

贵州开阳地区澄江组第二段砂岩粒度分析与沉积环境

乔卫涛,陈 仁,胡歆睿,吕留彦,周 武

(贵州省地质调查院,贵州 贵阳 550081)

[摘 要]对开阳地区金中背斜及翁昭地区澄江组第二段砂岩的进行了粒度分析,得出了其粒度参数特征。以粒度参数为基础,根据萨胡粒度判别函数、离散图解及粒度概率累积曲线及 Sr/Ba 测试分析,显示其沉积环境为河流相沉积。结合砂岩岩石学特征综合判断金中地区为辫状河沉积而翁昭地区为曲流河沉积。整体证实了贵州南华系澄江晚期古地理格局为北西高,南东低的特征。

[关键词]澄江组;粒度分析;沉积环境;贵州开阳

[中图分类号]P534.31;P539.2 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2020)-01-0059-07

1 引言

“澄江组”创名于云南省澄江县城附近,1963 年贵州省地质局第三综合地质队最先引用于贵州地区。区内澄江组有较长的研究历史,曾被冠以多个名称。在 1:20 万区调工作中,贵州区调队(1970,1979,1980)先后将其或置于“南沱组”内,或置于“马路坪群”,或称“莲沱组”。后鉴于该地层组分和特征与云南澄江组相似而沿用“澄江组”一名至今,代表一套河湖相砂泥岩沉积。

对于澄江组第二段的沉积环境,前人给出了不同的结论。1:20 万息烽幅认为该组第二段为滨海相沉积。旧版贵州省区域地质志(1993)认为澄江组(铁厂组)第二段为滨海相沉积。贵州省岩石地层(1997)认为该组第二段为河湖相沉积,局部短暂河口湾。徐世林(2017)认为澄江组后期浅海相—陆棚相。本文通过对粒度参数特征、粒度判别函数和概率累积曲线形态等特征的分析,对开阳地区澄江组砂岩粒度特征与沉积环境判别进行讨论。

2 地质背景及地质特征

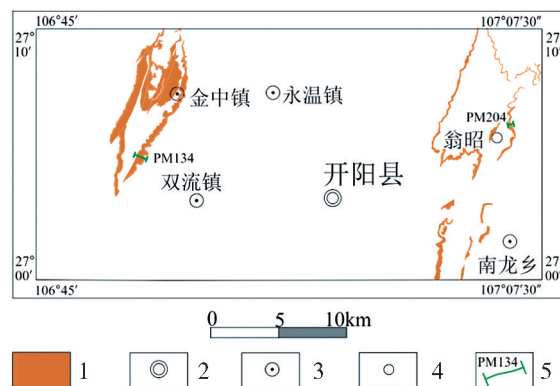


图 1 澄江组分布图及剖面位置

Fig. 1 Distribution of Chengjiang formation and profile position

1—澄江组;2—县城;3—乡镇;4—村;5—剖面编号及位置

澄江组在贵州,分散出露于黔中地区各个较大背斜的核部及近核部,具体分布于遵义松林,清镇铁厂,开阳金中(洋水)、翁昭,息烽温泉及瓮安朵丁等地,金沙岩孔钻井中亦见及。研究区位于开阳的金中背斜和翁昭背斜。在金中背斜,澄江组与下伏青白口系下江群清水江组平行不整合,

[收稿日期]2019-08-28 [修回日期]2019-12-21

[基金项目]中国地质调查局区域地质调查项目:贵州 1:5 万开阳、花梨、瓮安、羊昌、龙岗、牛场幅区域地质矿产调查,项目编号:12120114072501。

[作者简介]乔卫涛(1986—),男,地质工程师,硕士,主要从事区域地质调查及水工环地质调查等工作。

[通讯作者]陈仁(1972—),男,高级工程师,大学,主要从事区域地质调查工作。

上被陡山沱组平行不整合覆盖。而在翁昭背斜,澄江组下伏地层仍为清水江组,上覆地层为陡山沱组。部分位置陡山沱组缺失,上覆地层为灯影组。

澄江组第二段特征如下:

岩性横向上相对稳定,以灰黄色、灰绿色块状砾质砂岩、不等粒砂岩为主,间夹少量同色薄板或薄层状粉砂质泥岩或泥岩,个别地段砾石含量高,呈砂质砾岩特征。岩石中交错层理、平行层理

及递变层理发育,层面亦见有对称波痕特征。受上覆地层剥蚀影响,该段于金中及翁昭一带出露,残留厚度 5 m ~ 27.4 m。该段以灰黄色、灰绿色块状砾质砂岩出现与第一段划界,接触面显凹凸不平冲刷面特征,二者整合接触。

本次研究在开阳县西的金中背斜及县东的翁昭背斜(图 1)分别进行剖面测制和逐层取样,对其砂岩层位进行粒度分析。一共在开阳金中背斜取样 7 件,在翁昭背斜取样 2 件(图 2)。

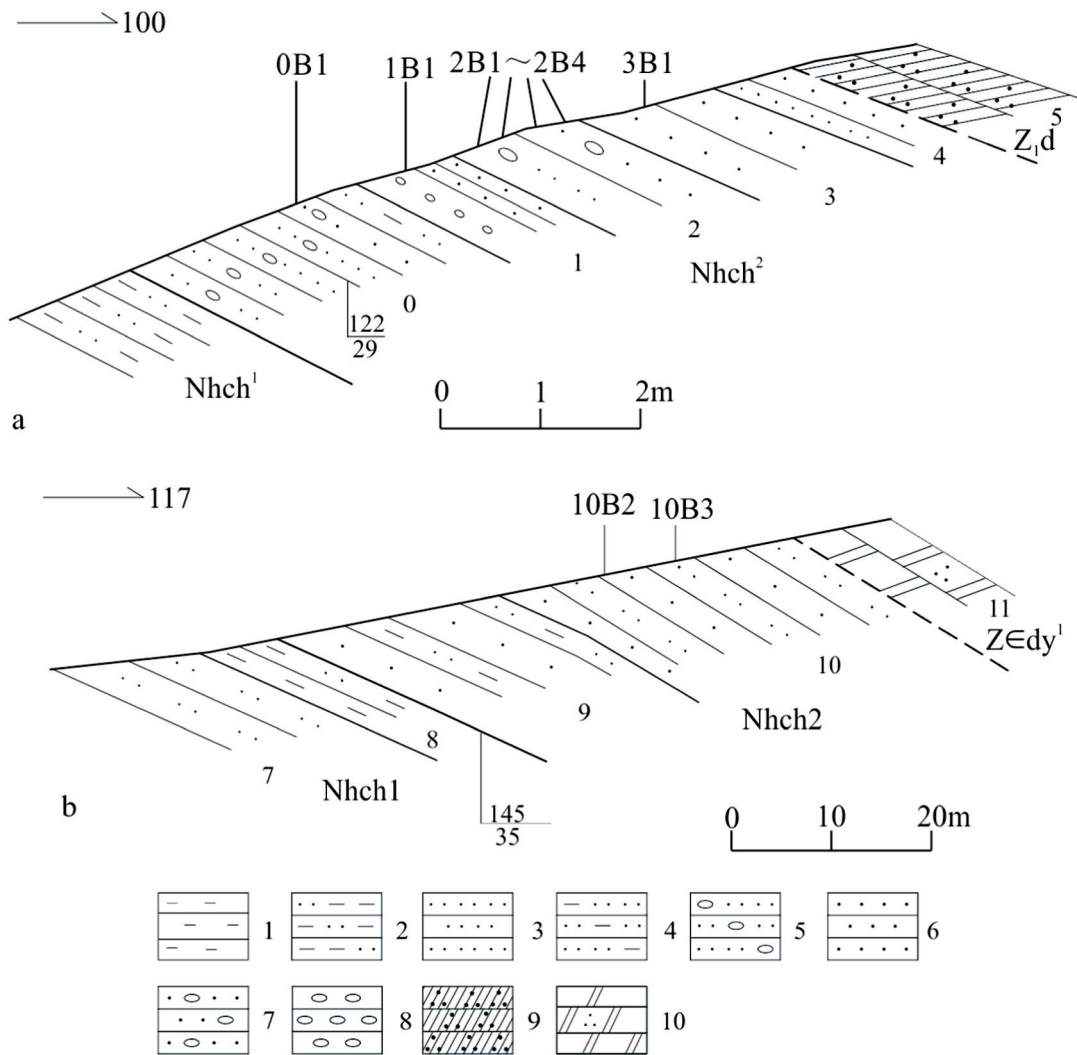


图 2 开阳地区 (PM134) 及翁昭地区 (PM204) 澄江组第二段剖面略图及取样位置

Fig. 2 Profiles sketch and samples location of the second section of Chengjiang formation at Kaiyang area (PM134) and Wengzhao area (PM204)

