

基于遥感蒸散量MOD16分析我国水资源概况

海南省气象科学研究所

李伟光

2017年4月28日

一. 研究背景

- ▶ 水分是植物生长发育过程中最重要的环境因子，评价水资源状况需要分析降水与同期蒸散量。
- ▶ 以往蒸散量多以气象站点观测的气象资料为基础采用PM公式计算的参考作物蒸散量，而实际蒸散量在时间上和空间上是高度变化的，与气象条件、降水、土壤水文参数、植被类型和密度的时空格局密切相关，这就使得传统的站点研究结果很难反映出区域内的时空差异。
- ▶ 遥感虽不能直接监测蒸散，但可以快速、经济、宏观监测许多影响蒸散的因子，如地表反照率、土壤湿度、地表温度和粗糙度等重要参数。随着结合遥感信息和地面气象要素的蒸散模型的发展，为区域蒸散的可靠估算提供了科学基础，这使蒸散研究从站点走向区域、从定性走向定量半定量成为现实。
- ▶ 目前，MODIS作为新一代资源卫星传感器，其数据和产品已经越来越多地应用于能量平衡的监测过程中。2011年美国NASA研究团队在MODIS遥感数据蒸散反演算法上取得了重要成果，并通过NASA地球观测系统发布了全球MODIS陆地蒸散产品数据(MOD16)^[11-12]，该产品不仅精度较高，而且还具有高时间分辨率以及免费获取等特点。

二. MOD16理论基础

$$\lambda E = \frac{s \times A + \rho \times C_p \times (e_{sat} - e) / r_a}{s + \gamma \times (1 + r_s / r_a)}$$

S 饱和水汽压与温度关系的斜率，A 有效辐射分量， ρ 空气密度， c_p 空气比热
 $E_{sat}-e$ 饱和水汽压差， r_a 空气动力阻力， r_s 空气表面阻力。
不同作物蒸散量差异来自Penman-Monteith公式空气动力项中的植被气孔等
参数化方案不同。参数化方案沿用自Biome-BGC模型。

