既多又乱。对此,本译文集第一部分已有专文论述。把这些名词术语译成中文当然就更困难了。例如,evaluation这个词,一般可译成“评价”、“估算”,但根据美国NURE中的定义(见“美国国家铀资源估量规划的执行”),这个词用来指对标准方格内“各种收集资料的活动,这些活动试图通过利用地球物理、地球化学和地质的野外方法使标准方格的一些地质特征得以识别并定量化。”这个意思我国地质工作中并无现成的、适当的、对应的术语,只有暂时译成“估量”。象这样的情况还有不少,但仅此一例就足以说明这方面的困难了。

由于我们水平所限,译文虽经反复校对,但不当甚至错误之处难免,还请读者批评指正。本书的译出得到刘兴忠高级工程师鼓励和支持,谨此致谢。

潘恩沛

1984.6.北京

目 录

译者的话·····	I
-----------	---

引 论

铀资源评价：问题与限制·····	3
资源分级及其术语·····	6
一种拟议的美国资源分级体系·····	19
联合国在矿产资源分级标准化方面的努力·····	24

对已发现铀资源的评价

美国能源研究与开发署对铀矿储量的估计与分析·····	33
对铀资源有意义矿床之规模与品位组合下限的确定原则·····	43
铀矿储量的地质统计学估计·····	48
铀矿床矿石储量地质统计学估计之实例分析·····	62
取样型式与块段估计方法最优化·····	78
对南非金生产矿山与潜在新矿山之伴产铀矿储量的估量·····	98

对未发现铀资源的评价

推想的铀资源：它们的位置与数量·····	113
美国怀俄明州气山地区铀资源的估量·····	128
美国能源研究与开发署对未发现铀资源的估量·····	138
美国国家铀资源估量规划的执行·····	152
加拿大未发现铀资源之估计·····	162
一种资源评价方法——加权特征分析的应用·····	175
关于以交互性成因-地质模式估量未发现铀资源有利性的研究·····	182
特征分析1981年最终程序及一次可能的发现·····	192
利用镓的测定在找矿阶段评价铀成矿现象·····	210

40221

引 論

铀资源评价：问题与限制

R.M. Williams

对于廉价能源时代已经消失这一点日益深入的认识，已促使各国政府和一些国际组织作出持续的努力来探讨全球范围能源充足性的问题。尽管核能机构和国际原子能机构（NEA 和 IAEA）在研究世界铀供应方面获得了相对成功，当前仍需使这类研究发展得更加全面和广泛。存在的一个基本问题与缺少一套普遍接受的资源术语有关，而这些术语曾用于使资源估算值分级。国际性评价中通常存在着空白区，这是由于已知资源的数据不充分，有时还因为作出所要求估算的经验不够。关于未发现铀资源评价，所受到的主要限制在于：对未发现资源评价方法相对地处于萌芽时期；在世界许多地区，基础地质的、地球化学及地球物理的数据汇编，或者不完整，或者不存在；最后，在进行资源评价以后，经常弄不清资源能在何时以何种速度得到利用。我们希望，当前的努力能导致某些妨碍世界铀资源评价得以扩大和改进的原则和限制问题获得解决。

过去二、三年内发生的一些事件，使人们突然发觉廉价能源时代已经消失。对许多人来说，这一新认识是现实情况促成的，这就是：来自我们当前已知资源的能源供应不能满足我们的迅速发展的工业社会可预见的需求。各国政府变得比以往更加关心评价他们的已知的和待发现的能源，其目的是规划更有效地利用可以得到的供应。各国政府对能源充足性的共同担心反映在许多国际组织探讨世界范围内这类问题的当前努力中。这方面的例证是国际能源机构（IEA）——它是经济合作与发展组织（OECD）的一部分——以及国际原子能机构（IAEA）。

首批世界性铀资源汇编之一，是1965年由OECD下属的现在称为核能机构（NEA）的组织发表的。这项工作的目的随后通过与IAEA的一项合作得到扩大，其结果是发表了一系列的世界性研究成果。最后一项的发表日期是1975年12月。NEA-IAEA 的历次研究都较前一次有改进，表现在：准则更严密，报告更标准化，论述更概括，而且参与者更多。

