

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

科技述评

距今 $1\ 850 \pm 150\text{Ma}$ ——地球发展演化的重要转折时期

1 胡受奚 郭继春

(南京大学地球科学系)



文章以我国华北地台、塔里木地台、西南地台及华南、秦岭、天山等造山带的地质和同位素年龄为基础，并联系北美地台、泛非地台、东欧地台等古老地块及重要造山带的地质、同位素年代等资料，分析了 $1850 \pm 150\text{Ma}$ 期间的一次强烈的构造-热事件的重要性及全球普遍性，论证了该构造-热事件前后地球发展演化在地质构造特征、成岩成矿特征等诸重要方面的差异，指出该事件是地球历史发展演化的一个重要转折或里程碑。

地球自成为太阳系的行星以后，已经历了十分漫长的发展演化（ $>4\ 500\text{Ma}$ ），在这悠长的发展演化过程中，明显地表现出多期（多旋回）和多阶段的特征。不同地质历史时期的分界主要是以重大的构造-热事件（地壳运动或造山运动）为标志的。众所周知，地球发展演化的不同时期的构造作用、岩浆作用、沉积作用、变质作用和成矿作用等往往有很明显的差别，因此地质学家以极大的精力来研究地球发展史中各个时期各种地质作用的特征。

大量资料表明：地球的发展演化已经历了多次重要转折时期（如距今 $3\ 800$ ， $3\ 200$ ， $2\ 550$ ， $1\ 850$ ， $1\ 350$ ， $1\ 050$ ， 400Ma 和 190Ma 等构造-热事件），在这里作者只强调和讨论距今 $1\ 850 \pm 150\text{Ma}$ 的这次构造-热事件（相当于我国的吕梁运动）在全球发展史中的表现、标志和重大意义。

S. S. Sun等^[1]，H. Brooks等^[2]，R. V. Onions等^[3]，O. A. Богатиков等^[4]都指出 $2\ 000\text{Ma}$ （我们认为 $1\ 850 \pm 150\text{Ma}$ ）应是地球发展史中一个重要转折的年龄界限，因为此时地球表面已有具花岗岩层的大陆地壳（其面积约相当于现今大陆壳面积的80%）形成；在太古代分散的和规模较小、数量多的地幔对流中心，已逐渐合并为大型的对流中心；地幔软流层以上包括大陆地壳的岩石圈，已有一定的刚性度。从此，地槽或具有现今板块构造运动特征的大洋板块和大陆板块作用或“威尔逊”旋回才开始明显地表现出来。

一、距今 $1\ 850 \pm 150\text{Ma}$ ——一次强烈的全球性构造-热事件发生期

在距今 $1\ 850 \pm 150\text{Ma}$ 的时期，地球上发生了一次延续时间较长、影响范围很广、运动强度极强的构造-热事件，它不仅表现在大洋板块与大陆板块剧烈的相互作用、在两者的过渡带形成广泛的活动大陆边缘或典型的延长很长的地槽带，而且强烈地影响到世界上各个具有早前寒武纪结晶基底的地台或地盾的内部。

我国华北地台这一构造-热事件表现十分强烈，多被称为吕梁运动^[5]，作者根据已发表的华北地台、五台山和吕梁山地区花岗岩伟晶岩和混合岩等岩石和矿物的K-Ar同位素等年龄数据的统计，表明 $1\ 700$ — $1\ 900\text{Ma}$ 是这些岩石年龄的高峰值（图1）。

在中条山地区， $1\ 800\text{Ma}$ 左右的重大构造-热事件，被称为中条运动^[6-9]。此外，在燕山地区该事件导致长城系普遍与早前寒武系呈区域性不整合接触。

在华北地台的东北部（吉林东部），这一期构造-热事件表现也同样强烈。鞍山群在 $1\ 600$ — $1\ 800\text{Ma}$ 经历了一次强烈的构造-热事件的改造，如夹皮沟金矿带下部的钾质花岗岩的年龄为 $1\ 800\text{Ma}$ ^[10,11]，形成于 $2\ 100$ — $2\ 500\text{Ma}$ 的辽吉硼矿床，在 1900Ma 发生了明显

