

第2章 地球表层的能量收支

第1节 太阳辐射

第2节 地球大气

第3节 辐射平衡

第4节 气温分布

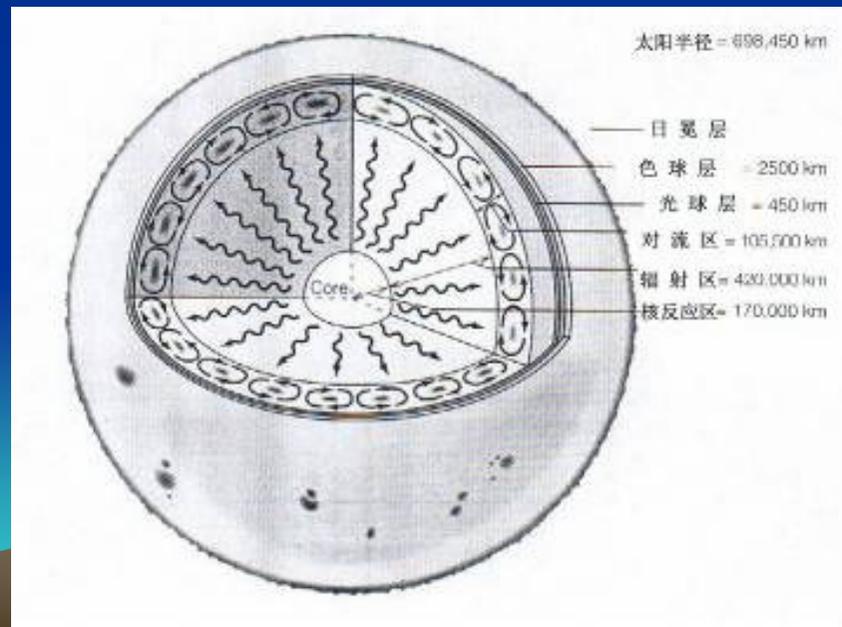


第1节 太阳辐射

- 一、太阳的结构
- 二、太阳辐射能
- 三、太阳常数和太阳活动
- 四、天文辐射的时空分布
- 五、天文季节与二十四节气

一、太阳的结构

太阳是一个巨大且炽热的气体球，它的直径约为 $1.4 \times 10^6 \text{km}$ ，是地球直径的109倍；体积为 $1.48 \times 10^{18} \text{km}^3$ ，是地球体积的130万倍；质量为 $1.989 \times 10^{27} \text{t}$ ，是地球质量的33万倍。



