

文章编号: 1009-3850(2009)03-0001-08

江汉盐湖盆地盐间白云岩特征及成因分析

柯小平¹, 覃建雄², 李余生², 黄克难³, 刘岫峰²

(1. 中国科学院测量与地球物理研究所动力大地测量重点实验室, 湖北 武汉 430077; 2. 成都理工大学 沉积地质研究所, 四川 成都 610059; 3. 中国石化 江汉油田分公司 勘探开发研究院, 湖北 潜江 433124)

摘要: 江汉盐湖盆地潜江凹陷古近系潜江组广泛沉积了一套盐间非砂岩, 本文详细研究了该套盐间非砂岩中白云岩的分布、类型、矿物学特征及地球化学特征, 探讨了盐间白云岩的成因。研究表明, 该套白云岩主要为泥晶白云岩。发育程度与盐岩量成正比。盐间白云岩的矿物组分复杂, 白云石有序度低, 微量元素以富 Fe、Na 高 Fe/Mn 比值为特征。盐间白云岩主要为盐湖湖盆沉积环境的产物, 水体盐度高, 总体为碱性环境, Mg/Ca 比值低, 主要为原生、准同生阶段沉积的产物。

关键词: 江汉盆地; 盐湖; 白云岩; 成因

中图分类号: P588.24⁺5

文献标识码: A

江汉盐湖盆地是我国东部典型的陆相含油盐湖盆地^[1,2], 该盆地中的潜江凹陷产出的潜江组为一套盐间含油岩系, 盐岩层异常发育, 盐层间夹有由碳酸盐、泥质、钙芒硝等多种矿物组成的复杂混合岩类, 因其不含砂岩, 称之为盐间非砂岩^[3,4]。自 20 世纪 70 年代以来, 该区盐间储层的岩性、储层类型一直是争议的焦点和难点问题^[5]。过去一直认为, 盐间地层岩性多为泥岩。近年来, 通过运用多种现代分析测试手段及测井资料对盐间储层的岩性、物性及储层类型进行分析, 认为盐韵律层间岩性以泥质碳酸盐岩、碳酸盐质泥岩为主, 夹部分泥质钙芒硝岩及碳酸盐-泥质-钙芒硝系列混合岩类。因此, 江汉盐湖盆地潜江凹陷盐岩韵律间的白云岩 (简称盐间白云岩) 是非常复杂的。本文详细研究了盐间白云岩的特征及成因, 为盐间非砂岩油气勘探提供地质依据。

1 盐间白云岩的分布及类型

盐间白云岩是随着盐湖的形成而与盐岩伴生出现的。在时代上, 盐间白云岩最早出现于晚白垩世晚期, 消失于渐新世中期。主要层位包括古新统沙市组下部和下始新统新沟咀组 (与盐岩一起统称为第一含盐体系, 即下含盐体系) 及上始新统潜江组 (第二或上含盐体系) (表 1)^[6], 其中, 以潜江组最为发育。在平面上, 晚白垩世晚期 (渔洋组) — 古新世早期 (沙市组) 盐间白云岩分布于江陵、潜江及小板等地的闭塞湖区 (图 1); 晚古新世 — 早始新世 (主要为新沟咀组及部分沙市组) 主要分布于东南隅峰口以西一带; 晚始新世早期 (潜四下段) — 渐新世早期主要分布于潜江、小板、云应凹陷, 其中, 潜江凹陷最为发育。两套盐系地层 (包括盐间白云岩) 分别以新沟咀组和潜江组为代表, 但两者白云岩分布特

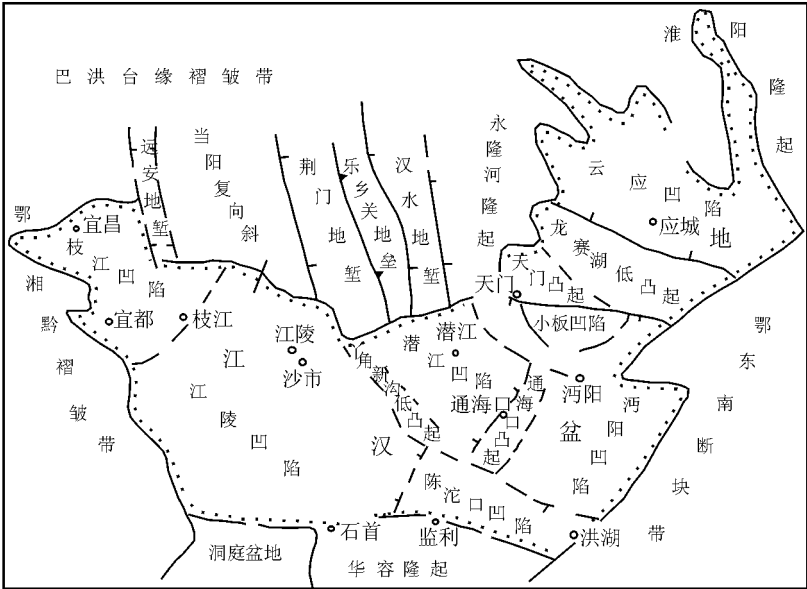


图 1 江汉盆地构造单元简图
Fig 1 Simplified map of the tectonic units in the Jianghan Basin

表 1 潜江凹陷古近系简表
Table 1 Division of the Palaeogene strata in the Qianjiang depression

