

第五章 太 古 宙

太古宙 (Archaean Eon) 的时限在距今 25—38 亿年之间, 是具有明确地史记录的最初阶段。由于它的历史久远, 本身又延续了长达 12 亿年之久, 其原始生成环境的特征早已被改造得面目皆非。那么当时的地壳是什么岩石组成的? 岩石圈的构造演化有什么特点? 目前所知尚少, 也是本章所涉及的基本内容。

一、太古宙常见的岩石类型及地史研究方法

在世界范围内, 出露或浅埋的太古宙地壳约占大陆的 7%, 如果加上隐伏的古老基底, 则构成了大陆原始格架的雏形。它们的岩石几乎均遭受过不同程度的变质作用, 形成变质岩。就目前所知, 太古宙变质岩出露区存在两种主要岩石组合。一是高级变质岩区 (high-grade region), 以麻粒岩、各类片麻岩及变粒岩为主要岩性, 这类岩石形成时的温度大致为 600—700℃, 压力为 0.2—1.0GPa, 为高温高压环境下的产物。恢复其原始岩性实际上由两大类岩石组成: 深成花岗岩类、云英闪长岩 (侵入岩) 和层状火山岩、沉积岩 (也称表壳岩)。二是绿岩带 (green stone belt), 由变质程度较低的片岩、千枚岩、板岩、变质砂岩、大理岩和变质火山岩组成, 往往可见残存的原始沉积构造和结构, 变质时的温度为 200—600℃, 压力为 0.2—0.6GPa。绿岩带与花岗质围岩又共同组成花岗-绿岩区。

上述两种岩石组合中的侵入岩主要由云英闪长岩 (tonalite)、奥长花岗岩 (trondjemite) 及花岗闪长岩 (granodiorite) 组成, 称为 TTG 岩石。在地壳早期演化中 TTG 岩石构成了太古宙基底的主体, 也是地球上已知最古老的低密度陆壳, 直接漂浮在地幔之上, 成为太古宙地壳结构特色。TTG 岩石的提出及其成因研究是早期大陆生成及演化的核心内容之一。

二、中国北部太古宙地史特征

就目前所知, 中国太古宙主要分布在昆仑山—秦岭—大别山一线以北的华北 (中朝) 地区和塔里木地区, 其中以华北北部及中部发育最好。如图 5-1。

从总体来看, 五台-太行区、冀东区及辽吉区具有代表性, 它们囊括了下、中、上太古界。下太古界以冀东曹庄岩系为代表, 以奥长花岗岩及云英闪长岩为主体, 夹表壳岩包体。中太古界以辽吉及冀东地区为代表, 主要由深成奥长花岗岩、云英闪长岩及与火山岩相关的硅铁质表壳岩组成。上太古界在上述三个地区均较发育, 以火山—沉积岩的多旋回表壳岩为主。太古宙地层是我国重要的铁矿含矿层。

