

南海北部神狐海域海底滑坡 在地震剖面上的识别及形成机制

陈珊珊^{1,2}, 孙运宝^{1,2}, 吴时国³

(1 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071; 2 国土资源部青岛海洋地质研究所, 青岛 266071;
3 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071;)

摘 要:海底滑坡广泛发育于海底陆坡,是沉积物往深海盆地搬运的重要方式。大规模的突发性海底滑坡事件不但可以改变海底地形地貌,还可能触发海啸,给沿海地区居民的生命和财产带来巨大损失。对海底滑坡地震响应特征进行研究,可以推断其物质来源、形成机制以及演化模式,为人类的防灾减灾提供科学依据。神狐海域地处被动大陆边缘,海底构造复杂,大陆坡较陡,具有发育海底滑坡的条件。结合最新采集的三维地震数据,在南海北部神狐海域发现了多期海底滑坡,研究表明,这些海底滑坡在地形上具有以下特征:在坡度剧烈变化处,有弧形主陡坎,沿着主要陡坎的两侧向下延伸则会出现近平行的侧壁,在海底峡谷侧壁和在较顺直的海底斜坡上存在圈椅状陡坎或陡壁。在对研究区海底滑坡的地震响应特征分析的基础上,研究了海底滑坡的地貌特征、内部结构及几何形态,探讨了南海北部陆坡神狐海域海底滑坡的形成机制,对于开展区域海洋工程,防止灾害发生具有重要意义。

关键词:海底滑坡;形成机制;地震剖面;神狐海域;南海北部

中图分类号: P736

文献标识码: A

神狐海域位于中国南海北部陆坡中段的神狐暗沙东南海域附近,即西沙海槽与东沙群岛之间海域。其北跨珠江口盆地的南部,西部与西沙海槽盆地相邻,南部与双峰南盆地相接(图 1)。区内水深大约 500~1 500 m^[1],既是洋壳与陆壳的过渡区,又是北部珠江口盆地和南部中央海盆的分隔带。受其独特的地理位置影响,此区域曾发生过多期海底滑坡。随着人类的活动向海洋进军,人为因素对海洋环境造成的影响也越来越不容忽视。深水钻井、海上平台及海底隧道等人类

活动都可能破坏海底沉积物的稳定性,导致海底滑坡。神狐海域是我国未来深水油气勘探的重点区域,在深水中寻找和开发油田的成本巨大,这些大陆边缘环境下的海底滑坡对深水油气田的开发具有很大的破坏性^[1-4]。特别值得一提的是,2007 年 5 月我国科学家在该海区已经成功钻获天然气水合物实物样品,这对中国天然气水合物的研究是一个极大的鼓舞。自 20 世纪 70 年代以来,很多学者已经发现天然气与水合物之间具有互动作用^[5-12]。一方面,滑塌体可能是天然气水合物形成和分布的有利地质体;另一方面,滑塌体本身可能是由于天然气水合物分解而产生的构造效应,所以,海底滑坡的研究对于未来天然气水合物的勘探开发也具有重要意义。综上所述,开展此区域的海底滑坡研究势在必行。

收稿日期:2011-12-15

基金项目:国家自然科学基金(40876032);国家高技术研究开发计划(2006AA09Z349)

作者简介:陈珊珊(1982—),女,硕士,主要从事海洋地质方面的研究工作。E-mail:yangfan662001@163.com

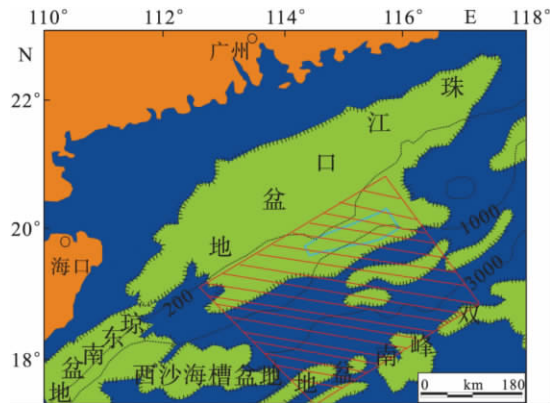


图 1 神狐海域位置示意图(图中红色阴影)

