地壳构造运动的根本原因和成矿

鞍山冶金矿山公司　李鸿业

前　言

大地构造学说对各地质学科影响很深，例如板块学说一经出现，构造、岩石、矿床学家，甚至地震学家都在纷纷运用。实际上，大洋壳中央在不断更新，两侧在不断俯冲，从而形成贝尼奥夫带的概念尚未得到证实。我们如能冷静一些，则不免要问：如果大洋壳在不断扩张和更新，为什么大洋海脊通过的冰岛不被大西洋海脊一分为二而消亡？安德列斯断层和东太平洋海脊是相互联系的（安德列斯断层是北西向，它和东西向转换断层不同。安德列斯断层段之所以呈压扭性，大洋海脊段呈张性，这是在南北挤压总应力场作用下，对不同方向裂谷有不同作用的结果）。如果真的以此裂谷为分界线洋壳不断更新，则加利福尼亚州岂不早就拖到太平洋中了吗？实际上，整个大洋海脊不但有经向的，也有纬向的，它们连续在一起形成了W形。这种展布特征怎能用经向扩张轴概念来说明地幔对流机制呢？如果大洋壳没有扩张，又何来不断更新和消亡呢？至于作为板块运动依据的海脊两侧对称年龄条带（图1），也可看成自裂缝喷出的基性岩分布范围一次次不断收缩中的一次次出露边被后期覆盖部分受热退磁，出露部分保持原磁异常年龄。不一定按扩张来解释。由此可见，大地构造不但要我们共同来研究，其严肃性又多么重要。我们从大地构造图案和地壳变动过程分析入手，发现地球原始形态来自长球体，而且地球是按长球→圆球→扁椭体发展规程进行的。实际上地球表面出现一系列重大地质、地理事件，都是从这个根本原因派生出来的。

地球原始形态和在天文中的证明

地球表面以水平挤压的褶皱构造和冲断层为主，而张性重力构造不多，往往又是在挤压拱起背景上的断陷，如汾河地堑是建筑在山西背斜隆起背景上的，也就是说地壳一直处于水平压缩状态。此中又以纬向挤压为甚，如北半球由中国、地中海、加勒比海组成的北陆褶皱带宽度很大；又从南美洲和南极洲之间有弧状岛链来看，南半球的南洋海也是挤压褶皱带，不过拗陷在南洋海又被基性岩覆盖而不明显罢了。这些褶皱带的幅度如果加在一起，可占经向球面幅度的三分之一。如果把这些褶皱拉伸，则必然增长为长球体的壳层。地壳是包在地幔上的，因此原始地球形态应是长球（至于经向褶皱由于量不大，即使全部拉伸，也不超过大西洋的幅度，故无足轻重）。

魏根纳认为，大西洋、印度洋是漂开来的，之后更为人们所证实、接受，因为硅铝壳层原来是满包地球表面的，故太平洋也是后来漂开的，不过时间比大西洋、印度洋较早。实际上经向大洋的形成是赤道轴的膨胀张裂口，我们如果把这些裂口缝合起来，岂

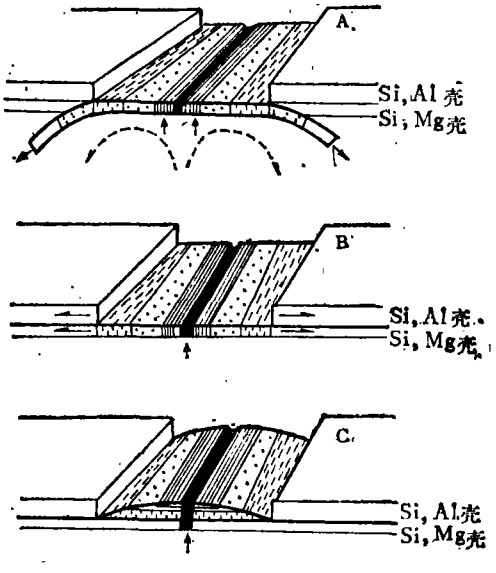


图1　对称磁异常条带三种可能性示意图

A—按板块学说，以海脊裂谷为界的两个板块之间，因不断加入条块和两侧不断消亡，从而形成大洋壳的扩张；B—按两极挤压说，一种可能是因长球体向圆球体发展中的赤道轴扩张，迫使地壳扩张，从而不断加入大洋条块；C—同上，另一种可能是大洋海脊是张裂口，从中多次喷出基性岩流铺层，由于铺层一次次地缩小范围，从而一次次地暴露了未被热退磁的边——对称年龄条带。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

