

储能技术与热管理装备专题论坛

新能源与储能装备热管理技术 系统研究与应用进展

邵双全

2024-04-09

华中科技大学



1 新能源装备发展趋势

2 新能源装备热管理技术

- 太阳能
- 风能
- 氢能
- 新能源车/充电桩
- 储能装备

3 总结与展望



新能源装备发展趋势

1. 太阳能
2. 风能
3. 氢能
4. 新能源车/充电桩
5. 储能装备

1. 新能源装备发展趋势

新能源：我国实现能源转型的关键

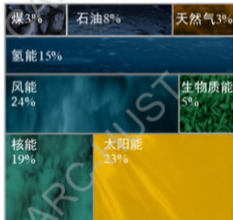
- 能源发展的关键在于转型，转型的关键在于新型能源
- 加强新能源装备的发展势在必行

2025



我国能源结构转型

2060

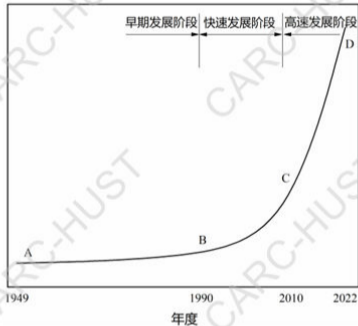


新能源地位突出

能量来源	2025年	2060年	涨跌幅
煤	52%	3%	-94%
油	18%	8%	-56%
天然气	10%	3%	-70%
风能	4%	24%	+500%
核能	3%	19%	+533%
生物质能	2%	5%	+150%
太阳能	3%	23%	+667%
氢能	8%	15%	+88%

1. 新能源装备发展趋势

新能源装备发展现状及趋势

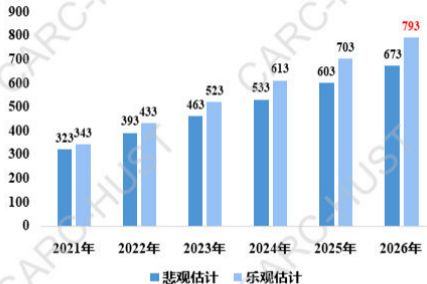
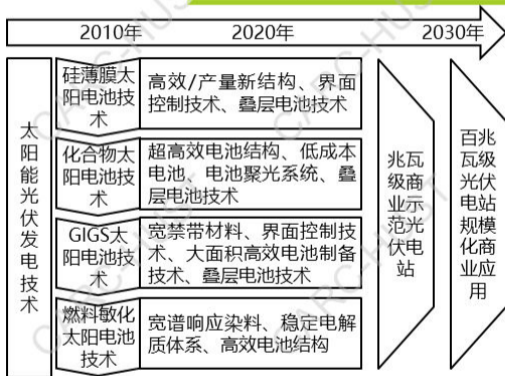


新能源产业发展历程

- **早期发展阶段(1949-1990)**
 - 新能源开发利用未到商业阶段
 - 商品化能源占终端能源消费比重为零
- **快速发展阶段(1990-2010)**
 - 新能源设备从小型向中大型发展
 - 风、光等新能源已经有了较强大的产业基础
- **高速发展阶段(2010-)**
 - 形成了支持新能源快速发展政策体系
 - 新能源装备制造能力位居世界前列
 - 发展过快造成新能源制造业产能过剩现象

1.1 新能源装备发展趋势--太阳能

太阳能将成为全球电能市场新贵



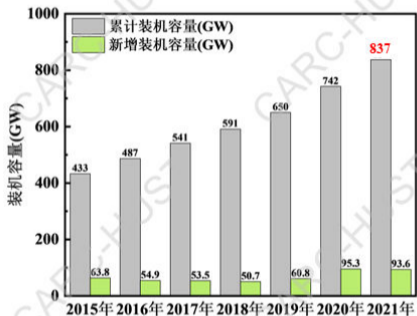
中国光伏发电行业累计装机容量预测(单位:GW)

太阳能光伏发电技术发展路线

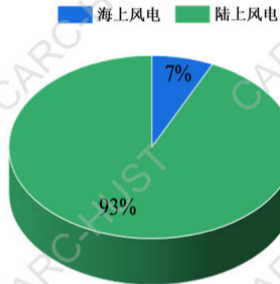


1.2 新能源装备发展趋势--风能

风能将成为大规模开发的一种可再生清洁能源



2015-2021年全球风电新增和累计装机容量走势



2021年全球风电细分海上陆上占比情况



1.3 新能源装备发展趋势--氢能

氢能产业列入国家中长期能源发展规划

2022年3月,《氢能产业发展中长期规划(2021-2035年)》:

- 氢能是**未来国家能源体系**的重要组成部分。
- 氢能是用能终端实现**绿色低碳转型**的重要载体。
- 氢能产业是**战略性新兴产业**和**未来产业重点**发展方向。

制取

化石燃料-重整...

工业副产氢-提纯

新能源-电解水...

...

高压气态

低温液态

有机液体

固态储氢

储运

长管拖车: 20-45MPa

管道: 1~3MPa

液氢罐车/驳船

常压槽罐车

货车

加氢

氢源

外供氢

站内制氢

储存方式

气态

液态

供氢压力

35MPa

70MPa

应用

交通: 燃料电池车/船

建筑: 掺氢燃烧, 发电供热

电力: 储能调峰

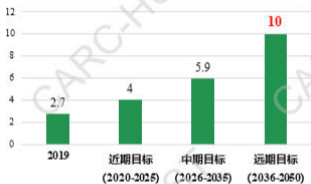
工业: 原材料, 供电/热等

1.3 新能源装备发展趋势--氢能



中国氢能及燃料电池产业展望

氢能源比例 (%)



