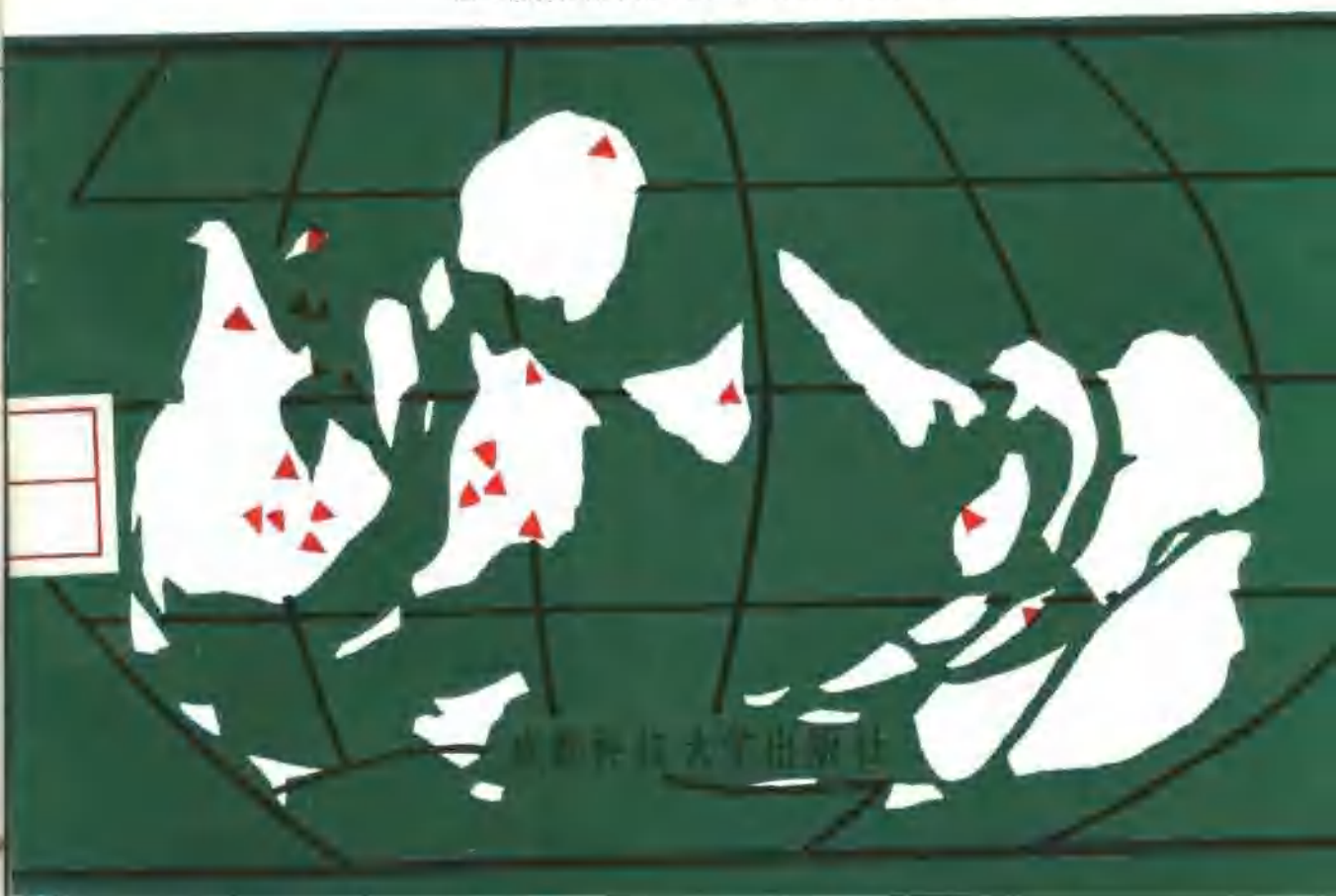


中国川西北地区 志留纪生物礁

The Silurian Reefs in Northwestern Sichuan, China

张廷山 兰光志 高卫东
(加) P. 科珀 等著

油气藏地质及开发工程国家重点实验室系列著作



油气藏地质及开发工程
国家重点实验室系列著作

中国川西北地区 志留纪生物礁

**The Silurian Reefs in Northwestern
Sichuan, China**

张廷山 兰光志 高卫东
(加) P. 科珀 等著

成都科技大学出版社
1994年1月

(川)新登字 015 号

责任编辑 罗先碧 赖晓霞

封面设计 唐朗青

中国川西北地区 志留纪生物礁

张廷山 兰光志 高卫东 P. 科珀(加) 等著

成都科技大学出版社出版

南充金文印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8

1993 年 10 月第 1 版 1994 年 1 月第 1 次印刷

字数: 150 千字 印数: 1—500

ISBN 7—5616—2355—0/Q. 23

定价: 8.00

前 言

本地区处川、陕两省交界地带,志留纪地层十分发育,地表露头良好,化石丰富,沉积类型特殊,是研究志留纪地层、古生物、古生态、沉积环境与沉积相的良好场所,历来为人们所注目。特别是在数十年的研究历史中,本区不仅在地层及古生物方面有过大量的经典性成果问世,而且还为本项目的研究提供了很多宝贵的资料。但是,过去由于大家对本区志留系的研究多局限在地层的划分、对比以及古生物化石的分类描述上,所以长期以来本区无论是在沉积环境与沉积相,还是在古生态的研究方面,基本上处于空白状态,仅在早期的岩相描述中划分有龙马溪页岩相、石牛栏灰岩相及韩家店岩相,以分别代表下,中,上志留统(尹赞勋,1949);以及在《广元幅区调查报告》中,首次将该区地层中的灰岩夹层描述为“礁灰岩”,但无详细的论述。

1988年5月西南石油学院勘探系石油地质87级硕士研究生王振宇、宋开辉在进行毕业论文野外地质资料收集过程中率先在四川省广元朝天火车站附近的志留纪地层中发现了夹于泥页岩中的大量珊瑚灰岩存在,拟为生物礁。同年10月,二位研究生与勘探系侯方浩、张廷山以及四川石油管理局川西北矿区科研所的蓝贵、蔡永禄、邓明等一道在该区作较深入的地质调查时,证实四川广元朝天的确有良好的生物格架礁发育,并初步查明从陕西宁强至四川广元朝天沿108国道一线,在志留纪地层中分布有上百个点礁、生物丘及灰泥丘。