

[英] H. H. 里德 J. 瓦特森 著

地质学导论

# 地球的历史

第一册

早期阶段

李国栋 陈增敏 译

李树普 李汉瑜 校

人民教育出版社

P5

地质学导论

# 地球的历史

第一册

早期阶段

[英] H. H. 里德 J. 瓦特森 著

李国栋 陈增敏 译

李树誉 李汉瑜 校

地质出版社

地质学导论  
**地球的历史**

第一册

早期阶段

[英] H. H. 里德 J. 瓦特森 著

李国栋 陈增敏 译

李树誉 李汉瑜 校

\*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷三厂印装

\*

开本850×1168 1/32 印张 7.5 字数 179,000

1981年12月第1版 1983年5月第1次印刷

印数 00,001—3,700

书号 12012·026 定价 0.95 元

## 出版前言

《地质学导论，第二卷地球的历史，第一册地球历史的早期阶段》(INTRODUCTION TO GEOLOGY, Volume 2 Earth History, Part I Early Stages of Earth History) 系伦敦大学帝国科学技术学院地质学前荣誉教授里德(H. H. Read)和教授珍妮·瓦特森(Janet Watson)编著的地史学教科书。它是根据前些年对前寒武纪地史研究的新成果写成的。对各大洲前寒武纪的地层、构造、矿床、变质作用等，作了较详细的阐述，并以地质旋回和板块学说为基础来解释地球早期阶段的发展。最后，对该时期的有关问题作了全面论述。全书立论新颖，观点明确，资料丰富，叙述简要，虽然对亚洲有的地区阐述得比较单薄，但仍不失为一本好教材。本书对学习和研究前寒武系有较大参考价值，可作为地质、地理各专业学生学习有关课程的参考书，也可供地质、地理工作者参阅。

本书是地质学导论第二卷的第一册，也是独立的一册。在出版此译本前，我们对书的名称略有改动。

由于原书的成书年代限制，以及其它原因，书中采用的一些地质、地理名称，有的不合我国习惯，有的过时，有的欠当。在编辑加工过程中，除个别有些改动外，一般都按原文译出。希使用本书时予以注意。

原书末所附的参考书目和索引本书中均予略去。

## 译 者 的 话

本书系伦敦麦克米伦出版公司出版的大学教科书“地质学导论”第二卷地史的前篇前寒武纪，是按大学基础课程组织编写的。近年来前寒武纪的研究取得很大进展，对前寒武纪的地壳演化、构造和旋回、绿岩带、岩浆活动、原始大气和生物进化等问题，发现许多新的事实，建立许多新的概念。这些问题的提出，大大丰富了前寒武纪地史的内容，为阐明地球历史早期阶段开辟了新的途径。本书就是综合这些研究成果写成的，并以地质旋回为主体，力图贯彻于全书的各个部分，说明前寒武纪的发展阶段和特点。这一崭新的面貌，与过去已出版的地史学前寒武纪内容完全不同，是一部良好的前寒武纪地史教科书。

过去，地史的前寒武纪部分，由于研究程度所限，与地史其它部分相比，非常概括简单，内容比较贫乏，有许多问题缺少实际材料。本书总结了新的研究成果，内容丰富，概念明确，突出了前寒武纪地质时期的特点，不再象过去那样模糊不清。另外，虽然现在对前寒武纪研究较多，但内容较专深，初学者难于掌握和运用。本书从这一实际出发，深入浅出，主要阐述基本概念和基本理论，以大量的地史资料为依据，建立明确的概念，便于初学者学习，这也是本书一个特点。

均变说的观点深入到地质学的各个方面，作出过巨大贡献，现在仍然具有强大威力。但如果一味按照均变说来研究地球历史，则有些古老的沉积环境难以理解，反而阻碍新的思路的发展。因而本书在第一章即提出均变说的批判，是有其重要意义的。当认识了这些问题以后，就可能从地球发展过程中来看问题，掌握各阶段的特征，发现更多的事实。

本书的另一编写特点是以共同的理论为基础，主要按洲分章，

对构造区、旋回、前寒武纪地层和矿产加以叙述，显示各大洲前寒武纪时期特有的地质轮廓。其适应面较大。不仅地质课可用作参考，对世界自然地理也兼备部分的参考价值。本书也还存在不足之处，如对于亚洲的叙述过于简略，许多成果未被吸收进去，致使世界最大的一洲，几乎是空白的。这不仅是本书内容和体系的一个缺欠，对整个地球历史也不好理解和掌握。

