

廉州湾南流江水下三角洲大浅滩及潮流深槽形成原因分析*

Analysis on Formation of Underwater Delta Shoal and Tidal Groove of Lianzhou Gulf Nanliujiang River

陈波¹, 邱绍芳¹, 刘敬合², 梁文²

CHEN Bo¹, QIU Shao-fang¹, LIU Jing-he², LIANG Wen²

(1. 广西科学院, 广西南宁 530022; 2. 广西红树林研究中心, 广西北海 536000)

(1. Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530022, China; 2. Guangxi Mangrove Research Center, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要:根据前人的研究资料和作者1996年在承担“南流江三角洲现代演变对北海深港淤积影响”项目进行研究时的钻孔资料以及水文观测资料,分析廉州湾南流江水下三角洲大浅滩和潮流深槽的物质组成、泥沙来源、地貌组合、沉积物特征,以及三角洲大浅滩和潮流深槽的形成原因。三角洲大浅滩主要是南流江径流输沙和长期堆积外推形成的,潮流深槽的形成则与水动力条件和地形、地貌条件密切相关。南流江水下三角洲经历相当长的时间演变后,三角洲大浅滩及潮流深槽这两种主要地貌类型的形状变化已经很稳定。

关键词:浅滩 深槽 成因分析 潮流

中图分类号:P737.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2007)02-0102-04

Abstract: In light of relevant data along with drilling and hydrological data obtained by the author when undertaking the program; The Influence of Modern Evolution of Nanliujiang River Delta on Whirlpool Silt in Beihai Harbour, the article analyzes underwater delta shoal and tidal groove of Nanliujiang River in terms of material composition, sand sources, geomorphological combination, the features of sediments along with the formation of underwater delta of Nanliujiang river. The result shows that the formation of great shoal of underwater delta is attributed to long-term sediments of sands from Nanliujiang river-to sea. Furthermore, the formation of tidal current groove has close relationship with the conditions of water dynamics, landscape and geomorphology. These two main styles of geomorphology are very stable after longterm geographic evolution.

Key words: shoal, groove, formation reasons analysis, tidal

廉州湾是一个近似于半圆形的河口海湾,全湾水域面积约237km²,湾内北岸为南流江入口;湾口东侧为北海陆岸,沿岸潮流深槽发育。湾内及其周边地区分布的主要地貌类型有:侵蚀剥蚀残丘,洪积—冲积台地、滨海沙堤、冲洪积平原、三角洲平原、海积平原、三角洲前缘、前三三角洲、潮流冲刷深槽和水下古滨海平原等。本文根据前人的研究资料和作者1996年在承担“南流江三角洲现代演变对北海深港

淤积影响”项目进行研究时的钻孔资料以及水文观测资料,分析廉州湾南流江水下三角洲大浅滩及潮流深槽的形成原因。

1 南流江水下三角洲大浅滩及潮流深槽地貌基本特征

1.1 水下三角洲大浅滩

廉州湾大浅滩位于北海港潮流冲刷槽的北面,自东面岭底向西面延伸至大风江口东侧附近,东西长约30km,南北宽8~12km,最低低潮线0m以上的面积为165.78km²,占整个廉州湾水域面积的70%。南流江河口水下三角洲大浅滩地貌可划分为水下三角洲前缘浅滩和水上前三三角洲浅滩^[1,2]。

收稿日期:2006-01-11

修回日期:2007-01-30

作者简介:陈波(1954-),男,研究员,主要从事海洋环境动力学研究。

* 广西自然科学基金(桂科自:0447011)资助项目。

1.1.1 水下三角洲前缘浅滩

南流江水下三角洲前缘浅滩可细分为河口沙坝、潮间浅滩和三角洲前缘浅滩等三种类型。

1.1.1.1 河口沙坝形态及其沉积物组成

河口沙坝分布于南流江入海支流的南干江、南西江、南东江等河口处,但规模不大,沙坝最大者长1~2km,宽几百米,小者长几百米左右,宽几十米至百余米。沙坝顺水流方向排列,有的在水下,仅大潮低潮时出露,高潮时淹没。物质组成为中细砂,平均粒径 1.9Φ ,分选较好,标准偏差 $1.47\sim 0.55\Phi$,概率累积曲线为四段式,出现双跃移组分。碎屑重矿物含量为 $1.37\%\sim 2.26\%$ 。

