

中国志留系研究之今昔*

戎嘉余 陈旭

(中国科学院南京地质古生物研究所)

一、前 言

一个半世纪前,两位英国先驱地质学家 A. Sedgwick 和 R. Murchison (1835) 分别创立了寒武系 (Cambrian System) 和志留系 (Silurian System) 两个系级单元。4 年后, Murchison (1839) 的“志留系”一书正式出版,距今恰好 150 年。为此,国际志留系分会和英国的有关学会在英国召开国际志留系大会,并组织野外旅行,考察英格兰和威尔士志留纪地层剖面。当年 Murchison 创立志留系的这些重要剖面,今日已成为国际志留系的统阶层型; Murchison 在创立志留系后,直下威尔士西南角 Pembroke 郡的 Marloos, 研究该区沿海岸的志留系剖面。一个多世纪来,该剖面几经研究,至 1965 年, A. M. Ziegler 据此和其它剖面资料提出不同深度腕足动物群落的分布规律,大大推动了群落古生态学和生态地层学的发展。可见,今昔志留系研究之巨大变化。笔者在参加这次国际志留系大会之际,对比我国志留系研究之今昔,浮想联翩。100 年来我国志留系研究成绩为世人所瞩目,但以我国志留系良好发育和研究现状,比较英国等志留系发育虽不足而有些领域研究之精深,令人深思。为此,我们草拟本文,以献读者。

在地质年代表中,志留系是已经确定上、下界线和内部统界的第一个系 (Mclaren, 1972; Holland, 1984; Cocks, 1984), 这些界线已由国际地层委员会正式批准实施。尽管有些界线(包括志留系的下界)的确定还不尽如人意(我们将另文阐述),但终究使全球志留系地质学者结束了不统一的状态而有了“共同语言”。这种共同语言是各国地层学家长期工作的目标,其它各系的研究者也正在纷纷为此努力。但是,有了“共同语言”并不意味着地层学研究的终点。相反,新的问题会接踵而来。已确定的 Llandovery 统与 Wenlock 统的分界遇到了“麻烦”,便是一例。笔者基于对国内、外志留系研究的认识,对我国志留系研究的过去、现状和将来分别进行回顾、评述与展望,以祈对今后我国志留系的研究有所帮助。涉及到志留系的顶、底界,特别是底界的研究,我国学者做了大量深入细致的工作,并对国际上通过的底界位置表示了不同的观点。因篇幅所限,有关内容作者拟另文评述。

任玉皋同志为本文清绘插图,谨致谢忱。

二、回 顾

中国志留系的研究已有百年历史。根据我们的认识,大致可以分成以下 4 个阶段。

第一阶段 (1882—1923) 德国人李希霍芬 (F. V. Richthofen, 1882) 在《中国》一书中

*本文系国家自然科学基金委员会 4870090 项资助,为中英志留系研究项目阶段成果之五。

发表我国部分地区志留系的分层,是中国志留纪地层研究的最早记录。嗣后,一些德、法、英、日的学者首批记述了华南若干常见志留系无脊椎动物化石,有十余篇论著发表。零星的记录和局部地区不同层段的研究是本阶段的特点。这一状况一直持续到本世纪的 20 年代。

第二阶段(1924—1948) 真正对我国志留系作出开创性的研究,始于我国著名地质学家李四光、赵亚曾(1924)和谢家荣、赵亚曾(1925)的工作。特别是谢家荣、赵亚曾提出对湖北宜昌罗惹坪志留纪地层的划分对比意见时指出那里的志留系均属下统的结论,具有里程碑的意义。

本阶段的主要工作都由中国学者自己完成的,他们发现了许多地区的志留纪地层剖面、研究了其分层、分带以及描记部分化石类群。前后有近 90 位中国地质界前辈发表了一百余篇论文,对以华南地区为主的志留系进行了奠基式的研究(孙云铸,1933;许杰,1934、1937;李毓尧等,1935;张席禔,1936;丁文江等,1937;尹赞勋、路兆洽,1937;卢衍豪,1943;尹赞勋、李星学,1943;孙云铸,1943、1945、1947;乐森瑄、蒋溶,1944;杨敬之等,1944、1945;李星学等,1945;孙云铸、王鸿祯,1946;刘之远,1948;穆恩之,1948 等)。另有美国地质学家葛利普(Grabau)和日本学者中世古亮平等。应该提及的是葛利普教授(1924、1925、1926)对我国志留纪地质学所作的贡献。他鉴定了鄂西宜昌罗惹坪和滇东曲靖志留纪地层所产的化石,分别提供了早志留世和晚志留世的地层对比意见。需要指出的是,孙云铸(1943)从沉积旋迴的角度首次将鄂西宜昌一带的志留系三分,分别与英国的 Llandovery, Wenlock 和 Ludlow 统对比,并将滇东的关底组、妙高组归于 Wenlock 统。这一结论后来对中国志留系的研究产生了很大的影响。

第三阶段(1949—1966) 这个阶段的标志之一是 3 篇重要论著的发表。首先是著名地质学家尹赞勋(1949)对中国南部志留纪地层之界限分类、对比及古地理进行的第一次总结。其次是穆恩之(1962)对志留纪地层所作全国范围的详尽总结。第三篇是尹赞勋(1966)着重总结中国志留纪沉积的大地构造地质背景,全面论述中国志留纪地层的分类与对比,特别是中国志留纪的古地理。这里,我们可以看出尹赞勋与穆恩之对中国志留纪地层的研究付出了极大的心血,作出了杰出的贡献。这个阶段的另一个标志是解放后全国地质工作者在填图、找矿及基础地质工作中,发现许多地层剖面,采集了大量重要化石标本,这对于研究我国志留纪地层的划分与对比、认识生物群的性质、重建沉积环境与古地理提供了珍贵的资料。这些资料反映在许多重要的论文中。其中俞建章、张文堂(1951),俞昌民(1956),秦洪宾(1956),潘江(1956),霍世诚(1957),孙云铸等(1957),尹赞勋等(1957、1958),江能人(1958),张文堂等(1958、1963、1964),吴望始(1958),陈敏娟(1959),区之任、敖振宽等(1959),张日东、俞昌民等(1962)、穆恩之、张有魁(1964),刘第庸等(1964),何炎等(1964),钱义元等(1964)等的论文可作代表。尹赞勋和穆恩之的总结基本上是在上述基础上进行的。他们不仅研究了我国志留纪的岩石、生物和年代地层学,而且还讨论了古地理和沉积岩相方面的内容。孙云铸(1943)的观点被尹赞勋、穆恩之的总结所采纳。当时新的对比证据之一是孙云铸等(1957)、洪友崇等(1958)在龙马溪群顶部找到兰多维列世最晚期的带化石 *M. spiralis*, 在下纱帽群中发现据说是 Ludlow 早期 *P. nilssoni* 带的标准化石。这样,上述方案作为全国对比的标准,一直为中外地质学家所采纳,并反映在各类古生物地层论文与各种地质图件中。

特别需要指出的是,汪啸风(1965)最早撰文报道,在黔东南石阡枫香原归属上志留统韩家店群中发现了 Wenlock 世 *riccartonensis* 带和 Llandovery 世 *griestoniensis* 带的笔石。这

是第一次对中国志留系三分的传统观点提出质疑。

第四阶段(1967—至今) 70年代初,在黔、鄂、湘、川、滇等省区域地质调查大队工作的基础上,南京地质古生物研究所志留系队在西南地区测制了一系列地层剖面,其研究成果先发表在“西南地区地层古生物手册”(1974),后反映在葛治洲、戎嘉余等(1975、1979)的“西南地区的志留系”一文中。他们根据壳相和笔石化石,修正了传统的志留系三分观点,将长期归于中统的罗惹坪组与石牛栏组甚至长期归于上统的纱帽组和韩家店组的大部分划归兰多维列统;并将滇东原归中统的关底组、妙高组划归上统。然而,上述这些认识仍不完善。接着,贵州、四川、湖北、湖南、陕西、江西、安徽和江苏等省地层古生物学者又陆续发表了不同门类的大量化石,不断地将各地志留纪地层的顶界下移。在这些新发现中,应该提及笔石和牙形刺学者的成果。赵裕亭(见阎国顺、汪啸风,1978)、汪啸风(见汪啸风等,1987)重新研究了洪友崇(1958)采集并鉴定的下纱帽组的笔石模式标本,倪寓南(1978;中国科学院南京地质古生物研究所,1974)和汪啸风(阎国顺、汪啸风1978;汪啸风等,1987)系统采集并研究了标准地点龙马溪组与下纱帽组(即石屋子组)的笔石。他们一致否定龙马溪组顶部产 *M. spiralis* 和纱帽组底部产 *P. nilssoni* 的结论,将下纱帽组改归兰多维列统(表 I)。同时,周希云等(1981)最早研究了贵州志留纪的牙形刺化石,在秀山组中发现了重要分子 *Pterognathodus celloni*, 提出该地层的主体时代应属兰多维列世的新结论。在滇东曲靖,王成源(1980、1981)首次发现 *Ozarkodina crista* 产自妙高组和玉龙寺组中,时代为 Ludlow 晚期。正是在这些认识不断深化的过程中,70年代末期和80年代早、中期,发表了一批全面总结中国志留系的论文与著作。继尹氏和穆氏之后,林宝玉(1979、1984)汇集与综合了大量、特别是来自边缘地区的新资料,对

表 I 湖北宜昌罗惹坪志留纪地层对比沿革表

Showing change of the opinions on correlation of the Silurian strata at Luoreping, Fenxiang, North of Yichang, W. Hubei.

