

# 基于DMSP/OLS数据的秦岭南北城市化发展与地表增温不均匀性分析

陕西省农业遥感信息中心 王钊

- ❖ 1、研究背景
- ❖ 2、DMSP/OLS数据预处理
- ❖ 3、卫星监测秦岭南北城市化过程
- ❖ 4、秦岭南北温度变化事实
- ❖ 5、城市化对增温影响
- ❖ 6、研究总结

# 1、背景资料

- ❖ 1、城市化的定义：表象农村人口向城市人口转移。
- ❖ 本质上：是随人口转移而出现的经济社会全方位的变化过程，体现在经济结构、城乡结构、产业结构、空间结构、社会结构、阶层结构调整，反映一国经济发展状况，城市化水平实际上是讲一个国家和地区的发展阶段。

## 如何描述城市化：

城市化水平评价，除单独的人口比率衡量外，还有一整套评价体系，包括：城市人口比重，包括非农业人口、居住城区的农业人口和流动人口三者总和占辖区内总人口的比重；适龄人口的中学入学率；人均国内生产总值；城市第三产业占国内生产总值比重；城市人均道路铺装长度等指标。

统计年鉴里的社会经济数据，大部分都同城市化有关。

- ❖ 总体来看，这些指标过于强调城市化过程中的社会经济属性，忽略了城市化过程中土地利用转换等自然、空间属性，从而难以对城市化过程产生的一系列生态、环境问题进行定量评价。
- ❖ 同时评价指标主要来源于统计数据，存在人为主观因素干扰，客观性有待进一步验证。因此，有必要发展以栅格作为数据单元，依靠遥感卫星探测手段和空间分析技术，对城市化水平进行测度、分析的指标方法。遥感指标法可以克服行政统计数据指标法的主观性、滞后性、成本高、标准不统一等局限。
- ❖ 遥感手段的优势：可以研究城市化的空间属性。具有一定的客观性。

- ❖ 美国国防气象卫星 Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) 搭载的 Operational Linescan System (OLS) 传感器为大尺度的城市研究提供了一种新的数据获取手段。
- ❖ 发射的初衷是夜间研究云， DMSP/OLS 有别于利用地物对太阳光的反射辐射特征进行监测的 LANDSAT、SPOT 和 AVHRR 传感器，该传感器可在夜间工作，能够探测到城市灯光甚至小规模居民地、车流等发出的低强度灯光，并使之明显区别于黑暗的乡村背景。其与 AVHRR 相当的空间和时间分辨率，比较适合大尺度城市化进程的动态监测。

Block 5D-3, 后续将发射2颗, 即DMSP 5D-3F19 5D-3F20。

表1 已发射过的DMSP (截至2009年底)

卫星划分	卫星型号	发射时间	状况
第1代	DMSP 4AF1~F10-125	1951965-01-19~1967-10-11	退役
第2代	DMSP 5AF1~F6	1951968-05-23~1971-02-17	退役
第3代	DMSP 5BF1~F6	1951971-10-14~1974-08-09	退役
第4代	DMSP 5CF1~F2-175	1951975-05-24~1976-02-19	退役
第5代	DMSP 5D-1F1~F5-450	5131976-09-11~1999-12-12	退役
第6代	DMSP 5D-2F6~F14-750~830	1982-12-21~1997-04-04	部分在轨
第7代	DMSP 5D-3F15	1999-12-12	在轨
	DMSP 5D-3F16	2001-01-19	在轨
	DMSP 5D-3F17	2006-11-04	在轨
	DMSP 5D-3F18	2009-10-18	在轨

DMSP卫星的发射目的:

- 云图监测, 以获得云的分类信息;
- 强风监测, 以改善风暴、旋风等预报;
- 海况监测, 为海军行动保障提供信息;
- 微光监测, 允许可见光传感器在夜间月光下工作。



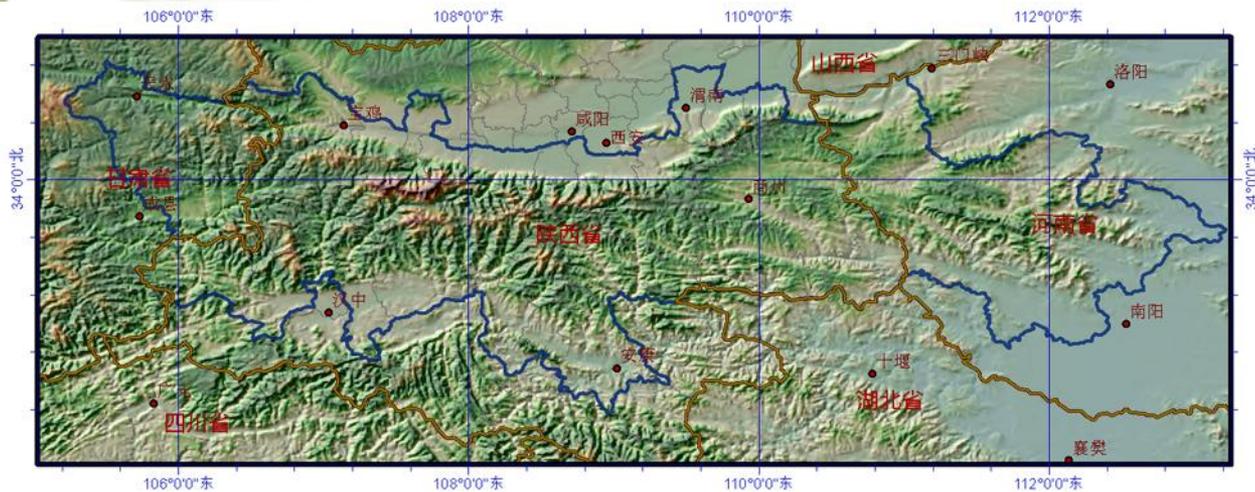
三颗夜景监测卫星，  
VIIRS 是NPP卫星  
传感器，分辨率  
370  
FY3直收站可以接  
收NPP，DNB数据



❖ 目前，国外许多学者近年来已成功地将DMSP/OLS 数据应用于城镇扩展研究。其中以城市空间特征信息等方面的应用最为广泛，在此基础上部分学者还讨论了快速城市化过程生态效应评价研究，城市空间演化过程、城市用地空间扩展类型特征、城市GDP空间化等一系列问题。

❖ 国外相关的应用主要集中在以下几个方面。

- ❖ 1) 利用统计数据同灯光数据耦合，建立指标，提取城市用地空间分布；
- ❖ 2) 利用灯光数据对区域人口密度的模拟；
- ❖ 3) 区域相关社会经济指标的估算，如经济水平、能源消耗估算等；
- ❖ 4) 城市化对生态环境指标的影响分析，包含热岛效应、NPP、植被覆盖变化。。



- ❖ 秦岭山地，腹地位于陕西省南部。北部以秦岭北坡山脚线为界；南部以汉江北岸为界，但不包括汉中、安康盆地。在汉中、安康盆地，以盆地的北缘为界；东、西两侧以省界为界。地处我国暖温带和亚热带的生态过渡带，是中国南北地理环境的重要分界线。秦岭特殊的位置和地形形成独特的山地气候，在水源涵养、物种保护、生态景观等方面发挥着重要作用，是我国中部重要的生态安全屏障。

## 2、DMSP/OLS数据预处理

- ❖ 数据预处理主要包含：数据裁剪、空间校正，定标处理几个步骤，其中相互定标是预处理的重点，1992-2012年DMSP/OLS NTL (Nighttime Lights) 数据包含了6颗卫星，由于传感器未作星载定标，传感器存在衰减以及不同卫星传感器之间存在差异，使得多颗卫星获取的长时间序列数据缺乏可比性。因此首先要进行不同卫星之间的交叉定标。
- ❖ 由图2，未经过定标的卫星数据之间存在较大的差异，由于F18卫星的数据和其余5颗卫星差异较大，因此本文在其余五颗卫星观测数据中选择了NTL值最大的F16的2010年数据作为基准，进行交叉定标。

定标时采用Elvidge提供的方法，  
首先选择定标区域，主要考虑两个条件：

- (1) 所选区域的空间范围在1992-2012年扩张不明显；
- (2) 所选区域DN值必须涵盖0~63的数值。

经过多次试验，定标区域最终由两部分组成：DN值变化较为稳定的西安城市中心二环以内的区域，关中和陕南DN值跨度较大的且多年变化值较小的中小县城区域作为定标点。

根据所选区域2010年像素DN值，利用二阶多项式回归模型分别计算了F10、F12、F14、F15、F16和F18卫星每年的回归系数a、b、c，

利用系数和模型得到订正后的 $DN_{adj}$ 值，  
遇到时相重叠的卫星数据时选择相关系数R值最大时的数据，  
得到1992-2012年定标后的时间序列数据。

$$DN_{adj} = c + b \times (DN) + a \times (DN)^2$$

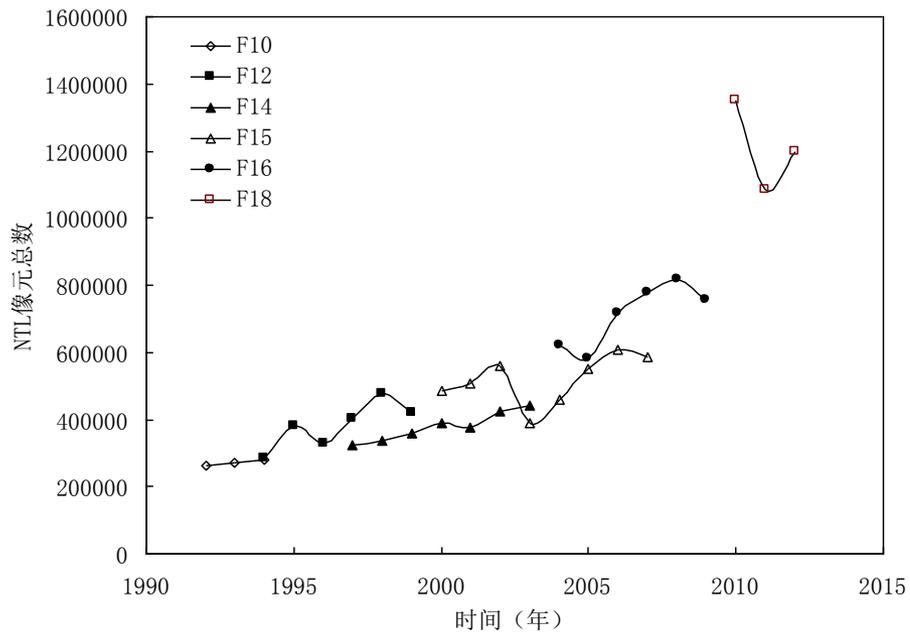
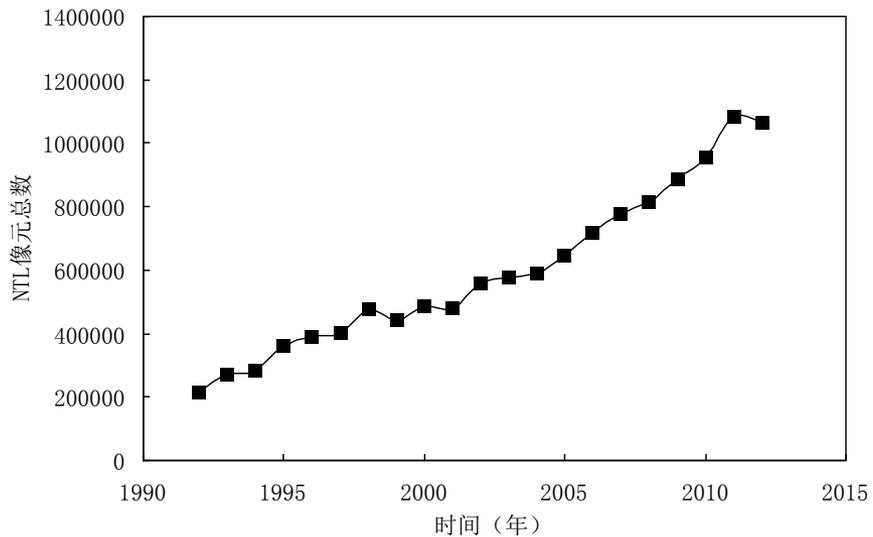


