渤、黄、东海陆架砂质与泥质沉积成因研究概况*

A SURVEY ON ORIGIN OF SANDY SEDIMENTS AND CLAYEY SEDIMENTS ON THE CONTINENTAL SHELVES OF THE BOHAI SEA, YELLOW SEA AND EAST CHINA SEA

朱玉荣

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

砂质与泥质沉积是两种比较典型的陆架沉积类型。其中,砂质沉积占世界陆架面积的70%。砂质沉积多以沙脊、沙席的形式存在于世界陆架,这些砂体是石油与天然气的良好储集场所,其显著的地貌特征、易变的特性容易对航运、捕捞与海底电缆、海洋钻井、油气管道等海岸与海洋工程设施造成巨大危害,因此,对陆架砂质沉积成因的研究很早就受到关注。由于泥质沉积远不如砂质沉积分布范围广,其沉积特征亦不象砂质沉积那样显著,加之其在能源方面的价值亦不及砂质沉积等,故对其研究较晚。但是,随着近年科学研究的进展,人们逐渐认识到细颗粒泥质沉积是污染物和营养盐的重要载体,对研究陆架自然环境与生态环境具有重要意义,因此,对陆架泥质沉积成因的研究日益受到重视。本文将在简述世界陆架沉积成因研究现状的基础上,着重论述我国渤、黄、东海陆架砂质与泥质沉积成因的研究现状,分析存在的问题,提出今后工作的努力方向。

1 世界陆架沉积成因研究现状

世界陆架沉积的研究经历了3个阶段,总结出3种成因模式。最早,Johnson于1919年认为陆架水体与海床是一个动力平衡体系,陆架上每个部位的沉积物粒径大小和地形坡度都受输入海底的波能通量控制,最终,陆架剖面应该呈上凹的指数曲线形状,越近海岸,坡度越大;沉积物粒径则随水深的增加、离岸距离的加长而逐渐变细,这是由于输入海底的波能越来越小所致。尽管这一模式是定性描述的且有其应用的局限性,但在当时是很先进的。后来,随着海上调查资料的积累,陆架沉积特征的进一步揭示,这一模式受到挑战。Shepard于1932年注意到大多数陆架具有复杂的沉积类型,而非简单的向海逐渐变细的一层,并认为这些陆架沉积物形成于更新世低海面时,而不是现代。Emery于1968年将这一概念提升成一个新的概念模型,他将陆架沉积物划分成多种类型,其中将过去各种环境中所保存下来的沉积物称为残留沉积,认为这些沉积物的存在与海平面上升有关,并且他认为大多数陆架在近岸是薄的现代碎屑沉积,向海则变成残留沙席。之后,Swift等1972年将前两种模式结合起来,提出了第三种模式,认为既要考虑陆架面随着时间推移会与水动力处于平衡状态,也要考虑更新世末期以来的海面上升,将这种模式称为海侵-动力模式。

Swift等1976年进一步证明,陆架沉积物由于受到现代水动力的改造而形成了潮成砂体和浪成砂体。Reading于1976年将世界陆架划分为潮控与浪控两类,也主要根据其沉积物被潮流或波浪改造,以及产生相应的潮成或浪成砂体。在世界陆架砂体中,研究较早、成果较多、研究程度较高的当属陆架潮成砂体。Off于1963年对世界陆架潮成砂体做了比较系统的描述,之后,Stride于1982年研究了陆架潮成砂体产生的水动力条件、水沙动态、内部结构以及形成演化等,并且Huthnance于1982年对其形成机制的研究已有定性分析上升到用数学模型模拟。大量海上调查资料表明,陆架沉积存在多种类型,除了砂质沉积比较典型外,还有泥质沉积。对世界陆架泥质沉积的研究较晚,研究较少、研究程度较低,处于定性分析阶

* 中国博士后科学基金资助项目;国家自然科学基金资助项目49876018号。
在撰写过程中,承蒙青岛海洋大学常瑞芳教授的指导和审阅,在此敬致谢意。
收稿日期:2000-09-11;修回日期:2000-09-30

段，目前这方面的研究正方兴未艾，但象陆架砂质沉积那样较有影响的成因模式尚未见报道。

2 渤、黄、东海陆架砂质与泥质沉积成因研究现状

中国陆架沉积的研究始于20世纪30年代初期，1932年Shepard曾编绘了中国海沉积物分布略图；1949年Shepard和Emery对东亚大陆架沉积物的分布作了初步研究；1961年Nino和Emery对中国陆架海的沉积特征作了补充研究[1]。我国对渤、黄、东海陆架沉积的系统研究始于1958年的全国海洋综合调查，调查项目包括表层取样、柱状取样、悬浮体取样和连续测深。这是有史以来我国在渤、黄、东海陆架进行的第一次大规模调查，成为我国海洋地质研究史上一个重要的里程碑[2]。自此，我国渤、黄、东海陆架沉积的研究不断进行。