作者 地 层 (年代)		谢家荣 赵亚曾 (1925)	孙云铸 (1943)	尹赞勳 (1949)	穆恩之 (1962)	葛治洲等 (1979)	穆恩之等 (1982)	林宝玉 (1984)	汪啸风等 (1987)	本 文 (1990)	
志 留 系	Pridoli										Pridoli
	Ludlow		纱帽群	纱帽群							Ludlow
	Wenlock		罗惹坪群	罗惹坪群							Wenlock
	Llandovery	Lower Silurian 纱帽层 罗惹坪系 龙马页岩	龙马溪群	龙马溪群	上 中 下 罗惹坪组 龙马溪组	纱帽群 纱帽组 石屋子组 罗惹坪组 龙马溪组	纱帽组 石屋子组 罗惹坪组 龙马溪组	纱帽组 石屋子组 罗惹坪组 龙马溪组	纱帽组 4 3 2 1 罗惹坪组 龙马溪组	纱帽组 罗惹坪组 龙马溪组	Telychian Aeronian Rhuddanian Llandovery

我国志留系作了第四次全面、详尽的总结。尹赞勋(1980)在报告我国20年来地层工作的进展时,亦对志留系的研究作了新的扼要的论述。穆恩之、陈旭、倪寓南、戎嘉余(1982)和穆恩之、布科、陈旭、戎嘉余(1986)也对中国的志留系作了综合研究,并涉及了生态地层学和古生物地理学方面的问题。Wang和He(1981),Wang等(1984)和李志明等分别论述了志留纪珊瑚和腕足动物的古生物地理。这些总结虽采用了当时新的对比方案,却由于方案还在不断变化,而使各自的结论仍处于修正之中。直至最近,俞昌民等(1988)、陈旭等(1990)根据笔石等化石门类的研究,将陕南、川北的宁强组及其相当地层全部划归兰多维列统,代表了这方面工作的最新成果。

本阶段自60年代中期至今,已逾20年,且还在延续。这段时间共发表了二百余篇有关论文,其中约60%是近5年才问世的(表III),涉及的地区之广、门类之多,超过历史上任何一个时期,使我国志留纪地层与化石资料的积累空前丰富。这大批成果的重要标志在于许多省区、特别是西藏等边缘地区都作了程度不同的全面总结。如北方槽区(侯鸿飞等,1979),天山(成守德等,1985),大、小兴安岭(苏养正,1975;薛春汀等,1980;苏养正等,1987)、吉林伊通(刘渭洲等,1982)、辽宁(王敏成,1988)、宁夏和内蒙古阿拉善地块(朱鸿等,1987)、内蒙古(李文国,1988)、达茂旗巴特敖包地区(李文国等,1984)、昭乌达盟地区(胡泽瑾,1983)、西藏(梁寿生、夏金宝,1978;林宝玉、邱洪荣,1983;许汉奎等,1981、1984;穆恩之、陈挺恩,1984;杨曾荣,1985;倪寓南,1986)、秦巴地区(李耀西等,1975;秦锋、甘一研,1976;傅力浦等,1983;葛梅钰、李崇楼,1985;傅力浦、宋礼生,1986)、川南綦江(金淳泰等,1982)、长宁双河(穆恩之、朱兆玲等,1983)、鄂西宜昌(汪啸风等,1987)、滇东北大关(兰朝华,1979;叶少华等,1983)、盐津(周铁明,1982)、滇西(倪寓南等,1982)、滇东曲靖(葛治洲,戎嘉余等,1979;戎嘉余、杨学长,1981;方润森等,1985)、苏皖地区(朱兆玲、陈旭等,1984;张全忠、焦世鼎,1985;陈旭等,1988;张全忠,1989);又如新疆(王务严,1985)、甘肃(王端龄、何永鲸,1982;甘肃省区调队,1985)、贵州(王立亭,1976;龚联瓚,1987)、云南(王举德,1976)、四川(金淳泰,1982)、广西(张继淹,1986)、江西(魏秀喆等,1984)等省区。川西二郎山地区志留系的研究令人瞩目。70年代中期,笔者之一戎嘉余曾与川西攀枝花地质大队的李宏英一起鉴定了志留纪的腕足动物,发现那里不仅有Llandovery统,而且也发育Ludlow—Pridoli统的*Molongia*动物群。这是滇东曲靖与扬子区其它地区志留系对比的要害连接区。欣闻成都地质矿产所叶少华、金淳泰、江新胜等已完成了“四川二郎山地区志留纪地层与古生物”,期待早日出版见书。以上各项成果全面反映了我国志留系研究的总体水平,与国际标准的对比趋于可靠,如华南板块大部分地区的志留纪地层不断被证实属兰多维列统,便是一例。

就古生物各门类化石的研究而言,无论发表的论文数还是研究人数均达历史最高峰*(插图1)。常见的有关大化石许多论文陆续发表,如笔石(穆恩之、倪寓南,1975;汪啸风,1977、1987;陈旭、林尧坤,1978;倪寓南,1978、1987;邓宝,1979;夏广胜,1979;黄枝高,1982;黄枝高、鲁艳敏,1983;葛梅钰,1984;俞剑华等,1984;陈旭,1984、1986;李积金,1984;赵裕亭,1984;刘渭洲,1985;宋礼生,1986;傅力浦等,1986;何心一,刘淑梅等,1987等),腕足类(盛怀斌,1975;刘发、黄柱熙,1977;戎嘉余、杨学长,1977、1978、1980、1981;阎国顺、汪啸风,1978;王钰等,1980;苏养正,1981;杨学长、戎嘉余,1982;张梓歆等,1983;苏养正等,1984;

* 大量的化石材料发表在各省区的古生物图册中,为节省篇幅,不一一列举。

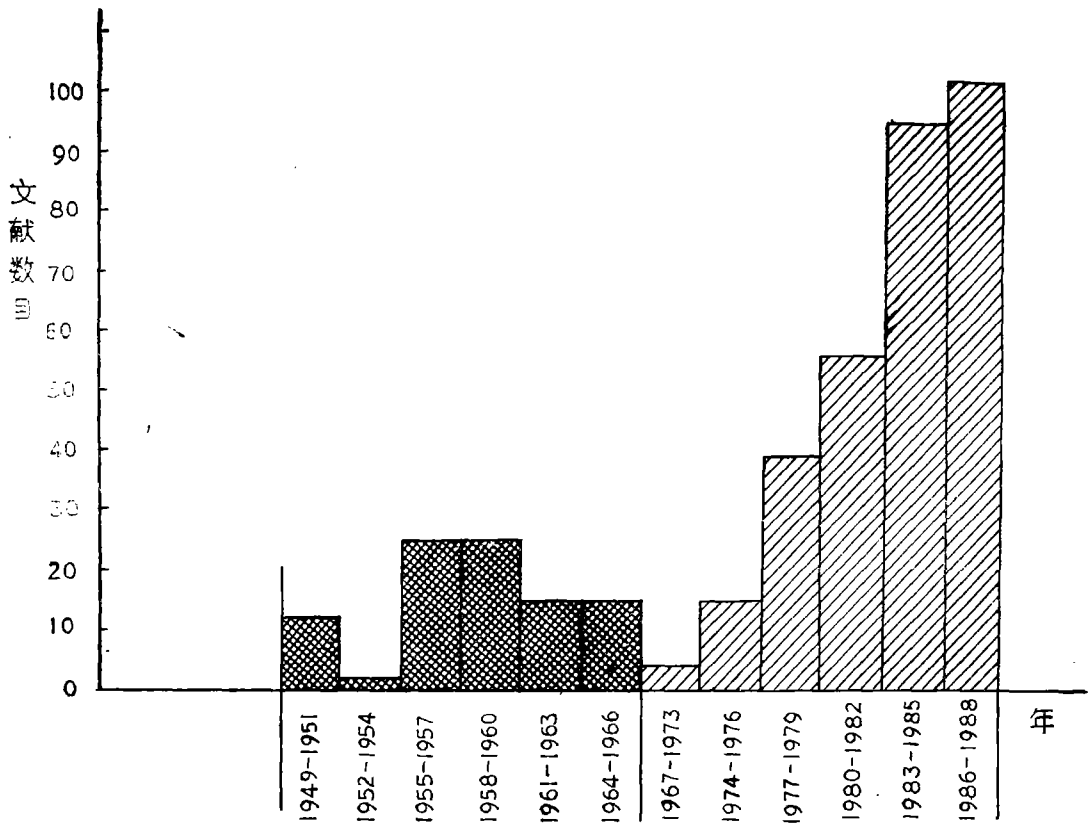


插图1 示我国 1949—1988 年有关志留纪地层与生物群的论文数

Showing the number of the papers written by Chinese geologists from 1949 to 1988 on the Silurian stratigraphy and biotas

戎嘉余等, 1984、1988; 傅力浦, 1984、1985 b; 汪啸风等, 1987), 三叶虫(伍鸿基, 1977、1979 等; 夏树芳, 1978; 张全忠, 1982; Zhang, 1983、1986; 罗惠麟, 1985; 张文堂、孟宪松, 1986; 林天瑞, 1982、1987; 李善姬, 1988 等), 珊瑚(林宝玉, 见李耀西等, 1975; 林宝玉, 1980 等; 刘发、黄柱熙, 1977; 郭盛哲, 1978; 王鸿祯、何心一, 1980、1983; Wang et He, 1981; 何心一、李志明, 1983; 李耀西, 1983; Yü et Oekentorp, 1984; 金淳泰, 1984; 邓占球、杨道荣, 1984; 邓占球, 1986; 何心一, 1987; 周希云, 1982、1987; 高建国, 1987; 黄柱熙、程立人, 1988; 林宝玉、池永一等, 1988; 丁春鸣, 1988 等), 层孔虫(董得源、杨敬之, 1978; 杨敬之、董得源, 1980; 董得源, 1984 等), 苔藓虫(杨敬之、夏凤生, 1976; 胡兆珣, 1982; 夏凤生, 1989 等), 头足类(陈均远, 1975; 陈均远等, 1981; 邹西平, 1984; 赖才根、朱夔玉, 1986; 李学森、程立人, 1988 等)。

