

高等农业院校教材

气象学及农业气象学

(試用本)

西南农学院易明暉主編

农学类专业适用

南京农学院印

1964年12月

目 录

緒 論	1
第一节 气象学研究的对象和任务	1
第二节 农业气象学的对象任务和內容	3
第三节 气象学和农业气象学发展簡史	4
复习思攷題	6
第一章 太阳、地面和大气的輻射	7
第一节 太阳輻射的基本概念	7
一、輻射的一般知識	7
二、太阳	8
三、太阳輻射的光譜	8
四、太阳常数	8
五、水平面上的太阳輻射通量	9
第二节 太阳輻射在大气中的減弱	9
一、大气对太阳輻射的吸收	9
二、大气对太阳輻射的散射	10
三、大气对太阳輻射的反射	10
四、太阳輻射透过大气层时減弱的一般規律	10
第三节 到达地面的太阳輻射	12
一、到达地面的太阳輻射能量和光量	12
二、到达地面的太阳光譜的組成	15
第四节 昼夜长短	17
第五节 地面輻射、大气輻射、地面有效輻射	19
一、地面輻射	19
二、大气輻射	19
三、地面有效輻射	20
第六节 地面輻射平衡	21
复习思攷題	22

第二章 土壤和水的状况	24
第一节 土壤的增热和冷却	24
一、地表面的热量平衡.....	24
二、土壤的热性质.....	25
第二节 土壤温度的变化	27
一、地表面温度的变化.....	27
二、深层土壤温度的变化.....	27
三、土壤温度的铅直分布.....	28
四、影响土壤温度及其变化的因素.....	29
第三节 水的增热和冷却	30
一、水温升降的特点.....	30
二、水温的变化.....	31
三、调节农田水温的方法.....	31
复习思考题.....	31
第三章 空气的热状况	33
第一节 空气的增热与冷却	33
一、空气和地面的热交换.....	33
二、空气中的热量交换.....	34
三、空气中水的状态变化.....	34
四、空气的绝热变化.....	34
第二节 低层空气温度的时间变化	35
一、气温的日变化.....	35
二、气温的年变化.....	37
三、气温的非周期变化.....	38
第三节 气温的铅直分布和大气铅直稳定度	38
一、近地层中气温的铅直分布.....	38
二、对流层中气温的铅直分布.....	39
三、大气层的铅直稳定度.....	39
复习思考题.....	40
第四章 大气中的水分	41
第一节 空气湿度	41
一、表示空气湿度的各种物理量.....	41
二、空气湿度的变化.....	43
第二节 蒸发	43

一、水面的蒸发	44
二、土壤中水分的蒸发	45
第三节 凝結	45
一、水汽凝結的条件	45
二、地面上的凝結物	46
三、近地气层中的凝結物	47
四、自由大气中的凝結物	48
第四节 降水	49
一、关于降水的一些基本概念	49
二、降水的形成	50
三、人工降水的原理和方法	52
第五节 土壤中的水分	52
一、土壤中的水分收支与土壤的水分平衡	52
二、土壤湿度	53
复习思攷題	54
第五章 气压与風	55
第一节 气压	55
一、气压的概念和单位	55
二、等压綫及其分布型	55
第二节 风和影响风的作用力	56
一、风的成因	57
二、影响风和风速的作用力	57
三、低压区和高压区中的风	58
第三节 大气一般环流	59
第四节 季风和地方性风	60
一、季风	60
二、地方性风	61
复习思攷題	63
第六章 天气	64
第一节 气团	64
一、气团的概念	64
二、活动于我国境内的主要气团	65
第二节 鋒面	66
一、鋒面的概念	66
二、鋒面的分类	66

三、锋面天气	66
第三节 气旋和反气旋	69
一、气旋的概念	69
二、气旋的种类及其天气特征	69
三、反气旋的概念	70
四、反气旋的分类	70
第四节 我国主要的天气过程	71
一、寒潮	71
二、梅雨	72
三、高空切变线	72
四、台风	73
五、雷雨	74
第五节 天气预报	75
复习思考题	76
第七章 灾害性天气	77
第一节 霜冻	77
一、霜冻对作物的危害	77
二、霜冻的成因	78
三、影响霜冻的因素	79
四、霜冻的预报	79
五、霜冻的防止方法	80
第二节 干旱	81
一、干旱对作物的危害	81
二、干旱的成因	82
三、干旱的防止方法	83
第三节 暴雨和霪雨	84
一、暴雨和霪雨对作物的危害	84
二、暴雨和霪雨的成因	84
三、防止水、涝灾害的方法	85
第四节 大风	86
一、大风对作物的危害	86
二、大风的成因	86
三、防御大风的方法	86
第五节 冰雹	87
一、冰雹的危害	87
二、我国冰雹发生的情况	87

