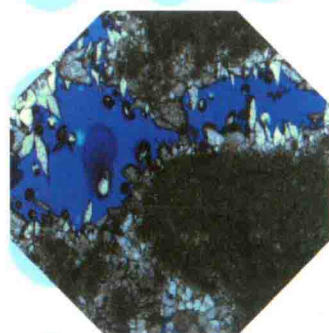
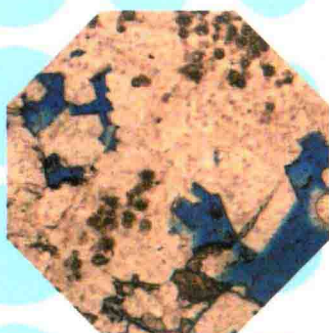
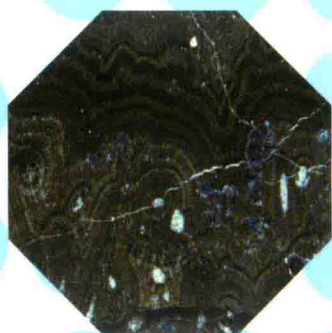
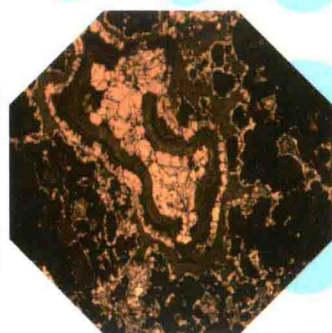


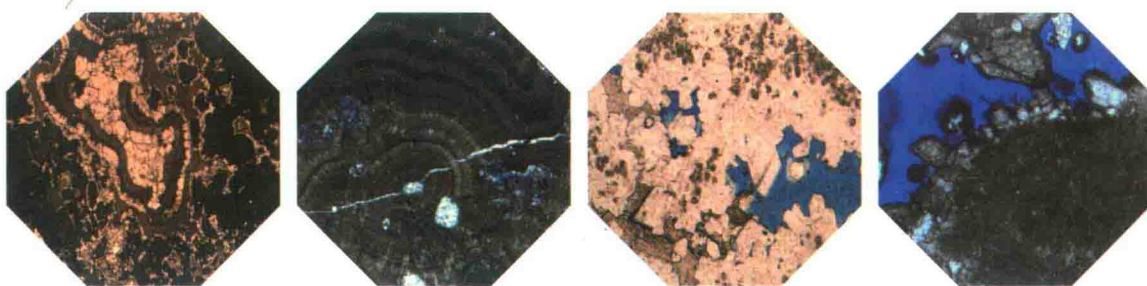


姚根顺 周进高 张 健 等编著

# 四川盆地震旦系 微生物岩沉积与储层图集



石油工业出版社



责任编辑：马新福 冉毅凤 责任校对：黄京萍 封面设计：地彩设计中心

ISBN 978-7-5183-1218-4



9 787518 131218 >

定价：220.00元

# 四川盆地震旦系 微生物岩沉积与储层图集

姚根顺 周进高 张 健 等编著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本图集以四川盆地周缘典型露头剖面、盆地内重要钻井取心资料为基础,选取大量精美的宏观和微观照片,介绍了四川盆地震旦系区域地质特征、沉积相与沉积模式、储层主控因素及分布规律,反映了当前四川盆地震旦系最新的研究成果。

本书可供从事碳酸盐岩研究的石油、矿产地质研究人员及相关院校师生参考阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

四川盆地震旦系微生物岩沉积与储层图集/姚根顺等编著.  
北京:石油工业出版社,2017.1  
ISBN 978-7-5183-1218-4

- I.四…
- II.姚…
- III.①四川盆地—震旦纪—沉积相—图集  
②四川盆地—震旦纪—储集层—图集
- IV.P618.130.2-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第066516号

---

出 版 发 行:石油工业出版社(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址: [www.petropub.com](http://www.petropub.com)

编 辑 部: (010) 64523544

图书营销中心: (010) 64523633

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2017年1月第1版 2017年1月第1次印刷

787×1092毫米 开本: 1/16 印张: 25

字数: 650千字

定价: 220.00元

---

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

# 《四川盆地震旦系微生物岩沉积与储层图集》

## 编写人员

姚根顺 周进高 张 健 郝 毅 杨跃明  
邹伟宏 张 杰 张宝民 张建勇 倪 超  
潘立银 李文正 杨 光 王小芳

# 前 言

2011年7月,四川盆地高石梯构造高石1井在灯影组灯二段经射孔酸化测试获 $102.14 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 高产工业气流,继续上试灯四段(下储层段、上储层段)也分别获天然气 $3.73 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ , $32.28 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。高石1井取得重大突破后,在高石梯地区高石2、高石3、高石6井和磨溪地区磨8、磨9、磨10井都相继获得高产工业气流,这是继1964年威远气田发现以来在震旦系的又一重大发现,揭示我国前寒武系古老的深埋碳酸盐岩仍然具有巨大的油气勘探潜力。

然而,众多油气地质工作者对震旦系仍感神秘而陌生,从地层划分、岩石定名、沉积环境与沉积相,到储层特征、成因及分布乃至油气成藏等诸多方面仍然知之不详。编撰本图集的目的就是想给广大地质工作者提供一个直观、快速认识震旦系,进一步研究震旦系的概要性参考资料。本图集以四川盆地周缘典型露头剖面、盆地内重要钻井取心资料为基础,精选了大量精美的宏观和微观照片,生动地反映了当前震旦系研究的最新成果。图集共4章,文字说明约10万字,插图50幅,照片1200余幅。第1章为基干剖面,介绍震旦系划分方案及基干剖面地层特征;第2章为沉积相及沉积模式,介绍震旦系沉积类型、沉积相特征和岩相古地理演化特征;第3章为储层特征、主控因素与分布,分别介绍灯二段、灯四段储层岩石学、物性和成岩作用特征,储层类型及其形成的主控因素,储层评价及分布;第4章为结束语,总结了本图集的主要成果、震旦系研究中仍然存在的问题及努力方向。

