

中国东部海域 海底沉积环境成因研究

——《中国东部海域海底沉积物成因环境图》说明

李广雪 杨子赓 刘 勇 著



科学出版社
www.sciencep.com

中国东部海域 海底沉积环境成因研究

——《中国东部海域海底沉积物成因环境图》说明

李广雪 杨子赓 刘 勇 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本图主要收集了中国及周边国家海洋地质历史调查资料,还包括地形地貌、水文泥沙和遥感等资料,为沉积物成因分析提供多方面的证据。编图过程中由于历史资料精度有差异,日本九州岛、本州岛和琉球群岛以东地区精度略显不足。

本图以生动的色彩直观地反映了中国东部陆架海域海底沉积物及其成因环境分布和时空演化,所展现的内容丰富多样,在中国东部陆架海域开展区域环境演变研究中能够起到抛砖引玉的作用。

图书在版编目(CIP)数据

中国东部海域海底沉积环境成因研究:《中国东部海域海底沉积物成因环境图》说明/李广雪等著. —北京:科学出版社,2005

ISBN 7-03-014669-7

I. 中… II. 李… III. 海洋沉积物-沉积环境-成因-中国-地图
IV. P736. 21-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 000103 号

责任编辑:彭胜潮 张光威 韩 鹏 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:黄华斌

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年9月第 一 版 开本:889×1194 1/16

2005年9月第一次印刷 印张:4 3/4 插页:8

印数:1—1 000 字数:93 000

(如有印装质量问题,我社负责调换)

自序

1996年,我们在执行一项国家海洋勘测专项的子项目中,注意到区域海底环境对全球变化响应的敏感性,开始对东海、黄海、渤海沉积环境进行研究,同时尝试编制了《东海、黄海、渤海沉积环境成因图》。1997年、2000年和2003年开始我们又分别参加了国家自然科学基金重点项目“冲绳海槽及相邻陆架晚更新世以来沉积环境演变”(1997~2000)、承担了国家自然科学基金项目“东海北部涡旋区冰消期以来高分辨微相与气候信息”(2000~2002)和参加国家自然科学基金重点项目“末次冰消期以来东部陆架海泥质区海洋环境演化”(2003~2006),这些项目的研究使我们更坚信了这个信念,即“海底沉积物相模式对海平面变化的响应是全球变化和区域响应研究的重要组成部分”,并构成了“中国东部海域海底沉积环境成因研究”及编制《中国东部海域海底沉积物成因环境图》的指导思想。2004年中国海洋大学给予完善出版的经费支持,使这个计划得以顺利完成。

在完成此项目的进程中,我们的思想观念处于不断与传统的地质观念碰撞之中。

首先是边缘海沉积演化史与全新世地质时代划分的矛盾。最近地质时期边缘海沉积环境的演化遵循着最低海平面向高海面的规律变化,然而全新世及其内部分期界限却是个静态瞬时的。于是乎沉积界限普遍穿时性与年代界限等时性之间矛盾这个老问题又出现了,10 ka 这条全新世底界与2.5 ka 晚全新世/中全新世界限在陆架海沉积演化过程中几乎没有什么重要的分界意义,我们最终放弃了传统的全新统地层划分方案,引入了“层序地层学”的概念。层序地层学是建立在全球相对海平面变化的基础上的,而层序乃是“一个时间框架内沉积物的三维空间分布,一个层序中的沉积体决不超越其时间框架”;全球冰川性海平面波动是边缘海第四纪沉积相模式及沉积物三维空间分布最重要的控制因素之一。这不仅解决了边缘海沉积演化的时间框架和分期,本项目采用的地质年代分期也适应了末次盛冰期以来层序地层划分的要求。这一改变,使我们思路豁然开朗,形成了本项目的思想路线:以地球系统科学及全球变化思想为指导,通过层序地层学的研究,揭示沉积体时空演化格架对全球海面变化的直接响应,从而在较大范围内完成海底沉积环境成因的研究,实现全球变化与区域响应的科学目标。

其二,现有的海底沉积制图不能充分表达上述科学目标所要求的内容。无论国内国外,目前只有一种海底沉积图,就是海底底质沉积类型图,它按照某种沉积物的结构分类圈定其平面分布,仅仅反映了沉积物岩性这个单一属性。而我们需要的是——一张全面反映海底沉积物各种属性的海底地质图,编制这样的图,没有先例可循。中、小比例尺陆地第四纪地质制图给了我们启迪,陆地第四纪地质图以表现沉积物的形成地质时代、沉积物的成因类型、沉积物的岩性三要素为基本内容。这一原则也应该适用于海底地质图的编制。而出露于海底的沉积物主要形成于末次冰期后期以来的低海面至高海面阶段。对沉积物形成的地

质时代按层序地层学的要求划分为末次冰期后期(包括盛冰期)、冰消期、高水位期;沉积物的成因类型是基于沉积相与亚相的研究;沉积物的岩性则另图表示,以免增加图面负担。最终我们将成果图命名为“海底沉积物成因环境图”而未命名为“海底地质图”,是期待着海洋地质学家对海底地质图的制图原则与内容达成共识。