应该指出的是微体化石研究取得了前所未有的突破性进展, 尤其是牙形刺(王成源, 1980, 1981、1982、1984 等; 周希云等, 1981、1984、1985、1987 b; 邱洪荣, 1985、1988; 喻洪津, 1985; 丁梅华、李耀泉, 1985; 林宝玉, 1986, 倪世钊见汪啸风等, 1987; 安太痒, 1987; 左自壁, 1987) 和几丁虫(耿良玉、李再平, 1984; 李再平、耿良玉, 1985; 邢裕盛, 1985; 耿良玉, 1986; 耿良玉等, 1987; 耿良玉、蔡习尧, 1988), 华南和西藏志留纪牙形刺生物地层序列已基本建立; 此外, 还有微古植物(侯静鹏, 1982; 叶晓荣, 1984; 邢裕盛、刘桂芝, 1985; 方晓思、何胜策,

1988; 方晓思、侯静鹏, 1988; 方晓思, 1989), 介形虫(郑淑英, 1982; 孙全英, 1988), 喙壳纲(张仁杰, 1984), 蛇尾纲(林天瑞, 1988), 痕迹化石(杨式溥, 1984; 张欣平等, 1986; 曾羽、杨瑞东, 1988) 等。

引人注意的是, 有 20 余篇论文报道了海相无颚类和鱼类化石(潘江, 1986 a、b、1988; 刘玉海, 1979; 黎作聪, 1980; 王士涛等, 1980; 潘江、王士涛, 1983; 刘士藩, 1983、1984 等), 且深入到鱼类微体化石的精细研究(王念中、董致中, 1988), 不仅对探讨早期脊椎动物的分类进化和生物地理意义重大, 而且由于无脊椎动物化石的时代佐证, 使这些化石的时代更加确切。我国已知最早的此类生物产自下红层的溶溪组(潘江、曾祥渊, 1985), 时代为兰多维列世特利奇早期。产自秀山组、夏家桥组、坟头组的无颚类和鱼类化石为特利奇最晚期; 甚至迴星哨组、小溪峪组、西坑组、茅山组和唐家坞组的产物属于兰多维列世末期的可能亦不宜排除。

华南板块大部分地区在兰多维列世末期至文洛克世升降成陆, 为早期陆生植物的起源创造了有利的环境条件。在黔北凤岗八里溪(邻靠当时黔中古陆北缘)的韩家店组顶部, 耿宝印(1984)发现的具维管束的植物化石甚为重要。尽管其系统分类位置尚有争议, 却已引起国际古植物学家的密切关注。如果耿氏所描记的化石层位时代确凿(兰多维列世的特利奇期), 无疑对这类植物起源问题的解决将起重要的作用。

根据上述, 本阶段是迄今为止我国志留系研究最活跃的一个时期, 大量新资料的延续积累和对传统划分方案的不断修正是这个时期的主要特点。

三、现 状

近年来, 对志留纪这一特定的地质历史时期有了新的认识。了解全球志留纪以下 8 个特点对于我国志留系的研究不无裨益; (1) 志留纪是显生宙时限最短的一个纪(约二千七百万年); (2) 在各大分离板块上陆表海和陆缘海的浅海陆棚范围相当广阔, 台地碳酸盐岩和碎屑岩发育; (3) 气候温和, 纬向分异不明显, 多数陆块包括我国的许多板块均处于中、低纬度区; 非洲南部和南美南部缺失碳酸盐岩与海相红层, 证明属于凉水与冷水的环境; 北方晚志留世的蒸发岩则反映了干燥带的存在; (4) 环境分异比较缓和, 除加里东运动的典型地区之外, 其它各板块均不见明显的造山运动。区域环境的剧变与突变少见, 没有集群绝灭(Mass Extinction)事件, 也没有大规模、众多门类、多层次的适应辐射(Adaptive Radiation)事件; (5) 所报道的志留纪海洋生物几乎都是浅海类型的, 没有可靠的深海大化石记录(Boucot, 1989); (6) 以腕足动物、珊瑚为代表的底栖生物和以笔石、牙形刺为主的漂浮和浮游生物占据优势, 志留纪还是具维管束植物和有颚类脊椎动物首次出现的时期, 生物礁主要见于文洛克和罗德洛世, 而兰多维列世的礁极少; (7) 活动带中的火山活动主要反映在以黑龙江北部经内蒙古、蒙古南部、哈萨克东南部到乌拉尔东部这一个火山碎屑岩带(Boucot, 1969; 穆恩之等, 1986); (8) 沉积相变化明显, 一些常见的相环境有了新的解释。如黑色笔石页岩, 并非都是深水产物, 也可见于浅水含不同盐度的海域里。又如老红砂岩相长期被认为是陆相产物, 实际上许多是近岸半咸水—海湾环境, 应属于海相生态系统, 或者海陆交互生态系统。

从全球看, 笔石的分带序列比较细, 个别腕足动物谱系带业已建立, 而它们与牙形刺之间的精确对比正在进行之中, 研究成果将为国际志留纪地层提供新的对比标准。志留纪年代地层界线在国际上的确定提高了全球性对比的精度。沉积相与生物相研究密切结合, 建立了不少令人感兴趣的相环境模式。群落生态和生态地层的研究也由于 Ziegler (1965) 对威尔士

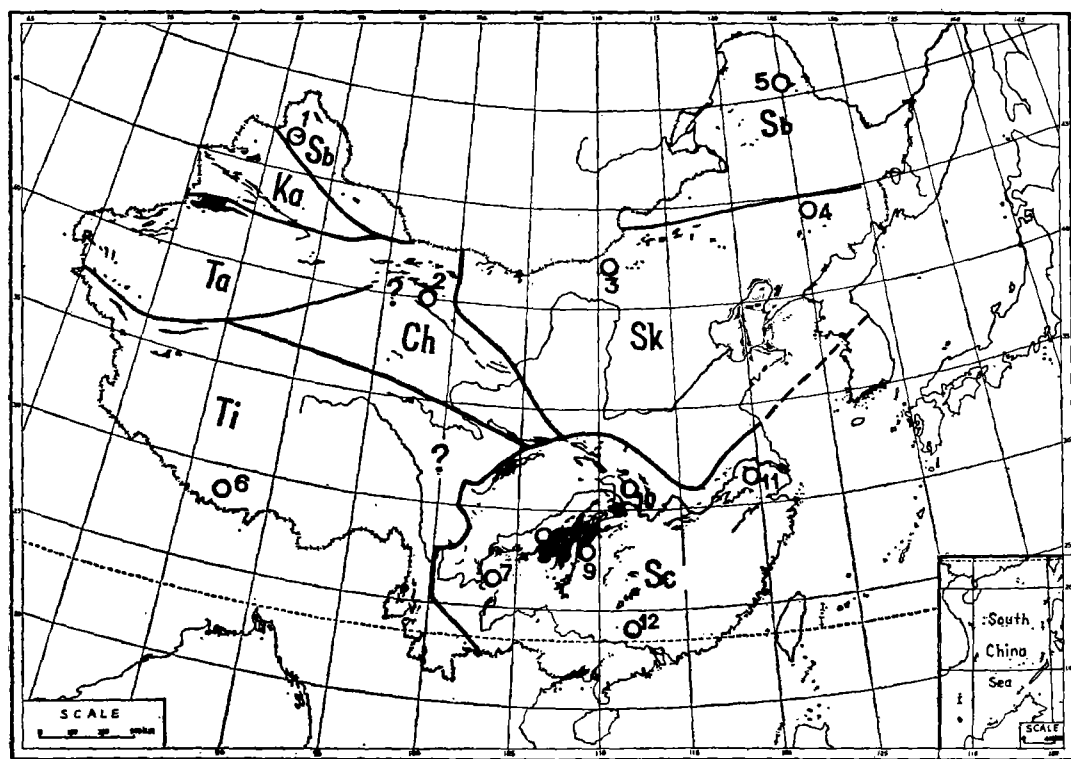


插图 2 示我国志留纪地层的出露与古板块界线

Showing Silurian outcrops of China with palaeoplate boundaries

兰多维列世腕足动物的经典工作而有了明显的进展。

在志留纪,中国是由若干主要大陆板块包括华北板块、华南板块、塔里木板块和西藏板块所组成(插图 2)。位于或邻接这些陆块之间还有不少小块体或地体,其性质目前并未完全清楚。在这些主要板块上,华南板块的志留系是我国志留系研究的标准地区,许多地层序列在那里建立。最新资料表明,扬子地台上的志留系可能大都属于兰多维列统,唯扬子台地西缘的滇东、川西等凹陷区发育罗德洛与普里道利统,扬子地台北缘陕东南紫阳等地发现文洛克统笔石(傅力浦,1980;葛梅钰、李崇楼,1985;戎力浦、宋礼生,1986)外,至今仍未见可靠的文洛克统的重要分子(陈旭等,1990;戎嘉余等,1990)。从兰多维列统的珊瑚、层孔虫的大量繁盛、紫红色页岩与碳酸盐岩的广泛发育,加上古地磁研究成果,均表明华南板块地处当时热带,亚热带的位置。该板块西北缘陕西紫阳等地发育兰多维列世—文洛克世以笔石页岩为主的斜坡相地层,并发育浊流沉积(赵健,1987),系消减后的剩余部分;而向东到华南板块的东北缘,如江苏南京、安徽巢湖、滁县等地,不仅未见斜坡相沉积,连台地相的大部分也遭消减破坏。表明华南板块至少西缘和北缘与相邻板块的陆壳对接的后果,使板块界缘出现了不同宽度的消减带。

