

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*

中册

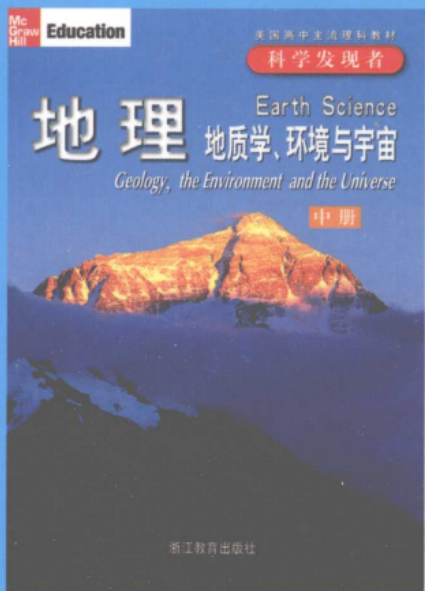
浙江教育出版社

# 科学发现者

美国高中主流理科教材

新课标、新观念、新学法的资源宝库

- 像科学家那样思考
- 像科学家那样探索
- 知识能力方法并重
- 动手动脑趣味无穷



有了这样的教材，阅读变成了一种享受，学习科学也变得趣味盎然。

在轻松、愉悦而又像侦探破案那样的阅读与探索中，不用多久，你就能像科学家那样思考，像科学家那样探索与发现。

《科学发现者》，将使你成为探索自然奥秘、做出科学创造的科学发现者。

本书封底贴有麦格劳-希尔激光防伪标签，无标签者不得出售。

美国高中主流理科教材

科学发现者

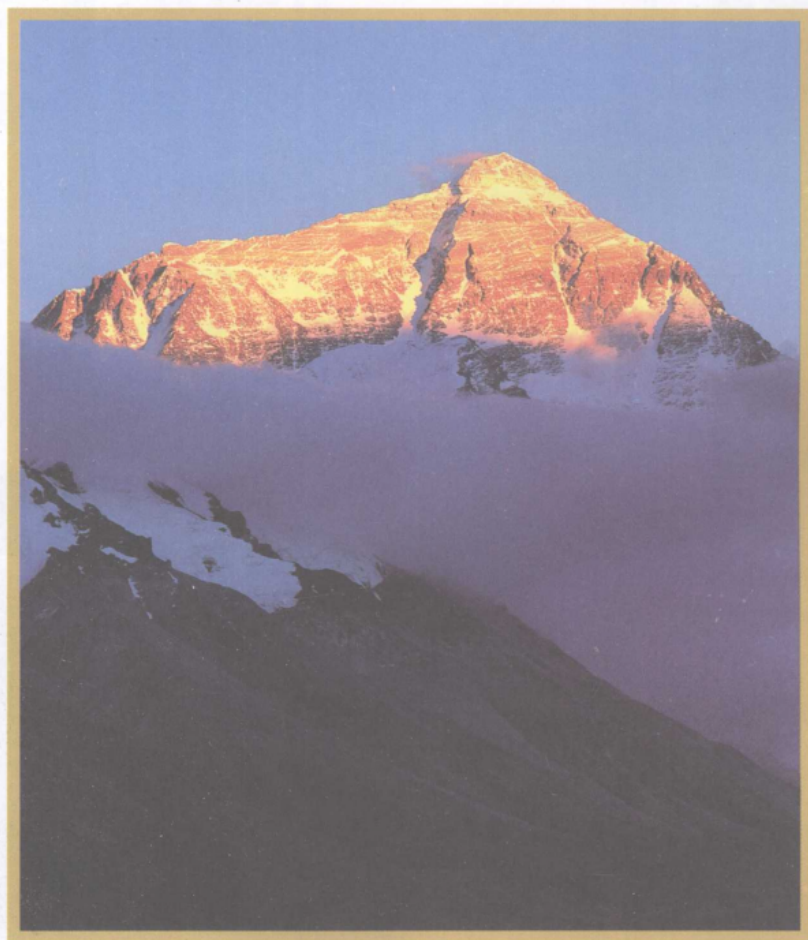
# 地理

# Earth Science

## 地质学、环境与宇宙

*Geology, the Environment and the Universe*

中册



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. 中册 /  
(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(2007)第 175898 号

# 第4单元

## 大气圈与海洋圈

**在** 远离新西兰南部的海岸，白云舒展，伸向远方的地平线。在本单元，你将学习大气圈和海洋圈是如何相互作用而产生白云和惊涛骇浪的。学完这个单元后，你将对地球（系统）中海洋圈和大气圈的共同特点有更深刻的理解。

### 单元内容

- |          |          |
|----------|----------|
| 11 大气圈   | 14 气候    |
| 12 气象学   | 15 海洋物理学 |
| 13 风暴的本质 | 16 海洋环境  |





