

物理地质学

原理

爱德华·艾·海
艾·李·麦克亚历斯特 著

郭守国等译
李舜贤 校

李舜贤

中国地质大学

1987年

目 录

译者的话	(1)
前 言	(2)
导 言 地质学的展望	(3)
1.1 科学的适应性	(3)
1.2 地质学的科学性和独特性	(3)
1.3 现代地质学的起源	(6)
1.4 现代地质学的来临	(9)
1.5 二十世纪八十年代的地质学	(12)
1 新全球构造基本模式	(13)
板块构造学	(13)
板块的边界	(14)
2 基本结构单元—物质和矿物	(17)
物质	(17)
2.1 元素和化合物	(17)
2.2 原子模型	(18)
2.3 形成化合物的键	(19)
2.4 原子核	(21)
2.5 气体、液体和固体	(23)
矿物的性质	(24)
2.6 矿物的结构	(24)
2.7 矿物的成分	(27)
2.8 矿物的物理性质	(29)
矿物的差异	(30)
2.9 硅酸盐矿物	(30)
2.10 非硅酸盐矿物	(36)
3 火山作用和变质作用	(41)
火成岩外貌	

3.1	火成岩结构	(41)
3.2	火成岩分类	(44)
	火成岩成因	(46)
3.3	火山及火山地貌	(46)
3.4	岩浆起源	(50)
3.5	深成岩体	(54)
	变质岩	(57)
3.6	变质作用	(57)
3.7	变质岩分类	(59)
4	沉积作用	(65)
	沉积物和沉积岩	(65)
4.1	碎屑沉积物	(66)
4.2	化学沉积物	(67)
4.3	沉积岩的分类	(69)
4.4	沉积构造	(70)
	陆相沉积模式	(75)
4.5	河流环境	(75)
4.6	沙漠环境	(78)
4.7	冰川环境	(80)
	海相沉积模式	(81)
4.8	碎屑陆架环境	(81)
4.9	碳酸盐大陆架环境	(83)
4.10	深海环境	(84)
5	地质年代表	(89)
	岩石相对年龄及地质年代表	(89)
5.1	物理关系	(89)
5.2	化石和地层柱状图	(92)
5.3	沉积岩及沉积环境	(98)
	同位素及地质年代学	(99)
5.4	放射性衰变	(99)
5.5	放射性年龄	(102)
5.6	放射性数值	(104)
5.7	地球的年龄	(106)
6	地壳岩石变形	(112)
	地壳的岩石	(112)

6.1	大陆与海盆	(112)
6.2	大陆岩石	(113)
	岩石变形的模式	(115)
6.3	断层	(117)
6.4	褶皱	(120)
6.5	地质图和构造剖面	(124)
6.6	实验岩石变形	(127)
7	地震学及其他地球物理学	(132)
	地震和地球内部	(132)
7.1	地震波	(133)
7.2	弹性回跳理论	(137)
7.3	地震强度测量	(139)
7.4	地球内部	(141)
7.5	地球内部的密度、压力和温度	(144)
	地核和地磁	(145)
7.6	地核的成分	(145)
7.7	地磁	(146)
	地幔	(148)
7.8	地幔成分	(148)
7.9	地幔构造	(149)
	深部地壳和地球重力	(151)
7.10	重力	(151)
7.11	地壳均衡	(152)
7.12	地壳深部构造的地震根据	(153)
8	山脉和板块构造	(157)
	大陆山脉	(157)
8.1	山脉和地槽	(157)
8.2	大陆漂移	(161)
	海底	(163)
8.3	海底地形	(163)
8.4	海底运动和地磁性	(166)
	板块构造	(169)
8.5	板块构造学和岩石圈相互作用的方式	(172)
9	风化作用和陆表水	(182)
	风化作用	(182)
9.1	风化过程	(182)

6.2	土壤	(185)
	陆表水	(188)
9.3	湖泊	(189)
9.4	地下水	(189)
9.5	河流	(191)
	大陆刻蚀	(193)
9.6	块体坡移	(194)
9.7	河流的侵蚀	(195)
9.8	均衡河流的平衡观念	(198)
9.9	流水刻蚀的速度和周期	(200)
10	海洋及海岸的形成	(205)
	海洋运动	(205)
10.1	洋流	(205)
10.2	波浪和潮汐	(207)
10.3	地震海浪	(211)
	海岸侵蚀	(212)
10.4	拍岸浪作用	(212)
10.5	海滨和沿岸搬运	(213)
10.6	大陆边缘	(215)
11	荒漠和冰川	(217)
	荒漠	(217)
11.1	荒漠景观	(217)
11.2	风的作用	(220)
	冰川作用	(221)
11.3	冰川运动	(221)
11.4	谷冰川	(225)
11.5	冰川沉积	(228)
	冰川世	(230)
11.6	冰川幕假说	(231)
11.7	更新世冰期结束了吗?	(232)
12	地质与人类关系	(234)
	矿产资源	(234)
12.1	金属	(235)
12.2	燃料	(238)
12.3	建筑材料、化肥和化工原料	(239)
12.4	矿产资源与未来	(240)

