

Nan'ao, an archaeological site of Song dynasty destroyed by tsunami

杨文卿, 孙立广, 杨仲康, 高抒, 高月嵩, 邵达, 梅衍俊, 臧晶晶, 王玉宏 and 谢周清

Citation: [科学通报](#); doi: 10.1360/N972018-00740

View online: <http://engine.scichina.com/doi/10.1360/N972018-00740>

Published by the [《中国科学》杂志社](#)

Articles you may be interested in

[Study on the glasswares discovered in the underground palace of the Da Bao En Temple in the North Song Dynasty \(AD960-AD1127\) in Nanjing, China](#)

SCIENCE CHINA Technological Sciences 55, 2006 (2012);

[Relationship between the temporal-spatial distribution of archaeological sites and natural environment from the Paleolithic Age to the Tang and Song Dynasties in the Three Gorges Reservoir of Chongqing area](#)

Chinese Science Bulletin 53, 107 (2008);

[Archaeological research on the origin and technology of "Qidian" in Ming Dynasty](#)

Chinese Science Bulletin 63, 1189 (2018);

[Strontium isotope analysis of archaeological fauna at the Erlitou site](#)

SCIENCE CHINA Earth Sciences 55, 1255 (2012);

[Archaeological discovery and research on the remains of the paleoflood of the Yuxi site](#)

Chinese Science Bulletin 53, 18 (2008);

南澳宋城：被海啸毁灭的古文明遗址

杨文卿^{1†}, 孙立广^{1*†}, 杨仲康¹, 高抒², 高月嵩¹, 邵达¹, 梅衍俊^{1,2}, 臧晶晶¹,
王玉宏¹, 谢周清^{1*}

1. 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 极地环境与全球变化安徽省重点实验室, 合肥 230026;
2. 华东师范大学, 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062

† 同等贡献

* 联系人, E-mail: slg@ustc.edu.cn; zqxie@ustc.edu.cn

2018-09-25 收稿, 2018-11-02 修回, 2018-11-06 接受, 2018-12-07 网络版发表

中国科学院战略性先导科技专项(XDA11030104)和中国科学院重点部署(特支)项目(KZZDEW-TZ-15-2)资助

摘要 一直以来, 在中国大陆海岸线上未发现遭受海啸破坏的地质遗迹和可靠的历史文献记录. 2013年, 在西沙群岛的东岛首次发现了距今一千年前后南海古海啸存在的地质证据. 模拟研究表明, 海啸的地震震源位于马尼拉海沟, 其影响的范围可能波及广东、海南和越南海岸带. 本研究选择广东省南澳岛作为海啸波及区进行研究, 结果证明南澳岛东南沿岸受到了海啸袭击, 海啸沉积层内陆源动物骨骼样品的¹⁴C校正年代范围是公元894~1011年; 在海啸层中还保存有大量的宋代陶瓷器残片. 这次海啸的破坏性是巨大的, 以至于在海啸后的500年间, 南澳岛的文化出现了衰退. 位于不同地形的海啸剖面展示了海啸撞击海岸的结果, 它们从地质学的角度证明了南海古海啸对南澳岛海岸的影响. 本文表明要高度重视南海发生海啸的危险, 这对于正确评估中国南海海啸风险、现代海上丝绸之路沿岸的海上交通以及沿海核电站等工程的安全和建设具有重要的科学和现实意义. 同时它将推动南澳宋城的考古发掘, 从而为南海沿岸的古海啸及其影响的研究提供更多证据.

关键词 古海啸, 广东南澳岛, 南海, 文化遗址, 宋瓷

中国大陆沿海在历史上是否遭受过海啸袭击一直缺少系统的研究. 历史文献中虽然有疑似南海古海啸事件的记载, 但大多可以明确为风暴潮的同义词, 难以单独作为重建中国沿海古海啸历史的依据^[1,2]. 对海啸历史认识的不足可能影响对沿海地区海啸风险评估, 尤其是对沿海城市、核电站、港口等设施的安全风险评估.

我们前期的研究已经证明南海在距今一千年前后发生过海啸^[3]. 在西沙群岛东岛的湖泊沉积物中发现了厚达10 cm的海啸沉积层, 海啸层顶底两个层位8个植物种子样品的¹⁴C年龄均在公元1017~1034年之间, 平均约为公元1024年. 沿东岛东北部海岸, 在宽

度为100 m左右的区域散乱分布着重达几十千克的砾石和珊瑚, 这些生物通常生长于岛屿外侧的礁盘上, 风暴潮难以将它们搬运至岛内^[4], 而且这些贝壳和珊瑚的¹⁴C校正年龄最年轻的为公元720年, 老于植物种子的定年结果. 这些证据一致表明西沙东岛在公元1024年前后受到了海啸袭击, 沉积物的厚度和岛上出现的砾石、珊瑚可能指示了这次海啸规模极大、具备很强的破坏力^[3]. Rogozhin^[5]在越南沿海也发现了可能是海啸成因的沉积层, 其年代范围约为公元890~1070年. 从形成时间来看它可能对应了袭击西沙东岛的古海啸, 但是由于缺乏确切的海啸证据, 因此无法确认这次海啸是否袭击了越南. Yu等人^[6]应用

引用格式: 杨文卿, 孙立广, 杨仲康, 等. 南澳宋城: 被海啸毁灭的古文明遗址. 科学通报, 2018, 63

Yang W Q, Sun L G, Yang Z K, et al. Nan'ao, an archaeological site of Song dynasty destroyed by tsunami (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63, doi: 10.1360/N972018-00740

南沙群岛的湖泊沉积物重建了过去四千年中袭击南海南部的海啸和风暴潮的历史序列,可是他们没有将海啸和风暴潮两类事件进行区分,因此也无法确认袭击西沙群岛的海啸是否也袭击了南沙群岛。

在历史资料研究方面, Mak和Chan^[1]对过去一千年历史文献中记录的海啸事件做了归纳和验证。其中最早的事件发生在公元1076年11月,广东潮州府“海潮涨溢,坏庐舍,溺居民”。Mak和Chan^[1]认为这一事件可能是海啸,但不能完全确定。从发生时间来看,这次事件与西沙的海啸非常接近,而且我们对南海海啸做了数值模拟,结果表明广东沿海确实会受到海啸的直接袭击^[7]。因此,南海古海啸不仅袭击了西沙东岛,还可能袭击了广东等沿海地区。

本文选取广东南澳岛为研究地点,通过对海岸带沉积剖面的分析,确认了一千年前这里被海啸袭击,这次灾难使岛上的文化出现了近500年衰落,留

下了大量的宋代古文化遗迹。本研究不仅证明了中国沿海历史上受到过海啸袭击,为评估中国海岸线的灾害风险提供了参考;还揭示了海啸与文化衰落的关系,为扩展灾害事件与人文历史的交叉研究、进一步开展宋代文化遗址发掘提供了启示,同时也为海啸沉积判别提供了新的依据和研究方法。

1 研究区域

1.1 历史概况

南澳岛出土和发掘的历史文物与遗迹证明该岛是一个人文历史相对悠久且连续的岛屿^[8,9]。南澳距古代海上丝绸之路的起点泉州约300 km,是航线上的停靠点,沉没于南澳岛南部2 km海域处的明代商船“南澳1号”(图1(b)蓝点)中出土了大量瓷器、陶器和钱币等货物,显示了南澳岛在丝路航线上的重要

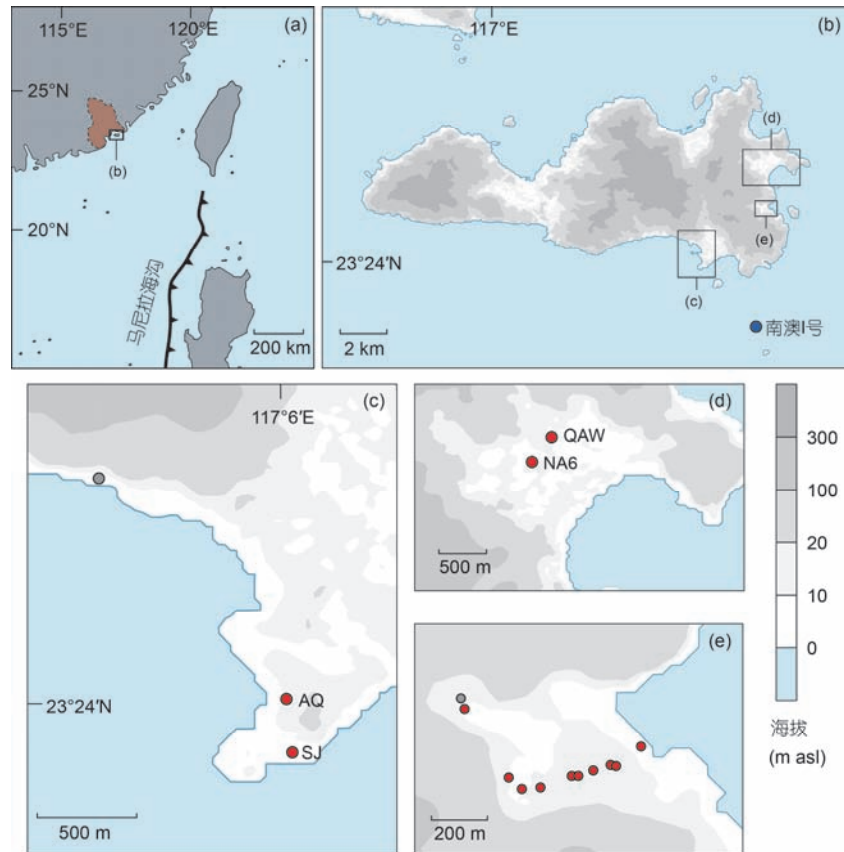


图 1 研究区域和采样位置. (a) 南澳岛位置, 棕色区域为古代潮州府. (b) 南澳岛地形. (c) 宋井剖面及澳前村剖面位置, 灰点表示海边巨石. (d) 青澳湾剖面位置. (e) 九溪澳湾沙层采样点分布, 灰点表示九溪澳湾最内侧山下砾石分布位置

