

国内外铀矿地浸采矿发展现状 及可地浸铀矿找矿

夏同庆

赵致和

(核工业二〇三所, 咸阳, 712000)

(核工业西北地勘局, 西安, 710000)

本文介绍了近年来国内外用地浸方法采铀和寻找可地浸铀矿事业蓬勃发展的概况, 重点阐述了使地浸采矿应用范围进一步扩大、经济效益得到提高的各种强化地浸过程的措施。文中还依据国外最新有关水成铀矿床的成矿特点、成矿机制的文献, 着重介绍了岩石中碳质物质的氧化改造作用以及油气藏与铀矿化形成之间的联系的新认识, 并对沉积盆地中水的渗入和渗出两种机制及其成矿专属性的研究成果作了简述。

文中依据水成铀矿成矿特点指出了一些普查标志和找矿准则, 并对寻找这一类矿床特有的技术和方法作了介绍。

关键词 地浸采铀技术 水成铀矿床 可地浸铀矿找矿

自80年代末地浸采铀技术及水成铀矿成矿理论引入我国铀矿地质系统之后, 由此导致了大规模地寻找可供地浸的铀矿工作, 并迅速获得了可喜的成果。

运用水成铀矿成矿理论和先进的技术, 寻找大量可供地浸的铀矿床已成为我国铀矿地质系统“八五”和“九五”期间找矿的主攻方向之一, 是我们增强竞争力和提高经济效益的主要途径。

1 地浸采铀和寻找可地浸铀矿事业蓬勃发展

众所周知, 以地浸采铀技术为代表的地浸采矿技术的开发和应用是采矿史中的一次重大的技术革命, 它以其独特的优越性和巨大的经济效益而倍受青睐。在当今世界铀工业处境艰难、竞争异常激烈的情况下, 越来越多的国家都把寻找和开发适于地浸的铀矿床作为降低成本, 提高效益的主要目标。在全世界范围内形成了一股热潮, 并已经发现了大量可地浸铀矿床。

地浸技术的出现改变了前苏联铀资源的面貌。据统计, 独联体各国每年生产的454—1 262 kg U_3O_8 中有40%是由原地浸出生产的。中新生代砂岩盆地中的铀储量占总储量90%的美国, 自1975年开始以工业规模原地浸出采铀以来, 已发展成为该国铀工业的一种主要生产手段, 随着铀市场的萎缩, 到1992年初, 常规的采铀活动实际上已经完全停止, 现存和设计中的9个矿山全部为原地浸出企业。近来, 加拿大、蒙古、捷克、斯洛伐克、保加利亚、罗马尼亚、印度、巴基斯坦等都报道过有关发现或开发可地浸铀矿的情况。

我国自70年代起先后在广东、黑龙江、云南等地进行过地浸采铀试验, 1987年云南腾冲

381矿床地浸采铀试验成功之后,又在新疆伊犁512矿床上取得更佳经济效益,目前正在扩大试验,已形成相当规模的生产能力。我国现正在进行生产的6个铀矿山,就有5个采用了地浸、堆浸或原地破碎浸出的溶浸技术。一个以地浸、堆浸为主的采冶体系正在我国铀工业系统中形成,并将占有越来越重要的地位。

近年来,在“低品位、大矿量、可地浸”的找矿思路指导下,在西北地区开展了大规模的野外调查和地浸条件的试验研究,在新疆伊犁、内蒙二连盆地,发现了可供地浸的铀矿资源。这一成果被列为1992年全国地质勘查行业地质找矿有重大突破和进展的新发现之一。据许多资深专家的分析,类似的地质条件在西北的准葛尔盆地、塔里木盆地、柴达木盆地北缘、陕甘宁盆地西南部、东北的下辽河盆地、松辽盆地等都存在着,展现了良好的找矿前景。

2 地浸采铀技术不断完善,应用范围进一步扩大

地浸采铀技术首先广泛应用于那些具天然渗透性的层状外生矿床,即赋存于自流盆地砂岩中的水成铀矿床。

目前,在原地浸出采矿的理论研究、工艺技术、生产经验、专用材料设备、仪器研制以及自动化管理等方面均以采铀最为成熟。随着这一事业的发展,开采方式、开采系统和工艺流程的改进和不断完善,满足地浸要求条件的矿产种类、矿床类型和矿床数量也在不断增加。例如这一技术的应用范围已从疏松渗透性砂岩矿床扩大到某些类型的硬岩矿床,采矿深度从700m以上加深到1000m以下;从仅开采铀发展到同时回收铼、硒、钼等伴生元素;从早期的主要用于开采铀、铜矿床推广到开采金(砂金)、锰(氧化锰)和某些稀有及稀土矿床。

