

华南斜坡相寒武纪三叶虫动物群研究回顾并论 我国南、北方寒武系的对比*

彭善池

(现代古生物学和地层学国家重点实验室, 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008, scpeng@nigpas. ac. cn)

提要 回顾建国以来对江南斜坡带寒武纪三叶虫动物群的系统古生物学研究。分析江南斜坡带寒武纪三叶虫动物群的组成。以江南斜坡带的三叶虫研究成果为基础, 讨论我国华南、华北和东北南部区的生物地层和年代地层对比。

关键词 三叶虫 生物和年代地层对比 寒武纪 江南斜坡带 华南和华北

1 前言

我国华南的寒武纪斜坡相地层含有丰富的、高分异度三叶虫动物群, 不仅具有众多的全球性分布的球接子和多节类三叶虫, 也含有大量的、以往仅见于我国华北和东北南部的地方性多节类。这个动物群对于寒武纪生物地层学和年代地层学的研究具有重要的科学意义, 也是解决我国南、北方寒武纪地层对比的关键。在新中国建立以前, 我国有关斜坡相寒武纪三叶虫的研究基本处于空白阶段, 仅有 Bergeron(1899) 描述过在贵州铜仁附近所产的一个三叶虫种; 而有关斜坡相寒武纪地层的研究, 也仅仅是结合汞矿的调查局限在湘西、黔东南一代零星进行, 粗略做过非正式的地层划分(田奇璩, 1940; 刘国昌, 1945)。解放以来特别是改革开放 30 年以来, 我国学者对这类三叶虫动物群开展了大量而扎实的研究, 在系统分类学、生物地层学和年代地层学研究上, 均取得了重要的、有国际影响的研究成果, 基本上查明了这类动物群的内容和性质, 所建立的代表华南地区的生物地层序列和年代地层系统, 已被国际地层学权威专著采纳为中国的地层标准(Shergold and Cooper, 2004; Peng and Babcock, 2008)。在研究区域上, 范围不断扩大, 从江南斜坡带传统研

究区的湘西、黔东南, 延伸到湘西北、黔东南、皖南、苏南、浙西、桂西等地, 还进一步扩大到江北斜坡带(朱洪源, 1987; 杨家骥等, 1991; 张文堂, 1995)。江南斜坡带的研究, 集中反映了我国寒武纪斜坡相三叶虫和地层的研究程度和现状, 对于解决我国南、北寒武系的可靠对比具有极其重要的意义。本文着重介绍建国以来在江南斜坡带所取得的研究进展, 并探讨我国江南斜坡带和华北地台的寒武系较为精确的对比问题。

2 江南斜坡带寒武纪三叶虫动物群

2.1 研究简史

江南斜坡带三叶虫, 最早由卢衍豪(1954, 1956a, b) 研究, 分别描写了在黔东南三都和玉屏附近发现的 6 种和 4 种寒武纪三叶虫, 归属于 *Pseudagnostus*, *Lotagnostus*, *Hedinaspis*, *Charchaia*, *Eugonocare*, *Prochuangia*, *Eosaukia Yuepingia* 等属, 这些开创性的成果虽然只报道了很小的三叶虫组合, 但根据三叶虫和沉积物特征, 卢氏已认定它们是生活于寒武纪较深水环境的动物群, 与华北等地浅水环境的三叶虫性质不同。

20 世纪 60 和 70 年代, 叶戈洛娃等(1963) 和杨家骥(1978) 结合地层剖面对湘西、黔东南三叶虫做了

较为深入的系统分类研究,分别描记了 33 属 43 种和 62 属 105 种(已排除无效属种),并尝试进行三叶虫生物地层学研究,杨家骅还首次在中2晚寒武世(王村晚期)排碧早期)花桥组(原/保靖组0和/老茶田组0)内建立了 6 个多节类三叶虫带。钱义元(1961)、卢衍豪等(1974b)、周天梅等(1977)、尹恭正、李善姬(1978)描记了一些产于湘西、黔东、黔东南和桂西的属种。林焕令等(1966)、张文堂等(1979)又对黔东、湘西含三叶虫寒武纪地层作了进一步研究。这些工作初步揭开了江南斜坡带寒武纪三叶虫的面目,为卢衍豪等(1974b)总结、划分中国寒武纪三叶虫类型和提出的寒武纪/生物)环境控制论0奠定了基础。在这篇总结性的研究中,卢衍豪等将这类特殊的动物群称之为/过渡类型0动物群,把包含这类动物群的地带称为/过渡区0,认为该动物群既包含/华北类型动物群0的分子,也包含/东南类型动物群0的分子。

20 世纪 80 年代,结合国际上寒武系2奥陶系全球界线层型剖面 and 点位(金钉子)的研究,卢衍豪等(Lu and Lin, 1983, 1984)和彭善池(Peng, 1984)分别研究了浙江江山和湘西桃源)慈利区寒武系2奥陶系界线地层的三叶虫动物群和生物分带,受到国际同行的重视,也成为日后浙西和湘西寒武系详细的三叶虫生物分带工作的重要基础之一(卢衍豪、林焕令, 1980, 1983, 1989; 彭善池, 1987, 1990, 1992)。由于球接子三叶虫在区域和国际对比中的重要作用,我国学者在这个时期开始重视球接子三叶虫生物地层的研究,不再像过去那样只依靠多节类三叶虫分带。卢衍豪等(1983b)在浙西建立的 15 个寒武纪三叶虫带中,包含了 10 个球接子三叶虫带。这一时期,除张文堂等(1980b)、刘义仁(1982)又描记了许多产于湘西、黔东、黔东南的三叶虫外,我国学者对斜坡相三叶虫和地层的研究还延伸到皖南和苏南等地(仇洪安等, 1983; 林天瑞等, 1983; 仇洪安, 1984; 张全忠、李昌文, 1984; 钱义元、周泽民, 1984)。周志毅、袁金良(1980)和周志毅等(1980)对黔东传统早寒武世(南皋期)都匀期)的地层,做了奠基性的生物地层划分,建立了 5 个多节类三叶虫带,最近,林焕令又将这段地层的生物地层序列修订为 7 个多节类带(Lin, 2008)。日后在湘西和湘西北对这段地层的三叶虫的分布详细研究后,或许还能进一步完善它的分带。对黔东、湘西三叶虫动物群组成和分异度(周志毅等, 1979)及沉积学研究(高振中、段太忠, 1985; 刘宝珺等, 1990)表明华南/过渡

类型0寒武纪地层和三叶虫动物群实际上是斜坡环境的产物,90 年代初笔者将华南的这一/过渡区0正式命名为江南斜坡带(Peng, 1990, 1992)。

20 世纪 90 年代以来,赵元龙、袁金良等对黔东台江期凯里组的三叶虫和生物地层做了大量的研究,在代表性研究专著中描记了三叶虫 62 属 145 种(袁金良等, 2002),在此基础上所开展的剑河二郎剖面寒武系第 3 统(含 5 阶)底界全球候选层型的研究(袁金良等, 1997; Zhao et al., 2001, 2005),已引起国际同行的高度关注。

从 1978 年师从卢衍豪教授起,笔者长期调查斜坡相三叶虫动物群,选择江南斜坡带传统中)上寒武统发育更好一些的湘西北区详测剖面,在 1987 年和 1992 年分别完成了桃源瓦尔岗剖面 and 慈利沈家湾剖面传统上寒武统下部和中上部层段的三叶虫的研究,描记三叶虫 108 属 164 种,并完成传统晚寒武世的生物地层序列的研究,建立了 16 个三叶虫带(亚带),其中包含 11 个球接子三叶虫带。其后,与美国学者合作,在 2000 年完成了传统中寒武世和晚寒武世早期球接子三叶虫的研究(Peng and Rob2sion, 2000),描记了花垣排碧和永顺王村剖面所产的球接子三叶虫 33 属 76 种,建立了 9 个球接子三叶虫带。我国在湘西北建立的球接子三叶虫生物地层,划分原则与传统中)晚寒武世标准地区的瑞典不同,采用的是物种首现而非地区性的繁盛高峰分带,优于在瑞典所建立的球接子三叶虫生物地层系统,最近瑞典学者多次发表论文,认为湘西北球接子三叶虫生物地层序列可作为国际通用标准(Axhe2mer and Ahlberg, 2003; Ahlberg et al., 2004; Weidner et al., 2004; Axheimer et al., 2006)。2004 年,笔者与其他学者合作又完成了以上两剖面的多节类研究专著,描述 91 属,196 种三叶虫,建立了与球接子三叶虫生物地层对应的 7 个多节类带(Peng et al., 2004a, b)。在三叶虫系统分类和生物地层研究的同时,在湘西北还完成了一系列的年代地层学研究,包括建立了华南的年代地层系统(彭善池, 2000; Peng, 2003)和确立了全球芙蓉统(含排碧阶)和古丈阶的/金钉子0(Peng et al., 2004c, 2009)。当前被国际上广为接受的全球寒武系年代地层划分框架也是在华南年代地层系统的基础上形成的(Peng and Babcock, 2005; Babcock et al., 2005)。

此外,林天瑞(1991)、董熙平(1991)、郭庆军、赵元龙(1999);段冶(2004; Duan, 2006)等在这一期间

也对江南斜坡带三叶虫做过研究。

2.2 江南斜坡相动物群的成分和迁移

根据最新统计(Lin, 2008; Yuan et al., 2008; Yuan and Li, 2008; Peng, 2008a, b), 江南斜坡带所产的寒武纪三叶虫计有 401 个有效属, 其中的 45 个是球接子三叶虫属和 356 个多节类属(亚属), 分别占我国斜坡相区已发现的球接子和多节类三叶虫总数的 90% 和 92%。这个数量已超过了有近 120 年研究历史的我国华北和东北南部区(简称华北区, 下同)所发现的三叶虫总数(387 有效属或亚属)(Lin, 2008; Yuan et al., 2008; Yuan and Li, 2008, Zhu, 2008)。以往认为我国寒武纪生物区中, 浅水环境华北区的三叶虫动物群最为丰富, 分异度也最高。但这个统计结果表明, 江南斜坡带寒武纪三叶虫至少在分异度上要更高一些。

对江南斜坡带寒武纪三叶虫动物群认识另一个要转变观念的是它的组成, 25 年前卢衍豪等(1974b)提出/过渡类型0动物群概念时, 对这类三叶虫动物群的全面而深入的研究尚未开展, 对它的内容和组成了解得不充分, 所发现的/华北类型0动物群的分子不多。20 余年研究, 极大地丰富了江南斜坡带寒武纪多节类动物群的内容, 又找到了许多过去认为只属于华北地台相动物群的重要分子。统计表明, 目前在江南斜坡带和华北区发现的共有属有 108 个, 分别占两地三叶虫总数的 27% 和 28%。实际上, 我们现在已很难断定这些三叶虫就一定是/华北类型0三叶虫动物群的分子。笔者认为, 把它们看成既是华北动物群的分子也是我国斜坡相动物群的分子较为合适, 建议将它们称为/区域性分子0, 和下文所称的/全球性分子0、/斜坡区分子0对应。尤其是它们中的许多分子最近也陆续在江北斜坡带发现, 较能支持这种意见。它们较/华北类型0分子有相对广相分布, 说明它们是比较浅水地台相的三叶虫、甚至比斜坡相特有的三叶虫有更强的适应能力。

