

中国南方寒武纪岩相古地理*

冯增昭^① 彭勇民^① 金振奎^① 蒋盘良^① 鲍志东^①

罗 璋^② 鞠天吟^② 田海芹^① 汪 红^①

^①石油大学(北京) ^②杭州石油地质研究所

摘要 中国南方是指西至金沙江—元江断裂、西北至龙门山断裂、北至城口—房县—襄樊—广济断裂、东北至郯庐断裂、东至黄海和东海、南至南海的我国南方广大地区。在各露头剖面 and 钻井剖面地层学和岩石学研究所取得的各种定量及定性资料的基础上,采用单因素分析综合作图法,编制出了中国南方下寒武统下部和中部、下寒武统上部、中寒武统和上寒武统的各种单因素图以及相应的早寒武世早期和中期、早寒武世晚期、中寒武世和晚寒武世岩相古地理图。这些古地理图的最主要特征是定量,即每个古地理单元的划分和确定都有确切的定量的单因素图为依据。这种定量的岩相古地理图在中国南方寒武纪还是首次出现。中国南方寒武纪有7个主要的古地理单元,即滇西台地、康滇陆、扬子台地、斜坡、江南盆地、东南台地和华夏陆。滇西台地、康滇陆、扬子台地、斜坡和江南盆地属康滇古地理体系,东南台地和华夏陆属华夏古地理体系。这两个古地理体系拼合在一起,就构成了中国南方寒武纪的两陆、三台、|盆地和|坡的古地理基本格局。早寒武世早期和中期的岩相古地理特征与早寒武世晚期、中寒武世和晚寒武世的岩相古地理特征有明显的不同。这是两个大不相同的演化阶段。这种定量的岩相古地理图在古地理学中是个重大的进展,对石油、天然气以及其他沉积矿产的预测和勘探有重要的指导作用。

关键词 中国南方 寒武纪 岩相古地理 单因素 定量 古地理体系

第一作者简介 冯增昭,男,1926年生,1952年毕业于清华大学地质系,现为石油大学地球科学系教授,主要从事沉积学及岩相古地理学教学及研究工作。通讯地址:北京市学院路石油大学(北京),邮编100083。

一、概 述

本文的中国南方是指西至金沙江—元江断裂、西北至龙门山断裂、北至城口—房县—襄樊—广济断裂、东北至郯城—庐江断裂、东至黄海和东海、南至南海的中国南方广大地区,大体相当于黄汲清(1995)^[1]的“南华准地台”。它包括或涉及滇、黔、桂、川、陕、鄂、湘、赣、皖、苏、浙、闽、粤、渝、沪、港、澳等17个省、市、区,大体是东经100°~122°和北纬21°~33°的地区,面积约200万km²。

中国南方寒武纪古地理和岩相古地理学研究有不少成果^[2~11]。这是我们岩相古地理研究及编图工作的良好借鉴。

* 本文是中国石油天然气总公司科研正式项目“中国寒武纪和奥陶纪岩相古地理研究及编图”(94科字第69号)研究成果的|部分。

收稿日期:2000年10月30日

在前人的地层学、岩石学、古地理学和岩相古地理学研究的基础上,以沉积学的理论为指导,以单因素分析综合作图法为方法论,首先实测和建立一些基干剖面,从中取得我们需要的各种第一手的定量资料和定性资料,尤其是各种定量资料,并收集前人剖面中的各种定量资料和定性资料,进行定量岩相古地理研究及编图,编制出南方寒武系各阶或统的各种定量的单因素图,并以此为基础编制出南方寒武纪各期或世的定量岩相古地理图,并以此为基础撰写出相应的文字说明和论述,为南方寒武纪岩相古地理学和古地理学的发展以及相应的石油、天然气和其他沉积矿产的预测和勘探,作出我们的一点贡献。

共实测和建立寒武系基干剖面 5 条,部分实测和踏勘寒武系剖面 16 条,收集前人剖面 185 条;共 206 条。我们把各种定量和定性资料尤其是各种定量资料齐全可信的剖面称作一级剖面,把各种定量资料和定性资料尚多和比较可信的剖面称作二级剖面,把各种定量资料不多或定量资料可信度较差的剖面称作三级剖面。我们实测的基干剖面当然是一级剖面。在这 206 条剖面中,一级露头剖面 46 条、二级露头剖面 52 条、三级露头剖面 90 条、一级钻井剖面 5 条、二级钻井剖面 13 条。

中国南方寒武系分下、中、上三统。下统包括梅树村阶、筇竹寺阶、沧浪铺阶和龙王庙阶。中统包括毛庄阶、徐庄阶和张夏阶。上统包括崮山阶、长山阶和凤山阶。各个阶又包括十几个或几十个组或群。

根据南方寒武系各统、阶和组或群的划分和对比情况以及岩石和岩相特征,我们确定了 4 个岩相古地理研究及编图单位,即下寒武统下部和中部的梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶,下寒武统上部的龙王庙阶,中寒武统和上寒武统,以及相应的早寒武世早期和中期的梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期,早寒武世晚期的龙王庙期,中寒武世和晚寒武世。

二、下寒武统梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶单因素图

1. 厚度(m)等值线图

根据 100 条剖面的厚度(m)资料,编制出了中国南方下寒武统下部和中部即梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶厚度(m)等值线图(图 1)。

从此图可以看出:①大体以个旧、三都(剖面 40)、长沙、南昌一线为界,把中国南方分为西北部和东南部。西北部厚度较小,东南部厚度较大。②西北部有两个厚度零区,即康定地区和下关地区。从这两个厚度零区外围的沉积厚度向该地区逐渐变薄以至为零的情况看,这两个厚度零区应是沉积零区,即在早寒武世早期及中期,在梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期,这两个地区应是剥蚀区,应是陆地。③在西北部,主要是扬子区,除两个沉积零区外围的等厚线的延伸方向主要为北西向和南北向外,其余大部分地区的等厚线的主要延伸方向均为北东东—南西西向,且呈凹陷相间分布的格局。主要的凹陷区为广元凹陷区和扬子凹陷区,其最大厚度在 700 m 以上(剖面 3,四川广元,747 m)和 900 m 以上(剖面 21,陕西南郑,731 m)。与之相间的为两个相对隆起区,其厚度均小于 300 m。④在东南部,厚度较大,最大厚度可达 1500 m 以上(剖面 82,江西于都,1600 m)。⑤在中部,即江南区,除其西南端厚度较大(剖面 19,云南屏边,1069 m)外,其余大部分地区的厚度大都小于 300 m。⑥在东南沿海地区,由于缺乏剖面点,未敢勾绘出厚度等值线,更未敢勾绘出零厚度线。

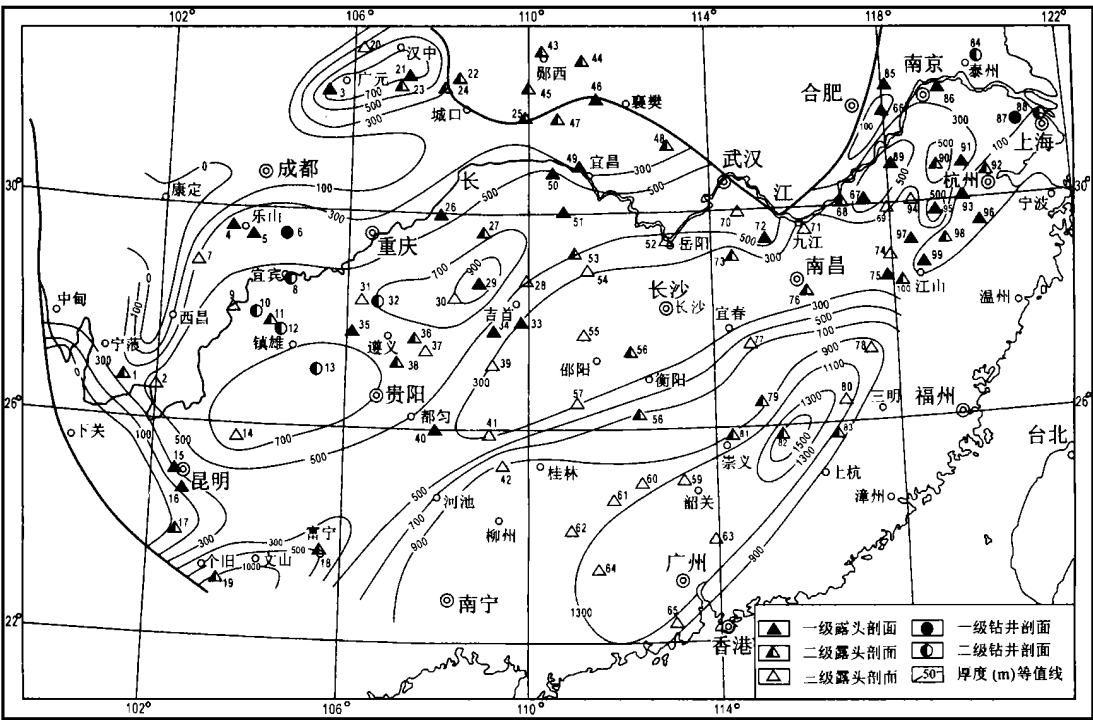


图 1 中国南方下寒武统梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶厚度(m) 等值线图
Fig. 1 The isoline map of thickness (m) of the Meishucun, Qiongzhusi and Canglangpu Stages of the Lower Cambrian in South China