1—泥岩;2—粉砂质泥岩;3—粉砂岩;4—泥质粉砂岩;5—含砾粉砂岩;6—细砂岩;7—含砾砂岩;8—砾岩;9—砂屑磷块岩;10—砂屑白云岩

3 岩石学特征

开阳金中及翁昭澄江组第二段剖面其岩性主要为碎屑岩,主要岩性为粉砂质泥岩、粉砂岩、砂岩、砾岩等(表 1),以砂岩及粉砂岩为主。经对所

取样品进行镜下鉴定,样品基本上由陆源碎屑及粘土矿物(填隙物)组成。陆源碎屑特征为:约占样品总量的 80%~97%,其中粉砂岩碎屑含量低于 90%,而砂岩及砾岩碎屑含量高于 90%,分布较为均匀。Pm134 连续取样,其粒径 0.004 mm ~ 30 mm,由粉砂级至砾级均可见,由下至上,砾级碎屑呈韵律减少趋

势。Pm204 则无砾级碎屑,以 0.06 mm~0.25 mm 之细砂级陆源碎屑为主见,0.004~0.25 之粉砂级碎屑为次见,由下至上,粒径总体呈韵律减小趋势。矿物成熟度极差到中等。分选磨圆以中等为主,个别分选极差。粘土矿物(填隙物)约占样品总量的 2%~20%,分布较为均匀,其粒度<0.004 mm。

表 1 黔中开阳地区金中及翁昭剖面澄江组第二段砂岩的矿物成分统计表

Table 1 Statistics of mineral compositions of the sanstone in the second member of Chengjiang formation in Jinzhong and Wengzhao area of Kaiyang area

编号	层位	岩石名称	碎屑含量(%)				粘土矿物	粒径(mm)
			石英	长石	岩屑	其他		
Pm134-0B1	Nhch2	砂质砾岩	17	5	73	3	2	0.004~12
Pm134-1B1	Nhch2	砂质砾岩	15	4	75	3	3	0.004~10
Pm134-2B1	Nhch2	含粘土质粉砂质细粒岩屑砂岩	35	3	50	4	8	0.004~2
Pm134-2B2	Nhch2	砾质岩屑砂岩	40	3	51	3	3	0.06~17
Pm134-2B3	Nhch2	含砂质砾岩	22	2	70	3	3	0.004~30
Pm134-2B4	Nhch2	砾质岩屑砂岩	30	2	62	3	3	0.004~9
Pm134-3B1	Nhch2	中—细粒岩屑砂岩	50	3	41	3	3	0.25~2
PM204-10B2	Nhch2	岩屑长石砂岩	6	55	30	7	2	0.06~0.25
PM204-10B3	Nhch2	含粘土质砂质粉砂岩	35	10	30	5	20	0.004~0.25

4 沉积物粒度特征

本次研究在成都理工大学沉积地质研究院实验室完成。先以样品制作薄片,再将薄片在显微镜下成图,以目估法对颗粒粒径和含量进行测算。

然后对颗粒进行筛析校正及杂基校正,最终得出沉积物颗粒粒径及相应含量,再对数据进行处理,分以图解法和矩法计算得出相应的粒度参数即平均粒径 Mz、标准偏差 σ、偏度 Sk、峰态 Kg 值,所有粒度参数均使用福克和沃德的公式计算(布拉特,1979)。

表 2 开阳地区澄江组砂岩粒度参数表

Table 2 Discriminate analyses parameter of sandstone in the second member of Chengjiang formation in Kaiyang area