由于本书存在以上的优点，适合于地质教学参考之用，因此译成中文，对国内地质教学将有所裨益。由于译者水平所限，错误和不适当处深望专家和同志们予以批评和指正。

译 者

1981 年 10 月

## 序 言

当麦克米伦公司请求 H. H. 里德 (Read) 写一本在地质学方面为大学初级课程奠定基础的入门教科书时, 他原来希望把全部内容包括在简单的一卷之中。但是不久即很清楚, 如果不放弃学生所需要的大量实际资料, 是不能完成的。扩大计划势在必行。因为我正作他的研究助手, 于是他邀我参加他的工作。我们决定用两卷的“地质学导论”的名义。第一卷论述地质作用和岩石以及由它们产生的构造, 第二卷则将参照地球历史资料, 来说明这些作用的效果。第一卷出版于 1962 年, 然后我们拟定第二卷的计划。

由于地球科学的新发展, 现在地史学的领域正在明显地扩大。对我们似乎很清楚, 在将来, 如果我们提供学生所需要的背景, 我们必须研究有关世界范围基础上的地球历史并且必须包括整个地质历史时期。这种明显的趋向, 需要本书给予认真的衡量和按比例缩减某些经常为地层学者和古生物学者所关切的某些重要论题。我们采取了研究通过漫长地质时期大的地壳单元地质演化的计划。这些单元历史的早期阶段收录于第一册, 后一阶段, 从时间上来说, 约 10 亿年前至现在, 包括在第二册中。第一册所介绍的许多题材在第二册中得到发挥。我希望这两册在许多实际场合, 将被看作是一个整体。本书以分开而又衔接的一和二分册形式出版, 要比作为单一卷平装本和精装本产生的困难好得多。

在第二册开始工作不久, 里德教授身患重病, 使他后来的活动受到限制。可是他以毫不减退的热情推进工作。我们利用无数次的通信和电话交谈保持接触。大约完成了原稿的四分之三, 他在 1970 年他的 80 诞辰过后不过几个月, 便溘然长逝。过了一年多, 我完成了最后的一章, 校阅了全文, 并为说明和书目搜集了资

料。我还应当感谢许多朋友，他们在很多阶段给我们提出建议和情报资料。尤其必须提到的是皇家学院的同事，他们当中许多人是里德以前的学生和同事，在许多时候帮助我开阔眼界。承蒙鲁滨逊(P. L. Robinson)博士的盛情，她同意我使用她所搜集的照片。并要感谢欧洲、加拿大、非洲、澳大利亚的许多地质学家，他们安排的野外考察，不仅是有益的而且是愉快的。编写这一领域的书籍，局限于个人经验以内是不可能的，尽管我对细节的错误应负完全责任。我深知本书得到和我讨论过问题的那些人的很多宝贵经验和关心，受益非浅。

伦敦 帝国科学技术学院地质学部 J. 瓦特森



# 目 录

## 序言

|     |                   |     |
|-----|-------------------|-----|
| 第一章 | 地质记录.....         | 1   |
| 第二章 | 欧洲地盾区.....        | 20  |
| 第三章 | 北大西洋地盾区.....      | 47  |
| 第四章 | 北美克拉通的前寒武系.....   | 72  |
| 第五章 | 亚洲劳亚古陆的前寒武系 ..... | 102 |
| 第六章 | 非洲克拉通 .....       | 111 |
| 第七章 | 印度克拉通 .....       | 143 |
| 第八章 | 澳大利亚克拉通 .....     | 158 |
| 第九章 | 南美和南极洲克拉通 .....   | 181 |
| 第十章 | 前寒武纪历史的问题 .....   | 202 |

# 第一章 地质记录

## 一、地球历史的要素

组成地壳的岩石是地球历史的主要资料。这些岩石的每一种特性(包括它们的成分、物理性质、分布及相互关系)都表明岩石的成因,而地质学家的作用在于根据这些现象建立解释地球历史的基础。地壳作为整体来说,从最古老的地质时期开始一直在变化着,而今天的构成,只有检验了有关地球过去演变的情况,才易于理解。在地质学思想中具有显著特点的地史研究,就成为理解地球科学的基础。

