# 胶莱盆地中部李党家—马山古凸起白垩纪岩石 地层序列及岩相古地理

徐伟祥1,2)

1)山东省第四地质矿产勘查院,山东潍坊,261021;
2)山东省地矿局海岸带地质环境保护重点实验室,山东潍坊,261021

内容提要:李党家—马山古凸起为胶莱盆地前莱阳群沉积期凸起,第四系覆盖严重,研究程度较低,一直是胶莱 盆地研究的薄弱环节,长期以来未能揭示其地层、构造面貌。本文通过大量地表地质调查和对李党家—马山古凸起 之上的胶参2井、胶参3井综合录井资料研究解释,运用层序地层学原理和沉积相分析、岩相古地理研究,对研究区 沉积填充序列进行了描述和对比分析,理清了研究区白垩纪地层层序格架,恢复了李党家—马山古凸起白垩纪岩相 古地理。李党家—马山古凸起莱阳群沉积期未沉积,青山群沉积期开始沉降,连续沉积了后夼组和八亩地组及王氏 群辛格庄组。研究区处于火山洼地中,整体为一套巨厚陆相细碎屑岩沉积,夹少量火山岩—火山碎屑岩沉积组合, 其中的火山沉积识别出4期火山旋回。本研究为胶莱盆地原形盆地恢复提供了依据。

关键词:岩石地层;沉积序列;地层格架;岩相古地理;李党家—马山古凸起;胶莱盆地

胶莱盆地位于山东省东部华北板块内部,介于 胶北隆起和胶南隆起之间,西以沂沭断裂带为界,向 东延伸到黄海(李桂群等,1994;宋明春,2008),一 直是中生代基础地质研究的焦点之一。经过前人几 代地质学者的不懈研究,已基本揭示出其建造—构 造相特征,主要工作集中于层序发育完整的莱阳凹 陷和诸城凹陷(徐伟祥,2019),一些学者通过典型 剖面的观测以及沉积填充系列的分析、对比,建立了 盆地地层层序格架,并对胶莱盆地原型进行了恢复 (李金良等,2005;任凤楼等,2008;张岳桥等,2008; 吴冲龙等,2009;任天龙,2019),但由于自然因素和 科技手段限制,许多问题仍然没有得到合理解释。 李党家—马山古凸起上地层归属和岩性古地理就是 一个长期悬而未决的问题。

研究区位于荆山凸起(或称大野头凸起)和高 密(或称高密—景芝)凹陷之间,V级大地构造单元 存在两种划分观点:一是山东省地层侵入岩构造单 元划分方案(张增奇等,2014)未考虑前莱阳群沉积 期凸起,将研究区划分为胶州—兰底凹陷和夏格庄 凹陷;二是考虑胶莱盆地基底埋深(李桂群等, 1994;宋明水等,2005;吴冲龙等,2009;邵银川, 2017;孙伟清等,2019;徐伟祥,2019),恢复了前莱阳 群沉积期凸起,将研究区称为李党家—马山古凸起。 北侧为平度凹陷和夏格庄凹陷,南侧为高密凹陷 (图1)。李党家—马山古凸起地貌上属于胶莱盆地 腹地平原,大面积第四系覆盖,鲜见基岩露头,难以 恢复其真实面貌。众多研究者根据胜利油田 20 世 纪 80 年代施工钻孔的原始编录,得出结论相对局 限<sup>●</sup>。本次研究通过详细的地表调查<sup>●</sup>和严谨的钻 孔综合录井资料,对李党家—马山古凸起上白垩纪 岩石地层特征、沉积相等分析入手,建立了沉积格 架,研究了其岩相古地理。其观点正确与否,与地质 同仁商榷。

### 1 区域地质背景

李党家—马山古凸起大致呈北西—南东向展 布,区域地层为一套白垩纪陆相碎屑岩—火山岩沉 积建造,绝大部分地区被第四系覆盖,第四系厚0.5 ~30 m。近地表基岩分布于兰底、七级镇以东地带 (图2)。兰底、移风店至长直一带岩性为王氏群辛 格庄组紫红色泥岩、粉砂岩为主,夹少量细砂岩。长 直以东、瓦戈庄一带沿北西向条带分布为王氏群林

注:本文为中国地质调查局项目"山东1:5万万家、蓝村、高密、蓝村幅区域地质调查(编号:DD20160044-4)"和山东省重大创新工程项目"沂沭断裂带深部结构及对资源环境的影响"(编号:2017CXGC1602)的成果。

收稿日期:2020-03-02;改回日期:2020-08-28;责任编辑:刘志强。Doi:10.16509/j.georeview.2021.01.003

作者简介:徐伟祥,男,1982年生,高级工程师,从事地质调查与矿产勘查工作;Email:dzxwx@163.com。



图 1 山东胶莱盆地大地构造位置图(据李桂群等,1994;张增奇等,2014) Fig. 1 Geotectonic location of the Jiaolai Basin in Shandong Province (modified from Li Guiqun et al.,1994&;Zhang Zengqi et al.,2014&)

家庄组灰紫、紫红色巨砾岩、砾岩、砂砾岩等粗碎屑 岩,夹灰紫色粉砂岩、粉砂质砂岩夹层。七级镇、南 泉一带为青山群八亩地组安山岩、粗安岩、玄武安山 岩,局部夹灰紫色细砂岩、火山碎屑岩夹层。段泊 岚、马山周边、普东以西为莱阳群曲格庄组灰黄、灰 紫色砂岩、砂砾岩夹粉砂岩。高密县城一带分布莱 阳群杜村组山麓洪积相卵砾岩、巨砾岩和砂砾岩组 合以及杨家庄组砂河流相砂岩。研究区基岩露头 少,不连续,无法测制完整的地层剖面。胜利油田于 1979年~1981年在区域上实施了3口参数井(胶参 1井、胶参2井、胶参3井)。胶参1井位于高密凹 陷内,未揭穿到变质基底,深度1576.46m。胶参2 井和胶参3井位于研究区李党家—马山古凸起之 上,胶参2井位于蓝村北,钻探深度1703.27m,胶 参3井位于万家镇东南,钻探深度2669.07m,两孔 均揭穿白垩纪地层,钻遇前寒武纪基底。鉴于此,利



