



1873年以来中国极端气温变化和现代城市化效应估算新方法

钱诚

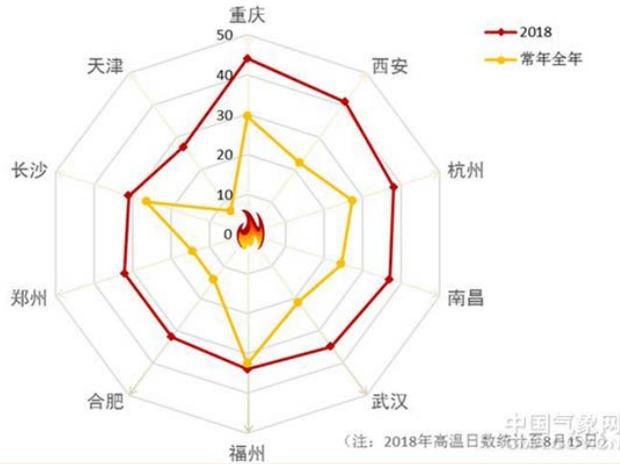
中国科学院大气物理研究所

RCE-TEA

高温霸屏

- 2018年中央气象台连续33天（7月14日-8月15日）超长高温预警

2018年与常年全年高温日数对比



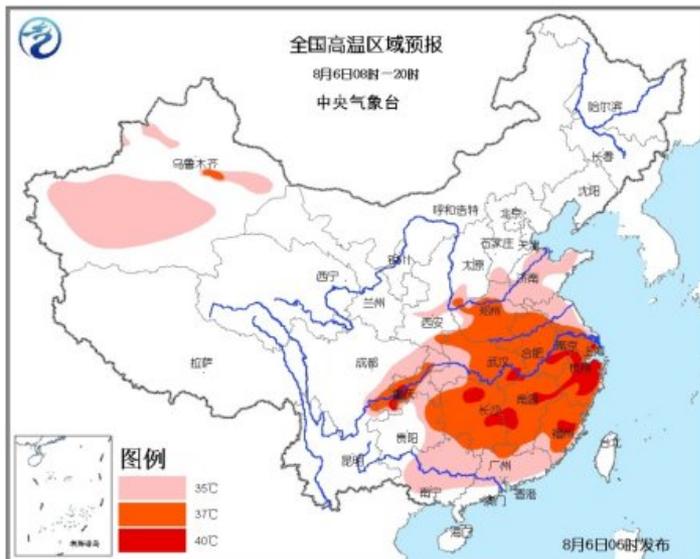
北京天津6月高温日数超常年全年



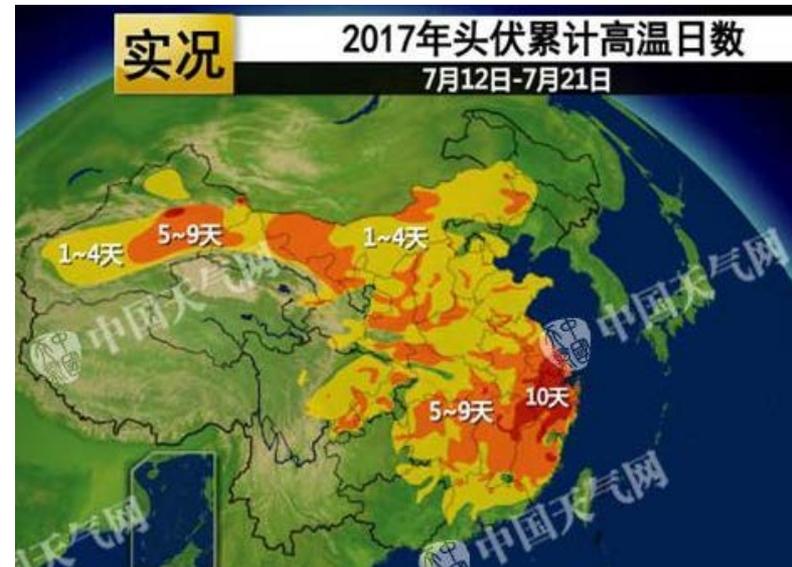
中国气象网
CMA.GOV.CN

2013年7月，高温热浪席卷我国19个省区市，高温日数20天以上的区域达18.9万平方千米。

2017年7月，浙江大部**头伏高温大满贯**（十天的最高气温都在35℃高温线以上）



2013年浙江省十大天气气候事件: 高温热浪位列第一



报告提纲

➤ 事实分析:

上海1873~北京1940~香港1947~雄安新区1960~

➤ 归因分析:

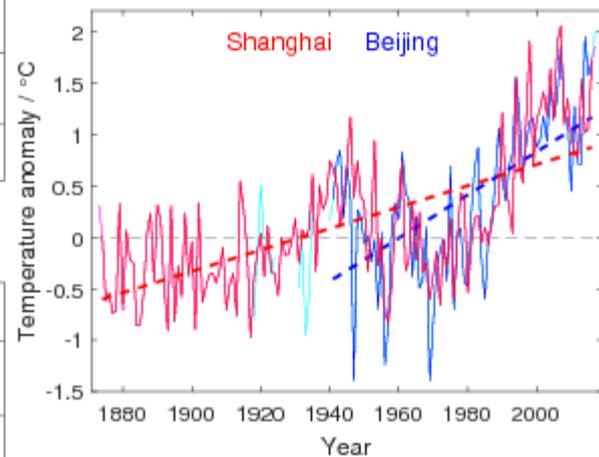
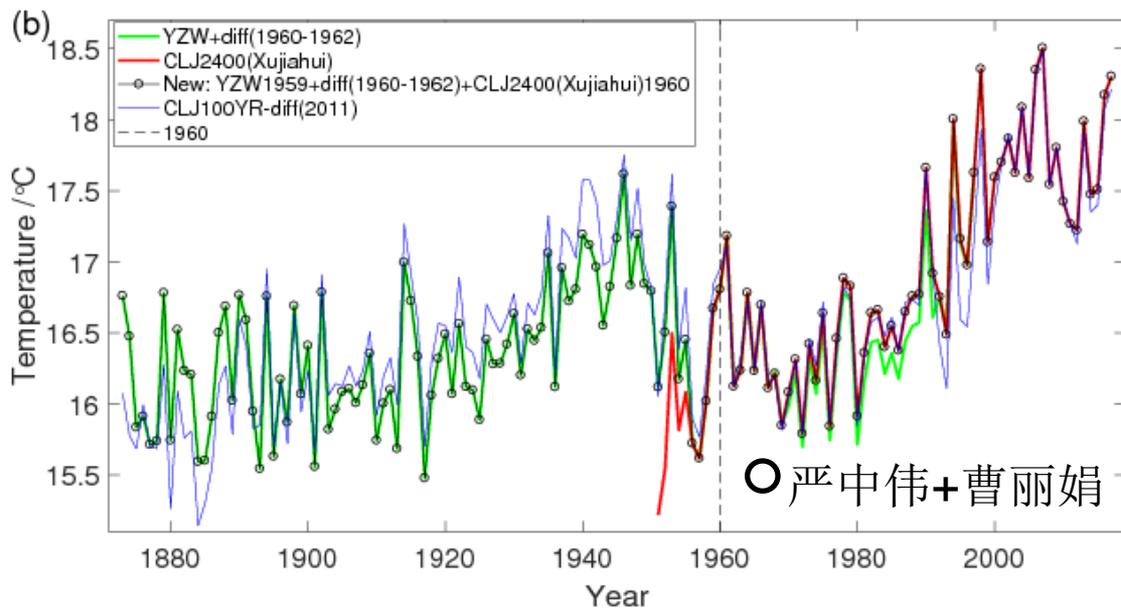
城市化效应(土地利用外强迫)估算新方法

➤ 预测方法:

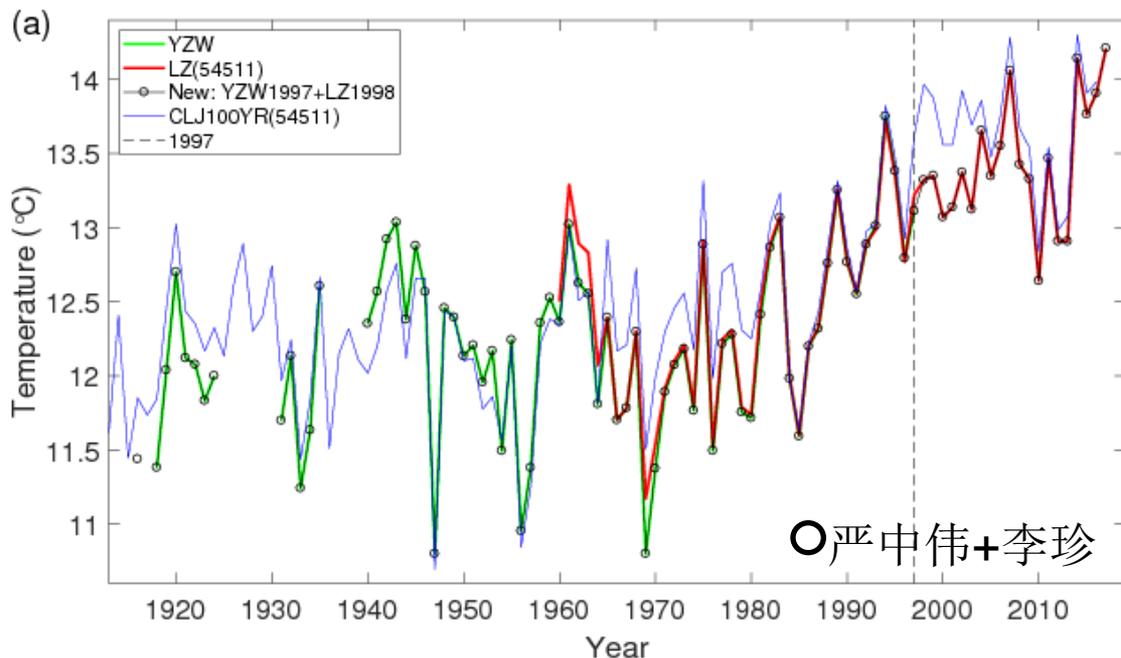
如何在气候预测中考虑城市化效应等外强迫作用

上海(1873-2017)和北京(1915-2017) 均一化平均气温序列

上海
徐家汇



北京
观象台



1940年后有连续逐日序列

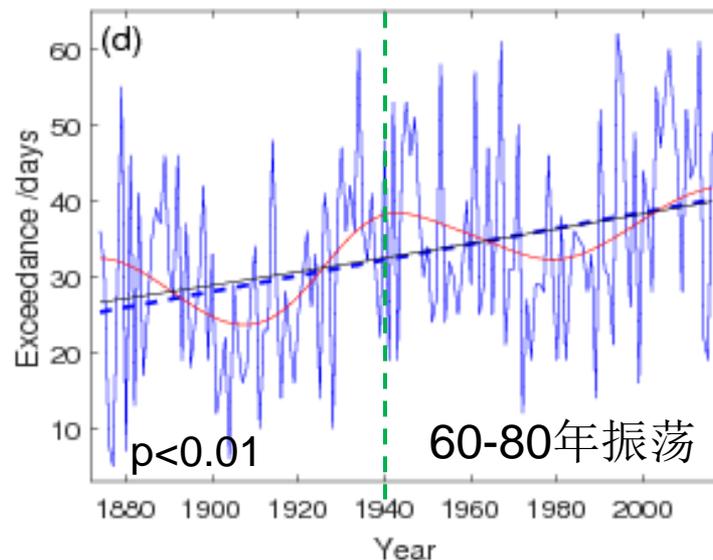
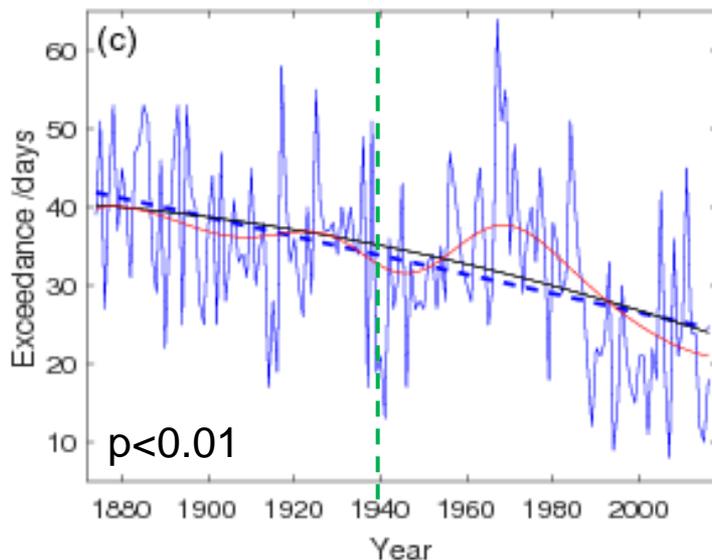
钱诚等, 2018, 气候与环境研究

上海(1874-2016)和北京(1940-2016) 极冷、极热日数

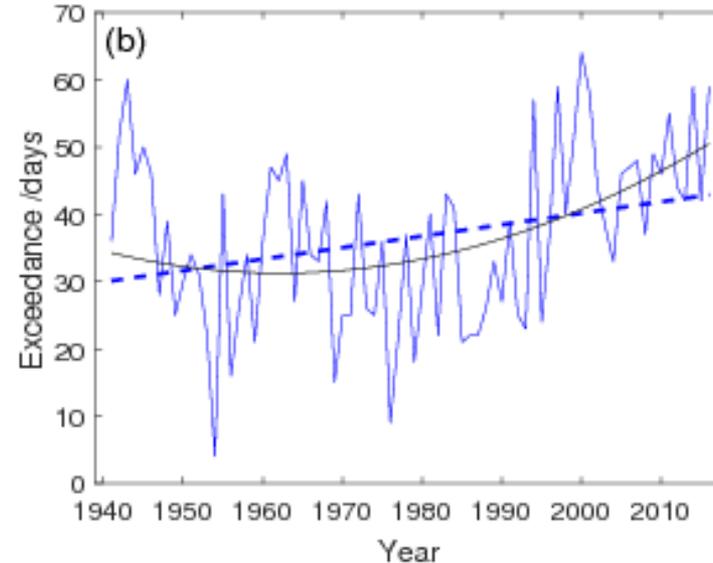
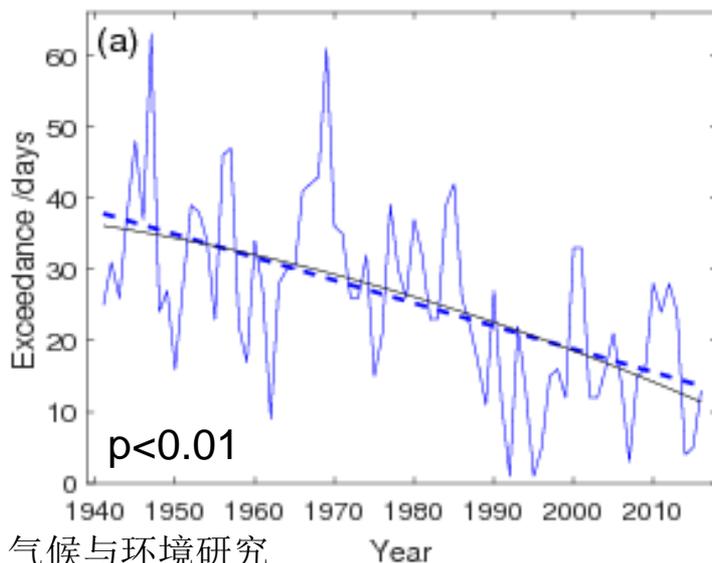
达到**大寒**阈值天数 长期减少

