

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2022.01.008

鄂东武汉地区志留纪红层的发现及其地质意义

纵瑞文¹, 刘一龙², 尹家一², 黄烈斌^{2,3}

ZONG Rui-Wen¹, LIU Yi-Long², YIN Jia-Yi², HUANG Lie-Bin^{2,3}

1. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074;

2. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074; 3. 昆明理工大学国土资源工程学院, 昆明 650000

1. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3. Faculty of Land and Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650000, China

摘要:鄂东地区的志留纪地层为一套碎屑岩相沉积,因出露不佳且化石稀少,研究程度较低。本文报道了近期在武汉东部原划为“坟头组”的地层中新识别出来的一套紫红、红褐色夹少量黄绿色的碎屑岩组合,并将其厘定为清水组,相当于扬子地区的“下红层”,根据该组中新发现的三叶虫、腕足类、棘皮类和鱼类等化石,其时代相当于埃隆中晚期至特列奇早期。武汉地区清水组的发现说明了扬子地区的“下红层”在某些区域埃隆期就已沉积,即“下红层”的底界具有明显的穿时性,从埃隆中晚期穿时至特列奇早期。结合古流向和古地理分析,清水组下部的物源主要来自于东部,至上部才与扬子其他地区的“下红层”一样来自于南部的华夏古陆,物源区的不同可能也是造成武汉地区“下红层”底界明显低于其他地区的主要原因。

关键词:清水组;下红层;埃隆阶;特列奇阶;志留系;穿时性;鄂东

中图分类号:P534.43

文献标识码:A

文章编号:2097-0013(2022)04-0110-10

Zong R W, Liu Y L, Yin J Y and Huang L B. 2022. Discovery of the Silurian Red Beds and Its Geological Significance in Wuhan area, Eastern Hubei. *South China Geology*, 38(1): 110-119.

Abstract: The Silurian strata is mainly composed of clastic rocks in eastern Hubei, which is poorly studied due to poor outcrops and rare fossils. A newly identified set of purplish red, reddish brown with a few yellowish green clastic rocks assemblage in eastern Wuhan, which was classified as the Fentou Formation previously, was redivided as the Qingshui Formation, equivalent to the “Lower Red Beds” in the Yangtze region. And its age was limited to the middle-late Aeronian to early Telychian characterized by the newly found trilobites, brachiopods, echinoderms, and fish fossils from the Formation. The discovery of Qingshui Formation in Wuhan indicates that the “Lower Red Beds” was deposited during the Aeronian in some areas of Yangtze region, that is, the lower boundary of the “Lower Red Beds” is likely diachronous, ranging from the middle-late Aeronian to the early Telychian. Based on the analysis of paleocurrent and paleogeography, the provenance of the lower part of Qingshui Formation is mainly from the east, while that of the upper part is from Cathaysian Oldland in the south, just like the “Lower Red Beds” in other areas of Yangtze region. The difference source area may prove that the bottom of “Lower Red Beds” in Wuhan area is obviously lower than

收稿日期:2021-12-27; 修回日期:2022-2-22

基金项目:国家自然科学基金项目(42072041)

第一作者:纵瑞文(1988—),男,博士,副研究员,主要从事志留纪和泥盆纪地层古生物、三叶虫方面的研究, E-mail: zongruiwen@cug.edu.cn

that in other areas.

Key words: Qingshui Formation; Lower Red Beds; Aeronian; Telychian; Silurian; diachronism; eastern Hubei

湖北是我国志留纪地层发育较好的地区之一,根据地层发育特征,可以分为三个沉积地层分区:恩施-京山区,大冶-崇阳区,竹溪-随县区(湖北省地质矿产局,1990)。其中以位于恩施-京山地层分区的鄂西一带研究程度较高,尤以三峡地区的兰多维列统最具代表性,自下而上分别为笔石页岩相的龙马溪组、碳酸盐岩与碎屑岩混合相的罗惹坪组和碎屑岩相为主的纱帽组(闫国顺和汪啸风,1978;汪啸风等,1987),其中含有笔石、牙形石、几丁虫等重要的化石,对其时代已有较为清晰的认识(陈立德等,2002;陈孝红等,2017,2018;戎嘉余等,2019)。近年来在该地区还识别出了志留纪晚期的地层(王怿等,2018),为重新认识华南地区中古生代的构造-沉积古地理提供了新材料(王怿等,2021a)。

与之相比,在大冶-崇阳地层分区的鄂东、鄂东南一带的志留系则为一套碎屑岩地层,岩性较单一,通常认为主要由下部含笔石的高家边组和上部的含壳相化石的坟头组以及几乎不含化石的茅山组(已被厘定为小溪组(王怿等,2017))组成(湖北省地质矿产局,1990)。长期以来,鄂东武汉地区被认为仅出露有坟头组(湖北省地质矿产局,1990;陈公信和金经纬,1996;纵瑞文等,2011),尽管该地区在解放前就曾开展过志留纪地层调查工作(俞建章和郭鸿俊,1948),部分地点也曾发现过多门类化石(Zong R W et al., 2017),但除了少数层段之外大部

分层位化石稀少,再加上植被覆盖严重、露头不佳,地层研究程度仍相对较低。近期,我们在武汉东部原划为坟头组的地层中新识别出一套以紫红色为主的碎屑岩地层,并在其中发现了多门类的动物化石,对该套地层的归属、时代及古地理背景提出了新认识。

1 地层特征与剖面描述

新识别出的这套地层目前仅在武汉东部梨山、古姆山、长岭山、官塘井一带有出露(图 1),为一套紫红、红褐色夹少量黄绿色的碎屑岩(图 2),可分为两个岩性段,下部岩性较细,主要为一套紫红色、红褐色泥岩、泥质粉砂岩、细砂岩(图 2a),夹少量黄绿色泥岩、灰黄色细砂岩,以及薄层石英砂岩(图 2g),厚度大于 300 m;上部粒度较粗,为紫红色、棕褐色、黄褐色中细粒砂岩夹少量同色泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩及灰白色、灰黄色石英砂岩(图 2b, c, f),厚度大于 60 m。粗碎屑岩中发育平行层理与交错层理(图 2h, i),靠近顶部的薄层碎屑岩层面上发育大量波痕构造(图 2j)。该套地层在梨山剖面出露较为完整,古姆山剖面仅出露上部地层,剖面特征如下:

1.1 梨山剖面(剖面起点坐标: N30°28'43.99", E114°33'57.90")

