

下扬子地区牙形刺

——生物地层与有机变质成熟度的指标

王成源 主编

科学出版社

• 075383



中国科学院科学出版基金资助出版



200290755



下扬子地区牙形刺

——生物地层与有机变质成熟度的指标

5213/28

王成源 主编



国家自然科学基金委员会 资助项目
中国石油天然气总公司

科学出版社

1993

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是下扬子地区牙形刺研究的综合性和总结性专著。依据下扬子地区 76 条剖面的资料,描述了牙形刺 114 属 361 种,其中有 24 新种,并附有图版 60 幅。建立了下扬子地区的 53 个牙形刺带或组合带,绘制了各时代的岩相古地理图,探讨了牙形刺分布与岩相古地理的关系。重要的是,依据众多的牙形刺点位的 CAI 值,绘制了下扬子地区寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系和三叠系的 CAI 值图,圈定出了下扬子地区油气地层的成熟区、高成熟区和过成熟区,为该区油气远景评价提供了重要依据。

本书是我国第一部将牙形刺生物地层与有机变质成熟度结合研究的著作。对古生物工作者和石油地质工作者都是重要的参考文献。

下 扬 子 地 区 牙 形 刺

——生物地层与有机变质成熟度的指标

王成源 主编

责任编辑 张汝孜

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1993 年 12 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1993 年 12 月第一次印刷 印张:21 插页:32

字数:1—500 印数:483 000

ISBN 7-03-003462-7/Q·441

定价:28.00 元

序

由王成源主编的《下扬子地区牙形刺》一书的出版是很有意义的。

牙形刺在我国的研究历史虽然还不长,进行系统的古生物研究仅是近十几年的事。但是牙形刺普及之快、应用之广、成果之多、影响之大,在我国近代古生物学研究中被公认的、成绩最为突出的门类之一。

由于广大牙形刺工作者的努力,在我国已建立了从寒武纪到三叠纪的 155 个牙形刺化石带或组合带,地层划分的精度也超过了以其它化石门类为依据的划分。牙形刺已成为生物地层学的主导门类之一。

中国牙形刺研究之所以得到迅速发展,重要原因之一,就是紧密结合石油地质勘探的实践。在 70 年代初,华北展开大规模石油地质勘探之际,石油部门就对刚刚兴起的牙形刺研究给予了特别的重视和资金上的支持,曾委托北京大学(1974)为我国培养了一批牙形刺工作者。牙形刺的研究已解决或正在解决一些重要的地层问题,特别是古生代和三叠纪碳酸盐岩地层的划分与对比,在石油地质勘探中发挥了重要作用。

作为微体化石之一的牙形刺,其主要成分是磷灰石族矿物,含有机质,其颜色变化是地区热变质温度的记录。通过对牙形刺颜色变化指标(CAI)的研究,可以确定含油气地层的成熟度,厘定成熟区、高成熟区或过成熟区。这对一个地区的早期评价和石油勘探是有指导作用的。我国对牙形刺 CAI 值的系统研究是 1977 年之后开始的,首先由石油工作者进行的,如今已在很多地区获得了可喜的成果。

下扬子地区是我国经济最发达、能源最紧张的地区,是我国油气勘探的重要战略准备地区之一。作为基础地质研究,无论生物地层还是岩石有机变质成熟度的研究,牙形刺对于这一地区都是至关重要的。《下扬子地区牙形刺》不仅建立了下扬子地区的牙形刺生物地层序列,同时根据相当多的牙形刺点位绘制了下扬子地区寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系和三叠系五幅牙形刺 CAI 图和五幅古地图,圈出了各时代的油气成熟区、高成熟区和过成熟区,为本区油气远景评价提供了重要的科学依据。这是我国第一部将牙形刺生物地层与有机变质成熟度结合研究的成果。这样的研究方向,同样适合我国其它油气区,我期望这样的研究能够尽快在我国全面展开,为我国的油气勘探做出新的贡献。

《下扬子地区牙形刺》一书,是王成源等作者多年劳动成果的结晶。这一国家自然科学基金项目,一开始就得到了中国石油天然气总公司(原石油工业部)的重视和支持,江苏油田、安徽石油勘探公司等都积极参加了这一研究工作。参加这一项目的还有地质矿产部的专家。因此,这又是一项大协作的成果。这一研究是多人分别编著的成果,但它是一部完整的专著,不仅对下扬子地区也是对我国牙形刺研究的一个系统总结,它将像一块耀眼的磷石膏立在微体古生物学发展的长河中。

石宝珩

壬申年春节于北京

主 编 王成源

作 者 王成源 丁连生 段金英 陈敏娟
应中镔 沈 后 曹延岳等

Edited by Wang Chengyuan

Authors Wang Chengyuan, Ding Liansheng, Duan
Jinyin, Chen Minjuan, Ying Zhonger,
Shen Huo and Cao Yanyue *et al.*

