

天气、气候和气候资源

天气和天气现象

大气是人类社会存在和发展的重要环境之一。在浩瀚的大气空间里，晴、阴、闪电、雷鸣、刮风、凝云致雨、下雪以及霜、雾等常见的大气变化现象，往往是以一定地点、短时间发生的，这些现象称为天气现象。它包括云雾现象、降水现象、地面凝结现象、大气烟尘现象、大气光学现象和雷电现象等。气象要素是指大气状况的基本特征量和某些重要大气现象的统称，如气压、温度、空气湿度、风、辐射、日照、蒸发、能见度等。气象要素及其变化被广泛地应用于天气预报、气候分析及农业气象研究等方面。

以气象要素值和天气现象表示的瞬时或一定时段内的大气状况，便称之为天气。上述大气状况的空间分布组成各种天气系统，各种天气系统组成不同的天气形势，它们随时间不同的变化构成天气过程。对我国天气有重大影响的大型天气过程有寒潮、台风、梅雨等。对农业造成灾害的天气过程有暴雨、连阴雨、冰雹、霜冻、干热风等。

过去，人们只能用肉眼看到自己周围发生的天气现象。如今，气象卫星上天后，特别是有了我国自己的气象卫星，坐在电视机旁的观众可从屏幕上看到全球的风云变化。

什么是气候

是指一地区或一地点多年的大气状态，包括平均状态和极端状态。它具体地通过各种气象要素（气温、气压、空气湿度、降水量、风以及各种天气现象等）的各种统计量来表达当地冷暖、干湿、风、日照等所有现象在内的一种综合概念。也可以说，气候是每年反复变化的天气现象的总括，大致划分其出现顺序的是季节。为此，人们制定了历书，根据历书便可了解季节的转换。其实人类早在远古时期就已有气候的概念。我国古代以五日为候，三候为气，气候一词大致上是来源于“二十四节气七十二候”。在《礼记月令注》中记有“昔周公作时刻，定二十四气，分七十二候，则气候之起”。从其内容来源看，与现在的季节很近似，各有气象、物候特征、合称为气候，是反映一年之中自然景观的变化与地球公转所产生的以一年为周期的太阳位置变化相联系的。古希腊人用倾斜一词来表示气候，意指由于太阳光线的倾斜（即太阳高度角不同）使得各地获得的太阳辐射能不同而形成气候差异。

直到近代，世界各地采用气象仪器观测，开始积累气象资料并加以研究，促进了气候科学的发展，才对气候及其形成原因有进一步理解，认为气候由下列因子决定：① 太阳辐射因子，指到达地球表面的太阳辐射的分布状况，可造成地球气候沿纬度线的带状分布和季节交替。太阳活动的变化，则可影响地球气候的长期变化。② 地理因子，主要指影响气候的地表面特征和地表覆盖特征，是造成地表净辐射差异的原因，其次，海陆之间热力和水分条件的差异，通过

大气环流对气候产生影响。③ 大气环流因子，主要指地球上影响气候的大范围空气流动特征，是形成气候的活动性因子，它使各地热力差异趋于缓和，又造成各地天气条件变化。④ 人类活动因子，指人类生活和生产活动对气候的影响。人类改变下垫面条件，可改变地面反射率和水热平衡过程，工厂排放大量 CO_2 等温室气体，可使气候变暖。上述诸因子的综合作用，构成了包括大气、海洋、大陆、冰雪和生物在内的气候系统，在太阳辐射作用下，形成了各地的气候。

气 候 指 标

气候指标是用来表示一定气候条件的单项气候要素或多种气候要素综合特征量。主要是用于说明某地的气候特征，也是进行气候资源、灾害和经济活动、气候分析及气候区划的重要尺度。根据其特征量可以评价某地区气候条件、利弊程度或气候资源的丰贫状况。

