

湘西地区构造层序地层及沉积环境演化特征

李斌¹, 胡博文¹, 罗群², 晋长昊¹, 王一霖¹

(1 神华地质勘查有限责任公司; 2 中国石油大学(北京))

摘要 基于区域地质演化背景和实测剖面,湘西地区从南华系到白垩系可以划分出三大构造层序:(1)加里东构造层序(南华系—志留系),为近被动大陆边缘型构造层序,记录了泛大陆拉伸破裂、洋盆扩张、板块漂移、大陆碰撞拼合等全过程,反映了扬子板块东南缘的南华洋从扩张到收缩,以至最终闭合消亡的演化过程,构成一个完整的威尔逊旋回,它可细分为大陆拉张期碎屑岩阶段、被动大陆边缘扩张期碎屑岩阶段、成熟被动大陆边缘碳酸盐岩台地阶段、前陆盆地碎屑岩沉积阶段。(2)海西—印支构造层序(泥盆系—中侏罗统),为远被动大陆边缘型构造层序,记录了大洋扩张、板块碰撞拼合的过程,反映了扬子板块北缘勉略洋盆扩张、闭合及消亡的过程,构成另一个近乎完整的威尔逊旋回,它可细分为滨岸碎屑岩阶段、陆表海碳酸盐岩台地—台盆阶段、陆表海碳酸盐岩湖坪阶段和前陆盆地碎屑岩沉积阶段。(3)燕山构造层序(白垩系),为大陆内构造层序,记录了陆内断陷—坳陷盆地的形成、发展与消亡过程,反映了新特提斯洋洋壳扩张、收缩,以及古太平洋洋壳向扬子板块陆壳俯冲对接的陆内远程效应,组成一个不完整的威尔逊旋回,它可分为陆内拉张期碎屑岩沉积阶段、萎缩期碎屑岩沉积阶段。加里东构造层序中被动大陆边缘扩张期碎屑岩(上震旦统陡山沱组—下寒武统牛蹄塘组)、前陆盆地初始期海相碎屑岩(下志留统龙马溪组)具备页岩气富集的物质条件。

关键词 湘西地区; 构造层序地层; 威尔逊旋回; 沉积环境; 页岩气

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

1 问题的提出

湘西地区地处中扬子板块的东南缘,位于扬子板块与华夏板块接合部位的雪峰隆起的西侧^[1](图1a)。由于雪峰隆起的构造特征是揭示扬子板块演化的重要依据,因此,湘西地区沉积构造演化引起了地质学界的广泛关注,并且长期以来成为争议的焦点^[2-3]。我国学者陆续在构造运动、沉积盆地环境演化、生物地层对比等方面针对湘西地区开展了大量的研究工作^[4-5],普遍认为中扬子区沉积盆地演化历程为:新元古代震旦纪为裂谷拉张阶段,早古生代寒武纪到奥陶纪为成熟被动大陆边缘热沉降阶段,志留纪为前陆盆地阶段,晚古生代到早三叠世发育克拉通内坳陷陆表海沉积,中三叠世以后发育陆相湖盆沉积^[6-7];也有学者认为,早古生代—早三叠世为克拉通浅海陆棚沉积,中三叠世—白垩纪为前陆盆地阶段^[8-9]。尽管目前仍然存在较大的分歧,但大部分学者均认同中扬子区沉积盆地演化主要受控于扬子板块、华北板块、华夏板块、太平洋板块之间的构造运动^[10-11]。

近年来,随着四川盆地及其边缘——渝东南地区页岩气勘探的重大发现^[12-13],我国加大了页岩气的勘探力度并拓展了页岩气勘探范围。有研究认为,湘西地区与四川盆地具有相似的构造、沉积背景,也应具备页岩气富集、成藏的良好条件,多家企业在此开展了页岩气勘探开发研究并取得了一定进展。勘探实践表明,湘西地区的构造演化比四川盆地复杂得多,且地层发育特征、沉积演化与渝东地区差异较大,特别是页岩气目的层下志留统龙马溪组的厚度、有机质丰度和含气性均比渝东地区差,加上后期保存条件的差别,导致了湘西地区勘探进展缓慢,井位布置难度较大,迄今未有突破性发现^[14-15]。因此,湘西地区地质历史时期原型盆地的形成、构造沉积演化尚待深入探讨,研究区的页岩气勘探远景也有待进一步论证。

构造、沉积控制下的层序地层研究是实现油气勘探新突破的关键环节之一^[16-17]。在盆地的等时地层格架内重建不同沉积体系和沉积相的空间配置关系,可为分析叠合盆地区域盖层的空间分布规律、研

收稿日期: 2016-10-08; 改回日期: 2017-09-28

本文受国家自然科学基金项目“云质岩致密油储层微米-纳米孔喉网络体系及其流体耦合流动机理与流动下限”(编号:41372145)资助

李斌: 1970年生,地质学博士,高级工程师,研究方向主要为沉积学。通讯地址: 100022 北京市昌平区未来科技城神华集团 202 号楼; E-mail: libin9600@sohu.com