上泥盆统五通组(D3w)

灰白色厚-巨厚层石英砂岩,底部具 20 cm 厚的底砾岩。

----- 平行不整合接触 -----

坟头组(S_{1f})

厚 26.2 m

14. 灰黄、灰白色薄层粉砂岩、泥质粉砂岩,夹少量薄层石英砂岩,含鱼类 *Hanyangaspis* sp.、*Sinacanthus wuchangensis*、*Sinacanthus* sp.,腕足类 *Lingula* sp.。8.3 m

13. 底部一层厚约 20 cm 的灰黄色含泥砾石英砂岩,其中含鱼类 *Sinacanthus* sp.,向上为灰黄色、棕黄色中-厚层中粗粒砂岩,夹少量石英砂岩,局部覆盖,上部含鱼类 *Eosinacanthus shanmenensis* 和 *Sinacanthidae* gen. et sp. indet.。12.0 m

12. 灰黄色薄层泥质粉砂岩、泥岩,底部夹少量石英砂岩。3.1 m

11. 灰黄色薄-中层泥质粉砂岩。2.8 m

----- 整合接触 -----

清水组(S_{1q})

厚 361.6 m

10. 紫红色中-厚层中细粒砂岩,夹少量薄-中层石英砂岩,发育交错层理。4.8 m

9. 黄褐色薄-中层中细粒砂岩与灰白色石英砂岩互层。1.5 m

8. 杂色(棕褐、黄褐、灰黄色)薄层泥质粉砂岩、粉砂岩与灰白、灰黄色薄层石英砂岩互层,石英砂岩发育波痕。 5.5 m
7. 黄褐、棕褐色薄 - 中层中细粒砂岩与薄层泥质粉砂岩、粉砂岩不均匀互层,顶部为厚约 30 cm 的灰黄、黄褐色泥质粉砂岩。 7.5 m
6. 红褐色中 - 厚层中细粒砂岩,夹少量同色泥质粉砂岩。 6.2 m
5. 红褐色薄层泥岩、泥质粉砂岩。 4.8 m
4. 红褐色中 - 厚层中细粒砂岩,夹少量同色泥质粉砂岩、粉砂岩。 11.7 m
3. 覆盖。沿途可见少量黄绿、黄褐色泥岩及灰黄色细粒砂岩滚石,黄绿色泥岩中含丰富的化石。包括三叶虫 *Aulacopleura* (*Paraulacopleura*) *pijiazhaiensis* (Zhang)、‘*Encrinuroides*’ *yichangensis* Yi、*Gaotania hubeiensis* Yi、*Hyrokybe gaotanensis* (Zhang)、*Japonoscutellum yichangense* (Zhang)、*Latiproetus latilimbatus* (Grabau)、*Ptilillaenus lojopingensis* Lu, 棘皮类 *Petalocrinus inferior* Bather、*Petalocrinus* sp., 腕足类、珊瑚、苔藓虫等。 117.1 m
2. 红褐、棕褐色薄 - 中层泥质粉砂岩、泥岩与中细粒砂岩不均匀互层,夹少量灰白色石英砂岩,底部发育一层 2-5 cm 厚的石英砂岩。 32.1 m
1. 紫红色薄 - 中层状泥岩、泥质粉砂岩,向上砂质含量增多,变为泥质粉砂岩、细砂岩,夹少量薄层石英砂岩。底部夹少量棕褐、黄褐色泥质粉砂岩、细砂岩,其中含丰富的多门类化石,包括三叶虫 *Aulacopleura* (*Paraulacopleura*) *pijiazhaiensis* (Zhang)、‘*Encrinuroides*’ *yichangensis* Yi、*Gaotania hubeiensis* Yi、*Japonoscutellum yichangense* (Zhang)、*Latiproetus latilimbatus* (Grabau)、*Ptilillaenus lojopingensis* Lu, 棘皮类 *Petalocrinus inferior* Bather, 腕足类、头足类、双壳类、珊瑚、苔藓虫、腹足类等。上部化石稀少,仅见少量腕足类 *Lingula* sp., 局部覆盖,未见底。 > 170.4 m

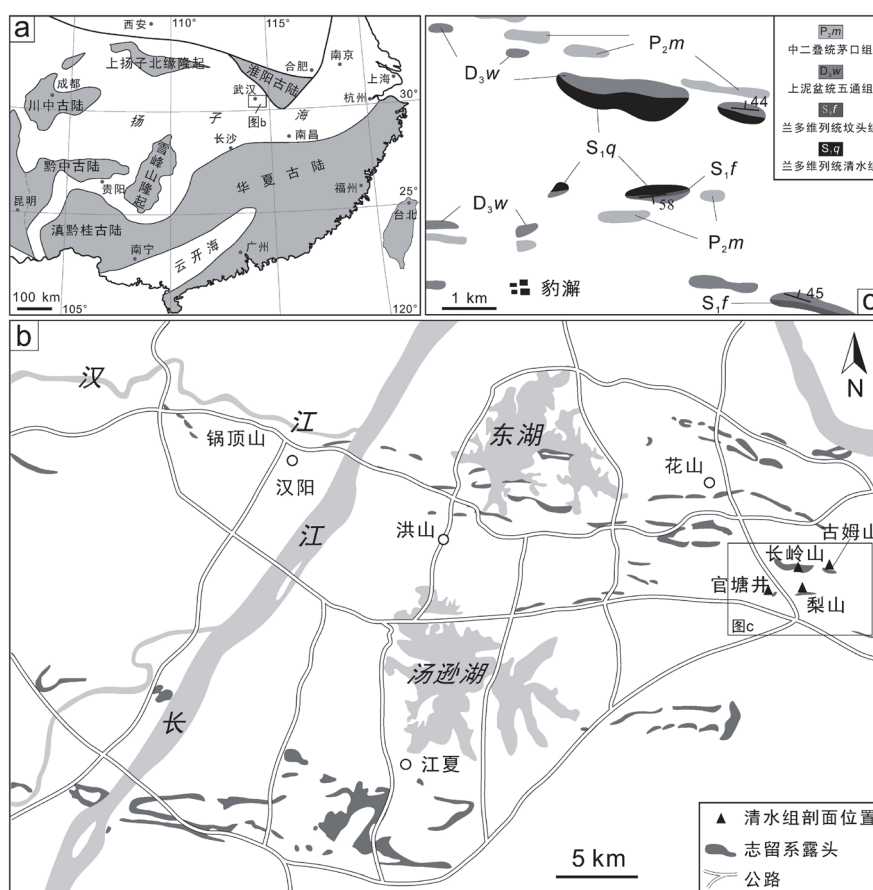


图 1 华南地区志留纪埃隆期古地理图(a)与武汉地区志留系露头及研究剖面分布图(b,c)

