



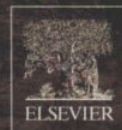
中国西北地区 奥陶系达瑞威尔阶至凯迪阶的 笔石研究

Darriwilian to Katian (Ordovician) Graptolites from Northwest China

陈旭 张元动 丹尼尔·古特曼 (Daniel Goldman)
斯迪格·伯格斯特姆 (Stig M. Bergström) 樊隽轩 王志浩
斯坦尼·芬尼 (Stanley C. Finney) 陈清马 譚◎著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社






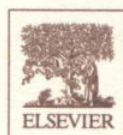
国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FUND PROJECT

中国西北地区 奥陶系达瑞威尔阶至凯迪阶的 笔石研究

Darriwilian to Katian (Ordovician) Graptolites from Northwest China

陈旭 张元动 丹尼尔·古特曼 (Daniel Goldman)
斯迪格·伯格斯冲 (Stig M. Bergström) 樊隽轩 王志浩
斯坦尼·芬尼 (Stanley C. Finney) 陈清 马讓◎著

 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



图书在版编目(CIP)数据

中国西北地区奥陶系达瑞威尔阶至凯迪阶的笔石研究 /
陈旭等著. — 杭州: 浙江大学出版社, 2017.12
ISBN 978-7-308-17796-2

I. ①中… II. ①陈… III. ①奥陶纪—笔石纲—研究—
西北地区 IV. ①Q915.813

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第329972号

中国西北地区奥陶系达瑞威尔阶至凯迪阶的笔石研究

陈旭 张元动 丹尼尔·古特曼(Daniel Goldman) 斯迪格·伯格斯特(Stig M. Bergström)
樊隽轩 王志浩 斯坦尼·芬尼(Stanley C. Finney) 陈清 马譔 著

策划编辑 徐有智 许佳颖
责任编辑 伍秀芳 (wxftw@zju.edu.cn)
特约编辑 薛之俭
责任校对 陈静毅 郝娇
封面设计 俞亚彤
责任出版 范洪法
出版发行 浙江大学出版社
(杭州天目山路148号 邮政编码310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司
印 刷 浙江海虹彩色印务有限公司
开 本 889mm × 1194mm 1/16
印 张 21.25
字 数 480千
版 印 次 2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-17796-2
定 价 188.00元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换
浙江大学出版社发行中心联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

著者名单

- 陈 旭 中国科学院资源地层学与古地理学重点实验室 (南京地质古生物研究所)。南京市北京东路39号 xuchen@nigpas.ac.cn
- 张元动 中国科学院资源地层学与古地理学重点实验室 (南京地质古生物研究所)。南京市北京东路39号 ydzhang@nigpas.ac.cn
- 丹尼尔·古特曼 (Daniel Goldman) Department of Geology, University of Dayton, 300 College Park, Dayton, OH 45469, USA, dan.goldman@notes.udayton.edu
- 斯迪格·伯格斯特 (Stig M. Bergström) School of Earth Sciences, The Ohio State University, 125 S. Oval Mall, Columbus, OH 43210, USA, stig@geology.ohio-state.edu
- 樊隽轩 现代古生物学和地层学国家重点实验室 (中国科学院南京地质古生物研究所)。南京市北京东路39号 fanjunxuan@gmail.com
- 王志浩 中国科学院南京地质古生物研究所。南京市北京东路39号 zhwang@nigpas.ac.cn
- 斯坦尼·芬尼 (Stanley C. Finney) Department of Geological Sciences, California State University, Long Beach, CA 90840, USA, scfinney@csulb.edu
- 陈 清 中国科学院资源地层学与古地理学重点实验室 (南京地质古生物研究所)。南京市北京东路39号 qchen@nigpas.ac.cn
- 马 譞 中国科学院大学 (中国科学院南京地质古生物研究所)。南京市北京东路39号 mxnjues1990@126.com

前 言

近30年来,本书著者及其同事在中国西北的广大地区开展了大量的奥陶纪地层学野外调查和室内研究工作,采集了大量的笔石标本和牙形刺样品。对这些丰富的笔石和牙形刺资料的研究,不仅改进了区域的奥陶纪地层对比,而且对全球中奥陶统达瑞威尔阶至上奥陶统凯迪阶的地层对比作出了贡献。这一研究也提高了人们对中国西北地区奥陶纪的地质演变历史的认识。这些丰富的笔石标本足以支持一项对中、晚奥陶世笔石的系统分类、地理分布及定量地层专著性的研究。此外,对中国西北奥陶系达瑞威尔阶至凯迪阶(萨尔干组、平凉组和龙门洞组)的笔石研究和剖面对比,也加深了人们对这些地层作为烃源岩的认识。

