



移动阅读

陈奋宁, 孟勇, 白旭东, 等, 2024. 北祁连冷龙岭地区上奥陶统扣门子组的时代归属——来自牙形石的证据[J]. 沉积与特提斯地质, 44(1): 9–19. doi: [10.19826/j.cnki.1009-3850.2022.06003](https://doi.org/10.19826/j.cnki.1009-3850.2022.06003)

CHEN F N, MENG Y, BAI X D, et al., 2024. Age of the Upper Ordovician Koumenzi Formation in the Lenglongling area of the North Qilian Mountain: The evidence from conodonts[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 44(1): 9–19. doi: [10.19826/j.cnki.1009-3850.2022.06003](https://doi.org/10.19826/j.cnki.1009-3850.2022.06003)

北祁连冷龙岭地区上奥陶统扣门子组的时代归属 ——来自牙形石的证据

陈奋宁^{1,2}, 孟勇^{1,2}, 白旭东³, 李向民^{1,2}, 余吉远^{1,2}, 魏小燕^{1,2}, 计波^{1,2}

(1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 自然资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 陕西 西安 710054; 2. 中国地质调查局造山带地质研究中心, 陕西 西安 710054; 3. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012)

摘要: 本文首次报道了北祁连冷龙岭地区上奥陶统扣门子组牙形石, 共识别鉴定出牙形石 5 属, 9 种, 其中 3 个未定种, 根据牙形石的分布规律, 建立了 1 个牙形石组合: *Aphelognathus grandis* - *Panderodus gracilis* 组合。笔者通过对研究区牙形石组合与国内外其他地区相同层位的牙形石带对比, 并结合扣门子组其它古生物化石资料, 将北祁连冷龙岭地区扣门子组的时代重新厘定为晚奥陶世桑比期—赫南特期中期, 相当于中国地层年表的艾家山期晚期—钱塘江期中期。

关键词: 北祁连; 晚奥陶世; 扣门子组; 牙形石组合

中图分类号: P534.42

文献标识码: A

Age of the Upper Ordovician Koumenzi Formation in the Lenglongling area of the North Qilian Mountain: The evidence from conodonts

CHEN Fenning^{1,2}, MENG Yong^{1,2}, BAI Xudong³, LI Xiangmin^{1,2}, YU Jiyan^{1,2},
WEI Xiaoyan^{1,2}, JI Bo^{1,2}

(1. MNR, Key Laboratory for the Study of Focused Magmatism and Giant Ore Deposits, Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, China; 2. Center for Orogenic Belt Geology, CGS, Xi'an 710054, China; 3. Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, China)

Abstract: Conodonts from the Upper Ordovician Koumenzi Formation in the Lenglongling area of the North Qilian Mountains are reported for the first time. Five genera and nine species of conodonts have been identified, including two undetermined species. On the basis of the characteristics of conodont fossil succession, a conodont assemblage has been established: the *Aphelognathus grandis* - *Panderodus gracilis* assemblage. We compared the conodont assemblages of the Koumenzi Formation with those at the same stratum at home and abroad. Combined with other fossil data for the Koumenzi Formation, the author concluded that the age of the Koumenzi Formation is the Kaidi-Middle Hernandian period, which is equivalent to the Late Aijiashan-Middle Qiantangjiang stage in the Chinese stratigraphic chronology.

Key words: North Qilian; Late Ordovician; Koumenzi Formation; conodont assemblage

收稿日期: 2021-10-20; 改回日期: 2022-03-23; 责任编辑: 郭秀梅

作者简介: 陈奋宁 (1983—), 女, 高级工程师, 主要从事地层古生物和沉积学研究。E-mail: fenningc@163.com

资助项目: 中国地质调查局项目“中国大地构造演化和国际亚洲大地构造图编制”(DD20190364)和“多圈层相互作用调查与地质编图”(DD20230228); 国家自然科学基金项目“特提斯构造域地质构造编图及区域对比研究”(92055314)和“南祁连党河南山地区奥陶纪沉积盆地性质分析”(41802133)

0 引言

北祁连造山带是发育典型沟—弧—盆体系的加里东期造山带(许志琴等, 1994; 夏林圻等, 1995; 张建新等, 1997; Song et al., 2009)。二十世纪 80 年代以来, 我国学者对于祁连山海相火山岩、蛇绿岩、变质岩等诸多领域的研究取得了举世瞩目的进展。但是, 作为大陆造山带研究重要组成部分的区域地层学和沉积学却没有得到相应的重视。北祁连地区地层学方面的研究始于二十世纪 50 年代末, 在 50 年代末至 60 年代初中国科学院组织大规模的、卓有成效的祁连山地层考察, 80、90 年代周志强等重点研究了拉脊山化隆地区、中祁连互助地区及北祁连门源大梁地区的奥陶系剖面, 建立了新一代北祁连地层分区奥陶纪等时地层格架, 获得了丰富的实际资料(周志强等, 1996)。对于祁连山地区奥陶纪生物地层方面的研究, 前人的研究多集中在腕足类、三叶虫等大化石上, 尚未进行微体化石的采集和研究工作。

2017 年, 中国地质调查局西安地质调查中心在本区开展 1:5 万老虎沟东岔幅(J47E015023)区域地质调查时, 首次在冷龙岭乱石窝扣门子组灰岩中发现了牙形石和隐板层孔虫化石(另文报道), 并对扣门子组进行了详细的剖面测制和系统的化石采集。本文对本次在扣门子组中所获得的牙形石化石进行了系统的生物地层学研究和区域对比, 本项研究不仅为冷龙岭地区扣门子组时代的精确限定提供了充分依据, 而且从生物地层角度为北祁连造山带中一晚奥陶世构造古地理演化以及成矿地质背景等方面的研究提供了可靠资料。

1 地质概况

北祁连造山带位于阿拉善地块与中祁连地块之间(图 1), 呈北西走向, 其西北部被阿金左行走滑断裂切割, 北部以走廊过渡带与阿拉善地块相连, 南部则以托莱山右行平移剪切带与中祁连地块毗邻, 总体呈北西向西展布(王荃等, 1976; 肖序常等, 1978; 许志琴等, 1994)。祁连地区记录了元古宙以来的多次裂解和造山事件, 各时代地层发育齐全, 岩石类型复杂多样, 为地层学研究提供了得天独厚的条件。

