

国家自然科学基金资助项目

北部湾潮间带 造迹动物群及其遗迹

王珍如 阮培华 高金汉 著



地质出版社

谈沈锡昌同志指正

王珍如 94.7.

国家自然科学基金资助项目

北部湾潮间带造迹 动物群及其遗迹

王珍如 阮培华 高金汉

地质出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书对北部湾及湛江潮间带大型底栖造迹动物,以动物的结构水平为线索,对软底质环境中的底表、底内造迹动物和硬底质内的钻孔动物,从个体习态遗迹到群落遗迹生态学,首次进行了全面系统地研究。全书共分四章,第一章,自然环境概况;第二章,潮间带沉积环境;第三章,潮间带造迹动物及其习态遗迹;第四章,潮间带造迹动物群落及其遗迹群落。全书有插图 90 幅,图版 8 个,均为野外实地观察和模拟实验中所得第一手资料。本书也是我国首次对亚热带、热带潮间带遗迹学进行较全面而系统的介绍的区域性专著。

本书可供地质学,尤其是古生态学、古遗迹学、沉积学和海洋生物学、生态学及环境科学工作者及大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

北部湾潮间带^{造迹}动物群及其遗迹/王珍如等著,一北京:地质出版社,1994.4

国家自然科学基金资助项目

ISBN 7-116-01632-5

I. 北… I. 王… III. ①海洋底栖生物-潮间带-北部湾
②海洋生物学-海洋生态学-研究 IV. Q178.535

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第02026号

北部湾潮间带造迹动物群及其遗迹

王珍如 阮培华 高金汉 著

责任编辑:甄玉 王璞

地质出版社出版发行

(北京和平里)

中国地质大学轻印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

开本:787×1092 1/16 印张:6.5 插页:4页 铜版图:4页 字数:149000

1994年5月北京第一版 1994年5月北京第一次印刷

印数:1—600册 定价:6.40元

ISBN7-116-01632-5

P·1321

前 言

现代海洋动物遗迹学的研究在世界上发展很快，它不仅对深入研究海洋生物学、生物生态及分布等具有重要意义，而且对于研究古代生物的遗体、古生态、古生物造迹动物与古遗迹、古遗迹演化，以及古地理环境和古沉积的分析等，均具有特殊的意义和广泛的应用价值。这项研究工作，在我国尚处在起步阶段，系统地现代海洋潮间带底栖动物群及其遗迹群落的调查、研究尚不多见。本文是继《青岛、北戴河现代潮间带底内动物及其遗迹》（王珍如等，1988）一书之后的又一研究成果。

本项研究始自1978年，1987—1989年连续以本区作为我校历届地层古生物学专业本科生和研究生的海洋生物学等课程的野外教学基地，开展教学活动，对滨海环境、潮间带造迹动物及其遗迹群落、现代生态学等进行观察、研究，1991—1993年由国家自然科学基金会资助，以本区大型底栖造迹动物群及其遗迹群落列为重点，展开了系统野外调查，大量地采集标本、样品，进行了深入地分析、研究。

