

华南上扬子区中奥陶世(达瑞威尔期)十字铺组与牯牛潭组的划分与时空分布

樊茹^{1,2,3,4)}, 邓胜徽^{1,2,3)}, 张学磊¹⁾, 张师本¹⁾, 卢远征^{1,2,3)}, 李鑫^{1,2,3)}

1) 中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083; 2) 提高采收率国家重点实验室, 北京, 100083;

3) 中国石油天然气集团公司油气储层重点实验室, 北京, 100083;

4) 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京, 210008

内容提要:笔者等在充分调研的基础上,通过开展大量的野外勘察以及牙形石生物地层研究,结合露头 and 钻井资料对上扬子区中奥陶世牯牛潭组与十字铺组的定义与时空分布特征进行了系统的梳理与总结。结果表明:十字铺组为中奥陶世达瑞威尔期晚期(Dw3)的一套以页岩为主的地层,呈条带状近东西向分布于黔北、川东南及滇东北等地区。牯牛潭组是达瑞威尔期(Dw1—Dw3)的一套灰岩相沉积,与下伏和上覆地层的接触关系类型存在四种情况。在其中三种情况下,该组可能与上覆地层之间存在地层缺失。该组底、顶界穿时明显:底界主要介于Dw1晚期至Dw2早期之间,对应牙形石 *Lenodus antivariabilis* 带至 *Lenodus variabilis* 带;顶界最晚可达Dw3晚期,对应牙形石 *Pygodus anserinus* 带,最早仅到Dw1晚期(*L. antivariabilis* 带)。在研究区该组主要分布于川东、重庆大部、黔北、黔东南、鄂西及湘西北地区。在部分地区,牯牛潭组上部可与十字铺组对比。

关键词:十字铺组;牯牛潭组;牙形石;达瑞威尔期;上扬子区

十字铺组系在黔北建立的岩石地层单位。有关该组的命名及沿革历史在很多文献中都有详细介绍(如贵州省地质矿产局,1987;Chen Xu et al., 1995;汪啸风等,1996;董卫平等,1997;Zhan Renbin and Jin Jisuo, 2007;梁艳和詹仁斌,2012),此处不再赘述,仅附以简表(表1)。该组的内涵经历多次变更,致使不同的学者对此有不同的认识。这也使得在实际应用中十字铺组的概念较为混乱,岩性从以页岩为主到以灰岩为主,变化非常大。为此,笔者等对该组的定义进行了梳理。牯牛潭组系在湖北宜昌命名的岩石单位。黔北地区十字铺组底部的灰岩曾被划分为该组(中国科学院南京地质古生物研究所,1974)。在此基础上,有学者曾指出在黔东北地区十字铺组完全相变为牯牛潭组和宝塔组(贵州省地质矿产局,1987)。据目前的资料,这种将十字铺组与宝塔组对比的观点有待商榷,但本文认为在某些地区牯牛潭组与宝塔组直接接触的观点是正确的。由于牯牛潭组的下伏和上覆地层在不同地区差别较

大,本文对该组进行了分类讨论。同时,牯牛潭组曾被认为在层位上低于十字铺组,即下伏于后者,十字铺组则被视为与庙坡组(牯牛潭组典型的上覆地层)时代相当(如穆恩之等,1974;汪啸风等,1996)。但是,随着研究的不断深入,特别是近几年笔石和牙形石生物地层以及碳同位素地层学的研究表明,十字铺组的层位要低于庙坡组,至多顶部相当于庙坡组底部(Chen Xu et al., 2011),并且其与上覆宝塔组之间缺失多个牙形石带(Munnecke et al., 2011;樊茹等,2013)。这间接地动摇了以往建立的十字铺组与牯牛潭组之间的对比关系。鉴于此,本文对二者的时代与分布范围进行了分析与讨论。

1 十字铺组

1.1 定义

十字铺组的正层型剖面是贵州遵义十字铺村的董公寺剖面。该组目前主要有两种定义。一种是由张文堂等(1964)厘定的,可以理解为是广义的十字

注:本文为中国石油天然气股份有限公司重大科技项目“油气勘探新领域、新理论、新方法、新技术研究”之06课题和中国科学院南京地质古生物研究所博士后工作站项目的成果。

收稿日期:2014-03-10;改回日期:2015-03-31。责任编辑:黄敏。Doi: 10.16509/j.georeview.2015.04.003

作者简介:樊茹,女,博士。主要从事综合地层学的研究,特别是寒武、奥陶系碳同位素化学地层学和牙形石生物地层学的研究。通讯地址:北京市海淀区学院路20号。Email: rufan@petrochina.com.cn。

表 1 华南上扬子区十字铺组的命名与沿革史

Table 1 Nomenclature and evolvement of the Shihtzupu(Shizipu) Formation in the Upper Yangtze region, South China