• H •

前 言

下扬子地区寒武纪—三叠纪地层发育,化石丰富,出露较好。半个多世纪以来,经几代地质学家、古生物学家的努力,研究程度逐年精细,尤以宁镇山脉的地层研究最详,很多地层的标准剖面均建于此地区。但是以往的研究,主要限于大化石,对在地层上起重要作用的牙形刺、孢粉和几丁虫等微体化石,还缺少系统的地层古生物工作。

牙形刺个体小,分布广,演化快,早已成为古生代和三叠系生物地层的主导门类。在地层划分对比上起着重要作用,被称为生物地层学中的计时器。牙形刺在石油普查勘探中尤为重要,牙形刺的颜色是石油有机成熟度的标志。可以准确地确定碳酸盐岩地层的热演化程度,对圈定石油远景区,指导石油普查勘探有直接的意义,被誉为岩石地层的古地温温度计。

下扬子地区是我国人口最稠密、经济最发达的地区,在行政区划上,包括江西九江以东、江苏大部、安徽东部和南部、上海、浙江北部。在地质构造上北以郯庐断裂(连黄断裂)为界、南以绍兴—江山对接碰撞构造带为界,亦称下扬子准地台,介于华夏古陆与华北地台之间,具有独特地质构造发育史,是研究板块构造的关键地区之一。

下扬子地区的古生代和三叠纪地层,岩相复杂,生态环境多变,有华南型也有华北型。本书提供了最新的岩相古地理资料,将岩相与生物相结合研究,为不同相区地层对比,提供了根据。

下扬子地区牙形刺的研究始于1960年,金玉珏首次报道了孤峰组牙形刺,但以后间断了20年。1981年以后,本区牙形刺的研究进展较快。王成源、王志浩(1981)首先描述了龙潭组、长兴组牙形刺,嗣后,王安德、陈洵洪(1983),Clark, D. L. 和王成源等(1986),丁连生、包德宪(1987),张克信(1987, 1988)等对本区二叠纪的牙形刺都做了不少工作。

下扬子地区寒武纪牙形刺的研究起步甚晚,卢衍豪等(1984)首先报道了浙江江山地区的寒武纪牙形刺,嗣后,丁连生、包德宪、曹海虹(1987, 1988)也对本区寒武纪牙形刺作了研究。安太庠、丁连生(1982)首次报道了苏南奥陶纪牙形刺。俞建华、陈敏则等(1979),陈敏娟、陈云堂、张建华(1983),陈敏娟、张建华(1984, 1989),安太庠、丁连生(1985)、丁连生(1987)等对本区奥陶纪牙形刺都作了大量工作。本区志留纪牙形刺的研究一直是空白。王成源、沈后、段金英首次报道了本区志留纪的牙形刺。限于岩相,至今本区还没有发现泥盆纪牙形刺。应中鹄(1984, 1986, 1987)对本区石炭纪牙形刺作了很多工作,初步建立了本区石炭纪牙形刺序列。丁梅华(1983)首先研究了本区三叠纪牙形刺,段金英(1987)、丁连生、包德宪(1989)等相继做了不少工作。

本书是下扬子地区牙形刺研究的综合性和总结性成果。

下扬子地区古生代和三叠纪牙形刺生物地层的研究,为本地区地层划分对比提供了可靠的依据,也为板块构造和古生物地理区系的研究提供了基础资料,而本地区古生代和

三叠纪牙形刺色变指标的研究,确定了本区不同时代的热演化,圈定了成熟区、高成熟区和过成熟区,为本区油气远景评价提供了重要的依据,具有重大的实际意义。它开创了我国生物地层学与有机变质作用相结合的研究先例。

本文是国家自然科学基金委员会和中国石油天然气总公司科技司的资助项目,在工作中和经费上,同时得到地质矿产部华东石油地质局、江苏油田地质研究院、南京大学地球科学系、南京地质矿产局区域地质调查队和中国科学院南京地质古生物研究所的大力支持。很多牙形刺样品的分析都是有关单位的相关课题中完成的。本课题将牙形刺集中研究,是科研、教学、生产部门各单位集体合作的成果。

本书是下扬子地区牙形刺的全面总结,它收集了76条剖面约7800个牙形刺样品资料,描述了114属361种,其中有2未定属24新种37未定种。建立本区53个牙形刺带或组合带。重要的是绘制出了各时代的岩相古地理图,并根据165个点位的牙形刺样品的CAI值绘制出5幅下扬子地区牙形刺CAI图,圈定出了油气区,高成熟区和过成熟区。为本区石油远景评价,提供了重要依据。

