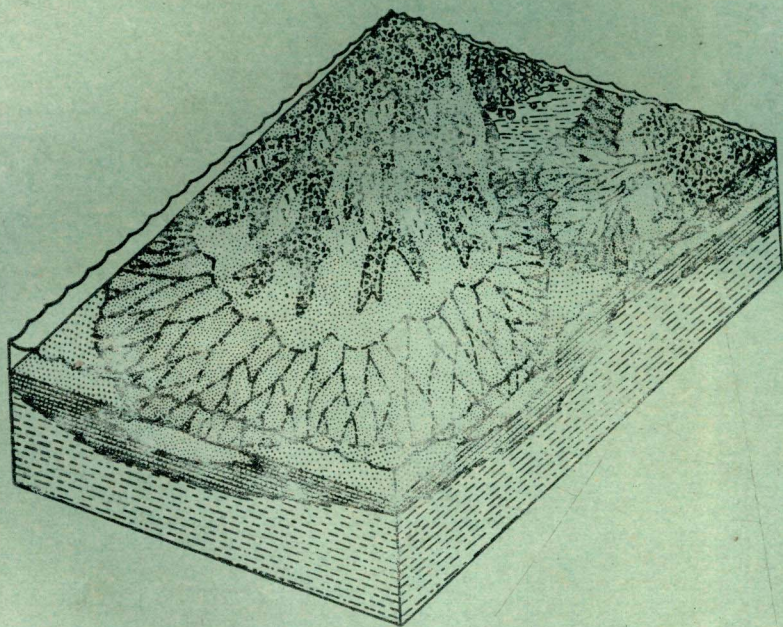


扇三角洲译文集



中国科学院南京地理研究所

一九八五年十月

前 言

近年来许多地质学家和沉积学家日益认识研究盆地中的两类粗碎屑沉积体的重要性，一类是远源的浊积体，另一类是近源扇三角洲体。两者在陆源沉积体系中都是重要的单元，它们在成因上与构造的活动性存在密切的联系。关于前者经过几十年的努力，已经有比较成熟的理论，有一套较系统的沉积模式可供应用。关于扇三角洲，尽管它的研究历史可以追溯到十九世纪末期，但实际上是最近十多年来才真正引起他人的注意，国际上的文章也日见增多。对扇三角洲沉积的动力机制和搬运过程的特点正在深入探讨之中。我国油气勘探和开发的实践表明在许多断陷盆地中扇三角洲体是重要的勘探目的层和采层，为了使读者了解国外对扇三角洲研究的现状，共收集了十一篇论文，包括综述性的和具体的实例研究，入海的和入湖的，现代的和古代的扇三角洲，目的在于反映出研究的概貌但是由于受到业务水平的限制，选择的内容难免有不周到之处，翻译中有错误不当的地方，请见谅。

在翻译过程中由于未能收集到原版杂志，文中的照片及参考文献未能翻拍，在此一并说明。

王苏民

一九八五年六月

目 录

- 一、扇三角洲.....W·E加洛威D·K霍帕台(1)
- 二、扇三角洲的沉积和构造背景——牙贾加东南部的耶拉斯扇三角洲
.....威廉A韦斯考特、弗兰克G埃特里杰(7)
- 三、阿拉斯加柯伯(Copper)河扇三角洲的沉积特征与地层骨架
.....维里安、依、格鲁威(25)
- 四、土耳其东南部哈扎湖拉张盆地三角洲沉积.....L·A邓恩M·R汉普顿(35)
- 五、阿拉斯加湾东北岸辫状冰水扇的发育过程、沙坝地貌及沉积构造
.....乔恩·C·布思罗依德、盖尔、M阿斯莱依(43)
- 六、短头河流三角洲：西德克萨斯宾夕法尼亚海蒙特组的模式
.....罗迈M、弗洛里斯(58)
- 七、南非前寒武纪维特瓦特兰特沉积中的冲积平原和湖相模式
.....R·G沃斯(67)
- 八、利比里亚一个奥陶纪扇三角洲复合体的沉积.....R·G·沃斯(73)
- 九、西班牙北部斯蒂凡A·B煤田的中沉积和湖相沉积.....艾伦P·享沃德(85)
- 十、加利福尼亚索诺马县圣安德列斯断层系统的小拉张盆地中的新第三纪
非海相沉积与构造.....罗伯特·J·麦克劳林托尔·H·尼尔森(104)
- 十一、德克萨斯州西部马雷松盆地宾夕法尼亚纪沉积作用的近期研究模式
.....R·M福罗尔斯、J·C弗尔姆(113)

扇 三 角 洲

W·E·加洛威 D·K·霍帕台

辫状河流伸入静止水体的地方形成扇三角洲，它们的边缘部份表现出不同程度的变化。沿着不同气候和能量条件的各种海(湖)岸均有扇三角洲存在，常见的是冰川外围地区山间湖泊的沿岸。但是大型扇三角洲发育最佳的是在大陆和岛弧背景下消减板块的边缘海岸(wescott和Efbridge1980)。有的扇三角洲，例如雅拉赫斯扇三角洲仅仅具有 10.5Km^2 (4.1哩²)的陆上范围，但是海底的部分很大。另外诸如柯帕河扇三角洲则主要是陆上部份。在岸带、水下或湖泊环境形成扇三角洲的末端相，河流对它的影响仅仅反映在粗碎屑高速的输入。岸带地区经受河流、波浪、潮汐过程之间复杂而又波动的相互作用，海洋的影响可以反

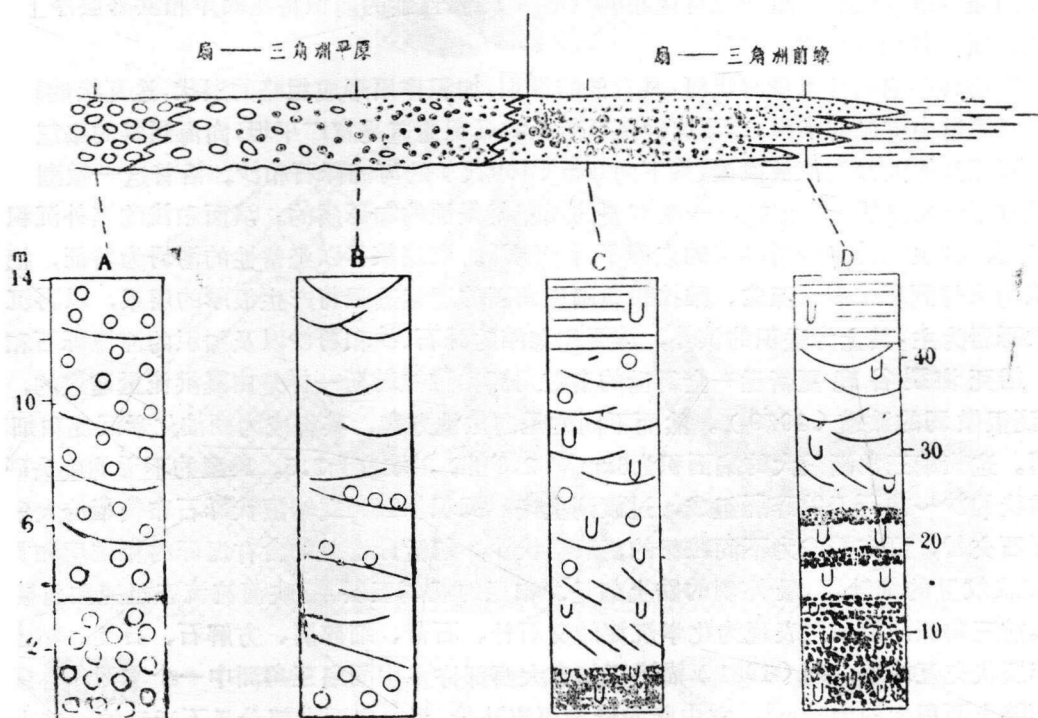


图3—11 河道化的扇三角洲平原—扇三角洲前缘垂直层序从根部到末端的变化(根据Kicili—lucci等1981)

