

# 地球动力学原理

[加] 阿德里安·夏德格 著

科学出版社

# 地球动力学原理

[加] 阿德里安·夏德格 著

谢鸣谦 谢鸣一 译校

科学出版社

1977

## 内 容 简 介

地球动力学是建立在大量的野外实地观察和测绘制图资料以及室内模拟实验基础上的一门高度推理的学科。作者在本书中不满足于地壳形态变化的定性描述和推论,而试图运用数学力学的方法来论证已有的有关理论和假说,以阐明自己的观点。全书共分八章:前两章综述地质、地球物理和地球化学资料;第三章专讲变形的力学;第四章讨论地球转动的效果;第五章以大陆为重点论述了大陆和大洋的形成;第六章是造山作用原理和有关假说;第七章分析了构造断裂和褶皱的动力学问题;最后一章专门探讨了某些特殊构造形态(如陨石坑、香肠状构造等等)的动力学问题。

Adrian E. Scheidegger

PRINCIPLES OF GEODYNAMICS

Springer-Verlag, 1963, 2nd Ed.

## 地 球 动 力 学 原 理

[加] 阿德里安·夏德格 著  
谢鸣谦、谢鸣一 译校

\*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1977年1月第一版 开本:787×1092 1/16

1977年1月第一次印刷 印张:16

印数:0001—9,850 字数:359,000

统一书号:13031·516

本社书号:758·13—14

定价: 1.65 元

## 译 者 的 话

地球动力学的基本任务是研究地壳的运动变化及其力学机制,从而探索地球的历史。

地壳的形变作用及地壳运动的起源问题,长期以来一直为地质学和地球物理学所关注。过去,人们在充分观察和认识地壳的结构及其形变特征的基础上,结合地球物理探测资料,对此问题的研究已经取得了相当大的进展。在这一重要的方面,我们高兴地看到,我国倡导的地质力学工作已取得卓著成效。同时,我们知道,对地壳形变的过程、成因,特别是对地壳运动的方式、方向作出动力学的、最本质的揭露,还是很不够的,还有待我们持续地努力工作。从试图探索解决这一系列问题的理论基础来看,阿德里安·夏德格(Adrian E. Scheidegger)的《地球动力学原理》(Principles of Geodynamics)有其一定的参考价值。

本书大体上分四大部分,即地球的形态结构及内部组成(第一、二章);变形力学原理(第三章);地球形成的机制(第四、五、六章);地壳形变的动力学分析(第七、八章)。

在有关地球的形态结构及内部组成的阐述中,作者对大陆区和大洋区的地表特征及其结构构造的描述简明,论据充分。由于他分析了各种地球物理和地球化学资料,故对地球内部的组成、热学性质及其它物理、化学条件等提出了自己的看法。

作者以数学力学形式,在对弹性、塑性理论、流体力学、粘滞流体力学等作介绍的基础上,阐明了地壳物质的流变性,特别是从流变方程的时间因素(应力持续时间)来区分不同的应力性质及其应变型式,从而为地球动力学的探讨提供了必要的力学基础。

书中较扼要地论述了地球旋转的地质效应。从地球的势力场出发,研究了地球的质点系动力学特征,从而提出了离极力、向极运动和极移的概念,进一步估价了潮汐力、环流效应、科里奥利力的作用。作者对大陆漂移说尽管是从古气候、古地磁、古生物以及现有大陆块的几何配置来考虑,但他非常重视寻求漂移的力学机制问题。特别是把大陆漂移说与壳下对流的设想联系起来,这就更增加了说服力。在收缩理论中,为了表示冷却、收缩、上冲断裂等之间的量的关系,曾进行了特殊的计算,作出了定量的概括。另外,在对流说中,根据热传导和一般流体力学条件推得对流的封闭系统型式及其对流的旋转速度,从而计算出由此而来的粘滞牵引所产生的应力,并以此来解释大陆和大洋的分布及大陆边缘的挠曲形成等,看来不是没有考虑价值的。

本书在分析地壳的各种永久形变的动力学过程中,不拘泥于弹性形变和塑性形变理论,而以流变运动学和流变动力学的认识来建立褶曲的流变状态方程。对断裂的阐述,部分地是从地震震源的机制,即从震源错动基本类型的模式的研究来认识断裂的空间分布、断裂的滑移性质以及断裂形成的应力分布等问题,也是有参考意义的。