1.核反应区： 体积占1.6%， 质量占50%

高温 (800 – 1500万K)、 高压 (3.3×10^{11} atm) 下的热核反应， 氢核聚变成氦核， 释放巨大的能量。

2.辐射区： 体积占一半， 质量占49.9%

温度70万K， 以辐射的形式向外传递能量。

3.对流区： 体积占48.4%， 质量仅占0.1%

温度70万K – 6000K， 以对流的形式将能量传递到光球的底层， 向外辐射。

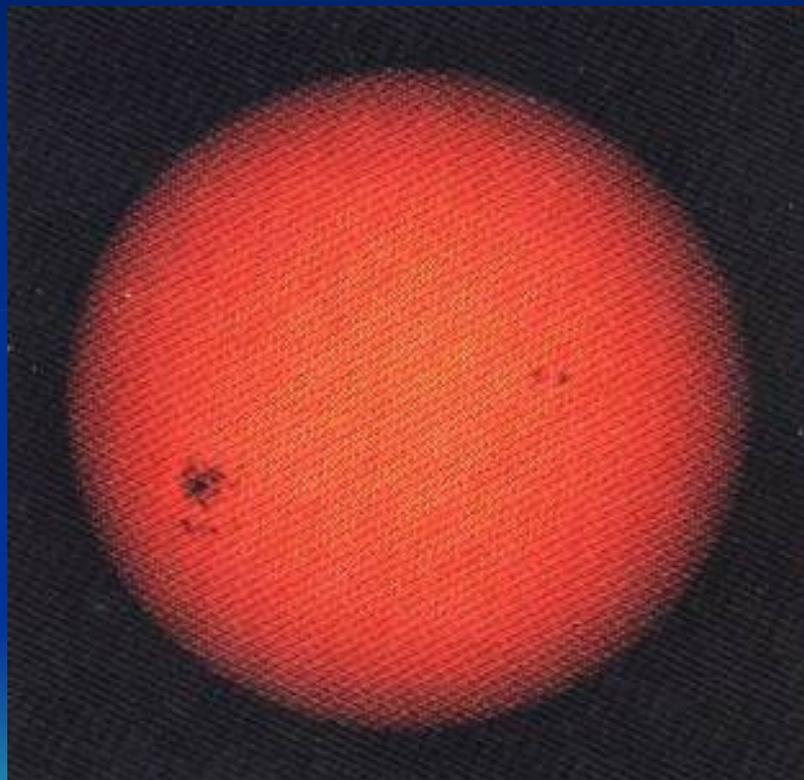


4. 太阳大气

- 光球层: 肉眼看到的发光体, 温度6000K, 太阳光能几乎全部来自此层, 黑子、光斑;
- 色球层: 日全食发生时可见的红色太阳大气圈, 温度数万K, 日珥、耀斑;
- 日冕层: 稀薄的太阳大气, 温度100万K, 带电微粒子流。



光球层和黑子



色球层和日珥、耀斑



为什么太阳温度从表面向日冕递增？

- 波加热的观点：

太阳拥有的强大磁场能够带走太阳表面溢出的波，这些波将自身的能量倾泻在日冕中，加热呈电离状态的气体，使其温度极度升高。

- 太阳磁场极端扭曲的观点：

太阳磁场的磁圈向外延伸触及到日冕时产生扭曲，磁圈极度扭曲就会突然断裂，爆炸式地释放能量，迅速加热日冕气体。



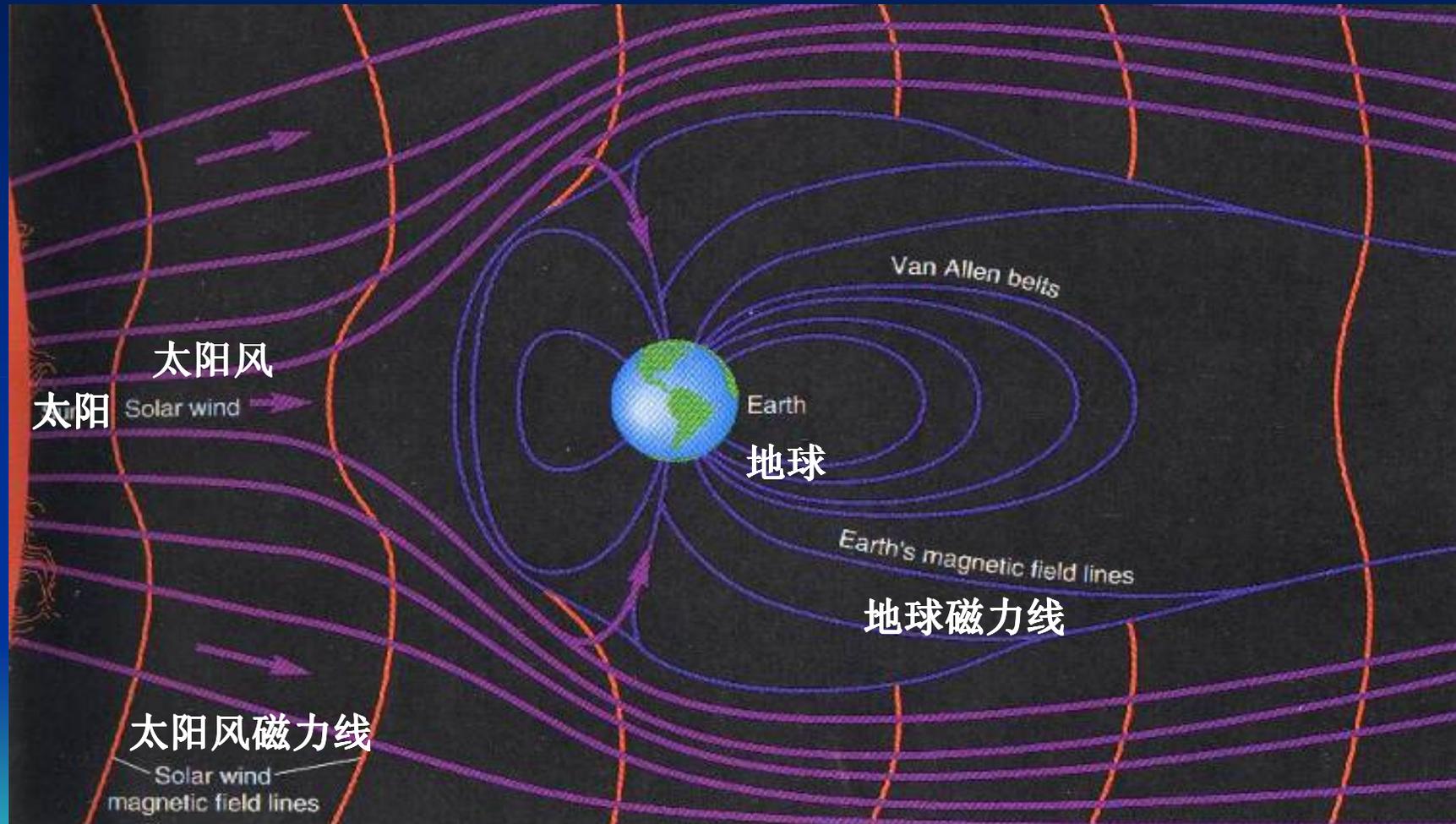
二、太阳辐射能 (solar radiation)