1. 华北地区的下太古界

根据目前的研究, 具有早太古代年龄值的地区有冀东迁安及辽吉地区, 其中对迁安的

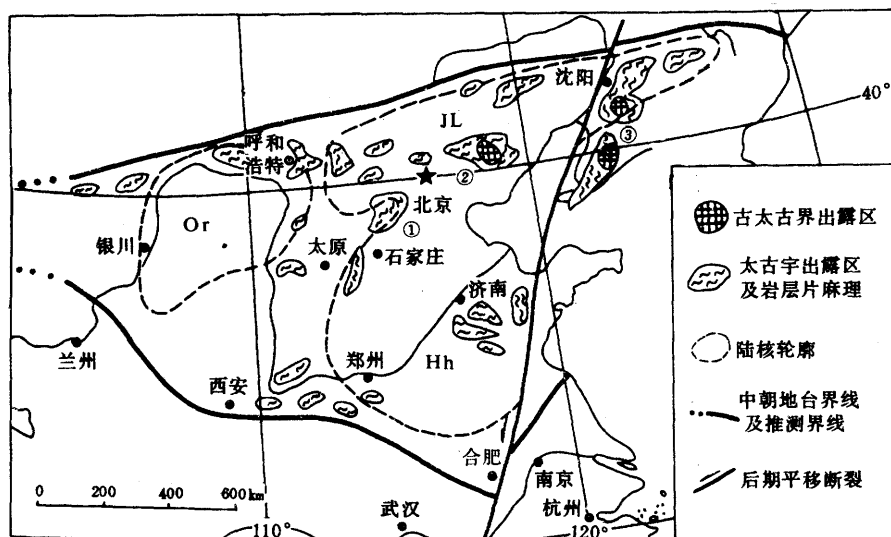


图 5—1 华北地区太古宙地层分布范围及出露情况略图

Or—鄂尔多斯陆核；JL—冀辽陆核；Hh—河淮陆核；①五台-太行区；②冀东区；③辽吉区

研究更为翔实。

迁安曹庄地区除大面积出露深成奥长花岗岩及云英闪长岩外，还发育我国已知最早的残存表壳岩。如图 5—2 在黄柏峪附近的变质岩原岩为石英砂岩、泥质岩及碳酸盐岩类（第 2—6 层）。这套岩石组合应来自比它更老的古陆。

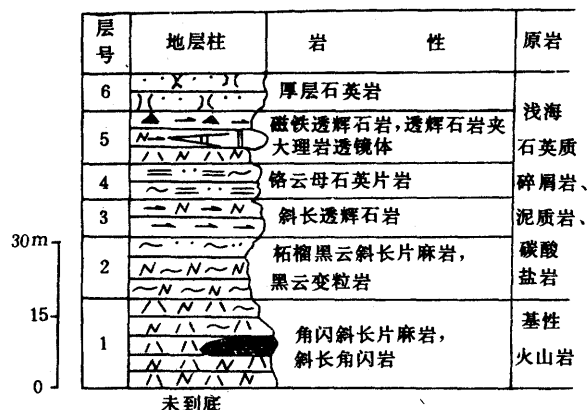


图 5—2 黄柏峪一带古老表壳岩石组合剖面图

(据李志忠, 1978)

该岩石组合从 1980—1991 年已获得七个近似的年龄值，其范围在 34.5—37 亿年之间（伍家善等，1991）。铬云母石英岩中的锆石是经过搬运的陆源沉积物，因此该锆石的年龄可指示曹庄岩系形成之前物源区某些原岩的年龄。

2. 华北地区的中太古界

在早太古代地层分布的基础上，中太古界进一步扩展（图 5—3），所以其分布面积有所增加（图 5—4）。主要分布在吉辽地区、燕山山脉、冀西及鲁中、胶东地区。其年龄时限为 29—34 亿年。

中太古界发育区中以辽北—吉南较为典型。辽北—吉南小莱河地区出露完好，分为下、中、上三部分，统称为下鞍山群（图 5—3，③）。上部为斜长角闪岩，中部为磁铁石英岩及斜长角闪岩，下部为斜长角闪岩。

