

628159

615

10534; 1

全国高等农业院校试用教材

# 农业气象

北京农业大学 主编



农学类各专业用

成都科学技术大学图书馆

基本馆藏

农业出版社

34; 1

全国高等农业院校试用教材

# 农 业 气 象

北京农业大学主编

农学类各专业用

农 业 出 版 社

主编 北京农业大学 (张理 江永和)  
编者 沈阳农学院 (裘碧梧) 南京农学院 (江广恒)  
华中农学院 (王炳庭) 西南农学院 (汪毓才)  
贵州农学院 (易家苓) 广西农学院 (张炳忠)

全国高等农业院校试用教材

农业气象

北京农业大学主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 17印张 1插页 338千字

1981年8月第1版 1981年8月北京第2次印刷

印数 22,501—30,500册

统一书号 16144·2035 定价 1.80元

## 前 言

气象学是研究大气物理现象和物理过程的科学。气象学在发展过程中，又逐渐地分出了许多部门。例如，天气学是研究大气中物理现象及一般过程的复杂的综合；气候学是研究大气中物理现象多年的特征。广义的气象学则包括了天气学和气候学。

在人类的各种活动中，均与气象有着密切的联系，因而，逐步形成和发展了应用气象学，以及应用天气学和应用气候学。如农业气象学、林业气象学、工业气象学、建筑气象学、医疗气象学、航空气象学、航海气象学、军事气象学等等。应用气象学中最大的部门是农业气象学。在农业气象学中，由于农业对象的不同，有作物气象、果树气象、蔬菜气象、畜牧气象、病虫气象等之分。此外，从另一个角度区分，在农业气象中也可以划分出普通农业气象学、农业天气学和农业气候学。然而，目前对农业气象学各部门的区分，并没有统一的意见。

农业气象学是气象学、农业生物学、农学等的边缘学科。从目前从事的工作来看，一方面，它研究对农业生物（农作物、果树、蔬菜、畜牧、病虫等）生长发育和农业生产活动（如耕翻土地、播种、收获以及各种农业栽培技术措施等）有影响的农业气象、农业天气和农业气候条件的形成和规律；另一方面，也研究农业生物生长发育和农业生产活动对农业气象、农业天气和农业气候条件的生理、生态和生产效应。

农业气象课是应高等农业院校需要而设置的，它是农学类专业的专业基础课。该课程选择与农业生物生长发育和农业生产活动有密切关系的农业气象、农业天气、农业气候条件为基本内容，介绍它们形成的物理基础和过程以及变化规律；并适当介绍农业生物生长发育、农业生产活动对这些条件的反应。

本教材共分三篇，即农业气象、农业天气和农业气候。

第一篇为农业气象。本篇介绍与农业生物和农业生产活动有密切关系的光、热、水、二氧化碳和风等五种农业气象要素，阐明这些要素的形成与变化规律以及农业生物生长发育和各种农业生产活动对这些条件的反应。这篇内容也是讨论农业天气和农业气候的基础。

第二篇介绍农业天气。农业天气条件是农业气象条件复杂的综合，它是在较短的时间内各种农业气象条件的综合表现，由于农业生物和大多数农业生产活动处在自然环境里，必然受到综合的农业气象要素的影响，因此，在某种意义上说，农业天气更具有重要意义。本篇在介绍一般天气形成和变化规律的基础上，介绍了对农业生物生长发育和农业生产活动有重要影响的几种农业天气知识。

第三篇介绍农业气候。农业气候是一个地方农业气象条件和农业天气条件的多年特征。所谓多年特征，包括了各种农业气象条件或农业天气条件多年平均状况和特殊状况，它构成

了当地的农业气候条件。在漫长的农业发展的历史过程中，一个地区的作物种类、耕作制度和一整套农业技术措施总是在一定的生产水平下与当地农业气候相适应的。因此，大到农业生产规划，小到某个作物品种和某项农业技术措施的采用，无不与农业气候条件的分析相联系。本篇首先介绍了一般气候形成与分布，然后介绍我国农业气候条件的形成与分布。

