



# 城市建筑太阳能资源 评价方法及应用

廖胜明  
李大鹏

中南大学  
中南林业科技大学

# 目 录

1

背景

2

评价指标—太阳能势

3

研究对象

4

研究方法

5

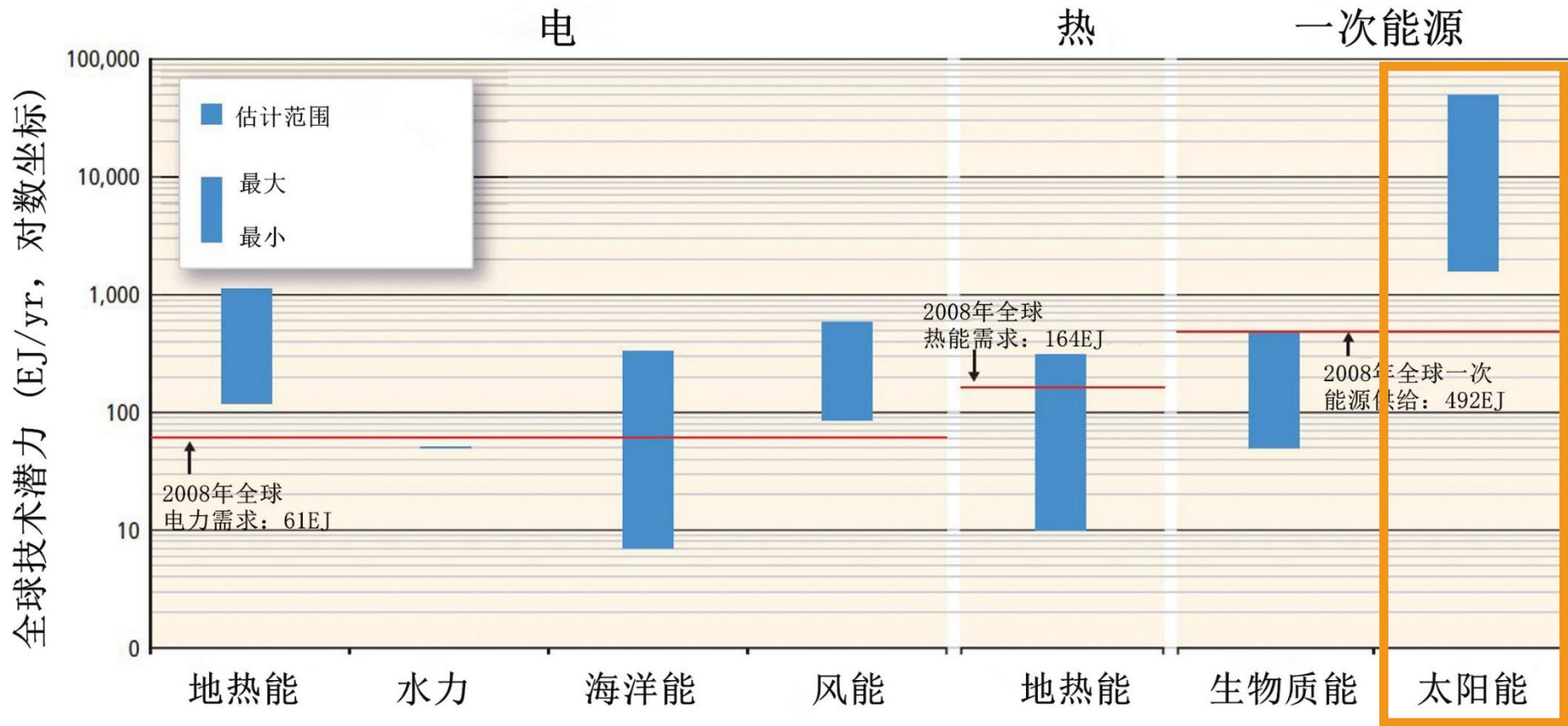
结果与讨论

6

结论

# 太阳能应用潜力巨大

## 背景



全球技术潜力估计范围

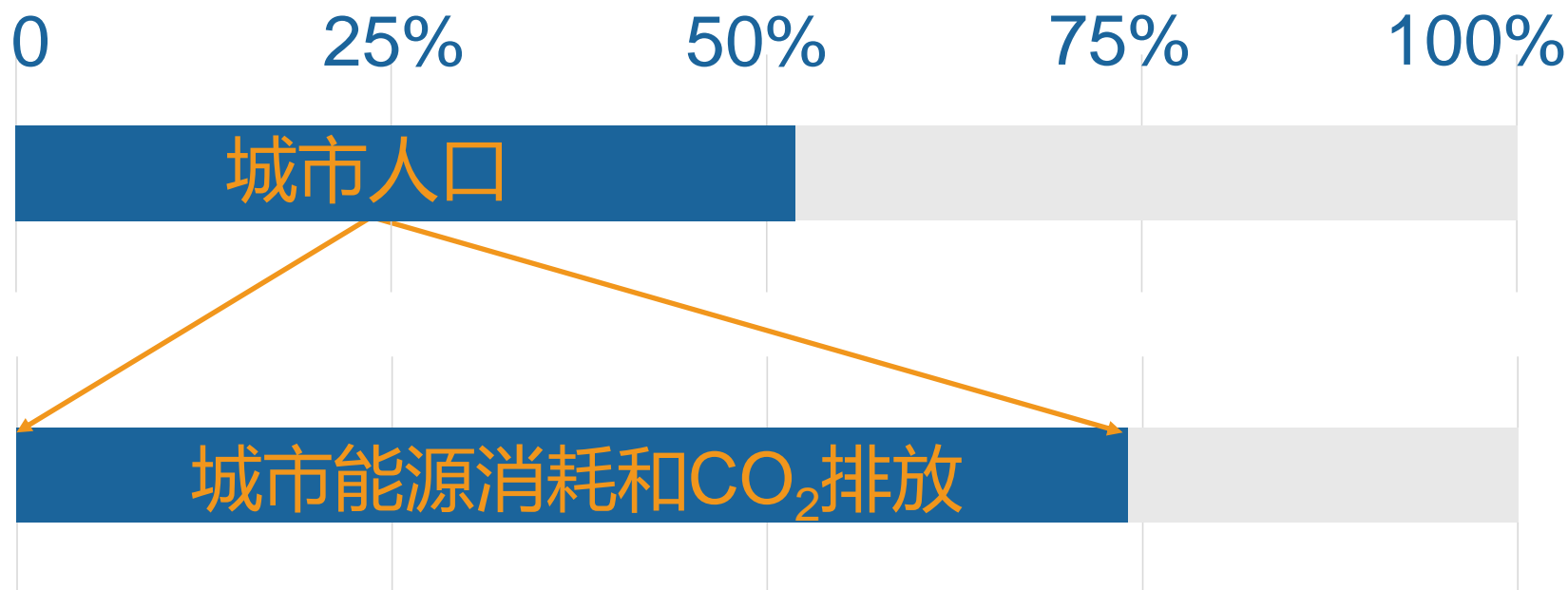
最大 (EJ/yr)	1109	52	331	580	312	500	49837
最小 (EJ/yr)	118	50	7	85	10	50	1575

# 全球2/3的能源在城市中消耗

现在全球54%的人口居住在城市中

全球城市消耗了64%的能源，排放了70%的CO<sub>2</sub>

预计到2045年城市人口将达到60亿



### 国家发改委《可再生能源发展“十三五”规划》

布置主要任务包括了全面推进分布式光伏利用和持续扩大太阳能热利用在城乡的普及应用，从而帮助实现2020、2030年非化石能源消费比重分别达到15%、20%的能源发展战略目标。

### 住建部《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》

重点任务之一是深入推进可再生能源建筑应用，实现到2020年城镇可再生能源替代民用建筑常规能源消耗比重超过6%。

# 城市建筑太阳能一体化现状

## 背景



屋顶光伏发电



屋顶太阳能热水器



壁挂式太阳能热水器



光伏、光热综合利用

# 我国城市建筑发展特点

城市住区特征：高层、高密度和高容积率。

我国城镇人口比例已经达到了52.6%，预计到2020年城镇人口比例将达到60%左右

2015年，城镇建筑能耗占全国总能耗的比例达到了15%

随着我国城镇化进程的加快和产业结构调整加速，城镇建筑能耗占总能耗的比重必然逐渐增加



- 密集的城市环境增加了单位土地面积上的建筑表面（包括屋面和立面）面积，从而为在建筑表面应用太阳能技术提供了更多的空间。
- 建筑之间互相遮挡减少了建筑表面尤其是建筑立面上所能获得的太阳辐射能。
- 尽管建筑屋面可以获得的太阳辐射较高且受遮挡的影响较弱，但高层建筑的立面面积数倍于屋面面积，所获得的太阳辐射能同样不可忽略。



在城市建筑中应用太阳能是减少城市能耗和温室气体排放的一条有效途径

复杂的城市形态使得准确评价建筑表面太阳辐射较为困难

为了充分挖掘城市住区太阳能潜力，需要系统认识城市住区形态与建筑表面太阳能潜力之间的耦合作用规律

亟待解决城市建筑太阳能资源评价方法与应用的问题

# 城市建筑太阳能资源评价方法与应用

---

- [1] Dapeng Li, Gang Liu, Shengming Liao, Solar potential in urban residential buildings, ***Solar Energy***, 2015, 111: 225-235.
- [2] Dapeng Li, Shengming Liao, An integrated approach to evaluate the performance of solar water heater in the urban environment, ***Energy and buildings***, 2014, 69: 562-571.