Fig. 2 Geological sketch map of the Lidangjia—Mashan Paleo-uplift in the central Jiaolai Basin <sup>●</sup>, <sup>●</sup> Q-第四系; K<sub>1</sub>*x*—辛格庄组; K<sub>1</sub>*b*—林家庄组; K<sub>1</sub>*b*—八亩地组; K<sub>1</sub>*h*—后夼组; K<sub>1</sub>*d*—杜村组; K<sub>1</sub>*q*—曲格庄组; K<sub>1</sub>*y*—杨家庄组; *β*τα—玄武粗 安岩; K<sub>2</sub>*βμ*—晚白垩世辉绿岩脉; α—安山岩; *β*—玄武岩; *β*τ—玄武粗面岩; λtf—流纹质凝灰岩; τα—粗面安山岩; τβ—粗面玄武岩; σ*βμ*— 橄榄玄武岩

Q—Quaternary;  $K_1x$ —Xingezhuang Formation;  $K_1lj$ —Linjiazhuang Formation;  $K_1b$ —Bamudi Formation;  $K_1h$ —Houkuang Formation;  $K_1d$ —Ducun Formation;  $K_1q$ —Quegezhuang Formation;  $K_1y$ —Yangjiazhuang Formation;  $\beta\tau\alpha$ —basaltic trachyandesite;  $K_2\beta\mu$ —Late Cretaceous diabase dykes;  $\alpha$ — and esite;  $\beta$ —basalt;  $\beta\tau$ —basaltic trachyte;  $\lambda$ tf—rhyolitic tuff;  $\tau\alpha$ —trachyandesite;  $\tau\beta$ —trachyte basalt;  $\sigma\beta\mu$ —olivine basalt

用上述钻孔资料结合地表调查成果进行综合分析。

# 2 岩石地层序列

李党家一马山古凸起白垩纪地层为一套巨厚中 生代陆相细碎屑岩沉积,夹少量火山岩一火山沉积 碎屑岩。区域地层总体南倾,产状较缓(倾角一般 5°~10°),地层厚度基本接近于钻进深度。胶参 2 井揭露厚度 1640.0 m(10.0~1650.0 m)(注:原综 合录井图钻孔深度标注精度为 0.5 m;后同),胶参 3 井揭露厚度 2622.5 m(12.0~2634.5 m)。以胶参 2 井和 3 井钻孔安山岩层作为标志层,进行岩石地 层单位对比。安山岩层为青山群八亩地组,之下层 位划为青山群后夼组,之上层位划为王氏群辛戈庄 组(图 3)。笔者基于陆相地层横向分布不均匀性, 突破岩石地层地层单位概念和典型地区层型特征的 束缚,考虑到火山沉积环境的不同,研究区位于火山 洼地,而非标准剖面所在的火山盆地,钻孔揭示的岩 石特征和地层层序不同于标准剖面(张增奇等, 1996)。与火山盆地相比,火山洼地远离火山喷发 中心,以正常沉积岩为主,火山岩较少,代之以含大 量火山物质的过渡型沉积:火山—沉积碎屑岩。

### 2.1 后夼组

不整合于基底变质岩之上的红色调为主的泥 岩、粉砂岩夹流纹质凝灰岩组合,顶以安山岩层底界 为界。研究区内局限分布于马山地区,厚度 59.0 m,岩性以流纹质凝灰岩为主,上部出现砂砾岩。胶 参2井揭露厚度 676.5 m(973.5~1650.0 m),岩石 组合以紫红、棕红、灰色泥岩、粉砂岩为主,夹流纹质

