

塔里木盆地早、中寒武世古地理与沉积演化

田雷^{1,2},崔海峰^{1,2},刘军^{1,2},张年春^{1,2},石小茜^{1,2}(1. 中国石油勘探开发研究院西北分院,甘肃兰州730020; 2. 中国石油天然气集团公司
油藏描述重点实验室,甘肃兰州730020)

摘要:基于二维地震剖面精细解释,结合最新钻井地质资料分析,在构造控沉积的指导思想下,对塔里木盆地早、中寒武世岩相古地理及沉积演化进行研究。塔里木盆地早寒武世构造古地理整体呈现“中间高、南北低”的隆-坳格局,巴楚隆起-塔中隆起东部一带发育近东西向展布的同沉积古隆起,往北和往西南方向由隆起向坳陷逐渐过渡。早寒武世玉尔吐斯组沉积期塔里木盆地以深水陆棚为主的缓坡沉积,由中央古隆起向南北两侧依次发育潮坪相、斜坡相和深水盆地相;早寒武世肖尔布拉克组沉积期塔里木盆地具有一定台地性质的碳酸盐岩缓坡沉积,由中央古隆起向南北两侧依次发育内缓坡、中缓坡、外缓坡和盆地相,外缓坡在地震资料上可见典型前积反射特征,反映为远端变陡的缓坡。研究证实了塔里木盆地早寒武世中央古陆的存在,并初步厘定了早寒武世玉尔吐斯组和肖尔布拉克组沉积期古陆及相应的沉积相带展布。通过构造-沉积演化分析,首次明确了塔里木盆地早寒武世并没有形成真正意义上的碳酸盐台地,而是受整体上南北分异的隆-坳构造格局控制的缓坡沉积模式,至中寒武世中西部大台地才逐渐形成。

关键词:沉积演化;古地理;寒武系;塔里木盆地

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

Early-Middle Cambrian paleogeography and depositional evolution of Tarim Basin

Tian Lei^{1,2}, Cui Haifeng^{1,2}, Liu Jun^{1,2}, Zhang Nianchun^{1,2}, Shi Xiaoqian^{1,2}

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Development-Northwest, PetroChina, Lanzhou, Gansu 730020, China;

2. Key Laboratory of Reservoir Description, CNPC, Lanzhou, Gansu 730020, China)

Abstract: Conforming to the guideline that tectonism controls sedimentation, the study investigated the Early and Middle Cambrian paleogeography and depositional evolution of Tarim Basin based on fine interpretation of 2D seismic profile and analysis of the latest drilling geological data. In the Early Cambrian, the tectonic paleogeography in Tarim Basin was characterized by the “framework with one uplift located between a southern and a northern depressions”: a nearly EW-trending synsedimentary palaeohigh occurring in Bachu and eastern Tazhong uplift areas, and transiting to depressions in both the north and southwest directions. During the sedimentary period of the Yurtusi Formation in the Early Cambrian, Tarim Basin was a ramp with the deepwater shelf being dominant, and the tidal flat, slope, deepwater basin facies were successively developed along both the south and north sides of the central palaeohigh. But during the sedimentary period of the Xiaorbulak Formation in the Early Cambrian, Tarim Basin was a carbonate ramp of certain platform characters; the inner, middle and outer ramp facies and basin facies were developed along both the south and north sides of the central palaeohigh; and the outer ramp facies shows typical reflectance signatures of progradation on seismic sections. This study confirmed the existence of the central paleo-continent of the Early Cambrian in Tarim Basin, and preliminarily revealed the distribution of the paleo-continent and the relevant sedimentary facies belts of the Early Cambrian Yurtusi Formation and Xiaorbulak Formation. Through tectonic and sedimentary evolution analysis, we were sure, for the first time, that the Early Cambrian Tarim Basin was a ramp controlled by a north-south differential tectonic pattern instead of a carbonate platform in the real sense of the term. The platform in the western-central Tarim Basin came into being until the Middle Cambrian.

收稿日期:2017-07-12;修订日期:2018-05-20。

第一作者简介:田雷(1982—),男,工程师,沉积储层及石油地质。E-mail:57134891@qq.com。

基金项目:国家科技重大专项(2016ZX05004-003)。

Key words: depositional evolution, palaeogeography, Cambrian, Tarim Basin

塔里木盆地寒武系盐下白云岩是油气勘探重要的接替领域。2013 年位于塔中隆起的中深 1 井在盐下白云岩获得油气发现^[1], 不仅证实了盐下白云岩具备形成大油气田的基本条件, 也展示了该领域广阔的勘探前景。然而, 自中深 1 井突破以后寒武系盐下白云岩领域再无新的油气发现, 究其原因主要是盐下含白云岩层系(中、下寒武统)基础石油地质条件认识程度低, 关于主力烃源灶、规模储集层和区域盖层发育等关键要素认识不清, 导致有利勘探区带和方向不明, 制约了该领域进一步的油气勘探。

前人对塔里木盆地早、中寒武世岩相古地理已做了大量卓有成效的工作, 贾承造概括塔里木盆地寒武纪的沉积格局^[2], 提出塔里木盆地整体上“西台东盆”的古地理格局认识; 冯增昭等利用钻井和露头资料, 通过“单因素分析多因素综合作图法”编制塔里木地区寒武纪岩相古地理图^[3]; 刘伟等以露头 and 钻井资料为基础、以地震资料为依托, 研究塔里木地区寒武纪岩相古地理及沉积演化^[4]; 赵宗举、杨永剑等利用钻井、露头及地震资料, 以层序为单元编制塔里木盆地寒武纪岩相古地理图^[5-7]; 陈永权等基于地震资料, 对塔里木盆地寒武纪岩相古地理格局重新划分^[8]。前人的研究成果为揭示生储盖发育特征, 指导深层油气勘探提供了很有价值的基础地质资料。但是, 受资料条件的限制, 对塔里木盆地早、中寒武世的

岩相古地理仍停留台地与盆地格局上的分析, 缺少对台地内隆凹分布等古地理及相应的岩相特征分析, 更缺少对中、下寒武统碳酸盐岩沉积模式和沉积演化的深入探讨。近年来随着勘探的深入, 取得一批新的钻井和二维地震资料, 为深化塔里木盆地早、中寒武世古地理和沉积演化研究提供了有利条件。本文在前人研究的基础上, 通过二维地震资料精细解释和追踪, 结合最新钻井资料, 开展塔里木盆地早、中寒武世岩相古地理研究与编图, 总结早、中寒武世不同时期的沉积模式及演化特征, 以期对寒武系深层油气勘探提供有价值的基础资料。

1 地质背景

塔里木盆地位于我国西部, 是大型的叠合盆地^[2]。按照现有构造区划成果(图 1), 盆地内划分为“4 隆 5 坳”9 个一级构造单元, 分别为库车坳陷、塔北隆起、北部坳陷、塔中隆起、巴楚隆起、西南坳陷、塘古坳陷、塔东隆起和东南坳陷, 揭示中下寒武统的钻井基本分布在 4 大隆起区。

塔里木盆地早、中寒武世是游离于冈瓦纳和劳亚大陆之间被大洋环绕的小型克拉通^[5-7], 其发育受控于与周缘地块的裂解。南华纪—震旦纪塔里木板块开始裂解, 在板块边缘和内部发育裂谷盆地, 包括板块边

