s.

沉积岩石氧化-还原性能参数研究

及在沉积相分析中的应用

罗梅

(成都地质学院)

[内容提要] 在沉积相研究中,对不同沉积环境中所形成的各种岩石进行系统的岩石氧化-还原性能参数的研究,对恢复和判断沉积相有重要的意义。笔者在沉积相的研究中,特别注意沉积岩 石氧化-还原性能参数的系统分析,这些研究对阐明沉积环境特征,分析不同氧化-还原岩石带对 某些沉积矿产的控制作用等方面起到了重要作用。

沉积岩石氧化-还原性能参数,目前没有公认的标准,参考国内外有关文献,笔者认为对沉积 岩石氧化-还原性能起决定作用的是以下一些特征元素及其比值,低价铁(Fe²⁻)含量及 Fe³⁺/Fe²⁻ 比值,还原硫(S²)及 S² /Fe²⁻比值,有机碳(Cy)及其他变价元素。

在评价沉积岩石的还原容量时,只有当岩石中的全部还原组分都参加进去被测定,这样才可 得出岩石还原性能的正确结论。70年代前苏联学者 Л.С. Евсесва 和 П.П. Фомина (1965)使用强氧 化剂 КМпО, 在碱性条件下(pH=11—13)氧化沉积岩粉末取得岩石△Eh值,此值是评价沉积岩 石还原能力的一个主要参数。

岩石 Eh,值是评价沉积岩石氧化-还原性质的另一个重要参数。前苏联学者 A.K. Лисинин (1975)提出将沉积岩粉放入杯中,用蒸馏水调成膏状,然后用插有测量电极的橡皮塞盖住杯口, 在密闭条件下测量岩石 Eh、pH 值的方法。为了采用统一的标准(pH=7)来比较这些数值的大小, 作者用公式

 $Eh_7 = K(pH_e - 7) + Eh_e$ (K = 59mv)

对所测岩石 Eh。值进行校正。参照地下水氧化-还原划分标准和前述综合参数,本文提出综合的 沉积岩石氧化-还原性能参数的划分标准。

作者用中国华南某碳酸盐岩型铀矿床(产于石炭纪地层)和某黄铁矿床(产于泥盆纪地层)为 例,详细论述了这两个矿区沉积相分析中用沉积岩石氧化-还原性质研究、判定沉积相(环境)的 方法和意义。

关键词 沉积相分析 岩石氧化-还原参数 还原容量 岩石△Eh 值 岩石 Eh, 值

●本文于1992年10月11日收到。

1 沉积岩石中还原物质特征及岩石氧化-还原性能参数

沉积岩石氧化-还原性能参数目前还没有公认的标准,参考国内外有关文献,笔者认为, 对沉积岩石氧化-还原性能起决定作用的一些特征的元素及其比值,是判断该岩石氧化-还 原性能强弱的标准。这些特征元素是:低价铁(Fe²⁻)及 Fe³⁻/Fe²⁻比值,还原硫(S²)及 S²⁻/Fe²⁻比值,有机碳(Cy)及其他变价元素。

1.1 变价元素铁(Fe)离子特征及 Fe³⁺/Fe²⁺比值

变价元素铁在自然界有 Fe²⁻与 Fe³⁻两种离子,由于沉积条件与环境的不同,沉积岩石 中铁的含量变化很大.但不同条件下形成的 Fe²⁻或 Fe³⁻矿物及 Fe³⁻/Fe²⁻比值变化较小。在 还原至弱还原条件下,由 Fe²⁻构成的矿物主要有铁的硫化物(黄铁矿、磁黄铁矿、白铁矿)和 铁的碳酸盐(菱铁矿).由 Fe²⁺、Fe³⁻构成的矿物有铁的硅酸盐(海绿石、泥绿石等)、铁的磷酸 盐(蓝铁矿)和铁的氧化物(磁铁矿);在氧化条件下,由 Fe³⁻构成的矿物有铁的氧化物(赤铁 矿、褐铁矿)和铁的氢氧化物(针铁矿、镜铁矿)等。

