

朱晓青, 王明健, 黄龙, 等. 山东蓬莱砣矶岛首次发现新元古代软沉积变形构造[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(10): 85-87.

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2021.217

# 山东蓬莱砣矶岛首次发现新元古代软沉积变形构造

朱晓青<sup>1,2</sup>, 王明健<sup>1,2</sup>, 黄龙<sup>1</sup>, 王忠蕾<sup>1</sup>, 毕世普<sup>1,2</sup>, 密蓓蓓<sup>1</sup>, 梅西<sup>1,2</sup>

(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

软沉积变形(soft-sediment deformation)是指出现于未固结沉积物中的变形, 其形成于沉积过程中或沉积后至发生显著成岩(固结)作用之前。软沉积变形构造的触发机制可以分为地震和非地震 2 类。其中, 古地质历史时期保存的与地震相关的软沉积变形构造是区域地层对比、灾变沉积学研究及古地震研究的重要线索。2021 年 7 月, 青岛海洋地质研究所“黄海长山列岛海域 1:5 万海洋区域地质调查”项目组在开展针对长山列岛的海岛野外地质调查工作中, 于砣矶岛新元古代蓬莱群豹山口组地层中首次识别出系列软沉积变形构造, 为研究该地区蓬莱群沉积期的古地理格局、区域地层对比等提供了重要线索。

## 1 地质背景

砣矶岛位于渤海与黄海交界处, 为长山列岛之北五岛的最南端岛屿。在大地构造位置上, 砣矶岛处于胶辽隆起之上, 东西两侧分别为形成于中—新生代的北黄海盆地与渤海湾盆地。根据山东省第四地质矿产勘查院 2015 年的 1:1 万地质填图, 砣矶岛上主要出露有新元古代蓬莱群豹山口组与辅子乔组 2 套地层, 其中, 豹山口组以绢云母千枚状板岩夹细砂岩、长石石英岩为主, 辅子乔组主要为绢云母千枚岩夹石英岩。2 套地层后期均经历了低绿片岩相的区域变质作用。此外, 在穷人顶与霸王

山分布有推测时代为中生代的酸性浅成侵入岩(图 1)。

## 2 砣矶岛蓬莱群豹山口组软沉积变形构造露头特征

此次发现的软沉积变形构造位于砣矶岛大北口村北天然沙滩西侧的潮间带附近(38°10'13.7"N, 120°45'3.8"E)。该套软沉积变形构造发育于蓬莱群豹山口组地层内, 地层总体倾向 N, 地层产状为 3°∠42°~13°∠34°。识别出的大量软沉积变形构造类型包括: 枕状构造、球-枕构造、球状构造、火焰状构造、负载构造、液化砂脉及滑塌褶皱等软沉积滑动变形构造(图 2)。软沉积物变形构造必然发生于蓬莱群豹山口组未固结时期, 后期整体经历了低绿片岩相的区域变质作用。因此, 下述软沉积变形构造的描述均采用浅变质岩的原岩沉积物名称。

### (1) 枕状构造 (pillow structure)

形成于灰黑色粉细砂岩液化的背景下, 上部灰白色中—粗砂岩层被下部灰黑色粉细砂岩脉体刺穿, 枕状体整体表现为宽缓的向形和紧闭的背形相间排列(图 2a)。

### (2) 球-枕构造 (ball-pillow structure)

灰白色中—粗砂岩与灰黑色粉细砂岩互层, 砂岩枕状体、球体均由灰白色中—粗砂岩构成。下部灰黑色粉细砂岩液化, 向上刺穿灰白色中粗砂岩层, 形成向上弯曲的褶曲状, 成为枕状体; 部分中—粗砂岩体则完全落入液化的灰黑色粉细砂岩层内, 则成为球体(图 2b、d)。整体上, 砂体液化似乎具有由底至顶逐渐减弱的趋势。

### (3) 球状构造 (ball structure)

灰白色中—粗砂体呈球状分布于灰色细砂岩中, 且砂球体具有明显的圈层结构(图 2c)。砂球体不仅在垂向上由于砂体液化、密度差异坠入下伏的粉

收稿日期: 2021-08-18

资助项目: 中国地质调查局海洋地质调查项目 (DD20190208, DD20190205)