Figure 1 The study area and sampling sites. (a) The location of Nan'ao Island. The brown area represents the ancient boundary of Chaozhou Prefecture. (b) The topography map of Nan'ao Island. (c) The sedimentary profiles of Songjing and Aoqiancun (red dots) and the coastal boulders (grey dot). (d) The sedimentary profiles of Qingaowan. (e) The sampling sites of Jiuxi'ao sandy deposits (red dots) and the location of the boulders (grey dots)

性^[10,11]. 岛上的文物遗迹自唐代起开始少量出现, 而宋、元、明前期的文物遗迹的种类与数量不但没有表现出增加的趋势, 反而相对稀少或缺失, 特别是有详细题写雕刻年代的碑文石刻, 除了宋代的几块石刻之外其余均为明代后期、清代的遗迹^[8]. 与此相对应, 海边的沉积剖面中有大量散乱分布的宋代瓷器、陶器碎片和破损的石臼, 却不见其他几个朝代的文物遗迹, 这些宝贵的宋代瓷片也未在南澳博物馆中出现, 这种反差预示着当时在岛上可能发生了某种事件, 造成了这种文化遗迹特征上的差异.

1.2 南澳岛地形

南澳岛位于台湾海峡南端、南海北部沿岸海陆交汇处, 直面南海(图1(a)), 模拟结果表明南海发生海啸时南澳岛会直接遭受海啸袭击(图2). 南澳岛大部分区域为山地, 仅在岛屿中部和边缘的少数几个海湾处零散分布着平地(图1(b)); 附近海域的海平面在

过去3000年中变化较小, 距今660年及1500年时海平面高度较现在约低0.5~0.2 m^[14](图3(a)). 这种沿海岸线分布的狭小的海湾地形以及稳定的海平面变化为海啸沉积的形成与保存提供了有利条件^[16,17]. 本文选择岛屿东南侧的宋井(SJ)、澳前村(AQ)、青澳湾(QAW)和九溪澳(JXA)等几处海岸平原(图1(c)~(e))作为研究地点来寻找过去海啸留下的记录. 宋井与澳前村位于南澳岛东南角, 青澳湾和九溪澳位于南澳岛最东端, 湾口朝向东南方向. 这几处区域均朝向海啸波来袭的方向, 发生海啸时形成并保存海啸记录的可能性很高^[18,19].

2 材料与方法

宋井剖面距海岸线20 m, 顶部海拔高度约5 m asl, 中间有一段包含较多贝壳、陶瓷器碎片的沉积层, 对该层顶底及中部采集沉积物、贝壳与陆地动物残骨样品. 澳前村剖面位于宋井北侧300 m, 海拔约

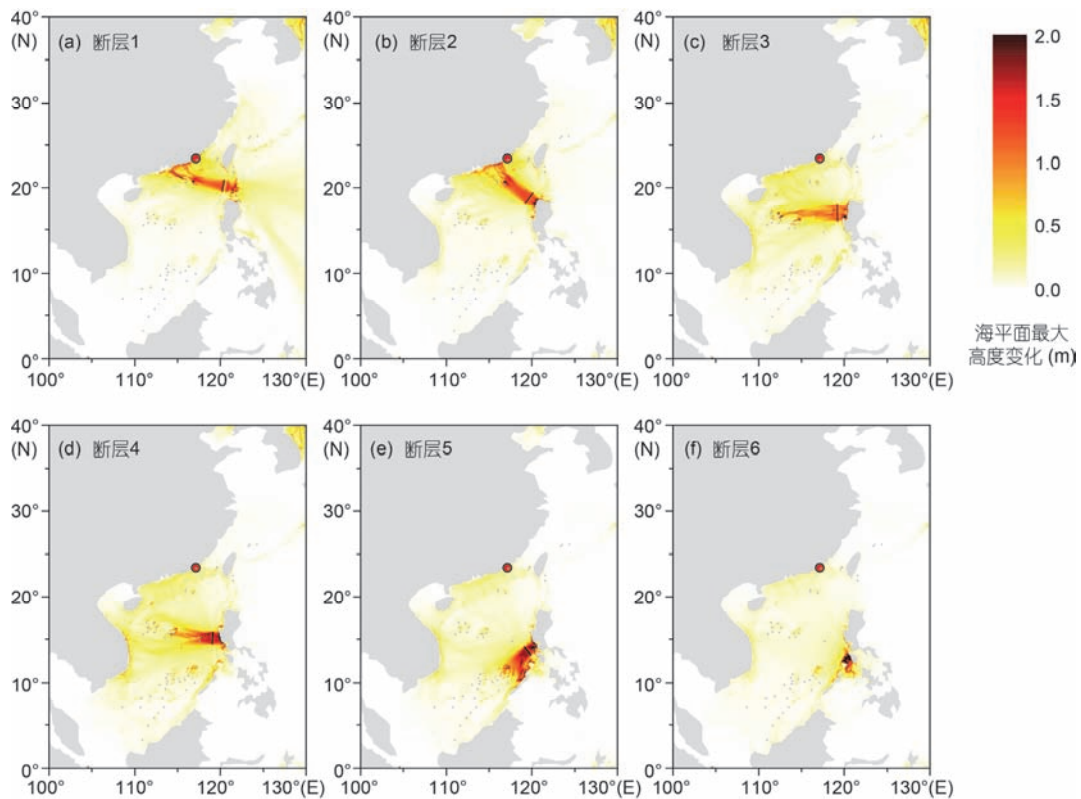


图2 南海海啸传播过程的数值模拟结果. 红点为南澳岛位置. (a)~(f) 表示6条断裂带分别发生地震时引发的海啸. 模拟程序为COMCOT^[12]. 断层位置与形变参数引自Liu等人^[13]

Figure 2 The numerical simulation results of the South China Sea tsunami. The red dots represent Nan'ao Island. (a)~(f) The six scenarios caused by the six fault segments of Manila trench. COMCOT was used as the simulation program^[12]. The locations of the fault segments and the earthquake parameters are from Liu et al.^[13]

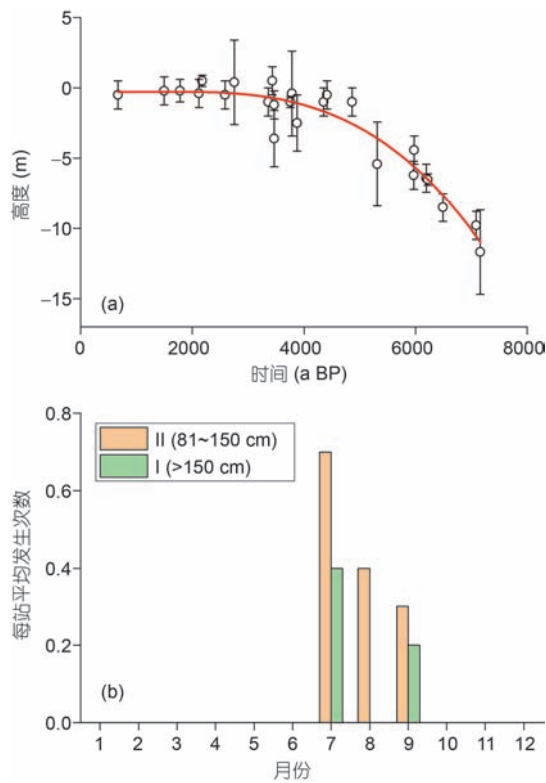


图 3 (网络版彩色)研究区域的海平面变化及风暴潮月份分布状况。(a) 韩江三角洲中全新世以来的海平面变化^[14]。(b) 1949~2008 年广东省 I 级超警戒风暴潮(超警戒潮位值 ≥ 151 cm)和 II 级超警戒风暴潮(超警戒潮位值 81~150 cm)每站平均发生次数逐月变化^[15]

Figure 3 (Color online) The sea level change and temporal distribution of storm surges of the study area. (a) The sea level change of the Han River delta since the mid-Holocene^[14]. (b) Temporal distribution of level I (tidal rise ≥ 151 cm above the warning standard) and II (tidal rise 81~150 cm above the warning standard) storm surges hitting Guangdong Province from 1949 to 2008^[15]

12 m asl, 该剖面以 3 cm 间隔采样, 深度约 102 cm 处的陆地动物残骨用于 ^{14}C 定年. 青澳湾剖面距海岸线

表 1 沉积样品 ^{14}C 定年结果

Table 1 ^{14}C dating results of the samples

实验室编号	样品编号	剖面	深度(cm)	样品材料	^{14}C 年龄(a BP)	2σ 范围(AD/BC)
UGAMS-20132	SJ-WB2	宋井	80	贝壳	1150 \pm 25	777~792, 801~849, 852~970
UGAMS-20133	SJ-WB3		105	陆地动物残骨	1090 \pm 20	894~932, 936~996, 1007~1011
UGAMS-20136	SJ-CP		110	沉积物	1180 \pm 20	773~893, 934~936
UGAMS-20131	SJ-WB1		150	贝壳	1310 \pm 20	660~717, 742~776
UGAMS-20127	AQ	澳前村	102	陆地动物残骨	860 \pm 20	1058~1075, 1154~1224
UGAMS-20137	QAW-U	青澳湾	70	沉积物	670 \pm 20	1279~1310, 1360~1387
UGAMS-20138	QAW-M1		110	沉积物	1630 \pm 20	356~364, 381~433, 457~468, 488~533
UGAMS-20139	QAW-M2		130	沉积物	1870 \pm 20	79~215

约 500 m, 顶部海拔高度约 8 m asl, 共采集 10 个样品. 九溪澳样品为表层沙, 采样高度 5~20 m asl, 各采样点距海岸线距离约 150~500 m. 所有样品采集时将表层的沉积物去除后从内部采集, 以消除表层样品可能对测试结果造成的偏差.

