

刘菲菲, 周瑶琪, 张振凯, 等. 山东东部近海地区日青威盆地晚中生代地层沉积特征[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(3): 22-32.

# 山东东部近海地区日青威盆地晚中生代地层沉积特征

刘菲菲<sup>1</sup>, 周瑶琪<sup>2\*</sup>, 张振凯<sup>3</sup>, 李曼洁<sup>2</sup>, 辜洋建<sup>4</sup>, 单嘉祺<sup>5</sup>, 周腾飞<sup>2</sup>

(1 滨州学院建筑工程学院, 山东滨州 256600; 2 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 青岛 266580; 3 陕西省地质调查院, 西安 710054; 4 山东省物化探勘查院, 济南 250013; 5 金能科技股份有限公司, 青岛 266000)

**摘要:** 山东东部近海地区出露的晚中生代深水沉积受到地质学界越来越多的关注。但目前, 关于晚中生代地层沉积充填特征还未有过系统细致的研究。选取出露于青岛灵山岛、崂山、诸城桃林、海阳丁字湾、即墨周戈庄等山东东部近海地区的 5 个典型剖面, 开展了详细的地层沉积特征研究。晚中生代地层主要为莱阳群和青山群沉积, 莱阳群岩性以深水重力流沉积岩和硅质碎屑岩为特征; 青山群岩性以火山碎屑岩为特征。总体上, 莱阳群到青山群自下而上为海进—海退过程。

**关键词:** 山东东部近海地区; 晚中生代; 地层; 沉积特征

中图分类号: P736.22

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.162

## 0 引言

山东东部近海地区在大地构造上位于苏鲁造山带上, 属于华北陆块与扬子陆块碰撞结合的东部地段(图 1), 该区域的地质构造演化较为复杂。中国东部地区的地质演化受控于中生代以来华北与扬子两大陆块的碰撞拼合以及大洋板块向欧亚板块的俯冲作用所导致的远程效应等两大地球动力学背景<sup>[1-3]</sup>, 并经历了三叠纪以来的印支运动和燕山运动等具有多期幕式的构造演化过程<sup>[4]</sup>。晚中生代是中国东部伸展构造运动和裂谷作用最强烈的时期, 形成了广泛发育的裂陷盆地<sup>[5]</sup>, 例如郯庐断裂带西侧发育的合肥盆地、江汉盆地等以及郯庐断裂带东侧发育的胶莱盆地、南黄海—苏北盆地、北黄海盆地等。周瑶琪等<sup>[6]</sup>首次提出“山东东部海域晚中生代裂陷盆地”的理念, 推测山东东部海域可能有一个较大规模的呈 NE 向展布的晚中生代裂陷盆地, 后命名为日青威盆地。该盆地沉积特征与邻近的胶莱盆地、北黄海盆地和南黄海盆地存在明显差别。

近十多年来, 一些学者在山东东部沿海一带从不同角度对晚中生代地层进行研究, 并有了诸多发现, 例如张松梅等<sup>[7]</sup>在胶南地区发现海相绒枝藻植物化石, 付永涛和虞子冶<sup>[8]</sup>以及吴拓宇等<sup>[9]</sup>在崂山垭口—八仙墩地区发现鲍马序列, 以及吕洪波等<sup>[10]</sup>在灵山岛地区首次发现远源浊积岩等一系列现象。这些研究发现对该区域早期的陆相成因观点提出了质疑。迄今为止, 多数学者仅对灵山岛和崂山地区开展了大量研究<sup>[6,11-14]</sup>, 其他地区的研究较少<sup>[15-16]</sup>, 而对于整个研究区还未有过系统细致的沉积学研究。因此, 笔者针对近年来在山东东部近海地区进行了大量野外地质考察, 重点研究晚中生代沉积地层, 结合关键层位的锆石年龄数据, 系统地分析了该套地层的沉积发育特征, 并通过沉积相的识别分析其沉积环境。

## 1 地质背景

山东东部近海地区日青威盆地的晚中生代地层发育在苏鲁造山带之上(图 1)。苏鲁造山带内主要出露了前寒武纪的变质基底、中生代的岩浆岩和中生代的沉积盖层(图 2), 以及少量的超高压、高压变质岩石。前寒武纪的变质基底主要包括从上太古界到震旦纪的胶东群、大山沟组、东海群、荆山群、胶南岩群、海州群、朋河石组等地层单元; 岩石类型包括以斜长角闪岩为主的变质中基性岩、变质花岗岩类以及以石英岩-千枚岩-大理岩组合为主的

收稿日期: 2020-10-16

资助项目: 山东省重大科技创新工程项目(2017CXGC1608); 校级科研项目(801002019089)

作者简介: 刘菲菲(1983—), 女, 博士, 讲师, 主要从事地球化学及大地构造学方面的研究工作。E-mail: 172659967@qq.com

\* 通讯作者: 周瑶琪(1963—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事地球化学及盆地动力学相关的工作。E-mail: zhouyq@upc.edu.cn

