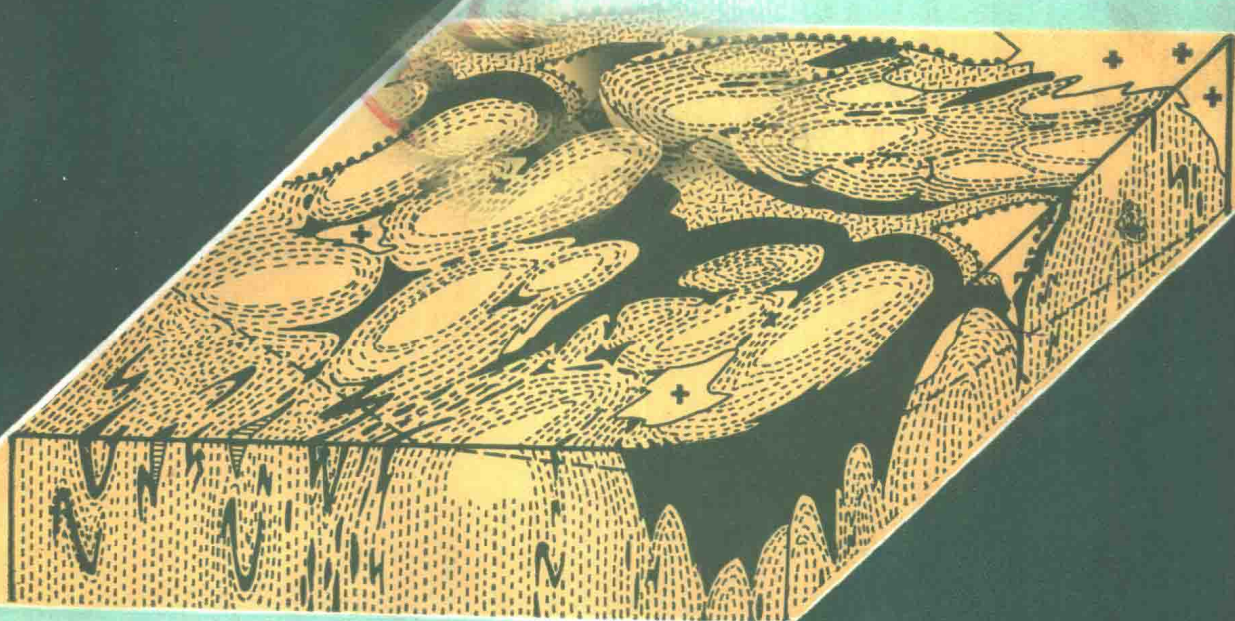


· 专辑 ·

国外前寒武纪地质 构造研究

地质矿产部情报研究所



地质出版社

国外前寒武纪地质构造研究

(专 辑)

地质矿产部情报研究所 主编

肖庆辉 等译 马万钧 等校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书是地质矿产部情报研究所主编的一个译文集。本辑针对我国前寒武纪地质构造研究中的一些薄弱环节,选译了当前国外前寒武纪地质构造研究方面一些较有代表性的论文。全书包括前寒武纪地质构造的几种主要构造观;前寒武纪的构造分区;太古宙的地质构造;元古宙的地质构造;原始地壳的性质以及前寒武纪地区的深部构造六个部分。同时着重介绍了太古宙绿岩带概念出现的背景;前寒武纪板块构造假说的进展;太古宙的独特地质构造样式;元古宙的盆地、裂隙和活动带构造的特点;太古宙灰色片麻岩区的地质特征;片麻岩的成因和推覆构造;奥长花岗岩的定义、形成环境和成因假说;以及澳大利亚地盾下部地壳的性质等。

本书可供从事构造地质、矿产地质、变质岩、前寒武纪地质以及区域地质研究的科研、教学和生产人员参考。

国外前寒武纪地质构造研究

(专 辑)

地质矿产部情报研究所 主编

肖庆辉 等译 马万钧 等校

•

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑:张义勋

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

•

开本:787×1092¹/₁₆印张:19³/₄字数:465,000

1984年3月北京第一版·1984年3月北京第一次印刷

印数:1—2,730册 定价:3.00元

统一书号:15038·新1011

前 言

前寒武纪地质构造是当代地球科学的重要研究课题，是当前国际地科联构造委员会的两项中心任务之一，也是八十年代岩石圈计划的重要研究内容。最近一、二十年，前寒武纪地质构造一直受到国际地球科学界，特别是地质界的广泛重视。有关的国际会议极其频繁，自从22届国际地质大会以来，历届会议均召开过前寒武纪专题会议以外，1970年、1980年还召开了每隔十年一次的国际太古宙讨论会；从1975年起，国际地质对比计划机构确定，在10年内，每隔两年要召开一次国际性的太古宙及前寒武纪地质和成矿规律等问题的讨论会，探索前寒武纪地质构造，尤其是地球早期的地壳演化过程及地质特征。所有这些，大大促进和深化了对前寒武纪地质构造的认识，使前寒武纪地质研究，由过去的岩性描述阶段，经过绝对年龄阶段，进入了对前寒武纪地质构造及其演化的研究阶段。

当前，国际上有关前寒武纪地质构造的研究进展很快。许多国家、许多学者，在进行大区域和全球性地层划分对比的基础上，结合大量的同位素年龄测定，古地球物理和构造岩相分析，对前寒武纪地块进行了广泛的构造研究，并对不同构造单元在空间和时间上的演化发展规律提出了许多新认识。因而产生了空间上从全球范围和深部构造角度，时间上从演化角度来探讨前寒武纪构造、原始地壳的形成和发育演化规律的新趋向。长期以来，前寒武纪和海洋空间成了地质学的二大空白点。六十年代，海洋空间的突破出现了板块构造假说，七十年代，前寒武纪地质的广泛研究，揭示了地球早期历史的各个方面。因此，有人认为，六十年代是海洋的十年，这个十年产生了震动世界的板块构造假说。七十年代是大陆地质的十年，这个十年推动了前寒武纪地质构造研究的飞跃发展，为建立地球和地壳演化等重大理论问题奠定了基础。

前寒武纪地质构造的研究，也是鉴定前寒武纪各阶段古构造型式，以及各级构造型式对大型矿化带、矿田和矿床的成矿和控矿研究的基础之一，在一些重要矿产资源的成矿规律、成矿预测和矿产资源的扩大方面已有一定成效。因此，前寒武纪地质构造研究与前寒武纪成矿规律的研究直接相关，在生产实践上具有一定的意义。

我国前寒武纪岩系发育完整，构造复杂，出露良好，堪称世界前寒武系构造典型发育地区之一。当前在前寒武纪地质构造研究方面，类比方法仍然是主要的。为了使广大地质工作者熟悉和了解当前国外在前寒武纪地质构造研究方面的进展和研究思路，我们编了本专辑——国外前寒武纪地质构造研究。在此专辑中共收集了23篇文章，绝大部分文章选自七十年代以来发表在国外期刊和书籍中比较有影响的论文。

