

doi: 10.12029/gc20210514

王建坡, 王传尚, 吕嵘, 田巍. 2021. 湖南弗拉阶地层的分布特征和页岩气有利区[J]. 中国地质, 48(5): 1499–1509.

Wang Jianpo, Wang Chuanshang, Lü Rong, Tian Wei. 2021. Distribution of the Frasnian strata in Hunan Province and shale gas prospects [J]. Geology in China, 48(5): 1499–1509(in Chinese with English abstract).

## 湖南弗拉阶地层的分布特征和页岩气有利区

王建坡<sup>1,2</sup>, 王传尚<sup>1,2</sup>, 吕嵘<sup>1,2</sup>, 田巍<sup>1,2</sup>

(1. 古生物与地质环境演化湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430205; 2. 中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430205)

**摘要:** 湖南上泥盆统弗拉阶余田桥组泥页岩是重要的页岩气勘探目的层。由于区域上具有岩相分异显著、变化快的特征, 余田桥组存在多个同期地层, 容易造成引用和野外识别困难, 严重制约其页岩气调查工作进程。通过梳理余田桥组及其同期地层的沿革, 明确和圈定了它们的分布区域和使用范围。基于余田桥组的岩石组合特征、有机碳含量的区域变化和已有调查成果, 提出受陆缘碎屑输入影响较强的新化—涟源、邵东地区为页岩气有利勘探区的设想, 同时认为找准台盆范围是页岩气调查发现的关键。

**关键词:** 页岩气; 弗拉期; 余田桥组; 分布; 有利区; 油气勘查工程; 湖南

**中图分类号:** P541 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2021)05-1499-11

## Distribution of the Frasnian strata in Hunan Province and shale gas prospects

WANG Jianpo<sup>1,2</sup>, WANG Chuanshang<sup>1,2</sup>, LÜ Rong<sup>1,2</sup>, TIAN Wei<sup>1,2</sup>

(1. Hubei Key Laboratory of Paleontology and Geological Environment Evolution, Wuhan 430205, Hubei, China; 2. Wuhan Centre of Geological Survey, China Geological Survey, Wuhan 430205, Hubei, China)

**Abstract:** Shale of the Frasnian Shetianqiao Formation in Hunan Province is an important target for shale gas exploration. The Shetianqiao Formation and its multiple coeval strata characterized by regional rapid lithofacies differentiation lead easily to confusion in quotation and difficulty in outcrop identification, which restrict its shale gas exploration process. By clarifying the historical evolution of Shetianqiao Formation and its corresponding strata, their distribution area and application area were defined and delineated. Based on the variation of rock assemblage, organic carbon and existing exploration results of the Shetianqiao Formation, it is proposed that the Xinhua–Lianyuan and Shaodong region with higher inputting of terrestrial detritus are the favorable prospects for shale gas exploration, and exactly locating the range of inter-platform basin in carbonate platform is the key role for further shale gas exploration.

**Key words:** Shale gas; Frasnian Stage; Shetianqiao Formation; distribution; prospects; oil–gas exploration engineering; Hunan Province

**About the first author:** WANG Jianpo, male, born in 1981, doctor, associate researcher, engaged in the study of stratigraphy, paleobiology and their applications; E-mail: wangjianpo2001-1@163.com.

**Found support:** Supported by the project of China Geological Survey (No. DD20160179, No. DD2019823).

收稿日期: 2019-07-11; 改回日期: 2019-12-24

基金项目: 中国地质调查局项目(DD20160179, DD2019823)资助。

作者简介: 王建坡, 男, 1981年生, 博士, 副研究员, 主要从事地层古生物及应用研究; E-mail: wangjianpo2001-1@163.com。

## 1 引 言

湖南是中国泥盆系最为发育的省份之一,特别是国内长期使用的上泥盆统余田桥阶和锡矿山阶均命名于其内(Yu et al., 1990; 全国地层委员会, 2002)。近年来,随着南方页岩气资源调查勘查工作的不断拓展,湖南上泥盆统余田桥组泥页岩成为重要调查目的层,其具有低有机质丰度(王明艳等, 2010; 罗小平等, 2012; 李国亮等, 2014)、高有机质成熟度(李国亮等, 2014)、腐泥型为主的有机质类型(李国亮等, 2014; 王大伟等, 2014)、低孔低渗(李国亮等, 2014)、高有机质孔(徐昉昊等, 2015)等特征,页岩气资源潜力较好。

受古陆剥蚀作用和同沉积断裂活动影响(董兆熊, 1987),湖南余田桥组沉积期存在岩相分异显著、变化快速的特点,使得余田桥组存在多种同期异相地层单位,其本身也具有不同命名方式,如蒸水河组(柳祖汉, 1987; 马学平等, 2004)、余田组(柳祖汉, 1987)、七里江组(湖南省地质矿产局, 1997; 王根贤等, 1986a, b)等,容易造成引用混乱和野外识别困难。本文旨在梳理湖南上泥盆统余田桥组及其同期地层的名称沿革和沉积相,明确其使用范围和发育位置,以圈定余田桥组的分布区域,并根据已有的页岩气调查成果,评述不同区域余田桥组页岩气资源前景,为其后续资源调查提供依据。

## 2 余田桥组的命名及沿革

余田桥组由田奇璁(1929)创名的余田桥系演变而来,命名剖面位于邵东余田桥镇附近,用以描述含上泥盆系弗拉阶标准化石的一套砂、页、灰岩地层。根据马学平等(2004)资料,余田桥剖面明显具有四分性,为底部的黑色硅质岩与红色泥质粉砂岩或粉砂质泥岩互层,下部的灰黑色及暗灰色钙质泥页岩,中部的泥质灰岩、瘤状灰岩、粉砂质泥岩和上部的泥页岩。田奇璁(1938)将余田桥系分为下部砂、页岩为主的龙口冲层和上部灰、页岩为主的余田桥层,王钰和俞昌民(1962)则将余田桥系称为余田桥组,后来长期使用。赵汝旋等(1978)首次识别出余田桥组底部的硅质岩,湖南省地质矿产局(1988)沿用。柳祖汉等(1987)将余田桥剖面自下而上重新命名为自发堂组、蒸水河组和杨桥组,分

别对应底部、下一中部、上部地层。Yu et al.(1990)将底部硅质岩单独划分出来,但未命名,其上则称为余田桥组。中国地层典编委会(2000)将底部硅质岩命名为榴江组,下部和中部地层称为龙口冲组,上部地层则为余田桥组。马学平等(2004)则在对余田桥剖面进行系统测量后,将该剖面自下而上划分为榴江组、蒸水河组和老江冲组。

湖南省地质矿产局(1997)认为由余田桥系“演化而来并与之完全相当的余田桥组具有明显的年代地层性质,它包括不同的岩石组合,在区域地质调查中已划分为数个填图单元,因此其解体是不可避免的”,但其“具有独特的岩性特征,是一个明显的岩石地层单位,应予保留”。本文采用湖南省地质矿产局的意见,且考虑到余田桥组为多数地质工作者熟知,应保留使用,但需限定其使用范围,其他名称则根据是否为同物异名停用或限定范围。基于此种考虑,本文将余田桥剖面弗拉阶地层自下而上划分为榴江组和余田桥组(图1)。