1999年,在捷克布拉格召开的第8届国际奥陶系大会上,中国新疆柯坪大湾沟和甘肃平凉官庄剖面均被提名为桑比阶候选层型剖面(Bergström *et al.*, 1999; Finney *et al.*, 1999)。次年,新疆柯坪大湾沟剖面便被认定为上奥陶统底界的全球辅助层型剖面(Bergström *et al.*, 2000)。此后,本书的著者们继续加强对中国西北地区奥陶纪笔石和牙形刺研究,中国科学院南京地质古生物研究所也提供了充足的研究经费。上奥陶统底界的另一个全球辅助层型剖面,即美国亚拉巴马州的Calera剖面,虽然也含有丰富的笔石和牙形刺,但由于其位于私人水泥厂的范围之内,难以对其进行持续性的研究,因此,中国新疆柯坪大湾沟剖面就成了唯一的上奥陶统底界(即桑比阶底界)的全球辅助层型剖面。

中国的西北地区是一个广阔的地域,包括新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古以及陕西的部分地区。奥陶系的露头从内蒙古鄂尔多斯到黄河东岸宁夏的一侧,向西沿甘肃河西走廊到天山脚下,并延伸至塔里木盆地北缘。这一广阔地域涉及奥陶纪时期的塔里木和华北两大板块,以及像柴达木和阿拉善这样的中小型板块。华北、塔里木和华南板块当时均位于冈瓦那大陆的周缘,这就从全球宏观的范畴内解释了在塔里木西缘(柯坪、阿克苏地区)、华北西缘(平凉、陇县和乌海地区)的奥陶纪笔石和牙形刺动物群,为何与华南的扬子流域(Zhou and Dean, 1996)以及波罗的海地区的动物群相似性如此高。由于这些板块处在相似的古纬度带内,因而部分地解释了这些笔

石和牙形刺动物群的相似性,以及笔石和牙形刺生物带在这些地区间的可对比性。

本书所研究的笔石是在过去30多年内的多次野外工作中采集到的,其中对柯坪大湾沟和苏巴什沟剖面的大部分笔石标本是在1987年采集的,并得到国家科技重大专项“塔里木显生宙地层对比”的支持(周志毅和陈丕基,1990)。2008年,本书著者及其同事们又对苏巴什沟剖面 and 阿克苏四石场剖面做了采集,这项工作得到了中石化“中国早古生代地层对比”项目的支持。鄂尔多斯地区上奥陶统底界的野外工作分别在1997年和2005年由本书著者及其同事们完成,旨在对该地区桑比阶至凯迪阶进行地层研究,这项工作得到了中国科学院南京地质古生物研究所的支持。参加上述多次野外工作的人员名单都已在本书的英文版(Chen *et al.*, 2016)中公布,并一一表示感谢,在此不再赘述。上述多次野外工作所获得的大量笔石标本,支持了本书的系统古生物研究。本书共描述了达瑞威尔期中期至凯迪期早期的笔石124种,它们分属45属。

本书的英文版(Chen *et al.*, 2016)建立了两个笔石新属*Unicornograptus* Chen and Goldman (gen. nov.)和*Pronormalograptus* Chen (gen. nov.),还建立了8个笔石生物带或生物层,自下而上为*Cryptograptus gracilicornis*层、*Pterograptus elegans*带、*Didymograptus murchisoni*带、*Jiangxigraptus vagus*带、*Nemagraptus gracilis*带、*Climacograptus bicornis*带、*Diplacanthograptus caudatus*带和*Diplacanthograptus spiniferus*带。在笔石动物群的多样性变化上,从*Pterograptus elegans*带至*Didymograptus murchisoni*带形成第一次高峰,包括了38个种或亚种;多样性从*D. murchisoni*带至*J. vagus*带一度下降到中等水平,但到*N. gracilis*带的下部则形成第二次高峰,并达到了最大值,共计47个种或亚种。因此,中国西北地区的笔石多样性变化在中、晚奥陶世时两度达到峰值,期间略有下降。如果考虑到笔石在华南中奥陶世*Undulograptus austrodentatus*带的初始峰值(Chen and Bergström, 1995),从达瑞威尔期至桑比期早期,笔石动物群在中国出现了一个阶段性的辐射过程。

本书的研究得到国家自然科学基金(No. 41172034)对华南和塔里木达瑞威尔阶—桑比阶黑色页岩对比研究的支持,中国科学院对张元动、樊隽轩(XDB10010100项目)的支持,以及中国科学院南京地质古生物研究所国家重点实验室对陈旭就广西运动进程的笔石证据项目的支持。本书的研究还得到美国戴通大学地质系、美国俄亥俄州立大学地球科学学院以及美国国家基金会对丹尼尔·古特曼(Daniel Goldman)和斯迪格·伯格斯特(Stig M. Bergström)的支持,使他们能多次来华研究南京地质古生物研究所保存的笔石标本并参与中国同行的合作研究。

本书著者对南京地质古生物研究所周志毅、王宗哲、李军、耿良玉和方宗杰诸位研究员,以及新疆地质局乔新东工程师同著者于1987年采集新疆柯坪大湾沟剖面表示衷心的感谢;对B. D. Webby, A. J. Boucot和D. L. Bruton教授于1996年与著者之一(陈旭)共同在新疆柯坪大湾沟剖面现场考察和进行有益的讨论表示感谢;对南京地质古生物研究所王怿、朱祥根和徐洪河研

