第十章　中国古大陆的形成和生物记录

地史时期的古板块是经过长期而复杂的演变过程形成的。一般认为，古板块的形成时期主要在前寒武纪，它们是通过陆核、原地台、地台等不同阶段形成的。因而从某种意义上讲，前寒武纪地史也就是古大陆的形成史。中国境内几个重要的古板块——华北板块、扬子板块、塔里木板块——均是古元古代后期形成，震旦纪之前定型的。本章着重以中国古板块的形成史为纲，简介中国古大陆前寒武纪的地史特征。

地球的形成和演化经历了复杂而漫长的历程。一般认为，作为太阳系的一员，地球的形成年龄和太阳系其他成员大体是同时的。近年对月岩和陨石的研究表明，月岩最古老的年龄可达4 400～4 600 Ma±，地球上大多数陨石的年龄也在 4 500～4 600 Ma 之间。所以地月体系和太阳系大体形成于 4 600 Ma 左右。现在已知地球最老地质记录（如格陵兰西部、南极恩比地、南非林波波等地的变质岩）的年龄为 3 800 Ma ±，可视为地质历史的真正开始。从 4 600 Ma 至 3 800 Ma之间的 8 亿年左右为地球形成的天文时期，通常称为冥古宙。冥古宙时期地球演化细节还不清楚，只能根据月球、太阳系其他行星作为类比来推测。从 3 800 Ma 到寒武纪初（570 Ma）之间的时间通常称为前寒武纪。前寒武纪分为太古宙和元古宙。太古宙和元古宙的内部时代划分、命名及时限如表 10-1 所示。

表10-1　前寒武纪划分简表

显生宙 (Ma)		
		570±（震旦纪）
元古宙	新元古代	800
		1050
	中元古代	1800
	古元古代	2500
太古宙	新太古代	3100
	古、中太古代	3800
冥古宙		4600

前寒武纪占全部地史时期的 5/6，在这漫长的地史阶段中地球各圈层都经历了重要的演变，尤其是地球上出现了最早期的生命并逐渐进化为高等生物，全球各稳定的大陆板块也相继形成，并形成了铁、铀、金等多种矿产。因此，研究前寒武纪地史不仅对认识地球早期有机界和无机界的演化历史具有重要的理论意义，而且对国民经济建设也有重要的经济意义。

第一节　中国前寒武纪生物记录

地球早期的生命起源和生物进化大致经历了化学演化阶段、原核生物阶段、真核生物阶段、无壳后生生物阶段（裸露动物群）和带壳后生生物阶段。地球上最早的生命记录包括格陵兰 3 800 Ma 的地层中发现的碳氢化合物、西澳大利亚 3 400～3 500 Ma 的地层中发现的丝状和链状细胞体以及南非 1 950～2 000 Ma 的地层中发现的微古植物和叠层石等。

我国元古宙地层中发育种类繁多的微古生物化石群，多产于 1 900 Ma 以后的地层中。中元古代早期的藻类个体小（直径小于 10μm），其膜壳较薄，纹饰简单，如 *Leiominuscula*（光

面小球藻）。距今 1 600～1 050 Ma 阶段，开始出现膜壳较厚，个体较大，纹饰复杂或形状多样的类型，如 *Trachysphaeridium*（粗面球形藻），*Quadratimorpha*（方形藻），*Nucellosphaeridium*（有核球形藻）等，主要为原核生物。距今 1 050 Ma 开始，出现了多种丝状藻、球藻，纹饰更加复杂，个体一般较大。同时大量出现褐藻、红藻等高级藻类，以真核生物为主。除微体藻类之外，新元古代出现有大量的宏观藻类，肉眼可见，如 *Chuaria*（乔尔藻）、*Longfengshania*（龙凤山藻）等（图 10-1）。

