

铀成矿作用的演化

[苏] B. И. 卡赞斯基 И. И. 拉维罗夫 А. И. 图加林诺夫 著



原子能出版社

铀成矿作用的演化

[苏] B. И. 卡赞斯基, Н. П.
拉维罗夫, А. И. 图加林诺夫 著

刘仕倜 李连杰 译

王祖邦 姚振澍 校

原子能出版社

内 容 简 介

作者根据大量实际资料分析了铀矿床形成地质条件的演化问题，指出了成矿作用具有一定的规律。各类工业铀矿床在空间、时间上的分布规律都与岩石圈的发展密切相关。

本书扼要地说明了铀成矿的基本构造、主要成矿阶段和各类矿床的重要特征。作者提出的成矿作用演化概念有助于指导成矿预测、远景区评价和指导找矿。

本书对从事铀矿和其它矿床的地质普查、勘探、研究人员以及地质院校师生均有较大参考价值。

铀成矿作用的演化

[苏] В. И. 卡赞斯基, Н. П.

拉维罗夫, А. И. 图加林诺夫 著

刘仕倜 李连杰 译

王祖邦 姚振瀛 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

(北京市西便门)

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $7 \frac{5}{16}$ ·字数 159千字

1981年9月第一版·1981年9月第一次印刷

印数001—1700 · 统一书号: 15175·336

定价: 0.90元

前 言

寻找新的矿床，尤其是大型矿床，已成为越来越复杂的任务了。目前，用于地质勘探工作的资金，大部分花费在矿物原料的普查方面。二次大战以后迄今，世界上每发现一个矿床的平均耗费，每十年就增长一倍。因此，进一步探讨矿床预测的新的基础理论，除科学意义外，还有很大的实用价值。

苏联和其他国家的地质学家非常注意揭示矿床分布的规律和确定矿床在古地台、褶皱区以及构造-岩浆活化区发展史中的地位。从而确定在一定成矿阶段，在地壳最大构造单元中形成了不同矿石建造（矿床共生组合）的分布规律。近年来所发现的矿石建造与不同地质环境中形成的一定岩石建造之间有联系的概念，极大地向前推进了成矿预测的基础理论。关于成矿作用是在大陆地壳和大洋地壳一定阶段形成的思想，是编制绝大多数成矿规律和成矿预测图的基础。

应当强调指出，苏联地质学家从自然-历史的角度来解释各种成矿作用，揭示了这些成矿作用具有一定的规律，简要地说明了成矿作用的基本时期和阶段，并确定了在这些作用中“成矿”阶段的位置。战后以来，许多地质学家对于含矿地区和矿床的分布规律问题十分关注，从而各种专业的学者均致力于深入研究各种金属分带的观点，并归纳出特定的矿床系列在一定的地壳大地构造单元内有规律性分布的重要结论。

虽然关于成矿作用在时间和空间上有一定规律的认识取得了进展,抛弃了老一套的解释方法,但很遗憾,很少有人根据单个成矿省范围内地壳总的发展史情况,来探讨一下这些作用的演化,当然,就更不用说从大的成矿带及整个地球角度进行探讨了。

作者认为,对于地球发展史中成矿作用的演化问题,现在是不够重视的。作者在研究铀矿床成矿的长期性时,认为铀成矿作用的演化因素,有很重要的意义。在地球不同形成阶段生成的铀矿床,有着自己的特征。发生在早元古代和晚元古代、古生代、中生代以及晚第三纪-第四纪的工业铀矿石的形成作用,在地壳的不同构造带内,差别也是很大的。

总之,铀成矿作用条件的变化,根据现代地壳形成阶段,带有一种规律性和不可逆性的特点。这与沉积学,生物界,构造和地球化学作用的总演化情况有关。

作者认为,本书中所触及的问题远不是所有方面都充分讨论到了。在研究含矿地区和矿床的知识及方法发展的现阶段,人们对形成工业铀富集的地质历史中的许多细节问题还不清楚,看法也是不一样的。但是,有关地壳形成史中铀成矿作用演化的总的结论,无论在理论上或在预测新矿床时,都十分重要。

