

西藏林周旁多地区晚古生代层序地层特征

杨欣德¹⁾ 纪占胜²⁾ 臧文拴³⁾

(1)中国地质科学院地质力学研究所 ,北京 ,100081 (2)中国地质科学院地质研究所 ,北京 ,100037 ;
(3)中国地质大学 ,北京 ,100083)

摘 要 通过详细的层序地层研究 ,重建了冈瓦纳大陆北缘石炭-二叠纪层序地层序列 ,在详细的岩相、准层序研究的基础上 ,划分出 2 个二级层序和 11 个三级层序。研究区的含砾细碎屑岩系滨岸浅水冰筏(或浮冰)沉积物经密度流再搬运到深水区的产物。旁多群上部滨岸河流相沉积层序的发现 ,为石炭-二叠纪冰期研究提供了新的沉积岩石学资料。

关键词 层序地层 冈瓦纳大陆 晚古生代 含砾板岩

Characteristics of C-P Sequence Stratigraphy in Northern Margin of Gondwana Land ——Exemplified by Pangduo Profile , Linzhou , Tibet

YANG Xinde¹⁾ JI Zhansheng²⁾ ZANG Wenshuang³⁾

(1)Institute of Geomechanics , CAGS , Beijing , 100081 ; (2)Institute of Geology , CAGS , Beijing , 100037 ;
(3)China University of Geoscience , Beijing , 100083)

Abstract The sequence stratigraphy of Carboniferous-Permian in the northern Gondwana land was reconstructed through detailed studies , which can then be divided into 2 second-order sequences and 11 third-order sequences. It is the turbidity that transported the glacial marine sediments from littoral area to the deep basin. The discovery of fluvial facies in the lower part of the Laigu Formation suggests that there was no deposition in the study area during the late Carboniferous , and this gives new information to the study of Carboniferous-Permian glacial cycles.

Key words sequence stratigraphy Gondwana land late Paleozoic pebble-slate

西藏林周旁多地区以出露一套晚古生代含砾板岩而闻名 ,李璞等(1955)将这套地层命名为旁多群。后来又有很多人和单位从不同方面对这套地层进行了研究 ,如中国科学院青藏高原综合科学考察队(1984)对旁多群层型剖面的测制 ,为后人对这套地层的研究提供了基础性资料 ,梁定益等(1994)、尹集祥(1997)对“旁多群”内的含砾板岩的成因进行了较详细的探讨 ,陈南生(1987)从地球化学角度分析了西藏林周旁多地区旁多群杂砾岩的成因。此次工作通过对旁多区乌鲁龙剖面层序地层分析 ,探讨了石炭-二叠纪冈瓦纳大陆北缘沉积作用及海平面变化。

1 区域地质背景

研究剖面(图 1)位于西藏林周县旁多区 ,地层

自下而上包括石炭-二叠系旁多群 ,下二叠系乌鲁龙组。其中旁多群下部剖面测制于旁多区东北约 7 km 的江多村 ,旁多群上部和乌鲁龙组测于旁多区西北约 10 km 乌鲁龙北沟吨那拉 ,即中国科学院青藏高原综合科学考察队(1984)所测的马驹拉剖面(“旁多群”正层型)。本次研究所测制的江多石炭系剖面可作为原“旁多群”的补充 ,它增加了在旁多群正层型剖面上未曾见到的位于其下一套石炭系地层。大地构造位置上 ,本区隶属冈瓦纳-阿拉伯陆块与华夏陆块之间的拉萨地块 ,拉萨地块在石炭-二叠纪时为冈瓦纳大陆北缘分裂时形成的裂谷盆地北部边缘斜坡相带(尹集祥 ,1997) ,属活动大陆边缘性质(潘桂棠等 ,1997)。