由于活泼的变价元素铁分布广泛,且对氧化-还原环境很敏感,即在不同环境中形成与 该环境相适应的不同价态的铁矿物,因此,在沉积岩的研究中,我们可利用岩石化学的氧化-还原系统数 $K(K = Fe^{3-}/Fe^{2-})$ 来判沉积岩石的氧化-还原性质。理论上, $Fe^{3-}/Fe^{2-} = 1$ 可作 为岩石氧化-还原的分界点,但实际工作中发现这样作不适宜,应在其间划出一个过渡的岩 石带范围。为此,我们采用三分法:K > 1.25的岩石为氧化型岩石,K < 0.85为还原型岩石, 0.85 $\leq K \leq 1$.25属氧化-还原过渡型岩石。

1.2 变价元素硫(S)离子特征及 S² /Fe²⁺比值

在自然界,硫是一种非常活泼的变价元素,在不同介质的氧化-还原条件下,显不同价态:S²⁻→S⁻→S⁰→S¹⁻→S⁰⁻。S² 俗称还原硫或硫化物硫,在氧化-还原电位极低的强还原条件下存在,H₂S 气体或与多种金属阳离子化合形成难溶的硫化物,如辉铜矿(Cu₂S)、方铅矿(PbS)、黄铁矿(FeS₂)等。其中黄铁矿中硫离子为S⁻,其氧化程度较S² 高。金属硫化物多见于热液矿床,但在外生条件的硫化物矿床氧化带、硫化物沉积矿床及海洋沉积物中,也有多种金属硫化物产出。S^o成自然硫,S¹⁻多呈 SO₂(气体),S⁶⁻是 S¹⁻进一步氧化的产物,主要呈[SO₄]²⁻形式存在,具有极强的氧化性,常与 Ca、Ba 等组成石膏和重晶石等硫酸盐矿物。

从上述 S 存在的不同价态,能较好地说明在各种地质作用中环境介质的氧化-还原条件,但依据 S² 含量来判断沉积岩石的氧化-还原性质还没有公认的标准。笔者在大量海相沉积岩石 S² 含量及 S²⁻/Fe²⁺比值的统计基础上发现,沉积岩石中 S² 与 F²⁻有一定消长关系,在不同的氧化-还原岩石带中,绝大多数样品 S² 含量及 S² /Fe²⁻比值有一定的变化范围,因此,它们可以作为划分沉积岩石氧化-还原分带的参考指数;氧化型岩石 S² <0.1%, S²⁻/Fe²⁺ \leq 1;还原型岩石 S²⁻ \geq 0.25%,S² /Fe²⁻ \geq 1.5;氧化-还原过渡型岩石介于其间(0.1% \leq S²⁻ \leq 0.25%,1 \leq S²⁻ /Fe²⁻ \leq 1.5)。

1.3 有机质的形成演化及有机碳(Cy)

