

浙西、湘西及陕南寒武 纪至早奥陶世的高肌虫

舒 德 干

CAMBRIAN AND
LOWER ORDOVICIAN
BRADORIIDA FROM
ZHEJIANG, HUNAN
AND SHAANXI
PROVINCES

西北工业大学出版社

浙西、湘西及陕南寒武纪至早奥陶世 的高肌虫

舒 德 干

(由国家教委优秀青年教师基金会资助)

西北大学出版社

内 容 提 要

在《中国南部寒武纪高肌虫》的研究基础上,将我国南方高肌虫的地域分布从扬子区的西、中部扩大到过渡区和江南区;其地层分布范围也由原来已知的三个阶扩展到从下寒武统至下奥陶统的八个阶。陕西镇巴小洋早寒武世动物群的过渡特征为解决扬子西、中两个分区的地层对比提供了可靠的证据。基于种群结构的恢复,可以看出,不同属种的高肌虫具有不同的个体发育特征及性双形特征。借助扫描电子显微镜,较详细地观察了部分高肌虫的显微构造特征,将其壳壁构造划分为五型十式,将壳面微饰归纳为七大类型十六种形态。在比较高肌虫类与介形类壳体的基本构造特征之后,本书提出高肌虫类在分类级别上应该高于介形类;介形类只不过是高肌虫类下的一个分支。书中描述了始足超目高肌虫三个目,六个超科、十二个科、三十二属、四十五种,其中有二新超科四新科,十七新属、三十八新种。

浙西、湘西及陕南寒武纪至早奥陶世的高肌虫

舒德干 著

※

责任编辑 雷援朝

西北大学出版社出版发行

(西安市太白路)

新华书店经销 陕西省印刷厂印刷

•

787×1092 1/16开本 6.5印张 154千字 图版20幅

1990年4月第1版 1990年4月第1次印刷

印数: 1—1,000

ISBN 7-5604-0119-8/P·6 定价8.00元

序

《浙西、湘西及陕南寒武纪至早奥陶世的高肌虫》是舒德干的博士学位论文，这是继《中国南部寒武纪高肌虫》之后，我国又一部关于高肌虫研究的重要论著。作为指导教师，我热诚地向读者推荐这本著作。

我国南方是世界上高肌虫化石最为丰富的一个地区，研究工作也最深入。但以往的研究还存在着一定的局限性，偏重于宏观观察和外部形态学描述，对碎屑岩中保存的一些个体较大、易于观察的化石研究较多，而对灰岩中个体微小、不易观察的类别研究较少。由此，又形成了我国南方高肌虫研究在时域和地域上的局限性。过去我国南方已知的高肌虫化石，除海南岛中寒武统徐庄阶发现少数属种外，其余全部集中在扬子区，而且只见于下寒武统的筇竹寺阶和沧浪铺阶。1985年，根据世界高肌虫的总体时空分布规律，作者提出我国南方江南区和过渡区这些高肌虫研究的空白区不一定没有高肌虫分布，愿意以他的深入工作去填补这一研究空白。我欣赏他的胆识，积极支持他到空白区去探索。经过艰苦的野外和室内工作，终于取得了可喜的成果，不仅扩大了我国南方高肌虫研究的地域，其研究时域也由原来中、下寒武统的三个阶扩充到下、中、上寒武统及下奥陶统的八个阶，使我国南方高肌虫时代分布序列趋于完备。特别值得提出的是，作者对陕西镇巴地区和湘西过渡区高肌虫的研究，为探讨及解决不同地理区的地层划分对比问题提供了重要依据，从而在寒武纪生物地层学以及探求板块运移规律方面都有重要意义。

本书的另一特色是利用扫描电镜对高肌虫的壳壁构造和显微壳饰进行了精细的观察研究，分别总结了五型十式和七型十六种形态，在高肌虫研究领域开拓了一个新方向，对高肌虫系统分类学提供了更为科学的依据。

作者利用酸蚀法处理得到的大量高肌虫化石标本，运用种群力学的研究方法深入探讨了高肌虫的个体发育和性双形变化的规律，论证较充分，结论可信。

高肌虫的系统分类是本书研究的重点之一，也是古生物学界长期争论的一个问题。作者对高肌虫的分类位置及其与介形虫的演化关系提出了自己的新见解，认为介形虫应隶属于高肌虫亚纲，有一定的实际资料为据，言之成理。我希望能够引起古生物学界的关注，鼓励和支持进一步的研究。

本书描述了高肌虫6超科、12科、32属和45种，其中新超科2个，新科4个，新属17个，新种或新亚种38个。在前人分类基础上，作者对高肌虫分类进行了补充修正，提出了新的始足超目的系统分类方案。丰富了高肌虫的研究内容，使我国高肌虫的研究水平有所提高。

