



沉积岩 野外工作指南

[英] 多里克 A.V.斯托 著
周川闽 高志勇 罗平 译



科学出版社

沉积岩野外工作指南



[英] 多里克 A. V. 斯托 著
周川闽 高志勇 罗平 译

科学出版社

北京

内 容 简 介

沉积学是一门观察科学,无论概念如何创新发展,野外基础工作始终是研究的核心。有了野外基础工作,才能更好地开展室内分析测试与理论研究。沉积岩野外基础工作的基本技能包括:知道观察什么,怎样观察,如何记录,以及如何更好地解释这些数据。本书以简练的文字、直观的图表,简明扼要地阐述了四大类岩类中常见的11种沉积岩及其特征,并配以400多幅露头 and 岩心的彩色图片进行说明,为读者更好地观察和识别沉积岩起到指导作用。

本书主要适用于地球与环境科学专业的大学生,以及相关学科的研究人员。同样,也适用于对沉积岩感兴趣的高中生和业余地质爱好者。

Sedimentary Rocks in the Field: A Colour Guide/Dorrik A.V. Stow/ISBN:978-1-874545-69-9
Copyrights©2005 by Taylor & Francis Group, LLC

CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business

Authorised translation from the English language edition published by Manson, a member of the Taylor & Francis Group. All rights reserved. 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团成员 Manson 公司出版,并经其授权翻译出版。版权所有,侵权必究。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

沉积岩野外工作指南(英)多里克 A.V. 斯托(Dorrik A.V.Stow)著;
周川闽,高志勇,罗平译.—北京:科学出版社,2016.11

书名原文:sedimentary rocks in the field: A colour guide

ISBN 978-7-03-050915-4

I. ①沉… II. ①多…②周…③高…④罗… III. ①沉积岩-指南
IV. ①P588.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第280483号

责任编辑:文 杨/责任校对:何艳萍

责任印制:赵 博/封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencecp.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年1月第 一 版 开本:890×1240 1/32

2017年1月第一次印刷 印张:10 3/8

字数:300 000

定价:99.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

译序

今天,人类向大自然索取的资源越来越多,面临的环境问题也越来越严峻,为实现人类社会可持续发展,地球科学在解决环境和资源问题中的作用日益显著。如何正确描述并准确识别作为地史记录主要载体的各种沉积物(岩),是地球科学研究的重要前提。无论是深达7044m的深海钻探计划,还是美国国家航空航天局实施的登月计划,都将采集并描述沉积物(岩)作为最基本的任务之一,也将其作为开展各种后续研究的基础。

本书作者斯托教授是世界著名的地质学家、沉积学家和海洋学家,曾任综合大洋钻探计划第339航次共同首席科学家,他在海洋学领域的研究产生了广泛的影响,曾编写《海洋百科全书》。斯托教授野外地质工作经验十分丰富,足迹涉及世界各大洋及50多个国家。应世界各地地质学专业人士和学生的要求,斯托教授将其丰富的野外实践经验和详尽的沉积岩照片浓缩成本书。为便于在野外工作中使用,他以精炼的文字、高度总结的图表和大量精美的露头照片,简明扼要、活灵活現地勾勒出主要的沉积岩类型及其特征。此外,他还在附录中加入地质年代表、图例等多种野外常用工具图件,从而极大地增强了本书的实用性。

由于我国至今还没有较为系统详尽的以露头(岩心)为主的沉积岩野外工作指导用书,该书中文译本的出版将有助于广大地学专业学生,尤其是沉积专业的学生开展详实的野外工作,推动国内沉积学研究工作与国际接轨。本书译者长期从事沉积学的研究与教学工作,对沉积学研究有着极高的热情,对国际和国内沉积学进展有较为深入的了解。译者本着实事求是、高度负责的态度,在充分尊重原文的基础上,结合国内的专业习惯,以专业的水准为国内同行及广大学生呈现了原著的精华。

本书简明扼要地阐述了沉积岩的主要类型、特征和识别方法，这些将有助于提高野外工作的准确性和效率。此外，本书对沉积作用的影响因素也作了总结，指出天体运动、板块运动、海平面变化和气候变化等因素，对沉积速率、沉积物类型和化石类型等有重要影响，这将有助于从地球系统科学角度开展沉积学研究，从而更全面地了解整个地球系统的过去、现在和未来。因此，建议广大地学及相关专业的从业者和学生，在野外和室内工作中使用本书。

