

中国晚元古代至三迭纪海域 沉积环境模式探讨*

关士聪 演怀玉 丘东洲
王守德 陈显群 周经才

(地质部石油普查勘探局)

中国晚元古代¹⁾至三迭纪海域(以下简称中国古海域)辽阔,发育了厚度巨大、类型多样的沉积岩石,蕴藏着丰富的矿产资源。它们是怎样分布的,有无一定规律?这是广大地质工作者普遍关心的问题。通过中国古海域沉积环境模式的探讨,也许对这些问题的解决有所裨益。近年来通过油气普查勘探表明,沉积环境研究,对评价油气生储性能,尽快找到油气田,具有相当重要的指导意义。

海域沉积环境模式,早在上世纪末就有不少国内外学者进行过研究,但较深入、系统的研究主要从本世纪三十年代开始。其中以威尔逊(J.L.Wilson 1970, 1975)海相碳酸盐岩沉积环境模式,及赖内克(H.E.Reineck, 1973)等人的滨海—浅海碎屑岩沉积模式,最具代表性,目前应用最广。

本文作者综合研究了我国近年来大量地层成果,按世或纪为单元编制了一套一千万分之一的全国范围的海域沉积相图,在此基础上,进行分析比较,并吸取了威尔逊及赖内克等的沉积模式的优点,提出了中国古海域沉积环境综合模式(图1)

中国古海域沉积环境综合模式及其特征

中国古海域沉积环境综合模式,按海底地形、海水深度、沉积特征及生物组合特征,以及地理分布位置等,分为两个相组,六个相区,十五个相带(或相)现将各相组、相区及相带的主要特征简述如下:

一、槽盆相组

位于浅海盆地外侧,沉积界面(指沉积物与水体的界面)一般在氧化界面之下,深度除局部数十米外,通常大于百米以上,为较深浅海至深海低能还原环境。相组开阔,宽度数百至上千公里,沉积厚度巨大,可达数千米。据沉积物类型、分布及火山活动,本相组可进一步分为两个相区。

* 摘自即将出版的《中国晚元古代至三迭纪海陆变迁、海域沉积相与油气》的部分章节。

1) 晚元古代包括:长城统、蓟县统、青白口统和震旦统。

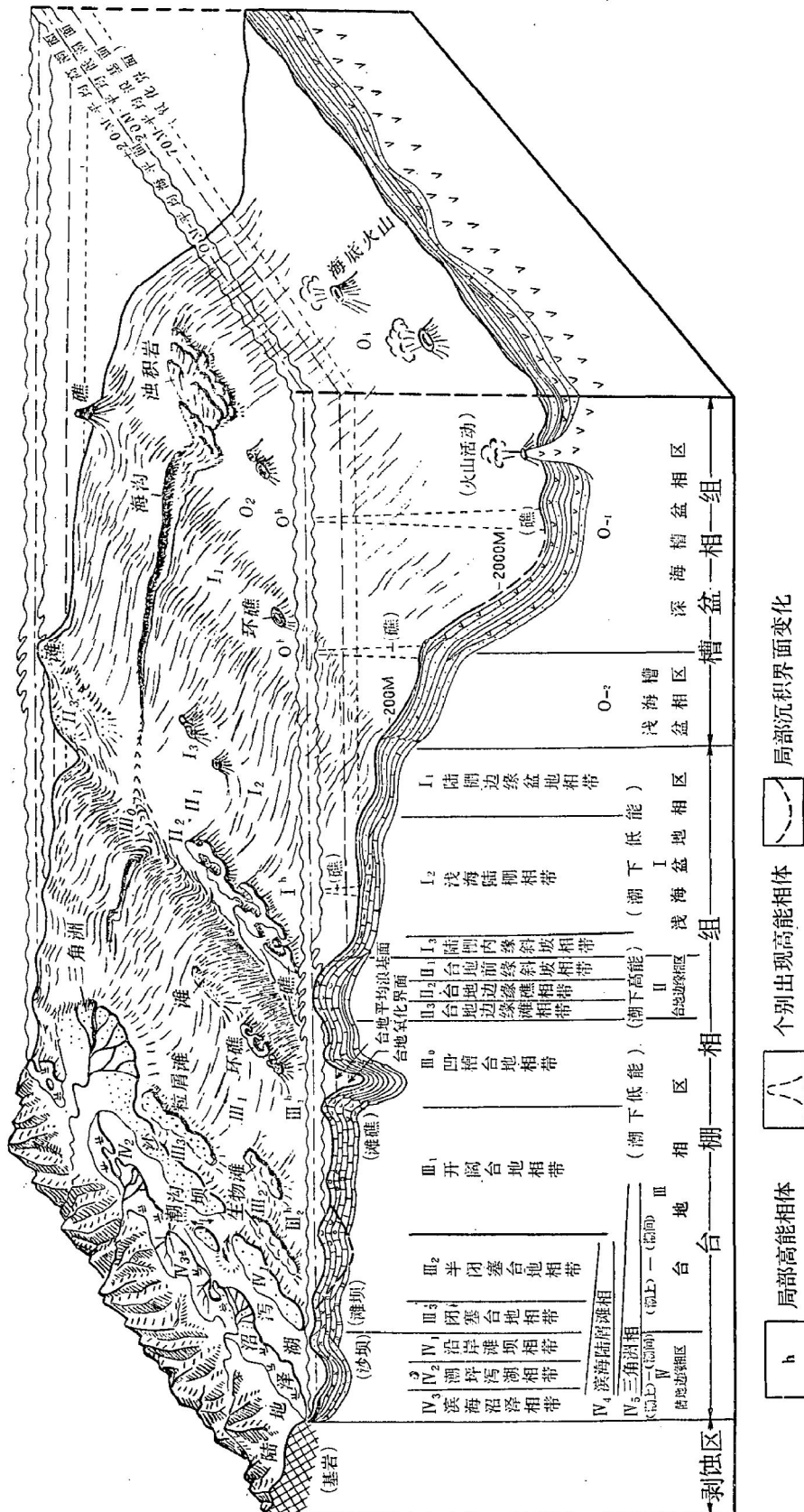


图1 中国古海域沉积环境综合模式示意图

1、深海槽盆相区 (O_1)