其三,现代海洋沉积动力条件适应时段受限,不足以解释全部陆架海底沉积物的成因环境。20世纪50年代K.O.Emery提出“残留沉积物”的概念,将陆架上与现代水动力条件不一致的沉积物统称为“残留沉积物”,其贡献在于首次将陆架海底沉积物分布与冰川性海平面升降造成的海洋动力环境分带改变相联系。20世纪60年代以来,这个概念在我国得到广泛应用。但由于其包容性太大,将它用于海洋沉积物层序划分会使概念模糊,势必掩盖全球变化与区域响应的详细进程,也不利于对古沉积动力环境的分析。因此,在建立层序地层时将海侵体系域的最低一个层位称为“海侵边界层”,以上依次是古滨岸沙沉积体系、古潮流沙脊沉积体系等。通过对海侵体系域沉积物成因分析和古海底地形的反演推求古海洋沉积动力条件,在本项目中是行之有效的。通过古环境与古沉积动力条件的分析我们还提出了“第二物源区”的概念。海侵进程中已沉积于海底的陆源碎屑沉积物在水动力作用下再悬浮,大部分在现代海洋动力条件下,再悬浮并再分配,进入现代沉积体系。到高水位期时现代陆架环流体系形成,现代海洋沉积动力环境及与之相适应的现代陆架海洋沉积体系也得以确立。

历时6年的研究,是我们对中国东部海域沉积环境的认识不断深化的过程,完成的成果图经过了3次大幅度修改与补充。在几次国内、国际学术会议上介绍了初步研究成果,受到同行专家的关注,并鼓励我们尽快出版。尽管这项研究获得的科学结论和认识远逊于存在的科学问题,我们的一些见解也可能有“另类”之嫌,但仍然愿意公诸于众,以期引起同行的讨论。

最后,非常感谢海洋地质杂志社张光威编审为本图出版做了大量工作;特别感谢中国海洋大学管华诗校长对本项工作的关心和支持,并将此作献给中国海洋大学80年华诞!

作者谨识

2004年8月23日于青岛

前 言

大陆架及近海海底几乎全部被沉积物覆盖。海底地质编图大体分为两种类型:一种是表现海底现时状态的沉积物地质图。另一种则是剥去松散沉积物(主要是第四纪沉积物)之后,以表现基岩地质为特征的基岩地质图。前者以表现海底沉积物的客观分布为基本内容,最具代表性的是海底底质沉积类型图,与陆地第四纪地质图相当,但它的表现内容远逊于第四纪地质图,仅仅单一地表现了表层沉积巷沉积类型,只相当于第四纪地质图的一项要素——岩性。而第四纪地质图所表现的内容有三项主要要素:沉积物的地质时代、沉积物的成因类型(相及相组合)、沉积物的岩性,还要表现出重要的地貌要素及断层构造、火山岩等地质体。它以不同地质时代各种成因的地质体为其基本制图单元,以反映第四纪时期各种地质营力所形成的地质体的时空分布,是分析第四纪沉积环境演变的基础图件。近海海底是水层掩盖的第四纪沉积物分布区,海底底质沉积物类型图所表现的单一内容已不适应现代海洋地质综合研究的需要,革新海洋地质图的内容及其表现形式是海洋地质学发展的必然趋势。

宽阔的陆架海对全球海面变化有直接的响应,沉积体时空演化格架包含着丰富的全球变化信息,如何将全球变化与区域响应的内容能够使用图件的形式表达出来,是我们开始本次制图工作的基本的科学目标。这个科学目标恰好是层序地层学的范畴,层序地层学不仅解决了完成此目标的方法学问题,而且解决了完成此目标的理论体系问题。沉积物的相模式对海面变化的响应就是这一理论体系的核心。在海洋中充分运用这一理论,也是对层序地层学有效的诠释。因此,客观地表现沉积物的年代、成因及岩性三要素为本图件的基本内容。这三者的关系应该是:时间是框架,基本的时间框架是“层序”,任何一个地质体都存在于一定的时间框架之内;成因类型是基本地质体的控制因素,而基本地质体则是制图的基本单元;岩性是地质体的重要属性。

《中国东部海域海底沉积物成因环境图》体现了我国海洋地质学家对东部陆架沉积学研究成果的积累。自20世纪60年代至今,历时半个世纪对渤海、黄海、东海的海洋地质调查和综合研究成果及资料是完成此图的基础。作者多年来在综合研究我国东部陆架及邻近海域沉积物分布、形成、演化特征时深感缺少综合性强的海底地质图之困惑,因此编制此图,旨在客观地反映海底沉积物的成因类型(相及相组合)在一个时间框架内的三维空间分布。就其所表现的内容而言相当于一张陆地第四纪地质图。但是当大多数海洋地质学家尚未就海底地质图的内容及表现形式达成共识之前,我们选择了末次冰期以来沉积的浅层地质体进行时空分析制图,所做的工作只是一个尝试,因此命名为“中国东部海域海底沉积物成因环境图”,希望对推进近海海底地质图的变革起到抛砖引玉的作用。

