

Mass Extinction and Recovery  
Evidences from the Palaeozoic and Triassic of South China

# 生物大灭绝与复苏

来自华南古生代和三叠纪的证据

|| 上卷 ||

VOLUME ONE

主编 戎嘉余 方宗杰

Edited by *Rong Jiayu* and *Fang Zongjie*

中国科学技术大学出版社

*University of Science and Technology of China Press*

# Mass Extinction and Recovery

Evidences from the Palaeozoic and Triassic of South China

## 生物大灭绝与复苏

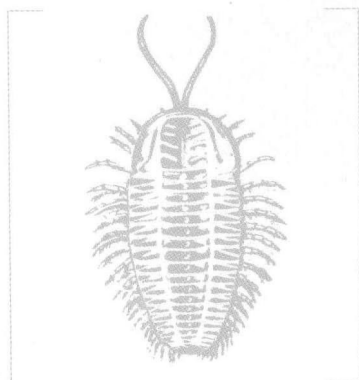
来自华南古生代和三叠纪的证据

|| 上卷 ||

VOLUME ONE

主编 戎嘉余 方宗杰

Edited by *Rong Jiayu* and *Fang Zongjie*



中国科学技术大学出版社

*University of Science and Technology of China Press*

## 图书在版编目(CIP)数据

生物大灭绝与复苏：来自华南古生代和三叠纪的证据 / 戎嘉余，方宗杰 主编. —合肥：中国科学技术大学出版社，2004.11

ISBN 7-312-01616-2

(国家十五重点图书)

I . 生… II . ①戎… ②方… III . 古生代 - 中生代 - 地层古生物学 - 研究 - 华南地区 IV . Q911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 132753 号

责任编辑 高哲峰

特约编审 王俊庚

封面设计  敬人书籍设计工作室

吕敬人 + 张朋

© 中国科学技术大学出版社 2004

本书的任何部分不得以图表、声像、电子、影印、缩拍、录音或其他任何手段进行复制和转载。违者必究。

© University of Science and Technology of China Press 2004

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form or by any means without permission in writing from the publishers.

出版发行 中国科学技术大学出版社  
(安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026)

印刷 合肥远东印务有限责任公司

经销 全国新华书店

开本 889 × 1194/16

印张 69.25

插页 3

字数 1358 千

版次 2004 年 11 月第 1 版

印次 2004 年 11 月第 1 次印刷

印数 1 ~ 3000 册

定价 220.00 元 (上下卷)

三叶虫和恐龙,这两类为很多人所熟悉的化石曾在地史时期极度繁盛,却先后在2.5亿年前和6500万年前的两次生物大规模集群灭绝(简称大灭绝)中永远从地球上消失了。为什么史前大多数动植物不再与人类生活在一起?地史上发生过几次这样的大灭绝?大灭绝的起因是什么?这些大的生物事件是突然地还是逐渐地发生的?这一连串令人感兴趣的有关生物演化的前沿主题,既为专家学者们所研究,也为社会大众和媒体所关注。

本书专门探讨史前生物大灭绝及其残存和复苏过程,焦点是华南古生代(距今5.5~2.5亿年间)奥陶纪末、泥盆纪晚期和二叠纪末三大灭绝事件,涉及华南常见的三叶虫、腕足动物、笔石、四射珊瑚、横板珊瑚、双壳类、腹足类、放射虫、有孔虫、介形虫、牙形类、层孔海绵、菊石等海洋生物类群、后生动物礁及微生物岩,也适当地考虑到植物界的情况。根据华南史实和国际资料,着重分析生物演变的过程,探讨引发大灭绝的外因,尤其是大气圈、水圈和岩石圈扰动时对生物圈的严酷影响。当多种地质事件导致全球环境严重恶化、生态系极度脆弱、种群处于生存临界状态时,大灭绝事件就不可避免地发生。大灭绝因发生在不同时期、不同演化阶段和不同环境背景下,时限、强度与型式不一,结局亦明显不同,虽拥有不少共性,但差异重于共性。本书还探索生物本身对恶化环境的应对,涉及生物忍耐度和适应度等内因。

