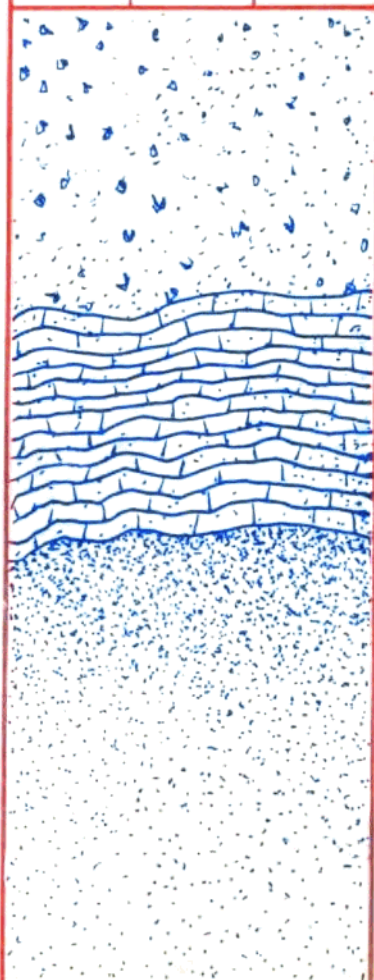


张长俊 龙永文 著

海拉尔盆地 沉积相特征 与油气分布

石油工业出版社



序

近二十年来,沉积学和岩相古地理学的研究在我国发展很快,特别是在石油勘探这一领域的研究更为广泛、深入、系统。但过去主要是单从沉积学观点研究区域和油田的岩相古地理,而本书的特点是以当代沉积盆地分析理论为指导,从整个海拉尔盆地着眼,从大量的露头剖面、钻井岩心、测井和地震等实际资料入手,采用沉积学、测井地质学和地震地层学等多学科的新方法、新手段开展综合研究,不仅编制了剖面沉积相,而且分组段编制了系统、正规的岩相古地理图,这些均是该区油气勘探的基础工作,进而指出了油气勘探的有利层段和区块,受到生产单位的重视和好评。在1991年由我和丁贵明局长负责主审,杨遵仪院士和刘本培、曾允孚、余光明等教授担任评审员的科研成果鉴定中,该研究成果得到了肯定和好评,属国内领先水平,在陆相盆地层序地层学的探索性研究方面达到国际水平。

本专著重点介绍了海拉尔盆地上侏罗统一白垩统扎赉诺尔群的沉积相类型和特征,划分出三大沉积体系、28种沉积相以及更为详细的亚相和微相,并提出了各种相的沉积学、测井相和地震相标志;利用优势相方法,首次分组段编制了平面沉积相图,并且发现和论证了几种新的沉积相类型——砾质辫状河三角洲相、近岸深水扇相和深湖浊积扇相,指出了有利油气生储的组段、相带和区块;特别是总结了断陷盆地不同发育阶段的充填沉积模式与油气分布关系,讨论了陆相盆地的层序地层学研究特点,初步划分了海拉尔盆地沉积层的层序。这一多学科结合的研究成果,观点新颖,研究思想正确,实际资料丰富、准确,分析深入,结论可靠,在我国油区岩相古地理研究中,又增添了一份重要的文献资料。著作的出版定将受到地质学界的欢迎,受到生产部门的重视。值此专著付梓之际,特为序,以表祝贺之忱。

中国科学院地学部院士

成都地质矿产所所长、教授

刘本培

目 录

前 言	(1)
1 区域地质简况	(2)
1.1 海拉尔盆地的地层	(2)
1.2 海拉尔盆地的盆地构造性质	(6)
2 沉积相研究	(8)
2.1 划相依据	(8)
2.2 沉积相类型	(33)
2.3 关于沉积相图的编制	(38)
3 沉积相特征	(39)
3.1 湖泊沉积体系	(39)
3.2 三角洲沉积体系	(46)
3.3 山麓—冲积沉积体系	(52)
4 海拉尔盆地的沉积演化史	(59)
4.1 铜钵庙期——盆地断陷初期拉张阶段	(59)
4.2 南屯期——盆地断陷早期快速断坳阶段	(61)
4.3 大磨拐河期——盆地断陷中期稳定拉张阶段	(69)
4.4 伊敏期——盆地断陷晚期充填萎缩阶段	(71)
5 有利生储层、相带分析	(72)
5.1 有利储集油气砂体的类型及特征	(72)
5.2 有利油气储集的沉积相带	(77)
5.3 有利生油气层(烃源岩)及其相带分析	(80)
6 断陷盆地充填沉积模式与油气分布	(82)
6.1 不同阶段的充填沉积模式	(82)
6.2 断陷盆地不同发育阶段与油气关系	(87)
6.3 断陷盆地各种类型与油气关系	(88)
7 海拉尔盆地层序地层学研究	(89)
7.1 陆相盆地层序地层研究的特点	(89)
7.2 海拉尔盆地层序地层学研究	(94)
7.3 讨论与建议	(99)
参考文献	(102)
附图	(104)
图版	

前言

海拉尔盆地为中新生的多旋回、叠合式、断陷—坳陷型盆地,位于我国内蒙古自治区呼伦贝尔盟(俗称呼伦贝尔大草原)境内,向南延伸至蒙古人民共和国。总面积达 70480km²,其中我国境内有 44200km²,盆地结构经物探等工作证实呈三坳两隆,共有 16 个断陷盆地,总面积为 24873km²(图 1)。它是松辽盆地外围最大、最有希望的一个含油气盆地,具有较好的含油气远景。从 30 年代开始就有人在该区做过地层工作(1937 年吉泽甫将伊敏地区的煤系地层命名为伊敏导),60~70 年代在该区找到了大型煤田。自 1982 年以来,大庆石油管理局在海拉尔盆地开展了大规模的石油地质勘探工作,到目前已完成地震测线 2 万 km 以上,完成三维地震近百平方公里,石油钻井 30 余口,煤田钻井近百口。勘探结果表明,海拉尔盆地中生油气岩发育,油气资源量丰富,不少钻井已见工业油气和油气显示。