	2019	近期	中期	远期
制氢	化石能源重整	工业副产氢; 可再生电解水示范	可再生电解水规模化; 煤制氢集中供氢	电解水; 生物质; 光解水; 绿色煤制氢
储氢	35MPa 气态;	70MPa 气态、液态、固态;	低温液态、固态;	高密度高安全储氢;
运输	20MPa 拖车	45MPa 拖车; 低温液氢; 管道示范	液态氢罐; 管道	氢能管网

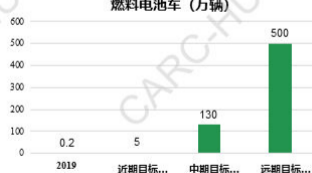
加氢站 (座)



固定式电源/电站 (座)



燃料电池车 (万辆)





1.5 新能源装备发展趋势--新能源车/充电桩

新能源汽车分类及电气化程度差异

- 新能源汽车：插电式混合动力汽车、增程式电动汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车等

低

电气化程度

高

动力来源

燃油

燃油+电网

电网

氢能

产品分类

传统内燃机

HEV

PHEV

EREV

BEV

FCEV

产品界定

使用发动机驱动汽车，以内燃机做功驱动车辆前进。

使用发动机和电动机驱动汽车，以动力电池回收能量为充电。

使用发动机和/或电动机驱动汽车，以插电方式为电池充电。

电动机驱动汽车，以内燃机和插电方式为电池充电。

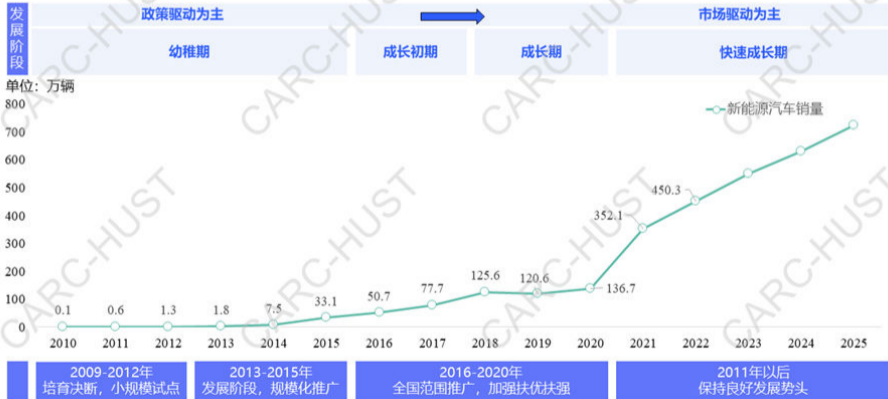
电动机驱动汽车，以插电方式为电池充电。

电动机驱动汽车，以氢燃料经过电化学反应产生的电能为汽车充电。



1.5 新能源装备发展趋势--新能源车/充电桩

中国新能源汽车发展处于快速成长期



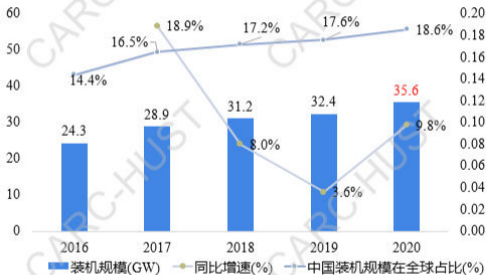
1.6 新能源装备发展趋势--储能装备/储能电站



中国储能应用行业整体呈稳步上升的趋势

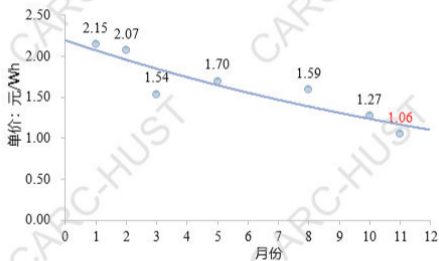
➤ 储能应用成本快速下降、经济性凸显

2020年按地区分布储能项目分布情况



2020年，中国的累计装机规模达到**35.6GW**，同比增长**9.8%**，占全球总装机容量的**18.6%**。

2020年储能项目中标价趋势



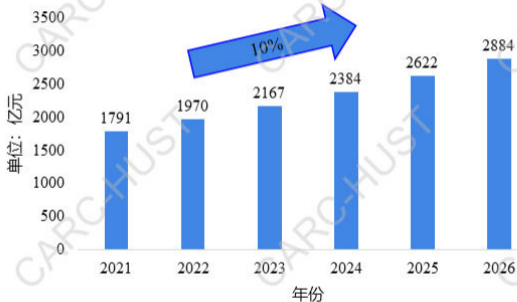
储能项目成本每年以**20%-30%**的下降

1.6 新能源装备发展趋势--储能装备/储能电站



中国储能电站规模开启千亿元赛道

2021-2026年中国储能电站行业市场规模预测



- “十四五”期间，我国电力体制改革政策的落实，可再生能源实现大规模并网、分布式能源体系的完善、电动汽车的快速普及以及能源互联网的发展完善等将持续推动**储能市场规模稳步攀升**。
- 未来几年储能电站市场规模将以**10%**的速度增长，至**2026年**市场规模将超过**2800亿元**。



新能源装备热管理技术

1. 太阳能
2. 风能
3. 氢能
4. 新能源车/充电桩
5. 储能装备

2. 新能源装备热管理技术--太阳能

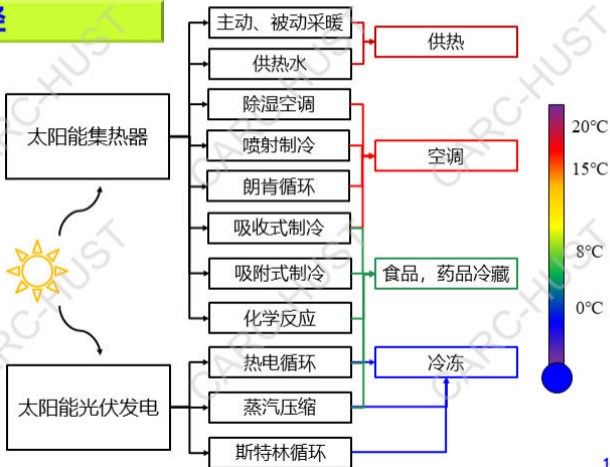
太阳能制冷空调技术途径

● 太阳能制冷空调优点:

季节匹配性好, 天气越热, 越需要制冷的时候, 系统制冷量越大。

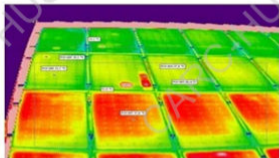
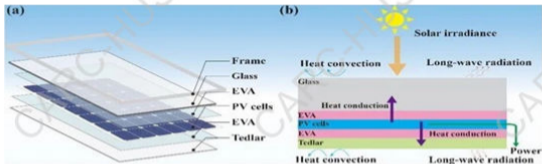
利用太阳能实现制冷效应有多种技术途径, 可实现**太阳能供热、空调综合利用**, **全年综合转换效率高**。

- 一套太阳能集热器做到**冬季采暖、夏季空调、四季热水供应**等, 因而可与建筑结合在**建筑能源结构**中发挥重要的作用, 这也是实现**太阳能规模化、低成本低应用**的理想途径之一。

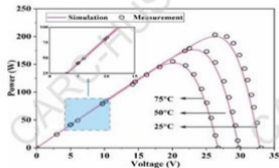


2. 新能源装备热管理技术--太阳能

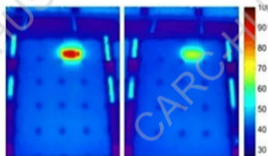
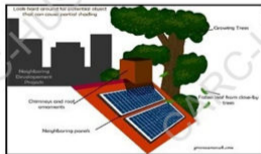
光伏热管理的重要性



● 商业光伏效率10-20%，光伏板温度高达80℃。效率降低，寿命衰减，太阳能的巨大浪费



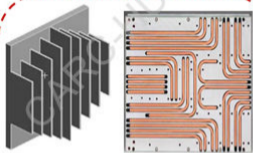
● 发电量衰减



● 阴影和遮挡会造成局部热点，进一步降低光伏性能

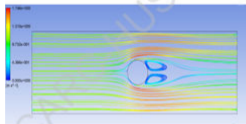
2. 新能源装备热管理技术--太阳能

光伏热管理技术



翅片散热

热管



强迫对流



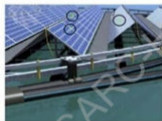
喷淋



浸没



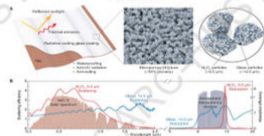
水冷



漂浮



相变材料



辐射制冷



2. 新能源装备热管理技术--太阳能

风冷是用风机强制吹送空气流过光伏板表面；与空气自然对流散热相比，强制风冷的换热系数可提高**3倍**以上；应用时可能需要对风机耗能与光伏板降温多发电能之间进行权衡。部分风冷方案研究数据如下：

表一 基于**太阳能电池冷却**的传统冷却技术研究成果总结

电池类型	冷却方式	测试环境	效能	温度
Pc-Si	Fin Heat Sink	$G=200-800\text{W/m}^2$, $T_a=25^\circ\text{C}$	$\uparrow 13\%$ (P)	$\downarrow 17.5^\circ\text{C}$
PV cell	Fin	$G=500\text{W/m}^2$, $T_a=25^\circ\text{C}$	$\uparrow 8\%$ (P)	$\downarrow 5.4\%$
	Fin+Heat Sink		$\uparrow 16\%$ (P)	$\downarrow 11\%$
Pc-Si	Fin	户外实测 (Elazig, Turkey)	11.5%	45.42°C
PV module	空调系统排风	$G=1000\text{W/m}^2$, $T_a=25^\circ\text{C}$	$\uparrow 7.2\%$ (P)	\downarrow
Pc-Si	风道+TMS	$G=1000\text{W/m}^2$, $T_a=25^\circ\text{C}$	$\uparrow 4\%$ (η)	$\downarrow 4^\circ\text{C}$
	风道+Fin		$\uparrow 10\%$ (η)	$\downarrow 10^\circ\text{C}$
Pc-Si	EAHE+空气通道	$G=1000\text{W/m}^2$, $T_a=25^\circ\text{C}$	$\uparrow 18.9\%$ (P)	42°C

2. 新能源装备热管理技术--太阳能

太阳能光伏/光热组件

水冷是通过喷淋、水流道等形式通过水带走光伏板热能；水冷的换热系数可达自然风散热的上千倍，但对循环水冷，可能需要泵、辅助散热器等；对喷淋水冷，可能需要补水等；此外也需要根据具体情况考虑费用、能量得失等。

水冷方案研究数据

Pc-Si	水冷喷头系统	户外实测（巴西 巴拉那）	↑12.26% (P)	35°C
m-Si	前面+喷水冷却	G=810-850W/m, $T_s=27-30^\circ\text{C}$	↑2.5% (η)	29.6°C
	后面+喷水冷却		↑3.6% (η)	33.7°C
	前、后+喷水冷却		↑5.9% (η)	24.1°C
TJ cell	直翅片+水（主动冷却）	$T_s=25^\circ\text{C}$, CR=500X, V=0.01m/s	↑39.5%	60°C
TJ cell	液浸+二甲基硅油	G=1000W/m ² , $T_s=25^\circ\text{C}$, CR=500X	↑40.572%	N/A

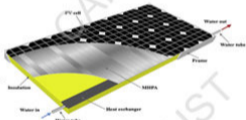


Fig. 10. Schematic of MIPA-PV/T module [29]