紧随大灭绝后,生物类群进入了残存、残存-复苏或直接跃入复苏阶段。不同类群的复苏时限与型式之间的差异,强烈地反映在不同的生物类群、古地理环境和大灭绝后生物反弹之中。华南古生代三大灭绝过程显示,宏演化不存在统一的模式。大灭绝后,有些生物全部灭绝,有些遭受“重创”,还有些不仅劫后余生,更“受益”于大事件并取代先前优势类群的地位。所以大灭绝事件在这一演化进程中起了加速与催化的作用。危机先驱型和复活型生物是灭绝后复苏-辐射的源泉。漂浮或游泳生物往往复苏最快,底栖固着动物复苏稍晚,“娇生惯养”的后生动物礁的复苏总是殿后。

本书的研究表明,大灭绝是发生在自然界里一个十分残酷的事实。它既点断了生命演化的历程,也给生物界带来演化辐射的新机遇。我们的地球环境正在不断恶化,生物多样性在不断大幅度地下跌,物种灭绝率和濒危物种数目也在剧增。我们需要借鉴史前规律来认识人类生存环境的现状,寻找改善今日环境的对策。

本书是一本系统探索史前生物大灭绝及其后残存与复苏的科学专著,由39位来自中国科学院南京地质古生物研究所、北京大学、中国地质大学(北京和武汉)等国内外10余个单位的著者合作完成,包含既独立成节又有内在联系的32篇(节)论文。本书分为上、下两卷,上卷包括序、概论、奥陶纪末和晚泥盆世大灭绝与复苏,下卷包括二叠纪末大灭绝与复苏、华南古生代三大灭绝事件与复苏的对比分析和关于生物大灭绝涵义的讨论(结束语)。全书最后部分为论文的英文摘要。

本书可供地质科学、生命科学、环境科学、社会科学等科研人员、大学教师、研究生、大学生及对本书主题感兴趣的人阅读。希望这本有关生物宏演化的书籍能给广大读者、尤其是年轻读者传达一种科学的理念,启发他们追求科学的热情,引导他们加入探索生命演化的行列。

## 作者名单

- 曹长群 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
陈建强 中国地质大学,北京 100083  
陈金华 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
陈秀琴 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
陈旭 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
樊隽轩 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
方宗杰 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
顾兆炎 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029  
韩乃仁 桂林工学院,桂林 541004  
何心一 中国地质大学,北京 100083  
金玉玕 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
李越 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
李镇梁 广西区域地质调查研究院,桂林 541003  
廖卫华 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
刘强 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029  
罗辉 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
马学平 北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室,  
北京大学地球与空间科学学院,北京 100871  
麦尔钦 加拿大圣弗朗西斯萨维尔大学地球科学系  
米切尔 美国布法罗纽约州立大学地质系  
潘华璋 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
戎嘉余 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
希茨 美国布法罗堪尼西斯学院物理系  
沈树忠 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
沈建伟 中国科学院南海海洋研究所,广州 510301  
孙东立 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
童金南 中国地质大学,武汉 430074  
王成源 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
王尚启 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
王伟 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
王向东 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
王恽 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
王玥 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
王玉净 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
许冰 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029  
袁文伟 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
詹仁斌 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
周志强 西安地质矿产研究所,西安 710054  
周志毅 中国科学院南京地质古生物研究所,南京 210008  
齐格勒 德国法兰克福森根堡研究所

## List of Authors

- Cao Changqun** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Chen Jianqiang** China University of Geosciences, Beijing  
**Chen Jinhua** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Chen Xiuqin** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Chen Xu** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Fan Junxuan** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Fang Zongjie** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Gu Zhaoyan** Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing  
**Han Nairen** Guilin Institute of Technology  
**He Xinyi** China University of Geosciences, Beijing  
**Jin Yugan** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Li Yue** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Li Zhenliang** Guangxi Institute of Regional Geological Survey, Guilin  
**Liao Weihua** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Liu Qiang** Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing  
**Luo Hui** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Ma Xueping** The Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution,  
Department of Geology, Peking University, Beijing  
**M. J. Melchin** Department of Earth Sciences, St. Francis Xavier University,  
Antigonish, Canada  
**C. E. Mitchell** Department of Geology, State University of New York at Buffalo, USA  
**Pan Huazhang** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Rong Jiayu** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**H. D. Sheets** Department of Physics, Canisius College, Buffalo, USA  
**Shen Jianwei** South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou  
**Shen Shuzhong** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Sun Dongli** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Tong Jinnan** China University of Geosciences, Wuhan  
**Wang Chengyuan** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Wang Shangqi** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Wang Wei** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Wang Xiangdong** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Wang Yi** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Wang Yue** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Wang Yujing** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Xu Bing** Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing  
**Yuan Wenwei** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Zhan Renbin** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**Zhou Zhiqiang** Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources  
**Zhou Zhiyi** Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS  
**W. Ziegler** Forschungsinstitut Senckenberg, Senckenberganlage 25, D-60325,  
Frankfurt/Main, Germany



