

绪 言

气象条件是林木生长不可缺少的生活因子。林木的生长发育。种子萌发、森林分布以及森林中昆虫、微生物的繁衍生息等都要受气象因子的影响。各种树木只有在适宜的气象条件下才能正常生长，否则就会抑制它们的生长和发育。可以说，林业生产在一定程度上是受天气和气候制约的。

气象条件影响着森林，反之，森林又通过与周围大气不断进行能量和物质的交换而改变着周围大气状况，使森林地区的辐射，温度，湿度，降水，风等状况与无林地区相比出现显著差异。认识、研究森林与气象因子之间的关系，对于造林、管林，对于合理地开发利用森林资源等都具有重要的指导意义。

森林气象学是研究森林与气象因子相互作用的规律，并用以指导林业生产活动的科学。森林气象学也是气象学的一门分支学科，因为它既与普通气象学有着密切联系，又有着明显区别。可以说，森林气象学是气象学和林业科学相互渗透，相互交叉而形成的一门新兴的边缘科学。

森林气象学的研究主要有以下几方面的任务：

- 1.为林业生产服务 运用气象学的基本知识研究各种林业生产基地（如苗圃、山地、森林地区）的气象、气候规

律，为林业各种经营管理措施（如育苗、造林、抚育采伐等）提供理论根据；也为森林气候的合理区划提供依据，以便合理地安排林业生产和采取相应的技术措施。

2. 研究森林气象危害 依据资料和天气变化规律，对危害林业生产的天气作出预报，提出有效的防御措施，合理地安排林业生产活动，最大限度地避免自然灾害造成的损失。

3. 研究森林的气象效应 森林不但对近地面大气的物理性质有重要影响，对陆地水文状况也有重要影响，研究这些影响，揭示森林改造气候，改造自然环境，防止各种污染，保持生态平衡的巨大作用，也是森林气象学的重要课题之一。这方面的研究，对于改造自然，对于保障农、林、牧业稳产、高产都具有重大意义。

目前，森林气象学在我国已迅速发展，特别是防护林的气象效应，森林防火，森林对降水的影响，森林对水土保持的作用以及森林对环境污染的防治作用等方面进行了许多工作，取得了一定的成绩，但从系统性、理论性和应用范围来看，森林气象学在我国还是一门年轻的很不完备的科学。

气象学在林业生产中占有重要地位，对于每一个林业工作者来说，学习和掌握森林气象知识是很必要的。

第一章 大 气

地球表面包围着一层厚厚的空气，这层空气叫做地球大气，简称大气。由于大气围绕着地球形成一个连续的圈层，所以又叫大气圈。

空气无色、无味，即看不见，也摸不着，然而，它却是组成地球的一个实实在在的物质层次。动植物和人类就生活在大气层的底部，大气与人类活动息息相关。在深入讨论森林气象知识以前，首先对大气作一简单介绍。

第一节 大气的组成

大气主要是由各种气体混合组成的，同时还含有水汽和悬浮在空气中的微尘杂质。

一、干 洁 空 气

如果把大气中的水汽和微尘杂质除外，剩下的这些纯净的混合气体，就叫做干洁空气。

干洁空气中的主要气体是氮和氧，如果按体积看，氮气占78%，氧气占21%，两者之和，就相当于整个大气成分的

99%，若再加上氩气，三者之和竟达到整个大气成分的99.9%以上。其它气体，如二氧化碳、氢、氮、氖、氦、氙、臭氧等含量很少，总共还不到0.1%。

大气中的氮、氧的百分含量几乎是不变的。

大气中的二氧化碳和臭氧的含量虽少，而且极不稳定，但它们对大气温度却有着很重要的影响。

二、水 汽

大气中的水汽主要来源于海洋、陆地上江河湖泊的蒸发，潮湿土壤和物体表面的蒸发以及植物蒸腾。

水汽在大气中的含量极不稳定，少时接近于零，多时可达大气成分的4%。水汽同时是大气中最活跃的部分，它到处飞舞，但主要是在近地面5公里以下的气层中活动。水汽是天气变化过程中必不可少的角色，云、雾、露、霜、雨、雪都是水汽的凝结物或凝华物。