建筑外表面所能获得的太阳能最大收益与总建筑面积的比值

$$\text{太阳能势 } Y = E \cdot C \cdot \eta$$

系统效率

建筑可利用面积比

单位建筑面积可开采太阳辐射能

光热 — 单位建筑面积光热集热量

光伏 — 单位建筑面积光伏发电量

$$E = \frac{\sum_{i=1}^m I_{g,i} \cdot A_{s,i} \cdot f_{t,i} \cdot f_{e,i}}{A_{floor}}$$

$f_t$  : 经济性修正因子  
(1或0)

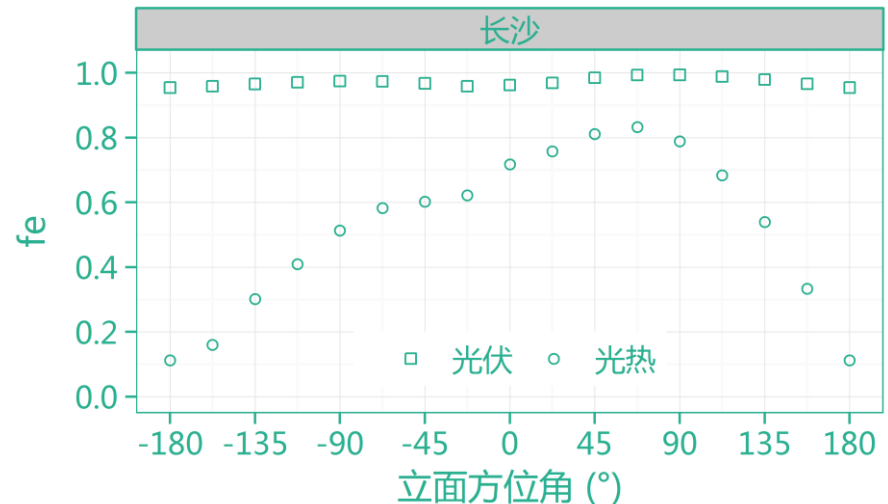
$f_e$  : 入射角修正引起的  
效率衰减

If  $I_g \geq 800$  (光伏) 或  
400 (光热)

