

“十二五”国家重点图书出版规划项目

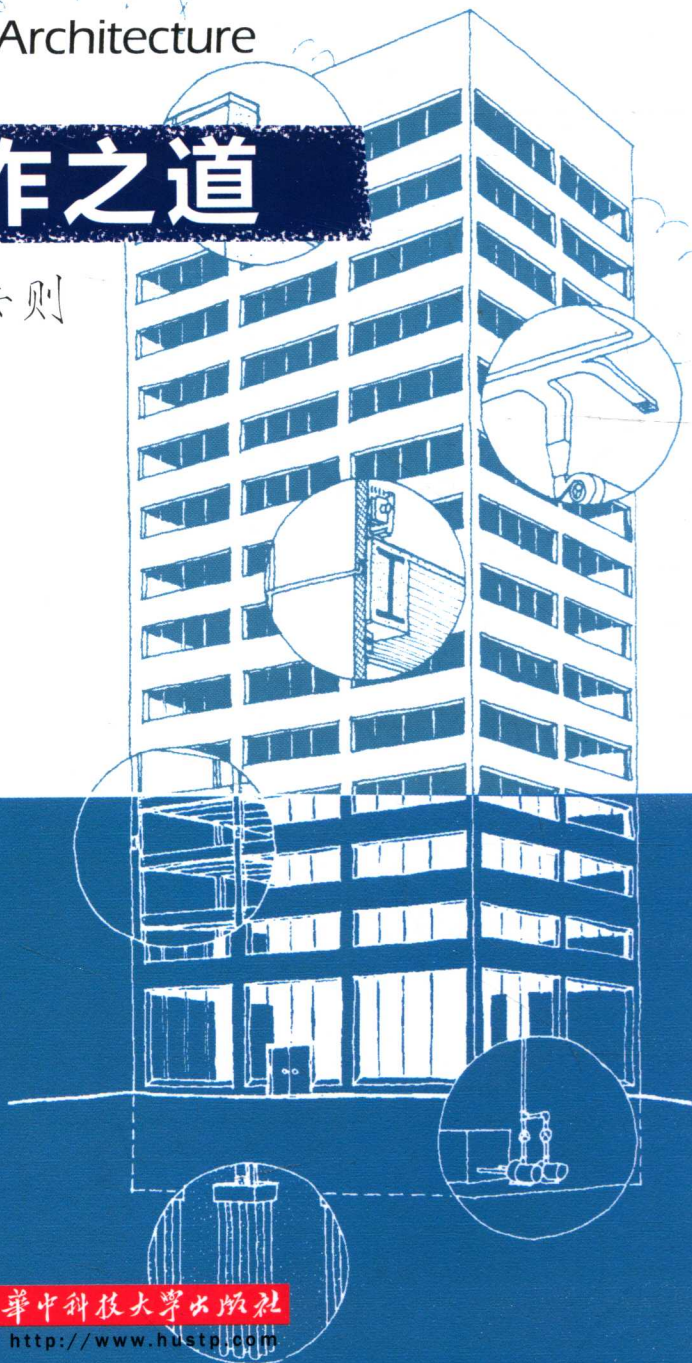
# How Buildings Work

The Natural Order of Architecture

## 建筑的运作之道

建筑遵循的自然法则

◆ 爱德华·艾伦 著 岳鹏 周斌 译



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

“十二五”国家重点图书出版规划项目

# 建筑的运作之道

建筑遵循的自然法则

How Buildings Work  
The Natural Order of Architecture

爱德华·艾伦 著

岳鹏 周斌 译

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

建筑的运作之道：建筑遵循的自然法则 / (美) 艾伦 著；岳鹏，周斌 译。

—武汉：华中科技大学出版社，2015.8

ISBN 978-7-5680-0763-4

I. ①建… II. ①艾… ②岳… ③周… III. ①建筑理论 IV. ①TU-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 064338 号

Copyright ©1980, 1995, 2005 by Oxford University Press, Inc.

“How Buildings Work: The Natural Order of Architecture, Third Edition” was originally published in English in 2005.

This translation is published by arrangement with Oxford University Press.

