

四川龙门山北段晚二叠世晚期 沉积环境及沉积模式

金若谷

(中国地质科学院地质所, 北京)

内容提要 本文从沉积序列、岩石类型、沉积构造和生物共生组合以及古地理位置等探讨了四川龙门山北段晚二叠世晚期的沉积相和沉积模式。提出了晚二叠世晚期沉积模式为缓坡型生物浅滩边缘沉积较深水碳酸盐-硅质岩边缘海槽环境。

晚二叠世晚期(长兴期)由于华力西运动的波及和北东向和北西向两组断裂系的活动,海侵继续扩大,导致了碳酸盐台地发生破裂分化,出现了岩相和生物相分异明显,深沟纵横交错的古地理格局。四川龙门山北段晚二叠世晚期属边缘海槽沉积。

主题词 晚二叠世晚期 碳酸盐-硅质岩 深水 边缘海槽环境 四川龙门山北段

作者简介 金若谷 男 48岁 工程师 沉积岩和沉积学

一、古地理概况

晚二叠世晚期龙门山北段位于扬子地台的西北边缘,属扬子地台和松潘甘孜地槽间之过渡带。其范围南起耙地沟,北至广元朝天一带,西以龙门山深断裂为界,东和东南与川中碳酸盐台地相连。晚二叠世晚期,华力西运动进一步加剧,沿龙门山一带的断陷盆地沉降幅度加深,形成了呈北北东向延展的狭长海盆(或海槽)。海盆向东南逐渐抬起,过渡为碳酸盐台地;西部龙门山古陆已成为时隐时现的水下隆起或地形平坦的岛链,岛链两侧有海峡与松潘甘孜大洋相通;北部与陕南西乡-镇巴台槽相接,向东与鄂皖苏北部边缘海槽(或海盆)^[2]以及太平洋地槽沟通(图1)。

海盆以广元上寺至朝天明月峡一带海水最深,向东南逐渐变浅。沉积物(自北往南)由灰泥岩、硅质岩向粒泥岩、颗粒岩逐渐变化。生物群由浮游生物向浮游和底栖生物混生、底栖生物过渡。本区海侵开始于晚二叠世吴家坪早期,海水主要从西北的松潘甘孜大洋和北部的秦岭地峡入侵而来。晚二叠世晚期(长兴中晚期)海侵达最大时期,并一直延续到长兴末期,才发生了广泛快速的海退,结束了较深水的海槽环境。

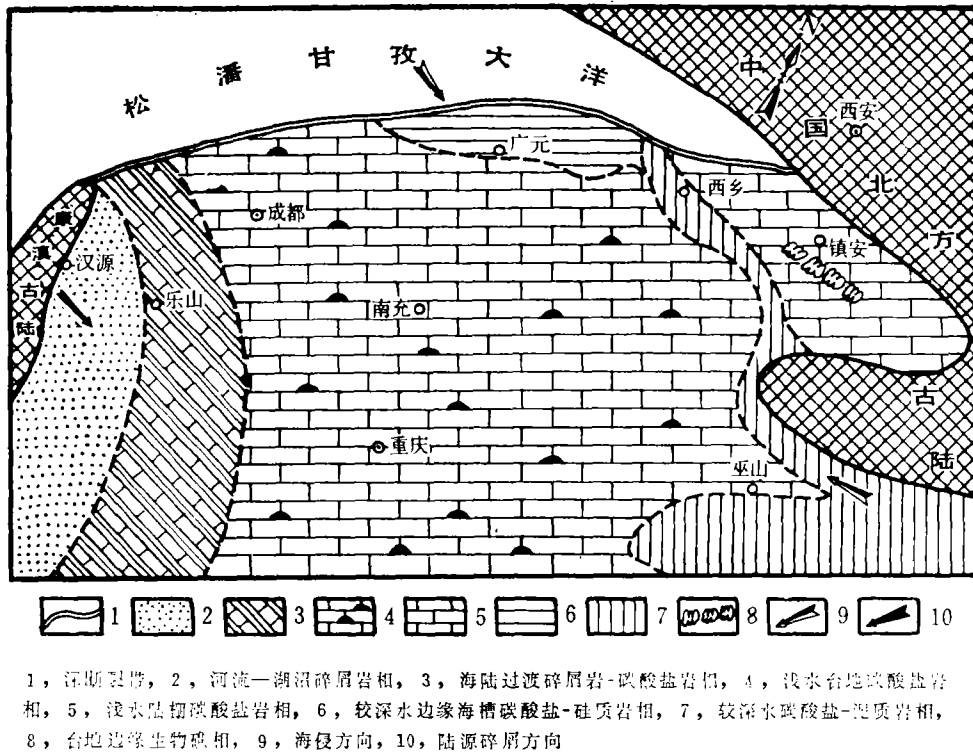


图1 四川龙门山及其邻区晚二叠世晚期岩相古地理略图
 Fig. 1 Sketch map of lithofacies and paleogeography of Latest Permian in Longmenshan and vicinity region