## 序

奉献给读者的这本书,不是研究单个物种的灭绝问题,而是专门探讨短暂的地质时期内、影响全球、涉及很多门类的生物集群灭绝(简称大灭绝)事件。这种大灭绝现象在生物演化的历史长河中,公认的规模最大的有5次,即古生代(距今约5.4至2.5亿年间)的奥陶纪末期、泥盆纪晚期、二叠纪末期和中生代(距今约2.5~0.65亿年间)的三叠纪末期与白垩纪末期。

生物大灭绝是地质历史时期最重大的生物事件之一。近20年来,由于人类的活动导致生态环境的不断恶化,濒临灭绝的物种不断增多,物种灭绝事件加快发生,给全球生物多样性带来不可挽回的严重后果,也威胁到人类自身的生存。这就使得不少人产生疑惑:难道人类将面临第六次生物大灭绝事件吗?于是,人们对生物多样性问题开始重新思考,对史前大灭绝问题给予越来越多的关注。相关研究在国际上十分红火,科学工作者试图深入探索大灭绝是怎样发生的?为什么会发生?发生了什么变化?并希望从史前大灭绝事件的研究中为人类更好地应对环境恶化寻找办法。这些研究成果影响到了公众对生命演化的科学观和认识观。

本书由32篇(节)论文组成。它们既独立成节、又有内在联系。本书作者本着实事求是的治学态度,以中国南方古生代三次大灭绝的实际材料为基础,记述这些大灭绝与其后生物残存、复苏的史实,旨在探索大灭绝的发生、机制和结局,阐述生物残存、复苏的过程和特征,尽可能地在了解和审视生命的发展过程中,揭示生物演化之奥秘。根据这些研究结果看出,其一,上述三大灭绝事件无例外地都由全球环境的恶化所引起,但各次灾变环境因素不同,各时期生物发展阶段有别,在历次恶化环境中各门类乃至各物种的自身形态功能、生态习性、适应度、忍耐度等的表现和反应也存在差异,因而产生了不一样的结局;其二,大灭绝事件对生命演化影响极大,倘若这些事件不曾发生,全球生物发展进程会呈现另一番景象,正所谓“差之毫厘,谬以千里”,生物界将“面目全非”。可见,大灭绝本身是引发生物演化历史更新的一个重大因素,实质上是一把“双刃剑”:一方面“点断”了生命发展的记录,导致大量物种灭绝、生态系重创和生物地理格局变更,另一方面也带来了一次又一次生物辐射的新机遇和生物演化的新阶段。追寻史前全球性的灾难岁月,就是为了更理性、客观地认识生物怎样应对环境恶化、适应环境好转,从而为理解人类应采取的生存策略、为认识生存环境的全球变化,提供大范围、大尺度的地质历史借鉴。

尽管史前大规模的灾变事件在地球上发生过多,但每次事件后,生物界在整体上从无“全军覆没”的记录,这是因为总有各种各样的幸存类型残存下来。有些类群还受益于大灭绝事件。所以,大灭绝在生物类群优势替代的演化进程中,起了加速和催化的作用,却没有彻底改变生物界的基础。认识这一点对于把握大灭绝的内涵有重要的意义。那些幸存分子在经历残存阶段之后,先后不同程度地参与到随后的生物复苏和辐射中。残存与复苏是许多门类在大灭绝后的生物演化进程中不可缺少的两个环节,这也是本书专门论述的两个内容。如果说残存是大灭绝的结局和延续、与后者的联系更紧密的话,那么复苏则是新一次生物辐射的前奏。大灭绝