简体中文版由 Oxford University Press, Inc. 授权华中科技大学出版社有限责任公司在中华人民共和国境内 (不包括香港、澳门和台湾地区) 出版、发行。

湖北省版权局著作权合同登记 图字 17-2015-139 号

建筑的运作之道：建筑遵循的自然法则

爱德华·艾伦 著  
岳鹏 周斌 译

出版发行：华中科技大学出版社 (中国·武汉)

地 址：武汉市珞喻路 1037 号 (邮编：430074)

出 版 人：阮海洪

责任编辑：王 娜

责任校对：贺 晴

封面制作：赵 娜

责任监印：秦 英

印 刷：北京中印联印务有限公司

开 本：787mm × 996mm 1/16

印 张：16

字 数：277 千字

版 次：2015 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

定 价：78.00 元



本书若有印装质量问题，请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线：400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

## 序言：可持续建筑

建筑，既意味着金钱与时间上的巨大投入，也是世界性资源的巨大投入。在建造和使用它时，我们消耗了数量巨大的材料，环境污染的一大部分也是由此产生的。根据世界观察研究所的调查，全世界每年所使用的能源中，建筑物消耗了超过 40% 的能源，其中释放到大气中引起酸雨的二氧化碳占总量的 1/3，化合物占总量的 2/5。在美国，每年用于建筑的淡水占淡水消耗总量的 1/6，用于建筑的木材占木材总产量的 1/4。大约一半的碳氟化合物是由建筑物释放的，它们进入到高空大气层，破坏了保护我们免于紫外线伤害的臭氧层。大约 40% 的垃圾来自建筑工程。从这些统计数据中我们可以看出，多种形式的环境恶化现象，建筑都是负有责任的。它们给地球资源带来很大负担，其中大部分资源都是不可再生和有限的，建筑危害了人类的健康与幸福。因而我们认识到以一种可持续的方式来建造和使用建筑迫在眉睫。

可持续性是指既满足当代人的需求，又不损害后代人满足其需求的能力。当我们燃烧化石燃料时，我们消耗了有限的、不可再生的资源，以至于在未来，它们不能为我们的后代所使用。温室气体加速了全球变暖，这会使近期的后人们所面临的世界有这样的问題：冰川和冰盖正在缩小，海水正在向一个危险的平面上升，天气变得日益极端和无法预测。当我们在曾经种植庄稼的肥沃土地上建造庞大的居住区时，我们就减少了后代可用的农业用地储备；当我们用掉森林里的树木而又不重新种植时，对我们的子孙来说木材就很可能将成为一种稀有的、昂贵的物品。

我们有能力改变这种形势。我们可以大量地减少建筑的能量消耗。我们可以用太阳能和风能来满足这些需求，这两种能量都是可再生、无污染、在建筑的场地上就能够得到的。在许多情况下，我们可以在过去被滥用、如今已经被恢复的土地上进行建设，比如被污染的工业用地、被拆除的出租公寓用地和由于粗放的农业生产导致大范围水土流失的土地。我们可以使用被许可开发的木材进行建造，森林既砍伐也进行补种，并以这种方式不断地出产木材。

我们还可以利用从被拆毁的旧建筑中回收的木材进行建造。在上述每一个例子里，我们都是用一种可以留传给后代的方式建造，并将类似的方式传授给后代。

许多组织和制造商正在坚持不懈地致力于可持续构筑物的实践(也被称作“绿色建筑”)。一些是涉及特殊的资源，如森林；一些是利用回收的材料，如废弃的石膏墙板或破旧的轮胎，制成新石膏墙板、屋顶板材之类的建材；一些组织正在积极推进可再生的能源(如太阳能、风能)和光电技术；一些组织通过更好的保温性、更密闭的构造、更高效的加热和冷却装置，致力于改善建筑的能源性能；还有一些组织致力于培养建筑师和工程师，通过明智的选址和确定建筑朝向，恰当地布局，有意地选择材料，详细设计合适的构造，能大大地减少建筑对地球及其资源的影响。

有几个组织正在致力于培养建筑师和工程师如何可持续地建造。其中美国绿色建筑协会是较突出的，他们推行 LEED 体系对建筑的可持续性进行评估。LEED 是能源与环境设计的先锋。这个评估体系由若干指标构成，这些指标用于评估一个建筑中可持续性达到的程度。了解这些指标的具体内容具有启发意义。

#### 第一类，“可持续建筑场址”

- 建筑将改善基地还是使基地恶化；
- 建筑的使用者是否可以依靠步行、骑自行车或乘公共交通工具来往，以节约燃料和减少空气污染；
- 基地被新建筑干扰的程度；
- 如何处理雨水(是被储存起来现场使用，还是用来回流补充到所在基地的蓄水层，或是由地下雨水管道排走)。