无疑,进一步对铀的地球化学历史,迁移方式以及导致在不同时代和不同类型的成矿省内形成工业铀富集的条件进行研究,可以大大地把寻找新矿床的基础理论推进一步。

目 录

前言	v
第一章 地壳的主要构造单元与铀矿化 (B. И. 卡赞斯基, H. П. 拉维罗夫)	1
一、地壳的演化	1
二、铀矿床在地壳主要构造单元内的分布	14
三、小结	22
第二章 晚太古代-中元古代的铀成矿作用 (B. И. 卡赞斯基, H. П. 拉维罗夫, A. И. 图加林诺夫)	23
一、最古老的含矿构造和矿石建造	23
二、早元古代克拉通边缘拗陷的矿床	26
含铀砾岩	26
三、原始地槽带的矿床	38
层控金-铀矿床	38
含铀砂卡岩	50
四、原始活化区的矿床	58
含铀钠交代岩	58
热液铀矿床和五元素矿床	73
五、小结	84
第三章 里菲期-古生代的铀成矿作用 (H. П. 拉维罗夫)	85
一、褶皱带的含铀构造和建造	85

典型矿床实例	85
二、中非贝加尔褶皱区	89
欣科洛布韦矿床	89
三、中间地块矿床	98
热液型磷灰石-铀矿床	98
热液型钼-铀矿床	105
热液铀矿床	131
“黑色”页岩中的层控铀矿床	144
四、小结	148
第四章 中生代和新生代铀矿床的形成条件	
(В. И. 卡赞斯基, Н. П. 拉维罗夫)	151
一、大陆后期造山运动和铀矿化	151
二、构造-岩浆活化区的矿床	155
热液型钼-铀和钽-铀矿床	155
热液型铀-萤石和锑-铀矿床	161
三、构造活化区的矿床	168
淋积型铀-煤矿床	168
淋积型钒-铀和铀-沥青矿床	172
淋积型硒-铀矿床	176
四、未活化的地台盖层中的矿床	181
沉积-成岩型稀土-铀矿床	181
钙结岩中的淋积铀矿床	185
五、小结	194
第五章 铀成矿作用演化的主要方向 (В. И. 卡	
赞斯基, Н. П. 拉维罗夫, А. И. 图	
加林诺夫)	197
一、主要的铀成矿时代和铀矿省出现的可能原因	197

二、铀成矿作用地球化学条件的演化·····	203
三、小结·····	212
结论·····	213
参考文献·····	217

第一章 地壳的主要构造

单元与铀矿化

一、地壳的演化

现代地质学的主要问题之一，就是研究岩石圈总的发展规律。许多地质学家曾设想地壳构造的结构演化。Г. Φ. 米尔琴克^[58]对这一问题作过比较明确的阐述，他把地壳构造分为三种地史类型：地槽前的，地槽-地台的，“断块”的。Е. В. 帕夫洛夫斯基^[68]建立了具有独立意义的二个前寒武纪阶段——地核的和原始地槽的阶段，在地核阶段地台和地槽都还未能形成；原始地槽阶段出现了后来的大陆核和活动带，它们在晚元古代和显生宙时期经历了长期的演化过程。Н. С. 沙茨基^[101]在分析内生金属矿床分布的构造规律时得出结论，认为加里东、海西和阿尔卑斯褶皱带的构造、岩浆活动和矿化作用的差异，并非由于剥蚀面不同和个别构造-岩相带的特殊发育过程不同，而在于它们产于地壳统一形成过程中的不同阶段。近年来，证明了中生代和新生代的地台和固结褶皱区的构造-岩浆活化具有重要作用，并获得了有关海洋构造的大量资料。宇宙研究对于星体对比和地球发展最古阶段的解释开辟了新的可能。