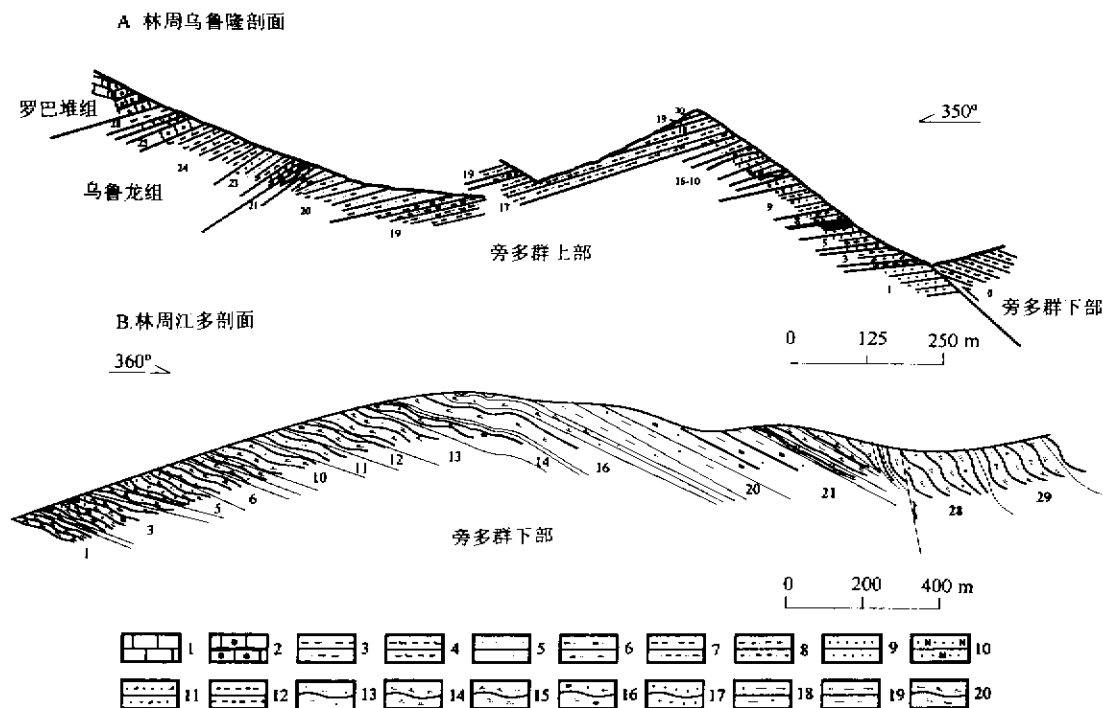


图 1 西藏林周地区晚古生代实测地层剖面

Fig. 1 The section of late Paleozoic Linzhou, Tibet

1-泥晶灰岩 2-硅质生物碎屑灰岩 3-粉砂质泥岩 4-钙质泥岩 5-粉砂岩 6-泥质粉砂岩；

7-粉砂质泥岩 8-含砾粉砂质泥岩 9-砂岩 10-长石石英砂岩 11-岩屑砂岩 12-含砾泥岩 13-粉砂质板岩；

14-绢云板岩 15-粉砂质绢云板岩 16-含砾砂质绢云板岩 17-砂质板岩 18-砂质泥岩 19-粉砂质泥岩 20-钙质绢云板岩

1-micrite 2-bioclastic limestone 3-silt mudstone 4-calcareous mudstone 5-siltstone 6-pelitic siltstone 7-silty mudstone 8-gravel-bearing silty mudstone；

9-sandstone 10-feldspathic quartzose sandstone 11-lithic sandstone 12-gravel-bearing mudstone 13-silty slate 14-sericite-slate；

15-silty sericite-slate 16-gravel-bearing sandy sericite-slate 17-sandy slate 18-sandy mudstone 19-silty mudstone 20-calcareous sericite-slate