中国科学院院士

2016年11月



序

《沉积岩野外工作指南》是一本非常重要的沉积学参考书籍，它给读者传递的沉积学知识远远超出了书名的范畴。本书共 15 章，其中作者用 11 章的篇幅简明扼要地阐述了主要的沉积岩类型，并通过一系列精美的野外露头照片，全面地展示了各种沉积岩的主要特征。另外有 3 章，作者使用大量图表和图版，删繁就简地介绍了沉积岩野外工作技巧、沉积岩基本特征以及沉积环境解释，这些极大地丰富了本书的内容。此外，书中还汇总了沉积学研究常用的图表，包括地层年代表、沉积学标准图例、粒度图版、沉积岩描述图纸，以及极射赤平投影网（吴氏网）和兰勃特等面积方位投影图等，这些资料进一步增强了本书的实用性，极大地方便了广大地质及相关专业从业者和学生的野外和室内工作。

为了便于地质工作者查阅使用，本书将上述优点汇总为便携式手册，从而使野外工作更加容易，岩石类型识别和描述更加准确。本书对于地质学在校学生和野外经验较少的专业人员均有极大的帮助，对于没有完整地质学基础的业余爱好者，也会有很大的帮助。除此之外，喜欢在周末外出的旅友、演习操练中需要了解地形的军人等也会对此书感兴趣。

斯托教授以其丰富的地表岩石和海洋钻探工作经验，以及丰富的沉积岩照片积累，促成了本书的出版。为了便于交流，作者对各种图版的比例尺都作了说明，对粒度采用了微米、厘米和 Φ 值进行标度。此外，出版商及其团队为本书进行了人性化的版面设计，极大地方便了读者的阅读与使用。

强烈建议学生、专业人员、业余爱好者和户外爱好者，在野外研究沉积岩时使用本书。

Arnold H. Bouma, Ph.D

路易斯安那州立大学地质和地球物理系

前 言

沉积物(岩)动态演化令人着迷,它不仅是人类认知地球表面各种环境乃至整个地球系统的基础,还提供了与人类生活息息相关的各种自然资源,包括工业的、化学的、金属的,以及水资源和能源等。

沉积学相关的概念日新月异,但野外基础工作及相关数据的获取仍然是沉积学研究的核心。沉积学是一门观察科学,首先是野外基础工作,然后才是实验室分析测试与理论研究。野外基础工作的首要技能是知道观察什么,如何观察,以及如何记录;其次是如何更好地解释这些数据。为便于学生、专业人士,以及业余爱好者在野外使用,本书使用50多张图件总结了沉积学的最新概念和解释方案,并配以来自30多个国家的425张照片对主要沉积岩类型及其特征进行说明,这也是本书的独特之处。

为有助于更好地观察和识别野外沉积岩特征,书中所使用的照片均精选自我与他人的收藏照片。同时,为使对野外沉积岩的理解、解释和分类更合理,书中所用图件均经过重新清绘,并按最新的沉积学认识进行解释。书中一些沉积岩照片的说明仅仅是初步的解释,更细致的解释取决于沉积学的功底以及所开展工作的目的。虽然地球物理、地球化学、古生物学、自然地理学、土壤科学、考古学、环境科学,以及地质学、海洋学和沉积学的分支学科都需要开展沉积岩野外工作,但由于工作目的不同,野外工作的深度和广度也大不相同。总之,本书的定位是沉积岩野外工作指南。

致 谢

本书得以完成需要感谢很多人，首先感谢 Claire，因为本书创作源自 Claire 在英格兰“湖区”一个雨天的灵感，并且整个编写过程得到了她的全力支持。其次，还要感谢 Michael Manson 在本书漫长创作过程中耐心的等待和持续的热情。此外，非常感谢 Manson 出版团队的成员，以及为本书提供专业设计和排版的 Ayala Kingsley。在我所任职的南安普敦海洋中心（现为“国家海洋中心”），Frances Bradbury 为我录入初稿，Kate Davies 绘制了大量复杂的图件，Barry Marsh Pecimen 提供了手标本摄影，在此一并表示感谢。与此同时，还要特别感谢 Tony Adams 对早期稿件的评审，以及 Ian West 和 Vicky Catterall 随后的检查与校对。

