

文章编号: 1009-3850(2000)04-0089-08

四川龙门山中段泥盆纪层序地层

赵 兵

(成都理工学院 地质学系, 四川 成都, 610059)

摘要: 龙门山中段白石-苟家地区泥盆纪地层十分发育。根据多条剖面的岩石特征、基本层序、生态环境等所反映的相对海平面变化规律, 将区内以泥盆纪为主的沉积地层划分为九个层序, 并归之于4个层序组。详细分析了每个层序各体系域的特征并建立了层序地层格架。区内泥盆系总体为一套向上变浅的沉积层序, 埃姆斯早期存在深水盆地环境, 中泥盆世早期盆地呈西深东浅的沉积构造格局。

关键词: 龙门山中段; 飞来峰; 泥盆纪; 层序地层; 地层格架; 沉积环境

中国分类号: P534.44; P539.2

文献标识码: A

Devonian sequence stratigraphy of central Longmen Mountains, Sichuan

Zhao Bing

Department of Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China

Abstract: The Devonian strata are well developed in the Baishi-Goujia region of central Longmen Mountains, Sichuan. Nine sequences which may be assigned to four sequence sets have been distinguished in the light of relative sea-level changes based on lithology, sequence stratigraphy, ecology. The individual systems tracts of each sequence are discussed in detail, and sequence stratigraphic framework of Devonian to Early Carboniferous is constructed for the study area. The Devonian strata in this region generally exhibits a succession of shallowing-upward sedimentary sequence, indicating a deep-water basin environment during the early Emsian (Early Devonian), and still a deep-water sedimentary envi-

ronment in the west but a shallower-water sedimentary environment in the east during the early Middle Devonian.

Key words: central Longmen Mountains; klippe; Devonian; sequence stratigraphy; stratigraphic framework; sedimentary environment

1 区域地质概况

龙门山中段白石-苟家大型飞来峰位于龙门山推覆构造与前陆盆地的过渡地带,处于龙门山推覆构造带的中央断裂(北川-映秀断裂)及山前断裂(彭灌断裂)之间。分布于汶川县水磨白石至崇州苟家—长河坝一带(图1)。跨越汶川县、崇州市及大邑县三个地区。该飞来峰位于上三叠统须家河组—白垩系准原地红色岩系之上,由泥盆系至下三叠统海相细碎屑岩和碳酸盐岩组成,总体呈北东向的向斜,面积达 300km^2 以上,是龙门山区仅次于北段“唐王寨向斜”的古生代地层出露区,其中中泥盆统发育最全,分布最广,而且地层连续性较好(图1)。

2 泥盆系岩石地层

白石-苟家大型飞来峰内泥盆纪地层除平驿铺组未见出露外,甘溪组至茅坝组发育齐全。根据岩性组合特征,区内泥盆系可划分为甘溪组、养马坝组、观雾山组、沙窝子组和茅坝组五个岩石地层单位。除甘溪组与养马坝组呈断层接触外,养马坝组至茅坝组均为整合接触,总厚度为 3872m。

3 泥盆纪层序地层

3.1 层序地层划分^[1]

笔者分别在白石-苟家坪大型飞来峰北

部的汶川县三江河坝、水磨白石,东南部崇州市苟家猴子坡及西部公安站至长河坝测制了多条泥盆纪地层剖面(图1),以控制泥盆纪层序特征及纵横向上变化。根据剖面的岩石特征、基本层序、生态环境及岩相所综合反映出的相对海平面变化规律^[2],将区内泥盆纪划分为九个沉积层序(相当于三级层序),平均时限约为 10Ma,并归之为 4 个层序组(相当于二级层

