

贺兰山中段早古生代地层旋回层序研究

朱如凯

(北京大学地质系)

〔内容提要〕 研究区位于鄂尔多斯西缘凹陷带的贺兰山中段地区,寒武—奥陶系地层出露齐全。作者在综合了野外特征和室内分析的基础上,将该区沉积地层划分为三大沉积体系和十四种沉积相类型,并分述了每一沉积相类型的岩性组合及其古生物化石、沉积构造和沉积相序特征,进而对区内早古生代地层的旋回层序进行了分析,认为从早寒武世开始至早奥陶世结束为一个Ⅰ级旋回层序,其中包括四个Ⅱ级海平面变化周期;从中奥陶世开始至其结束,代表另一个独立的受古构造因素控制的Ⅲ级旋回层序,其中每一内源重力流单元与陆源重力流单元的规则变化则相当于一个Ⅱ级旋回层序。

关键词: 贺兰山 沉积相 沉积体系 旋回层序

1 引言

贺兰山中段寒武—奥陶系地层是华北地台西缘出露最为完整、沉积特征发育最为典型的地区,也是迄今为止生物地层研究最为详细的地区之一。地层沿贺兰山两侧分布,在苏峪口、强岗岭、下岭南沟、樱桃沟、范家营子、呼吉尔台等地有出露(图1)。本文是在前人所做生物地层学工作基础上,着重研究了该区沉积地层的岩性、沉积相、沉积层序、沉积旋回及其演化规律。

2 地质背景

研究区在大地构造位置上处于鄂尔多斯西缘贺兰山构造带的中部,该构造带为一北东向展布的褶皱带,自中元古代至古生代时期,它是一个具有多阶段性演化的多旋回拗拉槽(aulacogen)。拗拉槽初始形成于中元古代,为北祁连裂谷系向北延伸的一个夭折裂谷支,晚元古代区内发生一次明显的隆起,缺失青白口系,至震旦系复又沉降,并继承了前期的构造格架,从此进入早古生代的重要演化阶段。该阶段早期,盆地接受了近岸冲积扇冰碛砾岩(震旦系)沉积,寒武系地层则以底部的含磷碎屑岩区域性不整合于震旦系冰水沉积之上。从早寒武世至中奥陶世,依次发育有滨浅海陆源碎屑沉积、白云质碳酸盐岩(初期凹陷),清水型碳酸盐岩沉积(过渡期),半深水、深水混合型重力流沉积(强烈凹陷);中奥陶世以后,由于加里东运动的影响,盆体整体抬升,从而结束了早古生代的沉积演化史。