系	统	组	段	主要岩性	厚度 /m	含盐岩系
新近系	上中新统	广华寺组		杂色粘土岩夹松散砂岩和砾岩	300~900	
古近系	中上渐新统	荆河镇组	潜一段	绿灰色泥岩、粉砂岩夹油页岩、含钙芒硝泥岩、碳酸盐岩	0~100	第二含盐岩系
	下渐新统	潜江组	潜二段	灰、深灰色泥岩、泥膏岩、盐岩夹砂岩、泥岩	120~450	
			潜三段	由盐韵律组成,每个韵律由石盐岩、碳酸盐岩、油浸钙芒硝岩组成。局部发育粉细砂岩和泥岩	110~700	
			潜四段	由灰色、深灰色泥岩、粉砂岩及鲕状泥灰岩、白云岩和钙芒硝岩组成,局部盐韵律发育	150~640	
			潜四段	上部由灰色、深灰色泥岩夹粉细砂岩及盐韵律层组成	100~700	
				下部灰色、深灰色泥岩、含膏泥岩、盐岩和碳酸盐岩组成	173~2218	
	中始新统	荆沙组		棕色、紫红色泥岩、含膏泥岩夹粉砂岩	600~1900	第一含盐岩系
	下始新统	新沟咀组		紫红色、灰色泥岩、泥膏岩、石膏质粉砂岩	600~2000	
	古新统	沙市组		深灰色及棕红色泥岩、盐岩、石膏、含膏泥岩夹粉砂岩	200~1900	
	白垩系	上白垩统	渔洋组	棕紫红色泥岩、泥膏岩、盐岩、粉砂岩、石膏、红色砂质泥岩夹砾岩	120~2800	

点不同。下盐体系的蒸发岩分布面积较广,约 10000 km²,其咸化浓缩程度较低,以膏岩为主,盐岩较少。盐岩累计厚度数十米至 400m,单层厚度一般 1~2m。盐间白云岩累计厚度较小,白云岩发育程度亦较低。上盐体系的分布面积较小,为 2270 km²,咸化浓缩程度高,以盐岩为主,出现钾矿层沉积。盐岩累计厚度达 1800m,单层厚度一般 2~4m,约占地层总厚度的 50%。盐间白云岩地层累计厚度约 900~1600m,约占地层总厚度的 25%~43.5%。潜江凹陷潜江组白云岩类占盐间地层厚度的 87%,其

中,白云岩占 67%,白云岩发育程度比下盐体系高得多。盐间白云岩单层厚度变化较大,从薄层至厚层,常见极薄层和条带。

盐间白云岩与盐岩在垂向上呈频繁的韵律形式出现,组成江汉盆地的第三级韵律,其中尤以潜江凹陷潜江组韵律最为特征,总共 160 多个三级韵律。以潜江凹陷潜江组韵律为例(图 2)^[4],每一个三级韵律都由两部分组成,即下部白云岩段(习称盐下白云岩段)和上部盐岩段。盐岩段一般厚数米至数十米,个别达 100m 以上,以石盐沉积为主,常含多层

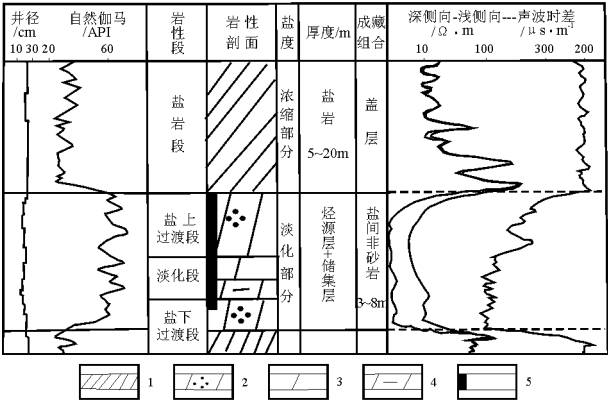


图 2 潜江组Ⅲ级盐韵律层结构示意图

1 盐岩; 2 钙芒硝质白云岩; 3 白云岩; 4 泥质白云岩; 5 油浸显示

Fig 2 Sketch to show the architectures of theⅢ-order salt rhythmic layers in the Qianjiang Formation

