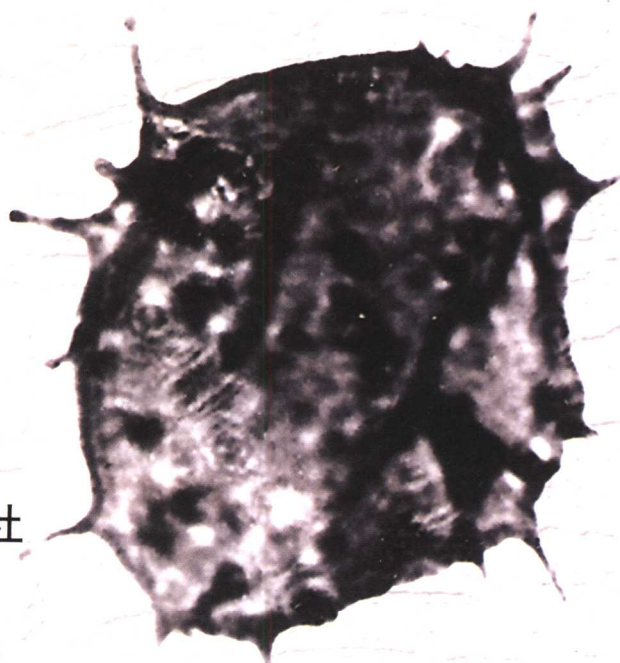


贵州三都 阿仑尼格期疑源类 及其地层 有机地球化学

ACRITARCHS AND ITS
ORGANIC STRATIGEOCHEMISTRY
FROM THE ARENIGIAN
IN THE SANDU AREA

许玩宏
著

中国矿业大学出版社



贵州三都阿仑尼格期疑源类 及其地层有机地球化学

**Acritarchs and Its Organic Stratigeochemistry
from the Arenigian in the Sandu Area**

许玩宏 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining & Technology Press

内容提要

贵州三都地区早奥陶世同高组生物丰富,层序清楚,是研究奥陶系的理想地点之一。本书首次系统记述了同高组的疑源类计 48 属 139 种,其中包括 12 个新种。基于对疑源类化石的研究,建立了同高组笔石带控制的疑源类组合,并详细论述了疑源类的古生态、古生物地理分区。书中还着重研究了三都地区同高组下燕高页岩段地层有机地球化学特征,利用生物标志化合物(主要包括正烷烃、链状类异戊二烯烷烃、萜类化合物及甾类化合物)探讨岩样有机质来源及其沉积环境。

本书可供地层古生物工作者参考,对石油、地矿工作者也有重要的参考价值。

责任编辑 宋党育

责任校对 周俊平

图书在版编目(CIP)数据

贵州三都阿仑尼格期疑源类及其地层有机地球化学/

许玩宏著. —徐州:中国矿业大学出版社,2001.3

ISBN 7-81070-269-6

I. 贵… II. 许… III. ① 疑源类-早奥陶世-研究-三都水族自治县 ② 疑源类-古生物学:有机化学:地球化学-早奥陶世-研究-三都水族自治县
IV. Q915.81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 06864 号

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

江苏徐州新华印刷厂印刷 新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 10 字数 244 千字

2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

印数 1~1000 册 定价 30.00 元

前 言

目前国际上对奥陶系的研究已进入系内详细、精确的划分和对比。奥陶系建阶的标准地点在英国,传统上一直以笔石带作为地层划分对比的标准,然而英国阿仑尼格阶下部却缺失部分笔石带,造成了地层精确划分对比的困难,这促使人们寻找解决这一问题的其他手段。古生物工作者已发现,微体化石特别是牙形刺、几丁虫和疑源类是解决这一问题的有效手段之一。

疑源类是亲缘关系不明的一类微体化石的统称。它们个体小,数量丰富,分布广,特征明显,可出现于不同生物相(如笔石相、介壳相等)中。国外学者已对奥陶纪疑源类作了大量研究工作,在一些地区建立了一系列疑源类组合,并就疑源类在古地理、古环境中的应用和疑源类生物地理分区等方面作了探索。近年来国内也陆续开展这方面的研究,并取得了一些重要成果。然而,过去多注重于疑源类系统古生物学研究,且资料零星。要提高疑源类在奥陶系内精确划分对比上的作用,就必须深入研究笔石带控制的疑源类组合面貌,建立标准的疑源类组合,以便进行全球对比。

地层中的有机质,特别是生物标志化合物来源于地史时期的生物体。这些生物标志化合物已广泛应用于沉积环境确定、油源对比、古生态特征研究和模拟实验等方面;在探索生命起源及演化、确定古生物类群等方面,尽管目前还处于资料积累阶段,但已取得一些重要成果,引起科学工作者的广泛兴趣和重视。

自1992年起,作者参加国家“八五”重点科技攻关项目、高等学校博士学科点专项科研基金项目、中国科学院兰州生物、气体地球化学开放实验室(国家重点实验室)开放课题、核工业总公司科研项目、广东省自然科学基金项目的研究。作者有幸接触疑源类及地层有机地球化学研究,积累了大量的第一手资料。本书实际是在作者博士学位论文的基础上,对多年来研究成果的总结。

与本书有关的整个研究工作大致可分为两阶段:(1)野外工作阶段。作者于1992~1997年多次到贵州省三都、江西省玉山、广东省台山等地对阿仑尼格阶下部笔石带发育完整的剖面进行实地考察,测制地层剖面。在三都地区下奥陶统系统采集疑源类岩石样、有机碳分析岩石样各60个,有机地球化学岩样(用于可溶有机质抽提)19个;和南京大学古生物地层专业91级硕士研究生幽建菊同学在江西省玉山地区宁国组采集疑源类岩石样48个;在台山采集疑源类岩样30个,同时测制了地层剖面800余米。(2)室内工作阶段。主要包括样品处理分析及测试,化石鉴定,统计分析,论文撰写及图件清绘,显微照相等。室内主要工作量见表1。

作者在这里要特别感谢南京大学已故博士生导师张忠英教授,在他的精心指导、支持、鼓励下作者才完成本书。中国科学院院士、南京大学教授郭令智先生阅读部分原稿。惠州大学党委书记陈优生研究员对作者的研究工作十分关心,给予多方面的帮助。野外工作期间,得到贵州省区域地质调查大队尹恭正高级工程师、贵州省104地质大队领导,特别是黄

