

# 轻型屋顶绿化的节电效果

## Effect of Light Roof Greening on Saving Electric Power Consumption

赵定国<sup>1</sup>，薛伟成<sup>2</sup>

<sup>1</sup>上海市农业科学院生态环境保护研究所，上海 201106

<sup>2</sup>上海世源屋顶绿化有限公司，上海 200245

ZHAO Ding-guo<sup>1</sup>, XUE Wei-cheng<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Environmental Science Research Institute, SAAS, Shanghai 201106, China;

<sup>2</sup>Shanghai Shi-yuan Roof Greening Co., Ltd., Shanghai 200245, China)

**摘要:**研究表明:有屋顶绿化的比没有屋顶绿化的房间用电量减少  $0.1066\text{kWh}\cdot\text{d}^{-1}\text{m}^{-2}$  或  $0.0333\text{kWh}\cdot\text{d}^{-1}\text{m}^{-3}$ ; 白天减少 20.9%, 夜间减少 15.3%, 全天减少 18.4%。室外温度越高, 屋顶绿化的节电效果越大, 两者呈显著直线关系。按上海市区高温时段 100d, 上海市现有屋顶绿化面积  $40\times 10^4\text{m}^2$  估计, 节约用电量  $426.4\times 10^4\text{kWh}$ , 相当于一座日发电  $16\times 10^4\text{kWh}$  的小型发电厂 26.7 天发电量; 假设上海市平屋顶面积 2 亿  $\text{m}^2$  的 1% ( $200\times 10^4\text{m}^2$ ) 推广屋顶绿化, 可以节约用电量  $2132\times 10^4\text{kWh}$ , 相当于上海市每年购进外来电量的 2.92 倍。

**Abstract:** An experiment of light roof greening was carried out in order to study the effect on saving electric power consumption during summer. The results showed that compared with bare roof, greening roof could effectively reduce indoor electric power consumption by  $0.1066\text{kWh}\cdot\text{d}^{-1}\text{m}^{-2}$  or  $0.0333\text{kWh}\cdot\text{d}^{-1}\text{m}^{-3}$ , 20.9% in the daytime, 15.3% at night, and 18.4% all day. The higher the outdoor air temperature, the greater the electric power saved by roof greening.

**关键词:** 屋顶绿化 节约电量

**Key words:** Roofgreening ; Saving electric power consumption

屋顶绿化具有景观效果和生态效应<sup>[1~5]</sup>, 可以节约能源, 降低城市用电压力<sup>[6~7]</sup>。前人的研究很少涉及轻型屋顶绿化, 也未从屋顶绿化对降低屋面温度进而影响室内温度进行分析。上海市农业科学院生态环境保护研究所进行的试验反映出: 夏季高温时段, 轻型屋顶绿化屋面可以比裸屋面的温度降低  $20^\circ\text{C}$  以上, 从而可以降低室内温度  $2^\circ\text{C}$  左右 (赵定国 2006)<sup>[8]</sup>。但是上述研究也未能对温度降低后的节能指标进行定量分析。为考察屋顶绿化的节电效果, 特进行本次试验。

## 1 材料与方法

### 1.1 时间和地点

试验时间: 2007 年 7 月 21 日—2007 年 8 月 1 日

试验地点: 上海世源屋顶绿化有限公司 (上海市农业科学院屋顶绿化实验基地)

### 1.2 材料

松下挂壁式空调机 2 台, 功率 1500W; 指针式温度计 2 架; 电表 2 个; 面积相等的轻型平屋顶房间 2 间, 其中 1 间为裸屋面 (没有绿化), 1 间为绿化屋面 (采用植草盘, 盘内有生长基质和景天科植物); 保护区房间 2 间。

### 1.3 屋顶布置

屋顶结构 自上而下为①混凝土 5cm; ②水泥 5 孔楼板; ③石灰保护层 3mm。

房间结构 房间内净长 6.9m、宽 3.4m、高 3.2m; 房间墙为砖墙, 隔墙为 28cm, 前后墙为 16cm; 没有窗, 南墙有一扇门。门为塑钢门, 宽 1.2m、高 2.5m。

