

# 光伏直驱变频空调技术应用及示范



刘怀灿

国家节能环保制冷设备工程技术研究中心



# 目 录

1 研究背景

2 技术创新

3 应用示范

4 发展前景

# 1

## 研究背景

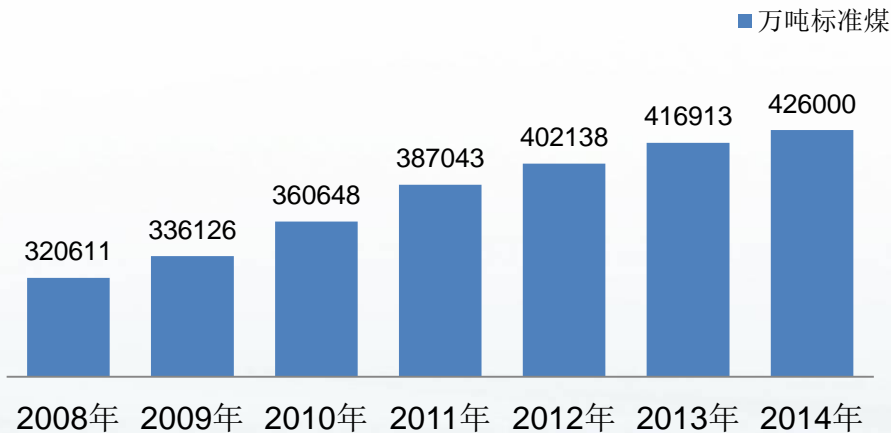
- 能耗现状
- 技术发展
- 能源筛选
- 能源选择
- 空调耗电与太阳能发电一致
- 银川太阳能资源丰富
- 目标和方向

