

# 北祁连西段志留系层序地层学特征<sup>1</sup>

徐卫东<sup>1,2</sup>, 周学武<sup>1</sup>, 李俊建<sup>1</sup>, 岳世东<sup>2</sup>

(1.中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国冶金地质勘查工程总局西北地勘院, 西安 710061)

**摘要:**甘肃省北祁连西段志留纪地层为一套形成于残留盆地的碎屑岩堆积,其岩石地层包括肮脏沟组,泉脑沟山组,旱峡组,分别相当于年代地层单位的下志留统、中志留统,上志留统。通过对其沉积环境、层序地层学特征及其变化研究认为,该区层序地层包括低水位体系域(水位扇、低水位进积楔)、海侵体系域和高水位体系域沉积,沉积环境由深海扇(近源浊积盆地、远源浊积盆地)渐变为变为陆棚直至潮坪,为一个完整的海浸海退旋回,基本上是一套完整型层序。

**关键词:**北祁连;志留系;层序地层学特征

中图分类号:P534.43 文献标识码:A

文章编号:1672-4135(2006)02-

本文所涉及的甘肃省北祁连西段志留纪地层分布于北祁连北麓的肃南地层小区(图1)。受断裂构造作用影响,地层多呈断块状产出,上下界线不清<sup>[1]</sup>,但未发生明显的褶皱变形,呈单斜层产出。志留纪地层发育上、中、下三统(顶志留统是否发育暂不考虑)。本区地层研究成果主要来自于1 200 000区域地质测量工作过程中,在岩石地层、年代(生物)地层研究方面取得了大量的资料。但是,由于历史原因,对于其层序地层学特征的研究很少。因此,作者本区从事1 50 000区域地质调查资料中,对其层序地层学特征进行了初步总结,认为本区志留系为一套基本完整的型层序。北祁连地层分区肃南小区的志留系岩石地层单位包括肮脏沟组、泉脑沟山组、旱峡组。其中肮脏沟组由中国科学院祁连山地质队创建的肮脏沟统演变而来,泉脑沟山组、旱峡组由王尚文创建的泉脑沟山系和旱峡系演变而来<sup>[1]-[4]</sup>。1997年甘肃省地质矿产局在进行岩石地层单位清理时,根据岩石地层单位划分的原则,对其岩石地层单位的界线进行了必要调整<sup>[3]</sup>,以突出其岩石组合特征的可辨别性,如废

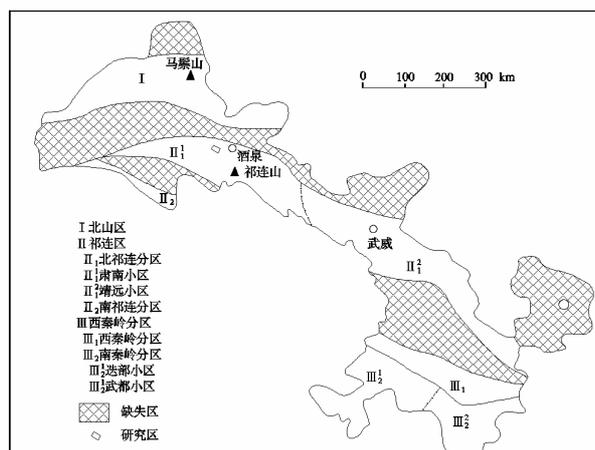


图1 甘肃省志留纪地层分区

收稿日期:2006-01-18

基金项目:国土资源大调查项目(编号:K4.2 0499210186)资助

作者简介:徐卫东,男,博士研究生,1962年出生,矿物学、岩石学、矿床学专业,长期从事区域地质矿产调查研究。

徐卫东,王方成,等.红柳峡幅、旱峡幅、鸭儿峡幅1:50000区域地质调查报告.甘肃省地质矿产局第四调查院内部资料.1995.