#### 第二类，“水资源效率”

- 用于灌溉的储存的雨水或者灰水(不含人类排泄物的洗涤用水)；
- 革新的废水处理方法；
- 使用降低水消耗的设备。

#### 第三类，“建筑节能与大气”

- 供暖和制冷设备与系统的效率；

- 基地可再生资源的利用；
- 建筑对臭氧层消耗的潜在威胁。

#### 第四类，“材料和资源”

- 建筑材料和建筑垃圾的循环利用；
- 建筑基地的垃圾管理；
- 旧建筑材料的重复利用；
- 使用当地的材料，减少运输过程中的燃料消耗，不要使用远距离运输的材料；
- 可迅速再生的材料；
- 被许可进行开发的森林木材。

#### 第五类，“室内环境质量”

- 室内空气质量；
- 消除抽烟造成的烟气；
- 通风效力；
- 建造过程中的空气质量；
- 使用不释放有毒气体的材料；
- 控制在建筑中使用的化学制品；
- 热舒适度；
- 日光的利用。

#### 第六类，也是最后一类的标题为“创新与设计过程”。

这是一个开放性指标，对可持续建筑的原创设计理念授予荣誉。已被认可为 LEED 专家的建筑师或工程师参与的项目也会被授予荣誉。

虽然这个评估体系还处于发展完善的过程中，但是它已被作为判定建筑可持续性程度的基准。另外，它是一个提高建筑师、工程师和建造者的环境觉悟的有力工具。

以下内容，你将会得到涉及建筑在设计、建造和使用运营过程中的可持续性信息。每一章都会讲述如何优化资源、节约能源、减少垃圾的产生，并以对环境尽可能小的成本代价来营造舒适、耐久和健康的建筑。有许多都是古老的、众所周知的做法，还有一些是创新的做法。如果我们要留给子孙后代一个像我们出生时一样可爱的、宜人的、健康的、资源富足的世界，无论在什么情况下，建筑师和工程师都应该熟悉这些做法并能始终如一地贯彻它们。