三、微 尘 杂 质

大气中的微尘杂质包括悬浮于大气中的尘埃、烟尘、盐粒等无机物，花粉、细菌、孢子等有机物以及液态云滴、冰晶等水汽凝结、凝华物。此外，还有工业生产等人为因素形成的污染物进入大气。

尘埃来源于地面松散微粒，它们因被气流吹扬而进入大气中；还有火山爆发，流星燃烧造成的灰烬等；烟粒主要来源于工农业生产和生活方面的燃烧；盐粒主要是海浪溅入大气中的水滴蒸发后形成的。

微尘杂质主要集中于离地面 3 公里以下的气层内。

微尘杂质可以做为水汽凝结、凝华的核心，对形成各种凝结物或凝华物起到很大作用，对成云致雨也有重要作用。

第二节 大气的分层

大气层象厚厚的外衣包围着地球。由于大气圈的外层是逐渐过渡到宇宙空间的，所以很难划定地球大气圈的最外边缘，即大气上限。人们一般根据大气层中出现的某些物理现象来确定大气的上限。比如，极光现象，因为它只在大气尚有一定密度的情况下才能出现，所以它出现的最大高度，就是大气圈的上限。用这种方法确定的大气圈上限为1200公里。也有人根据人造卫星所探测的资料推算，算出大气圈的上限应为 2000—3000公里的上空。但是，这种说法一直没得到公认，所以大气圈的上限至今也没有明确。这一层厚厚的大气，上层和下层的特性是很不相同的。世界气象组织根据气温、大气成分等分布特点，将大气圈分为对流层、平流层、中间（中层）热层和外层（散逸层）五个圈层。

对流层是贴近地面的一层大气。这一层大气密度最大，它集中了整个大气圈空气质量的四分之三和几乎全部的水汽和微尘。天气现象主要发生在这一层。这一层与我们的生活关系十分密切。

从对流层往上到大约离地面 55公里的高空是平流层。这里空气稀薄，没有云彩。这里的气流主要是水平流动，而且相当平稳。平流层即由此得名。但有时这里的风很大，甚至

达到250米／秒，比台风的速度还大。然而这么大的风，人若置身其中并不会被吹倒，因为这里的空气密度太小了。在这一层中，有一个蓝色的臭氧层，它分布在20—30公里的高度上。臭氧在大气里的百分比含量很小，如果把它们全部集中起来，总厚度也不超过3毫米。虽然如此，但臭氧的功能却很大，它能大量地吸收太阳辐射中的紫外线，致使到达地面的紫外线数量很少，从而不伤害地球上的生物，因为强烈的紫外线不但能使物体变热，而且能把物体烧焦。假若没有这一层臭氧，地球在几分钟之内就会变成烧焦的沙漠了。

自平流层顶到离地面85公里的高空是中间层。这一层的特点是气温随高度的增加而很快下降，至中间层顶甚至降到 -90°C 以下。

热层的下限高度是85公里，上限伸展到800公里左右。这一层的特点是，温度随高度的升高而很快上升，所以这一层叫热层。由于这层空气密度太小，空气在紫外线及宇宙射线的作用下，处于高度电离的状态，所以又叫做电离层。

热层以上就是外大气层。这层空气极为稀薄，气温很高，一些高速运动的空气分子和原子，能够挣脱地球引力的束缚，逃逸到星际空间去，所以又叫做散逸层。

为了便于记忆，我们把大气的分层记为下面四句话：

大气上下分五层，对流层中对流生。

平流层上是中层，热层外层到太空。

第三节 对流层

大气的最低一层是对流层。对流层的平均厚度在赤道地区为17—18公里，在极地为8—9公里，在我国为10—12公里。我们生活中见到的各种天气现象都发生在对流层中。对流层主要有以下三个特点。