江南斜坡带中的球接子三叶虫非常丰富, 在我国各斜坡区发现的所有 51 个球接子属中, 占有 45 属之多, 这些营漂浮生活的球接子三叶虫大多已在全球不同沉积相的地层中发现, 属/全球性分子0, 地层学意义非常重要, 能有效地解决江南斜坡带的寒武纪含三叶虫地层的洲际和全球对比问题。但相对于庞大的江南斜坡相动物群而言, 球接子三叶虫所占的比例并不高, 只有其中的 11%。再排除与华北区共有的/区域性分子0, 所剩下的绝大部分(约

62%), 目前所知在我国仅产于斜坡相(包括江北斜坡带和塔里木北缘斜坡带)的地层中, 不妨称其为/斜坡区分子0。如果我们把这一超过半数的/斜坡区分子0也包含在/过渡类型0动物群中, 显然不符合实际。笔者因此主张, 把我国斜坡区分布的动物群直接称为/斜坡相动物群0或/斜坡类型动物群0较妥当, 不宜再称其为/过渡类型动物群0。当然, 这一约 62%/斜坡区分子0中, 也有许多属曾在世界范围内的其他深水相地层中发现, 所以它们并非是斜坡地带的/土著分子0或/地方性分子0。

根据以上分析, 可以看出我国江南斜坡带动物群的成分包含/全球性分子0、/区域性分子0和/斜坡区分子03 种有不同地理分布的三叶虫种群, 它们在动物群中所占的大致比例分别为 11%, 27% 和 62%。

我国斜坡相三叶虫动物群在江南斜坡带有随地质时间的推移不断向东迁移的现象, 黔东世早期(都匀期)分布的西限在务川) 朵丁) 贵定一线, 在黔东世晚期(南皋期)其分布的西限已移到铜仁) 凯里) 丹寨附近, 而到了武陵世早期进一步移到玉屏) 台江) 三都附近, 在武陵世晚期和芙蓉世则移到湘西北王村、桃源等地。这个向东迁移的过程与上扬子地台东南缘斜坡随地质时间的推移不断向海推进的情况吻合, 两者密切相关。有关/斜坡相动物群0不断东移的过程, 以往多有研究(周志毅等, 1979; Lu and Qian, 1983; 钱义元、周泽民, 1984; Qian, 1985; 尹恭正, 1990), 不再赘述。

3 中国南、北方寒武纪地层对比

中国南、北方寒武纪地层的精确对比是我国寒武纪地层研究中长期存在的难题, 这个问题虽在一些论著中做过讨论, 但仍旧没有满意地解决。特别是华南新的生物地层和年代地层系统建立之后, 这个问题就更显突出。如华南以球接子三叶虫分带为主的三叶虫生物地层系统与华北的多节类分带的生物地层系统究竟如何对比、4 统 10 阶划分的华南年代地层序列与 3 统 10 阶划分的华北区的年代地层序列究竟如何对比便是笔者经常被问到的问题。中国南、北方寒武纪地层的难以精确对比, 究其原因, 笔者认为主要有两点: 一是在华北区以往很少研究三叶虫的精细地层分布, 同一岩性分层采获的化石大多不作层位的细分, 生物地层分带大多只在属级水平(郭鸿俊等, 1996; Zhang, 2003; 段吉业等,

2005); 另一原因是南、北方寒武系共有的/区域性分子0在不断地被发现和充实, 许多/区域性分子0在南方(江南斜坡带)只是近年内才被发现; 在北方, 有的也是在最近才被识别, 如 *Protaizehoia*, *Parablack2welderia* 等(段吉业等, 2005)。很明显, 前一个原因短时间内可能不会有大的改进, 但后一个原因随着近年来华南斜坡相动物群研究的深入, 已经有了较大程度的改善, 许多过去被认为只属于华北地台相动物群的重要分子, 特别是德氏虫科、光盖虫科、依尔文虫科、索克虫科等的关键物种, 陆续在斜坡相地层中发现, 如 *Changqingia*, *Damesella*, *Para2damesella*, *Parablackwelderia*, *Blackwelderia*, *Taihangshaniashania* [= *Taihangshania*], *Tsi2nania*, *Chuangia*, *Prochuangia*, *Peichianshan*, *Paracoosia*, *Maladioidella*, *Kaolishaniella*, *Irvingella*, *Prosuakia*, *Saukia*, *Mictosuakia*, *Fatocephalus*, *Pseudokoldinioidia*, *Leiestegium* 等, 加上原先已知的华北和华南所共有的属种如 *Palaecolenus*, *Redlichia*, *Amphoton*, *Kootania*, *Dorypyge*, *Fuzhouia*, *Proashaphiscus*, *Lisania*, *Paranomocarella*, *Monkaspis*, *Lisotracina*, 等, /区域性分子0已不是少数。这些三叶虫自下而上地分布在华南和华北的地层中, 使得两地的各个重要层段都得到很好地控制, 成为对比我国南、北方寒武系可靠的化石证据, 也显著改善了我国南、北方寒武系较难对比状况和对比精度。

本文依据江南斜坡带和华北区的三叶虫动物群的最新研究成果, 对我国南、北方寒武系做了新的对比(表 Ñ), 其目的主要是回答上面两个被同行们经常问到的问题。应该说, 我们对提高两地的精确对比有比以往更足的信心。

3.1 中国南、北方寒武纪生物地层对比

中国南、北方寒武纪地层都建有较为详细生物地层系统, 本文将华北区的生物地层综合为 32 个多节类三叶虫带, 鉴于全球奥陶系底界较过去上移, 在寒武系顶部增加了原归入奥陶系(Zhou et al., 1985)的 *Pseudokoldinioidia* [= *Missquoia*] *per2pertis* 带和 *Yosimuraspis* 带的一部分(Zhou and Zhou, 2008, fig. 8.2); 江南斜坡带三叶虫生物地层序列也有 32 个三叶虫带(Peng, 1984, 1992; 彭善池, 1990, 2000)。根据确定全球奥陶系底界的牙

形刺 *Iapetognathus fluctivagus* 在湘西北的发现(Dong et al., 2004), 增加了原归入奥陶系的 *Hys2terolenus* 带的一部分(Peng and Babcock, 2008; Zhou and Zhou, 2008, fig. 8.2; 见下文有关年代地层/B0点的讨论)。此外, 黔东统的分带也根据最新研究进展(袁金良等, 2002; Lin, 2008; Yuan et al., 2009; 姚路等, 2009)做了修订。

华北区的寒武系不完整, 在山东、河北和东北南部, 缺失滇东世和黔东世南皋期至都匀早期的地层(或绝大部分传统/下寒武统0), 最老的地层是 *Palaecolenus* 带的上部, 即过去所称的 *Megapaleo2lenus* 带, 后一带名因 *Megapaleolenus* 是 *Palaecolenus* 的晚出异名(林天瑞、彭善池, 2004), 不宜继续使用。 *Palaecolenus* 带在华南是上扬子地台区的化石带, 包括过去下部的/*Palaecolenus*0带和上部的/*Megapalaecolenus*0带。上部与江南斜坡带 *Arthri2cocephalus jiangkouensis* 带至 *Arthricocephalites taijiangensis* 带所在的地层相当。依据是在黔东的余庆、石阡等地, 原/*Megapalaecolenus*0带的上部, 含有 *Arthricocephalus* 的夹层(周志毅等, 1980; 周志毅、袁金良, 1980), 或有 *Arthricocephalus angustus* 与 *Palaecolenus fengyangensis* 共生产出(张文堂等, 1979)。 *P. fengyangensis* 是种一级的/区域性分子0, 最初在皖北发现(朱兆玲, 1962), 后被转移到/*Megapalaecolenus*0属中(卢衍豪等, 1974b)。它在河北、东北等地都有发现, 是华北区的 *Palaecolenus* 带的重要分子(项礼文、郭振明, 1964; 郭鸿俊、安素兰, 1982; 郭鸿俊等, 1996)。因此, 华北区的 *Palaecolenus* 带, 仅能和华南的 *Palaecolenus* 带(广义)近顶部的层位对比, 笔者将其底界与江南斜坡带的 *Ar2thricocephalus chauveui* 带的底界对比, 但这条界线甚至有可能在 *A. chauveui* 带之内。

华北区的 *Estaingia* 带仅在华北地台的南缘和西南缘发育, 在华南则见于靠近江南斜坡带的上扬子地台西缘, 过去描述的 *Hsuaspis* 是 *Estaingia* 的晚出异名, 它也是一个/区域性分子0。表 Ñ 的对比除了考虑在华北该带层位低于 *Palaecolenus* 带之外, 还因为在鄂西和黔中, *Estaingia* 分别见于 *Hu2peidiscus* 上部及与 *Ushbaspis* 共生(张文堂等, 1979), 并且可以延续到 *Szechuanolenu2Paoakannia* 带(张文堂、朱兆玲, 1979; Lin, 2008)。

Redlichia (*Pteroredlichia*) *chinensis* 在我国有

表 1 江南斜坡带和华北区寒武纪三叶虫生物地层及年代地层对比

Biological and chronostratigraphic correlation of trilobite-bearing strata between Jiangnan Slope Belt and North China Platform