水资源.....	(241)
地质学和工程建设.....	(242)
12.5 地震危坏.....	(242)
12.6 坡地稳定性的破坏.....	(244)
12.7 海岸侵蚀.....	(244)
12.8 危险带预防的需要.....	(245)

13

地外岩	(247)
太阳系的标本—陨石.....	(247)
13.1 流星和陨石.....	(248)
13.2 陨石的成分和起源.....	(249)
月球.....	(251)
13.3 月球表面.....	(252)
13.4 月球物质.....	(256)
13.5 月球历史.....	(259)

译者的话

由EDWARD A HAY 和A. LEE MCALESTER所著《物理地质学原理》一书，译者依据其1985年第二版译出。译者在译前阅读该书之时就为该书的内容所吸引，因而萌发了翻译此书之念。该书作者以其渊博的知识搜集了大量资料，侧重地从地质学中的物理现象及其原理来探究地质学中的若干规律。著者以生动、流畅而优美的笔调，妙趣横生地剖析了地质学中的物理现象及其原理，并付有大量精美的照片，读者可从目录中看出该书涉及面的广泛，从初读中可以得出该书对古往今来大量观点的继承性的评述，更渗透了大量新的内容和新的观点，以及提出了新观点的依据。例如著者对板块构造的综述和剖析，所费笔墨不多却将堪称当代地质学认识上的革命性的观点阐述得清楚而明白，而且对近年来地质学领域的新进展的认识又都有评述。该书既有浅明易懂的实例，又有比较深入的探究，并在字里行间给读者提供了新思路的启迪。故该书对于步入高等院校的学生们是一份开拓地质科学知识的食粮，对于研究生们也是值得一读的，即使对于从事地质事业工作和专业地质教育多年的行家们也有一定的参考价值。

本书导言由陆永潮、陈平译、前言由陆永潮译，第一章由李舜贤译，第二章由曾键年译、第三、五、十章由付振家、姚运生译，第四章由丁良华译，第六、八、十二章由郭守国译，第七章由冯虹译，第九、十一章由刘寄陈、查春玲译，第十三章由姚运生、曾键年译，全书由李舜贤、郭守国校对。曾家纪、潘桂香、沈其锬、三同志负责插图的素描、清绘，张国新、高珊负责照片翻拍工作，李毅谦、苏业清做了一些具体工作。本书由湖北省农科院经济作物研究所印刷厂承印，他们付出了辛勤劳动，得使本书较快地与读者见面，译者对此表示感谢。

本书翻译是集体奋战完成的，由于译、校者水平所限，虽努力保持原著风格，但谬误之处确实难免，望读者指正。原板照片精美，译版印刷很难达到，也是不足。

译者 1987年

前 言

本书的第二版试图简洁易懂地，却又严谨科学地介绍物理地质学。每每尽力对涉及主题那基本原理的地方——矿物、岩石、地质年代、地球结构、板块构造，以及陆地刻蚀等——均严肃认真地吸取最新成果，这本介绍物理地质学的教科书，其主要依据是从讲学和实验课的讲稿，以及由专业工作者解决某些问题中获取的。为了编成较为简洁的书，作者对许多涉及主题的探讨，力求简炼，但又有深入。这就要求具有丰富的讲学和实验课的经验，以便使主题得以更充实。我们设想：不论本书或其他任何一本书，都不可能作为大专院校学生们学习的唯一工具加以使用。我们试图记叙地质科学中最基本的概念和观点，但在具体编写中删去了其他作者著作中所使用的特有概念。在我们看来，这不是问题的提出，而仅仅是一种完美的教学所应包括的料材增加和思想发挥。在导言中，我们还尝试记叙地质学的发展阶段，强调科学推论和哲学对进化着的自然的重要性，并在科学推论和哲学基础上保持着对地质科学的现代理解。

（以下为作者对第二版出版的有关女士和先生们的致谢，译时略去）。

EDWARD A. HAY
A. LEE MCALESTER

导言 地质学的展望

科学是我们研究对象之一，而地质学又是科学领域中的一部分学科。作为本书内容的导言，我们将对比说明科学领域与其它领域的一般研究方法，更进一步阐明地质学各个分支与其它学科如化学、物理学之间的关系。