杰文及覃明工程师的指导和帮助,他们还无私地提供各种有关资料;黄杰文及南京大学古生物专业 88 级本科生张海峰同学参加了部分野外工作。室内工作时,得到南京大学地球科学系张永铭教授、俞剑华教授、林天瑞教授、方一亨教授、杨湘宁教授、冯洪真教授及刘家润老师的支持、指导和帮助;江汉石油勘探开发研究院张师本总工程师对作者研究工作极为关切;中国科学院兰州生物、气体地球化学开放实验室的沈平研究员、徐永昌研究员、陈践发研究员、孟仟祥老师、来淑琴老师、张虹工程师、丁万仁同志、李春园工程师及李原博士等给予热情的指导和帮助;中国科学院南京地质古生物研究所黄凤宝工程师及李玉成博士提供无私的帮助;惠州大学科技处王培强同志为作者输入部分初稿。本书还得到高等学校博士学科点专项科研基金、中国科学院兰州地质研究所生物、气体地球化学开放实验室、广东省自然科学基金以及广东省教育厅、惠州大学科研基金的资助,在此一并致以衷心感谢。最后,我还要特别感谢南京师范大学的陶于副教授,他为本书的出版做了大量有益的工作,使本书增色不少。

由于作者水平有限,错误之处在所难免,敬请专家、读者不吝赐教。

表 1 室内主要工作量

项 目	数 量	项目数量承担者
处理分析疑源类岩样	110 个 作者	制薄片约 1000 张 作者
制简易薄片	约 400 张	作者
观察化石标本	约 6 万粒	作者
鉴定化石	48 属 139 种	作者
统计描述化石	约 15300 粒	作者
显微照相	约 700 张	作者
冲洗化石照片	2000 多张	作者
有机碳分析数据	28 个	中科院兰州生物、气体地球化学国家重点实验室, 作者
岩石可溶有机质抽提	4 个	中科院兰州生物、气体地球化学国家重点实验室, 作者
饱和烃气质联用 (GC-MS)、气相色谱 (GS)	12 个	兰州大学、中科院兰州生物、气体地球化学国家重点实验室

作 者

2000 年 5 月于惠州大学

目 录

前言	1
第一章 前人研究概况	1
第一节 研究区奥陶系研究简史	1
第二节 中国阿仑尼格期疑源类研究现状	1
第三节 国外阿仑尼格期疑源类研究进展	4
第二章 研究区阿仑尼格期地层	7
第一节 阿仑尼格期地层发育概况	7
第二节 地层剖面	9
第三章 研究材料和方法	16
第一节 研究材料	16
第二节 疑源类岩石样的分析处理	16
一、岩样分解	16
二、化石集中	16
三、薄片制作	18
第三节 有机地球化学岩石样的测试	18
一、样品处理	18
二、岩样抽提、族组成分离、分析流程	19
三、主要仪器及测试条件	19
第四章 阿仑尼格期同高组疑源类化石及其意义	20
第一节 化石保存特点及其意义	20
第二节 化石组合	22
一、 N_1 带疑源类化石组合面貌	22
二、 N_2 带疑源类化石组合面貌	25
三、 N_3 带疑源类化石组合面貌	29
四、 N_4 带疑源类化石组合面貌	30
第三节 主要属种的地层分布	32
第四节 与国内外同期疑源类的比较	36
第五节 古生态及古环境	39

第六节 生物地理分区	42
第五章 地层有机地球化学研究	45
第一节 有机碳(TOC)及其意义	45
第二节 生物标志化合物及其来源	45
一、生物标志化合物特征	47
二、生物标志化合物的意义	48
第六章 系统古生物学	54
第一节 疑源类分类系统简介	54
第二节 系统描述	54
第七章 主要结论	102
英文提要(Summary)	104
参考文献	122
图版说明及图版	132

第一章 前人研究概况

第一节 研究区奥陶系研究简史

位于扬子板块西部的贵州三都地区,是我国乃至世界下奥陶统阿伦尼格阶下部笔石带发育最完整的地区之一。有关该地区的奥陶纪地层研究开展较早。1959年,杨敬之等(中国科学院黔南地层队,1963,下同。)将这里的奥陶系自下而上分为锅塘组、同高页岩组和猴塘灰岩组,它们分别可与印渚埠组、宁国组及牯牛潭组对比。李积金、陈旭(1962)研究了锅塘组及同高组的笔石,认为其时代分别属特马豆克期和阿伦尼格期,同时在同高组下部发现了 *Tetragraptus* (*Etagraptus*) *approximatus* 及 *Didymograptus filiformis* 笔石带。贵州一〇八地质大队认为同高组命名地点的同高组与锅塘组之间为断层接触,那里的同高组仅相当于下燕高一带同高组的下部,并在赖壳山一带肯定了十字铺组沉积的存在(赖才根,1982)。中国科学院南京地质古生物研究所西南队奥陶系研究组(1977)指出,所谓“猴塘灰岩”实系向斜西翼锅塘组之误,他们将原同高组自下而上细分为五里关组、同高组、杨能寨组和烂木滩组,并指出同高系高同之误,但流传已广,故仍沿用,同时肯定了十字铺组的存在。贵州省地质古生物工作队(1977)将同高组定义为“整合覆盖于锅塘组之上,其上为十字铺组所覆盖”的地层,并将同高组分为上段和下段。他们的同高组下段实际相当于中国科学院南京地质古生物研究所(1977)的同高组,而上段相当于杨能寨组和烂木滩组。贵州省地质局(1987)认为所谓“杨能寨组”与狭义同高组岩性连续过渡,不应建组,但可以作为同高组的一段,故同高组包括下燕高页岩段和杨能寨段,并将烂木滩组进一步划分为牯牛潭组及烂木滩组。同时指出,本区过去所谓“十字铺组”无论岩性、岩相或沉积环境均与标准十字铺组明显不同,故建立赖壳山组以代表烂木滩组之上的中奥陶世地层。他们还在下燕高页岩段下部建立了 *Etagraptus approximatus*、*Didymograptus filiformis* 和 *D. eobifidus*/*D. deflexus* 笔石带(以下分别简称 N_1 、 N_2 和 N_3 带),并通过地层对比认为该段上部未产笔石的层位相当于 *Azygograptus suecicus* 笔石带(N_4)。