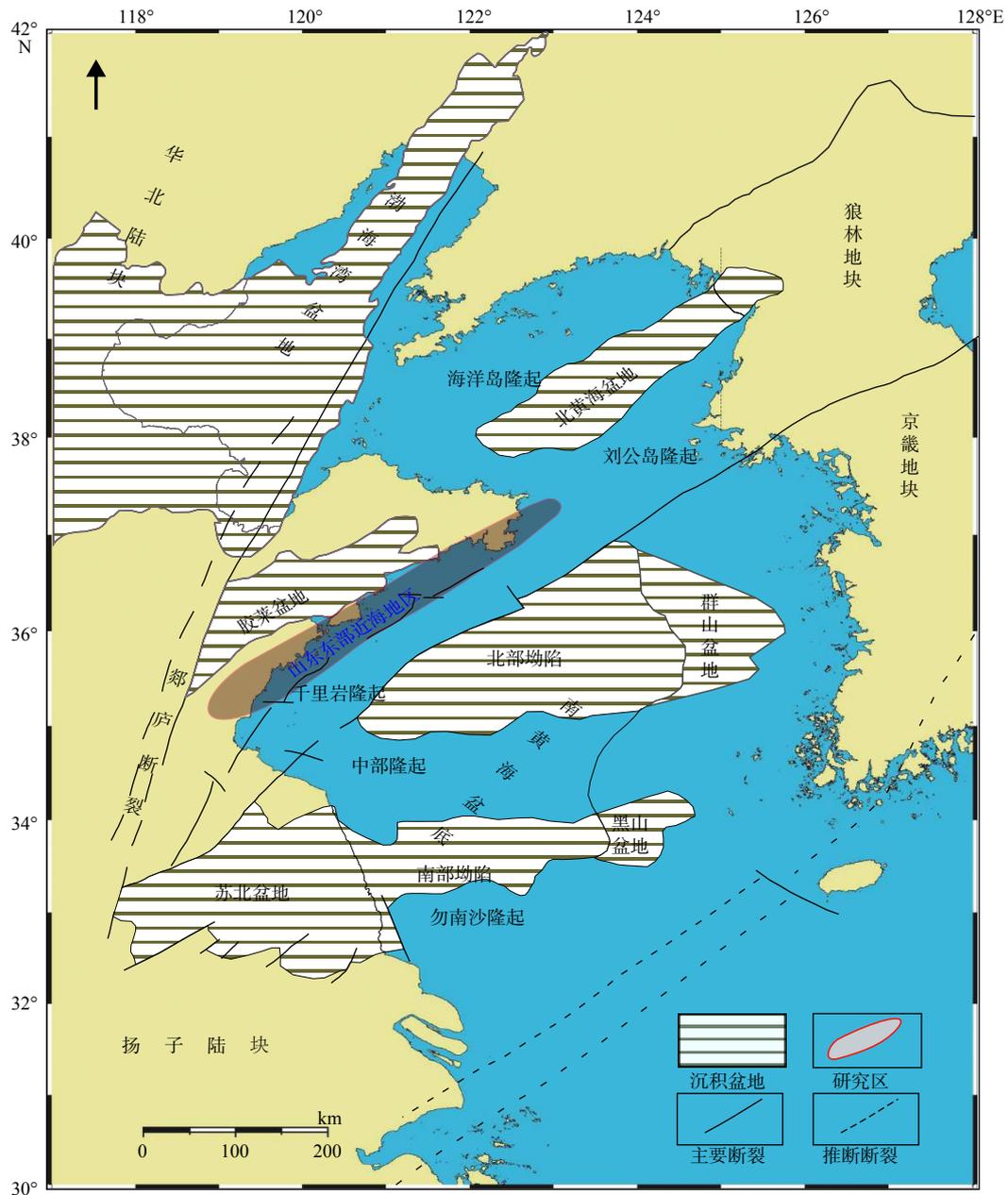


图 1 山东东部及邻区地质图概况<sup>[17]</sup>  
 Fig.1 The geological map of Eastern Shandong and adjacent area<sup>[17]</sup>

变质沉积岩,其中大山沟组斜长角闪岩的锆石 U-Pb 年龄为 2 619 Ma,荆山群的形成年代为 1 800~2 500 Ma,新元古代花岗片麻岩的锆石 U-Pb 年龄为 869~753 Ma<sup>[18]</sup>。超高压变质岩包括了含柯石英榴辉岩、大理岩片、片麻岩、花岗质片麻岩等,高压变质岩包括了榴辉岩相变质岩、麻粒岩相变质岩、绿片岩相变质岩、蓝片岩相变质岩等。前人研究表明,三叠纪扬子与华北陆块的俯冲碰撞引发的高压-超高压变质作用主要有以下几个阶段,含柯石英榴辉岩相进变质作用发生在 246~244 Ma<sup>[19]</sup>,榴辉岩相变质作用发生在 240~215 Ma<sup>[19-21]</sup>,其中在 235~225 Ma 发生了超高压变质作用,在 225~215 Ma 发

生石榴榴辉岩相重结晶作用,其后在 215~205 Ma 发生了角闪岩相退变质作用<sup>[22]</sup>。中生代岩浆岩在苏鲁造山带上广泛分布,中生代的岩浆活动主要包括 3 个阶段:晚三叠世、晚侏罗世和早白垩世<sup>[23]</sup>。晚三叠世岩浆岩体主要在苏鲁造山带东南部分布,岩体主体呈 NE 向展布,以岩株状方式产出;石岛杂岩体的侵位时代为 225~205 Ma,形成于扬子陆块俯冲折返阶段<sup>[24-25]</sup>。晚侏罗世岩浆岩体主要分布在乳山-威海一带的超高压片麻岩中,主体呈 EW 向展布;文登岩体和昆箭山岩体的同位素年龄分别为 152~163 Ma 和 140~160 Ma<sup>[25]</sup>。早白垩世岩浆岩在苏鲁造山带中广泛分布,其锆石 U-Pb 年龄

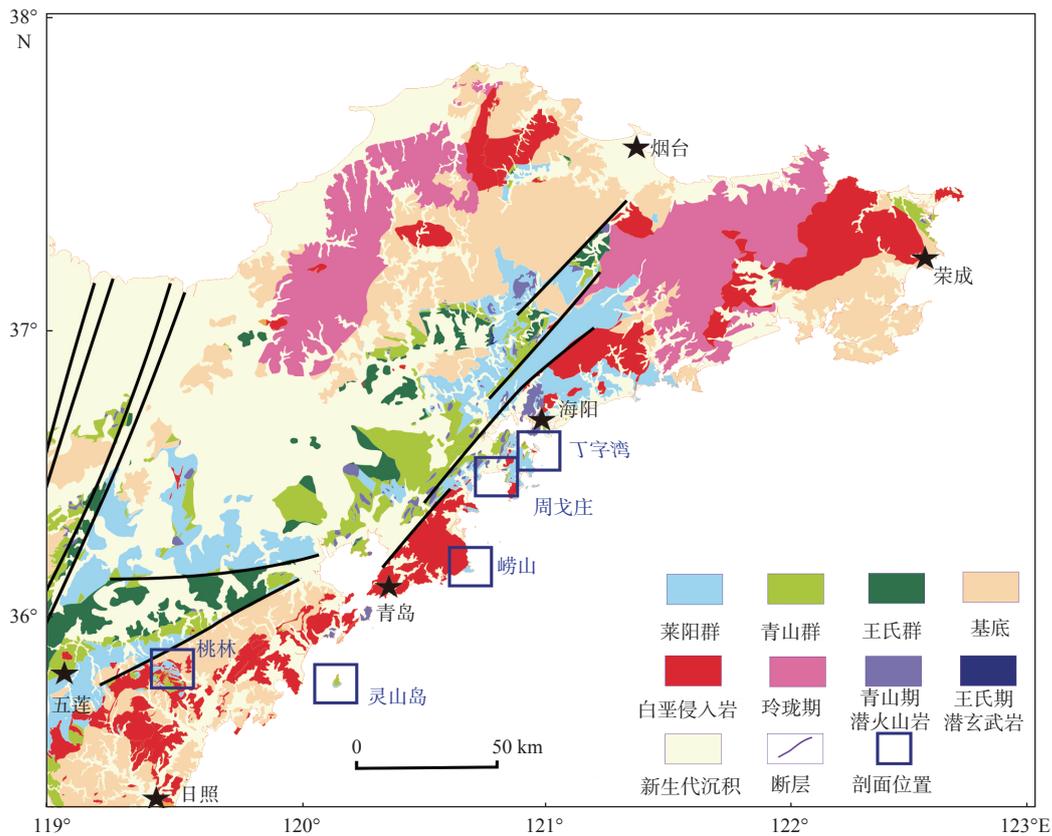


图2 山东东部地区地质简图及典型剖面位置分布图<sup>[6]</sup>

Fig.2 Geological sketch map of Eastern Shandong area showing the location of typical profiles<sup>[6]</sup>