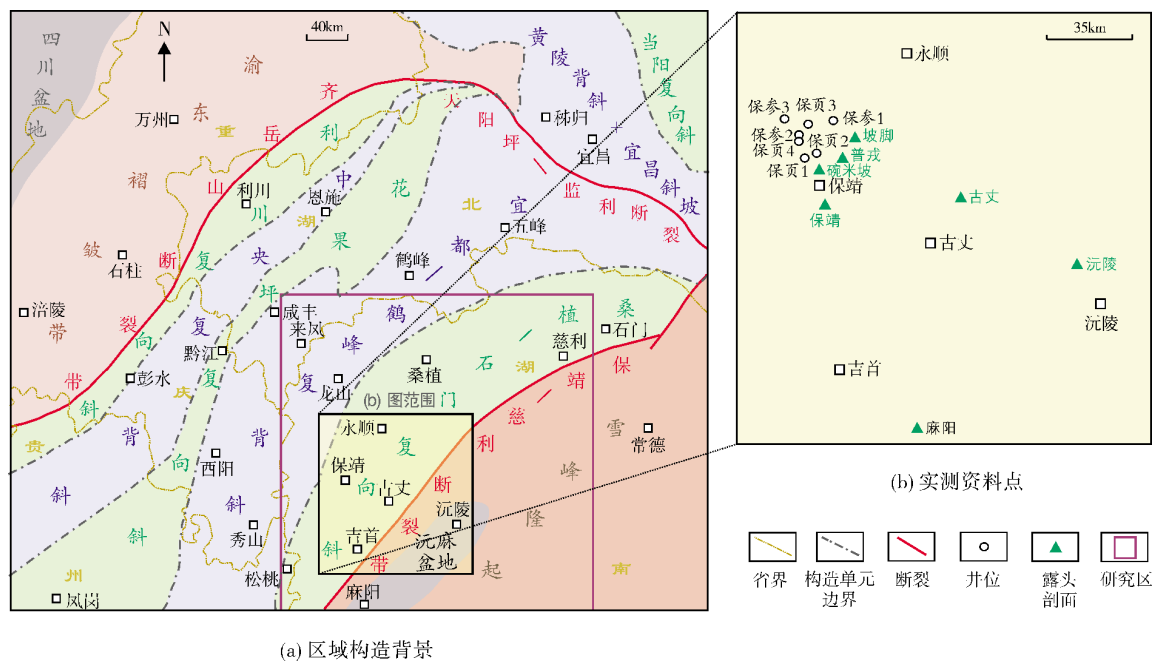


图1 湘西地区区域构造位置

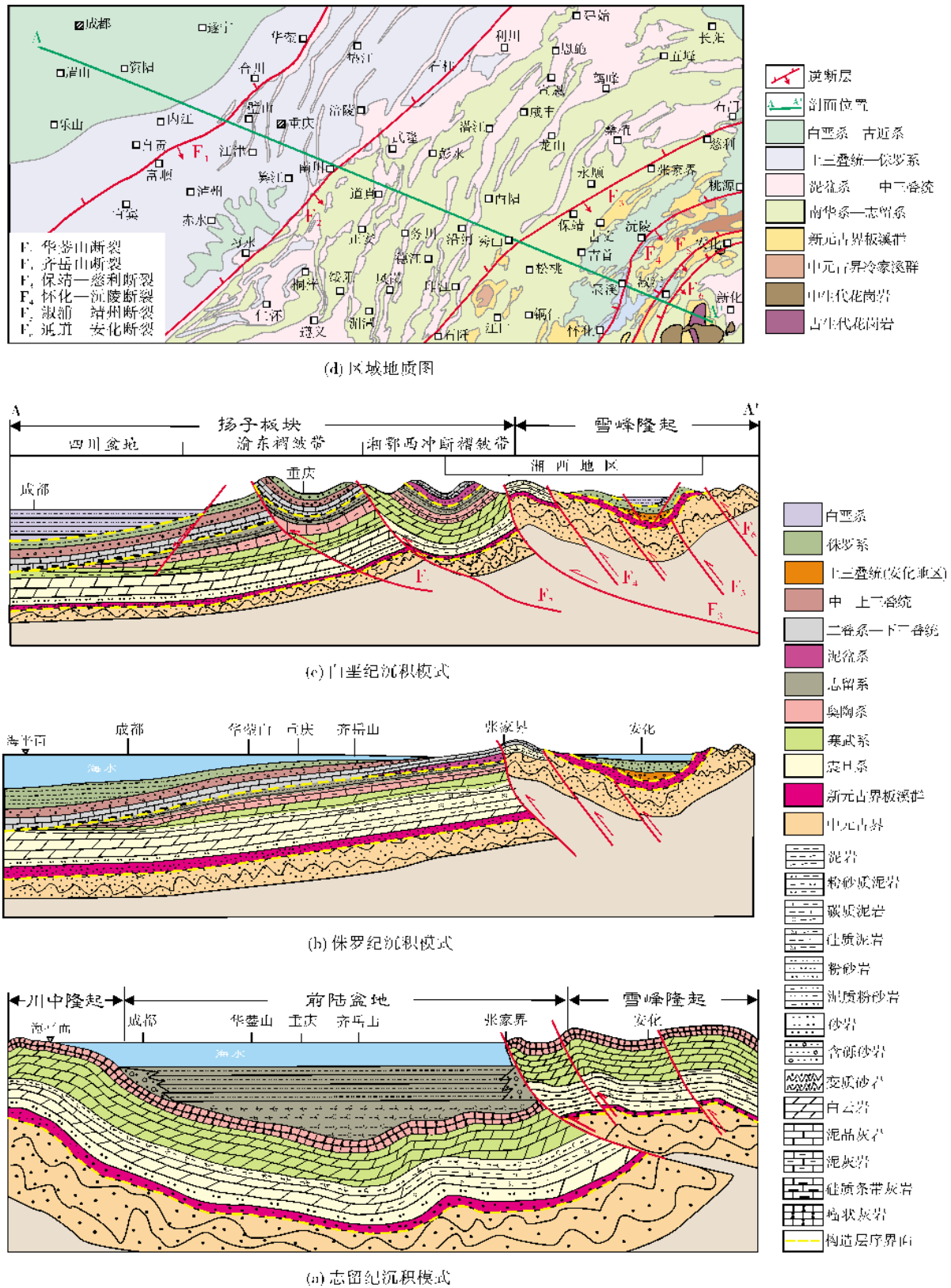
究叠合盆地油气藏的保存条件奠定良好的沉积学基础。前人曾针对中扬子区进行过深入的层序地层研究,但大多局限于四川盆地及其周缘的某一段时期的沉积地层,或侧重整个扬子地区的宏观性总结,而有关湘西地区的层序地层研究报道则较少,仅有一些页岩气勘探目的层位的层序地层分析^[18-19],尚缺乏对湘西地区全面的层序地层认识。

笔者以湖南保靖地区的7口页岩气探井(位置见图1b)的岩心资料分析以及区域地质调查结果为基础,从构造层序的角度,试图全面认识湘西地区的沉积环境演化特征,总结其构造控制因素,分析地层展布的时空规律,以期为区域地层对比提供依据,为该页岩气勘探提供基础信息。

2 中、上扬子区区域地质背景

中、上扬子区在太古代—早元古代形成结晶基底,之后随罗迪尼亚(Rodinia)古大陆裂解接受盖层沉积^[2,5,20](图2)。震旦纪早期,陆壳基底伸展拉张,扬子板块边缘发育了裂谷盆地,中、上扬子区沉积了一套磨拉石—冰碛岩相序列^[21](图2a)。震旦纪中期,大陆间拉张作用加深,中、上扬子区发展为稳定的被动大陆边缘陆表浅海环境,发育灯影组碳酸盐岩台地。震旦纪晚期,大陆裂谷拉张速度加快,扬子板块东南缘形成华南海盆^[22],使扬子板块与华夏板块分离,并

隔海相望,此时中扬子区已经过渡为稳定的被动大陆边缘浅海环境,早期发育碎屑岩陆棚,接受泥质、硅质、磷质沉积,晚期发育碳酸盐岩台地。进入寒武纪,罗迪尼亚古大陆裂解作用加剧,川中、鄂中则相对抬升形成古陆,周围地区迅速沉降,中、上扬子区形成了北高南低的地势格局,全球大规模海侵,寒武纪早期形成了深水碎屑岩陆棚环境,沉积了厚层的黑色碳质页岩(牛蹄塘组)^[23],它是扬子区分布广泛、厚度巨大的烃源岩,也是我国目前开展页岩气勘探的最古老的目的层位。之后,大洋拉张减缓,中、上扬子区逐渐过渡为碎屑岩和碳酸盐岩混积陆棚环境。到早寒武世晚期,大洋由拉张向俯冲、缩减过渡,海平面下降,中、上扬子区形成了广阔的碳酸盐岩台地及边缘斜坡环境^[24]。晚寒武世—早奥陶世,全球加里东运动发生,华南海盆向扬子陆壳下俯冲,消减速度加快,大洋萎缩,海水变浅,沉积了大规模的碳酸盐岩台地^[25]。中、晚奥陶世,洋壳近乎俯冲完毕,扬子板块与华夏板块开始陆陆碰撞^[26],在中、上扬子边缘出现局部抬升降起(如黔中隆起、雪峰隆起),但隆起仍然处于水下,沉积了局限性碳酸盐岩台地,发育含泥质的紫红色碳酸盐岩。志留纪,扬子板块与华夏板块陆陆碰撞剧烈,形成了川中隆起、江南隆起、黔中隆起等多个隆起,隆起之间的中扬子区形成前陆盆地,其中心位于重庆地区(图2a)。前陆盆地内海水迅速



加深,导致碳酸盐岩台地被彻底淹没,形成大面积低能欠补偿、缺氧的沉积环境,早志留世早期沉积了龙马溪组厚层笔石页岩,有机质含量高,热演化程度适中,这是我国南方目前页岩气勘探的主要目的层位,已经取得了重大突破,并引起了国内外地学界的广泛关注^[27]。早志留世中期,构造运动加剧,前陆盆地内物源供给增加,中扬子区沉积了大套海相复理石。志留纪末期,随着物源供给量增加,中、上扬子区内前陆盆地填平补齐并消亡。到加里东运动末期,中、上扬子区抬升剥蚀,造成了志留纪末期的重大不整合面^[5-6]。

从泥盆纪开始,中、上扬子区处于古特提斯构造域,并以相对稳定的整体地块进入海西构造阶段^[28]。此时,中、上扬子区总体为张裂的构造环境,北缘勉县—略阳—大洪山一线发育狭窄洋盆,南缘滇黔桂地区被动陆缘在拉伸、走滑作用下发育大量陆内及陆缘裂谷盆地^[19]。中扬子部分地区沉积了中泥盆统云台观组石英砂岩,其他大部分地区因构造抬升而出现沉积间断。晚泥盆世到中石炭世,勉略洋和钦防海槽持续扩张,中、上扬子区陆内差异隆升,部分地区沉积了碳酸盐岩。晚石炭世至早二叠世,勉略洋和钦防海槽加速扩张^[5],中、上扬子区处于稳定的伸展扩张背景,区内大部分地区沉降,海平面上升,发育了一套碳酸盐岩潮坪—台地—台盆相,局部出现碎屑岩相、生物礁相等,如吴家坪组含煤系地层,开江—梁平、恩施—五峰台盆相以及普光生物礁和建南台内礁等,成为重要的储集层。中二叠世末期的“峨眉地裂运动”使古特提斯洋打开^[29],南秦岭再次裂陷下沉,中、上扬子区由北向南形成了浅海—半深海硅质岩盆地体系、碳酸盐岩陆架斜坡体系和开阔碳酸盐岩台地体系,沉积了碳酸盐岩台地及台中盆地(如茅口组硅质结核或硅质条带灰岩为其典型特征)。

