



“十二五”国家重点图书出版规划项目
陕西出版集团资助项目



总主编 徐冠华 郑 度
陆大道 管华涛
主 编 杨守仁 李凤棠 张 臣

中国地学通鉴

地 质 卷 (上)



陕西师范大学出版总社



“十二五”国家重点图书出版规划项目
陕西出版资金资助项目

中国地学通鉴

地质卷(上)

主 编 杨守仁 李凤棠 张 臣

陕西师范大学出版总社

图书代号:ZZ18N1623

图书在版编目(CIP)数据

中国地学通鉴.地质卷 / 徐冠华等主编;杨守仁,李凤棠,张臣分册主编. —西安:陕西师范大学出版社有限公司,2018.6

ISBN 978-7-5613-8349-0

I. ①中… II. ①徐… ②杨… ③李… ④张…
III. ①地理学—研究—中国 ②地质学—研究—中国
IV. ①K90 ②P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 029881 号

中国地学通鉴·地质卷

ZHONGGUO DIXUE TONGJIAN DIZHI JUAN

主编:杨守仁 李凤棠 张 臣

出版统筹	刘东风
项目策划	郎根栋 卢文石
责任编辑	郎根栋
责任校对	卢文石 郎根栋
封面设计	龚心宇
出版发行	陕西师范大学出版社 (西安市长安南路 199 号 邮编:710062)
网 址	http://www.sunpg.com
印 刷	陕西金德佳印务有限公司
开 本	850mm × 1194mm 1/16
印 张	63.5
插 页	12
字 数	1500 千
版 次	2018 年 6 月第 1 版
印 次	2018 年 6 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5613-8349-0
定 价	480.00 元(全二册)

2亿多年前的海洋——海生脊椎动物



原始鳍龙——纤颌乌蒙龙
Wumengosaurus delicatmandibularis
Jiang et al., 2008c



盘县混鱼龙
Mixosaurus panxianensis



大凹子龙鱼
Saurichthys dawaziensis
Wu et al., 2009



意外楯齿龙 *Placodus inexpectatus* Jiang et al., 2008b



腕足



菊石



有孔虫



珊瑚



双壳



腹足动物



三叶虫



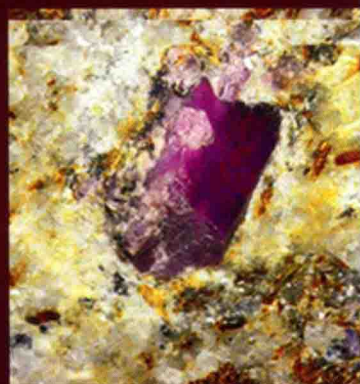
箭石



矿物——大自然的鬼斧神工



自然铜



红色刚玉



自然硫



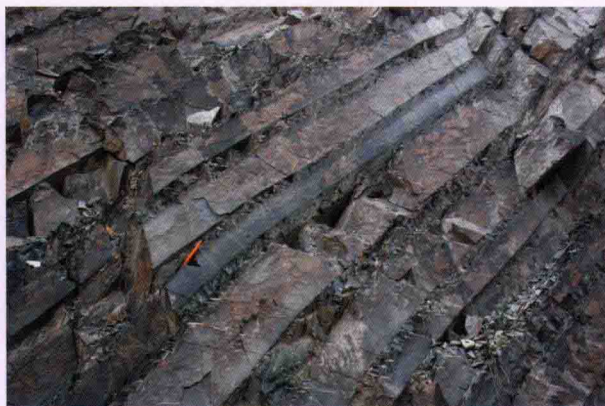
天河石



辉锑矿



祖母绿



祁连山志留纪复理石/宋述光 摄



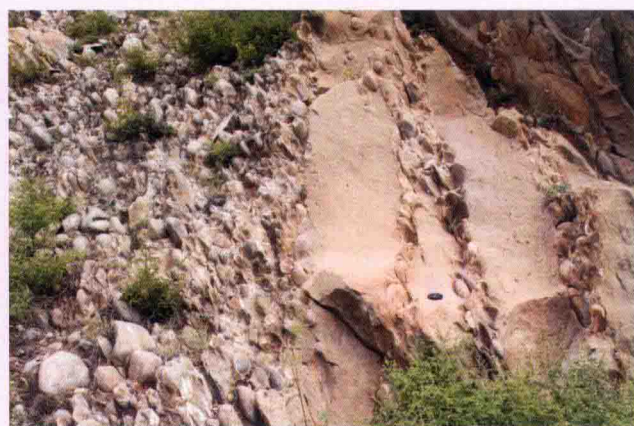
吉林集安群中石榴石花岗岩/魏春景 摄



西藏含钾长石眼球的混合岩/魏春景 摄



山西代县巨斑状石榴石直闪石岩/魏春景 摄



山西滹沱群四集庄组砂岩砾岩互层/魏春景 摄



祁连山蓝片岩的褶皱/宋述光 摄

(图片除署名外均由作者提供)