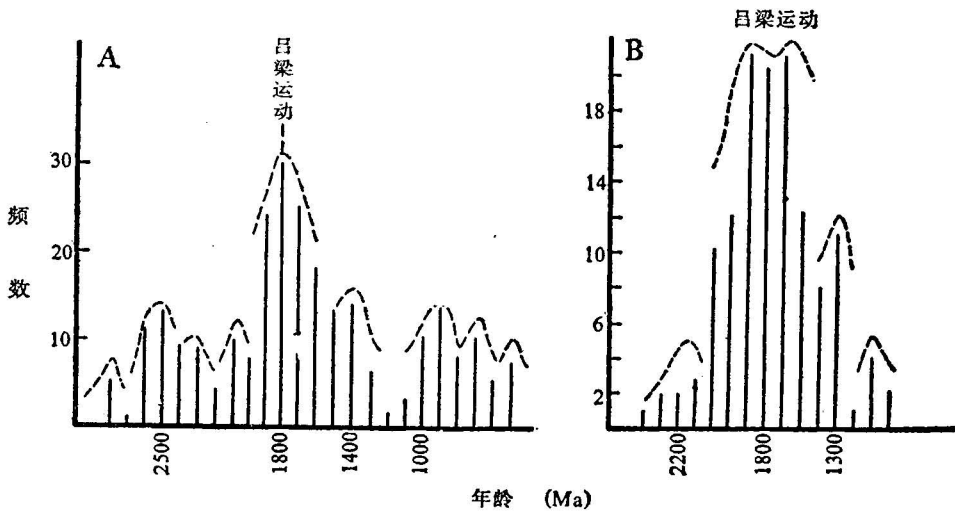


图1 华北地台(A)和五台山-吕梁山地区(B)变质岩、花岗岩和伟晶岩同位素年龄频数图(据全国已发表的有关同位素年龄资料统计)

Fig. 1 Age frequency histogram of metamorphic rocks granites and pegmatites in North China platform (A) and Wutai-Liulian area (B)

的改造作用^[12]; 辽东连关山碱交代型铀矿化年龄为 $1839-2114 \text{Ma}$ ^[13]; 辽河群变质和混合岩化的年龄为 1800Ma ^[14]。

在华北地台北缘的阴山地区, 侵入于乌拉山群中的伟晶岩年龄为 $1800-1894 \text{Ma}$ (K-Ar) 和 $1880-2080 \text{Ma}$ (U-Pb)^[14]。作为华北地台延伸部分的朝鲜北部属下元古界的摩天岭系的变质年龄为 $1730-1830 \text{Ma}$ ^[15]。

华北地台东缘, 曹国权等(1985)指出: 中元古界济宁群(中酸性火山-沉积岩系)的底界年龄为 1753Ma , 不整合在早前寒武纪地层之上^[16]。

华北地台南缘厚度巨大的熊耳群与下伏地层(崑山群、太华群)呈明显的不整合接触, 称中岳运动。研究表明中岳运动发生在距今 1800Ma 左右^[17]。河南鲁山、舞阳到安徽蚌埠地区, K-Ar同位素年龄集中在 $1700-1900 \text{Ma}$, 霍丘地区集中在 1700Ma ^[18]。凤阳小溪洲、贾家圩伟晶岩的年龄为 $1767-1810 \text{Ma}$ ^[19]。

塔里木地台库鲁克塔格地区, 中元古界扬吉布拉克群(相当于长城群)与下伏兴地塔格群具不整合接触关系^[20, 21]。据陆松年研究, 兴地塔格群混合花岗岩的锆石 U-Pb 年龄约为 1900Ma (1987年口头提供); 黄存焕等(1986)测得库鲁克塔格地区蓝石英混合花岗岩的锆石 U-Pb 年龄为 $1912 \pm 12 \text{Ma}$, 这都表明辛格尔夫运动可能发生于距今约 1900Ma 。

“康滇地轴”的龙川群变质年龄为 1900Ma (U-

Pb), 1930Ma (K-Ar), 1990Ma (Rb-Sr), 将此构造-热事件命名为龙川运动^[22]。

这一期构造-热事件在北美地台有着强烈的表现, 被称为哈德逊(Hudsonian)运动, 该运动导致丘吉尔区和大熊湖区大面积褶皱山系的形成, 把苏必利尔、大奴湖、怀俄明和东奈因等太古代地块连结起来, 形成了北美地台的基本轮廓。哈得逊运动 I 期距今 $1700-1850 \text{Ma}$, II 期距今 $1600-1700 \text{Ma}$ ^[21]。与这一造山旋回有关的加拿大马尼托勃一带的伟晶岩年龄大多数为 $1750 \pm 100 \text{Ma}$, 奥托岩体的年龄为 1700Ma ^[24]。在北美的 Proterozoic 褶皱带, 主要的造山运动发生在 $1820-1860 \text{Ma}$, 并有钙碱性深成岩和酸性火山岩的发育, 大约在 80Ma 后, 即在造山晚期, 有浅成花岗岩和流纹岩的形成; 在上湖区广泛发育着这一期火山岩系, 太古代的密契根结晶基底(片麻岩类)发育强烈的区域变质, 并有距今 1850Ma 的侵入体和 $1910 \pm 10 \text{Ma}$ 的火山岩系发育, 区域变质作用年龄 2000Ma 左右, 其上覆地层仅受轻微变质^[25]。美国科罗拉多的一系列变质年龄为 $1775-1805 \text{Ma}$, 花岗岩年龄为 $1650-1780 \text{Ma}$ ^[26]; 阿拉斯加最古老的 Kanektok 地体在 1776Ma 前普遍经受过麻粒岩相-角闪岩相的变质作用^[27]。

在泛非地台, 这一期构造-热事件影响很大。在南部非洲, 下元古界德兰士瓦(Transvaal)超群($2100-2300 \text{Ma}$)与中元古界瓦特伯格(Waterberg)