位于槽盆相区靠洋盆一侧, 沉积界面深度通常大于1000米。相区宽度数十至数百公里。由于水深、温低、光暗, 生物和碳酸盐岩沉积相对较少。岩性十分混杂, 主要为暗色砂、泥岩交替的陆屑复理石、类复理石沉积与大量中至基性、超基性喷发岩和侵入岩, 夹硅质岩、硅质泥岩、碳酸盐岩和泥岩。复理石中的砂岩, 主要为火山杂砂岩、岩屑杂砂岩与长石杂砂岩, 有时具鲍玛层理序列(自下而上为递变层理, 下部平行纹理, 流水波状纹理, 上部平行纹层, 顶部块状层理), 常见各种印模, 含浅水异地生物化石碎屑。复理石中的泥岩常含有孔虫、放射虫、抱球虫、硅藻等深海游泳、漂浮生物化石。喷发岩、侵入岩与沉积岩经常互相混杂, 岩性、岩相、厚度变化甚大, 岩层中有时存在局部沉积间断。沉积厚度巨大, 一般数千米, 最厚可达万余米。据岩石组合特征、浊积成因复理石沉积厚度巨大、砂岩成分以成熟度低的杂砂岩为主、各种喷发岩和侵入岩发育等, 本相区属深海活动性环境。其沉积与优地槽或主动大陆边缘盆地沉积可能相当。

2、浅海槽盆相区 (O_2)¹⁾

位于槽盆相区靠浅海盆地一侧, 沉积界面深度变化较大, 从数十至千余米。相区宽度几十至几百公里。岩性主要为暗色砂、泥岩交替的陆屑复理石、类复理石、钙屑浊积岩或暗色泥岩、泥质灰岩、粉屑灰岩沉积, 夹硅质岩、石灰岩, 有时亦夹喷发岩。复理石中的砂岩类型, 主要为岩屑杂砂岩、长石杂砂岩, 有时具鲍玛层理序列, 局部见浅水层理、波痕等沉积构造。泥岩具水平纹理及韵律层理, 含笔石、菊石、竹节石、硅质海绵骨针、有孔虫、放射虫、硅藻等半深海游泳、漂浮生物化石及部分腕足、棘皮等浅海底栖生物化石。岩性、岩相、厚度变化大, 沉积厚度通常达数千米。相区内有时局部发育能量相对较高的礁相体。据岩石组合和沉积特征, 本相区属较深浅海至半深海活动性环境, 其沉积与冒地槽或被动大陆边缘盆地或岛弧带沉积可能相当。据相区岩性、岩相及古生物特征, 具一定生油条件。

须指出: 有时深海槽盆相区与浅海槽盆相区难以具体划分, 此时可统称为槽盆相区。关于槽盆相区中有时出现若干浅水沉积标志(如碳酸盐岩、生物礁、浅水生物化石、沉积间断等), 其原因可能是: (一) 槽盆相区地壳运动频繁, 可能出现短暂浅水沉积环境; (二) 槽盆中可能存在局部的浅水高能沉积环境; (三) 有些浅水沉积标志, 可能与浊积岩的成因有关。

二、台棚相组

位于槽盆相组与陆地之间, 沉积界面变化很大。相组开阔, 宽达数百至数千公里。据沉积物类型及其分布, 本相组可进一步分为四个相区。

1、浅海盆地相区 (I)

位于台地边缘与浅海槽盆之间, 沉积界面在平均浪基面之下, 深度几十米至百余米。水体能量弱, 为潮下低能区。相区开阔, 宽度几十至几百公里。据沉积物特征及其

1) 指较深浅海至半深海地区的活动性环境沉积。

分布，本相区可进一步分为三个相带。

(1) 陆棚边缘盆地相带 (I₁)

位于浅海盆地外侧，沉积界面在氧化界面之下，深度几十至百余米。相带宽几十至几百公里。岩性主要为暗色页岩、泥质灰岩与粉屑灰岩，夹硅质岩及薄层石英粉砂岩。具水平纹层及韵律层理。生物化石丰富，以游泳、漂浮生物为主，有笔石、薄壳瓣鳃、菊石、球接子、硅质海绵骨针、有孔虫、放射虫及硅藻，有时还见部分底栖生物化石。沉积不甚稳定，厚度数百至数千余米。本相带属较深浅海半稳定环境沉积，具良好生油条件。

(2) 浅海陆棚相带 (I₂)

位于陆棚边缘盆地相带内侧，沉积界面在平均浪基面至氧化界面附近，深度几十米至近百米，仅间歇性大风暴可影响海底沉积物。相带较开阔，宽度数十至数百公里，沉积作用较均匀，海水循环良好，盐度正常。岩性主要为含丰富化石的生物灰岩与泥质灰岩或页岩互层，夹薄层石英粉砂岩及硅质岩。以薄至中层状水平层理为主，局部见波状层理，水平虫孔发育，有时见大量泥灰质结核，层面间有小间断显示。生物化石丰富，主要有腕足、珊瑚、头足、棘皮、瓣鳃、腹足、海绵、有孔虫等。相带内有时局部发育能量相对较高的礁相体。本相带属浅海稳定环境沉积，具一定生油条件，其局部高能相体，具储集空间。

(3) 陆棚内缘斜坡相带 (I₃)

位于浅海陆棚相带与台地前缘斜坡相带之间。沉积界面位于平均浪基面之下，氧化界面之上，深度几十米至近百米。相带窄陡，通常仅几至十几公里。岩性以泥质灰岩为主，夹粉砂岩、硅质岩及沉积角砾岩。有些泥质灰岩具纹理或韵律层理，在近台地前缘斜坡的不稳定地带有时见有灰泥丘及滑动构造。生物既有来自台地和台地边缘相区的底栖生物碎屑，又有浅海陆棚的生物组合。本相带具一定生油条件和原生储集空间。

2、台地边缘相区 (II)

位于台地与浅海盆地之间，沉积界面在平均浪基面之上。波浪作用强烈，为潮下高能带。相区窄陡，宽度几至几十公里。据沉积物特征及其分布，可进一步分为三个相带。

(1) 台地前缘斜坡相带 (II₁)

位于台地边缘靠浅海盆地一侧的斜坡地带，沉积界面在平均海平面至平均浪基面之间，深度零至几十米左右，相带窄陡，通常仅几公里。岩石类型多种，有灰岩、砂屑灰岩、生物灰岩、粘结岩、沉积角砾岩、礁屑灰岩等。常见灰泥丘及滑动构造。生物既有来自台地和台地边缘的底栖生物碎屑，又有浅海盆地的生物组合。此相带岩性、结构、构造、生物与陆棚内缘斜坡相带基本相似，两者有时难以具体划分统称为过渡相带。本相带岩石原生孔隙较发育，具良好油气储集空间。

(2) 台地边缘礁相带 (II₂)

位于台地边缘相区的中部，沉积界面在平均浪基面之上，高出海平面或海平面之下十几米。波浪作用强烈，为高能相带。相带窄，通常仅几公里。岩性主要为生物灰岩、粒屑灰岩、生物礁灰岩及粘结岩。层理不显，主要为块状及生物骨架构造。生物化石丰

富,种类繁多,古生代生物礁内最常见的为层孔虫、珊瑚、苔藓虫、海绵和红藻,三迭纪生物礁内最常见的为海绵和藻类,附属生物有腕足、软体及海百合等。本相带生物礁形成的岩体,储集空间发育,既有原生孔隙,又有次生孔隙,是形成油气田的良好场所。