本书材料丰富，结构合理，观点明确，重点突出，立论有据，论证充分，有创见和新意，富有说服力；研究方法先进，文字洗练，图表精美。作为博士学位论文，曾受到答辩委员会很高的评价。

本书的完成，前后不过两年时间。为我国江南区和过渡区高肌虫化石及其生物地层学的研究以及高肌虫显微构造的研究作了一个很好的开端。今后若能继续这些方面的工作以及高肌虫生物地理学和分类学研究，定会取得更为可喜的成果。

每当学生能取得一些成绩，我总感到一种由衷的欣慰和喜悦，因为从这些成绩可以看到，我国青年古生物工作者的茁壮成长和古生物地层学研究的光辉前景。未来属于青年，成功属于那些锲而不舍的人们。这就是我在这篇短序中要说的最后一句话。

郝诒纯

1988. 9. 19

目 录

序.....	(I)
第一章 引言.....	(1)
第二章 地层、沉积环境及动物群特征.....	(5)
一、陕西镇巴小洋剖面.....	(5)
二、浙江江山雅边剖面.....	(11)
三、湖南桃源县瓦儿岗剖面及慈利县沈家湾剖面.....	(14)
第三章 高肌虫的个体发育及性双形.....	(17)
一、个体发育的研究方法.....	(17)
二、部分高肌虫的个体发育及性双形特征.....	(20)
第四章 高肌虫的壳体构造及显微构造特征.....	(24)
一、毛细孔构造.....	(24)
二、钙化囊构造.....	(25)
三、壳壁构造.....	(27)
四、显微壳饰.....	(30)
第五章 高肌虫的系统分类.....	(34)
一、高肌虫在甲壳纲内的地位.....	(34)
二、高肌虫亚纲的系统分类及演化关系.....	(38)
第六章 系统描述.....	(42)
甲壳纲 Crustacea Pennant 1777.....	(42)
高肌虫亚纲 Bradoriida Raymond 1935.....	(42)
始足超目 Archaeocopida Sylvester-Bradley 1961.....	(42)
缺腹目 Lipabdomida Huo et Shu 1983.....	(42)
具腹目 Abdomida Huo et Shu 1983.....	(64)
磷足目 Phosphatocopida Muller 1982.....	(65)
英文摘要 (Summary)	(72)
主要参考文献.....	(79)
跋	(86)
图版说明及图版.....	(89)

Contents

PREFACE

CHAPTER I. INTRODUCTION

CHAPTER II. STRATIGRAPHY, SEDIMENTARY FACIES AND FAUNAS

1. Geological section of Xiaoyang, Zhenba, Shaanxi Province
2. Geological section of Duibian, Jiangshan, Zhejiang Province
3. Geological sections of Shenjiawan, Cili and Waergang, Taoyuan, Hunan Province

CHAPTER III. ONTOGENY AND DIMORPHISM OF BRADORIIDA

1. Methods of study of ontogeny
2. Ontogeny and dimorphism of some bradoriids

CHAPTER IV. STRUCTURES AND MICROSTRUCTURE OF BRADORIID SHELLS

1. Pore canals
2. Duplicatures
3. Structures of test walls
4. Microstructures on valves

CHAPTER V. CLASSIFICATION OF BRADORIIDA

1. Biological Position of Bradoriida in the Class Crustacea
2. Classification of Bradoriida and its Phylogeny

CHAPTER VI. SYSTEMATIC DESCRIPTION

Class Crustacea Pennant 1777

Subclass Bradoriida Raymond 1935

Superorder Archaeocopida Sylvester--Bradley 1961

Order Lipabdomida Huo et Shu 1983

Order Abdomida Huo et Shu 1983

Order Phosphatocopida Muller 1982

ENGLISH SUMMARY

REFERENCES

POSTSCRIPT

PLATES AND THEIR EXPLANATIONS

第一章 引言

高肌虫是一种古生代早期分类位置尚未完全确定的甲壳动物,它们广泛分布在欧洲、北美、澳洲及亚洲寒武纪至早奥陶世海相沉积中。目前已发现的属及亚属数已超过100,种及亚种近500个。其中,近半数集中分布在我国西南地区。因而,我国南方是对高肌虫类进行深入研究,进而探索早期双瓣壳甲壳动物起源及其谱系演化的良好地区。自从T. R. Jones 1856年首次描述高肌虫类化石以来,已有130多年的研究史了。但总的说来,研究程度不高,缺乏系统的综合和对基本理论的深入探讨,尤其缺乏对内部构造及显微构造的研究。我国的高肌虫研究,除本世纪初C. D. Walcott等人一些零星工作之外,真正大规模工作,还是在全国解放以后,尤其是自1978年以来,在霍世诚教授等人的直接组织安排下,西北大学地质系投入大批人力物力对我国西南数省的高肌虫化石进行了系统的采集和整理。经过多年的努力,一部综合性较强的关于我国南方高肌虫的研究专著问世了。该书除了搜集、描述我国南方240余种高肌虫化石外,还对一些基本理论问题进行了较深入的探讨,这为今后进一步深入工作奠定了良好基础。