三叠纪是中国南方构造演化的重大变革时期。早三叠世,中、上扬子区随古特提斯洋扩张^[30]逐渐演化为被动大陆边缘,除碳酸盐岩外,还沉积了来自克拉通的碎屑岩,形成海陆交互碳酸盐岩与碎屑岩沉积。中三叠世,勉略洋洋壳向扬子板块陆壳下俯冲挤压,扬子板块与华北板块沿秦岭洋闭合拼接^[31],完成了中国大陆南北拼合,使中、上扬子区进入了印支构造阶段。至此,中、上扬子区结束了一直以海相碳酸盐岩沉积为主的演化格局,过渡至陆相河流—湖泊沉积体系。中三叠世,南秦岭造山带开始隆升,上

扬子川中隆起差异性下沉,中扬子东南部雪峰古隆起再次隆起,雪峰隆起两侧形成了前陆盆地的雏形。中三叠世末期,扬子板块、秦岭—大别山微板块和华北板块拼接^[32],中国大陆完成其主体拼合,盆地开始进入收缩充填期,秦岭—大别造山带和江南隆起的联合挤压变形,中、上扬子区内部形成前陆盆地和前渊盆地,边缘则形成江南造山带以及相应的前陆隆起区,四川盆地形成^[33]。湘鄂西地区仅在雪峰隆起西侧形成了沅麻陆相湖盆^[34],开始接受陆相磨拉石沉积,为小型前陆盆地。晚三叠世以后,中、上扬子区进入以改造为主的阶段,盆地变形变位并伴随前陆盆地边缘俯冲,形成黄陵、潜江、洪湖、石柱隆起,利川建南向斜、秭归向斜以及荆门—当阳盆地,沉积了河流—冲积扇砾岩、砂岩。

早、中侏罗世,中、上扬子区进入燕山运动阶段^[35],周缘进一步挠曲抬升,中扬子内部前陆盆地进入成熟发展期,快速沉降并接受大规模充填,四川盆地定型,稳定沉积了陆相磨拉石,厚度巨大;而在渝东地区、湘鄂西地区均发生抬升剥蚀,仅在沅麻盆地沉积了湖泊相碎屑岩,沉积中心逐渐向西部迁移^[36]。晚侏罗世以后,扬子板块构造演化及格局主要受太平洋板块俯冲所影响,中扬子区内发生挤压冲断和变形作用,沉积中心不断向西迁移至上扬子区(图2b)。晚侏罗世,燕山运动加剧,扬子板块东南部的雪峰隆起再次活化造山,形成了大规模的逆冲推覆断层^[37],由东南向西北构造作用逐渐减弱,在湘鄂西地区形成隔槽式褶皱带,在渝东地区形成隔档式褶皱带,四川盆地早期形成的前陆盆地沉积中心继续向西部迁移,沉积了湖泊相碎屑岩。

白垩纪,中、上扬子区总体以伸展构造为背景并发生构造反转^[38],四川盆地周边形成褶皱冲断带,在四川盆地内部及沅麻盆地发生断裂、伸展,继续接受陆相磨拉石沉积(图2c)。白垩纪末期,燕山运动使四川盆地周围褶皱成山,四川盆地内,陆相湖盆面积缩减,湘鄂西地区沅麻盆地填平补齐,湘鄂西地区沉积作用结束。新生代,喜马拉雅运动使中、上扬子区隆升,形成现在的中、上扬子区地形格局。

3 湘西地区构造层序地层划分

3.1 区域构造背景

本次研究的区域位于湖南西北部、沅陵—常德

一线西北侧(图1a),构造上位于中扬子区湘鄂西褶皱带,该褶皱带以齐岳山断裂为界与渝东褶皱带相接。湘西地区以保靖—慈利断裂为界划分出雪峰山构造带(雪峰隆起)和桑植—石门复向斜两个区域(图1a)。雪峰山构造带核部主体出露新元古界板溪群或中元古界冷家溪群浅变质岩(图2d),东、西两侧为震旦纪—古生代浅海相碳酸盐岩和碎屑岩,局部出现中生代陆相碎屑岩沉积。保靖—慈利断裂以西的隔槽式褶皱带总体呈北东—北北东向展布,向西南终止于威宁—紫云—罗甸断裂,向北归并于南大巴山褶皱带,并逐渐转变为北东东至东西走向。桑植—石门复向斜构造相对稳定,总体呈北东—北北东向展布,背斜的核部多出露震旦系—奥陶系,而向斜的核部则主要为下三叠统。研究区内同向褶皱发育,组成隔槽式褶皱带,形成复向斜和复背斜。隔槽式褶皱带内褶皱形成时代为印支期和燕山期,并以燕山期为主。研究区内断裂带多分布于雪峰隆起区,均为逆冲推覆式断裂,断裂的走向与桑植—石门复向斜内的褶皱走向一致。在断裂处,出露古生代及中生代花岗岩,可以推断这些断裂在古生代及中生代均有活动。

3.2 构造层序地层划分

盆地的形成、发展、消亡是一个连续的地质演化过程,其内在的动力源于板块构造运动。以重大古构造运动界面为边界,由反映盆地沉积连续演化过程的地层序列体系即组成了所谓的构造层序^[39]。每一个构造层序代表一个具有特定充填类型的原型盆地充填序列,它们形成于不同的地壳演化阶段和构造环境,具有特定的地层或岩性组合。构造层序间以重大不整合面为界,常缺失较多地层,且可在大范围内进行对比。构造层序的划分可以从宏观上系统认识沉积盆地的地层叠覆规律,便于区域地层对比。

湘西大部分地区发育新元古界南华系板溪群到中生界中三叠统(图2d),部分地区发育上三叠统一白垩系(沅麻盆地),向斜区保存完整,背斜区剥蚀较多。从下往上,地层岩相特征(图3)为:南华系板溪群为变质石英砂岩相,震旦系南沱组为含砾岩屑砂岩相,震旦系陡山沱组到寒武系牛蹄塘组为黑色泥页岩、硅质岩相,寒武系石牌组为泥灰岩夹泥页岩相,寒武系清虚洞组—奥陶系宝塔组为碳酸盐岩相,志留系龙马溪组为黑色笔石页岩相,志留系新滩组—小溪峪组为海相碎屑岩相,泥盆系为石英砂岩相,二叠系为硅质结

核碳酸盐岩相,下三叠统为薄板状灰岩与泥页岩互层相,上三叠统一白垩系为陆相碎屑岩相。

地层间发育的不整合面(图3)有:南沱组与板溪群之间角度不整合面,泥盆系与志留系间平行不整合面,二叠系与泥盆系间平行不整合面,上三叠统与下三叠统之间角度不整合面,侏罗系与上三叠统之间角度不整合面,白垩系与侏罗系之间角度不整合面。

研究区经历了武陵(晋宁)、加里东(广西)、印支、燕山和喜马拉雅等多次构造运动,形成了区域内的地层缺失,表现为上下岩层间的不整合面接触。其中:武陵运动造成板溪群与冷家溪群的不整合,加里东运动造成上古生界与下古生界的不整合,印支运动造成上三叠统与下三叠统的角度不整合以及侏罗系与上三叠统的不整合,早燕山运动造成白垩系与中侏罗统的不整合,晚燕山运动造成白垩纪陆相盆地的褶皱回返,喜马拉雅期进一步褶皱隆升,形成了现在的山区地形。由于雪峰隆起由东南向西北方向的多次推覆,从雪峰隆起向四川盆地方向,保存的地层逐渐变新,构造活动逐渐减弱。

从地层的叠置方式及岩相变化来看,以重大不整合面为界可以区分出三个地层旋回,组成三个构造层序(图2c,图3):南华系板溪群—志留系小溪峪组为第一次完整的海平面升降沉积旋回,组成加里东构造层序;泥盆系—中侏罗统为第二次完整的海平面升降沉积旋回,组成海西—印支构造层序;白垩系为第三次完整的湖平面升降沉积旋回,组成燕山构造层序。