1.1 科学的适用性

科学与其它学科的区别在于其研究目的和研究过程不一样。本文的一些讨论建议“科学方法”作为一个特殊的方法存在，这一术语常常被误解为应用一个正确的公式求得一个完满结果。回顾诺贝尔奖金获得者帕斯·W·布兰吉曼(Percy·W·Bridgeman)在1945年所提出的一——“科学的方法”即若用脑子深思，那么问题将迎刃而解，这是对科学家怎样工作的精确概括。但是，事实上一些科学家往往选择别人未曾用的、而是通过自己观察所得到的方法。为什么如此呢？这是因为科学家涉及到的问题带有世界性，并且他们又处在观察、度量的境地中，其实这些令人羡慕的位置上从事令人神往并揭示自然奥秘的活动，不管他的实验成功与否，都将对他进行进一步的重新设计实验有着更高的价值。必然地，实验的最终成果将使他全面认识事物。

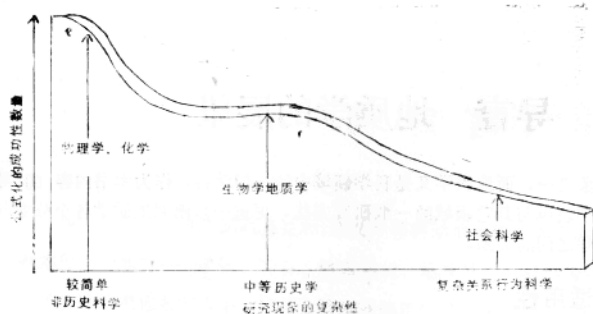
然而，为什么在其它领域中学者们不能应用同样的工具呢？我们一定会想到一个人是根据他的工种而使用一定的工具的、代数和放大镜不适合于历史学家探究南北战争的根源，同样，铁锤和锯子也不适合于手表修理工。因此，科学家们注重使用最适合的工具来揭示宇宙的变化规律，他们力求发现类似于万有引力、相对论等从属于自然规律范畴的事物之间的关系。

由于科学家们研究的物质和能量的相互作用是一个基本的特征，所以这些相互作用可借助于实验室工作及数学描述反映出来。例如，考查一个物体若其下降时间越长则速度越快，这点同理解在第一次世界大战后，希特勒在德国的权力直线上升有着复杂的差异。物理学家仅仅考虑两个变量，即时间与速度；而历史学家则要考虑推测在已逝去的漫长岁月里，发生在世界各地许许多多事件的历史背景及社会背景。显然，物理学家通过实验和数字来描述他的观察，这一点比历史学家更带有戏剧性的成功。因此科学家在观察事物中比历史学家获得更好的结果是不足为怪的。科学家所选择的攻关项目往往比较简单，因而很容易解决，尽管那些不了解数学的人认为数学很荒谬，但是把事物之间的简单关系通过复杂的数学方法描述出来，也是一个简单的事实。

研究对象的复杂性(图I—1)

1.2 地质学的科学性和独特性

上文所举的历史学家和物理学家在各自的研究调查中使用不同的工具的例子，说明在同一学术范围内有着截然不同的结论，我们不禁要问地质学的方法在哪儿？地质学只是涉及到



图I. 1 复杂系列, 当所研究的现象越复杂, 用公式描述规律则越困难。

我们地球的有关物理、化学应用的简单规律吗? 或者在某些方面具有独特的性质? 地质学家们就两种不同的观点展开了辩论, 但是始终没有达成关于解释地质现象差异因素的完整协议。我们在此不将赘述, 仅对“相异性及其产生”作一说明。

地质学是研究地球及其随时间发生变化的科学, 因此, 它自然而然地受历史条件的限制, 并要解决一些有关历史学方面的问题。很显然, 地质学是介于物理学或化学和历史学或社会学之间的科学, 其中时间又是一个重要的因素, 时间越长问题越复杂。例如: 地质学家通过实验很容易了解机械侵蚀作用, 但分析深U形谷 (Yosemite Valley) 或科罗拉多大峡谷 (Grand Canyon) 的起源时碰到了全然不同的现象, 因为这只说明了发生在千百万年前的侵蚀作用结果的一种类型, 并且这些历史上发生的地质作用是不可能丝毫不差地再演的。在讨论这个问题时, 美国知名的古生物学家乔治·格罗德·辛普生 (George Goglord Simpson) (1963) 曾指出, 地质学家大多倾向于“事后推断”而不是事先预见。另一方面, 因为地球有着悠久而复杂的历史所以认识地球需要掌握有关物理学和化学的知识, 应用这些知识进行实验可以得到预期的效果。

