

黄骅拗陷孔南地区孔店组一段物源区分析

冯镜权^{1,3}, 李 勇¹, 段润梅², 袁淑琴², 肖敦清², 丘东洲⁴, 彭海燕¹,
韩 冰¹, 兰亚萍¹, 庞河清¹

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室、沉积地质研究院, 成都 610059;

2. 大港油田勘探开发研究院, 天津, 300280; 3. 广东佛山地质局, 广东 佛山, 528000; 4. 成都地质矿产研究所, 成都 610081)

摘要:黄骅拗陷孔南地区孔一段砂岩储集物性好, 是研究区内重要的含油气层段。根据砂岩成分、重矿物特征、砂体分布体系和地震剖面等资料, 对孔店南部孔一段物源方向及物源区母岩性质进行了系统研究。结果表明, 孔南地区孔一段物源主要来自于盆地北部、东部、西部和南部, 其中北部物源影响范围大, 可进一步分出北西和北东两个方向。古物源与成因砂体的空间展布配置关系良好。砂岩组分的 Dickinson 三角图解显示, 物源区构造背景为大陆块区、火山弧区和构造混合区。这些结果反映了黄骅拗陷孔店期盆地在中、新生代构造转型过程中陆内裂陷盆地内形成的具有多物源供给、三分性明显的沉积特点。

关键词:孔店组一段; 物源体系; 重矿物特征; 孔南地区; 黄骅拗陷

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

孔一段是孔南地区重要的油气勘探层段之一。黄骅拗陷孔店组沉积相类型多样, 存在多个物源。孔一段的物源问题一直为大家所关注。王德发等(1987)^[1]、王振彪和裘亦楠(1991)^[2]、焦巧平等(2004)^[3]对区内沉积环境与砂体沉积进行了研究, 明确了本区各种成因砂体的展布规律以及沉积体储集特征与含油的关系。刘子玉等(2007)^[4]、薛林福等(2008)^[5]、周立宏等(2009)^[6]开展了孔南地区始新世盆地的湖盆特征、盆地演化以及油气成藏研究, 探讨了盆地沉积、构造演化与油气成藏的关系。物源分析对确定物源区位置、盆地沉积、构造演化、原盆地恢复和沉积体系储集砂体品质评价等方面具有重要作用^[7]。前人对该区物源研究较少, 本文主要通过砂岩成分、重矿物特征、砂体分布和 Dickinson 三角图解等判别物源区, 并初步探讨物源区构造背景。

1 地质背景

孔南地区位于渤海湾盆地中部黄骅拗陷南缘, 北起羊三木潜山构造带, 西侧为沧县隆起、东临埕宁隆起, 南部逐渐变窄并过渡到临清拗陷(图1)。一般认为, 渤海湾地区中、新生代是两个性质不同的构造成盆期。燕山早期渤海湾地区在北部西伯利亚板块向南挤压、华北板块和扬子板块向北推挤以及郯庐断裂左行走滑作用下挤压造山。燕山中期东部伊泽奈崎板块向欧亚板块斜向俯冲消减伴随弧后拉张作用, 产生陆内弱裂陷构造活动带。燕山晚期构造相对稳定, 整个华北地区在挤压作用下发生大面积的隆起剥蚀, 局部发生弱热拗陷。古近纪早期构造发生转换, 在引张作用下开始发育陆内裂陷作用旋回^[8-9]。黄骅拗陷孔店期盆地处于初始裂陷阶段, 发育一套红(粗)、黑(细)、红(粗)三分性明显的河湖相碎屑岩沉积建造。

收稿日期: 2011-08-31; 修回日期: 2012-03-27

基金项目: 全国油气资源战略选区调查与评价国家专项(编号2009GYXQ17)和大港油田科技项目资助。

作者简介: 冯镜权(1984—), 男, 硕士, 主要从事沉积盆地分析研究工作, E-mail: fengjq984@163.com。

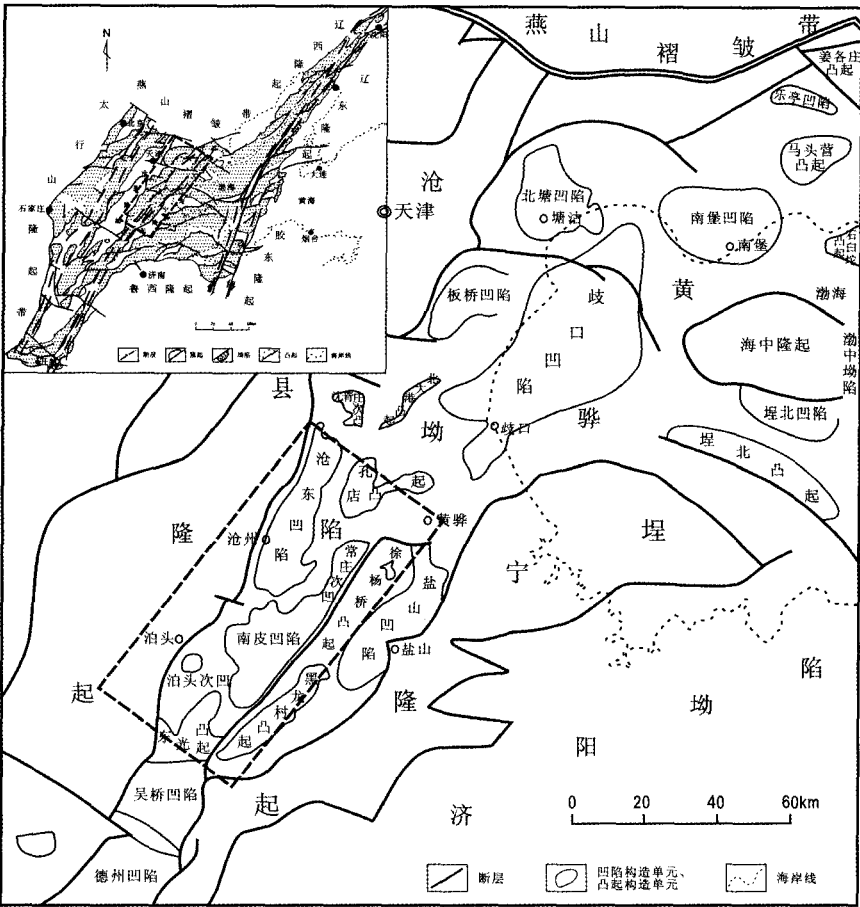


图1 黄骅拗陷构造单元及研究区位置简图(据文献[8]修改)

