



山东张夏-崮山地区华北寒武系标准剖面上寒武统研究新进展

杜圣贤¹, 张瑞华¹, 张贵丽², 张俊波¹, 陈雪梅³

(1. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 3. 山东省化工地质勘察院, 山东 济南 250013)

摘要:华北寒武系标准剖面分布在济南市长清区张夏镇和崮山镇, 该剖面寒武纪地层发育, 出露良好, 三叶虫等古生物化石保存完好, 笔者根据微体古生物牙形石的种属及其在地层中的分布序列, 建立了上寒武统 6 个牙形石生物带, 并根据牙形石“*Cordylodus lindstromi*”的首现, 准确地确定了寒武系与奥陶系的界线; 对寒武系长山阶的碳氧同位素曲线特征进行了分析, 并把长山阶底部的碳同位素曲线与我国华南及哈萨克斯坦等国寒武系芙蓉统底部的碳同位素进行了对比, 建立了华北寒武系与国内以及国外寒武系的对比关系。

关键词:华北; 上寒武统; 标准剖面; 牙形石; 张夏镇; 崮山镇; 山东

中图分类号: P534. 41 **文献标识码:** A

华北寒武系标准剖面位于济南市南部、泰山之北的津浦铁路两侧, 距济南市约 25 km, 离泰安市约 35 km。分布在济南市长清区张夏镇和崮山镇, 该区属低山丘陵, 海拔高度 200 ~ 400 m。其地层分区属华北地层大区, 晋冀豫鲁地层区, 鲁西地层分区, 淄博-济南小区, 区域地质概况见图 1。

张夏-崮山地区寒武系非常发育, 地层出露连续, 三叶虫等古生物化石保存完好, 地质现象丰富, 为国内外地质界瞩目。早在 1903 年美国学者维里士和布莱克韦尔德来这里考察研究, 命名了馒头页岩、张夏石灰岩、崮山页岩、炒米店石灰岩和济南石灰岩。1924 年, 1935 年, 1948 年孙云铸, 1951 年卢衍豪、董南庭等的研究成果为以后的研究奠定了坚实的基础^[1]。近年来, 一些科研机构、大中专院校的专家、地学工作者对华北寒武系标准剖面岩石地层、生物地层和年代地层等进行了研究, 大大提高了该剖面的研究程度。以往的研究工作主要侧重于岩石地层、三叶虫生物地层的研究。该文运用新理论、新观点、新方法, 首次建立了华北寒武系标准剖面上寒武统 6 个牙形石生物带, 并根据牙形石“*Cordylodus lindstromi*”的首现准确地确定了寒武系与奥陶系的界线, 将原来确定的界线下移了 9.05 m; 首次在华

北寒武系标准剖面上进行了碳氧同位素曲线特征的分析, 建立了该剖面与我国华南及国外哈萨克斯坦寒武系芙蓉统的对比关系。

1 地层剖面描述

对张夏-崮山华北寒武系标准剖面进行了大比例尺实测, 并沿剖面系统地采集了古生物化石、牙形石样品和碳氧同位素样品。现将该剖面上寒武统地层描述如下(图 2):

- 下奥陶统新厂阶(O₁)
- 三山子组(O₁S) (未全部描述)
- 36. 褐灰色中厚层白云岩 3.93 m
- 炒米店组(j₁C)
- 35. 黄灰色薄层微晶白云质灰岩, 顶为厚约 35 cm 的灰色中厚层白云质砾屑灰岩 1.81 m
- 34. 灰色中厚层云斑泥晶灰岩夹灰色中厚层白云质砾屑灰岩 1.20 m
- 33. 灰色中薄层云质条带云斑泥晶灰岩与灰色中层砾屑白云质灰岩层, 产牙形石 *Teridontus groacilis*, *T. reclinatus*, *Cordylodus lindstromi*, *Drepanodus tenuis* 6.04 m

————— 整合 —————

收稿日期: 2007-05-24; 修订日期: 2007-09-08; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 杜圣贤(1975-), 男, 四川巴中人, 工程师, 主要从事地质矿产勘查及地层研究工作。