为 105~129 Ma<sup>[26]</sup>。

通过近几年来对山东东部沿海地区(如日照、青岛、威海、荣成等)进行野外地质调研,笔者发现苏鲁造山带上出露的晚中生代地层自下而上分别为莱阳群、青山群、王氏群(图2),莱阳群地层主要出露重力流沉积岩、硅质岩与粉砂岩互层,青山群地层主要出露火山熔岩流、火山碎屑岩等,而王氏群地层由于盆地形成后期受到的隆升剥蚀现象严重,并没有发现露头剖面。

## 2 晚中生代地层沉积特征

本文重点选取了青岛灵山岛、崂山、诸城桃林、海阳丁字湾、即墨周戈庄等5个典型剖面的地质露头(图2),分析研究区晚中生代地层发育特征,并根据沉积相特点判断其沉积环境。

### 2.1 灵山岛地层剖面

灵山岛位于南山东半岛胶州湾外海岸,距离青岛约20 km,是我国北方的第一高岛。灵山岛属于构造挤压形成的掀斜型海岛,地层整体呈NEE—SE方向倾斜。灵山岛主要由莱阳群和青山群地层组成,整体地层属于远源浊积岩,并沉积了多期火山碎屑岩,以中上部出露的火山爆发碎屑岩层为划

分标志,根据灰白色流纹岩锆石年龄(约119 Ma)属于早白垩世青山期,从而判定其下部出露的为白垩统莱阳群地层,上部出露的为青山群地层<sup>[6,11,27]</sup>。

灵山岛上出露的地层大致可分为7个沉积单元(图3),最下部地层为半深海—深海相的重力流沉积,主要发育灰黑色砂岩-泥岩互层并伴有多层滑塌褶皱和软沉积物变形特征,中下部单元为浊积扇辫状水道相,发育含砾砂岩,往上为浊积岩相,发育细砂岩-泥岩薄互层,中部单元为冲积扇相、火山爆发岩相,发育砂砾岩段和火山碎屑堆积,往上为火山溢流相,发育巨厚的白色流纹岩,上部单元以扇三角洲相为主,夹火山岩相,发育砾岩-砂岩-泥岩旋回夹3套玄武岩和火山碎屑流沉积,顶部单元为火山溢流相、爆发岩相,发育火山熔岩、火山碎屑岩等,整体上反映出水体沉积环境由深水向浅水变化的过程,其所在盆地由沉积盆地逐步演化为火山盆地<sup>[6]</sup>。

由于灵山岛下部莱阳群沉积岩地层被海水覆盖,为探测灵山岛海面以下的地层厚度、岩性及沉积构造特征等情况,本次研究进行了灵山岛科学钻探工程,钻井深度为1360 m,主要钻取莱阳群地层(图4)。整体上,岩心沉积地层粒度较细,主要为灰黑色细砂岩和黑色泥质粉砂岩互层。岩心中见到许多与滑塌构造软沉积物变形相关的地质现象,包



图 3 灵山岛地层柱状图<sup>[6]</sup>

Fig.3 Lithostratigraphy of Lingshan Island<sup>[6]</sup>

括挤入构造、负载构造、水塑性褶皱、泥岩撕裂屑、液化砂岩脉等, 在部分岩心中还见到方解石脉和黄铁矿, 极少数还有植物碎片。该套地层大致分为 3 个沉积单元, 下部为三角洲相, 发育砂岩、粉砂岩与泥岩互层, 夹含砾砂岩, 波状层理; 根据古地磁旋回资料(内部), 推测地层沉积时代为晚侏罗世(约 150 Ma); 中部和上部单元属于深水浊积相, 中部发育闪长玢岩-砾岩-砂泥岩互层, 上部为砂岩与泥岩互层夹多套煌斑岩, 与灵山岛露头下部单元相连,

推测地层沉积时代为早白垩世。整体上反映出水体由浅水向深水的变化过程。

总体而言, 整个灵山岛地层(包括海底以下的地层)发育的沉积相自下而上依次为: 三角洲相—浊积扇相—深水滑塌浊积扇相—浊积扇相—深水滑塌浊积扇相—浊积扇辫状水道相—浊积扇相—冲积扇相、火山爆发岩相—火山溢流相—扇三角洲相—火山爆发/溢流相, 反映了沉积水体由浅水到深水, 再逐渐变为浅水的过程。