沉积岩石中有机质(或称有机物质)的形成与演化,经历了非常复杂的过程,它是动植物 有机体死亡后迅速堆积,并经生物化学和化学作用过程演变而成的。有机体死亡后在其搬 运、沉积过程中,首先受到地表水体的氧化和溶解及喜氧细菌的分解(产生 CO₂ 和 H₂O),埋 藏后在适宜的环境(还原环境)中又被厌氧细菌分解产生相应的有机化合物,如脂肪分解为 脂肪酸与醇,蛋白质分解为氨基酸,碳水化合物分解为糖,木质素分解为芳香酸与酚等等。其 后,这些有机化合物又相互作用并进一步分解、聚合形成更为稳定的分散有机质一酐酪根。 酐酪根是由 C、H、O、S 和 N 元素组成的结构非常复杂的不溶有机质,有腐泥型(来源于低等 植物藻类和水生动物)、腐泥型(来源于富含木质素和碳水化合物的高等植物)以及上述二者 之间的过渡类型三类。随着沉积物埋深加大,温度增高,以腐泥型为主的酐酪根演化生成 H₂O、CO₂、CH₄、N₂、NH₃和 H₂S等挥发性物质和分子量比酐酪根小的可溶有机物质(石油 烃)。若埋深进一步加大,温度再增高,有机质及石油等大量热裂解,形成其最终的稳定产物 气态甲烷和固态石墨。而以腐殖型为主的酐酪根在温压增加的条件下,经历泥炭、褐煤、烟 煤、无烟煤到石墨的一系列演化阶段,且煤在变质成石墨的过程中,其热裂解作用可不断放 出以甲烷为主的气态烃。优质煤层含无机灰分很低,当灰分不断增加时,煤质逐渐变差,直至 形成碳质泥(页)岩。油页岩是富含腐泥型酐酪根的泥质岩,实验表明油页岩只有在相当高的 温度下(远超越沉积岩体一般所拥有的实际温度的限度)干馏才可以得到液态烃,因此,它可 视为人造石油的重要原料。

有机质的还原作用机理,主要表现在有机物在厌氧细菌的分解作用过程中,形成一系列 无机化合物如 CH₄、H₂、CO₂、NH₃ 及有机酸与其他碳氢化合物,在缺氧条件下,这些化合物与 SO²⁻、NO³⁻及 Fe₂O₃等发生氧化-还原反应(如[SO₄])²被 CH₄还原为 H₂S),于是在有机质周 围造成强烈的还原环境,在此还原条件下,还原剂使围岩中的氧化铁还原生成黄铁矿。有机 质组分中的腐殖酸从有最大的还原能力,其△Eh 值达 450mv。

有机碳(Cy)是沉积岩石中与有机质有关的碳(其单位用重量百分数表示),它是在沉积 和成岩过程中,经历了氧化、生化、热催化与热裂解等一系列作用,少部分有机质转化成油气 离去,大部分仍残留在岩石中的有机碳,所以又叫残余有机碳。研究表明,残余有机碳在有机 质中占比例很大,一般较稳定,因此,有机质总量可以用有机系数的经验值 1.22(于 1.16— 1.60 之间变化)来计算得出。在石油地质研究中,残余有机碳能近似地表示生油母质的丰 度,如粘土岩中 Cy≥0.5—1.0%,碳酸盐岩中 Cy≥0.08—0.2%即为主油岩,这个数值也可 视为岩石氧化与还原划分的分界参数:

粘土岩:氧化型岩石的 Cy<0.5%,还原型岩石的 Cy>1.0%,过渡型岩石的 0.5% ≤ Cy≤1.0%;

碳酸盐岩:氧化型岩石的 Cy<0.08%,还原型岩石的 Cy>0.2%,过渡型岩石的 0.08 ≪Cy≪0.2%。

1.4 其他变价元素

自然界参与地壳中氧化-还原反应的变价元素有 34 种,在不同的氧化-还原条件下,这 些元素有不同的稳定程度。在沉积岩石氧化-还原性质的研究中,前述铁、硫、碳(Cy)虽是评 价沉积岩石还原能力的重要参数,但还有一些变价元素如 Mo、Mn、V、U、Se、Te 等,它们在沉 积岩及表生带的氧化与还原环境中表现出的显著差异,也可作为岩石还原能力判断时参考, 如钼在自然界呈 Mo³⁺、Mo⁵⁺、Mo⁵⁺ 三种价态,在表生氧化条件下具有很强的活动性,常以 [MoO₄]²⁻形式迁移;而在还原环境中,钼常呈黑色粉末状胶钼矿分布于矿物、碎屑表面或散 、染分布于胶结物及有机质内。又如硒在表生条件下可呈 Se²、Se^o、[SeO₄]² 和[SeO₄]² 四种 形式存在,高价态硒以[SeO₃]²⁻、[SeO₄]² 在 Eh 值较高的氧化环境中稳定,但随着氧化-还原 电位降低,它们被还原为自然硒而沉积。Se、Te 与硫相类似,在还条件下常与多种金属阳离 子化合形成硫化物、硒化物和碲化物。