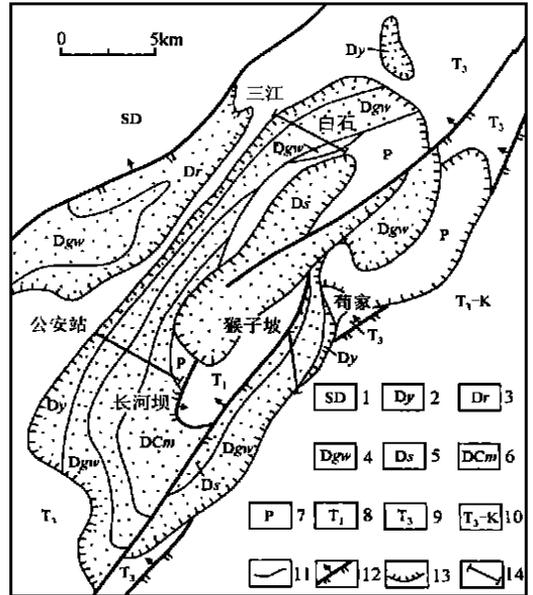


图1 龙门山中段飞来峰及泥盆系分布图

1. 志留纪—泥盆纪浅变质地层; 2. 甘溪组; 3. 养马坝组; 4. 观雾山组; 5. 沙窝子组; 6. 茅坝组; 7. 二叠系; 8. 下三叠统; 9. 上三叠统; 10. 上三叠统一白垩系; 11. 地层界线; 12. 断层; 13. 飞来峰边界; 14. 泥盆系剖面位置

Fig 1 The location of the Baishi-Goujia klippe and distribution of the Devonian strata

1= low-grade metamorphosed strata of Silurian to Devonian; 2=Ganxi Formation; 3=Yangnaba Formation; 4=Guanwushan Formation; 5=Shawozi Formation; 6=Maoba Formation; 7=Pemian; 8=Lower Triassic; 9=Upper Triassic; 10 = Upper Triassic-Cretaceous; 11 = stratigraphic boundary; 12=fault; 13=klippe boundary; 14=Devonian section

序)。各剖面层序对比如图2所示。

3.2 层序特征

3.2.1 层序1(S₁)

层序1由甘溪组构成^[3]。在区内多被断失而出露不全,未见顶底。海侵体系域(TST)由甘溪组的下部地层构成,以汶川水磨白果坪剖面为代表,由钙泥质粉砂岩、钙质泥岩夹透镜状生物碎屑灰岩构成,水平层理发育,上部夹多层钙质浊积岩。属较深水陆棚斜坡环境沉积,总体由一系列退积型准层序组构成。层序1之凝缩层(CS)位于甘溪组 *Anetoceras-Plectodonta* 群落中部,岩性为深灰色薄层瘤状泥质灰岩;含星点状黄铁矿,其中产有十分丰富的游泳类生物菊石化石,以菊石类 *Anetoceras* 一属各种的大量出现为特征,化石保存完整,平行于岩层面密集分布,属最大海泛期深水盆地相低速沉积产物。高水位体系域(HST)位于甘溪组上部,由深灰色中厚层钙质泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹多层生物碎屑灰岩组成的进积型准层序组成。区内高水位体系域上部被断失而未见顶。

3.2.2 层序2(S₂)

层序2位于养马坝组内,其底部被断失。海侵体系域(TST)下部为深灰色中厚层砂质生物碎屑灰岩与粉砂质微粒石英岩状砂岩、石英砂岩呈不等厚互层。石英砂岩之成分成熟度和结构成熟度高(图3),产丰富的 *Zdmir* 等厚壳型纹饰腕足类化石,属海侵初期之混积陆棚浅滩沉积。海侵体系域上部由砂质生物碎屑灰岩、泥质灰岩、钙质含粉砂质泥岩组成的基本层序呈多韵律互层,自下而上砂质生物碎屑灰岩变薄而钙质泥岩明显增厚,表现为海水震荡式加深的退积型准层序。钙质泥岩中水平层理发育,产丰富的 *Xenospirifer fongi* 等腕足化石。

层序2之凝缩层为厚1.5m的深灰色中薄层瘤状泥质微晶灰岩构成,其中纹层状构造发育,小个体薄壳类腕足化石丰富,为相对海平面最高期的较深水陆棚低速沉积产物。高水位体系域(HST)位于养马坝组上部,由深灰色生物碎屑灰岩、含砂泥质生物碎屑灰岩夹钙质粉砂质泥岩组成,自下而上泥质岩层变薄而生物碎屑灰岩层增厚,顶部出现砂屑生物屑灰岩。属浅水混积陆棚沉积,顶部为砂屑滩。

3.2.3 层序3(S₃)