地质记录根据与地壳活动有关的不同类型可以分为四个主要部分。第一,具有与侵蚀和沉积作用有关的各个方面;这种相互配合的过程,在地表产生沉积岩层序。第二,具有火山活动的记录,熔融的岩浆释放于地表或地壳上部,由此产生各种岩浆岩类。第三,具有构造变形的记录,保存在强加于既存岩石的构造之中。最后,深成作用的记录。由形成于地壳深处的变质岩和花岗岩类提供。这些完全不同的地质过程并不是单独作用而成的。地球历史的记录,宛如一幅编织物,交织在它上面的每一股线,代表着地壳活动的不同种类。

在前一卷,我们比较详细的研究了岩石形成的地质作用过程,本卷我们将探讨在地壳历史记录中这些过程的相互作用。从历史的观点着手恢复有特殊关联的一些情况,并以此为开端观察超过 30 亿年地壳的发展历程。

## 二、地球历史的均变说

均变说或现实说的理论原则，主张“现在是理解过去的钥匙”并按照观察今天造成相似现象的作用来解释过去的地质现象。在这种形式中，均变说对研究地球表面的侵蚀、沉积和岩浆的喷出作用找到它的广泛的应用。而位于深处的岩浆岩、变质和构造过程，则很少适合于均变说的论证，对于这些问题均变说必须在多少不同的形式下来应用。

均变说解决沉积作用问题的途径，由于涉及到沉积环境、陆地和海洋的古地理面貌的研究，从而有可能解释沉积岩的岩相——它们的沉积构造，岩性的和古生物群特征的综合。在地球历史的研究中，沉积岩相的研究必然是显得特别重要。但是即使对于这些岩石，均变说的论证也必须审慎地加以应用。虽然地表作用的方式，在整个地史过程中曾经保持更多的一致性，但是它们的速率可能有所不同，它们作用的物质可能发生变化。例如，有这么一种说法，即沉积速率随着时间的推移而增加，这是以比较显生宙岩系已知最大厚度为基础提出的。而该岩系最大厚度则与相应的地质时期的持续间距成正比例。

关于物质变化的问题，涉及沉积速率与大气、海洋、地壳本身成分的变化。早期的大气被认为缺氧，它随着有机物的光合作用的结果而大大增加。这也可能相当程度的影响风化作用和成岩作用的过程，这些过程在今天是经常含有氧化作用的。主要来自地表岩石风化的海水中的盐类，原来具有较低的浓度，它一定会影响到当时的海相沉积和成岩作用。假如地壳和地幔本身在整个地质时期不断进化，则将涉及更多的重要因素。因为岩浆岩的主要成分，也就是源岩的主要成分暴露侵蚀，于是遭受逐渐的变化。最后，有机物质的演化，已经能在地表产生不可逆转的变化。因此沿着严格

的均变说的途径,就会出现难以解释某些古老的沉积作用的情况。

当我们转而考虑位于地下深处的地质事件的历史时,则会出现相当不同的问题。地下深处进行的构造、岩浆和变质作用过程,难以直接观察,只能使用地球物理方法。可以做到的最佳方法,就是运用最近地质时期上述地质过程所生成的岩石作为根据,与远古时期所生成的岩石相对比。正如所预期的,这种研究途径揭露最近时期的变质岩、混合岩和花岗岩,可与古老的结晶岩地带的实例,在构造细节上、结构和矿物组合等各方面相适合。这种相似性表明,在地壳内温度和压力可能达到的范围并没有显著的变化,或者说改变地壳环境的岩石的物理、化学反应没有显著的改变。

经过几代主要的地质学者研究,一般把近期的阿尔卑斯褶皱带和较古老的海西及加里东褶皱带当作褶皱带的模式,并且按照阿尔卑斯的研究成果已经解释了更多的古老造山带。这种实地应用促进了这样一种趋势,即整理与深层造山活动相连接的各种不同的地质现象,迫使其成为一种简单模式。虽然可以确定至少远在 20 亿年前,即已存在被稳定地块分开的活动带体系,并且具有一定的合理性,但几乎没有地质学家愿意声称它们在各方面与显生宙的造山体系相似。构造型式表明在更早的地质时期( $> 25$  亿年),地壳具有更大的活动性。