(3) 台地边缘滩相带(Ⅱ₃)

位于台地边缘靠台地一侧,沉积界面在平均浪基面之上,高出海平面或海平面之下十几米。波浪作用强烈,为高能相带。相带窄,通常仅几公里,局部达十几公里。岩性主要为粒屑灰岩、生物碎屑灰岩、内碎屑灰岩、鲕粒灰岩、团粒灰岩等。具小型槽状交错层理及垂直虫孔,层面间冲刷现象普遍。生物化石丰富,多呈磨圆碎屑状,种类有瓣鳃、腹足,腕足,海百合、有孔虫及藻屑等。本相带原生储集空间发育,利于油气储集。

3、台地相区(Ⅲ)

位于陆地边缘相区与台地边缘相区之间,沉积界面除部分在平均低潮面之上外,大部分在平均低潮面与台地平均浪基面之间,其中局部可在台地氧化面附近,深度变化较大,从零米至近百米。(台地相区的浪基面、氧化界面与浅海盆地相区者相比深度约小 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{2}$)。水体能量一般较弱至中等,大部分为潮下低能区。相区较宽,几十至几百公里。据沉积物特征及其分布,可进一步分为四个相带。

(1) 凹槽台地相带(Ⅲ₀)

常位于开阔台地相带内或开阔台地相带与台地边缘相区之间。沉积界面位于浪基面之下至氧化界面附近。水体能量弱。相带窄陡,呈凹槽状,宽度几至十几公里。岩性主要为暗色泥质灰岩或页岩,见水平纹层及韵律层理,含底栖及游泳、漂浮生物。本相带岩性,生物组合与陆棚边缘盆地相带甚为相似,唯广盐度生物较多,为台地相区内水体能量最弱地带,具有一定的生油意义。泥盆纪、石炭纪珠江海台地相区中发育有此相带。

(2) 开阔台地相带(Ⅲ₁)

位于台地相区中部或靠外侧,沉积界面在平均低潮面与台地浪基面之间。相带宽度数十至数百公里。海水与外海畅通,水体能量中等。岩石类型多种,有粒屑灰岩、含粒屑灰岩及泥质灰岩,有时夹砂、泥岩。具薄至中层状水平及波状层理,偶见斜交层理,水平虫孔发育。生物化石丰富,有介形虫、有孔虫、瓣鳃、腹足、绿藻类、珊瑚、苔藓、腕足、棘皮及钙质海绵等。相带内有时局部发育能量相对较高的礁、滩相体,它具有一定的油气储集空间。泥盆纪、石炭纪、二迭纪、三迭纪华南海开阔台地相带中见有此相体。

(3) 半闭塞台地相带(Ⅲ₂)

常位于开阔台地相带内侧,沉积界面大部分在平均海平面之下数米至平均低潮面之间。海水与外海不甚畅通,循环受一定限制,水体能量较弱。岩性主要为泥晶灰岩、泥页岩及白云岩。纹层、鸟眼、迭层石构造发育。生物种类较少,主要为腹足、兰绿藻类、有孔虫、介形虫。相带有时局部发育能量相对较高的滩相体,它具有一定的油气储集空间。奥陶纪华北海半闭塞相带中见有此相体。

须指出:本相带有时沉积界面可低于台地浪基面,为一套灰质泥岩、泥页岩沉积,

含底栖及少量游泳生物化石, 具半还原至还原环境特征。此时本相带具一定生油意义。寒武纪、奥陶纪华南海台地相区具此相带。

(4) 闭塞台地相带(Ⅲ₃)

位于半闭塞台地相带内侧, 沉积界面在平均海平面之上。海水极浅或出露海面, 蒸发量大, 盐度高。水体循环很受限制, 能量甚弱。岩性主要为浅色层纹状石膏、岩盐、泥晶白云岩、泥晶灰岩, 有时夹红色泥岩。垂直虫孔和层纹发育。生物稀少, 主要为兰绿藻类。本相带岩石较致密, 可作油气盖层, 白云岩晶间孔隙发育时, 则具储集空间。奥陶纪北方海, 中、晚石炭世华西海塔里木一带见此相带。

4、陆地边缘相区(Ⅳ)

位于陆地与台地相区之间, 与台地相区呈过渡关系或占据其大部分位置。沉积界面在平均低潮面之上、下, 深度零至十几米左右。水体能量变化较大, 弱至中等。相区宽度几十至几百公里。据沉积物特征及其分布, 可进一步分为五个相带。

(1) 沿岸滩坝相带(Ⅳ₁)

位于陆地边缘相区与台地相区之间, 常发育于陆地地形较平缓的滨岸地区。沉积界面在平均海平面上、下, 水体能量中至较强。相带宽度可达数公里、长度数十至上百公里。岩性主要为分选、磨圆较好的石英岩砂类。具水平、波状及斜交层理, 局部见虫孔, 有时含植物化石碎片。本相带由于波浪淘洗、簸选作用, 砂岩储集性能良好, 是油气聚集的有利场所。晚三迭世川西海见有此相带。

(2) 潮坪泻湖相带(Ⅳ₂)

通常位于沿岸滩坝内侧, 与沿岸滩坝相带伴随而存。常以滩坝与外海隔开或仅有一些潮汐通道与外海相连通。水体能量弱, 盐度不正常, 生物单调。泻湖一般位于相带中部或外侧, 潮坪位于泻湖周边。据注入泻湖的淡水量与蒸发量的比例, 泻湖可分为淡化和咸化二类。前者以钙质粉砂岩、粘土岩沉积为主, 含较多有机质; 后者以石膏、岩盐及碳酸盐岩沉积为主。潮坪为潮间环境沉积, 沉积物以泥质岩为主, 砂质岩主要分布于潮沟部位。潮坪沉积中常见波状、透镜状, 脉状层理及垂直虫孔和干裂。潮沟沉积可见人字型交错层理及迭瓦状扁平砾石。

(3) 滨岸沼泽相带(Ⅳ₃)

通常位于潮坪泻湖相带靠陆一侧, 两者互相伴生。多发育于陆地地形较平缓的滨岸地区。相带宽度几公里至上百公里。岩性主要为泥质岩、泥质粉砂岩, 含煤及菱铁矿。具植物根结构, 生物以植物化石为主, 亦含瓣鳃、腹足、介形虫等广盐度动物化石。晚三迭世川西海有此相带。

(4) 滨海陆屑滩相(Ⅳ₄)

位于陆地边缘, 通常发育于陆地地形较陡的滨岸地区。相带宽度变化较大, 有时可从陆地边缘延伸至浅海陆棚区, 宽度十几公里至上百公里。岩性主要为砾岩、砂岩粉砂岩、泥岩。砾岩砾石长轴大致平行海岸, A、B面倾向海盆。砂岩分选、磨圆较好, 具波状、斜交状层理及波痕, 含植物化石碎片及介壳碎片。泥岩具小型波状、斜交状层理, 含灰质结核、植物化石碎片及介壳化石, 局部见虫孔。