根据样品组成及颗粒粗细的相对差异, 每份样品取 0.2~0.5 g 进行粒度测试. 试样分别用 15 mL 30% H_2O_2 溶液于 150 $^\circ\text{C}$ 加热 45 min 去除有机质, 10 mL 10% 稀盐酸去除碳酸盐, 离心处理后加入 10 mL 10% (NaPO_3)₆ 溶液作为分散剂进行 1 min 超声处理, 用激光粒度仪进行分析 (LS 13 320, Beckman Coulter, Inc.). 仪器测试范围为 0.4~2000 μm . 粒度测试在中国科学技术大学极地环境研究室完成.

^{14}C 定年样品包括剖面中的贝壳、陆地动物残骨、剖面沉积物以及瓷器内壁附着的沉积物. 贝壳等碳酸盐样品用稀盐酸清洗表面的污染物, 再用磷酸溶解生成 CO_2 用于测试. 沉积物样品用稀盐酸处理后再用去离子水清洗, 去除样品中的碳酸盐和酸溶组分, 用燃烧法生成 CO_2 . 骨骼样品超声清洗后用稀盐酸处理, 将溶解的骨胶原过滤后用燃烧法生成 CO_2 做年代测试. 样品的前处理及年代学测试由佐治亚大学应用同位素研究中心 (Center for Applied Isotope Studies, The University of Georgia) 完成. 测试结果用 Calib 7.1 程序经 IntCal13 曲线^[20]进行校正, 结果列于表 1.

3 南澳海啸的证据与发生时间

3.1 含海啸层的几个沉积剖面

宋井剖面宽度约 50 m, 与海岸线平行, 沉积物组

成为细砂及以上粒级颗粒。深度70~150 cm的沉积层与其上及其下的层次相比贝壳数量偏多,且零散分布着瓷器、陶器的碎片(图4(a))。除了顶部与底部的深度略有变化外,这一沉积层在整个剖面中连续分布,下文将该层记作A层。粒度测试结果显示A层自底部向上平均粒径由粗变细(图4(b)),呈现正粒序沉积特征,粒径频率分布曲线为单峰分布。宋井剖面南边海岸线处的海滩砂样品与A层样品的粒径频率分布一致(图5(a)),平均粒径与底部样品接近相等。

澳前村剖面的沉积物组成以中砂、粗砂为主,混合少量的细砂和粉砂(图4(c), 5(b))。剖面深度约80~95 cm的沉积层(记作B层)粒度异常偏细,粒径频率分布曲线表明该层样品几乎不含中砂粒级以上的物质。其整体组成可分为两个组分:一是细砂,粒级范围约为100~300 μm ;另一组分为粉砂、黏土,两种组分含量各占一半。而B层以上及以下样品的砂含量多数大于70%,且粗砂含量约占20%,与B层沉积物有显著的差异。B层中还有少量的陶瓷器碎片和砖瓦碎片,与宋井剖面不同,该层中未能找到贝壳碎片。

青澳湾剖面的沉积物组成呈现明显的双峰特征,细颗粒端为黏土、粉砂,含量小于30%,粗颗粒端为砂质沉积,含量约占65%~85%。样品的总有机碳(TOC)含量小于1%(图4(e)),其中深度0.9 m的样品TOC含量接近零。该沉积层记作C层。

九溪澳湾表层被沙覆盖(记作D层),沙层下为红色沉积层,二者具有清晰的分界(图6(a))。从样品的粒径分布来看,该沙层与九溪澳湾海滩沙有相同的分布模式:沉积物主要组分为砂,更细的颗粒含量很低或接近于零,沙的组成又可再分为两部分,100~1000 μm 的中细砂以及少量大于1000 μm 的粗砂,且海滩沙样品粗砂的含量显著高于沙层样品(图5(d))。

上述几处沉积剖面附近没有河流经过,因此这几个沉积层不是受河流或洪水作用形成。宋井剖面和九溪澳表层沙分别与附近海滩沙有相同的粒径分布规律,且宋井剖面A层中含有较多贝壳碎片,这指示以上两处沉积的物质来源是海滩沙及浅海沉积^[22,23],即沉积物的搬运方向是由海向陆。值得注意的是,距今660~1500年时海平面高度较现在约低0.5~0.2 m^[14],而A层剖面所在位置是当代海潮难以达到的,显然也是海啸发生时期海潮难以企及的地段。

海啸和风暴潮是将近海沉积大规模搬运至海岸带的主要事件^[24,25]。对现代海啸和风暴潮的研究已

经证明这类灾害能够在海岸带形成延伸至内陆几百米至几千米、厚度达几十厘米的岸上沉积^[24,26],其物质来源包括近岸海底沉积和海滩沉积^[7,27]。在排除河流作用之后,可以确认宋井和九溪澳的A、D两个沉积层是约一千年前由海啸或风暴潮形成的产物。

海啸沉积和风暴潮沉积的区分是识别古海啸的关键^[24]。海啸持续时间短,海啸浪对海岸的淹没通常仅有一次或几次,沉积物在海水中以悬浮状态被搬运,形成的沉积层多为正粒序结构。风暴潮持续时间长,可达几天,由于来回的冲刷作用,形成的沉积物内部通常有较多的平行纹层^[24]。海啸沉积可向内陆延伸几百米至几千米,风暴潮沉积多为几百米^[28]。宋井剖面A层沉积是正粒序结构,采样时没有观察到平行纹层,且沉积层内部没有再分层,整体为单层结构,九溪澳的沙层也不具备内部的纹层结构。这种结构特征证明以上两个沉积层是海啸沉积。此外,风暴潮会带来强烈的降雨,形成的地表径流由陆地流向海洋,而宋井剖面沉积物的来源已经指示其搬运方向是由海向陆,因此也排除了风暴潮的作用。历史时期的海平面变化也会形成海岸带沉积^[29]。南澳海域在过去三千年中海平面波动小于1 m,呈缓慢上升的趋势(图3(a)),低于各研究剖面的高度,因此这几处海啸沉积也不是历史时期受海洋沉积影响形成的。

澳前村距海岸线300多米,与宋井之间相隔一道最高海拔小于20 m的山坡(图1(c))。现代海啸的海岸爬升高度多在30 m以下,在少数区域会超过30 m。由此可推断海啸在淹没宋井之后越过了山坡,在澳前村剖面形成了约15 cm厚的细颗粒沉积层。由于距海岸线更远、地形更高,且海啸浪需要克服山体的阻挡,当到达澳前村剖面时流速减缓,水体中携带的中砂、粗砂等粗颗粒物质和贝壳无法被搬运至此,粉砂、黏土等细颗粒物质在此沉积,因此沉积层的平均粒径偏细、厚度较薄。海啸沉积由海岸向内陆变细、厚度变薄的趋势在现代海啸沉积和古海啸沉积中都有明显的表现^[18,19,30-32],宋井和澳前村海啸沉积的变化也符合这一规律。

宋井和澳前村剖面的沉积物色度存在差异,后者红度高于前者,它们位于同一海岸带上,属于同一时代。二者在色度上的差异与物质组成有关。宋井剖面与海岸线距离近,约20~30 m,其组成主要为海沙,颗粒较粗(图5(a)),因此其色度也更接近海沙,色度较浅。澳前村离海岸线较远,约300 m,其组成除了