$$f_t = 1$$

Else

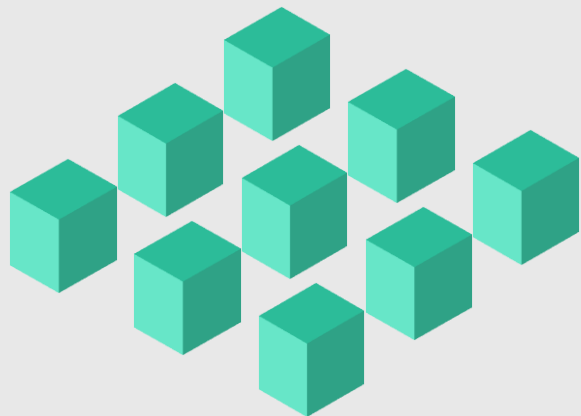
$$f_t = 0$$



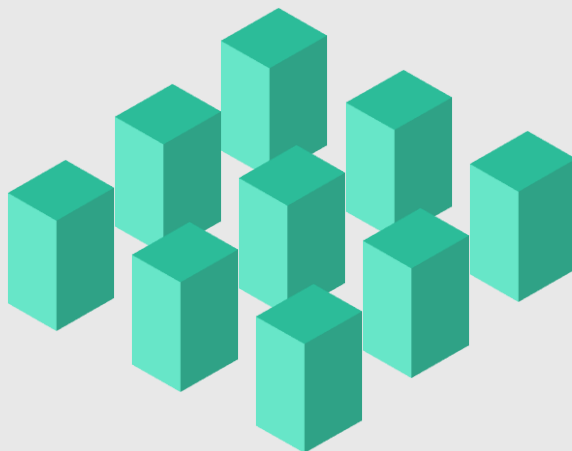


建筑组团

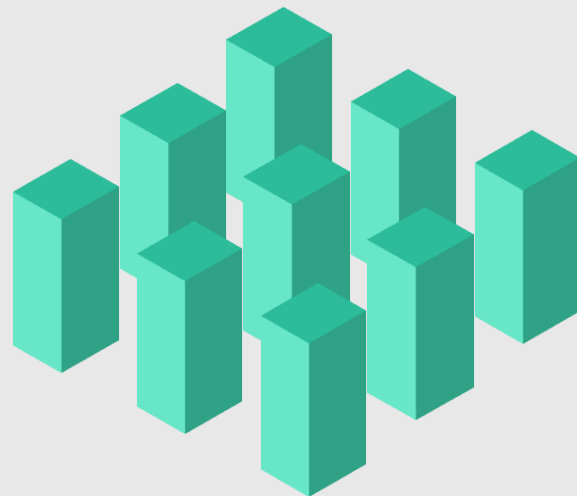
低容积率 ~1.4



中容积率 ~2.2



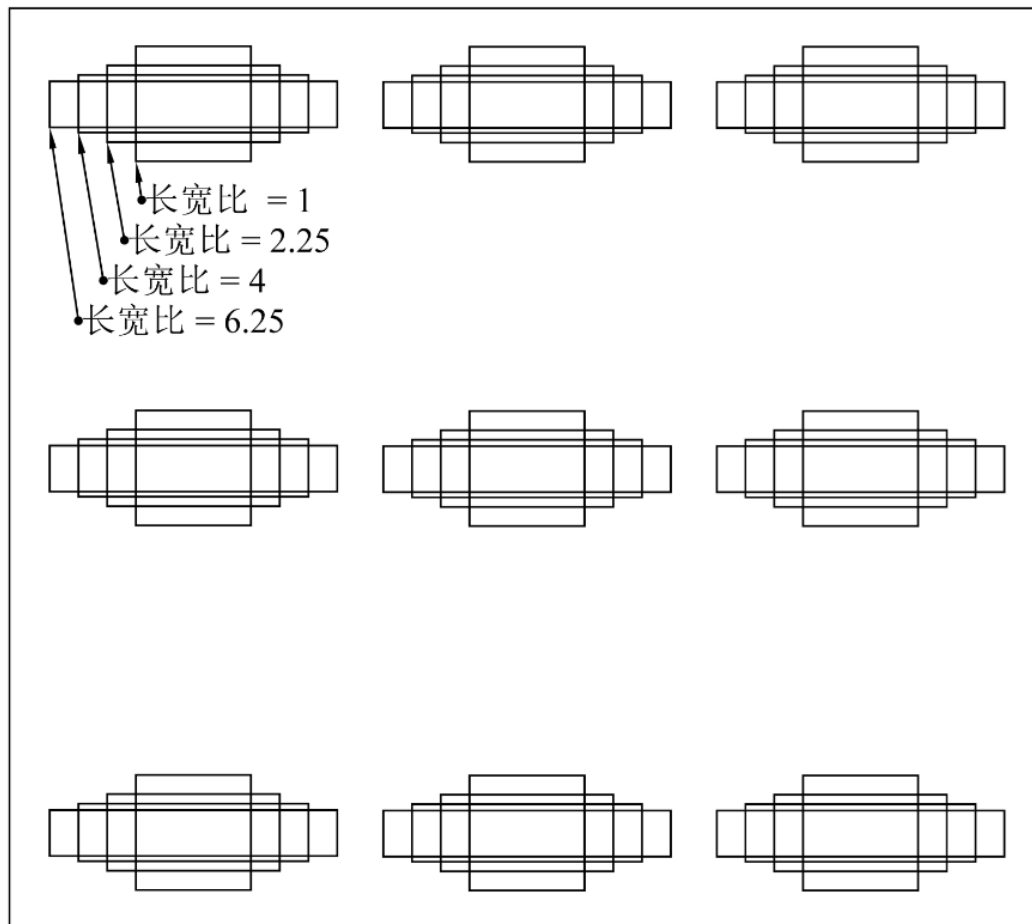
高容积率 ~3.2



建筑平面形状

建筑方位角

建筑密度

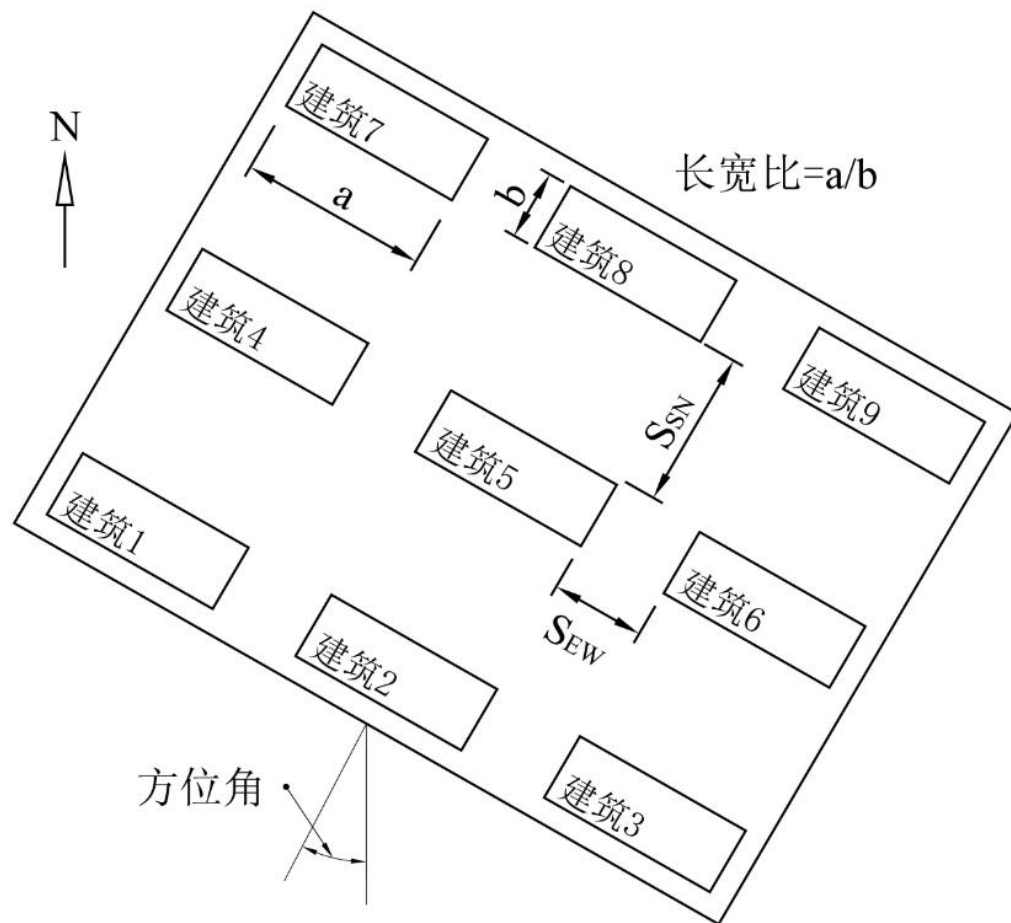


平面图



# 改变建筑方位角

# 研究对象



方位角

$-67.5^\circ$

$-45^\circ$

$-22.5^\circ$

$0^\circ$

$22.5^\circ$

$45^\circ$

$67.5^\circ$

$90^\circ$

平面图

# 改变建筑密度

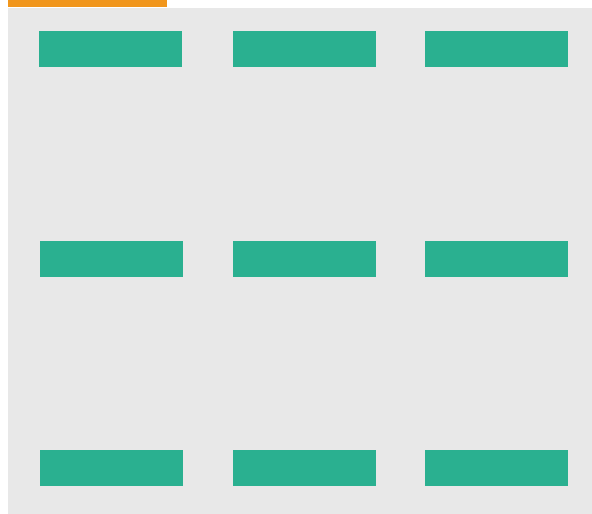
## 研究对象

低容积率

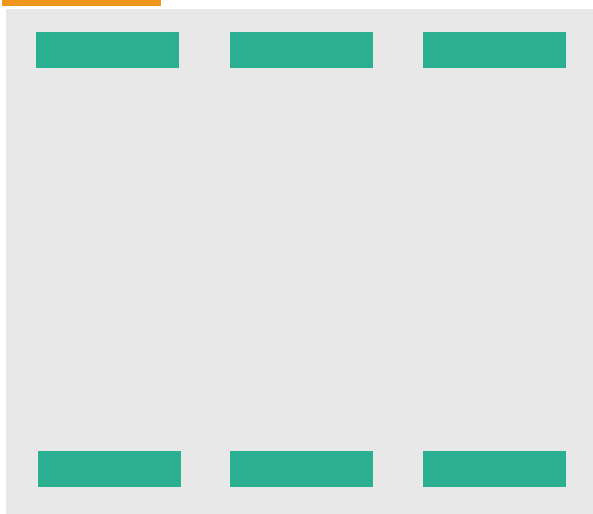
F6



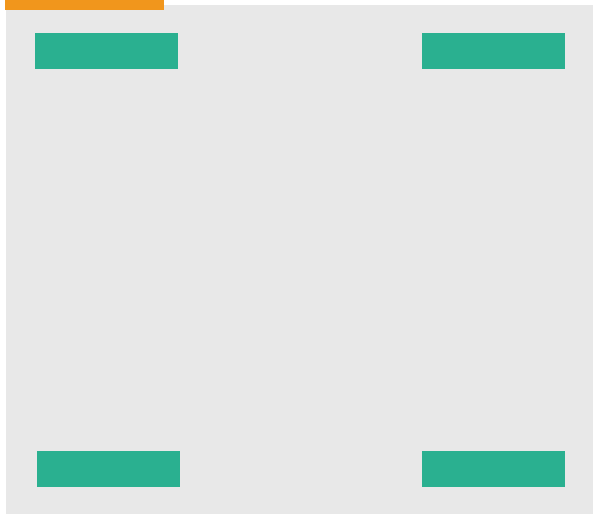
F11



F18



F26

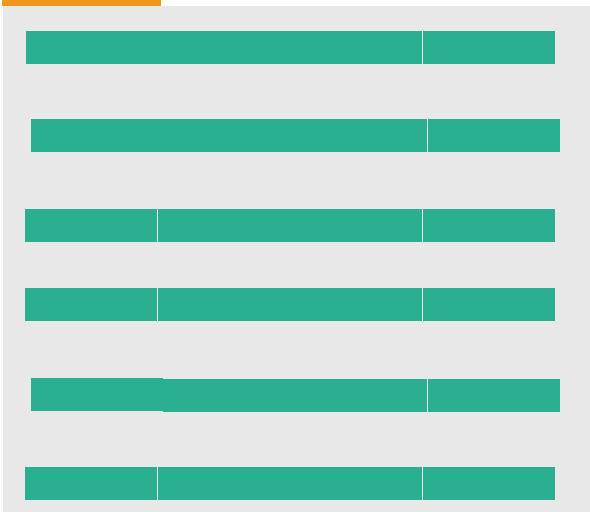


# 改变建筑密度

## 研究对象

中等容积率

