

程龙, 王传尚, 李志宏, 等. 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世巴平组的地质时代[J]. 中国地质, 2015, 42(4): 973–989.
Cheng Long, Wang Chuanshang, Li Zhihong, et al. Geological age of the Late Devonian–Late Carboniferous Baping Formation in Yajiao, Xiangzhou County, Guanxi [J]. Geology in China, 2015, 42(4): 973–989(in Chinese with English abstract).

广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世巴平组的地质时代

程 龙 王传尚 李志宏 彭中勤 张保民

(中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430205)

摘要: 本文通过重新测制剖面 and 补充采样, 系统检查和研究了崖脚剖面晚泥盆世晚期—晚石炭世早期牙形石生物地层。通过对在 17 个牙形石样品中获得的丰富的牙形石材料鉴定, 厘定了一些重要牙形石分类。在此基础上, 根据牙形石垂向分布特征, 确定了带化石的层位。崖脚剖面五指山组上部和巴平组划分出 7 个牙形石带: 五指山组上部为 *Palmatolepis gracilissigmoidalis* 带; 巴平组下段分别为 *Siphonodella duplicate* 带, *S. crenulata* 带, *S. isosticha* 带, *Scaliognathus preanchoralis* 带和 *S. anchoralis* 带下部; 巴平组上段为 *S. anchoralis* 带上部和 *Declinognathodus noduliferus noduliferus* 亚带; 巴平组的牙形石带特征显示巴平组的地质时代为晚泥盆世—晚石炭世早期。巴平组地质时代的确定为不同相区层序地层划分, 特别是对早石炭世斜坡相区地层划分与对比提供了可靠的依据。

关 键 词: 巴平组; 牙形石; 晚泥盆世; 晚石炭世; 广西

中图分类号: P534.44–45 文献标志码: A 文章编号: 1000–3657(2015)04–0973–17

Geological age of the Late Devonian–Late Carboniferous Baping Formation in Yajiao, Xiangzhou County, Guanxi

CHENG Long, WANG Chuan–shang, LI Zhi–hong, PENG Zhong–qin, ZHANG Bao–min

(Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan, 430205, Hubei, China)

Abstract: The late Late Devonian—early Late Carboniferous conodont biostrata of Yajiao section was systematically examined and studied in this paper, based on measurement and collecting samples in this section. The systematic paleontology of some important conodonts was revised, through identifying the abundant conodonts materials from 17 conodont samples. Due to the vertical distribution of the conodonts, the strata of the zoning fossils were confirmed. Totally 7 conodonts zones were clarified from the upper part of Wuzhishan Formation to Baping Formation in the Yajiao section, respectively: *Palmatolepis gracilissigmoidalis* zone from the upper part of Wuzhishan Formation; *Siphonodella duplicate* zone, *S. crenulata* zone, *S. isosticha* zone, *Scaliognathus preanchoralis* zone, and *S. anchoralis* zone from the lower part of Baping Formation; *Declinognathodus noduliferus noduliferus* zone from the upper part of Baping Formation. The conodonts zones indicate that the age of Baping Formation is Late Devonian—early Late Carboniferous. The result achieved by the authors can supply reliable evidence for sequence stratigraphic division in different facies regions, especially for correlation in Early Carboniferous slope facies.

收稿日期: 2014–06–03; 改回日期: 2014–08–26

基金项目: 中国地质调查局项目(1212011121104、12120114053701 和 12120114016901)资助。

作者简介: 程龙, 男, 1977 年生, 副研究员, 主要从事生物地层、区域地质调查研究; E-mail: clong@cgs.cn。

Key words: Baping Formation; conodont; Late Devonian; Late Carboniferous; Guangxi

About the first author: CHENG Long, male, born in 1977, associate researcher, mainly engages in paleontology and stratigraphy; E-mail: clong@cgs.cn.

广西象州崖脚剖面地处广西桂中地区。区域构造位置上隶属桂中坳陷(海西期)东缘,是华南右江盆地与湘桂盆地结合部位。在构造古地理演化上属于一个具有特殊性的大陆边缘盆地的一部分,主要受控于北西西向和北东向同沉积断裂的制约。尤其是早泥盆世晚期到早石炭世的陆内扩张,形成了台地、台沟间列的被动大陆边缘盆地格局。其沉积发育特征是浅水台地与深水台间海槽间列、浅水碳酸盐台地与深水海盆沉积共存^[1]。资料还证实,本区早石炭世继承了晚泥盆世的古地理格局。自早泥盆世晚期以来,随着碳酸盐台地逐渐解体,形成开阔台地相带、斜坡相带和台沟相带的分异^[2-7]。特别是有关研究区石炭纪斜坡相沉积的报道和研究^[8,9],为进一步开展牙形石生物地层研究奠定了基础。

广西石炭纪巴平组的命名剖面为南丹县芒场镇巴平街东侧,原始含义是指一套深灰色薄层—中层微晶灰岩、生屑灰岩夹塌积岩、硅质岩或硅质条带灰岩的地层体。经广西岩石地层清理^[10]认为其下伏为鹿寨组、上覆为黄龙组的一套深灰色薄层—中层富含硅质岩或硅质条带微晶灰岩、生屑灰岩和砾屑灰岩;产牙形石、有孔虫及少数菊石。主要以 *Gnathodus bilineatus*, *Paragnathodus commutatus* 为代表,地质时代为早石炭世晚期—晚石炭世早期。广泛分布于桂中和桂西地区。

但在象州的崖脚、武宣的南垌^[11],五指山组之上、大埔组之下的以碳酸盐岩沉积为主的地层体,分别代表斜坡相和台地—台棚相,岩性以深灰色—灰色中—厚层灰岩、硅质条带灰岩夹塌积岩(武宣南垌剖面未见塌积岩)等岩石组合,而有别于命名剖面的巴平组。

1993年,广西1:5万象州东幅区域地质调查^①在崖脚剖面识别出巴平组的斜坡相沉积,并在该剖面采集了牙形石、菊石等门类的生物化石(化石鉴定由宜昌地质矿产研究所古生物室承担);初步划分出地质时代对比表^[9]。

特别是近年来通过大比例尺区域地质调查^②,

逐步将早石炭世岩相分异识别出来。侯鸿飞等在柳州碰冲剖面所建立的杜内—维宪阶全球界线层型和岩相古地理图件的编制^[8],带动了一系列相关研究的开展。重要的是,侯鸿飞等^[8]在崖脚剖面巴平组下部识别出牙形石:*S. anchoralis europensis*, *Polygnathus bischoffi* 及有孔虫:*Eoparastaffella* A,B 分子;中部识别出菊石:*Merocanites* sp.;三叶虫:*Liobole (Liobole) devuysti* Hahn, *Liobole (Sulcubole) xiangzhouensis* Hahn, 其中 *Liobole* 是中欧库尔姆相 Erdbachian (Pericyclus 阶)的典型分子。为杜内—维宪阶的界线划分和详细层位的确定提供了可靠的对比依据。但是,在该剖面上依然缺乏较为系统的生物地层研究,特别是针对崖脚剖面斜坡相沉积为主体的碳酸盐岩沉积的地质时代研究是当前亟待解决的问题之一。

近期,笔者等在重新测制剖面的基础上,补充了部分牙形石标本;在崖脚剖面五指山组上部和巴平组共计获得17个层位的牙形石样品。为进一步解决上述岩石地层单位的地质时代、牙形石分带和地层划分对比提供了翔实的资料。

1 牙形石生物地层研究概况

前人对广西桂中地区早、晚石炭世牙形石生物地层做过大量工作^[12-18]。而广西象州崖脚剖面生物地层研究资料主要见于侯鸿飞等^[8]、王瑞刚^[9]文献。其中,后者所报道牙形石资料,仅鉴定出10个层位的牙形石资料。而且,五指山组上部以复合型分子为主,计有2未定种:*Neoprionodus* sp., ? *Hindeodella* sp., 明显缺乏晚泥盆世化石带分子。此外,仅提供了巴平组部分层位地质时代依据,未作化石带划分与对比工作。

笔者在开展“湘黔桂地区海西印支期盆地演化”和“桂中凹陷页岩气资源远景调查”项目^③工作中,重新测制了崖脚剖面,开展了沉积相分析、层序地层划分对比等工作^[2]。在重新研究崖脚剖面五指山组上部和巴平组的这批牙形石标本基础上,在五

① 广西壮族自治区地质矿产勘查开发局. 1:5万象州东幅区域地质调查报告. 1993.

指山组上部和巴平组灰岩段底部重新采集、补充了牙形石样品。当前计有17个牙形石样品见及较为丰富的牙形石标本。在上述牙形石生物地层研究的基础上,取得如下进展:(1)在五指山组上部重新获得 *Pa. g. sigmoides*,指出该层位应为晚泥盆世晚期,可直接与牙形石带 *truchyteraexpensa* 带对比。(2)厘定巴平组第6层 *S. sandbergi* Klapper 实为 *S. sexplicata* (Branson & Mehl),其产出层位为 *S. crenulata* 带^[11,19]。(3)在巴平组中部(9~12层),识别出 *Scaliognathus praeanchoralis*, *S. anchoralis* 演化系列^[20]。它们均为北美、欧洲杜内阶上部常见分子;也见于云南施甸鱼洞剖面香山组中下部^[15-16]。(4)在巴平组上段上部(19~20层),产牙形刺 *Declinognathodus noduliferus*, *D. laterralis*, *Gnathodus bilineatus bilineatus*, *Paragnathus commutatus* 样品中,识别出 *Gnathodus bilineatus bolandensis*,为早、晚石炭世界线的确定提供了证据。(5)将崖脚剖面五指山组上部和巴平组共计划分7个带,其中,五指山组上部建立 *Pa. g. sigmoides* 带。巴平组7个带(在巴平组下部可划分出3个牙形石带:*Siphonodella duplicata*, *S. crenulata*, *S. isosticha*,中部划分2个牙形石带 *Scaliognathus praeanchoralis*, *S. anchoralis*,上部可识别出1个牙形石带:*Declinognathodus noduliferus noduliferus*。

2 地层剖面特征

崖脚剖面位于广西壮族自治区象州县城西侧柳江岸边的崖脚村附近,距县城约4 km。剖面起点坐标:北纬23°53.275",东经109°26.105"。剖面方向:SW210°。自上而下列述如下:本文的巴平组,是指与下伏五指山组整合接触,上覆与大埔组平行不整合接触。该岩石地层单位,可进一步划分为两段:下段由第3层至40层组成,厚度为274.3 m;上段由第41层至74层组成,厚度为197.7 m。其中下段岩石地层特征自下而上为:底部为土黄色薄层硅质泥岩夹中层状钙质泥岩,偶夹灰黑色极薄层硅质岩,钙质泥岩中水平层理发育;下部:为斜坡相滑塌角砾,滑塌构造层;中下部为深灰-灰黑色中层泥晶灰岩-微晶灰岩夹薄层生屑灰岩,间夹3~4层厚度为7~12 cm 硅质岩,硅质灰岩。中部为灰黑色中层状粉晶灰岩,发育水平层理;上部为灰黑色中层

质岩夹灰岩透镜体,与灰黑色中层状微晶灰岩不等厚互层状,硅质岩夹灰岩透镜体的层面上发育包卷层理,局部层段发育平行层理,灰黑色薄层粉晶灰岩与极薄层硅质泥岩、炭质泥岩呈不等厚互层状,间夹黑色薄层硅质岩,在薄层灰岩中发育包卷层理。灰黑色中层状微晶灰岩夹中层状硅质岩,向上为黑色硅质岩夹灰黑色薄层泥灰岩与灰黑色极薄层硅质泥岩呈不等厚互层状。