地质记录的最古老岩石,在不同时期,曾经是非均变说提出的主题,这因为它们地球历史晚期不再重演的地质事件的产物。这种提出系集中在我们所了解的地质作用开始以前的原始地壳的残余部分的概念上。由于放射性年龄测定数字的增加,使我们有可能看到更加遥远的地质时代,那就需要排除其他一切因素,而只有测定的最古老岩石才能充当这种任务的目的层。因为证据是当代确立的,因此,显然只有 35 亿年以前的岩石才予以考虑。在此时期以前就具备某一特性并得以保留下来的岩石,其分布比较局限,同时有这样的可能,即某些岩石有独特的成因,但这不影响对大多数

前寒武纪地区岩类的阐述。

不过这里遗留着一个现实的可能性，即地壳和地幔可能已经受到单一方向的化学和构造的演化。只要地史学者将主要注意力放在显生宙的岩层上面，就很难查明长期变化的效果，因为显生宙的全部时间延续只略多于6亿年。随着早期地史的进一步研究，可望出现的新证据必将受到重视，因为这一新证据将是作为评价均变说的原则而加以考虑的。

### 三、地球历史的计时

鉴定彼此相关的地质事件的年龄，并尽可能以百万年计的地质年代表来表示，是说明地球历史的主要步骤。地质年代划分的典型方法是与断定沉积、岩浆活动和地壳变动的幕的年龄相互关联的。放射性或同位素地质年龄测定的方法，就是按照数字的地质年代表以确定地质幕。这些方法所用的“时钟”是由包含在岩石或矿物中的放射性元素的蜕变提供的。测定地质幕年龄的第三种方法，是使这些地质幕与地质时期的地磁场的倒转的历史联系起来决定的。

**放射性年龄测定** 测定岩石年龄的放射性或同位素方法，在发现放射性不久就开始试用，第二次世界大战以后即进入普遍的使用时期，现在已经作为标准的程序建立起来了。特别是为研究地质记录最初的六分之五的时间，在那时依靠化石来确定地质年代是不大可行的。

放射性同位素的衰变在恒定的速率下进行，因此在任何矿物和岩石中，母体同位素对于由放射产生的同位素的比例，一般来说应该与年龄成正比，矿物的年龄愈老，所含的衰变产物的比例亦愈高。由最初的原子数目衰减至一半所经历的时间，叫做半衰期。利用母体元素的半衰期，可以用来确定用作年龄测定的元素的蜕

变时间间隔。衰变常数是一个指定的原子数的分数，该原子在规定的时间内进行衰变。使用于测定年龄的主要的放射性同位素有  $^{235}\text{铀}$ 、 $^{232}\text{钍}$ 、 $^{203}\text{铝}$ 、 $^{207}\text{铅}$ 、 $^{40}\text{钾}$ 、 $^{87}\text{铷}$ 、 $^{14}\text{碳}$ (表1-1)。

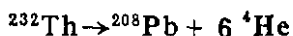
放射性年龄测定的解释，在很大程度上决定于对所鉴定年代的矿物、岩石的历史的理解。举一个明显的例子来说，砂岩中的碎屑状锆石和自生的海绿石将产生完全不同的地质事件的年龄。变质岩浆岩体中的矿物可以产生与侵入期和(或)变质期有关的年龄影响。更加混乱的是，它们可以产生介于两个重要幕间的中间视年龄。在高温之下形成的岩浆岩和变质岩之中，放射性“时钟”(the radiometric 'clock')并不是在结晶的瞬间形成的，而是在岩石或矿物开始作为封闭系统的阶段上发生的。在迅速冷却的岩浆岩体中，介于固结和放射性时钟发生的时间间隔可以完全略去。但在位于深处的变质杂岩，在结晶作用停止以后，温度可以保留在放射性时钟开始的几千万年甚至几亿年范围以上。因此从许多位于深处的变质岩取得的视年龄，代表因上升或侵蚀的冷却阶段而不是活动的变质作用的阶段。