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

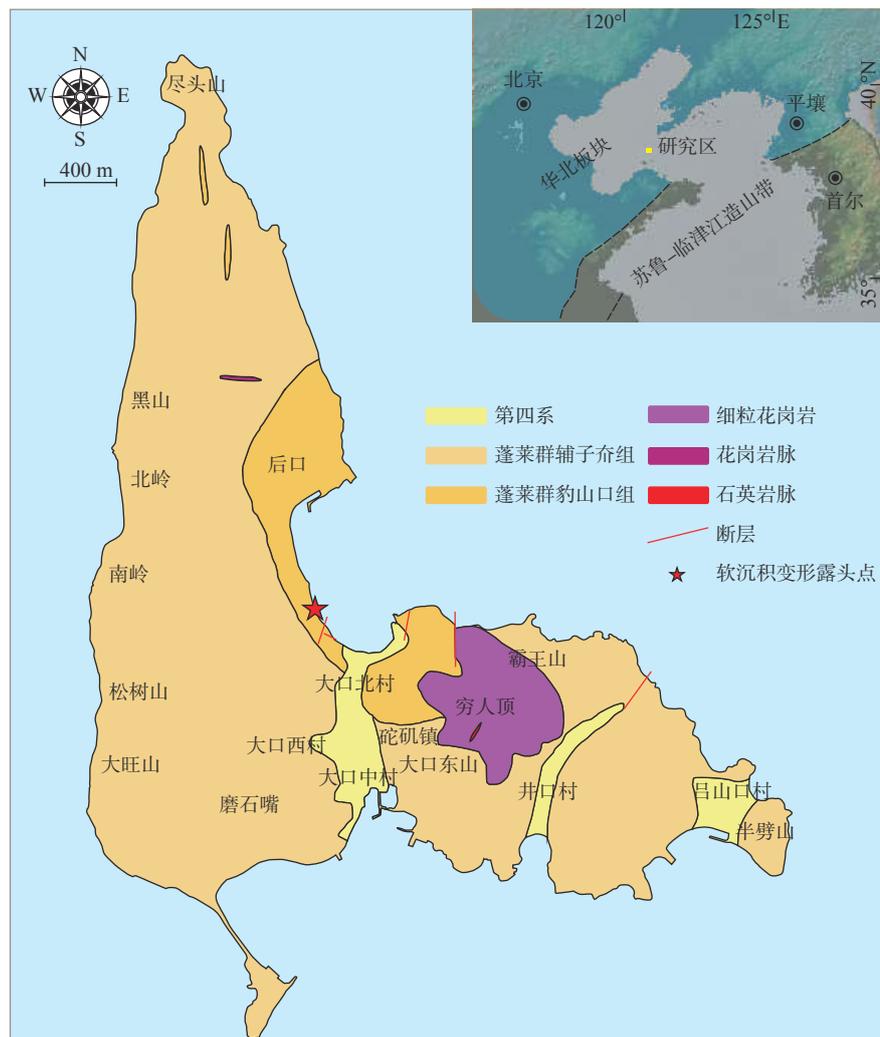


图1 砣矶岛地质简图与软沉积变形露头位置

Fig.1 Simplified geological map of the Tuoji Island and location of the outcrop of soft-sediment deformation structures

细砂岩层,更经历了横向上可能由软沉积物滑动导致的剪切作用,形成类似动力变质岩中的“旋斑构造”(类 $\sigma$ 旋斑,图2b;类 $\delta$ 旋斑,图2d)。根据保留的砂体“旋斑”形态及赋存的地层产状,可以赤平投影恢复出软沉积物变形发生时所在沉积层的相对滑动方向为由东南向西北方。