农田小气候环境是农田中光、热、水、二氧化碳和风等农业气象要素的综合表现。农田小气候对农业生物生长发育有重要的影响，许多农业技术措施对农田小气候也有着直接的和明显的效应。该部分内容列入第三篇。

农业气象观测仪器和观测方法以及农业气候资料整理是农业气象课的重要内容。本教材将气候资料整理方法列入第三篇。该部分内容基本上是根据中央气象局统一规范写的，供教学中使用参考。

本教材是为全国各高等农业院校农学、选种、果树、蔬菜、植保、昆虫、土壤、农经等专业约70—90学时农业气象课教学需要而编写的。由于全国各地区的天气、气候条件及主要农业生产情况不同，各个学校、各个专业对农业气象课所要求的内容和深度也不尽相同。因此，在使用本教材时，各学校、各专业可根据需要适当选择或有所侧重。

参加本教材审稿的单位有：吉林农业大学（陈铁如）、内蒙古农牧学院（夏武康）、新疆八一农学院（何章启）、山东农学院（刘志民）、河南农学院（徐文波）、安徽农学院（贺苓萱）、江西共大总校（周绍先）、浙江农业大学（沈能枋）、西北农学院（王谦）、西南农学院（易明晖）、云南农业大学（吴淑楨）、湖南农学院（陈贻宝）、华南农学院（张丙春）。此外，在定稿工作中，由北京农业大学气象教研组徐祝龄、陈端生、汪奕琮和北京气象科学研究所苏福庆、北京大学仇永炎、中国科学院地理所丘宝剑等同志分别协助部分篇章的定稿。

由于编者水平和定稿时间的仓促，本教材还存在许多不足之处，错误也在所难免，诚恳地希望读者指出。

一九七八年十月



# 目 录

## 第一篇 农业气象要素

第一章 太阳辐射	1
第一节 热辐射的一般知识	1
一、辐射的概念	1
二、辐射的基本定律	3
三、太阳辐射	4
第二节 太阳辐射时间长短	5
一、日地关系	5
二、太阳高度角和方位角	6
三、昼夜形成与日照长短	7
四、曙暮光和光照时间长短	9
第三节 太阳辐射光谱	10
一、大气的组成和结构	10
二、大气对太阳辐射的吸收	11
三、太阳辐射在大气中的散射	11
四、太阳直接辐射的光谱成分	12
五、天空散射辐射的光谱成分	13
第四节 太阳辐射强度	14
一、太阳直接辐射强度	14
二、天空散射辐射强度	18
三、太阳总辐射强度	19
四、太阳辐射总量	20
五、生理辐射	21
六、光照强度	22
第五节 辐射平衡	23
一、地面对太阳辐射能的吸收	23
二、地面的有效辐射	23
三、地面辐射平衡	23
第六节 太阳辐射与作物	25
一、太阳辐射强度与作物的生长发育	25

二、太阳辐射时间长短与作物的生长发育 .....	26
三、太阳辐射光谱与作物的生长发育 .....	27
四、太阳辐射能利用率及其提高途径 .....	28
第二章 气温与土温 .....	29
第一节 物质的热交换和热特性 .....	29
一、物质热量转移的方式 .....	29
二、物质的热特性 .....	30
第二节 地面热量收支 .....	32
第三节 土壤、水层和空气的温度变化 .....	34
一、土壤的温度变化 .....	34
二、水层的温度变化 .....	36
三、低层大气的温度变化 .....	37
第四节 空气的绝热变化和大气稳定度 .....	40
一、空气的绝热变化 .....	40
二、大气的稳定度 .....	40
第五节 土壤的冻结与解冻 .....	42
一、土壤冻结 .....	42
二、土壤解冻 .....	42
第六节 温度与作物 .....	43
一、三基点温度 .....	44
二、周期性变温对植物的影响 .....	45
三、农业指标温度 .....	46
四、积温 .....	46
第三章 大气中的水分 .....	48
第一节 水的三态变化和空气湿度 .....	48
一、水的三态变化 .....	48
二、空气湿度的表示方法 .....	49
三、空气湿度的变化 .....	50
第二节 蒸发与蒸腾 .....	52
一、水面蒸发 .....	52
二、土壤蒸发 .....	53
三、植物蒸腾 .....	54
四、农田总蒸发 .....	54
第三节 云雾及大气降水 .....	55
一、云和雾 .....	55
二、降水 .....	57
三、降水量、降水强度和降水变率 .....	59