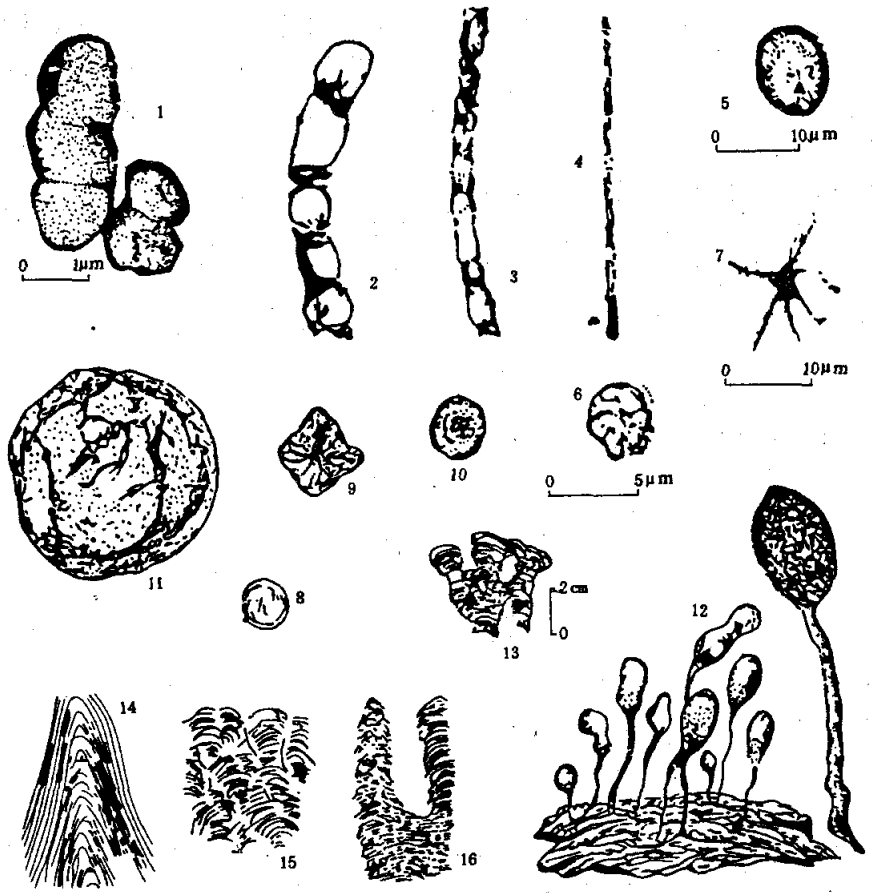


图 10-1 前寒武纪化石

1. 索丹页岩（2 700 Ma）中可能是蓝藻结构物；2～7. 冈弗林群（1 950 Ma）中以细菌和蓝藻类为主的微生物群：2，3，4. *Gunflintia*；5，6. *Huroniospora*；7. *Eoastrion*；8～10. 蓟县群（Pt_2）中的微古生物：8. *Leiominuscula*（光面小球藻）；9. *Quadratimorpha*（方形藻）；10. *Nucellosphaeridium*（有核球形藻）；11. *Trachysphaeridium*（粗面球形藻，青白口群 Pt_3）；12. *Longfengshania*（龙凤山藻，Pt_3）；13. *Pseudogymnodolen*（假裸枝叠层石，Pt_2）；14. *Conophyton*（锥叠层石，Pt_3）；15. *Gruneria*（格鲁纳叠层石，Pt）；16. *Kussiella*（喀什叠层石，Pt_1^2）

此外，太古宙和元古宙发育大量与蓝藻类生命活动有关的生物沉积体——叠层石。叠层石是由蓝藻（主要的建造者）和细菌及其他真核藻类及真菌等共同形成的。它不是单一的群体，而是小的生态群落。叠层石的层是由微古植物生长层和沉积层交互而成的。叠层石形态、

结构既受形成叠层石的生物控制，又受生态因素和形成环境的影响。藻叠层石在我国分布较广，多见于华北板块和扬子板块的元古宇。其中 2 000～700 Ma 是叠层石最繁盛的时期，其分布最广，形态歧异，是划分对比元古宇的重要标志之一。在 2 000～1 700 Ma 之间，叠层石以 *Gruneria*（格鲁纳叠层石）和 *Kussiella*（喀什叠层石）为常见。自 1 600～1 200 Ma，以 *Conophyton*（锥状叠层石），*Pseudogymnosolen*（假裸枝叠层石）为主。自 1 200～1 000 Ma 则多见 *Baicalia*（贝加尔叠层石），1 000～800 Ma 则多产 *Gymnosolen*（裸枝叠层石）及 *Linela*（林奈叠层石）等。这种分布特征只是一种极粗略的趋势，叠层石的形成与建造叠层石的藻类演化及沉积环境都有密切关系，实际应用时要有所区别。

无壳的后生动物群出现于新元古代后期震旦纪全球性冰期之后，典型代表是产于澳大利亚南部伊迪卡拉山庞德石英砂岩（年龄值为 630 Ma）中，故通称伊迪卡拉（Ediacara）动物群。除澳大利亚以外，西南非洲、英国、乌克兰、俄罗斯北部、瑞典、西伯利亚北部也有该动物群的报道。中国鄂西、陕南、淮南、辽南及黑龙江等许多地区也发现了该动物群的分子。它的出现标志着后生动物的真正出现，生物界完成了从植物到动物的演化过程，是生物演化史上的一个重要飞跃。

应该指出的是，在伊迪卡拉动物群出现之前，我国西南地区时代早于 700 Ma 的地层中发现有一些多毛类环虫的印痕化石，如 *Sabellidites*（皱节虫），*Palaeolina*（古线虫）。因其时代早于伊迪卡拉动物群，故称其为前伊迪卡拉动物群，是伊迪卡拉动物群的祖先或先驱。

第二节　中国主要大陆形成史

一、华北板块的形成史

1. 太古宙陆核的形成

中国最老的太古宙地层主要发育于华北地区，分布于内蒙古乌拉山、燕山、冀东、辽宁、吉林南部、吕梁山区、五台山、太行山、鲁中以及豫西、淮南地区（图 10-2）。目前已知的中国最老岩石是冀东—辽宁地区石英岩，其同位素年龄值为 3 800 Ma，其次是冀东曹庄迁西群（$^{38}Ar/^{40}Ar$ 法测年龄值为 3 600 Ma）。

华北地区的太古宇可分为下太古界和上太古界。下太古界主要分布在北部，呈东西向排列，由西向东包括内蒙古阴山山脉的集宁群、冀东迁西群、辽东下鞍山群等，以冀东地区研究最详。冀东下太古界迁西群主要由各种麻粒岩、辉石斜长片麻岩、斜长角闪岩组成，夹有辉石磁铁石英岩，厚度 3 000 m，恢复其原岩为超基性、基性—中性到酸性火山岩为主，夹一些分异不好的碎屑岩类及多层硅铁质沉积，变质程度为高级变质麻粒岩相。

华北地区上太古界分布较广，以山西太行山、五台山地区的上太古界研究最详细，自下而上分为阜平群和龙泉关群，两者呈角度不整合接触。岩性以各种片麻岩为主夹一定数量的角闪岩、大理岩及薄层磁铁石英岩，普遍混合岩化，变质程度高，为角闪岩相。原岩为基性—中酸性火山岩、火山碎屑岩、硬砂岩、粉砂岩、凝灰质粉砂岩及碳酸盐岩，厚度可达 10 000 m，其变质年龄为 2 800～2 500 Ma。