其中上段岩石地层特征自下而上为:下部为灰色薄-中层状含泥质粉晶灰岩与薄层状硅质岩互层,灰岩下部质纯,上部泥质含量高,偶见中层状含砾屑灰岩,此外,少数硅质岩单层厚达15 cm,并有少量硅质岩呈透镜状、条带状或结核分布于灰岩层中,灰岩层常见平行层理,偶见粒序层;上部为灰色中薄层状粉晶-微晶灰岩夹薄层状、条带状硅质岩,水平纹层发育;顶部灰色中层状粉晶灰岩,局部为角砾状灰岩,不显层理,角砾呈不规则团块状、长条状,依据自下而上产出的牙形石、菊石和三叶虫化石资料显示,地质时代为晚泥盆世晚期—晚石炭世早期。该组厚度为472 m。

上覆地层:大埔组

灰白色块状砾屑白云岩,砾屑大小混杂。砾径多在0.5 cm以下,少数可达1~1.5 cm,棱角状、次棱角状。底界凹凸不平,为平行不整合接触。

> 10 m

巴平组

厚度472 m

上段:

(197.70 m)

74.下部灰色中薄层状粉晶-微晶灰岩夹薄层状、条带状硅质岩,水平纹层发育;上部灰色中层状粉晶灰岩,局部为角砾状灰岩,不显层理。角砾呈不规则团块状、长条状。

4.00 m

73.下部灰色中层瘤状泥晶灰岩夹条带状硅质岩;上部灰色略带紫红色中厚层瘤状泥晶灰岩夹条带状、结核状、不规则团块状硅质岩。

3.40 m

72.灰色中层状粉晶灰岩与灰绿色页片状粉砂质泥岩互层。

6.50 m

71.灰绿色薄层状泥岩、粉砂质泥岩夹透镜状泥灰岩,中上部夹薄层状(3 cm左右)泥灰岩。1502-20-V₄ 产牙形石, *Declinognathus nodulaferus nodulaferus*, *Ozarkodina* cf. *homoarcuata* Helms, *Declinognathus lateralis*等。

4.50 m

70.下部灰色中薄层状粉晶灰岩夹条带状、不规则团块状硅质岩;中部灰色中层粉晶灰岩、砂屑灰岩夹薄层状及不规则团块硅质岩,可见平行层理,硅质岩含量较下部明显减少;上部灰色中-薄层状粉晶灰岩、砂屑灰岩夹薄层状硅质岩,砂屑灰岩中平行层理发育。1502-20-V₂ 产牙形石:

Declinognathus noduliferus noduliferus, *Gnathodus bilineatus bilineatus*, *Gnathodus bilineatus bollandensis*, *Paragnathodus* sp.; *Paragnathodus commutatus*, *Ozarkodina* sp., *Ozarkodina* cf. *homoarcuata* Helms, *Paragnathodus commutatus*。 6.80 m

69. 灰色厚层-块状含生屑、砂屑灰岩,夹条带状及不规则团块状硅质岩。平行层理发育,偶见砾屑(滑塌角砾)。1502-20-V₁产牙形石:*Declinognathus noduliferus noduliferus*, *Declinognathus lateralis*, *Gnathodus bilineatus bilineatus*, *Gnathodus bilineatus bollandensis*, *Paragnathodus* sp., *Paragnathodus commutatus* B. & M., *Ozarkodina* cf. *homoarcuata* Helms, *Spathognathus* sp.。 4.60 m

68. 灰色中层状粉晶-微晶灰岩,夹薄层状、条带状、不规则团块状硅质岩,夹少量含砂屑粉晶灰岩,仅局部见水平纹层。顶部为厚层灰色砂屑灰岩夹条带状及不规则团块硅质岩,平行层理发育。 10.00 m

67. 下部灰色中层状粉晶灰岩、砂屑灰岩夹大量的条带状、结核状、不规则团块硅质岩,灰岩中发育平行层理,硅质岩中见水平纹层及包卷层理;中部为灰色薄层状粉晶灰岩夹条带状硅质岩;上部灰色厚层-块状含生屑(以海百合茎为主、介壳碎片次之)砂屑粉晶灰岩,夹条带状、透镜状或不规则团块状硅质岩。 7.80 m

66. 下部灰色薄层状夹少量中层状粉晶灰岩,灰岩中含少量硅质条带,层间夹少量黄绿色页片状泥岩,层面见平行层面分布的遗迹化石及少量介壳化石碎片,发育水平层理;上部灰色厚层状含生屑的砂屑灰岩,下部见粒序层,中部为平行层,上部见斜层理,为一浊积序列,本层底部见滑塌角砾。 9.10 m

65. 灰色薄层状粉晶-微晶灰岩夹条带状、透镜状或结核状硅质岩,层间夹灰绿色钙质泥岩,水平层理发育,层面常见遗迹化石。 12.60 m

64. 下部以20 cm厚页片状泥岩的出现为标志,灰黑色中薄层状含泥质微晶灰岩与5~10 cm厚的灰色页片状泥岩互层,偶夹薄层泥质粉砂岩,水平层理发育;上部为灰黑色中层状粉晶灰岩夹薄层状、条带状硅质岩。 3.60 m

63. 灰黑色中薄层状粉晶灰岩,薄层状泥灰岩夹薄层状(3 cm左右)硅质岩,局部夹硅质结核,灰岩中见水平纹层及前积纹层。 12.00 m

62. 灰黑色中-薄层状粉晶-微晶灰岩夹薄层状硅质岩,下部灰岩泥质含量高,硅质岩沿层面呈不规则团块分布。顶部为一层厚约20 cm的灰绿色页片状泥岩和其上厚约10 cm的薄层粉砂岩。灰岩中水平纹层发育。 2.00 m

61. 掩盖,从滚石上分析,该层可能为灰黑色中层状含砂屑泥灰岩,中层瘤状泥晶灰岩夹薄层硅质岩,或硅质结核。砂屑灰岩中见包卷层理。 8.00 m

60. 仅下部出露,中上部掩盖,显示为向上进积的沉积特

征。下部为灰黑色薄层(5~10 cm)含少量生屑粉晶灰岩夹薄层状硅质岩,向上灰岩中生屑含量增加,单层厚度加大(20~30 cm),所夹硅质岩呈团块状。灰岩中可见平行层理。上部生屑常呈条带状分布,系水流作用所致。生屑以海百合茎为主,并见竹节石,竹节石略具定向性。 10.00 m

59. 灰黑色厚层状含大量生屑粉晶灰岩,块状构造,底部见平行层理。生屑主要为海百合茎,次为介壳类化石碎片。 0.90 m

58. 下部掩盖,从滚石上可见由大量生屑构成的厚层状灰岩,并见包卷层理、平行层理等沉积构造,推测该段可能为滑塌构造,碎屑流沉积为主的斜坡相沉积序列。上部为一向上变薄变细的退积序列,其下部为灰色中层状含生屑粉晶灰岩夹薄层硅质岩或硅质团块,顶部为黑色薄层状硅质岩与灰色含泥质粉晶灰岩互层。 12.00 m

57. 下部为灰色中厚层状含砂屑粉晶灰岩夹燧石条带或团块。上部灰岩单层厚度减薄,硅质岩条带减少,为一退积序列。 8.00 m

56. 黑色中层状硅质岩为界,向上为灰色薄层状泥灰岩与薄层硅质岩互层,层间常夹极薄层泥岩,硅质岩层横向展布不稳定,时呈条带状或透镜状。上部为灰色极薄层泥灰岩夹泥岩,其上为中薄层状硅质岩。 6.00 m

55. 本层由两个向上单层厚度变厚、粒度变粗的进积型序列组成。下部的进积序列:A、灰色薄层状泥灰岩与黑色薄层状硅质岩互层,硅质岩呈条带状或透镜状;B、灰色中层状、厚层状粉晶灰岩,含砂屑粉晶灰岩夹薄层硅质岩,其中A段近顶部见丰富的遗迹化石,类型与45层相同。上部的进积序列:A、黑色薄层状硅质岩与灰色薄层状泥灰岩互层,硅质岩或呈条带状;B、灰黑色中层状含砂屑粉晶灰岩夹燧石条带或团块,发育平行层理、包卷层理。 5.10 m

54. 灰色薄-中层状含泥质粉晶灰岩与薄层状硅质岩互层。灰岩下部质纯,上部泥质含量高,顶部的中层状灰岩含砾屑,砾屑成层分布,显示水流作用的结果。另外,个别硅质岩单层厚达15 cm,并有少量硅质岩呈透镜状、条带状或结核分布于灰岩层总,灰岩层常见平行层理,偶见粒序层。 3.20 m

53. 下部为灰黑色厚层状含生屑砂屑灰岩夹薄层状透镜状硅质岩,发育包卷层理。上部为灰黑色中层状含砂屑粉晶灰岩、粉晶灰岩夹灰白色页片状泥岩,平行层理发育。 1.55 m

52. 灰黑色薄层状砂屑泥灰岩与黑色薄层状硅质岩互层,水平层理发育。下部成层性好,上部薄层硅质岩常呈透镜状或香肠状,见小型的包卷层理。 2.50 m

51. 灰黑色中厚层状砂屑灰岩夹薄层硅质岩或燧石团块,发育包卷层理、平行层理,具有滑塌角砾。 3.20 m

50. 灰黑色页片状含粉砂质炭质泥岩、含泥质炭质粉砂岩夹薄层灰岩、硅质岩。水平层理发育。 8.00 m

49. 灰色中层-薄层状砂屑灰岩夹黑色薄层含炭质泥质粉砂岩、泥岩,水平层理发育。本层发育多个下超面。为一个明显的海退沉积序列。 1.50 m

48. 灰、灰黑色薄层含炭质泥质粉砂岩、钙质泥岩与灰色薄层砂屑灰岩、泥灰岩互层,层间偶夹1cm±的薄层硅质岩,见菊石化石 *Merocanites* sp. 2.90 m

47. 灰、灰黑色中-薄层状含炭质砂屑泥灰岩夹薄层含粉砂质泥岩,常见硅质岩夹层。自下而上,本层为一明显的退积序列,灰岩单层厚度由下部8~10 cm逐渐减薄至上部的3~5 cm,泥质含量逐渐增加。上部以薄层含钙质泥岩为主夹薄层的泥灰岩,硅质岩的单层厚度增大,可厚达20 cm。本层见少量的生物化石,菊石: *Merocanites* sp. 等、三叶虫: *Liobole* (*Liobole*) *devuysti* Hahn, *Liobole* (*Sulcubole*) *xiangzhouensis* Hahn. 5.90 m

46. 灰黑色页片状含粉砂质泥岩与灰、灰褐色砂屑中薄层状泥灰岩频繁互层,泥岩中尚夹有厚3~5 cm的黑色薄层硅质岩。水平层理发育,层面偶见遗迹化石,泥岩中常夹有灰岩结核或薄层泥灰岩。 6.00 m

45. 灰黑色叶片状含粉砂质泥岩夹薄层状砂屑泥灰岩。 3.10 m

44. 灰黑色薄层粉晶灰岩与极薄层硅质泥岩、炭质泥岩呈不等厚互层状,间夹1~3 cm厚硅质岩。在薄层灰岩中发育包卷层理。 3.50 m

43. 灰黑色中层状微晶灰岩夹中层状硅质岩,向上为黑色硅质岩夹灰黑色薄层泥灰岩与灰黑色极薄层硅质泥岩呈不等厚互层状。 3.40 m

42. 下部中层状(27~29 cm)泥灰岩-微晶灰岩,风化呈浅灰-浅紫色。夹黑色薄-中层状硅质岩,灰岩中发育水平层理。上部灰黑色微晶-泥晶灰岩间夹发育水平层理的泥灰岩。或呈不等厚互层状产出。 7.00 m

41. 整体为灰黑色中-厚层粉晶灰岩,含砾屑、硅质团块夹中层状微晶灰岩,偶夹7~15 cm极薄层含硅、钙质泥岩。具有滑动构造的特征:①中-厚层灰岩夹硅质岩团块,硅质条带明显滑动构造,并发育褶曲;②局部层段灰岩层呈透镜状,夹砾屑、硅质团块。 9.00 m