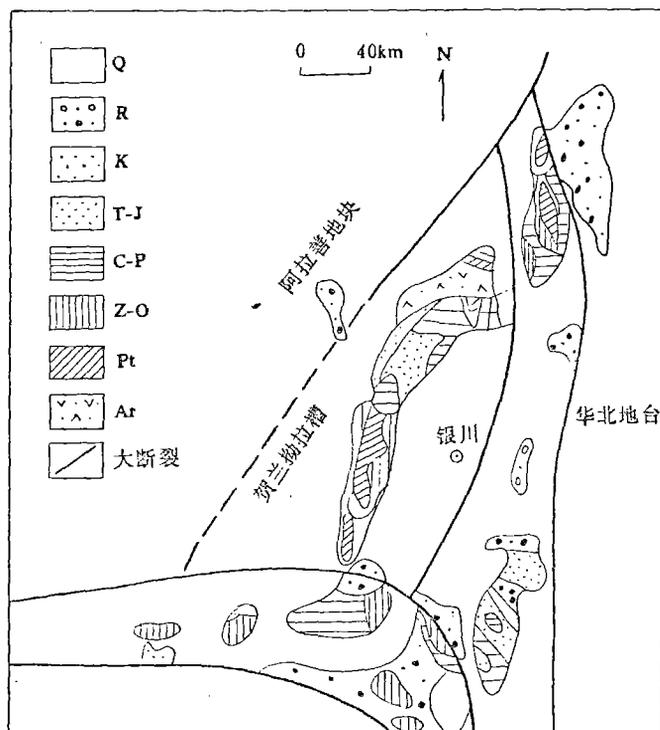


图1 贺兰拗拉槽及邻区地质略图

Fig.1 Generalized geological map of the Helan aulacogen and its adjacent areas

研究区生物地层按郑昭昌等人(1980)的划分方案,从下向上依次为苏峪口组、五道淌组(早寒武世),毛庄组、徐庄组、张夏组(中寒武世),崮山组、长山组、凤山组(晚寒武世),下岭南沟组、前中梁子组、中梁子组(早奥陶世),樱桃沟组(中奥陶世)。早奥陶世与晚寒武世地层为连续沉积。地层总厚为3500m,主体岩石类型为碳酸盐岩及陆源碎屑岩。

3 沉积相分析

经过详细的野外勘查和室内综合分析,可以将研究区沉积地层划分为三大沉积体系和十四种沉积相类型,现以沉积体系为单元进行阐述。

3.1 岸缘浑水沉积体系

主要包括早寒武世苏峪口组、五道淌组,中寒武世毛庄组以及徐庄组底部,自下而上,总体陆源碎屑含量逐渐减少,而碳酸盐岩含量逐渐增加,这说明陆架边缘逐渐由浑浊水体向清水型水体过渡,主要沉积包括:

3.1.1 高能浅滩相

由灰黑色含磷细砾岩、含磷砂岩、含磷砂质白云岩组成。砾石大小不等,呈圆饼状,排列具漩涡状。中细砂岩中多具扁平状砾石,具冲刷底面。这种含磷碎屑岩中的碳氟磷灰石仅以砂、砾胶结物的形式出现,说明它们来自孔隙水的化学沉淀,原始磷可能来源于海相陆源碎屑沉积中的陆源物和海相沉积中的有机质。

3.1.2 浅水潮下低能带

区内主要由中厚层状泥晶白云岩、细晶白云岩组成,普遍以含核形石为特征。从核形石

的形态特征来看,有长椭圆状及长纺锤形者,层圈数为3—4层,多平行层面分布,说明它们形成于水动力条件比较弱的环境中;亦有呈椭球状、圆球状者,层圈数为5—6层,说明其形成时水体能量相对稍高。厚层白云岩顶面有时发育大型波痕,波长1.5—2.0m,波高0.15—0.20m,反映其形成环境中也有一定的水流作用。

3.1.3 砂泥坪

由中细粒钙质石英砂岩与薄层发育干裂纹的泥页岩互层组成。石英砂磨圆好,为圆状一次圆状,次生加大现象普遍,有时发育双向交错层理,有时砂岩层呈不均匀的条带状分布,出现有泥砾。

3.1.4 云泥坪

由土黄色泥晶白云岩、褐灰色泥页岩组成,有出现紫红色泥岩与灰绿色泥岩的互层,夹薄层砂岩(5—6cm)。泥岩中发现有干裂纹及膏盐假晶,为干燥炎热气候条件下的标志产物。

3.1.5 泻湖

为一闭塞的局限环境,由灰绿色钙质页岩、灰绿色泥页岩、厚层深灰色中细晶白云岩组成,有时含砾屑灰岩透镜体夹层及薄层细砂岩层,含黄铁矿晶粒,并出现有小个体的腕足化石。

3.1.6 浅海陆棚

由灰绿色泥页岩、含泥灰岩薄互层及生物搅动泥晶灰岩组成,虫孔、虫迹构造发育,并含少量的海绿石颗粒。海绿石颗粒充填于裂隙中。并发现有鲕粒的最外圈层被石英溶解交代的现象,主要位于徐庄组层位下部。

上述沉积相类型有规律的组合就构成了该体系典型的沉积相序(图2),为海侵初期的沉积产物。

3.2 清水型碳酸盐沉积体系

主要包括从中寒武世徐庄组中上部开始到早奥陶世结束的碳酸盐岩地层,为一典型的缓斜坡(ramp)体系(朱起煌,1989),典型的沉积相包括有:

3.2.1 浅海盆地相带

是一种相对安静的浅海环境,岩石颜色以深色为主。区内主要岩石类型为暗色泥晶灰岩、泥灰岩、薄条带状泥晶灰岩,有时发现有黑色泥岩夹层,发育有水平纹理及缓波状层理。在风暴天气情况下,末稍风暴浊流对其产生影响,形成厘

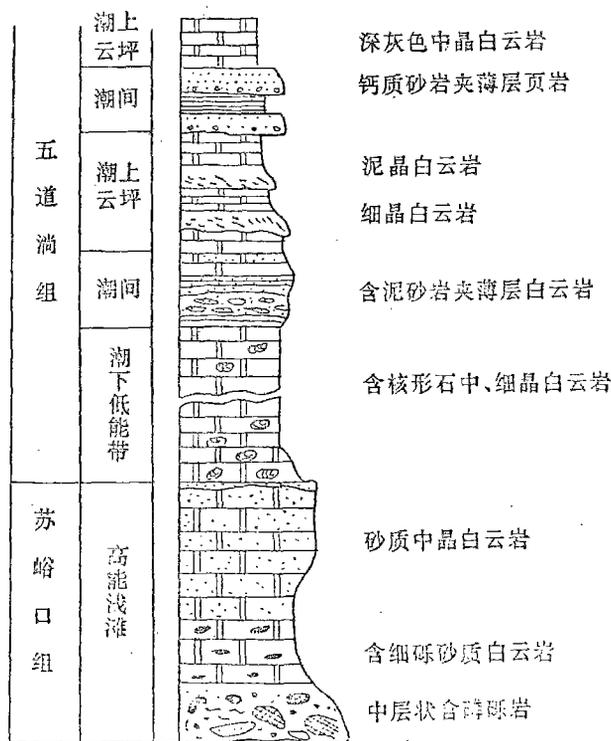


图2 岸缘体系沉积相序

Fig. 2 Sedimentary facies sequence of the coast-margin system

米级、毫米级递变浊积灰岩。厘米级递变浊积灰岩典型层序如图3。该相带沉积物主要出现在本区中寒武世晚期及晚寒武世地层中。

3.2.2 台缘斜坡相带

相当于风暴浪基面与正常浪基面之间的区域,主要岩石类型为漩涡搅动状细砾屑灰岩、细砾屑风暴碎屑流沉积、未分异的异地型风暴粗砾屑沉积、原地型风暴粗砾屑灰岩沉积及条带状泥晶灰岩。条带状泥晶灰岩是正常天气情况下该相带的典型沉积产物,生物化石种类丰富,虫孔、虫迹构造发育。上述各种砾屑灰岩与条带状泥晶灰岩组成了本区典型的风暴沉积序列,主要出现于中、晚寒武世地层中。

2.3.2 台缘砂、滩相带

为正常浪基面以上的浅水高能区,区内主要岩石类型为鲕粒灰岩、生物屑-鲕粒灰岩、内碎屑-鲕粒灰岩及残余颗粒细中晶白云岩。颗粒以内碎屑、鲕粒为主,生物碎屑比较少见。发育有冲刷底面构造及大型波痕(典型相序如图4)。当风暴作用发生影响的时候,就出现变形破碎混合的鲕粒灰岩,存在有复鲕、变形鲕等颗粒。

3.2.4 潮下低能带

为较宽阔的潮下低能区,主要岩石类型为泥晶灰岩、泥质条带状泥晶灰岩、泥晶鲕粒灰岩、准瘤状灰岩(早奥陶世中晚期),陆源泥含量低,生物屑包括有介形虫、腕足类、菊石类。

3.2.5. 潮间浅滩

为局部高能区,水体有较强的搅动作用,浅水泥晶化作用标志显著。主要岩石类型为半球状叠层石灰岩、含燧石团块结核中细晶白云岩、亮晶砂砾屑灰岩、亮晶残余颗粒中细晶白云岩、亮晶团块碎屑灰岩,发现有干裂纹。