(5) 三角洲相(Ⅳ₅)

我们把河流与海盆汇合处沉积的大型锥体沉积称为三角洲。它分布于陆地与海洋的过渡相带，相带宽度变化较大，有时可从陆地边缘延伸至浅海陆棚。三角洲相通常分为三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲三部分。三角洲平原以支流河道及其间的砂岩、泥岩沉积为主，三角洲前缘以水下支流河道及河口坝的砂岩、粉砂岩沉积为主，前三三角洲以粘土岩沉积为主。位于海陆环境交替变动地带的三角洲沉积，由于海进、海退多次重复，自下而上常产生有利于油气形成的生、储、盖组合，是油气聚集的有利场所。

综上所述，这二个相组、六个相区、十五个相带组成中国古海域沉积环境综合模式，反映我国晚元古代至三迭纪沉积总的特征及其环境组合规律。但这个模式是由海底坡度、海水能量、生物发育及气候条件等因素共同作用的结果产生的，若这些因素发生变化，模式也将发生变化。对某一地质历史时期的具体沉积来说，很难得全部相组、相区、相带同时出现，可能只出现一些，而缺失另一些。故在引用综合模式时，必须考虑研究地区具体地质情况，建立适合于当地的地区性沉积模式。

中国古海域沉积环境模式组合类型及其特征

沉积物的类型主要受地形（如坡的陡缓）、水体深浅、能量大小、生物繁衍程度、气候条件等因素的控制。依据某一段地质历史时期，同一海域中槽盆相组与台棚相组的发育状况及其组合特征，可将中国晚元古代至三迭纪沉积环境模式组合归纳为三种类型十五种形式。现将三类十五式主要特征简述如下：

一、槽盆型模式

槽盆型模式的特点是，在某一段地质历史时期，同一海域沉积区内，只发育槽盆相组沉积。如晚元古代长城纪至青白口纪华南海，晚元古代至二迭纪满蒙海。据槽盆相组槽盆的性质，可将槽盆型模式再分为三种形式。

1、浅海槽盆式

一定地质历史时期，同一海域沉积区内，只发育单一的浅海槽盆相区。相区两侧直接与陆地相连。如中奥陶世满蒙海沉积（图2）。

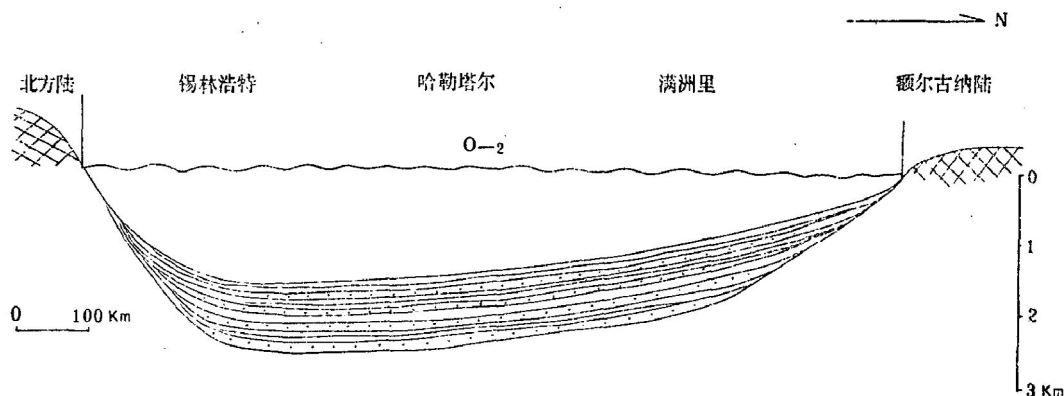


图2 浅海槽盆式沉积模式
(满蒙海中奥陶世沉积)

2、深海槽盆式

一定地质历史时期，同一海域沉积区内，只发育单一的深海槽盆相区。相区两侧直接与陆地毗连。如志留纪满蒙海沉积（图3）。

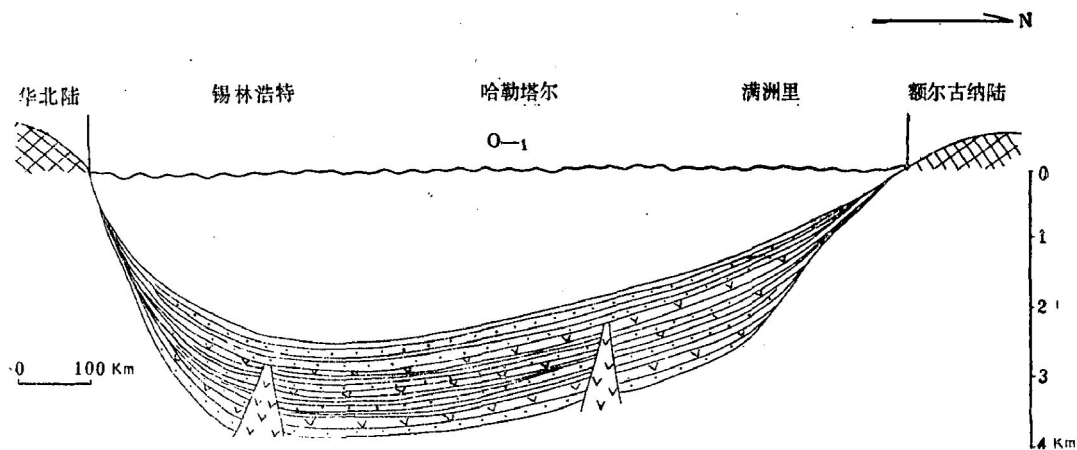


图3 深海槽盆式沉积模式
(满蒙海志留纪沉积)

3、浅—深海槽盆式

一定地质历史时期，同一海域沉积区内，同时发育浅海槽盆相区和深海槽盆相区。通常浅海槽盆相区位于内侧，临近陆地，而深海槽盆相区位于外侧，濒临海洋。如晚奥陶世满蒙海沉积（图4）。