达到**大暑**阈值天数 长期增多

上海

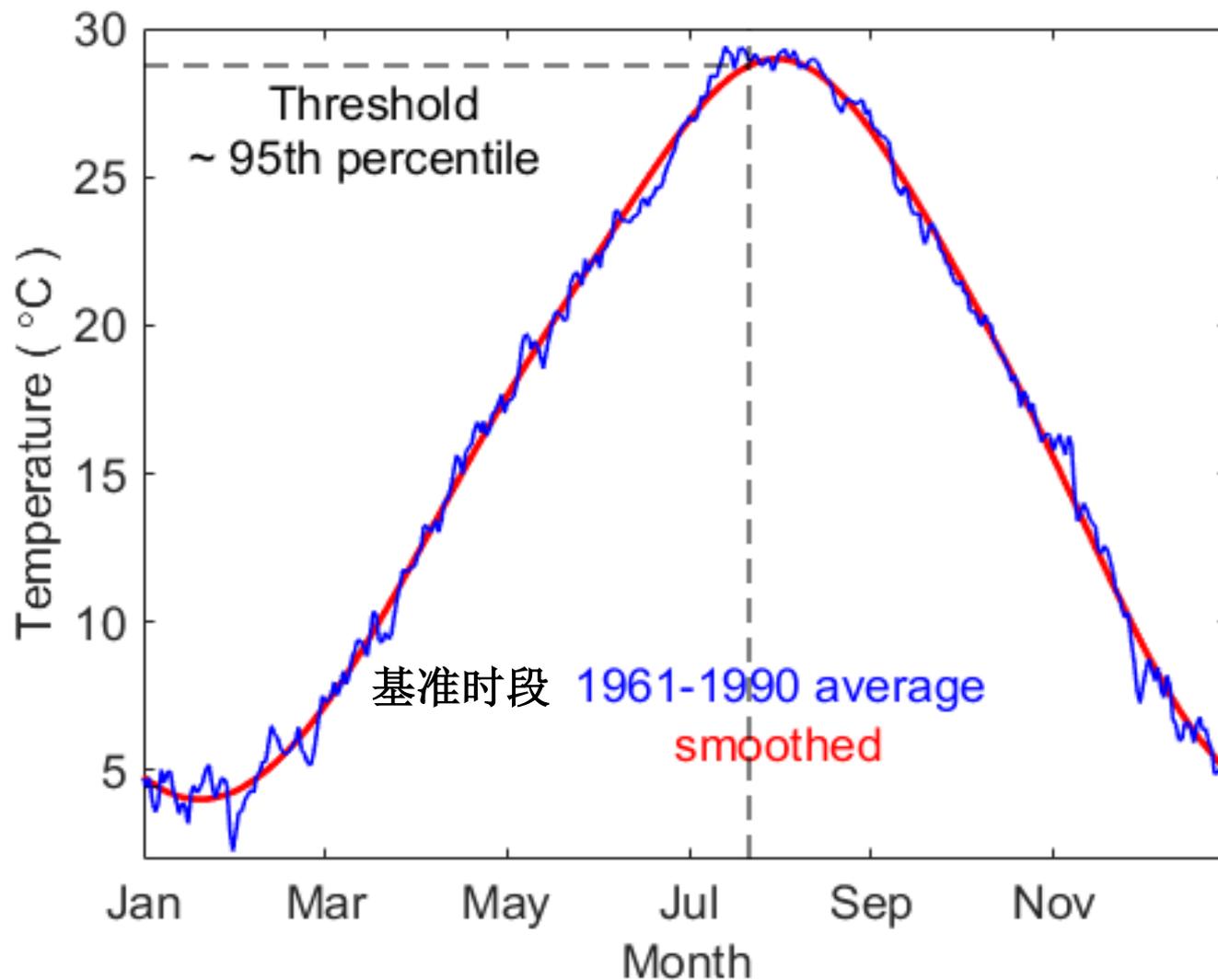


北京



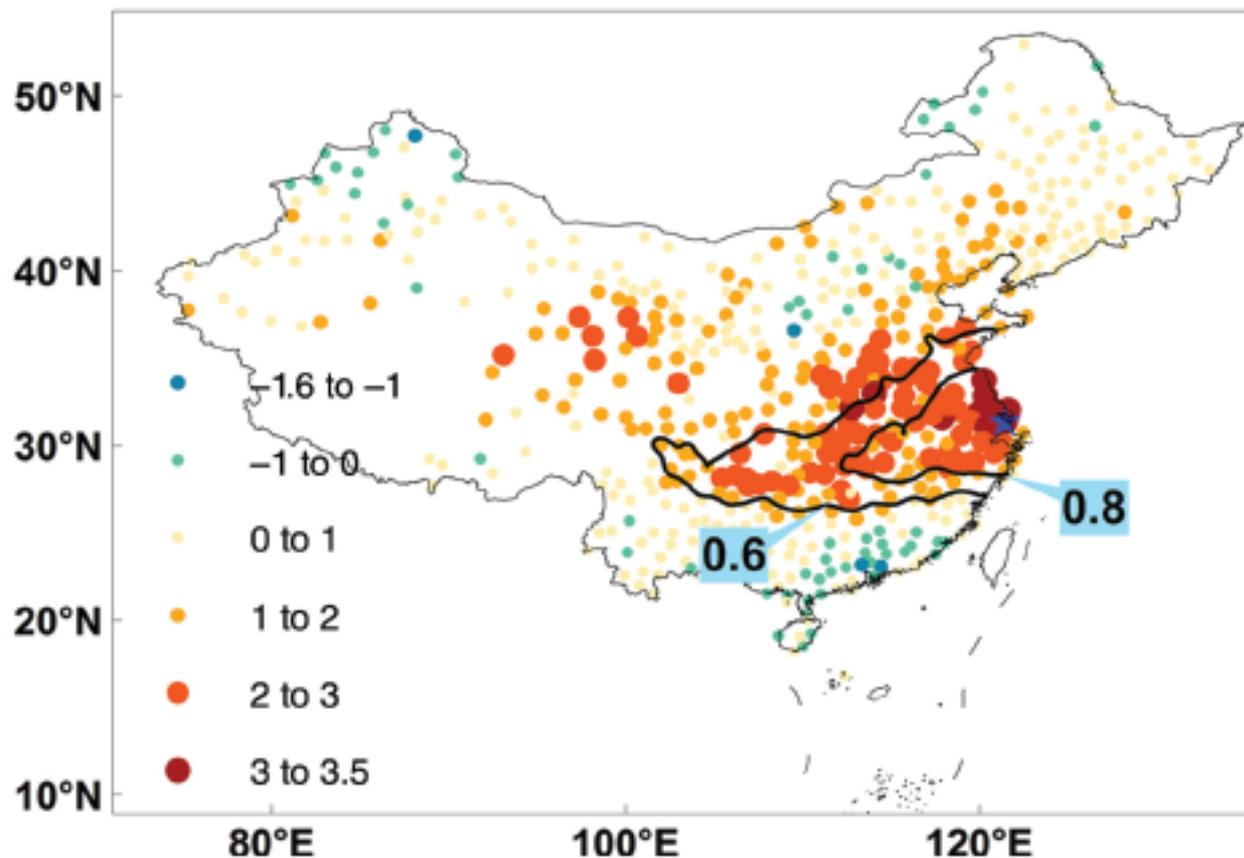
极端高温定义

根据中国传统文化二十四节气的大暑（7.22-24）温度阈值
（和第95百分位几乎相等）



上海站可以代表一定的范围

相关系数分布



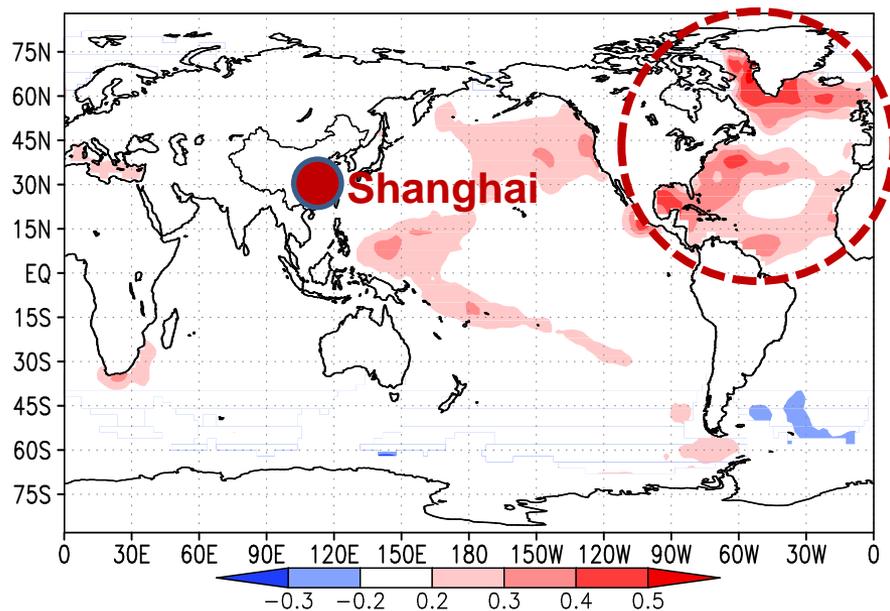
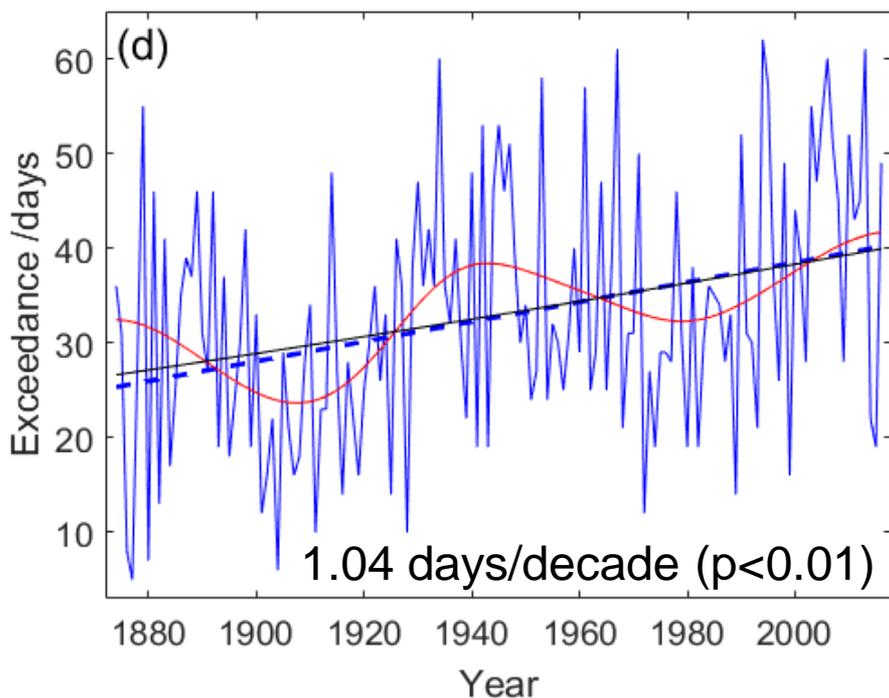
Xia et al. 2016, IJC