图解法	Mz	σ	Sk	Kg	Y1	Y2	Y3
Pm134-0B1	3.09	2.96	1.04	2.24	-80.854 81	17.555 646	45.471 01
Pm134-1B1	2.53	2.43	1.71	4.32	-59.166 88	33.822 246	34.443 66
Pm134-2B1	4.24	2.93	0.47	1.44	-76.228 31	10.385 067	29.975 28
Pm134-2B2	4.64	3.54	-0.09	1.12	-107.964 1	3.619 451 2	44.404 95
Pm134-2B3	4.9	3.28	-0.09	1.16	-92.354 11	4.733 348 8	32.713 48
Pm134-2B4	3.11	3.37	0.71	1.71	-101.995 8	11.497 413	58.758 48
Pm134-3B1	4.41	2.36	0.87	1.91	-51.699 21	16.903 337	9.015 01
PM204-10B2	4.57	2.08	1.07	2.27	-41.723 94	20.771 599	-2.434 01
PM204-10B3	5.05	2.29	0.55	1.42	-47.122 97	12.748 547	-1.225 35

4.1 粒度参数特征

平均粒径(粒度平均值 Mz)代表粒度分布的集中趋势,代表搬运营力的平均动能。见表 2,9 个粒度样品平均粒径最小的是样品 Pm204-10B3,φ 值为 5.05;最大为样品 PM134-1B1,φ 值为 2.53。全部样品平均粒径均值(φ)为 4.06,为极细砂至粗粉砂。

偏度(Sk)表示沉积物粒度频率分布的不对

称性,并表明中位数与平均值的相对位置。当 Sk=0,样品粒度为对称分布;Sk>0 则沉积物粒度较粗,且有一个细尾部,为正偏;Sk<0 表示沉积物集中在细粒部分,而有一个粗尾部,为负偏。用这一参数能反映介质类型及搬运能力的强弱。研究区 9 个粒度样品偏度最大为 1.71,最小为-0.09,平均为 0.693。其中样品 PM134-2B2、PM134-2B3 为负偏,值为-0.09,近于对称,其余均为正偏。所有砂岩的偏度按照福克的划分,落入+0.3~+1 之

间,为很正偏态,表明其沉积以较粗物质为主,且留有一个细物质的尾部,此在河流沉积及沙丘沉积中多见。

峰度(K_g)代表曲线两端与中间分选性之间的比率,以衡量沉积物粒度频率曲线峰型的宽窄程度。根据 K_g 的大小值划分出峰型: $K_g=1$ 为正态曲线; $K_g>1$ 为窄峰; $K_g<1$ 为宽峰。16个样品均为窄峰。峰度的最大值为4.32,最小值为1.12。可见样品粒度频率曲线由接近于正态曲线到尖锐。9个样品中有4个样品处在尖锐($K_g=1.56\sim 3.00$)和非常尖锐($K_g>3.00$)范围,这可能和砂砾中掺有粘土、粉砂等悬浮物有关,说明了该沉积物是由多物源混合沉积造成的(冯增昭,1993),此在河流沉积中较为多见。

标准偏差(σ)是分选性的指标,反映了粒度分布与平均粒径之间的差异,用来区分沉积物的分选程度。根据对大量的不同环境采集的样品计

算 σ 值大小后,福克将分选程度分为6级。标准偏差是大于等于0的。当标准偏差为0时,表示样品粒度绝对均匀;分选系数在0~0.35之间表示分选很好;在0.35~0.5之间表示分选好;在0.5到0.7之间表示分选较好;在0.7~1.0之间表示分选中等;1.0~2.0之间表示分选较差;2.0~4.0之间表示分选很差;4.0以上表示分选极差。由表2可见,研究区9个样品粒度的分选系数最大为3.37,最小为2.08,平均为2.50。可见研究区的粒度分选均落入分选很差的标准区间。

4.2 粒度概率累积曲线特征

不同的概率累积曲线组合特征反映了不同的沉积动力条件。在明确沉积动力条件之后,对于沉积环境的解释有一定的帮助。研究区沉积物粒度概率累积曲线种类存在一跳一悬夹过渡式、高斜两段式和两跳一悬式,缺少滚动组分(图3)。