超群(1 900—1 900Ma)之间表现为角度不整合接触^[21];在北非摩洛哥阿特拉斯前寒武纪活动带分布有一系列年龄为1 800—1 959Ma的花岗岩;在西非克拉通中这一期(1 600—2 000Ma)构造-热事件也是明显的,所谓Kburnean事件发生在2 050—2 150Ma,花岗岩和碱性岩形成于1 700—2 000Ma^[22]。著名的东非裂谷,是在早元古代末期开始形成的巨裂隙系统(Megafracture system);巨大的布什维尔德层状侵入体(6.6 × 10⁴km²)是在1 750—1 950Ma形成的^[45],表明巨大的大陆裂谷在中元古代已开始发生。

澳大利亚地台南部Gawler克拉通在太古宙基底上不整合沉积有1 846—1 900Ma的哈欣森群等;在西部的霍尔森溪构造窗,其变质作用和混合岩化作用的高峰约在1 803 ± 20Ma^[29]。

在著名的东欧地台,这一期构造-热事件被称为卡累利运动,主要发生在1 700—1 900Ma^[30],这在乌克兰地质和库尔斯克地区某些与变质作用、交代作用及岩浆作用有关的岩石的同位素年龄频数图上表现得十分清楚(参见图2)。

东欧地台的科拉-白海区在1 900—2 000Ma发生

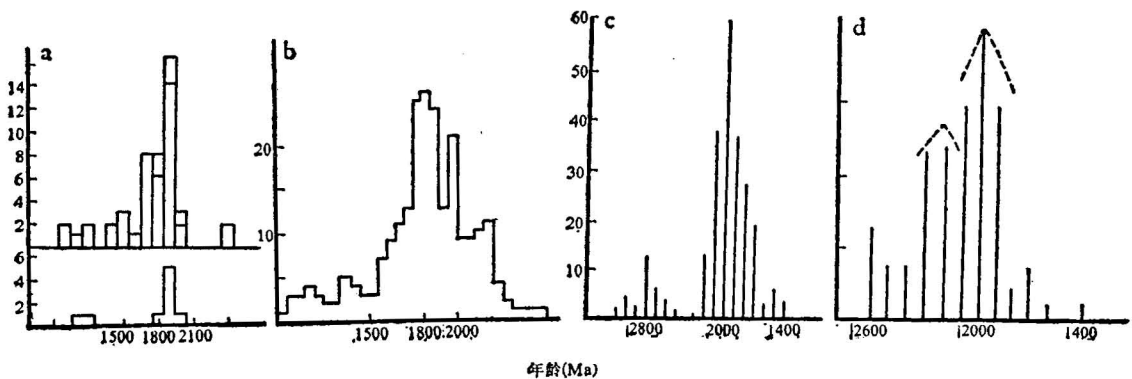


图 2 乌克兰地盾、库尔斯克地区、阿尔丹地盾和贝加尔地块反映构造-热事件岩石和矿物的同位素年龄频数图

Fig. 2 Isotopic age frequency histograms of rocks and minerals in Ukraina shield, Kurak, Aldan shield and Baikal block

(a)西伯利亚科达罗-乌道坎地带侵入年龄直方图和(b)侵入岩年龄直方图;(c)俄罗斯地台库尔斯克和伏龙涅口结晶地块的年龄直方图^[29];(d)乌克兰地盾变质岩、侵入岩年龄直方图(据[13]整理);(e)阿尔丹地盾年龄直方图(于a下方)(据[32]整理)

了一期强烈的区域变质、交代以及碱性花岗岩的形成等作用,并表现出地台的活化作用;白海岸的伟晶岩年龄大多数为1 700—1 900Ma;波罗的地盾斯堪的那-芬兰区,从早期钠质花岗岩到晚期的钾质花岗岩的年龄为1 820—1 950Ma。此外,乌克兰地盾中具有特殊地质意义的环斑花岗岩的形成年龄,主要为1 750 ± 50Ma,部分形成于1 600—1 700Ma;作为划分巨旋迴(Megacycle)的标志性岩石——正长岩、碱性正长岩及伟晶岩的年龄则为1 740—1 850Ma^[26,33]。在西伯利亚地台阿尔丹地盾,有很多花岗岩形成于这一期构造-热事件,从有关的年龄频数图(图2-c)中可以看出其年龄为1 760—2 000Ma,峰值为1 950Ma。地台的其它区域如贝加尔地块,这一时期的地壳运动也是十分明显的(图2-e)。