Fig. 1 Division of the Silurian stratum in Gansu Province

弃了前人在肮脏沟组下部划分出小石户沟组<sup>[3]</sup>, 因为前人主要是依据其所含生物化石确定的时代来划分的, 没有考虑其岩石学特征与肮脏沟组之间的不可分性, 二者都为灰绿色粉砂岩、页岩夹砾岩。

## 1 岩石地层单位的划分及其特征

各地层单位的特点是:

肮脏沟组 (*Sa*): 大致相当于年代地层单位的下志留统。主要为灰绿色碎屑岩, 见少量碳酸盐岩。根据岩性特征及岩石组合, 将其划分为三个段。肮脏沟组一段: 主要由粗碎屑岩组成, 并以砾岩, 含砾粗砂岩的大量存在与其余段相区别。沉积厚度达 1 400 多米。受构造破坏未见其底。肮脏沟组二段: 由灰黑色细砂岩、粉砂岩及板岩组成, 局部有灰岩透镜体, 盛产笔石化石, 与上覆、下伏地层呈整合接触, 沉积厚度达 2 100 多米。肮脏沟组三段: 泥岩夹细砂岩, 产腕足化石, 与上覆、下伏地层整合接触, 沉积厚度 610 m。

泉脑沟山组(*Sq*): 大致相当于年代地层单位的中志留统。主要由杂色(紫红色、灰绿色)砂岩、生物碎屑灰岩组成, 以杂色为特征与上覆、下伏地层相区别。与上、下地层均呈整合接触, 沉积厚度 784 m。

早峡组 (*Sh*): 大致相当于年代地层单位的上志留统, 是否包括顶志留统有待进一步研究。由细砂岩、粉砂岩、及泥岩组成。岩石为单一的紫红色, 与下伏杂色的泉脑沟山组间为整合的连续沉积, 沉积厚度 630 m。

## 2. 沉积环境分析

### 2.1 肮脏沟组

肮脏沟组一段以发育浊积岩和海底小型水道沉积物为特征, 为海底扇沉积, 含砾粗砂岩、砾岩的存在表明其主要为近源浊积岩<sup>[5]</sup>。下部以单纯发育粗浊积岩为特征, 上部由浊积岩与水下河道充填沉积物及水下河道滞留砾岩共存为特征。粒序层理、槽状沙纹层理, 以及海底牵引流(海流)改造沙纹波痕构造<sup>[6]</sup>, 重荷模构造等是其典型沉积构造。

肮脏沟组二段与一段地层为连续沉积。具粒序层、平行层理、微交错层、交错层、重荷模构造, 含笔石化石、结核及自生黄铁矿, 为相对海平面上升期沉积的远源浊积岩<sup>[5-7]</sup>。肮脏沟组三段以泥岩为主, 产丰富的生物化石, 为最大海泛期远海陆棚沉积。在 C-M 图解上, 肮脏沟组沉积物粒度分布呈 C = M 的线型, 与标准浊积岩特征相符<sup>[8]</sup>(图 3)。

### 2.2 泉脑沟山组

下部主要沉积构造有平行层理、小型交错层理、并见有风暴岩及与其伴生的泄水构造, 反映的沉积环境为浪基面以下浅海陆棚, 其风暴岩夹层的粒度变化反映出其沉积环境由远源渐变为近源<sup>[5]</sup>, 说明相对海平面下降。中上部主要沉积构造为波痕、潮汐作用形成的双向交错层理、脉状层理、透镜状层理<sup>[9]</sup>, 顶部出现干裂。上述变化说明其沉积环境为浅潮下带—中潮坪<sup>[7]</sup>, 总体水位逐渐变浅。碎屑岩与碳酸盐岩共存是碎屑物供应量变化造成的。紫红色、灰绿色的杂色特征则是由于局限的残留盆地中相对海平面变化、沉积物供给、气候条件、构造变动等多种因素的变化造成的。泉脑沟山组中上部砂岩的粒度分布曲线特征与波浪带海砂的粒度分布特征相似<sup>[8]</sup>(图 4), 分布曲线由三个总体构成, 滚动总体和悬浮总体所占比例很低, 且分选性较差(斜率小), 跳跃总体分选性好(斜率大), 所占岩石比例在 90% 以上, 粒度区间在 2.5 ~ 5 。