乐森珂 (1928)		张文堂 (1962)	张文堂等 (1964)	中国科学院南京 地质古生物研究所 (1974)	贵州省地质矿产局 (1987)		董卫平等 (1997)	汪啸风等 (1996)
贵州遵义十字铺村董公寺剖面				黔北	贵州遵义十字铺村董公寺剖面			川黔滇地区
断层		马蹄石灰岩	宝塔组	宝塔组	宝塔组	灰/灰红色厚层块状生物碎屑灰岩	宝塔组	宝塔组
十 字 铺 页 岩	浅黄色坚硬的 砂质页岩 6.5m	十 字 铺 组	十 字 铺 组	十 字 铺 组	十 字 铺 组	11层:黄砖红色薄层页岩,含白色 粘土质断续条带 2.8m	十 字 铺 组	十 字 铺 组
	褐黄色软质页岩 2.5m					9-10层:黄/黄绿色薄层微含粉砂 质钙质页岩,偶含泥质结 核9m		
	钢青色鲕状灰岩 1.5m					6-8层:灰/灰绿色薄层含粉砂质钙 质泥岩或页岩,含少量泥质 结核11.7m		
	浅褐色软质页岩夹 浅灰色薄层页岩 2m					4-5层:黄灰色薄层泥灰岩 4.6m		
断层		扬子贝组	湄潭组	湄潭组	湄潭组	3层:灰色厚层粘土质条带灰岩0.9m 2层:灰色中厚层含铁鲕粒灰岩0.6m 1层:灰色厚层含生物碎屑灰岩1.2m	湄潭组	湄潭组

铺组,系指“位于湄潭组之上,宝塔组之下,以钙质页岩为主,底部常有 2~7m 灰岩”的地层。这一定义又被进一步解释为“整合于湄潭组粉砂质泥页岩之上、宝塔组龟裂纹灰岩之下的一套灰、黄灰、灰绿色粉砂质泥岩、钙质泥页岩、泥岩、泥质灰岩,底部常为数米厚的中厚层灰岩或铁质鲕状灰岩,由下向上砂泥质成分增多钙质减少”(董卫平等,1997)。

另一种定义是由中国科学院南京地质古生物所(1974)厘定,可以理解为是狭义的十字铺组,系指“十字铺组页岩命名之初的上部页岩段”,即将张文堂(1964)所厘定的十字铺组的“底部 2~7m 灰岩”划归牯牛潭组。在此基础上,汪啸风等(1996)进一步将十字铺组描述为“主要为灰、灰绿色薄至中厚层钙质、粉砂质泥岩,泥质灰岩和粘土质泥灰岩;底部以含笔石和介壳化石的泥岩或泥灰岩出现与下伏牯牛潭组介壳灰岩区分,顶部以上覆宝塔组龟裂纹灰岩出现为标志;上下均为整合接触”。这种描述虽然仍将十字铺组限定于牯牛潭组之上,但是相比原始定义,灰岩的成分有所增加。

两种定义在已有文献中都有应用,广义的如安太庠(1987)、Zhan Renbin 和 Jin Jisuo(2007)、樊茹等(2015),狭义的如穆恩之等(1979)、贵州省地质矿产局(1987)等。相比而言,广义的概念应用较广。但是,其在实际应用中出现一个问题,即很多剖面的“十字铺组”与命名剖面或原始定义的十字铺组岩性差别过大,主要表现为页岩减少甚至消失,灰岩增加成为主体。具体如:① 重庆綦江观音桥剖

面:十字铺组总厚 5.7m,下部 4.2m 为深灰色中厚层致密灰岩,上部 1.5m 除底部为钙质页岩外,其余均为黄褐色薄层瘤状灰岩(安太庠,1987);② 重庆武隆江口剖面:该组为 9m 厚的灰色厚层生物碎屑灰岩(四川省地质矿产局,1991);③ 重庆武隆黄草剖面:该组为 19m 的深灰色厚层含砂屑生屑灰岩(樊茹,2011);④ 贵州习水良村剖面:该组为 22m 的灰色薄—厚层泥晶生屑灰岩(樊茹,2011)。这在一定程度上造成了十字铺组概念的混乱。

鉴于岩石地层单位是以其能在野外观察到的岩石的岩性特征为基础,并能以这种特征下定义的层状或似层状的岩石体(全国地层委员会,2001),本文建议在使用广义“十字铺组”这一岩石地层单位的时候,需要注意:所研究地层段的岩性特征是否与该组的定义相符。特别是,当研究对象的岩性以灰岩为主,泥页岩几乎不发育时(如前述四条剖面),本文认为应称此类“十字铺组”为牯牛潭组。同时,就上述对十字铺组定义的进一步解释或描述,需修正一点,即十字铺组与宝塔组之间并非都是整合接触,而是在一些剖面存在沉积间断(Munnecke et al.,2011;樊茹,2011;樊茹等,2013)。