2. 深水页岩含量(%) 等值线图

根据 56 条剖面的深水页岩含量(%) 资料, 编制出了中国南方下寒武统下部和中部即梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶深水页岩含量(%) 等值线图(图 2)。

这里的深水页岩主要是灰黑色及黑色页岩、碳质页岩及硅质页岩, 夹硅岩、石煤及少量碳酸盐岩薄层或透镜体。

从此图可以看出: ①深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的剖面主要分布在研究区中部的富宁、都匀、吉首、长沙、南昌、石台、杭州、上海地区, 即江南区, 呈南西—北东向展布。此深水页岩分布区基本上与图 1 中的沉积厚度较小的地区一致。②在东北部的滁河地区(剖面 43, 已属秦岭地区)以及秦岭地区, 深水页岩亦 $\geq 50\%$ 。③在东南部的湖南常宁(剖面 27)、广东龙门(剖面 28)、江西吉安(剖面 39)、江西崇义(剖面 40)、福建长汀(剖面 41) 地区, 深水页岩含量均 $\geq 50\%$ 。④在西南部的贵州金沙(剖面 13), 深水页岩含量亦 $\geq 50\%$ 。

3. 深水碳酸盐岩含量(%) 等值线图

根据 15 条剖面的深水碳酸盐岩含量(%) 资料, 编制出了中国南方下寒武统下部和中部即梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶深水碳酸盐岩含量(%) 等值线图(图略)。

在南方下寒武统的梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶, 深水碳酸盐岩不发育, 无含量 $\geq 50\%$ 的剖面, 含量 $49\% \sim 10\%$ 的剖面仅 5 条。这些剖面主要分布在深水页岩区的边缘地带, 即分布在深水岩沉积区与浅水碳酸盐岩沉积区或浅水碎屑岩沉积区的过渡地带。

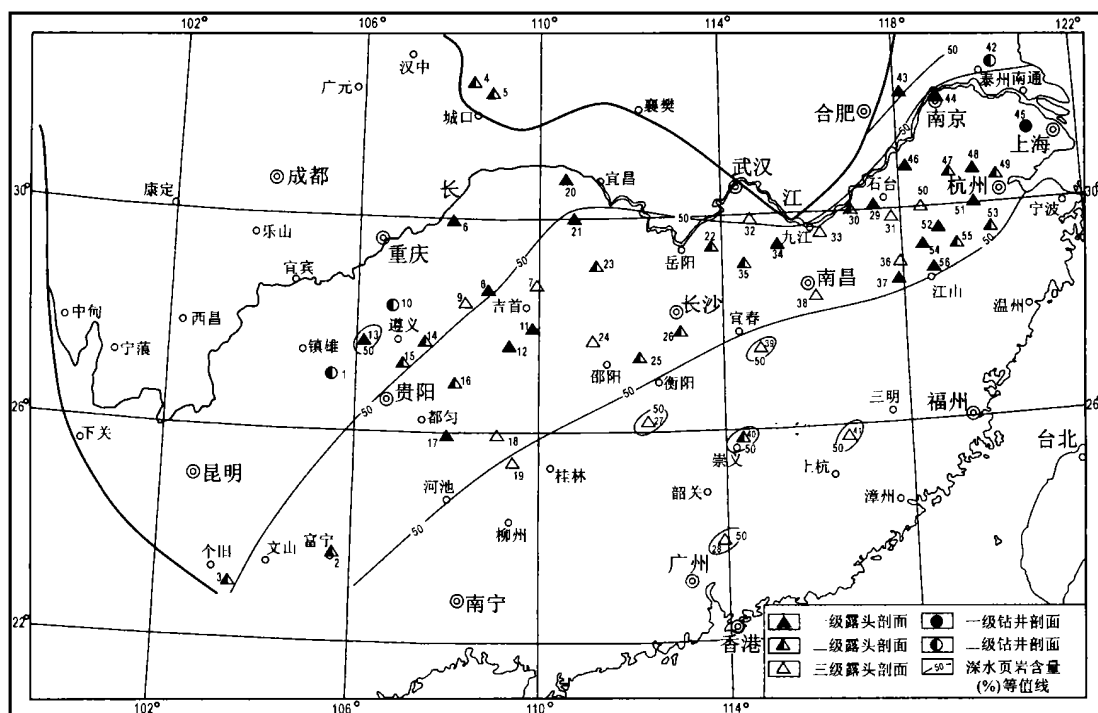


图 2 中国南方下寒武统梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶深水页岩含量(%)等值线图

Fig. 2 The isoline map of deep water shales content (%) of the Meishucun, Qiongzhusi and Canglangpu Stages of the Lower Cambrian in South China

4. 浅水碳酸盐岩含量(%)等值线图

根据 42 条剖面的浅水碳酸盐岩含量(%)资料,编制出了中国南方下寒武统下部和中部即梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶浅水碳酸盐岩含量(%)等值线图(图 3)。

从此图可以看出:①浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的剖面有 6 条,即四川巫溪(剖面 21)、四川石柱(剖面 23)、湖北秭归(剖面 36)、湖北谷城(剖面 32)、湖北随州(剖面 33)和安徽巢湖(剖面 38)。②在湖北通山(剖面 41)一带,浅水碳酸盐岩与深水沉积岩(主要是页岩)交叉分布,形成浅水碳酸盐岩与深水细碎屑岩的混合沉积。这反映斜坡地带的岩性特征。③总之,在下寒武统下部及中部,浅水碳酸盐岩并不发育。

在此图中,还标出了已发现的沧浪铺阶的生物礁和丘的位置,这些生物礁和生物丘的造礁生物主要是古杯类和藻类,主要发育在沧浪铺阶浅水碎屑岩与浅水碳酸盐岩的混合沉积地区,在浅水碳酸盐岩含量 $> 50\%$ 的地区反而少见。

5. 浅水碎屑岩的分布

在深水页岩、深水碳酸盐岩和浅水碳酸盐岩含量均 $< 50\%$ 的地区,即江南区两侧的西北部 and 东南部的广大地区,浅水碎屑岩(主要是粉砂岩和砂岩)广泛分布。这是中国南方下寒武统下部及中部岩石分布的重要特征。

在西北部,除几处浅水碳酸盐岩分布区外,大部分地区为浅水碎屑岩分布区,其碎屑粒度向西北方向逐渐增加,大体在广元、宜宾、昆明一线以西,砂岩含量 $\geq 50\%$ 。在靠近沉积厚度零