映在海滩、沙咀或潮汐坝的形成或者是较为敏感的生物现象一边缘海的痕迹化石或底栖有孔虫。里希一路希等(1981), 区分出扇三角洲的根部和末端; 前者为河道化的扇三角洲(三角洲平原), 主要是向上变细的层序, 后者是无河道化的扇三角洲(三角洲前缘), 具有向上变粗的或先变粗然后变细的结构型式(图3—11)。

在洪水时期三角洲平原可以迅速向海建设, 随后由于海洋的改造作用而退缩(chraS 1981), 在低流量时, 海洋环境常常作为一个盐水楔向上伸展到分流河道。

mm和冲积扇一样, 设扇上三角洲表明了构造对沉积类型的明显控制, 此外也遭受到海面升降和潮水位波动的影响, 这些外来的控制因素对扇三角洲具有明显的影响当基面变化时引起下切, 进积或加积。多数基面控制件随气候的变化, 更加强了这种效应。里希一路希等(1981)能够把外来的控制与内部的沉积控制区分开, 前者引起一个范围广阔的沉积反应后者产生横向的指状交互和交错切割关系。

柯帕河扇三角洲获得大量的间歇性供给的粗沉积物, 它向着极高能量的、构造上活动的陆架建设。砾石沉积在河流体系的下游和上部分流, 而沙和泥被带到三角洲平原和更远处。目前泻和泻湖和滨面滨面(Shercface)相在体积上是最重要的, 它们形成一个分选良好的沙楔, 厚达15呎(35m), 宽10哩(16Km), 沿岸长30哩(50Km)(Gallowey 1976)。

这种缓慢进积楔逐步推进的入口和分流河道所裁切。分流有两种类型: 辫状的和弯曲的它们分别形成面状的和透镜状的沙体。加积的三角洲平原由沼泽覆盖的粉沙和粘土组成。来自内地的强风所供给的零星沙丘可达200呎(65m)高。连续的前积将在滨岸和滨外层序上迭覆厚的砾质冲积扇沉积物。

雅拉赫斯扇的分流是辫状河, 具有低的纵坝, 加积作用形成粗略的层状, 迭瓦状的砾和沙, 在废弃河道中有泥的堆积。邻接这种狭窄活跃的沉积通道是宽广平坦, 向海倾斜的扇三角洲平原, 平原地表大都为植被覆盖, 其下为30m(100呎)的河流砾石和沙。沿着这一微潮海岸海滩是宽阔的和沙质的, 但是, 一些主要的通道是侵蚀的和砾质的。滨面和浅的滨外沉积物极其多变, 被生物骨骼砂所环绕的点礁平行于海洋。海底峡谷以经常性的滑坍为特征, 把近岸沉积物携带到牙拉赫斯深盆。雅拉赫斯扇三角洲的连续进积将产生很厚的层系, 以再沉积的沙和砾岩为主, 其上为进积的滨外, 滨面 and 海滩的砾石、沙和粉沙以及加积的河流砾石和沙。

沿死海裂谷晚更新世—全新世的扇三角洲和雅拉赫斯一样是由暴洪流量建造的, 它只受到很微弱的改造(1979)。然而不同的是向盆地方向, 其组成为湖泊化学沉淀和细粒的碎屑。这些扇三角洲最大的扇面积为 6km^2 (2.3哩), 坡度为2.5。典型的不毛的扇头砾石由棱角状的沙~漂砾级的碎屑组成, 过渡到上扇, 沉积物则为交错层状砾石和较粗的大致成层的砾石交替, 到末端成为不同粒级的复杂层状沙, 包括分选差的含有泥砾的粗粒层和具有上攀波状纹里的细砂层。最外侧的陆上扇是沙和泥的规则互层, 反映河流流态迅速和周期性变化。前三角洲湖泊白垩表现为化学沉淀的文石针、石膏、细碎屑、方解石、石英、粘土组成的年层状交互纹理。朗(1981)描述了加拿大西部许多山间扇三角洲中一个实例, 小扇三角洲的陆上面积大约为 2km^2 , 它由陡的辫状河流补给。粗砾扇面大部分是不活动的, 其上为成长的针叶林。向海边缘, 狭窄的滩脊封闭了三角洲平原沼泽的小通道。三角洲前积层坡度陡, 其底部与细粒湖泊沉积呈突变的接触。

麦哥温(1970)和希雷姆(1981)分别描述了德克萨斯岸堤后环境和洪都拉斯开阔海岸的小型扇三角洲, 它们在洪水期是非常活跃的。在中等流量期, 德克萨斯扇通过辫状河流

程向前推进，在暴风雨时由于席状洪流作用，扇体发生加积，在水流减弱时期，扇体部份改造，成为破坏相的坝体风成沙丘。长期进积形成的垂直层序，向上变粗，由生物扰动 的海湾相变为具有平行纹层，波状交错纹层和掘穴的前三角洲粉砂和泥，接着是末端扇和扇三角洲平原的沙。扇三角洲平原沙表现为辫状河道充填的小型槽状丛系，以及具有次级板状前积层的平行纹理。（图3—12）