一、气温随高度的增加而降低

空气的热量主要来自地面。离地面越近，空气受热越多，远离地面的空气，受热很少，所以在对流层内越到高空，气温也就越低。一般来说，高度每增加100米，气温平均下降 0.65°C 。

二、空气对流运动显著

在对流层内，由于空气受热不均而产生强烈的上升或下降气流。气流的这种垂直上下运动，叫做对流运动。在接近地面的气层中，温度的水平分布也不均匀。纬度低的地方气温高，纬度高的地方气温低，这种空气温度的分布状况，是导致空气对流运动和水平运动的主要原因。

三、天气现象复杂多变

水汽和微尘主要集中在对流层，它们随着强烈的对流运动而升向高空，因气温变化而产生一系列物理现象和物理过程，形成复杂的天气现象；有时布云造雨，有时雷电行空，

有时风暴肆虐，有时雪花飞舞，真是风云变幻，气象万千，表演出一幕幕有声有色的天气“剧目”，所以说对流层是各种天气活动的“大舞台”。

第二章 太阳辐射

太阳不断地把巨大的能量投向地球，给地球送来了光和热。这热量引起了地球表面温度的变化，导致了空气运动、水分循环，由此形成各种天气现象；这光照促使绿色植物进行光合作用，制造有机物质。太阳的光和热养育了地球万物，使地球成为一个生机勃勃的星球。

第一节 太阳辐射

一、太阳辐射的基本知识

（一）太阳辐射的概念

太阳是一个炽热的星球，其内部不断地进行热核反应，释放出巨大的能量，并把这些能量以电磁波的形式向外散发。太阳以电磁波的形式向宇宙空间放射能量，该能量称为太阳辐射能，简称太阳辐射，或太阳能。

太阳每秒钟放出的能量相当于燃烧116000亿吨煤所产生的热量，地球只能从其中获得二十亿分之一的能量，但这也足以维持地球上的一切自然过程。太阳能是地球上能量的最基本来源。

（二）太阳辐射光谱

太阳辐射出来的电磁波具有不同的波长，各波长放出的能量不同。把太阳辐射能按波长大小的顺序排列起来所构成的波谱，叫做太阳辐射光谱。太阳辐射光谱主要包括三个部分：波长大于760纳米(1纳米等于百万分之一毫米)的为红外线，波长小于390纳米的为紫外线，介于两者之间的为可见光。可见光是人眼睛能看见的光，而红外线和紫外线都是看不见的光。

夏季雨后，斜阳辉映，天空中常可见到由七种色彩排列而成的弧形光带，这就是虹。虹是空中的小水滴将阳光分解成单色光而形成的。这就说明，太阳辐射中的可见光又是由7种单色光组成的。如果把它们波长由大到小按顺序排列起来，分别是：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光。这些可见光的能量占太阳辐射能的一半左右，所以太阳辐射又俗称为太阳光。

（三）光照强度和太阳辐射强度

投射到地面上的太阳辐射照亮了地面，晒热了地表，也就是产生了光效应和热效应。

太阳辐射中的可见光构成了光效应。表示可见光强度的物理量叫做光照强度，简称照度，单位用勒克司（lx）表示。一个勒克司就是与光源相距1米的球面上受到一个国际标准烛光的照度。一般在晴天的中午，阳光下的照度约为5—10万勒克司；阴天室外的照度约5000—20000勒克司。

地面吸收太阳辐射后，就转变为热能而产生热效应。太阳辐射热效应常用太阳辐射强度来表示。在单位时间内投射于单位面积上的太阳辐射热，称为太阳辐射强度^{*}，单位一般采用焦耳／厘米²·分。据观测，来到地球上的太阳辐射，在穿过大气层之前，即垂直照射在大气上界上的太阳辐射强度平均为8.30焦耳／厘米²·分，这个数值称为太阳常数。