1. 太阳风 (solar wind)

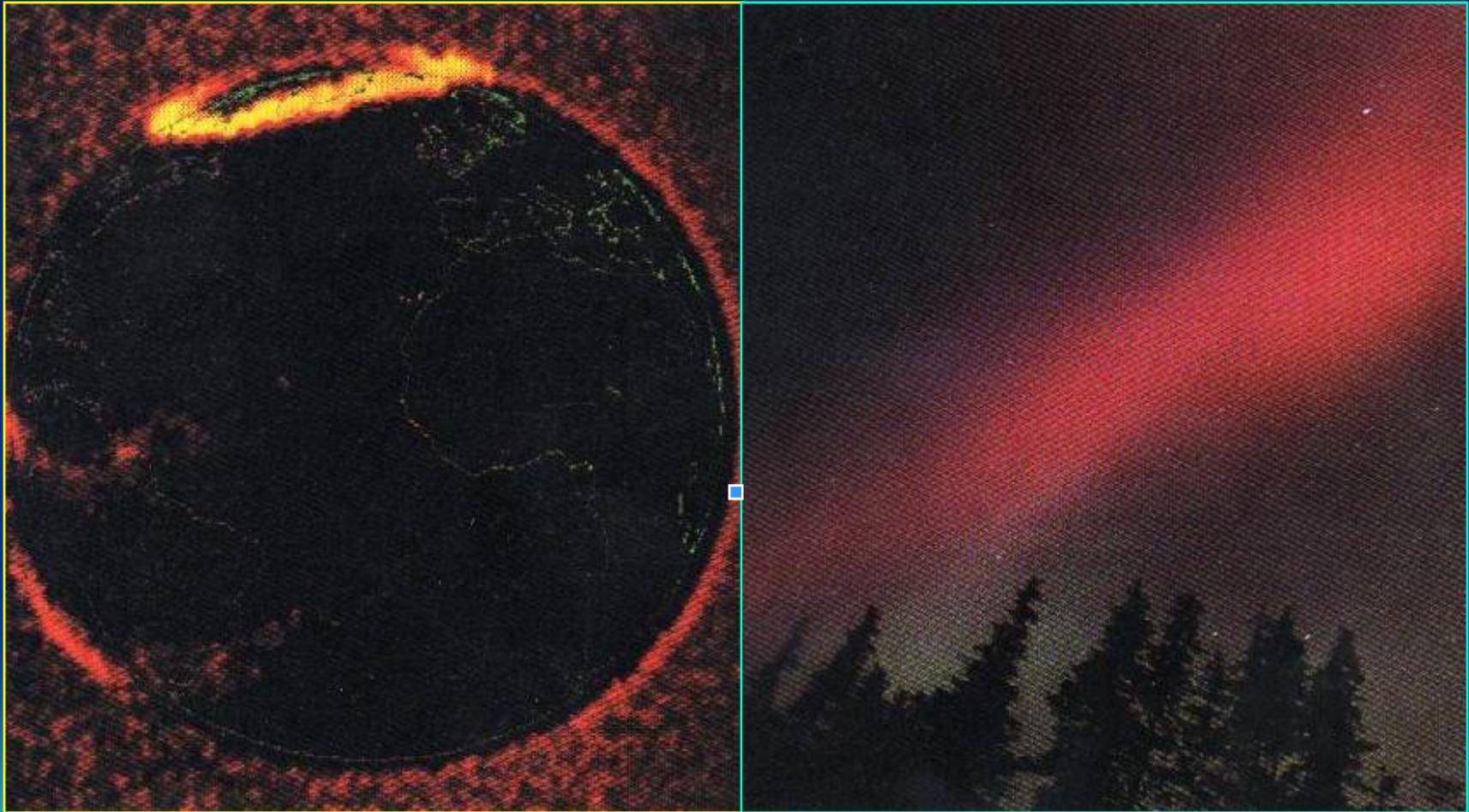
太阳日冕以每天约 5×10^7 km的速度不断地发射被电离的微粒子流，主要由电子和质子组成，大约需3天到达地球。当吹到地球附近时，与地磁场发生相互作用，产生大气电离层的扰动和极光现象。