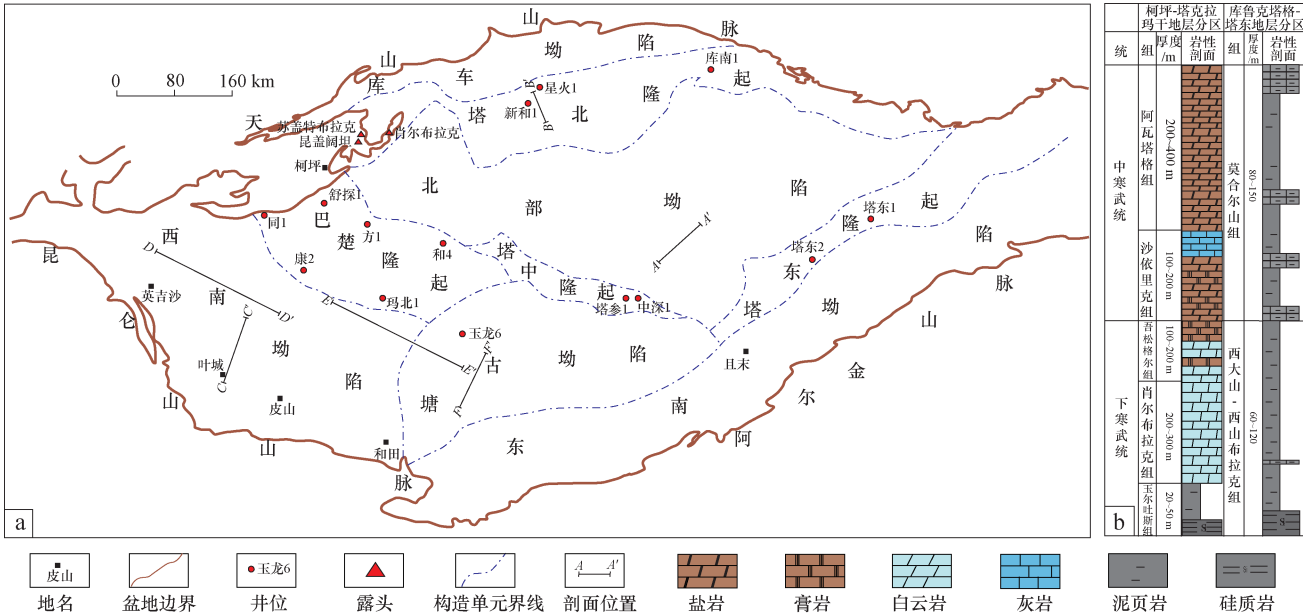


图 1 塔里木盆地构造区划与中、下寒武统地层划分

Fig. 1 Division of structure unit and the Middle-Lower Cambrian in Tarim Basin

a. 塔里木盆地构造区划; b. 塔里木盆地中、下寒武统岩性柱状简

缘南天山、库鲁克塔格和板块内部满加尔坳拉谷^[9-11], 据最新研究报道塔西南地区也可能发育裂谷^[12]。进入早、中寒武世, 南天山-库鲁克塔格和西昆仑裂谷拉开形成南天山洋和昆仑洋, 在板块北缘和西南缘形成克拉通边缘坳陷盆地, 板块中西部为克拉通内坳陷盆地, 并沉积了第一套在盆地内稳定分布、可对比的沉积盖层。寒武系沉积前, 受柯坪运动的影响, 塔里木地区整体抬升, 南华系-震旦系遭受不同程度剥蚀, 形成高低起伏的古地貌^[13], 早寒武世就是在这种隆凹差异地貌之上开始了玉尔吐斯组和肖尔布拉克组沉积, 使得下寒武统或直接盖于基底之上, 或与下伏震旦系为不整合接触。

塔里木盆地按照寒武系地层划分方案可分为库鲁克塔格-塔东地层分区和柯坪-塔克拉玛干地层分区(图1)^[4]。库鲁克塔格-塔东地层分区中、下寒武统自下而上为西山布拉克组、西大山组合莫合尔山组, 岩性为黑色页岩夹薄层泥质灰岩, 西山布拉克组发育层状硅质岩, 夹含磷层。柯坪-塔克拉玛干地层分区中、下寒武统自下而上为玉尔吐斯组、肖尔布拉克组、吾松格

尔组、沙依里克组和阿瓦塔格组, 玉尔吐斯组岩性为黑色硅质岩、页岩夹薄层灰岩^[14], 肖尔布拉克组岩性为灰色厚层状白云岩, 吾松格组岩性为厚层白云岩夹膏岩、含膏白云岩, 沙依里克组岩性为膏盐岩, 顶部发育灰岩、灰质白云岩, 阿瓦塔格组岩性为膏盐岩、褐色泥岩, 夹薄层含膏白云岩。本文岩相古地理研究和编图的地层单位采用柯坪-塔克拉玛干地层分区的划分方案。

2 构造古地理格局

2.1 台-盆格局

在碳酸盐岩沉积体系中, 台地与盆地之间由台缘带和相应的斜坡作为过渡, 台缘带是确定台地的发育位置和类型的关键。前人对塔里木盆地早、中寒武世台缘带已做了诸多研究^[4], 最早被发现并获得普遍认可的是北部坳陷轮南-古城地区台缘带^[15-22], 地震剖面上显示下寒武统由台地向盆地方向地层厚度平缓降低(图2中AA'剖面), 并未见到明显台缘坡折, 地震相特