研究区属华北地层大区秦祁昆地层区之北祁连地层小区, 区内出露的地层由老至新依次为奥陶

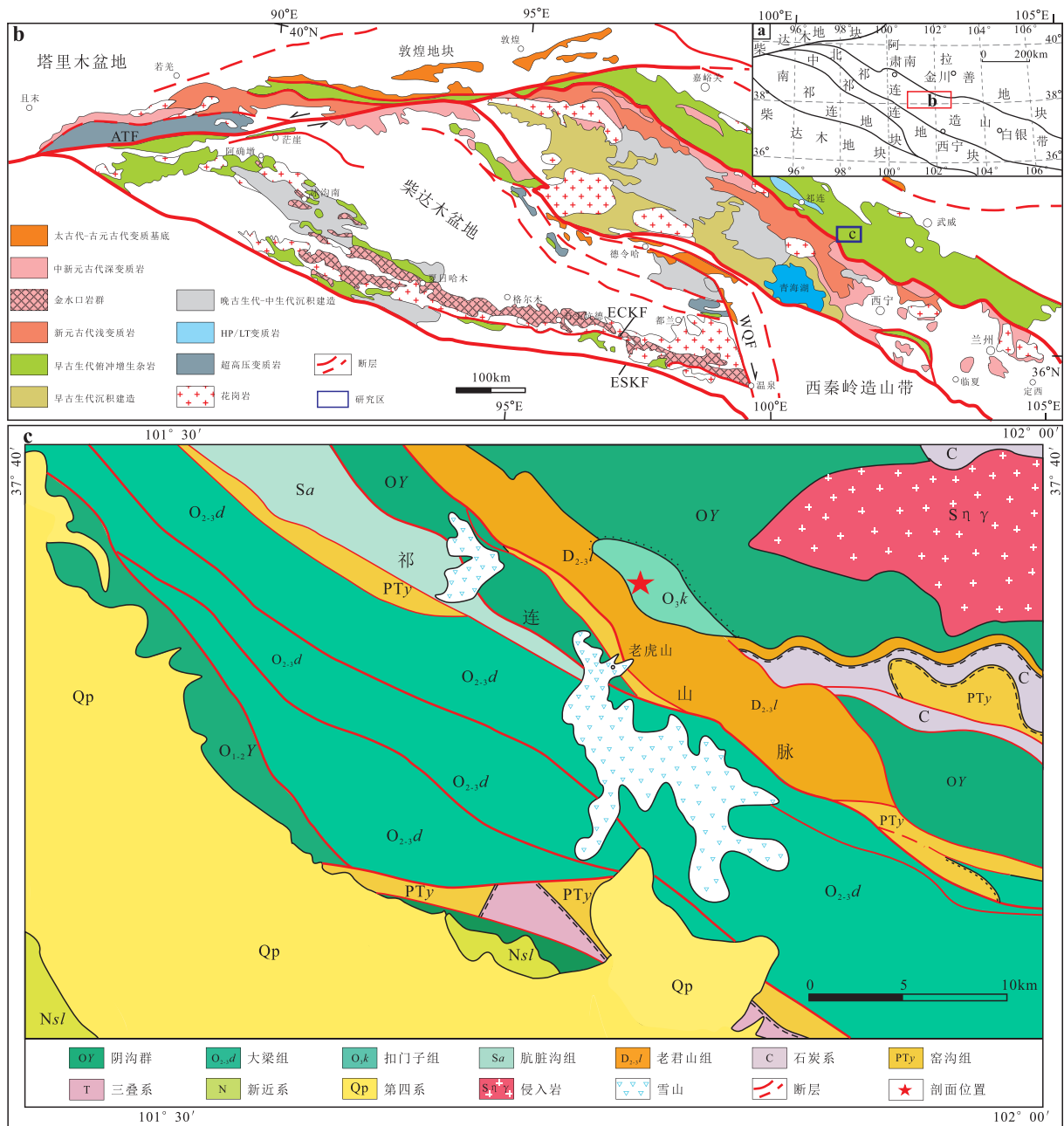
系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系及第四系(图 1)。岩性特征主要为: 下奥陶统阴沟群分为火山岩组和碎屑岩组, 前者为一套中基性火山岩组合, 后者为一套细碎屑岩沉积组合; 中奥陶统车轮沟群为一套中性火山岩组合; 上奥陶统以中基性—中酸性火山岩为主; 下志留统肮脏沟组主要为灰绿色陆源碎屑岩组合; 中、下泥盆统老君山组为一套陆源碎屑岩组合; 上石炭统羊虎沟组以炭质板岩、石英砂岩及细晶灰岩为主; 下二叠统大黄沟组以泥岩、砂岩和页岩为主; 第四系主要为冲洪积砂砾石等。

2 样品采集和分析方法

分析样品均采自门源县冷龙岭乱石窝扣门子组剖面(位置见图 1)。牙形石扫描电镜分析在中国地质调查局西安地质调查中心实验测试中心完成, 选用日本电子(JEOL)公司 JSM-7500F 型场发射扫描电镜。

3 扣门子组岩性特征

扣门子组是由穆恩之(1962)在青海省门源县大梁地区扣门子附近创名“扣门子统”, 原指灰岩、板岩、页岩。俞昌民(1962)在《青海门源晚奥陶世珊瑚化石》一文中, 将甘肃省松树南沟的一套火山岩归入“扣门子统”, 改名“扣门子群”。《青海省区域地质志》(1991)将其降群为组, 称扣门子组, 指分布于北祁连山地区含有珊瑚灰岩的火山岩夹碎屑岩组成的地层。青海省地矿局(1997)将扣门子组含义修订为: 整合覆于大梁组之上, 平行不整合伏于志留系肮脏沟组之下, 以中基性至中酸性火山岩为主, 夹灰岩、砾状灰岩、硅质岩、碎屑岩的岩石组合。周志强等(1996)在扣门子组命名剖面北西约 1 km, 测制的扣门子组两侧均为断层, 其层序是由正常沉积碎屑岩和灰岩组成。由正常沉积碎屑岩和灰岩组成的扣门子组还发育于罗列根山北坡、菜士吐河、扎隆水—天宝河—怀列沟及小八宝河—吉隆沟一带。综上所述, 祁连山地质志给予扣门子组的修正定义是: 扣门子组目前包含同期异相的两种类型的地层, 一类是以中基性火山岩为主, 夹灰岩、砾状灰岩、硅质岩、碎屑岩的岩石组合, 其上、下关系不明; 另一类由正常沉积的灰岩和碎屑岩组成, 仅在局部含火山碎屑岩, 以角度不整合覆于寒武系黑刺沟组或奥陶系阴沟群之上(朱小辉等, 2019^①)。



ECKF—东昆中断裂; ESKF—东昆南断裂; WQF—温泉断裂; ATF—阿尔金断裂。

图1 祁连造山带大地构造位置图(a)和区域地质简图(b、c)(据李猛等, 2021 修改)

Fig. 1 Tectonic (a) and geological maps (b and c) of the Qilian orogen (modified from Li et al., 2021)

扣门子组在北祁连地区比较发育, 主要分布在北祁连山东段托莱山至冷龙岭南坡和达坂山, 多见于托莱河—南门峡断裂以北, 在冷龙岭、天宝河上游地区不整合于下奥陶统阴沟群之上, 在甘肃省野牛台地区寺大隆和天宝河上游等地被下志留统肮脏沟组角度不整合覆盖。在门源县红沟一带, 扣门子组下部为灰绿色英安岩、蚀变安山岩、安山质火山角砾凝灰熔岩、英安质凝灰岩, 厚度达 1500 m;

中部为紫红色长石岩屑杂砂岩、岩屑石英砂岩、长石石英砂岩、紫红色粉砂岩、钙质泥岩、泥质板岩, 厚数十米至几百米不等; 上部由灰绿色蚀变安山岩、英安岩、玄武安山岩、安山质角砾熔岩组成, 厚度可达近千米。在冷龙岭、骆驼河、天宝河上游莱日德达坂分布的扣门子组, 下部主要是一套粗碎屑岩沉积建造, 上部主要为结晶灰岩、生物碎屑灰岩及粘结灰岩, 无火山岩, 厚度大于 5200 m。扣门子组