(图 a 据马永生等(2009)修改;图 b 和 c 据湖北省地质局区域地质测量队(1965)、Zong R W et al.(2017)修改)

Fig. 1 Silurian Aeronian paleogeographic map of South China (a), and the Silurian outcrops in Wuhan area and distribution of the studied sections (b, c) (figure a modified from Ma Y S et al., 2009; figure b and c modified from Regional Geological Survey Team of Hubei Geological Bureau, 1965; Zong R W et al., 2017)

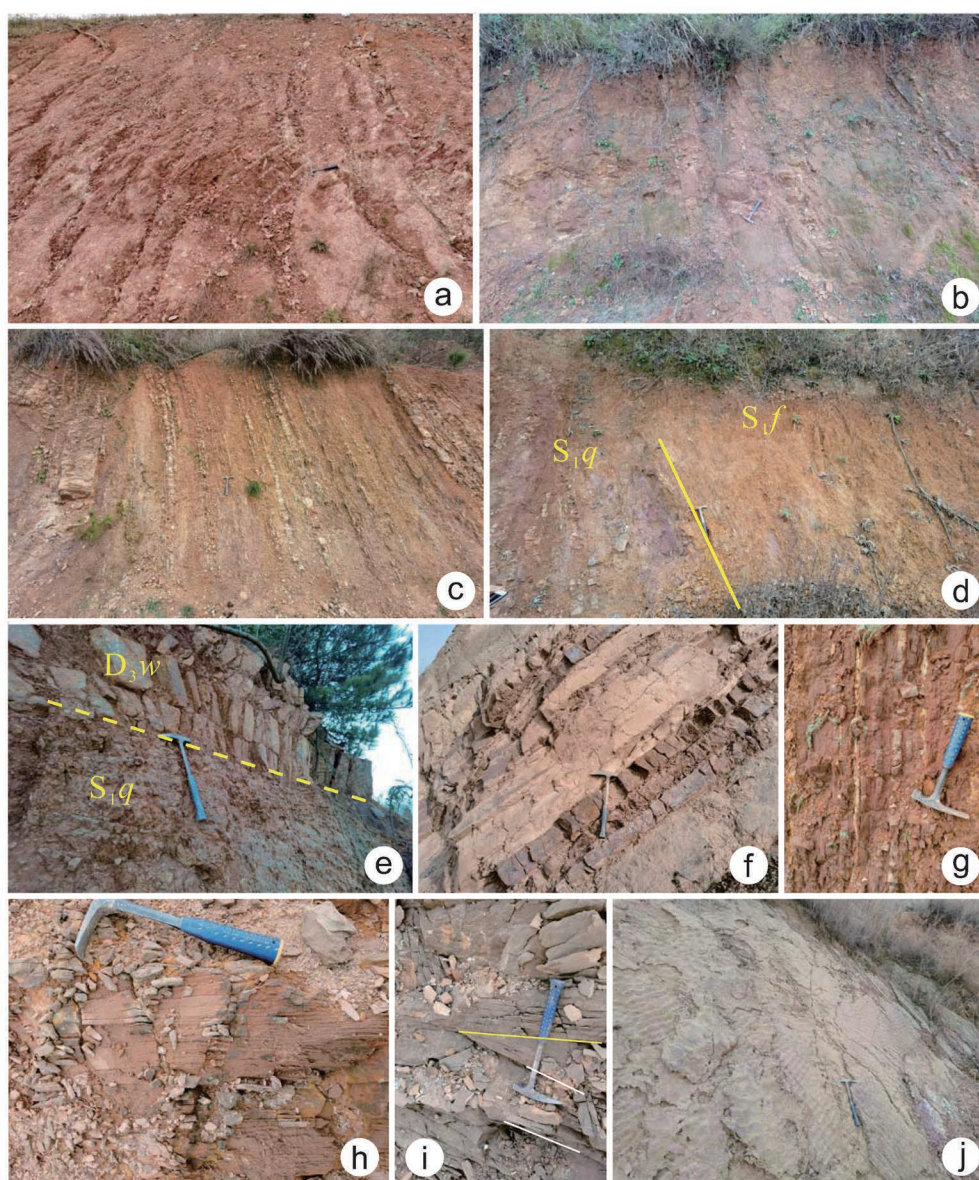


图 2 武汉志留系兰多维列统清水组岩性特征及其中的沉积构造

Fig. 2 Lithologic characteristics and sedimentary structures of the Silurian Llandovery Qingshui Formation in Wuhan

a. 梨山剖面清水组第 1 层紫红色泥岩、泥质粉砂岩; b. 梨山剖面清水组上部红褐色中细粒砂岩; c. 梨山剖面清水组上部薄层泥质粉砂岩、粉砂岩与石英砂岩不均匀互层; d. 梨山剖面清水组(S_{1q})与上覆坟头组(S_{1f})接触界线; e. 古姆山剖面清水组(S_{1q})与上覆五通组(D_3w)平行不整合接触; f. 古姆山剖面清水组上部粉砂岩夹薄层石英砂岩; g. 梨山剖面第 1 层上部紫红色泥质粉砂岩夹薄层石英砂岩; h. 官塘井剖面清水组棕褐色砂岩中的平行层理; i. 官塘井剖面清水组下部砂岩中的板状交错层理; j. 古姆山剖面清水组上部薄层粉砂岩层面上的波痕构造

1.2 古姆山剖面(剖面起点坐标: $N30^{\circ}29'15.80''$, $E114^{\circ}35'33.64''$)

上泥盆统五通组(D_3w)

灰白、浅灰色中-厚层含砾石英砂岩、石英砂岩,底部为 40 cm 厚的底砾岩。

----- 平行不整合接触 -----

清水组(S_{1q})

厚 60.6 m

9. 杂色(红褐、黄褐、灰黄、灰白色)泥质粉砂岩、粉-细砂岩与薄层石英砂岩不均匀互层,层面发育大量波痕及遗迹化石 *Nereites isp.* 和 *Sinusichnus isp.*。

