

地层中地震记录 (古地震)

乔秀夫 宋天锐

高林志 李海兵 彭 阳 张传恒 章雨旭 等著

地质出版社

SEISMIC RECORDS IN STRATA (ANCIENT EARTHQUAKES)

Qiao Xiufu Song Tianrui Gao Linzhi Li Haibing Peng Yang
Zhang Chuanheng Zhang Yuxu and Others

Brief Introduction

This monograph consists of 22 chapters concerning ancient earthquake problems independently and as a whole, including the diagnosis of ancient earthquake remains, the explanation of earthquake mechanisms, characteristics of earthquake records in different geological periods, application of ancient earthquake records for interpretation of regional tectonic movement and geo-dynamic history, the correlation of lithological strata across ancient earthquake zones, the relationship of ancient earthquake with mineral resources, the inheritance of modern earthquakes from ancient earthquakes, and so on.

Study of ancient earthquakes is necessary in geological investigation for the explanation of regional geo-tectonic movements and the recognition of tectonic history with ancient earthquake records. Unfortunately, domestic colleagues have not paid necessary attention to these issues. This monograph is issued following the document in the spirit of the State Council of The People's Republic of China in 2006 that: "Decision on Strengthening Geological Work."

As a manual for geologists, this monograph may provide a useful reference for sedimentologists, stratigraphers, dynamic structure scholars, tectonic geologists, mineral resources scholars, and especially field geologists. It may also be of use to university and college teachers and students dedicated to the disciplines of geology as well as seismic researchers.

封面说明 古地震垮塌角砾及周围的液化泄水脉，泄水脉环绕地震角砾分布。

辽宁省大连市金石滩海岸 时代：震旦系 乔秀夫 摄

**Geological Publishing House
Beijing**

ISBN 7-116-04900-2



9 787116 049000 >

ISBN 7-116-04900-2

P·2708 定价：88.00 元

中国地质调查局地质调查项目《中国大陆及边缘关键地史阶段地震事件研究》(编号 200313000055) 成果(二)

地层中地震记录

(古地震)

乔秀夫 宋天锐
高林志 李海兵 彭 阳 张传恒 章雨旭 等著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书共 22 章, 包括 22 个有关古地震问题, 22 个题目是独立但又有联系的; 内容包括古地震的识别、古地震形成机制的解释, 不同岩性中、不同地质时期地震记录的特点; 应用古地震记录解释一个地区构造及动力作用史; 进行一个古地震带内岩石地层的等时对比; 古地震与矿产资源的关系; 现代地震与古地震的继承性等。

古地震是地质调查中必须研究的课题, 是认识一个地区历史大地构造的重要记录。遗憾的是在国内尚未被重视。本书是响应 2006 年中国国务院《关于加强地质工作的决定》, 贯彻“提高基础地质调查程度”而撰写的, 以弥补地质调查中的薄弱环节。

本书可供从事地质学、沉积学、地层学、变形构造、历史大地构造及矿产资源的科学研究人员, 特别是野外地质学家工作时使用; 也可作为高等院校学生及教师的读物, 当然也希望有助于地震地质学家的研究工作。

图书在版编目 (CIP) 数据

地层中地震记录: 古地震/乔秀夫等著. —北京: 地质出版社, 2006. 7

ISBN 7-116-04900-2

I. 地... II. 乔... III. 历史地震-研究-世界
IV. P316.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 073116 号

DICENG ZHONG DIZHEN JILU (GU DIZHEN)

责任编辑: 祁向雷

责任校对: 黄苏峰

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324577 (编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京地大彩印厂

开 本: 787 mm × 1092 mm^{1/16}

印 张: 17.5

字 数: 425 千字

印 数: 1—800

版 次: 2006 年 7 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 88.00 元

ISBN 7-116-04900-2/P·2708

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社出版处负责调换)