《中国地学通鉴》编委会

主 任 刘昌明

副 主 任 高经纬 刘东风

总 主 编 徐冠华 郑 度 陆大道 管华诗

编 委 (以姓氏笔画为序)

马林兵	王劲峰	王恩涌	方修琦	石 朋
卢文石	卢新卫	刘 康	刘东风	刘安国
刘昌明	齐清文	芮孝芳	李天杰	李凤棠
李家清	杨永春	杨守仁	杨胜天	杨景胜
吴启焰	吴晋峰	吴殿廷	吴德星	汪新庄
宋长青	张 臣	张 量	张安定	张远广
张治勋	张科利	陆大道	陈忠暖	罗 宏
岳冬菊	周尚意	郑 度	郑景云	郎根栋
孟 伟	封志明	赵 烨	赵 媛	郝志新
胡方荣	胡兆量	宫作民	姚 成	高经纬
索文清	党安荣	徐冠华	曹小曙	揭 毅
葛全胜	董玉祥	景才瑞	景高了	程顺有
傅伯杰	甄 峰	雷明德	蔡运龙	管华诗
樊 杰	颜廷真	薛东前		

《中国地学通鉴·地质卷》编委会

主	编	杨守仁	李凤棠	张 臣		
编	委	马学平	王仁民	王关玉	王仰之	叶发广
		白志强	李凤棠	李廷栋	刘本立	刘楚雄
		刘锡大	陈毓川	朱亮璞	张 臣	张秀莲
		张英军	杨守仁	邳 惇	夏正楷	徐振邦
		崔之久	梁海华	廖志杰		

总序

地球科学是以地球系统(包括大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和日地空间)的过程与变化及其相互作用为研究对象的基础学科,是研究地球内部和表面、地球与周围流体,以及与人类的相互关系等一类学科的总称。地球科学涵盖范围极其广泛,主要包括地质学、地理学、地球物理学、地球化学、大气科学、遥感科学、海洋科学和空间物理学以及新的交叉学科(地球系统科学、地球信息科学)等分支学科。地球科学的根本任务在于认识地球,合理开发利用自然资源,预防或减轻自然灾害,保护与改善人类生存环境,协调人与自然的关系,为经济、社会发展服务。

中国古代地学知识萌芽很早,至春秋战国时代已在许多方面取得了杰出的成就。战国以后逐渐形成传统的“方輿之学”。明中叶以后,徐霞客等注重实地考察、探讨自然规律,开辟了中国地学研究的新方向。但是,中国近代地学是在西方近代地学传入后开始的,张相文、竺可桢、翁文灏等为中国传统地学向近代地学的转变和发展作出了贡献。

20世纪以来,地球科学发展突飞猛进,其研究成果和科学认识对人类生存、生活质量的提高和社会可持续发展至关重要,地球科学已成为人类社会发展的支柱科学之一。中国地球科学也得到长足发展,取得许多重大成就。从地域背景来看,中国具有的许多世界上独特的自然环境和资源有利于地球科学研究的发展,例如,有“世界屋脊”之称的青藏高原对全球自然环境及其变化产生了显著影响;独具特色的东部滨太平洋成矿带和绵亘东西的中亚成矿带的地质演化和成矿条件;黄土高原是世界上黄土分布最集中、覆盖厚度最大的区域,河流泥沙含量之高,举世闻名;覆盖面积约100万平方千米之广的喀斯特(或岩溶)区,其发育程度和类型堪称世界之最;中国还是地震断裂带十分活跃的国家,有丰富的历史地震资料;中国诸多时代的地层比较完整,埋藏着独特的古生物群,是进行古生物、古人类与古环境研究的优越场所;中国海岸线漫长、海域和陆架区辽阔,生态环境独特,矿产资源丰富,物理、化学、生物和地质过程复杂,为研究陆海相互作用和边缘海形成、演化及其动力学提供了理想场所;中国地域辽阔,气候、生物与生态环境的多样性,举世瞩目。所有这些,形成了具有显著特色和优势的中国地球科学研究事业,产生了众多在国际上具有重大影响的研究成果。中国老一辈地质学家创立并发展的“陆相生油”理论,打破了西方的“中国贫油论”,甩掉了中国贫油帽子;“黄土风成说”的确立,使中国黄土与海洋沉积、冰芯一起,成为全球环境变化国际对比的三大标准;叶笃正创立的大气长波能量频散理论,对动力气象学发展作出了重要贡献,“夏季高原为热源”和“大气环流有季节性变化”的理论已成为大气科学方面的经典;中国科学家对珠穆朗玛峰地区和青藏高原的综合科学考察,成为人类科学了解“地球第三极”自然环境的基础;云南澄江大批动物群化石的发现,揭示了生物进化的突发性,并将动物起源时间向前推进

