

## 地壳演化的八重态模式

蒋 志

(黄金指挥部·北京)

地球脉动引起地壳的消和发展,表现为八重态——地台、膨胀期陆洼、收缩期陆洼、陆槽、海岭、膨胀期海洼、收缩期海洼、海槽。地壳演化的 8 种状态,制约矿产的时空分布,形成不同的成矿域和成矿幕。

关键词:地壳演化;八重态模式;成矿域;成矿幕



1981年地球脉动学说发表<sup>①</sup>以来,陆续讨论了一些与地球地质运动有关的问题,如古温度脉动<sup>②</sup>、古地磁倒转<sup>③</sup>、牛轭形古陆的形成和发展<sup>④</sup>、大洋涨落和大陆风化、海水盐量和大气氧量变化<sup>⑤</sup>等,使得地球脉动学说既包含时间过程,也包含空间过程。并且,由于地球脉动而使地壳演化的主要形态表现为 8 种,特称其为地壳演化的八重态模式,阐述如下。

### 地壳演化的原因和条件

影响地壳演化的原因很多,这里只简略地介绍从地球脉动学说出发得到的一些结果;并且,主要介绍尚未发表的结果。对已发表的结果,将只做简要介绍。

首先,地球是个大热库。笔者的计算表明(图1)<sup>⑥</sup>,地球这个热库的热量目前仍在不断积累,将来会因为耗散而逐渐减少。

其次,地球的形状不断变化。笔者根据引力理论和天文资料的计算表明,地球形成到18亿年前,是由长椭球变为短椭球的过程,使得地球上部产生强大的两极挤压力

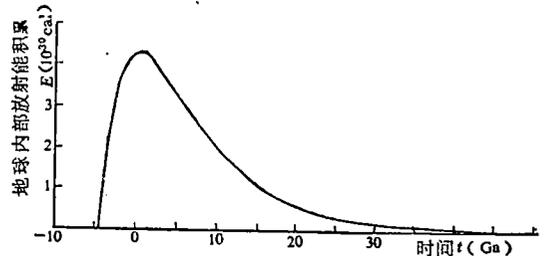


图 1 地球内部放射能积累总量随时间变化的特点<sup>⑦</sup>

(公元元年为原点, Ga = 10<sup>9</sup>a)

(图2),甚至达到了重力的十分之一<sup>⑧</sup>。

其三,地球半径和地球引力场不断脉动,地球自转既长期减慢又不断脉动等作用引起的地球自转惯性力变化,有关工作已发表<sup>①, ④</sup>,不再重述。这里要强调的是,地球半径变化引起的地壳效应,综合于下表。

从表中看,地球脉动的地壳效应可能是岩浆构造旋回出现的原因。

此外,古温度的变化<sup>②</sup>,古地磁的变

① 蒋志,陆壳生长的概率模型(手稿),摘要载于《天文、地质、地震、气象相互关系》学术讨论会论文摘要汇编,1983,38~41。

② 蒋志,地球热能的积累过程,1990。

③ 蒋志,地球形状变化模型,1988。

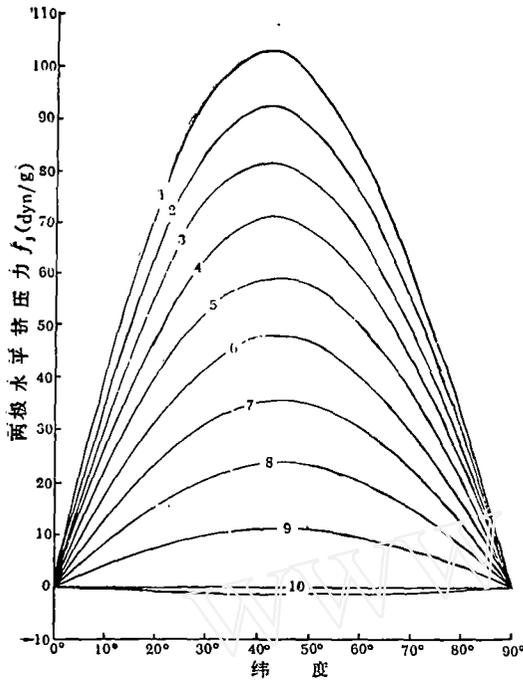


图2 地球形状变化产生的两极水平挤压力的时间-纬度变化●

1—4.5Ga, 2—4.2Ga, 3—3.9Ga, 4—3.6Ga,  
5—3.3Ga, 6—3.0Ga, 7—2.7Ga, 8—2.4Ga,  
9—2.1Ga, 10—1.8Ga以来的变化