二. MOD16的数据源

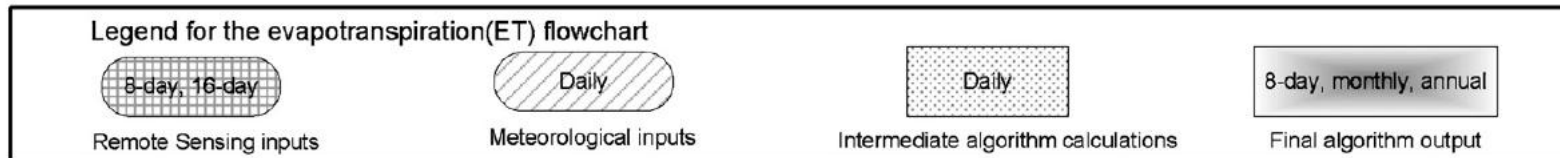
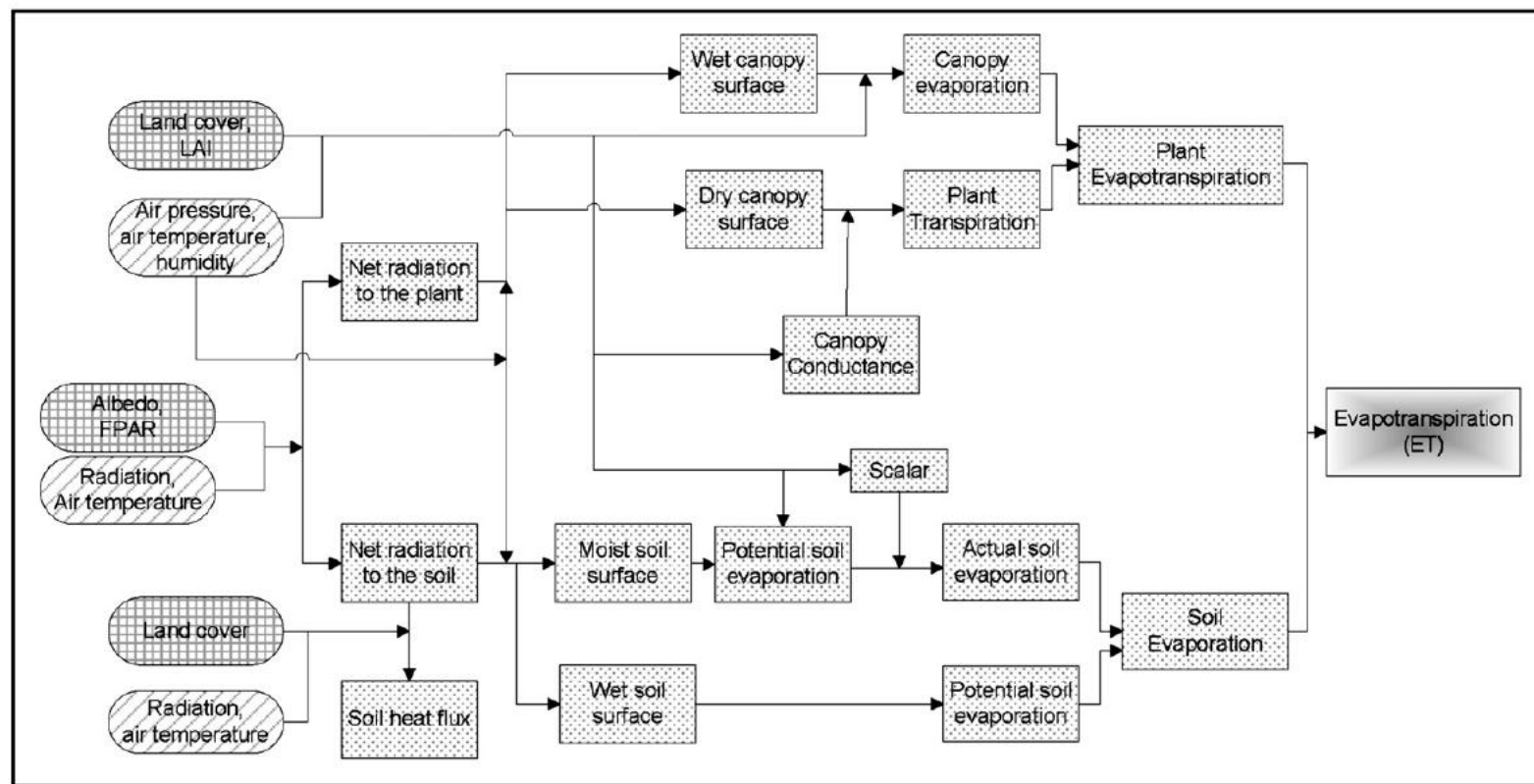
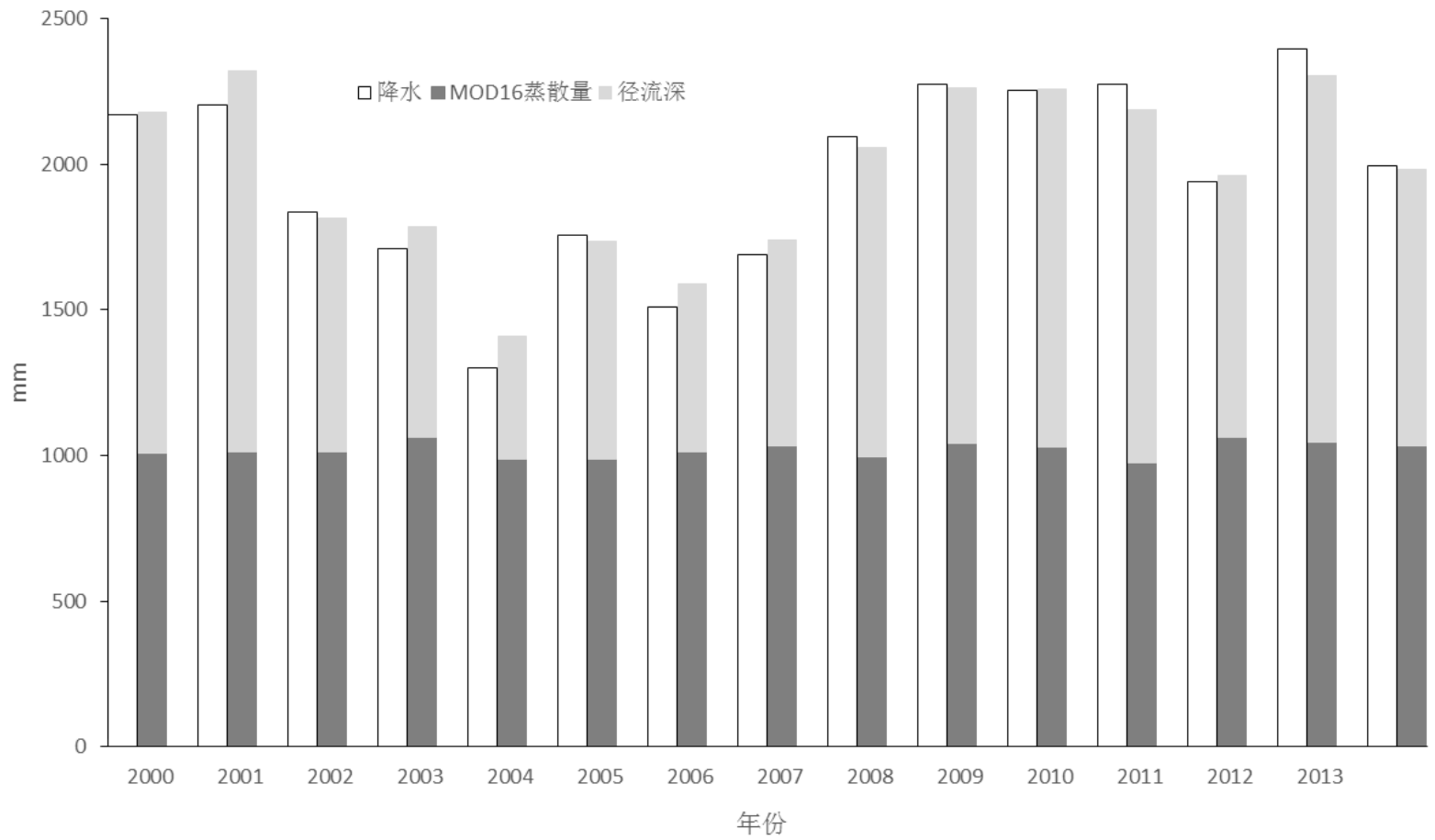