2 岩石还原容量概念及岩石△Eh 值与岩石△Ehr 值参数

2.1 岩石还原容量概念及岩石△Eh 值

在评价沉积岩石的还原容量时,只有当岩石中的全部还原组分都参加进行被测定,这样 才可得出岩石还原性能的正确结论。为了精确评价沉积岩石的还原容量,国外不少学者作出 了长期的努力。60年代初,匈牙利研究者д.巴尔多施和 M.包德首先拟定了用强氧化剂 重铬酸钾在酸性条件下氧化岩粉,由于岩石中全部还原组分被氧化,造成氧化剂溶液 Eh 值 的急剧下降,由此获得降落 Eh 值(△Eh 值)的方法。但此方法对多数碱性系列岩石(如碳酸 盐岩等)不适宜。为此,前苏联学者л.C.叶弗谢耶娃和 H.П.费米娜改用强氧化剂高锰 酸钾(KMnO₄)在碱性条件下(pH=11-13)氧化岩粉取得岩石△Eh 值^[1],实践证明,该方法 对各种类型沉积岩石均适用。此值为评价沉积岩石还原能力的一个主要参数。

2.2 岩石 Eh,值

岩石△Eh 值虽可表明岩石中还原组分的还原容量,但一些人认为它很少能直观地反映 其对环境作用的性质,因此岩石的还原容量(岩石△Eh 值)与岩石的氧化-还原性(岩石 Eh 值)不能相互代替。

目前对岩石 Eh、pH 值的直接测定方法还不完善。A • K • 利西秦(1975)提出将岩粉放入杯中,用蒸馏水调成膏状,然后用插有测量电极的橡皮塞盖住杯口,在密闭条件下测量岩石 Eh、pH 值的方法^[3]。鉴于国内目前很少进行这方面的系统研究,笔者 1981 年开始尝试用此方法进行了大量沉积岩石 Eh、pH 值的测定工作。从所测岩石 Eh 与 pH 值看,绝大多数样品的岩石 Eh 测定值可以达到理论上所预期的结果(表 1)。

											_						
样	开敞条件		密闭条件下 Eh (mv) pH 值测量									Ehe, pHe			pH ≈ 7		
品	品 岩石名称	∆Eh	悬液	0.5小时		4 小时		8 小时		12 小时		24 小时		采取值		Ene (my)	Eh7
号		(mv)	pН	Eh	рН	Eh	рН	Eh	рН	Eh	рH	Eh	pН	Eh	рН		(mv)
82002	含磷硅质岩	70	6.96	-453	7.23	-644	7.28	-660	7.30	-666	7.22	-683	7.21	-683	7.21	-435	-423
82006	磷质粘土岩	72	7.79	-422	7.92	-676	8.55	-700	8.60	-702	8. 38	-716	8. 38	-716	8. 38	- 468	-387
92-14	灰色微晶灰岩	28		15	7.60	-20	7.45	-155	7.43	-298	7.42	-312	7.28	-312	7.28	-64	-47
92-28	深色细晶灰岩	48		20	7.93	45	7.62	-60	7.65	-20	7.46	20	6. 98	-60	6. 98	188	187
92-33	灰色细晶灰岩	10	—	33	7.96	22	8.14	11	8.16	16	8. 17	14	8. 20	11	8.14	259	327
92-68	碳质生物灰岩	52	—	-118	7.60	-260	7.62	-290	7.53	-535	7.54	-546	7.53	-546	7.53	-298	-266
104-47	黑色微晶灰岩	40		20	8.71	-20	8.63	-25	8. 38	~110	8.20	-338	7.67	-338	7.67	-90	-50

	表」	沉积岩石 Eh、pH 值测量记录表	
Table 1	Eh and	pH values of the measured sedimentary rock	5

