

Brief Analysis on Setting Criterion of Conodont *Hindeodus parvus* in P/T Boundary

Liansheng Lin^{1,2}, Meng Wan³, Yu Fang^{1,2*}

¹Office of the Mountain-River-Lake Development Committee of Jiangxi Province, Nanchang

²Center for Remote Sensing/GIS Application of Jiangxi Province, Nanchang

³916 Team, Jiangxi Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Jiujiang

Email: lin52@126.com, fangyu@mrl.org.cn

Received: Jul. 11th, 2014; revised: Jul. 23rd, 2014; accepted: Aug. 12th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The article discusses the Conodont *Hindeodus parvus* in marine P/T boundary layer in China (Dongling Village of Xiushui County, Jiangxi Province; Shangsi Village of Guangyuan City, Sichuan Province; Meishan Town of Changxing County, Zhejiang Province), India (Kashmir Guryul Ravine), and Union of Soviet Socialist Republics (Azerbaijan Achura), and the point location where they appear for the first time. It also explains the important significance of setting criterion for demarcating marine P/T boundary layer, suggesting that the partition criterion for P/T biostratigraphic boundary would be set on the point locations where they firstly appear in single-phase sediment-successive section, with well-preserved cardinal tooth and serration of *Hindeodus parvus*.

Keywords

Hindeodus parvus, Permian/Triassic Biostratigraphic Boundary

浅析P/T界线层中牙形刺*Hindeodus parvus*的标 准性

林联盛^{1,2}, 万梦³, 方豫^{1,2*}

*通讯作者。

¹江西省山江湖开发治理委员会办公室, 南昌

²江西省遥感信息系统中心, 南昌

³江西省地质矿产勘查开发局916大队, 九江

Email: lin52@126.com, fangyu@mrl.org.cn

收稿日期: 2014年7月11日; 修回日期: 2014年7月23日; 录用日期: 2014年8月12日

摘要

本文讨论了中国(江西修水东岭、四川广元上寺和浙江长兴煤山)、印度(克什米尔Guryul Ravine)、前苏联(阿塞拜疆Achura)等地的海相P/T界线层中牙形刺*Hindeodus parvus*, 及其首次出现的点位, 阐述了其标准性对海相P/T界线划分的重要意义。建议以产于单相且沉积连续剖面, 主齿和细齿均保存完好的*Hindeodus parvus*的首次出现的点位, 作为P/T生物地层界线划分的标准。

关键词

牙形刺, *Hindeodus parvus*, 二叠纪/三叠纪生物地层界线

1. 引言

牙形刺 *Hindeodus parvus* 在二叠纪/三叠纪(P/T)生物地层划分中的重要性, 已经被越来越多的地质学家所证实。

传统的二叠纪/三叠纪界线划分方案是以菊石 *Otoceras* 带作为三叠系底界。由于很多学者认为 *Otoceras* 带的下部属于二叠纪, 以及所有产 *Otoceras* 的层位下部均有地层的缺失, 且 *Otoceras* 的分布又仅限于北方生物区, 因而主张用牙形刺作为二叠/三叠系界线生物地层标准。即, 将二叠纪/三叠纪界线置于 *Hindeodus parvus* 带的底部, 也即以 *Hindeodus parvus* 的首次出现作为三叠纪的开始[1]-[4]。

经国际地层委员会二叠 - 三叠系界线工作组(2000年1月)、国际地层委员会三叠系分会(2000年6月)、国际地层委员会(2000年11月)和国际地质科学联合会(2001年3月)四轮组织投票认证, 中国浙江长兴县煤山(D剖面, 即葆青剖面)已被列为全球层型剖面和层型点位(即俗称的“金钉子”(Golden Spike)), 成为国际三叠系中第一个通过的 GSSP。“全球层型剖面和点”是全球确定唯一的点位, 作为国际对比标准, 其确立的条件是研究程度、地层完整性、全球可对比性和可进入性(开放性)。它的确立标志着所在国的地层研究水平, 是一项科学荣誉[5]。

国际地学界对这枚“金钉子”长达几十年的研究和讨论, 其原因可以归咎于二叠纪/三叠纪界线层中 *Hindeodus parvus* 鉴定的分歧。特别是对一些标本不够完整的化石存在较大的意见分歧, 导致不同剖面上“首次出现”的层位, 尤其是点的确切位置难以用统一的标准衡量, 故而产生对比的混乱。因此, 深入研究二叠纪/三叠纪界线层 *Hindeodus parvus* 的标准性, 寻找其在单一岩相的连续剖面中首次出现的位置, 是进一步研究二叠纪/三叠纪界线的关键。