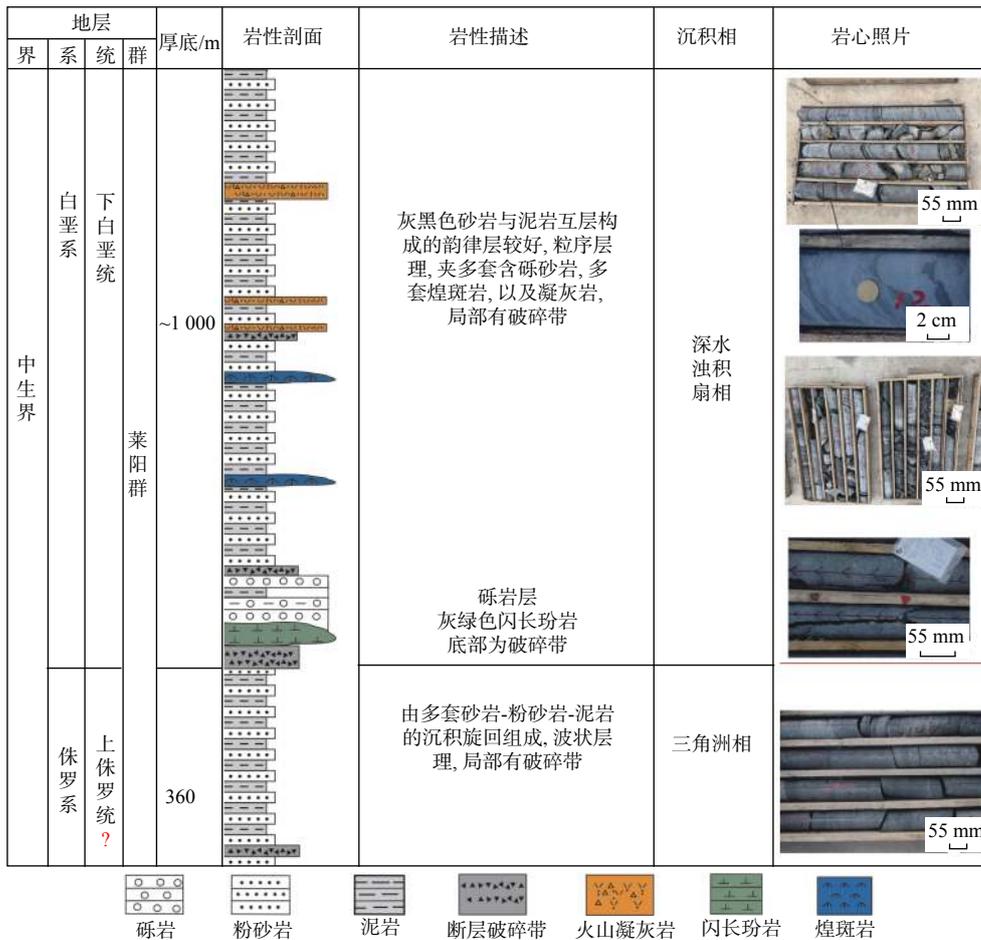


图4 灵山岛科学钻探井综合柱状图

Fig.4 Lithostratigraphy of scientific drilling well in Lingshan Island

### 2.2 崂山地层剖面

崂山地区位于青岛市东部, 其距离灵山岛的直线距离约为 60 km。该地区出露的晚中生代地层发育在前寒武纪变质岩基底上, 根据地层接触关系从下至上发育有青山湾、垭口、八仙墩地层剖面(图 5)。

青山湾剖面底部发育冲积扇相, 以砾岩为主; 其上发育扇三角洲相, 主要为粗砂夹粉砂岩。

垭口剖面较青山湾剖面粒度明显变细, 以安山质火山碎屑岩层为界, 其下部发育扇三角洲, 主要为灰绿色砂岩与黑色粉砂岩互层; 上部发育深水沉积相, 下段以砂岩、粉砂岩为主的等积岩, 上段则为砾岩-砂岩-粉砂岩-泥岩互层组成的韵律沉积, 且夹硅质岩, 见典型鲍马序列 Ta 段、Td 段和 Te 段, 其中 Ta 段代表了递变层理和块状层理, 主要岩性为含砾砂岩、砂砾岩和砂岩, 近底部砾石发育, 如图 6a 和图 6b 分别为含砾砂岩和硅质砂岩, 粒度明显下粗上细, 为正递变, 反映高流态的快速沉积, 浊流能量逐渐减弱, Td 段代表了水平层理, 主要岩性为粉砂岩和泥质粉砂岩, 如图 6c 为粉砂岩, 且可见软沉积

变形构造和生物潜穴构造, 该段为薄的边界层流所形成, 厚度不大, 反映了低流态的沉积, Te 段代表了均匀层理, 主要岩性为泥岩, 如图 6d 为风化后的泥岩, 反映了远源浊流沉积, 该鲍马序列中缺失了 Tb 和 Tc 段, 但从底到顶代表了从高流态到低流态逐渐减弱的浊流层序, 如图 7 所示。

八仙墩剖面发育扇三角洲, 以厚层粉砂岩与薄层泥岩的沉积旋回为特征, 可见平行层理。

根据八仙墩剖面底部的凝灰质粉砂岩锆石年龄为 119 Ma, 与灵山岛中部的纹纹岩时代相当<sup>[6]</sup>, 说明八仙墩地层属于下白垩统青山群。而垭口剖面上部底段出露的正长花岗岩侵入体锆石年龄为 120 Ma<sup>[12]</sup>, 推测垭口上部地层属于下白垩统莱阳群。由于青山湾和垭口下部地层沉积相和岩性特征与灵山岛钻探井岩心底部地层较为相似, 推测其为上侏罗统莱阳群。

总体上, 青山湾剖面底部的厚层砾岩及其上部的粗砂岩-垭口剖面下部的砂岩与粉砂岩互层, 呈现出粒度由粗变细的特征, 反映了沉积水体由浅水向深水的变化。垭口剖面上部下段的等积岩及上段的鲍马序列所反映的浊流沉积, 说明了上部地层