在区域上岩性变化较大,沿走向火山岩可被碎屑岩代替,火山熔岩可变为火山碎屑岩。地层厚度各地相差较大,总体从西到东,由北向南火山岩逐渐增加,碎屑岩相对减少(青海省第二地质队,1988^②)。

由碎屑岩和灰岩组成的扣门子组,下部碎屑岩韵律层发育,具复理石沉积特征,显示陆源碎屑沉积环境,上部灰岩显示为碳酸盐台地相沉积环境。以火山岩为主的扣门子组为海相喷溢相和爆溢相及爆发相火山岩,以中性安山岩为主,属钙碱性系列。因此,扣门子组形成于岛弧和弧后盆地环境(青海省地质调查院,2019^③)。

本次研究剖面位于青海省门源县东北部冷龙岭仙米乡大庄村乱石窝(101°46'01"N, 37°35'07"E)(图1),该剖面自下而上出露的地层为下奥陶统阴沟群、上奥陶统扣门子组和上泥盆统老君山组,总厚度为887.34 m。扣门子组与下伏下奥陶统阴沟群角度不整合接触,上与上泥盆统老君山组呈断层接触(图2)。本次研究剖面扣门子组由碎屑岩和碳酸盐岩组成,剖面共分19层:1~4层为扣门子组下段,岩石组合为灰色巨厚层状复成分砾岩、灰色中层状长石石英砂岩和灰色薄层细粒石英砂岩(图3),控制厚度为106.31 m;5~19层为扣门子组上段,岩石组合为灰黑、浅灰白色砂屑灰岩和生物碎屑灰岩,控制厚度为781.03 m(图3)。

4 扣门子组化石组合特征

本次在扣门子组上段生物碎屑灰岩中逐层采集微体化石样品15件,在3件样品中发现了牙形石化石。经鉴定共识别出牙形石化石5属,9种,其中包括3个未定种,化石典型属种见图4。

4.1 扣门子组牙形石组合特征

根据扣门子组牙形石属种在剖面上的分布特

征,将该剖面的牙形石划分为 *Aphelognathus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合。

Aphelognathus grandis-*Panderodus gracilis* 组合分布于实测剖面14~15层,主要分子为 *Aphelognathus grandis*, *Ap. sp.*, *Panderodus gracilis*, *P. simplex*, *P. sp.*, *Ozarkodina sp.*, *Parapanderodus striatus*, 共生分子为 *Hindeodella sp.*。

4.2 牙形石组合与国内外对比及其时代讨论

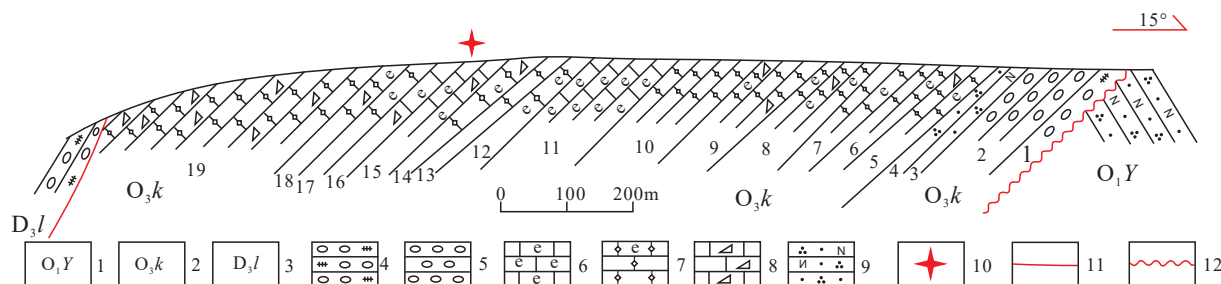
本次在乱石窝扣门子组中所建的牙形石组合可以与国内外其他地区相同层位的地层单元牙形石组合进行对比(图5)。

(1) 河南内乡

河南内乡上奥陶统石燕河组牙形石带自上而下为: *Aphelognathus divergens* 带, *Ap. grandis* 带和 *Oulodus robustus* 带(梅仕龙等, 1995; Xiu et al., 2017)。*Aphelognathus* 属, 是 *Ap. grandis* 带、*A. divergens* 带和 *Aphelognathus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合的主要分子。*Ap. grandis* 为 *Aphelognathus grandis* 带的带化石, 以 *Ap. grandis* 分子的首现为该带的开始, 以 *A. divergens* 首现为该带的顶界。*Panderodus gracilis* 分子在石燕河组的4个牙形石带中均有出现(梅仕龙等, 1995; Xiu et al., 2017), 时代延限范围比较长, 为中奥陶世达瑞威尔期—晚奥陶世赫南特期。因此, 冷龙岭地区 *Aphelognathus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合, 能够与河南内乡晚奥陶世石燕河组牙形石带很好地对比, 其层位大致相当于 *Aphelognathus divergens* 带和 *Aphelognathus shatzeri* 带, 为上奥陶统艾家山阶上部—钱塘江阶中—下部。

(2) 与塔里木盆地对比

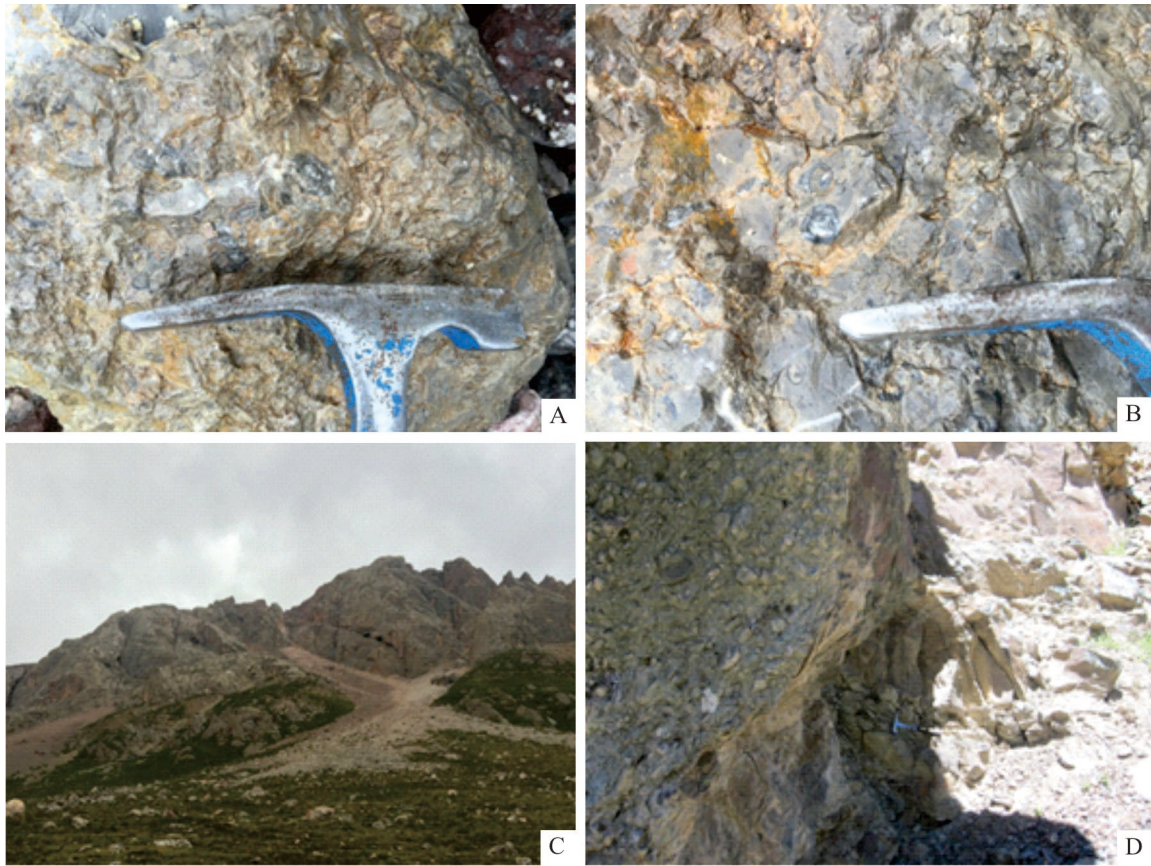
塔里木盆地上奥陶统牙形石带自上而下为: *Aphelognathus pyramidalis* 带, *Yaoxianognathus yao-*