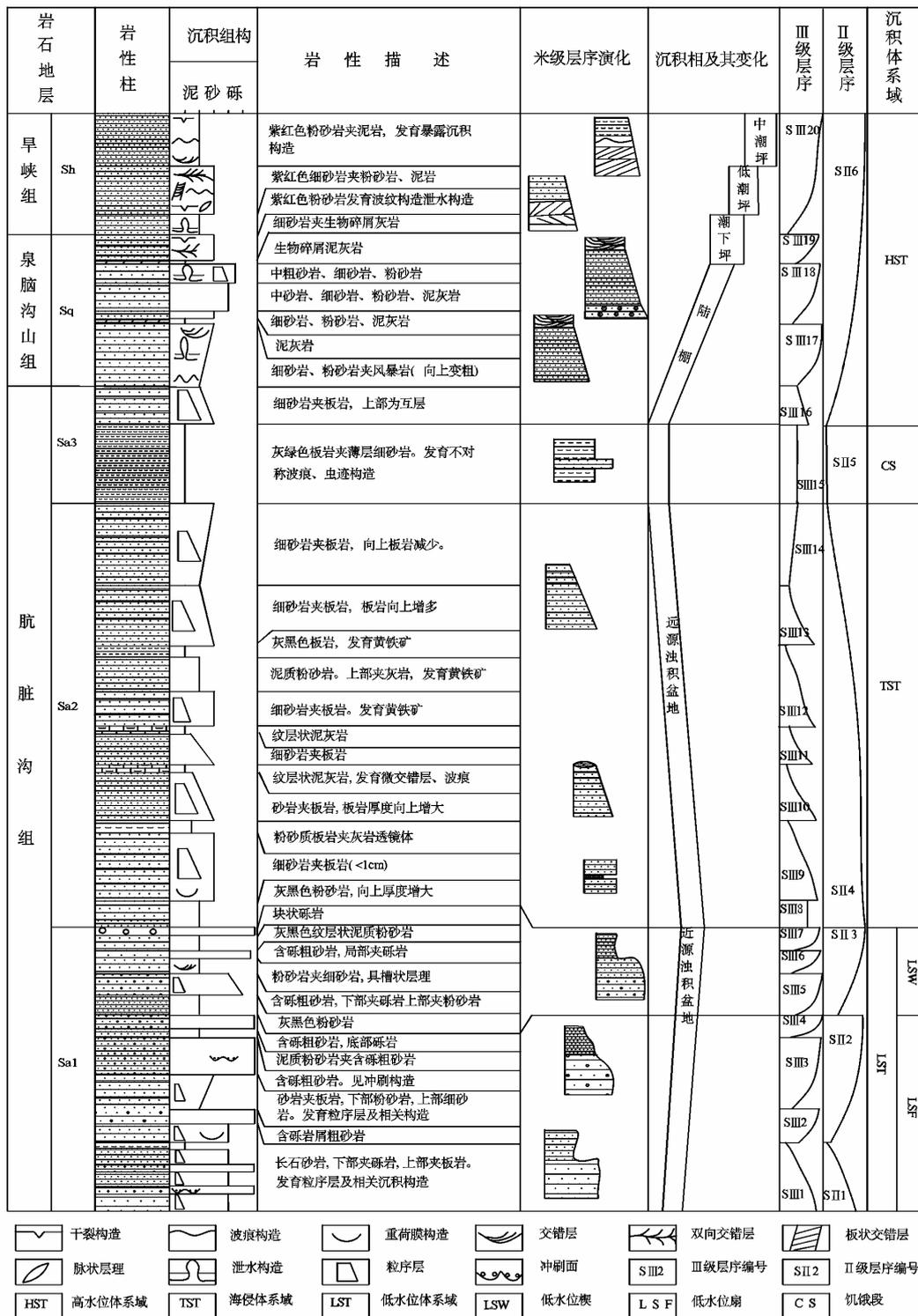
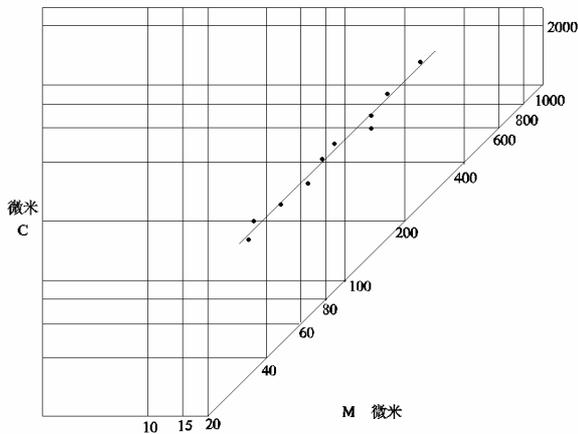