А. П. 帕夫洛夫^[67]推断，在地球发展的最早阶段，地球表面存在与月球相似的景观。М. З. 格卢霍夫斯基和Е. В. 帕夫洛夫斯基^[20]认为，阿尔丹地盾苏塔姆河盆地

的变质杂岩在化学成分、产状和时代上可与月球玄武岩相对比，并建议划分出地球发展的月球阶段，这一阶段发生在地核阶段之前，结束于47—45亿年以前，以椭圆环状负地形为主，广泛发育辉长苏长岩、超基性岩和斜长岩。

按E. B. 帕夫洛夫斯基和M. C. 马尔科夫^[69]的看法，地核期的特点是：缺失强烈的分异作用、线型构造和大的张性断裂带；具有等轴、短轴状构造；广泛涌溢安山-玄武岩成分的熔岩；沉积岩层中杂砂岩占相当比例；出现铁-硅质岩石；以及广泛但分布不均匀的安山-玄武岩壳的花岗岩化作用。这种花岗岩化作用，据上述两位作者的意见，是以两种方式进行的。在加拿大地盾，由于强烈的花岗岩化作用，地壳增强了相当大的刚性，并被以后的巨大断裂带分割，许多狭窄的季米斯卡明格(Тимискаминг)型裂缝构造与这种巨大的断裂相联系，裂缝内充填着花岗岩化的地核基底剥蚀物质和基性成分的喷发物。在阿尔丹和波罗的地盾，安山-玄武岩壳保持着相对的活动性，在太古代结束和元古代开始时出现大规模的拗陷-原始地槽。它们的特点是：形状简单；不存在明显的内地槽隆起；沉积岩层的岩相较稳定；由基性、超基性到酸性的岩浆活动发育；广泛出现深熔作用、再生作用 and 高温的区域变质作用。正是这些地方最早出现区域性线型褶皱构造系。

在元古代早期还出现过最早的地台型构造——原始地台。厚度大但往往未发生变质的原始地台盖层，多保留在较小的盆地和克拉通周围的沉降带内。在盖层的剖面上从南非维特瓦特斯兰德系和加拿大地盾未经断裂破坏的休伦统沉积来看，主要为陆源建造，而火山成因的及溶液沉积和碳酸盐岩石则居次要地位。原始地台的稳定性明显地比显生宙地台弱。原

始地台内的沉积盖层局部地方已花岗岩化，局部地方被巨大断裂切割，顺着这些断裂有超基性、基性、甚至酸性的岩浆侵入，形成像布什维尔德这样的地块。在元古代期间，原始地台被解体成若干大块，并由一些地槽式槽谷所分开，而在里菲期*之前又重新连结成一个整体，形成非均质基底的新生地台。

上述有关地壳在前寒武纪发展阶段大致情景的设想，得到了广泛的公认。与此同时，近年来又获得了新的重要数据，对有关大陆最古老的构造的认识提出了重大修改。

首先，南非、西澳大利亚和印度分出了最古老的大陆核——克拉通，其间被元古代活动带切断，它由花岗片麻岩穹窿和绿岩带构成^[141]。绿岩和花岗片麻岩穹窿的地质及时代关系是如此矛盾，以致相当一部分研究者倾向这样一种看法，认为它们反映了地壳的两个最原始而同时期的剖面——海洋和大陆。

第二，由前寒武纪沉积地质学研究的进展证实，早在地球发展的最初阶段，生物以及属于气候和构造分带影响的风化作用、沉积作用，都对岩石圈的形成起了极为重要的作用^[80]。从而奠定了建立太古代、元古代和显生宙时期地壳演化的统一认识的基础。

第三，对苏联领土上古老地台的构造和含矿性资料的分析，分出一种地台发展的特殊阶段——古活化阶段，与其相联系着的有结晶基底断块移动，强烈的断裂变质作用和不同成分的超基性、基性、碱性和酸性侵入体的侵入活动^[135]。