图3.1 定标前不同卫星得到的NTL时间序列数据



### • 3.3 反映区域城市化水平的灯光指数构建

在对灯光数据进行交叉定标后，采用陈晋等 [3] 给出的计算方法来定义城市化水平的灯光指数 (NCLI<sub>j</sub>)：

$$NCLI_j = I_j \times W_1 + S_j \times W_2 \quad (3.2)$$

其中，NCLI<sub>j</sub> 为区域 j 的灯光指数，I<sub>j</sub> 和 S<sub>j</sub> 分别为区域 j 平均灯光强度指标和灯光面积指标，W<sub>1</sub> 和 W<sub>2</sub> 为其权重，通过相关分析得到 [16]，本文取 W<sub>1</sub>=0.9，W<sub>2</sub>=0.1。

区域平均灯光强度指标 I<sub>j</sub> 定义为：

$$I_j = \sum_{i=1}^63 DN_i \times \frac{n_i}{N \times 62} \quad (3.3)$$

公式 (3.3) 中 DN<sub>i</sub> 为区域内第 i 等级的灰度值，n<sub>i</sub> 为区域内第 i 灰度等级的像元总数，N 为区域内所有灯光像元总数 (63 ≥ DN ≥ 1)，63 为最大灰度等级。I<sub>j</sub> 表征了相对于最大可能灯光强度的比例关系。

区域灯光面积指标 S<sub>j</sub> 定义为：区域内所有灯光像元的总面积 (63 ≥ DN ≥ 1) 占整个区域面积 (63 ≥ DN ≥ 0 像元之面积) 的比例，反映了灯光的空间延展特性。

$$S_j = \frac{Area_N}{Area} \quad (3.4)$$

公式 (3.3) 中 Area<sub>N</sub> 为区域内所有灯光像元的总面积，Area 为整个区域面积。利用上述公式，本文利用 3.1 订正 DMSP/OLS NTL 时间序列数据计算了反映陕西

## 4.1 ULI-NLCI 相关关系的建立

地表夜间灯光的强度及空间分布与人类活动息息相关,人类活动频繁区域的城市化发展水较高,因此考虑利用灯光影像数据研究城市化水平。

常用的城市化水平指数单一指标有城镇人口比重、建成区面积比重、恩格尔系数等。但是城市化是社会结构、经济结构和生产生活方式的根本性转变,单一指标不足以表示城市化的深刻内涵,学者们在多年研究中从综合的角度构建了多种城市化水平指数。

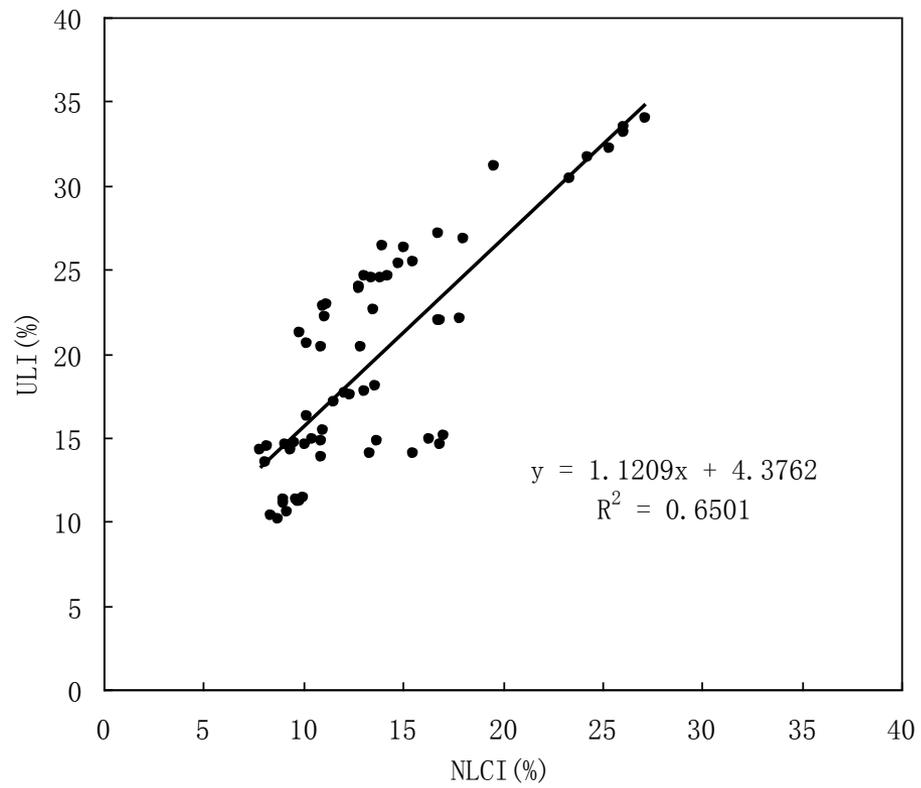
本文主要利用城镇人口比重、二三产业产值比重和建成区面积比重分别表征人口城市化水平、经济城市化水平和土地城市化水平,在此基础上计算传统城市化水平指数 ULI。

$$ULI = \sum_{i=1}^3 (w_i * u_i) \quad (4.1)$$

其中  $u_i$  表示的是城市化水平评价的三个因子,  $w_i$  表示的是每个因子的权重,本人为三个因子影响是均等的,因此每个因子的比重均取  $\frac{1}{3}$ 。

❖ 根据陕西省统计局提供的统计年鉴，计算了2000-2008年陕西省十个地市的ULI指数，得到71个样本。同时根据公式(3.2)、(3.3)、(3.4)计算得到了2000-2008年反映陕西省区域城市化水平的灯光指数NLCI。对研究区域内的71个样本进行了线性回归分析，得到了城市化水平因子和城市化水平灯光指数之间的线性统计关系：

$ULI=0.8484*NLCI+1.1219$  ( $R^2=0.7037$ )，由图4.1，陕西省城市化水平因子与城市化水平灯光指数相关关系较好，二者相关系数达到0.80。因此，本文主要通过分析近20年灯光指数的变化来讨论陕西城市化发展格局。



## ❖ 1992-2010年地市灯光指数时间变化特征

- ❖ 由于NCLI和ULI存在较好的相关关系，本文使用1992-2009年灯光数据，研究了近20年陕西城市化空间分布特征。
- ❖ 图4.2给出了陕西省关中、陕南和陕北地区1992年-2010年NCLI时间变化特征，由图4.2：
  - ❖ （1）近20年陕西省城市发展呈现出不均衡的态势，1992年到2007年陕西省城市化发展较为缓慢，呈弱的增加趋势，2008年和2009年受到金融危机的影响，呈现了较弱的下降，2010年到2012年则呈现迅猛发展形势；
  - ❖ （2）陕西省内灯光指数量值分布不均，关中灯光指数最高，陕北其次，陕南灯光指数最低，表明关中地区城市化水平最高，其次为陕北地区，陕南地区城市化水平最低，此结果与陕西城市化研究结果一致；

- ❖ (3) 陕西省灯光指数增长率分布不均，关中地区灯光指数平均增长69.7%/a，西安市增长最快，增长率为117%/a，陕北平均增长率为57.4%，陕南灯光指数增长率为42.9%/a，表明近20年陕西城市化发展速度关中地区明显高于陕北和陕南地区，陕南地区城市化发展速度最慢。

