

蚀源区地质体铀浸出率与砂岩铀矿成矿关系*

The relationship between uranium leaching rate of provenance rocks and formation of sandstone-type uranium deposits

蔡根庆

(核工业北京地质研究院, 北京 100029)

CAI GenQing

(Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China)

摘 要 通过吐哈盆地南缘觉罗塔格山系和准噶尔盆地周缘(不包括准盆南缘北天山山脉)不同岩石浸出试验发现,同属中晚古生代的侵入岩、火山岩及变质岩,在相同条件下其铀浸出率有明显差异,即吐哈盆地南缘各类岩石的总浸出率在 14.30%,而准噶尔盆地周缘(不包括准盆南缘北天山山脉)岩石的总浸出率仅为 1.81%,这也许正是吐哈盆地南缘形成万吨级砂岩铀矿,而准盆北部(顶山地区)砂岩铀矿成矿前景欠佳,目前只有个别工业铀矿孔及部分矿化孔,而不具工业意义的原因之一。

关键词 蚀源区地质体;铀浸出率;砂岩铀矿

地浸砂岩铀矿是一种在开放体系下与后生渗入水成矿作用有关的水成铀矿床。与中亚台向斜式沉积盆地不同,我国许多砂岩铀矿产在与构造活动带有关的中、小型山间盆地内,属近源成矿,因此渗入水本身的含铀性是决定能否成矿的关键因素。而渗入水的含铀性除地层本身在渗入水作用下产生水岩反应浸出铀外,蚀源区岩石铀浸出率的大小决定了地表及地下水(即层间渗入水)水中铀的含量。在中、小型山间盆地内,其构成含矿建造的碎屑物物源均是近源蚀源区地质体风化剥蚀碎屑搬运沉积的产物,含矿层在渗入水水岩作用中能浸出的铀量还是取决于蚀源区各地质体铀的浸出率。因此蚀源区地质体铀浸出率的讨论对评价盆地砂岩铀矿的成矿前景和铀资源潜力有重要意义。

众所周知,岩石中铀的存在形式主要有二种,一种是矿物铀,即以晶质铀矿和铀以离子状态存在于各种重副矿物中(如锆石、独居石、褐帘石等等),除晶质铀矿外,各重矿物在表生条件下均属稳定矿物,不易分解释放出铀,这种形态存在的铀是稳定铀,不易浸出。晶质铀矿在表生氧化条件下组成矿物的 U^{4+} 能氧化成 U^{6+} ,以铀酰络合物进入水溶液,但笔者在天山山脉和准盆周缘不同岩类(花岗岩、火山岩、各类变质岩)做的近 50 个人工重砂中均未发现晶质铀矿,故晶质铀矿在新疆地区不是活性铀的来源。岩石中铀的另一种主要存在状态是吸附铀,即以离子或离子团被矿物表面吸附或存在于矿物裂隙和矿物粒间,产品甚至包裹体内的铀酰离子团,他们在表生作用下易于被含氧水溶解进入溶液,称为活性铀,他的多寡决定了岩石浸出率的大小。

为此,对目前已落实大型砂岩铀矿的吐哈盆地南缘蚀源区地质体(各类岩石)与准盆北(顶山地区)通过大量钻探揭露铀成矿欠佳的蚀源区地质体进行了浸出试验对比,以验证上述设想,为以后产铀盆地优选评价提供依据。

*国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409808)资助

1 样品分析和讨论

浸出样品的加工测试：样品（加工）采用对滚碾压，逐级过筛，直至全部通过 80 目（ $<0.18\text{ mm}$ ）的粉沫样。浸出条件模仿现代地下水的水化学环境，即用 NaHCO_3 配置成与本区现代地下水相当的 $\text{pH}=8$ 的弱碱性 HCO_3^- 水溶液，采用固液比 1: 10、在室温（ 20°C ）条件下浸泡 30 天（每天搅拌一至二次），并于 7 天、15 天和 30 天各取浸液一次进行铀含量分析。浸出分析结果分别见表 1、表 2。