5000 万年。经过长期不懈的努力,中国地球科学不仅在地理学、地质学、气象学等传统地球科学分支学科研究中不断深入,在一些交叉学科如地球物理、地球化学、海洋学等领域也都取得重要突破。并为国家宏观决策提供依据,对各类自然资源能源的普查勘探与开发、天气预报与气候预测、海洋开发、国土整治与规划、农业的可持续发展、环境保护与改善、自然灾害防治、重大工程建设、空间计划实施、国防建设以及人类对自然认识的提高等起到不可替代的重要作用。因此,系统全面地分析、研究、总结中国地学各领域科学研究工作取得的一系列成就和实践状况,对进一步推动中国的社会经济建设、地球科学及其他各项事业的发展具有重大的现实意义和深远的历史意义。

在全国数十所大学和科研单位的大力支持下,我们集多方之力编纂成《中国地学通鉴》这套大型地球科学研究志书。全书由地理卷、测绘与地理信息卷、地质卷、地球物理卷、地球化学卷、地貌卷、气候卷、水文卷、土壤卷、生物卷、海洋卷、灾害卷、资源卷、人口卷、民族卷、城市卷、文化地理卷、旅游卷、国土经济卷、环境卷、地理教育卷共 21 卷组成。各卷内容包括中国各地学要素的综合研究概况、各学科科学研究工作的进展及取得的成就、各地学要素的区域特征、科学研究的主要信息等 4 部分。翔实记载了中国地球科学领域发生的重大变化和在科学研究与实践等方面取得的巨大成就,系统介绍了中国各地学要素的形成、发展、分布规律与特征等方面的研究进展,全面反映了中国地球科学各领域的研究成果、现状和发展趋势。然而,地球科学范围非常广泛,分支学科纷繁复杂,取得的研究成果和成就更是数不胜数,不是 21 卷书所能穷尽的。我们这里仅选择了部分重点的学科加以总结,以期能够为推动中国地球科学发展和社会经济建设提供参考与借鉴。

《中国地学通鉴》是由全国 40 多所大学和科研院所 300 多位地学领域的专家和学者先后历时 5 年编纂而成,涵盖了地球科学的主要领域,以经济建设为轴线的指导思想明确,因此,可广泛服务于生产建设各个部门,是制定发展战略、规划、生产布局等方面必不可少的科学参考文献,并有助于提高其科学性、求实性和效益性。全书以其全面、权威的古今发展变化资料记载,为国家的国土资源及能源开发利用、经济社会与文化事业的发展、生态环境的综合治理、科学研究工作等提供详细、可靠的信息资料并发挥积极的推动作用和强有力的支持。

在《中国地学通鉴》付梓之际,仅对参加和支持本书编纂工作的各位专家、学者以及有关部门、科研院所、大专院校表示衷心感谢!对书中所引用的书籍、文献的作者表示由衷的谢意!