在不同的大陆上，古活化活动与元古代不同的时间间隔

* 里菲期相当于我国震旦纪。——校者注

相对应。但无论在什么地区，这种古活化的特征是形成深大断裂，它们往往沿古老地台的边缘和内部延展数十或数百公里。在一些地区内它们受太古代构造方向的制约，而在其它地方又被分成若干具有不同的超变质岩褶皱特点的块断。第三种情况是它们继承着由沉积—火山岩和沉积岩充填的狭窄状的早元古代槽谷位置。

向下一阶段——地槽—地台阶段的过渡，在地球的不同地区同样都经历了不同的时间，从中元古代起到里菲期结束。西伯利亚东部的地台形成于16亿年以前，这时遭受剧烈侵蚀的太古代—下元古代片麻岩、结晶片岩、花岗片麻岩、花岗岩中开始形成实际上未受到变质作用的陆源——沉积盖层。在北美的一些地区，强烈的褶皱、深变质作用和花岗岩化在晚元古代还在继续进行，一直到格林威尔褶皱期（13—9亿年）。

关于里菲期和比较新的地槽—褶皱带演化的最全面的材料，已写入欧亚构造图^[89]的说明书中。值得注意的是这些材料推翻了Г. 施蒂勒^[103]关于里菲期初期地壳构造平面大规模改造的设想。里菲期地槽在局部地方继承了原始地槽的位置，局部地方则位于古地台之上。它们的特点是发育了极为宽大的冒地槽式拗陷，其中堆积很厚的（达10—15公里）沉积岩层，显示出一种由砂岩向页岩和碳酸盐沉积旋回性转化的特征。这时，陆源沉积物质是来自当时大幅度隆起的卡累利地台。这些物质多系石英岩，有时为长石砂岩。和沉积同时的内部隆起在这里几乎没有发现或者完全缺失。海绿石的K—Ar法年龄测定表明，里菲期冒地槽式拗陷作用进行得十分缓慢，延续到800—900百万年，即大大超过了古生代或阿尔卑斯褶皱构造的发育时间。里菲期优地槽带内具有细碧角

斑岩建造与类复理石建造相结合的特点：在西伯利亚东部，发生在里菲期地槽区的贝加尔褶皱系，以新形成的构造缝与地台分开，但在贝加尔褶皱内带广泛发育着正片麻岩和混合岩呈整合接触的和相交切的花岗岩侵入体。在许多情况下贝加尔褶皱带的前缘地方沉积了磨拉石建造，但贝加尔褶皱带典型的前缘拗陷没有发现。本文强调，在贝加尔褶皱区也不存在中间地块。

下古生代地槽局部位于贝加尔褶皱基底上，局部继里菲期地槽发育。细碧角斑岩层、硅质页岩层和“黑色”页岩层是它们的特征。发育程度较低的是杂色凝灰质和碳酸盐沉积。与贝加尔冒地槽相反，在大多数情况下碎屑物质具有局部成因特点，故而常常是复矿碎屑或杂砂岩碎屑，较少为长石砂岩碎屑，几乎极少是石英碎屑。下古生代地槽内与沉积同时的构造运动是十分明显的，伴随有尚未达均衡的深水笔石页岩拗陷。只有少数情况下才可能区分下古生代的冒地槽和优地槽(挪威，中哈萨克斯坦)。大多数地区下古生代火山作用还包括了边缘拗陷作用。在一些下古生代地槽内，发现有地球历史上最早的具有中间地块性质的大型地背斜隆起。加里东造山褶皱带突出的特征就是没有边缘拗陷，而一般地说造山运动发展很有限，后者多分布在孤立的拗陷中，在2—3个地质时代(120—140百万年)中堆积形成，其厚度不大，不能与较年轻的褶皱系的造山运动的地层组相比拟。

加里东期后盆地中的沉积建造的层序也很不一致。基底往往是陆相红层，含酸性-中性成分的喷发物。上部是陆源——碳酸盐沉积，有时为含石膏的海相沉积。由于古气候条件的变化，它们常常变为含煤、含盐或杂色的陆源——泥灰质岩层。所有这些说明加里东期后盆地属于一种既不像地槽也不