5.2 m

8. 灰黄、黄褐色中层状泥质粉砂岩、细砂岩, 含保存不佳的腕足类 *Nalivkinia cf. elongate* (Wang)、*Paracraniops* ? sp. 和 *Lingula* sp.、双壳类 *Modiolopsis* sp. 及腹足类、头足类、板足鲎与鱼类碎片。1.0 m
7. 棕褐、黄褐色薄 - 中层泥质粉砂岩、细砂岩, 夹少量薄层石英砂岩, 泥质粉砂岩中含腕足类 *Lingula* sp.。4.5 m
6. 棕褐、黄褐色厚层状中细粒砂岩, 含鱼类 *Hanyangaspis guodingshanensis* P'an et Liu、*Sinacanthus wuchangensis* P'an、*Neosinacanthus planispinatus* P'an et Liu 和腕足类 *Lingula* sp. 及腹足类。2.4 m
5. 棕褐、黄褐色薄 - 中层泥质粉砂岩与石英砂岩不均匀互层。1.8 m
4. 红褐色中 - 厚层中细粒砂岩, 上部夹少量灰黄、黄褐色薄 - 中层石英砂岩。11.0 m
3. 红褐、棕褐、黄褐色中 - 厚层中细粒砂岩, 中部夹少量紫红色粉砂质泥岩, 发育平行层理及交错层理。11.7 m
2. 灰黄、黄褐色中 - 厚层泥质粉砂岩、细砂岩, 含鱼类 *Hanyangaspis guodingshanensis* P'an et Liu、*Hongshanaspis inexpectatus* Liu et al.、*Sinacanthus wuchangensis* P'an、*S. triangulatus* P'an et Liu、*Sinacanthus* sp.、*Neosinacanthus planispinatus* P'an et Liu 和 *Tarimacanthus bachuensis* Zhu, 腕足类 *Lingula* sp.。3.0 m
1. 红褐色中 - 厚层中细粒砂岩, 未见底。 > 20.0 m

2 地层归属及其时代讨论

新识别出来的这套地层最初在 1:20 万《武汉幅》区域地质调查中称为志留系中 - 上统(湖北省地质局区域地质测量队, 1965), 之后在区域地质资料中改称为坟头组(湖北省地质矿产局, 1990; 陈公信和金经纬, 1996)。坟头组创名于江苏南京汤山坟头村, 主要分布于苏皖及鄂东南一带, 定义为“下部黄绿、绿灰等色厚层细粒砂岩, 局部为岩屑石英砂岩与粉砂质泥岩相间或呈互层; 上部黄绿、灰黄色泥质粉砂岩或粉砂质泥岩夹细砂岩, 局部含磷”(徐学思, 1996)。尽管在武汉地区坟头组存在一定的相变(纵瑞文等, 2011), 但这套以紫红色为主的碎屑岩地层从岩性组合上来看, 与坟头组的岩性差异非常明显, 而且地层时代与坟头组也不同(见下文讨论), 显然应从原“坟头组”中单独分出来。在梨山剖面, 仅上部第 11-14 层以灰黄色碎屑岩为主的一段地层可能相当于坟头组, 整合覆在这套紫红色为主的碎屑岩地层之上(图 2d)。

扬子地区坟头组及相当层位(含秀山动物群的层位)之下的紫红色碎屑岩地层分布广泛, 即俗称的“下红层”(戎嘉余等, 2012), 其中最具代表性的当属上扬子地区的溶溪组, 但溶溪组总体是一套粒度较细的碎屑岩, 以泥岩、粉砂岩为主(戎嘉余等, 1990, 2012), 与武汉地区的这套地层不同。在鄂西的纱帽组以及下扬子地区的侯家塘组甚至坟头组下部中也有紫红色碎屑岩(张全忠和焦世鼎, 1985; 戎嘉余等, 2012; Liu J B et al., 2016), 但厚度较小,

以夹层的形式出现在灰黄、黄绿色碎屑岩中, 也可与武汉的这套地层区分开。在扬子板块北缘(恩施 - 京山地层分区)的钟祥、京山一带的“龙马溪组”上部至顶部和罗惹坪组中也发育一套紫红色碎屑岩(中南地区区域地层表编写小组, 1974), 但以页岩为主, 并多以夹层的形式出现在黄绿色页岩之中, 其中罗惹坪组中的紫红色页岩与灰黑色薄层灰岩互层, 这与武汉地区这套下细上粗并含石英砂岩的岩石组合不同。与之最为相似的是赣北含秀山动物群的坟头组(或夏家桥组)之下的清水组(刘亚光, 1997), 二者都是一套紫红色为主(或紫红色与黄绿色互层)的下细上粗的碎屑岩地层, 且上部砂岩层面上普遍发育波痕构造。因此, 本文将武汉地区这套紫红色为主的碎屑岩地层厘定为清水组。

武汉东部梨山、古姆山、长岭山和官塘井的清水组构成了一隐伏背斜的两翼(图 1b, c), 尽管四个地点距离很近, 但其顶界却存在明显的差异: 在梨山剖面, 该套地层之上被坟头组灰黄色碎屑岩整合覆盖(图 2d); 而在背斜北翼的古姆山和长岭山, 仅出露清水组上部地层, 大致相当于梨山剖面的第 4-8 层, 之上直接被五通组不整合覆盖, 缺失坟头组(图 2e); 在官塘井剖面, 出露约 40 米厚的灰黄、红褐、棕褐色下粗上细的碎屑岩夹少量灰白色薄层石英砂岩, 根据其中的灰黄色碎屑岩与梨山剖面的对比, 该处露头大致相当于梨山剖面的第 3 层上部, 其上直接被五通组不整合覆盖; 在周边距离数公里的金鸡山、黄金塘等地, 厚达百余米的志留系全部为坟头组, 未见清水组, 这种情况很可能和当时的

古地貌有关,导致志留纪地层抬升后风化剥蚀的厚度不同。值得一提的是,向东南至黄石汪仁镇一带的原划为坟头组的底部也发育一套紫红色为主的碎屑岩,厚度约三四十米(湖北省地质局区域地质测量队,1975),很有可能也属于清水组。这套紫红色碎屑岩地层在鄂东南的阳新、通山等地也同样存在,部分处在鄂赣交界的地区,在 1:20 万《瑞昌幅》地质图上已被划为清水组(原称桥头组)(江西省地质局区域地质测量队,1966),说明清水组在鄂东南、鄂东可能广泛存在。