地浸技术近来最重要的进展是在采矿的实践中,研究出了许多强化地浸过程的措施,用人工(物理、化学、水动力)的方法来加速浸出过程和改善溶浸液渗滤条件(附表),使之适用于更多类型矿床(例如某些硬岩矿床——花岗岩、火山岩、碳硅泥岩型)和某些地质、水文地质及构造条件较为复杂的矿床,或使原来不能采用地浸方法但经强化措施后而使地浸成为可能,或可大大提高经济效益甚至使废弃的矿床重获新生。

目前,研究强化地浸过程的措施是多种多样的,它大大地推进了地浸事业的发展,在地浸工艺学领域内已形成了一个独立的科目。1988年以来先后出版了前苏联《强化地浸的方法》、《地浸矿山的建设和开采》,美国麦基、雅各布森《硬岩矿床地浸的设计准则》,表明强化措施已进入了实用阶段。从所取得的效果看,强化措施在不久的将来就可成为原地浸出的常用手段,且随具体矿床而异的强化方法还会越来越多。

近来还见有使用传统矿山地下开采法与地浸法相结合采铀的报道。前苏联和保加利亚等的一些硬岩矿床,先用常规矿山方法开采最富矿段,然后利用形成的空间作为补偿空间,原地浸出处理低品位矿石以及留在矿柱或充填料中的矿石、或崩落待浸的贫矿和表外矿石,以获得最大的经济效益。

由于上述强化措施的实施,使得最初原地浸出的概念也发生了变化,即从保持原产状条件下的浸出概念扩展到从矿区原产地矿石(包括非碎裂矿石和碎裂矿石、采场充填和崩落矿石或渗透区带矿石等),或废石堆、矿石堆、残渣堆及尾砂堆等物料中就地浸出所含有用金属。

附表 地浸过程的强化措施

方 法	工 艺
水动力学方法	钻孔脉动式工作方法 改变浸出过程中溶浸剂的运动方向, 抽、注钻孔交替转换 间歇开采具不同渗透性的矿段 向矿体和矿床中注水 往矿层中加压注入溶浸剂
物理化学方法	预先酸化矿层 浸出过程中补加试剂、氧化剂或某种细菌(硫铁杆菌、氧化铁多股索状菌属等) 用注入气体饱和溶液的方式酸化矿石 用排出地层水的方式酸化矿石 化学解除堵塞
物理方法	人工建造屏蔽层或水力幕(例如灌注水泥或某种聚合物) 人工爆炸(包括钻孔、硐室和地下核爆炸)形成高渗透性带或崩落矿石暴露裂隙 用间歇水压裂方式建立高渗透带 用高密度电流和低密度电流(例如高频电场)作用于渗透带和矿体 用气动声学方法(例如超声波)和其他方法作用于渗透带提高浸出区溶浸液或岩石的温度

近来一些研究者还试图将计算机技术引入地浸的设计和管理之中。80年代后期, 美国矿业局研制出了一种名叫“原地浸出采矿设计手册”的计算机程序。这种程序可用于评价42种原地浸出采矿方案的作业成本模型的设计和分析, 向采矿工作者推荐任何特定矿床最经济、最成功的原地浸出采矿的方案。这要比用即耗时又费钱的实验室和现场模拟试验更为有效, 从而成为预测原地浸出采矿中的错综复杂情况的一种有用工具。有人正在研究设计地浸采铀方案的计算机程序并已获得某些成功。

地浸采铀技术在国外属于保密的高新技术, 但我们已经掌握许多关键技术, 例如钻孔结构、溶浸液配方、溶浸范围控制、地表工艺处理及参数计算等项技术。值得指出的是, 我国的地浸和地质工作者, 在寻找和开采可地浸铀矿实践中, 研究和编制出了一种独特的适用地浸方法开采疏松砂岩型铀矿储量的计算方法——单元矿块法。

