

四川广元—陕西南宁强间下志留统生物礁

侯方浩 方少仙 王振宇 张廷山

(西南石油学院 南充 637001)

兰 贵 邓 明 蔡永禄

(四川石油局川西北矿区研究所)

提 要 川西北广元—陕西南宁强间下志留统巨厚的暗色泥岩地层中赋存有数以百计的生物礁,包括堤礁、点礁、堤状点礁群、生物岩丘、灰泥丘、层状岩丘,出露好,大小不一。礁是在浅水陆棚泥岩相的基础上发育起来的。造礁生物主要为横板珊瑚属的链珊瑚和蜂窝珊瑚及泡孔目的皮壳状、半球状苔藓虫。礁发育的基底主要为泥基质疙瘩状灰岩,也可以是生屑滩、近基风暴岩和淹没的潮坪层纹石灰岩。礁的衰亡以淹死型为主,少数为早死型。在广元河湾场地区的河深1井钻遇礁组合53.55m,中途测试有气浸显示、川南井下亦钻遇生物灰岩、生屑灰岩(可能即为生物礁),见沥青充填裂隙、晶洞。包绕礁体的暗色泥岩有机炭丰度高。因之,志留系生物礁有希望成为四川盆地潜在的油气勘探目的层。

关键词 志留系 生物礁 河深1井 含油气性

第一作者简介 侯方浩 男 62岁 教授 沉积地质学

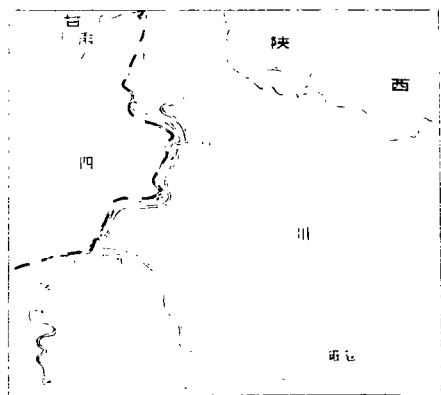


图1 研究区地理位置图

Fig. 1 Location of the studied area

1 地质概况

研究区位于四川西北部的广元、旺苍至陕西南部的宁强之间,大地构造上属上扬子区北缘的川西北拗陷带北部与米仓山隆起区之间地带(图1)。区内除局部有厚度不大的上志留统外,主要出露下志留统,最大厚度达1300m以上。其底部除局部地区为整合接触外,大部分地区超覆于中、上奥陶统的不同层位上;其上与二叠系呈假整合或低角度的不整合接触。

下志留统地层由下向上可划分为龙马溪组、小河坝组和韩家店组^①。主要为灰、绿灰、深灰和黑灰色泥页岩,上、下部夹薄层泥质粉砂岩和粉砂

岩。在这套泥岩地层内发育了数以百计的、各种类型和大小的生物礁,包括堤礁、点礁、堤状点礁群、生物岩丘、灰泥丘、层状岩丘等。由于泥岩易于剥离,生物礁出露良好,利于研究。广

^① 志留系地层的划分和地层组的名称不一致,本文采用志留系二分方案,地层组的名称引自1989.(中国石油地质志,卷十,四川油气区),石油工业出版社。

元河 15 井和河深 1 井均在志留系地层内钻遇生物礁,后者生物礁组合厚达 53.55m,中途测试有气侵显示,并有沥青充填现象。

在研究区,下志留统地层中均有礁灰岩存在。在川陕交界处的牢固关、距志留系底约 20m 处即有层状岩丘出露(图版 I-7),但大量的生物格架礁、生物岩丘则发育于小河坝组和韩家店组的中、上部。据初步研究,在川西北广元地区以小河坝组中最发育、而向北至陕南宁强一带则以韩家店组中最为发育,说明礁的发育由南向北地质时代有滞后的现象。由于礁是在浅水陆棚泥坪基底上发育起来的,亦反映了由南向北沉积环境的演化。

研究区礁的数量多,类型全,出露好,地面与井下礁体可以对比,巨厚的暗色泥岩既为良好的烃源岩,又是良好的区域盖层,是我国研究生物礁与油气关系极好的区域,也是已知世界上志留系生物礁发育的最佳地区之一^①。

