

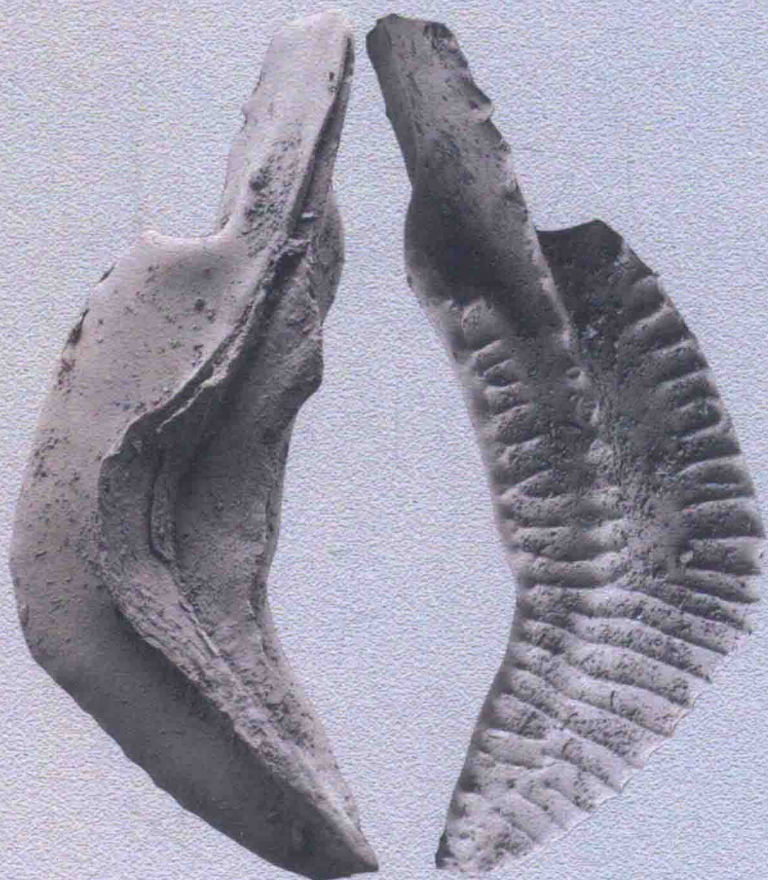
# 广西常见化石图鉴 (下册)

## The Index Fossil Atlas of Guangxi

(广西壮族自治区地质调查院)

主 编 邝国敦

编著者 王成源 邝国敦



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE



# 广西常见化石图鉴(下册)

The Index Fossil Atlas of Guangxi

(广西壮族自治区地质调查院)

主 编 邝国敦

编著者 王成源 邝国敦



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

# 内容简介

本图鉴主要服务于野外地质工作,化石门类的选定和内容侧重亦按广西地区古生界至三叠系出现几率较高的化石而定,并考虑其相应生物带的连续衔接与相互补充。包含了有孔虫、蜓、珊瑚、腕足、双壳类、头足类、竹节石、三叶虫、笔石、牙形刺等 12 个主要门类化石及少量其他门类常见化石,内容较广泛。因限于篇幅及依据不同门类生物的特点,其中部分门类以介绍属的特征为主,如有孔虫、蜓、珊瑚、腕足等,另有一些门类需以种划分生物带的则附有重要种的简要描述,例如双壳类、竹节石、头足类、笔石、牙形刺等。本书共编入各门类化石约 400 余属近 800 种,版面编排则以文图对照的形式,以便查阅。

本书内容丰富,分上、下两册,是多位编著者数十年经验和积累的成果,有重要参考价值,也是野外地质工作采集化石和识别地层的工具书。本书亦可供科研单位与高校师生及邻省区地质人员参考之用。

## 图书在版编目(CIP)数据

广西常见化石图鉴:全 2 册/邝国敦主编;王成源等编著. —武汉:  
中国地质大学出版社,2014.12

ISBN 978-7-5625-3388-7

- I. ①广…
- II. ①邝… ②王…
- III. ①化石-广西-图集
- IV. ①Q911.2-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 069060 号

广西常见化石图鉴(下册)

邝国敦 主编 王成源 等编著

责任编辑:陈琪 舒立霞

选题策划:张晓红

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cug.edu.cn

开本:880 毫米×1230 毫米 1/16

字数:1016 千字 印张:31.75

版次:2014 年 12 月第 1 版

印次:2014 年 12 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

印数:1—3500 册

ISBN 978-7-5625-3388-7

定价:158.00 元(上、下册)

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

## 编者寄语

地层工作是各项地质、矿产工作的基础,而古生物研究又是地层工作的基础,是地层识别、划分与对比的重要标识和依据。掌握最基本的地层古生物和一定数量的化石鉴定技能,是地质工作者十分重要的基本技能,是从事野外地质工作所必须的基本功,对开展各项工作尤其是野外地质工作将带来极大的方便。为此,广西壮族自治区地质调查院高度重视地层古生物工作,于2010年安排组织相关专业人员收集广西地区野外常见化石特征及地层分布的资料并编写此书。这一工作得到了广西壮族自治区地质矿产勘查开发与中国科学院南京地质古生物研究所、武汉地质调查中心、广西大学资源与环境学院等单位的大力支持和帮助,在此深表谢忱!

广西地区地层发育良好,分布广泛,各类化石丰富,尤以晚古生代地层发育最完好。广西上古生界还赋存有丰富的沉积矿产和层控矿床,被称为“有色金属之乡”,其中泥盆系的层控矿、地层和化石群更为世界著名。鉴于广西地区古生物资料十分丰富,涉及化石门类繁多,一本图鉴难以容纳众多的内容。因此,本书只能依据在广西地区多年从事基础地质工作,尤其是区域性地质与矿产调查工作之经验,有针对性、有选择性,内容尽可能少而精地介绍一些最重要的,也是最常见的有代表性的“标准化石”的相关资料。广西地区寒武系—三叠系的海相沉积层分布最广,《广西常见化石图鉴》(以下简称《图鉴》)也将以介绍该时段的海相古生物化石为重点,主要内容包括原生动植物门、腔肠动物门、腕足动物门、软体动物门等门类化石及其他重要化石如牙形刺、竹节石、三叶虫等。本《图鉴》不同于学术专著,是一本便于野外地质工作参考的工具书。化石门类的选择及其内容与侧重点的编排,也是为了能结合广西地区地层发育情况和特点,尽可能做到各相关门类化石生物带的连续衔接和相互补充,并且一般都是在野外条件下用肉眼或者借助放大镜就能观察到的化石,如寒武系主要为三叶虫分带;奥陶系、志留系为笔石带;在浅水沉积分布区,下泥盆统主要依据腕足动物、双壳类识别层位;中、上泥盆统依据珊瑚、腕足类动物;下石炭统主要为珊瑚;上石炭统至中二叠统蜓是很好的分带化石;上二叠统至下三叠统为头足类分带;中三叠统为双壳类组合等。在深水沉积硅质岩、泥岩、薄层灰岩分布区,在岩层出露好的地段,用放大镜也可在岩层面上直接观察到牙形刺等细小微体化石,并且有部分在野外即可确定其层位,如榴江组、五指山组、鹿寨组、石夹组、板城组等牙形刺化石较丰富的层段。牙形刺化石是各门类生物带对比的基准之一,有助于准确地进行地层对比。在野外条件下用放大镜直接寻找,也使牙形刺的采样多了一种方法。