试验房间内物件 每间房空间

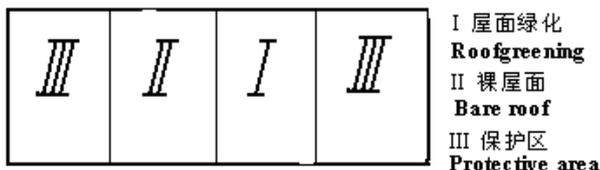


图1 屋面布置方案

内堆放长 3.5m、宽 2.9m、高 1.5m 的圆木料。

空调机位置 各挂在试验房内北墙，高 2.5m 处。

屋面布置方案如图 1。

#### 1.4 试验步骤

1.4.1. 预备试验 空调机统一设定 26℃后运行 1d，开始正式试验。

1.4.2. 温度记录

室内温度记录 正式试验开始，早上 6：00 和下午 18：00 各一次。

室外温度记录 早上 6：00、中午 13：00 和下午 18：00 各一次。

1.4.3. 电表读数记录 与室内温度记录相同

#### 1.5 数据整理

白天用电量 当天下午 18：00 电表读数减去早上 6：00 电表读数。

夜间用电量 后一天早上 6：00 电表读数减去当天下午 18：00 电表读数。

## 2 试验结果与分析

### 2.1. 试验场所室外温度情况

试验场所室外温度每日 13：00 的温度最高，6：00 的温度最低，18：00 的温度处于 13：00 和 6：00 的中间。如果设 13：00 的温度为  $x$ ，18：00 的温度为  $y$ ，那么两者的关系为： $y = 15.2991 + 0.50669x$  ( $n=12$ ,  $r = 0.8368^*$ )

每日 13：00 的温度逐渐升高，6：00 的温度比较平衡，2007 年 7 月 24 日后 18：00 的温度相对平衡（图 2）。

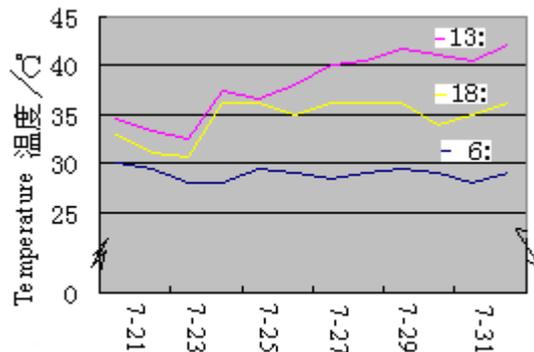


图2 试验阶段室外温度(2007年)

### 2.2. 试验的耗电量比较

白天用电量: 白天试验房间内有绿化用电量  $5.93\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$ ，比无绿化用电量  $7.50\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$  减少  $1.57\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$ ，减少 20.9%。 夜间用电量: 夜间试验房间内有绿化用电量  $5.09\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$ ，比无绿化用电量  $6.01\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$  减少  $0.92\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$ ，减少 15.3%。

全天用电量用: 全天用电量，有绿化房间  $11.02\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$ ，比无绿化房间  $13.51\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$  减少  $2.49\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$ ，减少幅度为 18.4%（表 1）。

表 1, 试验房间用电量  $\text{kWh} \cdot \text{d}^{-1}$

	裸屋面	屋面绿化	用电量差距	减少, %
白天	7.50	5.93	1.57	20.9
夜间	6.01	5.09	0.92	15.3
全天	13.51	11.02	2.49	18.4

### 2.3. 节电量与室外温度的关系

如果设 18：00 的温度为  $x$ ，全天房间内电量有绿化比无绿化减少%为  $y$ ，那么两者的关系为： $y = -34.3945 + 1.5372x$  ( $n = 12$ ,  $r = 0.7270^*$ )，室外温度越高，屋顶绿化的节电效果越大。

