



引文格式: 余吉远, 王国强, 赵国斌, 等. 甘肃北山大豁落地区牙形刺化石的发现及其对白云山组时代的限定[J]. 西北地质, 2024, 57(5): 224–231. DOI: 10.12401/j.nwg.2023111

Citation: YU Jiyuan, WANG Guoqiang, ZHAO Guobin, et al. The Discovery of Conodont Fossils in Dahuoluo Area in Ganau and the Related Date Determination for Baiyunshan Formation[J]. Northwestern Geology, 2024, 57(5): 224–231. DOI: 10.12401/j.nwg.2023111

## 甘肃北山大豁落地区牙形刺化石的发现 及其对白云山组时代的限定

余吉远<sup>1,2</sup>, 王国强<sup>1,2</sup>, 赵国斌<sup>1</sup>, 计波<sup>1,2</sup>, 李向民<sup>1,2</sup>, 谢从瑞<sup>1</sup>, 彭璇<sup>1</sup>

(1. 中国地质调查局西安地质调查中心 / 西北地质科技创新中心, 陕西 西安 710119; 2. 中国地质调查局造山带地质研究中心, 陕西 西安 710119)

**摘要:** 甘肃北山大豁落地区出露的白云山组是一套板岩、砂岩、砂砾岩、砾岩, 局部夹灰岩的一套碎屑岩组合, 由于缺乏地层学依据而被划归奥陶纪锡林柯博组(硅质岩为主, 夹灰岩、砂岩、砂砾岩组合的一套浅海相沉积)。通过野外路线地质调查和剖面实测, 在白云山组灰岩夹层中获得了保存较好的牙形刺化石, 分别为大围刺 *Periodon grandis*、原潘德尔刺(未定种) *Protopanderodus* sp.、镰箭(未定种) *Drepanoistodus* sp.、刺形刺(未定种) *Spinodus* sp.、小剑刺(未定种) *Scabbardella* sp., 将该套岩石组合时代限定为晚奥陶世。综合岩石组合特征、沉积层序与沉积相分析, 认为白云山组形成于山前前陆盆地环境, 预示着在晚奥陶世北山地区已进入初始造山阶段, 为完善北山地层格架提供重要依据。

**关键词:** 牙形刺; 白云山组; 沉积层序与沉积相; 晚奥陶世; 北山造山带

中图分类号: P52

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2024)05-0224-08

### The Discovery of Conodont Fossils in Dahuoluo Area in Ganau and the Related Date Determination for Baiyunshan Formation

YU Jiyuan<sup>1,2</sup>, WANG Guoqiang<sup>1,2</sup>, ZHAO Guobin<sup>1</sup>, JI Bo<sup>1,2</sup>, LI Xiangmin<sup>1,2</sup>, XIE Congrui<sup>1</sup>, PENG Xuan<sup>1</sup>

(1. Xi'an Center of China Geological Survey / Northwest China Center of Geosciences Innovation, Xi'an 710119, Shaanxi, China; 2. Orogen Research Center of China Geological Survey, Xi'an 710119, Shaanxi, China)

**Abstract:** The Baiyunshan Formation exposed in the Dahuoluo area of Beishan, Gansu Province is a set of clastic rock assemblages of slate, sandstone, glutenite, conglomerate, and locally intercalated limestone. Due to the lack of stratigraphic basis, it is classified as the Ordovician Xilinkebo Formation (a set of shallow marine sediments dominated by siliceous rocks, intercalated with limestone, sandstone and glutenite). Through field route geological survey and profile measurement, well-preserved conodont fossils have been obtained in the

收稿日期: 2023-01-13; 修回日期: 2023-07-18; 责任编辑: 曹佰迪

基金项目: 中国地质调查局项目“中大比例尺地质图数据整合与接图”(DD20242292)、“公婆泉地区 1:5 万区域地质调查”(DD20243411), 国家自然科学基金项目“中天山构造带阿拉塔格环状杂岩体成因研究”(41202045), 陕西省基金项目“红柳河蛇绿岩地幔属性与深部岩浆演化”(2023-JC-YB-233)、“北祁连中段早古生代俯冲-增生杂岩岩石组成与构造研究”(2022JM-165)联合资助。

作者简介: 余吉远(1978-), 男, 硕士, 正高级工程师, 从事区域地质矿产、岩石地球化学调查研究。E-mail: yujiyuan111@163.com。

limestone interlayer of the Baiyunshan Formation. They are *Periodon grandis*, *Protopanderodus* sp., *Drepanoistodus* sp., *Spinodus* sp., *Scabbardella* sp., and the age of the rock assemblage is limited to the Late Ordovician. Based on the analysis of rock assemblage characteristics, sedimentary sequence and sedimentary facies, it is considered that the Baiyunshan Formation was formed in the piedmont foreland basin environment, indicating that the Beishan area has entered the initial orogenic stage in the Late Ordovician, which provides an important basis for improving the stratigraphic framework of Beishan.