# 目 录 | Contents

序言：可持续建筑 / iv

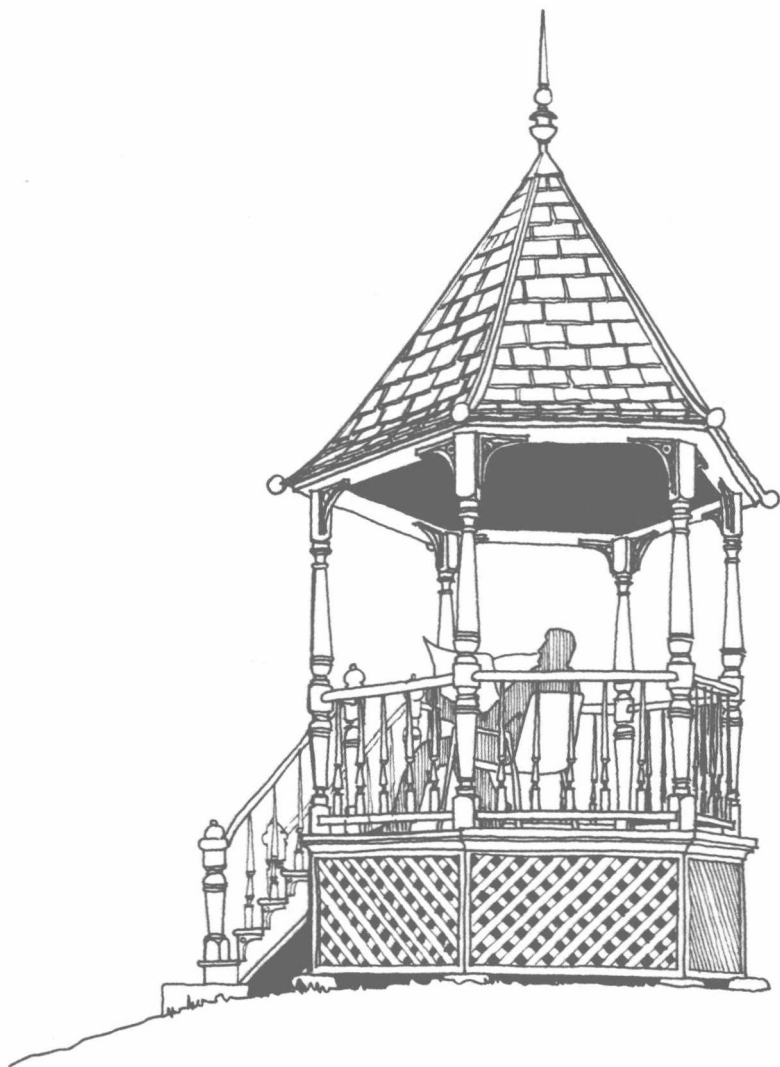
建筑是做什么的 / 1

- 1 室外环境 / 3
- 2 人的环境 / 14
- 3 栖息场所 / 22

建筑是如何运作的 / 27

- 4 建筑功能 / 29
- 5 供水 / 31
- 6 废弃物回收 / 40
- 7 提供热舒适性 / 48
- 8 建筑构件的热性能 / 52
- 9 控制热辐射 / 73
- 10 控制空气温度和湿度 / 83
- 11 控制空气流动 / 103
- 12 防水 / 113
- 13 视觉与照明 / 131
- 14 听与被听 / 141
- 15 提供集中能量 / 151
- 16 人性化的建筑 / 159
- 17 提供结构性的支持 / 173
- 18 为建筑运动做准备 / 202
- 19 火的控制 / 210
- 20 建造一座建筑 / 223
- 21 保持建筑的活力与发展 / 234
- 22 建筑构件和建筑功能 / 247

# 建筑是做什么的







# 1 室外环境

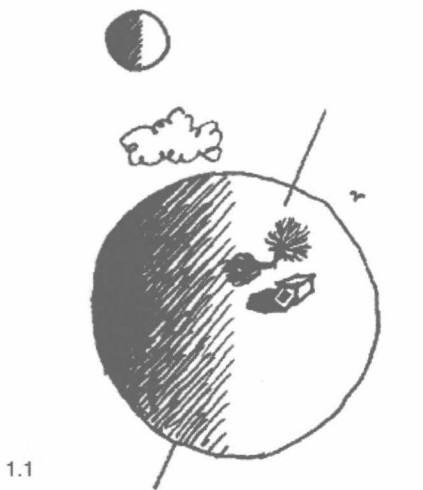
## 地球与太阳

地球是太阳系中唯一提供给生命生存所必需条件的星球。但是在地球的大部分地区，人类生存并非易事。一个如行星大小的大气引擎，它以太阳辐射作为动力的来源，以热量辐射回空间来冷却。大气引擎在地球的表面移动空气、水蒸气和热能，永不停息地制造出一个多样的、常常是极端的室外环境。

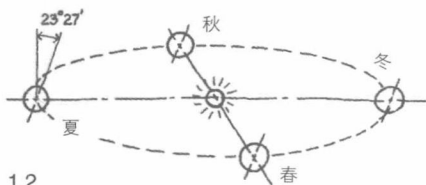
太阳是影响人们生活及建筑物的最重要的因素。我们呼吸的氧气、吃的食物、燃烧的燃料都来自作用于绿色植物的阳光，我们喝的水通过大气的蒸馏过程被净化，这个过程的动力来自于太阳产生的热量。通过直接辐射或者加热我们周围的空气，阳光得以温暖我们的身体和建筑，有时增加我们的舒适感，有时使我们感觉不舒适。阳光照亮室外，为它所触及的表面消毒，在我们的皮肤内创造维生素 D，并且对我们的性格产生积极的影响。阳光也会分解建造房屋的材料，灼伤我们的皮肤，并且诱发皮肤癌。太阳既是生命的给予者也是生命的破坏者。

阳光中包括多种波长的电磁辐射波。到达地球海平面的太阳光线中，有不到 1% 的光线因为波长太短而看不到。紫外线的波长范围在 160~400 纳米之间。可见光的波长在 400~780 纳米之间，包含了大约一半太阳光的能量。另一半能量储藏于光谱的红外线部分，即波长在 780~1500 纳米之间不可见的长波部分（一纳米是十亿分之一米，美元的一角硬币的厚度大概是一百万纳米）。

