



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

# 中国的全球层型

THE GLOBAL STRATOTYPES IN CHINA

彭善池 侯鸿飞 汪啸风 编著



上海科学技术出版社



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

# 中国的全球层型

The Global Stratotypes in China



彭善池 侯鸿飞 汪啸风 编著

---

图书在版编目(CIP)数据

中国的全球层型/彭善池,侯鸿飞,汪啸风编著.  
—上海:上海科学技术出版社,2016.1  
(中国古生物研究丛书)  
ISBN 978-7-5478-2874-8

I. ①中… II. ①彭… ②侯… ③汪… III. ①地层剖面—研究—中国 IV. ①P535.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第266491号

---

丛书策划 季英明  
责任编辑 季英明  
装帧设计 戚永昌

## 中国的全球层型

彭善池 侯鸿飞 汪啸风 编著

---

上海世纪出版股份有限公司 出版  
上海科学技术出版社  
(上海钦州南路71号 邮政编码200235)  
上海世纪出版股份有限公司发行中心发行  
200001 上海福建中路193号 www.ewen.co  
南京展望文化发展有限公司排版  
上海中华商务联合印刷有限公司印刷  
开本 940×1270 1/16 印张 23.5 插页 4  
字数 680千字  
2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷  
ISBN 978-7-5478-2874-8/Q·36  
定价: 398.00元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

中国古生物研究丛书  
**Selected Studies  
of Palaeontology  
in China**



## 内 容 提 要

“金钉子”是划分和对比年代地层的全球唯一标准。本书介绍迄今被国际地层委员会和国际地质科学联合会批准的、在中国建立的10枚“金钉子”，并展示中国地层古生物学家近20年来在地层学领域所取得的优秀成果。内容包括“金钉子”剖面的地理位置、岩石特征、生物内容和地层分布、化学地层特征、关键化石及其产出点位、确定年代地层单位的首要 and 辅助定界手段和标准，各“金钉子”所属地质年代和确定的年代地层单位等级（界、系、统、阶）等内容。并结合文字内容，配以丰富的照片资料，反映“金钉子”剖面的全貌、重要地层层段出露情况、关键化石和“金钉子”剖面永久性标志等内涵，介绍“金钉子”剖面的主要研究人员。

读者对象为地质工作者、高校师生和相关科研人员，对地层学古生物有兴趣的爱好者和地质环境管理机构的工作人员，也有参考价值。

## Brief Introduction

The Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP), the “Golden Spikes” in stratigraphy, is the standard for chronostratigraphical subdivision and correlation of strata around the world. This book reviewed the 10 Chinese GSSPs ratified by the International Union of Geological Sciences in order to demonstrate the great successes achieved primarily by the Chinese geological scientists in last two decades in this regard.

All scientific features of each GSSP were presented, including the stratotype section’s location, lithology, faunal assembles and biostratigraphic zonation, evolution of carbon isotope composition, stratotype point indicated by the First Appearance Datum of the relevant index fossil, and the primary and secondary tools using in defining the base of each stage. The age of each GSSP and the units defined by the GSSP in chronostratigraphic hierarchy were also reviewed. Besides the text, attractive and informative photos showing the exposure of the stratotype sections or the boundary intervals of defined stages, and those of the monuments established for the indication and permanent protection of the GSSPs, were illustrated. Major contributors to the erection of the GSSPs were briefly introduced.

This book was written for field and research geologists, and for students and teachers of universities in geological sciences. It is also suitable for the management personnel of mineral resources and environmental protection, and for the public interesting in geology, paleontology, and stratigraphy.

序



“金钉子”(全球标准层型剖面 and 点位, 简称GSSP)概念的建立和研究的实施, 是地层学工作进展到全球划分和对比阶段的需要, 也是国际地层委员会建立半个多世纪以来的中心任务。经过全球地层古生物工作者几十年的共同努力, 现已建立了显生宇70%以上各级年代地层单位的“金钉子”(66枚“金钉子”定义了156个单位中的111个)。其中, 中国以10枚“金钉子”高居各国之首。撰写本书以传播地球科学知识, 彰显中国地层古生物工作者对地层学和中国科学的历史性贡献, 是一件非常有意义的事情。

