

碳酸盐岩微相

分析、解释及应用

(第二版)

[德]埃里克·弗吕格尔 著
马永生 刘波 郭荣涛 等 译



地质出版社

碳酸盐岩微相 分析、解释及应用 (第二版)

[德]埃里克·弗吕格尔 著
马永生 刘波 郭荣涛 等 译

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2016-0449 号

Translation from the English language edition:

Microfacies of Carbonate Rocks

by Erik Flügel

Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010

Springer is part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

图书在版编目 (CIP) 数据

碳酸盐岩微相：分析、解释及应用：第2版 / (德)
埃里克·弗吕格尔著；马永生等译．—2版．—北京：
地质出版社，2016.11

ISBN 978-7-116-10066-4

I . ①碳… II . ①埃… ②马… III . ①碳酸盐岩—岩
相分析 IV . ①P588.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 270022 号

Tansuanyanyan Weixiang: Fenxi Jieshi Ji Yingyong

责任编辑：刘亚军 田泽瑾 程静 王丽丽 王幻想 吴金健

责任校对：田建茹 王洪强

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083

咨询电话：(010)66554528 (邮购部)；(010)66554622 (编辑室)

网 址：<http://www.gph.com.cn>

传 真：(010)66554622

印 刷：北京地大天成印务有限公司

开 本：889mm × 1194mm 1/16

印 张：54

字 数：2050 千字

版 次：2016 年 11 月北京第 1 版

印 次：2016 年 11 月北京第 1 次印刷

定 价：400.00 元

书 号：ISBN 978-7-116-10066-4



(如对本书有建议或意见，敬请致电本社；如本书有印装问题，本社负责调换)

Erik Flügel

Microfacies of Carbonate Rocks

Analysis, Interpretation
and Application

Second Edition

With a contribution by Axel Munnecke

 Springer

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-642-03795-5

e-ISBN 978-3-642-03796-2

DOI 10.1007/10.1007/978-3-642-03796-2

Springer Heidelberg Dordrecht London New York

Library of Congress Control Number: 2009935385

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, reuse of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilm or in any other way, and storage in data banks. Duplication of this publication or parts thereof is permitted only under the provisions of the German Copyright Law of September 9, 1965, in its current version, and permission for use must always be obtained from Springer. Violations are liable to prosecution under the German Copyright Law.

The use of general descriptive names, registered names, trademarks, etc. in this publication does not imply, even in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protective laws and regulations and therefore free for general use.

Camera-ready by Erentraud Flügel-Kahler, Erlangen

Cover design: WMXDesign, Heidelberg

Printed on acid-free paper

Springer is part of Springer Science+Business Media (www.springer.com)

第二版序

这是否是本书的第二版？抑或还算不上？是要做必要的修订，还是纠正一下文中的小错误就足够了？

对于以上问题，我向朋友们和同事们寻求帮助，听取了他们的建议。我要感谢 W.Ch. Dullo (基尔)、A. Freiwald (埃朗根)、H.-G. Herbig (科隆)、W. Piller (格拉茨)、W. Schlager (阿姆斯特丹)、R. J. Stanton (美国, 千橡市) 等人提供的中肯而友好的建议。

他们一致认为，本书第一版 2004 年出版至今，在碳酸盐岩微相科学领域的研究进展并不大，但有必要在与书配套的 CD 里面更新一些参考文献。

因此，参考文献更新到了 2009 年 4 月。新的参考文献大部分始于 2002 年，但也有一些更早的。更新后的参考文献文件夹包含超过 16000 条参考文献。与全书所用关键词相关联，这些参考文献可以帮助读者快速定位特定主题或感兴趣专题的概况。

当 Erik 晚年写这本书的时候，他的主要目标是为了给学生和那些对微相感兴趣或从事微相工作的人提供包含许多图版和图片的有用资源。

这本书中的大多数图片都是 Erik Flügel 在其多年的科研工作中收集的，有一些来自于当时埃朗根-纽伦堡大学古生物研究所（现为 Geozentrum Nordbayern）出版的期刊《Facies》上发表的文章，还有一些来自于同事们的慷慨提供。

本书作者希望通过带有图版的附加章节来向读者提供关于微相的更全面信息。这个任务已经由 A. Munnecke (埃朗根) 完成了。第 20 章包含的图版和图片已经成功应用于埃朗根大学每年或每两年开设的微相课程中。