本《图鉴》有关化石属种的介绍,将以数量多、分布广,经常在野外工作中见到而又有较好分带性的化石为重点。考虑到篇幅所限,将以图片为主,文字描述相对简化,部分以属为主划分生物带的化石门类,如蜓、珊瑚、腕足动物等,着重介绍属的特征,具体种的特征及相关数据一般不作罗列,对相关属的分类位置和属以上系统分类亦不作介绍。以种划分生物带的化石门类,如笔石、竹节石、牙形刺等,属种描述则相对较详细。本书之所以称为图鉴而不称为图册,也是因为部分化石门类属种介绍简单,有的种只有图像和定名。对于使用者,本《图鉴》若能对常见的化石属种做到“按图索骥”,且能对化石作出初步的鉴定,并以此判定相应的地层或岩组及其时代,便达到了预期的目的。本《图鉴》在文字、图表的总体编排上也偏重于方便野外地质工作中的检索和应用,以尽可能提高野外地质工作中对地层鉴别和古生物标本采集的针对性和目的性。本《图鉴》分上、下两册,总计编入各门类化石400余属近800种。衷心感谢广西壮族自治区地质矿产勘查开发与广西壮族自治区地质调查院黄宏伟、杨志强、张帆、黄志强等领导对这一工作的大力支持;衷心感谢王成源、陈金华、张仁杰、唐兰、韦仁彦、李家骧、陶业斌等同仁的通力合作与努力;衷心感谢王玉净、罗辉、杨群的大力支持,提供了广西钦防地区晚古生代放射虫化石研究的最新成果。本《图鉴》主要适用于从事区域地质、矿产地质等基础地质工作的工作人员,尤其是在广西地区工作的地质人员。此外,相关的地质院校师生亦可作参考之用。本《图鉴》对邻区广东、湖南、贵州、云南等省的地质人员亦有参考价值。

邝国敦

2013年3月

# 代 序

在古生物专业人员数量多年持续萎缩之际,广西壮族自治区地质调查院编辑出版《广西常见化石图鉴》值得庆贺。如编者所说:“地层工作是各项地质、矿产工作的基础,而古生物工作又是地层工作的基础。”20世纪70年代和80年代初,我国曾编辑出版了各大区的地层古生物手册,推动了改革开放后地质事业的发展。如今已过去近30年,古生物化石研究又取得了很大的进步,牙形刺、放射虫和竹节石等门类化石发展尤为明显,由此也造成生物地层分带的不少变化,有必要对已有资料进行整理、综合、补充和应用。《广西常见化石图鉴》根据广西地区寒武纪至三叠纪各类化石产出情况及分带特点,在大量的资料中选出有代表性的部分常见重要化石,在不同门类化石属种介绍中简详兼顾,以有限的篇幅提供尽可能多的信息。《广西常见化石图鉴》对于专业的古生物人员,从化石鉴定角度而言有些资料也许过于简单,但从多门类化石的区域性时间、空间分布规律和化石组合及分带方面来看,融入了不少新资料,仍有重要参考价值。正如殷鸿福院士所评:“该书为多位编著者集数十年经验及工作积累的成果结晶,对于广西及邻区基础地质研究工作者和区域地质工作者有重要的参考意义。”

广西古生代—中生代三叠纪海相地层广泛分布,含有丰富的各门类化石。该书内容丰富,包含有孔虫、蜓、层孔海绵(层孔虫)、珊瑚类、腕足动物、双壳类、头足类、竹节石、三叶虫、海百合、笔石和牙形刺等主要化石门类重要化石的图像,提供了基本构造图解和说明、重要化石的鉴定特征、化石的最新分带和时代分布,应是野外工作者采集化石标本和地层识别的重要工具书。该书不仅仅适用于广西及其周边省份,我国西北地区如秦(岭)祁(连)昆(仑)、南天山和塔里木盆地等地,在古生代和三叠纪与广西处于相同或相近的生物地理区,化石和生物地层分布可以对比,这些地方地层工作相对薄弱,该书同样可作为野外工作的重要手册应用。

中国科学院地质与地球物理研究所

吴浩若

2013年4月6日

# 前 言

地质科学是一门积累和传承多于创新的学科,各种资料无不经过漫长的岁月,有的甚至经过几代人的努力才能得到。一些新理论、新成果的取得,也是在这些资料积累的基础上,经过无数地质人员的野外工作,之后经过不断补充、修正和完善才取得的。因此,每一项成果的取得,前人功不可没。本《图鉴》的编写更得益于长期以来研究人员对广西地区各门类化石标本的研究和积累。自20世纪60—70年代至今,广西地区各地质队采集送检的各类化石标本近10万件,各种相关数据的统计分析、各门类化石分布规律及生物带的划分,都是以此为根据而完成。本书是广西广大野外地质人员数十年辛勤劳动的成果。

学习与掌握相关的门类化石的基本知识,是为了更好地识别与划分地层。广西地区的地层研究历史悠久,在20世纪20—30年代即已开始。在1920—1940年期间,许多著名地质学者到广西开展地质研究,如乐森珣、丁文江、俞建章、李四光、张兆瑾、赵金科、张文佑、黄汲清等人,对广西的地质、矿产、构造等方面做了大量开创性和奠基性的工作,而他们在地层研究方面卓有成效的工作成果更是后来广西地区地层划分与对比的基础和依据。据《广西通志——地质矿产志(1988—2000)》,1938—1941年,原中央地质调查所在桂林期间,我国著名地质学者李四光、张文佑、赵金科、张更、孟宪民、斯行健、吴磊伯、马振国、孙殿卿、徐昱坚、吴燕生等人,在原广西省政府建设厅的配合下,开展广西中部、东部地区70余个县的地质矿产调查,首次填制了大面积1:25万地质图,编制了地层表,以上工作为广西地区地层研究积累了丰富的资料。1941年,李四光在英国讲学的讲稿(英文本)《中国地质学》出版,该书在中国自然区划中将广西称为“广西台地”,在地质构造中,描述了广西“山”字形构造。在区域地层中,列述了广西地层(主要据赵金科、张文佑资料),这一序列便是后来20世纪50—70年代期间广西地层划分的基本格架(见附表1)。

1949年新中国成立,因国家建设需要开展大规模区域地质与矿产的全面调查工作。在调查工作中,老一辈地质学家在广西建立的地层系统一直沿用了30多年,只有少数地层单位的含义及名称的应用在后来有些变动。如20世纪30—40年代使用的四排页岩由那高岭页岩代替,榴江组的时代改为晚泥盆世,原划归上泥盆统的天河灰岩因含泡沫内沟珊瑚改划为下石炭统,并用岩关阶代替而很少再用。但经过近年的研究,认为当年天河灰岩划归上泥盆统是正确的,现今仍用天河组一名,泡沫内沟珊瑚的时代也已改为泥盆纪末期。当年用的地层单位基本为年代地层单位的概念,真正的岩石地层概念还未建立。20世纪70—80年代初,改革开放之后,地质科学新理论、新观点的传入,对广西地区的地层研究产生重大影响,广西的地层研究进入一个新的阶段,并取得了许多新的进展。20世纪90年代出版的《广西泥盆纪沉积相古地理与矿产》《广西的泥盆系》《广西的石炭系》《广西壮族自治区岩石地层》等全面总结了近年地层研究的最新进展和成果,是广西地层研究的阶段性总结。