专辑共分六部分。第一部分收集了三篇文章，重点介绍前寒武纪构造研究中的几种主要构造观，以便读者了解太古宙绿岩带这一概念出现的背景，前寒武纪板块构造假说的进展。第二部分收集了两篇文章，侧重介绍前寒武纪的构造分区。近年来，国外对前寒武纪地块的构造分区颇为重视，它是综合反映前寒武纪地块结构及其演化，编制成矿规律图、油气远景图以及其它矿产的预测性图件的基础。第三部分重点介绍太古宙的地质构造，共收集了八篇文章。从目前国外的文献来看，不管太古宙岩层外表看来如何复杂，但是，所有

地盾区的太古宙岩层，都主要由变质火山-沉积岩系和花岗岩或花岗片麻岩两大类岩石构成。变质火山-沉积岩系中，有相当大一部分被称作太古宙绿岩带。这样，绿岩带在全球的分布范围已突破了仅以南部非洲地盾、西澳地盾、加拿大地盾和印度地盾为代表的概念。特别是有不少人根据绿岩带重结晶假说，把变质较深的外壳岩看作是绿岩带。为此，这一部分译文中，多数文章侧重于介绍太古宙花岗岩-绿岩区和高级变质岩区的构造样式，中、深变质岩区的绿岩带和这两个构造区之间关系以及片麻岩成因和推覆构造等问题。第四部分介绍元古宙的地质构造，共收集了四篇译文。元古宙时，大陆地壳的演化进入了与太古宙构造完全不同的另一种构造环境。其最大特点是出现了大型的各种类型的裂陷构造。因此，这一部分的内容侧重介绍元古宙的各种沉积盆地和活动带构造，以及不同构造环境下的外壳岩层序的特点。第五部分是原始地壳的性质，共收集了五篇文章。近年来，有关原始地壳成分的研究已逐渐集中在对太古宙灰色片麻岩的研究上面。其中，通过研究构成太古宙地壳主体的奥长花岗岩质片麻岩的成因，探讨地壳早期的性质尤其引人注目。为此，这一部分重点介绍了被公认为是太古宙高级变质岩区的典型地区——西格陵兰戈德霍普地区的灰色片麻岩的地质特征及其成因。另外对利用稀土元素型式判断古构造环境，奥长花岗岩的定义、环境和成因假说也作了介绍。第六部分是前寒武纪地区的深部构造研究，它是前寒武纪基础地质研究的重要内容。本辑报导了“横穿澳大利亚西部太古宙皮尔巴拉和北耶尔冈克拉通的地壳剖面”一文。目的是引起读者重视研究下部地壳的成分、性质及其结构。这是当前前寒武纪地区深部构造研究的重要课题之一。

国外在前寒武纪地质构造研究方面虽做了一定工作，但是，对许多问题的认识仍然分歧很大。本辑所刊的各篇文章的论点，也并不是无争议的。但是，我们认为，引进国外一些新的理论思维，活跃一下国内地质界的学术思想去考虑各种地质难题，可能有一定益处，本专辑就是抱着这个目的编译的，但是这些译文远远不能概括当前国外对前寒武纪地质构造研究的全貌。为了方便读者了解选题背景以及各个重大问题的国际动向，我们在本辑各个部分前面写了选题背景，综述了国际上对这一部分问题的研究动向，试图使读者了解这一问题的全貌。在选题背景的最后部分，罗列了有关这一问题的比较重要的参考文献，给读者在对这一问题作更深入研究时提供一些线索。译文后面附有全国地质图书馆的书号，以便读者查找译文内的参考文献。由于我们水平较低，国外情况了解不全面，在编译中一定有许多错误的地方，欢迎读者批评指正。

本“专辑”由地质矿产部情报所肖庆辉、吴骏、周玉泉、卢星、关玉华编译。马万钧、罗永国、卢星、肖庆辉、陈秀英负责校对。北京大学钱祥麟副教授、中国地质科学院刘名铨副译审，马秀兰、杨金华等同志应邀参加部分译文的译、校工作。在编译过程中曾得到马杏垣教授、钱祥麟副教授、王绍伟副研究员以及我室马万钧副研究员、罗永国工程师等同志的指导和帮助，本辑中的所有图件由舒令泓、赵秀兰和张景华同志清绘，在此表示感谢。

地质矿产部情报研究所基础室构造组

一九八三年一月

目 录

一、前寒武纪地质构造研究中的几种构造观·····	1
对前寒武纪地盾地质学某些观点的重新评价·····	6
对前寒武纪的一些看法·····	29
前寒武纪板块构造·····	40
二、前寒武纪的构造分区问题·····	60
西澳大利亚地盾的构造和构造样式·····	64
古地盾的地质构造演化及其内生矿化作用·····	90
三、太古宙的地质构造·····	110
论大陆壳最老大地构造区的问题·····	116
芬兰太古宙地壳的演化·····	128
太古宙构造·····	139
格陵兰太古宙的水平构造体制及其对早期地壳加厚的意义·····	149
苏联科拉地盾和乌克兰地盾中的太古宙花岗岩-绿岩区 ·····	161
非洲中部和利比里亚地区的花岗岩-绿岩区 ·····	164
太古宙的大地构造关系·····	167
太古宙低级变质岩区和高级变质岩区的关系·····	173
四、元古宙的地质构造·····	180
早元古宙到中元古宙的盆地和地槽·····	185
林波波带·····	203
元古宙早期大陆的构造演化·····	223
早、中元古宙的外壳岩层序及其构造环境·····	227
五、原始地壳的成分·····	238
原始地壳——印度地盾提供的证据·····	243
太古宙灰色片麻岩和大陆壳的成因·····	254
奥长花岗岩的定义、形成环境和成因假说·····	272
挪威的典型奥长花岗岩及三种伴生岩石的地球化学性质·····	280
奥长花岗岩中的一些微量元素对岩浆成因和古构造环境的意义·····	288
六、前寒武纪地区的深部构造研究·····	294
横穿澳大利亚西北部太古宙皮尔巴拉和北耶尔冈克拉通的地壳剖面·····	298

一、前寒武纪地质构造研究 中的几种构造观

选题背景

当前,前寒武纪地质研究已经由单纯的岩性或地层描述,进入到解决大陆成因的新阶段。其特点是,从区域地质和构造环境入手,综合同位素年龄测定、地层学、岩石学、地球化学、古地磁学、古地球物理以及岩相古地理分析的资料,探讨前寒武纪地质构造的演化和成因。但是,对前寒武纪地质构造和地壳演化方面的认识却分歧很大,出现了各种各样的构造观,归纳起来比较有影响的主要有:

1. 地槽-地台构造观 主要根据地槽及其造山运动的概念,以及这些概念所包含的造山作用、深部埋藏作用、区域变质作用、花岗岩化作用以及火成岩侵入活动,解释前寒武纪的地质构造及地壳演化。因而,在前寒武纪地块内部划分出一系列不同时代的地槽-地台构造单元或褶皱带。其中绝大多数人都承认,前寒武纪的地槽、地台与显生宙的地槽、地台有所不同。为了表示这个差别或特殊性,曾出现过诸如内壳构造、超地槽、岩板构造 (литол-дигт)、原地槽、原地台等概念。按 Salop^[29]的意见。前寒武构造单元的演化是:太古宙时 (即35亿年以前隐生宙),地壳处于全活动阶段、未分异成相对稳定和活动的构造单元;原生宙 (35亿年) 开始^①,地壳演化进入地槽-地台阶段。其中,老原生代 (35—27亿年) 时,地壳分成二个构造单元——原地台和优地槽。到中原生代 (27—19.5 亿年),地槽系本身发生分化,在优地槽边缘首次出现冒地槽。到新原生代 (19.5—10.5 亿年),地壳实际上进入象显生宙那样的地槽-地台体制。在前寒武纪末期,一些地槽转变成地台,一些地槽迥返进入造山状态,一些地槽则延续到显生宙。所以,大部分的显生宙地槽实际上是从古老活动带继承下来的。

2. 陆核-活动带观 一些前寒武纪地质学家认为,在前寒武纪地质学中使用地槽概念,在大多数情况下是误人的,特别是把这一概念应用到早前寒武纪绿岩带中更是如此。按这种构造观的看法,被地槽-地台构造观看作是单个的造山带,或被看作是一度布满地盾区的造山带残余的绿岩带,根本不是造山带,而是一个个独立存在的堆积库 (depository)。这些堆积库的演化受早先存在的构造样式、早期地壳的性质以及包围和侵入这些堆积库的花岗岩类控制。堆积库本身的岩性、构造、变质作用、与周围花岗岩类的关系,以及整个大地构造环境均与地槽或造山带有本质上的差别。为了表示这个本质上的差别,他们把这一套曾被看作是早前寒武纪地槽残余的火山-沉积岩系叫做绿岩带。绿岩带与周围花岗岩类的特殊组合构成了地盾的核心,称陆核。被地槽-地台观看作是褶皱带的地区,则被认为是发育在陆核外围的活动带。例如,目前争论很剧烈的所谓褶皱带, Anhaeusser 等人 (本

① 萨洛甫把前寒武纪分为隐生宙和原生宙,界线定在35亿年,原生宙又分四个代,故这里所说的“代”与一般涵义不同——编者

辑第一篇)认为,根本没有必要用地槽概念中的深部埋藏作用这个概念,去解释前寒武纪褶皱带的变质特点和构造特点。所谓褶皱带,实质上代表了地壳中的线状变动带。由于这些变动带常常伴有一些大型的平移断层,因而沿着这些变动带,地幔的变动相当大,并有地幔物质上涌,上涌地幔带来的高热流必然会造成这些独特的变质特点和构造特点。因此,他们认为,地盾区并不是由地槽-地台构成的,而是由陆核、活动带和内克拉通盆地等一系列各具特色的构造单元构成。陆核构成地盾区最老、厚度最大和最稳定的核心。有二种类型:一种是指由复杂的、低级变质的花岗岩-绿岩区,一种是指高级变质岩区内由最老的奥长花岗岩-云英闪长岩类片麻岩构成的最稳定地块。所谓活动带是指产于陆核外围的年代较年轻的线状变质带,它们常常都是环绕陆核外围分布。内克拉通盆地一般由元古宙未变质或变质轻微和未褶皱的陆源岩石构成。本辑选译的Anhaeusser等人“对前寒武纪地质地质学某些观点的重新评价”一文就是这种构造观的代表。本文虽然发表于1969年,但Anhaeusser等人当时提出的一些基本概念,在前寒武纪地质界影响很大,他们又是最早研究太古宙绿岩带标准地区——巴伯顿绿岩带,并提出科马提岩的南非(阿扎尼亚)地质学家。自从本文发表以后,国外掀起了研究太古宙绿岩带和找寻科马提岩的高潮,开创了用新的思路研究前寒武纪地质构造的新阶段。到目前为止,作者所总结的绿岩带的一些基本特点,基本上仍无本质上的变化,因而从本文中不但可以了解到绿岩带概念产生的背景和原因,而且还可以了解到太古宙绿岩带的一些基本特点。需要指出的是,国内有一些学者认为,绿岩带非有科马提岩不行,或非有超基性岩群不行,不然不能称为绿岩带。国外许多地质学家不断指出,绿岩带并不一定存在有超基性岩群,更不一定存在有科马提岩,本文作者就是一例。他在1969年就曾指出,许多绿岩带的下部没有超基性岩群,更没有科马提岩的存在。例如当时加拿大地盾中的许多绿岩带就没有发现超基性岩群,而所有的绿岩带也没有科马提岩。其绿岩带中的科马提岩是在七十年代中期发现的。所以不能仅仅根据超基性岩群或科马提岩的存在与否,肯定或否定绿岩带的存在。

3. 板块构造观 板块构造假说问世以后,有一部分人认为^[33、40、41],板块构造假说也完全适用于前寒武纪。当时,由于地幔强烈对流产生了许多大陆板块,这些大陆板块迅速碰撞形成活动带,因而,前寒武纪活动带是由相距很远的两个大陆板块碰撞而成的。持这种构造观的人在研究前寒武纪构造时主要立足于在前寒武纪中找寻威尔逊旋迴及其证据^[8、10、36]。但是,板块构造是否适用于前寒武纪,当前仍处于激烈论战阶段。争论最大的焦点是地壳的演化是均变的,还是非均变发展的。这是由于对前寒武纪的一些地质体的认识不同造成的。例如,就绿岩带来说,有一部分人认为,绿岩带是在地壳很薄,热流值很大和活动性很强的独特构造环境上形成的独一无二的地质体。这种独特的地壳环境以及地壳的性质,自早前寒武纪以后,由于大陆演化过程中地壳逐渐增厚而再也没有重现过,就这一方面而言,是不能赞成均变论的。但是绿岩带在火山岩、沉积岩、变质岩以及构造方面的特点,有许多在后来的整个地质时期中,又分别在各种不同环境中再现过。这样,有一部分人又认为,地壳的演化是重复出现的,绿岩带相当于蛇绿岩套,因而建立在中、新生代构造特点之上的板块构造也适用前寒武纪。不过,当前有相当大的一部分人认为,前寒武纪构造运动、岩浆活动、生物种类、大气圈、水圈、建造类型和岩石类型的演化都是前进的、不可逆的^[13、21、29]。从一定意义上说,地球的演化史很象人的一生。在童年,人的机体只有生长机构在起作用,但在成年时,人的机体中,生长机构发生变化,代之以其它的生命过