1= salt rock 2= glauberitic dolostone 3= dolostone 4= muddy dolostone 5= oil immersion showing

厚 0.1~1.0m 的无水芒硝及钙芒硝 泥质 碳酸盐岩 (主要为白云岩) 夹层。

按矿物成分分类, 盐间白云岩主要岩石类型有白云岩、钙芒硝质白云岩、泥质白云岩、灰质白云岩和白云质钙芒硝岩、白云质泥岩、白云质灰岩以及白云石 方解石 粘土 钙芒硝等矿物混合而成的岩石类型。

按结构 成因分类, 常见以下五类岩石: (1) 颗粒白云岩 (可含灰、泥、钙芒硝): 如竹叶状砾 (砂) 屑白云岩、砂屑或粉屑白云岩; (2) 粒泥白云岩: 如含鲕粒泥晶白云岩、含砂屑泥晶白云岩、含粉屑泥晶白云

岩; (3) 泥晶白云岩: 如条带状 (含钙芒硝) 泥晶白云岩、纹层状钙芒硝质泥晶白云岩、条纹状含钙芒硝泥晶白云岩、致密状 (含) 钙芒硝质泥晶白云岩、不规则条纹状及不规则斑块状泥晶白云岩; (4) 粉 泥晶白云岩: 如粉晶白云岩、残余藻泥 粉晶白云岩; (5) 白云质钙芒硝岩。其中以泥晶白云岩为主, 其次为粒泥白云岩、颗粒白云岩, 少量的粉晶白云岩。

白云岩段主要由钙芒硝质或泥质白云岩、白云岩夹钙芒硝岩组成。该段垂向上岩性组合规律明显。对王盐 2 井潜二段 16~24 韵律层取芯观察分析表明, 盐间白云岩由 7 个韵律构成, 由下至上为白云质钙芒硝岩 (A)、钙芒硝质白云岩 (B)、白云岩 (C)、灰岩 (D) (少数韵律层)、白云岩 (E)、钙芒硝质白云岩 (F) 和白云质钙芒硝岩 (G) (表 2 图 3), 体现了垂向上其钙芒硝含量多少多和白云石含量少多 少的变化特点, 反映了白云岩段盐湖水体咸 淡 咸的相对变化以及盐湖随水体咸淡变化而出现硫酸盐 碳酸盐 硫酸盐的化学分异特征。其中, 硫酸盐是水体淡化开始和淡化结束时的沉积物。

2 盐间白云岩的特征

2.1 矿物学特征

盐间白云岩的矿物组分复杂, 主要为碳酸盐矿物、盐类矿物、粘土矿物, 少量的铝硅酸盐矿物和陆源碎屑矿物。碳酸盐矿物以白云石为主, 方解石次之, 少量的菱镁矿和菱铁矿及片钠铝石。盐类矿物以钙芒硝为主, 其次为硬石膏, 含石盐、天青石、重晶石。粘土矿物以伊利石为主, 少量蒙脱石、高岭石。

韵律段 层		岩性	厚度 /m	沉积构造 (产状)	沉积阶段	水体性质		主要矿物组合
						淡咸程度	酸碱程度	
盐下过渡段	G	泥晶白云质钙芒硝岩	0.1~3	条带状 (水平纹层理)	盐下硫酸盐沉积阶段	盐水	中偏酸性	钙芒硝、石盐、白云石、硬石膏、石膏、伊利石、绿泥石
	F	钙芒硝泥晶白云岩	0.3~1	巨晶花斑状 (水平纹层)		咸水 盐水	中碱性	白云石、硬石膏、石膏、石盐、伊利石、绿泥石、钙芒硝
淡化段	E	钙芒硝质泥晶白云岩	0.1~1	透镜状 (水平纹层)	盐上硫酸盐沉积阶段	半咸 咸水	偏碱性	白云石、硬石膏、石膏、伊利石、绿泥石、伊 / 蒙混层
	D	泥晶灰岩	0~4	偶见条带、斑块 (水平层理)		淡水	碱性	方解石、高岭石
	C	泥晶白云岩夹薄层钙芒硝质泥晶白云岩	0.4~5	条带状、斑块状 (水平纹层)		半咸 咸水	偏碱性	白云石、硬石膏、石膏、伊利石、绿泥石、伊 / 蒙混层盐上过渡段
盐上过渡段	B	钙芒硝质泥晶白云岩	0.1~1	网脉状 (水平纹层)	碳酸盐沉积阶段	咸盐水中碱性	中偏酸性	白云石、硬石膏、石膏、伊利石、绿泥石、钙芒硝
	A	泥晶白云质钙芒硝岩与泥晶白云岩互层	0.03~4	条带状 (水平层理)		盐水		钙芒硝、石盐、白云石、硬石膏、石膏、伊利石、绿泥石