它们在广元朝天、宣和、中子以及宁强石咀子、玉石滩等地都有出露,再向东北还可延伸至陕西留坝闸门石一带;向南在四川广元河湾场河深一井中也发现了地下隐伏的志留纪生物灰泥丘及其天然气显示。随后张廷山、侯方浩又以广元朝天礁为重点初步对该区生物礁进行了古生态及发育阶段划分,并在《西南石油学院学报》(1989年第11卷第2期)上作了简短报道。1989年初,在西南石油学院科研基金的资助下,由蓝光志、张廷山、高卫东、强平组成了“川西北地区志留纪生物礁古生态与古环境”课题组(项目编号89—28),正式对该区志留纪生物礁进行综合研究。与此同时,以西南石油学院勘探系方少仙教授负责,侯方浩、王振宇、张廷山以及四川石油管理局川西北矿区蓝贵、何军、蔡永禄、邓明等参加的协作项目:“川西北广元地区二迭纪沉积相研究”课题,亦相应增加了有关该区志留纪生物礁的部分研究内容。本项目研究工作自1989年4月开始至1991年10月,先后4次赴野外实测生物礁剖面6条,并对区内其它剖面进行了路线观察,取得了可靠的资料。协作项目组也先后二次赴该区详细观察生物礁剖面,并于1992年向川西北矿区提交了研究报告,得到矿区主管部门及专家的好评。

本书是在完成院89—28项目的基础上精心撰写的。全书共分九章,约15万字,图版5

个,前八章分别由张廷山、蓝光志、高卫东负责编写,最后由蓝光志系统审定。第九章(全球志留纪生物礁评述)由加拿大 P. Copper 教授提供(蓝光志译,张廷山校),并以此作为他奉献给中国同行的一份最新礼物。

十分高兴地是,在整个研究工作中,承蒙侯方浩教授的悉心指导和帮助,野外工作先后得到成都理工学院陈源仁教授以及四川石油管理局川西北矿区蓝贵、何军、蔡永禄、邓明等的大力帮助,同时,还得到了西南石油学院八五级毕业生万云和八六级毕业生李廷光等的通力协助。此外,成都理工学院陈源仁教授、浙江石油地质研究所金善玉教授、贵州工学院赵元龙教授、南京大学边立曾教授、四川石油管理局蓝贵高级工程师、宋朝佐高级工程师、王兰生工程师,以及西南石油学院蒋武教授、赵敬松副教授、罗强副教授等分别对全书内容进行了认真评审,提出了宝贵的修改意见,谨此表示衷心感谢。

目录

前言

第一章 区域地质背景与含礁地层特征

- 一 区域地质背景 (1)
- 二 含礁地层特征 (1)

第二章 沉积环境与沉积相模式的建立

- 一 沉积岩相特征 (10)
- 二 古地理概况 (11)
- 三 沉积模式 (12)

第三章 川西北地区志留纪生物礁的分布规律

- 一 基底类型 (17)
- 二 风暴作用及生物礁的分布规律 (18)
- 三 瘤状灰岩及其成因探讨 (23)

第四章 生物礁及主要特征

- 一 生物礁的主要类型 (26)
- 二 区内主要生物礁及其简要特征 (27)