但是,由于某些历史原因,使这部专著又明显存在着一些有待完善和提高的地方,这主要体现在过去我国南方高肌虫研究的一些局限性上。首先,是地域上的局限性。我国南方寒武系自西北向东南依次可划分为三个主要地层区:扬子区、江南区及珠江区;此外,在扬子区与江南区之间还有一个过渡区,即相当于过去所说的扬子区东分区。以往我国南方发现的高肌虫,除海南岛崖县一些属种之外,全部集中在扬子区的西部和中部;过渡区(即扬子东分区)及江南区为高肌虫研究的空白区;珠江区为巨厚的复理石或类复理石建造,化石极罕见,不大有发现高肌虫的可能。过去高肌虫研究的另一局限性体现在已知高肌虫的时域分布范围上。世界上高肌虫从下寒武统至上寒武统都有发现,有些地区还见于早奥陶世地层。而在我国南方,尽管集中了世界上半数以上的高肌虫属种,但在从下寒武统底部梅树村阶(大体相当于托马特阶)至奥陶系底部新厂阶(相当于特马豆克阶)共十个阶中,只在三个阶中发现有高肌虫,其余七个阶为空白。

在我国南方扬子西分区(即滇东—川西—陕西南区)和扬子中分区(即贵州—川东—陕东南—鄂西区)以外的其他地域是否有高肌虫存在?在筇竹寺阶、沧浪铺阶及中寒武统底部以外的地层中到底有没有出现高肌虫的可能?要回答这个问题,是本文的一个重要内容。为此,笔者在过渡区的湘西桃源县与慈利县交界地区选择了两条相邻剖面,在江南区的浙西江山选择碓边剖面做为工作区。卢衍豪教授、杨家驊老师及彭善池同志曾先后在这些地区进行过较深入的三叶虫及有关地层的研究工作;这样,就为这里的高肌虫研究提供了许多方便。

此外,扬子西分区和中分区下寒武统下部尽管都富含三叶虫及高肌虫,但两者动物群面貌迥然不同,因而在两分区下寒武统下部地层对比问题上长期争论不休,莫衷一是。笔者试图在这方面做些探讨,便在这两个分区的交界地带的陕西镇巴县选择了小洋

剖面做为工作区。小洋剖面自震旦系至中寒武统连续发育，许多单位在这里做过宗旨各异的工作；1983年，笔者曾描述过他人采自这里的高肌虫化石，1984年霍世诚教授的研究生同号文又在这里做过高肌虫专题研究，但他的工作仅局限于化石丰富的水井沱组中段，其上、下层位都没有涉及。