二、沉积序列

晚二叠世晚期沉积在龙门山北段广元地区分布广泛，地层出露良好，沉积序列连续而稳定，厚度一般为30—40米。其中以广元上寺剖面最典型，按岩石类型和生物群特征可分为三部分：下部由深灰至灰黑色薄至中薄层微晶灰岩、硅质微晶灰岩、含泥硅质岩夹黑色页岩、钙质页岩和含放射虫硅质页岩组成，富含有机质（局部沥青化）和黄铁矿结核及少量燧石结核，韵律层理发育，局部具层内揉皱和错动构造及瘤状结核构造。生物群以底栖和浮游生物共生为特征，其种类包括腕足类、单体珊瑚、介形虫、有孔虫和牙形石、放射虫等。中部为灰黑色薄层含泥硅质岩、硅质微晶灰岩夹黑色页岩、放射虫硅质岩，有时偶见由白云石组成的细粉砂岩薄透镜体（1—2 cm厚，长约1—2米），富含有机质和星点状黄铁矿。水平层理和韵律层理发育。生物群以浮游生物如牙形石、菊石、放射虫丰富和底栖生物贫乏为特征。上部为灰-深灰色薄至中薄层硅质微晶灰

岩、放射虫硅质岩夹钙质页岩和蒙脱石-伊利石混层粘土岩及蒙脱石化凝灰质粘土岩等,具韵律层理、瘤状构造和席状裂隙等构造。浮游生物放射虫、菊石和牙形石大量繁衍,其顶部出现了少量有孔虫、海绵骨针、钙球、薄壳型腕足类及瓣鳃类等。上述沉积序列特征表明,龙门山北段晚二叠世晚期并非浅水碳酸盐台地沉积,而是海水较深的远海沉积环境。

三、主要岩石类型和沉积构造

据化学分析(表1),晚二叠世晚期沉积中纯灰岩很少, SiO_2 含量一般在15—50%,最高80%以上,常与碳酸钙混合成硅质灰岩或硅质岩(或灰质硅质岩), Al_2O_3 含量不高,除少数泥质岩外,其量均在1—5%。矿物成分主要为方解石、石英(或纤石英)玉髓及少量蒙脱石-伊利石混层矿物和白云石等,局部富含有机质和黄铁矿,陆源碎屑少。上述成分都是由盆源化学的、生物的以及生物化学的沉淀物所形成的,大部分硅质是由硅质生物堆积而成,火山、陆源的以及成岩期后(硅化)的成因仅占很少比例。下面就几种主要的岩石类型描述如下:

1. 放射虫硅质岩(图版 I, 1)

深灰色或灰黑色,薄层,单层厚15—20厘米,致密坚硬。层面起伏不平,具瘤状突起或透镜状层理,常与页岩呈韵律层理。 SiO_2 含量一般50—70%, CaO 含量15—25%。主要矿物成分为微晶玉髓、石英和方解石,有时富含有机质和黄铁矿。放射虫呈白色小球点缀于灰色灰硅质或黑色泥硅质基质中,呈基底式结构类型,含量为15—30%。共生生物见有菊石、牙形石和少量海绵骨针等。形成于盆地滞流带和盆地流动带。

2. 含放射虫硅质页岩(图版 I, 2)

灰黑色,单层厚10—15厘米,呈薄板状,为硅质岩之夹层,具水平层理。矿物成分为蒙脱石-伊利石间层矿物、微晶玉髓(或石英)、蛋白石和方解石,含有机质和少量黄铁矿。随着硅质成分的增高可变为硅质岩^[4]。放射虫在黑色硅泥基质中略呈定向排列。共生生物有少量菊石和牙形石等。形成于盆地流动带和深水陆棚区。

3. 含泥硅质岩

灰黑色,中薄层,单层厚15—25厘米,具水平层理,有时可见层内揉皱和错动构造。 SiO_2 含量在50%以上,最高82%, CaO 含量为5—15%。矿物成分以微晶玉髓(或石英)为主,次为方解石、粘土矿物,富含有机质(沥青化)和星点状、结核状黄铁矿。生物贫乏,仅见少量菊石、牙形石和钙球等。形成于盆地滞流带和斜坡或陆棚注地。

4. 硅质微晶灰岩(图版 I, 3)

灰-深灰色,中薄层,单层厚15—30厘米,致密性脆,层面呈波状,有时具瘤状突起和席状裂隙等。矿物成分以方解石为主,次为微晶玉髓(或石英)及少量有机质和粘土矿物。微晶结构。生物不甚丰富,含菊石、牙形石和少量有孔虫、钙球和海绵骨针等,有时菊石富集于层面上(图版 I, 4)。此种岩类分布甚广,可在盆地的不同环境

表1 四川广元晚二叠世晚期岩石主要化学成分
Table 1 Main chemical composition of the latest Permian rocks from Guangyuan

层号	岩石名称	化 学 成 分								
		SiO ₂	CaO	MgO	FeO+ Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MaO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃
Gsr-1	含碳硅质岩	47.62	16.68	0.47	1.63	0.970	0.065	0.041	1.032	0.94
Gsr-2	硅质微晶灰岩	40.34	28.91	1.72	0.63	0.298	0.026	0.096	0.148	1.32
Gsr-3	含硅微晶灰岩	12.15	46.30	1.03	0.65	0.293	0.049	0.107	0.153	1.31
Gsr-4	含硅微晶灰岩	21.22	30.17	0.73	0.99	0.495	0.090	0.076	2.152	2.10
Gsr-5	含硅泥硅质岩	51.29	12.05	0.82	2.04	1.895	0.185	0.018	0.763	2.57
Gsr-6	硅质岩	82.84	4.78	0.25	3.58	0.060	0.082	0.031	0.133	1.11
Gsr-7	含硅微晶灰岩	20.86	37.23	1.15	0.38	0.255	0.143	0.008	0.275	4.09
Gsr-8	含碳硅质岩	47.82	18.81	1.37	1.92	0.910	0.195	0.019	1.197	2.11
Gsr-9	硅质微晶灰岩	27.54	35.59	0.93	0.87	0.622	0.185	0.050	0.582	2.57
Gsr-10	硅质微晶灰岩	30.46	33.34	1.33	1.03	0.597	0.180	0.042	0.095	2.92
Gsr-11	含硅微晶灰岩	14.20	44.03	1.81	1.26	0.360	0.270	0.110	0.229	1.64
Gsr-12	放射虫硅质岩	51.26	23.97	0.71	0.22	0.270	0.180	0.054	0.046	1.99
Gsr-13	粘土岩	56.23	2.46	3.28	3.51	3.390	0.090	0.033	0.090	23.13
Gsr-14	放射虫硅质岩	68.18	12.50	0.63	1.60	0.537	0.310	0.038	0.062	1.87
Gsr-15	粘土岩	53.96	2.97	3.56	3.03	3.64	0.090	0.055	0.160	23.83
Gsr-16	微晶灰岩	6.41	48.12	1.27	1.33	0.370	0.140	0.197	0.321	5.61
Gsr-17	粘土岩	49.78	7.20	3.98	3.26	4.000	0.060	0.033	0.090	23.04