第五章 生物礁古生态

- 一 礁群落古生态 (33)
- 二 系统论在生物礁古生态研究中的应用 (46)

第六章 生物礁中的硬底及其意义

- 一 硬底构造的一般特征 (55)
- 二 本区志留纪生物礁中的硬底构造 (56)
- 三 硬底构造的古生态意义 (58)

第七章 我国西部地区志留纪生物礁概况

- 一 西秦岭地区 (60)
- 二 东秦岭南部地区 (61)
- 三 川黔地区 (62)
- 四 滇东北地区 (65)
- 五 滇东地区 (68)

第八章 与本区生物礁有关的矿产

- 一 本区生物礁的含油气性 (70)
- 二 主要金属矿产 (74)
- 三 其它矿产 (75)

第九章 全球志留纪生物礁的评述 (76)

Contents

Preface

Chapter One: Geological Setting and the Reef—Bearing Stratigraphy

- 1 Geological Setting (1)
- 2 Reef—Bearing Stratigraphy (1)

Chapter Two: Sedimentary Environments and the Paleogeography

- 1 Petrographical Facies Characteristics (10)
- 2 Paleogeography (11)
- 3 Sedimentary Model (12)

Chapter Three: The Distribution of the Silurian Reefs in NW Sichuan

- 1 Substrata Patterns (17)
- 2 Storm—wave Action and the Reef Distribution (18)
- 3 Nodular Limestones and Their Genesis Discussion (23)

Chapter Four: Reef and the Main Characteristics

- 1 The Types of Reef (26)
- 2 The Main Characteristics of the Reefs (27)

Chapter Five: Reef Paleocology

- 1 Community Paleocology of the Reefs (33)
- 2 Application of System Theory to reef Paleocology Study (46)

Chapter Six: Hardgrounds and the Significance in the Reef Complex

- 1 General Nature of the Hardgrounds (55)
- 2 Hardground Patterns of the Reef Complex (56)
- 3 Paleocological Significance of the Reef Hardground (58)

Chapter Seven: Brief Review of the Silurian Reefs in Western China

- 1 Western Qinling Area (60)
- 2 Southern Part of the Eastern Qinling Area (61)
- 3 Sichuan and Guizhou Provinces (62)
- 4 EN Yunnan Province (65)
- 5 E Yunnan Province (68)

Chapter Eight: Mineral—Bearing Characteristics of the Reefs

- 1 Oil and Gas (70)
- 2 Metallic Ore Deposit (74)
- 3 Other Mineral Resource (75)

Chapter Nine: The Global Review of the Silurian Reefs (76)

第一章 区域地质背景与含礁地层特征

一 区域地质背景

研究区位于川陕边界两侧,分属陕西南宁强和四川广元两县(市)所管辖。大地构造属扬子地块西北缘的米仓山隆起区(及龙门山北段)与川西北拗陷带的北部地区。志留纪地层在本地区呈东北—南西向条带状分布,倾向310度,位于米仓山隆起区的西北翼。除局部地区可能有晚志留世地层外,主要出露早志留世地层,最大厚度达1328米,底部在局部地区与上奥陶统地层呈整合接触,多数地区超覆在中上奥陶统的不同层位之上,顶部在宁强一带与下二叠统梁山组均为不整合接触;在广元一带多被下泥盆统平驿铺组覆盖。根据底栖生物和笔石的生态组合特征显示,本地区当时的沉积水深主要属BA2—3和GA—3,少有BA4—5的深度分带位置(BA与GA分别表示底栖生物组合与笔石组合),推测深度在30—60米之间(陈旭1990),为正常波之下的浅海泥质陆棚环境。

二 含礁地层特征

研究区志留纪地层分布于陕南宁强至川西北广元一线,沿后龙门山大断裂东侧呈北东、南西向条带状分布。从地层分区来看归属于扬子区川北陕南分区(林宝玉,1984)。对于该区志留纪地层的研究,最早莫过于德F. V. Richthofen(1882)在其《中国》一书中对宁强至朝天一带“浅水灰岩”的描述。随后A. V. Grabu(1924)在该区建立了“朝天灰岩”。赵亚曾(1931)亦根据生物特征提出“浅水灰岩”,可与鄂西“罗惹坪系”对比。继而,侯德封(1939)、卢衍豪(1943)、杨敬之(1945)、尹赞勋(1949)、俞昌民(1974)、四川省地质局(1969、1978)、中国地质科学院地质研究所盛怀斌(1976)、陈旭(1984)、丁梅华(1985)、成都地质矿产研究所金淳泰等(1982,1988)、西安地质学院陈崇祥等(1983)个人与单位先后从各自的角度在不同程度上对该区及邻区志留系做了较多的描述和总结(表1—1)。尽管如此,但与国际志留系分会划分方案对比(表1—2),两者在处理该区志留纪地层划分及对比上仍存在一些分歧。自1988年起,对该区地层又有了深入的认识,俞昌民(1988)、陈祥荣(1988)、林晓坤(1989)认为,该区志留系的地层时代归属于兰多维列世(LLandorey Period)。近年来,陈旭(1990)等人再次强调该区志留纪地层应全部划归为兰多维列统,区内无温洛克统及其以上的地层;而成都