| 江南斜坡带 Jiangnan Slope Belt | | 本文 This paper | 华北区 North China Platform | | 张文堂、朱兆玲, 1979; 张文堂等, 1980b; Zhou <i>et al.</i> , 1985; Zhang, 2003 | |
|------------------------------|--------------------|--|-----------------------------|---|---|--|
| 年代地层 统 阶 Stage | | 生物地层 (带 Zone) | | 年代地层 阶 Stage 统 | | |
| 芙蓉统 Furongian | 牛车河阶 Niuchehean | <i>Hysterolemus</i> (部分 in part) B | | <i>Yosimuraspis</i> (部分 in part) | | |
| | | <i>Leiostegium constrictum</i> - <i>Shenjiawania brevis</i> | | <i>Pseudokoldinioidia perpeltis</i> | | |
| | | <i>Mictosaukia striata</i> - <i>Fatocephalus</i> | | <i>Mictosaukia orientalis</i> | | |
| | | <i>Leiagnostus</i> cf. <i>bexilli</i> - <i>Archaeuloma taoyuanense</i> | | <i>Changia</i> | | |
| | | <i>Lotagnostus americanus</i> | | | | |
| | 桃源阶 Taoyuanian | <i>Probinacunaspis nasalis</i> - <i>Peichiashania hunanensis</i> | | <i>Tsinania</i> - <i>Ptychaspis</i> | | |
| | | <i>Eolotagnostus decorus</i> - <i>Kaolishaniella</i> | | <i>Kaolishania</i> | | |
| | | <i>Rhaptagnostus ciliensis</i> - <i>Oncholotellus</i> cf. <i>kuruktagensis</i> | | <i>Maladioidella</i> | | |
| | | <i>Agnostotes orientalis</i> | | <i>Changshania</i> | | |
| | 排碧阶 Paibian | <i>Tomagnostella orientalis</i> - <i>Corynexochus plumula</i> | | <i>Chuangia</i> | | |
| | | <i>Agnostus inexpectans</i> - <i>Proceratopyge protracta</i> | | | | |
| | | <i>Glyptagnostus reticulatus</i> | | | | |
| 武陵统 Wulingian | 古丈阶 Guzhangian | <i>Glyptagnostus stolidotus</i> GSSP | | <i>Prochuangia</i> - <i>Paracoosia</i> | | |
| | | <i>Linguagnostus reconditus</i> A | | <i>Neodrepanura</i> [= <i>Drepanura</i>] | | |
| | | <i>Proagnostus bulbus</i> | | <i>Blackwelderia</i> | | |
| | | <i>Lejopyge laevigata</i> | | | | |
| | 王村阶 Wangcunian | <i>Lejopyge armata</i> GSSP | | <i>Damesella</i> - <i>Yabeia</i> C | | |
| | | <i>Goniagnostus nathorsti</i> | | <i>Liopceishania</i> D | | |
| | | <i>Ptychagnostus punctuosus</i> | | <i>Taitzua</i> - <i>Poshamia</i> | | |
| | | | | <i>Amphoton</i> | | |
| | 台江阶 Taijiangian | <i>Ptychagnostus atavus</i> | | <i>Crepicephalina</i> | | |
| | | <i>Ptychagnostus gibbus</i> | | <i>Bailiella</i> - <i>Lioparia</i> <i>Poriagraulos</i> <i>Inoiyops</i> <i>Metagraulos</i> <i>Sunaspis</i> - <i>Sunaspidella</i> <i>Sinopageticia jinnanensis</i> <i>Ruichengaspis</i> <i>Hsuehuangia</i> - <i>Ruichengella</i> | | |
| | | <i>Peronopsis taijiangensis</i> | | <i>Shantungaspis</i> E | | |
| | | <i>Oryctocephalus indicus</i> | | <i>Yaojiayuella</i> F | | |
| 黔东统 Qiongdongian | 都匀阶 Duyunian | <i>Ovatoryctocara granulata</i> - <i>Bathynotus holopygus</i> | | <i>Qiaotouaspis</i> G | | |
| | | <i>Protoryctocephalus wuxunensis</i> | | <i>Redlichia nobilis</i> / <i>Bonnina</i> - <i>Tingyuania</i> | | |
| | | <i>Arthricocephalites taijiangensis</i> | | <i>Redlichia</i> (<i>Pteroredlichia</i>) <i>chinensis</i> | | |
| | | <i>Arthricocephalus chauveaui</i> | | <i>Palaeolenus</i> [= <i>Megapalaeolenus</i>] | | |
| | 南皋阶 Nangaoan | <i>Arthricocephalus jiangkouensis</i> | | <i>Estangia</i> [= <i>Hsuaspis</i>] | | |
| | | <i>Szechuanolenus</i> - <i>Paokannia</i> | | | | |
| | | <i>Ushbaspis</i> | | | | |
| | | <i>Hupeidiscus</i> - <i>Sinodiscus</i> | | | | |
| | 滇东统 Diandongian | <i>Tsunyidiscus niutitangensis</i> | | (缺失) hiatus | | |
| | | (非三叶虫生物地层 Sub-trilobite interval) | | | | |

* 表中长条形方框中 GSSP 及小方框中 A, B, C, D, E, F, G 之意详见文内 3.2 节中说明。

非常广泛的地理分布。在黔东南的都匀、江口、丹寨, 产在 *Arthricocephalus chauveui* [= *A. duyunensis*, 见 McNamara et al., 2003] 带的上部或高于这个带(张文堂等, 1964^{*}; 尹恭正, 1982), 因此, 华北区的 *R. (P.) chinensis* 带的底界可以对比到江南斜坡带的 *A. chauveui* 带的上部。华北区的 *R. (P.) chinensis* 带, *Redlichia nobilis* 带(或 *Bonnina* 2 *Tingyuania* 带)和 *Qiaotouaspis* 带是富产 *Redlichia* 的地层, 在 *Qiaotouaspis* 带还出现早期的褶颊虫类, 这段地层因此可与江南斜坡带组合面貌一致的 *Protoryctocephalus wuxunensis* 带和 *Ova2 torytocata granulata* 2 *Bathynotus holopygus* 带所在的地层对比。*R. nobilis*, *R. (Pteroredlichia) murakamii*, *Eoptychoparella* [= *Eoptycoparia*], *Probrowmania*, *Mufushania* 都是华北区和江南斜坡带共有的/ 区域性分子0。

华北区的 *Yaojiayuella* 带可与江南斜坡带的 *Oryctocephalus indicus* 带上部对比。袁金良、李越(1999)根据淮南老鹰山剖面建立的 *Weijiaspis* 带和 *Probrowmaniella* 带, 实际是对 *Yaojiayuella* 带(张文堂等, 1980a; 郭鸿俊、安素兰, 1982; Zhang, 2003) 的进一步划分, 他们的结论是 *Probrowmaniella* 带与江南斜坡带的 *O. indicus* 带的底界基本一致, *Yaojiayuella* 带的底界要低于 *O. indicus* 带的底界。华北区的 *Yaojiayuella* 带的大部和 *Shantungaspis* 带与江南斜坡带的 *Oryctocephalus indicus* 带的对比关系比较清楚, 因为 *O. indicus* 带中的/ 区域性分子0 *Probrowmaniella*, *Xinrengaspis*, *Eosoptychoparia*, *Schopfaspis*, *Kailiella* 见于山西、辽东和吉林(南润善、常绍泉, 1982; 南润善、石新增, 1985; 张进林、王绍鑫, 1985; Zhang and Jell, 1987; 郭鸿俊等, 1996)) 等地的毛庄期(即 *Yaojiayuella* 带和 *Shantungaspis* 带)的地层中。

华北区的徐庄阶有 8 个三叶虫带, 主要是张文堂等(1980a)依据山西中条山/ 徐庄组0剖面建立的, 其后在研究豫西三叶虫时又做了小的修订(Zhang et al., 1995)。目前所知, 除最下面的 *H suchuang2 ia2 Ruichengella* 带有从下面地层中上延而来的/ 区

域性分子0和个别延限特别长的/ 区域性分子0外, 还没有其它与江南斜坡带共有的多节类, 这些带的对比因此较为困难。幸好在辽南、山东 *Bailiella* - *Lioparia* 带中产有球接子三叶虫 *Ptychagnostus sinicus*(卢衍豪, 1957; Sun, 1989), 能准确地控制这些带的时代。这个球接子三叶虫在美国大盆地区(内华达、犹他)产于 *Ptychagnostus gibbus* 带^{**}, 因此, 华北区的 *Bailiella* 2 *Lioparia* 带应对比到江南斜坡带的 *P. gibbus* 带之内, 这也表明, 中条山区/ 徐庄组0的最高层位可能不会晚于 *P. gibbus* 带的顶界。

华北区的 *Crepicephalina* 带至 *Damesella* 2 *Ye2 beia* 带的底界含有大量的、有些还是种一级的/ 区域性分子0, 与江南斜坡带的同期地层不难对比。在湘西王村剖面, *Ptychagnostus atavus* 带的底部有 *Crepicephalina* 首现(Peng et al., 2004a); 在王村和排碧剖面, *P. atavus* 带的下部有 *Crepicephalina pergranosa* 和 *Damesella richthofeni* 产出(Peng et al., 2004a, b), 这两个种在山东产于 *Crepicephalina* 带内(张增奇, 1996), 因此, 华北区的 *Crepicephalina* 带可与江南斜坡带的 *P. atavus* 带下部精确对比。*Amphoton deois* 和 *Amphoton alcestes* 在湘西排碧分别在 *P. atavus* 带中部首现和持续到 *Lejopyge armata* 带(即彭善池, 2000 的 *Goniag2 nostus nathorsti* 带的上部), 因此华北区的 *Amphoton* 带可与这段地层对比, 顶界非常接近 *Lejopyge armata* 带的底界。在这段地层中所产的 *Fu2 chouia*, *Menocephalites*, *Changqingia* 等/ 区域性分子0支持这一对比。

球接子三叶虫 *Tomagnostella exsulpta* 是/ 全球性分子0, 它在湘西的地层分布从 *Ptychagnostus punctuosus* 带延续到 *Lejopyge armata* 带(Peng and Robison, 2000)。在辽宁的 *Peishania* 2 *Liopos2 hania* 带中发现的 *Tomagnostella nepos*(郭鸿俊等, 1996, 图版 5, 图 1), 是它的晚出异名。在辽宁与 *T. nepos* 同产的 *T. sulcifera integra*(郭鸿俊等, 1996, 图版 5, 图 2)也应归入该种。它在辽宁产出的层位可能只与它在湘西的上部延限(*L. armata* 带)相当。因此可将华北区的 *Taitzuia* 2 *Poshania* 带和

^{*} Zhang Wentang(张文堂), Qian Yiyuan(钱义元), Lin Huanling(林焕令), Yuan Kexing(袁克兴), Chen Xu(陈旭), Wang Jungeng(王俊庚), Lin Yaokun(林尧坤), 1964. Cambrian of North Guizhou. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica (ed.), Field Conference of North Guizhou, Palaeozoic of North Guizhou. 1) 32 (in Chinese).

^{**} Robison(1982, 1984)根据美国大盆地所产的同种标本, 认为中国的 *Ptychagnostus sinicus* Lu, 1957 是瑞典的 *P. intermedius* (Tullberg, 1880) 的晚出异名。孙晓文(Sun, 1989)在中国和美国标本属同一个种的问题上与 Robison 没有分歧, 但认为 *P. sinicus* 是不同于 *P. intermedius* 的有效种, 美国标本应归入 *P. sinicus* 中。笔者赞成她的这一意见。

Lioposhania 带一起与 *L. armata* 带对比。

Parablackwelderia leterilobata 在湘西排碧和王村两剖面的 *Lejopyge laevigata* 带底部(不是最底部)首次出现(Peng et al., 2004a), 它与在山东盘车沟、牛马庄, 吉林辉南、白山的 *Damesella yabei* 带近顶部(不是最顶部)首次出现的 *Parablackwelderia luensis* [= 段吉业等, 2005 的 *Parablackwelderia spectabilis* 和 *Parablackwelderia* sp. 两个种] 形态非常相似(Peng et al., 2008, fig. 5), 分别代表了 *Parablackwelderia* 属在华南和华北区寒武系中的首现点位。同时, *Blackwelderia* 也首次出现在湘西和吉林的这个层位上(Peng et al., 2004a; 段吉业等, 2005), 因此江南斜坡带的 *Lejopyge laevigata* 带的底部可以和华北区的 *Damesella yabei* 带的顶部做较为精确地对比。根据吉林的材料, *Blackwelderia* 并非在 *Blackwelderia* 带的底界位置首次出现, 在其下的 *Damesella yabei* 带就有这个属存在。