层序3位于观雾山组下部,其底界面相当于初始海泛面,属II型层序界面。海侵体系域(TST)主要由深灰色厚层生物碎屑灰岩、生物介壳岩夹钙质粉砂质泥岩构成。东部苟家中坝至猴子坡一带为生物碎屑灰岩、生物介壳岩及钙质泥岩的不等厚多韵律互层,自下而上表现为由浅水台地(局部含礁)→浅水(混积)陆棚风暴沉积组成的海水加深的退积型准层序。而西部苟家公安站一带海侵体系域以钙泥质粉砂岩、泥质生物碎屑灰岩为主,总体为海水相对较深的陆棚相沉积。这种明显的横向变化表明海侵由西向东推进。

相当于最大海泛期的凝缩层沉积在区内普遍可见。由灰黑色纹层状钙质泥岩、瘤状泥质灰岩夹1~2层腕足类 *Emanuella* 生物密集层组成,其中生物化石个体均小于1cm,但个体保存完整,个别标本上见有溶蚀及生物寄生现象,表明其沉积速率低,生物死后较长时期暴露海底而未被沉积物迅速埋藏。高水位体系域(HST)在西部由生物碎屑灰岩夹少量钙质泥岩组成,总体为向上变浅的以加积沉积为主。但在东部苟家一带,早期的高水位体系域为以加积为主的浅水陆棚相生物碎屑灰岩、钙质粉砂岩沉积,向上为礁前斜坡相的珊瑚礁角砾沉

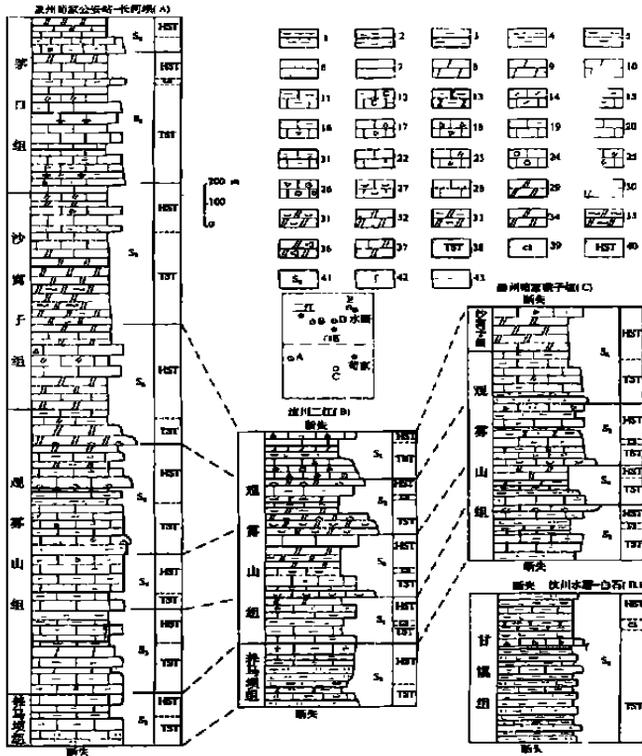


图2 泥盆纪层序地层剖面柱状对比图

1 泥岩; 2 钙质泥岩; 3 钙质粉砂质泥岩; 4 钙质泥质粉砂岩; 5 泥质粉砂岩; 6 石英砂岩; 7 钙质砂岩; 8 泥灰岩; 9 粉砂质泥灰岩; 10 砂质泥灰岩; 11 泥质灰岩; 12 泥质条带灰岩; 13 瘤状泥质灰岩; 14 骨针灰岩; 15 泥质生物碎屑灰岩; 16 生物碎屑灰岩; 17 砂屑生物碎屑灰岩; 18 砂屑灰岩; 19 粉砂质生物屑灰岩; 20 砂质生物屑灰岩; 21 藻屑生物屑灰岩; 22 藻屑灰岩; 23 白云质生物屑灰岩; 24 生物屑鲕粒灰岩; 25 白云质灰岩; 26 砂屑鲕粒灰岩; 27 介壳灰岩; 28 礁灰岩; 29 白云岩; 30 结晶白云岩; 31 生物介壳白云岩; 32 礁白云岩; 33 泥质白云岩; 34 藻白云岩; 35 条带状白云岩; 36 花斑状白云岩; 37 灰质白云岩; 38 海侵体系域; 39 凝缩层; 40 高水位体系域; 41 层序编号; 42 断层; 43. 平行不整合