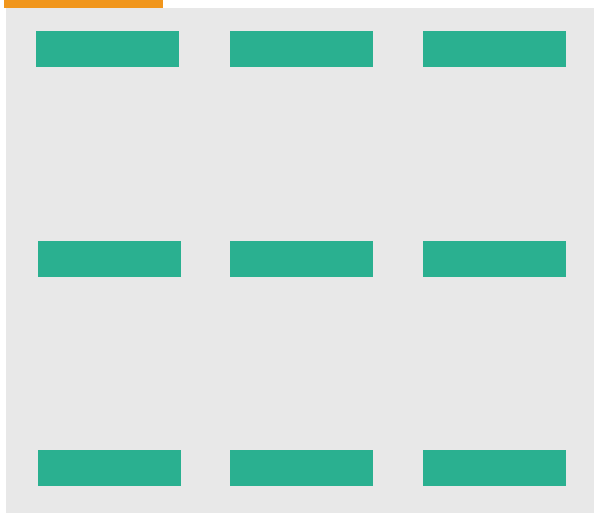
F6



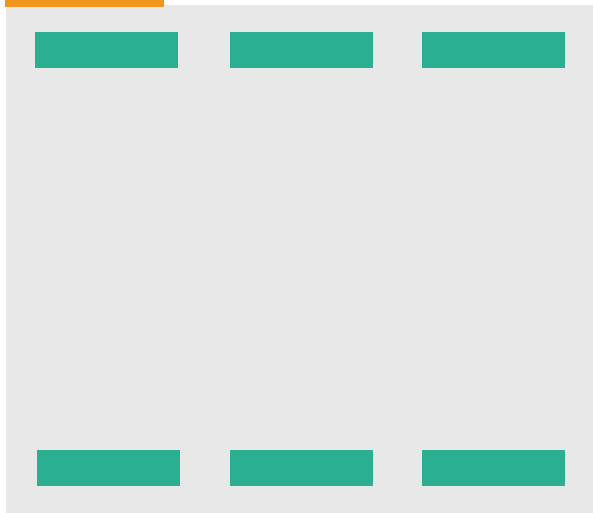
F11



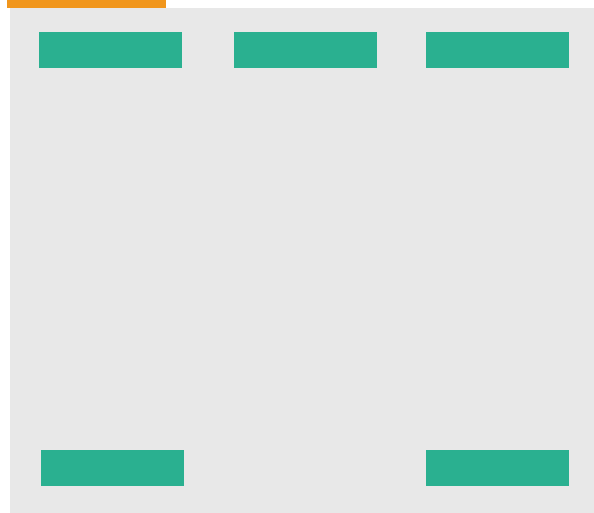
F18



F26



F33

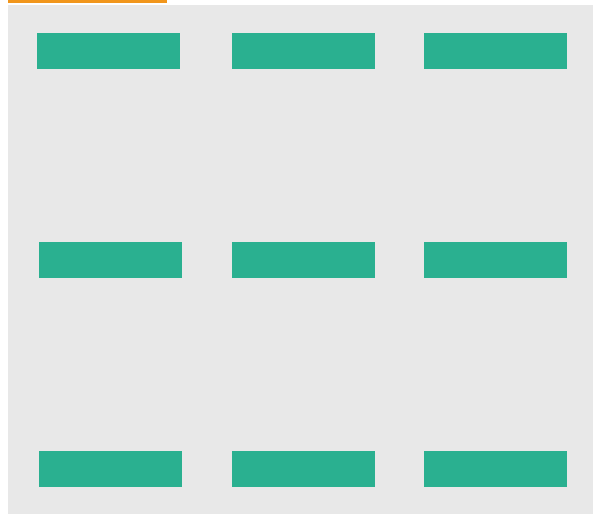


高容积率

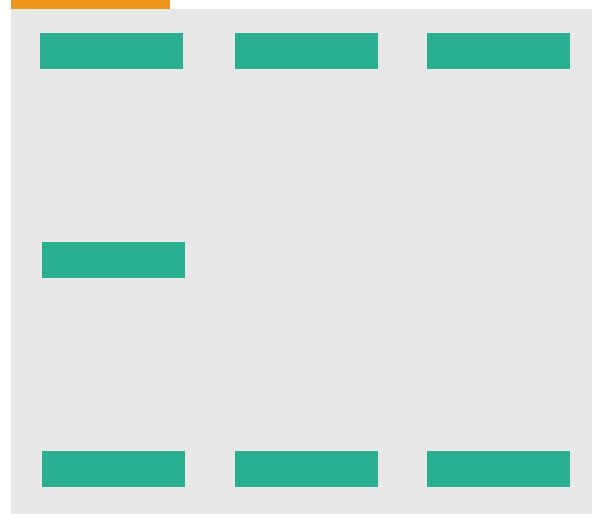
F18



F26



F33





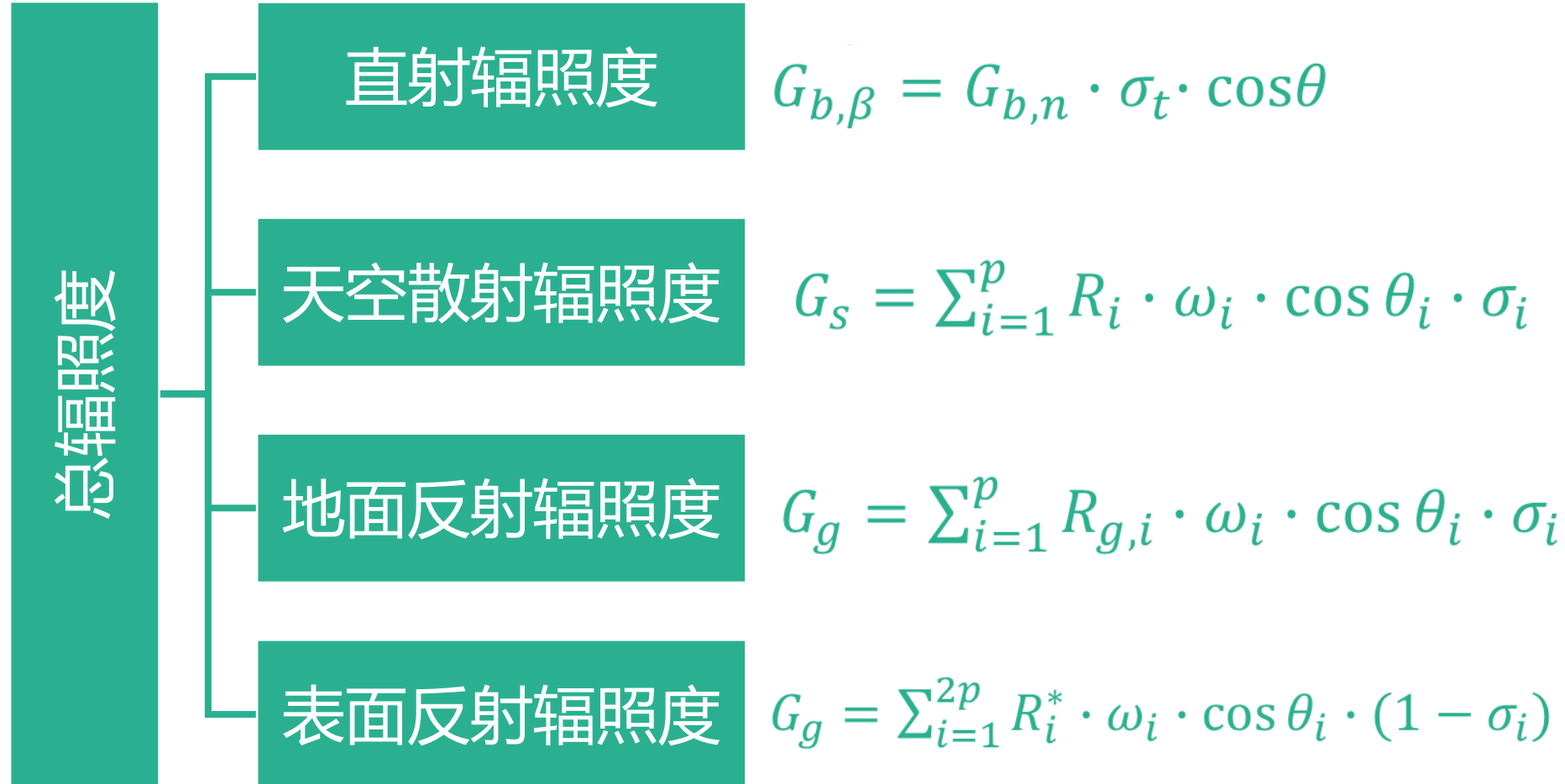
建筑组团

## 遮挡环境辐射模型

Simplified Radiosity Algorithm  
( 简易辐射度算法 )

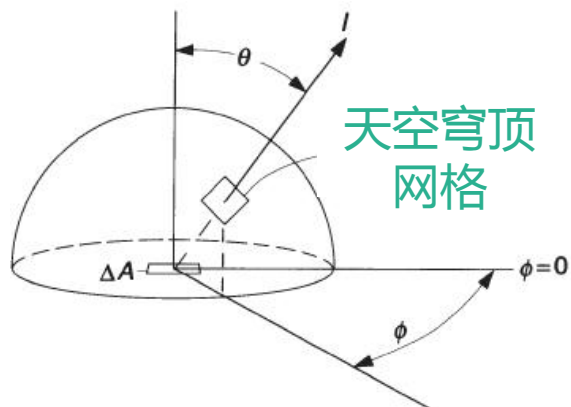
计算步骤：

- 1 建筑表面划分网格
- 2 计算全年逐时太阳辐照度
- 3 全年辐照量等于所有小时辐照度之和
- 4 按网格→建筑→组团顺序依次得到所有表面的全年辐照量

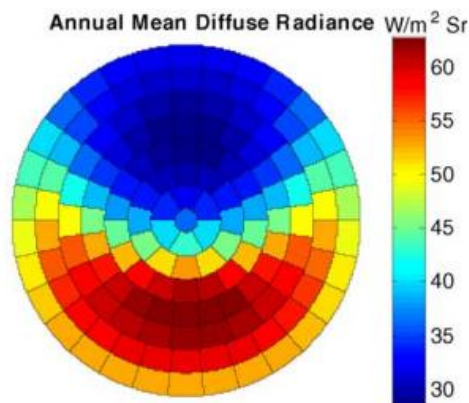


求解关键是计算各向异性天空辐射

$$G_S = \sum_{i=1}^p R_i \cdot \omega_i \cdot \cos \theta_i \cdot \sigma_i$$

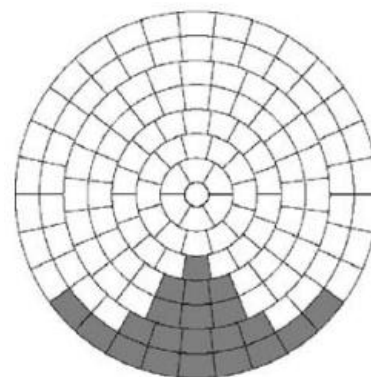
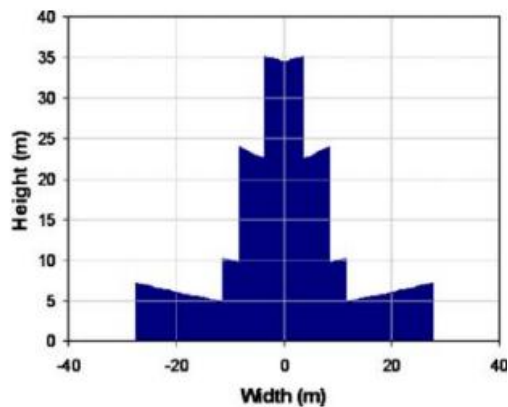