程,在老年时,这些过程又让位给另一阶段所特有的新的过程,如此等等。当地球年轻的时候,即在前寒武纪早期,地壳很热,又很薄,厚度不过10公里左右,因此,地壳当时不象现在这样坚固,而是相当柔软,可塑性很大。这种又热又软又薄的壳层不但不能形成岩石圈板块,也不能发生俯冲。因为刚性和俯冲是板块存在必不可少的两个条件,没有刚性,板块就不能作为一个整体运动,它会褶皱,不能整体运动就不可能发生俯冲作用。鉴于上述理由,即由于地壳演化是不可逆的,是前进的。因而相当一部分人认为,仅仅根据海洋和大陆的中、新生代构造特点建立起来的板块构造假说,不能无限制地推广到地球历史的任何阶段,尤其是不能推广到前寒武纪早期。只有到前寒武纪晚期地壳冷却以后,只有从地下挤到地表的物质相当丰富的时候,地壳才能变厚,才会具备刚性,这时地壳才会分成各个板块。各个板块也才能象今天知道的那样在起作用。

近年来,在板块构造假说是否适用于前寒武地质的争论过程中又产生了颇有吸引力的非均变板块观,以调合这两方面的对立意见^[9、22、23、25、27、35、41]。本辑选译的“对前寒武纪的一些看法”和“前寒武纪板块构造”就是这种构造观的典型代表。他们承认地球的整个历史是非均变的,特别是早期地壳有其特殊性,但这并不意味着需要再寻求其它模式来解释前寒武纪地壳演化,只要把板块构造模式加以改造,就可以解释前寒武纪的地壳演化。因而他们根据地球整个历史的非均变事实,提出了板块构造也是非均变的看法,即从早前寒武到现在,随着热流的逐渐衰减和岩石圈厚度和刚度的逐渐增强,板块构造的运动型式和机制也逐渐发生了变化。按Kröner的意见,太古宙(大于25亿年)时,板块是很小很薄的微板块,以裂谷作用和下陷俯冲作用为主;到早元古宙(25—12亿年),大陆岩石圈仅仅由几个大型的超大陆构成,这些大陆以A型俯冲作用和板内剪切作用为主,即造山作用主要发生在板内,而不是板块边缘;到晚元古宙(12—6亿年),板块构造向现代板块的相互作用型式过渡,即造山作用的演化从板内的环境转变成了板块边缘的活动。Goodwin也认为,板块构造的型式和机制是非均变发展的。38—25亿年以前是微板块构造;早-中元古宙为板内构造;到前寒武纪末期,板内构造发展成大板块构造。综上所述可见,持这种构造观的人只接受全球构造和地壳演化是由于岩石圈板块的相互作用引起的这种基本概念。但是,他们都没有接受现代板块相互作用的方式,这是与正统的板块构造观的最大差别。

前寒武纪板块构造方面另一个重要进展是认识到大陆地壳的俯冲作用(A型俯冲作用)可能是造山作用的重要机制^[3、4、19、20、22]。这种机制对硅铝层上的造山作用和基底重新活化作了较好的解释,1978年彭罗斯讨论会以后,就连正统的板块构造专家也已经开始承认,大陆岩石圈之间不但可以碰撞,而且也可以发生俯冲^[6、25、36]。

读者如要对这一问题作较深入的研究,建议阅读下列文献:

[1] Anhaeusser, C. R.: 1975. Precambrian tectonic environments. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 3, 3-53.

[2] Baer, A. J. etc. 1970. Basins and Geosynclines of the Canadian shield.

[3] Ball, E.: 1980. An example of very consistent brittle deformation over a wide intracontinental area; the late Pan-African fracture system of the Tuareg and Nigerian shield, *Tectonophysics*, 61, 363-380.

[4] Bally, B.: 1981. Thoughts on the tectonics of folded belts. In: K. McClay and N. J. Price (Editors), *Thrust and Nappe Tectonics*. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 9

[5] Bickie, M. J.: 1978. Heat loss from the earth: a constraint on Archaean tectonics from the rela-

- tion between geothermal gradients and the rate of plate production. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 40:301-315.
- [6] Bird, P., 1978. Initiation of intracontinental subduction in the Himalaya. *J. Geophys. Res.*, 83, 4975-4987.
- [7] Cloud, P., 1976. Major features of crustal evolution. *Geol. Soc. S. Afr.*, Annex to vol. 79, 32pp.
- [8] Condie, K. C. and Harrison, N. M., 1976. Geochemistry of the Archaean Bulawayan Group, Midlands greenstone belt, Rhodesia. *Precambrian Res.*, 3:253-271.
- [9] Fyfe, W. S., 1978. The evolution of the earth's crust: modern plate tectonics to ancient hot spot tectonics? *Chem. Geol.*, 23:89-114.
- [10] Glikson, A. Y., 1972. Early Precambrian evidence of a primitive ocean crust and island nuclei of sodic granite. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83:3323-3344.
- [11] Glikson, A. Y., 1979. Early procambrion tonalite-trondhjemite sialic nuclei. *Earth-Sci. Rev.*, 15, No. 1.
- [12] Glikson, A. Y., 1981. Uniformitarian assumptions, plate tectonics and the Precambrian earth. In: A. Kröner (Editor), *Precambrian Plate Tectonics*. Elsevier, Amsterdam, pp. 91-104 (this volume).
- [13] Glover, J. E. etc. (eds.), 1981. Archaean geology. *Geol. Soc. Australia. Spec. Publ.* 7, 515p.
- [14] Goodwin, A. M., 1981. Archaean plates and greenstone belts. in, Kröner, A. (ed). *Precambrian plate tectonics*. Elsevier, Amsterdam, p. 105-135.
- [15] Groves, D. I. etc., 1978. Greenstone belts as ancient marginal basins or ensialic rift zones. *Nature*, 273, 460-461.
- [16] Grachev, A. P.: 1981. On the nature of greenstone belts in the Precambrian. *Tectono*, 73, p. 195-212.
- [17] Hunter, D. R. (Editor), 1981. *Precambrian of the Southern Hemisphere*. Elsevier, Amsterdam.
- [18] Kerr, R. A.: 1978. Precambrian tectonic; is the present the key to the past? *Science*, v. 199, p. 282-285.
- [19] Kröner, A.: 1977a. The Precambrian geotectonic evolution of Africa; plate accretion versus plate destruction. *Precambrian Res.*, 4:163-213.
- [20] Kröner, A., 1977b. Precambrian mobile belts of southern and eastern Africa-ancient sutures or sites of ensialic mobility? A case for crustal evolution towards plate tectonics *Tectonophysics*, 40, 101-135.
- [21] Kröner, A.: 1979a. Precambrian crustal evolution in the light of plate tectonics and the Undation theory. *Geol. Mijnbouw*, 58:231-240.
- [22] Kröner, A.: 1979b. Pan African mobile belts as evidence for a transitional tectonic regime from intraplate orogeny to plate margin orogeny. In: A. Al-Shanti (Editor). *Evolution and Mineralization of the Arabian-Nubian Shield*, Vol. 1. Pergamon Press, Oxford, pp. 21-27.
- [23] Lambert, R. St. J., 1976. Archaean thermal regimes, crustal and upper mantle temperatures, and a progressive evolutionary model for the earth. In: B. F. Windley (Editor), *The Early History of the Earth*. Wiley, London, pp. 363-373.
- [24] Mareschal, J. C.: 1980. A model for archaean tectonism; part 2. Numerical models of vertical tectonism in greenstone belt. *Can. J. Earth Sci.*, Vol. 17, No. 1.
- [25] Molnar, P. and Gray, D.: 1979. Subduction of continental lithosphere: some constraints and uncertainties. *Geology*, 7:58-62.
- [26] Platt, J. P.: 1980. Archaean greenstone belts. A structural test of tectonic hypotheses. *Tectono.*, Vol. 65, No. 1-2.
- [27] Plumb, K.: 1979. The tectonic evolution of Australia. *Earth Sci. Rev.*, 14:205-249.
- [28] Rutland, R. W. R.: 1976. Orogenic evolution of Australia. *Earth Sci. Rev.*, 12:161-196.
- [29] Salop, L. J.: 1977. *Precambrian of the northern hemisphere*. Elsevier.
- [30] Schwerdtner, W. M.; Stone, D., Oradetz, K., Morgan, J. and Stott, G. M.: 1979. Granitoid complexes and Archaean tectonic record in the southern part of northwestern Ontario. *Can. J. Earth Sci.*, 16: 1965-1977.
- [31] Sleep, N. H. and Windley, B. F.: 1982. Archean plate tectonic, Constraints & inference. *Jour. Geol.*, 90, 363-380.
- [32] Stephanson, O. and Johnson, K.: 1976. Granite diapirism in the Rum Jungle area, northern Australia. *Precambrian Res.*, 3:159-185.
- [33] Sutton, J.: 1973. Some changes in continental structure since early Precambrian time. in: D. H. Tarling and S. K. Runcorn (Editors) *Implications of continental drift to the earth sciences*, Vol. 2. Academic Press, London.
- [34] Sutton, J.: 1977. Some consequences of horizontal displacements in the Precambrian. *Tectonophysics*, 40:161-181.