目 录

序	石宝珩 (i)
前言	(iii)
第一章 寒武系牙形刺生物地层及岩相古地理	(1)
第一节 牙形刺地层剖面记述	丁连生、曹海虹、包德光、杨耀林 (1)
第二节 牙形刺动物群概述	丁连生、曹海虹、包德光、杨耀林 (4)
第三节 寒武系、奥陶系界线地层牙形刺带的特征与对比	丁连生、曹海虹、包德光、杨耀林 (5)
第四节 寒武系与奥陶系界线讨论	丁连生 (8)
第五节 中、晚寒武世岩相古地理	丁连生、周希达 (10)
第二章 奥陶系牙形刺生物地层及岩相古地理	(16)
第一节 牙形刺地层剖面记述	丁连生、陈敏烟、曹海虹、张建华、包德光、杨耀林 (17)
第二节 牙形刺动物群概述	丁连生、陈敏烟、张建华、曹海虹、包德光、杨耀林 (31)
第三节 奥陶系牙形刺化石带的划分与对比	丁连生、陈敏烟、曹海虹、张建华、包德光、杨耀林 (35)
第四节 奥陶系岩相古地理	丁连生、周希达 (48)
第三章 志留纪牙形刺地层概述	王成源、沈后、段金英 (53)
第四章 石炭纪牙形刺生物地层及岩相古地理	(56)
第一节 石炭纪牙形刺生物地层概述	应中铎、徐耀红 (56)
第二节 牙形刺动物群及其地层意义	应中铎、徐耀红 (62)
第三节 石炭纪岩相古地理	应中铎、段金英 (68)
第五章 二叠纪牙形刺生物地层及岩相古地理	(71)
第一节 二叠系的年代地层	王成源 (71)
第二节 二叠系的岩石地层及牙形刺地层剖面	王成源、沈后、段金英 (73)
第三节 二叠纪牙形刺生物地层	王成源、沈后 (96)
第四节 二叠纪岩相古地理概述	段金英、王成源、沈后 (97)
第六章 三叠纪牙形刺生物地层及岩相古地理	(103)
第一节 三叠纪牙形刺生物地层剖面	曹延岳、王志浩、左红 (103)
第二节 三叠纪牙形刺生物地层	曹延岳、王志浩 (114)
第三节 关于二叠系-三叠系界线	王志浩、曹延岳 (118)
第四节 沉积环境分析与牙形刺的古生态	曹延岳、王志浩、左红 (119)
第七章 下扬子地区牙形刺色变指标及其在油气远景评价中的应用	(126)
第一节 原理	王成源、丁连生 (127)
第二节 牙形刺色变指标的确定	王成源 (128)
第三节 牙形刺CAI 等值图与古地温图的编制	穆日孔、丁连生、王成源 (131)

• • •

第四节	油气远景评价.....	
	段金英、穆日孔、丁连生、俞之健、王成源、应中伟、沈后、徐珊红、陈佳映 (133)	
第八章	属种描述	(155)
第一节	寒武纪、奥陶纪牙形刺.....	丁连生、陈毓焜、张建华、曹海虹 (155)
第二节	志留纪牙形刺.....	王成源、沈后 (214)
第三节	石炭纪牙形刺.....	应中伟、徐珊红、王成源 (218)
第四节	二叠纪牙形刺.....	王成源、沈后 (235)
第五节	三叠纪牙形刺.....	王超浩、冒延岳 (249)
参考文献		(268)
英文摘要		(280)
图版说明		(291)
图版		(327)

CONTENTS

Preface	Shi Baohang (i)
Foreword	(iii)
Chapter I Cambrian conodont biostratigraphy and lithofacies paleogeography	(1)
1. Description of stratigraphical sections bearing conodonts	(1)
.....Ding Liansheng, Cao Haihong, Bao Dexian and Yang Yaolin	
2. Brief discussion on conodont fauna.....	
.....Ding Liansheng, Cao Haihong, Bao Dexian and Yang Yaolin	(4)
3. Characteristics and correlation of conodont zones near Cambrian-Ordovician boundary strata	
.....Ding Liansheng, Cao Haihong, Bao Dexian and Yang Yaolin	(5)
4. On Cambrian-Ordovician boundary.....Ding Liansheng	(8)
5. Late Cambrian lithofacies paleogeography.....	
..... Ding Liansheng and Zhou Haoda	(10)
Chapter II Ordovician conodont biostratigraphy and lithofacies paleogeography	(16)
1. Description of stratigraphical sections bearing conodonts	
..... Ding Liansheng, Chen Minjuan, Cao Haihong, Zhang Jianhua, Bao Dexian and Yang Yaolin	(17)
2. Brief discussion on Ordovician conodont fauna.....	
.....Ding Liansheng, Chen Minjuan, Zhan Jianhua, Cao Haihong, Bao Dexian and Yang Yaolin	(31)
3. Subdivision and correlation of Ordovician conodont zones.....	
..... Ding Liansheng, Chen Minjuan, Zhan Jianhua, Cao Haihong, Bao Dexian and Yang Yaolin	(35)
4. Ordovician lithofacies paleogeography.....	
.....Ding Liansheng and Zhou Haoda	(48)
Chapter III Silurian conodont strata	
..... Wang Chengyuan, Shen Hou and Duan Jinying	(53)
Chapter IV Carboniferous conodont biostratigraphy and lithofacies paleogeography	(56)
1. Brief discussion on Carboniferous strata	
..... Yin Zhongè and Xu Shan hong	(56)
2. Conodont faunas and their stratigraphical significance.....	
..... Yin Zhongè and Xu Shan hong	(62)
3. Carboniferous lithofacies paleogeography.....	
..... Yin Zhongè and Duan Jinying	(68)