三、冰雹的防止	88
复习思考题	88
第八章 气候和中国气候	89
第一节 气候的形成因素	89
一、气候的辐射因素	89
二、气候的地理因素	90
三、气候的环流因素	91
第二节 气候带和气候型	92
一、气候带	92
二、气候型	93
第三节 中国气候的形成因素	95
一、辐射因素	95
二、地理因素	96
三、环流因素	97
第四节 中国气候的一般特征	99
一、季风性强	99
二、大陆性强	100
三、中国温度的特征	101
四、中国降水的特征	103
五、中国的气候带	106
复习思考题	107
第九章 农业气候	108
第一节 农业气候的概念	103
第二节 对农作物的热量供应的鉴定	110
第三节 对农作物的水分供应的鉴定	112
第四节 中国的农业气候资源	113
第五节 物候学的概念	117
复习思考题	119
第十章 农田小气候	120
第一节 小气候和农田小气候的概念	120
第二节 农田小气候形成的物理基础	121
一、活动面和活动层	121
二、农田活动面的热量平衡	122
第三节 农田小气候的一般特征	123

一、农田中光的分布	124
二、农田中温度的分布	124
三、农田中湿度的分布	125
第四节 地形和水域对农田小气候的影响	126
一、地形对农田小气候的影响	126
二、水域对农田小气候的影响	130
第五节 农田小气候的改善途径——农业技术措施的气象效应	130
一、耕作措施的气象效应	130
二、栽培措施的气象效应	132
三、灌排措施的气象效应	134
四、保护地栽培措施的气象效应	135
五、护田林带的气象效应	138
复习思考题	140

緒 論

气象学及农业气象学是为农业生产服务的科学。农业工作者必須了解农业生产对象和农业生产过程的气象条件及其改善途径，才能合理地利用气候资源，达到稳产丰收的目的。

第一节 气象学研究的对象和任务

气象学的定义 气象学是研究大气的构造、特性及其中所发生的物理过程和物理现象的科学。所谓大气的构造和特性是指包围在地球表面这层厚的气体的范围、结构、成分、密度等（这在本课程将略而不論）。在大气中不断地进行着各种物理过程。例如有辐射能的吸收和放射，热的传导与对流，以及蒸发和凝結过程等。在这些过程的一定条件下，产生了各种物理现象，如风云雨雪、虹晕雷电的现象等。所以，就气象学所解决的问题的性质而言，实为物理学的一个分支。

气象学与其它学科的关系 由于大气是整个地球的組成部分之一，而对于地球的物理性质和现象作总的研究的科学称为地球物理学，所以气象学也是地球物理学的内容之一。

大气和垫在它下面的陆面或水面（統称为下垫面）之間，不断地进行着热量交换和水分交换的过程。大气和下垫面之間的相互作用，以及从太阳投射来的总能量，在很大程度上是随自然地理条件而变化的，这就使主要属于物理学范畴的气象学和地理学也有密切的关系。

大气中所发生的各种过程和现象，都是以太阳辐射为它的能量来源的。为了掌握太阳辐射能的发展和变化规律，气象学就有賴于天文学的帮助。所以气象学和研究天体发生发展及运动规律的天文学也有关系。但从上面所說两者的研究对象，可以看出，它們是截然不同的两門科学，我們应把它区别开来。

气象要素 为了描述大气物理过程和物理现象的定量特征，我們采用了下述各种特征量。这些特征量称为气象要素。主要的气象要素是：1.空气温度；2.大气压力；3.空气湿度；4.风向和风速；5.云况；6.降水；7.太阳辐射以及地球和大气的热辐射，等等。在这些气象要素之間，存在着密切的相互作用关系，它們是极其复杂地和变化多端地結合着的。