1.1.1.2 潮间浅滩形态及其沉积物组成

南流江河口发育的潮间浅滩在东、中部海域较宽,达2~4km,西部宽仅300m左右,长22km。潮间浅滩可明显地划分为两个带:即上部粘土质粉砂带和下部沙带。上部沉积物为廉州湾最细一类,其粉砂含量 $35\%\sim 45\%$,粘土含量 $25\%\sim 35\%$,含粗砂2%,中砂9%,细砂15%左右;中值粒径在 $5.4\%\sim 6.8\%\Phi$ 之间,分选差;概率累积曲线呈多段式,截点多位于 4Φ 附近,频率曲线多为单峰态,亦有两峰态和多峰态。下部沉积物为中砂—细砂—粉砂,其特点是粒级混杂,中砂、细砂、粉砂粒级均占20%以上,中砂含量为32%,细砂占26%,粉砂占25%,粘土占14%;中值粒径为 $4.3\sim 5.1\Phi$,标准偏差 $1.8\sim 2.5\Phi$,分选中等至差;概率累积曲线有四段式、三段式和二段式,频率曲线呈多峰态。

1.1.1.3 三角洲前缘浅滩形态及其沉积物组成

三角洲前缘浅滩宽5~7km,呈弧形向海突出。沉积物为中砂,含量占88%以上,局部地带达97%。中值粒径平均为 2.23Φ ,标准偏差为 $0.2\sim 0.6\Phi$,属分选好。概率累积曲线为三段式。粗截点在 $0\sim 1\Phi$ 之间,细截位于 3Φ 附近。推移组分占2%~7%,跃移组分达70%~90%,频率曲线以双峰态占多。

1.1.2 水下前三角洲浅滩

前三角洲浅滩位于波浪基面以外,长约12km,宽10km左右,呈舌状向海突出。沉积物分两类:东部潮流冲刷槽粘土质粉砂(同潮间浅滩上部物质);西部为中砂—细砂—粉砂(同潮间浅滩下部物质)。也是河流带来的细粒物质沉积的主要场所。

1.2 潮流深槽的分布及其稳定性

据文献[3]报道,廉州湾潮流冲刷深槽环绕地角咀至冠头岭呈弧形分布,全长14.6km,宽0.5~2km,水深6~10m。北海港潮流冲刷深槽是在冰后

期海侵奠定了现代海岸的基本轮廓,因志留系与第四系岩性不同而产生的差异侵蚀形成廉州湾时,潮流冲刷深槽伴随廉州湾的形态发生变化,港湾淤浅,潮流与河水顶托,流速减弱,从而导致潮流冲刷深槽有所淤积。据钻孔资料分析^[4],该潮流冲刷深槽过去普遍深于现在,如地角咀外至3号灯浮,过去水深达12~13m,3号灯浮之外水深8~10m,而现在普遍堆积了厚约2~5m的细颗粒沉积层,潮流冲刷深槽的淤积超过5000~6000年前,历时较长。比较1879年(英制)和1988年地图资料,一百多年来潮流冲刷深槽的形状和深度变化较为缓慢。

2 南流江输沙对三角洲潮间浅滩和潮流深槽形成的影响

廉州湾沿岸入海河流主要有南流江、大风江,其次还有七星江和蜆港江等两条小溪注入。其中南流江径流量和输沙量最大,根据常乐站1955~1985年的水文观测资料统计,年平均径流量为53.13亿 m^3 ,年平均悬移输沙量为118万 t ^[5]。按照华南沿海西部河流推移质为悬移质的4%计,南流江大约年均推移质为5.19万 t ;同时,如果径流化学溶解质(即胶体微粒和离子)按照近贝克(Mmegbeck)对世界大河化学径流所得概念—溶解质相当于悬移质的35%计算^[6],南流江和大风江平均溶解质为45.43万 t ,这样南流江和大风江输入廉州湾的细粒泥沙(粉砂粘土和溶解质)总共约175.23万 t ,粗粒泥沙5.19万 t ,这些泥沙为廉州湾的充填提供了主要物质来源。除此之外,地角以西岸段和冠头岭岭底附近一带均明显遭受到波浪侵蚀,侵蚀物在波浪、潮流作用下可为该湾提供一定数量的沉积物来源,但由于全新世中,晚期以来,海平面长期稳定和廉州湾沿岸堆积作用及发展,波浪作用于海岸的强度减弱,其海岸后退作用基本上停止或减缓,沿岸砂坝、海滩不发育,在冠头岭石浦山西侧的水下沙坝沙嘴也不发育,说明波浪侵蚀来沙也很少。