- [35] Tarney, J. and Windley, B. F., 1977. Chemistry, thermal gradient and evolution of the lower continental crust. *J. Geol. Soc. London*, 134:153-172.
- [36] Toksoz, M. N. and Bird, P., 1977b. Modelling of temperatures in continental convergence zones. *Tectonophysics*, 41:181-193.
- [37] Watson, J., 1976. Vertical movements in Proterozoic structural province. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 280:679-640.
- [38] Windley, B. F., 1977. *The evolving continents*. John Wiley and Sons. London. 385.
- [39] Windley, B. F., 1979. Tectonic evolution of continents in the Precambrian. *Episodes*. №. 4.
- [40] Windley, B. F., 1981. Precambrian rocks in the light of the plate tectonic concept. in: Kröner, A. (Eds). *Precambrian plate Tectonic*. Elsevier. Amsterdam.
- [41] Young, G. M., 1978. Some aspects of the evolution of the Archaean crust. *Geosci. Can.*, 5:140-149.
- [42] Борукаев, Ч. Б. 1977. Докембрий континентов. Основные черты тектоники. Новосибирск, "Наука".
- [43] Борукаев, Ч. Б. 1979. Этапы Формирования континентальной коры в Докембрии. Меж. геол. конгр. 26 сессия. Доклады советских геологов. Докембрий.
- [44] Гафаров, Р. А. и др. 1978. Тектоническое районирование Фундамента Сибирской платформы и этапы становления его континентальной коры. "Геот.", №. 1
- [45] Гинтов, О. Б. 1978. Структуры континентальной земной коры на ранних этапах развития. Киев, 194с.
- [46] Глуховский, М. З. и др. 1977. К проблеме ранних стадий развития Земли. "Геот.", №2.
- [47] Грачев, А. Ф. и др. 1980. Зеленокаменные пояса Докембрия, рифтовые зоны или островные Дуги?. "Геоте.", №5.
- [48] Дедеев, В. А. 1974. Тектоника Фундамента Древних платформы. "Наука".
- [49] Иванушко, А. С. 1980. Особенности складчатой структуры нижнего докембрия Украинского щита. Киев, 152с.
- [50] Казанский, В. И. 1979. Региональные тектонические структуры докембрия и связь с ними полезных ископаемых. Ин-Та литосферы АН СССР.
- [51] Косыгин, Ю. А. 1981. Введение в тектоническую картографию. "Наука".
- [52] Кудрявцев, В. А. 1981. Верхнеархейские структуры Алданского щита. "Геол. и геоф.", №6.
- [53] Хаин, В. Е. 1981. Геосинклинали и эпигеосинклинальные орогены, их природа, строение и развитие по современным данным. Статья 1. История и определение понятия, зарождение и строение геосинклинальных поясов. "Изв. Вуз. Геол. и разведка", №6.
- [54] Хаин, В. Е. 1981. Геосинклинали и эпигеосинклинальные орогены, их природа, строение и развитие по современным данным. Статья 2. развитие геосинклинальных областей и поясов. "Изв. Вуз. Геол. и разведка", №7.
- [55] 李春昱, 1982, 板块构造是当今世界上最盛行的大地构造学说. 构造地质学进展. 科学出版社.
- [56] 马杏垣、肖庆辉, 1982, 国外前寒武纪构造研究的现状和趋势. 构造地质学进展. 科学出版社.
- [57] 肖庆辉、卢星、周玉泉, 1982. 当前国外大地构造研究中值得注意的几个动向. 构造地质学进展. 科学出版社.
- [58] 郭令智、施央申、马瑞士, 1982. 近代大地构造理论研究进展评述. 构造地质学进展. 科学出版社.