四、地球的水分循环	59
第四节 水分与植物	60
一、水分与作物产量、品质的关系	60
二、作物的需水量和蒸腾系数	61
第四章 大气中的二氧化碳	62
第一节 大气中的二氧化碳	62
一、大气的组成	62
二、大气中的二氧化碳	64
第二节 空气中二氧化碳浓度的变化	67
一、空气中二氧化碳浓度的日变化	67
二、空气中二氧化碳浓度的年变化	71
三、空气中二氧化碳浓度的垂直变化	73
第三节 二氧化碳与作物	74
一、二氧化碳在增产上的意义	74
二、作物对二氧化碳的利用	76
三、作物地上二氧化碳平衡	78
第五章 风与乱流	79
第一节 风的基本概念	79
第二节 气压与风	80
一、大气压力	80
二、风与气压分布	81
三、大气环流	83
第三节 地方性风	85
一、海陆风	85
二、山谷风	86
三、焚风	87
第四节 近地面层空气的乱流	88
一、层流与乱流	88
二、乱流交换过程	89
三、影响乱流强度的因素	93
四、地形对气流的影响	95
第五节 风与作物	96

## 第二篇 农业天气

第六章 天气学基本知识	97
第一节 气压场的一般概念	97
一、气压场的表示方法	97



二、气压场的基本型式 .....	98
三、气压系统垂直结构 .....	99
第二节 天气系统及其天气特征 .....	100
一、气团和锋 .....	100
二、气旋 .....	106
三、槽线和切变线 .....	109
四、反气旋 .....	110
第三节 天气预报 .....	113
一、天气图法 .....	113
二、群众测天经验 .....	114
三、数值预报方法简介 .....	117
第七章 我国几种主要的农业天气 .....	118
第一节 寒潮 .....	118
一、寒潮活动 .....	118
二、寒潮冷高压和寒潮冷锋 .....	119
三、寒潮天气和农业生产 .....	120
四、霜冻 .....	120
第二节 春播期间的晴暖天气和低温阴雨天气 .....	122
一、春播期间的天气与农业生产 .....	122
二、春播期间的晴暖天气 .....	122
三、春播期间的低温阴雨天气 .....	122
第三节 梅雨 .....	123
一、梅雨天气特点 .....	123
二、梅雨的形成和结束 .....	123
三、梅雨天气和农业生产 .....	124
第四节 干热风天气 .....	125
一、干热风天气特点与形成 .....	125
二、干热风天气对小麦的危害 .....	126
第五节 台风天气 .....	126
一、台风天气对农业生产的影响 .....	126
二、台风的结构和天气 .....	127
三、台风源地和活动季节 .....	128
四、台风移动路径 .....	128
第六节 寒露风天气 .....	129
一、寒露风天气特点及其形成 .....	129
二、寒露风天气对农业生产的影响 .....	130
三、寒露风的农业气象指标 .....	130