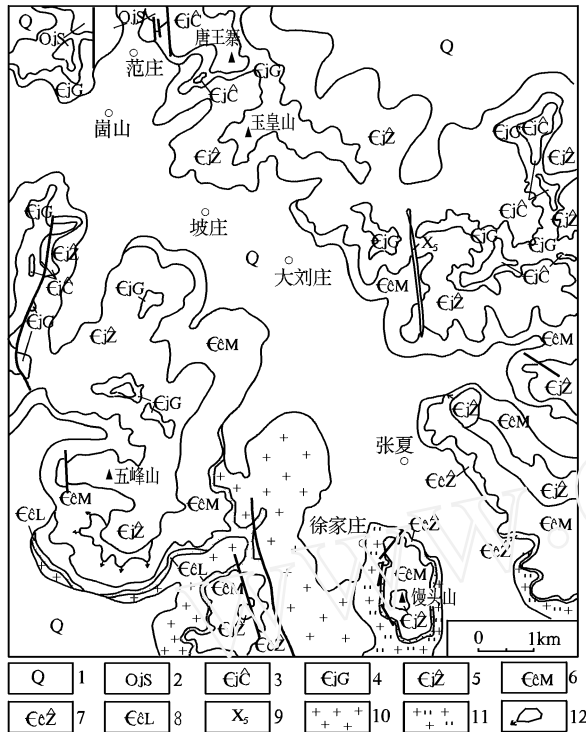


图 1 张夏-崮山地区区域地质略图

1—第四系; 2—三山子组; 3—炒米店组; 4—崮山组; 5—张夏组; 6—馒头组; 7—朱砂洞组; 8—李官组; 9—煌斑岩脉; 10—二长花岗岩; 11—奥长花岗岩; 12—滑移体及滑移方向

上寒武统凤山阶 ($\frac{3}{3}$)

- 32. 灰色中薄层云斑泥晶灰岩夹灰色泥晶砾屑灰岩, 偶夹灰色中厚层具小型交错层理的砾屑灰岩, 产牙形石 *Cordylodus andresi*, *C. Proavus*, *C. intermedius*, *Euconodontus notchpeakensis*, *Fryxellodontus inornatus* 8.75 m
- 31. 灰色杂以褐红色中薄层云质条带泥晶灰岩夹云斑含球粒泥晶灰岩, 偶夹灰色中薄层泥晶—亮晶鲕粒砂屑灰岩 8.07 m
- 30. 灰色中杂以褐红色中厚层云斑藻球粒泥晶灰岩夹云凝块石灰岩, 产三叶虫化石: *Mictosaukia callisto*, *Quadraticephalus* sp. 7.28 m
- 29. 灰色中厚层云斑泥晶灰岩夹浅灰色中厚层藻砂屑凝块石灰岩, 产海百合茎化石 10.65 m
- 28. 灰色中厚层云质条带藻球粒泥晶灰岩夹薄层藻砂屑灰岩及少量砾屑灰岩、鲕粒砂屑灰岩, 产三叶虫: *Mictosaukia callisto*, *Saukia* sp., *Mareda* sp., *Tsinania* sp.。牙形石: *Teridontus nakamurai*, *Proconodontus serratus*, *Hertzina americana*, Gen. et sp. 19.05 m
- 27. 灰色厚层云质条带藻球粒泥晶灰岩夹灰色

- 薄至中层泥晶砾屑灰岩及泥晶砂屑灰岩, 产三叶虫: *Quadraticephalus* sp., *Changia* sp., *Tsinania* sp., *Ptychaspis* sp.。牙形石: *Teridontus nakamurai*, *Hertzina americana*, *Proconodontus muelleri*, *Hispidodontus* sp. 15.26 m
- 26. 灰色薄—中层泥晶砾状藻凝块灰岩与泥晶—亮晶鲕粒砂屑灰岩互层 4.98 m
- 25. 灰色中层泥晶—微晶鲕粒灰岩 1.55 m
- 24. 灰色薄—中层云质条带球粒泥晶灰岩夹亮晶含生物碎屑砾屑灰岩 15.29 m
- 23. 灰色薄层泥纹泥晶灰岩夹灰色中薄层泥晶—亮晶含生物碎屑砂屑砾屑灰岩, 产三叶虫: *Tsinania* sp., *Mareda* sp.。牙形石: *Teridontus nakamurai*, *Proconodontus transitans*, *Hertzina Americana* 15.45 m
- 22. 灰色中厚层微晶—亮晶鲕粒灰岩夹硅质交代的生物碎屑灰岩 2.22 m
- 21. 灰色薄层含球粒泥晶灰岩夹灰色薄至中层亮晶生物碎屑砾屑灰岩、砾屑灰岩及砂屑灰岩, 产三叶虫: *Tsinania canens*, *ptychaspis* sp. 9.76 m
- 20. 灰色中厚层泥晶—亮晶含生物碎屑鲕粒灰岩夹亮晶鲕粒生物碎屑灰岩, 产三叶虫: *Tsinania canens*, *Ptychaspis subglobosa*, *Prosaukia* sp., *Mansuyia* sp. 3.12m