球接子三叶虫 *Hadragnostus modestus* 是重要的/全球性分子0(Peng and Robison, 2000, p. 32)。在湘西, 它在 *Lejopyge laevigata* 带上部首现, 并上延到 *Linguagnostus reconditus* 带。在辽宁本溪、金县、复县等地发现的 *Formosagnostus convexus* 或 *Homagnostus convexus* (朱兆玲, 1959, Sun, 1989; 郭鸿俊等, 1996) 与它是同种(Peng and Robison, 2000), 产于 *Blackwelderia* 带。考虑到另外 3 个重要的、在华北区仅产于 *Neodrepanura* [= *Drepanura*] 带的/区域性分子0 *Monkaspis*, *Chiawangella* 和 *Liostracina* 在华南的延限(Peng et al., 2004a), 将华北区的 *Blackwelderia* 带与江南斜坡带的 *Lejopyge laevigata* 带的大部和 *Proagnostus bulbosus* 带的中下部对比就比较合理。在湘西排碧和王村两个剖面, *Monkaspis* 首现于 *Proagnostus bulbosus* 带的上三分之一, 延续到 *L. reconditus* 带的上部; *Chiawangella* 局限于 *L. reconditus* 带; 而 *Liostracina* 首现于 *L. reconditus* 带的底部, 延续到 *Glyptagnostus reticulatus* 带的最底部。其它华北/崑山期* 的分子在湘西的延限也支持这一对比, 如 *To rifica* 见于 *P. bulbosus* 带) *L. reconditus* 带, *Taihangshaniashania* 见于 *L. reconditus* 带和 *Teinistion* 见于 *L. reconditus* 带) *Glyptagnostus stolidotus* 带等(Peng et al., 2004a)。

Prochuangia paracoosia 带为郭鸿俊、张梅生(1992)所建, 最近为张文堂(Zhang, 2003)所采用。是一段 6) 8m 厚的地层, 代表长山阶的第一个三叶虫带。它实际上与过去 Endo(1944)在辽宁所建的 *Prochuangia* 带相当, 钱义元(1994)曾将其降为 *Chuangia* 带下部的亚带, 并在其下增加了一个 *Luotoulingia* 带, 作为长山阶的第一个带。这说明在华北区的 *Neodrepanura* 带和 *Chuangia* 带之间, 通常有一段地层不含这两个带化石。在华南, 过去在湖南桃源发现 *Chuangia* 与 *Glyptagnostus reticulatus* 共生, 认为 *Chuangia* 带可与 *G. reticulatus* 带对比(彭善池, 1987)。后来对湘西排碧 1 号和 2 号剖面深入研究后发现, *Chuangia* 的首现点位与 *G. reticulatus* 首现点位并不一致, 前者在两个剖面分别比后者高 1.54m 和 6.1m。同时, 郭鸿俊、张梅生(1992, 图版 2, 图 13, 14)报道在 *Prochuangia paracoosia* 带中发现的 *Preeratopyge fenghuanensis* 一种, 最早是在湘西凤凰发现的(叶戈洛娃等, 1963)。在排碧和王村, 它的确切延限在 *Glyptagnostus stolidotus* 带至 *G. reticulatus* 带的底部, 因此华北区的 *Prochuangia - Paracoosia* 带可与华南的这段地层对比。*Paracoosia* 虽然也是/区域性分子0, 但它在湘西产于 *Proagnostus bulbosus* 带至 *Linguagnostus reconditus* 带, 层位要比在东北低得多, 假如考虑这个属在湘西的延限, *Prochuangia paracoosia* 带的底界可能还要对比得更低一些。

江南斜坡带的 *Agnostotes orientalis* 带与世界性分布的 *Irvingella angustilimbata* 的首现完全一致。在华北区, *Changshania* 带中有 *Irvingella flohri* 共生产出(钱义元, 1994)。根据 *Irvingella* 的系统演化规律, 因 *I. flohri* 的头盖不发育内边缘, 应该是比 *I. angustilimba* 更为进化的种, 也就是说, 应该在比前者较高的层位出现(Palmer, 1965; Ergaliev, 1980; Hong et al., 2003)。这提供了非常可靠的化石证据证明 *Changshania* 带的底界要高于 *A. orientalis* 带的底界。这也充分控制了华北区 *Chuangia* 带的对比。华北区的 *Chuangia* 带目前只发现少量的/区域性分子0, 除 *Chuangia* 外, 还有 *Stigmatoceras* (郭鸿俊、张梅生, 1992), 后者的地理分布也较广泛。在湘西, 它产于 *Glyptagnostus reticulatus* 带(Peng et al., 2004b); 在韩国, 产出层位与江南斜坡带的 *Agnostus inexpectatus*

* 本文中凡加有引号的地质年代和年代地层单位, 是与岩石地层单位重名的单位。

pectans2P roceratopyge protracta 带相当(Lee and Choi, 1995); 在澳大利亚, 建有 Stigmatia diloma 带, 在 Irvingella tropica [= I. angustilimbata] 带之下(Kruse et al., 2009), 后一带的底界与我国的 Agnostotes orientalis 带的底界可以精确对比。

江南斜坡带的 Eolotagnostus decorus2Kaolis2haniella 带的带化石 Kaolishaniella 在华北区限于 Kaolishania 带(Sun, 1935); Proboscina2P. nasalis2P. hunanensis 带中所产的 Tsinania, 在华北区是 Tsinania2Ptychaspis 带的带化石, 南、北方的这两对三叶虫带因此可以相互对比。E. decorus2Kaolishaniella 带和 Kaolishania 带对比的另一个重要依据是球接子三叶虫 Rhaptagnostus cyclopygeformis (Sun, 1989; Peng, 1992), 该种在南、北方仅限于这两个带中。考虑到在湘西北桃源 Maladioidella 在 P. nasalis2P. hunanensis 带的近底部产出(Peng, 1992), 因此, 华北区的 Maladioidella 带的顶界应比 E. decorus2Kaolis2haniella 带的顶界要高。支持 P. nasalis2P. hunanensis 带与 Tsinania2Ptychaspis 带对比的还有在上一带中所产/区域性分子0Wuhuia, 它在华北区也可上延到 Tsinania2Ptychaspis 带内(Zhu, 2008)。

华北区的 Changia 带中上部是含原始头足类的层位, 这些头足类的特征不同于 Tsinania 2Pty2chaspis 带中的最古老的分子(陈均远等, 1979)。在江南斜坡带, 头足类的首现层位在 Leiagnostus cf. bexilli2Archaeuloma taoyuanense 带内, 形态与 Changia 带的分子可以比较(彭善池、陈均远, 1983; Peng, 1984), 因此 L. cf. bexilli2A. taoyuanense 带可与 Changia 带的上部进行较为可靠地对比。

江南斜坡带的 Mictosaukia striata2Fatocephalus 带和华北区的 Mictosaukia 带可以准确对比。湘西桃源、慈利所产的 Mictosaukia striata 见于辽宁、内蒙、山西等地(Resser and Endo, 1937; Zhou and Zhang, 1985), 与吉林大阳岔所产的 M. dayan2chaensis Kuo and An(Kuo et al., 1982; Duan et al., 1986) 是同物异名(Peng, 1984; Zhou and Zhang, 1985); 所产的 Fatocephalus hunjiangensis 在大阳岔也与 Mictosaukia striata 共生(Kuo et al., 1982; Peng, 1984; Duan et al., 1986)。南、北两带中的/区域性分子0还有 Parakoldinioidia 和 Lorrettina 等属。

在湖南慈利、桃源, Leiostegium 在 Leiostegium constrictum2Shenjiawania brevis 带首现并上延到

Hysterolenus 带内。在河北、吉林、辽宁, 该种始见于 Pseudokoldinioidia [= Missisquoia] perpeltis 带并向上延续到 Yosimuraspis 带及更高的层位(Zhou et al., 1985)。因此, 江南斜坡带的 L. con2strictum2S. brevis 带和 P. perpeltis 带的底界近于一致, 其底部的地层可与前者对比。我国南、北方这段寒武纪最晚期地层中的/区域性分子0还有 Onychopyge, Parapilekia, Troedssonina 和 Scotcharpis 等。

3.2 中国南、北方寒武纪年代地层对比

表 1 也列举了我国南、北方寒武纪年代地层单位的对比。年代地层的对比是时间界面的对比, 相互对比的界面必须是等时的, 国际地层委员会致力建立的全球/金钉子0就是确定等时面作为阶的底界。单个物种的首现面就是最常用的划分年代地层的时间面, 因此, 年代地层的对比在很大程度上对化石物种的首现的研究比生物分带的研究有更大的依赖性。我国江南斜坡带和华北区的生物地层划分原则不尽相同。区别在于江南斜坡带大多采用间隔带, 带的底界由带化石的/首现0确定,/带0则是两个时间界面之间的地层。少数的带还是特殊的间隔带(种系带), 是演化系列中两个种的首现点位之间的地层, 如 Lejopyge armata 带和 Glyptagnostus stolidotus 带等。华南的/带0具有年代地层的特征, 因而年代地层单位便可以直接采用带的底界。而华北区目前的生物分带, 在大多数情况下, 没有指明/带0的性质, 但细读文献不难发现, 大多的/带0是组合带或富集带。严格地讲, 这类生物带的底界在一个区域内是穿时的, 不是等时面。因此, 表 1 所列的我国南、北方寒武系阶一级年代地层单位界线的对比也不完全是时间界面的对比。

笔者(彭善池, 2000, 2005)曾多次强调我国可以并存南、北两套地区性的年代地层系统, 这符合我国南、北方在寒武纪是相互分离的陆块, 地层发育有较大差异的实际情况。但笔者同时也强调, 对我国的华北区各阶的底界, 必须按有关界线层型的要求重新精确定义, 还要妥善解决年代地层和岩石地层的重名问题。

表 1 中的带 GSSP 的长方形框和 A) G 字母的方框是一些重要的年代地层点位(地层界面), 其中两个 GSSP 框是在江南斜坡带建立的全球层型点位(Peng et al., 2004c, 2009), 分别定义古丈阶和排碧阶(以及芙蓉统)的底界, 这 3 个单位也是全球年

代地层标准单位。

点位A框是过去在国际上被广为接受的传统中2上寒武统界线, 亦即瑞典的球接子三叶虫 *Ag2nostus pisiformis* 带的底界。经研究, 这条界线与球接子三叶虫 *Linguagnostus reconditus* 的首现基本一致, 因为 *L. reconditus* 在瑞典和在英国就首现于 *A. pisiformis* 带的底部。对于这个结论, 笔者等(Peng and Robison, 2000)已做过讨论, 并被瑞典的同行所接受(Ahlberg, 2003, p. 129, 130)。这里需要指出的是, 瑞典的 *A. pisiformis* 带的底界, 并非以 *A. pisiformis* 的首现, 而是以它的繁盛高峰确定的(Westergård, 1946)。

点位B是华南年代地层系统中明确定义的寒武系的顶界, 采用全球奥陶系底界(彭善池, 2000, 2008; Peng, 2003)。根据国际上建立年代地层单位的准则, 寒武系和它最上面的年代地层单位(统、阶)本身没有顶界, 它们的共同顶界由上面的阶的底界(特马豆克阶或奥陶系底界)定义。也就是说, 根据定义, 华南的寒武系和最上面的芙蓉统(原湖南统)和牛车河阶(原桃源阶的上部), 无论在什么情况下, 都延续到奥陶系之底。最近 Zhou 和 Zhen (2008, fig. 1. 2)在他们所列的我国地台相和斜坡相寒武系对比表中, 有一明显的错误, 就是把本与奥陶系底界一致的芙蓉统和桃源阶(广义)的/顶界0下移, 放在寒武系之内, 和华北凤山阶的顶界对比, 而凤山阶的顶界明显低于全球奥陶系的底界。