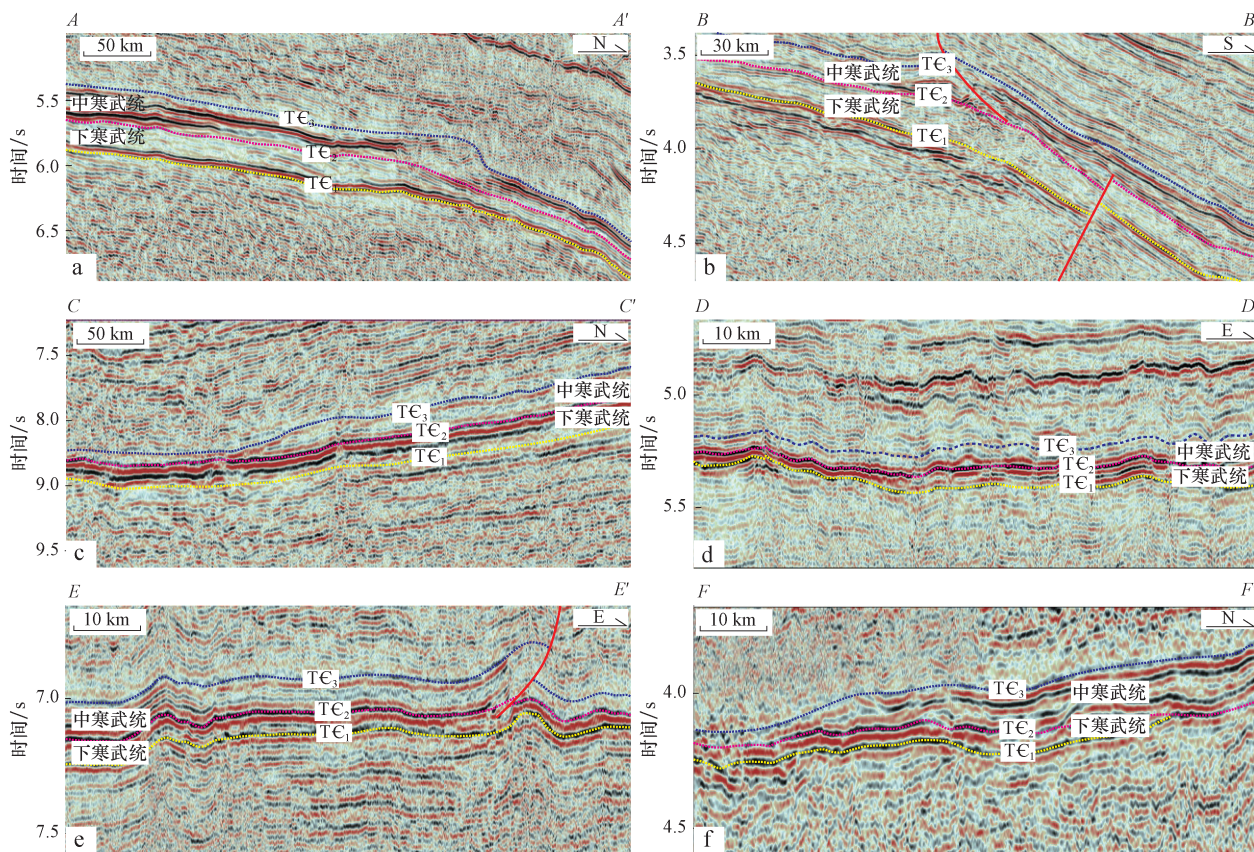


图2 塔里木盆地中、下寒武统地震解释剖面(剖面位置见图1)

Fig. 2 Seismic profile showing the Middle and Lower Cambrian in Tarim Basin (see Fig. 1 for the profile location)

a. 古城地区北东向剖面, 中、下寒武统厚度向北东减薄, 下寒武统发育前积反射, 中、寒武统发育丘状反射; b. 塔北北部地区北西-南东剖面, 中、下寒武统厚度向北减薄, 下寒武统发育前积反射; c. 塔西南坳陷南西-北东向剖面, 中、下寒武统厚度向南减薄, 中寒武统发育丘状反射; d. 塔西南坳陷西段近东西向剖面, 下寒武统向西(古陆)超覆减薄; e. 塔西南坳陷东段近东西向剖面, 下寒武统向东(古陆)超覆减薄; f. 塔西南坳陷东段近南北向剖面, 下寒武统向北(古陆)超覆尖灭

征主要表现为一套中弱振幅、高频反射的S型前积复合体,中寒武统前积结构并不明显,在台地边角地层厚度明显加大,呈丘状反射,顶部有削截特征,反映中寒武世台地边缘具有镶边特征。

塔北北部的台缘带在近几年也得到了证实^[14-17],地震剖面上显示下寒武统台缘带同样为厚度平缓降低并发育S型前积复合体(图2BB'剖面);受后期构造改造的影响,该地区中寒武统并未见到明显的台缘带。

关于塔西南地区中、下寒武统地质结构一直存在两种观点:一种认为早、中寒武世昆仑山前发育古隆起,甚至早寒武世该区为古陆^[4,8],另一种观点认为早、中寒武世昆仑山前叶城一和田一带为盆地相区,由麦盖提斜坡向昆仑山前凹陷由台地相盆地过渡^[5-6,8]。从最新二维地震资料来看(图2CC'剖面),塔西南坳陷山前凹陷下寒武统厚度为平缓减薄,未见明显坡折,而中寒武统在皮山和和田以北约10 km处发育明显的丘状反射,台缘带地层低幅度增厚,向西南地层明显减薄。地层内部发育两期明显的前积体,前积角度大,呈S型斜交前积结构,为典型的“镶边台缘”结构特征,是塔西南坳陷中下寒武统存在台缘带的有力证据。

综上所述,塔里木盆地早、中寒武世轮南-古城地区、塔北北部地区和塔西南昆仑山前地区发育台盆过渡带,呈现出塔里木中西部大型台地周边被塔东地区、塔北北部地区和塔西南昆仑山前地区的深水盆地相所环绕的古地理格局,塔东地区的深水盆地相分布最广,塔北北部地区和塔西南昆仑山前地区的深水盆地相范围小。另外,据文献报道,在塔里木盆地东部发育罗西孤立台地^[5],与中西部大台地被塔东地区深水盆地相分隔,关于罗西台地及台缘带特征,本文不再赘述。

2.2 古地貌格局

塔里木盆地早、中寒武世为稳定的弱伸展构造作用下的被动大陆边缘沉积背景^[23],构造活动对碳酸盐岩沉积的影响较小,沉积期古地貌的高低及坡度陡缓对碳酸盐岩的沉积和演化具有重要的控制作用。随着碳酸盐岩生长,早、中寒武世古地貌特征发生一定的变化,对早寒武世和中寒武世两个时期的古地貌分析如下。

利用区域上中、下寒武统二维骨干地震大剖面解释编制塔里木盆地中、下寒武统厚度图,结果显示中、下寒武统深水盆地区的地层厚度小,浅水碳酸盐岩沉

积厚度大。下寒武统在浅水碳酸盐岩沉积区地层厚度最薄处位于巴楚-塔中东部一带(图3a),减薄带在平面上呈近EW走向展布,在玉龙6井区和麦盖提县以西存在两个零值区,减薄带向北地层逐渐变厚,在满西低凸起一带厚度达到最大,减薄带向南地层也有一定加厚,加厚幅度要比北部坳陷小很多。下寒武统地层结构特征反映了整体上“中间高,南北低”的古地貌格局,即巴楚-塔中东部发育近EW走向展布的隆起带,定义为中央隆起带,由中央隆起带向南北两侧古地貌平缓降低,往北到轮南-古城及塔北北部地区、往西南到昆仑山前叶城-和田地区逐渐过渡为深水盆地。

中寒武统厚度变化规律相比下寒武统既有相似性,又有不同之处(图3b)。相似之处在于中寒武统仍然是浅水台地沉积厚度大,深水盆地沉积厚度小,台地内最厚处仍在满西低凸起一带。不同之处在于台地内地层厚度呈现“中间厚、边缘薄”环带状,中央减薄带的趋势明显减弱,反映中寒武世受填平补齐和台地均一化作用的影响,盆地中西部形成统一的地势平坦的台地。

3 沉积相类型与相模式

3.1 玉尔吐斯组

已有钻井和露头资料点揭示玉尔吐斯组发育多种岩相,岩相横向变化与早寒武世古地貌格局有明显对应关系。巴楚隆起南部巴探5井、玛北1井、玉龙6井、中深1井揭示寒武系肖尔布拉克组白云岩直接覆盖于花岗岩或变质岩基底之上,没有玉尔吐斯组沉积(图4),显示这些地区在早寒武世玉尔吐斯组沉积期为古陆。巴楚隆起北缘的和4井、方1井玉尔吐斯组岩性为藻白云岩、藻灰岩夹砂泥岩,为碳酸盐岩和碎屑岩混积的潮坪沉积环境。盆地北部资料点揭示玉尔吐斯组大多为深水斜坡和盆地相,如西北缘苏盖特布拉克和肖尔布拉克露头剖面上玉尔吐斯组下段岩性为含磷黑色泥页岩夹硅质岩,上段岩性为薄层灰岩和黑色泥页岩互层,顶部发育2~8 m的泥粉晶白云岩,形成于半深水缓坡和深水陆棚沉积环境。塔北北部星火1井玉尔吐斯组为33 m厚黑色泥页岩夹硅质岩,形成于深水盆地沉积环境。塔东地区塔东1井、库南1井和尉犁1井下寒武统西山布拉克组底部也发育含磷黑色页岩和硅质岩的岩石组合,是与玉尔吐斯组同时期的沉积物。塔西南地区尚无钻井和露头揭示这套地层,从整个早寒武世台-盆格局推测昆仑山前叶城-和田