广西地区开展古生物研究的时间也很早,最早研究的领域是古无脊椎动物,如1929—1932年俞建章对黔南、桂北地区珊瑚化石的研究,1935年许杰、乐森珣对广西奥陶纪笔石、泥盆纪腕足动物、二叠纪珊瑚、新生代淡水腹足类的研究等。至20世纪60年代前后,李四光、盛金章对广西蜓类,赵金科对广西三叠纪菊石,陈旭对广西奥陶纪、志留纪笔石化石都作过重要的研究。自20世纪70—80年代起,中国科学院南京地质古生物研究所王钰、戎嘉余、许汉奎、陈秀琴等人对广西的腕足动物化石,穆恩之对广西笔石,俞昌民、廖卫华、吴望始对广西的四射珊瑚,王成源对广西的牙形刺,阮亦萍、穆道成对菊石、竹节石,中国地质科学院侯鸿飞、成都地质矿产研究所鲜思远对广西的腕足动物,中国科学院地质与地球物理研究所吴浩若、南京地质古生物研究所王玉净、罗辉、杨群等人对广西晚古生代放射虫等均作过重要研究。北京大学、中国地质大学及其他相关地质院校师生和研究单位,也对广西地区相关门类化石作过重要研究工作。广西壮族自治区地质矿产勘查开发局从事古生物研究的人员多年来也对广西地区主要门类化石作了区域性的综合研究,这些成果都大大丰富了广西地区古生物研究的资料,也给《图鉴》的编写提供了许多重要素

材。我们力求在《图鉴》的编写中尽可能收录上述学者专家的重要成果,使之成为一本简明、实用的图册,更好地服务于当前地质工作的需要和今后的发展。

本《图鉴》由广西壮族自治区地质调查院组织编写,调查院编写人员为邝国敦、李家骧、韦仁彦、陶业斌等,其中有孔虫、蠕类由李家骧编写;珊瑚、层孔海绵(层孔虫)、海百合及鱼类、海绵、藻类等由邝国敦编写;腕足动物由陶业斌编写;竹节石、三叶虫和头足类由韦仁彦编写;邝国敦负责统编。林秀娟协助完成全部图片的调整处理和文稿电子版送审稿的编排工作。南京地质古生物研究所王成源、陈金华,武汉地质调查中心张仁杰,广西大学资源与环境学院唐兰参与相关门类化石编写工作。其中泥盆纪双壳类由张仁杰编写,三叠纪双壳类由陈金华编写,笔石化石由唐兰编写,牙形刺由王成源编写。本《图鉴》的编写所包含的化石门类很多而篇幅有限,总的要求是简明、准确,但由于各门类化石的具体情况不同,因而使属种介绍形式有差别。如有孔虫、蠕、珊瑚、腕足等化石门类,其生物带划分与野外条件下识别以属为依据便可,而竹节石、双壳类、笔石、牙形刺等化石门类,生物带划分或野外条件下识别大多需用种才能区分。因此,在有关章节中有的以介绍属的特征为主,有的则按种的特征介绍,使本《图鉴》有关章节属种介绍简详不尽统一,形式依据内容的需要而定。《图鉴》下册是上册第十二章内容的详细介绍。在《图鉴》编写过程中,黄宏伟、杨志强院长,张帆书记等院领导给予了极大的支持与关心,南京地质古生物研究所戎嘉余、陈旭、廖卫华、陈秀琴,成都地质矿产研究所鲜思远对文稿相关内容作了审阅和修改。初稿完成后,中国地质大学(武汉)殷鸿福,中国科学院吴浩若,武汉地质调查中心姚华舟,桂林理工大学陈贵英、韩乃仁,广西壮族自治区地质矿产勘查开发局李青,广西壮族自治区区域地质调查研究院王汉荣、李江,广西机电工业学校张淑玲,广西壮族自治区地质调查院周怀玲、黄志强等对文稿提出了宝贵的修改意见,谨此深表感谢。

在繁杂的资料整理、录入、编排、图片处理等工作中,广西地质学会黄兴源、王权,广西壮族自治区地质矿产勘查开发局罗寿文及广西壮族自治区地质调查院邓宾等给予了大力支持和帮助,在此深表谢意!

编著者

2013年6月

# 目 录

广西地区各纪地层与化石分布简介	(1)
第十二章 牙形刺化石(王成源)	(3)
第一节 牙形刺简介	(3)
一、生物地层的主帅	(3)
二、生物演化的先锋	(4)
三、石油地质的尖兵	(5)
四、脊椎动物的祖先	(6)
第二节 牙形刺野外采样要求	(6)
第三节 牙形刺的室内分析	(7)
第四节 牙形刺基本形态构造	(7)
第五节 中国泥盆纪至三叠纪牙形刺及化石带	(9)
一、中国泥盆纪牙形刺研究简史与牙形刺生物带	(9)
二、中国石炭纪牙形刺研究简史与牙形刺生物带	(11)
三、中国二叠纪牙形刺研究简史与牙形刺生物带	(14)
四、中国三叠纪牙形刺研究简史与牙形刺生物带	(16)
第六节 泥盆纪至三叠纪牙形刺描述	(17)
主要参考文献	(105)
图版和图版说明	(110)
附表	(152)
附表 1 李四光《中国地质学》(1941)中的广西地区地层序列	(152)
附表 2 广西寒武系—志留系岩石地层划分与对比简表	(153)
附表 3 广西泥盆系岩组划分与对比简表	(154)
附表 4 广西石炭系—二叠系岩石地层划分与对比简表	(155)
附表 5 广西三叠系岩石地层划分与对比简表	(156)
附表 6 广西奥陶纪—志留纪主要生物带划分与对比简表	(156)
附表 7 广西三叠纪主要生物带对比简表	(157)
附录	(158)
附录 1 广西钦州—防城地区晚古生代放射虫、牙形刺生物带划分	(158)
附录 2 放射虫化石野外采样要点	(167)
附录 3 广西牙形刺拉汉索引	(168)



# 广西地区各纪地层与化石分布简介

## 前寒武纪

广西地区前寒武纪地层主要分布在桂北九万大山—龙胜、桂东南云开大山地区,桂东大瑶山—鹰扬关一带也有零散分布。该时段的生物极为原始和简单,加之我区(书中所称“我区”均为“广西地区”)前寒武纪地层又经历了后期变质作用,除局部有微古植物和少量几丁虫外,未发现大化石。

## 寒武纪

广西寒武纪地层分布较广,大部分地区为碎屑岩类,属浊流沉积,化石稀少,只有少量海绵骨针和个别三叶虫球接子类,仅桂西地区的寒武系为碎屑岩类夹碳酸盐岩,产出类似华北型中—上寒武统的三叶虫,数量较多,主要分布在靖西、那坡等地。

## 奥陶纪

奥陶纪地层主要分布在桂东北兴安、全州、恭城等地,此外在桂东南、桂南及桂中也见零星出露。岩性主要为细碎屑岩类,含有较多笔石化石,化石群面貌与我国华东地区的笔石群相似,除此外,桂东南奥陶系还发现少量腕足动物和三叶虫等化石。

## 志留纪

志留纪地层主要分布在桂东北和桂东南地区。下志留统主要分布在桂北、桂东北地区,多为细碎屑岩,含少量笔石化石;中、上志留统主要分布在钦州、合浦、防城等地,岩性主要为碎屑岩类。钦防地区志留系有较多浊流沉积,构造复杂,其间产少量笔石化石。