Chapter V Permian conodont biostratigraphy and lithofacies paleogeography	(71)
1. Permian chorostratigraphy	Wang Chengyuan (71)
2. Permian lithostratigraphy and sections bearing conodonts	Wang Chengyuan, Shen Hou and Duan Jinying (73)
3. Permian conodont biostratigraphy	Wang Chengyuan and Shen Hou (96)
4. Permian lithofacies and paleogeography	Duan Jinying, Wang Chengyuan and Shen Hou (97)
Chapter VI Triassic conodont biostratigraphy and lithofacies paleogeography	(103)
1. Triassic biostratigraphy sections bearing conodonts	Cao Yanyue and Wang Zhihao (103)
2. Triassic conodont biostratigraphy	Cao Yanyue and Wang Zhihao (114)
3. On Permian-Triassic boundary	Wang Zhihao and Cao Yanyue (118)
4. analysis on sedimentary environment and conodont paleoecology	Cao Yanyue, Wang Zhihao and Zuo Hong (119)
Chapter VII Index of conodont color alternation and its application in prospective assessment of oil and gas in Lower Yangtzi Valley	(126)
1. Principles	Wang Chengyuan and Ding Liansheng (127)
2. Determination of conodont color alternation index (CAI)	Wang Chengyuan and Ding Liansheng (128)
3. Conodont color alteration isograd and palaeogeothermometry maps	Mu Yuekong, Ding Liansheng and Wang Chengyuan (131)
4. Prospective assessment of oil and gas	Duan Jinying, Mu Yuekong, Ding Liansheng, Yu Zhilian, Wang Chengyuan, Yin Zhongè, Shen Hou, Xu Shan hong and Chen Jiayin (133)
Chapter VIII Description of genera and species	(155)
1. Cambrian to Ordovician conodonts	Ding Liansheng, Chen Minjuan, Zhang Jianhua, Cao Haihong and Bao Dexian (155)
2. Silurian conodonts	Wang Chengyuan (214)
3. Carboniferous conodonts	Yin Zhongè, Xu Shan hong and Wang Chengyuan (218)
4. Permian conodonts	Wang Chengyuan and Shen Hou (235)
5. Triassic conodonts	Wang Zhihao and Cao Yanyue (249)
References	(268)
English summary	(280)
Explanation of plates	(291)
Plates	(327)

第一章 寒武系牙形刺生物地层 及岩相古地理

下扬子地区寒武系分布广泛,在浙西、浙北、皖南、巢县至宁镇地区以及全椒至滁州一带均有出露;合肥、苏北和苏南等广大覆盖区亦有钻井揭示,其沉积厚度大,化石比较丰富,与奥陶系呈整合接触。前人对该区寒武系做了大量地层古生物研究工作,积累了丰富的古生物地层资料。但原有的研究程度和传统的研究方法对一些地区(如浙西、皖南)寒武与奥陶系界线的划分尚有一定的问题。因此,有必要利用新研究方法和手段对该区寒武系生物地层作进一步的研究。著者从70年代末至现在,对下扬子地区寒武系作了详细的系统分析研究,从牙形刺化石的角度对该区寒武系进行了生物地层划分与对比。

下扬子区寒武系岩石类型多,牙形刺丰度变化大。中寒武统:江山至淳安一带以泥岩为主;浙西、浙北、皖南部分地区以及滁州地区由泥质灰岩、泥质白云岩组成;苏北大部、苏南大部及皖南部分地区主要为灰岩;宁镇、巢县一带为白云岩。牙形刺化石极其贫乏,仅于昆山地区的昆1井中的炮台组发现牙形刺 *Gappardodus bisulcatus*(Müller)。上寒武统:在贵池、和县、苏北、苏南以及杭州等广大地区由厚层块状灰岩和白云岩组成,牙形刺基本不发育;石台至泾县一带唐村组为灰岩、浙西江山至常山地区和浙北肖山、诸暨、临安等地区西阳山组为条带状灰岩、瘤状灰岩以及滁州地区丰水桶组为灰岩,在其层位中均含有较丰富的牙形刺,自上而下为:

2. *Cordylodus proavus* 带

1. *Proconodontus* 带

下扬子区寒武系牙形刺分布明显受岩相古地理格局控制。牙形刺主要发育于浅水陆架至开阔台地沉积环境,而其它环境则基本不甚发育,化石极其稀少。

第一节 牙形刺地层剖面记述

一、浙西和浙北

浙西和浙北上寒武统与下奥陶统出露清晰,常为连续沉积,著者先后系统采集了6条地层剖面的牙形刺样品,均获丰富的牙形刺化石。限于篇幅,只记述小石盖和余家山地层剖面,杨柳岗地层剖面参见《浙江省江山杨柳岗寒武-奥陶系界线附近牙形刺的研究》(丁连生等,1987)、诸暨里巽坞地层剖面参见《浙江诸暨地区寒武-奥陶系牙形石研究》(丁连生等,1988)、嵛边大豆山地层剖面参见《浙江大豆山及安徽祁门山寒武-奥陶系界线牙形石新知》(丁连生等,1988)。临安徽板桥寒武系至奥陶系牙形刺地层剖面从略。

1. 浙江肖山小石盖剖面

剖面位于肖山县永兴桥东北 1.2km 的小石盖。

下奥陶统印渚埠组

33. 灰黑色风化后呈黄色含灰岩小透镜体微晶泥质灰岩, 透镜体 0.5—1.5cm × 1—5cm, 易被淋蚀, 风化后形成一排平行层面的孔洞, 夹钙泥条带。产牙形刺: *Rosodus mantouensis* Repetski et Ethington, *Choronadina heerjuthi* Müller, *Acanthodus costatus* Druce et Jones, *Cordylodus intermedius* Furnish, *Terodontus reclinatus* Jiang et Xing, *Acanthodus* sp., *Scalopodus* sp., *Aodus costatus* Ding (sp. nov.) 69.8m
32. 上部以泥质灰岩为主, 含灰岩和黑色硅质岩透镜体。下部为灰黑色, 风化后呈黄灰色块状砾屑灰岩, 灰岩砾微晶质, 夹黑色硅质岩透镜体。产牙形刺: *Monacostodus severinus* (Miller), *Cordylodus lindstromi* Druce et Jones, *Cordylodus intermedius* Furnish, *Semiacanthodus lavadamentis* (Miller), *Aodus costatus* Ding (sp. nov.) 11.6m
31. 深灰色微晶灰岩, 局部含灰岩透镜体及燧石结核, 夹饼条灰岩。产腕足类化石。 15.76m
30. 上部灰色块状淀层砾屑灰岩, 砾石为微晶灰岩, 呈球状、椭圆球状, 被中粗粒亮晶方解石充填; 下部灰黑色微晶灰岩, 局部含灰岩条带、团块、与网纹状灰岩、隐晶灰岩互层。产牙形刺: *Cordylodus proavus* Müller, *Utahconus beimadavensis* Chui et Zhang, *Proconodontus notchpeakensis* Miller, *Stenodontus jilinensis* Chen et Gong 22.9m

———整合———

上寒武统西阳山组

29. 深灰色饼条状微晶灰岩与网纹状隐晶灰岩互层, 两者逐渐过渡, 顶部含粉晶泥质灰岩。产牙形刺: *Proconodontus muelleri* Miller, *Proconodontus notchpeakensis* Miller, *Cordylodus proavus* Müller。腕足类: *Obolus* sp. 20.1m
28. 灰色网纹状隐晶灰岩与灰黑色微晶灰岩互层。产牙形刺: *Cordylodus proavus* Müller, *Proconodontus muelleri* Miller。三叶虫: *Symphyrurus* sp.。腕足类: *Acrotreta* sp. 10.6m
27. 灰黑色饼条状微晶、粉晶灰岩与网纹状隐晶灰岩互层, 含黄铁矿细晶。产牙形刺: *Proconodontus muelleri* Miller。三叶虫: *Lotagnostus (Trilobagnostus) hedini*, *Westergaardites* sp.。腕足类: *Acrotreta* sp. 12.6m
26. 浅灰色中层网纹状灰岩与含薄层不规则粉晶、微晶灰岩互层。产头足类: *Ellesmeroceras* sp. 15.4m
25. 浅灰色块状网纹状灰岩, 灰岩中含泥质条带和网纹, 条带由粗变细, 具韵律性变化, 粗者向饼条灰岩过渡。产腕足类: *Acrotreta* sp. 14.6m
24. 浅灰色厚层至块状网纹状灰岩与厚层含灰岩透镜体泥质灰岩互层, 形成四个韵律层。产头足类: *Acrotreta* sp. 7.2m
23. 深灰色薄层微晶灰岩与中厚层网纹状灰岩互层, 两者厚度比为 3:1, 产腕足类化石。 8.9m
22. 浅灰色中厚层网纹状灰岩与深灰色中厚层含灰岩透镜体微晶泥质灰岩互层。含黄铁矿结晶和结核。产牙形刺: *Westergaardina bicipidato* Müller, *Proconodontus gallatini* (Müller), *Proconodontus posterosatus* Miller 33.8m