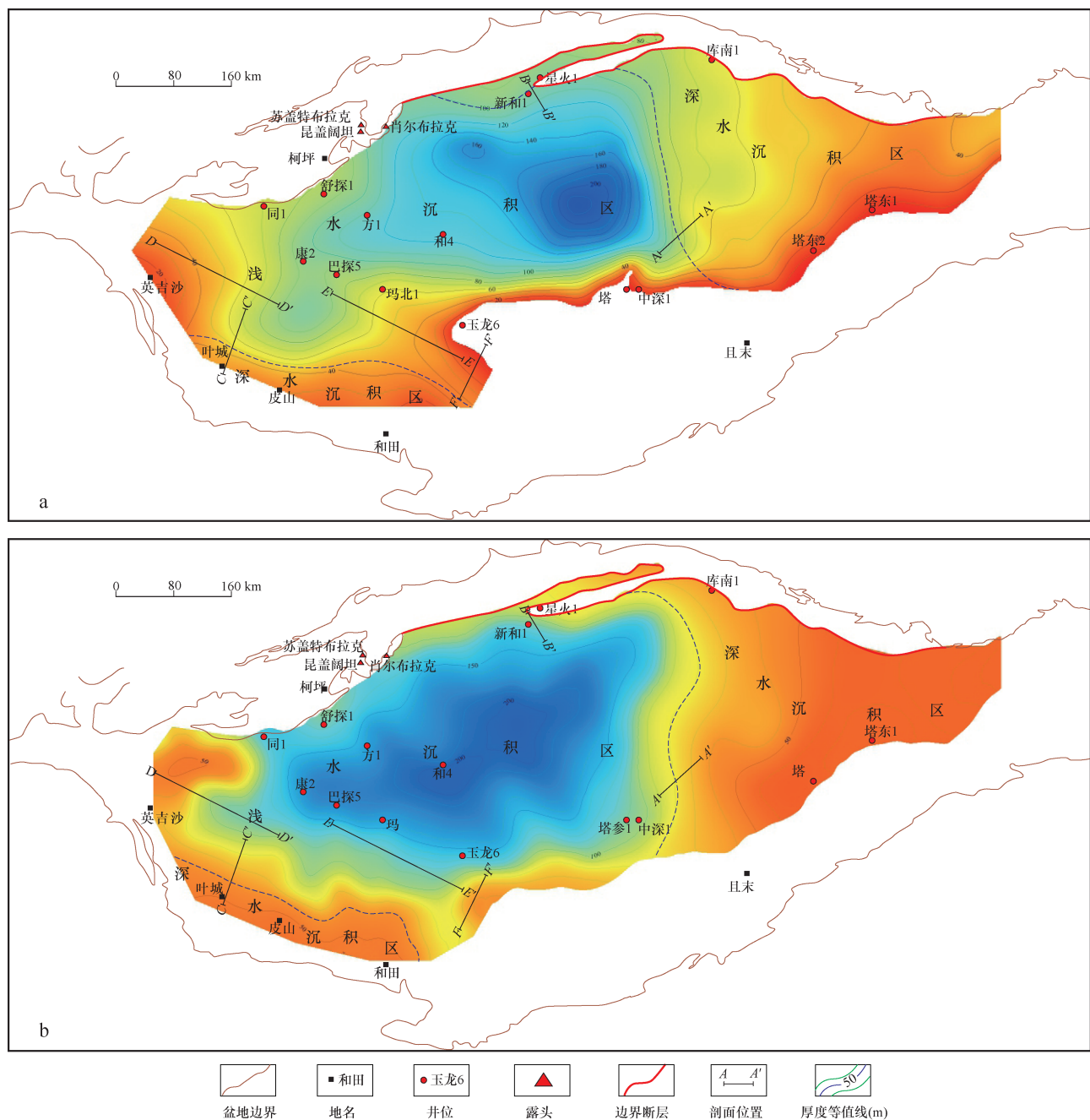


图 3 塔里木盆地中、下寒武统等厚图

Fig. 3 Isopach map of the Middle and Lower Cambrian in Tarim Basin

a. 下寒武统;b. 中寒武统

一带应为玉尔吐斯组深水环境。

玉尔吐斯组岩相展布规律表现为从岸线到盆地方向沉积相带平缓有序过渡,依次为浅水潮坪相、半深水缓坡相、深水陆棚相和深水盆地相。特别是盆地西北缘昆盖阔坦剖面和肖尔布拉克剖面自下而上岩性从硅质岩泥页岩向白云岩有序变化,反映了受海平面下降的影响沉积相带由深水盆地半深水缓坡平缓过渡。因此,推测玉尔吐斯组沉积模式为以深水陆棚-盆地相为主的缓坡沉积。

3.2 肖尔布拉克组

下寒武统肖尔布拉克组岩性与玉尔吐斯组相比碳酸盐岩更占优势,岩相横向变化也基本与早寒武世古地貌格局相对应。巴楚隆起东南部玉龙 6 井揭示缺失整个下寒武统(图 4),中寒武统直接盖于变质岩基底之上,反映该井区肖尔布拉克组沉积期仍然存在为无沉积的古陆。巴楚隆起其他地区肖尔布拉克组以潮坪相为优势相带,岩性主要为深灰色泥质泥晶白云岩、藻