榴江组专指剖面底部以硅质岩为主的地层,因其无论岩性、岩相、化石特征,还是年代地层位置,均与广西台盆相榴江组硅质岩相似,且两省台盆相互连接,故引用即可,无需另外命名。余田桥组则指整合于榴江组之上的钙质泥页岩、泥质灰岩、瘤状灰岩、粉砂质泥岩和泥页岩。相对而言,余田桥剖面中下部地层钙质含量较高,而上部地层钙质含量较低,因此,柳祖汉(1987)、谭正修等(1987)、中国地层典编委会(2000)和马学平等(2004)将其分别划分为两个组,但两者呈过渡关系,并无截然界面,且两者内部均含有相似岩性层段,实际应用时容易混淆,故不宜将两者分别命名。

马学平等(2004)对余田桥剖面的生物地层划分有了较详细的综述,榴江组被其归属于 *Falsiovalis*—*Palmatolepis punctata* 牙形石带,但其包括硅质岩与之上约 50 m 厚的粉砂质泥岩地层,由于本文将榴江组限定为硅质岩发育层段,因此,榴江组的牙形石带仅为 *Falsiovalis* 带,余田桥组则属于 *Pa. transitans*—*Pa. linguiformis* 牙形石带。除此之外,榴江组常见竹节石 *Styliolina*、*Homoctenus*, 余田桥组中含有丰富的化石,包括双壳类、腹足类、菊石、竹节石、腕足类、介形虫、角石,局部含珊瑚、海绵、棘皮类和苔藓虫等。

阶	田奇瑛 (1938)	王钰和 (1962)	赵汝旋等 (1978) 湖南省地质矿产局 (1988)	柳祖汉 (1987)	谭正修等 (1987)	Yu et al. (1990)	中国地层典 (2000)	马学平等 (2004)	本文	牙形石带
弗拉阶	余田桥系	余田桥组	余田桥组	杨桥组	余田桥层	余田桥组	余田桥组	老江冲组	余田桥组	<i>P. linguiformis</i>
		龙口冲组		蒸水河组	龙口冲组		蒸水河组	<i>P. rhenana</i>		
		自发堂组		新邵组/定河冲组	未命名组	榴江组	榴江组	<i>P. jamieae</i> <i>P. hassi</i>		
								<i>P. punctata</i> <i>P. transitans</i> <i>Mesotaxis guanwushanensis (=falsiovalis)</i>		

图1 湖南弗拉阶余田桥组沿革  
Fig.1 Evolution of the Frasnian Shetianqiao Formation in Hunan

### 3 余田桥组及其同期地层特征与分布

湖南晚泥盆世弗拉期沉积相受控于几个方面的因素,首先是断裂带的同沉积活动(董兆熊,1987)导致裂谷活动的加剧,形成台—沟古地理系统(Ma and Zong,2010),发育碳酸盐岩台地相棋梓桥组、台内斜坡相巴漆组和台盆相榴江组,其次是古陆的风化作用,形成以陆源碎屑岩为主的滨岸相吴家坊组和黄家磴组,古陆风化与台沟系统的交互,又导致具混积岩性质的龙口冲组、七里江组和余田桥组的产生;最后是华南于中晚泥盆世附近的海退事件,使湖南部分地区缺失弗拉阶底部地层(Ma and Zong,2010)(图2,图3)。由此,结合各组的分布范围,可获得湖南晚泥盆世弗拉期的岩相古地理(图4)。

#### 3.1 滨岸相

黄家磴组由杨敬之和穆恩之(1951)于湖北长阳创名的“黄家磴层”演变而来,敖振宽和杨昌权(1959)引用于湘西北地区,以后广为沿用,其分布范围也限于该地区。岩性为灰绿、黄灰色砂岩、粉砂岩、砂质页岩,以夹鲕状赤铁矿层或含铁砂岩为特征,富含植物和腕足类,偶见珊瑚化石,下伏和上覆地层分别为云台观组石英砂岩和写经寺组页岩。Ma and Zong(2010)从其中弓石燕类的赋存状况,认为黄家磴组和云台观组之间存在缺失。何卫红和卜建军(2001)分析长阳黄家磴组的叶肢介发育特征后,确认其生活于近岸半咸水环境中,由此可判断湘西北黄家磴组的滨岸带沉积成因,结合当时古陆位置,推测鄂西湘西北地区为海湾,与现今渤海湾相似。

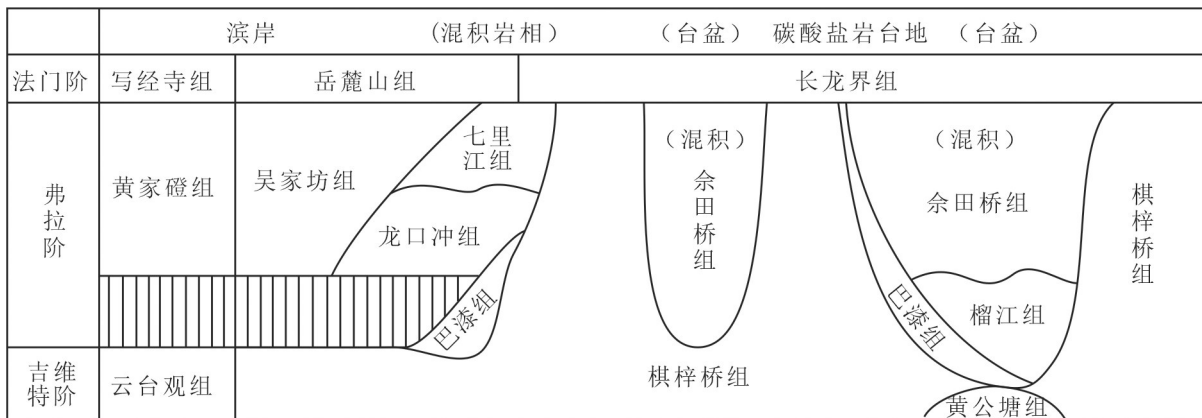


图2 湖南弗拉阶岩石地层组合及沉积相  
Fig.2 The Frasnian lithostratigraphic units and sedimentary facies in Hunan