上海极端高温日数的趋势和多年代际变率（60-80年） 及可能的AMO信号

生成了中国最长的（1873-2017年）均一化逐日气温观测数据

上海极端高温(大暑阈值/第95百分位)日数

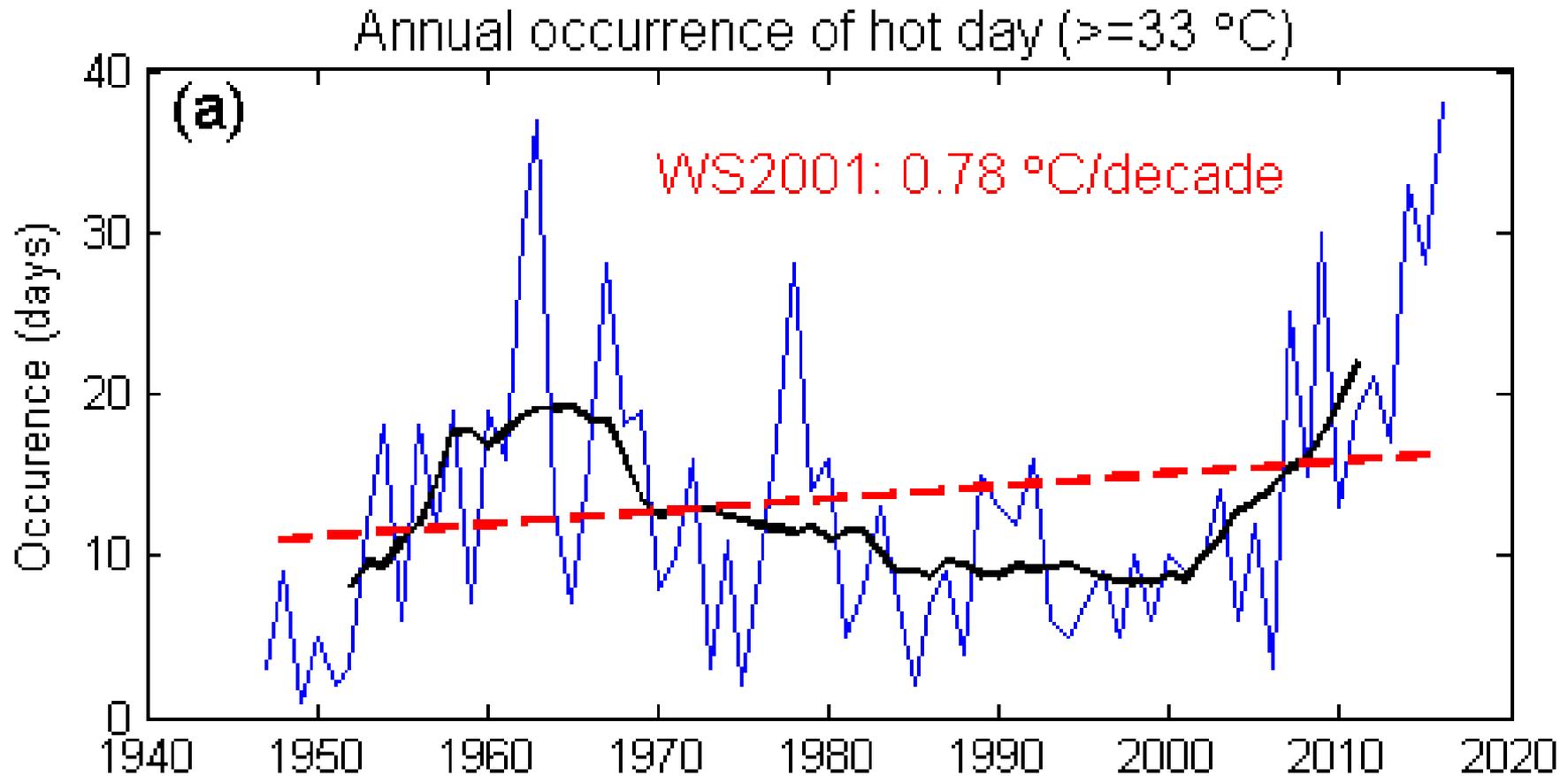
和多年代际变率相关的全球海温距平



钱诚, 等. 2018, 气候与环境研究

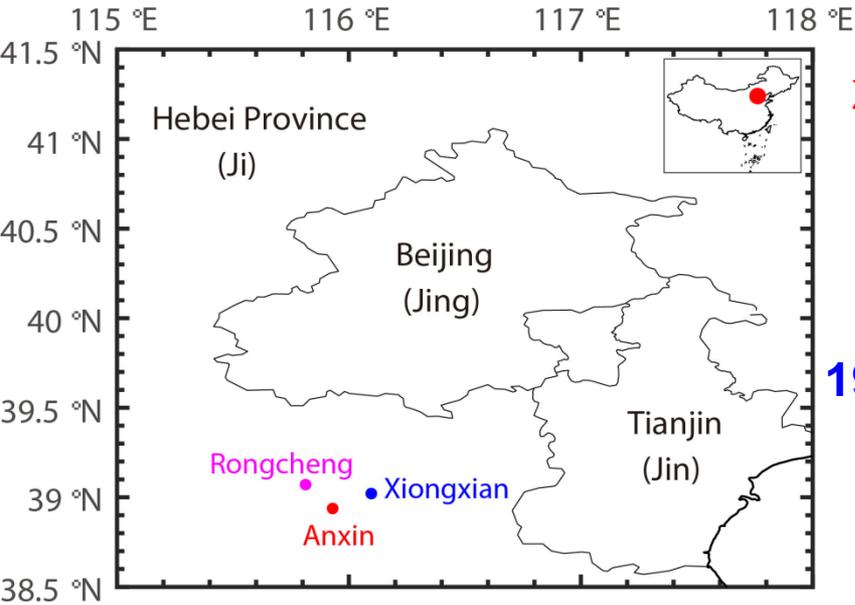
上海极端高温日数和夏季平均气温演变中都存在明显的60~80年周期的
多年代际变率, 和大西洋多年代际振荡AMO相关。

香港热天日数变化(1947–2016)



长期增多趋势之上也叠加有明显的年代际变率

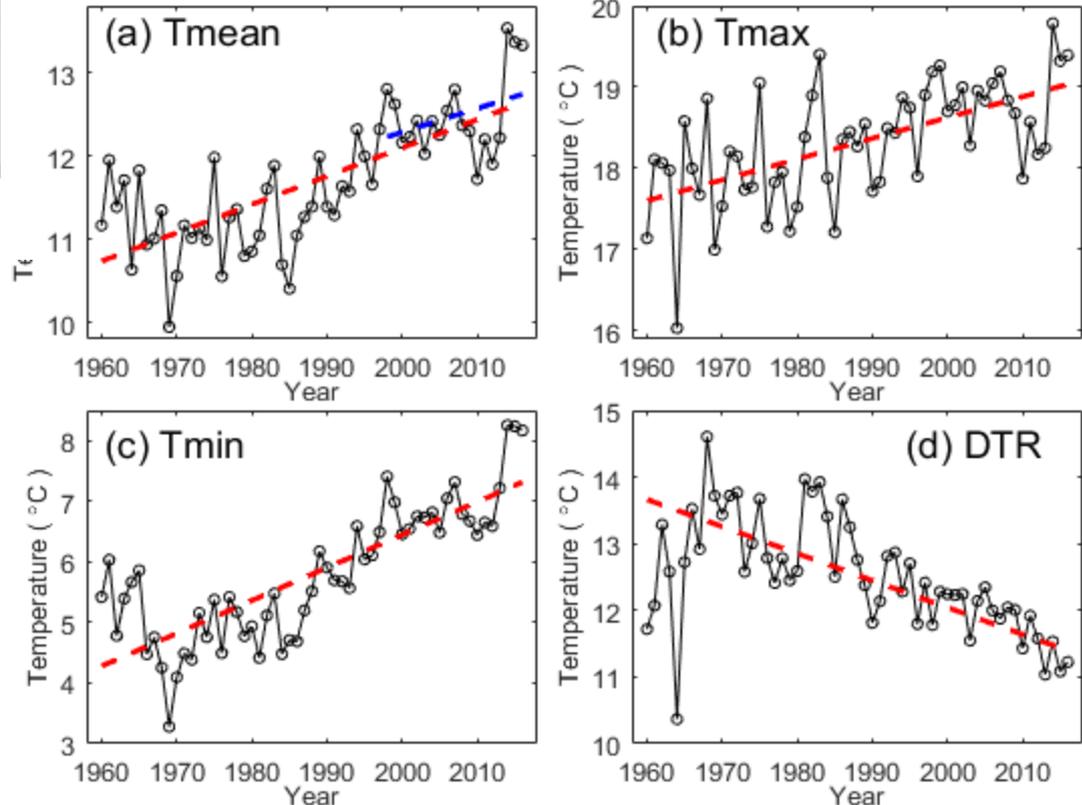
雄安新区1960年以来平均气温变化



研制了雄安新区1960年以来的连续数据
(基于雄安新区下辖的雄县、容城、安新3县
气象站均一化的逐日气温数据)