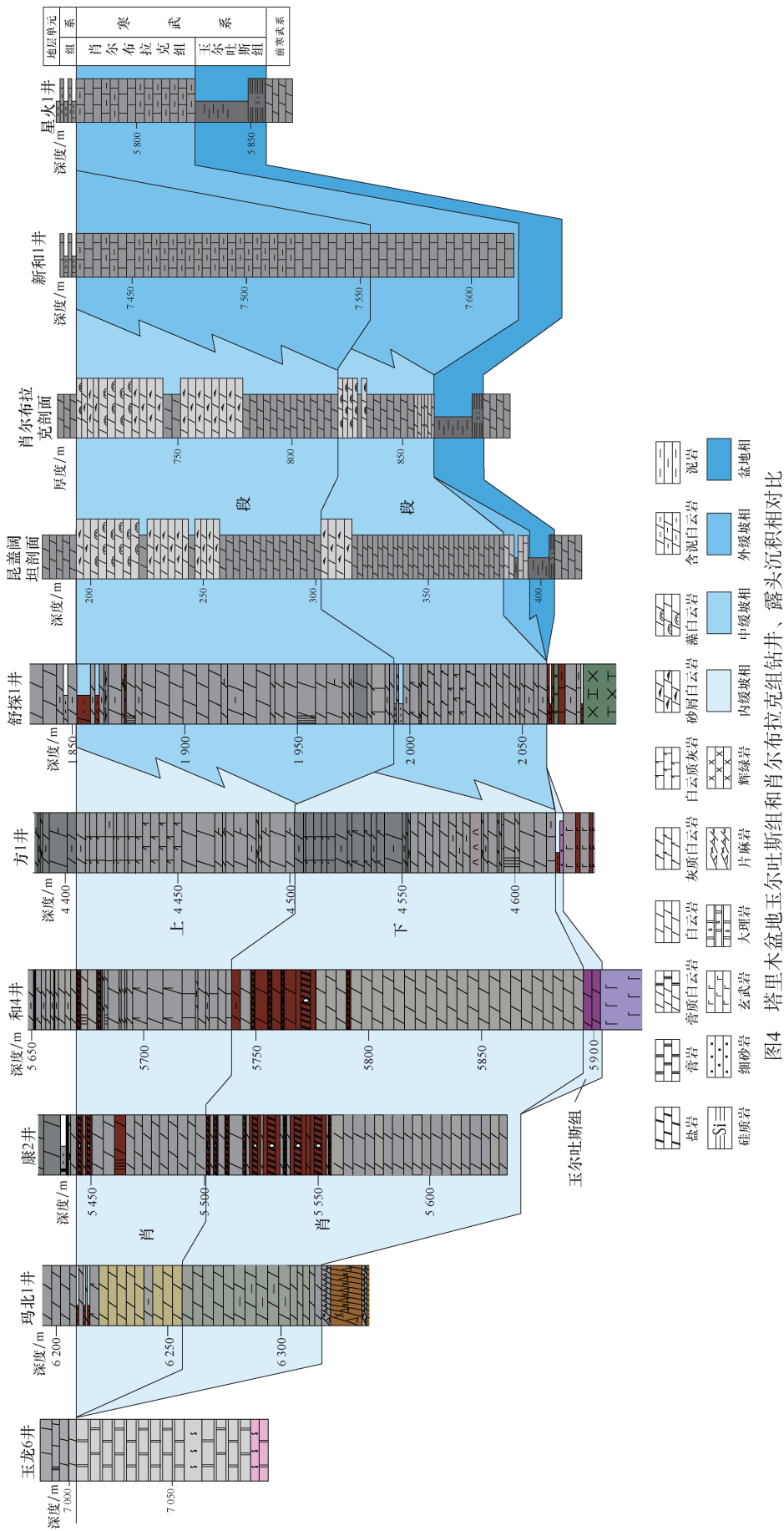


Fig. 4 Comparison of sedimentary facies of outcrops and cores between the Yurtusi and Xiaerbulake Formations in Tarim Basin

纹层白云岩(图5a,b),常见细纹层状、微波状藻纹层构造和鸟眼构造(图5f),指示以潮汐作用为主的潮间-潮上带沉积环境,水体能量较弱,循环不畅,局部地区出现咸化和蒸发作用,发育含膏白云岩(如同1井),在低洼地带甚至发育膏岩、盐岩。巴楚隆起北缘的舒探1井和西北缘苏盖特布拉克、肖尔布拉克露头剖面上肖尔布拉克组岩性整体分为两段,下段岩性主要为灰色、深灰色泥粉晶白云岩,为中缓坡靠近外缓坡的潮下低能沉积环境,上段岩性主要为丘滩相藻凝块岩、藻砂屑云岩以及叠层石建造(图5c,d,g,h),为潮下高能沉积环境。塔北北部星火1和新和1井揭示肖尔布拉克组岩性为灰黑色含泥灰岩、泥晶灰岩,常见泥岩条带和重力垮塌构造(图5e),反映水体较深、水体能力弱台地边缘斜坡沉积环境。

肖尔布拉克组沉积期由中央古隆起向南北两侧依次发育古陆、内缓坡潮坪和潟湖相、中缓坡、外缓坡和盆地相。在近岸处类似于四川盆地龙王庙组的缓坡特征^[23-24],即在内缓坡发育蒸发潟湖与蒸发潮坪。而在远岸处,以新和1井为代表的岩性主要为

含泥灰岩、泥晶灰岩,重力垮塌构造反映该带为具有明显斜坡背景的较深水沉积环境,相比内缓坡和中缓坡的坡度明显变陡,在地震资料上显示为S型或叠瓦状前积反射特征(图2AA',BB'和CC'剖面),类似于经典的远端变陡缓坡模式^[25]。然而,这种远端变陡缓坡又不同于镶边台地,后者坡折带即为台地边缘高能带,常发育台缘礁滩体,前者处于水下较深处的低能带,本文定义为外缓坡。综合以上沉积特征,建立了肖尔布拉克组具有一定台地性质的碳酸盐岩缓坡沉积模式。

3.3 中寒武统

从钻井和露头揭示情况看,塔里木盆地中西部中寒武统发育稳定分布的蒸发潟湖相沉积,如舒探1、方1、和4、康2、同1、玛北1、玉龙5、塔参1井的中寒武统岩性均以厚层膏岩、盐岩、膏质泥岩为主,横向分布稳定。西北缘肖尔布拉克剖面、塔北北部牙哈5井和塔中东部中深1井中寒武统岩性主要为云岩、含膏白云岩、膏质泥岩互层,反映蒸发潟湖中心向外边缘的蒸发

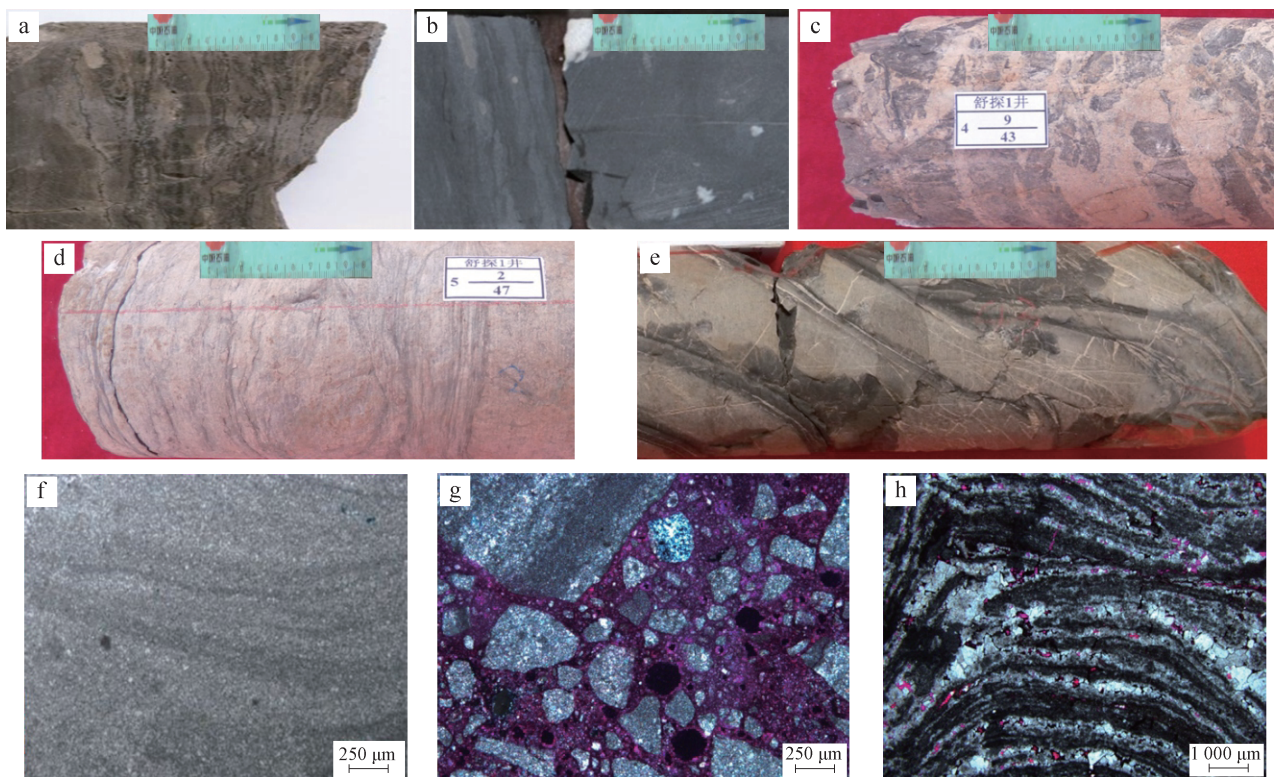


图5 塔里木盆地肖尔布拉克组岩石学特征

Fig. 5 Petrological features of the Xiaerbulake Formation in Tarim Basin

a. 方1井,埋深4 607.8 m,灰色藻白云岩,发育微波状藻纹层;b. 方1井,埋深4 521.3 m,泥晶白云岩,细纹层状;c. 舒探1井,埋深1 883.9 m,竹叶状砾屑白云岩,风暴岩;d. 舒探1井,埋深1 915.9 m,叠层石白云岩;e. 新和1井,埋深7 352.9 m,泥晶灰岩夹泥质条带,重力垮塌构造;f. 玛北1井,埋深6 224.2 m,泥晶白云岩,发育暗色藻纹层,铸体薄片;g. 舒探1井,埋深888.5 m,角砾状云岩,砾间充填方解石、白云石碎裂及泥质,铸体薄片;h. 舒探1井,埋深1 883.4 m,叠层石藻云岩,铸体薄片