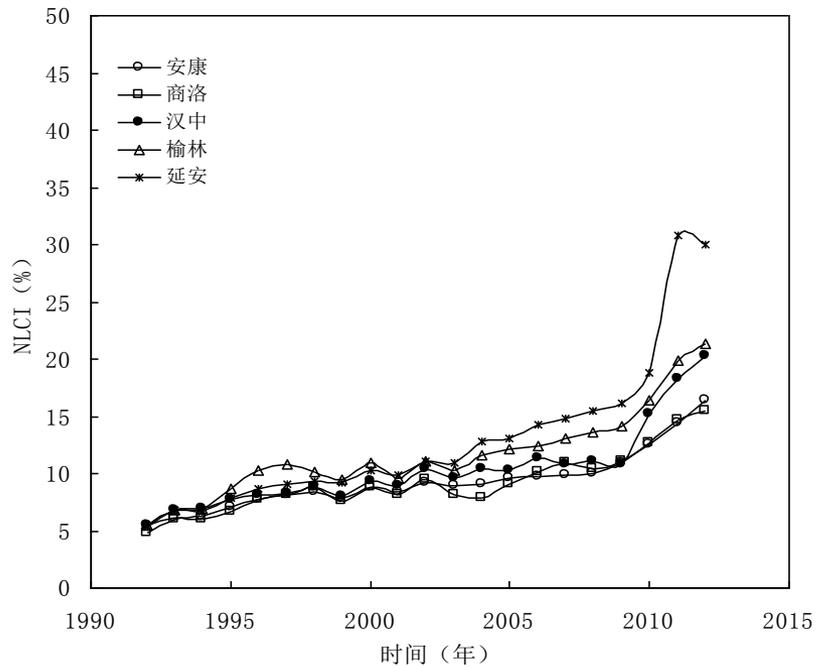
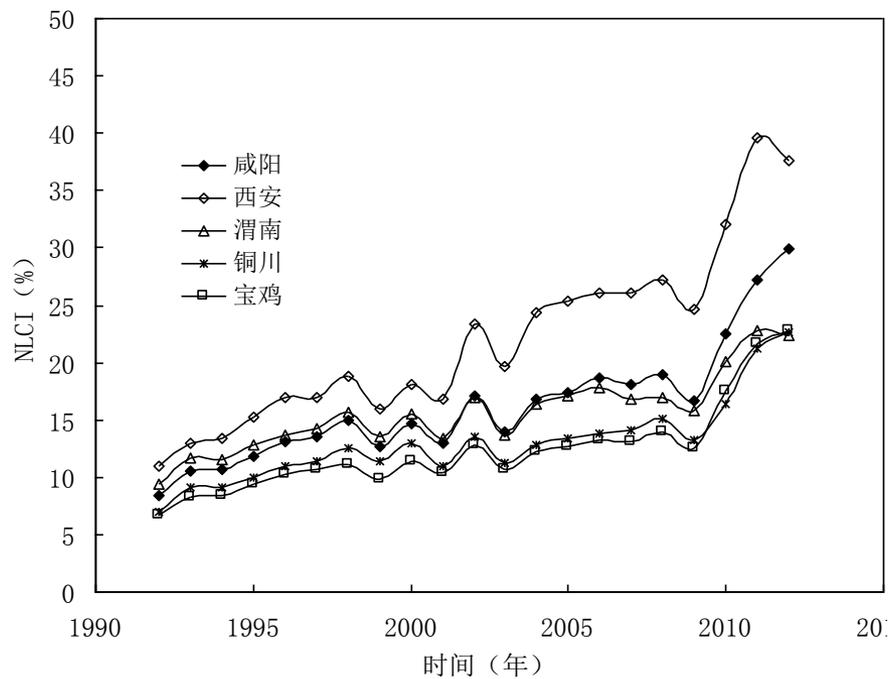
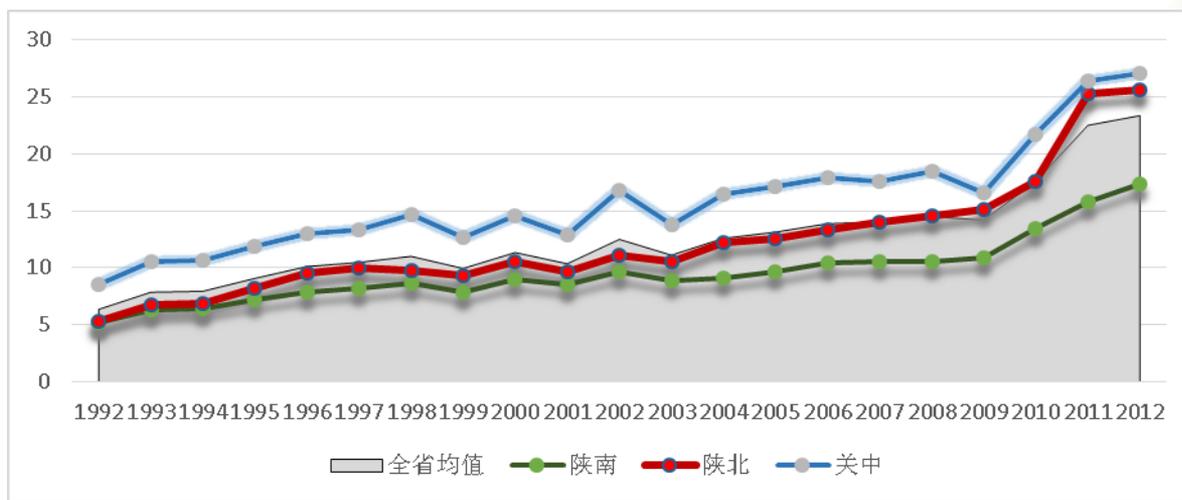
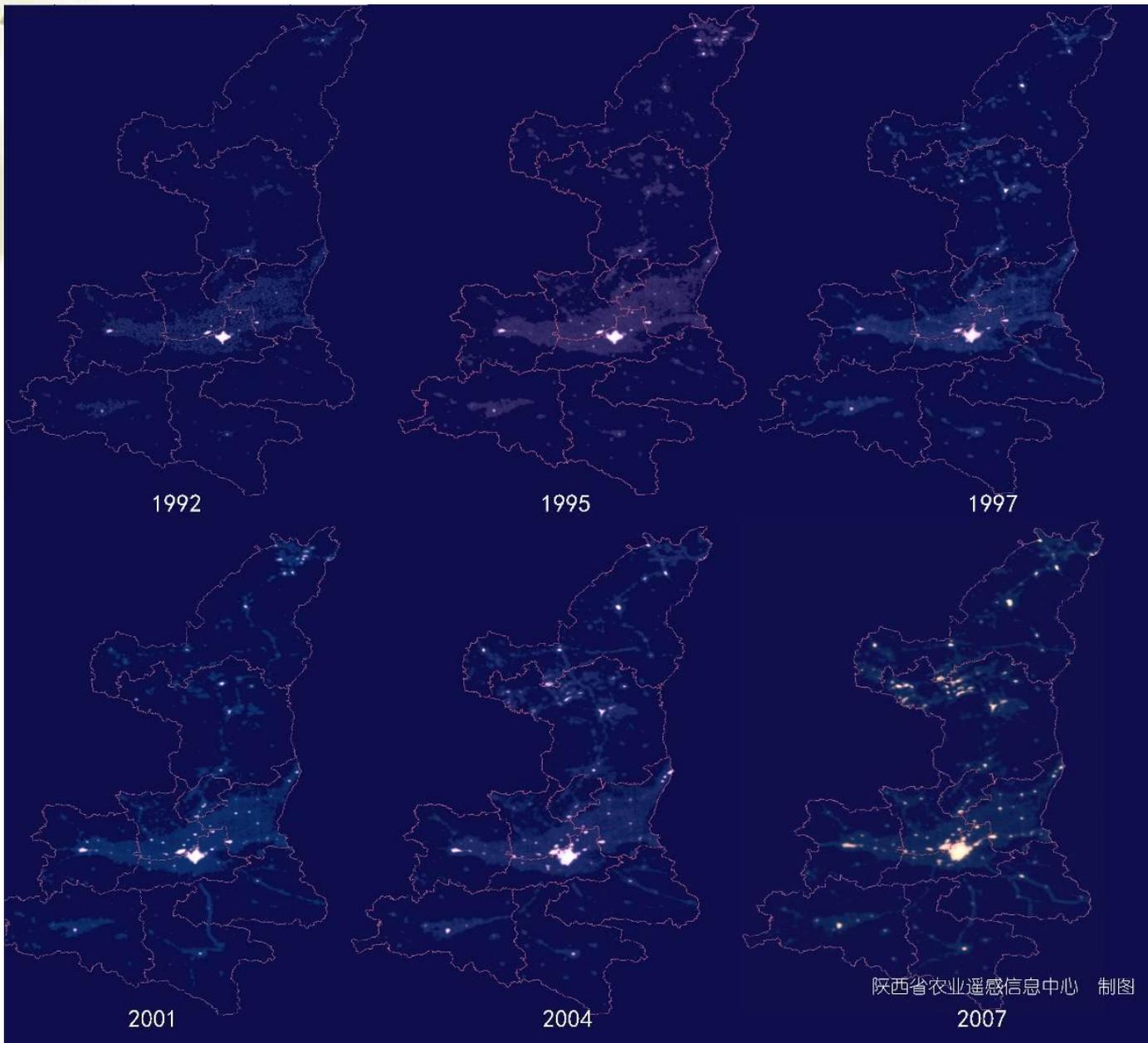


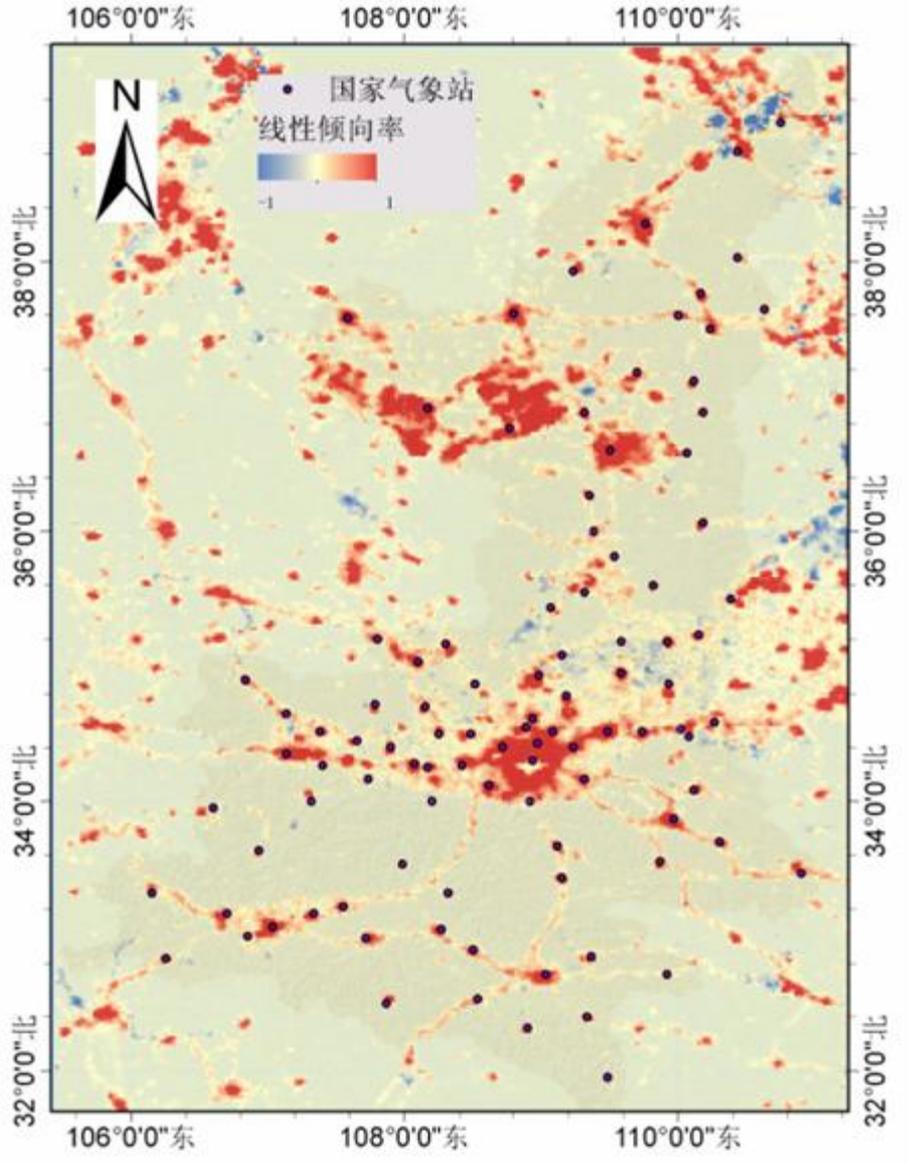
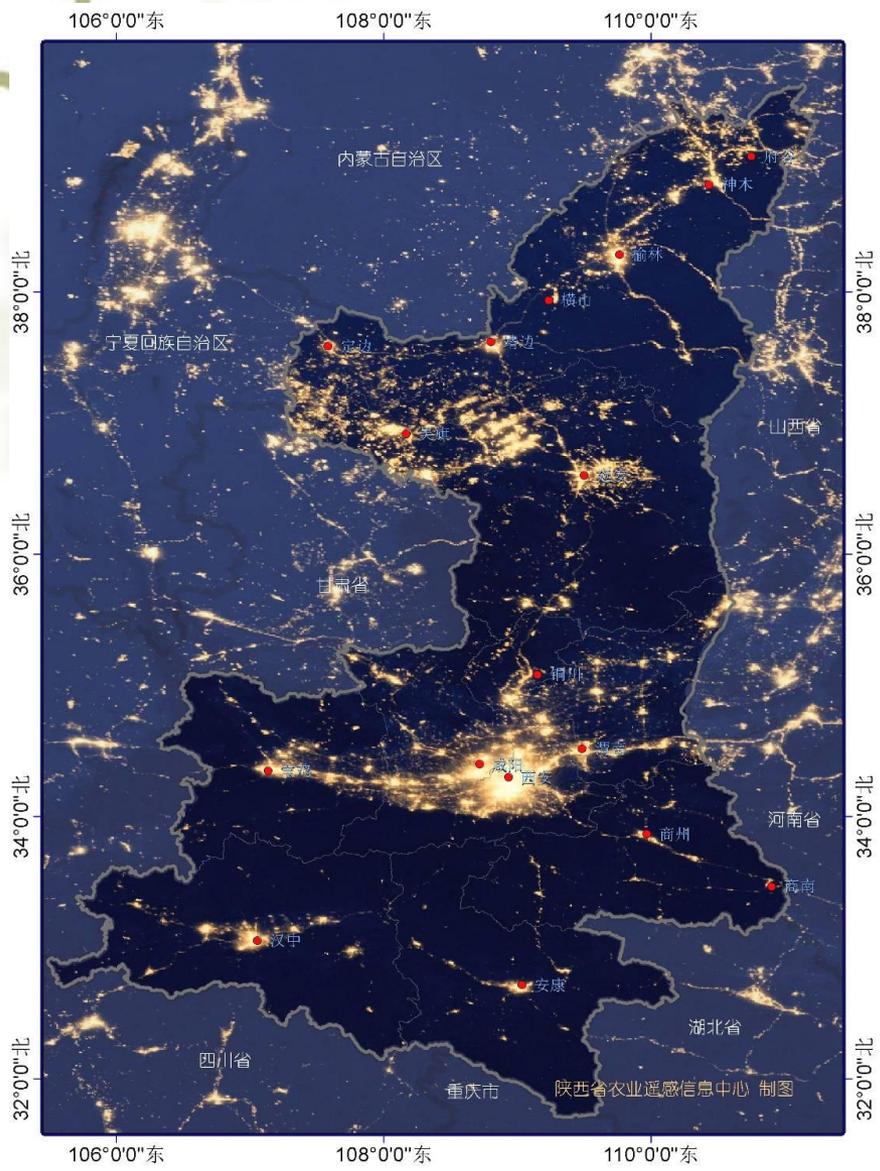
图 陕西省1992-2012 年NLCI变化趋势