辽吉地区下鞍山群的岩石组合，据伍家善等研究，属拉斑玄武岩和非大洋玄武岩区。条带状辉石磁铁石英岩为与基性火山活动有关的硅铁沉积物。该群的年龄值已有多种方法

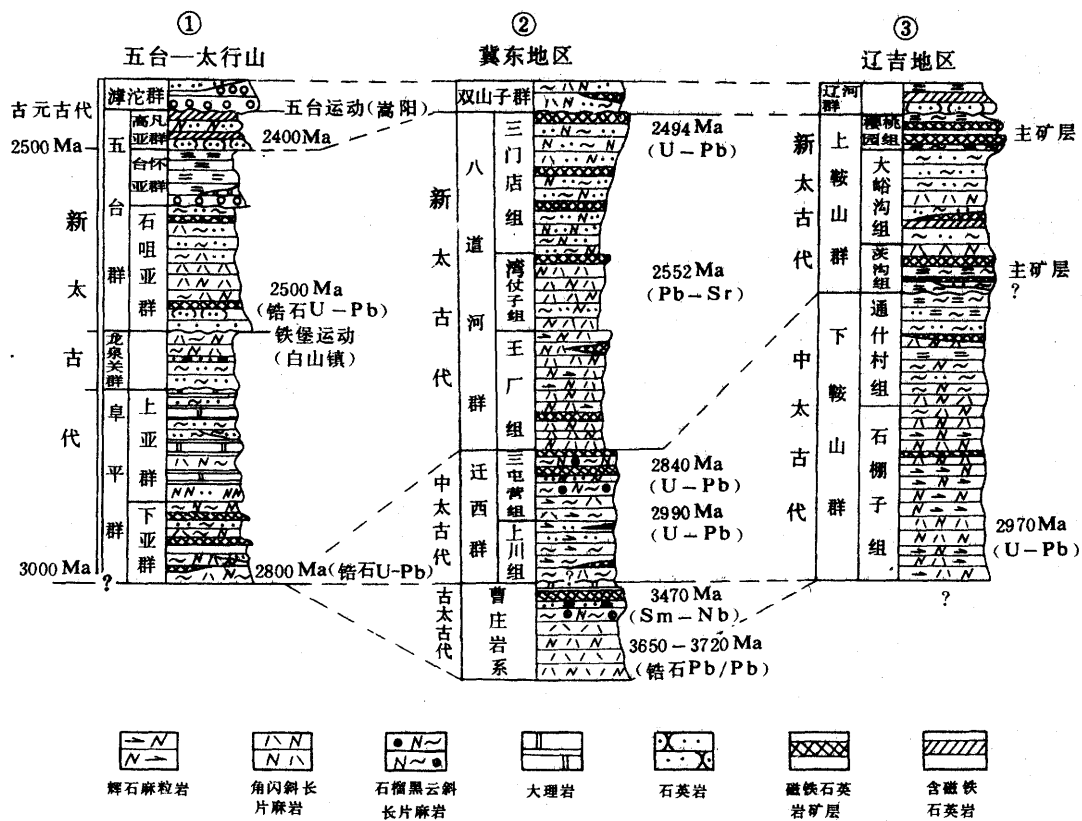


图 5—3 华北北部太古宇对比图

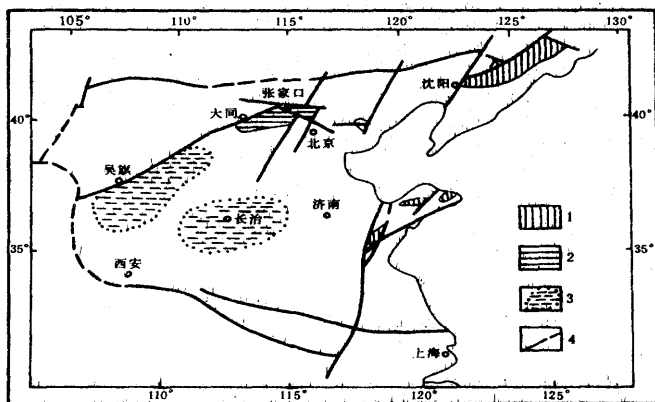


图 5—4 华北地区中太古代地质体分布图

(据伍家善等, 1991)

1—多相变质岩区; 2—麻粒岩相变质区; 3—推测麻粒岩相区; 4—主要断裂

测定,其数字均在 2.95—2.98Ga 之间,同位素年龄数字集中,测试可靠,应属中太古代。

冀东地区的迁西群,属中太古代(图 5—3,②)。由两个大旋回组成,每个旋回的原岩,自下而上由中基性火山岩→中酸性火山岩→凝灰岩→磁铁石英岩及富铝泥质岩组成。迁西群中的磁铁石英岩构成我国重要的铁矿基地。

辽吉地区、冀东地区的迁西群均有花岗岩侵入,分别称为铁架山花岗岩及羊崖山花岗岩。两个岩体经伍家善等研究,均属壳源熔融成因,即壳熔花岗岩(壳熔花岗岩见后述)。

通过对辽吉、冀东地区及其它中太古代出露区的研究,可得以下基本认识:①与早太古代地层出露面积比较,中太古代地层分布显著扩大,地台北部断续成东西向延伸可达千余公里,其表壳岩(硅铝壳)不断增加;②基性、中基性火山岩占很大比例,主要成分为拉斑玄武岩,是该期造壳运动的重要事件;③硅铁岩类分布较广,据认为是由于大量火山活动提供了丰富的硅铁质,在火山活动间歇期,海水和大气中的氧为硅铁质沉积提供了良好的沉积环境,故在有利地区形成铁矿床。

此外,经过对华北地台其它地区的研究,火山活动及沉积盆地的产生都受控于大地构造条件的不同。如辽吉地区的中太古界形成于古陆壳开裂的狭长构造盆地;冀东的中太古界可能代表火山盆地与大陆边缘浅水盆地的过渡环境;北京密云至张家口—兴和一带,类似现代岛弧的构造环境;胶东一带的表壳岩为胶东群,由下至上为基性火山岩—火山沉积岩—粘土、半粘土组合,属火山喷发到陆源盆地的沉积环境。