# 1. 研究背景

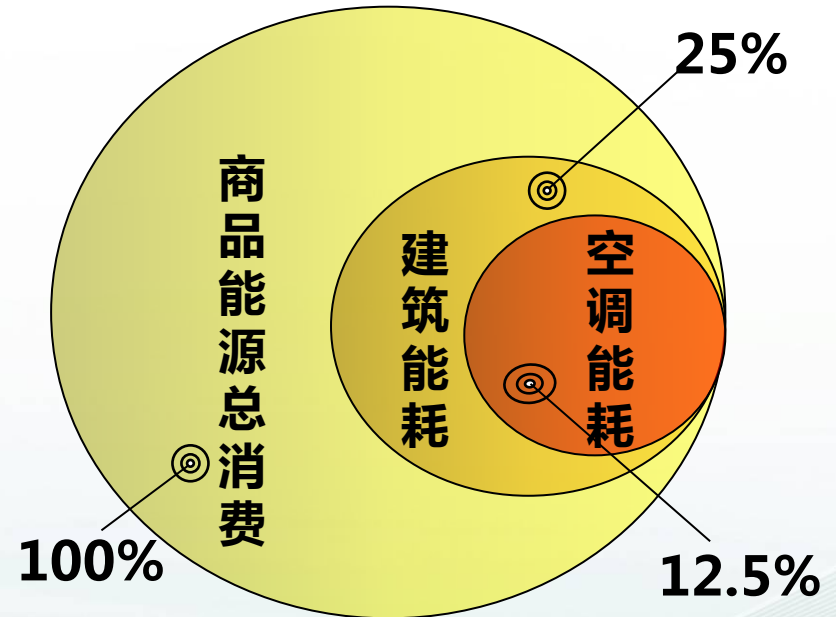
## 1.1 能耗现状

- 建筑能耗是主要能源消耗方式之一，**空调能耗占建筑能耗50%**
- 人均建筑能耗低，随着城镇化发展，**增加能耗满足需求不可维系**

### 社会能源消费总量



——数据源自国家统计局

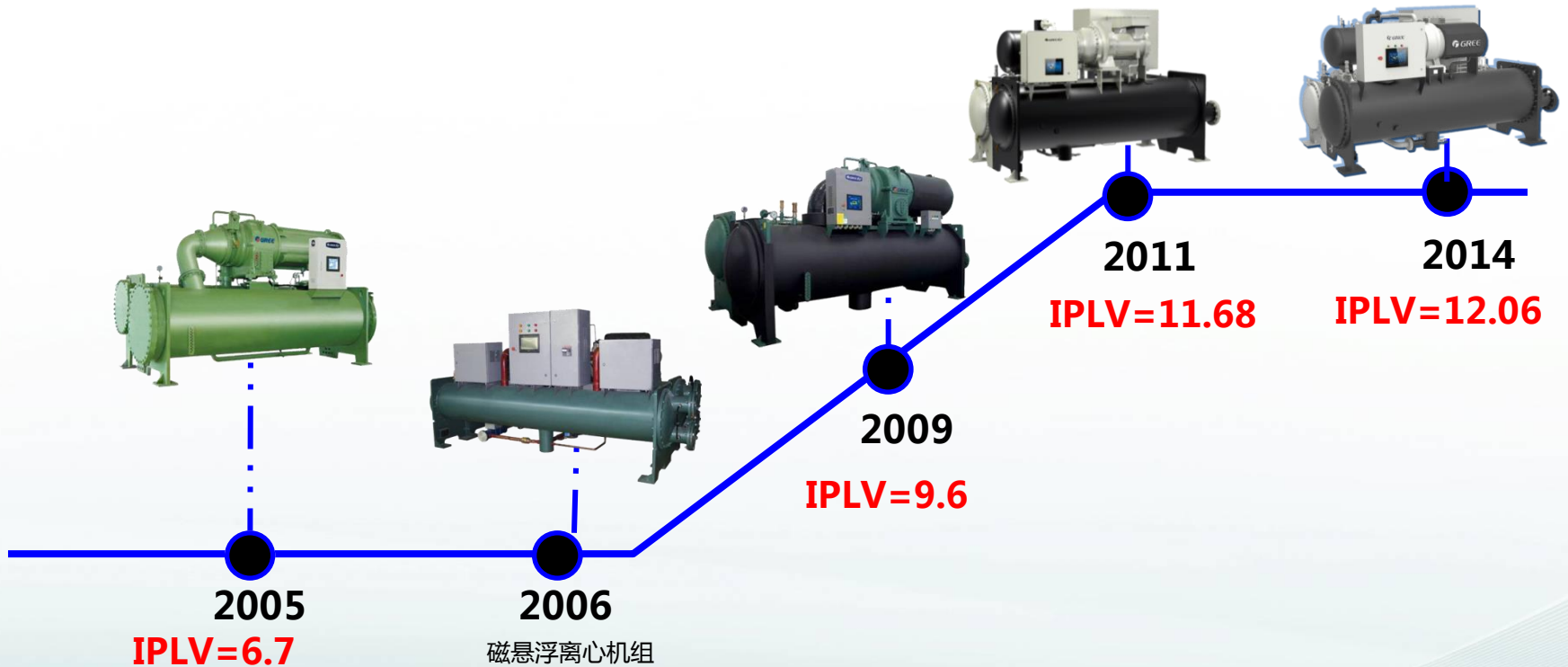


——数据源自《中国建筑节能年度发展研究报告》

# 1. 研究背景

## 1.2 技术发展

- “**节流**” 层面，空调设备的效率已经达到很高水平
- 从 “**开源**” 层面再思考



# 1. 研究背景



## 1.3 能源筛选

- “开源”层面，选择最优质、最环保的可再生能源是发展方向
- 太阳能拥有就地消纳优势，符合空调使用现状



**风能**：远离负荷中心，远距离大容量输出，成本高。



**太阳能**：就地利用，不存在远距离输配问题；洁净能源，不影响生态平衡。



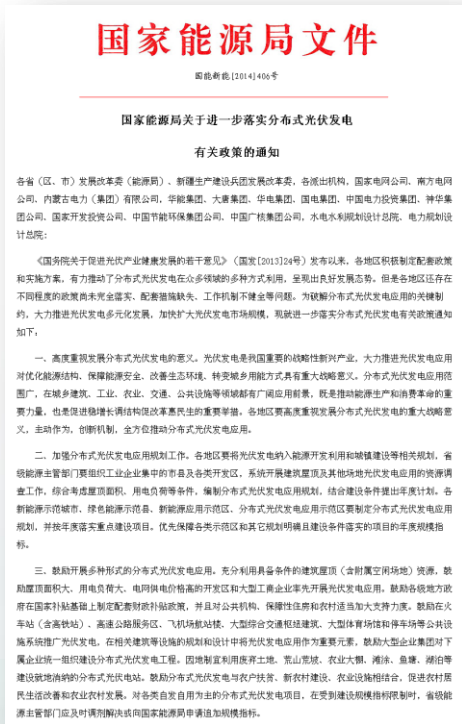
