

文章编号: 1671- 1505(2001) 04- 0010- 15

中国南方中及晚奥陶世岩相古地理^{*}

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 100083 ^②杭州石油地质研究所, 杭州 310023

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、东北至郯城—庐江断裂、东至黄海和东海、南至南海的中国南方的广大地区, 面积约200万 km²。在露头剖面 and 钻井剖面的地层学和岩石学研究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, 编制出了中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶)和江阶(宝塔阶)以及上奥陶统石口阶(临湘阶)和五峰阶的各种单因素图以及相应的各世的岩相古地理图。在这些古地理图中, 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。前5个古地理单元属康滇古地理体系, 后两个古地理单元属华夏古地理体系。这些古地理图的最大特征是定量, 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和数据为依据。这种定量的岩相古地理图在我国南方中及晚奥陶世还是首次出现。这种定量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。最后, 对两个古地理体系和7个主要古地理单元在整个寒武纪和奥陶纪各期或世的历史演化进行了较详细的探讨。

关键词 中国南方 中及晚奥陶世 单因素 岩相古地理 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(北京)教授, 长期从事沉积学及岩相古地理学的教学及科研工作。

中图分类号 P531 **文献标识码** A

一、概 述

本文是《中国南方寒武纪岩相古地理》^[1]和《中国南方早奥陶世岩相古地理》^[2]的继续。

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的广大地区, 大体相当于黄汲清(1959)^[3]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110°~122°和北纬21°~33°之间的地区, 面积约200万 km²。

中国南方奥陶系分布广泛, 古地理学及岩相古地理学有不少研究成果^[4-13]。这是我们研究工作的良好基础和借鉴。

中国南方奥陶系分下、中、上三统。本文仅论述中统及上统。中奥陶统包括两个阶, 自下

* 本文是作者冯增昭承担的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)研究成果的一部分。

而上为胡乐阶(庙坡阶)和江阶(宝塔阶)。上奥陶统也包括两个阶, 自下而上为石口阶(临湘阶)和五峰阶。本文采用笔者倡导并长期使用的单因素分析综合作图法^[14-32], 对这 4 个阶进行岩相古地理研究及编图。

我们共实测奥陶系剖面 8 条, 部分实测剖面 10 条, 收集剖面 272 条, 共 290 条。我们把各种定量及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, 把各种定量及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可信度较差的剖面称作三级剖面。我们实测的剖面当然是一级剖面。在这 290 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。这些剖面的资料, 尤其是一级剖面的定量资料, 是我们进行岩相古地理研究及编图的立脚点。

二、中奥陶统胡乐阶(庙坡阶) 单因素图

1. 厚度(m)等值线图

根据 149 条剖面(一级露头剖面 38 条、二级露头剖面 67 条、三级露头剖面 42 条、一级钻井剖面 1 条、二级钻井剖面 1 条)的厚度(m)资料, 编制出了中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶)厚度(m)等值线图(图 1)。

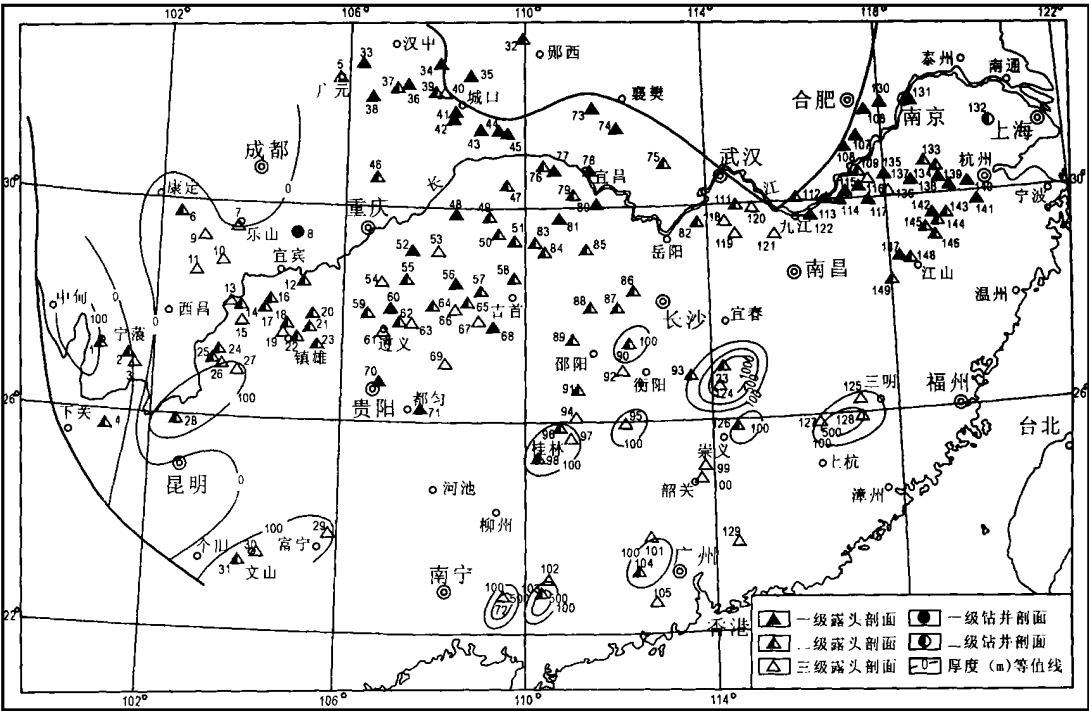


图 1 中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶)厚度(m)等值线图

Fig 1 The isoline map of thickness(m) of the Hule(Miaopo) Stage of the Middle Ordovician in South China

从图 1 可以看出: ①厚度为零的地区位于西部的成都、康定以西、西昌以西、昆明以南地

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www>

区,其面积比前阶宁国阶(红花园阶、大湾阶和牯牛潭阶)的厚度零区小。这个厚度零区为沉积零区。②扬子区厚度较小,一般均在 100 m 以下,仅少数剖面,如云南鲁甸(剖面 27)和禄劝(剖面 28)的厚度在 100 m 以上。③江南区厚度略大于扬子区,如云南富宁(剖面 29)、云南文山(剖面 30)、云南屏边(剖面 31)、湖南双峰(剖面 90),厚度均在 100 m 以上,而双峰剖面厚达 410 m。④东南区厚度较大,大于 500 m 的剖面有 5 个,即广西灵山(剖面 72)、广西蟠龙(剖面 103)、江西永新(剖面 123)、江西井岗山(剖面 124)、福建长汀(剖面 127),而江西永新和井岗山剖面的厚度达 1000 m 以上。

2. 深水页岩含量(%) 等值线图

根据 51 条剖面(一级露头剖面 11 条、二级露头剖面 24 条、三级露头剖面 16 条)的深水页岩含量(%) 资料,编制出了中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶)深水页岩含量(%) 等值线图(图 2)。

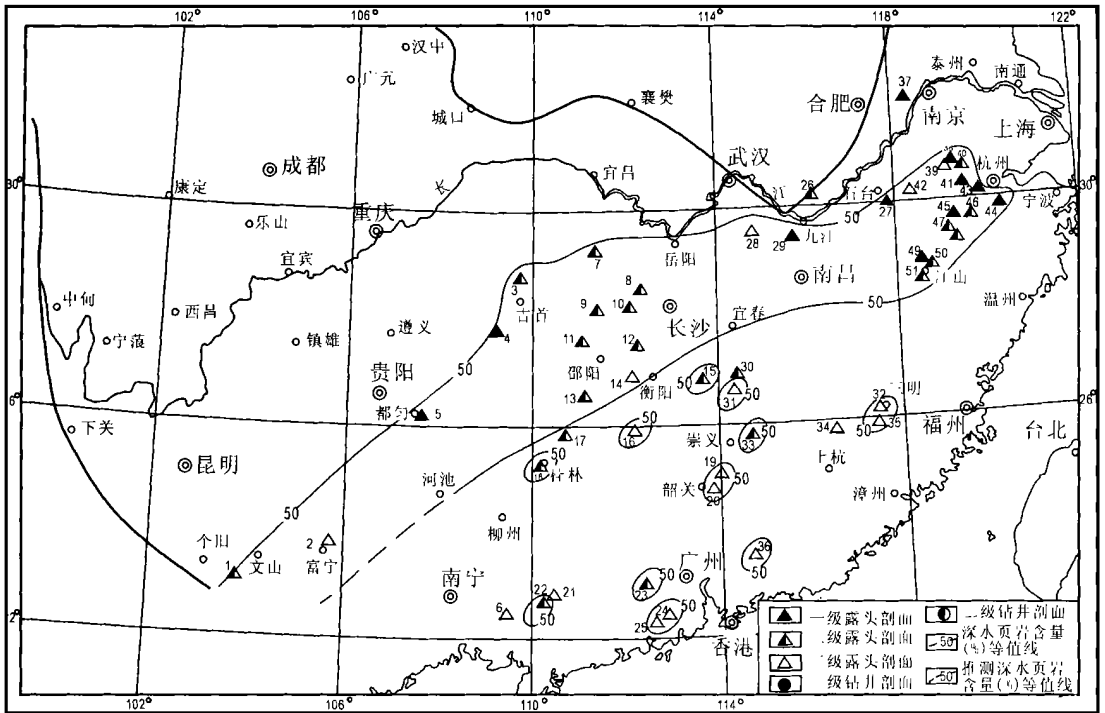


图 2 中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶)深水页岩含量(%) 等值线图

Fig 2 The isoline map of deep water shale content(%) of the Hule(Miaopo) Stage of the Middle Ordovician in South China