1960年建立第一个国际地层界线工作组(国际志留系—泥盆系界线工作组), 1972年这条界线被正式确立, 成为第一枚“金钉子”。自那以后, 随着改革开放, 中国学者开始接触和开展这方面研究。从1980年代至1990年代初, 中国学者先后在全球前寒武系—寒武系、寒武系—奥陶系和泥盆系—石炭系界线研究中尝试建立“金钉子”, 并进入最后一轮的角逐, 可惜没有成功。究其原因, 一是我国国门初开, 对于国外先进理论和实践需要一个熟悉、运用和创新的过程。记得当时对“界线层型”这个概念, 就曾有过是自然界线抑或人为界线之争。二是由于国际交流不足, 对国际同行的研究程度、国际组织的议事规则了解不够, 自身外语能力较弱等原因, 在重要场合往往是孤军奋战。此外, 国力不强、科学水平总体落后也是一个不可回避的背景。1997年我们拿到第一枚“金钉

子”, 接着又拿到断代的“金钉子”, 其后又在数个系内拿到多枚“金钉子”。不到20年间, 我国学者已拿到10枚“金钉子”, 取得了在这一地层学重要领域的国际领先地位, 实现了追赶—并列—领先的过程, 成为中国科学快速发展的一个缩影。抚今思昔, 这应该归功于改革开放带来的创新能力和国际交流的发展, 也归功于国家强力推动科学研究的发展。

展望未来, 我国在显生宇的几个系还有争取“金钉子”的可能; “金钉子”已经超越显生宇, 进入元古宇埃迪卡拉系以至成冰系的研究, 将来会继续往远古推进。“人类世”的讨论正在兴起, 我国学者对“金钉子”的研究还大有用武之地。从更大范围来讲, 地层学各领域的新分支、新概念层出不穷。国内外地层的划分和对比, 特别是活动带地层的划分和对比的任务更繁重。拿到10枚“金钉子”只是中国地层学研究万里长征迈出的第一步, 科研工作任重道远。

难能可贵的是, 本书作者在写作过程中倾注了大量心血, 使本书具有高度的科学性和严肃性。为保证内容的科学性, 彭善池先生会经常去各“金钉子”原始研究者处访问, 与他们不厌其烦地反复磋商修改, 并将最新的研究进展充实更新进来。更由于他本人即是3枚“金钉子”的创建者, 因此, 在撰写中自能对科学要点掌握得十分精准。

祝愿本书为地层科学知识的传播树立一个良好的范例, 故为之序。



殷鸿福  
2015年9月



# 前言



2011年8月,国际地质科学联合会主席Alberto C. Riccardi教授签署了批准书,批准在我国浙江省江山市嵛边村确立寒武系全球“江山阶”底界的“金钉子”。这是我国科学家所建立的第10枚“金钉子”,它的建立使我国在全球年代地层研究领域名列前茅,成为世界上拥有“金钉子”最多的国家。

“金钉子(Golden Spike)”是地质学专业术语“全球标准层型剖面 and 点位”的俗称。它是划分年代地层(按地壳中岩石形成时间划分的地质层)的国际标准,对于世界范围内的地层统一划分和精确对比具有重要意义。它的出现,从哲学思想、地层划分原则和方法、地层标准建立途径和程序等方面,打破了旧的传统观念,建立了新的界线层型理念和规范,在全球年代地层学研究领域具有划时代的意义。建立全球统一使用的、精确划分地球历史(地质年代)和年代地层的标准,是20世纪60年代成立的国际地层委员会从成立之日起就一直致力实现的目标。在历经10余年的研究后,在1972年在捷克布拉格近郊建立了世界上第一枚“金钉子”。由它的建立所积累的经验,指导了其后的数十年直至今日的全球年代地层研究,促进了国际年代地层表和地质年代表的规范化和标准化。60年来,已在19个国家确立了66枚“金钉子”。

中国地质学家在20世纪70年代后期开始参与全球“金钉子”的研究,曾在全球前寒武系—寒武系、寒武系—奥陶系、泥盆系—石炭系界线层型研究中取得过优异成绩,但由于种种原因,功亏一篑,未能取得成功。

中国在“金钉子”研究上的“零的突破”是1997年在浙江常山确立了中国第一枚“金钉子”——奥陶系达瑞威尔阶底界“金钉子”。此后,中国地质大学、中国科学院南京地质古生物研究所、宜昌地质矿产研究所、中国地质科学院地质研究所等单位的科学家奋起直追,历经14年的不懈努力,在浙江、湖南、广西、湖北4省(区)又确立9枚“金钉子”。目前,中国科学家还在继续研究埃迪卡拉系、寒武系、石炭系和三叠系内部的全球界线层型。