综上所述,本文在前人定义(广义)的基础上将十字铺组的定义修订如下:通常整合于湄潭组粉砂质泥页岩之上、与上覆宝塔组龟裂纹灰岩呈假整合接触的一套底部为中—厚层灰岩、鲕状灰岩或生物碎屑灰岩,上部以灰、黄灰、灰绿色粉砂质、钙质泥页岩为主(区域上可相变为粉砂岩),偶夹泥质灰岩或

近。

另外,在滇东南地区(云南省文山县冷水沟、老寨,屏边县贵州寨,广南西洋街及富宁南劳坝等地)发育一套底部为暗灰、黄色薄—中厚层泥灰岩、生物碎屑粉砂岩,中部为杂色的薄—厚层状石英砂岩、粉砂岩,上部为灰色页岩夹黄色细砂岩的地层,厚度在143~228m之间(云南省区域地层表编写组,1978;罗惠麟等,2014)。该套地层被云南省区域地层表编写组(1978)称之为“十字铺组”,同时又被命名为冷水沟组(黄源银和任显,1966;云南省地质局二区测大队,1974)。冷水沟组这一名称被诸多学者所采纳(如 Zhang Yuandong et al., 2014;罗惠麟等,2014)。最近有研究表明,该套地层所含三叶虫动物群与黔北十字铺组的相同(罗惠麟等,2014)。由此,可以判断其与十字铺组为同期沉积。但是,鉴于该套地层的岩性和典型的十字铺组差别甚大,本文亦认为应称之为冷水沟组而非十字铺组。

2 牯牛潭组

2.1 定义

牯牛潭组系由张文堂等(1957)创名的牯牛潭灰岩演变而来。命名剖面位于湖北宜昌分乡镇南边牯牛潭附近(曾庆銓等,1983),参考剖面位于宜昌黄花场(汪啸风等,1996)。对牯牛潭灰岩的原始描述为“牯牛潭灰岩(约23m)——灰色泥质干裂纹石灰岩,夹灰黄色泥质瘤状石灰岩,产 *Vaginoceras* 及一些较大的头足类化石”(张文堂等,1957)。目前,该组通常的定义系指一套浅紫、黄绿或灰色薄—中厚层状水云母泥晶灰岩,常具瘤状结构(湖北省地质矿产局,1990;汪啸风等,1996;陈公信等,1996)。该组与下伏和上覆地层在区域上存在四种接触关系类型(本文将之划分为A区、B区、C区和D区)。A区:下伏地层为大湾组,上覆地层为庙坡组,代表剖面如湖北宜昌黄花场剖面、分乡剖面。该类属于典型的牯牛潭组,其底部和顶部分别以灰岩的出现和消失与下伏大湾组顶部页岩和上覆庙坡组底部泥岩相区分(汪啸风等,1996)。B区:下伏地层为大湾组,上覆地层为大田坝组,代表剖面如湖南慈利剖