由于水平能力所限,书中难免存在一些疏漏和差谬,恳请广大地学工作者和读者不吝批评。

中国科学院院士

刘国光
2015年10月

目 录

第一篇 中国地质概况

第一章 中国的地层	002
第一节 地质年代表与地质构造发展 阶段	002
第二节 中国地层区划	007
第三节 中国地层发育概述	009
第二章 中国岩浆岩和岩浆活动	019
第一节 概述	019
第二节 中国岩浆岩分类	019
第三节 中国岩浆岩共生组合和岩石 化学特征	027
第四节 中国岩浆岩与矿床	040
第三章 中国的变质岩系和变质带	051
第一节 中国各主要变质期的变质 岩系及变质作用	051
第二节 中国变质岩系、变质带及 变质作用问题	063
第四章 中国的构造运动及主要构造体系	073
第一节 中国构造运动时期鉴定与划分	073
第二节 中国构造运动序列	080
第三节 中国构造体系与构造体系域	096
第四节 构造型式力学分析	132
第五节 中国构造运动起源	142
第五章 中国的构造体系控矿与动力成岩 成矿	145
第一节 中国构造体系控岩控矿	145

第二节 中国构造动力成岩成矿	147
第三节 中国地质构造与固体矿产预测	152
第四节 地下水网络理论及基岩地下水 的构造控制规律	155
第五节 含油(气)区及油(气)田预测	157
第六章 中国的第四纪冰川与古气候	161
第一节 第四纪冰川的争论与存在依据	161
第二节 中国第四纪冰川遗迹述要	166
第三节 中国第四纪冰期、间冰期的划 分与对比	196
第四节 第四纪气候演化过程	207
第七章 中国的地质资源与开发	218
第一节 中国的矿产资源	218
第二节 中国旅游地质资源	230
第三节 中国地质资源开发	231
第四节 中国地质公园与矿山公园	236
第八章 中国的地质环境与地质灾害	268
第一节 中国地质环境特征	268
第二节 地质灾害分类与分布	274
第三节 中国地质灾害防治状况及应急 响应	285

第二篇 中国地质科学研究综述(上)

第一章 中国地质科学的发展历程 293

第一节 中国地质科学发展简史 293

第二节 中国地质科学发展特点及主要成就 305

第二章 中国地质科学体系研究 313

第一节 中国地质学学科概述 313

第二节 中国地质科学体系的建立 316

第三章 中国地质科学调查与矿产勘查 324

第一节 中国区域地质科学调查 324

第二节 中国地球物理、地球化学及遥

感调查与勘查 335

第三节 中国水文地质、工程地质和环境地质科学调查 344

第四节 中国海洋地质调查 358

第五节 中国矿产资源勘查 363

第四章 中国地质科学基础研究 376

第一节 中国结晶矿物学研究 376

第二节 中国岩石学研究 412

第三节 中国地球化学研究 438

第四节 中国构造地质学研究 459

第五节 中国古生物学研究 479

第六节 中国地层学研究 504

第七节 中国历史地质学研究 524

第八节 中国第四纪地质学研究 536

第一篇

中国地质概况

- 中国的地层
- 中国岩浆岩和岩浆活动
- 中国的变质岩系和变质带
- 中国的构造运动及主要构造体系
- 中国的构造体系控矿与动力成岩成矿
- 中国的第四纪冰川与古气候
- 中国的地质资源与开发
- 中国的地质环境与地质灾害

中国处于欧亚板块的东南缘,与太平洋板块和印度板块相接,各地区地质环境差异较大,发展历史很不相同,因而区域地质各具特色。从整体来说,中国地层发育齐全,沉积类型多样;地质构造复杂,活动带与稳定区并存;岩浆活动频繁,演化历史漫长;变质作用类型齐全,变质程度各异;成矿条件优越,矿产资源丰富;是全球具有重要地质特征的地区之一,也是全面研究地壳构造演化,特别是中生代地壳构造演化的重要地区之一。

第一章 中国的地层

第一节 地质年代表与地质构造发展阶段

一、地质年代表

地质年代(geologic time)是指地球上各种地质事件发生的时代。它包括两方面的含义:一是指各地质事件发生的先后顺序,称为相对地质年代;二是指各地质事件发生的距今年龄,由于主要是运用同位素技术,称为同位素地质年龄。这两方面结合就构成对地质事件及地球、地壳演变时代的完整认识。地质年代表正是在此基础上建立起来的。地质年代表是按时代早晚顺序表示地史时期的相对地质年代和同位素年龄值的表格。计算地质年龄的方法有2种:①根据生物的发展和岩石形成顺序,将地壳历史划分为对应生物发展的一些自然阶段,即相对地质年代。它可以表示地质事件发生的顺序、地质历史的自然分期和地壳发展的阶段;②根据岩层中放射性同位素蜕变产物的含量,测定出地层形成和地质事件发生的年代,即绝对地质年代。据此可以编制出地质年代表。