中太古代火山活动,表壳岩的扩展是造壳运动重要事件。它对晚太古代陆壳的形成起到了重要的控制作用。

3. 华北地区的上太古界

华北地区晚太古代地层发育占太古宇出露面积的 85%左右(图 5—5)。

晚太古代可分为以五台-太行区为代表的沉积变质型及以泰山群、鞍山群为代表的内生岩浆型两种类型,如图 5—3 的①、③。至此地壳产生了明显分异。

(1) 五台-太行区

该区晚太古代地层由阜平群、龙泉关群及五台群组成,大致分为四种岩石类型:

陆源碎屑岩类 主要为以长石、石英为主并具细粒变晶结构的浅粒岩、变粒岩及少量石英岩,其中浅粒岩及变粒岩延伸较广。在浅粒岩中富含钾长石,由于钾长石抗风化能力低,说明原岩沉积物主要形成于快速堆积的近源盆地环境。

条带状铁质岩类 由磁铁石英岩、变粒岩及斜长角闪岩组成。据研究该岩类的原岩为含铁长石砂岩、硬砂岩及含铁基性凝灰岩,代表具有火山活动的沉积盆地环境。

富铝质岩类 主要由硅线石石英岩组成,垂向呈透镜状,但分布广泛,该岩类含 Al_2O_3 为 18%—30%,代表富铝的浅水盆地沉积。类似的含石墨富铝片岩、片麻岩夹大理岩和石英岩在印度半岛的太古宙地层中发育典型,称为孔兹岩(khondalite)。

碳酸盐岩类 主要由各种大理岩组成,为富含 Ca、Mg 的浅水盆地沉积。

总之,五台-太行区上太古界主要由陆源碎屑岩—泥质岩—富 Al、Ca、Mg 质岩类组成的多韵律沉积,其中包括小规模火山活动及火山-沉积作用。

(2) 华北地区沉积变质区的分布及其特征

华北地区晚太古代沉积变质岩分布广泛,可分为北、中、南三带(图 5—5)。北带东

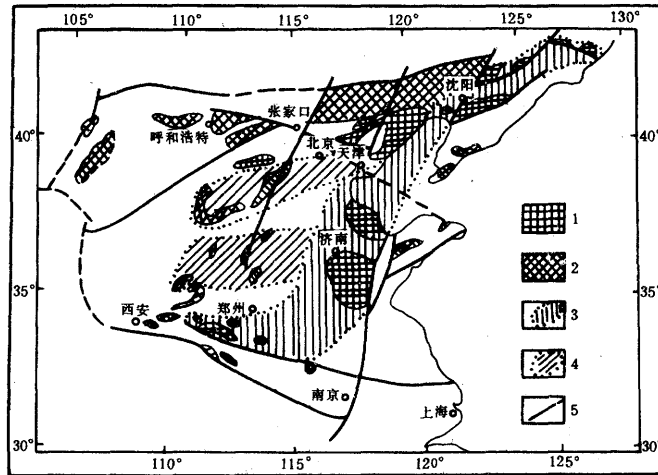


图 5—5 华北地区晚太古代不同成因类型地壳分布图

(据伍家善等, 1991)

1—内生岩浆型地壳；2—外生沉积变质型地壳；3—推测内生岩浆型地壳；4—推测外生沉积变质型地壳；
5—主要大断裂

起辽宁，经冀东、冀西北至内蒙古、宁夏一线；中带包括五台-太行、吕梁山、豫西、胶东等地；南带为华北地台南缘。三个带的地层特征与五台-太行地区相似。最近通过对变质岩原岩的恢复及同位素锆石 U-Pb 测年的工作，注意研究了锆石、磷灰石、榍石、金红石、褐帘石等重矿物碎屑的形态、表面磨蚀痕迹及粒度频率曲线，发现这些重矿物有较好的磨圆度，并保留磨蚀痕类型。这些特征表明其沉积环境为陆棚滨浅海，也进一步证明上述沉积区处于相对稳定的大地构造环境。

(3) 内生岩浆岩变质区的分布及其特征

华北地区的内生岩浆岩类主要分布在鞍山、冀东及鲁西等地，主体成北东向展布（图 5—5）。

冀东八道河群可作为此类型的代表，其主要岩性以角闪斜长片麻岩为主，并与变粒岩及磁铁石英岩互层，原岩主要为基性火山岩（拉斑玄武岩）、中基性火山岩、火山凝灰岩及硅铁岩类。一般来说，上述岩石形成之后，普遍产生花岗岩类侵位，侵位面积约占出露面积的 70%—80%，而原火山岩类多成包体或岩片、岩块残留在花岗岩之中。其总体在花岗岩中呈带状分布，有人认为属于花岗岩—绿岩带的格局。