目前在华南, 只有董熙平等(Dong et al., 2004)在江南斜坡带的桃源瓦尔岗剖面发现了定义全球奥陶系底界的标准牙形刺种 *Iapetognathus fluctivagus*, 位于牙形刺 *Cordylodus lindstromi* 带的内部。这是一个十分重要的研究进展, 首次在中国肯定了全球奥陶系底界。这条界线的位置比笔者(Peng, 1990)在同一剖面划定的 *Hysterolenus* 带的底界要高。根据塔里木南雅尔当山的 *Hysterolenus* 带上部包含 *C. lindstromi* 带(周志毅等, 1990, 图 32 4), 全球奥陶系底界应在该带之内。在华北, *C. lindstromi* 带在 *Yosimuraspis* 带之内(Chen, 1986)。

点位C是我国传统的中2上寒武统界线, 现在仍然被广泛采用(郭鸿俊等, 1996; 雒昆利, 2001; Zhang, 2003; 段吉业等, 2005; Zhu, 2008)。这涉及崑山组(/崑山阶0)的时代问题。实际上崑山组曾长期被置入中寒武统(Walcott, 1913; Sun, 1924; Kobayashi, 1935; Resser and Endo, 1937), 后来是

孙云铸(1937, 1948)根据瑞典 1933 年(见 Kobayashi, 1941)在 *Agnostus pisiformis* 带中发现了 *Drepanura eremita*, 才把崑山组(/崑山阶0)的时代定为晚寒武世, 因为 *Drepanura*(现在的正确名称是 *Neodrepanura*)是崑山组的特有分子, 只产在该组的上部。从此, 崑山组属上寒武统的时代概念一直沿用至今。但是, 这是一个错误的概念。首先, 瑞典学者错误地把 *eremita* 这个种归入 *Neodrepanura* (Westergård, 1947)。该种有两块标本, 即一个头盖和一个尾部, 经张文堂(Zhang, 1996)研究, 都不属于 *Neodrepanura*, 头盖属于 *Palaeodotus*, 尾部则应归属于 *Paradamesella*。这两个属均未在崑山组发现, 不能说明崑山组(/崑山阶0)的时代; 其次, 这两个属是江南斜坡带最常见的分子。现在它们在湘西、浙西的地层分布已经被清楚查明, 主要分布在 *L. reconditus* 的首现之前(即传统中2上寒武统界线)的地层中, *Palaeodotus* 甚至可以在比 *L. laevi2gata* 带更老的 *Goniagnostus nathorsti* 带中出现(Peng et al., 2004a), 但它们都可上延到 *L. reconditus* 带内。因此是两个跨越传统中2上寒武统界线的属。这可以说明, 在瑞典发现的/*Drepanura eremita*0, 实际是 *Palaeodotus* 和 *Paradamesella* 地层分布的上限。

解决崑山组(/崑山阶0)的时代的有效途径还得要通过与江南斜坡带的地层对比, 前文的生物带对比已有结论。此外, 崑山组上部所产的 *Bergeronites* 与 *Palaeodotus* 形态非常接近, 也应是它与湘西和瑞典地层对比的依据之一, 表明崑山组(/崑山阶0)上部的时代跨越了传统/中2上寒武统0界线, 这和前文依靠其他化石对比所得出的结论是一致的。我们现在可以断定, 我国崑山组(/崑山阶0)是一个跨越传统中、上寒武统的单位, 其底界比国际公认的传统的中2上寒武统界线要低得多。

点位D大体是朱兆玲等(2005)近年提出的一个划分我国中2上寒武统界线的新标准, 这个标准把我国传统的中2上寒武统界线(C点)下移了一个化石带。从上文的讨论可以看出, 这条界线更加低于国际传统的中2上寒武统界线(A点)。朱兆玲等(2007, 167 页)最近进一步认为她们的新标准比目前的D点位(*Damesella2Yabeia* 带的底界)还要低, 这样的话, 他们中2上寒武统界线就更加远离了传统的国际中2上寒武统界线, 甚至低于全球古丈阶的底界。笔者认为难以接受这条界线为华北区的中2上寒武统界线。

国际传统的下2中寒武统界线划分没有统一,北美和欧洲有各自的标准。我国也有自己的标准,与北美和欧洲的都不一致,但长期以来意见并不统一。点位 E、F 和 G 分别是卢衍豪(卢衍豪, 1962; 卢衍豪等, 1982)、张文堂等(张文堂等, 1980a; Zhang et al., 1995; Zhang, 2003)、项礼文(1981)、仇洪安、陈玉忠(1984)划定的华北区下2中寒武统界线。此外还有介于 F 点和 G 点之间的划分意见,即划在 *Probowmanella* 带之底(郭鸿俊、咎淑芹, 1991; 郭鸿俊等, 1996; 袁金良、李越, 1999)。这些意见分歧产生的原因,盛莘夫、项礼文(1981, 152 页)已做过讨论,主要是各家所强调的划分原则不尽一致。有的强调早期褶皱虫类(ptychoparids)出现、组合面貌,有的强调莱氏虫(*Redlichia*)的孑遗、灭绝。袁金良、李越(1999)认为华北区的 *Probowmanella* 的首现与华南台江阶的底界最为接近,建议把华北区的下2中寒武统界线放在这个位置,以保持南、北武陵统底界(或下2中寒武统)界线的一致。这是在将来精确确定华北区下2中寒武统界线时值得考虑的意见。

华北区没有建立比毛庄阶更老的年代地层,过去是借用扬子地台区的年代地层系统。本文表 N 将这段地层处理为暂未定名的阶,将来应考虑为其建立区域性的阶。

致谢 感谢同仁和前辈地质学家对华南、特别是江南斜坡带三叶虫动物群和地层研究所做的杰出贡献;感谢评审人提出的宝贵修改意见。

参 考 文 献 (References)

- Ahlberg P, 2003. Trilobites and intercontinental tie points in the Upper Cambrian of Scandinavia. *Acta Geologica*, 1(1): 127-134.
- Ahlberg P, Axheimer N, Eriksson M E, Terdrik T, 2004. Middle and Upper Cambrian agnostoids of Scandinavia))) intercontinental correlation tools. In: Choi D K (ed.), Ninth International Conference of the Cambrian Stage Subdivision Working Group, Abstracts with Program. Seoul: National University and The Paleontological Society of Korea. 33.
- Axheimer N, Ahlberg P, 2003. A core drilling through Cambrian strata at Almbacken, Scania, S. Sweden: trilobites and stratigraphical assessment. *Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar*, 125: 139-156.
- Axheimer N, Eriksson M E, Ahlberg P, Bengtsson A, 2006. The middle Cambrian cosmopolitan key species *Lejopyge laevigata* and its biozone: new data from Sweden. *Geological Magazine*, 141(4): 447-455.
- Babcock L E, Peng Shan2chi, Geyer G, Shergold J H, 2005. Changing perspectives on Cambrian chronostratigraphy and progress toward subdivision of the Cambrian System. *Geoscience Journal*, 9: 101-106.
- Bergeron J, 1899. Etude de quelques trilobites de Chine. *Bulletin de la Société Géologique de France (Series 3)*, 27: 499-516.
- Chen Jun2yuan (陈均远), 1979. Late Cambrian cephalopods of North China))) Plectonocerida, Protactinocerida (ord. nov.) and Yanhecerida (ord. nov.). *Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报)*, 18(1): 1-24 (in Chinese with English Abstract).
- Chen Jun2yuan, 1986. Toward a common language))) assessment of Xiaoyanqiao boundary stratotype. In: Chen Jun2yuan (ed.), *Aspects of Cambrian - Ordovician Boundary in Dayancha*, Ch2na. Beijing: China Prospect Publishing House. 83-92.
- Dong X2ping(董熙平), 1991. Late Middle and early Late Cambrian agnostids in Huayuan, Hunan. *Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报)*, 30(4): 439-457 (in Chinese with English abstract).
- Dong X2ping, Repetski J E, Bergström S M, 2004. Conodont biostratigraphy of the Middle Cambrian through lowermost Ordovician in Hunan, South China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 78: 1185-1206.
- Duan J2ye(段吉业), An Su2lan(安素兰), Liu Peng2ju(刘鹏举), Peng Xiang2dong(彭向东), Zhang Li2qing(张立勤), 2005. The Cambrian Stratigraphy, Fauna and Palaeogeography in Eastern of North China Plate. Hongkong: Ya Yuan Press. 1) 255 (in Chinese with English abstract).
- Duan J2ye, An Su2lan, Zhao Da, 1986. Cambrian-Ordovician boundary and its interval biotas, southern Jilin, Northeast China. *Journal of Changchun College of Geology (长春地质学院学报)*, Special Issue of Stratigraphy and Palaeontology: 1) 135.
- Duan Ye(段冶), 2004. New polymerid trilobites and the first record of *Erixanium* from Upper Cambrian in western Hunan, China. *Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报)*, 43(1): 63-71 (in Chinese with English abstract).
- Duan Ye, 2006. Middle and Late Cambrian Depositional Environments and Trilobite Faunas of the Fenghuang2Chenxi, Western Hunan, China. Beijing: Geological Publishing House. 1) 154.
- Egorova L I (叶戈洛娃), Hsiang Li2wen(项礼文), Lee Shan2ji(李善姬), Nan Run2shan(南润善), Kuo Zhen2ming(郭振明), 1963. The Cambrian trilobite faunas of Guizhou and western Hunan. Special Paper, Institute of Geology and Mineral Resources (Beijing), Series B, Stratigraphy and Palaeontology(中华人民共和国地质部地质科学院专刊, 乙种, 地层古生物学), 3(1): 1-117 (in Chinese).
- Endo R, 1944. Restudies on the Cambrian formations and fossils in southern Manchoukuo. *Bulletin of the Central National Museum of Manchoukuo*, 7: 1-100.
- Ergaliev G Kh, 1980. Middle and Upper Cambrian trilobites from Malys Karatau. *Akademiya Nauk Kazakhskoi SSR. Alma2Ata*,