地球在整个发展进程中,无机界和有机界的演化都表现出明显的阶段性。19世纪以来,地质学家和古生物学家通过对岩石地层及生物化石的对比研究,逐渐认识到:地球上生物界的演化是由简单到复杂、由低级到高级的不可逆过程,因而生物界能灵敏地反映不同时期地球表层自然地理环境及其演变特征;同时,这与地球圈层的运动机制以及相互间的联系、制约密切相关。因此,依据生物演化的进程可以得知地球的相对年龄和时间的相对早晚(被称为相对年龄法),并藉此建立地球演化的各个自然阶段。在19世纪末,早期的地质年代表就被拟定了。20世纪六七十年代,由于同位素年代学和天文地质学的巨大进展,同位素地质年龄的测定,对漫长的地质历史进行了系统性的编年与划分(被称为同位素地质年龄法或绝对年龄法),在全球范围内编制出能普遍参照对比的地质年代表就成为可能。地质年代表的建立是地质学研究的重要成果,它极大地推进了地质学、地层学的进步和发展;它使地质历史演化过程的时间概念更准确,对总结地质历史规律、指导找矿、防治地质灾害等方面都起到了重要作用。

地质年代单位的划分是以生物界及无机界的演化阶段为依据的。其阶段的延续时间通常在百万年、千万年甚至数亿年以上,并且常常是在大的时间区段中又包含着小的区段。根据时间区段的阶段级次关系,在地质年代表中划分出了相应的不同级别的地质年代单位:宙、代、纪、世(与之相对应的在各级地质年代单位的时间间隔内所形成的所有岩石,即年代地层单位为:宇、界、系、

统)。“宙”是最大一级的地质年代单位(演化时间约在 5 亿年以上),次一级单位为“代”(演化时间约在 5000 万年以上),第三级单位为纪(演化时间在 200 万年以上),第四级单位为“世”。各个代、纪的延续时间不一,总趋势是年代越老者延续时间越长,年代越新者延续时间越短。造成这种情况的一个重要原因是由于年代越新则保留下来的地质记录越全,因此划分就越细致。此外,地质年代单位的划分也同生物进化的阶段性有关,各年代单位时间跨度变短的现象说明生物的进化速度逐步加快,这也是地质环境演进速度逐步加快的反映。

显生宙 Phanerozoic (PH)中各级单位的划分及其名称都是国际统一的。纪以下一般分为早、中、晚 3 个世,或早、晚 2 个世,或早、中、晚、顶 4 个世。而隐生宙由于时代老,缺乏化石,研究工作难度较大,故划分相对比较粗略,以致长期未能取得统一。1982 年在埃及坦塔大学召开的国际会议以后不再使用“隐生宙”一词,并以冥古宙 Hadean (HD) (非正式)、太古宙 Archean (AR)、元古宙 Proterozoic (PT)三者代之。2009 年 8 月在国际地层委员会制定的新表中,统称三者为“前寒武纪(Precambrian)”,而对冥古宙标出“非正式”。

1. 岩石地层单位

岩石地层单位是以岩性特征作为主要依据所划分的地质单位,它强调的是这些单位宏观上的统一和区域上的稳定。岩石地层单位的界线,一般都是明显的岩性界面或不整合面,且常与等时面斜交呈“穿时”现象。

岩石地层单位也有自己形成的时间范围。生物化石是确定岩石地层单位时间范围的重要资料,但不是划分岩石地层单位的依据。《中国地层指南》(全国地层委员会,2001)定义岩石地层单位为:“由岩性、岩相或变质程度均一的岩石构成的三度空间岩层体。岩石地层单位是客观的物质单位。这些单位必须建立在岩石特征在纵横 2 个方向具体延展的基础之上,而不考虑其年龄。”岩石地层单位包括群、组、段、层 4 个级别(表 1-1-1)。

2. 年代地层单位

年代地层单位是以岩层形成时代为依据划分的地质单位。年代地层单位划分的主要依据是生物演化的阶段性特征。年代地层单位的顶、底界线具严格的等时性。划分这类单位的目的在于确定各地区地层的时间关系及建立一个世界性的标准年代地层表。也就是建立一个既能用于地区,又能适用于全球;既无间断,又不重叠的完整年代地层表。《中国地层指南》的对其定义是:“年代地层单位是特定的地质时间间隔内形成的岩石体。这种单位代表地史中一定时间范围内形成的全部岩石,而且只代表这段时间内所形成的岩石”。年代地层单位与地质年代单位(特定的地质时间间隔)是紧密对应的。按地史中生物演化的阶段可建立 6 个级别的年代地层单位,它们是宇、界、系、统、阶、时带。与之对应的地质年代单位是宙、代、纪、世、期、时(表 1-1-1)。