由中国地质科学院测试所分析

中出现，常见于盆地的局部隆起区和盆地边缘区。

5. 微晶灰岩

灰-深灰色，中薄层，单层厚20—30厘米。SiO₂含量在10%以下，矿物成分主要由微晶方解石及少量硅质、粘土矿物组成。生物组合以底栖生物和浮游生物相共生为特

点,包括牙形石、有孔虫、钙球、厚壳型腕足类、薄壳型腕足类、珊瑚及棘屑等。主要形成于盆地边缘深水陆棚区。

6. 蒙脱石化凝灰质粘土岩

灰白、灰黄色,微薄层,风化后呈薄片状,挤压揉皱强烈。质纯,主要成分由蒙脱石-伊利石混层矿物组成,结晶度好,陆源碎屑石英极少。镜下可见清晰之火山晶屑(石英、长石等)玻屑凝灰残余结构。可能是由火山灰降落海底,在碱性条件下,经脱玻化作用变为蒙脱石化粘土岩,后在海底成岩作用下形成为蒙脱石-伊利石混层矿物粘土岩。这种粘土岩形成于盆地回返的末期(即大隆顶部),反映了二叠纪末期地壳活动在加剧,并且在区域上分布稳定,特征明显,是区域地层对比之良好标志。

7. 蒙脱石-伊利石不规则混层粘土岩(图版 I, 5)

分布较普遍,晚二叠世晚期沉积中大部分粘土岩都属此种类型。其特征呈灰黑色,微薄层,有时可见水平层理。矿物成分以蒙脱石-伊利石不规则混层矿物为主,含少量高岭石和方解石,陆源碎屑极少,含有机质并局部硅化。粘土矿物结晶度好。生物化石稀少,仅见少量菊石、牙形石等。此种粘土岩也是海底成岩作用的产物,主要形成于盆地边缘带或深水陆棚环境。值得注意的是,在二叠纪和三叠纪交替时期的粘土岩中可以发现铀的异常现象。广元上寺二叠纪顶部粘土岩,经中子活化分析(徐道一等,1984)证实^[5],确有一层富铀粘土岩($I_r = 2 \pm 0.5 \text{ppb}$)。这种富铀粘土岩很罕见,可能由天体行星(或慧星)与地球发生突然冲击和碰撞时所产生的宇宙尘埃散落于陆地和海洋中形成的^[5]。

晚二叠世晚期沉积构造特点为薄至中薄层(单层厚度为10—15厘米,最厚不超过30厘米),成层性良好,层间界线清晰。

水平层理和韵律层理是一种常见的沉积构造。水平层理一般位于韵律层之上部,主要由物质成分和色调深浅不同表现出来。沉积韵律可分为三种类型:下部韵律由深灰色微晶灰岩、硅质灰岩和灰黑色炭质页岩、含放射虫硅质页岩和灰色钙质页岩组成。韵律厚度为20—30厘米不等,灰岩和硅质灰岩厚为15—25厘米,而页岩仅为2—5厘米。灰岩含少量介形虫、有孔虫、珊瑚、腕足类、牙形石等底栖和浮游生物混生动物群。中部韵律由硅质微晶灰岩、含泥硅质岩和炭质页岩、黑色页岩组成。韵律厚度为12—20厘米,硅质灰岩和硅质岩厚8—15厘米,页岩厚2—5厘米,硅质灰岩中富含浮游生物如菊石、牙形石、放射虫及少量底栖生物。上部韵律由硅质微晶灰岩、放射虫硅质岩和钙质页岩、放射虫硅质页岩及蒙脱石-伊利石不规则混层粘土组成(图版 I, 6),韵律厚度为15—25厘米,硅质岩和硅质灰岩厚13—20厘米,页岩厚2—5厘米。硅质岩中含有丰富的浮游生物如菊石、放射虫、牙形石及少量有孔虫、硅质海绵骨针、钙球等化石。上述三种韵律层代表三种不同的沉积环境,即盆地边缘相(包括陆棚相和斜坡相),盆地中心相(即盆地滞流带)和近岸盆地相(即盆地流动带)。其形成机理可能是相似的,推测与浊流作用、地震作用以及海平面的频繁升降等有关。

瘤状结核(或瘤状构造)在硅质岩和硅质灰岩中是一种常见的构造,它是由瘤状结核(或透镜体)和围绕结核体的外壳两部分组成,横切面形似眼球。在沉积序列中一般发现有两层瘤状结核,称为下部瘤状层和上部瘤状层。下部瘤状层是由硅质微晶灰岩