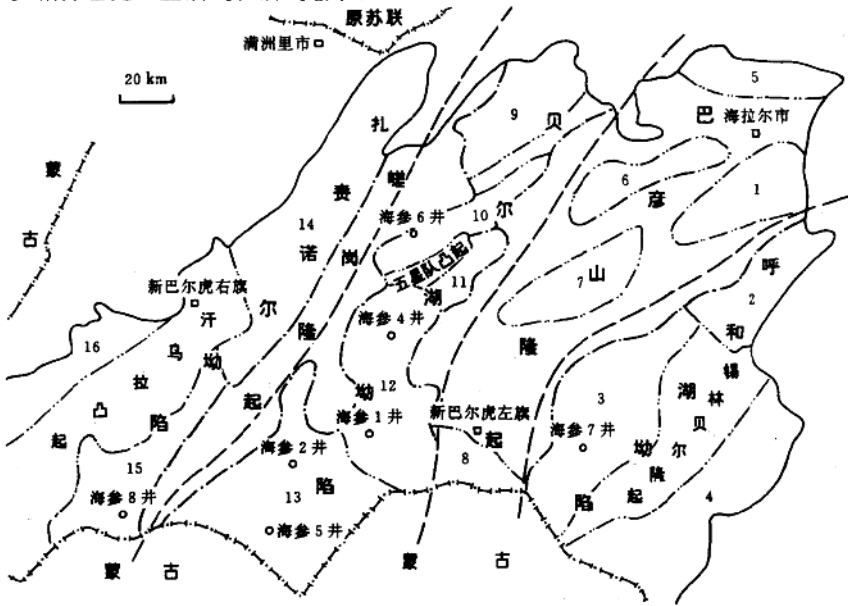


图 1 海拉尔盆地构造单元划分示意图

1. 呼和湖坳陷; 1—鄂温克断陷; 2—伊敏断陷; 3—呼和湖断陷; 4—旧桥断陷; Ⅱ. 巴彦山隆起及其上的断陷; 5—东明断陷; 6—乌固诺尔断陷; 7—莫达木吉断陷; 8—五一牧场断陷; Ⅲ. 贝尔湖坳陷; 9—赫洪德断陷; 10—红旗断陷; 11—新宝力格断陷; 12—乌尔逊断陷; 13—贝尔断陷; Ⅳ. 嵯岗隆起; Ⅴ. 扎赉诺尔坳陷; 14—呼伦湖断陷; 15—查干诺尔断陷; 16—巴彦呼舒断陷

1989~1993 年成都理工学院在该区做了大量的基础地质研究工作,特别是综合沉积学、测井学、地震地层学的最新成果对海拉尔盆地主要勘探目的层(扎赉诺尔群)作了详细而系统的沉积相研究,分组段编制了系统、正规的沉积相图。这为进一步的油气勘探指出了一些新的重要方向。正如 1991 年 4 月由刘宝瑞、杨遵仪院士等对本科研成果的评审意见中所说:“根据沉积相、测井相和地震相全面系统地研究,建立了典型岩相类型,编制了 32 口单井沉积相柱状图。建立了三种沉积体系,并进行了沉积环境分析。同时,依据优势相法第一次在海拉尔盆地分组段编制了比例尺为 1:20 万的沉积相平面图,在实际油气勘探工作中得到了广泛地应用。所提出的三类相标志全面、系统、实用,受到了生产部门的好评。”

先后参加工作和科研报告编写的有:张哨楠、刘家铎、王成善、王英民、王洪峰、陈源仁、沈丽娟、田景春、赵锡奎、朱平等。

1 区域地质简况

1.1 海拉尔盆地的地层

对海拉尔盆地地层的研究工作起步较早,30年代侯德封、吉泽甫就做过工作,但由于此区地处呼伦贝尔大草原,地表露头少,不连续,生物化石少,缺少对比依据和明显的标志层,故研究不深入,划分不统一。80年代开始,大庆石油管理局在该区做了大量的地震勘探工作。我们在收集前人成果的基础上,参考了1990年4月海拉尔盆地地层讨论会上确定的地层划分方案,又测制了部分(扎赉诺尔及伊敏煤矿)地表剖面,研究了钻井岩芯、测井曲线和大量的地震剖面,并考虑了层序地层学的层序划分,采用“地质—物探综合地层划分对比方法”对海拉尔盆地的地层作如下划分(表1—1)。

表 1—1 海拉尔盆地地层特征表

地 层 系 统				岩 性 特 征	测井(视电阻率)曲线特点	地 震 反 射 层	动 物 化 石	孢 粉 化 石
系	统	群	组 段					
第三系	白垩系	贝尔湖群	青元岗组	灰白、灰色和杂色、紫红色泥岩、粉砂岩 0~353m	15~20 Ω ·m掌状异常		类女星介质属化石群 (<i>Talicypridea</i> sp.)	
			伊敏组 上段	泥岩、泥质粉砂岩,偶夹煤层或砂砾岩 0~469m	同伊敏组下段,但相对较平缓,局部异常也较低	T ₁	<i>Plicatounio</i> sp. <i>Martinsonella</i> sp. <i>Ferganocoelocna</i> sp. 等	桫欏孢 <i>Cyathidite</i> 组合带
		扎赉诺尔群	伊敏组 下段	灰色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、杂色砂砾岩及煤层 185.5~549.5m	在低阻(5 Ω ·m)基值上出现小棒状异常,值稍高	T ₁	<i>Ruffordia goeperti</i> , <i>Dicksonia silapensis</i> <i>Coniopter ermolaevii</i> , 等	刺毛孢 <i>Pilosissporites</i> 组合带
			大磨拐河组 上段	深灰色粉、细砂岩与灰黑色泥岩互层,夹煤层 143~631.5m	锯齿状、中高阻异常带,视电阻率为10~30 Ω ·m的中高阻异常频繁出现	T ₁	植物: <i>Coniopteris bureijensis</i> , <i>C. nymphaeum</i> , <i>Cladophlebis dentatoulata</i> ; 叶脉介: <i>Neimongolesthera cf. guyanaensis</i> , 双壳: <i>Ferganocochia sibirica</i>	无突肋纹孢 <i>Oicatricostisporites</i> 组合带
		罗布泊群	大磨拐河组 下段	黑色泥岩夹粉砂岩 0~570m	低阻平直,以上、下中高阻异常带所夹持的低平曲线形态为特点	T ₁		光面海金砂孢—无口器粉组合带 <i>Lygodiumsporites</i> <i>Inaperturopollenites</i>
			南屯组	砂砾岩、砂岩、粉砂岩、黑色泥岩及油页岩、泥灰岩 0~772m	形态多变型曲线,常表现为由下向上逐渐降低的密集型中高阻异常带	T ₁	<i>Dicksonia concinna</i> , <i>Brachyphyllum</i> sp. <i>Ferganocochia sibirica</i>	古松柏类组合带 <i>Paleoconiferus</i> 组合带
			铜钵庙组	杂色砂砾岩、砾岩、角砾岩夹粉砂岩、黑色页岩 0~776.5m	高阻密集型曲线,视电阻率值较高	T ₁	<i>Darwania</i> sp.	单束松粉相组合带 <i>Abietinaeapol-lenites</i>
		兴安岭群		火山岩系夹沉积碎屑岩 591~1611.5m	刺刀丛状,高阻层 300~400 Ω ·m	T ₄		
						T ₅		

1.1.1 前兴安岭群

位于地震反射界面 T_2 以下的古生界或更老的地层,埋藏较深,钻井钻达较少,地表仅在局部地区出露,可见有以下群、系,但缺三叠系。它们是海拉尔盆地的基底地层。

(1)前寒武系——额尔古纳群 为一套深变质的片麻岩、石英岩和结晶灰岩,为盆地部分地区的结晶基底。

(2)震旦—寒武系 出露于盆地的东部边缘,北部额尔古纳河东岸及嵯岗隆起南段的圣山等地。为一套中变质岩类,包括石英片岩、大理岩和千枚岩,厚 1700~4800m。原为一套地槽型沉积,经早寒武世末的兴凯运动而褶皱,镶嵌于西伯利亚地台的边缘。

