

鄂尔多斯盆地西南缘 奥陶纪生物礁

叶 俭 杨友运 许安东 郑葆英
左智锋 周 义 李晋僧 李钟秀 著
宋国初 雍应新 张葆荣 张吉森

地 质 出 版 社

鄂尔多斯盆地西南缘 奥陶纪生物礁

叶 俭 杨友运 许安东 郑葆英
左智锋 周 义 李晋僧 李钟秀 著
宋国初 雍应新 张葆荣 张吉森

江苏工业学院图书馆
藏书章

地质出版社
· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

鄂尔多斯盆地西南缘奥陶纪生物礁/叶俭等著.-北京:地质出版社,1995.12

ISBN 7-116-01976-6

I. 鄂… II. 叶… III. 生物-礁-晚奥陶纪-盆地, 鄂尔多斯盆地 IV. ①P941.75②P534.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 17335 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:刘雨 赵俊磊

*

北京地质印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 4.5 图版: 6 页 字数: 102 千字

1995 年 12 月北京第一版·1995 年 12 月北京第一次印刷

印数: 1—200 册 定价: 8.00 元

ISBN 7-116-01976-6

P·1502

前 言

众所周知,我国南方生物礁早在 20 世纪 70 年代就已开展了研究工作,而北方生物礁的发现与研究都比较晚,只是近年来在山东,辽宁等地先后发现了寒武纪的藻和古杯生物丘,才结束了北方无礁的局面。

从显生宙开始,最古老的生物礁是寒武纪的古杯-藻礁,奥陶纪的生物礁紧随其后,也是时代比较老的。近年来在南方发现了早奥陶世的生物丘,扬子地台上晚奥陶世生物礁的研究资料也已发表,但关于中奥陶世的生物礁,尤其是华北地台奥陶纪的生物礁,至今还未曾见到报导。

早在 70 年代末期,长庆油田勘探开发研究院的宋国初、杜天澍等同志就在洛阳剖面发现了生物礁的线索,但由于种种原因,未能对其进行专门研究。1988 年初,西安地质学院教师叶俭、莫少龙及地矿部第三石油普查大队臧焕荣等同志确认淳化铁瓦殿有生物礁存在。同时,陕西地矿局区调队也在耀县将军山发现了生物礁。此后,又相继发现了铜川、永寿等地的生物礁。这些奥陶纪生物礁的发现,尤其是中奥陶世生物礁的发现,填补了我国造礁时期中的一段空白。

1991 年,这些发现和初步成果得到长庆石油勘探局的大力支持,双方同意设立了“鄂尔多斯西盆地南缘奥陶纪生物礁的研究”的项目。我们立即对已发现的生物礁进行了深入工作,并在礼泉以北的泾河河谷中发现了晚奥陶世的生物礁。这一发现对南缘晚奥陶世地层的存在与否的争论也可打上句号。

奥陶纪生物礁的研究不仅在基础地质研究方面有重要意义,而且对天然气地质与勘探也有实际意义,我们希望能在鄂尔多斯盆地找到一个与生物礁有关的气藏,进一步扩大天然气田的远景。

参加该课题的有西安地质学院的叶俭教授、(课题负责人)、杨友运讲师,许安东讲师、郑葆英讲师、李钟秀讲师、周义讲师,西安地质矿产研究所的李晋僧研究员,长庆石油勘探局勘探开发研究院的宋国初高工、雍应新高工、张葆荣高工、张吉森高工及左智锋工程师。

编写本书时的分工是:第一章 李晋僧、叶俭;第二章 许安东、李晋僧;第三章 杨友运、许安东、张吉森;第四章 郑葆英、叶俭,张葆荣;第五章 左智锋、郑葆英、叶俭,第六章 左智锋、叶俭;第七章 周义、许安东;第八章 杨友运、叶俭、宋国初;第九章 叶俭、杨友运,左智锋;第十章 郑葆英,李钟秀;前言和结束语由叶俭、宋国初、雍应新负责。英文摘要由杨友运负责。

全文由叶俭统一修订后定稿。

此书谨作为我们共同工作的纪念。

第一章 区域地质概况和含礁地层的划分和对比

一、区域地质概况

鄂尔多斯盆地西南缘已发现的奥陶纪的生物礁分布于陕西渭河以北东起富平、西至陇县长约 250km 的地区内,其地理范围为东经 $106^{\circ}40'$ — $109^{\circ}30'$,北纬 $34^{\circ}25'$ — $35^{\circ}10'$,面积约 2750km^2 。大地构造位置属于华北地台鄂尔多斯台向斜南缘的渭北隆起带。(图 1)

区内奥陶系发育较全,不仅有中、下统,还有上统。它们主要是潮坪-浅海相碳酸盐岩沉积,局部有较深水的碳酸盐岩和碎屑岩沉积。其中奥陶系下统东段以白云岩为主,主要为含盐类的蒸发潮坪相,西段以生物碎屑微晶灰岩为主,属正常的潮坪沉积。中统情况比较复杂,富平底店—耀县田家嘴以北及陇县平凉一带为浅海较深水沉积,主要为薄层状的灰岩、页岩,夹碎屑流成因的角砾灰岩组成,而在该带以南则为潮坪滩—礁相沉积,中奥陶世生物礁就位于该带中。上统与中统南部情况类似,亦为潮坪碳酸盐岩沉积,以滩、礁相为主,晚奥陶世生物礁就位于其中。

该区位于鄂尔多斯稳定地块南缘、秦岭造山带北侧,构造活动强烈,发育一系列多期活动的断裂,主要是近东西向及北东、北西向的三组断裂。这些断裂的长期活动势必影响该区的沉积,并影响含礁地层出露的完整程度,现在大部分地区的含生物礁地层的顶、底均出露不全,只有淳化杏塬—铁瓦殿剖面下部出露较完全,可以见到中统含礁地层与下统的关系。