Fig. 1 Tectonic units of Huanghua Depression and location of studied area

2 物源体系分析

2.1 砂岩碎屑组分分析

盆内陆源碎屑物是由物源区母岩提供的,砂岩碎屑物组分的组合特征与物源区关系密切。对研究区 394 块薄片的镜下鉴定统计结果,用 Carbon 软件进行砂岩成分三角分类投点(图 2)。孔南地区古近纪孔店组一段砂岩类型以长石砂岩、岩屑长石砂岩为主,次为长石岩屑砂岩,少数为岩屑砂岩。砂岩中石英平均含量占全部碎屑颗粒平均含量的 38.65%;长石平均含量占 44.4%,最高可达 63.5%,其中钾长石含量大于斜长石,平均含量为 29.7%,大多数砂岩中长石含量普遍偏高,以长石含量高为特征;岩屑在盆内砂岩中较为常见,平均含量为 16.95%,主要为岩浆岩岩屑,平均含量 11.75%,变质岩岩屑和沉积岩岩屑含量较低,平均约为 2.25%。根据不同地区碎屑成分的含量特征,孔南地区孔一段(Ek_1)总体表现为高长石,低石英的特征。

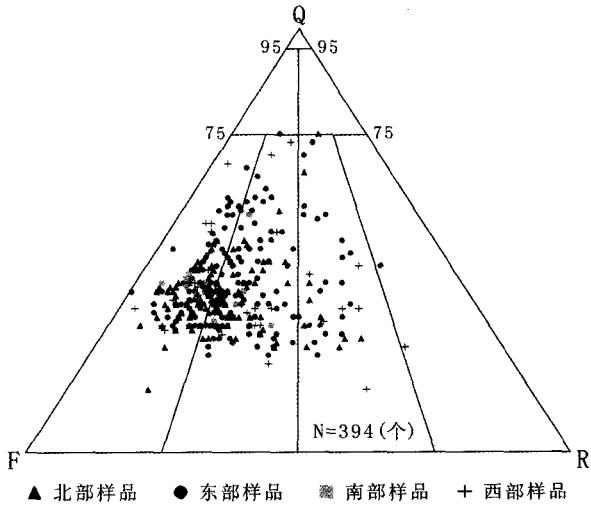


图2 研究区孔店组一段砂岩组分三角投点图

Fig. 2 Triangles diagram showing the sandstone types of the first member of Kongdian Formation

Q-石英;F-长石;R-岩屑

据轻矿物特征及成熟度分析可知,孔南盆地北部可分为北西和北东两个不同成分区,西北部以相对较高的石英含量为特征,含量一般为30%~75%,平均为46.36%;长石含量为9%~50%;岩屑含量为9%~22%,主要为岩浆岩岩屑,沉积岩岩屑含量极低。风化指数(P/F)为0.281,成熟度平均为1.078,说明该区离物源相对较远,成分成熟度较高。而东北部具有高长石含量特征,长石含量一般为25%~70%,平均为46.03%;石英含量15%~50%;岩屑含量7%~39%,沉积岩岩屑含量增多。风化指数为0.429,成熟度平均为0.591,表明东北部地区离物源较近,成分成熟度低(表1)。上述两地区的平均物源区指数相当($F/L \approx 0.345$),说明两者的物源有一定联系。

表1 孔店南部各地区成分成熟度及物源指数

Table 1 Compositional maturity and provenances index of different areas in southern Kongdian

地区	P/F ^[8]	Q/(F+L)	F/L
北部	西北部	0.281	1.078
	东北部	0.429	0.591
	东部	0.453	0.739
	南部	0.462	0.663
	西部	0.385	0.741

盆地东部地区石英含量为15%~57%,平均为39.66%;长石含量为28%~62%,平均为42.11%;岩屑含量为5%~48%,平均为17.05%,沉积岩岩屑含量较北部明显增多;风化指数0.037~0.93,平均为0.453;成分成熟度0.324~1.53,平均为0.739,碎屑物搬运距离不远,成分成熟度较东北部有所增高;物源指数为3.16,在盆地各地区中最低,说明该区物源与其它地区的物源有所不同。

盆地南部地区石英含量为30%~56%,平均为38.86%;长石含量为31%~55%,平均为46.86%;岩屑含量9%~29%,平均为13.29%,风化指数0.375~0.776,平均为0.462,成分成熟度0.435~1.30,平均0.66,离物源区较近,成分成熟度低。

盆地西部地区石英含量为15%~73%,平均为38.81%;长石含量:15%~63%,平均为41.47%;岩屑含量为3%~55%,平均为18.02%,沉积岩岩屑含量与东部相当,且灰岩岩屑大量出现;风化指数

0.047~0.927,平均为0.385,成分成熟度平均0.741。西部地区物源指数与南部地区相近,表明两地区的物源具有相似性。

2.2 重矿物分布特征

为了解不同物源区样品所含重矿物信息之间的相似性,本文选用了Q型相关系数进行聚类分析。对每个样本中的锆石、榍石、电气石、角闪石、金红石、石榴石、绿帘石、十字石8个变量进行聚类分析。这种方法的原理是,性质越相似的样品,它们的相似系数越接近于1。