可见,尽管古生物工作者对本区同高组涵义尚有不同理解,但可以肯定该组下部阿伦尼格期早期笔石带发育完整。本书采用了贵州省地质局(1987)的同高组涵义,即同高组包括下燕高页岩段和杨能寨段,下燕高页岩段以页岩、泥岩及粉砂岩为主,杨能寨段以粉砂岩和细砂岩为主。同高组与下伏锅塘组、上覆牯牛潭组均呈整合接触(表1-1)。

第二节 中国阿伦尼格期疑源类研究现状

我国阿伦尼格期疑源类研究工作起步较晚,至80年代才见诸报道。刑裕盛(1980)在四川峨嵋山大乘寺组鉴定出 *Acanthodiacrodium*、*Arbusculidium*、*Dasydiacrodium*、*Coryphidium* 和 *Striatotheca* 等具重要地层意义及生物地理分区意义的分子,证实四川盆地在该期可能属

地中海疑源类古生物区。钟国芳(1981)研究了湖北宜昌黄花场下奥陶统大湾组上部 *Glyptograptus austrodentatus* 笔石带的疑源类化石,发现该组合以形态多样的刺球亚类分子占绝

表 1-1

三都地区奥陶系划分沿革简表

杨敬之等 (1959)		中国科学院南京 地质古生物所(1977)		贵州省地层 古生物工作队(1977)		贵州省地质局 (1987)			本 书			
中奥陶统	猴塘灰岩	中奥陶统	十字铺组	中奥陶统	十字铺组		中奥陶统	赖壳山组		中奥陶统	赖壳山组	
		下奥陶统	烂木滩组	下奥陶统	同高组	上段		烂木滩组			下奥陶统	烂木滩组
杨能寨组	牯牛潭组		牯牛潭组									
同高组	同高组		杨能寨段				同高组	杨能寨段				
下燕高页岩段			下燕高页岩段									
五里关组	锅塘组		锅塘组		锅塘组							
下奥陶统	同高页岩组				下奥陶统	同高组	下奥陶统	锅塘组		下奥陶统	锅塘组	
	锅塘组							锅塘组			锅塘组	

对优势,大褶藻也较多,但未见具重要时代意义的分子。李再平(1982)发现,华北上马家沟组疑源类类型单调,以刺球亚类占绝对优势,达 68.5% ~ 73.7%;其次为球形亚类,占 23.8% ~ 27%;偶见双极亚类、梭形亚类及网面亚类。刺球亚类中,无论标本数还是物种数,均以 *Baltisphaeridium* 占绝对优势,*Micrhystridium*,*Leiosphaeridium*,*Lophosphaeridium* 也频繁出现,但化石普遍保存较差,且未见具重要时代意义的分子;因该地未见 *Coryphidium*、*Striatotheca*等地中海疑源类生物区特征分子,有人认为该区可能属波罗的海疑源类生物区(Li,1987)。邢裕盛等(1985)研究长江西陵峡区奥陶纪疑源类化石,计 8 属 26 种,该组合以 *Micrhystridium*、*Leiosphaeridium*、*Baltisphaeridium* 等属占优势,在一定程度上表现出波罗的海疑源类生物区的面貌。尹磊明(Yin Leiming,1985;1986)和 Martin 等(1987)在吉林浑江大阳岔地区寒武系—奥陶系界线附近发现大量保存精美的疑源类化石,建立了 *Actinotodissus achraisi* - *Goniosphaeridium*、*Cymatiogalea regularis* - *Tectithea multispinula*、*Corollasphaeridium normalisum* - *Goniomorpharara*、*Baltisphaeridium conglutinatum* - *Vulcanisphara rigentisa* 及 *Goniosphaeridium radiatusum* - *Stelliferidium ? ordoviciense* 等 5 个疑源类组合,分别与 4 个牙形刺带(即 *Proconodontus tenuiserratus* 带、*Cordylodus proavus* 带、*Cordylodus intermedius* 带、*Cordylodus lindstromi* 带上部和 *Cordylodus lindstromi* 带下部)相当;并利用扫描电镜研究疑源类的微细构造,建立了一些新属。傅嘉媛(1986)发现陕西镇巴梁家桥西梁寺组虽然也出现了 *Arbusculidium* 及 *Acanthodiacrodium*,但仅分别占 1.4% 和 0.7%。该疑源类组合以刺球亚类占绝对优势,其中又以 *Baltisphaeridium*、*Micrhystridium* 最常见,且未见 *Coryphidium*、*Pirea*、*Striatotheca* 等重要类型,因此,她认为该区属波罗的海疑源类生物区。胡云绪(1986)研究陕西紫阳高桥地区早奥陶世疑源类化石,建立了三个疑源类组合,认为三个组合分别代表该地区特马豆克期、阿仑尼格期早期及阿仑尼格期中晚期地层。值得一提的是,方晓思(1986)

