层序界面对冀东盖层金矿的控制研究*

Stratigraphic Sequence Boundary Constraining to Gold Mineralization in East Hebei

王立峰 高永丰 李红阳 牛树银

（1 石家庄经济学院资源环境与工程系，河北 石家庄 050031）

Wang Lifeng, Gao Yongfeng, Li Hongyang, Niu Shuyin

(Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China)

摘 要 层序界面往往为胶结疏松的风化壳，抗剪强度低，它是一个构造薄弱面。它对构造形迹、岩浆作用和成矿热液运移、储存等具有明显制约作用。层序界面是拆离构造滑动的前导面，主拆离带和次级拆离带常沿不同级别的层序界面发育；层序界面是岩浆的侵位空间和汽液运移的通道，岩浆的侵入就位以层序界面为基础；层序界面也是成矿热液的重要运移通道和容矿空间，矿体的就位取决于层序界面上下岩层的物理障壁作用和化学的障壁作用。

关键词 层序界面 盖层 金矿 冀东

20 世纪 80 年代以来，地层学与沉积学相互渗透和有机结合提出了层序地层的概念。即时地层记录的旋回性、非渐变性、不完整性、复杂性的研究与识别成为当代地层学及沉积学的研究核心。层序地层学的研究是将岩相及沉积环境的研究限定在以不连续界线为标志的年代框架之内，既注意了地层的旋回性，又强调了岩相、沉积体系的研究。层序界面在沉积学、地层学研究中表现了非常重要的作用，它不但是划分地层旋回的基础，而且是反映地壳的沉积历史以及相对海平面变化的主要依据，也是全球地层对比的内容之一。

层序界面常表现为古土壤，包括钙质风化壳、铁质风化壳、铝质风化壳和硅质风化壳等。冀东中元古代地层层序清晰，界面明显，具体地表现为硅化泥裂、白云岩化钙结壳、小型古喀斯特构造面、小型帐篷构造、冲刷面及间断面，层理缝等特征。这些相对松散的古风化壳往往是一个薄弱面，它是构造运动的前导面、岩浆侵入和成矿热液的通道，特别是伸展构造的滑动面。

本文主要讨论层序界面对拆离滑脱构造、岩浆侵入及成矿热液运移、储存的制约作用。

1 层序界面是拆离构造滑动的前导面

自印支运动末到燕山期，华北地台伴随着地幔热柱-大陆裂谷构造作用出现了巨大热穹隆构造和变质核杂岩构造，导致不同构造层次的韧性剪切带及拆离滑脱构造（李红阳等，1998）。在造山隆起过程中，包括中元古代地层在内的盖层被拉伸变薄，并形成巨大背斜。变质核杂岩的强烈隆升以及相邻地区的大幅度断陷，导致周围的盖层形成正向拆离断层和反向铲状断层。由于背斜的影响，正向拆离断层常常和倾斜的地层相（近于）一致，即低角度正向拆离断层。由于层序界面往往为胶结疏松的风化壳，抗剪强度低，因此拆离面多发生在层序地层的界面处，而不同的构造层次常追随不同级别的旋回界面发展。

* 河北省计划委员会项目（编号 98-39）资助

第一作者简介 王立峰，男，1960 年生，副教授，主要从事沉积岩、地层学及沉积矿产的教学与研究。

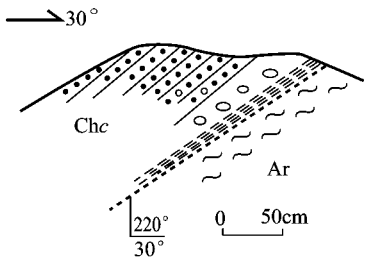


图 1　常洲沟村北常洲沟组底部主拆离带剖面

冀东地区，如马兰峪－北泉沟，至快活林－茅山，到北侧的罗圈场一花市等地，在中元古代地层和老的基底之间普遍有拆离断层和韧性剪切带，它们是在超层序界面的基础上发展形成的。蓟县常州沟村北中新元古界标准剖面的起点，主拆离带虽不太显著，但仍遗留下了它的构造形迹（图 1）。层序界面下为跑马场组花岗质片麻岩，长英质成分偏高。界面上为常州沟组砾岩、含砾粗砂岩，砾石占 25%～30%，砾径 2～40 mm，以 10 mm 的砾石为主。砾石成分多为白色脉石英，圆状、次圆状，分选较好，球度较高，稍具拉长定向。其上为含砾粗砂岩。在界面处为主拆离带，产状为 220°∠30°，宽 20～30 cm，有明显的拆离滑脱面理，并保留有滑脱线理，线理产状为 260°∠28°，其滑脱方向与主拆面倾向有一明显的交角。在滑脱带中，还有一厚约 2～5 cm 的硅化壳，大致与主拆离面基本平行展布，表明主拆离带是沿硅质风化壳而成的。