组	分层	深度(m)	岩性花纹	岩性组合	沉 积 相	
Q		12.0		松散堆积物		
	23 255.0		未编录 	紫红色泥岩、粉砂岩互层(156.0~255.0m); 顶部(12.0~156.0m) 未取芯,地表出露岩性为紫红色泥岩、粉砂岩等 紫红色泥岩、粉砂岩互层,夹4层流纹质凝灰岩、下部见深灰	半干旱咸湖	
	22	340.5	$-\Pi$	色页岩,中部见石膏晶片及脉		
	21	531.0		紫红色泥岩、粉砂岩与紫色细砂岩互层,夹1层流纹质凝灰岩		
	20	580.0	<u> </u>	紫红色泥岩、细砂岩互层,下部出现棕红色页岩,夹4层流纹 香海东岩,回云亮	浅湖	
	19	740.5		( <u>)</u> , <u>现</u> , <u>现</u> , <u>现</u> , <u></u> 有 见 石膏		
K <sub>1</sub> x	18	855.0		棕红色泥岩、粉砂岩,棕色-紫红色页岩,夹棕色-紫色细砂 岩,含石膏	浅湖	
	17	956.5		紫红色泥岩与棕红色、紫色粉砂岩互层,偶夹棕色中砂岩	深湖	
	16 15	1089.5 1158.0		棕红-灰白色页岩与紫红色泥岩互层,夹少量棕红色砂砾岩 /顶部棕红色流纹质凝灰岩与紫红色泥岩互层;中部棕红色页岩 、紫红色泥岩夹粉砂岩、细砂岩;底部深灰色流纹质凝灰岩与 紫色泥岩互层	浅湖	
	14	1213.0		紫色-紫红色泥岩、紫色粉砂岩夹灰色中砂岩、紫色细砂岩,		
	13	1283.0		低部见1层砂质泥灰岩 深灰色-紫色页岩与紫色泥岩互层,下部紫色粉砂岩,上部夹 1层深灰色流纹质凝灰岩		
	12	1414.0		紫红色-深灰色粉砂岩、紫红色-紫色泥岩,夹棕红色-灰白- 紫红色细砂岩。上部见4层深灰色页岩与泥灰岩,厚度4m 紫色流纹质凝灰岩与紫红色泥岩互层(21层流纹质凝灰岩),	深湖	
	11	1491.5		顶部见2层紧红巴泥灰石 深灰色粉砂岩、紫红色泥岩为主,夹紫色、深灰色细砂岩, 底部见3层深灰色页岩	浅湖	
K <sub>1</sub> b	9	1641.5		灰绿色安山岩夹紫色安山岩	火山喷发相	
	8	1880.0		顶部紫红色泥岩与紫色流纹质凝灰岩互层;上部紫红色泥岩、 深灰色页岩、紫色粉砂岩、细砂岩;中部深灰色流纹质凝灰 岩与紫红色泥岩互层,流纹质凝灰岩29层;下部紫红色泥岩 与深灰色页岩互层		
		1000.0		深灰色页岩与紫色一紫红色泥岩互层	-	
	/	1988.0		深灰色页岩与紫色泥岩互层,夹少量深灰色流纹质凝灰岩及	深湖	
K <sub>1</sub> h		0152.0		棕色、灰色细砂岩。有含砾砂岩,砾石成分复杂,见石英、		
	6	2153.0		ス 次 石 、 八 山 石 , 四 九 口 ム		
	5	2239.0		深灰色粉砂岩、细砂岩、页岩,紫红色泥岩,绿色泥岩、粉		
	4	2306.5		砂宕、细砂岩, 低部2层紫色流纹质凝灰岩   顶部和底部均为装布由砂岩 _ 料砂岩 _ 泥岩 _ 由部为此47		
	3	2402.0		19、中叶叶瓜中4-70系巴干砂石、忉砂石、化石, 中部/2系红、 深灰色流纹质凝灰岩与紫红色泥岩互层 上部紫红鱼泥岩与紫色松砂岩互巨, 由郊紫色海纹质凝五岩		
	2	2515.0	$\underline{\underline{\nabla}}$	与紫色、深灰色泥岩互层:下部紫色细砂岩与紫色泥岩互厚	solo sko	
	2	2010.0	·····	中上部紫色流纹盾凝灰岩与紫色泥岩互厚 本紫色细砂岩	浅湖	
	1	2634.5		下部紫色泥岩与页岩互层,底部厚2.5m紫色中砾岩。		
$Pt_1J$	0	2669.0		白云石英片岩、黑云片岩等	变质基底	

组	分层	深度(m)	岩性花纹	岩性组合	沉积相	
Q		10.0			剥蚀	
K <sub>1</sub> x				紫红色泥岩与粉砂岩互层, 夹细砂岩、甲砂岩(104.0~240.0 m); 顶部(10.0~104.0m) 未取芯、地表出露岩性为紫红色泥岩、粉		
	16	240.0		砂岩夹细砂岩等		
				深灰色-紫红色泥岩与粉砂岩互层,底部见1层厚10m灰白色		
	15	403.0	0.00	<b>沙</b> 咻若	浅湖	
	14			棕色-紫红-黑色泥岩与深灰色、紫色粉砂岩互层,夹紫色- 灰色粗砂岩,偶夹深灰色-紫色砂砾岩		
	14 13	541.0 588.5		紫色-紫红色泥岩、粉砂岩为主,夹灰色-紫色中-粗粒砂岩	e	
	12	604.0	0.0.	繁色、灰色贞岩,棕红色泥岩,紫红色粉砂质泥岩夹灰色中 砂岩、紫色细砂岩 斑石 岩石海巴 松孙马五主 亚山 粗粒孙马 俚亚孙延		
		094.0	0.0.	素巴、标红巴泥石、初砂石为主,天中一杻桠砂石,两天砂砾 岩,底部杂色页岩较多 丸布五黑一些红布泥墨。整动墨山主,束些红色动瓜墨。2目	扇三角洲	
	10	826.5		亲巴贝石, 系红巴泥石、初砂石 为主, 关系红巴砂砾石, 3层 流纹质凝灰岩		
	9	870.5		中上部杂色泥岩、页岩,下部灰色砂砾岩夹紫红色泥岩及2层 流纹质凝灰岩		
K <sub>1</sub> b	8	973.5		上部绿色、紫红色安山岩与绿色、紫色泥岩互层,下部紫红色 泥岩、粉砂岩,绿色-灰色页岩夹安山岩,底部为安山岩	火山喷发相	
				紫色页岩、泥岩为主, 偶夹紫红色细砂岩, 1层砂砾岩, 16层		
	7	1106.0		流纹质凝灰岩	前三角洲 浅湖	
K <sub>1</sub> h	6	1235.0		紫色深灰色贝岩、泥岩为王,偶夹深灰色粉砂岩、甲砂岩, 8层流纹质凝灰岩	1/2(19)	
	5	1342.5		棕色泥岩,深灰色页岩、粉砂岩夹深灰色-绿色细砂岩,13层 流纹质凝灰岩	VIX 34m	
	4	1.151.0		深灰色流纹质凝灰岩与棕色-棕红色-紫色泥岩、粉砂岩互层, 本华红色、东色砂砾岩、细砂岩、五岩	浅砌	
	4	1454.0		深灰色-棕色-紫色泥岩、粉砂岩、页岩为主,上部夹1层灰色		
	3	1552.5 1610.0	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	砂砾岩,厚1.5m; 下部夹3层流纹质凝灰岩 棕色-紫色-深灰色泥岩、页岩夹细砂岩、粗砂岩、砂砾岩,	三角洲前缘	
	1	1650.0		深灰色贞若夹黑色碳质沥青。 顶部夹1层流纹质凝灰岩 上部绿色-灰色砂砾岩夹紫色、棕色泥岩及灰色细砂岩夹1层流纹质 凝灰岩、玉塑烧色、绿色色。 紫色上在鱼泥岩水口层流纹质		
Pt <sub>1</sub> J	0	1703.5		黑云变粒岩、片岩等	变质基底	
0	0	砾岩		页岩 本 bel		
			ate			
0	· 0	砂砾石 sandstone-	-conglomerate	前 て 前 て 加 ジェン ボ ボ ジェン ボ ボ ジェン ボ ボ ボ ジェン ボ ボ ボ ボ ジェン ボ	Formation	
•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	• •	砂岩 sandstone		$\vee_{\vee}\vee_{\vee}\vee_{\vee}$ 安山岩八亩地组 $\vee_{\vee}\vee_{\vee}\vee_{\vee}$ andesiteK <sub>1</sub> b八亩地组Barnudi Formati	on	
	4.0	粉砂岩 siltstone		□□□ 泥灰岩 后夼组 □□□□ marl K <sub>1</sub> h 后夼组 Houkuang Form	ation	
		泥岩 mudstone		□□ 石膏 用山群 gypsum 用山群 Jingshan Grou	р	