在云南昆明——禄劝下、中奥陶统汤池组、红石崖组及巧家组发现类型多样、数量丰富、保存完整的疑源类化石,计 52 属 191 种。他根据疑源类组合面貌认为汤池组、红石崖组及巧家组分别相当于特马豆克期、阿仑尼格期和兰维恩期的沉积。可惜限于篇幅,对大多数化石未作描述,其中包括大量的新组合,另外还沿用了许多不合法的属名,如 *Zonosphaeridium* 等。钟国芳(1987)研究了三峡地区寒武纪、奥陶纪的疑源类化石,在奥陶纪地层中发现了 *Arbusculidium*、*Coryphidium*、*Pireia* 和 *Striatotheca* 等重要化石(汪啸风等,1987)。李军(1987)研究了贵州桐梓湄潭组 *Didymograptus deflexus* 笔石带、*Azygograptus suecicus* 笔石带的疑源类化石,发现大量保存完好的 *Acanthodiacrodium*、*Arbusculidium*、*Coryphidium*、*Pireia*、*Peteinosphaeridium* 和 *Striatotheca* 等重要疑源类分子,认为扬子地层区与地中海疑源类生物区关系密切,而华北地层区则可能与波罗的海疑源类生物区关系密切。卢礼昌(1987)在湖北宜昌黄花场大湾组底部 *Azygograptus suecicus* 笔石带中发现了 *Acanthodiacrodium*、*Rhopaliophora* 和 *Striatotheca* 等疑源类化石。方晓思(1990)研究了陕西宁强奥陶系赵家坝组、西梁寺组及四川广元赵家坝组、西梁寺组、潭家沟组疑源类化石,鉴定出 *Acanthodiacrodium*、*Arbusculidium*、*Coryphidium*、*Cymatiogalea*、*Dasydiacrodium*、*Pireia*、*Striatotheca* 和 *Vulcanisphaera* 等重要类型,讨论了该疑源类组合所代表的地质时代,同时利用疑源类化石对该地早奥陶世沉积环境进行分析,认为从赵家坝组至西梁寺组所含微古植物变化表明海水由浅到深,由近岸沉积至浅海沉积的变化趋势,潭家沟组则表现出水体较深、海水动荡的沉积环境。李军(1990)在湖南吉首大沱九溪组 *Azygograptus suecicus* 笔石带中发现了以 *Acanthodiacrodium*、*Arbusculidium*、*Baltisphaeridium*、*Coryphidium*、*Michrystidium*、*Peteinosphaeridium*、*Striatotheca*、*Pireia* 和 *Veryhachium* 为主的疑源类组合,讨论了疑源类生物地理分区,提出以 *Coryphidium* 和 *Striatotheca* 的出现与否作为划分地中海疑源类生物区与波罗的海疑源类生物区的标准。李军还提议以 *Coryphidium*、*Striatotheca* 区代替地中海疑源类生物区(李军,1991)。高联达(1991)研究了云南武定红石崖组疑源类化石,发现 23 属 40 种,其中包括 6 个新种,认为武定红石崖组疑源类组合可与波希米亚、法国及西欧早奥陶世阿仑尼格期疑源类相比较,并讨论了疑源类生物分区,认为该组合主要为地中海疑源类古地理区分子,但也兼有少数波罗的海疑源类古地理区分子,同时讨论了疑源类与沉积环境的关系。何圣策及尹磊明(1993)描述了浙江江山上奥陶统长坞组疑源类化石,利用疑源类化石论证了长坞组的地质时代。尹磊明(1994)再次研究了湖北宜昌黄花场大湾组下部 *Azygograptus suecicus* 笔石带的疑源类化石,证实该地层确实存在 *Acanthodiacrodium*、*Arbusculidium*、*Coryphidium*、*Cymatiogalea*、*Dasydiacrodium*、*Pireia*、*Stelliferidium* 和 *Striatotheca* 等重要类型,并建立了一些新属;他还认为,该疑源类组合是“聚不同纬度及地理分布的混合型疑源类组合”。黄翡等(1994)在江西玉山地区 *Azygograptus suecicus* 笔石带中鉴定出疑源类化石 13 属 45 种,发现该疑源类组合以刺球亚类占绝对优势,其中又以 *Baltisphaeridium* 出现最频繁;认为玉山地区 *Azygograptus suecicus* 笔石带疑源类组合具明显的过渡性质,但以波罗的海疑源类生物区特征为主。幽建菊(1994)详细描述了玉山地区 *Tetragraptus* (*Etagraptus*) *approximatus* 笔石带的疑源类化石,对该疑源类化石组合面貌、时代意义、沉积环境意义及疑源类生物地理分区作了探讨。尹磊明(1995)研究了吉林浑江、湖北宜昌早奥陶世疑源类化石,系统描述了疑源类化石 49 属 122 种(包括 20 新种),自下而上建立了 *Aryballomorpha grootaertii* - *Luaerdopuziana*、*Cymatiogalea cuwillieri* - *Trematosphaeridium scabridum*、*Baltisphaeridium accinctum* - *Yichangia biporosa* 和

Polyancistrodorus productus - *Orthosphaeridium quadrinatum* 组合,参照古地磁资料,研究了早奥陶世疑源类的地理分区及古生态,指出该疑源类组合面貌与古纬度分布和洋流循环作用有关,而原先界定的“地中海古浮游生物区”宜扩大为“环冈瓦纳区”。Tongiorgi 等(1995)研究湖北长江三峡区大坪剖面阿仑尼格期疑源类化石时指出,长江上游地区阿仑尼格期应属地中海疑源类生物区(冈瓦纳边缘区),但该组合还搀杂有部分澳大利亚和波罗的海生物区的分子;认为当时的南极边缘的洋流是地中海疑源类生物相向扬子地台延伸的原因。许玩宏等(1995,1996,1999)研究了贵州三都的疑源类化石,提出华南早奥陶世疑源类的深度分布规律,证实该区属于地中海疑源类生物区,建立了一些新属种,并就疑源类地层意义做了研究。孙淑芬在研究湖北郧西奥陶系疑源类化石时,识别出 *Pirea* 等 18 属 34 种,发现疑源类的组合特征与沉积环境密切相关,认为光线充足、盐度正常、水能较高、营养物质丰富的环境如水田河组,单细胞浮游藻类大量繁殖,且以个体大、表面纹饰复杂的分子为主,而气候干燥、盐度高的吊床沟组,只有结构简单、个体小、膜壳厚的分子才能够生存,并且指出研究区疑源类特征表明该区与波罗的海疑源类古生物区关系密切。李军等(1997)研究塔里木盆地奥陶纪钻井岩样的疑源类化石,发现有 16 属 28 种,根据这些疑源类化石生物组成并结合其他古生物地层资料,认为该微体化石组合的有关层段应为中、上奥陶统。1999 年,他又根据该地井下及地表剖面的资料,将塔里木盆地中、晚奥陶世疑源类自下而上建立了 4 个疑源类组合,即: *Peteinosphaeridium* - *Baltisphaeridium* 组合、*Baltisphaeridium* - *Dichotisphaera* 组合、*Navifusa* - *Ordovicium* 组合及 *Dactylofusa* - *Leiosphaeridia* 组合,下部 3 个组合产于中奥陶统,代表台地—台缘斜坡相环境,最上部的 1 个组合产于上奥陶统,代表滨海相或陆缘碎屑浊积岩沉积;但各组合的特征属如 *Peteinosphaeridium*、*Baltisphaeridium*、*Navifusa*、*Ordovicium*、*Dactylofusa*、*Leiosphaeridia* 等地层时代分布漫长,作为组合的特征属是否合适就有待探讨了。李军(1998)又研究了陕西早奥陶世阿仑尼格期赵家坝组疑源类化石,鉴定出 20 属 28 种,发现疑源类较为多样化,根据该组见到大量的 *Arbusculidium*、*Coryphidium* 和 *Striatotheca* 等典型分子,将其归入环冈瓦纳疑源类古生物区。何圣策(1998)在江汉盆地通海口海 4 井早奥陶世地层发现一些疑源类化石,主要以刺球亚类占优势,还见有多角形亚类、网面亚类、双极亚类及球形亚类,通过与国内外已知早奥陶世疑源类组合的对比,确定该组合所指示的地质时代为早奥陶世阿仑尼格期,其层位与宜昌红花场大湾组相当。