Fig. 1. Flowchart of the improved MODIS Evapotranspiration (ET) algorithm. LAI: leaf area index; FPAR: Fraction of photosynthetically active radiation.

三. MOD16蒸散量的精度分析



$$P = ET + Q + \Delta S \quad (1)$$

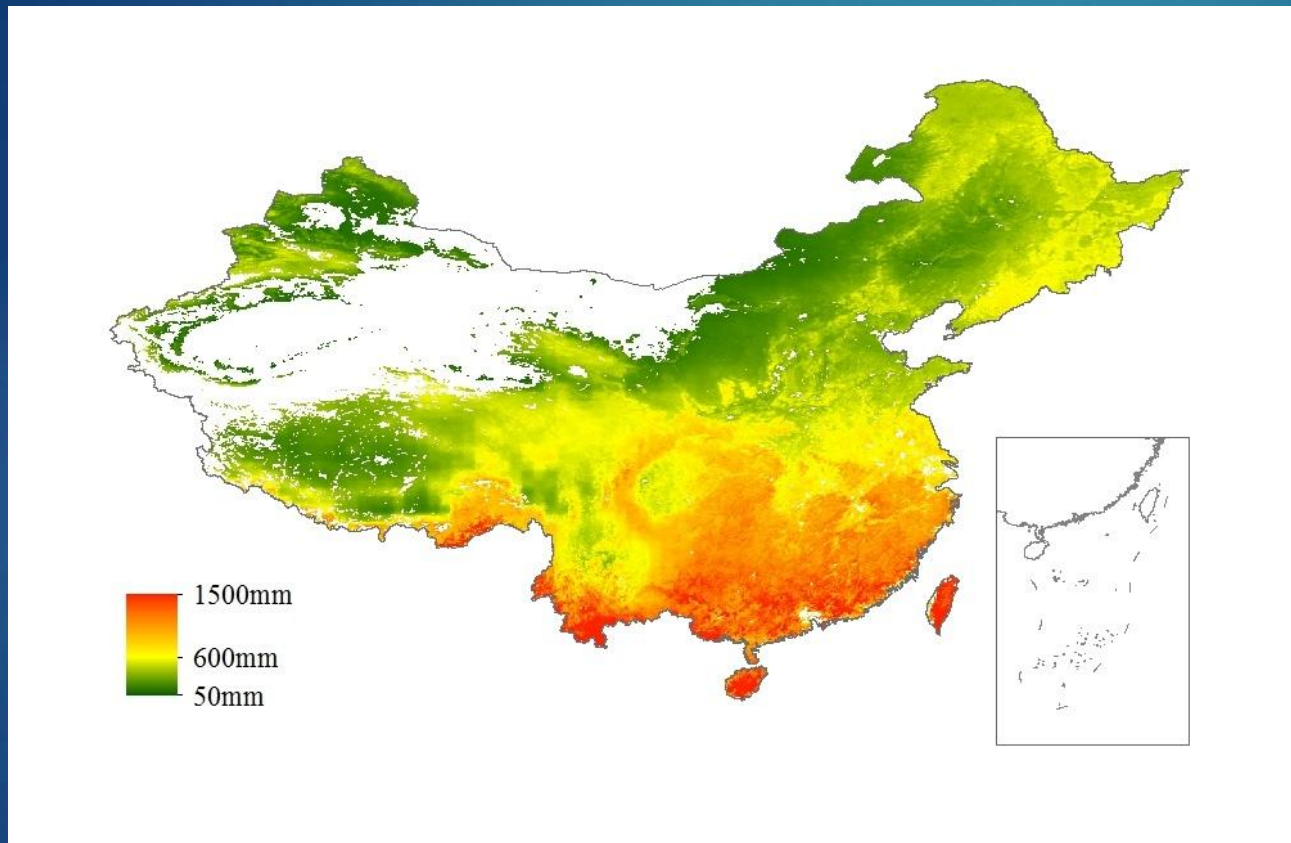
式(1)中, P为降水; Q为地表径流; ΔS 为地下及地表储存水的动态变化, 在年尺度或多年尺度时可以忽略。

