

朱晓青, 梅西, 王明健, 等. 长山列岛地质特征与区域对比新认识[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(8): 95-99.

ZHU Xiaoqing, MEI Xi, WANG Mingjian, et al. New insight into geological characteristics and regional comparison of Changshan Islands[J].

Marine Geology Frontiers, 2022, 38(8): 95-99.

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2022.166

长山列岛地质特征与区域对比新认识

朱晓青^{1,2}, 梅西^{1,2*}, 王明健^{1,2}, 黄龙¹, 王忠蕾¹, 密蓓蓓¹, 毕世普^{1,2}, 潘军^{1,2}

(1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266237; 2 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 青岛 266237)

0 引言

长山列岛又称庙岛群岛, 指山东省烟台市蓬莱区北部所辖 32 座岛屿的总称。其中, 南长山岛等南五岛与北隍城岛等北五岛共 10 座岛屿构成列岛的主体(图 1)。在地理位置上, 长山列岛为渤、黄海的分界线。长期以来, 海岛地质调查程度普遍较低, 加之受海水覆盖影响, 导致在胶辽半岛地区基础地质对比研究(构造变形与变质特征、区域地层对比等)、重要矿产的成矿规律性(如金银矿床)、重大工

程建设决策论证(如跨渤海海峡通道)等方面难以形成突破。由此, 横亘于渤-黄海中、胶-辽半岛之间的长山列岛成为突破上述认识瓶颈的理想“资料窗口”。中国地质调查局青岛海洋地质研究所牵头并负责实施 1:5 万黄海长山列岛幅海洋区域地质调查项目(2019—2021 年), 在综合前人研究的基础上, 通过海岛调查与毗邻海域调查相结合及陆-岛-海统筹对比等工作, 在长山列岛岩石地层、变质作用、岩浆活动与构造变形等方面获得系列新认识, 初步总结为“1 套地层、2 期变质、3 幕岩浆、4 次变形”。

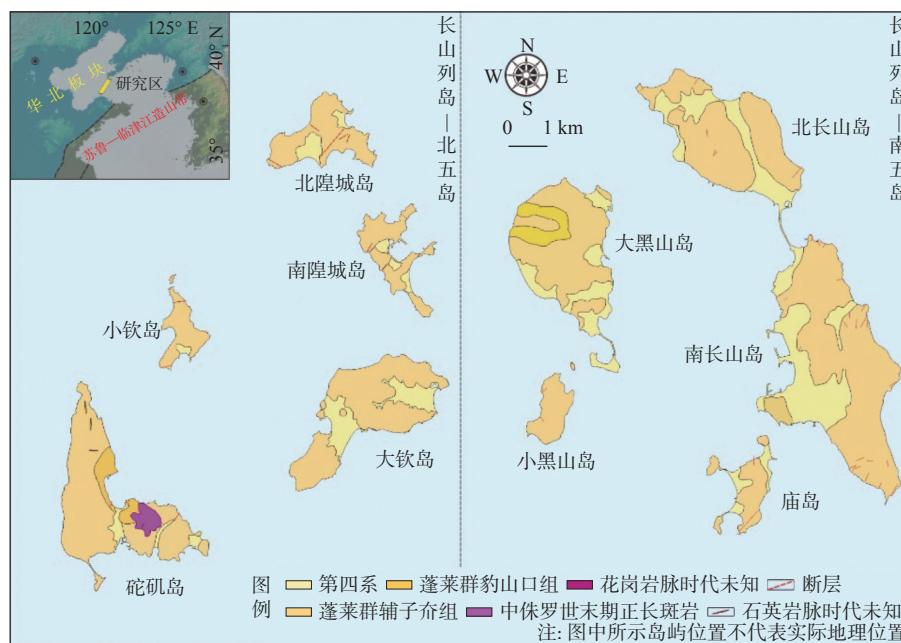


图 1 长山列岛北五岛与南五岛地质简图

Fig.1 Geological schematic map of Changshan Islands

收稿日期: 2022-05-20

资助项目: 国家海洋地质调查项目(DD20221710, DD20190208)

作者简介: 朱晓青(1982—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事构造地质学及海洋地质学方面的研究工作. E-mail: xq_zhu0819@126.com