第七节 干旱天气和水涝天气	131
一、干旱天气和农业生产	131
二、干旱天气的形成	131
三、水涝天气和农业生产	132
四、水涝天气的形成	132
第八节 冰雹天气	132
一、我国降雹的特点	133
二、形成冰雹的天气系统	134
第九节 不利农业天气的防御	134
一、抗御不利农业天气的农业技术措施	134
二、人工影响局部天气	135
<b>第三篇 农业气候</b>	
第八章 气候通论	138
第一节 气候形成因素	138
一、辐射因素	138
二、地理因素	138
三、环流因素	142
第二节 气候带与气候型	142
一、气候带	143
二、气候型	145
第三节 气候的变迁	147
一、历史时代气候的变迁	148
二、近代气候的变迁	149
三、现代(1900年以后)气候的变迁	149
四、气候变迁的原因	150
第四节 气候与农业生产	151
一、气候与作物分布	151
二、农业对气候资源的利用	153
三、气候变化与农业生产	154
第九章 中国农业气候	154
第一节 中国气候的形成	154
一、地理环境	154
二、辐射条件	155
三、大气环流	160
第二节 中国气候的一般特征	162
一、季风性明显	163

二、大陆性很强	165
三、温度差异大	168
四、降水复杂化	172
第三节 中国的季节与物候	176
一、四季	176
二、二十四节气	178
三、物候	178
第四节 中国农业气候资源	180
一、光能资源	180
二、热量资源	181
三、水分资源	184
第五节 中国气候区划	186
一、气候区划指标	187
二、气候带简介	187
第十章 农田小气候	190
第一节 农田小气候形成的物理基础	191
一、农田的辐射交换	191
二、农田的乱流交换	192
三、活动面的热量平衡	194
第二节 农田小气候的一般特征	197
一、农田中光的分布	198
二、农田中风的分布	199
三、农田中的温度分布	200
四、农田中的湿度分布	202
五、农田中的二氧化碳分布	202
第三节 地形和水域对农田小气候的影响	203
一、地形小气候	203
二、水域小气候	207
第四节 农田小气候环境的改造	208
一、耕作措施的气象效应	209
二、栽植措施的气象效应	213
三、灌溉措施的气象效应	217
第五节 温室小气候	220
一、温室内的光和辐射	220
二、温室内的温度状况	221
三、温室内的水气和蒸发	223
四、温室的热量平衡和温室内外的热量交换	223

第六节 保护地栽培措施的小气候 .....	224
一、不同覆盖的气象效应 .....	224
二、喷洒化学制剂的气象效应 .....	225
三、风障的气象效应 .....	227
第七节 护田林带的小气候 .....	229
一、林带结构和走向对防风效能的影响 .....	229
二、护田林带对小气候的影响 .....	231
第十一章 气候资料的整理 .....	232
第一节 气候资料的来源和资料整理的注意事项 .....	232
一、气候资料的来源 .....	232
二、气候资料整理的注意事项 .....	232
第二节 气候要素的一般表示方法 .....	233
一、特征数 .....	233
二、气候资料表 .....	239
三、气候图 .....	239
第三节 气候要素的整理 .....	243
一、太阳辐射及晴、阴天日数 .....	244
二、温度 .....	246
三、水分 .....	258
四、风 .....	259
五、霜 .....	259

# 第一篇 农业气象要素

## 第一章 太阳辐射

### 第一节 热辐射的一般知识

#### 一、辐射的概念

以电磁波或粒子的形式放射或输送能量叫辐射。该能量本身也叫辐射能。热辐射（也叫温度辐射）是由分子的振动、转动或电子的能级跃迁而产生的。任何物质，其温度在绝对零度以上时，都可以产生热辐射。热辐射可以产生热效应。

辐射具有二象性，既表现为波动性，又表现为粒子性。辐射的波动性在光学中具有实际意义。当我们研究的问题进入分子和原子领域时，辐射的粒子性则具有重要意义。例如，在研究光合作用的能量转移时，辐射的粒子性概念显得极为重要。