洪都拉斯扇三角洲随着风暴频率，与风暴有关的海面变化，波浪的方向和能量以及沉积

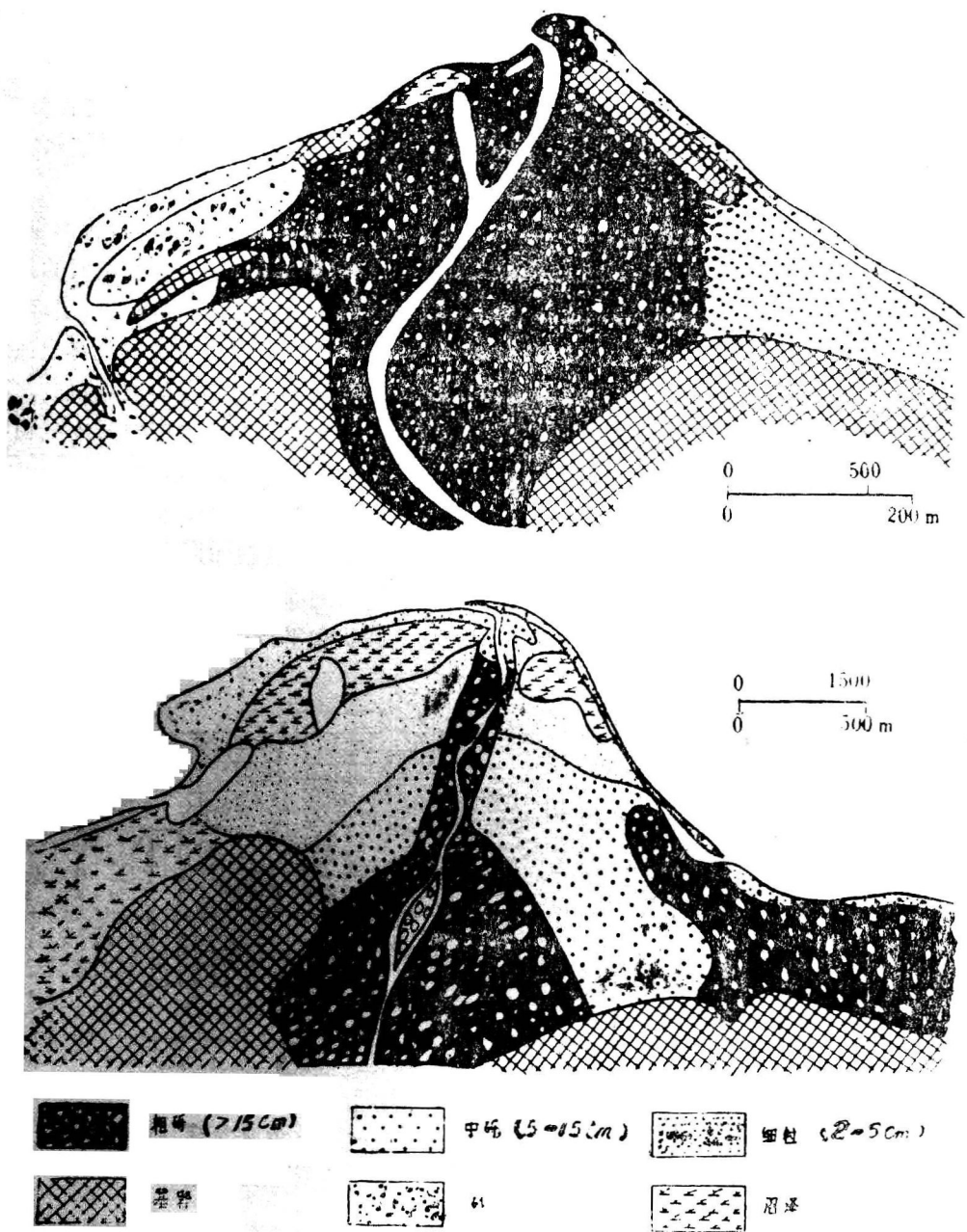


图3—12 洪都拉斯沿岸小扇三角洲的形态和结构的变化（根据Schramm 1981年的图修改）

物量和粒径方面的差异而发生变化 (Schramm 1981 第144页)。当风暴激浪使海面上升几米时, 发生最大的加积和进积。和晴朗天气发生岸线侵蚀, 保留了大漂砾的滞留沉积。滨面和扇缘的上复沉积物由包含零星漂砾和细砾的沙和分选较好的沙质沙咀沉积物组成。这些沙咀局部封隔了小的沼泽水塘。扇三角洲平原沉积物在下扇为成层的细砾质沙和沙质砾, 向上扇过渡为分选极差的粗略成层的粗砾。进积作用将产生不规则的向上变粗的层序, 从细粒的陆架沉积到根部的扇三角洲平原的砾沉积。但在扇三角洲层序的低部一些最粗的漂砾砾岩可能与波浪选的滞留沉积有关。

古代扇三角洲体系

古代冲积扇周边改造的形式反映能量的变化, 从低能的湖泊过程到强能的海洋波浪和潮汐。扇三角洲前缘常常为大的砾质前积层, 前积层保存了进积的连续剖面, 而且提供了水深的标志。然而在极浅水的盆地中前积层是不发育的。

在悉尼盆地西部壮观的扇三角洲前积层高30m (100呎), 表明顺宽阔的舌状前缘的连续进积作用。复杂的内部构造包括板状和槽状交错层, 表明床底形态顺了主要前积层的斜坡迁移, 迁移的方向与斜坡斜交。朗(1981)在加拿大科迪勒拉识别出两类扇三角洲前积层, 两者与细粒的湖泊沉积均为突变而非侵蚀的接触。其中一种类型, 大型板状砾质前积层终止在水平层状沙的低积层, 反映顺着三角洲前缘的简单崩落。第二种类型是由递变的砾岩组成, 砾岩可伸展到扇三角洲前缘之外, 与湖泊沉积指状交互。朗把这些砾石层的成因解释成沉积物重力过程, 它们与来自扇三角洲分流的密度底层流 (density underflow) 有关。

意大利更新世的扇三角洲, 沿其边缘保存了进积的砾质海滩相, 由倾角达10° 厚10m (33呎) 的板状体组成, 包含有退复砾质席 (Rainone等1981)。波浪作用引起的粒级-形状分选特征是, 在薄的顶积层砾表现为集中的, 向海呈叠瓦状的碟形和桨形的细砾, 在前积层中有较多的球形细砾。前积层逐步过渡到底积层, 它由波状和平行纹层状沙组成, 也具有丘形的交错层理, 反映了风暴波浪作用。

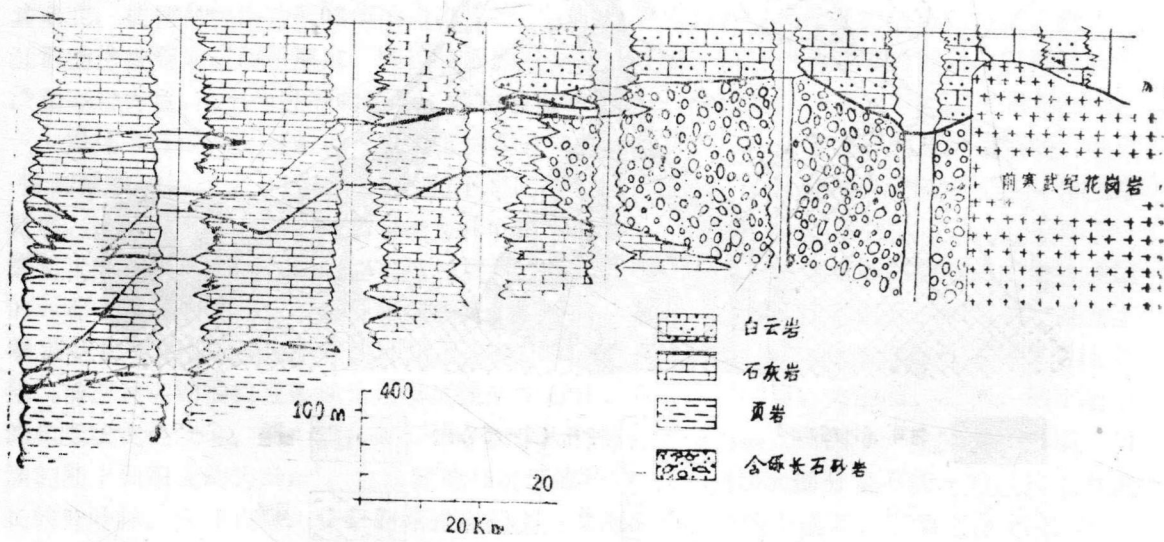


图3 —13 德克萨斯佩洛都罗盆地北部, 以断裂为界的扇三角洲楔与陆架页岩碳酸盐的垂向变化 (据Handford 1980)