究员、唐玉刚工程师和郑巩女士于2002年对新疆柯坪大湾沟剖面进行补充采集,并树立上奥陶统全球辅助层型剖面标识牌表示感谢;对西安地质矿产研究所傅力浦研究员、宁夏地质局郑昭昌总工程师从1997年开始多次与著者在陕西、甘肃、宁夏和内蒙古共同进行的野外工作表示感谢;对戎嘉余、王恽、詹仁斌研究员及丘金玉副研究员于2005年同著者对宁夏、甘肃和内蒙古进行野外工作表示感谢;对李越研究员于2009年采集新疆阿克苏四石场剖面的笔石标本表示感谢;对张举、宋妍妍和方翔诸位研究生为本书部分笔石标本照相并制作图版和编辑参考文献,对欧阳巧明女士清绘笔石插图以及姚毅女士为中文稿打字,均表示衷心的感谢。

鉴于中国广大地质工作者对中国西北地区奥陶纪笔石和含笔石地层的关注,以及含笔石黑色页岩对于烃源岩的重要意义,我们觉得出版本专著的中译本是必要的。但中译本并不对英文版做逐字对应的翻译,而是在不失原意的情况下,使之更符合中文的行文习惯,以便读者阅读和使用。

参考文献

- BERGSTRÖM, S.M., FINNEY, S.C., CHEN, X., WANG, Z.H. 1999. The Dawangou section, Tarim Basin (Xinjiang), China. Potential as global stratotype for the base of the *Nemagraptus gracilis* Biozone and the base of the global Upper Ordovician Series. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica* 43(1/2), 69-72.
- BERGSTRÖM, S.M., FINNEY, S.C., CHEN, X., PÅLSSON, C., WANG, Z.H., GRAHN, Y. 2000. A proposed global boundary stratotype for the base of the Upper Series of the Ordovician System: The Fågelsång section, Scania, southern Sweden. *Episodes* 23(2), 102-109.
- CHEN, X., BERGSTRÖM, S.M. (eds.) 1995. The base of the *austrodentatus* Zone as a level for global subdivision of the Ordovician System. *Paleoworld* 5, 1-117.
- CHEN, X., ZHANG, Y.D., GOLDMAN, D., *et al.* 2016. *Darriwilian to Katian (Ordovician) Graptolites from Northwest China*. 杭州: 浙江大学出版社.
- FINNEY, S.C., BERGSTRÖM, S.M., CHEN, X., WANG, Z.H. 1999. The Pingliang section, Gansu Province, China. Potential as global stratotype for the base of the *Nemagraptus gracilis* Biozone and the base of the global Upper Ordovician Series. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica* 43(1/2), 73-76.
- ZHOU, Z.Y., DEAN, W.T. (eds.) 1996. *Phanerozoic Geology of Northwest China*. 北京: 科学出版社.
- 周志毅, 陈丕基. 1990. 塔里木生物地层和地质演化. 北京: 科学出版社.

目 录

第1章 总 论	/ 1
参考文献	/ 3
第2章 生物地层	/ 5
2.1 塔里木及其周缘地区	/ 6
2.1.1 柯坪大湾沟剖面	/ 6
2.1.2 阿克苏四石场剖面	/ 14
2.1.3 柯坪苏巴什沟剖面	/ 16
2.2 华北地台西缘	/ 19
2.2.1 乌海大石门剖面	/ 19
2.2.2 平凉官庄剖面	/ 23
2.2.3 陇县龙门洞剖面	/ 26
2.2.4 乌海公乌素剖面	/ 30
2.2.5 陇县段家峡	/ 30
2.2.6 陇县石拐子沟	/ 30
参考文献	/ 31

第3章 达瑞威尔阶至桑比阶牙形刺带与笔石带的对比	/ 35
3.1 导 言	/ 35
3.2 样品来源	/ 36
3.3 牙形刺带与笔石带的对比	/ 37
3.3.1 柯坪大湾沟剖面	/ 38
3.3.2 平凉官庄剖面	/ 40
3.3.3 乌海大石门剖面	/ 42
3.4 大区间的对比	/ 44
3.4.1 中 国	/ 44
3.4.2 波罗的海地区	/ 44
3.4.3 北美洲	/ 45
3.4.4 阿根廷	/ 48
3.5 结 语	/ 50
牙形刺图版说明	/ 52
参考文献	/ 62
附 录	/ 66
第4章 达瑞威尔阶上部至凯迪阶下部笔石图形对比及多样性研究	/ 69
4.1 数据库介绍	/ 69
4.2 图形对比分析	/ 70
4.3 达瑞威尔阶上部至凯迪阶下部的笔石多样性模式	/ 73
参考文献	/ 75