G. Castile(1981)根据世界上一些地区的能指示构造-热事件发生时间的火成岩和变质岩矿物年龄的

统计资料,明确指出在1 650—1 860Ma地球经历了一次重要的构造-热事件^[34]。

综上所述,在距今1 850 ± 150Ma,地球地质发展史中普遍经受了一次十分强烈的构造-热事件,该事件普遍造成了中元古代地层,如我国长城群、熊耳群、昆阳群、神农架群、扬吉布拉克群等与早前寒武纪地层的不整合关系。从全球观点来看,该构造-热事件确切反映了早元古代与中元古代或早前寒武纪与晚前寒武纪分界的年代界限;从地球演化发展的观点来看,它是地壳发展史中的一个重要里程碑。苏联学者有的主张下里菲群的底界年龄1 650Ma作为早前寒武纪与晚前寒武纪的分界;事实上,我国上述典型的中元古代地层和加拿大白水群等的底界年龄都达1 800Ma左右^[17],因此从沉积作用而言,也应以1 850 ± 150Ma作为早前寒武纪与晚前寒武纪分界为宜。

二、距今1 850 ± 150Ma是地球地质发展演化的重要转折时期

地球自1 850 ± 150Ma发生强烈的全球性构造-热事件之后, 上地幔、岩石圈、水圈、生物圈以及大气圈也随之发生了许多质的变化, 从而使早前寒武与晚前寒武纪以及显生宙在构造作用、岩浆作用、沉积作用和成矿作用诸方面发生了许多重大变异。

1. 大地构造作用

不论从我国华北地台, 还是从世界其它早前寒武纪特别是太古代绿岩带和变质地体的研究表明, 在当时地球表面存在着许许多多的火山-沉积中心(它们延长一般只有数十公里到一、二百公里, 最大也不过800余公里)^[45], 以后这些火山-沉积中心逐渐拼贴形成一些较大规模的陆壳。研究表明现在的地台或地盾区往往是由多个较小的地块(Block)或地体(Terrane)所构成的。华北地台南缘至少由二个地块(华熊地块和嵩箕地块)构成^[17]; 东缘的山东部分至少有三个地块(鲁西地块、胶北地块和胶东南地块)构成; 乌克兰地盾至少有六个地块组成^[14]; 加拿大地盾有七个地块(省)所组成^[24]。如果我们仔细研究分析泛非地台、南美地台、西伯利亚地台和澳大利亚地台的资料, 也都会得出同样的结论。

地球上超级大陆(supercontinent)如冈瓦纳大陆、劳亚大陆或两者联合的泛大陆(pangcontinent), 主要是在早前寒武纪各时期由大小地块逐渐拼贴, 并在早前寒武纪末期形成的^[31]。有证据表明嵩箕地块和华熊地块的拼贴是在吕梁运动的早期实现的; 哈德逊运动造成苏必利尔、大奴湖、怀俄明和东奈因等太古代地块连结在一起而构成北美地台的基本轮廓^[21]。

随着此时(1 850 ± 150Ma)巨大的大陆板块的形成, 大陆板块与大洋板块的接触带或过渡带, 为纵向伸展极长的“地槽”的形成准备了条件, 陆源物质为“地槽”堆积提供了丰富的物质基础。在我国华北地台南缘的宽平群和北缘的白云鄂博群; 西南地台西缘的昆阳群、会理群和北缘的神农架群、二隅群, 以及东缘的四堡群和板溪群; 塔里木地台北缘的扬吉布拉克群、爱尔基干群和猩猩峡群, 都是中元古代延长极长的地槽带或活动大陆边缘的堆积建造。所谓江南地背斜和现在正在热烈讨论的华夏古陆, 都是在吕梁运动以后形成的地槽堆积(不排除部分外来的地体), 其同位素年龄在1 000—2 000Ma之间^[37, 38]。

随着地块的拼贴和较大规模的大陆的形成, 岩石圈的刚性增强; 地幔中的对流中心逐渐合并, 洋壳下的逐渐集中到大洋中脊地带, 大陆下的则逐渐集中到

大陆的裂谷带, 这两类地幔对流中心所产生的巨大张力, 不仅推动大洋板块的运动, 而且也导致大陆板块的分裂或发散; 正是由于这两种推力, 造成了地球上不同板块之间的强烈作用, 类似于现今板块运动特征的板块构造从此开始。

在华北地台的南缘, 中元古代开始出现与现代安第斯型活动大陆边缘十分类似的安山岩带沿地台边缘广泛分布的厚度巨大的以安山岩为主体的火山岩系(7 000—8 000m), 便是大洋板块二次分熔而形成的, 决不能想象裂谷中会有如此巨厚的安山岩系的发育^[17]。

地幔等时线现象亦表明了距今1 700—1 800Ma发生了全球规模的、以现在这种方式进行的板块运动。随着板块的运动, 地壳物质大量加入到地幔中, 从而形成地幔等时线。每一个单独的岛链均有明显的Pb-P等时线关系, 等时线年龄主要在1 700—1 800Ma之间^[39]。

综上所述, 在1 850 ± 150Ma这期构造-热事件, 地球的大地构造格局发生了质的变化, 正如A. Φ. 特拉契夫(1980)所指出: 应该再次强调1 800—1 900Ma这段时间的特殊意义, 最早的显生宙型巨厚大陆地壳在这时最终形成, 只有这时, 岩石圈才具备了发生大规模水平运动的刚性特征, 而由于水平位移的结果, 才可出现产生安山岩火山作用的俯冲作用。^①