上寒武统长山阶 ($\frac{3}{3}$)

- 19. 深灰色薄层含生物碎屑微晶灰岩, 具黄灰色云质条带, 产三叶虫: *Taishania taianensis*, *Mansuyia orientalis*, *Ampullatocephalina bifida*, *Pagodia taianensis*, *Parakoldinoidia typicalis* 2.46 m
- 18. 灰色杂以褐黄色块状云斑叠层藻礁灰岩, 产三叶虫: *Kaolishania* sp. 4.45 m
- 17. 灰色云斑叠层藻礁灰岩, 产三叶虫: *Pagodia* sp. 3.60 m
- 16. 灰色块状云斑叠层石灰岩及其潮渠沉积物—黄灰色薄层泥质条带泥晶灰岩、砾屑砂屑灰岩及砂屑砾屑灰岩, 产三叶虫: *Prochuangia* sp. 5.30 m
- 15. 灰色中厚层泥晶砾屑灰岩与灰色中薄层泥纹—泥质条带泥晶灰岩互层 12.62 m
- 14. 灰色块状叠层石灰岩及其潮渠沉积物—浅褐灰色中厚层含砾屑及砾屑的泥晶—亮晶砂屑灰岩 2.20 m
- 13. 灰色薄层泥纹—泥质条带泥晶灰岩夹灰色中层泥晶砾屑灰岩、泥晶—亮晶砂屑灰岩 5.20 m
- 12. 灰色、紫灰色中薄—中厚层泥晶砾屑灰岩与

- 黄灰色薄层泥灰岩互层,夹灰色薄板状具虫迹构造的泥质条带泥晶灰岩,顶为厚 30 cm 的深灰色生物碎屑灰岩,产三叶虫:*Parachangshania hsiaoshihensis*。牙形石:*Westergaardodina bicuspidata*, *Muellerodus? Erectus*, *Prosaagittodontus eureka*, *Ceolocerodontus bicostatus*, *Furnishina tortilis*, *F. spp.* 5.94 m
- 崮山组(jG)**
11. 灰色中薄层泥晶砾屑灰岩夹紫灰色中厚层具紫红色氧化圈之砾屑灰岩、灰色薄层泥晶灰岩及少量绿灰色中薄层生物碎屑灰岩,产三叶虫:*Changshania sp.*, *Irvingella sp.* 9.65 m
10. 绿灰色钙质页岩与灰色薄板状泥晶灰岩互层,夹灰色中薄层泥晶一亮晶含生物碎屑砾屑灰岩及少量紫红色页岩,产三叶虫:*Changshania equdlis*。牙形石:*Muellerodus? erectus*, *Westergaardodina bicuspidata*, *W. aff. bohlini*, *W. tricuspida*, *Furnishina quadrata*, *F. tortilis*, *F. cf. alata*, *F. spp.*, *Muellerodus? erectus*, *Ceolocerodontus bicostatus* 15.35 m
9. 褐灰色中层亮晶海绿石生物碎屑灰岩。产三叶虫:*Chuangia sp.* 1.25 m
8. 紫灰色中厚层亮晶含生物碎屑砾屑灰岩夹灰色中层泥晶一亮晶砾屑灰岩、含生物碎屑鲕粒灰岩,产三叶虫:*Chuangia convoluta* 1.88 m
- 上寒武统崮山阶(1/3)**
7. 灰色中薄层泥晶一亮晶砾屑灰岩与黄灰色薄层泥纹—泥质条带泥晶灰岩互层,夹紫灰色中层具氧化圈之泥晶砾屑灰岩及薄层生物碎屑灰岩,产三叶虫:*Drepanura premesnili*, *Liostracina krausei*, *Shantungia sp.* *Blackwelderia sp.*。牙形石:*Westergaardodina*, *matsushitai*, *W. moessebergensis*, *Furnishina tortilis* 6.63 m
6. 灰色薄层亮晶—泥晶砂屑砾屑灰岩夹泥晶灰岩,偶夹黄绿色页岩及灰色中厚层鲕粒灰岩,产三叶虫:*Drepanura sp.*, *Blackwelderia sp.*, *Kolpura sp.*。牙形石:*Westergaardodina matsushitai*, *W. moessebergensis*, *W. quadrata*, *W. elegans*, *W. orygyma*, *W. spp.*, *Furnishina lingulata*, *F. polonica*, *F. tortilis*, *F. vasmerae*, *F. kleithria*, *F. bicarinata*, *F. spp.*, *F. asymmetrica*, *Muellerodus cambricus*, *M. oelandicus*, *Phakelodus tenuis* 17.24 m
5. 灰色薄层泥质条带泥晶灰岩,疙瘩状—链条状泥纹泥晶灰岩与黄绿色页岩互层,夹灰色中薄层泥晶砾屑灰岩,产牙形石:*Westergaardodina*