研究区域范围，西起广西东兴的江平，经钦州湾、南流江河口、北海、广东雷州半岛西北部安铺港北潭至雷州半岛东侧的湛江港，南边为海南岛海口至三亚（图1）。属于我国南

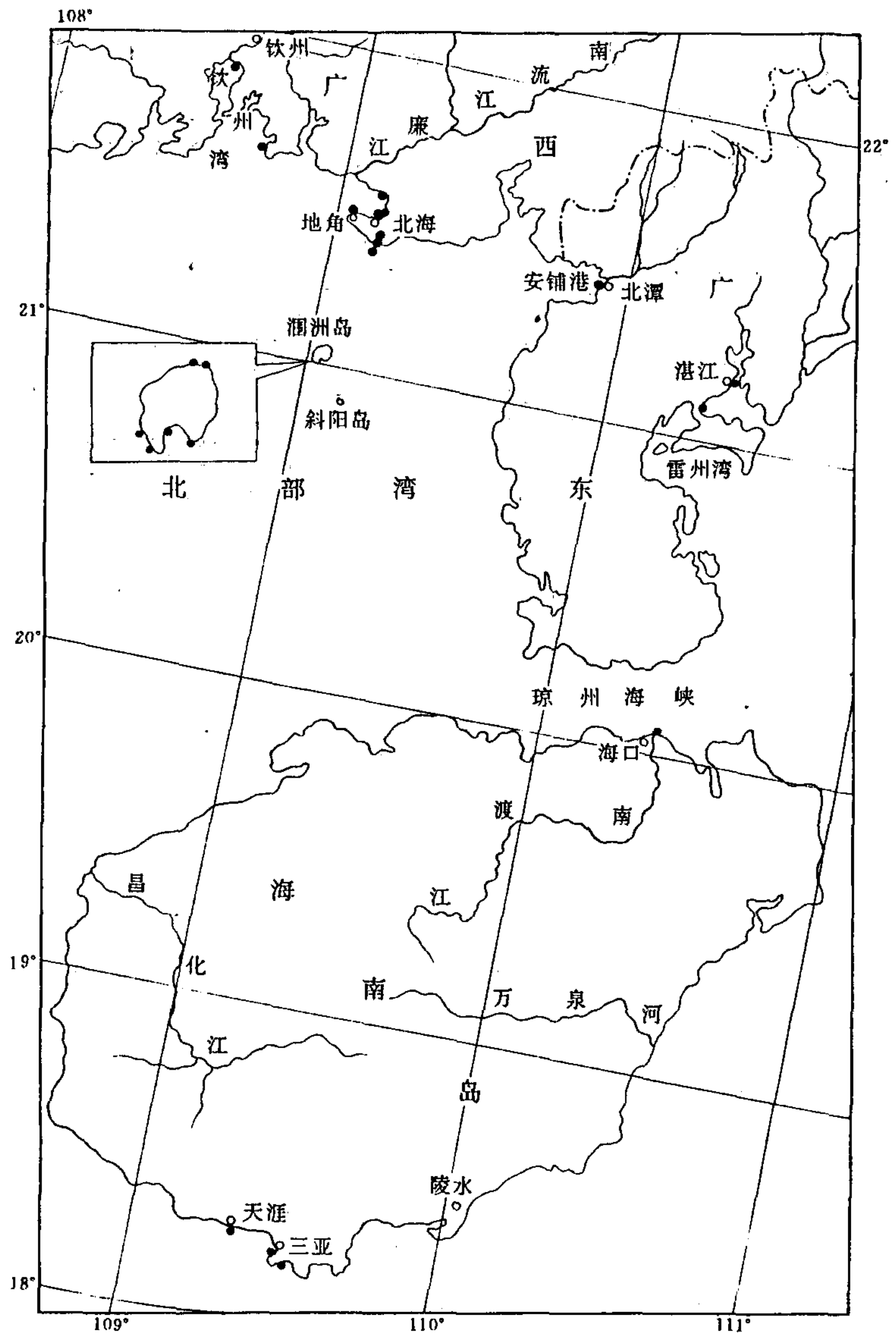


图1 工作区位置图

海西北部北部湾沿岸亚热带—热带沿海地区。研究的重点为潮间带各亚环境和微环境中的造迹动物群结构、分布规律及其遗迹群落类型。分别对碎屑—岩石海岸、泥沙滩、珊瑚礁坪和生物碎屑滩、红树林沙泥滩、河口湾及泻湖沙泥滩等，各种不同环境类型的潮间带，重点调查 27 条剖面。另外，还对广西沿海的江平、侨港镇、大冠沙，广东湛江第一浴场，广西的斜阳岛，海南岛的大东海、小东海、陵水、秀英等 10 多条剖面作为定性点进行了调查。采集到丰富的动、植物标本，微体动物样品以及沉积环境、生态样品和岩样等，获得大量的实物照像和素描资料。经鉴定，潮间带内大型的底栖动物共计 10 门类、16 纲、67 属、140 种和 16 个未定种。对各类底栖动物群落结构、分布条件、生活习性、造迹特征等，以及各类型潮间带主要环境因素、水动力条件、底质特点、海水理化性质等，进行了多方面的调查，获得了大量实际材料和科学数据。

参加本文编写人员分工如下：王珍如负责项目研究和组织工作，并编写前言、第三章及动物名称索引；阮培华编写第一章和第四章；高金汉编写第二章和外文摘要；阮培华、王珍如统编全文及图版。课题组的王德发教授在选题、制定研究计划、研究途径及部分文稿的审阅等方面均提出了宝贵意见，在项目研究中发挥了重要作用。杨遵仪教授修改了外文摘要。

野外调查期间，得到了地矿部北海地质勘察公司、涠洲岛镇政府、广西海洋研究所的唐俭及傅修龙、叶维强、陈雄、李祥兴及谢若痴，北海市环保所吕维贤、潘静远，北海市水产馆孙建运，湛江水产学院水产系系主任吴琴瑟教授，博物馆蔡英亚教授，五矿国际实业公司湛江开发公司黄卫及海南大学水产系等有关同志的大力支持和帮助。我院 78、87—89 年地层古生物专业本科生及研究生参加了部分野外工作。大部分图版照片由中国地质大学王树元工程师拍照和洗印。在此一并表示衷心的感谢。

感谢国家自然科学基金委员会的资助。

由于作者的水平所限，错误和不妥之处望读者指正。

编者

一九九三年十一月二日

目 录

前言	
第一章 自然环境概况	(1)
第二章 潮间带沉积环境	(3)
一、岩石岸沉积环境	(3)
二、沙质海岸沉积环境	(5)
三、珊瑚礁坪海岸沉积环境	(8)
四、河口湾沉积环境	(10)
五、潮坪沉积环境	(13)
六、泻湖沉积环境	(16)
第三章 潮间带造迹动物及其习态遗迹	(18)
一、软底质潮间带底表动物及其遗迹	(18)
二、软底质底内动物及其遗迹	(23)
三、钻孔动物及其居住迹	(52)
第四章 潮间带造迹动物群落及其遗迹群落	(63)
一、碎屑-岩石海岸潮间带造迹动物群落	(65)
二、泥沙滩潮间带造迹动物群落	(69)
三、珊瑚礁坪、碎屑滩造迹动物群落	(73)
四、红树林沙泥、泥滩造迹动物群落	(76)
五、河口湾造迹动物群落	(78)
六、泻湖沙泥滩造迹动物群落	(80)
结语	(84)
外文摘要	(86)
主要参考文献	(90)
动物名称索引	(91)
图版说明及图版	(95)

CONTENTS

Preface

Chapter 1	Brief account on natural environments	(1)
Chapter 2	Intertidal depositional environments	(3)
	I . Rocky coast depositional environment	(3)
	II . Sandy coast depositional environment	(5)
	III . Coral reef flat coast depositional environment	(8)
	IV . Estuary depositional environment	(10)
	V . Tidal flat depositional environment	(13)
	VI . Lagoon depositional environment	(16)
Chapter 3	Intertidal trace-making faunas and their habit traces	(18)
	I . Intertidal softground epifaunas and their traces	(18)
	II . Softground infaunas and their traces	(23)
	III . Boring animals and their dwelling traces	(52)
Chapter 4	Intertidal trace-making animal communities and ichnocoenoses	(63)
	I . Clastic—rocky coast trace-making animal community	(65)
	II . Muddy sand beach trace-making animal community	(69)
	III . Coral reef flat and clastic beach trace-making animal community	(73)
	IV . Mangrove sandy mud and mud bank trace-making animal communities	(76)
	V . Estuary trace-making animal community	(78)
	VI . Lagoon sandy mud bank trace-making animal community	(80)
	Concluding remarks	(84)
	Abstract in English	(86)
	Main references	(90)
	Index of genera and species	(91)
	Plates and explanation of plates	(95)

第一章 自然环境概况

本研究区域包括我国南海北部大陆边缘的广西南部沿海，广东西部雷州半岛沿岸及海南岛、涠洲岛等沿岸的广阔的潮间带，岸线曲折、复杂。处于北回归线以南，北纬18°以北的低纬度地区。在气候的划分上属于南亚热带和北热带、高温、高湿的海洋性气候。日照时间较长，根据1971—1980年间的统计资料，广东沿海的年均日照时数为1700—2500小时，海南岛的年均日照时数为2190.3小时（余勉余等，1990）。广西海岸带年均日照时数为1561—2253小时（表1—1），在涠洲岛一带属于高值区，年日照时数为2253小时，钦州湾犀牛脚、龙门等地的年日照时数不足1600小时，属于低值区。气温直接影响着潮间带的水温，本区夏季长，冬季短，水温较高。七月份水温最高，广东沿海的月平均值为28.02℃，广西沿海的月平均值为30.25℃，海南岛沿海的月平均值为29.79℃。广西、广东沿海的最低水温是在2月份，月平均值在16℃左右，海南岛的水温在1月份最低，月平均值为20.5℃。

表1—1 日照时数比较（单位：h）

地区	年平均	日照最低月份	日照最高月份	资料（年）
广东沿海	2008.1	2	7	1971—1980
广西沿海	1561-2253	2	7	1956—1980
海南岛	2190.3	2	7	1971—1980