太古宙末期（2 600～2 500 Ma）的阜平运动使上述地层褶皱变质，扩大了古太古代结晶基底的范围，增加了稳定程度，形成了太古宙陆核。

2. 古元古代原地台形成期

古元古代是古板块定型的重要时期。华北地区古元古代地层以山西五台山区发育良好，研究亦最详细，自下而上分为五台群和滹沱群。五台群不整合于太古宇之上，为一套巨厚（厚度＞7 000 m）的中、低变质的变质岩系，由两个不整合面将其分为三个亚群。下亚群为角闪岩相，中亚群为绿片岩相，上亚群为次绿片岩相。整个群以发育从拉斑玄武岩系列—钙碱系列的火山沉积旋回和上亚群深水沉积为特征，反映了绿岩带的性质。它们与花岗质岩石一起，构成了古元古代的花岗-绿岩区。2 300～2 200 Ma的五台运动使五台群褶皱，形成了华北大陆板块的雏型。其上不整合覆有较稳定沉积类型的滹沱群。滹沱群总厚度10 000 m。自下而上分为豆村亚群、东冶亚群和郭家寨亚群，它们之间皆以不整合面分隔。滹沱群为一套遭受次绿片岩相区域变质作用的沉积岩系，由碎屑岩、粘土岩和含丰富叠层石的富镁碳酸盐组成，碎屑岩及碳酸盐岩中交错层理、波痕、泥裂、食盐假晶、鸟眼等沉积构造极为发育。岩浆作用急剧减少，并出现红色地层和含叠层石的碳酸盐岩，都说明当时构造背景较以前稳定，地壳活动性明显减弱，大气圈及水圈含氧量逐渐增加。

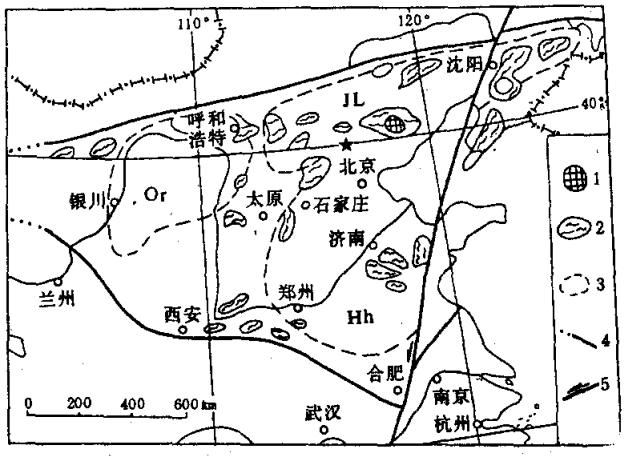


图 10-2　华北地区太古宇分布图

（据刘本培、全秋琦，1996）

Or. 鄂尔多斯陆核；Jl. 冀辽陆核；Hh. 河淮陆核

1. 下太古界出露区；2. 太古界出露区及岩层片麻理；3. 陆核轮廓；4. 中朝地台界线及推测界线；5. 后期平移断裂

古元古代后期发生了强烈的地壳运动——吕梁运动。吕梁运动有两幕：Ⅰ幕（主幕）发生在1 850 Ma±，它使古元古代后期的主体地层（如豆村亚群，东冶亚群）遭受褶皱、区域变质和广泛的岩浆侵入。Ⅰ幕后的郭家寨亚群及其相当地层实际上已是山前和山间盆地的磨拉石堆积。大约于1 750 Ma±发生了吕梁运动Ⅱ幕，使上述磨拉石沉积也发生褶皱隆起和变质，上覆的中元古界或更新的地层已属似盖层或盖层性质的沉积。

吕梁运动是一次极为重要的地质事件，对华北地区的岩石圈构造发展意义重大，它把古元古代初期分裂的陆核重新“焊接”起来，从而扩大了硅铝质陆壳的范围，增加了地壳的厚度，提高了稳定程度，形成了华北板块的原型——原地台。从此，华北地区进入了一个相对稳定发展的新阶段，华北稳定的大陆板块基本定型。

3. 中、新元古代似盖层和似盖层形成期

中、新元古代是华北板块形成的时期。华北板块中、新元古代有三个沉积区（图 10-3）：①北边的燕辽海区，呈北东东向展布，向西可能与阴山海区相连，在中元古代时强烈下降，堆积了近万米的沉积物，为大陆板块上的裂陷槽；②华北板块西南部的豫西陆棚浅海，往南与秦岭海槽相邻；③东部的河淮海区，呈北东向展布，从中元代开始下降接受沉积，至震旦纪强烈下沉。

地处燕山期的蓟县地区中、新元古代地层发育完整，研究最详细。中、上元古界组成一巨型沉积旋回，剖面总厚近10 000 m。根据沉积特征、接触关系、叠层石和微古植物组合特征及同位素年龄，将其划分为3个群12个组。中元古界为长城群和蓟县群，上元古界为青白