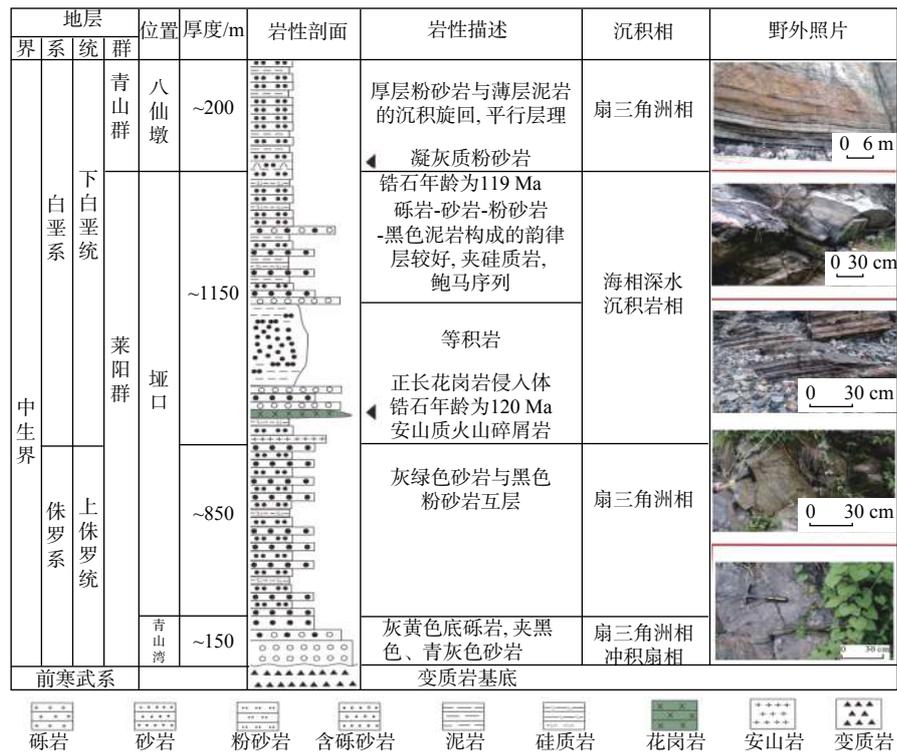


图 5 崂山地区地层综合柱状图

Fig.5 Lithostratigraphy of Laoshan area

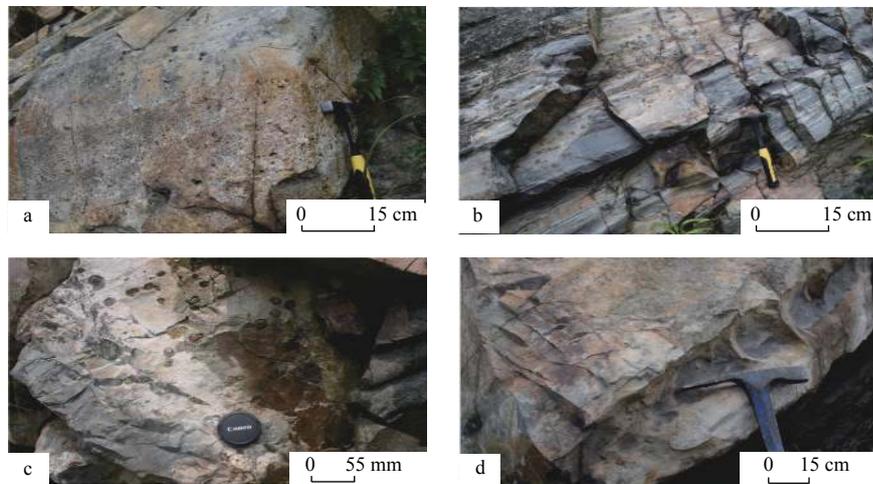


图 6 堽口地区野外鲍马序列典型照片

Fig.6 Photos of outcrops of the Yaikou area showing Bouma sequence

柱状图	颗粒大小	代表性的原生沉积构造	一般岩性	解释
	泥	均匀层理	泥岩	远源浊流沉积
	粉砂	水平层理	粉砂岩 粉砂质泥岩	低流态沉积
	(底部为砾石) 砂	块状层理 递变层理	砂岩 含砾砂岩 砂砾岩	高流态、快速沉积

图 7 鲍马序列及其解释<sup>[28]</sup>

Fig.7 Bouma sequence and its interpretation<sup>[28]</sup>

的深水沉积环境。八仙墩剖面底层出露了薄层的凝灰质粉砂岩,其上为多套粉砂岩与泥岩的沉积旋回,推测为海陆过渡的扇三角洲相。从青山湾剖面—垭口剖面—八仙墩剖面基本呈现出水体环境由浅水—深水—浅水的变化。

### 2.3 诸城桃林地层剖面

诸城市桃林地区位于青岛市的西南部和五莲—青岛断裂以东。该套地层主要由发育在前寒武纪变质岩基底之上的莱阳群和青山群地层组成,岩石组合特征主要为粉砂岩、页岩互层,夹硅质岩以及火成岩伴生(图8)。该剖面上部以砂岩、粉砂岩为主的扇三角洲相,其上覆流纹岩层与灵山岛地区巨

厚白色流纹岩相似,属火山溢流相,根据砂岩的锆石年龄(120 Ma),判断扇三角洲相和火山溢流相沉积属于下白垩统青山群<sup>[15]</sup>;整套青山群地层夹杂有部分火成岩与硅质岩,可以证明青山期地层发育时火山活动频繁。位于前寒武纪变质岩基底上和青山群之下的地层为桃林剖面的主体,具有独特的灰白色粉砂岩-青灰色粉砂岩-黑色硅质粉砂岩互层,可见潮汐韵律层理,主要为海相深水浊积岩相,少部分为浊积扇相;根据砂岩的锆石年龄(125 Ma),判断该套地层属于莱阳群<sup>[15]</sup>,并以砂岩层之下的流纹岩层为界,其上为下白垩统沉积,而流纹岩层以下的硅质岩夹粉砂岩层-砂砾岩层,且夹杂有闪长岩侵入体,由于其岩性特征与灵山岛钻井岩心和崂山



图8 桃林地区地层综合柱状图

Fig.8 Lithostratigraphy of Taolin area

地层底部相似, 推测其属于晚侏罗世沉积。该剖面自下而上发育冲积扇相—扇三角洲相—深水沉积岩相—浊积扇相—扇三角洲相—火山溢流相, 整体表现出水体环境由浅水到深水再到浅水的变化过程。

### 2.4 海阳丁字湾地层剖面

丁字湾剖面位于即墨市东北部, 海阳市丁字湾大桥的南部地区, 该剖面沿公路的露头出露良好。该剖面整体以黑色硅质粉砂岩-青灰色粉砂岩-灰白色粉砂岩薄互层为主(图 9), 夹黑色硅质岩及泥岩薄互层, 偶见薄层页岩与砂岩透镜体, 粉砂岩层为块状构造, 整体上表现为碎屑颗粒粒度较细的特征。该地区岩浆活动较为微弱, 未见喷出岩。根据剖面下部的侵入岩体锆石年龄为 117 Ma(内部), 说明地层的沉积时代早于该年龄, 同时根据岩性组合特征发现其与桃林剖面中下部莱阳群的深水沉积特征相一致, 推测该剖面为莱阳群沉积。

### 2.5 即墨周戈庄地层剖面

周戈庄剖面位于即墨田横镇周戈庄村, 地处青岛即墨区东部。该剖面主要发育下白垩统莱阳群

和青山群地层。岩性以砂岩、粉砂岩为主, 中间发育有火山岩侵入体和灰泥岩互层的夹层(图 10)。该剖面底部地层厚度约 10 m, 发育有灰绿色泥质粉砂岩与紫红色粉砂岩相互层, 可见块状构造, 平行层理, 粉砂岩之上为含砾粗砂岩, 反映了深水沉积相。其上层主要发育有砂岩、砾岩、灰岩、火山岩, 整体以砂岩为主, 底部为砂岩和含砾粗砂岩, 3.5 m 处发育 1 套泥岩, 夹有 4 层灰岩, 反映了扇三角洲相夹火山岩相; 根据中部凝灰岩的锆石年龄 118 Ma(内部), 其与灵山岛中部的流纹岩时代相当, 说明这套地层属于下白垩统青山群, 而其下部的深水沉积岩层为下白垩统莱阳群。整体上, 青山群地层不整合接触于莱阳群地层之上, 从莱阳群到青山群基本反映了水体沉积环境由深到浅的变化。

## 3 地层对比分析及其沉积演化过程

本次研究将灵山岛、崂山、桃林、丁字湾和周戈庄等 5 个典型剖面晚中生代地层进行了对比(图 11), 以期探究盆地的沉积演化过程, 该研究对于以后恢复日青威盆地原型和构造演化历程的研究至关重要。

