

广西北海涠洲岛第四纪湖光岩组的风暴岩

杜远生

中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

摘要: 广西北海涠洲岛第四纪湖光岩组以碎屑岩为主, 内发育渠筑型、丘状或洼状交错层理、平行层理等典型的风暴沉积构造。湖光岩组的风暴岩包括3种岩相类型: A. 底部具渠筑型、内部具块状层理或递变层理的砾岩、砂砾岩或含砾砂岩; B. 具丘状、洼状交错层理或平行层理的砂岩; C. 具浪成交错层理的砂岩。这些岩相组合成典型的A—B—C风暴沉积序列, 它们分别代表在风暴作用期间风暴流(A)、风暴浪(B)和正常波浪(C)的沉积。晚更新世北海涠洲岛地区位于低纬度的浅海沉积背景下, 上更新统湖光岩组以正常浪及面之上的浅海背景粗火山碎屑和砂沉积为主。湖光岩组风暴岩的发现反映该区晚更新世位于风暴作用频繁的 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的低纬度地区。风暴沉积发育于正常浪及面之上的浅海地带, 涠洲岛是一个风暴作用控制的浅海陆架。因此风暴岩对解释晚更新世北部湾的古地理和古气候具有重要意义。

关键词: 风暴岩; 第四纪; 广西。

中图分类号: P534.63

文章编号: 1000-2383(2005)01-0047-05

收稿日期: 2004-06-23

Tempestite in the Quaternary Huguangyan Formation in Weizhou Island, Beihai City, Guangxi

DU Yuan-sheng

Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: The Quaternary Huguangyan Formation in Weizhou island, Beihai City, Guangxi is mainly composed of clastic rocks with sedimentary structures developed characteristically in storm deposits, including gutter casts, hummocky or sunken cross bedding, and parallel bedding. The tempestite in the Huguangyan Formation consists of 3 types of lithofacies: A. conglomerate, sandy conglomerate and sandstone with little conglomerate with massive and graded bedding and bottom gutter casts; B. sandstone with hummocky or sunken cross bedding and parallel bedding; C. sandstone with cross-bedding. These lithofacies constitute a typical sedimentary sequence of storm deposits (A—B—C), which represent storm current (A), storm wave (B) and normal wave (C) sediment within storm event deposits. In the Late Pleistocene, Weizhou island, Beihai City was located in a lower latitude shallow marine basin. The Huguangyan Formation is mainly composed of sandstone from shallow marine background deposits, with volcanic clastics above the fair-weather wave base. The discovery of tempestite in the Huguangyan Formation reflects this region's location in a low latitude ($5^{\circ}-20^{\circ}$) zone, the tempestite formed in the shallow continental shelf controlled by storm. The discovery of the storm deposits has important significance for the interpretation of the palaeogeography and palaeoclimate of the Northern Bay in the Late Pleistocene.

Key words: tempestite; Quaternary; Guangxi.

0 引言

涠洲岛位于广西北海市南侧的北部湾中, 距北海市36海里(1海里=1852m)。涠洲岛总体形状为

一椭圆形, 南部有一海湾(南湾)凹进, 面积约 26 km^2 , 地势总体南高北低, 最高点西拱手海拔78.95m。涠洲岛地表仅发育第四纪地层(图1)。第四系上更新统湖光岩组发育典型的风暴沉积。