目 录

自 序 前 言

1 资料来源	(1)
1.1 中国东部海域浅部地质调查资料	(1)
1.2 中国东部海域地形地貌资料	(2)
1.3 水文、泥沙资料	(2)
1.4 资料预处理	(2)
2 编图原则与基本内容	(3)
2.1 底图、坐标、比例尺	(3)
2.1.1 底图	(3)
2.1.2 编图范围、坐标系统与比例尺	(3)
2.2 基本内容	(3)
2.3 岩性类型划分	(4)
2.3.1 陆源碎屑沉积物分类	(4)
2.3.2 深海远洋沉积物分类	(4)
2.3.3 我国深海-半深海远洋沉积物分类方法	(4)
2.3.4 本次制图使用的分类方法	(4)
2.4 沉积物成因环境分类	(6)
2.5 年代分期与沉积环境系统划分	(8)
2.5.1 地质年代分期与全球变化	(8)
2.5.2 陆架沉积物成因环境图采用的年代体系	(8)
2.5.3 陆坡、岛架和海槽沉积	(10)
2.6 沉积物成因环境-层序单元的分布特征	(11)
2.6.1 低位体系域	(11)
2.6.2 海侵体系域	(11)
2.6.3 高位体系域	(14)
2.6.4 陆坡、海槽沉积单元	(16)
2.7 图例系统及表示方法	(16)
3 末次冰期以来中国东部陆架沉积环境演化	(17)
3.1 沉积环境演化模式	(17)
3.1.1 全球变化与海面上升	(17)
3.1.2 沉积环境对海面变化的响应	(18)
3.1.3 层序地层模型	(19)

3.2 低位体系域	(24)
3.2.1 大陆坡沉积	(24)
3.2.2 长江古河口	(25)
3.3 古滨岸沉积	(26)
3.4 海侵边界层	(27)
3.5 潮流沙脊系统	(29)
4 中国东部海域流系与现代沉积	(33)
4.1 水团与流系	(33)
4.1.1 研究状况	(33)
4.1.2 水团年内演变	(35)
4.1.3 流系演变	(38)
4.2 物源与物质输运	(40)
4.3 陆架现代沉积模式	(41)
5 几点认识	(43)
参考文献	(45)
英文摘要	(50)
彩 图	

1 资料来源

研究区主要包括渤海、黄海、东海,这一海域是被中国大陆、台湾岛以及琉球群岛、九州岛和朝鲜半岛所包围的边缘海;其次,还收集了部分资料对对马海峡、日本海和琉球岛弧以东连接的西太平洋海域进行了研究。编图范围内主要资料来源于中国及其周边国家海洋地质调查资料;另外,还收集了地形地貌、水文泥沙和遥感等资料,为沉积物成因分析提供了多方面的证据。

1.1 中国东部海域浅部地质调查资料

我国于20世纪50年代开始全国第一次海岸带调查,并与原苏联合作拉开了对东部陆架海调查研究的序幕;随后,原地质矿产部、中国科学院、国家海洋局等部门的有关单位也都不同程度、不同目标地开展了调查工作;到目前为止,调查区域基本上能够覆盖全部陆架海域及冲绳海槽。在本次研究工作中,我们收集和参考的相关调查资料有:

(1) 全国第一次海岸带调查资料,于1956~1960年执行,参考了该次工作的研究报告和1:5万地质图件。

(2) 中国科学院海洋研究所于1959~1963年完成的东部陆架海洋地质调查成果。主要参考其连续发表的相关文章及著作。该次调查研究获得了对东部陆架沉积格架的基本认识。

(3) 国家海洋局第二海洋研究所于1975~1978年完成的东海调查资料,按1:100万比例尺布设调查站位,并出版了成果图集(李全兴,1990)。

(4) 国家海洋局第一海洋研究所于1979年完成的黄海调查资料,按1:100万比例尺布设调查站位,参考了所完成的研究报告和成果图。

(5) 全国第二次海岸带调查,于1983~1986年执行,调查水深一般在20m以内,调查站位按1:20万比例尺布设。主要包括全国第二次海岸带调查系列报告和1:20万海岸带第四纪地质图,包括辽宁省、河北省、山东省、江苏省、浙江省和福建省的1:20万海岸带第四纪地质图、海底底质图、地貌图等系列图件,同时也发表了大量的文献资料。

(6) “七五”期间,刘光鼎主持编制出版的《1:500万中国海区及邻域地质地球物理系列图》(1992)。

(7) “八五”期间完成的中国海域环境调查资料。该次工作完成了陆架中部部分调查工作,并完成系列报告和图集,包括1:200万东、黄海底质类型图、地貌图和构造地质图(1994)。