由于本区处在东亚大陆季风区域，风向的季节性变化明显，夏季受海洋暖湿气团的控制，盛行南风 and 偏南风，冬季受北方大陆干冷气团的控制而盛行偏北风，春、秋两季是风向转换的过渡季节。随着季风的变化，每年的4—9月高温、湿度大，10月至下一年的3月温度低、湿度小，干湿特征明显。台风对沿海潮间带往往会造成重大的灾害，通常发生在每年的5—11月份，尤其是7—8月份台风最多。区内雨量充沛，雨季多集中在每年的4—10月份，年降水量在1600mm以上。海南岛一带的降水量较低，例如海口的年降水量为1500mm左右。广西海岸带降水量具有由东向西逐渐增高的分布趋势，例如涠洲岛年降雨量为1297mm，北海年降雨量为1655mm，钦州犀牛脚为1942mm，到了东兴则为2869mm。

海水盐度的分布在本区表现为南高北低，河口区低，远离河口区高，湾顶低，湾口高的特点。盐度的分布、变化与本区入海径流量、降雨量、蒸发量以及含盐量不同的水系等因素密切相关。据中国浅海滩涂渔业资源资料（1971—1980年），广东沿海年平均盐度为30.2‰，广西沿海年平均盐度为28.71‰，而海南岛沿岸的年平均盐度为30.2‰。广西北海、涠洲、龙门及白龙尾海洋站观测资料（广西海岸带和滩涂资源综合调查报告^①，1986），年平均盐度分别为28.67‰、32‰、19.31‰及28.61‰，年平均值盐度最高的是涠洲站，为33.6‰，最低的为龙门港站为2.63‰。北海站降雨量最低的出现在1—2月份，最高的盐度在3月份，最高的降雨量为7月份，而最低的盐度是8月份，两者之间，盐度一般较降雨

① 此书是由广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查领导小组编写的未刊资料。

量滞后一个月左右。

海水中的 pH 值是影响生物生活分布的另一个重要因素，pH 值的分布、变化主要取决于水体中二氧化碳量的分布与变化。广东西部沿海表层海水的 pH 值为 8.2—8.3，广西沿海表层海水的 pH 值为 8.05，海南岛沿海表层海水的 pH 值为 8.13—8.2。

本区潮汐包括有不正规半日潮、正规全日潮和不正规全日潮三种类型。它是由太平洋潮波传入南海，再进入北部湾而及至沿海。雷州半岛东岸及海南岛东北部属于不正规半日潮，琼州海峡中部及海南岛东南部属于不正规全日潮，海南岛的感恩角至新盈港、雷州半岛西岸、广西沿岸及北部湾的绝大部分为全日潮。潮差变化较大，如涠洲岛平均潮差为 2.13m，最高达 4.51m，铁山港最大潮差达 6m，属于中—强潮岸段。钦州等地的河口湾，平均潮差在 1.01m 以下，最大潮差也只有 2.7m，海南岛平均潮差在 0.6—1.5m 间，属于弱潮区。

受构造运动、火山活动及沉积地层等因素制约，本区海岸带地貌类型复杂、多样，潮间带有岩石滩、砾石滩、泥沙和沙滩、红树林沙泥滩、泻湖泥滩、河口湾沙泥滩及珊瑚礁坪、生物碎屑滩等。潮间带复杂的环境因素、理化性质，决定了潮间带底栖动物生态环境的多样性，对潮间带底栖动物种类、分布、生产量及生态方式等都起到了至关重要的作用。

第二章 潮间带沉积环境

地史时期与现代的沉积作用类同，“比较沉积学”的诞生和发展大大地促进了人们对古代沉积作用、沉积环境的认识。深刻地了解各类型现代沉积作用、沉积作用成因的主导因素、沉积特征和规律等，能够更有效地正确认识和分析古代沉积环境。

现代滨海沉积类型复杂、多样，根据海岸地貌特征、沉积体系及其动力因素和作用过程，滨海潮间带沉积大致可划分为海滩沉积，沙坝—泻湖沉积、河口湾沉积、潮坪沉积等不同的类型。海滩沉积分布广泛，在岩石岸区、珊瑚礁岸区、沙质岸区等无障碍海岸区都有发育。依据沉积物组成特点，又可进一步划分为砾质海滩沉积、沙质海滩沉积及生物碎屑海滩沉积等类。沙坝—泻湖沉积分布较局限，均有由沿岸沙坝所保护而形成的半局限泻湖，该类沉积在本区以钦州犀牛脚水产站及北海和高德外沙内侧的泻湖发育较好。河口湾沉积多发育于潮汐作用强烈的海岸河口地区，湾内沉积受到潮流、波浪及河流的共同作用，发育了一系列的潮汐水道和潮坪。潮坪沉积分布广泛，见于海湾、河口湾、障壁岛和其它沙坝后面的泻湖等一些受限制的地区，以及发育良好的三角洲平原环境也具有很好的潮坪。此外，尚有三角洲沉积、鹿角湾沉积等多种沉积体系，有关这类沉积环境的研究，我们此次调查工作较少，有待于今后的进一步工作。

在我们对广西、广东西部和海南岛等沿岸潮间带进行造迹生物及其遗迹群落研究的同时，还进行了对潮间带各种类型沉积环境的调查研究。在选定的若干不同类型剖面上，系统地采集了沉积物样品，作了粒度分析和镜下岩矿鉴定，较细地收集和描述了潮间带各类型环境的沉积作用、环境特征等丰富的资料。

潮间带沉积环境多种多样，各具其不同特点，然而各沉积体系之间的界线又并非截然，通常在一种沉积体系内又包含有另一种或几种体系。现仅对本区潮间带几种主要沉积环境及其沉积特征分述于下。

一、岩石岸沉积环境

本区岩石岸多为海岩地势较陡、波浪作用较强的地段。由于遭受波浪和潮流的强烈冲刷作用，沉积作用主要发生在破浪带以下，如涠洲岛猪仔岭及北海地角海化厂等海岸即属于此例。

1. 涠洲岛猪仔岭岩石岸

(1) 地貌及层序特征

剖面位于猪仔岭东北约 100m 处，由玄武岩和火山碎屑岩组成的岩石岸陡崖受到强烈的海蚀作用，发育有一系列的海蚀洞、海蚀凹槽等，其下部形成两级海蚀平台，即第二级海蚀平台宽 5m，位于特大高潮线的附近，第一级海蚀平台宽约 10m，大致位于相当平均高

潮线的位置。海蚀平台低洼处有残积的砾石和砾状粗沙，一般靠碎浪带的沙、砾最粗，远离海崖逐渐变为宽约 43m 的中—粗沙海滩沉积，近临滨处为中—细沙沉积，此处可见有零星分布的基岩露头。剖面（图 2—1）自上而下沉积物组成如表 2—1。由于沉积物来源近，