铝硅酸盐矿物主要有方沸石、长石;氧化硅矿物为自生石英;此外,还含少量的黄铁矿、胶磷矿。有些次要矿物,如菱镁矿、硬石膏等在部分层位含量很高。同一种矿物在不同层位的白云岩中含量差异较大。粘土矿物普遍存在,但总体较少,同一韵律垂向上基本稳定,但不同韵律差异较大。

盐间白云岩中的白云石发育三种晶形:①它形粒状白云石,多见,泥晶, $1.5 \sim 5.0 \mu\text{m}$; 紧密镶嵌 局部紧密镶嵌 细分散状。②半自形或半自形 自形白云石, 常见, 多为泥晶, $2.5 \sim 5.0 \mu\text{m}$; 紧密镶嵌 局部紧密镶嵌 细分散状。③自形菱面体白云石, 不常见, 充填于粘土矿物孔隙中或呈溶蚀裂隙中的充填物。孔隙中白云石多为泥晶, 一般 $0.15 \sim 6 \mu\text{m}$; 裂隙中白云石达 $40 \mu\text{m}$ 。

在扫描电镜下,它形粒状白云岩成分复杂。无论是白云岩或含杂质白云岩,都在一定程度上含有粘土矿物(主要为伊利石)。此外,白云岩常遭受溶蚀作用改造,局部晶间溶孔和晶内溶孔发育,溶蚀孔隙中生长有次生石膏。

盐间白云岩为富钙白云岩。酸溶解法测定表明, Ca^{2+} 的百分含量为 15.19%, Mg^{2+} 含量为 7.55%, 由此计算白云岩中的 Ca Mg 原子摩尔百分数分别为 54.95% 和 45.05%。

盐间白云岩中的白云石有序度低。据王盐 2 井、王盐 3 井 6 个泥晶白云岩试验样品测试结果,其白云石有序度在 0.29 ~ 0.37 之间, 平均为 0.33。

2.2 地球化学特征

盐间泥晶白云岩微量元素以富 Fe Na 高 Fe/Mn 比值为特征。 Fe 含量为 0.68% ~ 2.56%, 平均 1.81%; Na 含量为 0.68% ~ 2.08%, 平均为 1.27%; Sr 含量为 0.0225% ~ 0.3875%, 平均为 0.1996%; Fe/Mn 比值 24.91 ~ 74.88 平均为 50.50。

氧、碳同位素特征总体偏负, $\delta^{13}\text{C}$ 为 $-2.61\text{‰} \sim -10.86\text{‰}$ (PDB), 平均值为 -6.47‰ ; $\delta^{18}\text{O}$ 为 $-2.56\text{‰} \sim -7.27\text{‰}$, 平均值为 -4.38‰ 。

硫酸盐质白云岩的硫同位素以富 $\delta^{34}\text{S}$ (即重硫型) 为特征。其 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 32.62‰, 远超出同时代海相蒸发岩的 $\delta^{34}\text{S}$ (20‰), 只有个别岩段(潜江组四段)略低。

3 盐间白云岩成因分析

3.1 沉积环境及水动力条件

含盐体系,包括盐间白云岩,主要为盐湖盆地沉积环境的产物。但不同层位的盐间白云岩产于不同

沉积环境,渔洋组和沙市组为滨浅湖,新沟组为浅湖和深湖环境,潜江组为深湖和滨浅湖沿岸泥坪及湖湾环境。

盐间白云岩岩性大多数为泥晶白云岩,多产于水动力条件极弱的闭塞 半闭塞湖盆或深水湖盆、湖湾及滨浅湖沿岸泥坪环境,因而岩石呈灰褐色、深灰色,主要含泥晶白云石,常见泥质、钙芒硝、黄铁矿等次要矿物,水平纹层发育或呈条纹状,并缺乏底栖生物。岩石富重硫同位素,也反映出环境对 SO_4^{2-} 为封闭水体,而对 HS^- 为开放系统。

盐间白云岩中还有相当数量的颗粒白云岩和粒泥白云岩或含颗粒白云岩条带的泥晶白云岩,条带状或薄层状,颗粒以内碎屑为主,如竹叶状砾屑、砂屑、粉屑,少量的鲕粒。颗粒由泥晶白云石及少量的泥质、方解石组成。颗粒白云岩和砂屑白云岩为基底式 颗粒式胶结,胶结物多为钙芒硝。为浅湖滩或盆内沿岸滩坝沉积,水动力条件相对较强。