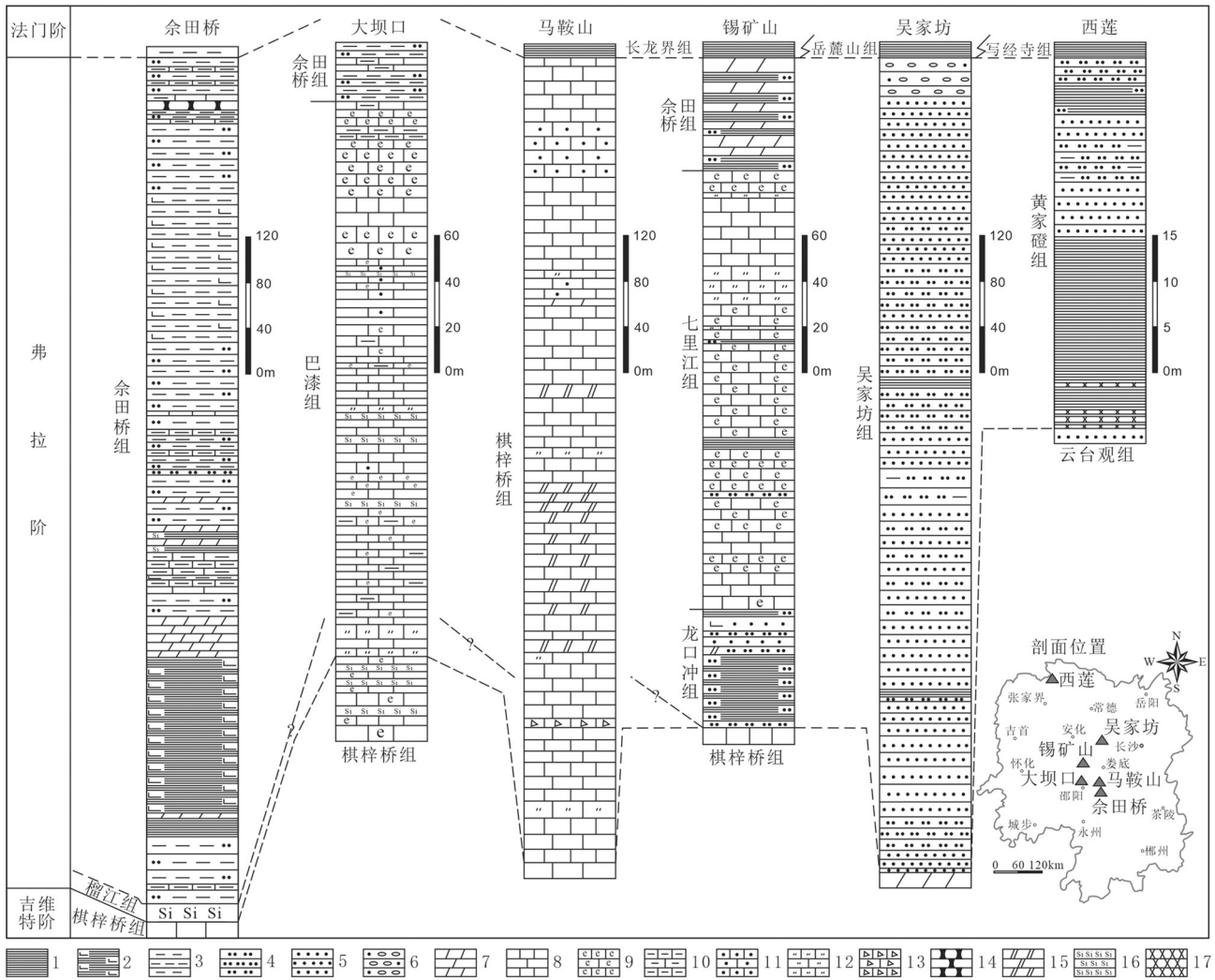


图3 湖南弗拉阶岩石地层柱状对比图

1—页岩;2—钙质页岩;3—泥岩;4—粉砂岩;5—砂岩;6—砂质砾岩;7—泥灰岩;8—灰岩;9—生屑灰岩;10—泥质灰岩;11—砂屑灰岩;12—白云质灰岩;13—角砾灰岩;14—瘤状灰岩;15—白云岩;16—硅质岩;17—鲕状赤铁矿

Fig.3 Correlation of the Frasnian lithostratigraphic units in Hunan

1—Shale; 2—Calcareous shale; 3—Mudstone; 4—Siltstone; 5—Sandstone; 6—Sandy conglomerate; 7—Marl; 8—Limestone; 9—Bioclastic limestone; 10—Argillaceous limestone; 11—Clastic limestone; 12—Dolomitic limestone; 13—Breccia limestone; 14—Nodular limestone; 15—Dolomite; 16—Siliceous rock; 17—Oolitic hematite

吴家坊组由赵汝旋等(1978)创名,以桃江吴家坊剖面为代表,岩性为石英砂岩、粉砂岩,夹含砾砂岩、砂砾岩、砂质页岩,含植物、鱼类、双壳类、腕足类和腹足类化石。谭必祥和王根贤(1983)因桃江吴家坊剖面无弗拉期可靠化石控制,建议取消吴家坊组组名,另建立云麓宫组,但云麓宫组除下部夹钙质砂岩、钙质页岩及泥灰岩外,其余特征与吴家坊组相似(柳祖汉,1987),故无需另立新组名(湖南省地质矿产局,1997)。吴家坊组不包括弗拉早期地层(Ma and Zong, 2010),且与黄家磴组同属滨岸

沉积(谭必祥和王根贤,1983),主要分布于古陆周缘,但因其面向广海,与后者有所差异。另外,武陵古陆周缘,怀化—通道一带,目前尚无相关资料报道,是否存在滨岸碎屑岩沉积仍然存疑。

### 3.2 碳酸盐岩台地—台内盆地相

棋梓桥组由田奇瓊(1933;谭正修等,1987)创名的棋梓桥灰岩演变而来,创名地点为湘乡棋梓桥镇万罗山,时代归属于中泥盆世。后与下伏易家湾页岩一起被建立棋梓桥系(田奇瓊,1938),仍为中泥盆统。潘江(1958)、王钰和俞昌民(1962)、赵汝