由于地球的历史是很复杂的, 并且认识它也很困难, 所以人们认为地质思想的发展历史对了解地质学的发展史极为重要。如汤姆逊·S·库恩 (Thomas·S·Kuhn) (1962) 所说的, 在任何给定时间内, 在一个特定的科学领域里 (如地质学), 所从事的科学探索的广度由该领域的研究者所做的假设来决定。“正因如此, 术语范例一直都被广泛地应用。什么是范例? 简而言之, 范例就是模式或为通常所指的所调查的物体的“基本规律”。不管了解与否, 人们常对一些可能的解释不予以考虑, 因为这些解释与人们已接受的范例或假设不一致。例如在耶稣时代, 谁能提出从罗马西行到中国的建议呢? 在那个时代这个建议一定会遭到非议, 因为当时人们普遍认为地球是平坦的, 当然今天我们认为这个建议是无可厚非的。这个建议在那时一直被认为“天方夜谭”, 因为当时没有任何模式来证明这一事实。在没有今天知识的情况下提出从西边到东边大陆。尽管这个建议在那时就已经提出, 但直到人们采纳或被迫采纳一种模式来证明之时才被公认。甚至可能在今天我们还疏忽了一些重要的设想, 因为这些设想目前还不可能直接观察到。

在地质学发展早期, 许多模式都发生了变化 (科学革命)。图I. 2和下面的讨论说明了其中的两个例子。对此图有三种不同的解释, 尽管一些特殊的模式是假设的, 但每种解释都曾一度为人们广为接受。

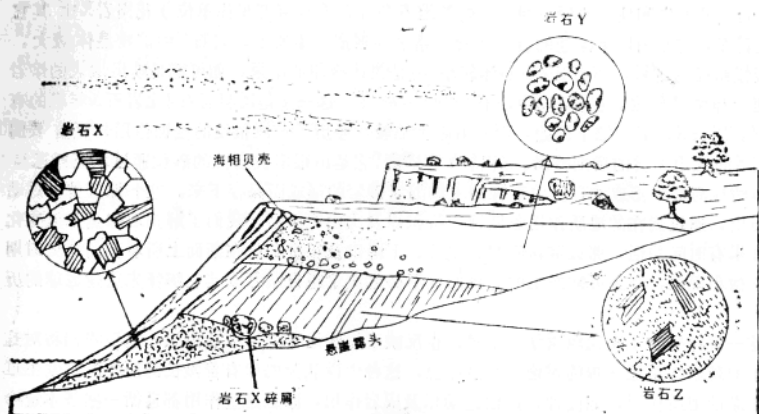


图1. 2 一个断面上出露的不同岩石，详见文中讨论

解释 1： 公元前600年古希腊的一首诗

这陡峭的悬崖，使我们看到了纷乱的岁月中，上帝缔造的地球形貌，自诞生以来依然故我，直到帕塞登（Poseidon）海神使海水漫上地面，而使海贝之居移至山顶。

这首诗深刻反映了当时公众的思想或者说模式。古希腊人认为所有的自然现象均为上帝的行为和旨意，由于这种思想的指导，故而这些解释是极不可靠的。他们不可能寻求自然过程中非神力的因果关系，也不会去研究物质和能量间的相互作用。一系列科学定律往往与解释1的形式截然不同，如果上帝供给地球发展的一个“结果”，那么人们就不必寄望发现再现的现象。因此恒定的、非个别的因果关系的思想是现代科学产生的基础，显而易见在神的模式控制下的科学是不可能发展的。

解释 2： 1975年A·G·威纳（弗雷治矿业学院有名望的教授）的一位学生的观点；

这露头使我们确定岩石沉积的顺序，这些岩石是在几乎覆盖整个海洋中沉积下来的。岩石X是最古老的，因为它是花岗岩，存在花岗岩的地区里，花岗岩总是最老的。花岗岩经原始海洋化学沉积而形成，其作为岩石区的基底。岩石Y为砂岩，是在海水较低时经机械沉积而形成。很显然，贝壳被浸泡在水中并从水中沉淀下来，最终形成化石，说明该地区自海水退到现在的位置后，一直都没有发生变化。