谨 以 此 书 献 给
进行地质调查的野外地质学家

古地震研究群体介绍

本书7位作者是中国地质科学院地质研究所古地震研究组的主要成员。这个研究组多年来从事古地震及现代地震变形研究,在国内有高的知名度,在国外也有一定影响,他们所发表的有关古地震论文及专著对我国开展古地震调查与研究起到推动作用。中、青年地质学家是这个研究群体中的主要力量,他们担任了不同类型的相关古地震项目的首席科学家,从自己不同学科角度探讨地层中地震记录,取得了很有意义的成果,做出了有益的贡献。

乔秀夫 (Qiao Xiufu) 生于1930年,中国地质科学院地质研究所研究员,从事地层、沉积与区域地质调查研究。发表有较大影响的论文近15篇,一般性论文多篇,专著3部;是发行量很大的《中国古地理图集》(1985)与《中国地质图集》(2002)主要科学设计者之一,任常务副主编。主持和参与多个国家级地质研究项目。曾获国家自然科学奖二等奖(1988),地质矿产部科技成果奖一等奖(1989)及二等奖(1997),国土资源部科技成果奖一等奖(2003)及其他多项奖励;享受第一批国务院颁发的政府特殊津贴(1991)。

E-mail: qiaoxf@cags.net.cn

邮编 100037



乔秀夫

宋天锐

宋天锐 (Song Tianrui) 生于1931年, 中国地质科学院地质研究所研究员, 博士生导师, 享受政府特殊津贴。担任中国地质学会沉积地质专业委员会委员、重砂矿物委员会主任委员; 1986~1992年曾担任北京地质学会理事、常务理事; 《沉积学报》、《岩石矿物学杂志》编委。从事沉积学、沉积岩和矿物学研究工作。共发表专著3部, 论文80多篇, 其中“辽宁金县寒武纪早期生物矿化迹象”和“沉积鲕石和尿路结石若干特征的对比研究”, 被美国化学学会出版的《CHEMICAL ABSTRACTS》120卷(1994)和122卷(1995)中收录, 具有当代较高水平。论文《砂屑岩显微颗粒结构成熟度的薄片分析》被编入剑桥大学出版的专著中(1991)。多次出席国际学术会议: 第11届国际沉积学家大会(加拿大, 1982)、第12届国际沉积学家大会(澳大利亚, 1986), 第16届太平洋科学大会(韩国, 1987), 第13届国际沉积学家大会(英国, 1990)。1992年受德国 DAAD/K. C. Wong 和英国皇家学会的资助访问了蒂宾根大学和伯明翰大学。被收录于英国出版的名人录《WHO'S WHO》(国际知识分子名人)中。

E-mail: songtianrui@cags.net.cn 邮编 100037

高林志 (Gao Linzhi) 男, 生于1955年, 中国地质科学院地质研究所研究员, 从事晚前寒武纪地层及古生物学研究, 参加有关晚前寒武纪—下古生代地层项目(26项), 主持项目(8项), 包括生物地层、层序地层、年代地层、灾变事件地层、化学地层等方面工作。合作和单独发表有关晚前寒武纪地层古生物方面论文40多篇, 合著6部专著。获地质矿产部科技成果奖二等奖1项。目前从事关于晚前寒武纪后生生物归属及生物演化事件的研究, 露头层序地层学及灾变事件地层和化学地层学方法在晚前寒武纪研究领域中的应用。担任中国地质调查局地质调查项目《中国大陆及边缘关键地史阶段地震事件研究》首席科学家。