根据现今地质图(图2d),加里东构造层序在保靖—慈利断裂以东的雪峰山地区大部分缺失(图2c),只发育新元古界板溪群,而在保靖—慈利断裂以西的中扬子区却发育完好,顶底界面对比清楚;底界为板溪群与基底冷家溪群角度不整合面,顶界在湘西地区为志留系与泥盆系平行不整合面,而在齐岳山断裂以西表现为志留系与二叠系之间的平行不整合面,整个中、上扬子区均缺失上志留统。加里东构造层序经历了被动大陆边缘—前陆盆地沉积过程。

海西—印支构造层序在湘西地区发育不连续(图2c),在保靖—慈利断裂以西的湘西地区仅保存了中泥盆统、二叠系及下三叠统,底部缺失下泥盆统、上泥盆统、石炭系,上部缺失中三叠统以上地层;而在保靖—慈利断裂以东的雪峰隆起处,仅发育上三叠统及侏罗系,下部缺失下泥盆统、上泥盆统、石炭系、下三叠统及上三叠统。该层序在齐岳山断裂以

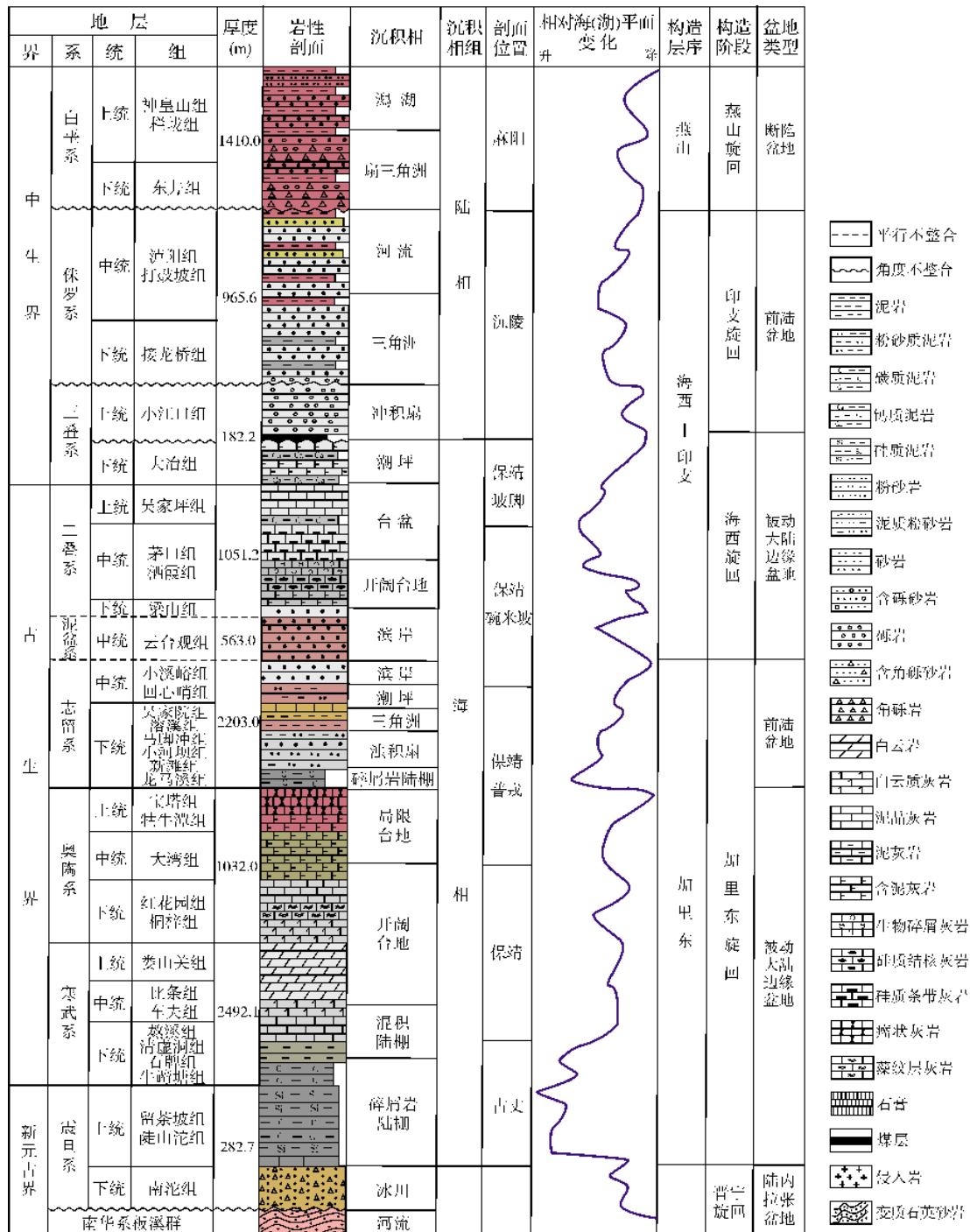


图3 湘西地区地层综合柱状图

西的渝东褶皱带及四川盆地,下部缺失泥盆系、石炭系,上部完整,其顶底界面均可在整个中、上扬子区进行对比。海西构造层序经历了另一个被动大陆边缘—前陆盆地沉积过程。

燕山构造层序在湘西地区仅发育于雪峰山地区

(图2c),底界为侏罗系与白垩系之间的角度不整合面,底部缺失上侏罗统,顶界为剥蚀面。该层序在华蓥山断裂以东、保靖—慈利断裂以西的渝东、湘西地区均缺失,但在四川盆地内部发育完整,底界为侏罗系与白垩系之间的角度不整合面,底部缺失上侏罗

统,顶界为白垩系顶部的剥蚀面。该层序在四川盆地与湘西地区(沅麻盆地)可以进行对比。燕山构造层序经历了大陆内湖盆的构造沉积过程。

4 湘西地区构造层序-岩相古地理演化

构造层序的形成受控于板块间的拉张、扩张和闭合造山运动,但在地质历史时期中,研究区距离主控洋盆的古地理位置,决定了构造层序地层记录的完整性:加里东旋回,湘西地区距离南华洋盆距离较近,发育近被动大陆边缘型构造层序,完整记录了大陆开裂、拉张以及大洋扩张、闭合、陆陆碰撞的全过程,是一个完整的威尔逊旋回;海西—印支旋回,湘西地区受控于北部勉略洋盆的演化,但湘西地区远离大洋,为远被动大陆边缘陆表海型构造层序,地层记录为大洋拉张、闭合、陆陆碰撞的远程效应的响应,缺失了大陆拉张的地层序列,是一次近乎完整的威尔逊旋回;燕山旋回,湘西地区受控于新特提斯洋及太平洋的演化,但湘西地区位于扬子板块陆内,四周因山系与大洋分割,沉积记录难以反映整个洋盆的形成、发展、萎缩演化,仅记录了因新特提斯洋扩展、闭合造山以及太平洋板块向亚洲大陆的俯冲过程中大陆板块的拆沉作用所导致的断陷盆地形成、发展与消亡所沉积的地层序列,这是两个不完整的威尔逊旋回的叠加。下面按照构造层序形成、发展的不同阶段,对不同时期的沉积环境类型及演化进行阐述。

4.1 加里东构造层序

加里东构造层序受控于加里东运动,反映了扬子板块东南缘南华洋盆的形成、扩展与消亡,以及雪峰隆起的形成,经历了一个完整的威尔逊旋回。在地质历史时期,湘西地区位于南华洋盆边缘,沉积特征记录了泛大陆拉伸破裂、洋盆形成扩张、板块漂移、大陆碰撞拼合等全过程,是一个典型的近被动大陆边缘型构造层序。加里东构造层序的沉积过程可以划分出5大沉积阶段:陆缘拉张期碎屑岩阶段、被动大陆边缘扩张期碎屑岩阶段、成熟被动大陆边缘开阔碳酸盐岩台地阶段、被动大陆边缘萎缩期局限台地阶段、前陆盆地海相碎屑岩阶段。

(1)陆缘拉张期碎屑岩阶段(南华纪) 湘西地区基底主体为太古代—早元古代的刚性结晶基底,在南华纪,其东南缘陆壳基底拉开^[40],陆内以伸展拉张作用为背景,并开始出现裂谷盆地,南华系板溪群