Q型聚类分析是研究样本间的相互关系,是把不同样本中的同一变量进行比较,通过确定样本的相似程度而对样本进行分类。该计算方法来源于概率论,如果将任意两个样品看成两个随机序列,其相关系数则用二者斜方差除以标准差之积来表示。根据每一个变量之间的相似程度来定量地表示各样品之间的相似关系,并按样品之间的相似程度的级别大小,把样品进行归类成谱系图^[10-11]。

通过聚类分析树型谱系图,可以看到在相似性系数为17左右,明显分为3种类型,同时结合重矿物组合分布特征,孔南盆地主要存在北部、东部、南部和西部四大物源沉积方向(图3、图4)。其中北部物源区最为主要,影响范围较大,可分为北西、北东两个地区。北西地区重矿物组合特征主要表现为“石榴石+锆石+电气石+绿帘石+十字石”组合,同时含有少量的金红石、黑云母、板钛矿。重矿物含量以石榴石、锆石、十字石为主,次为电气石、黑云母、板钛矿(表2),说明源区应有酸性岩浆岩、变质岩存在,对应的物源方向为沧县隆起北部和孔店凸起。北东地区的重矿物组合主要表现为“石榴石+锆石+绿帘石+十字石+角闪石”组合,伴随少量绿泥石、黑云母、辉石。反映源区母岩应含有中基性岩浆岩和变质岩,物源应来自孔店凸起及徐黑凸起北部。东部地区的重矿物组合特征主要表现为“锆石+石榴石+电气石+金红石”组合,此外还有少量板钛矿、辉石。说明源区应有中基性火山岩和酸性岩浆岩存在,沉积物质应来自埕宁隆起区及徐黑凸起。南部地区重矿物组合相对较复杂,表现为“磁铁矿+石榴石+绿帘石+角闪石+榍石”组合,同时含有少量赤铁矿,物源方向应为东光凸起及徐黑凸起南部地区。西部地区的重矿物组合较复杂,主要是“磁铁矿+石榴石+锆石+角闪石+榍石”组合,同时含有少量赤铁矿。自西向东,稳定重矿物(锆石、电气石、金

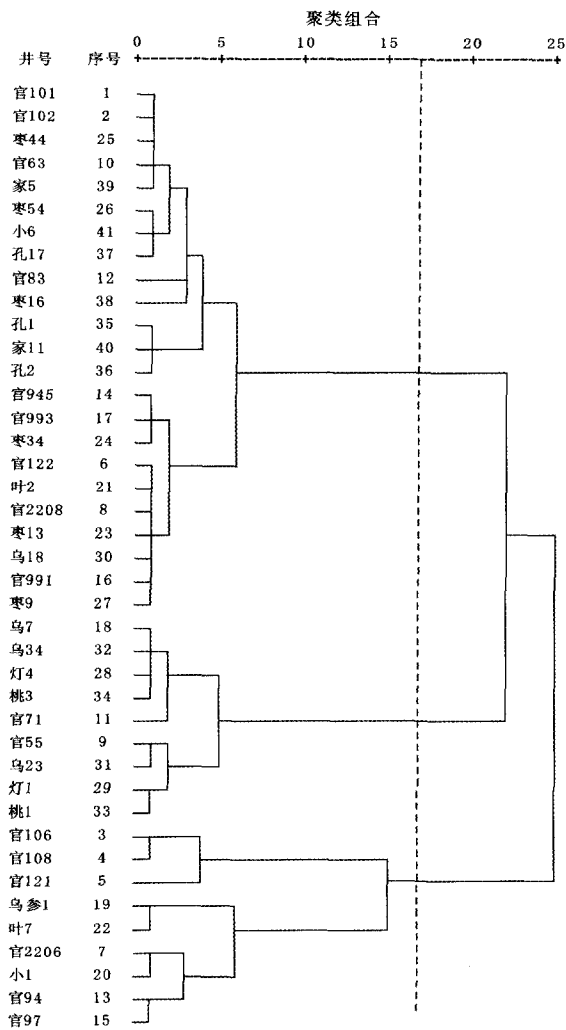


图3 黄骅拗陷孔店组一段重矿物Q型聚类谱系图

Fig. 3 Hierarchy of Q-mode cluster analysis of heavy minerals in the first member of Kongdian Formation of Huanghua Depression

红石)含量升高,不稳定重矿物角闪石含量降低。物源方向应为沧县隆起区(表3)。此外,在盆内小集凹陷、沧东凹陷附近出现一个混源区。这些特点在整个研究区对比明显,总体上反映了 E_{k1} 沉积时期具有多物源,碎屑沉积物主要由盆地周缘高凸起区提供。

重矿物是沉积岩中比重大于2.89的碎屑矿物,含量一般不超过1%。孔一段由于多物源,因此所含重矿物种类也较多。根据重矿物的稳定性可将其划分为:超稳定重矿物,如锆石、金红石、电气石;稳定矿物,如磷灰石、石榴子石、十字石、钛铁矿等;中等稳定矿物,如绿帘石、榍石、石榴石等;不稳定

矿物,如角闪石、阳起石、辉石、橄榄石等。不稳定重矿物抗风化能力弱,随着搬运距离的增大而相对含量递减,而稳定重矿物的相对含量逐渐升高。

按上述原理,可以根据重矿物组合和ZTR指数(稳定重矿物锆石、电气石、金红石占透明重矿物的百分含量。越靠近源区,ZTR指数越小)来判断物源方向及物源区位置^[6, 10-11]。