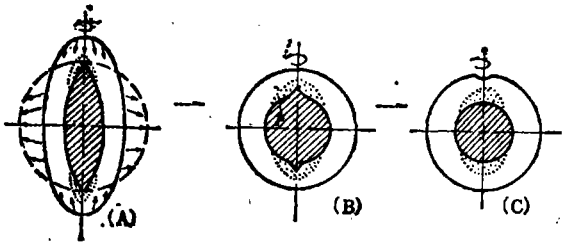


图 2　示地球由长球体向圆球体和扁椭体发展的原因

（A）在圆球体和长球体两个圆相交切中，可以看出正圆外部分的极帽所形成的重力作用，迫使长极轴缩短和赤道轴的扩张；（B）地幔可先进入圆形，而地核因致密可退一步进入圆形；（C）由于以上原因和由于地幔的两极部分有较多重物质下沉，使圆球体地幔向扁椭体发展

注：以上的重力作用之外，也参与有地球自转的切向力，但不是主要的。

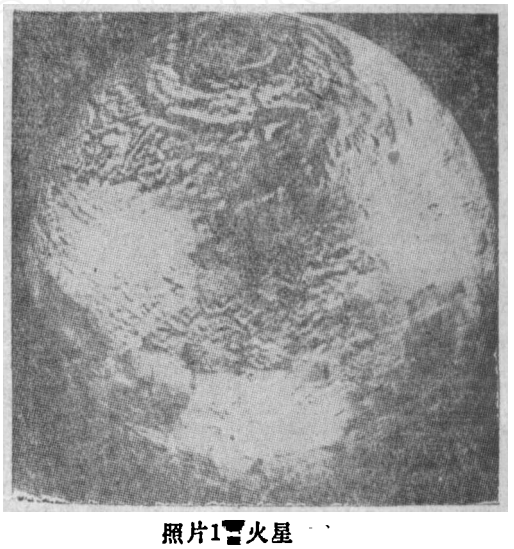
不是赤道轴比现在缩小，更突出了地球原来是长球体！我们假设前后体积基本不变，则经计算的结果，长、短轴之比约为8：5。

这种原始形态的恢复，对地球发展史的探索有重要意义，因为我们如果承认圆形地球来自长球体，则地壳构造运动动力就在其中了。即如图2—A所示，可把长球体分成现在地球圆体范围内部分和过去范围外两个极帽部分，由于重力作用，两个极帽势必向中心压缩，使长轴缩短，赤道轴膨胀，这种运动将以达到最小面积的圆球体为止。它一方面带动了地壳构造运动，一方面由于地球内部受到揉动活化而促进岩浆岩活动，从而也带来了岩浆岩矿产。

这种长球体的原始形态，不但为后述大地构造事件所证实，在天文观察中也得到证实。如和地球相邻的火星（照片1）就和地球有同样形态演化过程。因为我们可以看到在南、北极到中纬度有同心环状褶皱和断裂群，显然这是长球体南北挤压的结果；而低纬度处则为格状断裂所分割的方形火星壳块，显然又是赤道轴扩大中的球面撑张破裂特征。有些卫星（照片2）仍然可保留原有长球体形态，如火星的卫星福博斯和德莫斯以及木星的卫星阿马尔蒂亚，都是长球体甚至是卵形。这种见小不见大的原因，是由于大的行星允许有由重力能转化为热能并把冷的陨石物质进行逐步塑化和形态调整的时间，而小的卫星由于重力能作用强度小，还达不到使内部塑化，或因体积过小，不久即进入僵化所致。