发育一套陆相磨拉石,沉积了河流相紫红色含砾砂岩(图3),砾石分选较好,磨圆差。到南沱组沉积时期裂谷拉张加剧,包括湘西地区在内的整个中扬子区发育大型冰碛砾岩,分选、磨圆极差,岩石角砾粒度从北向南逐渐减小,岩层厚度从北向南逐渐增加。

(2)被动大陆边缘扩张期碎屑岩阶段(震旦纪—寒武纪清虚洞早期) 至震旦纪,罗迪尼亚大陆裂解作用加剧,南华洋初步形成,湘西地区由裂谷转化为近被动大陆边缘,形成碎屑岩沉积,海底热液的流动为有机质富集提供了条件,沉积了陡山沱组厚层黑色碳质泥岩(图3),夹硅质岩,该层厚度较大,达100m以上,在中、上扬子区分布稳定,可能也是湘西地区具有页岩气研究价值的层位;到震旦纪留茶坡时期,大洋扩张速度减缓,湘西地区沉积了一层30m厚的黑色硅质岩,岩石坚硬,可对应四川盆地同时期的灯影组白云岩、白云质灰岩。寒武纪早期,大洋扩张作用再次加剧,湘西地区形成了规模巨大的被动大陆边缘^[40-41],随着全球海平面快速上升,海底形成缺氧环境(图4a),形成了南方广泛发育的、黑色岩系为主的地层,即寒武系牛蹄塘组厚层、块状、黑色碳质泥岩,厚度达130m,全区稳定分布,这一岩系也是湘西地区目前勘探的第一套页岩气目的层位。到石牌组沉积时期,大洋拉张作用减缓,湘西地区由于沉积物填充陆棚后,海底地形高度增加,海水深度减小,沉积了灰绿色泥页岩夹多层钙质粉砂岩与泥晶灰岩。到清虚洞早期,海底经充填后,地形减缓,可容纳空间减小,沉积了灰色钙质粉砂岩与粉砂质泥岩。

(3)成熟被动大陆边缘开阔碳酸盐岩台地阶段(寒武纪清虚洞中期—早奥陶世) 清虚洞晚期,南华洋盆扩张停止,成熟被动大陆边缘基本形成,湘西地区形成了广阔的碳酸盐岩台地,一直持续到早奥陶世,沉积了中下寒武统清虚洞组上部—车夫组灰色中薄层泥晶灰岩、泥质灰岩夹白云质灰岩,中上寒武统比条组—娄山关组厚层—块状细晶白云岩夹白云质灰岩,下奥陶统桐梓组—红花园组灰色厚层细晶白云岩、白云质灰岩、泥晶灰岩、藻团粒灰岩、砂屑亮晶灰岩等(图3)。

(4)被动大陆边缘萎缩期局限台地阶段(中晚奥陶世) 晚奥陶世,南华洋洋壳向扬子陆壳俯冲,南华洋洋盆萎缩,湘西地区海水变浅,广阔碳酸盐岩台地过渡为局限台地环境,沉积了中奥陶统大湾组灰绿色中层含泥灰岩(图3)。晚奥陶世末,扬子板块与

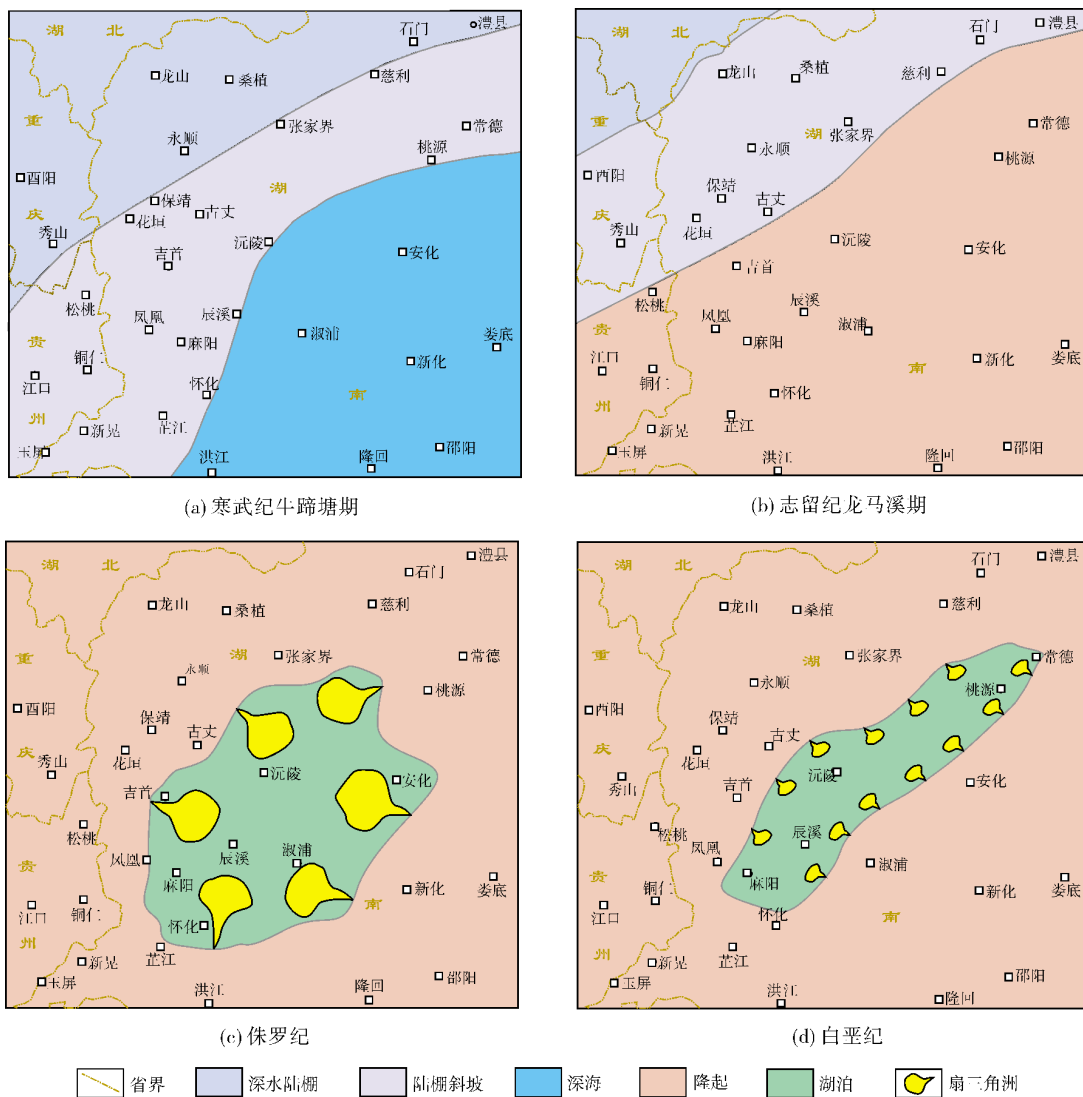


图4 湘西地区关键时期沉积相平面图

华夏板块对接汇聚,南华裂陷洋盆关闭,湘西地区局限台地海水变浅并露出水面,由还原环境转化为氧化环境,沉积了牯牛潭组黄绿色—紫红色厚层瘤状灰岩、宝塔组浅棕红色瘤状灰岩(图3),地层中见有大量角石化石。

(5) 前陆盆地海相碎屑岩阶段(志留纪) 奥陶纪末,全球发生了加里东运动,扬子板块与华夏板块碰撞造山,在湘西地区东部边缘出现雪峰隆起(图4b),在湘西—渝东一带则形成前陆盆地,沉积了大套海相复理石。前陆盆地经历了初始期、成熟期和萎缩期^[40]。

前陆盆地初始期,靠近隆起处海水较深,形成了滞留缺氧盆地,与广海隔绝,有机质充分,沉积了龙马溪组黑色碳质泥岩、硅质泥岩(图3),新滩组深灰色—

灰黑色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及典型浊积岩等层序,笔石化石丰富。特别是龙马溪组笔石页岩,有机质丰度较高,热演化程度高,厚度为20~40 m,全区稳定分布,是湘西地区最重要的页岩气勘探目的层位,目前已有重要发现,期待着有重大突破^[40-42]。