### 3、卫星监测秦岭南北城市化过程

- ❖ 1992-2012年城镇化发展进程主要体现在三个方面：
- ❖ 一是以省内核心大城市向周边的面状发展，二是沿交通干线的线状发展，三是以陕北石油化工基地和陕南广大区域内新型小城市的点状发展。







- ❖ 关中地区城市化过程明显快于陕北和陕南地区
- ❖ 陕西城市化过程基本上可以从空间上概括为在以关中地区城市群中中心城市和大城市周围的面状城市化过程、沿交通干线周围的线状城市化过程和陕北、陕南广大区域内新型小城市或小城镇出现为特征的点状城市化过程三种基本过程，在三种城市化过程中，关中地区主要是面状城市化过程占优势地位，面状城市化范围从在面状城市斑块周围的2~3km逐步增加到10km范围，陕北和陕南则以新型小城市或小城镇为主的点状城市化过程为主，线状城市化过程则存在于面状城市化和点状城市化过程之中。

## 4、秦岭南北温度变化观测事实

- ❖ 城市化对气候影响研究关键问题：
  - ❖ 1、数据均一化（数据准确性）
  - ❖ 2、站点划分（如何客观的挑出，受城市化影响较大的站点）
  - ❖ 3、剔除气候系统波动的影响（研究区域小、采用对比法）

# 温度均一化问题

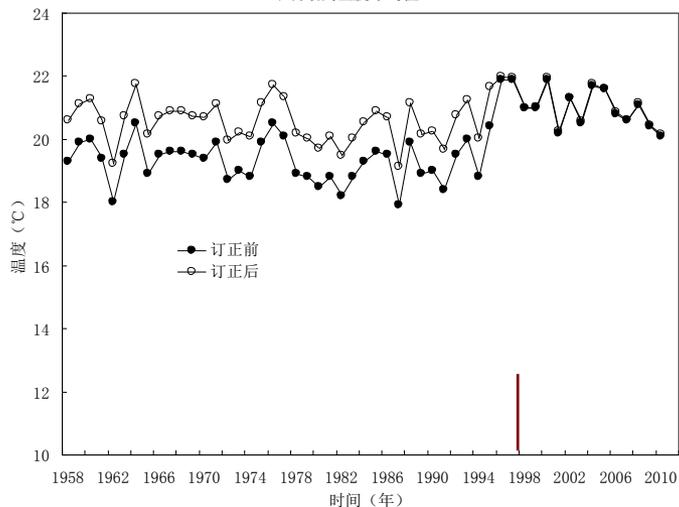
- ❖ 气候变化研究基础是均一性的长序列数据，然而由于仪器更换、站址迁移、观测方法的改变，常会使序列数据产生非均一性，这样的数据用于研究时，可能会导致错误的结论，因此需要对数据进行均一化处理。
- ❖ 国内广泛应用的两种较为成熟的均一化方法
- ❖ （RHtest 和MASH）及其对气温、风速资料均一性研究取得的一些成果。
- ❖ 目前业务中主要使用的RHtest模型。

# 数据源：

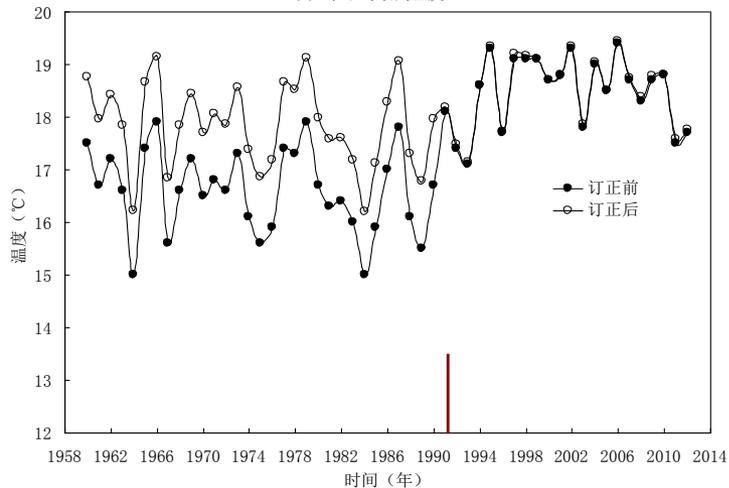
- ❖ 研究资料主要有：
  - ❖ （1）气候资料，来源于国家气象信息中心“地面基础气象资料建设”专项的“中国国家级地面气象站基本气象要素日值数据集（V3.0）”。
  - ❖ 该数据集经过了严格的质量控制，其数据完整性和数据质量较以往发布的版本均有明显提高。

❖ 下图为千阳和平利两个观测站均一化数据和实际观测数据的对比，均一化数据剔除了观测数据由于台站站址迁移、观测仪器变更、日平均计算方法改变和台站局部环境变化也是引起气温的不均一的间断点，使整个时间序列的变化更加平滑。 **参照影响后的站占数据订正之前**

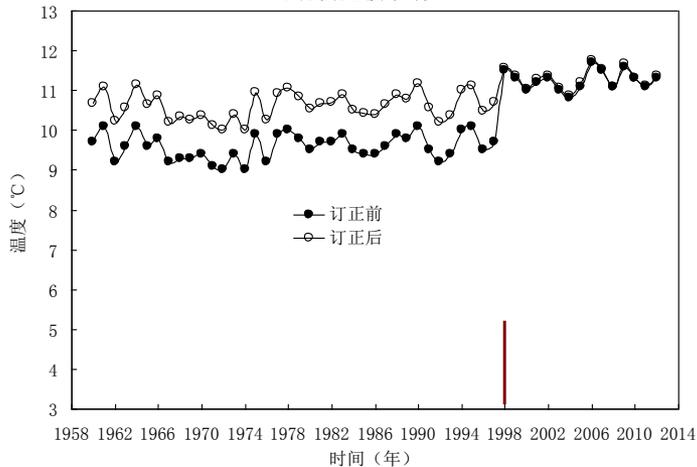
平利最高温度年均值



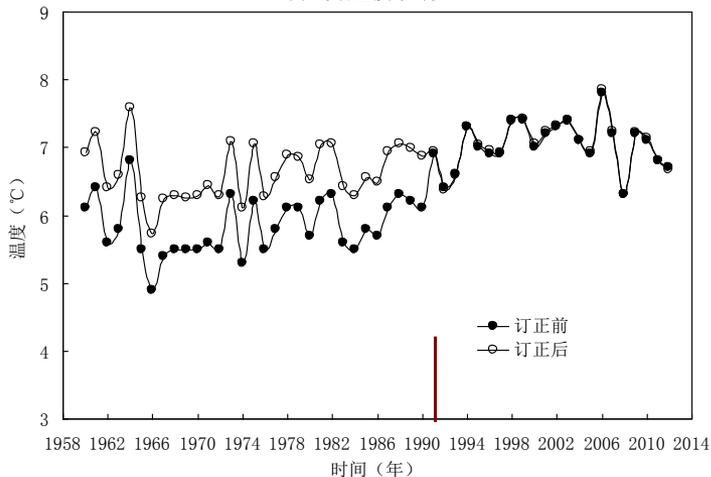
千阳年平均最高温度



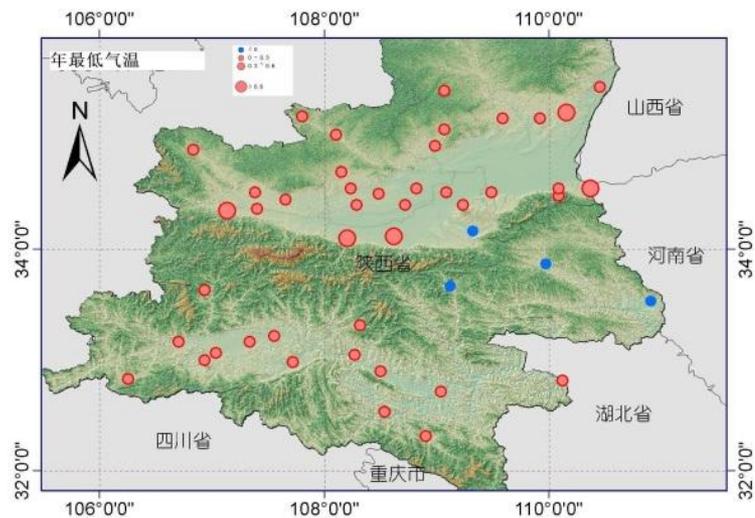
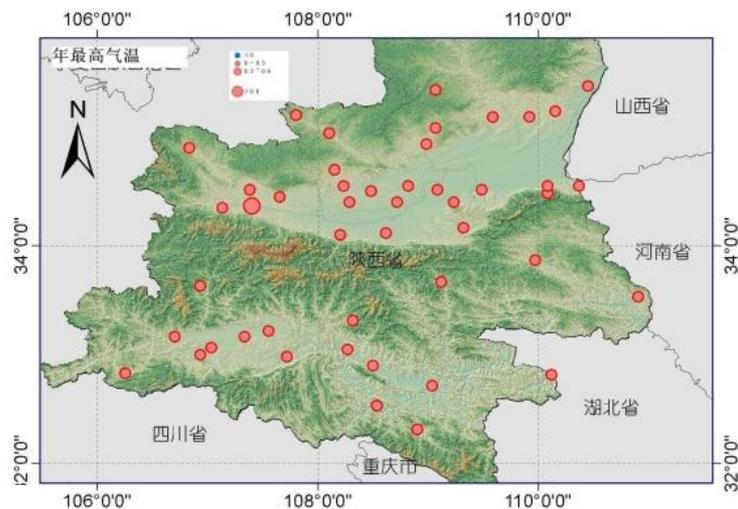
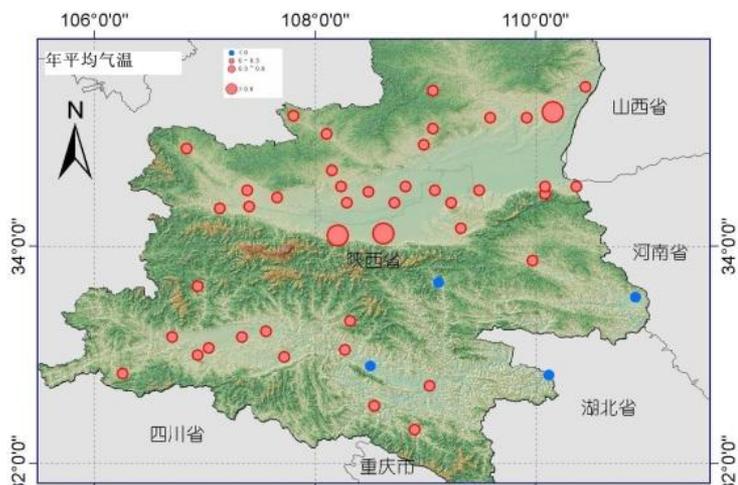
平利最低温度年均值