第5章 萨尔干组、印干组及其相当地层作为烃源岩的潜力分析	/ 77
5.1 塔里木奥陶系黑色页岩	/ 77
5.2 华北西缘奥陶系黑色页岩	/ 80
参考文献	/ 82
第6章 系统古生物学	/ 83
笔石纲 (Class GRAPTOLITHINA Bronn, 1849)	/ 84
树形笔石目 (Order DENDROIDEA Nicholson, 1872, emend. Bulman, 1938)	/ 84
树形笔石科 (DENDROGRAPTIDAE Roemer in Frech, 1887)	/ 84
树形笔石属 (Genus <i>Dendrograptus</i> Hall, 1858)	/ 84
无羽笔石属 (Genus <i>Callograptus</i> Hall, 1865)	/ 84
刺笔石科 (ACANTHOGRAPTIDAE Bulman, 1938)	/ 86
刺笔石属 (Genus <i>Acanthograptus</i> Spencer, 1878)	/ 86
正笔石目 (Order GRAPTOLOIDEA Lapworth, 1875 (in Hopkinson and Lapworth, 1875))	/ 87
正笔石式树形笔石亚目 (Suborder GRAPTODENDROIDINA Mu and Lin, 1981 (in Lin, 1981))	/ 87
反称笔石科 (Family ANISOGRAPTIDAE Bulman, 1950)	/ 87
杆孔笔石属 (Genus <i>Rhabdinopora</i> Eichwald, 1855)	/ 87
中国笔石亚目 (Suborder SINOGRAPTA Maletz <i>et al.</i> , 2009)	/ 87
中国笔石科 (Family SINOGRAPTIDAE Cooper and Fortey, 1982)	/ 87
尖顶笔石属 (Genus <i>Acrograptus</i> Tzaj, 1969, emend. Cooper and Fortey, 1982)	/ 87
娇笔石科 (Family ABROGRAPTIDAE Mu, 1958)	/ 93
娇笔石属 (Genus <i>Abrograptus</i> Mu, 1958)	/ 93

均分笔石亚目 (Suborder DICHOGRAPTINA Lapworth, 1873, emend. Fortey and Cooper, 1986)	/ 94
均分笔石科 (Family DICHOGRAPTIDAE Lapworth, 1873, emend. Fortey and Cooper, 1986)	/ 94
拟态笔石属 (Genus <i>Mimograptus</i> Harris and Thomas, 1940)	/ 94
对笔石科 (Family DIDYMOGRAPTIDAE Mu, 1950, emend. Maletz, 2014)	/ 95
对笔石属 (Genus <i>Didymograptus</i> M'Coy, 1851)	/ 95
剑笔石属 (Genus <i>Xiphograptus</i> Cooper and Fortey, 1982)	/ 103
对向笔石属 (Genus <i>Janograptus</i> Tullberg, 1880)	/ 107
灌木笔石科 (Family THAMNOGRAPTIDAE Hopkinson and Lapworth, 1875, emend. Finney, 1980)	/ 111
灌木笔石属 (Genus <i>Thamnograptus</i> Hall, 1859)	/ 111
翼笔石科 (Family PTEROGRAPTIDAE Mu, 1974, emend. Maletz, 2014)	/ 112
翼笔石属 (Genus <i>Pterograptus</i> Holm, 1881)	/ 112
肯乃笔石科 (修订) (Family KINNEGRAPTIDAE Mu, 1974, emend.)	/ 115
肯乃笔石属 (Genus <i>Kinnegraptus</i> Skoglund, 1961)	/ 117
武宁笔石属 (Genus <i>Wuninograptus</i> Ni, 1991)	/ 118
舌笔石亚目 (Suborder GLOSSOGRAPTINA Jaanusson, 1960)	/ 119
舌笔石科 (Family GLOSSOGRAPTIDAE Lapworth, 1873, emend. Fortey and Cooper, 1986)	/ 119
舌笔石亚科 (Subfamily GLOSSOGRAPTINAE Lapworth, 1873)	/ 119
舌笔石属 (Genus <i>Glossograptus</i> Emmons, 1855)	/ 119
柯坪笔石亚科 (Subfamily KALPINOGRAPTINAE (Qiao, 1977))	/ 125
柯坪笔石属 (修订) (Genus <i>Kalpinograptus</i> Qiao, 1977, emend.)	/ 125
开舌笔石属 (修订) (Genus <i>Apoglossograptus</i> Finney, 1978, emend.)	/ 126
隐笔石亚科 (Subfamily CRYPTOGRAPTINAE (Hadding, 1915))	/ 129
隐笔石属 (Genus <i>Cryptograptus</i> Lapworth, 1880)	/ 129