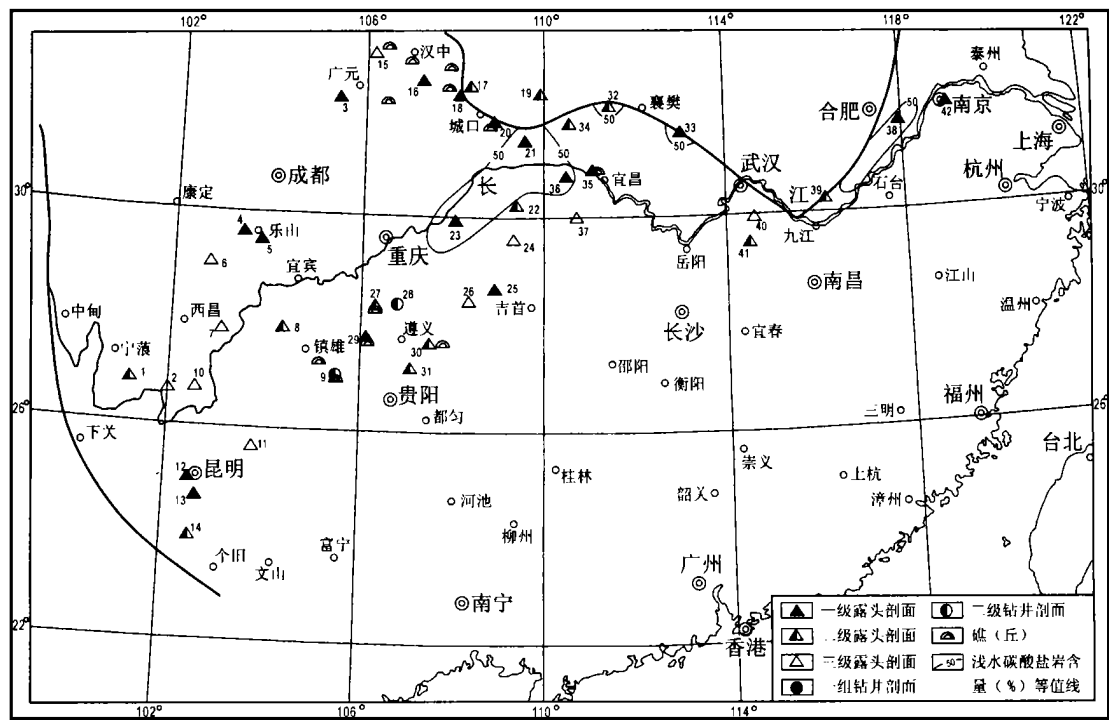


图 3 中国南方下寒武统梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶浅水碳酸盐岩含量 (%) 等值线图

Fig. 3 The isoline map of shallow water carbonate rocks content (%) of the Meishucun, Qiongzhusi and Canglangpu Stages of the Lower Cambrian in South China

线附近,有时还有砾岩出现。这表明西北部的碎屑物质来自西北方向。

在东南部,除几个深水页岩分布区外,大部分地区为浅水碎屑岩分布,其碎屑粒度向东南方向逐渐增加。这表明东南部的碎屑物质来自东南方向。

三、早寒武世梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期岩相古地理

根据前述各单因素图以及其它地质资料,全面分析,综合判断,编制出了中国南方早寒武世早期和中期即梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期岩相古地理图(图 4)。

在此图中,首先把等厚图中的沉积零区定为陆,即川西和滇西地区的康滇陆。此陆地之外基本上为海。

在海中,把深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的地区定为深水盆地。共有 7 个深水页岩盆地。一个位于研究区中部,呈北东向延伸,面积较大,可称作江南页岩盆地。5 个位于研究区东南部,面积均较小。还有一个位于西北部的贵州金沙地区,面积亦较小。在这些盆地之外,基本上为浅水台地,即江南盆地西北侧的扬子台地和江南盆地东南侧的东南台地。这样,整个海域的“两夹一盆”的三分格局就呈现出来了。

在扬子台地中,把浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的地区定为碳酸盐岩台地。共有 4 个碳酸盐岩台地,即石柱巫溪秭归碳酸盐岩台地、谷城碳酸盐岩台地、随州碳酸盐岩台地和巢湖碳酸盐岩台地。除这 4 个面积均不算大的碳酸盐岩台地之外,扬子台地基本上是碎屑岩台地。

东南台地基本上是碎屑岩台地,其中散布着 5 个小型的深水页岩盆地。

下面分别论述这些古地理单元。

1. 陆

有两个陆,即西部的康滇陆和位于图幅东南方的华夏陆。

康滇陆位于川西的康定地区和滇西的下关地区,在图幅内并不相连。这两个地区均缺失寒武纪沉积,中奥陶统或志留系直接覆盖在震旦系或元古界之上。在其外围地区碎屑岩发育,主要是细碎屑岩的潮坪沉积,局部地区(如四川甘洛和会理)有砾岩。沉积厚度向这两地区逐渐变薄以至为零。浅水碎屑岩含量向这两地区逐渐增加。因此,这个陆地存在的证据是比较充分的。在此康滇陆的外围,潮坪沉积的细碎屑岩发育,粗碎屑岩不发育。这表明此康滇陆是个地形起伏不大的较为平坦的陆地,即是个准平原化的陆地剥蚀区。

根据东南部地区碎屑岩广泛分布且其含量向东南方向逐渐增多的总体特征看,在研究区的东南方,应存在一个陆地,即华夏陆。东南碎屑岩台地的陆源碎屑物质就是这个陆地供给的。但是,由于东南碎屑岩台地的岩石大都轻度变质,研究程度较低,又由于中生代岩浆岩广泛分布,构造也较复杂,故华夏陆的确切位置难以确定。在过去的一些古地理图中,大都把未见下寒武统的和有中生代岩浆岩分布的地区划为华夏陆,是缺乏证据的。根据现有的地质资料,我们只能说华夏陆确实存在,存在于本图幅的东南方,但难以确定其准确位置。

2. 江南盆地

江南盆地位于研究区的中部,呈北东—南西向展布,其西北侧及东南侧均以深水页岩含量 50% 等值线为界。由于其主要的岩石类型是页岩,可称江南页岩盆地,简称江南盆地。

在本幅岩相古地理图中,此江南盆地的位置十分关键。此江南盆地的位置确定后,整个图幅的“两台夹一盆”的三分格局就呈现出来了。

江南盆地的岩石以灰黑色及黑色的页岩、碳质页岩、硅质页岩为主,其次为硅岩,含石煤和少量碳酸盐岩透镜体或薄层,含黄铁矿和磷酸盐岩结核或磷矿。岩石成层性好,水平层理发育,一般呈页状和板状。可见波痕。岩性稳定,在纵向上和横向上均变化不大。

生物化石以海绵骨针和蓝绿藻最为常见,还有少量的游泳和漂浮的三叶虫、薄壳腕足类等。在浙江江山荷塘组中,在碳质页岩所夹的石灰岩透镜体中,采到完好的三叶虫湖南头虫。在浙江诸暨石门荷塘组中,见保存完好的介壳化石。

这些岩石和化石特征均显示出其宁静的和还原的深水沉积环境。

3. 扬子台地

扬子台地位于江南盆地的西北侧,以深水页岩含量 50% 的等值线与江南盆地为界,西与康滇陆为界,西北界为龙门山断裂,北界为城口—房县—襄樊—广济断裂和郧庐断裂。大体以九江为界,扬子台地可分为中上扬子台地和下扬子台地。除 4 个小的碳酸盐岩台地和 1 个小的页岩盆地外,扬子台地基本上是碎屑岩台地。中上扬子碎屑岩台地面积甚大,下扬子碎屑岩台地面积较小。

在陕南、川北、黔北和宜昌地区,还发育着一些生物礁和生物丘。

有 4 个碳酸盐岩台地,即石柱巫溪秭归碳酸盐岩台地、谷城碳酸盐岩台地、随州碳酸盐岩台地和巢湖碳酸盐岩台地。前 3 个台地位于中扬子碎屑岩台地中,后一个台地位于下扬子碎屑岩台地中。这 4 个碳酸盐岩台地都是根据浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的等值线圈定出来的。这 4 个碳酸盐岩台地的面积都不大,都可算作散布于扬子碎屑岩台地中的小型的和孤立的碳

酸盐岩台地。

在贵州金沙地区,有一个小型的页岩盆地。

4. 东南台地

东南台地位于江南盆地的东南侧,西北以深水页岩含量 50% 的等值线与江南盆地为界,东南暂以现今的海岸线为界。岩石以浅变质的砂岩和粉砂岩、板岩和千枚岩为主,基本上属碎屑岩的范畴。砂岩成分比较复杂。在粤中、湘南和闽西南,以石英砂岩为主,粤中的石英砂岩富含铁质。在粤北、闽西北、广西贺县等地,以长石石英砂岩为主。在闽西北的邵武香岭,砂岩较粗,分选较差。在江西,以岩屑砂岩为主,岩屑中有火山岩岩屑。化石稀少。沉积厚度巨大,梅树村阶、筲竹寺阶和沧浪铺阶的厚度达 1500 m 以上,整个寒武系的厚度达 9000 m 以上。