表 1-1-1 主要地层单位分类表

地质年代单位	年代地层单位	岩性地层单位
宙(Eon)	宇(Eonothem)	群(Group) 组(Formation) 段(Member) 层(Bed)
代(Era)	界(Erathem)	
纪(Period)	系(System)	
世(Epoch)	统(Series)	
期(Age)	阶(Stare)	
时(chron)	时带(chronzone)	

3. 生物地层单位

生物地层单位是根据地层中所含有的生物化石内容和特征所划分出来的地层单位,是以含有相同的化石内容和分布特征、并与邻层化石有别的三度空间岩层体。在地层层序中,有许多不含

化石的部分,它们不具有生物层的特征,就不是生物地层划分的对象。生物地层单位的术语包括各种生物带。生物带与时间带是常常被混淆的2个单位。区别在于生物带只是指含有该类生物化石的地层实体,而时间带是指在该时代范围内形成的所有地层,不论其是否含有化石。

地质年代表(表1-1-2)就是根据生物演化的巨型阶段,将46亿年地球演化史划分为4个最高级别的地质年代单位:冥古宙(HD)(非正式)、太古宙(AR)、元古宙(PT)和显生宙(PH)。在显生宙中,根据生物界的总体面貌划分出3个二级地质年代单位:古生代、中生代和新生代。最常用的三级地质年代单位是纪,每个纪的生物界面貌(亦称生物事件)各有特色,例如震旦纪的伊迪卡拉动物群爆发演化和集群绝灭,泥盆纪的生物登陆,侏罗纪的恐龙、裸子植物高度繁荣和第四纪的灵长类演化等。图中注出了各个宙、代和纪的最新年龄值,其中有的数值在今后一段时间间隔内还可能有所调整。

表 1-1-2 地质年代、构造阶段、全球事件与海平面变化(据王鸿祯,1999)

地质年代				构造阶段			岩 事件	气候事件 △ △ △	生物事件	海平面 变化	百万年					
宙	代	Q 纪 第四纪 N 21 新近纪 65 古近纪	大阶段	阶段	造山期											
0	显生宙	新生代	泛大陆解体	Hm 喜马拉雅阶段	喜马拉雅造山期(25)	▽▽▽		※ 灵长类 ※ 哺乳类	▽		0					
100					燕山造山期(90)		※ 被子植物									
200				Ys 燕山阶段		▽▽▽ ▽▽▽	※ 恐龙类 ※ 裸子植物	▽								
200		印支造山期(210)			▽▽▽	※ 坚头类	▽									
300		古生代		泛大陆形成	H-1 海西—印支阶段	天山造山期(295)			△ △ △	※ 真蕨类		300				
400						广西造山期(415)		△ △ △	※ 无颌类							
400					X-C 兴凯—加里东阶段		兴凯造山期(520)	× × ×	△ △ △	※ 澄江动物群 ※ 小壳动物群			▽			
500																
600																
700					元古代	晚震旦世	地台形成	Jn 晋宁阶段	晋宁造山期(800)				△ △ △	※ 大藻类		900
800																
900																
1000	宙	中元古代	蓟县纪 1400 Ch 1800 长城纪	原地台形成	L1 吕梁阶段	四堡造山期(1000)	× × ×			1000						
1500						古元古代	2500	Wt 五台阶段			吕梁造山期(1800)		△ △ △	※ 真核生物	2000	
2000																
2500	太古宙	新太古代 Aa 2800 中太古代 Am 3200 古太古代 Ap 3600 始太古代 Ac 3900	陆核形成		Fp 阜平阶段	五台造山期(2500)	× × ×			2500						
3000						阜平造山期(2800)							※ 原核生物(蓝藻)	3000		
3500							Qx 迁西阶段									3500
4000																
	冥古宙	HD														

▽▽ 溢流玄武岩 ▽▽ 集群绝灭 ×× 基性岩 ※※ 超级爆发 △△ 冰期