二、太阳辐射在地面和大气中的分配

（一）被大气损失的太阳辐射

在一般情况下，地面上观测到的太阳辐射强度，总比太阳常数小。这是因为太阳辐射在穿越大气层的时候，被大气吸收，散射和反射，使辐射能损失过半，因而使到达地面的辐射强度显著减弱。

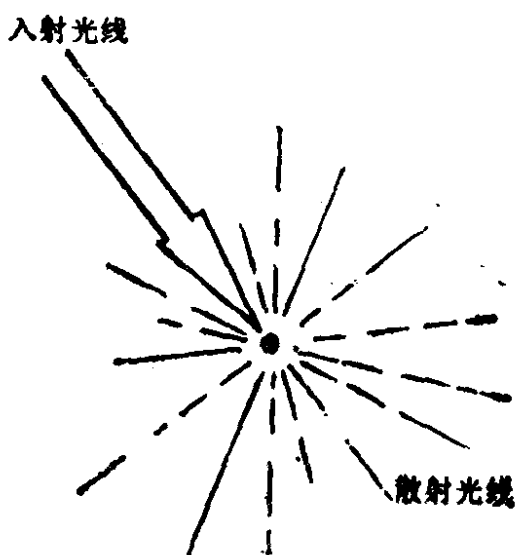


图 2—1 散射

大气中的云、雾，以及臭氧、氧气、二氧化碳和水汽都能吸收太阳辐射，使一部分太阳辐射直接转变为热能而被消耗于大气层中。云层能把部分太阳辐射反射回宇宙空间去，而使太阳辐射减弱。各种气体分子和大气中的微尘杂质还能把投射过来的太阳辐射向四面八方散开，这种作用叫散射（图 2—1）。被散射回太空的

•确切地说，应称为太阳辐射通量密度。在农、林业上通常用太阳辐射强度代替太阳辐射通量密度。

这部分辐射能就损失了，其余的部分仍可到达地面，但是其辐射强度减弱了。

（二）到达地面的太阳辐射

经大气减弱后，到达地面的太阳辐射可分为两部分，一部分是太阳直接照射到地面上的直接辐射，用 S' 表示；另一部分是被空气分子和微尘杂质所散射而到达地面的散射辐射，用 D 表示；直接辐射与散射辐射之和，称为总辐射，以 Q 表示，即 $Q = S' + D$ 。

在晴天里，被阳光直接照亮的地面上，其总辐射既有直接辐射又有散射辐射；当天空被浓云遮蔽时，或日出前的早晨，日落后的傍晚，则只有散射辐射给地面带来了光明，带来了晨光和暮色。此时的总辐射就等于散射辐射（ $Q = D$ ）。

（三）地面反射和吸收的太阳辐射

到达地面的总辐射，一部分被地面吸收，一部分被地面反射掉了。地面反射太阳辐射的能力用反射率表示。反射辐射（ R ）与总辐射（ Q ）的百分比，叫做反射率，用 α 表示。即

$$\alpha = \frac{R}{Q} \times 100\%$$

反射率的大小主要与地表特性和状态有关。表 2—1 是不同类型地表的反射率。

由表上数据看出，不同地表的反射率相差很大，新雪的反射率可达 95%。湿土的反射率小于干土，针叶林的反射率小于阔叶林，粘土的反射率小于砂土。一般看来，地表颜色

表2—1 不同类型地表的反射率

地表类型	反射率(%)	地表类型	反射率(%)
新 雪	84—95	阔叶林	15—20
湿黑钙土	8	粘 土	20
干黑钙土	14	砂 土	29—35
针 叶 林	10—15		

越深，表面越粗糙，其反射率越小，吸收太阳辐射的能力就越大。

地面对太阳辐射的吸收能力用吸收率表示，吸收率是地面吸收的太阳辐射（ Q' ）与总辐射（ Q ）的百分比。因为反射率与吸收率之和为1，所以吸收率常用 $1-\alpha$ 表示。显然，用100%减去反射率就是吸收率。例如表2—1中，新雪的反射率为84—95%，那么新雪的吸收率就是16—5%，余者类推。