2 沉积相分析

2.1 旁多群下部

该套地层厚 769 m,形成于活动边缘海裂谷盆地环境,以裂谷盆地边缘斜坡相(简称盆缘斜坡相)和深水盆地相为主。

2.1.1 盆缘斜坡相 指裂谷盆地边缘出现的中深水斜坡环境。由深灰色含砾砂质泥岩和细砂岩组成,沉积特征表明其为密度流中远端沉积,与相对海平面下降盆地变浅有关,它与以融冰为主形成的冰海沉积有明显的不同。以往在含砾板岩中所发现的某些具冰蚀结构的砾石或石英颗粒可能属密度流由滨海融冰(冰筏)沉积再次搬运的产物。近年来关于该岩石的成因,由于相继在申扎、来姑和松宗等地发现深海浊积岩和滑塌砾岩(潘桂棠等,1995),传统的冰筏说已逐渐为水下块体重力流(尹集祥等,1988)或季冰(梁定益等,1994)成因取代,盆地边缘斜坡相的细砂岩呈浅灰色,颗粒主要由石英和长石组成,多

呈 2 cm 宽的条带与单层厚 1 cm 的粉砂质泥岩互层,内部见同生滑动构造,成分层的反复变化也说明其沉积深度周期性变浅的特点。

2.1.2 深水盆地相 该相依沉积结构差异分为：

(1)补偿盆地相 补偿盆地位于裂谷盆地外部。以深灰色砂质泥岩沉积为主,常与灰色粉砂质泥岩呈薄互层,偶夹来自盆缘斜坡的薄层含砾泥岩层,此时的含砾层与下伏层多呈突变接触关系,局部可见微弱的冲刷构造。

(2)欠补偿性盆地相 欠补偿性盆地为裂谷盆地中心相带。主要由黑色泥岩组成,局部见有黄铁矿结核,显示深水还原环境沉积特点。

2.2 旁多群上部

该部分地层在旁多乌鲁龙剖面上原称“旁多群”。本次工作经对乌鲁龙剖面的详细测制,发现前人所广泛引用的旁多剖面的旁多群底部并不存在“灰绿色层状中性火山岩及火山碎屑岩”,原“马驹拉剖面”因地名有误应改为“吨那拉剖面”,此剖面并未

见二叠系底部层位,这与根据古生物资料分析的结果是一致的。

剖面上该套地层厚 472 m,以内部沉积相变大为特点,其沉积相特点如下:

2.2.1 滨岸河流相 该相出现于剖面下部第五层中。河流相之二元结构明显,每个河流相旋回之下部为黄褐色中厚层中细粒石英岩质砾岩,岩层底面发育冲刷构造,属河道沉积产物;中部为单层厚30~50 cm 的黄褐色粗中粒长石石英砂岩,发育槽状交错层理,代表边滩下部沉积产物;旋回上部为成层较稳定的中厚层粉-细砂岩,发育波纹层理,形成于边滩上部环境;旋回顶部有时发育厚度不到 1 m 的灰色泥质岩,底部常含石英细砾,与边滩上部的串沟充填沉积有关。

2.2.2 滨海相 该相出现于剖面的 1~3 层和14~15 层。主要由前滨-近滨 2 个微相组成。沉积组分中以浅灰色、黄褐色中厚层长石石英砂岩、含铁细粒岩屑砂岩为主,向上砂岩成分成熟度有所提高,分选变好。砂岩层面发育不对称波痕构造及大型浪成交错层理。与砂岩相共生的粉砂岩夹层中腕足类等底栖生物化石极为丰富,壳体多被波浪作用破碎。

2.2.3 浅海相 该相分布于剖面的 6~8 层、11~13 层和 23 层。滨海相指正常浪基面与大陆斜坡之间的沉积区域。剖面上主要沉积了成层性稳定的黄褐色细粒长石石英砂岩,有时夹有浪基面附近形成的深灰色泥质粉砂岩条带。

2.2.4 盆缘斜坡相 旁多群上部的盆缘斜坡相由大套的含砾泥质粉砂岩组成,与旁多群下部的盆缘斜坡相不同的是:① 该岩性层厚度较大,一般厚 20~30 m,个别达 100 余米;② 砾石含量高,成分杂,主要为灰岩、火山碎屑岩、石英岩、泥岩质;③ 砾径变大,一般 5~7 cm,最大可达 15 cm,个体较大者多为扁片状的泥质砾石;④ 正粒序结构明显,多出现 Bouma 序列的 A、E 段,显示浊流近端沉积的特点。