太阳风与地球磁场的相互作用



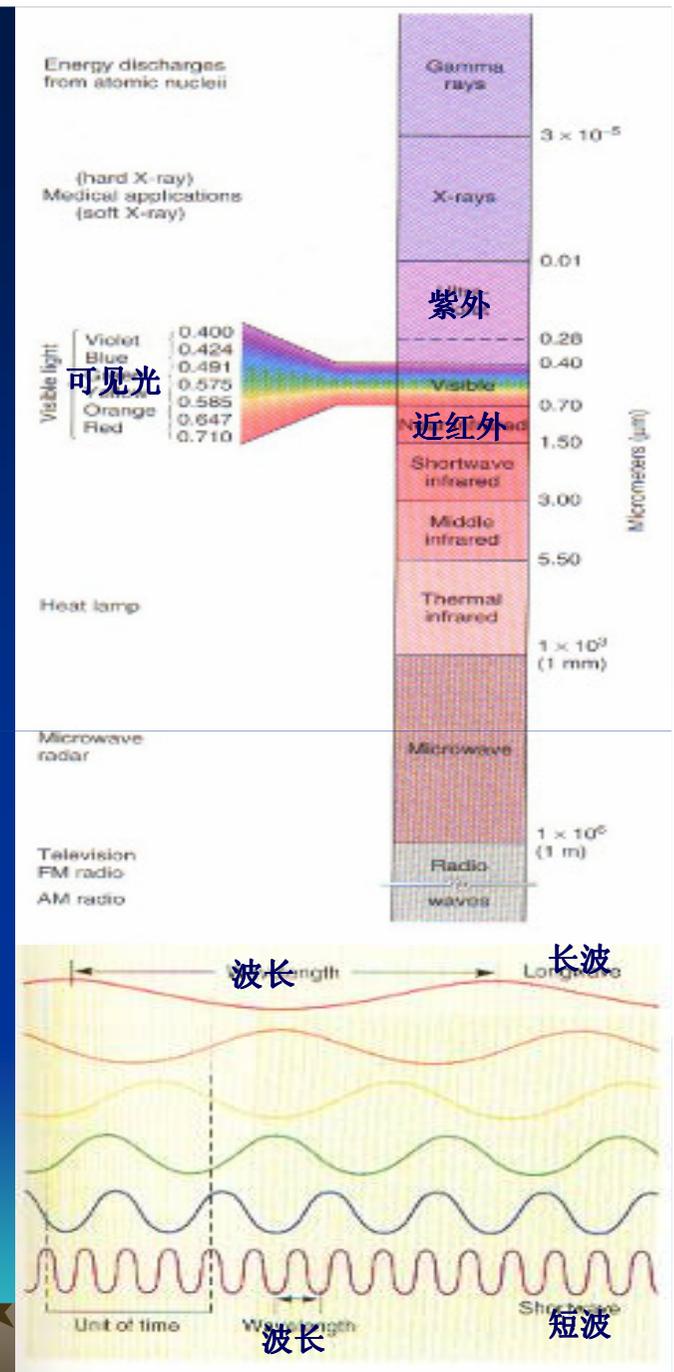
北极的极光



2. 电磁波 (electromagnetic wave)