- 1) 211 (in Russian).
- Gao Zhenzhong (高振中), Duan Taizhong (段太忠), 1985. Gravely displaced deposits of Cambrian deepwater carbonates in western Hunan and eastern Guizhou. *Acta Sedimentologica Sinica* (沉积学报), 3(3): 7) 22 (in Chinese).
- Guo Hongjun (郭鸿俊), An Sulan (安素兰), 1982. Lower Cambrian trilobites of the Benxi area, Liaoning. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 21(6): 615) 629 (in Chinese with English abstract).
- Guo Hongjun (郭鸿俊), Zhan Shuqin (詹淑芹), 1991. Lower and early Middle Cambrian biostratigraphy in the Liaodong Peninsula, China. *Journal of Changchun University of Earth Sciences* (长春地质学院学报), 21(1): 1) 11 (in Chinese with English abstract).
- Guo Hongjun (郭鸿俊), Zhang Meisheng (张梅生), 1992. Biostratigraphic correlation of the Upper Cambrian Changshanian Stage in the Liaodong Peninsula, China. *Journal of Changchun University of Earth Sciences* (长春地质学院学报), 22(3): 241) 249 (in Chinese with English abstract).
- Guo Hongjun (郭鸿俊), Duan Jie (段吉业), An Sulan (安素兰), 1982. Cambrian-Ordovician boundary in the North China Platform with descriptions of trilobites. *Journal of Changchun College of Geology* (长春地质学院学报), 3: 9) 28 (in Chinese).
- Guo Hongjun (郭鸿俊), Zhan Shuqin (詹淑芹), Luo Kunli (雒昆利), 1996. Cambrian Stratigraphy and Trilobites of Eastern Liaoning. Changchun: Jilin University Press. 1) 184 (in Chinese with English summary).
- Guo Qingjun (郭庆军), Zhao Yuanlong (赵元龙), 1999. The Redlichia of Kaili Formation in the Southeast Region of Guizhou. *Journal of Guizhou University of Technology* (贵州工业大学学报), 27(1): 51) 53 (in Chinese with English abstract).
- Hong P S, Lee J G, Choi D K, 2003. The late Cambrian trilobite *Irvingella* from the Machari Formation, Korea: evolution and correlation. *Special Papers in Palaeontology*, 70: 175) 196.
- Kobayashi T, 1935. The Cambrian-Ordovician formations and faunas of South Chosen. *Palaeontology part 3: Cambrian faunas of South Chosen with special study on the Cambrian trilobite genera and families*. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo* (Section II: Geology), 4(2): 49) 344.
- Kobayashi T, 1941. Studies on Cambrian trilobite genera and families, (I). *Journal of Geology and Geography*, 18(1, 2): 25) 40.
- Kruse P, Jagoe J B, Laurie J R, 2009. Recent developments in Australian Cambrian biostratigraphy. *Journal of Stratigraphy* (地层学杂志), 33(1): 35) 47 (in English with Chinese abstract).
- Lee J G, Choi D K, 1995. Late Cambrian trilobites from Machari Formation, Yeongweo-Machari area, Korea. *Journal of the Palaeontological Society of Korea*, 11: 1) 46.
- Lin Huanling, 2008. Chapter 3, Early Cambrian (Chungchussan, Tsanglangpuan and Lungwangmian). In: Zhou Zhanyi, Zhen Yongyi (eds), *Trilobite Record of China*. Beijing: Science Press. 36) 76.
- Lin Huanling (林焕令), Wang Junqiang (王俊庚), Liu Yiren (刘义仁), 1966: Cambrian stratigraphy of Songtao and Tongren, Guizhou and Luxi, Hunan. *Journal of Stratigraphy* (地层学杂志), 1(1): 4) 23 (in Chinese).
- Lin Tianrui (林天瑞), 1991. Middle Cambrian stratigraphy and trilobite fauna of Taoyuan, NW Hunan. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 30(3): 360) 376 (in Chinese with English summary).
- Lin Tianrui (林天瑞), Peng Shanqi (彭善池), 2004. New material of Palaeonlenus (Trilobite, Cambrian) from the eastern Yangtze Gorge area, western Hubei. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 43(1): 32) 42 (in Chinese with English abstract).
- Lin Tianrui (林天瑞), Lin Huanling (林焕令), Zhou Tianrong (周天荣), 1983. Discovery of the Cambrian trilobites in Kunshan of southeastern Jiangsu with reference to the faunal provinciality and palaeogeography. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 22(4): 399) 412 (in Chinese with English summary).
- Liu Baohua (刘宝珺), Ye Hongzhu (叶红专), Pu Xinchun (蒲心纯), 1990. Cambrian carbonate gravity flow deposits in Guizhou and Hunan. *Oil and Gas Geology* (石油与天然气地质), 11(3): 235) 246 (in Chinese with English abstract).
- Liu Guochang (刘国昌), 1945. Once more notes on the mercury ore in the border area of Hunan and Guizhou. *Geological Review* (地质论评), 10(324): 127) 143 (in Chinese).
- Liu Yiren (刘义仁), 1982. Trilobites. In: Li Shouqi (李寿椿) (ed.), *Palaeontological Atlas of Hunan*. Ministry of Geological and Mineral Resources, People's Republic of China, Geological Memoir (Series 2), vol 1. Beijing: Geological Publishing House. 290) 347 (in Chinese).
- Lu Yanzhao (卢衍豪), 1954. Upper Cambrian trilobites from Santu, southeastern Kweichow. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 2(2): 117) 135 (in Chinese), 136) 152 (in English).
- Lu Yanzhao (卢衍豪), 1956a. On the occurrence of Lopnorites in northern Anhui. *Acta Palaeontology Sinica* (古生物学报), 4(3): 267) 277 (in Chinese), 278) 283 (in English).
- Lu Yanzhao (卢衍豪), 1956b. An Upper Cambrian trilobite fauna from eastern Kweichow. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 4(3): 365) 372 (in Chinese), 373) 380 (in English).
- Lu Yanzhao (卢衍豪), 1957. Trilobites. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica (中国科学院南京地质古生物研究所) (ed.), *Index Fossils of China, Invertebrata, III*. Beijing: Geological Publishing House. 1) 320+ 48 (in Chinese).
- Lu Yanzhao (卢衍豪), 1962. Collection of the Papers Submitted to National Congress on Stratigraphy, The Cambrian System of China. Beijing: Science Press. 1) 117 (in Chinese).
- Lu Yanzhao (卢衍豪), 1968. Cambrian correlation chart of China and its explanations. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica (中国科学院南京地质古生物研究所) (ed.), *Correlation Charts of Geological Systems of China and*

- their Explanations. Beijing: Science Press. 1) 118 (in Chinese).
- Lu Yan2hao(卢衍豪), Lin Huan2ling (林焕令), 1980. Cambrian2Ordovician boundary in western Zhejiang and the trilobites contained therein. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 19: 118) 134 (in Chinese with English abstract).
- Lu Yan2hao, Lin Huan2ling, 1983. Uppermost Cambrian and lowermost Ordovician trilobites of Jiangshan2Changshan area. In: *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* (ed.), *Papers for the Symposium on the Cambrian2Ordovician and Ordovician2Silurian Boundaries*, Nanjing, China, October, 1983. Nanjing: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica. 6) 11.
- Lu Yan2hao(卢衍豪), Lin Huan2ling (林焕令), 1983. Zonation and correlation of Cambrian faunas in W Zhejiang. *Acta Geologica Sinica*(地质学报), 57(4): 317) 328 (in Chinese with English abstract).
- Lu Yan2hao, Lin Huan2ling, 1984. Late Late Cambrian and earliest Ordovician trilobites of Jiangshan2Changshan area, Zhejiang. In: *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* (ed.), *Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China, Cambrian2Ordovician Boundary* (1). Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House. 45) 143.
- Lu Yan2hao(卢衍豪), Lin Huan2ling (林焕令), 1989. The Cambrian trilobites of western Zhejiang. *Palaeontologia Sinica*(中国古生物志) (New Series B), 25(175): 1) 287 (in Chinese with English summary).
- Lu Yan2hao, Qian Y2yuan, 1983. Cambrian2Ordovician trilobites from eastern Guizhou. *Palaeontologia Cathayana*, 1: 1) 105.
- Lu Yan2hao(卢衍豪), Zhang Wen2tang (张文堂), Qian Y2yuan(钱义元), Zhu Zha2ling (朱兆玲), Lin Huan2ling(林焕令), Zhou Zh2yi(周志毅), Qian Yi(钱逸), Zhang Sen2gui (章森桂), Wu Hong2ji(伍鸿基), 1974a. Cambrian trilobites. In: *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* (中国科学院南京地质古生物研究所)(ed.), *Handbook of Stratigraphy and Palaeontology*, Southwest China. Beijing: Science Press. 82) 107 (in Chinese).
- Lu Yan2hao(卢衍豪), Zhu Zha2ling (朱兆玲), Qian Y2yuan (钱义元), Lin Huan2ling(林焕令), Zhou Zh2yi(周志毅), Yuan K2xing(袁克兴), 1974b. Bioenvironmental control hypothesis and its application to the Cambrian biostratigraphy and palaeozoogeography. *Memoirs of the Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica*(中国科学院南京地质古生物研究所集刊), 5: 27) 116 (in Chinese).
- Luo Kun2li (雒昆利), 2001. Upper Middle - Upper Cambrian trilobites of Hancheng area, Shaanxi. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 40(3): 371) 387 (in Chinese with English abstract).
- McNamara K J, Yu Feng, Zhou Zh2yi, 2003. Ontogeny and heterochrony in the oryctocephalid trilobite *Arthrocephalus* from the Early Cambrian of China. *Special Papers in Palaeontology*, 70: 103) 126.
- Nan Run2shan (南润善), Chang Shao2quan (常绍泉), 1982. New trilobites from Middle Cambrian Dangshi Formation in southern Liaodong peninsula. *Bulletin of the Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences*(中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊), 4: 29) 37 (in Chinese with English abstract).
- Nan Run2shan (南润善), Shi Xin2zeng (石新增), 1985. New Middle Cambrian trilobites from southwestern part of Jilin Province. *Bulletin of the Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences* (中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊), 12: 1) 8 (in Chinese with English abstract).
- Palmer A R, 1965. Trilobites of the Late Cambrian Pteroccephaliid Biome in the Great Basin. *U. S. Geological Survey Professional Paper*, 493: 1) 105.
- Peng Shan2chi, 1984. Cambrian2Ordovician boundary in the Cili2Taoyuan border area, northwestern Hunan with descriptions of relative trilobites. In: *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* (ed.), *Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China, Cambrian2Ordovician Boundary* (1). Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House. 285) 405.
- Peng Shan2chi(彭善池), 1987. Early Late Cambrian stratigraphy and trilobite fauna of Taoyuan and Cili, Hunan. In: *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* (中国科学院南京地质古生物研究所)(ed.), *Collection of Postgraduate Theses of the Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica*. No. 1. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Publishing House. 53) 134 (in Chinese with English summary).
- Peng Shan2chi(彭善池), 1990. Upper Cambrian in the Cili2Taoyuan Area, Hunan and its trilobite succession. *Journal of Stratigraphy* (地层学杂志), 14(4): 261) 276 (in Chinese).
- Peng Shan2chi, 1990. Trilobites from the Panjiazui Formation and the Madaoyu Formation in the Jiangnan Slope Belt. *Beringeria*, 2: 54) 171.
- Peng Shan2chi, 1992. Upper Cambrian biostratigraphy and trilobite faunas of the Cili2Taoyuan area, northwestern Hunan, China. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, 13: 1) 119.
- Peng Shan2chi(彭善池), 2000. Cambrian of slope facies. In: *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* (中国科学院南京地质古生物研究所) (ed.), *Stratigraphical Studies in China* (1979) 1999). Hefei: Press of University of Science and Technology of China. 23) 28 (in Chinese).
- Peng Shan2chi, 2003. Chronostratigraphic Subdivision of the Cambrian of China. *Geologica Acta*, 1(1): 135) 144.
- Peng Shan2chi(彭善池), 2005. Towards a new global subdivision of the Cambrian System. *Journal of Stratigraphy* (地层学杂志), 29(2): 171) 177, 204(in Chinese with English abstract).
- Peng Shan2chi, 2008a. Chapter 2, Cambrian agnostoids. In: Zhou