## 内容提要

- 地球大气圈的组成、结构及特性。
- 引起天气变化和气温上升的太阳能在大气圈中是如何分布的。
- 水循环中的水是如何持续不断地在地球表面和大气圈中运动的。

## 学习本章的意义

了解地球大气圈及其与太阳能的相互作用是理解天气和气候的关键。天气和气候影响着我们生活中的很多方面。

地球科学  在线

欲了解更多关于大气圈的知识，请登录地球科学网站：

[earthgeu.com](http://earthgeu.com)



# 探索实验

## 露的形成

当靠近地面的湿润空气冷却，其中的水蒸气变成水滴时，便形成了露。在本次实验中，你要模拟露的形成。

1. 在一只玻璃杯中装满 $\frac{2}{3}$ 的水，并记录房间和杯中水的温度。
2. 往玻璃杯中加入冰块，直到水满为止。每隔10秒记录一次水的温度。
3. 观察玻璃杯的外侧。记录玻璃杯外侧出现变化时的时间和温度。
4. 在室外重复本实验。记录水和室外空气

的温度。

**观察** 在你的科学日志中，描述第三步和第四步操作时玻璃杯外侧所发生的变化。将你的观测结果与露的形成建立联系。根据这两个实验所测得的数据，绘制杯中水的温度变化曲线图。实验结果会随着水杯位置的变化而不同吗？请给出解释。



## 第 1 节

## 大气圈概述

### 学习目标

- 描述大气圈的组成成分。
- 对比与比较大气圈的各种圈层。
- 识别能量在大气圈中传输的三种途径。

### 关键术语

臭氧	散逸层
对流层	辐射
平流层	传导
中间层	对流
热层	

想象自己正走在靠近赤道、炽热的撒哈拉大沙漠里，再想象自己又来到了冰天雪地的北极，在这两个地方，你各有何感受？为什么两地会有如此大的差异？其原因就在于太阳能与大气圈的相互作用，以及因这些相互作用而导致的天气和气候变化。

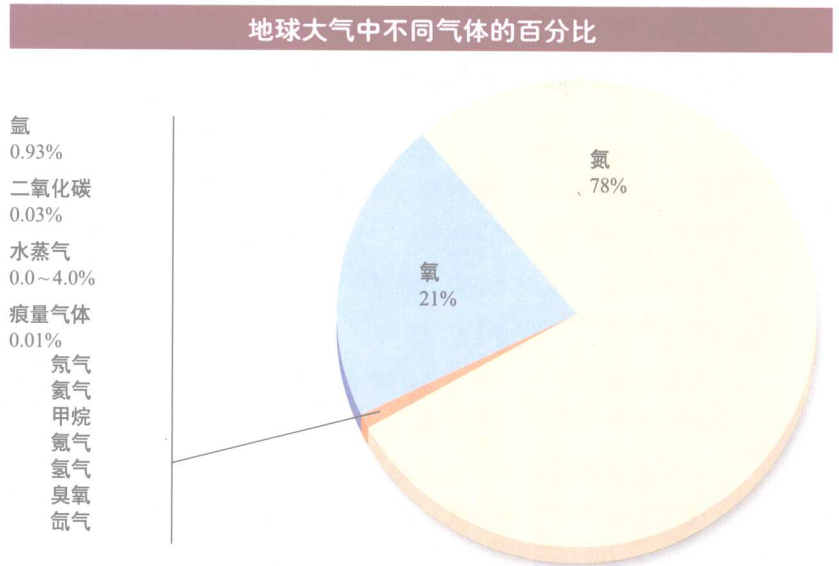
### 大气成分

古希腊人认为，空气是组成万物的基本元素之一，它不能再分解成其他任何东西。现在我们知道，空气是由具有独特性质的几种气体组成的混合物。这些气体混合后组成了地球的大气圈，从地球表面一直延伸至外太空。

空气中，氮气和氧气占到了99%左右，剩下的1%是氩、氢气、二氧化碳、水蒸气和其他痕量气体。大气中的主要成分氮气和氧气所占的比重对地球生命至关重要。如果两者中的任何一种发生显著变化，我们所熟知的生命就不可能生存。然而，