基金项目: 中国地质大学(武汉)留学回国人员科研启动基金项目。

作者简介: 杜远生(1958—), 男, 教授, 主要从事沉积学、地层学研究和教学工作。E-mail: dxyyz@cug.edu.cn

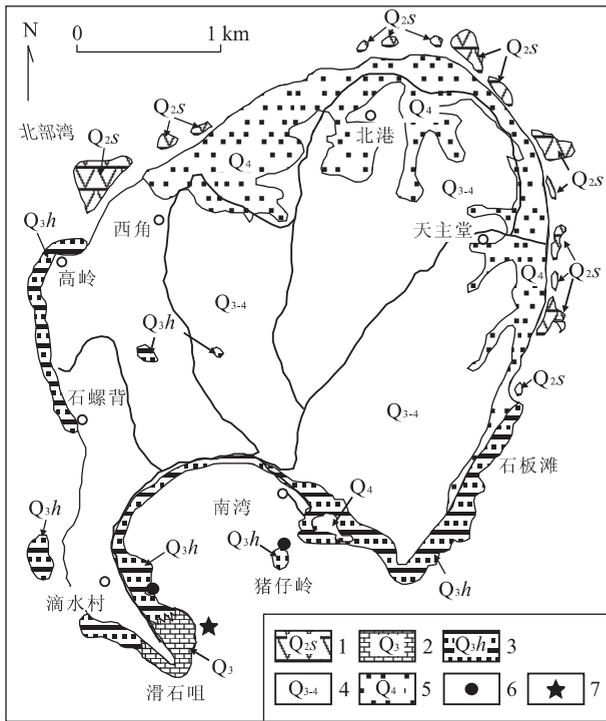


图1 广西北海涠洲岛地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of Weizhou island of Beihai City, Guangxi

1. 石峁岭组火山岩($Q_{2.5s}$); 2. 湖光岩组火山岩(Q_3); 3. 湖光岩组沉积岩(Q_{3h}); 4. 上更新—下全新统过渡层(Q_{3-4}); 5. 全新统(Q_4); 6. 震积岩出露位置; 7. 推测的火山口位置

风暴是在热带海洋上生成的强大而深厚的气旋性涡旋的统称。每当风暴来临,往往带来狂风暴雨和惊涛骇浪。它不仅具有强大的破坏力,而且具有巨大的搬动力,形成一些异常的沉积物。因此不仅气象学家关心这种灾难性的大气现象,地质学家也同样关心这种突发性的沉积事件。Kelling and Mullin (1975)首先提出风暴岩(tempestite)的概念,用以代表浅海中的风暴作用形成的风暴岩。Aigner(1979)扩充了风暴岩的意义,提出了风暴沉积(storm deposit),意指所有受风暴作用影响的沉积。在风暴作用期间,风暴形成的风暴潮比正常潮水高6 m以上,而风暴波基面可比正常波基面(20~30 m)深,最深达150~200 m。因此风暴沉积可以保存在地层记录中,反映这些曾经在地史中出现的风暴事件(Brenchley *et al.*, 1993; Savrda and Nanson, 2003)。我国对古生代—新生代以及现代风暴沉积研究较多,对第四纪风暴岩报道较少(吕炳全等, 1987),涠洲岛晚更新世风暴岩是我国第四纪风暴沉积的典型实例。

发育典型的风暴沉积的上更新统湖光岩组主要分布于涠洲岛南湾沿岸的海蚀崖、海蚀平台上。此外,石螺背和石板滩也有小面积出露(图1)。湖光岩组在南湾西南端以灰黑色橄榄玄武岩为主,周围以玄武质碎屑的沉积岩为主,玄武质沉凝灰火山角砾岩为次,中部夹玄武质火山角砾岩,局部夹集块岩。湖光岩组地层厚度为45~235 m。与下伏地层中更新统石峁岭组上段呈平行不整合接触。在南湾采石场、天主堂东海滩上见玄武质沉凝灰岩直接覆盖在石峁岭组上段玄武岩风化的红土和由褐铁矿及球状风化组成的古风化壳之上。

1 地层层位

涠洲岛的风暴事件沉积主要发育于第四系上更新统湖光岩组上部。该组主要分布于涠洲岛南部沿岸,以海蚀崖的形式出现。其中发育最好的为南湾采石场断面(图4)。通过实测确定了该剖面地层的岩性和年代特征。湖光岩组组成风暴岩的地层主要包括以下岩石类型:石英火山碎屑细砾岩、石英火山碎屑砂砾岩、石英火山碎屑含砾砂岩、石英质火山碎屑砂岩、火山碎屑石英砂岩、火山碎屑石英粉砂岩等。其碎屑组成以玄武质火山岩屑、石英及少量长石和生物碎屑组成。其成分成熟度较低,不稳定的火山碎屑组含量在40%~60%。火山碎屑既有结晶玄武岩,也有玻质玄武岩。无论是火山岩碎屑还是石英、长石及生物碎屑,其分选中等;圆度以次圆形、次棱角形为多。岩石多为有泥颗粒支撑,少数为无泥颗粒支撑,反映其结构成熟度中等。造成风暴岩成分成熟度和结构成熟度不高的原因主要在于沉积背景的不稳定和临近地区火山作用频繁。沉积物未能经过充分磨蚀、波选,因此保留较多不稳定的沉积组分,形成圆度、分选等结构成熟度较低的结构特征。