地球脉动的地壳效应

地球脉动		收缩	膨胀
水平作用	陆壳	易成陆壳X型剪切断裂体系	易成陆壳I型张裂断裂体系
	洋壳	易成洋壳X型剪切断裂体系	易成洋壳I型张裂断裂体系
垂直作用	陆壳	硅铝层中易成上张下压的深断裂, 易发生深熔型花岗岩浆活动	硅铝层中易成上挤下张型的深断裂, 易发生基性超基性岩浆活动, 易产生改造型花岗岩
	洋壳	为上地幔物质侵入提供剪切性通道	为上地幔物质侵入提供张性通道

化[3]、大洋涨落和大陆风化(图3、图4)、海水盐量和大气氧量(图5、图6), 都影响地壳的演化。

### 地壳演化的主要形态

从地球脉动观点看, 地壳的演化主要表现为两种形式: 地壳生消和地壳发展。

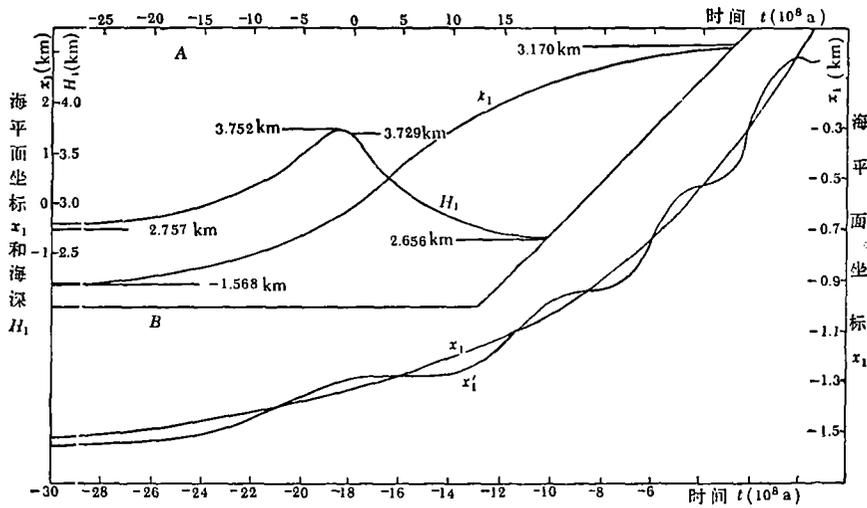


图3 陆壳生长和地球脉动对海平面的影响●

A—海深和海平面变化的总趋势; B—地史上海平面变化趋势。其中,  $x_1$ —海平面坐标的时间变化;  $x_1'$ —考虑地球脉动时的海平面坐标的时间变化曲线;  $H_1$ —平均海深变化曲线