**地热能**：中低温资源为主，适合发电的高温地热资源稀少。



# 1. 研究背景

## 1.4 能源选择

- 我国分布式光伏政策发布，支持即发即用的设备**具备应用推广条件**；

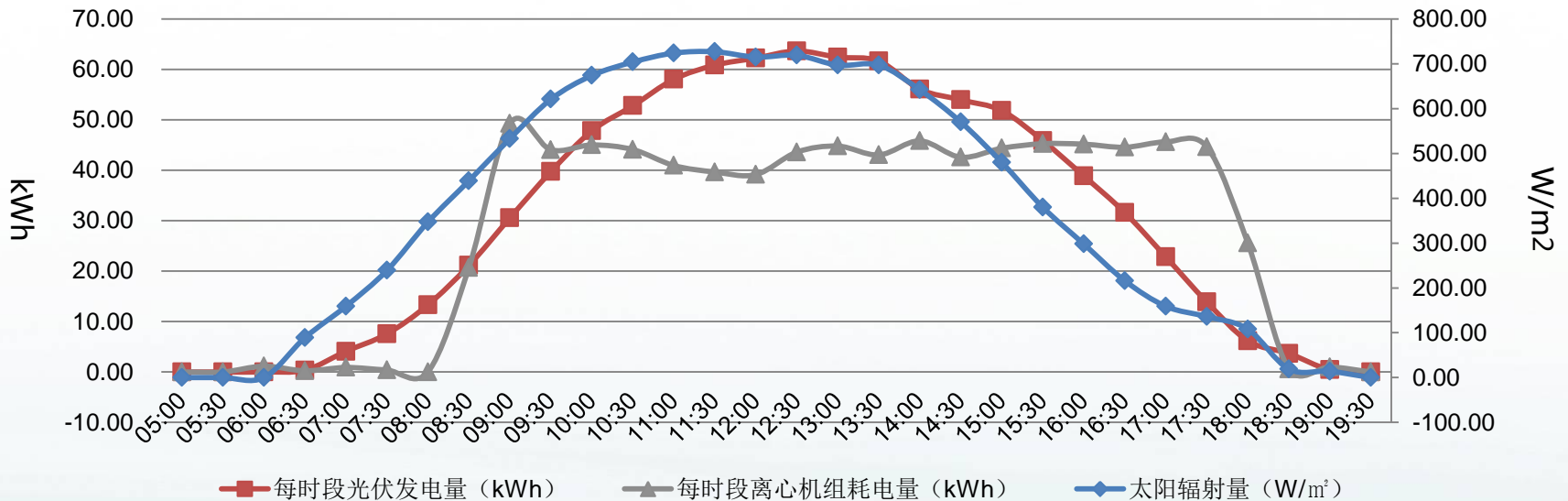


# 1. 研究背景

## 1.5 空调耗电与太阳能发电一致

- 太阳能辐照量与空调机组冷负荷情况相匹配

系统某天中每时段发用电量

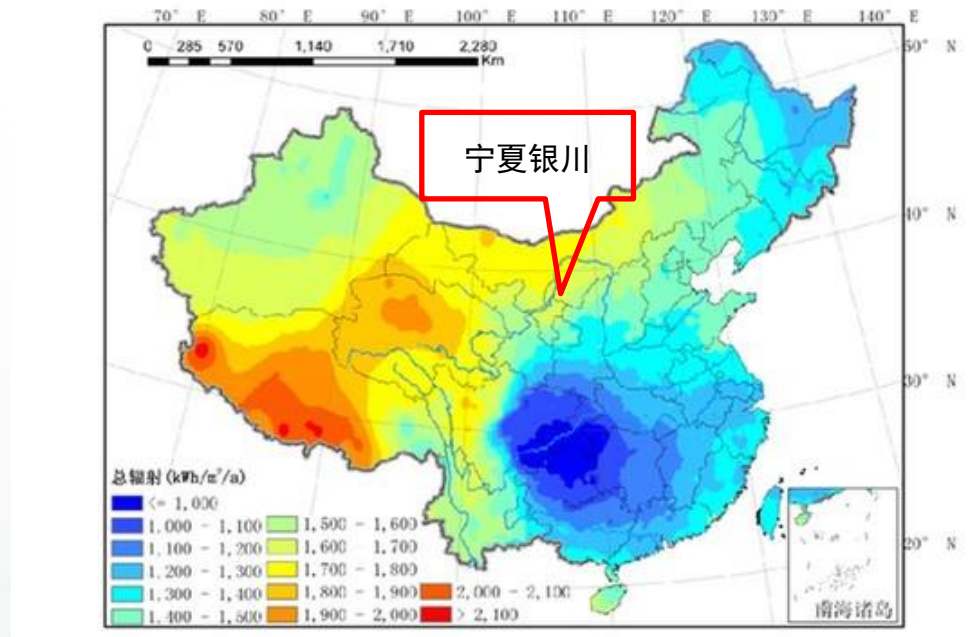


某城市某天太阳辐射强度与空调冷负荷变化曲线

# 1. 研究背景

## 1.6 银川太阳能资源丰富

- 银川太阳能资源丰富，白天天气炎热



全国日照强度分布图



# 1. 研究背景

---

## 1.7 目标和方向

- 分布式发电与用电相结合，**能源就地消纳**
- 通过技术集成，**提升能源利用效率**
- 能够覆盖各种场合的**多种系统方案**

# 2

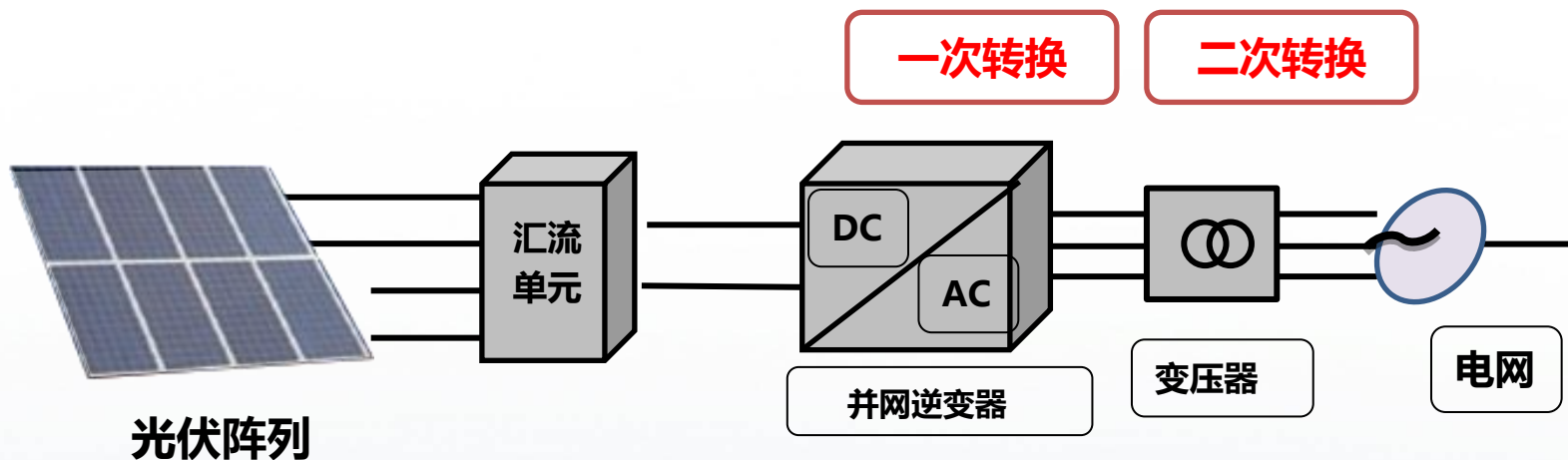
## 技术创新

- 关键技术创新