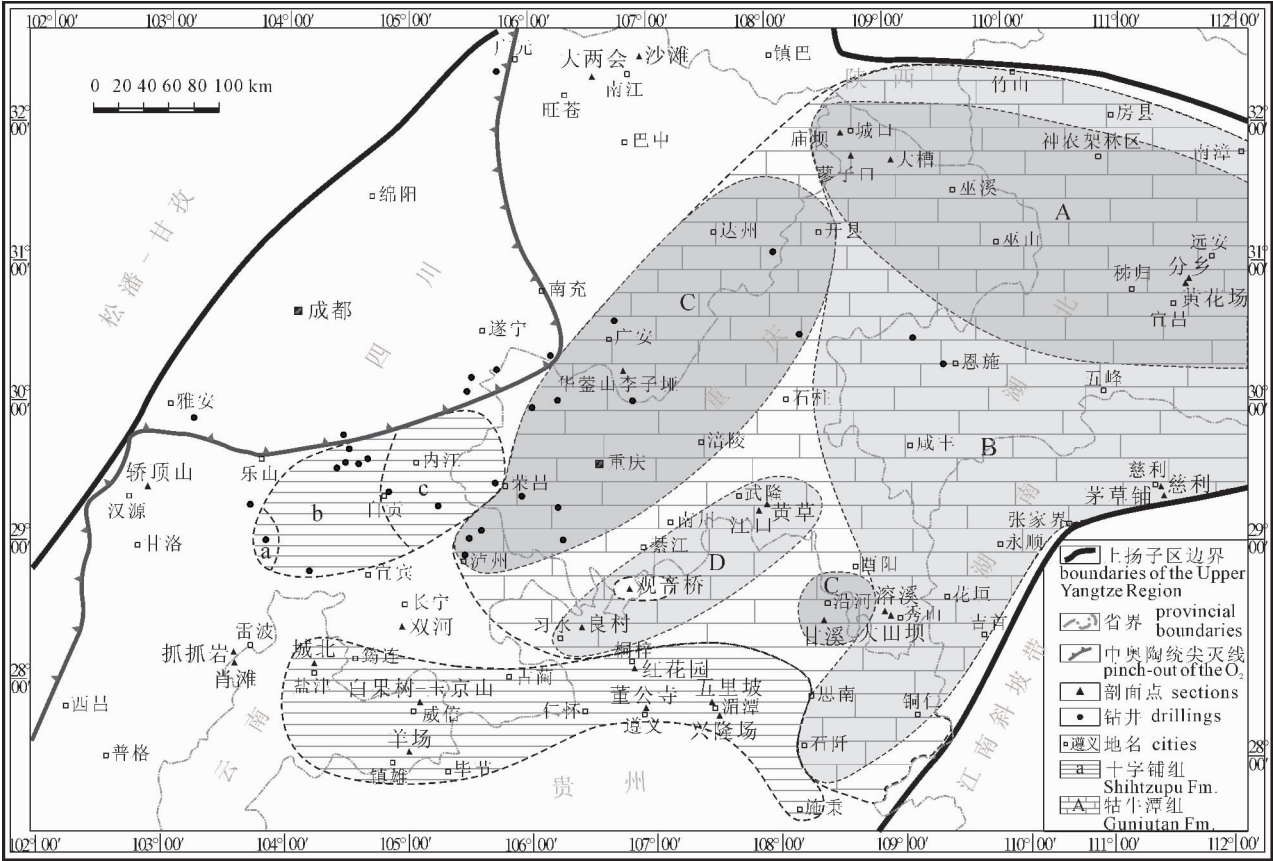


图1 上扬子区十字铺组与牯牛潭组的分布范围

Fig. 1 Distribution of the Shihztupu(Shizipu) and Guniutan formations in the Upper Yangtze region

面、桃源茅草铺剖面。C区:下伏地层为湄潭组,上覆地层为大田坝组,代表剖面如贵州沿河甘溪剖面、四川华蓥山李子垭剖面。D区:下伏地层为湄潭组,上覆地层为宝塔组,代表剖面如贵州习水良村剖面、重庆武隆江口剖面。本区的牯牛潭组曾被划分为广义的十字铺组(如:四川省地质矿产局,1991;樊茹等,2013)。除A区外,其他三个区的牯牛潭组均不同程度地与上覆地层之间存在地层缺失(表2)。

2.2 时空分布

牯牛潭组中产有大量的头足类和牙形石,并以后者最具时代划分意义。下面分别就上述四个区牯牛潭组的牙形石带及时空分布特征进行介绍。

A区:Zhang Jianhua(1998)在湖北宜昌分乡剖面(该组的命名地)的牯牛潭组由下至上建立了 *Lenodus antivariabilis*, *L. variabilis*, *Yangtzeplacognathus crassus*, *Dzikodus tablepointensis*, *Baltoplagognathus suecicus* (原 *Eoplagognathus suecicus*) 五个牙形石带,在该组的上覆地层庙坡组建立了 *Yangtzeplacognathus foliaceus*, *Yangtzeplacognathus protoramosus* 和 *Yangtzeplacognathus jianyeensis*—*Pygodus anserinus* 三个带。但是,其所划分的庙坡组的底部是0.35m的灰色层状生物碎屑灰岩。依据牯牛潭组和庙坡组界线的定义,这0.35m的地层应划归牯牛潭组。如此,这段地层对应的 *Y. protoramosus* 带应属于牯牛潭组(表2)。根据Zhang(1998)的采样情况,控制 *Y. protoramosus* 带的顶界的样品位于该套生物碎屑灰岩距顶0.1m的位置(原文中18.15m处),也即这套灰岩顶部0.1m的部分有可能属于 *Y. jianyeensis*—*P. anserinus* 带。因此,本文暂将该剖面牯牛潭组的顶置于 *Y. jianyeensis*—*P. anserinus* 带底部,牯牛潭组的时代为中奥陶世达瑞威尔期,对应Dw1晚期至Dw3晚期(表2)。

安太庠(1987)在湖北宜昌黄花场剖面的牯牛潭组建立了两个牙形石带和七个亚带。其中下部的 *Lenodus antivariabilis*—*Lenodus variabilis* 带(原称 *Amorphognathus antivariabilis*—*A. variabilis* 带)对比Zhang Jianhua(1998)所建的 *L. antivariabilis* 带至 *Baltoplagognathus suecicus* 带的五个化石带,上部的 *Pygodus serra* 带含有 *Yangtzeplacognathus foliaceus* (原 *E. foliaceus* 亚带), *Balto. reclinatus*, *Balto. robustus* 和 *Y. protoramosus* (原 *E. protoramosus* 亚带)四个亚带,可以对比Zhang Jianhua(1998)所建的 *Y. foliaceus* 和 *Y. protoramosus* 带(表2)。需要指出的