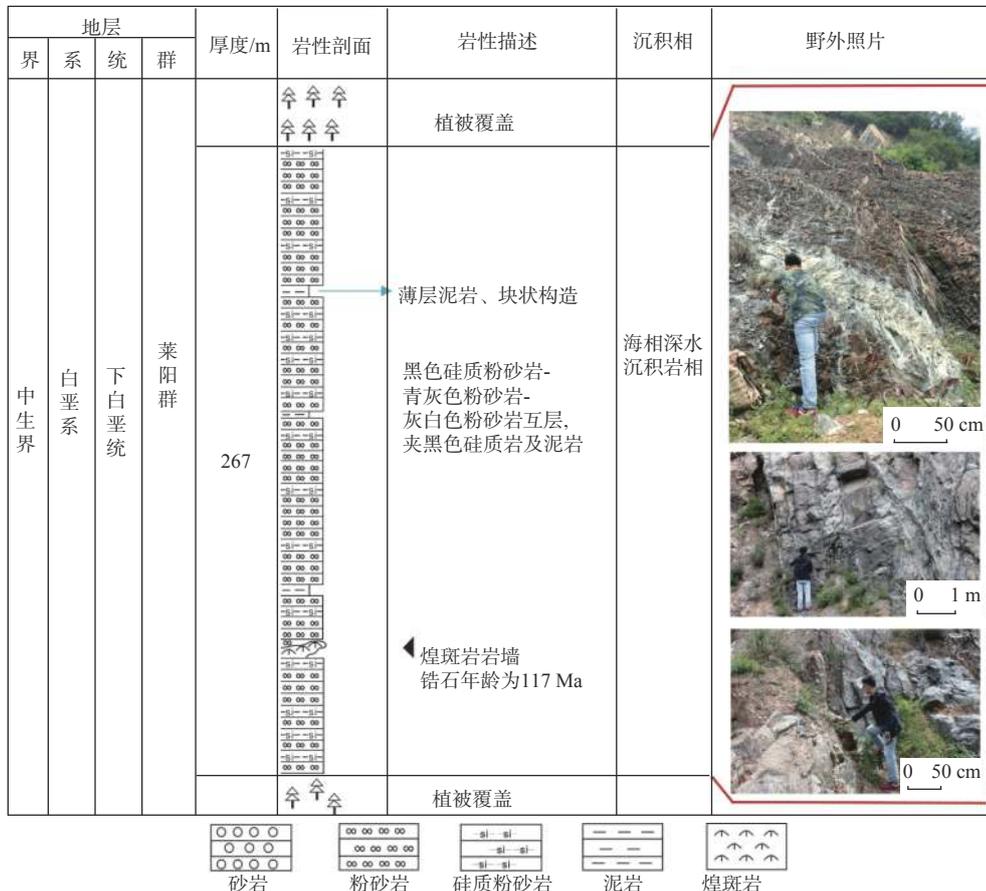


图 9 丁字湾地区地层柱状图

Fig.9 Lithostratigraphy of Dingzi Bay area

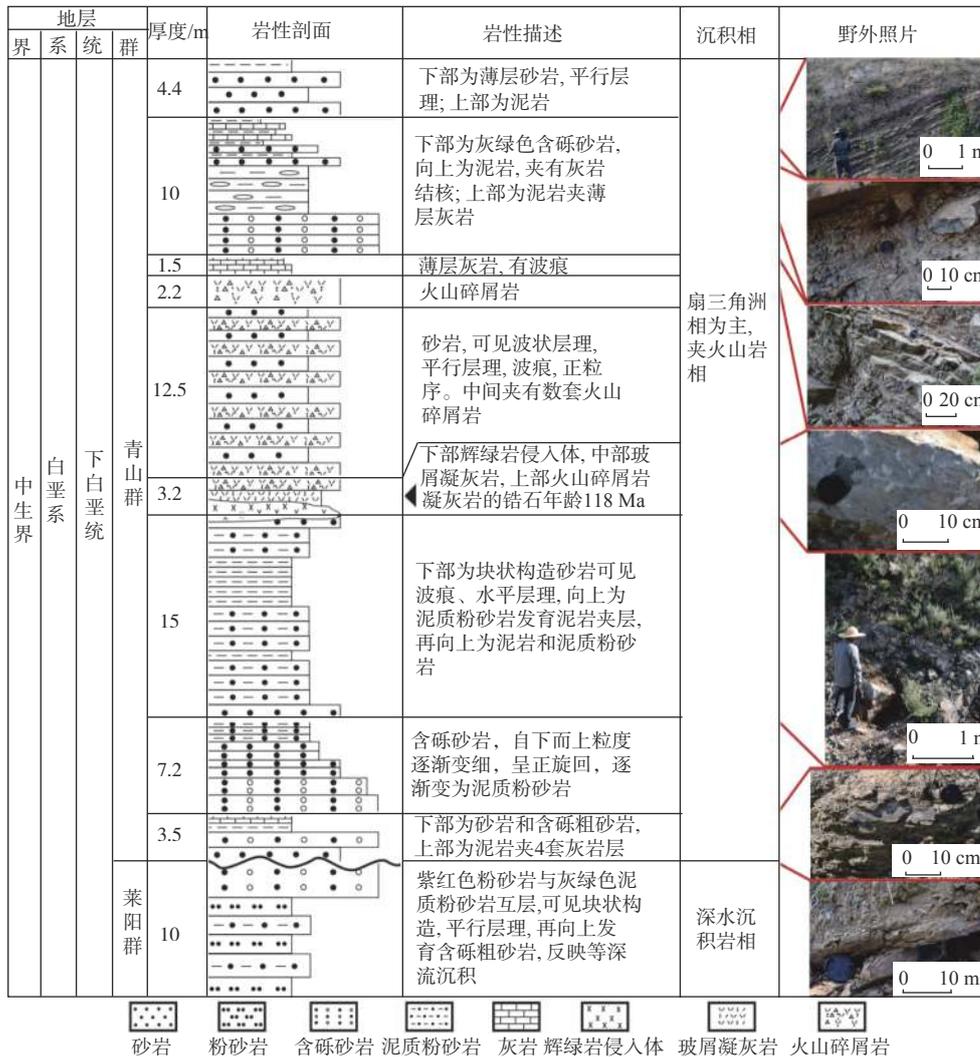


图 10 周戈庄区地层综合柱状图<sup>[16]</sup>

Fig.10 Lithostratigraphy of Zhoughezhuang area<sup>[16]</sup>

研究区晚中生代地层主要为莱阳群和青山群。

莱阳群地层自下而上分为3段: 下段为河湖三角洲相, 发育有底砾岩及上伏的含砾砂岩-砂岩-粉砂岩旋回, 代表了晚侏罗世盆地形成的初始阶段, 该段在桃林剖面下层、崂山剖面下层以及灵山岛钻探井下层均可见; 中段以深水浊积扇相、鲍马序列、潮汐韵律层理等为代表的半深海—深海的深水沉积相, 主要发育为硅质粉砂岩-粉砂岩-泥岩-浊积岩等, 代表了早白垩世盆地早期的发育阶段, 该段在除周戈庄以外的4个剖面均可见; 上段为冲积扇或扇三角洲相, 发育有泥岩-砂岩互层及含砾砂岩薄层, 代表了早白垩世盆地末期的萎缩阶段, 该段在灵山岛、桃林及周戈庄剖面均可见。