- Zh2yi, Zhen Yong2yi (eds), Trilobite Record of China. Beijing: Science Press. 21) 35.
- Peng Shan2chi, 2008b. Chapter 7, Cambrian (late Taijiangian) Taoyuanian) slope facies non2agnostoids. In: Zhou Zh2yi, Zhen Yong2yi (eds), Trilobite Record of China. Beijing: Science Press. 162) 207.
- Peng Shan2chi (彭善池), Babcock L E, 2005. Newly proposed global chronostratigraphic subdivision on Cambrian System. Journal of Stratigraphy (地层学杂志), 29(1): 92, 93, 96 (in Chinese with English title).
- Peng Shan2chi, Babcock L E, 2008. 4 Cambrian Period. In: Ogg J, Ogg G, Gradstein F (eds), The Concise Geologic Time Scale. Cambridge: Cambridge University Press. 37) 46.
- Peng Shan2chi (彭善池), Chen Jun2yuan (陈均远), 1983. Discovery on the Upper Cambrian nautiloids in Cili and Taoyuan, Hunan, Geology of Hunan (湖南地质), 2(2): 13) 17, 25 (in Chinese with English abstract).
- Peng Shan2chi, Robison R A, 2000. Agnostoid biostratigraphy across the Middle2Upper Cambrian boundary in Hunan, China. The Paleontological Society Memoir 53, Supplement to Journal of Paleontology, 74(4): 1) 104.
- Peng Shan2chi, Babcock L E, Lin Huan2ling, 2004a. Polymerid Trilobites from the Cambrian of Northwestern Hunan, China, Volume 1. Beijing: Science Press. 1) 333.
- Peng Shan2chi, Babcock L E, Lin Huan2ling, 2004b. Polymerid Trilobites from the Cambrian of Northwestern Hunan, China, Volume 2, Ptychoparida, Eodiscida, and Undetermined Forms. Beijing: Science Press. 1) 355.
- Peng Shan2chi, Babcock L E, Robison R A, Lin Huan2ling, Ress M N, Saltzman M R, 2004c. Global standard stratotype section and point for the Paibian Stage and Furongian Series (Upper Cambrian). Lethaia, 37: 365) 379.
- Peng Shan2chi, Babcock L E, Zuo Jing2xun, Lin Huan2ling, Zhu Xu2jian, Yang Xian2feng, Robison R A, Qi Yu2ping, Bagnoli G, Chen Yong2an, 2009. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Guzhangian Stage (Cambrian) in the Wuling Mountains, northwestern Hunan, China. Episodes, 31(1): 1) 14.
- Peng Shan2chi, Yang Xian2feng, Hughes N C, 2008. The oldest known stalk2eyed trilobite, Parablackwelderia Kobayashi, 1942 (Damesellinae, Cambrian), and its occurrence in Shandong, China. Journal of Paleontology, 82(4): 842) 850.
- Qian Y2yuan (钱义元), 1961. Cambrian trilobites from Sandu and Duyun, southern Kweichow. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), 9(2): 91) 129 (in Chinese with English summary).
- Qian Y2yuan, 1985. Late Cambrian trilobites from the Tangcun Formation of Jingxian, southern Anhui. Palaeontologia Cathayana, 2: 137) 167.
- Qian Y2yuan (钱义元), 1994. Trilobites from middle Upper Cambrian (Changshan Stage) of North and northeastern China. Palaeontologia Sinica (中国古生物志) (New Series B), 30 (183): 1) 190 (in Chinese with English summary).
- Qian Y2yuan (钱义元), Zhou Ze2min (周泽民), 1984. Middle and early Upper Cambrian trilobites from Kunshan, Jiangsu with reference to their distribution in the Lower Yangtze region. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), 23(2): 170) 184 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Hong2an (仇洪安), 1984. Trilobites from the Upper Cambrian Tangcun Formation in Jingxian, southern Anhui. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), 23(3): 329) 341 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Hong2an (仇洪安), Chen Yu2zong (陈玉宗), 1984. Lower and Middle Cambrian stratigraphy from Xuzhou area. Bulletin of the Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences (中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊), 5(2): 75) 89 (in Chinese).
- Qiu Hong2an (仇洪安), Lu Yan2hao (卢衍豪), Zhu Zhao2ling (朱兆玲), Bi De2chang (毕德昌), Lin Tian2rui (林天瑞), Zhou Zh2yi (周志毅), Zhang Quan2zhong (张全忠), Qian Y2yuan (钱义元), Ju Tian2yin (鞠天吟), Han Na2ren (韩乃仁), Wei Xi2zhe (魏秀喆), 1983. Trilobites. In: Palaeontological Atlas of East China (1). Beijing: Geological Publishing House. 28) 254 (in Chinese).
- Resser C E, Endo R, 1937. Description of the fossils. In: Endo R, Resser C E (eds), The Sinian and Cambrian Formations and Fossils of Southern Manchoukuo. Manchurian Science Museum Bulletin, 1: 103) 301, 370) 434.
- Sheng Xin2fu (盛莘夫), Xiang Li2wen (项礼文), 1981. The Chapter Four, boundaries and correlation of Cambrian Strata of China. In: Xiang Li2wen (项礼文), Nan Ru2shan (南润善), Guo Zhen2ming (郭振明) et al. (eds.), Stratigraphy of China (No. 4), the Cambrian System of China. Beijing: Geological Publishing House. 146) 163 (in Chinese).
- Shergold J H, Cooper R A, 2004. 11 The Cambrian Period. In: Gradstein F, Ogg J, Smith A (eds), A Geologic Time Scale 2004. Cambridge: Cambridge University Press. 147) 164.
- Sun Xiao2wen, 1989. Cambrian agnostids from the North China platform. Palaeontologia Cathayana, 4: 53) 129.
- Sun Yun2zhu, 1924. Contributions to the Cambrian faunas of North China. Palaeontologia Sinica (中国古生物志) (Series B), 1(4): 1) 109 (in English with Chinese abstract).
- Sun Yun2zhu, 1935. The Upper Cambrian trilobite faunas of North China. Palaeontologia Sinica (中国古生物志) (Series B), 7(2): 1) 93 (in English with Chinese abstract).
- Sun Yun2zhu (孙云铸), 1937. The age of Kushan Formation. Geological Review (地质论评), 2(1): 95) 97 (in Chinese).
- Sun Yun2zhu (孙云铸), 1948. Boundaries of the Chinese Cambrian. Contributions from the National Research Institute of Geology, Academia Sinica (中央研究院地质研究所刊), 8: 323) 330 (in Chinese).
- Tian Qi2juan (田奇璠), 1940. On the origin and occurrence of mercuriferous ore. Geological Review (地质论评), 5: 277 (in Chinese).
- Tullberg S A, 1880. Om Agnostus2arterna i de kambriska afl2gringarna vid Andrarum. Sveriges Geologiska Unders2kning,

- Avhandlingar och uppsatser, Series C, 42: 1) 38.
- Walcott C D, 1913. The Cambrian faunas of China. Carnegie Institution Publication 54, Research in China, 3: 3) 276.
- Weidner T, Ahlberg P, Axeheimer N, Claksson E N K, 2004. The middle Cambrian Ptychagnostus punctuosus and Goniagnostus nathorsti zones in Västergötland, Sweden. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 50: 39) 45.
- Westergård A H, 1946. Agnostidae of the Middle Cambrian of Sweden. Sveriges Geologiska Undersökning, Avhandlingar och uppsatser, Series C, no. 477 (Forsbok 40, no. 1): 1) 140.
- Westergård A H, 1947. Supplementary notes on the Upper Cambrian trilobites of Sweden. Sveriges Geologiska Undersökning, Avhandlingar och uppsatser, Series Ca. 489: 1) 34.
- Xiang Lǐwen (项礼文) 1981. The Chapter Two, Classification of Cambrian Strata of China. In: Xiang Lǐwen (项礼文), Nan Runshan (南润善), Guo Zhenming (郭振明) et al. (eds.), Stratigraphy of China (No. 4), the Cambrian System of China. Beijing: Geological Publishing House. 4) 15 (in Chinese).
- Xiang Lǐwen (项礼文), Guo Zhenming (郭振明), 1964. On the trilobites from the Lower Cambrian Changping Formation and their stratigraphical significance. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), 12(4): 622) 625 (in Chinese with English summary)
- Yang Jiǎlu (杨家骥), 1978. Middle and Upper Cambrian trilobites of western Hunan and eastern Guizhou. Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology (地层古生物论文集), 4: 1) 83 (in Chinese with English abstract).
- Yang Jiǎlu (杨家骥), Yu Sùyu (余素玉), Liu Guǎitao (刘桂涛), Su Nánmao (苏南茂), He Mínghua (何明华), Shang Jiànguo (尚建国), Zhang Hǎiqing (张海清), Zhu Hóngyuán (朱洪源), Li Yǔjīng (李育敬), Yan Guǎishun (阎国顺), 1991. Cambrian Stratigraphy, Lithofacies, Palaeogeography and Trilobite Faunas of East Qinling-Dabashan Mountains. Wuhan: China University of Geosciences Press. 1) 192 (in Chinese).
- Yao Lu (姚路), Peng Jin (彭进), Fu Xiǎoping (傅晓平), Zhao Yuanlong (赵元龙), 2009. Ontogenesis of Tuzoia bispinosa (Arthropoda) from the Middle Upper Cambrian Kaili biota, Guizhou, China. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), 48(1): 56) 64 (in Chinese with English abstract).
- Yin Gongzheng (尹恭正), 1982. Section 1, Chapter 2, Cambrian. In: Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources (贵州省地质矿产局) (ed), Regional Geology of Guizhou Province. Beijing: Geological Publishing House. 49) 96 (in Chinese).
- Yin Gongzheng (尹恭正), 1990. The Cambrian division of Guizhou. Geology of Guizhou (贵州地质), 7(4): 283) 292 (in Chinese).
- Yin Gongzheng (尹恭正), Li Shanji (李善姬), 1978. Trilobites. In: Palaeontological Atlas of Southwest China, Guizhou Province (1): Cambrian Devonian. Beijing: Geological Publishing House. 385) 595 (in Chinese).
- Yuan Jinliang (袁金良), Li Yue (李越), 1999. Lower-Middle Cambrian boundary and trilobite fauna at Laoyingshan, Huainan, Anhui. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), 38(4): 407) 422 (in Chinese with English summary).
- Yuan Jinliang, Li Yue, 2008. Chapter 5, Nonagnostoids of Changbian (late Mid Cambrian). In: Zhou Zhǐyi, Zhen Yongyi (eds), Trilobite Record of China. Beijing: Science Press. 108) 135.
- Yuan Jinliang, Li Yue, Zhao Yuanlong, 2008. Chapter 4, Nonagnostoids of the early Mid Cambrian (Maochuangian and Hsuechuangian). In: Zhou Zhǐyi, Zhen Yongyi (eds), Trilobite Record of China. Beijing: Science Press. 77) 107.
- Yuan Jinliang (袁金良), Zhao Yuanlong (赵元龙), Li Yue (李越), Huang Youzhuang (黄友庄), 2002. Trilobite Fauna of the Kaili Formation (Uppermost Lower Cambrian) Lower Middle Cambrian) from Southeastern Guizhou, South China. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press. 1) 422 (in Chinese with English summary).
- Yuan Jinliang, Zhao Yuanlong, Peng Jin, Zhu Xuqian, Lin Jihǎipai, 2009. Cambrian trilobite Ovatortocara granulata Tchernysheva, 1962 and its biostratigraphic significance. Progress in Natural Science, 19:213) 221.
- Yuan Jinliang (袁金良), Zhao Yuanlong (赵元龙), Wang Zongzhe (王宗哲), Zhou Zhen (周震), Chen Xiaoyuan (陈笑媛), 1997. A preliminary study on Lower-Middle Cambrian boundary and trilobite fauna at Balang, Taijiang, Guizhou, South China. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), 36(4): 494) 524 (in Chinese with English summary).
- Zhang Jiejin (张进林), Wang Shaixin (王绍鑫), 1985. Trilobites. In: Palaeontological Atlas of North China (1): Palaeozoic. Beijing: Geological Publishing House. 27) 488 (in Chinese).
- Zhang Quanzhong (张全忠), Li Changwen (李昌文), 1984. Cambrian trilobites from Gaotan, Guichi, Anhui Province. Bulletin of the Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences (中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊), 5(4): 78) 84 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Wentang, 1996. Notes on the Swedish trilobite Drepanura eremita Westergaard, 1947. In: Wang Hongzhen, Wang Xunlian (eds), Centennial Memorial Volume of Prof. Sun Yunzhu: Palaeontology and Stratigraphy. Beijing: Geological Publishing House. 69) 73.
- Zhang Wentang, 2003. Cambrian biostratigraphy of China. In: Zhang Wentang, Chen Peiji, Palmer A R (eds), Biostratigraphy of China. Beijing: Science Press. 55) 119.
- Zhang Wentang, Jell P A, 1987. Cambrian trilobites of North China. Chinese Cambrian trilobites housed in the Smithsonian Institution. Beijing: Science Press. 1) 322.
- Zhang Wentang (张文堂), Zhu Zhaoqing (朱兆玲), 1979. Notes on some trilobites from the Lower Cambrian Houjiashan Formation in southern and southwestern parts of North China. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), 18(6): 513) 525 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Wentang (张文堂), Lin Huanling (林焕令), Wu Hongji