1. 阴沟群; 2. 扣门子组; 3. 老君山组; 4. 复成分砾岩; 5. 中—细砾岩; 6. 生物碎屑灰岩; 7. 粘块灰岩; 8. 角砾灰岩; 9. 长石石英砂岩; 10. 产牙形石层位; 11. 断层; 12. 角度不整合。

图2 青海省门源县冷龙岭地区上奥陶统扣门子组实测剖面图

Fig. 2 Measured profile of Late Ordovician Koumenzi Formation in Lenglongling area, Menyuan County, Qinghai Province



A. 扣门子组上段生物碎屑灰岩; B. 扣门子组上段生物碎屑灰岩; C. 扣门子组上段与下段宏观接触关系; D. 扣门子组下段复成分砾岩露头。

图3 青海省门源县冷龙岭地区上奥陶统扣门子组典型照片

Fig. 3 Typical photos of the Late Ordovician Koumenzi Formation in Lenglongling area, Menyuan County, Qinghai Province

xianensis-Aphelognathus politus 带, *Yaioxianognathus neimengguensis* 带, *Belodina confluens* 带, *Phragmodus undatus-Tanqugognathus blandus* 带, *Baltoniodus alobatus* 带, *Baltoniodus variabilis-Eoplacognathus jianyeensis* 带和 *Pygodus anserinus* 带。*Ap. grandis* 和 *Ap. sp.* 是塔里木盆地上奥陶统上部 *Aphelognathus pyramidalis* 带的主要分子(赵治信等, 1991, 2000; 景秀春等, 2007)。*Aphelognathus pyramidalis* 带的共生化石还有 *Belodina confluens*, *B. compressa*, *Pseudobelodina dispansa*, *Phragmodus undatus*, *Taoqupognathus blandus* 和 *Panderodus gracilis*, *P. sp.* 等。此带是我国北方地区奥陶系最高层位的牙形石带(王志浩等, 2011), 其时代为晚奥陶世凯迪期中晚期—赫南特期, 层位相当于中国地层年表的艾家山阶上部—钱塘江阶(Miller et al., 2003)。*P. gracilis* 在塔里木盆地最早出现于达瑞威尔阶中上部(赵治信等, 1991, 2000), 其时代延限范围为中奥陶世达

瑞威尔期—晚奥陶世赫南特期。由上所述, 北祁连冷龙岭地区乱石窝奥陶系扣门子组中 *Aphelognathus grandis-Panderodus gracilis* 组合大致可相当于塔里木盆地的 *Aphelognathus pyramidalis* 带中—下部。

(3) 华北地区

我国华北地区在晚奥陶世时属北美中大陆生物地理区, 华北地区上奥陶统 *Belodina confluens* 带以上的地层普遍缺失, 仅鄂尔多斯盆地部分地区的上奥陶统层位可至 *Yaioxianognathus yaioxianensis* 带, 未发现 *A. grandis* 分子(安太庠等, 1983, 1990)。

(4) 与华南对比

我国华南上奥陶统凯迪阶—赫南特阶牙形石带自上而下为: *Amorphognathus ordovicicus* 带, *Protopanderodus insculptus* 带和 *Hamarodus europaeus* 带(安太庠, 1987, 1990; 王成源等, 1993; 汪啸风等, 2002; 王志浩等, 1996; Bergström et al., 1998, 1999; Zhang et al., 1998; Zhen et al., 2005; 汪啸风等, 1996;



1-4. *Aphelognathus grandis* (Branson, Mehlet Branson), 侧视, 1-2, Pa 分子; 3-4, Sc 分子; 5-6, 22-23. *Panderodus simplex* (Branson et Mehl), 侧视; 7-10, 20. *Panderodus gracilis* (Branson et Mehl), 侧视; 7-9, S 分子; 10, P 分子; 11-12, 14. *Panderodus* sp., 侧视; 13, 21. *Parapanderodus* sp., 侧视; 15-17. *Ozarkodina* sp., 侧视, Pa 分子; 18-19. *Parapanderodus striatus* (Gravis et Ellison), 侧视。图中线段比例尺均为 200 μ m。

图 4 青海省门源县冷龙岭地区乱石窝上奥陶统扣门子组典型牙形石

Fig. 4 Typical conodonts of the Late Ordovician Ordovician Koumenzi Formation in Luanshiwo, Lenglongling area, Menyuan County, Qinghai Province

Wang et al., 1996; Pei et al., 2000)。华南 *Amorphognathus ordovicicus* 带出现在五峰组顶部, 此带与带化石 *Amorphognathus ordovicicus* 共生的其他牙形石属种还有 *Protopanderodus insculptus*, *P. liripipus*, *Dapsilpudus variabilis* 和 *Panderodus gracilis*, *P. sp.* 等, 未见 *A. grandis* 分子。华南地区的 *Amorphognathus ordovicicus* 带, 其层位大致相当于北方的 Yao-

xianognathus yaoxianensis 带, *Aphelognathus divergens* 带和 *Aphelognathus grandis* 带, 属艾家山阶上部—钱塘江阶(王志浩等, 2011)。冷龙岭地区 *Aphelognathus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合的主要分子 *Ap. grandis* 是 *Aphelognathus grandis* 带的带化石, *Ap. sp.*, *Ap. grandis* 是 *Aphelognathus grandis* 带和 *Aphelognathus divergens* 带的主要分子, 而 *Panderodus*