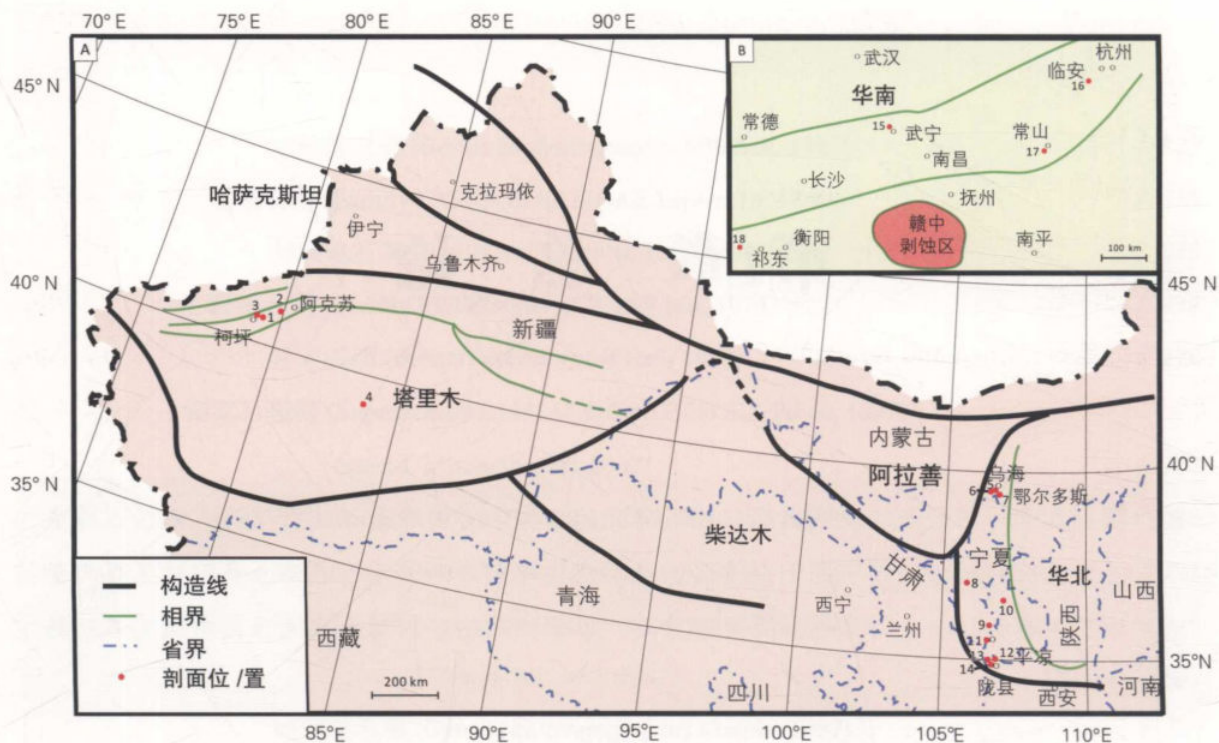
棒笔石科 (Family CORYNOIDIDAE Bulman, 1944)	/ 134
棒笔石属 (Genus <i>Corynoides</i> Nicholson, 1867)	/ 134
棍笔石属 (Genus <i>Corynites</i> Kozłowski, 1956)	/ 135
有轴亚目 (Suborder AXONOPHORA Frech, 1897, emend. Maletz <i>et al.</i> , 2009)	/ 135
双笔石次目 (Infraorder DIPLOGRAPTOIDEA Lapworth, 1880, emend. Štorch <i>et al.</i> , 2011)	/ 135
双头笔石超科 (Superfamily DICRANOGRAPTACEA Lapworth, 1873, emend. Mitchell <i>et al.</i> , 2007)	/ 135
双头笔石科 (Family DICRANOGRAPTIDAE (Lapworth, 1873))	/ 136
双头笔石属 (Genus <i>Dicranograptus</i> Hall, 1865)	/ 136
叉笔石属 (Genus <i>Dicellograptus</i> Hopkinson, 1871 (= <i>Leptograptus</i> Lapworth, 1873))	/ 142
江西笔石属 (修订) (Genus <i>Jiangxigraptus</i> Yu and Fang, 1966, emend. Goldman, here)	/ 155
宁夏笔石属 (修订) (Genus <i>Ningxiagraptus</i> Ge (in Mu <i>et al.</i> , 2002), emend.)	/ 181
假断笔石属 (Genus <i>Pseudazyograptus</i> Mu, Li and Ge, 1960)	/ 184
丝笔石科 (Family NEMAGRAPTIDAE Lapworth, 1873, emend. Finney, 1985)	/ 191
丝笔石属 (Genus <i>Nemagraptus</i> Emmons, 1855)	/ 191
孛笔石属 (Genus <i>Syndyograptus</i> Ruedemann, 1908)	/ 197
偶笔石属 (Genus <i>Amphigraptus</i> Lapworth, 1873)	/ 199
双笔石超科 (Superfamily DIPLOGRAPTACEA Mitchell <i>et al.</i> , 2007)	/ 202
双笔石科 (Family DIPLOGRAPTIDAE Lapworth, 1873)	/ 202
直笔石亚科 (Subfamily ORTHOGRAPTINAE Mitchell, 1987)	/ 202
围笔石属 (Genus <i>Amplexograptus</i> Elles and Wood, 1907)	/ 202
直笔石属 (Genus <i>Orthograptus</i> Lapworth, 1873)	/ 205
欧氏笔石属 (Genus <i>Oepikograptus</i> Obut and Sennikov, 1984)	/ 213
赫斯特笔石属 (Genus <i>Hustedograptus</i> Mitchell, 1987)	/ 216