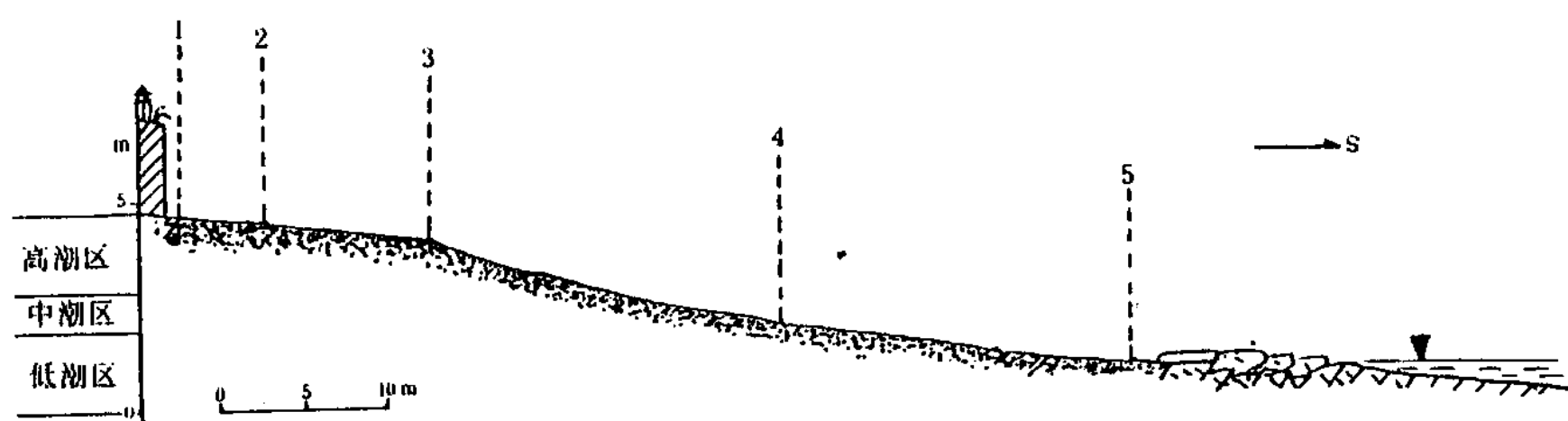


图 2—1 涠洲岛猪仔岭剖面取样位置示意图
1、2、……示标本号

表 2—1 北海涠洲岛猪仔岭剖面沉积物样品成分分析

粒径 (mm)	组成	样号及沉积物组成特征 (%)				
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
<3	火山岩碎屑	15.90	23.70	19.00	30.80	16.00
	石英颗粒	31.80	26.00	38.00	18.50	80.00
	生物碎屑	31.80	0.20	1.40	12.20	4.00
>3	火山岩碎屑	6.80 粒度最大者 4cm, 一般为 0.5cm 士	5.00 粒度最大者 4cm, 一般为 0.5cm 士	11.00 粒度最大者 1.5cm, 一般为 0.5cm 士	14.70 粒度最大者 1.1cm, 一般为 0.5—0.8cm	0.00
	生物碎屑	13.70 珊瑚为主,主要为鹿 角珊瑚,粒度一般为 2cm 士,最大者为 6.7cm 其它生物少,含猿头 蛤 1 个,蛛螺厣 7 个,大者直径 1cm, 小者 0.4cm,及腹足 类、双壳类碎屑	42.80 珊瑚 31.1%,以鹿 角珊瑚为主,粒径一 般为 3—4cm,最大 者为 5.5cm 其它生物 3.7%,含 蛛螺 1 个,长 2cm, 玉螺 1 个,长 1.3cm,厣 2 个,直 径 0.3、0.5cm,及腹 足类、双壳类和藤壶 等碎屑	30.50 珊瑚 27.8%,以鹿 角珊瑚为主,粒径一 般为 3—4cm,最大 者为 5.1cm 其它生物 2.7%,蚌 蛎右壳 7 个,蛛螺厣 4 个,平轴螺 2 个, 壳体完整,及双壳 类,腹足类碎屑	20.00 珊瑚 16.7%,以鹿 角珊瑚为主,粒径一 般为 1—2cm,最大 者为 2.7cm 其它生物 3.3%,双 壳类及腹足类等	0.00
	石英颗粒	0.00	2.80	0.00	3.80	0.00
总 计	火山岩碎屑	22.70	28.70	30.00	45.50	16.00
	石英颗粒	31.80	28.70	37.80	22.30	80.00
	珊瑚碎屑	13.80	39.10	27.80	16.70	2.60
	其它生物	31.70	3.50	4.40	15.50	1.40

因此，成熟度低，颗粒粗大，以砾石和砾级粗沙为主，仅在近临滨处形成中—细沙为主的沉积。据野外观察，剖面中部沉积构造为由粒级变化显示的大型板状交错层，近临滨中—细沙中发育水平纹理构造，沉积物表面具有各种波纹。

(2) 粒度概率曲线特征

在碎浪带，沉积物粒大，含大量砾石、珊瑚碎屑及贝壳等，曲线由三个总体组成，其中以牵引总体为主，占 75%，跳跃总体占 24%，悬浮总体含量只有 1%，其中 $S=2\phi$ ， $T=0.5\phi$ 。反映了强烈的波浪拍岸后，其回返的强底流把较粗颗粒沿岸拖曳到碎浪带这一沉积特点。

(3) 岩矿特征

涠洲岛猪仔岭海岸沉积物成分主要由组成岩岸的岩石类型及附近的珊瑚礁所决定。由于沿岸带玄武岩和火山碎屑岩发育，在近岸的碎浪带岩屑含量高达 56%，其成分主要是火山碎屑岩岩屑及石英颗粒，生物碎屑含量为 42.6%，主要是珊瑚碎屑（其中以鹿角珊瑚为主），其他的生物如腹足类、双壳类等的含量不超过 15.5%。颗粒分选性及磨圆度极差。在海岸沙沉积物中大量海洋生物碎屑的存在，可作为鉴定海岸环境的一个重要标志。