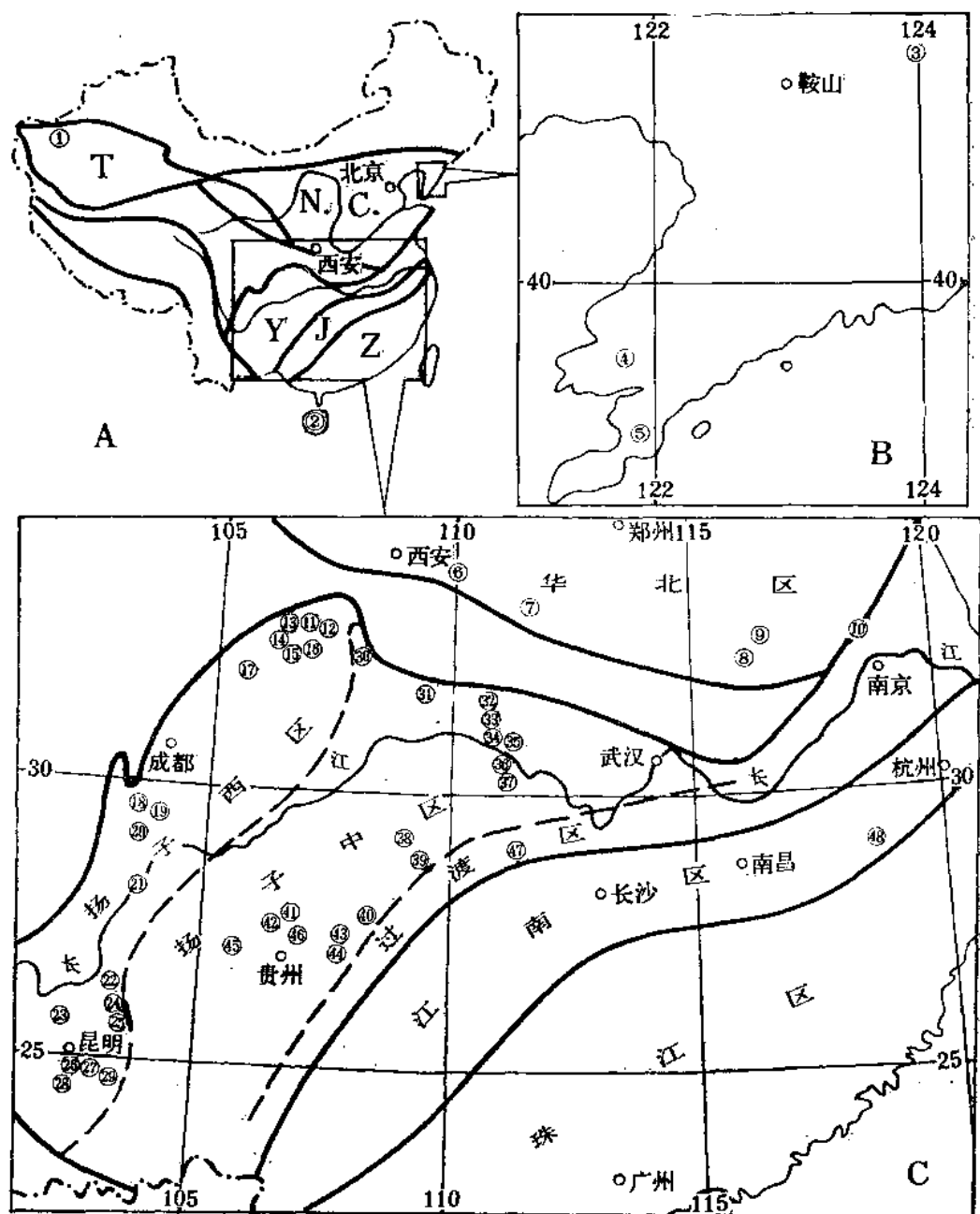


插图1 我国高肌虫产地分布图

①—⑳为高肌虫化石产地，其中产地②、③、④为本文工作区；⑤代表陕西镇巴小洋剖面，⑥代表湘西沈家湾及瓦儿岗剖面，⑦为浙西碓边剖面。图A中各大写英文字母分别表示寒武系不同地层区，T——塔里木区；N.C.——华北区；Y——扬子区；J——江南区；Z——珠江区。

1985年夏，笔者在陕西镇巴县小洋重新测制了下寒武统剖面，在浙西和湘西分别验测了前人测制的碓边、沈家湾及瓦儿岗的中寒武统至下奥陶统下部的剖面（插图1）。并系统地采集化石标本。1986年夏，笔者重赴浙西、湘西及陕南补采许多标本，经室内大量酸蚀处理，分离出丰富的高肌虫、盘虫类三叶虫、放射虫、牙形石、腕足类、多门类小壳化石、古杯、虫颚等化石标本。

陕西镇巴的高肌虫不仅个体数量多，有些种的标本达数百枚，而且分异度较高。跟三叶虫动物群一样，这里的高肌虫兼有扬子西分区和中分区的特色，为两个分区早寒武世早期地层对比提供了可能。除了在水井沱组及石牌组顶部见到较多高肌虫之外，更有意义的是在原水井沱组之下，曾被认为是震旦系灯影组顶部的一段地层内不仅发现了许多腕足类及小壳化石，而且获得不少完美的高肌虫化石。与此同时，西安地质学院汪明洲老师还采获一块三叶虫（关阳虫）化石。于是，有必要对这段含丰富带壳化石地层进行重新划定和命名。汪明洲将这段地层命名为火烧店组，笔者认为，暂称之为火烧店段，并置于水井沱组内的下部更为适宜。

浙西和湘西从中寒武统至奥陶系底部都发现有高肌虫化石，数量和种属虽不算多，但从张夏阶至下奥陶统的新厂阶之间的五个阶都有代表。即是说，我国南方从下寒武统至下奥陶统含高肌虫地层由原来已知三个阶增加到八个阶（插图2），这就填补了我国

地 层 地 域		过去的工作	本 文 的 工 作		
		扬 子 区	扬 子 区 (镇 巴)	过 渡 区 (湘 西)	江 南 区 (浙 西)
O ₁	新 厂 阶				
Є ₃	凤 山 阶				
	长 山 阶				
	嵩 山 阶				
Є ₂	张 夏 阶				
	徐 庄 阶	海南岛			
Є ₁	龙王庙阶				
	沧浪铺阶				
	筲竹寺阶				
	梅树村阶				

插图2 我国南方高肌虫地域、地层分布简表

南方高肌虫研究上在时域及地域分布上的一大块空白。镇巴早寒武世早期海洋潮下带静水弱还原环境下原地保存了高肌虫大量壳体，包括从卵、各期幼虫直至成年期的大小不等的蜕壳序列，为研究它们的个体发育提供了良好的基本素材，通过扫描电镜详细观察采自浙江、湖南及陕西高肌虫壳体的显微构造，除发现浙西虫科的毛细孔之外，还建立了五型十式壳壁分层结构及七型十六类壳面显微装饰。文章还重点讨论了高肌虫的系统分类，提出了介形类应归属高肌虫类的主张，同时还建立了一些新科。显然，抓住比壳体外部形态特征更能反映生物之间固有的亲缘关系的壳体内部构造特征及显微构造特征进行分类，更能揭示各生物谱系间的自然关系。