年代地层	中国阶	中国标准牙形石带	北大西洋	华南地区	华北地区	塔里木盆地	北美中大陆区	河南内乡	本文
统	赫南特阶						<i>Gamachignathus</i>		
上奥陶统	钱塘江阶	<i>Amorphognathus ordovicicus</i>	<i>Am. ordovicicus</i>	<i>Am. ordovicicus</i>		<i>Aphelognathus pyramidalis</i>	<i>Ap. shatzeri</i>	<i>Ap. divergens</i>	
陶	凯迪阶						<i>Ap. divergens</i>		
统	艾家山阶	<i>Protopanderodus insculptus</i>	<i>Am. superbus</i>	<i>Pr. insculptus</i>	<i>Yao.yaoxianensis</i> <i>Belodina confluens</i> <i>Y. neimengguensis</i> <i>Tanqupognathus blandus</i> <i>Phragmodus undatus</i>	<i>Yao.yaoxianensis</i> <i>Apolitus</i> <i>Y. neimengguensis</i> <i>Belodina confluens</i> <i>Tanqupognathus blandus</i> <i>Phragmodus undatus</i>	<i>Oulodus robustus</i> <i>O. velicaspis</i> <i>Be. confluens</i> <i>Plectodina tenuis</i>	<i>Oulodus robustus</i>	
桑比阶		<i>Hamarodus europaeus</i>		<i>Hamarodus europaeus</i>			<i>Phragmodus undatus</i>		
		<i>Am. tvarensis</i>	<i>Ph. alobatus</i>	<i>Am. tvarensis</i>			<i>Ba. compressa</i> <i>Er. quadridactylus</i> <i>Plectodina aculeata</i>	<i>Oulodus ulrichi</i>	
		<i>Baltionodus alobatus</i>	<i>Pl. variabilis</i>	<i>Erismodus-jianyeensis</i>	<i>Baltionodus alobatus</i>	<i>B. variabilis</i> <i>E. jianyeensis</i>			
		<i>B. variabilis</i>	<i>Py. anserinus</i>	<i>Py. anserinus</i>	<i>Tasmanognathus shuiensis</i> <i>Erismodus typus</i> <i>Sc. handanensis</i>	<i>Pygodus anserinus</i>	<i>Cahabagnathus sweeti</i>		
		<i>Pygodus anserinus</i>							
数据来源		安太库, 1987; 陈旭等, 2000, 2003	Lindström, 1971; Bergström, 1982	安太库等, 1987, 1990; 王成源, 1993; 汪啸风等, 2002; 王志浩等, 1996; Bergström et al., 1998, 1999; Zhang et al., 1998; Zhen et al., 2005	安太库等, 1983, 1990; 赵治信等, 1991, 2000; 景秀春等, 2007	赵治信等, 1991, 2000; 景秀春等, 2007, 2009	Sweet et al., 1984; Webby et al., 1995, 1998; Miller et al., 2003; Pyle et al., 2002	梅仕龙, 1995; Xiu et al., 2017	

图5 青海省门源县冷龙岭地区上奥陶统扣门子组牙形石组合与国内外对比

Fig. 5 Correlation of Late Ordovician Koumenzi Formation Conodont assemblages from Lenglongling area, Menyuan County, Qinghai Province with other areas

gracilis 时代延限范围比较长, 其时代延限范围为中奥陶世达瑞威尔期—晚奥陶世赫南特期(马雪莹等, 2019; 樊茹等, 2015; 姜怀诚等, 1985; 王志浩等, 2017; 景秀春等, 2009)。 *P. simplex* 分布时限较广, 常见于我国西南部晚奥陶世—志留纪地层中(李忠雄等, 2001a, 2001b)。 *Ozarkodina* sp. 分子延限时代比较长, 从奥陶纪—三叠纪一直都有出现(王成源, 1979, 2001; 江大勇等, 2001)。 *Parapanderodus striatus* 分子常见于我国西北、西南等地中奥陶世—早泥盆世地层中(伍鸿基, 1977; 王成源, 1979, 1980; 景秀春, 2009)。 *Hindeodella* sp. 分子延限时代很长, 从奥陶纪至三叠纪在世界各地都有分布(王成源, 1980; 邹光富等, 2006; 纪占胜等, 2003)。因此, *Aphelognathus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合的层位大致相当于华南地区的 *Amorphognathus ordovicicus* 带, 属艾家山阶上部—钱塘江阶中—下部。

(5) 北美中大陆

北美中大陆上奥陶统牙形刺带自上而下可划分为: *Gamachignathus* 带, *Aphelognathus shatzeri* 带, *Aphelognathus Divergens* 带, *Aphelognathus grandis* 带, *Oulodus robustus* 带, *O. velicaspis* 带, *Belodina confluens* 带, *Plectodina tenuis* 带, *Baltontodus compressa* 带, *Erismodus quadridactylus* 带, *Plectodina aculeata* 带。

eata 带和 *Cahabagnathus sweeti* 带(Sweet et al., 1984; Webby et al., 1995, 1998; Miller et al., 2003; Pyle et al., 2002)。北祁连冷龙岭地区上奥陶统的牙形刺组合与北美中大陆上奥陶统上部牙形刺动物群比较相似, 二者的主要分子具有一些共同属种。*Aphelognathus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合的主要分子 *Ap. sp.* 和 *Ap. grandis* 是北美中大陆生物地理区上奥陶统上部重要的牙形刺分子(赵治信等, 2000; Sweet et al., 1984; Webby et al., 1995, 1998; Miller et al., 2003; Pyle et al., 2002; Zigler et al., 1981)。该属种是北美大陆上奥陶统 *Aphelognathus shatzeri* 带, *Aphelognathus divergens* 带和 *Aphelognathus grandis* 带重要分子。因此, 北祁连冷龙岭地区 *Aphelognathus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合大致相当于北美的 *Aphelognathus grandis* 带, *Aphelognathus divergens* 带和 *Aphelognathus shatzeri* 带。

(6) 与北大西洋对比

北大西洋地区上奥陶统牙形石带自上而下为: *Amorphognathus ordovicicus* 带和 *Amorphognathus Superbu* 带(赵治信等, 2000; Fortey et al., 2005)。北大西洋 *Amorphognathus ordovicicus* 带未见 *Aphelognathus* 分子。由于北大西洋上奥陶统 *Amorphognathus ordovicicus* 带可以和我国华南地区 *Amor-*

phognathus ordovicicus 带可以很好对比,因此 *Aphe-lognathus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合的层位大致相当于北大西洋地区 *Amorphognathus ordovicicus* 带的上部层位,其层位大致相当于我国的艾家山阶上部—钱塘江阶(赵治信等, 2000; Lindström et al., 1971; Bergström et al., 1982; Finnegan et al., 2011, 2012)。

5 扣门子组时代归属

前人在扣门子组发现了丰富的珊瑚和腕足等化石。赵凤游等(1978)、周志强等(1996)在门源县松树南沟、头塘一带扣门子组碎屑岩的灰岩夹层中发现珊瑚: *Favistella intermediata*, *F. nanshanensis*, *F. alveolata*, *Catenipora menyuanensis*, *C. unif-orma*, *C. subovata*, *C. putsaluen*, *Plasmoporella chinghueiensis*, *P. menyuanensis*, *Heliolites*, *Orien-talis*, *Cyrtophyllum*, *Sterptelasma* sp., *Agetlitell* sp., *A. brevisseptatus* 等; 腕足类: *Schizophorella*, *Liostro-phia*, *Eospirigerina*, *Plectatrya*, *Cliftonia*, *Parara-phistoma* sp., *Sulcatospina plicata* 组合; 双壳类: *Modiolopsis* sp.; 三叶虫: *Pliomerella* sp.(周志强等, 1996; 赵凤游等, 1978; 林宝玉等, 1982)。总之,珊瑚类以 *Favistina*, *Catenipora* 和 *Plasmoporella* 为特征的珊瑚动物群,时代为卡拉道克世—阿什及尔世,这些珊瑚组合常见于浙西三巨山组、甘肃省背锅山组新疆及布龙果尔组(周志强等, 1996; 赵凤游等, 1978; 林宝玉等, 1982)。腕足类绝大多数为世界性的桑比期和凯迪期常见分子,其时代大致与浙西三衢山组相当,为早、中阿什及尔世。综观上述化石组合,前人将扣门子组的时代划归为晚奥陶世桑比期—凯迪期,即国内的临湘期—五峰期。本次在门源县扣门子组中发现了丰富的牙形石化石,通过与国内外相同层位牙形石带对比,其层位大致相当于我国的艾家山阶上部—钱塘江阶,时代为晚奥陶世凯迪期中晚期—赫南特期,结合前人的研究成果,认为扣门子组的时代应该为晚奥陶世桑比期—赫南特期中期,相当于中国地层年表的艾家山期晚期—钱塘江期中期。