从图 2 可以看出:①深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的剖面主要分布在江南区。由于云南富宁(剖面 29)深水页岩含量达 90%,贵州都匀(剖面 5)达 100%,云南屏边(剖面 1)达 44%,因此,整个江南区都可划为深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的地区。②深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的剖面也见于东南区,如湖南茶陵(剖面 15)、湖南宁远(剖面 16)、广西临桂(剖面 18)、广东仁化(剖面 19)、广东曲江(剖面 20)、广西蟠龙(剖面 22)、广东高要(剖面 23)、广东台山(剖面 24)、广东开平(剖面 25)、江西井岗山(剖面 31)、福建永安(剖面 32 及 35)、江西崇义(剖面 33)、广东河源(剖面 36)等剖面。

③与下奥陶统和寒武系各统及阶的深水页岩含量(%)等值线图相比,本阶和下寒武统梅树村阶、筇竹寺阶和沧浪铺阶是深水页岩含量 $\geq 50\%$ 地区分布最广的两个地层单位,几乎整个的江南区都成为深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的地区,东南区中也有不少地区为深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的地区。这是本阶的特点之一。

3. 浅水碳酸盐岩含量(%)等值线图

根据 81 条剖面(一级露头剖面 28 条、二级露头剖面 38 条、三级露头剖面 13 条、一级钻井剖面 1 条、二级钻井剖面 1 条)的浅水碳酸盐岩含量(%)资料,编制出了中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶)浅水碳酸盐岩含量(%)等值线图(图 3)。

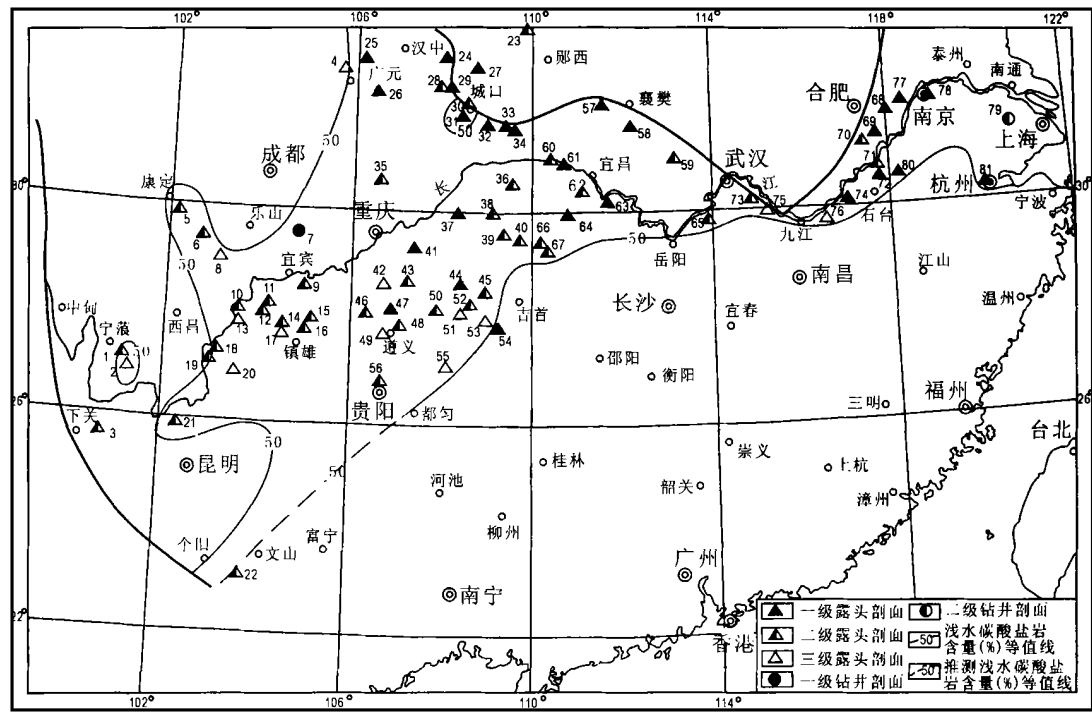


图 3 中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶)浅水碳酸盐岩含量(%)等值线图
Fig. 3 The isoline map of shallow water carbonate rocks content(%) of the Hule(Miaopo) Stage of the Middle Ordovician in South China

从图 3 可以看出:几乎整个的扬子区都是浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的地区。这与下奥陶统宁国阶(红花园阶、大湾阶和牯牛潭)大不相同。本阶的浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的地区又恢复了下寒武统龙王庙阶以后各阶和统的正常状态。但在此浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的扬子区中,在城口地区(剖面 30 及 31),浅水碳酸盐岩含量却 $< 50\%$ 。

此外,在滇西华坪(剖面 2),浅水碳酸盐岩含量亦 $> 50\%$ 。

4. 浅水碳酸盐岩颗粒含量(%)等值线图

根据 34 条剖面(一级露头剖面 17 条、二级露头剖面 7 条、三级露头剖面 8 条、一级钻井剖面 1 条、二级钻井剖面 1 条)的浅水碳酸盐岩颗粒含量(%)资料,编制出了中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶)浅水碳酸盐岩颗粒含量(%)等值线图(图 4)。

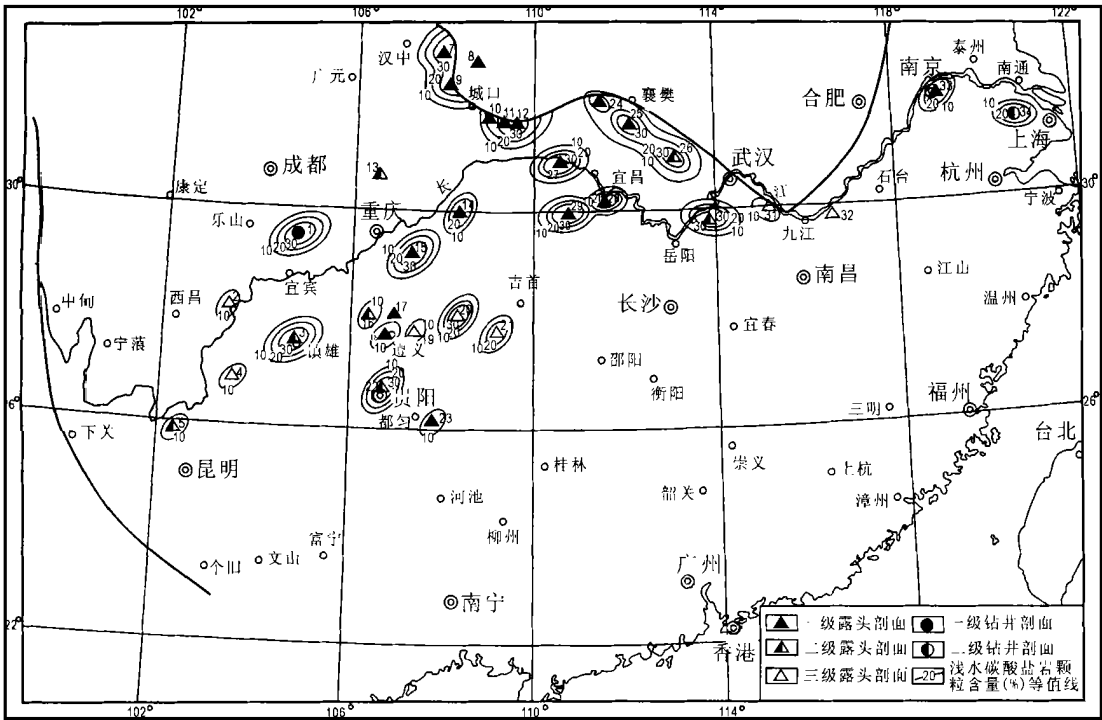


图 4 中国南方中奥陶统胡乐阶(庙坡阶) 浅水碳酸盐岩颗粒含量(%) 等值线图

Fig. 4 The isoline map of shallow water carbonate grain content(%) of the Hule(Miaopo) Stage of the Middle Ordovician in South China