神太PV/T结构



2. 新能源装备热管理技术--太阳能

热管可以具有和水冷相当的散热效率，但不需要补水或水泵；可考虑的热管型式有脉动热管、环路热管、平板热管、分体热管等。

- 部分**热管散热**研究数据

电池类型	冷却方式	测试条件	效能	温度
N/A	平板脉动热管	$T_a=18^{\circ}\text{C}$, $V=1.5\text{ m/s}$, $\beta=16\%\sim 50\%$	0.05K/W(R)	$6^{\circ}\text{C}(\Delta T)$
N/A	脉动热管	$G=830\text{W/m}^2$, $T_a=30^{\circ}\text{C}$, $V=3.2\text{m/s}$	17.4(V)	64°C
m-Si	脉动热管	$G=1000\text{W/m}^2$, $T_a=18^{\circ}\text{C}$, $\beta=40\%$	$\uparrow 18\%(\eta)$	$16.1\text{K}(\Delta T)$
m-Si	翅片热管	$G=500\text{W/m}^2$, $T_a=35^{\circ}\text{C}$	1.878V(U)	$\downarrow 13.8\text{K}$
TJ cell	翅片热管	$G=485\text{W/m}^2$, $T_a=30^{\circ}\text{C}$, $\beta=30\%$	34.55%	63°C
TJ cell	微热管阵列	$G=900\pm 5\text{W/m}^2$, $T_a=40.4\pm 2^{\circ}\text{C}$, $V=0.22\pm 0.03\text{m/s}$	$\uparrow 22.4\%(P)$	$\downarrow 8^{\circ}\text{C}$
c-Si	微热管阵列	户外测试(Hefei China)	7.6%(η)	$3^{\circ}\text{C}(\Delta T)$
a-Si	纳米涂层热管板	$G=1100\text{W/m}^2$, $T_a=25^{\circ}\text{C}$, $V=0\text{--}1\text{m/s}$	N/A	$\downarrow 22^{\circ}\text{C}$
a-Si	纳米涂层热管板	$G=1000\text{W/m}^2$, $T_a=20^{\circ}\text{C}$	$\uparrow 56\%(\eta)$	$\downarrow 46\%$
PV Plate	热管板	$G=400\text{--}1000\text{W/m}^2$, $T_a=10\text{--}30^{\circ}\text{C}$	$\uparrow 15\%(\eta)$	28.23°C

2. 新能源装备热管理技术--太阳能

太阳能光伏/光热组件

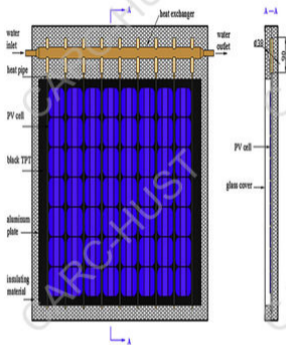


Fig. 9. HP-PV/T solar collector [88].



图 2-3 微热管阵列 PV/T 组件样图

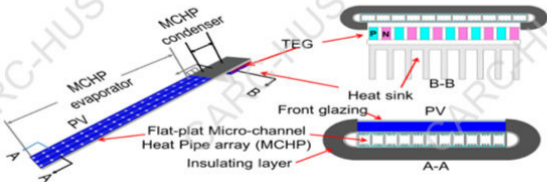


Fig. 1. Schematic diagram of the novel photovoltaic-thermoelectric system.

2. 新能源装备热管理技术--太阳能

太阳能光伏/热电

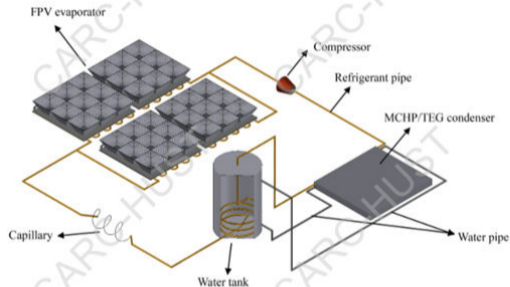


Fig. 1. The novel hybrid heat pump system.

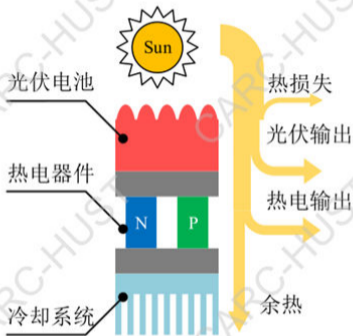
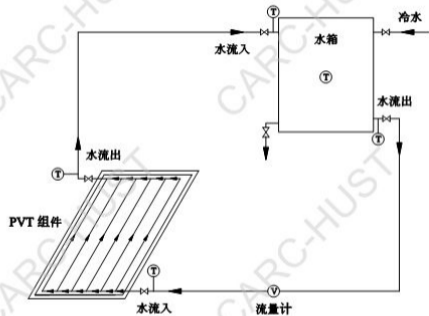


图 1.2 光伏-热电耦合系统中的能量传递过程

2. 新能源装备热管理技术--太阳能

太阳能光伏光热一体化系统



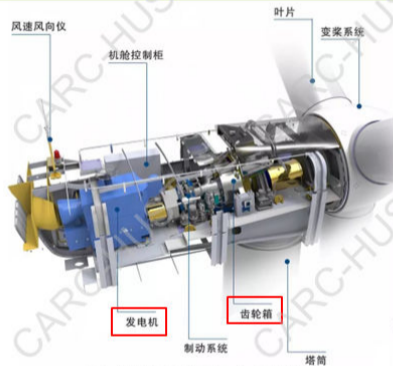
光伏光热一体化系统结构示意图



光伏光热一体化组件

2. 新能源装备热管理技术--风能

风能典型新能源装备：风力发电机组



风力发电机组主要结构

➤ 主要冷却部件

→ 发电机 [过热原因：①通风不良，②接触电阻过大或分布不均匀，③机械及摩擦生热]

→ 变流器 [过热原因：风电机组运行时，大电流通过变流器并因电阻产生大量热量。]