感谢我在埃朗根研究所的所有同事们，特别要感谢 A. Munnecke 对于完成第 20 章所做的贡献。

Ch. Schulbert 在解决文本和 CD 的软件问题上提供了帮助。

还要感谢 Ch. Bendall (Springer Verlag Heidelberg) 在新版印制过程中所做的审查工作。

Erentraud Flügel-Kahler

于埃朗根，2009 年 6 月

译者的话

2006年，地质出版社出版发行《碳酸盐岩微相：分析、解释及应用》（第一版）中译本之际，恰逢我国碳酸盐岩油气勘探取得重大突破的关键期，对我国碳酸盐岩领域的油气勘探工作者深刻认识、分析和理解碳酸盐岩微相及其应用具有重要指导作用。同时，该书全面和系统地阐释了碳酸盐岩岩石学、沉积学和成岩作用研究的理论体系，为从事相关基础地质研究和矿产资源勘查的研究人员提供了理论指导。

2010年，施普林格（Springer）出版的该书英文版第二版，沿袭了第一版的篇章结构，在第一版的基础上增加了部分图版分析（第20章），并更新了部分参考文献。全书主要分为微相分析、微相解释和微相应用三大部分，对碳酸盐岩从沉积环境特征到成岩演化特点进行了全面系统的阐释，包括不同尺度、不同环境，现代沉积、古代实例，沉积作用、成岩演化，生物类型、识别标志，储层介绍、资源情况，等等。内容广博宏大、阐释细致入微，堪称碳酸盐岩基础研究之百科全书。

在本书英文版第二版面世之际，我们即开始筹划翻译并出版第二版中译本事宜。原因有三：一是本书第一版中译本出版后很受欢迎并已售罄；二是我国碳酸盐岩油气勘探和基础研究虽继续取得重大突破，但仍需系统先进的理论指导和知识参考；三是在广泛收集专家意见和读者反馈基础上进一步完善中译本，使其在忠实于英文原著基础上更加符合我国碳酸盐岩油气勘探和基础研究的理论和知识表达体系。经与施普林格、Erik Flügel 家属以及地质出版社反复沟通，决定于2015年初启动本书英文版第二版的翻译和中译本的出版工作。

本书英文版第二版中文翻译由北京大学地球与空间科学学院碳酸盐岩研究组和中国地质大学（北京）的相关老师和学生完成（具体见各章节末标注），历时一年半，经过四个阶段三轮译、校、统、审，多人交叉检查和重点统稿等环节和程序，力求在准确把握原著理论体系基础上，忠实于原著，并以符合中文表达习惯的方式进行翻译。第一阶段，根据译者知识背景择优分工，重点是理解原文，解决词汇、句子、段落的基础性翻译问题，达到“信”的阶段目标；第二阶段，通过分组互校，解决疑难词句、表述通达性和规范性问题，以求达到“达”的阶段目标；第三阶段，主要是统校，以郭荣涛为主对各个章节进行校订和初步统稿，实现查漏补缺、章节衔接、术语统一等要求；第四阶段，马永生和刘波对全部译稿进行统校审定，把握文风基调和学术问题，

力求使中译本接近“信、达、雅”的要求。

该中译本在细节方面多有斟酌。第一，对于地名，按照中文表述习惯将其调整为按辖区从大到小依次排列；第二，对于少量无法考证的地名和古生物词汇，保留英文原文；第三，对部分术语用词进行了规范，如将“泻湖”统一为“潟湖”“粘土”统一为“黏土”；第四，根据最新研究成果，将蓝绿藻归属到菌类（蓝细菌），而进一步将“蓝藻石”统一为“蓝菌石”；第五，对岩石分类术语中英文对照进行了统一，包括福克分类、邓哈姆分类、粒度分类和混积岩分类等，如邓哈姆分类中的术语“mudstone”，对应的中文有灰泥岩、泥晶灰岩、微晶灰岩、灰泥灰岩等，但是通过对其上下文含义进行对比分析后，我们认为译作“灰泥岩”更为贴切，并在全书中做了统一；第六，对原著中明显的错误进行注释、更正。