(8) “九五”期间完成的东部陆架地质地球物理补充调查,调查面积达41万km²,调查站位按1:50万比例尺布设,完成系列区块报告和制图;收集了区块沉积物底质图、地貌图及各站位沉积分析资料。

(9) 文献资料:对文献中能够确认位置的实际资料进行收集,这类文献约有 100 多篇。

(10) 其他调查资料:收集了研究区内海洋工程地质调查、港湾调查等资料,尤其是有关黄河和长江三角洲比较丰富的系统资料。韩国西部黄、东海海域 1:25 万海底底质图、地形图及浅层剖面解释图;日本周边 1:20 万海底地质图、沉积物底质图、地形图,琉球周边海域 1:100 万海底地质图、沉积物底质图。其他区域性第四纪地质图、沉积物类型图、地貌图等,中国海湾志系列(陈则实, 1990~1994)。

1.2 中国东部海域地形地貌资料

收集了几乎所有的研究区水深图,包括渤海、黄海周边的 1:20 万比例尺为主的海图,中国科学院海洋研究所编绘的渤、黄、东海水深图,上海海洋石油局测制的 1:100 万东海地形图,国家海洋局李全兴编制的东海地形图和青岛海洋地质研究所编绘的渤、黄、东海地形图等图件,以及区域性详细测量资料。

1.3 水文、泥沙资料

(1) 水文资料:收集研究区温度和盐度数据,主要数据来源于美国国家海洋数据中心(NODC)1930~2002 年汇编数据库,首先通过网站 <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/SELECT/dbsearch/dbsearch.htm> 提出申请,根据数据库提供的数据下载信息,获得原始温盐数据,然后使用 Ocean Data View V.1.4 (Schlitzer, 2003) 软件将研究范围内的数据采集后,按月分层进行筛选。按分层统计大约 70 多万组数据,并通过对这些数据的分析,探讨东部海域冷、暖流系的结构和月变化,进一步分析悬浮泥沙在流系中的输运和沉积作用。

河流输入海洋的泥沙资料主要来自 20 世纪 80 年代初的全国海岸带调查报告(陈吉余主编,1995),数据比较齐全。朝鲜半岛河流输沙数据根据文献记载(Milliman and Meade, 1983; Park et al., 2000)。

(2) 遥感资料:购买 1998~2001 年两年的 NOAA-AVHRR 数据进行分析,共 700 多景数据,选择云量较低的时段,通过 SST 计算研究陆架海水团及流系状态,结合表层悬沙分析,进行现代沉积作用研究。

(3) 文献资料:东部海域海洋水文环境研究成果更为丰富,针对沿岸流系(如黄海沿岸流、闽浙沿岸流、朝鲜半岛西海岸沿岸流等)和暖流系(如黑潮、台湾暖流、对马暖流、黄海暖流等)都进行了长期的观测和模拟研究,已有大量研究文献和成果,这些文献资料是本次工作中现代沉积作用研究的基础。

1.4 资料预处理

本次工作中选用的历史资料需要进行同化处理,主要是坐标系统、水深基准、沉积物定名和¹⁴C 年代等资料的同化。20 世纪 90 年代以前,海洋调查站位坐标基本上是北京 54 坐标系,以后使用卫星 WGS-84 系统,因此需要使用信息管理系统软件,将历史资料的坐标转换为 WGS-84 系统。水深数据采用黄海 85 基准,一般的改正方法采用在稳定海底的重复区比对,系统平均差用来校准老数据。年代数据采用日历年(Calendar year),对历年来发表的¹⁴C 测年数据使用 CALIB 4.0(Stuiver et al., 1998)软件校准。

2 编图原则与基本内容

2.1 底图、坐标、比例尺

2.1.1 底图

(1) 海岸线:采用平均海平面与陆地交接线作为岸线,平原低地的低潮线也表示出来。主要依据网站(<http://ibis.grdl.noaa.gov/cgi-bin/bathy/bathD.pl>)下载的海岸数据,与我国出版的相关图件对比后,认为基本吻合。但其数据点间隔 500 m,变化比较快的海岸如现代黄河三角洲、苏北、长江三角洲等使用近期 Landsat-TM 资料进行校准。

(2) 陆地地形:采用 Smith(1997)地形数据库数据资料,数据点网度 $6\text{ km} \times 6\text{ km}$,进行网格化成图。等高线间隔:0,20,50,100,200,500,1 000,2 000,4 000 m。

(3) 岛屿:根据中国在“九五”期间执行的海洋地质地球物理补充调查使用的底图和美国网站下载的岸线数据合成,与国家公布的领海基点进行了对比较准。

2.1.2 编图范围、坐标系统与比例尺

编图范围:选择 $23^{\circ}30' \sim 41^{\circ}00' \text{N}$, $117^{\circ}30' \sim 132^{\circ}30' \text{E}$,包括渤海、黄海、东海大陆架,冲绳海槽的全部和日本海西南、西菲律宾海盆西部等地理单元;包含了陆架浅海至深海平原,中国东部陆架占据了编图区域的大部分(彩图 1)。