下段: (274.30 m)

40. 具有3~4个向上变细、单层变薄的旋回。其中A为2.0 m灰黑色中层(35~40 cm)微晶灰岩,夹薄-中层(12~15 cm)硅质岩,见平行层理,由下而上叠置。B为58~60 cm厚灰黑色薄层泥-微晶灰岩,水平层理发育。C为20 cm,钙质、硅质泥岩,水平层理发育。上部岩性主要以中层状微晶灰岩、极薄层钙质泥岩间夹黑色薄-中层状硅质岩呈不等厚互层叠置。计有3~4个小旋回组成。1502-12-V1产牙形石: *Hindeodella* sp., *Scaliognathodus preaanchoralis* B. & M., *Polygnathus multideus* (Ulrich & Bassler), *Scaliognathodus anchoralis europensis*, *Scaliognathodus anchoralis* 9.00 m

39. 黑色厚层块状含硅质团块、云质灰岩团块、砾屑、生屑微晶灰岩。其中硅质条带顺层分布,断续。层内硅质结核大小不等,小者3~5 cm,大者20 cm×30 cm。常见砾屑大小在0.5~1 cm,多为硅质、粉晶灰岩,少数为腕足类碎片。 1.40 m

38. 灰黑色中层泥-微晶灰岩,平行层理发育,偶夹透镜状含生屑砂屑灰岩,与黑色中层硅质岩不等厚互层状。向上灰岩与硅质岩不等厚互层,但单层厚度均变薄。灰岩为薄层状夹中层状微晶灰岩,硅质岩以3~5 cm为主,偶夹10~12 cm硅质岩,局部见硅质结核。上部1.6 m为灰黑色中层夹薄层微晶灰岩夹中层硅质岩,偶夹3~5 cm硅质、炭质泥岩。水平层理发育,顶部夹30 cm极薄层硅质、含炭质泥岩。1502-10-V2产牙形石: *Polygnathus neoprioniodus*, *Scaliognathodus preaanchoralis* B. & M., *Scaliognathodus anchoralis* B. & M. 5.90 m

37. 下部黑-灰黑色薄层泥-微晶灰岩夹3~4 cm厚硅质岩,间夹3~5 cm厚灰褐色极薄层硅质、炭质泥岩,水平层理发育。中部由A层序:中层状硅质岩,B为10~12 cm泥灰岩组成,C为3~5 cm厚硅质、炭质泥岩,发育水平层理,组成向上变细退积型旋回;单个旋回厚0.6~0.7 m,向上叠置,共计4个旋回。顶部层序与中部基本一致,但厚度增加至0.8~0.9 m;硅质岩与灰岩之间发育包卷层理。顶部灰岩增厚至0.5~0.7 m,夹硅质结核、粉晶灰岩结核。偶夹6~7 cm页岩。1502-10-V1产牙形石: *Ligenodina* sp., *Polygnathus neoprioniodus*. 9.00 m

36. 灰黑色中层微晶灰岩、粉晶灰岩,偶夹黑色薄层含生屑、砂屑灰岩与黑色极薄层硅质岩、中层状硅质岩呈不等厚互层状叠置。局部层段灰岩中夹硅质结核、粉晶灰岩结核。1501-9-V4产牙形石: *Ozarkodina* sp., *Hinbbardella* sp. 5.90 m

35. 下部灰黑色中层状微-粉晶灰岩夹薄层硅质岩。中部3.0 m灰黑色厚层含硅质结核粉晶灰岩夹厚层硅质岩,或呈串珠状顺层分布。上部3 m为灰黑色中层粉晶灰岩夹中层硅质岩。偶见包卷层理。1501-9-V1,产牙形石: *Scaliognathodus preaanchoralis* B. & M., *Neoprioniodus postinversus* Helms. 10.60 m

34. 灰黑色中层状微晶灰岩,夹黑色硅质岩,呈不规则状。平行层理发育,厚20~30 cm。夹持于灰黑色厚层块状灰岩中,但灰岩层夹有不规则状硅质岩、云质灰岩团块,硅质结核,仍可见包卷层理。 10.50 m

33. 下部中层状粉晶灰岩夹少许硅质结核,与黑色中层硅质岩呈不等厚互层,间夹发育包卷层理的微晶灰岩。向上黑色中-薄层硅质岩夹中层状微晶灰岩与发育包卷层理呈不等厚互层状,包卷层理岩性主要由发育平行层理的微晶灰岩、硅质条带、硅质结核、云质灰岩团块交织在一起。上部岩性为灰黑色中层状含硅质结核微晶灰岩与中层状硅质岩呈

不等厚互层。

6.00 m

32. 下部2 m间隔岩性为灰黑色厚层硅质岩夹硅质灰岩,生屑灰岩透镜体,发育包卷层理,向上为薄—中层状黑色微晶灰岩,包卷层理发育。上部为黑色中层—薄层泥晶灰岩、含砂屑灰岩、含硅质条带灰岩,间夹中层硅质岩,偶夹薄层硅质岩。其中硅质岩、硅质灰岩中发育包卷层理。局部层段硅质岩呈不规则状分布,偶见平行层理。

9.00 m

31. 底部1.1 m由硅质灰岩,呈透镜状顺层分布,间夹泥晶灰岩、硅质岩。在该范围内,发育3层包卷层理。向上5 m间隔中,硅质灰岩、硅质岩比例有所增加,间夹薄—中层细晶灰岩,或呈不规则条带状。上部灰岩夹层增多,单层增厚30~40 cm,仍夹硅质岩、硅质灰岩,厚度达50~55 cm,发育包卷层理。

19.50 m

30. 下部8 m间隔中,可划分为4部分:①黑色中层—薄层微晶灰岩夹微—粉晶灰岩、硅质灰岩,包卷层理,发育平行层理;②灰黑色中层状灰岩夹硅质岩、云质灰岩团块,发育包卷层理;③灰黑色中层微晶灰岩与粉晶灰岩互层,偶夹硅质岩团块,发育包卷层理;④中层状微晶灰岩夹云质灰岩、硅质岩团块,发育包卷层理。上部4.0 m间隔,硅质岩结核、条带夹灰岩透镜体,30~60 cm间隔间夹中层状微晶灰岩,其比例在3:1~4:1。偶见含砾生屑灰岩。

12.00 m

29. 黑色中层状微晶灰岩,发育水平层理、平行层理。局部含海百合茎碎片,间夹硅质泥灰岩、硅质岩结核或透镜体,发育包卷层理。

3.80 m

28. 下部灰黑色中层状微晶灰岩夹中层状硅质泥灰岩,间夹黑色硅质透镜体。上部灰黑色中层状微晶灰岩夹硅质岩透镜体与硅质、炭质泥岩呈不等厚互层状产出。硅质泥灰岩中见及竹节石和少量个体较小的腕足类化石,仅见同心纹构造。发育水平层理和包卷层理。

3.00 m

27. 灰黑—黑色中层状含砾屑微—粉晶灰岩、微晶灰岩与含硅质、炭质泥岩呈不等厚互层状叠置,在硅质泥岩中局部层段间夹灰黑色薄层灰岩,见平行层理,偶见遗迹化石顺层分布于泥岩中。

3.00 m

26. 下部为灰黑色中层夹薄层微晶灰岩夹薄层硅质岩和硅质岩透镜体,后者顺层分布。上部为灰黑、黑色薄层微晶灰岩夹中层状微晶灰岩,偶夹含生屑、砾屑灰岩。顶部1 m间隔中,薄层微晶灰岩与3~4 cm厚硅质、炭质泥岩呈不等厚互层状产出,水平层理发育,层面见及遗迹化石,多呈分支状顺层分布。

12.00 m

25. 灰黑色中层夹薄层微晶灰岩与黑色薄层硅质岩呈不等厚互层叠置,发育水平层理,局部层段可见包卷层理。

20.00 m

24. 底部为灰黑色中层生屑亮晶灰岩夹硅质岩团块。生屑为海百合茎碎片,冲刷构造较为明显。下部为灰黑色中层微晶灰岩夹薄层硅质岩,透镜状硅质岩,发育包卷层理和平行层理。上部为灰黑色中层夹薄层微晶灰岩与薄层硅质岩、硅

质岩透镜体不等厚互层状产出,发育平行层理和包卷层理。

15.00 m

23. 灰黑色中层状夹薄层微晶灰岩与薄层硅质岩呈不等厚互层状叠置,间夹20 cm厚硅质岩透镜体。向上中层状微晶灰岩夹粉晶灰岩透镜体,发育包卷层理。中部见海百合茎碎片亮晶灰岩透镜体。上部为中层夹薄层微晶灰岩夹硅质岩透镜体。

6.00 m

22. 灰黑色中层微晶灰岩夹薄层状微晶灰岩与黑色薄层硅质岩呈不等厚互层叠置。间夹硅质条带灰岩。硅质条带灰岩中发育包卷层理。微晶灰岩中发育水平层理。顶部为灰黑色含硅质、炭质泥岩,水平层理发育。

4.50 m

21. 灰黑色薄层微晶灰岩,偶夹含砾砂屑生屑粉晶灰岩与薄层硅质岩呈互层状叠置。偶夹灰黑色中层状砂屑灰岩和微晶灰岩,发育平行层理。横向上可见透镜状灰岩。顶部为1.2~1.4 m夹硅质岩透镜体微—粉晶灰岩,发育大型包卷层理。

6.00 m

20. 底部为1.2 m微—泥晶灰岩夹硅质岩透镜体,薄层硅质岩。下部2.2 m为中层夹薄层微晶灰岩,发育平行层理夹硅质岩透镜体及黑色薄层硅质岩,局部层段见包卷层理。中部为0.7~1.5 m呈透镜状微—粉晶灰岩夹硅质岩透镜体。上部为中层—薄层微晶灰岩夹薄层硅质岩,硅质岩透镜体,发育平行层理。局部层段砾屑灰岩发育,厚度在5~10 cm,略呈冲刷构造,正粒序层理。砾屑2~4 mm,大多平行层面,磨圆及分选中等,均为硅质、生屑和灰质。

1501-6-V1 产牙形石: *Dinodus wilsoni* Druce, *Ozarkodina regularis* B. & M., *Ozarkodina plana* (B. & M.), *Polygnathus multideus* (Ulrich & Bassler), *Siphonodella obsoleta* Hass, *Siphonodella cf. obsoleta* Hass, *Siphonodella eurylobata* Voges, *Bispathodus aculeatus aculeatus* (B. & M.), *Polygnathus cf. pacificus* Savage & Funai。

9.00 m

19. 下部岩性为灰黑色中层粉晶灰岩,含砂屑。砾屑(2~4 mm)灰岩夹薄—中层及板薄层硅质岩,发育包卷层理。

11.00 m

18. 下部1 m间隔,为灰黑色中层状微晶灰岩夹灰黑薄层,硅质条带。间夹含灰岩透镜体硅质岩,发育包卷层理。中部为黑色中层状微晶灰岩夹硅质条带灰岩,偶夹2~3 cm厚硅质炭质泥岩,硅质条带灰岩中发育包卷层理。上部1.50 m间隔中由黑色中层微晶灰岩夹硅质条带灰岩,呈不等厚互层状产出。顶部见4~5 cm厚硅质炭质泥岩。上述岩性在硅质条带灰岩中普遍发育包卷层理。