早已发现,华北地台在奥陶系沉积过程中曾有一次区域性比较明显的构造活动,它发生在下奥陶统亮甲山组沉积以后,使亮甲山组抬升,并被剥蚀,在马家沟组底部常出现一套碎屑岩——砂、砾岩和页岩,被剥蚀残余部分顶部溶蚀充填作用发育。据近年来的研究,在中、下奥陶统之间也有一沉积间断,表现在马家沟组顶部溶蚀充填作用与去云化作用普遍发育,而且在有些地方,二者沉积相呈突变关系。如:富平地区,下奥陶统主要为微晶白云岩较发育的蒸发潮坪相,中奥陶统则为浅海相较深水的薄层灰岩、凝灰岩夹碎屑流。淳化铁瓦殿地区,下统与富平地区相似,主要为蒸发潮坪相,中统则以潮坪-礁相为主。沉积环境的突然变化,显示出中、下统之间不是连续沉积的。中奥陶世沉积时,各地沉积相不同,同期异相普遍存在已被公认,而且到处都有凝灰岩夹层,可见,早奥陶世沉积结束时,华北地台又经历了一次较强的构造运动,并伴随有火山活动。致使各地沉积环境出现明显差别。

二、含礁地层的划分和对比

渭北地区奥陶系主要出露在陇县—岐山—永寿—淳化—耀县—韩城一带,呈不连续的

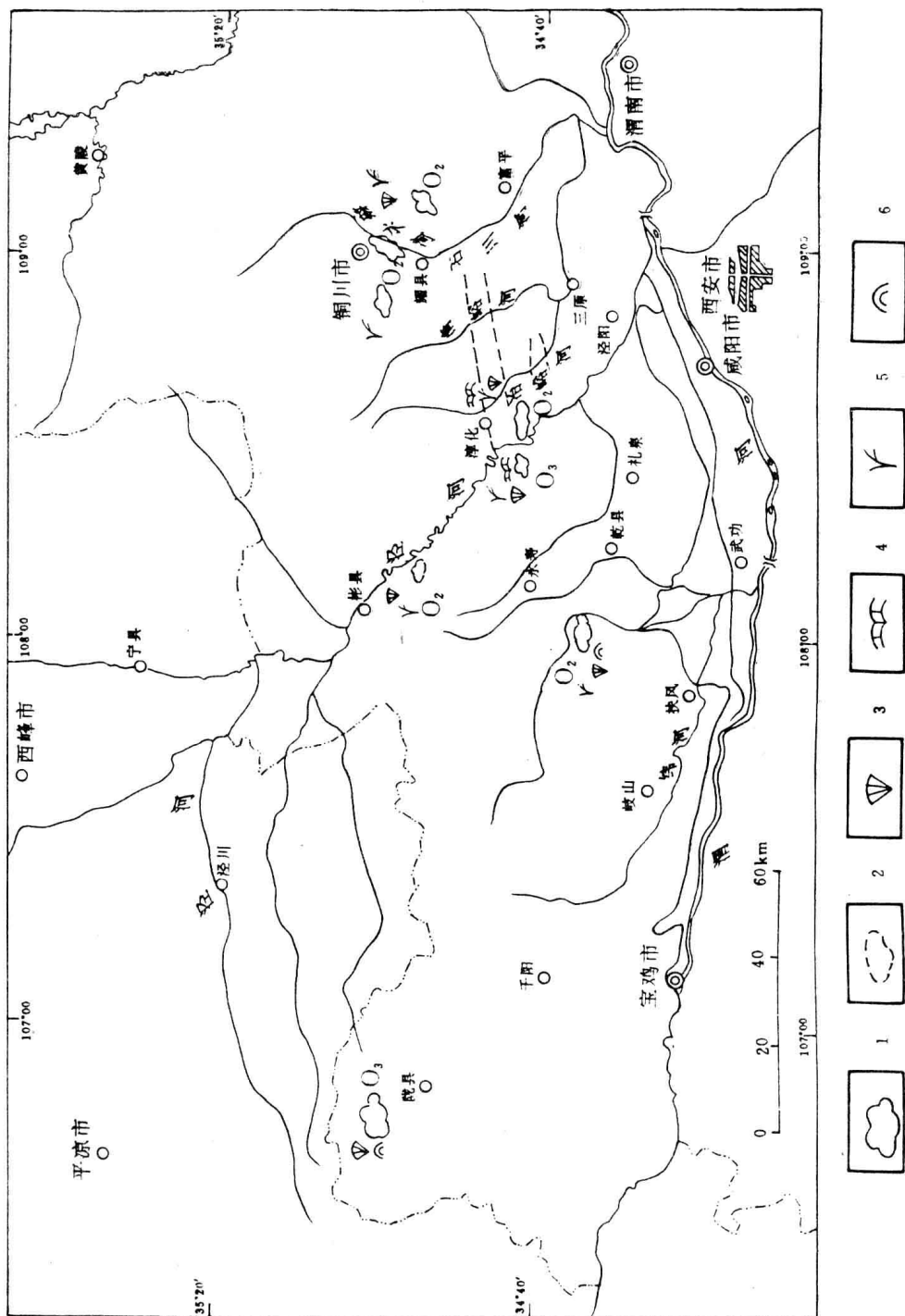


图1 鄂尔多斯盆地西南缘奥陶纪生物礁分布图

Fig. 1 Distribution of the Ordovician reefs in south-western margin of Ordos basin

1. 地表生物礁; 2. 隐伏生物礁; 3. 珊瑚; 4. 层孔虫; 5. 钙藻; 6. 叠层石

分布。下奥陶统主要由碳酸盐岩组成；中奥陶统在西部陇县—岐山一带为笔石页岩相，向东于永寿—耀县一带则相变为碳酸盐岩地层；上奥陶统自西部陇县至东部耀县皆以灰岩为主夹少量页岩，且为华北地层区唯一存在晚奥陶世地层的地段。