由于气候形成过程复杂，气候特点表现各异，人类生活及经济活动对气候条件的要求又多种多样，因此要综合反映气候，需要提出各种特征量。指标有单因子和综合因子的表达形式。如早期的气候分类采用温度和降水量指标，后来发展成多要素综合指标，如干燥度等。针对各项生产活动制订的气候指标，称为应用气候指标。农业气候研究中普遍使用多种农业气候指标。如用日数表示的有：无霜冻期、生长期、发育期日数、界限温度持续日数、湿润期、干旱期等等；用日期表示的有：界限温度始终日、物候出现始终日、气候灾害（霜冻等）出现始终日等等。大量的指标是以热、水、

光、风等方面的气候要素值来表示。下面分别介绍：

表示热量特征的主要指标有：平均气温（年、月、旬、候、日）、极端温度（最高、最低）、气温较差值（年、月、日）、各种界限温度及其积温或负积温等，它们可反映热量特征及其与人类活动各方面的数值关系。例如，农业界限温度是农业上应用较广泛的气候指标，是指农作物生长发育及农事活动开始和终止的日平均温度，一般有 0°C 、 5°C 、 10°C 、 15°C 、 20°C 等几种，它们是热量资源鉴定，农业气候区划以及确定种植制度等常采用的热量指标。指标的具体农业意义是，日平均气温 0°C 的始日和终日，表示土壤解冻和冻结、冬小麦开始返青和停止生长的指标，同时，其始日也是北方多年生果木开始萌动、早春作物开始播种的指标。 0°C 以上的持续时期称为农耕期或可能生长期，其积温（指日平均气温 0°C 期间，逐日气温的累积值）称为总热量或可利用积温。日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的初终日期，与冬作物和大多数牧草、多数木本植物开始萌芽与停止生长期相当，因此， 5°C 以上的持续时期称为生长期， $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温则为生长期可利用的热量。日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 是一般喜温作物（玉米、谷子、水稻等）生长的开始温度，也是喜凉作物（小麦、马铃薯、油菜等）迅速生长，多年生作物开始快速累积干物质的温度，所以 10°C 以上的时期和积温是喜温作物生长期（或活跃生长期）可利用的热量。日平均气温 15°C 是喜温作物积极生长的温度，也是热带作物组织分化的临界温度，其初日是早稻开始移栽和茶叶开始采摘期，其终日为热带作物停止生长、北方冬小麦适宜播种的末期，玉米、水稻基本停止灌浆和茶叶采摘结束期。所以 15°C 以上的时期与积温，是喜温作物活跃生长期的热量指标。日平均气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 为水稻

开花期、安全齐穗期的温度指标。

表示水分条件的主要指标有年、季、月、旬和作物生育时段的降水量；降水变率；蒸散量或蒸发量；条件性水分平衡（蒸发量与降水量之比为干燥度，反之为湿润度），如干

燥度 $K = \frac{0.16 \sum t \geq 10^{\circ}\text{C}}{r}$ （ r 为 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量，

$\sum t \geq 10$ 为 10 积温）；农田水分平衡（从降水量减去蒸散量、径流量和渗漏量）；空气相对湿度、土壤湿度等。

表示光能条件的主要指标有太阳辐射强度（总辐射、净辐射、光合有效辐射）、日照时数、日照百分率、光照强度及透光率等。

表示风状况的主要指标有：风力或风速、风向频率、风能密度、风力机起动风速（ ≥ 3 米/秒）出现日数、大风出现日数等。

气候资源的涵义

人类栖息的地球，是一个生机勃勃有着适合于生命生存繁衍的基本资源条件，诸如和煦充足的阳光、温暖的环境、丰沛的水分、新鲜充足的空气等。人类、从自然界物质与能的运动变化中选择对自己有用的部分，作为资源加以利用，也可以说是资源的涵义。气候是环境的一部分，主要气候要素（太阳辐射、温度、降水、风等）的数量、运动变化既是环境条件又是自然资源中的重要物质与能量。人类社会的存在与发展，依赖于开发利用太阳能资源和地球上的其它自然资源。因此可以说，气候资源是指能提供人类生活和生