图2 北祁连西段志留纪地层层序地层划分

Fig 2 Sequence stratigraphic division of the Silurian System in the west sector of the northern Qilianshan, Gansu



### 2.3 旱峡组

下部粉砂岩，发育平行层理、浪成波纹、伴有泄水构造，属浪基面以下浅海陆棚环境。中部细砂岩夹粉砂岩、泥岩，发育板状斜层理、人字型层理、脉状层理、透镜状层理、波痕、干裂、雨痕，形成环境为潮下带—高潮泥坪。上部粉砂岩夹泥岩，除上述沉积构造外，干裂构造特别发育，主要形成于中潮坪—高潮泥坪<sup>[5-7]</sup>。

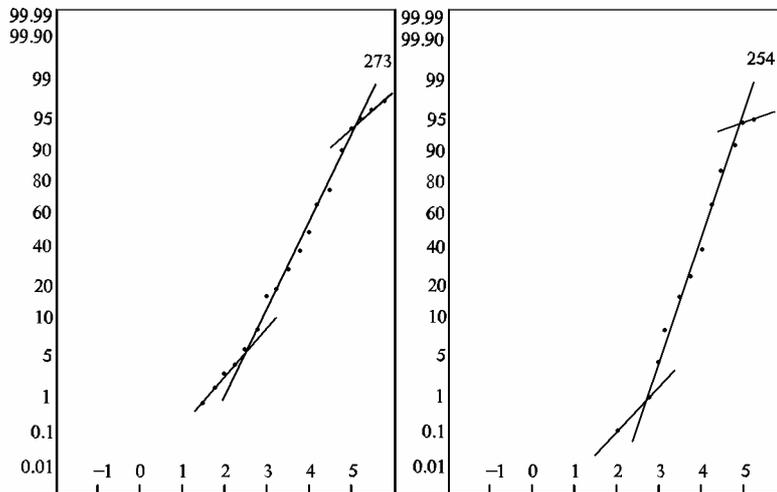


图 4 泉脑沟山组沉积物粒度分布曲线

Fig.4 The sediment size-distribution curves of the Quannaogoushan Formation

## 3. 层序地层划分及其特征

### 3.1 米级层序及其变化

米级层序是层序地层学研究的基本单元，是层序地层划分的基础，一般为露头尺度的，其特征与形成时的沉积环境密切相关<sup>[12]</sup>。

肮脏沟组一段以浊积岩的广泛发育为特征，发育不完整的鲍马层序<sup>[5]</sup>。以 A 段开始者居多，少量以 B、D 段开始，主要组合为 ACD，ABD，BD，并可见 AD，DE 组合。肮脏沟组二段地层中主要层序有由细砂岩、粉砂岩、板岩组成的粒序层，相当于鲍马层序的 BCDE 组合；细砂岩、粉砂岩组成的向上变薄、变细层序，相当于 BCD 组合；细砂岩、板岩层序，相当于 BE 组合。肮脏沟组三段发育有三种层序类型：板岩夹砂岩型，为主要类型，由板岩、

砂岩组成,板岩层厚 5 ~ 30 cm,细砂岩层厚 0.5 ~ 20 cm,单个米级层序厚度 5 ~ 32 cm。砂岩型:由不同厚度的细砂岩组成,米级层序厚度 80 ~ 100 cm。细砂岩夹板岩型:由细砂岩、板岩组成。板岩层厚 1 ~ 5 cm,细砂岩层厚 25 ~ 30 cm,米级层序厚度 30 ~ 35 cm。

泉脑沟山组存在两类米级层序,一类是风暴岩层序,一类是正常沉积层序。可见四种风暴岩层序组合<sup>[5]</sup>。第一类:为具粒序层的砂岩、具平行层理的细砂岩以及具交错层的细砂岩组成,粒序层和平行层理砂岩间为突变关系。风暴岩层厚 70 ~ 100 cm。第二类:由发育粒序层理的砂岩、具平行层理的泥质粉砂岩和泥岩组成。层厚 35 ~ 60 cm。第三类:由具平行层理的细砂岩和具交错层理的泥质粉砂岩组成,层厚 25 ~ 60 cm。第四类:较为少见,为发育完整的风暴岩,粒序层、平行层理层、交错层、泥质沉积层均发育。上述风暴岩层序是呈夹层出现,由于距源区位置的远近不同,风暴岩的粒度有明显变化,距源区越近风暴岩粒度越粗,可以作为判断相对海平面变化的依据。正常类型层序:有递变型和粉砂岩、泥岩组合型两类层序。递变型层序由细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、砂屑灰岩、灰岩、生物碎屑灰岩等岩石组成,总体向上变细,由碎屑岩变为碳酸盐岩。米级层序厚度 1 ~ 2 m。粉砂岩、泥岩组合型层序由粉砂岩、泥岩组成,总体呈粉砂岩夹泥岩产出。粉砂岩、泥岩均具平行层理,粉砂岩层厚 15 ~ 35 cm。泥岩层厚 5 ~ 15 cm。米级层序厚度 25 ~ 40 cm。