大陆大洋的形成和水圈的变化

地球由长球体向圆球体发展，硅铝壳层原来又是满包的，因此在两极挤压作用下，一方面可以因两极挤压产生经向张裂口，一方面因赤道轴扩大可以因撑张力起同样经向破裂作用，所谓东西大陆的漂移就是在这种作用下产生的。由于两极挤压运动是缓慢进行的，故硅铝壳裂口——大洋槽本身不但是逐步发展的，各大洋之间又是循序渐进的，先是太平洋，接着是大西洋和印度洋。其根据是：（1）太平洋规模比大西洋大二倍，即张裂幅度愈大，时间愈久；（2）太平洋壳（8公里）比大西洋壳（6公里）较厚，这是因为太平洋暴露时间早，冷却时间长的缘故；（3）大陆壳（20～60公里）所以比大



照片1　火星

注意赤道部分的方形张裂块，北极到中纬度同心环状褶皱群（南极也有同样构造）

照片2　火星，福博斯一端的尖体

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

洋壳（5～8公里）厚，也是因为大陆很早就已暴露的缘故；（4）印度洋所以单独发展在南半球，说明地球不但是长球体，又是南半球瘦的卵形体；（5）更由于喜山期的两极极度挤压，把裂开的壳层向开放的太平洋方向滑动扭出，从而出现了印度洋裂口和澳大利亚滑动体。也就是说，由于大洋本身不断扩大和大洋的增加，使硅铝壳上的海水不断退到大洋槽中，从而暴露了陆地，因此大陆的出现是以大洋槽的形成和扩大为前提的。这种情景可从图3看出来。从古地理图可知，大陆的海进和海退与构造运动旋回有关，但每期构造运动结束，海侵所占面积不是绝对恢复，而是在一次次地减退，按约里奥所绘的变化曲线可知，寒武纪时陆地占14%，加拿大、俄罗斯、阿尔丹、非洲、巴西地盾都呈孤岛状为海水所包围，待加里东构造运动结束的泥盆纪，北美和欧洲陆地几乎连成一片，而西伯利亚也扩大了面积，此时陆地面积增加到16%。在海西构造运动结束的三迭纪，陆地更扩大到26%，经燕山构造运动结束的晚白垩世，在亚洲东部新出露了大片陆地，使陆地面积有所增加，到喜山运动结束时，鄂毕海和喜马拉雅海退出，陆地增到30%以上，形成了今天的大陆面积。

人们不免要问：硅铝壳一旦张裂，为什么不以V字型裂口一直张裂到硅镁壳层深处呢？这是由于刚刚暴露出的硅镁壳具有塑性不易拉断的缘故，而新增长的大洋壳又是在硅铝层下塑性较大的硅镁层部分，有似蚕吐丝地拉出，而不是中央部分拉伸，但大洋壳一旦进入弹性，则因地球赤道轴的扩大可在大洋中央部分裂开而形成海脊，但此时地球已接近圆球体，故发展甚为缓慢。如图1所示，实际上它是全球性的裂谷系。

造山运动和造陆运动的构造旋回

别洛乌索夫（В.В.Белоусов）在高加索观察到典型的造山运动剖面。这个位置就是北陆褶皱带。它的意义不但体现了地槽发展特征，也体现了南北陆块以纬向褶皱带作为折页式构造活动特征，从而证明地球由长球体向圆球体发展的过程。按地槽学说，地槽的发展有两个阶段，即地槽下沉期和地槽回返期。下沉期又分单体地槽发展阶段和联合地槽发展阶段。这种情况只有长球体的经向浅的弧度向圆球体的经向深的弧度发展时才有可能。如图4—①所示，地槽下沉期前阶段是南北两个陆块之间挤压挠曲张裂，此时形成了众多平行的小型张裂口——单体地槽群。这种挠曲拱起如再发展，如图4—②所示，则出现块断沉落，形成联合下沉，于是南北陆块相互挤压的应力得到暂时释放，使地壳构造运动处于安静时期。然而两极挤压是不断发展的。当断块为喷出的基性岩所固结，处于有利于力的传导状态时，不但固结的基岩受到南北水平挤压，甚至在地槽中的沉积层（包括基性火山喷发岩层）也因挤压褶皱隆起，如图4—③所示，进入地槽回返期，并有酸性岩侵入。此后褶皱隆起一面受准平原化，一面又因两极挤压而再度挠曲张裂，又进入地槽下沉初期，于是进入了下次造山运动旋回。