大量调查表明，我国渤、黄、东海陆架的底质类型主要有砂质沉积、泥质沉积以及介于二者之间的混合沉积[3]。砂质沉积主要有辽东浅滩、渤中浅滩、西朝鲜湾沙脊、江华湾沙席、苏北浅滩(南黄海辐射状沙脊)、扬子浅滩、扬子浅滩南侧东海外陆架的大片砂质沉积以及海州湾中部的砂质沉积等。泥质沉积主要有渤海中部泥、北黄海西部泥、南黄海中部泥、济洲岛西南泥、浙闽岸外泥、南黄海东部泥[4]等。几乎自渤、黄、东海陆架的砂质与泥质沉积被揭示的同时，众多学者便开始对其成因进行研究。

对于辽东浅滩、渤中浅滩、苏北浅滩、扬子浅滩的成因，自其被发现以来主要有两种意见：一种认为是残留沉积，即认为这些陆架砂质沉积主要形成于更新世低海面时，而不是现代，它们与现代的水动力环境不相适应，现代的水动力基本对其无影响，它们在全新世海侵后基本未被改造等，由此可见，残留沉积的概念实质上是与水动力联系在一起的；另一种认为是潮流沉积，例如刘振夏等[5]，根据最近十多年的研究，多倾向于认为是潮流沉积。对于西朝鲜湾沙脊，基本上自其被发现以来就认为是潮流形成的，关于此，Off于1963年给出了详细的论述。对于江华湾沙席，刘振夏等[5]认为是潮流沉积，关于它是否是残留沉积的论述较少见。对于扬子浅滩南侧东海外陆架的大片砂质沉积，一般认为它们是残留沉积[2]或残留潮流沉积[3,5]，即死潮流沙脊，认为现代水动力已基本上对其无影响。对于海州湾中部的砂质沉积，自其被发现以来基本上认为是残留沉积。

对渤海中部泥的成因进行动力学研究的较少。对于北黄海西部泥、南黄海中部泥、济洲岛西南泥、浙闽岸外泥的成因，Hu 1984年注意到这些泥在位置与范围上与黄、东海的上升流很一致，于是认为上升流在这些泥的形成过程中起着决定性作用，并进一步认为陆架上哪里有上升流，哪里就形成泥，反之，有下降流出现的地方，泥质沉积将不存在，代之的是砂质沉积；他认为对应于北黄海西部泥、南黄海中部泥、济洲岛西南泥的上升流是由与黄海暖流有关的黄、东海陆架流系构成的气旋式冷涡诱导所产生的，而浙闽岸外上升流的形成则与台湾暖流有关。有的认为浙闽岸外泥与东海沿岸流有关[2]。Qu和Hu等1993年构造了一个简单的上升流模式，并模拟了上升流区的悬浮体浓度，结果显示越靠近上升流的中心悬浮体浓度越高，于是推断越靠近上升流中心，沉积速率应越大，认为上升流适于细颗粒物质在此沉积。Hu 1984年提出的上升流形成泥的概念被我国许多地质学家接受，例如Zhao等1990年、申顺喜等1993年在对南黄海中部泥的成因进行地质学解释时就直接或间接地采用了该概念。

Hu 1984年提出的黄、东海上升流与泥质沉积的关系中，没有提及南黄海东部泥，该泥位于南黄海东南部、济洲岛西北部，有的称其为南黄海东部泥、有的称其为济洲岛西北泥。申顺喜等[8]认为南黄海东部泥是反气旋型泥质沉积，认为黄海暖流与朝鲜沿岸流构成的顺时针向黄海东部环流(其表层为下降流，底层为上升流，并且表层的下降流强于底层的上升流)形成了该泥；并认为南黄海中部的气旋与济洲岛西北部的反气旋，后者即与南黄海东部泥对应的反气旋，都可形成细粒泥，二者之间的明显差异在于反气旋型泥质沉积的厚度大，粒度粗。Yanagi等根据精确的观测数据发现济洲岛西南不存在Hu 1984年提出的正压气旋环流，实际上他们在济洲岛西南发现了斜压环流，环流的上层为气旋型，下层为反气旋型，因此，他们认为Qu和Hu 1993年的理论解释是不成立的，因为反气旋型环流的中部产生的是下降流；并认为济洲岛西南的环流与这里的泥质沉积没有关系，济洲岛西南的泥质沉积是这里的弱潮流与弱风暴浪环境形成的。

从上述中可看出，Hu 1984年认为下降流应形成砂质沉积，而申顺喜等[8]认为下降流形成了南黄海东部泥；Hu 1984年认为正压气旋环流诱导的上升流形成了济洲岛西南泥，而Yanagi等[14]的观测结果在济洲岛发现的确是斜压环流，并认为是弱潮流与弱风暴浪环境形成了济洲岛西南泥。作者认为上升流、下降流以及潮流等水动力与泥质沉积形成之间的关系，有待于进一步研究。