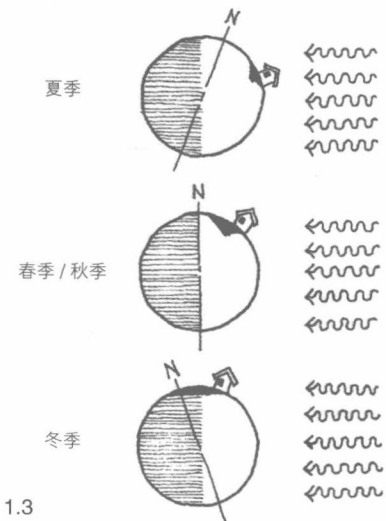
地球在一个平均半径大约为 92 900 000 英里（149 500 000 千米）、略呈椭圆的轨道上围绕太阳运行。它围绕自转轴每天旋转一次，每 365.25 天完成一次公转。这个球体背向太阳的一半，任何时候都处于黑夜。地球在任何时间都远离太阳的一半是黑夜，另一半被阳光照亮（1.1）。地球的轨道不是圆的，有 3% 的偏差。因此，地球和太阳之间距离的变化，足以引起地球上的太阳辐射强度在六个月的周期内产生大约 7% 的变化。然而这些变化还不是地



1.1



1.2



1.3

球上季节形成的原因。事实上，地球在冬天时距离太阳最近，所以地球轨道的偏心略微有助于缓和季节之间的差异。季节是由于地球的自转轴与其公转轨道所在平面的法线之间有  $23^{\circ} 27'$  的倾斜角度而产生的 (1.2)。

## 夏至日

当地球在轨道上运行到北极偏斜最接近太阳的位置时，太阳射在北半球上的光线以一个倾斜的角度穿过大气层到达地球表面 (1.3)。光线通过大气的路径很短，所以在射线到达地面之前，空气只吸收和散射相对很少的一部分光线。因为太阳相对于北半球的陆地表面相当高，所以太阳光线以最大密度被单位面积的土地接收。太阳光线到达轨道这一点处时地表最热，也就是在每年的6月21日左右的夏至日。6月21日这一天在北半球聚集的所有太阳热量由于另外的因素大大增加：在这一天，太阳光照的时间比一年里的任何一天都长，太阳在早晨六点以前从东北部升起，下午六点以后在西北部落下。日出、日落发生在早晨六点前和下午六点后多长的时间，完全取决于纬度。在赤道上，从日出到日落的时间，一年中的任何时候都是12个小时。向北移到北回归线，6月21日的白昼会比12个小时长一点，并且中午的太阳出现在头顶正上方，为标准  $90^{\circ}$  铅垂线。(北回归线在北纬  $23^{\circ} 27'$ ，和地球自转轴的倾角相同。) 越往北，随着太阳的升起

和落下，我们发现6月21日的日照时间越来越长。直到在北极圈，太阳永不落，仅仅在午夜时掠过地平线，24小时都照耀着阳光。然而，当人向北移动时，中午的太阳高度角随之减小，从北回归线的 $90^\circ$ ，到纽约同纬度地区的 $70^\circ$ ，再到北极圈的 $47^\circ$ ，最后到北极点的 $23^\circ 27'$ 。这减小了太阳对地球表面的热效应。所以，一般来说，越往北气候会越冷。

理所当然，夏至发生在一年中温暖的季节。然而，一般来说，一年中最热的天气在夏至日后的四到六周，也就是七月末到八月初。这个时间的延迟是由于在一年中更加温暖的季节里，陆地和水体吸收并保留了大量的太阳热量。然而，在夏季后期，地球又将存储的能量释放到较冷的空气中，从而缓和这个季节较低太阳能流量的影响。

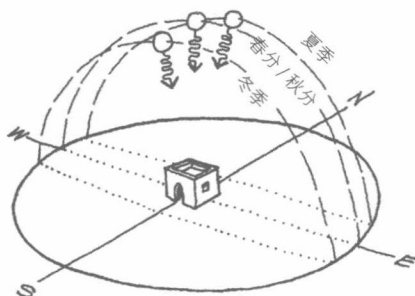
在相反的轨道位置，大约发生在12月21日，是北半球的冬至日，北极倾斜偏离太阳。太阳光线在经过一个长而平直的路径通过大气层、失去其大部分能量后，以一个很低的角度到达地球的表面，其对地面的热影响相对减弱了。这一天是一年中日照最少的一天。太阳从东南方向迟迟升起，中午爬升得也低，又早早从西南方向降落。在北极圈上空，除了正午在南部天空上出现微弱的光线以外，太阳根本不会升起。然而，陆地和海水仍旧将在暖和的秋季储存的热量释放出来，所以冬天最冷的时期往往是一月底或二月初。