(4) 石英颗粒表面特征

石英颗粒表面的贝壳状断口极为发育，并见有丰富的未经溶蚀的 V 形坑，系岩岸海滩沙近源和波浪作用强的反映。

2. 北海地角海化工厂岩石岸

沉积特点与猪仔岭相似，区别在于地角的海岸基岩不是火山岩，而是志留纪变质泥岩，岩石硬度低，易受风化剥蚀作用，从后滨到前滨都有基岩出露。沉积作用主要发生在基岩间低洼处和基岩表面风化侵蚀的沟槽内。沉积物粒度普遍较细，以泥沙质为主，砾石主要来源于周围基岩的岩屑和石英颗粒。生物碎屑含量高，以腹足类、双壳类及藻类为主。地角沿岸区的生物，除了有发育在其他岩石区的一些自由活动的滨螺和固着生活的藤壶等之外，尚有大量的钻穴生物，主要是各种钻穴海笋，在岩间泥沙底质内含各种沙间动物，其类别和分布特征与典型泥沙质海岸生物十分相似，在后滨带当日高潮线上有痕掌沙蟹，前滨区下部有鳞沙蚕、桑椹螺、滩栖螺、拟蟹守螺及琴蛭虫等。这种不同生境类型生物的紧密交错分布，对认识海岸环境的特征具有重要意义。

此外，在钦州犀牛脚乌雷村一带，岩石海岸的基岩出露面积小，分布零星，主要发育有泥沙滩沉积。

二、沙质海岸沉积环境

沙质海岸沉积环境在广西沿海分布很普遍，如江平、北海高德、白虎头，涠洲岛南湾和北港外滩，钦州犀牛脚乌雷村。海南岛海口白沙门及三亚大东海、天涯等地都有良好的海滩环境。海滩环境的一些基本特征，在前述岩石岸中已有所论及，但岩石岩区的海滩往往只是砾石海滩和生物碎屑海滩，真正发育完好的沙滩主要分布在沙质海岸环境。现举例如下。

1. 涠洲岛南湾海滩

(1) 地貌及层序特征

涠洲岛南湾是在火山口基础上发展而成的小港湾，受两侧岩石岸海岬的保护，湾内除了波浪作用外，还受到潮汐作用的强烈影响，形成以中细沙为主的沉积。在海滩后方有滨岸沙丘，由于人工修路及建筑，滨岸沙丘多遭破坏，仅在西侧岩岸附近保存较好。滨岸沙丘主要为分选、磨圆极好的中—细沙沉积，颗粒的粒级较均一，层理一般不明显，沙丘表

面常发育波状波纹。

南湾海滩向海呈缓倾斜，平均坡度为 5° 左右，沉积物以中—细沙为特征。由于微地貌及所处的潮区位置不同，沉积物的组成、粒度和生物群面貌等方面都有相应的变化。高潮区坡度较大，沉积物以中—粗沙为主，在大潮当日高潮线及最大高潮线位置，有较多的砾石、砾级粗砂和砾级生物碎屑。砾石成分主要为火山岩屑和石英，生物碎屑以珊瑚为主，其次是双壳类和腹足类，偶见海胆和植物碎屑等。位于新码头西侧受人工堤保护区的高潮线处沉积有生物碎屑滩，其组成特点与猪仔岭东侧的生物碎屑滩相似，但双壳类和腹足类含量较多。受波浪和潮流的反复簸选，砾石和生物碎屑都具有较好的磨圆和分选，粒径一般为 $0.3-1\text{cm}$ 。除了异地生屑外，高潮区沙滩尚有其自己的原地生物群，在不同的小生境表现为不同的结构，坡度较陡的高潮区沉积物较粗，沙质纯净，以痕掌沙蟹为主，其穴道多以大角度斜交底表，在坡度较缓处，水动力相对较弱，沉积物以中—细沙为主，高潮区中部至中潮区上部有以圆球股窗蟹为主的生物，其洞穴多垂直底表。

在整个剖面中，中潮区中上部的坡度最陡（约为 8° ），而中潮区下部则最平缓，甚至形成低洼覆水区。因此，中潮区中上部含较多细砾的中—粗沙，地表常见有回流冲刷痕，中潮区下部以中—细沙为主，低洼区为泥质粉细沙沉积，地表除有回流冲刷痕之外，并有丰富的对称、不对称削顶波痕。在中潮区沙质基底以寄居蟹为主，其次是毛带蟹、股窗蟹及少量等边线蛤等。在粉细沙、泥质粉沙基底处以软疣沙蚕、寄居蟹及小锥螺为特征。向东至新码头西侧地表平缓，沉积物中泥质高，退潮后许多地方残留有薄覆水，地表具丰富的波痕，由于附近停泊船只，环境受到污染，生物几乎全部为软疣沙蚕。

低潮区坡度小于平均坡度，形成中—细沙沉积，波痕发育，生物丰富，有梨形乳玉螺、寄居蟹、小锥螺等，至低潮区下部则见扁平珠网海胆、蠕虫、毛蚶及海星（图版3，图3）等。

潮间带丰富的生物在不同潮区，不同生境的底表和底内形成不同的遗迹群落。

(2) 粒度概率曲线特征

具典型海滩粒度曲线特征，由三个总体组成，高潮区及中潮区中上部沙粒粒度曲线跳跃总体占 70% ，斜角 62° ，分选好；牵引总体占 25% ，悬浮总体占不到 5% ，它们分选差，这是由于波浪作用不断冲刷，悬浮物含量明显变少，跳跃总体增多，且分选变好。中潮区下部粒度曲线中跳跃总体含量，尤其是悬浮总体含量增加明显，但总体分选性较差。低潮区上部以牵引总体的增加较明显（图2—2）。

(3) 岩矿特征

南湾陆源碎屑沉积物的组成受两侧岩岸的岩石类型控制，其成分主要是石英颗粒和火山碎屑岩屑。除原地动物群落外，生物碎屑主要来自潮下带及附近的礁坪。

(4) 石英颗粒表面特征

具发育的贝壳状断口和V形坑。

2. 北海白虎头海滩

(1) 地貌及层序特征

白虎头与涠洲岛南湾不同，海岸线平直，滨岸沙堤发育，生长有木麻黄植物。沙堤后具宽阔的海积平原，沙堤前海滩极为发育，宽约 700m ，海滩平缓，为纯净的石英沙滩，主要为中—细沙沉积。海滩下部至低潮区上部，分布有三条沿岸沙坝，波浪作用强烈，在沙