不同于扬子地区“下红层”化石稀少的情况(戎嘉余等,2012),武汉地区的清水组中化石较丰富,尤其是在梨山剖面清水组下部的棕褐色、黄褐色泥质粉砂岩、细砂岩(剖面第 1 层下部)及黄绿色泥岩夹层(剖面第 3 层)中,包括三叶虫、腕足类、苔藓虫、珊瑚、双壳类、腹足类、棘皮类、头足类等,但全是内模或内核保存状态(图 3a-e, k)。其中三叶虫包括 *Aulacopleura* (*Paraulacopleura*) *pijiazhaiensis* (Zhang)、‘*Encrinuroides*’ *yichangensis* Yi、*Gaotania hubeiensis* Yi、*Hyrokybe gaotanensis* (Zhang)、*Japonoscutellum yichangense* (Zhang) (= *Kosovopeltis yichangensis* Zhang)、*Latiproetus latilimbatus* (Grabau)、*Ptilillaenus lojopingensis* Lu (Zong R W et al., 2022), 这一三叶虫组合常见于上扬子地区的罗惹坪组、石牛栏组、雷家屯组、香树园组上部及相当层位,均是埃隆中晚期 *Ptilillaenus* 组合(伍鸿基和 Lane P D, 1996)或者 ‘*Encrinuroides*’ - *Ptilillaenus*-*Latiproetus* 组合(戎嘉余等,2019)的代表分子。棘皮类包括 *Petalocrinus inferior* Bather 和 *Petalocrinus* sp., 前者在扬子地区主要见于贵州东北部的雷家屯组(Mao Y Y et al., 2017)。

武汉地区清水组上部化石相对较少且保存不佳,主要是广盐性壳相化石及土著型鱼类,在古姆山剖面采集到腕足类 *Paracraniops* ? sp.(图 3l)、*Nalivkinia* cf. *elongata* (Wang)(图 3m-n)、*Lingula* sp.(图 3j), 双壳类 *Modiolopsis* ? sp.(图 3o), 中华棘鱼类 *Sinacanthus wuchangensis* P’ an、*Sinacanthus triangulatus* P’ an et Liu、*Neosinacanthus planispinatus* P’ an et Liu(图 3f-g)、*Tarimacanthus bachuensis* Zhu(图 3i)、*Sinacanthus* sp.(图 3h)及腹

足类和板足鲛碎片。其中壳相化石的时限较长,如 *Paracraniops* 属在奥陶纪晚期至志留纪早期地层中都有过报道(Rong J Y and Cocks L R M, 2014; 陈迪和戎嘉余,2020)。*Nalivkinia elongata* 是我国扬子地区志留纪特有的腕足分子,出现在黔东北、鄂西南、四川东南秀山组中下部(杨学长和戎嘉余,1982; 陈旭和戎嘉余,1996)、鄂西罗惹坪组和纱帽组(王淑敏,1984)、滇东北大路寨组(杨学长和戎嘉余,1982)及同期地层中。中华棘鱼类与湘西的溶溪组和塔里木地区的塔塔埃尔塔格组的化石组合面貌较为相似(刘时藩,1997)。在梨山剖面清水组上覆地层坟头组底部发现的 *Eosinacanthus shanmenensis* 也是我国志留系第一个中华棘鱼类组合 *Hunanacanthus-Eosinacanthus* 的代表分子,出现层位为溶溪组和纱帽组下部(刘时藩,1997)。因此,武汉地区清水组上部地层的时代应与湘西的溶溪组相近,均为特列奇早期。

综合分析武汉地区的清水组中的多门类化石,将其时代定为埃隆中晚期至特列奇早期较为合适。在建立清水组层型剖面的赣北地区,其时代被认为是特列奇早期,因此,武汉地区的清水组底界要明显低于层型剖面的底界。但是,值得注意的是,赣北地区的清水组所含具有时代意义的化石极其稀少,其时代的确定主要依据上覆地层中含有秀山动物群以及与上扬子地区溶溪组的岩性对比(戎嘉余等,1990; 刘亚光,1997; 张小乐,2015; Liu J B et al., 2016; 王怿等,2021b),赣北地区的清水组底界是否像武汉地区的清水组一样可以下延到埃隆期还需要更多的化石证据。

3 “下红层”的穿时性及其古地理背景

扬子地区的“下红层”主要形成于近岸浅水环境,其中所含的化石以广盐性壳相化石和土著型鱼类为主(潘江和曾祥渊,1985; 曾祥渊,1988; 陈旭和戎嘉余,1996; Zhao W J and Zhu M, 2010),能够精确限定地层时代的化石非常稀少,导致了其时代存在较大争议(陈旭和戎嘉余,1996; 王成源,1998, 2011; 耿良玉等,1999; Wang C Y and Aldridge R J, 2010)。戎嘉余等(2012)综合分析了上扬子地区“下