matsushitai, *W. moessebergensis*, *W. elegans*, *W.*

quadrata, *W. orygyma*, *W. spp.*, *Furnishina tortilis*

7.27 m

4. 黄绿色页岩夹黄灰色薄层泥质条带泥晶灰岩,疙瘩状—链条状泥纹泥晶灰岩及灰色中薄层含生物碎屑砂屑砾屑灰岩,产三叶虫:*Blackwelderia sp.*。牙形石:*Westergaardodina quadrata*, *W. orygyma*, *Furnishina tortilis*, *F. spp.*, *F. cf. alata* 13.44 m
3. 灰色中薄层含生物碎屑泥晶准砾屑灰岩与黄绿色页岩互层,夹黄灰色中薄层泥晶一亮晶砾屑灰岩、薄层疙瘩状—链条状泥质条带—泥纹泥晶灰岩,产三叶虫:*Blackwelderia sp.*, *Damesella sp.*, *Monkaspis deulis* 7.28 m

张夏组(jZ)

2. 灰色厚层泥晶一亮晶含生物碎屑藻屑灰岩,产三叶虫:*Yabeia laevigata*, *Damsella paronaie* 4.58 m
- 中寒武统张夏阶(2/3)**
1. 灰色中厚层藻凝块灰岩夹叠层石灰岩及含生物碎屑核形石藻球粒灰岩,上部产三叶虫:*Liopeishania sp.* 14.40 m

2 生物地层划分

2.1 三叶虫生物地层

华北寒武系标准剖面以富含三叶虫化石为特色,其数量多,特征明显,是地层划分对比的重要依据。根据三叶虫化石属种及其在地层中的分布序列,上寒武统由老到新划分为 9 个三叶虫化石带(图 2)。

2.2 牙形石生物地层

沿华北寒武系标准剖面连续采集了牙形石分析样品,通过分析鉴定,获得牙形石个体共有 14 个属 40 多个种和若干未定种。根据牙形石在地层中的分布序列,在剖面上划分出 6 个牙形石化石带^[2],自上而下分别是:

(6) *Cordylodus lindstromi* 带对应于剖面的 35~33 层,代表岩层厚度 9.05 m。以 *Cordylodus lindstromi* 首现为其底界,上界置于 35 层之顶。除带化石外,还有 *Teridontus gracilis*, *T. reclinatus*, *Drepanodus tenuis*。

(5) *Cordylodus intermedius* 带对应于剖面的第 32 层,代表岩层厚度 8.75 m。以 *Cordylodus intermedius* 首现为其底界,以 *C. lindstromi* 带之底界为顶界,除带化石外,还有:*Cordylodus andresi*, *C. proavus*, *Euconodontus notchpeakensis*, *Fryxellodontus inornatus*,

