



高密度热储能技术及应用探索

李廷贤

上海交通大学

机械与动力工程学院

教育部太阳能发电与制冷工程研究中心

2024/4/16



汇报内容

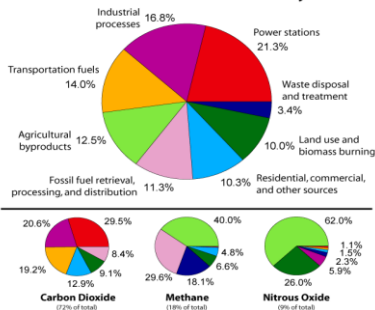
- 一. 储能技术研究背景
- 二. 热储能技术研究挑战
- 三. 热储能技术应用探索
- 四. 热储能技术与碳中和

一. 储能技术——国家新能源产业与节能减排需求



习近平总书记在联合国大会宣告：
2030年前**碳达峰**
2060年前**碳中和**

Annual Greenhouse Gas Emissions by Sector



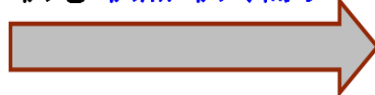
中国二氧化碳
排放量
全球第一
是排名第二美
国的2倍



太阳能
热能
核能/水
能/风能

新能源/可再生能源

供电/供热/供冷需求



煤改电/能源清洁利用



工业应用

民用建筑

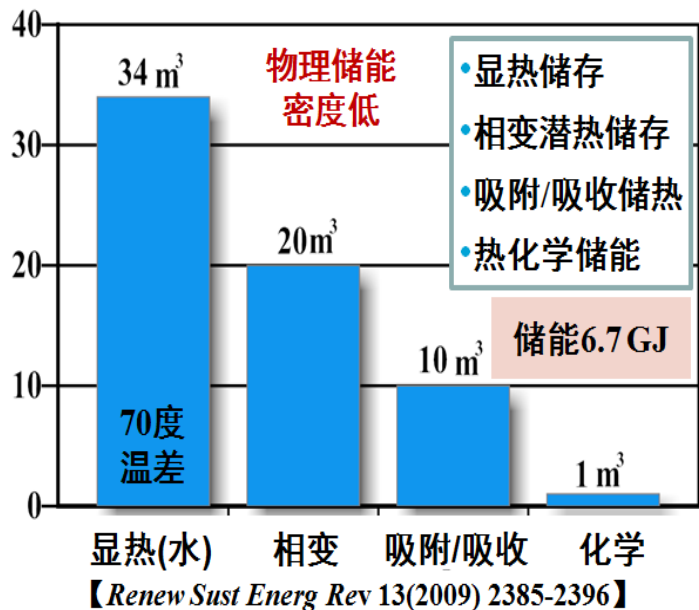
国家需求

加快构建适应高比例可再生能源发展的新型能源系统

汇报内容

- 一. 储能技术研究背景
- 二. 热储能技术研究挑战**
- 三. 热储能技术应用探索
- 四. 热储能技术与碳中和

二. 热储能技术研究挑战—研究现状



显热储能

- ✓ 商业化
- 储能密度低
- 温度波动大



熔盐显热储能

相变潜热储能

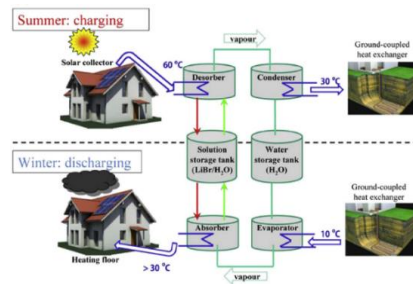
- ✓ 产业化热点
- 介质体系复杂
- 温度难调控



相变潜热储能

热化学储能

- ✓ 温度可调控
- 系统复杂
- 产业化较慢



热化学储能

□ 储能密度较低

□ 缺乏能质调控、储热后品质降低

□ 未形成规模化产业 (热池)

二. 热储能技术研究挑战—高功率密度 (储/供能快)