图3 山东胶莱盆地胶参2井和胶参3井钻孔柱状图(据胜利油田管理局胶参2井、胶参3井综合录井图编制)

Fig.3 Drilling columnar map of the Well Jiaocan-2 and the Well Jiaocan-3 in the Jiaolai Basin, Shandong (Modified from the comprehensive logging maps of the Well Jiaocan-2 and the Well Jiaocan-3

of the Shengli Bureau of Oilfield Administration)

凝灰岩及细砂岩、粗砂岩和少量砂砾岩。砾石成分 复杂,有火山岩、花岗岩、变质岩及少量灰岩。下部 泥岩较多,发育水平微细层理,见黑色碳质沥青。其 沉积环境属于浅湖、前三角洲相沉积。胶参3井揭 露厚度993.0 m(1641.5~2634.5 m),岩石组合主 体为紫色、紫红色、绿色泥岩、粉砂岩及深灰色页岩, 夹流纹质凝灰岩,少量的细砂岩,偶夹紫红色砂砾 岩。砾石成分有花岗岩、变质岩、火山岩、石英,偶见 灰岩砾石。底部有2.5 m杂色中砾岩。其沉积环境 属于浅湖、深湖沉积。

#### 2.2 八亩地组

整合于后夼组之上以安山岩为主,局部夹泥岩 (或互层)岩石组合,顶与辛格庄组呈喷发不整合接 触。研究区地表小面积出露于即墨市七级镇一带, 岩性以安山岩为主,局部夹砂砾岩、砂岩。胶参2井 揭露厚度103.0 m(870.5~973.5 m),岩石组合:上 部岩性为绿色、紫红色安山岩与绿色、紫色泥岩互 层,下部为紫红色、棕红色泥岩、粉砂岩,绿色、灰色 页岩夹安山岩,底部为安山岩。胶参3井揭露厚度 74.0 m(1641.5~1567.5 m),岩石组合:绿色安山岩 夹紫色安山岩,未见泥岩夹层。

#### 2.3 辛格庄组

不整合于八亩地组之上以细碎屑沉积岩发育为 特征,岩石色调杂、粒度细,色调上以灰紫-紫红-灰白色为主,岩性以钙质砂岩、泥质粉砂岩、泥岩、页 岩夹砂砾岩、泥灰岩发育为特征的岩石组合。地表 浅覆盖区广泛分布,局部见流纹质熔结凝灰岩、玄武 岩、玄武粗安岩、粗面安山岩夹层,其中流纹质熔结 凝灰岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 成岩年龄为 118.32± 0.73 Ma(徐伟祥,2019),形成时代为早白垩世。胶 参2井,揭露厚度860.5m(10.0~870.5m),岩性组 合为灰紫—紫红—棕红—灰色泥岩、粉砂岩、页岩为 主,夹砂岩和砂砾岩,偶夹流纹质凝灰岩。其沉积环 境属于三角洲相,滨湖相沉积。胶参3孔揭露厚度 1555.5 m(12.0~1567.5 m), 岩性组合为紫红色泥 岩、粉砂岩,紫红--深灰--棕红色页岩,夹中--细粒 砂岩, 偶夹棕红色砂砾岩、流纹质凝灰岩。其沉积环 境为浅湖、深湖相沉积。埋深 774 m 之上多层砂岩、 粉砂岩中含石膏,表明末期气候干旱,湖泊水体变小 甚至干涸。

### 3 火山活动旋回特征

研究区火山构造分区属环太平洋中新生代火山 活动带(I)—辽鲁中新生代火山带(I)—鲁东中 生代火山喷发区(Ⅲ)—高密火山洼地(Ⅳ)(宋明春 等,2003)。区内火山活动不太发育,其火山物质主 要来自于周边即墨一带的火山机构。据地表火山岩 分布及胶参2井、3井资料,研究区中生代火山活动 识别出4个旋回,分别对应于早白垩世青山群沉积 期火山活动的后夼旋回、八亩地旋回、石前庄旋回和 方戈庄旋回。胶参2井和3井中火山岩垂向分布很 有规律,以安山岩层为标志层,可识别出前3个火山 旋回。

#### 3.1 后夼旋回

对应青山群后夼组流纹质凝灰岩夹层,研究区 多有分布,为隐伏地层,在胶参 2、胶参 3 钻孔中可 见,马山一带岩性以流纹质凝灰岩为主。胶参 2 井 在安山岩层之下发育 61 层流纹质凝灰岩,最厚单层 21.0 m(1505.0~1526.0 m)。在 1357.0~1447.5 m 流纹凝灰岩层频繁出现,与正常沉积的泥岩、页岩几 乎成互层状;胶参 3 井安山岩层之下发育 75 层流纹 质凝灰岩,有 3 个集中出现层段分别是:1767.5~ 1880.0 m、2331.5~2373.0 m、2515.5~2579.0 m,单 层厚度可达 14.5 m。研究区后夼旋回发育弱爆发 相,构成了后夼组的酸性火山碎屑岩组合。岩性主 要为流纹质凝灰岩,与泥岩、粉砂岩组成多个韵律, 为邻区周围火山喷发物飘散到盆地中沉积而成。

