

Mc  
Graw  
Hill

Education

美国高中主流理科教材

科学发现者

# 地理

Earth Science

地质学、环境与宇宙

*Geology, the Environment and the Universe*

下册

浙江教育出版社

美国高中主流理科教材

科学发现者

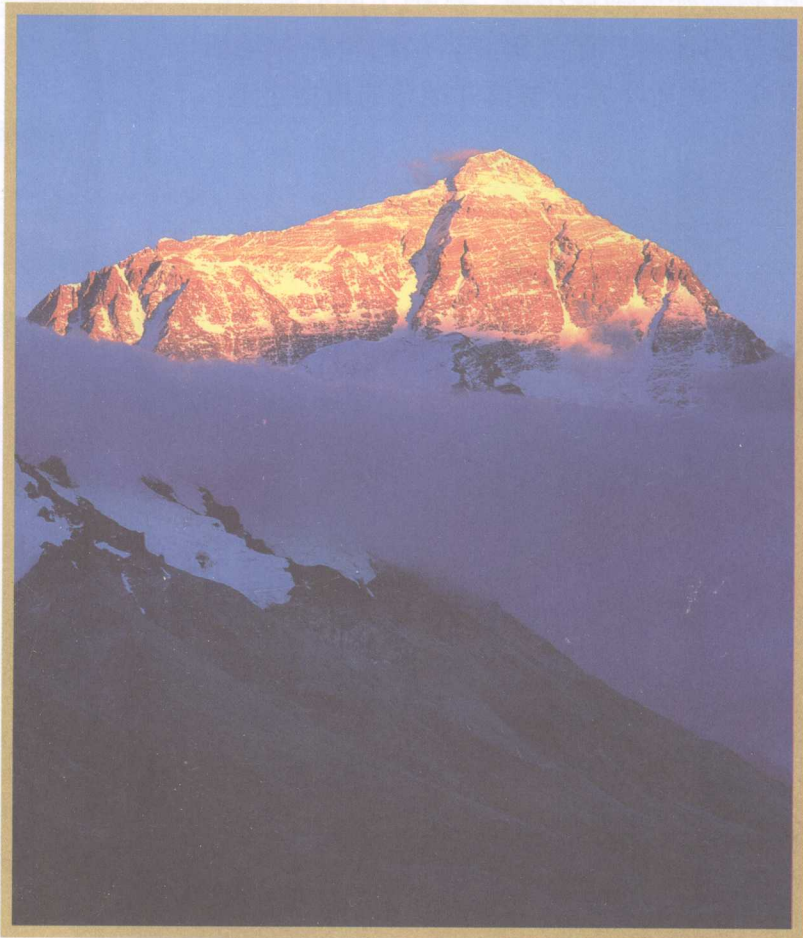
# 地理

Earth Science

地质学、环境与宇宙

*Geology, the Environment and the Universe*

下册



浙江教育出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

科学发现者. 地理 地球科学、环境和宇宙. 下册 /  
(美) F·赫斯(F·Hess)等著; 许珺等译. —杭州: 浙江  
教育出版社, 2008. 8

ISBN 978-7-5338-7246-5

I. 科… II. ①赫…②许… III. 地理课—高中—教学参  
考资料 IV. G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第027986号

### 科学发现者

### 地理 地球科学、环境和宇宙

出版发行 浙江教育出版社(杭州市天目山路40号 邮编 310013)

原著名 Earth Science Geology, the Environment and the universe

原出版 McGraw-Hill Education Glencoe

翻译 许珺 胡志蕊 潘明麒 杨娟 徐岩 夏志锋

责任编辑 邱连根

装帧设计 曾国兴

责任校对 徐岩

责任出版 温劲风

图文制作 君红阅读(北京)出版咨询有限公司

印刷 杭州富春印务有限公司

开本 787×1092 1/16

印张 57.5

字数 1 320 000

版次 2008年8月第1版

印次 2008年8月第1次

印数 0 001—5 000

标准书号 ISBN 978-7-5338-7246-5

定价 120.00元(上、中、下册)

联系电话: 0571-85170300-80928

e-mail: zjjy@zjcb.com

网址: www.zjeph.com

本书封底贴有麦格劳-希尔公司激光防伪标签, 无标签者不得销售。

**Frances Scelsi Hess Gerhard Kunze Stehen A.Leslie Steve Letro Clayton MILLage Len Sharp Theogore  
Snow Earth Science Geology,the Environment,and the Universe**