Fig. 1 Location map of Shenhu area (the red part)

1 滑坡区的地质特征及在地震剖面上的识别

1.1 滑坡区的地质特征

南海北部陆坡神狐海域基底构造复杂,断裂发育、新构造作用活跃。由于受到 NE、NEE、EW、NW 方向断裂的控制,南海北部陆坡海底地形呈阶梯状逐级下降,在陆坡上发育有海丘、海谷、海蚀崖、水下阶地(逐级下降的反坡向台坎),以及陆坡海槽等与滑塌有关的各种特殊构造地貌和地质体。滑塌沉积体中发育大量的层间滑塌断层,这类断层规模不一,数量众多,形成了现今神狐海域崎岖的海底地形,这些地形特征主要与陆架边缘的基底断裂活动有关。区域上呈 NEE—NE 走向的高角度正断层,呈反向断阶型,其阶梯状的张性应力,使整个北部大陆边缘向深水区蠕动展布,同时亦有海面的升降作用,共同促进了海底地形地貌的不均衡发育,具有更大的活动性,潜伏下不稳定的因素。海底滑坡则是陆架边缘不稳定的表现形式之一^[13-19]。

1.2 滑坡在地震剖面上的识别

2007 年 4—6 月,中国地质调查局首次组织实施了南海天然气水合物钻探工程,为神狐海域海底滑坡研究提供了大量的三维地震资料。从地震资料上我们识别出了大量的海底滑坡,这些滑坡一般由滑坡后端、滑坡体和滑坡前缘 3 个部分组成,具有 5 个明显的微地貌单元,即滑坡陡壁、

滑坡谷、滑移台阶、丘状滑坡体和沉积物流舌状体^[20](图 2)。

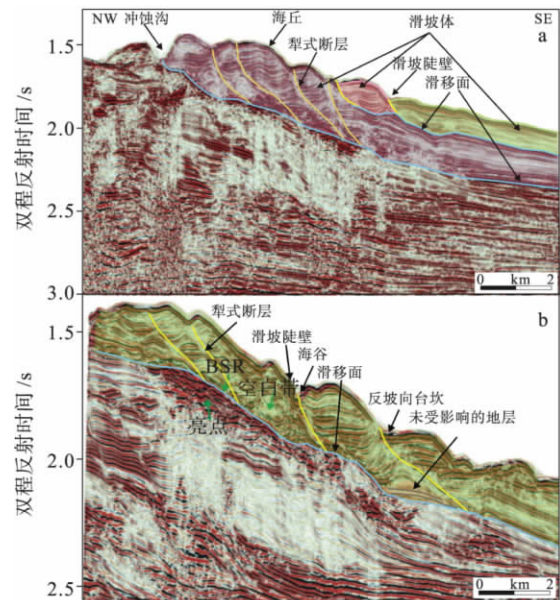


图 2 滑坡造成的特殊构造体及在地震剖面上的识别

Fig. 2 Specific structures of landslide and its identificaion in a seismic profile

滑坡的后端是滑坡形成的开始部位,为变形薄弱带,在地震剖面上能够识别出圈椅状的滑坡陡壁,滑坡陡壁又可以分为滑坡侧壁和后壁。滑坡陡壁是滑坡后留下的断层崖,在多波束测深获取的海底地貌图和地震剖面上都能清楚地看到。滑坡陡壁大致与陆坡平行,高约数米至数十米,而侧壁位于滑坡的两边,长达数千米至数百千米不等。另外,滑坡区的后端一般都存在犁式断层,在滑坡后壁附近存在翻转构造,犁式断层的存在表明滑坡产生时具有张性特征,牵引着上部碎屑物向下滑动。滑坡谷是滑坡后壁与滑坡体之间的沟谷,靠近滑坡后壁的一侧较陡,靠近滑坡体的一侧较缓,谷的深度也因滑坡的大小而异。