河流泥沙在水动力作用下的输移过程中,由于其重矿物颗粒本身比重的不同而发生分异,依次沉积,因此,在搬运途中各种矿物的含量也不相同,某些矿物的比值通常在沿程发生有规律的变化。根据某种重矿物分异作用的原理来探索廉州湾海区的物质搬运途径,廉州湾内区域自南流江河床→潮间带上部→潮间带下部→潮下带→湾门口附近沉积物中电气石与钛铁矿的比值相应为 $0.69\rightarrow 1.98\rightarrow 1.93\rightarrow 1.54\rightarrow 1.0$,在潮间带上、下部比值最高,说明潮间

带上、下部电气石相对含量显著增加,这种规律反映了南流江的输移物中,比重较小的物质在潮间带上、下部大量沉积。此外,锆石与钛铁矿的比值程度变化是 $0.48 \rightarrow 0.15 \rightarrow 0.32 \rightarrow 0.46 \rightarrow 0.87$,这组数据中的两种矿物的比重相当接近,其比值均小于1,波动不大,反映出潮间带上、下部比值较低,而河床和潮下带及湾口门附近的比值较高的特点,和电气石与钛铁矿之比形成鲜明对照。这种特征说明在南流江输入物中,比重较大的物质主要沉积在河床和潮下带至湾口门附近地区,这也反映河床和潮下带及湾口门附近水动力作用活跃,物质分选好,轻者去,重者留的特征^[7]。由上述可见,南流江河流输出物可被潮流和径流运移到廉州湾口门外。

同时该海区重矿物重量百分含量变化有2种趋势^[8]:(1)在地角北侧重矿物平行海岸自NE向SW方向逐渐减少;(2)在地角南侧重矿物沿基岩海岸向北方向有递减趋势,两者在地角附近降至最低。显然,该区物质运移趋势应有2种:地角北侧,在NE方向潮流的作用下,南流江附近来沙沿海岸向SW运移;地角南侧,在SW风浪的作用下,地角西南岸段、冠头岭南海岸侵蚀物质及银滩来沙绕过冠头岭向N方向运移。另外,从单矿物分布及含量变化来看,在地角附近重矿物南北有别,显示出它们物源的不同,也为此种物质运移趋势提供了有力证据。

3 三角洲大浅滩和潮流深槽特征形成原因

3.1 大浅滩形成原因分析

对廉州湾大浅滩的成因问题,前人持有不同看法,1965年南京大学研究北海港泥沙问题时,提到北面大浅滩是“南流江水下三角洲浅滩”;1974年中山大学研究北海港泥沙问题时,认为“大浅滩是冰后期海侵过程中海岸后退破坏北海组岩层而产生的物质,经长期波浪作用塑造的结果”;1987年同济大学孙和平研究“南流三角洲沉积使用和沉积相”时,指出“南流江三角洲水下部分延伸到廉州湾口外大陆架残留砂沉积地带为界,即水深10m左右”。综观前人以往研究大浅滩的成因均缺乏钻孔资料的有力证据。为此,作者于1996年在承担“南流江三角洲现代演变对北海深港淤积影响”项目进行研究时,在南流江三角洲大浅滩东北部最低潮线附近一带,自东向西布设了一条钻孔剖面,通过对4个钻孔所揭示的冰后期沉积层的综合研究,认为廉州湾大浅滩是南流江三角洲的水下部分,即三角洲前缘浅滩,理由及依据如下。

(1)廉州湾大浅滩北面沿岸均为淤泥质海岸,并形成较多河流汉道入海口,这是河口三角洲海岸的特点,而在广西沿岸冰后期侵蚀后退的海岸均为砂质海岸,如冠头岭—白虎头—营盘一带海岸。