华北板块内部至今尚未发现可靠的志留纪地层,但是在它的北缘、西北缘和西缘,有一些不同时期的陆壳褶皱增生带,最后依附于华北板块的边缘。华北板块北缘发现加里东期蛇绿岩套,界缘比较清楚(王荃,1986;邱济安,1986;胡晓,1988)。内蒙古中部(戎嘉余等,1984)和吉林省中部(刘发、黄柱熙,1976)罗德洛统所含 *Molongia* 动物群,与西伯利亚板块南缘陆

壳褶皱增生带(如小兴安岭)所含 *Tuvaella* 动物群(Rong and Zhang, 1982; 苏养正, 1984)分开。宁夏中部同心照花井原归文洛克统的壳相地层, 现已证实属兰多维列统(傅力浦, 1985 b), 可能系华北板块西缘的陆壳增生带, 属于陆缘浅海区(周志毅等, 1989)。后来与祁连山地块的东部相接。祁连山的志留纪地层是否各统齐全, 还有疑问, 泉脑沟组是否全部是文洛克世, 亦有待进一步研究。

塔里木板块的志留系研究开始不久。从目前掌握的资料看, 志留纪时是与华北板块分离的。塔里木板块西北部柯坪地台上兰多维列早期(路丹期)海侵开始接受碎屑沉积, 至中期(埃隆期)为浅水含笔石页岩(GA 2-3)(陈旭, 1990), 后海水变浅, 发育文洛克早期以后长期的海相红层, 这种近滨环境一直延至普里道利世; 板块东北部孔雀河流域发育台缘碎屑岩。传统的南天山大部分属于塔里木板块的北缘活动带, 西段为火山碎屑岩夹少量碳酸盐岩, 产兰多维列(含 *celloni*) 到普里道利世(含 *Atrypoides*) 的壳相化石; 东段为典型的硬砂岩复理石建造, 发现特利奇早期的笔石。中天山(即伊宁地块及其东延部分)与北天山及西准噶尔地区, 志留纪时可能系哈萨克板块的边缘活动带, 火山碎屑岩、碎屑岩、巨厚的复理石堆积, 目前已发现特利奇、罗德洛世的笔石。

在准噶尔盆地的北缘与东北缘, 大致从斋桑-额尔齐斯-克拉美丽以北, 属于西伯利亚板块南缘活动带, 发育 Ashgill 的火山岛弧建造。西段的志留系包括兰多维列含笔石页岩、文洛克火山碎屑岩夹碳酸盐岩(含腕足类、珊瑚等底栖化石)、罗德洛火山碎屑岩复理式建造(含 *bohemicus* 带的笔石)和普里道利浅水碎屑岩(含笔石及植物 *Cocksonia* 类); 东段的志留系在罗德洛世发育 *Tuvaella giganteus* 动物群(Rong and Zhang, 1982; 张梓歆等, 1983), 与东北小兴安岭的同一动物群(苏养正, 1983)遥相呼应。显然, 它们都属于西伯利亚板块最南部的边缘活动带。

西藏板块的情况比较复杂。志留纪时期是否包括不同的中间地块, 由于控制的点还很少, 难以作深入探讨。从目前掌握的资料来看, 雅鲁藏布江以南的喜马拉雅山区的志留系, 主要为砂页岩与灰岩, 最初称石器坡群(王义刚, 1974), 后来林宝玉、邱洪荣(1983), 穆恩之、陈挺恩(1984)根据新的剖面各自重新确立新的地层系统, 林氏等发现了跨越兰多维列-文洛克统界线的牙形类 *amorphognathoides* 和罗德洛世的 *siluricus* 带的重要化石(邱洪荣, 1985), 整体时代自兰多维列至普里道利世以及更高的洛赫柯夫世地层, 全部地层厚度很薄, 不到 250m, 显然属于台地相沉积。雅鲁藏布江以北的冈底斯-念青唐古拉区, 已知的志留系亦以台地相的沉积为主(倪寓南, 1986), 申扎地区的志留系厚度不大, 兰多维列统由笔石页岩夹薄层灰岩和中厚层灰岩组成。笔石化石主要为路丹阶和埃隆阶的产物, *Streptograptus* (?) *runcinatus* 的发现指示 Telychian 早期 *turriculatus* 带。此外, 还含牙形类 *celloni* 与 *amorphognathoides*, 罗德洛世地层则含牙形类 *siluricus* (喻洪津, 1985), 所含鸢鹗螺类与聂拉木产地类同(陈均远等, 1975; 林宝玉、邱洪荣, 1983)。穆恩之、陈挺恩(1984)认为: 早志留世由于雅鲁藏布江断裂带进一步扩大, 形成东西向断陷的海槽, 造成南北相带的分异, 尼泊尔加德满都以南地区向西延伸到斯匹迪地区(Spiti), 下志留统均为介壳相灰岩, 属于南方碳酸盐相带; 申扎、班戈间的界线以北为北方碳酸盐相带; 中间为笔石相砂页岩带。看来在志留纪时雅鲁藏布江南北的沉积和生物群特征不能证明它们已分属于两个不同的板块。西藏更往北的地区, 志留纪地层只有零星的发现, 总体面貌还不清楚。喀喇昆仑山脉可能包括了西藏板块北缘的活动带。

滇西的志留系属于地台型, 为浅海碳酸盐岩和碎屑岩, 厚度小, 已知最厚的一个剖面兰多

维列-普里道利世地层均有代表(倪寓南等, 1982), 总厚仅约 300m, 与扬子区的平均厚度相差好几倍。兰多维列世为笔石相、文洛克-普里道利世为壳相或混合相, 普里道利世发育 *Camarocrinus* 层, 此其特点。西藏与滇西有一定的关系, 但目前还难以最后肯定。三江地区是世界上地壳变形、岩石变质、构造变动最强烈的地区之一, 加之工作难度大, 许多问题还不可能作深入的研究。在目前来说, 滇西与西藏属于同一板块的认识, 证据还不够充分。

经过广大地区许多地层学者的艰辛工作, 我国志留纪地层的轮廓已基本清楚(插图 3)。西藏、新疆、内蒙古、黑龙江、云南等一些边缘地区的工作尤其重要。凡此, 不仅反映在用多重地层学的概念对我国志留纪地层进行系统研究, 描记了大量生物群, 建立了许多类别的生物地层分带, 初步明确主要板块上的生物群性质, 而且还反映在古地理、古生物地理、古气候、古生态上的研究。然而, 也存在着许多问题, 本文下一节将涉及这方面的内容, 以供同行们参考。

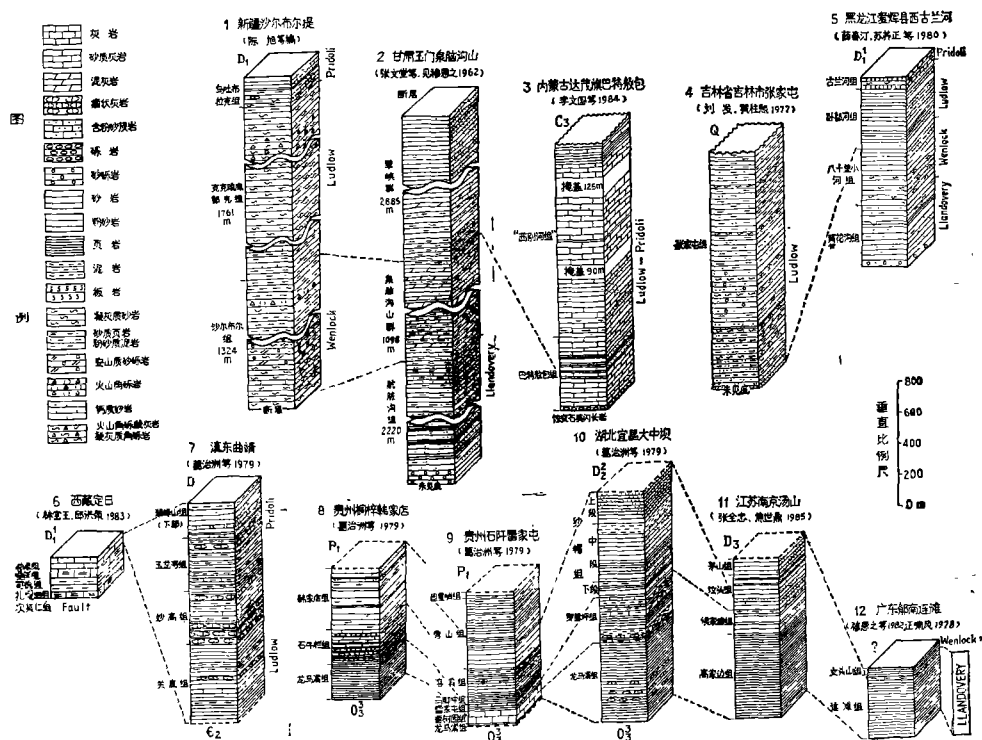


插图 3 示我国主要地区志留纪地层标准剖面及其对比

Showing main sections of the Silurian in China and their correlation

四、展 望

1. 地层学

(1) 关于对比精度 我国的笔石序列数兰多维列世发育较好, 文洛克世的次之, 罗德洛世和普里道利世的欠缺; 在生物地层学中, 笔石带和牙形刺带之间的对比, 最为重要; 它们与几丁虫以及壳相动物组合带之间的对比均有大量的工作要做, 以提高地层对比的精度。这里包括一些关键性的地层问题急待寻找重要剖面加以解决。如扬子地台上究竟有没有文洛克世的地层? 滇东曲靖地区与扬子地台上的志留纪地层是否有同期沉积? 目前还有争论。腕足动物的