各項气象要素直接、間接和綜合地影响农业生产对象的生长发育与收成，是农业生产一項重要条件，所以又常将各种气象要素总的情况或对某些起决定作用的气象要素的情况称为气象条件，也就是說，所謂气象条件是生产上的提法。

气象学的最主要部門 气象学是一門理論非常广泛的科学。根据它所研究的现象的特性，常分为下列几个主要部門：

1. 大气物理学 从物理学方面来研究大气的过程和现象，揭露支配它們发展的物理定律的学科，称为大气物理学。它包括大气动力学及热力学、大气光学、大气声学 and 大气电学等。

2. 天气学 在一定的区域和一定的時間內，由各項气象要素一定的結合所决定的大气状态称为天气。研究天气变化过程和預告未来天气情况的学科，就是天气学。

3. 气候学 气候是指一个地方多年特有的天气情况。所謂特有的天气情况包括最常见的，一般的天气情况和特殊年份出现的极端的天气情况。它在很大程度上决定于地方自然地理条件的綜合影响。研究气候形成的规律，綜合分析和描述各地气候特征的学科，就是气候学。

以上只是气象学最主要的三个部門，并没有涉及它的所有分支。在各个部門中都广泛地互相应用其它部門所得的結論。例如在气候学中常广泛地应用天气学的結論，反之，在天气学中亦然。而大气物理学的結論則是天气学及气候学的科学基础。

目前，在許多生产領域，开始形成各种独立的气象学科，例如有农业气象学、林业气象学、畜牧气象学、海洋气象学、水文气象学、工业气象学和医疗气象学等等，当然这还没有包括气象学所有的应用部門。

气象学的任务 气象学的目的，不仅在于了解大气中的现象与过程，发现这些现象与过程的变化规律，使我們的各种实践活动具有預见性，而且还在于逐步改造大自然，使我們成为“大自然的主宰者”。所以，放在气象学面前的任务是：1. 察观大气状态，从定性的和定量的两方面說明它的特性；2. 解释其因果关系，揭露其在空間的分布规律和对間上变化的规律；3. 根据所掌握的规律，預測预报未来天气的发展情况；4. 将已发现的规律，应用到使自然的力量服从人类的合理意志，逐步解决改造大自然的問题。

气象学的研究方法 由于大气中各种过程和现象的发生发展，既具有物理的統一性，而同一过程和现象在下垫面作用下，其強度和影响，随地不同，又具有強烈的地方性，所以气象学的研究方法，必須采用地球物理学所特有的、基本上又是物理学的研究方法。其中主要的是：1. **观测法** 观测大气的状态和发生的现象，取得原始的資料，是气象学研究的基础。也就是开始接触气象现象，是認識过程的第一步，属于感性的阶段。2. **实验法** 为了解大气现象的本質，现在不仅广泛地运用实验室条件下的实验，而且已經运用了自然环境中的实验，如关于与霜冻斗争的实验，云雾形成和消散的实验等。3. **理論分析法** 它是将观测实验的結果，运用物理的数学的分析方法来确定大气演变的规律。后兩項方法是認識的逐步深化，是将感性認識提高到理性認識的阶段。而研究气象学也和研究其它科学一样，只有学习馬克思列宁主义，学习毛主席著作，运用辯証唯物主义的認識論的普遍真理来指导一切研究工作，才能全面深入地揭露事物和现象

的本质，从而获得正确的结论。

第二节 农业气象学的对象任务和內容

农业生产的特点是栽培植物和饲养动物，而动物的饲料又来自植物，所以农业生产的特殊性，主要在于通过栽培植物，将太阳能转变为食物的化学能，以供人们及家畜生活之需。而要获得高额稳定的农作物产量，就必须为它们创造有利的气象条件和土壤条件。

农业气象学的定义 农业气象学是在天气、气候和水文条件与农业生产的对象和过程的相互作用中从事研究对农业有意义的天气、气候和水文条件的一門科学。

农业气象学的任务 农业气象学的主要目的是帮助农业合理地利用天气及气候条件，以便获得高额而稳定的产量。因此，农业气象学的基本任务是：1) 研究对农作物有意义的那些气象条件（称为农业气象条件）形成和变化的规律性；2) 研究农作物在各个发育时期对于气象条件的具体要求，也就是了解农作物对气象条件要求的数量关系，确定农作物生长发育的农业气象指标；3) 根据农作物的农业气象指标鉴定气象条件对它们生长发育和产量的影响，并进一步为改变某些不利的条件向有利于农业方面发展寻求有效的途径。