天空穹顶  
网格



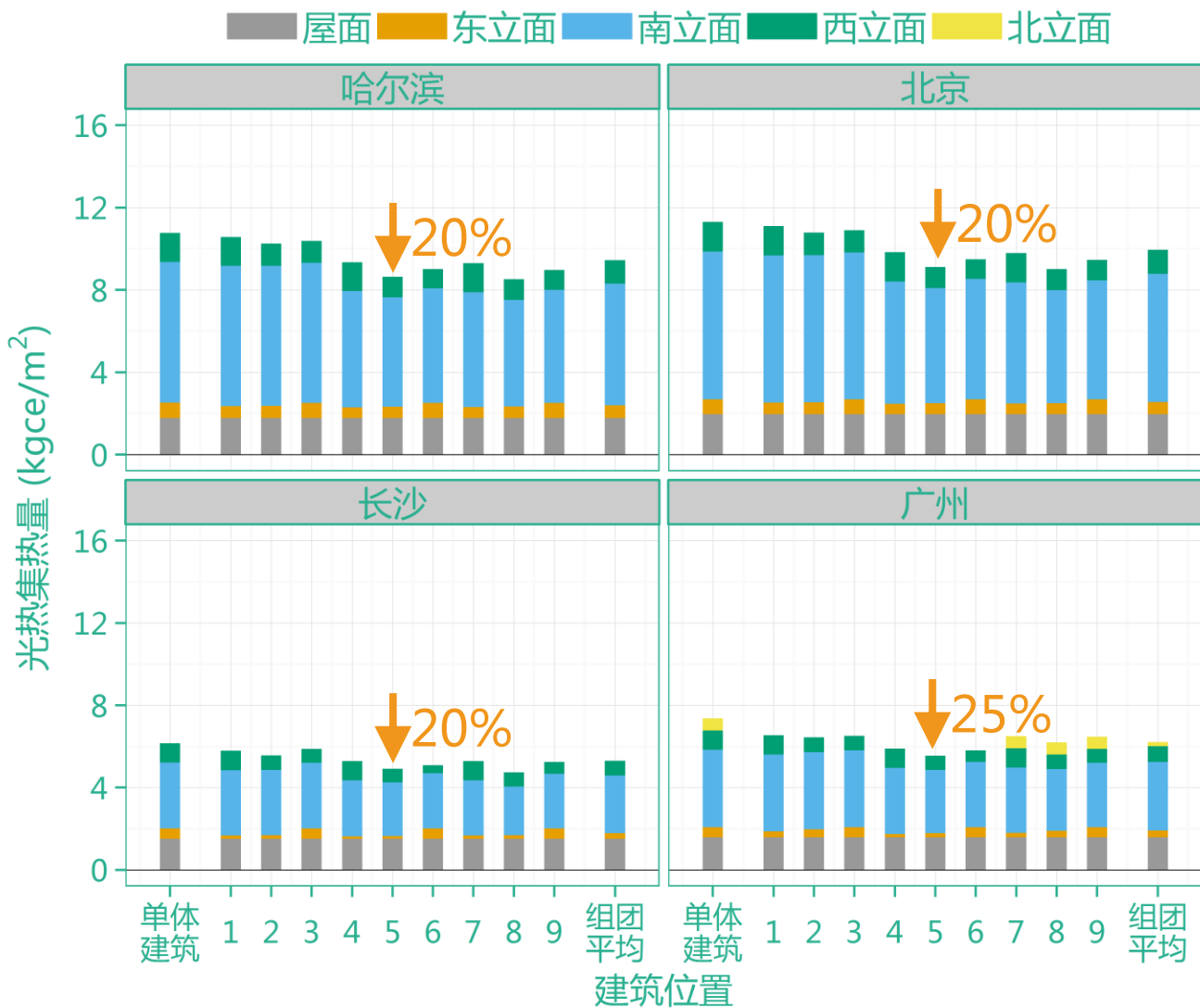
天空穹  
顶辐射  
度分布

遮挡体  
平面图



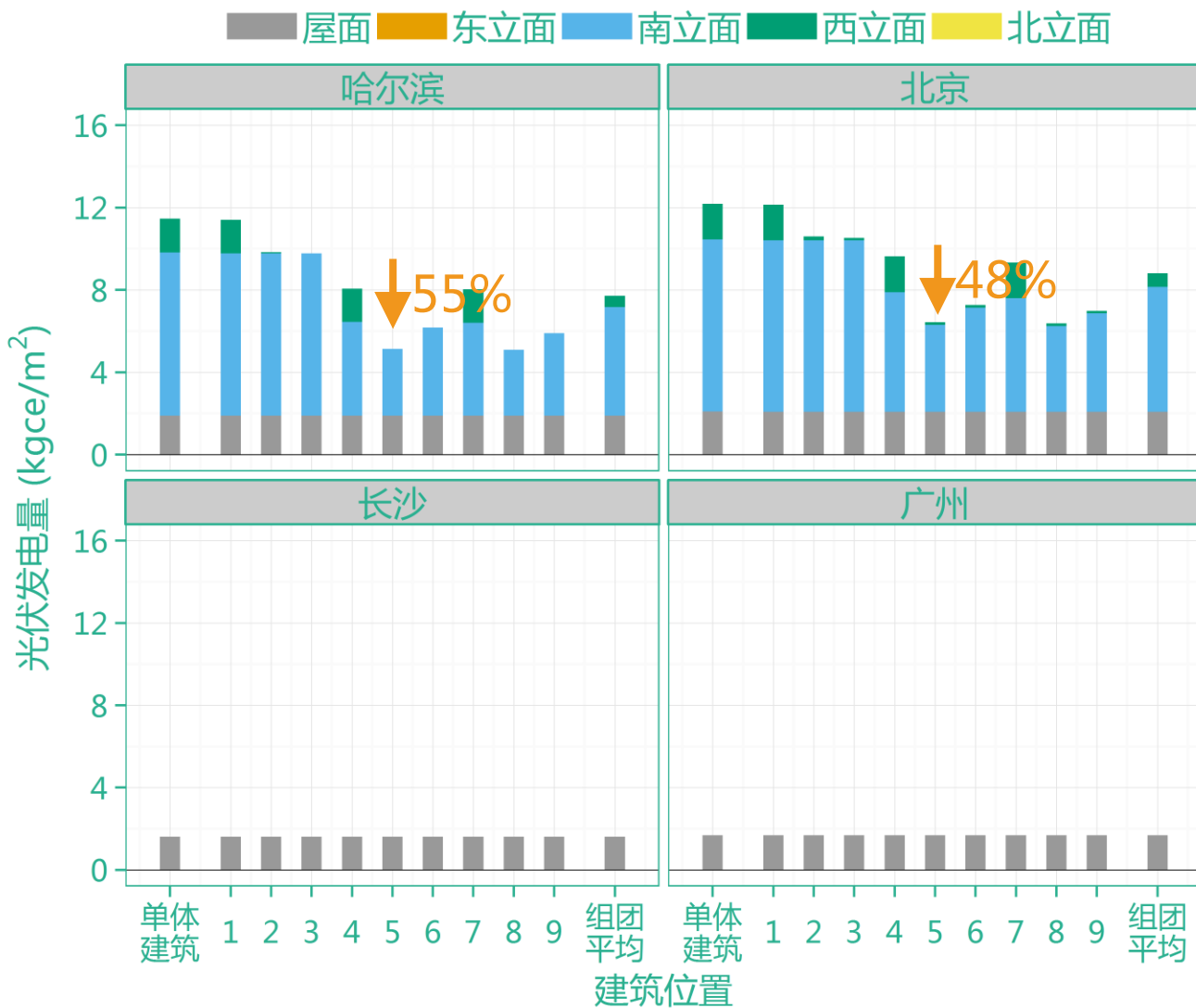
被遮挡  
的天空  
网格





# 太阳能势分布特性 — 光伏

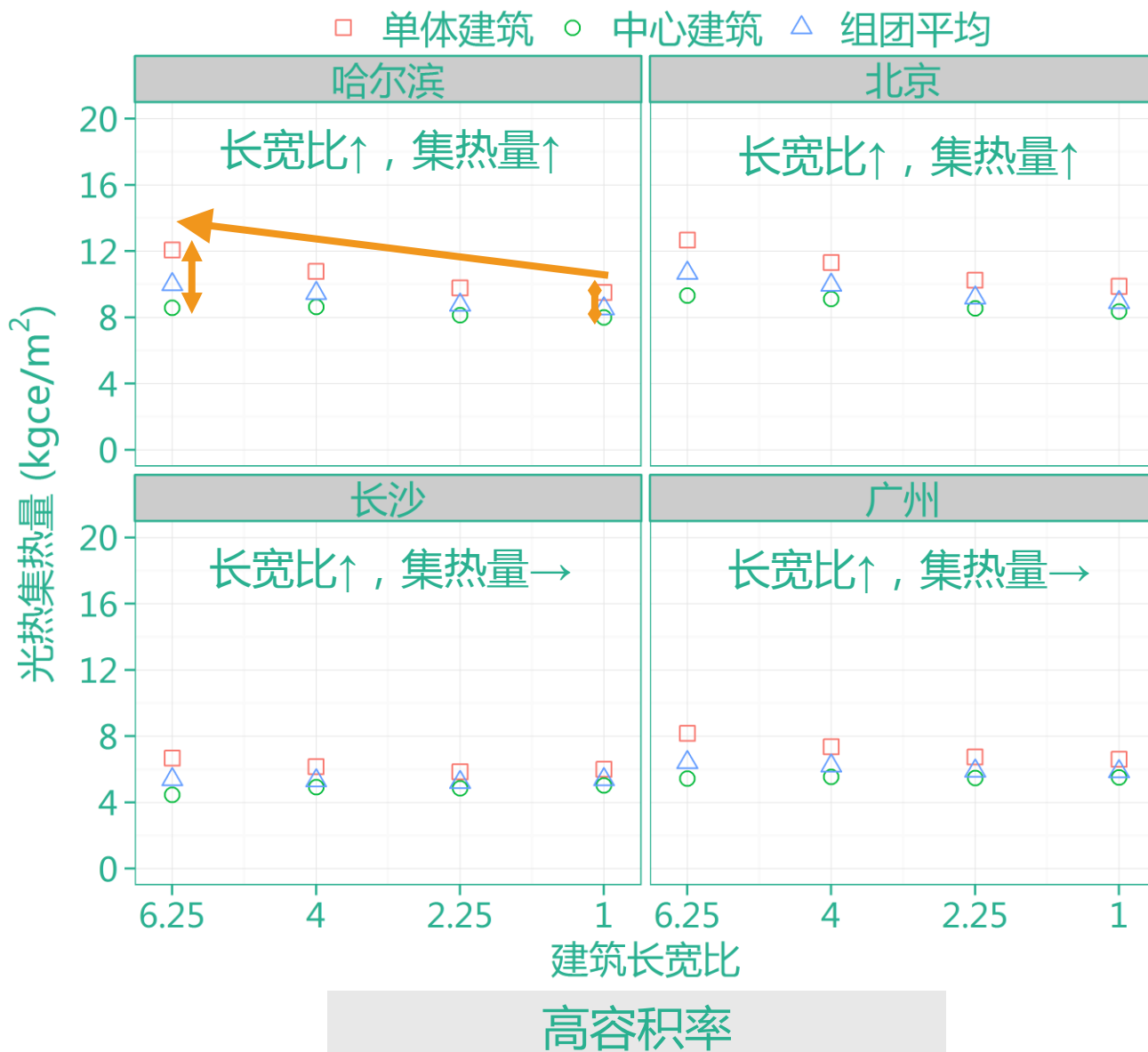
## 结果与讨论



高容积率