研究表明,两地没有重复部分(葛治洲等,1979;戎嘉余、杨学长,1980、1981),牙形刺的研究证实了这种结论(王成源,1980、1981);陈均远等(1981)持不同意见;林宝玉(1984)和方润森等(1985)仍将关底组划归文洛克晚期。此外,在滇东地区,志留-泥盆系的界线长期置于玉龙寺组和翠峰山组之间,但一直缺少化石证据,妙高组与翠峰山组的鱼类有不同特点,但这也可能是由于翠峰山组底界上下海洋环境的显著不同而导致的差别(王念忠、董致中,1988),如果玉龙寺组的时代为 Ludlow 晚期至 Pridoli 早期的论点(戎嘉余、杨学长,1980、1981;王成源,1981)是合适的话,那么整合于玉龙寺组之上长期被视作早泥盆世的翠峰山组部分地层属于志留纪的可能性不应排除。如果这样,除对全球志留纪晚期海陆交互相地层的研究以及对我国南方古地理的认识都会带来重大的修正外,以陆相地层的出现作为泥盆纪开始的观点也应予修正。

威尔士中部的兰多维列区已被作为国际兰多维列统的标准地区(Cocks *et al.*, 1984),但是有关的阶层型和界线的精确对比还有一些关键性的问题未获解决(Temple, 1988)。英国学者是根据腕足动物 *Eocoelia* 和 *Stricklandia lens* 的谱系带来肯定埃隆统和特列奇统的底界的(Cocks *et al.*, 1984),但是由于标准剖面上笔石化石奇缺,致使这些腕足类与笔石带的对比关系并没有精确肯定。如兰多维列地区特列奇统底界与 *turriculatus* 带之底是否一致并未获得足够证据。兰多维列统与文洛克统的分界是在文洛克地区确定的,由于牙形刺 *amorphognathoides* 带(位于 *celloni* 带之上)穿越兰多维列统-文洛克统的分界,故不易在壳相地层剖面上予以识别,成为人们关注的一个问题。在西藏,林宝玉和邱洪荣(1983)将这条界线放在 *amorphognathoides* 带之底就是 1 个例子。在陕南紫阳虽有兰多维列统至 Wenlock 统的连续笔石序列,但不见壳相动物和牙形刺化石,难以解决壳相地层中 Llandovery 阶和 Wenlock 阶的分界。

(2) 关于“共同语言”近 10 年来,国际志留纪地层分会通过投票表决,确定志留系分统建阶的标准,经国际地层委员会批准实施。我国志留系长期采用三分法,即下、中、上 3 统。我们提议,在我国的各类出版物中,宜用 Llandovery, Wenlock, Ludlow 和 Pridoli 4 个统来取代原有的 3 个统。完成这个取代可能会遇到许多困难和麻烦,也需要有一个过程,但是我们应该与国际标准保持一致。在编制各类图件时还可采用志留系二分的方案,这就是下志留亚系和上志留亚系,分别包括 Llandovery 与 Wenlock 统, Ludlow 与 Pridoli 统。

至于岩石地层学,也有许多问题要解决,其中包括岩石地层单位名称的统一。这个问题在扬子区最为突出。同一种性质的岩层序列拥有 2、3 种以上的名称屡见不鲜,这种状况应该得到改变。广泛协商是其中的一个解决办法。此外还普遍存在着同一岩石类型的地层,俯就于生物地层学的划分而人为地分为不同岩石地层单位,应该按地层分类多重性的基本原理加以修正。

地层学包括的范围越来越广,汲取地层体的所有信息,使地层学向综合全息的方向发展是国际地层学正在注意的一个问题。但是值得注意的是,国际上和国内(张守信等)长期从事的理论地层学的研究尚未扩大到对我国志留纪地层研究的理论指导。至于事件地层学如海平面升降等和生态地层学均已起步(戎嘉余等,1984;戎嘉余,1986)。磁性地层学已取得成果,如滇东、内蒙古阿拉善地块、广东地区(刘椿等,见方润森等,1985;朱鸿、贺正轩,1987;苏朴、刘永晓,1988);骆万成(见方润森等,1985)已采用 R_s-S_r 法对曲靖的志留纪地层做了同位素年龄测定。化学地层学、构造地层学和序列地层学的研究几乎还是空白,值得开始研究。

2. 古生物学 近一、二十年来, 由于学科的交叉与渗透, 古生物学从生物学等其它学科中得到许多新的信息, 理论观念发生了重要的变化。这些变化推动了国际古生物学的进步。但是, 这些新理论、新观点如点断平衡论 (punctuated equilibrium)、宏演化论 (macroevolution)、分支系统学 (cladistics)、隔离分化论 (vicariance) 等, 在我国志留纪生物群的研究中尚未得到反映和检验。因此, 理论研究的薄弱甚至空白已成为一个突出的问题。如果近几年这一领域不予涉及、这一状况不予改变, 将会严重影响我国古生物研究水平的提高, 从而降低我国古生物材料的应有价值, 对于国际古生物学, 不能不说是一大损失。

我国各主要地区志留纪许多门类的化石已以论文和图册的形式发表, 其历史作用为大家所公认, 但是限于当时的条件, 不少化石还需做进一步的研究。大批新属、新种的建立, 也存在着不完备之处。对同一地点、层位的同种个体缺少居群生物学 (population biology) 的研究, 缺少居群的大小、生长、结构、密度及其散布的信息; 许多种的个体发育、群体变异的内容几乎还是空白。分类研究的现状容易导致同种个体被鉴定为异种甚至异属的后果。因此, 我们的分类工作的观念应该发生深刻的变化, 如用居群的概念指导将使分类研究更为合理, 也有助于改变只使用传统的模式概念的状况。因为这一概念随着现代生物学对物种认识的深化已发生了根本的改变。我们理应适应这些变化。分类是基础, 但研究不应就此停步, 还需要提高, 也就是用国际上公认的先进理论来指导, 抓住关键的化石材料来检验各种理论和观点, 不仅会提高我国古生物研究的总体水平, 而且会大大有益于国际古生物学的理论研究。

3. 古地理学和古生物地理学 最早是五十年代的刘鸿允 (1955), 随后是穆恩之 (1962)、尹赞勋 (1966), 直到八十年代的林宝玉等 (1984), 关士聪等 (1986), 穆恩之等 (1986) 和王鸿祯等 (1987) 为我国的志留纪编制了若干幅不同时期的古地理图, 提供了重要的资料。关世聪等 (1986) 和王鸿祯等 (1987) 强调用活动论的观点来研究古地理。但总体上说, 还缺少体现在图件上的活动论观点, 也很少反映志留纪我国各大分离板块的古地理位置的图件。无论从古气候学还是古海洋学的角度看, 我国志留纪各板块不是孤立的和固定的, 它的定向、移位及其与其它板块的关系是古地理研究的重要内容之一。古地理学结合古地磁的研究在我国已经开展, 刘椿等 (见方润森等, 1985) 认为晚志留世的滇东曲靖地区地理位置在当时的赤道附近, 处于热带气候环境中, 这与碳酸盐岩和紫红色碎屑岩的良好发育吻合, 苏朴、刘永晓 (1988) 认为广东肇庆、河台地区志留纪的纬度约在北纬 14° 。但是, 这些与 Scotese 等 (1986) 所编制的全球志留纪古地理图上华南板块的位置有明显差异。从 Scotese 的图件看, 华南板块从奥陶纪早期到泥盆纪, 几乎没有变动, 显然是不妥的。华南板块晚期的 Ashgill 动物群主要分布在热带和亚热带区 (Rong and Haper, 1988), Llandovery 世的动物群及岩石特征显示了热带区的特点, 似乎表明从奥陶纪到志留纪华南板块向赤道方向位移了一段距离。这种观点尚待古地磁学和沉积学的研究加以验证。我们还没有将多数信息包括生物的与物理的信息来综合考虑华南与其它板块在地球上的位置, 及其在地史时期中的位置变化。板块位置确定后, 有关古海洋学的许多问题 (如古洋流的方向与动物群迁移的关系) 便接踵而至。这些, 都是今后值得注意研究的。

古生物地理。我国志留纪古生物地理学的研究已有一定的基础 (Chen and Chen, 1980; 陈均远等, 1981; 戎嘉余等, 1981; Wang and He 1981; 王鸿祯、何心一, 1983; 林宝玉, 1984; 王钰等, 1984; 李志明, 1988; 何心一, 1988), 但仍有以下 4 个问题值得考虑。一是综合性, 现有的资料多涉及单一门类的属级地理分布, 综合的、全面的分析还不够。诚然, 不同门类的

地理分布控制因素并非一致,但是,首先需要综合各门类的资料,然后来看一看有哪些一致的与差异的地方,是什么因素控制这些一致性与差异性的。二是新技术方法,单纯地列出分类单元的名单,与有关地区的名单对照,指出缺少的与共同的分子,这是基础性的工作。用不同的数理统计方法使用电子计算机求得亲缘关系指数,用分枝系统学的方法,寻找两地的源区等工作应该开始做了。三是缩短时隔,现有资料主要是以世为单位讨论的,有的甚至以纪为单位。现在看来,需要考虑期这一基本单位。笼统地以纪、世为单位,容易将不同的区系性质掩盖下来。四是需要注意研究不同生态等级单元所含生物与周围环境的关系,区分古生物地理区系与生态分异两种不同的概念,以避免可能将同一地理区系的不同生态域的动物群视作不同的动物地理区系。我们意识到,研究古生物地理学,若不先涉及群体生态学,是难以顺利进行的。我国志留纪特别是华南板块上的化石,具有从近岸到远岸,从浅海到较深水域的例子,详细研究不同板块上的这些变化与模式,对于识别古生物地理区系将具有重要的意义。