**图11-1** 在地球大气中，氮的含量占到78%，氧的含量为21%，剩余的1%是其他各种气体。



数量较少的那些气体，特别是水蒸气和二氧化碳，其含量会有所变化。**图11-1**显示了大气的成分。

**大气圈中的重要气体** 在任何给定的时间或地点，大气圈中的水蒸气含量都是变化的。水蒸气在大气圈中所占的比重，可能高达4%，也可能低到接近于零。其含量会随着季节、特定气团的高度以及空气下部的地表性质而发生变化。例如，沙漠上空的空气就比海洋上空的干燥一些。而另一种数量不断变化的气体二氧化碳，其含量则不到大气圈的1%。那么，为什么还要提及这些似乎很不重要的气体呢？

大气中二氧化碳和水蒸气的含量是非常关键的，因为它们调节大气圈所吸收的能量方面起着重要作用。水蒸气是云、雨和雪的来源，水也是大气圈中能以固、液、气三种形态存在的唯一一种物质。这一点很重要，因为当水从一种形态转变成另一种形态时，要么吸收热量，要么释放热量。而这些热量能够强烈地影响大气的运动形式，从而产生各种各样的天气和气候现象。

大气圈中也包含了微小颗粒的尘埃和盐类固体物质。这些尘埃是被风吹进大气圈的，海水飞溅时也会将盐粒带进大气。随后我们将学到，尘埃和盐粒有助于云的形成。冰是大气中发现的第三类固体物质，通常以冰雹和雪的形式存在。