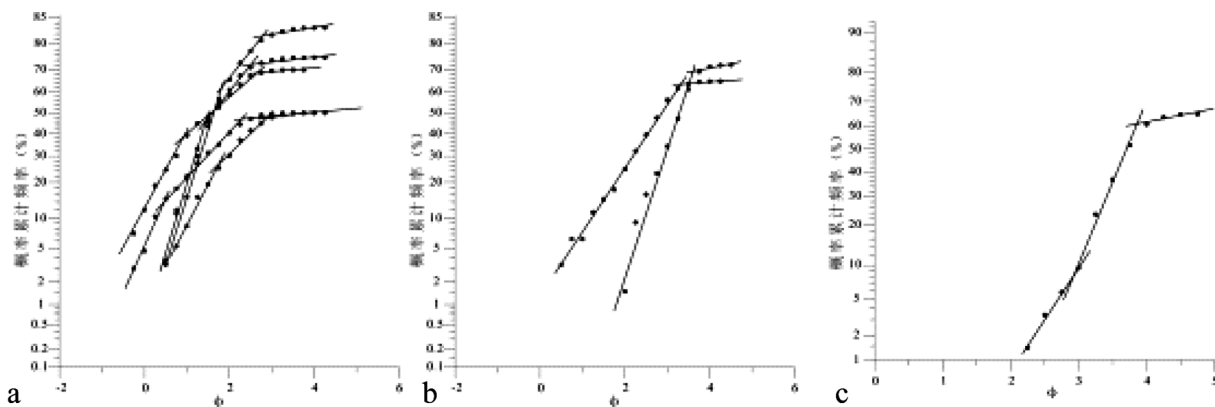


图3 砂岩概率累积曲线特征

Fig. 3 The cumulative frequency curves characteristics of the sandstone

a—一跳一悬夹过渡式;b—高斜两段式;c—两跳一悬式

4.2.1 一跳一悬夹过渡式

一跳一悬夹过渡式主要由一个跳跃总体、一个悬浮总体及一个过渡总体组成的三段式。曲线的跳跃组分含量约35%~80%,粒度区间 $-0.25\phi\sim 2.75\phi$,跳跃颗粒包中砂、粗砂、细砂、粗粉砂,直线段斜率 $60^\circ\sim 75^\circ$,分选较好,说明水流稳定、有很强的淘洗能力。过渡段含量20%~30%,斜率约 $40^\circ\sim 50^\circ$,分选中等,其与直线段截点为 $0.25\phi\sim 1.75\phi$,与悬浮总体截点在 $2.0\phi\sim 2.75\phi$ 附近,其搬运方式介于递变悬浮搬运和跳跃方式搬运之间。悬浮组分含量5%,斜率小于 10° ,表明悬浮组分仍然比例较小,分选很差。

4.2.2 高斜两段式

高斜两段式即跳跃和悬浮总体组成的两段

式。此类型反映了典型河流沉积物的粒度概率曲线特征,发育高斜率跳跃组分和低斜率悬浮组分,以跳跃组分为主,含量约60%~85%,最高可达到90%,以中、粗砂为主,含少量细砂、粗粉砂组分,斜率范围在 $60^\circ\sim 77^\circ$,分选好,与悬浮次总体截点在 $3\phi\sim 3.75\phi$ 。悬浮组分含量低,粒度跨度范围 $>3\phi$,斜率约低于 10° ,分选差。岩相表现为发育平行层理、交错层理含砾砂岩、中—粗砂岩,由粒度曲线分析可知,中—粗砂组分以跳跃形式搬运且含量可高达40%,代表了高含沙量河流的中上游低弯度段沉积。

4.2.3 两跳一悬式

曲线类型与两段式粒度组成类似,由斜率较高、分选好的跳跃总体和斜率低、分选差的悬浮总

体组成,但区别在于其跳跃总体由两个斜率不同的次总体组成(简称下次总体和上次总体)。上次总体与下次总体交切点在 $2.5\phi \sim 3.0\phi$ 附近,其中下次总体粒度分布在 $2.0\phi \sim 2.75\phi$,含量约 3%~7%,斜率在 60° 左右,分选中等偏上;上次总体粒度分布在 $2.5\phi \sim 3.75\phi$,含量约 55%,斜率较大,约 $70^\circ \sim 75^\circ$,分选更好,比上次总体反映更强的水动力条件。悬浮组分与跳跃组分的截点处于 3.75ϕ 附近,含量约 3%,斜率低于 10° 。该曲线与高斜两段式类似,发育于水流能量强的位置。