(3)奥陶系 为一套海相砂页岩夹石灰岩、大理岩等,向上渐变为页岩夹酸性、基性火山岩。厚逾 800m。

(4)志留系 零星分布于盆地东部伊敏河下游、辉河以南地区。岩性主要为堇青石片岩、石英岩状砂岩、细—粉砂岩、黑色千枚状页岩和结晶灰岩等,厚逾 700m,接触关系不清。

(5)泥盆系 零星出露于盆地北部隆起区和贝尔断陷西侧。岩性为灰、深灰色灰岩等,产珊瑚化石 *Cladopora* sp. (枝孔珊瑚,未定种)、*Coenites* sp. (共槽珊瑚,未定种)。

(6)石炭系 主要分布于盆地南(如贝尔断陷西侧)、北隆起带上,零星出露。岩性为一套浅变质岩系,主要有白云石大理岩、黑色砂质板岩、泥质板岩、灰色硅化石英岩。产化石 *Reticularia lineata*, *Spirifer hasachstamensis*, *Rhynchonelloidea*, *Fenstella* sp.。

(7)二叠系 据红旗断陷煤田浅井资料,其下发育有生物碎屑灰岩,石油钻井(新乌 4 井)在 2849m 以下钻遇有厚逾 200m 的泥晶灰岩、泥灰岩,其中含有孔虫,推测也属二叠系。

此外在铜 1 井 2031.5m 以下钻遇有肉红色中粒花岗岩,同位素测定年龄为 298Ma,为海西期花岗岩(γ_4),在海参 10 井 2195m 以下也见有灰白色斑状斜长花岗岩、灰白色黑云母花岗岩、肉红色花岗岩,位于兴安岭群之下,也属上古生界海西期花岗岩。据地表露头 and 航磁资料,海西期花岗岩在嵯岗隆起及其以西地区沿 NNE 向构造线分布,在嵯岗隆起以东地区及巴彦山隆起上沿北东向构造线分布,地表和地下海西期花岗岩的分布是吻合的,除海西期花岗岩(γ_4)外,还有燕山期花岗岩(γ_5)。

地震反射界面 T_2 即为兴安岭群的底界,亦即海拉尔盆地古生界基底的顶界, T_2 在地震剖面上不很清楚,但仍可划出;又据钻井和地表资料,在海拉尔盆地中古生界是存在的,它与兴安岭群或其上的地层存在明显的不整合。故推测海拉尔盆地古生界灰岩上部有存在古潜山油气藏的可能性,为在该盆地寻找高渗储集体指出了方向。这一认识已被后来的三维地震资料所证实。

1.1.2 兴安岭群(J_3)

兴安岭群作为本区勘探目地层——扎赉诺尔群的基底,在盆地地下和地表广泛存在。它是一套火山岩、火山碎屑岩夹沉积岩的地层,厚逾千米。据区域地质资料把它分为上、中、下三个组。

(1)下部:龙江组 以中酸性火山岩为主。上部为安山质火山角砾岩、砾岩、含砾砂岩夹薄层黄绿色砂岩、泥岩,含植物和软体动物化石;下部为灰白色、紫红色流纹岩、灰黑色安山岩、英安玢岩、英安岩。本组总厚度 500~1200m,与下伏地层呈不整合接触。钻井中本组 2.5m 视电阻率曲线表现为高阻、宽钟状,一般视电阻率值为 300~400 $\Omega \cdot m$ 。

(2)中部:九峰山组 以火山岩夹砂砾岩为主,偶夹煤层。为灰绿色、灰紫色安山岩、安山玄武岩,夹灰黑色砂砾岩、凝灰质砂岩和煤层,见少量孢粉化石。厚 150~370m。在海参 9 井中见有,其视电阻率值较上覆的火山岩低,曲线呈掌状。

(3)上部:甘河组 以中基性火山岩为主。岩性为灰黑色厚层状玄武岩、安山玄武岩、安山岩、

碳酸盐岩化安山岩、凝灰质角砾岩,夹灰黑色泥岩,产植物化石,厚300~800m。在海参3、6、9、10井及乌8井中见有,其视电阻率曲线特征似下部。

从上可知,兴安岭群以火山岩为主,夹有沉积岩,为火山塌陷盆地中的产物,地质时代上属晚侏罗世早期。

地震反射界面 T_4 为兴安岭群的顶界。该界面一般绕射波较发育,常见对下伏反射层的截切、上覆反射层对 T_4 的上超等现象。 T_4 以下通常是无反射区或发育杂乱的短反射,部分地区尚可见下伏反射层的褶皱形态,表明也呈盆地基底的性质。

1.1.3 扎赉诺尔群

扎赉诺尔群是本区的油气勘探的目的层,是盆地断陷时期的产物。主要为湖泊相黑色含煤碎屑岩建造,时代为晚侏罗世晚期至早白垩世。指位于地震反射界面 T_4 与 T_5 之间的一大套地层,厚度可达3~4km,可划分为铜钵庙组、南屯组、大磨拐河组和伊敏组,见表1-2。

表1-2 扎赉诺尔群的划分

上覆层——贝尔湖群 K_2-N-Q		地震反射界面	视电阻率曲线特征
扎赉诺尔群	伊敏组 K_1	T_0 T_1 上段 下段	大套的低阻($5\Omega \cdot m$ 左右)小棒状,下部稍高
	大磨拐河组 J_{3d}	T_2 T_2^1 上段 T_2^2 下段	上段——锯齿状中高阻异常带,10~30 $\Omega \cdot m$ 常见 下段——低阻平直段,夹有少量中低阻齿状凸起
	南屯组 J_{3t}	T_3	形态多变的曲线,5~10 $\Omega \cdot m$ 密集,也有大于30 $\Omega \cdot m$
	铜钵庙组 J_{3t}	T_4	高阻密集型曲线,15~60 $\Omega \cdot m$
	下伏层——兴安岭群 J_{3x}	T_5	高阻层,300~400 $\Omega \cdot m$

(1) 铜钵庙组

主要为杂色砂砾岩、砾岩、角砾岩夹粉砂岩、红色及黑色泥岩,底部见有凝灰质砂岩、凝灰岩。化石少见,仅见有孢粉化石,且类型单调,为苏铁花粉—松科花粉组合。

本组在乌尔逊断陷中厚800m、红旗断陷中厚716m、呼伦湖断陷中厚875m、查干诺尔断陷中厚552m,而东部(呼和湖断陷)、南部(贝尔断陷)缺失,其余地区较薄。与下伏兴安岭群呈不整合接触。

(2) 南屯组

岩性变化较大,湖盆中心为深灰色砂岩、粉砂岩夹黑色泥灰岩和油页岩,浅处为砂砾岩,盆地东部和北部为含煤沉积,厚0~772m。可分两段:下段以黑色泥岩为主,或泥岩与白色砂砾岩、灰色砂岩呈不等厚互层,局部夹油页岩,本段可见单束松花粉—双束松花粉组合;上段以粉砂、细砂岩及砂砾岩为主,夹黑色泥岩。

南屯组中含有较丰富的化石。①双壳类:有西伯利亚费尔干蚌(*Ferganoconcha sibirica*),布列亚费尔干蚌相似种(*F. burejensis*);②叶肢介—东方叶肢介属,未定种(*Eosestheria* sp.);③介形虫:隐湖女星介(*Limnocypridea abscandida*),格氏湖女星介(*L. grammi*),窄太尔文介(*darwinula contracta*)等;④藻类化石为粒面反角藻(*Contrangularia granulata*)—网面反角藻(*C. reticulata*)组合等。