表 1 吐哈盆地南缘不同地质体铀浸出率表

岩类、样号	岩 性	全岩铀含 量/ 10^{-6}	总浸出量 / 10^{-6}	7 天		15 天		30 天		平均浸出率 /%
				浸出率	占总量	浸出率	占总量	浸出率	占总量	
				/%	/%	/%	/%	/%	/%	
侵入岩类										
G-44	黑云母花岗岩	3.14	0.54	13.16	75.93	13.69	79.59	17.20	100	13.84
G-49	碎裂闪长岩	1.49	0.18	11.41	94.45	12.08	100	12.08	100	
G-85	正长花岗斑岩	2.06	0.18	4.66	53.31	8.25	94.39	8.74	100	
G-89	灰白色花岗岩	2.15	0.18	5.58	66.67	13.69	79.59	17.20	100	
G-92	花岗岩	1.34	0.24	17.91	100	17.91	100	17.91	100	
G-95	角闪斜长花岗岩	2.39	0.42	9.21	52.42	12.55	71.43	17.51	100	
火山岩类										
G-66	辉绿玢岩	2.11	0.096	3.41	74.95	4.55	100	4.55	100	9.24
G-67	角闪安山岩	1.04	0.12	4.62	40.03	11.54	100	11.55	100	
G-69	玄武安山岩	11.90	0.18	1.43	94.70	1.51	100	1.51	100	
G-72	玄武安山岩	1.51	0.24	11.26	70.86	14.57	91.69	15.89	100	
G-78	流纹岩	3.31	0.34	7.25	68.59	10.27	100	10.27	100	
G-90	辉绿玢岩	4.02	1.14	19.15	67.52	28.11	99.11	28.36	100	
G-97	辉绿玢岩	0.96	0.18	17.71	89.49	19.79	100	19.79	100	
凝灰岩类										
G-56	岩、晶屑凝灰岩	1.46	0.12	10.53	100	10.53	100	10.53	100	19.52
G-74	晶屑凝灰岩	2.97	0.18	6.40	100	6.06	100	6.06	100	
G-79	晶屑凝灰岩	2.82	0.30	10.28	96.62	10.64	100	10.64	100	
G-82	晶屑凝灰岩	21.70	4.57	18.35	87.90	18.57	88.09	21.08	100	
G-87	晶屑凝灰岩	2.05	0.54	24.39	92.60	25.85	93.14	26.36	100	
G-61	熔结晶屑凝灰岩	1.08	0.24	20.37	91.76	22.22	100	22.22	100	
G-91	熔结凝灰岩	11.80	2.62	18.18	84.73	19.24	86.67	22.20	100	
G-51	脱玻化凝灰岩	1.11	0.24	15.32	70.76	16.22	74.92	21.65	100	
G-55	玄武质熔结凝灰岩	1.14	0.12	10.53	100	10.53	100	10.53	100	
G-76	玄武质熔结凝灰岩	2.32	0.38	11.21	68.44	15.95	97.38	16.38	100	
浅变质岩灰岩类										
G-46	砂板岩	2.87	0.22	5.92	77.18	6.27	81.74	7.76	100	10.85
G-48	黑云母片岩	6.88	0.12	1.74	100	1.74	100	1.74	100	
G-53	泥板岩	1.45	0.22	13.10	86.35	15.17	100	15.17	100	
G-64	生物灰岩	1.48	0.30	19.59	96.65	20.27	100	20.27	100	
G-83	灰岩	2.36	0.22	9.32	100	9.32	100	9.32	100	
	均值	3.60	0.52		82.21		94.21		100	14.30