5.90 m

17. 灰黑色、黑色中层状微晶灰岩、黑色中层硅质岩间夹2~3 cm厚硅质、炭质泥岩。或呈不等厚互层状向上叠置。

7.50 m

16. 黑—灰黑色中层泥晶灰岩夹黑色薄层、极薄层炭质硅质页岩。1501-5-V₂产牙形石: *Siphonodella crenulata* Morphotype 2, *Siphonodella quadruplicata*, *Siphonodella*

obsoleta Hass, *Siphonodella* cf. *obsoleta* Hass, *Siphonodella cooperi*, *Siphonodella isosticha*, *Polygnathus inornatus inornatus* E. R. Branson, *Polygnathus communis carinus* Hass, *Polygnathus delicatulus* B. & M., *Polygnathus bischaffi* Rhodes, Austin & Drace, *Hindeodella* sp., *Pseudopolygnathus* sp., *Pseudopolygnathus primus*, *Pseudopolygnathus nodomarginatus* (B. & M.), *Pseudopolygnathus* cf. *multistriatus*, *Neoproniodus postinversus* Helms, *Ligonodina* sp., *Euproniodina alternata* (Ulrich & Bassler), *Ozarkodina regularis* B. & M., *Ozarkodina plana* (B. & M.), *Ozarkodina elegans* (Stauffer), *Elictignathus laeostone*, *Elictignathus bialata* (B. & M.), *Spathognathus* sp., *Spathognathus planiconvexus* Wang & Wang. 5.90 m

15. 黑色中层状含硅质、炭质泥晶-微晶灰岩,发育水平层理。偶见包卷层理。与黑色极薄层硅质、炭质泥岩呈不等厚互层状产出。泥岩中偶夹薄层泥晶灰岩水平层理发育。

1.60 m

14. 下部黑色薄层硅质岩夹中层状黑色硅质岩,偶夹2~3 cm厚灰褐色硅质炭质泥岩。发育水平层理。上部灰黑,灰褐色薄层夹极薄层硅质岩,间夹0.5~1 cm偶夹3~4 cm厚灰褐色极薄层硅质、炭质泥岩,或呈不等厚互层状产出。均发育水平层理。

15.00 m

13. 底部12~13 cm厚灰黑色薄层硅质岩夹少量硅质泥岩,偶夹3~4 cm厚灰黑色薄层泥晶灰岩,水平层理发育。

4.50 m

12. 下部灰黑、灰褐色薄层硅质岩。发育水平层理。上部薄层硅质岩夹深灰-灰黑色极薄层微晶灰岩,发育水平层理。

4.00 m

11. 岩性为黑色中层夹薄层硅质岩,质纯坚硬。前者偶夹灰黑色薄层微晶灰岩,呈透镜体。局部层段可见包卷层理。

1.60 m

10. 灰黑色中层硅质岩夹灰岩条带,灰黑色薄层粉晶灰岩。

5.80 m

9. 深灰-灰黑色中层状微晶灰岩,发育平行层理。间夹灰黑极薄层硅质岩。局部含硅质灰岩条带发育。C_{1b}-5产牙形石:*Siphonodella sexplicata*, *Siphonodella duplicata* Morphotype 2, *Siphonodella* sp.nov.A, *Siphonodella* cf. *quadruplicata*, *Siphonodella cooperi*, *Siphonodella eurylobata*, *Siphonodella crenalata*, *Pseudopolygnathus* sp., *Polygnathus inornatus inornatus*, *Polygnathus longiposticus* Branson & Mell, *Hibbardella* sp.

6.00 m

8. 下部深灰-灰黑色中层泥晶灰岩-微晶灰岩夹薄层生屑灰岩,间夹3~4层厚度为7~12 cm硅质岩,硅质灰岩。中部灰黑色中层状粉晶灰岩,发育水平层理。上部灰黑色中层硅质岩夹灰岩透镜体,与灰黑色中层状微晶灰岩不等厚互层状,硅质岩夹灰岩透镜体的层面上发育包卷层理。局部层段

发育平行层理。

6.00 m

7. 下部灰黑色薄层泥晶灰岩夹少许生屑灰岩,生屑有海百合茎碎片组成。间夹0.5~1 cm厚泥岩,偶夹中层黑色硅质岩。发育水平层理。上部由灰黑色薄层-中层泥晶-微晶灰岩夹生屑灰岩,硅质岩。硅质灰岩,局部层段见及包卷层理。发育水平层理。

3.20 m

6. 该层为斜坡相滑塌角砾,滑塌构造层。底部为0.8~1.20 m块状、灰黑色滑塌含砾屑粉晶,微晶灰岩,见及大个体的硅质岩团块,角砾。大者50 cm×60 cm,小者为20~30 cm,黑色粉晶灰岩基质中含砾石为浅灰-灰泥晶灰岩,磨圆及分选中等。砾石含量在8%~15%,向上为滑塌角砾岩,厚度变化于0.7~1.20 m。砾石含量在20%~30%,砾石成分以灰岩,灰质白云岩为主,少许见及海百合茎碎片,砾石大小混杂,大者30~35 cm小者2~3 mm,其间为2~4 cm至5~7 cm者居多,磨圆及分选差。上部2.2~2.40 m为滑塌构造变形层,褶皱构造发育,夹杂大型滑塌岩块,长度3~4 m,厚度在0.5~0.7 m,少数岩块为砾石所组成,其含量为50%~60%,岩性为浅灰色含灰质白云岩,基质成分为深灰-灰黑色块状含砾屑粉晶灰岩,砾屑由灰质白云岩,泥晶灰岩组成。依据岩层滑动构造判别230°方向滑动。

5.00 m

5. 灰黑色中层状泥-微晶灰岩夹灰褐色薄层钙质泥岩,泥灰岩,呈不等厚互层状向上叠置,由下而上灰质增加,单层变厚。1501-5-V₁产牙形石:*Siphonodella eurylobata*, *Siphonodella obsoleta*, *Siphonodella duplicata*, *Lonchodina discreta* Ulrich & Bassler。

3.50 m

4. 深褐、土黄色极薄层泥岩夹少量硅质泥岩间夹4层厚28~30 cm厚浅紫红色泥岩,或呈不等厚互层状向上叠置。其中硅质泥岩中水平层理发育,而浅紫红色泥岩不显层理。

3.10 m

3. 底部土黄色薄层硅质泥岩夹中层状钙质泥岩,偶夹灰黑色极薄层硅质岩。下部为灰黄色,土黄色薄层硅质岩。硅质泥岩及钙质泥岩,水平层理发育。上部为灰黄色薄层硅质岩夹极薄层硅质泥岩局部夹灰岩透镜体,含小个体腕足类?竹节石?等,偶见腹足类化石。偶夹黑色薄层硅质岩。

3.60 m

下伏地层:五指山组上部

厚度>24 m

2. 浅灰薄层瘤状灰岩夹中层状瘤状灰岩,局部夹2~3 cm浅黄色极薄层泥岩,发育水平层理。上述灰岩瘤体由浅灰-灰泥晶-微晶灰岩组成。偶夹硅质结核,其中大小规格为1~2 cm,2~3 cm。顶部20 cm见及浅灰薄层微晶灰岩夹钙质泥岩。与上覆巴平组底部钙质泥岩夹薄层硅质岩呈整合接触,岩层产状一致。1501-1-V₂产牙形石:*Polygnathus inornatus* sensu Branson & Mehl, *Polygnathus delicatula* (Branson & Mehl) Klapper。D_{3w}-2-2产牙形石:*Palmatolepis gracilis signoidalis*, *Spathognathodus brevius* Wang & Wang, *Spathognathodus stabilis*, *Hibbardella* cf. *acurita* Sannemann,

Angulodus warathi, *Neoprioniodus smithi* Stauffer; D₃w-2-1 产牙形石: *Palmatolepis gracilis signoidalis*, *Palmatolepis gracilis gonioclymeniae* Muller, *Hindeodella gemana* Hollmes, *Neoprioniodus smithi* Stauffer, *Angulodus warathi*, *Hindeodella brevis* Branson & Mehl, *Hibbardella cf. acurita* Sannemann, *Neoprioniodus huishuiensis* Wang & Wang。 3.00 m

1. 下部浅灰色中层瘤状灰岩夹薄层)瘤状灰岩,或呈不等厚互层状叠置。其中“瘤体”呈条带状或疙瘩状,由微-粉晶灰岩组成;条带状浅灰黄色泥岩环绕,局部层段灰质高,泥质条带少量1 m处岩层产状为300°∠27°。D₃w-1-1产牙形石:*Palmatolepis gracilis signoidalis*, *Angulodus sp. A*, *Angulodus warathi*, *Hindeodella brevis* Branson & Mehl, *Hindeodella germana* Holmes, *Hibbardella cf. acurita* Sannemann, *Palmatolepis delicatula* Ulrich & Bassler, *Guizhoudella triangularis* Wang & Wang, *Neoprioniodus huishuiensis* Wang & Wang, *Falcodus sp.*, *Spathognathodus sp.*。

上部(厚为3.00 m)岩性为浅灰中层瘤状灰岩夹薄层瘤状灰岩,呈疙瘩状。其中瘤体呈微晶-粉晶灰岩,瘤皮由灰黄或土黄色钙质泥岩组成,局部层段呈网纹状,顺层分布。D₃w-1-2产牙形石:*Palmatolepis gracilis signoidalis*, *Palmatolepis gracilis gracilis*, *Palmatolepis delicatula* Ulrich & Bassler, *Spathognathodus breviatus* Wang & Wang, *Spathognathodus stabilis*, *Drepanodina sp.*, *Ligonodina sp.*, *Hindeodella brevis* Branson & Mehl, *Angulodus warathi*, *Falcodus sp.*, *Neoprioniodus smithi* Stauffer, *Ozarkodina homoarcuata* Helms。 > 21.00 m

3 牙形石生物地层划分对比

崖脚剖面五指山组和巴平组下段共计划分7个牙形石带,其中五指山组上部可识别出1个牙形石带:*Palmatolepis gracilis sigmoidalis*带。巴平组下段建立5个牙形石带:*Siphonodella duplicata*带, *S. crenulata*带, *S. isosticha*, *Scaliognathus preaanchoralis*, *S. anchoralis*(图1)。巴平组上段识别出2个带:*Gnatodus lineatus bollandensis*, *Declinognathus noduliferus noduliferus*。上述牙形石带均以带分子首次出现为标志,自下而上分别为:

(1)*Palmatolepis gracilis sigmoidalis*带

位于剖面第1~2层,厚约17 m。以*Palmatolepis gracilis sigmoidalis*首次出现和消失为底、顶界标志。主要分子计有:*Palmatolepis gracilis signoidalis* Ziegler, *Palmatolepis gracilis gonioclymeniae* Muller, *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson & Mehl, *Palmatolepis delicatula* Ulrich &

Bassler, *Ozarkodina homoarcuata* Helms, *Spathognathodus breviatus* Wang & Wang, *Spathognathodus stabilis* (Branson & Mehl), *Angulodus warathi* (Hibbard), *Hindeodella brevis* Branson & Mehl, *Hindeodella germana* Holmes, *Hibbardella cf. acurita* Sannemann, *Neoprioniodus smithi* Stauffer, *Neoprioniodus huishuiensis* Wang & Wang, *Guizhoudella triangularis* Wang & Wang, *Drepanodina sp.*, *Ligonodina sp.*, *Falcodus sp.*, *Spathognathodus sp.*等。

本文建立*Palmatolepis gracilis sigmoidalis*带,生物群面貌较为单调;但带分子比较丰富,可与华南地区晚泥盆世晚期同名化石带对比。特别是与广西武宣南垌剖面^[11]同期地层生物群面貌基本相似,可直接对比。亦大致相当于*trachytera*, *postera*, *expensa*和*triangularis*带的时限范围^[19]。

(2)*S. duplicata*带

位于剖面5~8层,厚约17.70 m。以*Siphonodella duplicata*(Branson & Mehl) Morphotype 1 *Siphonodella duplicata* sensu Hass分子出现为特征。伴生*Siphonodella eurylobata*, *Siphonodella obsoleta*, *Lonchodina discreta* Ulrich & Bassler。