Fig 2 Columnar correlation of Devonian sequence stratigraphic sections

1=mudstone; 2=calcareous mudstone; 3=calcareous and silty mudstone; 4=calcareous and muddy siltstone; 5=muddy siltstone; 6=quartz sandstone; 7=calcareous sandstone; 8=marl; 9=silty marl; 10=sandy marl; 11=muddy limestone; 12=muddy banded limestone; 13=nodular muddy limestone; 14=skeletal limestone; 15=muddy bioclastic limestone; 16=bioclastic limestone; 17=intraclastic bioclastic limestone; 18=intraclastic limestone; 19=silty bioclastic limestone; 20=sandy bioclastic limestone; 21=algal bioclastic limestone; 22=algal limestone; 23=dolomitic bioclastic limestone; 24=bioclastic oolitic limestone; 25=dolomitic limestone; 26=intraclastic oolitic limestone 27=shell limestone; 28=reefal limestone; 29=dolostone; 30=crystallized dolostone; 31=shell dolostone; 32=reefal dolostone; 33=muddy dolostone; 34=algal dolostone; 35=banded dolostone; 36=spotted dolostone; 37=lime dolostone; 38=transgressive systems tract; 39=condensed section; 40=highstand systems tract; 41=sequence number; 42=fault; 43=parallel unconformity

积;晚期的高水位体系域由加积→进积珊瑚礁组成(图 2, 4), 其顶部可见短暂的沉积间断。由此可知高水位体系域沉积期海水由东向西方向退出。

3.2.4 层序 4(S₄)

层序 4 位于观雾山组中下部, 属 II 型沉积层序。海侵体系域(TST)由砂质生物碎屑灰岩、生物介壳灰岩及生物碎屑灰岩组成。汶川三江白石一带在海侵体系域底部为腕足 *Stringocephalus* 组成的生物介壳层, 其上为生物碎屑灰岩夹生物礁及泥质生物屑灰岩, 为滩(礁)-台地相组合。相当于凝缩层之最大海泛期沉积的深灰色中薄层泥质微晶灰岩及条带状泥质微晶灰岩, 其中产异常丰富的较深水相腕足类化石如 *Ypsilorhynchus* 等, 在西部苟家公安站一带呈生物密集层产出。高水位体系域(HST)由泥质生物碎屑微晶灰岩、生物碎屑灰岩、砂屑生物碎屑灰岩及泥微晶白云岩组成。在东部白石、苟家一带高水位体系域晚期均为湖相泥质白云岩、白云岩, 而在西部苟家公安站一带则为浅水台地相砂屑生物碎屑灰岩/砂屑粉屑灰岩, 表明海水由南东逐步向北西退出。

3.2.5 层序 5(S₅)

层序 5 由观雾山组中上部地层组成, 属 II 型沉积层序。海侵体系域(TST)由泥质石英粉砂岩、生物介壳灰岩、砂屑灰岩及生物碎屑灰岩组成。在东部白石、苟家一带由生物介壳白云岩、生物礁白云岩及泥质微晶白云岩组成的基本层序呈多韵律互层, 显然白云岩化发生于成岩后期, 以海侵初期的滩-礁沉积为主; 西部苟家公安一带海侵体系域为泥质石英粉砂岩及砂屑生物碎屑灰岩。凝缩层(CS)由 0.5~1.2m 厚的灰黑色薄层钙质泥岩及瘤状泥质灰岩, 其中水平层理发育, 属深水湖或局限台地沉积。高水位体系域(HST)由砂质砂屑灰岩、砂质生物碎屑灰岩组成, 顶部为生物礁灰岩。白石一带其顶部见有短暂沉积间断面。

3.2.6 层序 6(S₆)

层序 6 由观雾山组顶部至沙窝子组底部组成, 其底界面为一明显的相变面, 局部可见沉积间断, 应属 I 型沉积层序, 缺失低水位体系域沉积。海侵体系域(TST)岩性组成特殊, 在苟家猴子一带, 底部为 5m 厚的含巨砂粗粒钙质屑砂岩, 岩石磨圆度中等, 分选中偏差, 富含角闪石、辉石等重矿物, 表明属海侵初期之近源区低能海滩沉积, 其底部界面为明显的相变面。之上为泥质粉砂岩、生物碎屑灰岩, 海水逐渐加深。在汶川三江白石一带, 海侵体系域自下而上由残余微晶粒藻砂屑灰岩、残余微晶藻砂屑灰岩及微晶生物碎屑粉屑灰岩组成, 由退积→加积沉积为主的退积型层序组构成, 属浅水藻砂屑滩至滩水陆棚相沉积。苟家公安一带由生物礁灰岩及生物碎屑灰岩组成。层序 6 之凝缩层(CS)非常典型, 岩性为深灰色薄层泥质条带微晶灰岩夹薄层状钙质泥岩, 以层薄、颜色深、泥质含量高、水平微纹层发育为特