ISBN: 0-07-866423-3

Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Zhejiang Education Publishing House under the authorization by McGraw-Hill Education (Asia) Co., within the territory of the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育出版（亚洲）公司授权浙江教育出版社在中华人民共和国境内（不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区）独家出版发行。未经许可之出口视为违反著作权法，将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封底贴有McGraw-Hill Glencoe 公司激光防伪标签，无标签者不得销售。

浙江省版权局著作权合同登记号：11-2008-31

# 第6单元

## 地质年代

**火**山喷发、冰川作用、板块碰撞和造山运动都曾经在地球上发生过很多次。然而今天，我们通过什么信息来了解这些地质活动呢？通过岩石！人们常说，一张图片胜过千言万语，右边这张照片就表达了极为丰富的信息。岩层中保留了地质事件的各种线索，这能帮助我们追溯地球的历史。随着这些戏剧性的地质事件的不断发生，无数动植物物种灭绝或出现，灭绝了的有机体的化石成了这些事件的证据。通过研究岩层的特性和地质历史上生命的演变，地质学家能够揭开地球的历史之谜。

### 单元内容

21 化石和岩石记录

23 古生代

22 前寒武纪的地球

24 中生代和新生代





美国犹他州的天然桥国家名胜

## 第21章

# 化石和岩石记录

### 内容提要

- 地质学家如何划分漫长的地球历史。
- 如何用特定的地质法则解释岩层的年代关系。
- 如何运用不同的技术确定岩石的年龄。
- 什么是化石，它们是怎样形成的，如何利用化石来了解地球的历史。

### 学习本章的意义

化石和岩石不但包含着地球历史的记录，而且能用它们来预测地球的未来。有些化石还能帮助我们确定潜在的矿藏的地点。

地球科学  在线

欲了解更多有关化石和岩石记录的知识，请登录地球科学网站：[earthgeu.com](http://earthgeu.com)



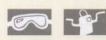
# 探索实验

## 寻找化石

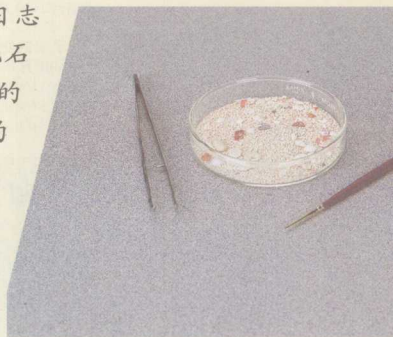
你是否曾经在海滩、河岸或池塘边捡到过贝壳？如果是，你有没有想过它们是从哪里来的，这些是什么动物的？贝壳的形状、大小及其成分提供了关于动物个体曾经居住过的环境的线索。在本次活动中，你将推断你研究的贝壳的生活环境。

1. 从老师那儿领取一些沙和小型化石的混合物。
2. 将混合物放入一个培养皿或小浅碟中。
3. 用镊子或干燥的小刷子将化石从沙质沉积物中分离出来。

4. 根据形状、大小和成分将化石分类。

 **安全警示：**在实验中要戴护目镜和系围裙。实验结束后要洗手。

**观察** 在你的科学日志中，解释如何利用化石判断岩石或沉积物的年龄。通过对化石的分类，是否能推测关于含有这些化石的沉积物的形成环境的线索？请解释。



## 第

# 1

## 节

## 地质年代表

### 学习目标

- 描述地质年代表。
- 区分以下地质年代的划分：宙、代、纪、世。

### 关键术语

地质年代表

宙  
代  
纪  
世

沿着科罗拉多大峡谷中的凯巴山道拾级而下，你会发现大峡谷的谷壁是由彩色的岩层组成的。这些岩层，或称地层，是由不同种类的沉积岩形成的，有些岩层中含有化石。在大峡谷的底部，是科罗拉多河，数百万年以来，它一直向下切割着大峡谷的岩石。再往下，谷底有形成于4亿年以前的岩石。这些岩石记录了该区域内海水的多次进退和动植物的演化过程。通过研究岩石的特征和它们所包含的化石，地质学家可以解释岩石沉积的环境，追溯地球的历史，还有可能预测未来的事件或环境。