从 E_{k1} 段重矿物ZTR等值线图可以看出,孔南地区存在5个ZTR指数低值区,分别为:西北部自来屯-枣园-风化店一带,ZTR指数值小于20,向东南方向递增至30,ZTR指数的变化趋势表明该区物源主要来自沧县隆起北区,另外可能有部分来自于孔店凸起;北东部孔店-军马站-沈家铺-王官屯(北)一带,ZTR指数值最低小于10,向南部递增,物源主要来自孔店凸起、徐黑凸起北区;盆地东部王官屯-肖官屯-小集-段六拨一带,ZTR指数值偏高,最低小于10,物源主要来自东边徐黑凸起和埕宁隆起;盆地西部舍女寺-捷地-叶三拨-南皮地区,ZTR指数值最低小于10,向东依次增加,分布范围相对较大,物源主要来自沧县隆起;南部乌马营-灯明寺地区,ZTR指数值约为15,向北逐渐升高,物源主要来自东光凸起和徐黑凸起南区。ZTR高值区有2个分别位于沧东凹陷南部和小集凹陷肖官屯地区,ZTR指数值达40~60,呈环带状分布,混源特征明显。总体上,ZTR指数自盆地周边隆起区向盆内沧东凹陷和小集-常庄凹陷中心逐渐升高,说明 E_{k1} 期孔店南部地区周边隆起为盆地提供沉积物质,至盆内沧东凹陷和小集凹陷地区出现混源现象。

2.3 砂体分布特征

砂体分布特征图(图5、图6)显示,孔一段沉积时期研究区有北部、东部、南部和西部4个砂体集中发育区。在 E_{k1} 早期(E_{k1} 下),盆地西北和东北地区发育薛官屯、军马站两个扇形冲积扇砂体;孔店凸起向南三角洲体系在风化店-枣园一带发生大面积进积,分流河道沉积砂体发育,砂地比一般在40%以上,砂岩累计厚度一般大于150 m,平均约200 m,最厚达304 m,河道呈条带状平行盆地主构造线向西南方向展布。东部集北头、肖官屯、王官屯-东关地区和西部舍女寺地区冲积扇沉积体系发育,扇中亚相沉积砂体分别沿徐黑凸起、沧东隆起构造线向盆内叠置成片分布,砂岩累计厚度一般为150~300 m,最厚达400 m,辫状河道垂直主构造

表2 孔南地区孔店组一段各分区重矿物含量(%)统计

Table 2 Heavy minerals content in different divisions of the first member of Kongdian Formation, southern Kongdian region

地区 种类	自来屯—枣园 —风化店	孔店—王官屯 —沈家铺	舍女寺—捷地— 叶三拨—南皮	王官屯—肖官屯 —小集—段六拨	乌马营— 灯明寺
锆石	23.19	13.91	10.63	30.37	6.88
榍石	0.39	0.33	0.47	0.16	0.77
电气石	1.84	1.36	0.95	2.38	1.31
辉石	0.26	0.62	0.11	0.44	0.20
角闪石	0.30	0.71	0.66	0.37	1.32
黑云母	0.48	0.73	0.35	0.36	0.41
绿泥石	0.61	1.16	0.64	0.39	0.27
金红石	0.86	0.54	0.63	1.54	0.46
石榴石	43.59	54.01	28.91	46.47	25.36
绿帘石	0.94	2.52	0.70	0.51	2.52
十字石	0.42	0.35	0.05	0.29	0
板钛矿	0.62	0.52	0.44	0.72	0.14
磁铁矿	18.52	13.10	47.31	5.99	44.17
赤铁矿	5.07	5.23	10.80	6.28	9.59

表3 孔南地区孔一段重矿物分区变化及其物源区母岩类型

Table 3 Statistic of heavy minerals in the first member of Kongdian Formation and its parent rocks in different partition of southern Kongdian region

	地区	重矿物组合	物源区	母岩类型 ^[12]
北部地区	北西：自来屯-枣园-风化店	石榴石-锆石-电气石-金红石-黑云母-十字石-板钛矿-绿帘石	沧 县 隆 起 (北)、孔店凸起	寒武-奥陶系碳酸盐岩；石炭-二叠系碎屑岩、泥岩夹煤层；中生界花岗岩、安山岩、英安岩
	北东：孔店-王官屯(北) -沈家铺	石榴石-锆石-绿帘石-黑云母-十字石-辉石-角闪石	孔店凸起、徐 黑 凸 起 (北)	中生界安山岩、英安岩；二叠系泥岩、碳质泥岩、砂砾岩、砂岩及煤层，局部夹基性岩浆岩
	王官屯-肖官屯-小集-段六拨	锆石-石榴石-电气石-金红石-板钛矿	徐黑凸起、埕宁隆起	二叠系泥岩、碳质泥岩、砂砾岩、砂岩及煤层，局部夹基性岩浆岩；侏罗系火山岩、砂岩、泥岩、花岗岩
南部地区	乌马营-灯明寺	磁铁矿-石榴石-绿帘石-角闪石-榍石-赤铁矿	东光凸起、徐 黑 凸 起 (南)	侏罗系泥岩夹砂岩，砂砾岩；二叠系泥岩、砂砾岩、砂岩及煤层，局部夹基性岩浆岩
西部地区	舍女寺-捷地-叶三拨-南皮	磁铁矿-石榴石-赤铁矿-锆石-角闪石-榍石	沧县隆起	寒武-奥陶系石灰岩、白云质灰岩；石炭-二叠系砂岩、含砾砂岩、泥岩夹煤层及炭质页岩；中生界碎屑岩、泥岩及煤线，花岗岩