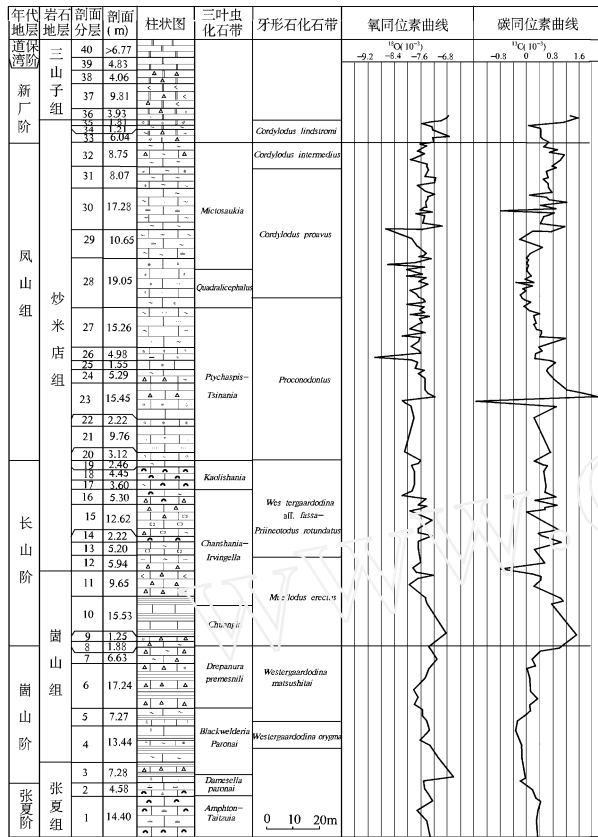


图 2 张夏-崮山地区华北寒武系上寒武统实测剖面柱状图

该牙形石带对应于三叶虫 *Mictosaukia* 带的顶部。

(4) *Proconodontus* 带对应于剖面的第 28 层之底部至 20 层,代表的岩层厚度 61.00 m。即带化石首现点之下约 23 m 的位置,以带化石消失为其顶界,该带牙形石有 *Proconodontus. transitans*, *P. muelleri*, *P. serratus*, *Hertzina americana*, *Teridontus nakamurai*, *Hispidodontus* sp., *Gen. et sp. indet.* 大致与三叶虫 *ptychaspis Tsinania* 带相一致,只是后者顶界略低。

(3) *Muellerodus erectus* 带对应于剖面的 12~8 层,代表岩层厚度 34.15 m,其底、顶界分别以 *M. erectus* 的首现和消失为标志,该带牙形石丰富,除带化石外,还有: *Westergaardodina bicuspidata*, *W. tricuspdata*, *W. aff. bohlini*, *Prosagittodontus eureka*, *Ceolocerodontus bicostatus*, *Furnishina tortilis*, *F. quadrata*, *F. cf. alata*, *F. spp.*, 该牙形石带与三叶虫 *Chuangia* 带和 *Changshania-Irvingella* 带的下部对应。

(2) *Westergaardodina matsushitai* 带对应剖面的 7~4 层,代表岩层厚度 31.14 m,底以 *W. mat-*

sushitai 首现为标志,顶以 *Muellerodus erectus* 首现为标志。该带牙形石极为丰富,除带化石外,还有: *Westergaardodina. moessebergensis*, *W. quadrata*, *W. elegans*, *W. orygya*, *W. spp.*, *Furnishina tortilis*, *F. lingulata*, *F. polonica*, *F. vasmerae*, *F. kleithria*, *F. asymmetrica*, *F. spp.*, *Phakelodus tenuis*。该牙形石带对应三叶虫 *Blackwelderia* 带顶部和 *Drepanura* 带。

(1) *Westergaardodina orygya* 带对应剖面的第 4 层上部,代表厚度 7.00 m,底以 *W. orygya* 首现为标志,顶以 *W. matsushitai* 首现为标志,除带化石外,还有: *Westergaardodina. quadrata*, *W. sp.*, *Furnishina tortilis*, *F. cf. alata*, *F. spp.*。该牙形石带对应的三叶虫化石带为 *Blackwelderia* 带中部。

应该说明的是,在上述第 5 与 4 化石带之间,即剖面的 31 层至 28 层中下部厚约 43 m 岩层中,在已分析的牙形石样品中未见到牙形石个体,根据区域对比,应是 *Cordylodus proavus* 带层位;在 4 与 3 化石带之间,即剖面的 19~13 层厚 35.83 m 岩层中,在已分析的牙形石样品中未见牙形石个体,根据区域对比应是 *Westergaardodina aff. fossa-Prooneotodus rotundatus* 带层位。该两段地层牙形石生物带有待进一步确定。

3 崮山阶底界

多年来崮山阶的底界尚未确定,均以三叶虫 *Blackwelderia sinensis* 首现为标志,大致在 *Blackwelderia* 三叶带虫带与张夏阶顶部的 *Damesella* (*Yabeia*—*Damesella*) 三叶虫带之间。1953 年卢衍豪、董南庭根据岩石的性质确定的张夏组和崮山组的界线恰好也在所划定的 *Damesella* 三叶虫带与 *Blackwelderia* 三叶虫带之间,因此以往张夏阶与崮山阶之间的年代地层界线与张夏组和崮山组之间的岩石地层界线是一致的。但以后经过多年来各有关部门的详尽工作,发现原以为是在崮山阶出现的 *Blackwelderia* 在张夏阶 *Damesella* 带就已经开始出现,而张夏阶上部的 *Damesella* 也可上延到崮山阶内,界线上下 *Damesella* 与 *Blackwelderia* 的混生现象屡见不鲜。从生物地层上来看,以三叶虫 *Damesella* 或 *Blackwelderia* 出现来决定崮山阶底界是比较困难的;另外从三叶虫分类来看, *Damesella* 和 *Blackwelderia* 同属于 *damesellidae* 科,因