尽管NEA-IAEA的努力取得了相对成功，关于铀充足性的不断增加的认识要求这一世界性研究变得在性质上更全面，在规模上更广泛。在这方面，对铀资源评价方法学现状进行评述以弄清可能妨碍我们在资源评价课题方面努力的任何问题与限制，无疑是适当的。希望这种评论将提供改进的建议，并对那些现在刚进入铀领域而过去从未参与过NEA-IAEA资源评价的人员提供指导。在这一过程中，我们还能成功地让能源规划工作者认清铀资源评价确实是一项复杂的、耗费时间的任务。与石油、天然气以及煤相比，铀在地质上是完全不同的一个对象。

为了使我们即将要讨论的主题提法更为恰切，看一下图1可能是有益的。该图以综合形式表示了整个可回收铀资源的分级方案，这是较为著名的美国内政部修正加拿大分级方

案的文本。图的水平轴提供了一个机会来表示给定吨数与品位实际存在的可靠性程度，而垂直轴表示开发的经济-工艺可行性。

开发效益的经济状况

经济资源	亚经济资源	30至X美元 /磅 U_3O_8	1C	2C	3C	4C
	经济资源	15至30美元 /磅 U_3O_8	1B	2B	3B	4B
	经济资源	低于15美元 /磅 U_3O_8	储量 1A	2A	3A	4A
NEA-IAEA 术语			有理由 确信的	估计 增加的		
加拿大 相应的术语			探明的 推定的	推测的 预言的	推想的	
地区分布		已知铀矿区			矿化地区	未开发地
存在的可靠程度						

图1 可回收铀资源分级方案

在美国方案与加拿大方案之间存在着差别的事实，强调了一个基本问题，即缺乏我们在进行资源评价时用于资源分级的一套得到广泛赞同的资源术语。我们的首批文件之一将要谈到资源分级与术语学问题，其注意焦点是某些重大的争议，其中提出了使研究工作得以改进的某些可能途径。

有两个过程是任何资源评价的基础，第一，形成与评价区有关的基础地质、地球化学和地球物理的资料汇编；第二，运用适当的方法对这些资料进行解释以得出资源的估算值。即使有了数据和方法，“将数字与资源挂上钩形成一个统一体，这已经被恰当地说成是类似于确定狂风中一片云彩大小那样的事。”

在已知资源情况下，不确定因素显然比较小，特别是在具有发达采矿业的国家。但是，考虑全球范围，世界上有些地区虽然铀资源是已知的，但未作过充分的评价，其原因是资料不足和（或）经验缺乏。这种情况使得一些本来可能相当全面的全球评价留下了空白。再参看图1，这种空白甚至在NEA-IAEA研究的颇为有限的范围内也存在。与损害这类全球评价完整性有关的一个问题，是历次评价的质量变化很大。已经感到，对当前用于评价已知铀资源方法的若干方面的评论，在这里对这两方面问题来说应该是有价值的。在我们会议程序中，与已知资源评价有关的文件占到半数以上，就反映了这些资源的重要性（如图1中1A，2A，1B和2B这些单元所表示的）。未来20至30年这一时期内，世界产量大部分很可能来自这类资源，在这个意义上可见其重要性。

NEA-IAEA世界性研究扩大范围所受到的主要限制之一，是评价未发现铀资源方法学处于相对萌芽状态。当人们认识到我们的基础地质、地球化学和地球物理资料汇编在世界上许多地区或者不完整或者不存在时，问题就更加重了。只是在最近，发展适当的数据库和资源评价方法学这两方面的要求才变得十分明显。正在发展的有两类基本方法。第一

类是利用地质分析的传统研究方法；第二类是基于数学-统计学的研究方法。虽然最近发起的国家的资源评价计划都是以传统方法为重点的，但概率方法也应受到认真的考虑。我们荣幸在我们的文集中一些文章里涉及到这两类方法用于资源评价的小部分情况。