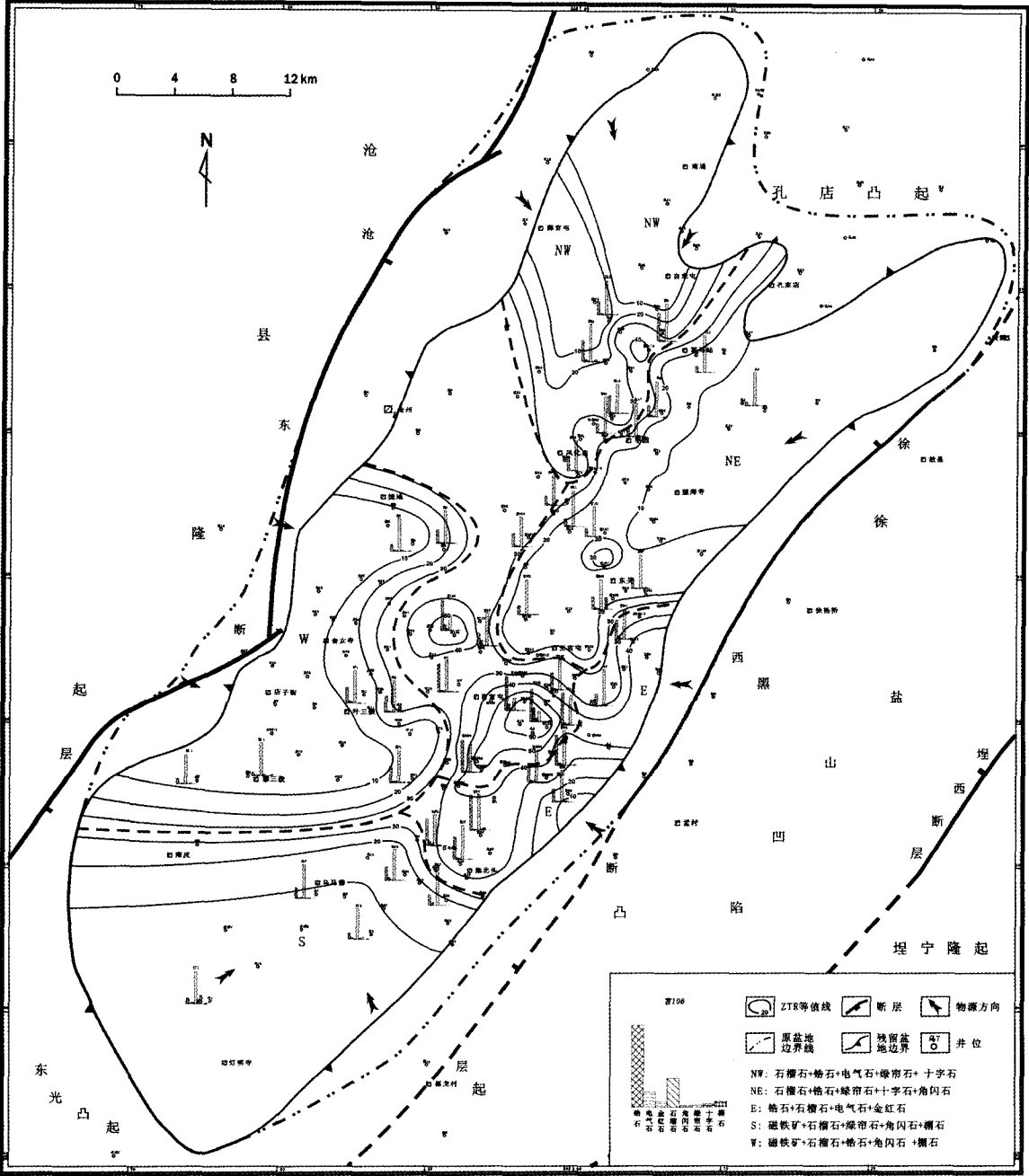


图4 孔南地区孔一段重矿物组合及ZTR等值线图

Fig. 4 Heavy mineral assemblage and ZTR contour map of the first member of Kongdian Formation, southern Kongdian region

线平行排列。南部三角洲沉积体系在灯明寺、乌马营附近地区发育三角洲前缘亚相砂体,分流河道向北东、北西方向延伸。

孔一段晚期(Ek₁上),北部薛官屯、军马站、枣园地区冲积扇、辫状河建设性发育^[13],砂岩百分含量平均在40%以上,砂岩累积厚度一般大于100 m,最厚达到197 m,河道呈带状向南展布。研究区东部小集、王官屯-东关地区和西部舍女寺、店子街-

穆三拨一带冲积扇、辫状河沉积砂体发育,砂岩累积厚度为150~250 m,最厚可达306 m,各砂岩朵体平行盆地长轴方向排列分布。南部乌马营、灯明寺地区三大冲积扇、辫状河沉积砂体向北西、北东方向展布。以上特点表明古物源与沉积砂体具有良好的空间匹配关系。

2.4 地震资料的前积反射

从沉积背景看,孔一段沉积时期是冲积扇、三

角洲建设发育期,沉积作用以进积作用为主,这些保存于地层岩石记录中的进积作用特点在地震资料上具有明显的显示,地震成果是研究区沉积相带划分、古水系和物源位置判定的又一证据。

孔南地区地震剖面中的前积反射结构主要发育于盆地周缘。在盆地北部的沧县隆起和孔店凸起向沧东凹陷和南部东光凸起向南皮凹陷地区,地震剖面中的前积反射结构时有发生,而在东、西部地区则由于盆地受构造作用影响,断层切割复杂,地震剖面中的前积反射却很少见。这些前积反射以中、小型为主,多出现在三角洲前缘和冲积扇扇中

斜坡带中,外形呈楔状,以低角度斜交前积类型为主,可直接指示主要物源和古水流方向。在研究区西北部的薛官屯-孔店凸起一带孔一段可见明显的前积反射结构,如孔店南部薛官屯地区 SW-NE 向 Crossline 2325 地震剖面显示向东北方向前积特征(图 7),说明该区主要物源方向为来自北部、西北部地区。在盆地南部地区灯明寺-乌马营的北西-南东向地震剖面中(Inline1280 地震剖面)南东向前积反射结构也清楚地显示了孔一段沉积三角洲砂体进积方向为南东方向,与下伏地层呈小角度相交,说明盆地南部存在一物源。