构造运动旋回是地质史上的重大事件，明显的有三次，即加里东、海西、阿尔卑斯期，后者又分燕山和喜山期。对某个地带来说，往往又是多旋回的，这为黄汲清所常倡导。我们必须注意造山运动和造陆运动是相关的，即在造山运动地槽下沉期，不但地槽海水扩大，而邻近的地台也因之受到海侵，即出现造陆运动的海进阶段。在造山运动地槽回返时期，不但地槽形成高山而海退，而邻近的地台也因之海退，进入造陆运动的海退阶段。这种构造运动相关性和同步性只有地球由长球体向圆球体发展才有可能。即在纬向地槽应力释放处于松弛阶段时，南北两个陆块处于静力平衡状态，陆块舒展地势低倾，易于引起海进。然而地槽运动后期地壳处于南北挤压状态时，不但地槽因强烈挤压形成褶皱回返，而南北两个陆块也挤压拱起，地形升高，处于动力平衡状态。于是出现大规模海退，进入造陆运动的海退阶段，构造运动旋回形成。

地槽学家曾惊异地指出，阿尔卑斯地槽在沉降期间塞进了大陆的大量剥蚀物质，接着又因强烈挤压而急剧褶皱增厚，但最终成为沉降于海洋的山链，究竟是为什么而迷惑不解。然而当我们掌握了造山运动和构造旋回来源于地球长球体向圆球体的演化时，则又是必然的事了。因为不但只有以上由长球体浅弧向圆球体深弧的演化过程，才有挠曲张裂和挤压褶皱的反复运动——构造运动旋

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

回的可能；只有这种一直处于挠曲张裂背景运动的切变带部位的地槽带，才能出现大陆物质永远填不满地槽的可能。

地台、地槽和井字格状构造

大陆的展布，从地质构造图案来看，既有纬向环状大陆特征，又有经向条瓣状大陆特征，并又划成若干梯形大陆块（图3）。这是因为泛大陆为经向瓣状硅镁壳海和纬向带状硅铝壳海作井字交叉进行分割的缘故。而地槽带所在之处，它既是构造运动活跃部分，又是虚弱部位。既可沿此带撕开（如大西洋），又可沿此带拗陷下沉（如南洋海、加勒比海、地中海）。井字格内部的分割块是陆台，具弹性，属构造运动稳定部分。故地球形态的调整不都是靠陆块曲度改变，而主要是靠陆块之间的井字格状的褶皱带在起折页活动作用中实现的。不言而喻，这种井字格交叉和梯形陆块的出现，实际上是长球体向圆球体演化中，长球体壳面层的梯形碎裂块的构造特征。