千阳最低温度年均值



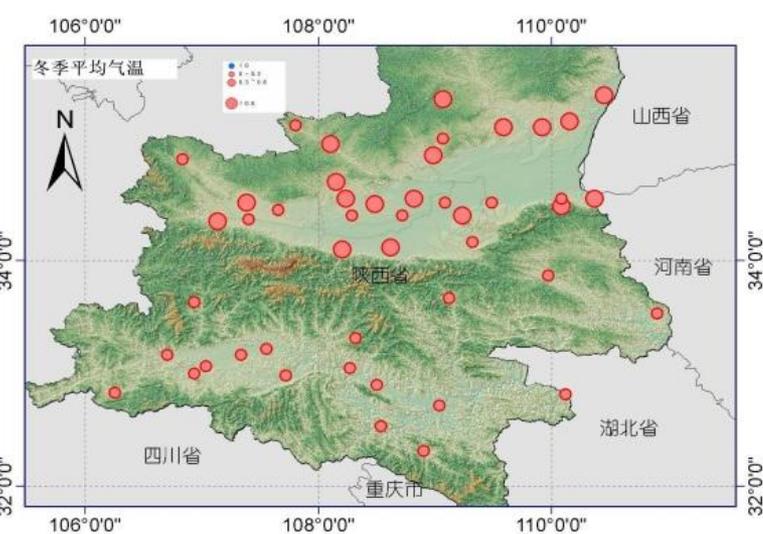
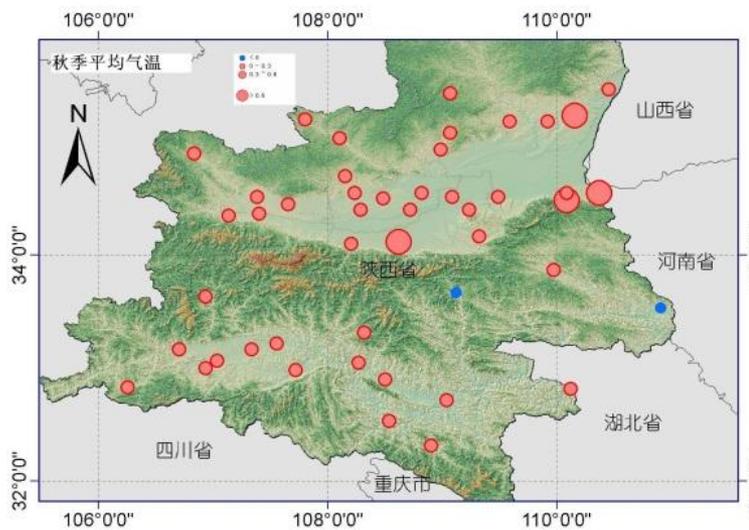
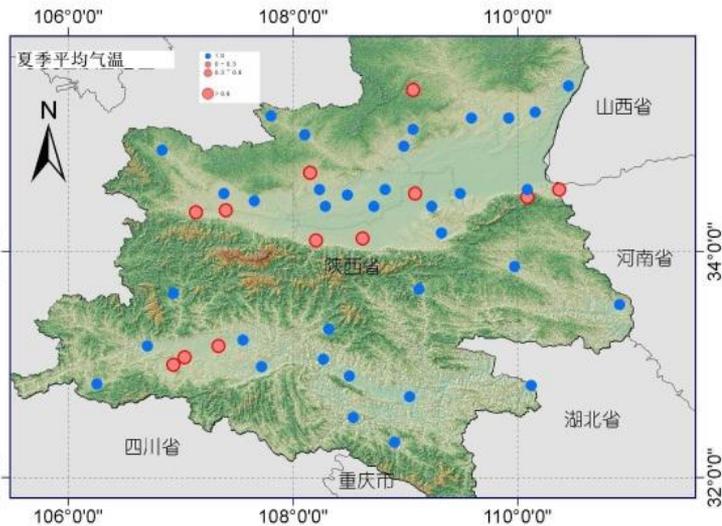
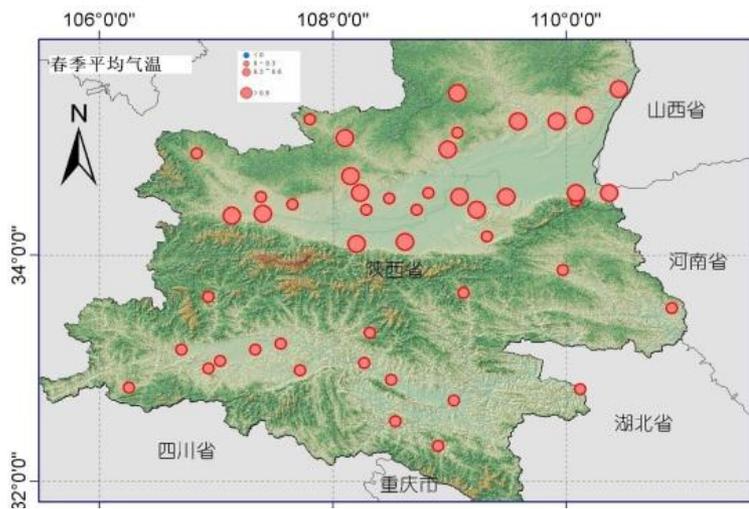
# 1961-2012年 秦岭南北两侧温度变化基本事实



气候倾向率

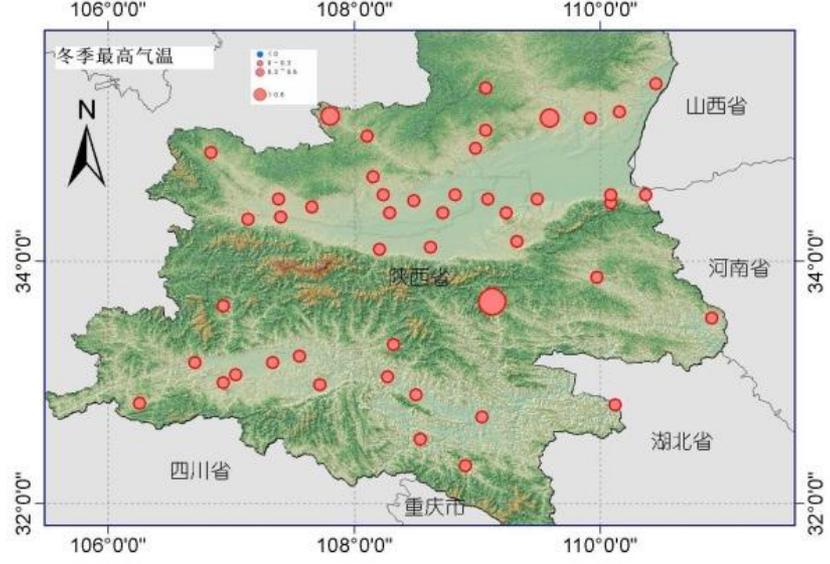
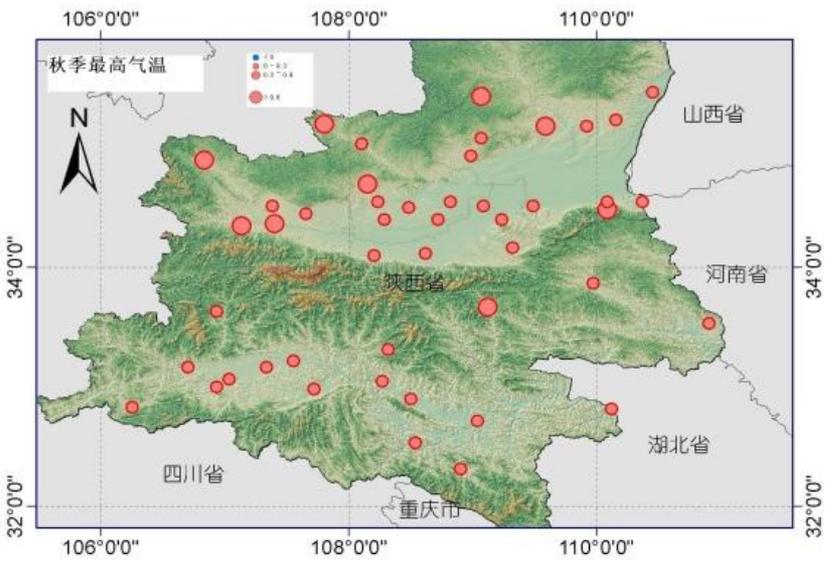
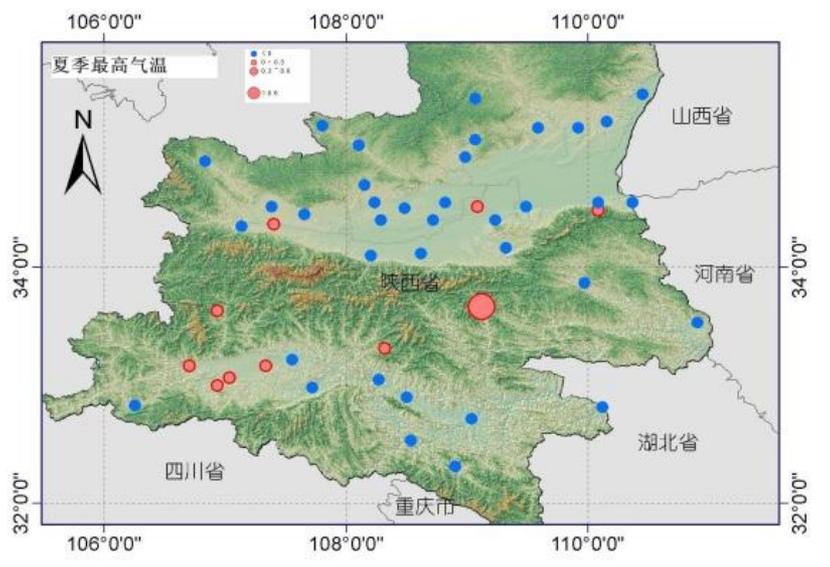
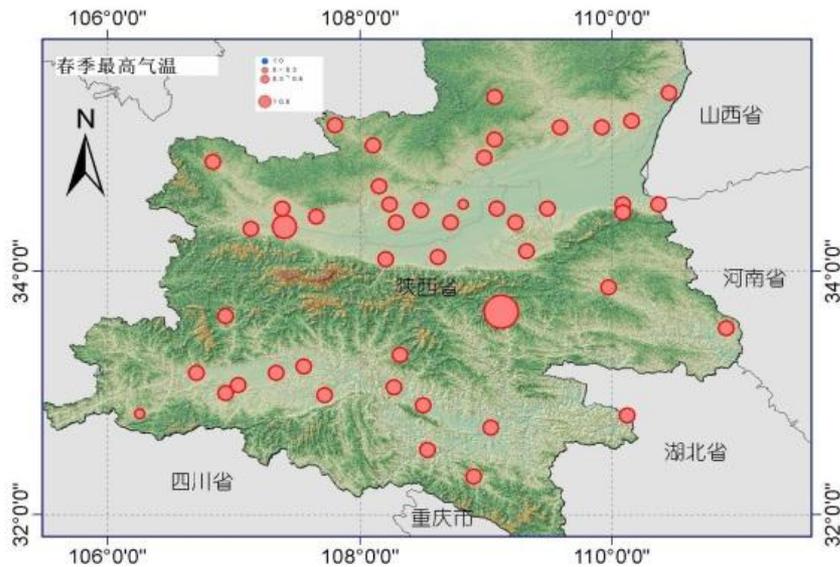
1961-2012年 年温度变化分布特征

- ❖ (1) 近54年秦岭山脉南北两侧年平均气温呈现增加趋势，秦岭北麓平均增幅 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，秦岭南麓平均增幅 $0.06^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，其中以北部的合阳、周至和户县增加最显著，达到 $0.33^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，其余均在 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 以下，秦岭南麓的柞水、商南、汉阴、白河则呈现下降的趋势，降温率分别为： $-0.02^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $-0.03^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $-0.04^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $-0.01^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ；
- ❖ (2) 年平均最低温度呈增加趋势，其中秦岭北部平均增温 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，南部平均增温 $0.10^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，秦岭山北麓有5个站点温度增幅超过 $0.40^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，户县最高达到 $0.58^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ；
- (3) 年平均最高温度也呈增加的趋势，但增温范围较均匀，秦岭北部平均增加幅度 $0.20^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，秦岭南麓平均增幅为 $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，南北差异较小。