渭北地区奥陶系在各方地层古生物学家近 20 年的生物地层研究工作中，已取得了很大的进展，尤其是确认中奥陶统峰峰期后宝塔期至五峰早期地层的存在，这是在华北地层区吕梁山以东未曾见到的。

本报告涉及的工作区位于渭北泾河地区两岸，包括淳化铁瓦殿、永寿好畤河、泾阳徐家山、礼泉东庄及富平小园。该区是渭北含礁地层发育的理想地区，由于以往对本区生物礁系统研究不够，因而也影响到含礁地层时代的确立。

本节即是在系统研究、鉴定上述各地剖面化石的基础上，对含礁地层的时代提出对比意见。

1. 含礁地层主要剖面概述

1. 淳化铁瓦殿剖面

(未见顶)

- 34. 灰色块状微晶巨角砾灰岩。角砾多呈次棱角状。部分次圆状，砾径多为 20—50cm，最大 75cm。
砾石成分多为层孔虫骨架灰岩、生物碎屑灰岩和内碎屑灰岩 64.3m
- 33. 灰色块状微晶角砾灰岩 24.7m
- 32. 灰色块状亮晶砂屑灰岩夹红色中层状生屑微晶灰岩。顶部为灰色亮晶砾屑灰岩和微晶砂屑灰岩 71.92m
- 31. 灰色钙藻-叠层石障积、粘结灰岩 10.23m
- 30. 灰色块状亮晶砾屑灰岩，顶部为红色砂屑粉晶灰岩 29.96m
- 29. 灰色块状巨角砾灰岩，砾径多为 30—40cm，棱角一次棱角状，分选差，砾石成分以层孔虫骨架岩和内碎屑灰岩为主，也有生物碎屑灰岩和珊瑚骨架岩，顶部有层孔虫骨架岩和叠层石粘结岩。含穿孔层孔虫 *Forolinia*? (图版 8.3) 38.8m
- 28. 灰色块状亮晶砾屑灰岩 27.3m
- 27. 灰色块状亮晶砂屑灰岩及砾屑灰岩 19.08m
- 26. 灰色块状砂屑粉晶灰岩 16.6m
- 25. 灰色层孔虫骨架岩，含层孔虫 *Forolinia*?，床板珊瑚 *Cryptolichenaria* sp. 5.87m
- 24. 浅灰色块状砂屑微晶灰岩 16.5m
- 23. 浅灰色层孔虫骨架岩和钙藻障积岩。含层孔虫 *Forolinia*?，床板珊瑚 *Cryptolichenaria* sp. 32.8m
- 22. 灰色块状砂屑粉晶灰岩 22.0m
- 21. 层孔虫骨架岩和肾形藻障积岩，含 *Forolinia*? 24.0m
- 20. 灰色块状生屑、砾屑微晶灰岩 30.3m
- 19. 灰色块状砂屑细晶灰岩 36.39m
- 18. 浅灰色叠层石粘结岩和丛藻障积灰岩，底部为砾屑灰岩 6.4m
- 17. 浅灰色层孔虫骨架岩、珊瑚骨架岩和叠层石粘结岩，底部为砂屑粉晶灰岩，含层孔虫 *Forolinia*? 床板珊瑚 b Ⅱ-143 号 *Amsassia* sp. (图版 5, 3) 33.12m
- 16. 灰白色层孔虫骨架岩和叠层石粘结岩，含 *Forolinia*? 4.15m
- 15. 灰白色层孔虫骨架岩含 *Forolinia*? 20.7m

14. 浅灰色珊瑚—丛藻障积岩、层孔虫骨架岩和叠层石粘结岩,顶部有砾屑灰岩,含 *Forolinia* ?, 床板珊瑚 b II-134 号 *Amsassia* sp. (图版 5, 4) 18.63m
 13. 浅灰色层孔虫骨架岩、肾形藻障积灰岩,中间夹有中层状砾屑灰岩 36.0m
 12. 浅灰色砾屑灰岩、砾屑灰岩 0.6m
 11. 浅灰色层孔虫骨架岩 15.4m
 10. 浅灰色生物碎屑灰岩与层孔虫骨架岩互层,含 *Forolinia* ? 8.4m
 9. 浅灰色层孔虫骨架岩,顶有砾屑、砂屑灰岩 8.2m
- 牙形石 b II-5 号: *Oulodus* ? *tunguskaensis* (Moskalenko) (图版 3, 6) *Yaoxianognathus* sp. A (图版 3, 1—5) 及 *Plectodina* sp. A (图版 3, 9)
8. 灰色厚层微晶生屑灰岩,含丰富的牙形石: b II-4 号: *Tasmanognathus shichuanheensis* An, (图版 1, 1、6、8、9、11) *Periodon grandis* (Ethington) (图 2, 1—10)、*Protopanderodus liriipus* Kennedy (图版 3, 10)、*Pseudobelodina* cf. *dispana* (Glenister) (图版 1, 12)、*Yaoxianognathus* sp. A, (图版 3, 1—5) *Plectodina* sp. H (图版 3, 9) *Phragmodus* sp. (图 3, 7—8)、*Panderodus gracilis* Branson & Mehl (图 2, 11)、*Microcoelodus* ? sp. (图 3, 11—12) 45.6m
 7. 灰色厚层生物碎屑灰岩,生物碎屑含量 50%,主要为层孔虫,海百合、三叶虫、腕足、苔藓虫碎片;产角石 b II-3 号: *Kotoceras* (图 5, 7—8) sp., 牙形石 b II-3 号: *Tasmanognathus* sp. B. (图版 1, 13—14) 2.86m
 6. 灰色厚层砂屑粉晶灰岩 68.95m
 5. 灰色中层云化灰岩 6.4m
 4. 灰白色厚层生屑微晶灰岩 18.5m
 3. 灰白色中层亮晶砾屑灰岩 34m
 2. 灰色厚层生屑微晶灰岩,含腕足、三叶虫碎片 29m
 1. 灰色中层亮晶砂屑灰岩 8.4m