需要说明的是,该剖面的3~4层,岩性为土黄色薄层硅质泥岩夹中层状钙质泥岩,偶夹灰黑色极薄层硅质岩。尚未获牙形石。依据上伏、下覆地层所产牙形石分析,认为大致相当于牙形石*expensa-preasulcata-Lower duplicata*带的沉积^[21-22]。而本文的*S. duplicata*带的地层间隔应大致相当于Upper *duplicata-S. sandbergi*带上部^[23]。

(3)*Siphonodella crenulata*带

位于剖面9~14层地层间隔中,厚36.90 m。以*Siphonodella crenulata*出现为底界标志,以*Siphonodella isosticha*出现为顶界标志。

主要分子计有:*Siphonodella crenulata*, *Siphonodella obsoleta*, *Siphonodella eurylobata*, *Siphonodella cooperi*, *Siphonodella duplicata* (Branson & Mehl) Morphotype 1, *Siphonodella lobata*, *Siphonodella sexplicata*; *Siphonodella quadruplicata*, *Siphonodella duplicata* sensu Hass, *Siphonodella crenulata* (Cooper) Morphotype 1, *Siphonodella cooperi*, *Siphonodella cooperi* Hass Morphotype 2;

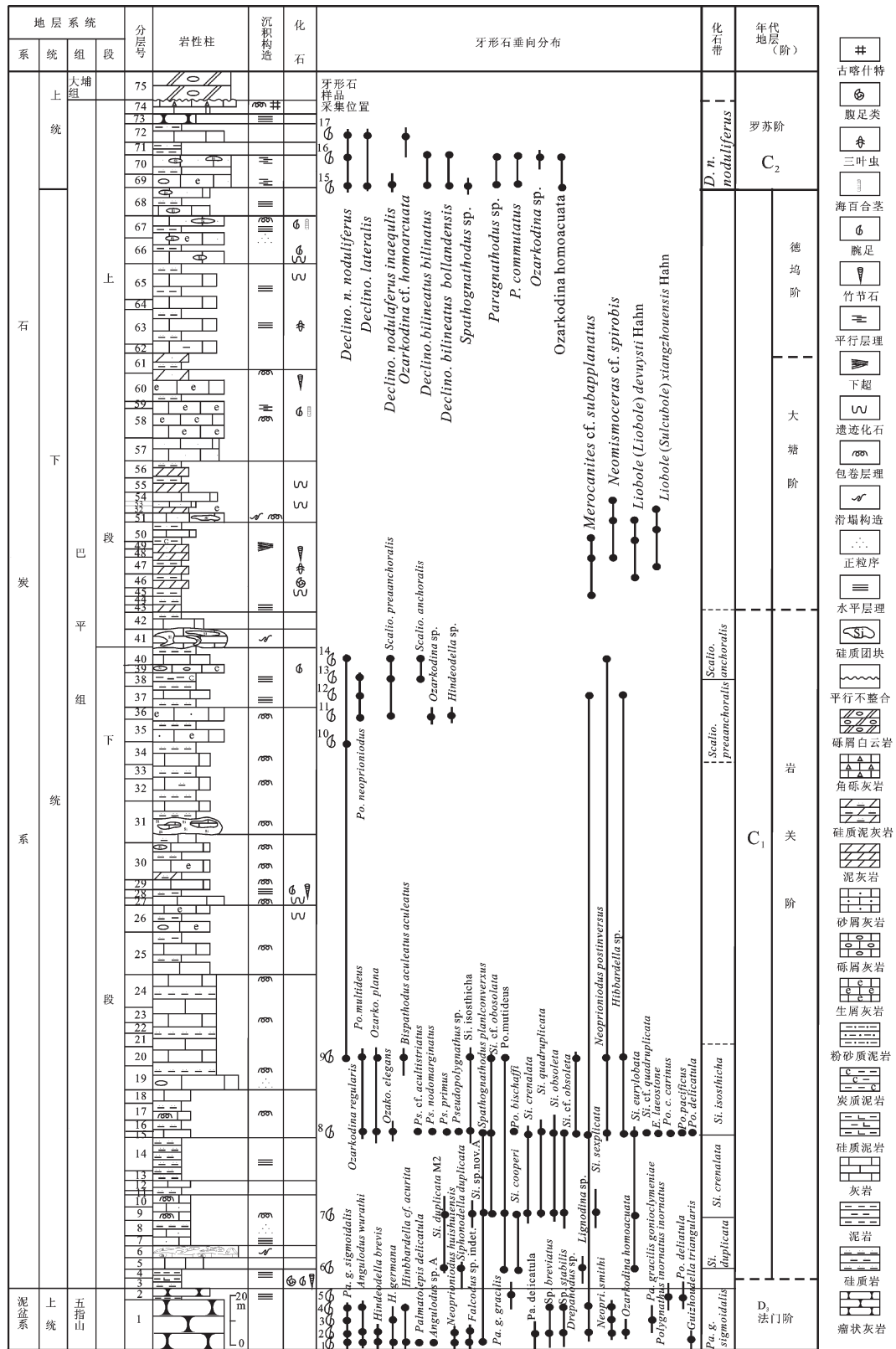


图1 广西象州崖脚剖面晚泥盆世、晚石炭世早期巴平组牙形石生物地层划分

Fig.1 The conodonts biostratigraphic classification of the Baping Formation (Late Devonian—early Late Carboniferous) in the Yajiao section, Xiangzhou County, Guangxi

Pseudopolygnathus sp., *Polygnathus inornatus inornatus*, *Polygnathus longiposticus* Branson & Mell, *Hibbardella* sp.等。

值得提及的是:仅 *Siponodella* 属的新生分子出现:计有 *Siponodella* sp. nov.A, *Siponodella sexplicata*(Branson et Mehl), *Siphonodella nandongensis* sp.nov. Li;其中, *Siponodella* sp. nov. A, *Siphonodella nandongensis* sp.nov. Li;均为南桐剖面首次发现新种或新未定种^[11]。该带见及发育5~6条吻脊的 *Siponodella sexplicata* (Branson et Mehl)。上述内容的出现和灭绝均发生在该化石带

的中部。据此,本文的 *Siponodella crenulata* 带底部应与南桐剖面的同名化石带的中部对比。

本文建立 *Siponodella crenulata* 带可与王成源^[24] 贵州睦化下石炭统王佑组顶部至未命名组的同名化石带和季强^[25-26]同名化石带生物群面貌一致,地质时代相当。同时,也可直接与宁宗善、白顺良等^[27]和白顺良等^[28]下石炭统黄茆组 *Siponodella crenulata* 带或相当层位进行对比。

本带相当于 Sandberg and Ziegler et al. ^[29]、张透信^[12] Lower *Siponodella crenulata* 带中部(表1)。

(4) *Siphonodella isosticha* 带

表1 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组牙形石分带与对比

Table 1 Correlation of the conodont stratigraphic zones of the Baping Foramtion (Late Devonian—early Late Carboniferous) in the Yajiao section, Xiangzhou County, Guangxi

年代地层			张透信 ^[12] 王成源 ^[13]	董致中、 王成源、 王志浩 ^[30]	田树刚 ^[15,16]	王成源、 徐珊红 ^[19]	王向东、 金玉环 ^[17]	熊剑飞 ^[9]	本文
系	统	阶							
石炭系	壶天统	罗苏阶	<i>D. noduliferus</i>	<i>D. noduliferus</i>		<i>D. noduliferus</i>	<i>D. noduliferus</i>		<i>D. noduliferus</i>
		德坞阶	<i>A. lautus</i> <i>G. bilineatus bollandensis</i> <i>A. unicornis</i>	<i>G. bilineatus bollandensis</i>			<i>G. bilineatus bollandensis</i> <i>A. unicornis</i>	<i>I. corrugatus</i>	
	丰宁统	大塘阶	<i>L. nodosus</i> <i>G. bilineatus bilineatus</i> <i>L. commutatus</i> <i>G. texanus-G. homopunctatus</i>	<i>L. nodosus</i> <i>G. bilineatus bilineatus</i> <i>Ps. ? yuannanensis</i> <i>G. homopunctatus</i>	<i>G. homopunctatus</i> <i>G. preabilineatus</i>	<i>G. bilineatus bilineatus</i>	<i>L. commutatus</i> <i>G. texanus-G. homopunctatus</i>	<i>L. nodosus</i> <i>G. bilineatus bilineatus</i> <i>G. bilineatus bilineatus</i> <i>G. homopunctatus</i>	<i>D. lateralis</i> <i>G. bilineatus bilineatus</i>
		岩关阶	<i>S. anchoralis</i> <i>G. semiglaber-G. typicus</i> <i>S. isosticha</i> -Upper <i>S. crenulata</i> Lower <i>S. crenulata</i> <i>S. sandbergi</i> Upper <i>S. duplicata</i> Lower <i>S. duplicata</i> <i>S. sulcata</i>	<i>S. anchoralis</i>	<i>S. anchoralis</i>	<i>G. semiglaber-G. typicus</i> <i>Pseudopolygnathus triangulus pinnatus</i>	<i>S. anchoralis</i> <i>G. semiglaber-G. typicus</i> <i>S. isosticha</i> -Upper <i>S. crenulata</i> Lower <i>S. crenulata</i> <i>S. sandbergi</i> Upper <i>S. duplicata</i> <i>S. sulcata</i>	<i>G. semiglaber</i> <i>Ps. triangulatus</i> <i>S. Isosticha-S. crenulata</i>	<i>S. anchoralis</i> <i>S. preaanchoralis</i> <i>S. isosticha</i> <i>S. crenulata</i> <i>S. duplicata</i>
泥盆系	上统	法门阶	<i>S. preasulcata</i> <i>expansa</i> <i>pestera</i> <i>truchytera</i>				<i>S. preasulcata</i>	<i>Pa. g. gracilis</i>	<i>Pa. g. sigmoidalis</i>

位于剖面 15~20 层中,厚约 40.0 m。以 *Siphonodella isosticha* 出现和消失为底、顶界标志。主要分子计有:*Siphonodella isosticha*,*Siphonodella crenulata* Morphotype 2, *Siphonodella quadruplicata*, *Siphonodella obsoleta* Hass,*Siphonodella* cf. *obsoleta* Hass; *Polygnathus multideus* (Ulrich & Bassler), *Polygnathus inornatus inornatus* E. R. Branson, *Polygnathus communis carinus* Hass,*Polygnathus delicatulus* B. & M., *Polygnathus bischaffi* Rhodes, Austin & Drace, *Polygnathus* cf. *pacificus* Savage & Funai, *Hindeodella* sp.,*Pseudopolygnathus* sp., *Pseudopolygnathus primus*,*Pseudopolygnathus nodomarginatus* (B. & M.),*Pseudopolygnathus* cf. *multistriatus*,*Neoprioniodus postinversus* Helms, *Ligonodina* sp., *Euprioniodina alternata* (Ulrich & Bassler),*Ozarkodina regularis* B. & M.,*Ozarkodina plana* (B. & M.),*Ozarkodina elegans* (Stauffer), *Elictignathus laeostone*, *Elictignathus bialata* (B. & M.),*Spathognathus* sp.,*Spathognathus planiconvexus* Wang & Wang,*Dinodus wilsoni* Druce, *Bispathodus aculeatus aculeatus* (B. & M.)等。

本文建立 *Siphonodella isosticha* 带,生物群面貌与季强^[25-26]同名化石带基本一致,可直接对比。与王成源^[21]、Sandberg et Ziegler et al.^[30] *isosticha-crenulata* 组合带上部对比。

(5) *S. preaanchouralis* 带

见于剖面 35~38 层中,厚约 20 m,以 *Scaliognathodus preaanchouralis* 出现为底界标志,以 *Scaliognathodus anchoralis* 出现为顶界标志。主要分子计有:*Scaliognathodus preaanchouralis* B. & M., *Polygnathus neoprioniodus*, *Polygnathus neoprioniodus*, *Neoprioniodus postinversus* Helms, *Ozarkodina* sp., *Hinbardella* sp., *Ligonodina* sp.等。