从图 4 可以看出: ①浅水碳酸盐岩颗粒含量 $\geq 30\%$ 的剖面有 14 条, 即四川威远(剖面 1)、云南镇雄(剖面 3)、陕西南郑(剖面 7)、陕西镇巴(剖面 9)、四川巫溪(剖面 11 及 12)、四川南川(剖面 15)、贵州印江(剖面 20)、贵州贵阳(剖面 22)、湖北宜城(剖面 25)、湖北京山(剖面 26)、湖北秭归(剖面 27)、湖北石门(剖面 29)、湖北蒲圻(剖面 30)。②浅水碳酸盐岩颗粒含量 $29\% \sim 20\%$ 的剖面有 7 条, 即四川城口(剖面 10)、四川石柱(剖面 14)、贵州铜仁(剖面 21)、湖北谷城(剖面 24)、湖北松滋(剖面 28)、江苏江宁(剖面 33)、江苏昆山(剖面 34)。③浅水碳酸盐岩颗粒含量(%) $19\% \sim 10\%$ 的剖面有 8 条, 即四川雷波(剖面 2)、云南鲁甸(剖面 4)、云南禄劝(剖面 5)、贵州仁怀(剖面 16)、贵州遵义(剖面 18)、贵州湄潭(剖面 19)、贵州三都(剖面 23)、湖北阳新(剖面 31)。

三、中奥陶世胡乐期(庙坡期) 岩相古地理

综合以上各单因素图, 并结合其他定量及定性资料, 全面分析, 综合判断, 编制出了中国南方中奥陶世胡乐期(庙坡期) 岩相古地理图(图 5)。

1. 古地理单元的确定

在图 5 中, 首先把厚度(m) 等值线图上的沉积零区定为陆, 即康滇陆; 把其他地区定为海。在海中, 把深水页岩含量(%) 等值线图上的深水页岩含量 $\geq 50\%$ 的地区定为页岩盆地, 即江南页岩盆地及东南区的 11 个小型页岩盆地。深水盆地以外的海域均为浅水台地。

在浅水台地中,把浅水碳酸盐岩含量(%)等值线图上的浅水碳酸盐岩含量 $\geq 50\%$ 的地区定为碳酸盐岩台地,即扬子碳酸盐岩台地。此外,在滇西华坪地区,还有一个小的碳酸盐岩台地。

在浅水台地中,除碳酸盐岩台地外,还有川西滇中碎屑岩台地、滇西台地和东南碎屑岩台地。

在扬子碳酸盐岩台地中,把浅水碳酸盐岩颗粒含量(%)等值线图上的浅水碳酸盐岩颗粒含量 $\geq 30\%$ 的地区定为滩。有12个滩。

下面分别阐述这些古地理单元。

2. 陆

有两个陆,即西部的康滇陆和本图幅东南方的华夏陆。这两个陆地都是从前期继承下来的,其范围和性质均变化不大。

3. 盆地

有一个大的江南页岩盆地;还有11个小的页岩盆地。

江南页岩盆地的分布范围比前期宁国期(红花园期、大湾期和牯牛潭期)又有所扩大,主要是其西南端有所扩大。本期的江南页岩盆地和早寒武世梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期的江南页岩盆地,在南方寒武纪和奥陶纪中,都是面积最大的。这反映两次海侵的盛期。页岩仍主要是黑色页岩、硅质页岩和粉砂质页岩,在盆地的西北边缘,石灰岩透镜体或夹层逐渐增多,并逐步过渡为泥质条带石灰岩、瘤石灰岩及泥质石灰岩等,斜坡证据欠明显。

在东南部碎屑岩台地中,散布着11个小型的深水页岩盆地,即茶陵页岩盆地、宁远页岩盆地、临桂页岩盆地、蟠龙页岩盆地、高要页岩盆地、台山开平页岩盆地、井岗山页岩盆地、崇义页岩盆地、仁化曲江页岩盆地、永安页岩盆地、河源页岩盆地。这些页岩盆地的岩石大都轻微变质为变质页岩和板岩,厚度较大,一般100 m至500 m,有的达1000 m以上。深水标志欠确切,因此这些深水盆地性质都只是权且确定的。

4. 台地

有4个台地,即扬子碳酸盐岩台地、川西滇中碎屑岩台地、滇西台地和东南碎屑岩台地。

扬子碳酸盐岩台地占据了扬子区的绝大部分地区。与前期宁国期(红花园期、大湾期和牯牛潭期)的面积相当小的扬子碳酸盐岩台地相比,本期面积广阔的扬子碳酸盐岩台地又恢复到早寒武世龙王庙期、中及晚寒武世以及早奥陶世新厂期(两河口期)的规模了。

在这个广阔的扬子碳酸盐岩台地中,散布着12个滩,即威远滩、镇雄滩、南郑镇巴滩、巫溪滩、南川滩、印江滩、贵阳滩、宜城滩、京山滩、秭归滩、石门滩、蒲圻滩。

在这个扬子碳酸盐岩台地中,在四川城口地区,还有一个小的孤立的碎屑岩台地。

川西滇中碎屑岩台地分布于康滇陆的东侧,是一个狭长的地带。在前期宁国期(红花园期、大湾期和牯牛潭期),这个台地面积甚大,称上扬子碎屑岩台地;但在本期,这个碎屑岩台地的面积又变小了,又变成一个狭长的地带了,这和扬子碳酸盐岩台地面积的变大是互为消长的。在本期,这个狭窄的碎屑岩台地实际上是广阔的扬子碳酸盐岩台地的靠近陆地的边缘相带。川西滇中碎屑岩台地和扬子碳酸盐岩台地可合称扬子台地。这一特征与早奥陶世新厂期(两河口期)、晚寒武世、中寒武世和早寒武世龙王庙期的情况相似。

滇西台地位于康滇陆的西侧,由于研究程度不够,暂且笼统地称其为滇西台地。与前期的滇西台地相比,其性质和范围均变化不大。

东南碎屑岩台地简称东南台地,亦和前期宁国期(红花园期、大湾期和牯牛潭期)的相似,其中散布着 11 个小型的深水页岩盆地。

5. 关于斜坡

在江南页岩盆地与扬子碳酸盐岩台地之间,存在着岩石性质渐变的斜坡,即由盆地的页岩逐步变为瘤石灰岩和泥质石灰岩等,缺乏重力碎屑流沉积等明显的斜坡证据。

在江南盆地和东南碎屑岩台地之间,尚未发现可靠的斜坡证据。

四、中奥陶世 江期(宝塔期)岩相古地理

用上述同样的方法,编制出了中国南方中奥陶统 江阶(宝塔阶)各种单因素图(均从略)及中国南方中奥陶世 江期(宝塔期)岩相古地理图(图 6)。

各古地理单元的特征如下。

1. 陆

有两个陆地,即西部的康滇陆和东南方的华夏陆。这两个陆都是从以前各期和世继承下来的。

与前期胡乐期(庙坡期)的康滇陆相比,本期康滇陆的形状和位置有所变化,主要是其南部有所扩大,但北部有所缩小。

华夏陆仍位于本图幅的东南方。

2. 盆地

共有 12 个盆地,即湘西盆地、淳安盆地、灵山北流蟠龙盆地、茶陵盆地、宁远盆地、临桂盆地、仁化盆地、高要盆地、井岗山盆地、永安盆地、崇义盆地和河源盆地。这些盆地都是页岩盆地。