是安太庠在黄花场剖面所划分的庙坡组底部(原文中剖面的18层)是一套厚0.6m的黑色中厚层状微晶灰岩(底部含有锰矿透镜体)。按前述的定义,这套灰岩应归属牯牛潭组而非庙坡组。Chen Xu等(2011)也持有类似的观点。据安太庠(1987)的研究,这套灰岩的下部产出 *Yangtzeplacognathus protoramosus*, 上部首次见到 *Y. jianyeensis* (原 *E. jianyeensis*)。按照当时的建带标准, *Pygodus serra* 带的顶界(即 *Y. protoramosus* 亚带的顶界)以 *Y. jianyeensis* 的出现为标志(安太庠,1987)。因此,该套灰岩下部应属于 *P. serra* 带的 *Y. protoramosus* 亚带,上部属于 *Pygodus anserinus* 带(表2)。但是,安太庠(1987)在最终的牙形石带对比表中将 *P. anserinus* 带的底界置于其所划分的庙坡组的底界上,也即该套灰岩的底部。Chen Xu等(2011)则将这套灰岩(即剖面的18层)划归 *Pygodus serra* 带。本文遵照化石的产出情况,将该套灰岩顶部置于 *Pygodus anserinus* 带(表2)。据此,黄花场剖面牯牛潭组底、顶界的时代与分乡剖面基本相同,分别为Dw1晚期和Dw3晚期(表2)。

另外,Song Yanyan等(2014)近期在重庆城口县蓼子口和大槽两条剖面针对庙坡组及其下伏地层牯牛潭组开展了笔石和牙形石的研究,并初步提出此处庙坡组底界(即牯牛潭组顶界)比宜昌地区的要高,时代为桑比期早期的观点。根据Song Yanyan等(2014)的研究数据,在蓼子口剖面,桑比阶底界的标准化石——笔石 *Nemagraptus gracilis* 首次出现于庙坡组底界之上70cm处,牯牛潭组顶部亦未见到可以直接指示桑比阶的重要化石。鉴于此,本文认为上述观点还需进一步论证。

根据已有的露头资料,初步判定本区的牯牛潭组在上扬子区主要局限分布于庙坡组页岩发育的重庆城口—巫溪一带至湖北宜昌地区(图1)。庙坡组发育区的范围参照Chen Xu等(2011)的研究结果。

B区:Zhang Jianhua(1998)在湖南慈利和桃源的研究结果显示,本区的牯牛潭组产出 *L. variabilis* 带至 *D. tablepointensis* 带的三个牙形石带,对应的时代为中奥陶世达瑞威尔期中期(表2)。相比于A区,本区牯牛潭组的底界提至Dw2早期,但顶界时代仅到Dw2中晚期。由于上覆大田坝组的底部在两条剖面上分别对应 *Y. jianyeensis*—*P. anserinus* 带和 *Y. protoramosus* 带,因此本区的牯牛潭组与上覆地层之间缺失2~3个牙形石带(表2)。

在前人研究成果的基础上,根据六条露头剖面、

两条钻井剖面的资料,初步判定本区的牯牛潭组主要分布于重庆城口—秀山一线以东,湖南慈利—张家界—吉首一线以西北、庙坡组发育区以外的大部分地区(图1)。

C 区:根据安太庠(1987)的研究,在贵州沿河甘溪剖面上,本区的牯牛潭组(厚 23.1m)在距底 2m 的灰岩中首次见到牙形石的带分子 *L. variabilis*,之上的部分未见到其它任何有指示意义的分子。在该组的上覆地层大田坝组(厚 3.4m)中先后见到 *Y. jianyeensis* 和 *Baltoniodus alobatus* (原 *Prioniodus lingulatus*) 两个牙形石带的带分子。在其下伏地层湄潭组的顶部则产出笔石带的带分子 *Undulograptus austrodentatus*。据此,牯牛潭组内仅可以识别出一个牙形石带, *L. variabilis* 带,时代为中奥陶世达瑞威尔期早中期(Dw2 早期)(表2)。鉴于该组与下伏地层通常为整合接触,而湄潭组顶部的层位仅为 *U. austrodentatus* 带,该组底部有可能包括 *L. antivariabilis* 带的顶部(如表2所示)。同时,根据上覆地层的化石产出情况(对应 *Y. jianyeensis*—*P. anserinus* 带),可以确定本组与其之间缺失约 5 个牙形石带(表2)。

类似地,在华蓥山阎王沟—李子坝剖面,牯牛潭组(厚 34.6m)在距底约 2~3m 的灰岩内(底部 5.5m 灰岩内所采的三块样品中的第二块)首次见到牙形石带分子 *L. variabilis*,在此之上的层段内未见到其它特征分子(安太庠,1987)。上覆大田坝组中仅见到 *Protopanderodus liripipus*。 *P. liripipus* 是上奥陶统的分子(王志浩等,2011)。据此,可以初步判定在该剖面上大田坝组至少对应 *P. anserinus* 带的上部,其与牯牛潭组之间同样缺失多个牙形石带。