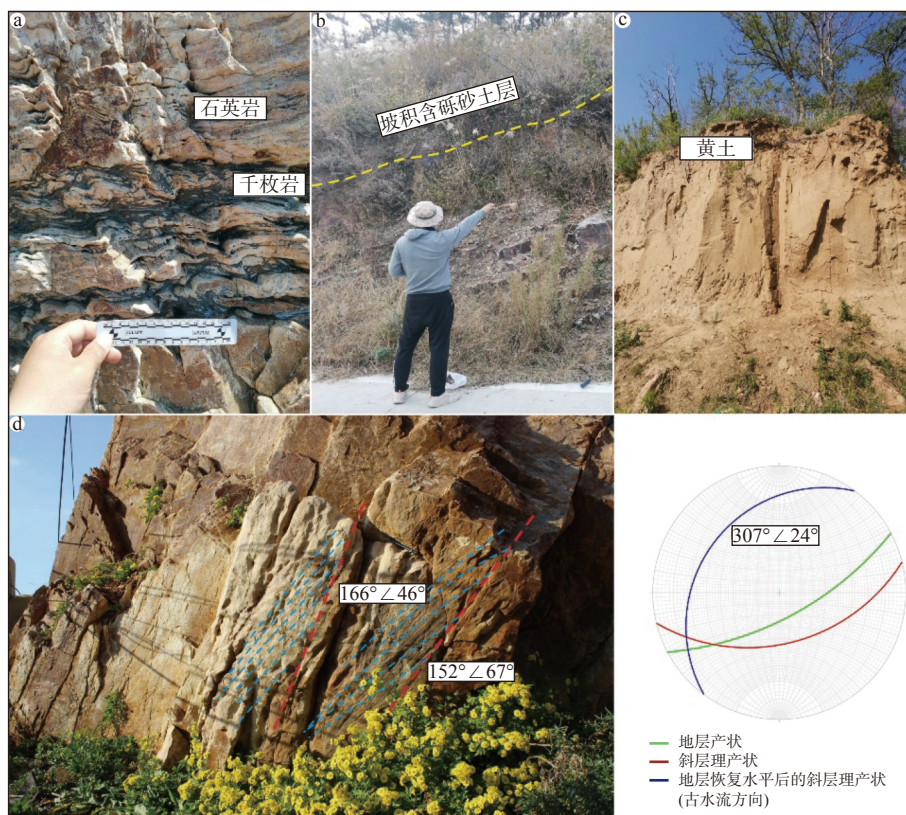
* 通讯作者: 梅西(1981—), 男, 博士, 正高级工程师, 主要从事第四纪地质学及海洋地质学方面的研究工作. E-mail: meixi@mail.cgs.gov.cn

1 岩石地层

根据 2015 年山东省第四地质矿产勘查院对长

山列岛之南、北五岛的地质填图成果改绘图 1, 据此认为: 长山列岛主体岩石地层为经历(低)绿片岩相的新元古代蓬莱群, 岩性主要为互层产出的石英岩与千枚岩、板岩等(图 2a)。海岛山坡与海边的蓬莱群之上分别覆盖有第四纪坡冲积含砾砂土、海冲积砂砾石(图 2b)。此外, 长山列岛各海岛的山坳等处广泛出露有第四纪黄土沉积(图 2c)。在前人工作认识的基础上, 项目组针对海岛、钻孔等样品, 采用碎屑岩物源分析(碎屑锆石 U-Pb 与 Lu-Hf 分析)、古流向分析等手段, 在蓬莱群辅子介组石英岩中发

现了大量的 0.9~1.3 Ga 的碎屑锆石组分, 暗示华北克拉通与 Rodinia 超大陆在中元古代晚期—新元古代早期密切相关, 且该时期的物源很可能来自 SE 方向(现今方位, 图 2d)。特别需要注意的是, 在砣矶岛中北部前人认为的蓬莱群豹山口组中首次发现元古代软沉积物变形构造及厚层含铁石英岩建造, 这与山东栖霞地区蓬莱群豹山口组的层型剖面中的岩石组合不能对比, 故长山列岛所谓的“蓬莱群”与区域上地层的确定对应关系还需研究厘定。