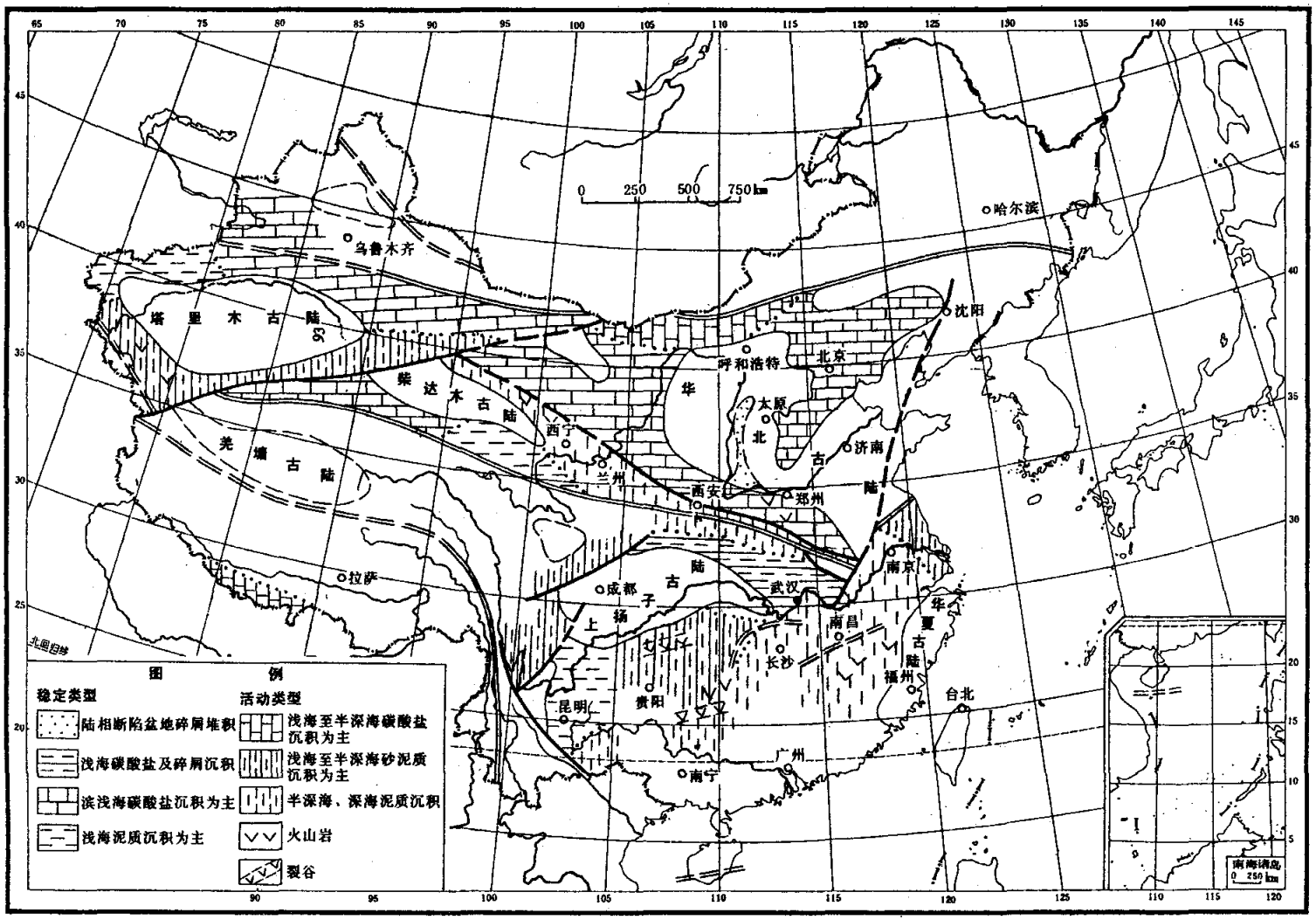


图 10-3　中国中元古代古地理图

口群。

长城群下限年龄为1 850 Ma，以角度不整合覆于太古宇之上。底部具明显的风化壳，包括5个组，分别组成2个沉积旋回。常州沟组、串岭沟组和团山子组组成第一个沉积旋回，常州沟组底部为一套分选较差，成熟度低的含长石砂、砾岩，内发育交错层理、泥裂、波痕，代表河流相沉积，向上逐渐变为分选较好、成分较纯的滨海相砂岩。串岭沟组为灰绿色至暗灰色页岩，代表潮下至浅海环境沉积。团山子组为砂质白云岩，内含叠层石，具泥裂、波痕、石盐假晶等暴露标志，代表滨海环境的沉积。第二个旋回包括大红峪组和高于庄组，两者在大范围内呈明显超覆，说明沉积区扩大。大红峪组以钙质砂岩为主，夹火山岩和火山角砾岩，砂岩中具有大型板状交错层理和波痕，为滨海沉积。高于庄组主要为含硅质和锰质白云岩，内具燧石条带，顶部有冲刷面、交错层理，代表了滨浅海环境沉积。高于庄期是中元古代最大的一次海侵期，海侵范围向南、北大范围扩展。

蓟县群包括四个组，构成两个沉积旋回。下部旋回由杨庄组和雾迷山组构成。杨庄组为红色泥质白云岩，含食盐假晶，代表滨浅海、泻湖沉积。雾迷山组为硅质白云岩，厚度巨大，叠层石发育，代表一种海水进退频繁的滨浅海沉积。上部旋回由洪水庄组和铁岭组构成，洪水庄组为黑色碳质页岩，含黄铁矿，厚度小，水平层理发育，为静水滞流环境的沉积。铁岭组为白云岩及白云质灰岩，叠层石发育，属潮间带环境。整个中元古界沉积物厚度巨大，夹少量火山岩，相变明显，但未遭受区域变质，为稳定板块发展早期阶段的裂陷槽沉积，与典型的盖层沉积有一定的差别，因此称为似盖层沉积。铁岭组沉积后，华北大陆板块海域整体抬升为陆，在湿热气候条件下，发育了富铁风化壳，局部可见微型喀斯特地貌和古土壤。这次抬升约发生于中元古代末期（1 000 Ma），称为芹峪抬升。

新元古代华北板块沉积范围较小，主要分布于东部，以青白口群为代表。其厚度小，且无火山物质，属真正的稳定型盖层沉积。青白口群分为三组，下部下马岭组页岩分布局限，中部龙山组为超覆于下伏不同层位上的含海绿石纯石英砂岩，上部景儿峪组为薄板状泥灰岩及灰岩，属浅海沉积类型。根据同位素年龄资料，青白口群时限为1 000～800 Ma之间。大约800 Ma±华北地区又一次抬升，并遭受长期的风化剥蚀，从而华北地区主体缺乏800～570 Ma期间的震旦纪地层，使青白口群与寒武系平行不整合接触，这次抬升称为蓟县运动。

中新元古代时期华北板块南北两侧均为非稳定的大陆边缘地区。华北板块北部的阴山—大青山地区中、上元古界的渣尔泰群、什那干群和白云鄂博群为中、新元古代的被动大陆边缘沉积。华北板块南部的豫西—陕南地区，古元古代秦岭群为中、深变质碎屑岩及碳酸盐岩系。中、上元古界为熊耳群、宽坪群的火山岩和变质碎屑岩地层，代表南部活动的大陆边缘沉积。

二、扬子板块的形成史

扬子板块的核心部分是四川盆地，其基底地层未出露，因此主要通过盆地周围出露的基底地层推测板块的早期形成和演化。近年来，在四川盆地周边测得一批较老的年龄数据，如盆地西北部陕西勉县—略阳一带鱼洞子群片麻岩中获得2 600 Ma的年龄值；东北缘的湖北武当群获得的大于2 200 Ma的年龄值；西南缘川西康定群获得大于2 200 Ma的年龄值及四川会理、西昌及云南米易等地的河口群的1 700～1 900 Ma的变质年龄值等。同时盆地内部的基底航磁资料与周边古老地层有相似的异常。表明扬子地区的核部存在上太古界一下元古界的变质基底。该变质基底形成了扬子板块的雏形。