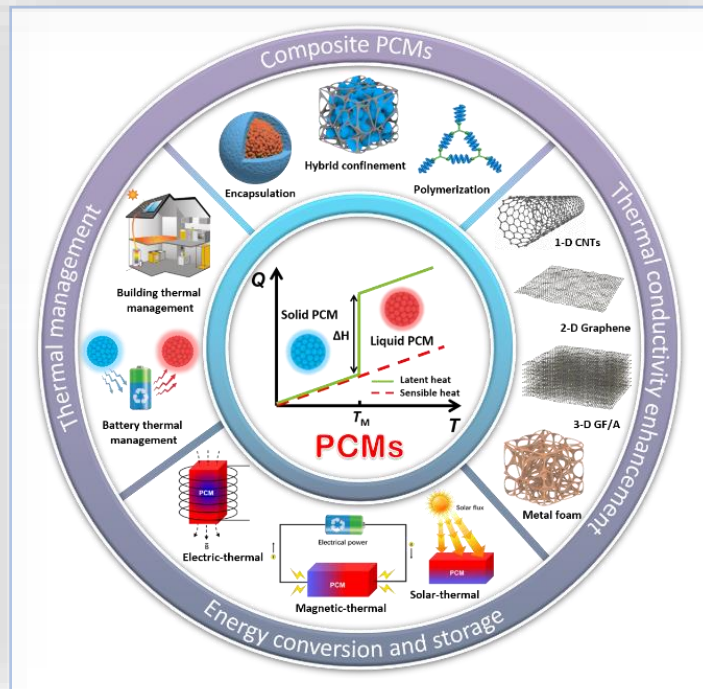
相变材料导热系数低($\sim 0.5 \text{ W/mK}$)是实现高功率储热的共性难题

技术路线:

- 改变材料自身微观结构提高热导率
- 添加高导热功能基质制备复合材料

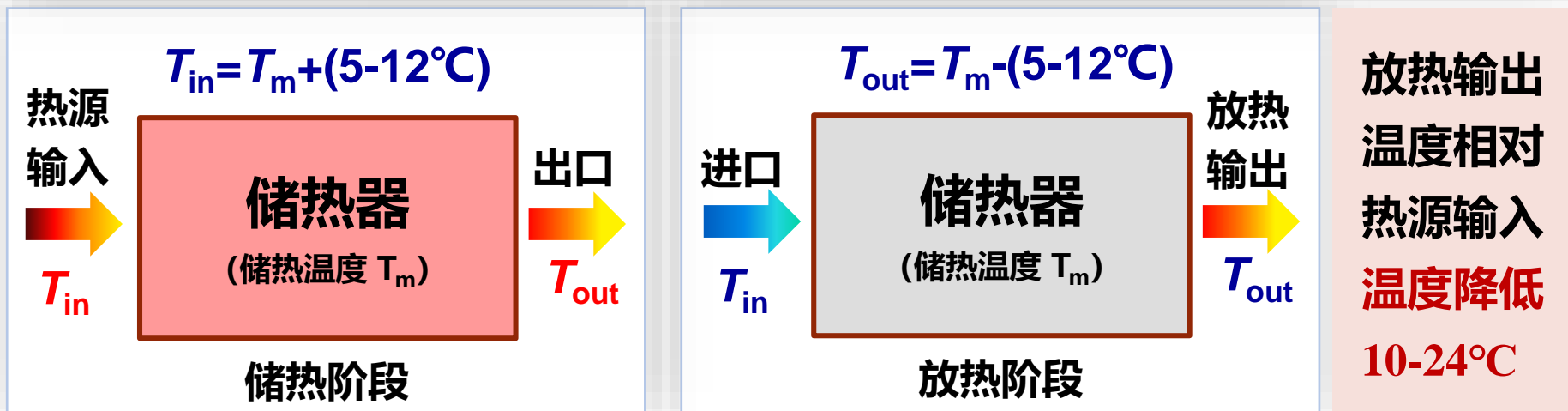
影响因素:

- 高导热材料添加量
- 高导热材料热导率
- 尺寸特性、结构有序性
- 材料与PCM界面热阻



二. 热储能技术研究挑战—能质调控 (储/供能可控)