像地台的特殊构造。

至于深部岩浆作用，可以说它们在加里东造山运动的时候显示出相当强烈并且很复杂。尤其是广泛发育着超基性和基性侵入体以及建造间的花岗岩类岩体。

与沉积同时的运动的剧烈性和分异性，无疑是在逐渐增长。所以中、上古生代地槽的类型也是各种各样的。以碳酸盐或陆源建造为主的冒地槽，只发育在古老地台的边缘。在优地槽带内，细碧角斑岩层和硅质层以各种火山-碳酸盐建造形式与生物灰岩共生在一起。在中古生代地槽系内，很早就开始形成了火山岛链，它们被冲刷之后造成杂砂岩建造的大量堆积。许多地槽具有巨厚的“黑色”页岩岩系的特征，其中一些属典型的库木木建造，它们由砾岩、砂岩、泥灰岩和含磷灰岩组成。在加里东、中生代和阿尔卑斯褶皱带的剖面上，没有发现这种建造。中、上古生代地槽和下古生代地槽一样，很少见有复理石建造。

上古生代地槽造山运动阶段的特点，是堆积含煤和红色磨拉石，出现典型的为含盐沉积充填的边缘拗陷和强烈的陆相火山活动。

古生代地槽的发育，在欧亚各地几乎都以海西褶皱期为终结，海西褶皱期在某种程度上包括着加里东褶皱区。许多海西期褶皱区有中间地块（早期固结地块）是人们所清楚的，在这些块地范围内十分明显地观察到较古老的构造岩浆作用现象，具有清楚的复式块断构造。

海西造山运动期的深部岩浆作用特别复杂，侵入体广泛发育，由超基性到超酸性。花岗岩类的侵入体最为发育。

中生代褶皱区几乎成连续的环状，环绕太平洋分成^[89]二个极不相同的类型——内华达型和科雷姆型。前一类型的

特点是遭受绿岩蚀变的海底火山岩层，以及碎屑状硅质建造强烈发育。这一类型的拗陷从北美经阿拉斯加延至亚洲岛弧。在科雷姆型拗陷的情况则相反，形成的不是火山岩层，而是陆源和部分的类复理石岩层。它们堆积在地台基底上十分宽广的拗陷内，像贝加尔褶皱带一样，碎屑物来自地槽以外的地方。科雷姆型地槽的特征，还表现为具有较弱的切割性，及中间地块和前缘拗陷的重要作用，在超基性岩完全缺失时花岗岩类岩石相当发育。对科雷姆型中生代建造和构造的分析结果表明，它们在欧亚褶皱区内没有相似的情况，系一种太平洋活动带的特殊构造单元。

阿尔卑斯地槽几乎到处都分布在较古老的褶皱构造上，因此，它们的形成时间测定得相当准确。一些深部地槽拗陷出现在石炭纪末和二叠纪内，但主要是在三叠纪末和侏罗纪初期。在一部分拗陷内，火山岩层在三叠系和侏罗系剖面上明显占优势，厚度也相当大，但在其他一些地方，作用则不大。到了侏罗纪末和白垩纪中期，开始了阿尔卑斯带发育的第二阶段，这时包括火山岩层在内的复理石建造成了主要建造。早期拗陷继续下沉的同时，也就填满了复理石沉积。正是由于后一阶段复理石沉积的大量发育，从而决定了阿尔卑斯褶皱带的特性。地槽拗陷的封闭阶段伴随有强烈的褶皱活动，形成巨大的逆掩断层及复背斜的隆起和扩大。此后开始了阿尔卑斯褶皱带的造山或磨拉石的发育阶段。这时产生了由大小不同的盆地所隔开的长形山脉的急剧隆起，物质沿推复大断层的大规模移动并形成一些深的边缘拗陷，大多数地区的磨拉石杂岩从渐新世末期-中新世初期，直到现代仍在堆积。它们伴随着强烈的火山活动，喷出凝灰岩，其中包括熔结凝灰岩。根据阿尔卑斯带的强地震作用、现代火山活动、