### 岩石记录

为了便于分析地球上的岩石，地质学家根据岩石中所含的化石将地球的历史划分为不同的时间单元。这些时间单元组成了地质年代表 (geologic time scale)，它是地球从46亿年前形成之初到现在的历史记录。从1797年第一个地质年代——侏罗纪被命名开始，对地质年代表的补充和完善一直在进行。对纪



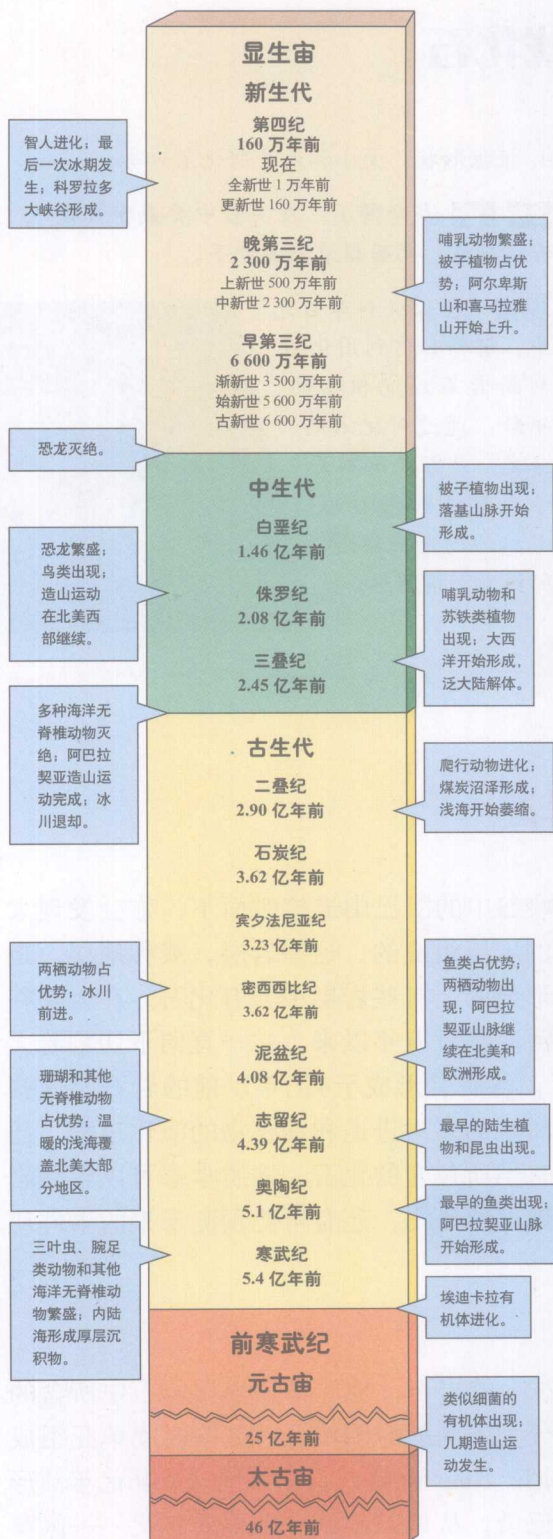


图21-1 在地质年代表中，漫长的地球历史被划分为特定的单元。

的命名虽然没有改变，但每个纪的起始和结束时间一再被更正。图21-1是一张地质年代表，它使世界各地的科学家能够将保留在各地岩石记录中的地质事件、环境变化和生物演变相互联系起来。

## 地质年代

在地质年代表的底部是最老的年代单元，随着地质年代表逐阶向上移动，每一个年代单元都比它下面的更年轻。正如岩层一样，从岩石的底层往上看，岩层的年代越来越新。地质年代表将地质年代划分为不同的年代单位：宙、代、纪、世。宙（eon）是最长的年代单位，以10亿年来计，太古宙、元古宙和显生宙都是宙的年代单位。代是仅次于宙的年代单位，以亿到10亿年来计。代（era）是以岩石中发现的不同生物来划分的，代的名称是根据这些生物的相对年龄来定义的，例如希腊语中的paleo是“古老”的意思，meso是“中间”的意思，ceno是“近来”的意思，zoic在希腊语中表示“生命的”，因此Mesozoic就是中生代。占地球历史约90%的前寒武纪历史被划分为太古宙和元古宙，其中元古宙是年代距今较近的一个，它的结束以地球上最早的硬体生物的出现为标志。此前地球上所有的动物都是没有骨骼或贝壳的软体动物，至今仍有一些类似的软体生物存在，如海绵、蜗牛、蚯蚓，还有一些不能被确切地划分到任何已知的动植物种类的生物。