中译本中涉及年代地层（地质年代）处，尊重英文版（第二版）中的表述，未更改为近年发表的国际年代地层（地质年代）表中的表述，如“第三系（纪）”未改为“古近系（纪）、新近系（纪）”；涉及单位名称“含量”处，依英文版（第二版），沿用“含量”，未更改为现用单位名称“质量分数”“体积分数”等。

该中译本的顺利出版，得到原作者、出版机构、广大同行和亲朋好友的大力支持。Erentraud Flügel-Kahler 女士和施普林格惠准该书英文版第二版翻译、出版中文简体字版。王成善院士对本次翻译工作一直非常关心，多次提出宝贵意见并给予重要指导。中国科学院地质与地球物理研究所范嘉松先生近年来对原著进行过细致研究，针对第8、9、10章涉及的许多古生物学词汇的翻译有独到的见解，为该译本提供了重要参考；地质出版社王璞编审不辞辛苦，审阅了第10章译稿，提出地层古生物方面的有益的修正建议和意见。地质出版社领导和刘亚军编审对该中译本的付梓付出了辛勤劳动。毫无疑问，翻译团队的精诚合作及其家属亲朋的大力支持对该译本的顺利出版都至关重要。在此，对他们及其他以各种方式给予关心和支持的人士致以衷心的感谢！

译者

2016年5月

前 言

本书旨在向读者提供一套应用于碳酸盐岩微相研究的综合方法，并展示微相研究的应用在促进碳酸盐岩地质学新发展方面的贡献。相比于其他碳酸盐岩沉积学著作，本书的大量笔墨主要集中在反映碳酸盐岩沉积和成岩史并决定其实际用途的岩石组分和组构上。

本书的每一章均可单独作为高年级本科生和研究生的课程文本。书中的每个主题也适用于科研人员和勘探地质学家，他们可从中了解到碳酸盐岩微相分析应用的当前进展。

因为碳酸盐岩微相研究是基于岩石薄片进行的，所以由配备详尽解释的薄片照片组成的说明性图版成为本书的核心内容。所有图版都有一个简短的主题概要。“→”符号指示图版中的照片编号。显微照片的描述使用较小字体。通过仔细添加箭头和/或字母（通常为缩写），最大限度地突出照片信息。

《碳酸盐岩微相》与其说是《灰岩微相分析》(Flügel, 1982)的修订版，不如说是一本新书，因为它基于新的概念，并对微相资料的描述和解释及其在盆地分析中的应用提供了实用指导。与传统的沉积学方法相比，微相分析的优势在于学科交叉，它综合运用了沉积学、古生物学和地球化学等学科知识。包括如下内容：

- 分析碳酸盐岩沉积史和成岩史；
- 描述不同海洋和非海洋环境碳酸盐沉积作用，讨论热带暖水碳酸盐和非热带冷水碳酸盐；
- 介绍碳酸盐岩微相特征并强调其意义；
- 重点论述碳酸盐沉积作用的生物控制因素并概述灰岩薄片中的常见化石；
- 讨论成岩作用、孔隙度和白云石化作用之间的关系；
- 论述碳酸盐岩微相对建立和评价层序地层格架和沉积模式的重要性；
- 强调碳酸盐岩微相在分析古气候变化和追踪台地-盆地关系方面的潜在应用；
- 论述碳酸盐岩微相分析对储层和灰岩资源评价的价值及其在考古研究中的应用。

本书的编排

第1章为绪论，第2章是现代碳酸盐沉积作用概述，之后的17章分为三大部分：微相分析（第3~10章），总结了微相研究的方法，讨论了描述方式以及定性和

定量薄片鉴定的意义；

微相解释（第11~16章），论述了微相研究对评价古环境和沉积体系的意义；

微相应用（第17~19章），论述了微相研究对油气及其他矿产地质勘探的重要性，提供了碳酸盐岩资源及其沉积相与岩石物性之间关系的实例，并阐述了微相研究对考古学家的价值。

在各章最后或“基础阅读材料”标题下面列出了本章的重要参考文献；以K字开头的不同编号参考文献分别对应于不同关键词的特殊领域（参见CD光盘），例如K021（冷水碳酸盐岩）、K078（泥晶）和K200（油气储层）。（本中文版因故未附CD光盘——译者注）