在一些地区,如湖南常宁、广东龙门、江西吉安、江西崇义、福建长汀等地,碳质页岩、石煤、硅岩较发育;在有的地区还见粒序层及鲍玛序列等。这些都是深水沉积标志。这些地区应是深水页岩盆地。

总之,东南地区基本上属浅水碎屑岩台地范畴,属靠近华夏陆的碎屑岩沉积区。其厚度较大是由于其同沉积的下陷幅度较大和碎屑物质供给量较丰所致。但沉积时的水体并不深,基本上是浅水碎屑岩台地。但其中也存在一些深水页岩盆地。

综观中国南方早寒武世早期和中期即梅树村期、筲竹寺期和沧浪铺期岩相古地理的特征,主要是其各古地理单元的性质和分布的特征,可以看出其貌似对称实不对称。貌似对称表现在从西北至东南,依次分布着康滇陆、扬子台地、江南盆地、东南台地和华夏陆。最外侧均是陆地,即西北侧的康滇陆和东南侧的华夏陆;向内均为台地,即西北部的扬子台地和东南部的东南台地;中央部分为深水盆地。乍看起来,这 5 个古地理单元的分布是对称的。但是,这个对称是形式上的,实质上并不对称。首先,康滇陆和华夏陆的性质不同,康滇陆是个古老的低缓的陆地,只能向扬子台地提供数量有限的碎屑物质;而华夏陆则是较活跃的陆地,它向东南台地提供了大量的碎屑物质。其次,扬子台地与东南台地的性质也不尽相同,扬子台地既有碎屑岩沉积,又有碳酸盐岩沉积;而东南台地则只有碎屑岩沉积。这除了和康滇陆和华夏陆的性质不同有关外,还可能有其他的原因。第三,江南盆地与扬子台地的过渡关系比较明显,而江南盆地与东南台地则不呈过渡关系。

显然,康滇陆、扬子台地和江南盆地是一个古地理体系,而华夏陆和东南台地则是另一个古地理体系;前者可称作康滇古地理体系,后者可称作华夏古地理体系。这 5 个古地理单元,即康滇陆、扬子台地、江南盆地、东南台地和华夏陆,分别属于两个不同的古地理体系。两个古地理体系相互接触在一起,就构成了中国南方早寒武世早期和中期即梅树村期、筲竹寺期和沧浪铺期岩相古地理的貌似对称实不对称的格局。

四、早寒武世龙王庙期岩相古地理

用前述同样的方法,编制出了中国南方下寒武统龙王庙阶厚度(m)等值线图、深水页岩含量(%)等值线图、深水碳酸盐岩含量(%)等值线图、浅水碳酸盐岩含量(%)等值线图、浅水碳酸盐岩颗粒含量(%)等值线图、浅水碎屑岩分布图等。这些单因素图均从略。

根据这些单因素图,并结合其他定量的和定性的资料,全面分析,综合判断,编制出了中国南方早寒武世晚期即龙王庙期岩相古地理图(图 5)。

在此图中, 首先把厚度(m) 等值线图上的沉积零区定为陆, 即康滇陆和牛首山陆; 把其他地区定为海。

在海中, 首先把深水页岩含量(%) 等值线图上的含量 $\geq 50\%$ 的地区定为页岩盆地。共有 5 个页岩盆地, 一个位于研究区中部, 面积较大, 即江南页岩盆地; 其他 4 个面积较小, 分别位于研究区的东南部和东北部。把深水碳酸盐岩含量(%) 等值线图上的含量 $\geq 50\%$ 的地区定为碳酸盐岩盆地。有 3 个碳酸盐岩盆地, 即湘西碳酸盐岩盆地、通山碳酸盐岩盆地和下扬子碳酸盐岩盆地。江南页岩盆地、湘西碳酸盐岩盆地、通山碳酸盐岩盆地和下扬子碳酸盐岩盆地合称江南盆地。

把江南盆地西北侧的广大的浅水碳酸盐岩分布区, 即浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的地区, 定为扬子碳酸盐岩台地。在扬子碳酸盐岩台地与康滇陆和牛首山陆之间的狭长地带, 浅水碎屑岩含量达 50% 以上, 可称作川西滇中碎屑岩台地。亦可把这一狭长的碎屑岩台地视作扬子碳酸盐岩台地的靠近陆地的边缘相带。在扬子碳酸盐岩台地中, 还散布着一些滩、礁和丘。

把江南盆地东南侧的广大的浅水碎屑岩分布区定为东南碎屑岩台地, 可简称东南台地。在东南碎屑岩台地中, 还存在着 3 个小的深水页岩盆地。

在滇西的宁蒗和中甸地区, 分布着浅水碎屑岩及碳酸盐岩, 可笼统地称作滇西台地。

下面分别阐述这些古地理单元。

1. 陆

有 3 个陆, 即康滇陆和牛首山陆以及位于图幅东南方的华夏陆。

康滇陆位于西部的康定和下关一带。与梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期的康滇陆相比, 面积已增大了许多, 而且也连为一体了。

牛首山陆位于云南开远至贵州兴义一带, 面积不大, 是个小岛。其存在的证据是: ① 在云南曲靖, 志留系平行不整合于沧浪铺组之上, 缺失龙王庙组、中寒武统、上寒武统和奥陶系等大套地层。② 在该陆地外围, 有潮坪碎屑岩沉积, 且沉积厚度向该陆地方向逐渐变薄以至为零。以前, 有人认为牛首山陆从寒武纪开始就存在。但云南曲靖剖面证明, 牛首山陆是从龙王庙期开始出现的。

和前期一样, 在本研究区的东南方, 仍应存在一个向东南碎屑岩台地供给大量碎屑物质的陆地, 即华夏陆。亦和前期一样, 由于证据不够, 还不能把此陆地的确切位置绘出。但这个华夏陆确实是存在的。

2. 江南盆地

江南盆地位于研究区中部, 呈北东—南西向展布。与前期相比, 本期江南盆地的范围略有减小, 主要是在滇黔地区有所退缩。但本期的江南盆地在岩石特征上却与前期的有相当大的不同。前期的江南盆地基本上是页岩盆地。本期的江南盆地则除页岩盆地外, 还出现了碳酸盐岩盆地。这是一个重要变化。

此外, 在东北部的滁州地区, 深水页岩发育, 应为页岩盆地。在其以东的高邮地区, 深水碳酸盐岩发育, 应是碳酸盐岩盆地, 但水体并不太深。

3. 扬子台地

扬子台地位于江南盆地的西北侧, 包括康滇陆和牛首山陆及江南盆地之间的广大地区, 基本上是浅水碳酸盐岩台地, 可称作扬子碳酸盐岩台地。它可分为中上扬子碳酸盐岩台地、下扬子碳酸盐岩台地以及靠近康滇陆和牛首山陆的狭窄的川西滇中碎屑岩台地。

中上扬子碳酸盐岩台地面积广阔, 主要是龙王庙组、孔明洞组、石龙洞组、清虚洞组、半汤组、炮台山组(下部)的分布地区。岩石主要是石灰岩和白云岩, 岩性较单一。沉积厚度变化不大。化石以三叶虫、腕足类等底栖型为主。台地内部有蒸发岩。在台地边缘地区, 有鲕粒滩, 如贵州的石阡滩、贵州的松桃滩、湖北的南漳滩和湖北的随州滩。在黔东、湘西、川东南和陕南地区, 在清虚洞组的中上部, 均发育有藻丘。

在靠近康滇陆及牛首山陆的地区, 即在中上扬子碳酸盐岩台地与康滇陆和牛首山陆之间的狭长地区, 主要是碳酸盐岩含量 50% 线与康滇陆和牛首山陆之间的狭长地区, 即广元以东, 成都、西昌、昆明以西的狭长地区, 碎屑岩含量达 50% 以上, 主要是近岸潮坪环境, 可称作川西滇中碎屑岩台地。从相带分布的关系看, 此川西滇中碎屑岩台地应是中上扬子碳酸盐岩台地靠近陆地的边缘相带。