此外，本书还描述了笔者先前采自贵州、云南及陕南的部分高肌虫及其他甲壳类化石，尤其是同足类附肢的发现，应属我国古老甲壳动物化石的珍品，其精美程度可与北美著名的中寒武统布尔吉斯页岩中的化石媲美。

本书共描述高肌虫6超科、12科、32属45种，其中有1新亚目、2新超科、4新科、17新属、38新种。

文内有插图46幅，文后附照相图版20幅。

第二章 地层、沉积环境及动物群特征

本文工作的三个地区（陕西镇巴、湖南桃源、慈利交界地区及浙江江山地区）彼此相隔千里以上，分别归属不同的地层分区，沉积特征及动物群特征不尽相同，分别介绍如下。

一、陕西镇巴小洋剖面

（一）剖面简介

该剖面位于扬子地层区中分区西北部边缘，与西分区相邻（插图3）。其地理坐标为东经 $107^{\circ}57'$ ，北纬 $32^{\circ}29'$ 。剖面位于小洋村东北约2公里处，沿公路呈近东西向水平展布，工作及参观都十分方便。这里寒武系尽管上、中、下三统都有发育，但中、上寒武统为砖红色及灰白色中层或厚层状结晶白云岩，极少化石，没有详细测制。下寒武统中下部富含多门类化石，高肌虫化石尤富，实测剖面如插图4。