南屯组以地震反射界面 T_3 与铜钵庙组分界, T_3 反射界面上部出现一组较强的反射层,可与 T_3 以下 T_3-T_4 之间的无反射杂乱区或断续的短反射地震相相区别。 T_2^2 与 T_3 之间的反射通常

表现为对下伏层的上超。

(3)大磨拐河组

以 T_2^1 地震反射界面为界。分为两段：下段为大段黑色泥岩夹粉砂、细砂岩，厚 0~570m，见有双壳类和藻类化石；上段为灰色粉砂岩、砂岩夹黑色泥岩，顶部见煤层或煤线，厚 143~632m，有双壳类、叶肢介和藻类及孢粉化石。

大磨拐河组底界以 T_2^1 地震反射界面与南屯组分开，顶界以 T_2 地震反射界面与伊敏组分开。上、下段之间以 T_2^1 为分界。 T_2^1 界面在很多断陷中能看到不整合的标志——即界面之下有明显的削截现象，界面之上有明显的上超现象；但在某些断陷或盆地的不同部位又看不出整合现象。说明它并不代表长期的沉积间断及准平原化作用。其特点是：①削截、上超等现象只在箕状断陷盆地缓坡一侧发育，在边界同生断层附近并无削截现象，只对原始地形高处上超；② T_2^1 界面上下盆地的构造性质有很大不同。 T_2^1 之下同生断裂作用强烈，使盆地呈单断式箕状断陷，或双断式地堑状断陷； T_2^1 之上同生断裂作用大大减弱，多数仅表现为断拗性质（如红旗断陷）或拗陷性质（如贝尔断陷）。

大磨拐河组上、下段之间以 T_2^1 反射界面为界。它也是比较特征的岩系分界面，也是区域上可作对比标志的大段黑色泥岩段的顶面反射。大磨拐河组与其上伊敏组以 T_2 反射界面为界， T_2 与 T_2^1 之间不少剖面均可见明显前积结构，而且多呈“S”型前积，表明其扇三角洲或三角洲相发育。

(4)伊敏组

在海拉尔盆地内广泛分布，为湖盆拗陷期产物，以浅湖相和沼泽相为主。有的分一、二、三段；有的以 T_1 反射界面为界，分上、下段。

伊一段 主要为灰色泥岩、粉砂质泥岩与粉砂岩呈不等厚互层，含煤区（伊敏及呼伦湖断陷等）岩性为深灰色泥岩、粉砂岩夹杂色砂砾岩和煤层，厚 186.5~549.5m。与下伏大磨拐河组呈整合或平行不整合接触。

伊二段 灰、灰绿色泥岩夹粉砂岩，含煤区为深灰色泥岩、粉砂岩、砂砾岩夹煤层，厚 0~442m。

伊三段 以灰绿色泥岩为主，夹泥质粉砂岩，偶夹煤层或砂砾岩，厚 0~469m。

伊敏组中含有丰富的动植物化石，原岩芯中发现已不少，1991 年我们又在盆地西北角的扎赉诺尔灵泉露天煤矿测制了地表剖面，发现了更多的化石。双壳类有 12 个属种，植物有 50 个属种，还有一个昆虫化石及大量孢粉组合和藻类化石。我们在该区伊敏组中首次发现费尔干蚌 [*Ferganoconcha sibirica* Chernyshev, *F. yanshanensis* D. Y. Gu, *F. curta* Chernyshev, *F. elonata* (Ragozin), *F. subcentralis*, Chernyshev]，从生物组合上肯定了伊敏组属早白垩世。从双壳类的产出岩性（泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、含砾砂岩）和生态看，它是较快速埋藏而后交代的，其生活环境为浅湖到滨湖。

在地下伊敏组底界以 T_2 地震反射界面与大磨拐河组分开，顶界以 T_1^1 反射界面与其上的贝尔湖群分开。伊敏组上（二、三段）、下（一段）段之间以 T_1 反射界面分开。 T_2 反射界面是一个连续性较好的强反射波组，经与钻井剖面对比，发现它还是一个很好的岩系分界面。成岩较差的伊敏组与成岩较好的大磨拐河组上部较粗的岩层接触，形成较强的波阻抗界面，在大区域内可连续追踪对比，而且在不同断陷这一组强反射特征基本可以辨认。伊敏组上、下段间的 T_1 反射界面存在于一大套互相平行的反射层组之中，没有很特征的标志，这与伊敏组内没有明显的突变物性有关。在地表剖面 and 钻井中可看出下段岩性较细，主要含煤层；上段岩性变化大，较粗，含煤少或煤质差。

1.1.4 贝尔湖群

按大庆石油管理局勘探开发研究院的意见,贝尔湖群包括以下地层。

(1)上白垩统青元岗组 灰色、杂色砂砾岩夹紫红色、灰绿色泥岩、粉砂岩,厚0~353m。产介形类化石,与下伏伊敏组呈明显的不整合接触(T_1^0 界面)。

(2)第三系呼查山组 为松散的灰褐色砂岩与灰黄、红色泥岩互层,下部有杂色砂泥岩,厚0~94m,与青元岗组也呈不整合接触。

(3)第四系 为流沙层,灰黄色腐植土、粘土及杂色砂砾层等,厚2.8~64.8m。东北煤田公司109地质队认为它是冰川沉积。

在地震剖面 T_1^0 界面以上的地层,包括了上白垩统、第三系和第四系,只是为了方便简明,统称为贝尔湖群,从地层单元划分上讲这种叫法不恰当。 T_1^0 界面为2~3个振幅极强的同相轴,其波形特征在横向上很稳定,可全区追踪对比。 T_1^0 界面为强烈的削截不整合面,下伏地层以较大的角度对着 T_1^0 界面突然中止,在隆起区 T_1^0 可与 T_1 合并(缺失扎赉诺尔群)。 T_1^0 界面之上为极其平坦的平行反射。

1.2 海拉尔盆地的盆地构造性质

海拉尔盆地是一个多构造层的叠加盆地,即它是由几个性质截然不同的盆地叠加在一起而成的。从叠加盆地的概念出发,每个单一盆地的下伏地层就是其基底。据此,可划分出以下几个时期的盆地。

(1)古老基底——结晶基底。主要指前寒武系的额尔古纳群深变质岩系和震旦—寒武系中级变质岩系。

(2)古生界盆地——包括奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系和二叠系组成的一套海相沉积岩及其浅变质岩组成的海西褶皱基底。

(3)兴安岭群盆地——由火山岩、火山碎屑岩为主夹沉积岩组成的火山岩塌陷盆地。

(4)扎赉诺尔群盆地——这是狭义的海拉尔盆地,是我们研究的主要对象,介于额尔古纳加里东褶皱带西侧与大兴安岭海西褶皱带东侧之间,是叠置在海西褶皱基底上的中生代断陷盆地,属李思田等所称的东北亚晚中生代大陆裂谷型的断陷盆地系。