对前寒武纪地盾 地质学某些观点的重新评价

C. R. Anhaeusser, R. Mason

M. J. Viljoen, R. P. Viljoen

摘 要

本文对古老结晶地盾的一些错误看法给予了注意,并试图澄清一些有关地盾地质学的观点。在非洲南部,前寒武纪地盾有很好的代表,而且也出露得很好,最近对它的研究揭示出其演化过程中的各个事件具有的一种清晰的,轮廓分明的型式。

十分古老的、稳定的、包含有绿岩带的克拉通陆核被称为“最早的前寒武纪”。穿过地盾区以及环绕克拉通陆核的乃是大型的、细长的、高级变质和花岗岩化的“前寒武纪活动带”,虽然这些活动带比往往受包围的克拉通年轻,在性质上也与克拉通完全不同,然而,它们都仍然是构成结晶地盾整体的必要部分。

克拉通陆核内的绿岩带,其地质情况的基本要素,连同绿岩带与其周围花岗岩区之间关系的独特型式,在世界其它地盾区中,特别是加拿大和西澳大利亚地盾,都重复出现,而且非常一致。文中叙述了代表这种极其独特的型式,并促成建立这种独特型式的各种特点,并用各种图表加以说明。强调指出了各个绿岩带的地质、构造、变质作用、矿化现象、伴生的花岗岩以及大地构造环境等各方面的全球一致性。

对重建早前寒武纪花岗岩-绿岩带区域的演化发育模式作了尝试。这个模式避免了与较年轻的地质特点和事件直接相比,特别是与较年轻的阿尔卑斯造山带直接相比。而前寒武纪地质情况却常常是与这个造山带进行比较,并被看作是相同的。对活动带进行了简短的讨论,并再次认为,活动带的演化并不一定按照阿尔卑斯造山运动所提出的方式进行。

一、术 语

本文涉及到地盾、克拉通、绿岩带以及活动带等术语。由于对这些术语还没有统一的用法,所以,认为有必要按它们在本文中的用法作出规定。这些定义是可以批评的,也可能还需要作进一步修正。

地盾——指由前寒武纪结晶岩石构成的大陆区或次大陆区。

克拉通——指地盾区内由包含有早前寒武纪绿岩带的复杂的花岗岩区所构成的稳定陆核。这些陆核构成了界线清楚的复合整体,没有再受到最近24亿年以来任何一次主要的构造-热力事件的影响。

绿岩带——指作为分散残体出现在克拉通上的变质火山岩和沉积岩的特殊组合，是克拉通的重要组成部分。绿岩（变质玄武岩和安山岩）在绿岩带中通常占支配地位，带中主要部分的低级变质现象和紧密褶皱现象也是重要特征。

活动带——指往往围绕地盾的古老克拉通陆核的、年代较新的、长条状变质带，其特征是有高级变质现象、花岗岩化现象，并且常常有大规模水平错动。这些变质带可能是复杂的，而且可能把好几次能识别出来的构造-热力事件结合在一个单独的带（例如莫桑比克带）里，但仍然是地盾区中的统一整体。活动带这个术语在这里被用来代替造山带，因为造山带被认为意思是指包含地槽和造山运动的大地构造的演化结果，而这种演化情况则从来还没有令人圆满地建立起来。

二、前 言

有一个时期，阿尔卑斯被人们——尤其是欧洲地质学家们——认为是一切山系的模式（Trümpy, 1960）。

多年来，阿尔卑斯地质学一直影响着对前寒武纪研究的思路。地槽、造山运动这些概念以及这些概念所包含的一切用造山作用、深埋藏、区域变质作用、花岗岩化作用以及火成岩侵入活动等术语来表示的一切，一直被应用到前寒武纪中，并试图解释前寒武纪演化情况。其结果不但一直不能令人信服，而且，在许多情况下，当前寒武纪地质的各种事实不符合基本上是根据阿尔卑斯地质情况建立起来的理论时，还引起了混乱。在前寒武纪地质学中使用地槽概念，在大多数情况下被认为是误人的，特别是把这一概念应用到活动带（Holmes 的造山带，1951）和早前寒武纪绿岩带中时，更是如此。妨碍人们对前寒武纪地盾区认识的一个重要障碍就是所谓山脉根的概念，这个概念同区域变质作用在强度上受埋藏深度所控制的概念是相联系的。Read（1972）坚决主张区域变质作用是受地质深度所控制，而不是受地壳内的埋藏深度所控制。而越来越变得正确的一种概念是，区域变质作用只与地壳深度有关，因为区域变质作用的环境曾受到高热流的影响和与壳下各种地质作用有关的构造应力的影响。活动带代表地壳中的线状变动带，而且常常与一些大型的平移断层有关。沿着这些变动带，地幔的变动必然一直相当大，因此，这些变动带中的高热流可能就与其下面的地幔物质的上涌有关。没有必要引用深埋藏这一概念去解释活动带的变质特点和构造特点。

早前寒武纪绿岩带曾经各种各样地被看作是单个的造山带（Brock, 1959），或者被看作是一度布满地盾区的广泛分布的造山带的残余（Holmes, 1965）。然而，现在有人认为，这些绿岩带根本不是造山带，并且认为它们形成了一个个分离开的堆积库（depository）。它们在这些堆积库里的演化是受早先存在的构造型式、早期地壳的性质以及包围和侵入这些堆积库的花岗岩所控制的。它们的性质和成因都与早前寒武纪克拉通周围的变质活动带完全不同。早前寒武纪绿岩带的全球一致性很明显，因此，有人认为，对它们进行对比应该综合考虑到诸如岩性、构造、变质作用、与周围花岗岩的关系，以及整个大地构造环境等方面的事实。绿岩带是特殊的统一体，因此，如果把它们看作是这样的统一体的话，那么，在某些地盾区出现的名目繁多的地层命名，以及把绿岩和变质沉积岩分成单独的一些岩系似乎就没有多少理由。绿岩带的岩性组合已经很好地建立起来，因此除了建立地方性的组

的名称以外，没有必要把对比问题搞得很复杂。显然，在这些绿岩带中，还会存在有层序、岩相变化以及局部不整合方面的微小差别，但是，基本上，这些带就它们的特点和组合来说十分相似，因此，它们的局部变化是不重要的。

非洲的主要前寒武纪构造当中，有些最先是由Krenkei (1928) 辨认出来的，他的《非洲地质》一书在非洲前寒武纪研究方面代表一个重要的里程碑。二十年后，Holmes(1951) 发表了一篇《非洲南部和中部前寒武纪造山带序列》的论文，在这篇论文中介绍了用放射性年龄测定把前寒武纪岩石划分为不同岩群的方法。Holmes 首创的工作，导致随后几年出现了放射性年龄测定的高潮，而且，这些年龄测定大大地阐明了非洲和其它地方的构造-热力事件的相对年龄。Holmes和Cahen (1955)，Nicolaysen (1962)，Cahen和Snelling

(1966) 的文章是总结赤道以南非洲的放射性年龄测定数据的三篇主要论文。由非洲各个地质调查所所做的系统地质填图，为建立早前寒武纪各次地质事件的型式和顺序提供了坚实的基础。非洲地盾的一部分已描绘在表示早前寒武纪克拉通陆核活动带关系的图 1 中。