下扬子碳酸盐岩台地面积较小。在南京幕府山地区, 准同生白云岩发育, 其中含石膏团块的溶洞。

总之, 在这一广大的扬子台地上, 局部地区的岩石和沉积环境虽有所变化, 但总的说来都属浅水碳酸盐岩台地的范畴。与梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期的扬子台地相比, 本期的扬子台地已由碎屑岩为主的台地变为碳酸盐岩台地。这是本期古地理的重要特征之一。

4. 滇西台地

在滇西的宁蒗地区, 发育着浅水碎屑岩; 在中甸地区, 发育着浅水碳酸盐岩。因此, 这两个地区应是浅水碎屑岩及碳酸盐岩台地。由于研究程度不够, 还难以区分碎屑岩台地和碳酸盐台地的界限。这一浅水台地可笼统地称作滇西台地。从理论上讲, 此一滇西台地和扬子台地应是对称的, 分别位于康滇陆的西东两侧, 只是此西侧的滇西台地被金沙江—元江大断裂切割, 仅残余此一小部分罢了。

5. 关于斜坡

在江南盆地与扬子台地之间, 有一个狭窄的斜坡带。在此斜坡带中, 台地和盆地的岩石差异不大, 坡度亦不大, 仅在重力流沉积发育地区, 尤其是碎屑流沉积发育地区, 斜坡特征才算明显。现在已发现的龙王庙阶的碎屑流沉积剖面有贵州石阡、湖南大庸等地。在湖北崇阳清虚洞组中, 有重力流沉积及大型滑动柔皱构造。在江西庐山及安徽宁国, 有浊积砂岩及粉砂岩。这是斜坡带存在的有力证据。

在无重力流沉积的地区, 大都是深水页岩或石灰岩与浅水石灰岩交错分布, 呈现逐渐过渡的特征。

6. 东南台地

东南台地位于江南盆地的东南侧, 基本上是浅水碎屑岩台地。在此东南台地中的一些地区, 如湖南常宁、广东怀集、广东龙门等地, 为深水页岩盆地。

综观中国南方早寒武世龙王庙期岩相古地理特征, 主要是其各古地理单元的性质和分布的特征, 并和前期即梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期岩相古地理特征比较, 可以看出: ①自西北至东南, 有 7 个主要的古地理单元, 即滇西台地、康滇陆、扬子台地、斜坡、江南盆地、东南台地和华夏陆。②康滇陆面积有所扩大, 而且也联为一体了; 但和牛首山陆仍是分离的。③江南盆地面积有所缩小, 主要是其在滇黔地区有所退缩。与此同时, 其岩石类型有了较大的变化, 即其深水碳酸盐岩含量大为增加。因此, 本期的江南盆地已不再是单一的页岩盆地, 而是页岩和碳酸盐岩兼有的盆地了。其沉积厚度仍不大, 仍然是一个欠补偿的盆地。④扬子台地已从前

期以碎屑岩为主的台地转变成以碳酸盐岩为主的台地,这是一个重大的演变;但东南台地仍是碎屑岩台地;二者的性质更加不一样了。⑤在本期,在江南盆地与扬子台地之间,斜坡特征比较明显。因此,从西北到东南,出现了一个完整的古地理单元序列,即康滇陆、扬子台地、斜坡和盆地。但在江南盆地的东南侧,则没有发现斜坡的证据。因此,江南盆地两侧的不对称性就更加明显了。⑥在本期,在康滇陆的西侧,又出现了一个滇西台地。以康滇陆为中轴,其西东两侧均为浅水台地,近陆地区为碎屑岩台地,远陆地区为碳酸盐岩台地。这确实构成了对称性。⑦滇西台地、康滇陆、扬子台地、斜坡和江南盆地属康滇古地理体系,东南台地和华夏陆属华夏古地理体系。这两个古地理体系的各自特征更加明显。

五、中寒武世岩相古地理

用前述同样的方法,编制出了中国南方中寒武统厚度(m)等值线图、深水页岩含量(%)等值线图、深水碳酸盐岩含量(%)等值线图、浅水碳酸盐岩含量(%)等值线图、浅水碎屑岩分布图、浅水碳酸盐岩颗粒含量(%)等值线图、石膏及石盐含量(%)等值线图。这些单因素图均从略。

根据以上各单因素图以及其他各种资料,全面分析,综合判断,编制出了中国南方中寒武世岩相古地理图(图6)。

在此图中,首先把厚度(m)等值线图上的沉积零区定为陆,即康滇陆和牛首山陆;把其他地区定为海。

在海中,首先把深水页岩含量(%)等值线图上的 $\geq 50\%$ 的地区定为页岩盆地。共有6个页岩盆地,即三都融安页岩盆地、双峰页岩盆地、蒲圻页岩盆地、黟县页岩盆地、上饶页岩盆地和永安页岩盆地。前5个页岩盆地可合称江南页岩盆地。后一个为位于东南部的页岩盆地。把深水碳酸盐岩含量(%)等值线图上的 $\geq 50\%$ 的地区定为碳酸盐岩盆地。共有3个碳酸盐岩盆地,即富宁碳酸盐岩盆地、湘西碳酸盐岩盆地、赣皖浙碳酸盐岩盆地。江南页岩盆地和这3个碳酸盐岩盆地合起来可算是一个统一的盆地,可统称之为江南盆地。

把江南盆地的西北侧的广大地区,主要是浅水碳酸盐岩分布地区,即浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的地区,定为碳酸盐岩台地,即扬子碳酸盐岩台地,简称扬子台地。扬子碳酸盐岩台地和康滇陆之间的狭长地带,即成都、西昌、昆明地区,浅水碳酸盐岩含量 $< 50\%$,陆源碎屑物质发育,可定为川西滇中碎屑岩台地。在扬子碳酸盐岩台地中,还存在着一些滩和含膏盐湖。

把江南盆地的东南侧的广大的浅水碎屑岩分布区定为东南碎屑岩台地,简称东南台地;其中的局部地区如福建永安,为深水页岩盆地。

东北部的滁河地区和高邮地区,是深水碳酸盐岩分布区,可称作滁河碳酸盐岩盆地。

在滇西的中甸地区,分布着浅水碎屑岩及碳酸盐岩,可定为滇西台地。

综观中国南方中寒武世各古地理单元的特征及其分布,并和前期早寒武世晚期龙王庙期的岩相古地理对比,可以看出:①中寒武世基本上继承了早寒武世晚期龙王庙期岩相古地理的格局,主要古地理单元为两陆(康滇陆和华夏陆)、三台(扬子台地、滇西台地和东南台地)、一坡(扬子台地和江南盆地之间的斜坡)和一盆(江南盆地)。滇西台地、康滇陆、扬子台地、江南盆地以及江南盆地和扬子台地之间的斜坡属康滇古地理体系,东南台地和华夏陆属华夏古地理单元。②康滇陆有所扩大。③滇西台地有所缩小。④江南盆地有所缩小,页岩盆地面积明显

减少,碳酸盐岩盆地面积明显增加,水体也有所变浅。⑤扬子台地的西部出现了局限台地及含膏盐湖环境;与此同时,泥坪和云坪等潮坪环境的范围也变大了。这均表明扬子台地的水体变浅了。⑥东南台地变化不大。

六、晚寒武世岩相古地理

用前述同样的方法,编制出了中国南方上寒武统各种单因素图(均从略)以及中国南方晚寒武世岩相古地理图(图 7)。

在此图中,首先把厚度(m)等值线图上的沉积零区定为陆,即西部的统一的康滇陆;把其他地区定为海。

在海中,首先把深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的地区定为页岩盆地,即靖西天等页岩盆地、靖县三都新宁页岩盆地、上饶页岩盆地、常宁页岩盆地、吉安页岩盆地。前三个页岩盆地可合称江南页岩盆地。把深水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的地区定为碳酸盐岩盆地,即富宁碳酸盐岩盆地、湘西碳酸盐岩盆地、赣皖浙碳酸盐岩盆地和滁河碳酸盐岩盆地。湘西碳酸盐岩盆地和赣皖浙碳酸盐岩盆地是相连的。靖西天等页岩盆地、靖县三都新宁页岩盆地、上饶页岩盆地、富宁碳酸盐岩盆地、湘西碳酸盐岩盆地和赣皖浙碳酸盐岩盆地合在一起,可统称为江南盆地。

在江南盆地西北侧的广大地区,浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$,可定为扬子碳酸盐岩台地,简称扬子台地。在此扬子碳酸盐岩台地与康滇陆之间,主要是川西的乐山及西昌地区,浅水碳酸盐岩含量 $< 50\%$,浅水碎屑岩 $> 50\%$,可定为川西滇东碎屑岩台地。在扬子碳酸盐岩台地中,还分布着一些滩。