(5)贝尔湖群盆地——即伊敏组沉积之后形成的上白垩统、第三系(第四系)广泛分布的盆地,它属压性坳陷盆地。

就我们研究目的层扎赉诺尔群形成时期的扎赉诺尔群盆地言,在它以前的地层和岩石就是其基底,由前寒武系深变质岩系、古生界中—浅变质岩系和海西期花岗岩及兴安岭群火山岩组成。晚古生代海西运动在本区表现极其强烈,褶皱、断裂及岩浆活动广泛发育,并伴有火山喷发。中生代以断块运动为主,断裂活动及晚侏罗世火山喷发十分强烈。燕山运动的结果,海拉尔盆地形成了以东北及北北东两组构造线为主的断块构造格局。使其呈三拗两隆的平面展布,共划出16个断陷盆地(图1-1及表1-3)。每一断陷盆地面积在300~3000km²之间,大小不一,沉积岩层厚度差别也大,最厚达6000m(乌尔逊断陷),薄的仅1500m(鄂温克断陷)。因受断裂控制,其平面分布呈雁行式,不同坳陷间的断陷盆地互不相通,同一坳陷中的断陷时隔时通。每个断陷的四周岩层都可成为物源区,故为近物源、多物源、岩性复杂、成熟度低的沉积组合。

表 1—3 海拉尔盆地各坳陷、断陷面积及特征

一级单元	二级单元	断陷面积, km ²	断陷类型	特 征
I. 呼和湖坳陷	1. 鄂温克断陷	1232	单断式	东断西超
	2. 伊敏断陷	1088	单断式	
	3. 呼和湖断陷	2640	单断式	
	4. 旧桥断陷	2650	双断式	
II. 巴彦山隆起及其上的断陷	5. 东明断陷	856	单断式	单断式断陷的沉积中心和沉降中心靠近边界断裂一侧, 生油岩和储集体也在这一侧
	6. 乌固诺尔断陷	864	单断式	
	7. 莫达木吉断陷	1048	单断式	
	8. 五一牧场断陷	612	?	
III. 贝尔湖坳陷	9. 赫尔洪德断陷	1404	双断式	双断式断陷的沉积中心和沉降中心均偏向断距较大的边界断裂一侧, 如贝尔、乌尔逊。在区域上位于巴彦山隆起西侧的乌尔逊断陷, 沉积及沉降中心偏向西部; 位于巴彦山隆起东侧的呼和湖断陷沉积沉降中心偏向断裂东部
	10. 红旗断陷	815	单断式	
	11. 新宝力格断陷	376	单断式	
	12. 乌尔逊断陷	2166	双断式	
	13. 贝尔断陷	3028	双断式	
IV. 嵯岗隆起				
V. 扎费诺尔坳陷	14. 呼伦湖断陷	陆地 860+水域共 3560	双断式	北部为双断式, 南为单断式 西断东超
	15. 查干诺尔断陷	1420	双断式	
	16. 巴彦呼舒断陷	1140	单断式	
盆地总面积 44200		断陷总面积 24873		但不同时期同生断裂活动的强度是不同的, 不同时期断陷显示的性质不同, 向上均可渐变为开阔式(同生断裂不活动)

2 沉积相研究

2.1 划相依据

海拉尔盆地是一个陆相断陷盆地,沉积相的类型多且复杂,无论在纵向还是横向上,相变都比较快,加之野外露头少,使用传统地质方法不能解决弄清埋深上千米的地下沉积相的分布和识别不同沉积相的组合特征等问题。因此,我们在对该区的沉积相研究中,除使用传统的沉积学标志、古生物学标志、地球化学标志外,特别还应用了地球物理学标志来综合判断沉积相,即主要以钻井取芯和地表剖面为划分相类型的基础,并通过对比测井曲线和解释地震剖面来研究海拉尔盆地沉积相的特征和平面展布。

2.1.1 沉积学标志

众所周知,“环境”是地球的一块表面。在不同的“环境”中其物理、化学和生物等方面的特征有着明显的不同,这使得不同的沉积环境在物质表现上均有自己的独特之处。所谓物质表现包括了沉积岩的全部特征,例如岩石的颜色、成分、结构、构造、生物、层序、砂体形态、剖面结构等等。这些内容反映了沉积环境的成因标志,是我们划分沉积相类型最基本的标志。

(1) 结构颗粒组分

结构颗粒亦称为骨架颗粒,是指构成岩石的颗粒和以颗粒支撑形式产出的碎屑,它包括石英、长石、岩石碎屑和重矿物。结构颗粒组分通常能够说明其成因及沉积环境或者古地理方面的某些特征。它们在沉积岩中的含量、种类以及粒度的大小主要取决于母岩区的性质、沉积位置距母岩区的远近、母岩本身的结构、水动力的强弱以及风化作用的类型和风化强度等。在研究区内,结构颗粒的组分比较复杂。石英的类型比较多,有单晶石英、多晶石英、具波状消光石英、溶蚀和被交代石英、含气泡包裹体的石英等;长石的类型相对较为简单,主要为酸性斜长石、正长石、微斜长石,次为条纹长石,有时可见基性斜长石,钠长石少见;岩屑类型也是非常丰富的,最常见的有酸性喷出岩、浅变质岩、凝灰岩、泥岩、粉砂岩岩屑及炭屑、云母和盆内沉积的碳酸盐内碎屑,次为玄武岩、安山岩和花岗岩(在砾岩中则常见花岗岩的砾石,这是由于花岗岩的矿物晶体较大,风化后在砂级碎屑中易机械破碎为单晶矿物的原因);重矿物类型常见的有锆石、电气石、石榴石、榍石、绿帘石等。

在结构颗粒组分中,石英的含量一般为10%~35%(最多可达70%,但仅见于乌101井1710.1m处);长石的含量均较高,一般为10%~60%,最高可达83%,如乌8井的南屯组;岩屑含量一般为20%~60%,最高达80%;重矿物含量一般较低,为1%~5%。因此其岩性为长石砂岩类和岩屑砂岩类,没有出现石英砂岩类。在岩性上具有成分复杂而类型简单的特点。根据对400多块薄片岩性的统计发现,在纵向上随着时代的逐渐变新,岩性具有长石砂岩—长石砂岩、岩屑砂岩—岩屑砂岩这样一个总的趋势,时代愈新,岩屑类型愈多、愈复杂。表2-1所示,是以乌尔逊断陷为例的岩性变化趋势。

此外,综合各个沉积相的特征发现,不同沉积相类型,结构颗粒具有不同的特征;相同的沉积相在不同地区和不同时代也有着很大差别,如表2-2所示。它说明结构颗粒组分的分布与环境关系不大,而主要受母岩区的控制。岩性在纵向上的变化趋势,反映了母岩区被剥蚀的程度,即为母岩的一个反剖面。