(2)廉州湾大浅滩现代沉积物重矿物组合特征,与南流江河床及其汉道河床的重矿物组合特征相似,重矿物组合同样为钛铁矿—电气石—白钛矿组合。大浅滩现代沉积物中粘土矿物种类及其含量也与南流江河床的种类及含量相同,同样是矿物种类单调,以高岭石为主,占粘土矿物含量的80%左右,其次为伊利石,占粘土矿物含量的20%左右,这说明其物质是来自南流江河流的输入。

(3)根据大浅滩东北部钻IV、V、VI、VII等所揭示的冰后期沉积层结构、构造、生物化石、物质组成、层序变化等均反映三角洲沉积特征,并与南流江三角洲平原合14孔冰后期沉积层对比基本相似,厚度也相当,说明大浅滩属于河口三角洲水下部分即三角洲前缘浅滩。

(4)整个大浅滩沉积物由淤泥质砂、粉砂质细砂、中砂组成,沉积类型多样化,反映三角洲沉积区的水动力条件的复杂性,而由冰后期海水侵蚀海岸后退并经后期波浪造成的浅滩沉积物为中粗砂、中砂,且砂质较纯,沉积物类型单一性,例如冠头岭以东一带浅滩。

(5)从地貌组合类型看,廉州湾大浅滩后缘形成有宽阔边续的三角洲平原,如西场、沙岗、党江、乾江沿岸一带,而侵蚀后退形成的浅滩后缘仅有零星而狭小的海积平原出现,如大墩海至营盘一带沿岸。

综合以上5点研究结果表明,廉州湾大浅滩的形成主要是南流江径流输沙和长期堆积外推而形成的结果。虽然大浅滩西部有大风江注入,并携带一些泥沙进入,但是,其多年平均输沙量仅为11.8万t^[5],沙量比南流江小得多,加上大风江主槽流水偏西侧,泥沙输移方向主要往西部区域,只有涨潮和西南波浪才把部分泥沙输入大浅滩,而外海带来的物质也是很少的。因此,无论是从物质组成,泥沙来源,还是地貌组合和沉积特征等方面分析,都说明廉州湾大浅滩是南流江水下三角洲前缘沉积形成的。

3.2 潮流深槽形成原因分析

一般地潮流冲刷深槽与潮流沙脊作为一种独特的侵蚀—堆积地貌体系,出现在河口、海湾和海峡口门中部,深槽的形成和沙脊的发育模式是在冰后期海水淹没了古三角洲或古海滩之后。在适宜的地貌部位,潮流作用逐渐加强,它首先沿着原始的沟槽或

低洼地进出,沟槽中的流速会远远大于两旁较高部位的流速,沟槽因此遭到冲刷,同时将原来弯曲的沟槽变直,潮流在原始地形的基础上,造成了槽道,反过来槽道的形成又使潮流的流速增大和下切作用加强,在纵轴横向环流的作用下,逐渐地形成沟槽和沙脊相间排列的地貌形态^[9]。然而,廉州湾的潮流冲刷深槽形成有别于其它港湾,其潮流冲刷深槽不但没有潮流沙脊伴生,而且不像其他港湾的深槽形成于海湾口中部。廉州湾的潮流冲刷深槽位于该湾东南岸冠头岭—地角—外沙一带西侧海域,其水深为6~10m,呈西南—东北向伸展,在其西南端向南弯曲,长约14.6km,宽0.5~2.0km。为北海港的航道和泊锚地。

冰后期低海面对北部湾除中心海盆外,大部分地区为陆地,处于风化剥蚀环境,南流江沿着合浦断陷盆地不断地摆动和侵蚀下切北海组洪积—冲积扇形成古河谷,由于基面下降,南流江不断向外延伸,古河谷随之向外伸展,使古河谷南侧冠头岭—北海一带,西侧西场—沙岗一带形成侵蚀陡坎。冰后期,气候转暖,冰川消融,海平面迅速上升,海水进入南流江古河谷形成廉州湾。因大风江河口至高德、北海间的湛江组,北海组地层较松散,易侵蚀,海岸后退快;而冠头岭为较坚硬的变质岩石山丘,故海岸后退缓慢,这一差异的存在,形成了现廉州湾的形势。