关于地壳生消, 已在文献[1, 4, 6]中叙述过。这里要强调的是地壳生消的主要形态: 海岭、海槽、陆槽和地台等。

所谓海岭, 在这里特指中央海岭或洋脊, 而非火山岛链构成的其他海岭。海岭是洋壳的诞生地、洋壳的最初形态, 是最活动的

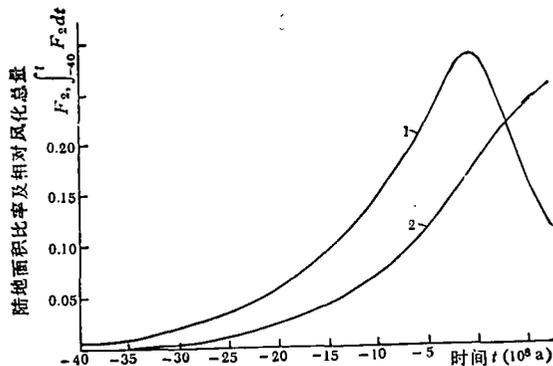


图4 陆地面积及相对累计风化总量的时间变化<sup>①</sup>

1—陆地面积比率 $F_s$ ；2—相对累计

$$\text{风化总量} \int_{-40}^t F_s dt$$

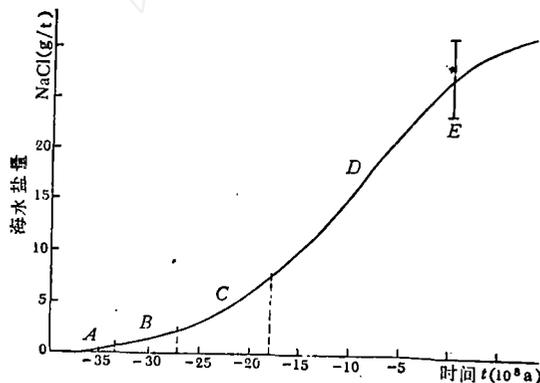


图5 海水盐量的时间变化<sup>①</sup>

A—淡水期；B—弱盐水区；C—强盐水区；D—咸水期；E—现在海水中NaCl浓度变化范围；曲线为本文作者提出的模型

地壳。目前，全球最大的两条海岭是大西洋海岭和东太平洋海岭。

所谓海槽，在这里是指以海沟岛弧系、山弧系和大陆碰撞带等洋壳消减地带。目前，全球有代表性的海槽是以西太平洋海沟岛弧系为代表的海槽、以美洲西部山弧为代表的海槽和以特提斯大陆碰撞带为代表的海槽。

所谓陆槽，在这里是指陆壳中热点、裂谷—坳拉垆及其演化形态—大陆背离边等。目前，全球有代表性的陆槽是东非裂谷、东亚

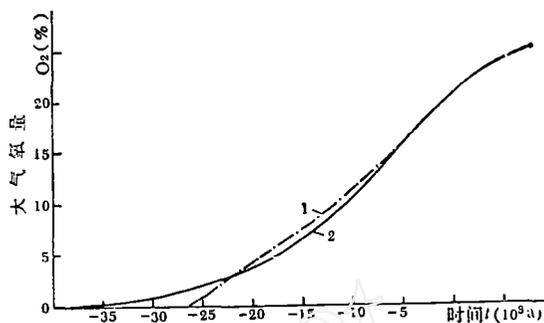


图6 大气氧量的时间变化<sup>①</sup>

1—黎彤模式〔5〕；2—本文作者提出的模式

郯庐断裂和大西洋、印度洋沿岸大陆背离边。

所谓地台，在这里是指陆壳中相对稳定的部分，与传统台槽观点中的地台含义相近。或者说，在一定的地史时期内，不因地球脉动而变动的相对稳定的陆壳为地台；或确切些说，处在地台状态。目前全球陆壳中能够区分出的台盾、台块等大都可归入这里所说的地台。

关于地壳发展，也在文献〔1,4〕中叙述过。这里要指出的是地壳发展的几种主要状态：膨胀期陆洼、收缩期陆洼、膨胀期海洼和收缩期海洼。

所谓膨胀期陆洼，是指地球膨胀期中陆壳的活化区或陆壳地洼区。其中常见的现象是陆壳I型张裂断裂体系发育，存在着由中酸性岩浆活动为主向基性超基性岩浆活动为主演化的总趋势。

所谓收缩期陆洼，是指地球收缩期中陆壳的活化区或陆壳地洼区。其中常见的现象是陆壳X型剪切断裂体系发育，存在着由基性超基性岩浆活动为主向中酸性岩浆活动为主演化的总趋势。

所谓膨胀期海洼，是指地球膨胀期中洋壳的活化区或洋壳地洼区。常见的现象是洋壳I型张裂断裂体系发育，基性超基性岩浆活动常常沿这些张裂带发育。

所谓收缩期海洼，是指地球收缩期中洋壳的活化区或洋壳地洼区。常见的现象是洋壳X型剪切断裂体系发育，基性超基性岩浆活动常常沿这些剪切带发育。

要强调的是，在这里我们引伸了地洼是活化区的概念<sup>[7]</sup>，而认为只要地壳（无论洋壳还是陆壳）处在明显的发展变化状态中，就称其为地洼。并根据是陆壳还是洋壳、是膨胀期还是收缩期，进一步区分为上述4种地洼。