## 春分或秋分

在每年3月21日及9月21日前后，分别为春分和秋分，北极和南极与太阳的距离是相等的。除了在极点处太阳24小时都在地平线上运行以外，在地球上的其他任何位置，太阳都是从正东方升起，12个小时后再从正西方落下。

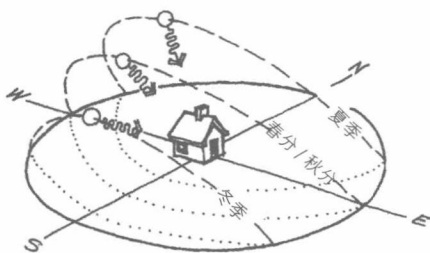
## 每年的循环

记住白天长度随季节变化是有用的，至少要明确热带和最夸张的两极地区日常最大太阳高度。在热带，除了在赤道上白天的长度在夏天稍长、冬天稍短以外，其他地方白天的长度都接近12小时。太阳总是从东方附近升起，只不过在夏天偏北一点，冬天则偏南一点；太阳降落则总是在西方附近。中午时，太阳几乎运行到头顶的正上方。太阳总是在清晨和傍晚以一个陡直的角度截断地平线，呈现非常短暂的日出和日落（1.4）。



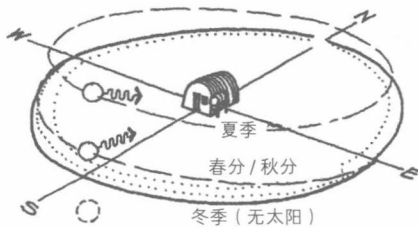
赤道地区

1.4



温带地区

1.5



极地区

1.6

在纬度上，当人向北移动时，感受到的季节变化也逐渐增大。夏季的白天比热带的白天更长，冬季的白天比热带的白天更短。正午的太阳高度更低，单位地表得到的日光量也更少。日出日落的方向更显著地表现了季节的变迁，日出和日落更为延长（1.5）。在北半球，极端的情况在北极，白天和黑夜各是6个月长：太阳在3月21日升起，在6月爬升到并不高的“中午”高度，在9月21日落下（1.6）。一年从头到尾有一半时间，地球上的每一点都暴露在直射的太阳光下。在两极，一半的日照来自连续的6个月。在赤道上，一年的每一天都被白天和黑夜均匀分开。在中间的纬度上，夏天的白天较长，而冬天的白天则较短。

在南半球，太阳一直在北半边天空中移动，季节和北半球是颠倒的。当北半球的白天短、太阳光较弱时，在南半球则有较长的白天和较强的阳光照射。从赤道到南极点，季节影响变化和北半球一样。

## 太阳对地球辐射的作用

许多因素影响到达特定表面的太阳辐射量。正如我们看到的，这些因素包括：白天的长度、每时每刻太阳光照到地面的入射角度、被光线穿过的大气厚度。这三个因素中，大气的干扰是最难估计的因素。仅地球大气层外表面的太阳辐射强度就为  $1400 \text{ 瓦/米}^2$ 。在海拔 15 英里（约 24 千米）的高度，一个由臭氧和新生成的氧气

形成的气层吸收了太阳射线中大部分的紫外线。在大气中较低的区域，二氧化碳、水蒸气、云、灰尘及污染物以各种方式反射、散射、吸收和再辐射处于光谱不同部分的光线。阳光中波长较短的光线受到的影响最大，形成了白天的蓝色天空。阳光所携带的能量中，相当大的一部分——平均占到总数大约一半——被“干净的”大气去除了。然后，大部分能量由大气再辐射进天空，但有相当大的部分作为天空漫射光由大气再辐射到地球，因而略微增加了地球表面得到的太阳能的总量。云时时刻刻都覆盖着地球表面大约一半的面积，阻拦了大量的太阳直接辐射，但仍以散射的形式让相当大量的光线透过。

考虑到所有这些因素，在南北纬 $45^{\circ}$ 有50%的云层覆盖发生率的地方，1平方英尺（0.09平方米）的地面每年接收大约75千瓦时的直接太阳辐射，另外加上大约20千瓦时的天空漫射辐射，每年的总辐射量可达到约100千瓦时。而在1平方米的地面上，可以接收该数量约11倍的辐射。