本文根据江西修水东岭剖面界线地层中 *Hindeodus parvus* 化石和其产出的层位[6]-[9], 通过与国内外二叠纪/三叠纪界线层中的 *Hindeodus parvus* 化石及其产出位置、剖面连续性、岩相等的对比, 提出二叠纪/三叠纪界线层中的 *Hindeodus parvus* 的标准性概念, 并探讨了二叠纪/三叠纪界线。

2. 江西修水东岭 P/T 界线层剖面

朱相水等(1994)在江西修水东岭的二叠纪/三叠纪界线层剖面中, 发现了3层 *Hindeodus parvus*。现仅

摘录涉及二叠纪/三叠纪界线层附近的部分剖面如下。

下三叠统大冶组下段(Tid, 未测完)

- | | |
|--|--------|
| 37. 浅黄、紫红色薄至中层灰泥岩。 | 5.26 m |
| 36. 浅灰、浅黄、紫红色中厚层灰泥岩。产牙形刺(JNW100) <i>Hindeodus parvus</i> , <i>Clarkina</i> sp. | 5.70 m |
| 35. 黄灰、肉红、紫红色中厚层灰泥岩。产牙形刺(JNW97) <i>Hindeodus parvus</i> . | 5.06 m |
| 34. 灰绿、紫红色薄层灰泥岩。产牙形刺(JNW92) <i>Hindeodus mimutus</i> . | 1.27 m |
| 33. 棕黄色粘土层。 | 0.02 m |
| 32. 深灰色微薄层至薄层灰泥岩。含牙形刺(JNW85) <i>Clarkina</i> sp. | 1.62 m |
| 31. 灰色含紫红色条带薄至中层泥灰岩。 | 2.76 m |
| 30. 灰白、浅黄色含紫红色斑点状中厚层生屑泥粒岩, 顶部为灰泥岩。含牙形刺(JNW81, 79) <i>Hindeodus mimutus</i> , (JNW81) <i>Ellisonia</i> sp., (JNW8) <i>Hindeodus triassica</i> | 3.66 m |
| 29. 灰、紫红色厚至巨厚层含砾屑粒泥岩 - 灰泥岩。 | 2.5 m |
| 28. 灰黄色微带紫红色薄至中层灰泥灰岩。 | 1.99 m |
| 27. 黄灰色薄层灰泥岩夹紫红色微薄层条带。产牙形刺(JNW74) <i>Hindeodus parvus</i> . | 0.20 m |
| 26. 灰黄色微带紫红色薄层含砂屑泥灰岩。 | 0.13 m |
| 25. 棕黄色粘土层。产介形虫(JNW72) <i>Cavellina</i> sp. | 0.07 m |

—————整合—————

上二叠统长兴组(P_{2c})

长兴组上段(P_{2c}²)

- | | |
|---|--------|
| 24. 灰、灰绿、紫红色薄至中层灰泥岩。产水螅(JNW70)和海绵(JNW69)碎片。 | 3.11 m |
| 23. 浅灰色、灰色中至厚层生屑泥粒岩、颗粒岩。产有孔虫(JNW88-66)、蜓、钙藻以及海绵(JNW67)碎片。 | 7.69 m |

如剖面所示, 江西修水东岭二叠纪/三叠纪界线层的下三叠统大冶组下段中, *Hindeodus parvus* 最早出现在 27 层。其距 25 层的界线粘土层(即棕黄色粘土层)顶部只夹有 13 cm 的含砂屑灰泥岩(26 层)。这是迄今为止世界上发现的 *Hindeodus parvus* 的最低层位[7]-[9]。

3. 界线层中的 *Hindeodus parvus*

Hindeodus parvus 一种是 Kozur and Pjatakova (1976) [10]在前苏联阿塞拜疆 Achura 地区三叠系底部发现并建立的新种(Kozur and Pjatakova, 1976, fig. 1a-d 为 Pa 分子), 当时归属 *Anchignathodus* 属, 指定 fig. 1b 为正模。正模标本产于 *Ophiceras commune* 带的上部, 距 *Paratirolites* 层约 7 m 处。

1977 年, Kozur 再次发表了 *Anchignathodus parvus* 新种(Kozur, 1977, fig., 17, 19, 20 为 Pa 分子), 重新指定了正模(Kozur, 1977, fig. 17, 与 1976 年的 fig. 1a 为同一照片)。该标本位于 *Ophiceras commune* 带下部, 距 *Paratirolites* 层约 1.5 m[11]。