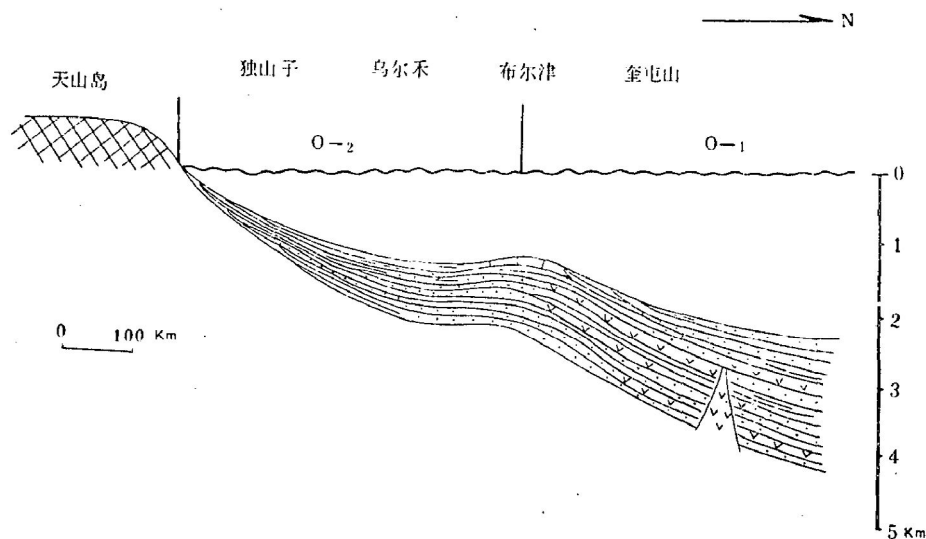


图4 浅—深海槽盆式沉积模式
(满蒙海晚奥陶世沉积)

二、台棚型模式

台棚型模式的特点是，在某一段地质历史时期，同一海域沉积区内，只发育台棚相组沉积。如奥陶纪、志留纪华北海，泥盆纪至二迭纪华南海。据台棚相组中发育的主要

相区或相带性质, 可将台棚型模式再分为九种形式。

1、凹槽台棚式

在只发育台棚相组的海域内, 台地相区的凹槽台地相带十分发育。它在空间上的面积虽不大, 但经常成群、成带出现, 相带展布极为特征, 对整个沉积区的相区、相带的分布有着重要影响。如泥盆纪, 中、晚石炭世珠江海沉积 (图 5)。

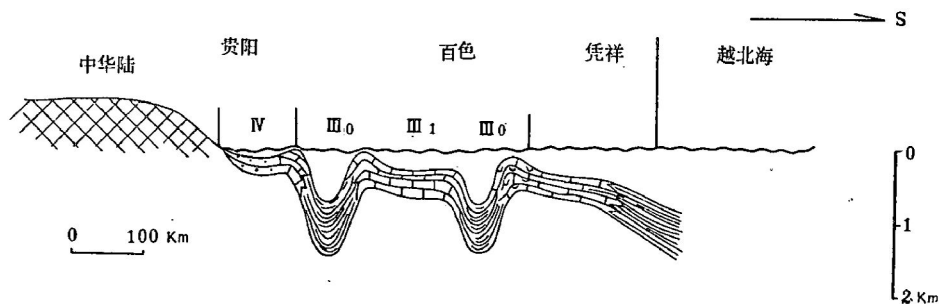


图 5 凹槽台棚式沉积模式
(珠江海中泥盆世沉积)

2、开阔台棚式

台地相区的开阔台地相带在台棚相组中十分发育。它在空间上可占台棚相组面积的 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ 左右, 因其所占面积较大, 常影响到台棚相组内其他相区、相带的发育和展布。如早奥陶世华南海沉积 (图 6)。

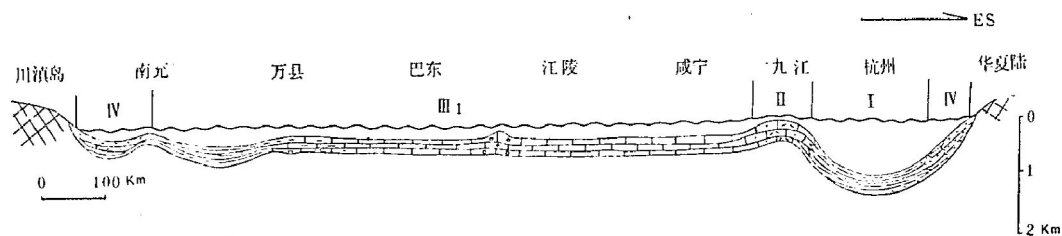


图 6 开阔台棚式沉积模式
(华南海早奥陶世沉积)

3、半闭塞台棚式

在台棚相组展布的海域内, 台地相区的半闭塞台地相带很发育。它在空间上可占台棚相组面积的 $\frac{1}{3}$ 左右, 对台棚相组内其他相带的发育和展布有着一定影响。如中、晚寒武世华北海沉积 (图 7)。

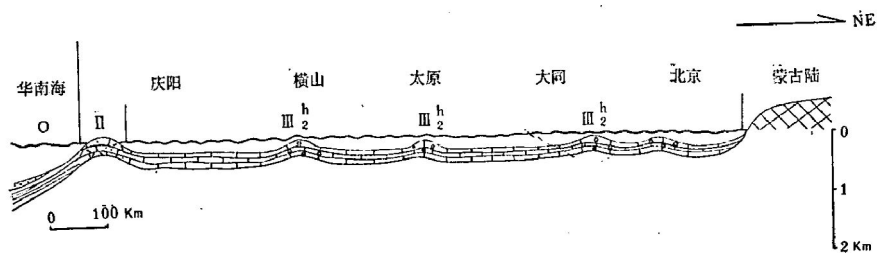


图 7 半闭塞台棚式沉积模式
(华北海中晚寒武世沉积)

4、闭塞台棚式

在台棚相组展布的海域内，台地相区的闭塞台地相带很发育。它在空间上约占台棚相组面积的 $1/3$ 左右，因其沉积环境较特征，常影响到台棚相组其他相带的发育和展布。如中三迭世华南海沉积（图8）。

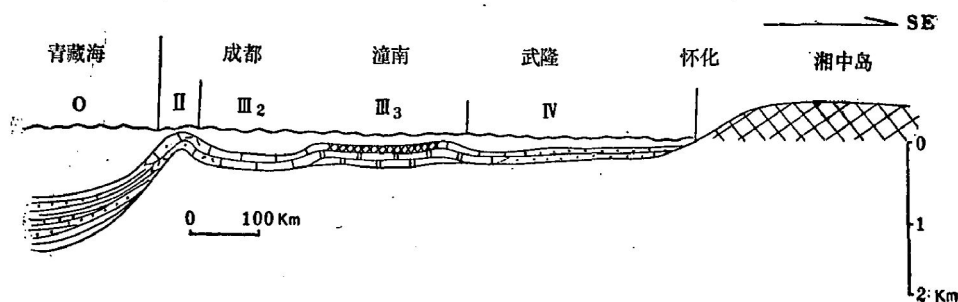


图8 闭塞台棚式沉积模式
(华南海中三迭世沉积)

5、三角洲台棚式

陆地边缘相区的三角洲相在台棚相组中发育很特征。其空间分布面积变化较大，当面积大时，对台地相区和台地边缘相区相带的发育影响甚大。在三角洲相发育时，台地和台地边缘相区碳酸盐岩沉积经常受到抑制。如志留纪华南海（图9）