4.3 弗里德曼图解

弗里德曼(1967)研究了取自世界各地的有代表性的砂样,他用矩法标准偏差和矩法偏度所做的散点图能够很好地把河流砂和海滩砂—湖滩砂区别开来。河流砂多为正偏度,且标准偏差较大,显示分选性差。我们用全部 9 个样品进行投点,图解(图 4)显示均位于河流砂/海滩砂—湖滩砂界线的河流砂一侧,且距离分界线很远,因此显示砂体为河流砂属性。

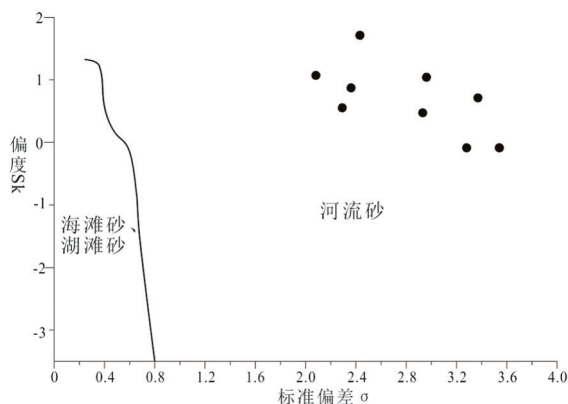


图 4 弗里德曼散点图

Fig. 4 The scatter graph of Friedman

4.4 萨胡判别特征

利用萨胡(1964)关于以粒度特征区分河流与泥石流、河流与浊流、河流与浅滩的 3 个函数。对澄江组第二段的砂岩粒度参数进行了判别函数计算。3 个判别函数为:

$$Y1 = 0.285 \ 2Mz - 8.760 \ 4\sigma^2 - 4.893 \ 2Sk + 0.048 \ 2Kg$$

$$Y2 = 0.7215Mz - 0.403 \ 0\sigma^2 + 6.732 \ 2Sk + 5.292 \ 7Kg$$

$$Y3 = -13.920 \ 0Mz + 30.949 \ 2\sigma^2 - 1.633 \ 6Sk - 0.637 \ 0Kg$$

式中, Mz 为中值, σ 为标准偏差, Sk 为偏度, Kg 为峰度。

对判断函数 $Y1$ 而言:当 $Y < -7.4190$ 时,为河流或三角洲沉积;当 $Y > -7.4190$ 时,为浅滩;对判断函数 $Y2$ 而言:当 $Y < 9.8433$ 时,为浊流;当 $Y > 9.8433$ 时,为河流三角洲;对判断函数 $Y3$ 而言:当 $Y < 87.8547$ 时,为河流;当 $Y > 87.8547$ 时,为泥石流。

根据澄江组第二段 9 块砂岩样品的粒度参数,计算出了对应的 Y 值(表 3),结果表明,而对于判别函数 $Y1$ 而言,样品参数均 < -7.4190 ,代表了河流或三角洲沉积类型;对于判别函数 $Y2$,除了样品 $PM134-2B2$ 、 $PM134-2B3$ 外,其他样品均 > 9.8433 ,属于河流三角洲沉积范围;对于判别函数 $Y3$,所有样品的 Y 值均 < 87.8547 ,属于河流相沉积。

5 讨论

5.1 陆相还是海相?

澄江组第一段为陆相基本上学界看法一致,并无任何疑义。但是澄江组第二段则有较多的不同意见,认为海相的较多,有河口湾、浅海—陆棚、滨海等说法。这些说法探究其依据主要有两条:1. 澄江组第二段有海绿石产出,而海绿石为浅海相的指相标志;2. 澄江组第二段有磷质产出,而磷通常亦产出于海洋环境。本次工作所取样品在岩矿鉴定中亦发现海绿石及磷质的存在。但是这些研究者忽视了一个问题,海绿石并非严格的浅海指相标志。近些年的研究表明,海绿石在陆相亦可见产出。在云南的抚仙湖中即发现大量的海绿石产出(王云飞,1983)。而在古代沉积物中,海绿石亦可见产出于陆相地层中。在松辽盆地的下白垩统青山口组中发现了海绿石,而其与淡水生物轮藻共生(朱政源,2015)。而在辽河断陷大民屯凹陷下第三系的钻孔岩心中亦发现了大量的海绿石,其均与典型的陆相化石伴生。而地层所产原有均以陆相成因的高蜡原油为代表。而磷质亦有可能在陆相地层中产出。澄江组上覆地层为含磷丰富之陡山沱组岩层,后期风化淋滤磷质亦可渗入澄江组第二段之中。因此现有证据不足以证明澄江组第二段为海相。