表 2-1 乌尔逊断陷砂岩类型分布表

时代 位 分 区 置	铜钵庙组		南屯组		大磨拐河组	
	西部	东部	西部	东部	西部	东部
北部	长石砂岩类(浅变质岩、酸性火山喷出岩、凝灰岩岩屑 5%)	长石砂岩类(浅变质岩岩屑 4%~5%)	长石砂岩类(酸性喷出岩、凝灰岩岩屑 5%~10%)	岩屑砂岩类(基一中性喷出岩、凝灰岩岩屑 75%)	长石岩屑砂岩类(凝灰岩、中一酸性喷出岩岩屑 55%)	
中部	长石砂岩类(酸性火山喷出岩岩屑 5%)		长石岩屑砂岩类(基一中酸性喷出岩岩屑 35%)		岩屑长石砂岩类(凝灰岩、中一基性喷出岩岩屑 30%)	
南部	岩屑长石砂岩类(中一基性火山喷出岩岩屑 30%)	长石砂岩类(中一酸性火山喷出岩岩屑 4%)	岩屑砂岩类(中一酸性喷出岩岩屑 60%~70%)	岩屑砂岩类(中一酸性喷出岩)长石岩屑砂岩类(中一基性喷出岩岩屑 50%)	岩屑砂岩类(酸性喷出岩岩屑 75%)	长石岩屑砂岩类(凝灰岩、中一基性喷出岩岩屑 45%~55%)

表 2-2 不同沉积环境砂岩的成分及结构特征

井号	层位	碎屑成分			$\frac{Q}{F+R}$	填隙物		结构特征			相类型	样品数
		Q %	F %	R %		杂基 %	胶结物 %	粒度 mm	分选	圆度		
W101	铜钵庙	48.2	44.5	7.3	0.94	15	24	0.01~0.70	差	次棱角	近岸深水扇	11
T1	铜钵庙	35.0	40.0	5.0	1.2	4.0	7.4	0.25~0.41	中	次棱角	扇三角洲	7
Hc4	南屯	35.1	62.4	2.5	0.54	7.3	6.5	0.16~0.6	差	次棱角	浊积扇	4
W5	大上段	18.2	32.7	49.1	0.22	8.8	10.7	0.4~0.25	好	次圆	三角洲	10
W6	大上段	10.1	5.4	84.5	0.11	9.6	7.2	0.10~0.58	差	次棱角	三角洲	9
W7	南屯	40.4	55.4	4.2	0.67	7.4	8.1	0.3~0.51	中一差	次棱角	辫状河三角洲	7
XW4	大下段	34.1	30.6	35.3	0.51	4.6	4.8	0.17~0.40	中	次圆	浊流	6
Hc1	大上段	20.1	5.7	74.2	0.25	10.6	3.5	0.25~0.53	中	次圆	浅湖	10
W3	大上段	30.8	30.1	39.1	0.30	3.2	10.3	0.10~0.20	中	次棱角	浅湖	2
Hc5	大上段	26	18	66	0.35	12	8	0.25~0.43	好	次圆	滨浅湖	14
Hc2	大上段	30	27	43	0.43	7	15	0.25~0.60	好	次圆	滨浅湖	77
Hc3	大上段	22.25	26.25	51.5	0.29	3	6.7	0.20~1.25	中一好	次棱角	滨浅湖	4
Hc3	铜钵庙	41.75	23.75	34.5	0.72	5.8	10	0.10~2.00	差	被一次棱角	浊积扇	4
T2	南屯	31.37	61.67	6.96	0.46	12.69	3.5	0.50~1.50	差	次棱角	近岸深水扇	13
Hc10	南屯	27.5	12.5	60	0.38	10	12.5	0.30	差	次棱角	三角洲	2
Hc7	大下段	19.28	11.0	69.72	0.24	8.2	4	0.35~0.85	中	次棱角	三角洲	10
Hc8	南屯	20	18	62	0.25	7	5	0.15~1.50	差	次棱角	浊积扇	4
Hc9	南屯	27.6	40.3	32.1	0.38	5	10	0.16~0.58	中一差	次棱角	近岸水下扇	4

注: Q 为石英, F 为长石, R 为岩屑, $\frac{Q}{F+R}$ 为成分成熟度。

(2) 岩石结构

岩石的结构包括颗粒本身的结构、颗粒之间填隙物的结构以及颗粒与填隙物之间的关系。颗粒本身的结构包括粒度、形状、球度、圆度、颗粒表面特征等。填隙物的结构指颗粒沉积之后由孔隙水化学沉淀的胶结物和与颗粒同时沉积充填孔隙的细屑陆源物质—杂基的结构类型。

岩石的粒度大小及分布明显受流水作用强度的控制,与沉积物沉积的环境有着极为密切的关系,因此,粒度分析资料被作为识别沉积相的标志之一。我们在对海拉尔盆地沉积相的划分中除了考虑粒度概率累计曲线特征外,还考虑了能够反映环境特点的4个粒度参数,即粒度中值(M_z)、标准差(δ)、偏度(S_k)和尖度(K_g)。各个相的这4个参数值列于表2—3中,从中可见各个沉积相在粒度参数上存在着一定的差异。此外,我们把几个相的标准差(δ)和偏度(S_k)进行投点,也可以看出它们的区别,如图2—1所示。从图2—1可以看出各个相之间有重叠,可能反映了在沉积作用上有一定的相似性。如三角洲沉积和浊流沉积的重叠最为明显,说明了在浊流的中后期阶段的牵引流作用,从而造成这种现象;近岸深水扇则独具特征,并可分成三个区,这可能反映了几种不同的沉积作用特征。

表 2—3 几种沉积环境砂岩的粒度参数及概率曲线特征

相	亚相	井号及 样品编号	深度 m	M_z	δ	S_k	K_g	概率曲线 段式	跳跃总体 的斜率	跳跃总体 所占%
浊 积 扇 (I_{1z})		W3—18	2010.52	2.993	0.5899	-0.1902	2.737	3	中	65
		W3—23	2015.83	2.399	0.8199	0.0218	2.649	3	中	58
		Hc4—31		3.424	0.5198	0.0579	2.849	2	陡	70
		Hc4—Y _{AM}		2.214	0.9771	-0.2399	2.731	5	中	60
		Hc4—26	1733	3.505	0.511	-0.2734	3.371	2	陡	80
		Hc4—27	1843.19	2.096	0.9223	0.0647	2.26	5	中	5
		Hc4—25(1)	1732.37	3.058	0.6118	0.0569	2.79	3	陡	75
		Hc4—25(2)	1845.9	2.22	0.6981	-0.1727	2.645	2	中	90
		Hc4—24	1729.48	3.564	0.5377	0.1158	2.622	2	陡	78
		Hc4—29	1848.6	3.252	0.5432	0.1783	3.004	4	陡	65
		平均值		2.873	0.6731	-0.0381	2.766			
深 湖 夹 浊 积 砂 ($I_1 + I_{1z}$)		W8—46	1241.24	3.12	1.66	0.34	1.38	3	中	60
		W6—13	1576.69	2.064	1.289	-0.3006	2.386	6	中	50
		W3—7—2	1532	3.509	0.7892	-0.4701	3.044	4	中	70
		W3—7—1	1457.41	3.569	0.6319	-0.0363	2.507	4	中	50
		W8—9	1294.92	1.773	0.78	0.0217	3.098	2	中	78
		W8—15	1301.93	1.931	0.8213	0.1078	2.501	2	中	65
		W8—25	1406.89	3.515	0.5399	-0.0486	2.628	2	中	65
		W3—15	2009.15	2.245	0.7453	-0.2688	2.9317	3	中	70
		W3—13	1699.93	3.224	0.6685	0.0365	2.656	3	中	65
		Hc4—19	1568.08	2.895	0.5696	0.2584	3.484	2	陡	72