原地浸出工艺是一项既成熟又具活力, 同时有着广阔发展前途的年轻技术, 许多方面需要国内外研究者进行改进和完善。例如矿体的天然特征测定技术、矿石碎裂的凿岩和爆破方法的改进, 矿体水文地质条件、溶浸液喷射与回收系统的改善、浸出系统氧化条件、松散矿石浸出机理的研究等。另外, 深层块状矿体理想浸出参数和环境保护方面都还有许多工作要做。过去认为环境污染较小的地浸采矿方法, 实际上对地下水的污染远比人们想像的严重得多, 生态环境恢复的任务繁重, 不可轻视。

3 对水成铀矿床成矿特点的认识逐步深化, 成矿机制得到进一步阐述

到目前为止, 适于地浸和应用最广泛的仍然是那些赋存于沉积盆地中具天然渗透性的层状外生矿床, 它包含着世界最重要的铀资源。

如前所述, 这类发育于层间氧化带的铀矿床, 尽管存在着不同的工业类型, 但其形成均与年轻地台活化期产生于自流盆地循环的含氧水的活动有关。此种含氧水从补给区的岩石和盖层本身浸出铀和伴生元素, 在向卸载(排泄)区前进的道路上, 将其沉积在物理化学及热力学条件发生重大变化的地球化学障(氧化-还原障等, 图1)上。正如铀能在具天然渗透性

的疏松沉积地层中通过化学作用而沉积一样,所谓地浸就是通过与此相反的化学作用将铀再提取出来,只不过人为地加快了其反应速度。

一些研究者在总结了这种类型矿床分布之后指出,它们通常产于古老的和年轻的地台或活动带内的中间地块内相对稳定的地质构造环境中,赋存在高还原性、高渗透性且分布稳定

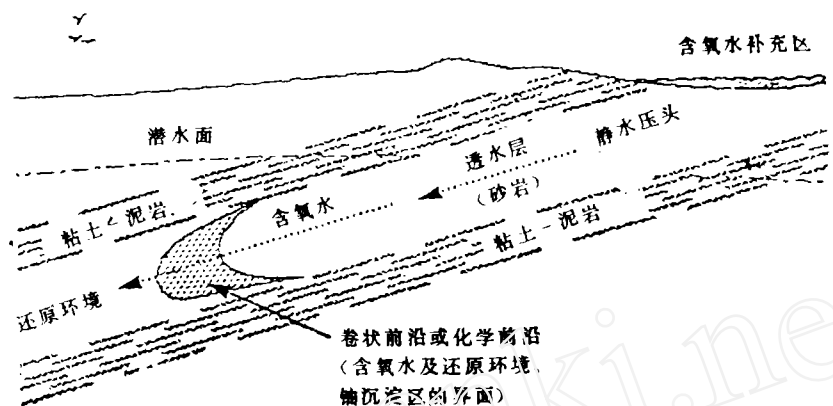


图1 砂岩透水层横断面

的含水层中,具体部位为由含氧地下水所形成的层间氧化带尖灭处。大型冲积扇前缘的海陆交互相、海岸平原相、滨海相是有利的相带。根据新的资料,铀及伴生元素的工业富集,只能形成于含有上述金属有效还原剂的有利岩相及有利地球化学类型沉积物的层间氧化带中。相对富含碳质、有机质的黑色和灰色沉积物,由上升的含硫化氢、烃类和氢的溶液活动引起的还原后生作用地段上任何一种地球化学类型的岩石都属于这类沉积物。

有利的古气候条件是沉积期后有较长时间的干旱、半干旱的炎热气候;地貌景观区多为沙漠、半沙漠和干旱草地。所以产生这种情况的原因是由于在这种条件下土壤潜水层中有机质极低、腐殖层很薄或缺乏,从而可保证大气中的氧毫无阻挡地渗入深部,促使深部层间氧化带持续向前发育,同时由于强烈的蒸发浓集作用也有利于地下水和层间水中铀的富集。另外,干旱地区潜水面低,这就决定了来自补给区的基岩裂隙——潜水主要流向自流水盆地含水层而不排泄于地表水系之中,这也有助于层间氧化带在含水层岩石中的形成。

一些作者最近将这些循环于沉积盖层透水岩层的含氧地下水向前推移的层间氧化带,进一步划分成不同的地球化学带,指出铀及伴生元素的后生聚集分别定位于这些不同的地球化学带中,形成一种具不同矿石成分、彼此套叠的“卷状”矿带系(图2)。他们还指出,这些有用组分的分布位置决定于它们从同一成矿层间溶液中沉淀出来的顺序,即:在从层间氧化岩石向未氧化岩石过渡时,按Eh值降低($\text{Se} + \text{V} \rightarrow \text{U} \rightarrow \text{Re} \rightarrow \text{Mo}$)和pH值升高($\text{V} \rightarrow \text{Se} + \text{Y} + \text{TR}$)的顺序依次沉积的。