少量的粉晶白云岩和泥 粉晶白云岩为成岩重结晶的产物,原岩主要为泥晶白云岩,浅湖或湖盆环境的产物。

王国力等^[9]以矿物成分、微观结构和宏观沉积构造等标志为划分原则,将潜江组潜四段到潜二段沉积划分为 17 个典型的微相类型,并按成因与形成环境和岩类联系归纳为 7 个微相系列。其中,白云岩主要形成于: (1) 与较强烈蒸发作用有关的咸水碳酸盐沉积微相系列,包括纹层状泥晶白云岩微相,纹层状泥晶泥质粒屑白云岩微相,块状泥晶白云岩微相。白云石属于原生白云石,直接沉淀于常年性较深水高盐度分层盐湖中; (2) 与水体相对淡化有关的咸水 半咸水混合沉积微相系列,包括纹层状钙芒硝泥质白云岩微相,纹层状含云泥质钙芒硝岩微相,纹层状含钙芒硝质泥岩微相,它们的共同特征是 3 种主要组分即泥质、白云质和钙芒硝均不超过 50%, 介于 10% ~ 50% 之间。此外还有微量碎屑石英,均具微层理构造,由泥质薄层、泥晶白云岩薄层和钙芒硝薄层间互分布而成。在这些岩石中,普遍存在钙芒硝与白云石的相互交代现象; (3) 与成岩作用有关的次生晶粒白云岩沉积微相系列,主要为粉细晶白云岩微相,主要由具晶粒结构的白云石组成,以粉晶和细晶为主,受成岩作用影响,原生沉积构造多已消失,从产状看,一般未单独成层或成岩,多呈斑状、条带状和透镜状,由白云石交代钙芒硝晶体而形成。