**Keywords:** conodont; Baiyunshan Formation; sedimentary sequence and sedimentary facies; Late Ordovician; Beishan orogenic belt

白云山组由甘肃第二区测队于1972年创名于内蒙古额济纳旗白云山东,原始定义为细碎屑岩与灰岩互层的地层序列,含珊瑚化石,时代为奥陶纪。在额济纳旗白云山东剖面出露厚度大于1100m,与锡林柯博组为整合接触关系。《内蒙古自治区岩石地层》(内蒙古自治区地质矿产局,1996)、《甘肃岩石地层》(甘肃省地质矿产局,1997)进一步完善了白云山组的定义:指北山地区咸水湖组火山岩或锡林柯博组硅质岩、碳酸盐岩之上的一套滨海相紫红及深灰色粉砂岩夹灰岩、竹叶状灰岩及少量安山岩、英安岩及碧玉岩,含大量珊瑚化石。该组分布广泛,在额济纳旗的白云山、月牙山、希热哈达、小狐狸山以及珠斯楞地区均有出露,但大部分剖面均未见顶底,厚度不详。该组总体上均以细碎屑岩和灰岩为主体,区域变化不大,与上覆和下伏地层均为整合接触,只在横峦山与下伏咸水湖组呈平行不整合接触;时代仍沿用奥陶纪。1:25万马鬃山幅区域地质调查(甘肃省地质调查院,2000)将马鬃山南侧出露的一套岩性组合为灰绿色、黄绿色板岩、粉砂质板岩、细-粉砂岩与砾质砂岩、砂砾岩、砾岩等,局部夹灰岩透镜体,具向上变粗变厚的旋回型沉积层序,并认为与下伏的含三叶虫 *Nankinolithus* 化石的奥陶纪锡林柯博组为平行不整合关系,将其厘定为白云山组,但由于缺少可靠的生物地层学和年代地层学依据,推断白云山组地质年代为奥陶纪,但也不排除包含部分早志留世沉积的可能。而甘肃省地质调查院最新完成的甘肃省地质志(2016,未出版)认为白云山组创名于内蒙古额济纳旗白云山东,属北山地层区,不能用于塔里木地层区,而将1:25

万马鬃山幅在大豁落地区厘定的白云山组重新厘定为锡林柯博组上段。究其原因,主要还是缺乏年代学依据。文中依托“甘肃北山牛圈子地区K47E014003等6幅1:5万区域地质调查”项目,在马鬃山南的大豁落地区开展了1:5万地质调查与剖面实测,在该套地层细砂岩中发现了灰岩透镜体并获得晚奥陶世牙形刺化石,进一步完善了北山造山带地层格架,同时为探索北山构造时空演化格架提供更多的思路 and 参考。

## 1 剖面及岩性特征

白云山组主要分布在北山造山带锡林柯博、西双鹰山和大豁落井一带,在四道梁、东大泉等地有零星出露,通常与锡林柯博组相伴产出(图1),1:25万区调报告显示二者呈平行不整合接触,笔者在锡林柯博组与白云山组接触部位,发现锡林柯博组灰黑色薄层硅质岩与白云山组砂岩互层产出,具有整合接触的特点。文中剖面位于甘肃省肃北县马鬃山镇大豁落以东(图2),剖面线与地层走向夹角约为60°~70°。该剖面出露良好,其起点坐标为N 41.459 0°,E 96.704 0°,H 2024 m;终点坐标为N 41.493 8°,E 96.723 0°,H 2005 m。在剖面南部和北部,白云山组与蓟县纪平头山组(*Jxp*<sup>2</sup>)均呈断层接触关系(图2),平头山组逆冲推覆于白云山组之上(图3a),接触部位可见擦痕(图3b)、断层角砾(图3c)。白云山组硅质岩中可见砂岩呈透镜体产出(图3d),局部出现扇三角洲前缘的砂泥互层结构(图3e)。锡林柯博组呈背斜核部出露于剖面中部。具体剖面描述如下。