此,朱兆玲、项礼文、章森桂等将其统归为崮山阶,以这些具有尾刺的三叶虫 *dameselid* 类的首现作为崮山阶的底界。只要发现这类带尾刺的三叶虫,其时代就是崮山期的,在野外易于操作。以此在济南崮山虎头崖-黄草顶剖面所确定的崮山阶的底界比原来以 *Blackwelderia sinensis* 带之底确定的崮山阶的底界下移了 4.58 m。如今崮山阶自上而下分为 3 个三叶虫带: *Drepanura premesnili* 带、*Blackwelderia paronai* 带和 *Damesella paronai* 带^[3]。

4 寒武系与奥陶系界线的确定

在华北寒武系标准剖面上,寒武系与奥陶系的界线以往是依据三叶虫和头足类化石来确定的,具体说来,就是把 *Mictosaukia* 作为凤山阶最顶部的一个带化石,而把 *Yehlioceras* 作为下奥陶统最底部的一个带化石。然而,在张夏-崮山华北寒武系标准剖面上,凤山阶顶部至下奥陶统下部,也即炒米店组顶部至三山子组下部,有相当一段地层从未采到过化石,也就是说两化石层位间有 54.99 m 厚的地层,无化石记录。以往是把寒武系与奥陶系之间的界线置于三山子组底界,即大套白云岩的出现作为奥陶系的开始,这个重要的年代地层界线实际上是以岩石地层界线为依据的,缺乏生物化石依据,与年代地层的概念不符。

该次在原划界线上下一段厚约 19.86 m 的地层中采集牙形石分析样品 20 件,经中科院南京古生物地质研究所分析鉴定,获得丰富的牙形石个体,共鉴定出 5 个属 9 个种,其中 Gf8 号样品中见有 *Cordylodus lindstromi*,该样点位于原划寒武系与奥陶系界线(也即三山子组底界)之下 9.05 m 处。因此,根据《中国区域年代地层(地质年代)表说明书》^[4],确定下奥陶统最下部新厂阶底界以牙形石“*Cordylodus lindstromi*”的首现为标志,该剖面寒武系与奥陶系的分界应放在 33 层之底,*Cordylodus lindstromi* 首现点,该点位于炒米店组顶界之下 9.05 m 处。

5 碳氧同位素化学地层特征

同位素^[5]地层学是研究地层中同位素的组成与变化,用以解读不同时代海水沉积环境和气候环境的变化,以及地层界面的突变事件。稳定同位素地球化学已广泛应用于地球科学研究中的许多领域:

矿床学家利用稳定同位素研究成矿物质及热液来源,古生物学家应用它研究生物的绝灭与复苏,第四纪研究者应用它研究第四纪气候的变化及冰期—间冰期的变化规律。近年来又有许多学者将稳定同位素研究应用于更老的地质年代,探讨碳酸盐的成岩作用及其形成时的古环境、古气候。目前,碳、氧同位素研究成为全球变化再造中常用的一种手段,广泛应用于地层划分与对比^[6~7]、水体古温度和古盐度的恢复、古水文条件、初始生产率、古气候和碳酸盐成岩环境的研究、古海洋学、第四纪湖泊学等等。

在山东省进行碳氧同位素地层研究尚属首次,该研究根据碳氧同位素样品分析数据获得了华北寒武系标准剖面上寒武统碳氧同位素曲线图(图 2)。

5.1 长山阶碳氧同位素组成及演化特征

长山阶 ^{13}C 值总体分布于 $-0.70 \times 10^{-3} \sim 1.58 \times 10^{-3}$ 之间(图 3),长山阶底部 ^{13}C 表现为显著的正漂移(正漂移是指曲线相对于某一基线有向正值方向漂移的趋势), ^{13}C 值由崮山阶顶部的 0.2×10^{-3} 上升至长山阶底部的 1.58×10^{-3} , ^{13}C 值的正漂移幅度达到 1.38×10^{-3} ;长山阶的下部 ^{13}C 值表现为负漂移, ^{13}C 值下降至 -0.70×10^{-3} , ^{13}C 值的负漂移幅度达到 2.28×10^{-3} ,随后又急剧上升, ^{13}C 值升至 0.6×10^{-3} 左右,上升幅度达到 1.3×10^{-3} ;长山阶上部 ^{13}C 值基本稳定,波动于 $0.08 \times 10^{-3} \sim 1.08 \times 10^{-3}$ 之间(图 2)。 ^{18}O 值总体分布于 $-8.12 \times 10^{-3} \sim -6.78 \times 10^{-3}$ (图 3),与 ^{13}C 值演化特征大致相吻合,下部为负漂移,上部基本稳定,其值在 $-8.12 \times 10^{-3} \sim -7.15 \times 10^{-3}$ 上下波动,由下向上略呈下降趋势(图 2)。