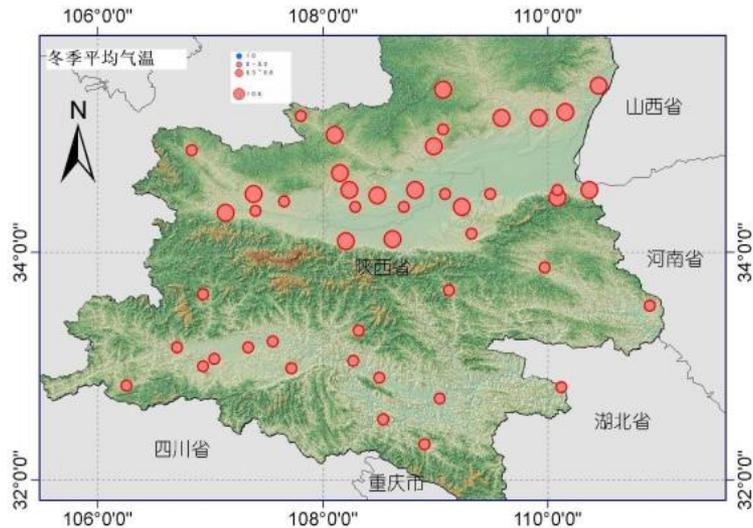
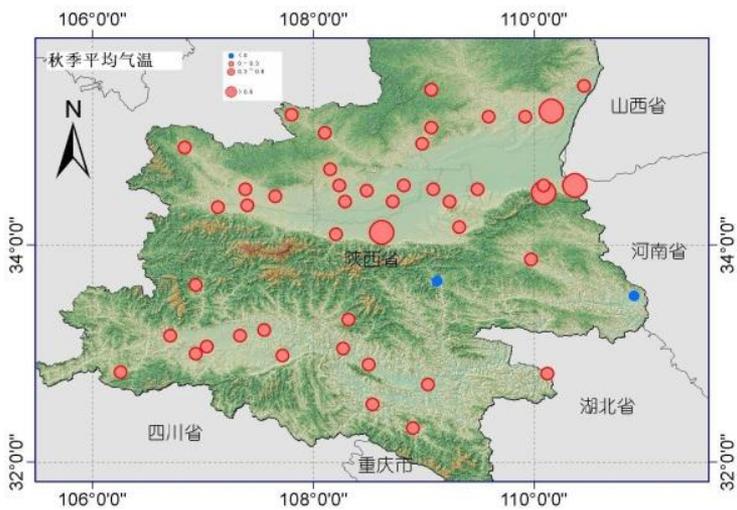
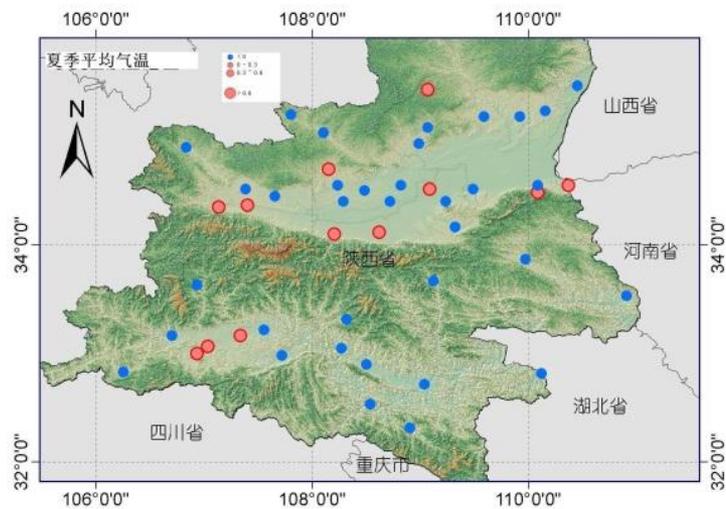
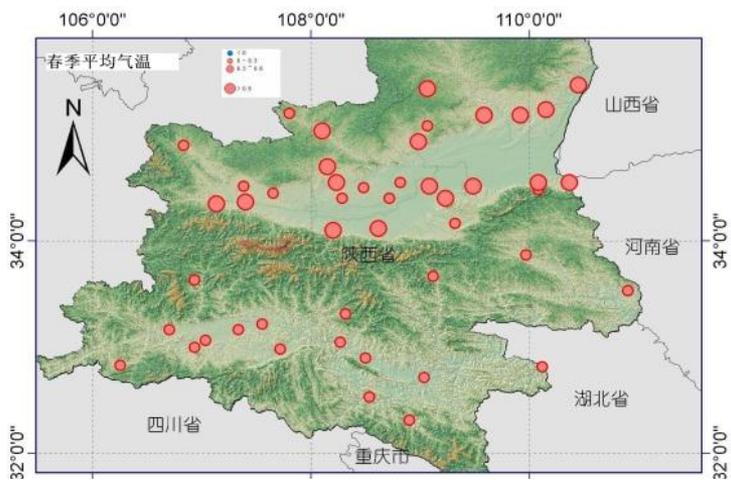


1961-2012年 分季节平均温度变化分布特征

- ❖ 分析1961-2012年不同季节平均温度变率空间分布特征（图3），有：
- ❖ （1）秦岭山脉南北两侧平均气温春、秋、冬三个季节均呈现明显的增暖趋势，夏季则呈现出减温趋势；
- ❖ （2）春、秋、冬三个季节增温的强度存在一定差异，三个季节平均增温率为 $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.14^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.25^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，春冬季增温强于秋季，与平均温度年变化相似，平均温度季节增温也是秦岭山脉北部高于秦岭山脉南部；
- ❖ （3）夏季呈现减温的区域较大，占全部站点的74%，平均减温率达到 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。



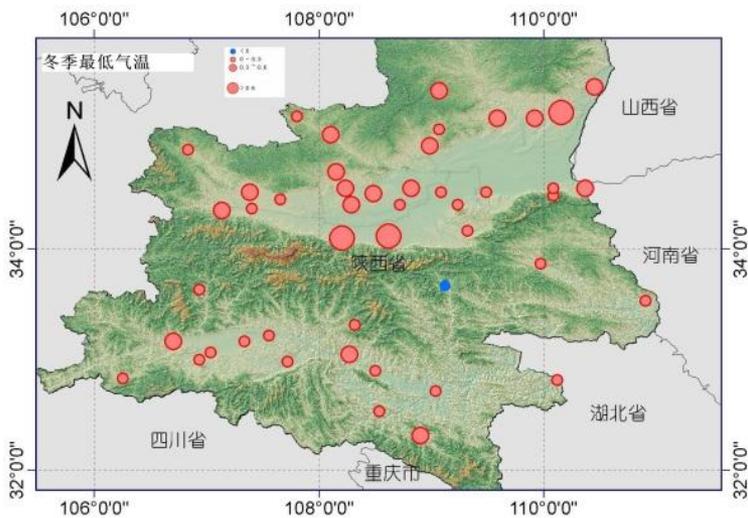
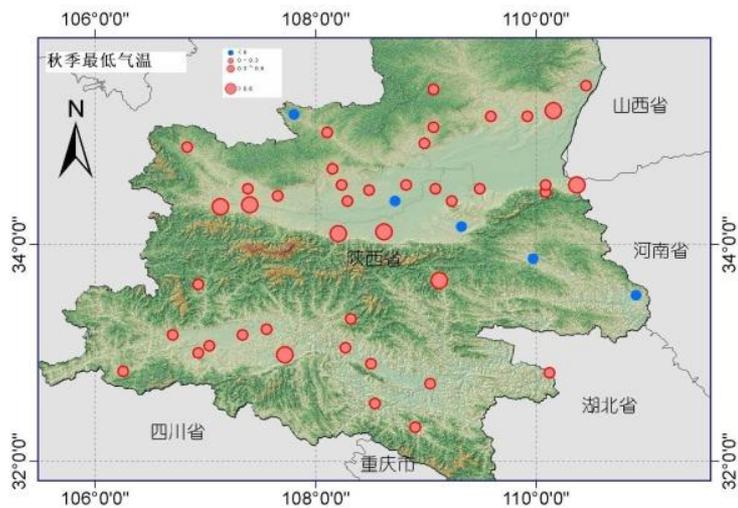
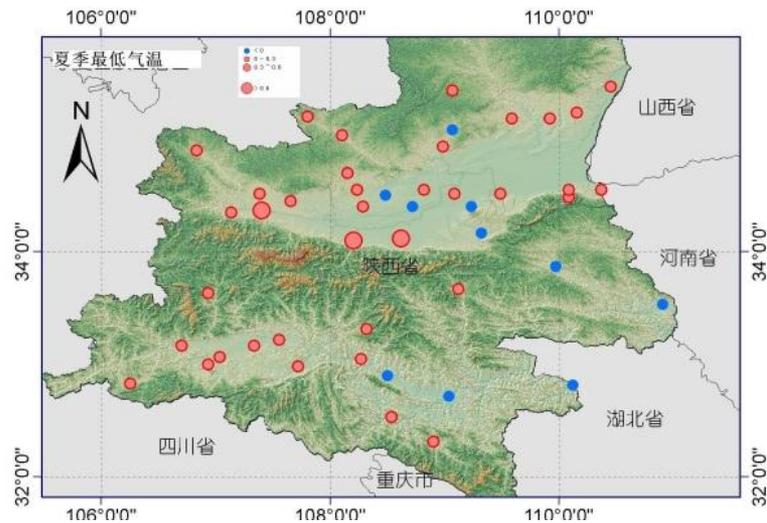
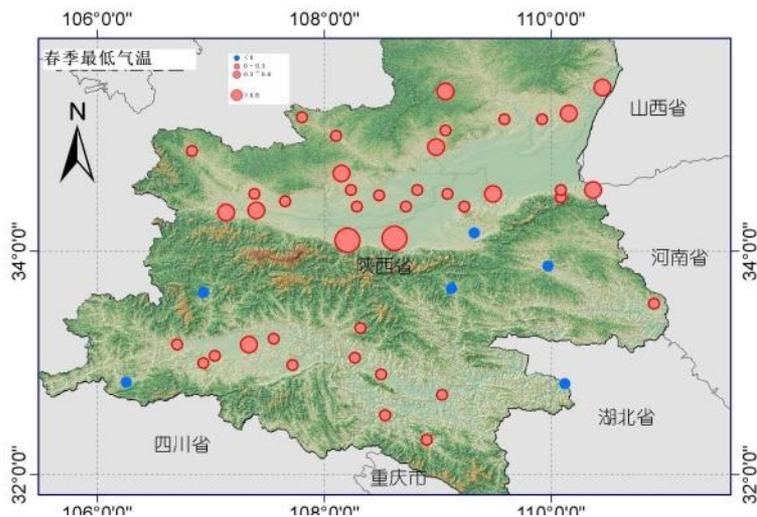
1961-2012年 分季节最高气温变化分布特征



(a)

(b)