2 生 物

2.1 造架生物

(1)珊瑚 为主要造架生物,尤以横板珊瑚为主,组成礁核抗浪格架,有 *Favosites*(蜂巢珊瑚)、*Paleofavosites*(古巢珊瑚)、*Heliolite*(日射珊瑚)、*Subalveolitella*(亚巢珊瑚)、*Halysites*. sp(链珊瑚属)、*Shansiphylum*(陕西珊瑚)等(图版 I-1)。

(2)层孔虫 呈块状、板状和半球状、除起造架作用外,亦起包覆作用。主要有 *Clathrodictyon*(网格层孔虫)、*Rosenella*(玫瑰层孔虫)、*Labechia*(拉贝希层孔虫)及 *Intexodictyon* 等。

(3)苔藓虫 为泡孔目苔藓虫,成皮壳状或半球状,大多见于礁基或礁体下部,与层孔虫、蓝绿藻共同包覆、粘结生屑及其它碳酸盐颗粒,形成硬底,成为造架生物发育的基底(图版 I-2)。

(4)藻类 为蓝绿藻,成绵层状和孔层状,缠结造架生物形成格架岩,或缠结生屑、灰泥成疙瘩状(长径 2~3cm,短径 1~2cm)灰岩块,成薄层堆积,为大多数格架礁的基底,也可分布于礁翼和淹死型礁的礁盖层中。此外,它也是层状岩丘和生物丘的主要组成者(图版 I-3)。

2.2 附礁生物

种类繁多,分异度高,丰度亦各异。有单体珊瑚的笛管珊瑚和 *Cystiphyllum*,腕足类中的小嘴贝常在礁基或礁体的局部位置上特别富集,此外有介形虫、腹足、双壳类、三叶虫、角石等,棘屑常在礁基和礁翼中富集。

此外,在某些礁格架中见到生物钻孔痕迹,它可以是石内藻生命活动的结果,也可以是某些腹足、双壳类、角石等对礁体的破坏痕迹。

3 礁的类型

3.1 堤礁 仅见于广元朝天一处,出露长度 1500m 左右,礁组合厚度 > 86m,由三部分

^① 作者于 1982 年与从事全球生物礁对比的加拿大 Laurentian 大学 Paul Copper 教授一起考察了研究区的志留系生物礁,他也认为是世界上所见志留系生物礁类型最全、数量最多、发育最好的地区之一。

组成,下部为皮壳状、半球状苔藓虫—链珊瑚格架岩,厚度 $>16\text{m}$,它是在疙瘩状灰岩基底上发育起来的;中部为潮坪相,厚约 40m ;上部为苔藓虫—链珊瑚、蜂巢珊瑚格架岩,厚约 30m 。堤礁连续性好,大致呈 NE 向延展,代表当时的岸线方向(图版 I-4)。

3.2 点礁 为最发育的礁类型,大小不一,大的礁盘直径 $100\sim 200\text{m}$ 不等,礁组合厚 $40\sim 50\text{m}$ 不等,小的厚仅数米。礁核格架岩可厚可薄,发育程度亦各异。单个或成群出现(图版 I-5)。

3.3 堤状点礁群 如陕西宁强石嘴子,地面出露了延伸 800m 以上的四个向 300° 不断爬坡的点礁,从而组成堤状点礁群(图版 I-6)。当一个点礁发育到一定程度时,由于短暂的海侵,礁体被泥质沉积物掩埋衰亡,并见掩埋过程中造礁生物顽强地向上生长,在上覆泥岩中形成蘑菇状小礁体,四周被泥岩披盖的现象。当第一个礁体衰亡后,海平面又处于相对稳定状态,从而为下一个礁体的发育创造了时空条件。堤状点礁群的爬坡方向应大致垂直于岸线方向。

3.4 生物岩丘 生物岩丘的大小不一,一般较点礁要小,特别在厚度上,大的也只有 $20\sim 30\text{m}$,丘盘大的可达 100m 以上,地貌突起明显,主要由蓝绿藻缠结生屑和灰泥的疙瘩状粘结岩组成,在疙瘩状灰岩间的泥岩内常含有丰富的腕足及其它底栖生物。可以出现孤立的造架生物,局部层位可以出现薄层状造架生物层,但未能发育成良好的格架岩。

3.5 灰泥丘 比较少见,规模亦较小,大的丘盘直径可达 50m 以上,厚度 20m 左右。主要为粉红色含泥质灰泥岩组成,能见少量皮壳状苔藓虫等造架生物及少量腕足、棘屑等化石。