北海地质矿产勘察公司在本区1:5万区调时采集有海相化石 *Turritella* sp., 时代为第四纪。此外,广东省水文队还采集有介形虫 *Echinocythereis* sp., *Cythereis* sp., *Loxoconcha* sp., *Neomonoceratina* sp., *Cytherura* sp. 等,以及孢粉 *Gramineae*、*Chenopodiaceae*、*Pinus*、*Juglans*、*Taxodiaceae*、*Quercus* 等,具有典型的滨海相孢粉如 *Rhizophoraceae* 及热带、亚热带分子 *Palmae*、*Artemisia* 等,同时出现较多的常绿成分。鉴定者认为,此种孢粉组合与现今的植被面貌有相当大的差别,时代为第四纪

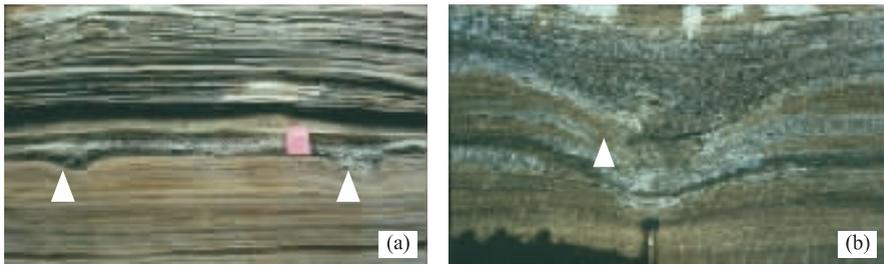


图 2 涠洲岛湖光岩组风暴岩中的渠筑型构造

Fig. 2 Gutter casts in tempestite of Huguangyan Formation in Weizhou island

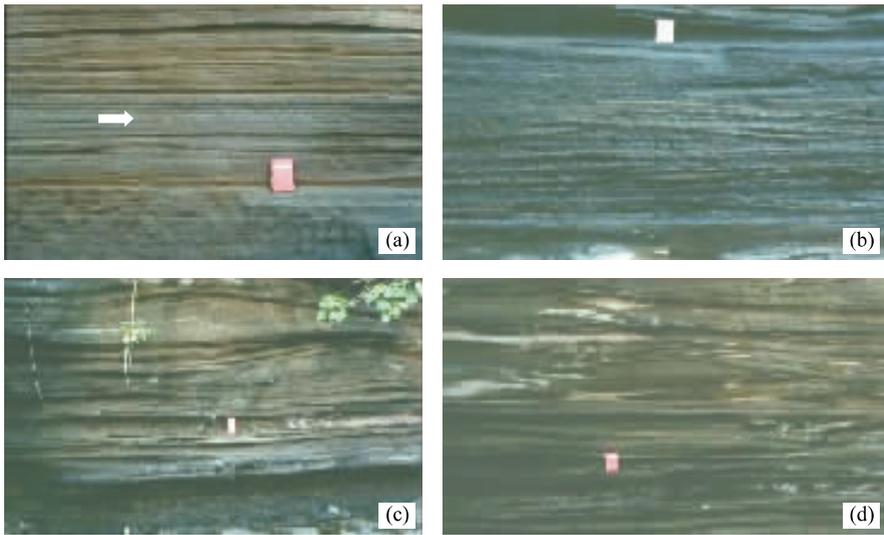


图 3 涠洲岛湖光岩组风暴岩中的丘状或洼状交错层理(a, b, c, d)和平行层理(箭头处)

Fig. 3 Hummocky or sunken cross bedding (a, b, c, d) and parallel bedding (a, in arrow) in tempestite of Huguangyan Formation in Weizhou island

中期,反映的环境为温暖常绿的滨海环境。另外,古地磁测量结果为布容正向期。据化石及孢粉分析鉴定结果,时代为第四纪。该组位于中更新统石峁岭组之上,岩性可同广东省雷琼地区的湖光岩火山岩对比,故时代定为上更新世。