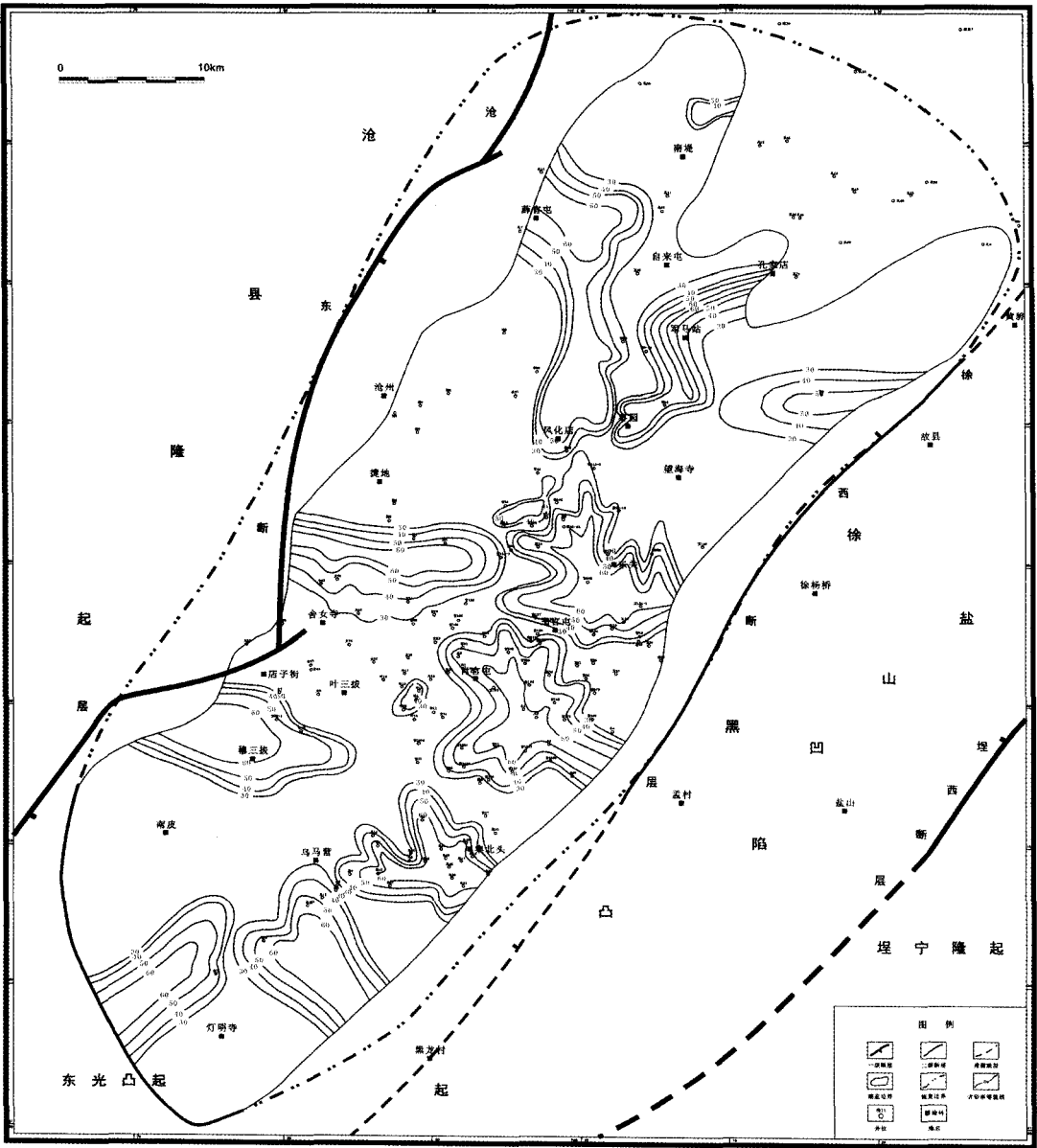


图5 Ek₁下砂岩百分含量等值线图

Fig. 5 Contour map of sandstone-mudstone content in lower part of the first member of Kongdian Formation

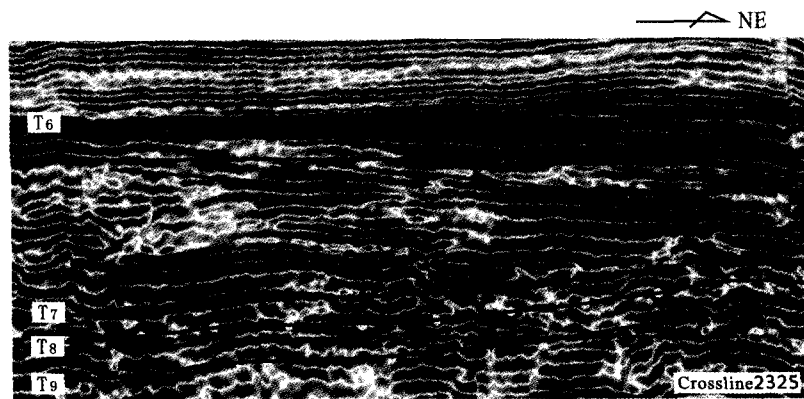


图7 黄骅拗陷孔店南部薛官屯地区Crossline 2325线南西-北东方向前积特征

Fig. 7 The southwest-northeast direction seismic section (Crossline 2325) showing the foreset character to northeast, Cangzhou-Xueguantun area in southern Kongdian of Huanghua Depression

F-Lt 图解(图 10),样品主要分布于深浅基底和火山弧摆部的合并界线两侧的大陆块区和火山弧物源区,有少部分落在混合区、再旋回造山带物源区。综观以上碎屑三角判别图,研究区物源区构造背景基本上属于大陆块区、火山弧区和构造混合区。岩屑类型、长石砂岩质相表明物源区母岩以沉积岩、火成岩为主,并有变质岩物质,这与大陆板块、火山弧和混合区的构造地层组成特点相符合。