#### 3.2 八亩地旋回

对应青山群八亩地组,全区均有分布,是区内火 山活动的鼎盛期,研究区多为隐伏地质体,在即墨市 七级镇一带可见基岩露头;胶参2井发育10层安山 岩,与绿色泥岩组成韵律,厚度103.0m(870.5~ 973.5m)。胶参3井只发育3层熔岩:绿色安山 岩—紫色安山岩—绿色安山岩,其间无沉积岩夹层, 厚度74.0m(1567.5~1641.5m)。八亩地旋回包 括多个溢流相—爆发相、溢流相—沉积相正韵律,由 南东至北西,厚度逐渐变薄,反映逐渐远离火山喷发 中心(即墨一带)。

#### 3.3 石前庄旋回

对应辛格庄组下部流纹质熔结凝灰岩夹层,研 究区多为隐伏地质体,在胶参2井、胶参3井钻孔八 亩地组以上含多层流纹质凝灰岩夹层,胶参2井,安 山岩层之上发育5层流纹质凝灰岩,最顶部1层位 于731.5~742.0m,是安山岩层之上层位最高的一 层流纹质凝灰岩;胶参3井安山岩层之上发育39层 流纹质凝灰岩,290m之上未再见流纹质凝灰岩。 地表高密市张鲁镇一带见流纹质凝灰岩夹层,为爆 发相的流纹质熔结凝灰岩。

#### 3.4 方戈庄旋回

135°

对应辛格庄组上部中基性熔岩、火山碎屑岩夹 层。地表见于即墨李戈庄镇至胶州马店以西地带, 呈夹层出现,岩性主要有玄武岩、粗面安山岩、粗面 玄武岩、橄榄玄武岩、玄武粗安岩质集块角砾岩等, 反映出喷溢相—爆发相的火山活动韵律,以喷溢相 为主,在马店镇以西邰家村一带发育火山通道相。

后夼旋回、石前庄旋回在胶东地区有广布性,以 酸性火山碎屑岩发育为特征,酸性火山物质爆发性 强,多以空落状态沉积,火山灰可以随风飘散至广大 地区。两个钻孔的流纹质凝灰岩单层都很薄,一般 0.5 m 至数米,最厚单层 21.0 m,夹于泥岩、页岩、粉 砂岩之间,应是空落沉积物,来自于湖泊周围火山喷 发区的火山灰落于水中堆积而成。而八亩地旋回和 方戈庄旋回以中基性熔岩和近源空落物质为主,分 布则相对局限,规模也不及后夼旋回和石前庄旋回。

# 4 沉积地层格架及岩相古地理分析

研究区胶参2井、3井钻孔未见莱阳群地层,因 此早白垩世莱阳群沉积期李党家—马山古凸起属于 剥蚀区。至青山群沉积期由于东部地区崂山岩体侵 位上拱,该区产生相对沉降形成沉积中心接受沉积, 并且沉降速率较快,形成面积较大的湖泊。据胶参 2 井层序分析,蓝村一带处于河口、三角洲地区,主 要发育三角洲相、滨湖相沉积,有时为浅湖和河流 相;而胶参3 井万家至以北则是湖泊中心,主要发育 浅湖、甚至深湖相沉积,因地形因素坡降较大、沉积 速率较快,故沉积厚度比东部胶参2 井处大(图4)。

胶参2井、3井流纹质凝灰岩、安山岩层位分布 很有规律,与区域上酸性—中基性—酸性—偏碱中 基性的岩浆演化规律相吻合,唯不同的是缺少最后 一个旋回。这可能与研究区所处古地理位置有关。 方戈庄期的火山活动以喷溢方式为主,少爆发产生 的易飘散火山物质,故钻孔地层中缺少此旋回的记录。而两个钻孔中流纹质凝灰岩层的厚度差异,可 能是古地理微地貌不同造成:胶参2井的位置在湖 泊(火山洼地)的边部,是三角洲和滨湖环境,飘落 的火山灰易被水流带入湖泊中心,故流纹质凝灰岩 层就偏少;而安山岩层则相反,胶参3井只发育3层 熔岩,厚度74.0m:胶参2井发育10层安山岩,厚



图 4 山东胶莱盆地李党家—马山古凸起沉积格架图

Fig. 4 Sedimentary framework of Lidangjia-Mashan paleo-uplift in the Jiaolai Basin, Shandong



图 5 山东胶莱盆地莱阳群沉积期岩相古地理图:(a) 胶莱盆地;(b) 研究区 Fig. 5 Lithofacies palaeogeographic map of the Laiyang Group in the Jiaolai Basin, Shandong: (a) Jiaolai Basin; (b) research area

度 103.0 m。相比胶参 3 井,胶参 2 井中较多的安 山岩夹层、较少的流纹质凝灰岩以及较粗的沉积碎 屑岩均显示,湖盆的东缘为湖泊沉积提供了大量陆 源碎屑和火山物质。

#### 4.1 莱阳群沉积期

莱阳群沉积期李党家—马山古凸起没有发生沉 积,莱阳群晚期仅在凸起外围边部沉积莱阳群地层。 凸起东侧马山一带分布曲格庄组河流相沉积砂岩、 砂砾岩夹粉砂岩组合;凸起南侧高密凹陷姚哥庄一 带胶参1井沉积厚层山麓洪积物,为杜村组棕红、紫 红、灰色砾岩、砂砾岩组合。其砾石分选、磨圆均差, 反映了近距离搬运、堆积特点。曲格庄组和杜村组 为莱阳群晚期同期异相产物。高密城南发育杨家庄 组河流相中细粒砂岩。李党家—马山古凸起北侧平 度凹陷中推测王氏群、青山群之下也发育莱阳群沉 积,故李党家—马山古凸起在莱阳群沉积期为剥蚀 物源区(图5)。