3.2 盐间白云岩形成的物理化学条件

白云石的人工合成试验和大量现代白云岩沉积

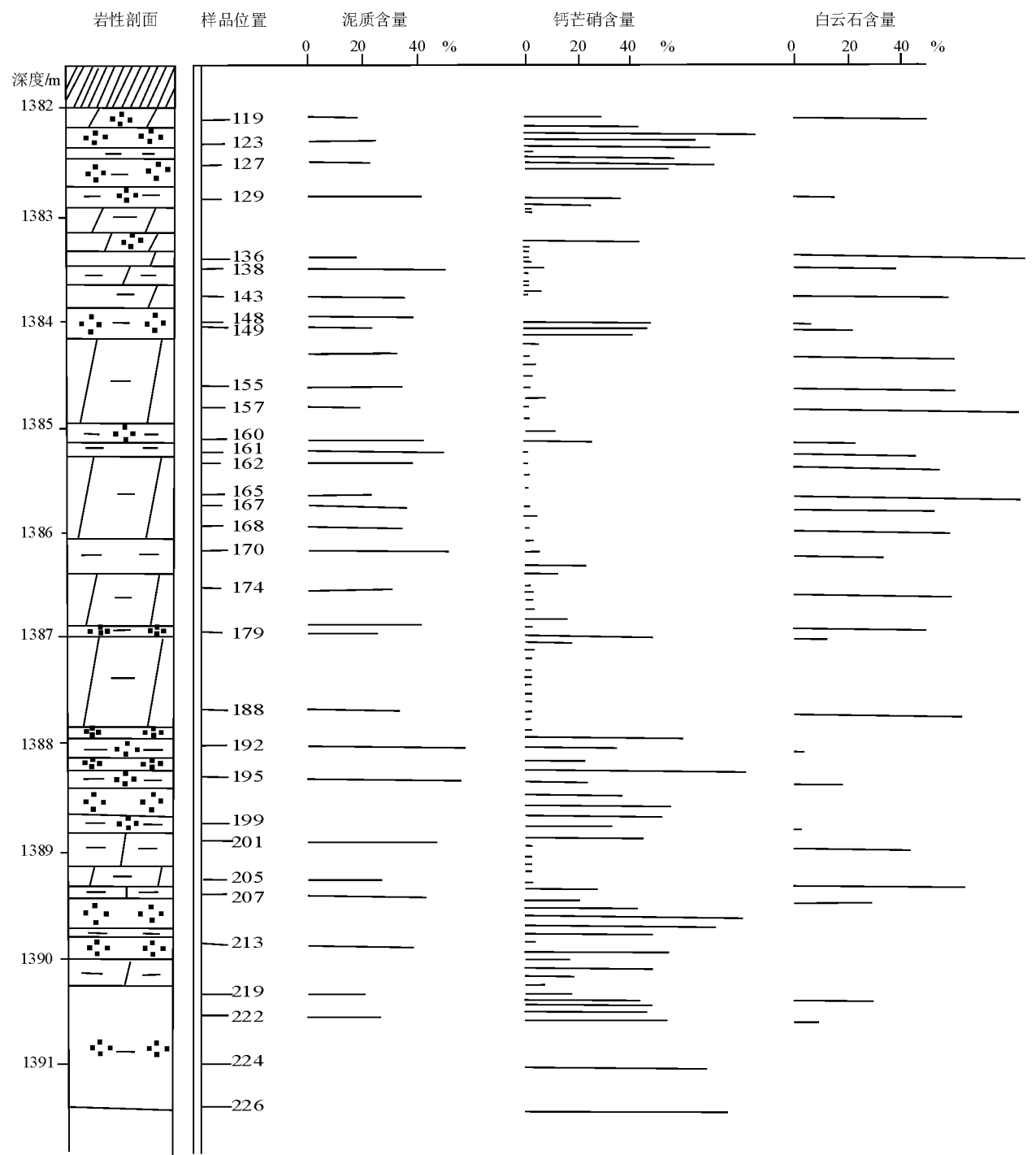


图 3 王盐 2 井潜二段 17 韵律间白云岩段岩性剖面图

Fig 3 Lithologic profile through the inter-salt dolomite intervals of the 17 th rhythmite from the 2nd member of the Qianjiang Formation in the Wangyan2 well

物的研究表明,多数白云石是形成于强烈蒸发的高盐度(比正常海水高出 5~8 倍)、高 Mg/C 比率(5 : 1~10 : 1 或更高)、较高的 pH 值(弱碱性 碱性)以及较高温度(28~35℃或更高)条件下^[7]。

1. 水体盐度及其变化状态

据氧、碳同位素资料计算,潜江组盐间白云岩及灰岩 Z 值都在 122 以上,最高达 134 平均为 127。其中,泥晶白云岩和泥质泥晶白云岩 Z 值平均为

127.4 灰岩为 126.8, 反映盐间白云岩形成于蒸发作用强烈的高盐度盐湖环境。

硫同位素以富 $\delta^3\text{S}$ 为特征, 反映了潜江期盐湖具有蒸发剧烈高盐度、封闭的特点。 $\delta^3\text{S}$ 平均值为 32.62‰, 绝大多数在 25.43‰~39.8‰ 之间, 远高于同时代海相蒸发岩的 $\delta^3\text{S}$ (20‰) 值。重硫富集主要是强烈蒸发作用和细菌作用形成的。因此, 潜江期盐间白云岩沉积时盐湖水体为含硫酸盐和有机质的封闭咸水沉积环境。

江汉盐湖盆地盐岩韵律是盐湖水体咸淡周期性变化形成的, 因而, 体现了盐湖水体盐度的周期性变化。据硼含量反映的水体盐度, 盐岩段 (浓缩部分) 盐度平均为 47.8‰, 最高 122.4‰; 白云岩段 (淡化部分) 盐度平均为 27.0‰, 最高 38.9‰。盐上和盐下过渡段平均为 36.2‰, 最高 77.7‰。据流体包裹体盐度测定, 盐间白云岩及盐岩段泥晶白云石、石膏等矿物沉积时盐度为 23~33‰, 平均为 28‰。总体呈现盐间白云岩沉积时水体盐度高, 但变化范围大的特点。

在垂向上, 不同韵律层位的盐间白云岩和同一韵律层位的不同白云岩类型的盐度有所差异, 反映蒸发强度也有所差异。据氧、碳同位素资料, 潜江组潜三段 E_3^{F} 盐间泥晶白云岩和泥晶灰岩的盐度比潜四段 E_4^{G} 层位的泥晶灰岩和泥晶白云岩的盐度高, 在垂向上, 这种相对的浓淡变化体现由下向上含盐度逐渐升高的规律性变化。

根据自生矿物的组合特征可以确定不同白云岩类型沉积时水体介质盐度。江汉盐湖盐间白云岩沉积水体分别为盐水、咸水、半咸水、淡水、半咸水、半咸水、咸水、盐水等。含硫化物 (黄铁矿) 泥晶白云岩产于蒸发作用相对较弱、盐度相对较淡的封闭的还原环境; 硫酸盐质泥晶白云岩产于蒸发强度和盐度都相对较高的还原环境。

现代地下卤水矿化度和成分是对沉积水体继承和成岩作用改造的综合反映, 它与根据氧同位素和硼含量资料确定的古盐度具有正相关性。因此, 现代地下卤水矿化度和成分一定程度上反映了沉积时水体的性质。潜江组地下卤水矿化度平均为 300.5 g/L, 成分以富含 Na^+ 、 Cl^- 为特征, Na^+ 、 Cl^- 平均含量分别为 115.0 g/L 和 170.1 g/L, 比海水的矿化度高约 9 倍, Na^+ 、 Cl^- 含量高约 10 倍。根据平均矿化度计算, 现代地下卤水的含盐度 (240.4‰) 是现代海洋水的 6.9 倍。实际上, 潜江期古湖水盐度还要高。根据包裹体盐度测定, 盐岩沉积期盐湖水体盐度