Р. И. Щеткин等最近在研究Торткук矿床和下伊犁矿床时指出,岩石中的碳质是铀的主要还原剂,而碳质的氧化改造作用则在铀矿化及伴生元素的聚集起着决定性的作用。他们通过岩心微生物取样分析结果查明,细菌种属空间变化情况与碳质物质氧化后生分带性是相符的,从而证实了碳质的氧化改造是微生物作用引起的。

早先人们曾认为各类油气藏和地沥青矿化是形成砂岩型铀矿的“克星”。В.Н.Холодов等研究得出,除了煤之外,石油、气态烃等也可作还原剂,图3为产于碳酸盐岩集水层的石油层,在渗入破坏过程中形成铀-钒矿床的示意图。因此,盆地深部有良好的储油构造、有油气田的存在或有油气的显示也是该类型铀矿成矿的有利条件之一。当断裂沟通储油构造时,易逸出的还原气体(CH_4 、 H_2S 等)沿断裂向上运移,在与层间含氧、含铀地下水相遇时,形成了地球化学上的还原环境,促使铀还原沉淀。我国学者也通过研究证实,川北地区已向国家提交储量的几个砂岩型铀矿床及大量的铀矿化点带均赋存在所圈闭的某油气藏远景区内,受油气藏构造控制,铀的成矿与油气田、油气构造表现出空间上的一致性。最近张如良等通过对我国二连盆地中“努和廷式”铀矿床的研究证实,它们产于中新世陆相盆地油气田的顶部或边部,其形成与油气田中油气水渗漏所造成的地球化学还原环境及物质参与有关,作者并据此提出了“以油找铀”的找矿思路。

除了层间氧化带的控制作用外,研究者们还强调排泄源和矿床分布的依存关系。排泄源作为铀及伴生钼、硒、镭矿化的聚矿构造,不仅在空间上控制着区域层间氧化带的位置、它的含矿性及矿化体的形态,而且也决定着它们在不同时间内存在的位置。排泄源往往表现为断裂、构造窗等,其地表标志为盐湖、沼泽、盐碱滩、水中矿化度及土壤中重金属含量增高区、呈线型的水泉分布区等。

现代水文地质学领域的重大进展之一,是前苏联学者Н.К.Зайцев等人根据对自流盆地水动力学和水文地球化学环境在空间、时间上变化情况的研究,在沉积岩盆地中划分出了水自由交替层和难交替层的范围,后者又分出层间水运动方向不同(相反)的渗出和渗入方式区。所谓渗出方式,即盆地中水的运动是由地静压力作用或受构造挤压而挤出保存于沉积物中水的过程,或水的运动是从地壳深部沿断裂进入而发生的。简单地说盆地下陷的中心部位是形成水头的地方,盆地的边缘是排泄区,水的运动在剖面上表现为上升式,平面上为离心式。这类盆地通常赋存于构造活化区中,这里出现特别强烈的下降运动,导致大量沉积物的堆积。所谓渗入方式,即渗流水沿着储水层从补给的隆起区流向排泄的沉降区,亦即从盆地的边缘向中心运动,其运动形式表现为剖面上呈下降式,平面上为向心式。这类盆地一般形成在地台或造山区中大地构造稳定的地段,盆地本身弱的构造拗陷造成较小厚度的沉积层堆积,而邻近地区的上升运动则有利于发育侵蚀作用及沉积地层的风化,产生了渗流水沿储水层从补给的隆起区向沉降区排泄。

这两种方式是自流盆地水文地质发展史不同阶段的产物,往往在一个大型盆地中交替出现。

这种划分的重要意义在于,上述不同的水动力学环境决定了它们具不同的地球化学分带性,这种特征又决定了它们具完全不同的成矿专属性。前苏联学者经过大量研究后指出,在盆地的渗入方式区,广泛发育着铀、硒、镭、钼等矿化,而在渗出方式区出现的是石油、天然气、硫、铜、硼、锶等矿产。