2. 沉积作用和沉积矿床

在1 850 ± 150Ma构造-热事件之后, 规模较大的陆壳已经形成, 这为大陆边缘, 尤其是活动大陆边缘的地槽带的填充物提供了丰富的陆源物质, 至此巨厚的复理石或浊流沉积在地槽带中才普遍发育, 而这在早前寒武地质演化史中仅占极次要的地位; 磨拉石沉积亦主要是从晚前寒武纪才开始的, 它们在早前寒武特别是在太古代几乎不发育, 研究表明这是与从晚前寒武纪开始的较大规模陆壳的形成和其中发育的断裂拗陷带密切相关的^[40]。另外, 从晚前寒武纪开始, 沉积岩中沉积物的成熟度明显增高, 纯度高的石英砂岩、高铝质页岩等分布更加广泛, 由此改造而成的花岗岩类, 其 $\delta^{18}O$, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_t$, Rb/K及Al³⁺等地球化学参数明显升高, 而 $\delta^{13}C$ 逐渐亏损^[41]。

需要指出: 此期构造-热事件之后, 大气中游离氧含量明显升高(图3), 这首先表现在地质发展史上开始了第一次红层沉积。P. E. Cloud(1973)指出: 初始氧压的形成, 是在1 800—2 000Ma以前陆相红层的出现为先导的^[42]。我国昆阳群因民组是典型的红层, 长

① A. Φ. 特拉契夫(林彻译), 1981, 前寒武纪绿岩带是裂谷带还是岛弧? 国外地质科技, 第4期, 第95—189页。

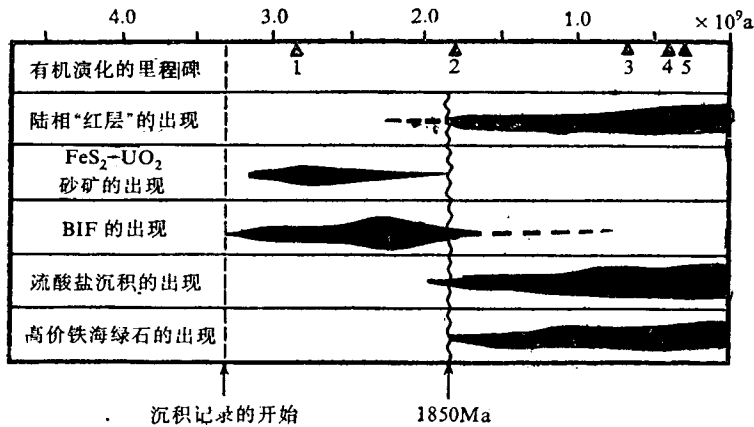


图 3 1 850 ± 150Ma 前后地球大气圈和水圈氧逸度陡变的某些地质表现 (据^[21, 42, 43, 45]绘制)

Fig. 3 Geological evidences of variation of f_{O_2} in the atmosphere in 1 850 ± 150Ma

- 1. 最早藻生物礁的出现; 2. 真核生物类的出现; 3. 最早陆后生动物群的出现; 4. 生物征服大陆; 5. 繁荣大陆植物群的出现

城群的常州沟组、团山子组和大红峪组以及蓟县系的杨庄组等都具有红层的特征。顺便指出, 虽然 T. J. Salop 等指出 2 200—2 300Ma 是第一次红层的出现时期, 但不论怎样, 这一期红层的分布毕竟不普遍^[41]。同样地, 随着大气圈中游离氧浓度的增大, 地质发展史中便开始了具有一定规模的硫酸盐(石膏、硬石膏等)的沉积^[44]。相反, 随着氧化作用的增强, 地球表面不再出现含晶质磁铁矿和黄铁矿的古砂矿或砾岩。值得一提的是: 铁的氧化价态高的海绿石只出现在 1 700Ma 之后^[46], 我国长城群大红峪组的海绿石的年龄为 1 621, 1 643, 1 678Ma^[45]。

元古代 (< 2 550Ma), 特别是 2 300Ma 之后, 条带状铁矿建造 (BIF) 的形成达到高潮。世界上巨大的 BIF 主要形成于早元古代, 特别是早元古代晚期, 如澳大利亚的 Hamersley, 苏联的库尔斯克和克里沃罗格的巨大铁矿床, 形成于 2 000Ma 左右。自此 (1 850 ± 150Ma) 之后, 条带状铁矿 (BIF) 几乎不再发育。从晚前寒武纪起, 在适宜的条件下, 古陆边缘可形成一些规模较小的鲕状、豆状及肾状赤铁矿矿床, 如我国产于长城群中的宣龙式铁矿, 美国志留纪克林顿铁矿, 我国泥盆系宁乡式铁矿等都是属于这种类型的铁矿床。