后生物残存与复苏的研究,近年来吸引着国际学术界的广泛关注,代表着当前古生物学研究的一个前沿,只因起步不足十年,还是一个知之甚少的全新领域。

许多生物学家或古生物学家花费大量笔墨写就了难以计数的生物演化教科书和科学论文,涵盖了物种形成、种系发生、系统发育、演化模式等一系列重要问题,但系统地展示实际资料,既涉及大灭绝,又探索残存、复苏事件的却为数不多。国内、外学者在思考这些饶有兴趣的问题时,已开始对从推理到理论的思维方式和一些具体论点提出质疑,我们需要在新方法、新手段的基础上,努力发掘更多、更翔实的实际材料,从宏观上认识全球环境的灾变以及与各圈层之间的联系。应该说,研究大灭绝、残存和复苏问题,已经成为演化生物学中不可或缺的组成部分。

人类正在渴望了解生物在环境恶化后复苏的过程和控制因素。一些学者指出,伴随人口急剧膨胀和经济快速发展,人类的破坏活动正愈演愈烈,生物多样性正在大幅度地下跌。对于今日令人堪忧的生物环境状况,人类理应保持清醒的头脑和科学的认识。从古生物学和演化生物学的角度出发,当今生物界正处于最严峻的时刻。研究生物演化过程,必须重视人类活动的危害后果。若人类把自己处在生物界的“中心”,欲征服自然、改造自然,不能与周围环境协调发展,不能与生物界“朋友”和谐共处,那么,最后遭殃的必将是破坏生存环境的人类自己。

自19世纪居维叶的“灾变论”和达尔文的“渐变论”,到20世纪中叶辛德沃尔夫(Schindewolf)的“新灾变论”,再到纽威尔(Newell)、塞普考斯基(Sepkoski)等对“大灭绝”事件的初探,人类在探讨史前生命演化进程的重大事件上,经历了一个认识不断深化的过程。近20年来,中国古生物学者开始关注这一领域并投入了大量的工作。尽管本书参与者经过多年的努力和探索,根据华南和世界的资料提出了一些新的认识,但由于相关领域的系统探讨还刚全面展开,目前仍遇到不少“扑朔迷离”、不易解决的科学难题。我们由衷地希望,本书的出版将有助于我国这一生命科学和地球科学的交叉前沿领域的研究不断深化。

本书的编写者还热切地期盼着更多有兴趣、有志向的年轻人能够参与到探索生命演化的奥秘、追寻一去不复返的大灭绝—残存的历史轨迹和为生物复苏解码的科学活动之中。年轻人在立志打开生命演化大门的同时,经过不断的实践和艰苦的努力,定能为破解大灭绝和复苏之谜、为探索生命演化的进程奉献智慧和力量。