中、新元古代扬子板块上发育一套似盖层沉积，其主要为碳酸盐岩、碎屑岩及火山岩沉积。如滇东、川西一带的昆阳群、会理群，鄂西的神农架群、马槽园组等。该套浅变质的沉积岩系厚度巨大，但变质较浅。扬子板块西部的川西会理、会泽地区中、上元古界会理群，其下部为变质细碎屑岩和中基性、碱性火山岩，原岩是裂谷盆地的沉积岩和海底喷发的火山熔岩，厚逾 5 000 m；中部以白云岩和碳质板岩为常见，含著名的东川式铜矿层，厚约 3 500 m；上部天宝山组为中酸性火山岩，其顶、底均为角度不整合，分别代表晋宁运动早、晚两幕。在云南滇中地区，与会理群相当的昆阳群，厚度较小，碳酸盐岩比例增多，其中、下部也夹中基性火山岩，属于大陆板块活动较弱的裂谷盆地沉积。因此，整个扬子地区中、上元古界具有似盖层特征，均未达到稳定状态。晋宁运动使板块内部再次褶皱变质，元古宙地层与上覆震旦系呈角度不整合接触。至此才使扬子地区最终固结成为相对稳定的大型板块。

扬子板块边缘中、上元古界多以活动类型的火山岩和深海沉积为主。在扬子古板块西侧，中、新元古代地层以盐边群为代表，是一套巨厚的变质火山-沉积岩系，其中包括具枕状构造的玄武岩、基性、超基性岩以及深海硅质岩和复理石沉积，具蛇绿岩套特征，代表西侧为活动大陆边缘岛弧区和俯冲带的构造背景。该区受中元古代末（1 000 Ma±）和新元古代后期（850～800 Ma）发生的晋宁运动的影响而褶皱隆升。在扬子古板块东南缘及下扬子地区，包括湘黔桂交境一带经湘西北向东延至赣北、皖南、浙西等地，古元古代的地层发育不好，中、上元古界大面积出露。中、上元古界间普遍存在一个明显的不整合面，黔东北的梵净山群和桂北（环江、罗城一带）的四堡群时代属中元古代（图 10-4），以巨厚的砂泥质复理石与多层细碧岩、辉绿岩及层状超基性岩、纹层状硅质岩硬砂岩等组成蛇绿岩套，说明中元古代黔东北和桂北存在岛弧环境。中元古代末期的四堡运动（相当于晋宁运动第Ⅰ幕）使以上地层褶皱、变质。四堡运动之后，扬子古板块陆壳增大，具有岛弧带向外迁移的趋势。黔东上元古界板溪群是一套变质的碎屑岩，为稳定的陆棚浅海碎屑沉积，厚度较小（1 000 m）。往南至湘黔地区，板溪群厚度达 3 000～6 000 m，为含凝灰质复理石碎屑沉积，代表弧后边缘海沉积，而桂北地区上元古界丹洲群为含具枕状构造基性火山岩的复理石沉积，表明新元古代该区仍为岛弧构造环境。新元古代后期（850～800 Ma）发生晋宁运动第Ⅱ幕，使湘黔地区的板溪群遭受褶皱、区域变质和花岗岩侵入，不整合其上的震旦系已为稳定类型沉积。

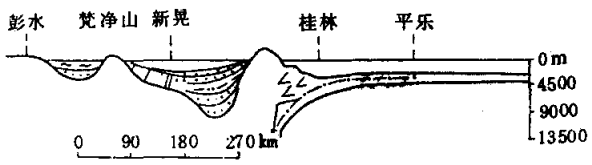


图 10-4　湘黔桂地区新元古代沉积示意图
（据王鸿祯《中国古地理地图集》，1985）

综上所述，扬子古板块雏形在古元古代就已存在。中新元古代时发生多次构造变动，围绕着扬子古板块逐渐增生。新元古代后期（850～800 Ma）的晋宁运动后，扬子古板块两侧、东南缘及下扬子地区与扬子古板块一起构成了稳定区，从而形成了稳定的扬子大陆板块。

三、其他板块的形成史

除了华北板块、扬子板块之外，中国的其他板块，如塔里木板块、华夏板块等也于元古宙时期相继形成。

塔里木板块主体为塔里木盆地。盆地周缘已发现变质的元古宙地层。如盆地的东北缘库鲁克塔格出露元古宇变质碎屑岩和碳酸盐岩地层；南缘昆仑山、阿尔金山北侧也发育元古宙

的火山-沉积地层。古元古代晚期的兴地运动（相当于吕梁运动）使塔里木原始板块开始形成。中、新元古代板块又趋于活动，其南北两侧发育陆缘裂陷槽，如西北缘阿克苏地区发育长城纪的蛇绿岩及元古宙的蓝闪石片岩，到新元古代后期，塔里木板块形成，震旦纪进入新的发展阶段。

华夏板块的存在与否一直有不同认识，分歧的关键在于对板块基底的认识。浙闽粤地区广泛分布的建瓯群、陈蔡群变质岩可能代表该板块古元古代的褶皱变质基底，并包括中、新元古代的似盖层沉积。推测新元古代后期华夏板块已经形成。华夏板块与扬子板块的界线大致沿绍兴—江山—武夷山西麓—云开西麓一带。

至于其他板块和微板块，由于没有准确的地层证据，尚难以确定。位于青藏地区的冈底斯、藏南江孜、保山等板块或微板块可能仍与冈瓦纳板块为一体尚未分离出来。

第三节　中国震旦纪的古地理和古构造

“震旦”是我国的古称，Richthofen（1871）首次用于地层专名，其最初含义是指下古生界—元古宇之间的大套碳酸盐岩地层。Grabau（1922）重新厘定震旦系涵义为“寒武系之下，五台群或泰山群变质岩系之上的一套未变质的岩系”，其标准剖面为天津蓟县剖面。1924 年李四光在长江三峡东部建立完整的震旦系剖面，时间为 850～600 Ma。研究表明华北蓟县剖面为代表的北方“震旦系”实际为中、新元古代地层，因此目前不再作为震旦纪地层。