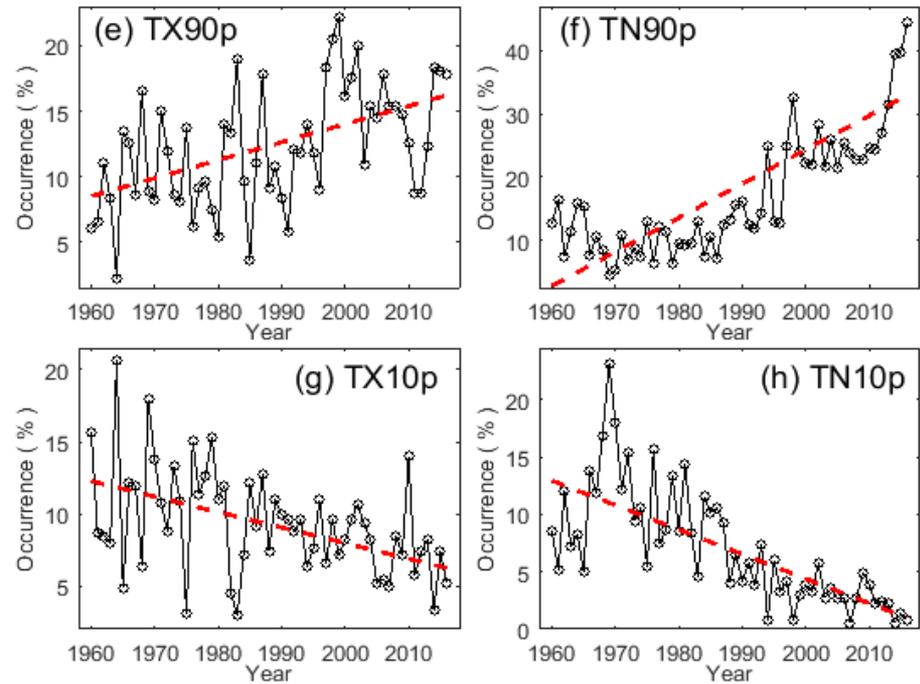
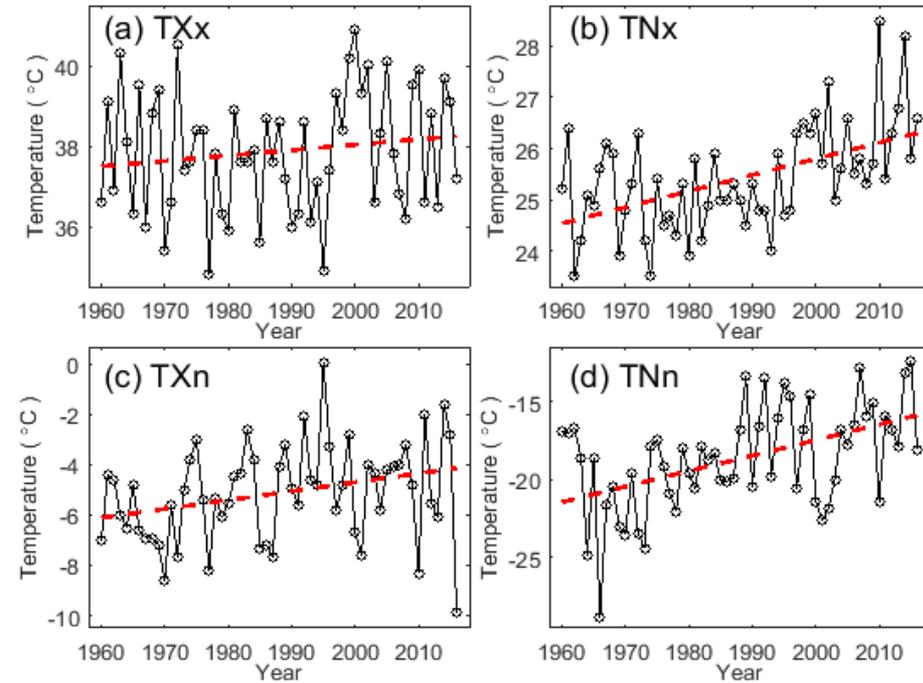
1998年至今变暖没有停滞

显著的变暖趋势



雄安新区1960年以来极端气温变化

极端高温的频率显著增加
极端低温的频率显著减少



报告提纲

➤ 事实分析:

上海1873~北京1940~香港1947~雄安新区1960~

➤ 归因分析:

城市化效应(土地利用外强迫)估算新方法

➤ 预测方法:

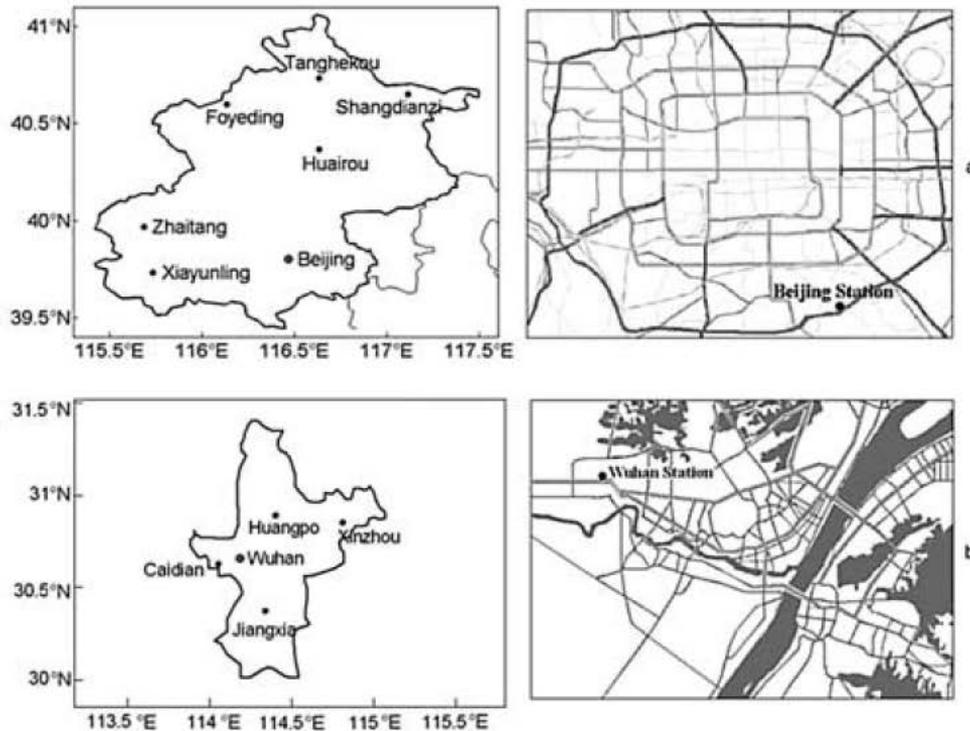
如何在气候预测中考虑城市化效应等外强迫作用

基本问题1: 城乡对比 (UMR) 方法中参考站的选择

找到一个合理的气候背景场, 对于准确评估城市化对气温变化影响十分关键

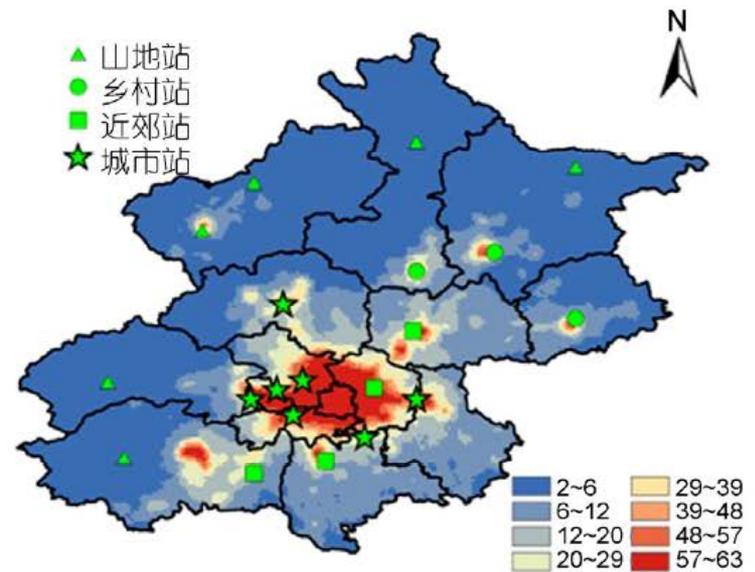
以往研究: 行政界限范围内选取

北京和武汉



Ren et al. 2007, GRL

北京



Wang et al. 2013, CSB

城市化效应估算的基本问题: 1. 参考站的选择

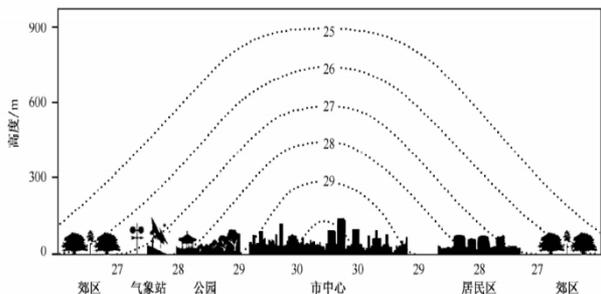
城: 徐家汇气象台站(58367)

乡: 平湖(乍浦)站(58464)