**（一）电磁波谱** 由于辐射具有波动性，因此，辐射特性可以用波的特性——波长和频率表示。电磁波的波长（ $\lambda$ ）单位有微米（ $\mu\text{m}$ ）、纳米（ $\text{nm}$ ）以及埃（ $\text{\AA}$ ）等，其中最常使用的单位是纳米。

$$1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} \quad (\text{百万分之一米})$$

$$1\text{nm} = 10^{-9}\text{m} \quad (\text{十万万分之一米})$$

$$1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m} \quad (\text{百万万分之一米})$$

振动的频率（ $\nu$ ）为周期数·秒<sup>-1</sup>，用赫（ $\text{Hz}$ ）表示。

我们知道，所有的电磁辐射在真空中传播的速度（ $C$ ）都是相同的，而且，电磁辐射的波长和频率有如下关系：

$$\lambda \cdot \nu = C \quad (1-1)$$

上式中  $C$  值等于  $3 \times 10^{10}$  厘米·秒<sup>-1</sup>。

已知的电磁波谱包括无线电波、红外线、可见光、紫外线、 $X$ 射线、 $\gamma$ 射线等几个波谱区。波谱区是按照产生或观测的方法划分的，并按照习惯而确定其界限。兹将电磁波谱的各类型及其波长、频率范围列表于（1-1）。

农业气象所涉及到的只是可见光、红外线和紫外线波谱区范围。可见光是指对正常人眼睛有明亮感觉的光谱部分。植物生理学研究指出，可见光的光谱范围和作物所吸收的光谱范围相近，但不完全一致。

**（二）辐射的粒子概念** 辐射的粒子学说认为，电磁辐射由许多具有一定质量、能量和动量的微粒组成。这些微粒称之为量子（或光量子）。每一个量子所具有的能量与其频率成正比，或说与其波长成反比，它们之间的关系表达如下：

表1-1 电磁波谱划分

辐射类型	频率范围 (赫)	波长范围 (纳米)
无线电波	$1 \times 10^4 - 1 \times 10^{11}$	$3 \times 10^{13} - 3 \times 10^6$
红外线	$1 \times 10^{11} - 4 \times 10^{14}$	$3 \times 10^6 - 760$
可见光	$4 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$	760-400
紫外线	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{18}$	400- $10^{-1}$
X射线	$3 \times 10^{16} - 3 \times 10^{22}$	$10 - 10^{-8}$
γ射线	$3 \times 10^{18} - 3 \times 10^{21}$	$10^{-1} - 10^{-4}$

$$E = h \cdot \nu \quad (1-2)$$

或写成

$$E = h \cdot \frac{C}{\lambda} \quad (1-3)$$

上式中  $h$  是普朗克常数, 等于  $6.63 \times 10^{-27}$  尔格·秒。量子能量单位用尔格, 但在某些场合, 也常使用卡。尔格与卡之间的关系为:

$$1 \text{ 尔格} = 2.3889 \times 10^{-8} \text{ 卡}$$

$$1 \text{ 卡} = 4.185 \times 10^7 \text{ 尔格}$$

上式表明, 波长愈短, 其量子所具有的能量越大, 如果波长相差一倍, 光子所具有的能量也相差一倍 (见表 1-2)。

表 1-2 光子所具有的能量

波长 (纳米)	200	400	500	760	1600	
频率 (赫)	$15 \times 10^{14}$	$7.5 \times 10^{14}$	$6.0 \times 10^{14}$	$3.95 \times 10^{14}$	$1.80 \times 10^{14}$	
光子所具能量	尔格/每个量子	$10 \times 10^{-12}$	$5 \times 10^{-12}$	$4 \times 10^{-12}$	$2.63 \times 10^{-12}$	$1.25 \times 10^{-12}$
	千卡/1爱因斯坦	144	72	57.6	37.9	18

• 1 爱因斯坦 =  $6.02 \times 10^{23}$  个光子数。

(三) 辐射能量的基本量度单位 辐射能在传递过程中, 于单位时间内, 通过或到达某表面积上的总辐射能量, 称之为辐射能通量。单位面积上的辐射能通量, 称之为辐射能通量密度, 测量单位为尔格·厘米<sup>-2</sup>·秒<sup>-1</sup>或卡·厘米<sup>-2</sup>·分<sup>-1</sup>。