由不同波长的射线组成，是太阳输送给地球能量的主要方式。影响地球表层系统的太阳辐射主要在紫外(8%)、可见光(47%)和近红外(45%)范围内。

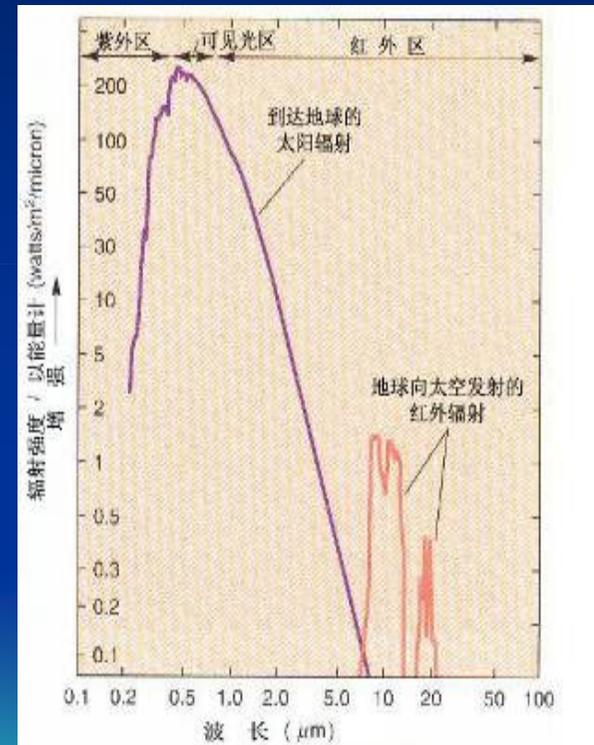
波长越短，频率越高；
波长越长，频率越低。



- 维恩定律：黑体辐射能力最大值对应的波长 λ_{Max} 与辐射体表面的绝对温度 T 成反比，比例常数 $C = 2897.8 \mu\text{m}\cdot\text{K}$ 。

$$\lambda_{Max} = \frac{C}{T}$$

太阳辐射称为短波辐射。地球表面辐射称为长波辐射。



三、太阳常数和太阳活动

1. 太阳常数

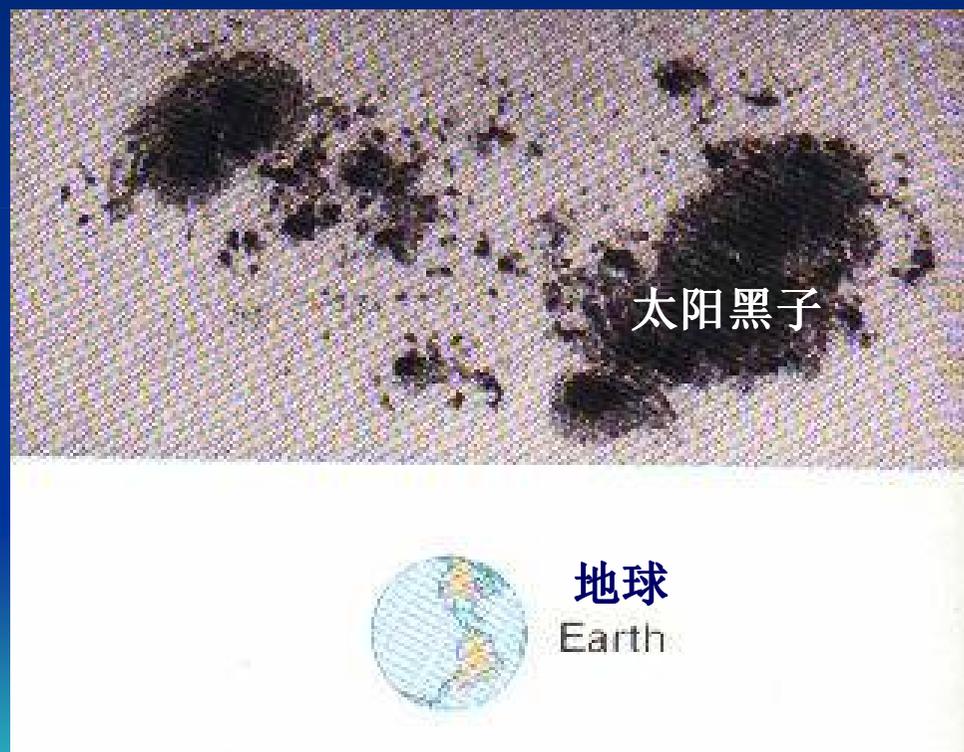
- 定义：当地球处于日地平均距离处，在大气圈热成层顶，与辐射方向垂直的平面上，单位面积在单位时间内所接受的太阳辐射。
- 量值：1367 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ （1969-1980年），标准差1.6 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ，最大偏差 $\pm 7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