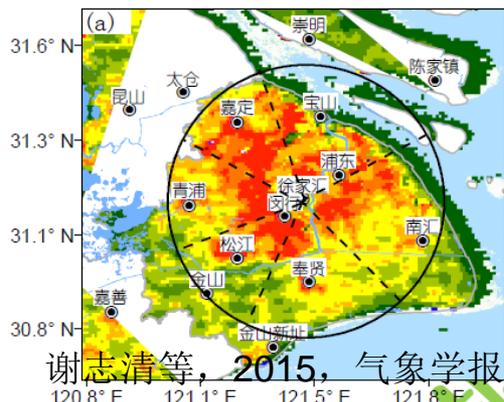
找到一个合理的气候背景场, 对于准确评估

城市化对气温变化影响十分关键 (任国玉等2010)

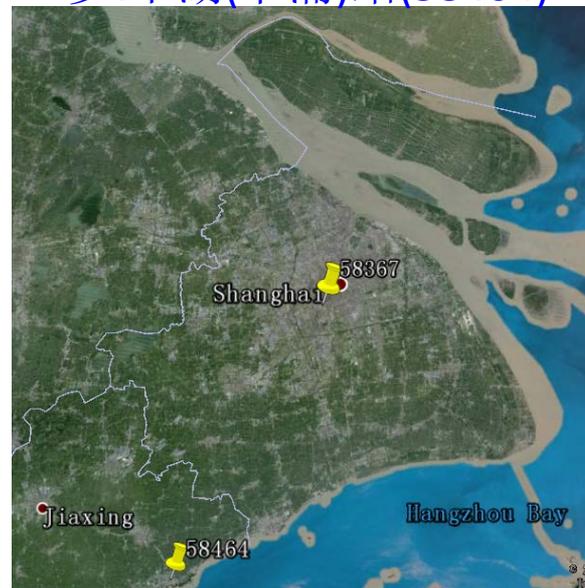
城市热岛穹窿



任国玉等2010

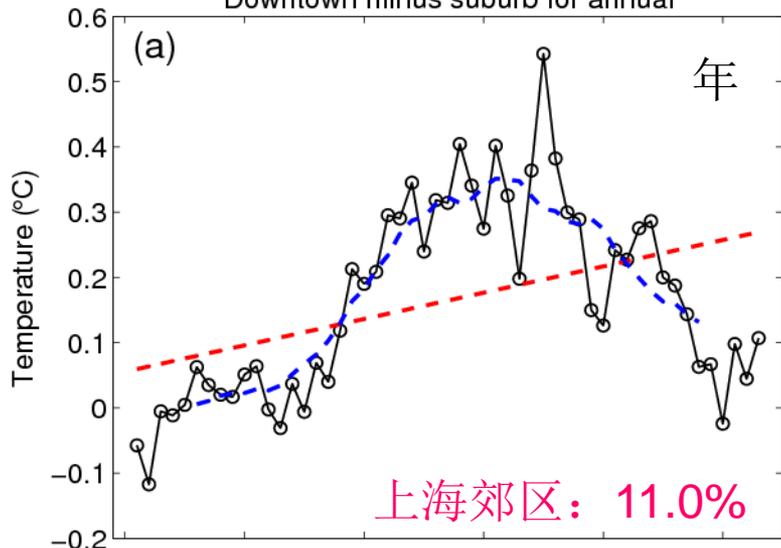


谢志清等, 2015, 气象学报



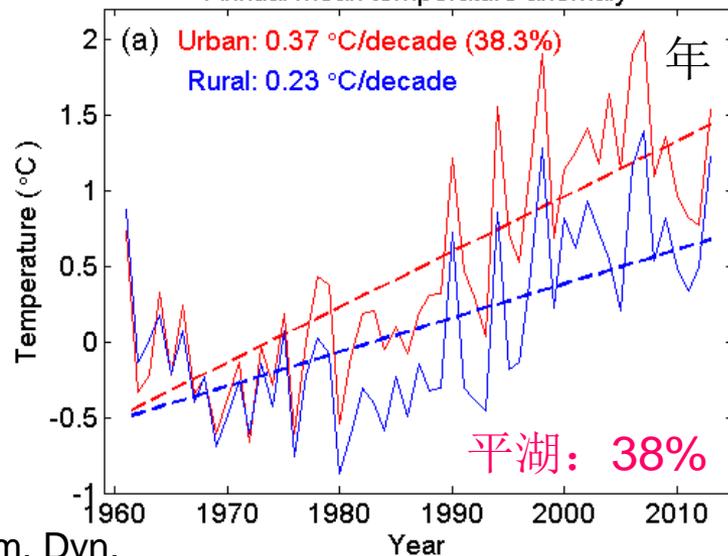
平原地区大城市郊区发展太快 (城市郊区化),
行政界限内城郊对比可能会低估城市化效应

Downtown minus suburb for annual



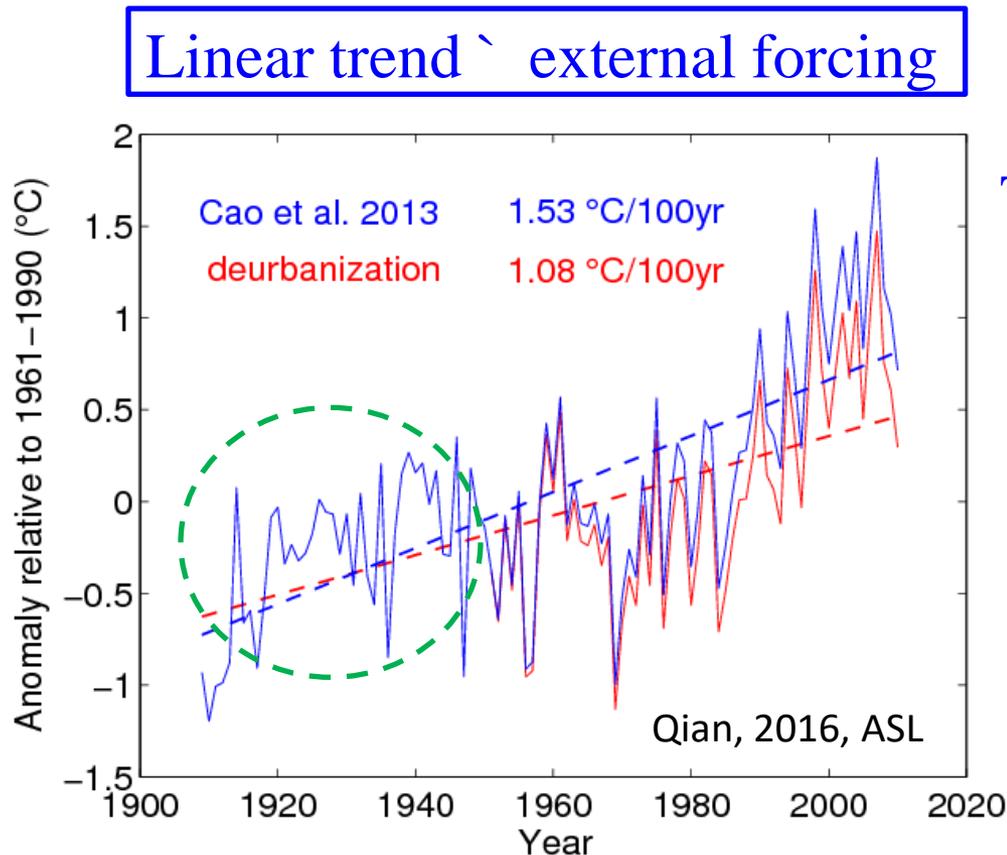
Qian, 2016, Clim. Dyn.

Annual mean temperature anomaly



基本问题2. 线性趋势估计的问题

- 1) 线性趋势不等于外强迫 (Qian, 2016, ASL);
- 2) 城市化的进程并不是一成不变的 (Qian, 2016, CD).



Temperature of eastern China average

Correction of the urbanization effect only after 1951, without any change in forcings before 1950

只订正1950年后城市化效应，1950年以前的外强迫没有任何变化

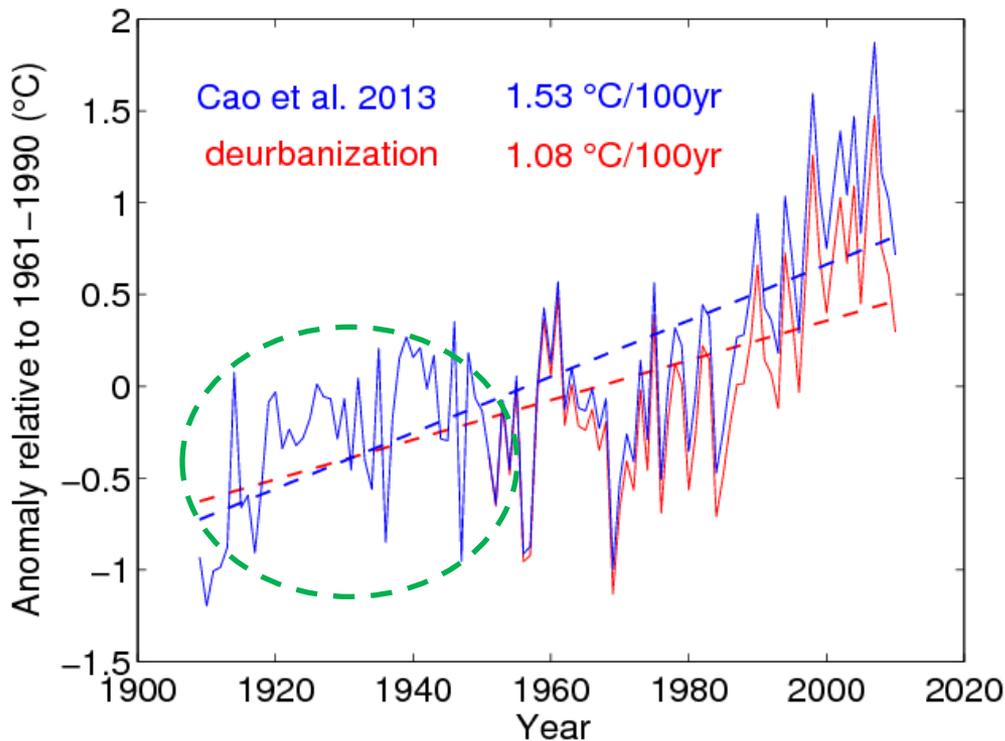
Linear trends changed dramatically before 1950