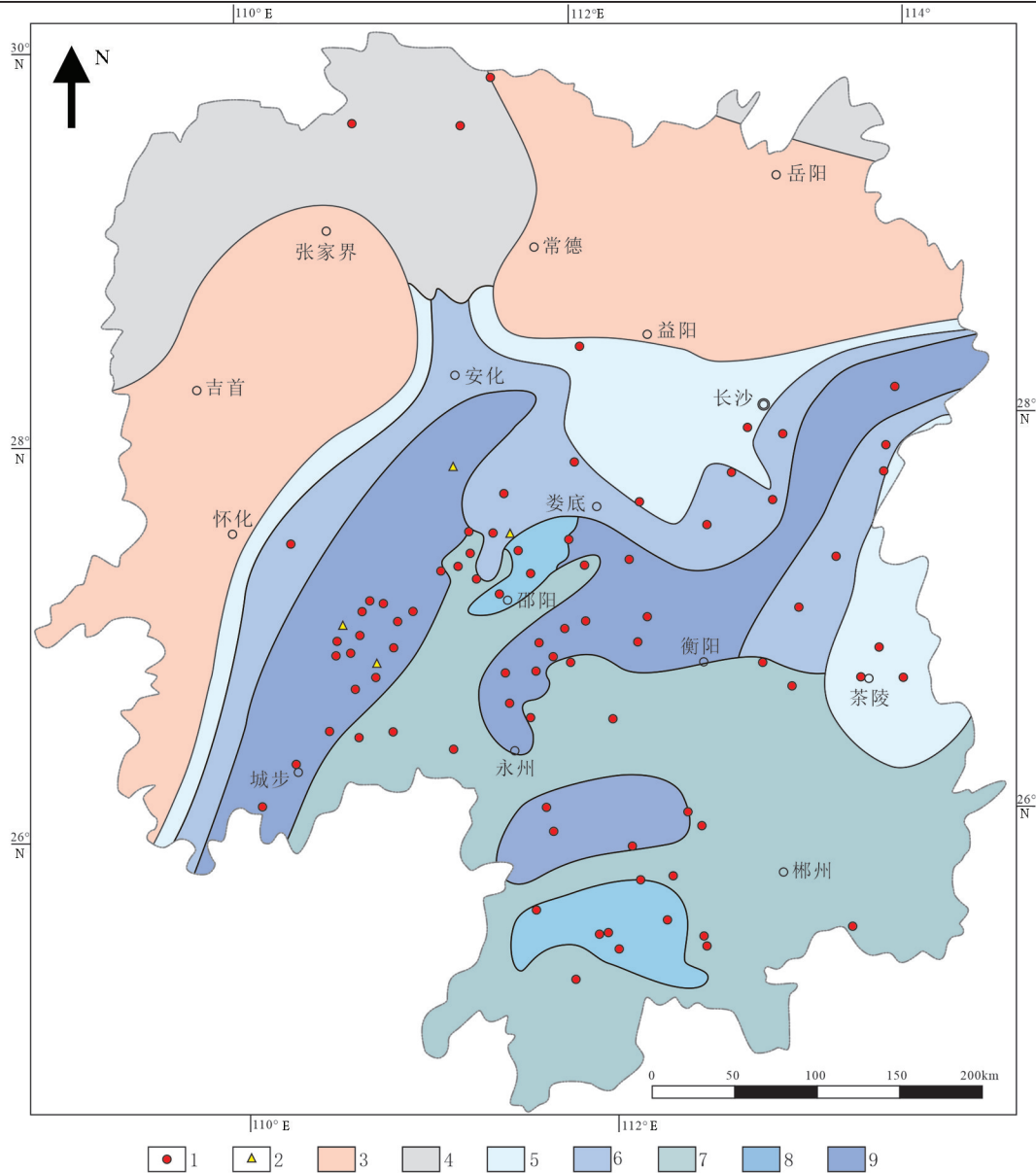


图4 湖南弗拉期岩相古地理(古陆位置据 Ma and Zong, 2010 修改)

1—参考剖面;2—页岩气调查井;3—古陆;4—海湾碎屑岩带;5—滨岸碎屑岩带;6—混积浅海碎屑—碳酸盐岩带;7—碳酸盐台地相带;8—台内斜坡带;9—混积台内斜坡—盆地相带

Fig. 4 Frasnian lithofacies paleogeography of the Hunan Province (Location of the old lands modified from Ma and Zong, 2010)

1—Reference sections; 2—Shale-gas wells; 3—Old lands; 4—A bay with clastic deposits; 5—The littoral zones with clastic deposits; 6—The shallow sea belts with mixed clastic - carbonate deposits; 7—Carbonate platform; 8—Slope zones in the carbonate platform; 9—Slope-basin zones in the carbonate platform with mixed clastic - carbonate deposits

旋等(1978)认为两者属同期异相,总称为棋梓桥组。谭正修等(1987)按多重地层划分原则,恢复棋梓桥组的棋梓桥灰岩定义,并认为其具有明显的穿时性,顶界可达弗拉末期,本文遵循这一定义,用其命名弗拉期碳酸盐岩台地相的厚至巨厚层灰岩夹白云质灰岩和少量白云岩沉积。值得注意的是,姜

水根(1983)以珊瑚 *Grypophyllum mackenziense* 带为界,将上泥盆统的灰岩部分命名为马鞍山组,湖南省地质矿产局(1988)遵循了这一观点,但中、上泥盆统灰岩岩性差别不大,其中的化石差异野外不宜分辨,因此,不宜将两者强制划分。另外,湘中地区的部分弗拉阶台盆相地层下伏岩层为泥灰岩、钙质

页岩,应命名为易家湾组,本文未做进一步划分,仍统称为棋梓桥组。

巴漆组由白顺良等(1982)于1979年创名于广西象州大乐镇巴漆村,用以命名中、上泥盆统界线处一套深灰色薄层状灰岩夹硅质岩、燧石条带岩

层。湖南省地质矿产局(1997)因湖南的中泥盆晚期和晚泥盆早期同样发育相似的一套地层,而引入该名称,并修正其岩性为以薄、中层灰岩为主,夹少量页岩、硅质岩团块和条带,产牙形石、竹节石和腕足类等,确认其具有明显的穿时性,最高顶界与弗

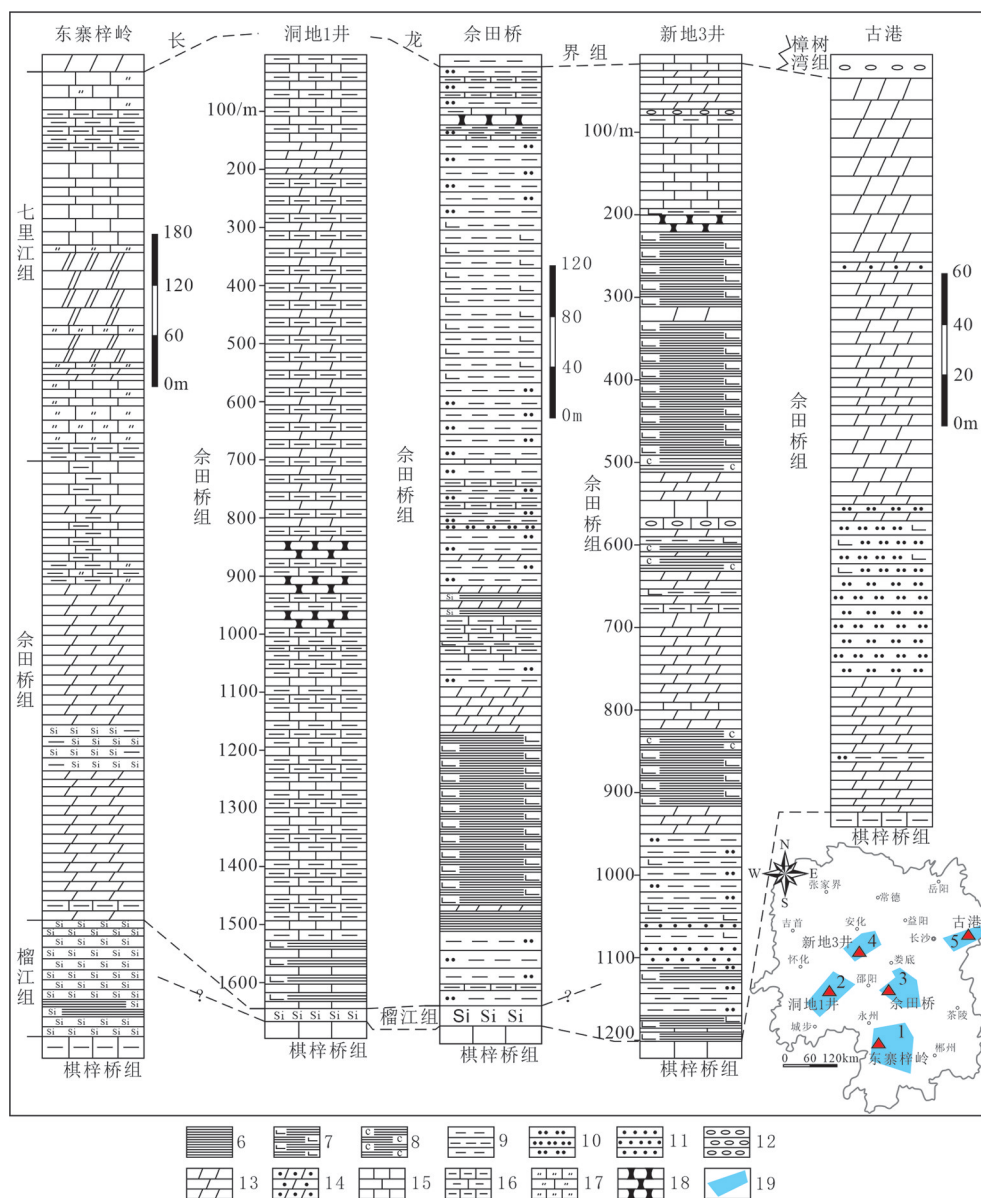


图5 不同区域的余田桥组岩石组合对比

1—东寨梓岭剖面,永州地区;2—洞地1井,洞口地区;3—余田桥剖面,邵东地区;4—新地3井、涟源—新化地区;5—古港剖面,浏阳地区;6—页岩;7—钙质页岩;8—炭质页岩;9—泥岩;10—粉砂岩;11—砂岩;12—砾岩;13—灰岩;14—砂屑泥灰岩;15—灰岩;16—泥质灰岩;17—白云质灰岩;18—瘤状灰岩;19—页岩气可勘探区域