非常感谢带我考察大量有趣的岩石，并在野外与我交流观点、分享时光和友谊的世界各地的同行们，以及无数对本书充满期待的学生们。特别值得一提的是，足迹遍及西半球的美国同事 Paul Potter，他不仅提供给我大量有启发性的图文并茂的沉积学书籍，还为本书提供了许多精美的野外照片，从而弥补了我个人资料收集的不足。此外，感谢 Hakan Kahraman 为煤岩一章编写提供的帮助，Ian West 和 Bob Foster 为铁岩一章编写提供的帮助。最后，需要特别感谢 Arnold Bouma 对野外露头的指导及给予的启示，并对终稿的审阅，以及慷慨为本书作序。本书的出版得到了社会各界，特别是南安普敦大学的南安普敦海洋中心、英国皇家学会、BP 石油公司、英国文化协会和英国自然环境研究委员会的大力支持，在此一并表示感谢！

目 录

译序			
序			
前言			
致谢			
第 1 章 概述	1		
内容提要	1		
沉积岩分类	2		
沉积物的经济属性	3		
第 2 章 沉积岩野外工作方法	5		
野外安全	5		
野外用品	6		
野外工作原则和记录本选择	7		
基本参数测量与记录	8		
野外素描和绘图	12		
古流向与古斜坡分析	17		
地层序列与地层顶底标志	18		
其他方法	20		
第 3 章 沉积岩基本特征	23		
相的概念	23		
层和纹层	24		
侵蚀冲刷构造	29		
沉积构造	30		
沉积期后变形与泄水构造	65		
生物成因沉积构造	84		
化学成因沉积构造	90		
沉积物的结构及颗粒排列	109		
沉积物成分	114		
化石成分	118		
沉积物颜色	119		
第 4 章 砾岩	127		
定义及主要类型	127		
基本沉积特征	128		
分类	130		
产状	131		
第 5 章 砂岩	139		
定义及主要类型	139		
基本沉积特征	140		
分类	143		
产状	144		
第 6 章 泥岩	152		
定义及主要类型	152		
基本沉积特征	153		
分类	156		
产状	158		
第 7 章 碳酸盐岩	167		
定义及主要类型	167		
基本沉积特征	168		
分类	172		
白云岩基本特征	173		
产状	174		
第 8 章 燧石和硅质沉积	188		
定义与主要类型	188		
基本沉积特征	189		
产状	190		
第 9 章 磷灰石	196		
定义和主要类型	196		
基本沉积特征	197		
产状	198		

第 10 章 煤和石油	202	第 15 章 沉积环境及解释	260
定义和主要类型	202	沉积环境建造单元	260
基本沉积特征	203	沉积相的特征及相模式	261
产状	206	相序和旋回	263
第 11 章 蒸发岩	213	侧向变化和几何形态	264
定义和主要类型	213	构型要素和沉积相组合	266
基本沉积特征	213	层序地层学和层序界面	267
产状	216	岩心沉积环境解释	268
第 12 章 铁岩	223	控制因素、速率和保存	279
定义和主要类型	223	沉积环境	279
基本沉积特征	224	参考文献	305
产状	225	名词索引	307
第 13 章 土壤、古土壤和结壳	235	度量衡换算表	311
定义和主要类型	235	地层年代表	312
基本沉积特征	236	图例	315
第 14 章 火山碎屑岩	243	粒度图版	316
定义及主要类型	243	沉积物描述清单	316
基本沉积特征	245	吴氏网和兰勃特投影	317
产状	248	后记	318

概 述



英国“湖区”火山岩和火山碎屑岩地层，近处为正在制定工作计划的地质工作者

内容提要

本书旨在成为野外沉积岩识别与描述的指南，其最大的特色是使用了大量彩色露头照片和高度概括的图件，以图解的形式对沉积岩主要类型及其特征进行了阐述。突显的重点条目和大量高度概况的表格，使得本书内容更加简练。为便于在野外工作中使用，本书还使用了详细的交叉引用和索引系统，并在章节前和文后收录了一些常用的工具图表 (P312~317)。沉积岩野外工作的第一步是寻找地质向导，向其了