本区的牯牛潭组在川中和黔东北都有分布。根据 12 口钻井剖面与两条露头剖面的资料,该组主要分布于四川达州—广安—泸州一线以东、重庆开县—涪陵一线以西,及黔东北沿河一带(图1)。

D 区:本区的牯牛潭组曾被称为十字铺组,在贵州良村剖面产牙形石 *L. antivariabilis*—*L. variabilis* 带的 *L. variabilis* 亚带至 *P. serra* 带的 *Y. foliaceus* 亚带(即 *L. variabilis* 带至 *Yangtzeplacognathus foliaceus* 带)(樊茹等,2013,2015),时代为中奥陶世达瑞威尔期早中期到中晚期,对应 Dw2 早期至 Dw3 早中期(表2)。在重庆黄草剖面该组产 *L. antivariabilis*—*L. variabilis* 带的 *L. antivariabilis* 亚带(樊茹,2011;樊茹等,2013),相当于 *L. antivariabilis* 带,至多到 *L. variabilis* 带的下部,时代为达瑞威尔

期的 Dw1 中晚期(表2)。

在重庆綦江观音桥剖面,有段地层原称“十字铺组”,但岩性(仅在顶部 1.5m 厚的瘤状灰岩的底部发育钙质页岩)与十字铺组的定义不符,本文试图将其归入牯牛潭组。但是,该段地层产出牙形石 *Baltoniodus variabilis*(原 *Prioniodus variabilis*) 带(安太庠,1987),层位与大田坝组的下部相当,时代为晚奥陶世桑比期(表2)。因此,就时代而言,该段地层比典型的牯牛潭组要新。穆恩之等(1979)曾认为十字铺组在川黔地区由南向北至綦江观音桥相变为大田坝灰岩。本文亦暂将此段地层归入大田坝组。其下伏地层湄潭组,在距顶约 18m 的层段内见到笔石 *Exigraptus clavus* 带顶部至 *Undulograptus austrodentatus* 带中下部的重要分子 *U. sinodentatus* (原 *Glyptograptus sinodentatus*)。参考 *U. austrodentatus* 带在浙江黄泥塘剖面以及黄泥塘水库剖面的厚度(均≥18m)(陈旭等,1997;张元动等,2009),本文暂将该组顶界置于笔石 *U. austrodentatus* 带内,对应牙形石 *L. antivariabilis* 带底部,时代为达瑞威尔期早期(Dw1)。据此,可以初步判断该剖面湄潭组与“大田坝组”之间可能缺失 *L. antivariabilis* 带底部至 *Baltoniodus variabilis* 带之间的化石带(表2)。

根据露头资料,本区的牯牛潭组分布于重庆武隆至贵州习水一带。其中,重庆綦江观音桥一带可能出露的是与湄潭组直接接触的大田坝组(图1)。

如图1所示,在上述四个牯牛潭组分布区的包络线以内,可能都有牯牛潭组分布。

3 地层对比

牯牛潭组的底、顶界,特别是顶界穿时非常明显。就底界而言,牯牛潭组远低于十字铺组,前者对应 Dw1 上部到 Dw2 底部,后者对应 Dw3 底部(表2)。就顶界而言,在个别地区(如 A 区的湖北宜昌黄花场剖面)牯牛潭组要略高于十字铺组,此时十字铺组仅相当于牯牛潭组的上部(表2)。在 D 区的部分地区(如贵州良村剖面),牯牛潭组的层位低于十字铺组,仅上部相当于后者的下部。在 B 区、C 区以及部分 D 区(如重庆黄草剖面),牯牛潭组的顶界不及十字铺组的底界高(表2)。这可能主要受牯牛潭组与上覆地层之间的地层缺失所影响。十字铺组的层位低于庙坡组(表2)。

4 结论

十字铺组主要分布于黔北、川南、川东南以及滇

东北等地,时代为达瑞威尔期中晚期(Dw2 末期—Dw3),层位不及庙坡组高。曾被划分为该组的地层中,岩性以灰岩为主或全部为灰岩的本文建议使用牯牛潭组。

牯牛潭组分布较广,包括四川东部,重庆大部,黔北、鄂西及湘西北的部分地区,时代最早为达瑞威尔期早期(Dw1),最晚可到达瑞威尔期晚期(Dw3)。该组下伏与上覆地层具有四种组合类型。

牯牛潭组的底界低于十字铺组,但二者在层位上并非绝对的上下关系。在部分地区,十字铺组可与牯牛潭组的上部对比。

致谢: 本文受到中国石油天然气股份有限公司重大科技项目“油气勘探新领域、新理论、新方法、新技术研究”之 06 课题和中国科学院南京地质古生物研究所博士后工作站项目的资助和支持。感谢南京地质古生物研究所王志浩研究员和张元动研究员两位审稿专家对稿件提出的宝贵修改意见和建议,感谢编辑人员的辛勤付出和帮助。

参 考 文 献 / References

安太庠. 1987. 中国南部早古生代牙形石. 北京: 北京大学出版社, 16 ~ 83.