4. 华北地区太古宙的重大地质事件

华北地区太古宙的重大地质事件包括变质热事件、岩浆侵位及构造运动三方面。

(1) 硅铝壳不断发育并逐步扩大

太古宙硅铝壳的发育经过三个大阶段，构成三个明显的巨型旋回。早太古代壳岩零星出现，在火山-沉积旋回中，火山岩以基性喷发岩为主，并占有明显的比例。而陆源沉积物较薄。在中太古代的旋回中表壳岩的分布面积及厚度明显增大，其中的沉积岩类遍及分布区，构成规模巨大的铁矿床。火山岩仍很发育，并以基性、中基性为主。晚太古代代表

壳岩广布于华北地区，沉积岩类比例再次明显增大，在该旋回的一些次级旋回中火山岩以夹层的形式出现。值得注意的是自晚太古代起，沉积物分带现象明显，华北北缘及南缘分别构成近东西的北带与南带，这两带均以发育孔兹岩及石墨片麻岩为其特征，中带以碎屑岩夹碳酸盐岩类为主。它们属于三个相互分隔的浅海海盆沉积。80年代，兰心俨、刘金中等分别分析了山东及内蒙古的晚太古代石墨片麻岩，认为其原岩主要为粘土质及泥灰质，气候湿润，因而生长了大量藻类生物，生物的死亡及有机碳的形成，使水盆地氧浓度降低，所以石墨的形成与还原海盆的生物有关，此项研究进一步说明了晚太古代藻类的发育已有相当的规模。

(2) 变质热事件

华北地区太古宙经历了三期变质热事件，第一期在早太古代，为高角闪岩相变质岩，变质年龄早于35亿年。第二期变质作用发生在中太古代，其面积甚广，普遍达到麻粒岩相，变质年龄为29—30亿年。此次变质作用对早太古代曹庄岩系来说则经历了由高角闪岩相及麻粒岩相的两次叠加变质。第三次变质作用在晚太古代后期。晚太古代岩石分布广泛，在华北地区变质程度不均一，一般说来吉辽、冀东、华北北缘可达麻粒岩相及高角闪岩相，而在胶辽地区主要为中温低角闪岩相。晚太古代变质时代发生在27—25亿年间。太古宙三次变质作用对上太古界而言，只经历过第一次，但在有些地区，中太古界及下太古界可分别经历二次及三次变质热事件，多次变质事件作用于一体之中，称为叠加变质作用。

(3) 岩浆作用

太古宙的岩浆作用系指内生成因的岩浆侵位，其主要岩性为各类花岗岩及云英闪长岩类。这些岩类也可分为早、中、晚太古代侵位时期。早期为奥长花岗岩及云英闪长岩，其年龄大于32.4亿年，中期的花岗岩类形成于29亿年左右，晚期的花岗岩类侵位发生在27—25亿年，在此期间不同地区又发生了二至四期次一级的侵位。根据目前的研究，主要岩性多由奥长花岗岩、紫苏花岗岩、云英闪长岩组成，并在太古宙岩石中占较大比例，有些地区由大面积的花岗岩侵位，并构成TTG岩套。这些岩体来源于上部地壳及大陆溢出的火山岩，这些壳岩因某些地质条件的改变，使其达到重熔的温压条件，则形成花岗岩类的侵位，又称之为壳熔花岗岩。壳熔花岗岩对太古宙地壳演化及硅铝壳的不断增生具有重要意义。

(4) 构造运动事件

太古宙的早、中、晚三个阶段的划分，构造运动事件起到了重要作用。每个构造阶段所形成的构造格架明显不同，这三个阶段分别由曹庄运动（令支运动）、阜平运动（铁堡运动）及五台运动所分割。

从前面对华北地区太古宙的论述中，可直观地看到太古宙的地层逐渐增厚，其分布面积逐步扩张，例如构造的叠加及褶皱运动可使地壳厚度剧增；壳熔花岗岩的大量出现，不仅可使地壳增厚，而且可使其分布面积向周边扩张；变质作用可使地壳进一步固结；沉积作用可使硅铝陆壳加厚与扩大，因此地壳增生是太古宙各个地质事件相继叠加的结果，华北太古宙的演化是一部硅铝壳逐步扩大，古陆不断增生的历史。华北地区晚太古代末的硅铝壳已初具规模，形成华北板块的雏形——华北陆核（Continental nuclei）。