国际学术界对“金钉子”的确立、审批非常严格,从寻找理想的地层剖面到多学科研究,往往要经历长达数年、甚至几代地质学家的努力。其后经激烈的国际竞争以及国际地层委员会及其下属分会的专家多轮投票表决通过,最后由国际地质科学联合会审批才能确立。“金钉子”被公认为世界范围内发育最好、研究水平最高的剖面,它的确立也标志着一个国家在地层学领域的领先的

研究实力。中国“金钉子”研究的卓越成就,得到国家的充分肯定,先后3次被授予国家自然科学二等奖(2002, 2008, 2010)。这不仅是研究“金钉子”的科学家个人和团队的光荣,也是国家的科学荣誉。

本书在系统介绍与“金钉子”和年代地层学相关的基本知识的基础上,以地质年代先后为顺序,配以较多的插图,着重阐述中国10枚“金钉子”的研究成果、科学内涵和保护现状,同时对确立“金钉子”做出主要贡献的科学家做了简介。全书共分8章,由笔者撰写初稿,鸿飞和啸风密切合作,共同讨论、考证、修改、审校,最终成稿。

在本书的资料收集和编写过程中,得到了国内外众多同行的大力支持和热情帮助。中国科学院院士殷鸿福教授不仅在百忙之中抽出时间为本书作序和审阅三叠系“金钉子”一章初稿,还提供了大量珍贵照片。美国普渡大学James G. Ogg教授及其夫人James M. Ogg征得原作者的允许,提供了*Geologic Time Scale*(2012)一书中部分全球古地理图和“金钉子”标志性化石的图片。美国俄亥俄州立大学Loren E. Babcock教授同意使用他*Visualizing Earth History*一书的部分内容。国际地层委员会主席、美国加州州立大学Stanley C. Finney教授,中国科学院南京地质古生物研究所戎嘉余、沈树忠、朱茂炎、王成源、穆西南、孙卫国、张元动、王玥、樊隽轩、李保华、李罡、陈孝正研究员、朱学剑副研究员,西北大学张兴亮教授,中国地质大学(武汉)谢树成和张克信教授,中国地质大学(北京)阴家润和梅冥湘教授,贵州大学杨兴莲教授,中国地质科学院地质研究所苏德辰和高林志研究员,中国地质科学院西安地质研究所王健、傅力浦研究员,中国科学院地理科学与资源研究所郭庆军研究员,美国俄亥俄州立大学纽瓦克分校James St. John博士、加州大学河边分校Nigel Hughes教授,《中国国家地理》杂志等个人和单位,或提供照片,或帮助搜集资料,或参与讨论,或审阅有关文稿。对于他们的支持和帮助,笔者在此表示衷心的感谢。最后,我还要特别感谢我的夫人雷澍,她不仅为本书拍摄了许多照片,还是本书手稿的第一读者,对文稿的错误作了诸多校正。

本书的研究和出版得到了国家自然科学基金委员会(项目编号41330101)、科技部(项目编号2013FY111000, 2015FY310100)、中国地质调查局(项目编号1212011220050)、现代古生物和地层学国家重点实验室(项目编号20121101)和国家出版基金的资助,在此一并致谢。



2015年5月



# 目录



序  
前言

<b>1 全球界线层型研究的“金钉子”典故</b> .....	1
参考文献 .....	5
<b>2 地层学基本知识</b> .....	7
2.1 地层和地层学 .....	8
2.1.1 产状近于水平的地层 .....	8
2.1.2 产状倾斜的地层 .....	11
2.1.3 产状近于直立的地层 .....	14
2.1.4 褶皱的地层 .....	15
2.2 相对地质年代和地层学的基本定律 .....	17
2.2.1 地层叠覆律 .....	17
2.2.2 化石层序律 .....	19
2.2.3 地层切割律 .....	21
2.2.4 地层的接触关系 .....	23
2.3 地层分类类型 .....	29
2.3.1 年代地层系统和地质年代系统 .....	29
2.3.2 岩石地层系统 .....	30
2.3.3 生物地层 .....	32
2.3.4 化学地层 .....	33
2.4 地层的多重划分和对比 .....	34
2.4.1 剖面 and 层型 .....	35
2.4.2 地层对比 .....	39
参考文献 .....	40
<b>3 地层学“金钉子”概念和中国的“金钉子”研究</b> .....	43
3.1 “金钉子”概念的形成 .....	44
3.1.1 全球首枚“金钉子” .....	45
3.1.2 “金钉子”的科学内涵 .....	46
3.2 确立“金钉子”的化石 .....	47
3.2.1 球接子三叶虫 .....	48
3.2.2 笔石 .....	49
3.2.3 牙形刺 .....	50