潮坪相沉积。塔东地区塔东1井、库南1井和尉犁1井中寒武统为黑色泥页岩深水盆地相沉积。

中寒武统为典型的镶边蒸发台地沉积模式,台地内蒸发潟湖被蒸发潮坪所环绕,在北部拗陷轮南-古城地区和塔西南拗陷叶城-和田以北地区发育镶边台地边缘。

4 岩相古地理特征

4.1 早寒武世早期(玉尔吐斯组沉积期)

下寒武统玉尔吐斯组厚度一般为10~45 m,通过地震资料识别的难度较大,本次研究主要通过早寒武世整体的古地貌格局分析,结合钻井和露头资料点开展盆地玉尔吐斯期岩相古地理编图。玉尔吐斯组沉积期,塔里木盆地由中央古隆起向南北两侧依次发育古陆、内缓坡、中缓坡、外缓坡和盆地相。古陆主要分布在巴楚隆起-塔中隆起东部,沿同1井-巴探5井-玛北1井-玉龙6井-中深1井一带呈近EW走向展布(图6a)。潮坪相分布在古陆北侧方1井、和4井区,半深水缓坡相分布在盆地北部方1井、和4井以北到西北缘苏盖特布拉克露头区。塔北隆起北部新和1井一带和塔东地区为深水陆棚-盆地相。塔西南拗陷沉积相带自北向南同样为内缓坡-中缓坡-外缓坡和盆地相,沉积相编图参考了前人关于塔西南拗陷玉尔吐斯组沉积期岩相古地理的论证^[12],其相带展布主要通过前寒武系古构造背景推测而来。

4.2 早寒武世中晚期(肖尔布拉克组沉积期)

早寒武世肖尔布拉克组沉积期,由中央古隆起向南北两侧依次发育古陆、内缓坡、中缓坡、外缓坡和盆地相(图6b)。古陆区存在两个,分别位于玉龙6井-塔东南且末县一带和昆仑山前英吉沙县一带。古陆区的范围依据二维地震资料中下寒武统的解释结果刻画而来,如图2DD',EE'和FF'剖面,可见肖尔布拉克组向古陆方向逐渐超覆减薄,直至尖灭。

两个古陆之间康2-巴探5-和4井区为凹陷区,属于内缓坡的低洼地带,由古陆向凹陷区地层厚度逐渐增大。从沉积相对比结果看,和4、康2、巴探5等凹陷内钻井肖尔布拉克组两套三级层序的顶部均发育厚层褐色膏岩、盐岩和泥岩(图4),反映凹陷区在肖尔布拉克组海退晚期出现咸化和蒸发作用。内缓坡由南东和北西两条古(隆)带和中部的洼地形成北东-北东东向展布的“两隆夹一凹”的古地貌特征。

内缓坡北侧的中缓坡相发育区可以从巴楚隆起北缘-塔中中东部一线向北到温参1井-牙哈5井一线。中缓坡为潮下高能带-低能带的沉积环境,中缓坡内带以潮下高能带为主,发育规模微生物丘滩,中缓坡外带以潮下低能带为主。外缓坡相范围较窄,位于北部拗陷轮南-古城地区和塔北北部新和1井一带,轮南-古城地区外缓坡为近南北走向展布,塔北北部一带外缓坡为近东西走向展布。内缓坡南侧的中缓坡相和外缓坡相分布昆仑山前凹陷叶城-皮山一带,相带边界根据地震相平面分布得出。

4.3 中寒武世

中寒武世阿瓦塔格组沉积期整个塔里木盆地中西部均为蒸发台地,以蒸发潟湖为中心向外被蒸发潮坪所环绕,蒸发潟湖分布范围大,以方1井和和4井为中心,西起巴楚地区同1井区,东到塔中隆起塔参1井区,南起玛扎塔格构造带一带,北至新和1井区。北部拗陷轮南-古城地区台缘带和塔西南拗陷皮山和和田以北地区的台缘带的位置是利用地震资料精细刻画而来。

5 沉积演化特征

塔里木盆地早、中寒武世构造和岩相古地理呈继承性发展,整体上“中西部台地、塔东和塔西南昆仑山前盆地”的格局贯穿了整个早、中寒武世。早寒武世以碳酸盐岩缓坡沉积环境为主,中寒武世以蒸发台地为特征,碳酸盐岩沉积产率、海平面升降和古气候变化是控制碳酸盐岩缓坡向镶边(有障壁)台地演化的关键因素。

早寒武世玉尔吐斯期的沉积面貌与前寒武系古构造格局具有继承性关系。前人研究表明,寒武系沉积前巴楚隆起-塔中隆起东部地区就已经存在近东西走向的基底古隆起^[13],北部拗陷和塔西南拗陷山前凹陷地区不同程度残留南华系-震旦系,反映从中央隆起带向南北平缓降低的古构造格局。早寒武世玉尔吐斯组沉积期发生区域性广泛海侵^[13,26-27],受前寒武系古构造格局的控制,中央隆起带发育大型古陆,沉积相具有由中央古陆向南北两侧由浅入深的展布方式,沉积环境以上升洋流深水陆棚沉积为主。

早寒武世肖尔布拉克期基本继承了玉尔吐斯期的古地理格局,随着海平面下降,形成以浅水碳酸盐岩为主的沉积环境。该时期中央古陆并未因海退而扩大,相反范围缩小,反映碳酸盐岩沉积产率差异化