(a) 辅子介组石英岩与千枚岩露头; (b) 坡积含砾砂土露头; (c) 第四纪黄土露头; (d) 辅子介组古流向恢复结果

图 2 长山列岛主要岩石地层单元

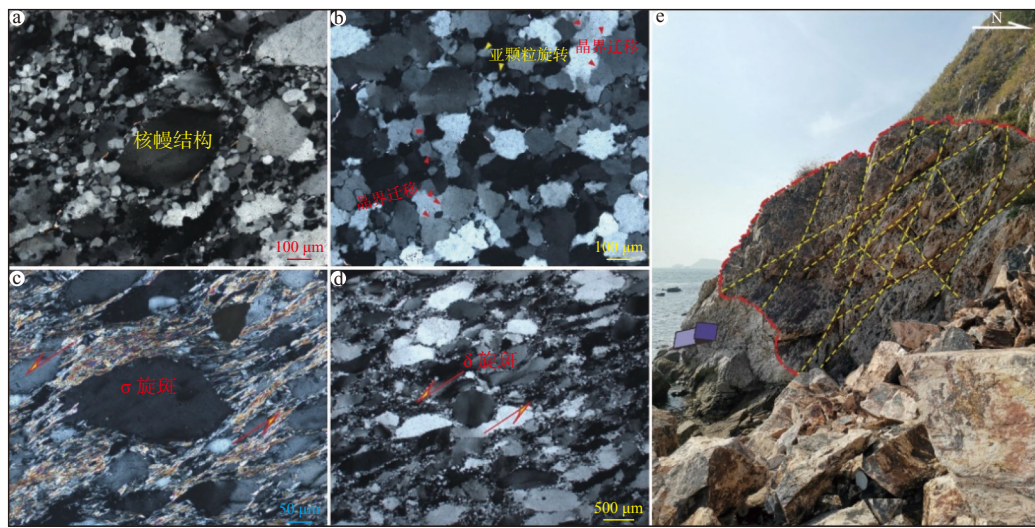
Fig.2 Lithostratigraphic units of the Changshan Islands

2 变质作用

长山列岛诸岛屿上广泛出露互层产出的石英岩、千枚岩与板岩, 代表了区域(低)绿片岩相的变质作用。对比毗邻陆区特别是胶北地区蓬莱群的研究进展, 该期变质事件可能反映了华北板块与扬子板块印支期会聚碰撞事件。对长山列岛海岛及两口钻至基岩钻孔的石英岩样品镜下分析中, 发现膨凸(bulging, BLG)、亚晶粒旋转(subgrain rotation, SGR)(包括核幔结构(core-mantle structure, CMS))、

晶界迁移(grain boundary migration, GBM)等动态重结晶特征(图 3a、b)。其中, 石英岩中亚晶粒旋转(SGR)与晶界迁移(GBM)的同时出现通常指示变质温度达到 500 ℃, 最高可达 700 ℃, 即达到了角闪岩相的变质条件。此外, 长山列岛蓬莱群中大量出露的皱纹线理形成的温度范围上限虽低于片理的温度(角闪岩相), 却应对应绿片岩相上部, 而非低绿片岩相的变质作用。

根据镜下以石英颗粒为旋斑的 σ 、 δ 等类型的旋斑(图 3c、d)及野外韧性剪切带露头(图 3e)的判别, 初步推测长山列岛北部蓬莱群辅子介组石英岩



(a) 石英岩中的核幔结构; (b) 石英岩中的晶界迁移与亚颗粒旋转; (c) 石英岩中的 σ 旋斑指示左旋剪切; (d) 石英岩中的 δ 旋斑指示左旋剪切; (e) 北隍城岛 NNE 向剪切带露头

图 3 长山列岛石英岩镜下特征与剪切带露头

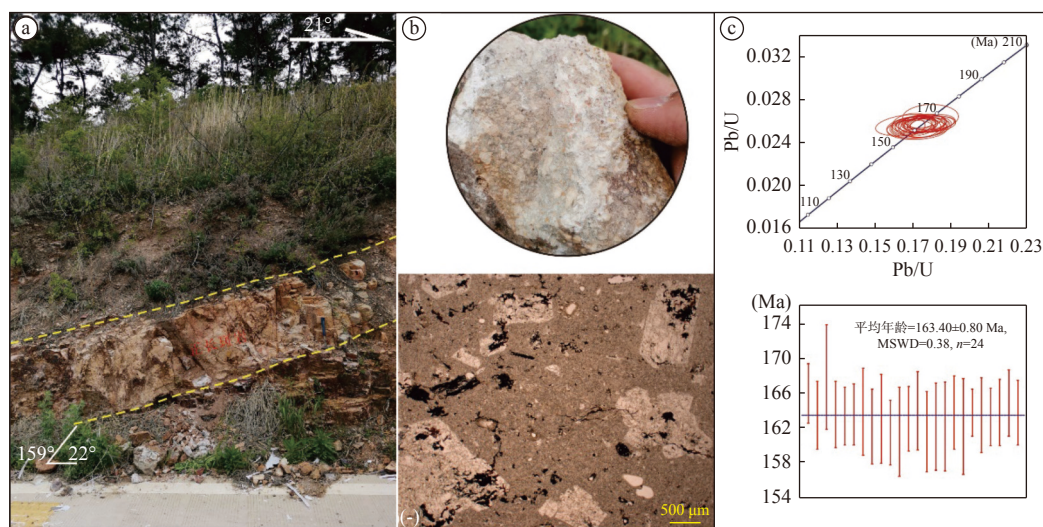
Fig.3 Photomicrographs of quartzites and outcrops of the ductile shear zone in Changshan Islands