综上所述,尽管我国奥陶纪疑源类研究开展较晚,但经过许多古生物工作者的艰苦努力,已取得长足进展,并已逐步与国际奥陶纪疑源类研究接轨。不过,从已发表成果看,我国奥陶纪疑源类研究基本上还处于化石描述和资料积累阶段,研究地点多集中于扬子地层区,疑源类应用也基本上局限于地层划分对比上。这在一定程度上反映我国奥陶纪疑源类研究工作有待加强。

第三节 国外阿仑尼格期疑源类研究进展

国外阿仑尼格期疑源类研究开展较早,但各地研究程度差别很大,其中以欧洲及北非研究程度最高。

波希米亚阿仑尼格期疑源类研究相当深入。Vavrdová(1965,1972,1973,1982)曾发表一系列有关波希米亚阿仑尼格期疑源类研究的文章,建立了许多后来为人们普遍接受的形

态属,其中,*Coryphidium* 和 *Pirea* 等属的建立具重要的生物地层意义和古生物地理分区意义。1974 年,Vavrdová 根据欧洲疑源类研究成果,提出奥陶纪,特别是早奥陶世阿伦尼格期至兰维恩期欧洲存在两个明显的疑源类生物区:波罗的海疑源类生物区和地中海疑源类生物区;同时指出,波希米亚产出的一些疑源类,如 *Baltisphaeridium klabavense*、*Stelliferidium* (原定名为 *Priscogalea*) 由阿伦尼格阶向兰维恩阶个体体积逐渐变小。1982 年,Vavrdová 又对疑源类生物地理分区作了进一步的讨论。

在英国,Downie 及其学生曾对阿伦尼格期疑源类作了大量研究工作。Downie (1966) 研究 Manx 板岩系的微体化石,认为其时代为特马豆克期晚期至阿伦尼格期。Lister 等 (1969) 根据疑源类组合特征,认为 Skiddaw 板岩系地质时代为阿伦尼格期至兰维恩期。Rasul (1974) 详细探讨了 *Cymatiogalea* 和 *Priscogalea* 的形态特征,对两属的属征作了修订,认为两属最早出现于晚寒武世晚期,在特马豆克期达到顶峰,至兰维恩期消失。Smith (1981) 总结了爱尔兰早古生代疑源类研究成果,建立了爱尔兰寒武纪至中志留世疑源类组合,其中,*Striatotheca*/*Coryphidium* 组合代表爱尔兰阿伦尼格期疑源类组合;同时指出 *Coryphidium* 是阿伦尼格期的良好标准化石,且 *Timofeevia*、*Impluviculus*、*Trunculumarium*、*Dasydiacrodium* 和 *Vulcanisphaera* 可能在阿伦尼格阶底部就已消失。Turner (1982) 在研究英国卡拉道克阶建阶剖面疑源类化石时,发现许多分子,如 *Coryphidium* 和 *Striatotheca* 等是阿伦尼格阶或兰维恩阶疑源类再搬运的产物,使古生物工作者进一步认识到,利用微体化石划分对比地层时,应特别注意是否是原地埋藏的。Downie (1984) 对英国疑源类研究作了总结,列举了各主要分子的地层分布。Molyneux (1987) 研究西南威尔士阿伦尼格期疑源类化石,鉴定出 *Coryphidium*、*Striatotheca* 和 *Barakella* 等重要类型,建立了 7 个疑源类组合,同时识别出一些可能是从特马豆克阶再搬运的分子。然而,他建立的一些组合只根据一个样品,这样建立的组合的普遍意义也就不可避免地受影响了。Molyneux 等 (1988) 研究英国湖区 Watch Hill Grits 地层的疑源类化石,发现了 *Striatotheca*、*Pirea* 等分子,根据疑源类组合特征结合共同产出的笔石,认为该地层时代为特马豆克期末期或阿伦尼格期初期。

法国疑源类研究以 Montagne Noire、Normandy、Brittany 和 Vendeé 四地区开展的最为深入,其研究历史可追溯至 1942 年。Deflandre (1945)、Rauscher (1971, 1974b) 在 Montagne Noire 地区深入研究奥陶纪疑源类化石,总结出该地区阿伦尼格期疑源类以刺球亚类最丰富,且个体较大,双极亚类以 *Arbusculidium filamentosum* 为特征,同时见到 *Striatotheca*、*Coryphidium* 和 *Pirea* 等重要分子,而网面亚类及梭形亚类则较罕见。在该区阿伦尼格阶的一些剖面上,还见到极其丰富的 *Cymatiogalea*、*Stelliferidium* 和 *Vulcanisphaera africana* 等。Cramer & Díez (1979) 曾认为这一组合最有可能代表阿伦尼格期初期或特马豆克期末期疑源类特征。Rauscher (1974a) 总结了法国奥陶纪疑源类研究成果,指出了法国特马豆克期至卡拉道克期疑源类组合特征。

德国阿伦尼格期疑源类最重要的研究成果见 Burmann (1968, 1970, 1973) 发表的一系列文章。她详细描述了德国南部阿伦尼格期至兰维恩期的疑源类化石,建立了具有重要地层意义及生物地理分区意义的属如 *Striatotheca*、*Arkonina* 等,并鉴定出 *Pirea*、*Coryphidium* 等重要类型。