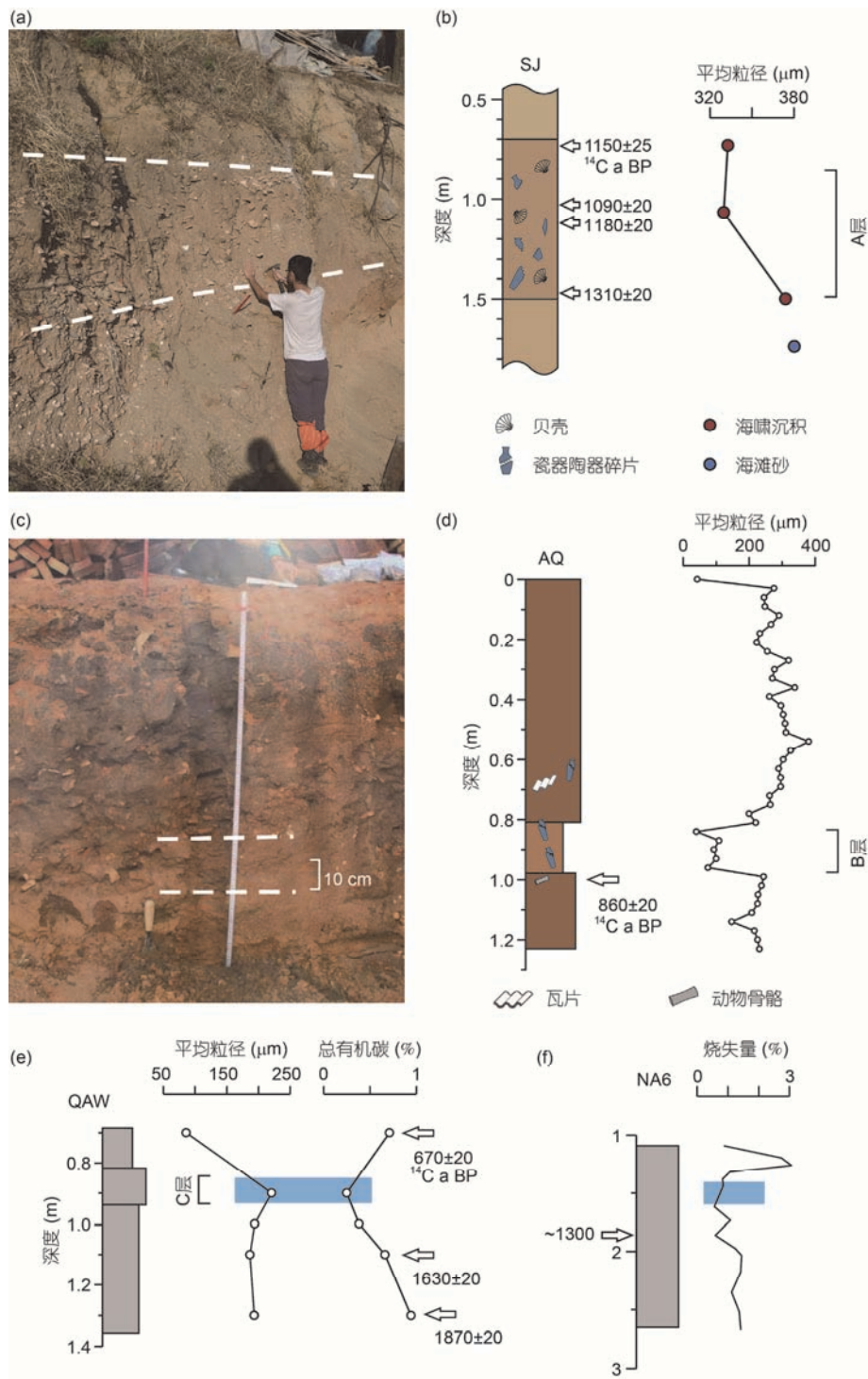


图 4 南澳岛沉积剖面照片及沉积特征. (a) 宋井剖面照片, 虚线之间的部分为海啸层A层, 含有较多贝壳及瓷片、陶片. (b) 宋井剖面年代及沉积物粒径变化. (c) 澳前村剖面照片, 虚线内部分为B层. (d) 澳前村剖面年代及沉积物粒径变化. (e) 青澳湾剖面年代与沉积特征变化. (f) NA6剖面年代及沉积物烧失量变化, 数据根据文献[21]整理. 蓝色阴影表示受海啸影响的层位

Figure 4 (Color online) The sedimentary profiles and their characteristics of the study area. (a) Songjing sedimentary profile. The section between the white dashed lines is layer A, which contains marine shells and shards of ceramics. (b) The ^{14}C ages and mean grain sizes of the Songjing samples. (c) Aoqiancun sedimentary profile. The section between the white dashed lines is layer B. (d) The ^{14}C ages and mean grain sizes of the Aoqiancun samples. (e) The ^{14}C ages and TOC of the Qingaowan samples. (f) The ^{14}C ages and LOI of the NA6 samples. Data of NA6 are from Ref. [21]. The blue shaded area represents the tsunami influence layer

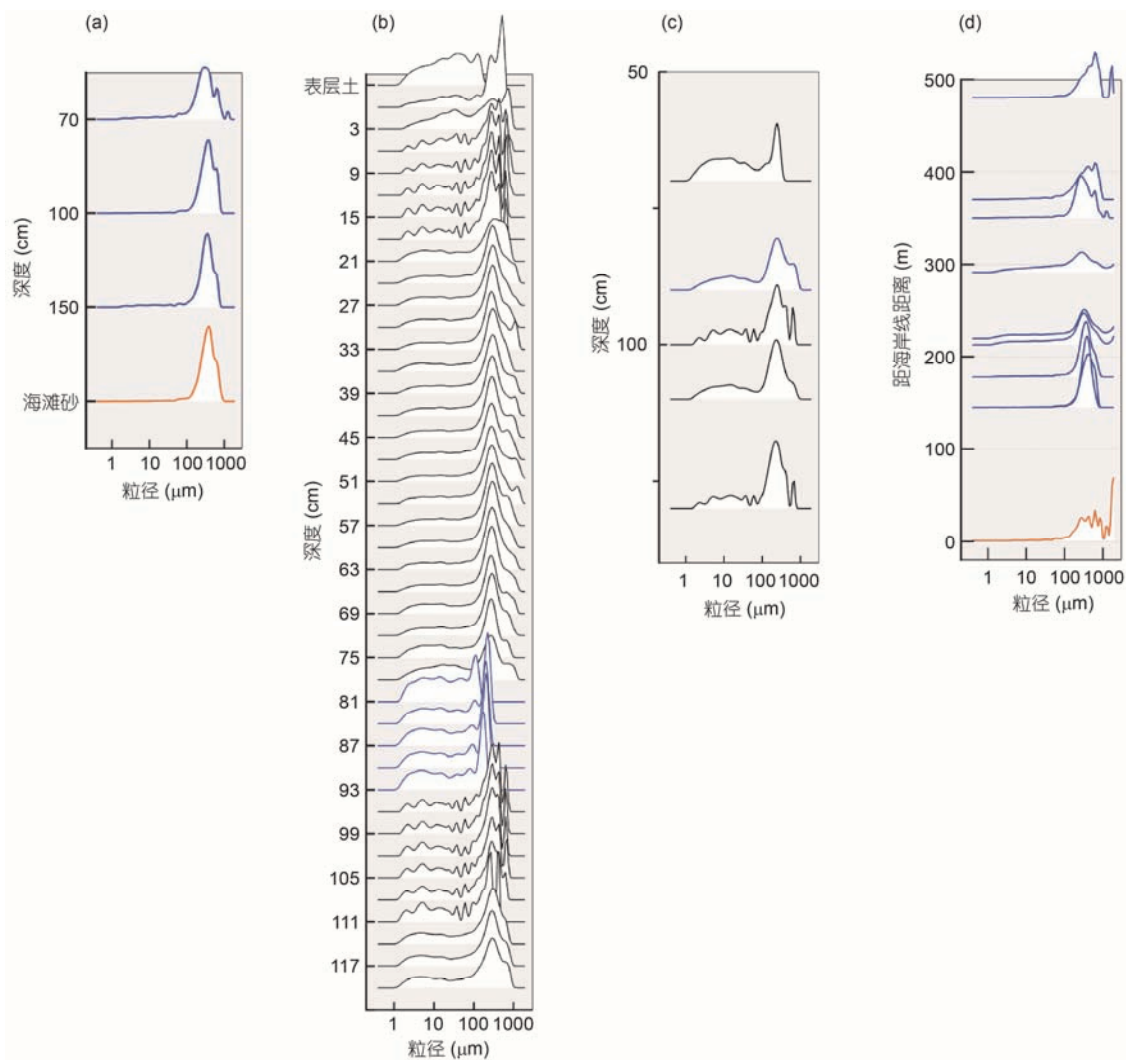


图5 南澳沉积剖面样品的粒径频率分布曲线,蓝色曲线表示海啸沉积,黄色曲线表示现代海滩砂。(a) 宋井剖面; (b) 澳前村剖面; (c) 青澳湾剖面; (d) 九溪澳沙层, 纵坐标代表距海岸线距离

Figure 5 The grain size distribution curves of the sedimentary samples. The blue curves represent the tsunami layer samples and the yellow ones represent beach sands. (a) Songjing profile. (b) Aoqiancun profile. (c) Qingaowan profile. (d) Jiuxi'ao sand layer. The vertical axis of (d) corresponds to the distance to the coastline of Jiuxi'ao

砂之外, 还含有细颗粒的粉砂、黏土成分(图5(b)), 其色度因此较深。

青澳湾剖面所在的平原地势平坦, 在海岸线处有一道沙坝, 其对海啸的阻挡作用比较弱。海啸越过沙坝后进入相对平坦且低矮的地形。与澳前村相比, 青澳湾平缓的地形对海啸的阻挡作用明显较小, 因此在此处形成的海啸沉积颗粒依然较粗, 且在粒径分布上保留了沉积物来源——即海滩沙的粒级形态。沙坝的阻挡可能是贝壳等更大尺寸沉积物未能出现在沉积层中的原因。