农业气象学的研究方法 由于农业气象学研究的对象一方面是农作物生存的天气和气候条件，另一方面是作物本身在天气、气候条件影响下的生长发育状况和产量，所以，在进行各项气象要素观测的同时，又进行农作物生长发育状况的观测，是农业气象研究的基本原则和方法，这就是**平行观测法**或**联合观测法**。这是区别于农业研究和气象研究的主要特点之一。通过对两方面观测资料的对比分析，可以使我們了解和确定天气、气候对农作物生长发育和产量的影响，可以使我們对作物生长期间的农业气象条件作出正确的评价。

为了縮短观测年限，迅速取得作出结论所需要的资料，在平行观测的普遍原则下，农业气象学还常常采用下列方法：

1. 地理播种法 在气候条件不同的若干地点上，选择土壤条件尽可能相同的地段，采用同一种农业技术措施，于各地最适宜的时期播种同一品种作物，并按照統一计划进行平行观测。这样，在一年里便可得到同一品种在若干处不同气候条件下的生长发育资料，达到縮短观测年限的目的。

2. 分期播种法 在同一个地方，每隔5或10天播种同一种作物。根据研究的任务，可以播5—10期或更多一些，这样，在一年内就可获得5—10或更多种不同的天气对该种作物某发育期影响的资料，从而可以应用数理统计的方法求出该种作物在各个发育时期对于气象条件要求的数量指标。

3. 实验法 为了在很短的时间内，获得作物对光、热、水分要求的数量指标以及精确地考查几种气象要素对作物的综合影响，我們常采用盆栽法和人工气候实验法。

4. 气候分析法 在具有适当的农业资料和气候资料时，可以采用统计学中广泛使用

的图解法或分析法来求得作物产量与天气和气候之间的关系。在这里，我們普遍地采用逐年产量和天气条件的对比分析以及作物自然分布界限的气候分析法。

此外，还有許多其它的研究方法。至于应用哪种方法最好，則决定于研究的目的和任务，要求的精确程度和期限等。

农业气象学的主要部門 根据农业气象学所研究问题的特点，可分为以下几个主要部門：

1. 农业气象学原理 它研究农业生产对象在不同发育期对气象条件的要求；研究对农业有意义的那些气象条件形成和变化的规律性；还特別着重研究对农业不利的气象现象如干旱、干旱风、霜冻、暴雨和霪雨，及其防止措施等。

2. 农业气象报导和农业气象预报学 农业生产需要有关过去的和未来的气象条件对农作物和畜牧业的影响的經常报导，以便有效地利用有利的天气条件和及时地組織羣众进行克服不利的气象现象的斗争。为此，农业气象部門要經常地向农业生产单位提供过去的农业气象情报和发布未来的农业气象预报。

农业气象情报的种类和内容，視生产的需要而定。最普遍的是报导温度、湿度、降水和光照等情况的农业气象旬报。

农业气象预报的种类很多，最常需要的是：1. 春季田間工作开始时，田間土壤水分状况的预报（这在我国北方地区是很需要的）；2）在不同的生长时期内各种农作物水分供应的预报；3）主要农作物适宜播种期预报；4）各种农作物和果树发育期开始日期的预报；5）成熟和收获条件的预报；6）牧场牧草的发育条件、生长状况和放牧条件的预报，等等。

研究农业气象报导和农业气象预报的方式方法，以及研究农业气象为农业服务的形式和内容的学科，就是农业气象报导和农业气象预报学。

3. 农业气候学 它研究与农业生产对象有密切关系的那些气候条件，确定各种农作物生长发育的农业气候指标，并研究这些指标的地理分布及其保証率，作出农业气候区划，提出合理利用各地区气候资源的方案（如作物布局及复种輪作制度等），以及克服不利气候条件的措施等。

第三节 气象学和农业气象学发展簡史

气象学发展的几个主要阶段 在古代，因为人們的生产活动在很大程度上依賴自然条件，所以气象现象也最早就为人們所注意。但由于生产水平的低下，科学不可能得到大的发展。在欧洲，直至17世紀手工业发达以后，气象学才进入定量的仪器观测时期，我們可从1643年托利析里发明气压表为这一时期的开始。到19世紀后半期，气象台站紛紛建立，各种观测仪器灿然大备，有綫无綫电通訊的便捷，使天气图方法的预报也普遍起来，这才奠定了近代气象学的基础。