1989 年, Kozur 认为原 *Hindeodus parvus* 的含义广, 又以 Kozur and Pjatakova (1976)的 fig. 1c 为正模建立 *Hindeodus postparvus* 新种。新种与 Kozur 等(1976)指定的 *Hindeodus parvus* 正模产于同一样品, 而 *Hindeodus postparvus* 是高于 *Isarcicella isarcica* 带的一个牙形刺带[12]。

Kozur 等(1976, 1979)两次指定正模时, 都没有列举 *Hindeodus parvus* 产地的详细剖面, 故其“首次出现”的位置, 无从得知。

Matsuda(1981)研究了印度克什米尔 Guryul Ravine 剖面的牙形刺动物群, 在 *Otoceras woodwardi* 带上部发现了 *Hindeodus parvus*(Matsuda, 1981, pl. 5. Fig. 1-3)。该标本酷似 Kozur 等(1976, 1977)的图影[13]。

克什米尔的牙形刺研究，特别是 *Hindeodus parvus* 及其层位的研究相当重要。因为那里的二叠/三叠系地层比较完整，*Hindeodus parvus* 丰富且保存完美，研究亦很详细。遗憾的是缺乏可资对比的标志层(如界线粘土层)，且有机变质度高[14]。

我国华南地区二叠/三叠系界线地层中的 *Hindeodus parvus* 已有大量报道。据 Yin Hongfu (1994) 统计，分布在九省 19 个地区[15]。最早发现华南有 *Hindeodus parvus* 的是王志浩等(1981)。但是四川江油、北川三叠系底部 *Hindeodus parvus* 的具体层位由于分层太粗而难以确定[16]。从资料分析，研究较详细的只有四川广元上寺[17]、浙江长兴煤山[18]-[23]和江西修水东岭[6]-[9]三条剖面。

在四川广元上寺剖面，最早出现在层 30(样品采集号 Gsc30-4)的样品中。其下的层 28 上部(距顶界 45 cm 处)出现作者认为是早三叠世的新种 *Anchignathodus decrescens* sp. n.，再往下大约厚 90 cm 的地层中未见牙形刺化石。且不说 *Hindeodus parvus* 的标本是否典型，单从过渡层内没有逐层发现牙形刺，也就无法确定 *Hindeodus parvus* 的准确层位了。

浙江长兴剖面，最早报道有 *Hindeodus parvus* 的是王成源、王志浩[17](1981，图版 1，图 20)，但后来又认为鉴定有误[19]。

最早报道浙江长兴煤山葆青剖面(D 剖面)二叠/三叠系界线层中有 *Hindeodus parvus* 的是张克信(1984)[15]。1989 年张克信发表了 *Anchignathodus parvus* 的图影(图版 1，图 22，登记号 85187)。然此标本主齿已断，细齿保存亦很差，引起一些争议[19]。

王成源等亦在长兴煤山葆青剖面发现 *Hindeodus parvus*(图版 55，图 2，标本号 ACT113/112698)。但该标本出现的层位较高，在“界线层 3”之上的青龙灰岩的最底部。

浙江长兴煤山忠心大队剖面(Z 剖面)报道有 *Hindeodus parvus*(图版 II，图 1，2；图版 III，图 3，6，7)[19]，不过其标本保存亦较差。尽管剖面研究很细，牙形刺 *Hindeodus parvus* 产出的点的位置有目前已知最高的精确度(± 4 cm)，但标本同样不太典型。

华南地区典型的 *Hindeodus parvus* 首推江西修水东岭的标本[6]。如前所述，在该地，该种产于三叠纪早期的大冶灰泥岩中。其最低层位位于距界线粘土层(厚 13 cm)顶界的灰泥岩层。该标本由王成源分析、鉴定。修水东岭的标本(图版 1，图 1，6)[6]-[9]与克什米尔 Guryul Ravine 剖面的标本(pl. 5, fig. 1-3)[11]，以及前苏联阿塞拜疆 Achura 的标本(fig. 1a, 1b)[10]极为相似(度量结果见表 1)。