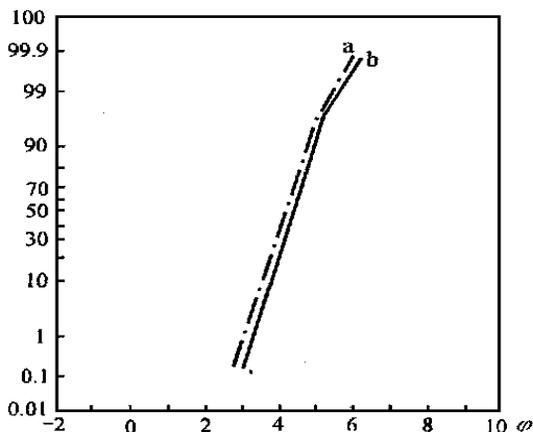


图 3 层序 2 下部石英砂岩粒度分布累积概率曲线
Fig 3 Probability cumulative curve of sand grain size of quartzose sandstones from the lower part of Sequence 2

征。汶川白石附近见灰黑色薄层微晶骨针灰岩夹泥岩,以钙质骨针为主,偶见硅质骨针,水平层理及由深色灰泥基质含量变化而显示的纹层理构造发育,微纹层厚0.1~1.0cm,属较深碎屑砂屑灰岩及微细晶白云岩组成,由海水总体变浅的进积型层序组成。

3.2.7 层序7(S₇)

层序7由沙窝子组中上部至茅坝组低部岩石组成,属II型沉积层序。海侵体系域(TST)由潮坪湖相藻屑白云岩、泥质白云岩组成。高水位体系域(HST)由台地相深灰色中厚层生物碎屑灰岩、砂屑生物碎屑灰岩及湖相白云岩、灰质白云岩组成。

3.2.8 层序8(S₈)

层序8由茅坝组下部地层组成,属II型沉积层序,在苟家长河坝剖面等特征明显(图2)。海侵体系域下部为灰色厚层块状砂屑生物碎屑灰岩、砂质藻球粒灰岩组成,上部为生物碎屑微晶灰岩及微晶灰岩。层序8中相当于最大海泛期的凝缩层沉积为30cm厚的深灰色中厚层生物碎屑灰岩或生物介壳灰岩,其中腕足类生物化石异常丰富,个体小且十分完整,含量占70%,主要有*Pseudoyunnanella sichuanensis*, *Ladogioides*等,属海水相对较深的低速沉积产物。高水位体系域由含生物碎屑微晶灰岩、白云质灰岩组成,其顶部为浅水潮坪相微晶白云岩。

3.2.9 层序9(S₉)

层序9位于茅坝组上部,全由碳酸盐岩组成,属II型沉积层序。海侵体系域为藻砂屑生物碎屑灰岩及生物碎屑微晶灰岩。相当最大海泛期沉积为深灰色中层泥微晶灰岩。高水位体系域自下而上依次为含生物碎屑微晶灰岩、微晶砂屑灰岩及泥微晶白云岩,以台地-浅滩-潮坪沉积组合为特征。层序9末期发生大规模的区域性海退,使沉积物暴露地表而遭受剥蚀,缺失早石炭世中晚期至早二叠世早期地层。与上覆栖霞期沉积层序呈平行不整合接触。