由纯水中 Eh 值和 pH 值之间的关系,根据氢-氧反应式和能斯特方程可导出:

 $Eh = E^{\circ} - 0.059 pH$

此式表明水溶液的酸碱度对氧化-还原电位有很大的影响,即水的 pH 值每增加一个单位时, 氧化-还原电位就降低 0.059V(59mv)。

从表 1 可看出,不同 pH 值条件下岩石 Eh 测量值(简写为 Ehc)不能一目了然地比较它

们还原性能的大小,为此我们用李宽良(1980)建议的下式对所测岩石 Eh 值进行校正;

 $Eh_7 = K(pH_c - 7) + Eh_c$ (K = 59mv)

用此式对不同 pH 值条件下的岩石 Eh 值进行校正的效果是显然的,例如:由 82002 样 (pHe=7.21,Ehe=-435mv);82006 样(pHe=8.38,Ehe=-468mv)看,不标明 pHe 值只看 Ehe 值时,会认为 82006 样比 82002 样还原性强(Ehe 低-33mv),但用上述公式校正后再比. 较,82002 样 Ehr=-423mv,82006 样 Ehr=-387mv,可见 82002 样的还原性更强些(Ehe 低-36mv)。

2.3 沉积岩石氧化-还原性能及其综合参数

沉积岩石△Eh 值与它的 Eh 值之间存在着密切的联系,总体说,岩石△Eh 值大(还原容 量大)的样品,其 Eh 值较低(还原性能强)。在自然界各种沉积环境中发育的地表、地下水, 其 Eh、pH 值常常受到沉积环境及其围岩性质的影响,为了统一,参照地下水氧化-还原划分 标准,依据前述岩石氧化-还原参数,本文提出以下沉积岩石氧化-还原性能标准(表 2)。

	岩石△Eh、△	」Eh7值范围	岩石还原物质指标							
君 石 氧化-还原性	岩石△Eh (mv)	岩石 Eh7 (mv)	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	S ²⁻ (%)	S ²⁻ /Fe ²⁺	粘土岩 Cy (%)	碳酸盐岩 Cy (%)			
氧化型岩石	<25	>250	>1.25	< 0.1	<1	< 0.5	<0. 08			
氧-还过渡岩石	25-40	250-0	1.25-0.85	0.1—0.25	1-1.5	0.5-1.0	0.08-0.2			
还原型岩石	>40	0—500	<0.85	>0.25	>1.5	>1.0	>0.2			

表 2 沉积岩石氧化-还原性能及其综合参数 Table 2 Oxidation-reduction features and associated parameters of sedimentary rocks

3 沉积岩石氧化-还原性能的研究在沉积相分析中的应用

在沉积相的分析中,运用上述综合参数对不同沉积环境形成的各种岩石进行系统的岩 石氧化-还原性质的研究,不仅有利于深刻地阐明沉积环境,而且对恢复与判断沉积相以及 分析这些沉积相(包括沉积岩石氧化-还原分带)对沉积矿产的控制作用等均有重要意义,下 面举例说明。

3.1 华南某碳酸盐岩型铀矿床沉积相分析中岩石氧化-还原性质的研究

3.1.1 沉积相划分

铀矿床产于华南石炭纪碳酸盐岩中,通过对沉积相剖面的系统观察,并对沉积岩本身结构、构造的详细研究及沉积岩中具成因意义的原生沉积标志与岩石氧化-还原性质等多方面的综合分析,在华南碳酸盐台地相区(Ⅲ)内,进一步划分出本区的三个沉积(亚)相及四个微相环境:

台地生物滩相(Ⅲs):潮下浅滩环境(Ⅱs-1);潮间坪环境(Ⅲs-2)。

开阔台地相(II2):开阔台地沉积环境。

局限台地相(Ⅱ,):局限台地沉积环境。

台地生物滩相是在华南宽阔的陆表广海中,由于大量生物的繁殖与死亡堆积而形成的

隆起区,生物滩区受潮汐作用影响较大,发育有潮间与潮下两种微相环境;由于广海底不平 或局部隆起的圈闭影响,在台地相带中常出现相对闭塞的局限台地和相对畅通的开阔台地 两种沉积环境。