表 1-1 广元宁强地区志留系划分沿革表(引自金粹泰等 1992 略有修改)

[illegible]

地质矿产研究所金淳泰等(1992)则根据笔石、牙形刺及其它的底栖动物化石,如腕足类、三叶虫、珊瑚等为依据认为,本区应有温洛克统地层出露,并且根据牙形刺 *Pterospathodus amorphognathoides* 带,将宁强组上部划分为温洛克统下部,同时认为,在四川宜和至车家坝一带还有温洛克统及以上的地层存在。中国地质大学刘殿升等(1992)认为,目前国际上,下志留统的分界刚好相当于牙形刺 *Pterospathodus amorphognathoides* 和 *Spathognathodus celloni* 带之间(即兰多维列统与温洛克统的分界—作者注),从在宁强组下段的灰岩中采获牙形刺 *Spathognathodus celloni* 这一事实来看,可将宁强组上段的一部分划为温洛克统。总而言之,前人所做的这些工作无疑对本课题志留纪生物礁(丘)地层的划分和对比提供了良好的条件。正是在这种情况下,即 1992 年 8 月底至 9 月初,项目组在与加拿大学者 Copper 教授一起对该区志留纪生物礁进行考察时,在陕西宁强石咀子、四川广元小屯子等礁中,进一步找到了世界其它地区可产于温洛克期的腕足类, *Cracianelle*、*Anabaria*、*Spirigerina*、*Didymothyris* 等,也证明本区宁强组上部礁体可划归温洛克统。

表 1—2 国际志留系划分以及我国传统划分对比(引自金淳泰等,1992)

国际一般划分			我国传统划分
上志留系 Upper Silurian System	普里多利统 Pridoli Series		上志留统 Upper Silurian Series
	卢德洛统 Ludlow Series	卢德福德阶 Ludfordina Stage	
		戈斯特阶 Gorstian Stage	
下志留系 Lower Silurian System	温洛克统 Wenlock Series	哥利顿阶 Gledonian Stage	中志留统 Middle Silurian Series
		威特韦尔阶 Whithellian Stage	
		因伍德阶 Shrinwoodian Stage	
	兰多维列统 Llandovery Series	特里奇阶 Telychian Stage	下志留统 Lower Silurian Series
		艾隆阶 Aeronian Stage	
		鲁丹阶 Rhuddanian Stage	

本研究区志留纪地层出露良好,其岩性主要为陆棚砂页岩及灰岩交互沉积,普遍发育有良好的生物礁(丘)。由于本课题的研究对象主要是志留纪生物礁(丘),因此在野外实际工作中我们主要以实测和观察灰岩段地层为目标(图 1—1)。据此,在 1989—1991 年间,项目组先后四次去野外实地测制和观察含生物礁(丘)的灰岩段地层剖面六条,它们分别是:(1)陕南宁强石咀子剖面;(2)广元宜和神宜驿剖面;(3)广元中子小屯子剖面;(4)广元中子王家沟剖面;(5)广元朝天火焰山剖面;(6)广元朝天一大滩剖面。

各剖面的小层划分和岩性特征如下:

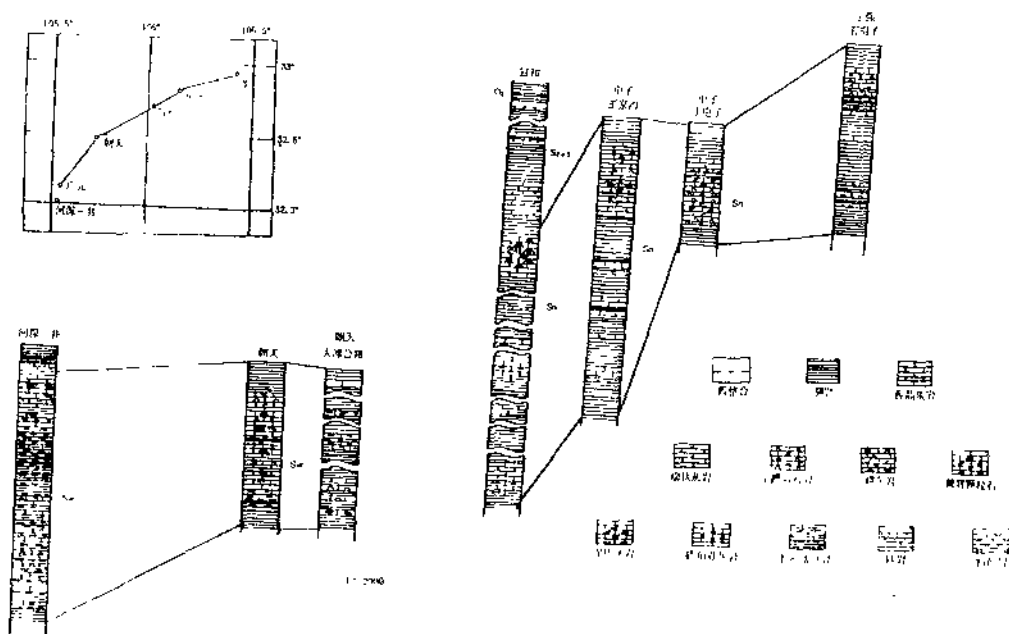


图 1—1 四川广元—陕西宁强下志留统含礁层位柱状对比图

(一) 宁强城东南石咀子剖面

剖面位于陕西宁强城东南石咀子(距县城约2公里处),地层自上而下为:

上覆地层:温洛克宁强组神宜驿段上部

……掩盖……

温洛克统宁强组神宜驿段下部

5、灰色薄—中层泥灰岩。含腕足类 *Aegiria* sp, *Mesopholidostrophia* sp, *Nalivkinia* sp; 珊瑚 *Subalveolites* sp, >2m

4、紫红色块状生物礁灰岩。含腕足类 *Atypa larta*, *Atyopsis* sp, *Nalivkinia magna*, *Strispirifer* sp, *Erlangbapora wangjiawanensis*, *Amplexoides choai*, *Tillicticus*, *Shanxiphyllum shanxiense*, *Cystiphyllum* sp, *Propora* sp, *Pilophylliaden sitabulatus*, *Pseudamplexus intermedius*, *P shanxiensis*, *Favosites* sp, *Flatcheria minime*, *Ninqiangophyllum cystosum*, *Zelophyllum* sp, *Tryplasma multiseptata* 15m

3、黄绿色页岩夹生屑灰岩透镜体。含腕足类 *Atrypopsis rongxiensis*, *Nalivkinia* sp; 珊瑚 *Subalveolites* sp, *Sonphopora daedalea*, *Pilophyllia* sp, 15m

2、灰色中—厚层生屑灰岩。含腕足类 *Aegiria* sp, *Salapinell* sp, *Anabaria* sp, *Cracianella* sp, *Spirigerina* sp, 珊瑚; *Erlangbapora wangjiawanensis*, *Favosites* sp, *Mesofavosites* sp, *Halysites* sp, *Heliolites* sp。 5m

兰多维列统上部宁强组杨坡湾段

1灰色页岩夹生屑灰岩透镜体。含三叶虫 *Latiproetus acutus*; 腕足类 *Nalivkinia* sp。 > 50m 以下掩盖。

(二) 广元宜和神宜驿剖面

剖面位于宜和镇东南公路边。地层自上面下为：

上覆地层：温洛克组神宜驿段上部；

温洛克统宁强组神宜驿段下部

5、灰黄色页岩

4、灰色薄—中层瘤状灰岩，底部含腕足类 *Atrypopsis* sp, *Atrypa* sp, 珊瑚 *Erlangbapora* sp, *Favosites* sp, *Falsicatenipora shansiensis*, *Mesofavosites* sp, *Heliolites* sp, *Halysites* cf *ningqiangensis*, *Helioplasma* sp, *Holocatanipora* sp, *Somphopora* sp, *Subalveolites* sp, *S. eichwaldi*, *Strombodes* sp, *Propora* sp 45m

3、紫红色厚层泥灰岩，含珊瑚 *Erlangbopora* sp, *Aphyllum* sp, *Fletcheria* sp, *Mesofavosites* sp, *Halysites* sp, *Subalveolites ningqiangensis*, *Somphopora deadalea*, *Streptelasma* sp 15m

2、紫褐色页岩夹灰岩透镜体，含腕足类 *Chonetes* sp, *Delthyris* sp, 三叶虫 *Coronacephalus* sp, *Latiproetus* sp 33m

1、灰黄色页岩。>150m

(三) 广元中子小屯子剖面

剖面位于广元朝天中子铺小屯子后坡。地层自上而下为：

上覆地层：温洛克统宁强组神宜驿段上部

……掩盖……

宁强组神宜驿段下部

5、紫红色中—厚层泥晶灰岩。含腕足类 *Sichuanoceras* sp, 珊瑚 *Subalveolites eichwaldi* 3.89m

4、紫红色厚层生屑灰岩。含腕足类 *Atrypa lauta*, *Atrypopsis rongxiensis*, *Howellella* sp, *Salapinell* sp, *Spirigerina* sp, *Didymothyris* sp, *Anabaris* sp, 珊瑚 *Alveolites* sp, *Carnegica* sp, *Egosiella* sp, *Innapora* sp, *Mieuliella petaloides*, *Nanshanophyllum* sp, *Propora* sp, *Subalveolites* cf *ningqiangensis* 5.62m