4. 界线层中 *Hindeodus parvus* 的首次出现点的位置分析

近年来，报道产出 *Hindeodus parvus* 的地点很多。但位于二叠/三叠系连续沉积的剖面则很少，而比

Table 1. Measurements of *Hindeodus parvus*

表 1. *Hindeodus parvus* 度量结果表

剖面	层号	标本号	图版	图	长(mm)	宽(mm)	高(mm)	长/高	细齿数	资料出处
克什米尔	56	Ocu3005-2	5	1	0.43	0.27	0.32	1.3	8	[11]
克什米尔	57	Ocu3006-2	5	3	0.48	0.27	0.43	1.8	9	[11]
修水东岭	27	JNW74/122044	I	1	0.41		0.32	1.2	8	[6]
前苏联 库拉	10/13 a-2	Slgs.-Nr. PK 1-7		1b	0.45		0.34	1.3	8	[7]
克什米尔	61	OCU3008-6	5	2	0.41	0.23	0.32	1.3	7	[11]
修水东岭	35	JNW100/122048	I	6	0.43		0.4	1.1	5	[6]
前苏联 库拉	10/13 a-1	Slgs.-Nr. PK 1-4		1a	0.41		0.32	1.3	6	[7]

较典型、剖面研究详细且能确定产出位置的剖面就更凤毛麟角了。

据张克信报道[15][16], 中国浙江长兴县煤山葆青剖面的 *Hindeodus parvus* 最低层位在下三叠统殷坑组最底部(层 27), 比 *Otoceras* 层的底界(即距界线粘土层顶面)高约 15 cm。而忠心大队剖面, 王成源[19]发现最早出现 *Hindeodus parvus* 的层位在“界限层上部”(相当于盛金章等[20]的第四层上部), 其距“界线粘土层底高约 15 cm”。

印度克什米尔 Guryul Ravine 剖面是一条非常重要的剖面, 亦是国外唯一一条 *Hindeodus parvus* 标本典型、保存甚佳、剖面研究详细的二叠/三叠系界线层剖面。在该剖面上, *Hindeodus parvus* 首次出现的层位是层 56 上部的灰岩。该灰岩层上下均为页岩, 之下没有界限粘土层等标志层, 难与其他剖面进行对比。

江西修水东岭剖面, *Hindeodus parvus* 出现的最低层位(层 27)距界线粘土层顶面为 13 cm, 比张克信[16]、王成源[19]所示的浙江煤山剖面还要低 2 cm。更重要的是, 该剖面产出的 *Hindeodus parvus* 是华南迄今为止已知的最典型的标本。而且该剖面自二叠系顶部至三叠系底部, 除界线粘土层外均为灰岩或泥灰岩沉积。这样单一岩性, 又产出非常典型、标准的 *Hindeodus parvus*, 不仅在华南, 乃至全球也十分罕见。其重要性和意义不言而喻。

然而, 由于种种原因, 江西修水东岭地区的二叠/三叠纪界线生物地层还没有得到系统、综合和细致的研究。尽管这样, 并且只是随机在厚 20 cm 的层 27 中采取了一个 1 kg 的牙形刺样品, 就获得了十分完美的牙形刺 *Hindeodus parvus* 标本。此外, 层 27 之下的 13 cm 灰泥岩(层 26)中, 以及更下的二叠系地层顶部, 都没有系统地采样分析, 无法了解牙形刺动物群的完整面貌和种系演化关系。但是, 前人研究的成果, 已经预示出美好的前景: 即, 通过更细致的, 详细至厘米级的切片取样分析, 在层 26 和层 27, 甚至在层 25, 有可能获得确切的 *Hindeodus parvus* 首次出现的点的位置!

5. *Hindeodus parvus* 的标准性与 P/T 生物地层界线

综上所述, 二叠/三叠纪界线生物地层中的 *Hindeodus parvus* 标本, 目前的资料以前苏联阿塞拜疆 Achura 地区、印度克什米尔 Guryul Ravine 和中国江西修水东岭地区的标本最为典型, 但研究程度详细的剖面只有中国浙江长兴县煤山和印度克什米尔 Guryul Ravine。

然而, 对于 *Hindeodus parvus* 的鉴定, 不同学者依据的特征不同。

Kozur and Pjatakova(1976) [7]描述的前苏联阿塞拜疆 Achura 地区的 *Hindeodus parvus* 特征是: “刺体小, 具有宽而椭圆的基沟。基沟表面平坦, 前部有一个高大的主齿, 高度超过其后的细齿。主齿稍向后倾, 紧接主齿后有一排细齿, 一般 4~8 个, 9~10 个颇为罕见。细齿要么全部直立且高度相等(除最后一个非常小的细齿外; 如果有 9~10 个细齿, 最后 2~3 个极小), 要么有点向后倾且高度变化不规则, 或者向后逐渐降低。齿片后缘有些向下弯曲。”