在江南盆地的东南侧,是广大的浅水碎屑岩分布区,即东南碎屑岩台地,简称东南台地。在东南台地中的一些地区,如湖南常宁和江西吉安,深水页岩含量 $> 50\%$,亦是深水页岩盆地。

在西部的中甸地区,浅水碳酸盐岩和浅水碎屑岩均有,可笼统地称作滇西台地。

综观中国南方晚寒武世各岩相古地理单元的特征及其分布,并和中寒武世的岩相古地理对比,可以看出:①晚寒武世基本上继承了中寒武世岩相古地理的格局,主要古地理单元亦为两陆(康滇陆和华夏陆)、三台(扬子台地、滇西台地和东南台地)、一盆(江南盆地)和一坡(扬子台地与江南盆地之间的斜坡)。康滇陆、滇西台地、扬子台地、斜坡和江南盆地属康滇古地理体系,华夏陆和东南台地属华夏古地理体系。②康滇陆增大了,且成了一个统一的陆地,这是一个重要的演化。③滇西台地略有扩大。④扬子台地仍主要是浅水碳酸盐岩台地,靠近康滇陆的地区仍是碎屑岩潮坪环境为主的碎屑岩台地,但膏盐湖不见了。这表明在晚寒武世扬子台地的水体又变得更开阔了一些。⑤江南盆地的范围又有所变大,主要是其南界又向南推进了一些,又恢复到早寒武世龙王庙期的江南盆地的南界。但其东北端则有所收缩,上海及杭州地区变为浅水碳酸盐岩台地了。江南盆地中的碳酸盐岩盆地面积有所增加,相应地纯页岩盆地的面积有所减少。但总的来看,江南盆地的面积变化不大。⑥江南盆地西北边缘即江南盆地与扬子台地之间的斜坡仍然存在,重力流沉积更发育。⑦东南台地变化不大。

七、总体认识

综观中国南方寒武纪各期或世的岩相古地理特征及其演化历史,可对其岩相古地理的基

本格局和各主要古地理单元有个历史的、全面的和总体的认识。

1. 两个古地理体系

在中国南方寒武纪各期或世的岩相古地理图中,有 7 个主要的古地理单元,自西而东依次为滇西台地、康滇陆、扬子台地、斜坡、江南盆地、东南台地和华夏陆。前 5 个古地理单元,即滇西台地、康滇陆、扬子台地、斜坡和江南盆地,属康滇古地理体系。后两个古地理单元,即东南台地和华夏陆,属华夏古地理体系。这是两个性质不同的古地理体系。这两个古地理体系拼合在一起,就构成了中国南方寒武纪两陆三台一盆一坡的岩相古地理的基本格局。

在这两个古地理体系中,康滇陆和华夏陆是两个轴心,始终控制或影响着各自古地理体系的一些古地理单元的发展。

康滇陆是一个准平原化的、低缓的和古老的陆地,它只能向其两侧的滇西台地和扬子台地提供有限的碎屑物质,而且粒度较细;而华夏陆则是一个活跃的和年轻的陆地,它可以向其西侧的东南台地提供大量的碎屑物质,而且粒度较粗。可以推测,在华夏陆的东侧,一定还有一个相对的凹陷区或沉积区,在那里一定也堆积了不少来自华夏陆的碎屑物质,其粒度也许更粗些。因为该地区是太平洋板块向欧亚板块的俯冲带,理应更活跃些。但这只是推断,因为现在还难以证实。

尽管康滇陆和华夏陆在性质上有这些不同,但这两个陆地作为两个轴心,分别向其相邻的台地供给碎屑物质,则是相同的。

2. 两个演化阶段

在中国南方寒武纪各期和世的岩相古地理演化历史中,可以看出有两个相当明显的演化阶段。第一个阶段为早寒武世早期和中期,即梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期,第二个阶段为早寒武世晚期龙王庙期、中寒武世和晚寒武世。这是两个大不相同的演化阶段。

在早寒武世早期和中期,即在梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期,康滇陆面积不大,而且还不是一个统一的陆地,因此扬子台地一直延伸至滇西地区,此时还分不出滇西台地。扬子台地基本上是一个浅水碎屑岩台地,其中仅分散着几个面积不大的浅水碳酸盐岩台地。江南盆地是一个统一的深水页岩盆地。扬子台地与江南盆地之间的斜坡不明显。东南台地基本上是一个浅水碎屑岩台地,其中散布着一些小型的深水页岩盆地。华夏陆位于东南台地的东南方。

到早寒武世晚期龙王庙期,情况发生了相当大的变化。康滇陆面积增大了,尽管还不是一个统一的陆地,但其南北隔挡作用已经形成,滇西台地和扬子台地已经分开了。滇西台地,由于研究程度不够,只能说是一个笼统的浅水台地。扬子台地已基本变成了浅水碳酸盐岩台地,仅在其靠近康滇陆的狭窄地带为碎屑岩分布区,实际上是浅水碳酸盐岩台地靠近陆地的边缘相带。江南盆地已不是单一的深水页岩盆地,而变为深水页岩和深水碳酸盐兼有的盆地,水体开始变浅。江南盆地与扬子台地之间的斜坡带明显,主要是有些地区重力流沉积发育。东南浅水碎屑岩台地变化不大。华夏陆仍位于东南台地的东南方。中寒武世和晚寒武世基本上继承了早寒武世晚期即龙王庙期的岩相古地理格局。这一格局基本上延至晚奥陶世。到晚奥陶世晚期即五峰期,这个两陆三台一盆一坡的岩相古地理格局才发生了重大的变化。

参 考 文 献

[1] 黄汲清. 中国东部大地构造分区及其特点的新认识. 地质学报, 1959, 39(2): 115~134

- [2] 刘鸿允. 中国古地图. 北京: 科学出版社, 1955
- [3] 卢衍豪等. 中国寒武纪岩相古地理轮廓初探. 地质学报, 1965, 45(4): 349~ 357
- [4] 关士聪等. 中国海陆变迁海域沉积相与油气. 北京: 科学出版社, 1984
- [5] 王鸿祯主编. 中国古地图集. 北京: 地图出版社, 1985
- [6] 贵州省地质矿产局区域地质调查大队. 贵州岩相古地理图集(中元古代—三叠纪). 贵阳: 贵州科技出版社, 1992
- [7] 蒲心纯等. 中国南方寒武纪岩相古地理与成矿作用. 北京: 地质出版社, 1993
- [8] 周名魁等. 中国南方奥陶—志留纪岩相古地理与成矿作用. 北京: 地质出版社, 1993
- [9] 刘宝 等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿. 北京: 科学出版社, 1993
- [10] 地质矿产部成都地质矿产所主持, 刘宝 , 许效松主编. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪). 北京: 科学出版社, 1994
- [11] 云南省地质矿产局. 云南岩相古地理图集. 昆明: 云南科技出版社, 1995
- [12] 冯增昭. 华北下奥陶统岩相古地理新探. 华东石油学院学报, 1977, (3): 57~ 79
- [13] 冯增昭. 华北早奥陶世岩相古地理新探. 地质科学, 1979, (4): 302~ 313
- [14] Feng Zengzhao. Methodology on lithofacies paleogeography of carbonate rocks. In: Tu Guangzhi, ed. Advances in Science of China, Earth Sciences. Beijing: Science Press, 1987, (2): 159~ 175
- [15] 冯增昭, 王英华, 李尚武等. 下扬子地区中、下三叠统青龙群岩相古地理研究. 昆明: 云南科技出版社, 1988
- [16] 冯增昭. 碳酸盐岩岩相古地理学. 北京: 石油工业出版社, 1989
- [17] 冯增昭, 王英华, 张吉森等. 华北地台早古生代岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1990
- [18] 冯增昭, 陈继新, 张吉森. 鄂尔多斯地区早古生代岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1991
- [19] 冯增昭等. 中下扬子地区二叠纪岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1991
- [20] 冯增昭. 单因素分析综合作图法——岩相古地理学方法论. 沉积学报, 1992, 10(3): 70~ 77
- [21] 冯增昭. 单因素分析综合作图法——岩相古地理学方法论. 见: 冯增昭, 王英华, 刘焕杰, 沙庆安, 王德发主编. 中国沉积学. 北京: 石油工业出版社, 1994. 662~ 685
- [22] 冯增昭, 金振奎, 杨玉卿, 鲍志东, 辛文杰等. 滇黔桂地区二叠纪岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1994
- [23] 冯增昭, 鲍志东, 李尚武等. 滇黔桂地区早中三叠世岩相古地理. 山东东营: 石油大学出版社, 1994
- [24] 冯增昭, 杨玉卿, 金振奎, 李尚武, 鲍志东等. 中国南方二叠纪岩相古地理. 山东东营: 石油大学出版社, 1997
- [25] 冯增昭, 鲍志东, 李尚武等. 中国南方早中三叠世岩相古地理. 北京: 石油工业出版社, 1997
- [26] 冯增昭, 鲍志东, 张永生, 谭健等. 鄂尔多斯奥陶纪地层岩石岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1998
- [27] 冯增昭, 杨玉卿, 鲍志东, 金振奎等. 中国南方石炭纪岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1988
- [28] 冯增昭, 杨玉卿, 鲍志东. 中国南方石炭纪岩相古地理. 古地理学报, 1999, 1(1): 75~ 86
- [29] 冯增昭, 张家强, 金振奎, 鲍志东, 王国力. 西北地区寒武纪岩相古地理. 古地理学报, 2000, 2(2): 1~ 10
- [30] 冯增昭, 张家强, 金振奎, 鲍志东, 王国力. 西北地区奥陶纪岩相古地理. 古地理学报, 2000, 2(3): 1~ 14