E-mail: gaolzh@cags.net.cn 邮编 100037

李海兵 (Li Haibing) 男, 生于1966年, 2001年获中国地质科学院构造地质学博士学位, 现任中国地质科学院地质研究所研究员。2001~2004年在法国巴黎第七大学及法国巴黎地球物理研究所师从Tapponnier教授, 攻读活动构造—地震学博士学位。2005年3月—8月在法国巴黎地球物理研究所作高访研究。1988年以来在中国地质科学院地质研究所从事构造地质学、构造地貌学、地震地质学的研究工作。自1988年起, 先后参加和负责研究项目20余项。在东昆仑断裂的变形特征和形成时代、现今块体运动学特征及地震地表变形作用、阿尔金断裂带的形成时代、最大累计位移量及走滑断陷盆地的形成机制、走滑作用与盆—山关系、青藏高原北部的扩展和隆升作用等方面取得了一系列

重要的研究成果。先后发表论文 60 余篇, 专著 2 部 (第三、第四作者)。获地质矿产部科技成果奖二等奖 2 项, 2005 年获“第五届青藏高原青年科技奖”。主要研究兴趣为: (1) 断裂作用与盆地-山脉的耦合关系; (2) 青藏高原走滑断裂与隆升作用; (3) 古地震及现代地震地壳变形作用; (4) 青藏高原内部巨型断裂与火山作用及大陆动力学意义; (5) 大陆岩石圈变形特征及其机制; (6) 地震与油气。

E-mail: lihaibing@ccsd.org.cn

邮编 100037

彭 阳 (Peng Yang) 女, 生于 1964 年, 中国地质科学院地质研究所研究员; 北京大学地球与空间科学学院在职攻读博士学位研究生。从事沉积学、碳酸盐岩岩石学研究。曾参加多个国家级重大地质课题与国家自然科学基金项目及大连地区 1:5 万区域地质填图, 涉及层序地层、全球海平面变化、区域构造及石油地质及灾变事件地层等方面研究, 目前为广西地区晚古生代灰岩墙自然科学基金项目负责人。以第 1 作者发表论文 8 篇, 作为主要参与者撰写论文多篇, 专著 4 部。曾获地质矿产部科学技术奖二等奖。

E-mail: Pengy66@263.com

邮编 100037

张传恒 (Zhang Chuanheng) 男, 生于 1962 年, 中国地质大学 (北京) 教授, 主要从事构造地层学、盆地分析和前寒武纪地质研究。近 10 年来, 主持完成国家级科技攻关、攀登专项、区域地质调查、含油气盆地分析等各类科研项目近 10 项, 发表论文 30 余篇, 专著 3 部。其中 SCI 检索论文 3 篇, EI 论文 1 篇。在古地震地层记录、变形构造形成时间地层学标定、造山带原型盆地解析等方面取得重要研究成果, 曾获得国土资源部科技成果奖一等奖 1 项, 教学成果奖 1 项。

E-mail: Zhangch@cugb.edu.cn

邮编 100083

章雨旭 (Zhang Yuxu) 男, 生于 1960 年, 中国地质科学院研究员, 中国地质学会期刊处副处长, 2000 年任《地质论评》编辑部主任。参加科学研究项目十几项, 任《中国黑色、有色金属矿产图集》和《中国贵金属、稀有、稀土金属矿产图集》常务副主编、《中国固体燃料、非金属矿产图集》副主编, 主持并完成国家自然科学基金项目两项, 地质行业基金项目一项。发表论文 20 余篇。曾获中国地质学会第五届青年地质科技奖银锤奖 (1995 年)、地质矿产部直属机关优秀青年 (1995 年)、地质矿产部科技成果奖二等奖 (1998 年), 享受政府特殊津贴 (2001 年)。

E-mail: zhangyuxugeo@163.com

邮编 100037

致 谢

Acknowledgment

本书系中国地质调查局于2003年下达的地质调查项目《中国大陆及边缘关键地史阶段地震事件研究》(编号200313000055)的成果之一。这个项目的成果包括4部分内容:

(1) 项目的正式结题报告, 将由研究组撰写, 评审后正式出版;

(2) 《地层中地震灾变记录(古地震)》专辑, 这个专辑包括过去十几年研究的资料及部分执行调查项目中的成果, 是一个温故而知新的科学总结;