海岸带砾石沉积也是指示海啸袭击的指标^[4]。

Nandasena等人^[33]对2011年日本海啸搬运的巨砾沉积做了细致的研究, 揭示了海啸对海岸带巨砾分布的影响。Araoka等人^[34]则通过大型珊瑚砾石的沉积特征重建了日本琉球地区的海啸历史序列。在宋井西北方向几乎垂直的海岸悬崖边存在长径接近10 m的巨砾, 其重量可能超过10吨, 这些巨石应该是从悬崖上跌落的倒石堆在海边被海水磨蚀后, 再被海啸的巨大动能推送到悬崖边的(图6(i))。大型砾石被海啸搬运至海岸的证据在多个地区被发现。日本琉球群岛南部的6个岛屿分布有上百块直径在1 m以上的珊瑚砾石, 其年代分布包括了过去的两千多年, 其中最大



图6 (网络版彩色)九溪澳沙层、砾石及宋井海岸巨砾. (a) 九溪澳沙层及沙层以下的红色土壤. (b) 九溪澳海湾平原内测山脚下的砾石. (c) 宋井北侧海岸边的巨砾

Figure 6 (Color online) Sand layer and boulders of Jiuxi'ao and the giant costal boulders of Songjing. (a) Jiuxi'ao sand layer and the brown-colored soil layer beneath the sand. (b) Boulders distributed along the hill root of Jiuxi'ao. (c) The giant boulders northwest of Songjing profile

的一块体积约为 $9\text{ m}\times 7\text{ m}\times 4\text{ m}$, 为1771年日本Meiwa海啸搬运至岸上^[33]. 目前已知的最大的海啸石位于太平洋西南部汤加群岛西南海岸, 其体积为 $15\text{ m}\times 11\text{ m}\times 9\text{ m}$, 距海岸线130 m, 所处海拔高度为9.4 m asl, 它是被距今13~12万年的海啸冲至岸上^[35]. 宋井的海啸砾石虽然在质量和体积上与上述地区的海啸石相差较多, 但其规模远非风暴潮所能搬运. 在九溪澳平原最内侧与山地断崖交汇处散乱排列着磨圆较好的砾石. 它们可能是被海啸远距离搬运到山边断崖处滞留下来. 虽然无法确定这些砾石被搬运的时代, 但由于它们同样位于南澳岛东南端, 与海啸沉积层距离相近, 因此它们很有可能是被海啸从附近的海底搬运过来的. 这些砾石组成复杂, 并不与本地的岩石一致, 既有原地的安山岩, 也有其他各种不同成因的花岗岩、闪长岩、沉积岩和片麻岩等变质岩类岩石. 九溪澳是一个非常小的海湾平原, 三面环山, 只有东侧临海, 因此这些砾石不会是邻近陆地区域的来源. 而且它们具有较好的磨圆度, 与附近山上的砾石差异明显, 表明了其来源于较宽广的海域, 显示了海啸的搬运作用. 其来源很可能是九溪澳海岸带或近海的物质.

3.2 剖面中的宋代文化遗存

宋井与澳前村剖面中散乱分布着宋代瓷器、陶器、房屋砖瓦和石臼等文化遗迹(图7). 他们的破坏程度都比较严重, 陶瓷器等易碎的物品均是以碎片的形式夹杂在海啸沉积层中, 砖瓦、石臼等质量更重、更坚固的物品也是以破碎残体的形式被发掘, 发生强烈撞击的痕迹明显, 各类遗迹均不存在完整的个体. 我们在南澳博物馆调研时发现馆中陈列了一只

完整的唐代瓷碗, 这说明在南澳岛上即使是更古老的文化遗迹也有可能完整地保存下来. 剖面中破碎的文化遗迹表明当时发生了强烈的灾难事件, 各类物品遭到破坏, 随海砂一起被埋到了剖面中. 标志着海啸造成的灾难性后果.

印度洋海啸、日本海啸等现代事件已经展示了海啸对海岸带极强的破坏作用, 而在世界其他地区也找到了海啸与人类活动遗迹的关联. 以色列凯撒里亚(Caesarea)港口被毁于公元115年, 对海底沉积的分析认为海啸袭击了该港口、冲毁了外围堤坝, 港口被弃用^[36]. 在希腊、意大利、西班牙等地中海沿岸国家的某些旧港口遗址中也发现了海啸袭击的证据, 证明这些港口的废弃与海啸有关. 南澳岛的各类文化遗存也证明当时岛上的文化受到了海啸的冲击, 同时受海啸破坏的文物种类及数量较多, 沉积剖面中挖出的破碎瓷器造型精美、用途各异, 据专家鉴定, 有的可能还是官窑产品, 证明海啸之前岛上文明相对繁盛、发展程度较高的状况.

对南澳岛文物、古建筑等遗迹的时代进行统计发现这次海啸对南澳文明的发展产生了阻碍作用(图8). 根据对现存的文物遗迹的整理统计发现, 岛上的文化遗迹自唐代起逐渐出现, 而以文献记载的“海啸”发生时间, 即公元1076年为起点, 直到正式建镇的1575年, 可以发现在这500年中南澳岛文物、古建筑等遗迹数量不但未出现增加的趋势, 反而显著减少, 直至明代后期设镇之后才大量增加. 宋代是经济文化繁荣的朝代, 而且受北方辽、金等少数民族的压力, 宋朝国家的重心与前朝唐代及之后的元明清等相比更加偏向南方, 南澳岛又是海上丝路航线上的港口, 其经济文化也应该同样繁盛, 反映在文化遗迹上应

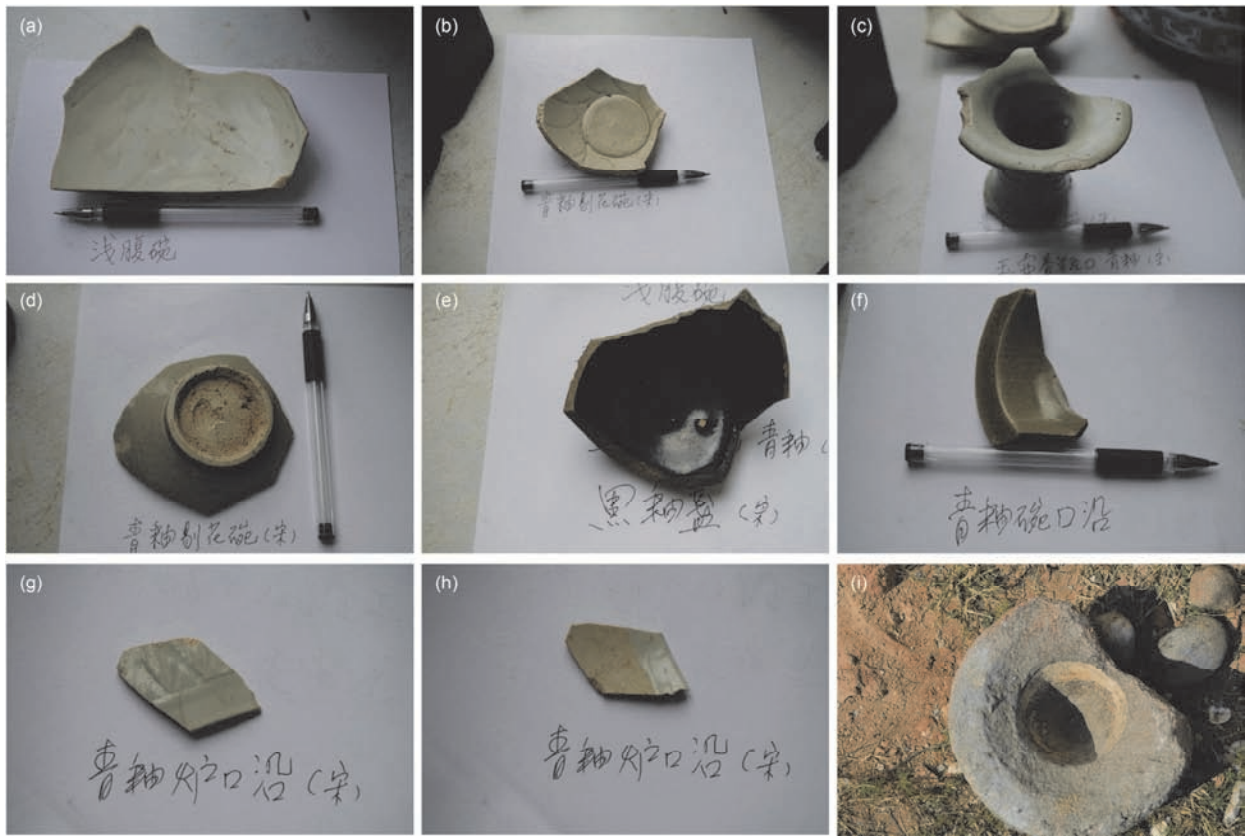


图7 (网络版彩色)宋井剖面及附近海岸发现的宋代陶瓷器碎片(a-h)和宋代石臼(i)

Figure 7 (Color online) The Song dynasty ceramics (a-h) and a stone mortar (i) of Song dynasty distributed along the sampling site of Songjing profile

有更多的文物、古建筑等遗迹出现。而海啸之后文物数量突然减少说明这次灾难对岛上的文化产生了破坏性影响。南澳岛西北端的两块摩崖石刻记载了公元1113年过往商船给岛上捐钱挖井的历史^[8]，这一记载可能暗示了当时南澳岛经济衰落、水井等设施溃败的状况。历史文献中对这一时期没有战争的记载^[8,9]，因此海啸破坏是对这种文化衰退最合理的解释。从1076~1575年南澳建镇，是南澳文化衰败的时期，可能是海啸影响的结果。