明显的地壳运动以及地台盖层的缺失等情况看，可以认为从比利牛斯半岛到喜马拉雅山的整个延续地带，其最后阶段尚未结束。

同样，东亚岛弧的新生代地槽系和它的深海海槽及强烈的现代安山岩火山活动，也没有结束自己的发育阶段。

对欧亚大地构造资料的分析，发现古老和年轻地台之间存在着根本的差异。古老地台形成在前寒武纪（包括贝加尔褶皱构造在内）的基底上；而年轻的地台是分布在加里东和海西期的基底上。年轻地台构造运动规模及其分异程度，比古老地台要大得多。巨大的台背斜和台向斜呈镶边交替出现，是古老地台的特点，但在年轻的地台上它们的范围则比较小，并多与线型正负构造相连接。这是因为基底褶皱与地台盖层形成开始之间，间断时间长短不同的缘故。绝大多数情况下，古老地台的结晶基底在褶皱作用和变质作用之后，在几亿年过程中受到剥蚀。年轻地台的拗陷几乎是在地台发生褶皱之后就开始了，这种间断不超过几千万年。地槽发育最后阶段的构造运动，不是很快就结束的，而是比较缓慢地持续到150—170百万年。正是这些因素决定了年轻地台上沉积盖层的构造平面展布继承着下伏褶皱带的特点，并在盖层内产生线型构造形态。

古老地台盖层最突出的特征是：砂岩、含海绿石的砂质泥岩、磷块岩、石灰岩、灰质白云岩、含盐、硅质、含煤和红色的陆相建造发育，它们受气候分带制约、形成有规律的层序（自下而上）：陆相陆源建造—海相陆源建造，海侵—海相碳酸盐建造，海退—陆源建造。在某些古老地台上大量出现暗色的岩浆活动。年轻地台的盖层主要由陆源岩石和少数碳酸盐岩、火山岩和溶液沉积岩组成。在不同的岩石组合时，往

往形成陆源-海陆相建造、红色、杂色建造、含煤、含盐建造、灰岩、泥岩、泥炭岩等建造。这些建造中有海相的、陆相的、外来的和原地的生成的。在地台盖层的下部观察到沿断裂发生的明显的构造活动标志，这种断裂导致了粗大碎屑岩的局部堆积。剖面上部至新生界后半部分，它们逐渐消失，这时年轻地台的很大范围内发生了构造活化作用。

众所周知，地槽和地台构造的基本规律是按照欧洲和北美的地质研究建立起来的。但早在二十世纪初B. A. 奥勃鲁契夫^[62]就曾证实，西伯利亚东部和中亚细亚在中生代和新生代发展史上没有提供地槽向稳定地台转变的典型格式。这些地区在古生代褶皱活动后，受到强烈剥蚀，长时间处于较稳定的状态，它们现在的地貌是由于多次的断裂活动形成的，这些断裂活动多伴随着沉积作用和火山作用。B. A. 奥勃鲁契夫把这种方式形成的山脉划为一种特殊的再生山类型。这就是活化区的特征标志。

最早描述这些地区可当做大陆第三构造单元并可以与地台、地槽相并列的Г. Ф. 米尔琴克^[58]认为，这类地区在地壳演化中占有一定的位置，它们出现在古生代的结束时期，但从“太平洋地球改造的强烈运动期”开始发挥主要作用。

实际上，亚洲东部在中生代中期，广阔的地区都经受过强烈的构造运动和花岗岩类岩浆作用。它们不仅在中生代地槽带内出现，而且也贯穿在早期固结的地区。根据参与构造-岩浆活化的构造单元的大地构造性质来看，这些地方在太古代、元古代和古生代基底上出现过活化的地台、古生代褶皱活化区及最后在地台和地槽-褶皱基底上出现火山带^[32, 104]。

对构造-岩浆活化作用的所有各种过程，可以归结为以下诸标志：出现在陆地环境，叠加在地台和已结束褶皱的地区；