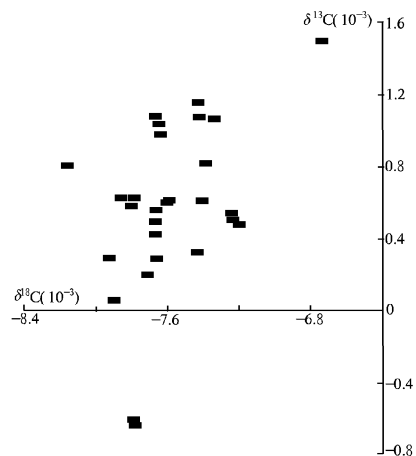


图 3 长山阶碳氧同位素比值的分布特征

5.2 华北寒武系标准剖面碳氧同位素组成的演化特征与华南及世界各地的对比

通过对山东张夏-崮山地区华北寒武系标准剖面长山阶碳氧同位素组成及演化特征分析,该剖面碳氧同位素演化规律性很强,与我国华南和世界各地具有较好的对比性。

从碳同位素比值演化曲线特征来看,华北寒武系标准剖面上寒武统碳同位素组成的演化曲线与华南地区上寒武统碳同位素组成的演化曲线相似。长

山阶的底部的正漂移与华南寒武系芙蓉统底部的正漂移相当^[8]。

由该次取样分析结果可以看出,张夏-崮山地区华北寒武系标准剖面长山阶底部碳同位素组成演化出现正漂移,漂移幅度达到 1.38×10^{-3} ,与华南芙蓉统底部的碳同位素正漂移有极好的对比性(图 4),这个正漂移见于世界各地,如 Laurentia, Kazakhstan, Australia 等地^[9],被称作为 SPICE 正漂移。

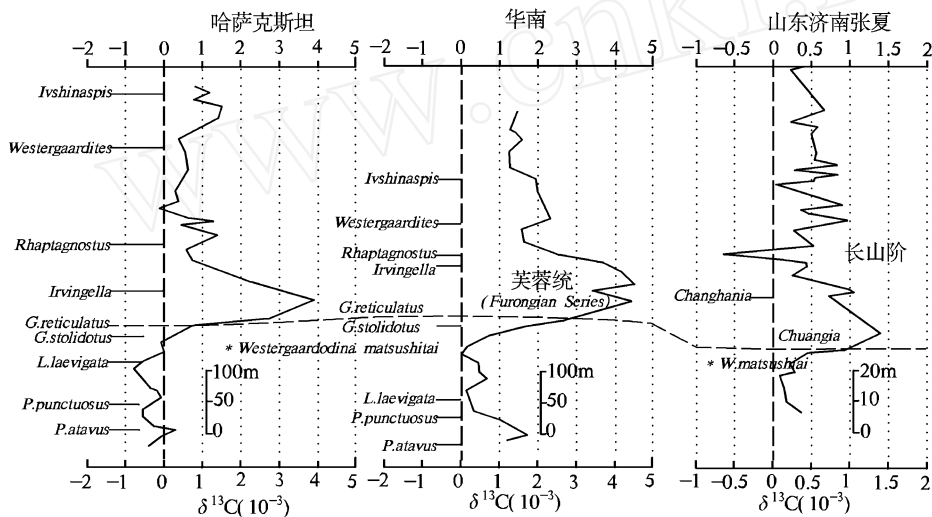


图 4 华北长山阶及华南、哈萨克斯坦寒武系芙蓉统底部碳同位素组成的正漂移

注:图中“*”为牙形石,其他为三叶虫

依据上寒武统碳酸盐岩碳同位素组成演化特点,可将华北上寒武统与研究程度较高的华南地区以及哈萨克斯坦、澳大利亚、美国的上寒武统进行对比,张夏-崮山地区华北寒武系标准剖面的长山阶之底可与华南地区芙蓉统之底对比,这个对比结果与牙形石生物地层 (*Westergaardodina matsushitai* 带)对比结果非常一致。

参考文献:

[1] 卢衍豪,董南庭. 山东寒武纪标准剖面新观察[J]. 地质学报, 1952, 32(3): 164-201.
 [2] 武桂春,姚建新,纪占胜. 鲁西南寒武纪原始真牙形石分类方案的探讨[J]. 地质学报, 2004, 78(3): 289-295.
 [3] 朱兆玲,项礼文,章森桂,刘书才,等. 华北上寒武统崮山阶研究新进展[J]. 地层学杂志, 2005, 29(增刊): 462-466.
 [4] 全国地层委员会. 中国区域年代地层(地质年代)表说明书[M]. 北京:地质出版社, 2002, (10): 54-55.