(3) 已在核心刊物及SCI检索刊物发表了一批论文;

(4) 在前述3个成果基础上, 在条件允许情况下, 出版野外古地震调查手册(指导书性质)。

中国地质调查局十分重视地层中地震灾变事件研究, 设置这个调查项目的任务之一是研究不同地质时期、不同地层类型中地震记录的特征, 以便为地质学家野外识别地层中地震事件提供一个标尺, 目的是提高地质填图中的地层调查研究水平并对所调查地区的构造发展有更深入的动力学解释。因此项目执行过程中重点在野外宏观调查, 最终研究成果应是实践性、应用性很强的, 不单纯是学术探讨和不着边际的想像。我们希望本书的内容能体现中国地质调查局立项的初衷; 能有助于地质学家的野外调查工作; 更期待本书能为野外地质学家提供古地震的研究思路。

国家自然科学基金委员会长期支持有关古地震研究, 本书作者曾得到多次基金的资助, 计有: 乔秀夫(批准号49070127, 49642008); 宋天锐(批准号49772121); 李海兵(批准号40272096, 40572122); 彭阳(批准号40372058); 章雨旭(批准号49772093, 40272049)。科学技术

部与中国地质调查局曾多次专项支持，如科学技术部的国家攀登专项(95-专-04)中，本书作者乔秀夫、高林志、彭阳、张传恒等均参加项目中的子课题研究。中国地质调查局曾两次资助乔秀夫等有关古地震研究(批准号，地科专-96-18；DKD 2001010)。

正是由于国家自然科学基金委员会与中国地质调查局的连续资助，使得研究工作得以持续和不断探索，使古地震研究与世界同步且在某些领域处于先进水平，并对国内地质调查中古地震调查起到有益的推动作用。对于中国地质调查局与国家自然科学基金委员会的支持与资助，在此表示衷心的感谢。

柳永清、聂泽同、梁定益、邓乃恭、田洪水、袁静、杜远生等同志提供古地震资料及照片；中国地质科学院地质研究所的一些同志鼓励与支持作者完成有关古地震的专辑；张森、王美秋同志在制图及文字录入方面给予很大帮助，在此一并致谢。

目 录

1 地震灾变事件地层——地质学的分支学科	(1)
2 古地震记录	(4)
3 关于古—新地震的联系问题	(29)
4 沉积地层中的地震事件记录及其意义	(36)
5 碳酸盐岩振动液化地震序列	(46)
6 中朝板块元古宙板内地震带与盆地格局	(76)
7 北京十三陵前寒武纪碳酸盐岩地层中的一套可能的地震-海啸序列	(89)
8 北京十三陵中元古代串岭沟期地质事件的探索	(95)
9 北京十三陵元古宇大红峪组含事件信息的沉积岩研究	(104)
10 中朝板块中元古代地震灾变事件与板内裂解	(113)
11 河南嵩山地区新元古界何家窑组微亮晶脉特征、成因及地质意义 探讨	(128)
12 大连晚震旦世地震灾变事件研究	(143)
13 古郯庐带沧浪铺期地震事件、层序及构造意义	(153)
14 下寒武统大林子组中的软沉积物变形构造	(161)
15 是地震液化泄水成因, 不是“渗流管”构造	(182)
16 内蒙古腮林忽洞群综合地层和白云鄂博矿床赋矿微晶丘	(187)
17 华北块体、胶辽块体与郯庐断裂	(200)
18 新疆博格达地区早二叠世地震驱动的软沉积物变形构造及其碰撞 构造意义	(211)
19 桂西北二叠纪灰岩墙(脉)的地震成因解释	(227)
20 桂西北晚古生代地层中的沉积灰岩墙研究进展	(230)
21 南盘江盆地中三叠世复理石中的同沉积挤压构造	(242)
22 中朝板块古地震带	(255)