产活动开发利用的气候要素中的物质、能量和条件，包括其数量、组合状况及分布特征等。气候资源的基本成分有太阳能资源、水分资源、热量资源、风能资源以及大气其他主要成分等。气候资源几乎可为各种产业开发利用，因此也相应出现某些产业气候资源的名词，例如，农业气候资源、牧业气候资源、林业气候资源、旅游气候资源、气候能源等。目前应用较多的是农业气候资源。由于农业生产主要在露天进行。农事活动依赖于节气的更迭最为敏感，况且农业生产的实质就是利用绿色植物吸收水分和大气中 CO_2 ，通过光合作用制造有机物质，把太阳能转化为化学潜能。故此思义，农业气候资源是指农业生产过程中不可缺少的气候条件或可利用的气候资源。气候要素中光、热、水三项就是这种条件和资源，一个地区现实的农业生产力和未来的生产潜力与当地的光、热、水有很大关系，此外，气候能源中的太阳能和风能作为农业生产中可利用的自然能源，也可作为广义的农业气候资源看待。

气候资源的主要特征

(1) 从长期看，气候资源是年复一年不断循环，取之不竭，用之不竭的，但就一个地区而言，每年的辐射、热量、降水的数量是有限的。若不利用，它会白白地“流失”；若利用不当，也可能无益或造成灾害。例如，在温高雨多的南方，若一年只种一茬作物，剩余时间的光、热、水就不可能转化为生产力。在热量少的东北地区，若种植二茬作物会遭到霜冻危害。因此，安排农作物种植制度和选择作物品种等不要超过当地气候资源数量所允许的范围。

(2) 在空间分布上,它具有普遍性和不均衡性。一般说,地球上人类生存的空间到处都有可利用的气候资源。但由于大气环流、纬度、海陆分布以及地形、地势、下垫面特性的影响,造成光、热、水的数量及其组合在大范围内有区域性差异,在区域内又有水平和垂直分布的多样性。因此,在制定区域发展规划时,既要遵循客观规律,又要因地制宜。

(3) 在时间分布上,它具有连续性和不稳定性。因受自然和人类活动等方面因素的制约和影响,年际间的热量和降水资源处在相对稳定的不断波动中,即在多年平均值上起伏波动。在历史时间序列中,有出现准长周期的重现性,也有准短周期的波动现象。另外,年内光、热、水资源的季节变化也很大。为此,必须加强气候资源动态意识,研究中长期预测方法,制定适应于气候冷暖变化的对策与措施。在当前长期气候预测还有较高难度的情况下,在生产上利用气候资源要考虑一定的气候保证率,以防风险。

(4) 气候要素之间的相互依存和相互制约,构成气候资源的整体性和功能性。气候资源是由光资源、水资源、热量资源、风能资源等组合成的整体。气候资源的丰度评估及其有效性是由其各要素的组合匹配状况而体现的。其中任何一个要素的变化均会引起另一些要素的变化,并可能影响气候资源的可利用程度及其功能的发挥。例如,在农业上雨水不足,会限制光温的有效性发挥;温度过低也会限制光和水的充分利用。良好稳定的农业类型是在与其相匹配的光、热、水组合状况下形成的。因此,对某一区域光、热、水资源组合状况进行评估,有助于合理制定该区域经济发展战略方案。

的光合有效辐射量为全国最低。

热量带多，亚热带和温带面积大 我国是世界上热量带最多的国家，由南往北相继出现热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、南温带、中温带、北温带。青藏高原还有高原温带、高原亚寒带和高原寒带。我国东部主要农业区面积较大，其中亚热带和中、南温带约占全国陆地总面积的 42.5%，其热量与美国主要农业区相近。 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温，在 40°N 地区比日本略多，与地中海气候地区相近；在 30°N 地区，比地中海气候地区多 500°C 比西亚、南亚、非洲等地少 $600\sim 1000^\circ\text{C}$ 。

季风气候显著影响 热量资源的季节变化十分明显，大部分地区四季分明，农事活动依赖节气的更迭十分敏感。我国东部与世界同纬度相比，冬季过冷，夏季偏热，而且纬度越高越明显，冬季比夏季突出。夏季偏热，一年生喜温作物（水稻、玉米等）可种植在纬度较高的东北地区，有利扩大喜温作物种植面积和提高复种指数。但冬季过冷，却使越冬作物或多年生亚热带和热带经济果木林的种植北界偏南。这一热量特点也是形成我国种植制度多样性的原因之一。