终止于大而浅的湖泊中的扇典型地表现其末端带为浅的或间歇性出露的泥坪沉积。这一边缘带常常含有偶尔界入的较粗的席状洪流沉积，它们来自向陆的沙滩。植物根系常见，有些沉积单元受到强烈的生物扰动。诸如沙带、沙质透镜和浪成波状纹理的微沉积构造表明微弱的风成流和波浪。复杂的波痕和干化特征表明了流向的突变、变浅和周期性出露水面。上述特征使人联想到潮汐过程，但是它们常常存在在克拉通内淡水盆地的边缘（Van Dijk等 978）。泥质扇三角洲沉积物可能含有丰富的真菌孢子（Leichmcciller和Teiccrhnll19 68a）局部过渡成煤。

湖泊扇三角洲沉积物与水位的波动极为密切。这些水位变化的事件保存在地质记录中，表现为混合负载的河流沉积作用突变为水道的伸展，并发育较粗扇三角洲前积层（Mcgowen等 1979），这是由于湖水水位降低引起的。死海更新世扇三角洲沉积物中具有湖面重大变化的证据（Sneh1979）。沉积时湖面连续上升产生不同相明显的重叠和侵进，造成向上变细的沉积物完全不同于向上变粗的进积型，通常后者与扇三角洲有关。前三角洲白垩沉积在扇三角洲的顶部或扇三角洲之间，说明在最大湖侵时扇三角洲是不活动的。德克萨斯二叠纪扇三角洲体系（图3—13）存在十分不同的相关系，粗的长石砂岩的沉积物在横向上突然相变为碳酸盐滩和陆架边缘复合体。

海洋扇三角洲表现出完整的递变，从波浪改造的潮汐改造的形状。在地层记录中还可识别出它们的中间类型。利比亚奥陶纪扇三角洲体系（图3—14）表现为：掘穴的三角洲前缘砂岩由分流河道充填以及间夹的浅滩和冲刷坝（Swash—Bar）相组成，上覆的扇三角洲平原砾岩具侵蚀的底，为辫状河道成因的复合体（Vos1981）。

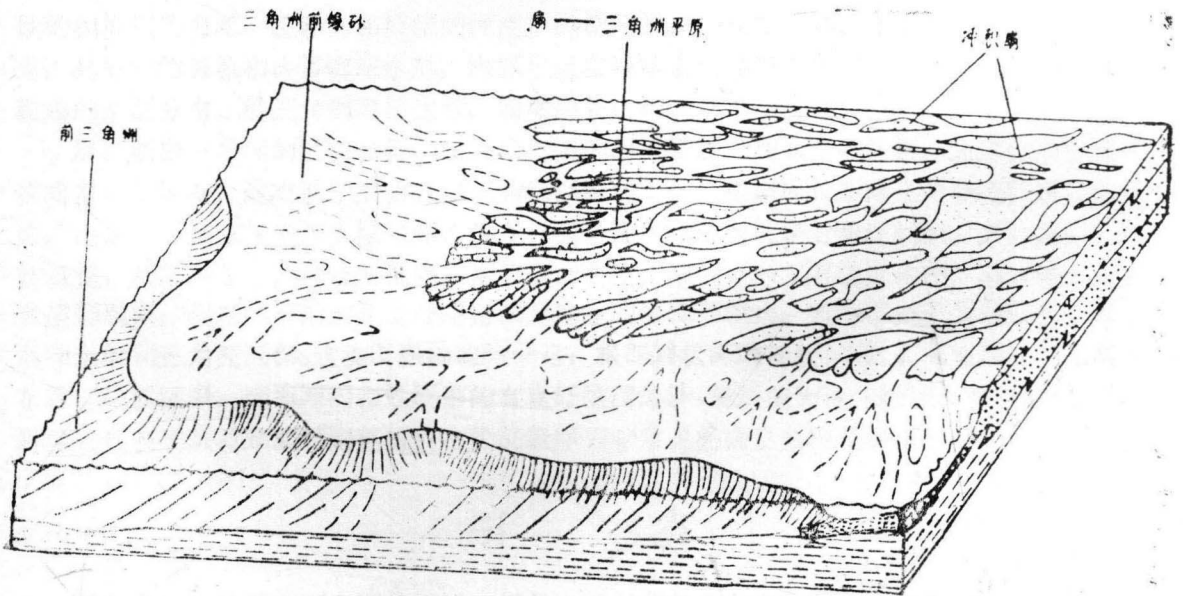


图 3—14 利比亚奥多维辛宽广的扇三角洲平原过渡为浅水的扇三角洲前缘沙，后者具有分流河道，浅滩和冲刷坝（根据1981年的图修改）

南非元古代水山超群(waterberg Snpergrorp)的实例包含海滩和潮坪的组合(Vos和Erikss 977)，海滩相由石英砂岩组成，平缓的向海方向倾斜，与具交错层理的不成熟的河流相成鲜明的对照。波浪的改造集中在扇的突出部，而废弃扇范围的扇间湾主要是以潮汐过程为

主。在北极挪威前寒武系的最上部(1974), 和非洲南部好望角南部的下古生界沉积物中(Tankard和Hobday1977), 沿扇三角洲边缘存在边缘海滩和潮坪相的组合, 可与南非的情况对比。在挪威的凡伦奇峡湾区, 冲积扇体系在河流能量减弱时期显现明显海洋改造的证据, 表现为一个扇舌的废弃, 在成份、结构和进积方向都不同的新扇开始形成。南非的实例被解释为一个向南建造的大体系, 它逐渐过渡为明显加积的泥坪相, 泥坪被阻碍中潮的障壁岛相所封闭, 情况与阿拉斯加的柯柏河三角洲是一样的。障壁坝的砂可能是由于老扇沉积物的改造, 向东搬运供给的。

潮汐改造比较强烈的扇三角洲沉积物可用南非东岸台伯尔山群来解释Hobday和Von Brunn 1979), 这一巨大扇体系顺着裂谷轴建造, 终止于大潮海湾, 海岸的结构可增大潮差。不规则的扇缘造成坝体和水道的复杂型式, 它们大都大致垂直于海岸排列。暂时稳定的坝体的最顶部几厘米范围受到氧化, 常常保存海洋生物的足迹和栖息痕。

译自《Terrigenous Clastic De Depositional
Systems》 P. 40—45

王苏民 译

扇三角洲的沉积和构造背景

——牙买加东南部的耶拉斯扇三角洲

威廉A·韦斯考特; 弗兰克·G·埃特里杰

摘 要

扇三角洲被定义为从一个紧邻的高地进入一个静水体的冲积扇。大多数大型的全新世扇三角洲分布在活动大陆的和岛弧体系的边缘,在那里,高比降的辫状河沉积了粗碎屑沉积物。这类海岸线通常是波浪占优势和年雨量在1000~3000毫米。