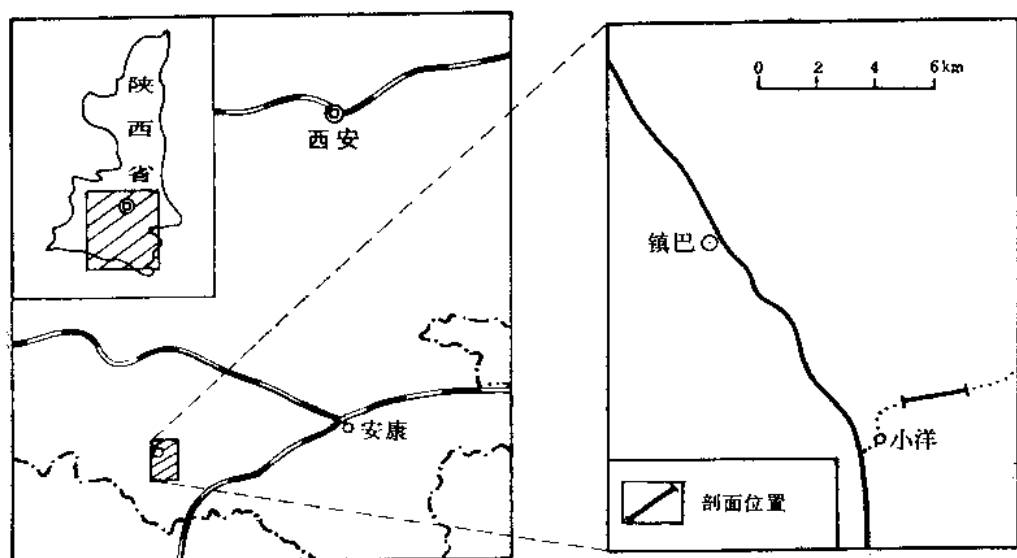


插图3 陕西镇巴县小洋剖面位置图

中寒武统：石溪河群：砖红色至灰白色结晶白云岩夹粉砂岩、细砂岩。

厚约290m

——整合——

下寒武统：

石龙洞组：

142.2m

11. 含泥质层纹状泥晶灰岩、泥晶砂屑灰岩，泥晶藻灰结核灰岩夹白云质灰岩，少量亮晶鲕粒灰岩及迭层石灰岩。

106.4m

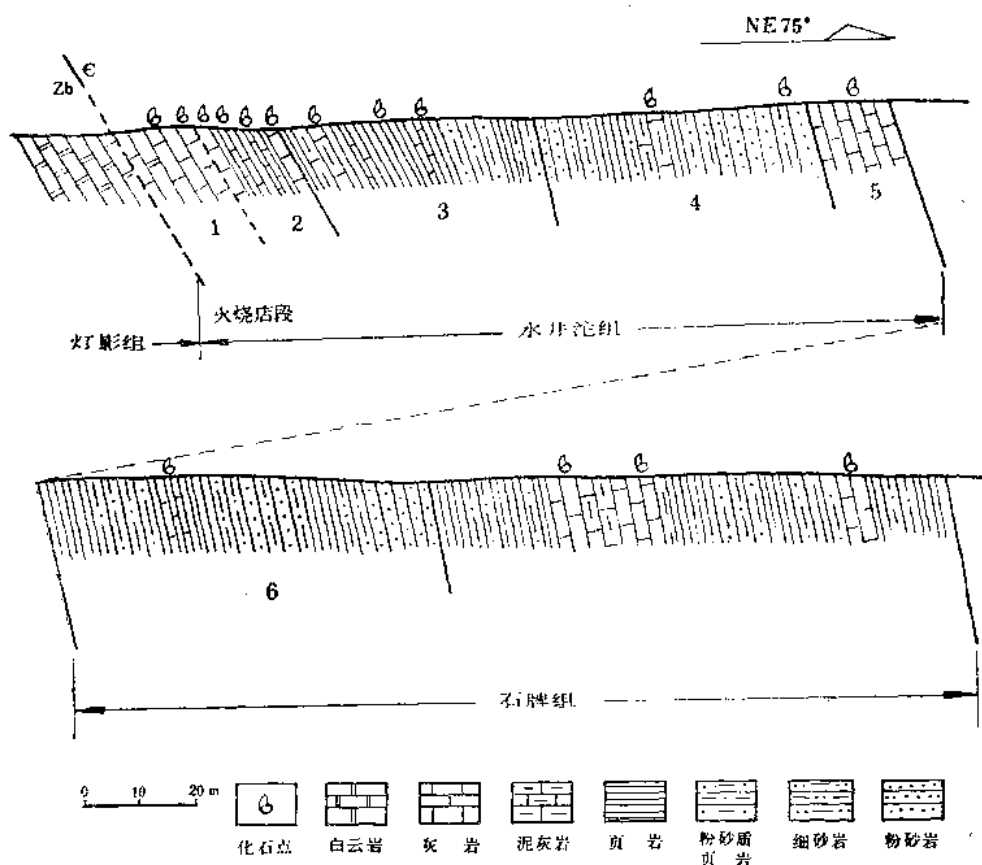


插图 4 镇巴县小洋下寒武统中、下部实测剖面

- 三叶虫: *Hoffetella intermedia*, *H. magna*
10. 黑色厚层灰岩, 深灰色泥质斑纹灰岩。 35.8m
——整合——
- 天河板组: 52.3m
9. 钙质粉砂质泥岩, 钙质页岩夹串珠状灰岩及古杯灰岩透镜体。 28.3m
三叶虫: *Megapalaeolenus* sp. 古杯: *Retecyathus tubus*
8. 粉砂质泥岩、钙质页岩和泥晶灰岩, 粉砂质白云岩。 24m
——整合——
- 石碑组: 136.5m
7. 粉砂质页岩、页岩、泥质斑纹状微晶灰岩。 75m
三叶虫: *Palaeolenus* sp. 古杯: *Archaeocyathus* sp.
高肌虫: *Alutella duplicata* sp. nov.
6. 粉砂岩、细砂岩为主, 少量页岩、泥晶灰岩及亮晶灰岩。 61.5m

古杯: *Coscinocyathus liangshuijingensis*

——整合——

水井沱组:

113.4m

5. 浅灰色灰岩。上部灰岩为中层状, 主要为古杯灰岩, 下部厚层状, 具假鲕。

13m

古杯类: *Coscinocyathus liangshuijingensis*

三叶虫: *Szechuanaspis longispinus*, *Hupei-discus* sp.

4. 灰黑色石英细砂岩、粉砂岩。

43.5m

三叶虫: *Zhenbaspis* sp., *Szechuanaspis planus*.

3. 钙质页岩、粉砂岩、白云质粉砂岩, 下部夹数层薄层灰岩及泥灰岩, 含丰富的多门类化石。

40.7m

高肌虫: *Zepaera primitiva*, *Alutella duplicata*, *Pseudodahebaella striata*, *Tsunyiella noda*, *Pseudobashanella striata* 三叶虫, *Shizhiudicus* sp., *Zhenbaspis* sp. *Guizhoudiscus* sp.

此外, 还有双瓣壳状褐色虫类放射虫, 无铰纲腕足类及多门类小壳化石。

2. 黑色透镜状、串珠状薄层灰岩及泥灰岩, 夹少量黑色页岩。化石极丰富。7.9m

高肌虫: *Kunmingella xiaoyangensis*, *K. fusuna zhenbaensis*, *Parakunmingella naviformis*, *Kunmingelloides bulbosus*, *Alutella duplicata*, *Dabashanella hemicyclica*, *D. tenuis*, *D. erecta*, *D. retroswina*, *Parahoulongdongella bashanensis*, *Beyrichona rotunda*, *B. chinensis*, *Pseudobeyrichona longquanxiensis*, *Liangshanella liangshanensis*, *L. cf. minuta*, *Eohesslandona usualis*, *Taociella shaanxiensis*.