(结核体)和灰黄色钙质页岩(外壳)组成(图版 I, 7)。硅质灰岩含有少量介形虫、牙形石、珊瑚和腕足类等化石。上部瘤状层由灰色硅质岩结核体和黑色“S”形硅质页岩外壳两部分组成,其中含有丰富的放射虫等浮游生物群。由此可见,瘤状结核是一种较深水环境的重要标志^[6,7]。

广元上寺地区在沉积序列的顶部,硅质灰岩的层面上见有一种特殊的网状裂隙构造(图版 I, 8)。裂隙形似龟裂,断面呈“V”字形,充填有上伏灰泥物质。裂隙把岩层分割为不规则状,大小较均一的岩块。其岩性主要由微晶方解石(CaO含量32.68%)和微晶玉髓(或石英)组成(SiO₂含量33.30%),陆源碎屑很少。其中产有少量菊石、牙形石、海绵骨针、放射虫和钙球等浮游动物。上述特征说明此裂隙并非因暴露而形成,可能是在长期底流冲刷作用下,由海底岩化、溶解和胶缩等作用所形成的一种水下席状裂隙,它是水下沉积中断的标志。

四、生物共生组合及其演变

晚二叠世晚期生物群习以洋面上浮游和假漂浮的生物繁衍为特征。广元上寺至明月峡一带生物群极为丰富,除放射虫外,尚有菊石、牙形石以及有孔虫、介形虫、腕足类、珊瑚、海绵骨针和钙球等。从其生物共生关系和在沉积序列中的分布(图2),可分为五个生物共生组合带(或为五个生物环境带),现自下而上简述如下:

1. 腕足类和牙形石组合带

此带以底栖生物和浮游生物混生为特征,其中以腕足类和牙形石较为丰富。腕足类以壳薄体小的硅质岩相分子和壳厚体大的灰岩相分子相共生,代表分子如:*Waagenites*, *cathaysis*, *Paryphella*, *Fusichonetes*, *Neochonetes*, *Spinomarginifera*, *Haydenella*, *Kiangsientes*, *Transennatia*, 等;牙形石以窄盐性齿台型新舟牙形刺(*Neogondolella*)为主,其种属多而数量丰富,少量为广盐性锯齿型分子如 *Naniognathus* sp., *Prioniodella* sp., *Enantiognathus* sp. 等。其他生物如珊瑚仅见小型单体的 *Tachylasma* sp.;介形虫为 *Microcheilinella* sp.;有孔虫主要为具玻纤结构的 *Nodosaria* sp.。此外以游泳习性的放射虫开始有少量出现,但保存不佳,外形和内部构造不清楚。此组合形成于碳酸盐台地前缘,海水较深的外陆棚环境。

2. 生物贫乏带

生物种类和数量都很少,仅见有孔虫、牙形石和菊石等。有孔虫主要为具玻纤结构的分子如 *Pseudoglundulina* sp., *Nodosaria* sp. 和壳壁外层为隐粒层,内层为正纤层结构的 *Palaeotextularia* sp.;牙形石为窄盐性齿台型新舟刺为主。浮游生物菊石已少量出现,其代表分子有 *Konglingites* sp., *Pseudogastrioceras* sp. 等。此带为底栖生物消失或绝灭和浮游生物繁衍的更替时期,分布于陆棚和盆地间的坡折带-斜坡带。

3. 菊石和牙形石组合带

以浮游生物如菊石、牙形石和底栖生物贫乏为特征。菊石以大巴山菊石科

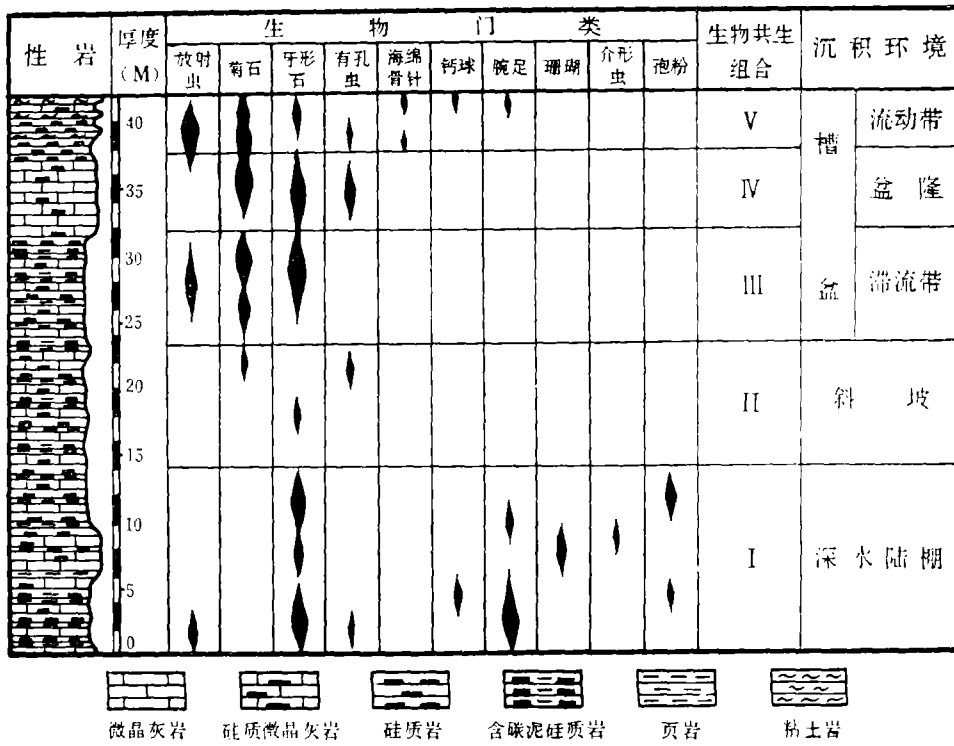


图 2，四川广元晚二叠世晚期生物共生组合与沉积环境的关系

Fig. 2 Relationship between biological assemblages associated and sedimentary environment in Guanyuan, Sichuan