2. 浙江富阳余家山剖面

剖面位于富阳县洪家村东南 1km 的俞家山脚下。

下奥陶统印渚埠组

31. 深灰色薄层钙质页岩夹同色灰岩小透镜体
30. 深灰色中层状泥质条带状灰岩。含三叶虫、腕足类化石碎片 0.6m
29. 灰、深灰色中层泥质灰岩与薄层小饼状、疙瘩状灰岩互层，夹砾质团块，底部泥质成份含量高，风化后呈土黄色、灰绿色 27.56m
28. 深灰色中层状页岩夹薄层饼条状泥质灰岩 5.38m
27. 深灰色、灰色中厚层条带状泥质灰岩夹薄层饼条状泥质灰岩，顶部有一层厚达 1.5m 左右的厚层灰岩，表面风化呈网纹状。产牙形刺：*Cordylodus intermedius* Furnish, *Proconodontus notschpeukensis* Miller, *Drepanodus subarcuatus* Furnish, *Oistodus* sp., ? *Stenodontus jilinensis* Chen et Gong 20.67m
26. 灰、深灰色中、厚层泥质粉晶砾屑灰岩，砾屑棱角大小 4×2cm，分选性差，排列杂乱。 13.34m

—— 整合 ——

上寒武统西阳山组

25. 浅灰、灰色中厚层泥质灰岩，中部夹一层花斑状灰岩。产牙形刺：*Proconodontus gullacini* (Müller) 17.44m

二、安 徽

1. 安徽石台丁香马石至皂角树寒武系剖面

剖面由安徽 324 地质队和华东地质科学研究所于 1967 年测制。

上覆地层：下奥陶统仑山组

上寒武统唐村组

33. 灰色、深灰色厚层至巨厚层灰岩与深灰色厚层灰质白云岩互层。产牙形刺：*Teridonus gracilis* (Furnish), *Teridontus nakamura* (Nogami), *Furnishina primitiva* Müller 113.32m
32. 灰、深灰色厚层至巨厚层灰岩，含少量泥质灰岩条带。产三叶虫：*Dictyotes* sp. 牙形刺：*Furnishina primitiva* Müller, *Furnishina furnishi* Müller, *Furnishina bicarinata* Müller, *Stenodontus jilinensis* Chen et Gong, *Proconodontus postecostatus* Miller 24.72m
31. 灰、深灰色厚至巨厚层泥质条带灰岩，上部夹一层厚层灰岩。产三叶虫：*Maladioidella* sp., *Pseudognostus* sp., *Nipella* sp., *Protarkia*? sp. 75.77m

2. 安徽滁县琅琊山剖面

剖面由华东石油地质局地质研究大队测制。剖面位于滁县花山乡花山村大山生产组北东方向，平距约 1km 的冲沟西侧的山坡上。

下奥陶统上欧冲组

26. 深灰色厚层泥质条带状泥晶灰岩，泥质条带单层厚约 0.2—1cm，风化后呈灰黄色。产牙形刺：*Cordylodus priou* Lindström, *Utahconus bermadensis* Chui et Zhang

—— 整 合 ——

上寒武统车水桶组

25. 中下部为深灰色厚层泥晶含生物屑藻球粒泥质灰岩, 质地坚硬, 单层厚达 1—2cm, 上部为深灰色中厚层泥晶含泥质灰岩, 局部含泥质条带。产牙形刺: *Proconodontus muelleri* Müller 24.49m
24. 深灰色巨厚层泥质条带泥晶灰岩, 泥质条带单层厚 0.1—5cm, 一般 0.2—0.5cm, 风化后呈灰黄色。产牙形刺: *Proconodontus muelleri* Müller 17.46m
23. 中下部为深灰色厚层泥晶含泥质灰岩, 单层厚 1—1.5m, 上部为深灰色厚层块状含藻球粒泥晶含泥质灰岩, 具少量泥质条带 24.14m
22. 下部为深灰色厚层块状泥晶含泥质灰岩夹深灰色薄层泥质条带藻球粒泥晶灰岩, 中上部为深灰色中厚层泥质条带灰岩。产牙形刺: *Proconodontus muelleri* Müller, *Phakelodus tenuis* (Müller) 19.79m
21. 灰色条带状泥晶灰岩, 夹深灰色厚层块状泥晶灰岩。产牙形刺: *Proconodontus muelleri* (Müller) 31.80m