牙买加东南沿岸的耶拉斯扇三角洲是这类扇三角洲复合体的典型实例。耶拉斯河发源于布卢山,它建造了一个面积为10.5平方公里的由砂到巨砾级碎屑构成的舌状扇三角洲。布卢山山麓丘陵和陡的滨外剖面控制了耶拉斯三角洲的形态,前者在三个方向上决定了三角洲的边界,后者造成波浪,波浪正对三角洲前缘而损失了大部分能量。陆上三角洲平原环境包括侵蚀的和堆积的海滩,废弃的和辫状的河道,洪泛平原,以及盐水塘。水下三角洲环境的特点是,具有陡的斜坡和许多海底水道,海底水道中块体重力过程占优势,并因此造成了沉积物粒级的杂乱分布。沿三角洲西部边缘,珊瑚生长活跃。

耶拉斯扇三角洲的沉积特征,以及已发表的阿拉斯加东南海岸的资料,为建立二种地层模式提供了依据,这有助于对古代扇三角洲沉积的识别。根据耶拉斯扇三角洲特征建立的模式,适用于那种直接进入大陆坡和(或)岛弧边缘斜坡的古代扇三角洲沉积。这类沉积物的特征是:根部为砾质的辫状河沉积,向海逐渐变化,岸线处为互层的砾和砂,到斜坡带成为泥质砾和泥。根据阿拉斯加东南海岸特征而建立的第二种模式,适用于进积到陆架和(或)岛架上的扇三角洲沉积。这类沉积物的特征是:根部辫状河的砾质沉积,向海逐渐变为末梢辫状河的砂质沉积,到海滩的和近岸带的有良好纹层的砂,最后成为受生物扰动的滨面泥。这二种模式代表了从前寒武纪到更新世古代沉积序列中常见的扇三角洲类型中的两种端点类型。

引 言

近年来日益认识到研究同构造活动岸带的两种粗粒沉积复合体有关的沉积物的重要性。第一种是海底扇,它们形成于大陆坡和岛弧斜坡的基部,一般和海底峡谷组合在一起。第二种是扇三角洲,这是本文的主题。

扇三角洲被认为是从一个紧邻的高地进入一个静水体的冲积扇(霍尔姆斯,1965;麦戈温,1970)。发育扇三角洲的主要因素是,邻近海岸的高地以及流向海岸的高比降的底床载荷的辫状河,造成了扇形沉积。这些条件及其引起的沉积物,在一些全新世沿岸以及在很长

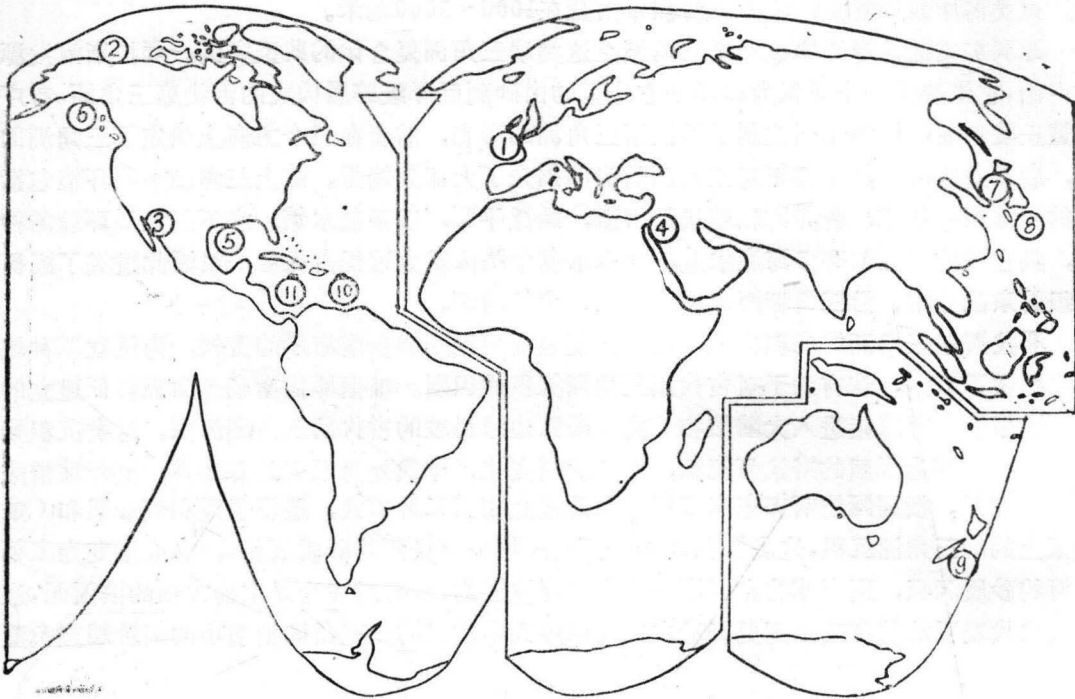
的地质历史中都很常见。

近年日益增加的兴趣，大大促进了对海底扇的形态学和地层学，以及对海底的侵蚀作用和沉积作用的认识。相比之下，有关扇三角洲的可用资料却非常少，而事实上，沿构造活动海岸带同样存在着大量扇三角洲。

本文的意图是，评论现代扇三角洲的地质、构造和地貌背景，详细描述牙买加东南岸全新世扇三角洲的沉积特点，证明从前寒武纪到更新世存在着古代扇三角洲沉积，提供用于识别地层记录中扇三角洲沉积物的沉积模式。

本文没有考虑湖泊三角洲。然而应该提及，吉尔伯特（1890）是有关扇三角洲的最早描述者之一。申（1979）对死海裂谷更新世的湖泊扇三角洲作了详尽描述。

全新世扇三角洲的构造和地质背景
沿着英曼和诺德斯特罗姆（1971）以及戴维斯（1973）所描述的三种主要构造岸线类型：（1）拖曳边缘海岸（Trailing—edge coasts），（2）边缘海岸，（3）碰撞海岸（图1，表1），都存在着全新世扇三角洲。然而，各类岸线的扇三角洲的数量、形态和沉积特征，有着明显的差异。



全新世扇三角洲分布图 详见表一

拖曳边缘海岸
拖曳边缘海岸有三个亚类，其中有两个亚类有扇三角洲发育的记载。霍尔姆斯（1965）和麦戈温和刘易斯（1973）曾描述过老拖曳边缘海岸（Amero—trailing—edge coasts）。在英格兰德文郡北部的林茅斯，东、西林河的共同出口处有一个小型扇三角洲（图1和表1的1），它的形成是由于从高原直泻布里斯托尔海峡的河流具有高的负荷量和大的比降。没有沉积学方面的资料可用于这个扇，显然也不用解释，为什么在一个这样的强潮地区，能够保持扇的形态。

来自不列颠山脉北部，进入育空海岸平原的几条河流，建造了几个舌状扇三角洲，它们伸入麦肯齐三角洲地区西部的沿岸泻湖之中。其中的费斯河，在波弗特海边界的纳纳鲁克沙咀后面的泻湖中，沉积了一个宽阔的、较薄的三角洲砂和粉砂楔（图2，表1；麦克唐纳和刘