3.2.6 潮坪

是水体能量稍低的地带,主要岩石为藻球粒泥晶灰岩(以蓝藻为主)、云质条带状泥晶灰岩、层纹石灰岩、残余藻纹层粉细晶白云岩,陆源砂、泥含量稍高,局部可达15%,发育有小型双向斜层理、示顶底构造、鸟眼构造及小型复合波痕(波长1.5cm,波高0.2—0.5cm,曲形延伸)等。

上述各种沉积相可以出现不同的组合,分别形成各种不同条件下的典型相序类型,进而构成了该体系典型的沉积层序。

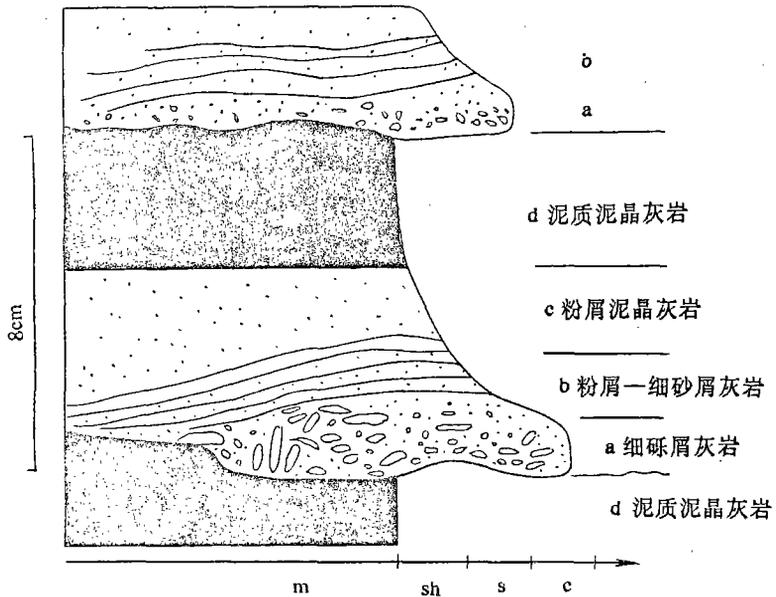


图3 厘米级风暴浊积灰岩层序

m. 泥; Sh. 粉砂; S. 砂; C. 砾

Fig. 3 Sequence of the centimetre-sized storm turbiditic limestones

m=mud; Sh=silt; S=sand; C=conglomerate

实际上,上述两种沉积体系是在构造相对稳定的背景条件下,由于海进—海退而形成的统一的沉积大层序。

3.3 混合型深水重力流沉积体系(另文详述)

主要包括中奥陶世地层,总厚可达2000m,基本上由灰绿色、褐灰色泥页岩,中细粒杂基砂岩组成,间夹数层厚度不等的碳酸盐滑塌角砾岩层,该套地层具如下特征:

(1)厚度巨大,砂岩层位稳定,延伸远。

(2)主要由砂、页岩组成,砂岩成份、结构成熟度低。

(3)发育典型鲍玛序列组合;abcd、ad、bcde、bd、cde、de。

(4)冲刷构造,各种印模构造,如重荷模、槽模、沟模,及各种变形构造,如包卷层理、滑移构造发育。

(5)页岩中发现有典型的深水化石组合:笔石及放射虫。

上述特征显示它们形成于深水、半深水环境,具典型的重力流沉积特征,主要包括内源重力流单元和陆源碎屑重力流单元。

3.3.1 内源重力流沉积单元

在研究区内主要指出露的十三层厚度不等(0.3—11.7m)碳酸盐滑塌角砾岩层。该沉积层位稳定,呈带状延伸,层间无任何合并现象,与共生的沉积物具明显界面接触关系,单层内具粒度递变现象,由下而上组成的一般规律为(a)大小混杂的巨角砾岩—(b)浑圆状、次棱角状细砾岩—(c)发育平行层理或卷层理的砂质碳酸盐岩,剖面中以bc组合较为常见,abc组合较少。根据沉积特征及区域资料的综合分析,可以认为其形成于断裂陡崖下坡滑塌碳酸盐角砾岩体碎屑裙环境中,这与当时的拉张构造背景环境有关。