滑坡体是滑坡的主要部分,在多波束测深图上呈丘状展布,在靠近滑坡后端的部分遭受强烈变形,同时也存在一些未受扰动的地层。这是由于局部压实较好的地质体未来得及变形就迅速下滑至前端造成的。在滑坡体的底部存在一个明显的反射界面,称为滑移面。滑移面是在地震剖面上识别多期滑坡的重要标志,每期滑移面下侧的

地层不受影响,上部的滑坡体则发生严重变形。地震剖面上显示垂直于测线方向的块体迁移非常小,而平行测线则显示滑移面底部缺失沉积层,可以推断大多数缺失的地层都是沿着滑移面向下滑移。滑坡体的底部与未变形地层之间的杂乱地震相为沉积物液化和饱含流体活动的地层。滑移面在滑坡的后端表现为犁式断裂,具有张性特征;而在滑坡体前缘,往往伴随着逆冲断层发育,具有挤压推覆构造特征。

滑坡前缘是滑坡体向深海盆地推进形成的,一般距离滑坡体较远。在平面上呈丘状或舌状展布的碎屑裙,这种地貌称为沉积物流舌状体。由于滑坡的前缘受挤压作用影响存在强烈的同沉积构造变形、挤压脊(低/高振幅)和拱形构造带。

根据滑坡在地震剖面上的特征,在图 2 上至少可识别出 3 期滑坡,虽然 3 次滑坡规模大小不一,但是每期滑坡都存在一个明显的滑移面,滑移面之上可见滑坡陡壁及完整的滑坡体。

地震资料显示在滑坡的内部构造非常复杂(图 3),主要有以下 5 种地震反射特征:①丘状/透镜状前积地震反射,以大型前积反射结构为特征,透镜状或丘状外形,这种地震相主要出现在早期的滑坡体,是滑坡体形成后沉积的;②透镜状杂乱强振幅断续地震反射,以杂乱反射结构为主要特征,透镜状外形,这种地震相反映了沉积物的不稳定杂乱堆积;③上超充填强振幅连续地震反

射,在剖面上以顶平底凸外形为特征,内部为水平充填反射结构,平面上呈带状分布,反映滑坡体对海底沟谷的填充掩埋作用;④楔状中振幅连续地震反射,以帚状前积反射结构为特征,频率较高,连续性较好,与滑坡体内部滑脱断层发育有关,反映了不稳定块体的快速滑动;⑤席状平行中振幅连续—中连续地震反射,以中高频、中振幅、连续—中连续反射为特征,平行—亚平行结构,席状外形,反映了滑坡体逐渐向深水区不断的推进沉积。

2 神狐海域滑坡的形成机制

2.1 海底滑坡形成的基本条件

(1) 地形斜坡

地形斜坡是滑坡形成的首要条件,斜坡包括构造斜坡、侵蚀斜坡、沉积斜坡和基岩隆起斜坡等。当海底地形坡度等于 1° 时,即可产生海底滑坡^[14]。神狐海域处于陆架坡折带,此区陆架坡折带的海底地形,由北往南自然坡折,在珠二坳陷东南一侧,陆架向陆坡急剧转折,200 m 水深之下,海底地形坡度将近 1.2° ,具有海底滑坡形成的地形条件。

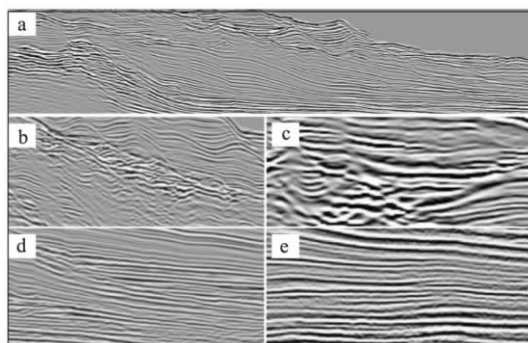
(2) 厚度巨大的不稳定物源

根据沉积结构和海底柱状样分析,构成南海北部陆架边缘滑坡体的物质主要是陆源碎屑。如河流、潮汐、风暴潮搬运的海底沙^[21],河流搬运的三角洲前缘沉积和其他物质,在厚度和体积上为滑坡的发育准备了条件。