太阳直接给予地球大气的热量很少。然而，地表及地表上的物体因太阳辐射而变得温暖，它们也会把自己的部分热量传给大气。一小块地面的得热率取决于几个因素，首先是到达地表的太阳能数量。如果大气状况相同，越靠近赤道的地面接收的太阳热量越多，因为照到地面的太阳光线有更高的入射角度。同样，朝南的山坡接收到的阳光强度比平地高，而北向的陡坡可能根本接收不到阳光。

影响地面得热率的第二个因素是被地面反射的太阳辐射量的多少。反射量一般要占到到达地面的太阳辐射量的20%，剩下的80%被地面吸收。这80%的辐射量中有一部分使土壤升温从而被临时储存起来，另一部分被用于蒸发土壤中的水蒸气，还有一部分以红外线长波辐射的形式从土壤辐射回天空及地面上更冷的物体，如树梢、篱笆、建筑等。这80%的辐射量中剩余的部分，用于加热地面上部的空气。

## 夜间天空辐射

迄今为止，我们认为：在白天，巨大的太阳辐射流入地球；在夜间，这种流动反向进行，地球黑暗一侧以波长范围在4000~80 000纳米的红外线向天空辐射能量，波长比太阳的红外线长得多。在阴天的潮湿夜晚，大气中的水蒸气对红外长波辐射的吸收非常强，阻止了大量能量的流出；但是在晴朗和干燥的夜晚，强大的冷却效应通过从温暖的地球向寒冷、黑暗的天空迅速辐射而发挥影响。露水经常从空气中凝结到因辐射冷却的地面、汽车顶及建筑屋顶。

这些寒冷的表面可冷却其周围的空气。一个不流动的冷空气层可以在地面附近形成一个稳定的大气形态，即大家所知的逆温层。当水蒸气在这个低温层凝结时，地面就形成了雾。即使视平线高度的温度处于零摄氏度以上，霜冻也可以在地面附近发生。夜间的风往往把更温暖的空气与地面冷空气混合，使得露水、霜冻和雾形成的可能性降低。与陆地相比，在水体上方，因水的巨大热容和对流混合，所引起的夜间空气降温一般不很明显。

## 天气

如果大气情况在全球各处是相同的，则在夜间由辐射引起的热损失无论纬度如何，都以相同的速率发生。但正如我们所见，白天的得热情况在各处是不等的。一年中的任何一天，在热带和正处于温暖季节的半球比两极和更加寒冷的半球得到更多的太阳辐射，全年平均下来，热带和纬度在大约  $40^{\circ}$  以内的地区通过辐射的总得热量大于失热量。这种不平等为一个巨大的、全球规模的动力引擎的运转制造了必要条件，其把热带的热量释放到两极地区。引擎里进行工作的流体就是大气层，特别是大气层里面包含的水汽。热带温暖的陆地上的空气被加热，之后膨胀、升高，向南、向北流向了高纬度地区，随着流动渐渐冷却。其从南、北纬

下降又向赤道流去。同时，地球向东的旋转使这些气流沿着地球表面朝西偏斜而形成信风。再朝向两极，相同但是更弱的空气对流单元被驱动，引起大致向东的空气流动（1.7）。

太阳的热量使陆地和海洋中的水分不断地蒸发到空气中。最终由此产生的温暖潮湿的空气上升，或由于对流的原因，或因随着吹向升高的陆地的风而沿斜坡上升。在膨胀时，其经历保温冷却的过程，温度降低至其水分开始凝结。凝结的水分释放潜热进入空气，抵消了一部分膨胀冷却的降温。当空气继续上升时，一个更缓慢的冷却



1.7

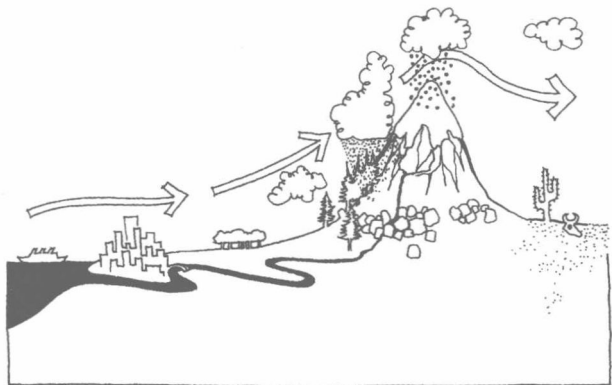
速度在继续；水分在继续凝结，由水滴和冰晶形成云。云里常包含相当数量的水，一大块积雨云估计重达 10 万吨。