湘西页岩盆地和淳安页岩盆地位于江南区,可合称江南页岩盆地。与前期胡乐期(庙坡期)的江南页岩盆地相比,本期江南页岩盆地的面积大大减小了,而且也不是一个统一的江南页岩盆地。自早寒武世早期以来,本期江南盆地的面积是最小的。

其他 10 个页岩盆地都位于东南部的东南碎屑岩台地中。

这些盆地的岩石性质和前期的胡乐期(庙坡期)相比变化不大。

3. 台地

有 5 个台地,即扬子碳酸盐岩台地、川西滇东碎屑岩台地、滇西碎屑岩台地、滇西碳酸盐岩台地、东南碎屑岩台地。

扬子碳酸盐岩台地几乎占据扬子区的全部地区。与前期胡乐期(庙坡期)的扬子碳酸盐岩台地相比,本期的扬子碳酸盐岩台地有所收缩,主要是其西南部的富宁和都匀地区变为碎屑岩台地了。

在此广阔的扬子碳酸盐岩台地中,分布着 11 个滩,即旺苍滩、南郑滩、镇巴滩、城口巫溪滩、南川滩、贵阳滩、谷城滩、京山滩、秭归滩、蒲圻咸宁崇阳滩、江宁滩。

川西滇东碎屑岩台地位于康滇陆与扬子碳酸盐岩台地之间。与前期胡乐期(庙坡期)的川西滇中碎屑岩台地相比,本期的川西滇东碎屑岩台地的面积有所扩大,主要是富宁和都匀地区变为碎屑岩台地了。但此川西滇东碎屑岩台地是扬子碳酸盐岩台地靠近康滇陆的边缘相带的性质仍然未变。此川西滇东碎屑岩台地与东南碎屑岩台地是连通的,这是一个重要的变化。

滇西碳酸盐岩台地占据康滇陆西侧的绝大部分地区,仅在靠近康滇陆的很狭窄的地带才是碎屑岩为主的地带,才是滇西碎屑岩台地。实际上,此很狭窄的滇西碎屑岩台地是滇西碳酸盐岩台地靠近康滇陆的边缘地带。与前期胡乐期(庙坡期)的滇西台地相比,本期的滇西台地区已不再是笼统的台地了,而是碳酸盐岩台地为主了。

东南碎屑岩台地仍和前期相似,其中仍散布着一些页岩盆地。

4. 关于斜坡

在江南盆地与扬子台地之间,应存在斜坡。但缺乏重力流沉积的证据。

在江南盆地与东南台地之间,仍和前期一样,仍未发现斜坡的证据。

五、晚奥陶世石口期(临湘期)岩相古地理

用上述同样的方法,编制出了中国南方上奥陶统石口阶(临湘阶)各种单因素图(均从略)及中国南方晚奥陶世石口期(临湘期)岩相古地理图(图7)。

各古地理单元的特征如下。

1. 陆

有两个陆,即西部的康滇陆和本图幅东南方的华夏陆。这两个陆地都是从前期继承下来的。和前期江期(宝塔期)的康滇陆相比,本期康滇陆的面积增大了许多,其南部向东扩展到了贵州中部。因此,本期的康滇陆可称之为“康滇黔陆”。

华夏陆仍位于本图幅的东南方,其性质与以前各期和世的相同。

2. 盆地

共有9个盆地,都是页岩盆地。

位于江南区的有3个页岩盆地,即湘西页岩盆地、通山页岩盆地和皖浙页岩盆地,合称江南页岩盆地,简称江南盆地。与前期江期(宝塔期)的江南页岩盆地相比,本期的江南页岩盆地也不是一个统一的盆地,但面积有所增大。

位于东南碎屑岩台地的有6个页岩盆地,即宁远页岩盆地、兴安页岩盆地、临桂页岩盆地、广宁页岩盆地、高要页岩盆地和崇义页岩盆地。

3. 台地

有4个大的台地,即滇西碎屑岩台地、川西黔中碎屑岩台地、扬子碳酸盐岩台地和东南碎屑岩台地。

扬子碳酸盐岩台地占据了扬子区的大部分地区,但比前期江期(宝塔期)的扬子碳酸盐岩台地面积有所减小。

在扬子碳酸盐岩台地中,有3个滩,即旺苍滩、南郑滩和镇巴滩。

在扬子碳酸盐岩台地中,还有6个小的碎屑岩分布区,即威信、城口、印江、京山、巴东和石门碎屑岩分布区。此外,在南京及和县地区,亦为碎屑岩分布区。亦可称这些小的碎屑岩分布区为碎屑岩台地。这是扬子碳酸盐岩台地中的次一级古地理单元。这些次一级碎屑岩台地的存在也说明本期的扬子碳酸盐岩台地在面积上收缩了。

川西黔中碎屑岩台地位于康滇陆东侧,是介于康滇陆和扬子碳酸盐岩台地之间的狭长的碎屑岩为主的地带。它实际上是扬子碳酸岩台地靠近康滇陆的边缘相带。与前期江期(宝塔期)的川西滇东碎屑岩台地相比,本期的川西黔中碎屑岩台地的位置有所东移。

滇西碎屑岩台地位于康滇陆的西侧。在前期 江期(宝塔期), 滇西台地由滇西碎屑岩台地和滇西碳酸盐岩台地组成; 但在本期, 滇西台地基本上是碎屑岩台地, 其中仅包括一小块碳酸盐岩为主的地区, 即孤立的盐源碳酸盐岩台地。

东南碎屑岩台地仍和前期一样, 其范围和性质均变化不大。其中, 分布着 6 个页岩盆地。

东南碎屑岩台地与川西黔中碎屑岩台地是连通的。

4. 关于斜坡

在江南盆地与扬子碳酸盐岩台地之间, 应当有斜坡。但由于研究程度不够, 此斜坡的确切证据还很不够。

在江南盆地与东南碎屑岩台地之间, 仍然缺乏斜坡证据。

六、晚奥陶世五峰期岩相古地理

用上述同样的方法, 编制出了中国南方上奥陶统五峰阶各种单因素图(均从略) 及中国南方晚奥陶世五峰期岩相古地理图(图 8)。

各古地理单元的特征如下。

1. 陆

有两个陆, 即康滇陆和华夏陆。这两个陆都是从以前各期延续下来的。

康滇陆面积甚大, 向东扩大到黔中和桂西地区, 是寒武纪和奥陶纪各期中最大的。本期的康滇陆可称之为“康滇黔桂陆”。

华夏陆仍位于图幅的东南方, 其性质和以前各期相同。

2. 盆地

有一个大的盆地, 即扬子盆地; 还有 10 个小的盆地, 即宁蒗盆地、会东盆地、城步盆地、蟠龙北流盆地、郁南盆地、广宁高要盆地、崇义盆地、永新盆地、宁国盆地和杭州江山盆地。这些盆地都是页岩盆地。

扬子页岩盆地是面积最大的盆地, 分布于广大的扬子地区和部分江南区。岩石主要是黑色页岩、碳质页岩、硅质页岩、粉砂质页岩, 也有薄层硅岩, 上部见少量泥灰岩。富含笔石。这是个大面积的欠补偿的滞流缺氧盆地。在前期石口期(临湘期), 本地区还基本上是碳酸盐岩台地, 但在本期, 本地区却成了这个厚度甚小的欠补偿的页岩盆地。这是一个重大的变化。在扬子页岩盆地中, 还有一个碳酸盐岩台地, 即思南石阡碳酸盐岩台地。在此碳酸盐岩台地中, 还有一个滩, 即石阡滩。

这个新出现的面积广阔的扬子页岩盆地的水体并不很深, 它并不是一个半深海或深海盆地, 而是一个台地型的盆地。它的出现并不表示海进, 它是中国南方晚奥陶世晚期五峰期海退的结果。在五峰期, 南方发生了大规模的海退, 康滇陆的面积大大地增大, 江南盆地消失, 扬子碳酸盐岩台地的绝大部分地区变成了台地型的滞流的扬子页岩盆地。川西滇北碎屑岩台地、川西滇北碳酸盐岩台地以及扬子页岩盆地中的思南石阡碳酸盐岩台地就是扬子碳酸盐岩台地未被扬子页岩盆地占据的残余部分。因此, 本期的扬子页岩盆地与早寒武世梅树村期、筇竹寺期及沧浪铺期以及中奥陶世庙坡期海进时期的江南页岩盆地的性质大不相同。