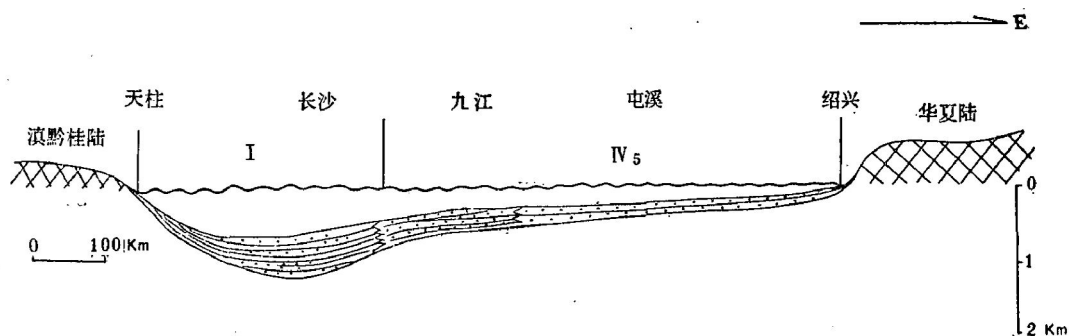


图9 三角洲台棚式沉积模式
(华南海志留纪沉积)

6、滩坝台棚式

在只发育台棚相组的海域内，陆地边缘相区的沿海滩坝相带发育的十分特征。它在空间上虽占台棚相组面积不大，但对台地和陆地边缘相区相带的发育和展布起着重要作用。当沿岸滩坝发育时，其内侧便经常出现潮坪泻湖和滨岸沼泽等相带。如晚三迭世川西海（图10）。

7、陆屑滩台棚式

陆地边缘相区的滨海陆屑滩相在台棚相组中很发育。其空间分布面积变化较大，当面积大时，直接影响到台地相区和台地边缘相区碳酸盐岩沉积的发育。如早三迭世华南海。

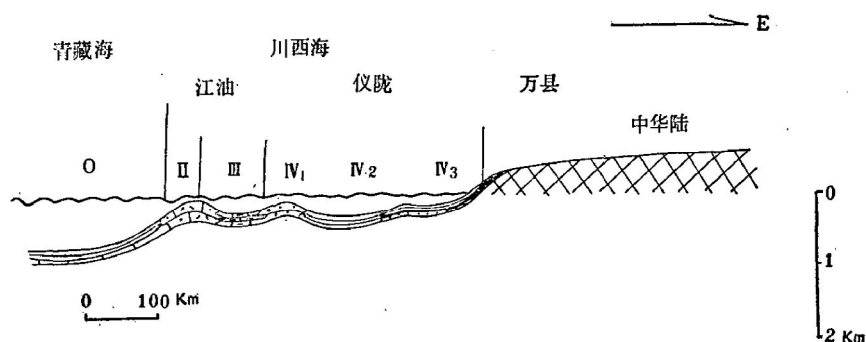


图10 滩坝台棚式沉积模式
(川西海晚三迭世沉积)

8、棚边盆台棚式

在台棚相组展布的海域内，浅海盆地相区的陆棚边缘盆地相带发育。它在空间上虽占台地面积不大，但直接影响着台地边缘相区的发育。此式的陆棚边缘盆地相带其平面形态近椭圆状，一侧与台地边缘相区相连，另一侧直接与陆地紧连。如志留纪华南海（图11）。

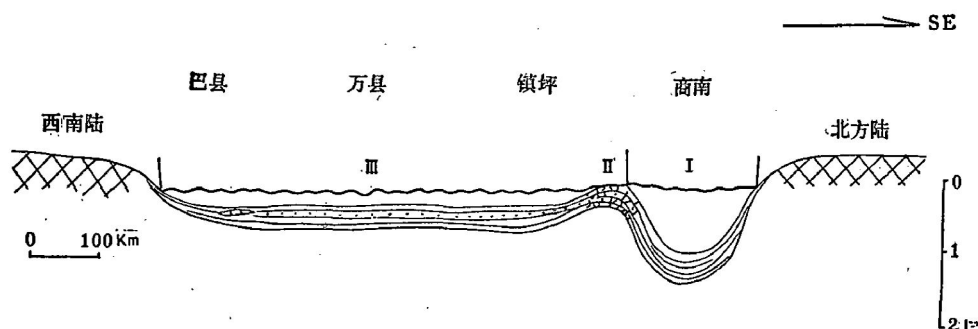


图11 棚边盆台棚式沉积模式
(华南海志留纪沉积)

9、沼泽台棚式

陆地边缘相区的滨海沼泽相带在台棚相组中很发育。其空间分布面积可大可小，当面积大时直接影响到台地边缘相区和台地相区其他相带的发育。如晚二迭世华南海。

三、槽台型模式

槽台型模式的特点是，在某一段地质历史时期，同一海域沉积区内，同时发育着槽盆相组和台棚相组。如早古生代华南海，古生代华西海。据槽盆相组与台棚相组的组合形式，可将槽台型模式再分为三种形式。

1、槽台并列式

在一定地质历史时期，同一海域沉积区内，只发育一个槽盆相组和一个台棚相组。两者呈并列组合形式，构成槽台并列式。此模式一般只发育一个台地边缘相区。如中奥陶世华北海沉积（图12）。

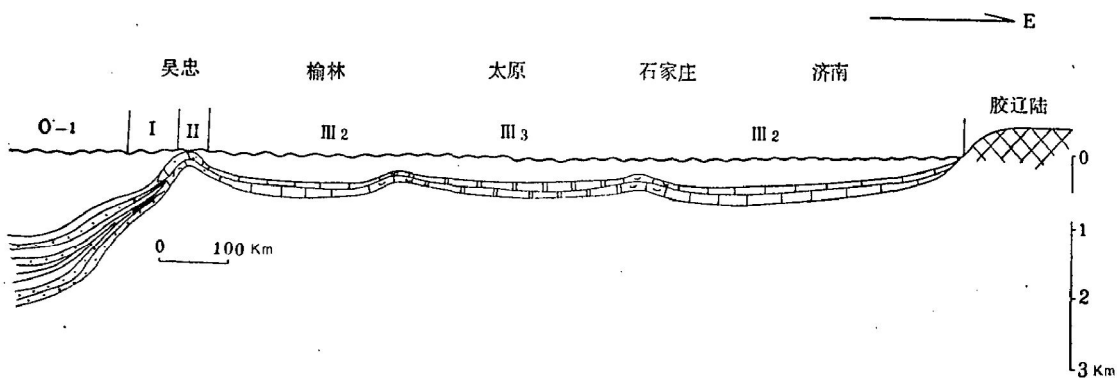


图12 槽台并列式沉积模式
(华北海中奥陶世沉积)