3.3 层序组

区内以泥盆系为主的多个层序可归为四个层序组(图4)。其中层序组I由层序1(S₁)组成,其时代属埃姆斯早期,主要为深水陆棚至盆地相细碎屑岩沉积。本区内该层序组地层被断失而保存不全。层序组II由层序2~4(S₂~S₄)组成,其时代属埃姆斯晚期至中泥盆世中期,该期沉积盆地的横向变化明显,总体呈西深东浅的格局,海侵由西向东入侵,主要为一套陆棚浅滩-混积陆棚-浅水台地相碳酸盐岩夹碎屑岩沉积组合,其最大海泛面相当于层序2之凝缩层。层序III由层序5~6(S₅~S₆)组成,其时代属中泥盆世晚期至晚泥盆世早期,主要为一套生物滩到礁到湖相陆棚相碳酸盐岩夹泥岩沉积,该层序岩性、岩相变化较复杂,其最大海泛期相当于层序6之凝缩层。层序组IV由层序7~9(S₇~S₉)组成,其时代属晚泥盆世至早石炭世早期,为海水相对较浅的浅水台地-湖-潮坪相碳酸盐岩沉积,且横向变化极小,表明当时沉积盆地已趋于稳定,仅表现为震荡式的相对海平面升降变化,并存在泥盆纪-石炭纪的连续沉积,早石炭世早期海水全部退出而遭受剥蚀,至早二叠世栖霞期才接受沉积。由此不难看出:区内泥盆纪为一套向上变浅的沉积层序,以早泥盆世埃姆斯早期海水相对最深,中泥盆世早中期沉积环境差异明显,由于沉积盆地的不均一升降而产生海水西深东浅的构造格局;晚泥盆世至早石炭世早期,沉积环境趋于稳定的浅水台地至潮坪沉积。