2.3 乌鲁龙组

林周旁多地区乌鲁龙剖面上乌鲁龙组为浅水陆架沉积,早期以无障碍滨海浅海陆源碎屑沉积为主,晚期为开阔海碳酸盐台地环境,总厚 318 m。

2.3.1 滨海相 该相以近滨环境沉积为主,主要由黑色泥岩、灰绿色薄层粉砂岩和黄褐色细砂岩组成,砂岩层顶面见浪成对称波痕,波痕指数为: $L = 7$ cm, $H = 2$ cm,倾向 310°。

2.3.2 浅海相 该相由深灰色极薄层泥岩与灰色薄层泥灰岩组成,形成于浪基面之下宁静水体环境。据报道曾在本层中发现三叶虫、苔藓虫和腕足类化石(中国科学院青藏高原综合科学考察队,1984)。

2.3.3 近滨盆地相 该相为陆架环境上的较深水盆地,沉积物为黑色钙质泥岩,偶含石英粉砂,由于水体较深,生物活动极少见,泥岩呈水平层状。

2.3.4 开阔台地相 开阔台地相主要为浅灰色中厚层生物碎屑灰岩,成层性稳定。由于环境中水体循环好,易于大量生物生存,主要的生物类型有珊瑚、双壳及腕足等。台地向岸方向陆源碎屑增多,形成含铁石英砂岩浅滩。

2.3.5 台地边缘相 台地边缘相由黄褐色薄层状含生物碎屑砂屑灰岩组成。岩石中双壳化石常见,发育小型浪成交错层理及底冲刷构造。

3 层序地层分析

地层中的层序形成于一个完整的海平面变化周期内,海平面升降曲线应与层序界面保持一致,即将海平面下降的最低点作为层序的边界(Hunt 等,1992)。由此,一个完整层序中自下而上包含了 4 个体系域,即低水位进积楔体系域(LPWST)、海侵体系域(TST)、高水位体系域(HST)和强迫海退楔体系域(FRWST)(梅冥相等,2001)。本文即采用该层序模式,通过对不同级别层序界面的识别和准层序及其堆叠形式的确定进行层序地层划分。

3.1 准层序类型

按水体深度及介质能量的不同,研究区晚古生代沉积分为几个基本层序类型:

3.1.1 盆地型准层序 该类型准层序形成于氧化基准面之下的深水盆地环境中。在旁多群下部,准层序的下单元为深灰色砂质泥岩,上单元为浅灰色粉砂质泥岩,局部夹有来自盆缘斜坡的灰色含砾砂质泥岩。在旁多群上部,准层序的下单元为灰色薄层粉砂质泥岩,上单元为含砾砂质泥岩,下、上单元厚度比自下而上由 5:1 至 1:8;洛巴堆组的盆地相因形成于陆架环境(即台内盆地),准层序的下单元为厚层泥岩,上单元为薄层泥灰岩。

3.1.2 深潮下型准层序 主要指盆缘斜坡环境形成的准层序。盆缘斜坡环境内部又可分下斜坡和上斜坡 2 种类型准层序。下斜坡型准层序的下单元为粉砂质泥岩,厚 30~50 cm,上单元则为厚层灰色含砾砂质泥岩,单层厚一般 4~5 m,除在一个准层序

内由下而上厚度增大外,准层序之间该单元也显示由下往上厚度增大,如在旁多群上部可达 10 余米厚,且砾石的成分多样,砾径增大。上斜坡型准层序在旁多群下部较常见,下单元为砂质泥岩或粉砂质泥岩,上单元为薄层砂岩,二者厚度变化不大,一般 2~5 cm,但同生滑动构造极为发育,显示海底地形坡度较大的特点。

3.1.3 浅潮下型准层序 指陆架浅水环境形成的准层序。按物质组成的不同,分无障壁滨海碎屑岩型和碳酸盐台地型 2 种。前者主要出现于旁多群上部,准层序的下单元由厚 5~20 cm 的泥质粉砂岩组成,上单元为分选较好的长石石英砂岩,厚度 10~50 cm,在一个层序中,向上准层序的下单元变薄,上单元增厚。浅潮下碳酸盐型准层序出现于乌鲁龙组,其下单元为黑色薄层泥岩,向上单层厚度减薄,甚至缺失,上单元为灰色中厚层生物碎细灰岩,向上单元厚度增厚,代表潮下高能环境沉积产物。