从图中可以看出降水实测值和蒸散与径流之和比较吻合, 平均仅为1%, 有4年偏差超过5%, 最大偏差为9%。这说明MOD16产品在反应海南岛蒸散年总量方面精度较高。

海南岛2000-2014年逐年平均

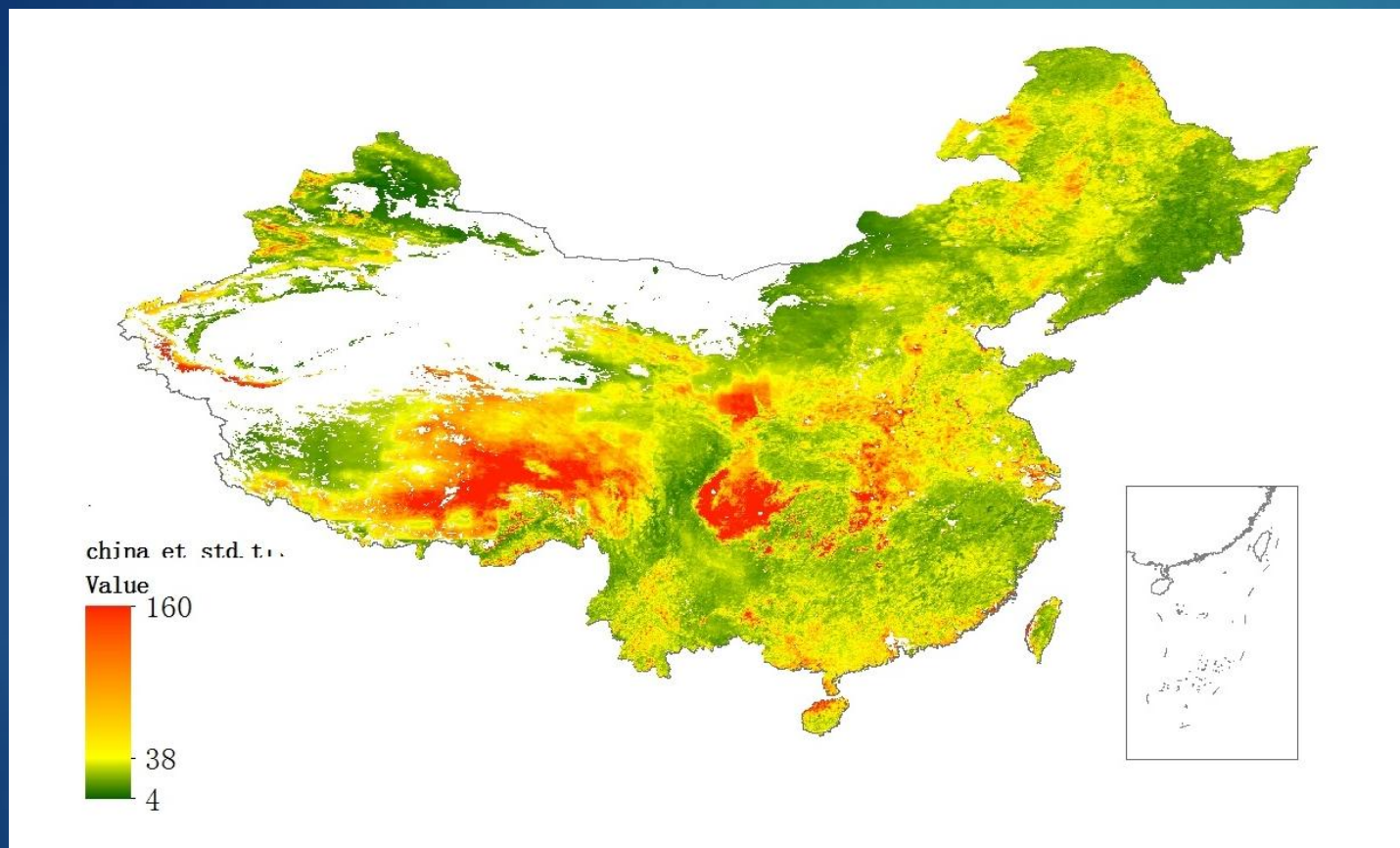
MOD16蒸散量与水分平衡

四.我国蒸散量的空间分布状况



我国多年平均蒸散发量为530 mm，呈现明显的空间分异特征（图1）。蒸散发的空间分布与降水梯度分布接近：蒸散发最小的区域主要分布于我国西北干旱区新疆、内蒙古、甘肃和青海的沙漠周边地带，该区域蒸散量普遍在300mm以下，该区域广布荒漠草原和沙地，降水量少、土壤湿度低、空气干燥；蒸散最大的区域主要分布在热带和亚热带的东南沿海、海南岛、云贵高原南侧和青藏高原东南部，蒸散量在1000mm以上。我国主要粮食产地东北平原，华北平原和长江中下游平原，蒸散量分别在400，600，800毫米左右。