由于同位素年龄测定的方法取决于放射性和由放射性生成的同位素的比率的计算，其结果可能被促使一种或全部同位素从岩石系统中迁移的地质事件所改变。氦和氩自然而然的易于漂移。因此牵涉到这些气体的技术可能取得不正常的结果。更为普通的是，主矿物的格子构造和粒子大小以及主岩(host-rock)的结构可能影响同位素的流动。促进迁移的地质事件包括构造变动、温度升高和热液活动等。在断层附近的岩石常常取得不正常的视年龄。不足以造成变质再结晶作用的‘热事件’，就可能驱散放射性产生的同位素。由于这种干扰的结果，采用不同技术或由于鉴定个别矿物的年龄和从一个简单的地质单位来的全岩样品所取得的视年龄的模式，有可能延续相当长的时间范围。

**地球磁场倒转的时间的确定** 地球磁场的倒转，至少在最近

表 1-1 年龄测定的放射性方法

1. 铀-钍法

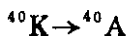


用于测定含铀矿和含有微量铀矿或钍如锆石和独居石的年龄。锆石的年龄常可看作是岩石生成的年龄，因为锆石对变化是有抵抗力的。谐和法是建立在一群有关的样品中，决定同位素的比率的方法，它可以给建造以可靠的年龄。

2. 普通铅法

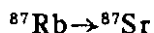
应用方铅矿可以测定铅从含铀和钍的来源处分离的时间，当然也可以给出比方铅矿侵位时间老得多的年龄，可以把含有铅的整个岩石作为痕迹元素。

3. 钾-氩法(K-Ar)



适用于多方面的测定方法，可以应用于岩浆岩、变质岩以及含海绿石、伊利石等的沉积物。钾长石和云母提供合适的材料，低钾的矿物和全岩也可以通过这种方法测定年龄。因晚期的热事件失掉氩可以产生低视年龄：在一定的矿物中，由于过剩的氩的累积而产生不正常的高年龄。采用特殊技术可以得到鉴定几个事件的“年龄光谱”。

4. 铷-锶法(Rb-Sr)



适用于多方面的测定方法，因为铷是一个广泛分布在碱性长石和云母中的痕迹元素。等时线法主要是依靠一些起源上有关的岩石和矿物中 $^{87}\text{Rb}$ ： $^{86}\text{Sr}$ 和 $^{87}\text{Sr}$ ： $^{86}\text{Sr}$ 的比率的测定，它可以指示具有复杂历史的岩浆岩的形成时间。

5. 放射性碳法



用于鉴定年轻的有机物质的年龄的方法，对考古学有特殊价值。因放射性碳的半衰期短(5570年)，这种方法只能用于年龄在10万年以内的物质。

的地质历史时期曾经反复地发生过。地磁倒转的相隔时间，象其它周期性发生的事情一样，可以被用作时标，可对照时标来推断地质历史幕。地磁倒转的这种结构已经证明，在确立大洋盆地的地壳历史上具有关键性的重要意义。

只有极少数例外，含镁铁物质的岩浆岩和含镁铁碎屑颗粒或胶结物质的沉积物，在形成时按地磁场的方向发生磁化。系统的调查已经指明，在一定的地质时间间隔形成的岩石具有一致的反向的磁化作用，而在中间的时期形成的岩石，为正向磁化。分析显

生宙岩石大体上有一半是正向磁化，而另一半是反向的。尽管了解的事例很少，就这些事例而言，似乎反向是受有关岩石的地球化学性质和矿物学性质所支配的。地球磁场的周期的倒转似乎是无疑问的 (Bulland, 1968)。