- 运行模式
- 满足各种场合需求

## 2. 技术创新



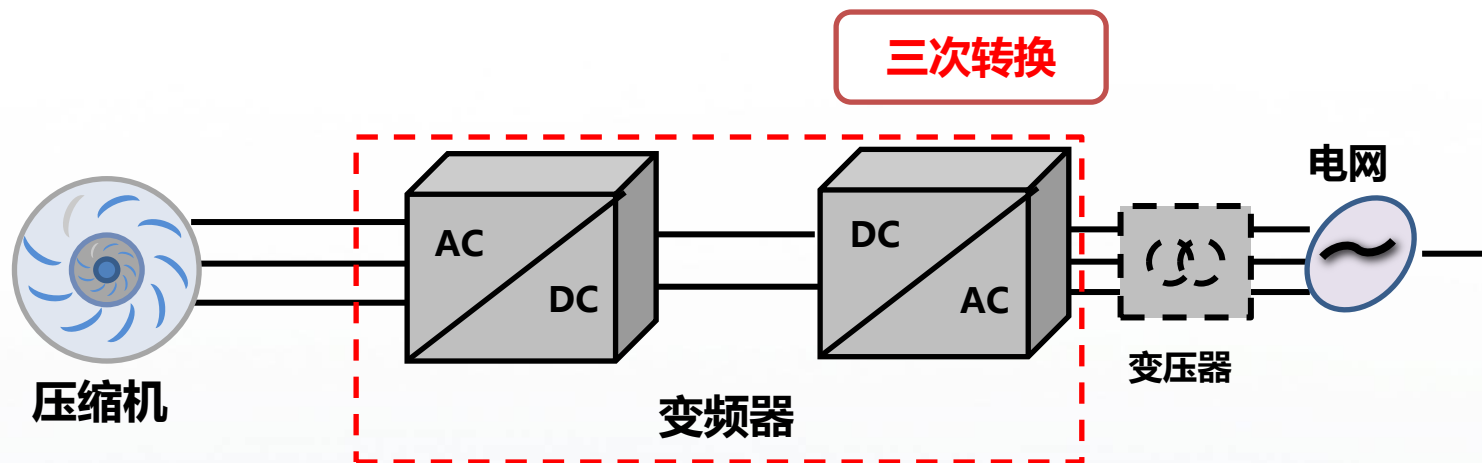
### 光伏直流电逆变成交流上网



## 2. 技术创新



变频空调将交流电整流成**直流电**使用



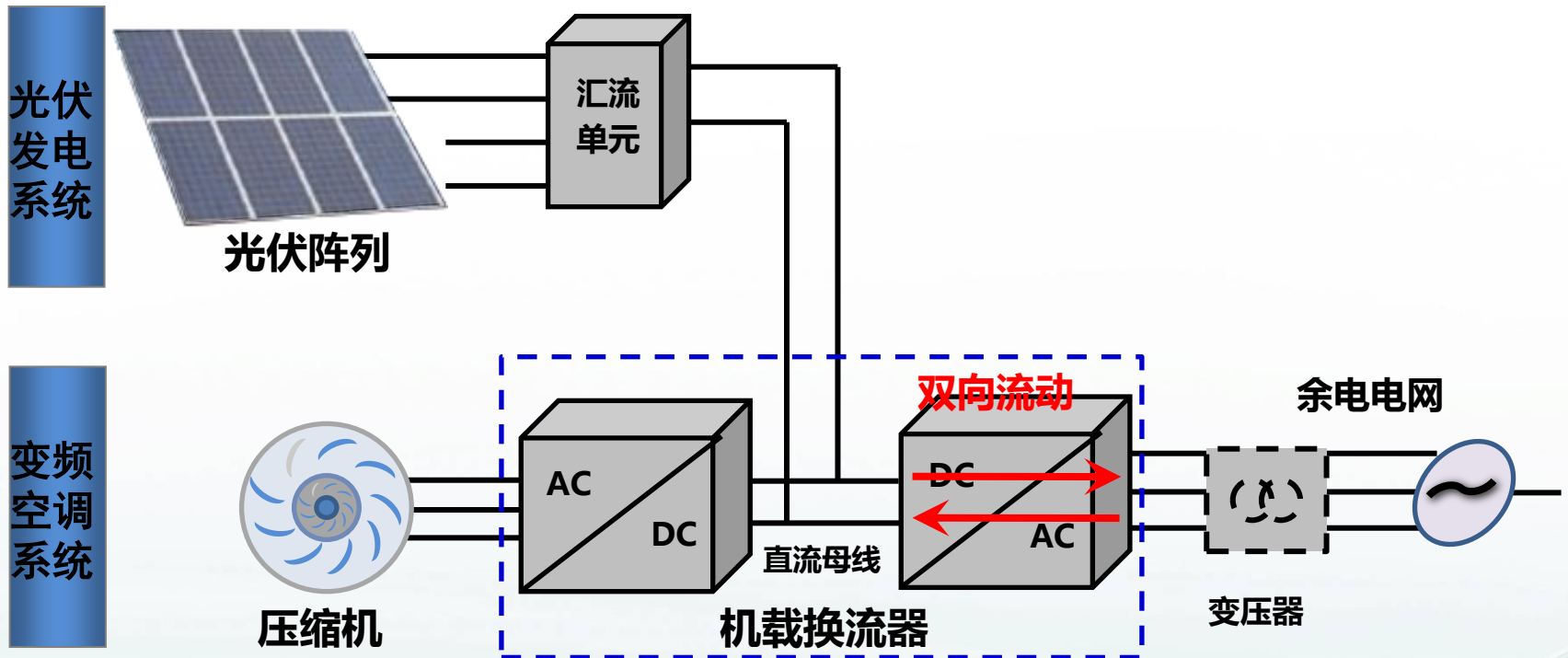
## 2. 技术创新



**光伏所发直流电电能经过交流逆变、变压上网、整流成直流电使用！  
多次电能转换，造成能量损失！**

## 2. 技术创新

### 光伏直驱变频空调技术



## 2. 技术创新



### 关键技术创新：

- 光伏直驱变频空调技术
- 三元换流技术
- 动态负载跟踪MPPT控制技术
- PAWM交错控制技术
- 发用电一体化管理技术

## 2. 技术创新



### 运行模式：

- 纯光伏发电工作模式（用电=0）
- 纯空调工作模式（发电=0）
- 光伏发电+系统发电工作模式（发电 > 用电）
- 光伏发电+系统用电工作模式（发电 < 用电）
- 光伏空调工作模式（发电=用电）