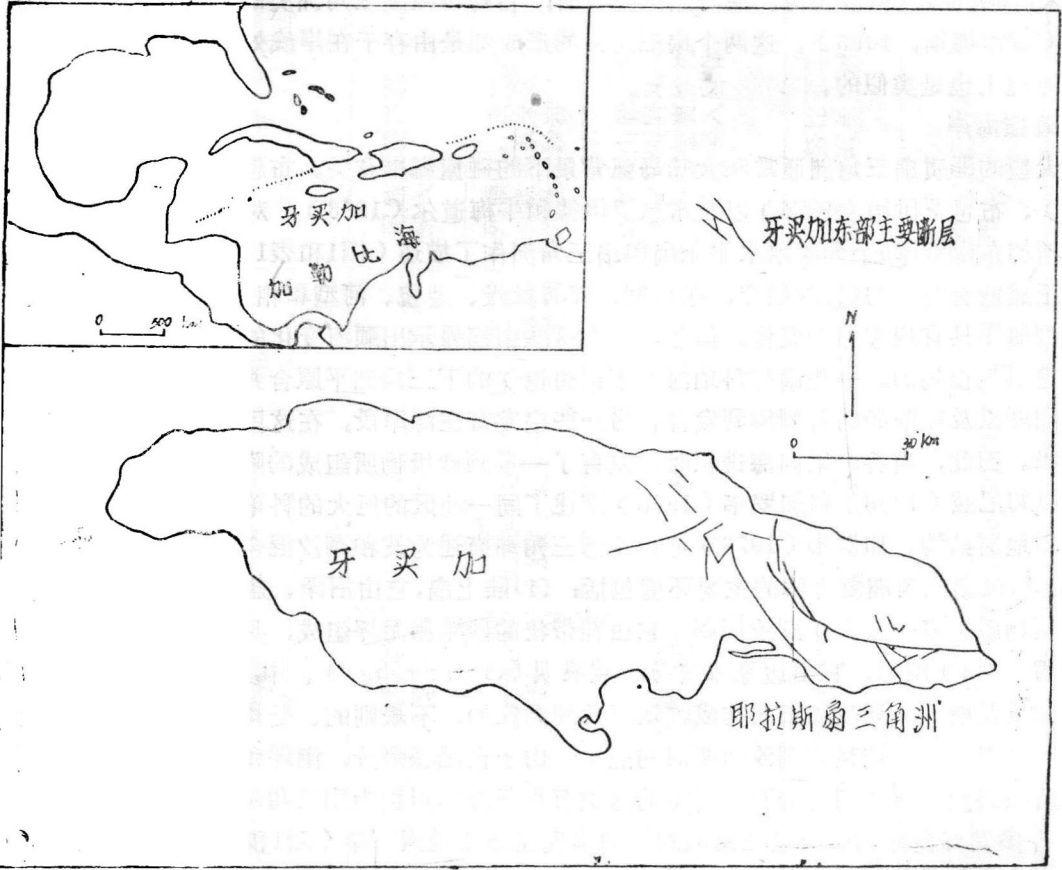


图2 耶拉斯扇三角洲位置图

易斯1973)。在较低海面时，扇三角洲可能前伸而远远超过现在的岸线。现在到达海岸的大部分沉积物，沉积和堆存在该泻湖之中。然而，一些沉积物通过障壁岛之间的出口水道向海运移，并被向东南方向的沿岸漂流再分配。

新拖曳边缘海岸的扇三角洲（图1和表1的3和4），包括加利福尼亚湾沿岸的扇三角洲（汤普森，1968）以及亚喀巴湾与红海沿岸的扇三角洲（弗莱德曼和桑德斯，1978）；下加利福尼亚东北岸小的砾质扇三角洲，是由罕见的伸进海岸平原的暴洪冲刷河道供给的。扇三角洲建造在小河的河口到潮间滩地的下部，那里，波浪作用簸扬掉较细的砂级物质，留下组成扇主体的较粗砾石（汤普森，1968）。

红海和亚喀巴湾沿岸，存在着不同规模和不同时代的扇三角洲。其中，一些扇三角洲受到沿其末端边缘分布的堡礁的保护；另一些扇三角洲则越过堡礁进行建造，其中许多受到沿岸漂流的明显改造，沿扇端边缘产生反向弯曲的沙咀和滩脊。

边缘海岸

边缘海岸唯一有记录的扇三角洲是古姆霍隆扇三角洲（麦戈温，1970），这是一个小型的扇三角洲，面积为0.4平方公里（0.2平方哩），位于德克萨斯东南海岸的纽赛斯湾的

北岸(图1和表1中的5)。这个三叶状的扇三角洲是由一个侵蚀陡坡造成的,该陡坡是更新世低海平面时纽赛斯河的曲流造成的。陡坡的地势差为10.7—13.7米(35—40呎)。从陡坡流出的河流短而比降大(1.9—9.5米/公里,10.0—50.2呎/哩),在纽赛斯湾的浅水中(0.9米,3呎深)沉积沙和泥。在一些重要方面,古姆霍隆扇三角洲类似于林河河口的小扇三角洲(霍尔姆斯,1965)。这两个扇三角洲的形成都是由存于在岸线处的陡坡,从空中看二者在地貌上也是类似的。

碰撞海岸

大型的砾质扇三角洲通常和大陆岛弧背景下的碰撞海岸有关。布思罗伊德和阿斯莱伊(1975)、布思罗伊德(1976)以及布思罗伊德和牛梅道尔(1978),对属于大陆碰撞海岸的阿拉斯加东南沿岸9个砾质冰水平原扇和扇三角洲作了描述(图1和表1中的6)。活跃的辫状河正建造着各自的扇,这些扇,在坡度、碎屑粒级、地貌、河型和相分布上,显示出从冰川尾端到海洋具有规律性的变化。虽然,所有这些扇都显示出顺流变化的类似性,但它们的尾缘却是很不相同的。一些扇与科珀河(下面讨论)的下三角洲平原合并,并在这个主要三角洲的潮坪以及障壁岛的背侧得到发育。另一些扇发育在海岸段,在这里,波浪正面冲击它们的尾缘。因此,当各个扇向海进积时,发育了一系列砂级物质组成的障壁沙咀。

里姆尼兹(1966)和加罗韦(1976)描述了同一地区的巨大的科珀河三角洲的变化、沉积物和地层结构。加罗韦(1976)把科珀河三角洲描述为波和潮汐混合支配的湿润地区的扇三角洲。该扇三角洲复合体的主要环境包括:(1)陆上扇,它由沼泽、盐泥和辫状河口分流河道充填物质组成;(2)潮汐泻湖,它由鞋带状的沙滩和泥坪组成,具是复杂的潮汐水道充填物质;(3)滨岸,它由边缘障壁岛、波良贝(Breaker bar)、中部滨面沙、下部滨面砂和泥以及前三角洲或陆架泥构成。该三角洲向深的,不规则的、受构造和冰川作用影响的大陆架进积,经受较强的潮汐和波浪的能量。由于在尾缘部分,潮坪和泻湖泥占有很大比例,所以必然影响我们把岩石记录中的这类沉积复合体识别为扇三角洲。