Contents

Earthquake Catastrophic Event stratigraphy—A Branch of Geology	
.....	(1)
Ancient Seismic Records	(4)
On the Relationship Between Recent and Ancient Earthquake	(29)
Records of Earthquake Event in Sedimentary Strata and Its Significance	
.....	(36)
Seismic Sequence in Carbonate Rocks by Vibrational Liquefaction	(46)
Intraplate Seismic Belt and Basin Framework of Sino-Korean Plate	
in Proterozoic	(76)
A Probable Earthquake Tsunami Sequence in Precambrian Carbonate	
strata of the Ming Tombs District, Beijing	(89)
A Study of Geological Event Records in the Proterozoic Chuanlinggou	
Formation of the Ming Tombs District, Beijing	(95)
A Study of Event Message-bearing Sedimentary Rocks of the Proterozoic	
Dahongyu Formation from the Ming Tombs District, Beijing	(104)
Mesoproterozoic Earthquake Events and break up in Sino-korean Plate	
.....	(113)
Explanation of Microspar Veins in the Neoproterozoic Hejiayao Formation	
in Songshan Area, Henan and its Geological Significance	(128)
A Study of Seismic Events in the Late Sinian Carbonates of Dalian	(143)
Seismic Event, Sequence and Tectonic Significance in Canglongpu Stage	
in Paleo-Tanlu Zone	(153)
Deformational Structure of Unconsolidated Sediments in the Dalinzi	
Formation, Lower Cambrian	(161)
Origin in Seismic Liquefaction, not "Consolution Structure"	
.....	(182)
Composite Stratigraphy of the Sailinhuodong Group and Ore-bearing	
Micrite Mound in the Bayan Obo Deposit, Inner Mongolia, China	
.....	(187)
North China Block, Jiao-Liao-Korea-Block and Tanlu Fault	(200)

Early Permian Earthquake Induced, Soft-sediment Structures in Bogda Region, Xinjiang and their Collisional Tectonic Implications	(211)
Interpretation of the Seismic Origin of Permian Limestone Dikes in Northwestern Guangxi	(227)
Progress in Studying on Limestone Dikes in Late Paleozoic Strata in Northwestern Guangxi	(230)
Syn-sedimentary Compression Structures in the Middle Triassic Flysch of the Nanpanjiang Basin, SW China	(242)
Ancient Seismic Belt of Sino-Korean Plate	(255)

1 地震灾变事件地层——地质学的分支学科

Earthquake Catastrophic Event Stratigraphy

——A Branch of Geology

乔秀夫 宋天锐

地震是地球动力作用的表现,它是地球内部结构失去平衡突然释放出巨大能量的灾变事件。现代地震引起地表发生变化,地震诱发沙土液化、地面下沉对建筑物基底的破坏、地裂缝对交通的破坏,地震引起陆内的泥石流、滑坡以及近海的海啸造成的破坏等均直接影响到人们的生命、财产,因此被广泛关注。地震学家正力图解决难度很大的近期地震预报问题。

人类历史时期有文字记载的地震可称为历史地震,研究历史地震记录,从统计学角度可以了解一个地区发生地震的周期。史前地震一般称为古地震^①。古地震记录保存于地层中,地震地质学家与第四纪地质学家侧重研究全新世时期地层中的地震记录,目的是从更大的时间尺度研究发生地震的长周期,结合区域构造分析,提出地震活动较长周期的预报。对于全新世之前的地震记录,地震地质学家一般很少涉及,因为与解决现代地震预报的目标距离太遥远。