В.И.Щеточкин等研究了中亚中克兹尔库姆盆地中水难交替层的特点,指出其具有活跃的渗入条件,沉积盖层的含水体不只靠中克兹尔库姆古生代地体中的裂隙水,而且也靠天山高山区裂隙水长距离侧向水迁移来补给。预测它应是一巨大的铀矿省,随后的普查勘探工作导致了一系列巨大铀矿床的发现。

纵观历史,水成铀矿床成矿理论的发展,从最初的正常的沉积成矿,逐步演变为外生后

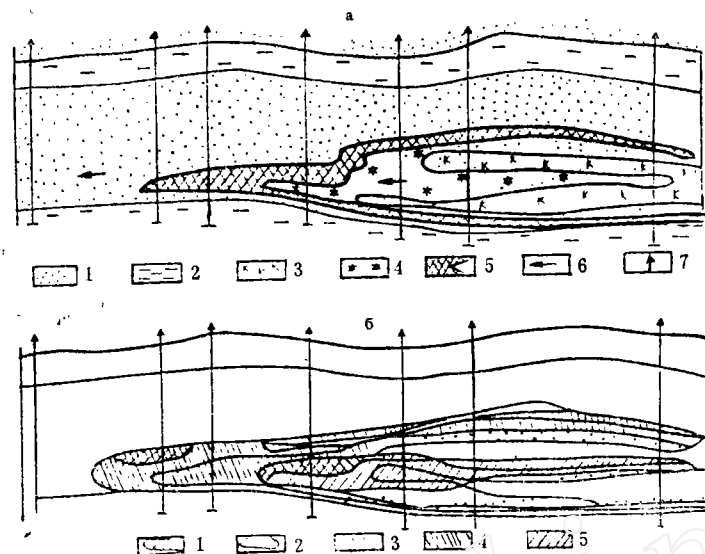


图2 北Канимех矿床后生分带剖面中铀、硒、铌、钽矿化的位置

a——岩性-地球化学剖面; 1——渗透性砂页岩; 2——不透水的粉砂、泥质岩石、层间氧化带; 3——粉红色; 4——黄色; 5——铀矿化; 6——层间水流方向; 7——钻孔。6——U、Se、Re、V的分布: 1——层间氧化带分布范围; 2——铀矿富集范围; 3——硒 ($>0.01\%$); 4——铌 ($>0.5 \times 10^{-6}$); 5——钽 ($V_2O_5 > 0.05\%$)

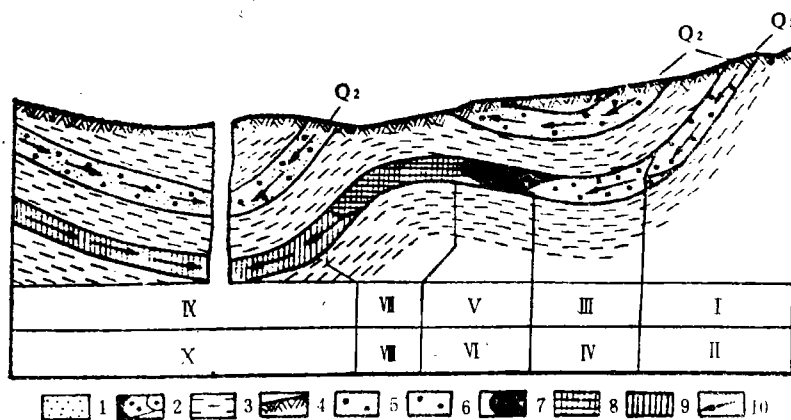


图3 碳酸盐岩中的油层被破坏时形成的渗入型铀-稀有金属矿床示意图

碳酸盐岩储集层 (I、II、V、VI、X) 和层间水 (I、IV、VI、VII、X) 的分带: I——Fe、Mn氢氧化物, 带出有机碳; II—— $SO_4^{2-} > Cl^{-}$ 、 HCO_3^{-} 、 Ca^{2+} 、 $Mg^{2+} > Na^{+}$; $mol/L = 0. ng/L$ 的 O_2 、 U^{6+} (V^{5+} 、 Mo^{6+} 、 Re^{7+} 、 Se^{6-}); III——Fe硫化物, 带出的有机碳; IV—— $HCO_3^{-} > SO_4^{2-}$ 、 Cl^{-} 、 $Ca^{2+} > Mg^{2+}$ 、 Na^{+} ; $mol/L = n \times 10g/L$ 的 H_2S 、 Fe^{2+} ; V——铀和混入元素浓度、黄铁矿化、硅化、溶解的 $CaCO_3$; VI—— $Cl^{-} > HCO_3^{-}$ 、 $Na^{+} > Ca^{2+}$ 、 Mg^{2+} 、 U^{4+} (V^{5+} 、 Mo^{6+} 、 Re^{4+} 、 Se^{4+}); VII——含少量V、Co、Ni、Mo等元素的固体沥青; VIII——油层; IX——含原生有机物和成岩期硫化物的未蚀变岩石; X—— Cl^{1+} , 没有其余阳离子, $Na^{1+} > Mg^{2+}$ 、 Ca^{2+} , $mol/L = n \times 100g/L$ 。