20世紀三十年代广泛使用无綫电探空仪后，气象学进入了高空仪器时期。由于高空观测网的逐漸建立，人們能了解整个三度空間大气的情况，预报准确率得到了显著的提高。

1957年10月，人造地球卫星发射成功后，气象仪器被带到三、四百千米到1800千米的高空，获得有关太阳紫外綫和微粒輻射等許多前所未知的資料，为长期气候变迁及短、中、长期天气預报等方面的研究創造了新的条件。此后，不少国家相繼使用气象火箭及卫星进行外层空間的观测，所以我們可以人造地球卫星的发射成功作为一个个历史时期的开始。

我国古代气象学及农业气象学上的成就 我国气象学及农业气象学的研究，較之其它国家实属独早。近来在商朝故都河南安阳出土的、远在三千年以前的甲骨文上，即有許多关于天气的記載。其后在东周列国时代，对于一年四季的分配，以及春分、夏至、秋分、冬至的日期，已能定得相当准确。到了西汉初年，24气72候的内容已完全确定。而公历132年，张衡制造的“相风銅鳥”是世界上最早的风向器，較之西方各国的“候风鸡”約早一千年。雨量器也是我国最先发明的。宋时秦九韶即已从事雨量器面积的計算，到了明初(1424)，由中央頒发标准的雨量器令各州县普遍測报雨量，一直发到朝鮮，儼然已有近代建立气象网的思想！

农业气象学方面，約在五世紀40年代，后魏賈思勰曾总结前人的农业生产經驗，成齐民要术一書，書中提出有各种农作物播种的最适日期（所謂上时），次适日期（中时），和不能再迟的日期（下时）。又写道：“凡五果开花盛时遭霜則无子。天雨新晴，北风寒切，是夜必霜。預于园中貯恶草生糞，以时放火作煨，使稍得烟气，則免于霜矣。”寥寥数十字，竟将霜冻的为害与預測預防方法均已备述无遺，即到現在，它仍是可供我們取法的。

惜明初以后，专制淫威，变本加厉，用八股文取士的科举制度，严重地束縛着学术思想的发展，使各項科学都不能发扬光大。

我国近代气象学的建立情况 从1743年法国哥比神甫在我国北京作气象观测开始直到反动国民党統治时代，是帝国主义假手教士和种种掩护，在我国搜集科学情报，从事文化侵略时期。著名的上海徐家汇观象台和青島观象台都是由外人設立的。全国解放后，人民政府接管了所有外人的侵略性事业，才使它完全成为历史的陈跡。

我国近代气象学的基础 是由竺可楨教授奠定的。竺教授不但創立了气象研究机构；倡导物候学的研究不遺余力；对东亚季风环流和我国气候区域的划分等有精深的研究，还在极困难的情形下，建立了一些气象站和指导协助各省建立了一些气象站，对我国气象事业有卓越的貢獻。但在反动統治对于科学事业只是以裝飾品而存在的情况下，截至解放时，由中央及省市設立的气象站还不到一百所，22年間全国作出的論文总共不过400余篇，气象科学还只是萌芽的状态。农业气象学方面更完全是空白。

解放后气象科学飞跃发展的情况 解放后，所有关系生产的科学事业，都得到了党和政府的密切关怀。1954年3月，中央人民政府政务院发布了“关于加强災害性天气預报、警报和預防工作的指示”，普遍引起各方面的重視，从而为扩大天气預报为生产服务，創造了良好的条件，加速了气象工作的开展。1955年到1956年，在“全国农业发展綱要草案”和“12年远景规划”中，分别确定了我国气象事业的基本任务，使全国气象工作有了宏伟壮丽的前景。