旱峡组属于潮坪沉积的产物,其米级层序可与理想的潮坪沉积层序对比<sup>[5]</sup>。主要层序类型有三种。细砂岩、粉砂岩、泥岩组合型:总体呈向上变细趋势,细砂岩的底部、泥岩的顶部出现冲刷面。厚度 100 ~ 350 cm。同岩异构型:见于细砂岩中,由平行层理、交错层理及人字型层理的细砂岩交替组成。厚度 35 ~ 60 cm。粉砂岩与泥岩交互型:由具平行层理、交错层理、透镜状层理的粉砂岩与具有平行层理、脉状层理、干裂构造等的泥岩构成,厚度 25 ~ 45 cm。

### 3.2 层序划分及其特征

根据实测剖面资料初步将志留纪地层划分为二十个 级层序(图 2),六个 级层序。

肮脏沟组一段(图 2):下部为厚度达 400 多米的长石砂岩,其中夹层粒度的变化显示出向上变细的结构变化特征。上部 1000 多米总体显示加积特征,向上砾岩透镜体及夹层的出现则显示其具有一定的进程特征,可划分七个 级层序(S<sub>1</sub>—7)。S<sub>1</sub>为向上变细(夹层由砾岩变为板岩)型层序,S<sub>2</sub>—S<sub>7</sub>为向上变粗型层序。同时,根据 S<sub>1</sub>、S<sub>1</sub>间结构类型的变化,其间界面作为一个 级层序(S<sub>4</sub>)界面。S<sub>5</sub>的细粒岩石为单一的灰黑色粉砂岩,与下伏地层中的细粒岩石有明显的差异,反映了一次较明显的海侵,以此为界划分 级层序,因此,可将肮脏沟组一段划分为三个 级层序。S<sub>1</sub>即为 S<sub>1</sub>,S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub>结构特征相同,为向上变粗的进程型层序,二者之间有一明显的海侵面。综合其岩石组合、沉积环境、地层结构等认为 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>组成 型层序低水位体系域的盆底扇,S<sub>3</sub>则为低水位进积楔,只是受后期断裂破坏,无法见到其 型层序界面。

肮脏沟组二段:下部为 500 多米厚度的加积地层。上部 1500 多米则为向上变细退积地层。顶部地层退积特征减弱,转变为加积特征,表现为细砂岩夹板岩层的重复出现。可划分出七个 层序(S<sub>8</sub>—14),S<sub>8</sub>为灰黑色粉砂岩,代表一次明显的海侵活动,S<sub>9</sub>—13为向上变细的退积型层序,S<sub>14</sub>则表现了弱进积特征,因此,可将 S<sub>8</sub>—14 总体划分为一个具退积特征的 级层序(S<sub>4</sub>)。与下伏低水位体系域呈整合接触、具退积特征、发育黄铜矿自生黄铁矿等特征表明其为海侵体系域沉积。

肮脏沟组三段:显示明显的加积型地层结构。可划分出两个 级层序(S<sub>15</sub>—16),S<sub>15</sub>具加积特征,形成于最大海泛期,层位相当于饥饿段。可单独划分为一个 级层序(S<sub>5</sub>)。S<sub>16</sub>具弱退积特征。

泉脑山组：下部、中部岩石形成于陆棚环境，顶部地层为潮坪环境。可划分出三个级层序（S<sub>17</sub>—19），为向上变粗的进积型层序，沉积相变化清楚地显示其进积特征。