陈公信, 金经炜, 吴细松, 熊家枝, 刘贵兴, 王义明, 盛必信, 张佐仁. 1996. 湖北省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 101 ~ 105.

陈旭, Mitchell C E, 张元动, 王志浩, Bergström S M, Winston D, Paris F. 1997. 中奥陶统达瑞威尔阶及其全球层型剖面点(GSSP)在中国的确立. 古生物学报, 36(4): 423 ~ 431.

董卫平, 林树基, 陈玉林, 尹恭正, 焦惠亮, 王克勇, 王洪第, 甘修明, 张吉惠, 许昊. 1997. 贵州省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 48 ~ 140.

樊茹, 卢远征, 张学磊, 张师本, 段文哲, 李鑫, 邓胜徽. 2013. 四川盆地十字铺组与宝塔组接触关系新认识. 地质学报, 87(3): 321 ~ 330.

樊茹, 卢远征, 张学磊, 张师本, 王志浩, 李鑫, 邓胜徽, 张放. 贵州习水奥陶系牙形石生物地层. 2015. 地层学杂志, 39(1): 416 ~ 433.

樊茹. 2011. 四川盆地周缘奥陶纪牙形石生物地层与碳稳定同位素地层学研究. 导师: 胡见义, 邓胜徽. 中国石油勘探开发研究院博士学位论文.

贵州省地质矿产局. 1987. 贵州省区域地质志. 北京: 地质出版社, 102 ~ 142.

黄源鋆, 任显. 1966. 云南省东南部的地层及大地构造性质的探讨. 1966 年建水现场会议论文集, 1: 210 ~ 234.

湖北省地质矿产局. 1990. 湖北省区域地质志. 北京: 地质出版社, 38 ~ 106.

乐森璋. 1928. 重庆贵阳间地质要略. 地质汇报, 11: 39 ~ 52.

梁艳, 詹仁斌. 2012. 华南上扬子区中奥陶统十字铺组的岩相与生物相. 地层学杂志, 36(3): 558 ~ 568.

李积金. 1963. 贵州中奥陶统的笔石. 古生物学报, 11(4): 554 ~ 578.

罗惠麟, 周志毅, 胡世学, 詹冬琴, 卢玉喜. 2014. 滇东南奥陶纪三叶虫的地层记录. 古生物学报, 53(1): 33 ~ 51.

穆恩之, 朱兆玲, 陈均远, 戎嘉余. 1979. 西南地区的奥陶系. 见: 中国科学院南京地质古生物所编著. 西南地区碳酸盐生物地层. 北京: 科学出版社, 108 ~ 154.

全国地层委员会. 2001. 中国地层指南及中国地层指南说明书. 北京: 地质出版社, 8 ~ 55.

四川省地质矿产局. 1991. 四川省区域地质志. 北京: 地质出版社, 93 ~ 113.

汪啸风, 陈旭, 陈孝红, 朱慈英. 1996. 中国地层典——奥陶系. 北京: 地质出版社, 15 ~ 103.

王志浩, Bergström S M. 1999. 华南奥陶系达瑞威尔阶底界附近的牙形刺. 微体古生物学报, 16(4): 325 ~ 350.

王志浩, 祁玉平, 吴荣昌. 2011. 中国寒武纪和奥陶纪牙形刺. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 25 ~ 36.

云南省区域地层表编写组. 1978. 西南地区区域地层表(云南省分册). 北京: 地质出版社, 13 ~ 168.

云南省地质局第二区域地质测量大队, 1974. 云南中东部古生代新材料. 西南地层古生物通讯, 4: 76 ~ 87.

曾庆鑫, 倪世钊, 徐光洪, 周天梅, 汪啸风, 李志宏, 赖才根, 项礼文. 长江三峡东部地区奥陶系划分与对比. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊, 6: 1 ~ 19.

张文堂, 李积金, 钱义元, 朱兆玲, 陈楚震, 张守信. 1957. 湖北峡东寒武纪及奥陶纪地层. 科学通报, 5: 145 ~ 146.

张文堂, 许汉奎, 陈旭, 陈均远, 袁克兴, 林尧坤, 王俊庚. 1964. 贵州北部的奥陶系. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所编. 黔北地层现场会议——贵州北部的古生代地层. 33 ~ 78.

张文堂. 1962. 中国的奥陶系. 北京: 科学出版社, 1 ~ 161.