LITHOFACIES PALAEOGEOGRAPHY OF THE CAMBRIAN IN SOUTH CHINA

Feng Zengzhao^① Peng Yongmin^① Jin Zhenkui^① Jiang Panliang^① Bao Zhidong^①

Luo Zhang^② Ju Tianyin^② Tian Haiqin^① Wang Hong^①

^①University of Petroleum (Beijing) ^②Hangzhou Institute of Petroleum Geology

Abstract The South China in this paper refers to the broad region bounded on the west by the Jin-shajiang River—Yuanjiang River Fracture, on the northwest by the Longmenshan Fracture, on the north

by the Chengkou- Fangxian- Xiangfan- Guangji Fracture, on the northeast by the Tancheng- Lujiang Fracture, on the east by the Huanghai Sea and Donghai Sea, and on the south by the Nanhai Sea. The area is about 2 000 000 km². Based on the quantitative and qualitative data from the study of stratigraphy and petrology of outcrops and well sections, according to the single factor analysis and comprehensive mapping method, the single factor maps of the lower and middle part of the Lower Cambrian, the upper part of the Lower Cambrian, the Middle Cambrian and the Upper Cambrian, and the lithofacies palaeogeography maps of the Early and Middle Age of the Early Cambrian, the Late Age of the Early Cambrian, the Middle Cambrian and the Late Cambrian in South China are compiled. The most important character of these lithofacies palaeogeography maps is quantification. Quantification means that the determination of each palaeogeography unit is based on the accurate quantitative data and single factor map. This is the first time in the study and mapping of the Cambrian in South China. There are 7 principal palaeogeographic units in the Cambrian in South China, i. e. Dianxi Platform, Kangdian Land, Yangtze Platform, Slope, Jiangnan Basin, Southeast Platform and Cathaysian Land. The Dianxi Platform, Kangdian Land, Yangtze Platform, Slope and Jiangnan Basin belong to the Kangdian palaeogeography system. The Southeast Platform and Cathaysian Land belong to the Cathaysian palaeogeography system. These two palaeogeography systems combine together and form the fundamental framework of lithofacies palaeogeography of the Cambrian in South China, i. e. 2 lands, 3 platforms, 1 basin and 1 slope. The characteristics of lithofacies palaeogeography of the Early and Middle Age of the Early Cambrian are different from those of the Late Age of Early Cambrian, Middle Cambrian and Late Cambrian. These are two evolutionary stages of lithofacies palaeogeography of the Cambrian in South China. These quantitative lithofacies palaeogeography maps are an important development in palaeogeography, and are the guide to the prediction and exploration of oil, gas and other mineral resources.

Key words South China, Cambrian, lithofacies palaeogeography, single factor, quantification, palaeogeography system

About the first author Feng Zengzhao, born in 1926, graduated from the Geology Department of Qinghua University in 1952. Now he is a professor in University of Petroleum (Beijing), and is engaged in sedimentology and palaeogeography. Address: University of Petroleum (Beijing), Xueyuan Road, Beijing 100083.

(责任编辑: 蒋盘良)

(图 4- 7 见插图 1- 4)