前陆盆地的成熟期早期,因雪峰隆起迅速抬升,沉积中心向西北方向迁移,剥蚀量增加,向前陆盆地的沉积供给迅速增加,海水变浅,湘西地区沉积了小河坝组多个灰色脉状层理粉砂岩—深灰色厚层泥岩—灰黑色碳质泥岩组成的浊积岩韵律层理,夹多层灰白色细砂岩。

前陆盆地的成熟期晚期,雪峰隆起抬升缓慢,物源供给减少,沉积速率降低,且海平面下降,沉积中

心继续向西北方向迁移,湘西地区逐渐远离沉积中心,沉积了马脚冲组粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、钙质泥岩等(图3),上部沉积了一段7 m厚的生物灰岩,生物化石丰富,有角石、珊瑚、腕足等完整生物个体,为前陆盆地后期障壁岛沉积。

前陆盆地的萎缩期主要开始于中志留世溶溪期,此时雪峰隆起不再抬升,且风化剥蚀严重,雪峰隆起已接近夷平,盆地内主要发育潮坪—潟湖—滨岸沉积体系(图3):溶溪组潮坪相灰绿色泥岩、紫红色泥岩;吴家院组灰黄色钙质泥岩夹多层生物碎屑灰岩及泥晶灰岩,珊瑚、三叶虫和腕足化石极其发育;回心哨组潮坪相紫红色泥岩与灰黄色粉砂质泥岩互层;小溪峪组滨岸相黄绿色粉砂质泥岩夹灰色厚层石英砂岩。

晚志留世,前陆盆地进入消亡期,除沉积中心外,盆地周缘接近填平补齐,湘西地区远离沉积中心,无沉积记录,缺失整个上志留统。志留纪末期,加里东运动造成了上、下古生界的角度不整合,前陆盆地完全消亡,湘西地区成为古陆剥蚀区。

4.2 海西—印支构造层序

海西—印支构造层序主要反映了海西、印支运动期间,扬子板块北部南秦岭勉略洋盆的大洋扩张、板块碰撞拼合以及南秦岭造山带的形成,经历了另一个近乎完整的威尔逊旋回。因湘西地区在地质历史时期的地理位置远离勉略洋盆边缘,为远被动大陆边缘,仅记录了大洋拉张、大陆碰撞的过程,而缺乏泛大陆拉张破裂的响应,故为一个远被动大陆边缘型构造层序。海西—印支构造层序的沉积过程可以划分出4大沉积阶段:被动大陆边缘扩张期滨岸碎屑岩阶段、成熟被动大陆边缘陆表海碳酸盐岩台地—台盆阶段、被动大陆边缘萎缩期陆表海碳酸盐岩潮坪阶段和前陆盆地陆相碎屑岩阶段。

(1)被动大陆边缘扩张期滨岸碎屑岩阶段(泥盆纪) 经历了早古生代加里东幕式造山运动,晚古生代湘西地区开始了新的构造演化旋回^[19]。泥盆纪湘西地区处于古特提斯构造域扩张阶段,以相对稳定的整体进入陆表海盆地阶段。伴随着中扬子板块北部南秦岭地区的陆缘拉张、扩张,在中扬子北缘勉县—略阳—大洪山—一线初步形成了狭窄的勉略古洋盆^[20],中扬子南缘滇黔桂地区在拉伸作用、走滑作用下发育大量陆内及陆缘裂谷盆地,海侵逐渐扩大,形成碳酸盐岩台地和深水硅质泥质沉积相,同时伴随一定规模的火山活动^[19,24]。湘西地区因位于远离洋

盆的大陆内,未能记录裂谷开裂、拉张早期的沉积,中扬子区基本缺失下泥盆统。洋盆形成后,整个中扬子区伸展、拆沉、拗陷,逐渐过渡为远被动大陆边缘。由于大洋扩张的远程效应,湘西地区沉积了中泥盆统滨岸碎屑岩(图3),物源来自于雪峰古陆,向北逐渐过渡为碳酸盐岩台地以及碳酸盐岩陆棚,可见此时的沉积盆地受北部洋盆的控制。

(2)成熟被动大陆边缘陆表海碳酸盐岩台地—台盆阶段(二叠纪) 中泥盆世之后,中扬子区进入裂陷振荡期,湘西地区由于陆内差异性升降,缺失上泥盆统和石炭系。二叠纪勉略洋经迅速扩展后扩展速度减缓,在扬子板块陆内拉张拗陷,上扬子区发生峨眉山大陆玄武岩喷发裂陷活动^[24],中扬子区再一次大规模海侵,形成了稳定的成熟被动大陆边缘,湘西地区沉积了远被动大陆边缘陆表海碳酸盐岩台地—台盆沉积序列,如栖霞组开阔台地相中厚层深灰色泥晶灰岩、硅质条带灰岩和茅口组台盆相灰色泥晶灰岩夹黑色泥页岩,灰黑色硅质结核灰岩、硅质岩(图3)。

(3)被动大陆边缘萎缩期陆表海碳酸盐岩潮坪阶段(晚二叠世—早三叠世) 到晚二叠世,由于勉略洋盆的缩减^[22],中扬子被动陆缘进入萎缩阶段,海平面下降,湘西地区沉积了下三叠统潮坪相灰色薄层—薄板状泥质灰岩夹钙质泥岩。中三叠世,印支运动发生,扬子板块、秦岭—大别山微板块和华北板块拼接、闭合、碰撞造山,完成中国大陆南北拼合,海水退出扬子板块,结束了海相沉积历史,湘西地区仅在桑植一带发育以杂砂岩夹泥灰岩及石膏盐岩潮坪潟湖沉积,其他大部分地区抬升剥蚀,缺失中三叠统(图3)。

(4)前陆盆地陆相碎屑岩阶段(晚三叠世—侏罗纪) 晚三叠世秦岭造山带扩大,在其南北两侧陆壳差异性沉降,不同地区先后遭受强烈的逆冲推覆^[24],在中扬子局部地区形成了前陆盆地,湘西地区仅在雪峰隆起西侧形成沅麻盆地,沉积了陆相磨拉石(图4c)。前陆盆地可以划分出初始期、成熟期与萎缩期。初始期,还未形成湖盆,从造山带剥蚀的大量角砾岩经河流搬运形成冲积扇,如上三叠统冲积扇角砾岩、砾岩,砾石较大,分选、磨圆差。成熟期主要发生在早侏罗世,此时随着秦岭造山带的持续隆升,中扬子区局部地区沉降,形成较大的湖盆,沉积了下侏罗统、中侏罗统下部三角洲相灰色砂岩、粉砂岩夹紫红色泥岩(图3)。到中侏罗世晚期,进入前陆盆地的萎缩期,此时秦岭造山带隆升减缓,湖盆经沉积充填后可容纳空间减小,湖平面下降,导致湖盆向中心萎缩,湘西地区位于盆地

边缘,沉积了中侏罗统上部泸阳组河流相紫红色砂岩与泥岩互层的地层序列(图3)。晚侏罗世,进入早燕山运动旋回,扬子板块与华北板块近南北向的碰撞挤压开始逐渐减弱,西太平洋区域板块开始活动,中国东部进入由古亚洲域向滨太平洋域演化的过渡阶段^[30]。古太平洋板块以北北西方向向亚洲板块俯冲消减,中扬子区内继续发生挤压冲断和变形变位作用,引起基底拆离和表层滑动,使雪峰山地区向西前展叠瓦式逆冲推覆,不对称、背冲式、扇形雪峰推滑覆构造系最终定型^[33-34]。中扬子区沉积中心不断向西迁移至上扬子区,湘西地区大部分褶皱反转,形成了现今的隔槽式褶皱带,沅麻前陆盆地消失,缺失上侏罗统。

4.3 燕山构造层序

燕山构造层序反映了燕山期新特提斯洋洋壳扩张、收缩以及古太平洋洋壳向扬子板块陆壳俯冲对接的陆内远程效应过程,经历了两个各自独立、不完整的威尔逊旋回中的阶段叠加。因湘西地区在该时期的古地理位置为远离洋盆的大陆腹地,仅记录了新特提斯大洋扩张与太平洋板块俯冲过程的陆内远程效应,缺失泛大陆拉张破裂以及大陆碰撞闭合造山的过程响应,故为大陆内构造层序。燕山构造层序的沉积过程可划分出陆内断陷拉张期碎屑岩阶段与陆内断陷萎缩期碎屑岩阶段。