三、中国其它地区的太古宇

中国其它地区的太古宇以西北较为发育，其中有：①天山的达拉克布拉克群，主要为黑云石英片岩、柘榴黑云片岩、角闪片岩夹大理岩；②西昆仑喀拉喀什群，主要为黑云斜长片麻岩，含石榴、角闪云英片岩及大理岩；③阿尔金山—祁连山的龙首山群，以片麻岩为主，夹大理岩、斜长角闪岩及磁铁石英岩（表 5—1）。

表 5—1 中国太古宇对比简表

时 代	地质 年龄 (Ma)	华 北 地 台 区						西 北 区				主要 构造运动
		五台 太行	辽吉	冀东	阴山	嵩山	淮阳	库鲁克 塔格	柯坪	西昆仑	甘肃 龙首山	
古元 古代		溥沱群	辽河群	双山 子群	三河 明群	嵩山群	红安群	兴地塔 格群	阿克 苏群	埃连卡 特群	墩子 沟群	五 台 (鞍山) 运动
晚太 古代	-2500 ±	五 台 群	上 鞍 山 群	八 道 河 群	乌 拉 山 群	登	大	达 克 拉 克 布 拉 克 群	木 札 尔 特 河 群	喀 拉 喀 什 群	龙 首 山 群	
中太 古代	-2900 ±	龙 泉 关 群	下 鞍 山 群	迁 西 群	集 宁 群	封 群	别 群					阜 平 (铁堡) 运动
		阜 平 群										
早太 古代	-3500 ±			曹 庄 岩 系								曹 庄 (令友) 运动
	-3850 ±											

(据杜汝霖简化、修改)

四、世界太古宇分布及主要类型

太古宇仅出露于全球各个大陆板块内部的地壳长期隆升区（也称为地盾），但各大洲分布的面积并不均匀（图 5—6）。

1. 北方各大陆的太古宇

地表大面积出露太古宇的有北美的加拿大地盾、欧洲的波罗的地盾和乌克兰地盾、西伯利亚的阿尔丹地盾和阿纳巴尔地盾。其中最古老而引人瞩目的是北美格陵兰西南部的伊苏阿（Isua）地区（图 5—7）。

该地区，1973 年发现 $3760 \pm 70\text{Ma}$ 的现知最老太古宙岩石，属高级变质区，下部伊苏阿群含有片麻状钾质花岗岩和石英斑岩碎屑的片状砾岩，有人据此推测该区存在 $>3800\text{Ma}$ 的更老的硅铝质地壳。