本书附带的CD光盘包含了按字母排列的约16000条世界范围内有关碳酸盐岩的参考文献（更新到2009年4月）（见附录），以及颗粒组分目估百分数对比图。

各章内容提要

第1章：微相研究新进展。最初局限于薄片尺度的微相研究，为碳酸盐的沉积约束和环境控制及碳酸盐岩的特性提供了宝贵的信息来源。微相研究不仅有助于认识层序地层样式，而且对碳酸盐岩储层研究和灰岩资源评价有着重要的经济意义。

第2章：现代碳酸盐沉积环境。认识现代碳酸盐沉积环境是研究古代碳酸盐岩的前提。现代碳酸盐既形成于陆地也形成于海洋的不同环境，例如浅海和深海环境、热带和非热带地区等，但现代碳酸盐沉积环境不能完全与古代碳酸盐沉积环境类比。

微相分析

第3章：研究方法。野外应该用哪种方法？应该用什么样的采样策略？需要多少样品？在微相分析中何种实验技术是有用的？还有哪些其他技术应该与微相研究相结合？

第4章：微相信息：基质和颗粒。本章就如何处理微相信息提供了实用指导，并论述了如何对薄片特征进行描述和解释。根据基质和颗粒的鉴定特征、来源及其意义分别论述了基质类型和颗粒分类。

第5章：微相信息：组构。灰岩中典型的沉积和成岩组构反映了成岩历史。指示沉积间断和沉积变化（间断面）的微相特征对精细划分层序地层界面十分重要。岩石内不同大小的裂缝、微裂隙和角砾可用来解释岩石在同沉积期和沉积后所遭受的破坏作用。

第6章：定量微相分析。前面各章以定性特征分析为主，本章则是定量数据分析，包括粒度分析、频率分析、多元分析。特定颗粒类型的组分分析及其分布样式是重建

古环境和沉积环境的重要工具。

第7章：成岩作用、孔隙度和白云石化作用。对成岩作用及其产物的认识具有较高的经济意义。岩石的成岩微相反映了沉积物在石化过程中经历的变化。本章主要讨论孔隙类型、碳酸盐胶结物、压实作用和压溶作用形成的成岩结构、白云石化/去白云石化作用、白云岩结构等。本章最后一部分研究了变质碳酸盐岩和大理岩的薄片特征。

第8章：碳酸盐岩分类与命名。分类只是一种组织信息的方法，而不是获得结论的唯一途径。基于结构和成分的命名不能替代意义明确的微相类型，但岩石名称对样品分类很重要。在众多的碳酸盐岩分类方案中，邓哈姆和福克的结构分类方案最为实用。碳酸盐岩更细致的命名应分别在礁灰岩、非海相碳酸盐岩、重结晶碳酸盐岩和硅质碎屑-碳酸盐混积岩等大类下进行细分。

第9章：灰岩是生物沉积物。不同于硅质碎屑岩，绝大多数灰岩的形成和破坏都直接或间接地受到生物的影响或控制。本章重点介绍了生物对碳酸盐沉积作用的控制。微生物、结壳生物、大型和小型钻孔生物均带有古环境、沉积条件和碳酸盐生产的信息。

第10章：薄片中的化石。一旦掌握了主要类型生物的鉴定特征，特别是藻类、有孔虫、固着无脊椎动物、壳体生物等，化石的识别就变得很容易了。本章介绍了灰岩薄片中的最常见化石，包括其鉴定标志、生存环境和分布年代以及化石的意义。文中的大量图版有助于读者识别和区分薄片中的骨骼颗粒。

微相解释

第11章：微相标志概述：微相类型。如何将微相信息与实际的微相类型恰当地联系起来？应当使用哪些鉴定标志？哪种颗粒类型尤其重要？有多少种微相类型是可靠的？本章通过实例的方式介绍了微相类型的建立。

第12章：古环境条件识别。碳酸盐沉积物对环境变化响应特别敏感。微相和生物是非常好的古环境标志，它们能很好地反映水动力条件、风暴的影响、海底条件、光照强度、含氧量、水温和盐度等。暖水和冷水环境骨骼颗粒组成上的重要差别是判断古气候变化的重要工具。同时根据微相还可推测古水深。