第二节 牙形刺动物群概述

一、炮台山组

只有在苏南昆山地区昆1井的炮台山组顶部发现牙形刺 *Gapparodus bisulcatus* (Müller)。并发现三叶虫: *Anshia rectangula*, *Aojia lasifrons*。

Gapparodus bisulcatus (Müller) 的正模标本产于瑞典上寒武统下部, 亦见于中寒武统 *Psychagnostus gibbus* 带。在华北地区的中寒武统张夏组顶部、湖南中寒武统花桥组和上寒武统车夫组中均有此种。据 Clark 和 Robison (1969) 报道, 该种在美国内华达州中寒武统有类似的标本发现。在原苏联中、南哈萨克中至上寒武统的 *Goniagnostus nathorsti* 带和 *Kermagnostus simplex* 带中广泛发育此种。该种也产于丹麦的 *Jincella brachymetopi* 带、*Triplagnostus lindgreni*-*Goniagnostus nathorsti* 带和美国中寒武统 *Lejopyge calva* 带。

二、西阳山组

本组主要见于浙江江山、诸暨、富阳、肖山、临安等地区, 产主要牙形刺: *Cordylodus proavus* Müller, *C. drucei* Müller, *Proconodontus muelleri* Müller, *P. postercostatus* Müller, *Westergaardondina bicuspidata* Müller, *Prooneotodus gallasini* (Müller), *Phakelodus tenuis* (Müller), *Proconodontus notchpeakensis* Müller, *Prooneotodus rotundatus* (Druce et Jones), *Hertzina americana* Müller, *Hertzina? cornuta* Xiang, *Prodistacodus yanglingangensis* Ding (sp. nov.), Gen. et sp. indet. B, Gen. et sp. indet. A, *Stenodontus jilinsensis* Chen et Gong, *Terodontus nakamurai* (Nogami), *Furnishina jurnishi* Müller, *F. primitiva* Müller 等。牙形刺总的面貌与湖南古文罗依

溪的风山期、凤凰箭塘的箭塘组、桃源汤家溪的沈家组和华北的风山阶及世界各地相当层位的牙形刺动物群面貌基本一致。本组依据 *Cordylodus proavus* Müller 的出现为界线，划分出下部的 *Proconodontus* 带和上部的 *Cordylodus proavus* 带。*Prooneotodus gallazini* (Müller), *Phakelodus tenuis* (Müller), *Proconodontus notchpeakensis* Miller, *Furnishina furnishi* Müller, *F. primitiva* Müller, *F. multilineatus* Ding (sp. nov.), *F. lineatus* Ding, *Stenodontus jilinensis* Chen et Gong 等副牙形类，它们刺体壁薄，基腔深而大，分布广，延续时间长，贯穿整个上寒武统，并延伸至下奥陶统下部。*Hertzina americana* Müller, *Prodissacodus yanglinggangensis* Ding (sp. nov.), Gen. et sp. indet. A, Gen. et sp. indet. B, *Westergaardodina bicuspidata* Müller, *Proconodontus muelleri* Miller, *P. postercostatus* Miller 等，产出时限仅限于上寒武统。在区域上，它们分布很广泛，是比较好的标志化石。

本组的一些牙形刺分子，在皖南石台小河唐村组和皖北滁县琅琊山车水桶组中亦很发育，其时代相当，地层层位均可对比。

第三节 寒武系、奥陶系界线地层 牙形刺带的特征与对比

根据对苏、浙、皖三省不同沉积相区所作的二十余条寒武系、奥陶系地表露头 and 钻井剖面中牙形刺动物群的研究，以三叶虫、笔石、头足类等化石为佐证，从寒武纪晚期到奥陶纪早期，自下而上划分出四个牙形刺带。

一、*Proconodontus* 带

本化石带大致相当于江南相区（浙西—皖南南部）上寒武统西阳山组上部，扬子相区（浙北—苏、皖）上寒武统观音台组上部，安徽滁县地区上寒武统车水桶组上部。该带的主要牙形刺有：*Proconodontus muelleri* Miller, *P. postercostatus* Miller, Gen. et sp. indet. A, Gen. et sp. indet. B, *Phakelodus tenuis* (Müller), *Proconodontus notchpeakensis* Miller, *Prooneotodus rotundatus* (Druce et Jones), *Westergaardodina bicuspidata* Müller, *Prodissacodus yanglinggangensis* Ding (sp. nov.), *Hertzina americana* Müller, *H. cornuta* Xiang 等。它们的刺体壁薄，基腔深而原始。本带出现双基棱、前后缘脊上具细齿的 Gen. et sp. indet. B。