本图集是中国石油勘探与生产分公司重大生产专项“四川盆地乐山—龙女寺大型古隆起震旦系含油气评价及勘探配套技术研究”系列研究成果之一,参研单位有西南油气田分公司、中国石油勘探开发研究院(北京、廊坊和杭州院区)和川庆钻探公司、东方地球物理勘探公司等。本图集的编撰以课题三“四川盆地乐山—龙女寺古隆起灯影组、龙王庙组岩相古地理及沉积储层特征研究”成果为蓝本,部分引用了其他课题成果,具体分工如下:前言、第4章由姚根顺、杨光、周进高编写,第1章由郝毅、周进高编写,第2章由周进高、郝毅、张建勇编写,第3章由周进高、张杰、潘立银负责,最后由周进高统稿。

在课题研究和图集编撰过程中始终得到中国石油勘探与生产分公司杜金虎副总经理、徐春春副总经理及中国石油勘探开发研究院邹才能副院长的关怀,得到西南油气田分公司

原副总经理冉隆辉教授、西南石油大学侯方浩教授、方少仙教授等的指导，笔者无比感激！杭州地质研究院斯春松教授、寿建峰教授、沈安江教授、张惠良教授等领导 and 专家对图集的编撰给予大力支持和指导，在此表示衷心感谢！课题组所有成员从课题研究到图集编撰都倾注了满腔热情，正是整个团队的齐心协力和辛苦耕耘才凝聚了这一集体智慧的结晶。愿以此集与队友们共勉，继续探索我国古老碳酸盐岩勘探新领域！

限于研究水平和认识程度，图集中还有不甚完善之处，敬请读者批评指正！

# 目 录

## Contents

|                     |    |
|---------------------|----|
| ◆ 1 基干剖面            | 1  |
| 1.1 区域地层特征          | 1  |
| 1.1.1 震旦系划分沿革       | 1  |
| 1.1.2 震旦系基本特征       | 1  |
| 1.2 基干剖面特征          | 5  |
| 1.2.1 四川峨边先锋剖面      | 5  |
| 1.2.2 四川南江杨坝剖面      | 8  |
| 1.2.3 湖南石门壶瓶山剖面     | 12 |
| 1.2.4 贵州遵义松林剖面      | 15 |
| 1.2.5 贵州金沙岩孔剖面      | 19 |
| 1.2.6 湖北神农架古庙垭—武山剖面 | 20 |
| ◆ 2 沉积相及沉积模式        | 23 |
| 2.1 沉积相类型           | 23 |
| 2.1.1 碳酸盐岩沉积体系      | 23 |
| 2.1.2 硅质碎屑陆棚沉积体系    | 30 |
| 2.2 典型剖面沉积相特征       | 31 |
| 2.2.1 南江杨坝震旦系剖面     | 31 |
| 2.2.2 峨边先锋震旦系剖面     | 33 |
| 2.2.3 遵义松林震旦系剖面     | 34 |
| 2.2.4 金沙岩孔震旦系剖面     | 35 |
| 2.2.5 神农架—武山震旦系剖面   | 35 |
| 2.2.6 石门壶瓶山震旦系剖面    | 36 |
| 2.3 岩相古地理格局及其演化     | 36 |
| 2.3.1 岩相古地理格局       | 37 |
| 2.3.2 岩相古地理演化       | 45 |
| 2.3.3 沉积模式          | 46 |
| ◆ 3 储层特征、主控因素与分布    | 47 |
| 3.1 灯四段储层特征与分布      | 47 |
| 3.1.1 储层基本特征        | 47 |
| 3.1.2 成岩作用与演化       | 52 |
| 3.1.3 主控因素          | 54 |
| 3.1.4 储层分布          | 54 |
| 3.1.5 有利区带          | 57 |
| 3.2 灯二段储层特征与分布      | 58 |
| 3.2.1 储层基本特征        | 58 |

|                 |               |     |
|-----------------|---------------|-----|
| 3.2.2           | 成岩作用与演化       | 62  |
| 3.2.3           | 主控因素          | 66  |
| 3.2.4           | 储层分布          | 66  |
| 3.2.5           | 有利区带          | 68  |
| <b>◆ 4</b>      | <b>结束语</b>    | 69  |
|                 | 参考文献          | 70  |
| <b>◆ 附录 I</b>   | <b>基干剖面图版</b> | 72  |
| I.1             | 峨边先锋剖面        | 72  |
| I.2             | 南江杨坝剖面        | 78  |
| I.3             | 石门壶瓶山剖面       | 93  |
| I.4             | 遵义松林剖面        | 101 |
| I.5             | 金沙岩孔剖面        | 114 |
| I.6             | 湖北神农架剖面       | 121 |
| <b>◆ 附录 II</b>  | <b>沉积相图版</b>  | 129 |
| II.1            | 台地边缘相         | 129 |
| II.2            | 局限台地相         | 169 |
| II.3            | 开阔台地相         | 195 |
| II.4            | 斜坡—盆地相        | 206 |
| II.5            | 滨岸相           | 220 |
| II.6            | 浅水陆棚相         | 223 |
| II.7            | 混积陆棚相         | 226 |
| II.8            | 深水陆棚相         | 229 |
| <b>◆ 附录 III</b> | <b>储层图版</b>   | 235 |
| III.1           | 储层岩石类型        | 235 |
| III.1.1         | 蓝细菌叠层石白云岩     | 235 |
| III.1.2         | 蓝细菌层纹石白云岩     | 237 |
| III.1.3         | 蓝细菌凝块石白云岩     | 258 |
| III.1.4         | 蓝细菌粘结白云岩      | 275 |
| III.1.5         | 颗粒白云岩         | 281 |
| III.1.6         | 含硅质白云岩        | 289 |
| III.1.7         | 粉—细晶白云岩       | 293 |
| III.2           | 储集空间类型        | 303 |
| III.2.1         | 小型岩溶缝洞        | 303 |
| III.2.2         | 基质孔洞          | 332 |
| III.2.3         | 裂缝            | 339 |
| III.3           | 主要成岩作用        | 341 |
| III.3.1         | 岩溶作用          | 341 |
| III.3.2         | 胶结充填作用        | 375 |
| III.3.3         | 热液充填作用        | 388 |