#### 4.2 青山群后夼组、八亩地组沉积期

青山群沉积期火山活动开始强烈,东部青岛地 区崂山花岗岩岩体侵位上拱,区内大部分地区产生 相对沉降,莱阳沉积期的凸起变为青山沉积期的凹 陷,形成新的沉积中心接受沉积。此时李党家—马 山湖泊的形成推测与周边断裂有关。由于沉积速率 较快,迅速形成面积较大的湖泊,在李党家—马山凸 起古元古代基底上开始了后夼组沉积。根据胶参2 井、胶参3井资料分析,在胶参3井处为深湖相沉 积,岩性主要为粉砂质泥岩、页岩;胶参2井处为河 流三角洲相沉积,岩性为砂砾岩、细砂岩等(图6)。 在后夼组沉积物中含较多流纹质凝灰岩夹层,反映 了当时调查区东侧即墨一带火山活动频繁。由于构 造活动加剧,断裂大幅下切,导致火山活动加剧,大 量中性岩浆侵位,对应于八亩地组,该阶段喷发中心 位于即墨一带,岩性以中性的安山岩、安山质角砾 岩、角砾凝灰岩为主。火山喷发的间隙也有河流沉 积作用,沉积一些正常的碎屑岩,形成了火山岩中的 沉积夹层,主要为凝灰质砾岩、凝灰质砂砾岩和凝灰 质粉砂岩等(图7)。

#### 4.3 王氏群辛格庄组沉积期

经过青山沉积期早期大规模火山活动,地壳中 积累的能量被释放,沉积物又加大了盆地载荷,调查 区又进入新的比较稳定的沉降阶段。此时区域上火 山活动仍然强烈,相当于石前庄火山旋回时期(徐 伟祥,2019)。在辛格庄组沉积物中可见大量流纹 质凝灰岩夹层,在马店以西邰家村附近发育锥状火 山构造。据地层发育情况和沉积相分析:七级一带 和高密一带为高地,处于剥蚀状态,为物源区;万家 镇一带为深湖相,沉积物以泥岩、页岩为主;蓝村一 带为浅湖相,沉积物以粉砂岩、细砂岩为主;在高密 市东北部山前地段局部发育沉积扇相,岩性为砂砾 岩、粗砂岩等,多是水下分支河道的产物(图8)。王



图 6 山东胶莱盆地青山群后夼组沉积期岩相古地理图:(a) 胶莱盆地;(b) 研究区 Fig. 6 Lithofacies palaeogeographic map of the Houkuang Formation, Qingshan Group, in the Jiaolai Basin, Shandong: (a) Jiaolai basin; (b) research area

氏群辛格庄组沉积晚期气候较为干热,湖泊萎缩,甚 至常常干涸,在万家一带胶参3井资料中常见石膏 沉积。末期,研究区沉降速度减慢,湖泊进入消亡, 研究区整体处于剥蚀状态,沉积向研究区南、北两侧 胶州凹陷和平度凹陷迁移,沉积河流相沉积(红土 崖组),并延续到新生代(胶州组、五图群)。

## 5 岩石地层区域对比

早白垩世是山东省中—新生代火山活动最强烈 期,特别是早白垩世中期(青山群沉积期),对应中 国东部岩石圈大规模的减薄时期,是大陆裂谷作用 的高峰期(邱连贵等,2008;陈根文等,2008),几乎 在各个火山盆地都发生了强、弱不等的火山活动。 火山活动有活跃期和稳定期,在相对稳定期就发育 正常碎屑岩的沉积和火山物质的侵蚀搬运,成为火 山岩系中的沉积夹层。胶州地区河西郭—冷家村一 带的后夼组上部一套含凝灰质的正常碎屑岩厚达 468.5 m<sup>①</sup>,八亩地组中夹有几十米的粉砂岩、砂砾 岩,石前庄组中夹有几十米至 100 余米的正常沉积 粉砂岩、砂质砾岩、粗砂岩;即墨地区的后夼组、八亩



图 7 山东胶莱盆地青山群八亩地组沉积时期岩相古地理图:(a) 胶莱盆地;(b) 研究区 Fig. 7 Lithofacies palaeogeographic map of the Bamudi Formation, Qingshan Group,

in the Jiaolai Basin, Shandong: (a) Jiaolai Basin; (b) research area



图 8 山东胶莱盆地王氏群辛格庄组沉积时期岩相古地理图:(a) 胶莱盆地;(b) 研究区 Fig. 8 Lithofacies palaeogeographic map of the Xingezhuang Formation, Wangshi Group, in the Jiaolai Basin, Shandong:(a) Jiaolai Basin;(b) research area

地组、石前庄组也常有正常沉积碎屑岩夹层出现。

据李党家—马山古凸起胶参2井、胶参3井钻 孔资料分析,由于古地理环境的差异,古凸起上白垩 纪地层与区域上同层位地层虽有较大的差异,与区 域上典型地点的层序不完全吻合。但地层序列、岩 石组合、火山活动旋回可对比:区内王氏群辛格庄组 相当于区域上青山群石前庄组和王氏群林家庄组、 辛格庄组、红土崖组(表1),这反映了陆相地层尤其 是火山岩—火山碎屑岩地层的复杂性,岩石地层的 划分与地层序列不受年代地层和地质时代的制约, 恰好反映了岩石地层的穿时性。