### 奥陶系锡林柯博组(O<sub>1,x</sub>)

26.黑色薄层状硅质岩 224.2 m

===== 平行不整合 =====

### 奥陶纪白云山组(O<sub>3,b</sub>)

25.灰色-灰绿色粗砂岩,砂质结构,碎屑以岩屑、石英、长石为主,分选、磨圆较好 112 m

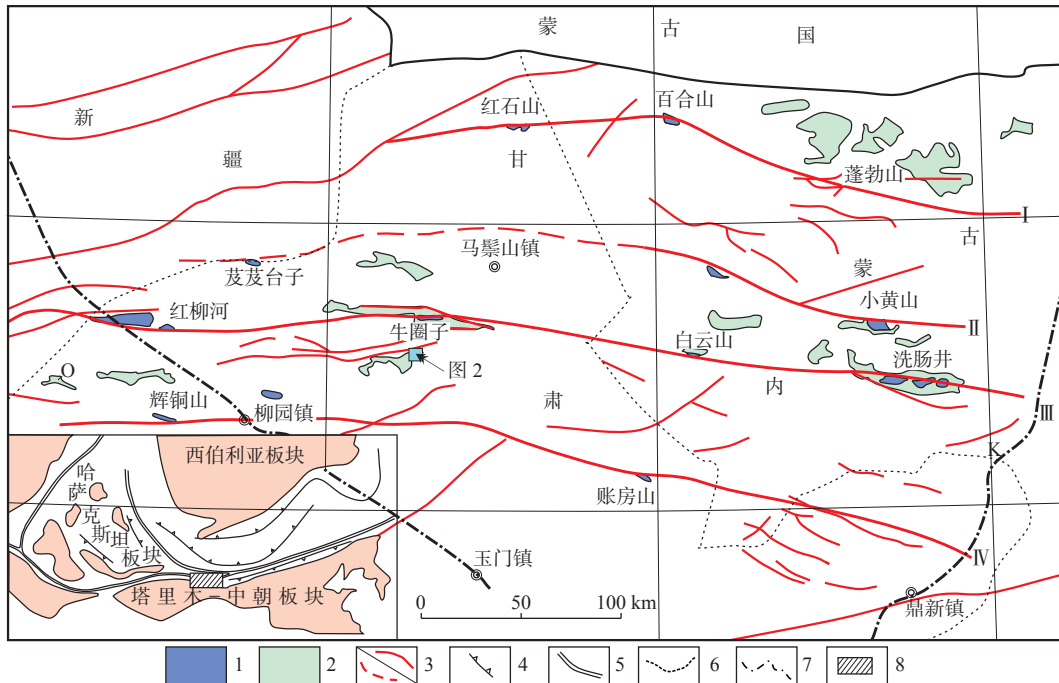
24.灰色-灰绿色细砾岩,砾石分选中等,磨圆较好,局部见粒序层理 7.2 m

23.灰绿色细砂岩夹褐黄色泥质灰岩，砂质结构，分选、磨圆较好，局部见水平纹理	108.3 m
22.灰色-灰绿色中砂岩夹含砾砂岩	70.9 m
21.灰色细砾岩，砾石分选中等-差，次圆状，砾石粒径为0.3~0.7 cm	84.7 m
20.灰色-黄绿色细砂岩，局部见小型交错层理	24.2 m
19.灰色-黄绿色粗砂岩夹含砾砂岩，局部见交错层理与粒序层理	41.1 m
18.灰色-黄绿色粗砂岩，局部见水平层理与小型交错层理	81.9 m
17.灰色-黄绿色中砂岩，局部见小型交错层理与粒序层理	161.2 m
16.灰色-灰黄色含砾砂岩夹少量砾岩	26.9 m
15.灰色-黄绿色中砂岩夹少量粉砂岩	61.6 m
14.灰黄色中砂岩，局部见小型交错层理	177.7 m
13.灰色-灰黄色含砾砂岩，局部见小型交错层理与粒序层理	18.7 m
12.灰色-灰绿色细砾岩，砾石分选、磨圆中等	3.6 m
11.灰绿色中砂岩夹含砾砂岩，砾石成分以硅质岩与砂岩为主，局部具定向性	166.9 m
10.灰色含砾砂岩夹粗砂岩，砾石分选、磨圆较好	91.4 m
9.灰色细砾岩，碎屑结构，块状构造，砾石局部可见一定的定向性	5.3 m
8.灰绿色含中粒砂细粒长石砂岩，粒序层理明显，见多个正旋回，地层未倒转	86 m
7.灰绿色千枚岩夹粗砂岩，千枚岩与砂岩整体比例为8:1	215.3 m
6.灰色粗砂岩夹千枚岩	27.3 m
5.灰色粗砂岩与粉砂质泥岩互层，局部见砾岩透镜体，砾石以硅质岩与石英为主	20.9 m
4.灰黑色硅质岩夹灰黄色含砾砂岩透镜体，局部可见褶皱变形	6.8 m

断层

蓟县纪平头山组(JXp<sup>2</sup>)

3.灰色-深灰色含白云石大理岩，夹多条硅质条带与不连续硅质结核	34 m
2.灰色片理化含白云石大理岩	127.4 m
1.灰色含粗砂中细粒长石砂岩	10.7 m



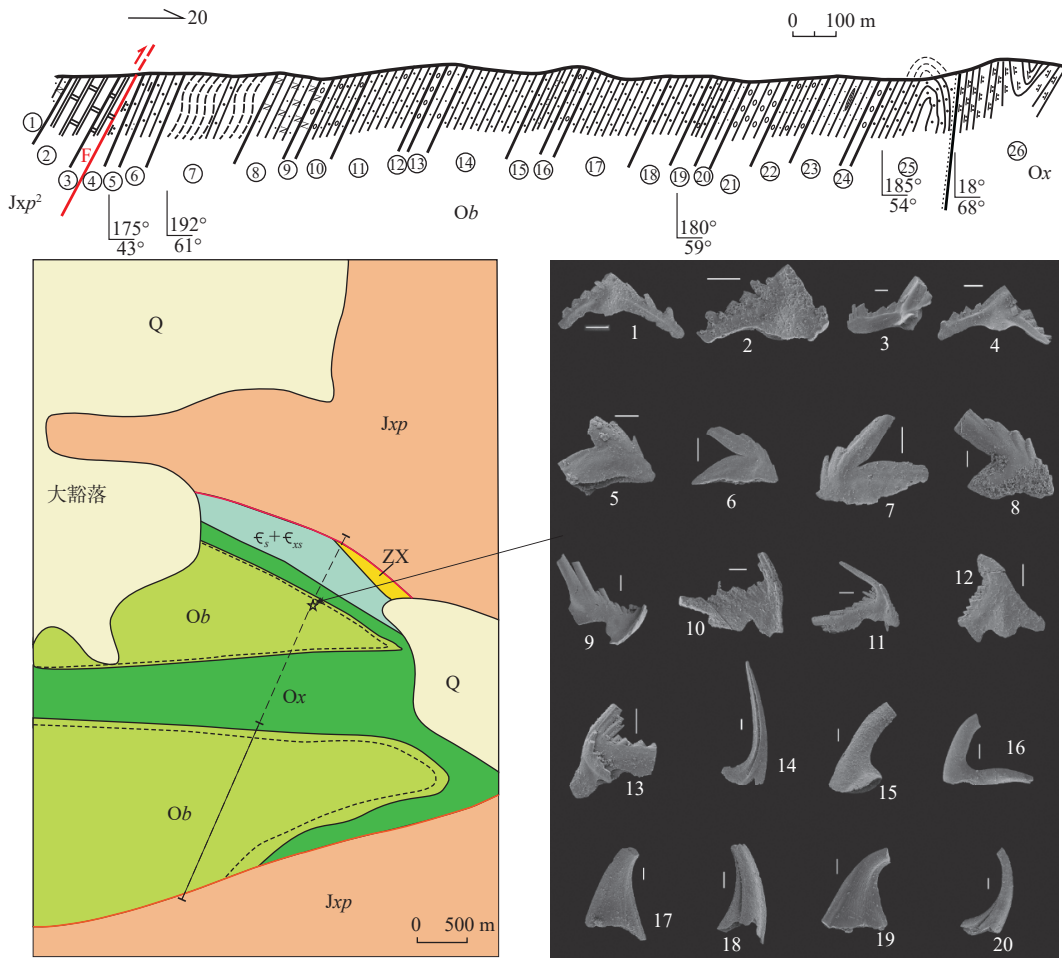
1.超基性岩；2.奥陶系；3.断裂及推测断裂；4.高压变质带；5.板块缝合线；6.省界；7.公路；8.北山地区；I.红石山-百合山-蓬勃山蛇绿岩带；II.芨芨台子-小黄山蛇绿岩带；III.红柳河-牛圈子-洗肠井蛇绿岩带；IV.辉铜山-帐房山蛇绿岩带