本书不足之处,我们认为,主要是对地球动力学的分析未能更好地(虽然已有了一些)结合地壳已有的大地构造配置体系来考虑,未能很好地把地壳上各种构造行迹的组合分布规律和地球动力学联系起来,从而妨碍了更全面、更系统地从大地构造发展规律来历史地分析地球动力来源问题。其它,如对于断裂面空间位置的确定、大西洋中脊裂谷的描述

(译文已作更正)以及序言中某些问题的提法也都有欠妥之处。

遵照毛主席关于“洋为中用”的教导,翻译这本书,希望在探索地壳形变作用和机制以及地壳运动的驱动问题上,能够帮助读者开阔思路。限于翻译工作水平,错漏一定还存在不少,均希读者批评指正。

译者

1973.12.北京

## 序 言

地球动力学是一门古老的科学,大部分基本理论原则上在十九世纪就已经孕育形成,以后并没有增加多少基本概念。某些进展是在探索这些概念时取得的,而在某些情况下,是在有关地球的某些重要事实测定中取得的。尽管如此,约百年来,地球动力学曾经是一门高度推理的学科,而且在今后的百年间,似乎也不可能改变这种状况。在这期间,也未必能增加许多新的基本概念。其原因在于得到关于地球力学的可靠的有关数据是极其困难的,部分是因为不可能用直接的手段探查地球的深部,部分是由于事件发生的时间间隔都有数百万年的数量级。对于一个人来说,要等待以及用这样的时间进行实验是太长了。

因此,地球动力学的状况非常近似于古希腊哲学家对于可能的物质原子结构的猜想:即在当时要肯定或者否定这个假说都简直是毫无希望的。其后历史发展证明,这个问题能够解决以前,确实需要两千年的技术发展。地球动力学现在与两千年以前的物质的物理学处于很相同的地位:人们能想到的基本观点全都考虑到了,但是,在很长的未来似乎没有机会能解决这些基本问题。

因此,按照目前已有的事实,对现有的概念进行一个估价,时机似已成熟。这个估价,不顾早先对这个课题的认识,就不能完成。现有的一切书籍、专著和论文(这是大量的)都是为了发展某一或另外的假说作为“真实的”假说而写的。结果这就导致了非常渴望的想法,导致了无意中忽略不中意的事实,并导致了曲解其他事实去顺应预想的概念。作者承认他曾犯有同样的错误:陷入了一般倾向和形式的地球动力学推论。只是在仔细考虑和感到失望之后,他似乎成了一个对该学科的“不可知论者”。然而,他确信,任何真正的进展,只能在如果一个人一开始就带着这种想法的话,才能预期到。否则,就要在概念上兜圈子,不必要地浪费太多的精力,而这些概念在可预见到的将来没有现实的希望得到“证明”。

因此,本书代表作者关于地球动力学的原理的意见和观点。它不是一个广泛的文献综述,而是每一个——一般是很古老的——基本上可能的假说的最充分陈述的一个编辑。许多材料是从作者自己早先力求“证明”一个或另外的一些观点(在那时作者倾向于相信的观点)的努力中获得,而有些材料是取自其他地球物理工作者的类似的努力。作者曾特别着重摘取了他的早先发表在加拿大《物理学杂志》、《美国地球物理学会会报》、《理论地球物理及应用地球物理》、《阿尔伯特石油地质科学杂志》、《新科学家》、《地质学杂志》(芝加哥大学出版社)、《加拿大石油及天然气工业》以及《美国地质学会志》上面的论文。

本书的前两章对已知的有关地球的物理事实给予简要的综述。第三章对连续介质的变形理论的原理作了综合,这种理论是地球动力学的力学基础,而其余各章叙述本学科的一个概略见解,这和人们提供一个世界的哲学的概略见解的方式一样,并不偏袒这一个或另外一个。