Fig. 5 Lithological correlation of the Shetianqiao Formation in different areas

1—Dongzaiziling section, Yongzhou area; 2—Well DZ1, Dongkou area; 3—Shetianqiao section, Shaodong area; 4—Well XD1, Lianyuan—Xinhua area; 5—Gugang section, Liuyang area; 6—Shale; 7—Calcareous shale; 8—Carbonaceous shale; 9—Mudstone; 10—Siltstone; 11—Sandstone; 12—Conglomerate; 13—Marl; 14—Sandy conglomerate; 15—Limestone; 16—Argillaceous limestone; 17—Dolomitic limestone; 18—Nodular limestone; 19—Potential exploration area of shale gas

拉阶顶界一致。谭正修等(1987)曾创名新邵组来指代同一地层,但考虑到巴漆组命名较早,且使用较广,故本文引用后者。巴漆组反映台内斜坡带沉积特征,分布区域主要位于新邵—娄底和嘉禾—道县一带。需要说明的是,受古地理分布的影响,巴漆组下伏地层可为棋梓桥组灰岩或黄公塘组白云岩,上覆地层可为龙口冲组、余田桥组、榴江组或长龙界组泥页岩等。

榴江组由冯景兰(1929)于广西鹿寨县寨沙镇创名的“榴江系”演变而来,赵金科和张文佑(1958)由系改称组,岩性以硅质页岩、硅质灰岩与扁豆状灰岩为主(阮亦萍等,1985)。阮亦萍等(1985)通过对寨沙剖面的再研究将榴江组岩性限定为以产浮游生物群为特征的硅质岩和硅泥质岩,时代为晚泥盆世弗拉期,属浅海盆地相沉积。之后,榴江组的使用基本遵循这种定义,湖南省地质矿产局(1997)引入湖南,岩性表现为硅质岩、页岩为主,夹薄层灰岩、泥质灰岩,常与余田桥组毗邻,主要分布于城步—武冈、洞口、隆回,邵阳、新邵、邵东—衡山,永州—常宁,嘉禾—道县等地区。谭正修等(1987)曾以定河冲组来命名湖南境内的这套硅质岩,景元家(1990)通过牙形石带确认其穿时性,时代为中泥盆世吉维特晚期—晚泥盆世弗拉早期。

### 3.3 混积岩相

龙口冲组由田奇瑰等(1933)创名的龙口冲层演变而来(田奇瑰,1938),常见龙口冲段(王钰和俞昌民,1962;王根贤等,1986a,b)或龙口冲组(谭正修等,1987;柳祖汉,1987;Ma and Zong, 2010)等。岩性主要为以砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩为主,夹或多或少的泥质灰岩、灰岩,产腕足类、双壳类和珊瑚(湖南省地质矿产局,1997)。与吴家坊组相比,龙口冲组以夹灰岩为特征,发育于滨岸相和碳酸盐岩台地交界的位置,随着陆源碎屑的输入程度而产生岩性变化,区域上主要见于安化—娄底—长沙一带,武陵古陆东侧,怀化一带,可能存在相似沉积,但因缺少剖面证据而存疑。

七里江组由王曰伦和张兆瑾于1934年所创的七里江石英砂岩沿革而来(湖南省地质矿产局,1997)。王植和杨庆如(1947)确认石英砂岩为灰岩的硅化产物(王根贤等,1986a,b);王根贤等(1986)明确为七里江灰岩段,归属余田桥组;柳祖汉

(1986)曾以湘乡棋梓桥龙口冲剖面为代表,将相似岩层命名为余田组,但使用者较少;湖南省地质矿产局(1997)称其为七里江灰岩,但通常以七里江组命名。七里江组主要为厚、巨厚层灰岩,或多或少夹页岩、粉砂岩等碎屑岩,局部层段泥质含量较高,可形成泥质灰岩或泥灰岩。本组常与龙口冲组相伴生,叠置于后者之上,属陆源碎屑减少或未供给阶段的产物。

余田桥组前已详述,其形成于台盆—斜坡环境,但与榴江组相比,沉积时水深相对较浅,利于硅质岩发育的热液沉积及生物化学活动环境(陈洪德和曾允孚,1989)已消失,碳酸钙、陆源碎屑沉积活动加强,两者常各自呈阶段性主导,但并未排除对方,形成较为纯粹的碳酸盐岩或陆源碎屑岩;与巴漆组相比,后者以中、薄层碳酸盐岩为主体。余田桥组多与榴江组相伴生,仅在隆回—新化和浏阳—衡阳地区直接叠置于棋梓桥组之上。

## 4 余田桥组区域对比及页岩气有利区域

页岩气和富有机质泥页岩密切相关(张金川等,2003;田巍等,2019;杨平等,2019;蒲泊伶等,2020;陈林等,2021),上述湖南晚泥盆世弗拉期岩石地层特征显示,富有机质泥页岩主要见于余田桥组中,其他同期地层缺乏页岩气勘查潜力。因此,湖南晚泥盆世弗拉期页岩气可勘查区域仅局限于余田桥组分布区,即混积台内斜坡—盆地相带。结合区域出露情况,湖南泥盆系余田桥组可勘查区域主要包括涟源—新化、洞口、永州、邵东和浏阳五个地区。图5显示这五个地区的岩石组合差异。新化和邵东地区受陆缘碎屑输入影响较大,泥质含量较高,可见有大套的钙质泥岩、碳质泥岩和粉砂质泥岩,属混积程度较高的台盆—斜坡环境,页岩气勘查潜力较高。洞口和永州地区的余田桥组较为相似,均以钙质沉积为主,形成泥灰岩和泥质灰岩,沉积于受陆缘碎屑输入影响较弱的台内盆地,勘查潜力则相对较低。浏阳地区主要发育粉砂岩和泥灰岩,可能形成于潮坪—潟湖环境,与其他地区的台盆环境不同,再则该地区埋深交浅,一般小于1000 m,页岩气资源潜力最低,如后续调查涉及该区域,需特别谨慎。