全新世及之前地层中的地震记录应是地质学家研究的范畴。古地震记录与现代地震记录的不同之处在于古地震形成的地貌已不被保存。如地裂缝在现代发生地震后可以看到中间下陷的狭长的“V”形地表裂缝,但古地震在地层中常常观察到一组相向的正断层组成的地堑以及层内的坍塌角砾,且其中被沉积物充满。地层中地震引起的变形记录有两种情况,即已成岩的坚硬沉积物与尚未成岩、富含水的软沉积物在地震发生时所受到的影响与变形是不同的。总的讲,坚硬沉积物主要是脆性变形;而软沉积物则是受到强地震水平剪切的振动影响,引起富含水软沉积物的液化泄水与变形,形成一系列层内的软沉积物变形构造。有一些软沉积物变形构造已被识别解释为地震成因,尚有一些软沉积物变形未被识别,或者被作为其他成因解释。区域性、有固定层位的软沉积物的液化变形是鉴别地层中地震事件的重要依据。

地层中的地震事件记录是地层学、沉积学、构造地质学(变形构造、新构造与大地构造)与地震学的交叉学科,地震灾变事件地层是地质学中的一个分支学科。与其他分支学科相比较,研究状况处于相对滞后的状态,这是因为地质学受到均变论的长期影响,

① 古地震的时限、含义在地震学家中有不同的认识。本书采用史前地震,即赋存于全新世及其之前古老地层的地震记录为古地震的观点。

相当多的地质学家不注意也不很相信地层中有地震灾变记录的存在。实际上，古地震事件一定非常频繁，因为人类历史中已出现过多次大规模地震灾难事件，那么，几十亿年的历史长河中应该有更多的地震灾变事件发生。从构造角度，我国大陆壳系由众多块体组成，这些块体在地史中曾有多次碰撞挤压与分离，在挤压环境与拉张环境下均相应发生地震。仅仅因为我们不认识古地震的标志而完全忽略了这些重要地质记录。传统的地层学研究中不包括地震灾变记录，沉积学家则将一些地震事件记录作为其他正常沉积成因解释，而构造地质学家则将众多地层中地震成因变形（同沉积变形）解释为后期构造变形。另一方面，野外地质调查中对地层中的一些奇特的地震记录只描述了现象而未深入进行成因解释。如在我国北方长期工作的野外地质学家对各种碳酸盐岩中的泥、亮晶脉早已注意（20 世纪 60 ~ 70 年代），并进行描述，但未深入研究；南方二叠纪的碳酸盐岩岩墙也早有报导（20 世纪 70 年代），但用正常沉积充填作用解释。实际这些都应是地震事件记录，相当多的地震记录在野外调查时被遗漏。在我们过去的区域地质调查填图的报告中，对构造变动、火山活动描述及讨论很多，唯独看不到与之相关联的对地史中地震事件的报道，这是地层学、沉积学、构造地质学研究中的遗漏与失误！

中国地质学家于 20 世纪 80 年代开始注意地层中的地震灾变记录，90 年代有了很大进展，90 年代之后有关地层中地震记录的研究受到很大注意，出版了相当数量的论文及专著。我们对古地震或称地史中地震事件的研究，与国外大体同步、同水平，并且有自己特色，这些特色是：

（1）理论基础：引起软沉积物液化泄水及变形有多种动力，但是区域性、有固定层位的软沉积物变形是由地震诱发的。

（2）多学科交叉研究，注意与现代地震现象与资料对比，重视模拟实验结果，比较注意地震事件灾害过程的研究，并用类似沉积学中的序列，即地震灾变相序表示，以便于野外地质调查时能对所研究剖面灾变事件有预见性。

（3）将地震记录与区域断裂构造和岩浆活动联系研究是国内研究的重要特点。

（4）最近我们应用了对现代地震地质研究的方法，即找寻基底岩系与盖层之间巨大滑脱剪切作用形成的假玄武玻璃岩（Pseudotachylite），以确定盖层中软沉积物变形的地震成因与地震年代。假玄武玻璃被认为是确认地震变形与确定地震年代的活化石。