图1 北山地区奥陶系地层出露简图

Fig. 1 The outcrop map of Ordovician strata in Beishan region

剖面中白云山组、锡林柯博组地层整体上呈轴面南倾的背斜形态，两翼地层产状均南倾(同斜褶皱)，

锡林柯博组硅质岩段为靠近转折端的位置，其中可见露头尺度的同种类型背斜形态，其应是整体构造样式



ZX: 震旦纪洗肠井群;  $\epsilon_s + \epsilon_{xs}$ : 寒武纪双鹰山组+西双鹰山组; Ox: 奥陶纪锡林柯博组; Ob: 奥陶纪白云山组; Q: 第四纪; ☆: 化石样品采集点; 1~13. 大围刺 *Periodon grandis*; 14. 原潘德尔刺 *Protopanderodus* sp.; 15. 镰箭 *Drepanoistodus* sp.; 16. 刺形刺 *Spinodus* sp.; 17~20. 小剑刺 *Scabbardella* sp.。化石比例尺线段代表 100  $\mu\text{m}$ ; 鉴定单位为中国科学院南京地质古生物研究所

图2 甘肃大豁落地区白云山组实测地质剖面图及牙形刺化石照片

Fig. 2 The measured geological profile of Baiyunshan Formation in Dahuolu area, Gansu Province and the photos of conodont fossils

的局部小尺度表现。在背斜的南翼和北翼白云山组砾岩层中均观察到粒序层理(图 3f), 南翼层理表现出北粗南细的正粒序特征, 而北翼则表现出南粗北细的反粒序特征。根据地层产出特征, 判断褶皱南翼地层为正常序列(故剖面图选取了南翼部分), 而北翼地层发生倒转, 呈同斜背斜褶皱形态。

从剖面岩性上看, 白云山组主要为一套碎屑岩沉积, 岩石组合主要为粉砂岩、砂岩、含砾砂岩及砾岩, 上部含有少量薄层状硅质岩(于蓟县纪大理岩断层接触带附近)。细粒的粉砂岩-细砂岩通常呈灰绿色, 中粗砂岩及含砾砂岩呈灰黄绿色, 砾岩呈灰色, 呈现出粒度越粗颜色越深的特点, 野外比较容易从色调上将其区分开来。剖面上砂岩粒度变化较大, 从细砂岩-中砂岩-粗砂岩均有发育, 但砂岩碎屑成分及含量变