三叶虫: *Shizhudiscus* sp. *Zhenbaspis* sp.

此外, 还有许多放射虫, 腕足类及小壳化石。

-----平行不整合-----

火烧店段:

8.5m

1. 下部为灰质白云岩、上部为白云质灰岩。

8.5m

产三叶虫、高肌虫、腕足类及小壳化石。

高肌虫: *Haoia shaanxiensis*, *H. primitiva*, *Eotuzoia minima*, *Indiana* sp., *Dielymella* sp., *Mononotella? viviosa*

三叶虫: *Kuanyangia pustulosa*, *Mianxiandiscus* sp.

-----平行不整合-----

震旦系灯影组: 硅质白云岩。

(二) 沉积环境简析

火烧店时(水井沱期早期): 这是寒武纪之初的早期, 紧接梅树村期之后。从火烧

店段与下伏及上覆地层皆为平行不整合接触看，显知它上下都缺失一部分地层。小洋剖面的火烧店段为一套潮坪碳酸盐沉积，由白云质灰岩及灰质白云岩组成，下部白云质较富。岩石呈厚层状，灰色，富海绿石，具波状层理，有小型冲蚀洼坑。该段下部产的开腔海绵骨针有时能完整保存，但上部的骨针皆多呈分散状保存；上部含大量腕足类碎片，然极难找到一枝完整的腕足壳体；其他小壳化石表面还常见磨蚀现象。因此，火烧店时为潮下低能至中能相带，向上水动力加强。

水井沱中、晚期：水井沱组火烧店段紧靠上一段为黑色页岩与薄层灰岩互层，炭质成分较多，常见黄铁矿颗粒。以微细层理为主，每厘米厚度内微细层纹可达18—20层，赋存大量高肌虫、古盘虫、放射虫、腕足类及小壳化石。高肌虫及古盘虫从微小幼体至成虫在同一岩样中出现。高肌虫大多为两瓣壳闭合保存，幼体古盘虫头尾对折卷曲的标本大量出现，表现为未经搬运的原地化石群落特征。共生的放射虫、腕足类及小壳化石也都保存完好，无磨蚀现象。显然，小洋这时期的环境为弱还原滞流海或有屏障海。水井沱组中部向上颜色逐渐变浅，黄铁矿颗粒明显减少或缺失；岩层以薄至中层为主；水平层理、波状层理、透镜状层理及砂纹斜层理交互出现；层面上可见波痕及冲刷构造；化石破碎率大大增加。所有这些反映了小洋当时的潮下低能环境特征，时而代以中能现象。水井沱晚期海水动力进一步加强，以中能至高能相带为特征；岩层以石英砂岩为主，其上为灰色鲕粒灰岩层或透镜体；以波状层理为主，间以斜层理；化石较少，且多破碎。

总之，水井沱期（除火烧店时外）呈现明显的由滞流水体至高能水体的单向变化。

石牌期：石牌组从总体上看，主要由陆源碎屑沉积组成，夹以少量古杯灰岩补丁礁。小洋石牌组下部沉积较粗，主要由含泥质杂砂岩和粉砂岩组成，夹少量泥晶灰岩，亮晶生物碎屑灰岩，兼有水平层理，波状层理及斜层理。所产三叶虫及软舌螺化石受明显的分选、磨蚀改造作用。于是，这很可能代表一种前三三角洲相至朝下中能相。石牌组上部主要为粒度较细的粉砂质页岩、泥质粉砂岩、夹以少量微晶灰岩，兼有水平层理、波状层理及透镜状层理；层面上有波痕，见有水平虫孔；保存的高肌虫及三叶虫化石较为完整。因之为典型之潮下低能相带。值得注意的是，石牌期后半期虽仍以陆源碎屑为主，但也夹有不少灰岩、泥灰岩、其中有古杯类发育；在邻区的紫阳、城口，其灰岩比率加大，表明从此时开始，陆源物质供应减少，海水逐渐变清，反映该海体西北方的古陆、岛链地形高差不断减少，渐趋夷平之势。

（三）动物群分析

这里着重讨论两个问题，一是小洋剖面早寒武世早、中期动物群与典型的扬子西分区动物群及典型的扬子中分区动物群的横向对比关系，二是该动物群随时间推移而发生的纵向变化。

1. 横向对比关系：扬子西分区与中分区虽然紧相邻接，但由于沉积环境的不同，造成其动物群面貌迥异，两者间的共有分子极少。西分区的三叶虫以多节类为主，筇竹寺期以 *Eoredlichia-Wutingaspis* 组合为基本代表，古盘虫类只有 *Mianxiandiscus* 等少数属种；高肌虫类极为丰富，壳体较大，以昆明虫科为主体，演化十分迅速。筇竹寺阶自下而上可明显划分为五个高肌虫化石带，它们在滇东、川西及陕南之西部广泛适