3、紫红色厚—块状泥晶灰岩。含珊瑚 *Halysites* sp, *Riphaelites* sp, *Subalveolites* cf *minima* 3.7m

2、紫红色块状生物礁灰岩。含层孔虫 *Clathrodictyon* sp, 珊瑚 *Entelophyllum* sp, *Erlangbapora* sp, *Favosites* sp, *F. guizhouensis*, *Fletcheriella intermdia*, *Mesofavosites zoniformis*, *Palaeofavosites* sp, *Striatopora* sp. ; *Subalveolitella sichuanensis*, *Subalveolites eichwaldi*, *Shanxphyllum guanyuanense*, *Thamnopora* sp. 24m

1、褐灰色厚层生屑灰岩。含珊瑚 *Eriangbapora* sp., *Shanxiphyllum guangyuanense*, *Submesofavosites* sp., *Tabularia* sp.; 海百合 *Dazhucrinus shanxiensis* >10m

以下掩盖。

(四) 广元中子王家沟剖面

剖面位于广元朝天中子铺王家沟北缘。地层自上而下为：

上覆地层：温洛克统宁强组上段（礁灰岩）。

宁强组下段：

10、覆盖

9、紫红色中—厚层泥晶灰岩夹生屑灰岩透镜体。含腕足类 *Nalivkinia* sp., *Strispirifer* sp., 珊瑚 *Carnegica* sp., *Schedohalysites* sp., *Subalveolites eichwaldi*, *Halysites* sp., 层孔虫 *Clathrodictyon* sp. 31.34m

兰多维列统上部王家湾组

8、灰色薄—中层瘤状灰岩，顶部夹生屑灰岩。含珊瑚 *Favosites* sp., *Heliolites fenggongensis*, *Mesofavosites formosus*, *Neosibiriolites* sp., *Pycnostylus* sp., *Paracerister* sp. 30.81m

7、灰色中—厚层泥晶灰岩。含珊瑚 *Helioplasmoidites* sp., *Mesofavosites*, *Subalveolitella eichwaldi*, 3.58m

6、黄绿—紫红色页岩。含腕足类 *Howellella* sp., 三叶虫 *Coronocephalus* sp. 44.10m

5、青灰色页岩夹薄层生屑灰岩。含珊瑚 *Favosites* sp., *Mesofavosites* sp. 26.90m

4、黄灰色页岩

3、黄灰色页岩夹薄层瘤状灰岩。含珊瑚 *Favosites* sp., 苔藓虫 *Hallopora elegantula*, *H. silurica* 26.36m

2、黄灰色瘤状灰岩，含珊瑚 *Favosites* sp.; 苔藓虫 *Hallopora* sp. 7.22m。

1、黄绿色页岩，含三叶虫 *Coronocephalus* sp. 45.64m

以下覆盖。

(五) 广元朝天火焰山剖面

该剖面由上（剖面Ⅰ）下（剖面Ⅱ）两段构成。剖面Ⅰ位于广元朝天区火焰山西半坡。地层自上而下为：

上覆地层：兰多维列统王家湾上段。

兰多维列统王家湾组下段：

6、褐灰色薄—中层泥灰岩。含珊瑚 *Halysites subrotundus*, *Favosites paraprivatus* 5m

5、灰色块状生屑灰岩。含珊瑚 *Pilophyllia fenggangensis*, *Favosites subgothlandicus*, *F. shiniulanensis*, *Paracerister* sp. ; 层孔虫 *Vesiculosum* 5. 75m

4、灰色块状礁灰岩。含珊瑚 *Halysites tongziensis*, *Hinterstinctus*, *Favosites shiqianensis*, 层孔虫 *Crassilasma* sp. ; *Clathrodictyon variolare*, *Interdictyon variables* 19. 45m

3、灰色中—厚层生屑灰岩。含珊瑚 *Halysites catenulatus*, *Favosites* sp. ; 腕足类 *Nucleospira* sp. , *Eospirifer* sp. , *Spinochonetes* sp 及海百合茎等 3. 45m

2、灰色薄层生屑灰岩夹泥质条带。含珊瑚 *Favosites shiqianensis*, *F. submkardakensys*, *Heliolites* sp. , *Quasifletcheriella major*, *Thamnpora* sp. , *Troedssonites* sp. 3. 35m

1、灰褐色薄层泥灰岩与瘤状灰岩互层。含珊瑚 *Halysites guizhouensis*, *Helioplasmolites* sp. , *Aphyllum sociala*