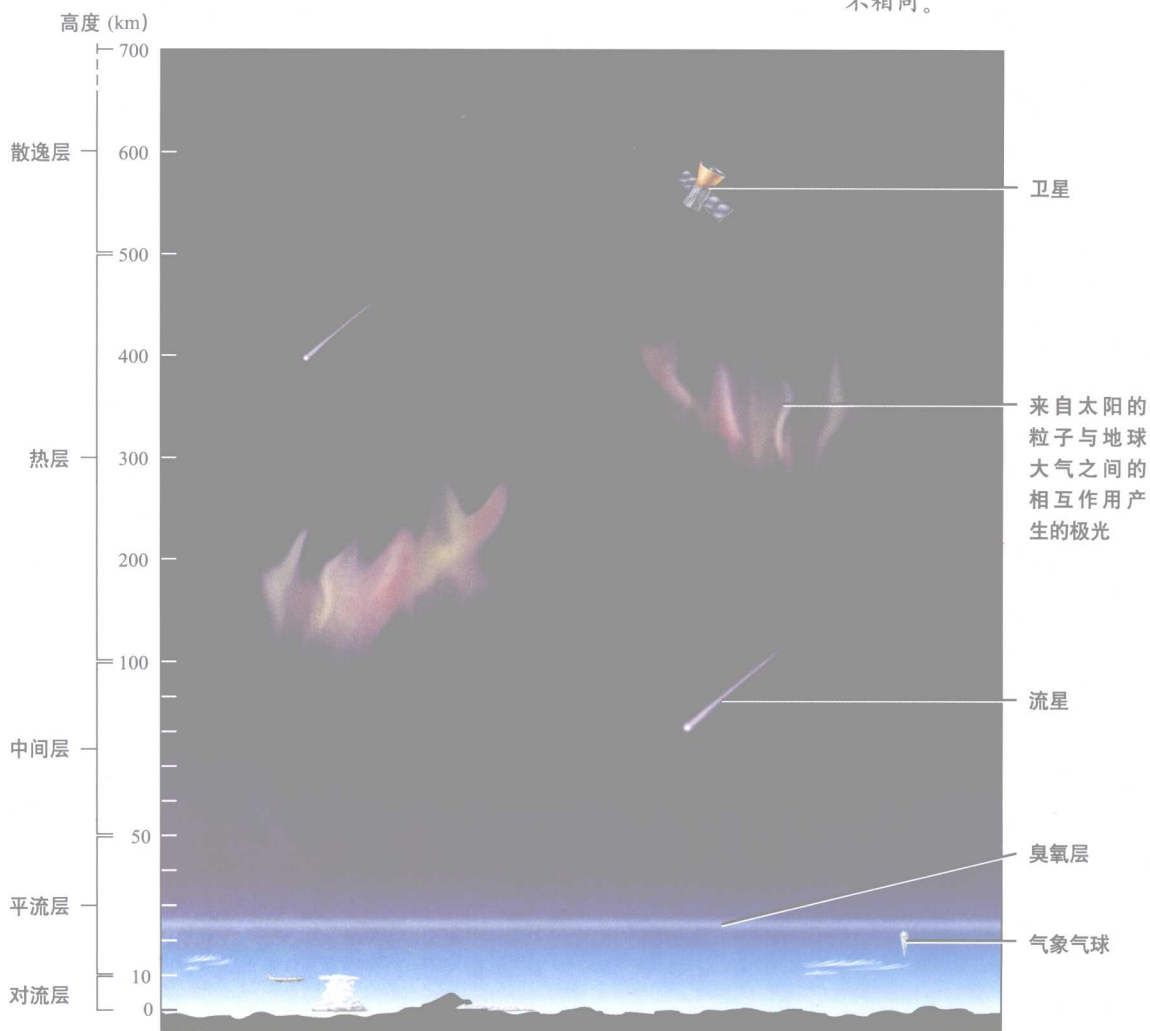


**臭氧** 大气的另一种组分，**臭氧(ozone)(O<sub>3</sub>)**，是由氧气分子(O<sub>2</sub>)结合了第三个氧原子而形成的气体。大气中臭氧的含量很少，主要存在于远离地球表面的大气层中，那儿有一薄薄的臭氧层。臭氧很重要，因为它能吸收来自太阳的紫外线辐射。如果臭氧不能控制到达地球表面的紫外线辐射量，那么，人类脆弱的皮肤就不能长时间地暴露于阳光下。有迹象表明，目前臭氧层正在变薄。我们将在本章末的“新闻中的科学”以及后面的章节中介绍更多有关此问题的知识。

## 大气圈的结构

如图11-2所示，大气圈是由几个不同的圈层组成的。每一层都有不同的组成和温度。

图11-2 大气主要分5层，每层的温度和化学组成都不相同。



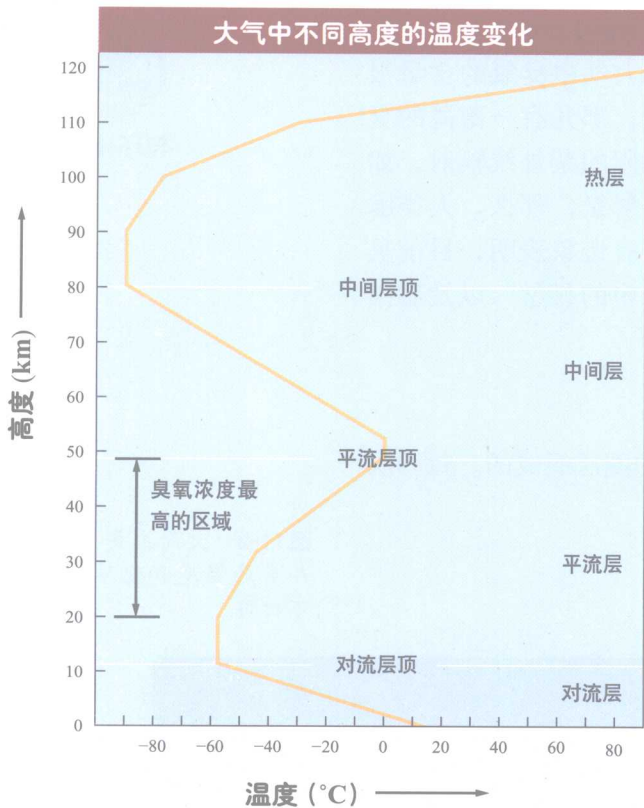


图11-3 化学成分的不同导致了整个大气圈中温度的变化。

### 低层大气层 对流层 (troposphere)

距离地球表面最近，它含有大气圈的绝大部分物质，包括水蒸气。在这一层中，发生着大多数的天气现象，并聚集了大多数的空气污染物。对流层的特点是，其温度从底部到顶端逐渐降低。对流层的上限称为对流层顶，其高度是变化的。在赤道地区，其高度在距离地球表面大约16 km处，在极地地区，大约为9 km或更低。对流层顶是温度渐降的终点。

对流层顶的上面是平流层 (stratosphere)，主要由聚集的臭氧组成。臭氧能够比对流层中的空气吸收更多的紫外线辐射。其结果是，平流层被加热，空气温度随高度上升逐渐升高，直至该层的顶部，即平流层顶，其位于地球表面约50 km高空处。

**高空大气层** 平流层顶的上面是中间层 (mesosphere)。中间层里没有臭氧，因此其温度再一次降低，如图11-3所示。中间层的顶部，即中间层顶，是中间层与上一层——热层的边界。热层 (thermosphere) 仅仅含有一小部分大气物质。这一层中的空气温度又升高了，可高达1 000°C。然而，在热层中，尽管有很高的温度，但组成空气的分子非常稀薄，而且分布广泛，因此如果人类穿行于该层中，可能都不觉得太热。