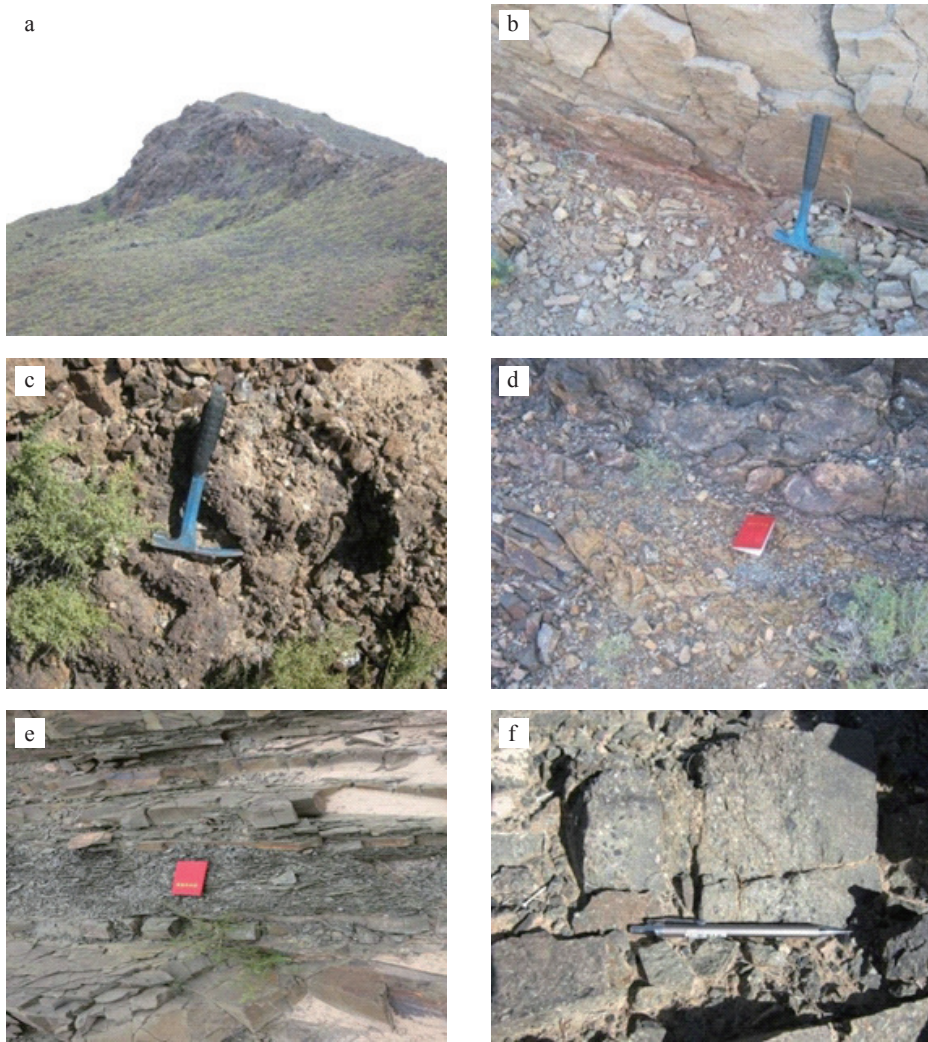
化不大, 主要成分为岩屑(含量约为 55%)、石英(含量约为 35%)、长石(含量 < 10%), 以及少量杂基。粗碎屑以含砾粗砂岩, 中-细砾岩为主, 砾岩整体上表现出分选中等, 磨圆中等-较好的特征。砾石成分单一, 主要为硅质岩及脉石英。

## 2 沉积层序与沉积相

根据碎屑物粒度变化与沉积构造特征, 褶皱南翼的白云山组碎屑岩可以划分扇三角洲的 3 个亚相单元(图 4)。

该套地层总体表现出扇三角洲由细变粗的倒粒序旋回特征。前三三角洲(4~9 层)沉积物粒度具有浊积岩特征, 可细分为两个反粒序旋回。第一旋回由锡





a. 平头山组逆冲至白云山组之上; b. 断层附近的擦痕构造; c. 断层附近的断层角砾岩;  
d. 硅质岩中的砂岩透镜体; e. 扇三角洲前缘砂泥互层; f. 白云山组中的粒序层理

图3 奥陶纪白云山组野外地质现象

Fig. 3 Field geological phenomenon of Ordovician Baiyunshan Formation

林柯博组的硅质岩逐渐转变为白云山组的粉砂岩和砂岩;第二旋回由千枚岩逐渐过渡到细砂岩,反映出该地区水体由深变浅的转换过程,显示前三角洲的沉积特征。接触带局部有硅质岩与砂岩互层现象,其应该为水下河道相沉积,反映较稳定的沉积环境下也存在脉动性构造、沉积事件。三角洲前缘(10~20层)可细分为两个正粒序旋回。10~15层由细砾岩转变为中砂岩,以砂岩为主,砾岩仅在旋回底部出露,表明沉积时期以水下河道为主,环境稳定;16~20层由含砾砂岩→细砂岩的正粒序组成,主要表现为三角洲前缘的分流河道沉积,河流活动发育。三角洲平原(21~25层)发育细砾岩→粗砂岩→细砂岩的正粒序旋回,沉积物的粒度增大,分选磨圆相对较差,具有近源搬运的特点,表现出辫状河道或洪冲积的沉积特征。

白云山组沉积层序为典型的下细上粗的海退序列(图4),为前陆斜坡扇三角洲体系(马智等,2005)。沉积物颗粒整体分选性与磨圆度较差,成熟度较低,表明该地区物源供给相对充足。研究区白云山组主要发育以辫状河道作用为主的三角洲平原以及三角洲前缘,前三角洲出现较少。三角洲平原沉积物粒度较粗,以砾岩和含砾砂岩为主,层序内部冲刷面发育,见多个不等厚的小型正粒序旋回,单层厚度为0.5~15 m不等,碎屑成分与结构成熟度较低,表现为砾质辫状河沉积相。扇三角洲前缘依然以河道水流作用为主,但沉积物粒度逐渐变细,多为以粗砂岩-细砂岩为主的一套细碎屑沉积物,见小型交错层理、薄层的粒序层理,局部以细-粉砂为主。