- 太阳常数的基本恒定是地球表层系统维持自稳定状态的主要原因。
- 太阳常数的温度效应：太阳常数变化1%，全球平均地面气温将变化0.65-2.0℃。
- 太阳常数变化的主要原因：太阳活动



2. 太阳活动

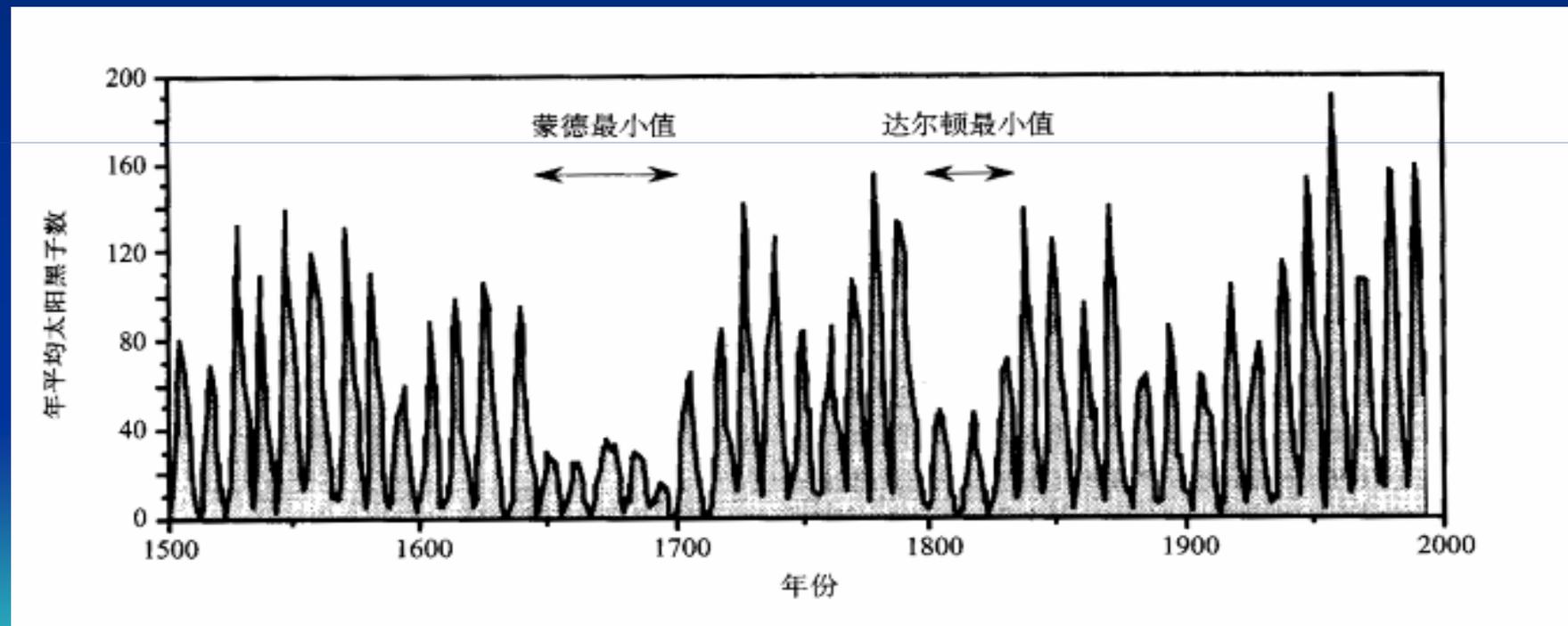
- 概念：太阳光球层的黑子、光斑，色球层的日珥、耀斑等的生、消、聚、散变化。



- 度量指标：相对黑子数 W

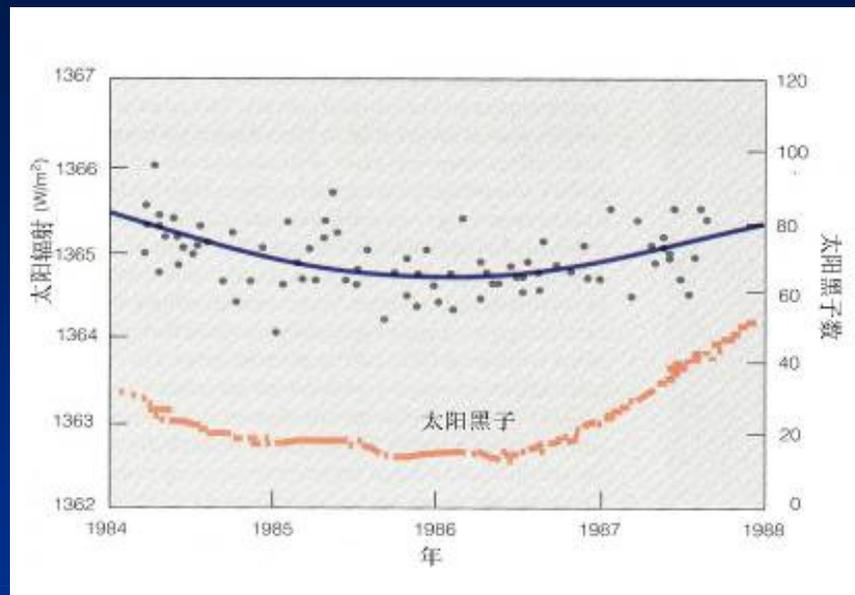
$$W = k(10m + n)$$