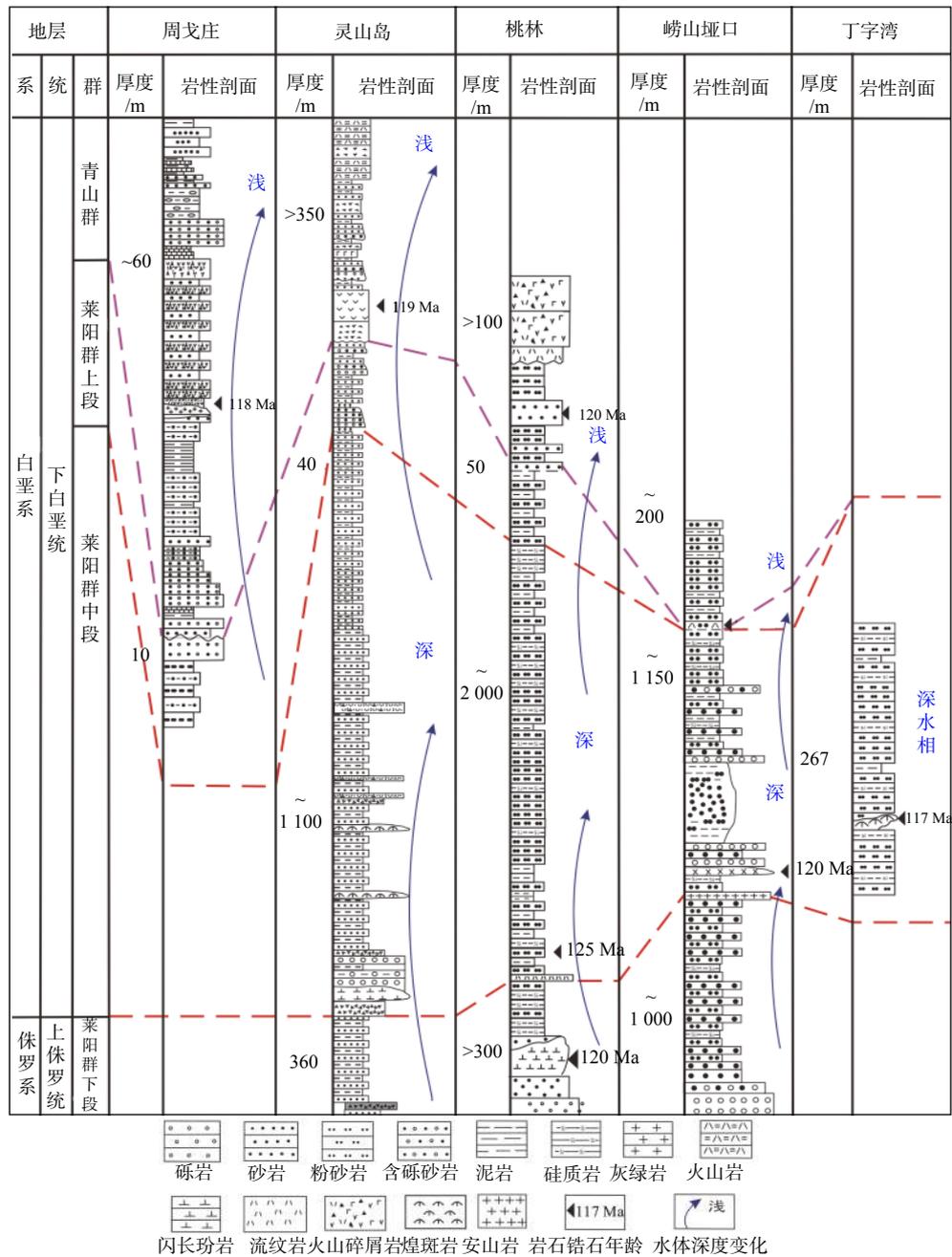
盆地广泛分布的流纹岩层为青山期地层的主要标志, 流纹岩及相伴火山碎屑岩或粉砂岩的发育是由于剧烈的火山活动破坏了火山口附近的地层导致, 其与下伏地层呈不整合接触关系, 反映了莱阳期和青山期地层之间存在沉积间断。青山群沉

积在除丁字湾以外的4个剖面上部均可见。

总体上, 山东东部近海地区晚中生代地层莱阳群到青山群的沉积自下而上呈现出海进—海退的过程。

## 4 结论

山东东部近海地区日青威盆地晚中生代地层主要发育在苏鲁造山带内, 具有较为独特的沉积特征。本文基于大量的野外地质考察, 重点开展灵山岛、崂山、诸城桃林、海阳丁字湾和即墨周戈庄等5个典型剖面的研究, 研究区主要出露了莱阳群和青山群地层。莱阳群属于晚侏罗世—早白垩世早期沉积, 岩性主要以深水重力流沉积岩和黑色硅质碎屑岩为典型代表; 青山群属于早白垩世晚期沉积, 岩性主要以大量的火山碎屑岩为典型代表。莱阳群自下而上划分为3段, 下段为河湖三角洲相, 代表了晚侏罗世时期盆地形成的初始阶段; 中段为



不同剖面中岩石锆石年龄数据的来源均在文中作了说明

图 11 各剖面晚中生代地层柱状剖面对比图

Fig. 11 Late Mesozoic stratigraphic correlation for typical profiles

深水沉积相, 代表了早白垩世盆地早期的发育阶段; 上段为冲积扇或扇三角洲相, 代表了早白垩世盆地末期的萎缩阶段。青山群沉积是火山活动喷发形成。总体上, 从莱阳群到青山群沉积的水体深度基本表现为浅水—深水—浅水的变化, 反映了海进—海退的过程。

参考文献:

[1] WU F Y, LIN J Q, WILDE S A, et al. Nature and significance of the Early Cretaceous giant igneous event in Eastern China[J].

Earth and Planetary Science Letters, 2005, 233(1): 103-119.