1——砂质储集层; 2——碳酸盐储集层; 3——粘土盖层; 4——土壤; 5——铁的氢氧化物; 6——铁的硫化物; 7——铀-稀有金属矿卷; 8——油层; 9——原生弱蚀变岩石; 10——富氧水的运动方向

生富集假说,后来又引入了由自流盆地含氧承压水活动形成控矿层间氧化带的理论。对这些矿床的地质、成矿系统的水动力学和水文地球化学特征的研究,可以建立更严密的层间渗入围作用的成矿学说。这种理论把该类铀矿床的形成看作是彼此互相联系的一连串事件的最后一环。这些事件包括:氧在地下水中的渗入、渗入水流路径上铀的氧化浸出,由于形成氢、硫化氢的微生物群活动而引起孔隙溶液Eh值急剧降低处或其他类型的地球化学障(氧化-还原障)上的成矿物质沉淀,在原来无矿的灰色岩石上形成工业铀矿化及某些元素的矿化。据最新资料,这些矿化沉积,既可是上述含氧层间水,也可是沿断裂上升的热还原溶液,或两者互相作用而引起。

4 可地浸铀矿找矿

地浸技术的广泛应用,改变了只有找到富矿才是经济效益好的概念。我们应大力寻找和开发适于地浸的大型和超大型铀矿床,以满足我国核电事业长期稳定发展的需求。

目前已有了一些找矿的实践经验,但如何用最新的水成铀矿成矿理论作指导,分析成矿的地质条件,预测成矿远景,确立找矿标志和找矿准则,全面掌握找矿勘探各个阶段进行地浸可行性论证的技术方法,仍然是急待解决的课题。

4.1 依据水成铀矿床的成矿特点,确立某些普查标志和找矿准则

水成铀矿成矿理论的引入,使我们的找矿思路扩大,从只注重蚀源区铀源条件到把含矿的沉积盖层本身也看作为重要的铀源;从只在中新生代中小型盆地边缘找矿走向大盆地、盆地中心找矿;从单纯找富矿、大矿到寻找低品位、大矿量可地浸的大型、超大型矿床;从就矿找矿到更有把握地分析成矿环境、选择有利靶区进行找矿;随着地浸技术的进步和强化措施的实行,还使得我们从只寻找水成铀矿发展到研究开发各种类型可地浸的矿床。

深入研究水成铀矿床的成矿特点,还使我们有可能在研究沉积盆地的水动力学、水文地球化学和古水文地质学的基础上,与盆地的地质构造特征、含水围岩层岩性岩相特征、地质发展史及后生成矿作用联系起来,更精确地分析大矿出现的地质环境。这比囿于就矿找矿、地表各种晕场的研究,较之于按面积进行地质、物探、化探和水化综合找矿会更有成效。例如,在寻找可地浸水成铀矿过程中,着力去分析确定是否存在层间水渗入方式的发育区;是否存在层间氧化带及其在地层中可能的空间位置、规模、含矿性;分析确定作为铀和伴生元素聚矿构造排泄源的位置等,就成了至关重要的环节。最近黄世杰同志把形成水成铀矿有利的地质条件概括为:铀源丰富,气候干燥,稳定大盆,产状平缓,冲积大扇,相变不大,砂泥互层,埋深不大,含水性好,透水性强,层间氧化带发育,富含还原剂。