Dickinson 三角判别图反映出黄骅拗陷孔一段沉积期物源区构造背景较复杂,主要为大陆板块和岩浆弧区。这与古新世-始新世黄骅拗陷乃至整个渤海湾盆地处于构造转型阶段密切相关。据前人研究^[8-9, 20]认为渤海湾地区经历了中、新生代两个不同性质的构造成盆期。黄骅拗陷孔店期湖盆是在中生界基底之上发育而来的新生代陆内裂陷盆地,继承了中生代的构造格局。燕山早期渤海湾地区在北部西伯利亚板块向南挤压、华北板块和扬子板块向北推挤以及郯庐断裂左行走滑作用下,挤压造山^[21]。燕山中期东部伊泽奈崎板块向欧亚板块斜向俯冲消减伴随弧后拉张作用,产生陆内弱裂陷构造活动带。在黄骅拗陷地区广泛发育富钾橄榄安粗岩系和高钾钙碱性火山岩系列,其东侧同时代火山岩在平面上自西向东由钾玄岩系列-高钾钙碱性系列-拉斑玄武岩系列变化,成分变化具有单极性特征^[20],这与 Dickinson 三角判别图中落点集中分布于深浅基底和火山弧摆部的合并界线两侧的岩浆弧、大陆块物源区相一致,反映区域构造背景与俯冲消减带、俯冲造山作用密切相关。燕山晚期构造相对稳定,整个华北地区在挤压作用下发生大规模隆起剥

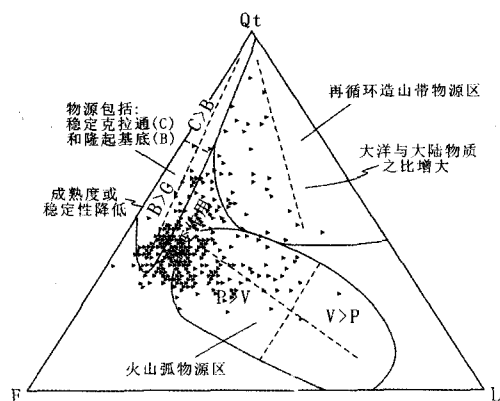


图8 孔店南部地区孔一段碎屑成分的Dickinson Qm-F-Lt 三角图解

Fig. 8 Dickinson Qm-F-Lt triplot of sandstone elastic composition from the first member of Kongdian Formation in southern Kongdian region

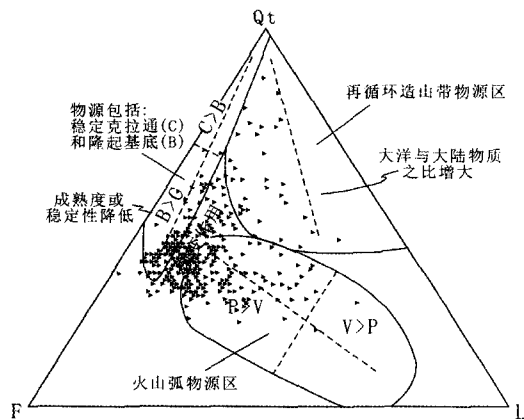


图9 孔店南部地区孔一段碎屑成分的Qt-F-L三角图解
Fig. 9 Dickinson Qt-F-L triplot of sandstone elastic composition from the first member of Kongdian Formation in southern Kongdian region

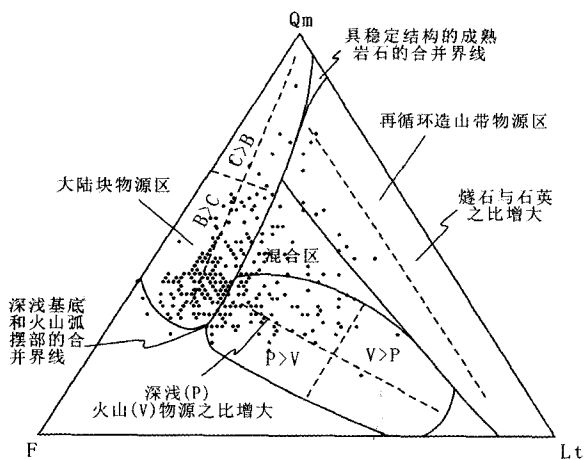


图10 孔店南部地区孔一段碎屑成分Om-F-Lt三角图解

Fig. 10 Dickinson Qm-F-Lt triplot of sandstone clastic composition from the first member of Kongdian Formation, southern Kongdian region

蚀,局部发生弱热坳陷。古新世-始新世渤海湾地区出现大范围的地幔热异常,造成岩石圈热膨胀隆起,开始形成陆内裂陷作用旋回^[18-9],发育碱性玄武岩系列和孔店期粗碎屑岩-基性火山岩-湖相泥岩、碎屑岩-基性火山岩-膏泥岩完整的超长期沉积旋回建造序列。

4 结论

(1)黄骅坳陷孔店期盆地周缘存在东部的埕宁隆起和西部沧县隆起两大古陆,它们与南缘的东光凸起和东侧的徐黑凸起均为盆地碎屑物质的主要来源,此外,该时期末北部的孔店潜山构造带隆升凸起,加大了北部方向物源的供给。

(2)通过砂岩成分和重矿物分析、砂体展布、地震剖面 and Dickinson 判别图解特征的研究,可以看出,孔南地区孔店组 Ek_1 沉积时期主要受盆地北部、东部、西部、南部四大古物源的控制,其中北部物源影响范围大,可进一步分为北西、北东两大物源方向。这些古物源与成因砂体展布空间配置关系良好,为下一步的油气勘探提供依据。