(1) 陆内断陷拉张期碎屑岩阶段(早白垩世—晚白垩世早期) 早白垩世,太平洋板块持续俯冲^[31],扬子板块西南方向的新特提斯洋扩张,两者的共同作用导致了扬子板块发育广泛的伸展作用和走滑断裂,局部断陷拉张,形成多个断陷—坳陷盆地^[33],湘西地区在沅麻盆地发育上、下白垩统扇三角洲沉积(图4d),如栏垅组—神皇山组紫红色砾岩、砂岩夹泥岩(图3)。

(2) 陆内断陷萎缩期碎屑岩阶段(晚白垩世晚期) 晚白垩世,太平洋板块俯冲强度增加^[31,34],此时新特提斯洋基本闭合,中扬子区断陷盆地进入萎缩期,湘西地区沅麻盆地沉积了扇三角洲相紫红色砾岩和潟湖相紫红色泥岩。晚白垩世之后,发生喜马拉雅运动,印度板块与欧亚大陆碰撞,中扬子区全部抬升剥蚀,湘西地区沅麻盆地消失,结束了沉积历史^[40-41]。

5 湘西地区页岩气地质条件

本次工作研究了三套目的层的页岩气条件,通过保页2井(位置参见图1b)全层位取心及地化分析,并对比了古丈野外地质剖面,揭示了湘西地区震旦

系陡山沱组和寒武系牛蹄塘组页岩气的地质特征;通过保参1井、保参2井、保参3井、保页1井、保页3井、保页4井(位置参见图1b)的岩心及实验室分析,并结合其他野外地质剖面,总结了湘西地区志留系龙马溪组页岩气的地质特征。

湘西地区上震旦统陡山沱组发育被动大陆边缘浅水陆棚斜坡相灰色白云质灰岩、黑色碳质泥岩、黑色硅质岩、深灰色泥晶灰岩、深灰色含钙碳质泥岩等。该套页岩分布稳定,厚度巨大(150~200 m),经古丈剖面8块岩样的地球化学分析,其有机碳含量较高(4.07%~10.25%),热演化程度较高(3.78%~4.97%),达到过成熟阶段,页岩孔隙度中等(0.19%~2.355%),渗透率极低($(0.000\ 525\ 7\sim 0.591\ 008\ 1)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$),脆性矿物含量较高(55.9%~83.5%),黏土矿物含量较低(16.5%~44.1%)。脆性矿物主要以石英、方解石、黄铁矿、斜长石为主,黏土矿物以伊利石和伊蒙混层为主,经历了晚成岩作用阶段。储集空间主要有矿物溶蚀孔、有机质溶蚀孔、黄铁矿晶间孔、黏土矿物晶间孔、成岩解理缝及构造微裂缝等。初步分析认为,湘西地区陡山沱组具有较好的页岩气成藏条件,但尚有待进一步论证。

湘西地区下寒武统牛蹄塘组发育被动大陆边缘深水陆棚相黑色碳质页岩、深灰色泥岩、深灰色钙质粉砂岩(图5a)。该套页岩分布稳定,厚度较大(80~90 m),经古丈剖面12块岩样的地球化学分析,其有机质丰度较高(1.48%~3.49%),热演化程度较高(3.90%~4.86%),处于过成熟阶段,脆性矿物含量较高(38.4%~50.5%),成岩作用较强,黏土矿物以伊利石和伊蒙混层为主。页岩孔隙度中等(0.135%~0.485%),渗透率极低($(0.000\ 508\ 3\sim 0.014\ 646\ 4)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$)。储集空间有晶体矿物晶面溶蚀孔、矿物边缘溶蚀孔、有机质溶蚀孔、黄铁矿晶间孔、成岩解理缝和构造裂缝。综合研究认为,湘西地区牛蹄塘组具有良好的页岩气成藏地质条件,可加大勘探力度。

湘西地区下志留统龙马溪组发育前陆盆地浅水陆棚环境下的黑色笔石页岩(图5b)、碳质泥岩,分布稳定,厚度为19~40 m,经保靖野外剖面21块岩样和探井46块岩心的地球化学分析,其有机碳含量为0.5%~3.0%,热演化程度为2.1%~3.5%,孔隙度0.2%~2.1%,渗透率 $(0.001\sim 0.06)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ 。脆性矿物含量62%~73%,其中石英含量40%~50%,黏土矿物以伊利石、伊蒙混层为主,其次为绿泥石,高岭石和蒙脱石基本消失,经历了晚成岩作用阶段。储集空间有

基质孔(碎屑粒间孔、矿物晶间孔)、有机质孔、溶蚀孔(碎屑颗粒溶蚀孔、矿物晶面溶蚀孔、矿物边缘溶蚀孔)及微裂缝(矿物颗粒边缘缝、矿物解理缝、碎屑颗粒内构造裂缝)四种类型。等温吸附实验证明其吸附能力较高,平均为 $1.86 \text{ m}^3/\text{t}$,现场含气量测试显示为 $0.6\sim 4.5 \text{ m}^3/\text{t}$,其中气体组分82%以上为甲烷。钻井

记录及实验室分析可知,气测值与有机质丰度、岩石中硅质含量、孔渗性、储层裂缝(水平层理缝和构造高角度缝)发育程度以及埋深相关,其中裂缝发育程度应为页岩气运移、聚集的关键性因素。建议在湘西地区针对裂缝发育区深入开展页岩气调查,期待有突破性发现。



(a) 黑色碳质泥岩。保页1井3135m,牛蹄塘组



(b) 黑色笔石页岩。保参1井1103m,龙马溪组

图5 湘西保靖地区古生界牛蹄塘组和龙马溪组黑色页岩(岩心)

6 结 论

(1)湘西地区沉积地层从南华系到白垩系可以划分出三个构造层序:加里东构造层序、海西—印支构造层序和燕山构造层序。加里东构造层序为近被动大陆边缘型构造层序,构成一个完整的威尔逊旋回;海西—印支构造层序为远被动大陆边缘型构造层序,构成一个近乎完整的威尔逊旋回;燕山构造层序为大陆内构造层序,构成一个不完整的威尔逊旋回。

(2)加里东构造层序经历了大陆拉张期碎屑岩阶段、被动大陆边缘扩张期碎屑岩阶段、成熟被动大陆边缘碳酸盐岩台地阶段、被动大陆边缘萎缩期局限台地阶段、前陆盆地海相碎屑岩阶段;海西—印支构造层序经历了被动大陆边缘扩张期的滨岸碎屑岩阶段、成熟期的陆表海碳酸盐岩台地—台盆阶段、萎缩期的陆表海碳酸盐岩潮坪阶段和前陆盆地陆相碎屑岩阶段;燕山构造层序经历了陆内断陷拉张期的碎屑岩阶段和萎缩期的碎屑岩阶段。

(3)加里东构造层序中被动大陆边缘扩张期的碎屑岩(上震旦统陡山沱组—下寒武统牛蹄塘组)、前陆盆地初始期的海相碎屑岩(下志留统龙马溪组)具备页岩气富集的物质条件,可加大勘探和研究力度。