（5）注意到在地史不同时期地震诱发的软沉积物变形是不同的，特征也有很大区别。

（6）应用地层中地震记录，解释区域大地构造、解决一个构造带中地层等时对比等问题是我国地质学家在古地震研究中重要特色。古地震记录是呈现区域性分布，与某个断裂相关，或与某些岩浆活动有关。因此可以建立起古地震带，包括板块边缘俯冲带附近及板内伸展构造强烈地区的古地震带。这些地震带的确立是对一个地区最深刻的地球动力学解释。

古地震的研究不可能直接解决现代地震预报问题，但它是地史中地球动力学与地史学研究的重要内容，是揭示一个地区地史与构造发展中的渐变与突发的灾变史；它可以从更长的地史时间尺度提供一个地区的地震活动性。如我们在中国北方建立的震旦纪古庐地震带，中元古代的燕辽地震带，至今仍是一个继承性地震活动带。

如何在野外调查古地震记录，尚未写入目前 1:5 万或其他比例尺地质调查的地层或沉积岩规范中，这是一个需要探索与总结的科学问题，但是一些原则性建议可提供参考。

(1) 对地层中的一些奇特软沉积物变形构造与沉积现象应试图用灾变观点审视, 避免用正常沉积学原则勉强去解释。

(2) 进行对现象认真的客观描述, 为室内研究采样、拍照。特别是这些记录在地层中与正常沉积的关系。变形构造分析是研究地震诱发软沉积物变形的最基本方法, 科学的排除法则是野外宏观调查时应有的思路。

(3) 灾变记录的地层时代, 空间分布, 是否呈带状区域分布, 与哪些断层相关联, 灾变记录地层附近有无同时期岩浆活动等。

(4) 综合性研究, 指两个方面: 一是对所有灾变记录综合研究, 注意他们之间的相互关系与顺序。例如对地震成因的液化脉, 除研究脉本身外, 尚需研究与之伴生的微断层及各种软沉积物变形构造。若仅限于脉的本身研究则不可能揭露事件的全过程与本质。二是指多学科的研究, 即地层、沉积、构造、相关的断裂及火成岩的综合研究。地震灾变事件的研究中, 地层仅是一个载体, 沉积学是研究的切入点, 软沉积物的液化泄水与变形构造分析是野外研究的本质问题, 最后应研究地震记录的区域构造背景。

本书的内容包括三个部分:

(1) 中国地质调查局《中国大陆及边缘关键地史阶段地震事件研究》项目中部分研究成果。新撰写了第 1, 2, 4, 10, 14, 18, 22 等七章。

(2) 选择了一些地震成因变形的宏观记录(执行中国地质调查局项目中拍摄的), 供野外地质调查时参考。更多的地震成因变形记录尚有待于野外调查时识别。

(3) 精选了一部分作者等已发表的有关地层中地震记录的文献, 我们认为这些文献对于野外地质调查时识别与研究地层中地震灾变记录是有参考意义的, 这些文献也是研究项目立项的基础。对纳入本书的论文, 根据近年来的研究, 对其中一些论文均已做了修改与较大补充, 与原文已有相当区别, 有一些是在原文基础上的再创作研究成果, 但仍沿用原论文题目, 目的是便于读者引用, 也可看到本书作者对有关问题的认识过程与新的解释。这些文献包括对不同地震时期、不同地层类型中地震记录的识别、描述、地震记录的成因机制与背景论述, 应用地震记录解释区域构造与地层对比等。

本书未对古地震记录的特征做全面介绍与描述, 只是一般性的评述了当前国内古地震研究的现状, 我们希望读者能在本书有关内容中找到自己感兴趣与需要的材料。本书内容不可能也没有这种科学水平总结所有古地震事件的特征, 只能起到一个启发与引导作用, 更多古地震事件在地层中的特征需要所有地质学家今后共同努力去识别、总结。