宁蒗页岩盆地和会东页岩盆地分别位于康滇陆的西侧两侧的碎屑岩台地中, 性质与扬子页岩盆地相似, 但厚度略大些。宁国页岩盆地和杭州江山页岩盆地位于江南区, 但厚度较大,

尤其是杭州江山页岩盆地,页岩厚度达 2000 m 以上;这就不再是欠补偿的盆地了。因此,这 2 个盆地的性质,尤其是杭州江山页岩盆地的性质,与扬子页岩盆地是大不相同的。其他 6 个页岩盆地,即城步页岩盆地、蟠龙北流页岩盆地、郁南页岩盆地、广宁高要页岩盆地、崇义页岩盆地和永新页岩盆地,均位于东南碎屑岩台地中,厚度大,是补偿性的盆地,其性质与以前各期东南碎屑岩台地中的页岩盆地的性质相似。

总之,扬子盆地和西部的宁蒗盆地及会东盆地厚度较小,属欠补偿性的盆地;其他 8 个盆地厚度甚大,属补偿性的盆地。这是两种不同类型的盆地。

3. 碎屑岩台地

本期碎屑岩台地比较发育,有 3 个碎屑岩台地,即东南碎屑岩台地、川西滇北碎屑岩台地和滇西碎屑岩台地。东南碎屑岩台地的面积最大,是前期东南碎屑岩台地的继续,原来江南盆地的一些地区在本期变为东南碎屑岩台地的一部分。在东南碎屑岩台地中,散布着 8 个页岩盆地和 1 个碳酸盐岩台地,即玉山碳酸盐岩台地。

川西滇北碎屑岩台地位于川西滇北碳酸盐岩台地外围,三面为康滇陆包围,东与扬子页岩盆地相邻,实际上是扬子台地中的扬子页岩盆地和川西滇北碳酸盐岩台地的剩余地区,也可以当作扬子台地靠近康滇陆的边缘相带。在川西滇北碎屑岩台地中,还有一个会东页岩盆地。川西滇北碎屑岩台地和川西滇北碳酸盐岩台地可合称川西滇北台地。

川西滇北碎屑岩台地与东南碎屑岩台地是连通的。

滇西碎屑岩台地位于康滇陆的西侧,面积比前期石口期(临湘期)的有所减小,其中分布着一个巴塘碳酸盐岩台地和一个宁蒗页岩盆地。

4. 碳酸盐岩台地

本期碳酸盐岩台地不发育,有 4 个面积较小的碳酸盐岩台地,即川西滇北碳酸盐岩台地、巴塘碳酸盐岩台地、思南石阡碳酸盐岩台地和玉山碳酸盐岩台地。川西滇北碳酸盐岩台地是本期最大的一个碳酸盐岩台地,它是前期石口期(临湘期)扬子碳酸盐岩台地在本期的残余部分,前期的扬子碳酸盐岩台地在本期大都变为扬子页岩盆地。在这个残余的川西滇北碳酸盐岩台地中,还有一个滩,即威远滩。川西滇北碳酸盐岩台地和川西滇北碎屑岩台地可合称川西滇北台地。巴塘碳酸盐岩台地是滇西碎屑岩台地中的一个孤立的碳酸盐岩台地。思南石阡碳酸盐岩台地和玉山碳酸盐岩台地分别位于扬子页岩盆地和东南碎屑岩台地中,都是孤立的碳酸盐岩台地。在思南石阡碳酸盐岩台地中,还有一个滩,即石阡滩。

5. 关于斜坡

在台地与盆地之间,尚未发现斜坡存在的有力证据。在碎屑岩台地与页岩盆地之间,是很难发现明显的斜坡证据的。从尚未发现明显的斜坡证据这一点来看,本期与早寒武世早期及中期即梅树村期、箬竹寺期和沧浪铺期相似。

七、总体认识

综观中国南方寒武纪和早奥陶世岩相古地理^[1,2]以及本文所论述的中及晚奥陶世岩相古地理的特征及其演化历史,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

在中国南方寒武纪和奥陶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和奥陶纪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,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,分别向其两侧的台地供给碎屑物质,则是相同的,而且一直贯彻寒武纪和奥陶纪。

2. 康滇陆的演化

在早寒武世早期和中期,即梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期,康滇陆面积甚小,而且还是分散的,还不是一个统一的陆地。

到早寒武世晚期即龙王庙期及中寒武世,康滇陆的面积增大,但仍不是一个统一的陆地。

到晚寒武世,康滇陆面积继续增大,而且成为一个统一的陆地。这是一个重要的发展。

到早奥陶世及中奥陶世,作为一个统一的康滇陆,其面积总的看来变化不大。

到晚奥陶世早期即石口期(临湘期),康滇陆面积有较大的增加,主要是其南部向东扩展到了贵州中部。因此,此时的康滇陆可以称作“康滇黔陆”。

到晚奥陶世晚期即五峰期,康滇陆面积继续增大,其南部继续向东扩展,扩展到了广西西部。此时的康滇陆可以称作“康滇黔桂陆”。

总之,在南方寒武纪和奥陶纪,康滇陆有两个大的增长期和一个相对的稳定期,即寒武纪是第一个增长期,早及中奥陶世是相对稳定期,晚奥陶世是第二个增长期。到晚奥陶世晚期五峰期,康滇陆的面积增长到了最大程度。总的看来,在南方寒武纪和奥陶纪的历史演化中,康滇陆基本上处于增大的过程。一般说来,陆地的增大反映了海水的退却。因此,康滇陆的演化可从一个侧面反映中国南方寒武纪和奥陶纪海进海退的大体情况。

3. 扬子台地的演化

在早寒武世早期和中期,即梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期,扬子台地基本上是一个碎屑岩台地。由于当时的康滇陆还不是一个统一的陆地,其南北向的轴心隔挡作用尚未形成,因此当时的扬子台地一直延伸到康滇陆西侧的宁蒗和中甸地区,即其范围包括了后来的滇西台地。由于康滇陆是一个低缓的陆地,只能向扬子台地提供较细粒的碎屑物质,因此扬子碎屑岩台地的碎屑岩主要是粉砂岩和泥岩。在整个寒武纪和奥陶纪各期和世中均如此。

到早寒武世晚期即龙王庙期,几乎整个的扬子台地均为碳酸盐岩占据,因此原来的扬子碎屑岩台地就基本上变成了碳酸盐岩台地。这是个重大的转变。此时,康滇陆的南北轴心已经形成,扬子台地就只限于康滇陆以东的地区,不再包括康滇陆以西的滇西台地了。

在中寒武世、晚寒武世及早奥陶世早期新厂期(两河口期),扬子台地仍基本上是碳酸盐岩台地,情况与龙王庙期相似。

到早奥陶世晚期宁国期(红花园期、大湾期和牯牛潭期),扬子台地的岩石类型又发生了重大变化,碎屑岩含量大大增加,碎屑岩分布面积和碳酸盐岩分布面积大体相等,因此扬子台地就被分为两半,即西部为碎屑岩台地,东部为碳酸盐岩台地。

到中奥陶世及晚奥陶世早期石口期(临湘期),碳酸盐岩的分布面积又大大超过了碎屑岩的分布面积,扬子台地又基本上变成了碳酸盐岩台地。

到晚奥陶世晚期五峰期,情况发生了根本性变化,富含笔石的页岩占据了扬子台地的绝大部分地区,扬子台地基本上变成了滞流缺氧的页岩盆地,仅在川西和滇北地区还残留了一小部分碎屑岩台地和碳酸盐岩台地。应当指出,五峰期扬子页岩盆地仍是台地型的盆地,和江南页岩盆地的性质是不同的。

综观扬子台地在寒武纪和奥陶纪各期和世的演化历史,可以看出碎屑岩台地和碳酸盐岩台地在相互争夺,大部分时间是碳酸盐岩台地占优势,但最终均基本上为页岩盆地所代替。这就是扬子台地的兴亡史。

4. 江南盆地的演化

在中国南方寒武纪和奥陶纪各期或世的古地理图中,江南盆地对各期或世的岩相古地理面貌的影响很大。例如在早寒武世早期和中期,即梅树村期、筇竹寺期和沧浪铺期,此江南盆地确定后,该期的“两台夹一盆”的岩相古地理格局就基本上确定下来了。这一格局一直延续到晚奥陶世江南盆地消亡时为止。