俄罗斯关于阿伦尼格期疑源类研究开展也较深入,1975 年,Umnova 总结了前人的研究成果,在莫斯科盆地建立了奥陶系至志留系的 27 个疑源类组合,但从该盆地阿伦尼格期疑

源类组合面貌看,与西欧或北非同期疑源类面貌差异极大(Cramer & Díez, 1979)。Cramer & Díez(1979)指出,苏联学者对疑源类的分类标准与西方学者有很大差异,且早期发表的文章一般仅提供素描图,故两者对比困难。

意大利阿仑尼格期疑源类研究以撒丁半岛最深入。Albani 等(1985;1989)和 Tongiorgi & Millia(1984)在该地区阿仑尼格阶发现 *Striatotheca*、*Coryphidium* 等化石,证实该地属地中海疑源类生物区。

Martin(1968, 1974, 1977)发表了一系列有关比利时奥陶纪疑源类研究的论文,在阿仑尼格期地层发现 *Coryphidium*、*Striatotheca* 和 *Pirea* 等重要类型。

Ribecai 等(1995)在瑞典阿仑尼格期地层中发现大量保存良好的疑源类化石,该组合以 *Baltisphaeridium*、*Peteinosphaeridium* 及 *Polygonium* 为代表。通过与冈瓦纳边缘区疑源类组合的对比,发现波罗的海疑源类生物区与冈瓦纳边缘疑源类生物区自阿仑尼格期开始存在明显的分异。

据 Jardíné 等(1974)研究,阿尔及利亚阿仑尼格期早期地层首次出现呈三角形的 *Verhachium* 分子,且 *Acanthodiacrodium* (原定名为 *Priscotheca*) 分子,如 *A. striatula*、*A. tumida* 和 *A. raia* 等常见于下伏地层的分子,在阿仑尼格阶继续出现,但 *Vulcanisphaera* 已消失。Cramer 等(1974, 1977)在摩洛哥等地下奥陶统发现大量保存完整的疑源类化石,其中包括 *Coryphidium*、*Pirea*、*Striatotheca*、*Barakella*、*Acanthodiacrodium* 及 *Arbusculidium* 等重要分子,证实北非与西欧阿仑尼格期疑源类组合面貌相似。1976年,Cramer 等又详细研究了摩洛哥鞑德拉(Tadla)盆地 *Coryphidium* 疑源类化石(阿仑尼格期),建立了7个新种,认为该属是阿仑尼格期的重要标准化石。

北美阿仑尼格期疑源类研究开展较少,但也取得一些令人瞩目的成果。Dean & Martin(1978)研究加拿大早奥陶世疑源类化石,在东纽芬兰发现 *Coryphidium*、*Pirea*、*Striatotheca* 等重要类型,证实该地区也属地中海疑源类生物区。

阿根廷早奥陶世疑源类研究开展较少。据 Ottone 等对阿根廷西北部研究表明,该地早奥陶世特马豆克期疑源类分异度较低。

澳大利亚阿仑尼格期疑源类研究也取得一些重要成果。如 Playford & Martin 等(1984)就曾在 Canning 盆地阿仑尼格阶中发现大量保存完整的疑源类化石,并对疑源类的一些属的属征作了修订,同时建立了一些新属。

国外学者在对不断发现的新材料进行研究的同时,对疑源类的分类也做了深入的探索。针对疑源类属种一般地层分布时限较长,有些学者如 Tappan 等早在1971年,就提出用电子显微镜研究疑源类的超显微构造,利用超显微构造对疑源类分类单元进行细分,从而使每一分类单元的范围更窄,这样疑源类每一分类单元的地层分布时限也就更短。

第二章 研究区阿仑尼格期地层

三都地区在地层区划上属江南地层区黔东南分区三都小区(图2-1)。区内出露地层自下而上有前震旦系、震旦系、寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系及第四系。其中奥陶系下统发育完整,中统仅残留下部,上统缺失。除寒武系与奥陶系为整合接触外,其余各系间呈假整合或角度不整合接触。

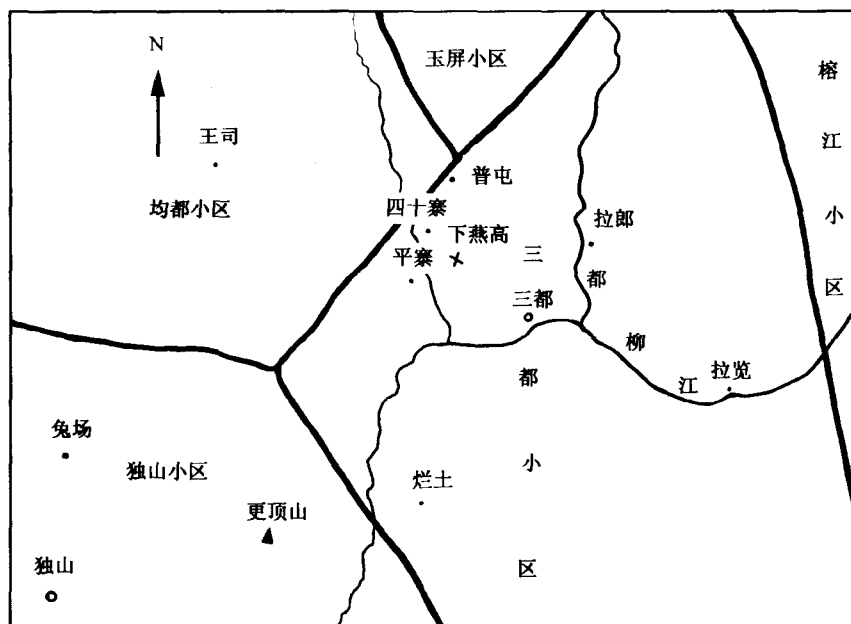


图 2-1 三都及其邻区地层划分示意图(1: 50 万)

(根据贵州省地层古生物工作队,1997 及贵州省地质局,1987 年综合)