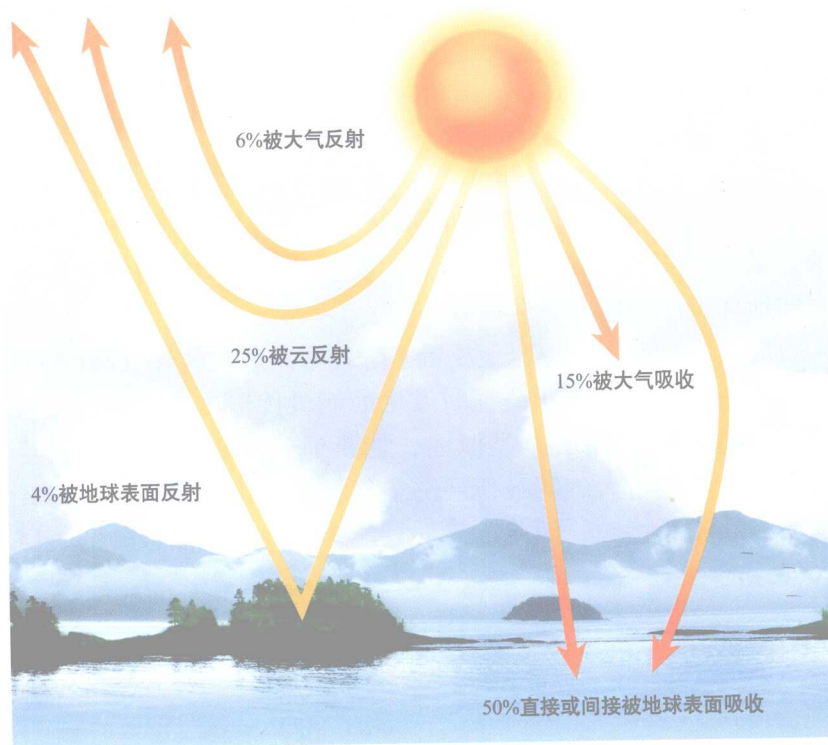
离子层是热层的一部分，主要由带电的粒子和越来越轻的气体层组成。散逸层 (exosphere) 是地球大气圈的最外层。在该层中可发现氦气和氢气等轻气体。散逸层以上是外太空。大气圈和太空之间并没有明显的边界。实际上，随着高度的上升，直至进入外太空，只不过是空气越来越少而已。