## 泥盆纪

广西泥盆系除钦州、防城、玉林等地区被认为与下伏志留系之间为连续沉积外,其他地区的下泥盆统与下伏地层间在桂中、桂北地区多为角度不整合接触,桂西地区可能为平行不整合接触。早泥盆世早至中期,整个广西的沉积环境多为滨海至浅海沉积,生物化石以双壳类、腕足动物最常见,最著名的是产于郁江组的东京石燕动物群,该动物群广泛分布于桂西地区经隆安、南宁至武宣、象州等地。早泥盆世晚期至中泥盆世末,沉积相明显分异,形成深水盆地、浅水碳酸盐台地和台地斜坡等多种沉积类型。盆地相所含化石以竹节石、菊石、牙形刺为主,浅水台地生物以丰富的底栖生物珊瑚、腕足、层孔海绵(层孔虫)等为主。台地斜坡则有底栖与浮游生物的混生组合。晚泥盆世晚期,因受 F/F(弗拉斯阶/法门阶)事件影响,底栖生物大量灭绝。玉林、钦州—防城地区泥盆系的硅质岩系中含竹节石、牙形刺和放射虫化石,往南西可延至越南下龙湾。合浦地区仅出露以碎屑岩为主的上泥盆统,往东与广东上泥盆统相接,往南西可延至越南海防一带。

## 石炭纪

广西地区早石炭世深水沉积的分布仍主要分布在桂西北南丹至忻城,往东到荔浦一带。生物群以牙形刺、菊石为主。桂西、桂西南地区下石炭统的深水沉积为薄层灰岩、硅质岩和泥岩夹基性火山岩,浅水沉积为远岸孤立台地浅水沉积。而桂东、桂东北地区早石炭世的浅水沉积为近陆浅海台地沉积,其间桂西、桂北地区生物群与岩性组合都有较明显的差别。早石炭世时层孔海绵(层孔虫)、竹节石已灭绝,珊瑚则出现了有轴部构造的类型,腕足动物出现大个体长身贝类。至晚石炭世,不同地区浅水台地的沉积层及生物群间的差异基本消失,蜓类大量出现。桂东北晚石炭世至早二叠世沉积了一套白云岩和白云质灰岩,化石稀少。钦州—防城一带的石炭系仍为一套深水含锰硅质岩、泥岩沉积,生物群主要为放射虫和牙形刺,其分布与泥盆系相同。合浦石炭系与桂北、桂东北相似,下石炭统发育煤系地层,未见上石炭统出露。

## 二叠纪

早一中二叠世,浅水台地沉积在广西地区西部与中、东部地区之间差异已很小,中、东部地区有较丰富的腕足、珊瑚化石,西部地区相对较少。蜓类在早、中二叠世发育至最盛,分布广泛。晚二叠世,桂中、桂东地区沉积层以碳酸盐岩为主,夹煤系地层。桂西地区煤系地层发育较差,礁相地层较发育。中、上二叠统之间不整合面上的古风化壳,是广西地区大型铝土矿的矿源层。钦州—防城一带的早一中二叠世至晚二叠世早期地层,仍为深海硅泥岩沉积,产丰富的放射虫和牙形刺,是全球二叠纪放射虫化石带最连续完整的地区。晚二叠世中晚期,该区沉积了一套磨拉石建造,与下伏地层为角度不整合接触。合浦地区未见二叠系出露。

## 三叠纪

广西三叠纪地层分布以下一中三叠统的分布最为广泛,主要分布于南丹—宜州—柳州—武宣—防城一线之西,由此线往西早三叠世沉积相由滨岸、浅海陆棚、碳酸盐岩台地、台地前缘斜坡至深水槽盆,沉积中心大致在田阳—西林、那坡一带。桂北、桂西北地区的下三叠统大多为泥质条带灰岩及薄层灰岩,产出较丰富的菊石化石。桂西南地区主要为薄层灰岩和鲕粒灰岩,化石稀少,近年发现少量鱼类和牙形刺,深水相区以细碎屑岩类为主,化石较少。中三叠世基本继承了早三叠世的沉积环境,但深水槽盆有所扩大,浊流沉积广泛发育。浅海陆棚和台缘斜坡丰产双壳类和菊石。上三叠统主要分布于桂西南十万大山西南麓,由灰绿色砂页岩、紫红色砂砾岩组成,含少量海相双壳类和半咸水叶肢介化石。其中一套厚层紫红色砂砾岩,岩性与下泥盆统莲花山组砂砾岩十分相似,性坚硬,构成十万大山最高峰。桂北南丹等地也有上三叠统零星分布,其岩性特征与贵州南部相似。

## 侏罗纪与白垩纪

在广西地区除十万大山一带外,大部地区呈角度不整合覆盖在下伏岩层之上,属内陆湖泊及山间盆地沉积。沉积物大多为紫红色砂、砾、泥岩沉积,化石稀少,大多为植物碎片与孢粉、介形类化石。据现有资料,仅在扶绥及南宁附近邕宁坛洛和大塘等地发现少量恐龙化石。

## 古近纪、新近纪(第三纪)和第四纪

古近纪、新近纪沉积物和侏罗纪、白垩纪类似,但岩石固结性稍差。该套地层分布较分散,全为陆相沉积。面积较大的盆地有南宁盆地、百色盆地和宁明—上思盆地等。其中,百色盆地产出较多植物、双壳类、腹足类和陆栖古脊椎动物化石;南宁盆地产出双壳类、腹足类和少量甲壳类化石;宁明盆地产出丰富植物叶片和较多鱼化石。此外,还有一小部分古近系、新近系分布在岩溶谷地、溶洞和岩溶裂隙中。第四系多为一些河流阶地和溶洞堆积,产出双壳类、腹足类、古脊椎动物和古人类化石。

本《图鉴》所介绍的仅为寒武纪至三叠纪期间数量多、分布广的古无脊椎动物化石,共计 12 个主要门类,现分别介绍如下。

## 第十二章 牙形刺化石<sup>①</sup>

### 第一节 牙形刺简介

牙形刺是已经灭绝的牙形动物的骨骼,存在于寒武纪到三叠纪的海相地层中。牙形刺形体很小,一般只有 1mm 左右,最大也不过 7mm。形态多样,颜色各异,在海相地层中广泛分布,在生产实践上,具有重大的实用价值,在生物演化上也占有极其重要的位置。

#### 一、生物地层的主帅

现代地层学包括生物地层学、岩石地层学、化学地层学、生态地层学、地震地层学、同位素地层学、地体地层学等,然而最重要的还是生物地层学。因为生物的演化是不可逆的,是地质历史演化的最重要的证据。是区域地质调查的核心内容,也是构造地质研究的基础。

自新中国成立的半个多世纪以来,中国的区域地质调查工作一直卓有成效地进行着,取得了举世瞩目的成就。区域地质调查工作中的重要内容之一就是厘定地层的时代,在这方面同样取得了很多突破性的进展。

从世界范围来看,近半个世纪以来,地层古生物工作已有很大的变化,从 20 世纪 70 年代以来,在国际地层委员会的推动下,对显生宙的各纪,都开始建立各系、统、阶的界线层型,寻求地层对比的共同语言。界线层型的研究,推动了生物地层学等相关学科的发展,为寻求世界对比的共同语言,界线层型的定义(即金钉子的定义),必须选择演化快、分布广、特征明显的化石作为层型剖面界线点位的定义。这样在显生宙的各地质时代就逐渐选定了主导化石门类(leading fossil groups),即每个地质时代生物地层挂帅的门类,也就是确定各阶的定义和界线层型的化石门类。每个地质时代的主导化石门类的选定都是经过世界各国地层古生物学家反复比较研究,逐步得到共识的。20 世纪 70 年代以前,有些地质年代的正年代地层单位,都是依据大化石确定的,如泥盆纪、三叠纪的菊石,实际上也是当时的主导化石门类。20 世纪 70 年代以后,地质时代的主导化石门类发生了变化,所有地质时代的主导化石门类都是以浮游生物、微体化石为准,而不是以底栖生物、大化石为准。同时,国际年代地层表也发生了重大变化。志留系由原来的三统,改为现在的四统;石炭系由三统改为二统;二叠系由二统改为三统。新的地质年表的变化,对地质时代的确定也提出了新的要求。再不能用“上志留统”,而必须确定是罗德洛统还是普里道利统,再不能用传统的上二叠统或下二叠统,而必须考虑是否有中二叠统。