(*Tapashenitidae*) 的属种多和数量丰富。其代表分子有 *Tapashanites* sp., *Shevyrevites* sp., *Pseudogastrioceras* sp., *Qianjiangoceras* sp., *Sinoceltites* sp., *Pseudostephanites* sp. 等。牙形石种属和数量比前带已有明显增多。放射虫局部富集，仍保存不好，分布于富含有机质的硅质岩中。上述特征反映此组合形成于海水较深、海底水体停滞的还原条件、海水上层循环良好的盆地环境。

4. 菊石、牙形石和有孔虫组合带

此带除菊石和牙形石较丰富外，底栖或半浮游的有孔虫也有少量出现。菊石以饰有较多肋瘤的假提罗菊石科 (*Pseudotirolitidae*) 和肋瘤菊石科 (*Pleuronodoceratidae*) 开始繁衍为特征。牙形石比前带更为丰富，种属变化不大，窄盐性齿台型和广盐性锯齿型分子在数量上相差不多。有孔虫以壁具隐粒结构的分子居多如 *Glomospira* sp., *Multidiscus* sp. 等，其他为 *Hemigordius* sp., *Geinitzina* sp., *Nodosaria* sp., *Eolasiiodiscus*, 等。此组合形成于水流循环较良好，海水相对较浅的盆地隆起区。

5. 放射虫、菊石和牙形石组合带

此带以浮游生物大量繁衍为特点，其中以放射虫和菊石丰富多彩，达鼎盛时期。次

为牙形石、有孔虫、薄壳型腕足类、海绵骨针、钙球等也有少量出现。菊石似以假提罗菊石科和肋瘤菊石科为主，其属种和数量更为繁多，分异度更好，其代表分子有 *Pleu-ronodoceras* sp., *Pseudotirolites* sp., *Changhsingoceras* sp., *Huannanoceras* sp., *Chaotianoceras* sp., *Rotodiscoceras* sp., *Pachydiscoceras* sp., 等, *Cyclolobidae* 科仅个别出现。放射虫常富集为放射虫硅质岩，局部保存较好，可见清晰的骨骼同心圆构造（图版 1.9）。初步鉴定为 *Porodiscus* sp., *Cenellipsis* sp., *Stylothaeridae* indet. 等；牙形石在数量上有明显减少，其他仅个别见及。此带从放射虫的大量繁殖着，可能形成于赤道带洋流和底流活动频繁、水体循环良好的较深水盆地环境。

综上所述，晚二叠世晚期生物共生组合的更替是与沉积环境变化密切相关，图 2 表明，晚二叠世晚期随着海水的不断扩大，海盆不断加深，沉积环境和生物群都在不断变化和更替。二叠纪末广泛而快速的海退和其他原因，导致了生物群大规模绝灭。

五、沉积相和沉积模式

（一）沉积相

根据沉积岩石学、生物共生组合及相序关系等特征，晚二叠世晚期可分为深水陆棚相、斜坡相和盆地（或槽盆）相。

1. 深水陆棚相 分布于江油耙地沟附近，于内陆棚至上斜坡带之间的地区。岩石类型由暗色薄层微晶灰岩、硅质微晶灰岩、含泥硅质岩夹炭质页岩和含放射虫硅质页岩组成，富含有机质和星点状黄铁矿及少量胶磷矿和燧石结核。单层厚为 10—30 厘米，水平层理和韵律层理发育，层面波状起伏，局部具瘤状结核和透镜状层理。生物群以腕足类和牙形石组合带为特征。此相海水较深，一般位于波基面以下或氧化界面附近。波浪作用弱，透光性差，海底水体循环不畅，为弱氧化至弱还原环境，宜于适应性强的底栖生物生存；海面水体盐度正常，循环良好，有利于浮游和假漂浮生物的繁衍。

2. 斜坡相 此相为深水陆棚和盆地间之坡折带。岩石特征为暗色含碳硅质岩，硅质微晶灰岩夹炭质页岩和黑色页岩等，含有机质（部分沥青化）黄铁矿较丰富，陆源碎屑很少。具水平层理和韵律层理，局部可见层内揉皱和错动构造。生物稀少，以生物贫乏带为特征。上述特征反映了海水较深，海底水流循环不畅，常处于弱还原至还原环境。同时由于滑塌作用等原因，不利于底栖和浮游生物的繁衍和保存。

3. 盆地（或海槽）相 此相分布于海盆中心部分，包括广元上寺至朝天明月峡一带。进一步又可分为盆地滞流带，盆地隆起区和盆地流动带三个亚带。

（1）盆地滞流带 沉积物由深灰-灰黑色含泥硅质岩、硅质微晶灰岩、硅质放射虫岩夹炭质页岩等组成，薄层，单层厚度 10—20 厘米。水平层理和韵律层理发育，富含有机质（沥青化）和黄铁矿、陆源碎屑少。生物群以菊石、牙形石组合带为特征。此带位于氧化界面以下，海水深，光照差、缺氧，海底水体滞流，并被 CO_2 、 H_2S 等污染，底栖生物无法生存。海水上层盐度正常，水流通畅，有利于浮游和假漂浮生物的繁衍。