本版已是第二版;在这一版中,已作了许多修改。当然,作者由于接受了地球科学

中所提出的定量的方法而非常高兴。在本书的第一版和第二版期间,作者写了《理论地貌学》。并且希望这两本书一起构成一个对理论的定量地质学的合理而系统的阐述。

阿德里安·夏德格

1962年11月3日于

美国伊利瑯州厄本纳

# 目 录

译者的话 .....	i
序言 .....	iii
<b>第一章 论地球形态和地质资料 .....</b>	<b>1</b>
一、引言 .....	1
二、地质的演化 .....	2
1. 基本岩石类型 .....	2
2. 地质年表 .....	2
3. 古气候资料 .....	5
三、大陆和大洋的地理分布 .....	7
1. 几何上的安排 .....	7
2. 测高曲线 .....	10
3. 大陆和大洋的比较 .....	11
四、大陆区的形态 .....	11
1. 一般特征 .....	11
2. 山脉 .....	12
3. 山系 .....	14
4. 大陆架 .....	17
5. 造山作用的不同观点 .....	17
五、大洋区的形态 .....	19
1. 概述 .....	19
2. 深海平原 .....	19
3. 中洋脊 .....	20
4. 海盆中较小范围的地势 .....	21
六、断层和褶曲的形态 .....	22
1. 断层 .....	22
2. 褶曲 .....	23
3. 断层和褶曲格式 .....	24
七、某些特殊的构造形态 .....	24
1. 陨石坑 .....	24
2. 香肠状构造 .....	25
3. 底辟 .....	26
4. 火山 .....	26
5. 垂直位移 .....	28
<b>第二章 论地球的地球物理资料 .....</b>	<b>31</b>
一、地球的成层性 .....	31
1. 地震和地震波 .....	31



2. 地球成层的基本划分	31
3. 地壳的研究	33
4. 地球内部	34
二、震源的研究	37
1. 概述	37
2. 地震性	39
3. 震级	39
4. 断层面	42
三、重力资料	47
1. 重力和重力异常	47
2. 重力异常的分布	48
四、地下应力	49
1. 概述	49
2. 直接测量	50
3. 在矿井中的表现	51
4. 地下应力在矿坑中的表现	53
5. 地表问题	54
6. 地震学上的关系	54
7. 地质的表现	55
8. 应力和大规模的构造运动	57
五、地质年龄测定资料	58
1. 原理	58
2. 扩充了的地质年表	58
六、地热资料	61
1. 地表热流测量	61
2. 地球内部的温度	62
3. 地球的热演化	63
七、电磁效应	64
1. 地球的磁场	64
2. 古地磁	65
3. 磁异常	66
4. 地电	66
八、地球化学资料	67
1. 地球内部的地球化学	67
2. 地壳的地球化学	67
<b>第三章 变形的力学</b>	<b>69</b>
一、流变体中的有限应变	69
1. 变形物理学	69
2. 有限应变理论的结构	69
3. 动力学的可能方案	74
4. 附加的应力和应变	74
5. 构造变形中的有限应变	75

二、弹性和塑性 .....	76
1. 微弹性理论 .....	76
2. 断错 .....	80
3. 塑性 .....	81
三、粘滞流体的流体动力学 .....	83
1. 流体运动学 .....	83
2. 粘滞流体动力学 .....	84
3. 粘滞流体的热流体动力学 .....	85
四、流变的其他类型 .....	86
1. 原理 .....	86
2. 麦克斯韦流体 .....	86
3. 开尔文固体 .....	87
4. 一般流变的热对流 .....	88
五、不连续位移 .....	89
1. 破裂的物理学 .....	89
2. 现象学理论 .....	89
3. 微观理论 .....	92
4. 分析的试图 .....	95
六、地球的流变学：地球动力学的基本问题 .....	95
1. 一般考虑 .....	95
2. 短期应力 .....	96
3. 中期应力 .....	98
4. 长期应力 .....	101
5. 小结 .....	103
<b>第四章 地球转动的效果 .....</b>	<b>105</b>
一、地球的形状 .....	105
1. 地球的椭圆率 .....	105
2. 地球的平衡形状理论 .....	106
二、离极力 .....	107
1. 离极力的概念 .....	107
2. 厄特尔的理论 .....	108
3. 评论 .....	110
三、地球旋转轴的稳定性问题 .....	111
1. 问题 .....	111
2. 关于刚性地球上环流的效应 .....	111
3. 一个屈服地球中的极移 .....	112
四、地球转动的其他效果 .....	116
1. 潮汐力 .....	116
2. 科里奥利力 .....	117
<b>第五章 大陆和大洋 .....</b>	<b>118</b>
一、地球的最初历史 .....	118