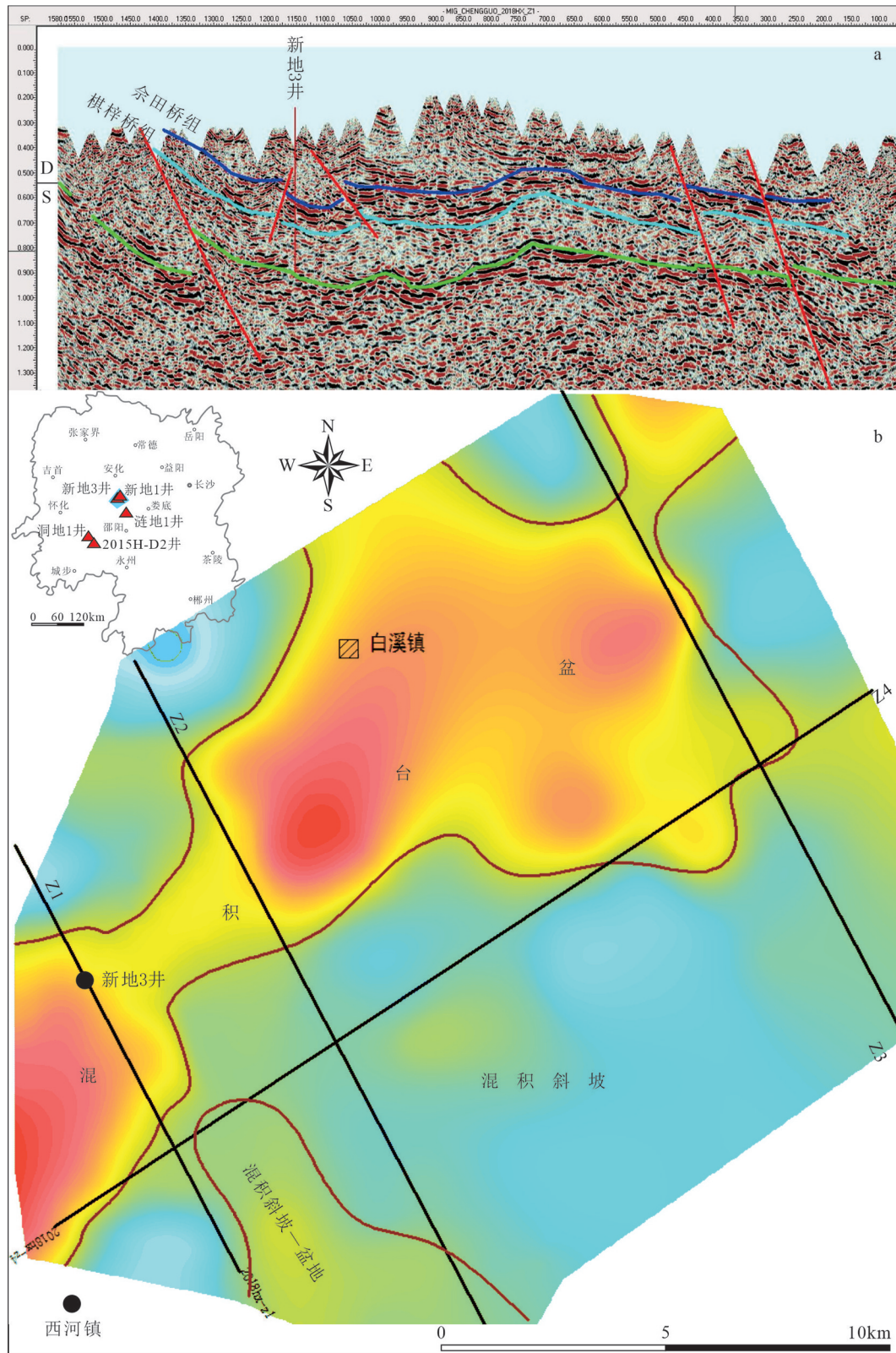


图6 二维地震反映的新化地区余田桥组沉积期台盆范围

a—Z1测线地震地质解释剖面图;b—地震解释古地理图

Fig.6 Platform basin reflected by seismic data for the Shetianqiao Formation in Xinhua

a—Seismic geological interpretation of Z1 line;b—Paleogeographic map of seismic interpretation



陆源碎屑的输入可以为海水带来丰富的营养物质,促使菌藻类等微生物的繁盛,为泥页岩中的有机质富集提供丰厚的基础。新化地区余田桥组泥页岩有机碳含量在1.28~2.68,均值为1.69(田巍等,2019),李国亮等(2014)所测邵东地区为0.14~1.98,均值为0.74,洞口地区为0.11~1.46,均值为0.56,永州地区为0.24~0.32,均值0.28,这种规律吻合于区域范围内余田桥组的岩石分布特征,也为上述页岩气有利勘查区域的推断提供另一重佐证。另外,已有的页岩气调查工作也已初步证实上述推论。2015—2017年,中国地质调查局武汉地质调查中心分别在涟源—新化和洞口地区实施页岩气调查井5口,其中,涟源—新化地区3口,分别为新化县孟公镇的新地1、3井和新邵县坪上镇的涟地1井,洞口地区2口,为洞口县洞口镇的洞地1井和武冈市荆竹铺镇的2015H-D2井(图6)。新地1、3井气显良好,现场解析气总含量分布在1.81~3.49 m<sup>3</sup>/t,平均值为2.5 m<sup>3</sup>/t,其余3井均见气测异常,但无气显。

然而,同一勘查区块新地1、3井和涟地1井显示的不同勘探成果,说明余田桥组页岩气勘查即使在小范围区域内仍需注意岩相变化快速的特点。新地1、3井附近,西河镇余田桥组露头主要显示薄层状泥晶灰岩和泥灰岩,更接近于巴漆组的岩石组合特征,而与新地1、3井有所差异,前者形成于混积斜坡,后者则沉积于混积台盆。基于前文分析和实际勘查成果,混积台盆相为勘查甜点区,混积斜坡相则勘查潜力较弱。从而,找准台盆范围是后续勘探开展的重要前提。笔者以二维地震勘探为手段,结合露头和钻探情况,识别出新化地区余田桥组台盆相和斜坡相的反射特征,并由此圈定出台盆范围(图6),可以为新化地区的后续余田桥组页岩气勘查提供有力支撑。

## 5 结 论

(1)湖南晚泥盆世弗拉期发育滨岸碎屑岩相黄家磴组和吴家坊组、碳酸盐岩台地相棋梓桥组、台内斜坡相巴漆组、台盆相榴江组,和混积浅海碎屑岩相龙口冲组、混积碳酸盐岩台地相七里江组、混积台盆—斜坡相余田桥组。

(2)黄家磴组主要分布于湘西北地区,吴家坊组主要见于幕阜古陆周缘及湘东炎陵一带,棋梓桥

组在湘中和湘南较为常见,巴漆组主要分布于新邵—娄底和嘉禾—道县一带,榴江组则见于城步—隆回,新邵—衡山,永州—常宁和嘉禾—道县等地区,龙口冲组和七里江组分布范围基本吻合,主要见于安化—娄底—长沙一带,武陵古陆东侧,余田桥组的分布区域与榴江组相似,但在隆回—新化和浏阳地区与棋梓桥组相伴生。

(3)余田桥组泥页岩是湖南泥盆纪页岩气调查的重要目的层,受陆缘碎屑输入影响较高的新化—涟源和邵东地区是最有利的勘查区域,其他地区的余田桥组因主要形成泥灰岩和泥质灰岩而勘查潜力较差。然而,需要强调的是,即使在最有利的勘查区域,找准台盆相分布范围对于实现页岩气勘查突破十分关键。