中国科学院南京地质古生物研究所

戎嘉余 方宗杰

2004年1月



**| 致 谢 |**

国家科学技术部

中国科学院

国家自然科学基金委员会

中国科学院南京地质古生物研究所

现代古生物学与地层学国家重点实验室

华夏英才基金

---

**| Acknowledgements |**

Ministry of Science and Technology, PRC

Chinese Academy of Sciences

National Natural Science Foundation of China

Nanjing Institute Geology and Palaeontology,  
Chinese Academy of Sciences

State Key Laboratory of Palaeobiology and  
Stratigraphy

China Talent Foundation

# 总目录

## 上 卷

序 .....	戎嘉余 方宗杰	
<b>第一章 概论</b> .....		1
戎嘉余 方宗杰		
<b>第二章 奥陶纪末大灭绝与复苏</b> .....		7
第一节 华南奥陶纪末笔石灭绝及幸存的进程与机制		9
陈旭 樊隽轩 麦尔钦 米切尔		
第二节 华南奥陶纪末大灭绝前后笔石分异度、新生率与灭绝率的数值分析		55
樊隽轩 陈旭 麦尔钦 希茨 米切尔		
第三节 华南晚奥陶世腕足动物的大灭绝		71
戎嘉余 詹仁斌		
第四节 华南志留纪早期腕足动物的残存与复苏		97
戎嘉余 詹仁斌		
第五节 扬子陆块奥陶纪末期—志留纪早期三叶虫的灭绝和复苏		127
周志毅 袁文伟 韩乃仁 周志强		
第六节 扬子区奥陶纪晚期四射珊瑚的大灭绝		153
何心一 陈建强		
第七节 上扬子区早志留世四射珊瑚的复苏与辐射		169
陈建强 何心一		
第八节 华南晚奥陶世至早志留世生物礁的演化历程		187
李越		
第九节 奥陶纪—志留纪之交陆生植物的演变		223
王悻		
第十节 华南奥陶纪—志留纪之交常见生物类群如何应对灾变环境		235
戎嘉余 陈旭 周志毅 陈建强		
<b>第三章 晚泥盆世大灭绝与复苏</b> .....		257
第一节 华南晚泥盆世弗拉期—法门期之交大灭绝后珊瑚群的复苏		259
廖卫华		
第二节 华南桂林地区泥盆纪弗拉期—法门期之交牙形刺的集群灭绝及其后的复苏		281
王成源 齐格勒		
第三节 华南晚泥盆世腕足动物的灭绝和复苏		317
陈秀琴 马学平		
第四节 晚泥盆世介形类豆石目的大灭绝		357
王尚启		
第五节 华南晚泥盆世—早石炭世生物礁的灭绝和复苏		367
王向东 沈建伟		
第六节 华南晚泥盆世弗拉期—法门期大灭绝事件中放射虫动物群的兴衰		381
王玉净 罗辉		

第七节	华南泥盆纪弗拉期-法门期之交的生物灭绝及相关沉积-地化事件 马学平	409
第八节	华南晚泥盆世弗拉期-法门期之交的生物大灭绝及其后的残存 和复苏 廖卫华	437
第九节	华南泥盆纪弗拉期-法门期之交碳酸盐沉积物同位素记录 顾兆炎 许冰 刘强 王成源 李镇梁	457

## 下 卷

<b>第四章</b>	<b>二叠纪-三叠纪之交大灭绝与复苏</b> .....	473
第一节	从华南二叠纪—三叠纪礁生态系的演变探讨与灭绝—残存—复苏相 关的几个问题 方宗杰	475
第二节	华南二叠纪—三叠纪腕足动物多样性模式 孙东立 沈树忠	543
第三节	华南二叠纪双壳类动物群灭绝型式的探讨 方宗杰	571
第四节	华南二叠纪末大灭绝后双壳类的宏演化阶段 陈金华	647
第五节	华南古生代-中生代之交有孔虫的类群演替 童金南	701
第六节	二叠纪至中三叠世腹足类灭绝与复苏的评述 潘华璋	719
第七节	华南二叠系-三叠系与泥盆系弗拉阶-法门阶界线层牙形刺的灭绝 与复苏的对比研究 王成源	731
第八节	华南古生代-中生代之交生物大灭绝研究述评 王玥 曹长群	749
第九节	华南海相二叠系-三叠系界线附近碳同位素异常 曹长群 王伟 金玉玗	773
第十节	二叠纪-三叠纪之交生物大灭绝的型式、全球生态系统的巨变及其 起因 方宗杰	785
<b>第五章</b>	<b>分析与讨论</b> .....	929
第一节	华南古生代三次大灭绝及其后残存与复苏的分析对比 戎嘉余 方宗杰	931
第二节	论大灭绝的内涵和“将古论今”的思维方式 戎嘉余 方宗杰	1019
<b>英文部分</b>	.....	1027

**Whole  
Contents**

**VOLUME ONE**

**Preface** ..... *Rong Jiayu and Fang Zongjie*

**Chapter 1 Introduction** ..... 1  
*Rong Jiayu and Fang Zongjie*

**Chapter 2 Latest Ordovician Mass Extinction and Its Subsequent Recovery**  
..... 7

2.1 Patterns and Processes of Latest Ordovician Graptolite Extinction  
and Survival in South China ..... 9  
*Chen Xu, Fan Junxuan, M. J. Melchin, and C. E. Mitchell*

2.2 Biodiversity, Extinction and Origination Rates During the Latest  
Ordovician Graptolite Extinction Based on the Data from South  
China ..... 55  
*Fan Junxuan, Chen Xu, M. J. Melchin, H. D. Sheets, and C. E. Mitchell*