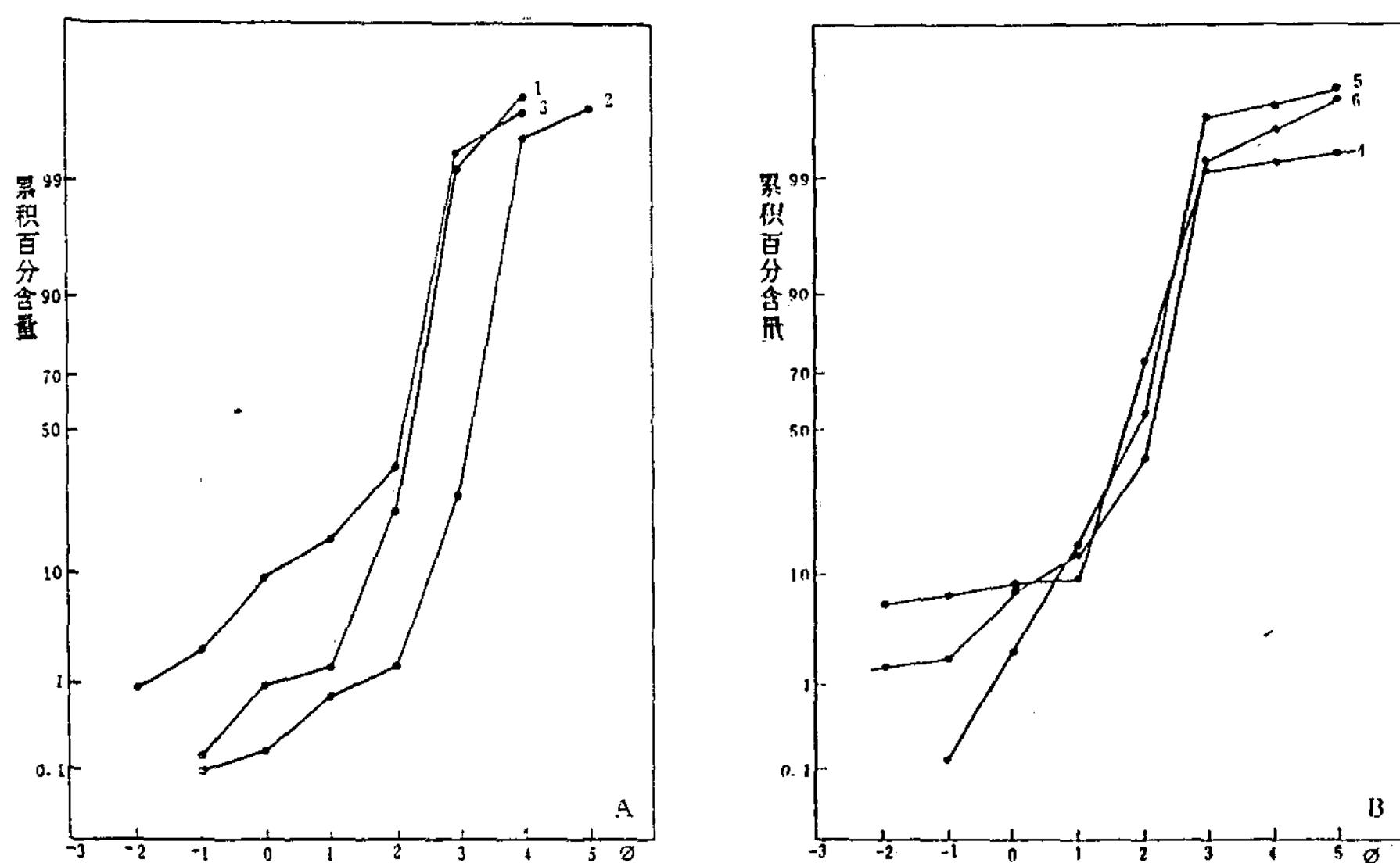


图 2—2 润洲岛南湾海滩粒度概率曲线

1. 低潮区上部斜坡; 2. 中潮区下部缓斜坡; 3. 中潮区下部平坦区边缘; 4. 中潮区中下部平坦区;
5. 当日高潮线; 6. 最大高潮线

坝后海滩除了波浪作用外, 还受到潮汐作用的强烈影响, 靠陆侧缺乏激浪流作用带、故属于低能海滩。海滩上部高潮区为灰白色中—细粒石英沙沉积, 表层含少量泥质, 发育有沙草科植物, 草根深约 11cm, 在地势低洼的覆水草丛中见有滩栖螺、毛带蟹及和尚蟹等。在最大高潮线位置仍为中—细沙沉积, 但生物面貌不同, 除海生的跳虾及痕掌沙蟹外, 还有陆生动物蚂蚁及植物木麻黄, 此外, 见有鲎、曲崎心蛤、舟蚶及木麻黄枝叶、果实等生物碎壳、碎屑。沉积表面具波痕、雨痕及陆生动物爪、蹄痕等。

潮间带海滩沉积物波痕、动物及其遗迹等丰富。由于海滩十分宽广, 地形起伏不平, 造成潮水运动方向的多变, 但占主导地位的潮流方向有两个, 即垂直岸线和平行或斜交岸线方向。涨潮初期和退潮末期的低水位时, 海水通过剖面两侧的沙坝缺口沿大致平行岸线方向运动, 只有在达到较高水位时海水才能直接越过沙坝作垂直岸线方向涨退。这就造成了海滩表面波痕的复杂多样, 波脊线呈垂直、平行和斜交岸线的都有, 常见类型有对称波痕、不对称波痕、尖顶的或削顶的及干涉波痕(图版 1, 图 1—6), 如菱形、格子状、网格状等。由于地形平缓, 沉积颗粒细小、均匀, 层理主要为水平纹理, 在沙坝后平行岸线的海水通道, 沉积物粒度相对较粗, 有时可见到大型板状或楔状交错层理。

海滩生物丰富, 主要有毛带蟹、和尚蟹、滩栖螺、扁平珠网海胆, 美人虾、沙蚕、螯龙介、蠕虫、纽虫、星虫、中国绿螂、曲崎心蛤、织纹螺、拟蟹守螺及奥莱彩螺等, 它们在地表或底内形成爬痕、摄食痕及潜穴等许多遗迹。由于海滩地势高、低相嵌, 因此海滩中一下部区生物的分带呈相嵌性, 由微地貌因素造成的不同小生境可具有不同的动物及其遗迹组合。此外, 共生的鸟足迹、陆生动物足迹(如狗足迹、脚印等), 加之一些暴露标志如雨痕、干裂等的存在, 可有效地证明这是一种周期性暴露的沉积环境。该类沉积标志对于研究古代海滩沉积同样重要。