## 2. 技术创新

满足各种场合需求





# 3

## 应用示范

- 国内示范项目
- 国外示范项目
- 示范一
- 示范二

# 3. 应用示范



## 3.1 国内示范项目

- **广州国光电器项目**

日照时数：3.69h

建筑负荷：1230kW

机型：1台LSBLX350SVS

装机容量：253kWp



- **广西南宁职业技术学院项目**

日照时数：3.76h

建筑负荷：950kW

机型：1台LSBLX275SVS

装机容量：175kWp



# 3. 应用示范



## 3.1 国内示范项目

- **上海上交大中意绿色能源实验室项目**

日照时数：3.81h

建筑负荷：67kW

机型：2台GMV-Y335WM/A

装机容量：10.07kWp

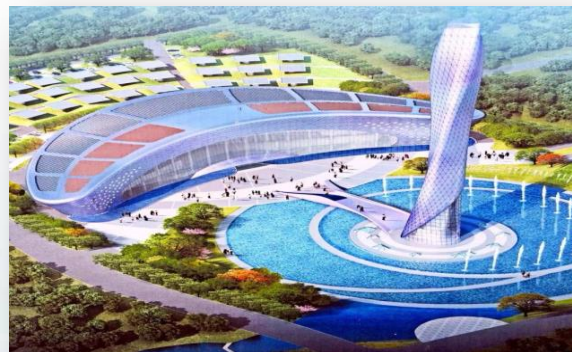
- **江苏宿迁光电研究中心项目**

日照时数：4.01h

建筑负荷：1050kW

机型：1台LSBLX300SVS

装机容量：190kWp



# 3. 应用示范



## 3.1 国内示范项目

- 天津建物街小学项目

日照时数：4.37h

建筑负荷：300kW

机型：9台GMV-Y335WM/A

装机容量：82.5kWp



- 光伏材料与技术国家重点实验室项目

日照时数：4.32h

建筑负荷：6680kW

机型：1台LSBLX900SVS、1台LSBLX1000SVS

装机容量：1200kWp



# 3. 应用示范



## 3.1 国内示范项目

- **西安中大国际项目**

日照时数：3.93h

建筑负荷：1400kW

机型：LSBLX400SVS

装机容量：230kWp



# 3. 应用示范



## 3.2 国外示范项目

- 伊朗德黑兰大学项目

日照时数：5.12h

建筑负荷：1200kW

机型：LSBLX350SVS

装机容量：240kW<sub>p</sub>



# 3. 应用示范



## 3.2 国外示范项目

- 马来西亚叶氏工厂

日照时数：4.56h

建筑负荷：3024kW

机型：108台GMV-Y280WM/A-X

装机容量：884.52kWp



# 3. 应用示范



## 3.2 国外示范项目

- 菲律宾Unitop商场项目

日照时数：4.57h

建筑负荷：3900kW

机型：2台LSBLX600SVS

装机容量：574kWp



## 3.3 示范一：广州国光电器——光伏直驱变频离心机系统

### (1) 简介

- **地点**：广东省广州市
- **建筑面积**：12000m<sup>2</sup>
- **空调面积**：7300m<sup>2</sup>
- **装机容量**：255kW
- **使用机型**：光伏直驱变频离心机  
(LSBLX350SVS)
- **项目概述**：选用一台光伏直驱变频离心机组，供厂房制冷使用