能质调控： 利用热力循环对热能的数量(能)及温度品位(质)调控



储热共性问题：

- 热能存储后放热的有效能数量减少
- 热能存储后放热的温度品位降低

瓶颈与挑战：

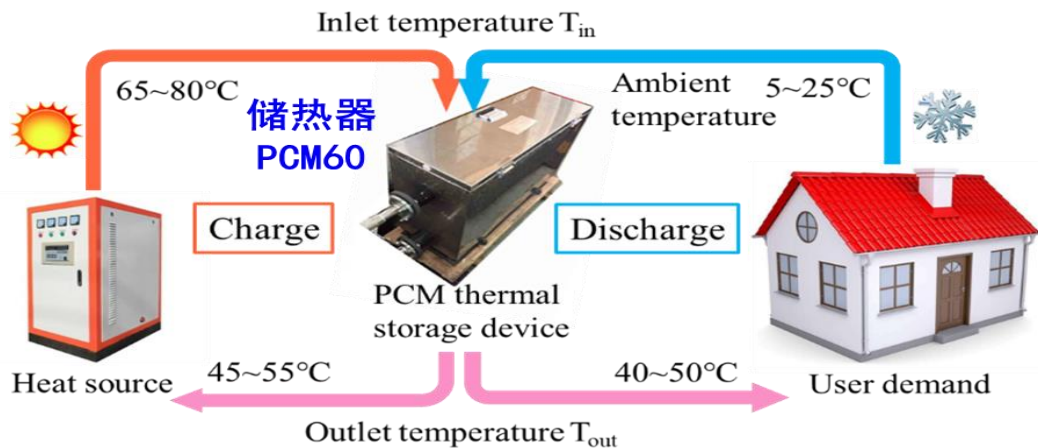
- 被动式梯级输出，缺乏能质调控难满足终端的提质增效多样化用能

汇报内容

- 一. 储能技术研究背景
- 二. 热储能技术研究挑战
- 三. 热储能技术应用探索**
- 四. 热储能技术与碳中和

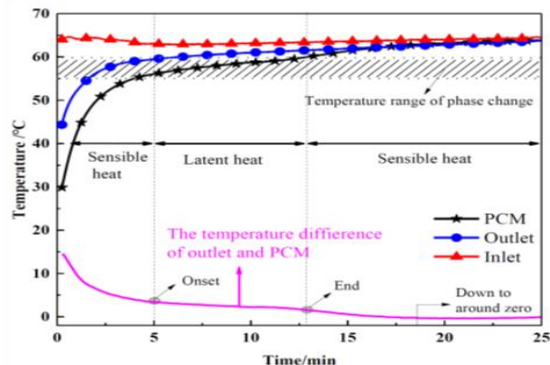
三. 热储能技术应用探索—太阳能/谷电+储热 采暖

运行原理： 白天利用太阳能采暖/储热/供热
 夜间利用谷电供采暖/储热/供热

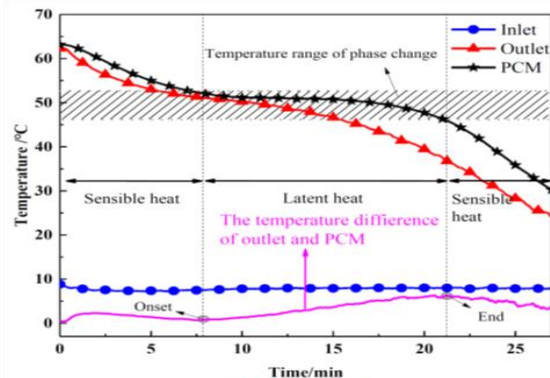


大温差高功率放热供暖

Inlet temp./°C	Discharging time/mins	Discharging capacity/kWh	Average temp. difference of the inlet and outlet /°C
7	22	6.81	42
12	24	6.74	36
20	29	6.56	28
25	38	6.48	24