# 1 基干剖面

## 1.1 区域地层特征

### 1.1.1 震旦系划分沿革

四川盆地及周缘地区震旦系分布广泛,既有出露良好的露头剖面,也有较多的钻井揭示。其中,湖北长江三峡剖面是我国南方震旦系的标准剖面,也是全球同时代地层最具代表性的层型剖面之一。1924年,李四光、赵亚曾(1924)把长江三峡地区寒武系之下、黄陵花岗岩之上的一套碳酸盐岩和碎屑岩命名为震旦系,包括南沱组、陡山沱岩系和灯影组三个岩石地层单位。1929年,赵亚曾在四川峨眉山命名了震旦系洪椿坪石灰岩和九老洞系,并将前者与长江三峡的灯影组对比。同期,丁文江(1929-1930)和王日伦、熊永先、吴希曾等(1935-1938)确定了贵州地区的震旦系,稍后,P. Misch(1942)、谢家荣(1941)、何春荪(1942)、郭文魁和王超翔等相继提出了滇东地区震旦系层序。上述工作成果为四川盆地及周缘乃至中国南方震旦系的划分对比奠定了坚实基础。

20世纪70年代以来,地矿和石油部门以及相关院校对四川盆地及周缘的震旦系进行了深入的工作,并在湖北长江三峡(赵自强等,1980)、云南晋宁王家湾(罗惠麟等,1980)、四川甘洛苏雄(殷继成等,1980)、峨眉高桥麦地坪(殷继成等,1980)、南江杨坝(曹瑞骥等,1979)、贵州遵义松林(曹瑞骥等,1979)和陕南(丁莲芳等,1990)等地对震旦系岩石地层、生物地层、同位素年龄和古地磁等方面开展了研究,取得了一批较高水平的成果。1982年,“晚前寒武纪地层分类命名会议”确定震旦系仅限于以长江三峡剖面为标准的南方震旦系,位于蓟县剖面所代表的北方“震旦系”之上,其底界为莲沱组的顶界。此后,邢裕盛(1987,1999)、马国干等(1989)、阎永奎等(1992)、尹崇玉(1993)、殷继成等(1993)、王自强等(2001)、汪啸风等(2001)、朱茂炎等(2007)、Zhu等(2007)、刘鹏举等(2012)对震旦系的划分和对比作了大量研究,提出各自方案。目前,采用较多的是全国地层委员会2002年出版的《中国区域年代地层(地质年代)表》中的划分方案,即在中国新元古界自下而上分为青白口系、南华系和震旦系的基础上,将震旦系进一步划分为上下两统,上统仅含灯影峡阶,下统仅含陡山沱阶。2012年,全国地层委员会最新编制出版的《中国地层表》(英文版)将震旦系分为两统四阶,下统含下部九龙湾阶和上部陈家园子阶,上统含下部吊崖坡阶和上部灯影峡阶,这是一个反映最新研究成果的划分方案。鉴于四川盆地及周缘震旦系发育不全,即研究区震旦系最老层位如喇叭岗组/观音崖组可能只相当于该方案震旦系上统下部吊崖坡阶的下部,即缺失震旦系下统,为避免认识上的混乱,本图集仍采用全国地层委员会2002年两统两阶的方案,即灯影组相当于上统灯影峡阶,陡山沱组相当于下统陡山沱阶(图1-1)。

### 1.1.2 震旦系基本特征

2011年以来,随着四川盆地震旦系天然气勘探的突破,西南油气田分公司和中国石油勘探开发研究院(包括廊坊分院和杭州分院)对四川盆地及周缘震旦系展开联合攻关,在充分参考前人划分方案的基础上,依据岩性、化石、电性和碳同位素特征,将四川盆地盆地覆盖区及周缘露头区震旦系统一划分为下震旦统陡山沱组(喇叭岗组/观音崖组)和上震旦统灯影组。陡山沱组除黔北—渝西地区可以分为四段外,其余均不分段;灯影组自下而上分为四段(图1-2)。各组、段特征简述如下。