关于海啸引起海岸带文化的衰退已有少量报道。公元前2000年古希腊克里特岛被海啸袭击，海岸沉积中发现了陶碗碎片，岛上弥诺斯人(Minoans)的生活及军事设施被破坏，这次海啸虽然没有完全毁灭弥诺斯人的文明，但却令其逐渐走向终结^[37]。公元前900~850年秘鲁Chavín地区沿海旧城的遗弃、更高海拔处新城开始建立的时间与袭击当地的海啸的时间非常接近，海啸可能是促成这次文明迁移的原因^[38]。阿拉斯加南部海岸的Kachemak文化在距今约

1600年的终结与当时袭击海岸带的海啸在时间上接近，表明二者存在关联^[39]。除了以上案例，南澳在海啸之后的文化衰退也再一次显示了海啸对海岸带文化强烈的破坏作用。

3.3 海啸发生的时代

各剖面定年样品的¹⁴C年龄列于表1。宋井剖面定年样品的2σ校正年代范围为公元660~1011年，澳前村样品的范围为公元1058~1224年。贝壳的年代相对偏老，若不考虑贝壳只考虑两块陆地动物残骨和宋瓷残片内壁附着沉积物的年龄，则这三者的平均¹⁴C校正年代为公元1012年，若仅考虑两块骨骼的年龄，则平均年代为公元1072年。这两个时间与西沙东岛海啸沉积层的年代(公元1017~1034年)接近。同时考虑到沉积层中大量出现的陶瓷器碎片为宋代遗迹，可以确定来自陆地的骨骼与沉积物样品的年代更加可靠。与植物残体、动物骨骼等陆源样品相比，贝壳等海洋来源样品的¹⁴C年龄不确定性较大，样品中碳

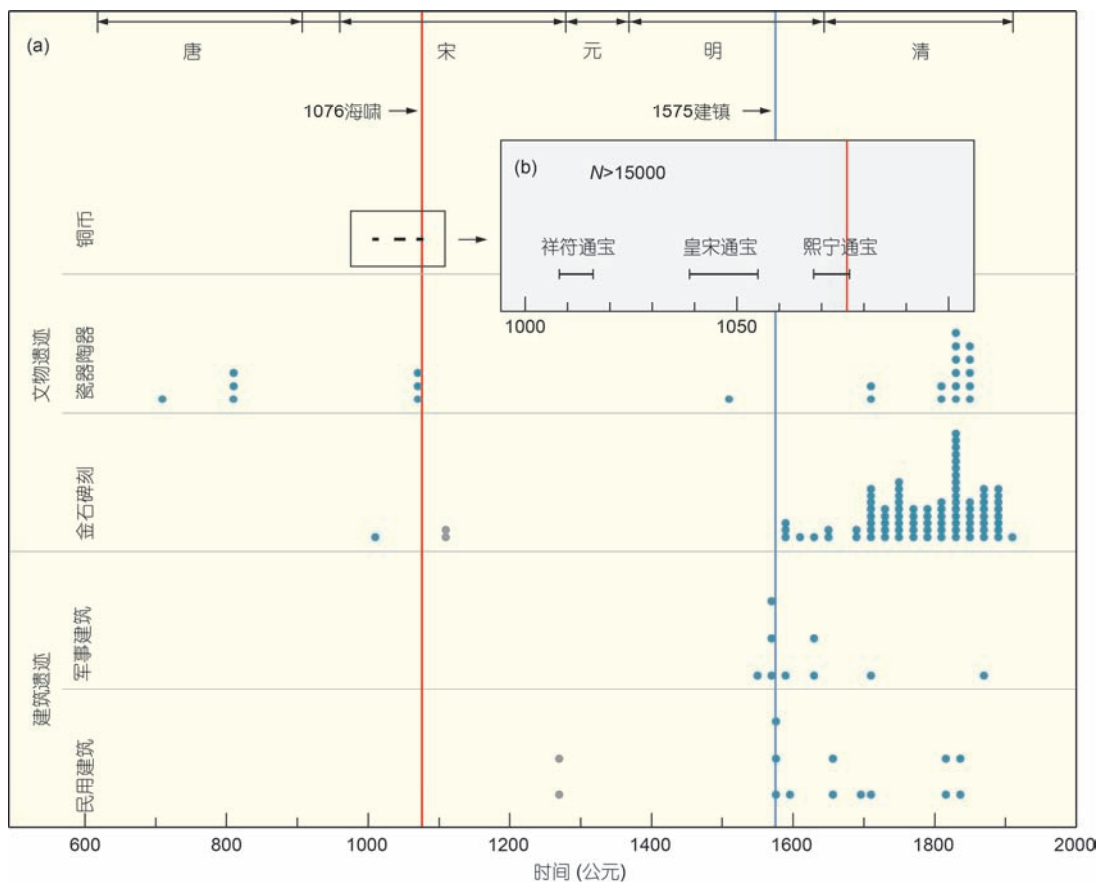


图 8 (网络版彩色)南澳岛文物年代统计分布. (a) 岛上已出土的文物以及现存的建筑、石刻遗迹, 文物中累积年代数据根据文献[8,9]统计整理. (b) 南澳I号古沉船携带的铜币的种类及其年代
Figure 8 (Color online) Ages of the archaeological relics of Nan'ao. (a) Archaeological relics and ancient construction sites. Data are from Refs. [8,9]. (b) The coins of the shipwreck, Nan'ao One, and their ages

的来源比陆地样品复杂可能是主要的原因, 而对于南澳岛海岸带的样品海啸波强大的冲击力将海底更老的贝壳带上海岸也可能是造成其年龄偏老的原因. 受海啸冲击而分布在西沙东岛的砾石和珊瑚的年代分布也表现出偏老的趋势, 最年轻的砾石年代约为公元690年, 珊瑚为公元720年, 比海啸的时间早300多年^[3]. 在其他地区(如美国墨西哥湾、阿拉伯半岛阿曼等地)的海岸带考古遗址沉积序列中同一层位不同类型样品的¹⁴C年龄也存在贝壳等海洋样品比陆地样品偏老的规律^[40,41]. Suzuki等人^[42]对分布于日本琉球群岛的被公元1771年Meiwa海啸冲到海岸的巨型珊瑚砾石的¹⁴C年代研究也证明被海啸冲上岸的贝壳和珊瑚有较宽的年代分布范围, 他们测定的13个珊瑚的校正年代中值的范围为公元1405~1858年, 与公元1771年这一确定的年代相差较大. Wilmshurst等人^[43]的研究显示短寿命的植物残体样品比包括海洋贝壳

在内的其他类型的样品可提供更可靠的¹⁴C年龄, 西沙东岛海啸层8个植物颖果样品非常集中的¹⁴C年龄中值(公元1017~1034年)印证了这一规律. 因此, 我们仅把贝壳的年龄作为参考, 将动物残骨的年代用于确定海啸时间的主要依据.

历史文献中记录了宋代潮州府遭受疑似海啸袭击的历史, 受灾区域为海阳、潮阳两县, 时间为公元1076年11月^[1]. 这一事件处于澳前村定年结果范围内, 且南澳在当时属于海阳县, 位于这一事件的影响范围内. 尽管仅从文献描述中无法确认这次事件是海啸、风暴潮还是其他海岸带灾害. 但是结合本文的研究, 可以推断这次事件就是几个剖面中记录到的海啸灾难. 此外, 如果灾难的发生时间是11月, 并且没有暴风雨的记载, 那么也再次排除了风暴潮的可能. 根据现代观测资料^[15], 广东省在1949~2008年发生的风暴潮中超警戒潮位达到I级(超警戒潮位值 ≥

151 cm, 最强等级)与II级(超警戒潮位值81~150 cm, 次最强等级)的时间均发生在7~9月3个月份, 且频次逐步降低(图3(b)). 11月仅有频次很低的III级、IV级超警戒风暴潮发生, 二者的超警戒潮位值<0.8 m, 这类低强度的风暴潮显然不会形成在沉积剖面中观测到的分布范围广、厚度达0.7 m的事件沉积, 也不会将质量很大的砾石、石臼搬运至剖面附近^[33].

因此, 结合定年样品的¹⁴C年龄、沉积层中的宋代陶瓷器碎片以及历史文献中记载的可能为海啸的事件, 我们推断南澳遭受海啸袭击的时间应为公元1076年, 处于北宋后期. 沉积剖面中的宋瓷正是指示这一时代的文化遗迹. 西沙群岛海啸沉积层的年代上下界限分别为公元1017±30年、1034±30年^[3], 考虑定年误差这一范围与南澳受海啸袭击的时间基本一致. 模拟结果也表明起源于马尼拉海沟的海啸能够同时袭击这些区域(图2). 所以可以判断西沙群岛与南澳岛的海啸应为同一事件.