3.6 层状岩丘 成 $1\sim 2\text{m}$ 扁平透镜状层夹于泥岩中,以疙瘩状粘结灰岩为主,含较多的腕足、棘屑等(图版 I-7)。

4 生物礁发育的控制因素

4.1 礁发育的沉积环境

对含生物礁巨厚泥岩地层的观察,可以划分为深水陆棚泥岩、较深水陆棚泥岩和近岸线水陆棚泥岩三种亚相。礁发育于浅水陆棚泥岩沉积的泥坪环境中。

4.1.1 深水陆棚泥岩

为黑灰色泥岩或隐约显水平纹理的块状泥岩,见个别小壳体腕足和笔石化石,见不明显的简单爬痕遗迹化石,偶见 1cm 以下可能为低密度浊流的泥质粉砂岩层,此外,偶见小透镜体细粉(生)屑泥粒岩的远基相风暴岩,可显完美的丘状交错层理。

4.1.2 较深水陆棚泥岩

深灰色中、薄层泥岩或平行纹理发育的块状泥岩,常见个体小的薄壳腕足和笔石,沿层面常有简单的管状遗迹化石。该亚相泥岩中含不定量的钙屑风暴岩,由棘屑、腕足屑等组成完整或不完整的风暴岩序列,一般厚 $3\sim 5\text{cm}$,常呈不连续的薄透镜体层出现。

4.1.3 近岸浅水陆棚泥岩

灰色厚层泥岩为主,层内平行纹理较发育,偶夹薄层泥质细粉砂岩。泥岩内化石较丰富,除笔石外,有王冠三叶虫及其它三叶虫,小嘴贝,细褶石燕,单体的南山珊瑚,复体的笛管珊瑚,见较发育的与层理平行或各个角度相交的,由食泥蠕虫形成的简单遗迹化石,并常见小

型渠迹,其内由正粒序的粉生屑充填。该亚相泥岩中常夹以棘屑为主的钙生屑近基风暴岩,最厚的可达2m,成正粒序层,横向上可延续上百米,常成为生物礁发育的埋藏反馈基底。也可在泥岩底质上逐渐发育底栖生物,并由蓝绿藻缠结生屑成疙瘩状灰岩层,在此基底上发育起格架礁。

4.2 礁发育的基底

生物礁的发育、生长,除受控于古海洋的水温、水深、浊度、盐度等因素外,还必须有一个适于造架生物固着生长的基底。研究区主要有三种形式的基底。

4.2.1 生屑滩或近基风暴岩基底

近岸浅水陆棚泥质沉积物中含有较丰富的底栖生物,在风暴浪的作用下可以形成钙生屑风暴岩,呈正粒序的以棘屑为主、含一些腕足等生屑的中厚层泥粒岩、颗粒岩;另一方面,在波浪作用下,将泥岩中的生物骨壳挖起和打碎,并在一定部位集中成生屑滩,特别是经过早期成岩、胶结作用,成稳固的底质或硬底,成为生物礁的先驱群落分子结壳作用(拓殖)的基底,为造架生物的繁殖创造必备的条件。研究区仅部分生物礁是在这类基底上发育起来的(图版1-8)。

4.2.2 泥基质疙瘩状粘结灰岩基底

近岸浅水陆棚泥岩沉积环境中生物丰富,加上水体较动荡,蓝绿藻缠结生屑及灰泥组成形态不规则的疙瘩状粘结灰岩块,顺层理方向分布于泥岩基质中。野外常见最下部仅少量疙瘩状灰岩块散布于泥岩中,向上渐次增多,呈薄层状产出于泥岩中,再向上过渡到以疙瘩状灰岩块为主,而含生屑泥岩呈纹层状或填隙物状分布于疙瘩状灰岩块间,成为泥基质疙瘩状灰岩层,这时可偶尔出现造架生物和固着底栖生物,再向上随着泥岩的减少,密集的疙瘩状灰岩层之上,皮壳状苔藓虫、层孔虫、蜂巢珊瑚、链珊瑚等随之生长。大部分格架礁是在这类基底上发育起来的。