威纳教授被认为是十八世纪水成论学派的主要代表。该学派认为所有岩石都是在覆盖地球的海洋中沉积而形成的。威纳学生的解释展示出一个观察者是怎样采纳公众意见的，他含糊地、下意识地对大量其它的观点的推测造成“朦胧”意识，那时，宇宙存在“序”这一观点已为人们所接受。但许多观察家太片面了，以致于没有认真研究这些现象，威纳即属此类。水成论学说影响了许多年，但最终在十九世纪初的十年内被地球均变论学说所代替。

解释 3. 查尔斯·劳尔（Chrls Lyell）的追随者的看法（劳尔（Lyell）—英国地质学家（1795—1875）是现代地质学创造人之一）。

通过仔细观察三种类型的岩石露头，并且对它们之间的接触关系进行对比，我们可以确

定每种岩石的产生和使这些岩石相互组合的地质条件。(以百万年作单位)花岗岩X比其它岩石老得多,它是由地下深处的岩浆经缓慢结晶而形成。事实上,岩石X中矿物晶体较大,此乃缓慢结晶的结果,而岩石Z中晶体较小,则是快速冷却的结果,如可能是喷出地表的熔岩流快速冷却结晶所致。在岩石Z中混有岩石X的碎屑,这一点是说明岩石Z比岩石X年轻的有力证据。岩石X形成于地下深处,而后出露于地表,经历了一段很长的侵蚀作用,更重要的是岩石X的火山物质的后期喷出。沉积岩Y为砂岩,它是由很多被磨蚀的砂粒通过水流搬运经压紧胶结在海洋中形成的,其中带壳的生物随着砂岩的形成而保存下来。这个地区曾有过动荡的历史,通过现在的地质作用象侵蚀、沉积以及火山等作用,我们了解到地球是如何变化的,如果有时间的话,那么重新隆起、侵蚀、下降以及很多象现在断面上所看到的地史时期的其它微小现象,都是可能产生的。我们就不必乞灵于超自然力或其它解释来重建地球的历史。

这一解释反映了现代地质学的前景,也反映了均变论学说的中心思想。这里我们将对这一现象的观察作更进一步的讨论。简单地讲,这种学说认为地球有着漫长的历史?它发生过许多复杂的地质作用,如侵蚀、造山运动以及成岩作用,而且这些作用都遵循一些基本定律(如化学及物理学)。

均变论所掀起的这场科学革命,同美国通过战争独立的革命一样艰难。让我们离题回顾一下这次重要的科学革命是怎样展开的。

1.3 现代地质学的起源

十九世纪美国著名学者汉诺·艾德马斯(Henry Adams)写到:“无序是一种自然规律,有序是人们的梦幻”。这段话没有涉及到人们是否能发现或者是创造规律这一哲学上的争论,而认为它提出了现代科学产生的基本论点:人们要认识自然,就必须寻找其规律。所有科学问题都是依靠于宇宙中发生的相互作用都是可以认识并有规可循这一假设,简而言之,科学从根本上来说基于这么一个前提。归纳及通过实验所得出的结论是正确的,也就是说,对未来进行可靠的描述和揭示是依赖于过去的经验。因为我们不能证明明天将会发生什么,甚至没有一个科学家能够断定他的推测。尽管一些术语常被应用于科学领域中,但没有任何定律被完全证明是正确的。例如:所谓“万有引力”定律是表示任意两个物体之间的相互作用,我们有信心对此进行正确地描述,但是从哲学的角度上来看,我们绝对肯定是某一事物是不正确的。让我们看一下科学理论中所谓的“科学的可信度”,如图1.3中所述。

自然界的复杂性迫使研究者们建立某种模式来说明研究对象的复杂情况。科学模式是关于自然功能的思维模型,一个调查者所描述的特殊的现象完全受他的科学模式限制。他们建立的模式可能是数学的、化学的或语言叙述的,但一般都可归到假说、理论和定律这三个概念中去。这些模式为我们研究有关问题提供了合适而又简单的类比模型。例如:我们不能看到原子是什么样的,但是我们建立了所谓的“原子理论”,这样就为我们探索许多科学领域提供了有效的模式。

现在回到开始的问题上,现代科学仅在“序”这个概念被接受的条件下才被确认,因此要引用一些典型的模型来解释自然,这种忽略地球物体的思维模型是什么时候出现的呢?尽管亚里斯多德(Aristote)和其他希腊哲学家也应使序这一术语来思考问题,但是最先揭

示出地质思维方法的是十七世纪的丹麦学者里克萊斯·斯坦龙 (Nicolas sfeno), 他当时住在佛罗伦萨, 观察了遍及佛罗伦萨乡村的岩石露头, 认为这些岩石同他过去曾在地中海海岸和意大利河谷中观察到的沉积岩有着相同的形貌, 故而他对此作了三点说明, 并认为这三