解背景资料，并一起探讨野外工作计划。

本书共分 15 章，其中，第 1 章简要介绍了不同成因类型沉积岩的定义和识别特征，并强调了沉积物和沉积岩的经济价值；第 2 章详细介绍了野外工作的基本情况，包括安全事项、设备选择、记录本的记录方法、基本参数和测量、露头素描和岩性剖面描述，以及古水流和地层沉积过程分析等；第 3 章系统阐述了沉积岩的基本特征，包括地层特征、沉积构造、颗粒排列、沉积物的成分和颜色，以及这些特征

的识别方法、观察内容和参数测量；第 4~14 章依次阐述了主要的沉积岩类型及其特征，并配以大量露头照片进行说明；第 15 章对如何根据沉积环境进行沉积相和特征解释作了简要的总结。最后列举了野外工作中常用的图表，包括地层年代表、图例、粒度对比图版、极射赤平投影网（吴氏网）和兰伯特等面积投影图版。

本书主要适用于地球与环境科学专业的大学生，以及相关学科的专业人士。同样，也适用于对沉积岩感兴趣的高中生和业余爱好者。本书图表极其丰富，共包含 50 多幅图表，以及 400 多幅彩色的露头 and 岩心照片。这些照片拍摄自 30 多个国家，几乎包含了所有的地质年代。

沉积岩分类

沉积岩是由堆积于地球表面的颗粒物经过物理、化学和生物作用形成。这些作用贯穿于整个地史时期的所有自然环境，至今仍在进行。因此，沉积物和沉积岩的分布极广，现今覆盖了大约 7% 的地球表面，地质记录中也占重要比例。

沉积岩与火成岩、变质岩的主要区别如下。

- 沉积岩在三维空间上通常呈层状近平行分布。
- 沉积岩成分包含分散的颗粒和

胶结物，其中颗粒包括各种矿物碎屑、生物碎屑，以及经过搬运的岩屑。

- 沉积岩可见各种化石和沉积构造。

根据成因（正如组分所反映的），可将沉积物（岩）划分成以下四类。

- 陆源沉积物（硅质碎屑或碎屑）主要指先成岩风化和侵蚀破碎形成的各种碎屑颗粒，包括砾岩、砂岩、泥岩和古土壤等。
- 生物成因沉积物（生物碎屑或有机质）源自先成生物的骨架残骸、生物软组织，以及与生物作用有关的合成物，包括碳酸盐岩（灰岩和白云岩）、磷灰石、煤，以及部分燧石。尽管灰岩和白云岩的形成从根本上多数与生物作用有关，但部分灰岩（鲕粒灰岩和石灰华）由化学沉淀形成，多数白云岩由早期方解石转变而成。可见，沉积岩的成因类型与岩性并无一一对应关系，成因分类方案并不完美。
- 化学成因沉积物（化学的或自生的）由浓缩卤水结晶析出的晶粒直接沉淀形成，包括各类蒸发岩、铁矿、金属沉积物，以及一些碳酸盐岩和铝铁硅钙壳。

- 火山碎屑沉积物主要由火山爆发时形成的颗粒和碎屑组成，包括自碎火山碎屑岩、火山碎屑岩、水携型火山碎屑岩、外生型火山碎屑岩，以及火山灰、凝灰岩和集块岩。

根据特殊的沉积构造、结构和成分，还可将上述各类或亚类沉积物(岩)划分出一系列的沉积相(包括描述相和成因相)，它们是开展进一步沉积环境解释的基础(第15章)。

沉积物的经济属性

沉积物(岩)是当今世界工业和社会发展最主要的原料来源。事实

上，没有沉积物的开发和利用，世界将完全不同。表1.1列举了一些基本工业活动与沉积物资源的关系，由此可见，能源、水资源、金属和矿物原料，以及化学品和日用品原材料等，很多都源自沉积物或沉积岩。

由表1.1可知，露头沉积学不仅是地球科学的基础，还能产生巨大的经济效益。沉积物资源的开采，首先应确定它在沉积岩中的位置，然后再评估其丰度、分布范围、品质和可采性。对上述特征的评价，可通过详细的野外工作、合理的沉积相建模，以及随后的实验室分析完成。希望本书对露头和室内岩心的沉积学研究有所帮助。