3 存在问题

就目前看来，对渤、黄、东海陆架砂质与泥质沉积成因的各种认识都具有一定程度的局限性和片面性，究其原因在于海洋是个复杂的系统，内部的水沙运动亦如此。迄今，我国对渤、黄、东海陆架砂质与泥质沉积成因的研究，尤其是对泥质沉积成因的研究，基本上采用定性的、静态的对比分析方法，未综合研究各种水动力因素，如潮流、海流、沿岸流、上升流以及下降流等，对渤、黄、东海陆架沉积作用的综合影响，未将渤、黄、东海陆架沉积格局作为一个整体，用海洋沉积动力学方法从形成过程与动力机制上研究其成因。因此，对渤、黄、东海陆架砂质与泥质沉积，尤其是泥质沉积，形成的水动力条件、形成过程与机理等的认识存在分歧。

4 研究展望

海洋沉积动力学是国际上20世纪70年代兴起的边缘学科，采用多学科交叉、用动力学手段研究海洋沉积问题，它重点研究各种水动力条件下，物质的扩散、输运、沉积、再悬浮、再输运、再沉积等的全过程。我国海洋沉积动力学的系统研究始于1980~1987年的中美长江口及毗邻陆架海洋沉积作用过程联合研究，这是一次多学科的综合性调查，主要研究项目有海底沉积取样、浅地层剖面测量、旁侧声纳测量以及水深测量，本次调查所获得的大量资料为研究我国现代海洋沉积动力学提供了重要科学依据。

在研究陆架沉积的手段方面，过去主要是实测，但随着科技的进步，计算技术的发展，在大量实测资料的基础上进行数值模拟已成为可能，并且成为重要手段之一。对现代海洋水动力环境、泥沙输运与沉积状况的了解，现场观测无疑是重要和必要的手段，但观测的范围与区域、观测资料的同步性和密度等受自然条件、资金以及技术设备等的限制，很难满足理论研究与海洋开发的需要，且其方法本身对深入研究海水、泥沙等运动，尤其是大区域海水、泥沙等运动的内在动力机制具有局限性，而数值研究在一定程度上可弥补这方面不足，揭示水、沙等运动的内在动力机制。

根据实测资料，利用数值模拟手段，研究海洋沉积动力学问题，在国际上已有报道，例如，对北海陆架区潮流作用下泥沙扩散、海底冲淤分布的研究[9]。在我国，董礼先等1989年对黄、渤海陆架区潮流作用下的泥沙输运做过研究，但其研究结果在大多数地区与实测资料差异很大；作者对南黄海辐射沙洲区的悬沙潮扩散规律[6]与古长江河口湾充填的潮流作用机制[7]等做过研究。但是，用数值模拟方法对渤、黄、东海陆架区单一与多种水动力耦合作用下泥沙输运与沉积、海底底质分布格局等进行沉积动力学研究的报道鲜见。

综合分析过去30多年来渤、黄、东海陆架沉积研究的已有成果，将海洋动力学、泥沙运动力学、沉积学等学科相结合，建立渤、黄、东海陆架多种水动力(如潮流、海流、沿岸流等)耦合作用下的泥沙输运与沉积模型，用数值模拟手段，从海洋沉积动力学角度，研究渤、黄、东海陆架区的泥沙输运与沉积特征，探讨渤、黄、东海陆架砂质沉积、泥质沉积及其分布格局的动力学成因，将是今后工作的努力方向。探明渤、黄、东海陆架砂质与泥质沉积的动力学成因，将丰富渤、黄、东海陆架沉积的研究内容，并可进一步检验数值模拟手段应用于陆架沉积动力学的可行性。进行该项研究亦将为我国渤、黄、东海陆架沉积环境演变、物质通量与循环、以及生态系统动力学等相关研究提供沉积动力学依据。

主要参考文献

1 秦蕴珊、赵一阳、陈丽蓉等。东海地质。北京：科学出版社，1987。130~209

2 金翔龙。东海海洋地质。北京：海洋出版社，1992。1~245，460~514

3 许东禹、刘锡清、张训华等。中国近海地质。北京：地质出版社，1997。1~178

4 赵一阳、朴龙安、秦蕴珊等。海洋科学，1998，1：34~36

5 刘振夏、夏东兴、王揆洋。海洋与湖沼，1998，**29**(2)：141~147

6 朱玉荣、常瑞芳。青岛海洋大学学报，1998，**28**(4)：615~621

7 朱玉荣。海洋学报，1999，**21**(3)：73~82

8 申顺喜、于洪军、张法高。海洋与湖沼，2000，**31**(2)：215~220

9 Herman Gerritsen and Cas W.J. Berentsen. *Continental Shelf Research*, 1998, 18: 151~200

(本文编辑：李本川)