[2] 孙卫东, 凌明星, 汪方跃, 等. 太平洋板块俯冲与中国东部中生代地质事件[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2008, 27(3): 218-225.  
 [3] 李三忠, 郑祺亮, 李玺瑶, 等. 中国东部苏鲁造山带的印支期俯冲极性及其造山过程[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2017, 37(4): 18-32.  
 [4] 吴智平, 侯旭波, 李伟. 华北东部地区中生代盆地格局及演化过程探讨[J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(4): 385-399.  
 [5] 张岳桥, 赵越, 董树文, 等. 中国东部及邻区早白垩世裂陷盆地构造演化阶段[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 123-133.  
 [6] 周瑶琪, 张振凯, 梁文栋, 等. 山东东部晚中生代构造-岩浆活动及原型盆地恢复[J]. 地学前缘, 2015, 22(1): 137-156.

- [7] 张松梅, 程立人, 刘典涛. 胶南地区莱阳群绒枝藻化石的发现[J]. *长春科技大学学报*, 2001, 31(3): 209-212.
- [8] 付永涛, 虞子治. 青岛垵口-八仙墩变质海相碎屑岩的属性和构造意义[J]. *地质科学*, 2010, 45(1): 207-227.
- [9] 吴拓宇, 赵淑娟, 付永涛. 青岛八仙墩海相碎屑岩的岩石地球化学特征及其油气研究意义[J]. *地质科学*, 2010, 45(4): 1156-1169.
- [10] 吕洪波, 王俊, 张海春. 山东灵山岛晚中生代滑塌沉积层的发现及区域构造意义初探[J]. *地质学报*, 2011, 85(6): 938-946.
- [11] WANG J, CHANG S C, LU H B, et al. Detrital zircon U-Pb age constraints on Cretaceous sedimentary rocks of Lingshan Island and implications for tectonic evolution of Eastern Shandong, North China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2014, 96: 27-45.
- [12] WANG J, CHANG S C, LIN P, et al. Evidence of Early Cretaceous transpression in the Sulu orogenic belt, Eastern China[J]. *Tectonophysics*, 2016, 687: 44-55.
- [13] 周瑶琪, 辜彦建, 周腾飞, 等. 山东东部白垩系莱阳群沉积地层与有机质特征[J]. *石油与天然气地质*, 2019, 40(1): 109-122.
- [14] 张振凯, 周瑶琪, 彭甜明, 等. 山东灵山岛莱阳群粉砂岩地球化学特征及意义[J]. *地球科学*, 2017, 42(3): 357-377.
- [15] LIU F, ZHOU Y, ZHANG Z, et al. Detrital zircon U-Pb geochronology of Early Cretaceous sedimentary rocks in Dingzi Bay and Taolin area from the Sulu Orogen: provenances and tectonic implications[J]. *Geological Journal*, 2019, 54: 2693-2715.
- [16] 李曼洁, 周瑶琪, 周腾飞, 等. 山东即墨地区下白垩统灰岩地球化学特征及沉积环境分析[J]. *地质与资源*, 2020, 29(2): 126-134, 125.
- [17] 蔡乾忠. 中国海域油气地质学[M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 77-92.
- [18] 惠若愚. 苏鲁造山带浅部构造特征及深部动力学过程分析[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2012.
- [19] LIU F, GERDES A, ROBINSON P T, et al. Zoned zircon from eclogitellenses in marbles from the Dabie-Sulu UHP Terrane, China: a clear record of ultra-deep subduction and fast exhumation[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2007, 81: 204-225.
- [20] YANG J S, WOODEN J L, WU C L, et al. SHRIMP U-Pb dating of coesite-bearing zircon from the ultrahigh-pressure metamorphic rocks, Sulu Terrane, East China[J]. *Journal of Metamorphic Geology*, 2003, 21(6): 551-560.
- [21] TANG J, ZHENG Y F, WU Y B, et al. Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the tectonic affinity of the Jiaodong Terrane in the Sulu Orogen, China[J]. *Precambrian Research*, 2008, 161(3): 389-418.
- [22] 刘福来, 薛怀民. 苏鲁超高压变质带含褐帘石正、副片麻岩中变质锆石的地球化学性质及其SHRIMP U-Pb定年[J]. *岩石学报*, 2007, 23(12): 3137-3152.
- [23] MA L, JIANG S Y, DAI B Z, et al. Multiple sources for the origin of Late Jurassic Linglong Adakitic granite in the Shandong Peninsula, Eastern China: zircon U-Pb geochronological, geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic evidence[J]. *Lithos*, 2013, 162-163(Complete): 251-263.
- [24] CHEN F K, GUO J H, JIANG L L, et al. Provenance of the Beihuaiyang lower-grade metamorphic zone of the Dabie ultrahigh pressure collisional orogen, China: evidence from zircon ages[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2003, 22: 343-352.
- [25] 郭敬辉, 陈福坤, 张晓曼, 等. 苏鲁超高压带北部中生代岩浆侵入活动与同碰撞-碰撞后构造过程: 锆石 U-Pb 年代学[J]. *岩石学报*, 2005, 21(4): 1281-1301.
- [26] 张娟. 苏鲁造山带中生代岩浆岩地球化学研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2011.
- [27] 刘菲菲, 周瑶琪, 许红, 等. 灵山岛成因特征、类型及其地质构造意义[J]. *海洋地质前沿*, 2016, 32(3): 33-40.
- [28] BOUMA A H. Sedimentology of some flysh deposits: a graphic approach to facies interpretation[M]. Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1962: 168.

## LATE MESOZOIC DEPOSITS AND THEIR CHARACTERISTICS OF RIQINGWEI BASIN IN THE NEARSHORE AREA OF EASTERN SHANDONG

LIU Feifei<sup>1</sup>, ZHOU Yaoqi<sup>2\*</sup>, ZHANG Zhenkai<sup>3</sup>, LI Manjie<sup>2</sup>, GU Yangjian<sup>4</sup>, SHAN Jiaqi<sup>5</sup>, ZHOU Tengfei<sup>2</sup>

(1 School of Architectural Engineering, Binzhou University, Binzhou 256600, Shandong, China; 2 School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China; 3 Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an 710054, China; 4 Shandong Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Jinan 250013, China; 5 Jinneng Science and Technology Company Limited, Qingdao 266000, China)

**Abstract:** Late Mesozoic deep-water sediments occur widely in the area off Eastern Shandong Peninsula, which have received great attention from geologists recently. However, the research on Late Mesozoic and its sedimentary characteristics of the area has not been systematically conducted in details so far. In this paper, the five field typical profiles at the Lingshan Island, Laoshan, Taolin, Dingzi Bay and Zhougezhuang areas are selected for detailed case studies. The Late Mesozoic includes the Laiyang and Qingshan Groups. The Laiyang Group is characterized by gravity flow and siliceous clastic deposits, and the Qingshan Group is characterized by pyroclastic rocks. From the Laiyang Group to the Qingshan Group it is a transgression-regression cycle.

**Key words:** nearshore area of Eastern Shandong; Late Mesozoic; stratigraphy; sedimentary characteristics