研究区扇三角洲沉积体系为总体向上变浅、变粗

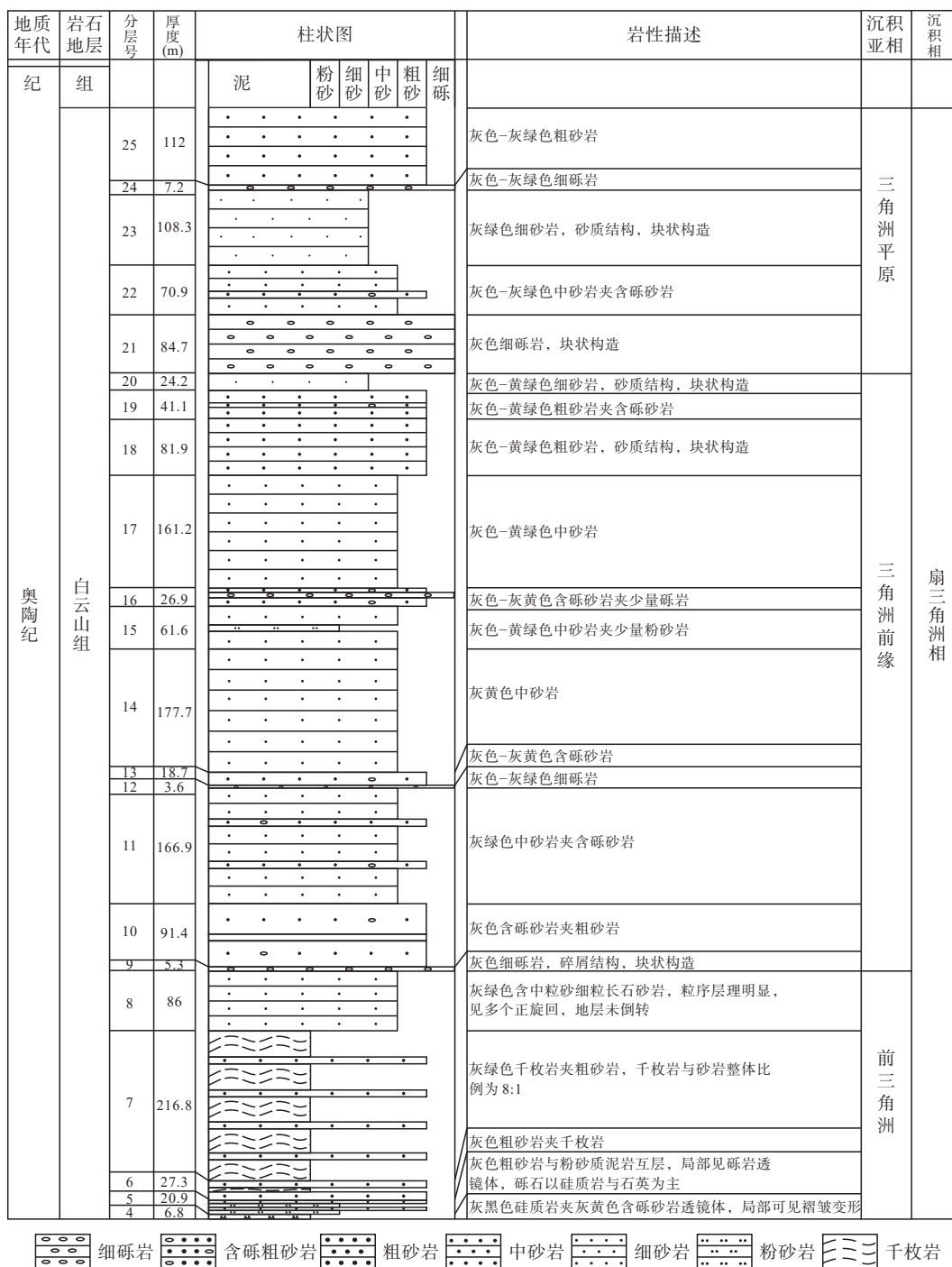


图4 奥陶纪白云山组实测剖面柱状图

Fig. 4 The measured section histogram of Ordovician Baiyunshan Formation

的沉积充填序列, 具有多个扇三角洲层序的叠复特点, 并表现出复理石建造特征, 岩性特征为明显的下细上粗的二端元沉积序列。而沉积记录表明北山地区在该时期存在一次造山过程, 这次造山幕并未形成大规模的褶皱和逆冲作用, 仅表现为洋盆萎缩和小范围的俯冲消减和软碰撞, 从而形成局部的山体隆升和山前前陆盆地, 白云山组正代表了初始造山阶段的前陆盆

地复理石沉积。复理石受构造作用控制主要形成类型分为活动大陆边缘型和被动大陆边缘型两类。活动大陆边缘型常发育碎屑复理石, 它又分为砂岩中多火山物质、石英碎屑含量较低的岛弧型或弧后盆地型和砂岩中缺少火山物质的安第斯型复理石; 被动大陆边缘型常为碳酸盐质复理石和富石英砂的陆源碎屑复理石。从白云山组的岩石学特征上看, 应属于

被动大陆边缘型的陆源碎屑复理石建造,并且无论是在粗粒端元还是细粒端元,均有泥质岩与云母碎屑,表明形成时期山体被强烈侵蚀,河流搬运能力较强。

实测剖面资料显示(图3),该沉积层序为典型的海退序列,为前陆斜坡扇三角洲体系(马智等,2005),并表现出复理石建造特征,岩性特征为明显的下细上粗的二元结构。而沉积记录表明北山地区在晚奥陶世存在一次造山过程,这次造山并未形成大规模的褶皱和逆冲作用,仅表现为洋盆萎缩、小范围的俯冲消减和软碰撞,从而形成局部的山体隆升和山前前陆盆地,白云山组正代表了初始造山阶段的前陆盆地复理石沉积(甘肃省地质调查院,2000;马智等,2005),标志着老的洋两类陆对峙格局即将结束,新的残留洋演化阶段的开始。在时限上可大致与祁连造山带的古浪运动相当,具有重要的地质意义。