**致谢:** 本文得到陈孝红研究员和包书景教授级高级工程师提出的建设性意见,在此表示感谢。

## References

- Ao Zhenkuan, Yang Changquan. 1959. The Devonian stratigraphy of the Tzeli—Shihmen area, north-western Hunan[J]. *Acta Geologica Sinica*, 39(1): 94–102(in Chinese with English abstract).
- Bai Shunliang, Jin Shanyu, Ning Zingshan. 1982. Devonian Biostratigraphy of Guangxi and Adjacent Area[J]. Beijing: Peking University Press, 1–203(in Chinese).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Hunan. 1988. Regional Geology of Hunan Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–719 (in Chinese with English summary).
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Hunan. 1997. Lithostratigraphy of Hunan Province[M]. Wuhan: China University of Geoscience Press, 123–159(in Chinese).
- Chen Hongde, Zeng Yunfu. 1989. Depositional characteristics and genesis of Upper Devonian silicilites in Danchi Basin, Guangxi[J]. *Minerals and Rocks*, 9(4): 22–29(in Chinese with English abstract).
- Chen Lin, Zhang Baomin, Chen Xiaohong, Jiang Shu, Zhang Guotao, Li Hai, Chen Ping, Lin Weibing. 2021. Lithofacies and origin evolution of mudstone of Shetianqiao Formation in Shaoyang Sag of Xiangzhong Depression[J]. *Earth Science*, 46(4): 1282–1294 (in Chinese with English abstract).
- Dong Zhaoxiong. 1987. Devonian reefs and their control factors in South China[J]. *Journal of Southwestern Petroleum Institute*, 9(4): 1–14(in Chinese with English abstract).
- Editorial Committee of Stratigraphical Lexicon of China. 2000. Stratigraphical Lexicon of China: The Devonian[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–118(in Chinese).
- He Weihong, Bu Jianjun. 2001. A preliminary discussion on the

- ecological environments of conchostracans in Huangjiadeng Formation in Yangtze Gorges[J]. *Jiangsu Geology*, 25(2): 92–95(in Chinese with English abstract).
- Jiang Shuigen. 1983. A discussion of the Devonian tetracoral fossil assemblage zones and the determination of the boundary between the Middle and Upper Devonian[J]. *Regional Geology of China*, 5: 82–96(in Chinese with English abstract).
- Jing Yuanjia. 1990. Diachronous discussion of the Dinghechong Formation[J]. *Journal of Stratigraphy*, 14(2): 131–135(in Chinese with English abstract).
- Li Guoliang, Wang Xianhui, Bai Daoyuan, Luo Peng. 2014. Upper Devonian Shetianqiao Formation shale gas exploration prospect in central and southeastern Hunan Province[J]. *Coal Geology of China*, 26(10): 33–37, 72(in Chinese with English abstract).
- Liu Zuhan. 1987. On the lithostratigraphic units of the Sheqianqiao Stage in Central Hunan[J]. *Geological Review*, 33(5): 462–467(in Chinese with English abstract).
- Luo Xiaoping, Liu Jun, Xu Guosheng, Ma Ruolong, Xian Zhiyao, Xu Meng. 2012. Geochemical characteristics and isothermal adsorption properties of the Devonian–Carboniferous marine mud shale in the Xiangzhong depression, Hunan, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 39(2): 206–214(in Chinese with English abstract).
- Ma Xueping, Sun Yuanlin, Bai Zhiqiang, Wang Shangqi. 2004. New advances in the study of the Upper Devonian Frasnian strata of the Shetianqiao section, Central Hunan[J]. *Journal of Stratigraphy*, 28(4): 369–375(in Chinese with English abstract).
- Ma X, Zong P. 2010. Middle and Late Devonian brachiopod assemblages, sea level change and paleogeography of Hunan, China[J]. *Science China Earth Sciences*, 53(2): 1849–1863.
- Pan Jiang. 1958. On the age of TiaomaChien Series of Hunan[J]. *Acta Geologica Sinica*. 38(1): 135–144(in Chinese with English summary).
- Pu Boling, Dong Dazhong, Wang Fengqin, Wang Yuman, Huang Jinliang. 2020. The effect of sedimentary facies on Longmaxi shale gas in southern Sichuan Basin[J]. *Geology in China*, 47(1): 111–120.
- Ruan Yiping, Wang Shangqi, Mu Daocheng, Wu Yi, He Jinhan, Liang Jiande. 1985. New observation of the Upper Devonian section in Zhaisha, Luzhai, Guangxi[J]. *Journal of Stratigraphy*, 9(4): 262–269(in Chinese).
- Stratigraphy Committee of China. 2002. *The Manual of Regional Chronological Stratigraphy Table in China*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–72 (in Chinese).
- Tan Bixiang, Wang Genxian. 1983. On the geologic age of the “Yuelu Sandstone” [J]. *Geological Review*, 29(6): 553–562(in Chinese with English abstract).
- Tan Zhengxiu, Dong Zhenchang, Tang Xiaoshan. 1987. Discussion of the Qiziqiao Limestone[J]. *Journal of Stratigraphy*, 11(2): 77–90(in Chinese with English abstract).
- Tian Qisui. 1929. Study of the Upper Paleozoic strata in central Hunan[J]. *Journal of Geology Institute, Academia Sinica*, 7: 69–92 (in Chinese).
- Tian Qisui. 1938. Devonian strata in China[J]. *Geological Review*, 3(4): 355–409(in Chinese).
- Tian Wei, Wang Chuanshang, Bai Yunshan, Li Peijun. 2019. Shale geochemical characteristics and enrichment mechanism of organic matter of the Upper Devonian Shetianqiao Formation shale in Lianyuan Sag, Central Hunan[J]. *Earth Science*, 44(11): 3794–3811 (in Chinese with English abstract).
- Wang Dawei, Luo Xiaoping, Wu Changrong, Xu Guosheng. 2014. Geochemical characteristics of Devonian–Permian shale in Xiangdongnan depression, Hunan, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 41(1): 78–86 (in Chinese with English abstract).
- Wang Genxian, Jing Yuanjia, Zhuang Jinliang, Zhang Caifen, Hu Wenqing. 1986a. Stratigraphical system of Devonian–Lower Carboniferous Epoch of Xikuangshan area in the central region of Hunan[J]. *Hunan Geology*, 5(3): 48–65 (in Chinese with English abstract).
- Wang Genxian, Jing Yuanjia, Zhuang Jinliang, Zhang Caifen, Hu Wenqing. 1986b. Stratigraphical system of Devonian–Lower Carboniferous Epoch of Xikuangshan area in the central region of Hunan[J]. *Hunan Geology*, 5(4): 36–50, 81–82 (in Chinese with English abstract).
- Wang Mingyan, Guo Jianhua, Kuang Lixiong, Zhu Rui. 2010. Geochemical characteristics and evolution of the hydrocarbon source rocks from Lianyuan Depression in the middle of Hunan Province[J]. *Natural Gas Geoscience*, 21(5): 721–726 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yu, Yu Changmin. 1962. *Devonian Strata in China*[M]. Beijing: Science Press, 1–140(in Chinese).
- Xu Fanghao, Qian Jin, Yuan Haifeng, Xu Guosheng, Liang Jiaju. 2015. Sedimentary mode and reservoir properties of mud shale series of strata in Xiangzhong–Xiangdongnan depression, Hunan, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 42(1): 79–89 (in Chinese with English abstract).
- Yang Jingzhi, Mu Enzhi. 1953. Devonian strata in West Hubei[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 1(2): 58–66(in Chinese).
- Yang Ping, Wang Zhengjiang, Yu Qian, Liu Wei, Liu Jiahong, Xiong Guoqing, He Jianglin, Yang Fei. 2019. An resources potential analysis of Wufeng–Longmaxi Formation shale gas in the southwestern margin of Sichuan Basin[J]. *Geology in China*, 46(3): 601–614.
- Yu C, Xu H, Peng J, Xiao S, Liu Z. 1990. Devonian stratigraphy, palaeogeography and mineral resources in Hunan[J]. *Palaeontologia Cathayana*, 5: 85–138.
- Zhang Jinchuan, Jin Zhijun, Yuan Mingsheng. 2004. Reservoiring