国土资源部保定河北省中心实验室分析。

表 2 准噶尔盆地周缘（不含天山山脉）不同地质体铀浸出率表

岩类、样号	岩 性	全岩轴含 量/10 ⁻⁶	总浸出量 /10 ⁻⁶	7 天		15 天		30 天		平均浸出 率/%
				浸出率	占总量	浸出率	占总量	浸出率	占总量	
				/%	/%	/%	/%	/%	/%	
中酸性侵入岩类										
05-3	角闪斜长花岗岩	2.80	0.086	2.285	74.42	2.357	76.74	3.071	100	1.683
05-5	斜长花岗岩斑岩	4.98	0.046	0.482	52.17	0.803	66.96	0.934	100	
05-9	石英正长岩	4.39	0.049	1.002	89.80	1.002	89.80	1.116	100	
05-13	粗粒黑云母花岗岩	4.01	0.051	0.648	50.98	0.773	60.78	1.272	100	
05-14	白云母花岗岩	4.98	0.098	1.265	64.28	1.466	74.79	1.986	100	
05-19	黑云母花岗岩	5.17	0.082	0.638	40.24	1.044	65.85	1.568	100	
05-19	斑状黑云母花岗岩	5.22	0.095	0.843	46.32	1.111	61.05	1.820	100	
中基性侵入岩类										
05-1	角闪斜长岩	1.92	0.044	1.875	81.82	2.187	95.45	2.292	100	1.461
05-4	云母煌斑岩	2.57	0.028	0.934	75.00	1.012	92.86	11.55	100	
05-8	辉长岩	1.12	0.026	0.982	42.31	1.429	61.54	2.321	100	
05-24	蚀变蛇纹岩	2.55	0.0039	0.055	51.85	0.153	100	0.153	100	
火山岩类										
05-2	辉绿玢岩	2.25	0.042	0.823	52.38	0.969	59.52	1.628	100	2.616
05-6	角砾凝灰熔岩	0.96	0.014	1.354	92.86	1.498	100	1.458	100	
05-7	安山玄武岩	1.78	0.053	0.730	24.53	1.461	49.06	2.977	100	
05-10	安山岩	4.94	0.024	0.324	66.67	0.486	100	0.486	100	
05-11	凝灰玄武质熔岩	1.06	0.013	0.236	19.13	0.358	29.23	1.226	100	
05-22	熔结凝灰角砾岩	2.65	0.21	2.075	26.19	4.151	52.38	7.924	100	
变质混合岩类										
05-12	条带状混合岩	0.99	0.0081	0.737	90.12	0.869	100	0.869	100	1.482
05-15	条带状混合岩	3.41	0.030	0.850	96.67	0.850	96.67	0.880	100	
05-16	片麻状花岗岩	2.95	0.018	0.475	77.78	0.610	100	0.610	100	
05-17	角闪混合岩	3.70	0.20	4.865	90.00	4.865	90.00	5.405	100	
05-18	变质砂岩	1.29	0.025	0.775	40.00	1.085	56.00	1.938	100	
05-20	片麻状花岗岩	5.72	0.045	0.402	51.11	0.420	53.33	0.787	100	
05-21	变质石英岩	1.64	0.0081	0.232	46.91	0.232	46.91	0.494	100	
05-19	变质交代花岗岩	1.94	0.017	0.134	15.29	0.263	30.00	0.876	100	
	均值	3.00	0.053		58.36		73.16		100	1.807

国土资源部保定河北省中心实验室分析。

表 1 是吐哈盆地南缘觉罗塔格山系不同地质体岩石铀浸出率表。表 2 为准盆周缘（南缘除外）不同地质体铀浸出率表。由表 1、2 对比可以得出：

（1）岩石的总浸出率在 7 天时分别占总浸出量的 82.21%和 58.36%。15 天时分别为 94.21%和 73.16%，这反应出岩石中活性铀占浸出铀总量的主要组成，特别是吐哈盆地南缘，7 天内浸出的铀占全部浸出铀的 80%以上，而后 15 天仅占浸出铀总量的 5.8%；而准盆周缘（除南缘天山山脉）地质体 15 天浸出的铀量占浸出铀总量的 73.16%，近 30%的铀活动性差，不易浸出。

（2）火山岩的浸出率高于侵入岩，特别是凝灰质岩石，在吐哈盆地南缘蚀源区凝灰岩浸出率高达 19.53%，准盆周缘也达 3.54%，明显高于同区其他岩石，这可能是原岩为微细粒或玻璃质，吸附铀相对高

易于浸出引起。

(3) 平均总浸出率吐哈盆地南缘蚀源区为 14.30%，而准盆周缘（除南缘）仅为 1.41%；铀浸出总量分别为 0.52×10^{-6} 和 0.048×10^{-6} ，均差一个数量级。因此吐哈盆地蚀源区地质体对盆地找矿目的层提供的铀量明显优于准盆蚀源区向盆地找矿目的层提供的铀量，是吐哈盆地南缘能形成大型砂岩铀矿的主要原因之一。

总的讲，上述浸出率是较低的，但考虑到浸出试验所采用的样品是地表长期风化淋失后的样品，且浸出所采用的是与现代地下水酸碱性接近的水溶液，浸出时间仅为 30 天，30 天这一时间与地质历史相比实属短暂，真是太短了，可以忽略不计，但这些岩石可浸出的铀的总量还达到 14.30% 和 1.81%，应该说在实际的地质历史过程中岩石的铀（活性）的可浸出率远远大于上述数据，因此它们能为地表、地下水提供足够的可溶性铀，为形成砂岩铀矿提供铀源。

2 结 论

构造活动带中、小型山间盆地产砂岩铀矿斜坡带蚀源区地质体铀（活性铀或易浸出铀）的浸出率对形成砂岩铀矿有重要意义，浸出率高则渗入含矿层层间水的铀含量高，而且含矿层砂体本身在水岩作用中浸出率也高，为形成砂岩铀矿可提供双重铀源，是形成砂岩铀矿的重要条件。因此，盆地周缘蚀源区地质体的铀浸出率大水能为评价和优选产铀盆地提供依据。

<http://www.kcdz.ac.cn/>