以下掩盖。

剖面1 位于广元朝天火焰山东半坡。地层自上而下为：

上覆地层：兰多维列统王家湾组下段（接剖面I）。

6、灰褐色薄层泥灰岩。上部为泥灰岩互层。含珊瑚 *Palaeofavosites shiniulanensis*, *Halysites* sp. 18m

5、灰色厚—块状生屑灰岩。含珊瑚 *Heliolites* sp. *Pachypora* (*Parapachypora*) , *Lamellosa fenggongtnsis*, *Subalveolitella sichuanensis*; 腕足类 *Nucleospira* sp. , *Nalivkinia* sp. , *Spinochonetes* sp 4. 4m

4、灰色薄层泥灰岩。含珊瑚 *Mesofavosites shangsiensis*, *Subalveolites* sp. 0. 87m

3、灰色中—厚层生屑灰岩。含珊瑚 *Favosites* sp. , *Mesofavosites* sp. , *Subalveolites* sp. , 层孔虫 *Clathrodictyon vesiculosum* 6. 34m

2、灰色中—厚层泥质灰岩。含珊瑚 *Alveolites huoyanshanensis*; 层孔虫 *Labechia obruchevi* 6. 45m

1、灰色中—厚层泥灰岩。含珊瑚 *Subalveolites eichwaldi*; 层孔虫 *Intexodictyon variables*
以下掩盖。

(六) 广元朝天大滩剖面

剖面位于广元朝天大滩公路边。地层自上而下为：

上覆层：兰多维列统王家湾组上段。

兰多维列统王家湾组下段：

7、黄绿色页岩 约100m

6、浅紫—灰色中层生屑灰岩 4m

5、黄绿色页岩夹紫灰色灰岩透镜体。含珊瑚 *Favosites shiqianensis*, *Mesofavosites* sp. 100m

4、上部为灰色薄层泥灰岩与瘤状灰岩互层，下部灰色泥岩夹生屑灰岩透镜体。含珊瑚 *Favosites paraprivatus*, *F. forbesi*, *Pilophyllia fenggensis*, *Mesofavosites* sp., *Plasmopora* sp., *Palaeofavosites raikulaensis minor*; 腕足类 *Marcklandella gianbeiensis*, *Striispirifer* sp., 15m

3、黄绿色页岩夹泥灰岩透镜体。 60m

2、黄绿色薄层灰岩与生屑灰岩互层。含珊瑚 *Amplexoides* sp., *Halysites catenulatus*, *Palaeofavosites* sp., *Mesofavosites* sp., *M. paracylindricus*, *Syringopora* sp.; 层孔虫 *Clathrodictyon* sp. 30m

1、灰色中层含泥砾棘屑灰岩

以下掩盖。

综上所述，本研究区灰岩段 主要分布于兰多维列统王家湾组和宁强组下段以及温洛克统宁强组上段地层中，其中兰多维列统王家湾组最先是根据宁强县城东南3KM之王家湾沟内剖面而建立的(俞昌民, 1989)，但后来陈旭等又在该剖面以西数百米的小石咀子沟内重新测制，测制结果认为小石咀子沟剖面作为王家湾组的标准剖面似乎更为合适。王家湾组灰岩段的生物为亮相动物群，腕足动物以 *Nalivkinia*—*Nucleospira* 组合为特征，其分异度低，属种单调，常见的分子有：*Nucleospira*, *Nalivkinia*, *Eospirifer*, *striispirifer*, *Spinochonetes* 等。该组合生物与扬子区秀山组下段的 *Nalivkinia*—*Nucleospira* 组合可比较(陈旭等, 1991)。王家湾组珊瑚动物群特征难以确定组合带。生物面貌可与黔东北的雷家屯组和石牛栏组进行对比。王家湾组的珊瑚可分为床板珊瑚类和四射珊瑚类，床板珊瑚以 *Favosites*, *Mesofavosites*, *Neosbiriolites*, *Saballeolites*, *Halysites*, *Helioplasmolites* 为主。四射珊瑚见有 *Paraceriaster* 及 *Crassilasma* 等。该组乃本区生物礁出现的最低层位。其上为厚约150m左右的蓝灰，绿色页岩，属宁强组杨坡湾段。宁强组是根据宁强大竹坝剖面而建立的(中国科学院南京地质古生物研究所, 1974)。宁强组的灰岩段常为断续分布的生物礁(丘)。宁强组由于生物礁(丘)灰岩的增多，增大了生物属种的分异度。腕足类则以 *Salapinell*—*Xinanospirifer* 组合为特征，其分布较广，常见的分子有 *Xinanospirifer*, *Salapinell*, *Atrypopsis*, *Atrypa*, *Aegiria*, *Nalivina* 等。可与扬子区南部秀山组上段的 *Valdaria*—*Aegiria* 和 *Linostrophomena*—*Xinanospirifer* 组合对比，珊瑚基本上以床板珊瑚为主，以 *Erlangbapora*—*Carnegica*, *Alveolites*, *Antherolites*, *Favosites*, *Fletcheria*, *Halysites*, *Heliolites*, *Helioplasma znnapora*, *Mesofavosites*, *Mesosolenia*, *Propora*, *Riphaelites*, *Somphopora*, *Stiatopora*, *Subalveolites*, *Submesofavosites* 等。其生物面貌在扬子区相对稳定，并广泛发育。其它生物门类在灰岩段中少见，在此不作一一累述。