3.2.4	菊石 .....	51
3.2.5	有孔虫 .....	54
3.2.6	钙质超微化石 .....	55
3.2.7	双壳类 .....	55
3.2.8	遗迹化石 .....	55
<b>3.3</b>	<b>确立“金钉子”的基本要求</b> .....	<b>58</b>
3.3.1	地质要求 .....	58
3.3.2	生物地层要求 .....	58
3.3.3	其他研究方法的要求 .....	58
3.3.4	其他要求 .....	58
<b>3.4</b>	<b>确立“金钉子”的科学程序</b> .....	<b>60</b>
3.4.1	确立“金钉子”的原则和程序 .....	60
3.4.2	全球已建立的“金钉子” .....	64
<b>3.5</b>	<b>中国的“金钉子”研究</b> .....	<b>64</b>
3.5.1	参与和挫折 .....	64
3.5.2	突破和收获 .....	68
	参考文献 .....	73
<b>4</b>	<b>寒武系“金钉子”</b> .....	<b>77</b>
<b>4.1</b>	<b>古丈阶“金钉子”</b> .....	<b>80</b>
4.1.1	地理位置 .....	80
4.1.2	武陵山区地质概况和生物地层序列 .....	80
4.1.3	确定古丈阶底界的首要标志 .....	90
4.1.4	层型剖面 and 层型点位 .....	90
4.1.5	“金钉子”剖面的三叶虫地层分布 .....	101
4.1.6	“金钉子”剖面的牙形刺地层分布 .....	101
4.1.7	“金钉子”剖面的化学地层 .....	101
4.1.8	“金钉子”剖面的层序地层 .....	101
4.1.9	协助确定古丈阶底界的次要标志 .....	103
4.1.10	“金钉子”的保护 .....	107
<b>4.2</b>	<b>排碧阶“金钉子”</b> .....	<b>114</b>
4.2.1	地理位置 .....	114
4.2.2	湘西北武陵山区的地质概况 .....	116
4.2.3	确定排碧阶底界的首要标志 .....	118
4.2.4	层型剖面 and 层型点位 .....	118
4.2.5	排碧剖面研究简史 .....	123
4.2.6	“金钉子”剖面的三叶虫生物地层 .....	126



4.2.7	“金钉子”界线地层的重要多节类三叶虫	127
4.2.8	“金钉子”剖面的牙形刺生物地层	130
4.2.9	湘西北武陵山区寒武系武陵统的腕足类	132
4.2.10	排碧剖面的年代地层划分	135
4.2.11	排碧剖面的碳同位素化学地层	135
4.2.12	“金钉子”的保护	135
4.3	江山阶“金钉子”	140
4.3.1	地理位置	140
4.3.2	江山地区三叶虫及碓边剖面研究简史	141
4.3.3	浙西“三山地区”的地质概况	146
4.3.4	确定江山阶底界的首要标志	149
4.3.5	确定江山阶底界的次要生物标志	150
4.3.6	层型剖面 and 层型点位	150
4.3.7	碓边A剖面的生物地层	153
4.3.8	“金钉子”剖面的生物地层	155
4.3.9	“金钉子”的保护	162
4.4	中国寒武系“金钉子”的全球对比	165
4.4.1	古丈阶“金钉子”的全球对比	165
4.4.2	排碧阶“金钉子”的全球对比	165
4.4.3	江山阶“金钉子”的全球对比	167
4.5	中国寒武系“金钉子”的主要研究者	168
	参考文献	173
5	奥陶系的“金钉子”	179
5.1	大坪阶“金钉子”	182
5.1.1	地理位置	184
5.1.2	三峡地区地质概况	185
5.1.3	确定大坪阶底界的首要标志	186
5.1.4	层型剖面 and 层型点位	188
5.1.5	黄花场剖面的生物地层	191
5.1.6	“金钉子”的保护	194
5.2	达瑞威尔阶“金钉子”	200
5.2.1	地理位置	200
5.2.2	“金钉子”所在“三山地区”地质概况	200
5.2.3	确定达瑞威尔阶底界的首要标志	202
5.2.4	层型剖面 and 层型点位	202
5.2.5	黄泥塘剖面的笔石和牙形刺生物地层	204