显而易见，上述地壳生消和发展的主要形态，概括了目前已知的地壳演化的主要形态。

### 地壳演化的八重态模式

综上所述，可以把地壳演化的主要形态分为8种：地台、膨胀期陆洼、收缩期陆洼、陆槽、海岭、收缩期海洼、膨胀期海洼、海槽。在地球脉动中，地壳演化的这8种形态是互相联系、互相转化的：在地球膨胀期中，地台可能转化为膨胀期陆洼；膨胀期陆洼可能转变为陆槽；陆槽可能转变为海岭；海岭处可能加速生长洋壳；已生成或已存在的洋壳可能转化为膨胀期海洼；在海槽处，洋壳可能减速消减；海槽可能转化为陆壳，等等。在地球收缩期中，地台可能转化为收缩期陆洼；陆槽活动可能减弱或停止；海岭可能减速生长洋壳；已生成的和已存在的洋壳可能转化为收缩期海洼；在海槽处，洋壳可能加速消减；海槽的活动加剧，等等。

有趣的是，地壳演化的这8种形态及其之间的联系和转化可以用古老的伏羲先天八卦<sup>[8]</sup>来表示（图7）。从图7看，用阳（图例1）代表陆壳成分或挤压作用，用阴（图例2）代表洋壳成分或引张作用，则可用乾（图例4）表示地台，是地壳中最稳定的部分；用坤（图例5）表示海岭，是地壳中最活动的部分；用离（图例11）表示海槽，是洋壳成陆的地方，挤压作用极其强烈；用坎

（图例10）表示陆槽，是陆壳成海的地方，引张作用极其强烈；用巽（图例6）表示膨

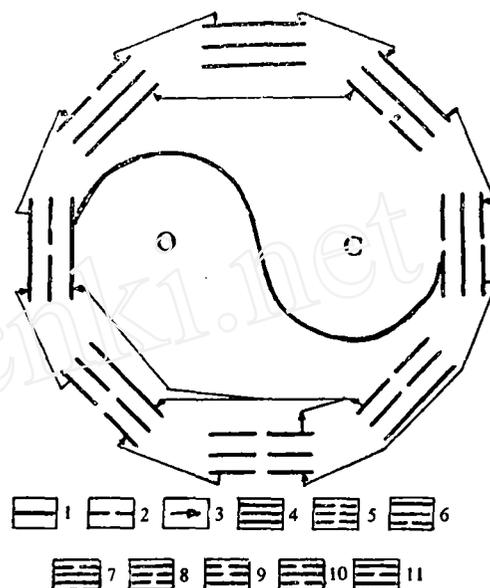


图7 地壳演化的八重态模式图

1—陆壳成份，挤压作用；2—洋壳成份，引张作用；3—作用或转化，基本顺时针方向；4—地台；5—海岭；6—膨胀期陆洼；7—收缩期陆洼；8—膨胀期海洼；9—收缩期海洼；10—陆槽；11—海槽，上部陆壳为主，用C表示；下部洋壳为主，用O表示；左为收缩期，海进；右为膨胀期，海退

胀期陆洼，是陆壳硅铝层上挤下张作用明显的部位；用震（图例9）表示收缩期海洼，是洋壳中上张下挤作用明显的部位；用兑（图例7）表示收缩期陆洼，是陆壳硅铝层上张下挤作用明显的部位；用艮（图例8）表示膨胀期海洼，是洋壳中上挤下张作用明显的部位。图中上部以陆壳为主，用C表示；下部以洋壳为主，用O表示；左侧，O的比例大，表示海进，表示地球收缩期；右侧，C的比例大，表示海退，表示地球膨胀期。这样，通过图7，可将地壳演化不同形态的特点直观地表示出来。为此，我们把图7



图 8 古陆复原示意图

A—牛轭形古陆；B—太平洋古陆；1—显生宙岩石地层；2—元古宙岩石地层；3—太古宙岩石地层

所示的地壳演化方式称为地壳演化的八重态模式。

从全球的大范围看，恢复到古陆形态（图 8）时，地壳演化的八重形态在空间分布上是很规律的。从图 8 看，地台、陆洼在大陆上，海岭、海洼在大洋中，是不言而喻的；古陆周边为海槽，包括环太平洋带和特提斯带；古陆内部张裂为陆槽，包括大西洋沿岸和印度洋沿岸。