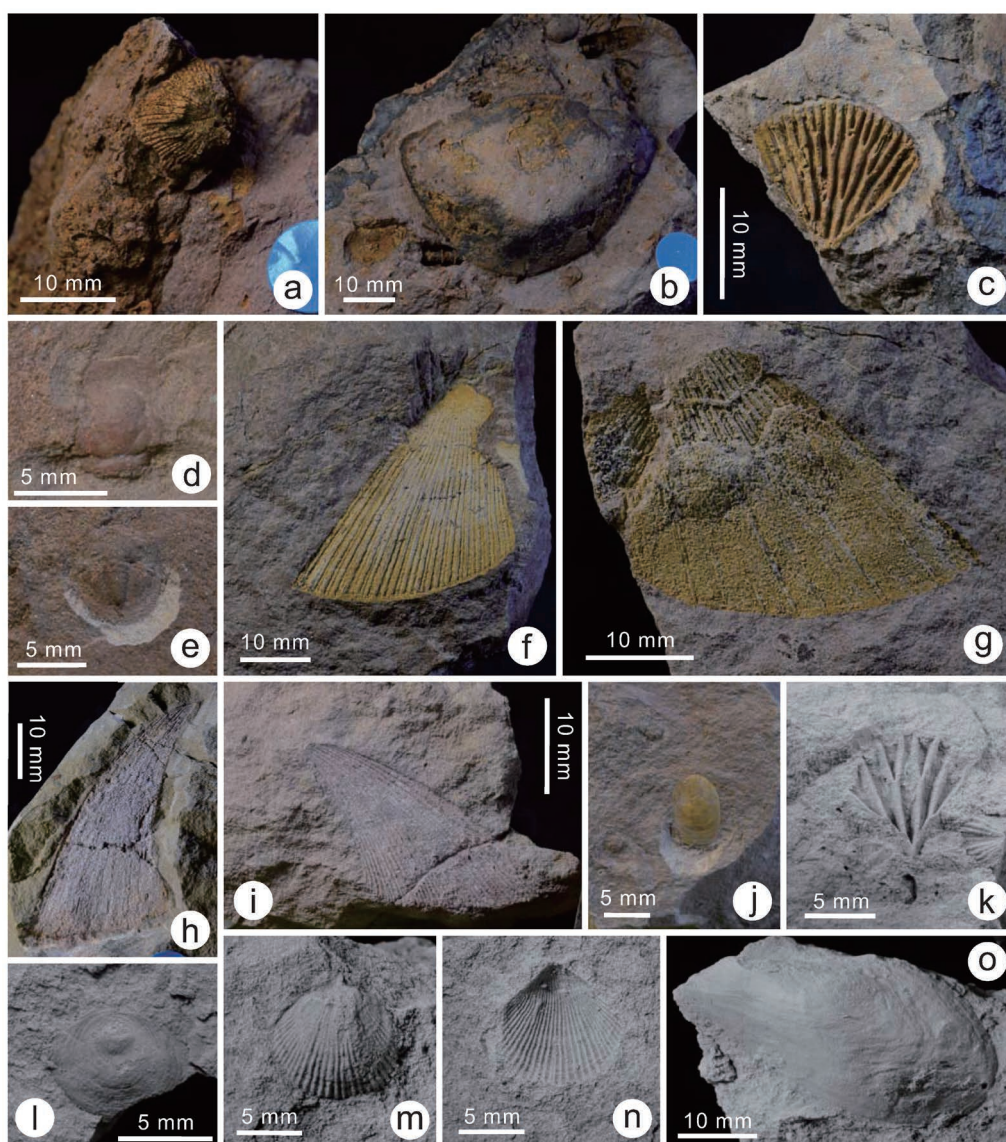


图 3 武汉地区志留系兰多维统清水组中代表性化石照片

Fig. 3 Representative fossils from the Silurian Llandovery Qingshui Formation in Wuhan area

a. 珊瑚内模(标本号:LS-1-91);b. *Ptilillaenus lojopingensis* Lu 尾甲(标本号:LS-1-33);c. *Petalocrinus inferior* Bather(标本号:LS-1-10);d,e. *Latiproetus latilimbatus* (Grabau), d 为头盖, e 为尾甲(标本号:LS-1-2, LS-1-46);f,g. *Neosinacanthus planispinus* P'an et Liu(标本号:G-09a; G-09b);h. *Sinacanthus* sp.(标本号:G-11);i. *Tarimacanthus bachuensis* Zhu(标本号:G-10);j. *Lingula* sp.(标本号:GM-7-1);k. *Petalocrinus* sp.(标本号:LS-3-12);l. *Paracraniops* ? sp.(标本号:GM-8-6);m,n. *Nalivkinia* cf. *elongate*, m 为腹瓣(标本号:GM-8-3a), n 为腹瓣外模(标本号:GM-8-3b);o. *Modiolopsis* ? sp. 左壳(标本号:GM-8-4)。a-e 采自梨山剖面清水组第 1 层;f-i 采自古姆山剖面第 2 层;j 采自古姆山剖面第 7 层;k 采自梨山剖面第 3 层;l-o 采自古姆山剖面第 8 层。所有标本保存在中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室。

红层”中少量的化石及上下层位中的笔石、牙形石和几丁虫的时代,认为“下红层”的时代仍为早特列奇期。随后,这一观点在扬子地区“下红层”的时代研究中得到广泛认同(Zhang X L et al., 2014; 赵文金和朱敏,2014; 张小乐,2015; Liu J B et al., 2016; 戎嘉余等,2019)。武汉清水组下部埃隆中晚期化石的发现,说明扬子地区的“下红层”在某些地区至少

在埃隆期就已沉积,即“下红层”的底界是穿时的,从埃隆中晚期穿时至特列奇早期。

“下红层”的物源被认为主要来自扬子海南侧的华夏古陆,并且越靠近古陆,红层的层数越多、地层厚度越大(戎嘉余等,2012)。与鄂东南及赣北地区相比,武汉地区距离华夏古陆更远,如果武汉地区的清水组也全部来自华夏古陆的话,似乎很难解

释为何地层厚度较更靠近华夏古陆的鄂东南的“下红层”厚,但其底界又比赣北地区的低。武汉地区清水组粗碎屑岩中多个层位发育交错层理(图 2i),通过对清水组不同层位基于交错层理的古流向分析发现,在官塘井剖面相当于梨山剖面的第 3 层上部的 3 组古流向集中在 $250^{\circ}\sim 290^{\circ}$ 之间(图 4a-c),反映了物源主要来自东部。在古姆山剖面相当于梨山剖面第 4 层,古流向反映物源主要来自东南方向(图 4d, e)。在梨山剖面第 10 层(清水组顶部),物源主要来自东北方向(图 4f),与上覆坟头组古流

向及其中的生物组合面貌分布情况反映的物源区及海陆格局基本一致(纵瑞文等, 2011; Zong R W et al., 2017)。综合以上分析,我们推测清水组下部的红层物源很可能来自东部。上部几十米厚的粗碎屑岩才是和扬子地区其他的“下红层”一样主要来自华夏古陆。到顶部及之上的坟头组,又接受了来自东北部的碎屑物沉积。反映了在埃隆中晚期至特列奇早期,武汉地区清水组的物源方向发生了明显变化,物源区的不同可能也是导致武汉地区“下红层”底界如此低的一个重要原因。