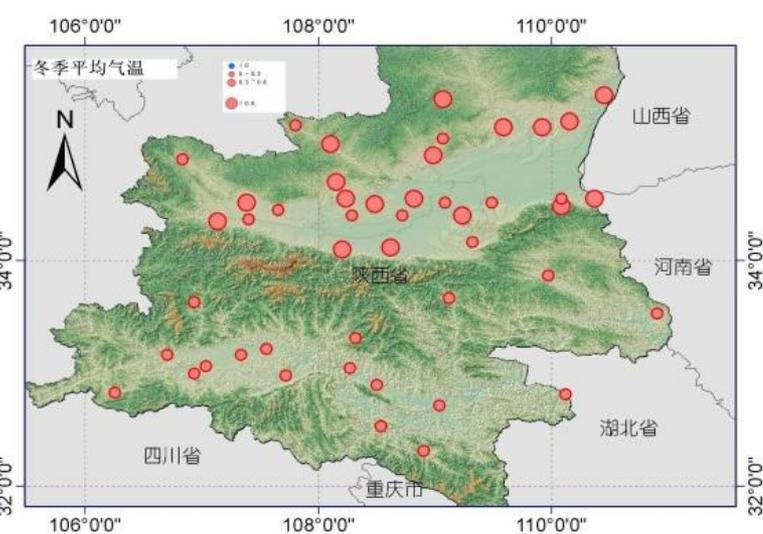
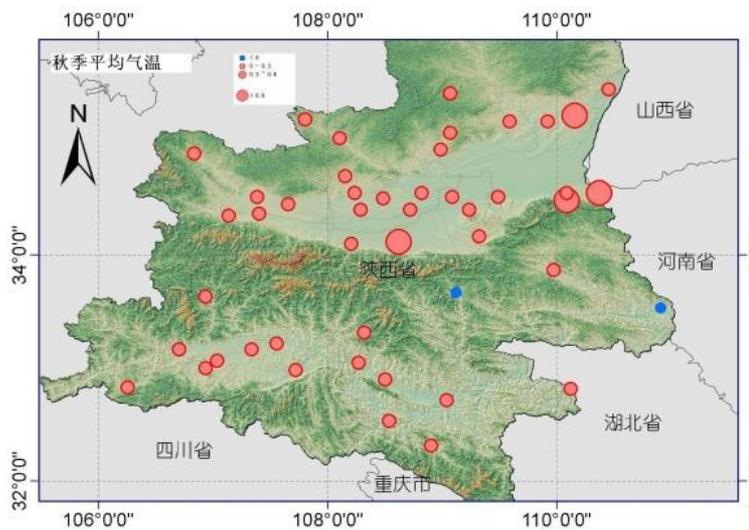
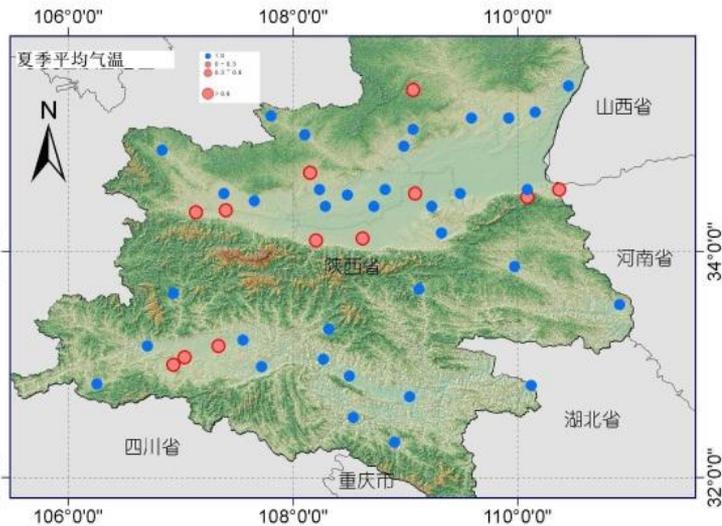
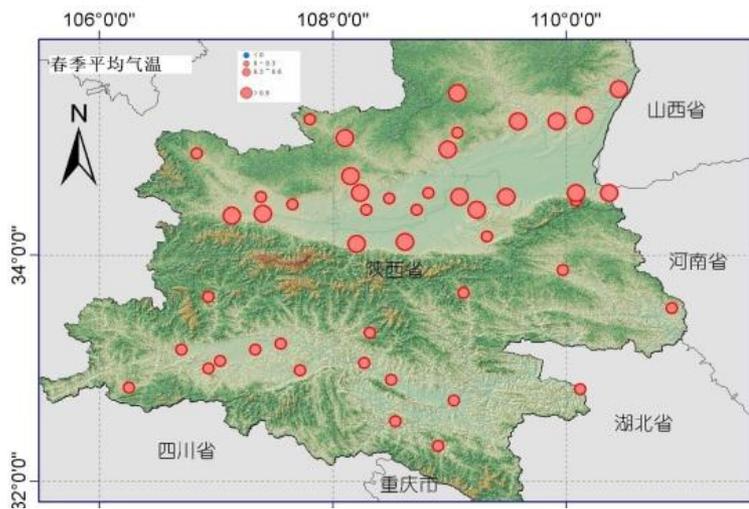
## 1961-2012年 分季节平均气温变化分布特征



1961-2012年 分季节最低气温变化分布特征

- ❖ 分析秦岭山脉南北两侧季节平均最高温度（图4）和最低温度（图5）变率分布。有：
- ❖ （1）最高温度和最低温度在春、秋、冬季均呈现出不同程度的增暖，最高温度在三个季节平均增温率为： $0.43^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，最低温度在三个季节平均增温率为： $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，由此，秦岭山脉地区春季和秋季气温日较差变大，冬季气温日较差变小
- （2）夏季最高温度呈降温趋势（下降站点占81%），平均降温率为 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，最低温度夏季则呈增加的趋势（增加站点占78%），平均增温率为 $0.14^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，因此秦岭山脉南北两侧夏季气温日较差变小。

- ❖ (1) 近54年秦岭山脉南北两侧年平均气温呈现增加趋势，秦岭北麓平均增幅 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，秦岭南麓平均增幅 $0.06^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，其中以北部的合阳、周至和户县增加最显著，达到 $0.33^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，其余均在 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 以下，秦岭南麓的柞水、商南、汉阴、白河则呈现下降的趋势，降温率分别为： $-0.02^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $-0.03^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $-0.04^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $-0.01^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ；
- ❖ (2) 年平均最低温度呈增加趋势，其中秦岭北部平均增温 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，南部平均增温 $0.10^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，秦岭山北麓有5个站点温度增幅超过 $0.40^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，户县最高达到 $0.58^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ；
- (3) 年平均最高温度也呈增加的趋势，但增温范围较均匀，秦岭北部平均增加幅度 $0.20^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，秦岭南麓平均增幅为 $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，南北差异较小。



1961-2012年 分季节平均温度变化分布特征

- ❖ 分析1961-2012年不同季节平均温度变率空间分布特征（图3），有：
- ❖ （1）秦岭山脉南北两侧平均气温春、秋、冬三个季节均呈现明显的增暖趋势，夏季则呈现出减温趋势；
- ❖ （2）春、秋、冬三个季节增温的强度存在一定差异，三个季节平均增温率为 $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.14^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.25^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，春冬季增温强于秋季，与平均温度年变化相似，平均温度季节增温也是秦岭山脉北部高于秦岭山脉南部；
- ❖ （3）夏季呈现减温的区域较大，占全部站点的74%，平均减温率达到 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

- ❖ 分析秦岭山脉南北两侧季节平均最高温度（图4）和最低温度（图5）变率分布。有：
- ❖ （1）最高温度和最低温度在春、秋、冬季均呈现出不同程度的增暖，最高温度在三个季节平均增温率为： $0.43^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，最低温度在三个季节平均增温率为： $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，由此，秦岭山脉地区春季和秋季气温日较差变大，冬季气温日较差变小
- （2）夏季最高温度呈降温趋势（下降站点占81%），平均降温率为 $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，最低温度夏季则呈增加的趋势（增加站点占78%），平均增温率为 $0.14^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，因此秦岭山脉南北两侧夏季气温日较差变小。

## 5、城市化对增温影响

- ❖ 研究城市化对温度影响，关键是选取没有或很少受城市化影响的乡村背景气象站（参考站）。通过与背景气象站气温变化趋势的对比，以获得城市化对气温变化影响。
- ❖ 对于背景站的选择，有4点要求：
  - ❖ （1）气温观测资料时间序列足够长，连续性好；
  - ❖ （2）迁站次数少，迁站等造成的资料序列不连续性可以证实和订正；
  - ❖ （3）避开各类城市地区，观测点附近人口相对少；
  - ❖ （4）站点达到一定数量，空间分布相对均匀，对于各类自然和人工环境具有代表性。

- ❖ 根据以上4点要求，选择三种方法进行站点划分：
- ❖ 1、利用人口、建成区面积等社会经济数据，但由于秦岭地区山地较多，站点偏离城市情况较多，划分误差较大。
- ❖ 2、利用MODIS卫星MCD12土地覆盖类型产品，秦岭北部精度较高，而南部地处高植被覆盖区，中小城市受混合像元影响错分为林地，精度下降；
- ❖ 3、利用卫星夜光数据划分，参考Yang[3]等提出的利用DMSP/OLS夜间灯光阈值划分站点的方法，阈值法前提是选择DMSP同一颗卫星，由于单颗卫星序列较短，此处用Elvidge[24]的方法对1992-2012年DMSP/OLS 6颗卫星做交叉定标，形成20年的连续序列，逐像元计算倾向率，得到长时间序列卫星数据的变率，用来客观反映出城市扩张的过程。

❖ 考虑台站周围一定范围的地理和人文环境是影响站点类型的主要因素，因此选择计算了47个气象站点周围5km灯光指数的20年变化特征（图1a），对站点周围环境更有代表性，将灯光指数的变率接近于零值的，作为所选的参考站点。



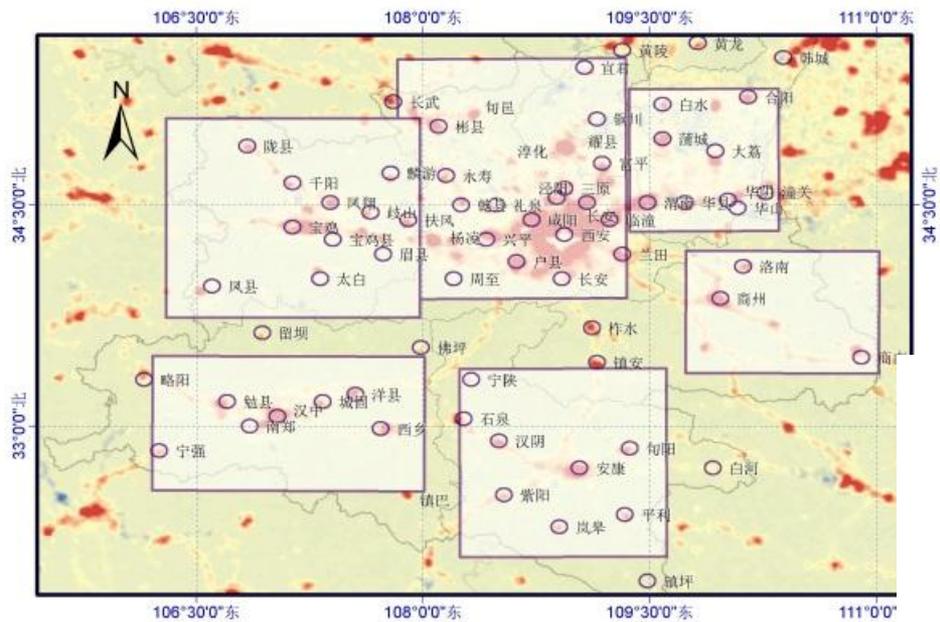


Figure 1 the distribution of six analysis area and trends of DIVISF variation

表 2 代表站选取结果

Table2 the rural station and urban station

区域(urban station)	参考站(rural station)	区域包含站点数(个)
宝鸡	眉县	7
西安	蓝田	17
渭南	华县	9
汉中	留坝	8
安康	石泉	8

- ❖ 本文结合自然的地理分区以及灯光指数的分布将观测区域分为六个区（图1b），秦岭山脉北部三个区，分别为西安区（西安、咸阳、铜川）、渭南区和宝鸡区，秦岭山脉南部三个区：汉中区、商洛区和安康区，在每个区选取一个站点作为参考站，进行城市化对比分析，每个区选出的站点及所包含的站点个数见表1，其中由于商洛区站点较少且处于山区，未对之进行分析。