与生物作用有关的磷块岩及 P-V-U 黑色页岩及石煤矿床, 也都是从晚前寒武纪才开始形成的, 如华南寒武系荷塘组和瑞典威内尔湖寒武系黑色页岩等。

3. 成矿作用

自晚前寒武纪开始 (1 850 ± 150Ma), 由于刚性大陆板块的形成, 大地构造格局的质变, 地球之内生成矿特征或内生与外生联合作用的成矿特征与早前寒武

纪相比发生了许多截然的变化。

研究表明金伯利岩型金刚石矿床形成的有利地质背景是稳定地台区的巨厚岩石圈的裂谷带或深断裂带, 所以伴随晚前寒武纪巨厚的较大规模的岩石圈板块的形成, 该类矿床才开始出现。虽然人们在早前寒武纪地层中发现过金刚石颗粒, 但目前已知有工业价值的最古老的金伯利岩的年龄为 1 750Ma^[45]。含金刚石的金伯利岩主要形成于晚古生代及中、新生代, 这主要与地台区的岩石圈进一步加厚和刚性化有关^[47]。

与金伯利岩型金刚石矿床形成条件相似的超基性碱性碳酸盐岩或轻稀土碳酸盐岩矿床, 其形成大致也是从晚前寒武纪开始的 (如南非的马格尼特赫、什皮茨柯波等), 我国白云鄂博稀土矿床属于碳酸盐岩型的可能性最大, 其成矿年龄为 1 350—1 650Ma^①。碳酸盐岩型稀有元素矿床主要形成于显生宙。

从晚前寒武纪开始 (1 850 ± 150Ma 以后), 伴随着大陆裂谷和深断裂的发育, 规模巨大的基性超基性杂岩体及其有关的铬矿、钼矿、铜镍硫化物矿床及钛钒磁铁矿矿床开始大规模形成, 如南非与布什维尔德层状侵入体有关的铬铁矿矿床、铜镍硫化物矿床及钛钒磁铁矿矿床 (1 750—1 975Ma); 加拿大与肖德贝里苏长岩杂岩体有关的铜镍硫化物矿床 (1 720Ma) 和曼尼托巴林恩湖与基性杂岩体有关的铜镍硫化物矿床 (1 800Ma); 我国最大的金川铜镍硫化物矿床也形成于中元古代^[48]。同样地, 伴随着由此开始的 (1 850 ± 150Ma) 大陆内部断裂拗陷带的发育, 在这些构造背

① 李清波, 1979, 白云鄂博矿区地质工作情况简介。白云鄂博地质科学研究学术讨论会资料汇编。

景上产生的与火山作用具不明显关系的块状硫化物矿床的形成,第一次达到高潮,形成一些巨大的矿床,如澳大利亚的 Mount Isa, McArthur 以及加拿大 Sulivan 矿床等,而产于早前寒武纪绿岩带中的块状硫化物矿床,几乎都与火山或火山-沉积作用有极密切的联系。

$1\ 850 \pm 150\text{Ma}$ 构造-热事件之后的中元古代,是地球上层状铜矿形成的高峰时期,如我国产于昆阳群因民组 and 落雪组之间的东川式铜矿,巨大的苏联乌道坎层状铜矿以及赞比亚-加丹加铜矿带,也都形成于这个时期。与此不同,含硼岩系及硼矿床主要形成于该构造-热事件之前的早前寒武纪,如我国辽吉地区辑安群和辽南辽河群里尔峪组^[12]以及苏联西伯利亚克硼矿(产于太古界变质岩系),都形成于早前寒武纪,从该构造-热事件以后,这类矿床急剧减少。

与花岗岩有关的伟晶岩,虽然在早前寒武纪已有较广泛的分布,但多为简单伟晶岩或白云母伟晶岩,缺失典型的有工业意义的稀有元素伟晶岩。最早的有巨大工业意义的稀有金属(Li, Be, Nb, Ta, U等)伟晶岩出现于晚前寒武纪,如我国内蒙古贯入乌拉山群的稀有元素伟晶岩群的年龄为 $1\ 880-2\ 080\text{Ma}$ ^[14],著名的加拿大马尼托勃(Li-Ta)伟晶岩的年龄为 $1\ 750 \pm 100\text{Ma}$ ^[24]。与花岗岩有关的锡石矿床也形成于晚前寒武纪及其以后,如与锡矿有关的布什维尔德花岗岩的年龄为 $1\ 779 \pm 102\text{Ma}$ ^[49]。与改造型花岗岩有关的 W, Sn, Be, Nb, Ta 及重稀土矿床,主要与显生宙花岗岩有关,在我国中生代成矿达到高潮^[50]。在早前寒武纪几乎不发育黑钨矿-石英脉型、交代蚀变花岗岩型 W, Sn, Be, Nb, Ta 及锡石-硫化物型等矿床。

从早前寒武纪末期或晚前寒武纪初期($1\ 850 \pm 150\text{Ma}$)开始,以现今方式进行的板块运动发生;与板块俯冲有关的斑岩矿床可能从此开始,华北地台南缘的熊耳群中可能分布有此类矿床(已发现有斑岩金矿化),中条山群和西阳河群中的一些铜矿床(化)也可能属于此时期的斑岩矿床(化)。江西德兴铜矿周围中元古界双桥山群含铜的中酸性火山沉积岩系,也是中元古代古岛弧背景下形成的,并可能为中生代德兴斑岩铜矿的形成提供了一定的矿质^[47]。斑岩铜、钼、钨、锡等矿床在中、新生代最为发育。