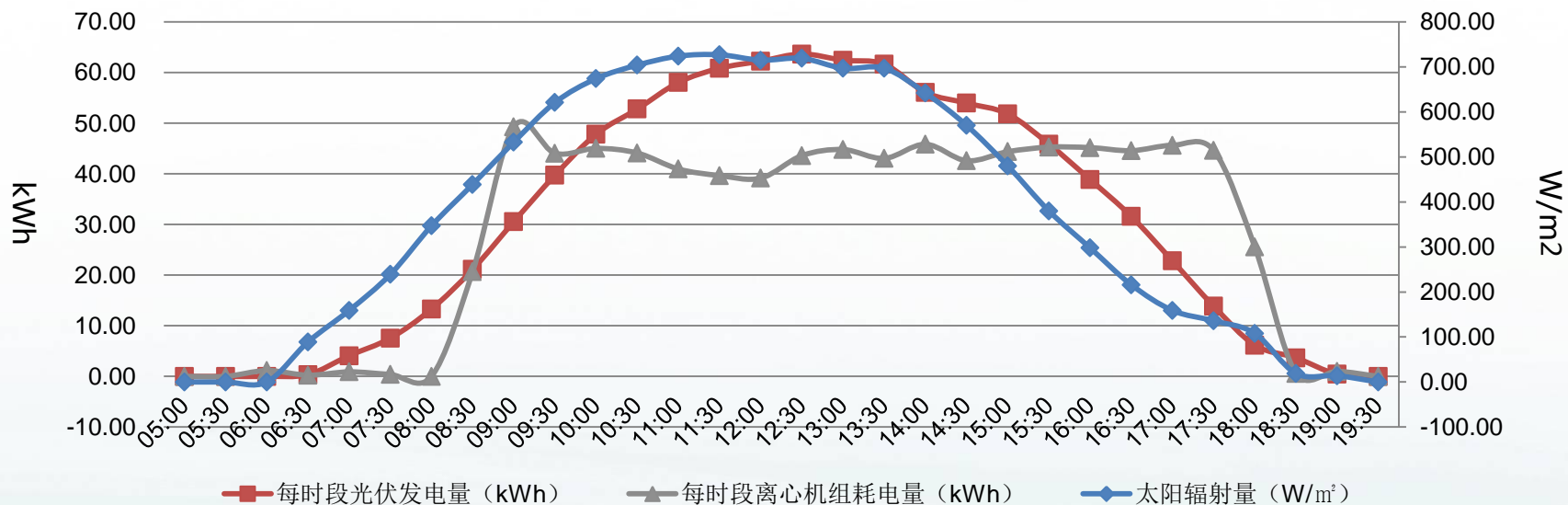
# 3. 应用示范



## 3.3 示范一：广州国光电器——光伏直驱变频离心机系统

### (2) 监测数据及分析

系统某天中每时段发用电量

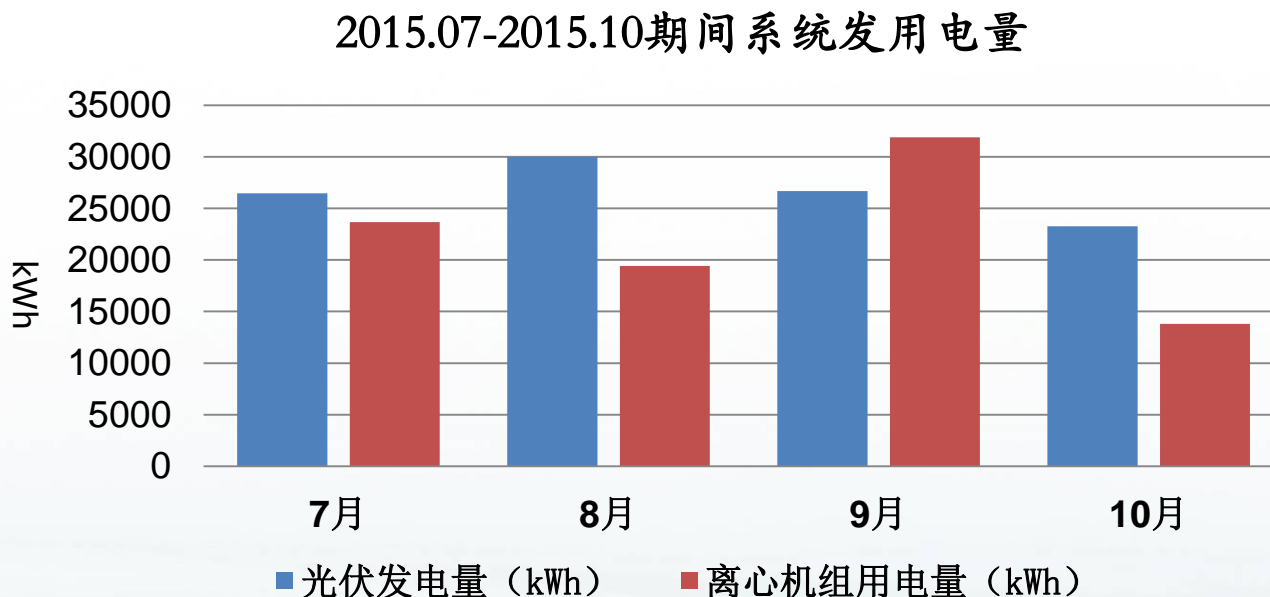


# 3. 应用示范



## 3.3 示范一：广州国光电器——光伏直驱变频离心机系统

### (2) 监测数据及分析



# 3. 应用示范

## 3.3 示范一：广州国光电器——光伏直驱变频离心机系统

### (3) 第三方测试报告

- 经测试，光伏直驱利用率，达到99.04%。
- 经测试，动态切换时间 < 10ms，电能质量指标均达到国家标准。

**国家建筑节能质量监督检验中心**

**检 验 报 告**

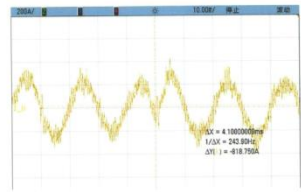
报告编号: 2013JT02 共 10 页第 4 页

测量时间点	$P_{10}$ (kW)	$P_{50}$ (kW)	$\eta$
14:05:00	179.79	181.58	99.01%
14:05:30	178.38	180.14	99.02%
14:06:00	183.68	185.46	99.04%
平均值			99.04%

2.1.4 检测结果  
经计算得出，光伏直驱利用率 $\eta=99.04\%$ ，满足标准要求。

中国科学院太阳能发电系统和风力发电系统质量检测中心

报告编号: PWQC-WTD131219D1R 原始记录编号: 20131219Y01-03 第 10 页 共 14 页

检测项目	动态切换时间
测试地点	珠海格力电器股份有限公司9层光伏离心机房
测试描述	离心压缩机输入功率为额定输入功率的50%±5%，用示波器记录光伏直驱变频离心机系统在光伏供电切换到市电供电运行状态或从市电供电切换到光伏供电运行状态所需要的时间，并将波形列表在，并分析时间。
测试波形	
机器状态	离心机输入功率为额定功率的50%±5%
测试结果	测试波形显示，切换时间为4.1ms，小于10ms

中国科学院太阳能发电系统和风力发电系统质量检测中心

报告编号: PWQC-WTD131219D1R 原始记录编号: 20131219Y01-04 第 11 页 共 14 页

检测项目	电能质量测试				
测试描述	分别测量 30%、50%、70%负载点的电能质量				
测试数据					
功率点 (%)	30	50	70	限值 (%)	
电压偏差 (%)	A	0.94	0.46	2.91	7, -10
	B	1.59	1.15	3.51	
	C	1.73	1.17	3.58	
电压谐波总畸变率	A	1.61	1.74	1.45	5
	B	1.72	1.66	1.59	
	C	1.47	1.87	1.59	
电压不平衡度 (%)	0.506	0.452	0.443	2	
频率偏差 (Hz)	±0.032	±0.034	±0.043	±0.20	
电流谐波含量	详细数据见附件1 详细数据见附件2 详细数据见附件3			---	
测试结果	符合标准要求				
检测结论: 检测项目均符合 Q/GD 20.00.054-2013 《光伏直驱变频离心机系统》相应条款的要求。 授权签名人:  职务: 光伏/风力系统检测实验室 技术负责人 签发日期: 2013.12.17					