→ 齿轮箱 [过热原因：①齿轮箱传动效率降低，发热量增大；②温控换向阀失效，部分流量不经过散热器而直接回到齿轮箱；③散热片有漏油或渗油现象出现，降低散热能力。]

➤ 主要冷却方式

→ 风冷

结构简单，初投资与运行费用较低；其制冷效果受气温影响较大，制冷量较小，不利于机组的正常运行。

→ 液冷

结构紧凑，发电机的冷却效果好，成本较高，体积庞大。

2. 新能源装备热管理技术--风能

风能典型新能源装备：风力发电机组



▶ 风力发电机组用空调系统主要作用

→ 解决低温、高温、沙尘、雨水等对风力发电机组的影响，使机舱内环境满足发电的要求，保证机组正常运行。



风力发电机组事故

环境影响、散热不良等问题，导致机舱的稳定运行不确定性增加，长期如此会直接摧毁机组，造成无法补救的损失

2. 新能源装备热管理技术--风能

风力发电机组用空调系统案例 1

➤ 自发自消风电机组

→ 我国风资源地市场和消纳市场**距离遥远**，现有技术**技术尚不成熟**，效率低，成本高，安全性差。

→ 风电受气候条件影响大，以实现稳定的输出，导致**大量电能被弃用和浪费**。

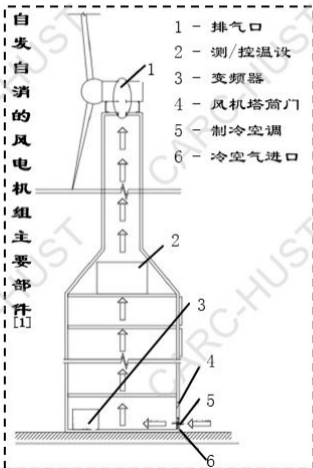
➤ 案例解决方法

→ 运作方式

靠近塔筒门的位置设有中央空调，中央空调使用本风力发电机进行供电，用于对进入塔筒内部的空气进行冷却、除湿、除尘和除盐。

→ **主要目的**

将用电单元设在塔筒内，**就地消纳部分风电**，实现自发自消，**减少配套设施建设**，降低**成本**，提升效益。



2. 新能源装备热管理技术--风能

风力发电机组用空调系统案例 2

➤ 海上风电机组

→ 海上空气携带大量含盐水汽(盐雾), 加速机组器件腐蚀, 导致机组器件过早失效, 显著降低使用寿命。

→ 防盐雾技术已成为海上风电机组的核心技术之一。

➤ 案例解决方法

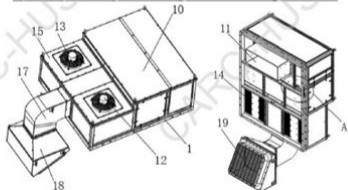
→ 运作方式

机舱内部安装制冷空调, 该制冷空调可实现机舱与外界环境空气的内循环和外循环, 并设备热量通过空调外循环排出机舱。

由于风电机组在海上, 可充分利用海洋资源, 即水源热泵空调, 以此降低能源消耗, 提高经济性

→ 主要目的

空调可以干燥机舱内的空气, 大幅降低机舱内水汽含量, 进行除湿, 并使机舱内部形成正压, 防止外部潮湿空气进入机舱, 防止盐雾腐蚀。



海上风电机组机舱空调^[2]

[1] 张方祥, 常斌, 包晓日等. 海上风电机组防盐雾措施探讨[J]. 风能, 2011(09):64-65.

[2] 曾自来. 一种海上风电机组机舱防空调[P]. 上海市: CN216080147U.2022-03-18.

[3] 黄琛, 陈宇芳, 李翔, 陈宇等. 海上风电机组防盐雾措施探讨[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2017(06):172-173.

2. 新能源装备热管理技术--风能

风力发电机组用空调系统案例 3

低温型风电机组

→ 我国部分风能资源富集地区处于低温地区，使得**金属冲击韧性会降低**，可能导致脆性破坏。

→ **液压/齿轮油等黏度**随温度的降低大大增加。变流器/蓄电池等在温度过低时也不能正常工作。

案例解决方法

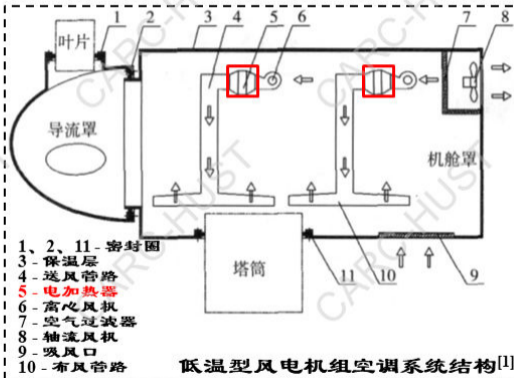
→ 运作方式

通过调节加热器功率，使机舱内的循环空气温度稳定在一定的工作范围内。

同时，机舱内温度过高则启动排风系统进行排风，降低机舱温度。

→ 主要目的

保证风力发电机组低温下正常运行，避免使用昂贵的低温金属，**降低整机成本**，增强竞争力。





2. 新能源装备热管理技术--风能

风力发电机组用空调系统案例 4

海上风电平台暖通监控系统

→ 海上风电平台大部分都是**无人值守**的，需要控制室内外压差、室内温度以及湿度全面控制在合理范围内，以维持设备正常稳定运行。

→ 近几年我国对于海上风电场的建设力度不断扩大，与部分风电较为发达的国家相比，风电场中的**暖通监控系统**技术依然处于**初步研发**阶段。

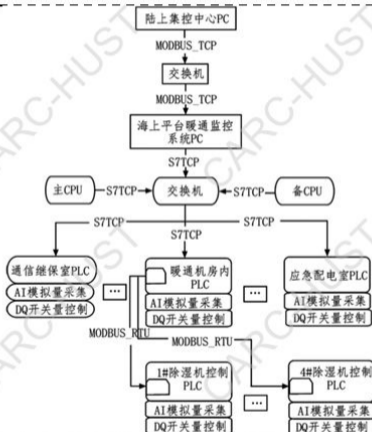
案例解决方法

运作方式

利用 MODBUS TCP 协议将全部可读写变量地址预留陆上的集控中心，集控中心能够利用 MODBUS 地址，针对平台内 PC 机实施有效控制和查询，顺利实现远程监控目标。

主要目的

借助通信、组态、自动化控制等技术，提高远程控制效果，就地处理故障问题，进一步**优化系统稳定性和可靠性**。



海上风电平台暖通监控系统通信设计^[1]

[1]林虎.海上风电平台暖通监控系统设计与实现分析[J].科技创新与应用,2021,11(24):98-100.