地球经过长期的发展演化后,在距今 $1\ 850 \pm 150\text{Ma}$ 期间所发生的全球性的、强烈的构造-热事件(在我国称吕梁运动,中条运动或中岳运动等),是全球地质发展史中的一个十分重要的转折时期,成为早前寒武和晚前寒武纪的分界。自此以后,地幔、岩石圈、水圈、生物圈以及大气圈发生明显的变化,因此

地球的构造作用、岩浆作用、风化作用、沉积作用及成矿作用等,也随之发生了许多质的变化,深刻认识这些变化及其原因,对于搞清世界和我国的地质构造演化、成矿作用以及矿床的分布规律等具有重要的理论和实际意义。

参 考 文 献

- [1] Sun, S. S. and Hakson, J., 1975, Evolution of the Mantle, Geochemical evidences from alkali basalts. *Geology*, Vol. 3, pp. 297-302.
- [2] Brooks H., Hart S. R., Hofman A. and James D. E., 1976, Rb-Sr mantle isochrons from oceanic regions. *Earth and Plan. Sci. Lett.*, Vol. 32, pp. 56-61.
- [3] O'Nions, R. K., Hamilton, P. J. and Evensen N. M., 1987, The chemical evolution of the Earth's mantle. *Sci. Amer.*, Vol. 242, No. 5, pp. 91-101.
- [4] Богатищев О. А., Зопенмайя И. П., 1984, Магматизм и геодинамика-петрология секция С. 9, Доклады Том 9, стр. 3-14.
- [5] 李四光, 1939, 中国地质学(英文)。伦敦出版社。
- [6] 王植, 1957, 有关马杏垣近著“关于河南嵩山区的前寒武纪地层及其对比问题”和“五台山区地质构造基本特征”的一些意见。地质论评, 第17卷, 第4期, 第437-440页。
- [7] 马杏垣, 1957, 五台山区地质构造基本特征。地质出版社。
- [8] 张伯声, 1958, 中条山的前寒武系及其大地构造发展。西北大学学报(自然科学版), 第二期, 第1-19页。
- [9] 胡雅兴、孙大中, 1985, 中条山早元古代铜矿床成矿作用和演化。国际早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第90页。
- [10] 朱奉三、杨连生, 1985, 中国早前寒武纪变质杂岩中金矿床地质及成矿作用。国际早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第33-34页。
- [11] 胡安国、王义文、吴尚全, 1985, 夹皮沟地区太古界的演化及金的成矿作用。国际早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第42页。
- [12] 张秋生、李守义, 1985, 中国辽东半岛早元古宙辽吉岩套中的硼矿床。国际早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第26-27页。
- [13] 郭智添, 1985, 华北地台东北部前寒武纪地壳演化与铀成矿旋回。早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第41页。
- [14] 程裕淇、白瑾、孙大中, 1979, 中国前震旦纪地层。天津地质矿产研究所地质科技资料, 第3期, 第1-38页。