根据本次粒度参数特征上,样品总体以标准偏差衡量为分选极差。以偏度衡量为很正偏态,以峰度衡量为很尖锐,反映沉积物为多源混合沉积。整体体现为河流相特征,亦不排除河口三角洲或河口湾。而萨胡图解则反映为河流相特征。

而本次工作对于金中地区及翁昭地区澄江组第二段分别取样进行进行 Sr 、 Ba 含量检测,其 Sr/Ba 比值分别为 0.39、0.03(表 3)。而一般认为海水更富 Sr ,因此 Sr/Ba 比值对于古盐度的指示意义较大。 Sr/Ba 比值低于 1.0 即可以认为淡水沉积,而测试比值则远低于 1.0,指示澄江组第二段为淡水成因,因此为陆相沉积。

表 3 研究区澄江组砂岩 Sr 、 Ba 含量表

Table 3 The Sr 、 Ba element contents of the study area

样品编号	位置	$Sr(10^{-6})$	$Ba(10^{-6})$	Sr/Ba
KTC009-4H1	金中	84.9	217	0.39
PM204-10H1	翁昭	19.2	710	0.03

5.2 河流相抑或湖相?

根据弗里德曼散点图,9 个样品均落入河流砂的范围。另外根据在开阳金中及翁昭所作剖面,澄江组第二段无论从单个层序还是总体沉积物粒度上均显示以正粒序为主(图 5),即总体上沉积物向上渐变变细。此层序特征符合河流相的粒序特征。而从萨胡判别特征来看,亦属于河流相范围。

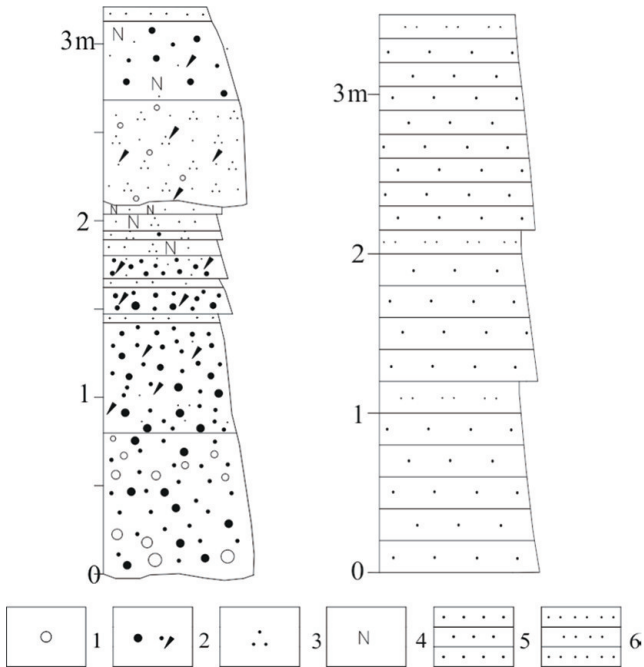


图 5 开阳及翁昭地区澄江组第二段基本层序
(左为开阳,右为翁昭)

Fig. 5 The basic sequence of the second section of Chengjiang formation at Kaiyang area and Wengzhao area
(left is Kaiyang area, right is Wengzhao area)

1—砾石;2—岩屑;3—石英;4—长石;5—细砂岩;6—粉砂岩

由于 PM134 含砾较多,总体沉积物较粗,且岩屑含量较大(41%~75%),总体反映距离物源地较近,搬运不远就近沉积。因此总体偏向于河流上游辫状河沉积。而概率累计曲线上则以三段式为主,少量为两段式,亦符合辫状河特征。PM204 则总体以砂质、粉砂质、泥质为主,且向上泥质增多,因此总体显示为曲流河特征。在概率累积曲线上则表现为二段式及两跳一悬三段式,此亦为曲流河特征。