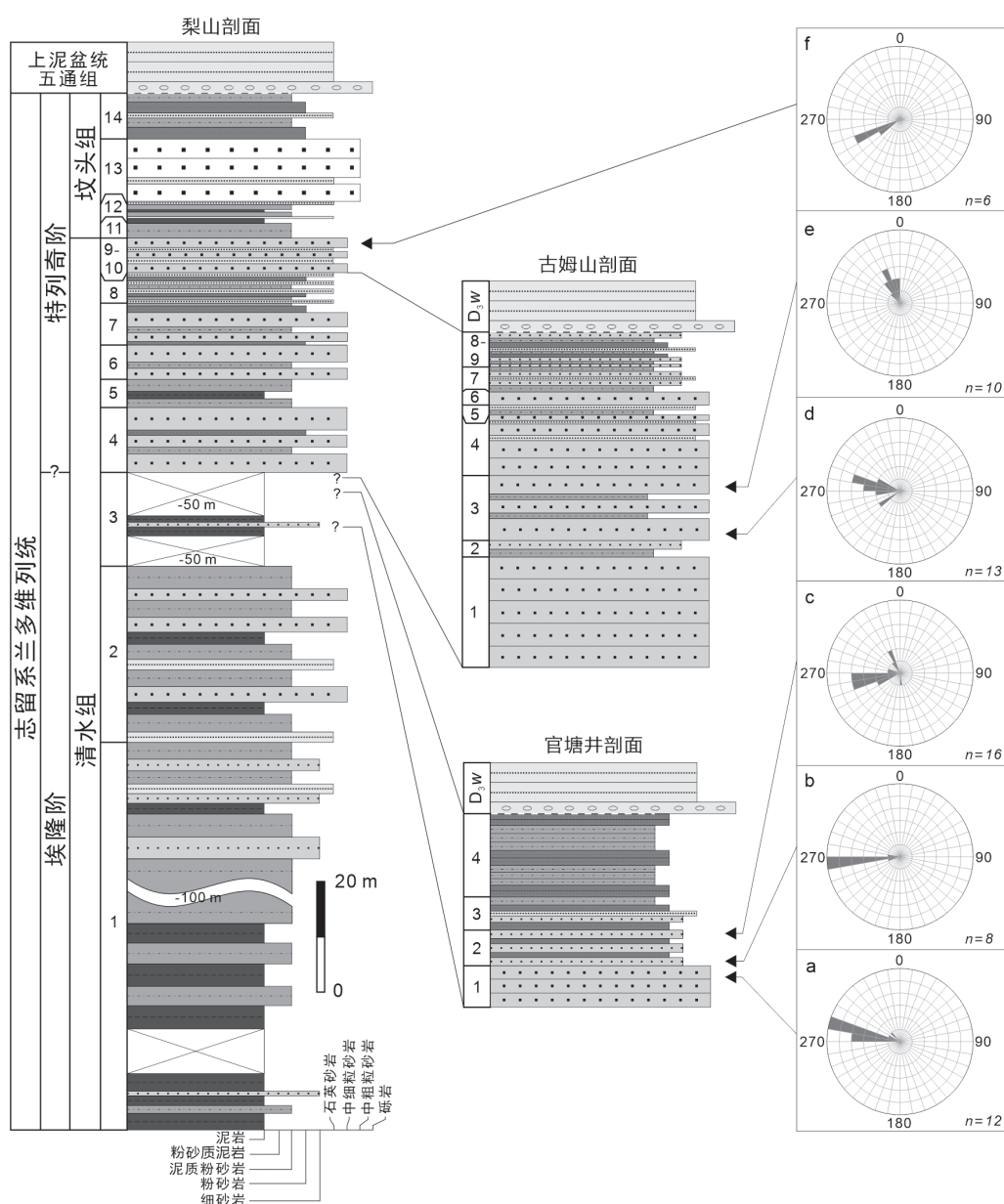


图 4 武汉地区志留系兰多维列统清水组古流向演变图

Fig. 4 Evolution of paleocurrent in the Silurian Llandovery Qingshui Formation from Wuhan

4 结论

(1) 本文将武汉东部原划为坟头组的由一套紫红色为主的碎屑岩组成的地层重新厘定为清水组, 相当于志留纪兰多维列世的“下红层”; 其下部含埃隆中晚期的三叶虫和棘皮类化石, 上部含特列奇早期的腕足类和鱼类化石, 表明扬子地区的“下红层”应包含一部分埃隆中晚期沉积, 即扬子地区的“下红层”底界存在穿时性, 从埃隆中晚期穿时至特列奇早期。

(2) 武汉地区清水组古流向分析表明, 其下部物源主要来自于东部, 上部才与其他地区“下红层”一样来自南部的华夏古陆。物源区的不同很可能是造成清水组底界穿时的一个重要原因。

三位审稿专家提出了宝贵的修改意见和建议, 在此表示感谢!

参考文献:

- 陈迪, 戎嘉余. 2020. 华南与缅甸奥陶纪末赫南特贝动物群中的非铍合类腕足动物 [J]. 古生物学报, 59(2): 137-159.
- 陈公信, 金经纬. 1996. 湖北省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 120-122.
- 陈立德, 陈孝红, 李志宏, 汪啸风, 王传尚. 2002. 志留系 // 见: 汪啸风, 陈孝红, 张仁杰, 等著. 长江三峡地区珍贵地质遗迹保护和太古宙——中生代多重地层划分与海平面升降变化 [M]. 北京: 地质出版社. 101-130.
- 陈孝红, 张森, 李志宏, 张保民, 彭中勤, 周鹏, 危凯. 2017. 湖北宜昌地区志留系罗惹坪组几丁虫及其年代意义 [J]. 地层学杂志, 41(3): 266-272.
- 陈孝红, 张森, 王传尚, 李志宏. 2018. 湖北宜昌志留系纱帽组几丁虫生物地层学 [J]. 中国地质, 45(6): 1259-1270.
- 陈旭, 戎嘉余. 1996. 中国扬子区兰多维列统特列奇阶及其与英国的对比 [M]. 北京: 地质出版社. 1-162.
- 耿良玉, 王玥, 张允白, 蔡习尧, 钱泽书, 丁连生, 王根贤, 刘春莲. 1999. 扬子区后 Llandovery 世 (志留纪) 胞石的发现及其意义 [J]. 微体古生物学报, 16(2): 111-151.
- 湖北省地质局区域地质测量队. 1965. 1:20 万《武汉幅》(H-50-XIII) 区域地质矿产调查报告 [R].
- 湖北省地质局区域地质测量队. 1975. 1:20 万《蕲春幅》(H-50-XIV) 区域地质调查报告 [R].
- 湖北省地质矿产局. 1990. 湖北省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社. 116-119.
- 江西省地质局区域地质测量队. 1966. 1:20 万《瑞昌幅》(H-50-XX) 区域地质矿产调查报告 [R].
- 刘时藩. 1997. 中国的棘鱼鳍刺化石 [J]. 古生物学报, 36(4): 473-484.
- 刘亚光. 1997. 江西省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 117-118.
- 马永生, 陈洪德, 王国力. 2009. 中国南方构造—层序岩相古地理图集 [M]. 北京: 科学出版社. 1-301.
- 潘江, 曾祥渊. 1985. 湘西早志留世溶溪组无颌类的发现及其意义 [J]. 古脊椎动物学报, 23(3): 207-213.
- 戎嘉余, 陈旭, 王成源, 耿良玉, 伍鸿基, 邓占球, 陈挺恩, 徐均涛. 1990. 论华南志留系对比的若干问题 [J]. 地层学杂志, 14(3): 161-177.
- 戎嘉余, 王恹, 詹仁斌, 樊隽轩, 黄冰, 唐鹏, 李越, 张小乐, 吴荣昌, 王光旭, 魏鑫. 2019. 中国志留纪综合地层和时间框架 [J]. 中国科学: 地球科学, 49(1): 93-114.
- 戎嘉余, 王恹, 张小乐. 2012. 追踪地质时期的浅海红层——以上扬子区志留系下红层为例 [J]. 中国科学: 地球科学, 42(6): 862-878.
- 王成源. 1998. 华南志留系红层的时代 [J]. 地层学杂志, 22(2): 127-128.
- 王成源. 2011. 再论华南志留系红层的时代 [J]. 地层学杂志, 35(4): 440-447.
- 王淑敏. 1984. 腕足动物门 // 见: 湖北省区域地质测量队编. 湖北省古生物图册 [M]. 武汉: 湖北科学技术出版社. 128-236.
- 汪啸风, 倪世钊, 周天梅, 徐光洪, 项礼文, 曾庆奎, 赖才根, 李志宏. 1987. 志留系 // 见: 汪啸风, 倪世钊, 曾庆奎, 徐光洪, 周天梅, 李志宏, 项礼文, 赖才根. 长江三峡地区生物地层学 (2), 早古生代分册 [M]. 北京: 地质出版社. 143-197.
- 王恹, 蒋青, 唐鹏, 张小乐, 黄冰, 詹仁斌. 2017. 湖北通山志留纪晚期地层的发现 [J]. 地层学杂志, 41(4): 386-391.
- 王恹, 戎嘉余, 唐鹏, 黄冰, 张小乐, 徐洪河, 刘锋, 蒋青,