在罗圈场－花市一带，主拆离滑脱带活动要强烈得多，主拆离带影响厚度较大，一般在 0.5 m 至几米。断层的下盘为跑马场组变质岩系，上盘常州沟组不同层位与主拆离带呈断层接触，在地形上有明显的陡坎（图略）。在宏观上，拆离带如同腰带展布于陡坎脚下。主拆离带的很多区段形成了断裂蚀变岩型金矿，在剪切裂隙中见明显的贯入式浸染状和脉状黄铁矿化，矿化较强的部位被卷入变形的常州沟组底砾岩亦产生明显剪切变形，砾石被明显拉长定向，表明主拆离滑脱带是在层序界面基础上发育而成的。贯入式矿化作用则说明矿化明显晚于主拆离带活动期，或是在拆离滑脱的晚期矿化。

尖宝山地区由太古宙拉马沟组和中元古代长城纪常洲沟组及高于庄组组成，在各地层单位之间均为拆离滑脱带。特别是北部矿区（图略），主拆离带位于太古代拉马沟组和中元古代长城纪常洲沟组之间，宽 0.3～2 m 不等。带内发育有构造角砾岩、碎裂岩、断层泥等，岩石硅化强烈，具有明显的重结晶现象，表现了多期活动的特点。在上盘常洲沟组之中，发育了与地层平行的次级拆离带，间距在 20～30 m 之间，其延伸与主拆离带平行。这是一个明显的层序界面（薄弱岩层面）发展形成的次级拆离带。类似的实例也见于洞子沟银铜矿矿区。

综上所述，拆离构造明显地受层序界面所控制，其中主拆离带常沿超层序或大层序的界面发育，次级拆离带沿三级层序或五级准层序的界面发育。

2　层序界面对岩浆岩就位的控制

层序界面对岩浆岩的侵入具有一定的控制作用，从冀东地区的研究表明：区域性深大断裂，特别是构造交汇处控制岩株的就位，断层作为岩浆上侵的通道，层序界面是岩体的侵位空间。最常见的岩床就是岩浆沿层序界面就位的实例。

峪耳崖花岗岩岩体就位机制就是一个典型的层序界面就位实例。岩体长 2000 m，宽 700 m，呈北东-南西向的似纺锤体。岩体主要为浅灰色中细粒花岗二长岩和粉红色中粗粒花岗岩，围岩为中元古代长城纪高于庄组。K-Ar 年龄为 149 Ma（或 200 Ma（施性明等，1992））。岩体形成之后，普遍遭受一次明显的脆韧性变形变质作用（牛树银等，2001）。因此，岩浆就位时期应在拆离断层发生之前，即岩浆岩的就位不受拆离断层的影响。

从侵位特征和空间展布来看，峪耳崖岩体完全受北东向正断裂和山家湾子-峪耳崖北西向横张断裂共同控制。两组断裂交汇处构成了岩体上侵通道，而岩体的具体形态则受层序界面的控制。由于两组断裂的深切作用，形成了破碎的管道。岩浆顺通道上侵，在岩浆的温度和压力作用下，沿层序界面不断外张，吞食