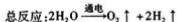
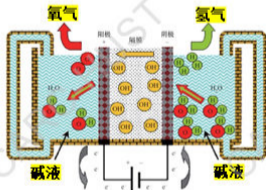
2. 新能源装备热管理技术--氢能

制氢系统流程及冷热需求分析

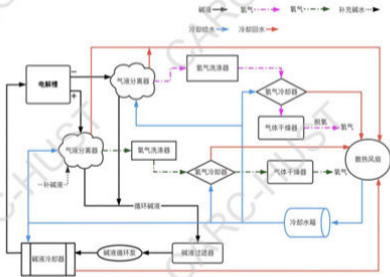
碱性电解水制氢技术:

- 实现商业化生产
- 国内最大单机制氢装置达1000Nm³/h
- 先进工艺制造和集成能力

反应原理:



正常运行的系统流程及冷却需求分析:



氢气的生成与纯化: 电解槽→从碱液中分离→去离子水洗涤→冷却干燥→脱氧→储运
冷却水供应环节: 气液分离 气体冷却 回流碱液冷却

装置设备: (0.1~3.2MP a)	工作温 度 (°C)
电解槽出口	90±5
气液分离器	< 65
电解槽入口	55~60
散热风扇	25(室温)



2. 新能源装备热管理技术--氢能

制氢系统流程及冷热需求分析

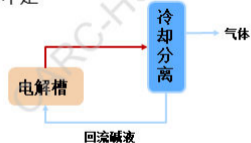
变负荷的系统冷热需求分析:

正常运行期间:

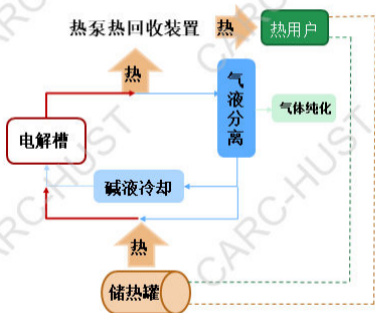
槽内反应大量产热，通过冷却系统对循环碱液降温，实现散热

低负荷期间:

槽内产热减少，回流碱液仍以较低温度返回槽内，引起槽温不足



热管理优化提高对变负荷的适应性:



• 热泵技术:

回收槽出口高温碱液与气体混合物的热能，对外供给热用户，对制氢流程制冷的同时获得可利用热能

• 辅热技术:

利用储热罐或结合其它工艺环节，增设对回流碱液的辅助加热，以维持低负荷下的槽温稳定

2. 新能源装备热管理技术--氢能

储运过程的制冷技术

状态

装备/过程

制冷技术

气态

氢气压缩

压缩机, 阀门

装置及级间冷却

液态

氢气液化

液化循环

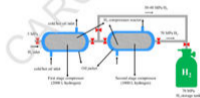
液氢气化

G-M, 脉管, 斯特林...

固态

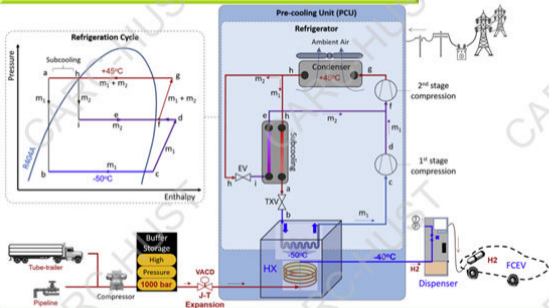
吸氢放氢

热管理技术



2. 新能源装备热管理技术--氢能

加氢过程中的制冷技术-气氢



- 氢源:
- 管道: 1-3MPa
- 站内制氢: 0.1-3.2MPa
- 长管拖车: 5~20MPa (45MPa)
- 站侧储罐: 20~45MPa; 30~95MPa

● 氢源-站侧储罐压缩:

- ✓ 需对**压缩机机头**进行冷却保证压缩机设备安全。
- ✓ 需对**压缩后氢气**冷却，防止站侧储罐中温度过高，提高储罐储气量。

● 站侧储罐-气瓶: 氢气加注预冷

- ✓ 氢气通过控制阀存在逆J-T效应，存在温升；且快速加注，压缩热来不及散出。
- ✓ 需对加注氢气预冷，防止车载气瓶（特别是IV型瓶）过热损坏，保证充注安全。

加氢站标志

预冷温度范围(°C)

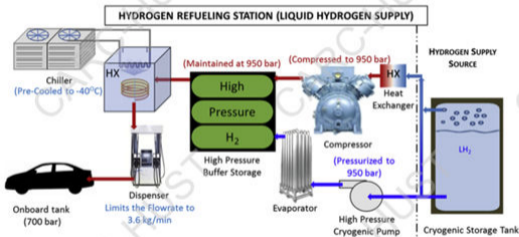
-40 ~ -33	-33 ~ -26	-26 ~ -17.5	-40 ~ -26	-40 ~ -17.5
-----------	-----------	-------------	-----------	-------------

压力等级
(MPa)