吸收率可用下式表示

$$1-\alpha = \frac{Q'}{Q} \times 100\%$$

综上所述，太阳辐射在大气和地面上的分配如图2—2所示。假设来到大气上界的太阳辐射为100%，一般来说，被大气和云层吸收的太阳辐射占20%；被反射和散射的太阳辐射共占37%，其中云层反射的占27%，地面反射的占3%，大气散射的占7%；被地面吸收的太阳辐射只有43%，其中直接辐射占27%，散射辐射占16%。

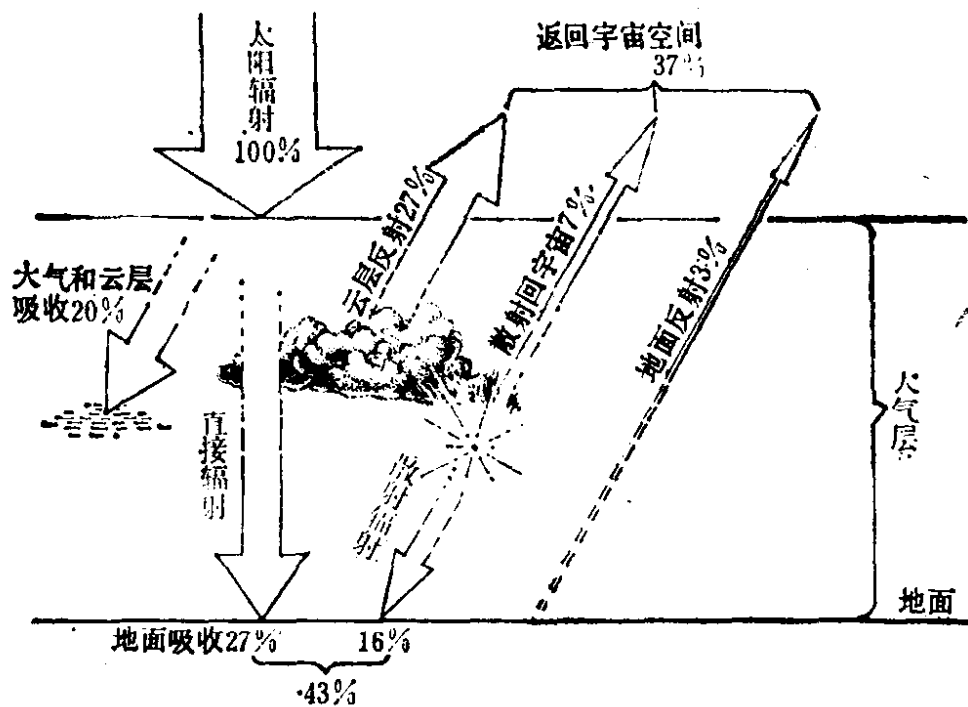


图 2—2 太阳辐射在地面和大气中的分配

第二节 地面获得的太阳辐射能

太阳辐射是地面的热源，也是动植物赖以生存的能源。因而一个地方获得太阳辐射能的多少，对于当地气候以及植物生长状况都有重大的影响。所以正确地估量一个地方获得太阳辐射能是很必要的。而某地一日或一年中获得太阳辐射能的多少，主要取决于当地的日照时数和到达地面的太阳辐射强度。日照时数多，太阳辐射强度大，地面获得的太阳辐射能就多，反之获得的太阳辐射能就少。

一、白昼时间的变化

白昼时间（或称昼长）就是可照时数，是指从日出到日落所经历的总时数。在可照时数内将阳光被云雾等遮蔽的时数减去，就是日照时数。日照时数表示太阳在一个地方的实际照射时数。