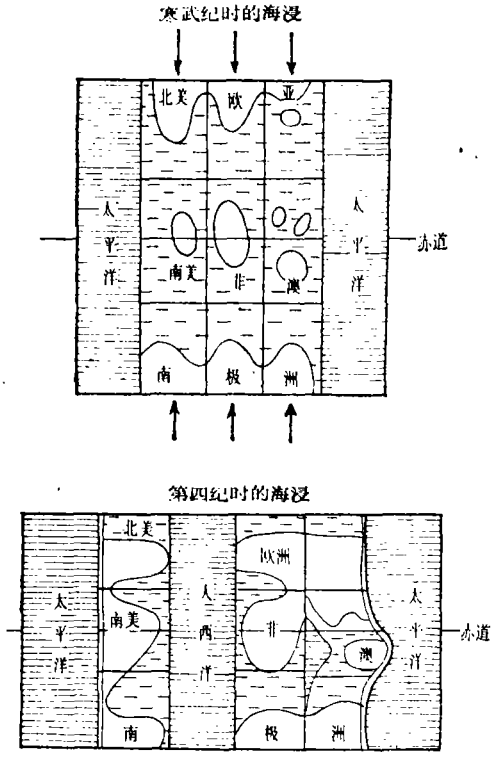


图3　大陆大洋形成相关性示意图

大西洋槽撕开前，大陆出露面积小（上）；大西洋槽撕开后，大陆出露面积增大（下）井字格线是经、纬向褶皱带展布部位

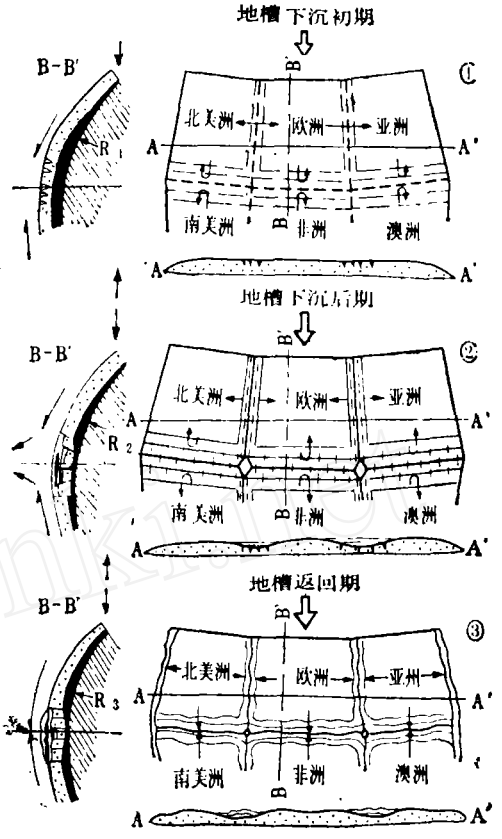


图4　经、纬向地槽带形成机制和造山运动旋回

①地槽下沉初期，出现单体地槽群（挠曲张裂）；②地槽下沉后期，出现联合下沉（同上断陷）；③地槽回返上升，挤压隆起，接着准平原化和再进入①

以上井字格状褶皱带，都是地槽发展之处，然而依所在部位不同而地槽性质不同。如北陆褶皱带和南洋褶皱带，属陆间地槽性质。经向的乌拉尔褶皱带也是如此，并南延到阿拉伯海。大西洋褶皱带（包括西岸纽芬兰褶皱带和东岸格罗平褶皱带）不是陆边地槽，因为大西洋是后来分裂的，在分裂前已具有陆间地槽性质。故有大西洋合而复开的地质构造历程。唯太平洋褶皱带（西岸岛弧褶皱带，东岸科迪勒拉褶皱带）和以上不同，属陆边地槽性质。因为在太古代分裂前并没有经向地槽。更由于以上地槽性质不同和方向不同，地槽的形成也不尽相同。但就同期构造层的经、纬向地槽带交汇之处，不是先后交切而是共轭曲线结构之点，又反映两种地槽间的同步性和相关性。如纬向地槽带（来自切变带处的南北挤压褶皱带），在沉降和回返两期的过程中，当南北陆块挤压应

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

力释放期间，纬向地槽不但下沉，由于赤道轴的扩大，又把东西相邻两个陆块之间的薄弱地壳部分拉薄下沉，也形成地槽下沉沉积。当南北两个陆块恢复对挤时，由于阻力作用，不但形成纬向褶皱，又因陆块具有弹塑两重性，地壳物质被挤压得侧向塑性伸长，从而又发展了东西两个相邻陆块间的对挤作用，同样可使经向地槽沉积层形成回返而褶皱隆起。当南北两个陆块又进入松弛阶段失去对挤时，则赤道轴撑力又选择在原来薄弱地带拉伸下沉，进入了下一次造山运动旋回。这就是经向乌拉尔褶皱带和大西洋褶皱带形成过程（大西洋两岸褶皱带是当时褶皱带的撕裂残余物）。太平洋两岸经向褶皱带，不是褶皱后撕开的，它是在分离后形成的，并有两重因素，一个是南北陆块挤压时的塑性伸长侧挤，另一个是在太平洋裂口形成后如图3、4赤道轴扩大量因一直吸收在这里有偏心膨胀，可是对面大西洋处的硅铝壳一旦破裂，则以上偏心膨胀不但解除，反而因偏心回压，使大陆壳和太平洋的洋壳相互挤压，加剧了太平洋边缘经向褶皱。此后大西洋一直处于拉开，因而不出现阿尔卑斯新期褶皱。于是井字格状即经纬向构造带形成，它体现了长球体向圆球体演化中对地壳力学作用特征。