另一种情况是,泥基质疙瘩状灰岩之内或其上可以有零星的造架生物小块体,甚至造架生物可以呈厚度不大的不规则层状出现,但随着水体稍微加深,泥质注入量的增加,造架生物受到抑制,向上又发育了泥基质疙瘩状灰岩层,为此叠覆沉积,发育成生物岩丘和层状岩丘。

4.2.3 潮坪层纹石—核形石基底

仅在广元潮天堤礁中见到。上面已提过,潮天堤礁组合的中部约40m为潮坪相,层纹石充分发育,间夹疙瘩状灰岩薄层,层纹石干裂后局部成帐篷构造,层纹石干裂片被波浪打碎后可以成层纹石角砾屑灰岩,更多的是在浅水区被蓝绿藻包壳成核形石。层纹石和核形成为礁发育的埋藏反馈作用的基底,其上发育了苔藓虫—链珊瑚、蜂巢珊瑚格架岩。

5 礁的衰亡

5.1 淹死型

研究区的礁主要是淹死的。一部分是随海水的加深,格架礁之上逐渐过渡为疙瘩状灰岩,最终为纯泥岩覆盖。另一种情况是格架礁之上仅少许含疙瘩状灰岩块的泥岩,其上即为泥岩。也可以是格架礁之上直接由泥岩覆盖。上述三种情况反映了海侵的速度和规模。

5.2 旱死型

广元潮天堤礁组合的下部为苔藓虫—链珊瑚格架岩、中部为潮坪相沉积。显然下部格架岩是随着短暂的等效海退而衰亡的。

6 四川广元河深 1 井志留系生物礁

川西北广元地区钻至志留系地层的有河深 1 井和河 15 井,两口井均钻遇生物礁。河深 1 井在井深 3980~4135m 的小河坝组中部钻遇礁组合,厚 53.55m(上部 14m 未取心)。

小河坝组下部地层属深水陆棚泥岩相,夹薄层钙粉生屑风暴岩。向上至井深 4150m 上下时所夹钙生屑增多,厚度增大,粒度达粗、中砂级,逐渐向浅水陆棚泥岩相过渡,在此基础上出现零星的疙瘩状粘结灰岩块和疙瘩状灰岩薄层,但由于海平面的频繁振荡,疙瘩状灰岩层多次被泥岩覆盖。至井深 4010m 以上,环境变得比较稳定,浅水陆棚泥坪上近基钙屑风暴岩常见,成 5~10cm 厚的正粒序层生屑泥粒—颗粒岩,主要为棘屑,含不等量的腕足、腹足、介形虫等浅水底栖生屑及少量砂屑。这类钙屑风暴岩常被风暴浪滞后的和正常沉积的泥岩覆盖,但如未被泥岩很快覆盖的情况下,将成为硬底,其上可以发育疙瘩状灰岩,或可发育造架生物(见图版 1—8)。也可以在泥岩基底上逐渐发育起疙瘩状灰岩块,向上渐成泥基质疙瘩状灰岩层,其上拓殖了链珊瑚、苔藓虫等造架生物。

从已取心的 40m 岩心看,随着向上,疙瘩状灰岩层越来越发育,造架生物出现的机率增加,个别层段已成格架岩,亦即说,随着向上有发育成良好的格架岩趋势。遗憾的是,上部近 14m 未取心(仅有岩屑薄片)。

7 潜在的油气储集层

研究区地面出露了数以百计的各类生物礁。在川西北广元河湾场地区钻入志留系的河深 1 井,河 15 井均钻遇生物礁,并获少量天然气,岩心和薄片中均有沥青充填裂隙现象。在川南威远、泸州等地,在小河坝组(牛石相组)中亦钻遇生物灰岩、生屑灰岩、石灰岩(据四川石油地质志,1989),可能即为生物礁灰岩。

四川盆地除乐山—龙女一带因后期剥蚀缺失志留系外,向东到鄂西,北到陕南,南至黔北,地面露头中均已发现生物礁,其中在川东到川鄂边界的巫山一带亦普遍发育。在黔北,小河坝组中亦有较多的生物礁,石阡县白马坡礁厚约 50m,礁基底亦为泥基质疙瘩状灰岩(据曾鼎乾,1984,中国各地质历史时期生物礁, P. 23),与研究区可以类比。礁露头中常见沥青和油苗充填裂隙、晶洞。