中存在 1 条以糜棱岩化石英岩、石英岩质初糜棱岩等为标志的动力变质带, 运动学特征为左旋剪切。由于尚未获得中高温标的测试结果, 目前还不能确定该期韧性剪切带活动的时间, 初步推测与东亚陆缘早白垩世 NNE 向的大规模左旋走滑有关。

3 岩浆活动

长山列岛之砣矶岛的燕山期岩浆岩与大黑山岛新近纪玄武岩早已有报道, 但对于其他岛屿是否存在岩浆岩、砣矶岛岩浆岩的精确年代与地球化学

特征等在本项目实施前均未开展过相关研究。利用岩相学、锆石 U-Pb 定年及主微量元素分析方法, 2020 年首次在南隍城岛发现顺层产出的正长斑岩脉, 年代确定为中侏罗世末期(约 164 Ma, 图 4)。正长斑岩的主量元素特征显示具高钾、低钠, 强过铝质的 S 型花岗岩特征, 暗示岩浆来源于变质沉积岩的重熔, 可能形成于早燕山期 NW-SE 向的区域性挤压背景。该套中-晚侏罗世界线火山岩的发现表明长山列岛地区燕山运动早期经历过强烈的火山活动, 侏罗纪东亚构造体制的转变在该地区保留有明确记录。



(a) 中侏罗世末正长斑岩露头; (b) 岩浆岩手标本与镜下特征; (c) 锆石 U-Pb 协和图与加权平均年龄(已发表)

图 4 南隍城岛中侏罗世末期岩浆岩特征

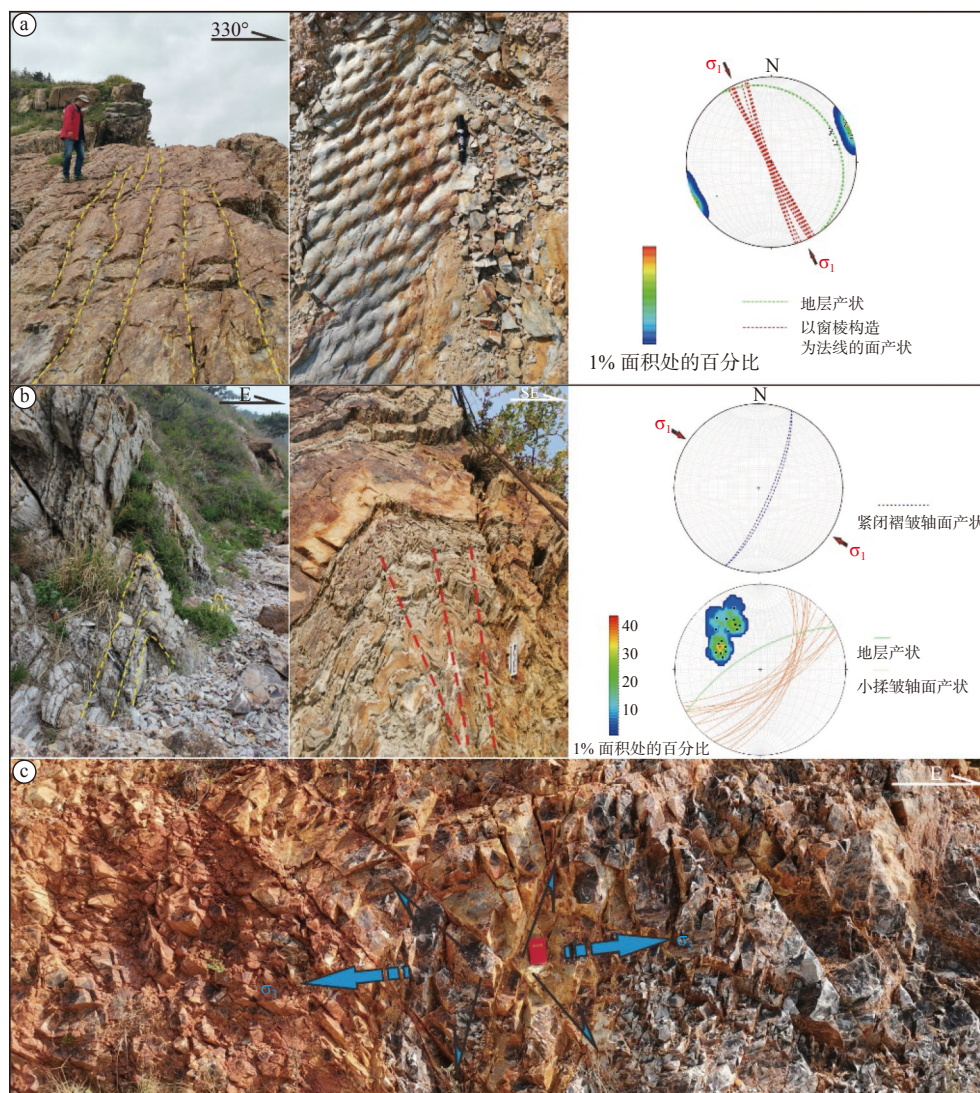
Fig.4 Characteristics of the latest Middle Jurassic igneous rocks in Nanhuangcheng Island