张元动, 陈旭, Goldman D, 张举, 成俊峰, 宋妍妍. 2010. 华南早—中奥陶世主要环境下笔石动物的多样性与生物地理分布. 中国科学: 地球科学, 40(9): 1164 ~ 1180.

张元动, 许红根, 郭维民, 贺振宇, 周清, 王旭东. 2009. 浙江常山黄泥塘水库剖面的生物地层学. 地层学杂志, 33(4): 337 ~ 346.

中国科学院南京地质古生物研究所. 1974. 西南地区地层古生物手册. 北京: 科学出版社, 1 ~ 288.

Bergström S M, Chen Xu, Gutiérrez-Marco J C, Dronov A. 2009. The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and to $\delta^{13}\text{C}$ chemostratigraphy. Lethaia, 42: 97 ~ 107.

Chen Xu, Bergström S M, Zhang Yuandong, Goldman D, Chen Qing. 2011. Upper Ordovician (Sandbian ~ Katian) graptolite and conodont zonation in the Yangtze region, China. Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 101: 111 ~ 134.

Chen Xu, Rong Jiayu, Wang Xiaofeng, Wang Zhihao, Zhang Yuandong, Zhan Renbin, Zhou Zhiyi, Chen Tingen, Geng Liangyu, Deng Zhanqiu, Hu Xiaoxun, Dong Deyuan, Li Jun. 1995. Correlation of Ordovician rocks of China. Charts and Explanatory Notes. International Union of Geological Sciences Publication 31: 1 ~ 104.

Song Yanyan, Zhang Yuandong, Daniel Goldman, Wang Zhihao, Fang Xiang, Ma Xuan. 2014. Latest Darriwilian to early Sandbian graptolite biostratigraphy in Chengkou, northern Chongqing, South China. In: Zhan Renbin & Huang Bing (eds.). Extended Summary of the ICGP Project 591 Field Workshop 2014 in conjunction with International Subcommittee on Silurian Stratigraphy (ISSS), International Subcommittee on Ordovician Stratigraphy (ISOS) and International Subcommittee on Cambrian

- Stratigraphy. Nanjing: Nanjing University Press, 138 ~ 143.
- Zhan Renbin, Jin Jisuo. 2007. Ordovician ~ early Silurian (Llandovery) stratigraphy and palaeontology of the Upper Yangtze Platform, South China. Beijing: Science Press, 41 ~ 55.
- Zhang Jianhua. 1998. Conodonts from the Guniutan Formation (Llanvirnian) in Hubei and Hunan Provinces, south—central China. Stockholm Contributions in Geology 46, 1 ~ 161.

- Zhang Yuandong, Chen Xu, 2003. The Early—Middle Ordovician graptolites of the Upper Yangtze region, South China. INSUGEO Series Correlation Geologica, 17: 173 ~ 180.
- Zhang Yuandong, Wang Yi, Zhan Renbin, Fan Junxuan, Zhou Zhiqiang, Fang Xiang. 2014. Ordovician and Silurian Stratigraphy and Palaeontology of Yunnan, Southwest China. Beijing: Science Press, 1 ~ 138.

Middle Ordovician (Darriwilian) Shihtzupu (Shizipu) and Guniutan Formations in the Upper Yangtze Region, South China

FAN Ru^{1,2,3,4)}, DENG Shenghui^{1,2,3)}, ZHANG Xuelei¹⁾, ZHANG Shibin^{1,2,3)},
LU Yuanzheng^{1,2,3)}, LI Xin^{1,2,3)}

1) Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing, 100083;

2) State Key Laboratory for Enhanced Oil Recovery of China, Beijing, 100083;

3) Key Laboratory for Oil and Gas Reservoirs of CNPC, Beijing, 100083;

4) Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, 210008

Abstract: Age and distribution of the Middle Ordovician Shihtzupu (Shizipu) and Guniutan Formations have been researched based on large amount of conodont data and observations of field trips. It shows that the Late Darriwilian Shihtzupu Formation (Dw3) is dominated by shale and has a banding distribution along west—east direction including areas of northern Guizhou, southeastern Sichuan and northeastern Yunnan. The Guniutan Formation dominated by limestone could be classified into four types according to the characteristics of underlying and overlying strata. Both the base and tope boundaries of it are apparently diachronous. The age of base is between the late of Dw1 and the early of Dw2 corresponding to conodont *Lenodus antivaribilis* and *Lenodus variabilis* biozones. The top is from the late of Dw1 to that of Dw3, the latter corresponds to conodont *Pygodus anserinus* biozone. This formation mainly exists in eastern Sicuan, most of Chongqing, northern to northeastern Guizhou, western Hubei and northwestern Hunan. The upper part of the Guniutan formation could be correlated with the Shihtzupu Formation in part of these areas.

Keywords: Shihtzupu (Shizipu) Formation; Guniutan Formation; conodonts; Darriwilian; Upper Yangtze region