## 太阳概述

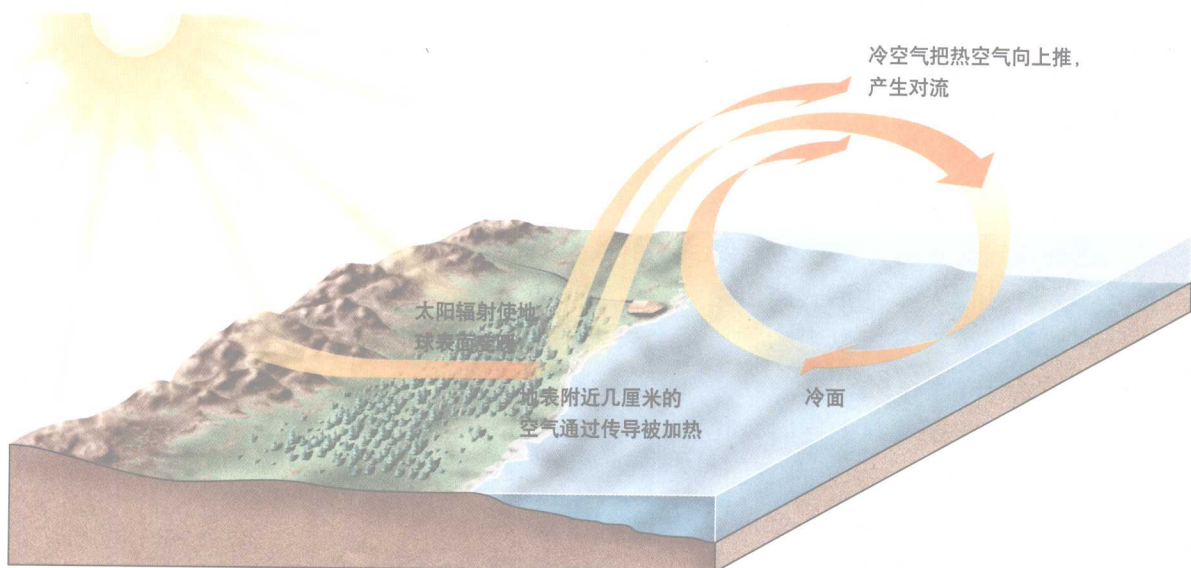
大气圈中的所有能量都来源于太阳。太阳通过三种方式把能量传输到地球和整个大气圈。

**辐射** 太阳不停地照耀着，因此它总是温暖着地球表面的某些部分。这种传输能量的方式称为辐射。**辐射 (radiation)** 是指可见光、紫外线以及其他形式的电磁波在太空中传输能量的方式。所有绝对温度在零度以上的物质都会发出辐射。物质的温度越高，其辐射的波长越短。

地球在吸收太阳辐射的同时，也在持续不断地将能量返回到太空中。如图11-4所示，地球表面、大气圈或云层将其所吸收的大约35%的太阳辐射反射到太空，另有15%在反射过程中被大气圈自身所吸收。这就意味着只有约50%左右的太阳辐射被地球表面直接或间接吸收。对于任何一个特定区域而言，其吸收率会因该区域不同的物理特性及其所吸收的不同太阳辐射量而有所不同。不同的区域吸收能量和加热地表的比率也是不相同的。例如，水域就比陆地升温或降温慢。另外，总的来说，深色的物体比浅色的物体更容易吸收能量。



**图11-4** 一年之中，地球返还给太空的能量与其吸收的太阳辐射大致相等。这是幸运的：如果地球返还得太多，它将逐渐冷却；而如果它返还得太少，那么地球将会不断变暖，甚至达到危险的水平。



**图11-5** 通过传导、对流和辐射，能量在整个大气圈中得以传输。

不过，大气圈中的大部分空气并不是通过直接吸收太阳辐射而变热的。那么，大气圈中的空气又是如何变热的呢？原来，太阳向地球释放的主要是短波辐射，由于这些辐射并不能直接被空气吸收，因此，大多数的太阳辐射可以直接穿过大气圈而到达地表。地表吸收部分太阳辐射后，还会反射一部分太阳辐射。但是，由地表反射的这些能量的波长变长了。波长变长的这些辐射不能通过大气圈，它们被大气圈中的空气所吸收，并通过传导、对流、辐射等形式，使得大气中的空气变热。这一过程如图11-5所示。

**传导** 为了理解来自地球表面的太阳辐射是如何加热大气圈的，试想一下你开电热炉的情景。炙热的电热炉辐射能量的方式和地球表面的情况非常类似。

现在，假设你在炉台上放置了一壶水。通过**传导 (conduction)**——一种在分子碰撞时发生的能量传输方式，使能量从壶底传输至壶水表层。类似地，能量通过靠近地球表面的空气粒子传输给了大气圈最低层的空气粒子。由于传导能量时，物质必须相互接触，因此，传导只能影响地球表面很薄的一层大气。



图11-6 许多不同的因素，包括对流气流，产生了如图所示的不同天气类型。

**对流** 当能量进入处于较低层的大气时，它还会继续向上传递吗？让我们再来考虑那壶水的情况吧。通过加热、传导，壶底的水温度首先升高，这些变热了的水体积膨胀，密度变小，并形成气泡向上移动。上升的气泡将暖水带往壶顶，而暖水在上升过程中，温度会慢慢降低，当达到壶顶时，水便因冷却而形成了冷水团。于是又向下运动，当这些水到达壶底时，又再次被加热。如此反复，直至水被烧开为止。这一过程称为**对流 (convection)**。通过对流，能量得以在被加热的物质（如水）中传输。大气圈也发生着类似的过程。通过传导，靠近地表的袋形大气首先被加热，变得比周围的空气稀薄而上升。在暖空气上升的过程中，其温度不断降低，当它冷却到低于周围空气的温度时，其密度增加而又开始下沉。气体在下沉时再次变暖，从而开始一个新的过程。这一运动的空气被称为**对流气流**，它是导致空气垂直运动的主要机制，而空气的这种垂直运动则是导致如图11-6所示的各种天气现象的主要原因。



## 本节复习题

1. 描述大气圈中水蒸气的重要作用。
2. 在平流层中，温度为什么会随着高度增加而升高？
3. 从多到少，将对流层中的主要大气气体进行排序，不包括痕量气体。
4. **理性思维** 根据你对辐射和传导的理解，比较夏季大城市和周边乡村的温度，你能