（2）盆地隆起区 是指盆地中局部隆起地区，或称盆隆。其特征为碳酸钙成分增高和硅质成分下降，底栖生物又复出现。岩石类型主要为灰-深灰色硅质微晶灰岩、微

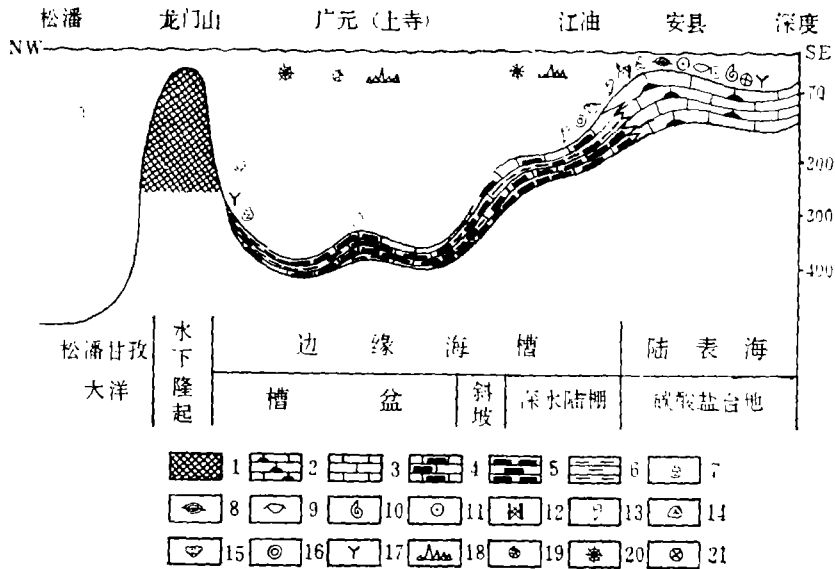
晶灰岩夹钙质页岩等，层面起伏不平，具韵律。有机质和陆屑均少。生物群以菊石、牙形石、有孔虫组合为特征。此相海水相对较浅，水流循环良好，含盐度正常，宜于浮游和少量底栖生物的繁衍。

(3) **盆地流动带** 是指盆地中常有洋流和底流活动的地带，并以放射虫极其丰富为特点。岩石类型由灰-深灰色放射虫硅质岩、硅质微晶灰岩、微晶灰岩夹蒙脱石-伊利石不规则混层矿物粘土岩、含放射虫硅质页岩及少量蒙脱石化凝灰质粘土岩等组成；中薄层，单层厚度为15—25厘米。具韵律层理，局部见有瘤状结核和席状裂隙等。生物群以放射虫、菊石，牙形石组合为特征。此相海水较深，一般位于氧化界面附近或以下，但由于流洋和底流的频繁活动，水体循环良好，宜于浮游和假漂浮生物的大量繁衍，同时也有有孔虫、海绵骨针、钙球等的少量出现。

此相末期，地壳急剧上升，海水明显变浅，泥质物沉积增多，碳酸钙和硅质成分显著减少或中断。生物群也由浮游生物向底栖生物快速演替，并出现了少量瓣鳃类和植物孢粉等。反映了深水盆地向浅水陆棚快速变化。

(二) 沉积模式讨论 (图3)

深水碳酸盐岩-硅质岩沉积模式，国内报道还不多。R、G、沃克(1976)对深水硅质碎屑沉积物提出了一个大陆坡沉积简单综合模式。I、A、麦克尔里思(1977〔8〕)指出碳酸盐大陆坡的沉积作用类型取决于大陆架边缘到海盆过渡带的陡峭程度和大陆架边缘碳酸盐浅水部分的性质。并根据沉积边缘的性质分为两种碳酸盐大陆坡沉积类型，即沉积边缘和跌积边缘两类。每一类又分为浅水礁和浅水石灰质沙体(或沙洲)各两



1. 古陆或水下隆起, 2. 含筳石生物屑灰岩, 3. 微晶灰岩, 4. 硅质灰岩, 5. 硅质岩, 6. 粘土岩或页岩, 7. 有孔虫, 8. 扁介形虫, 9. 腹足类, 10. 棘皮类, 11. 苔藓虫, 12. 珊瑚, 13. 海绵, 14. 腕足类, 15. 钙球, 16. 铜球, 17. 海绵骨针, 18. 牙形石, 19. 菊石, 20. 放射虫, 21. 钙球

图3, 四川广元晚二叠世晚期沉积环境模式图

Fig. 3 Sedimentary environment model of latest Permian in Guangyuan

类,即 1)浅水礁沉积边缘碳酸盐大陆坡沉积环境模式; 2)浅水石灰质沙体沉积边缘碳酸盐大陆坡沉积环境模式; 3)浅水礁沉积边缘碳酸盐大陆坡沉积环境模式和 4)浅水石灰质沙体沉积边缘碳酸盐大陆沉积环境模式四种。四川龙门山地区晚二叠世晚期基本上是大陆坡沉积,其沉积环境模式与浅水石灰质沙体沉积边缘碳酸盐大陆坡沉积模式十分相似,其基本特点有: 1)沉积边缘为浅水生物沙体(或生物浅滩),向海至海盆的坡度南北向平缓,东西向较陡; 2)沉积物为一套很细的碳酸钙、泥硅质混合沉积为主,钙质岩块和角砾不发育; 3)沉积物主要来自盆源物质,陆源物质很少。盆源物质部分来自台地边缘沙滩,以细颗粒流方式搬至盆地,大部分物质由盆源的含水硅胶沉淀和硅质生物堆积而成,少量来自火山物质和 4)这种沉积模式位于构造活动带,显然是受断裂或深断裂控制的不断沉降的断陷式盆地中形成的。由此可以认为四川龙门山北段晚二叠世晚期的沉积模式为一种缓坡型生物沙滩(或沙洲)边缘沉积较深水碳酸盐-硅质岩边缘海槽沉积。