**动植物的演化** 在古生代，海洋中开始出现各种各样的动植物。在寒武纪，三叶虫在海洋中占优势；然后陆生植物和陆生动物相继出现；沼泽为后来形成石炭纪的煤炭沉积提供了植物原料。古生代的结束以地球上最大的物种灭绝事件为标志，有90%的海洋无脊椎动物在此时消失。古生代之后是中生代，以恐龙的出现著称，那个时代也发生了其他的重要演化。造礁珊瑚和肉食性爬行动物出现在海洋中，两栖动物开始了在水中和陆地上的两栖生活。在整个白垩纪，当哺乳动物进化并且数量增加的同时，恐龙的数量开始逐渐减少。开花植物和树木在白垩纪发展、进化。

中生代的结束也是以大灭绝事件为标志，除了残留的恐龙，还有很多其他的生物灭绝。在新生代，哺乳动物在数量和种类上激增，人类的祖先也在这时出现。在这一时期，草和开花植物在陆地上生长繁衍，而海洋生物相对来说没有太大的变化。

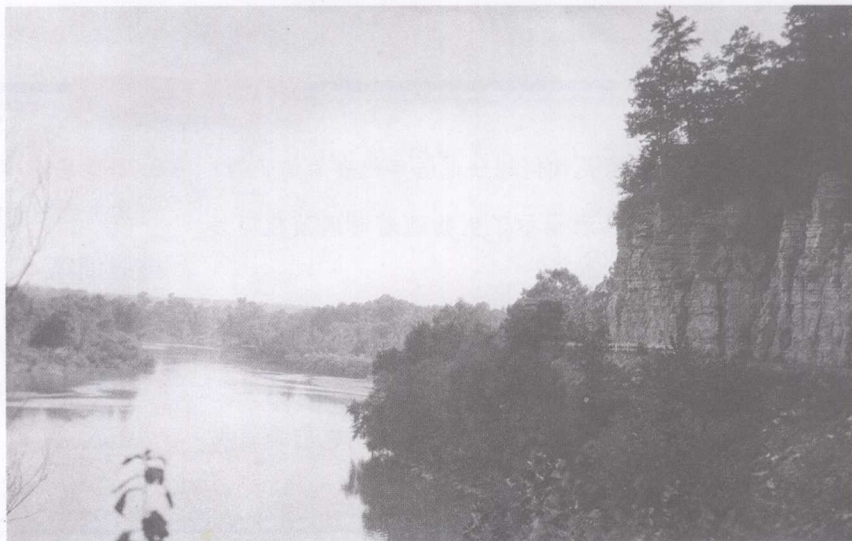
**地质年代中的纪** 纪 (period) 是根据一定的岩石沉积形成期间地球上生物物种的繁盛或灭绝来定义的。纪通常以几千万到几亿年来计。有些纪根据最早被发现、研究和描述的形于那个时期的岩石的地理区域来命名，例如密西西比纪是以图21-2中所示的密西西比河沿岸独特的石灰岩岩壁命名的，而侏罗纪是以欧洲侏罗山的岩石命名的。

**地球科学**  **在线**

**主题：地质年代表**

欲了解更多关于地质年代表的知识，请登录地球科学网站：[earthgeu.com](http://earthgeu.com)

**实践活动：**比较地质年代表所代表的时间跨度和一天24小时代表的时间跨度。将整个地质年代的时间跨度看作是24小时，每个代各占多少小时？每个纪呢？



**图21-2** 这些古老的密西西比石灰石断崖临近密西西比河。



**图21-3** 这个胶皮糖香树叶的化石保存在一堆始新世岩石中，是在美国怀俄明州格林河拓宽时发现的。

在历史上，新生代曾经被划分为两个纪：第三纪和第四纪。而现在新生代被分为三个纪：早第三纪、晚第三纪和第四纪。与古生代和中生代的分界不同，新生代的各个纪不是以物种的灭绝为标志的。

**地质年代中的世 (epoch)** 是比纪更小的地质年代单位，通常以几百万到几千万年来计。新生代由于年代较近，这一部分的地球历史还没有经历

长时间的风化和侵蚀，其化石记录相对来说保留得比较完整。所以这一时期的化石和岩石的获取和研究都比较容易，相应地，新生代的纪又能被细分为世，如古新世、渐新世等。世是根据不同类型的生物来划分的，比如海洋化石被用来标志渐新世，而如图21-3所示的陆生植物化石被用来标志始新世。