投影及坐标系:采用墨卡托投影,标准纬线 30°N ,WGS-84 坐标系。

比例尺:根据目前调查覆盖情况,研究主要区域(渤海、黄海、东海和冲绳海槽)50%面积能够达到 1:50 万精度,其他区域也能达到 1:100 万,因此,选择 1:100 万作为图件编制比例尺,海底沉积物成因环境成果图和海底沉积物类型图按 1:200 万比例尺出版。

2.2 基本内容

海底沉积物成因环境图是以表现海底表层沉积物的岩性(沉积物类型)、成因类型及沉积物形成时代为内容的综合性地质图,客观地表示出海底沉积地质体的平面分布及相互关系,是分析末次冰期以来海洋沉积物环境演变及物质输运途径的基础图件。

根据中国东部及邻近海域沉积特征,将研究区分为大陆架、大陆坡、岛坡-半深海盆地、深海平原与海沟三大沉积单元。三部分所表现内容既要遵循共同的原则,也应反映各单元独自的特点。深海除局部有火山岩出露外,几乎被现代沉积物覆盖,很难表现出被覆盖沉积物特征,而大陆坡与岛坡由于侵蚀作用及重力滑塌,常露出前第四纪的沉积物或基岩。而大陆架可以划分出一部分是现代沉积物,另一部分是末次冰期低海面时期和冰消期海面急剧上升期形成的残留或改造沉积物,这些差异都在图上有所反映。

本图表现的内容包括三部分:沉积物岩性、沉积物形成的成因类型、沉积物形成时代。

其相互关系是:全球变化奠定了沉积物形成时代框架,沉积物的形成时代是沉积环境演变的主线,时代划分是基于层序地层学的基本单元——“层序”的划分,次一级的划分则是“准层序”,时段划分的精确程度决定了沉积环境研究的精确度;沉积物的成因类型是各种地质环境因素(尤其是沉积动力)作用的结果,它取决于沉积动力条件,沉积物的侵蚀、输运和聚集过程;而沉积物岩性则是沉积环境的基本属性。因此,在全球变化思想指导下,在加强沉积动力环境分析的基础上,将沉积物形成时代、成因类型和岩性三者联合表现于图面上,可获得边缘海地区末次冰期以来沉积环境的时空演化模式。

2.3 岩性类型划分

海洋沉积物主要可以分为四类:①陆源碎屑沉积物:主要来自陆地风化剥蚀的碎屑硅酸盐矿物组成,大多分布于滨海环境和近海陆架。②内源沉积物:主要是从海水中析出的化学沉淀物。③生源沉积物:直接由动植物的残骸组成。④火山源沉积物:即火山碎屑沉积,主要分布在板块活动边缘或火山活动比较活跃的地区。

2.3.1 陆源碎屑沉积物分类

按照不同粒级的碎屑组分的相对量比进行沉积物分类,即所谓沉积物的结构分类,一般采用三角图。在我国长期采用 Shepard 的分类(Shepard, 1954),以砂、粉砂、黏土为三端元(图 1A)。Shepard 分类是一个典型的描述性分类,缺乏成因意义,是早期各国采用的分类。现在应用较广的是 Folk、Andrews 和 Lewis(1970)的分类(图 1B、C)。该分类强调粗粒组分的水动力学意义,将细粒组分作为水体浑浊度的标志,具有较大的成因意义,在各国海洋地质调查中已经得到广泛应用。

2.3.2 深海远洋沉积物分类

国际上较为流行的是 Berger(1974)的分类(见表 1),它是基于深海钻探计划(DSDP)的实践设计的。

2.3.3 我国深海-半深海远洋沉积物分类方法

在我国大洋矿产调查中,采用的深海沉积物分类方案其分类原则是:生物组分含量大于 50% 时称为软泥,非生物组分含量大于 50% 时,称为黏土。软泥按化学成分分为钙质软泥和硅质软泥。黏土、钙质或硅质的含量小于 10% 不参加命名;含量为 10%~25% 则以“含××”作为辅助名称放在主名前面;25%~50% 以“××质”作为辅助名称放在主名前面;大于 50%,就定为主名。例如,黏土、含钙质黏土、钙质黏土、含钙硅质黏土、含硅钙质黏土、含黏土钙质软泥、含硅钙质软泥、硅质钙质软泥、含黏土硅质软泥、含黏土钙质硅质软泥、黏土质硅质软泥、硅质软泥等(图 1D)。

2.3.4 本次制图使用的分类方法

结合研究区的沉积特征,主要分为陆源碎屑沉积、生源沉积、生物-陆源沉积和火山岩、火山碎屑及热液化学沉积四大类型。考虑到我国多年沿用的习惯和便于同化利用绝大部分

历史资料,所以在编制此图时,命名方法参照我国海洋地质地球物理调查规范(GB/T 13909-92)和大洋锰结核调查规范(初稿)。陆源碎屑沉积物命名仍使用 Shepard 三角图法(图 1A)^①。韩国和日本等国家调查资料中使用 Folk 等的命名法(图 1B、C),本研究在使用这些资料时进行了校准。深海-半深海沉积物分类(图 1D)采用大洋锰结核调查规范(初稿)。沉积物类型分布图是研究成因环境的重要基础图件,是开展工作开展的第一步,也是按1:100万比例尺编图,最后按 1:200 万比例尺作为附图出版。