在农业气象学中, 也常称辐射能通量密度为辐射强度。

与辐射能通量密度相对应的光通量密度也叫光照强度。光照强度又称光照度, 即单位面积内的光通量, 它的测量单位是勒克斯。

$$1 \text{ 勒克斯} = 1 \text{ 流明} \cdot \text{米}^{-2}$$

光照度的单位还有米烛光, 而且, 在物理学中已经推导过。

$$1 \text{ 米烛光} = 1 \text{ 勒克斯}$$

由于各种辐射源, 例如, 太阳和不同种类的灯光, 所辐射的波长不同。因此, 它们投射在一定物体表面上的辐射强度与光照强度之间, 没有一致的比例关系。但对一定的辐射源

来说，其关系应成比例。到达地面上的太阳辐射能，当它穿过地球大气时，光谱成分和各光谱成分所占能量比例，因许多因素而有变动，所以，它的辐射强度与光照强度之间，也没有固定的比例。

## 二、辐射的基本定律

在这里，我们扼要地复习一下物理学中所介绍过的辐射基本定律。

(一) 斯忒藩—波耳兹曼定律 该定律指出，黑体的辐射强度 ( $E$ ) 与其表面的绝对温度 ( $T$ ) 的四次方成正比，即：

$$E = \sigma T^4 \quad (1-4)$$

所谓黑体是指，某一物体，如果能将投射其上的各种波长的辐射能完全吸收，该物体则称之为绝对黑体。上式中  $\sigma$  是斯忒藩—波耳兹曼常数，等于  $5.67 \times 10^{-5}$  尔格·厘米<sup>-2</sup>·开<sup>-4</sup>·秒<sup>-1</sup>。从上式可以看出，物体表面的温度越高，其表面辐射强度也就越强。例如，太阳表面温度约为 6000 开，按公式计算，太阳表面的辐射强度应为  $7.35 \times 10^{10}$  尔格·厘米<sup>-2</sup>·秒<sup>-1</sup>。地球表面温度约为 300 开，其表面辐射强度只有  $4.59 \times 10^5$  尔格·厘米<sup>-2</sup>·秒<sup>-1</sup>。

(二) 维恩位移定律 该定律指出，绝对黑体表面辐射具有最大能量的波长 ( $\lambda_{\max}$ ) 与该辐射物体表面的绝对温度 ( $T$ ) 有关，并遵循如下关系：

$$\lambda_{\max} = \frac{C}{T} \quad (1-5)$$

上式中  $C$  为常数，等于  $2.898 \times 10^{-1}$  厘米·开。该公式表明，辐射物体的温度越高，它所

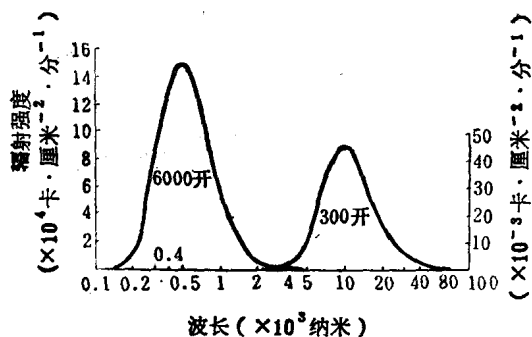


图 1-1 温度与辐射能量分布的关系

辐射的具有最大能量的波长越短。如图 1-1 所示，太阳表面温度约为 6000 开，它所辐射的具有最大能量的波长为 475 纳米；而地球表面温度平均为 300 开，它所辐射的具有最大能量的波长则为 10000 纳米。因此，相对地说，气象学中常称太阳辐射为短波辐射；地球辐射为长波辐射。