此外,项目组在砣矶岛确定 2 期岩浆岩,其中 1 套为酸性岩浆岩,时代及地球化学特征与南隍城岛岩浆岩相似;另 1 套为形成于晚侏罗世(约 159 Ma)的基性岩浆岩,镜下显示具斑状结构、基质为显微嵌晶结构(数据另文发表),由于露头样品风化严重,精确岩性待定。上述研究进展表明长山列岛地区至少存在过中侏罗世、晚侏罗世与新近纪等 3 幕岩浆活动。

4 构造变形

通过野外调查工作发现长山列岛诸海岛蓬莱群露头表现出多构造层次、多期次构造活动的特征。多构造层次表现为韧脆性-脆韧性-脆性变形共存,

多种构造变形对应不同的古构造应力场,则反映了多期次构造活动。初步厘定出 4 次构造变形,恢复出的古主应力场特征分别对应近 SN 向挤压、NW-SE 向挤压、NNE 向走滑与近 EW 向拉张等。由于暂未获得约束构造变形的精确年代学结果,我们通过区域构造变形对比,按照时间线初步划分出印支期近 SN 向挤压、燕山早期 NW-SE 向挤压、燕山中晚期 NNE 向左旋走滑、喜山期近 EW 向拉张等 4 次变形。其中,印支期近 SN 向挤压变形导致辅子乔组石英岩中发育皱纹线理、窗棱构造等不同尺度的 B 型线理(图 5a),可能与扬子板块与华北板块该时期的会聚碰撞有关;燕山早期 NW-SE 向挤压以区域性褶皱、褶劈理发育(包括薄层石英岩的揉皱)等为标志(图 5b),广布诸岛,是该区域占压



(a)石英岩中发育的窗棱构造与古应力场;(b)紧闭褶皱、薄层石英岩小揉皱与古应力场;(c)共轭X剪破裂与对应的近EW向拉张古应力场

图5 长山列岛多期构造变形与古应力场恢复

Fig.5 Multistage structural deformations and paleostress field in Changshan Islands

倒性优势的构造形迹, 动力学机制可能与古太平洋板块与东亚大陆的会聚有关; 燕山中晚期局部的 NNE 向左旋走滑剪切变形, 以北隍城岛中东部露头为代表, 可能与东亚陆缘早白垩世大规模区域性 NNE 向左旋走滑密切相关(图 3e); 进入新生代表现为以脆性张裂发育为代表的近 EW 向拉张(图 5c), 这与长山列岛所处胶辽隆起两侧的渤海湾盆地、北黄海盆地等裂陷盆地发育所对应的东亚陆缘裂解的区域构造背景一致。

5 结论

(1) 第四纪坡冲积含砾砂土、海冲积砂砾石、新近纪黄土与蓬莱群变质岩系构成了长山列岛地区鲜明的“1 套”岩石地层组合。

(2) 长山列岛地区的蓬莱群普遍经历绿片岩相

变质作用, 局部经历温压条件可达角闪岩相的动力变质作用。

(3) 南隍城岛最新发现的中侏罗世末期酸性岩浆岩、砣矶岛的中侏罗世末期酸性岩浆岩、晚侏罗世基性岩浆岩及大黑山岛的新近纪玄武岩, 证明长山列岛地区至少存在 3 幕岩浆活动。

(4) 长山列岛蓬莱群的构造变形形迹证明该区域至少经历了近 SN 向挤压、NW—SE 向挤压、NNE 向走滑及近 EW 向拉张等 4 次构造变形。

受到海岛地质调查工作程度、构造变形时间约束手段等主客观因素的制约, 目前对长山列岛的诸多认识尚处于定性对比阶段。针对蓬莱群多期次、多维度的变形缺少时间维的约束条件, 仅根据区域对比仍存在很大的不确定性, 这将是下一步的攻关目标。