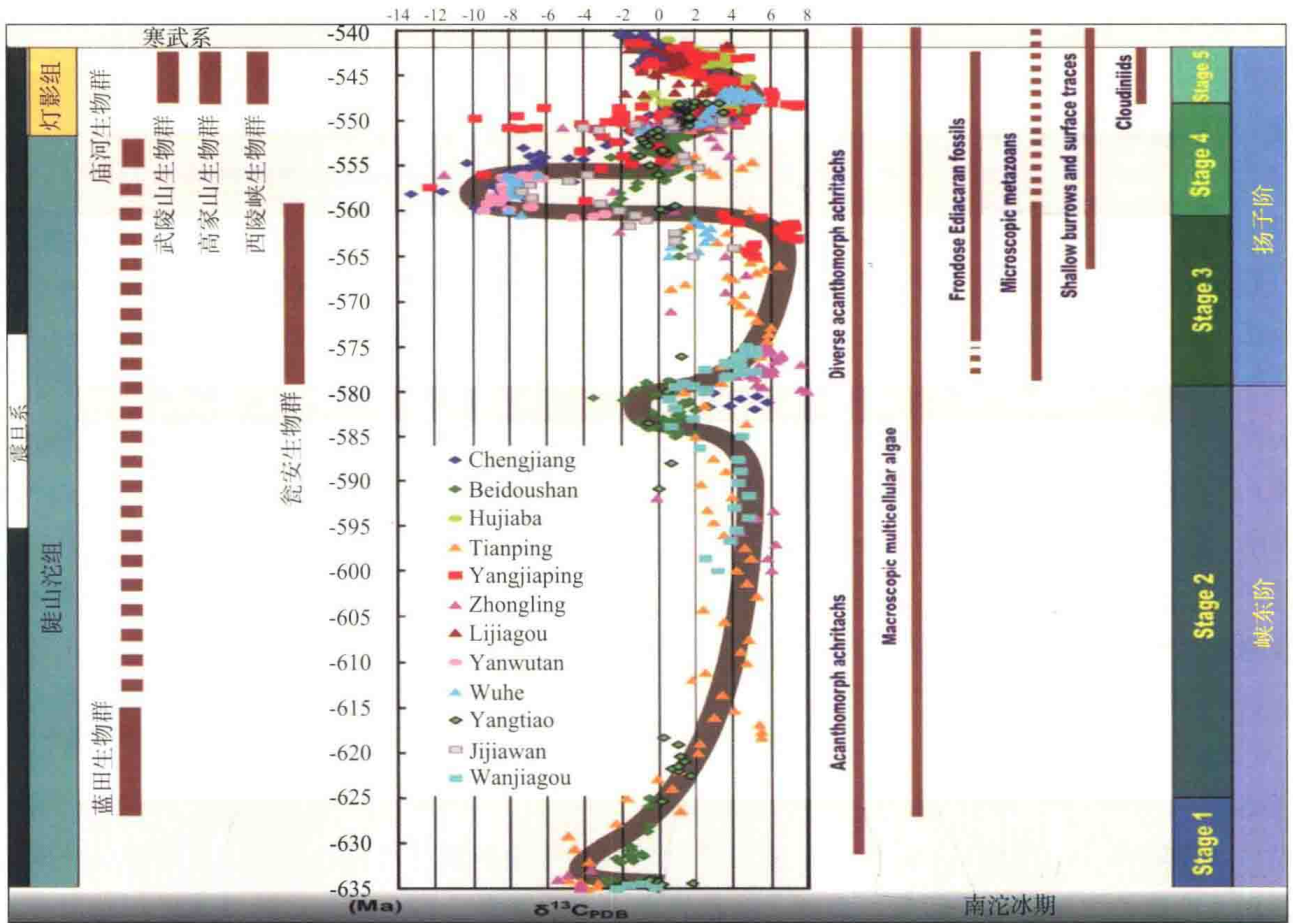


图1-1 扬子地台震旦系 (Ediacarian)  $\delta^{13}\text{C}$ 演化和年代地层划分 (据Zhu 等, 2007)

### 1.1.2.1 陡山沱组

系李四光等 (1924) 创名的陡山沱岩系演变而来, 命名地点在湖北省宜昌市陡山沱, 岩性主要为灰色、灰黑色泥质白云岩、白云质灰岩及黑色泥页岩, 常夹硅磷质结核和团块; 含微体古植物、蓝细菌类及后生动物化石; 厚度一般为100~200m; 与下伏南华系南沱组灰绿色冰碛砂砾岩不整合接触; 在20世纪50年代引入四川东部使用。陡山沱组现在的定义为: 在四川省以灰色、黑色薄层状粉砂质页岩、碳质页岩为主, 夹不等量的白云岩及石灰岩, 与下伏南沱组砂砾岩和上覆灯影组浅灰色白云岩均为平行不整合接触的地层体。陡山沱组厚度一般为100~200m; 与下伏南华系南沱组灰绿色冰碛砂砾岩平行不整合接触。该组可分四段: 一段为小于5m的灰色白云岩, 俗称“盖帽”白云岩; 二段为黑色泥岩与灰色泥质白云岩互层; 三段为灰色白云岩、白云质灰岩及条带状灰岩; 四段为黑色页岩。研究区陡山沱组主要分布在城口—遵义以东地区, 即渝东北、黔北—鄂西和黔东—湘西3个地区。

### 1.1.2.2 观音崖组 (喇叭岗组)

张云湘等1958年命名于会理县力马河南小关河附近的观音崖。该组原始定义为一套紫红色砂岩、页岩夹石灰岩、白云岩, 超覆于列古六组或前震旦系变质岩或花岗岩之上, 属于滨海、浅海相碎屑岩建造和碳酸盐岩建造, 是一套与陡山沱组同期异相的地层。该组命名之前, 曾繁祁、何春荪于1949年在峨眉一带进行调查时曾创“喇叭岗系”, 20世纪50年代后, 在峨眉、峨边等地区主要用“喇叭岗组”, 60年代以后各家均采用观音崖组作为正式名称。观音崖组现在的定义为: 以紫红色、灰黄色等砂岩、页岩为主, 上部夹石灰岩及白云岩, 含微体古植物化石, 底部有灰白色含砾石英砂岩, 与下伏澄江组砂岩、列古六组变质砂岩及晋宁期石英闪长岩、花岗岩呈平行不整合或角度不整合接触, 与上