#### 表 1 山东胶莱盆地岩石地层划分对比表 Table 1 Lithostratigraphic division and correlation table of the Jiaolai Basin, Shandong

		-		
区域地	层序列	李党家—马山古凸起		
(张增奇	等,1996)	地层序列		
	红土崖组	王氏群		
王氏群	辛格庄组		辛格庄组	
	林家庄组			
	方戈庄组			
害山群	石前庄组			
月山杆	八亩地组	青山群	八亩地组	
	后夼组		后夼组	

### 6 结论

李党家—马山古凸起为前莱阳群沉积期凸起,

这个隐伏凸起与胶莱盆地东北暴露的荆山凸起(大 野头凸起)、胶莱盆地西部赵戈庄凸起类似,由基底 变质岩系组成。李党家—马山古凸起之上白垩纪地 层为一套巨厚中生代陆相细碎屑岩沉积,夹少量火 山岩—火山碎屑岩沉积。根据岩石组合、地层序列, 自下而上划分为青山群后夼组、八亩地组,王氏群辛 戈庄组。因其处于火山洼地,地层中保存的火山沉 积韵律与周边的青山群相吻合,识别出4期火山旋 回。

研究区建立了地层格架,恢复了李党家—马山 古凸起莱阳沉积期,青山群沉积期和王氏群沉积期 岩相古地理。莱阳群沉积期为剥蚀物源区,至青山 群沉积期沉降逐渐演变为湖泊,接受巨厚层湖相沉 积。晚白垩世,李党家—马山古凸起湖泊进入消亡, 处于剥蚀状态,沉积中心向南北两侧迁移。

**致谢**:在论文编写中得到刘明渭教授级高工的 悉心指导,在此表示诚挚的感谢。

注释 / Notes

- ●山东省区域地质调查队. 1992. 1:20万青岛幅、高密幅、灵山卫幅区域地质调查报告.
- 山东省第四地质矿产勘查院. 2019. 山东1:5万万家、南村、高密、蓝村幅区域地质调查报告.
- ❸山东省地质调查院. 2017. 山东省1:5万夏格庄、灵山幅区域地 质调查报告.

#### 参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a " & " is in Chinese

- with English abstract; The literature whose publishing year followed by a "#" is in Chinese without English abstract)
- 陈根文, 夏换, 陈绍清. 2008. 华北地区晚中生代重大构造转折的 地质证据. 中国地质, 35(6): 1162~1177.
- 李桂群, 范德江. 1994. 胶莱盆地构造单元划分及其特征. 青岛海 洋大学学报, 24(2): 239~246.
- 李金良, 张岳桥, 张宏远. 2005. 论胶莱盆地的改造与原型盆地恢 复. 安徽地质, 15 (4): 241~245.
- 邱连贵,任凤楼,曹忠祥,张岳桥. 2008. 胶东地区晚中生代岩浆活 动及对大地构造的制约. 大地构造与成矿学,32(1):117~ 123.
- 任凤楼,柳忠泉,邱连贵,韩立国,张岳桥,曹忠祥. 2008. 胶莱盆 地莱阳期原型盆地恢复. 沉积学报, 26(2): 221~233.
- 任天龙. 2019. 胶莱盆地东缘早白垩世莱阳群沉积序列及岩相古地 理. 山东国土资源, 35(7): 38~45.
- 宋明春. 2008. 山东省大地构造单元组成、背景和演化. 地质调查与研究, 30(3): 165~175.
- 宋明春, 王沛成. 2003. 山东省区域地质. 济南:山东省地图出版 社:1~970.
- 宋明水,吴智平,戴俊生,刘洪营. 2005. 胶莱坳陷原型盆地恢复及 石油地质条件分析.东营:石油大学出版社:1~143.
- 邵银川. 2017. 胶莱盆地下白垩世莱阳群沉积特征研究. 山东国土资源, 33(3): 8~13.
- 孙伟清,彭文泉,高兵艳,张文,王英鹏,郝兴中. 2019. 胶莱坳陷 页岩气资源潜力评价. 山东国土资源, 35(3):1~7.
- 吴冲龙,张善文,毛小平,李星,吕希学,孔春芳. 2009. 胶莱盆地 原型与盆地动力学分析. 武汉:中国地质大学出版社:1~193.
- 徐伟祥. 2019. 胶莱盆地万家至蓝村一带白垩纪陆相"红层"火山岩 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其地质意义. 地质学报, 93(S1): 29~36.
- 张岳桥,李金良,张田,董树文,袁嘉音.2008. 胶莱盆地及其邻区 白垩纪—古新世沉积构造演化历史及其区域动力学意义.地质 学报,82(9):1229~1257.
- 张增奇,刘明渭. 1996. 山东省岩石地层. 武汉:中国地质大学出版 社: 200~251.
- 张增奇,张成基,王世进,刘书才,王来明,杜圣贤,宋志勇,张尚 坤,杨恩秀,程光锁,刘凤臣,陈军,陈诚. 2014. 山东省地层 侵入岩构造单元划分对比意见. 山东国土资源, 30(3):1~23.
- Chen Genwen, Xia Huan, Chen Shaoqing. 2008&. The geological evidences for the tectonic transition in late Mesozoic in North China. Geology in China, 35(6): 1162~1177.
- Li Guiqun, Fan Dejiang. 1994&. Tectonic units division and their characteristics in the Jiaolai basin. Journal of Ocean University of Qingdao, 24(2): 239~246.
- Li Jinliang, Zhang Yueqiao, Zhang Hongyuan. 2005&. On reworking of the Jiao-Lai Basin and restoring of the ancestral basin. Geology of Anhui, 15(4): 241~245.
- Qiu Liangui, Ren Fenglou, Cao Zhongxiang, Zhang Yueqiao. 2008&.

Late mesozoic magmatic activities and their constraints on geotectonics of Jiaodong region. Geotectonica et Metallogenia, 32 (1): 117~123.