### 地壳演化与成矿的 时空特点

地壳中化学元素的成矿作用有两个决定因素：一是其自身的地球化学特性；一是其所处的地质环境条件。从地球脉动学说出发，可将全球成矿的时空特点分为五大成矿域和两大成矿阶段。两大成矿阶段中包含 9 个成矿幕。

五大成矿域是：地台或古陆成矿域、收缩期和膨胀期陆洼成矿域、陆槽成矿域、收缩期和膨胀期海洼及海岭成矿域、海槽成矿域。

两大成矿阶段是：牛轭形古陆形成阶段和牛轭形古陆破裂阶段。

前一个阶段实际上是前寒武阶段，包含 5 个成矿幕：前 25 亿年以前的膨胀期成矿幕，前 25 亿年到前 18 亿年的收缩期成矿幕，前 18 亿年到前 13 亿年的膨胀期成矿幕，前 13 亿年到前 10 亿年的收缩期成矿幕，前 10 亿年到前 7 亿年的膨胀期成矿幕。

后一个阶段，实际上是显生宙阶段，包含 4 个成矿幕：前 7 亿年到前 5 亿年的收缩期成矿幕，前 5 亿年到前 3 亿年的膨胀期成矿幕，前 3 亿年到前 1 亿年的收缩期成矿幕，前 1 亿年以来的膨胀期成矿幕。

对于不同的矿产来说，由于元素地球化学特点不同，各有其特定的成矿域和成矿幕。如铁、铜、铅锌和金的成矿，就表现出这种差异。

铁矿床主要沿牛轭形古陆分布（图 9），其中的条带状铁矿是在大气氧量低的条件下形成，主要在太古代和早元古代，鲕状铁矿则在大气氧量较高的条件下形成，主要在显生宙<sup>[9]</sup>。

铜、铅锌主要沿海槽、陆槽和陆洼分布（图 10、11）。但成矿时代稍有不同：铅锌集中在中元古代到古生代；铜的两个主要成矿期中，较早的前寒武成矿期其开始阶段早于铅锌的成矿期，较晚的新生代成矿期又晚于铅锌的成矿期<sup>[10]</sup>。

金的成矿分布主要在牛轭形古陆内部和周边（图 12）。主要成矿时代是太古代至早元古代和中新生代<sup>[10]</sup>，对应两大成矿阶段形成两大成矿高潮<sup>[4]</sup>，等等。

以上只是关于地球脉动引起的地壳演化特点和过程的一个简述。从这个简述已可看出，地球脉动学说是在已有的主要大地构造学说基础上形成的，既着眼于陆壳，也着眼于洋壳；既注意边界，也注意内部；既注意挽近，也注意远古；既注意水平，也注意垂直。笔者认为，只有这样，才有可能使我