由于地球的自转与公转，引起了昼夜交替，导致了白昼时间的周期性变化。

地球以南北两极为轴，永不止息的自转着。在自转过程中，向着太阳的半个球面就是白天，背着太阳的半个球面就是黑夜（图2—3），于是就产生了白昼与黑夜的更迭。而一个地方昼与夜的时间长短同时又受地球绕日公转的支配。由于地球公转时与公转轨道面始终保持 66.5° 的倾角，这样，地球上除赤道外每个地方的白昼时间都在逐日变化着。

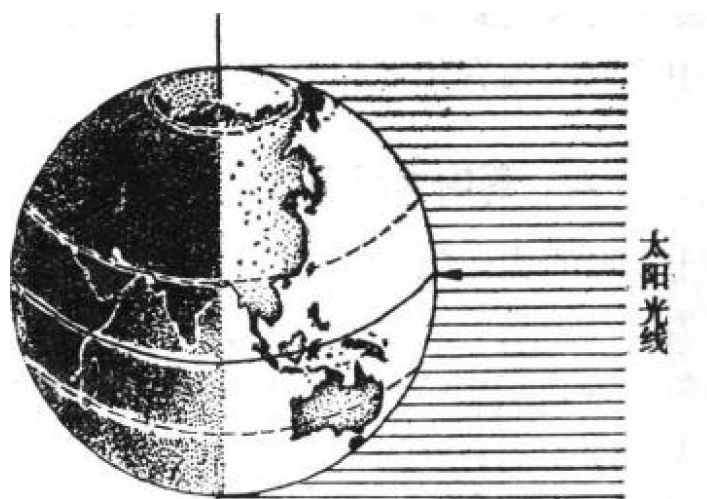


图 2—3 地球上的白天与黑夜

每年6月21日或22日，地球运行到夏至这个位置时，北半球面向太阳倾斜，向阳部分最大。随着地球的匀速自转，

北半球各地暴露在阳光下的时间最长，即白昼时间全年最长。而且在夏至前后，纬度越高的地方，白昼时间越长，北极圈内全天都能处于阳光的照射之下，会出现总是白天的永昼现象。夏至过后，北半球的向阳部分逐渐减小，白昼时间日渐缩短，至秋分（9月22日或23日）时，南北两半球受光部分相同，地球各纬度上的白昼与黑夜的时间都相等，即各地的昼长都是12小时。秋分过后，北半球的白昼时间还在缩短。到12月22日或23日地球运行到冬至这个位置时，北半球背向太阳倾斜，背阳部分最大，白昼时间全年最短。而且在冬至前后，纬度越高的地方，白昼时间越短，到了北极圈里会呈现整天见不到太阳的永夜现象。冬至过后，北半球的白昼时间日渐增长，至春分（3月20日或21日）时，与秋分一样，各地昼夜时间相等。春分过后，北半球的日照时间还在增长，到夏至时又达到最长，如此周而复始，引起白昼时间在一年之中的周期性变化（如图2—4）。

二、影响太阳辐射强度的因子

地面上获得的太阳辐射强度大小，主要受太阳高度角、大气透明度以及云量等因子的影响。在中纬度地区和低纬度地区，太阳高度角是影响太阳辐射强度的主导因子。

太阳光与水平面之间的夹角，叫做太阳高度角。同是一束太阳光线，当太阳高度角小时，投射到地面上的光线分散，单位面积上获得的辐射能少，辐射强度就小；当太阳高度角大时，光线集中，单位面积上获得的太阳辐射能多，辐射强度就大（如图2—5）。