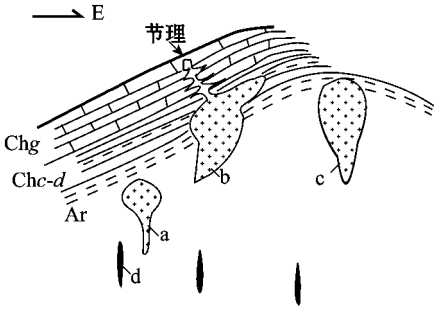


图 2 燕山地区岩体空间分布及与层序界面的关系示意图

a－青山口岩体；b－峪耳崖岩体；c－都山岩体；d－基性岩脉

地层，形成岩株，甚至于岩基（都山岩体和肖营子岩体）。如果岩浆沿层序界面及节理贯入，可形成捕掳体。在岩浆侵入过程的边部表现在最为明显，当通过切穿层序界面的断层时，除了沿着断层侵入之外，在压力作用下也向层序界面或次级层序界面呈席状扩充贯入，形成一定范围的板状或鞍状侵人体。同理，由于层序中存在着若干个不同级别的层序界面，那么，岩浆侵位可在空间上沿多个层序界面（特别是准层序的界面）形成若干个鞍状侵人体，其间由断层破碎的筒状岩体连接，形成空间上的塔状（式）侵人体（图 2）。当岩浆进一步侵入，可将沉积地层完全同化或残留下来形成捕掳体。同时在岩体的边部又可形成新的塔状侵入体。

矿产勘探及采矿资料证明，在主岩体或岩浆主通道中有高于庄组的捕掳体，在围岩中又有沿界面贯入的岩脉或岩枝。因此，岩浆的侵入是多期次的，它以断层为主通道，不断的沿层序界面贯入－同化－贯入等过程逐渐形成大的岩株。

3 层序界面是盖层金矿运移通道和聚矿空间

近年来发现，很多矿床产于一定的岩相带内。如一些铅、锌矿床赋存在礁、潮坪、泻湖及镶边台地相中，另一些铅锌矿床产于碳酸盐台地相中；某汞矿赋存于碳酸盐台地边缘及斜坡相中；某金产于礁相中；某铜矿床赋存在藻坪相沉积中，等等。这种现象是一种偶然还是一种普遍规律呢？

按照杜乐天（1996）的气体圈层的观点，含矿热液与上部地壳的为氢、卤素及热、碱金属、碳、氧、氮、硫族组成混合流体，这些活跃的成矿介质必然要选择适合的场所（围岩及物理化学条件）就位。据资料，与金矿化有关的岩相包括：潮坪相、萨布哈相、泻湖、蒸发相、台地前缘斜坡相、礁相、浊积岩中，其中台地前缘斜坡相对金的矿化有重要控制作用。由此可见，几乎所有的相带都可以发生金的矿化，这是否说明岩相与金矿化没有什么关系呢？其实控制金矿化的原因各相带内部的岩性、由岩性组合形成的物理障壁及化学障壁，而更重要的一个原因还应是具有提供矿液或矿液运移的通道，即层序界面。

层序界面不但可以作为矿液运移的通道，而且也是矿液富聚的空间，除了尖宝山矿区外，白庙子金矿也是很典型的实例。主拆离带仍为超层序的界面，之下为太古代变质岩，在超层序界面中形成了 20～40 cm 的含黄铁矿的石英金矿脉，界面上的常洲沟组表现了明显的旋回式沉积，每个准层序厚约 15～20 m 左右，下部厚层石英岩状砂岩，向上逐渐变薄，由铁质硅质石英砂岩组成，准层序的顶面间或有泥岩条纹或薄膜。沿此五级准层序界面发育了厚度不等的含金矿脉。自主滑动面向上可见 3 个阶梯状分布的采坑（图 3），每个台阶沿层分布达几千米之多。因此，这是一个受五级旋回界面控制的成矿类型，含金矿脉以层序界面为容矿空间富集，而常洲沟组石英砂岩由于硅质的重结晶-次生加大作用，孔隙不发育，实质上是起着物理障壁的作用，导致含金矿脉均沿五级准层序界面分布。而提供成矿热液的通道是高角度的断裂构造。

在雾迷山组与高于庄组中，由于几乎所有的碳酸盐岩均已发生白云岩化作用，碳酸盐矿物的交代结晶增加了岩石的晶间孔隙，特别是潮坪相的藻白云岩，由于藻丝体的腐烂，使本来就已存在丰富的孔隙更加扩大，从而为矿液的富集创造了空间条件。这类岩性主要包括：燧石条带白云岩、燧石结核白云岩、粗晶白云岩和叠层石白云岩。在这两套碳酸盐岩地层均是由明显的旋回性层序叠置而成，高孔隙的白云岩与一些致密的岩石组成了较好的储-盖系统，盖层的物理障壁作用控制了矿液垂向流动，在横向上沿层序界面形成了有利的富集条件。