震旦纪在地史发展中处于一个特定的阶段。这个时期地球上所有的大型稳定板块都已形成，板块上具有特殊的生物组合和沉积类型。从生物演化来看，震旦系后期的裸露动物群代表了地球上高等后生动物的出现。板块内部的沉积均为稳定类型的盖层。从这个意义上看，震旦纪更接近于古生代。但就总体来看，化石的分布和保存程度均差，还不足以生物化石建阶和分带，与寒武纪以后有重要的不同。因此，可以把震旦纪看成从元古宙到古生代的过渡阶段。

我国震旦系分布广泛，在板块内部主要为稳定的盖层沉积，局部裂陷槽内亦有火山活动。在板块边缘主要为不同类型的大陆边缘沉积。

一、扬子板块及其边缘震旦纪古地理特征

扬子板块经晋宁运动形成以后，震旦系稳定盖层沉积范围扩大，活动的沉积发育于板块周缘的大陆边缘地区（图 10-5）。

1. 扬子板块内部震旦纪的地层序列及古地理

扬子板块震旦系发育较好，自西向东可以分为扬子西部区、上扬子区和下扬子区，各区沉积特征略有差异。上扬子区震旦系以鄂西一带发育较好，研究程度最高。峡东震旦系最早由李四光和赵亚曾（1924）建立。该剖面包括下震旦统莲沱组和南沱组，上震旦统陡山沱组和灯影组，灯影组顶部天柱山段含大量小壳化石，属下寒武统。

下震旦统与下伏地层下元古界崆岭群为角度不整合接触，莲沱组和南沱组分别为粗碎屑岩和冰成碎屑-泥质岩沉积。莲沱组下部砾岩以紫红色为主，砾石具叠瓦状构造，多具板状交错层理，代表陆上河流沉积。上部粒度变细，为河口湾—水下三角洲沉积。南沱组为灰紫色至紫红色砂泥质杂砾岩，砾石成分复杂，颗粒无分选，具块状层理或水流交错层理，砾石上有冰川擦痕，代表大陆冰川和近岸冰海沉积。莲沱组和南沱组之间为平行不整合，代表了莲