中国的区域地质工作,也逐步重视主导化石门类。广西区域地质调查研究院,多年来非常重视用泥盆纪的主导化石门类牙形刺解决泥盆纪的地层时代和对比,取得了非常好的效果。西藏的区域地质调查工作,近年来也重视主导化石门类的采集,取得了很好的效果。各时代的主导化石门类和重要化石门类以及主导化石门类的分带情况,见表 12-1。

从表 12-1 中可以看到,牙形刺已成为寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪、二叠纪和三叠纪 7 个地质时代的主导化石门类。可以说整个古生代和三叠纪,牙形刺都是主导化石门类。特别是泥盆纪、石炭纪、二叠纪和三叠纪。奥陶纪和志留纪的第一主导化石门类是笔石,但笔石分布范围有限,在广泛分布的碳酸岩相区,实际起作用的还是牙形刺。生物地层划分的详细程度,经常是以生物带的多少来统计的。至今,中国的古生代和三叠纪的牙形刺化石带在“深水相区”已划分出 237 个带,如果加上在浅水相区的牙形

<sup>①</sup> 本章由王成源编写。此项目得到广西壮族自治区地质调查院、中华人民共和国科学技术部基础性工作专项(2006FY120400)和国家自然科学基金面上项目(41072008, 41221001, 41290260)的资助。

刺化石带,牙形刺化石带已有 250 多个。除化石带外,还有很多标准化石,仅晚泥盆世就有 120 多个种是牙形刺的标准化石,只要发现一个,地层时代就能得到精确确定。牙形刺实际就是古生代和三叠纪生物地层的主帅。这是任何其他化石门类所不能比拟的。

表 12-1 显生宙各时代的主导化石门类 and 重要化石门类(据王成源,2000,修改)

界	系	主导化石门类	重要化石门类	主导化石门类化石带
新生界	第四系	钙质超微化石,浮游有孔虫	哺乳动物,孢粉,介形类	浮游有孔虫 5 带 钙质超微化石 2 带
	新近系	浮游有孔虫,钙质超微化石	哺乳动物,孢粉, 介形类,沟鞭藻	浮游有孔虫 21 带 钙质超微化石 18 带
	古近系	浮游有孔虫,钙质超微化石	哺乳动物,孢粉, 介形类,轮藻,双壳类	浮游有孔虫 23 带 钙质超微化石 25 带
中生界	白垩系	菊石,浮游有孔虫,钙质超微化石,双壳类	孢粉,介形类,海百合,沟鞭藻, 箭石,轮藻,鱼,鸟,爬形类	菊石 24 带 浮游有孔虫 29 带
	侏罗系	菊石	有孔虫,放射虫,腕足类, 双壳类,孢粉,介形类等	菊石(24 带或组合)
	三叠系	牙形刺,菊石	浮游有孔虫,孢粉, 叶肢介,双壳类,介形类	牙形刺 30 带 菊石 27 带
古生界	二叠系	牙形刺	菊石,蜓,非蜓有孔虫	牙形刺 38~51 带
	石炭系	牙形刺,有孔虫	菊石,蜓,非蜓有孔虫,珊瑚	牙形刺 41 带
	泥盆系	牙形刺	笔石,竹节石,三叶虫,腕足,珊瑚	牙形刺 58 带
	志留系	笔石,牙形刺	几丁虫,疑源类,脊椎微体	笔石 29 带 牙形刺 17 带
	奥陶系	笔石,牙形刺	几丁虫,三叶虫,鹦鹉螺,腕足类	笔石 29 带 牙形刺 26 带
	寒武系	三叶虫,牙形刺	疑源类,小壳化石	三叶虫 41 带 牙形刺 14 带

## 二、生物演化的先锋

牙形刺是显生宙最早出现的生物门类之一。广义的说,牙形刺可分为 3 类:原牙形类始现于前寒武纪,副牙形类始现于早寒武世,而真牙形类始现于晚寒武世。现代研究证明,真牙形类来源于副牙形类,而副牙形类可能(?)来源于原牙形类。如下所述,多数牙形刺专家都认为,牙形刺,特别是真牙形类是脊椎动物的祖先,出现于晚寒武世,在脊椎动物演化上处于领先的地位。



各类生物在地质历史时期的演化速率是不同的,不仅在相对“稳定”的地质时期不同,在“多事之秋”的剧烈变化的地质时期更是如此。近年来,王成源(2004)对地质历史时期重大事件的研究充分证明了这一点。对古生代重大灭绝事件的研究表明,泥盆纪的 F/F 事件,牙形刺的集群灭绝规律与底栖生物,特别是底栖珊瑚完全不同。底栖造礁的珊瑚总是最早灭绝,灭绝期的时间也最长,相反,牙形刺在大灭绝期间的集群灭绝总是最后发生,灭绝的时间间隔也最短。大灭绝之后,牙形刺最早进入复苏期,复苏期可能只有 0.35Ma,而底栖生物要比牙形刺滞后 9Ma 才进入复苏期和辐射期。在生物的演化上,牙形刺是真正的演化先锋。因此,被地层学家称为生物地层的计时器。

在二叠纪—三叠纪集群灭绝事件中,全球 90% 以上的海洋无脊椎动物和大约 70% 的陆生脊椎动物都告灭绝。多数门类,很难追溯到连续的演化系列。牙形刺没有科级和属级的灭绝事件发生,即使种级的灭绝事件也不明显,但是牙形刺的丰度有极大的变化,因此在世界范围内都可以追溯到牙形刺的连续的演化系列,这一特征使它在二叠纪—三叠纪地层界线研究中发挥了关键性的作用。

在集群灭绝事件中,仍保持连续的不间断的演化系列,这在地质时期的各门类化石中是不多见的。牙形刺出现得早,不仅在平稳的地质时期演化得快,在重大地质历史转折时期,也存在连续的演化系列,与其他生物门类,特别是底栖生物门类相比,始终处于演化先锋的地位。

牙形刺为什么演化得快?这可能与牙形刺的功能有关。依据拉马克的“用进废退”学说,现在已证明了牙形刺是牙形动物口咽器官,起牙齿作用的台型牙形刺和起过滤作用的复合型牙形刺总是牙形动物体内最活动的器官,天天进食,时刻运动,随着地质历史时期食物链的变化,牙形刺进化的速度也最快。在地质历史时期,不仅是牙形刺,中生代鱼类的牙齿,大象、猛犸象的牙齿,啮齿类的牙齿,都是演化最快的,这些都是生物地层划分的最好的标志或良好的带化石。可以说动物界中牙齿的演化已构成了生物地层中生物演化的主线。而在植物界中,生殖器官的演化是最为迅速的。