————— 整合 —————

下伏地层 下奥陶统马家沟组 粉晶白云岩

II. 永寿好畤河剖面

(未见顶)

9. 深灰色薄层泥晶灰岩 7.6m
8. 黑色块状“漂砾”泥晶灰岩 6.4m
7. 黑色块状亮晶砾屑灰岩,含三叶虫、海百合碎片 18.5m
6. 黑色层状微晶礁角砾灰岩,含床板珊瑚 *Lichenaria* sp. 2.4m
5. 灰黑色叠层石粘结岩,含少量角砾 3.6m
4. 黑色块状蓝绿藻-珊瑚骨架灰岩,含床板珊瑚 AH—1 号: *Lichenaria concava* Lin (图版 5, 1), AH—2 号: *Lichenaria* sp. (图版 5, 2) 角石, AH2—1 号 *Liulinoceras* cf. *taoqupoensis* zou et Shen (图版 5, 6), 牙形石: A—14—1 号: *Tasmanognathus shichuanheensis* An, *T. careyi* Burrett. 9.15m
3. 黑色块状蓝藻障积灰岩与蓝绿藻粘结灰岩,含牙形石 I—5 号: *Tasmanognathus shichuanheensis* An, *Yaoxianognathus* sp., *Microcoelodus* ? *Symmetricus* Branson et Mehl 9.5m
2. 黑色厚层块状含大角砾灰岩 11m
1. 黑色厚层亮晶砂屑灰岩,含三叶虫、海百合碎片 12.6m

(未见底)

Ⅲ. 富平小园剖面

(未见顶)

36. 深灰色厚层灰岩夹砾屑灰岩透镜体。顶部含牙形石: (将牙 5 号) *Belodina compressa* (Branson et Mehl) (图版 4, 4, 12), *Panderodus gracilis* (Branson et Mehl) (图版 4, 8) *Tasmanognathus* sp.。底部含牙形石: (将牙 4 号) *Tasmanognathus careyi* Burrett (图版 4, 6), *Microcoelodus* ? *symmetricus* Branson et Mehl (图版 4, 5、10、11) 20.14m
35. 深灰色薄层泥晶灰岩及生屑灰岩。含牙形石: (将牙 6 号) *Belodina* sp. (图版 4, 7、9), *Panderodus gracilis* (Branson et Mehl), (图版 4, 8) 6.94m
34. 深灰色含砂屑生屑泥灰岩 3.04m
33. 深灰色泥晶灰岩 2.7m
32. 珊瑚骨架灰岩。含牙形石: (将牙 3 号) *Qrepanodus streblus* An (图版 4, 13), *Microcoelodus* ? *symmetricus* Branson et Mehl, *Panderodus gracilis* (Branson et Mehl), *Tasmanognathus* sp. 0.94m
31. 浅灰色厚层粉晶砂屑灰岩。含牙形石: (将牙 7 号) *Tasmanognathus careyi* Burrett, *Microcoelodus* ? *symmetricus* Branson et Mehl, *Panderodus gracilis* (Branson et Mehl), *Trichonodella* sp. 2.82m
30. 深灰色厚层粉晶砂屑灰岩, 含牙形石: (将牙 2 号) *Tasmanognathus shichuanheensis* An (图版 4, 1—3), *Danderodus gracilis* (Branson et Mehl), *Belodina compressa* (Branson et Mehl) (图版 4, 4, 12)。 *Oulodus* ? *tungusnaensis* (Moskalenko) (图版 4, 14) *Eoligonodina* sp.。(将牙 1 号) *Tasmanognathus* sp., *Danderodus compressus* (Branson et Mehl) (图版 4, 8) 14.7m
29. 浅灰色含砂屑、藻屑灰岩, 含牙形石: (JXI-138) *Microcoelodus* ? *symmetricus* Branson et Mehl (图版 4, 5、10、11) 32.0m
28. 深灰色粉晶灰岩夹薄层砂屑灰岩, 含牙形石: (JXI-130、JXI-131) *Tasmanognathus* sp. 24m
27. 深灰色厚层砾屑灰岩 2.0m
26. 深灰色泥晶灰岩 13.0m
25. 深灰色粒屑灰岩 8.0m
24. 浅灰色含砂屑灰岩 21.0m
23. 深灰色鲕粒砂屑灰岩 11.5m
22. 浅灰色含砂屑藻屑微晶灰岩 18.0m
21. 青灰色白云石化的粒屑藻灰岩 14.0m
20. 珊瑚骨架灰岩。含珊瑚 *Lichenaria concava* Lin 7.0m
19. 灰色粒屑白云质灰岩 3.0m
18. 浅灰色白云岩 12.0m
17. 青灰色含砂屑藻屑灰岩 6.0m
16. 青灰色砂屑灰岩夹粒屑灰岩 35.0m
15. 青灰色厚层灰岩 2.0m
14. 灰白色含砂屑砾屑灰岩, 夹有藻灰岩 4.8m
13. 浅灰色藻灰岩夹珊瑚骨架灰岩 16m
12. 灰白色生物碎屑灰岩 0.8m