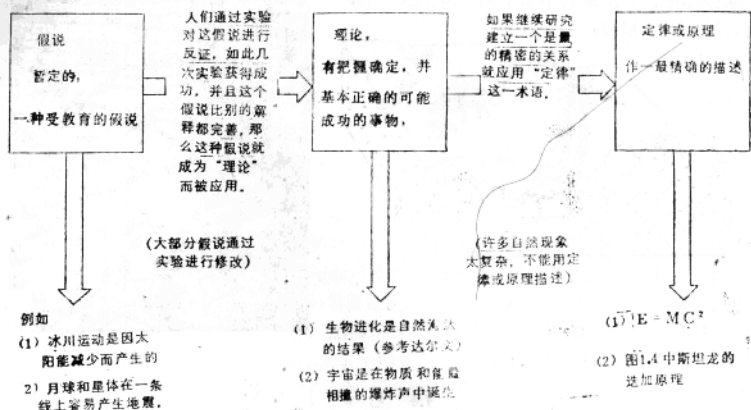


图1.3 科学的可信度 假说、理论和定律的关系

点说明, 适用于所有的沉积岩层。今天, 我们仍然相信这些说明的正确性, 故称之为“原理”。(图1.4)

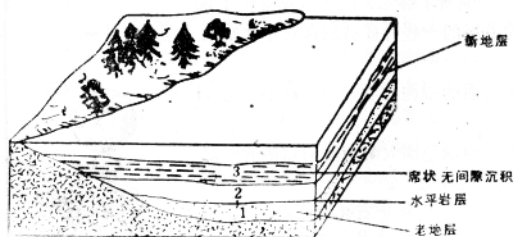


图1.4 斯坦龙原理

基底上消失。

水平成因原理。尽管底部岩层可能因表面沉积物不规则分布而起伏不平, 但是大多数沉积层都是水平或近于水平的。

从历史学和哲学的角度上来看, 斯坦龙取得的成就是: (1) 作了自然界有序的假想。(2) 对现在及过去 (即现代沉积环境和老地层的形成环境) 进行了认真的对比研究。(3) 系统地描述了所有成层岩层。此外, 这些“原理” (当时可能称作“理论”的出现, 能使人们认识随着时间的推移地球所发生的戏剧式的变化, 这些变化可通过应用斯坦龙原理 (图1.5) 中去 进行了解。斯坦龙可能是第一个力图从事研究部分地质史工作的人。在十七世纪他的研究成果标志了一个人类事业的重要开端。

迭置原理：在这套沉积岩层中A是最老的岩层，D是最新的岩层。

沉积继续原理：岩层的边部出露于地表，侵蚀破坏了原始的沉积（见图框部C区）

水平成因原理：岩层最初是水平的，但形成以后，所有岩层发生了褶皱

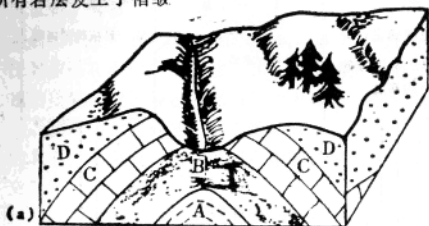


图1.5 a) 斯坦龙原理的应用：根据斯坦龙原理，可以推断出沉积，褶皱和侵蚀的顺序。b) 如果斯坦龙能看到科罗拉多大峡谷，那么迭置原理、沉积继续原理、水平成因原理将会更加准确。（b，E. A. Hag）

框图 I、1

科学的结构

下面是学者威廉·詹姆斯（William·Jams）的一段轶事。至于这件事真实与否无关紧要。重要在于他对了解知识的各条渠道作了说明。现代科学直到自然现象之间的一些特征被假设时才开始发展。

一次詹姆斯讲完宇宙论和太阳系的结构之后，一个较小的老妇上前对詹姆斯说：

“你的有关太阳系的中心，并且地球是围太阳旋转的球体的理论很有说服力，但是你错了，我有更好的理论”。

“你的理论是什么呢？夫人。”詹姆斯彬彬有礼地问道。

“我们住的地壳是一个巨大的海龟背。”她说：

看来用他现有的知识还不能提供足够的证据来驳倒这小小的谬误，詹姆斯打算通过使其意识到自己认识上的缺陷来说服她的对手。

“夫人，如果你的理论是真理的话，那么请问这海龟又停在什么之上呢？”