5.2.6	确定达瑞威尔阶底界的次要标志	207
5.2.7	黄泥塘剖面其他化石门类的生物地层	210
5.2.8	“金钉子”的保护	211
<b>5.3</b>	<b>赫南特阶“金钉子”</b>	<b>216</b>
5.3.1	地理位置	216
5.3.2	“金钉子”所在的三峡地区地质概况	216
5.3.3	确定赫南特阶底界的首要标志	216
5.3.4	层型剖面 and 层型点位	219
5.3.5	确定赫南特阶底界的次要标志	223
5.3.6	华南和赫南特阶“金钉子”界线层段的生物地层	225
5.3.7	“金钉子”的保护	227
<b>5.4</b>	<b>中国奥陶系“金钉子”的全球对比</b>	<b>228</b>
5.4.1	大坪阶“金钉子”的全球对比	228
5.4.2	达瑞威尔阶“金钉子”的全球对比	229
5.4.3	赫南特阶“金钉子”的全球对比	231
<b>5.5</b>	<b>中国奥陶系“金钉子”的主要研究者</b>	<b>234</b>
5.5.1	大坪阶“金钉子”的主要研究者	234
5.5.2	达瑞威尔阶和赫南特阶“金钉子”的主要研究者	237
	参考文献	241
<b>6</b>	<b>石炭系“金钉子”</b>	<b>249</b>
<b>6.1</b>	<b>维宪阶“金钉子”</b>	<b>252</b>
6.1.1	地理位置	252
6.1.2	全球维宪阶底界定义的确立	252
6.1.3	柳州地区地质概况	257
6.1.4	层型剖面 and 层型点位	258
6.1.5	“金钉子”的生物地层	262
6.1.6	“金钉子”的化学地层	266
<b>6.2</b>	<b>维宪阶“金钉子”的对比</b>	<b>267</b>
6.2.1	华南维宪阶底界界线层段的对比	267
6.2.2	维宪阶底界的洲际对比	267
<b>6.3</b>	<b>维宪阶“金钉子”的保护</b>	<b>270</b>
<b>6.4</b>	<b>中国石炭系“金钉子”的主要研究者</b>	<b>273</b>
	参考文献	275
<b>7</b>	<b>二叠系“金钉子”</b>	<b>277</b>
7.1	吴家坪阶“金钉子”	280



7.1.1	地理位置 .....	281
7.1.2	来宾地区地质概况 .....	281
7.1.3	吴家坪阶底界首要生物标志的确定 .....	284
7.1.4	层型剖面 and 层型点位 .....	284
7.1.5	“金钉子”界线层段的生物地层序列 .....	288
7.1.6	来宾地区的化学地层和磁性地层 .....	290
7.1.7	“金钉子”的保护 .....	290
<b>7.2</b>	<b>长兴阶“金钉子” .....</b>	<b>296</b>
7.2.1	地理位置 .....	296
7.2.2	层型剖面 and 层型点位 .....	296
7.2.3	“金钉子”界线层段的生物地层序列 .....	298
7.2.4	煤山剖面长兴阶的碳同位素化学地层 .....	306
7.2.5	煤山剖面长兴阶的磁性地层 .....	306
7.2.6	“金钉子”的保护 .....	308
<b>7.3</b>	<b>中国二叠系“金钉子”的全球对比 .....</b>	<b>308</b>
7.3.1	吴家坪阶底界的识别和全球对比 .....	308
7.3.2	长兴阶底界的识别和全球对比 .....	310
<b>7.4</b>	<b>中国二叠系“金钉子”的主要研究者 .....</b>	<b>312</b>
	参考文献 .....	315
<b>8</b>	<b>三叠系“金钉子” .....</b>	<b>319</b>
<b>8.1</b>	<b>印度阶“金钉子” .....</b>	<b>322</b>
8.1.1	地理位置 .....	322
8.1.2	研究历史和“金钉子”首要标志的确定 .....	322
8.1.3	层型剖面 and 层型点位 .....	325
8.1.4	“金钉子”剖面的生物地层序列 .....	331
8.1.5	“金钉子”剖面的化学地层 .....	331
8.1.6	“金钉子”剖面的磁性地层 .....	332
<b>8.2</b>	<b>印度阶“金钉子”的全球对比 .....</b>	<b>332</b>
<b>8.3</b>	<b>印度阶“金钉子”的保护 .....</b>	<b>333</b>
<b>8.4</b>	<b>中国三叠系“金钉子”的主要研究者 .....</b>	<b>340</b>
	参考文献 .....	343
<b>索引</b>	.....	<b>346</b>