五.我国蒸散量年际标准差

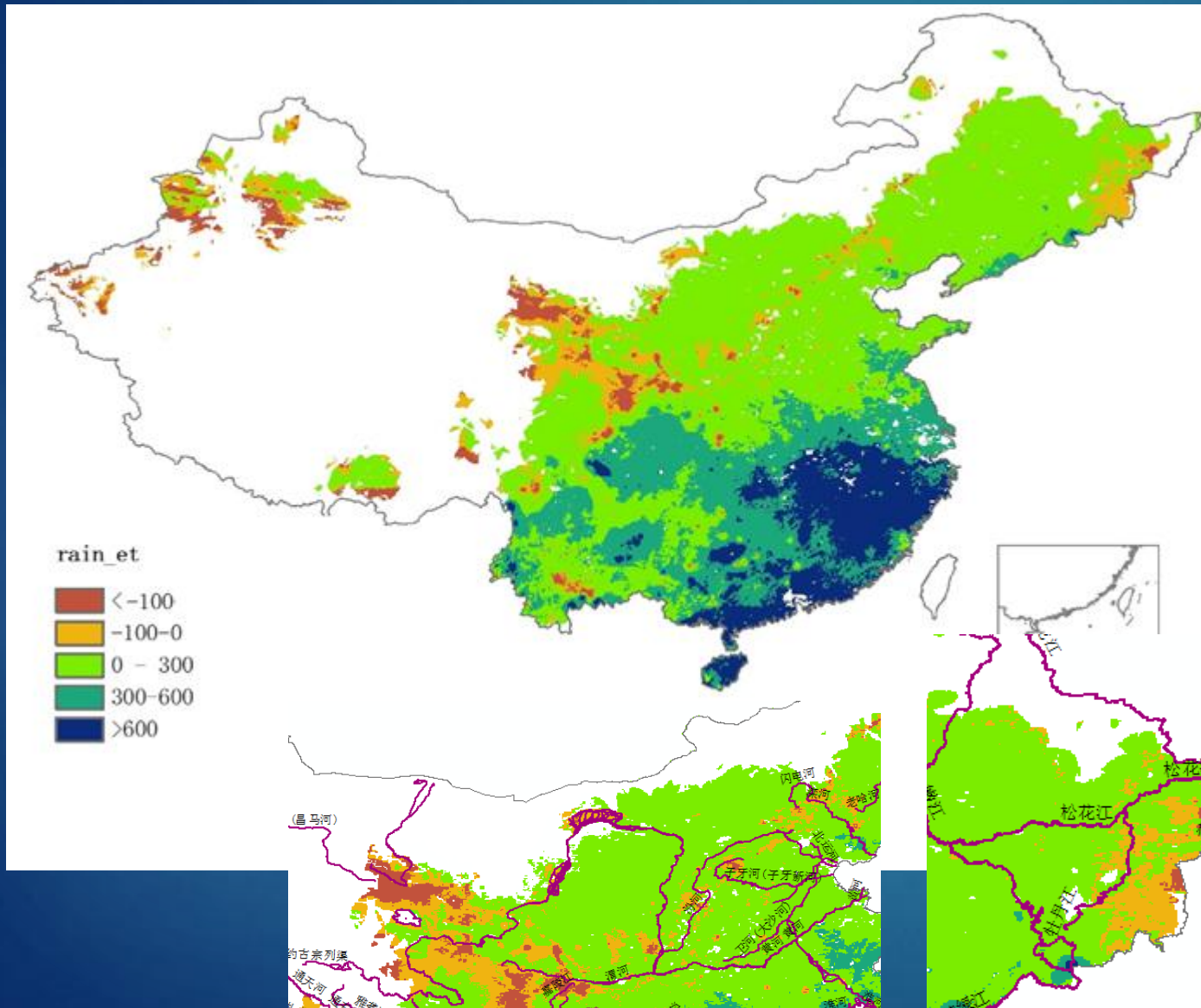


年际标准差一方面来源于误差，另一方面反映出水资源平衡的状况。

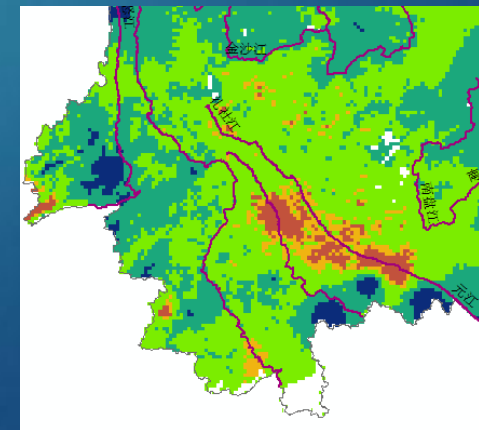
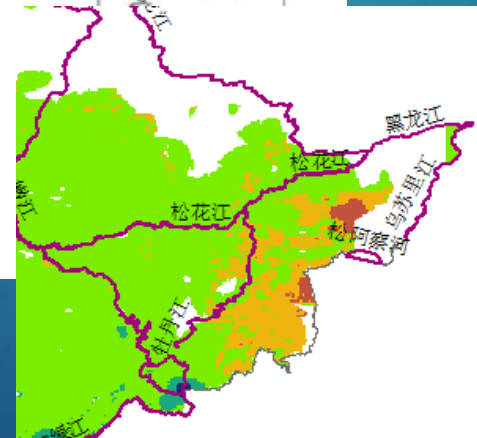
从全国蒸散量标准层分布可以看出，我国大部分地区蒸散量的标准差都在40以下。