# 3. 应用示范



## 3.3 示范一：广州国光电器——光伏直驱变频离心机系统

### (4) 节能性分析

类别	年经济环境效益	全生命周期经济环境效益
预计年发电量(万kW·h)	26.65	613.20
预计年回收电费(万元)	26.65	613.20
节约标准煤(t)	89.31	2054.22
减排二氧化碳(t)	232.22	5340.97
减排二氧化硫(t)	1.96	45.19
减排氮化物(t)	0.90	20.54
预计投入回报周期(年)	7年	/

注：根据《全国各省市峰值日照时数查询表》查到的数据，广州地区年均峰值日照时数为3.70h；  
电费以商业电价1元/kWh计算；  
环境效益以1kW·h电须消耗335g标准煤计算；  
以上回报周期计算不包含国家补贴。

# 3. 应用示范



## 3.4 示范二：天津建物街小学——光伏直驱变频多联机系统

### (1) 简介

- **地点**：天津市
- **空调面积**：2984平方米
- **装机容量**：82.5kW
- **使用机型**：光伏直驱变频多联机  
( GMV-Y335WM/A )
- **项目概述**：建筑包括学校主楼及综合楼，冷负荷约为280kW，选用8台GMV-Y335WM/A光伏直驱变频多联机组。

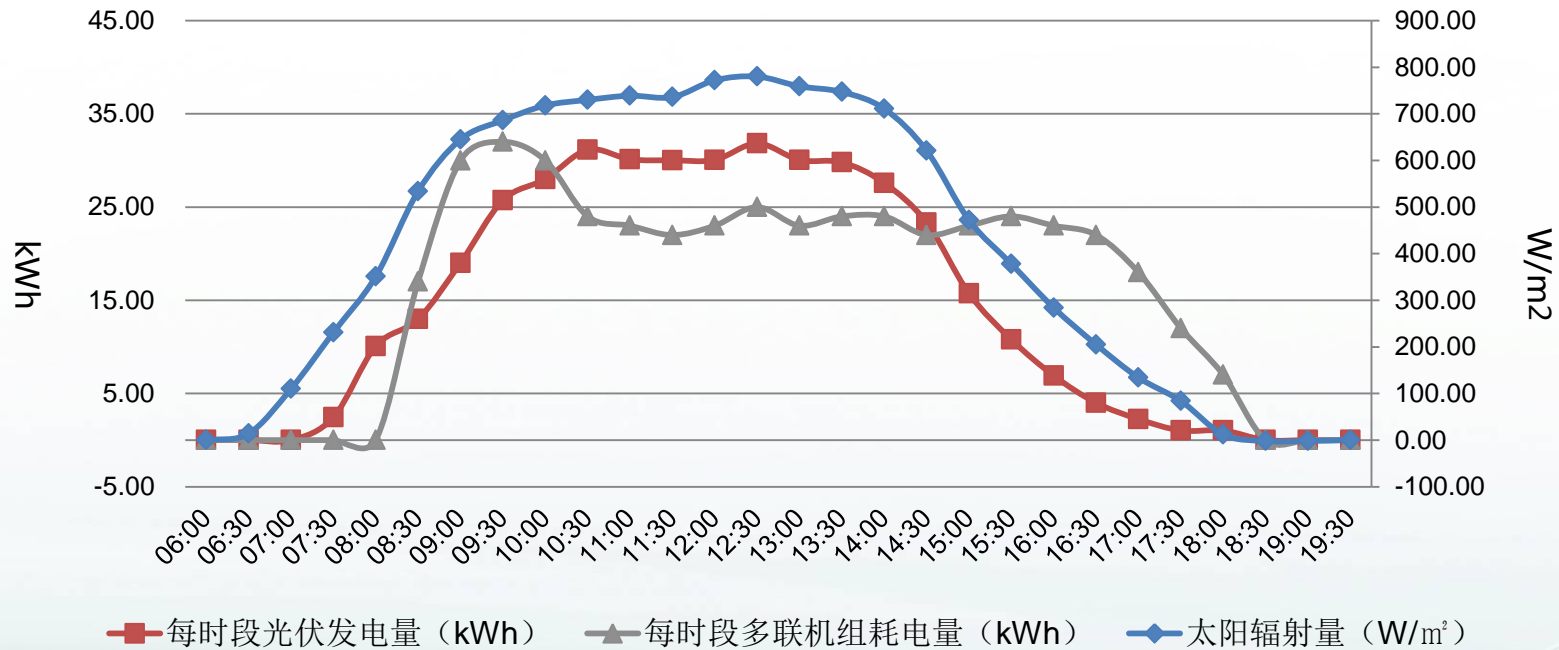


# 3. 应用示范

## 3.4 示范二：天津建物街小学——光伏直驱变频多联机

### (2) 监测数据及分析

系统某天每个时段发用电量



# 3. 应用示范

## 3.4 示范二：天津建物街小学——光伏直驱变频多联机

### (3) 第三方测试报告

- 经测试，光伏直驱利用率最高达到97.4%，动态切换时间 <10ms；
- 经测试，电能质量指标均符合国家标准。

中国建筑科学研究院建筑能源与环境检测中心  
检测报告

报告编号： 共 22 页 第 6 页

按 4.3.1 方法测试，计算光伏逆变转换效率  $\eta = \frac{P_{CL}}{P_{DC}}$ ，对于不含变压器的换流单元，最大

光伏逆变转换效率不能低于 96%。

#### 4.3.3 检测结果

负载点	100%	75%	50%	30%	25%	20%	15%	10%	5%
电压 (V)	636.0	633.0	635.2	630.6	626.4	627.6	628.8	611.2	626.6
电流 (A)	19.33	14.63	9.80	5.95	5.03	3.93	2.97	2.07	1.00
$P_{DC}$ (W)	12233	9213	6177	3705	3106	2416	1823	1217	583
$P_{CL}$ (W)	11914	8974	6010	3583	3001	2316	1728	1147	515
光伏逆变转换效率 $\eta$ (%)	97.4	97.4	97.3	96.7	96.6	95.9	94.8	94.3	88.4