[5] 左景勋,董金南,邱海鹰,等. 巢湖平顶山北剖面早三叠世碳、氧同位素地层学研究[J]. 地层学杂志, 2004, 28(1): 35-40.
 [6] 王玉新,韩征,韩玉春. 铁瓦殿剖面奥陶系碳氧同位素地层研究[J]. 石油大学学报, 1995, 19(增刊): 38-42.
 [7] 李玉成. 华南二叠系长兴阶灰岩的碳同位素地层对比[J]. 地层学杂志, 1998, 22(4): 278-285.
 [8] Zhu Maoyan, Zhang Junming, Li Guoxiang, Yang Aihua. Evolution of C isotopes in the Cambrian of China: implications for Cambrian subdivision and trilobite mass extinctions[J]. Geobios, 2004, (37): 287-301.
 [9] Saltzman M R, Ripperdan R L, Brasier M D, Lohmann K C, Robison R A, Chang W T, Peng Shanchi, Ergaliev E K, Runnegar B. A global carbon isotope excursion (SPICE) during the late Cambrian: relation to trilobite extinctions, organic-matter burial and sea level[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2000, (162): 211-223.

(下转第 14 页)

Geological Characteristics and Difference between Ore Qualities in Paleogene Gypsum - bearing Basins in Middle and South Areas in Shandong Province

CHEN Xue - mei , HAO Xing - chun , ZHAO Qing - ling

(Shandong Geochemical Exploration Institute , Shandong Jinan 250013 , China)

Abstract : Occurrence layers of gypsum deposit are rather rich in Shandong province. At present , gypsum deposits which can be explored and utilized mainly developed in Paleogene gypsum - bearing basins in uplift areas in middle and south part of Shandong province. They are Wenkou - Wendong gypsum - bearing basin , Sishui gypsum - bearing basin , Pingyi gypsum - bearing basin and Dige gypsum - bearing basin. Ore bodies mainly occurred in gypsum - bearing layers in middle part of Dawenkou formation and Bianqiao formation in Paleogene Guanzhuang group. Due to effects of original landscape and sedimentary circles , ore quality has obvious difference. Thus , it is concluded that gypsum ore quality has close relation with distribution characteristics and geological characteristics of basin. According to characteristics of gypsum - bearing basins , ore quality in all layers can be predicated , which can guide work arrangement reasonably.

Key words : Gypsum ; Paleogene ; basins ; gypsum - bearing rock group ; ore quality ; middle and south part of Shandong province

(上接第 6 页)

New Development of Study on Lower Part of Cambrian in Cambrian Standard Profile in Zhangxia - Gushan Area in Shandong Province

DU Sheng - xian¹ , ZHANG Rui - hua¹ , ZHANG Gui - li² , ZHANG Jun - bo¹ , CHEN Xue - mei³

(1. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences , Shandong Jinan 250013 , China ; 2. Shandong Geological Survey Institute , Shandong Jinan 250013 , China ; 3. Shandong Geochemical Exploration Institute , Shandong Jinan 250013 , China)

Abstract : Standard profiles in Cambrian distribute in Zhangxia and Gushan town in Changqing district of Jinan city. Cambrian strata developed very well in this area with good crop , and Palaeobio - fossils of trilobite were preserved well. This area is standard profile for carrying out studies , such as lithostratigraphy , biostratigraphy , chronostratigraphy and chemo - stratigraphy. According to micropaleontological conodont types and its distribution sequences in strata , 6 conodont biographic belts in upper part of Cambrian are set up. According to first occurrence of " *Cordylodus lindstromi* " , boundary of Cambrian and Ordovician is determined correctly. Characteristics of carbon - oxygen isotopic curve of Changhsingian in Cambrian is analyzed in this paper. Carbon isotopic curves in lower part of Changhsingian and its in lower part of Furong series of Cambrian in Kazakhstan are contrasted , and contrast relationship between Cambrian in Huabei area and Cambrian abroad is set up.

Key words : Upper part of Cambrian ; Huabei area ; standard profile ; conodont ; Zhangxia town ; Gushan town ; Shandong province