2.3 Late Ordovician Brachiopod Mass Extinction of South China ..... 71  
*Rong Jiayu and Zhan Renbin*

2.4 Survival and Recovery of Brachiopods in Early Silurian of  
South China ..... 97  
*Rong Jiayu and Zhan Renbin*

2.5 Trilobite Faunas Across the Late Ordovician Mass Extinction  
Event in the Yangtze Block ..... 127  
*Zhou Zhiyi, Yuan Wenwei, Han Nairen, and Zhou Zhiqiang*

2.6 Late Ordovician Mass Extinction of Rugose Corals in the Yangtze  
Region ..... 153  
*He Xinyi and Chen Jianqiang*

2.7 Recovery and Radiation of Early Silurian (Llandovery) Rugose  
Corals in the Upper Yangtze Region ..... 169  
*Chen Jianqiang and He Xinyi*

2.8 Late Ordovician to Early Silurian Reef Evolution in South China ..... 187  
*Li Yue*

2.9 The Evolution of Land Plants Through the Ordovician and Silurian  
Transition ..... 223  
*Wang Yi*

2.10 Response of Major Organism Groups to Global Environmental  
Perturbations Through the Ordovician-Silurian Transition in  
South China ..... 235  
*Rong Jiayu, Chen Xu, Zhou Zhiyi, and Chen Jianqiang*

<b>Chapter 3 Late Devonian Mass Extinction and Its Subsequent Recovery</b> .....	257
<b>3.1 Coral Recovery from the Frasnian-Famennian Mass Extinction Event in South China</b> .....	259
<i>Liao Weihua</i>	
<b>3.2 The Frasnian-Famennian Conodont Mass Extinction and Recovery in the Guilin Area of South China</b> .....	281
<i>Wang Chengyuan and Willi Ziegler</i>	
<b>3.3 Late Devonian Brachiopod Mass Extinction of South China</b> .....	317
<i>Chen Xiuqin and Ma Xueping</i>	
<b>3.4 Mass Extinction of Late Devonian Leperditicopids(Ostracoda)</b> .....	357
<i>Wang Shangqi</i>	
<b>3.5 Extinction and Recovery of Reefs During the Late Devonian and Early Carboniferous in South China</b> .....	367
<i>Wang Xiangdong and Shen Jianwei</i>	
<b>3.6 Impact of the Frasnian-Famennian Extinction Event on Radiolarian Faunas in South China</b> .....	381
<i>Wang Yujing and Luo Hui</i>	
<b>3.7 The Frasnian-Famennian Mass Extinction and Related Sedimentological-Geochemical Events—Evidences from South China</b> .....	409
<i>Ma Xueping</i>	
<b>3.8 Biotic Recoveries from the Frasnian-Famennian Mass Extinction Event in South China</b> .....	437
<i>Liao Weihua</i>	
<b>3.9 Carbon Isotope Records from the Upper Devonian in Guilin, South China for Perturbations in the Global Carbon Cycle</b> .....	457
<i>Gu Zhaoyan, Xu Bing, Liu Qiang, Wang Chengyuan, and Li Zhenliang</i>	

## VOLUME TWO

<b>Chapter 4 Mass Extinction Through the Permian-Triassic Transition and Its Subsequent Recovery</b> .....	473
<b>4.1 Major Bio-events in Permian-Triassic Reef Ecosystems of South China and Their Bearing on Extinction-Survival-Recovery Problems</b> .....	475
<i>Fang Zongjie</i>	
<b>4.2 Permian-Triassic Brachiopod Diversity Pattern in South China</b> .....	543
<i>Sun Dongli and Shen Shuzhong</i>	