参 考 文 献

- [1] 汪正江,谢渊,杨平,等.雪峰山西侧震旦纪—早古生代海相盆地演化与油气地质条件[J].地质通报,2012,31(11):1795-1811.
- [2] 邓红婴,周进高,赵宗举,等.中下扬子区震旦纪—中三叠世海相盆地类型及后期改造[J].海相油气地质,1999,4(3):38-45.
- [3] 王剑,刘宝珺,潘桂棠.华南新元古代裂谷盆地演化:Rodinia超大陆解体的前奏[J].矿物岩石,2001,21(3):135-145.
- [4] 柏道远,熊雄,杨俊,等.齐岳山断裂东侧盆地过渡带褶皱特征及其变形机制[J].大地构造与成矿学,2015,39(6):1008-1018.
- [5] 吴健辉,侯作富,盛贤才,等.中扬子区南华纪以来的主要构造事件与沉积充填响应[J].石油天然气学报,2008,30(6):233-240.
- [6] 王剑,段太忠,谢渊,等.扬子地块东南缘大地构造演化及其油气地质意义[J].地质通报,2012,31(11):1739-1749.
- [7] 郭旭升,梅廉夫,汤济广,等.扬子地块中、新生代构造演化对海相油气成藏的制约[J].石油与天然气地质,2006,27(3):295-325.
- [8] 徐政语,林舸.中扬子地区显生宙构造演化及其对油气系统的影响[J].大地构造与成矿学,2001,25(1):1-8.
- [9] 刘云生,郭战峰,梁西文,等.中上扬子地区晚三叠世—侏罗纪砂岩构造意义及盆地耦合关系[J].石油实验地质,2006,28(3):201-205.
- [10] 陈洪德,侯明才,许效松,等.加里东期华南的盆地演化与层序格架[J].成都理工大学学报:自然科学版,2006,33(1):1-8.
- [11] 吴根耀.白垩纪:中国及邻区板块构造演化的一个重要变换期[J].中国地质,2006,33(1):64-76.
- [12] 李一凡,樊太亮,高志前,等.渝东南地区志留系黑色页岩层序地层研究[J].天然气地球科学,2012,23(2):299-306.
- [13] 王同,杨克明,熊亮,等.川南地区五峰组—龙马溪组页岩层序地层及其对储层的控制[J].石油学报,2015,36(8):915-924.
- [14] 丘元禧,张渝昌,马文璞.雪峰山陆内造山带的构造特征与演化[J].高校地质学报,1998,4(4):432-442.
- [15] 柏道远,钟响,贾朋远,等.雪峰造山带及邻区构造变形和构造演化研究新进展[J].华南地质与矿产,2015,31(4):321-341.
- [16] 刘宝珺,许效松,徐强.扬子东南大陆边缘晚元古代—早古生代层序地层和盆地动力演化[J].岩相古地理,1995,5(3):1-15.

- [17] 胡宗全. 层序地层研究的新思路——构造—层序地层研究[J]. 现代地质, 2004, 18(4): 549-554.
- [18] 林良彪, 陈洪德, 胡晓强, 等. 四川盆地上三叠统构造层序划分及盆地演化[J]. 地层学杂志, 2007, 31(4): 415-422.
- [19] 陈洪德, 张成弓, 黄福喜, 等. 中上扬子克拉通海西—印支期(泥盆纪—中三叠世)沉积层序充填过程与演化模式[J]. 岩石学报, 2011, 27(8): 2281-2297.
- [20] 何卫红, 唐婷婷, 乐明亮, 等. 华南南华纪—二叠纪沉积大地构造演化[J]. 地球科学 中国地质大学学报, 2014, 39(8): 929-948.
- [21] 郝杰, 翟明国. 罗迪尼亚超大陆与晋宁运动和震旦系[J]. 地质科学, 2004, 39(1): 139-152.
- [22] 刘新民, 付宜兴, 郭战峰, 等. 中扬子区南华纪以来盆地演化与油气响应特征[J]. 石油实验地质, 2009, 31(2): 160-165.
- [23] 王必金, 包汉勇, 郭战峰, 等. 湘鄂西区寒武系层序划分及其对油气勘探的意义[J]. 石油实验地质, 2013, 35(4): 372-377.
- [24] 万天丰. 中国大陆早古生代构造演化[J]. 地学前缘, 2006, 13(6): 30-42.
- [25] 梅廉夫, 邓大飞, 沈传波, 等. 江南—雪峰隆起构造动力学与海相油气成藏演化[J]. 地质科技情报, 2012, 31(5): 85-93.
- [26] 徐先兵, 张岳桥, 贾东, 等. 华南早中生代大地构造过程[J]. 中国地质, 2009, 36(3): 573-588.
- [27] 邹才能, 董大忠, 王玉满, 等. 中国页岩气特征、挑战及前景(一)[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(6): 689-700.
- [28] 李聪, 陈世悦, 张鹏飞, 等. 雪峰陆内多期复合造山带震旦—三叠纪沉积演化特征[J]. 中国地质, 2011, 38(1): 43-50.
- [29] 陈世悦, 李聪, 张鹏飞, 等. 江南—雪峰地区加里东期和印支期不整合分布规律[J]. 中国地质, 2011, 38(5): 1212-1219.
- [30] 舒良树, 周新民, 邓平, 等. 中国东南部中生代盆地特征与构造演化[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10): 876-884.
- [31] 张进, 马宗晋, 杨健, 等. 雪峰山西麓中生代盆地属性及构造意义[J]. 地质学报, 2010, 84(5): 631-648.
- [32] 周文, 金文辉, 谢润成, 等. 雪峰山西侧盆地过渡带油气成藏地质特征和破坏类型[J]. 地质通报, 2012, 31(11): 1838-1851.
- [33] 张岳桥, 董树文, 李建华, 等. 华南中生代大地构造研究新进展[J]. 地球学报, 2012, 33(3): 257-278.
- [34] 柏道远, 姜文, 钟响, 等. 湘西沅麻盆地中生代构造变形特征及区域地质背景[J]. 中国地质, 2015, 42(6): 1851-1872.
- [35] 张允平. 东北亚地区晚侏罗—白垩纪构造格架主体特点[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2011, 41(5): 1269-1288.
- [36] 范小林. 雪峰山系—沅麻盆地地质结构及找油意义[J]. 石油实验地质, 1996, 18(1): 64-70.
- [37] 彭兆蒙, 彭仕宓, 吴智平, 等. 华北东部侏罗—白垩纪原型盆地及其演化[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2009, 31(5): 37-42.
- [38] 张岳桥, 赵越, 董树文, 等. 中国东部及邻区早白垩世裂陷盆地构造演化阶段[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 123-132.
- [39] 龚承林, 王英民, 官宝聪, 等. 典型被动大陆边缘深水盆地构造演化与层序地层学分析[J]. 沉积学报, 2010, 28(3): 419-425.
- [40] 李斌, 胡博文, 石小虎, 等. 湘西地区志留纪沉积体系及典型前陆盆地的形成模式研究[J]. 地学前缘, 2015, 22(6): 167-176.
- [41] 李斌, 罗群, 胡博文, 等. 湘西地区叠加型前陆盆地沉积环境演化模式研究[J]. 中国石油勘探, 2016, 21(6): 81-90.
- [42] 李斌. 湖南保靖地区龙马溪组页岩气成藏条件分析[J]. 特种油气藏, 2016, 23(5): 12-17.

编辑: 董庸

Tectonic Sequence and Sedimentary Evolution in Western Hu'nan

Li Bin, Hu Bowen, Luo Qun, Jin Changhao, Wang Yilin

Abstract: Based on the regional geological evolution and the measured profiles, three tectonic sequences can be recognized from Nanhua System(Nh, Cryogenian) to Cretaceous in Western Hu'nan. The Caledonian tectonic sequence (Nh-S) reflects the evolution of South China Ocean on the southeastern margin of Yangtze Plate including its expansion, contraction and closure, which formed a complete Wilson cycle. This tectonic sequence on the nearly passive continental margin can be subdivided into 4 stages such as the clastic stage in continental extension, the clastic stage in early passive continental margin, the carbonate platform stage in mature passive continental margin, and the clastic stage in foreland basin. The Hercynian-Indosinian tectonic sequence(D-J₂) reflects the evolution of Mianlue Ocean on the northern margin of Yangtze Plate, including its expansion, closure and dying processes, which formed another nearly complete Wilson cycle. This tectonic sequence on the far passive continental margin can be subdivided into the littoral clastic stage, the epicontinental carbonate platform-basin stage, the epicontinental carbonate tidal flat stage, and the clastic stage in foreland basin. The Yanshanian tectonic sequence(J₃-K) reflects the formation, development, and demise processes of fault-depression basin in the continent, which formed an incomplete Wilson cycle. This continental tectonic sequence can be subdivided into the clastic stage in intracontinental extension and the clastic stage in intracontinental closure. In the Caledonian tectonic sequence, the clastic rocks(Upper Sinian Doushantuo Fm. and Lower Cambrian Niutitang Fm.) in passive continental margin expansion period, and the clastic rocks(Lower Silurian Longmaxi Fm.) in the initial stage of foreland basin are the favorable strata for shale gas.

Key words: Tectonic sequence stratigraphy; Wilson cycle; Sedimentary environment; Shale gas; Western Hu'nan

Li Bin: PhD, Senior Engineer. Add: No. 202 building, Shenhua Geological Exploration Co. Ltd., Changping, Beijing 100022, China