- | | |
|--|---------|
| 11. 珊瑚骨架灰岩。 <i>Lichenaria concava</i> Lin (图版 6, 1—2) | 12. 8m |
| 10. 浅灰色砂屑灰岩 | 1. 6m |
| 9. 浅灰色钙质白云岩, 含牙形石: (JXI—79) <i>Oulodus? tungusnaensis</i> (Moskalenko) | 12. 1m |
| 8. 灰色含砾屑灰岩 | 15. 7m |
| 7. 浅灰色、灰色白云质灰岩夹细晶白云岩和薄层珊瑚灰岩。珊瑚为 <i>L. concava</i> Lin | 23. 5m |
| 6. 珊瑚—钙藻障积骨架灰岩, 含牙形石: (JXI—47) <i>Panderodus gracilis</i> (Branson et Mehl), <i>scolopodus</i> sp.。珊瑚为 <i>Lichenaria</i> sp. | 19. 5m |
| 5. 浅灰色、灰白色砂屑白云质灰岩夹白云岩 | 44. 9m |
| 4. 灰白色砂屑灰岩夹细晶灰岩 | 13. 75m |
| 3. 珊瑚骨架灰岩。珊瑚为 <i>Lichenaria</i> sp. | 16. 5m |
| 2. 青灰色生物碎屑灰岩 | 11. 2m |
| 1. 浅灰色粉—细晶白云岩 | 22. 2m |
| (未见底) | |

IV. 礼泉东庄乡剖面

上覆地层 上奥陶统桃曲坡组 灰绿色页岩, 底部夹凝灰岩

—— 整合 ——

- | | |
|--|--------|
| 3. 礁灰岩、产极其丰富的珊瑚化石, 计有: <i>Favistina dyborskii</i> Soshkina (图版 7, 1), <i>F. formasa</i> Deng (图版 7, 2), <i>F. longxianensis</i> Deng, <i>F. strigosa</i> Deng <i>F. irregularis</i> yü (图版 7, 3), <i>F. shifosiensis</i> Cao (图版 7, 5), <i>Palaeofavosites ivanovi</i> Sokolov (图版 7, 6), <i>Syringoporella yaoxianensis</i> Lin (图版 7, 4) | 43m |
| 2. 浅灰色厚层藻障积灰岩 | 27. 0m |
| 1. 深灰色厚层状砂屑灰岩 | 11. 3m |
| (剖面下部出露不全) | |

2. 主要动物群分析和时代对比

上述四个剖面产有较丰富的牙形石及珊瑚、层孔虫和少量的角石; 但所含的化石内容, 并不易确定它们的具体化石分带, 依牙形石动物群所含带分子的出现来看, 淳化剖面层八、永寿剖面层六和层五、富平小园剖面层三十皆已出现 *Tasmanognathus shichuanheensis* Hn, 其上在前述的三个剖面均未分析出 *T. gracilis* Hn 和 *T. multidentatus* Hn, 因而, 应约相当于安太庠 (1985、1990) 在耀县桃曲坡所建立的 *Tasmanognathus shichuanheensis* 带; 该带分布于耀县组下部, 高于峰峰期。但从该区整个牙形石动物群所包含的主要分子如: *Yaoxianognathus* sp. H, *Pseudobelodina dispansa* (Glenister), *Plectodina* sp. H, *Oulodus? tungusnaensis* (Moskalenko), *Periodon grandis* (Ethington), *Protopanderodus liripipus* Kennedy 等分析, 其面貌应与 *Tasmanognathus shichuanheensis* 带和 *T. multidentatus*-*T. gracilis* 带对比; 就是说依牙形石全貌看, 上述三个剖面 (礼泉东庄除外) 还应包括了相当耀县组上部的层位。这种认识基于所含主要分子的前三种在耀县桃曲坡、内蒙古乌拉特前旗余太地区 *T. multidentatus*-*T. gracilis* 带才出现, 其中 *Pseudobelodina dispansa* 在陕西陇县背锅山组下段并存在, 该种在国外北美、加拿大多出现于中奥陶世晚期或晚奥陶世早期; 另一主要分子 *yaoxianognathus* sp. A 所表现的大锯齿间的小锯齿特征 (图版 3, 1—5) 与 *hindeodellid* 型更为接近, 这些都反映了该动物群所含分子的层位在奥陶纪时倾向偏高的趋势; 前述主要分子的后三种为 *Tasmanognathus shichuanheensis* 和 *T. multidentatus*-*T.*

gracilis 两带共存分子,其中 *Oulodus ? tunguskaensis*, *Periodon grandis* 在耀县期才开始呈现,而耀县期以前未见,安太庠等(1990)曾将该两种及 *T. shichuanheensis* 的首次出现作为 *T. shichuanheensis* 带的特征,但这三个种也皆可向上延伸至 *Tasmanognathus multidentatus*-*T. gracilis* 带,如耀县耀县组层五及富平金粟山组第三、四段。*Protopanderodus liripipus* 也为层位偏高的奥陶纪分子,分布于陕西陇县龙门洞组上部、扬子区的宝塔组,在国外曾发现于加拿大新不伦瑞克 *Amorphognathus tuoerensis* 带 *prioniodus alobatus* 上亚带;该亚带大体相当于 *T. multidentatus*-*T. gracilis* 带。根据上述分析,工作区主要三个含牙形石剖面(淳化、永寿、富平小园)虽未发现 *T. multidentatus*-*T. gracilis* 建带分子(仅发现 *T. shichuanheensis* 带分子),但牙形石动物群的组合面貌,反映了共据两带的特征,为耀县期的牙形石组合,而与耀县耀县组对比。