- Ren Fenglou, Liu Zhongquan, Qiu Liangui, Han Liguo, Zhang Yueqiao, Cao Zhongxiang. 2008 &. The prototype character of Jiaolai basin in Cretaceous Laiyang period. Acta Sedimentologica Sinica, 26(2): 221~233.
- Ren Tianlong. 2019&. Analysis on sedimentary sequence and lithofacies paleogeography of Early Cretaceous Laiyang Group in eastern Jiaolai basin. Shandong Land and Resources, 35(7): 38~45.
- Song Mingchun. 2008&. The Composing, setting and evolution of tectonic unitsin Shandong province. Geological Survey and Research, 30(3): 165~175.
- Song Mingchun , Wang Peicheng. 2003#, Regional Geology of Shandong Province. Jinan: Shandong Map Publishing Press: 1~970.
- Song Mingshui, Wu Zhiping, Dai Junsheng, Liu Hongying. 2005 #. Restoration of Prototype Basin and Analysis of Petroleum Geological Conditions in Jiaolai Depression. Dongying: China University of Petroleum Press: 1~143.
- Shao Yinchuan. 2017&. Study on sedimentary characteristics of Lower Cretaceous Laiyang Group in Jiaolai basin. Shandong Land and Resources, 33(3): 8~13.
- Sun Weiqing, Peng Wenquan, Gao Bingyan, Zhang Wen, Wang Yingpeng, Hao, Xingzhong. 2019&. Petential evaluation of shale gas resource in Jiaolai depression. Shandong Land and Resources, 35(3): 1~7.
- Wu Chonglong, Zhang Shanwen, Mao Xiaoping, Li Xing, Lü Xixue, Kong Chunfang. 2009#. Prototype and Basin Dynamics Analysis of Jiaolai Basin. Wuhan: China University of Geosciences Press: 1 ~ 193.
- Xu Weixiang. 2019&. LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of Cretaceous continental "red layer" volcanic rocks in Wanjia—Lancun area of Jiaolai basin and thier geological significance. Acta Geologica Sinica, 93(s1): 29~36.
- Zhang Yueqiao, Li Jinliang, Zhang Tian, Dong Shuwen, Yuan Jiayin. 2008&. Cretaceous to paleocene tectono—sedimentary evolution of the Jiaolai basin and the contiguous areas of the Shandong Peninsula (North China) and its geodynamic implications. Acta Geologica Sinica, 82(9): 1229~1257.
- Zhang Zengqi, Liu Mingwei. 1996 #. Stratigraphy (Lithostratic) of Shandong Province. Wuhan: China University of Geosciences Press: 200~251.
- Zhang Zengqi, Zhang Chengji , Wang Shijin, Liu Shucai, Wang Laiming, Du Shengxian, Song Zhiyong, Zhang Shangkun, Yang Enxiu, Cheng Guangsuo, Liu Fengchen, Chen Jun, Chen Cheng. 2014&. Views on classification and contrast of tectonic units in strata in Shandong province. Shandong Land and Resources, 30 (3): 1~23.

# Cretaceous lithostratigraphic sequence and lithofacies palaeogeography of the Lidangjia—Mashan paleo-uplift in the central Jiaolai Basin

XU Weixiang<sup>1, 2)</sup>

 No. 4 Institute of Geological and Mineral Resources Exploration of Shandong Province, Weifang, Shandong, 261021;
Key Laboratory of Coastal Zone Geological Environment Protection, Shandong Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Weifang, Shandong, 261021

**Objectives**: This paper aimed to the petrostratigraphic attribution and lithofacies palaeogeography of the Lidangjia—Mashan paleo-uplift, the central overburden area of the Jiaolai Basin.

**Methods**: The principles of sequence stratigraphy and sedimentary facies analysis, lithofacies paleogeography are used in the study. Based on the study of the lithostratigraphic units, stratigraphic sequences and volcanic cycles of the Upper Cretaceous continental strata in the Lidangjia—Mashan paleo-uplift, the sedimentary framework is established and the lithofacies paleogeography is restored.

**Results**: The upper continental strata of the Lidangjia—Mashan paleo-uplift is a set of thick Mesozoic continental fine clastic rock deposits with a small amount of volcanic rock—pyroclastic rock deposits. Four stages of volcanic cycles have been identified. The stratigraphic framework has been established in the studied area, restoring the lithofacies palaeogeography of the Laiyang Group, Qingshan Group and Wangshi Group in the Lidangjia—Mashan paleo-uplift.

**Conclusions**: The upper continental strata of the Lidangjia—Mashan paleo-uplift are divided into Houkuang Formation, Bamudi Formation of the Qingshan Group and Xingezhuang Formation of the Wangshi Group. 4 stages of volcanic cycles are identified: the Houkuang cycle, Bamudi cycle, Shiqianzhuang cycle and Fanggezhuang cycle. The Lidangjia—Mashan paleo-uplift is a denudation source area in the Laiyang deposition period and has not been deposited. And it began to subside during Qingshan deposition period, and accepted the thick lucustrine deposits. During the Late Cretaceous, the lake in the Lidangjia—Mashan paleo-uplift disappeared and was in a state of denudation. The sedimentary center migrated to the north and south sides.

Keywords: lithostratigraphy; sedimentary sequence; stratigraphic framework; lithofacies palaeogeography; Lidangjia—Mashan paleo-uplift; Jiaolai Basin

Acknowledgements: This paper is supported by the Chinese Geological Survey Project "1 : 5 Regional Geological Survey of Wanjia, Lancun, Gaomi, Lancun, Shandong Province" (No. DD20160044-4) and the major innovative project "the deep structure of Yishu fault zone and its impact on resources and environment" of Shandong Province(No. 2017CXGC1602).

First and corresponding author: XU Weixiang, male, born in 1982, Senior engineer, mainly engaged in Geological Survey and mineral exploration work; Email: dzxwx@163.com

Manuscript received on: 2020-03-02; Accepted on: 2020-08-28; Edited by: LIU Zhiqiang **Doi**: 10.16509/j.georeview. 2021.01.003