4. 古生态学 古生态学的两大组成部分,个体古生态(Palaeoautecology)和群体古生态(Palaeosynecology)在我国志留系研究领域里还涉足有限。个体古生态并不只限于功能形态方面的内容,还包括古生物的行为和生理特征及其意义。除此之外,还包括生物与周围物理环境与生命环境的关系。例如在地层序列中,常遇到某些门类某属种的化石占绝对优势,其它的很少见到,这就涉及到当时各类生物之间的共栖关系。国外有关志留纪三叶虫、介形虫、海百合、笔石、牙形刺、头足类、腕足类、双壳类、苔藓虫、腹足类、层孔虫、节肢动物等的个体古生态研究已经作了阶段性的总结(Bassett and Lawson, 1984),但在国内尚极少深入研讨。对酸解笔石的个体研究已获得起步性成果(陈旭,1985、1986)。有关个体古生态的研究还有大量工作要做。

近年来,群体古生态的研究已越来越引起重视。Ziegler (1965)开创的志留纪群落生态的研究是一个重要组成部分。我国有关方面的研究虽已开始但也只是起步性的(Wang. Boucot *et al.*, 1987)。群体古生态研究中试图揭示以下4种关系:(1)用居群生态学(population ecology)的概念阐明同一物种内不同个体间的关系,(2)用群落生态学(community ecology)的方法研究同一群落内不同物种居群间的关系,(3)用“底栖组合”(benthic assemblage)的或其它的概念和方法研究群落与群落之间的关系,(4)用不同生态等级单元(ecological hierarchy)所含生物与周围环境的关系,来揭示生物分布:时空演替及其规律。建立我们国家自己的生态分布模式,对于沉积相和生物相的研究,古环境的重建,古生物地理学的研究,均是具有重要意义的。

注意古生态与沉积岩石学的研究相结合,会提供许多非生命界的信息,值得加强。

5. 大地构造学 研究地层学须考虑大地构造因素,因为地层体内的很多信息是与所处大地构造背景有着极其密切的关系的。活动的褶皱带与稳定的台地有着明显不同的地层特点,来自地层体的信息又能为大地构造的研究提供可靠的佐证。本世纪60年代兴起的板块学说使大地构造学发生了深刻的变革,水平方向上的板块构造活动论已作为大地构造学的一个基点。如果全球地层学建立了“共同语言”,就能为构造发展历史的不同阶段提供可信的时间参数,不仅能认识特定板块、特定时期的构造运动特点,还能掌握构造运动发展的规律并了解特定时期内世界各大板块的构造异同点。而恢复构造历史又能使我们知道地层体形成的构造背景的基本因素,进一步探索地层体形成的机制。沈阳地质矿产研究所主编的“中国北方板块构造论文集”已注意到这方面的信息,为用地层古生物的证据探讨大地构造运动迈出了可喜的一

步。

目前,我们对华南和华北两大板块有了初步的认识。但是,它们之间是何时开始碰撞的,如何俯冲、消减的,其全过程还不清楚。碰撞并不是两大板块界缘整体均匀地同时接触的,通常是某些部位先接触、继而消减强烈、保存下来的范围较小,而另一些部位则后接触、消减较弱、保存下来的范围较大。这需要用可靠的地层古生物和沉积相带的分布来加以解释。据笔者的认识,华南板块东北部(江苏、安徽)不仅没有发现志留纪的斜坡沉积,而且连台地相带亦不完整;但是,其西北部不仅台地沉积发育很好、且斜坡沉积也有出露(如陕南紫阳;傅力浦、宋礼生,1986)。

此外,华北与华南板块为什么分别在中晚奥陶世和晚兰多维列至早文洛克世升降成陆?是什么构造机制促使当时这两个板块主要部分整体上升而没有接受沉积的?同样,塔里木板块在晚奥陶世升降以后,为什么在志留纪又接受海相沉积?除全球海平面上升外,是否还存在构造上的因素?下扬子地台兰多维列世一反奥陶纪沉积厚度薄的特点,堆积了大量碎屑物质,笔者认为,这既与下扬子台地不断地沉降,又与华夏古陆的强烈升降并遭受强烈风化提供大量陆源物质有关(戎嘉余、陈旭,1987)。而这些地区的沉降和升降又可能与当时太平洋板块自东向华南板块碰撞密切相关。又例如,复杂的西藏板块体系在志留纪时与滇西和塔里木地区是什么关系?据 Scotese 等(1985)的研究,西伯利亚板块的位置一直被认为在早古生代时旋转了 180° ,因而被置于当时北半球的较高纬度区,但是,作为该板块南缘活动带的我国东北北部地区的地层古生物资料并未为这种观点提供足够证据。

凡此种种都有许多工作在等待着我们去做。

6. 沉积学和沉积环境 沉积环境的研究目前还比较薄弱。沉积相分析、相带的划分、环境模式的建立、沉积相与环境特别是与生物相分布的关系,就我国志留纪而言,目前还研究很少(关士聪等,1986)。华南板块上晚奥陶世五峰期的笔石动物群大量繁盛和黑色笔石页岩的普遍发育,反映了当时全球海平面的下降与浅水、半封闭、底域缺氧的还原环境(穆恩之,1962;陈旭等,1987)。它与 Llandovery 世龙马溪期早期的黑色笔石页岩所反映的环境有何异同?华南台地上兰多维列世沉积相与生物相的分异和分布特点,与斜坡沉积、生物相的关系,都是需要进一步研究的。

* * *

我国志留系有许多不同层段的完整剖面,有比较发育的笔石相和介壳相地层,有广阔的台地与斜坡相沉积,有大量世界性化石和土著分子。目前正在向提高地层对比精度、提高古生物学、古生态学、古生物地理学等多方面的研究水平而努力。珍惜我国得天独厚的有利条件,使中国志留系的研究立足于世界之林,是我们的心愿。

主要参考文献

- 丁文江、王日伦,1937: 云南马龙曲靖之寒武纪及志留纪地层。中国地质学会志,16卷。
丁春鸣,1988: 滇东曲靖地区志留纪四射珊瑚的动物群特征及地层时代讨论。现代地质,2(1)。
丁梅华、李耀泉,1985: 陕西宁强地区志留纪牙形石及其地层意义。地球科学——武汉地质学院学报,10(2)。
王义刚,1974: 珠穆朗玛峰地区的地层: 奥陶系和志留系。珠穆朗玛峰地区科学考察报告(地质)。科学出版社。
王成源,1980: 云南曲靖上志留统牙形刺。古生物学报,19(5)。
——,1981: 云南曲靖玉龙寺组时代的新认识。地层学杂志,5(3)。
——、李东津,1986: 吉林省中部二道沟组的牙形刺。微体古生物学报,3(4)。
王宝瑜,1988: 新疆天山志留纪生物群及古地理特征。新疆地质,6(4)。
王念忠、董致中,1989: 中国志留纪鱼类微体化石的首次报道。古生物学报,28(2)。