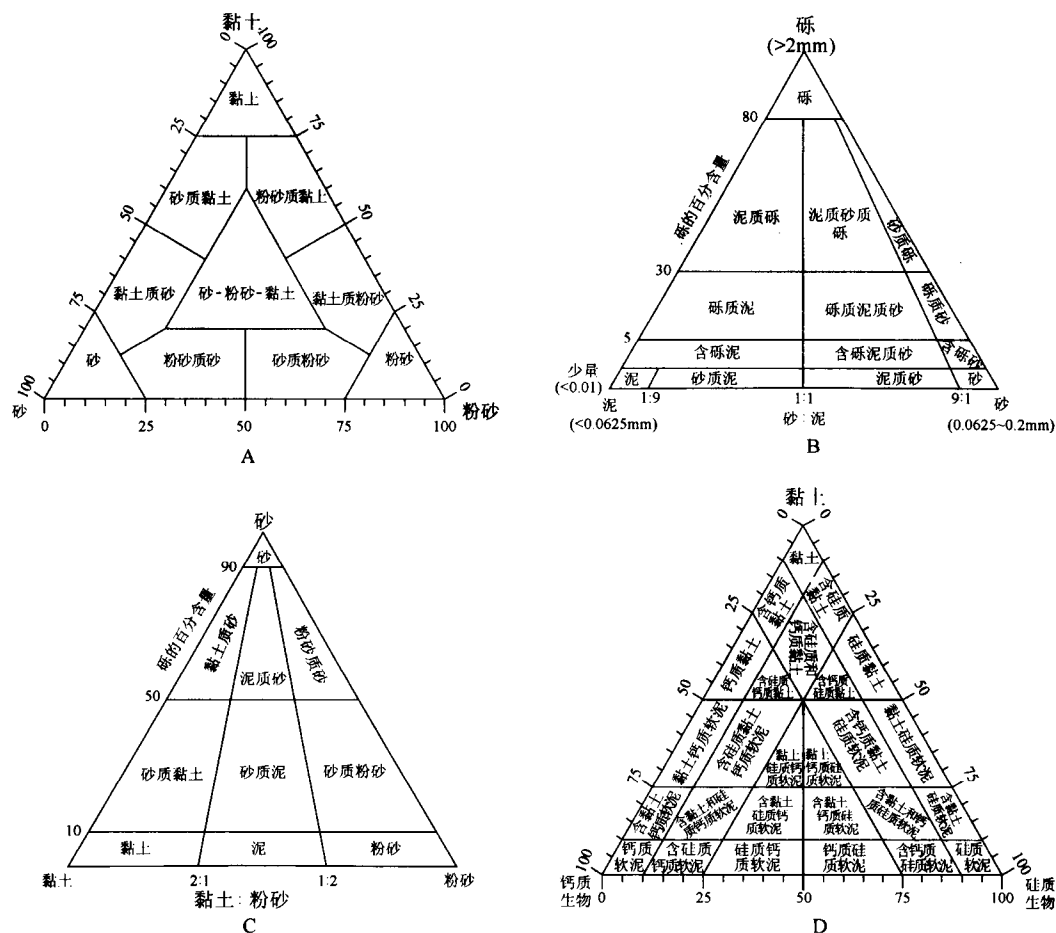


图 1 中国东部及邻近海域海底沉积物命名方法

A——Shepard 陆源碎屑沉积物分类三角图;B,C——Folk, Andwes 和 Lewis 陆源碎屑沉积物分类三角图;
D——我国大洋矿产调查采用的深海沉积物分类方案

Fig.1 Naming means in the East China Seas and adjacent seafloor sediment

A is Shepard trigonometry for the terrigenous clastic sediment. B and C is Folk, Andwes and Lewis trigonometry for the terrigenous clastic sediment. D is the trigonometry of the deep sea sediment in China.

① 尽管该分类方案存在着明显的缺陷和争议,而且不易与国际上多数国家现在使用的 Folk、Andrews & Lewis (1970)分类方案接轨,然而考虑到我国公布的历次调查资料和文献缺少原始数据,为便于同化利用绝大部分历史资料,编制此图时仍然使用这个分类方案。

表 1 远洋沉积物分类(Berger, 1974)