3.1.4 陆相曲流河型准层序 准层序粒度由下往上逐渐变细,显示正粒序的剖面结构。可见 3 个基本岩相单元:下单元为黄褐色中厚层中细粒石英岩质砾岩,底部见冲刷面,属河道滞留沉积物;中部的黄褐色粗中粒长石石英砂岩厚 30~50 cm,交错层理发育,形成于边滩环境中;上部有时可见到含细砾的灰色泥岩沉积,代表边滩上部的串沟充填沉积。该型准层序仅见于旁多群上部,形成于三级海平面上升初期的滨海河流环境中,随着区域海平面的上升,准层序总体厚度向上也逐渐变厚,其下部单元也逐渐消失。

3.2 层序地层分析

经典层序地层学模式主要是根据对北美被动大陆边缘盆地的研究建立起来的,石炭-二叠纪全球气候变化剧烈,冰期与间冰期反复交替出现,强烈地影响了全球海平面的升降,从而对全球层序的形成起着关键的作用,因此本文认为,冈瓦纳大陆北缘沉积层序的形成主要受控于全球海平面的变化。研究区石炭-二叠纪沉积发育于石炭纪的深水盆缘斜坡-盆地环境与二叠纪的浅水陆架-盆地环境(图 2)。这两种环境的沉积层序特征如下:

3.2.1 石炭纪深水盆缘斜坡-盆地环境层序 石炭纪时研究区处于冈瓦纳大陆北缘裂解时形成的裂谷盆地的北缘(尹集祥,1997),地层中反复出现的深水含砾细碎屑岩层为该背景下层序地层分析提供了较好的资料,这是因为含砾细碎屑岩的形成与海平面的下降有关,从而有利于深水浊流和扇体系的发育。

由于地层出露不全,剖面中的旁多群下部仅见有 6 个层序(DS1—DS6),这与 Charles 等(1991)在英国石炭系沉积中得出的 11 个层序结论相差较大。究其原因,除了本剖面出露不全以外,可能还与早石炭世末区域性海平面的下降有关(王成善等,2000)。由于沉积时水体较深,这 6 个层序中低水位进积楔体系域和海侵体系域不发育,层序仅由凝缩层或相当层和高水位体系域两部分组成。

(1)凝缩层 旁多群下部的凝缩层由黑色泥岩组成,形成于盆地环境中的饥饿阶段,在层序 DS2 更为明显,表现为泥岩中含有黄铁矿结核。值得注意的是,在如此深水环境中,尚未发现凝缩层中常见的硬底构造。

(2)高水位体系域 该体系域由盆地相泥质砂岩组成,在层序 DS1 和 DS4 中还可以细分出早期高水位体系域和晚期高水位体系域,二者的区别主要表现在准层序的堆叠型式的差别上,前者以加积型式为主,而后者表现为进积型式。

3.2.2 二叠纪盆地-浅水陆架环境层序 剖面上早二叠世可划分出 5 个三级层序(DS7—DS11),形成于一个二级海平面变化周期内,大致相当于王成善等(2000)的特提斯喜马拉雅显生宙超层序的 SU6 超层序。其中,层序 DS7—DS8 为海侵层序组;DS9—DS11 构成高水位层序组。

层序 DS7 在剖面上仅出露了高水位体系域,主要由滨海相准层序组成,底部发育冷水生物 *Stepanoviella* (*Bandoproductus*) 等。层序顶界为 I 型层序界面,表现为由 DS7 顶部向上变粗的滨海型准层序与 DS8 层序底部向上变细的河流相准层序之间的转换,这个界面实际上是一个下超面。