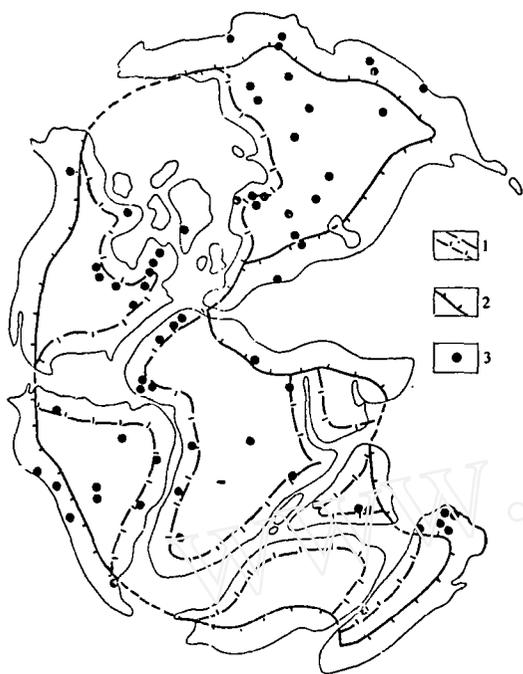


图 9 全球主要铁矿床分布示意图

1—陆槽；2—海槽；3—铁矿床

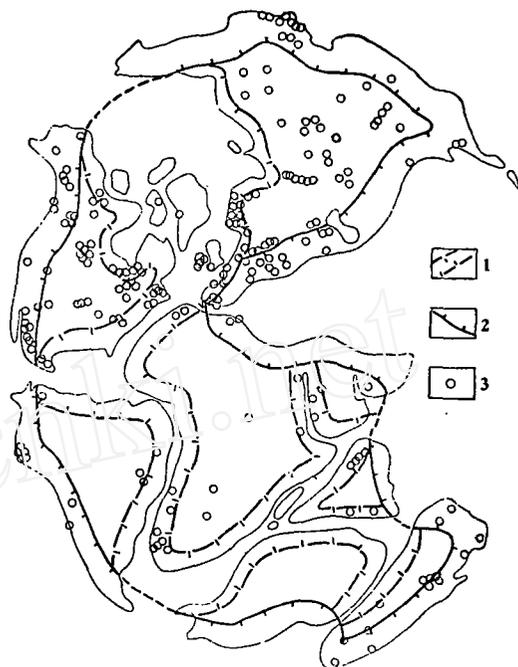


图 11 全球主要铅锌矿床分布示意图

1—陆槽；2—海槽；3—铅锌矿床

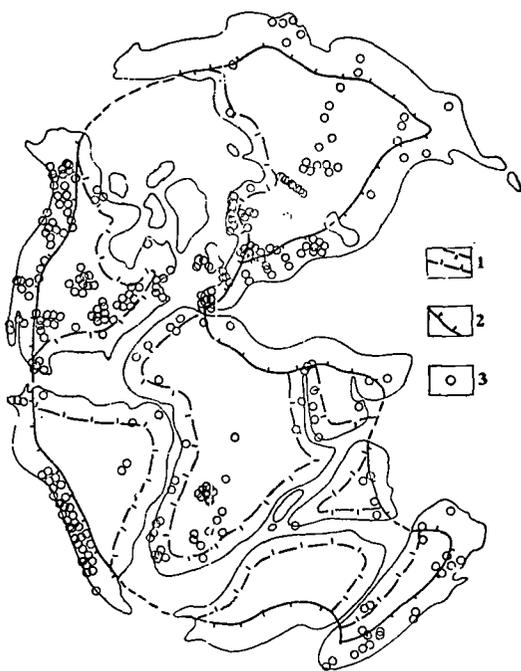


图 10 全球主要铜矿床分布示意图

1—陆槽；2—海槽；3—铜矿床

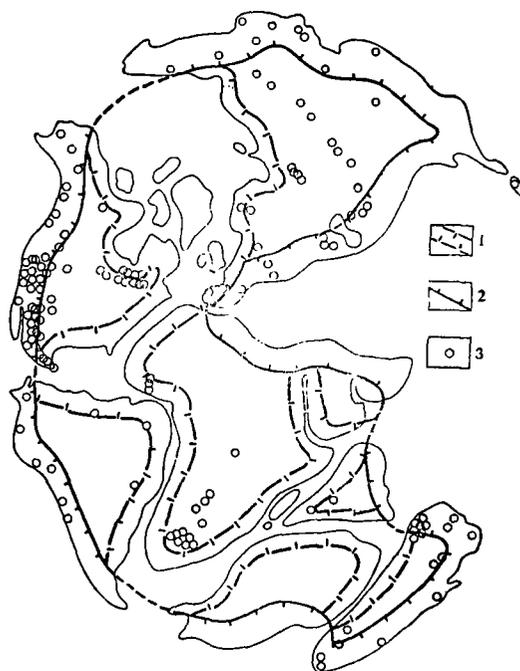


图 12 全球主要金矿床分布示意图

1—陆槽；2—海槽；3—金矿床

们对地球地质过程特点和矿产时空分布特点的认识不断接近客观实际。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 蒋 志, 中国科学, 1981, 第9期, 1104~1116页.
- [ 2 ] 蒋 志, 科学通报, 1983, 第8期, 490~493页.
- [ 3 ] 蒋 志, 科学通报, 1983, 第1期, 50~53页.
- [ 4 ] Jiang Zhi, Bai Wancheng, Pulsation of the Earth and Gold Metallogenesis, PROGRESS IN GEOSCIENCES OF CHINA (1985~1988), Vol. II, Geological Publishing House, Beijing, 1989, 143~148.
- [ 5 ] 黎 彤, 地质与 勘探, 1977, 第7期, 6~11

页.

