

近代气象学与气候学发展

大气基本测量和性质

温度

- 1603 伽利略温度计
- 1700s 华伦海特-有刻度较精准的温度计
- 1740s 摄尔修斯-摄氏温度国际温标

气压

- 1643 托里拆利-气压计
- 1662 Boyle 波意尔定律-恒温时气压和体积的关系
- 1802 Charles 查理定律-恒压时体积和温度的关系
- 19世纪末 大气成分确定
- 1824 Fourier傅里叶-温室效应
- 1896 Arrhenius定量计算二氧化碳增加带来的增温效应

湿度

- 1780 de Saussure毛发湿度计(相对湿度)
- 1766 英国降水量记录

太阳辐射

- 1830 Schmidt 不同纬度地表辐射盈亏量

大气环流

- 1686 Halley将信风和热带辐合带联系起来
- 1735 Hadley提出地球自转导致风向偏转
- 1856 Ferrel提出三圈环流模型

气候学

- 1817 Alexander von Humboldt第一幅北半球年均温度等温线图
- 1845 Heinrich Berghaus 全球降水量图
- 1918 柯本Koppen 全球气候类型图
- 1930 Charles Thornthwaite蒸散发、降水和温度的气候分类方法

中纬度天气系统

- 1800s 锋面气旋形成模型
- 1922 完整的极锋气旋形成理论
- 1930s 开始关注对流层上部对全球天气的影响
- 1939 西风急流(jet stream)

极地地区

- 19世纪末 Hermann von Helmholtz 北极极地地表高压学说
- 1945 W H Hobbs 格陵兰冰盖永久反气旋理论
- 1950s 形成现代认识|开始研究南极

热带(低纬)地区

- 1920-40 中纬度锋面应用到低纬-INF
- 1940-50 ITCZ
- 1940s 南亚季风-西风急流-喜马拉雅山的关系
- 19世纪后半 -印度季风降水和喜马拉雅山积雪、南印度洋高压的关系
- 1924 Gilbert 南方涛动

气候系统

气候系统的组成：

- 大气圈：温室气体、气溶胶、水汽
- 水圈：储存、输送热量和温室气体
- 冰冻圈：反射太阳辐射、海平面
- 生物圈：反照率、温室气体、风、粉尘
- 岩石圈：风化
- 人类活动：地表覆盖、温室气体
- Edward Lorenz 蝴蝶效应 1963
- 气候模型

全球气候变化研究组织

- 国际气象组织(WMO)
- 国际科学理事会(ICSU)
- 政府间气候变化专业委员会(IPCC)
- 全球气候研究项目与计划
 - 长期天气预报物理基础
 - 气候年际波动变化
 - 长期气候趋势与气候敏感性

全球气候变化研究相关计划

- 全球大气研究计划(GARP)
- 世界气候研究计划(WCRP)
- 国际地圈生物圈计划(IGBP)
- 国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)
- 生物多样性计划(Diversitas)
- 未来地球计划(Future Earth)

气象与气候学基础

大气组成

- 氮气、氧气、二氧化碳、甲烷、臭氧、稀有气体
- 温室气体：二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、臭氧、CFCs、HFCs&HCFCs、水
- 气溶胶：稳定的悬浮在气体载体中的固体或液体颗粒，主要介于0.01-10微米--火山爆发影响全球气温，对不同层位气候影响不同

太阳辐射和地球热量收支

- 太阳常数：日地平均距离上，大气顶界垂直于太阳光线的单位面积接受的太阳辐射--1366W/m²；地表907、大气342
- 太阳黑子：磁性增强阻挡对流运动，温度降低，但周围温度偏高，总辐射增大-1W/m²
- 日地距离、地轴倾角、轨道要素
- 地球热量收支--反照率

大气水分

- 水汽、雨滴、冰晶
- 空气湿度：当地蒸发量、大气温度和水平水汽输送量
- 绝对湿度/比湿：一定体积的空气中含有的水蒸气的质量；单位质量的空气中含有的水蒸气质量--上限取决于温度
- 相对湿度：绝对湿度与最高湿度的比，显示水蒸气的饱和度
- 露点温度：空气在水汽含量和气压不变的情况下，冷却到饱和的温度
- 蒸散发(陆地、水体蒸发和植物蒸腾)
 - 热源、水源、非饱和水汽压、空气流动
 - 波文比：感热/潜热--越干波文比越大
- 潜在蒸发量
 - 在水分供应充足条件下的蒸散量，衡量蒸散能力的指标
 - 彭曼公式： $\frac{\text{水汽压梯度}}{(\text{水汽压梯度} + \text{常数})} \times \frac{\text{净辐射量}}{\text{蒸发潜热} + \text{常数}} + \frac{\text{常数}}{(\text{水汽压梯度} + \text{常数})} \times f$ (2米处分数) * (饱和水汽压-水汽压)
 - 应用：干旱指数-- $P(\text{年平均降水量})/PET$
- 实际蒸发量测量：蒸发皿蒸发量

降水

- 水汽+凝结=降水
 - 体积不变，空气温度降至露点温度以下
 - 空气绝热膨胀导致降温
 - 空气温度与体积协同变化，降低饱和水汽压
 - 蒸发增加了空气中的水汽含量
- 降水量数据：雨量筒、雷达、遥感

大气基本定理

- 波意尔、查理、理想气体方程

大气水平运动规律

- 气压梯度力：大气从高压向低压运动--直接动力

- 地转偏向力：与运动方向垂直，只改变运动方向，不改变大小-- $2wV\sin(\theta)$
- 向心加速度--旋衡风：地转偏向力小，气压梯度力和离心力达到平衡时形成的风，赤道附近速度很快的龙卷风
- 摩擦力与行星边界层：行星边界层--大气边界层--受地表摩擦力影响1000-2000米其余为自由大气

大气垂直高压

- 气压随高度变化主要取决于温度结构
- 暖低压和冷高压一般位于大气底层

大气长波

- 大尺度水平大气环流，与急流有关，将基地冷气团与热带暖气团分开
- 波长：3000km+；成因：涡度(描述大气旋转程度)守恒；诱因：地形、受热

高空急流

产生原因：

- 高低纬热力差异导致气压梯度逐渐增高
- 巨大的温度梯度
- 角动量守恒

地面气压

- 副高纬度取决于赤道极地之间的经向温差，温差越大，位置越靠近赤道

海洋结构和环流

- 热交换
- 蒸发
- 密度变化
- 风力
- 混合层：位于海水最上层，由风力、热对流等因素引起海水上下混合，形成的温度和盐度几乎相等的海水层
- 温跃层：水温在沿垂线方向急剧变化的水层

气候变化

现代温度变化

全球变暖时空分布

- 1971-2010年地表太阳辐射增加0.42
- 陆地增温高于海洋
- 北半球增温高于南半球

平流层温度变化

- 原因：臭氧减少、温室气体增加

海洋温度、热量变化

- 存储能量的增加中占主导91%
- 表层61%，中层31%，深层8%
- 热量将从海面传送到深海，影响海洋环流和气候

全球气候变暖间断

- 气候系统内部波动变化：海洋深部增温，热量转移至海洋
- 有效辐射变化：太阳活动较弱，火山喷发
- 模型因素：没要考虑平流层气溶胶变化