本文建立 *S. preaanchouralis* 带生物群面貌与北美、欧洲杜内阶上部常见同名化石带相似;该种也见于云南施甸鱼洞剖面香山组中下部^[15]。

(6) *Scaliognathodus anchoralis* 带

见于剖面 39~40 层间隔中,厚约 5 m,以 *Scaliognathodus anchoralis* 出现和消失为底界和顶界标志。主要分子计有:*Scaliognathodus anchoralis europensis* Lane & Ziegler,

Scaliognathodus anchoralis B. & M., *Scaliognathodus preaanchouralis* B. & M.; *Polygnathus neoprioniodus*, *Polygnathus multideus* (Ulrich & Bassler), *Hindeodella* sp.等。本文建立 *S. preaanchouralis* 带相当于杜内期晚期,其顶界可直接与田树刚^[15]同名化石带对比;地质时代为杜内期晚期。另据侯鸿飞等^[9]在该层位识别出有孔虫:*Eoparastaffella* A,B 分子。及其上覆层位识别出菊石:*Merocanites* sp., 三叶虫:*Liobole* (*Liobole*) *devuysti* Hahn,*Liobole* (*Sulcubole*) *xiangzhouensis* Hahn。指出 *Liobole* 是中欧库尔姆相 *Erdbachian* (*Pericyclus* 阶)的典型分子。为杜内—维宪阶的界线划分和详细层位的确定提供了可靠的对比依据。也大致可与张遴信^[12]、董致中等^[30]、王向东等^[17]所建立的同名化石带对比,地质时代相当。

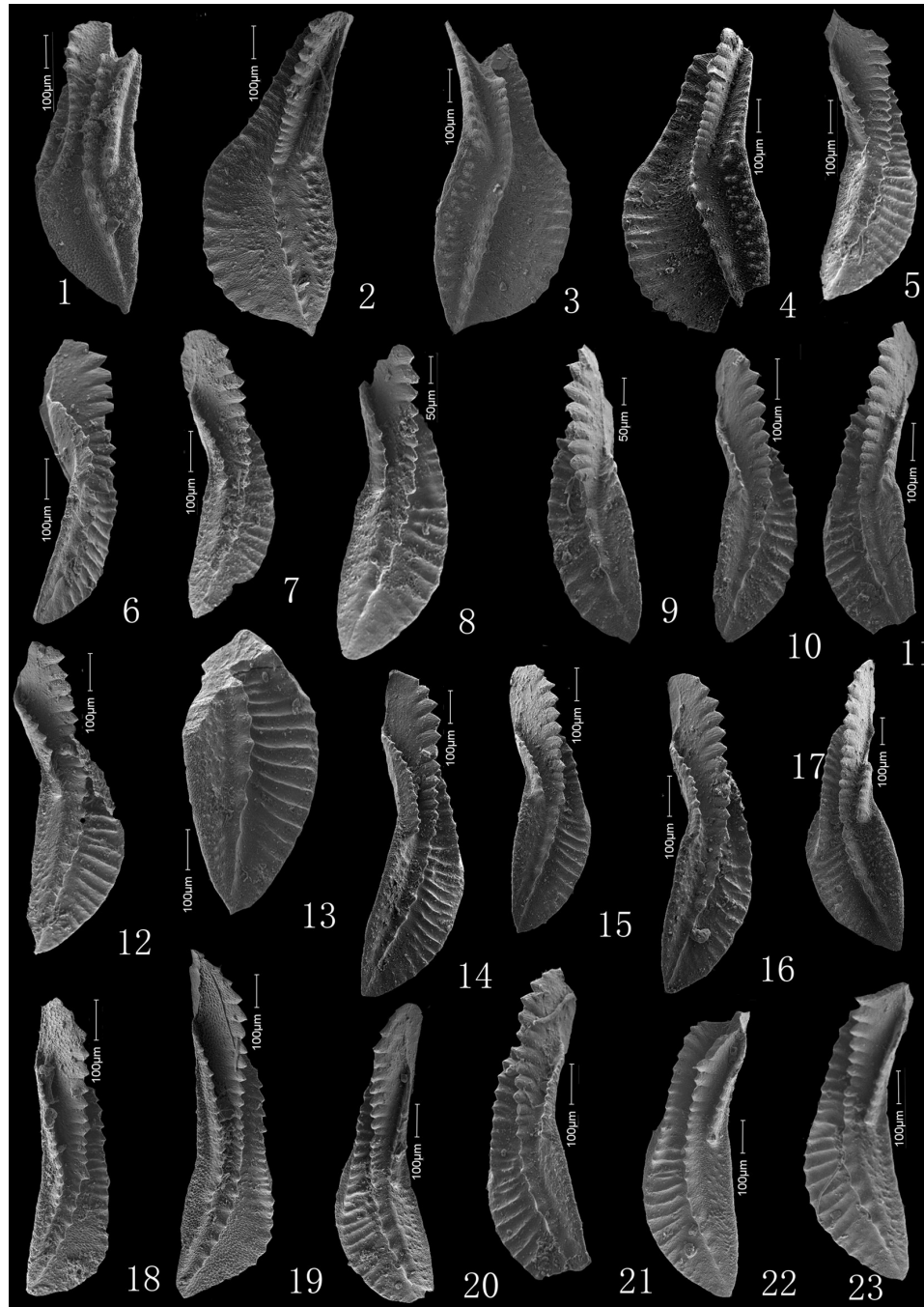
(7) *Declinogaptus noduliferus noduliferus* 带

见于剖面 69~72 层间隔中,厚约 20 m,以 *Declinogaptus noduliferus noduliferus* 出现和消失为底界和顶界标志。主要分子计有:*Declinogaptus noduliferus noduliferus*, *Declinogaptus lateralis*, *Gnathodus bilineatus bollandensis*, *Gnathodus bilineatus bilineatus*, *Paragnathodus* sp., *Paragnathodus commutatus* B. & M.,*Ozarkodina* cf. *homoarcuata* Helms, *Spathognathus* sp.等。

本文建立 *Declinogaptus noduliferus noduliferus* 带,主要以 *Declinogaptus noduliferus noduliferus*, *Gnathodus bilineatus bollandensis* 和 *Gnathodus bilineatus bilineatus* 最为丰富,标本数量多。此外,常见 *Declinogaptus lateralis*。可与广西忻城晚石炭世早期同名化石带^[9]、贵州罗甸上石炭统底部同名化石带^[14]直接对比,地质时代为晚石炭世早期是适宜的。

4 结 论

(1) 本文在广西象州崖脚剖面五指山组和晚泥盆世晚期—晚石炭世早期巴平组建立 7 个牙形石带,此外,尚依据菊石、有孔虫和三叶虫所提供的地质时代证据,可以确定该剖面巴平组的地质时代为:晚泥盆世晚期—晚石炭世早期。其中,巴平组底界以黄绿色、土黄色泥岩的出现为界线标志。顶界以灰岩的消失为界线标志与上覆大埔组白云岩

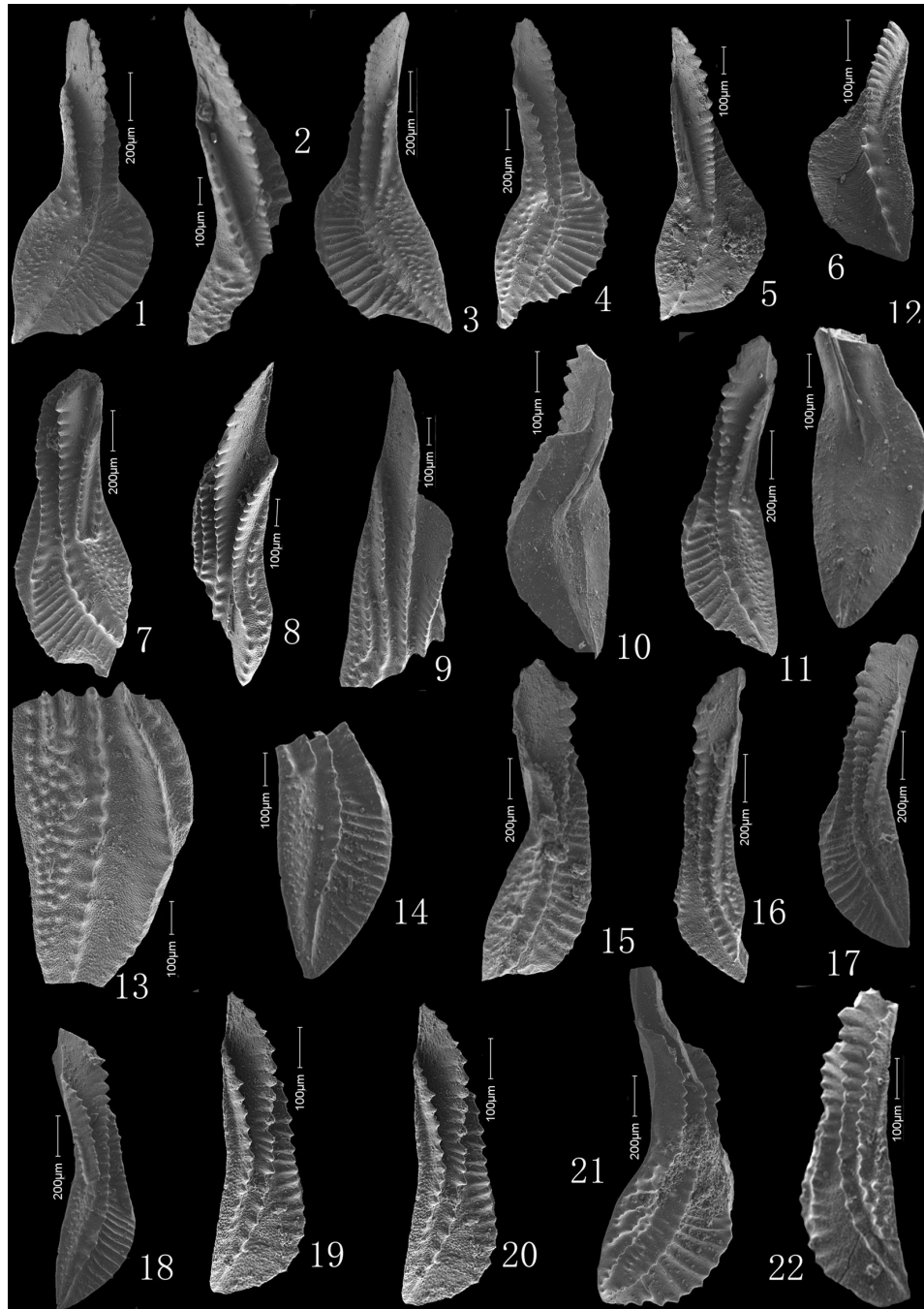


图版说明(Explanation of Plates)

所有图示标本均产自广西象州县崖脚巴平组剖面,标本保存在中国地质调查局武汉地质调查中心资料室。斜线上为野外采集号、斜线下为标本登记号。牙形石标本规格大小见图版线条比例尺。