全球性断裂和褶皱构造特征

（1）断裂构造：全球性的断裂和褶皱构造是联系在一起的。断裂可以在褶皱运动中伴生，也可沿此虚弱带撕裂而独立发展。大西洋裂口便是这样产生的，也可在挤压挠曲张裂中产生，并可由张性断裂转入压性断裂，甚至因不均匀挤压而产生水平错动，如地中海南沿纬向断裂就是如此。

由于地壳构造运动是两极挤压的派生物，故可形成以上井字格状交叉，并在两极出现同心弧一辐射断裂的组合，南极大陆边缘实际就是弧状断裂，南极洲罗斯海湾的缺口，就是这种断裂组合的梯形块的断陷。以上构造也可发展在地台内部的次一级的构造中。由于挤压作用的不断发展，原有的可以变形，新的又可产生，中国华夏方向不是特有的方向，实际是经向构造的歪象。甚至把本来南北直线排列的东北地块（盆地）、华北地块（盆地）、武汉地块（盆地）变为斜列了，但纬向构造基本不变。

大洋海脊实际和以上经纬向构造一致，即经向海脊是地球赤道膨胀中的张裂口，纬向海脊是南北挤压挠曲张裂口，故都有基性岩一次次喷发，并且是对称排列的，但因形成时间不久，又因地球很快进入圆球体，故此第二重井字构造的发育是不健全的。

（2）剪切断裂构造：张文佑很早注意到地球表面有剪切断裂，并且有长对角线指向东西的一组，和指向南北的一组。岂不知力的来源就是两极挤压的剪切断裂，如图5所示，前者发育在两极挤压的切变带的挠曲张裂带部位，即北陆褶皱带和南洋褶皱带内部。后者发育在全球各地而具有普遍性，由于大陆硅铝壳富弹性，表现明显，反之大洋壳因较有塑性且往往又为以后基性岩所覆盖，则不明显了。这种剪切块并不是一成不变的，如方形的地块可以因以后挤压变为菱形地块，也可象张文佑所说的那样，由于迁就剪切断裂形成了锯齿状经纬向断裂（当然并不都是如此）。

（3）褶皱带和褶皱弧构造：褶皱带是地块和地块之间的活动连接带。也是由长球体弧度向圆球体弧度调整中的折页轴式的变形带。由于受到地块不均衡挤压，可以把纬向的褶皱推挤为褶皱弧，如萨彦—贝加尔褶皱弧，就是西伯利亚地块推动的。横断山褶皱和喜山褶皱连续原来都是纬向的，由于印度地块和西伯利亚地块不在一条直线上的挤压，歪扭为经向了。古老的东西向的巨型菱形剪切带，也可形成塔里木、匈牙利地块周围那样眼状褶皱带，也具有纬向地槽运动性质。岛弧不是什么特殊的构造，它是经、纬向构造，处于南北挤压和开放的太平洋边缘的环境下所形成的歪象。岛弧内部的日本海、黄海海域，实际就是华北、东北平原那样的盆地受到沉没所致。

以上褶皱和断裂的弯曲是一次次发展的，其凸面又是朝向赤道方向，它显示了向南挤压的特征，如阿留申构造弧，萨彦、贝加尔构造弧就是。所以说，就大地构造图案和硅铝壳分布所知，大陆不是自然的增长，而是原生硅铝壳包层的破坏，这个破坏尽管是多种多样的，但总是控制在南北挤压的总应力场之中。