表 1.1 沉积物的经济价值

行业	产品或原料	沉积物资源
基建 (公路、建筑等)	混凝土、砂浆	灰岩、砾石、沙
	建筑石材、砖	各种沉积岩、黏土
	瓦、石板砖	黏土、沙、石灰、煤、板岩
	隔热材料	各种沉积物
	玻璃	石英砂
	石膏、石膏板	石膏、硬石膏
家用产品	筑路碎石、沥青	各种沉积物、碳氢化合物
	塑料、油漆	碳氢化合物、黏土
化工	食品添加剂	各种沉积物
	石油化工、塑料等	碳氢化合物
	医药	各种沉积物
	其他产品，如润滑油、填料 农业用品	蒸发岩、铁矿、硅质沉积物 磷灰石
冶金	钢铁产品	铁矿、煤
	其他金属	砂积矿床
能源	石油和天然气	烃源岩和储集岩
	煤和泥炭	煤、泥炭
	核工业、地热	铀矿、温泉水层
水务和废物处理	饮用水和工业用水	地下含水层
	废物处理	各种沉积物

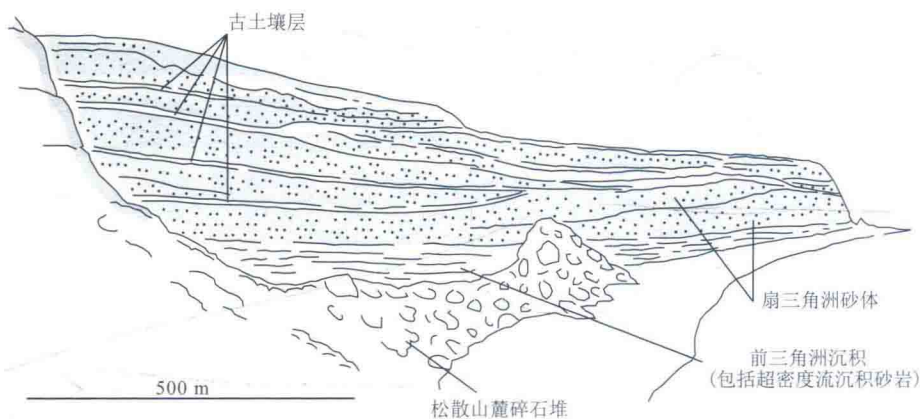


图 1.1 塞浦路斯南部上新统一更新统扇三角洲露头与素描图。砂体的几何形态是开展油气储层和地下淡水层评价的基础。开展露头与井下沉积学对比研究，是石油公司深化地下砂体构型认识、提高储集砂体预测准确性的有效方法。如图所示，透

镜状和宽板状砂体由扇三角洲平原河道砂体快速进积形成。扇三角洲由塞浦路斯内流河形成，具有近源和高能的特点。每期砂体上部可见古土壤层，对应于冲积扇不活跃的气候干旱早期

沉积岩野外工作方法



不整合面及贴近观察的地质工作者，位于英格兰南部海滨小村庄 Osmington Mills

野外安全

野外工作具有一定的风险，需要时刻警惕周边环境的变化，并为所有可能的突发事件做好准备，每个人既要对自己的安全负责，也要留意他人的安危。

- 提前了解工作地点的特殊灾害，包括天气、潮汐和海况的变化，以及危险的动物和昆虫等。
- 提前配备合适的急救设备，包括急救药箱、口哨、手电筒、

火柴、太空毯、水、备用的食物和葡萄糖片等，并穿着适合野外活动的衣服和鞋子。

- 提前参加培训班，学习基本的急救知识，并领取急救手册；了解危险的暴露标志，掌握暴露应急处理方法。此外，还要特别注意饮水卫生。
- 提前计划好行程中每天的住宿地点和随行人员，最好与同事、朋友、海岸警备队或其他人员结伴，住宿可选择野营基地或