2 湖光岩组的风暴沉积构造

湖光岩组风暴作用的沉积构造主要包括冲刷面和渠筑型(口袋构造)、丘状交错层理和洼状交错层理、块状层理和递变层理、平行层理等。正常波浪形成的沉积构造主要有浪成交错层理及水平层理等。

湖光岩组风暴岩中冲刷面十分发育,这些冲刷面包括两种类型:一种是具丘状或洼状交错层理砂岩、砂砾岩底部的冲刷面,另一种是块状层理或递变层理砂砾岩、砾岩底部的冲刷面。冲刷面呈波状起伏形,尤其是后者,形成突变的岩性界面。

沿冲刷面渠筑型构造发育。这些渠筑型顶部宽度 40~60 mm,底部宽度 20~30 mm,深度 20~60 mm 不等(图 2)。渠筑型两壁较陡,坡度角 30°~50°。其形态类似于口袋,故又称之为口袋构造。口袋内部由较粗粒的碎屑填充,一般为块状砾岩或砂砾岩。渠筑型是风暴冲刷渠的筑型,为风暴沉积的特有标志。它不同于由正常牵引流形成的冲刷面构造和重力流形成的冲刷槽构造。冲刷面构造一般呈波状起伏、截切下伏岩层的面状构造,而冲刷槽构造呈一端浅、另一端深且定向排列的瓜子形凹槽。风暴冲刷渠两壁陡且对称,一般是由风暴形成的定向渠流或不定向的涡流冲刷沉积物基底形成(Pérez-López, 2001)。

丘状交错层理和洼状交错层理是风暴浪作用形成的特殊的沉积构造(Dot and Bourgeois, 1982)。前者由向上凸起的纹层组成,后者由下凹的纹层组成。纹层的倾角一般都小于 10°。湖光岩组丘状交错层理和洼状交错层理十分发育,是风暴岩沉积的最

显著标志。根据详细观测,这些交错层理由一系列风暴浪冲刷海底沉积物形成的层系组成。按照层系特征可以划分为不同类型:第一类型纹层厚度呈缓波状起伏,纹层倾角小于 5° ,层系不相互截切,并与平行层理过渡(图 3a)。第二类型每个层系厚 $10\sim 30\text{ mm}$,上部层系面截去下部层系的顶部,形成洼状交错层理组合,即截顶风暴浪成纹层(图 3b,3d)。本类型层系界面发育且层系倾角均在 10° 左右,最大不超过 15° 。第三类型上下层系界面发育,层系面上、下的丘状纹层为整合接触或近整合接触,反映上部层系形成时对下伏层系的冲刷作用较弱,切割不明显(图 3c)。该类型界面倾角一般不超过 10° ,有时形成透镜状层系,透镜体厚度 20 cm 左右。丘状交错层理自下而上倾角变小,上部变为平行纹层或波状纹层。

块状层理仅见于局部粗碎屑层内,主要为砾岩层中。其内部碎屑无序排列,没有纹层显示。递变层理也见于砾岩、砂砾岩中,其由底到顶岩石粒度逐渐变细,其内部基质发育,为粗尾递变层理。这些层理主要由风暴回流引发的重力流作用所致。

平行层理主要见于砂岩、砂砾岩中,其纹层呈水平状,纹层相互平行。纹层厚度数 mm ,总厚度 $10\sim 20\text{ cm}$ 不等。

除了上述风暴作用形成的沉积构造之外,湖光岩组还发育有正常波浪作用形成的浪成交错层理。该层理与风暴作用形成的丘状或洼状交错层理的区别主要在于浪成交错层理通常呈对称状,纹层倾角较大,一般大于 15° 。另外,局部发育有水平层理。

3 风暴作用沉积序列

风暴作用沉积序列是在风暴作用过程中,由于风暴事件作用的方式不同形成的沉积单元的规律组合。一般来讲,在风暴过程中,最初风暴作用加强过程中形成的沉积通常被破坏和改造,因此风暴沉积序列主要保存有风暴作用衰减过程中的沉积序列。