必须指出宇宙间事物是不断变化、不断

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

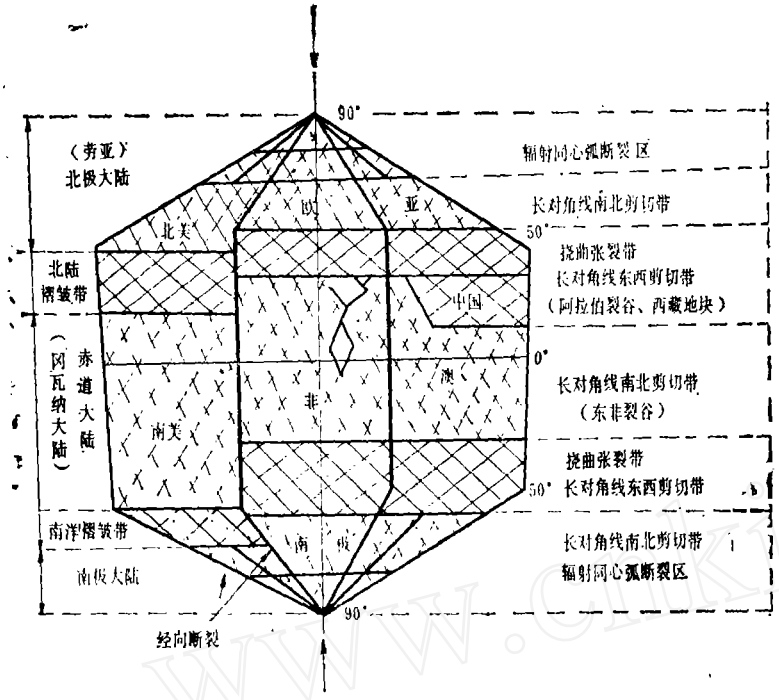


图5　各大陆瓣断裂和剪切系统示意图

美洲大陆瓣：南美、北美、南极洲；

欧亚大陆瓣：欧洲、非洲、南极洲；

亚澳大陆瓣：亚洲、澳洲、南极洲

发展的，并具有阶段性的，每个阶段更具有本阶段的内容，地壳构造运动也是如此。从长球体到圆球体阶段，在时间上从太古代到第三纪末，运动形式是形态调正，以褶皱运动为主。从圆球体到扁椭体阶段，在时间上从第四纪开始，在体积调整中以断块运动为主。即在周围均衡挤压体积缩小中形成了地壳水平挤压运动。地壳构造运动是不断发展的，但将来进入什么阶段尚不能以现有认识来预知。然而根据两极挤压说认为：象过去那样强烈构造旋回已成为过去，因为构造旋回是弹性地壳在从长球体到圆球体中的产物。即使在太古代、元古代，由于地壳较具有塑性也不利于产生同样构造旋回的。

地球形态演化和成矿

（1）地球在长球体过渡到圆球体阶段，是主要成矿期，在此形态调整中，一方面对地球内部物质不断进行揉动，可使岩浆上升活动；另一方面对地壳更进行了强烈的构造运动而产生褶皱和断裂，有利于形成岩浆上升通道和集聚场所。从而有利于金属集中和带到浅处来，或把深处矿产掀到地面近处成为有经济意义的矿床。因此没有造山运动是不可能成矿的。更不难理解在地球变形量大的地质早期，岩浆岩活动是强烈而广泛的，随着变形量的逐步减小，岩浆活动也因之逐渐减退。在地球进入圆球体的第四纪，火山活动更有限了。

（2）地球在长球体过渡到圆球体中，最早出现的是太平洋裂口，裂口边部的硅铝壳受长期拉动而变薄了。这既缩短了岩浆上升路程，也易于形成褶皱和断裂而有利于岩浆活动。太平洋火圈和金属带便是这样形成的。

（3）水圈是地球从长球体过渡到圆球体中不断被挤出的，它是成矿积极因素。在地表的情况下，水可起到分选、迁移和集聚作用，并可形成铁、锰等巨大沉积矿床。由于大洋槽扩大，从大陆大规模海退中所留下的水盆地，可因蒸发浓缩而形成广大范围的碳酸盐沉积。不但它本身拥有有用的矿产，而且它又是形成夕卡岩等内生矿床的有利围岩条件。

岩浆岩矿产也和水有关，因为岩浆的熔融往往藉助于热水蒸馏而降低岩浆熔融温度。因此从地球中把水分挤出的过程，也是岩浆活动和矿产形成过程，如夕卡岩矿床、热液矿床等总是和水分子活动联系在一起的。水既可从地球内部带来成矿物质，也带来盐分；海洋中的盐分，很可能是从地球中挤出的水带出的，因为结晶岩矿物晶体中包裹的水，往往是含有盐分的。含盐的水对金属有强烈溶解力，故卤水成矿实际也是岩浆矿床的一