1. 大陆和大洋的问题·····	118
2. 地球的起源·····	118
3. 地球的早期热史·····	119
4. 月球的产生·····	121
二、原始大陆的演化与生长·····	122
1. 劳亚(古陆)和冈瓦纳(古陆)的假说·····	122
2. 大陆漂移的概念·····	122
3. 大陆的扩展·····	123
4. 大陆的火山生长论·····	123
5. 陨石撞击假说·····	124
三、原始对流·····	124
1. 由对流而形成的大陆·····	124
2. 对流的物理状况·····	125
3. 分析理论·····	127
4. 现代对流的可能性·····	130
四、四面体收缩·····	130
1. 原理·····	130
2. 评论·····	131
五、由膨胀形成的大陆·····	131
1. 一般原理·····	131
2. 热学理论·····	132
3. 化学理论·····	134
4. 宇宙学的推测·····	134
六、对大陆和大洋学说的评价·····	134
<b>第六章 造山作用·····</b>	<b>135</b>
<b>一、基本原理·····</b>	<b>135</b>
1. 概述·····	135
2. 卷入造山作用的体积·····	135
3. 地壳缩短的假说·····	136
4. 岩浆活动造成大洋地势的可能性·····	139
5. 地槽·····	140
<b>二、收缩说·····</b>	<b>141</b>
1. 原理·····	141
2. 无应变面的存在·····	144
3. 地壳厚度与山的形成·有效收缩·····	146
4. 岛弧的连接·····	148
5. 扩张因数·····	151
6. 与地震资料的符合性·····	152
7. 与大洋地势的符合性·····	152
<b>三、大陆漂移说·····</b>	<b>152</b>
1. 原理·····	152
2. 扩张因数·横断裂·····	155

3. 漂移力的来源.....	155
<b>四、造山作用的对流假说 .....</b>	<b>157</b>
1. 一般原理.....	157
2. 稳恒状态的对流.....	158
3. 间歇性对流.....	160
4. 旋流囊理论.....	162
5. 旋转场.....	163
<b>五、带状旋转假说 .....</b>	<b>164</b>
1. 原理.....	164
2. 大西洋的形成.....	164
3. 带状旋转的持久性.....	165
<b>六、波动说 .....</b>	<b>166</b>
1. 原理.....	166
2. 波动说中的力.....	167
3. 重力构造.....	171
4. 多马斯的二次造山作用.....	172
5. 蛇纹岩化作用.....	174
6. 对波动说的评价.....	174
<b>七、造山作用的膨胀假说 .....</b>	<b>174</b>
1. 原理概述.....	174
2. 马钦斯基的地壳弯曲说.....	175
3. 岩石变质作用引起的膨胀.....	175
<b>八、造山作用和极移 .....</b>	<b>176</b>
1. 问题.....	176
2. 一般理论.....	177
3. 弹性模型.....	179
4. 一个柔弱地球的模式.....	180
5. 极移的构造意义.....	183
<b>九、结论 .....</b>	<b>185</b>
1. 概述.....	185
2. 造山运动和地球的旋转.....	185
3. 宇宙的推测.....	186
4. 对造山作用学说的评价.....	186
<b>第七章 断裂和褶皱动力学 .....</b>	<b>188</b>
<b>一、断裂动力学 .....</b>	<b>188</b>
1. 原理.....	188
2. 安德逊学说.....	188
3. 解析理论.....	190
4. 孔隙压力的作用.....	191
5. 节理.....	191
<b>二、地震理论 .....</b>	<b>191</b>
1. 地震理论的必要条件.....	191

2. 应力引起的机制·····	192
3. 震源模型·····	193
4. 地震断层的摩擦力·····	196
5. 地震破裂理论·····	197
三、褶皱的分析理论·····	199
1. 褶皱问题·····	199
2. 地壳弯曲·····	199
3. 假定的无限可曲性地层的理论·····	200
4. 普通流变学·····	202
四、断层和褶曲的模拟实验·····	202
1. 标度模型理论·····	202
2. 断层·····	203
3. 褶曲·····	203
五、断层及褶曲体系的理论·····	204
1. 问题·····	204
2. 破裂体系·····	204
3. 地壳弯曲造成的褶皱系·····	205
4. 塑性褶皱·····	207
5. 普通流变学·····	207
6. 裂谷体系·····	208
六、对断层和褶曲学说的评价·····	208
<b>第八章 某些特殊构造的动力学·····</b>	<b>209</b>
一、陨石的效果·····	209
1. 物理原理·····	209
2. 各种坑穴的比较·····	209
3. 形成陨石坑的液滴模型·····	211
4. 与爆炸坑比拟·····	213
5. 玻陨石·····	213
二、香肠状构造·····	214
1. 实验的探讨·····	214
2. 理论的探讨·····	214
3. 构造透镜体·····	215
三、穹丘·····	216
1. 穹丘理论的原理·····	216
2. 解析性的尝试·····	216
3. 穹丘的模型研究·····	217
四、火山作用·····	218
1. 火山的形状·····	218
2. 火山的热量与造山作用·····	218
3. 机制·····	219
4. 热流和岩浆侵入·····	220
五、冰期后的上升·····	221