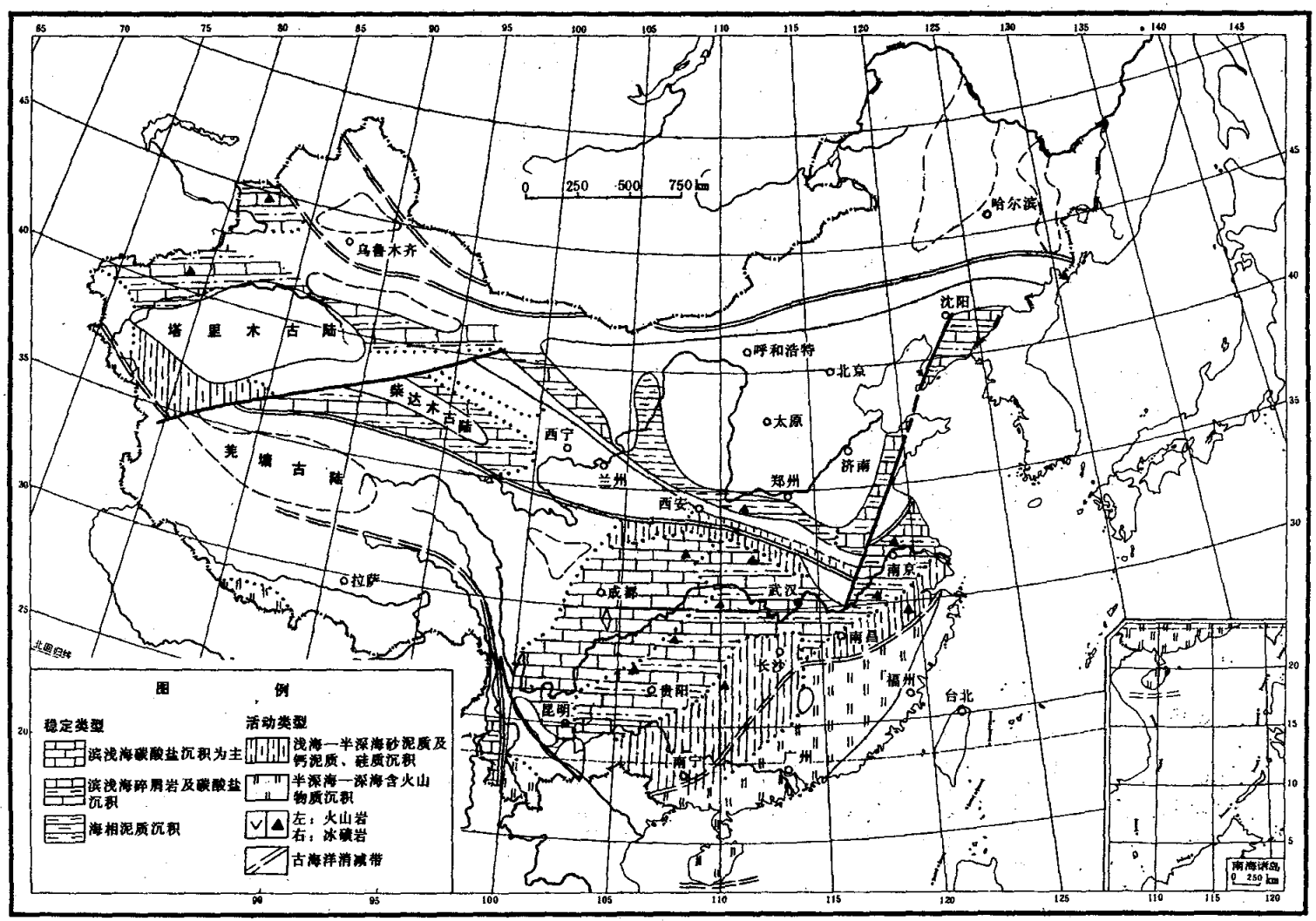


图 10-5　中国震旦纪古地理图

沱期末相当于川西澄江运动的一次地壳抬升。

上震旦统陡山沱组和灯影组，均以碳酸盐为主。陡山沱组岩石呈灰一灰黑色中一薄层状，内碎屑较少，普遍含黄铁矿、燧石，含有三射式钙质海绵骨针和单轴硅质海绵骨针，反映了一种较深水滞流沉积特征。灯影组下部白云岩发育内碎屑，具鲕粒结构，多见交错层理，代表高能富氧的碳酸盐台地边缘浅滩沉积。中部夹暗色沥青灰岩及硅质灰岩，含丰富的*Vendotaenia*（文德带藻）。上部中一厚层白云岩内含*Sinotubulites*（震旦虫管）及个别*Circotheca*（圆管螺），具鸟眼构造及藻席（层纹石），代表碳酸盐潮坪及泻湖环境，为干燥气候条件下的沉积。

扬子板块西部区的滇中一川西一带，早震旦世时存在著名的南北向苏雄裂陷带。在成都西南的甘洛小相岭一带，下震旦统不整合于元古宙变质岩系之上，下部苏雄组以大陆喷发酸性火山岩为主；中部开建桥组为各种凝灰岩、凝灰质角砾岩以及含大量火山碎屑的陆相砾岩与砂岩；上部列古六组是含火山灰、砂的冰川湖泊沉积。整个下震旦统局部厚度大于5 000 m，向东、西两侧厚度迅速减小至尖灭。根据岩石化学资料分析，苏雄组火山岩系是以钙碱性一碱性英安一流纹岩类和少量玄武岩一安山岩类为特征，开建桥组则包括两种截然不同的火山岩，即富硅、碱（尤其富钾）、贫钙的钙碱性一碱性流纹岩和少量的碱性玄武岩兼而有之，具有“双峰式”火山岩的特点。均为陆相成因，属于夭折的大陆裂谷产物。由该区向南，开建桥组逐渐变为陆相粗碎屑紫红色砾砂岩夹少量火山喷发岩，称为澄江组，局部厚达3 000 m，横向变化显著，也属大陆裂谷沉积。澄江组为南沱组大陆型冰碛层所覆，两者间可见局部微角度不整合，即过去所称的澄江运动，实际上代表地壳上升的挠曲现象，并非区域构造变形所致。

扬子板块西部区的上震旦统和上扬子区相似，其分布广泛并形成广泛的超覆，以岩相稳定的碳酸盐沉积为主。说明南沱期以后，随着古气候的转暖，冰川融化，海平面上升，形成了上扬子陆表海。在川南地区灯影期出现了蒸发海盆，形成巨厚的盐类沉积。根据灯影组层序分析，灯影期海水进退频繁，各区灯影组保存的最高层位不同，与寒武系的关系，在凹陷中为连续沉积，在相对隆起区则有不同程度的间断。江汉盆地以东、郯庐断裂东南、江绍断裂西北为下扬子区（包括湘鄂赣交界、赣西北、苏皖、浙西北等地）。该区下震旦统下部在赣西北称为硐门组，岩性和峡东莲沱组类似，但细粒沉积增多，且多发育与潮汐作用有关的沉积构造，为河流→滨岸浅水碎屑岩沉积。在皖南对应的地层为休宁组，以碎屑岩为主，局部有少量火山岩楔入。浙西北相当的地层为志棠组，其韵律性构造明显。下扬子区下震旦统上部普遍为冰积岩，在赣西北及浙西北已确定有两个冰积层位。和峡东南沱组大陆冰川沉积不同的是，下扬子区以冰海沉积为主，部分为海洋型冰筏沉积，包括冰缘水下重力流沉积。与上扬子区不同，下扬子区上震旦统以暗色硅质岩，硅质页岩及碳质页岩发育为特征，代表深水、静水、还原的沉积环境。

2. 扬子板块大陆边缘震旦纪地史特征

震旦纪时期，扬子板块周缘存在不同的大陆边缘类型，具有复杂的演化历史。扬子板块和华夏板块之间的九岭一雪峰山以东，武夷山一云开大山以西，为分隔扬子板块和华夏板块的复杂大陆边缘（图10-5）。它由湘桂裂陷海盆和华夏板块西缘的岛弧海组成，湘桂裂陷海盆南段的黔、桂、湘交界地区至雪峰山一带，震旦系下统形成一个巨大楔状体。底部长安组整合于丹洲群之上，为一套含砾板岩、粉砂质板岩及砾质砂岩，偶夹不规则的板岩、砂岩，厚达千余米。所含砾石成分复杂、无定向、稀疏散布并偶见落石构造，一般认为是一套冰水

（冰筏海洋）沉积，也有人认为是一套大陆斜坡重力流沉积。中部富禄组以灰绿色砂岩及页岩为主，夹黑色页岩，含火山物质。上部为南沱组（也称泗里口组）冰成含砾板岩，含砾砂质板岩及含砾泥质白云岩，砾石多呈落石特征。南沱组为一套冰筏海洋沉积目前是肯定的，如果长安组也是冰成的，那么早震旦世就存在有两个冰期以及一个间冰期。上统陡山沱组和老堡组主要为一套黑色、灰黑色碳质页岩、硅质页岩及薄层硅质岩，内含磷结核，具水平纹层，厚度很小，代表一种非补偿的较深水缺氧环境。从湘黔边境到湘赣边境，上统由西向东由以白云岩为主到以暗色硅质岩为主，厚度急剧减小，过渡现象十分清晰。

湘赣边境至闽西之间，震旦系厚达 4 000 余米，总体为一套砂泥质复理石沉积，下震旦统夹火山岩沉积，上震旦统夹多层硅质岩。由于后期构造运动影响产生区域变质，难以进行准确的地层划分和对比。下震旦统的复理石可能代表闽西、湘赣等岛群附近岛弧海的补偿充填产物，岛弧的俯冲方向是自西向东的。说明早震旦世扬子板块和华夏板块之间，西侧扬子板块东部为被动大陆边缘，而东侧华夏板块西部为活动大陆边缘。晚震旦世湘赣闽粤一带均以深水细粒碎屑岩和硅质岩沉积，说明晚震旦世时期两板块之间又有分离的趋势，这种分离一直持续到早古生代。