研究区泥岩厚近千米、色暗、据《四川盆地油气资源评价资料》:广元地区 I 级生油岩(深灰、黑灰、黑色)平均厚 129.9m; II 级(灰、灰—绿灰)平均厚 459.9m, I 级泥岩有机碳含量 0.5~3.5%或更高,氯仿沥青“A”达 10000ppm 以上。I + II 级碳酸盐岩(即礁灰岩)平均厚 21.8m,有机碳 0.2~1.1%。生油面积达 31300km²。由暗色泥岩包绕的生物礁有希望成为油气储集体。

宋开辉参加了野外工作,赵之祯协助照相工作,特表感谢。

参 考 文 献

- [1] 方少仙,侯方浩,1986,广西田林县浪平碳酸盐台地石炭纪沉积环境及大塘期苔藓虫—珊瑚点礁,沉积学报,4(3)。
 [2] 中国石油地质志,卷十,四川油气区,1989,石油工业出版社。
 [3] 张廷山,方少仙等,1991,埋藏反馈及其对生物礁发育的作用,沉积学报,9(1):(27~34)。
 [4] 张廷山,侯方浩等,1992,比较埋藏学与埋藏相及其环境意义简介及评述,沉积学报,10(1)。
 [5] 张廷山,侯方浩等,1993,川西北地区早志留世风暴岩及其环境与古生态意义,沉积学报,11(2):66~73。

**Organic Reef in Lower Silurian. Guangyuan.
 Sichuan to Ningqiang. Shanxi**

Hou Fanghao, Fang Shaoxian, Wang Zhenyu, Zhang Tingshan

(Southwest petroleum Institute)

Lan Gui, Deng Ming, Cai Yongtu

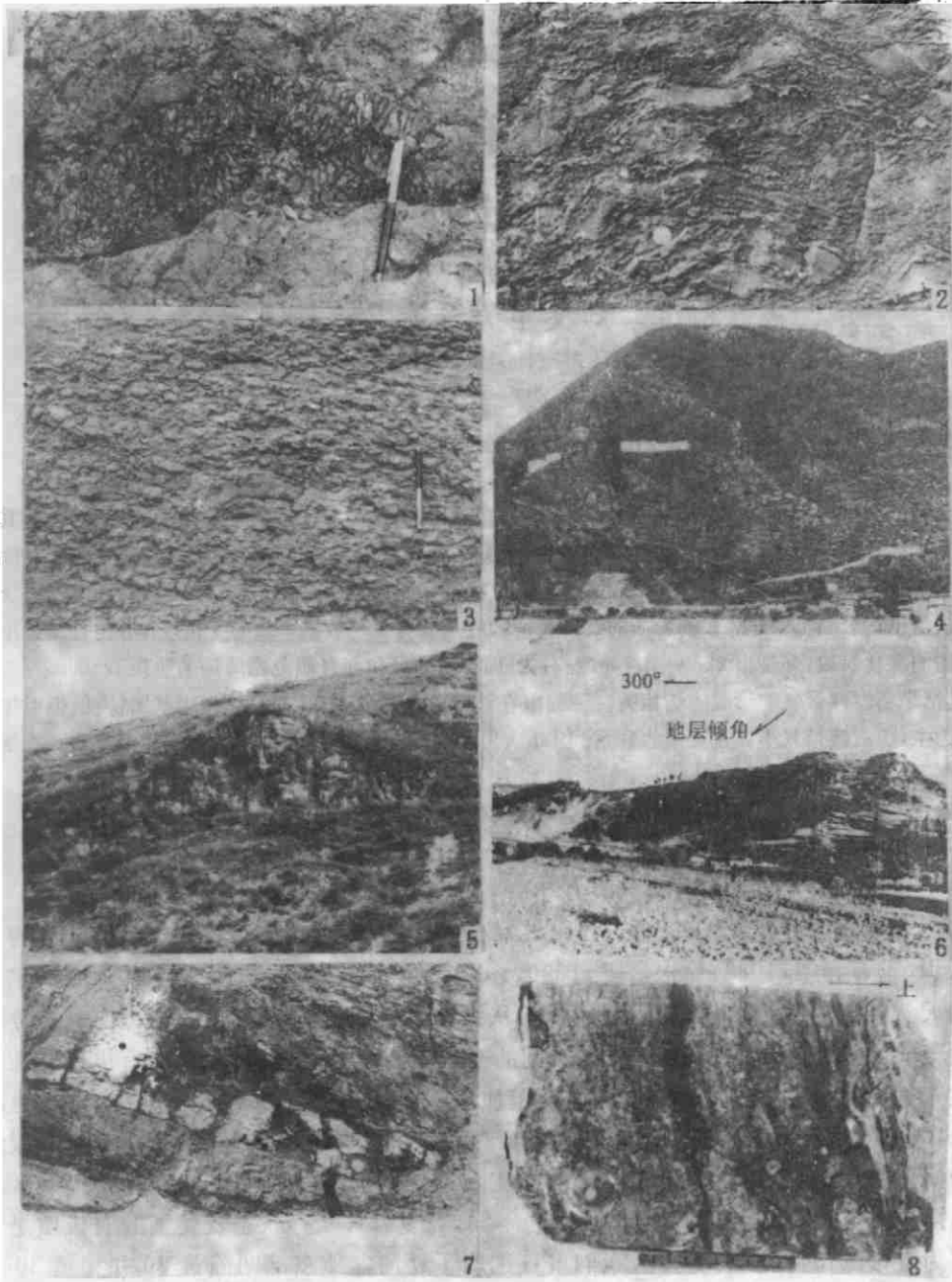
²(Northwest Oil and Gas Field of Sichuan Petroleum Department)