农业气象方面，中央气象局于1956年开始在全国展开农业气象观测，其后农业气象站网不断扩大，观测项目不断增加，农业气象研究及农业气象服务工作，也逐步开展起来了。

自1958年7月在桂林举行的全国气象会议提出“依靠全党全民办气象，组成全国气象服务网；以农业服务为重点，提高服务质量”的方针后，气象工作更有了飞跃的发展。经过近几年的调整巩固、充实提高，全国气象台站网已基本建成，达到专专有台，县县有站。在这一基础上，农业气象工作也得到迅速发展。根据1960年底对于25个省市自治区的不完全统计，有2000多个台站开展了农业气象预报、情报服务；1900多个台站进行了土壤湿度和物候观测；1000多个台站开展了小气候观测或简易的试验研究工作，80多个台站进行了土壤农业水文特性的测定。较之1952年增长了一倍多。科学研究方面，一些新科学业已建立。在天气分析、预报和大气环流方面，开展了平流层的大气环流和日地关系的研究，提出了中、长期天气预报的一些新方法。在大气物理方面，开展了人工降水和云雾物理的研究，取得了显著的成果。气候学方面，对中国地区的水热平衡、气候区划、气候变迁等均进行了不少的研究。农业气象方面，综合研究了旱涝指标问题，并在作物气象及森林气象方面进行了许多工作。此外，还制定了发展气象科学的十年规划，定期完成。

现代国际气象科学的发展趋势 目前国际气象科学的特点，是大量引用新技术，如特制气象雷达的应用、气象探空火箭、气象卫星的发射等，对气象学及大气物理学的试验和观测技术等起了巨大的革新，使整个气象业务向着全盘自动化，更精确化以及物理化和量化的目标发展。

由于旧中国遗留的科学基础是非常薄弱的，从高等学校毕业的气象科学工作者，在解放前还不到一百人。所以在解放后的这十多年来，虽因党的重视与关怀，使气象事业及气象工作者队伍迅速发展和壮大起来，但还远不能满足社会主义建设的需要。我们还必须在党的领导下，继续鼓足干劲，奋勇前进，以期顺利完成十年科学规划，接近或超过国际水平。

复习思考题

1. 气象学和农业气象学研究的是什么，任务、目的怎样？
2. 农业气象研究的基本方法有哪些？
3. 弄清楚气象要素、气象条件、农业气象条件、天气、气候等术语的概念。
4. 解放前后我国气象事业的对比情况怎样？

第一章 太阳、地面和大气的辐射

在气象学中研究的一切大气物理现象和物理过程 几乎都是由太阳辐射、地面辐射和大气辐射所供给的能量而发展的。它们在植物生活中也起着巨大的作用。因此，研究太阳辐射、地面辐射和大气辐射是气象学的首要任务。在本章里，我们将把太阳辐射、地面辐射和大气辐射的性质、变化规律及它们相互间的关系，加以讨论。

第一节 太阳辐射的基本概念

一、辐射的一般知识

一切物体都在不停息的放射着和吸收着电磁波，这种电磁波是变化电场和变化磁场交替产生由近及远的一种波动传播。它的速度为300,000千米/秒，且不需要任何物质作为能量传递的媒介。所谓辐射就是指能量的这种传递方式及其所携带的能量。电磁波的波长通常用微米(μ)或埃(\AA)为单位它们间的关系如下：

$$1 \mu = 10000 \text{\AA} = 10^{-3} \text{毫米} = 10^{-4} \text{厘米}。$$

辐射的能量作用和光学作用，须用两种不同的单位来度量。在气象学上，辐射的能量单位通常用卡表示，单位时间内通过单位面积的辐射称为**辐射通量**^①，和表面积垂直的辐射通量称**辐射强度**，它们的单位都是卡/厘米²分。辐射光通量落在某表面上，就产生照度，照度的单位是勒克司或称米烛光，就是距一国际烛光的点光源一米的球面上所产生的照度。

当辐射投射到某一物体上时，其中一部分被该物体吸收，一部分透过该物体，另一部分被该物体表面反射。各部分与投射总能量之比，分别称为吸收率、透明率和反射率，三者之和等于一。对不透明的物体言，透明率等于零，吸收率和反射率之和等于一，所以凡反射率小的物体，它的吸收率就大，反之亦然。因此，只要确定了某物体表面的反射率，就很容易知道它的吸收率。

不同物质的吸收率、反射率和透明率不同，同一物质的吸收率、反射率和透明率也

^① 也称辐射通量密度。

是随温度及入射辐射的波长而改变的。物质只吸收、反射和透过某一定波长的特性，称为选择吸收，选择反射和选择透射。设想某物体在任何条件下它的吸收率都等于一，也就是它能吸收落在它表面上的任何波长，这样的物体称绝对黑体。如果某一物体的吸收率对于所有波长来说都是小于一的一个常数，这种物体称灰体，这个常数称为该物体的相对辐射率。绝对黑体和灰体的概念，在辐射的讨论中是很重要的。在自然界中，虽然没有绝对黑体，也很难找到严格的灰体，但在某一定条件下，则有近似的黑体或灰体，如雪面、海水表面，在长波辐射范围内，都近于黑体，而地面则近于灰体。