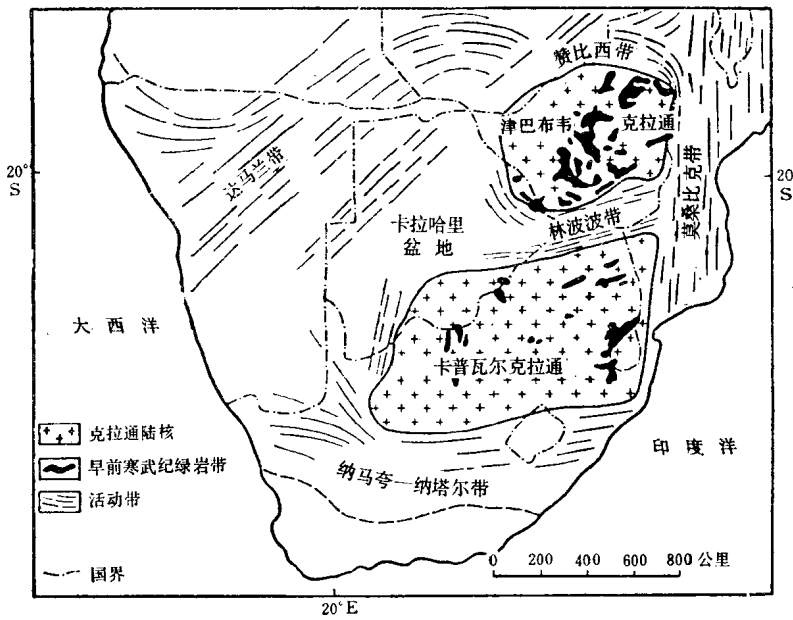


图 1 剥去年轻盖层的南部非洲结晶地盾
表示古老的绿岩-花岗岩克拉通及其周围比较年轻的活动变质带展布情况

在这里应该提一下航片地质解释对非洲前寒武纪编图方面的巨大贡献。航片地质解释提供了一种快速阐明广阔地区地质的方法，并使地质学家能够在区域范围内考察他的问题——这是阐明非洲地质方面的重要因素。Hepworth (1967) 最近提醒人们注意航片地质在认识和阐明古老活动带方面的应用。

本文的目的是试图弄清楚早前寒武纪绿岩带的性质和演化，及其所处大地构造环境，也试图对横切地盾区的如此重要的构造的活动带的性质、演化及其意义进行评价。

三、最早的前寒武纪

1. 最早的前寒武纪地壳

早前寒武纪克拉通，就它们现在的形态来说总是构成大陆最老的和最稳定的部分。地盾的这些古老克拉通陆核，其年龄变化范围介于大约24亿年到34亿年之间，主要由复杂的花岗岩区构成，而被强烈褶皱的绿岩带则似乎是以复向斜的“龙舟”或“木筏”的形式漂浮在这些花岗岩区里（见图2）。

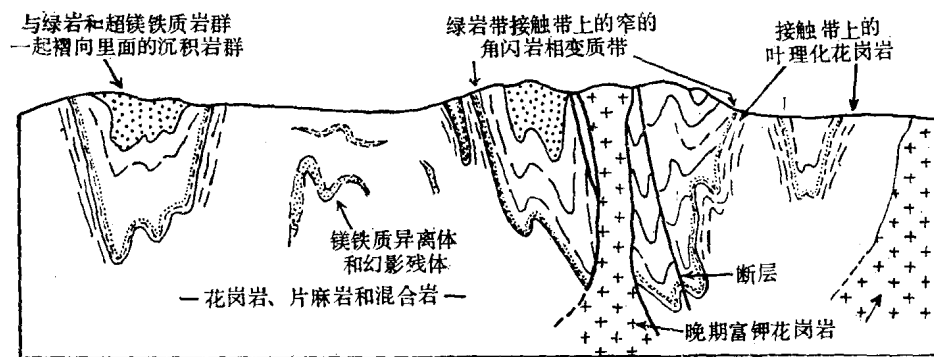


图2 横穿花岗岩-绿岩克拉通部分地区的示意横剖面图

地盾的花岗岩组合，正如下面要讨论的那样，其大部分可能属于次生成因，是从地幔或从重新改造过的原始地壳产生的。比较年轻的花岗岩物质的增加使地壳明显加厚了，而且大概也使一种较早期的、可能是更加原始的地壳被重新改造或消灭了。因此，尽管地盾区的混合岩有一些部分可能代表一种早期地壳的经过蚀变和花岗岩化的残余，但是，要发现未经蚀变的早期地壳物质的残余似乎是不可能的。不过，这个结论是很值得怀疑的，所以，关于原始地壳的性质无论怎么推测，都必须有理论的根据，并考虑到绿岩带中发现的岩石类型的组合所施加的重要限制。

绿岩带的某些特点说明，绿岩带是在一个比较薄的地壳上形成的，特别是，绿岩带与近代出现的环太平洋岛弧十分相似，说明其形成的模式和环境与岛弧有点类似。这类环境中的地壳厚度似乎大致是12到15公里。说明花岗岩是在比现在薄得多的地壳上侵位的另一些特点有：（1）在与比较年轻的花岗岩相接触的部位上，变质晕具有套叠的性质；（2）矿物相具有双峰分布的性质（Engel, 1966）。有人指出（A. E. J. Engel 载于 Roering, 1967 文章），绿岩带中没有发育蓝片岩相变质作用也证实了前寒武纪早期地壳薄、热力梯度陡的说法。另一方面的证据产生于变质玄武岩的化学成分。这类岩石一般是低钾的拉斑玄武岩，其成分大致与海洋拉斑玄武岩成分相近。这些变质玄武岩的原始（未混染的）性质，可能是由于这些玄武岩在前寒武纪极早期穿过了比较薄的硅铝质地壳或玄武岩质地壳，或穿过了这两种地壳所造成的（Engel 等人, 1965）。然而，应当强调的是：（1）后来的各次事件可能会引起一些元素的交换；（2）这些变质玄武岩的低钾值并不能肯定证明是它们的原始性质。

现有的证据指出，原始地壳早期是薄而不稳定的，但关于这个地壳的性质及其如何演

化成最厚和最稳定的大陆，现在仍然是一个问题。地壳的增厚似乎差不多完全与上面所谈到的广阔的花岗岩“海”的发育和侵位有关系，在后面的一节里还要加以讨论。这里有关系的是这个原始地壳的性质和形成的方式。

有一些学者，特别是Gill (1961)，Wilson (1959) 和 Lawson (1932)，把最早形成的地壳看作是镁铁质成分的。这个地壳很可能是通过玄武岩质熔岩的溢出而发育形成的。硅铝壳则被看作是由花岗岩和花岗闪长岩物质从原始的后期侵入发育成的。这些区域后来在各种地质作用参与下，就作为硅铝质的大陆块上升起来。其它许多学者，即 Vening Meinesz (1950)，Poldervaart (1955) 以及 Ramberg (1964) 则假定原始浮渣——即原始地壳——的成分是硅铝质的。这块硅铝壳现在这种不均匀的后期分布，可能是原始硅铝壳在造山作用期间被重新改造并从大洋区域被拉开来的结果。这就造成了大陆区域硅铝层随后的加厚。Ramberg (1964) 提出过一个模式，按这个模式原始的薄的硅铝壳由于重的镁铁质岩浆的侵位和随后的下沉而被迫分开。这种硅铝质物质被看成曾经受到过开始是横向的、然后是垂向的挤压而形成了原始陆核，重的镁铁质物质则下沉而形成了海洋盆地。