3.1.2 沉积相研究中岩石氧化-还原性质的综合分析

在沉积相剖面的观察中,对各种沉积岩石进行系统的取样,其分析结果列表与作图如下 (表 3,图 1、2)

表 3 某铀矿区沉积岩石氧化-还原性质分析数据表

Table 3 Analytical results of the oxidation-reduction features of the sedimentary rocks

in a uranium deposit in southern China

岩相	岩石 编号	岩 性	∆Eh (mv)	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	S ²⁻	S ²⁻ /Fe ²⁺	Cy	pН	Eh ₇
	-7760 -3										
	92	深灰色微晶灰岩	28	0.25	0.20	1.25	0.05	0.25	0.11	7.28	-47.2
潮	92-20	灰黑色泥质灰岩		0.14	0.21	0.67	0.21	1.00	0.24	6.32	147.2
间	92-49	灰色含生物屑灰岩	30	0.07	0.06	1.17	0.06	1.00	0.08	8.07	287.0
坪	92-74	灰黑色含碳泥灰岩	46	0.14	0.24	0.58	0.42	1.75	0.37	7.09	-12.6
(1.2)	92-89	④ 深灰色细晶灰岩		0.19	0.17	1.12	0.46	2.71	0.15	7.28	-47.2
	平均值		37	0.16	0.18	0.96	0.24	1.34	0.19	7.16	56
	92-28	深灰色细晶灰岩	48	0. 08	0.14	0. 57	0.22	1.57	0.60	6.98	186.8
Saler	92-35	黑色含碳泥质灰岩	46	0.81	0.91	0.89	0.67	0.74	0.34	7.06	-34.4
1991 	92-41	灰黑色细晶灰岩	40	0.16	0.12	1.33	0.13	1.08	0.15	7.90	-17.0
下	92-77	灰黑色含碳细晶灰岩	42	011	0.17	0.65	0.14	0.82	0.50	7.47	206.2
浅	92-80	深灰色生物屑灰岩	48	0.14	0.23	0.61	0.66	2.87	0.32	7.20	-86.8
滩	92-83	灰色含碳生物屑灰岩	32	0.03	0.10	0.30	0.16	1.60	0.22	7.78	-177.2
(∎ 8-1)	92-95	黑色碳质生物屑灰岩	48	0.48	0.39	1.23	2.30	5.90	0.26	7.48	-215.2
	平均值		43	0.26	0.29	0.80	0.41	2.08	0.34	7.41	-20
	92-7 灰色细晶灰岩		19	0.11	0.04	2.75	0.04	1.00	0.06	7.08	298.8
开	92~10	褐灰色细晶灰岩	22	0.10	0.09	1.11	0.05	0.56	0.03	7.20	192.0
阔	92-16	灰色中细晶灰岩	15	0.06	0.03	2.00	0. 03	1.00	0.05	8.05	281.0
台	92-33	灰色细晶灰岩	10	0.09	0.07	1.29	0.01	1.43	0.02	8.14	327.4
	92-46	灰色中细晶灰岩	26	0.10	0.11	0.91	0.03	0.27	0.10	8.20	162.0
→ <u></u> (1 _2)	92-55	灰色细晶灰岩	19	0.06	0.05	1.20	0.03	0.60	0.04	8.22	346.2
	平均值		16	0.09	0.07	1.54	0.03	0.81	0.05	7.82	268
局	92-68 黑色碳质生物屑灰岩		52	0.07	0.23	0.30	1.09	4.74	0.24	7.53	-266.2
限	92-106	2-106 灰色含碳生物屑灰岩		0.11	0.16	0.69	0.10	0.63	0.27	7.48	48.8
台	104-34 黑色碳质泥灰岩		44	0.03	0.14	0.21	0.26	1.86	0.42	8.23	-75.0
抽	104-47 灰黑色微晶灰岩		40	0.04	0.17	0.24	0.20	1.18	0.18	7.67	-49.8
, ∎-1)	平均值		42	0.06	0.18	0.36	0.41	2.10	0. 28	7.73	-86.