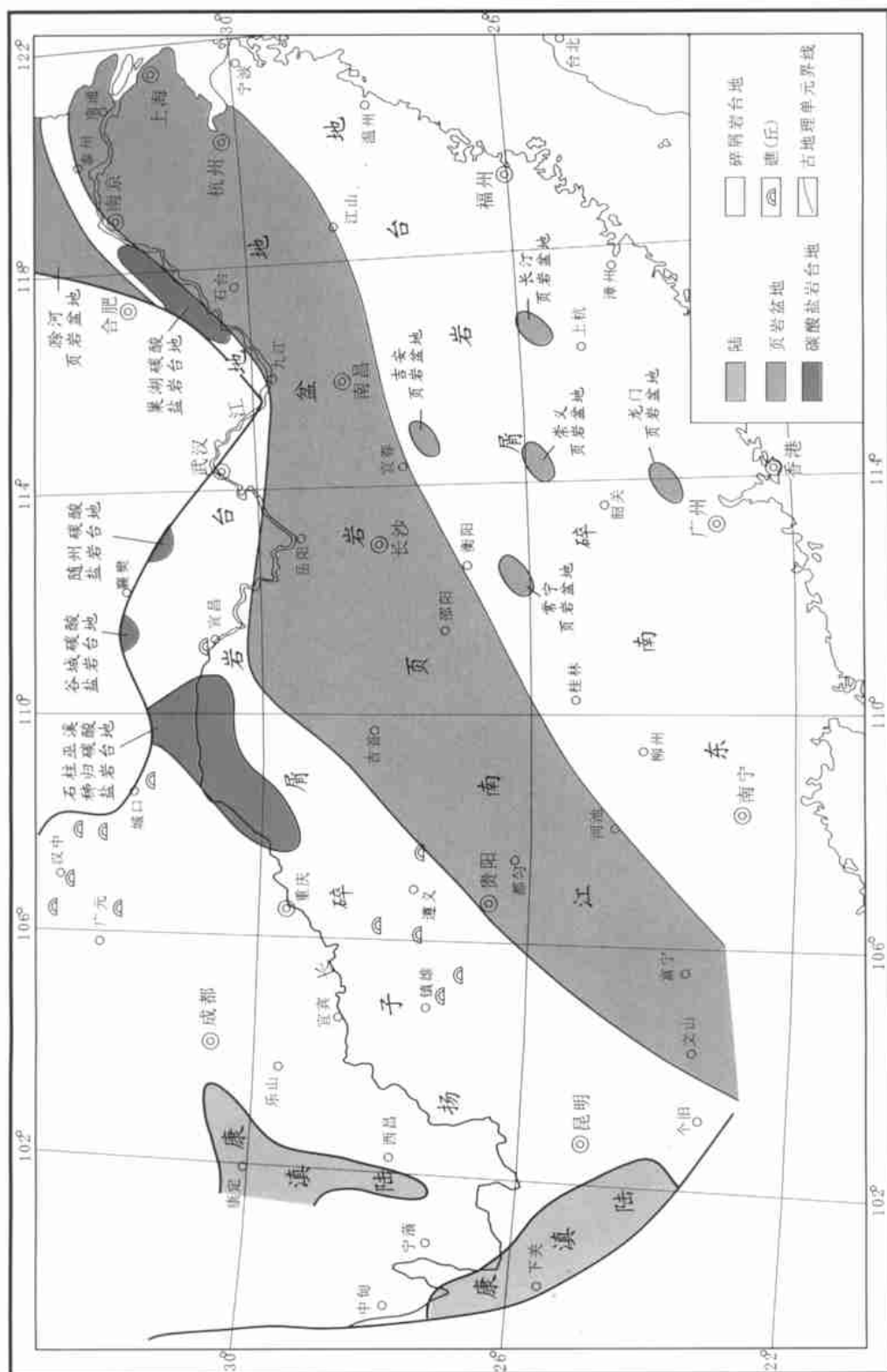


图 4 中国南方早寒武世梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期岩相古地理图

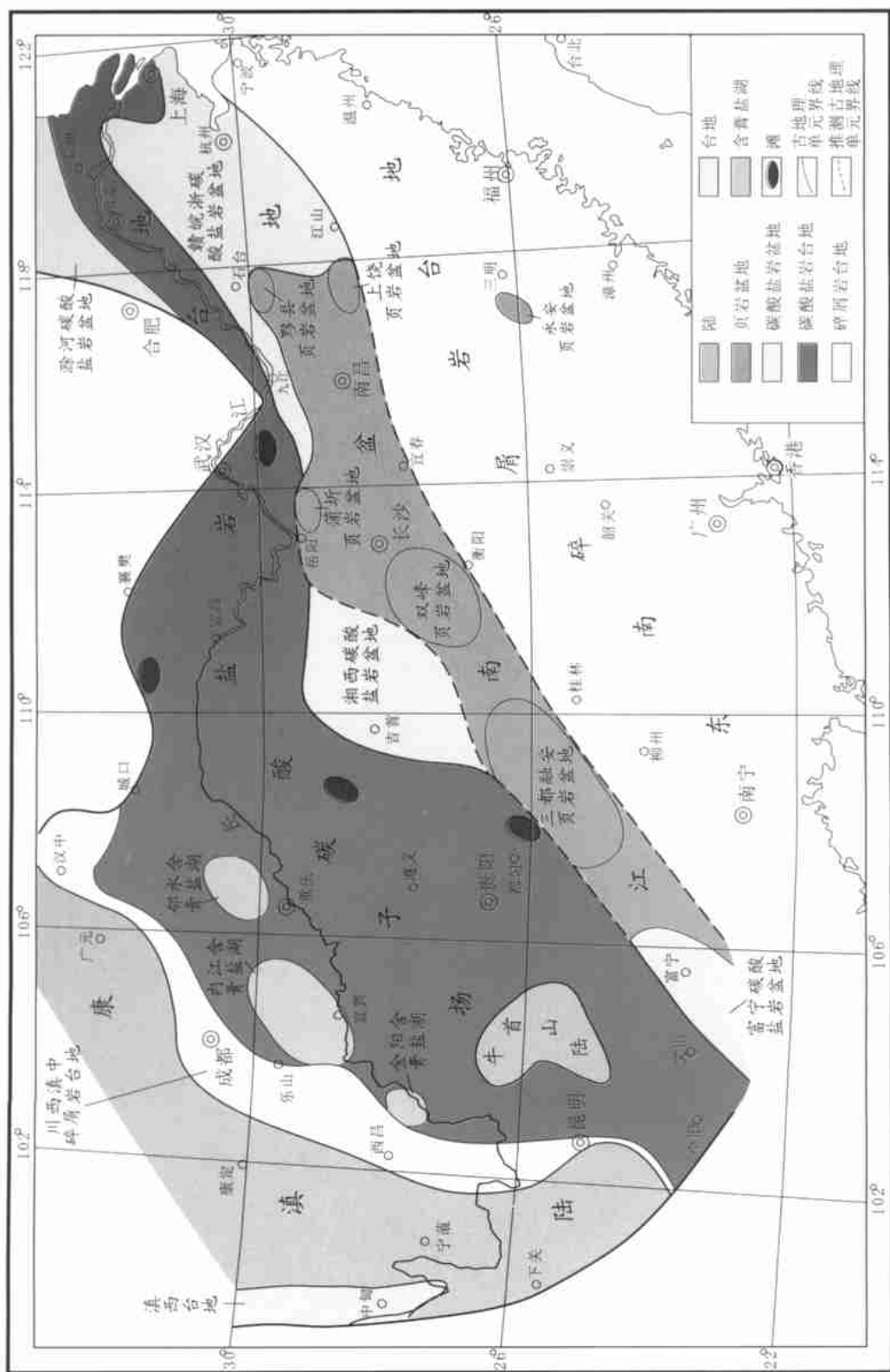


图6 中国南方中寒武世岩相古地理图
Fig. 6 The lithofacies palaeogeography map of the Middle Cambrian in South China

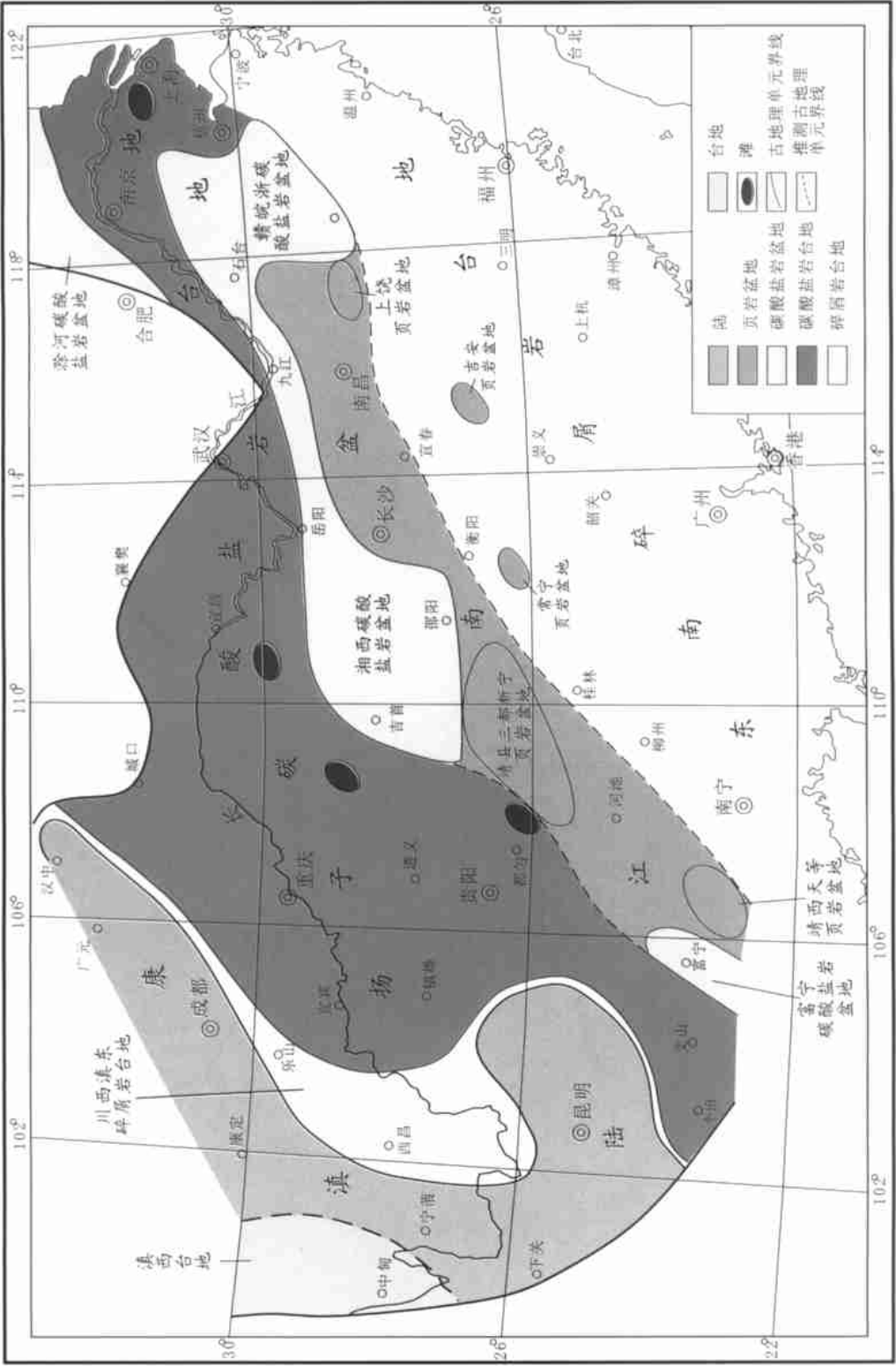


图7 中国南方晚寒武世岩相古地理图
Fig. 7 The lithofacies palaeogeography map of the Late Cambrian in South China