6 结论

(1)首次在北祁连冷龙岭地区扣门子组中发现了晚奥陶世牙形石化石,其主要属种为 *Aphelogna-thus grandis*, *Ap. sp.*, *Panderodus gracilis*, *P. simplex*,

P. sp. 和 *Hindeodella sp.*。

(2)根据牙形石分子的特点建立了 *Aphelogna-thus grandis*-*Panderodus gracilis* 组合。

(3)依据牙形石组合特点,通过与国内外牙形石生物地层的区域对比,结合扣门子组其它古生物化石资料,将北祁连冷龙岭地区扣门子组的时代重新厘定为晚奥陶世桑比期—赫南特期中期,相当于中国地层年表的艾家山期晚期—钱塘江期中期。

致谢: 化石鉴定得到陕西省地矿局区域地质矿产研究院郭洪祥老师的指导和帮助,样品处理得到西安地质调查中心谢丛瑞高级工程师的指导和帮助,审稿专家对本文提出了宝贵的修改建议,在此一并表示感谢。

注释

- ①朱小辉(2019) 中国区域地质志. 祁连山志成果报告(内部资料)
- ②青海省第二地质队(1988) 1:5万峨堡幅、莱日德达坂幅区域地质调查报告(内部资料)
- ③青海省地质调查院(2019) 1:5万三个石圈幅、老虎沟东岔幅、宁缠河幅、牛头山幅区域地质调查报告(内部资料)

References

- An T X, 1987. Early Paleozoic conodonts in southern China[M]. Beijing: Peking University Press (in Chinese with English abstract) .
- An T X, Zhang F, Xiang W D et al., 1983. Conodonts in North China and adjacent areas[M]. Beijing: Science Press (in Chinese with English abstract) .
- An T X, Zheng Z C, 1990. Conodonts around the Ordos Basin[M]. Beijing: Science Press (in Chinese with English abstract) .
- Bergström S M, 1982. Biogeography, evolutionary relationship, and biostratigraphic significance of Ordovician platform conodonts[J]. Fossils and strata, 15: 35 – 58.
- Bergström S M, Finney S C, Chen X, et al., 1998. The base of the *Nemagraptus gracilis* Zone as the base of the global Upper Ordovician Series: Three potential stratotypes. Sixth International Graptolite Conference and 1998 Field Meeting, IUGS Subcommission on Silurian stratigraphy[C]. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 23: 148 – 151.
- Bergström S M, Finney S C, Chen X, et al., 1999. The Dawangou section, Tarim Basin (Xingjiang Autonomous Region), China: Potential as global stratotype for the base of the *Nemagraptus gracilis* Biozone and the base of the global Upper Ordovician Series[J]. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica*, 43: 41 – 69.
- Chen X, Rong J Y, Fan J X, et al., 2000. Biostratigraphy of the Hirnantian Substage in the Yangtze Region[J]. *Journal of stratigraphy*,

- 24 (3) : 169 – 175.
- Chen X and Wang Z H, 2003. Global auxiliary stratotype section of the Upper Ordovician in China[J]. *Journal of stratigraphy*, 27 (3) : 263 – 264 (in Chinese with English abstract).
- Fan R, Lu Y Z, Zhang X L, et al., 2015. Ordovician conodont biostratigraphy of the Ordovician Liangcun section in Guizhou Province, South China[J]. *Journal of Stratigraphy*, 39 (1) : 15 – 32 (in Chinese with English abstract).
- Finnegan S, Bergmann K, Eiler J M, et al., 2011. The magnitude and duration of Late Ordovician-early Silurian glaciation[J]. *Science*, 331: 903 – 906.
- Finnegan S, Heim N A, Peters S E, et al., 2012. Climate change and the selective signature of the Late Ordovician mass extinction[J]. *Proc. Natl. Acad. Science*, 109: 6829 – 6834.
- Fortey R A, Cocks L, 2005. Late Ordovician global warming- the Boda event[J]. *Geology*, 33: 405 – 408.
- Ji Z S, Yao J X, Yang X D, et al., 2003. Conodont zonations of Norian in Lhasa area, Xizang (Tibet) and their Global correlation[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 42 (3) : 382 – 392.
- Jiang D Y, Hao W C, Bai S L, et al., 2001. Frasnian-Famennian boundary (Devonian) of the Xiaohaizi section at Bachu, Xinjiang[J]. *Journal of Stratigraphy*, 25 (4) : 294 – 298 (in Chinese with English abstract).
- Jiang H C, An T X, 1985. Conodont biostratigraphy of the Ordovician of South East Sichuan[J]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2 (1) : 14 – 28 (in Chinese with English abstract).
- Jing X C, 2009. The Ordovician Conodonts and the Cambrian-Ordovician boundary at the platform facies Cambrian-Ordovician boundary at the platform facies[D]. China University of Geosciences (in Chinese with English abstract).
- Jing X C, Du P D, Zhang F, et al., 2007. A Preliminary Study on the Ordovician Conodont Biostratigraphy at the Yakrik Section, Northwestern Margin of the Tarim Basin, Xinjiang[J]. *Geological Review*, 53 (2) : 170 – 177 (in Chinese with English abstract).
- Li M, Zha X F, Hu C B, et al., 2021. Zircon U-Pb geochronology of the Baishahe Formation in the western part of East Kunlun Orogenic Belt: Constraints on Precambrian basement evolution[J]. *Geological Bulletin of China*, 40 (1) : 41 – 57.
- Li Z X, Guan S P, Qian Y Z, 2001a. The Silurian Conodont Biostratigraphical Characteristics of Ninlang-Yanyuan Region on the Western Margin of Yangtze Block[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 22 (3) : 253 – 257 (in Chinese with English abstract).
- Li Z X, Qian Y Z, 2001b. New progress in the study of Silurian conodonts on the western margin of the Yangtze Platform[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 21 (3) : 87 – 101 (in Chinese with English abstract).
- Lin B Y, 1982. Ordovician corals in China [M]//Lin B Y. Ordovician in China. Beijing: Science Press (in Chinese with English abstract).
- Lindström M, 1971. Lower Ordovician conodonts of Europe [J]. *Geological Society of America Memoir*, 127: 23 – 59.
- Ma X Y, Fan R, Lu Y Z, et al., 2019. Middle Upper Ordovician conodont sequence and its geological significance in Nanchuan area, Chongqing[J]. *Journal of petroleum*, 40 (5) : 577 – 586 (in Chinese with English abstract).
- Mei S L, 1995. Biostratigraphy and tectonic implication of Late Ordovician conodonts from Shiyanhe Formation Nei xiang Henan[J]. *Acta palaeontologica Sinica*, 34 (6) : 674 – 689 (in Chinese with English abstract).
- Mu E Z, Zhang W T, Yu C M, et al., 1962. Stratigraphic overview of dachaihe and oulongbrooke belts on the southern slope of Qilian Mountains and Yumen, sunanmenyuan and Qilian areas on the northern slope[M]//The national stratigraphic Committee, The compilation of academic reports of the national stratigraphic conference, and the Lanzhou stratigraphic and coal mine stratigraphic field meeting. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Miller J F, Evans K R, Loch J D, et al. 2003. Stratigraphy of the Sauk III Interval (Cambrian-Ordovician) in the Ibex Area, Western Millard County, Utah and Central Texas[J]. *Brigham Young University Geology Studies*, 47: 23 – 118.
- Pei F, 2000. Qinling faunal region-The third Ordovician faunal region: international correlation[J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 74 (2) : 137 – 142.
- Pyle L J, Barnes G P, 2002. Taxonomy, Evolution, and Biostratigraphy of conodonts from the Kechika Formation, Skoki Formation, and Road Riber Group (Upper Cambrian to Lower Silurian), Northeastern British Columbia[M]. A publication of the National Research Council of Canada Monograph Publishing Program, NRC Research Press, 227+29.
- Song S, Niu Y, Zhang L, et al., 2009. Tectonic evolution of early Paleozoic HP metamorphic rocks in the North Qilian Mountains, NW China: New perspectives[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 16 (2) : 285 – 293.
- Sweet W C, 1984. Graphic correlation of Upper Middle and Upper Ordovician rocks, North American, Midcontinent Province, USA. In: Bruton D L (eds), *Aspects of the Ordovician System*[J]. *Geological Magazine*, 295: 23 – 35.
- Wang C Y, 1979. Some conodonts from the Sipai formation in Xiangzhou of Guangxi[J]. *Journal of Paleontology*, 18 (4) : 395 – 408 (in Chinese with English abstract).
- Wang C Y, 1980. Upper Silurian conodonts from Qujing district, Yunnan[J]. *Journal of Paleontology*, 19 (5) : 363 – 377 (in Chinese with English abstract).
- Wang C Y, 1993. Conodont in the Lower Yangtze region: indicators of biostratigraphic and organic metamorphic maturity(M). Beijing: Science Press.
- Wang Q, Liu X Y, 1976. Paleo-oceanic crust of the Chelieshan Region, Western China[J]. *Chinese Journal of Geology*, (1) : 42 – 55 (in Chinese with English abstract).
- Wang X F, 2002. The protection of precious geological relics in the Three