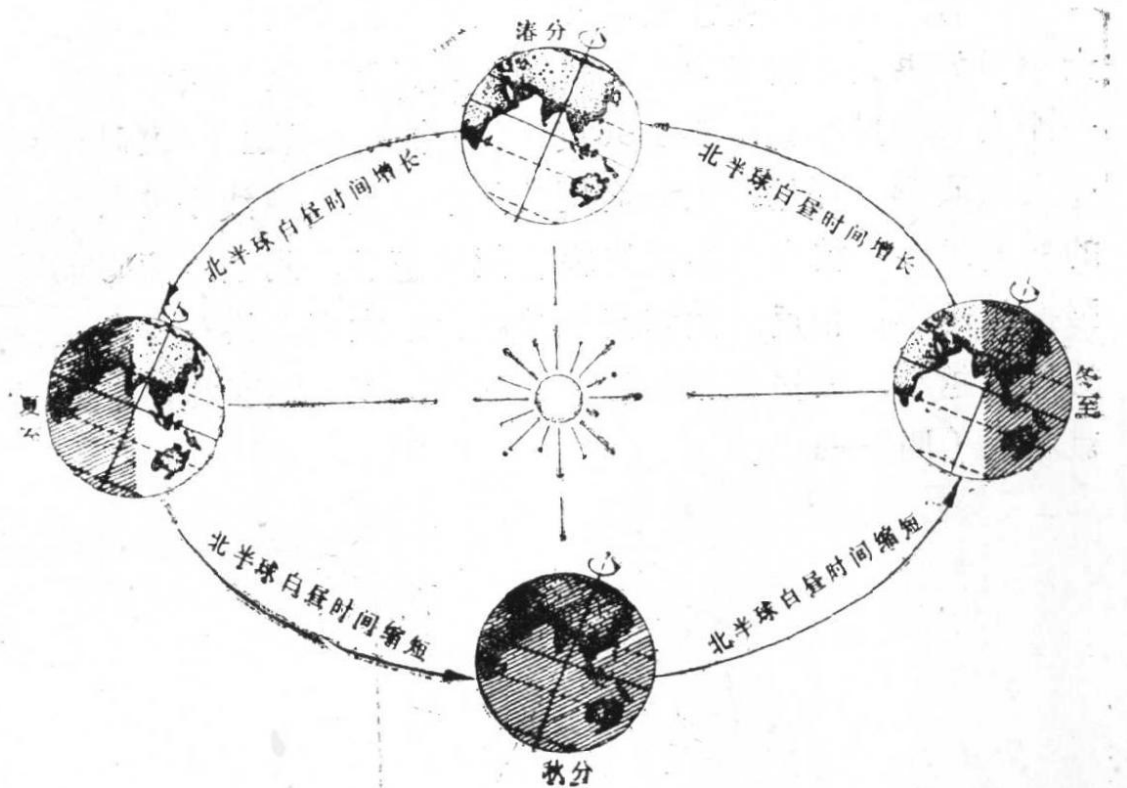


图 2—4 地球公转与白昼时间的变化

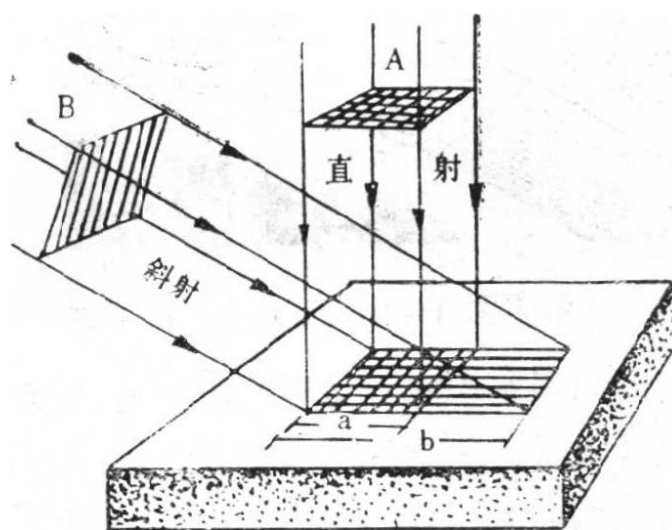


图 2—5 太阳高度角与辐射强度的关系

a. 为直射 b. 为斜射