# 城市化对秦岭南北温度变化的贡献

- ❖ 区域温度的改变主要受区域气候自身变化和人类活动两方面的影响。城市化和温室气体的排放是人类活动影响中不可忽视的方面，为了进一步确认秦岭山脉南北两侧温度非均匀变化的原因，
- ❖ 参考周雅清等人定义的城市化影响和城市化影响贡献率的计算方法，计算了秦岭地区5个不同的区域城市化影响和城市化影响贡献率，给出城市化在秦岭地区温度变化中的贡献。

城市化影响的计算： $\Delta T_{UR} = \Delta T_U - \Delta T_R$  (1)，其中  $\Delta T_U$  表示所选的城市区域温度变率， $\Delta T_R$  表示气候变化背景场的乡村站气温变率。

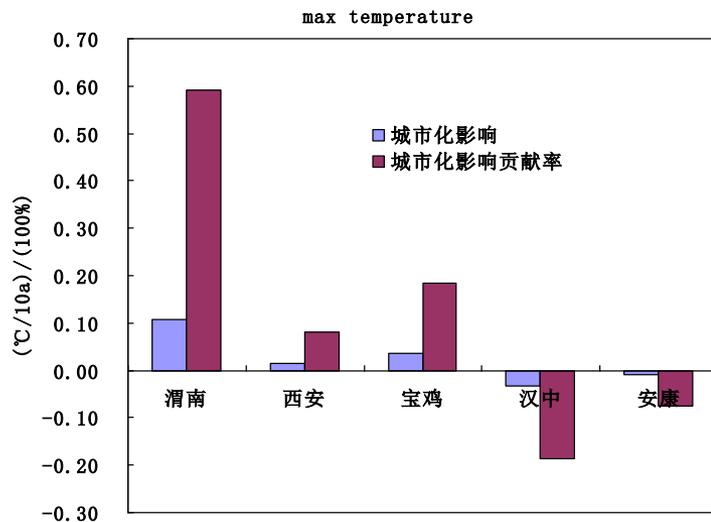
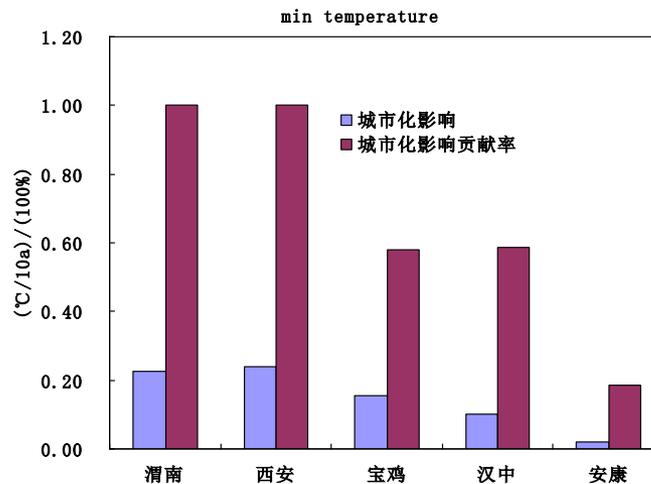
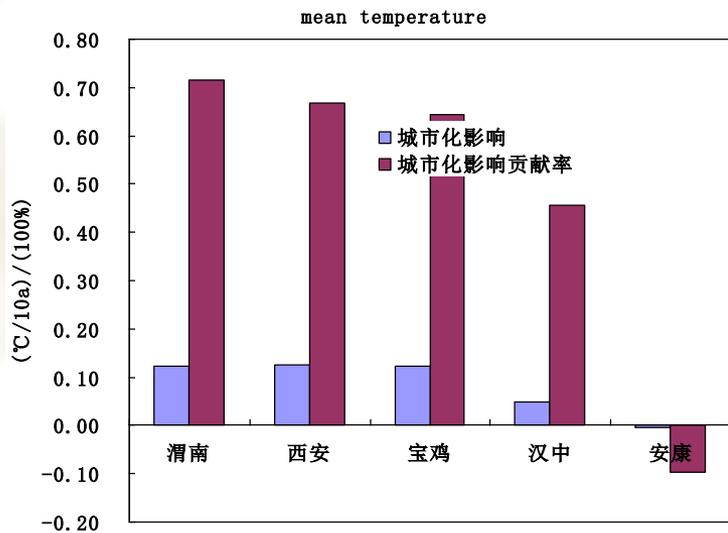
城市化影响贡献率，即：城市化影响在城市区域气温变化趋势中所占的百分比： $E = \Delta T_{UR} / |\Delta T_U| = (\Delta T_U - \Delta T_R) / |\Delta T_U|$  (2)，对于公式 (2)，E 的可能变化有 3 种情况：(1) 当  $\Delta T_U > \Delta T_R$  时， $E > 0$ ，表明城市化对城市区域内温度变化的影响为增温；(2) 当  $\Delta T_U = \Delta T_R$  时， $E = 0$ ，表明城市化对城市区域内温度变化没有影响；(3) 当  $\Delta T_U < \Delta T_R$  时， $E < 0$ ，表明城市化对城市区域温度的影响为降温。此处将  $|E| > 100\%$  的情况统一定义为  $|E| = 100\%$ 。

表 3 1961-2012 年秦岭山脉地区乡村站和城市站年平均气温、最高、最低气温变率（单位：℃  
/10a）

Table 3 the characteristic of mean air temperature, maximum temperature and minimum temperature of rural station and urban station over Qinling mountains

乡村站	min	max	ave	城市站	min	max	ave
华县	0.07	0.15	0.05	渭南	0.22	0.18	0.17
兰田	-0.03	0.18	0.06	西安	0.21	0.20	0.19
眉县	0.11	0.16	0.07	宝鸡	0.27	0.20	0.19
留坝	0.07	0.22	0.06	汉中	0.17	0.18	0.11
石泉	0.13	0.13	0.05	安康	0.11	0.12	0.05

- ❖ 表3给出了1961-2012年秦岭山脉5个不同城市区域和相应气候背景站年平均气温、最高、最低温度变化趋势，
- ❖ 近60年，气候背景站和区域平均站平均温度、最高温度和最低温度均呈现不同程度的增加趋势，城市区域站最低温度和平均温度的增温幅度明显高于气候背景站，最高温度的增幅城市区域站和气候背景站基本相当，表明，近60年秦岭地区平均气温和最低气温的增加与城市化过程相关，而最高温度的增加主要是气候本身变化所致（最高温度变率差异小）。



5个城市区域站年平均、最高、最低气温变率的城市化影响和城市化影响的贡献率

为了进一步明确城市化对秦岭地区温度的影响，根据公式（1）、（2），分别计算了5个不同区域的城市化影响和城市化影响的贡献率：

- ❖ （1）城市化对平均温度的影响除安康外均为正贡献，在秦岭山脉北部较秦岭山脉南部明显，北部平均气温城市化影响为 $0.12^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，南部平均气温的城市化影响为： $0.02^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，平均气温城市化影响率北部为68%，南部为12%，城市化影响加速了秦岭北麓平均气温变暖趋势，导致秦岭山脉南北两侧平均气温增温的非均匀性；
- ❖ （2）城市化对最低温度的影响在秦岭山脉北麓和南麓均为正贡献，表明城市化的发展加速了最低气温变暖的趋势，北部和南部最低气温城市化影响平均值分别为 $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.06^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，最低气温城市化影响贡献率分别为86%和38%，表明城市化对最低温度增温的影响在秦岭山脉北麓高于秦岭山脉南麓；（3）最高温度城市化影响在秦岭山脉北麓和南麓的平均值分别为 $0.05^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $-0.02^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，城市化影响贡献率分别29%为-13%，表明城市化的对最高温度影响在秦岭山脉北麓为正贡献，即城市化使秦岭山脉北麓城市区域内最高温度增暖更明显，而使秦岭山脉南麓城市区域增暖减弱。

- ❖ 分析不同季节城市化贡献（表4），得到：
- ❖ (1) 对平均温度，城市化对秦岭山脉北麓的影响四季均为正贡献，冬季最强为 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，春季次之，夏季最弱仅为 $0.09^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，秦岭山脉北侧夏季平均气温变率为负值（图4b），而城市化对其为增温效应，表明秦岭山脉北侧夏季平均气温降低应是气候本身的变化所致；城市化对秦岭山脉南麓平均气温变化影响四季均小于北麓，春季和秋季为增温效应，冬季则为减温效应；
- ❖ (2) 对于最高温度秦岭山脉北麓四季均为增温效应，但幅度较弱，最高为夏季仅为 $0.06^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，而对于秦岭山脉南麓，除春季外，其余三个季节城市化对最高温度影响均为减温效应，因此，夏季秦岭北麓城市化削弱了最高温度的降低，南麓城市化则加大了最高温度的降低；
- ❖ (3) 城市化对秦岭北麓最低温度的影响远高于秦岭山南麓，其中北麓春季增温达到 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，夏秋季最小也达到 $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，而对于秦岭山南麓城市化影响仅在春季最大为 $0.13^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，其余季节均较小，甚至在冬季的影响为0，
- ❖ 由此，秦岭山脉南北两侧城市化发展的差异，导致了城市化对南北两侧温度影响的不均匀性，加剧了秦岭山脉南北两侧温度变化的非均匀性。

## 6、研究总结

- ❖ ◦
- ❖ (1) 秦岭山脉年平均温度、年最低温度平均和最高温度平均增幅在南北两侧分布不均，北部温度增幅明显高于南部。
- ❖ (2) 秦岭山脉北部的关中极端温度的增加较秦岭南部的明显，年平均最低温度关中增温幅度达 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，陕南则为 $0.10^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，年平均最高温度的增加幅度二者差异较小；秦岭地区极端最高温度春季增温最明显，关中达到 $0.45^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，陕南达到 $0.39^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，而极端最低温度则在冬季增加明显，关中为 $0.34^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，陕南为 $0.21^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。秦岭山脉地区春季、秋季气温日较差变大，冬季、夏季气温日较差变夏季气温日较差变小。

- ❖ (3) 城市区域站最低温度和平均温度的增温幅度明显高于气候背景站，最高温度的增幅城市区域站和气候背景站基本相当，城市化的影响主要使平均气温和最低气温增加更快，而最高温度的增加主要是气候本身变化所致。
- ❖ (4) 通过计算城市化影响和城市化影响贡献率，得到秦岭山脉北麓城市化对平均温度、最高温度和最低温度的影响均高于秦岭山脉南麓，城市化的影响加速了秦岭山脉北麓平均温度和最低温度变暖的趋势，在春季和冬季更加明显，秦岭山脉南北两侧城市化发展的差异，导致了城市化对南北两侧温度影响的不均匀性，加剧了秦岭山脉南北两侧温度变化的非均匀性。

注册: SNJB1095

陕西行政学院  
陕政办复印科  
严禁印传  
2014.12.5

# 气象信息专报

第 136 期

陕西省气象局

2014 年 12 月 2 日

## 卫星监测夜景显示：国家西部大开发战略实施以来 我省城镇化发展进程最快

【摘要】省农业遥感信息中心利用美国国防气象卫星对我省城市夜景（1992-2012 年）进行连续动态监测，结果表明：实施西部大开发战略以来，我省城镇化发展速度最快、变化最大，成效最显著，关中城市发展速度明显高于陕北和陕南。我省城镇化发展进程主要体现在三个方面：一是以省内核心大城市向周边的面状发展，二是沿交通干线的线状发展，三是以陕北石油化工基地和陕南广大区域内新型小城市的点状发展。

一、我省已初步形成以核心城市为中心，交通运输网、能源产业带动中小城市发展的城镇空间布局

最新夜景监测显示：我省夜间灯光主要集中在三个区域，一是以西安为核心的关中城市群，二是陕北和陕南大中城市，三是交通路网中枢及陕北能化工业区。我省当前已初步形成以核心城市为中

8/12 陈敏建. 省气象局

陕西省气象局  
2346 号  
14年12月8日

1469  
14 12 5

❖ 服务

❖ 欢迎批评指正！