在早寒武世早期及中期,江南盆地面积甚大。除其西南端和东北端沉积厚度较大外,绝大部分地区的沉积厚度均小于 300 m。岩石以黑色页岩为主,含磷,有的地区为磷矿。此时的江南盆地是一个欠补偿的和缺氧的页岩盆地。这一性质也一直延续到晚奥陶世它消亡时为止。

到早寒武世晚期即龙王庙期,江南盆地面积有所缩小,主要是其在滇黔地区有所退缩。同时,其岩石类型也发生了较大的变化,即深水碳酸盐岩含量大为增加。此时的江南盆地已不是单一的页岩盆地,而是一个深水页岩和深水碳酸盐岩兼有的盆地。其沉积厚度仍然不大,仍是一个欠补偿的盆地。

到中及晚寒武世,江南盆地面积又有所减小,主要是其东北端有所退缩。同时,其页岩盆地的面积大为减小,而且也不再是一个统一的页岩盆地了。这是一个重要变化。与之相应的是碳酸盐岩盆地面积有所增大。但此时它仍是一个欠补偿的盆地。

到早奥陶世,碳酸盐岩盆地消失,江南盆地又成为单一的页岩盆地。这一性质一直持续到晚奥陶世它消亡时为止。但其面积却大为减小,主要是其在西南部和中部退缩了。

到中奥陶世早期即胡乐期(庙坡期),江南盆地面积大为增加,几乎恢复到了早寒武世早期和中期的规模,而且是一个统一的页岩盆地。本期和早寒武世早期及中期是江南盆地面积最大的两个时期。这反映两次大的海进。

到中奥陶世晚期即江期(宝塔期),江南盆地面积大为减小,减小到寒武纪和奥陶纪各期的最小值,而且也不是一个统一的盆地。这和中奥陶世胡乐期(庙坡期)呈鲜明的对比。显然,江期(宝塔期)是个海退期。

到晚奥陶世早期即石口期(临湘期),江南盆地的面貌与江期(宝塔期)基本上相似。

到晚奥陶世晚期即五峰期,作为一个主要古地理单元的江南盆地消失了。代之而起的是

面积更为广阔的扬子页岩盆地和东南碎屑岩台地。从扬子页岩盆地以及东南碎屑岩台地中的宁国页岩盆地和杭州江山页岩盆地,尚可看出已消失的江南页岩盆地的一些痕迹。江南盆地的消失表示中国南方寒武纪和奥陶纪最大的海退。

总之,从早寒武世早期和中期,到晚奥陶世晚期,江南盆地经历了两盛两衰的过程,最后走向消亡。

5. 关于斜坡

在扬子台地与江南盆地之间存在着斜坡。在扬子台地是碳酸盐岩台地时,即在扬子碳酸盐岩台地与江南页岩盆地接触时,由于两者岩石性质差别较大,在两者的接触地带容易形成碳酸盐岩重力流沉积尤其是碎屑流沉积。这正是斜坡带的最明显的和最容易识别的标志,这个斜坡就正是通过这个标志被发现的。如果扬子台地不是碳酸盐岩台地,而是碎屑岩(主要是粉砂岩和页岩),则它与江南页岩盆地之间的斜坡标志就不明显,这种岩性差别小的斜坡就不易被识别。但这个斜坡还是存在的。

扬子台地与江南盆地同属一个古地理体系即康滇古地理体系,两者之间存在斜坡是正常的。但是,在晚奥陶世晚期五峰期,江南盆地消失了,扬子台地也基本上不存在了,这个斜坡自然也就不存在了。

在江南盆地与东南台地之间,现在尚未发现斜坡的证据。江南盆地与东南台地之间到底是什么接触关系,尚待进一步研究定论。

6. 关于东南台地

东南台地在寒武纪和奥陶纪各期中均存在。它基本上是一个沉积厚度巨大的补偿性的浅水碎屑岩台地,但其中也散布着一些小型的深水页岩盆地。其碎屑物质均来源于华夏陆。

在以前的一些古地理图中,大都把这个地区划为半深海或深海沉积区。

由于这一地区的岩石大都轻微变质,有的地区变质的还相当严重,恢复原始岩石及其沉积环境有不少困难。在现有的资料中,有些地区可能是深水沉积。但我们不敢以点代面,不敢确定整个地区为深水环境。因此,我们不得不采取保守的办法,把全区基本上定为浅水碎屑岩台地,而把一些深水沉积区或可能的深水沉积区定成一些小型的孤立的深水盆地。在当前研究程度较低和资料掌握较少的情况下,只能如此。

7. 华夏陆

华夏陆是一个推测的陆地,主要是根据东南碎屑岩台地的碎屑物质来源推测出来的。东南碎屑岩台地的巨厚的碎屑沉积物不可能来自其西北侧的江南盆地,只能来自其东南方向的华夏陆。在以前的一些古地理图中,常把沿海的一些未发现寒武系和奥陶系露头的地区或中生代火成岩分布的地区划为华夏陆。我们不敢这么勾绘。我们只敢说华夏陆存在于东南台地的东南方,但不能确定其存在的确切位置。

8. 关于滇西台地

从早寒武世晚期即龙王庙期开始,在康滇陆的南北轴心隔挡作用形成后,滇西的宁蒗、中甸等地区就不再和扬子台地连通了,就成为一个独立的古地理单元滇西台地了。这个滇西台地一直存在到奥陶纪末。

由于研究程度较低,我们只能说它是个浅水台地沉积区,不敢贸然地确定它是碎屑岩台地或是碳酸盐岩台地,有时即使能把这两种台地区分开,也是相当勉强的。

参 考 文 献

- [1] 冯增昭,彭勇民,金振奎,蒋盘良,鲍志东,罗璋,鞠天吟,田海芹,汪红. 中国南方寒武纪岩相古地理. 古地理学报, 2001, 3(1): 1~ 14
- [2] 冯增昭,彭勇民,金振奎,蒋盘良,鲍志东,罗璋,鞠天吟,田海芹,汪红. 中国南方早奥陶世岩相古地理. 古地理学报, 2001, 3(2): 11~ 22
- [3] 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
- [4] 刘鸿允. 中国古地图. 北京: 科学出版社, 1955
- [5] 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
- [6] 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
- [7] 王鸿祯主编. 中国古地理图集. 北京: 地图出版社, 1985
- [8] 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
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 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
- [13] 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
- [14] 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
- [15] 冯增昭. 华北早奥陶世岩相古地理新探. 地质科学, 1979, (4): 302~ 313
- [16] 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
- [17] 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
- [18] 冯增昭. 碳酸盐岩岩相古地理学. 北京: 石油工业出版社, 1989
- [19] 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
- [20] 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
- [21] 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
- [22] 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
- [23] 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
- [24] 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
- [25] 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
- [26] 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
- [27] 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
- [28] 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
- [29] 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
- [30] 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
- [31] 冯增昭, 张家强, 金振奎, 鲍志东, 王国力. 中国西北地区寒武纪岩相古地理. 古地理学报, 2000, 2(2): 1~ 10
- [32] 冯增昭, 张家强, 金振奎, 鲍志东, 王国力. 中国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 MIDDLE AND LATE ORDOVICIAN 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

^① *University of Petroleum, Beijing 100083* ^② *Hangzhou Institute of Petroleum Geology, Hangzhou 310023*

Abstract The South China in this paper refers to the broad region bounded on the west by the Jinshajiang River-Yuanjiang River Fracture, on the northwest by the Longmenshan Fracture, on the north by the Chengkou Fangxiang-Xiangfang-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 petrography of outcrop and well sections, according to the single factor analysis and comprehensive mapping method, the single factor maps of the Hule(Miaopo) Stage and Hanjiang(Baota) Stage of the Middle Ordovician, and the Shikou(Linxiang) Stage and Wufeng Stage of the Upper Ordovician, and the lithofacies palaeogeography maps of the Hule(Miaopo) Age and Hanjiang(Baota) Age of the Middle Ordovician and the Shikou(Linxiang) Age and the Wufeng Age of the Late Ordovician in South China are compiled. In these lithofacies palaeogeography maps, there are 7 principal palaeogeographic units, i. e. Dianxi Platform, Kangdian Land, Yangtze Platform, Slope, Jiangnan Basin, Southeast Platform and Cathaysian Land. The former 5 units belong to the Kangdian Palaeogeography System, and the latter 2 units belong to the Cathaysian Palaeogeography System. The most important character of these lithofacies palaeogeography maps is quantification. Quantification means that the determination of each palaeogeographic unit is based on the accurate quantitative data and single factor map. This is the first time in the study and mapping of the Middle and Late Ordovician in South China. These quantitative lithofacies palaeogeography maps are important development in palaeogeography, and are the guide to the prediction and exploration of oil, gas and other sedimentary mineral resources. In conclusion, the two palaeogeographic systems and the evolutionary history of the 7 principal palaeogeographic units in the whole Cambrian and Ordovician are discussed in detail.