根据地形、地貌特征和有关资料分析^[5],南流江古河谷主槽自周江—乾江流经北海外沙到冠头岭西侧一带转向西南方向伸展,这证明廉州湾由海水淹没南流江古河谷而形成,深槽也随之形成。由于深槽北面存在有一个面积达165.78km²的向南(即深槽)倾斜的大浅滩,南面海岸又有由志留系变成砂岩、石英砂岩组成丘陵与由北海组湛江组地层的台地构成的北海半岛,这种地形地貌的格局构成了海水运动的特点。据中山大学1974年水文观测资料和作者1996年在深槽南端及湾口西面所设的周日观测站所测得的水文观测资料进行综合分析,廉州湾的水流在潮水初涨时,自东南向西北、绕过冠头岭进入廉州湾,后逐渐向北、西北偏移,到涨急时,水流自西南向东北即湾顶河口区汇聚;在落潮时,海湾水流从湾顶紧迫南部海岸,绕过地角嘴向西南流去。由此可见,廉州湾地形地貌态势有利于涨潮流在湾顶辐聚,形成落潮流速大于涨潮流速,从而导致悬沙不易在深槽沉降淤积,因而该深槽具有稳定,回淤少的特点^[10,11]。

根据深槽钻孔资料和深槽边缘即现新港区的钻

孔资料分析^[12],在深槽中堆积了一层约2~5m的灰黑色粉砂粘土和胶体微粒,大部分厚约5m。由于淤泥缺乏测年数据,无法准确地推算淤泥层的沉积速率。但是,可根据该深槽北段原北海港进港航道(即外沙泻湖潮流通道)GK10孔的淤泥沉积层的测年数据来推断,原北海港进港航道——泻湖港潮流通道GK10孔在淤泥埋深3m处的测年值为距今(5998±144)a,在淤泥埋深6m处的测年数据为(7912±136)a^[7,8],因而深槽淤泥层同样经历了约6000~8000a的淤积过程。按深槽淤泥层厚2~5m计,年均沉积速率为0.28~0.69mm/a,这说明深槽淤积速度是相当缓慢的。同时,近年来在深槽航道和港池中还有计划地进行适当的人工疏浚工程,这更使深槽淤积速度减慢,从而有效地保持深槽的水深条件。

可见廉州湾这种缺乏潮流沙脊伴生的潮流冲刷深槽的形成主要与水动力条件和地形、地貌形态发育有密切关系。

4 结束语

通过分析南流江水下三角洲大浅滩和潮流深槽的物质组成、泥沙来源、地貌组合和沉积物特征,作者认为廉州湾南流江水下大浅滩的形成与南流江入海径流输沙密切相关,廉州湾大浅滩的形成主要是南流江径流输沙和长期堆积外推而形成的结果;潮流深槽的形成与水动力条件和地形、地貌条件密切相关。南流江水下三角洲大浅滩及潮流深槽这两种主要地貌类型经历了相当长的时间演变后,其形状变化已较为稳定。

参考文献:

- [1] 李萍. 北部湾北部浅海表层沉积物的重矿物研究[J]. 热带海洋, 1987, 6(3): 39-47.
- [2] 孙和平. 广西南流江三角洲沉积作用和沉积物[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1987, 7(3): 1-13.
- [3] 陈波. 广西南流江三角洲海洋环境特征[M]. 北京: 海洋出版社, 1997.
- [4] 黎广钊, 梁文, 农华琼, 等. 北海外沙泻湖全新世硅藻、有孔虫组合与沉积相演化[J]. 广西科学, 1999, 6(4): 311-316.
- [5] 刘敬合, 黎广钊. 廉州湾海底及周边地貌特征[J]. 广西科学院学报, 1996, 8(1): 72-76.
- [6] 夏东兴, 刘振夏. 潮流脊的形成机制和发育条件[J]. 海洋学报, 1984, 6(3): 361-367.

(下转第109页)

论从资金、人才、经济体制等几个方面广西都不是很好,这为发展广西信息技术制造业造成了很大的困难,因而发展广西信息技术制造业必须有选择性的进行,有选择的重点发展新型电子元器件、通信产品光纤网络,接入设备,数字视听设备,“重点支持,重点投入”,提升信息技术制造业技术水平,加强信息技术制造业集中度并形成适度规模来促进广西经济的发展,防止新一轮“散、小、乱”重复建设。