我们高兴地看到, 20 世纪 90 年代以后, 我国地质调查填图中开始注意古地震记录的研究, 反映在 1: 5 万地质图幅(吉林省、辽宁省、山东省、安徽省、江苏等有关 1: 5 地质图)对古地震均有详细描述, 并与地层和大构造结合讨论, 从而提高对客观地质记录的解释, 提高了图幅的科学质量。中国地质调查局在有关的区域地质调查总结中(2003 年), 也将古地震调查作为区调进展之一。我们坚信, 古地震的调查、研究必将成为提高不同比例尺基础地质调查的科学内容。随着地质调查中对古地震事件的识别将不断丰富这一新的地质学分支学科内容; 古地震将成为地球系统科学与地球过程中必须研究与关注的内容。

2 古地震记录

Ancient Seismic Records

乔秀夫 宋天锐 李海兵 高林志 彭 阳
聂泽同 梁定益 张传恒 袁 静 田洪水

区域性,特别是成大规模带状分布又有固定层位的沉积物液化作用一般讲是地震诱发的。只有大于里氏5级强地震的水平振动力方能使在浅水环境或陆上20m深富含水的软沉积物发生液化或诱发巨浊积岩(Megaturbidite)于深水盆地中。在地层中识别不同类型的液化作用产生的变形构造是野外辨认古地震的基本途径。

本章提供的宏观记录(图1~24)均取自国内材料,大体依地质时代顺序排列,包括碳酸盐岩及碎屑岩不同类型的地震记录,多数为浅水环境下软沉积物变形,少数为成岩后坚硬岩石中的记录,除浅水环境外,本章还选择了深水环境中的地震记录。将现代地震引起的沉积物液化变形排于最前面,目的在于将今论古。

地震发生与构造变动及岩浆活动密切联系,中国境内大陆壳随时间的变化,古沉积环境、构造环境与岩浆活动的规模不同。以我国华北地区为例,中、新元古界以海相碳酸盐岩为主,处于板内多次裂解的构造环境,因而大量多次地震记录赋存于灰岩、白云岩中。下古生界奥陶系为陆表海环境,构造环境稳定,虽也以碳酸盐岩为主,地震发生的频率却很小,目前尚未在板块内部发现奥陶系古地震记录;但在板块北缘地区,由于古亚洲洋与中朝板块的碰撞,诱发强地震,这个地区奥陶系中赋存大量地震记录,且变形特征与中新元古界相同,并无本质区别。又如我国西南地区(广西、四川、云南、贵州)于二叠纪处于超大陆大规模裂解时期,拉张环境下大面积玄武岩喷发,在这种构造-岩浆活动环境下所诱发的极强地震很可能是人类现代地震所未曾经历的,也是无法想像的!在地层中赋存的古地震现象与华北地区中新元古界与古生界的地震现象有所不同,但是强地震诱发液化作用的机制是一致的。本章按时代顺序讨论宏观古地震记录,其目的在于体现不同时期及不同地区地震事件记录的特征也是不同的。

不同类型沉积物中地震记录是可以对比的。如碳酸盐岩中的泥亮晶脉与砂岩中的砂岩脉均为液化泄水所致。野外调查清楚观察到这两种液化脉与产生液化母岩层的连接关系。一些地质学家承认砂岩脉的液化成因,但质疑碳酸盐岩中泥亮晶脉的液化成因,并认为局限于中、新元古界,在本文的宏观记录中,寒武系、奥陶系、下石炭统都有液化碳酸盐脉。坚持液化泥亮晶脉限于元古宙,究其原因受国外文献的影响,并过于相信某些国外学者的观点。

地质学是实践性、解释性的科学,应以实际调查的宏观地质记录为基础进行科学解释,野外宏观记录是第一位的也是最关键的。本章提供的宏观记录将有助于地质学家了解地层中古地震记录的液化成因机制。地质记录是复杂多变的,地质学家习惯于将其模型化、简单化以便解释类似的复杂记录,但是对于许多一目了然的地质现象实在不应人为地将其复杂化与神秘化。