收稿日期 1985年11月22日

参 考 文 献

- [1] 陈志明等, 1983, 沉积学报, 1卷, 3期, 88—98页。
- [2] 芮琳、江纳言, 1984, 古生物学报, 23卷3期, 286—294页。
- [3] 许培华等, 1982, 长春地质学院院报, 1期, 1—14页。
- [4] Stanley, A. Kling, 1978, Introduction to marine micropaleontology. Elsevier North, Holland, Inc. p. 203—245.
- [5] Xu DaoYi etc, 1985, Nature, V. 314, p. 154—156.
- [6] Henry, T. Mullins, A. Conraad Neumann, R. Jude Wilbur, and Mark R. Boardman 1980, J. Sed. Petrol. V. 50, N. 1, p. 117—131, Tulsa.
- [7] Muller, J., and Fabricius, F., 1974, Int. Assoc. Sedimentologists Spec. Pub., N. 1 p. 135—247.
- [8] A. Mellreath, and N. P. James, 1978, Geoscience Canada., V. 5, N. 4, p. 189—200.

SEDIMENTARY ENVIRONMENT AND MODEL OF THE LATE PERMIAN IN LONGEMENSHAN REGION, SICHUAN PROVINCE

Jin Ruogu

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Abstract

During the latest Permian (Changhsingian), the Longmenshan region was situated in the northwestern margin of the South China Sea, it belonged to a transitional zone between Yangtze Platform and Songpan-Garze Geosyncline. The fault basin of the Longmenshan zone underwent continuously submerge due to the influence of the vast Variscan movement and formed mainly the deeper water marginal sea trough, with NNE trend. The sediment is composed of mixed deposition by the carbonate and mud-siliceous, rare terrigenous clastic, partly contain abundant organic materials (bituminization) and pyrite, with horizontal bedding, rhythm bedding, knotty nodular and sheet crack structures etc. The biota is represented by the develop of planktonic faunas, such as ammonoids radiolariads, conodonts and siliceous facies brachiopoda etc. According to the type of rocks, sedimentary structure and biological assemblages etc. the latest Permian sedimentary facies can be divided into the following:

1 Deep water shelf facies

The type of rocks is composed of dark grey thin to medium bedded micrite and siliceous micrite intercalated with calcareous shale and containing. They are a few of organic materials, pyrite and chert bands or blocks, and display horizontal bedding, lenticular bedding and knotty structure. The biota is represented by benthic, planktonic and epiplanktonic mixed faunas, such as radiolarians, conodonts, siliceous facies brachiopods with thin-shelled and a few of thick-shelled brachiopods, solitary corals, foraminifers etc. This facies may be considered as a transitional zone between the platform and the basin, in which the sea water was deeper, and the circulation of water current was moderate. It was formed in the slightly oxidizing to slightly reduction condition, and in the environment changed from lower energy to medium energy.

2 Slope facies

The sediments are dark-gray to gray-black thin-bedded mud-bearing siliceous rocks, siliceous micrite intercalated with carbonaceous shale or black shale and

characterized by distinct horizontal bedding and rhythm bedding as well as partly with intraformational slump-folds and faulted structure. They contain abundant organic materials (partly bituminized) and pyrite nodular. Fossils are rather monotonic and less in quantity in the facies, chiefly including planktonic and epiplanktonic faunas, such as ammonoids, conodonts, and some hemi-planktonic or benthonic faunas, such as non-fusuline foraminifers etc. This facies is proved to be slope zone between the shelf and the basin, in which the sea water was deeper and with restricted circulation and reduction condition.

3 Basin (or sea trough) facies

It includes 3 zones of sedimentary facies:

(1) Lag zone of basin

This facies is composed of gray-black thin-bedded mud-bearing siliceous rocks, carbonaceous radiolarites, siliceous micrite intercalated with carbonaceous shale. They are rich in organic materials (bituminization) and pyrite with horizontal bedding and rhythm bedding. The biota is characterized by abundant planktonic faunas such as ammonoids, conodonts and radiolarians. This facies is represented by the lag basin of the deep water, quite of water current and the reducing condition.