第13章：微相综合分析。认识碳酸盐岩的形成和成岩过程需要综合分析微相、岩石矿物和地球化学资料。本章研究了碳酸盐岩中酸不溶物和自生矿物，探讨了微量元素和稳定同位素对追溯灰岩沉积史和成岩史的作用，探索了岩石有机质对微相分析的潜力。

第14章：沉积模式、相带和标准微相。微相对建立沉积模式和划分相带十分重

要。沉积相模式有助于认识沉积史。过陆棚—斜坡—盆地剖面的沉积学和生物学变化，构成了碳酸盐台地、缓坡和陆棚的概括性相模式的基础。沉积相带反映在生物分带模式和标准微相（SMF）类型的分布上。标准微相类型是对具有统一鉴别特征的微相归类。哪些鉴别特征可用于区分台地和缓坡碳酸盐岩的标准微相类型？标准微相概念体系还有哪些问题？修订过的精细化标准微相类型是识别相带的有用工具，但使用时必须谨慎。碳酸盐缓坡常见微相（缓坡碳酸盐岩微相类型）仅部分对应于镶边台地碳酸盐岩的微相类型。

第15章：盆地分析：沉积环境识别。哪些鉴别特征是不同的碳酸盐岩体系中灰岩所特有的？非海相和海相碳酸盐岩实例研究，阐明了如何根据微相推测古沉积环境。对于成土碳酸盐岩、古喀斯特碳酸盐岩、古溶洞碳酸盐岩、石灰华和湖相碳酸盐岩，根据其特有的微相类型可成功重建其非海洋沉积环境。海洋环境可分为环潮坪带、台地和缓坡、台地-斜坡-盆地过渡带、远洋深海盆地。颗粒成分测井对追踪台-盆关系特别有效。

第16章：沉积控制因素及沉积过程分析。选择一些具体研究实例来阐明微相信息在解释沉积约束方面的价值。

- 在层序地层学中如何应用微相？微相信息记录的旋回性沉积样式和层序地层约束有助于识别层序界面、准层序、高频海平面变化及体系域。

- 礁灰岩有哪些鉴别特征？大多数礁体类型通过生物、基质、沉积物和胶结物的差别来区分。应当使用哪种方法来重建那些在斜坡和盆地沉积物中仅有侵蚀残余的早期台地和礁体？碎屑分析可以解决这一问题。

- 古代冷水碳酸盐岩有哪些鉴别特征？古代冷水陆棚和礁碳酸盐岩有其特殊生物类型、组分和成岩特征。

- 哪种相标志是古代冷泉和热泉碳酸盐岩的鉴别特征？通过实例研究加以说明。

- 如何研究碳酸盐-硅质碎屑混积物并解释灰岩-灰泥岩序列？

- 最后一部分探讨了碳酸盐沉积作用控制因素的长周期变化。

微相应用

第17章：储层与容矿岩。碳酸盐岩是最重要的油气储层，也是许多固体矿产的容矿岩。灰岩和白云岩储集了全球50%以上的油气。不同沉积环境形成的碳酸盐岩的储集性能存在差别，这取决于沉积过程和成岩历史的相互作用。岩心和切片的微相研究，有助于将岩性数据转化成岩石物理信息。基于微相的露头类比研究，可指示碳酸盐岩岩体内部孔隙度和渗透率变化范围。微相分析还有助于以碳酸盐岩为容矿岩的

相控金属矿床的成因解释。

第 18 章：碳酸盐岩资源、相控因素及岩石性质。碳酸盐岩是化学和建筑业的重要原材料，无论是在数量和工业价值上，它都排在可采矿产资源的前列。由于沉积相和成岩相控制着与开采工艺有关的岩石化学、物理性质以及抗风化和抗腐蚀性能，因此，研究沉积相和成岩相的关系有助于提高碳酸盐岩资源的勘探和开采。在保护和保存碳酸盐岩工艺品和建筑石材之前，应通过薄片研究其结构、成岩特征来反映材料的孔隙度和渗透率。

第 19 章：微相与考古学。结合地球化学资料，微相分析在考古材料的来源分析方面潜力巨大。薄片可揭示建筑石材、镶嵌工艺及其它艺术品的材料来源。古代陶器中回火颗粒的微相分析，有助于确定其来源和产地。另外，微相研究甚至可以为安东尼和克利奥帕特拉的爱情故事研究提供新线索。