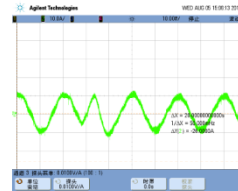
#### 4.3.4 检测结论

最大光伏逆变转换效率为 97.4%，满足标准要求。

中国建筑科学研究院建筑能源与环境检测中心  
检测报告

报告编号： 共 22 页 第 7 页

(2) 市电供电切换到光伏供电，动态切换时间小于 10ms，电流波形图如下所示：



#### 4.4.4 检测结论

动态切换时间小于 10ms，满足标准要求。

天津市电力公司  
公用电网谐波监测站  
HARMONIC MONITORING & TREATMENT STATION OF  
TIANJIN ELECTRIC POWER CORPORATION

报告编号： W20150044

Report No.:

报告名称： 天津建物街小学光伏逆变器谐波测试报告

Report Name:

委托单位： 天津电力电容器有限公司

Customer:



批准: 曹亚新  
审核: 王成林  
编制: 王成林  
Compiled by:

测试日期: 2015 年 10 月 9 日  
Compiling Date:  
报告日期: 2015 年 10 月 20 日  
Report Date:

# 3. 应用示范

## 3.4 示范二：天津建物街小学——光伏直驱变频多联机

### (4) 节能性分析

类别	年经济环境效益	全生命周期经济环境效益
预计年发电量(万kW·h)	10.22	235.16
预计年回收电费(万元)	10.22	235.16
节约标准煤(t)	34.24	787.79
减排二氧化碳(t)	89.02	2048.25
减排二氧化硫(t)	0.75	17.33
减排氮化物(t)	0.34	7.88
预计投入回报周期(年)	5年	/

注：根据《全国各省市峰值日照时数查询表》查到的数据，天津地区年均峰值日照时数为4.37h。  
电费以商业电价1元/kWh计算；  
环境效益以1kW·h电须消耗335g标准煤计算；  
以上回报周期计算不包含国家补贴。

# 4

## 发展前景

- 国外关注度高
- 直流建筑/直流住宅

# 4. 发展前景

## 4.1 国外关注度高

### 获英国RAC制冷行业大奖



国内媒体相关报道

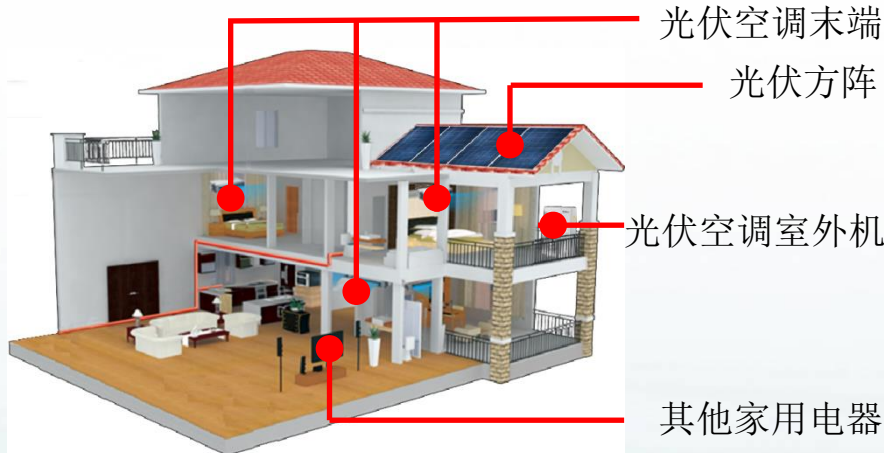


英国RAC “年度国际成就大奖”

# 4. 发展前景

## 4.2 直流建筑/直流住宅

推动直流电气、直流微网等产业的发展；  
 孵化光伏直流生态建筑/家居的应用；  
 推动光伏等新能源产业技术与升级；



家庭直流微网系统示例

### 住宅用太陽光発電システム

しっかり発電して上手に使う住宅用太陽光発電とスマートハウス

太陽光発電システムは、エネルギーを効率良く使用したり非常用に蓄電することで、より経済的で安心な暮らしを実現できます。エヌイーエム・ダイキンは太陽光発電システムを始め、オール電化、省エネ家電、電力見える化やネットワーク管理などのご提案でスマートエネルギーライフの実現をお手伝いします。

#### スマートハウス概要

【スマートハウス】

- 早く電気を使う ▶ 太陽光発電
- 早く電気を使う ▶ 省エネ機器
- 早く電気を使う ▶ 蓄電池システム
- 電気を使うから ▶ 電力監視装置 (HEMS)

太陽光発電システム  
 自宅で使うエネルギーを削り、余った電力は売電できます。

省エネエアコン  
 低コストで快適な空調を実現します。

ソーラー街路灯  
 ボールや柱などに取り付けして使えるソーラー街路灯です。災害時にも使用可能。

蓄電池システム  
 リチウムイオン蓄電池  
 余った電力を蓄電池し、非常用に利用できます。

Hクッキングヒーター  
 炎が出ないからお年寄りやお子様でも安心です。

エコキュート  
 空気のおかげでたっぷり給湯します。

LED照明  
 省エネで長持ちし、明るくエコな照明です。

空気清浄機  
 室内の空気をクリーンに保ちます。

カーモニター  
 発電・電力使用状況を画面で表示します。

床暖房  
 空気を汚さず、足元からポカポカ暖かく。

光伏直流生态家居示意



国家节能环保制冷设备工程技术研究中心  
National Engineering Research Center of Green Refrigeration Equipment

更多精彩敬请关注:



中心官方微信

中心官网: [www.ercgre.org](http://www.ercgre.org)

中心电话: 0756-8669584

中心邮箱: [ercgre@vip.163.com](mailto:ercgre@vip.163.com)

地址: 广东省珠海市前山金鸡西路789号科技楼

邮编: 519070

欢迎指正!