角石在划分对比地层方面,同样起着重要的作用,淳化铁瓦殿剖面层七含 *Kotoceras* sp., 同层内亦产 *Tasmanognathus* sp.; 永寿好时河层含 *Liulinoceras* cf. *taogupoensis* Zou et Shen, 同层内亦产 *T. shichuanheensis* An, 这是两个剖面中唯一发现的两个角石层,陈均远(1984)曾于陕西耀县桃曲坡耀县组建立了 *Liulinoceras*-*Kotoceras* 组合;并根据该头足类群在我国及朝鲜的分布,认为耀县组的时代可能属于早奥陶世晚期或中奥陶世早期,这样在时代对比上就产生了和牙形石结论相矛盾的现象。作用着眼于工作区和耀县地区角石层所产出的层段均处于相当 *T. shichuanheensis* 带至 *T. multidentatus*-*T. gracilis* 带内的事实;根据当前国内外对牙形石作为奥陶纪生物地层划分对比所起的决定性作用,本报告主要依牙形石的标准将工作区上述三个剖面的奥陶纪地层对比于陕西耀县桃曲坡的耀县组;工作区通常称日“泾河组”^①。但在桃曲坡,由于耀县组未见底而出露的不完整性,安太庠(1985、1990)认为耀县组不含峰峰期的牙形石。至于本区泾河组底部及顶部未发现牙形石的层段,究竟有多少部分相当峰峰期以及有无桃曲坡期早期的沉积,还需进一步分析牙形石,以求解决。然而,主要含礁部分的地层对比于耀县组 *T. shichuanheensis* 带至 *T. multidentatus*-*T. gracilis* 带。

上述三个剖面除牙形石、角石外,皆含丰富的床板珊瑚及层孔虫;前者计有 *Lichenaria*、*Cryptolichenaria*、*yaoxianopora* 及 *Amsassia* 等,后者为 *Actinostroma*, 该两类生物群主要构成造礁生物,生物地层意义不及牙形石和角石。

礼泉东庄乡含礁地层含丰富的四射珊瑚及床板珊瑚(见前述剖面所列属种),这些属种广泛分布于鄂尔多斯台缘、我国西北地区及俄罗斯的西伯利亚地台和哈萨克斯坦地区,其生物群总面貌完全可以进行对比,根据工作区珊瑚群产出的特点,其时代置于晚奥陶世桃曲坡期。

本节开始曾提到在渭北陇县—岐山一带中奥陶统发育笔石页岩相的龙门洞组,从陇县往北至平凉,中奥陶统即为袁复礼教授(1923)创建的久负盛名的笔石页岩相平凉组;该相带的笔石、牙形石曾先后经付力浦(1977)、李晋僧等(1983)、陈均远、王志浩等(1984)、安太庠等(1990)进行了研究;笔石与牙形石的研究,为渭北地区西部与东部不同相区的地层对比,提供了确切的证据;由于在甘肃平凉平凉组 *Nemagraptus gracilis* 带的含有

① 据马润华(1990),陕西的奥陶系,称该区中奥陶统为泾河组。

表 1—1 鄂尔多斯盆地西南缘中奥陶世地层对比表

Table 1—1 Stratigraphic correlation of Middle Ordovician in southwestern margin, Ordos basin

[illegible]

① 在内蒙古太地区乌兰胡洞组顶部该带化石与 *Yaorianognathus neimengguensis* 共生。

②与 *Nemagraptus gracilis* 带相当的牙形石, 在平凉组混有 *Microcoelodus symmetricus*, *Erismodus typus* 及 *Tasmanognathus* sp.。

Microcoelodus symmetricus, *Erismodus typus* 及 *Tasmanognathus* sp., 等牙形石, 对比于峰峰组八陡段; 陇县龙门洞组顶部 *Climacograptus geniculatus* 带产有 *yaoxianognathus neimengguensis* 对比于桃曲坡组下部 (安太庠), 1990, p. 108)。

工作区淳化、永寿、泾阳及富平小园等地所含牙形石层位位于上述两笔石带之间, 即相当 *Climacograptus peltifer* 带—*Climacograptus wilsoni* 带的范围, 对比于东侧的耀县组及西邻的龙门洞组中、上部; 时代相当庙坡期晚期—宝塔期早期。但前述各地相当庙坡早期 *Glyptograptus retiusculus*-*Nemagraptus gracilis* 带内及宝塔晚期相当 *Dicranograptus clingani* (或 *Climacograptus geniculatus* 带) 带内牙形石还未确证, 因而该地区泾河组底部及顶部有无相当峰峰组和桃曲坡组下部的层位仍需进一步研究。

当前主要以牙形石产出的特点, 牙形石动物群所含主要分子、组合面貌及其剖面层序; 将本区 (淳化铁瓦殿、永寿好畤河、泾阳徐家山、富平小园) 所列奥陶系剖面, 在层位上与东部耀县地区的耀县组、桃曲坡组下部 (工作区置以东), 富平地区的金粟山组、峰峰组 (工作区置以东) 和西部陇县地区的龙门洞组对比; 主要成礁地层的部位相当耀县组 *Tasmanognathus shichuanheensis* 带至 *T. multidentatus*-*T. gracilis* 带; 即成礁地层的时代相当于胡乐 晚期至潞江早期; 相当英国卡拉多克期的早、中期 (参见表 1—1: 渭北中奥陶世地层对比表)。

第二章 主要造礁（丘）生物和 附礁（丘）生物

在叙述区内造礁（丘）生物之前，有必要将文中所用的有关“生物礁”的几个术语加以说明，因为“生物礁”这个术语，已经沿用一百多年了，但对其概念，至今仍有不同的认识，特别是研究古代的生物沉积时，其形态、组构等都不是千篇一律的，有些也难以与现代的“生物礁”完全类比。因此，又有许多新的术语提出，如：“生物丘”、“生物层”（卡明斯和施罗克，1928、1930、1932）、“碳酸盐岩隆”（斯坦顿，1967，谢尔沃特 B. W. 1978）和“碳酸盐岩隆礁”（范嘉松，1983）等。

当然，每一个术语的提出，都有它的含义，但是，考虑到人们的习惯用法和实际工作中使用方便，我们采用了“生物礁”、“生物丘”和“生物层”三个术语。它们的含义是：

“生物礁”（reef），地貌上具有明显的隆起，突出于同期沉积物之上，内部无层理、斑杂状构造；造礁生物占 30% 以上，具原地生长的痕迹；造礁生物或造礁生物被藻类或层孔虫缠绕组成能抵抗风浪的骨架岩，或生物体之间为栉壳状亮晶方解石胶结而成骨架岩。