3.4 明代沉船中的宋代钱币之谜

南澳I号是沉没于宋井南边约2 km海域处的商船, 其沉没时代为明万历时期(公元1573~1620年)^[10,11]. 沉船中出土了大量的瓷器、陶器及铜器等文物, 同时还发现了15000多枚宋代铜币, 钱文为“祥符通宝”、“皇宋通宝”、“熙宁通宝”等北宋年号^[44](图8(b)). 宋代钱币为何会出现在明代商船中, 对这一问题目前仍缺乏明确的认识, 学者们对此提出了两种解释. 一种解释认为这些钱币作为流通的货币而出口. 南澳I号可能的航线有3条, 第一条向东航行驶向日本, 第二条向南到达菲律宾, 第三条向西沿海岸航行经越南、新加坡等地驶向印度尼西亚^[45]. 明代时铜钱在日本、东南亚、朝鲜等国可以作为硬通货来使用, 相当于当代的美元, 把铜钱运往海外的贸易在当时非常繁荣. 在韩国附近海域发掘的中国元代商船中也发现了唐代之后的铜钱. 因此这些宋币同船上的瓷器作为商品一起运往目的地进行贸易^[44]. 另一种观点认为这些铜币作为铜原料被运往国外. 铜原料在明代中后期是主要的出口商品之一, 晚明时期的海外各国, 不仅需要中国的瓷器, 也需要中国的铜料、铜钱. 这些铜钱是南澳I号运往海外的铜料, 运至目的地后作为原料再进行加工^[46].

上述解释虽然考虑了沉船时期的历史背景、南澳I号的运载物品及航线特征, 但并未考虑沉船地点——

即南澳岛的影响, 也无法解释为何只有宋代部分时期的钱币, 而没有整个宋代及元明代的钱币. 结合南澳岛的海啸灾害及历史状况, 我们对这一明船宋币之谜提出一种解释, 即南澳I号商船携带宋代钱币的原因与海啸有关. 祥符通宝、皇宋通宝、熙宁通宝3种钱币的铸造时间为公元1008~1016年、1039~1053年、1068~1077年, 恰好处于海啸发生前的69年(图8(b)). 海啸之后, 南澳遭受重创, 与文化衰落相似, 岛上经济活动也陷入衰落, 缺少海啸之后时代的钱币就是这种趋势的表现. 南澳I号沿东南沿海南下航行途经南澳岛时作停靠, 获取了海啸后岛上遗存的钱币, 由于海啸之后岛上的经济文化等人类活动衰退, 因此其携带的钱币仅限于海啸之前的一段时期. 值得关注的是在20世纪80年代南澳岛云澳镇的宅基地中出土了3276枚宋代铜币、1枚汉代五铢币、15枚唐币、1枚明币(天启通宝)、31枚清币及1枚民国铜币^[9], 这表明岛上确实有大量的宋币遗存, 可惜未见宋币钱文与时代的研究, 但可以推测这些钱币也属于海啸之前的时代.

4 南澳海啸灾难的启示

虽然在南海西沙群岛的研究已经证明了南海发生过海啸, 数值模拟的结果也显示起源于马尼拉海沟的海啸有冲击南海沿岸的可能, 但过去一直缺少古海啸袭击该区域的证据. 南澳海啸沉积的发现除了证明本地受到过海啸袭击、影响到了岛上的文化之外, 更重要的意义在于确认了南海沿岸确实受到了海啸袭击, 在部分地区的影响可能是灾难性的. Rogozhin在越南南部沿海找到了可能由海啸形成的沉积物, 其年代范围约为公元890~1070年^[5]. 虽然不能确定这些沉积是否与南澳是同一次事件的产物, 但从西沙群岛和南澳的沉积来看, 这次事件的影响范围至少波及了南海的北部. 海啸灾难应作为南海沿岸地区公共安全和生态安全评估的重要因素在未来海岸带的规划和决策中给予考虑.

5 结论

南澳岛东南海岸的沉积剖面记录了公元1076年的一次海啸灾难. 沉积层中除了含有典型的海滩沙、贝壳等海岸带及浅海沉积外, 还散乱混杂着宋代陶瓷器碎片. 结合对岛上文物记录的分析, 发现这次海啸给南澳的文化造成了灾难性冲击. 这一事件证明

中国南海沿岸曾遭受过海啸袭击, 对于沿海地区港口、核电站、石油储备基地等设施的建设需要重新认识, 并预警和评估海啸冲击可能带来的风险. 同时, 南澳岛也是自然灾害与文化破坏相互作用的自然历史文化遗迹, 这或许可以进一步发展为地质文化公园, 成为古海啸科普教育与旅游基地.

致谢 感谢中国科学技术大学人文学院张居中教授、中国古陶瓷学会副会长李广宁研究员协助了瓷器、陶器残片的鉴定, 感谢南澳县博物馆黄迎涛馆长带领我们参观博物馆馆藏文物, 提供南澳岛金石文物资料.

参考文献

- 1 Mak S, Chan L S. Historical tsunamis in South China. *Nat Hazards*, 2007, 43: 147–164
- 2 Lau A Y A, Switzer A D, Dominey-Howes D, et al. Written records of historical tsunamis in the northeastern South China Sea—Challenges associated with developing a new integrated database. *Nat Hazards Earth Syst Sci*, 2010, 10: 1793–1806
- 3 Sun L G, Zhou X, Huang W, et al. Preliminary evidence for a 1000-year-old tsunami in the South China Sea. *Sci Rep*, 2013, 3: 1655
- 4 Dewey J F, Ryan P D. Storm, rogue wave, or tsunami origin for megaclast deposits in western Ireland and North Island, New Zealand? *Proc Natl Acad Sci USA*, 2017, 114: E10639–E10647
- 5 Rogozhin E A. Traces of ancient tsunamis in the coastal parts of the South China Sea. *Izv-Atmospheric Ocean Phys*, 2016, 52: 683–696
- 6 Yu K F, Zhao J X, Shi Q, et al. Reconstruction of storm/tsunami records over the last 4000 years using transported coral blocks and lagoon sediments in the southern South China Sea. *Quat Int*, 2009, 195: 128–137
- 7 Yang W Q, Zhou X, Xiang R, et al. Palaeotsunami in the East China Sea for the past two millennia: A perspective from the sedimentary characteristics of mud deposit on the continental shelf. *Quat Int*, 2017, 452: 54–64
- 8 Huang Y T. The Epigraphic Collection of Nan'ao (in Chinese). Guangzhou: Guangdong Map Press, 2008 [黄迎涛. 南澳县金石考略. 广州: 广东省地图出版社, 2008]
- 9 Wu Z C, Ke S L. Documents of Historical Relics of Nan'ao County (in Chinese). Hong Kong: Tianma Press, 2004 [吴占才, 柯世伦. 南澳县文物志(增修本). 香港: 天马出版社, 2004]
- 10 Guangdong Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, National Center of Underwater Cultural Heritage, Guangdong Museum. The Ming dynasty shipwreck 'Nan'ao One' from Shantou City, Guangdong (in Chinese). *Archaeol*, 2011, 7: 39–46 [广东省文物考古研究所, 国家水下文化遗产保护中心, 广东省博物馆. 广东汕头市“南澳 I 号”明代沉船. *考古*, 2011, 7: 39–46]
- 11 Guangdong Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology. 2007 Survey and Excavation of the Ship Nan'ao No. 1 of the Ming Dynasty (in Chinese). *Cult Relics*, 2011, 5: 25–47 [广东省文物考古研究所. 南澳 I 号明代沉船 2007 年调查与试掘. *文物*, 2011, 5: 25–47]
- 12 Liu P L F, Woo S B, Cho Y S. Computer programs for tsunami propagation and inundation. Technical Report of Cornell University, 1998
- 13 Liu P L F, Wang X, Salisbury A J. Tsunami hazard and early warning system in South China Sea. *J Asian Earth Sci*, 2009, 36: 2–12
- 14 Zong Y Q. Mid-Holocene sea-level highstand along the Southeast Coast of China. *Quat Int*, 2004, 117: 55–67
- 15 Dong J X, Li T, Hou J M, et al. The characteristics of temporal and spatial distribution of storm surge in Guangdong Province and storm surge hazard study at Yangjiang City (in Chinese). *Acta Oceanol Sin*, 2014, 36: 83–93 [董剑希, 李涛, 侯京明, 等. 广东省风暴潮时空分布特征及重点城市风暴潮风险研究. *海洋学报*, 2014, 36: 83–93]
- 16 Goff J, Chagué-Goff C, Nichol S, et al. Progress in palaeotsunami research. *Sediment Geol*, 2012, 243–244: 70–88
- 17 Dawson A G, Stewart I. Tsunami deposits in the geological record. *Sediment Geol*, 2007, 200: 166–183
- 18 Fujino S, Naruse H, Matsumoto D, et al. Detailed measurements of thickness and grain size of a widespread onshore tsunami deposit in Phang-nga Province, southwestern Thailand. *Isl Arc*, 2010, 19: 389–398
- 19 Cheng W, Weiss R. On sediment extent and runup of tsunami waves. *Earth Planet Sci Lett*, 2013, 362: 305–309
- 20 Reimer P J, Bard E, Bayliss A, et al. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50000 years cal BP. *Radiocarbon*, 2013, 55: 1869–1887
- 21 Yang B J, Yu F L, Zheng Z, et al. Changes in holocene depositional environment of Qing'ao embayment on Nan'ao island inferred from sediment grain-size and loss-on-ignition (in Chinese). *Mar Geol Quat Geol*, 2015, 35: 41–51 [杨冰洁, 余凤玲, 郑卓, 等. 南澳岛青澳湾沉积物粒度与烧失量指示的全新世沉积环境变化. *海洋地质与第四纪地质*, 2015, 35: 41–51]
- 22 Goto K, Takahashi J, Fujino S. Variations in the 2004 Indian Ocean tsunami deposits thickness and their preservation potential, southwestern Thailand. *Earth Planets Space*, 2012, 64: 923–930
- 23 Goto K, Hashimoto K, Sugawara D, et al. Spatial thickness variability of the 2011 Tohoku-Oki tsunami deposits along the coastline of