### 三、石油地质的尖兵

牙形刺不仅在生物地层中是主导化石,是主帅,而且在石油地质研究中也是重要的尖兵。牙形刺的颜色是有机变质的重要标志。依据牙形刺的颜色可以判断石油有机成熟度,圈定油气远景区。

牙形刺是由磷灰石、细晶磷灰石组成的,含有微量的有机质和氨基酸。美国科学家首先用实验证实了牙形刺的不同颜色与有机变质程度有直接的关系,这种变化与温度、埋藏深度和时间有关。这种颜色的变化由浅到深,逐渐变化,不可逆,这种颜色变化指标称为 CAI,常用的可分为 5 级,CAI = 1(琥珀色)—5(黑色)是牙形刺内固定碳增加的过程;CAI = 5(黑色)—8(白色)是固定碳从牙形刺中失去的过程。通过阿伦尼厄斯坐标可以换算 CAI 值与温度和埋藏深度的关系。用有机变质温度就可以圈定出石油和天然气的未成熟区、成熟区和过成熟区,就可以推测哪些地区可能有(石)油有(天然)气,哪些地区无油有气,哪些地区无油无气。这对石油地质勘探具有非常重要的指导意义。

牙形刺是由磷灰石族矿物构成的,利用荧光反应可以确定在低温下的变质程度。

当岩石的变质温度较高,尤其是大于 300°C 时,可以用测定牙形刺磷灰石结晶颗粒大小的方法来确定岩石的变质温度。在扫描电镜下,放大 5 000 倍,拍成照片,就可以清楚地看到牙形刺磷灰石晶粒,测定晶粒的大小。

利用牙形刺的颜色,结晶颗粒和荧光反应都可以测定岩石的变质温度,牙形刺不仅是生物地层的计时器也是岩石地层的地质温度计,更是石油地质的尖兵。

近年来,美国科学家正在研究牙形刺 CAI 值与卡林型金矿的关系,可以断定牙形刺在寻找碳酸盐岩地区卡林型金矿方面,同样会起到重要作用。

牙形刺化石,虽然形态多样,颜色斑斓,但内部构造相对简单。没有高等脊椎动物牙齿所具有的神经和血管系统,完全由疏密相间的齿层构成。除寒武纪牙形刺外,牙形刺鉴定,一般不需要研究内部构造,相对简单易行。但牙形刺的鉴定要求很高。

由于牙形刺的生物地层研究精度高,在碳酸盐岩地层区的石油地质勘探中,特别是在确定碳酸盐岩地层的缺失、古隆起区井下碳酸盐岩地层和储油层的对比上,是不可或缺的手段。这在新疆石油地质的研究

中已得到了充分的证明。

近年来的研究表明,由于牙形刺是由磷灰石族矿物组成的,牙形刺同样是测定碳、氧同位素,确定古海水温度的最好的化石,其测定结果远比用珊瑚、腕足类所测定结果可靠得多。

## 四、脊椎动物的祖先

自从潘德尔于 1856 年在波罗的海地区发现牙形刺以来,有关牙形刺的生物属性的争论就从未停止过。这种奇怪的多刺的齿状化石曾被归入到鱼类、环节动物、节肢动物、头足动物、袋虫类、腹毛类、毛颚类、动吻类,甚至植物等 18 种不同的生物门类。可以说,没有任何一种化石门类像牙形刺那样使人迷惑不解、扑朔迷离。自 1983 年在苏格兰的下石炭统发现牙形动物软体化石以后,牙形动物就被归属到最早期的脊椎动物。它与现代的七鳃鳗(八目鳗)很相似,两侧对称,肛门后位,有尾鳍,背鳍,并有鳍条,有两个大眼睛,有肌节(并发现纤维肌肉组织)和脊索。重要的是牙形刺中有与脊椎动物牙齿相似的齿质(牙本质)存在,并在牙形刺的口面,特别是台型牙形刺的口面发现微磨损,证明牙形刺是牙齿,起粉碎、剪切食物的作用,是食大粒食物的。牙形刺是牙形动物的口咽器官,两侧咬合,因此,牙形刺专家都认为牙形动物有良好的视力,两侧对称,能像鳗类一样快速游泳,并且很可能是积极捕食的,能适应于不同的生境。他们将牙形动物归入到最早期的脊椎动物,可能来源于盲鳗类或七鳃鳗类,具有钙化的骨骼,属脊椎动物中最原始的颞口类(*Gnathostomata*)。狭义的牙形刺或牙形动物(真牙形类)起源于晚寒武世,处于脊椎动物演化的早期,是脊椎动物的祖先,而真牙形类的祖先很可能是来源于早寒武世多细胞动物的大辐射。这已成为牙形刺专家的主流看法。但也有人认为牙形动物不属脊椎动物而属原索动物,或是脊椎动物的姊妹群,但仍属脊索动物。

## 第二节 牙形刺野外采样要求

海相沉积岩中石灰岩、白云岩、页岩、砂岩、硅质岩,黏土岩都含有牙形刺,但丰度和分异度差异甚大,目前采样仍以灰岩为主,如有特殊需要,亦可采集其他岩性的样品。

**灰岩样品:**海相灰岩是含牙形刺最丰富的岩类,古生代海相灰岩平均 4~8 个/kg,也常有无牙形刺的情况,最多的例子是每千克产 3 万多个牙形刺。各种灰岩含有牙形刺的数量差别很大,因此在野外一定要注意选择合适的灰岩样品,切忌盲目取样。

**有利于牙形刺赋存的灰岩:**深水相细晶薄层灰岩、不含大的厚壳化石的灰岩、含有细海百合茎的生物碎屑灰岩、含有薄壳小腕足类的灰岩、蛭类少的灰岩、只产单体珊瑚的灰岩、远离礁体的灰岩、厚层灰岩的顶底,都是适合采样的石灰岩。地槽区,蛇绿岩、玄武岩、硅质岩中的灰岩夹层,陆相沉积中的海相灰岩夹层一定要取样。

**不利于牙形刺的赋存灰岩:**浅水相生物礁灰岩,含厚壳大化石和含粗大海百合茎的灰岩,块状珊瑚、层孔虫发育的灰岩,蛭类密集的灰岩,厚层灰岩的中部,鲕粒灰岩,陆源碎屑很多的灰岩,火山凝灰岩。

**白云岩和大理岩:**要区别是原生白云岩还是次生白云岩。原生深水相(30~50m 深)的好;含微细层理的大理岩较好。粗晶雪白的大理岩不要采,变质温度超过 580~600℃ 的大理岩,无牙形刺。

**砂岩:**滞流砂、含有海绿石磷灰石的砂岩(钙质胶结物)较好。快速沉积的砂岩不好。

**黑色页岩:**可在层面上用放大镜寻找。

**硅质岩和硅质页岩:**深水相成层硅质岩较好,可用切片方法寻找。但太费工,成本高。有些含实体牙形刺化石的硅质岩可在室内用氢氟酸处理,而只有化石空模的硅质岩,只能直接沿层理面破开寻找,硅质页岩宜选择层理清晰、层面平整细腻的岩层沿层理面劈开寻找,常可得到很好的印模标本。