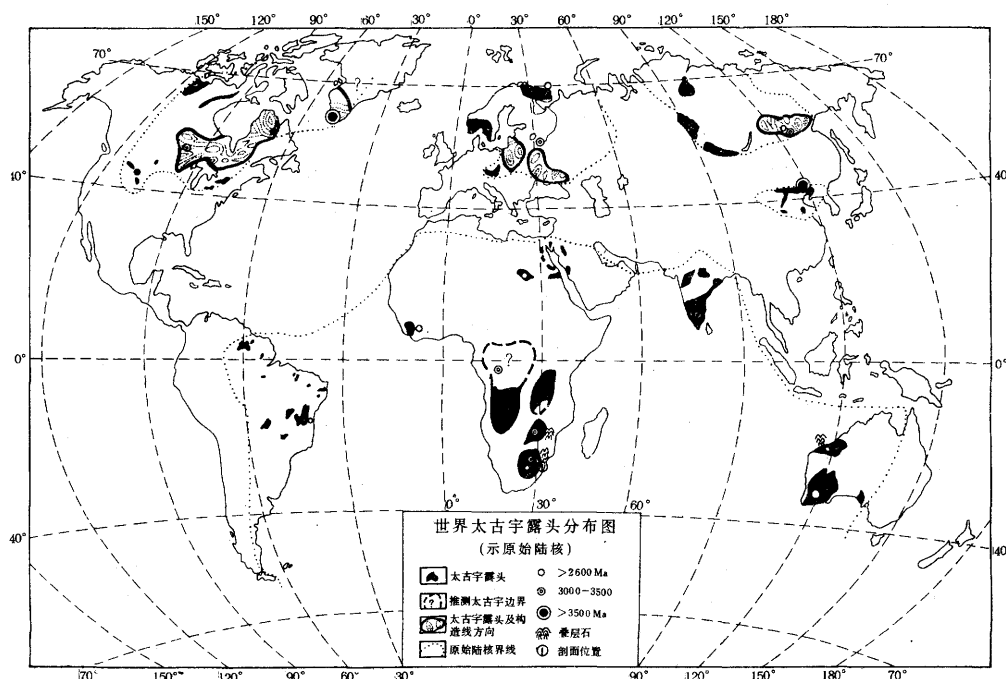


图 5—6 世界太古宇露头分布图
(转引自 R. Anderton, 1979, 稍作增补)

加拿大东部和美国苏必利尔 (Superior) 湖沿岸是世界太古宇出露最广的地区, 主要由绿岩带花岗岩地体组成, 其时代以晚太古代为主。

欧洲太古宇发育较好的地区为波罗的地盾及乌克兰地盾的陆核部位, 组成俄罗斯地台的基底, 典型岩系为上部白海 (Belonorian) 群及下部克拉 (Kala) 群, 克拉群中的花岗质杂岩为 $3500\text{Ma} \pm$, 属太古宙早期变质期产物, 该期的构造运动称为利萨姆运动。

西伯利亚的太古宇称阿尔丹群, 其年龄值为 3500Ma 。

2. 南方各大陆的太古宇

南方大陆包括非洲、印度、澳大利亚及南美, 其中以非洲太古宙绿岩带最为典型。

南非阿札尼亚巴伯顿 (Barberton) 绿岩带由士瓦集兰 (Swaziland) 超群组成 (图 5—8)。昂维尔瓦赫特群下部主要为低钾拉斑玄武岩、科马提岩 (超镁铁质幔源物质) 和少量长英凝灰岩、层状燧石岩, 属于双峰系列火山岩 (原始绿岩)。该群上部以拉斑玄武岩、安山岩为主, 属于钙碱性火山岩 (次生绿岩)。无花果树群和木迪斯群以沉积岩为主, 仅夹少量火山岩。

印度的太古宇可分两部分, 下太古界可称为前达瓦尔杂岩, 中、上太古界称为达瓦尔系, 前者为基底杂岩, 后者为绿岩带, 主要由基性—中性熔岩及大量沉积岩组成, 可分为三个亚系, 其时代应早于 27 亿年。

澳大利亚太古宇主要分布在西部, 由伊尔岗 (Yilgarn) 及皮尔巴拉 (Pilbara) 两大陆核组成。其绿岩带成条带状分布于花岗质岩石之中。为花岗岩—绿岩带地体。其年龄可达 $3500\text{Ma} \pm$ (图 5—9)。

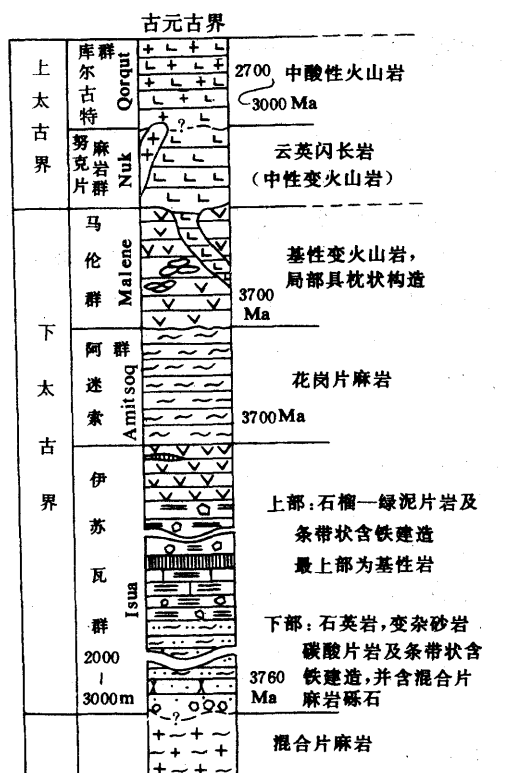


图 5—7 格陵兰伊苏阿地区的太古宇
(据 B.F. Windley, 1984 改绘)