地磁倒转的识别和年龄测定，即使在显生宙也并未完结。到目前为止，最可靠的结果是从少于 4 百万年的熔岩取得的，它可以

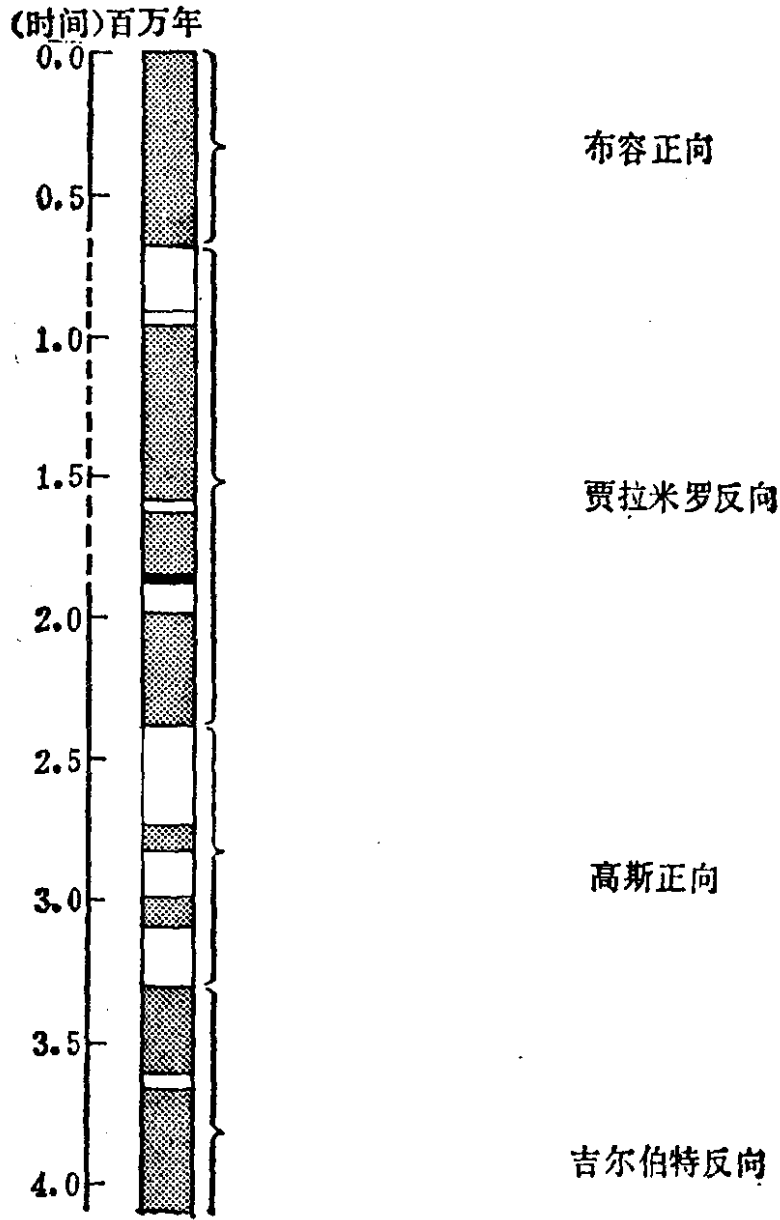


图 1-1 从火山岩类得到的地磁倒转顺序，与按钾-氩法测定这些岩类的年龄所确立的地质时间比例作对比(据 Doell 等, 1966)



在有利的环境下,用钾-氩法测定约10万年以内的年龄。实际上,所有现代的和更新世的岩石是正向磁化的,并且可以确定正向磁化的最近时期的界线。回溯过去,已经判明在4百万年里有四个大的正向和反向磁化的交替时期,每一次都被几个短的反向所干扰(图1-1)。在整个第三纪,通过地磁倒转确定有70个大的时期。第三纪连同前第三纪时期倒转的时间间隔似乎波动得很大,例如在二迭纪的5500万年形成的岩石已被证明几乎完全是倒转的。

#### 四、地层记录的划分

**隐生宙与显生宙** 最初六分之五时间的地质历史记录在几乎不含有化石、并常常遭受构造变动或变质作用或两者的影响都有的岩石中。仅仅最后的6亿年具有足够的化石记录,供作地层对比的根据。虽然这种明显的差别对地壳历史本身来说不是什么根本的重要问题,但却严重地影响了地质学者对地壳历史的理解。因此,为了方便起见,从最初广泛出现化石的位置来划分,即以*Olenellus*或古杯属*Archaeocyathus*动物群为特征的下寒武系沉积的下部开始划分开。我们所采用的两个‘宙’就是这样区分的,名称是由查德威克(Chadwick)提出的:

2 显生宙(生命发展明显)=寒武纪及其以后

1 隐生宙(生命发展不明显)=前寒武纪

这些名词只在两个对比的记录需要表现其相反意义时使用,一般对隐生宙形成的岩层使用更加常见的名词前寒武系。

**地层柱** 显生宙的沉积岩层系排列在连续的地层柱上时,老地层在底部新地层在顶部,按照长期的惯例,为地层学者和古生物学者提供有用的资料。可是前寒武纪的沉积岩的层系还没有完全建立起来,前寒武纪地层柱的编制仍然是今后的任务。

理想的地层柱提供一幅连续沉积的历史。但是正象研究人类