- 王根贤、耿良玉、肖耀海、左自壁, 1988: 湘西北秀山组上段、小溪峪组的地质时代和沉积特征。地层学杂志, 12(3)。
- 王鸿祯、何心一, 1980: 中国志留纪珊瑚组合中一些属的讨论。古生物学报, 19(2)。
- , 1983: 中国志留纪四射珊瑚与生物地理分区。中国古生物地理区系。科学出版社。
- 邓宝, 1979: 陕南紫阳弓笔石的发现。古生物学报, 18(3)。
- 尹赞勳, 1949: 中国南部志留纪地层之分类与对比。中国地质学会志, 29 卷。
- , 1966: 志留纪时期的中国。澳大利亚地质学会志, 13(1)。
- , 1980: 二十年来我国地层工作的进展。地层学杂志, 4(3)。
- 方润森、江能人、范健才、曹仁关、李代芸等, 1985: 云南曲靖地区志留世一早泥盆世地层及古生物。云南人民出版社。
- 方晓恩、何胜策, 1988: 浙西唐家坞组的微古植物及其时代。地质论评, 34(4)。
- 、侯静鹏, 1988: 四川荃江观音桥志留纪微古植物、几丁虫及其地层意义。地层古生物论文集, 20 辑。
- 叶少华(执笔)、金淳泰、何原相、万正权, 1983: 滇东北大关地区的志留纪地层。成都地质矿产研究所所刊, 4 号。
- 卢衍豪, 1943: 陕西南郑之奥陶纪及志留纪地层。地质论评, 8(1—6)。
- 左自壁, 1987: 志留系牙形类动物群在湘西北的发现及其石油地质意义。湖南地质, 6(1)。
- 孙云铸, 1943: 就中国古生代地层论划分地史时代之原则。中国地质学会志, 23(1—2)。
- , 1945: 云南志留纪地层。科学记录, 1(3—4)。
- 、王鸿祯, 1947: 云南东部马龙曲靖之志留纪地层。中国地质学会志, 26。
- 、常安之、洪友崇、易庸恩, 1957: 三峡区志留纪地层的划分和对比。中国地质学会会讯, (11)。
- 西藏地质综合普查大队, 1980: 西藏申扎区古生代地层的新发现。地质论评, 26(2)。
- 许杰, 1937: 浙西上奥陶纪及下志留纪。中国地质学会志, 17。
- 许汉奎、倪寓南、陈挺恩, 1981: 藏北申扎地区的志留—泥盆系。地层学杂志, 5(4)。
- 伍鸿基, 1977: 西南地区志留—泥盆纪三叶虫的新属种及其地层意义。古生物学报, 16(1)。
- , 1979: 西南地区志留纪替星虫科三叶虫。古生物学报, 18(2)。
- 成守德等, 1985: 新疆天山古生界。新疆地质, 3(2)。
- 江能人, 1958: 贵州炉山县翁项区早古生代地层。地质学报, 38(4)。
- 朱鸿、郑昭昌、何心一等, 1987: 阿拉善地块边缘古生代生物地层及构造演化。武汉地质学院出版社。
- 朱兆玲、许汉奎、陈旭、陈均远等, 1984: 安徽滁县、全椒及南京六合地区早古生代地层。南京地质古生物研究所丛刊, 第 7 号。
- 邢裕盛、刘桂芝, 1985: 长江西陵峡区奥陶—志留纪微古植物群。第一届全国化石藻类学术会议论文选集。地质出版社。
- 刘玉海, 1979: 关于汉阳鱼(*Hanyangaspis*) 系统位置及其在划分地层时代上的意义。古生物学报, 18(6)。
- 刘发、黄柱熙, 1977: 吉林省中部的志留纪地层及动物群。长春地质学院学报, 1977(1)。
- 刘第塘、陈旭、张太荣, 1964: 四川北部南江早古生代地层。中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 地层文集一号。
- 刘时藩, 1984: 有关迴星峭组时代的新资料。地层学杂志, 8(1)。
- 刘渭洲、彭玉鲸、王振中、谢炬、冯左峰, 1982: 吉林伊通桃山早志留世笔石地层。地层学杂志, 6(3)。
- 刘鸿允, 1955: 中国古地理图。科学出版社。
- 关士聪、滨怀玉、丘东洲、王守德、陈显群、周经才、袁凤钿、陈绍琪, 1984: 中国海陆变迁、海域沉积相与油气(晚元古代—三叠纪)。科学出版社。
- 戎嘉余, 1985: 论我国志留系的建阶问题。地层学杂志, 9(2)。
- 戎嘉余, 1986: 生态地层学的基础——群落生态的研究。中国古生物学会第十三、十四届学术年会论文选集。安徽科学技术出版社。
- 戎嘉余、杨学长, 1981a: 简论滇东的志留纪地层。地层学杂志, 5(1)。
- 戎嘉余、马科斯·约翰逊、杨学长, 1984: 上扬子区早志留世(兰多维列世)的海平面变化。古生物学报, 23(6)。
- 李文国, 1988: 内蒙古志留纪生物地层。地层古生物论文集, 21 辑。
- 李文国、戎嘉余、董得源(主编), 1985: 内蒙古达尔罕茂明安联合旗巴特敖包地区志留—泥盆纪地层与动物群。内蒙古人民出版社。
- 李四光、赵亚曾, 1924: 峡东地质及长江之历史。中国地质学会志, 3 卷。
- 李再平、耿良玉, 1985: 南京江宁坟头组几丁虫化石及其时代意义。古生物学报, 24(6)。
- 李志明, 1987: 试论中国志留纪生物地理区。岩相古地理文集, 3。
- 李善姬, 1988: 西藏申扎地区奥陶—志留系三叶虫及其地质意义。地层古生物文集, 19 辑。
- 李学森、程立人, 1988: 藏北班戈、申扎地区奥陶纪和志留纪的一些头足类化石。长春地质学院学报, 18(3)。
- 李星学、谢庆辉、周泰昕、陈厚逵, 1945: 南川西南部之古生代地层。地质论评, 10(5—6)。
- 李耀西、宋礼生、周志强、杨景尧等, 1975: 大巴山西段早古生代地层志。地质出版社。
- 、范嘉松、李积金, 1963: 玉门肮脏沟、旱峡、窟窿山口一带志留系。祁连山地质志, 2 卷, 1 分册。
- 张全忠, 1989: 志留系。见陈华成、吴其切等: 长江中下游地层志(寒武—第四系)。安徽科学技术出版社。
- 、焦世鼎, 1982: 南京汤山地区志留系研究的新进展。南京地质矿产研究所所刊, 3(2)。
- 张欣平、张纯、王大任, 1986: 湘西北地区志留系泥盆系痕迹化石。湖南地质, 5(2)。
- 张继淹, 1985: 广西志留系的基本特征。中国区域地质, 1985(4)。
- 邱洪荣, 1988: 西藏早古生代牙形石生物地层。地层古生物论文集, 19 辑。

- 汪啸风, 1965: 黔北早志留世晚期及中志留世笔石群的发现及其意义。古生物学报, 13(1)。
- , 1978: 对广东连滩文头山组笔石群及其时代的新认识。地质学报, 52(4)。
- 、倪世钊、曾庆奎、徐光洪、周天梅、李志宏、项礼文、赖才根, 1987: 长江三峡地区生物地层学, (2), 早古生代分册。地质出版社。
- 何心一, 1988: 志留纪。见殷鸿福等著, 中国古生物地理学。中国地质大学出版社。
- 、李志明, 1983: 论十字珊瑚科 (*Stauriidae*) 的分类和演化。古生物学报, 22(4)。
- 苏养正, 1981: 论图瓦贝 *Tuvaella* 的时空分布和生态环境。古生物学报, 20(6)。
- , 1987: 东北地区地层古生物研究概况。沈阳地质矿产研究所所刊, 1987(16)。
- 、唐克东、池永一、梁仲发、张允平、徐冬葵, 1983: 内蒙古白云鄂博东北上志留统西别河组新资料, 中国北方板块构造论文集, 第1集。沈阳地质矿产研究所所刊。
- 、张海翔、浦全生, 1987: 小兴安岭西北部的志留系, 中国北方板块构造论文集, 第2集。沈阳地质矿产研究所 (主编)。地质出版社。
- 苏朴、刘永晓, 1988: 广东肇庆奥陶、志留纪古地磁极位的研究。山西矿业学院学报, 3(2)。
- 陈旭, 1986: 湖北宜昌早志留世笔石酸解标本的研究。古生物学报, 25(3)。
- 陈旭、戎嘉余, 1988: 亚洲东部志留系概况。现代地质, 2(3)。
- 陈旭、李积金、耿良玉、丘金玉、倪寓南、杨学长, 1988: 江苏下扬子地区的志留系。安徽科学技术出版社。
- 陈均远, 1983: 志留纪头足类区系特征。古生物学基础理论丛书编委会: 中国古生物地理区系。科学出版社。
- 陈敏娟, 1959: 贵州炉山志留纪、泥盆纪一些层孔虫和珊瑚化石。古生物学报, 7(4)。
- 陈祥荣、成汉钧、汪明洲, 1988: 陕西宁强二郎坝志留系的研究。西安地质学院学报, 10(4)。
- 邵济安, 1986: 内蒙古中部早古生代蛇绿岩及其在恢复地壳演化历史中的意义。中国北方板块构造运动论文集, 第1集。沈阳地质矿产研究所所刊。
- 杨式溥, 1984: 长江三峡志留系遗迹化石及其沉积环境意义。古生物学报, 23(6)。
- 杨曾荣, 1985: 西藏南部地区的志留系。青藏高原地质文集, 16集。地质出版社。
- 杨敬之、董得源, 1980: 从层孔虫化石论述鄂西南、黔东北早志留世地层。古生物学报, 19(5)。
- 林宝玉, 1979: 中国的志留系。地质学报, 1979(3)。
- , 1986: 中国志留纪牙形石生物地层研究的进展及展望。中国地质, (10)。
- 等, 1984: 中国的志留系。中国地质, (6)。
- 、邱洪荣, 1983: 西藏的志留系。青藏高原地质文集, 8集。地质出版社。
- 林天瑞, 1982: 南京坟头组三叶虫及其时代的讨论。古生物学报, 21(4)。
- 罗惠麟等, 1985: 云南东部上志留统三叶虫序列兼论志留-泥盆系分界线。地层学杂志, 9(3)。
- 周希云、翟志强、鲜思远, 1981: 贵州志留系牙形刺生物地层及新属种。石油与天然气地质, 2(2)。
- 周希云、余开富, 1984: 四川南江城口、岳池等地早志留世牙形刺的发现。地层学杂志, 8(1)。
- 周希云、钱泳泰、喻洪津, 1985: 我国西南地区志留系牙形刺生物地层概述。贵州工学院学报, (4)。
- 周铁明, 1982: 云南盐津地区的志留系。地层学杂志, 6(3)。
- 金淳泰, 1984: 云南大关黄葛溪志留系床板珊瑚序列。古生物学报, 23(1)。
- 、叶少华、何原相、万正权、王树碑、赵裕亭、李善姬、徐星棋、张正贵, 1982: 四川綦江观音桥志留纪地层及古生物。四川人民出版社。
- 俞昌民、林尧坤、章森桂、陈挺恩、朱兆玲, 1988: 宁强组时代的再认识。地层学杂志, 12(3)。
- 赵健, 1987: 陕西芭蕉口志留系油流沉积的发现及其初步研究。陕西地质, 5(2)。
- 胡泽瑾, 1982: 内蒙古昭乌达盟地区志留纪地层的划分及对比。中国区域地质, (1)。
- 洪友崇, 1958: 三峡区上志留纪罗德洛期 (*Ludlow*) 笔石群的发现及其地层的意义。古生物学报, 6(1)。
- 侯鸿飞、项礼文、赖才根、林宝玉, 1979: 天山-兴安区古生代地层研究新进展。地层学杂志, 3(3)。
- 侯静鹏, 1982: 苏皖地区茅山群微体化石及其地质时代。中国孢粉学会第一届学术会议论文选集。科学出版社。
- 倪寓南, 1978: 湖北宜昌早志留世笔石。古生物学报, 17(4)。
- , 1986: 西藏申扎、班戈古生代及白垩纪地层: 志留系。中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 第10号。
- 、陈挺恩、蔡重阳、李国华、段彦学、王举德, 1982: 云南西部的志留系。古生物学报, 21(1)。
- 唐克东、苏养正, 1966: 小兴安岭西北部古生代地层的新资料及其构造意义。地质学报, 46(1)。
- 秦锋、甘一研, 1976: 西秦岭古生代地层。地质学报, 1976(1)。
- 耿良玉、李再平, 1984: 云南曲靖玉龙寺组的几丁虫化石。微体古生物学报, 1(1)。
- 、蔡习尧, 1988: 扬子区志留纪兰多维列统胞石序列。古生物学报, 27(2)。
- 耿宝印, 1986: 贵州中志留世羽枝属 (新属) 的形态和解剖。植物学报, 28(6)。
- 黄枝高、鲁艳敏, 1983: 西藏高原申扎地区早志留世笔石群及其意义。青藏高原地质文集, 第2集。地质出版社。
- 谢家荣、赵亚曾, 1925: 湖北西部罗惹坪志留系的研究。中国地质学会志, 4卷。
- 龚连璜, 1985: 贵州北部志留系岩石地层划分、对比和名称。贵州区域地质, 1985(1)。
- , 1987: 贵州的志留系。贵州省区域地质志。地质专报, 7。地质出版社。
- 曾羽、杨瑞东, 1988: 贵阳乌当志留系下高寨田群的沉积环境及遗迹化石。贵州工学院学报, 17(4)。
- 葛治洲、戎嘉余、杨学长、刘耕武、倪寓南、董得源、伍鸿基, 1979: 西南地区的志留系。西南地区碳酸盐岩生物地层。科学出版社。