不论地质年代是怎样定义的，每个年代单元都具有独自的特征，将它与其余的地质历史时期区分开来。在本章末的“设计实验”这一栏目中，你将发现是什么造成了每个年代的独特性。

### 本节复习题

1. 地质学家是如何划分地质年代表的单元的？
2. 地质年代表揭示了生物随着时间演化而发生的哪些变化？
3. 显生宙的三个代的名称有什么涵义？
4. 元古宙结束时生物发生了什么重大变化？
5. 地质年代的纪是怎样命名的？它们是根据什么定义的？
6. **理性思维** 为什么使用现存的动物群定义新生代的纪和世是可以接受的？

### 技能训练

7. **制图** 制作一个柱形图来表示地质年代表中每个纪跨越的时间占整个地质历史期的百分比。若需更多的帮助，请参阅技能手册。

直到19世纪初,世界上的大部分人仍然认为地球的年龄只有6 000年。这个年龄是爱尔兰大主教詹姆士·乌瑟用人类和地球历史年代学计算出来的。早在1770年,苏格兰物理学家和地质学家詹姆士·赫顿就开始观察并试图解释地球上的地貌景观。通过在大不列颠的观测,赫顿创建了均变论的地质法则,试图解释持续改变地表特征的力量,包括造山、侵蚀、地震和海平面变迁的过程。**均变论(uniformitarianism)**认为,目前发生的一切自然过程从地球形成之初就一直存在了,只是在速度、强度和规模上有所改变。比如你站在海边看波浪向岸边推进,你看到的是自从海洋形成以来就一直存在的过程。冲击寒武纪海岸、侏罗纪海岸和现代海岸的波浪都是一样的,它们所产生的沉积和岩石的记录都揭示了海岸环境,即距海岸线越远,沉积物的颗粒就越细,并且岩石中的化石也都保留着沉积形成时的生命形态的证据。

### 确定相对年龄的地质法则

相对年龄测定的概念是将岩石的年龄和形成它们的事件按先后顺序排列,但是没有确切的年代数据。这是通过将一岩层或事件与其他岩层或事件相比较而得到的信息。

### 学习目标

- 应用地质法则确定岩石的相对年龄,解释岩石的年代序列。
- 描述岩石记录中的地层不整合现象以及它是怎样形成的。

### 关键术语

均变论  
原始水平层理  
叠加  
互切关系  
不整合  
相关性



图21-4 大峡谷国家公园内的科罗拉多河切割了从前寒武纪到三叠纪的岩石层。

## 迷你实验

### 如何确定相对年龄？

**示范**如何利用叠加法则、原始水平层理法则和互切关系法则确定岩层的相对年龄。

#### 步骤

1. 画一幅包括4个岩层的出露岩层示意图，并按顺序将岩层标上1~4。
2. 画出穿过岩层1~3的垂直岩侵入。
3. 在示意图的左下角标上X，右上角标上Y。
4. 将纸沿着X至Y对角裁开，并将左半边沿剪裁线移动1.5 cm。

#### 分析与结论

1. 怎样确定图中地层的相对年龄？
2. 如何用互切关系法则解释垂直侵入的年龄？
3. XY之间的直线代表什么？直线XY比垂直侵入岩和周围岩层的年龄更古老还是更年轻？为什么？

**地质法则** 各种不同的水平或接近水平状的岩层形成了科罗拉多大峡谷的岩壁，如图21-4所示。这些岩石大多数是沉积岩，是在上百万年前由水和风力的作用堆积成的。**原始水平层理 (original horizontality)** 法则表明，沉积岩层堆积时的原始层理是水平或接近水平状态的。我们可能不知道岩层的实际年龄，但是我们能够断定最老的岩层堆积在最下面，而自下而上每一层的年龄逐渐变小。这样，我们可以推断大峡谷顶部的莫恩科皮构造比底部的维舒奴片岩群年轻得多（如图21-5）。这是**叠加 (superposition)** 法则的运用。叠加法则是说，在未受干扰的岩石序列中，最古老的岩层在底部，上层的岩石都比下层岩石更新或形成得更晚。