- Gorges area of the Yangtze River and the multiple stratigraphic division and sea-level rise and fall of the Archean Mesozoic Era[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract) .
- Wang X F, Chen X, Chen X H, et al., 1996. Chinese stratigraphic -The Ordovician System[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract) .
- Wang Z H, M. Bergstrom, H. Richard Lane, 1996. Conodont provinces and biostratigraphy in Ordovician of China[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 35 (1) : 26 – 59 (in Chinese with English abstract).
- Wang Z H, Qi Y P, Wu R C, 2011. Cambrian and Ordovician conodonts in China[M]. China University of science and Technology Press, 17 – 40 (in Chinese with English abstract) .
- Wang Z H, Zhen Y Y, Ma X, et al., 2017. Middle to Upper Ordovician conodont succession from the Qiliao section of Shizhu, Chongqing—revealing depositional Hiatus between Lower Darriwilian and Sandbian[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 56 (1) : 37 – 53 (in Chinese with English abstract).
- Wang Z H, Bergström S M, Richard H, 1996. Conodont provinces and biostratigraphy in Ordovician of China[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 35 (1) : 26 – 59.
- Webby B D, 1995. Towards an Ordovician time Scale. In: Cooper eds. *Ordovician Odyssey: Short papers for the seventh international Symposium on the Ordovician system*[J]. California: SEPM: 405 – 408.
- Webby B D, 1998. Steps towards global standard for Ordovician stratigraphy[J]. *Newsletter of Stratigraphy*, 36 (1) : 1 – 33.
- Wu H J, 1977, Comments on new genera and species of Silurian-Devonian trilobites in Southwest China and Their significance[J]. *Journal of Paleontology*, (1) : 97 – 121 (in Chinese with English abstract) .
- Xia L Q, Xia Z C, Xu X Y, 1995. Dynamics of tectono-volcano-magmatic evolution from North Qilian mountains, China[J]. *Northwest Geoscience*, (1) : 1 – 28 (in Chinese with English abstract).
- Xiao X C, Chen G M, Zhu Z Z, 1978. A preliminary study on the tectonics of ancient ophiolites in the Qilian mountain Northwest China[J]. *Acta Geological Sinica*, 54 (1) : 287 – 295 (in Chinese with English abstract).
- Xiu C J, Svend S, Ling D, et al., 2017. Upper Ordovician conodont biostratigraphy and biofacies from the Sigang section, Neixiang, Henan, central China[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*: 18 – 32.
- Xu Z Q, Xu H F, Zhang J X, et al., 1994. The Zhenyuanling Caledonian subductive complex in the Northern Qilian mountains and its dynamics[J]. *Acta Geological Sinica*, 68 (1) : 1 – 14 (in Chinese with English abstract) .
- Yu C M, 1962. Middle Silurian Coral fossils in the North Qilian Mountains. *Geological records of the Qilian Mountains* (Volume IV, Book 3) [M]. Beijing: Science Press (in Chinese with English abstract) .
- Zhang J H, 1998. Four evolutionary lineages of the Middle Ordovician conodont family polyplacognathidae. *Meddelanden från Stockholms Universitets Institution för Geologi och Geokemi*, 298(5): 1 – 34.
- Zhang J X, Xu Z Q, Chen W, et al., 1997. A Tentative Discussion on the Ages of the Subduction-Accretionary Complex / Volcanic Arcs in the Middle Sector of North Qilian Mountain[J]. *Acta Petrologica Et Mineralogica*, 16 (2) : 12 – 119 (in Chinese with English abstract).
- Zhao F Y, 1978. The Upper Ordovician in the Eastern part of the Northern Chilianshan and its correlation[J]. *Acta Geological Sinica*, 52 (2) : 135 – 147 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Z X, Zhang G Z, 1991. Ordovician conodonts and strata in the Tarim Basin[M]//Collected papers on oil and gas exploration in Tarim Basin. Urumqi: Xinjiang science and Technology Health Press (in Chinese with English abstract) .
- Zhao Z X, Zhang G Z, Xiao J N, 2000. Paleozoic strata and conodonts in Xinjiang[M]. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese with English abstract) .
- Zhen Y Y, Liu J B, Percival I G, . 2005. Revision of two prioniodontid species (Gononta) from the Early Ordovician Honghuayuan Formation of Guizhou, South China. *Records of the Australian Museum*, 57 (2) : 303 – 320.
- Zhou Z Q, Cao X D, Zhao J T, et al., 1996. Early Paleozoic stratigraphy and sedimentary tectonic evolution in Eastern Qilian Mountains, China[J]. *Northwest geoscience*, 7 (1) : 1 – 58 (in Chinese with English abstract).
- Zigler W (ed.). *Catalogue. IV, E*, 1981. *Schweizerbart'sche* (Stuttgart), 27-56, 193 – 217.
- Zou G F, Mao Q, Chen Y M, et al., 2006. A Research into Triassic Biostratigraphy of the Qomolangma Area in Southern Xizang (Tibet) [J]. *Geological review*, (3) : 386 – 395 (in Chinese with English abstract) .