始雕笔石属 (Genus <i>Eoglyptograptus</i> Mitchell, 1987)	/ 223
毛笔石科 (Family LASIOGRAPTIDAE Lapworth, 1880)	/ 225
赫氏笔石属 (Genus <i>Hallograptus</i> Lapworth, 1876)	/ 225
罟笔石科 (Family RETEOGRAPTIDAE Mu, 1974)	/ 227
罟笔石属 (Genus <i>Reteograptus</i> Hall, 1859)	/ 228
栅笔石超科 (Superfamily CLIMACOGRAPTACEA Frech, 1897, emend. Mitchell <i>et al.</i> , 2007)	/ 231
栅笔石科 (Family CLIMACOGRAPTIDAE Frech, 1897)	/ 231
栅笔石属 (Genus <i>Climacograptus</i> Hall, 1865)	/ 231
假栅笔石属 (Genus <i>Pseudoclimacograptus</i> Přibyl, 1947, emend. Mitchell, 1987)	/ 233
哈定笔石属 (Genus <i>Haddingograptus</i> Maletz, 1997)	/ 237
原栅笔石属 (Genus <i>Proclimacograptus</i> Maletz, 1997)	/ 247
双刺笔石属 (Genus <i>Diplacanthograptus</i> Mitchell, 1987)	/ 252
古栅笔石属 (Genus <i>Archiclimacograptus</i> Mitchell, 1987)	/ 254
独刺笔石属 (新属) (Genus <i>Unicornigraptus</i> Chen and Goldman (gen. nov.))	/ 281
假围笔石属 (Genus <i>Pseudamplexograptus</i> Mitchell, 1987)	/ 287
新笔石次目 (Infraorder NEOGRAPTINA Štorch <i>et al.</i> , 2011)	/ 290
正常笔石科 (Paraphyletic Family NORMALOGRAPTIDAE Štorch and Serpagli, 1993, emend. Melchin <i>et al.</i> , 2011)	/ 290
正常笔石属 (Genus <i>Normalograptus</i> Legrand, 1987, emend. Melchin and Mitchell, 1991)	/ 290
原正常笔石属 (新属) (Genus <i>Pronormalograptus</i> Chen (gen. nov.))	/ 293
参考文献	/ 302
汉-拉属种索引	/ 315

第1章 总论

摘要: 本章对中国西北地区奥陶纪笔石研究的历史做了回顾和评述。对西北地区达瑞威尔阶至桑比阶的笔石进行研究十分重要,特别是柯坪大湾沟剖面已成为上奥陶统底界的全球辅助层型剖面,相关研究就显得更为重要。本章还综述了中国西北地区奥陶纪笔石动物群的分布。

八十年前,孙云铸教授(Sun, 1933)首次描述了甘肃平凉组的纤细丝笔石(*Nemagraptus gracilis* (Hall))和双刺栅笔石(*Climacograptus bicornis* (Hall))。数年之后,瑞典诺林教授(Norin, 1937)在库鲁克塔格山发表了属于*Nemagraptus gracilis*带或*Hustedograptus teretiusculus*带的笔石名单,其中的笔石由Bulman (1937)描述出版。此后,穆恩之等(1960, 1962, 1982)、Mu (1963)以及乔新东(1977, 1981)均发表了关于中国西北地区,特别是新疆奥陶纪笔石和含笔石地层的论著。从1987年开始,本书著者(陈、王)及其同事们在新疆大湾沟采集了大量的笔石和牙形刺样品,并对萨尔干组等地层做了详细研究,使得该剖面最终成为上奥陶统底界的全球辅助层型剖面。这一剖面中萨尔干组的笔石最初是由陈旭和倪寓南鉴定并报道的(周志毅等, 1990)。在1996年第30届国际地质大会期间,在国际奥陶系分会的组织下,本书的三位著者(陈旭、Bergström和Finney)共同考察了柯坪大湾沟剖面。新疆柯坪大湾沟上奥陶统底界全球辅助层型剖面的建立(Bergström *et al.*, 2000; 陈旭和王志浩, 2003),掀起了学者们对这一广大地区奥陶纪笔石进一步研究的高潮。2002年,著者之一(陈旭)与南京地质古生物研究所的同事们又对大湾沟剖面的笔石和牙形刺做了补充采集,并且将上奥陶统底界全球辅助层型剖面的标牌固定在该剖面萨尔干组顶部靠近*Nemagraptus gracilis* (Hall)首现的层位旁边。此后,又有多个国家的同行们参观了大湾沟剖面。2009年,李越测制了阿克苏四石场萨尔干组剖面,并将笔石标本提供给著者(图1-1)。