3.3.2 陆源碎屑重力流沉积单元

主要包括块状的、多层叠置的递变细砾岩、砂质砾岩、砾质砂岩、经典浊积岩、灰绿色薄层泥页岩,含笔石、放射虫等化石。上述岩类常组成向上变薄变细的层序及不规则的复合层序,以复合型层序更为多见。

上述内源重力流沉积单元与陆源重力流沉积单元常有规律地互层出现(图5),野外统计剖面中这样的旋回层序达十三个以上,这表明曾发生了十三次以上低级次的海平面上升和回落。

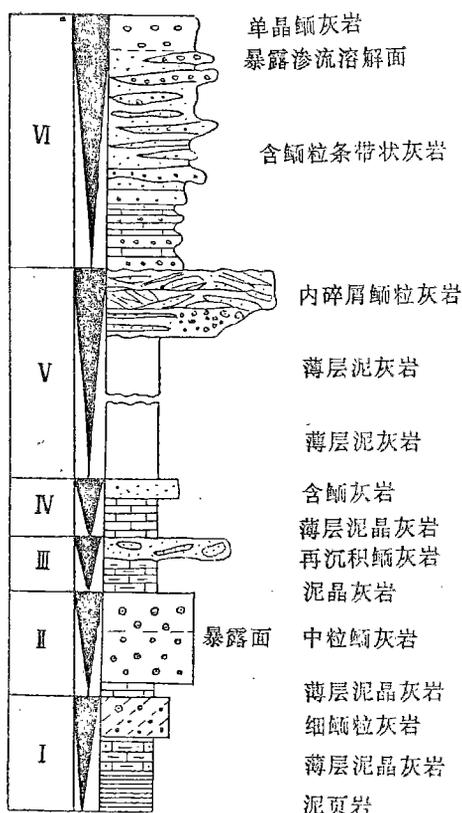


图4 鲕滩体系沉积相序

I—VI, 向上变浅小旋回

Fig. 4 Sedimentary facies sequence of the oolitic shoal system

I to VI represent small shallowing-upward cycles

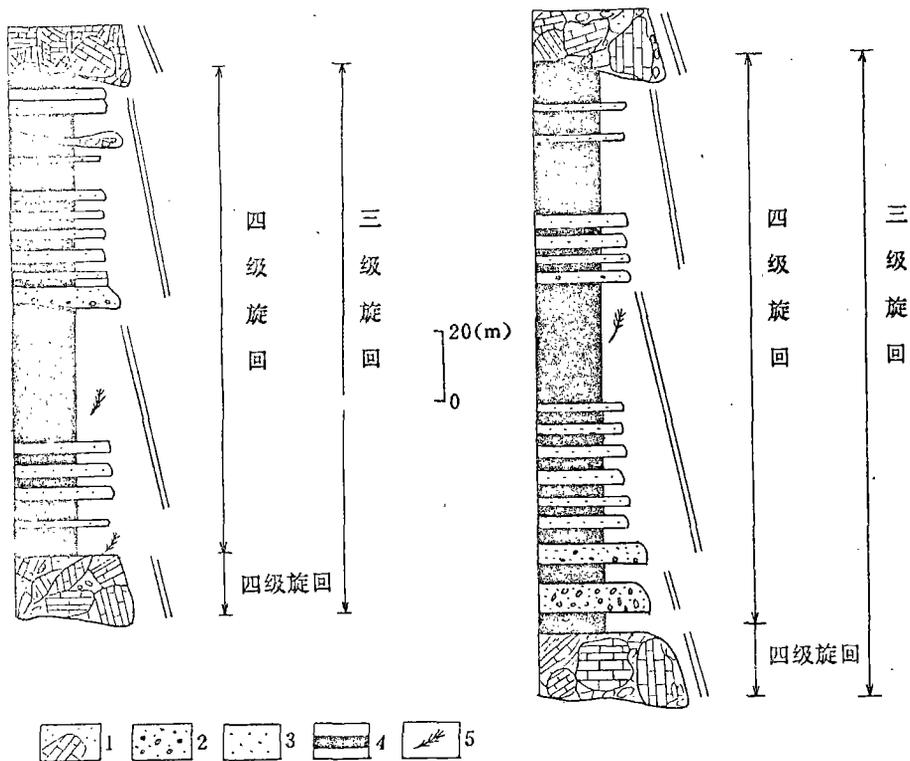


图5 樱桃沟组重力流垂向沉积层序

1. 碳酸盐角砾岩; 2. 细砾岩; 3. 中细砂岩; 4. 泥页岩; 5. 笔石

Fig. 5 Vertical sedimentary sequences of the gravity-flow deposits in the Yingtaogou Formation