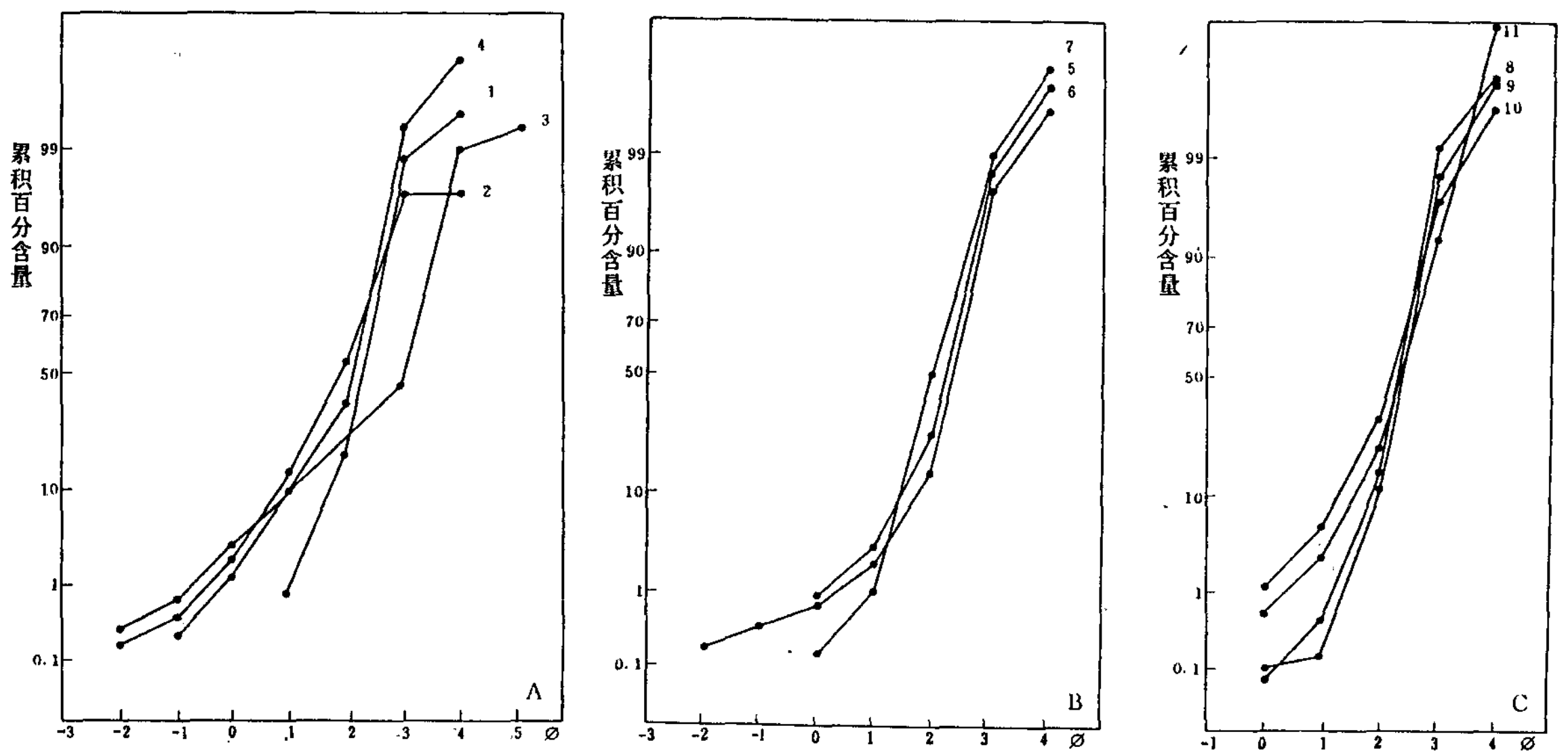


图 2—3 北海白虎头海滩粒度概率曲线

1. 最大高潮线；2. 当日高潮线；3. 高潮区下部缓斜坡；4. 中潮区上部缓斜坡；5. 中潮区中上部平缓区；
6. 中潮区中部平坦区；7. 中潮区中下部低洼处；8. 中潮区中下部沙坝内侧；9. 中潮区下部沙坝内侧；
10. 低潮区上部两沙坝间；11. 低潮区上部沙坝外侧

位于海滩前滨带下部的 3 条沿岸沙坝的发育程度不一，但它们具相似的沉积特点，沉积物组成与海滩相似，但粒度相对较粗，尤其在沙坝坡脚部位，甚至可出现砾石。沙坝的横剖面呈不对称状，向海一侧坡缓，坡沙的纹层层组倾角较低（4—5°），向陆一侧坡陡，板状交错层倾角可达 10—20°。沙坝表面波痕发育，主要为平行岸线方向的削顶波痕，干涉波痕少见。

(2) 粒度概率曲线特征

由三个总体组成，其中跳跃总体占 85%，为中—细沙沉积，斜角 72°，分选好，成熟度及磨圆度高。其它为牵引总体和悬浮总体，含量不足 15%，分选差。悬浮总体含量不足 1.5%，以粉细沙和粘土质为主，其含量的多少取决于微地貌和水动力条件。牵引总体可为生物碎屑和细砾（图 2—3）。

(3) 岩矿特征

沙质海滩的沉积物主要来源于其后北海组和湛江组的改造和破坏，海滩沉积物以纯净的石英沙为主，含量可高达 95—99%，其次有少量长石。在海滩上部低洼区可含有较多的粘土。

(4) 石英颗粒表面特征

石英颗粒一般为棱角状—次棱角状，颗粒表面有少量机械撞击痕及 V 型凹坑。

三、珊瑚礁坪海岸沉积环境

该类海岸沉积环境多发育在海水清澈，温度适宜，盐度正常，具有一定营养物质，且

波浪作用不很强烈的环境。在本工作区范围内以分布在涠洲岛周缘及三亚鹿回头等地为主要。

1. 涠洲岛珊瑚礁海岸

涠洲岛珊瑚礁发育于岛的东部、北部和西南部，岛的西侧和南湾一带则无礁体分布。受海岸地貌、海底地形、水动力强弱及季风等因素的控制，岛北部的北港水产养殖场一带，海岸开阔，易受波浪侵袭，但由于海滩及其外侧宽达千余米的礁坪，海底平缓，得以大大地削弱海浪的侵蚀和破坏，因而表现为堆积型岸段。岛的西侧由于为岩石海岸，海蚀平台外礁坪宽仅十余米，波浪作用强，属于一种侵蚀海岸。位于岛西南的滴水村一带，为宽约 200 余米的水下岸坡和较宽的礁坪，环境背景因素介于前二者之间，因而随风向和波浪强度的季节性变化呈现侵蚀和堆积相交潜的现象。至于南湾一带，由于受两侧岩岬的保护，形成海湾环境，受波浪和潮流共同作用，接受了碎屑海滩沉积。

珊瑚礁海岸沉积从岸线向海方向具明显的分带现象。北港养殖场处的潮上带成岩作用的海滩岩十分发育，据采石场揭露的剖面、断面下部为厚约 3m 的固结层，上部为厚约 1.5m 的半固结层，顶部盖有松散的堆积物。珊瑚岩成层性明显，由生物碎屑岩层和中粗粒石英砂岩层交互组成，前者单层厚 5—10cm，后者为 1—4cm。生屑岩层主要由珊瑚（80%）、腹足类（5%）、双壳类（3%）及陆源碎屑（12%，石英为主，少量岩屑）组成。砂岩层主要由中粗粒石英组成，见有少量珊瑚碎屑。从海滩岩向下，潮间带为现代生物碎屑海滩沉积，物质组成与珊瑚岩生屑层相似。进入低潮区即为造礁珊瑚丛生带。