3.2 探索实现多种经济所有制实现形式

信息产业是高竞争性行业,必须坚持“有进有退”,以资产重组和结构调整为手段,加快信息产业的多元化。要解放思想,更新观念,开阔思维,大胆创新,以坚持“三个有利于”为标准,大胆利用一切反映社会化生产规律的经营方式和组织方式,坚决打破地域、行为、所有制壁垒,树立各种所有制平等竞争的地位,创造不同地域、不同行业、不同所有制企业相互参股投资,建立“四跨集团”的良好环境。既鼓励公有制经济向个体、私营企业及外资企业投资参股,也要鼓励有实力的个体,私营企业向集体企业、国有企业参股、控股。既要欢迎外地法人、自然人来本地参股、控股、又要鼓励本地企业走出去。努力寻找公有制在市场经济条件下的最佳实现形式,采取多种实现形式发展经济。

3.3 建立多元化投资体系

以建立多元化投资体系为目标,以创立科技风险投资为切入点,加速社会资本向信息产业和信息化建设聚集。设立政府信息技术发展基金,用于信息技术产业化贷款的担保、贴息基金,扩大信息技术企业项目的资本金,启动重大产业化工程。以风险投资为切入点,充分运用资本市场,促进信息技术成果转化和信息产业的发展。积极利用证券市场吸收资金,确定股票上市企业时,加大对信息技术企业的倾斜力度,优先安排符合条件的骨干信息技术制造业企业上市,促进这些企业通过股份制改造迅速崛起。

3.4 加强人才培养和引进

首先建立有效的“干中学”在职培训制度,通过

鼓励社会力量联合办学、联合培训等方式,加强对在职人员的职业培训,以应对日新月异的信息技术制造业对人力资源素质要求不断提高的趋势;第二是依托广西大学、桂林电子工学院等区内外大专院校的现有能力,扩大信息管理和信息专业人才培养规模,并着重发展高层次的信息专业教育,培养大批具有多重专业知识结构复合型人才;三是进行分配制度的改革,鼓励科技人员以技术入股,以留住人才,人尽其才,才尽其用;四是建立留学回国创业基金,专门用于吸引具有企经营管理经验、风险投资经验和有专业技能的科人员回国创业,并为学有所成的留学人员回国创业提供条件和配套服务。

3.5 加大招商引资力度

主动接受产业转移加大招商引资力度,吸引国内外著名信息技术制造业集聚于广西,主动参与国际分工,力争将广西信息制造业产品纳入跨国公司国际“供应链”,促进打造信息产业链。在开展招商引资的工作中,努力将优惠政策落到实处,简化投资手续,降低投资成本,以主动服务的精神做好招商引资项目的跟踪和配套工作,积极与发达省市信息产业主管部门建立起密切的对口联系制度。

3.6 加强两广合作

充分利用广西独特的区位优势 and 相对资源优势,尽快制定迎接“泛珠三角”经济圈信息产业转移的园区规划布局,做好园区的配套环境建设,争取广东信息制造业能够逐步向广西转移。

参考文献:

- [1] 武汉大学经管学院课题组. 信息产业发展研究[M]. 北京:中国经济出版社,2003.
- [2] 王又花. 广西信息产业对经济增长的贡献分析[J]. 桂林电子科技大学学报,2006(5):414-417.
- [3] 电子工业年鉴编委会. 中国电子工业年鉴[M]. 1995-2004. 北京:电子工业出版社,1996-2005.

(责任编辑:韦廷宗)

(上接第105页)

- [7] 梁文,黎广钊. 廉州湾沉积动力作用与泥沙运移[J]. 南海研究与开发,2002(2):12-16.
- [8] 梁文,黎广钊,刘敬合. 南流江水下三角洲沉积物类型特征及其分布规律[J]. 海洋科学,2001,25(12):34-37.
- [9] 黎广钊. 北部湾广西沿岸浅海有孔虫群分布[J]. 海洋学报,1989,11(5):611-620.
- [10] 陈波,邱绍芳. 廉州湾水动力场对北海港域泥沙运移

的影响[J]. 广西科学,1999,6(2):221-225.

- [11] 陈波,邱绍芳. 广西主要港湾余流场特征及其对物质运输的影响[J]. 海洋湖沼通报,2001,8(3):13-21.
- [12] 黎广钊,梁文,刘敬合. 廉州湾重矿物组合区与泥沙来源[J]. 广西科学,2002,9(2):119-123.

(责任编辑:韦廷宗)