Matsuda(1981)[10]记述的印度克什米尔 Guryul Ravine 剖面的 *Hindeodus parvus* 特征是: “刺体小, 短而高。反口面后部 2/3 平或稍凹, 前部次棱角状或浑圆。主齿不太宽, 齿尖尖或次浑圆, 有些种稍向后弯。紧挨主齿的细齿的高度约为主齿高度的 1/2 或 2/3。细齿 6~9 个, 基部愈合。前半部细齿的高度几乎相等, 后半部细齿向后高度逐渐降低。口视齿片直或稍向内弯。”

笔者仔细研究了江西修水东岭剖面所产的 *Hindeodus parvus* 图影, 认为与 Kozur and Pjatakova(1976) [7]、Kozur(1977)[8]和 Matsuda(1981)[10]描述的主要特征一致。*Hindeodus parvus* 种应以“高而不太宽的主齿, 细齿齿尖浑圆且高度约为主齿高度的 1/2 或 2/3, 主齿后方 4~6 个细齿直立且高度几乎相等”为其主要特征。而细齿后缘是否陡直, 是否有很小的细齿等, 不是其主要的特征。Kozur and Pjatakova(1976) [7]所示正型标本“主齿后有一个小的、低矮的细齿”, 可能为某种畸变所致。

通过上述对比, 作者认为有必要强调 *Hindeodus parvus* 种的标准性和专一性。考虑到克什米尔和江西修水东岭剖面中, Kozur and Pjatkova(1976) [7]描述的正模标本(图 1b)出现的层位低, 标本更臻完美, 而且特征典型易辨, 故依此标本为标准, 提出特征为: “刺体小, 短而高。主齿不太宽, 齿尖钝尖或次浑圆, 有时稍向后弯。细齿一般 5~9 个, 基部愈合。紧挨主齿的 4~6 个细齿直立, 高度约为主齿的 1/2 或 2/3, 其顶尖连线近水平; 后半部细齿高度变化不规则, 或向后高度逐渐减小。齿后缘陡直或稍向外微凸, 有时见有极小的细齿。”

故此, 笔者建议以 Kozur and Pjatkova(1976) [7]的正型标本为准, 且主齿、细齿均保存完整的、在单一岩性的连续剖面上的首次出现的点的位置, 来精确确定二叠/三叠系生物地层界线。

从现有资料分析, 印度克什米尔 Guryul Ravine 剖面有机变质程度高, 所有牙形刺都是黑色的, 孢子、疑源类等微体化石都不复存在, 故不符合要求。

笔者期望, 在国际、国内相关组织和机构, 特别是国内外顶级专家的大力支持下, 江西修水东岭牙形刺动物群的组成和个体系统演化序列与关系, 将能获得重大突破, 有助于提高二叠/三叠系生物地层界线的认知和科学性。

6. 结论

笔者认为, 深入研究二叠纪/三叠纪界线层 *Hindeodus parvus* 的标准性, 寻找其在单一岩相的连续剖面中首次出现的位置, 是进一步研究二叠纪/三叠纪界线层的关键。

1) 到目前为止, 江西修水东岭二叠纪/三叠纪界线层是迄今为止世界上发现的 *Hindeodus parvus* 的最低层位, 其距界线粘土层顶部只夹有 13 cm 的含砂屑灰泥岩。

2) 本文认为有必要强调 *Hindeodus parvus* 种的标准性和专一性, 并提出 *Hindeodus parvus* 种的标准特征为: “刺体小, 短而高。主齿不太宽, 齿尖钝尖或次浑圆, 有时稍向后弯。细齿一般 5~9 个, 基部愈合。紧挨主齿的 4~6 个细齿直立, 高度约为主齿的 1/2 或 2/3, 其顶尖连线近水平; 后半部细齿高度变化不规则, 或向后高度逐渐减小。齿后缘陡直或稍向外微凸, 有时见有极小的细齿。”

3) 笔者建议以 Kozur and Pjatkova (1976)的正型标本为准, 且主齿、细齿均保存完整的、在单一岩性的连续剖面上的首次出现的点的位置, 来精确确定二叠/三叠系生物地层界线。

参考文献 (References)