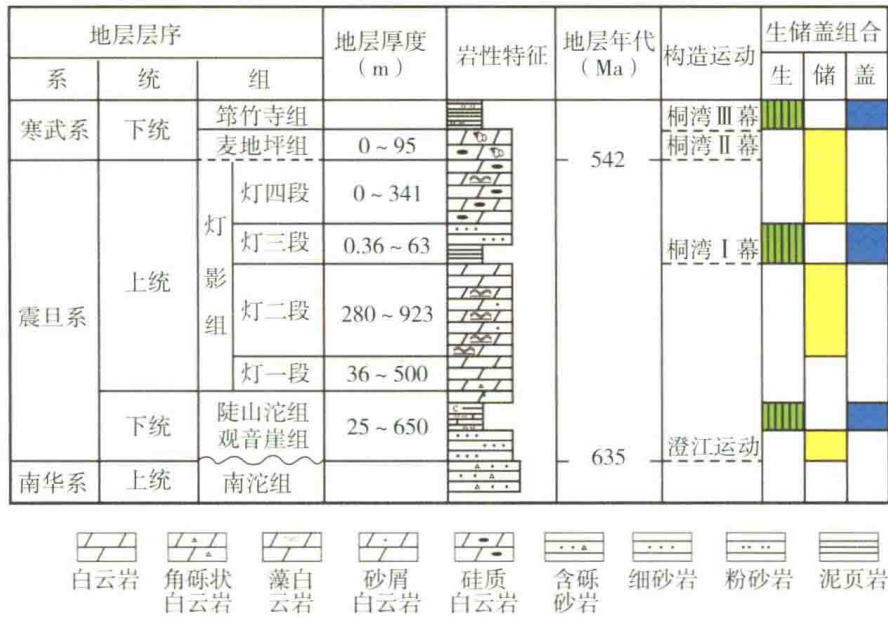


图1-2 四川盆地震旦系综合柱状图

震旦系灯影组灰色厚层状白云质灰岩呈整合过渡的地层体。一般厚10~40m，最厚可达近百米，而盆地外围厚度较大，如黔江以东、广元以北、西昌以西的地区，厚度明显增大，最厚的可以达到1000m以上（图1-3）。研究区内观音崖组主要分布在城口—遵义以西地区，即川中北部、川中中部（威远—资阳）、川中南部（高石梯—磨溪）、川南—渝西、川西南、龙门山等地区。



图1-3 四川盆地观音崖组地层等厚简图（据《中国石油地质志》，修改）

1.1.2.3 灯影组

由李四光等(1924)创建的“灯影石灰岩”演变而来,命名地点在湖北宜昌西北20km长江南岸石牌村至南沱村的灯影峡。原始定义为:上震旦统灯影组石灰岩为白色块状呈峭壁形的石灰岩,含白云质;在风化表面上有坚硬的硅质夹层凸出。随后该组在四川盆地内被广泛使用,并在不同时期不同地区用过洪椿坪组、盐井河层、芍药沟组等名称。灯影组现在的定义为:在四川省以浅灰色—深灰色中厚层—块状白云岩为主,夹白云质灰岩、石灰岩、硅质薄层及条带,有时夹少量泥质页岩,富含微体古植物及蓝细菌类化石。

灯影组是四川盆地最重要的产气层之一,因此灯影组内部的岩石地层划分方案尤显重要。本图集采用西南油气田分公司研究院与中国石油勘探开发研究院2012年的划分方案(图1-2、表1-1),在灯影组内部共划分四段,即灯一段为贫蓝细菌段,主要岩性为泥微晶白云岩,含硅质条带或结核;灯二段中下部为富蓝细菌白云岩段,发育蓝细菌纹层和蓝细菌格架白云岩,蓝细菌砂屑、蓝细菌凝块、蓝细菌团块白云岩普遍发育,常见“葡萄花边状构造”典型标志,上部主要为泥—粉晶白云岩;灯三段主要为一套砂泥岩间夹白云岩,全盆地广泛分布,厚度从几十厘米至几十米不等;灯四段主要为一套含硅质泥微晶白云岩,局部发育蓝细菌纹层。盆地内及周缘灯影组分布较均匀,厚度普遍在700~1000m之间(图1-4)。储层段主要发育在灯二段及灯四段,而灯三段在局部地区为一套优质的烃源岩。

表1-1 四川盆地及周缘震旦系划分沿革表(据中国石油勘探开发研究院,2012)

| 统    | 中科院南古所<br>1974—1979 |              | 西南油气田分公司     |              | 本图集          | 岩性与古生物特征                                    | 电性特征   | 地震反射层  |
|------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|--|--|
|      |                     |              | 威远—<br>资阳    | 高石梯—<br>磨溪   |              |   |  |  |
| 下寒武统 | 麦地坪组                | 麦地坪组         | 麦地坪组         |              | 麦地坪组<br>宽川铺组 | 硅磷条带白云岩,富含小壳化石                              | 伽马和电阻率高低值相间,曲线呈大小锯齿间互状   | 震旦系顶   |
| 上震旦统 | 灯影组                 | 上段           | 硅质条带白云岩层     | 四段           | 四段           | 硅质条带白云岩,上部砂屑白云岩及泡沫绵层蓝细菌白云岩,少量含菌藻类及叠层石,偶含胶磷矿 | 伽马低值,上部曲线近乎平直,偶夹小锯齿状,电阻率高值,大小锯齿间互,幅度小;下部伽马曲线为小锯齿状,电阻率高值,大小锯齿间互,幅度大 |  |
|      |                     |              |              |              | 三段           | 碎屑岩层  |  | 三段   |
|      |                     | 下段           | 富藻亚段         | 二段           | 二段           | 二段  | 上部:微晶白云岩,少含菌藻类<br>下部:葡萄花边状构造白云岩发育,富含菌藻类                            | 伽马值明显较一段更低,曲线近乎平直,夹小锯齿状;电阻率高值,曲线以小锯齿状为主,偶夹大锯齿状 |
|      |                     |              |              |              | 一段           | 一段  | 一段   |  |
| 下震旦统 | 陡山沱组<br>喇叭岗组        | 陡山沱组<br>喇叭岗组 | 陡山沱组<br>喇叭岗组 | 陡山沱组<br>喇叭岗组 | 陡山沱组<br>喇叭岗组 | 黑色碳质页岩夹白云岩及硅质磷块岩<br>砂岩、泥质岩、白云岩,局部含膏盐岩       | 自上而下伽马值逐渐增大,电阻率值逐渐减小,两条曲线构成漏斗状,波动幅度不大                              | 震旦系底   |