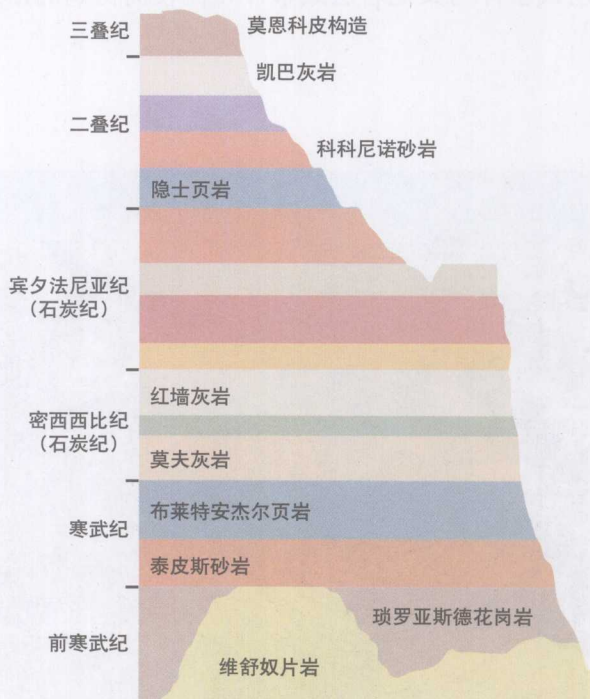


图21-5 地质学家用叠加法则确定了这些岩层的相对年龄。

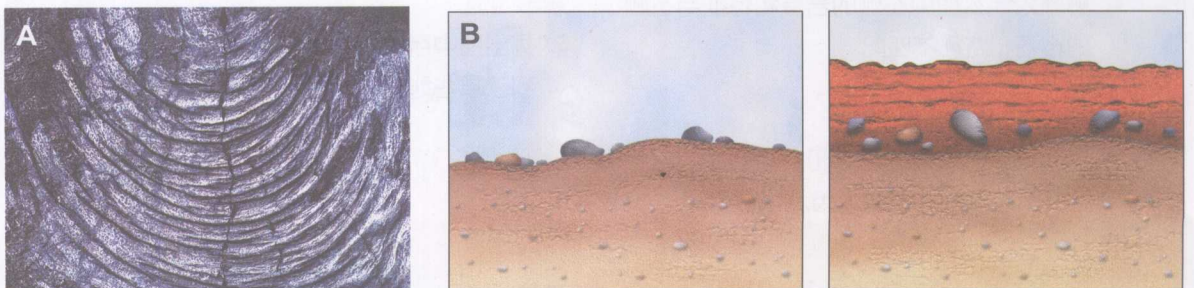
暴露在大峡谷最深处的岩石是北美洲最老的岩石之一，它们大多是火成岩和变质岩。大峡谷底部的维舒奴片岩中侵入有花岗岩的岩脉。**互切关系 (cross-cutting relationships)** 法则表明，侵入体和断层比它们切入的岩层的年龄小。因此，花岗岩比它侵入的片岩要年轻。在地震高发区如加利福尼亚州，或者古老的山地如纽约州的阿迪伦达克山，两地都有很多的断层存在。你在第20章已经知道，断层是地球内部的断裂，地壳运动会沿着断层发生。断层要比地层和它周围的地质特征更年轻，因为它切断了原有的构造。在上页的“迷你实验”中，你已经使用了一些确定岩石的相对年龄的地质法则。

**包裹体** 我们还能够通过上覆岩层中包含的下层岩石的颗粒物来确定岩层的相对年龄。底层的岩石如果被侵蚀，它表面的一些松散物质会被包裹在上层的沉积岩中。这些颗粒物叫做包裹体，它们揭示了下层的岩石比上层岩石年代久远。如你在第6章中所学到的，一旦岩石被侵蚀，产生的沉积物可以被搬运到几千米以外的地方再次沉积和粘合。这样，即使这些新岩石形成的年代可能是侏罗纪，组成这些岩石的颗粒物则可能属于寒武纪。另一个用侵蚀的沉积物确定岩石相对年龄的例子是包裹在熔岩流中的基岩颗粒。**图21-6**显示了在熔岩流中形成包裹体的现象。