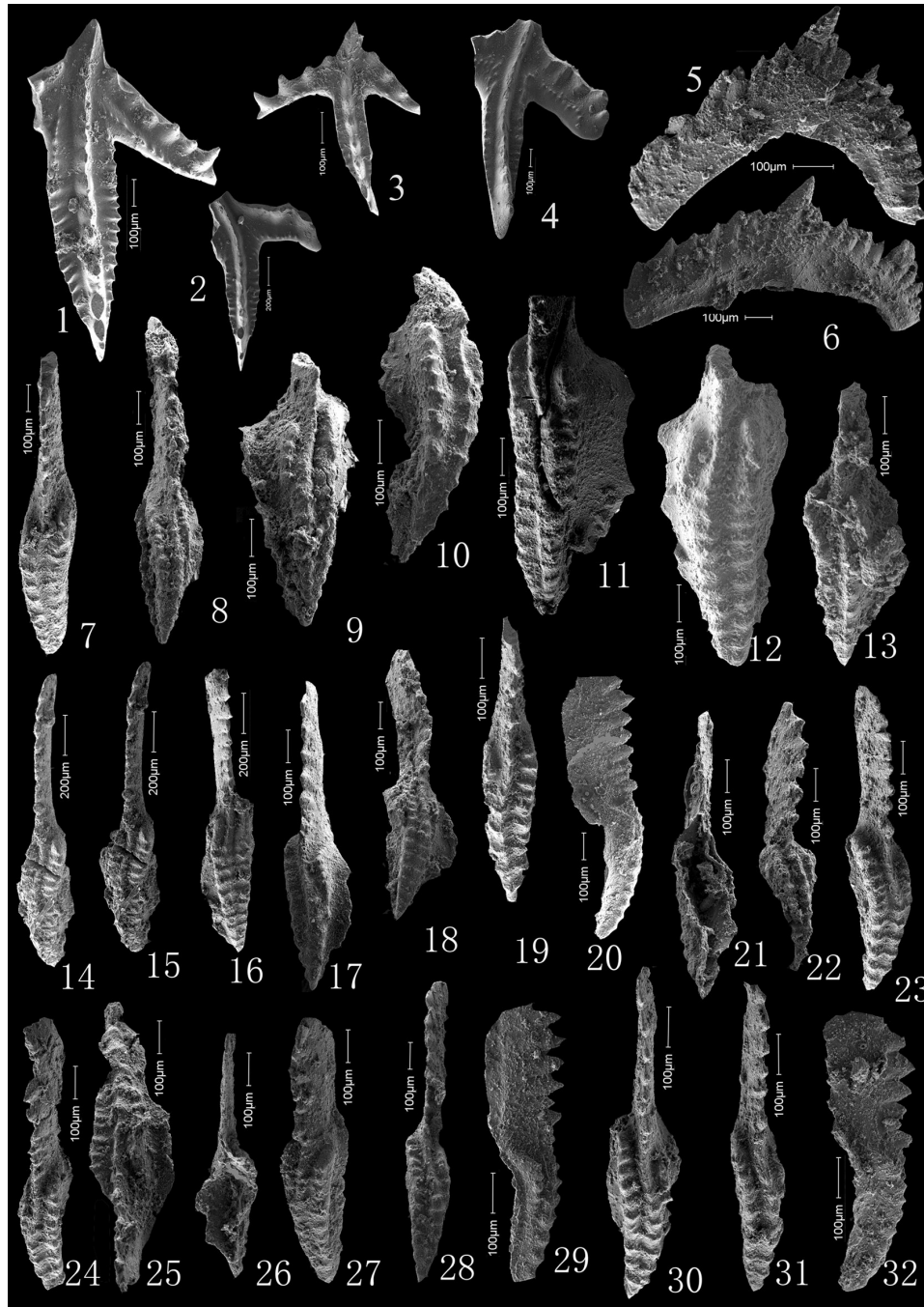
图版 I

1-*Siphonodella isosticha* (Cooperi), 1939; 口视, 1501-6/2014-1; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。2~4-*Siphonodella* cf. *eurylobata* Ji, 1985; 均为口视, 1501-5V₂/2014-2-4; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。6~11-*Siphonodella duplicate sensu* Hass, 1959; 6为侧视, 1501-5V₂/2014-6; 7~11均为口视, 1501-5V₂/2014-7-1501-5V₂-11; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。12~16, 20~23-*Siphonodella cooperi* Hass, 1959; 均为口视, 1501-5V₂/2014-12~16, 2014-20~23; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。18~19-*Siphonodella obsoleta* Hass, 1959; 均为口视, 18, 1501-5V₁/2014-18; 19, 1501-5V₂/2014-19; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。



图版 II

1-4. *Siphonodella crenolata* (Cooper), 1939 均为口视, 1. 1501-5V₂/2014-24; 2, 1501-5V₂/2014-25.3. 1501-5V₂/2014-26.4. 1501-5V₂/2014-27. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。5-6. *Siphonodella eurylobata* Ji, 1985 均为口视, 5. 1501-6V₁/2014-28; 6. 1501-6V₁/2014-29; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。7, 9. *Siphonodella quadruplicate* (Branson & Mehl), 1934 均为口视, 7, 1501-5V₂/2014-30; 9. 1501-5V₂/2014-31; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。8, 13, 16, 18-20, 22. *Siphonodella obsoleta* Hass, 1959 均为口视, 8, 1501-6V₁/2014-31; 13, 1501-5V₂/2014-32; 16, 1501-5V₂/2014-33; 18, 1501-5V₂/2014-34; 19-20, 1501-6V₁/2014-35, 36; 22. 1501-6V₁/2014-37; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。10-12, 15. *Siphonodella duplicata* (Branson & Mehl), 1934 Morphotype 1 10, 12. 均为反口视, 1501-5V₂/2014-38, 40; 11, 15. 均为口视, 1501-5V₂/2014-39, 41. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。17, 21. *Siphonodella cooperi* Hass, 1959 均为口视, 17, 21. 1501-5V₂/2014-42, 43; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段。

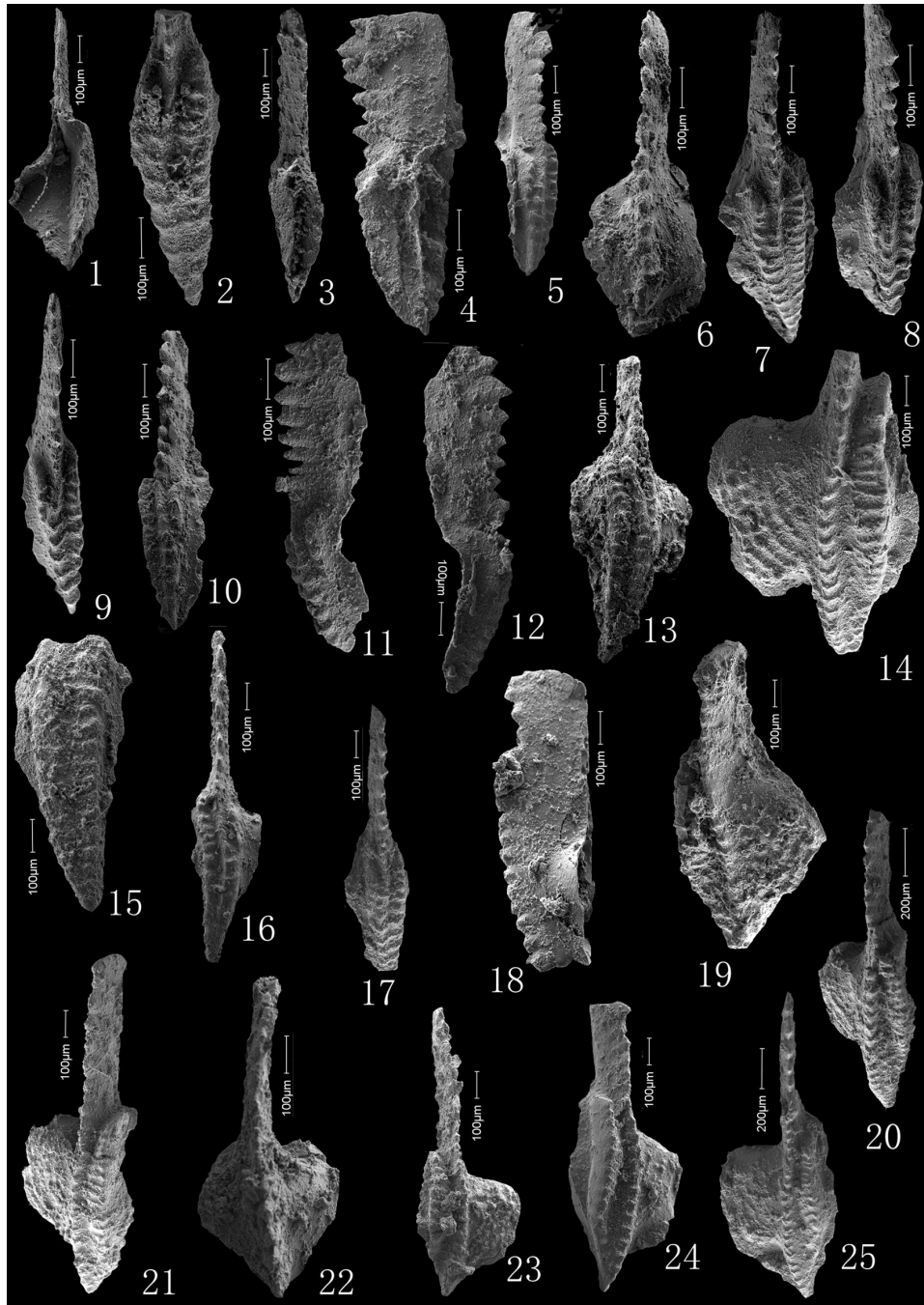


图版III (Plate III)

1,2,4. *Scaliognathus anchoralis* Branson & Mehl 均为口视, 1. 1501-9V₁/2014-45; 2,4. 1501-10V₂/2014-46,47; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段上部。3. *Scaliognathus preanchoralis* Branson & Mehl 口视, 1501-9V₁/2014-48; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组下段上部。

5, 6. *Ozarkodina cf. homoarcuata* Helms, 1959 均为侧视, 5. 1502-20V₁/2014-49; 6. 1502-20V₂/2014-50; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组上段上部。7, 10-13. *Declinognathodus lateralis* (Higgins & Bouckaert, 1968) 均为口视, 7. 1502-20V₄/2014-51; 10-13. 1502-20V₁/2014-52-55; 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组上段上部。8, 18, 20-22, 26-30, 32. *Declinognathodus noduliferus noduliferus* (Ellison & Graves, 1941) 8, 口视; 18, 口视; 20, 侧视; 21, 反口视; 22, 口视; 26, 反口视; 27, 口视; 28, 口视; 29, 侧视; 30, 口视; 32. 侧视。1502-20V₁/2014-56-66. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组上段上部。

9, 14-17, 19, 23-25, 31. *Declinognathodus noduliferus inaequalis* (Higgins, 1975) 均为口视, 9, 14-17, 19, 23-25, 31. 1502-20V₁/2014-67-76. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组上段上部。



图版IV (Plate IV)

1,6,18,22. *Paragnathodus commutatus* (Branson & Mehl, 1961) 1,6, 22. 均为口视。18, 侧视。1,6, 1502-20V₁/2014-77, 78. 18, 22. 1502-20V₁/2014-79, 80. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组上段上部。2, 15, *Declinognathodus lateralis* (Higgins & Bouckaert, 1968) 均为口视, 2, 15, 1502-20V₁/2014-81, 82. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组上段上部。3-5, 7, 8-12, 16, 17. *Declinognathodus noduliferus noduliferus* (Ellison & Graves, 1941) 3, 反口视; 4, 11, 12, 侧视。5, 7, 8, 10, 16, 均为口视。1502-20V₁/2014-83-92. 17. 1502-20V₂/2014-93. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组上段上部。13, 19, 23, 24. *Gnathodus bilineatus bollandensis* Higgins & Bouckaert, 1987 均为口视, 13, 1502-20V₁/2014-94. 19, 23, 24. 1502-20V₂/2014-95-97. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期统巴平组上段上部。14, 20, 21, 25. *Gnathodus bilineatus bilineatus* (Roundy, 1926) 均为口视, 14, 1502-20V₁/2014-98. 20, 21, 25. 1502-20V₂/2014-99-101. 产地层位: 广西象州崖脚晚泥盆世—晚石炭世早期巴平组上段上部。

呈平行不整合接触。

(2)该剖面五指山组上部和巴平组均为深水沉积(斜坡-台盆相),牙形石生物群面貌特征和化石带与不同相区(台地相、台盆相)对比,虽少数复合型牙形石分子有所不同,但主要化石属种均可资对比。

(3)巴平组上段存在三条界线(岩关阶与大塘阶、大塘阶与德坞阶),甚至包括德坞阶与上覆罗苏阶之间的精细地层划分对比尚有待进一步工作。但本文所开展的牙形石包括菊石、三叶虫及有孔虫等门类生物地层划分对比无疑为进一步层序地层划分对比、乃至页岩气资源勘探工作中亟待解决目的层地质时代问题提供了可靠的生物地层证据。

致谢: 审稿专家及编辑部李亚萍老师对论文提出了宝贵修改意见,在此一并致以诚挚的谢意!