**黏土岩:**可直接用水淘洗。很费工。黏土岩样品如工作需要,可采大样,10~20kg。

**样品数量:**每个样品不得少于 2kg,一般要求平均每样 4kg。每个样品可在 1~2m 范围内取混合样,不是采一大块。每个组的地层需 5~20 个样,视组所跨的时限,每个统的地层一般要 40~50 个样。每个样品最好有 GPS 数据。

### 第三节 牙形刺的室内分析

牙形刺的室内分析,主要是对灰岩的处理。灰岩样品要粉碎到核桃大小,然后用稀释到10%左右浓度的工业冰醋酸浸泡。灰岩较纯时,反应很快;灰岩不纯时,如泥灰岩、白云岩等,反应很慢。这时通常有人就再加酸,试图增加反应速度,但这是错误的。必须用缓冲剂技术控制pH值,pH值在3.6~4.5之间,溶液浸泡的牙形刺才不至于溶解,如果pH值小于3.6,酸度过大,牙形刺溶解;pH值大于4.5,偏碱性,牙形刺也会溶解。控制pH值的最好办法,是用精密试纸随时测定pH值;通常加酸后,pH值小于3.6,这时要加入用纯灰岩配制的含有醋酸钙的溶液,或将其他桶中处理过牙形刺的残液的上部轻轻倒入新的桶中,将pH值调整到3.6~4.5之间,在这种pH值之下,牙形刺在处理桶中一个月也不会溶解。越是岩性不好的样品,越是要保持pH值的稳定,千万不要过量加酸。

如为取得其他钙质化石,工业冰醋酸的浓度要减低到5%~8%之间。如岩石(如大理岩)有变质,则每天过筛一次或两次,使残渣及时脱离酸性溶液。岩石的变质温度超过580~600℃,则牙形刺就不存在了。

牙形刺溶液过筛时,采用两个筛子,上部的用20目的套筛,下部的用100目或120目的套筛,两筛之间的残渣烘干后,可在显微镜下挑选。残渣过多,可用三溴甲烷或四溴乙烷重液分离,减少残渣,节省时间;但必须在通风厨内进行,因为三溴甲烷或四溴乙烷是有毒的,可致癌。

对于寒武纪的牙形刺,由于刺体较小,多为锥形,下部的最好用150~200目的套筛。

### 第四节 牙形刺基本形态构造

牙形刺是很小的刺状的微体化石,一般都小于1mm,最大可达7mm。种类繁多,形态多样。总的可分为3种类型:单锥型、复合型和台型。总的演化趋势是由单锥型演化出复合型,由复合型演化出台型。

单锥型牙形刺形如牛角或象牙,是简单的锥状刺体。可大致地区分为主齿和基部两部分。主齿后弯、向顶端变尖,基部膨大,包围基腔。两侧对称或不对称;具有齿沟、齿线。典型分子为*Drepanodus*, *Panderodus*。具有齿沟形似毒牙的*Panderodus*可能是最早的有毒动物。单锥型牙形刺只存在于寒武纪至泥盆纪,对寒武纪地层有重要的地层意义。

复合型牙形刺由单锥型牙形刺演化而来,可分为耙型和片型两大类,前者形如梳子或耙子,生有大小不同的细齿和主齿,可区分出前齿耙和后齿耙,典型分子为*Hindeodella*;后者刺体片状,形如锯、犁、铲等,中间有主齿,有前齿片与后齿片的区分。*Ozarkodina*, *Spathognathodus*, *Dinodus*就是这类分子的典型的3个代表。

台型牙形刺由复合牙形刺分子演化而来。大部分有宽平的齿台和片状的前齿片。齿台上有齿脊、横脊、近脊沟、瘤齿、齿垣、吻脊等构造。*Gondolella*, *Palmatolepis*, *Siphonodella*等就是典型代表。台型牙形刺分子有重要的地层价值,极大部分牙形刺带化石都是以台型牙形刺分子确立的。

牙形刺形态术语,见图12-1~图12-5。

早期的牙形刺研究认为每个个体是独立的属种,建立了大量的形式属种。牙形刺自然集群的发现使牙形刺专家认识到每个形式属种只是牙形刺器官中的一个骨骼成分。现代牙形刺的分类是以器官分类为主的,每个牙形刺器官可能包括几个形式属和几十个形式种。但器官属种的确立,仍是以某形式种为主要特征的。如*Palmatolepis*和*Polygnathus*的各个种的主要特征,仍是以其台形分子(P分子或Pa分子)的特征为准的。形态术语的使用也主要是形式属种的术语。Sweet(1981)创立的指掌状枝形分子、羽状枝形分子、星状台形分子、三角状刷形分子等复合术语,在器官属种的描述中是重要的,但中国牙形刺工作者使用得较少。请参阅《牙形刺》一书(王成源,1987)。

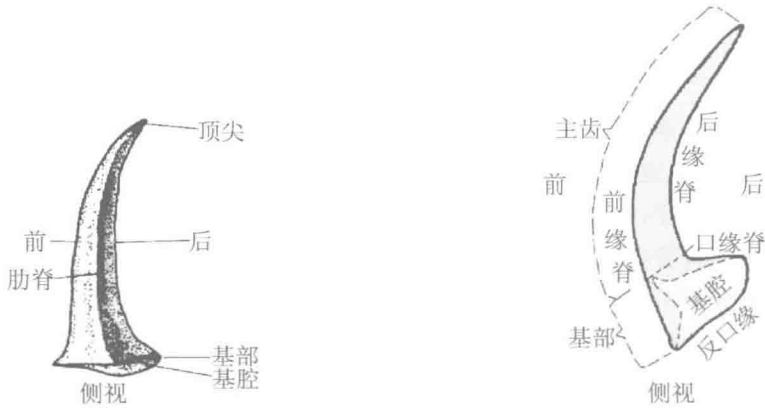


图 12-1 单锥型牙形刺(据 Hass, 1962; Lindsröm, 1964)

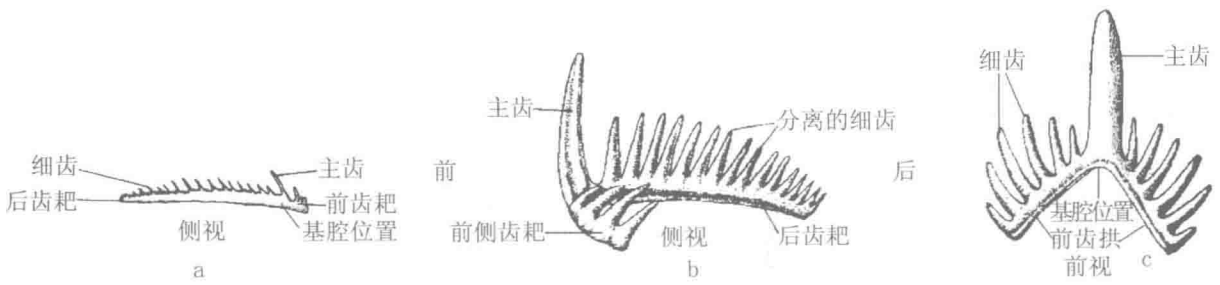


图 12-2 耙型牙形刺 (据 Hass, 1962)

a. *Hindeodella subtilis* ; b. *Ligonodina pectinata* ; c. *Hibbardella angulata*