### 3 区域地质特征对比

北山地区白云山组出露较为分散,在不同的区域出露岩石组合略有差异。

1:5万白山幅中磁海盐滩北剖面底部为硅质板岩和石英质板岩,上部以石英砂岩为主,夹少量硅质板岩。

1:20万方山口幅中头吊泉剖面以石英砂岩和长石石英砂岩为主,夹有少量硅质岩(甘肃省革命委员会地质局区测二队,1973)。1:20万五道明幅中的月牙山剖面下部为砾状灰岩,中部以硅质岩为主,夹有长石石英砂岩,上部以复成分石英砂岩和长石石英砂岩为主,并含有少量白云质灰岩(甘肃省地质局地质力学区测队,1977)。1:20万石板井幅中的白云山东剖面主要岩性为紫红色泥质粉砂岩、细砂岩和砾状灰岩、竹叶状灰岩、硅质灰岩夹少量英安岩、安山岩(甘肃省地质局第二区测队,1972)。1:20万六驼山幅中希热哈达剖面下部为粉砂质板岩、粉砂岩、细砾岩,底部夹安山质玄武岩,中部为粉砂岩与长石硬砂岩互层,上部为细砂岩与粉砂岩互层,夹硅质岩及少量辉石玄武岩,顶部夹英安岩、流纹岩(甘肃省地质局地质力学区测队,1979)。1:20万嘎顺淖尔幅中小狐狸山北该组剖面岩性以泥质板岩和粉砂质板岩为主,中间夹复成分砂岩和长石砂岩(甘肃省地质局地质力学区测队,1981)。

文中大豁落剖面的岩性组合为板岩、粉砂质板岩、细-粉砂岩与砾质砂岩、砂砾岩、砾岩等,局部夹硅质岩和灰岩透镜体。综上所述,大豁落地区出露的该套岩石组合,与区域上白云山组的岩石组合均为细碎屑

岩夹灰岩为主体,区域上总体变化不大,岩石组合上将其厘定为白云山组是可行的。

### 4 白云山组的时代特征

马鬃山南大豁落地区出露的一套岩性组合为灰绿色、黄绿色板岩、粉砂质板岩、细-粉砂岩与砾质砂岩、砂砾岩、砾岩等,局部夹硅质岩和灰岩透镜体,具向上变粗变厚的旋回型沉积层序,并认为与下伏的锡林柯博组为平行不整合关系(本次工作在锡林柯博组与白云山组接触部位,发现锡林柯博组灰黑色薄层硅质岩与白云山组砂岩互层产出,具有整合接触的特点,故不排除两者为整合接触的可能,还需进一步调查研究),将其厘定为白云山组,但没有生物化石及时代划分依据,也没有适合开展铅石U-Pb同位素测年的岩石,根据区域地质对比,推断白云山组地质年代为奥陶纪,但也不排除包含部分早志留世沉积的可能。

由于缺少可靠的生物地层学和年代地层学证据,关于白云山组的时代尚存在不同认识。1:25万马鬃山幅显示,该组平行不整合于含三叶虫 *Nankino lithus* 化石的奥陶纪锡林柯博组之上,在邻区罗雅楚山,其上与早志留世黑尖山组笔石页岩相沉积地层未见直接接触关系(甘肃省地质调查院,2000)。在1:20万石板井幅中,在白云山组上部获得珊瑚 *Favosites* sp., *Palaeofavosites* sp., 腕足类 *Skenidiodes* sp., 三叶虫 *Nileus* sp.等,将其时代厘定为奥陶纪(甘肃省地质局第二区测队,1972)。在1:20万六驼山幅在白云山组结晶灰岩夹层中采集到大量化石,包含三叶虫 *Trinodus* sp., *Parisceraurus* sp., *Staurocephalus* sp., *Spharexochus* sp., *Cyclopyge* sp., 还有腕足、苔藓虫、层孔虫,将其时代厘定为奥陶纪(甘肃省地质局地质力学区测队,1979)。综上所述,推断甘蒙北山地区白云山组地质年代奥陶纪,但也不排除包含部分早志留世沉积的可能。笔者在大豁落地区白云山组底部的泥灰岩夹层中发现牙形刺化石(图2),为白云山组形成时代提供了精确的生物地层学依据。

牙形刺是一种个体微小的齿状微体化石,质地坚硬、易于石化、保存较好,不受海底地貌限制,在海相地层划分和对比中发挥着重要作用(王成源,1987),被称为“最准确的地质计时器”。奥陶纪是牙形刺最繁茂和分布最广泛的时期(薛春玲等,2021),牙形刺具有极高的分异度和丰度,形成很多生物区(王成源,1998),尽管全球奥陶纪的主导化石是笔石,但很多奥陶系剖面地质年代的研究,牙形刺化石起到决定



性作用(Gradstein, 2004)。

笔者在大豁落地区所获牙形刺化石主要包括:大围刺 *Periodon grandis*, 分布于江苏、安徽和新疆塔里木地区, 上奥陶统汤山组和良里塔格组; 原潘德尔刺(未定种) *Protopanderodus* sp., 镰箭(未定种) *Drepanoistodus* sp., 分布于欧洲、北美洲、亚洲和澳大利亚奥陶纪地层(王成源, 1987); 刺形刺(未定种) *Spinodus* sp., 分布于欧洲和亚洲地区, 奥陶纪; 小剑刺(未定种) *Scabbardella* sp., 分布于欧洲、北美洲、亚洲和澳大利亚, 中晚奥陶世(王志浩等, 2011)。综上牙形刺组合特征, 地层时代应为晚奥陶世。