滴水村一带的沉积特征与北港相似。在滴水村西南为岩石岸区，礁坪与海蚀平台相接，其后无海滩沉积，仅在海蚀平台近岸处见有残留的巨大砾石，向下，在平台的海蚀凹坑内有不同粒级的沙砾充填。礁坪沉积主要以珊瑚及其它参与造礁的生物造礁作用为特征，受珊瑚礁及凸出的岩石保护，在地势低洼处有中细沙及粘土沉积。从岩岸到礁坪，生物具有明显的垂直分带，高潮区上部主要为抗干旱能力强自由生活的滨螺，下部以固着生活的小藤壶为主，它们多具群集现象，滨螺分布的最高位置可达浪花飞溅的最高处。中潮区除小藤壶继续发育外，尚有典型的标志生物牡蛎及重要分子桑椹螺和黑藤壶等。低潮区即造礁珊瑚丛生的礁坪区，由于水动力较强，珊瑚主要是各种块状、笙状及小型丛状类型，在低洼积水区见有少量鹿角珊瑚，它的存在证实了这里属礁后坪的推断。除大量珊瑚之外，共生有丰富的海绵、阿纹绶贝、马蹄螺及海参等。在低潮区发育有丰富的钻穴动物，主要为各种石蛭及少量的铃蛤。它们利用自身分泌的酸液腐蚀岩石或死珊瑚，同时利用两壳的相互挫动钻穴，形成垂直或斜交岩面的简单洞穴，某些种的洞穴内壁尚有由动物体分泌形成的灰质衬壁。因此，对古代岩石岸的识别，除了海蚀特征等外，生物面貌及其遗迹特征具有重要的意义。

2. 三亚鹿回头珊瑚礁海岸

(1) 地貌及层序特征

鹿回头珊瑚礁海岸潮上带分布有海岸沙堤，向海依次发育了海滩沉积和珊瑚礁坪。海滩沉积受微地貌变化和不同潮区水动力条件影响，具明显的分带现象。高潮区宽约 10m，滩面坡度较大，当潮水携带的碎屑物被搬运到这里后，粒度细小部分受回流作用又被带回海洋，只有较粗的部分沉积下来，形成以卵砾和粗沙为主的沉积。中潮区为宽约 10m 的缓斜坡，涨潮回流作用较高潮区减弱，沉积作用具明显的过渡性，以中—细沙为主，含少量细

砾和粗沙。低潮区宽数百米，地势平缓，水动力弱、粗粒沉积物少，低潮区上部为中细沙为主的沉积，具水平纹理，向下即为宽缓的礁坪沉积，以珊瑚及其它参与造礁的生物造礁作用为主，地势低洼处有中细沙及粘土沉积。生物的分布亦具明显的分带性，高潮区以痕掌沙蟹为主，中潮区为软疣沙蚕、纵带滩栖螺、拟小海牛等为主，低潮区上部或中潮区下部有长吻蠕虫，向下至礁坪台生物增多，除造礁珊瑚外，尚有短脊鼓虾、扁蛭虫、琴蛭虫等，在珊瑚体内含丰富的钻穴动物，常见如光石蛭、肉柱石蛭等。

(2) 粒度概率曲线特征

因取样潮区位置不同而有差别，高潮区下部曲线由牵引、跳跃两个总体及两总体间的过渡带所组成。其中跳跃总体占 30%，粒级 $>1\phi$ ，斜角 70° ，分选好；牵引总体占 26.4%，粒级 $<-2\phi$ ，斜角小，分选差；过渡带占 43.6%，仍以牵引沉积占主体。无悬浮总体，表明强烈的回流已将细粒物带走，故而形成粗粒沉积物。最大高潮线位置曲线由三个总体及跳跃和悬浮总体间的过渡带组成，其中跳跃总体占 56.7%，粒级 $>1\phi$ ，斜角 72° ，分选好；牵引总体占 37.4%，粒级 $<-2\phi$ ，斜角 68° ，分选良好；悬浮总体极少，仅占 0.5%，粒级 $>2\phi$ ，斜角小，分选较差；过渡带占 0.4%，粒级介于 $-1-2\phi$ 间。粒级跃度大， $<-3\phi$ 至 $>3\phi$ ，以粗粒为主，反映了最大高潮线为水动力休止线，潮水携带的不同粒级颗粒由于失去搬运动力而混杂堆积下来。中潮区粒度曲线由三个总体组成，牵引总体占 10.6%，粒级 $<-2\phi$ ，分选良好；悬浮总体占 3.2%，粒级 $>3\phi$ ，斜角大，分选好；跳跃总体占 86.2%，粒级介于 $-2\phi-3\phi$ 间，具双峰分布状态，当遇大潮时或风暴浪期，粒度较细部分以跳跃方式移动，小潮时则沿底部牵引运动。低潮区曲线较简单，三总体区别明显，牵引总体高达 52.2%，粒级 $<1\phi$ ，分选较差，其中 $>-1\phi$ 的颗粒在水动力变强时可以跳跃方式移动；跳跃总体占 47.1%，粒级为 $1-3\phi$ ，具双跳跃现象，反映了受往复潮水运动影响；悬浮总体仅占 0.7%，粒级 $>3\phi$ ，分选好（图 2—4）。

以上粒度曲线根据样品分析得出的，但野外实际更复杂的多，尤其高潮线附近沉积物的分布，除受粒级大小的影响外，颗粒的比重也影响粒度曲线的变化，如海绵等比重小，它们以悬浮状态被搬运沉积到最大高潮线位置。

(3) 岩矿特征

受潮下带礁坪的影响，潮间带主要为珊瑚碎屑沉积，高潮区含较多贝壳及海绵等，中潮区含少量石英细砾，低潮区除礁坪外，其间的中—细沙沉积以石英为主。

(4) 石英颗粒表面特征

见有磨擦痕、贝壳状断口及 V 形坑。

四、河口湾沉积环境

河口湾是“一个与广海自由连通并被河水明显稀释的半封闭海岸水体”。河口湾潮汐作用强烈，同时受波浪、河流的共同作用，尤其在风暴期波浪的作用更为明显。本工作区河口湾环境包括高德七星江和沙虫寮曲湾江的河口湾等。

1. 高德七星江河口湾

(1) 地貌及层序特征

河流沿西南方向入海，湾口以沙嘴与高德外沙滩相隔，湾内河流西岸较陡，遭受河流