式中： m 是黑子群数， n 是黑子个数， k 为常数。



- 短周期：太阳黑子具有11.2年的周期，光斑、日珥、耀斑和太阳风具有相同的周期，因此，通常用太阳黑子的多少近似地表示太阳活动的强弱。
- 长周期：80年（1645～1715年，1795～1835年）

- 对太阳常数的影响：
太阳黑子活动强时，
太阳辐射强度增加，
太阳常数增大。



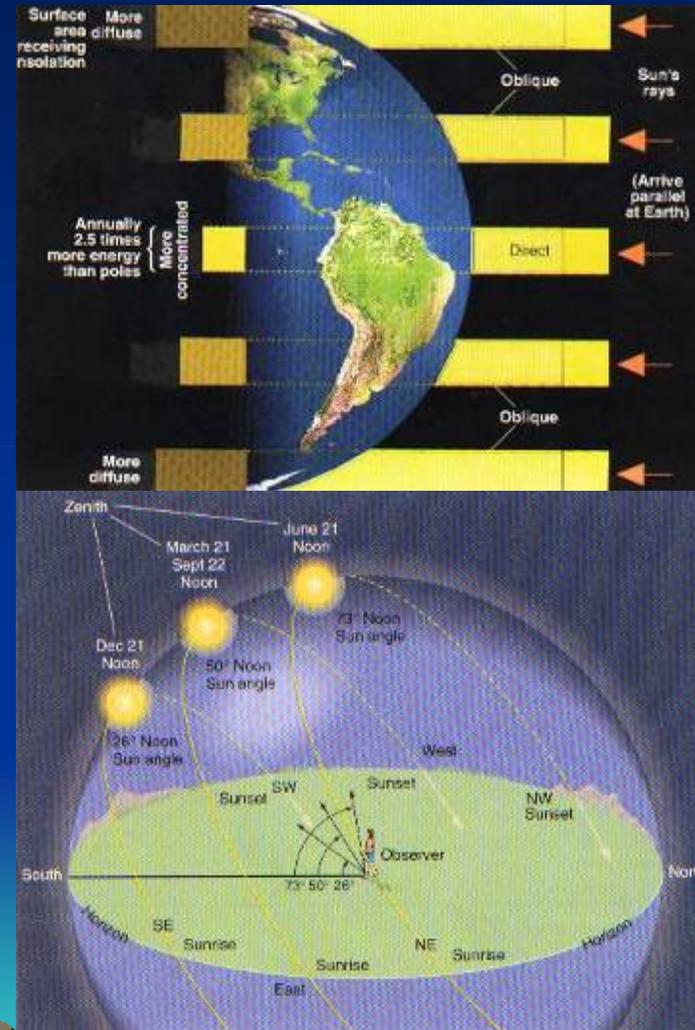
- 对近地面气候的影响：
统计分析为主，机理仍不清楚。例如：太
阳黑子低值年对应我国南涝北旱，高值年对
应南旱北涝。