神狐海域位于南海北部陆坡的坡折下部,其北部为珠江三角洲,来自三角洲的充足物源使得神狐海域陆架边缘有丰富的海底沙和三角洲堆积。并且在上新世—全新世具有很快的沉积速率,沉积了巨厚的沉积物,这些沉积物大都未经压实或压实很差,这为滑坡提供了物质来源。从内部结构和物质成分上,三角洲前缘沉积由于沉积速率快、泥抄混杂、孔隙性好、含水量高、压实固结性差、结构疏松,容易蠕动解离,尤其在某些泥、页岩夹层的低塑软弱层,有层间蠕动揉皱,潜伏下滑坡的隐患。

(3) 在地层或岩体中存在解离面

这里所说的解离面包括断层面、基岩面、层理面、不整合面、侵蚀面以及裂隙、裂缝等。这些解



a 透镜状大型前积地震反射; b 透镜状杂乱地震反射;
c 上超充填强振幅断续地震反射; d 楔状中振幅连续地震反射;
e 席状平行强振幅连续地震反射

图 3 神狐海域典型的滑坡体地震反射

Fig. 3 Typical seismic facies of slumping bodies in Shenhu area

离面是构成滑坡的必要条件,在神狐海域的地震剖面中发现滑塌沉积体中发育大量的层间滑塌断层。

2.2 海底滑坡形成的诱发因素

关于海底滑坡的诱发因素国内外的很多专家学者都有过探讨^[22-25],Henkel^[22]认为墨西哥湾石油平台的毁坏是由于卡米尔飓风引起的滑坡造成的,并且在理论上确认,波浪将周期性载荷施加在松散沉积物上足以引起沉积物向下坡方向运动。美国大西洋大陆边缘 200 多个滑坡^[6],结果表明,多数滑坡均分布在天然气水合物分布区或其附近,其他海域的海台塌陷也与天然气水合物有关,如西南非洲陆坡和海台、挪威陆缘、波弗特海陆缘、里海、北巴拿马陆架和加拿大纽芬兰。世界上已发现最大的 Storegga 滑坡据调查研究认为主要是由于天然气水合物的分解引起的。这也是目前为止发现的最大的海底滑坡体之一^[6],其范围从挪威西海岸一直延伸至冰岛南部。Terzaghi^[23]认为荷兰 Zeeland 的破坏可能与退潮时地下水回流向海洋的渗透压有关。潮汐的周期变化也可能诱发海底滑坡,Wells^[24]等证明在 Surinam 潮间泥滩上发育有许多小的水下流动滑坡。

地震剖面可看出研究区曾经发生过多期海底滑坡现象,它们自中新世晚期开始发育,神狐海域海底滑坡的形成是多种因素综合的结果,不同的时期诱发因素是不同的,同一时期不同地区的诱发因素也不同。孙运宝等^[1]认为白云坳陷在粤海组处见到的滑坡是由于东沙运动时期剧烈的构造运动诱发的;而中新世水下滑坡多形成于三角洲沉积体系之上则是由于高渗透率的砂体导致了异常高压诱发的;第四系的滑坡则可能是由于天然气水合物的分解形成的。综合国内外的研究成果及本区的地质构造沉积背景,自中新世晚期以来发生的海底滑坡的诱发因素为:

(1)中新世晚期的海底滑坡是由于频繁的海进海退诱发的。研究区中新世晚期的海底滑坡多发育于水下三角洲,研究区位于南海北部陆坡的坡折下部,其北部为珠江三角洲,来自三角洲的充足物源和晚中新世以来南海北部频繁的海进、海退轮回再加上强的水动力条件造成沉积物超压异常,是中新世时期沉积物失稳滑塌的主要因素。