- Sendai Bay. *Mar Geol*, 2014, 358: 38–48
- 24 Morton R A, Gelfenbaum G, Jaffe B E. Physical criteria for distinguishing sandy tsunami and storm deposits using modern examples. *Sediment Geol*, 2007, 200: 184–207
- 25 Goff J, McFadgen B G, Chagué-Goff C. Sedimentary differences between the 2002 Easter storm and the 15th-century Okoropunga tsunami, southeastern North Island, New Zealand. *Mar Geol*, 2004, 204: 235–250
- 26 Mori N, Takahashi T, Yasuda T, et al. Survey of 2011 Tohoku earthquake tsunami inundation and run-up. *Geophys Res Lett*, 2011, 38: L00G14
- 27 Seike K, Kobayashi G, Kogure K. Post-depositional alteration of shallow-marine tsunami-induced sand layers: A comparison of recent and ancient tsunami deposits, Onagawa Bay, northeastern Japan. *Isl Arc*, 2017, 26: e12174
- 28 Goto K, Sugawara D, Abe T, et al. Liquefaction as an important source of the A.D. 2011 Tohoku-Oki tsunami deposits at Sendai Plain, Japan. *Geology*, 2012, 40: 887–890
- 29 Rubin C M, Horton B P, Sieh K, et al. Highly variable recurrence of tsunamis in the 7400 years before the 2004 Indian Ocean tsunami. *Nat Commun*, 2017, 8: 16091
- 30 Chagué-Goff C, Schneider J L, Goff J R, et al. Expanding the proxy toolkit to help identify past events—Lessons from the 2004 Indian Ocean Tsunami and the 2009 South Pacific Tsunami. *Earth-Sci Rev*, 2011, 107: 107–122
- 31 Moore A L. Landward fining in onshore gravel as evidence for a late Pleistocene tsunami on Molokai, Hawaii. *Geology*, 2000, 28: 247–250
- 32 Costa P J M, Andrade C, Cascalho J, et al. Onshore tsunami sediment transport mechanisms inferred from heavy mineral assemblages. *Holocene*, 2015, 25: 795–809
- 33 Nandasena N A K, Tanaka N, Sasaki Y, et al. Boulder transport by the 2011 Great East Japan tsunami: Comprehensive field observations and whither model predictions? *Mar Geol*, 2013, 346: 292–309
- 34 Araoka D, Yokoyama Y, Suzuki A, et al. Tsunami recurrence revealed by Porites coral boulders in the southern Ryukyu Islands, Japan. *Geology*, 2013, 41: 919–922
- 35 Frohlich C, Hornbach M J, Taylor F W, et al. Huge erratic boulders in Tonga deposited by a prehistoric tsunami. *Geology*, 2009, 37: 131–134
- 36 Reinhardt E G, Goodman B N, Boyce J I, et al. The tsunami of 13 December A.D. 115 and the destruction of Herod the Great's harbor at Caesarea Maritima, Israel. *Geology*, 2006, 34: 1061–1064
- 37 Bruins H J, MacGillivray J A, Synolakis C E, et al. Geoarchaeological tsunami deposits at Palaikastro (Crete) and the Late Minoan IA eruption of Santorini. *J Archaeol Sci*, 2008, 35: 191–212
- 38 Bird R M. A postulated tsunami and its effects on cultural development in the peruvian early horizon. *Am Antiq*, 1987, 52: 285–303
- 39 Begét J, Gardner C, Davis K. Volcanic tsunamis and prehistoric cultural transitions in Cook Inlet, Alaska. *J Volcanol Geotherm Res*, 2008, 176: 377–386
- 40 Cherkinsky A, Pluckhahn T J, Thompson V D. Variation in radiocarbon age determinations from the crystal river archaeological site, Florida. *Radiocarbon*, 2014, 56: 801–810
- 41 Zazzo A, Munoz O, Saliège J F, et al. Variability in the marine radiocarbon reservoir effect in Muscat (Sultanate of Oman) during the 4th millennium BC: Reflection of taphonomy or environment? *J Archaeol Sci*, 2012, 39: 2559–2567
- 42 Suzuki A, Yokoyama Y, Kan H, et al. Identification of 1771 Meiwa Tsunami deposits using a combination of radiocarbon dating and oxygen isotope microprofiling of emerged massive Porites boulders. *Quat Geochronol*, 2008, 3: 226–234
- 43 Wilmshurst J M, Hunt T L, Lipo C P, et al. High-precision radiocarbon dating shows recent and rapid initial human colonization of East Polynesia. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2011, 108: 1815–1820
- 44 Guo X L. The date, traveling route and nature of the Nan'ao No.1 shipwreck (in Chinese). *Archaeol Cult Relics*, 2016, 6: 118–132 [郭学雷. “南澳 I 号”沉船的年代、航路及性质. *考古与文物*, 2016: 118–132]
- 45 Zhu J, Ma H, Li N, et al. The provenance of export porcelain from the Nan'ao One shipwreck in the South China Sea. *Antiquity*, 2016, 90: 798–808
- 46 Cui Y. Five mysteries of Nan'ao One (in Chinese). *China Ship Surv*, 2010, 6: 58–61 [崔燕. “南澳 I 号”五大谜团. *中国船检*, 2010, 6: 58–61]

Summary for “南澳宋城: 被海啸毁灭的古文明遗址”

Nan’ao, an archaeological site of Song dynasty destroyed by tsunami

Wenqing Yang^{1†}, Liguang Sun^{1*†}, Zhongkang Yang¹, Shu Gao², Yuesong Gao¹, Da Shao¹, Yanjun Mei^{1,2}, Jingjing Zang¹, Yuhong Wang¹ & Zhouqing Xie^{1*}

¹Anhui Province Key Laboratory of Polar Environment and Global Change, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

²State Key Laboratory for Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

† Equally contributed to this work

* Corresponding authors, E-mail: slg@ustc.edu.cn; zqxie@ustc.edu.cn

It has remained unknown whether the coastline of mainland China was ever hit by tsunamis due to the lack of geological investigations and reliable historical records. In 2013, we found sedimentary and biological evidences on Dongdao Island of Xisha Archipelago, indicating that a tsunami occurred in the South China Sea and struck the island about a thousand years ago. Results of tsunami modelling suggest that the possible trigger of the tsunami is an earthquake in the Manila Trench, and that the coastlines of Guangdong, Hainan Provinces of China and those of Thailand are under the impact of the tsunami. In this study, a geological investigation was conducted on Nan’ao Island of Guangdong Province to study the influence of the South China Sea tsunami. Tsunami deposits were identified in the coastal sedimentary profiles, and the radiocarbon ages of the samples are about 1000 a BP, identical to the age of the tsunami hitting Dongdao Island. The deposit layer contains small marine shells. The sedimentary samples have the same grain size distributions with the coastal sands, suggesting that the deposits have a coastal or nearshore sand origin. The sea level of the study area for the past 1500 years was 0.5 m lower than the present level; therefore the deposit layers was not sandy deposits formed by high sea level. There are no large rivers on the island, so the deposits were not formed by river, either. The absence of planar stratification and numerous individual laminations, typical textures of sandy storm deposits, excludes the influence of storm deposits. The single-layer, homogeneous and structureless textures presented by the deposit layers are indicative of rapid deposition. Giant boulders, typically requiring strong waves to transport, were distributed near the sampling sites. All these evidences strongly support that the southeastern coast of the island was struck by the paleotsunami. The calendar age of a bone sample collected from the event layer is 1090 ± 20 AD (^{14}C age: 860 ± 20 a BP). The dating results of the tsunami deposits of Xisha Archipelago ranges from 1017 to 1034 AD. Besides, the coastal regions of Chaozhou were struck by destructive sea wave in 1076 AD as recorded by historical archive. Taking all the chronological data into account, we conclude that the time of South China Sea tsunami is 1076 AD. The deposit layer also contains shards of ceramics, which were identified as Song dynasty ceramics. Ceramics remains produced before and after the Song dynasty were absent in the deposits. We analyzed the temporal distribution of the cultural relics of Nan’ao Island and found that the amount of the relics significantly decreased after the tsunami and remained low until the late Ming dynasty. Beside, more than 15000 ancient coins were retrieved in Nan’ao One, a shipwreck 2 km south off Nan’ao Island, and the characters on the coins indicated that they belonged to the 69-a period before the tsunami. These cultural evidences indicate a drastic cultural decline caused by the tsunami. This study confirms the risk of tsunamis in the South China Sea. Such risk should be considered in future planning and construction of nuclear power plant, harbor and petroleum reserve structure in the coastlines of China. This study also shows the cultural consequence of the tsunami and suggests archaeological excavation of the Song-dynasty relics of Nan’ao.

paleotsunami, Nan’ao Island of Guangdong, South China Sea, cultural relic, Song dynasty ceramics

doi: 10.1360/N972018-00740