2、多槽围台式

在一定地质历史时期，同一海域沉积区内，发育着多个槽盆相组和一个台棚相组。据两者组合形式可分为，双槽围台式和多槽围台式。前者中间为台棚相组，两边为槽盆相组，此模式沿台地相区边缘，常发育两个台地边缘相区。如中奥陶世华南海沉积（图13）；后者中间为台棚相组。周边为槽盆相组。此模式沿台地相区边缘，可能发育数个台地边缘相区。如中奥陶世华西海（图14）。

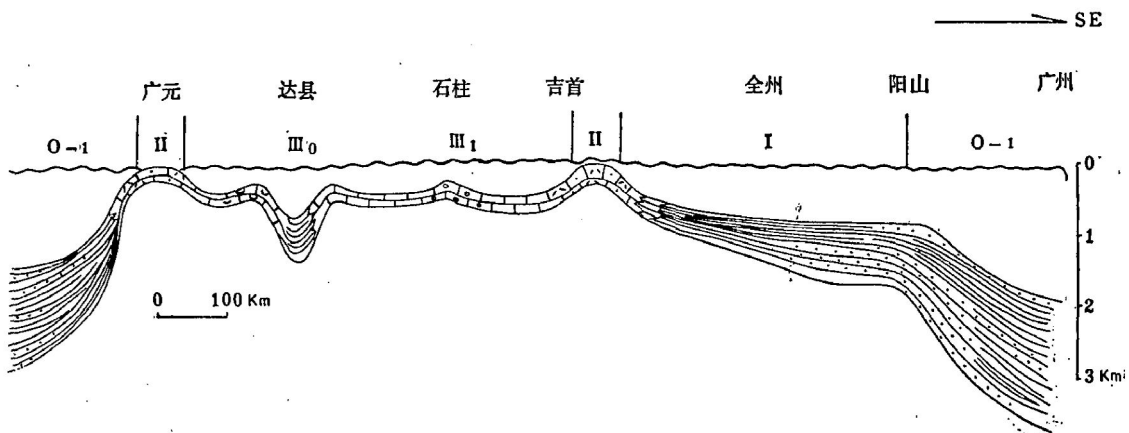


图13 多槽围台式沉积模式
(华南海中奥陶世沉积)

3、多台围槽式

在一定地质历史时期，同一海域沉积区内，发育着多个台棚相组和一个槽盆相区。槽盆相组位于中间，周边为台棚相组，构成多台围槽式。此模式沿台地相区边缘，可能发育数个台地边缘相区。如早三迭世青藏海（图15）。

上述我国古海域沉积环境模式基本类型，它们在时间与空间上的分布有着一定的规律。从时间而言，槽盆型主要发育于晚元古代和早古生代；台棚型主要发育于古生代和三迭纪。从空间而言，满蒙海从晚元古代至二迭纪均为槽盆型；华西海、青藏海从晚元古代至三迭纪均为槽台型；华南海晚元古代为槽盆型，早古生代为槽台型，晚古生代为

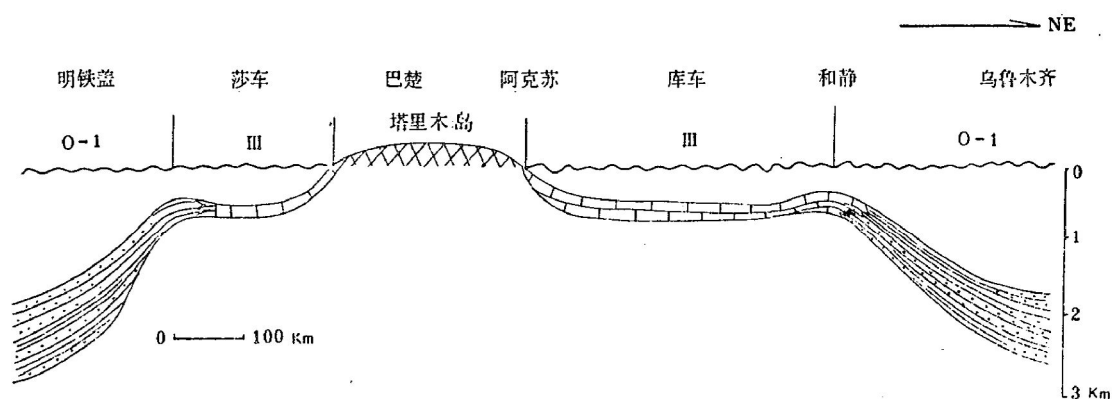


图14 多槽围台式沉积模式
(华西海中奥陶世沉积)

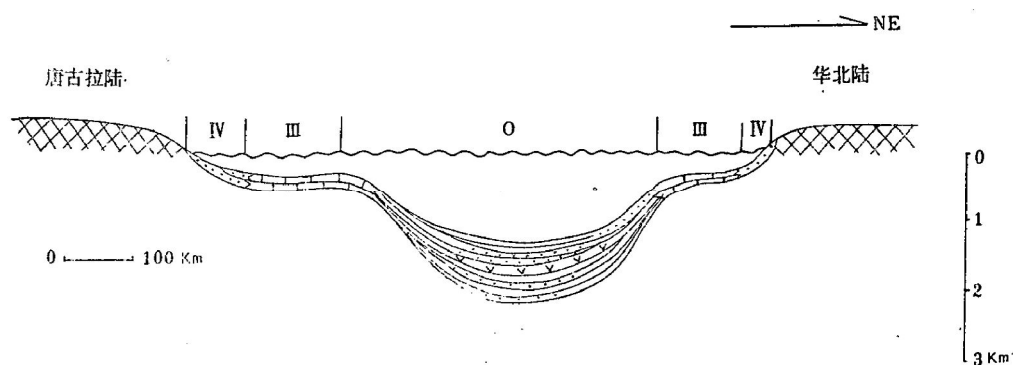


图15 多台围槽式沉积模式
(青藏高原早三迭世沉积)

台棚型：华北海晚元古代为槽台型，以后均为台棚型。

结 语

通过中国晚元古代至三迭纪沉积环境模式的研究，我们可以初步得出以下几点结论：

一、中国古海域沉积环境综合模式，由二个相组，六个相区，十五个相带（或相）组成。其中槽盆相组为构造相对活动区沉积，其海型属陆缘海；台棚相组的Ⅱ至Ⅳ相区为构造相对稳定区沉积，其海型属陆表海；台棚相组的Ⅰ相区为稳定性与活动性兼有的沉积区，其海型具陆表海与陆缘海过渡性质。陆缘海、陆表海及其间过渡性海在我国晚元古代至三迭纪地质历史的大部分时期均有发育。

二、中国古海域沉积环境模式，据其在一定地质历史时期，同一海域沉积区槽盆相组与台棚相组的发育状况和组合形式，可分为三种类型，十五种形式。其中槽盆型主要分布于晚元古代的满蒙海和华南海；槽台型主要分布于晚元古代、早古生代的华南海和华西海；台棚型主要分布于古生代的华北海和华南海。