致谢

我要真诚感谢下列作者，他们提供的珍贵照片和资料以及宝贵建议使本书内容更加详实完美：

Gemot Arp (哥廷根)、Martina Bachmann (不来梅)、Benoit Beauchamp (卡尔加里)、Thilo Bechstädt (海德堡)、Michaela Bemecker (埃朗根)、Joachim Blau (吉森)、Florian Böhm (基尔)、Thomas Brachert (美因兹)、Ioan Bucur (克鲁日-纳波卡)、Wemer Buggisch (埃朗根)、Thomas Clausing (哈雷)、Wolf-Christian Dullo (基尔)、Paul Enos (堪萨斯州劳伦斯)、Gerd Flajs (亚琛)、Christof FIQgel (慕尼黑)、Helmut Flügel (格拉茨)、Beate Fohrer (埃朗根)、Holger Forke (柏林)、Andrö Freiwald (埃朗根)、Robert van Geldern (埃朗根)、Markus Geiger (不来梅)、Gisela Gerdes (奥尔登堡)、Eberhard Gischler (法兰克福)、Dirk von Gosen (德国埃朗根)、Jiirgen Grötsch (大马士革)、HansGeorg Herbig (科隆)、Richard Höfling (埃朗根)、Bernhard Hubmann (格拉茨)、Andi Imran (Makassar)、Michael Joachimski (埃朗根)、Josef Kazmierczak (华沙)、Martin Keller (埃朗根)、Stephan Kempe (达姆施塔特)、Helmut Keupp (柏林)、Wolfgang Kiessling (柏林)、Roman Koch (埃朗根)、Karl Krainer (因斯布鲁克)、Jochen Kuss (不来梅)、Michael Link (埃朗根)、Heinz Lorenz (埃朗根)、Ulrich Michel (纽伦堡)、Axel Munnecke (埃朗根)、Fritz Neuweiler (哥廷根)、Alexander Nützel (埃朗根)、Joachim Reitner (哥廷根)、Jürgen Remane (纽沙特)、Elias Samankassou (弗里堡)、Diethard Sanders (因斯布鲁克)、Chris Schulbert (埃朗根)、Baba Senowbari-Daryan (埃朗根)、Robert J.

与前言配套的图版：奥地利萨尔茨堡附近 Adnet 地区的晚三叠世礁灰岩抛光垂向切片。

该抛光灰岩面的绚丽色彩和样式提供了灰岩成因信息——堆积模式及随后的成岩作用都强烈影响了其最终外观。该图版告诉我们的信息包括：仍保存于灰岩中的造岩动物化石和植物化石，沉积物堆积期间的沉积环境，非沉积作用和缺失沉积物的时期。

通过对露头或切片甚至采石场石墙抛光面的研究，就可以在野外回答许多关于灰岩的问题。例如，图片底部的灌木状珊瑚化石，是否指示位于珊瑚生长位置？这些淡红色充填物薄缘是否指示珊瑚在最终沉积之前经历过搬运和翻转？该珊瑚丘的平坦上表面是否是强烈侵蚀作用造成的？图片中部的许多细枝状珊瑚化石可能被打碎了，且大部分都已被翻转；它们是搬运而来还是生长于此处或附近？关于风暴或不稳定海底（可能是该问题答案的一部分）的影响，我们可以了解什么信息？关于破坏珊瑚化石的全部或大部分内部构造的渗入流体，我们可以从该图版中得到什么信息？位于图片上部的充填孔洞和破碎 / 完整介壳的淡红色黏土具有什么意义？穿过图片的不规则黑灰色线是否指示非沉积作用时期？图片顶部的浅灰色沉积物指示仅含有少量珊瑚化石和碎屑的全然不同沉积环境。

正如此处 Geozentrum Nordbayern（古生物学，埃朗根）中的抛光片展示的那样，通过采石场石墙的研究可以提出并回答许多问题，但是在该尺度下仍然有许多问题无法解答。该图版展示了露头和薄片尺度之间的桥梁，提供了关于沉积环境、沉积作用、沉积物转变为灰岩的过程的重要和独特信息。

该晚三叠世（诺利期）灰岩采自哈莱因附近 Adnet 地区的 Tropf-Steinbruch（奥地利萨尔茨堡）。图片宽 1m。照片引自 Ch. Schulbert。