前苏联学者在研究中亚盆地的成矿作用时,为了有效地预测层间渗入型铀、钼、镓及其他与还原障有关的矿化,提出了一些具体的找矿标志。他们认为,在层间渗入成矿作用时,未蚀变沉积岩石的还原能力是决定性因素。还原能力的大小是由下列岩性-地球化学指标来综合评价的:胶结物和碎屑颗粒的颜色、有机碳含量、Fe和S黄铁矿含量的平衡情况、根据高锰酸盐或重铬酸钾对岩石氧化作用而确定的还原能力值(ΔEh)以及存在厌氧微生物(还原硫酸盐和形成氢的细菌)的情况。这些研究提出,要能形成足够规模的铀矿化,在剖面中必须是渗透性砂岩与灰色粘土交替出现,且砂岩属于黑色、暗灰色或灰色的地球化学类型,有机碳含量在0.05%以上, $Fe^{2+}/Fe^{3+} > 2.0$, $\Delta Eh \geq 30mV$,灰色矿物碎屑与红色(褐色)碎屑比值 > 5 等。有人还给出了把上述还原能力称为岩石原始地球化学类型的综合性指标。

由自流盆地含氧层间水在沉积盖层灰色渗透性岩石中形成的渗入型铀矿床,具有侧向不对称的控矿后生氧化分带性。可通过两种元素来研究这一特点,它们是铁(可用肉眼观察岩石颜色的变化来确定其地球化学特点)和铀(可用岩石的放射性测量很容易确定它的地球化学特点),这种研究在野外条件下是很容易达到的。

岩石孔隙中铀、钍、钼等可作为辅助的普查标志。例如,在其他条件相同的情况下,孔隙溶液中的铀含量高于 100mg/L 时,任何时候都可看作是出现铀矿化的有利因素,然而当孔隙溶液中铀浓度很高($n \times 10^4\text{mg/L}$)时,则表明缺乏保证铀能转入固相的条件,在层间氧化尖灭带上不产生工业铀矿化。

近来正在研究和发展一种放射性同位素技术用于寻找可地浸砂岩铀矿,即利用地下水中铀、钍同位素组成、其分布和变化特点,研究铀矿卷前锋的演化和移动速度,并借此来预测是否有铀的堆积发生、是否有富矿存在的条件,效果颇佳。

4.2 掌握地浸矿床找矿特点和技术

我们所要寻找的是能满足一定条件能用地浸方法开采的矿床,这就决定了普查、预测和勘探的对象、方法、手段以至于圈定矿体、储量计算、技术经济和环境评价各个环节均与常规普查勘探工作有所不同,甚至差别很大。例如用矿山方法开采的经济技术指标首先取决于矿体的形态,而地浸开采则主要取决于剖面的含矿性及其地质工艺性质。再如,用地浸方法开采的铀矿床都是盲矿体,钻探就成为基本的手段,因而研究其天然条件和地质条件主要是根据钻探资料编制的产矿层断面专用平面图。由常规传统的地质方法所提供的普查和勘探资料远远不能满足地浸开采的设计要求。我们要认真学习和研究国外经验,通过实践,逐步制定出一套适合于我国情况的找矿勘探标准、规范。因此,在找矿过程中除了使用传统的地质研究方法外,还要特别注意收集与地浸有关的资料,建立一些新的方法和手段。例如需要详细了解矿体和围岩的渗透性能、岩石和矿物成分以及相变资料、矿床水文地质和水动力学特点等,具体地说就是含矿围岩层的粒度成分、孔隙度、裂隙岩层的裂隙率、产状,含水、隔水层的厚度和渗透系数,含水层之间的水力联系,围岩和矿层渗透系数和厚度比值,地下水的埋藏深度,承压水头的高度,地下水的流向、流速、补给、排泄条件等。

对寻找一个拟用地浸方法开采的矿床来说,最显著的特点是普查勘探技术在一些方面与开采技术融为一体,因而与常规找矿方法最大的区别是从区域远景预测到勘探的各个阶段,都要进行一系列由简单到复杂、由顺便到专门、由实验室到野外现场的地质工艺研究工作,即在不同规模上直接试验性地实现所研究矿床地浸采矿的地质工艺过程。因而地浸参数研究和地浸试验就成为找矿和评价,也即所谓地浸可行性论证的一个必需手段。

近来还采用一种勘探地浸矿床的特殊研究方法,以确定是否能运用这一先进采矿方法,这就是模拟相应浸出过程的数学模型和实际模拟。作为模拟一定的流体动力学条件下,矿石浸析过程中出现的地球化学作用的数学模型,可将构成该采矿方法的所有物理化学过程综合到某种形式的关系式——数学式中,根据这种数学式可以更好地预测和优化地质工艺条件。

技术校对 高必娥