续表

相	亚相	井号及 样品编号	深度 m	M_z	δ	S_k	K_g	概率曲线 段式	跳跃总体 的斜率	跳跃总体 所占%
深 湖 夹 浊 积 砂 ($I_1 + I_{1c}$)		Hc4-22	1583.19	2.431	0.677	0.1998	2.678	3	中	55
		Hc4-29	1843.19	3.262	0.5432	0.1783	3.004	3	陡	65
		W8-47	1245.44	1.72	1.07	0.16	2.53	4	中	85
		W8-48	1294.80	1.46	0.82	0.25	1.86	2	陡	85
		W8-49	1296.24	2.74	0.74	0.27	1.63	4	陡	88
		W8-50	1297.70	1.76	0.75	0.24	1.69	3	陡	88
		W8-54	1313.54	2.10	0.69	0.18	1.57	2	陡	85
		W8-55	1314.54	1.91	0.45	0.12	0.93	2	陡	95
		W8-59	1403.00	2.89	0.51	0.09	1.21	3	陡	90
		W8-63	1400.30	2.66	0.45	0.16	0.815	4	陡	95
		平均值		2.7365	0.8848	0.7992	2.2635			
近 岸 深 水 扇 (I_{1a})	内扇	W3-64	2599.40	3.67	0.7246	-0.418	3.149	2	中	85
	中 扇	W3-76	2649.40	2.665	0.8245	-0.2111	3.008	5	中	70
		W3-89	2711.20	3.12	0.645	0.2896	2.86	2	中	70
		W3-32	2241	2.394	0.791	-0.3344	3.088	5	陡	5
		W101-1	1707.70	2.53	2.736	0.636	1.096	3	陡	40
		W101-2	1708.50	1.46	1.44	0.536	0.99	2	陡	50
		W101-6	1704.90	1.42	1.503	0.497	1.634	3	陡	65
		W101-8	1718.70	1.1	1.475	0.593	2.459	4	陡	55
		W101-9	1719.10	1.003	1.345	0.632	1.622	3	陡	55
		W101-10	1719.70	1.043	1.06	0.32	1.753	3	陡	70
		W101-12	1724.50	0.967	1.091	0.271	1.423	3	陡	55
		W101-18	1730.70	1.1	0.954	0.486	1.566	3	陡	60
		W101-20	1734.5	2.173	0.8105	0.128	1.276	2	陡	90
		W101-24	1738.50	4.527	3.126	0.568	0.973	3	中	45
		W101-16	1728.50	0.6	0.9354	0.223	1.617	3	陡	70
		W101-17	1729.70	1.577	1.452	0.29	0.9013	2	中	40
		平均值		1.845	1.346	0.3283	1.751			
	外扇	Hc4-22	1583.19	2.136	0.8181	0.1094	2.748	4	中	65
		Hc4-22	1583.19	2.431	0.677	0.1998	2.678	4	陡	50
		W3-37	2399	2.369	0.6258	0.3689	2.405	2	陡	49
		平均值		2.312	0.707	0.226	2.61			
浅 湖 (I_3)		Hc4-1	624.08 ~633.13	3.043	0.507	0.474	3.451	3	陡	70
		HC1-83	2354.42 ~2360.74	2.84	0.534	0.297	3.233	4	陡	75
		HC1-1	1332.34 ~1340.98	2.371	0.657	0.441	2.865	3	中	50

续表

相	亚相	井号及 样品编号	深 度 m	M_z	δ	S_k	K_g	概率曲线 段式	跳跃总体 的斜率	跳跃总体 所占%
浅湖 (I ₂)		XW1-61	1277.98	1.8	0.68	0.152	1.46	3	陡	80
		平均值		2.514	0.595	0.341	2.752			
三角洲 (I)	顶·积 层	Hc1-37	1918.39	2.189	0.517	0.501	3.213	3	陡	60
		Hc1-39		2.117	0.507	0.403	3.388	3	陡	70
		Hc1-33		2.333	0.518	0.757	4.176	3	陡	50
		Hc1-30(1)		2.308	0.502	0.227	3.541	2	陡	85
		Hc1-24		1.883	0.645	0.388	2.929	3	陡	60
		Hc1-25(1)		1.903	0.537	0.062	3.358	4	陡	65
		Hc1-25(2)		2.300	0.538	0.884	4.193	3	陡	80
		Hc1-28		2.916	0.559	0.421	3.729	5	陡	65
		Hc1-15		2.000	0.495	0.428	3.466	3	陡	70
		Hc1-16		2.343	0.515	0.374	3.879	3	陡	70
		Hc1-9(1)		2.579	0.617	0.010	2.686	2	陡	70
		Hc1-9(2)	1925.96	2.587	0.628	0.109	2.993	3	陡	70
		平均值		2.288	0.548	0.380	3.463			
三角洲 (I)	前缘分支河道	Hc1-20(2)	2243.0	1.745	0.566	0.475	3.376	3	陡	65
		Hc1-53	2067.05	2.308	0.502	0.227	3.541	3	陡	70
		Hc1-58		2.017	0.679	0.400	3.194	4	陡	70
		Hc1-64		1.932	0.7172	0.363	4.917	5	陡	65
		Hc1-55	2074.22	2.236	0.473	0.400	3.760	4	陡	90
		Hc1-68	2240.6	2.101	0.669	0.177	2.914	4	陡	40
		Hc1-70	2247.24	3.442	0.553	0.263	3.262	4	陡	60
		Hc1-37	2245	1.61	0.648	0.442	3.886	4	陡	70
		平均值		2.174	0.601	0.343	2.746			
三角洲 (I)	河口 坝	W6-26	1720.87	3.471	0.528	0.116	2.584	3	陡	80
		W6-41	1736.92	3.189	0.835	-0.520	4.141	4	中	60
		Hc4-8	1062.6	2.515	0.586	-0.005	3.212	3	陡	85
		W6-42	1718.42	2.511	0.574	0.575	3.195	3	陡	60
		Hc4-11	1059.18	2.406	0.718	0.049	3.703	3	中	80
		Hc4-12		2.394	0.655	0.089	3.329	3	中	80
		Hc4-9(1)		2.672	0.682	0.264	2.738	3	陡	60
		Hc4-9(2)		2.577	0.642	0.307	3.140	3	陡	60
		Hc4-10		2.75	0.562	-0.008	3.247	3	陡	80
		Hc4-5	1066.01	2.561	0.601	0.506	3.766	2	陡	89
		平均值		2.700	0.638	0.137	3.305			
	远砂坝	Hc4-15(1)	1188.03	2.700	0.519	0.082	2.782	2	陡	80
		Hc4-15(2)	1188.15	2.885	0.634	-0.034	3.067	3	中	80