1=carbonate breccia; 2=fine-grained conglomerate; 3=moderate- and fine-grained sandstone; 4=muddy shale; 5=graptolites

4 沉积旋回及其层序演化

本区的早古生代,从寒武纪延续到奥陶纪,时限约 150Ma。从早寒武世开始至早奥陶世末,代表一个 I 级旋回,包括岸缘浑水沉积和清水型碳酸盐沉积两大沉积体系;从中奥陶世开始至其结束代表另一个 I 级旋回层序,主要受古构造因素控制(图 6)。

在第一个 I 级旋回层序中,包括有四个相当于 III 级旋回的海平面升降周期。

从早寒武世苏峪口期至五道淌期结束为第一次 III 级海平面升降周期,苏峪口期为第一次低海平面时期,五道淌期相当于海平面上升及回落期。

从毛庄期至张夏期为第二次 III 级海平面升降周期,其中毛庄期开始于低水位海面上升期,徐庄期及张夏期为持续高海平面缓慢上升期,主要形成了浅滩沉积物。

从晚寒武世的崮山期到早奥陶世早期,为第三次 III 级海平面升降期,其中崮山期为低海平时期,长山和凤山期为海平面迅速上升期,形成缓坡沉积体系,发育风暴岩;至早奥陶世早期,出现了持续高海平面时期的潮坪碳酸盐沉积物。

从早奥陶世中期开始至早奥陶世结束,为第四次 III 级海平面升降周期,其中前中梁子晚期和中梁子早期海水深度达最大,以出现准瘤状灰岩和浮游菊石类化石为标志;至早奥陶世