35	H35-T40	H35-T30	H35-T20	N/A	N/A
70	H70-T40(D)	H70-T30	H70-T20	H70-T30D	H70-T20D

2. 新能源装备热管理技术--氢能

加氢过程中的制冷技术-液氢



- **液氢:**
 - 0.101MPa (-253℃) ;
 - 12.97MPa (-243℃) ;
- **氢源1: 气氢(BOG)升温增压**
 将液氢罐中由于漏热产生的蒸发气通过**换热器**升温
 然后采用**压缩机**加压至站侧储罐。
- **氢源2: 液氢增压气化:**
 通过**液氢泵**将常压增加至高压;
 通过**蒸发器**将液态氢蒸发成气态。
- **站侧储罐-气瓶: 氢气加注预冷**
 防止车载气瓶 (特别是IV型瓶) 过热, 保证快速充注。

2. 新能源装备热管理技术--氢能

应用-燃料电池汽车

ROEWE 950

MIRAI

CLARITY

NEXO



上汽

丰田

本田

现代

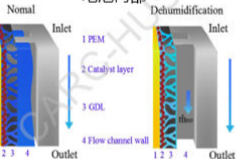
95°C

105°C

95°C

90°C

电池内部



H_2O (Liquid) \rightarrow H_2O (Vapor)

冷凝器



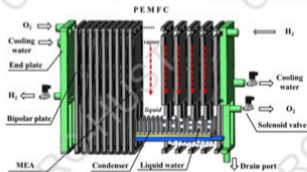
H_2O (Vapor) \rightarrow H_2O (Liquid)

● 燃料电池温度过高:

将导致质子交换膜缺水、质子传导能力下降；温度超过质子交换膜的玻璃化温度120°C，导致膜电极破损，氢氧混合爆炸。

● 燃料电池温度过低:

会降低催化剂活性，引起水淹和电池性能下降；



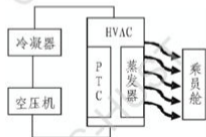
在阴极出口设置冷凝器，形成电堆高温区以及冷凝器低温区，电堆内部冷凝器之间强制形成高水蒸气浓度梯度，加速电池内部的水蒸气转移到冷凝器并冷凝成液体，从而起到对电堆除湿缓解电堆内水淹的作用。

2. 新能源装备热管理技术--新能源车/充电桩

新能源汽车空调及热管理技术

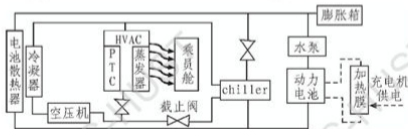
- 新能源汽车保有量增至784万辆，占我国汽车总量的2.6%
- 《2030年前碳达峰行动方案》：2030年新增新能源汽车渗透率要达到40%

电动汽车的空调主要需求：**车室环境温度控制、电池温度控制、电机温度控制**



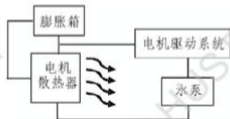
车室空调系统

保证车室内的舒适温度



动力电池温度控制系统

防止动力电池使用过程中过热，以及
保证低温下动力电池的正常续航能力



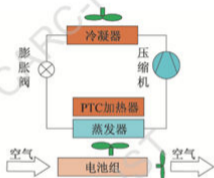
电机温度控制系统

防止电机过热

2. 新能源装备热管理技术--新能源车/充电桩

新能源汽车空调及热管理技术

电动汽车整车热管理系统



单冷+电加热

制冷依靠制冷剂蒸发吸热，制热依靠PTC电加热器
PTC**能耗高、能源利用率低**

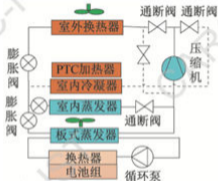
绿色化

回风余热回收

智能化

模块化

集成化

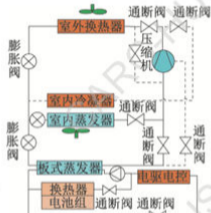


热泵+电辅热

制热依靠**热泵及电辅热**，制冷依靠热泵系统**并联换热器**分别对车室和动力电池进行制冷
高寒环境下制热不足

轻量化

涡旋压缩机、微通道换热器、简化管路（电池直冷式）



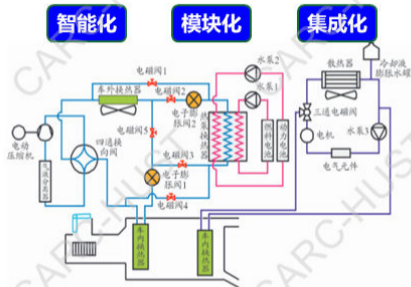
余热回收一体化热泵

对**电机、动力电池**进行冷却的同时进行**余热回收**
提高制热量和COP

2. 新能源装备热管理技术--新能源车/充电桩

新能源汽车空调及热管理技术

燃料电池汽车的空调主要需求：**车室环境温度控制、燃料电池温度控制、电机温度控制**



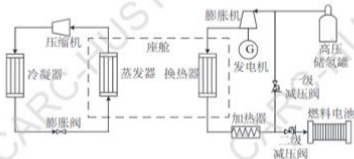
燃料电池汽车整车热管理系统

空调需求与纯电汽车类似

绿色化

高压气态储氢：利用高压储氢罐的**低温氢气**对车室和燃料电池进行供冷

金属氢化物储氢：利用**燃料电池的余热**来供给金属氢化物**产氢过程**中所需吸收的热量



供氢系统辅助供冷（高压气态储氢）

2. 新能源装备热管理技术--新能源车/充电桩

新能源汽车充电桩热管理技术

- 全国充电基础设施（公共+私人）累计数量为**168.1万**
- 充电**功率不断提高**（超级快充），充电过程**发热严重**
- 充电**自燃比例**占电动汽车自燃比例的**40%**
- 传统**风冷式**充电桩在夏季高温情况下冷却能力**不足**