- [1] Waterhouse, J.B. (1973) An ophiceratid ammonoid from the New Zealand Permian and its implication for the Permian-Triassic boundary. *Geology Magazine*, **110**, 305-329.
- [2] Bando, Y., Bhart, D.K., et al. (1980) Some remarks on the conodont zonation and stratigraphy of the Permian. *Recent Researches in Geology*, **8**, 1-53.
- [3] Sweet, W.C. (1979) Graphic correlation of Permian-Triassic rocks in Kashmir, Pakistan and Iran. *Geological et Palaeontologica*, **13**, 239-248.
- [4] Yin, H.F., Yang, F.Q., Zhang, K.X., et al. (1988) A proposal to the biostratigraphic criterion of Permian-Triassic boundary. *Memorie della Societa Geologica Italiana*, **34**, 329-344.
- [5] (2000) 全球二叠—三叠纪界线层型剖面正式通过投票. <http://www.cgs.gov.cn/dzsj/jdz/2003111801.htm>
- [6] 朱相水, 王成源 (1994) 江西二叠 - 三叠系界线. *微体古生物学报*, **4**, 439-452.
- [7] 朱相水, 林联盛 (1996) 推荐一条 GSSP 的辅助剖面. *江西师范大学学报(自然科学版)*, **3**, 264-268.
- [8] 朱相水, 林联盛 (1997) 典型 *Hindeodus parvus* 及其意义—兼论二叠 - 三叠系界线. *江西师范大学学报(自然科学版)*, **1**, 88-95.
- [9] 朱相水, 林联盛 (1997) *Hindeodus parvus* 及其“首次出现”. *江西师范大学学报(自然科学版)*, **3**, 269-274.
- [10] Kozur, H. and Pjatkova, M. (1976) Die Conodontanart *Anchignathodus parvus* n. sp., Eine Wichtige Leitform der Basalen Trias. Koninkl. Nederl. Akademie van Wetenschappen-Amsterdam, *Proceeding, Series B*, **79**, 123-128.

- [11] Kozur, H. (1977) Revision der Conodontengattung *Anchignathodus* und ihrer Typusart. *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, **9**, 1113-1127.
- [12] Kozur, H. (1989) Significance of events in conodont evolution for the Permian and Triassic stratigraphy. *Courier Forschungsinstitut. Senckenberg*, **117**, 385-408.
- [13] Matsuda, T. (1981) Early Triassic conodonts from Kashmir, India. Part 1: *Hindeodus* and *Isarcicella*. *Journal of Geosciences*, Osaka City University, **24**, 75-108.
- [14] Wang, C.Y. (1990) Some problems on the guryul ravine section of Kashmir as Permian-Triassic boundary stratotype. *Palaeontologia Cathayana*, **5**, 263-265.
- [15] Yin, H.F. (1994) Reassessment of the index fossils at the Paleozoic-Mesozoic boundary. In: Jin, Y.G., et al., Eds., *Permian Stratigraphy, Environments and Resources*, Vol. 1: *Palaeontology and Stratigraphy*, Palaeoword, 4, Nanjing University Press, Nanjing, 234-248.
- [16] 王志浩, 戴进业 (1981) 四川江油、北川地区三叠纪牙形刺. *古生物学报*, **2**, 138-150.
- [17] 张景华, 戴进业, 田树刚 (1984) 四川北部广元上寺晚二叠世——早三叠世的牙形石生物地层. *国际交流地质学术论文集——为27届国际地质大会撰写*, **1**, 136-178.
- [18] 张克信 (1984) 浙江长兴葆青剖面 *Otoceras* 层中牙形动物群的新资料. *地球科学——武汉地质学院学报*, **3**, 38.
- [19] 张克信 (1987) 浙江长兴地区二叠纪与三叠纪之交牙形石动物群及地层意义. *地球科学——武汉地质学院学报*, **2**, 193-200.
- [20] 王成源, 王志浩 (1981) 浙江长兴地区二叠纪龙塘组、长兴组牙形刺及其生态和地层意义. *中国微体古生物学会第一次学术会议论文集*, 科学出版社, 北京, 114-120.
- [21] 王成源, 主编 (1993) 下扬子地区牙形刺——生物地层与有机变质成熟度的指标. 科学出版社, 北京, 1-326.
- [22] 王成源 (1995) 二叠-三叠系界线层的牙形刺与生物地层界线. *古生物学报*, **2**, 129-151.
- [23] 盛金章, 陈楚震等 (1983) 浙江长兴地区二叠纪与三叠纪界线层型研究. *地层学杂志*, **4**, 245-257.