Fig. 2 - 1 Schematic diagram of stratigraphic subdivision in Sandu area

第一节 阿仑尼格期地层发育概况

研究区内,阿仑尼格期地层称同高组,与上覆牯牛潭组、下伏锅塘组均呈整合接触。按岩性,同高组可分为下燕高页岩段和杨能寨段。下燕高页岩段以黄绿色、蓝灰色粘土页岩、泥岩及粉砂岩为主,产笔石、三叶虫、腕足类及腹足类等大化石。李积金、陈旭(1962)曾在命名地点的同高组剖面(相当于本书的下燕高页岩段)中建立了 *Etagraptus approximatus* 笔石带和 *Didymograptus filiformis* 笔石带。贵州省地质局(1987)在下燕高页岩段中还见到 *Didymograptus deflexus*、*D. eobifidus*、*D. abnormis*、*D. filiformis*、*Etagrptus* sp. 等化石;贵州省地

层古生物工作队在下燕高附近本段中见到 *Azygograptus* sp. 等(赖才根,1982);迄今,下燕高页岩段自下而上已划分出 *Etagraptus approximatus* 笔石带、*Didymograptus filiformis* 笔石带、*D. eobifidus*/*D. Deflexus* 笔石带和 *Azygograptus suecicus* 笔石带(贵州省地质局,1987)。杨能寨段岩性以灰绿色、灰白色钙质细砂岩为主,夹有少量的黄绿色粉砂质泥岩,大化石较少见,局部偶见少量的笔石、三叶虫、腕足类及腹足类等大化石。其中已发现了 *Glyptograptus austrodentatus* 等重要化石,肯定了 *Glyptograptus austrodentatus*(N₇) 笔石带的存在。

同高组主要分布于烂土—更顶山一线以北(图2-2),地层大致近南北向展布。在横向上最突出的特征是厚度、岩性变化极大。三都大塘附近同高组因受剥蚀,厚度最小,仅为271.5 m(贵州省地层古生物工作队,1977),而下燕高、十字路一带同高组发育最好,保存厚度也最大,达600.4 m。据野外追索,同高组岩性由南向北钙质组分逐渐增加,至四十寨附近相变为扬子地层区沉积序列的红花园组及大湾组。

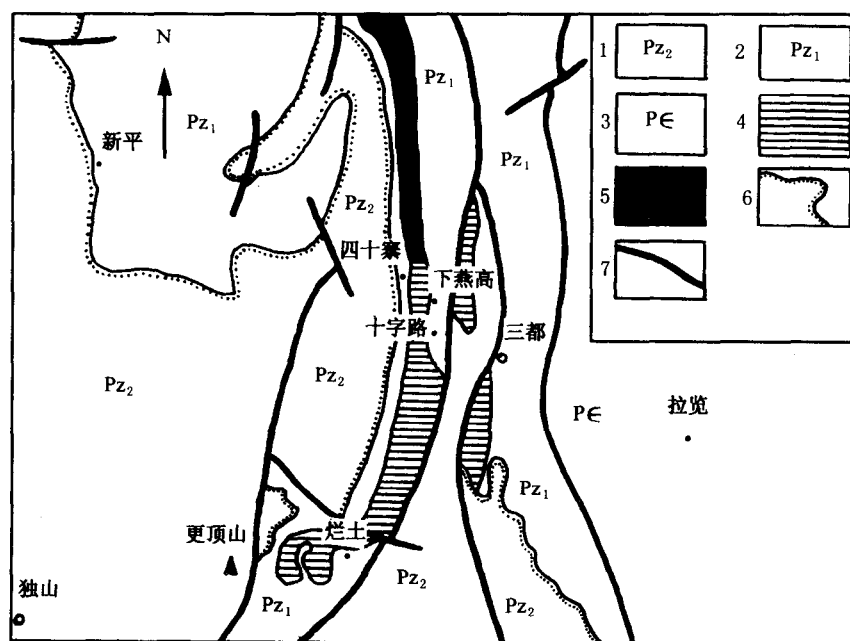


图2-2 三都地区阿伦尼克期地层(同高组)分布图(1: 50万)

1——上古生界;2——下古生界;3——前寒武系;4——同高组;
5——红花园组及大湾组;6——不整合界面;7——断层

Fig. 2-2 Distribution of Arenigian Tonggao Formation in the Sandu area

据前人研究,阿伦尼格期本区西北方向上存在着黔中隆起(刘向,1990),往东南方向经本地区至湘黔桂边境,岩性岩相由底栖生物、浅海碳酸岩沉积→浮游生物为主、见少量底栖生物的碎屑沉积→复理石笔石页岩相的广海盆地沉积(贵州省地质局,1987)。因此,作者认为阿伦尼格期本区为台地边缘沉积环境,其沉积物主要来自西北方向的黔中隆起。

第二节 地层剖面

三都地区下燕高同高组剖面位于三都县城西北约 7 km 处,是同高组保存最完整,研究最深入的剖面。该地同高组地层大致呈南北向展布,露头连续,植被不十分发育,早在 1965 年,贵州 108 地质大队就对该剖面作了研究(赖才根,1982)。后人在详细研究本剖面的基础上建立了本区阿仑尼格阶下部完整笔石带(贵州省地质局,1987)。近年来,贵州省区域地质调查大队、贵州省 104 地质大队又在该剖面系统采集大化石,对该剖面作了深入研究。作者在前人研究的基础上,于 1992 年和贵州省地矿局 104 地质大队黄杰文同志对下燕同高组剖面进行详细测制,其中大化石资料由黄杰文同志提供。现将剖面介绍如下(图 2-3):

上覆地层:牯牛潭组(O_1gn)灰绿色灰岩,产头足类化石;*Dideroceras peiyangense*、*Chisiloceras changyangense*、*Michelinoceras* sp. 等。

——整合——

同高组(O_1t)	606.4 m
杨能寨段(O_1t_2)	253.6 m
25. 灰绿色厚层钙质细砂岩与薄层钙质细砂岩互层	3.2 m
24. 灰白色薄层钙质细砂岩,偶见灰岩透镜体,沿层面见较多的云母	13.8 m
23. 灰绿色薄层泥质细砂岩夹钙质细砂岩、砂岩。产笔石 <i>Glyptograptus austrodentatus</i> , <i>G.</i> sp., <i>Tetragraptus</i> sp.; 三叶虫 <i>Metayupingia</i> ? sp.; 腕足类 <i>Orthidae</i> ; 此外还见腹足类碎片	125.4 m
22. 灰绿色含云母粉砂岩夹薄层钙质细砂岩。见少量疑源类化石	24.4 m
21. 暗灰绿色钙质细砂岩	41.1 m
20. 灰绿色薄层细砂岩夹黄绿色粉砂质泥岩,见腕足类碎片	34.0 m
19. 暗灰色薄层细砂岩,局部见钙质砂岩透镜体,见疑源类碎片	11.7 m