附中文参考文献

- 安太庠, 1987. 中国南部早古生代牙形石[M]. 北京: 北京大学出版社.
- 安太庠, 张放, 向维达, 等, 1983. 华北及邻区的牙形石[M]. 北京: 科学出版社.
- 安太庠, 郑昭昌, 1990. 鄂尔多斯盆地周缘的牙形石[M]. 北京: 科学出版社.
- 陈旭, 戎嘉余, 樊隽轩, 等, 2000. 扬子区奥陶纪末赫南特亚阶的生物地层学研究[J]. *地层学杂志*, 24 (3) : 169 – 175.
- 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[J]. *地层学杂志*, 27 (3) : 263 – 264.
- 樊茹, 卢远征, 张学磊, 等, 2015. 贵州习水奥陶系牙形石生物地层[J]. *地层学杂志*, 39 (1) : 15 – 32.
- 纪占胜, 姚建新, 杨欣德, 等, 2003. 西藏拉萨地区三叠系诺利阶牙形石分带及其国际对比[J]. *古生物学报*, 42 (3) : 382 – 392.

- 江大勇, 郝维城, 白顺良, 等, 2001. 新疆巴楚小海子剖面泥盆系 Frasnian-Famennian 界线[J]. *地层学杂志*, 25(4): 294–298.
- 姜怀诚, 安泰庠, 1985. 四川东南部奥陶纪牙形石生物地层[J]. *微生物古生物学报*, 2(1): 14–28.
- 景秀春, 2009. 塔里木盆地奥陶纪台地相区牙形石纪寒武-奥陶系界线[D]. 北京: 中国地质大学.
- 景秀春, 杜品德, 张放, 等, 2007. 塔里木盆地亚科瑞克剖面奥陶系牙形石生物地层初步研究[J]. *地质论评*, 53(2): 170–177.
- 李猛, 查显峰, 胡朝斌, 等, 2021. 东昆仑西段阿确墩地区白沙河岩组锆石 U-Pb 年龄——对前寒武纪基底演化的约束[J]. *地质通报*, 40(1): 41–57.
- 李忠雄, 管士平, 钱咏臻, 2001a. 扬子地台西缘宁蒗-盐源地区志留系牙形刺生物地层特征[J]. *地球学报*, 22(3): 253–257.
- 李忠雄, 钱咏臻, 2001b. 扬子地台西缘志留系牙形刺研究新进展[J]. *沉积与特提斯地质*, 21(3): 87–101.
- 林宝玉, 1982. 中国奥陶纪珊瑚群[M]// 林宝玉, 中国的奥陶系. 北京: 地质出版社.
- 马雪莹, 樊茹, 卢远征, 等, 2019. 重庆南川地区中奥陶统一上奥陶统牙形石序列及地质意义[J]. *石油学报*, 40(5): 577–586.
- 梅仕龙, 1995. 河南内乡晚奥陶世石燕河组牙形石及其地质意义[J]. *古生物学报*, 34(6): 674–689.
- 穆恩之, 张文堂, 俞昌民等, 1962. 祁连山南坡大柴旦、欧龙布鲁克一带及北坡玉门、肃南门源、祁连区地层概况[M]// 全国地层委员会, 全国地层会议学术报告汇编, 兰州地层及煤矿地层现场会议. 北京: 科学出版社.
- 王成源, 1979. 广西象州四排组的几种牙形刺[J]. *古生物学报*, 18(4): 395–408.
- 王成源, 1980. 云南曲靖上志留统牙形刺[J]. *古生物学报*, 19(5): 363–377.
- 王成源, 1993. 下扬子地区牙形刺—生物地层与有机变质成熟度的指标. 北京: 科学出版社.
- 王荃, 刘雪亚, 1976. 我国西部祁连山区的古海洋地壳及其大地构造意义[J]. *地质科学*, (1): 42–55.
- 汪啸风, 2002. 长江三峡地区珍贵地质遗迹保护和太古宙—中生代多重地层划分与海平面升降变化[M]. 北京: 地质出版社.
- 汪啸风, 陈旭, 陈孝红, 等, 1996. 中国地层典—奥陶系[M]. 北京: 地质出版社.
- 王志浩, 伯格斯特龙, 莱恩, 1996. 中国奥陶纪牙形刺分区和生物地理[J]. *古生物学报*, 35(1): 26–59.
- 王志浩, 祁玉平, 吴荣昌, 2011. 中国寒武纪和奥陶纪牙形刺[M]. 中国科学技术大学出版社, 17–40.
- 王志浩, 甄勇毅, 马譔, 等, 2017. 重庆石柱漆辽地区中、上奥陶统牙形刺序列——揭示达瑞威尔阶下部至桑比阶之间的沉积间断[J]. *古生物学报*, 56(1): 37–53.
- 伍鸿基, 1977. 西南地区志留-泥盆纪三叶虫的新属种及其地层意义[J]. *古生物学报*, (1): 97–121.
- 夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 1995. 北祁连山构造-火山岩浆演化动力学[J]. *西北地质科学*, (1): 1–28.
- 肖序常, 陈国铭, 朱志直, 1978. 祁连山古蛇绿岩的地质构造意义[J]. *地质学报*, 54(1): 287–295.
- 许志琴, 徐惠芬, 张建新, 等, 1994. 北祁连走廊南山加里东俯冲杂岩增生地体及其动力学[J]. *地质学报*, 68(1): 1–14.
- 俞昌民, 1962. 北祁连山中志留世珊瑚化石. 祁连山地质志(第四卷·第三分册)[M]. 北京: 科学出版社.
- 张建新, 许志琴, 陈文, 等, 1997. 北祁连中段俯冲-增生杂岩/火山弧的时代探讨[J]. *岩石矿物学杂志*, 16(2): 12–119.
- 赵凤游, 1978. 北祁连山东段上奥陶统及其对比问题[J]. *地质学报*, 52(2): 135–147.
- 赵治信, 张桂芝, 1991. 塔里木盆地井下奥陶纪牙形石及地层[M]// 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社.
- 赵治信, 张桂芝, 肖继南, 2000. 新疆古生代地层及牙形石[M]. 北京: 石油工业出版社.
- 周志强, 曹宣铎, 赵江天, 等, 1996. 祁连山东部早古生代地层和沉积—构造演化[J]. *西北地质科学*, 7(1): 1–58.
- 邹光富, 毛琼, 陈永明, 等, 2006. 西藏南部珠穆朗玛峰地区三叠纪生物地层研究[J]. *地质论评*, (3): 386–395.