总之，生物礁主要见于宁强组中，分布广泛，从陕西宁强至广元宣和都有分布，为区内主要的含礁层位。王家湾组也含有一定数量的生物礁丘，但分布局限，仅见于宁强及南面四川广元河深一井岩心中及朝天地面露头。本区生物礁及其地层分布详见表1—3。

表 1—3 广元宁强地层划分及生物礁分布简表

△生物礁 ○生物丘 ×生物层 □灰泥丘 ◇藻丘

国际标准		四川广元—陕西宁强地区		
统	阶	地层划分	生物礁(丘)	代表地点
温洛克统 Wenlock Series				
兰多维列统 Llandovery Series	特里奇阶 Telychian	宁强组	△△△ ×	宁强石咀子 广元宣和花石砣 广元中子小屯子
		王家湾组	△△○ △○ △○◇ □	广元宣和凤凰咀 广元河深一井 广元朝天, 宁强
	艾隆阶 Aeronian	崔家沟组		
	鲁丹阶 Rhuddannian	龙马溪组		
上奥陶统				

第二章 沉积环境与沉积相模式的建立

本区早志留世地层稳定,无明显的突然加厚现象。其沉积特征常表现为以灰绿色页岩为主,间夹数层生屑灰岩或生物灰岩。陆源碎屑自下而上减少,碳酸盐成分增多。龙马溪组与奥陶系地层之间抑为整合,抑为假整合接触,说明志留纪早期,本区地壳运动主要表现为整体的升降,局部性拗陷发育不明显。因此沉积基准面主要呈舒缓波状的拗陷,其走向仍为北东方向。本区志留纪初期,沉积区的古地理面貌基本上承袭了奥陶纪末期那种地形平坦的浅海环境,在广元朝天火焰山剖面中,见有明显的潮坪环境沉积特征,如龟裂纹、帐篷构造、藻纹层等。在其它几条剖面中所夹的灰岩亦多为紫红色亮晶生屑灰岩及礁灰岩,这说明在龙门山一带早志留世弱还原海盆环境的总背景下,只要流水较为畅通,氧气补给较为充分;同样会出现可供生物繁衍的局部正常地带(微环境)。

一 沉积岩相特征

区内志留系十分发育,分布广泛。但温洛克期以后只在区内西北缘及西缘发育,而在东部广大地区缺失(金淳泰等,1992)。本区志留系以泥页岩为主的陆缘碎屑岩夹碳酸盐岩混合沉积为特征。兰多维列世早期龙马溪组,以黑色碳质泥岩及硅质岩类为特征,含有细粒黄铁矿及结核,有的地方亦可见黄铁矿局部富集,顺层呈细脉状或小透镜体产出,岩层中水平层理发育,一般富含笔石,其生态环境大致相当于 BA_4-BA_5 生态位(陈继荣,1992)。在四川广元河湾场河深一井中,与龙马溪组相当的黑色泥页岩夹少量小型粉砂岩透镜体层位称为南江组,厚度约 400m(据四川石油局川西北矿区科研所资料)。龙马溪组沉积环境属于贫气—缺氧的深陆棚环境。兰多维列世中期,崔家沟组、王家湾组主要为一套深灰、灰绿色、黄色泥页岩、粉砂泥岩、黑色页岩层,王家湾组中夹有瘤状灰岩、小型生物礁岩,生物化石除泥页岩中的笔石外,还产有腕足类、三叶虫、苔藓虫、蓝藻以及珊瑚等,部分地区(如陕西宁强)发育有渠迹,在四川广元朝天一带发育有完美的碳酸盐潮坪沉积(图版 I—1),属盐度正常的浅海陆棚沉积特征,生态位置大致相当于 BA_2-BA_4 。而在陕西南郑、福成、宁强等地,在其深灰色、绿灰色泥岩层、泥岩夹砂岩层中,亦可见小型丘状层理,代表陆棚区风暴浪作用下的沉积,生态位置大致相当于 BA_3-BA_4 。兰多维列世晚期至温洛克世早期宁强组沉积的分布广泛,以黄绿色、紫色泥页岩为主,夹紫红色生物礁灰岩及亮晶生屑灰岩透镜体,生物化石丰富,产床板珊瑚、四射珊瑚、腕足类、三叶虫、头足类、苔藓虫、海绵、牙形刺等。生态位置相当