### 确定相对年龄的其他方法

地球由于风化、侵蚀、地震和火山等过程而处在不断变化中这一事实，使得自然界中很难发现不受到干扰的岩石层序列。例如，如果记录火山喷发或某种化石最后出现时间的岩石被侵蚀，那么特定事件的记录也就丢失了。或者，如果某个地区被河流或海洋覆盖，则该地区还将发生更多的变化。另外，被侵蚀的表面可能被更年轻的岩石层覆盖，这种被覆盖的侵蚀

**图21-6** 这个夏威夷的绳状熔岩流很可能包含它下层的熔岩流的碎片或包裹体(A)。当熔岩或沉积物沉积在含有松散碎片的侵蚀表面上层时，这些碎片被包裹在上层沉积物中成为包裹体(B)。



面导致了岩石记录的断代，这叫做地层**不整合 (unconformity)**。如果水平沉积岩覆盖在水平沉积岩之上，这种不整合被称为平行不整合。如果沉积岩覆盖在非沉积岩如花岗岩或大理岩之上，则形成另一种不整合。这种不整合暗示了花岗岩或大理岩抬升并由于风化和侵蚀而曾经暴露在地表的可能性。非沉积岩和沉积岩的接触点叫做非整合。下页中的图21-7显示了地层不整合的形式。

若水平沉积岩被抬升或发生倾斜，就会受到风化和侵蚀作用的影响。此后当沉积作用恢复时，新的水平沉积岩层就会覆盖在侵蚀面之上。褶皱岩层的侵蚀面以下的岩层保持完整，但是它们与侵蚀面成一定的交角，这种类型的不整合称为角度不整合。在本页的“技能实验”中，你将运用一些地质法则解释一个地区的地质历史。

## 技能实验

### 解释图表

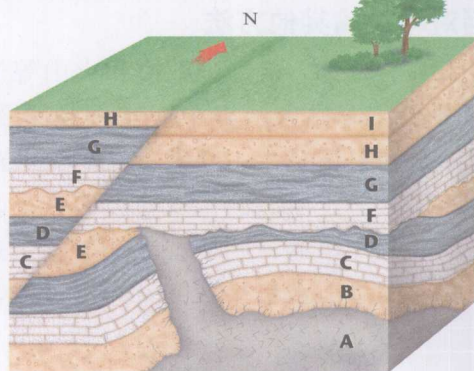
**解释岩石的相对年龄** 用图示回答下列问题。

#### 分析

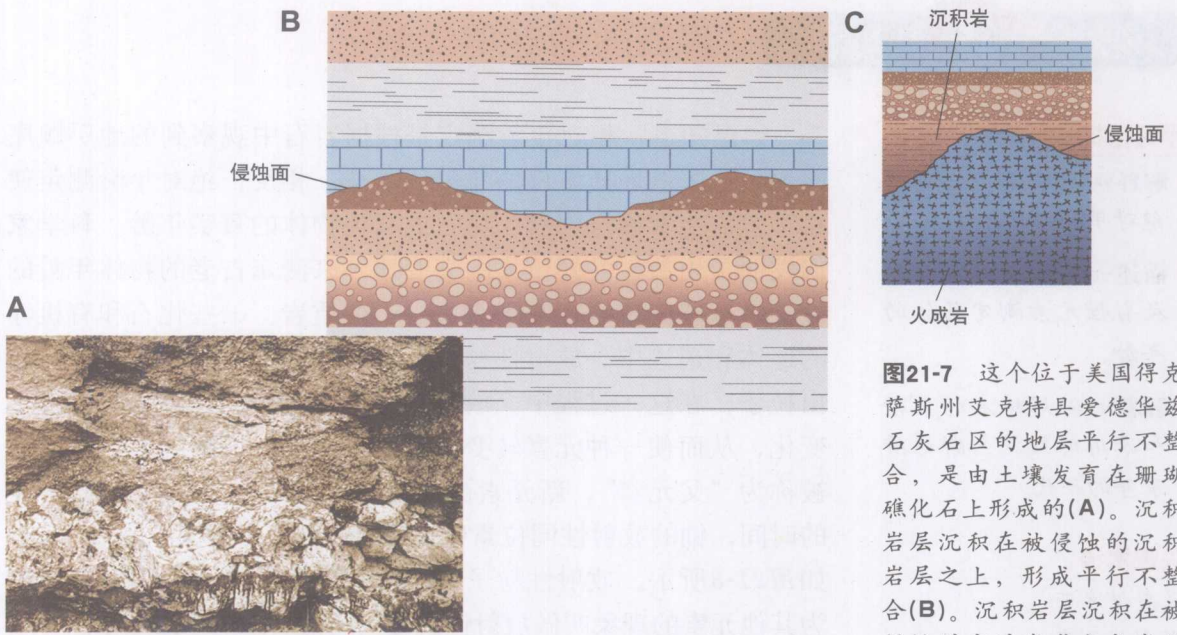
1. 图中哪个岩层年龄最老？
2. 哪两个岩层之间存在不整合？说明原因。
3. 与侵入岩脉的熔化物质相接触的岩石会发生什么现象？
4. 解释为什么图中左侧的岩层和特征与右侧的岩石和特征不匹配。