## 降雨

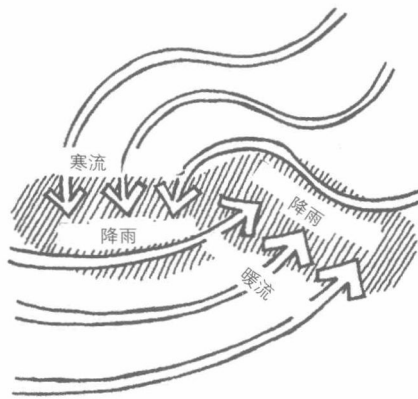
蒸汽从云层中分离的具体过程并不为人们所熟知，大致上它包括进一步的冷却和云层中灰尘微粒的形成——小雨滴在其周围聚集进而形成雨滴或冰晶。在蒸汽经过山区时，由于上升的风带来的快速冷却作用，降雨的可能性加大，而山的下风向通常降雨稀少，因为在那里下降的气流使富含水分的空气变得干燥（1.8）。雨水和融化的雪水在地表汇集成小溪和河流，并最终流向海洋，蒸发为水蒸气并再次进入大气循环。

在中纬度地区，大团热带气流形成的暖湿气流向北运动并与大块的极区干冷气流相遇。以低气压为特征的暖流和高压的寒流相互碰撞旋转，热空气与冷空气接触后突然变冷，从而形成降雨（1.9）。上述天气系统是中纬度地区形成降雨的主要原因。该天气系统并没有热带气候那么稳定和可预测，后者往往由太阳引起的大气循环所决定。

风在地球天气的形成中起着重要作用，对全球的水与热进行平衡。高空中的风总是平稳而快速地流动，然而在地表附近，风会受到丘陵、山脉、树林、建筑及气流的阻挡。距阻挡物越近，风速下降越快，风也就越狂乱，速度和风向的变化就越快。



1.8



1.9



大气引擎转化了大量的能量，从阳光到风，从阳光到降雨。尽管目前只有约3%的辐射转化为能量，但引擎运作到一定水平，大气所能转化的能量将以万亿马力（ $10^{12}$ 瓦的数倍）计。但是，这一巨大的能量流很难被人类直接利用：风的弥漫造成能量大量流失，尤其在高海拔和极地就更难以驾驭。只有极少量的山谷降雨可用于建水坝发电，而其余的海洋或河流流域的平地又是不适合建设水电设施的。

## 气候对土地和水资源的影响

水和土地都能够吸收和储存热量，但是水经常被作为高效率的存储介质。因此，大型水体对其周边温度的影响非常强烈，而大型陆地只能微弱地影响空气温度。盛行风到达陆地前经过水域时尤为明显。美国和加拿大西海岸受到太平洋盛行西风的影响，气候温和，夏季凉爽，冬季温暖。水还可以将热量运输到很远的地方，如温暖的大西洋湾流收集热带地区的热量并把它带到北方，使西欧的气候变得温和而湿润。伦敦受到北大西洋湾暖流的影响，冬天几乎没有零摄氏度以下的天气，而明尼阿波利斯位于美国中部一个较为偏南纬度的地区，却有很强的风雪和长时间的严寒。因此，单靠纬度不能精确地说明气候指数。

## 微气候

在一个独立的建筑基地，会有更多气候变化在其中发挥作用。基地上显而易见的太阳运动是根据地理纬度严格固定的，但太阳辐射的影响随着地面坡度的方向和陡峭度、地面的红外线吸收性、是否存在遮阴植物及从周围建筑物和地质条件反射与再辐射的热量而变化。基地气温还受到基地海拔、水体邻近度、盛行风方向及遮阴植物等因素的影响。有喷泉、瀑布和树木的地区可能会弥漫大量的水分到空气中，以提高当地的湿度和降低当地的空气温度。当地的风向在很大程度上取决于当地阻碍风通行的障碍物，如森林、林木、建筑物和山丘。耕地和深色路面会吸收更多的太阳辐射，温度高于周围地区，从而提高了附近地表的辐射热，导致热气流上升。地形对局部对流气流有重要影响：山谷比山顶风小，但是在寂静凉爽的夜晚，带着冷气流的河流流下山谷，聚集于较低的地区，而温暖的空气则上升到山顶。城市也会影响一个地区的气候。车辆和建筑物释放的能量逐渐以热量的形式散发在户外环境中，往往使