青藏高原，四川盆地周围比较大，结合这两个地区NDVI数值可以发现，蒸散量的估算在这两个地区准确性不高。

六.年降水与蒸散量差值



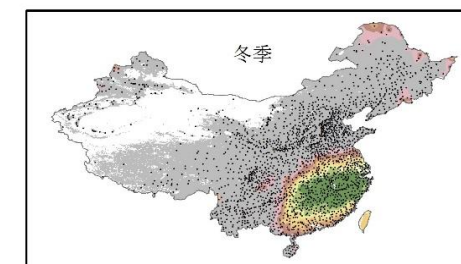
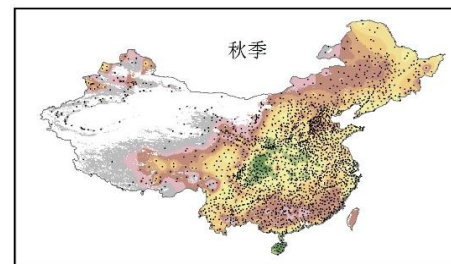
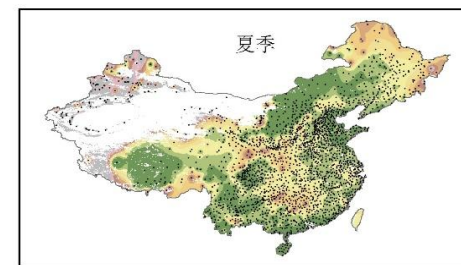
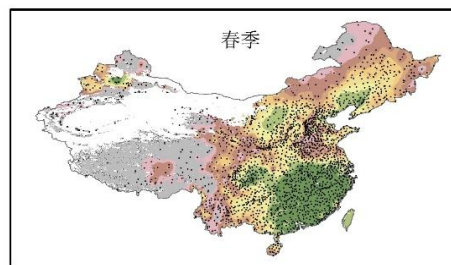
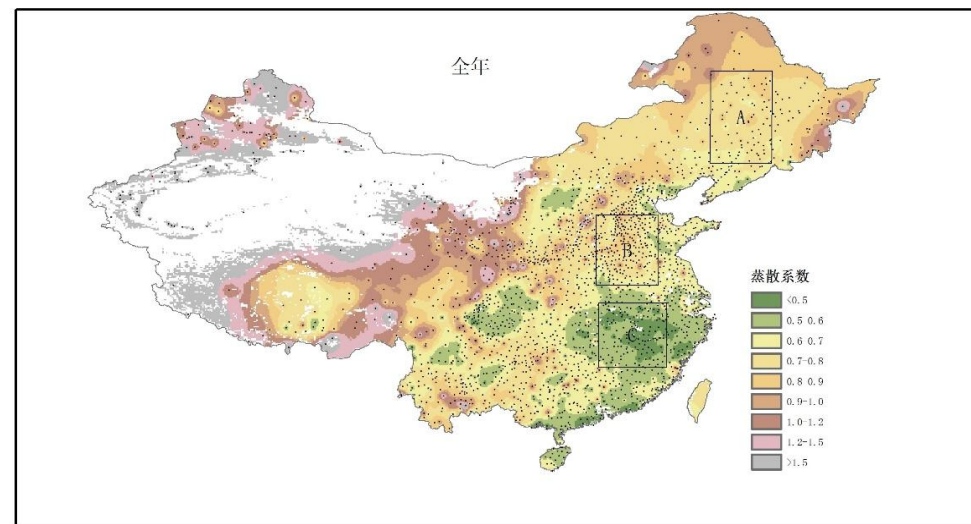
通常状况下，在没有前期蓄水和外来水源的情况下，降水应是供给蒸发的唯一水源，蒸散量不能大于同期降水量。如果蒸发大于降水，则必须有外部水源供应，如在我国西北沙漠中的绿洲，河流流经的灌溉区（比如黄河流经的河套平原）。结合以上几个数据发现，MOD16的精度能够用来分析我国水资源状况。



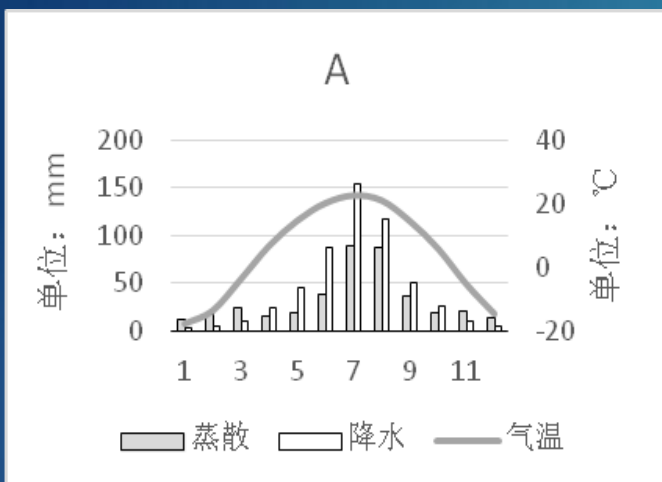
七. 全年及四季蒸散系数空间分布

$$\text{蒸散系数} = \frac{\text{蒸散量}}{\text{降水量}}$$

我国可以根据蒸散系数划分为三个湿润程度不同的区域。最湿润的为我国东南部区域，包括浙江、福建、广东、江西的大部分区域以及湖南、湖北、安徽、海南岛的部分区域。该区域全年蒸散量不足降水的一半，是我国水资源最丰沛的区域。我国最干燥的区域在青藏高原的东部、甘肃南部、宁夏以及内蒙古的呼伦贝尔周围地区。这些地区全年蒸散量与降水量相当，部分区域甚至大于降水量，这可能是由于雪山融水或河水带来的外源水补充。我国其余地区蒸散量约占降水量的七八成，这些区域年降水量差异比较大，温度变异也比较大，生态类型多样，农业种植制度也不相同，是我国农业干旱最易发生的区域。