- 全年日辐射总量低纬大于高纬，季节变化低纬小于高纬。
- 日辐射总量夏季大于冬季，其纬向梯度冬季大于夏季。
- 春分日和秋分日赤道日辐射总量最大，向两极递减，极点为零。
- 夏至日的日辐射总量从北回归线向南递减，南极圈内为零；向北递增，北半球高纬最大。
- 冬至日的日辐射总量从南回归线向北递减，北极圈内为零；向南递增，南半球高纬最大。



(2) 大气圈顶太阳辐射时空分布的原因

- 直接原因
太阳高度角的纬向
变化及其季节变化：
高度角越大，单位面
积接收太阳辐射越多。



日照长度及其季节变化：一天之内的日照长度越长，接收的太阳辐射越多。

北极圈以北夏至日的极昼现象。

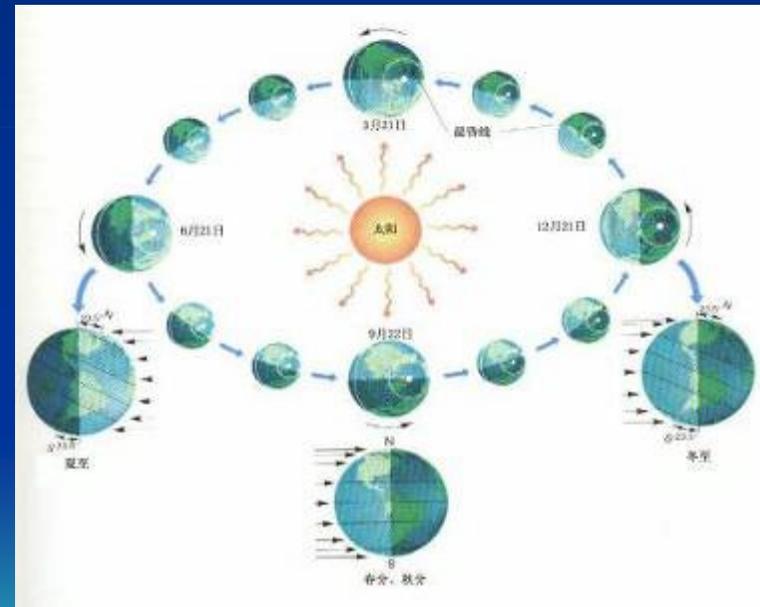


- 根本原因

黄赤交角和地球的公转：使太阳高度角和日照长度随地球在公转轨道上的位置而变化，因此，地球上各地所获得的太阳辐射才具有随季节而变化的特点。

地球的自转：

地球自转产生昼夜的更替，从而使地球上太阳辐射的季节变化成为全球共有的现象。



五、天文季节与二十四节气

1. 天文季节

根据地球环绕太阳公转的位置划分的季节

- 我国古代：立春、立夏、立秋、立冬
- 欧美各国：二至二分



2. 二十四节气

春雨惊春清谷天，夏满芒夏暑相连，
秋处露秋寒霜降，冬雪雪冬小大寒。
上半年来六二一，下半年来八二三，
每月两节日期定，最多不差一两天。



- 反映气温变化：小暑、大暑、处暑、小寒、大寒
- 反映降水变化：雨水、谷雨、小雪、大雪
- 反映水气凝结变化：白露、寒露、霜降
- 反映气候状况：春分、秋分、夏至、冬至
- 反映物候变化：惊蛰、清明、小满、芒种
- 反映农事活动：立春（春种）、立夏（夏管）、立秋（秋收）、立冬（冬藏）



3. 天文季节的缺陷

不符合各地气候和生物界季节变化的实际：

- 半球范围内，各地某一年季节的初日相同；
- 半球范围内，各地逐年季节的初日相同。

以冬小麦播种为例：

北京地区：白露早，寒露迟，秋分种麦正当时

华北南部：秋分早，霜降迟，只有寒露正当时

安徽、江苏：寒露蚕豆霜降麦

浙江：立冬种麦正当时

4. 其他季节的划分

- 自然天气季节：根据大气环流的季节变化型式划分的季节。
- 气候季节：根据气温、降水等气候要素的季节变化划分的季节。
- 物候季节：根据植物的生长发育期划分的季节。



遥感物候季节



地面物候季节