### 2.4. 屋顶绿化节电的经济效应

#### 2.4.1. 屋顶绿化节电的单位效应

按试验房间  $75.072\text{m}^3$ ，屋顶面积  $23.46\text{m}^2$  计，在试验期间，屋顶绿化每日节电  $2.49\text{Wh} \cdot \text{d}^{-1}$ ，因此单位屋顶绿化面积可节电  $0.1066\text{Wh} \cdot \text{d}^{-1}\text{m}^{-2}$ ，房间内可以减少  $0.0333\text{Wh} \cdot \text{d}^{-1}\text{m}^{-3}$ 。按

上海市城区 30℃ 以上温度的天气约有 100d 计算,单位屋顶绿化面积用电量可节电 10.66kWh·m<sup>-2</sup> (表 2)。

表 2 屋顶绿化对用电量的影响

部位	裸屋面	屋面绿化	用电量差距
房间内, kWh·d <sup>-1</sup> ·m <sup>-3</sup>	0.1801	0.1468	0.0333
屋顶, kWh·d <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup>	0.5763	0.4697	0.1066

#### 2.4.2. 大面积屋顶绿化节电的估算

##### 2.3.2.1. 上海市现有屋顶绿化面积节电的效应分析

上海市现有屋顶绿化面积  $40 \times 10^4 \text{m}^2$ ,按表 2 数据 100d·m<sup>-2</sup> 的推算,已经节约用电量  $426.4 \times 10^4 \text{kWh}$ ,相当于一座小型发电厂(日发电  $16 \times 10^4 \text{kWh}$ ) 26.7 d 的发电量。

##### 2.3.2.2. 上海市推广屋顶绿化节电的前景分析

上海市政府新闻发布会宣布电力迎峰度夏工作,从 6 月 15 日开始,到 9 月 23 日结束,历时 100d,电力公司将购进外来电力  $729 \times 10^4 \text{kWh}$ ,以弥补高温时段的电力缺口。

上海市现有平屋顶面积约  $2 \times 10^8 \text{m}^2$ ,如果其中的 1% ( $200 \times 10^4 \text{m}^2$ ) 推广屋顶绿化,若按照上海 30℃ 以上温度的天气 100d 计,可以节约用电量  $2132 \times 10^4 \text{kWh}$  (相当于  $0.86 \times 10^4 \text{t}$  标准煤的发电量),是购进外来电力 ( $729 \times 10^4 \text{kWh}$ ) 的 2.92 倍。

## 3 结论

3.1. 有屋顶绿化的房间比没有屋顶绿化的房间用电量,白天减少 20.9%,夜间减少 15.3%,全天减少 18.4%。

3.2. 有屋顶绿化的房间比没有屋顶绿化的房间用电量,按屋顶面积计算可减少  $0.1066 \text{kWh} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ,按房间内空间计算可减少  $0.0333 \text{kWh} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ 。若按上海市城区高温时段 100d 计,单位屋顶绿化面积的用电量可以减少  $10.66 \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

3.3. 室外温度越高,屋顶绿化的节电效果越大。如果设 18:00 的温度为  $x$ ,全天房间内电量有绿化比无绿化减少%为  $y$ ,那么两者的关系为:  $y = -34.3945 + 1.5372x$  ( $n = 12, r = 0.7270^*$ ),呈显著直线关系。

3.4. 上海市现有屋顶绿化面积  $40 \times 10^4 \text{m}^2$ ,高温时段 100d,可以节约用电量  $426.4 \times 10^4 \text{kWh}$ ,相当于一座小型发电厂(日发电  $16 \times 10^4 \text{kWh}$ ) 26.7 d 的发电量。

3.5. 如果按上海市现有屋顶面积  $2 \times 10^8 \text{m}^2$  的 1% ( $200 \times 10^4 \text{m}^2$ ) 推广屋顶绿化,上海市城区高温时段 100d,可以节约用电量  $2132 \times 10^4 \text{kWh}$  (合  $0.86 \times 10^4 \text{t}$  标准煤),是购进外来电力 ( $729 \times 10^4 \text{kWh}$ ) 的 2.92 倍,可以在很大程度上缓解上海城市夏季用电的矛盾。