酒店。

- 尽量配备移动电话，记住当地急救电话以及国际紧急救援电话 112。

特别注意事项

- 裸露的悬崖、采石场岩壁和其他陡壁。
- 陡坡上松散的碎石，避免滚石伤害到自己及附近的人，必要时配戴安全帽。
- 潜在的各种落石、山体滑坡、泥石流、下陷的泥沙、山洪和地震等。
- 沿岸的巨浪及湿滑的岩石。
- 不要沿着陡坡猛跑，也不要攀爬陡峭的悬崖和峭壁，除非受过专业的攀岩训练并有他人陪同。
- 避免在老旧矿山巷道和矿洞内工作，除非受过相应的训练，并获得进洞许可。
- 使用地质锤和采样器时应佩戴护目镜，并与他人保持距离，以免岩石碎屑飞溅伤人。
- 废弃的物品、垃圾(罐头、玻璃)、炸药(采石场)、交通情况，以及地质遗产与保护区的规定。

国际通用求救信号

- 连续的 6 声哨音、6 次闪光、6 声呼喊或 6 次挥舞的彩带，如有必要每隔一分钟重复一次。

- 连续 3 声哨音。

野外用品

充分的准备对野外工作的顺利开展至关重要。野外常用物品包括：

- 背包(结实、轻便、多口袋)。
- 地质锤(重约 1kg)。
- 地质罗盘(需预设研究区磁偏角)。
- 手持放大镜(一备一用，倍数以 10 倍为佳)。
- 袖珍折叠刀(带有开塞钻、开瓶器，以备放松讨论时使用)。
- 卷尺(长度依据实测剖面长度确定)。
- 盐酸瓶(装足盐酸)。
- 野外记录本(硬皮、防水) 页面大小足够剖面素描、岩性剖面绘制及简要的文字记录使用，建议至少为 180mm × 220mm)。
- 粒度和分选图版，以及极射赤平投影网(吴氏网)和透明纸。
- 钢笔、铅笔、尺子、编图彩笔和投影时使用的图钉。
- 样品袋和记号笔。
- 底图及画板(如需绘图)。
- 标准岩性记录纸和文件夹(如需大量记录)。
- 地质图、地形图及相关资料。
- 相机及愉悦的心情和微笑。
- 本指南!

安全舒适的野外工作还需做到:

- 穿着并携带合适的衣服(注意多变的天气)。
- 穿着合适的鞋子,佩戴护目镜。
- 携带小型急救箱、哨子和手电筒。
- 准备应急食物和足量的饮用水。
- 准备防晒霜。

这些冗长的物品清单,像是为远足做准备,但是,这些仅仅是圆满完成野外工作的最低要求。特殊情况还需要准备更多的物品,如用于挖掘泥沙和半固结沉积物的铁铲、取样的凿子,以及用于辨别碳酸盐岩的染色剂(茜素红分析纯)。双筒望远镜对野外工作帮助极大,既可用于观察寻找远处更好的露头,也可用于观察无法到达的悬崖或峭壁。GPS是重要的野外辅助设备之一,如今较易购得,价钱也不太贵,但是它并不能代替传统的野外实地勘查。

此外,野外工作中还出现了各式各样的便携式电子仪器,如用于烃源岩评价的地球化学分析光谱仪、伽马仪等。

笔记本电脑也是非常有用的野外设备,既可用于现场数据记录,也可用于整合地质图、航空照片、GPS和表格,以记录特殊的数据或编图。

野外工作原则和记录本选择

露头工作的详尽程度取决于研究的目的、用时、地层出露情况和天气条件等。然而,无论是区域地质调查,还是剖面实测和采样,野外工作都必须是系统、科学客观、非常仔细的,还要不断提出问题以验证理论,并在野外记录本或便携式电脑中记录所有的信息和想法。

野外记录本是观察的原始科学记录,是学生或地质工作者最重要的物品之一,在其职业生涯中可能会经常用到。因此,应尽量系统而简洁地记录,并妥善保存。此外,为便于回忆,还可记录感兴趣的内容,如人物、环境、天气、酒等。为便于遗失后找回,还应在记录本首页留下姓名和通信地址。

许多地质工作者习惯使用页面尺寸为125mm×200mm的标准野外记录本,但是,这个尺寸无法满足详尽的沉积学野外工作需要,建议最小尺寸为180mm×220mm,最理想是200mm×250mm。这样的尺寸更适用于露头素描和记录。此外,野外记录本必须是硬壳、页面带网格的,带防水罩者更佳。野外记录本应提前准备,并留足备用。

露头剖面需要记录的信息见表2.1和图2.1。记录时建议使用缩写的专业术语(P315)或使用自创的缩