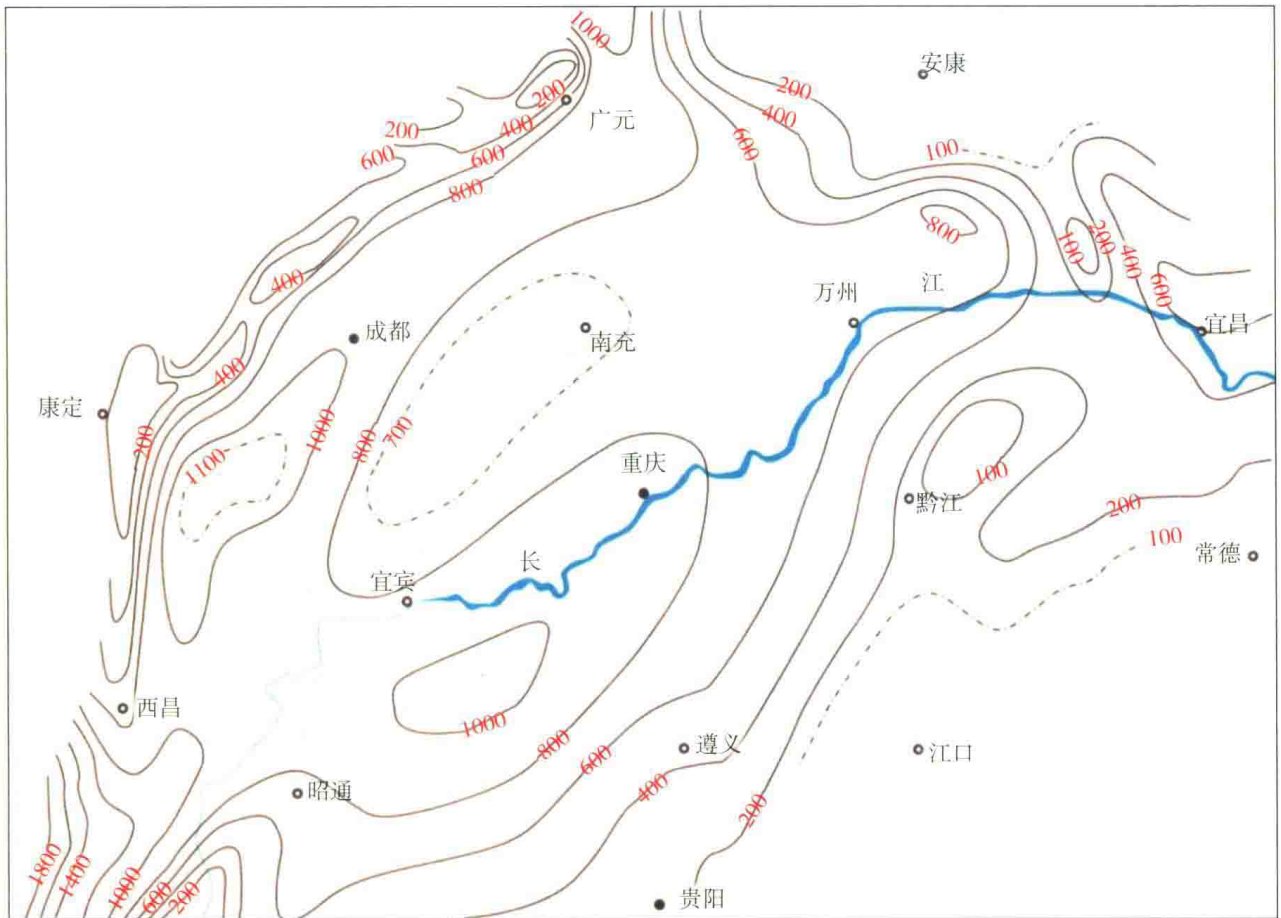


图1-4 四川盆地灯影组地层等厚简图 (m) (据《中国石油地质志》，修改)

## 1.2 基于剖面特征

### 1.2.1 四川峨边先锋剖面

#### 1.2.1.1 剖面概况

该剖面位于四川盆地西南部乐山市峨边彝族自治县共和乡先锋村附近(图1-5)，由西南油气田分公司和中国石油勘探开发研究院共同完成实测。剖面由4段(XF, XF I, XF II, XF III)拼接而成。其中XF剖面位于背斜的东翼，从核部由西向东测制，其他3条位于西翼，XF I, XF II是剖面主体，自东往西沿公路测制，而XF III剖面是从先锋村乌鸦小学往山上测制。

剖面主要出露下震旦统陡山沱组(喇叭岗组)和上震旦统灯影组，总体出露较好，局部地区被覆盖。下震旦统喇叭岗组与前震旦系花岗岩体呈角度不整合接触，区域上主要与前震旦系列古六组呈平