(2)上新世以来的海底滑坡主要是由于沉积物的高速沉积,沉积荷载不断增加,形成超压异常诱发的。另外,小范围的构造事件,水合物的分解也是这一时期的重要诱发因素。

一般情况下,海底滑坡是一个渐变的过程,是沉积物在压力失衡的状态下发生的。南海北部在上新世—更新世—全新世以来具有较高的沉积速率。据 ODP184 航次钻井资料,位于东沙群岛东南海区的 1144 井揭示 1 Ma 以来的沉积速率为 400~1 200 m/Ma^[26-28]。由于海底连续沉积,随着沉积荷载的增加就会形成超压高孔隙沉积,这种超压异常就会导致海底滑坡的形成。此外,海水压力也使沉积物压实效应发生改变,促使重力作用不断加强。海水不但可以渗透海底表层的沉积物,还可渗透基岩,使地层含水量增高,甚至有些地层的沉积物可能长期处于饱和或过饱和状态,从而固结性差,强度降低。海水和沉积物中黏土矿物的长期作用,引起矿物成分及结构的化学变化,导致土体的自然软化呈流塑态等,这些均为滑坡的形成创造了条件。

对于构造运动活跃期则是一个突变的过程。神狐海域所处的南海北部是地壳相对活动区,第四纪以来这一海域并未发生过大的构造事件,但是小的构造运动却经常发生,大量的地震和热流场的资料证明该地区的不稳定性。另外这一时期的地层中还发现了火山,而火山与地震是伴生的,同时它们也可能诱发海啸,这是导致这一时期火山周围区域滑坡形成的主控因素(图 4)。区内的水合物与海底滑坡耦合研究是目前国内研究的热点^[1,20,30-33],由于构造运动或者海平面的下降,水合物分解时释放大量的水和气体,造成上覆流体

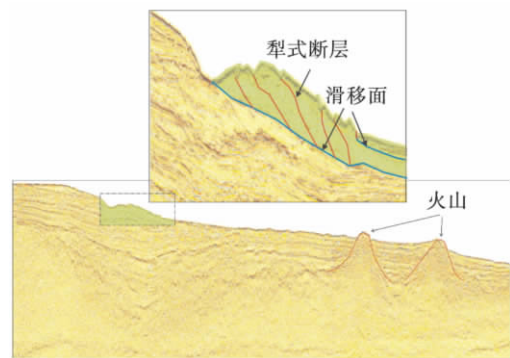


图 4 海底滑坡与火山的位置

Fig. 4 Location of marine slumps and volcanos

静水压力增大,在重力直接作用下或外界因素(海啸、风暴等)诱发下,使含水合物沉积层沿陆坡发生滑动或滑塌而形成重力流。据最新的调查结果表明神狐海域晚中新世以来深水重力流相当发育,滑坡与水合物的形成和分解应该存在一种必然的关系。在研究区的地震剖面上有些滑坡体下发现天然气水合物的痕迹(图 5)。在海底以下 250~350 m 之间可见清晰的 BSR(似海底反射层),大致与海底平行,在 BSR 上方有空白带,下方有亮点,BSR 发育于第四纪以来的沉积地层中,这很可能表示第四纪以来的滑塌与水合物的分解有关。

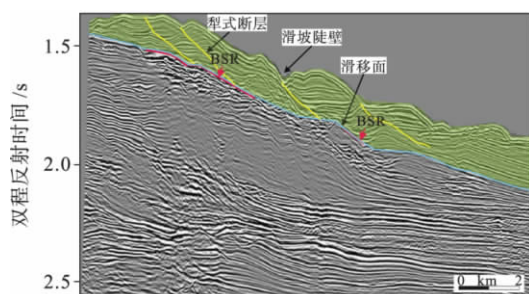


图 5 海底滑坡与似海底反射层 BSR

Fig. 5 Marine slide and BSR

此外,潮汐的周期变化可能造成神狐海域一些地区发生小规模的海底滑坡。随着潮汐的周期变化,作用在沉积物上的负载也随其发生变化,负载的变化会引起超孔隙水压力的明显升高。底切在斜坡处的底流也可以诱发海底滑坡。底流可以搬运大量沉积物并且使沉积物重新分布,从而造成海底地层失稳。南海北部陆架区底流侵蚀作用强烈,动荡冲刷海底,亦会诱发滑坡。现代一些小型滑坡,则可能是由于风暴潮诱发的。南海北部是热带风暴的肆虐区,据统计年平均 8 级以上的风暴有 10 次之多。风暴潮摧枯拉朽,很大程度上促使海底斜坡失稳,导致沉积滑坡^[10]。