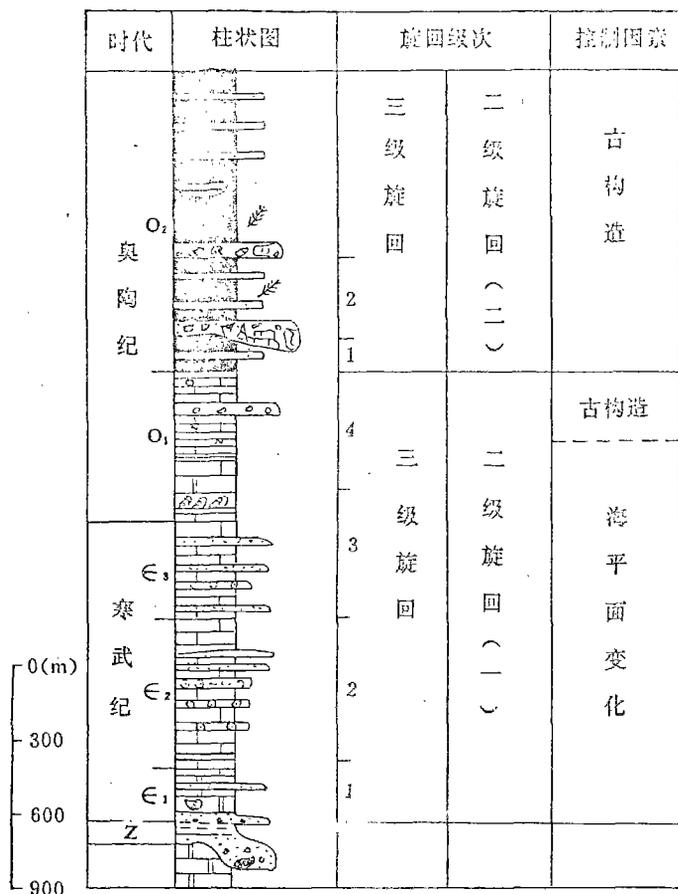


图6 早古生代地层旋回分析

Fig. 6 Early Palaeozoic stratigraphic cycles

晚期,则又成为持续高海平面时期的潮坪沉积体系。

中奥陶世是受古构造因素控制的另一个 I 级旋回层序,以出现内源和陆源重力流规律性的混合沉积为特征。在内源滑塌角砾岩块中发现了明显的多期次胶结和多期滚动再充填作用的特征,表明其形成于相对低水位期,而陆源碎屑重力流则形成于高水位期。这种由低水位期至高水位期的变化代表一个低级次的海平面上升和回落,代表一个 III 级旋回。

中奥陶世末,由于加里东运动的影响,研究区区域性整体抬升,导致了本区早古生代沉积演化史的结束。

在本次论文的完成过程中,孟祥化教授和葛铭高工始终给予了许多具体的指导和帮助,在野外工作期间得到了宁夏地矿局郑昭昌总工的具体指导,在此对他们的工作表示衷心的感谢。

参 考 文 献

王英华、张秀莲、杨承运,1989,华北地台早古生代碳酸盐岩岩石学,地震出版社。

孟祥化、葛铭,1989,沉积建造格架分析,岩相古地理,第六期。

林杨松、杨起等,1991,贺兰拗拉槽早古生代深水重力流体系的沉积特征和充填样式,现代地质,第五卷,第三期。

Calvet, E., Tucker, M. E. and Henton, J. M., 1990. Middle Triassic carbonate ramp systems in the Catalan Basin, Northeast Spain facies sequences and controls; Carbonate Platform, pp. 79—107.

Cloyd, K. C. et al., 1990. Tidal channel levee and Crevasse-Splay deposits from a Cambrian tidal channel system; a new mechanism to produce shallowing-upwards sequences. *J. Sedi. Petr.*, Vol. 61, No. 1.

Simpson, E. I. et al., 1990. Early Cambrian progradational and transgression sedimentation patterns in Virginia; an example of the early history of a passive margin. *J. Sedi. Petr.*, Vol. 61, No. 1.

CYCLIC SEQUENCES OF THE EARLY PALAEOZOIC STRATA IN THE MIDDLE PART OF THE HELAN MOUNTAIN AREA

Zhu Rukai

(Department of Geology, Peking University)

ABSTRACT

The study area lies in the middle part of the Helan Mountain area in the depression zone on the western margin of the Ordos block, where the Cambro—Ordovician strata are well exposed. Three depositional systems and fourteen sedimentary facies types have been distinguished for the sedimentary strata in this region. The lithologic associations and fossils, sedimentary structures and facies sequences as well as cyclic sequences of the Early Palaeozoic strata are also discussed in the present paper. The study of the Palaeozoic strata shows that one second-order cyclic sequence began during the Early Cambrian and ended during the Early Ordovician, including four third-order sea-level fluctuation periods, whereas another second-order cyclic sequence controlled by palaeotectonic factors began during the Middle Ordovician and ended at the end of the Ordovician. Moreover, the regular alternation of individual intrabasinal and terrigenous gravity-flow units corresponds to a third-order cyclic sequence.

Key words: Helan Mountain, sedimentary facies, depositional system, cyclic sequence