是海洋盐度的 9.2 倍, 盐间白云岩沉积期盐湖水体含盐度至少是海洋水的 6.1 倍, 反映了潜江期盐湖水体总体上是一种高浓缩的、封闭的富含 Cl^- 、 Na^+ 等阴离子的高度矿化的水体。

综上所述, 潜江组盐间白云岩形成时水体盐度高, 平均约为 27.5‰, 硫酸盐沉积时盐度约 34.5‰, 盐岩沉积时约为 41‰。

2 水体酸碱度和氧化还原程度

湖水溶液中自生矿物的析出受沉积水介质酸碱度的控制。因此, 自生矿物及其组合反映水介质的酸碱度。

据西藏和青海现代盐湖的研究结果^[8], 碳酸盐矿物析出或沉淀时卤水的 pH 值为 10.1~8.2, 为中碱性。石膏、钾石膏、芒硝、无水芒硝和钙芒硝形成于卤水 pH 值为 9.4~5.4 的碱性、中偏酸性、中性环境; 石盐形成于 pH 值为 7.4~4.5 的中酸性卤水中。

pH 值显示盐间白云岩总体为碱性环境。但不同亚类岩石由于其矿物组合不同因而反映 pH 值有所不同。泥晶白云岩、泥晶灰岩为偏碱性 (9.0~10.1), (含) 硫酸盐质白云岩为中至碱性 (7.0~9.4), (含) 白云质硫酸盐岩为中偏酸性 (5.4~7.0)。

岩石的自色及某些指相矿物和指相化石是氧化还原程度的良好标志。潜江组盐间白云岩多为灰色、灰黑色、深灰色、少数灰白色, 普遍发育黄铁矿。岩石中生物化石稀少, 缺乏底栖生物, 包裹体有机质中 $\text{Pr/Ph} < 1$, 反映沉积水体为还原或强还原环境。盐间泥晶白云岩富含重硫, 也一定程度反映其封闭还原的沉积环境。

3 Mg/Ca 比值

对古盐湖原始水体已无法进行直接的 Mg/Ca 比值测定, 因此, 只有寻找间接的但能反映沉积水体性质的测定方法。层状石盐中的流体包裹体盐水溶液应能基本代表石盐沉淀时沉积水体性质。因此, 其流体包裹体盐水溶液的 Mg/Ca 比值基本反映古盐湖水体的 Mg/Ca 比值。根据激光拉曼探针测定的石盐中流体包裹体盐水溶液的 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 含量计算, 其 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 摩尔数比值在 0.50~0.75 之间, 平均值为 0.57, 重量比值在 0.30~0.46 之间, 平均为 0.35。因此, 可以认为, 潜江期水体成盐阶段的 Mg/Ca 比值为 0.30~0.46。

现代地下卤水对古盐湖水体具有一定的继承性。因此, 根据现代地下卤水 $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 含量确定的 Mg/Ca 比值一定程度 (或定性地) 反映古水体的 Mg/Ca 比值。潜江组不同地区地下卤水的 Mg/Ca

比值在0.12~0.51之间,平均为0.27。

上述两项分析结果表明,潜江期盐湖水 Mg/Ca 比值低。但是人工实验和近现代白云石多形成于高 Mg/Ca 比值(5:1~10:1或更大)环境,如现代西藏扎仓卡盐湖、II、III湖湖表水的 Mg/Ca 比值分别为35.78、36.85和31.22,而江汉盐湖高度浓缩期潜江期古盐湖水的 Mg/Ca 比值甚至比海洋水的 Mg/Ca 比值还低。究竟是何原因所致,这是一个值得进一步研究的问题。

4 沉积时水体温度

盐间白云岩的白云石多为泥晶,属原生白云石,其流体包裹体温度应基本代表沉积时水温。通过对白云岩中白云石、石膏、石盐等矿物的包体测温在35~40℃之间,平均38℃,说明沉积水温较高,反映盐间白云岩形成期江汉盆地处于干旱的热带、亚热带气候环境。

3.3 白云石形成阶段

盐间白云岩的白云石主要有它形粒状、自形、半自形、自形三种晶形。其中,最为常见的是泥晶它形粒状白云石。该类白云石为盐间致密或纹层状泥晶白云岩和竹叶状砾屑白云岩砾屑的主要组成矿物。致密或纹层状泥晶白云岩的白云石多呈致密状,分布均匀,无交代证据,显然为准同生或沉积阶段的产物。竹叶状砾屑白云岩为湖盆泥坪沿岸砂坝沉积,竹叶状砾屑(内碎屑)的组成物应是未固结软泥沉积物。因此,组成竹叶状砾屑的泥晶白云石显然是沉积或同生阶段的产物。