下垫面复杂多样，造成了气候资源的再分配 我国山地丘陵约占全国面积的 $2/3$ 。境内地形复杂，较大山脉的走向、地形起伏、加上离海远近等因素的影响，造成了光、热、水资源的重新分配与组合，使得有些地区非地带性的影响超过地带性影响。有出现“气候区地”现象和“十里不同天”的说法。例如，西南部金沙江河谷的巧家、华坪、元谋一带，虽处于中亚热带范围，但却出现南亚热带气候， $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温高达 $7000\sim 8000^\circ\text{C}$ 最冷月平均气温在 12°C 以上 全年基本无霜。又如地处低纬高原的云南，由于纬度增加和海拔高度增

(5) 气候资源还可用来评估潜在气候生产力。其中风能和太阳能的蕴藏潜力可根据风力和太阳辐射直接求算,并且通过风力机、太阳能转换器直接产生电能或机械动力。在农业生产过程中,气候、土壤、植物构成一个整体。农业气候资源虽不能直接形成产品,但在参与生产过程中为形成产量提供必需的能量和物质。可根据某地光、热、水资源数量及其组合状况,计算某地的农业气候生产潜力,也就是能鉴定该地区可能达到的产量上限。但要获得最高产量,还必须要有肥沃的土壤、优良品种和最佳的经营管理水平。

(6) 通过人为措施可以在局部范围内调节、改善甚至改造气候资源。例如,通过农田林网化、大型水库建造、人工增雨等措施可改善局地光、温、水、风状况;通过农田基本建设、有效耕作和栽培措施、地膜的使用等可保墒、增温、延长生长期、调节光的截取量。然而当今人类的不合理活动,所造成的环境破坏和 CO_2 等温室气体增加,导致的气候变化,已引起了人们的担忧。因此,加强气候资源意识的意义是很深远的。

我国气候资源的基本特征

太阳能资源丰富、光合生产潜力高 我国的太阳能资源除川黔地区外,其余大都相当或超过国外同纬度地区,与美国相当,略高于日本。高值和低值中心处于 $22\sim 35^\circ\text{N}$ 之间。即青藏高原高值中心,其南部光能接近世界上最丰富的撒哈拉沙漠,拉萨有“日光城”之称。低值中心出现在四川盆地。我国主要农业区,作物生长期间的光合有效辐射量多,为作物高产提供了充足的光能。青藏高原生长期短,能为植物提供

高相一致，使南北不到 10 个纬距的范围内相继出现热、温、寒带的气候及相应的植被。一般在海拔 2300~2500 米的高寒区，以耐寒作物为主，1300~1500 米高度为中温带，为一年一熟或二年三熟区；1300 米以下为低热带，为一年二熟或三熟区。

我国境内有些东西走向或东北—西南走向的高大山脉，对北来冷空气和南来暖湿气流有显著的屏障作用，是山体两侧水热状况显著差异的分水岭。例如大兴安岭两侧年平均气温相差 2~4℃，10 积温相差 300~1000℃，年降水量可相差 100~200 毫米，成为由农区向牧区的过渡地带。天山山脉成为新疆分割为干旱南温带和干旱中温带的天然分界线。秦巴山系是标志我国南方与北方气候的分界线，也是水分盈亏平衡为零的界线，它标志北方旱地农业与南方以水田为主的农业的交接带，又是作物是否休眠越冬的分界线。尤其是该山体的屏障作用使四川盆地冬暖十分显著，盆地 1 月平均气温比东部平原同纬度地区偏高 3~4℃， ≥ 10 积温多 300~500℃，无霜期多 40~60 天，若经海拔订正后的增温效应，则相当于使四川盆地南移 5 个纬距的位置。山区的热量资源随海拔高度的变化很明显。一般每升高 100 米，年平均气温下降 0.51℃， ≥ 10 积温减少 170℃，生长期约减少 4~6 天。

特殊地形的热量效应也不可忽视。例如亚热带山区的一些山腰，冬季有逆温现象，多存在暖带和温暖小区；一些大的水体（湖泊、水库），对周围有调温效应，这都有利于果林和作物避寒越冬。但在低凹地形，冷空气易堆积在谷底，形成冷空气“湖”使作物易发生霜冻害。