涠洲岛湖光岩组的风暴作用沉积序列主要包括以下沉积单元:(1)滞留沉积层(A)。该沉积发育程度较差,仅占整个旋回层的 5% 左右,位于每个风暴沉积序列的底部,由砾岩、砂砾岩及含砾砂岩组成。砾石以玄武质火山碎屑和石英为主,粒径 $2\sim 5\text{ mm}$,其底界面为波状起伏的冲刷面,且渠筑型发育。渠筑型内部为粗碎屑沉积充填,内块状层理发育,该层向上为块状层理或粗尾递变层理。沉积层厚度 $10\sim 100\text{ cm}$

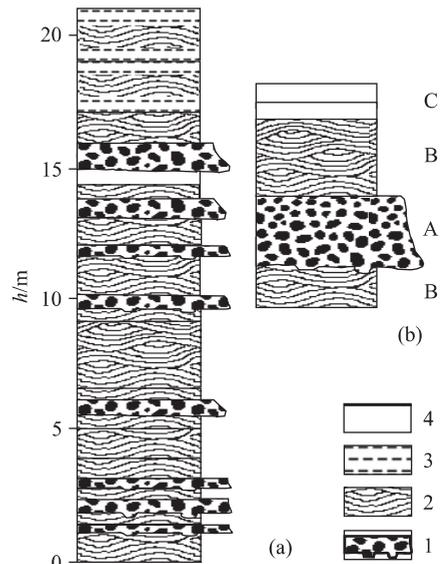


图 4 涠洲岛湖光岩组风暴岩的沉积序列

Fig. 4 Sedimentary sequence of tempestite of Huguangyan Formation in Weizhou island

a. 南湾风暴岩实测柱状图; b. 风暴岩的理想序列; 1. 具渠筑型的砾岩、砂砾岩; 2. 具丘状、洼状交错层理的砂岩; 3. 具平行层理的砂岩; 4. 具浪成交错层理的砂岩

不等。该沉积代表风暴初始期风暴流冲刷海底形成冲刷面和冲刷渠,一些细粒沉积被搬运走,粗粒沉积残留在冲刷面上形成。(2)丘状及洼状交错层理、平行层理沉积层(B)。该沉积层为风暴岩沉积发育最好的沉积层,约占整个风暴沉积旋回层的 85% 左右。其主要岩性为含砾砂岩、砂岩,碎屑组分以玄武质火山碎屑、石英及长石、生物碎屑为主。内发育丘状交错层理、洼状交错层理和平行层理。该层底部与滞留沉积层连续接触,或以具渠筑型的冲刷面直接与下部旋回层接触。渠筑型内部为含砾砂岩和砂砾岩,块状层理发育,之上为丘状交错层理和洼状交错层理砂岩、含砾砂岩,沉积层厚度 $20\sim 100\text{ cm}$ 不等。该沉积层代表风暴浪作用的沉积(Ito and Ishigaki, 2001)。(3)浪成交错层理沉积层(C)。该沉积层位于风暴岩沉积的顶部,发育程度较差,占整个风暴沉积旋回的 10% 左右,多数旋回该沉积层不发育。其岩性以砂岩、粉砂岩为主,碎屑组分主要为石英、玄武质火山碎屑。内发育浪成交错层理。与下部 B 沉积单元连续接触,层厚 10 cm 左右。该沉积层代表风暴过后的正常风浪作用下的背景沉积。

上述 3 个沉积单元的规律组合形成了涠洲岛风暴岩的沉积序列(图 4)。完整的风暴岩沉积序列为 A—B—C 型序列,不完整 A—B、B—C 沉积序列,

甚至仅仅发育 B 单元的也比较常见。完整的 A—B—C 沉积序列代表风暴初始期冲刷作用及其滞留沉积、风暴浪作用、风暴过后正常沉积的完整过程。不完整的 A—B 序列记录了风暴作用过程, 风暴过后的正常沉积被下次风暴作用所破坏而未能保存。B—C 序列代表风暴初始期的滞留沉积不发育, 可能与物源组分中缺乏粗粒沉积有关。在涠洲岛南湾采石场发育 8 个风暴沉积序列, 代表其间发育 8 次大的具有事件沉积的风暴作用事件。