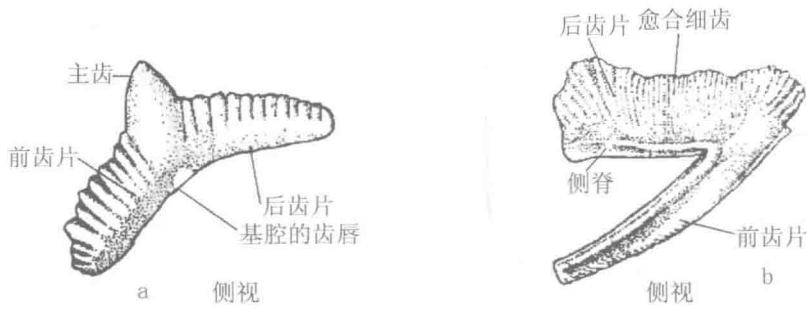


图 12-3 片型牙形刺 (据 Hass, 1962)

a. *Ozarkodina typical* ; b. *Dinodus fragosus*

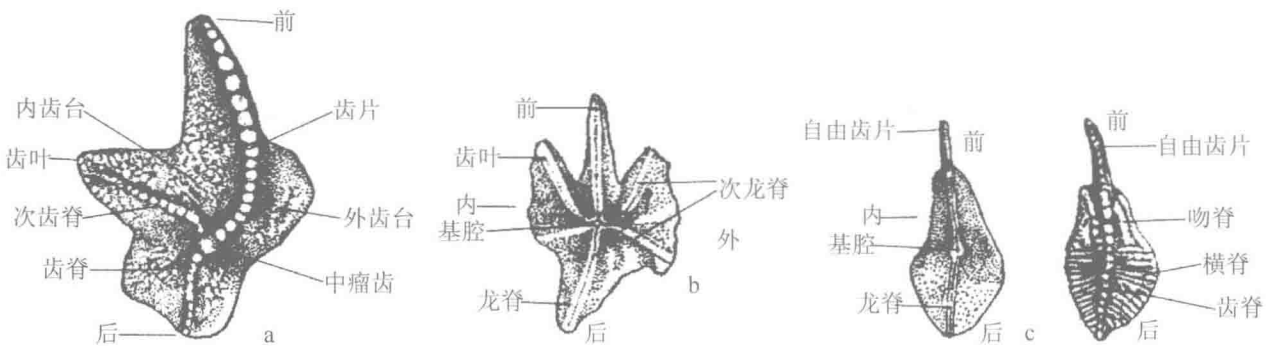


图 12-4 台型牙形刺 (据 Hass, 1962)

a. *Palmatolepis perlobata* ; b. *Ancyrodella* sp. ; c. *Siphonodella duplicata*



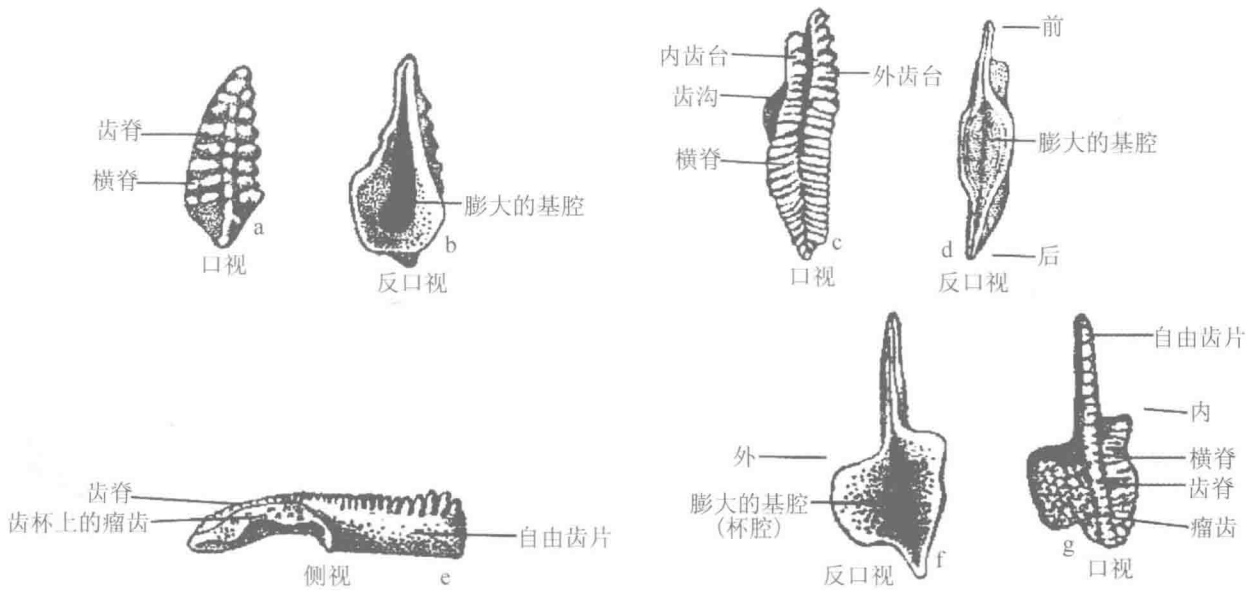


图 12-5 有膨大基腔的台型牙形刺(据 Hass, 1962)

a, b. *Icriodus expansus*; c, d. *Cavusgnathus cristatus*; e, f, g. *Gnathodus pustulosus*

## 第五节 中国泥盆纪至三叠纪牙形刺及化石带

### 一、中国泥盆纪牙形刺研究简史与牙形刺生物带

中国第一篇泥盆纪牙形刺论文是在 1974 年华南泥盆纪会议上提交的,此论文由王成源、王志浩正式发表于 1978 年,但在 1975 年他们就已在当时的内部刊物上发表了“广西六景早泥盆世牙形刺”的论文。

近 30 年来,中国泥盆纪牙形刺的研究已取得了丰硕的成果,其中北京大学白顺良教授等(1982)发表的《广西及邻区泥盆纪生物地层》,王成源(1989)发表的《广西泥盆纪牙形刺》,Ji 和 Ziegler (1993) 发表的 *The Lali Section: An Excellent Reference Section for Upper Devonian in South China*, 都是有代表性的我国泥盆纪牙形刺的专著。其他牙形刺论文就更多了。

中国早泥盆世牙形刺的研究始于 1975 年(王成源,王志浩),如今我国泥盆纪牙形刺化石带可与国外牙形刺带逐一对比,研究程度已很高。早泥盆世 Lochkovian 阶的牙形刺是王成源等(1978)首先在四川若尔盖下普通沟组发现的,确立了泥盆纪最底部第一个牙形刺化石 *C. woschmidti* 带。*eurekaensis* 带可能存在于滇西(白顺良等,1982),而 *delta* 带的化石存在于西藏(Wang and Ziegler, 1982)和新疆库车河地区(王成源,张守安,1988;王成源,2001)及乌恰地区(王成源,2000)。Lochkovian 阶最上部的 *pesavis* 带,存在于新疆塔里木盆地东部(夏凤生,1996),泥盆纪牙形刺化石在分类上的分歧相对较小,而世界对比性很强,应特别注重带化石的发现。内蒙古早泥盆世牙形刺最早发现于 1985 年(王成源),并依据牙形刺首先在巴特敖包地区确立了早泥盆世地层的存在,建立了阿鲁共组(李文国等,1985)。

从早泥盆世埃姆斯阶早期开始,中国泥盆纪牙形刺的分布是非常广泛的。特别是在华南、华中和西南地区,很多牙形刺化石带都可以在连续的剖面上发现。其中广西德保都安四红山一个剖面就包括了 29 个牙形刺化石带(Ziegler and Wang, 1985)。重要的是都安剖面是我国目前所知的唯一的一条有完整艾菲尔阶牙形刺序列的剖面。有完整的吉维特阶和上泥盆统牙形刺序列的剖面在华南很多,如广西宜山剖面,拉利剖面,贵州尧化、独山剖面,四川龙门山剖面等。这些剖面上的牙形刺化石带,都可以与国际上的牙形刺化石带进行精确的对比。