(三) 辐射的吸收、反射与透射 自然界中没有绝对黑体。“灰体”只能吸收投射其表面上的一部分辐射能，而另一部

分被反射了。如果该物体是透明体，它还能透射一部分辐射。此外，辐射在非均匀介质中还要受到散射。

一个物体所吸收的辐射能量与投射到该物体表面上的总辐射量之比，称之为吸收率 ( $\alpha$ )。物体所反射的辐射能量与投射到该物体表面上的总辐射量之比，称之为反射率 ( $r$ )。物体所透过的辐射能量与投射到该物体表面上的总辐射量之比，称之为透射率 ( $t$ )。吸收率、反射率和透射率都用百分数表示，对一均匀介质而言，它们之间有如下关系：

\* 单位中“开”为热力学温度单位“开尔文”的中文代号。由于摄氏度没有中文代号，在本书中，温度单位凡未特别注明者，均指摄氏度。



$$a+r+t=1 \quad (1-6)$$

物体的反射率和透射率是可以测量的，而吸收率则用以上关系式求算。

### 三、太阳辐射

**(一) 太阳辐射强度和太阳常数** 太阳的外层是由气体构成的，它的表层称之为“光球”层。光球层的厚度虽达 300 公里，但它还只是太阳的一张“表皮”。光球层表面的温度约为 6000 开，它发射出的总能量大约有  $3.830 \times 10^{33}$  尔格·秒<sup>-1</sup>。太阳表面的平均辐射强度约为  $7.35 \times 10^{10}$  尔格·厘米<sup>-2</sup>·秒<sup>-1</sup>，即约为  $1.02 \times 10^5$  卡·厘米<sup>-2</sup>·分<sup>-1</sup>。

太阳表面的辐射强度不是恒定的。例如，太阳黑子数目较多时，说明太阳上的气体活跃，进入太阳活动期，辐射强度增加；黑子数目减少时，太阳活动进入相对静止期，辐射强度减弱。由于太阳黑子活动引起太阳平均辐射强度的变化，大约有 2%。

太阳向四面八方放射能量，而地球仅约截取了太阳辐射能的二十二亿分之一。

由于地球围绕太阳公转的轨道是一个椭圆，因此，日地距离是有变化的。由此而引起的，到达地球上总能量的变化大约有 7%。

当日地处于平均距离时（约为  $150 \times 10^6$  千米），在地球大气上界，垂直于太阳辐射方向，单位面积上的太阳辐射通量，称之为太阳常数。现在通常使用的太阳常数值是  $2.00$  卡·厘米<sup>-2</sup>·分<sup>-1</sup>，该值有  $\pm 2\%$  的变化。在严格地用于各种计算时，其值曾做过不同的规定。根据国际气象组织规定，1980 年起，太阳常数值采用  $1.98$  卡·厘米<sup>-2</sup>·分<sup>-1</sup>。

**(二) 太阳辐射光谱** 太阳辐射的波谱范围极广，几乎包括了全部的电磁辐射波谱。从理论分析和实际观测已知，它包括从宇宙射线到无线电波的广泛的波谱范围。太阳辐射光谱中具有最大能量的波长是 475 纳米，由此向短波方向，各波长所具有的能量急剧降低，而向长波方向，各波长所具有的能量则缓慢地减弱（见图 1-2）。在大气上界，太阳辐射总能量中，约有 7% 的能量包括在紫外线以下的波长范围内；47% 的能量包括在可见光范围内；46% 的能量包括在红外线波长范围内。