1. 概述.....	221
2. 哈斯克尔理论.....	221
3. 冰期后的上升的开尔文效应解释.....	224
六、结论 .....	225
<b>参考文献</b> .....	226

# 第一章 论地球形态和地质资料

## 一、引言

地球动力学这门科学以解释可能由一些内（内在的）力所造成的现今地表构造为目的。大地测量学、地质学和地球物理学已积累了有关地球的丰富资料。既然地球是一个物理客体，那末，现今地球的形态若不是十分确凿的物理作用所造成，则很难理解。由于普遍适用的物理学定律是现代科学的最根本的定理之一，因此地表形态所能发生的种种变化，必须严格符合这些定律。

地球是太阳系的一部分，而太阳系又是宇宙的一部分。所以，地表的地势特征归根结底还是由宇宙的发展方式所决定。在地表的某处是否存在有山脉，最终是取决于宇宙是如何产生的。但是很显然，地表的山脉在整个宇宙中还是极其渺小的。因此，山脉形成过程的确立，并不是与整个宇宙有着极为密切的关系，不过它应当足以去解释地表的地势特征，这才是合乎情理的。这些过程与宇宙发展的某些联系，正好在说明实际上只有一个统一的自然界方面是一个较好的例证。

地球动力学本身是局限于对地壳的研究。由于整个自然界的统一性，所以对地壳上面和下面的情况，即从宇宙中或地球内部所得的情况偶尔也要进行论证。不过，要是为搞清地壳力学需要的话，那我们只好致力于转向这方面的研究。

研究地球动力学的一个严重障碍是与这种情况有关：即要以定量的语言去概括地质资料是极其困难的。而传统的物理定律是最易适用于能用数字表明的那种现象。另一方面，在习惯上，地质学一直是一门描述性的科学，一般推理很难用数字来概括。为此，本书的许多篇幅，是致力于这种困难方面的讨论，致力于从丰富的地文资料中去概括出数字或简单的几何形状的工作。

支配地壳发展的主要物理作用，还未能确切地了解。因此，试验各种理论并把各种理论的成果与有关可能观察到的现象对照，这就是解决这一问题的途径。有时，为了把一个特殊假设追究到其最终结果，特别是，如果必须论证连续介质变形的力学时，就需要大量的数学知识。故期望读者能熟悉微积分学的运算，并且在某些章节中，也还要精通张量的运算。不管怎样，为了使本书在这方面健全起来，作者已致力于充分详细地提供一切所需要的物理基础。总的来说，作者企图按下述情况来介绍资料：即使对特殊论题感兴趣的读者，他若要前后参照时，就可以寻找出有关该论题的相应章节，研究并掌握它。这就会作到无需翻阅前面所论述的所有论题就可以弄懂它。有些理论现只达到了描述性的阶段，这就可以全然不顾任何数理的分析而搞清楚。

虽然关于地球动力学方面的书（一部分书名已列在后面参考文献中）<sup>[1-15]</sup>并不少，但大多数是处理专门物理学<sup>[1-6]</sup>和专门地质学<sup>[7-15]</sup>方面的问题，而似乎没有想去对整个问题给以广泛性综合考虑。因此作者希望本书对于地球动力学的任一方面均感兴趣的所有这类读者来说，会成为一本有参考价值的著作。

## 二、地质的演化

### 1. 基本岩石类型

地球动力学的研究必须是由野外调查所建立的关于地球的某些基本观察事实的评论来开始的。这种事实的搜集和分类,即地球科学的分类学部分,主要是属于地质学的范畴。通过地质学家们世代代的不断努力,已经弄清了关于世界许多地区的岩石组成的大量事实。对于这些事实的详细描述,读者可翻阅任何一本现有的关于物理地质学的优秀著作;本书则从简。

岩石的状态是由岩石的地质经历所造成。不过,对于极为丰富的岩石类型,是能够进行明确分类的。沉积岩和火成岩是两种主要岩石类型。沉积岩能够划分出大致可辨识的平行层理,而在火成岩中则没有这种构造。