目 录

第二版序

译者的话

前言

1	微相研究新进展	1
1.1	微相概念	1
1.2	新进展	1
2	碳酸盐沉积环境	7
2.1	引言	7
2.1.1	碳酸盐主要为原生沉积 / 沉淀	7
2.1.2	“索比原理”：灰岩主要由生物成因沉积物组成	7
2.1.3	现代碳酸盐：必读材料	7
2.2	海陆碳酸盐沉积物	7
2.3	海洋环境划分	8
2.3.1	海洋环境划分界面	8
2.3.2	垂向区带和横向区带	9
2.3.2.1	垂向区带	9
2.3.2.2	横向区带	9
2.4	现代碳酸盐沉积环境综述	9
2.4.1	非海洋碳酸盐沉积环境	10
2.4.1.1	成土碳酸盐、古土壤、钙结层 / 钙质壳	10
2.4.1.2	沼泽碳酸盐	11
2.4.1.3	洞穴碳酸盐、洞穴化学沉积物和喀斯特	12
2.4.1.4	风成碳酸盐	12
2.4.1.5	冰川碳酸盐	13
2.4.1.6	钙华、石灰华和钙质泉华	13
2.4.1.7	湖泊碳酸盐	16
2.4.1.8	河流碳酸盐	19
2.4.2	海陆过渡边缘海环境：海岸带和环潮坪沉积物	21
2.4.2.1	海滩（前滨）、障壁和滨海泻湖	21
2.4.2.2	环潮坪环境	21
2.4.3	浅海沉积环境：“浅水”和“深水”	22
2.4.3.1	边缘海和陆表海	22
2.4.3.2	碳酸盐陆棚、缓坡和台地	23
2.4.3.3	陆棚边缘	25
2.4.3.4	礁	26
2.4.4	热带和非热带碳酸盐：成分、控制因素及其意义的差别	27
2.4.4.1	热带和非热带碳酸盐纬度分带及识别标志	27
2.4.4.2	热带和亚热带浅海碳酸盐	30

2.4.4.3	非热带陆棚碳酸盐和礁碳酸盐	33
2.4.5	深海环境	41
2.4.5.1	背景	41
2.4.5.2	沉积作用过程	41
2.4.5.3	远洋沉积作用	42
2.4.5.4	再沉积作用 (“异地碳酸盐”)	42
2.4.5.5	钙质浮游生物和碳酸盐软泥	43
2.4.5.6	碳酸盐保存潜力和溶解深度界线	43
2.4.5.7	碳酸盐斜坡、台缘碳酸盐和碳酸盐裙	43
2.4.6	冷泉和热泉碳酸盐	44

微相分析

3	研究方法	46
3.1	野外工作及采样	46
3.1.1	野外观察	46
3.1.1.1	岩性、结构和颜色	46
3.1.1.2	层理、沉积构造和成岩特征	48
3.1.1.3	化石和生物成因构造	51
3.1.1.4	现场测井和成分测井 (compositional logs)	53
3.1.2	采样	54
3.1.2.1	调查样品采集和统计样品采集	54
3.1.2.2	采集多少样品	55
3.1.2.3	微相样品采样实用建议	55
3.2	实验技术	56
3.2.1	切片、揭片和薄片	56
3.2.2	铸体、刻蚀和染色	57
3.2.3	显微镜技术	57
3.2.3.1	偏光显微镜	58
3.2.3.2	立体扫描电子显微镜	58
3.2.3.3	荧光、阴极发光和流体包裹体显微镜	58
3.2.4	矿物学和地球化学	59
3.2.5	痕量元素和稳定同位素分析	59
4	微相信息：基质和颗粒	64
4.1	细粒碳酸盐基质：泥晶、微亮晶、钙质粉砂	64
4.1.1	泥晶	65
4.1.2	泥晶和其他类型细粒基质的形成模式	70
4.1.2.1	自生泥晶	70
4.1.2.2	异地泥晶	76
4.1.2.3	成岩泥晶 (假泥晶)	81
4.1.3	微亮晶	81
4.1.4	粉屑灰岩	83
4.1.5	描述和解释细粒灰岩的实用建议	83
4.1.6	细粒碳酸盐的重要意义	85