尤为重要的是 *Proconodontus muelleri* Miller 产于华北上寒武统凤山组一、二、三段，是吉林大阳岔的 *Proconodontus muelleri* 带的主要分子，是湖南桃源汤家湾组、凤凰箭塘箭塘组以及古丈罗依溪的风山阶下部 *Proconodontus* 带的重要成员，是伊朗第 3 带的主要分子。Miller (1969) 详细报道了美国犹他州 Notch Peak 灰岩的第六段中部以下层位盛产此种。在加拿大组芬兰西部的上寒武统牛头群 (R. A. Forty, E. Landing and D. Skevington, 1985) 在 B4 (含 *Saukia* 带三叶虫) 之上和 B3 (*Corbinia apopsis* 亚带) 之下层状石灰岩中发现以 *Proconodontus muelleri muelleri* (等于本文的 *Proconodontus muelleri*)，*Proconodontus muelleri serratus* Miller 为主的动物群。*Procono-*

dontus noschpeakensis Miller 见于伊朗的第3带并和 *Proconodontus muelleri* 共存 (Miller, 1933), 在澳大利亚昆士兰地区该种常见于晚寒武世的 *Cordylodus prion* 至早奥陶世的 *Scolopodus* 带 (Druce et Jones, 1971)。在我国曾见于河南济源、登封以及东北南部、华北、湖南凤凰寨田、古丈罗依溪等地区, 在北美它是寒武系顶部 *Proconodontus* 带上的一个亚带, 但可上延至奥陶纪初期的 *Symphysurina* 带 (Miller, 1980)。 *Hertzina cornuta* Xiang, *H. americana* Müller 广泛发育于华北长山组 (安太库, 1983), 后者也见于北美上寒武统 *Elvinia* 带。综上所述, 本带的时代大致相当于华北晚寒武世凤山期的 *Proconodontus-Rosundocoenus* 带 (安太库等, 1983), 吉林大阳岔晚寒武世的 *Proconodontus muelleri* 带, 美国西部的 *Proconodontus* 带, 北美晚寒武世的 *Proconodontus* 带和伊朗第3牙形刺带。该带代表了上寒武统中、上部的层位。

二、*Cordylodus proavus* 带

本带大致相当于江南相区上寒武统西阳山组顶部, 或相当于扬子相区上寒武统唐村组、车水桶组顶部, 也可能相当于观音台组上部白云岩的某层。本带属种单调。复合型先驱分子 *Cordylodus proavus* 的出现, 标志牙形刺演化史上的重大转折。晚寒武世末期复合型牙形刺基腔形态简单, 基腔深, 基腔前被平行于刺体前缘, 壁薄, 这些特征都表现出它们的原始性。与其共存的主要牙形刺有: *Prooneotodus gallatini* (Müller), *Phakelodus tenuis* Müller, *Proconodontus noschpeakensis* Müller, *Furnishina furnishi* Müller, *F. primitiva* Müller, *F. lineatus* Ding (sp. nov.) *F. multilineatus* Ding (sp. nov.)

本带时限以 *Cordylodus proavus* Müller 的首次出现为下限标志, 以 *Utahconus-Monocostodus sevierensis* 出现而结束。*Cordylodus proavus* Müller 被认为是洲际性寒武纪晚期至奥陶世早期分子, 最早报道于美国俄克拉何马州 Singgla 灰岩上部 (Müller, 1959), 后又犹他州西部 Notch Peak 灰岩上部发现; 在伊朗北部和澳大利亚昆士兰地区该种主要产于 *Saukia* 带最上部至 *Symphysurina* 带最下部或其相当的层位; 在我国见于湖北黄花场三游洞群上部白云岩和湖南凤凰刀口嘴的箭塘组的厚层灰岩中; 在华北、东北等地产于上寒武统凤山组顶部; 在浙西, 本种在上寒武统西阳山组顶部地层中出现, 并与上寒武统顶部三叶虫 *Lotagrostus hedini* 带共存。因此本带可与湖北宜昌黄花场上寒武统三游洞群上部、华北上寒武统凤山组四段、湖南箭塘组上部的 *Cordylodus proavus* 带直接对比, 和吉林大阳岔剖面的 *Cordylodus proavus* 带一致, 与美国西部犹他州 *Cordylodus proavus* 带 (Müller, 1980) 的1、2亚带、伊朗的第4带 (Müller, 1973) 也相当。

三、*Utahconus-Monocostodus sevierensis* 带

该带大致相当于江南相区印渚埠组底部; 相当于扬子相区(皖南贵池—石台一带)会山组底部的白云岩或灰质白云岩; 相当于宜昌—宁镇地区的观音台组近顶部的白云岩; 相当于杭州荆山岭留下组底部和安徽滁县上欧冲组的最下部。本带的主要牙形刺: *Monocostodus sevierensis* (Miller), *Utahconus beimadaoensis* Chui et Zhang, *Teridontus nakamura* (Nogami), *T. gracilis* (Furnish), *T. dassonensis* Miller, *Sienodontus*