在火成岩中,我们见到了可以认为是当火山活动时由地球深处喷溢的熔岩。火成岩的其他类型,诸如花岗岩和花岗闪长岩,有一个时期被认为是与熔岩有相似的经历<sup>[6]</sup>,其不同点是这类岩石冷却的过程有一个更长的持续时间,而且在很深处发生。因此,对于在山脉的内部所发现的这种花岗岩块体称为“岩基”[“batholiths”,源自希腊语 βαθολιθ (深)和 λιθος (石头)而得]。但是,目前的观点倾向于认为岩基是在原地经过所谓变质作用而形成<sup>[7]</sup>。就岩基的情况来说,这种作用必须是非常完全的,因为,为了赋予它们以火成岩的外貌,这种作用就必定包含着对该岩石的熔融。而在其他的变质岩中,这种作用的完全程度就差多了。

地表的岩石,因风和水的作用而经常不断地遭到磨蚀。在大气影响下的地表所造成的岩石碎屑被河流携带到大面积水域而堆积下来。堆积的这种碎屑,经过进一步的固结,就形成了上面所提到的沉积岩。这种堆积作用的本身就被称做沉积。根据沉积岩生成的方式,而使其具有“成层性”。相应的层状类型,往往在世界各地都可找到。

由此,人们得出了岩石发育的旋回:沉积岩会逐渐变质的,甚至可能被完全熔融直到它们具有火成岩的形态。接着磨蚀作用开始了,岩石碎屑被堆积在某些地区,而终于形成新的沉积岩。

一般认为,地球在起初是一个炽热的熔融体(关于这一点的更为详细地讨论,可看第五章第一节)。果真如此,则所有的“初始”的岩石,都必然是火成岩。但是,这种“初始”的岩石不可能被发现。很明显,甚至已了解到的最古老的火成岩,也都不是“初始”的岩石,而是显现出由很早的沉积岩变质的痕迹[参阅霍姆斯(Holmes, A.)<sup>[7]</sup>所述]。所以,岩石(除了熔岩)发育的开始情况还是不清楚的。

### 2. 地质年表

由岩石碎屑的堆积而形成沉积岩的这一事实,提供了确定岩石年代(至少是岩石彼此的相对年代)的一个有效方法。在沉积过程中,不可避免的把一些活的和死的有机物埋入其中,嗣后,便形成化石。这样,就不仅能够对已发现化石的地层得到一个年代的概念,而且也能得到一个生物发展的图景。这种记时方法的缺点,自然是被局限在从能保存着生物遗迹的时间起到现今为止的这一段时期内。所以,传统的地质年表是从发现最早的化



石的那个地层时代开始的。

已有人详细阐述过对于建立地质年表的方法,例如希尔森曼 (Hiersemann, L.)<sup>[18]</sup> 和赫德伯格 (Hedberg, H. H.)<sup>[19]</sup>。一个近期建立的传统年表已列在表 1 中。此表所列的绝对年龄,是根据朗韦尔 (Longwell, C. R.)<sup>[20]</sup> 利用所有最新的已知方法包括放射性年龄测定在内的方法(见第五节)所得出的。

表 1 传统的地质年表 (据朗韦尔)

代	系和纪	统和世	阶和期		绝对地质年龄
			北美	欧洲	
新          代	第四系(纪)	近代			(持续年代)大致 10,000 年以来
		更新统(世)	在冰川作用区内 (字下面带点的表示冰期)		
	威斯康星期 散加芒期 伊里诺期 雅默斯期 堪萨期 阿夫顿期 内布拉斯加期		武木期 武木—里斯期 里斯期 里斯—民德期 民德期 民德—贡兹期 贡兹期	10000± 到 >35000 年 以前	
	第三系(纪)	上新统(世)	(大西洋及墨西哥海岸) 上部	(欧洲) 阿斯蒂阶	(百万年以前)
		中新统(世)	下部	普莱桑查阶	21
			上部	萨赫利阶 蓬蒂阶 萨尔马蒂阶	
			中部	托尔顿阶 海尔微阶	
			下部	波尔多阶 阿启塔阶	
		渐新统(世)	上部 中部 下部	查蒂阶 鲁佩利阶 通格里阶	39
		始新统(世)	艳克森阶	勒丁阶 巴顿阶	
克莱本阶			阿弗尔赛阶 卢特蒂阶		
威尔科克斯阶	库赛阶 伊普里赛阶				
古新统(世)	米德韦阶	赛恩蒂阶 蒙蒂阶	60		