3 结论

(1)南海北部陆坡神狐海域海底滑坡形态各异,受海丘、海谷、海蚀崖、水下阶地(反坡向台坎)、陆坡海槽等特殊构造地貌影响明显,在地震剖面上呈现出多期发育特征,主要表现为楔状、丘状、透镜状、席状等多种反射结构。

(2)南海北部陆坡神狐海域具有形成海底滑坡的基本条件,在不同时期不同区域有不同主控诱导因素。在中新世晚期,滑坡主要受控于频繁的海进海退旋回;上新世以来,滑坡主要受较快的沉积速率影响,这些海底连续超负荷沉积导致了超压异常的形成。构造运动活跃期,海底滑坡主要是由于地震、火山、断层活动等构造事件诱发的。此外,有些滑坡区发现 BSR 的存在,这说明此区域海底滑坡的形成还可能与水合物的分解有关。

参考文献:

- [1] 孙运宝,吴时国,王志君,等.南海北部白云大型海底滑坡的几何形态与变形特征[J].海洋地质与第四纪地质,2008,28(6):69-71.
- [2] 刘锡清,刘守全,王圣洁,等.南海灾害地质发育规律初探[J].中国地质灾害与防治学报,2002,13(1):12-16.
- [3] 吴时国,赵汗青,伍向阳,等.深水钻井安全的地质风险评价技术研究[J].海洋科学,2007,31(4):77-80.
- [4] 董冬冬,赵汗青,吴时国,等.深水钻井中浅水流灾害问题及其地球物理识别技术[J].海洋通报,2007,26(1):114-120.
- [5] Kvenvolden K A. Gas hydrate-geological perspective and global change [J]. Rev. Geophys. 1993, 31(2): 173-187.
- [6] MacDonald G J. Role of methane clathrates in past and future climates [J]. Clim. Change, 1990, 16(3): 247-281.
- [7] Thiem ϕ , Berntsen J, Eldevik T, et al. Gas exploration beyond the shelf break: An oceanographic challenge [J]. Environmental Modelling & Software, 2006, 21: 136-141.
- [8] Brown H E, Holbrook W S, Hornbach M J, et al. Slide structure and role of gas hydrate at the northern boundary of the Storegga Slide, off shore Norway [J]. Marine Geology, 2006, 229(314): 179-186.
- [9] 吴时国,姚根顺,董冬冬,等.南海北部陆坡大型气田天然气水合物的成藏地质构造特征[J].石油学报,2008,29(3):324-328.
- [10] 吴时国,姚伯初.天然气水合物赋存的地质构造分析与资源评价[M].北京:科学出版社,2008:16-20.
- [11] 刘 锋,吴时国,孙运宝,等.南海北部陆坡水合物分解引起海底不稳定性的定量分析[J].地球物理学报,2010,53(4):946-953.
- [12] 吴时国,秦志亮,王大伟,等.南海北部陆坡块体搬运沉积体系的地震响应与成因机制[J].地球物理学报,2011,54(12):3184-3195.
- [13] 寇养琦.南海北部大陆边缘海底滑坡的初步研究[J].南海地质研究,1993(5):43-50.
- [14] Hampton M A, Lee H J, Locat J. Submarine landslides [J]. Reviews of Geophysics, 1996, 34(1): 33-59.
- [15] Locat J, Lee H J. Submarine landslide: advances and challenges [J]. Geotechnical Journal, 2002, 39(1): 193-212.