二、太 阳

太阳辐射是地球上大气运动、天气演变的最重要能量来源。其他方面来的能量，如宇宙辐射，来自地球内部的热量等，与太阳辐射比，都是微不足道的。

太阳是炽热气体构成的球体，表面温度约 6000°K ，内部温度约在四千万度。太阳向四周空间放射的巨大能流，称为太阳辐射。从太阳表面每秒可射出约 3.7×10^{33} 尔格的能量，射到地球上的能量只是太阳全部辐射能的20亿分之一。

太阳的表面并不是平静的，经常发生着强烈的活动。太阳黑子是太阳活动的指标之一。黑子数的盛衰，基本上表征了太阳活动的强弱。根据对太阳黑子的长期观察，黑子数目和发展程度的变化周期，平均约为11年。在太阳活动盛期，便有强烈几十、百倍的紫外线、宇宙线和微粒辐射等侵入大气上层，首先改变了上层大气的能量分配，进一步便引起下层的天气和气候的反常。因此，太阳活动的研究，便越来越引起气象学界和气候学界的注意。

三、太阳辐射的光谱

从理论讲太阳辐射的波长，是从零到无限大，但是在波长很长和很短的部分实际上是观察不出来。它的辐射能量的99%以上是在 0.17μ 到 4μ 之间，能量最大的波长是 0.475μ 。太阳辐射可分为三个光谱段，即紫外线 ($0.17\mu - 0.4\mu$)，可见光线 ($0.4\mu - 0.76\mu$) 和红外线 ($0.76\mu - 4\mu$)；大约有一半的能量在可见光谱段内。所以太阳辐射不仅具有热效应，同时也具有光效应和化学效应。

四、太阳常数

在大气上界，在日地平均距离时，垂直于太阳光线的单位面积上单位时间内所通过的太阳辐射称为太阳常数。它也就是在大气边界上的平均太阳辐射强度。

因为日地距离的改变和太阳表面的活动，都能引起太阳辐射强度的改变，所以采用它的平均值——太阳常数作为太阳辐射能的度量。根据1956年在达伏斯的国际会议的建议，太阳常数 $S_0 = 1.90$ 卡/厘米²分。

在大气边界上太阳辐射所产生的平均照度称太阳光量常数，其值约等于135,000 勒克司。

五、水平面上的太阳辐射通量

从太阳发射到地面某一有限平面上的辐射，可以认为是以平行线的方式射出的。如图1.1，水平面AB上与垂直于阳光的BC面上所接受的太阳辐射总量是相等的。设AB面上的太阳辐射通量为 S' ，BC面上的太阳辐射强度为 S ，则

$$S' \cdot AB = S \cdot BC$$

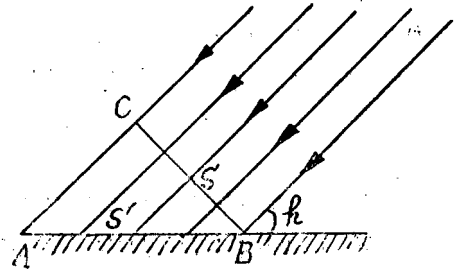


图1.1 地面辐射通量与太阳高度的关系

那么

$$S' = S \frac{BC}{AB}$$

或

$$S' = S \sin h \quad (1.1)$$

式中 h 是阳光与水平面的交角，称太阳高度。式(1.1)指出水平面上的太阳辐射通量与太阳高度的正弦成正比。

太阳高度随时间地点改变。任何地点、任何时间的太阳高度 h ，可以下式求算：

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (1.2)$$

式中 φ 是观测地点的纬度， δ 是观测时间的太阳赤纬即太阳直射点的纬度，太阳直射赤道为零，直射点由赤道移向回归线， δ 逐渐增加，太阳直射回归线时为 $23^\circ 27'$ ，在北半球 δ 为正值，南半球为负值。每天某一时刻的太阳赤纬可从天文年历中查得。 t 是太阳时角，正午为零，上午为负值，下午为正值，每小时为 15° 。正午时的太阳高度，因 $t = 0$ ，(1.2)式可写成