层序 DS8 下部发育由河流组成的低水位进积楔体系域,下超于 DS7 高水位体系域之上。海侵体系域由滨-浅海准层序构成,准层序呈退积的叠加型式。最大海泛期,于浅海相粉砂质泥岩中见有大量腕足类及瓣鳃类化石,与层序 DS7 情况相似, Loutit 等(1991)将地层中化石的这种富集现象作为凝缩层识别的一个重要标志。

层序 DS9 主要形成于深水裂谷盆地-盆缘斜坡环境,由早期高水位体系域和晚期高水位体系域构成,其底界为一个海水突然加深形成的间断面。早期高水位体系域准层序由泥岩(下单元)和含砾粉砂质泥岩(上单元)组成,向上呈加积形式堆叠,晚期高水位体系域结构特点与早期基本相同,只是准层序厚度向上增大,砾石的粒径变大。

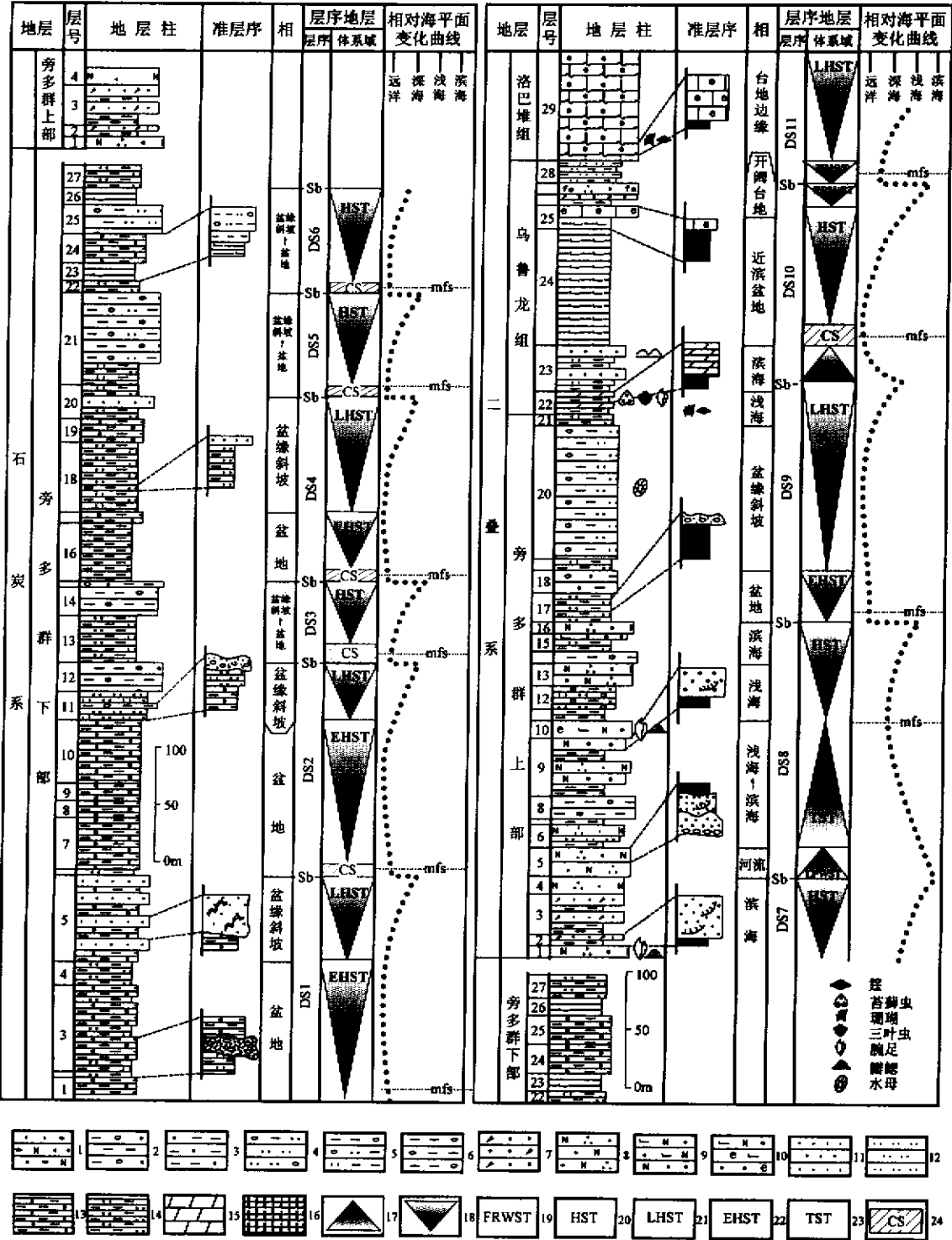


图 2 西藏林周地区晚古生代层序地层划分

Fig.2 The division of the sequence stratigraphy of Late Paleozoic Linzhou ,Tibet

- 1-含砾长石砂岩 2-含砾砂质泥岩 3-砂质泥岩 4-含砾泥质粉砂岩 5-含砾粉砂泥岩 6-砾质板岩 7-岩屑砂岩 ;
8-长石石英砂岩 9-钙质长石砂岩 ;10-生屑长石砂岩 ;11-细粒砂岩 ;12-粉砂岩 ;13-含砂泥岩 ;14-含粉砂泥岩 ;15-泥灰岩 ;16-硅质灰岩 ;
17-向上变深 ;18-向上变浅 ;19-强迫海退楔体系域 20-高水位体系域 21-晚期高水位域 22-早期高水位域 23-海侵体系域 24-凝缩层
- 1-gravel-bearing feldspathic sandstone 2-gravel-bearing sandy mudstone 3-sandy mudstone 4-gravel-bearing pelitic siltstone ;
5-gravel-bearing silty mudstone 6-pebbly slate 7-lithic sandstone 8-feldspathic quartzose 9-calcareous feldspathic sandstone ;
10-bioclastic feldspathic sandstone ;11-fine sandstone ;12-siltstone ;13-sandstone bearing mudstone ;14-siltstone-bearing mudstone ;