GS (2016) 4069

图1-1 (A) 本书研究的塔里木及华北西缘奥陶系剖面；(B) 本书论及的华南奥陶系剖面

1. 新疆柯坪大湾沟剖面；2. 新疆阿克苏四石场剖面；3. 新疆柯坪苏巴什沟剖面；4. 新疆塔里木中部塔中钻井；5. 内蒙古乌海大石门剖面；6. 内蒙古乌海拉什仲剖面；7. 内蒙古乌海公乌素剖面；8. 宁夏同心；9. 宁夏彭阳；10. 甘肃环县；11. 甘肃平凉官庄剖面；12. 陕西陇县龙门洞剖面；13. 陕西陇县石拐子沟剖面；14. 陕西陇县段家峡水库剖面；15. 江西武宁柘林水库剖面；16. 浙江临安昌化石林上剖面；17. 浙江常山黄泥塘达瑞威尔阶全球界线层型剖面；18. 湖南祁东双家口剖面

除大湾沟剖面之外，另外两个重要的剖面，即平凉官庄和陇县龙门洞剖面，由本书著者(陈旭、张元动和王志浩)于1997年测制并进行化石样本采集。次年，陈、王二人陪同Bergström和Finney对这两个剖面进行了考察。1999年，在捷克布拉格召开的第8届国际奥陶系大会上，大湾沟和官庄剖面的地层和古生物记录得以发表(Bergström *et al.*, 1999; Finney *et al.*, 1999)。遗憾的是，由于主办当局的原因，本书著者之一(陈旭)作为国际奥陶系分会副主席，却未能出席大会。尽管如此，中国的两个上奥陶统底界的提案报告，仍在该次大会的会议论文集中发表。2005年年末，本书著者和南京地质古生物研究所的同事们，不但补充采集了官庄和龙门洞两个剖面的笔石，而且对公乌素、拉什仲、大石门和段家峡水库等剖面的笔石都进行了采集。2008年，本书著者(Goldman、樊隽轩和王志浩)对大石门剖面进行补充采集。至此，自从孙云铸(Sun, 1933)和布尔曼(Bulman, 1937)发表关于中国西北地区的笔石论著之后，该地区从*Pterograptus elegans*带至*Climacograptus bicornis*带之间的大量笔石都已得到了较充分的采集，同时大石门*Cryptograptus*

*gracilicornis*层、*Diplacanthograptus caudatus*带和*D. spiniferus*带的笔石得以补充。本专著系统描述了分属45个属的124种笔石，其中65种来自对新疆柯坪大湾沟上奥陶统底界全球辅助层型剖面的无间断采集。

新疆境内有塔里木、准噶尔地块以及它们之间的天山造山带。本书研究的笔石标本大部分采自塔里木地台的西缘斜坡带，个别来自塔里木盆地中部钻井岩芯。陈旭等(2012)曾将塔里木中部井下的含笔石地层与塔里木周缘的做对比，遗憾的是，在天山造山带和准噶尔地块至今未发现奥陶纪笔石。Chen and Rong (1992)认为，准噶尔盆地是哈萨克斯坦古板块的东延部分，而天山是海西期造山带。天山—阴山缝合带(Heumann *et al.*, 2012)应为塔里木与准噶尔地块的分界线以及华北与蒙古地块的分界线。新疆西部伊宁盆地的古生界下部地层及动物群表明，伊宁可能是天山带中部的一个小地体(陈旭等, 1998)。根据钟端和郝永祥(1990)的研究以及南京地质古生物研究所编制的库鲁克塔格古生代化石图册，库鲁克塔格山脉可能是属于天山带东侧的一个单独块体。库鲁克塔格的奥陶系可延至塔里木古板块东部的满加尔凹陷(Zhou and Dean, 1996; 陈旭等, 2012)，因此，在奥陶纪，库鲁克塔格较伊宁更接近塔里木板块。

柴达木盆地和祁连山的奥陶纪笔石已由穆恩之等(1962)和Mu(1963)所描述，Chen *et al.* (2001)以及未刊资料均说明，那里的奥陶纪笔石带与本专著研究区的相应笔石带可以对比。本书描述了华北西缘达瑞威尔阶至凯迪阶6个含笔石地层剖面或产地。本书对葛梅钰等(1990)报道的华北西缘奥陶纪笔石也进行了对比和讨论，并对其中一些笔石的分类做了修订。阿拉善地块是华北古板块内的小地块(Zhou and Dean, 1996)，产出少量志留纪早期的笔石(戎嘉余等, 2003)。阿拉善以南的柴达木地块包括了柴达木地台及其北缘活动带——祁连山带。本书对柴达木中部石灰沟剖面和欧龙布鲁克剖面(穆恩之等, 1962)以及祁连山东段(Mu, 1963)的奥陶纪笔石进行了对比，发现区域内*Pterograptus elegans*带的笔石动物群颇为相似(Chen *et al.*, 2001)，而柴达木早、中奥陶世的壳相动物群和华北地台同期动物群相似，中奥陶世的笔石动物群则与江南斜坡带的相似。

参考文献

- BERGSTRÖM, S.M., FINNEY, S.C., CHEN, X., WANG, Z.H. 1999. The Dawangou Section, Tarim Basin (Xinjiang), China. Potential as global stratotype for the base of the *Nemagraptus gracilis* Biozone and the base of the global Upper Ordovician Series. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica* 43(1/2), 69-72.
- BERGSTRÖM, S.M., FINNEY, S.C., CHEN, X., PÄLSSON, C., WANG, Z.H., GRAHN, Y. 2000. A proposed global boundary stratotype for the base of the Upper Series of the Ordovician System: The Fågelsång section, Scania, southern Sweden. *Episodes* 23(2), 102-109.