(伍鸿基), Yuan Jinliang (袁金良), 1980a. Cambrian stratigraphy and trilobite fauna from the Zhongtiao Mountains, southern Shanxi. *Memoirs of the Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica*(中国科学院南京地质古生物研究所集刊), 16: 39) 110 (in Chinese with English abstract).

Zhang Wenliang (张文堂), Lu Yanhao (卢衍豪), Zhu Zhaoling (朱兆玲), Qian Yiyuan (钱义元), Lin Huanling (林焕令), Zhou Zhanyi (周志毅), Zhang Senhui (章森桂), Yuan Jinliang (袁金良), 1980b. Cambrian trilobite faunas of southwestern China. *Palaeontologia Sinica*(中国古生物志), new series B (no. 16), 159: 1) 497 (in Chinese with English summary).

Zhang Wenliang, Xiang Liwen, Liu Yinlian, Meng Xiansong, 1995. Cambrian stratigraphy and trilobites from Henan. *Palaeontologia Cathayana*, 6: 1) 166.

Zhang Wenliang (张文堂), Yuan Kexing (袁克兴), Zhou Zhanyi (周志毅), Qian Yi (钱逸), Wang Zongzhe (王宗哲), 1979. Cambrian of southwestern China. In *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica*(中国科学院南京地质古生物研究所) (ed), *Carbonate Biostratigraphy of Southwest China*. Beijing: Science Press. 39) 107 (in Chinese).

Zhang Zengqi (张增奇), 1996. Chapter 5, Cambrian-Ordovician. In: Zhang Zengqi (张增奇), Liu Mingwei (刘明渭) (eds), *Stratigraphy (Lithostratigraphy) of Shandong Province*. Wuhan: China University of Geosciences Press. 105) 168 (in Chinese).

Zhao Yuanlong, Yang Ruizhong, Yuan Jinliang, Zhu Maoyan, Guo Qingjun, Yang Xinglian, Tai Tongshu, 2001. Cambrian stratigraphy at Balang, Guizhou Province, China: candidate section for a global unnamed series and stratotype section for the Taijiangian Stage. In: Peng Shanchi, Babcock L E, Zhu Maoyan (eds), *Cambrian System of South China*. Hefei: Press of University of Science and Technology of China. 189) 208.

Zhao Yuanlong, Yuan Jinliang, Zhu Maoyan, Babcock L E, Peng Jin, Wang Yue, Yang Xinglian, Guo Qingjun, Yang Ruizhong, Tai Tongshu, 2005. Balang section, Guizhou, China for the Taijiangian Stage and candidate GSSP of an unnamed Cambrian Series. In: Peng Shanchi, Babcock L E, Zhu Maoyan (eds), *Cambrian System of China and Korea*. Hefei: Press of University of Science and Technology of China. 62) 83.

Zhou Tianmei (周天梅), Liu Yiren (刘义仁), Meng Xiansong (孟宪松), Sun Zhenghua (孙正华), 1977. Trilobites. In: *Palaeontological Atlas of Central and Southern China* (1): Early Palaeozoic. Beijing: Geological Publishing House. 104) 266 (in Chinese).

Zhou Zhanyi (周志毅), Yuan Jinliang (袁金良), 1980. Lower Cambrian trilobite succession in Southwest China. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 19(4): 331) 339 (in Chinese with English abstract).

Zhou Zhanyi, Zhang Jinlin, 1985. Uppermost Cambrian and lowest Ordovician trilobites of North and Northeast China. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica (ed.), *Stratigraphy and Palaeontology of Systematic Boundaries in China, Cambrian-Ordovician Boundary* (2). Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House. 63) 163.

Zhou Zhanyi, Zhen Yongyi, 2008. Chapter 1, Introduction with reference to previous work, stratigraphical and geological settings, and biostratigraphy. In: Zhou Zhanyi, Zhen Yongyi (eds), *Trilobite Record of China*. Beijing: Science Press. 1) 20.

Zhou Zhanyi, Zhou Zhizhi, 2008. Chapter 8, Latest Cambrian and Ordovician. In: Zhou Zhanyi, Zhen Yongyi (eds), *Trilobite Record of China*. Beijing: Science Press. 208) 274.

Zhou Zhanyi (周志毅), Chen Xu (陈旭), Wang Zhihao (王志浩), Wang Zongzhe (王宗哲), Li Jun (李军), Geng Lianyu (耿良玉), Fang Zongjie (方宗杰), Qiao Xindong (乔新东), Zhang Taizong (张太荣), 1990. Ordovician of Tarim. In: Zhou Zhanyi, Chen Peiji (eds), *Biostratigraphy and Geological Evolution of Tarim*. Beijing: Science Press. 56) 130 (in Chinese).

Zhou Zhanyi, Wang Zhihao, Zhang Junming, Lin Yaokun, Zhang Jinlin, 1985. Cambrian-Ordovician boundary sections and the proposed candidates for stratotype in north and northeast China. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica (ed), *Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China, Cambrian-Ordovician Boundary*, (2). Hefei: Anhui Science and Technology Publishing House. 1) 62.

Zhou Zhanyi (周志毅), Yuan Jinliang (袁金良), Zhang Zhenghua (张正华), Wu Xiaoru (吴孝儒), Yin Gongzheng (尹恭正), 1979. Cambrian biogeographical province of Guizhou and the neighbouring areas. *Journal of Stratigraphy*(地层学杂志), 3 (4): 258) 271 (in Chinese).

Zhou Zhanyi (周志毅), Yuan Jinliang (袁金良), Zhang Zhenghua (张正华), Wu Xiaoru (吴孝儒), Yin Gongzheng (尹恭正), 1980. Classification and correlation of Cambrian in Guizhou. *Journal of Stratigraphy*(地层学杂志), 4(4): 273) 281 (in Chinese).

Zhu Hongyuan (朱洪源), 1987. Cambrian trilobites from Xijiang, Junxian, Hubei. *Acta Palaeontologica Sinica* (古生物学报), 26(1): 86) 95(in Chinese with English abstract).

Zhu Zhaoling (朱兆玲), 1959. Trilobites from the Kushan Formation of North and northeastern China. *Memoirs of the Institute of Palaeontology, Academia Sinica* (中国科学院南京地质古生物研究所集刊), 2: 44) 128 (in Chinese with English abstract).

Zhu Zhaoling (朱兆玲), 1962. On the occurrence of Palaeolenus in Fengyang, Anhui. *Acta Palaeontologica Sinica*(古生物学报), 10(3): 386) 393 (in Chinese with English summary).

Zhu Zhaoling, 2008. Chapter 6, Platform facies nonagnostoids of Late Cambrian (Kushanian, Changshanian and Fengshanian). In: Zhou Zhanyi, Zhen Yongyi (eds), *Trilobite Record of China*. Beijing: Science Press. 136) 161.

Zhu Zhaoling (朱兆玲), Xiang Liwen (项礼文), Zhang Senhui (章森桂), Liu Shucai (刘书才), Luo Kunli (雒昆利), Du Shengxian (杜圣贤), Liang Zongwei (梁宗伟), 2005. New advance in the study of the Upper Cambrian Kushan Stage of North China.

Journal of Stratigraphy(地层学杂志), 29(Supp.): 452) 466
(in Chinese with English abstract).

Zhu Zhao2ling(朱兆玲), Xiang Li2wen (项礼文), Zhang Sen2gui(章森桂), Liu Shu2cai(刘书才), Luo Kun2li(雒昆利), Du Shen2

xian(杜圣贤), Liang Zong2wei(梁宗伟), 2007. New know2
edge about trilobite biostratigraphy of the Cambrian Gushanian
Stage. Journal of Stratigraphy(地层学杂志), 31(2): 165) 168
(in Chinese with English abstract).

REVIEW ON THE STUDIES OF CAMBRIAN TRILOBITE FAUNAS
FROM JIANGNAN SLOPE BELT, SOUTH CHINA, WITH NOTES ON
CAMBRIAN CORRELATION BETWEEN SOUTH AND NORTH CHINA

PENG Shan2chi

(State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and
Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanj ing 210008, China, speng@nigpas. ac. cn)

Key words Trilobites, bio2 and chrono2stratigraphic correlation, Cambrian, Jiangnan Slope Belt, North and South
China

Abstract

The studies of systematic palaeontology for Cambrian trilobites from the South China, espe2
cially from the Jiangnan Slope Belt, in last six dec2
ades are reviewed. Composition of Cambrian slope2
facies trilobite faunas is outlined with agnostoid

genera accounting for 11 percent of the faunas, po2
lymerid genera occurred in both South and North
China for 27 percent, and polymerid genera oc2
curred in Jiangnan Slope Belp for 62 percent. Bio2
and chrono2stratigraphic correlations between the
Jiangnan Slope Belt and North China Platform are
discussed on the basis of new achievements on tr2
lobite stratigraphy from both regions.