#### 理性思维

5. 这个岩层露头中的岩脉和发生褶皱的岩层哪一个较年轻？说明原因。



6. 列出图中所表示的地质事件的顺序。你用到了哪些地质法则？



**图21-7** 这个位于美国得克萨斯州艾克特县爱德华兹石灰石区的地层平行不整合，是由土壤发育在珊瑚礁化石上形成的(A)。沉积岩层沉积在被侵蚀的沉积岩层之上，形成平行不整合(B)。沉积岩层沉积在被侵蚀的变质岩或火成岩之上，形成非整合(C)。

**地层的相关性法则** 二叠纪的凯巴构造(Kaibab Formation)可发现于科罗拉多大峡谷的最顶层，但是也发现于300 km以外犹他州的卡皮特尔沙岩国家公园的一个200 m深的峡谷的底部。地质学家如何确定这些相距很远的同类岩层？一种方法是根据相关性法则。**相关性 (correlation)** 法则是将一个地质区域出露的岩层与另一个地质区域的突露岩层相匹配的法则。这个方法可以用来探测石油或珍贵矿藏。例如，如果一个地区的砂岩中含有石油，很可能另一个地区同样的岩层中也含有石油。相关性法则使地质学家能够在另一个地区精确地找到同样的砂岩层的位置。

### 本节复习题

1. 地质学家如何用叠加法则确定大峡谷中岩层的相对年龄？
2. 什么是地层不整合？
3. 解释如何用熔岩流底部的包裹体来确定岩层的相对年龄。
4. 断层或岩脉切割一个岩石序列，对岩石的相对年龄来说，这种现象意味着什么？
5. **理性思维** 如何用均变论法则解释地球过去？

### 技能训练

6. **解释数据** 讨论大峡谷一侧的地层序列与另一侧的地层序列的相关性。若需更多的帮助，请参阅技能手册。



## 学习目标

- 解释被科学家用来确定绝对年龄的几种方法。
- 描述如何用某些特定的放射性元素测定物体的年龄。
- 解释如何用树木的年轮和冰川的纹泥判断地质事件的年代。

## 关键术语

放射性衰变  
放射性测年  
半衰期  
树轮年代学  
纹泥  
标志层

你已经知道，相对年龄测定是根据岩石中观察到的地层顺序来比较过去的地质事件的年龄的方法。相反，绝对年龄测定使科学家们能够确定岩石、化石或其他物体的真实年龄。科学家们发明了用放射性同位素的衰变速度来测定古老的物体年龄的方法。这些同位素存在于火成岩、变质岩、一些化石和有机的遗体和遗迹中。放射性物质以恒定的速度从原子核内部释放出粒子，在这一过程中，放射性原子中的质子和中子数量发生变化，从而使一种元素转变为另一种元素。原始的放射性元素被称为“父元素”，新元素被称为“子元素”。例如，经过一定的时间，铀的放射性同位素U-238会衰变为铅的同位素Pb-206，如图21-8所示。放射性粒子的放射使得放射性元素随时间转变为其他元素的现象叫做放射性衰变（radioactive decay）。一旦这些原子开始衰变，不论环境、压力、温度或任何其他物理变化，放射的速度都不会受到影响。因此，这些原子就成了物体年龄的精确指示器。

## 放射性同位素的使用

在放射性测年（radiometric dating）的过程中，科学家们先确定一个岩石或化石样品中父原子核和子原子核的比例，然后用这个比例来确定岩石或化石的绝对年龄。随着父原子数量的减少，子原子以同样的数量增加，这表明了物体的年龄在增加。由于一个同位素的完全衰变通常需要很长的时间，地质

图21-8 U-238按照特定的、恒定不变的路径衰变为Pb-206。