得出什么样的结论？

## 技能训练

5. **预测** 在大气圈三种主要的能量传输过程中，你认为哪一种在加热上层对流层中起到的作用最为重要？为什么？若需更多的帮助，请参阅技能手册。

## 学习目标

- 描述大气圈的各种特性以及它们之间的相互作用。
- 解释为什么随着高度的变化大气特性也会发生变化。

## 关键术语

温度  
热量  
露点  
凝结  
抬升凝结高度  
逆温  
湿度  
相对湿度

当我们谈论天气，说它是晴天、多云或寒冷时，我们是在描述大气圈的当前状态。科学家也描述大气圈，他们用的词汇是温度、大气压力（气压）、风速和空气湿度。这些都是描述天气状况的重要概念。下面我们从气温开始，依次介绍这些概念。

## 温度与热量

大多数人都把热量和温度看作是本质上相同的东西。实际上，它们却是两个不同的概念。**温度 (temperature)** 是分子运动快慢的度量标准。给定空间内，较多或运动较快的分子，可产生较高的温度；而较少或运动较慢的分子，产生较低的温度，并可使物质（如空气）冷却。**热量 (heat)** 则是衡量物质间因温度差异而发生的能量传递。热量流的移动方向取决于温度。热量总是从温度较高的物体流向温度较低的物体。那么，这又是如何与大气圈联系在一起的呢？热量是驱动大气运动的能量传递者，而温度则被用来衡量和解释这一能量传递。

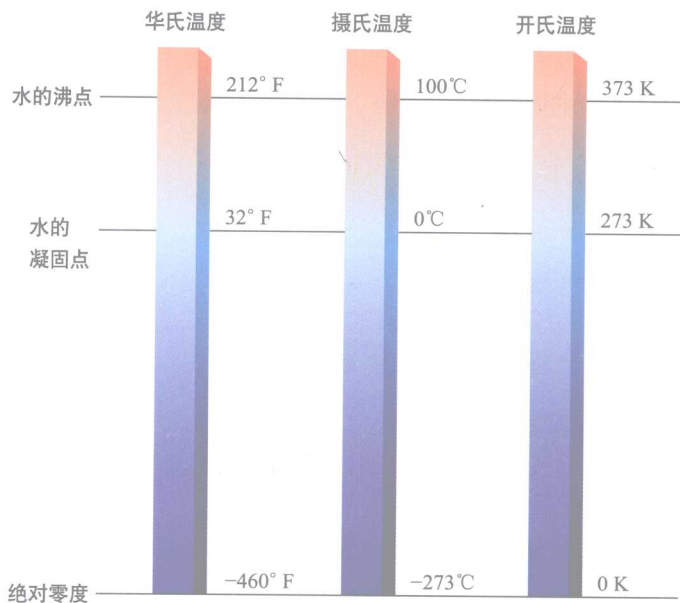


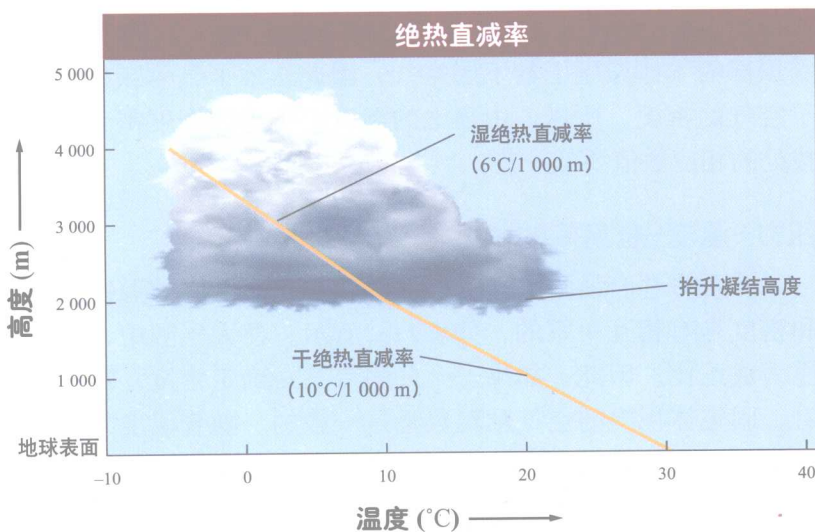
图11-7 开氏度的刻度值从0 K开始，这一数值对应于 $-273^{\circ}\text{C}$ 和 $-460^{\circ}\text{F}$ 。