- 汪 瑶 . 2021a. 华南古生代中期地层界面的特征与大地构造意义 [J]. 中国科学: 地球科学, 51(2): 218-240.
- 王 恽, 戎嘉余, 唐 鹏, 黄 冰, 张小乐, 赵文金 . 2021b. 中国志留纪岩石地层划分和对比 [J]. 地层学杂志, 45 (3): 271-285.
- 王 恽, 唐 鹏, 张小乐, 张雨晨, 黄 冰, 戎嘉余 . 2018. 志留纪晚期小溪组在湖北宜昌纱帽山的发现 [J]. 地层学杂志, 42(4): 371-380.
- 伍鸿基, Lane P D. 1996. 三叶虫 // 见: 陈 旭, 戎嘉余, 主编, 中国扬子区兰多维列统特列奇阶及其与英国的对比 [M]. 北京: 科学出版社. 67-70.
- 徐学思 . 1996. 江苏省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 146-147.
- 闫国顺, 汪啸风 . 1978. 志留系 // 见: 湖北省地质局三峡地层研究组. 峡东地区震旦纪至二叠纪地层古生物 [M]. 北京: 地质出版社. 73-90.
- 俞建章, 郭鸿俊 . 1948. 武汉三镇地质志略 [J]. 中央研究院地质研究所丛刊, 第 8 号: 173 - 179.
- 杨学长, 戎嘉余 . 1982. 川黔湘鄂边区志留系秀山组上段的腕足类化石群 [J]. 古生物学报, 21(4): 417-435.
- 曾祥渊 . 1988. 湘西溶溪组的棘鱼化石及其层位 [J]. 古脊椎动物学报, 26(4): 287-295.
- 张全忠, 焦世鼎 . 1985. 南京汤山地区志留系研究的新进展 [J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 6(2): 97-111.
- 张小乐 . 2015. 扬子区志留纪三套红层的对比研究—兼论浅海碎屑红层形成规律 [D]. 中国科学院大学博士学位论文. 1-210.
- 赵文金, 朱 敏 . 2014. 中国志留纪鱼化石及含鱼地层对比研究综述 [J]. 地学前缘, 21(2): 185-202.
- 中南地区区域地层表编写小组 . 1974. 中南地区区域地层表 [M]. 北京: 地质出版社. 1-534.
- 纵瑞文, 刘 琦, 龚一鸣 . 2011. 湖北武汉下志留统坟头组化石组合及沉积环境 [J]. 古地理学报, 13(3): 299-308.
- Liu J B, Wang Y, Zhang X L, Rong J Y. 2016. Early Telychian (Silurian) marine siliciclastic red beds in the Eastern Yangtze Platform, South China: Distribution pattern and controlling factors [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 53(7): 712-718.
- Mao Y Y, Ausich W I, Li Y, Lin J P, Lin C H. 2017. New taxa and phyletic evolution of the Aeronian (Llandovery, Silurian) Petalocrinidae (Echinodermata, Crinoidea) in Guizhou, South China Block [J]. Journal of Paleontology, 91(3): 477-492.
- Rong J Y, Cocks L R M. 2014. Global diversity and endemism in Early Silurian (Aeronian) brachiopods [J]. Lethaia, 47(1): 77-106.
- Wang C Y, Aldridge R J. 2010. Silurian conodonts from the Yangtze Platform, South China [J]. Special Papers in Palaeontology, 83: 1-136.
- Zhang X L, Wang Y, Rong J Y, Li R Y. 2014. Pigmentation of the Early Silurian shallow marine red beds in South China as exemplified by the Rongxi Formation of Xiushan, southeastern Chongqing, central China [J]. Palaeoworld, 23(3-4): 240-251.
- Zhao W J, Zhu M. 2010. Siluro-Devonian vertebrate biostratigraphy and biogeography of China [J]. Palaeoworld, 19(1-2): 4-26.
- Zong R W, Liu Q, Wei F, Gong Y M. 2017. Fentou biota: A Llandovery (Silurian) shallow-water exceptionally preserved biota from Wuhan, central China [J]. The Journal of Geology, 125(4): 469-478.
- Zong R W, Liu Y L, Huang L B, Yin J Y, Gong Y M. 2022. Trilobites from the Silurian “Lower Red Beds” of Wuhan, South China: stratigraphic and paleogeographic implications [J]. Palaeoworld, 31(2): 239-248.