但是，除非能清楚地了解资源能在何时以何种速度得到利用，否则资源评价的价值有限。经常，能源计划工作者把他们的判断建筑在所有可利用资源估计值简单总合的基础上，并不顾及它们各不相同的可靠性，对它们的使用价值随时间变化的约束条件也没有给予任何考虑。例如，图1中1、2、3、4列的总合已被比喻为“将柚子、柚籽、柚苗，以及种植柚籽的意图同等看待。”另一方面，忽视使用价值问题，就像只知道水箱中水体积而不知道水龙头大小。

换另一些术语来提这一点：资源分级方案中1A单元所表示的当前世界铀储量，有相当大一部分在本世纪末之前都不可能利用，其原因，或者是它们与其它金属伴生并作为副产品生产，如南非的铀；或者简单地是由它们回收率的自然条件限定的。这就是事实真象，而能源计划工作者经常并未完全估计到这些。

也还有许多经济和工艺因素影响到资源的利用价值。例如，人们必须考虑发现和开采矿床以及建成生产设施所需的研制周期，考虑资金可利用情况，考虑劳动力和设备以及资源开采加工适用工艺的现有情况。最近，环境限制问题已变成要重点考虑的问题，甚至一些已知资源因而可能无法当成可利用的。最后，存在各式各样的政治因素，它们经常限制开发速度，在某些可能有远景地区甚至连勘探机会都受到限制。

所有这些因素明显地影响到铀的可利用情况，而当铀资源评价与铀需求规划相联系时必须注意这些因素。在最终的分析中，这类考虑甚至比铀资源评价本身更为重要。

陆忱译自EVALUATION OF URANIUM RESOURCES,
IAEA, 1979 朱裕生 校

资源分级及其术语

J. Zwartenyk

与矿产资源数值估计有关的术语，长期以来由于一系列严重缺点而使人头疼，这些缺点大部分来源于概念的不完整性和多解性。其结果，大多数术语使用得前后矛盾并带来广泛的误解。在本文中，考虑了在得到令人满意的、标准的术语方面缺乏明显进展的可能理由，我们提出，主要的障碍在于：对于把各类资源加以分级的基本目的缺乏共同理解，而且对结果的局限性缺少明确认识。本文的重点放在绝大多数基本概念难点上，这些困难显然与普遍的但不能认为是合理的一种将资源与供应等同的心理有关，这是通过一种永恒和理想世界的暗含的极不严格的假设造成的。对于这些方面将较详细地加以讨论，以便为将来改善术语提供坚实基础。关于可能的改善我们以较长远的眼光作了考察。结论是：对于明确的描述及各种资源详细分级体系间更大可比性的实现——这可能是较易于实现的目标——比起术语的统一与标准化来，应该认为给予更大的注意是正确的。

引言

本文研究关于改善资源术语和定义如何做的问题。这方面的努力很容易由于个人的偏爱变成一场无结果的文字诡辩。为避免这一点，保持本来面目是绝对必要的。因此，这里希望首先追溯造成矿产资源领域内术语大量混乱的原因。因为说到头术语的基本功能是用来作为事物或概念的简便的标记，下一步，我们把注意力放在我们要求什么样的标记以及为什么要的这样一些更根本性问题上。最后，根据这些考虑，研究了改进术语应用的若干可能途径。

引起术语方面问题的原因

术语的一个主要问题：常见术语用法不统一，基本上是一种表面现象，被掩盖着的事实是资源被具有极不相同观点的人按照不同的目的细分成许多各不相同的等级。况且，许多使用资源术语的人没有理由对经常提到的资源等级界限严格地加以分析。其结果，为这些等级设置界限的准则大多数含糊不清。

乍看起来，这个问题反映交流太少这样一个简单的事实。我们不经常说出我们的意思是什么，我们也不经常作出足够的努力去理解意义何在。拟订术语是一个便于更有效地交流的捷径，而如果简化的代码不能得到普遍的理解和赞同，这一目的显然达不到。让我们考虑两个典型情况。

典型情况1 X先生严格地知道对一个给定的术语他自己指的是什么。对Y先生能同样这么说。每一位都假定，另一位使用该术语时指的是同一个事物，但事实并非如此。任何