图1-5 四川峨边先锋剖面交通位置图

行不整合接触；上震旦统灯影组与下震旦统喇叭岗组呈整合接触，震旦系灯影组与下寒武统筇竹寺组呈平行不整合接触。实测震旦系斜距达到3054m，真厚度为880m，其中陡山沱组出露约50m，灯影组出露约830m，顶部可能有少量麦地坪组（图1-6）。剖面自下而上主要发育滨岸、局限台地、陆棚等沉积相。

### 1.2.1.2 剖面地层特征

#### 1.2.1.2.1 前震旦系

峨边地区前震旦系主要为苏雄组和列古六组，其中苏雄组岩性为紫红色、灰绿色流纹岩、流纹质

| 地层系统 |      |              | 分层                          | 厚度 (m) | 岩性柱        | 岩性描述                                      | 沉积相  |                                   |                 |    |
|------|------|--------------|-----------------------------|--------|------------|---|------|-----------------------------------|-----------------|----|
| 系    | 组    | 段            |                             |        |            |   | 相    | 亚相                                | 微相              |    |
| 震旦系  | 上震旦统 | 灯麦四地垭坪组      | XF III 1-8                  | 42     |            | 以灰色粉细晶白云岩为主，见硅质条带，顶部含磷质                   | 局限台地 | 台坪                                | 蓝细菌云坪 + 云坪      |    |
|      |      | 灯四段          | XF II 2-66                  | 211    |            | 以灰色—深灰色泥晶、粉晶白云岩为主，夹少量薄层硅质岩及硅质白云岩，局部针状溶孔发育 |      |                                   |                 |    |
|      |      | 灯三段          | XF II 1                     | 0.36   |            | 蓝灰色、灰绿色、黑色泥页岩                             | 陆棚   | 浅水                                | 泥岩              |    |
|      |      | 灯            |                             |        |            | 灰色中厚层粉晶白云岩，下部蓝细菌纹层发育，上部溶蚀孔洞发育             | 局限台地 | 台坪                                | 蓝细菌云坪           |    |
|      |      | 覆盖区          |                             |        |            |   |      |                                   |                 |    |
|      |      | 灯二           |                             |        |            | 以灰色—浅灰色中厚层、块状蓝细菌纹层、蓝细菌叠层白云岩为主，大量发育葡萄花边状构造 | 局限台地 | 台坪                                | 蓝细菌凝块丘 + 蓝细菌叠层丘 |    |
|      |      | 覆盖区          |                             |        |            |   |      |                                   |                 |    |
|      |      | 灰色厚层葡萄花边状白云岩 |                             |        |            |   |      |                                   |                 |    |
|      |      | 覆盖区          |                             |        |            |   |      |                                   |                 |    |
|      |      | 灯一段          |                             |        | XF I 10-45 | 458                                       |      | 底部为深灰色角砾状白云岩，中上部以粉晶白云岩为主，局部为泥质白云岩 | 局限台地            | 台坪 |
| 覆盖区  |      |              |                             |        |            |   |      |                                   |                 |    |
| 喇叭岗组 |      |              | XF I 1-9<br> <br>XF I 19-26 | 120.5  |            | 以灰色粉晶白云岩为主<br>以灰白色中厚层石英细砂岩为主              | 滨岸   | 临滨                                | 滨岸砂             |    |

图1-6 四川峨边县先锋村震旦系实测剖面综合柱状图

凝灰岩，厚度变化大，从15~600m不等。列古六组则常与苏雄组相伴生，岩性为紫红色砂砾岩、凝灰质砂岩、粉砂岩、砂质页岩等，厚度为0~330m。实测剖面处为前震旦系花岗岩，岩性主要为黑云母花岗岩，出露面积大约20km<sup>2</sup>。

#### 1.2.1.2.2 陡山沱组（喇叭岗组）

喇叭岗组在峨边地区零星分布于牛郎坝、共安、金口河、老鹰嘴及马边桐麻树等地，厚度为19~50m，为震旦纪海侵早期的滨浅海相地层，其广泛超覆于列古六组、前震旦系花岗岩或者古元古界峨边群之上，与前者为假整合接触，与后两者则为不整合接触。

喇叭岗组下部主要为碎屑岩，上部则主要为碳酸盐岩。其中XF剖面1—2层为3m厚的浅灰色中层状中粒石英砂岩，单层厚度约30cm。向上第3层变为浅褐色薄层状泥质粉砂岩，厚度约2m。4—5层为一套5.5m厚的白云岩，下部以含硅质颗粒白云岩为主，中上部为泥微晶白云岩，但硅质含量也逐渐增加。6—10层为18m左右的浅灰色、灰白色中—细砂岩，在显微镜下可见以细粒岩屑石英砂为主，颗粒分选较好，磨圆度较差，局部含沥青；该类岩屑石英砂岩的孔隙度较高，面孔率可以达到近30%，可能与抬升地表后的岩溶作用有关。11—15层为15.2m厚的白云岩，岩性以灰色、浅灰色薄—中层粉晶白云岩为主，上部见蓝细菌砂屑白云岩。16—18层为暗色泥岩、泥质粉砂岩层段，顶部含云质粉砂岩，厚度约为7m，至此喇叭岗组结束。

#### 1.2.1.2.3 灯影组

灯影组在四川盆地广泛分布，厚度为600~1000m不等，为四川盆地第一套海相碳酸盐岩地层。XF剖面从19层开始为灯影组，19—26层为灯影组一段，厚度约75m，岩性主要为深灰色角砾状细晶白云岩、灰色泥粉晶白云岩，质纯，局部见灰白色及灰黑色硅质条带和硅质团块。显微镜下可见粉细晶白云石具有明显的雾心亮边结构，另外在第20，21，25，26层样品薄片中可以看到零星的蓝细菌砂屑。至26层为止，XF剖面结束。