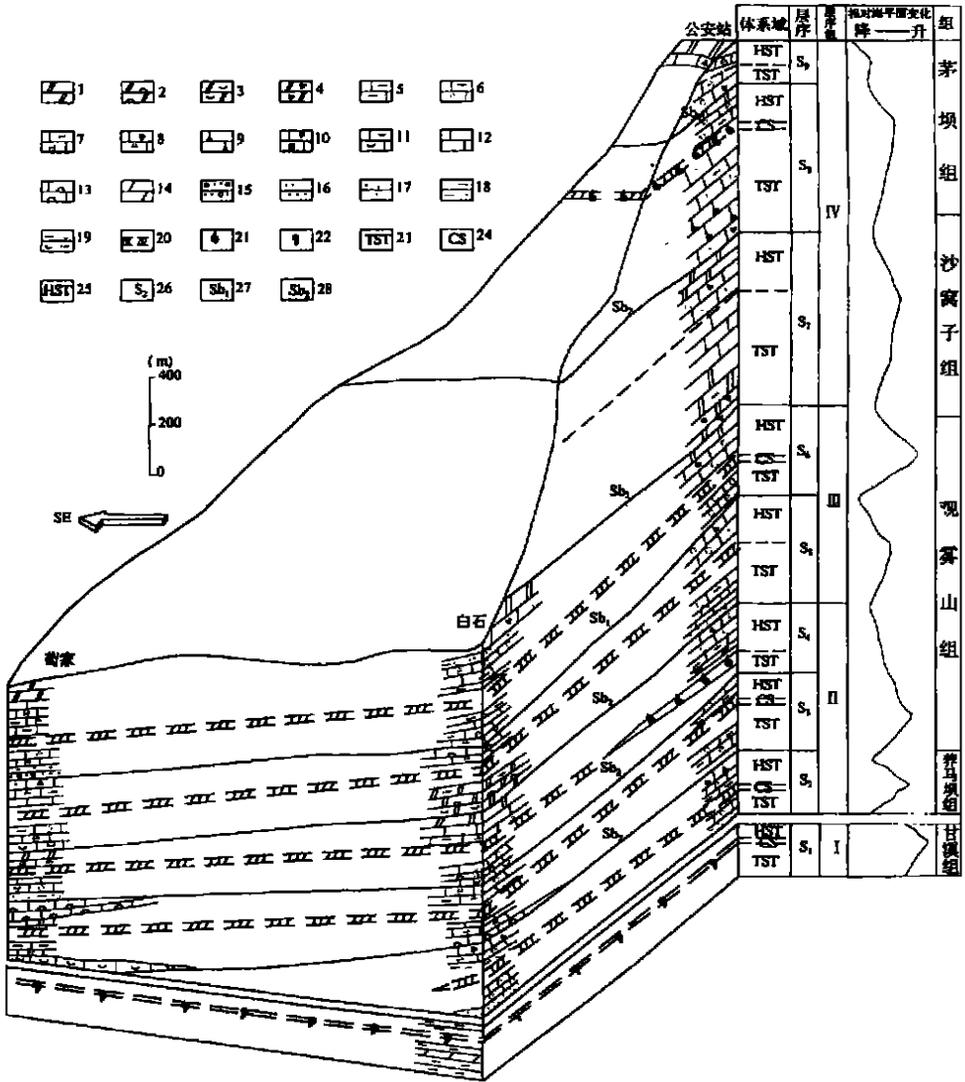


图4 龙门山中段泥盆纪—早石炭世层序地层格架

1 白云岩; 2 礁白云岩; 3. 生物介壳白云岩; 4. 砂屑白云岩; 5. 泥质灰岩; 6. 泥质生物碎屑灰岩; 7. 生物碎屑灰岩; 8 生物碎屑砂屑灰岩; 9. 藻球粒灰岩; 10 砂屑鲕粒灰岩; 11. 生物介壳灰岩; 12. 微晶灰岩; 13. 礁灰岩; 14. 泥灰岩; 15 含砾砂岩; 16. 砂岩; 17. 石英粉砂岩; 18. 泥质粉砂岩; 19. 钙质泥岩; 20 凝缩层; 21 腕足密集层; 22. 菊石密集层; 23 海侵体系域; 24. 凝缩层代号; 25. 高水位体系域; 26 层序编号; 27. I 型层序界面; 28. II 型层序界面

Fig. 4 Sequence stratigraphic framework of central Longmen Mountains during the Devonian to Early Carboniferous
 1=dolostone; 2=reefal dolostone; 3=shell dolostone; 4=intraclastic dolostone; 5=muddy limestone; 6=muddy bioclastic limestone; 7=bioclastic limestone; 8=bioclastic intraclastic limestone; 9=algal pellet limestone; 10=intraclastic oolitic limestone; 11=shell limestone; 12=micrite; 13=reefal limestone; 14=marl; 15=conglomeratic sandstone; 16=sandstone; 17=quartz siltstone; 18=muddy siltstone; 19=calcareous mudstone; 20=condensed section; 21=brachiopods; 22=tentaculites; 23=transgressive systems tract; 24=condensed section; 25=highstand systems tract; 26=sequence number; 27=type-I sequence boundary; 28=type-II sequence boundary

参考文献:

- [1] 刘文均, 陈源仁, 郑荣才, 王洪峰, 李祥辉. 层序地层[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1996
- [2] 鲜思远, 陈继荣, 万正权. 四川龙门山甘溪泥盆纪生态地层、层序地层与海平面变化[J]. 岩相古地理, 1995, 15(6): 1—47.
- [3] 赵兵, 吴山, 苟宗海等. 白石-苟家飞来峰甘溪组及其古环境[J]. 成都理工学院学报, 2000 27(1): 40—44
- [4] Wilson R C L. Sequence stratigraphy: an introduction [J]. Geoscientist, 1992; 1(1): 1—14

《沉积与特提斯地质》2001 年征订启事

《沉积与特提斯地质》系《岩相古地理》期刊更名而来, 由国土资源部国际合作与科技司主管, 成都地质矿产研究所主办, 于 2000 年正式出版发行。

《沉积与特提斯地质》为季刊, 每期 112 页, 季末出版, 自办发行。全年共 4 期, 每期定价 5 元, 全年定价 20 元(含邮杂费)。

《沉积与特提斯地质》既具有岩相古地理、海洋地质、现代沉积及其沉积矿产资源等方面的沉积学特色, 又包括青藏高原及我国中西部地区的特提斯构造域的区域地质、构造地质, 沉积地质、岩石、矿物, 地层、古生物, 矿床, 地热, 地球物理、地球化学, 地质灾害及环境地质等地域上的特色。它不仅是专业理论刊物, 而且对于我国中西部地区国土资源的开发、环境保护以及经济建设的可持续发展等具有重要意义。

欢迎订阅 诚邀投稿

汇款地址: 成都市一环路北三段新 82 号 成都地质矿产研究所

邮 编: 610082

电 话: (028)3379696

通过银行信汇

收款单位: 成都地质矿产研究所

开户银行: 中国工商银行成都市肖家村分理处

银行帐号: 26626400228