15-marle ;16-silicic limestone ;17-depthing upward ;18-shallowing upward ;19-forced regressive wedge system tact 20-highstand system tact ;
21-late highstand system tract 22-early highstand system tract 23-tansgressive system tract 24-condensed bed

层序 DS10 为碳酸盐台地内盆地沉积,由海侵体系域、凝缩层和高水位体系域及强迫海退楔体系域组成。与其他层序不同的是,该层序的顶部出现强迫海退楔体系域沉积,由中厚层铁质石英砂岩组成,它是强迫海退期间出现于陆架上的低水位滨线砂体,是油气的良好储体,与下伏的高水位体系域之间为一个波状起伏面,即强制海退侵蚀面。

层序 DS11 分为早期高水位体系域和晚期高水位体系域两部分,均形成于开阔碳酸盐台地环境,凝缩层不发育。早期高水位体系域由薄层泥质粉砂岩和粉砂质泥岩互层组成,纵向上准层序厚度变化不大,属加积型堆叠。晚期高水位体系域形成台地生物碎屑滩沉积,由泥岩和生物碎屑灰岩组成准层序,下单元泥岩向上逐渐变薄,而灰岩层厚度恰好相反,显示准层序为退积的叠加型式。

4 结 语

(1) 由于原旁多群层型剖面底部出露不全,本次工作在其之下新测制了 1 套石炭系含砾细碎屑岩系,扩大了“旁多群”的内涵。

(2) 通过层序地层分析和生物地层研究,旁多群上部发现河流相沉积,可能代表本区晚石炭世时一次较大的海平面下降。

(3) 采用新的层序地层模式,将本区晚古生代地层划分出 2 个二级层序和 11 个三级层序。在旁多群上部首次发现滨海河流相沉积层序,丰富了区内冈瓦纳相地层及古冰川演化史的研究内容。

(4) 区内广泛分布的含砾细碎屑岩层(含砾板岩层)属与相对海平面下降有关的密度流沉积产物,砾石来源与“冰筏”或“季冰”作用在滨-浅海形成的沉积有关,在海平面下降期间同沉积构造活动作用以密度流的形式将它们由浅水区搬运至深水盆缘斜坡-盆地区。这种成因分析对于在深水区进行层序地层研究具有一定的借鉴意义。