从表3及图1,2可以看出,局限台地(■,)、潮下浅滩(■,)及潮间带中的潮池等相对闭塞,低能环境下形成的岩石多为含碳泥灰岩、碳质生物屑灰岩等,由于含有较多的有机(Cy),还原硫(S²)、低价铁(Fe²⁺)等还原组分,因而岩石还原性较强(△Eh>40mv),Cy>、0.20,S²⁻>0.25,S²⁻/Fe²⁺>1.5,Fe³⁺/Fe²⁺<0.85,为还原环境(Eh₇=-20--86mv);产于水循环较好的开阔台地环境中的纯灰岩,由于含还原组分少,因而岩石还原性不强(△Eh<25mv),为氧化环境(Eh₇=268mv);台地生物滩的潮间坪沉积为间歇暴露的氧化-还原过渡

环境(\triangle Eh=37,Eh₇=56mv,Cy=0.19, S²⁻=0.24, Fe³⁺/Fe²⁺=0.96, S²⁻/ Fe²⁺=1.34)。研究表明,铀矿化主要与 上述沉积相中的局限台地、潮下浅滩及 潮池(或称潮坪泻湖)三种环境下形成 的含碳生物屑灰岩,含碳泥灰岩及碳质 泥(页)岩关系密切,工业铀矿化直接产 于这些岩石的构造破碎带中。

3.2 湖南城步黄铁矿床沉积相分析中 岩石氧化-还原性质的研究

3.2.1 矿床产出的位置及沉积相特征

湖南省城步中泥盆世层状黄铁矿 床位于雪峰古陆之南东边缘,其东部在 中泥盆世棋梓桥期为湘、桂、黔边缘海。 该时期海盆边缘地带生物礁非常发育, 常形成台盆丘礁群(造礁生物主要为层 孔虫与珊瑚)。由于北东向丘礁群的隆 起,把本区分隔成近陆台盆及近台地台





盆(狭义的台地边缘,图3)海洋地貌环境,层状黄铁矿即产于近陆一侧的局限、半封闭(北面 封闭,海水由西南而来)滞流环境的沉积物中。

3.2.2 不同沉积环境中岩石的氧化-还原性能特征

经研究[●]台盆北西部雪峰古陆为黄铁矿床铁质的主要来源区,而硫主要来自生物,即细 菌等浮游生物尸体等有机物质的分解。由于本区东侧丘礁群的阻隔作用,致使铁质细碎屑沉 聚在丘礁群西侧(近陆台盆)的海底洼地中。本滞流环境有利于有机物质的沉积(含矿层中各 类岩石含有机碳都很高,达1.83—5.76%),并且形成较强的还原环境(如 ZK3、4两钻孔,平 均岩石△Eh 值达68—95mv);台地生物礁相为大量造礁生物夹杂泥质与泥晶灰岩堆积区,岩 石的△Eh 值变化为29—49mv(平均36mv),相当于氧化-还原过渡环境;台地边缘及台地相 区为开阔、流通条件较好,含氧较充分的环境,即理论上的氧化环境,实际工作表明,该环境 沉积的灰岩确为岩石△Eh 值较低(4—20mv)的氧化型岩石(图3),由此佐证了沉积相(环境) 分析的正确结论。

●唐德章,1981,湖南省城步县铺头中泥盆世生物礁及层状黄铁矿床(硕士研究论文)。









5=average Eh values of the rocks in sections or boreholes

参考文献

Adler, H. H. and Washington, D. C., 1974. Concepts of uranium-ore formation in reducing environments in sandstones and other sediments, Formation of Uranium Ore Deposits, Vienna.