扬子板块的北部大陆边缘为南秦岭地区。南秦岭地区震旦系明显二分：下震旦统耀岭河群为一套变质的中基性、碱性火山熔岩、火山碎屑岩夹碎屑岩及大理岩，厚可达 2 000 m。与上震旦统不整合接触。上震旦统为稳定型碎屑岩和碳酸盐岩沉积，总体特点与扬子板块相似。下部陡山沱组为碎屑岩和白云岩，上部灯影组为白云岩，厚 1 200～2 000 m，含微古植物及其他藻类化石。表明早震旦世时期扬子板块北缘为活动的裂陷槽，晚震旦世与扬子板块拼合为一体。

扬子板块西缘川西—滇西震旦纪地层不甚发育，推测也应存在大陆边缘的沉积。

二、华北板块及其边缘震旦纪古地理特征

华北板块自青白口期末抬升以来，一直处于剥蚀状态，称为华北古陆（图 10-5）。震旦系仅在其东缘辽南、胶东、苏北、淮南和南缘的豫西及西缘贺兰山一带出露。

在东部辽东半岛复县一带，震旦系总厚大于 3 000 m。其下与青白口（细河）群间为沉积间断，其上与下寒武统为平行不整合。震旦系下统为石英砂岩、杂色粉砂岩及页岩，微古植物群丰富，特征可与扬子板块下统相比。上统以碳酸盐沉积为主，为灰白至紫红色白云岩及泥质灰岩组成，含多种叠层石及类红藻，与扬子板块上统所产的组合面貌不尽相同。从整个层序来看，辽东震旦系整体均成一个大的海侵旋回，海域向南延伸至胶东、徐淮地区，称为胶辽徐淮海，向东则与朝鲜中部海域相连。该海域南段的皖北淮南地区的震旦系，其层序、化石和辽东地区相似。总的来看，胶辽、徐淮地区震旦系厚度巨大，下统不太发育，无冰碛岩，代表了强烈凹陷，但又有大量沉积物补偿充填，而大致保持了滨、浅海环境的沉积类型。

华北板块南缘及西缘，自豫西至龙首山—贺兰山一带，震旦系发育不全。在豫西宜阳、汝阳以东，下震旦统黄莲垛组与下伏地层汝阳群呈平行不整合接触。其岩性为砂砾、砂岩与白云岩互层，上部为硅质岩。上统下部董家组由砂砾岩、页岩、碳酸盐岩组成，上部与罗圈组平行不整合接触。罗圈组为一套冰碛岩，厚度变化大，横向上由数十米至数千米，下部为暗紫色，暗绿色泥砾岩，砾石成分复杂，表面有凹面、压坑、擦痕等，底部基岩表面可见冰溜面，属于山岳冰川形成的冰碛岩。上部为紫红色和灰绿色砂页岩，已具层理，非冰期沉积。罗圈组和下寒武统辛集组为平行不整合接触。根据同位素年龄测定资料，董家组已测得 650±33

Ma 的年龄，所以罗圈组冰碛岩属上震旦统，不同于南沱组冰碛岩层位。由此可见，震旦纪可能存在多期冰川活动。

华北板块周缘的大陆边缘震旦系也有不同程度的发育，在板块南部边缘的北秦岭地区，二朗坪群、丹凤群可能包括一部分震旦纪地层，其以岛弧型火山岩沉积为特征，代表华北板块南部的活动大陆边缘沉积。在板块北缘的黑龙江鸡西地区，麻山群部分包括了震旦纪地层，代表板块北部大陆边缘的沉积。

三、塔里木板块震旦纪古地理特征

塔里木板块主体震旦纪时也处于古陆状态（图 10-5），其东北缘的库鲁克塔格山一带震旦系发育较全，厚约 6 000 m。其总体为火山岩、浊积岩，含多层杂砾岩、冰碛层，由多个平行不整合所分割，代表板块边缘强烈沉降的补偿海沉积特征。下统下部为杂砾岩及粗碎屑沉积为主，间夹有火山岩和冰积岩；上部以砂岩、粉砂岩沉积为主，内夹砾岩，常见水平层理，代表较深水的浅海沉积。顶部为冰碛砾岩、砂岩和板岩，与南沱组冰期相当。上、下统之间以平行不整合面相隔。震旦系上统下部以砂岩、粉砂岩为主，具递变层理和鲍马序列，底模构造发育，复理石韵律发育，总体为一套较深水的浊流沉积。中部以碳酸盐沉积为主。上部为冰碛杂砾岩，可与豫西罗圈组冰碛岩对比。其上与下寒武统含磷层平行不整合接触。与扬子板块和华北板块不同，该区的冰碛岩发育最全，反映有三个冰期和两个间冰期。

塔里木板块西北缘的柯坪地区下震旦统下部缺失，最低层位为相当于南沱期的冰碛组，上统下部为细碎屑泥质沉积，含丰富的微古植物，上部为碳酸盐沉积，产大量叠层石，相当于板块上稳定的陆表海沉积，顶部也为相当于豫西罗圈组的冰碛岩。

中国其他地区的震旦系出露较差、研究程度较低，此处不再讨论。结合后述早古生代的地史特征，可以推测震旦纪时期中国古大陆总体由华北板块、扬子板块、华夏板块、塔里木板块等组成，青藏及川滇西部的板块和微板块群一部分属于扬子板块（如古生代的昌都-思茅、羌塘微板块），一部分属于冈瓦纳板块（如古生代以后的藏南、冈底斯、保山等微板块）。

中国震旦纪蕴藏有丰富的铁、锰金属矿产和磷、石膏、盐岩等非金属矿产。尤其是陡山沱组的磷、锰矿在国民经济中占有重要，主要分布于上扬子的广大地区。