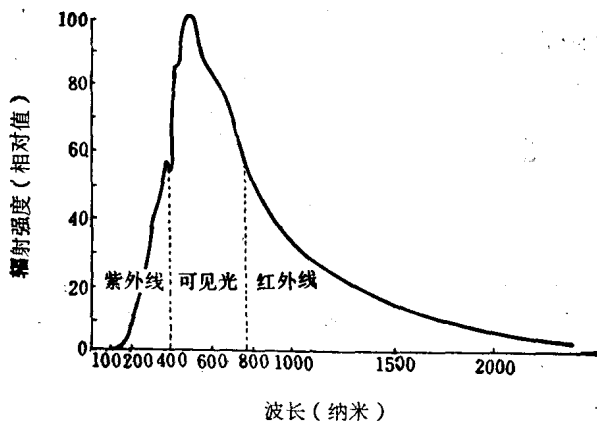


图 1-2 太阳光谱的能量分布

(三) 到达地面上的太阳辐射 太阳辐射穿过地球大气时, 受到反射、吸收和散射后, 以平行光线的方式直接到达地面上的太阳辐射, 称之为太阳直接辐射。由于地球大气对太阳辐射的散射, 而从天空各部分投向地面的散射能, 称之为天空散射辐射。到达地面上的太阳直接辐射和天空散射辐射是本章所要讨论的主要内容。

## 第二节 太阳辐射时间长短

### 一、日地关系

地球围绕太阳转动称之为公转, 该公转轨道为一椭圆, 太阳位于椭圆的一个焦点上。地球距太阳最近时, 约在 1 月 3 日, 相距  $147 \times 10^6$  千米, 距太阳最远时, 约在 7 月 4 日, 相距  $152 \times 10^6$  千米。

地球公转一周 360 度, 需时约 365 天。在地球公转轨道上, 每隔 15 度定一位置, 并给一“节气”名称, 全年共分二十四节气 (见图 1-3)。

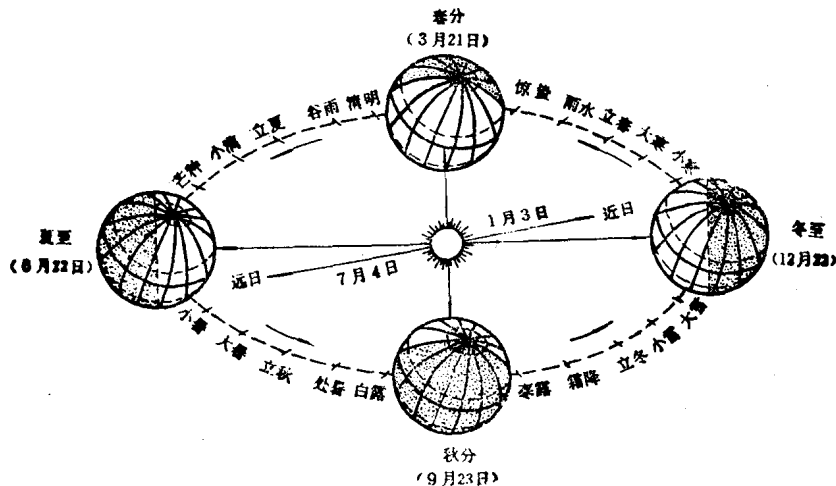


图 1-3 地球的公转与二十四节气划分

地球的自转轴称之为地轴。地轴与地球公转轨道面不垂直, 在近几世纪内为 66 度 33 分, 通常粗略地认为是 66.5 度的交角。地球在公转时, 地轴方向保持不变。这一特点, 在气象学与气候学中是极为重要的。它是产生地球上寒暑季节变化和日照长短随纬度、季节而变化的根本原因。

由于地轴与公转轨道面不垂直, 致使在一年中, 太阳光线直射地球上的地理纬度是有变化的。从图 1-3 中可以看出, 在冬至时, 太阳直射南纬 23.5 度; 冬至以后, 直射纬度移向赤道, 于春分时直射赤道; 春分以后又向北移, 夏至时直射北纬 23.5 度; 夏至以后回返南移, 秋分时, 再次直射赤道; 并于冬至时再次直射南纬 23.5 度。太阳直射地球的位置用赤纬 ( $\delta$ ) 表示, 它与直射地球的地理纬度是一致的。赤纬的年变化示于图 1-4 中。