Table 1 Ocean sediment classification

I. 远洋沉积物(软泥和黏土)			
>5 μ m 的陆源、火山源或浅海成因的沉积组分 < 25 %			
平均粒径 < 5 μ m (自生矿物与远洋生物除外)			
A. 远洋黏土: CaCO ₃ 和硅质化石 < 30 %			
(1) CaCO ₃	1% ~ 10%	含钙质黏土	
(2) CaCO ₃	10% ~ 30%	钙质黏土	
(3) SiO ₂ 质化石	1% ~ 10%	含硅质黏土	
(4) SiO ₂ 质化石	10% ~ 30%	硅质黏土	
B. 软泥: CaCO ₃ 或硅质化石 > 30 %			
(1) CaCO ₃ > 30%, 但 < 2/3 泥灰质软泥			
CaCO ₃ > 30%, 且 > 2/3 白垩质软泥			
(2) CaCO ₃ < 30%, 硅质骨骼 > 30%; 硅藻或放射虫软泥			
II. 半远洋沉积物(泥)			
> 5 μ m 的陆源、火山源和/或浅海成因的沉积组分 > 25 %			
平均粒径 > 5 μ m (自生矿物和远洋生物除外)			
A. 钙质泥: CaCO ₃ > 30 %			
(1) CaCO ₃ < 2/3 泥灰质泥; CaCO ₃ > 2/3 白垩质泥			
(2) 生物骨骼 CaCO ₃ > 30%; 有孔虫泥、超微化石泥、贝壳泥			
B. 陆源泥: CaCO ₃ < 30%, 石英、长石、云母为主, 分别加石英质、长石质、云母质为前缀			
C. 火山灰泥: CaCO ₃ < 30%, 火山灰、橙玄玻璃等为主			
III. 远洋和/或半远洋沉积物			
(1) 白云岩、腐泥岩旋回			
(2) 黑色(碳质)黏土和泥, 腐泥岩			
(3) 硅质黏土岩和硅质泥岩, 燧石岩			
(4) 石灰岩			

2.4 沉积物成因环境分类

根据物源类型、沉积物特征及水动力特征, 结合分布区的水深地形(彩图 1)等特征, 将研究区按海底沉积环境空间分布划分出以下类型体系(表 2)。

表 2 中国东部及邻近海域海底沉积物成因类型分级表

Table 2 The seafloor sediment formation type and gradation in the East China Seas and adjacent seas

一级分带 (海洋环境分带)	二级分区 (沉积动力分区)	三级分类 (沉积相及沉积体)	四级分类 (亚相及沉积体)
滨岸带	滨岸砂体	砂坝、沙堤、沙席	
		风成沙丘	
	滨岸沼泽	盐沼或泻湖	
	潮间带	砂质潮坪	
		泥质潮坪	
		潮汐三角洲	
		潮汐通道	

续表

一级分带 (海洋环境分带)	二级分区 (沉积动力分区)	三级分类 (沉积相及沉积体)	四级分类 (亚相及沉积体)
滨岸带	三角洲	三角洲平原	三角洲平原、河道及决口扇
		三角洲前缘	河口沙坝、潮流沙体、浪成沙堤
			三角洲前缘
			分流间湾
		前三角洲	前三角洲泥
大陆架	残留沉积区或 海侵改造沉积区	陆相沉积	陆相硬黏土
			湖相沉积
			河流及其他粗碎屑沉积
		滞留沉积	
		海侵边界层及海侵砂	
		残留沉积	
		古潮间带	
	近岸区	海湾沉积	湾口沙坝
			现代海湾泥质区
			海湾泥质区
			河口湾泥质区
		砂质浅滩	水下沙堤、沙席
		老三角洲前缘	
		沿岸流区	泥质沉积区
	内陆架及中陆架区	风暴改造沉积	沙席、沙丘、沙波
		潮流沙脊区	潮流沙席Ⅲ
			潮流沙席Ⅱ
			潮流沙席Ⅰ
			潮流沙脊区沙脊
			潮流沙脊区脊间洼地
		涡漩(冷涡)沉积区	涡漩泥
		古海湾沉积	
		古滨岸沙体	
		古滨岸	
大陆坡	陆坡沉积区	陆源碎屑沉积	
		生物碎屑沉积	有孔虫砂
		生源和陆源混合沉积	
		滑坡	
	大陆坡麓	浊积扇及海底峡谷沉积	浊积层
		海底扇沉积	
海槽及岛弧	海槽	陆源和生源混合沉积	
		生物碎屑沉积	
		陆源碎屑沉积	
		火山碎屑沉积	玻屑砂砾、玻屑泥
		热液沉积物	热液硫化物沉积
		基岩	

续表

一级分带 (海洋环境分带)	二级分区 (沉积动力分区)	三级分类 (沉积相及沉积体)	四级分类 (亚相及沉积体)
海槽及岛弧	岛弧	火山岛区	火山岩、火山岩碎屑
		珊瑚礁岛	珊瑚礁、珊瑚砂砾
		岛坡生物碎屑沉积	有孔虫砂 有孔虫泥
		岛坡岛源和生物混合	
		岛架生物碎屑沉积	
		岛源碎屑沉积	
深海	深海盆地	钙质软泥	
		大洋黏土	
		硅藻泥	
		浊积扇、浊积泥	
		洋盆陆源碎屑沉积	