早峡组：沉积相变化表现为明显的进程结构，从下向上，岩石由低潮坪粉砂岩逐渐变为中潮坪粉砂岩夹泥岩，只有一个级层序（S<sub>20</sub>），为进积型层序。

肮脏沟组顶部、泉脑沟山组、早峡组共同构成一个进积型级层序（S<sub>6</sub>），为沉积于饥饿段之上的高水位体系域<sup>[10]-[12]</sup>。

## 4. 结论

北祁连西段志留纪层序地层包括低水位体系域（水位扇、低水位进积楔）、海侵体系域和高水位体系域沉积，其沉积环境由深海扇（近源浊积盆地、远源浊积盆地）渐变为变为陆棚直至潮坪，为一个完整的海浸海退旋回，因此，虽然因断裂影响没有看到其型层序界面，但基本上为一套完整型层序<sup>[10、11]</sup>，这不仅可以与志留纪时的全球海平面的变化对比<sup>[12]</sup>，同时，也与当时残留盆地的发展、演化过程相对应<sup>[13、14]</sup>。其层序底界正好对应洋壳俯冲晚期残留盆地形成时盆地边界条件的突变，早峡组地层反映的海水退却，则对应盆地的消亡。

## 参考文献

- [1] 甘肃省地质矿产局. 甘肃省区域地质志[M]. 地质出版社, 1989: 120 - 140
- [2] 王瑞玲, 何永鲸. 甘肃的志留系[M]. 地质出版社, 1982 .
- [3] 甘肃省地质矿产局. 1: 200 000 玉门市幅区域地质调查报告. 1969.
- [4] 甘肃省地质矿产局. 甘肃省岩石地层[M]. 中国地质大学出版社. 1997.
- [5] 刘宝珺等. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 地质出版社, 1985 年
- [6] Shanmugam G, Spalding T D, Rofheart D H. Traction structures in deep-marine, bottom-current reworked sands in the Pliocene and Pleistocene, Gulf of Mexico[J]. Geology, 1993, 21: 929 - 932.
- [7] 里丁 H J. 沉积环境和相 [M]. 地质出版社, 1983 年.
- [8] 成都地质学院陕北队. 沉积岩粒度分析及其应用[M]. 地质出版社, 1976 年.
- [9] 科林森 J D, 汤普森 D B 等. 沉积构造[M]. 地质出版社, 1988 年.
- [10] 威尔格斯 C K 等. 层序地层学原理[M]. 石油地质出版社, 1993.
- [11] John B, Sangree Peter R. Vail. 应用层序地层学[M]. 石油地质出版社, 1991.
- [12] 纪友亮, 张世奇. 层序地层学原理及层序成因机制模式[M]. 石油地质出版社, 1998.
- [13] 左国朝, 刘寄陈. 北祁连早古生代大地构造演化[J]. 地球科学, 1987, 1: 14 - 24
- [14] 王荃, 刘雪亚. 我国西部祁连山区的古海洋及其大地构造意义[J]. 地球科学, 1976, 1.

## The Sequence Stratigraphical Characters of the Silurian System in the West of the Northern Qilanshan

XU Wei-dong<sup>1,2</sup>, ZHOU Xue-wu<sup>1</sup>, LI Jun-jian<sup>3</sup>, YU Shi-dong

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China ;2. Northwest Geological Exploration Institute of China Exploration and Engineering Bureau , Xian 710061, China; 3. Tianjin Institute of Geology and mineral Resources, Tinjin 300170, China )

**Abstract:** The Silurian System in the west of the northern Qilianshan, GanSu

province, is detrial rock that formed in a residual basin. The sequence stratigraphical characters and evolution of the Silurian System show the process well when the residual basin formed, developed and died out. The Silurian System is composed of Angzanggou, Quannaogoushan and Hanxia Formation. Angzanggou Formation corresponds with lower Silurian System of chronostratigraphic unit, Quannaogoushan Formation corresponds with middle Silurian System, and Hanxia Formation corresponds with upper Silurian System. Based on the study of the sedimentary environment, stratigraphic texture, sequence stratigraphic characters and their changes, it is suggested that the Silurian System include the lowstand system tract (LST), transgression system tract (TST), and highstand system tract (HST). The sedimentary environment is from deep-sea fan (proximal pluvial basin and distal pluvial basin) changed slowly into the continental shelf and to tidal flat, which composes a whole circle of marine invasion to marine regression. So, it's likely a set of type 1 sequence basically.

**Keywords:** Northern Qilianshan, Silurian System, Sequence stratigraphic characters