许多发育良好的砾质扇三角洲的实例出现在岛弧碰撞海岸(图1和表1的7—11)。其中包括日本本州岛的西岸和东岸,新西兰南岛的东岸,波多黎各的南岸和牙买加的东南岸。

日本本州岛西岸中部沿富山湾的边缘,几个大的扇和扇三角洲镶嵌在一起。藤井(1965, 1966)、门村(1968, 1971)和大内(1979)曾对这些扇作过地貌学与沉积学的描述。这些扇和扇三角洲含有大量砾石,面积为45—171平方公里(17.4—66.1平方哩)。它们伸入一个波浪占优势的深水海湾,湾内有着许多海底峡谷,这些海底峡谷向陆地延伸几乎抵达岸线。河流的物源区主要是新生代褶皱山脉。这些扇的许多特点类似于牙买加东南岸的耶拉斯扇三角洲。在日本本州岛东岸中部,天龙河建造了一个大型砾质扇三角洲复合体(其末端边缘的宽度约为12公里,即7.5哩)。陆上扇的平均坡度为1.6米/公里(8.4呎/哩),沉积环境包括辫状河、天然堤、沼泽、海岸沙丘和滩脊。穿过陆上扇平原的纵横剖面,表明砾石占有优势,含有少量粘土质的砂与砾、砂、粉砂和粘土。

新西兰南岛东岸也有着许多拼合的扇三角洲(M·哈维,个人交谈)。这些辫状河系的主要物源是最常见的碎屑岩—中生代的杂砂岩层系(格里菲思,1979),这些杂砂岩构成了南阿尔卑斯的和在北部的其它较小山系的的山脊。在克赖斯特彻奇的南部,向东流的较大河流有怀塔基河、奥皮里河、潘吉塔塔河、阿什伯顿河、拉凯河和科乌海依河。只有怀塔基河具有独特的向岸外突出的扇三角洲。较远的北部,强大的东北沿岸漂流造成了具有悬崖的侵蚀

全新世扇三角洲的构造、地质和地貌背景※

表 1

板块构造背景1	位置	水文状况2		海岸带年均降水量4 (毫米)	岸外地貌	河流或扇的坡度 米/公里 (呎/哩)	扇的面积或体积	物源区	参考文献
		潮差 (呎)	波况3 米(呎)						
拖曳边缘海岸									
1.老拖曳边缘	英格兰西海岸 (北部,布里斯托尔湾沿岸)	>8 (26.25)	4.9—6.1 (16—20)	1000—2000	大陆架 (北海台地)	 7	 7	泥盆系花岗岩 侵入体	霍尔姆斯 (1965)
2.老拖曳边缘	阿拉斯加东北海岸	<0.61 (2)	无(?)	少(?)	浅水海岸 泻湖	0.66—0.76 (3.5—4.0)	63平方公里 (24.5平方哩)	不列颠山,前寒武系或寒武系的泥岩和砂岩	麦克唐纳和刘易斯 (1973)
3.新拖曳边缘	下加利福尼亚的东北海岸	4—8 (13.12—26.25)	<2.4 (8)	<100	早期大陆架	 7	 7	圣菲利佩山脉,具有大的变质岩和变质中白垩统侵入岩体	汤普逊 (1968)
4.新拖曳边缘	亚喀巴湾和红海海岸	<2 (6.5)	<2.4 (8)	<100	早期大陆架	1.9—9.5 (10—50)	 7	阿拉伯—努比亚地盾的前寒武系片麻岩	弗里德曼和桑德斯 (1978)
5.边缘海岸	德克萨斯西南海岸	<2 (6.5)	2.4—3.7 (8—12)	100—1000	浅水坝 (3呎水)	<2—17.65 ($<10.6-92.9$)	0.3715 平方公里 (0.0014平方哩)	更新统博芒特组的砂和泥	麦戈温 (1970)

表 2

板块构造背景1	位置	水文状况2		海岸带年均降水量4 (毫米)	岸外貌	河流或扇的坡度 米/公里 (呎/哩)	扇的面积或体积	物源区	参考文献
		潮差 米(呎)	波况3 米(呎)						
碰撞海岸									
6. 大陆碰撞海岸	阿拉斯加东南海岸	4—8 (13.12—26.25)	2.4—4.9 (8—16)	>3000	构造和冰川作用控制的 深水不规则大陆架	<2—17.65 ($<10.6-92.9$)	446立方公里 (107.02立方哩)	丘加奇的侏罗系和白垩系伏地槽沉积岩	布思罗依德和阿斯 思罗依德(1974); 布 思罗依德(1976); 加罗韦(1976)
7. 岛弧碰撞海岸	日本本州岛西侧中部海岸	<2 (6.5)	2.4—3.7 (8—12)	2000—3000	具有海底峡谷头部的岛坡	~10 (52.8)	4.5—17.12 平方公里 (17.4—66.1平方哩)	古生代与中生代的 花岗岩与变质岩的 沉积岩与沉积岩的 复合体	藤井(1965, 1966 大内(1979)
8. 岛弧碰撞海岸	日本本州岛东侧中部海岸	2—4 (6.5—13.12)	2.4—3.7 (8—12)	1000—2000	狭窄的岛架	1.6(8.4)	105平方公里 (40.5平方哩)	同上	门村(1971) 大内(1979)
9. 岛弧碰撞海岸	新西兰南岛的东海岸	2—4 (6.5—13.12)	3.7—4.9 (12—16)	100—1000	岛架	3.8—25 (20—133)	5—670平方公里 (2—260平方哩)	三叠系到白垩系的 杂砂岩	(M, 哈维 个人交谈)
10. 岛弧碰撞海岸	波多黎各南海岸	<2 (6.5)	2.4—3.7 (8—12)	100—1000	岛架	 7	 7	卡耶山脉白垩系到 始新统的火山岩	弗里德曼和桑德斯 (1978); 皮科 (1974)
11. 岛弧碰撞海岸	牙买加东南海岸	<2 (6.5)	2.4—3.7 (8—12)	100—1000	具有海底峡谷头部的岛坡	15 (79)	10.4平方公里 (4.0平方哩)	布卢山第三系到白 垩系的沉积变质岩 和火山岩	本文; 伯克 (1967); 加波 塔(1975)

※ 不包括湖泊扇三角洲。第一列中的编号对应于图1中的编号。

- 按照英曼和诺德斯特罗姆分类(1971), 经戴维斯修改(1973)。
- 据戴维斯(1973)。
- 一年中最少二季度内, 3%频率或更高的最大波高。
- 据戴维斯(1973)。
- 坡度按布思罗依德和阿斯莱依(1975)。
- 科珀河扇三角洲的体积。缺较小扇体的资料。
- 无资料。

岸线。怀塔基扇是最大的一个扇,面积为670平方公里(285.6平方哩)。怀塔基扇的坡度也是最小的,平均3.8米/公里(20.1呎/哩)。克赖斯特彻奇北部还有另外两个扇三角洲,即哈普库扇三角洲和克拉伦斯扇三角洲。哈普库扇三角坡度最陡,达25米/公里(132呎/哩);克拉伦斯扇在规模上(7.54平方公里,2.9平方哩)类似于牙买加的耶拉斯扇三角洲。