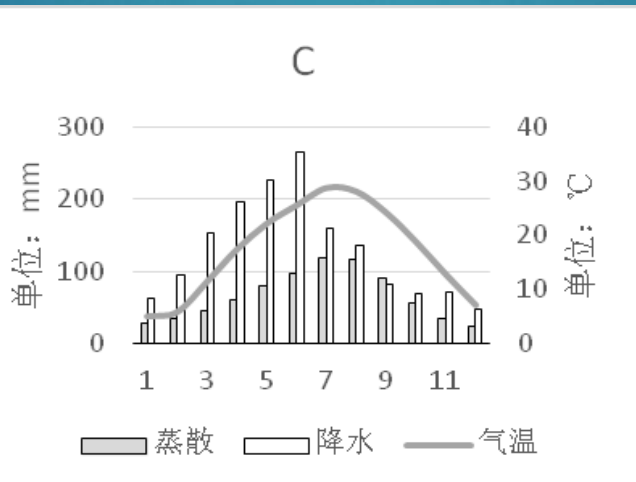
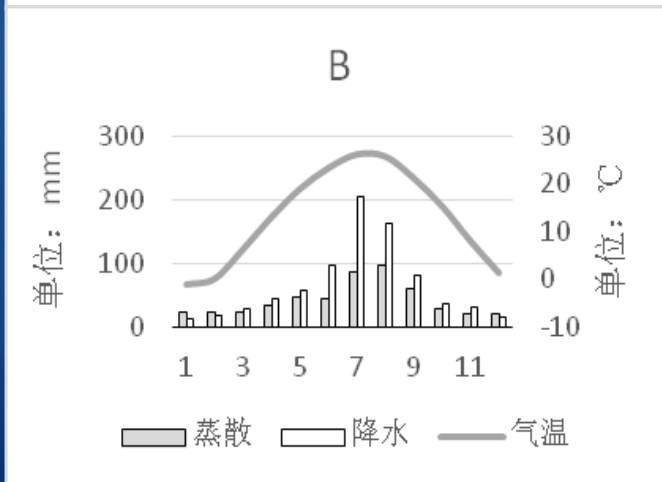
八.典型地区蒸散降水逐月变化



东北平原

华北平原

长江中下游平原



东北平原地处我国北部, 年平均气温较低, 仅在4-10月份气温在0°C以上, 适宜作物生长。在此时段降水与蒸散量的增减趋势基本一致, 蒸散量最大的6、7、8月份也是降水最大的月份。农业干旱不易发生。

华北平原地处我国中东部, 四季分明, 3-11月份气温在0°C以上, 作物以一年两熟最为典型。春季, 降水与蒸散量基本相当, 但降水的波动性较大, 大部分年里降水不能满足作物生长蒸散需要。上年降水集中在7、8月份, 时间上距此时较长, 土壤、水库等蓄水减少显著, 最易发生农业干旱。

长江中下游平原, 平均气温普遍较高, 月平均气温在0度以上, 降水集中在上半年, 下半年降水与蒸散量相当。虽然下半年的作物生长季降水仅略大于蒸散量, 但前期降水较为充沛, 所以发生农业干旱的机率也较小。

九.研究小结:

- ▶ 根据以上分析,我们得到,我国多年平均蒸散发量为530 mm/a空间分布与降水梯度分布接近:大致从东南向西北蒸散量逐渐减少。
- ▶ 全年来看我国东南部区域最湿润,最干燥的区域在青藏高原的东部、甘肃南部、宁夏以及内蒙古的呼伦贝尔周围地区,其余地区蒸散量约占降水量的七八成。
- ▶ **春季**,我国东南部地区最为湿润,华北平原降水不能满足蒸散需要,最易发生干旱;**夏季**是我国整体最湿润的季节,降水普遍超过蒸散量一倍以上;**秋季**,我国大部分地区降水略大于蒸散,**冬季**绝大多数地区降水小于蒸散量,普遍干燥。
- ▶ **东北平原**生长季降水与蒸散量的增减趋势基本一致,不易发生农业干旱。**华北平原**春季,温度适宜降水波动大,易发生农业干旱。**长江中下游平原**降水集中在上半年,下半年前期降水较为充沛,所以发生农业干旱的机率也较小。



谢谢大家
thanks