相	亚相	井号及 样品编号	深度 m	M_2	δ	S_k	K_g	概率曲线 段式	跳跃总体 的斜率	跳跃总体 所占%
三角洲 (I)	远砂坝	Hc4-17	1059.18	2.406	0.662	-0.333	4.214	4	中	70
		Hc4-20	1186.00	2.391	0.635	0.039	2.861	2	陡	70
		平均值		2.596	0.628	-0.062	3.231			
曲 流 河 (II)		W5-18	1229.38	3.266	0.585	-0.0682	2.797	4	陡	75
		W5-21	1230	2.136	0.6048	0.6049	3.517	3	陡	65
		W5-6-1	1227	3.063	0.5105	0.0312	3.258	5	陡	50
		W5-14	1228	3.546	0.568	-0.0575	2.476	5	陡	50
		平均值		3.003	0.5676	0.1276	3.012			
冲 积 扇 (II)		W6-17	2294.67	2.053	1.494	0.791	0.890	5	中	60
		W3-26-2	2817.69 ~2823.99	1.469	0.552	0.361	3.096	3	陡	60
		平均值		1.761	1.023	0.576	1.993			

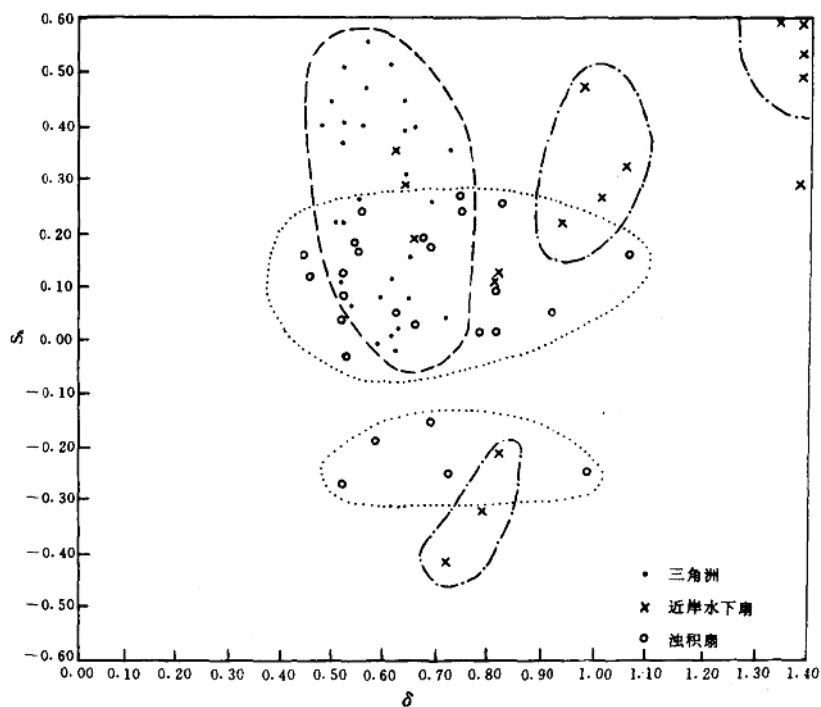


图2-1 不同沉积相粒度标准差对偏度的离散度

结构颗粒的形状、球度和圆度虽然受其晶形和原始产出状态的影响,但是在沉积岩中它们则明显地反映出与搬运距离、搬运营力、载体密度和沉积环境水动力条件的函数关系。因此,在相同

的搬运距离、搬运营力和介质密度条件下,结构颗粒的形状、球度和圆度(除特殊的晶形外,如云母为片状,不可能成为球状)则受沉积环境的水动力条件的控制,因而可以提供判别相的地质信息。例如,在筛砾岩中,砾石的球度和圆度都非常好,是颗粒支撑,是颗粒流的典型标志(刘宝珺,1980)。此外,在滨湖及浅湖砂坝相砂岩中,颗粒的圆度一般都比较良好,为次圆及圆状,反映了颗粒被较强水流的改造作用。而在冲积扇和扇三角洲环境中的砂岩,则圆度均不高,多为次棱角状,少数为次圆状。

填隙物的结构分为化学胶结物的结构和细屑杂基的结构。之所以将它们区分开来,是因为二者是在同一空间而不同时期和不同条件下形成的产物,因而所反映的地质意义和形成环境是不同的。化学胶结物是形成于颗粒沉积之后,由孔隙水的化学沉淀而形成的,它反映了颗粒沉积时,环境的水动力条件较强,细屑物质被簸选出来而被带走,颗粒以颗粒支撑的形式产出,因而原生孔隙发育。另外,不同的化学胶结物也反映了孔隙水的地球化学条件的不同及变化。在工区内所研究的砂岩中,化学胶结物主要为晶粒状菱铁矿、方解石和少量的白云石,还有部分淀杂基(蒙脱石、高岭石、绿泥石等)。杂基则是和碎屑颗粒同时沉积充填于孔隙中的细粒(粒度小于0.0315mm或大于 5Φ)物质,它反映了流体粘度或密度较大,流体性质为密度流或者弱的水流强度。因此,原生孔隙发育不好。在工区内所见到的杂基主要为陆源的粘土和盆地内部被改造的碳酸盐泥,大部分陆源粘土已重结晶成为正杂基。

(3) 沉积构造

原生沉积构造是判别沉积相和沉积环境的重要标志。其最主要的表现形式是各种层理以及层面和底面的印痕和冲刷构造等。由于不同的层理类型是由不同的床沙形体迁移所保留在层内的痕迹,而不同的床沙形体的形成和迁移,受到沉积物的供给和流体的流动强度、流动深度、流体密度、沉积颗粒大小等因素的控制,显然各种层理就是这些因素共同作用的结果。因而,现今保存下来的层理特征无疑是沉积环境最直接的表现形式之一。在工区内所见到的层理类型主要有平行层理、大型板状交错层理、大型交错层理、中型交错层理、小型流水沙纹层理、浪成沙纹层理、波状层理、水平层理和变形层理。冲刷构造也是工区内常见的一种沉积构造类型,此外还可见到生物的钻孔和潜穴。由于不同沉积环境的水动力条件有着很大的差别,同一沉积环境的水动力条件也有变化,因而在纵向上沉积构造表现出不同的组合顺序,这些组合顺序亦即层序特征将在各沉积相中详细描述。

(4) 剖面结构

由于不同沉积环境具有各自独立和特殊的地理位置、地貌特征和水动力条件以及水动力变化规律,因而在沉积特征上均有着不同的表现。前面所述及的各种沉积相标志只是某一方面的特征,而不能表现一个沉积环境在垂向上和横向上的变化趋势或总体特征。此外,一些相标志并非某一环境的独特标志,可能在很多环境中均可出现,如交错层理即可在各种环境中出现。因此单一的相标志具有多解性。这里为了研究一个环境的总体面貌和演化特点引进了剖面结构这一概念。所谓剖面结构是指在沉积剖面上表现出特定的岩性、结构、构造、冲刷面、生物等的组合顺序(刘宝珺,1985)。由定义可知剖面结构不仅可以提供整个沉积环境特征,而且可以提供它们随时间的发展和演化情况。根据对海拉尔地区各种沉积相特征的研究,总结出了它们的剖面结构特征(详见下述沉积相的类型及标志)。

(5) 沉积相律(瓦尔特相律)

即在无沉积间断的情况下,沉积相在剖面和平面上的分布均是按相序有规律分布的。我们在划分和编制剖面和平面上沉积相时均考虑了相律。