波多黎各南部瓜亚马和萨利纳斯之间的海岸平原,由一系列大的冲积扇(皮科,1974)和扇三角洲构成。供应这些扇的那些河流,来自北部卡耶山脉的白垩系到始新统的火山岩地区。这些扇曾由弗莱德曼和桑德斯(1978)作过报道,但是没有提供细节。

戈雷乌和伯克(1966)和伯免(1967)曾报道过牙买加东南岸的两个全新世扇三角洲复合体。其中第一个是不活跃的利瓜内亚扇三角洲,金斯敦城就位于其上。第二个是活跃的耶拉斯扇三角洲,本文将作详细讨论。根据英曼和诺德斯特罗(1971)制定的海岸线构造分类法,牙买加海岸属于岛弧碰撞海岸。然而,沿开曼海沟板块边界的现代运动,在牙买加北部一些地方,具有与转换走向滑动断层有关的背景(里丁,1978)。

所有活动大陆岛弧海岸的扇三角洲,都具有下列共同特征(表1):它们形成在狭窄的海岸平原上,紧邻地势高的较年轻山地;在具有季节性降水丰富和岸带潮汐作用微弱的地区,它们总的形态发育良好;所有这类复合体都由粗大的砾级和砂级沉积物构成,沉积物在结构和矿物上是不成熟的;这些扇复合体中,有一些建造在浅水岛架上,但通常它们是建造在以岸外陡剖面和海底峡谷的顶端为特征的岛坡上,并常常发生扇碎屑的海底块体移动。

鉴于碰撞海岸砾质扇三角洲规模上的重要性,我们决定研究这类体系中像牙买加东南部耶拉斯扇三角洲的沉积特征。

牙买加东南部的耶拉斯扇三角洲

区域背景

牙买加是一个岛屿,长225公里(140哩),宽97公里(60哩),位于加勒比海的西北部(图2)。该岛坐落在加勒比板块北缘尼加拉瓜隆起(地壳增厚带)的东部末端,该带与北美板块相接(鲁宾逊等,1970)。板块边界是活动的开曼海槽,正好位于牙买加北部。开曼海槽被解释为一个具有左旋运动的转换断层(莫尔璃和赛克斯,1969)。

自然地理

牙买加岛包括三个主要的自然地理区:(1)内陆山脉,(2)石灰岩高原和丘陵,(3)海岸平原和内陆河谷(休斯,1973)。

由牙买加最古老岩石构成的内陆山脉成为该岛的核心。其中最前列的是布卢山,位于该岛东端的轴部,由一系列北西—南东走向的海拔超过1830米(6000呎)的山峰组成。耶拉斯河的源头靠近布卢山的西端,高程为1448米(4750呎)。它向南流经罗加尔港山,这是一系列平行于主要山脊西南边缘的山麓丘陵,最后穿过第三系石灰岩构成的低丘,到达海岸平原,全长37公里(23哩)(图2)。包含耶拉斯扇三角洲的南部海岸平原,主要由冲积物和三角洲的砂和砾构成。

地层和地质历史

牙买加最古老的岩石是白垩系(?)的火成岩和变质岩,出露在布卢山的南部(鲁宾逊等,1970;休斯,1973;赖特,1974)。由古生物确定的最古老的沉积岩是白垩系的砾岩、

页岩、石灰岩和水搬运沉积的凝灰岩。这些岩石出现在9个主要的构造窗内，其中之一是布卢山构造窗。最近的著作主张把牙买加的白垩纪历史解释为岛弧（伯克和福克斯，1977）。在白垩纪晚期拉拉米造山运动期间，白垩系岩石被褶皱、隆起和花岗闪长岩侵入。伴随这些运动，岛的大部分抬升到海平面之上和经受陆上侵蚀（休斯，1973）。

牙买加的新生代历史能划分成两个主要时期：古新世至始新世中期的瓦格瓦特海沟期；始新世中期到全新世的碳酸盐—陆架期，这时，产生与开曼转换系有关的断层活动（伯克和福克斯，1977）。瓦格瓦特海沟是一个穿越岛的东端的北西—南东向的大构造。从古新世到始新世中期，这个迅速下沉的海沟被从东西两侧的瓦格瓦特和里士满组的扇三角洲、海底扇和浊流沉积充填。这些沉积单元的沉积作用，是与火山活动同时进行的。布卢山脉的主要隆起发生在构造运动活跃的上新世，并一直延续到晚更新世（鲁宾逊等，1970）。

局部背景

耶拉斯河出山口建造了一个面积为10.5平方公里（4.1平方哩；表1）的舌状扇三角洲。扇三角洲形成一个冲积的陆岬，从山前到加勒比海延伸约2公里（1.2哩）。横穿耶拉斯河的三个地震剖面表明，下伏在耶拉斯扇面以下的砾石层厚约30米（98呎；安德鲁，1965）扇三角洲的海底部分，水平距离为4000米（13120呎），下降到海面以下1110米（3602.9呎）构成耶拉斯海的东北边界线。这个与断层为界的盆地（伯克，1976），面积为100平方公里（38.6平方哩），平均深度为海面以下1350米（4429.1呎）。其内充填了约500米（1540.4呎）厚的再沉积的非碳酸盐物质，这些物质分别来自北部、西北部和东北部的利瓜内亚盲谷和耶拉斯扇三角洲，而少量碳酸盐沉积物来自西部的岛架。最近海底电缆被切断的位置，证明沉积物的三个来源都还在活动（伯克，1967）。

过 程

气 候

牙买加位于东北信风带，有着中度的热带气候。耶拉斯河流域的年平均温度，界于布卢山峰的13℃（56°F）到海边的26℃（79°F）之间。季节变化小，在海边变幅为3℃（5°F）年平均雨量，界于山地的3050毫米（120吋）到岸边的1500毫米（60吋）之间（加泼塔，1973）。耶拉斯河流域的降水是季节性的。在三角洲地区，年降水的85%出现在5—12月，个可是主要的雨季是9—12月。4月和5月，降水又增加，但降水强度不如主要雨季。飓风和热带风暴对耶拉斯流域的地貌特征具有明显影响，它们平均每4.75年出现一次（加泼塔，1973）。这些风暴伴随着强烈降雨，引起了大规模的地滑，引起了造成灾难性洪水的径流和导致严重海岸侵蚀的风暴波浪。由于经常性的暴雨、陡的坡度和基岩的严重破碎，所以，地滑乃是耶拉斯河提供粗碎屑的主要过程。

河流水文和地形

耶拉斯河没有长期的水文记录，但是，根据流域上游马霍加内谷（1960—61）和扇顶埃辛顿（1973—77）的少量是资料表明，耶拉斯河的流量季节性的。在埃辛顿，11月记录到的最大流量是17.5立方米/秒（617立方呎/时），7月的一个最小流量为0.0004立方米/秒（0.013立方呎/秒）。耶拉斯河计算的飓风流量可达2330.6立方米/秒（82000立方呎/秒）。从耶拉斯扇顶到海边，由于地表水转成地下径流和转入灌溉渠，耶拉斯河的流量是减少