4.3	Approach to the Extinction Pattern of Permian Bivalvia of South China <i>Fang Zongjie</i>	571
4.4	Macroevolution of Bivalvia after the End-Permian Mass Extinction in South China <i>Chen Jinhua</i>	647
4.5	Evolution of Foraminiferid Groups Through the Palaeozoic-Mesozoic Transition in South China <i>Tong Jinman</i>	701
4.6	Remarks on Permian Extinction and Triassic Recovery of Gastropods <i>Pan Huazhang</i>	719
4.7	A Comparative Study of Conodont Mass Extinction and Recovery from the Permian-Triassic and Frasnian-Famennian Boundary Beds in South China <i>Wang Chengyuan</i>	731
4.8	A Review of the End-Permian Mass Extinction in South China <i>Wang Yue and Cao Changqun</i>	749
4.9	Abnormality of Carbon Isotopes near the Permian-Triassic Boundary in South China <i>Cao Changqun, Wang Wei, and Jin Yugan</i>	773
4.10	The Permian-Triassic Boundary Crisis; Patterns of Extinction, Collapse of Various Ecosystems, and Their Causes <i>Fang Zongjie</i>	785
<b>Chapter 5</b>	<b>Summary and Discussion</b> .....	929
5.1	Comparative Analysis of the Three Major Palaeozoic Mass Extinctions and Their Subsequent Recoveries in South China <i>Rong Jiayu and Fang Zongjie</i>	931
5.2	On the Implications of Mass Extinction <i>Rong Jiayu and Fang Zongjie</i>	1019
<b>English Part</b>	.....	1027

第一章  
Chapter 1

# 概 论

Introduction





生物界在地质历史时期中经历了数十亿年的宏演化(macroevolution)过程。这个过程纷繁复杂、精彩万分,不仅充盈着无数次各类、各级生物的起源和辐射事件,也包含着多次大规模的集群灭绝(mass extinction,简称大灭绝)、大灭绝后的生物残存与复苏事件。揭示这些事件的规律和对生物界演化所产生的后果,是生物宏演化研究的重要组成部分。近30年来,相关的研究成果引起了古生物学家、地质学家、生物学家、天文学家等的关注,并影响到公众的科学观。探讨生物灭绝的发生过程和控制因素、侦破导致大灭绝的“元凶”尤其引人注目,因为这些内容既可以揭示地史时期生物大灭绝的机理与生物对环境剧变(灾难环境出现)的反应,也为人类自身的生存环境提供不容忽视的大尺度、长历程的地史借鉴。本书将以华南古生代三次大灭绝的材料为基础,专门探讨上述这两方面的问题。

生物大规模的灭绝主要体现在以下几个方面。一是指大灭绝事件的发生时间短暂,在地质记录的尺度上,其时限通常约数十万年(甚至更短)至上百万年;二是灭绝事件波及的范围不限于局部地区,而是带来全球性的灾难;三是灭绝涉及的生物类别不止是少数几个门类,而是较为普遍的;四是灭绝量值大,经常有大量的物种在大灭绝事件后“销声匿迹”。所以,大灭绝是一种全球范围内破坏性极强的重大灾变事件,它重创或毁灭了旧的生态系统和各种生命形式之间的依存关系,淘汰了一大批一度繁衍的物种,使大部分海域生物群变得萧条,使许多生态域出现空缺。这样的大事件不仅导致生物多样性的急剧下跌、群落结构或群落类型的破坏,还使生物地理区系格架发生根本性的改变。

大灭绝事件实质上反映了生物演化历程轨迹的变更、生物演化趋势的转向和旧的生物演化阶段的终止,因此,具有十分重要的宏演化意义。正是大灭绝事件,指示了特定、短暂的地质历史时期中全球大范围、大强度、大规模的环境灾变。这是客观存在的地质历史事实。假设地史中没有发生过这些大灭绝事件,那么许多生物就不会在一次事件后消亡,生态域就不会出现那么多的空缺,新的生物就不可能拥有辐射甚至爆发的机遇,整个地球的生物演化将会是另一番景象,今日的生命世界也就不会呈现出像现今世界那样的组分、特征、多样性和格局。

大灭绝的结局,并非以生物大规模的消亡为唯一结局。我们同样要重视的,是在地史中没有一次大灭绝将地球上所有生物都消灭掉;事实上,每次大灾变事件后,总有部分生物“劫后余生”。正是这些不同寻常的生物,具有很强的抵抗或“躲避”大灾变的险恶环境的能力,开创了生物发展历史的新纪元,还不断地演变成大灭绝后新生物演化阶段的主力。从生物宏演化的角度来看,这些大灭绝事件,实质上是打断了地质历史时期中生命发展的记录,迎来了生物演化历程的新阶段。

大灭绝事件后,那些具有顽强生命力的幸存型(包括复活型、先驱型等)物种,返回原先生存区,或占领新的空缺生态域;并在经历残存期之后,开始各自的复苏