- [15] 白龙俊、姜八景, 1985, 朝鲜摩天岭地区下元古代地层的构造与含矿层位。国际早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第40—41页。
- [16] 曹国权、王致本、董一杰、郑良峙、张成基, 1985, 鲁西山区前青白口纪地壳演化与成矿作用。国际早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第40—41页。
- [17] 胡受奚、林潜龙, 1988, 华北与华南古板块拼合带地质和成矿。南京大学出版社。
- [18] 陈跃志、桑宝梁、邵桂清, 1985, 华北地台南缘安徽境内太古宙含铁建造地球化学。国际早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第47页。
- [19] 徐树桐, 1986, 安徽省主要构造要素的变形和演化。海洋出版社。
- [20] 高振家, 1980, 新疆前寒武纪地质研究的新进展。新疆地质, 第三期。
- [21] 李亚美、夏德馨, 1985, 地史学。地质出版社, 第122—129页。
- [22] 吴懋德、曾望群, 1985, 康滇地轴前震旦纪主要成矿作用。国际早前寒武纪成矿作用讨论会论文摘要, 第24页。
- [23] Половинкина, Г. И., 1973, Геохронология СССР, Том. I Докембрий. «НЕДРА».
- [24] Goodwin, A. M., 1978, The nature of Archaean crust in the Canada Shield. In: Evolution of the Earth's crust. Edited by D. H. Farling, Academic Press, London-New York-San Francisco, pp. 173-215.
- [25] Baragar, W. R. A., 1981, The circum-superior belt: A proterozoic plate margin? In: Precambrian Plate Tectonics, Edited by A. Kroner, Elsevier scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, pp. 297-325.
- [26] Витте, Л. В., 1983, Проблемы эволюции континентальной коры. "Наука" сибирское отделение.
- [27] Forbes, R. B. and Donald, T. R., 1985, 阿拉斯加西南部早元古代Kanaktok杂岩及相关岩石的岩石学、地质年代学和构造背景。国际元古界活动带地球化学和成矿作用讨论会论文摘要, 第16页。
- [28] Caby, R., Bertrand, J.M.L. and Black, R., 1981, Pan-African ocean closure and continental collision in the Hoggak-Iforas segment, Central Sahara. In: Precambrian Plate Tectonics, Edited by A. Kroner, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, pp. 417-431.
- [29] Fanning, C. M., Flint, R. B. and Paricer, J. A., 1988, 南澳Cawler克拉通内部火山岩的地质U-Pb年代学研究。国际元古界活动带地球化学与成矿作用讨论会论文摘要, 第26页。
- [30] Смирнов В. И., 1984, Периодичность рубообразования в геологической истории. 27-й Международный Геологический конгресс, Том. 12, стр. 3-10.
- [31] Щербак, Н. П., 1981, Изотопная геология Украины. Киев Наукова Думка.
- [32] Moralev, V. M., 1981, Tectonics and petrogenesis of Early precambrian complex of the Aldan Shield, Siberia. In: Precambrian Plate Tectonics, Edited by A. Kroner, Elsevier scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, pp. 273-259.
- [33] Витте, Л. В., 1981, Типы континентальной земной коры и истоки их разобщения повосивису. Наука, с. 209.
- [34] Gastile, G., 1981, The distribution of mineral date in time and space, In: Megacycles. Edited by G. E. Williams, Hutchinson Ross Publishing Company, pp. 19-40.
- [35] 文德利, В. Ф. (郭永志、李上森译), 1979, 太古代绿岩带及其矿产。地质出版社, 第1—20页。
- [36] Yanshin A. L. and Khain V. E., 1984, Tectonics of Asia. Vol. 5, 27th International Geological Congress, pp. 3-12.
- [37] 郭令智、俞建华、施央申, 1963, 华南加里东地槽褶皱带几个大地构造问题的探讨。南京大学学报(地质版), 第2期, 第1—17页。
- [38] 水涛、徐步台, 1988, 华夏造山带。国际元古界活动带地球化学与成矿作用讨论会论文摘要, 第53页。
- [39] Sun, S. S., 1979, Lead isotopic study of Young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs submitted to Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.
- [40] Salop, L. J., 1983, Geological evolution of the earth during the precambrian (Translated by Grudina, V. P.). Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag.
- [41] Schidlowski M. (陈庆宜译), 1987, 早期的地球。地质出版社, 第122—134页。
- [42] Cloud, P. E., 1973, Paleogeological significances of the banded iron formation. Econ. Geol., Vol. 68, pp. 1135-1143.
- [43] Salop, L. J. and Scheinmann, Yu. M., 1969, Tectonic history and structures of platforms and shields. Tectonophysics, Vol. 7, pp. 567-575.

- [44] Eriksen, K. A. and Truswell, J. F., 1978, Geological processes and atmosphere evolution in the precambrian. In: *Evolution of the Crust*, Edited by D. H. Tarling, Academic Press, London-New York-San Francisco.
- [45] 中国科学院贵阳地球化学研究所同位素地质研究室, 1977, 从燕山地区震旦纪地层同位素年龄论中国震旦纪年表。中国科学, 第2期, 第151—161页。
- [46] Dawson, J. B., 1980, *Kimberlites and Their Xenoliths*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- [47] 胡受奚、周顺之、刘孝善、陈泽铭, 1982, 矿床学。地质出版社。
- [48] 甘肃省第六地质队, 1984, 白家咀子硫化铜镍矿床地质。地质出版社。
- [49] Walraven, F., 1985, Disturbance of trace-element and isotope systems and its bearing on mineralization in acid rocks of Bushveld complex, South Africa. "High heat production (HHP) granites, hydrothermal circulation and ore genesis", pp. 393-408.
- [50] 南京大学地质系, 1981, 华南不同时代花岗岩类及其成矿关系。科学出版社。

1850 ± 150Ma B.P. — AN IMPORTANT PERIOD OF TRANSITION IN THE EVOLUTION OF THE EARTH

Hu Shouxi and Guo Jichuen

(Department of Earth Sciences, Nanjing University)

Abstract

On the basis of geological evidence, isotopic geochronology of igneous and metamorphic rocks and minerals, characteristics of sedimentary rocks and metallogeny in South China, the North China Platform and the Qinling-Tongbai and Tianshan fold belts and in comparison with other continents of the world, it is proposed that the tectono-thermal event that happened in the earth's crust 1850 ± 150 Ma ago was a very intense and important global tectonic cycle.

It is a milestone in the geological history, and also is a time boundary of early Precambrian and late Precambrian. There are many differences in the tectonics, magmatism, sedimentation and ore genesis before and after this transitional period.

作者简介

胡受奚, 1929年出生, 1952年毕业于浙江大学地理系地质专业, 长期从事矿床、地球化学的教学和科研工作, 在国内外发表有大量有关地质和成矿诸领域的学术论文和专著, 现任南京大学地球科学系教授、博士生导师。