“生物丘”（bioherm），地貌上具有明显的隆起，突出于同期沉积物之上；内部无层理，斑杂状构造；造丘生物发育，占 30% 以上，具原地生长痕迹；生物体之间充填泥晶方解石、砂屑和其它生物碎屑，造丘生物起障积作用，形成障积岩。

“生物层”（biostrome），地貌上没有明显的隆起，大致成层分布；内部无层理，斑杂状构造；生物发育，占 30% 以上，具原地生长痕迹；生物体之间一般为泥晶方解石，可由障积岩、粘结岩组成，也可由骨架岩组成。

如果一个礁（丘）体中有几类岩石，我们以其主要的组成岩石类型命名。

区内中、晚奥陶世生物礁（丘）的主要造礁（丘）生物为床板珊瑚、四射珊瑚、层孔虫及藻类。附礁（丘）生物有头足类、腕足类、腹足类、三叶虫、海百合、介形类、牙形石等。现分别叙述如下：

一、主要造礁（丘）生物

1. 珊瑚

床板珊瑚 主要为地衣珊瑚（*Lichenaria*，图版 5，2；图版 6，2），始弗氏珊瑚（*Eofletchria*）阿姆塞士珊瑚（*Amsassia* 图版 5，3—4），耀县管珊瑚（*Yaoxianopora* 图版 5，5），笛管珊瑚（*Syringoporella* 图版 7，4）、古巢珊瑚（*Palaeofarosites* 图版 7，6）和链珊瑚（*Halysites*）。

四射珊瑚 主要为小蜂房星珊瑚（*Faristina*，图版 7，1、2、3、5）。

这些珊瑚在富平、耀县、铜川一带及泾阳徐家山、永寿好时河中奥陶世生物礁及礼泉东庄晚奥陶世生物礁中都是主要的造礁生物。它们大都呈原地生长状。部分歪倒或就地倒

塌成碎块。有的地方珊瑚成密集式生长，有的地方分散成簇状，它们本身组成骨架形成骨架岩，或障积灰泥和其它生物碎屑而成障积岩。在礁翼中也常见珊瑚的碎块。

一般地衣珊瑚、始弗氏珊瑚等骨架较粗大，均具抗浪能力。可在高能带生存，但下凹地衣珊瑚呈扁圆状，只能在低能带生活。

2. 层孔虫

区内层孔虫按形态可分为板状层孔虫及块状层孔虫。在淳化铁瓦殿中奥陶世生物礁及礼泉晚奥陶世生物礁中是主要的造礁生物。

板状层孔虫 最常见的是穿孔层孔虫? (*Forolinia* 图版 8, 3) 它们或单独生长，或绕砾屑生长形成骨架岩。它们都是在海水清洁、水体流畅、有坚硬的底质或附着物的环境中生活。也可围绕床板珊瑚生长，增强珊瑚抗风浪的能力而组成层孔虫-珊瑚骨架岩。

块状层孔虫 不包覆任何角砾，呈弧形向上生长，单独构成抗浪骨架，形成骨架岩。

以上两类层孔虫主要为中奥陶世的造礁生物蜂巢层孔虫 (*Ecclimadictyon*) (图版 8—2) 和网格层孔虫 (*Clathrodictyon*) (图版 8—3) 是晚奥陶世的主要造礁生物，一般均呈原地生长状或绕内碎屑生长，组成骨架岩。在有些礁体中层孔虫占主要地位，有些礁体中层孔虫只居次要地位。

3. 藻类

区内藻类非常丰富，有的成为生物丘或生物层的主体，有的与其它生物（如珊瑚）一起组成生物丘。耀县桃曲坡中奥陶世生物丘和生物层就是以藻类为主的，淳化铁瓦殿中奥陶世中上部的生物丘也是以藻类为主的；此外，礼泉东庄晚奥陶世下部的生物丘也是以藻类为主的。

中奥陶世的藻类主要为葛万藻 (*Girvanella*，图版 8, 4)、表附藻 (*Epiphyton*，图版 8, 5)、肾形藻 (*Renalcis*，图版 8, 6)、绒毛藻 (*Trichophyton*，图版 8, 7)、奥特藻 (*Ortonella*，图版 8, 8)、丛藻 (*Phacelophyton*，图版 9, 1—2)、前管藻 (*Proaulopora*，图版 9, 3)、蠕孔藻 (*Vermiporella*，图版 9, 4)、微海松藻 (*microcodium*；图版 9, 5) 及叠层石 (*Stromatalite*)。

绒毛藻与表附藻均可障积灰泥形成障积岩，但这些藻类枝干比较纤细，只能在水动力条件较弱的环境下生存，不适宜在高能带生活。但它们可以适应较浑浊的水体。

肾形藻的藻体较微小，可以障积灰泥，与其它藻类一起组成障积岩，有时也分布在床板珊瑚周围，与珊瑚共同障积灰泥。

葛万藻一般围绕生物遗体或砾屑生长形成粘结岩。

丛藻呈树枝状，可与其它钙藻一起障积灰泥和砂屑形成生物丘。也可在珊瑚丛之间生长、繁殖。常与其它藻类一起组成生物丘。

奥特藻、微海松藻与蠕孔藻具有较粗的枝干，呈丛状生长，能抵抗较强的风浪。可以在水动力较强的条件下生活，而且它们是管光合作用的蓝绿藻，只能在水浅、透光好的条件下发育。它可障积灰泥、砂屑。组成障积生物丘。