- [ 6 ] 蒋 志, 科学通报, 1984, 第2期, 108~109页.

[ 7 ] 陈国达, 活化、稳化、动定递进转化, 《陈国达地洼学说文选》, 中南工业大学出版社, 长沙, 1986年, 154~155页.

[ 8 ] 江慎修, 《河洛精蕴》, 学苑出版社, 1989年, 5~77页.

[ 9 ] Maynard, J. B., Geochemistry of Sedimentary Ore Deposits, New York, Springer-Verlag, 1983.

[ 10 ] 中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所, 《国外主要有色金属矿产》, 冶金工业出版社, 1987年.

## Octet Mode Earth Crust Evolution

Jiang Zhi

The growth, subduction and development of the Earth crust are caused by Earth pulsation which manifests it self in eight different states-octet model. They are: 1-platform, 2 continental depression at the Earth expansion period, 3-continental depression at the Earth contraction period, 4-continental trough, 5-sea ridge, 6-sea depression at the Earth expansion period, 7-sea depression at the Earth contraction period, 8-sea trough. These states govern the time and spacial distribution of mineral resources and designate different metallogenetic provinces and episcdes.

## 浅谈用分散流方法找金工作中的几个问题

分散流方法是一种快速有效的找金方法。1986年以来, 冶金系统完成1/20万比例尺的工作面积达12500多km<sup>2</sup>, 1/5万比例尺的56000多km<sup>2</sup>。笔者认为以下几个问题值得重视。

**1. 样品管理** 一般分流样品编号有两个, 一是设计编号, 另一是顺序号。样品管理、加工、分析等主要用顺序号, 资料整理时主要用设计号。通常顺序号按采样先后编号, 可是分散流取样是按沟系取, 工作安排是按交通情况布置。这样在一幅图及整个测区中样品编号顺序就没有一定规律。根据样品的设计编号可找到图上的点位, 但根据图上的点位却很难找到样品(分析数据), 保存的副样也很难利用。为解决这个问题, 我们在工作中, 根据室内布点图, 把每幅图的设计点按采样单元、点号编出顺序号。样品采回后依号入座编号, 有个别舍点时, 对应的顺序号空出, 有加点时放在所在图幅的最后, 副样也这样排列编号。这样虽然野外样品管理复杂些, 但大大方便了以后资料的整理、查阅及副样的查找使用。

在野外取样时, 最好是把粒度筛子带到取样现场, 尽量在取样点上就地过筛。这样, 一是可以保证样品重量, 二是可以减轻背样的负担。这种方法尤

其适合于北方干旱少雨地区。

**2. 样品分析** 以往认为含金较高的样品, 用化学光谱法分析金合格率较低, 可靠性差。其实这是由规定的允许相对误差不同造成的, 含量越高允许的相对误差越低 (>1000ppb时为67%); 含量越低, 允许的相对误差越高 (1~5ppb时为100%)。当用一个相对误差标准去衡量时, 就会发现, 其高含量部分 (>5ppb) 与低含量部分 (<5ppb) 合格率是很接近的。粒金影响在高、低含量样品中都有, 对低含量的样品影响更大。

**3. 异常评价** 经验认为, 在分散流异常中, 大金矿有大异常, 小金矿有小异常。但近年来的工作发现, 在一些小异常中也找到了大金矿, 而在一些大异常 (>100km<sup>2</sup>, 1/万成果) 经几年工作却仍未找到大矿。这说明Au异常大小与金矿大小不完全呈对应关系。在评价异常时应注意地表剥蚀情况, 地表人为采挖情况等。异常虽小, 但有明显的浓集中心, 地质条件有利的, 也要特别注意。一般上百平方公里的异常, 很可能是多种类型的异常源引起的。在评价时其认识不能只停在以往已知的类型上, 要注意发现新类型的异常源。

(冶金部地球物理勘查院(保定市) 任密礼)