- 葛海钰、李崇楼, 1985: 陕西紫阳瓦房店志留纪地层。中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 9 号。
- 傅力浦、宋礼生, 1986: 陕西紫阳地区(过渡带)志留纪地层及古生物。西安地质矿产研究所所刊, (14)。
- 、李耀西、宋礼生、温玉领, 1983: 西秦岭的志留系。地层学杂志, 7(4)。
- 喻洪津, 1985: 藏北申扎地区中一晚志留世牙形石生物地层。青藏高原地质文集, 16 集。
- 潘江, 1986: 中国志留系脊椎动物的新发现。北京大学地质系论文选集。地质出版社。
- , 1988: 浙江长兴茅山组修水鱼 (*Xiushuiaspis*) 的发现及其地层意义。古生物学报, 27(2)。
- 潘江、曾祥渊, 1985: 湘西早志留世溶溪组无颌类的发现及其意义。古脊椎动物学报, 23(3)。
- 薛春汀、苏养正、张海驹、崔革, 1980: 小兴安岭西北部晚志留世及早泥盆世地层。地层学杂志, 4(1)。
- 黎作聪, 1980: 论湖北含中华棘鱼层位的时代问题。地层学杂志, 4(3)。
- 穆恩之, 1962: 中国的志留系。全国地层会议学术报告汇编。科学出版社。
- , 1982: 尹赞勋教授对中国志留系的研究。古生物学报, 21(1)。
- 、陈挺恩, 1984: 西藏南部志留纪地层的新材料。地层学杂志, 8(1)。
- 、陈旭、倪寓南、戎嘉余, 1982: 关于中国志留系的划分对比问题。中国科学院南京地质古生物研究所编, 中国地层表及其说明书。科学出版社。
- 魏秀喆等, 1984: 江西地质志。地层。中国地质矿产部专报, 一, 区域地质, 2 号。地质出版社。
- Bassett, M. G., 1985: Towards a "Common Language" in stratigraphy. Episodes, 8(2): 87—92.
- Boucot, A. J., 1989: Developments in Silurian studies since 1839. The Murchison Symposium—Programme and Abstracts, 31—32, Univ. Keele, U. K.
- Chen Xu, 1984b: Influence of the late Ordovician glaciation on basin configuration of the Yangtze platform in China. Lethaia, 17(1): 51—59.
- Cocks, L. R. M., N. H. Woodcock, R. B. Rickards, J. T. Temple and P. D. Lane, 1984: The Llandovery Series of the Type Area. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Geol., 38(3): 131—181.
- Gao Lian-da, 1981: Devonian Spore assemblages of China. Rev. Palaeobotany and Palynology, 34: 11—23.
- Grabau, A. W., 1926: Silurian faunas of Eastern Yunnan. Palaeont. Sinica, Ser. B, 3(2): 5—97.
- Holland, C. H., 1884: Steps to a Standard Silurian. Proc. 27th Inter. Geol. Congr., Moscow 1884, 1: 127—156.
- Johnson, M. E., Rong Jia-yu and Yang Xue-chang, 1985: Intercontinental correlation by sea-level events in the Early Silurian of North America and China (Yangtze Platform). Geol. Soc. Amer. Bull., 96: 1384—1397.
- Mu En-zhi, A. J. Boucot, Chen Xu and Rong Jia-yu, 1986: Correlation of the Silurian Rocks of China (A part of the Silurian Correlation for East Asia). Geol. Soc. Amer., Spec. Pap. 202, 1—80.
- , Chen Xu, and Rong Jia-yu, 1989: The Llandovery Series in China. In Holland, C. H. and M. G. Bassett (eds.). A global standard for the Silurian System. 201—205. Nat. Mus. Wales, Geol. Soc. 9, Cardiff.
- Pan Jiang and D. L. Dineley, 1988: A review of early (Silurian and Devonian) vertebrate biogeography and biostratigraphy of China. Proc. R. Soc. London. B235, 29—61.
- Rong Jia-yu and Zhang Zi-xin, 1982: A southward extension of the Silurian *Tuvaella* brachiopod fauna. Lethaia, 15(2): 133—148.
- Wang Hong-zhen and He Xin-yi, 1981: Silurian rugose coral assemblages and paleobiogeography in China. Geol. Soc. Amer., Spec. Pap., 187: 55—63.
- Wang Yu, A. J. Boucot, Rong Jia-yu, and Yang Xue-chang, 1984: Silurian and Devonian biogeography of China. Geol. Soc. Amer. Bull., 95: 265—279.
- , ———, ———, ———, 1987: Community Paleocology as a Geologic Tool: The Chinese Ashgillian-Eitellian (latest Ordovician through early Middle Devonian) as an example. Geol. Soc. Amer., Spec. Pap., 211: 1—100.

PRESENT AND PAST OF SILURIAN RESEARCHES IN CHINA*

Rong Jia-yu and Chen Xu

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

Summary

Researches on the Silurian geology in China are reviewed in some detail in this paper, with four stages recognized as 1) 1882—1923; 2) 1924—1948; 3) 1949—1966; and 4) 1967—present. The situation of researches has been greatly improved during the last stage through investigations of Silurian rocks in various parts of China and publication of a great number of papers in stratigraphy, palaeontology, palaeogeography, and so on.

During the Silurian time, China was composed mainly of four plates, namely, North China (Sino-Korean) Plate, South China Plate, Tarim Plate and Xizang (Tibet) Plate (Text-fig. 1), with the occurrence of some relatively small blocks distributed among these plates or extensions of the Siberian and Kazakhstan Plates.

The Silurian geology of the Yangtze Platform which occupied most part of the South China Plate is far better known than that of any other comparably large-sized region of China. The Silurian rocks consist mainly of three parts: with lower part containing shales (Lungmachi Formation), middle part shelly carbonates (such as Lojoping or Shihniulan Formation), and upper part shelly clastic sediments with marine red beds (such as Shamao or Hanchiatien Formation). These divisions were correlated with the Llandovery, Wenlock, and Ludlow Series respectively by Sun (1938), Yin (1949, 1966) and Mu (1964). Based on the new data, it should be pointed out that the fossiliferous beds of the Silurian younger than the Llandovery Series are probably absent throughout the Yangtze Platform, except in eastern Yunnan and western Sichuan where the Ludlow and Pridoli Series are well developed, whereas the Llandovery and Wenlock Series are wholly missing. *Stomatograptus sinensis*, *Monograptus spiralis* and *Pterognathodus celloni* occur in association with brachiopods (*Salopinella*, *Xinanospirifer*, *Naliukinia magna* and others), trilobites (*Coronocephalus*, *Coronaspiris* and others), nautiloids (*Sichuanoceras* fauna), chitinozoan (*Angochitina longicollis*) and others in the uppermost part of the Silurian rocks in most part of the region, indicating the latest Telychian age.

The brachiopod *Molongia* Fauna has been known to occur in eastern Yunnan and western Sichuan, South China, and central Inner Mongolia, Ji in, North China, whereas the brachiopod *Tuvacilla* Fauna has been known to be present in northeastern Xinjiang, Lesser Khingan, Heilongjiang, south peripheral belt of the Siberian Plate and other regions of Soviet Union, indicating that they were probably separated during the Ludlow and Pridoli times.

The Silurian rocks mainly with platform facies in Tibet have been studied by Lin and Qiu (1983) and Mu and Chen (1984); recently biostratigraphic conodont zonation of Llandovery to Pridoli has been established by Qiu (1985). There were several plates within the territory of Xinjiang, NW. China, including the Tarim Plate, part of the Kazakhstan Plate and part of the Siberian Plate; and there have been encountered Llandovery and Ludlow graptolites, Llandovery conodonts and Llandovery to Pridoli brachiopods (Chen *et al.*, in press).

Brief consideration is given for future work of the Silurian geology in China including Silurian stratigraphy, palaeontology, palaeogeography, palaeobiogeography, palaeoecology, tectonics, and sedimentology.

* Supported by National Natural Sciences Foundation No. 4870090 as contribution paper No. 5 to the Frasnian-Telychian Project.