**温标** 温度可用华氏度 ( $^{\circ}\text{F}$ )、摄氏度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) 或开氏度 (K) 来衡量。华氏度通常在美国使用。摄氏度是本书所采用的温度单位，因其冰点和沸点正好相差  $100^{\circ}\text{C}$ ，所以使用非常方便。开氏度是温度的SI单位。开氏温标度量绝对零度（约折合成  $-273^{\circ}\text{C}$  和  $-460^{\circ}\text{F}$ ）以上的温度值。这一单位可以直接衡量分子的运动，因为从理论上讲，在绝对零度时，分子将停止运动。由于没有物体能低于绝对零度，所以在开氏温标上是没有负值的。图11-7对这几种温标作了比较。

**露点** 露点是衡量大气的另一个指标。**露点 (dew point)** 是指常压下空气中的含水量达到饱和时的温度。饱和是指空气能够承受的最大水汽量。露点很重要，因为只有当空气达到饱和时才会发生凝结。当物质从气态变成液态时，**凝结 (condensation)** 便发生了。此时，水蒸气变成液态的水，最终以雨水的形式降落。根据露点在该过程中的作用，它常被称作是凝结温度。

### 温度的垂直变化

通常，山顶的温度要低于海拔较低的山脚。这是因为较低层的大气的温度会随着与其热源——地球表面的距离的增加而降低。大气圈中上升的独立气团也会经历温度的变化。假设不与其周边的气团交换热量，海拔每升高1 000 m，空气会以大约10°C的幅度变冷。这一过程被称作是**干绝热直减率 (dry adiabatic lapse rate)**，即在没有热量增加或热量去除时不饱和空气冷却的速度。如果空气可以持续上升，最终将会冷却至它的凝结温度。凝结发生的高度称为**抬升凝结高度 (lifted condensation level) (LCL)**。如图11-8所示，水蒸气凝结成小水滴时便会形成云。因此，抬升凝结高度通常相当于云的基层。在抬升凝结高度以上，空气饱和与冷却要慢得多。饱和空气冷却时的速度，被称作是**湿绝热直减率 (moist adiabatic lapse rate)**。这一速度可在4°C/1 000 m (非常温暖的空气) 到9°C/1 000 m (非常寒冷的空气) 范围内变化。



**图11-8** 凝结发生于抬升凝结高度。抬升凝结高度以上的空气是饱和的，因此，那里的空气比抬升凝结高度以下的空气冷却得更慢。



高度 (km)	密度 (g/L)	高度 (km)	密度 (g/L)
0	1.23	30	0.018
2	1.01	40	0.004
4	0.82	50	0.001
6	0.66	60	0.000 3
8	0.53	70	0.000 09
10	0.41	80	0.000 02
15	0.19	90	0.000 003
20	0.09	100	0.000 000 5

### 大气压力和密度

像海水一样，空气也有重量，并始终在给我们身体施加压力。这是因为，地球和大气气体之间的吸引力将气体颗粒引向地球中心。但是，我们并不感觉到这种压力，这是因为我们一直都生活在其中，已经习惯了。生活于深海中的鱼，经受着能够压碎我们身体的压力，但它们却能存活，这就是鱼的身体已经习惯于这种压力的缘故。正如水压会随着海水深度的增加而增加一样，当你越接近大气圈底部时，由于作用在你身上的空气质量越来越大，因此，你的身体受到的压力也会越来越大。相反，由于越往上空气中的气体颗粒越来越少，因此，气压会随着高度的增加而降低。

空气密度是与给定空间内的空气颗粒的数量成正比的。如表11-1所示，越接近大气圈底部，空气密度越大。这是因为大气圈顶部的气体施压于其下层空气，因此压缩了气体颗粒，增加了空气的密度。所以，山顶上的温度、压力和密度都会比低海拔处的相应数值要低一些。

### 压力-温度-密度间的关系

前面的讨论强调了一个要点，就是大气圈中的温度、压力和密度是有相互关系的，如表11-2所示。在大气圈中，温度和压力成正比。因此，如果一个气团有某一确定密度，那就意味着，固定体积内的空气颗粒数量是一样的。随着温度的升高或降低，压力也会有相应的变化。与此相同的是，随着压力的增

表11-2  
大气圈中的关系

当 $T \uparrow$ ,  $p \uparrow$

当 $T \downarrow$ ,  $p \downarrow$

当 $T \downarrow$ ,  $D \uparrow$

当 $T \uparrow$ ,  $D \downarrow$

$T$  = 温度

$p$  = 压力

$D$  = 密度

$\uparrow$  = 升高

$\downarrow$  = 下降