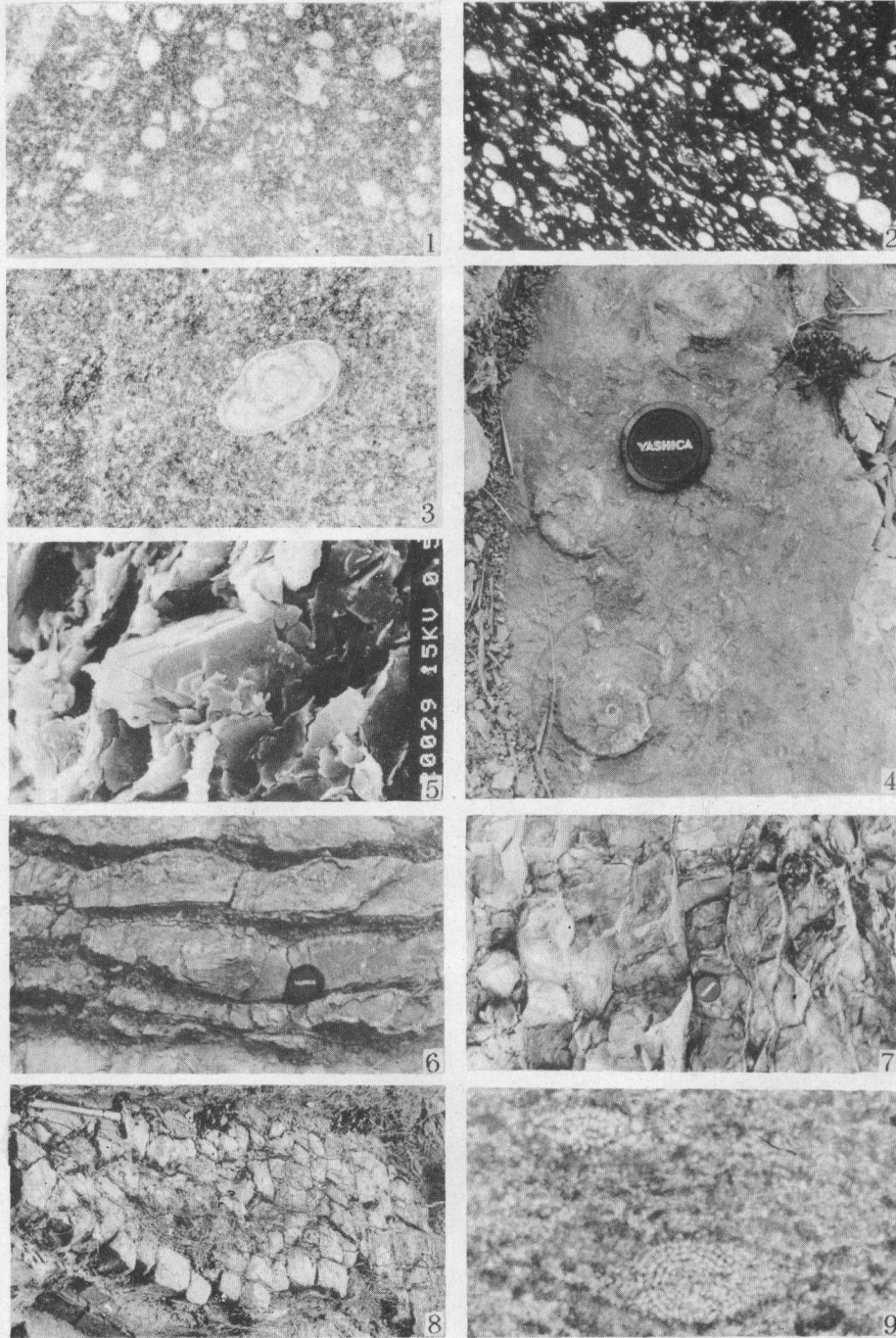
(2) Rise zone of basin

The siliceous micrite intercalated with calcareous shale is mainly the rock type, which is dark grey, thin to medium-bedded, with rhythm bedding. The faunas assemblage is composed of planktonic, epiplanktonic and a few benthonic faunas such as ammonoids conodonts and foraminifers etc. According to the characters of lithofacies and biofacies, it was a partly rise region of basin, in which the sea water was shallower with medium energy and the circulation of water current was better.

(3) Flowage zone of basin

The zone is made up of dark grey thin-bedded siliceous radiolarite, siliceous micrite intercalate with montmorillonite-illite irregularly mixed layer clay rock. Some clay rock was formed under marine conditions by volcanic ash. It possesses rhythm bedding, knotty nodular and sheet cracks structures etc. The biota is represented by large quantities of planktonic faunas such as ammonoids, radiolarians, conodonts and a few foraminifers, sponge-spiculite, siliceous rock facies brachiopods etc. In accordance with the sedimentary characters and biota, the facies was the flow zone of basin, in which the sea water was deeper, and ocean current was frequent, the circulation of sea water was freely current.

Therefore, on the basis of the characters of sedimentary facies, mentioned above, the present writer suggests a depositional model of the latest Permian, in Longmenshan, Sichuan Province. That is, depositional model for a deeper water fringe sea trough of carbonate-siliceous rock margin dominated by the biological sand bank (sand bar) slow slope type.



1. 硅质放射虫岩, 放射虫 (白色) 分布于灰硅基质中, 盆地相 $\times 27$ 2. 含放射虫硅质页岩, 放射虫 (白色) 镶嵌于硅泥基质中, 深水陆棚相 $\times 38$ 3. 硅质微晶灰岩, 图中为有孔虫 (*Giomospira*), 盆地相 $\times 27$ 4. 菊石富集于硅质灰岩层面上, 盆地相, 镜盖直径为 4.5 cm 5. 蒙脱石-伊利石不规则混层矿物粘土岩, 扫描电镜 $\times 6000$ 6. 韵律层理, 由硅质岩, 硅质灰岩 (灰色) 与页岩 (黑色) 组成, 盆地相, 镜盖直径为 4.5 cm 7. 瘤状结构构造 (或眼球构造), 盆地相, 镜盖直径为 4.5 cm 8. 席状裂隙, 盆地边缘相, 锤把长 50 cm 9. 放射虫 (*Porodiscus*), 具清晰骨骼同心圆构造, 盆地相 $\times 130$