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

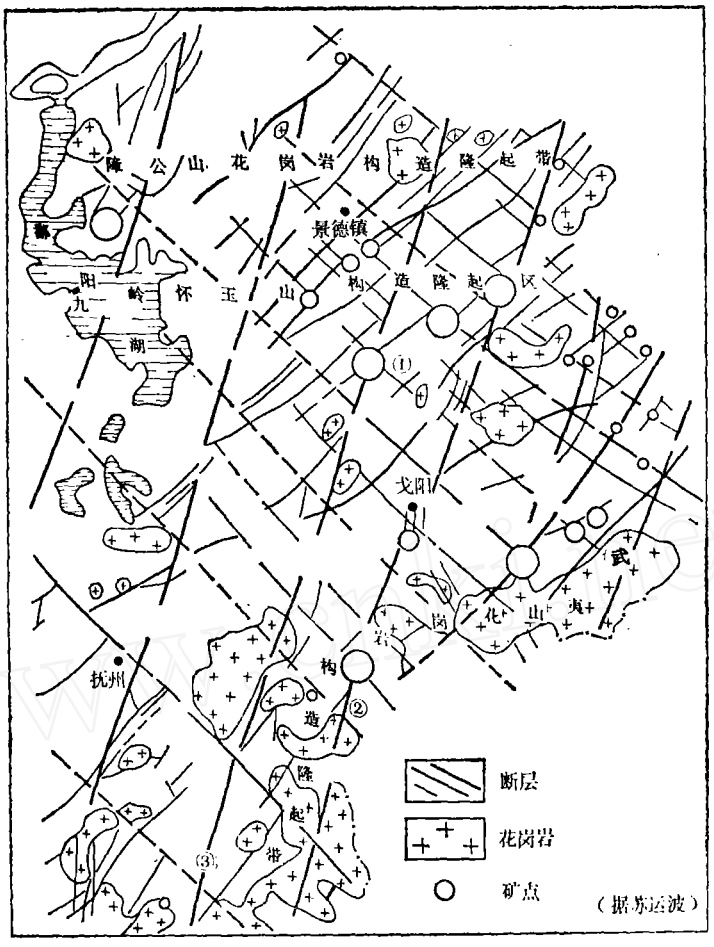


图 6　赣东北矿产构造略图

种，不过矿质的沉积是在开放环境，而不是热液矿床那样狭小而集中的封闭环境，它为层控矿床往往提供了再富集的巨大物质基础。

（4）地台是稳定的，它往往被四周的褶皱合拢而成为盆地，并有利于矿产沉积。地槽是地块（地台）间的折页式挤压活动带。故往往有岩浆岩活动而带来岩浆岩矿产。所有这些成矿问题和台槽成矿说是一致的。如地槽下沉时期有基性一超基性岩浆岩活动和与其有关的矿产如Cr、Ni、Cu、Ti、V等出现。地槽回返时期，有中、酸性岩浆岩活动，与其有关的Cu、Pb、Zn、Mo和稀有金属等矿产出现。地台又是金伯利岩发育的地方，对金钢石成矿有利。

（5）由于地球形态是长期演化的，地壳构造运动是多期的，所以巨大经、纬褶皱带是长期挤压和张裂运动的返复带，故可较多导致岩浆岩活动，和随之带来矿产。如喜山一南岭褶皱带、昆仑一秦岭褶皱带、天山一阴山褶皱带等东西向褶皱带是中国内生多金属矿床有利矿带（宋警众有专文论述）。在中国更有纬向成矿带和经向（太平洋方向）成矿带交汇区，因而多金属甚为发育，如华南、燕山成矿区便是这个部位。

（6）如前所述，由于南北挤压，产生甚多北西向和北东向剪切断裂，这种断裂一般处于压扭性，对成矿较差。然而在交叉之处，和切进纬向褶皱背斜之处，也是成矿有利地区。如图6是苏运波所论述的江西东北的多金属区，实际上三个纬向隆起，和多期的X剪切断裂都是南北挤压的结果。

（7）石油的成矿区往往和岩盐等蒸发岩联系在一起。这从泥盆纪、侏罗纪、第三纪等石油区看出来。这是因为在干旱气候下可使海水盐度提高中，对有机质的破坏起到保护作用的缘故，所以古蒸发岩带对石油成矿有利。又我国陆相石油分布区在东北、华北、四川盆地有之（渤海属华北盆地）。日本海、黄海在第四纪沉没前，也可能是同样盆地，故将有石油发现的可能。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net