Abstract

Between Guangyuan. Sichuan to Ningqiang. Shaanxi province, Within giant—thick dead color mudstones of lower Silurian there are hundreds of reefs developed, including barrier reef, patch reef, barrier—like patch reefs, bioherm, Limemud mound and bed—rock mound. All of them are out cropped well and a great disparity in size. The reefs developed on the bases of the mudrock facies of the shallower shelf. The reef—building organism are mainly Halysites. Favosites, subalveotella, paleofavosites, and clathrodictyon, Rosenella. The basement rock on which reefs grewed is mainly mudbasis —knollenakalk and some are on the bioclast bank, the proximal tempestites and sumerged tidal flat stratifera limestones. Many of the reefs declimed and fell because of drow and a few of them died for drought.

The reef is over 50 meters thick in the Hoshen 1 well and Ho 15 well in Guangyuan. North—west Sichuan, and a litter gas was gotten in it. Also, the reef was found in many wells in the southern Sichuan. In addition, the reefs is distributed over the eastern Sichuan, Northern Guizhou and western Hebui, the character of reef Complex is similar to that of the studied area. Bitumen filling crack and vug is often found. The organic carbon content in dead color mudstone which wrapped up the reefs is high. There for. It is hope for the reef of the lower Silurian to be the exploration bojective formation in the Sichuan basin.

Key Word: Silurian, Organic Reef, Oil and Gas bearing fermation



1. 链珊瑚格架岩。广元朝天, S₁ 2. 皮壳状和半球状苔藓虫组成的格架岩。陕西宁强石嘴子, S₁ 3. 泥基质疙瘩状粘结岩, 由蓝绿藻缠结生屑和灰泥组成疙瘩状灰岩块, 照片中部为一半球状苔藓虫。四川广元校场, S₁ 4. 堤礁, 出露长度 1500m 左右, 礁组合厚度大于 86m, 堤礁成倒 S 形。四川广元朝天, S₁ 5. 点礁, 礁基近 200m, 高 70m, 照片右上角为另一小点礁。四川广元中子, S₁ 6. 堤状点礁群: 由三个点礁向 300° 方向不断爬坡组成的堤状点礁群(照片左外侧尚有第四个点礁), 每一点礁顶均被泥岩覆盖, 标示了几次小的海浸, 点礁爬坡方向大致垂直古岸线。陕西宁强石嘴子, S₁ 7. 层状岩丘, 长近 20m, 厚 1.5m, 夹于暗色泥岩中, 主要为疙瘩状粘结岩块, 内含较多腕足。距志留系底界约 20m。陕西宁强牢固关, S₁(?) 8. 棘屑为主的二层风暴岩。下部风暴岩显正粒序, 其上有正常好天气沉积的薄层泥岩; 上部风暴岩仍显正粒序, 其上有皮壳状苔藓虫发育, 但遭到再一次风暴岩覆盖。二次风暴岩间呈冲刷接触。四川广元河深 1 井(井深 3997.77m), S₁。