参 考 文 献

- Charles A Ross and June R P Ross, 徐怀大译. 1991. 晚古生代的海进、海退沉积. 见: 层序地层学原理. 北京: 石油工业出版社, 270~295.
- 李璞. 1955. 西藏东部地质的初步认识. 科学通报 (7): 62~71.
- 梁定益, 聂泽同, 宋志敏. 1994. 早二叠世冈瓦纳北缘构造古地理与杂砾岩成因剖析. 特提斯地质 (18): 61~73.
- 梅冥相, 杨欣德. 2001. 强迫型海退及强迫型海退楔体系域——对传统 Exoon 层序地层学模式的修正. 地质科技情报 (2): 17~21.
- 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振等. 1997. 东特提斯地质构造形成演化. 北京: 地质出版社, 11~20.
- 王成善, 李祥辉. 2000. 西藏特提斯喜马拉雅显生宙的超层序. 见: 盆地分析-全球沉积地质学——沉积学. 北京: 地质出版社, 207~222.
- 尹集祥, 郭师增. 1984. 波密-察隅小区. 见: 西藏地层. 北京: 科学出版社, 156~179.
- 尹集祥, 闻传芬. 1988. 西藏石炭系和下二叠统杂砾岩及其地层特征和成因探讨. 见: 中国科学院地质研究所集刊 (3), 北京: 科学出版社, 26~54.
- 尹集祥. 1997. 青藏高原及邻区冈瓦纳相地层地质学. 北京: 地质出版社, 97~122.
- Charles A Ross and June R P Ross. Huaida Xu (Trans.). 1991. The transgression and regression of the Later Paleozoic. In: Sea-level Changes: An Integrated Approach. Beijing: Petroleum Industry Press, 270~295 (in Chinese).
- Hunt D, Tucker M E. 1992. Stranded parasequence and forced regression wedge system tract: deposition during base-level fall. Sedimentary Geology (81): 1~9.
- Chen Nansheng. 1987. The geological-geochemical characteristics of the glacial marine sediments of the Upper Carboniferous in Wululong Linzhou Tibet. Mineral-Rock Geological Report (3): 153~154 (in Chinese).
- Liang Dingyi, Nie Zhetong, Song Zhimin. 1994. Early Permian tectonic paleogeography on northern margin of Gondwana land and origin of diamictites. In: Tethys Geology, (18): 61~73 (in Chinese).
- Loutit T S et al.. 1991. Sequence biostratigraphy. AAPG. Bulletin, (75): 624.
- Li Pu. 1955. Geology of the eastern Tibet. Chinese Science Bulletin, (7): 62~71 (in Chinese).
- Mei Mingxiang, Yang Xinde. 2001. Forced regression and regressive wedge Tract-Amend to traditional exoon mode of sequence stratigraphy. Geological Science and Technology Information, (2): 17~21 (in Chinese with English abstract).
- Stratigraphy Commission of China. 2001. Guidebook and explanation of Chinese stratigraphy. Beijing: Geological Publishing House, 42~43 (in Chinese with English abstract).
- Wang Chengshan, Li Xianghui. 2000. The Phanerozoic super-sequence of Tethyan Himalaya in Tibet. In: Basin Analysis. Beijing: Geological Publishing House Press, 207~222 (in Chinese with English abstract).
- Yin Jixiang, Wen Chuanfen. 1988. The characteristic and origin of Carbonic-Permian diamictites. In: Bulletin of Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences. Beijing: Geological Publishing House, 26~54 (in Chinese).
- Yin Jixiang, Guo Shizeng. 1984. Bomi-Cayu district. In: Xizang Stratigraphy. Beijing: Science Press, 156~179 (in Chinese).
- Yin Jixiang. 1997. Stratigraphic geology of Gondwana facies of Qinghai-Xizang (Tibet) plateau and adjacent areas. Beijing: Science Publishing House, 97~122 (in Chinese with English abstract).