- BULMAN, O.M.B. 1937. On a collection of graptolites from the Charchak Series of Chinese Turkistan. In: TROEDSSON, G.T. (ed.). *On the Cambro-Ordovician Faunas of Western Quruq Tagh, Eastern T'ien-shan. Pal Si New Ser B* (106), 1-6.
- CHEN, X., RONG, J.Y. 1992. Ordovician plate tectonics of China and its neighbouring regions. In: WEBBY, B.D., LAURIE, J.R. (eds.), *Global Perspectives on Ordovician Geology*. Rotterdam: A.A. Balkema, 277-292.
- CHEN, X., ZHANG, Y.D., MITCHELL, C.E. 2001. Early Darriwilian graptolite faunas in central and western China. *Alcheringa* 25, 191-210.
- FINNEY, S.C., BERGSTRÖM, S.M., CHEN, X., WANG, Z.H. 1999. The Pingliang section, Gansu Province, China. Potential as global stratotype for the base of the *Nemagraptus gracilis* Biozone and the base of the global Upper Ordovician Series. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica* 43(1/2), 73-76.
- HEUMANN, M.J., JOHNSON, C.L., WEBB, L.E., TAYLOR, J.P., JALBAA, U., MINJIN, C. 2012. Paleogeographic reconstruction of a Late Paleozoic Arc Collision Zone, southern Mongolia. *Geological Society of America Bulletin* 124(9-10), 1514-1534.
- MU, E.Z. 1963. Research in graptolite faunas of Chilianshan. *Scientia Sinica* 12, 347-371.
- NORIN, E. 1937. *Geology of Western Quruq Tagh, Eastern T'ien-shan*. Reports from the Scientific Expedition to the North-western Provinces of China under Leadership of Dr. Sven Hedin (III), Geology I. Stockholm: Bokförlags aktiebolaget Thule, 1-194.
- SUN, Y.C. 1933. Ordovician and Silurian graptolites from China. *Palaeontologia Sinica B*(14), 1-52.
- ZHOU, Z.Y., DEAN, W.T. (eds.) 1996. *Phanerozoic Geology of Northwest China*. 北京: 科学出版社, 1-316.
- 陈旭, 王志浩. 2003. 上奥陶统底界全球辅助层型剖面在我国的确立. *地层学杂志*, 第27卷第3期, 264-265, 268.
- 陈旭, 林焕令, 许汉奎, 周宇星. 1998. 新疆西北部早古生代地层. *地层学杂志*, 第22卷第4期, 241-251.
- 陈旭, 张元动, 李越, 樊隽轩, 唐鹏, 陈清, 张园园. 2012. 塔里木盆地及周缘奥陶系黑色岩系的生物地层学对比. *中国科学: 地球科学*, 第42卷第8期, 1173-1181.
- 葛梅钰, 郑昭昌, 李玉珍. 1990. 宁夏及其邻近地区奥陶纪、志留纪笔石地层及笔石群. 南京: 南京大学出版社, 1-190.
- 穆恩之, 李积金, 葛梅钰. 1960. 新疆奥陶世笔石. *古生物学报*, 第8卷第1期, 28-39.
- 穆恩之, 李积金, 葛梅钰. 1962. 祁连山的笔石. 北京: 科学出版社.
- 穆恩之, 宋礼生, 李晋僧, 徐宝政, 张有魁. 1982. 笔石纲. 见: 地质矿产部西安地质矿产研究所 (编). 西北地区古生物图册, 陕甘宁分册 (一) 前寒武纪—早古生代部分. 北京: 地质出版社, 294-347, 460-475.
- 乔新东. 1977. 柯坪笔石——新疆柯坪萨尔干组中的一个新笔石属. *古生物学报*, 第16卷第2期, 287-292.
- 乔新东. 1981. 笔石. 见: 新疆地质局区域地质调查大队等 (编). 西北地区古生物图册, 新疆维吾尔自治区分册 (一) (晚元古代—早古生代部分). 北京: 地质出版社, 215-262.
- 戎嘉余, 陈旭, 詹仁斌, 周志强, 郑昭昌, 王怿. 2003. 内蒙古西部额济纳旗晚奥陶世生物地理和奥陶—志留系分界. *古生物学报*, 第42卷第2期, 149-167.
- 钟端, 郝永祥. 1990. 奥陶系. 见: 钟端, 郝永祥 (编), 塔里木盆地震旦纪至二叠纪地层古生物, I, 库鲁克塔格地区分册. 南京: 南京大学出版社, 41-104.
- 周志毅, 陈旭, 王志浩, 王宗哲, 李军, 耿良玉, 方宗杰, 乔新东, 张太荣. 1990. 奥陶系. 见: 周志毅, 陈丕基 (编). 塔里木生物地层和地质演化. 北京: 科学出版社.