该地区出露的锡林柯博组为一套强烈变形的, 形成于深海-半生海环境的硅质岩, 局部夹少量砂砾岩, 1:25万马鬃山幅报告指出, 大豁落地区产头足类 *Michelinoceras* sp., 三叶虫 *Xenocyclopyge* sp., 其中三叶虫 *Xenocyclopyge* 为中奥陶世的典型分子, *Ainoceras chinense* 为宝塔期的标准带化石; 而王盛栋等(2017)在锡林柯博组中获得 *Inaniguttidae* 科及 *Proventocitiidae* 科放射虫化石, 为奥陶纪的重要分子(Buckman et al., 2001; 纵瑞文等, 2014), 但因化石保存问题无法具体鉴定。 *Proventocitiidae* 科放射虫最早曾在早奥陶世地层中被发现(Aitchison et al., 1998), 认为锡林柯博组的时代为早—中奥陶世。因此, 从岩石组合、化石时代以及形成环境综合分析认为, 将该套岩石组合与早—中奥陶世锡林柯博组区分开, 厘定为晚奥陶世白云山组是可行的, 进一步精确的限定了白云山组的时代, 为马鬃山南大豁落地区地层厘定与划分提供了新的依据。

## 5 结论

(1) 根据最新获得的牙形刺化石组合, 将白云山组的时代限定为晚奥陶世。

(2) 根据化石时代, 结合岩石组合特征以及形成环境综合分析, 将大豁落地区出露的一套板岩、砂岩、砂砾岩、砾岩, 局部夹灰岩的一套碎屑岩组合与早—中奥陶世锡林柯博组区分开, 厘定为晚奥陶世白云山组。

(3) 根据岩石组合特征、沉积层序与沉积相分析, 认为白云山组形成于山前前陆盆地环境, 预示着晚奥陶世时期北山地区已进入初始造山阶段, 为完善北山地层构造演化格架提供依据。

## 参考文献(References):

甘肃省地质局地质力学区测队. 1:20万五道明幅区域地质报

- 告[R]. 1977.
- 甘肃省地质局地质力学区测队. 1:20万六驼山幅区域地质报告[R]. 1979.
- 甘肃省地质局地质力学区测队. 1:20万嘎顺淖尔幅区域地质报告[R]. 1981.
- 甘肃省地质局第二区测队. 1:20万石板井幅区域地质报告[R]. 1972.
- 甘肃省地质矿产局, 甘肃省岩石地层[M]. 中国地质大学出版社, 1997.
- 甘肃省地质调查院. 1:25万马鬃山幅区域地质调查报告[R]. 2000.
- 甘肃省革命委员会地质局区测二队. 1:20万方山口幅区域地质报告[R]. 1973.
- 马智, 田毅, 龚全胜. 甘肃北山奥陶纪白云山组的沉积层序及地质意义[J]. 甘肃科技, 2005, 21(9): 82-83.
- MA Zhi, TIAN Yi, GONG Quansheng. Sedimentary sequence and geological significance of Ordovician Baiyunshan Formation in Beishan, Gansu[J]. Gansu Science and Technology, 2005, 21(9): 82-83.
- 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- 王成源. 牙形刺生物古地理[A]. 石宝珩, 编. 中国地质科学新探索[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.
- 王成源. 牙形刺[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- 王盛栋. 甘肃北山中部地区古生代洋板块地层重建与构造演化[D]. 武汉: 中国地质大学, 2017.
- WANG Shengdong. Reconstruction of Paleozoic Ocean Plate Stratigraphy in the middle Beishan Area Gansu Province[D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2017.
- 王志浩, 祁玉平, 吴荣昌, 中国寒武纪和奥陶纪牙形刺[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2011.
- WANG Zhihao, QI Yuping, WU Rongchang. Cambrian and Ordovician conodonts in China[M]. Hefei: China University of Science and Technology Press, 2011.
- 薛春玲, 戴霜, 陈中阳, 等. 亚洲奥陶系牙形刺生物地层研究进展[J]. 地球科学进展, 2021, 36(1): 29-44.
- XUE Chunling, DAI Shuang, CHEN Zhongyang, et al. Research progress of ordovician conodont biostratigraphy in Asia[J]. Advances in Earth Science, 2021, 36(1): 29-44.
- 纵瑞文, 王仔章, 龚一鸣, 等. 西准噶尔伊尼萨拉蛇绿混杂岩中奥陶纪放射虫的发现及意义[J]. 中国科学: 地球科学, 2014, 44(10): 2238-2246.
- ZONG Ruiwen, WANG Zizhang, GONG Yiming, et al. Ordovician radiolarians from the Yinisala ophiolitic melange and their significance in western Junggar, NW China[J]. Science China: Earth Sciences, 2014, 44(10): 2238-2246.
- Aitchison J C, Flood P G, Malpas J. Lowermost Ordovician (basal Tremadoc) radiolarians from the Little Port Complex, western Newfoundland[J]. Geologica Magazine, 1998, 135(3): 413-419.
- Buckman S, Aitchison J C. Middle Ordovician radiolarians from West Junggar, Xinjiang, China[J]. Micropaleontology, 2001, 47(4): 359-367.
- Gradstein F, Ogg J, Smith A. A geologic time scale 2004 [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.