4 结论

现代北部湾是一个风暴(台风)过境较多的海域。风暴主要形成于西北太平洋向西路径的分支。据统计, 我国南海、东海每年经过台风大约 20 次, 南海北部湾平均每年有 2 次经过, 其中大部分为 10 级以上。这些风暴在西北太平洋关岛附近生成后, 沿向西路径经海南岛到北部湾, 在越南或我国广西沿海登陆, 在浅海地区影响海底沉积物形成风暴沉积。晚更新世典型风暴岩的发现, 表明当时北部湾与现代的纬度、地貌特征近似, 风暴的发育情况也相似。

丘状交错层理可以出现在各种风暴波能作用到的深度, 但其主要保存于正常浪及面与风暴浪及面之间的深度, 部分保存于潮下带下部。吕炳全等(1987)计算了 1974 年 6 月 13—14 日 9 级风暴作用的深度为 22.3 m, 这个深度为目前涠洲岛海域的平均水深。涠洲岛晚更新世风暴岩中以渠筑型和丘状交错层理发育为主要特色, 丘状交错层理层占每个韵律层的 80% 以上。其与美国俄勒冈上白垩统风暴沉积的 Cape Sebastian 砂岩的风暴沉积类似(Bourgeois, 1980; Hunter and Clifton, 1982)。它们均为丘状交错层理砂岩, 缺少正常泥质沉积。说明泥质沉积在风暴作用期间被冲刷掉, 仅剩下丘状交错层理的砂岩沉积。由于涠洲岛晚更新世风暴岩事件沉积的背景沉积为浪成交错层理的砂岩, 说明晚更新世涠洲岛地区尚处于浪及面之上的临滨区域。由于频繁的风暴作用改造, 临滨带的砂岩大部分被改造为具风暴浪成因的丘状交错层理的砂岩。同时, 强烈的风暴流在近岸区形成强烈的侵蚀作用, 形成冲刷渠和明显的冲刷面, 冲刷面之上为滞留的粗碎屑沉积, 粗碎屑沉积内部主要发育块状层理, 局部发育递变层理。由此说明, 北海涠洲岛一带晚更新世是一个风暴作用控制的浅海陆架, 涠洲岛海域主要处于浪及面以

上的水深。

References

- Aigner, T., 1979. Schill-tempestite in Oberen Muschlkalk (Trias, SW-deutschland). *N. Jour. Geol. Palaont. Abh.*, 157: 326—343.
- Bourgeois, J. A., 1980. Transgressive shelf sequence exhibiting hummocky stratification: The Cape Sebastian sandstone (Upper Cretaceous), southwestern Oregon. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50: 681—702.
- Brenchley, P. J., Pickerill, R. K., Stromberg, S. G., 1993. The role of wave reworking on the architecture of storm sandstone facies, Bell Island Group (Lower Ordovician), eastern Newfoundland. *Sedimentology*, 40 (3): 359—383.
- Dot, R. H. Jr., Bourgeois, J., 1982. Hummocky stratification; Significance of its variable bedding sequence. *Geological Society of America Bulletin*, 90: 663—680.
- Hunter, R. E., Clifton, H. E., 1982. Cyclic deposits and hummocky cross-stratification of probable storm origin in Upper Cretaceous rocks of the Cape Sebastian area, southwestern Oregon. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52: 127—144.
- Ito, M., Ishigaki, A., 2001. Temporal variation in the wavelength of hummocky cross-stratification: Implications for storm. *Geology*, 29(1): 87—91.
- Kelling, G., Mullin, P. R., 1975. Graded limestones and limestone quartzite couplets: Possible storm-sediments from the Pleistocene of Massachusetts. *Petrology*, 38: 971—984.
- Lü, B. Q., Han, C. F., Zheng, S. P., 1987. Storm deposit during the Late Pleistocene in Weizhou island, Northern Bay. *Chinese Science Bulletin*, (5): 361—365 (in Chinese).
- Pérez-López, A., 2001. Significance of pot and gutter casts in a Middle Triassic carbonate platform, Betic Cordillera, southern Spain. *Sedimentology*, 48(6): 1371—1389.
- Savrda, C. E., Nanson, L. L., 2003. Ichnology of fair-weather and storm deposits in an Upper Cretaceous estuary (Eutaw Formation, western Georgia, USA). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 202 (1/2): 67—84.

附中文参考文献

- 吕炳全, 韩昌甫, 郑世培, 1987. 北部湾涠洲岛晚更新世风暴沉积. *科学通报*, (5): 361—365.