#### (4) 火焰状构造 (flame structure)

灰黑色粉细砂层液化刺入上覆灰白色中—粗砂体内,在两者界面处形成火焰状构造(图2b)。

#### (5) 负载构造 (load structure)

由于密度差异和不均匀的负荷作用,上部含灰黑色条带状灰色砂体(密度较大,富铁质矿物)陷入下伏的灰白色砂岩中,形成重荷模构造(图2e)。

#### (6) 滑塌构造 (slump structure)

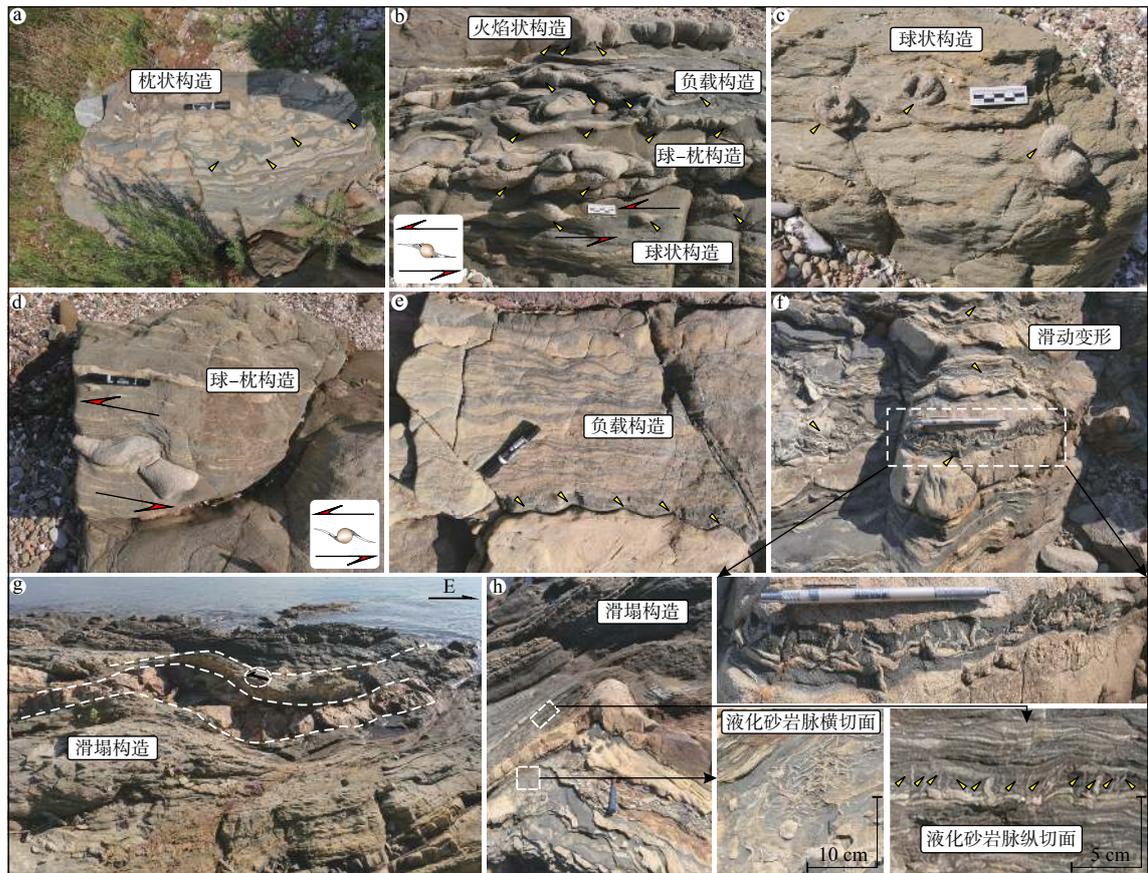
在重力失稳(沉积物短时大量供给的条件下)

或地震活动的触发下发生,软沉积物依古地势由高至低发生滑动,形成大量的层间与层内滑动构造,如滑塌褶皱等(图2f、g、h)。

#### (7) 液化砂脉 (vein of liquified sand)

薄层的中—粗砂发生液化,刺穿上下的灰黑色粉细砂层,纵切面上表现为发育大量的垂直液化脉体(图2f),横切面上表现为灰黑色粉细砂层被中—粗砂脉无定向、杂乱地刺穿(图2h)。

砣矶岛上发育该套软沉积变形构造的原岩为互层的灰白色中粗砂岩与灰黑色粉细砂岩。在海边出露的该套岩石露头经历海浪的长时间冲刷侵蚀和盐风化作用,加之深浅交互的岩石颜色和多种组合的软沉积变形构造,最终构成姿态万千的“水墨图画”,形成了独特的、当地称之为“砣矶画廊”的著名景观。



(a) 枕状构造; (b) 球-枕构造、火焰状构造、负载构造, 砂球经历层间滑动形成类似  $\sigma$  旋斑的构造; (c) 球状构造; (d) 球-枕构造, 受层间滑动改造的球-枕体构造形成类似  $\delta$  旋斑的构造; (e) 负载构造; (f) 层间软沉积滑动变形构造; (g) 大型滑塌构造 (白色圈内锤头为标尺); (h) 滑塌褶皱内发育的液化砂岩脉

图 2 砣矶岛北口村沙滩西侧软沉积变形露头

Fig.2 Outcrops of the soft-sediment deformation structures in western part of the beach near the Beikou village, Tuoji Island

### 3 地质意义与结论

(1) 尽管软沉积变形的触发机制存在地震与非地震 2 种类型的成因, 但像砣矶岛蓬莱群豹山口组内这种同时出现上述多种大尺度、多类型的软沉积变形构造的组合时, 可以在很大程度上将成因机制约束为由古地震触发。

(2) 古地震相关的软沉积变形构造通常影响范围较广, 在区域上具有对比意义。例如, 与蓬莱群近乎同时期的华北板块东部及北部分布有大量的

与古地震相关的地震岩岩组。此次在蓬莱群豹山口组识别出的该套软沉积变形构造, 无疑将为下一步区域上的地层对比提供重要依据。

(3) 发现的蓬莱群豹山口组软沉积物滑塌方向为由 SE 向 NW, 暗示了该区的古地势为东南高、西北低, 也即新元古代晚期的物源可能来自东南方向 (现今方位)。此外, 在砣矶岛北部的小钦岛码头附近发现的蓬莱群辅子介组中发育的前积纹层也指示了由东南向西北的物源供给特征。当然, 少量露头点的数据约束有限, 最终确论还需要进一步结合其他地质证据的全面分析。