- mechanism of shale gas and its distribution[J]. *Natural Gas Industry*, 24(7): 15-18(in Chinese with English abstract).
- Zhao Ruxuan, Zhang Caifan, Xia Zhifen, Zuo Zibi, Liu Zuhan. 1978. Devonian strata in Hunan[C]//*Proceedings of Devonian Workshop in South China*. Beijing: Geological Publishing House, 68-69 (in Chinese).
- ### 附中文参考文献
- 敖振宽, 杨昌权. 1959. 湖南慈利石门间泥盆纪地层[J]. *地质学报*, 39(1):94-102.
- 白顺良, 金善燊, 宁宗善. 1982. 广西及邻区泥盆纪生物地层[M]. 北京: 北京大学出版社, 1-203.
- 陈洪德, 曾允孚. 1989. 广西丹池盆地上泥盆统榴江组硅质岩沉积特征及成因讨论[J]. *矿物岩石*, 9(4): 22-29.
- 陈林, 张保民, 陈孝红, 蒋恕, 张国涛, 李海, 陈平, 林卫兵. 2021. 湘中拗陷邵阳凹陷余田桥组泥岩岩相及其成因演化[J]. *地球科学*, 46(4):1282-1294.
- 董兆熊. 1987. 华南泥盆纪生物礁及其控制因素初探[J]. *西南石油学院学报*, 9(4): 1-14.
- 何卫红, 卜建军. 2001. 长江三峡地区黄家磴组叶肢介生态环境浅探[J]. *江苏地质*, 25(2): 92-95.
- 湖南地质矿产局. 1988. 湖南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1-719.
- 湖南省地质矿产局. 1997. 湖南省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 123-159.
- 姜水根. 1983. 湖南泥盆纪四射珊瑚化石组合带及中、上泥盆统界线划分[J]. *中国区域地质*, 5: 82-96.
- 景元家. 1990. 论定河冲组的穿时[J]. *地层学杂志*, 14(2): 131-135.
- 柳祖汉. 1987. 论湘中余田桥阶的岩石地层单位. *地质论评*, 33(5): 462-467.
- 李国亮, 王先辉, 柏道远, 罗鹏. 2014. 湘中及湘东南地区上泥盆统余田桥组页岩气勘探前景[J]. *中国煤炭地质*, 26(10): 33-37, 72.
- 罗小平, 刘军, 徐国盛, 马若龙, 鲜志尧, 徐猛. 2012. 湘中拗陷泥盆-石炭系海相泥页岩地球化学特征及等温吸附性能[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 39(2): 206-214.
- 马学平, 孙元林, 白志强, 王尚启. 2004. 湘中余田桥剖面上泥盆统弗拉斯阶地层研究新进展[J]. *地层学杂志*, 28(4):369-375.
- 潘江. 1968. 论跳马涧系的地质时代[J]. *地质学报*, 38(1):135-144.
- 蒲泊伶, 董大忠, 王凤琴, 王玉满, 黄金亮. 2020. 沉积相带对川南龙马溪组页岩气富集的影响[J]. *中国地质*, 47(1): 111-120.
- 全国地层委员会. 2002. 中国区域年代地层(地质年代)表说明书[M]. 北京: 地质出版社, 1-72.
- 阮亦萍, 王尚启, 穆道成, 吴诒, 何锦汉, 梁建德. 1985. 广西鹿寨寨沙上泥盆统剖面的新观察[J]. *地层学杂志*, 9(4): 262-269.
- 谭必祥, 王根贤. 1983. 论“岳麓砂岩”的时代归属[J]. *地质论评*, 29(6):553-562.
- 谭正修, 董振常, 唐晓珊. 1987. 论棋梓桥灰岩[J]. *地层学杂志*, 11(2): 77-90.
- 田奇瑰. 1929. 湖南中部上古生代地层之研究. 中央研究院地质研究所所刊, 7: 69-92.
- 田奇瑰. 1938. 中国之泥盆纪[J]. *地质论评*, 3(4):355-409.
- 田巍, 王传尚, 白云山, 李培军. 2019. 湘中涟源凹陷上泥盆统余田桥组页岩地球化学特征及有机质富集机理[J]. *地球科学*, 44(11): 3794-3811doi:10.3799/dpkx.2019.156.
- 王大伟, 罗小平, 吴昌荣, 徐国盛. 2014. 湘东南拗陷二叠系-泥盆系泥页岩分布及地球化学特征[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 41(1): 78-86.
- 王根贤, 景元家, 庄锦良, 张采繁, 胡文清. 1986a. 湘中锡矿山地区泥盆纪-早石炭世地层系统[J]. *湖南地质*, 5(3): 48-65.
- 王根贤, 景元家, 庄锦良, 张采繁, 胡文清. 1986b. 湘中锡矿山地区泥盆纪-早石炭世地层系统(续)[J]. *湖南地质*, 5(4): 36-50, 81-82.
- 王明艳, 郭建华, 旷理雄, 朱锐. 2010. 湘中拗陷涟源凹陷烃源岩油气地球化学特征[J]. *天然气地球化学*, 21(5): 721-726.
- 王钰, 俞昌民. 1962. 中国的泥盆系[M]. 北京: 科学出版社, 1-140.
- 徐昉昊, 钱劲, 袁海峰, 徐国盛, 梁家驹. 2015. 湘中-湘东南拗陷泥页岩层系沉积模式及储层特征[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 42(1): 79-89.
- 杨敬之, 穆恩之. 1953. 鄂西泥盆纪地层[J]. *古生物学报*, 1(2): 58-66.
- 杨平, 汪正江, 余谦, 刘伟, 刘家洪, 熊国庆, 何江林, 杨菲. 2019. 四川盆地西南缘五峰-龙马溪组页岩气资源潜力分析[J]. *中国地质*, 46(3): 601-614.
- 张金川, 金之均, 袁明生. 2003. 页岩气成藏机理和分布[J]. *天然气工业*, 24(7):15-18.
- 赵汝旋, 张采繁, 夏志芬, 左自璧, 柳祖汉. 1978. 湖南的泥盆系[C]//*华南泥盆系会议论文集*. 北京: 地质出版社, 68-69.
- 中国地层典编委会. 2000. 中国地层典:泥盆系[M]. 北京: 地质出版社, 1-118.