用。中分区多节类三叶虫相对减少，而古盘虫类大量增加，且分异度高。高肌虫也比较发育，但不见昆明虫科分子，而以前尖虫科的遵义虫亚科及奥皮克虫科为主要代表，也有不少磷足类分子。小洋剖面水井沱组含有丰富的高肌虫及三叶虫化石，其主要属及其与中、西两分区典型代表属的对照关系见插图 5。从该图可以看出，小洋剖面与扬子中分区高肌虫及三叶虫的共有率很高，几乎所有的中分区典型属都能在小洋剖面找到代表。扬子西分区与小洋剖面的高肌虫及三叶虫之共有率虽不如前者高，但扬子西分区最主要的带化石或标准化石在小洋都很丰富：高肌虫有昆明虫属等，三叶虫有始莱德里基虫、关阳虫及勉县盘虫等。于是作为过渡地区，小洋剖面将为中、西两分区的横向对比提供重要信息。

插图 5 小洋剖面水井沱期主要高肌虫与三叶虫典型属与扬子中、西分区对照表

西分区筇竹寺阶高肌虫数量多、分布广、演化迅速，自下而上曾划分为五个带（霍世诚、舒德干，1985）：第一带为 *Nanchengella*—*Hanchiangella*—*Sunella* Zone，其中 *Sunella* 营浮游生活，在跨地区进行横向对比上意义更大；第二带是 *Hanchungella*—*Emeiella* Zone；再向上的三个带是以昆明虫属不同种的演化关系建立的，为了对比的方便，也可合并为一个带或超带，叫 *Kunmingella* Zone (or Superzone)。于是筇竹寺阶可简化为三个高肌虫带。小洋剖面中、下部的 *Kunmingella* 与遵义虫属的最低层位代表 *Tsungia luna* 共生现象的发现十分重要（插图4之水井沱剖面第二层）。类似的现象也曾见于扬子西分区东部边缘的过渡地带（云南宜良禄丰）。它表明水井沱组中、下部与筇竹寺组上部地层相当。水井沱组下部火烧店段中的 *Kuanyangia*—*Mianxiandiscus* 组合可直接与筇竹寺阶的 *Kuanyangia*—*Mianxiandiscus* 组合（大致相当于高肌虫第二带或稍高）对比。显然，火烧店段下面的沉积间断表明它至少缺失了第一高肌虫带及其下的三个小壳化石带。

扬子中分区水井沱组与西分区筇竹寺组顶底时限的横向对比历来争论很大。造成这种情况的原因很多，其中客观因素主要有两条：一是扬子中、西两分区动物群差别很大，共有分子极少，过渡类型的地层古生物工作不够；另一原因是水井沱组底部往往缺失一段地层，而且各地缺失数量不等。现在有陕西镇巴及云南宜良两个过渡地区中昆明虫与遵义虫的紧密共生作为参照，为扬子中、西分区的水井沱组与筇竹寺组直接对比提供了可靠的标准。

峡东地区的水井沱组以下缺失的地层一般都较多。水井沱组底部黑色页岩常常一开始便出现遵义虫，这表明其下缺失昆明虫带以下至少两个高肌虫化石带的地层；有些地区的水井沱组底部甚至一开始就见到奥皮克虫科的代表，这表明其下缺失地层量更大。只在极少数地区（如湖北长阳钟鼓湾）水井沱组底部见到浮游类高肌虫 *Sunella*，这是西分区第一高肌虫带的重要代表。

无疑，水井沱组的顶界要超出筇竹寺组顶界之上，至于超出多少，古杯类化石兴许能给出较可靠的信息。根据古杯化石，小洋地区的水井沱组顶部可与扬子西分区沧浪铺组乌龙箐段中部对比。

2. 纵向变化：插图4向我们清楚地显示小洋剖面水井沱组上、下两部分动物群的不同特点：下部动物群与西分区动物群一致，而上部动物群与中分区的相吻合，不再含有与西分区相同的分子。

认真分析一下小洋水井沱组上、下两部分动物群具有不同性质的原因也是很有趣的。这种格局的形成可以有两种完全不同的解释。一种解释可以建立在小洋地区水井沱组早、晚两段不同时期的海水分别与扬子西分区和中分区沟通和阻塞的假设上；如果我们试图用微板块理论来说明小洋地区水井沱组上、下两部分动物群的分异，那解释就全然不同了：在水井沱期前半期以前，扬子西分区和中分区分别是两个并不相连、至少是不完全相连的中等大小的板块。镇巴微板块原来很可能是西分区板块边缘上的一小块，由于板块间的错动、刮削，这时镇巴微板块便被中分区板块所俘获，并贴附在其一角。此后，它就一直夹在扬子中分区板块与汉南古陆板块之间，接受了与中分区雷同的沉积；当然，其动物群也与之一致了。至于扬子中、西两分区板块碰撞拼合的时间，很可能是很