(3) 砂岩组分的 Dickinson 三角图解反映物源区构造背景主要为大陆块区、岩浆弧区和构造混合区。这些证据揭示了中生代以来北部西伯利亚板块、华北板块和扬子板块之间相互推挤以及郯庐断裂左行走滑作用下, 挤压造山, 随后东部伊泽奈崎板块向欧亚板块斜向俯冲消减伴随弧后拉张, 陆内

弱裂陷;古近纪早期区域挤压转为拉张,在引张作用下开始陆内裂陷旋回。构造演化的产物在孔店时期遭受剥蚀、搬运,充填于沉积盆地内发育成粗碎屑岩-湖相泥岩-碎屑岩-基性火山岩-膏泥岩完整的超长期沉积旋回建造。

参考文献:

- [1] 王德发,张服民,李蕙生,等.黄骅拗陷第三系沉积相及沉积环境[M].北京:地质出版社,1987,21-28.
- [2] 王振彪,裴亦楠.大港枣园油田冲积扇储层研究[J].石油勘探与开发,1991,(4):86-92.
- [3] 焦巧平,侯加根,幸华刚,等.黄骅拗陷段六拨油田枣0油层组网状河沉积特征[J].石油勘探与开发,2004,31(3):72-75.
- [4] 刘子玉,李勇,丘东洲,等.黄骅拗陷古近系孔店组沉积特征研究[J].内蒙古石油化工,2007,(12):100-103.
- [5] 薛林福,孙晶,陈长伟,等.黄骅拗陷孔南地区孔一、孔二段构造沉积演化[J].沉积与特提斯地质,2008,28(2):62-67.
- [6] 周立宏,李勇,王振升,等.陆相断陷盆地缓坡带沉积体系与成藏动力学——以黄骅拗陷为例[M].北京:科学出版社,2009,200-227.
- [7] 田克勤,于志海,冯明,等.渤海湾盆地地下第三系深层油气地质与勘探[M].北京:石油工业出版社,2000,39-43.
- [8] 漆家福,张一伟,陆克政,等.渤海湾盆地新生代构造演化[J].石油大学学报(自然科学版),1995.7(19):3-4.
- [9] 高知云.黄骅拗陷第三系隐伏火山岩及其形成的大地构造环境初探[J].岩石学报,1986,11(2):26-29.
- [10] 李珍,焦养泉,刘春华,等.黄骅拗陷高柳地区重矿物物源分析[J].石油勘探与开发,1998,25(6):5-7.
- [11] 白云凤,王振升,韦阿娟,等.黄骅拗陷东营组重矿物时空展布特征及物源体系分析[J].大庆石油地质与开发,2008,27(2):39-42.
- [12] Morton A C, Johnson M J. Factors influencing the composition of detrital heavy minerals suites in holocene sand of the apure River drainage basin, Venezuela [M]. //Johnsson, M. J. M, and Basu, A., eds. Controlling the Composition of Clastic Sediments. GSA Special Paper, 1993, 284:171-185.
- [13] 翟光明,李绍光,吴少华,等.中国石油地质志 卷四 大港油田[M].北京:石油工业出版社,1991,32-36.
- [14] Dickinson W R. Compositions of sandstones in circum-Pacific subduction complexes and fore-arc basins [J]. AAPG Bull., 1982, 66: 121-137.
- [15] Bhatia M R, 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones [J]. Journal of Geology, 91: 611-627.
- [16] Bhatia M R. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic greywacks and mudrock: provenance and tectonic

- control [J]. *Sedimentary Geology*, 1985, 45: 97-113.
- [17] 王成善,李祥辉. 沉积盆地分析原理与方法[M].北京:高等教育出版社,2003,93-98.
- [18] Dickinson W R, Beard L S, Erjavec J L, et al. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1983, 94:222-235.
- [19] Dickinson W R. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones [M]. // In: Zuffa G G (ed.), *Provenance of Arenites*, 333-361.
- [20] 杜旭东,漆家福,陆克政,等.大港探区中生代盆地构造特征及演化[J].*石油实验地质*,1997,22(2):126-131.
- [21] 夏斌,刘朝露,陈根文.渤海湾盆地中新世代构造演化与构造样式[J].*天然气工业*,2006,26 (12):57-60.

Provenance Analysis of the First Member of Kongdian Formation of Paleogene in South Kongdian of Huanghua Depression, Bohai Gulf

FENG Jing-Quan^{1,3}, LI Yong¹, DUAN Run-Mei², YUAN Shu-Qin², XIAO Dun-Qing², QIU Dong-Zhou⁴,
PENG Hai-Yan¹, HAN Bing¹, LAN Ya-ping¹, PANG He-qing¹

(1. National Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Institute of exploration and Exploitation, Dagang Oil Field, Tianjin 300280, China; 3. Foshan Geological Bureau of Guangdong, Foshan 528000, China; 4. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China)

Abstract: In the southern Kongdian region of Huanghua Depression, the first member of Kongdian Formation, with fine accumulation properties, is the important exploration intervals in the research area. The authors did a systematic research on the provenance and the characteristics of the parent rock by many methods such as the elastic composition analysis, heavy minerals analysis, seismic profile analysis etc. The results indicate that those are mainly controlled by four great sediment source regions, which are from north, east, south and west in the southern Kongdian region. The north provenance is the most important one and can be subdivided into two sub-sources, which are northwest and northeast. Provenance has favorable spatial combination with depositional system. By Dickinson triangular plot of elastic component, most of sands fall in the continental block and volcanic arc, and some in mixed provenance. These results reflect the Huanghua Depression basin is a developed intra-continental rift basin in the Cenozoic, and is featured by the sedimentary characteristics of one-third of obvious and multi-and-near sources in the Mesozoic and Cenozoic tectonic transition process.

Key words: the first member of Kongdian Formation; provenances system; heavy mineral characteristic; southern Kongdian region; Huanghua Depression