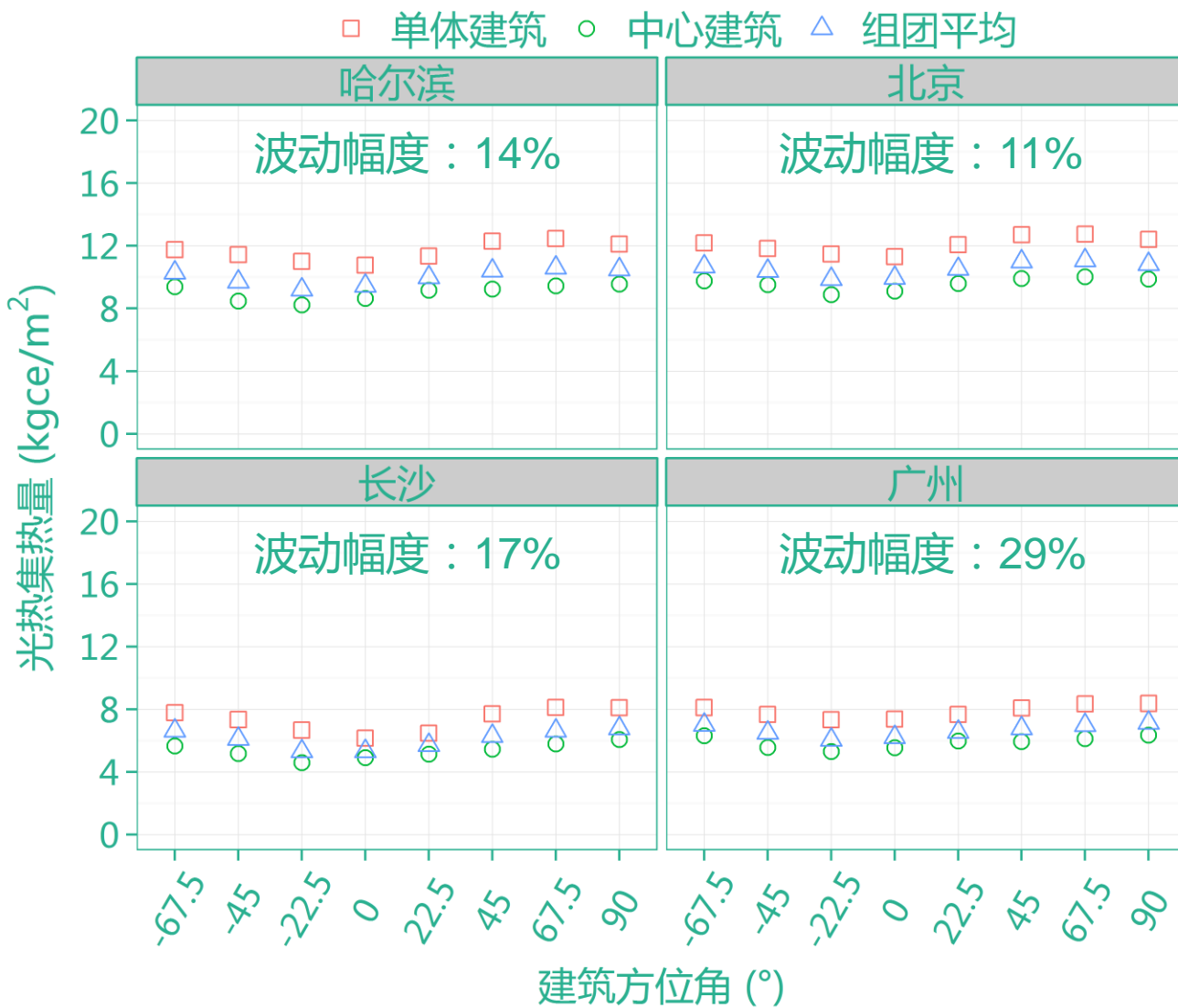
# 建筑平面形状的影响—光热

## 结果与讨论

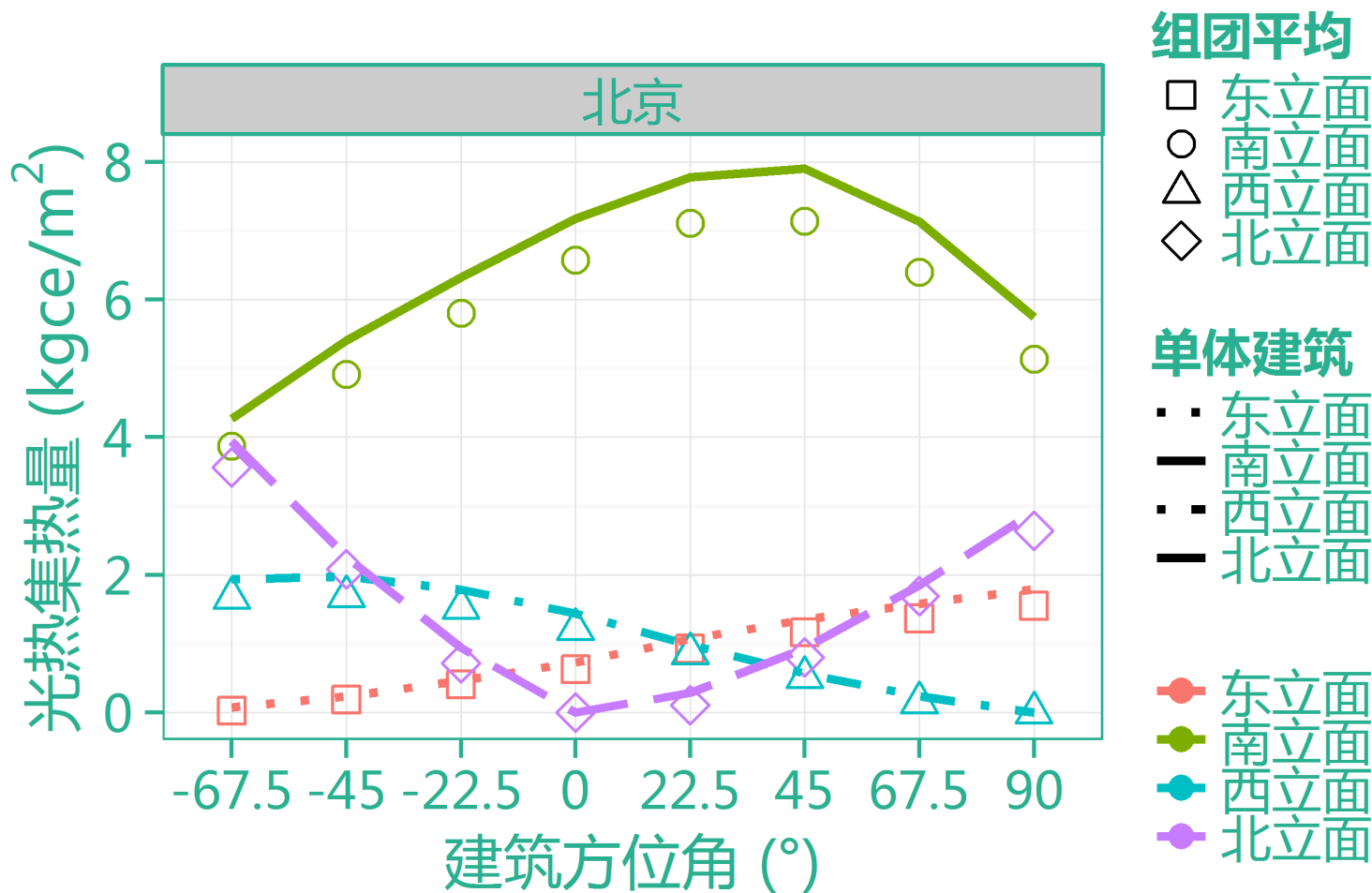


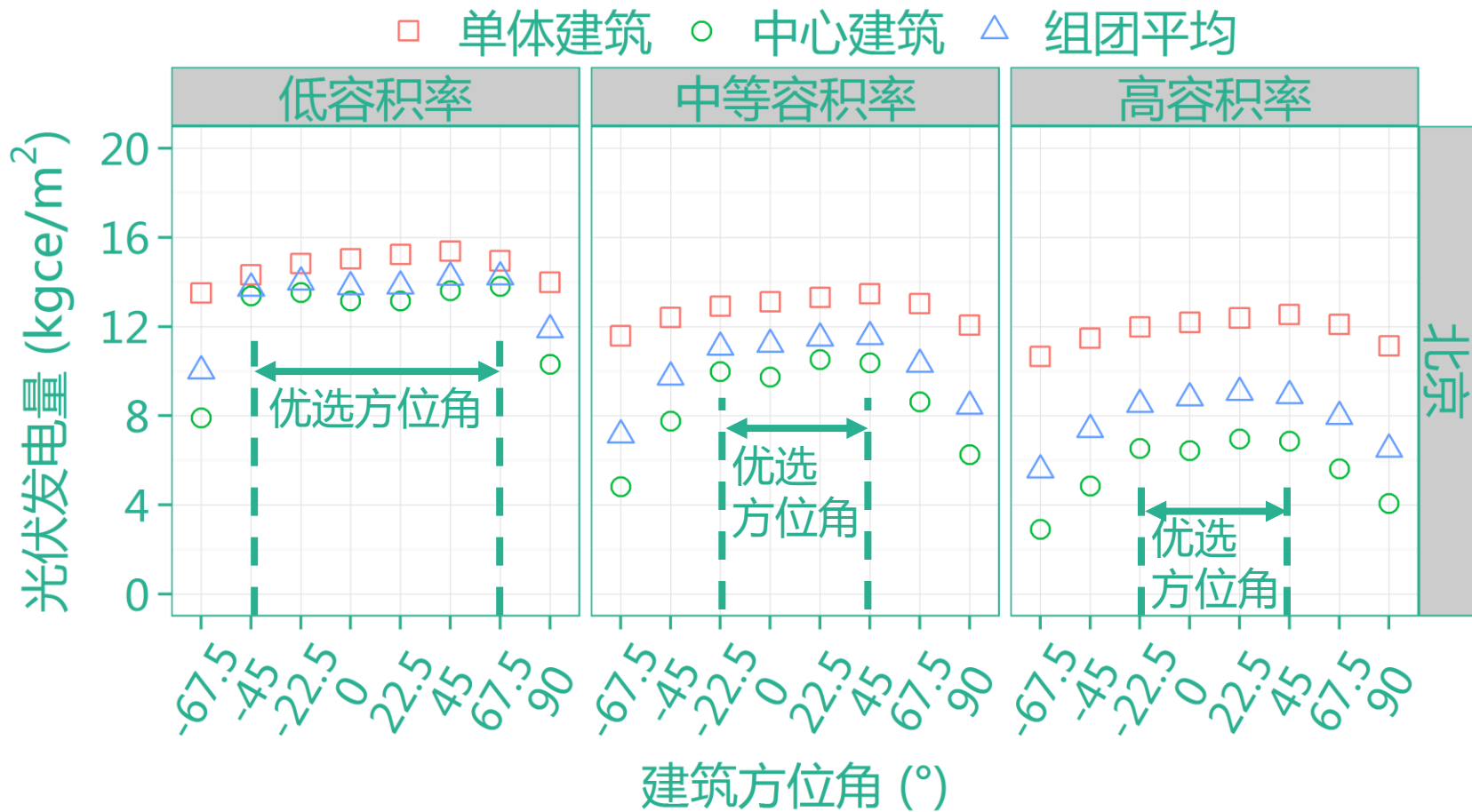
# 建筑朝向的影响 — 光热

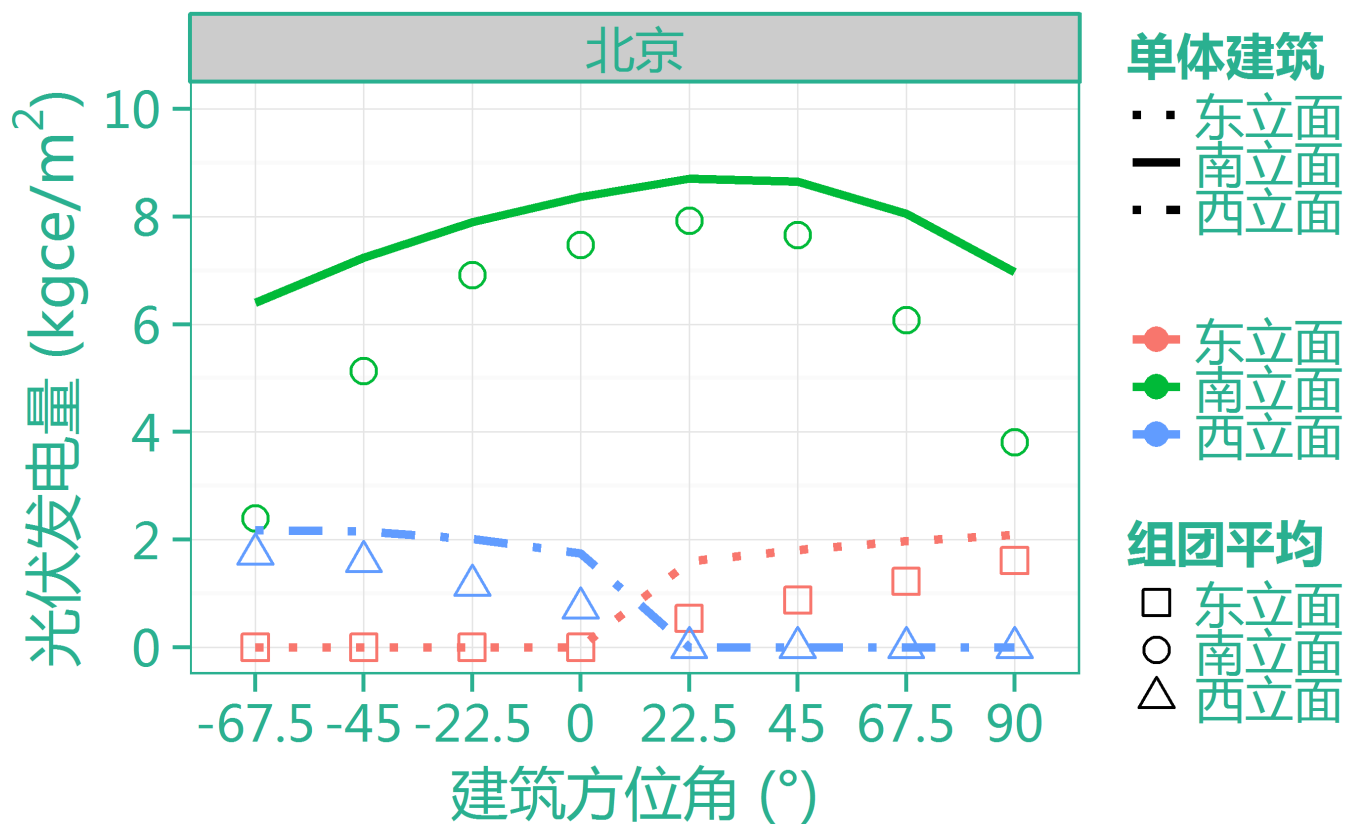
## 结果与讨论



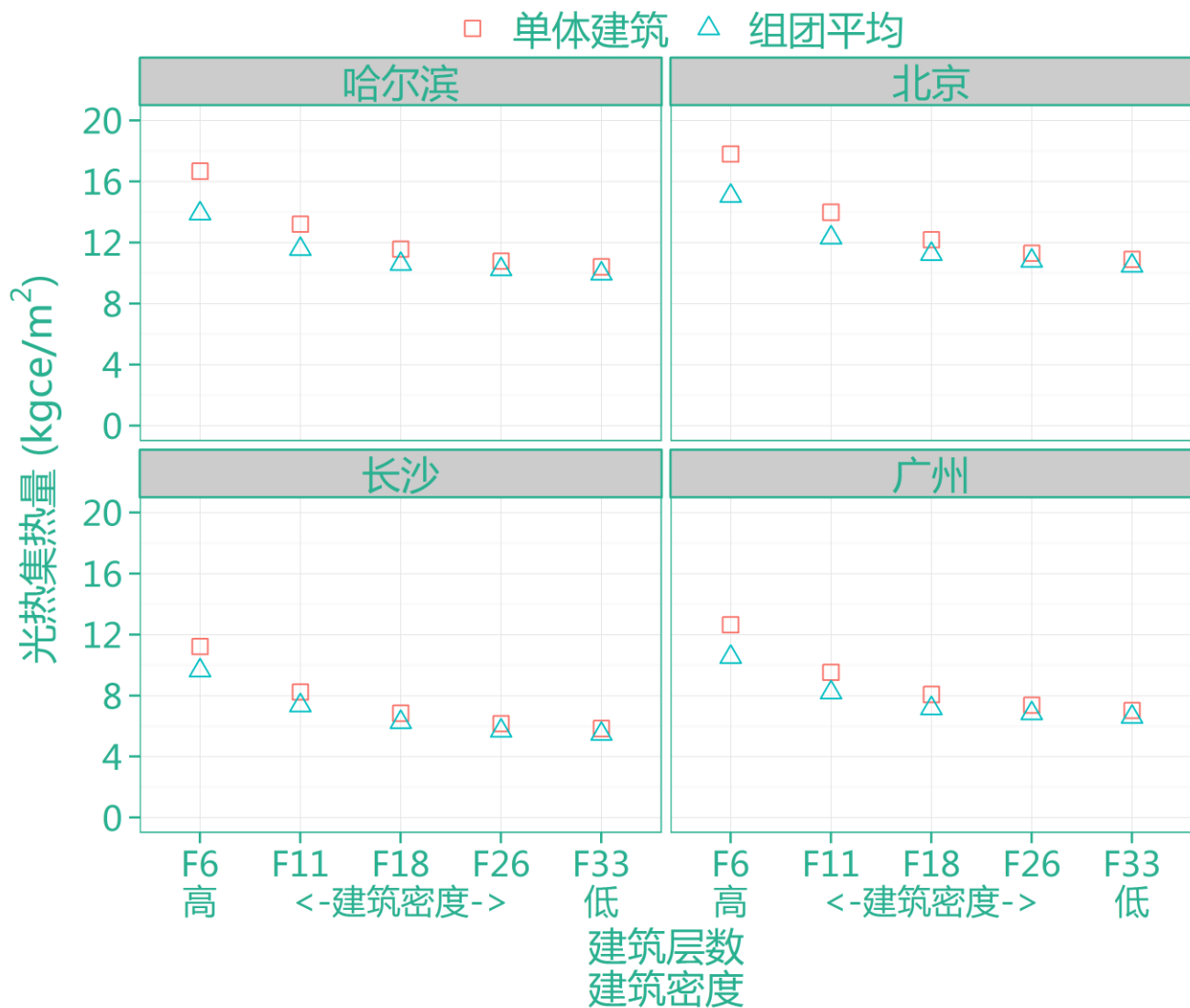