参考文献 (References):

- [1] 杜远生, 黄虎, 杨江海, 等. 晚古生代—中三叠世右江盆地的格局和转换[J]. 地质论评, 2013, 59(1): 1-10.
Du Yuansheng, Huang Hu, Yang Jianghai, et al. The basin translation from Late Paleozoic to Triassic of the Youjiang basin and its tectonic signification [J]. Geological Review, 2013, 59(1): 1-10(in Chinese with English abstract).
- [2] 彭中勤, 王传尚, 李志宏, 等. 广西桂中坳陷东缘早石炭世斜坡相层序地层研究[J]. 中国地质, 2014, 41(5): 1503-1514.
Peng Zhongqin, Wang Chuanshang, Li Zhihong, et al. The Early Carboniferous sequence stratigraphy on the eastern margin of Guizhou depression[J]. Geology in China, 2014, 41(5): 1503-1514(in Chinese with English abstract).
- [3] 钟铿, 吴治, 殷保安, 等. 广西的泥盆系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992: 1-314.
Zhong Keng, Wu Yi, Yin Baoan, et al. Devonian of Guangxi [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1992: 1-314(in Chinese).
- [4] 梅冥相, 马永生, 高金汉, 等. 滇黔桂盆地及其邻区晚古生代层序地层格架及相对海平面变化[J]. 现代地质, 2002, 16(4): 365-373.
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Gao Jinhan, et al. Sequence-stratigraphic framework and relative sea level change of Late Paleozoic in the Dianqiangui Basin and its adjacent areas [J]. Geoscience, 2002, 16(4): 365-373(in Chinese with English abstract).
- [5] 梅冥相, 李仲远. 滇黔桂地区晚古生代至三叠纪层序地层序列及沉积盆地演化[J]. 现代地质, 2004, 18(4): 555-563.
Mei Mingxiang, Li Zhongyuan. Sequence-stratigraphic succession and sedimentary-basin evolution from Late Paleozoic to Triassic in the Yunnan-Guizhou-Guangxi region[J]. Geoscience, 2004, 18(4): 555-563(in Chinese with English abstract).
- [6] 邝国敦, 吴治, 韦仁彦, 等. 柳州市郊石炭纪沉积相及上、下石炭统界线[J]. 广西地质, 1989, 6(2): 31-47.
Kuang Guodun, Wu Yi, Wei Renyan, et al., The Carboniferous sedimentary facies and the Lower-Middle Carboniferous boundary at the outskirts of Liuzhou city[J]. Geology of Guangxi. 1989, 6(2): 31-47(in Chinese with English abstract).
- [7] 邝国敦, 李家骧, 钟铿, 等(编著). 广西的石炭系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999: 1-258.
Kuang Guodun, Li Jiexiang, Zhong Keng, et al. (eds.) . Carboniferous of Guangxi [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1999: 1-258(in Chinese).
- [8] 侯鸿飞, 吴祥和, 殷保安. 中国华南石炭系社内阶-维宪阶界线对比综合研究报告[C]//王泽九, 黄枝高. 中国主要断代地层建阶研究报告. 中国地质调查局专报, No. 20077001. 北京: 地质出版社, 2008: 312-323.
Hou Hongfei, Wu Xianghe, Yin Baoan. Chinese Southern China Carboniferous Tournaisian, Viséan boundary contrast comprehensive research report[C]//China Mainly Dating Formation Built Order Report. Chinese Geological Survey Report. No: 20077001. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 312-323(in Chinese).
- [9] 王瑞刚. 象州县崖脚下石炭统剖面简介[J]. 广西地质, 1996: 62-88.
Wang Ruigang. Outline of the Lower Carboniferous section in the Yajiao, Xiangzhou County, Xiangzhou[J]. Guangxi Geology, 1996: 62-68.
- [10] 殷保安, 等. 广西壮族自冶区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 1997: 1-384.
Yin Baoan et. al. Stratigraphy (Petrology) of Guangxi Zhuang Autonomous Region[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 1-310(in Chinese).
- [11] 李志宏, 彭中勤, 程龙, 等. 广西南桐早石炭世巴平组下段牙形刺新材料[J]. 微体古生物学报, 2014, 31(3): 271-284.
Li Zhihong, Peng Zhongqin, Chenglong, et al. New material of the Conodonts Early Carboniferous from the Lower part of Baping Formation, in Nandong area, Guangxi. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2014, 31(3): 271-284(in Chinese with English abstract).
- [12] 张遵信. 石炭系[C]//中国科学院南京地质古生物研究所编著. 中国地层研究二十年(1979-1999)[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000: 129-163.
Zhang Linxin. Carboniferous[C]//Edited by China Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences. Stratigraphical Studies in China (1977-1999). Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2000: 129-163(in Chinese).
- [13] 王成源. 泥盆系[C]//中国科学院南京地质古生物研究所编著. 中国地层研究二十年(1979-1999). 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000: 73-94.
Wang Chengyuan. Devonian[C]//Edited by China Nanjing Institute

- of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences. Stratigraphical Studies in China (1977–1999). Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2000: 73–94(in Chinese).
- [14] 王志浩. 黔南、桂北石炭系中间界线及其上下层位的牙形刺[J]. 微体古生物学报, 1996, 13(3): 261–276.
Wang Zhihao. Mid– Carboniferous boundary and the conodonts across this boundary in South Guizhou and North Guangxi[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1996, 13(3): 261–276(in Chinese with English abstract).
- [15] 田树刚, Coen M. 华南石炭纪岩关—大塘期界线地层牙形石分带[J]. 地质通报, 2004, 23(8): 737–749.
Tian Shugang, Michel Coen, Conodont zonation in the Carboniferous Yangunian– Datangian boundary in South China [J]. Geological bulletin of China, 2004, 23(8): 737–749(in Chinese with English abstract).
- [16] 田树刚, M. Coen. 华南石炭纪杜内—维宪界线期牙形石演化和层型标志[J]. 中国科学(D 辑), 2005, 35(11): 1028–1036.
Tian Shugang, Michel Coen, Conodont evolution and stratotype mark in the Carboniferous Tournaisian– Visean boundary in South China [J]. Science in China(Series D), 2005, 35(11): 1028–1036(in Chinese).
- [17] 王向东, 金玉珩. 石炭纪年代地层学概况[J]. 地层学杂志, 2000, 24(2): 90–98.
Wang Xiangdong, Jin Yugan. An Outline of Carboniferous Chronostratigraphy[J]. Journal of Stratigraphy, 2000, 24(2): 90–98 (in Chinese).
- [18] 王向东, 金玉珩. 石炭系全球界线层型研究进展[J]. 地层学杂志, 2005, 25(2): 147–153.
Wang Xiangdong, Jin Yugan. Achievements of the establishment of the Carboniferous GSSP[J]. Journal of Stratigraphy, 2005, 25(2): 147–153(in Chinese).
- [19] 王成源, 徐珊红. 广西忻城县苗石炭纪牙形刺[J]. 微体古生物学报, 1989, 6(1): 31–44.
Wang Chengyuan, Xu Shanrong. Carboniferous conodonts from Limiao, Xincheng County, Guangxi[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1989, 6(1): 31–44(in Chinese).
- [20] ZIEGLER W. Catalogue of Conodonts . E. Schweizerbart sche Verlagsbuchhandlung, IV, 1981: 409–421.
- [21] Wang Chengyuan, Yin Baoan. Conodonts.[C]//Yu Changmin etc. Devonian– Carboniferous Boundary in Nanbianchun, Guilin – Aspects and Records. Beijing, Science Press , 1988:105–148.
- [22] Bai S L, Bai Z Q, Ma X P, et al., Devonian Events and Biostratigraphy of South China[M]. Beijing: Peking University Press, 1995:1–303.
- [23] 李志宏, 彭中勤, 程龙, 等, 广西南桐早石炭世牙形石生物地层研究新进展[J]. 中国地质, 2015, 42(4): 990–1008.
Li Zhihong, Peng Zhongqin , Cheng Long, et al. Progress of the early Early Carboniferous conodonts biostratigraphy of Nandong, Guangxi Province[J]. Geology in China, 2015, 42(4): 990–1008 (in Chinese with English abstract).
- [24] 王成源, 殷保安. 华南浮游相区早石炭世早期牙形刺分带和泥盆系、石炭系分界[J]. 古生物学报, 1984, 23(2): 224–240.
Wang Chengyuan, Ying Baoan. Conodont Zonations of Early Lower Carboniferous and Devonian– Carboniferous Boundary in pelagic facies, Shouth China[J]. Acta Palaeontology Sinica, 1984, 23(2): 224–240(in Chinese with English abstract).
- [25] 季强. 浅谈牙形刺 Siphonodella 属的演化、分类、分带及其生物相[J]. 中国地质科学院地质研究所所刊, 1985, 11: 51–78.
Ji Qiang. Study on the Phylogeny, Taxonomy, Zonation and Biofacies of Siphonodella (Conodonta) [J]. Bulletin of the Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, 1985, 11: 51–78(in Chinese with English abstract).
- [26] 季强. 泥盆纪—石炭纪之交的牙形类动物群演替层型研究[C]. 地层古生物论文集, 2004, 28: 111–122.
Ji Qiang, On the change of conodonts near the Devonian– Carboniferous Boundary [C]. Professional papers of Stratigraphy and Palaeontology, 2004, 28: 111–122(in Chinese with English abstract).
- [27] 宁宗善, 白顺良, 金善燊. 广西武宣泥盆系与石炭系界线剖面并论珊瑚与牙形石共生关系[J]. 广西地质, 1984, 1: 36–44.
Ning Zhongshan, Bai Shunliang, Jin Shanji. Discuss the section of Devonian– Carboniferous boundary and the intergrowth relations of Conodonts & Coral, Wuxuan, Guangxi [J]. Guangxi Geology, 1984, 1: 36–44(in Chinese with English abstract).
- [28] 白顺良, 宁宗善, 柴之芳, 等. 广西黄茆泥盆系—石炭系界线层分带及地球化学异常[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1987, 4: 105–110.
Bai Shunliang, Ni Zhongshan, Chai Zhifang et al. Zonation and geochemical anomaly of the Devonian– Carboniferous boundary beds of Huangmao, Guangxi[J]. Acta Scientiarum Naturalium, Univesitates Pekinensis, 1987, 4:105–110(in Chinese with English abstract).
- [29] Sandberg C A. Ziegler W, Leuteritz K. and Brill S M. Phylogeny, Peciation, and zonation of Siphonodella (Conodonta, Upper Devonian and Lower Carboniferous) [J]. Newsl. Stratigr. , 1978, Vol.7, No.2, p.102–120.
- [30] 董致中, 王成源, 王志浩. 滇西北石炭系和二叠系牙形刺序列[J]. 古生物学报, 1987, 26(4): 411–417.
Dong Zhizhong, Wang Chengyuan, Wang Zhihao. Carboniferous and Permian conodont sequence in Northwestern Yunnan[J]. Acta palaeontologica Sinica, 1987, 26 (4): 411–417(in Chinese with English abstract).