“你是一个非常聪明的人，提的问题很有水平”。她接着说：

“但我可以回答这个问题，即是，第一个海龟停在第二个海龟的背上。

“那么第二个海龟又停在什么地方呢？”詹姆斯耐心地问道：

对这一点，那较小的老妇得意洋洋地叫道：“你真是没用，詹姆斯先生”，这太简单了，下面同样是海龟呀！”

（威廉·詹姆斯 美国哲学家1842—1910年）



新的模式以序为基础,由此学者们开始仔细观察和描述他们周围的岩石露头。他们在露头上发现“序”是存在的,尽管并不是处处都很明显,人们认为地球很复杂,他们思想上不习惯于如此不明确的现象,常常给自然规律强加上自己的主观意识。如A·G·威纳(A·G·Werner)和他的“水成论”便是如此。一些思想积极的调查者常常在受到一些挫败后往往屈就于此,并且将需解决的难点问题简单描述(见框图1.1中的“一直往下都是海龟”),他们总是使一种信念引向可发现的序中。阿尔伯特·爱因斯坦(Alberf Einstein)提出,上帝是具有独创性的,而不是蓄意的,上帝赋予所有的科学假想以最基本的思想和精髓。

1.4 现代地质学的来临

我们已经认识到宇宙上存在“序”的这一假想为科学研究打下了基础。然而,如何研究出地球的“序”,这个问题一直没得到明确的答案。斯坦龙之后被称为“灾变论”的地球演化理论在西欧占据主要地位,随后,在均变论学说的旗帜下展开了一场论战。十八世纪后期十九世纪早期,地学领域中展开了一场科学革命。

在灾变论和均变论的斗争中,地质学以现代科学的面貌出现,它是以均变论作为模式。在我们的记忆中,没有任何地质学理论采用这个模式。让我们从这场革命性的论战中简单了解一下灾变论和均变论之间在哲学上有哪些主要分歧。

尽管没有任何人承认是这两种观点的主要倡导人,但我们很清楚,灾变论和均变论的代表分别是乔治·卡威(Georges Cuvier)(图1.6)和詹姆斯·赫顿(图1.7)(James Hutton)。法国著名的学者卡威认为地球曾经历过令人难以置信的强烈隆起,而这过程却不可能在现在的条件下,从日复一日的行星运动中观察到。他对知识界人士提出了自己观点,认为地球相当年轻(仅有几千年的历史)。这里引用他在1817年写的论文加以说明。

〔化石海贝〕曾生活在海中,并被埋藏在海底。由此可知当时该地区,海水是平静的、很显然,包括盆地或海相储集层,在大小上或位置上或两者都发生了一系列变化。这种结论很早就得出了,但相当肤浅……。这些变化是突然的,瞬间的,而不是渐变的,而且,这些变化如此清晰,以致可以认为后来提出的灾变论是完全可信的。老地层的位错和倒转毫无疑问地显示出,这种位错或倒转必然使地层处于现在的位置,而且这是一个突然且强烈的变化。

根据类似于图1.6所示的岩石露头,卡威的突然灾变论和斯坦龙原理,都涉及到了老岩层与新岩层之间具有重要意义的分界面,该面称做不整合面。可以推断,当老岩层经历“位

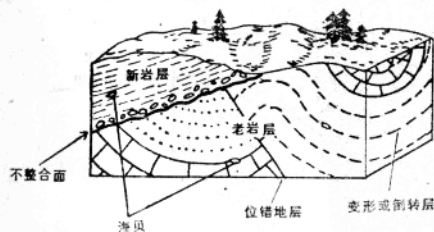


图1.6 块状图显示出非整合面与其它岩石的关系,见文中讨论

错”和“倒转”时,在同一暂短的时间内沉积。突然中断形成了该不整合面。这种解释不可

避免地为那些把地球假设成相当年轻的人提出了依据，然而这并不是唯一的解释。

詹姆斯·赫顿曾观察过类似岩石关系，现在我们对比讨论一下，他所提出的意义完全不同的成因解释是怎样的。赫顿是个苏格兰人，曾攻过医学，而且是一个杰出的农学家。在他的学生时代，他就对地球作用非常入迷。现代的地质特征和地史时期的地质特征之间存在的相似性深深地吸引着他。他观察到苏格兰海岸的滨海的沉积物的特征与离海数英里远的高地的坚硬岩石基本无异。他认为沉积物是沿河道流到海岸的，证明大陆在缓慢地被破坏。他推