高容积率







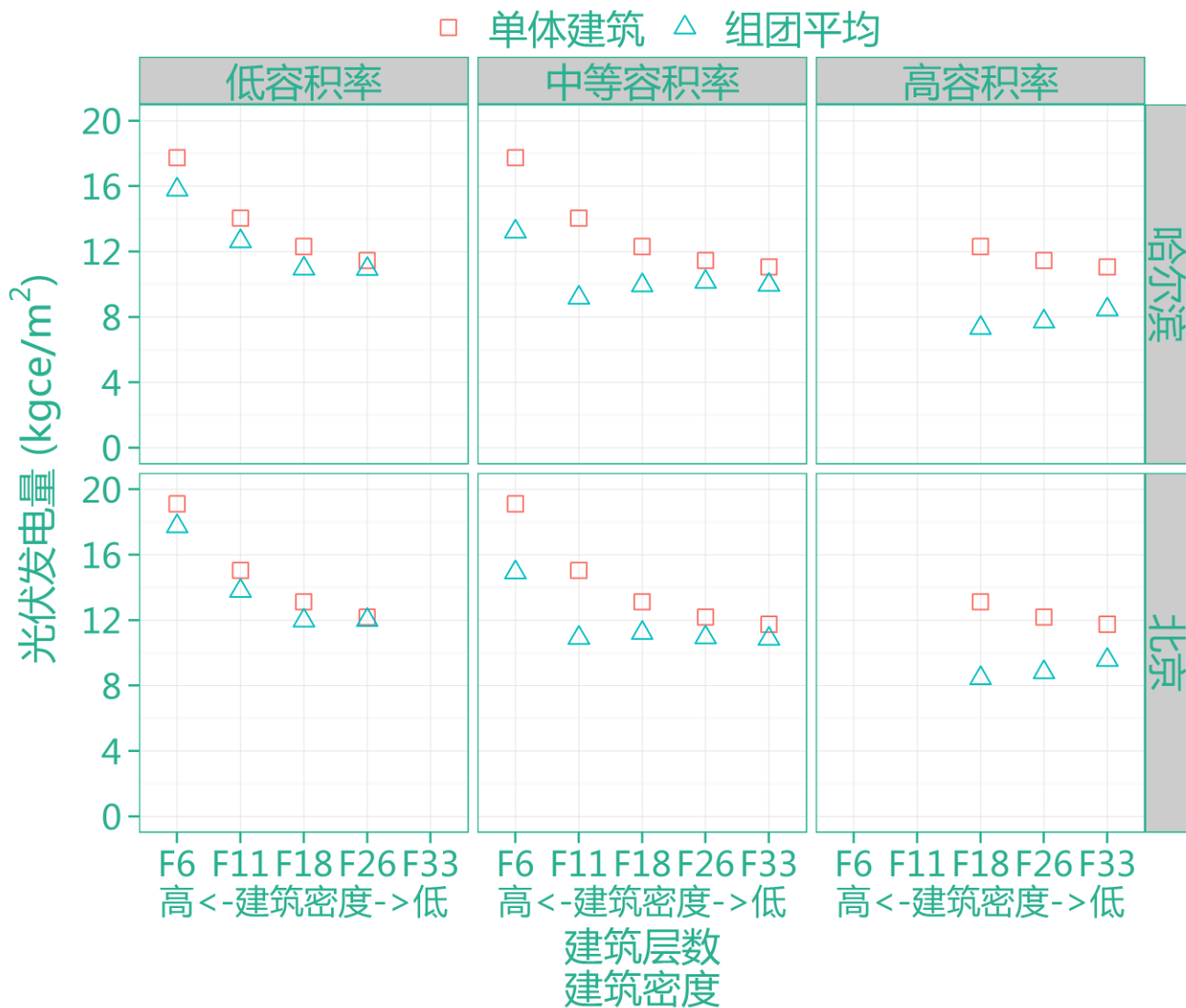




中等容积率

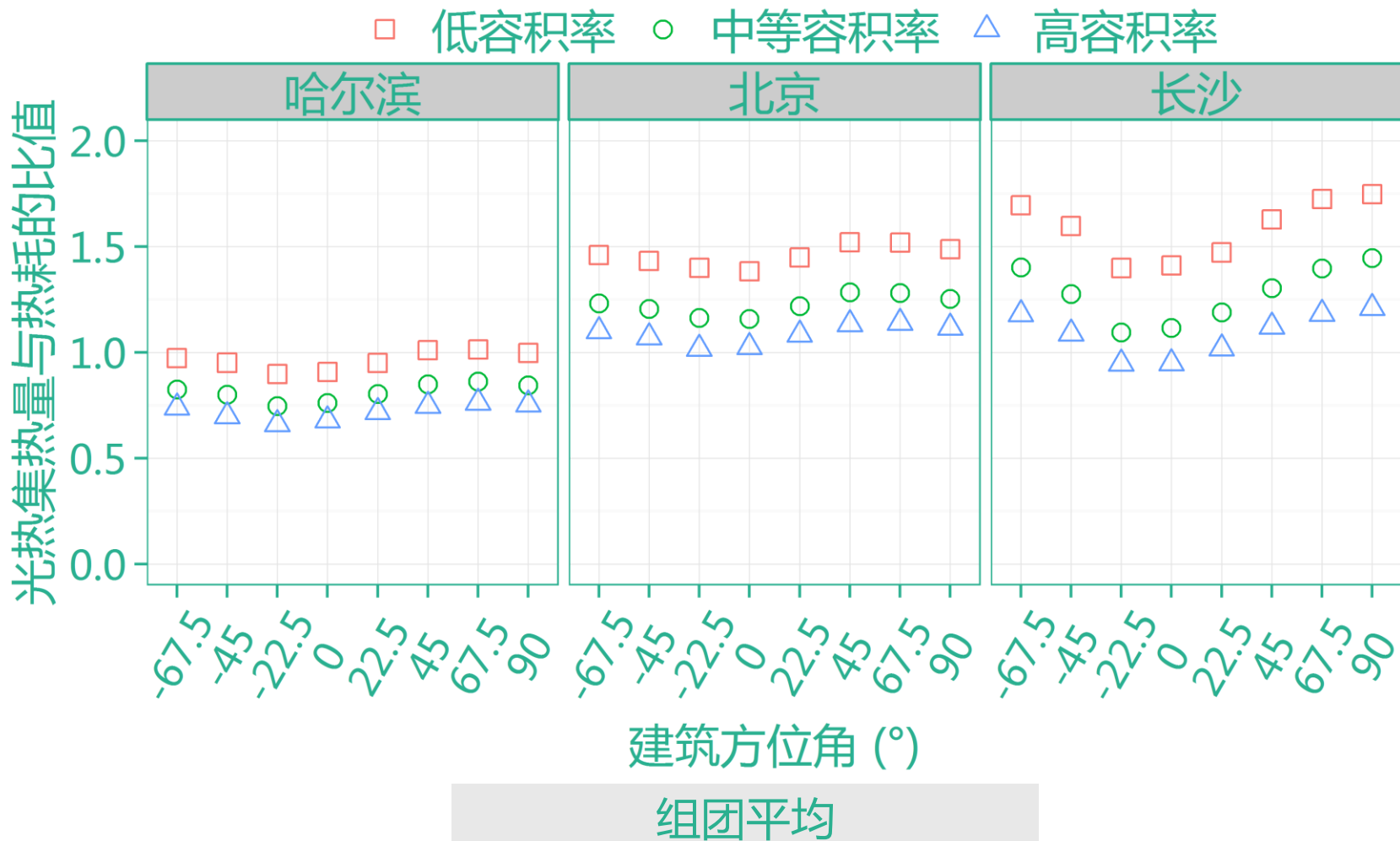
# 建筑密度的影响 — 光伏

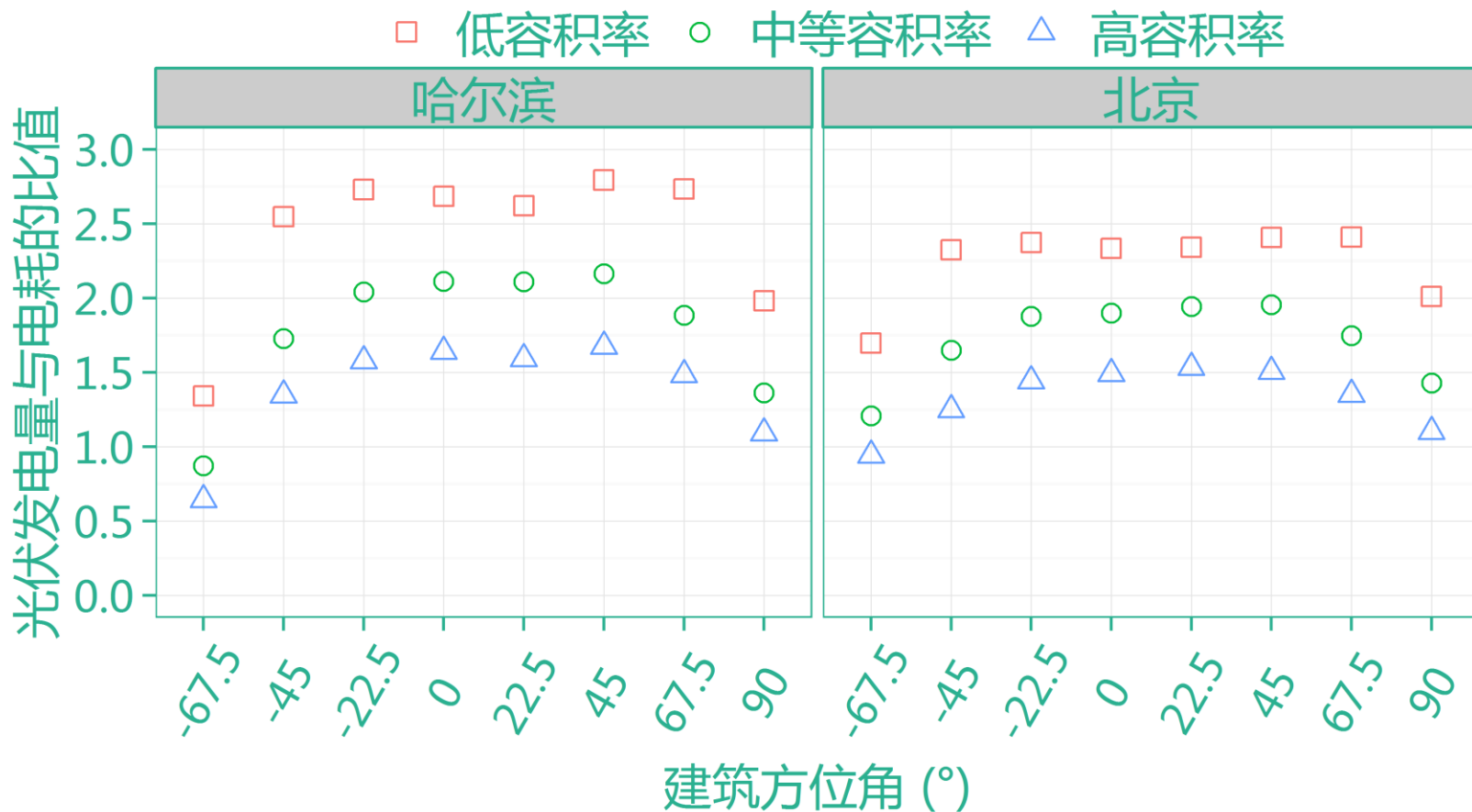
## 结果与讨论



# 光热太阳能势 VS 建筑热耗

## 结果与讨论

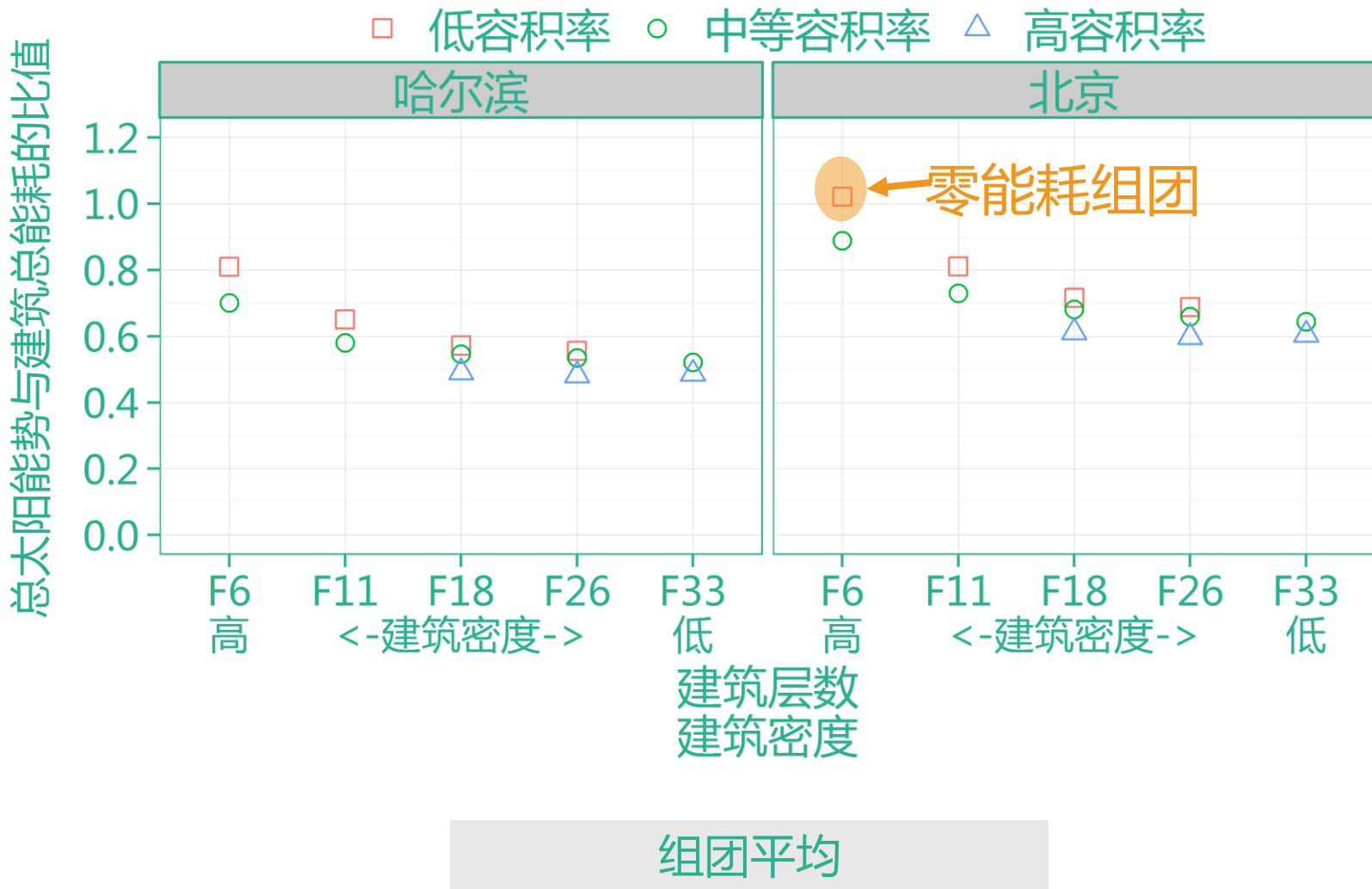




组团平均

# 总太阳能势VS建筑总能耗

## 结果与讨论



- 太阳能势是评价城市建筑太阳能资源的可行的重要指标，建筑平面形状、建筑朝向、建筑密度及容积率是影响建筑组团太阳能势的主要因素。
- 哈尔滨和北京地区建筑组团的光伏太阳能势可满足建筑电耗的需求。
- 北京、长沙和广州地区建筑组团的光热太阳能势可满足建筑热耗的需求。
- 依靠太阳能实现城市零能耗居住建筑较难，仅北京地区低容积率低层建筑组团可以实现零能耗。

谢 谢