2.5 年代分期与沉积环境系统划分

2.5.1 地质年代分期与全球变化

本次制图使用了“全球变化”的概念,将图件的地质时代划分为3个阶段(表3),即末次冰期低海面期、冰消期和高水位期,与国际全新世划分有对应关系,也有一定差异。McManus(1975)的分类法曾将全新世前后期这两套沉积物称为现代新沉积(Neoteric sediment)和现代老沉积(Proteric sediment),其分界可以用最大海侵期或最大海泛面为标志,这条界限在陆地第四纪地层划分中是中全新统上、下段的界限(表3)。而冰消期包括了部分晚更新世、早全新世和中全新世早期至最大海泛面形成之前,这是全球海面快速上升阶段。它包含了4个快、慢变化的上升阶段。在年代学上是在7 000 cal. a(日历年)开始进入高水位期(Saito et al., 1998),国际全新世年表划分中的晚全新世开始于2 500a(^{14}C),而5 000a(^{14}C)(相当于7 000 cal. a界限)是中全新世早期/中期分界,是最高海面时期,并不是年表的主要界限。我们采用7 000 cal. a高水位期界限,作为地质年代分期的主要界限,它只相当于国际地层划分方案中全新世早期/中全新世中期一条低等级的地质年代界限,但从海洋沉积物划分与应用的必要性与可行性来考虑则是合适的。在划分海洋沉积层中常使用浅地层剖面资料,从层序地层划分看,大约在高水位期,在剖面中形成最大海泛面,上覆高位体系域沉积,这是沉积体系域界面,界面上、下沉积物有明显的区别并形成底超接触。本次制图使用的分期法,看似粗略,但为今后研究全球变化打下了年代框架基础,在此基础上应用各种事件产生的准层序还可以进行详细的层序划分;这种划分法也便于与陆地第四纪划分接轨。

2.5.2 陆架沉积物成因环境图采用的年代体系

海底沉积物成因环境图的时代划分是将沉积区分为不同的地质年代单元,形成不同图层。不同的图层其沉积环境、动力成因条件不同而不能对比,而相同年代单元的沉积环境能

表3 地质年代分期与全球变化对比

Table 3 The geological age stage and global change of the sea level

国际划分方案		气候分期	年代/ ka(¹⁴ C)	本次分期方案		年代/ (Cal. ka)	全球变化事件	层序地层						
晚全新世		亚大西洋期	2.5	高水位期			温室效应	SB2						
中全新世	晚期	亚北方期					5.0	大西洋期		7.0 ○	MFS	高位体系域		
	早期	大西洋期	7.5	冰消期	9.3 ○	融冰水-IB			海侵体系域					
早全新世	北方期						11.0 ○	新仙女木		融冰水-IA	TS			
	前北方期											13.8 ○	全球变暖	低位体系域
	晚更新世													
末次盛冰期			19.0 ○	全球变暖	低位体系域									
						21.0	末次盛冰期	低海面						

注：SB1——下层序边界；SB2——上层序边界；TS——海侵侵蚀面；MFS——最大海泛面。海面变化曲线根据 Park 英文注释(1992)、Saito(1998)、Yokoyama(2000)、Mix(2001)、Fairbanks(1989)、Wyss(1999)和 Fleming(1998)研究结果合成(参阅图3)。

够反映地质体的演化过程。此图采用的基本地层单元是“层序”而不是“层”，这就从根本上解决了陆架海中岩石地层单元的普遍穿时性与年代地层单元的等时性之间的矛盾。例如，在陆架区就难以按岩性或沉积环境找到一条标志统一的全新统底界，而层序地层划分对此却迎刃而解。按照 Van Wagoner 等(1988)关于全球层序地层划分，第四纪仅划分出“3.9”、“3.10”两个三级层序地层单元，最新一个层序(3.10)的时限也是 0.8 Ma 以来，不能满足海洋地质图年代划分的需要，因此，将第四纪最末一次冰川性海面波动所形成的海侵-海退层序称为“层序 1(Sq1)”。实际上，它只是一个尚未完成海退进程的“半层序”。为了实现本图的应用目标，将编图范围内的中国东部陆架“层序 1(Sq1)”的沉积物划分为 3 个年代单元。

(1) 末次冰期后期(冰期低海面约 21~15 cal. ka)

末次冰期后期对应于低位体系域。当海面从前一个层序(Sq2)的高海面向低海面演化、达到中间位置时，进入 Sq1 的低海面时期，中国东部陆架出露成陆，海面在 -130 m 以下(Wang, 1999; 朱永其等, 1979; 彭阜南等, 1984)，海洋沉积作用活跃于大陆边缘、大陆坡及坡麓。古海岸分布在现在 -130 m 水深线附近位置(朱永其等, 1979; 彭阜南等, 1984)，发育古滨岸、古河口和古海湾沉积。冲绳海槽西侧陆坡浊流和滑坡作用比较活跃，发育了深切峡谷、滑坡体系。从陆坡边缘向坡麓依次发育了低位进积楔状体、斜坡扇及海底扇。