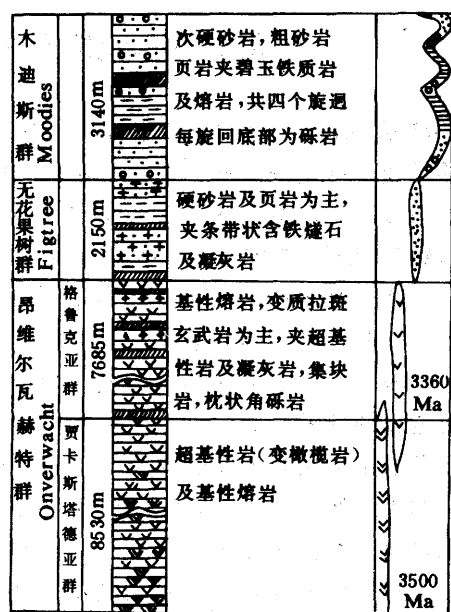


图 5—8 南非巴伯顿山区的士瓦集兰超群
绿岩带模式剖面
(据 C.R. Anhaeusser, 1971 改绘)

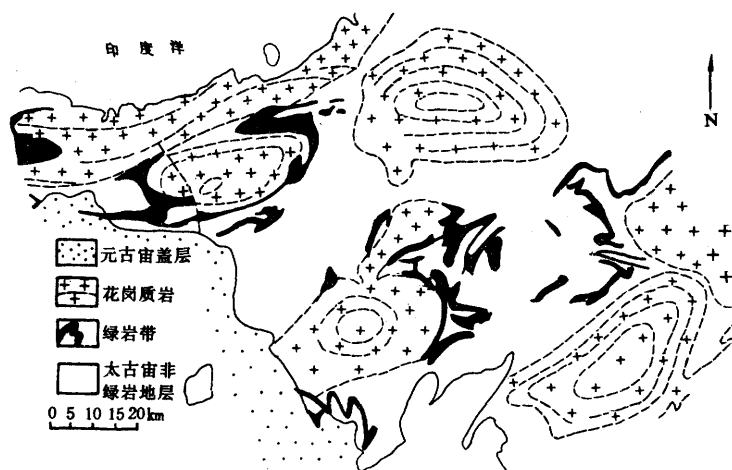


图 5—9 西澳大利亚皮尔巴拉太古宙花岗岩—绿岩带的椭圆形构造
(据 M.J. Fitton 等, 1975)

五、太古宙地壳构造演化及造壳速率

世界范围太古宙的演化和华北地区相仿，仍然是导致大陆的增生及造壳作用。这一问题涉及到大陆生长的速率及造壳方式，这是 90 年代研究太古宙的热门课题。

由太古宇高级片麻岩区及花岗—绿岩区的花岗质岩石构成的 TTG 岩石，占太古宙出露基底的 70%—80%，有些地区（如东欧乌克兰地盾）高达 90% ±。从时间上来讲，世界上大多数高级区发生在 31—28 亿年间，经历了表壳岩—深成岩（壳熔花岗岩）的主要事件。少数地区，如加拿大地盾则发生于 38—36 亿年间，我国冀东曹庄地区发生在 34—35 亿年间，所以整个太古宙在此过程中，大量 TTG 岩类的出现，形成了地壳的重要成分，也是造壳的重要方式。

关于早期地壳生长的速率，有人从现有的地球化学和地质年代学资料中，总结了北欧、北美、澳大利亚和非洲南部的太古宇，认为在 27—30 亿年间是地壳快速增长（也称克拉通化）期。康迪（K.C. Condie, 1990）根据北美大陆同位素年龄推算，现今大陆体积至太古宙末已形成 40%，其大陆增长速率大约为 $3\text{km}^3/\text{a}$ 。从我国华北地区早、中、晚太古代分布图中不难看出，大陆面积在晚太古代明显扩大。也说明在晚太古代出现了一次陆壳快速增长、加厚的重大事件，从而使世界范围内出现了大面积的“稳定地区”，称为陆核形成阶段（王鸿祯，1982）。

在我国，一些学者认为太古宙陆核的形成过程是由于原始陆核的不断增生与扩大。中国最早的小块陆壳在冀东曹庄一带，可称为原始陆核，后来经过中、晚太古代的历次构造事件、各种热事件及 TTG 岩石、沉积岩类围绕原始陆核不断增生而逐步扩大，终于在晚太古代形成华北陆核及塔里木陆核，代表了中国前寒武纪历史中第一个陆壳快速增长（克拉通化）时期。