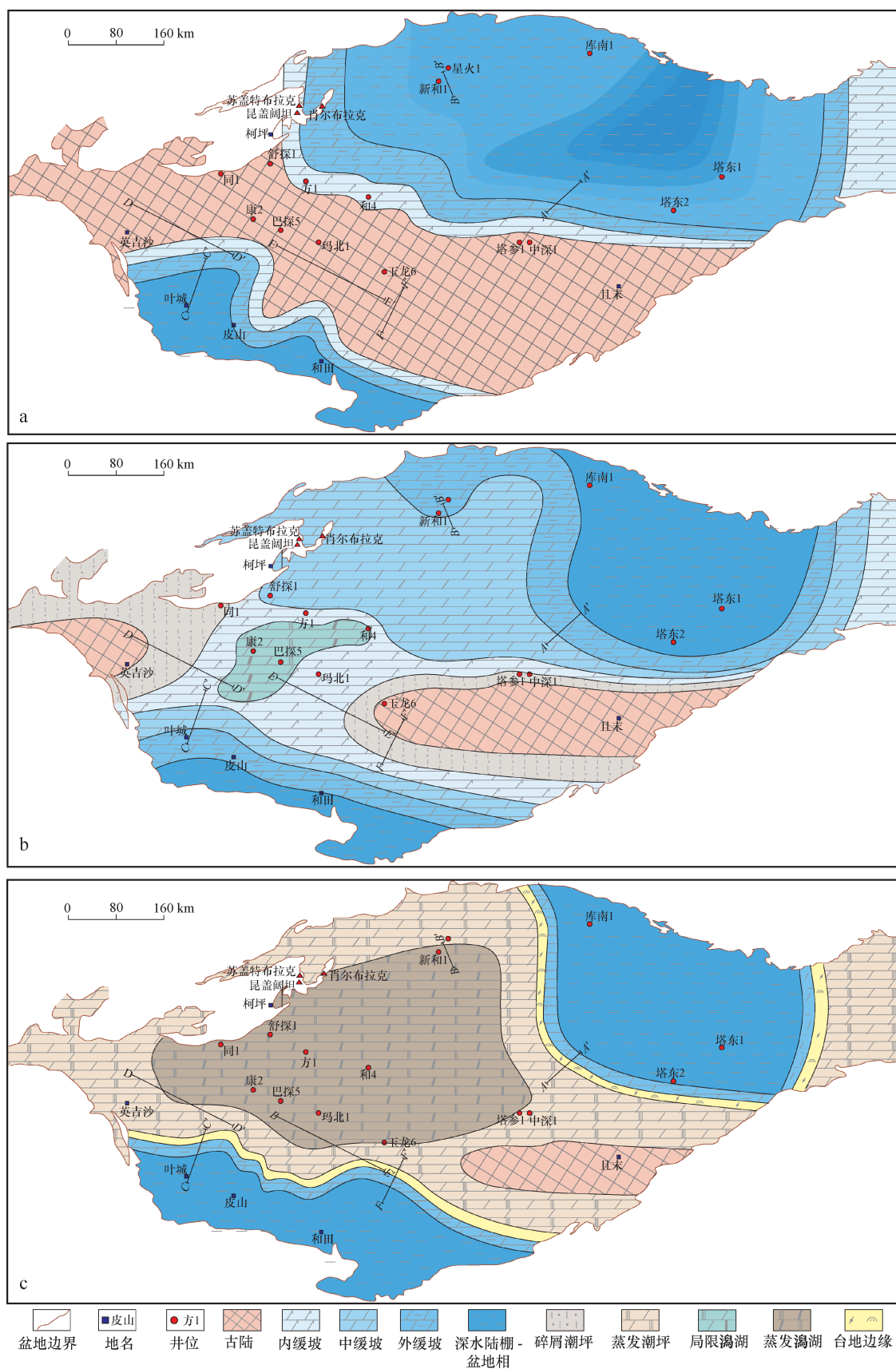


图6 塔里木盆地早、中寒武世主要时期岩相古地理

Fig. 6 Lithofacies paleogeography during the main periods of the Lower and Middle Cambrian in Tarim Basin

a. 下寒武统玉尔吐斯组沉积期; b. 下寒武统肖尔布拉克组沉积期; c. 中寒武世沉积期

产生了填平补齐的效应,导致缓坡幅度变小,为更广泛发育浅水碳酸盐岩沉积提供了古地形条件。另外,受早寒武世弱张性构造环境的影响,早期中央古陆分为两支,古陆夹持的中部地带出现凹陷,在内缓坡形成北东-北东东向展布的“两隆夹一凹”的古地貌面貌。

到中寒武世阿瓦塔格期,随着碳酸盐岩生长,填平补齐的效应愈发凸显,地势平坦的台地逐渐形成并呈现均一化的趋势,古陆也随之消失。在肖尔布拉克期远端变陡的前缘随着再次海侵成为最有利于发育礁滩的地方,随着生物礁滩的追赶生长,台缘带地形逐渐变高,成为分隔盆地与台地的障壁。台缘向台内一侧随着地形的升高与早期南东和北西两支古隆(陆)连为一体,形成了周缘高、中间低的结构,为台内形成广泛发育的蒸发潟湖提供了古地形条件。中寒武世炎热干燥的古气候导致台内洼地内形成高浓度卤水,沉积了巨厚膏盐岩。

6 结论

1) 塔里木盆地早寒武世构造古地理表现为南北分异的隆-坳分布特征,巴楚隆起-塔中隆起东部一带发育近东西向展布的古隆起,往北和往西南方向由隆起向坳陷逐渐过渡,古地貌平缓降低;中寒武世构造古地理演化为“中西部大台地、东北缘和西南缘盆地”的台-盆分布特征,标志着早古生代碳酸盐岩台地正式形成。

2) 塔里木盆地早寒武世玉尔吐斯组沉积期为以深水陆棚为主的缓坡沉积,由中央古隆起向南北两侧依次发育古陆、潮坪相、斜坡相和深水盆地相;早寒武世肖尔布拉克组沉积期为具有一定台地性质的碳酸盐岩缓坡沉积,由中央古隆起向南北两侧依次发育古陆、内缓坡、中缓坡、外缓坡和盆地相,内缓坡具“两隆一凹”次级古地貌分异的特点,外缓坡为远端变陡的缓坡,具一定台地边缘性质。

参 考 文 献

- [1] 王招明,谢会文,陈永权,等. 塔里木盆地中深1井寒武系盐下白云岩原生油气藏的发现与勘探意义[J]. 中国石油勘探,2014,19(2):1-13.
Wang Zhaoming, Xie Huiwen, Chen Yongquan, et al. Discovery and exploration of Cambrian subsalt dolomite original hydrocarbon reservoir at zhongshen-1 well in Tarim basin[J]. China Petroleum Exploration, 2014, 19(2): 1-13.
- [2] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业

- 出版社,1997:1-425.
- Jia Chengzao. The tectonic characteristics and oil & gas in Tarim Basin, China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 1-425.
- [3] 冯增昭,鲍志东,吴茂炳,等. 塔里木地区寒武纪岩相古地理[J]. 古地理学报,2006,(4):427-439.
Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Wu Maobing, et al. Lithofacies palaeogeography of the Cambrian in Tarim area[J]. Journal of Palaeogeography, 2006, (4): 427-439.
- [4] 刘伟,张光亚,潘文庆,等. 塔里木地区寒武纪岩相古地理及沉积演化[J]. 古地理学报,2011,13(5):529-538.
Liu Wei, Zhang Guangya, Pan Wenqing, et al. Lithofacies palaeogeography and sedimentary evolution of the Cambrian in Tarim area[J]. Journal of Palaeogeography, 2011, 13(5): 529-538.
- [5] 赵宗举,罗家洪,张运波,等. 塔里木盆地寒武纪层序岩相古地理[J]. 石油学报,2011,32(6):937-948.
Zhao Zongju, Luo Jiahong, Zhang Yunbo, et al. Lithofacies paleogeography of Cambrian sequences in the Tarim basin[J]. Acta Petroli Sinica, 2011, 32(6): 937-948.
- [6] 杨永剑,刘家铎,田景春,等. 塔里木盆地寒武纪层序岩相古地理特征[J]. 天然气地球科学,2011,22(3):450-459.
Yang Yongjian, Liu Jiaduo, Tian Jingchun, et al. Sequence lithofacies paleogeography of Cambrian in Tarim basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2011, 22(3): 450-459.
- [7] 余宽宏,金振奎,李鹏,等. 塔东地区寒武-奥陶纪岩相古地理分析[J]. 西北地质,2010,43(4):113-118.
Yu Kuanhong, Jin Zhenkui, Li Peng, et al. Lithofacies paleogeography of Cambrian-Ordovician, eastern Tarim basin[J]. Northwestern Geology, 2010, 43(4): 113-118.
- [8] 陈永权,严威,韩长伟,等. 塔里木盆地寒武纪-早奥陶世构造古地理与岩相古地理格局再厘定-基于地震证据的新认识[J]. 天然气地球科学,2015,26(10):1831-1843.
Chen Yongquan, Yan Wei, Han Changwei, et al. Redefinition on structural paleogeography and lithofacies paleogeography framework from Cambrian to Early Ordovician in the Tarim Basin: A new approach based on seismic stratigraphy evidence[J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(10): 1831-1843.
- [9] 徐旭辉. 塔里木古生代原型盆地分析的油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质,2002,23(3):224-228.
Xu Xuhui. The significance of the analysis of Tarim Paleozoic prototype basins in oil and gas exploration[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(3): 224-228.
- [10] 周瑞琦,傅恒,徐国盛,等. 塔里木盆地周缘洋盆开合在盆地内部的构造沉积响应[J]. 科学技术与工程,2014,35:5-15.
Zhou Ruiqi, Fu Heng, Xu Guosheng, et al. The opening-closing of surrounding ocean basin in response to tectonic-sedimentation in tarim basin[J]. Science Technology and Engineering, 2014, 35: 5-15.
- [11] 周肖贝,李江海,傅臣建,等. 塔里木盆地北缘南华纪-寒武纪构造背景及构造-沉积事件探讨[J]. 中国地质,2012,39(4):900-911.
Zhou Xiaobei, Li Jianghai, Fu Chenjian, et al. A discussions on the Cryogenian-Cambrian tectonic-sedimentary event and tectonic setting of northern Tarim Basin[J]. Geology in China, 2012, 39(4): 900-