Key words South China, Middle and Late Ordovician, single factor, lithofacies palaeogeography, quantification, palaeogeography system

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

(责任编辑: 蒋盘良)

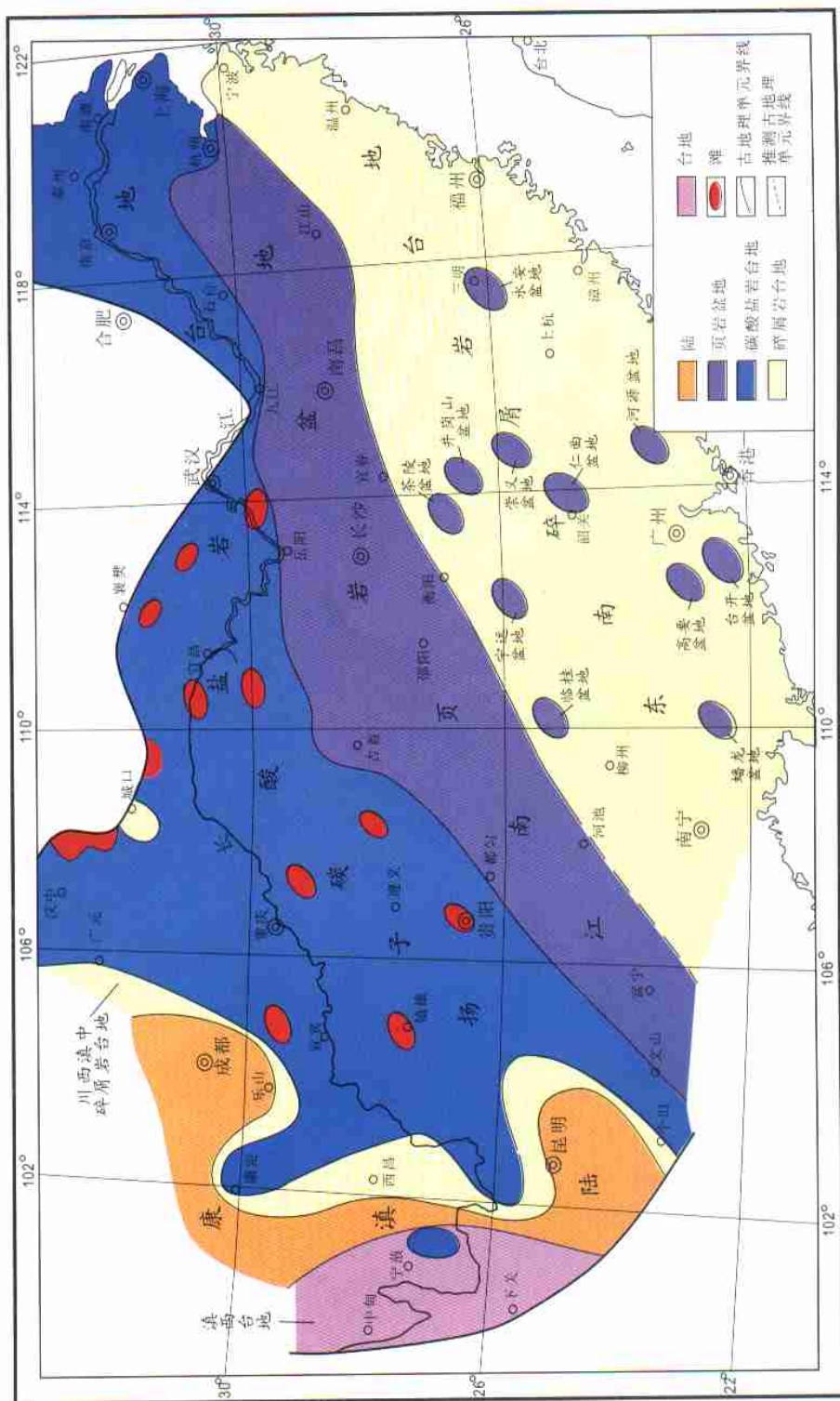


图5 中国南方中奥陶世胡乐期(庙坡期)岩相古地理图
Fig.5 The lithofacies palaeogeography map of the Hule(Miaopo) Age of the Middle Ordovician in South China

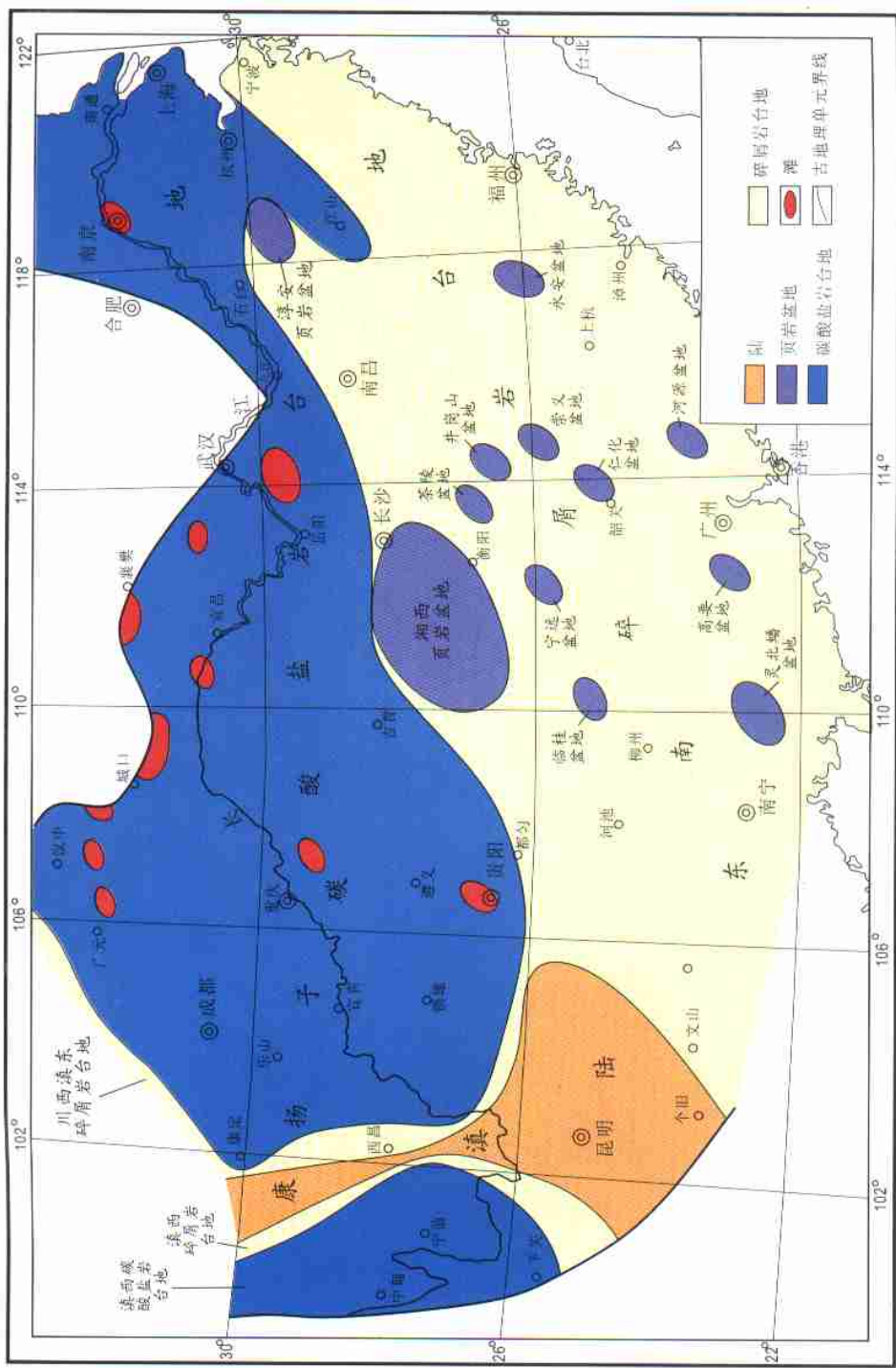


图6 中国南方中奥陶世 江期(宝塔期)岩相古地理图
Fig. 6 The lithofacies palaeogeography map of the Haniang(Baota) Age of the Middle Ordovician in South China