叠层石是由蓝绿藻粘结灰泥而成。一般分布在生物礁或生物丘的底部。紧靠礁基底的砂、砾屑滩，它们覆盖在砂、砾屑滩上，可以增加基底的坚固性，为需要在坚硬底质上生长的生物（如珊瑚、层孔虫等）创造了条件。

有些珊瑚周边被蓝绿藻包围，起到了增强珊瑚抗浪能力的作用。此外，它还和其他钙

藻一起在砾屑滩上粘结灰泥，组成一个个小丘。

晚奥陶世的藻类有阿加卡藻 (*Ajakmalajatoria*)、(图版 9, 7) 管孔藻 (*Salenopora* 图版 9, 8) 和基座藻 (*Hedstroemia* 图版 9, 6) 它们与珊瑚、层孔虫一起障积灰泥形成生物丘。有原地生长的，也有倒下的。

按照主要造礁(丘)生物群落的特征，可将本区的生物礁(丘、层)分为以下几种类型：

- (1) 藻生物丘；
- (2) 藻-珊瑚生物礁(丘)；
- (3) 层孔虫-珊瑚生物礁；
- (4) 藻-层孔虫生物丘(层)；
- (5) 藻-层孔虫-珊瑚生物礁。

第一类型的生物丘，见于耀县桃曲坡和淳化铁瓦殿顶部，为中奥陶统泾河组。

第二类型的生物礁(丘)，分布于铜川、富平、耀县、永寿，也属中奥陶统泾河组。

第三类型，只有泾阳徐家山的生物礁，也为中奥陶统泾河组。

第四类只发育在淳化铁瓦殿剖面中奥陶统泾河组中。

第五类，除在淳化铁瓦殿中奥陶统泾河组中发育外，礼泉东庄、陇县新集上奥陶统背锅山组的生物礁也属于此种类型。

二、主要的附礁(丘)生物

头足类 主要有柳林角石 (*Liulinoceras*) 古滕角石 (*Kotoceras* sp.) 等。它们为游泳生物，死亡后有的作为碎屑堆积在礁体中，有的被葛万藻或蓝绿藻包绕，成为藻类生长的底质。

腕足类和腹足类 均为底栖生物，但前者固着海底，常可与造礁生物争夺空间、食物。而腹足类则可在海底游移，对礁体或其它底质进行挖掘，因而对礁体起破坏作用。

海百合 是一种底栖固着生物，可与造礁生物竞争，作为礁体中的一个成员，死亡后成礁体的填隙物，也可成为礁体发育的基底。

三叶虫 为底栖游移生物，其生活活动可能对礁体产生破坏作用，死亡后的遗体可堆积在礁体中。

牙形石类 主要为塔斯满牙形石 (*Tasmanognathus*) 假似针牙形石 (*Pseudobelodina*)、扭曲牙形石 (*Oulodus*) 等。这些牙形石都是浅水(潮间—潮下)环境的生物，从 Burrett (1979) 建立该属时就确定了它们的沉积环境。

属种描述

牙形类

塔斯满牙形石属 Genus *Tasmanognathus* Burrett, 1979

模式种 *Tasmanognathus careyi* Burrett, 1979

石川河塔斯满牙形石 *Tasmanognathus shichuanheensis* An, 1985

(图版 1, 图 1—6、8、9、10)

1985 *Tasmanognathus shichuanheensis* An, p. 105—106, Pl. 1. 1—6.

该种为安太庠 1985 年所建立的新种, 由 6 个分子组成, 本次只获得常见的三个分子, 其中 *spathognathodiform* 分子非常丰富; 该分子锯齿已很规则 (和 *T. sishuiensis* 对比), 但后骨片锯齿较 *T. gracilis* 锯齿低, 反口缘微略向上凸出。

产地层位: 陕西淳化铁瓦殿、陕西永寿好畤河、陕西富平小园; 中奥陶统泾河组。

假似针牙形石属 Genus *Pseudobelodina* Sweet, 1979

模式种 *Pseudobelodina Hirshi* stone and Furnish, 1959

扩张假似针牙形石 *Pseudobelodina dispansa* (Glenister, 1957)

(图版 1, 图 12)

Belodina dispansa (Glenister) 王志浩等 1984. p. 253—254, 图版 VI, 图 3、4。

Pseudobelodina dispansa (Glenister) 安太庠等 1990, 图版 VII, 图 16、17。

当前的标本在齿体的外形如齿体横伸、侧扁、细长以及齿体后缘具 5 个以上的细齿, 细齿近等大且向前倾斜诸特征与王志浩等 (1984) 所订的背锅山组标本 (图版 VI, 图 4) 一致。

产地层位: 陕西淳化铁瓦殿、陕西富平小园; 中奥陶统泾河组。

耀县牙形石属 Genus *Yaoxianognathus* An, 1985

模式种 *Yaoxianognathus yaoxianensis* An, 1985

耀县牙形石 (未定种 A) *Yaoxianognathus* sp. A

(图版 3, 1—5)

Yaoxianognathus sp. A, 安太庠等, 1985, 图版 I、图 8。

当前仅分析出 *Cordylodiform* 分子, 虽不太完整, 但后骨片上虽 *hindeodellid* 型的细齿非常典型, 与安太庠等 (1985) 所置 *y. sp. A* 一致。

产地层位: 陕西淳化铁瓦殿、陕西永寿好畤河; 中奥陶统泾河组。

扭曲牙形石属 Genus *Oulodus* Branson et Mehl, 1933

模式种 *Cordylodus serratus* Stauffer, 1930

通古斯扭曲牙形石 *Oulodus ? tunguskaensis* (Moskalenko, 1973)

(图版 3、图 6, 图版 4、图 14)

Phragmodus ? tunguskaensis Moskalenko, 王志浩等, 1984, P. 273

(图版 10, 图 14、15、17、21)

Oulodus ? tunguskaensis (Moskalenko), 安太庠等, 1985。