降水资源分配不均衡，干湿界线与等降水量线相近与

全球比，我国降水量不算丰富。粗略估计，我国平均年降水量约为 648 毫米，较全球陆地平均年降水量 800 毫米约偏少 19%，比亚洲平均年降水量 740 毫米偏少 12%。在纬度相同的日本、朝鲜某些地区的年降水量比我国要多。我国降水的主要水汽来源于太平洋，年降水量的分布趋势自东南沿海向西北内陆递减，等雨量线大体呈东北—西南走向。按这一走向的年降水量 400 毫米等值线相当于半干旱与半湿润地区的分界线；250 毫米年降水量等值线又相近于干旱与半干旱的分界线；横穿东部的 900 毫米年降水量等值线是东部地区半湿润与湿润地区的分界线。

降水量的区域分布极不均衡。西北内陆流域面积占全国总面积的 36.4%，年平均降水量仅为 164 毫米，全年总降水量只占全国的 9.5%；而我国东南部外流流域面积占全国总面积的 63.7%，平均年降水量达 896 毫米，其全年总降水量占全国的 90.5%。

我国降水量夏季多、冬季少，这是季风气候的一个重要特征。各地降水季节分配的差异很大，尤其北方雨季短，降水明显地集中于夏季。因此，采取季节调水措施是防旱的重要对策之一。

雨热基本同季，夏季光、热、水共济，气候生产潜力大。我国大部分地区气温与降水的季节变化基本同步，这是农业气候资源的一种优势。夏季温高雨多，光合有效辐射量大，为植物旺盛生长提供了十分有利的条件，气候生产潜力高。各地雨热同季的情况有所不同，我国北方，春季升温快，夏季温度高，6~8月 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温占全年的50%以上，同期降水量占全年的60%以上。江淮及其以南地区，6~8月 10°C 积温和降水量均占全年的30~40%，雨热同季时间长，故复

积温指数高。云南和青藏高原地区，年内气温变化较平缓，降水集中程度高于温度，水热配合稍差，如云南 6~8 月积温只占全年的 20~30%，但同期降水量占全年的 60% 以上；青藏高原 6~8 月积温占全年的 55~65%，同期降水量占全年的 60~80%。

热量和降水量的年际变化较大，易发生低温冷害或旱涝。据著名气象学家竺可桢先生考证，我国在 5000 年的历史长河中，有多次的冷期和暖期，曾造成农牧界线南北来回推移；历史时期气候冷暖变化也曾引起单、双季稻的种植界线南北变动两个纬距。近百年来，我国 10℃ 积温变化有 7~8 年和 2~3 年的周期波动，尤以 8 年周期最明显。本世纪初期各地积温偏少，30 年代中期开始增多，至 50 年代达到最高，随后逐渐下降，在 60 年代中期曾有一短暂的回暖过程，目前在平均值左右摆动。近 30 年间，各地最暖年与最冷年的热量状况之差是：10℃ 积温的差值约在 500~1100 之间；≥10℃ 持续日数的差值在 30~60 天之间。10℃ 积温相对变率（积温距平绝对值的多年平均与平均积温的百分比）是，青藏高原为 4~5%，东北、华北北部及西北地区大于 3%，华南及云南南部小于 1.5%。热量资源不稳定，可导致农业不稳产。例如，黑龙江省高温年与低温年的积温偏差平均为 ±300 左右，这个变化幅度可导致产量增产或减产 30% 左右。

光资源——取之不尽的能源

光资源的来源与太阳常数

太阳是一个巨大的能源库。太阳内部在不断产生能量由其内部传播到光球表面，并向外发射。太阳核心的热动平衡温度量级是 $1.5 \times 10^7 \text{K}$ ，太阳表面有效温度为 5770K 。太阳以电磁波的形式向外发射的能量称为太阳辐射。在地球大气以外距离太阳一个天文单位的地方，垂直于太阳光束方向的单位面积上，在单位时间内接收到的所有波长的太阳总辐射能量称为太阳常数。据有关观测确定，太阳常数为 $8.206 \text{ 焦耳/厘米}^2 \cdot \text{分}$ ($1367 \pm 7 \text{ 瓦/米}^2$)。太阳常数的数值及其稳定性问题，一直为人们所关注。太阳常数可应用于气象、航海、太阳能利用和环境科学等许多领域。太阳常数如有显著变化，将直接关系到地球上太阳辐射的收入，引起气候异常和气候资源的变化，从而影响生产。