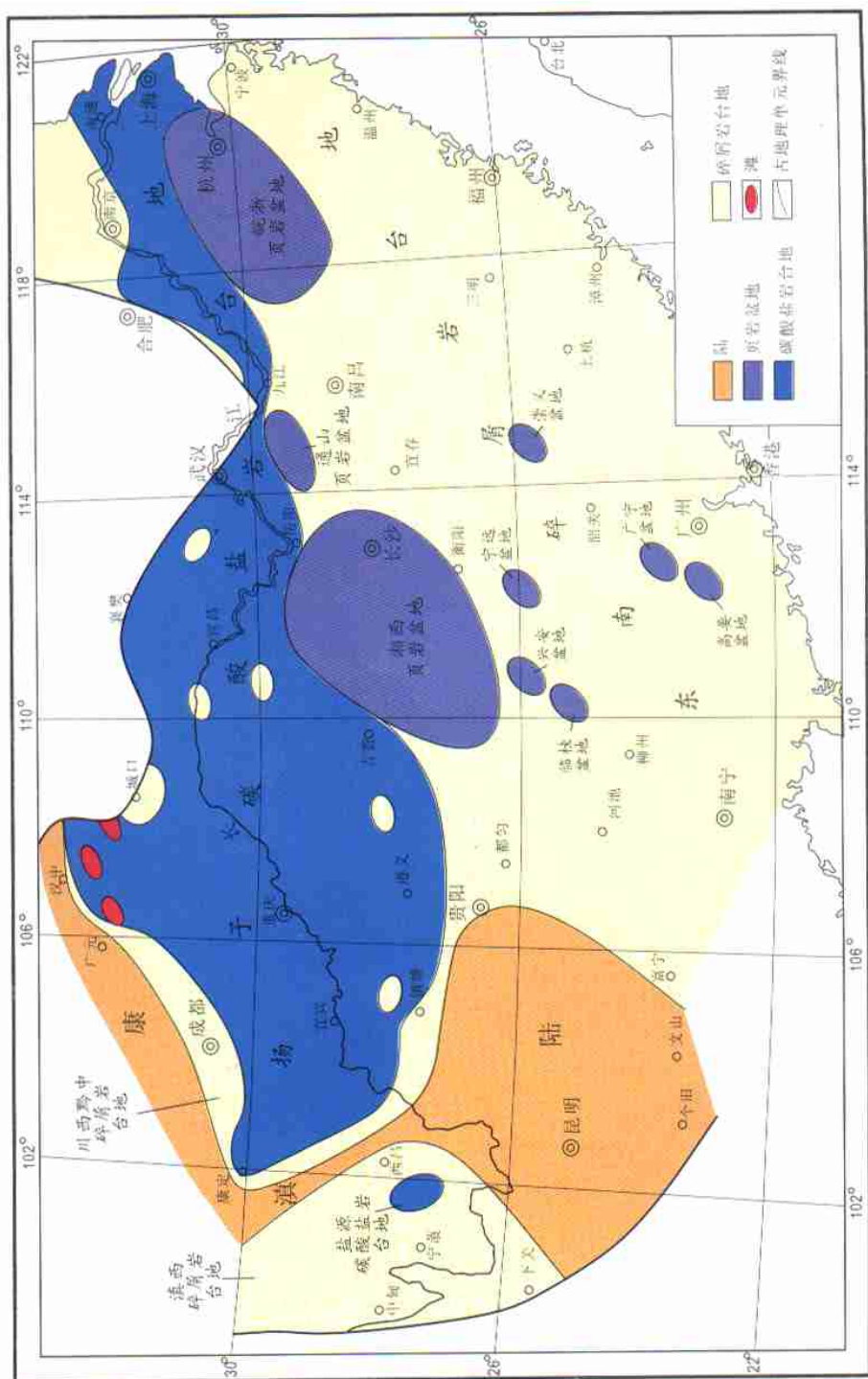


图7 中国南方晚奥陶世石口期(临湘期)岩相古地理图
Fig.7 The lithofacies palaeogeography map of the Shikou(Linxian) Age of the Late Ordovician in South China

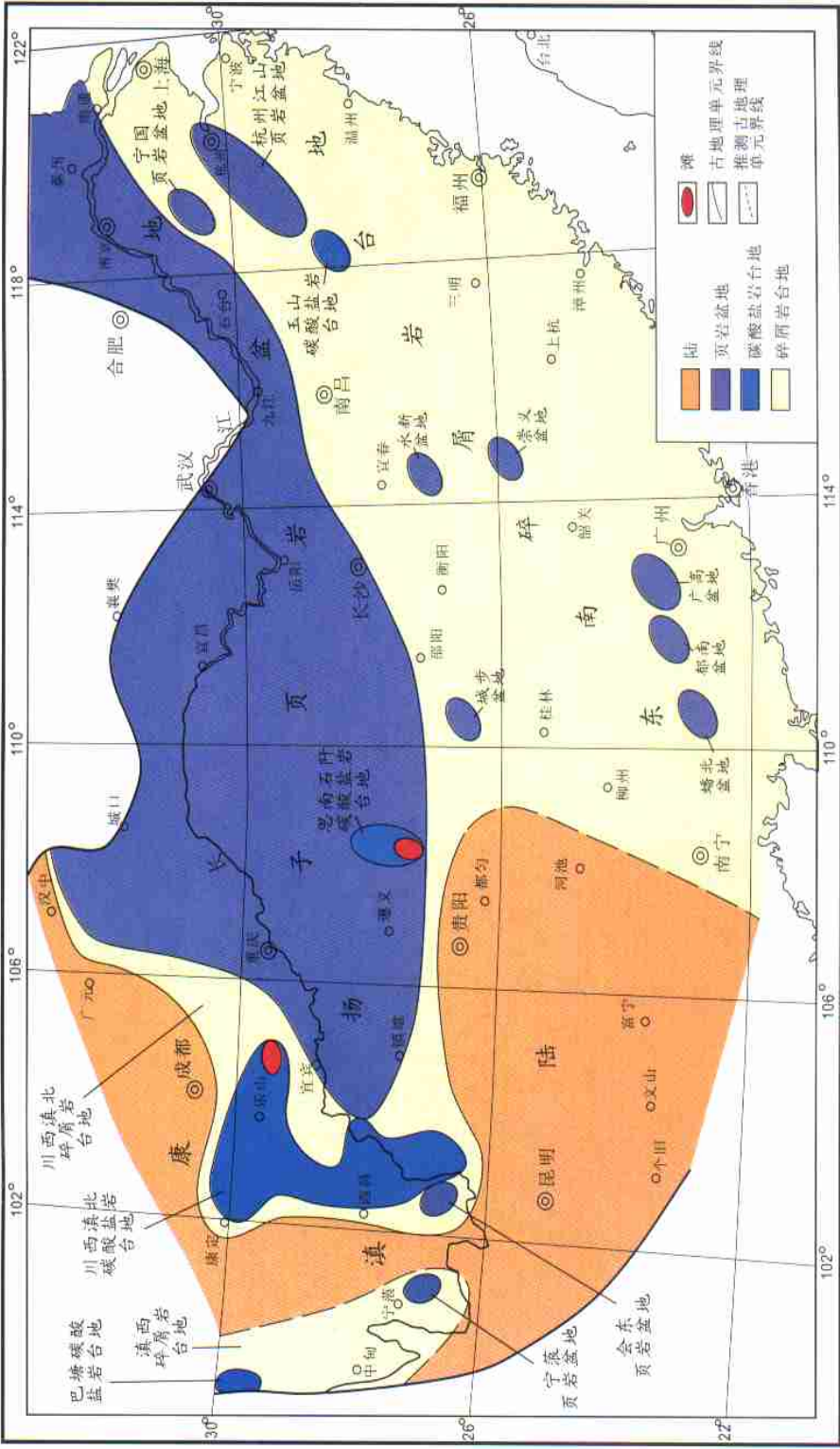


图8 中国南方晚奥陶世五峰期岩相古地理图
Fig.8 The lithofacies palaeogeography map of the Wufeng Age of the Middle Ordovician in South China