根据对于开阳金中与翁昭澄江组第二段砂岩分析,金中地区为辫状河,而翁昭地区为曲流河。若二者为同一条河流,则可推论澄江组第二段沉积时期,金中地区的地势较之翁昭地区高。根据二者地理位置对比,反映该时期整体地貌为北西高,南东低。而根据贵州省新编区域地质志对于南华系长安-富禄时期岩相古地理分析,整体该时段为北西高,南东低,由北西的古陆到南东的滨岸—陆棚相,而陆源碎屑搬运方向亦为北西向南

东搬运。本次研究佐证了这一观点。

[参考文献]

6 结论

(1) 澄江组第二段砂岩整体分选很差,显示出多源混合特征,概率累积曲线显示无滚动组分,以跳跃及悬浮组分为主,形态上显示以“一跳一悬夹过渡式”为主,“两段式”及“近两段式”次之。

(2) 根据萨胡粒度判别函数、弗里德曼离散图解及粒度概率累计曲线并结合野外露头资料及 Sr/Ba 测试分析,判别其沉积环境为河流相沉积。

(3) 根据金中及翁昭地区粒度特征判断金中地区为辫状河沉积而翁昭地区为曲流河沉积,整体证实了南华系澄江晚期古地理格局为北西高,南东低的特征。

致谢: 成都理工大学徐文礼老师对本文所取样品进行了粒度分析,贵州省地质调查院岩矿鉴定中心杨忠琴对样品薄片进行了镜下鉴定,在此一并感谢。

- 布拉特,等. 1978. 沉积岩成因[M]. 北京:科学出版社.
- 冯增昭,等. 1993. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社.
- 贵州省区调队. 1970. 1:20 万瓮安幅区域地质调查报告[R].
- 贵州省区调队. 1980. 1:20 万息烽幅区域地质调查报告[R].
- 贵州省地质局. 1979. 湘黔桂震旦系剖面研究[R].
- 贵州省区调队. 1987. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社.
- 贵州省地质矿产局. 1997. 贵州省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社.
- 王云飞. 1983. 抚仙湖现代湖泊沉积物中海绿石的发现与成因的初步研究[J]. 科学通报. 22:1388-1392.
- 徐世林,杨瑞东,吴文明,等. 2017. 贵州开阳地区“澄江组”沉积特征及环境分析[J]. 地层学杂志. 41(4):437-444.
- 朱政源,董凌峰,于航,等. 2015. 海绿石的成因与应用[J]. 科技创新与应用. 33:16-18.
- Friedman, G. M. 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands [J]. J. Sed. Petr., 37:327-354.
- Sahu, B. K. 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clasticsediments [J]. J. Sed. Petro., 34:73-83.
- Passega, R. 1964. Grain size representation by CM pattern as a geologic tool [J]. J. Sed. Petro., 34:830-847.

Grain-size Analysis and Depositional Environment of the Second Member of Chengjiang Formation at Kaiyang Area of Guizhou Province

QIAO Wei-tao, CHEN Ren, HU Xin-rui, LU Liu-yan, ZHOU Wu

(Guizhou Geological Survey, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] This study gets the granulometric parameters of the sandstone of the second member of Chengjiang Formation in the Jinzhong anticline and Wengzhao area of Kaiyang area from the grain-size statistical analysis. Base on the granulometric parameters, the author indentifys that the depositional environment of the second member of Chengjiang Formation in the area was Fluvial facies through Sahu discriminant function, Friedman discrete gragh, cumulative frequency curves and the ritio of Sr and B elements. The grain-size statistical analysis and petrology of the sandstone shows the environment of Jinzhong area is Braided river and the environment of Wengzhao area is Meandering river. The study conforms the palaeogeographic pattern of late Chengjiang of Nanhua system at Guizhou is Northwest high and Southeast low.

[Key Words] Kaiyang area; Grain-size statistical analysis; the second section of Chengjiang Formation; Fluvial facies