地球上每年接受太阳辐射总量约为 5.44×10^{24} 焦耳。影响总辐射的因子有太阳高度角、大气透明度、云量、云状等，到达地面的总辐射减去地面反射辐射，就是太阳净辐射。这是地面吸收的供农作物利用并赖以进行辐射能量交换和热量交换的能源。几种常见的下垫面反射率如表 1 所示。

地球上的风云变化和一切生命过程，其基本的能量源泉

常见下垫面的反射率

表 1

表面特征	反射率(%)	表面特征	反射率(%)
黑钙土(平坦、干燥)	12	水 稻	12
砂土(平坦、干燥、褐色)	19	棉 花	20~22
黄 沙	35	绿色高草	18~20
白 沙	34~40	黄色作物	25~28
灰 沙	18~23	旧 雪	70
浅色灰壤	31	新 雪	90

是太阳辐射。温度高低、风速大小、大气环流以及水汽和 CO_2 输送交换等无不依赖于太阳辐射。地球一年从太阳获得的能量约为 6×10^{17} 千瓦小时，这相当于人类现有各种能源在同期所提供能量的 1 万多倍。植物体的干物质有 90~95% 来源于光合作用。太阳辐射与热量、水分的不同组合，形成不同类型的农业气候区，影响动、植物地域分布，以及农业布局。太阳辐射热效应还直接影响动、植物体的热量平衡和各种生理活动的进行。太阳辐射强度与作物产量、品质的关系很大。喜光作物只有在直接辐射下才能正常生育。相反，某些耐荫植物如茶叶、人参等，在漫射辐射下产量高，品质好。植物群体由于物理和生理规律的支配，有许多必要的能量支出，分别用于反射、透射、蒸发、蒸腾、对空气的放热等。太阳辐射收入多寡和群体的转换效率的高低决定了植物的生产力，在适宜的水肥条件下，植物生长盛期对总辐射利用效率可望达到 5~6% 太阳辐射光效应的刺激作用，为动、植物提供信息，影响动植物的生理、生态过程。家畜的生殖活动、鱼的回游、物候的变化，无不与日照时间变化的光刺激有关。

光照时间对多年生树木的生长、落叶、休眠均有一定作用。光刺激效应影响引种、驯化动植物进程，也影响植物的生育、开花、结实过程。

光资源通常以年（季、生长季或月）总辐射量，光合有效辐射总量和日照时数表示。

年总辐射量

太阳总辐射是指到达地面的太阳直接辐射与漫射辐射的总和，简称总辐射。影响总辐射的因子有太阳高度角，大气透明度、云量、云状等。

我国年总辐射量在 $3300\sim 8300$ 兆焦(耳)/ 米^2 之间。由于东南部受海洋性气候影响较强烈，降水和阴天多于西部，影响地面总辐射的收入，故一般西部多于东部，高原多于平原。 6000 兆焦/ 米^2 等值线从大兴安岭西麓斜向西南至青藏高原东侧，可将全国分为东、西两大部分。东半部，总辐射量低于西半部，年值在 $3300\sim 6000$ 兆焦/ 米^2 之间，阴雨较多的川、黔等地为低值中心，其年值低于 4000 兆焦/ 米^2 ；华北和东南沿海、台湾、海南岛部分地区，年值大于 5000 兆焦/ 米^2 ；其余地区多在 $4000\sim 5000$ 兆焦/ 米^2 之间。西半部总辐射量高于东部，年值在 $5300\sim 8300$ 兆焦/ 米^2 之间，呈南高北低的形势分布，在海拔较高、云量少、日照多、空气稀薄的青藏高原大部分地区，年值在 7000 兆焦/ 米^2 以上，是我国总辐射的高值中心；新疆西北部，由于纬度高、阴雨多等原因，不足 5500 兆焦/ 米^2 ；其余地区在 $5500\sim 7000$ 兆焦/ 米^2 之间。