外强迫没变，线性趋势却变了

Nonlinear trend seems more physically meaningful than linear trend

相比之下，非线性趋势更有物理意义

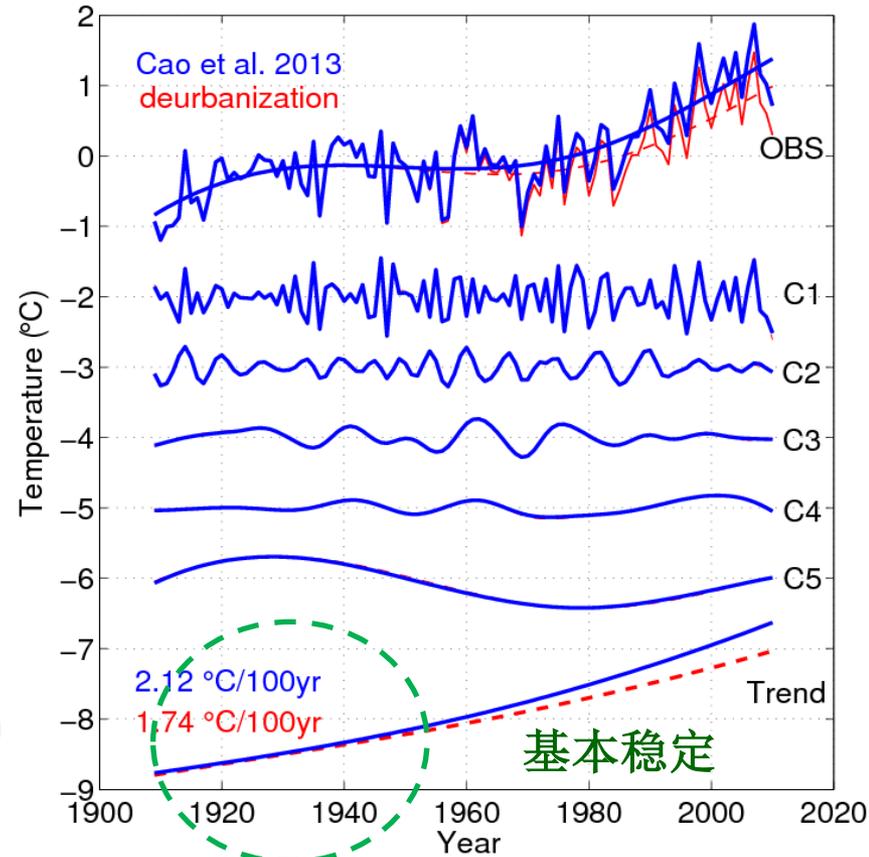
Linear trend



Qian, 2016, ASL

Nonlinear trend from EEMD

Ensemble Empirical Mode Decomposition

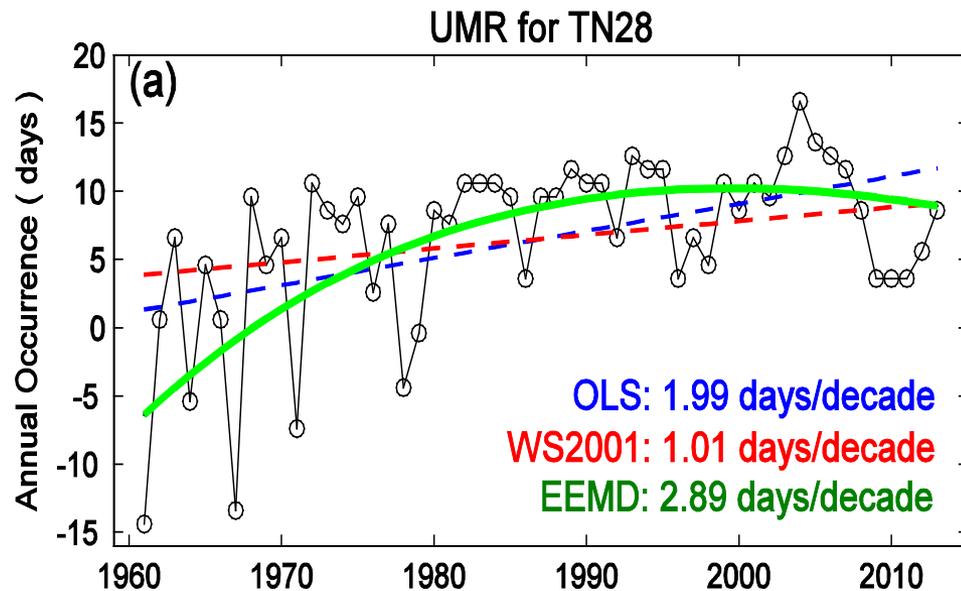


There is no a priori physical reason why the long-term trend in climate variables should be linear in time. (IPCC, 2013, page 179)

城市化效应估算新方法

基于非线性趋势的估算方法

以上海市中心极端高温趋势中城市化效应的贡献估算为例



Urbanization contribution:

$$c = \frac{T_{u-r}}{T_u} \times 100\%$$

urban minus rural

	TN28 热夜 Tmin>=28° C
OLS-M (linear)参数	58.5
WS2001非参数 (non parametric linear)	37.0
EEMD (nonlinear)非线性	79.0

非线性趋势更好地刻画了上海市中心从早期快速发展到后期进入稳定阶段的城市化进程

Qian, 2016, Clim. Dyn.

有利于理解前人基于不同分析时段估算的城市化效应大小的争议

报告提纲

➤ 事实分析:

上海1873~北京1940~香港1947~雄安新区1960~

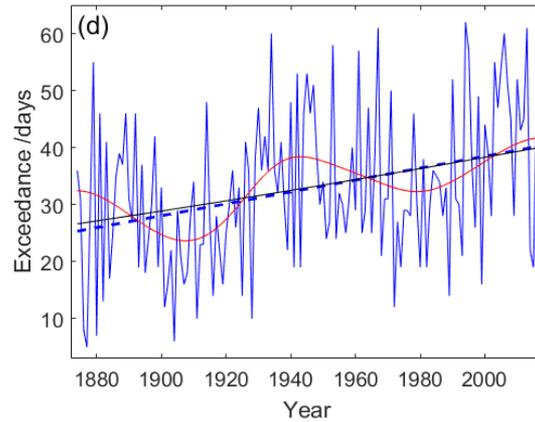
➤ 归因分析:

城市化效应(土地利用外强迫)估算新方法

➤ 预测方法:

如何在气候预测中考虑城市化效应等外强迫作用

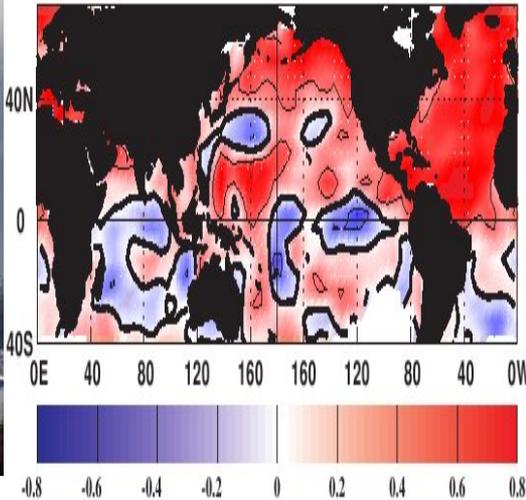
年代际尺度极端高温演变的影响因子



人类活动相关的全球变暖

年代际/多年代际变率

局地城市化效应



虽然引入海温预测因子可以直接或间接考虑前两者，但是没反映城市化效应

城市化等外强迫的影响需要在气候预测中加以考虑，但如何考虑？

➤ 城市化对高温的影响是季节预测中需要考虑的

- 全国站点平均：tropical nights增多趋势的37.8%；summer days增多趋势的12.8% (Ren and Zhou 2014)
- 上海：热浪增多趋势的1/3 (Qian, 2016)

➤ 较难在每个地区都精准估算

Solution:

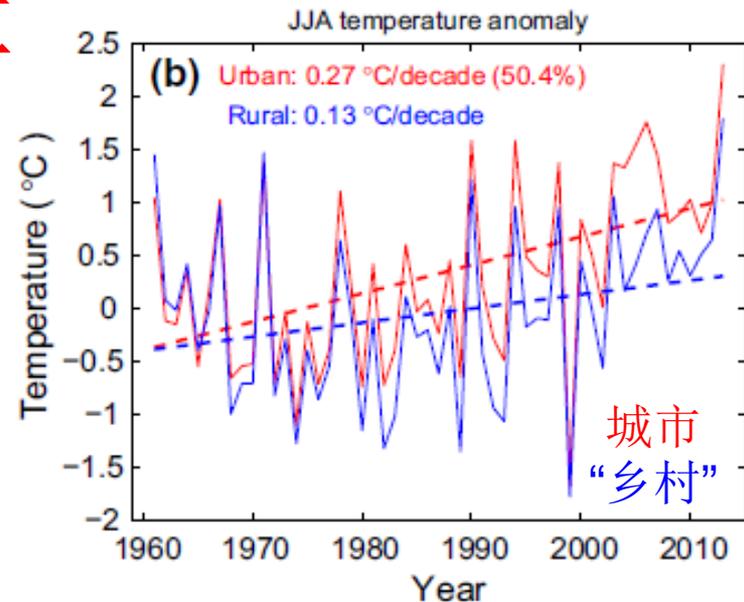
用一阶差分来辅助(Qian et al. 2018)

$$D(t) = X(t) - X(t - 1)$$

当X为年时，年际增量(Fan et al. 2008)

X也可以是季、月等其他时间尺度

上海市区夏季气温的城市化效应



香港极端高温日数HD33的统计预测模型

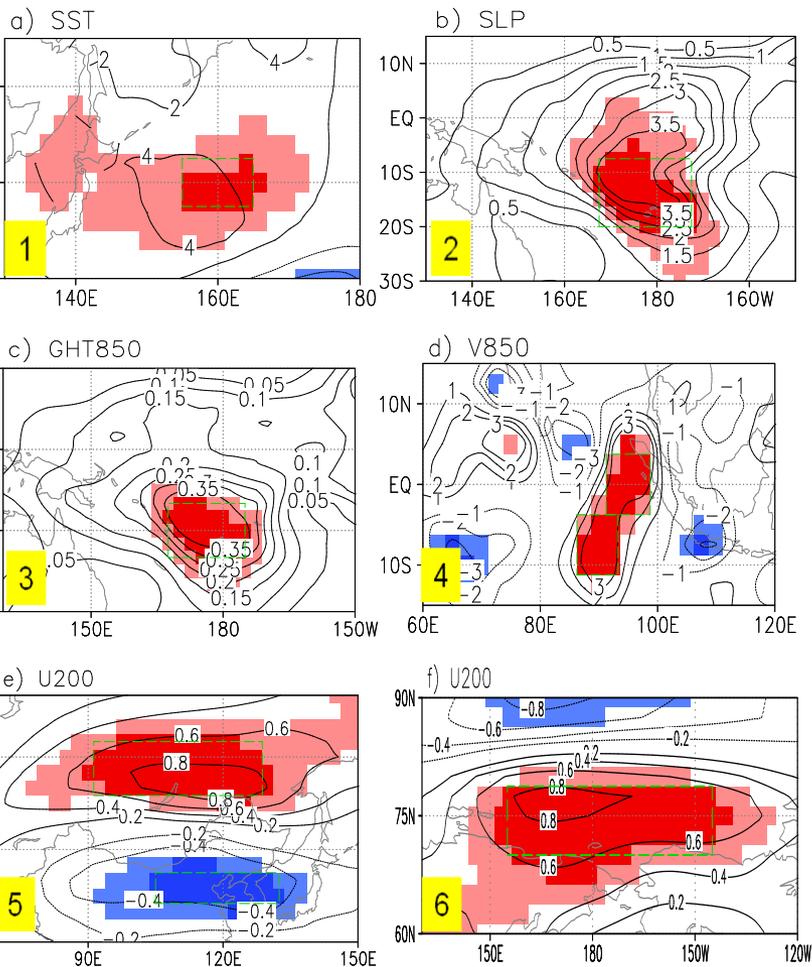
一阶差分（年际增量）辅助

预测因子 (前冬环流增量)

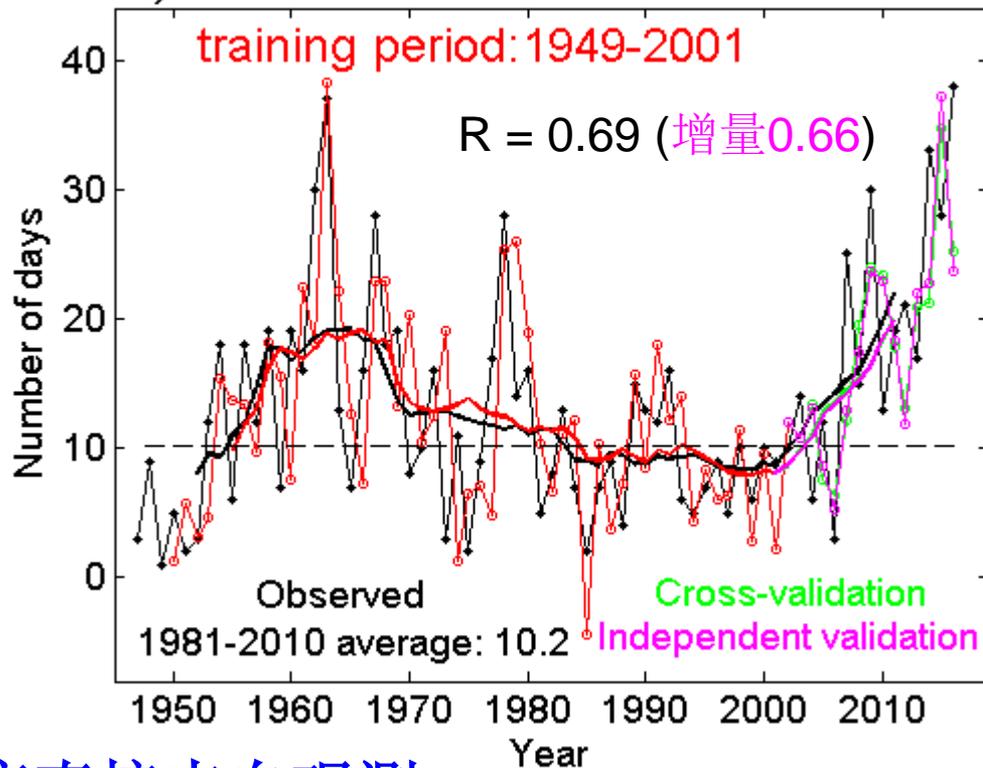
$$I_{HD33}(i) = a_0 + a_1 \times \text{Predictor}_1(i) + a_2 \times \text{Predictor}_2(i) + \dots + a_6 \times \text{Predictor}_6(i)$$

$$HD33(2017) = HD33(2016) + I_{HD33}(2016/2017)$$

包括城市化效应



a) Validation



难以准确估算的城市化效应直接来自观测

总结

- 极端高温演变：**长期趋势上叠加年代际-多年代际变率，还叠加局地城市化效应**
- **城市化效应**需要在城市极端高温预测中加以考虑，但线性和非线性视角估算结果不同
- 用**一阶差分方法**预测可以考虑上述几种影响（全球变暖+年代际/多年代际+城市化效应），信息来自前一个观测值

参考文献

- Qian, C., W. Zhou, X.-Q. Yang and J. C. L. Chan, 2018: Statistical prediction of non-Gaussian climate extremes in urban areas based on the first-order difference method, *Int. J. Climatol.*, 38(6), 2889–2898, DOI: 10.1002/joc.546
- Qian, C., 2016: On trend estimation and significance testing for non-Gaussian and serially dependent data: quantifying the urbanization effect on trends in hot extremes in the megacity of Shanghai. *Climate Dynamics*, 47, 329–344
- Qian, C., 2016: Disentangling the urbanization effect, multi-decadal variability, and secular trend in temperature in eastern China during 1909–2010. *Atmospheric Science Letters*, 17(2), 177–182, DOI: 10.1002/asl.640
- Qian, C. and L. Cao, 2018: Linear trends in the mean and extreme temperature in the Xiongan New Area, China. *Atmos. Oceanic Sci. Lett.*, 11(3), 246-254
- 钱诚, 严中伟, 曹丽娟, 李珍, 2018: 基于1873年以来器测气温的二十四节气气候变化. *气候与环境研究*, doi: 10.3878/j.issn.1006-9585.2018.18044 / Qian C, Yan ZW, Cao LJ, Li Z, 2018: Climatic Changes in the Twenty-four Solar Terms based on Temperature Observations back to 1873. *Climatic and Environmental Research(in Chinese)* , doi: 10.3878/j.issn.1006-9585.2018.18044

报告若有不妥之处，敬请批评指正！

Thank You !

qianch@tea.ac.cn