至少在南部非洲有证据表明，绿岩带是在硅铝质地壳上面形成的，虽然硅铝质地壳可能很薄，但壳上发育有可能来自花岗岩质来源区的早期沉积物。

因此，不管硅铝质物质的形成方式和它后来聚集成为原始陆核的方式如何，通常都承认这种原始的物质是硅铝质性质的。但是，这种硅铝质物质的镁铁成分可能比现在的硅铝层的高 (Ramberg, 1964)。

绿岩带的许多特点，特别是其地层厚度从巨厚的岩堆沿中心轴向外急剧变薄的情况，清楚地说明，沉积作用是发生在地壳的细长状槽沟，即下弯构造中的。绿岩堆积库形成的方式、定位的原因及其它明显的方向性都是有大大可推测的余地的，因为对地壳中最早期的各种地质作用的辨认和解释很难。作者设想有两种可能的过程。根据一种均变论较重的意见是，每一个绿岩带都可以看作是在一个薄的、原始硅铝壳与一个原始大洋型地壳的分界面上的拗陷中发育起来的 (图 3)，正象前面提到过的那样，绿岩组合与在类似的大地构造

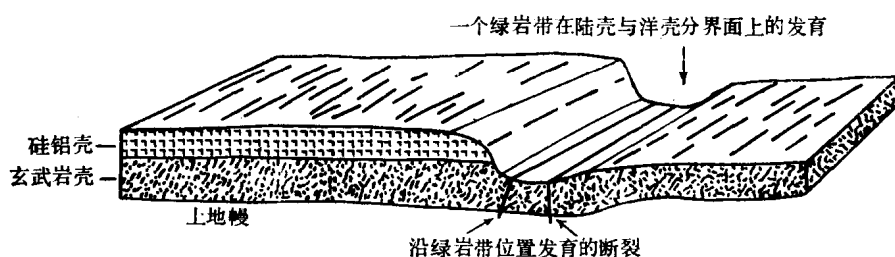


图 3 根据均变论较重的观点设想的一个绿岩堆积库的可能发育情况示意图

位置上发育起来的现代岛弧明显相似。然而，现代岛弧是在这样两种类型的地壳分界面上形成的：一类是巨厚的经过高度演化的现代陆壳，一类是相应地比较厚的洋壳。根据这个观点以及大陆增生的概念，正象 Engel 等人 (1964) 所表明的那样，可能意味着绿岩带的形成是通过由一些较小的和十分古老的原始硅铝质陆核的生长实现的。如果确实是这种情况，那末，可以料到，离最先形成的，即最老的陆核越远，绿岩带的年龄就越新。尽管有关绿岩带的年龄数据极其有限，但是，很显然，在任何一个特定的地盾区的绿岩带内，

通号349

都没有这种系统的年龄变化是很明显的。

作者所设想的另一种过程（被认为是一种更可信的解释）是，在一种不稳定的、薄的原始硅铝壳上面，发育有间隔大致均等、定向明显并互相平行的拗陷，即以断层为界的槽沟（见图 4A）。在这些地区，大量的熔岩溢出构成了绿岩带的底部火山岩层序，紧接这个层

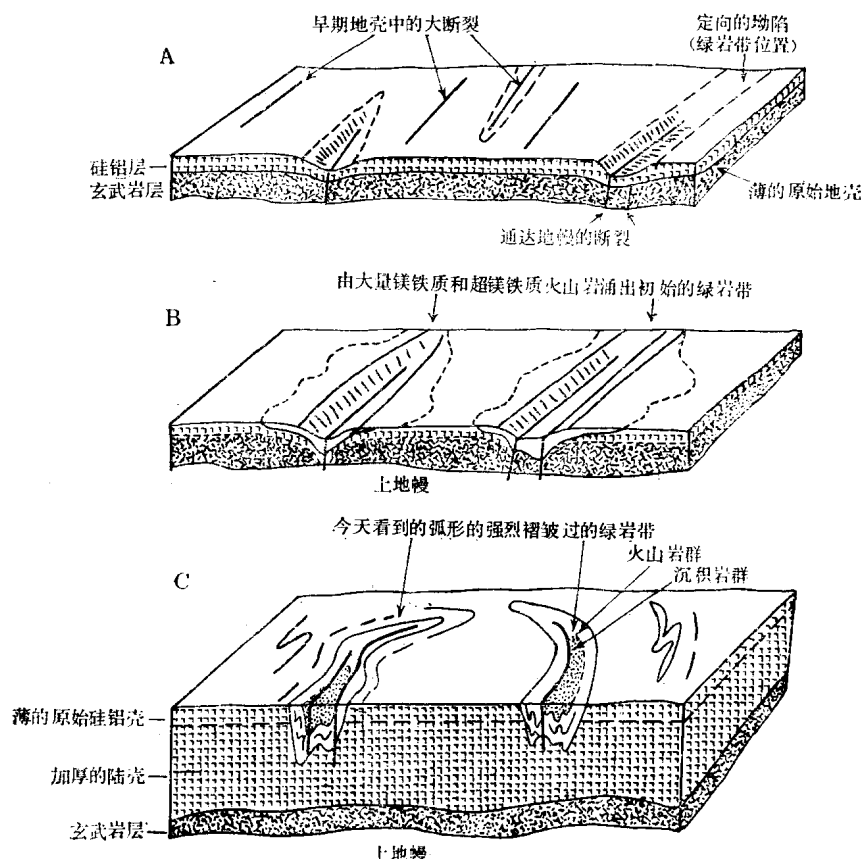


图 4 表示作者提出的绿岩带演化情况的示意图

序之后的是发生在槽沟中的沉积作用。很可能，在细长的拗陷之间的地区也有熔岩喷出，但是，其数量可能少得多（见图 4B）。因此，可以想象，在最初的岩浆事件期间，几乎全部原始地壳都被熔岩覆盖了，虽然在深的槽沟之间的地区熔岩比较薄。随后，较年轻花岗岩的涌出显然把大部分玄武岩物质的特征消灭了，但是，在定向的细长槽沟中，巨厚的熔岩堆积通常却被保存了下来，构成了现在的绿岩带（见图4C）

绿岩带在大多数早前寒武纪地盾区中都保持着明显的区域走向，显示绿岩带的形成受到某种基本的控制，这种控制可能是由于地球自转力的作用造成的穿过原始地壳的一种早前寒武纪的褶皱型式或断裂型式。对地壳早期演化的问题不管作何推测，绿岩带都是代表这种地壳上发生的第一个界线明确的，即第一个能够识别出来的地质事件，而且，作为统一整体，这些绿岩带似乎是只是早前寒武纪才有的产物。

2. 绿岩带的地层

早前寒武纪绿岩带地层的特点是具有一种独特的岩石组合。在地球历史这个早期阶段