我国年总辐射的地区分布与水热资源的地区配合不够协

调。东部水热资源比较丰富的地区光资源较少；而西部光资源丰富的地区却水热条件较差。

我国各地总辐射的季节变化和月际变化均较明显。一般在夏季总辐射收入最多，冬季最少，春季多于秋季。春季， 105°E 以东地区在 $1000\sim 1800$ 兆焦/米²之间，从南向北随纬度而增加，这与世界上大多数地区的随纬度分布规律相反；在长江中游和珠江之间，由于阴雨天数多，形成一个低值中心，桂林、铜仁、榕江低于 1000 兆焦/米²；西藏东部和内蒙古为高值中心，雅鲁藏布江河谷大于 2500 兆焦/米²。夏季，除受西南季风影响的云南高原西部低于 1300 兆焦/米²外，其他大部分地区都较高，东北地区约 $1500\sim 2100$ 兆焦/米²，西北地区在 2000 兆焦/米²以上，西藏的定日高达 2700 兆焦/米²。秋季，低值中心在阴雨多的川黔之间，不足 800 兆焦/米²；高值在青藏高原，定日、日喀则地区高达 2100 兆焦/米²；华南大于 1200 兆焦/米²；华东大于 1000 兆焦/米²；新疆东南部高于东北部，变化在 $1000\sim 1500$ 兆焦/米²之间。冬季，除川黔和湘西一带仍为低值中心，低于 500 兆焦/米²外，一般呈南高北低，随纬度增加而减少。西藏东南部为全国高值区；华东地区为 $700\sim 800$ 兆焦/米²；东北大部分地区在 500 兆焦/米²以上，西辽河中游达 800 兆焦/米²。

各地月总辐射最小值多出现在太阳高度最低的 12 月。月总辐射最大值大部分地区出现在 4~8 月，其中西北干燥地区在 6 月；江南地区则出现在副热带高压控制下多晴朗高温天气的 7 月；受西南季风影响的云南和雅鲁藏布江各地出现在 3~5 月；内蒙古东部、华北北部和东北南部出现在 5 月。

我国太阳总辐射的季节分配与水热基本同季，在温高雨多作物生长旺盛季节的 5~8 月，总辐射约占全年的 40~

50% 北部的呼玛占全年的 51.5%，南部的广州占全年的 42.1%。北部光能集中于夏季，可使温带一季作物在茂盛生长期得到充足的阳光进行光合作用，利于高产；我国南部年内总辐射分配较均衡，有利于多熟制的作物生长。

净 辐 射

是指在辐射交换过程中，地面吸收与反射的差额，又称辐射平衡。地表辐射平衡方程为：

$$R=Q(1-\alpha)-E_0$$

式中 Q 为太阳总辐射； α 是地表反射率； E_0 是地表有效辐射； R 是辐射差额或净辐射。净辐射为正值时，表示地面净得辐射能量，可加热地面并通过各种热交换使大气和土壤深层增温；反之，当净辐射为负值时，地面将降温、冷却，因而大气和土壤深层反过来向地面输送热量。辐射平衡资料是计算地表热量平衡的基础，在气候形成、气候模拟、气候变迁和大气环流的研究中已广泛应用辐射平衡理论和净辐射资料。在农、林业生产中，对观测和研究农田中和森林内的辐射状况，了解和调控农田和森林小气候有重要意义。

影响地表净辐射的主要因子为太阳高度角、大气透明度、云量、云状、地表反射率以及地面温度，大气温度、湿度等。晴天时，净辐射具有明显的日变化，一般日间为正，夜间为负，最大值在午前出现，最小值在日落后出现，早晚有两次通过零值，发生在日出之后和日落之前的某一时刻。

辐射平衡各分量可用仪器观测，也可用经验公式计算。1979年7月2日12时在拉萨（海拔3633米）观测到净辐射通量密度高达 1116.8 瓦/米²（6.7 焦耳/厘米²·分）这是地面上