- 911.
- [12] 崔海峰,田雷,张年春,等.塔西南坳陷南华纪-震旦纪裂谷分布及其与下寒武统烃源岩的关系[J].石油学报,2016,37(4):430-438.
- Cui Haifeng, Tian Lei, Zhang Nianchun, et al. Nanhua-Sinian rift distribution and its relationship with the development of Lower Cambrian source rocks in the southwest depression of Tarim Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2016, 37(4): 430-438.
- [13] 杨鑫,徐旭辉,陈强路,等.塔里木盆地前寒武纪古构造格局及其对下寒武统烃源岩发育的控制作用[J].天然气地球科学,2014,25(8):1164-1171.
- Yang Xin, Xu Xuhui, Chen Qianlu, et al. palaeotectonics pattern in Pre-Cambrian and its control on the deposition of the Lower Cambrian source rocks in Tarim Basin, NW China[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(8): 1164-1171.
- [14] 陈强路,杨鑫,储呈林,等.塔里木盆地寒武系烃源岩沉积环境再认识[J].石油与天然气地质,2015,36(6):880-887.
- Chen Qianglu, Yang Xin, Chu Chenglin, et al. Recognition of depositional environment of Cambrian source rocks in Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(6): 880-887.
- [15] 白莹,罗平,周川闽,等.塔西北下寒武统肖尔布拉克组层序划分及台地沉积演化模式[J].石油与天然气地质,2017,38(1):152-164.
- Bai Ying, Luo Ping, Zhou Chuanmin, et al. Sequence division and platform sedimentary evolution model of the Lower Cambrian Xiaerbulak Formation in the NW Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38(1): 152-164.
- [16] 李保华,邓世彪,陈永权,等.塔里木盆地柯坪地区下寒武统台缘相白云岩储层建模[J].天然气地球科学,2015,26(7):1233-1244.
- Li Baohua, Deng Shibiao, Chen Yongquan, et al. The reservoir modeling of platform margin dolostone of Xiaerbulak Formation, Lower Cambrian, Kalpin Area, Tarim Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(7): 1233-1244.
- [17] 熊益学,陈永权,关宝珠,等.塔里木盆地寒武统肖尔布拉克组北部台缘带展布及其油气勘探意义[J].沉积学报,2015,33(2):408-415.
- Xiong Yixue, Chen Yongquan, Guan Baozhu, et al. Distribution of northern platform margin and implications to favorable exploration regions on Lower Cambrian Xiaerbulake Formation, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2015, 33(2): 408-415.
- [18] 高志前,樊太亮,焦志峰,等.塔里木盆地寒武-奥陶系碳酸盐岩台地样式及其沉积响应特征[J].沉积学报,2006,(01):19-27.
- Gao Zhiqian, Fan Tailiang, Jiao Zhifeng, et al. The structural types and depositional characteristics of carbonate platform in the Cambrian-Ordovician of Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 19-27.
- [19] 于炳松,林畅松,樊太亮,等.塔里木盆地寒武纪-奥陶纪区域地球动力学转换的沉积作用响应及其储层地质意义[J].地学前缘,2011,18(3):221-232.
- Yu Binsong, Lin Changsong, Fan Tailiang, et al. Sedimentary response to geodynamic reversion in Tarim Basin during Cambrian and Ordovician and its significance to reservoir development[J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(3): 221-232.
- [20] 高志前,樊太亮,杨伟红,等.塔里木盆地古生界碳酸盐岩台缘结构特征及其演化[J].吉林大学学报(地球科学版),2012,42(3):657-665.
- Gao Zhiqian, Fan Tailiang, Yang Weihong, et al. Structure characteristics and evolution of the Eopaleozoic Carbonate Platform in Tarim Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2012, 42(3): 657-665.
- [21] 贺锋,林畅松,刘景彦,等.塔东南寒武系-中下奥陶统碳酸盐岩台缘带的迁移与相对海平面变化的关系[J].石油与天然气地质,2017,38(4):711-721.
- He Feng, Lin Changsong, Liu Jingyan, et al. Migration of the Cambrian and Middle-Lower Ordovician carbonate platform margin and its relation to relative sea level changes in southeastern Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38(4): 711-721.
- [22] 许效松,汪正江,万方,等.塔里木盆地早古生代构造古地理演化与烃源岩[J].地学前缘,2005,12(3):49-57.
- Xu Xiaosong, Wang Zhengjiang, Wan Fang, et al. Tectonic paleogeographic evolution and source rocks of the Early Paleozoic in the Tarim Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 49-57.
- [23] 周进高,房超,季汉成,等.四川盆地寒武统龙王庙组颗粒滩发育规律[J].天然气工业,2014,34(8):27-36.
- Zhou Jingao, Fang Chao, Ji Hancheng, et al. A development rule of Lower Cambrian Longwangmiao grain beaches in the Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(8): 27-36.
- [24] 姚根顺,周进高,邹伟宏,等.四川盆地寒武统龙王庙组颗粒滩特征及分布规律[J].海相油气地质,2013,18(4):1-8.
- Yao Genshun, Zhou Jingao, Zou Weihong, et al. Characteristics and distribution rule of Lower Cambrian Longwangmiao grain beach in Sichuan Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2013, 18(4): 1-8.
- [25] Read J F. Carbonate platform facies models[J]. AAPG Bulletin, 1985, 69(1):1-21.
- [26] 孙省利,陈践发,刘文汇,等.塔里木盆地寒武统硅质岩地球化学特征及其形成环境[J].石油勘探与开发,2004,31(3):45-48.
- Sun Shenli, Chen Jianfa, Liu Wenhui, et al. Geochemical characteristics of cherts of Lower Cambrian in the Tarim Basin and its implication for environment[J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(3): 45-48.
- [27] 潘文庆,陈永权,熊益学,等.塔里木盆地寒武统烃源岩沉积相研究及其油气勘探指导意义[J].天然气地球科学,2015,26(7):1224-1232.
- Pan Wenqing, Chen Yongquan, Xiong Yixue, et al. Sedimentary facies research and implications to advantaged exploration regions on Lower Cambrian source rocks, Tarim Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(7): 1224-1232.