- [16] Kristoffersen Y, Coakley B J, Hall J K, et al. Mass wasting on the submarine Lomonosov Ridge, central Arctic Ocean [J]. *Marine Geology*, 2007, 243: 132-142.
- [17] Vanneste M, Mienert J, Bünz S. The Hinlopen Slide: A giant, submarine slope failure on the northern Svalbard margin, Arctic Ocean [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2006, 245(1/2): 373-388.
- [18] Imbo Y, Batist M D, Canals M, et al. The Gebra Slide: a submarine slide on the Trinity Peninsula Margin, Antarctica [J]. *Marine Geology*, 2003, 193(3/4): 235-252.
- [19] Haflidason H, Sejrup H P, Nygard A, et al. The Storegga Slide: architecture, geometry and slide development [J]. *Marine Geology*, 2004, 213(1/4): 201-234.
- [20] 吴时国, 陈珊珊, 王志君, 等. 大陆边缘深水区海底滑坡及其不稳定性风险评估 [J]. *现代地质*, 2008, 22(3): 430-437.
- [21] 薛万俊. 南海地质论文集 [C]. 广州: 国土资源部广州海洋地质调查局, 1991.
- [22] Henkel D J. The role of waves in causing submarine landslides [J]. *Geotechnique*, 1970, 20 (3): 75-80.
- [23] Terzaghi K. Varieties of submarine slope failures [C] // *Proceedings the 8th Texas Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Austin: University of Texas, 1956: 1-41.
- [24] Wells J T, Coleman J M. Physical processes and fine-grained sediment dynamics, coast of Surinam, South America [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1981, 51(4): 1 053-1 068.
- [25] 胡光海, 刘忠臣, 孙永福, 等. 海底斜坡土体失稳的研究进展 [J]. *海岸工程*, 2004, 23(1): 63-72.
- [26] 柳保军, 袁立忠, 申俊, 等. 南海北部陆坡古地貌特征与 1318 Ma 以来珠江深水扇 [J]. *沉积学报*, 2006, 24(4): 476-482.
- [27] 邵磊, 庞雄, 陈长民, 等. 南海北部渐新世末沉积环境及物源突变事件 [J]. *中国地质*, 2007, 34(6): 1 022-1 031.
- [28] 谭文化. 海南岛周边海域底质碎屑矿物分布及其物源分布 [D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
- [29] 阎贫, 刘昭蜀, 姜绍仁. 东沙群岛海域的折射地震探测 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1996, 2(4): 55-63.
- [30] 宋海滨. 天然气水合物体系动态演化研究 (II): 海底滑坡 [J]. *地球物理学进展*, 2003, 18(3): 503-511.
- [31] Kayen R E, Lee H. Pleistocene slope instability of gas hydrate laden sediment on the Beaufort Sea Margin [J]. *Marine Geotechnology*, 1991, 10(1): 125-141.
- [32] 甘华阳, 王家生, 胡高伟. 海洋沉积物中的天然气水合物与海底滑坡 [J]. *防灾减灾工程学报*, 2004, 24(2): 177-181.
- [33] 颜文涛, 陈建文, 范德江. 海底滑坡与天然气水合物之间的相互关系 [J]. *海洋地质动态*, 2006, 22(12): 38-40.

SEA BOTTOM LANDSLIDE IN THE SHENHU AREA ON THE NORTH MARGIN OF SOUTH CHINA SEA AND TRIGGERING MECHANISMS

CHEN Shanshan^{1,2}, SUN Yunbao^{1,2}, WU Shiguo³

(1 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resource and Environmental Geology, MLR, Qingdao 266071, China; 2 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao, 266071, China; 3 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Submarine landslide occurs widely on the continental slope. It is one of the major forces affecting the morphology of continental margin, and one of the major mechanisms to transport sediments from the shallow water to the deep basin. Episodic large-scale submarine landslide may trigger tsunami and cause huge losses in property and human life in coastal areas. Therefore, it is of significance to investigate the distribution, source, mechanism and evolution of submarine landslides. The South China Sea is of a passive continental margin, characterized by rifted and rotated fault blocks and steep continental slope. Therefore, there are often submarine sliding. Typical geomorphologic features of a submarine landslide include an arcuate headscarp, a sharp valley with sub-parallel sidewalls and slumped material at the base of the valley sometimes. Some slumps have been discovered in the Shenhu area on the north margin of South China Sea with 3D seismic data. In this paper, we discussed the triggering mechanism of sea bottom slumping in the study area in addition to morphological features and seismic identification criteria.

Key words: submarine landslide; triggering mechanism; seismic profile; Shenhu area; the north margin of South China Sea