Евсеева, Л. С. и Фомпиа, Н. П., 1965. Окислительно-восстановительные свойства осадоцных ураноносных пород. Москва.

Лисиции, А. К., 1975. Гидрогеохимия рудообразования, Недра.

Berner, R. A., 1981, 沉积环境的一种新的地球化学分类, 地质地球化学, 1983, 第1期。

罗 梅,1981,用测岩石△Eh值方法对广西某铀矿床进行岩石氧化-还原分带,成都地质学院学报,第1期。

张万选、张厚福主编,1981,石油地质学,石油工业出版社。

叶弗谢耶娃, π·C·著, 李普洲、陈晓秦译, 1980, 表生带铀的地球化学, 原子能出版社。

南京大学地质系编,1979,地球化学,科学出版社。

张祖还等编,1984,铀地球化学,原子能出版社。

刘宝珺主编,1980,沉积岩石学,地质出版社。

罗 梅,1984,387碳酸盐岩型铀矿床含矿层沉积相特征及其与铀成矿的关系,放射性地质,第5期。

OXIDATION-REDUCTION BEHAVIOUR PARAMETERS OF SEDIMENTARY ROCKS AND THEIR APPLICA-TIONS TO SEDIMENTARY FACIES ANALYSIS

Luo Mei

(Chengdu College of Geology)

ABSTRACT

The oxidation-reduction behaviour parameters of sedimentary rocks formed in different sedimentary environments have important implications for the restoration and identification of sedimentary facies. The systematic analysis of the parameters plays an important role in elucidating sedimentary environments and the controls of different oxidation-reduction rock zones on some of the sedimentary ore deposits.

Up to date, no generally recognized standards have been established for the oxidation-reduction behaviour parameters of sedimentary rocks. This paper suggests, referenced to the domestic and foreign literatures, that the oxidation-reduction behaviouss depend largely upon: (1)low-valence iron (Fe^{2+}) contents and Fe^{3+}/Fe^{2+} ratioes; reduced sulfur (S^{2-}) and S^{2-}/Fe^{2+} ratioes, organic carbon (Cy) and other valence-varying elements.

In the evaluation of the reducting capacity of sedimentary rocks, only when all the reduction components are measured can the correct concepts on the reduction behaviours of the rocks be obtained. In the 1960's, the former Russian scholars Π . C. EBCEEBA and H. II. NOMITHA (1965) gained the \triangle Eh values for the oxidized sedimentary rock powder by using strong oxygenant KMnO₄

under alkaline conditions (pH=11-13). The values are considered as primary parameters for e-valuating the reducting capacity of sedimentary rocks.

The Eh₇ values are another important parameters for evaluating the oxidation-reduction features of sedimentary rocks. The former Russian scholar A. K. JHCHRHII (1975) once put forward a method to determine the Eh and pH values of sedimentary rocks by putting sedimentary rock powder into a cup, making the powder paste-like with distilled water, covering the cup with a rubber cork with determining electrodes inserted in it so as to determine Eh and pH values under sealed conditions. In order to compare these values with the unified standard (pH=7), the author proposed the formula

$$Eh = K(pH-7) + Eh_c$$
 (K=59 mv)

to correct the determined Eh values of the rocks. In reference to the criteria for distinguishing the oxidation and reduction of ground water and the parameters cited above, new criteria for distinguishing the oxidation and reduction of sedimentary rocks are proposed in this paper.

Taking one carbonate rock-type uranium deposit (in the Carboniferous stata) and one pyrite deposit (in the Devonian strata) in southern China as examples, the present paper deals in detail with the analytical methods and significance of sedimentary facies (environments) with the aid of the study of the oxidation-reduction features of sedimentary rocks in the analysis of sedimentary facies of the two mining districts.

Key words: sedimentary facies analysis, oxidation-reduction behaviour parameters, reducting capacity, $\triangle Eh$ value, Eh_7 value