青河沿金矿曾被称为“ 长城式 ”金矿（王郁等，1997），并提出了属卡林型金矿的认识（赵文浩，1992），而熊群尧等（熊群尧等，1999）认为“ 长城式 ” 金矿主要受中新元古代岩石层间角砾岩破碎带，褐铁矿化和有机质（炭）含量控制，与岩石层位和性质无关，赋矿围岩不是矿源层。野外调查表明，青河沿金矿可分为 3 个矿区，金矿赋存在高于庄组、杨庄组和雾迷山组地层之中，矿体规模较小，形态不规则，主要呈透镜状、扁豆状、楔状和囊状等，矿体长 40～137 m 不等，厚 2.05～17.4 m。矿石有 3 种类型：白云质角砾岩型矿石，占矿石总量的 85%以上，一般含金 1～5 g / t，局部达 10 g / t；松散泥砂状矿石，占 5%，一般含金在 20 g / t 以上；薄层泥晶白云岩型矿石含 Au 在 0.5～2 g / t。从 3 种矿石类型来看，均属与层序界面或风化壳的产物，是成矿热液沿层序界面运移，并在界面及孔隙丰富的岩石中富集沉淀的结果。从矿石丰度和品位来看，角砾岩分布广，孔隙较大，是本区的主要矿石类型；古土壤分布局限，但孔隙最大，是区内最富的矿石类；泥晶白云岩分布虽广，孔隙最小，但有机质含量高，化学障壁作用明显，丰富的有机质使金的沉淀介质向酸性变化，从而导致金硫络离子的电离，使金沉淀形成矿床，所以在局部地段可以形成较高的品位。如三家矿区 I-2 号矿体品位可达 33.92 g / t。

总之，层序界面是成矿热液的重要运移通道和容矿空间，当界面上下岩层物理障壁或化学障壁作用明显时，它是主要的容矿空间。如果界面上下岩层孔隙较大，化学的障壁作用不明显，它就作为热液的运移通道，金矿沉淀在不同的岩相之中，形成金矿的最有利地段。

4　结　语

层序界面是沉积地质学研究的主要内容之一，常作为划分地层单元和地层对比的依据。本文根据冀东盖层中金矿矿体呈旋回性发育的特点，尝试性地拓宽了层序界面的地质意义，并提出了肤浅的认识。

（1）拆离构造明显地受层序界面所控制，其中主拆离带常沿超旋回或大旋回的界面发育，次级拆离带沿三级、五级旋回的界面发育；

（2）区域性深大断裂，特别是构造交汇处控制岩株的就位，断层作为岩浆上侵的通道，层序界面是岩体的侵位空间。岩浆的侵入是多期次的，它以断层为主通道，不断的沿层序界面贯入－同化－贯入等过程逐渐形成大的岩体；

（3）层序界面是成矿热液的重要运移通道和容矿空间，当界面上下岩层物理障壁或化学障壁作用明显时，它是主要的容矿空间。如果界面上下岩层孔隙较大，化学的障壁作用不明显，它就作为热液的运移通道，金矿沉淀在化学障壁作用明显的岩相之中，形成金矿的最有利地段。

参　考　文　献

杜乐天. 1963. 地壳流体与地幔流体间的关系. 地学前缘，3（3～4）：172～180.

李红阳，侯增谦. 1998. 初论幔柱构造成矿体系. 矿床地质，17（3）：247～255.

牛树银，孙爱群，邵振国，等. 2001. 地幔热柱多级演化及其成矿作用. 北京：地震出版社. 57.

施性明，卢明杰，毕建成，等. 1992. 冀东地区构造岩浆作用与金矿的关系. 长春地质学院建院 40 周年科学研究论文集. 长春：吉林科学技术出版社. 178～186.

王郁，杨文思，樊秉鸿. 1997. 冀东长城式金矿地质地球化学特征. 地质找矿论丛，12（3）：24～32.

熊群尧，裴荣富，梅燕雄. 1999. 冀东长城式金矿成矿中的一些问题的初步探讨. 矿产地质，18（2）：189～193.

赵文浩. 1992. 清河沿－新房子卡林型金矿的主要特征. 河北金矿地质专集，（1）：37～39.