——整合——

下燕高页岩段(O_1t_1)	352.8 m
--------------------	---------

18. 黄绿色、暗紫色粉砂质泥岩,大小约 1.5 mm 的绿泥石呈星点状分布,白云母常见,通常沿层面富集,未见大化石。本层产大量疑源类化石:*Acanthodiacrodiu castatum*, *A. ignoratum*, *A. latum*, *A. tadlense*; *Adara denticulata*; *Arbusculidium filamentosum*; *Baltisphaeridium granosum*, *B. hirsutoides*; *Comasphaeridium lasios*; *Coryphidium almoadilla*, *C. bohemicum*; *Dasydiacrodium tremadocum*; *Gyalorhethium*? *rarispiniferum* sp. nov.; *Leiofusa berneseae*; *Leiosphaeridia linbacki*; *L. tenuissima*; *Leiovalia* cf. *oblonga*; *Lophosphaeridium citrinum*, *Lo. endenense*; *Macroptycha uniplicata*; *Michrystidium* ? *acuminosum*, *M. radians*, *M. stellatum*; *Multiplicisphaeridium inconstans*, *M. irregulare*; *Ordovicidium heteromorphicum*; *Petaloferridium bulliferum*, *P. florigerum*; *Peteinosphaeridium trifurcatum*; *Pireia capitulifera*; *Polygonium dentatum*, *P. gracile*, *P. naliukini*; *Pterospermella radiata*, *P. cuboides* sp. nov.; *Steriferidium furcatum*; *Striatotheca principalis*, *S. rarrinugulata*, *S. transformata*, *S. sanduensis*; *Veryhachium hamii*, *V. lairdi*, *V. trapezonarion*, *V. trispinosum*

43.2 m

17. 灰绿色含白云母粘土质粉砂岩,云母沿层面富集,产三叶虫;*Lonchocomas*? sp., *Metayupingia*? sp.; 笔石:*Didymograptus* sp.; 腕足类:*Orthis* sp., *Sinorthis* sp. 等。疑源类:*Acanthodiacrodiu constrictum*, *A. costatum*, *A. tadlense*, *A. vavrdova*; *Arbusculidium filamentosum*; *Baltisphaeridium filiosum*; *Coryphidium australe*, *C. bohemicum*; *Leiosphaeridia linbacki*; *L. minuta*, *L. tenuissima*; *Leiovalia* cf. *ovalis*; *Lophosphaeridium citrinum*; *Michrystidium* ? *acuminosum*, *M.*

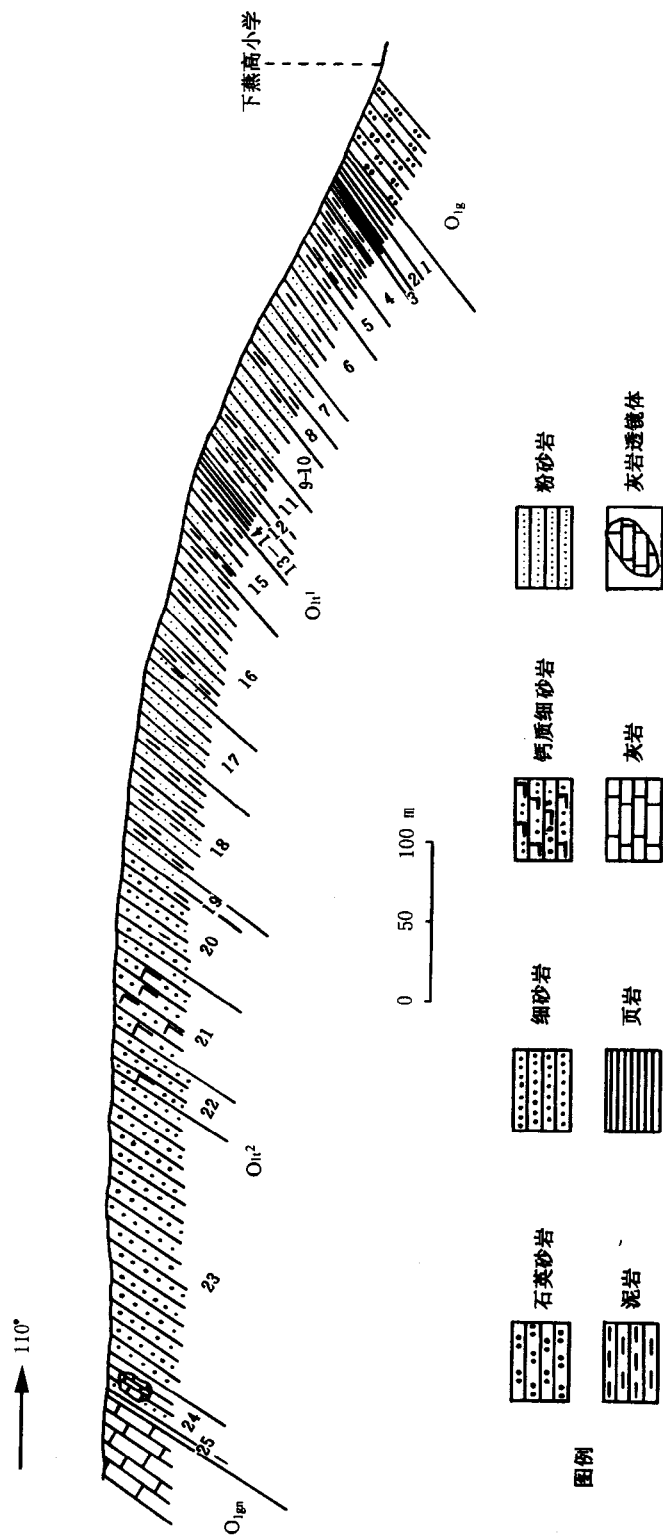


图2-3 三都地区下燕高同高组实测剖面图
Fig.2-3 Profile of the Tonggao Formation in Xiayangao, Sandu area