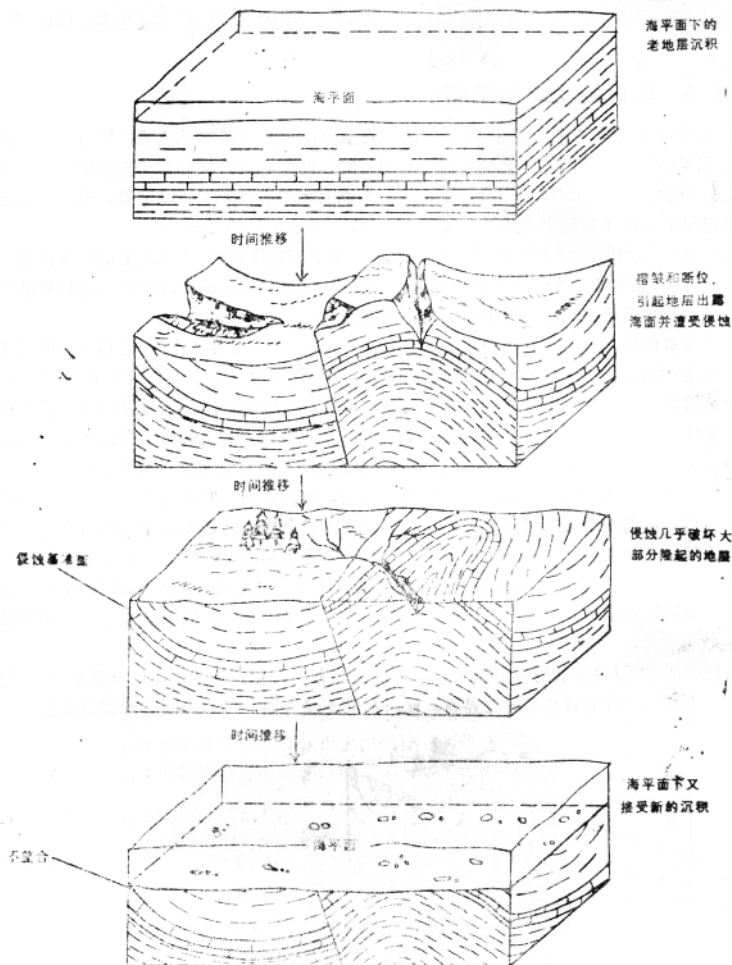


图1.8 引起图1.7所示关系事件的次序

测，他观察到的现象可能反映了固结的地壳岩石地理特征的变化顺序，即目前的这些变化作用可能经历了相当长的时期。因此，基于这一点，赫顿很快地接受地球是古老的观点，实际上，早在1795年，赫顿形成了自己的观点之后曾写道：“地球没有任何起源的痕迹，也没有任何终结的迹象”。

赫顿在分析图I.6中新老岩层不整合面时，认为在相当漫长的时间内，地壳中的岩石在缓慢的地质作用下发生褶皱和断裂，使海相沉积物上升到海平面上，遭受长期的剥蚀，直至侵蚀基准面为止，然后，局部发生沉陷，并又开始接受沉积，堆积在侵蚀基准面之上（图I.7）。这种解释不象卡威的解释那样极端。通过观察现在的一些作用过程，赫顿认为位错是标明古老地球随时间变化而演变的一个佐证。正如阿奇博尔德·姜克（Archibald Geike）提出的“现在是通往过去大门的一把钥匙”。当用不同的观点来观察同一个不整合面及周围的岩层时，可以得出截然相反的看法。卡威认为“毫无疑问……处于目前位置的岩层和不整合面，是一突然的、剧烈的作用所导致的结果。”赫顿和卡威都认识地这些变化从时间上来讲是有序的，他们的分歧在于这些变化及与其相关的作用过程的步速上。

1700年后期，詹姆斯·赫顿提出了均变学说。均变学说坚持认为地球具有漫长的历史，而且在此之中物质和能量在较稳定的条件下以一种“法定”的方式相互作用。然而，这种观点的胜利并不是容易获得的。灾变论也不会就此而善罢甘休。这场学术上的论战一直持续到1830年，直到查尔斯·劳尔（charlos lyell）出版了三卷《地质学原理》（1830年~1833年）为止。通过各种实际应用，均变学说赢得了地质学上公认的这场重要革命的胜利。实际上，劳尔的这部书是第一部地质学教科书。这部书的产生说明一个新的模式已经出现，这注定要对人们如何去认识自己和宇宙产生重大的影响。例如，查尔斯·达尔文（Charles Darwin）在1813年乘坐英国拜克尔（Beagle）号船出海考察时，曾携带了劳尔《地质学原理》的第一卷，这本书伴随他度过了五年的海上生活。达尔文后来说过：“我觉得我的书



图I.7) a 查尔斯·劳尔
(1797—1875) 第一部地质学
教科书的作者