风冷式超级快充充电桩

冷却能力差

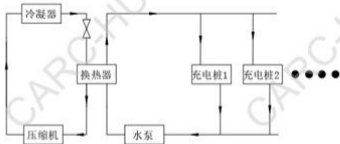
尘埃、湿气



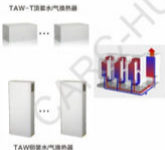
冷却能力强

洁净、干燥

空调散热式充电桩



集中供冷充电桩

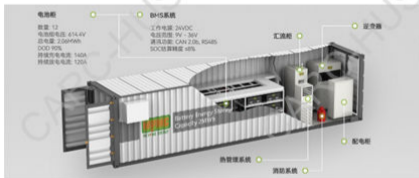
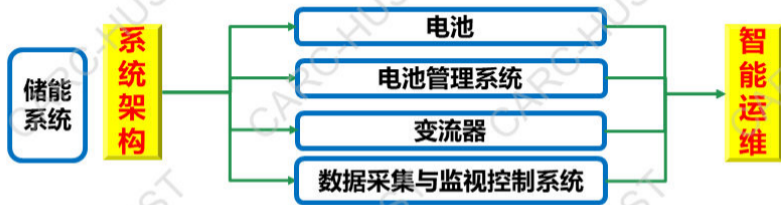


RS再循环制冷系统+TAW水气换热器

- 快充充电桩**冷量需求大**，设置独立制冷系统空间占用大，采用**集中供冷**
- 目前各大厂家积极研究

2. 新能源装备热管理技术--储能装备

储能（电）系统的构成图解



电池对环境温度要求严格 (20~30℃) : 温度过高→安全性 (自燃), 温度过低→可靠性 (失电)

为了保持电力储能设备在正常的工况下运行, 还需要配备**工业空调**、消防设施等。

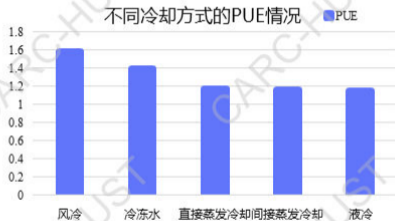


2. 新能源装备热管理技术--储能装备

储能（电）装备热管理技术

空气冷却和液体应用情况分析对比

冷却方式	应用条件	优点	需解决问题
空气冷却	环境温度低于 32°C ，电池散热功率不大时	结构简单、易维护及成本低	空气的比热容低，导热系数低，通常应用于产热率比较低的场合。
液体冷却	环境温度高于 20°C ，电池散热功率大于 $5\text{W}/\text{m}^2$	换热系数高、比热容大、冷却速度快，且液体比热容不受海拔和气压的影响适用范围较广，同时液冷系统的结构较为紧凑，使得空间占比较小。	漏液问题



- **液冷方案是未来趋势**
- 户外液冷电柜可广泛应用于光伏储能、风电储能、电网储能、商业储能等多种储能场景

2. 新能源装备热管理技术--储能装备

集装箱式储能系统热管理：风冷

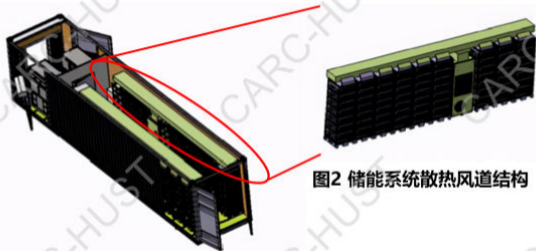


图1 集装箱式电池储能系统

图2 储能系统散热风道结构

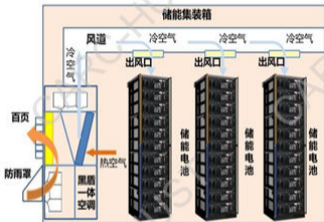


图3 空调控制策略

储能系统0.5C充电运行时，电池最高温度不高于 34°C ，储能系统最大温差基本保持在 5°C ；
 储能系统1C充电运行时，电池最高温度不超过 40°C ，储能系统最大温差 8°C 以内，热管理效果良好。

2. 新能源装备热管理技术--储能装备

集装箱式储能系统热管理：风冷



4台12.5KW的一体化空调

连接风道直接对电池组进行精准送风，实现高效节能的空调运行



顶装4kW空调

直接从顶部对电池进行制冷，一体化设计，安装方便，无需连接管路



12.5kW分体式空调

空调内机安装在电池组当中，前回风背送风，直接对电池进行降温。

2. 新能源装备热管理技术--储能装备

集装箱式储能系统热管理：液冷



一体化液冷型储能系统

采用**液冷散热**技术、无过道设计；
2.5MWh 1CP向下兼容，满足多台并
联布置，占地面积小



10MWh液冷储能系统

由8套**1.35MWh**液冷子系统组成，具有
IP67双层阻燃防爆设计，可以有效抑制热失控，
大幅提升系统安全性。相比传统风冷系统，该系
统可以有效提升循环寿命，大幅降低辅助功耗



总结与展望



3. 总结与展望

总结

新能源装备用 制冷空调技术

太阳能光伏

风能

氢能

新能源车/充电桩

储能装备

□ 制冷空调系统助力新能源装备推广应用

新能源与储能装备大多工作于恶劣的环境，热管理系统是保障其**安全稳定可靠**运行的重要保障

□ 热管理系统节能降碳技术

基于蒸气压缩循环的热管理系统是当前**主动热管理**的主要应用形式，结合环境冷热源及新能源装备自身产热的**新型热管理**方式也不断涌现，两者紧密结合/协同优化，促进热管理系统**节能降碳**。

□ 人工智能的应用

人工智能技术是未来发展的一个趋势，所以在制冷空调技术上也可以朝着这个方向发展，从而新增**智能管控**、**智能调节**以及**智能监测**的功能，根据使用者的使用习惯进行定时开关，自动调节温度，让使用过程变得更加便捷，让使用效果更加贴近生活习惯。



Thank you 

邵双全

华中科技大学 教授

shaoshq@hust.edu.cn