在泥质泥晶白云岩或白云质泥岩的粘土矿物之间或孔隙中零星或局部集中分布着自形、半自形的泥晶白云石。这类白云石多是在沉积、准同生阶段沉积或沉淀形成,经早期成岩阶段压实作用及局部重结晶形成。

除上述两种晶形外,白云岩或含白云质岩石中还可见到集中或零星分布的菱面体自形白云石。部分白云石是成岩早期由于压实作用,造成局部环境(如孔隙)有利于白云石的缓慢生长,其晶体大小多在1.5~5μm之间。在泥晶白云岩或其它白云岩类型的裂隙中零星分布菱面体粉晶、细晶白云石。此类白云石显然为成岩晚期交代作用的产物。此外,部分层位的硅质粉晶白云岩和藻残余粉晶白云岩在显微镜下呈现粉晶白云石较脏暗,白云石大小不一,

远离藻丝体晶体增大的现象,其显然为成岩期泥晶白云石重结晶和交代硅质矿物的产物。

综上所述,盐间白云岩的白云石主要为原生、准同生阶段沉积的产物,部分白云岩的白云石为成岩早期阶段沉淀的产物,少数白云石为成岩期重结晶作用的产物。

4 结 论

作为典型的陆相含油盐湖盆地,江汉盆地潜江凹陷盐岩韵律间的白云岩分布广泛,类型复杂。矿物组分主要为碳酸盐矿物、盐类矿物、粘土矿物等。碳酸盐矿物以白云石为主,白云石有序度低。白云岩中微量元素以富 Fe、Na 高 Fe/Mn 比值为特征。

盐间白云岩大多数为泥晶白云岩,多产于水动力条件极弱的闭塞、半闭塞湖盆或深水湖盆、湖湾及滨浅湖沿岸泥坪环境。盐间白云岩形成于强烈蒸发的高盐度盐湖环境,盐湖水体咸淡周期性变化,总体上是一种高浓缩的、封闭的富含 Cl⁻、Na⁺等阴阳离子的高度矿化的水体。盐间白云岩的白云石主要为原生、准同生阶段沉积的产物,部分白云石为成岩早期阶段沉淀的产物,少数白云石为成岩期重结晶作用的产物。

参考文献:

- [1] 张永生,杨玉卿,漆智先,等.江汉盆地潜江凹陷古近系潜江组含盐岩系沉积特征与沉积环境[J].古地理学报,2003,5(1): 29—35
- [2] 王国力,张永生,杨玉卿,等.江汉盆地潜江凹陷古近系潜江组盐间非砂岩储层评价[J].石油实验地质,2004,26(5): 462—468
- [3] 蒲秀刚,漆智先,郑晓玲,等.盐间非砂岩油藏基本石油地质特征及资源潜力[J].石油勘探与开发,2002,29(5): 28—30
- [4] 李春梅,蒲秀刚.盐间非砂岩特殊油藏成藏机制与模式研究[J].石油天然气学报,2005,27(2): 149—153
- [5] 李春梅,何可.江汉盐湖盆地盐间非砂岩储层特征及储层类型[J].江汉石油学院学报,2001,23(3): 6—9
- [6] 王国力,杨玉卿,张永生,等.江汉盆地潜江凹陷王场地区古近系潜江组沉积微相及其演变[J].古地理学报,2004,6(2): 140—150
- [7] 曾允孚,夏文杰.沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1986
- [8] 郑喜玉,唐渊,徐昶,等.西藏盐湖[M].北京:科学出版社,1988

Characteristics and genesis of the inter salt dolostones in the Jianghan Basin

KE Xiao-ping¹, QIN Jian-xiong², LI Yu-sheng³, HUANG Ke-nan¹, LIU Xu-feng²

(1. Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, Hubei, China; 2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Jianghan Oil Field Company, SINOPEC, Qianjiang 433124, Hubei, China)

Abstract A succession of inter salt non sandstones occurs on a wide range of scales in the Palaeogene Qianjiang Formation in the Qianjiang depression, Jianghan salt lake basin. The present paper deals in detail with the distribution, type, mineralogy, geochemistry and genesis of the dolostones in the inter salt non sandstones from the basin. The inter salt dolostones dominated by micritic dolostones are characterized by complex mineral compositions, lower ordering degree, rich Fe and Na and high Fe/Mn ratios, and thus interpreted as the products deposited in the sedimentary environment of salt lake basin during the primary penecontemporaneous stages.

Key words Jianghan Basin, salt lake, dolostone, genesis