三、陆地边缘相区发育是我国古海域沉积环境重要特点之一。它在我国晚元古代至三迭纪地质历史的大部分时期中均有所发育。相区宽度有时可达数百公里，其岩性主要为浑水碎屑岩。当陆地较稳定时，横向上可与台地相区清水碳酸盐岩呈过渡关系。当陆地较活动时，由于大量碎屑物质供给则使台地碳酸盐岩沉积发育受到抑制，甚至中断，出现三角洲台棚式或陆屑滩台棚式等沉积模式。

四、台地相区相带复杂、多样，是我国古海域沉积环境的另一重要特点。中国古海域台地相区与国外台地相区相比有以下几个特点：

1、于开阔台地相带与台地边缘滩相带之间有时发育凹槽台地相带，此相带沉积界面低至台地浪基面以下，沉积一套与陆棚边缘盆地相带岩性、古生物甚为相似的沉积，它是台地相区中良好的生油相带；2、开阔台地与半闭塞台地相带，有时不是以碳酸盐岩沉积为主，而是以泥质岩沉积为主；此时开阔台地和半闭塞台地相带，具有一定生油性能；3、陆地边缘相区的三角洲相和滨岸陆屑滩相发育时，可穿越台地相区，使之台地相区沉积环境变得复杂化；4、开阔台地和半闭塞台地相带内有时发育许多次一级高能礁、滩相体，它们具良好的油气储集空间。

五、中国古海域沉积环境发育着多种类型的高能相带、相体。除发育以台地边缘相区为核心的高能相区外，于槽盆相组、浅海盆地相区、台地相区和陆地边缘相区内，有时常局部发育能量相对较高的相带、相体。特别是台地相区内局部高能相体尤为发育，类型有点礁、岸礁、内碎屑滩、生物滩、鲕滩等。这些高能相区、相带和相体，常具良好储集空间，可作为油气聚集的重要场所。

六、中国台地相区本身发育生、储、盖成油组合。

在本文编写过程中，地质部石油地质综合大队、四川石油指挥部、八普、三普等单位的同志曾给予大力支持，成文后，曾允孚副教授曾审阅全文，均表谢意。

（收稿日期 1979年10月25日）

主要参考文献

- [1] 全国地层委员会，1964，全国地层会议学术报告汇编（前寒武系至三迭系）。科学出版社。
- [2] 刘鸿允，1955，中国古地理图。科学出版社。
- [3] 叶连俊，1959，论中国沉积矿床的若干形成特点。地质科学，第10期。
- [4] A. JI. 列兹尼柯夫，1961，沉积岩相与建造。科学出版社。
- [5] 成都地质学院，1961，沉积相及古地理教程。中国工业出版社。
- [6] 戴东林等编，1962，沉积岩石学。中国工业出版社。
- [7] 吴崇筠等编，1977，沉积岩。石油工业出版社。
- [8] F. J. 佩蒂庄，P. E. 波特，R. 西弗，1977，砂和砂岩。科学出版社。
- [9] H. 布拉特，G. V. 米德顿，R. C. 穆雷，1978，沉积岩成因。科学出版社。
- [10] 何起详编，1978，沉积岩与沉积矿床。地质出版社。
- [11] 各省、市、自治区区域地层表编写组，1974—1978，区域地层表（中南、云南、贵州、四川、江苏及上海、安徽、黑龙江、辽宁、山东、内蒙古），地质出版社。

- [12] 中国地质科学院地质矿产研究所主编, 1978, 华南泥盆系会议论文集. 地质出版社.
- [13] G.V. 奇林格主编, 1978, 碳酸盐岩. 石油化学工业出版社.
- [14] Folk, R. L. , 1962. Classification of carbonate rocks, AAPG, Mem. 1 ,
- [15] Irwin, M. L. , 1965. General theory of epeiric clear water sedimentation. Bull. AAPG, Vol. 49, No. 4.
- [16] Young, L. M. , Fiddler, L. C. and Jones, R. W. , 1972, Carbonate facies in Ordovician of northern Arkansas. Bull. AAPG, vol. 56, No. 1.
- [17] Reineck, H. E. and Singh L. B. , 1973, Depositional sedimentary environments, Springer—Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- [18] Wilson, J. L. , 1975, Carbonate facies in geological history. Springer—Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- [19] Broussard, M. L. , ed. , 1975, Deltas, —models for exploration, Houston Geological Society.
- [20] Страхов, н. м. , 1960 , Основы теории литогенеза . Издательство Академии Наук СССР.

INVESTIGATIONS ON THE MARINE SEDIMENTARY ENVIRONMENTAL MODEL OF CHINA IN LATE PROTEROZOIC TO TRIASSIC PERIODS

Guan Shicong Yan Huaiyu Qiu Dongzhou Wang Shoude

Chen Xianqun Zhou Jingcai

(*Petroleum Prospecting and Exploration Bureau, Ministry of Geology.*)

Abstract

The comprehensive marine sedimentary environmental model of China in late Proterozoic to Triassic periods is established on the basis of two sets of facies, including six facies zones and fifteen facies belts, namely:

1, The trough basin facies which includes the deep sea trough-basin and the shallow sea trough-basin facies zones; and 2, The platform shelf facies which includes the shallow sea basin, the platform margin, the platform and the continental margin facies zones.

The shallow sea basin facies zone consists of the shelf margin basin, the shallow shelf and the inner-margin shelf slope facies belts. The platform margin facies zone comprises the foreslope, the reef and the bank facies belts. The platform facies zones comprise the trough-like platform, the open platform, the semi-restricted platform and the restricted plat-

form facies belts. The continental margin facies zone includes the littoral bar-beach, the tidal flat lagoon, the coastal marsh, the coastal terrigenous clastic beach and the delta facies belts.

The marine sedimentary environmental model of China in late Proterozoic to Triassic periods can be classified into three types and fifteen forms. These are the trough basin type, the platform shelf type and the trough-platform type. The first one comprises the shallow sea trough-basin, the deep sea trough-basin and the shallow-deep sea trough-basin. The second one includes nine different forms. They are the trough-like platform shelf, the open platform shelf, the semi-restricted platform shelf, the restricted platform shelf, the bar-beach platform shelf, the deltaic platform shelf, the terrigenous clastic beach platform shelf, the margin basin platform shelf and the marsh platform shelf. The third one comprises the joint form of trough-platform, the forms of platform surrounded by troughs and of trough surrounded by platforms.

The marine sedimentary environments of China in late Proterozoic to Triassic periods are characterized by the development of continental margin facies zone and by the complexity and variousness of platform facies belts, frequent occurrence of high-energy facies belts, and the presence of source-reservoir-cap combinations in the platform facies zones.