$$h_{\text{正}} = 90^\circ - \varphi + \delta \quad (1.3)$$

根据(1.2)和(1.3)式可以看出：一天内日出后太阳高度逐渐升高，正午达到最高，然后又逐渐降低。在北回归线以北地区，一年内冬至太阳高度最低，然后逐渐增高，夏至日达到最高，然后又逐渐降低。在赤道附近的地区，太阳直射时最高，在冬至和夏至时最低。了解太阳高度的日变化和年变化，对理解太阳辐射能量的变化是有很大的意义的。

第二节 太阳辐射在大气中的减弱

太阳辐射到达地面之前，要经过地球大气层，由于大气对太阳辐射的吸收、散射和反射作用，使得太阳辐射无论在能量还是在光质上都发生了改变。

一、大气对太阳辐射的吸收

大气中某些成分，具有选择吸收太阳辐射中某些波长辐射能的特性，其中最重要的是氧、臭氧、水汽等。氧强烈吸收波长小于 0.2μ 的紫外线，此外在可见光谱区还有两个弱的吸收带。臭氧主要吸收波长 $0.2-0.32\mu$ 的紫外线，在这一带里其吸收能力之强，

使小于 0.29μ 的紫外线完全达不到地面上来，以致在地面上所观测到的太阳辐射光谱在 0.29μ 处突然中断。水汽主要吸收红光及红外线，在红外辐射区有几个强烈的吸收带。此外 CO_2 及微尘杂质也都能吸收太阳辐射能，但与以上成分比较其重要性就小得多了。

二、大气对太阳辐射的散射

当有一定方向的太阳辐射通过大气时，遇到大气中的各种质点，太阳辐射能的一部分就被散射向四面八方，只有一部分仍按原来方向射到地面，所以太阳直达辐射便减弱了。散射值的多少，可以下式表示：

$$i_{\lambda} = \frac{C}{\lambda^{\epsilon}} \quad (1.4)$$

式中 i_{λ} 表示对波长 λ 辐射能的散射值； C 是常数。它的数值与单位体积空气内悬浮的质点数目有关； ϵ 的数值决定于散射质点的大小，变化于 $0-4$ 之间，根据研究，当质点的半径小于 0.21μ 时， ϵ 为 4 ，上式便成为有名的瑞利分子散射定律，即散射值与波长的四次方成反比；当质点增大时， ϵ 值变小；当质点半径大于 10μ 时， $\epsilon=0$ ，即散射值不再随波长改变。

根据散射定律可知，当大气清新晴朗无云时，以分子散射为主，在可见光谱中波长较短的蓝紫光散射值最大，所以天空常呈现蔚蓝色。当大气中悬浮的质点逐渐增大增多时，天空将逐渐变为黄褐而最后天空成乳白色。

从上述情况可知，如果说吸收是对太阳光谱的紫外光谱区和红外光谱区起作用的话，那么散射则是对可见光谱起的作用重要些。

由于散射作用，太阳辐射的一部分以散射辐射方式到地面，另一部分则作为地球反射的一部分射向宇宙空间去了。

三、大气对太阳辐射的反射

大气对太阳辐射的反射，是由两部分构成的。一部分就是上面所谈的由于散射而返回宇宙空间的那一部分太阳辐射，另一部分为云对太阳辐射的反射。

云的反射能力随云状和云的厚度而有很大的不同。根据弗里茨的资料，考虑到云状和云厚的分布算出云的平均反射率为 $50-55\%$ 。

由于大气反射而返回宇宙空间的那部分太阳辐射就不再参加地球大气的一切物理过程了。

四、太阳辐射透过大气层时减弱的一般规律

当太阳辐射进入大气后，一部分能量既被吸收、散射和反射，以致透过的能量减弱了。那么不难理解，透过的大气层越厚或大气中存在能引起吸收、散射或反射的质点越多，减弱的量也就越多。前者可以大气质量(M)表示，后者可以大气透明系数说明。

为了很好地了解太阳辐射强度的变化，先对大气质量和大气透明系数加以讨论。

大气质量通常用阳光通过大气路径的长度与大气铅直厚度之比表示，所以它是没有