XF I剖面起点在背斜西翼的采矿场，1—9层为灯一段，厚度45.4m。岩性与下伏XF剖面的灯一段类似，以泥粉晶白云岩为主，含硅质条带，近纵向的共轭节理发育，节理缝中未见明显的充填物。从XF I剖面第10层开始进入灯二段，10—13层主要为灰色含葡萄花边状构造的泥粉晶白云岩，厚度达到175m，但该段露头覆盖情况严重。剖面上可以看到溶孔发育，孔洞中虽然有多期葡萄花边状白云石充填，但仍有残余孔洞得以保留。第14层为约10m厚的厚层粉晶白云岩，蓝细菌纹层不发育，顶部1m为含葡萄花边状构造的白云岩，错动破碎。15—35层为葡萄花边状白云岩，原岩主要是富含蓝细菌凝块、蓝细菌格架、蓝细菌砂屑的白云岩，厚度大约145m。另外在第18层可以看到灯影组另一类特殊的岩性——雪花状白云岩，此类雪花状蓝细菌白云岩野外露头特征多为黑底白花，偶尔也可见白底黑花。其中“雪花”普遍分布均匀，但形状不规则，直径多在0.5~2mm之间，是灯影组一种特殊的岩石类型。此类白云岩在镜下可以看到黑色部分为蓝细菌凝块白云岩，因为成分主要为蓝细菌类，因此富含有机质，颜色发暗。

“雪花”部分为亮晶白云石胶结物，其广泛填充于蓝细菌凝块颗粒之间。36—45层厚约128m，岩性主要为蓝细菌凝块、蓝细菌格架、蓝细菌砂屑白云岩并夹少量雪花状白云岩，与下伏地层的区别是葡萄花边状构造已经不发育。第45层为XF I剖面的终点，也是灯二段的最顶部。

XF II剖面与XF I剖面相连，起点为灯三段底界，灯三段是一套厚度为30~50cm厚度不等的蓝灰色—灰黑色泥岩，成透镜状，可能含凝灰质，底为1~2cm的铁质风化壳，呈铁锈色。该泥岩段与下伏白云岩呈凹凸不平接触。XF II剖面2—66层为灯四段，厚度约211m。与灯二段比，灯四段不发育葡

菊花边状构造，且硅质含量显著增加。硅质主要以交代微晶、粉晶白云岩和充填孔洞及裂缝的形式出现，前者可能为准同生期形成，后者可能与晚期热液作用有关。

XFⅢ剖面起点在乌鸦小学附近，1—8层厚度约40m，岩性主要为浅灰色厚层—块状粉晶白云岩、硅质白云岩。对于这套地层的归属尚有争议，有人认为属灯四段，也有人认为属下寒武统麦地坪组，但由于未发现标志性小壳化石，目前暂划归灯影组。

在XFⅢ剖面顶部的9—10层进入寒武系，其中第9层为蓝灰色含磷白云岩，局部可能有磷块岩，风化面为土黄色，该层实际上为一段约1m的风化壳。第10层底部为0.2m黑色页岩，沿走向分布不稳定，厚度不一，甚至尖灭；中部为0.3m黑色中层状粉砂质泥岩；上部0.7m为黑色页岩，向上变为深灰色中层状泥质粉砂岩。至此峨边先锋剖面结束。

### 1.2.2 四川南江杨坝剖面

#### 1.2.2.1 剖面概况

该剖面位于四川盆地东北部的巴中市南江县杨坝乡X031公路两侧（图1-7），整个剖面由两段拼接而成。该剖面由中国石油杭州地质研究院和成都理工大学沉积学院共同完成实测（图1-8）。剖面由乡口沿公路向南地层由老到新分布，实测剖面起点紧邻杨坝乡东南口约100m第一座小桥北侧上山公路边，距公路约60m，终点位于距乡东南约1.5km的公路边河道东侧观音庙处。

该剖面震旦系主要出露下震旦统观音崖组和上震旦统灯影组，地层总体出露较好，下部和上部连续出露，中部有些层段风化较强或被坡积物和植被覆盖，近距离平移后可形成完整剖面。下震旦统观音崖组与下伏前震旦系上两组呈角度不整合接触，分界面之上为观音崖组绿灰色厚层状细砂岩，之下为前震旦系上两组中厚层眼球状板岩，界线明显。灯影组与观音崖组呈平行不整合接触，分界面处主要表现为灯影组底部白云岩与观音崖组顶部风化较强的棕褐色中—厚层状含黄铁矿细砂岩呈岩性突变接触。震旦系灯影组顶部含硅质结核白云岩与下寒武统宽川铺组石灰岩呈平行不整合接触。宽川铺组之上则为下寒武统筇竹寺组大套深灰色碳质页岩。

震旦系累计实测斜距1342m，真厚度889m，其中观音崖组出露约53m，灯影组出露约835m，共划分出362个小层，灯一段至灯四段界线明显，剖面由下自上主要发育滨岸、局限台地、陆棚等沉积相（图1-9）。

#### 1.2.2.2 剖面地层特征

##### 1.2.2.2.1 前震旦系

据前人研究，南江地区广泛分布着前震旦系火地垭群，总厚度可以达到1300m以上。在杨坝实测剖面附近，震旦系下伏地层为火地垭群中的上两组岳家河段，是一套深灰色、灰色条带状绢云母石英板（片）岩夹深灰色斑点状绢—黑云母石英板岩、石英板岩及变质粉砂岩，底部常有一层黑色碳质板



图1-7 四川南江杨坝剖面交通位置图