储热过程



储热过程

三. 热储能技术应用探索—电锅炉+储热

运行原理：夜间利用谷电驱动电锅炉蓄热
白天利用相变蓄热设备供热采暖

电锅炉 + 相变蓄热系统运行原理图

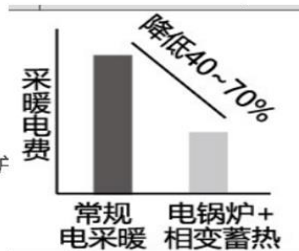


谷电时

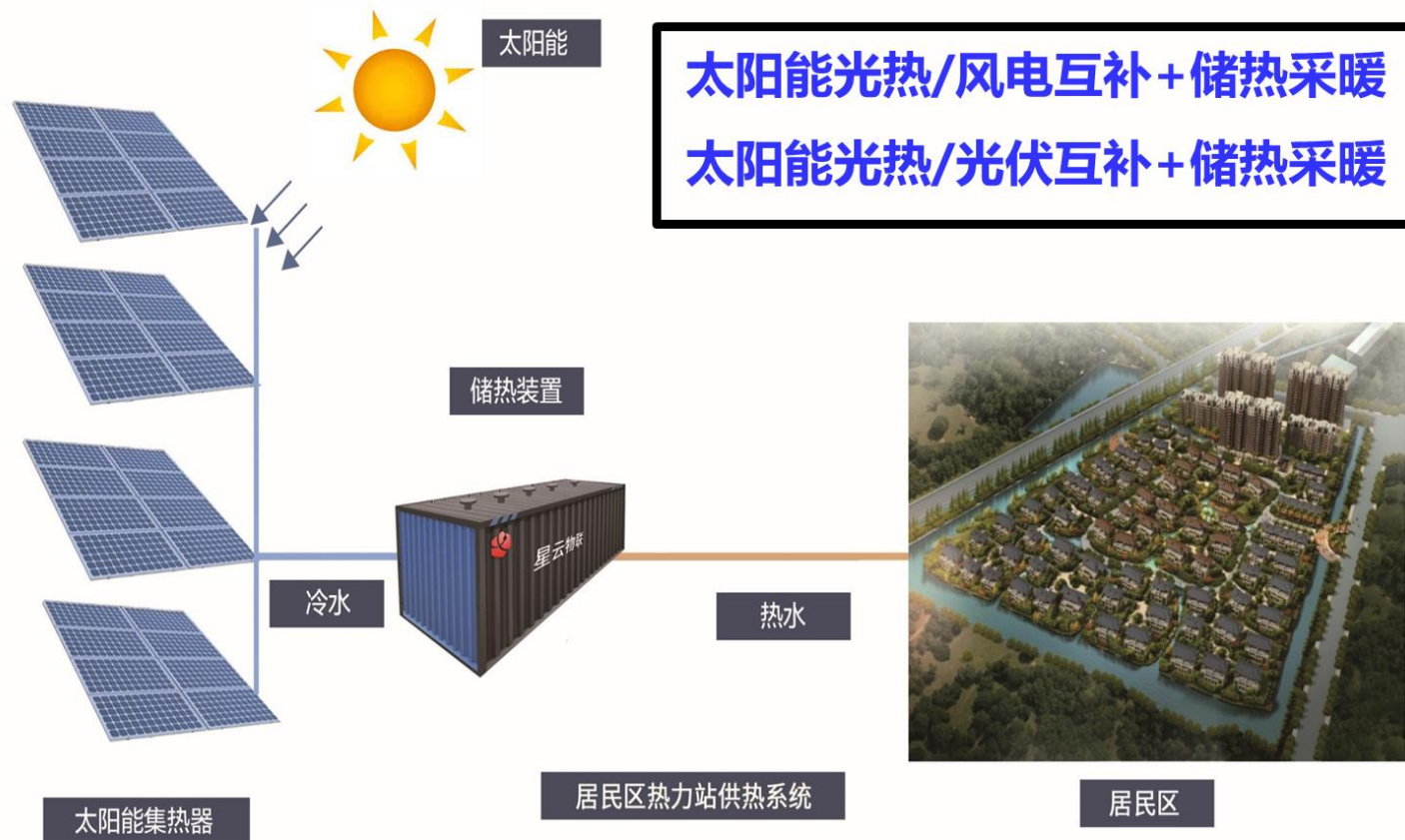
在夜间的低谷电时段，开启电锅炉进行制热，将热量储存在相变蓄热设备中

高峰时

在白天电价高峰时段可关闭电锅炉，利用相变蓄热设备提供采暖所需热量

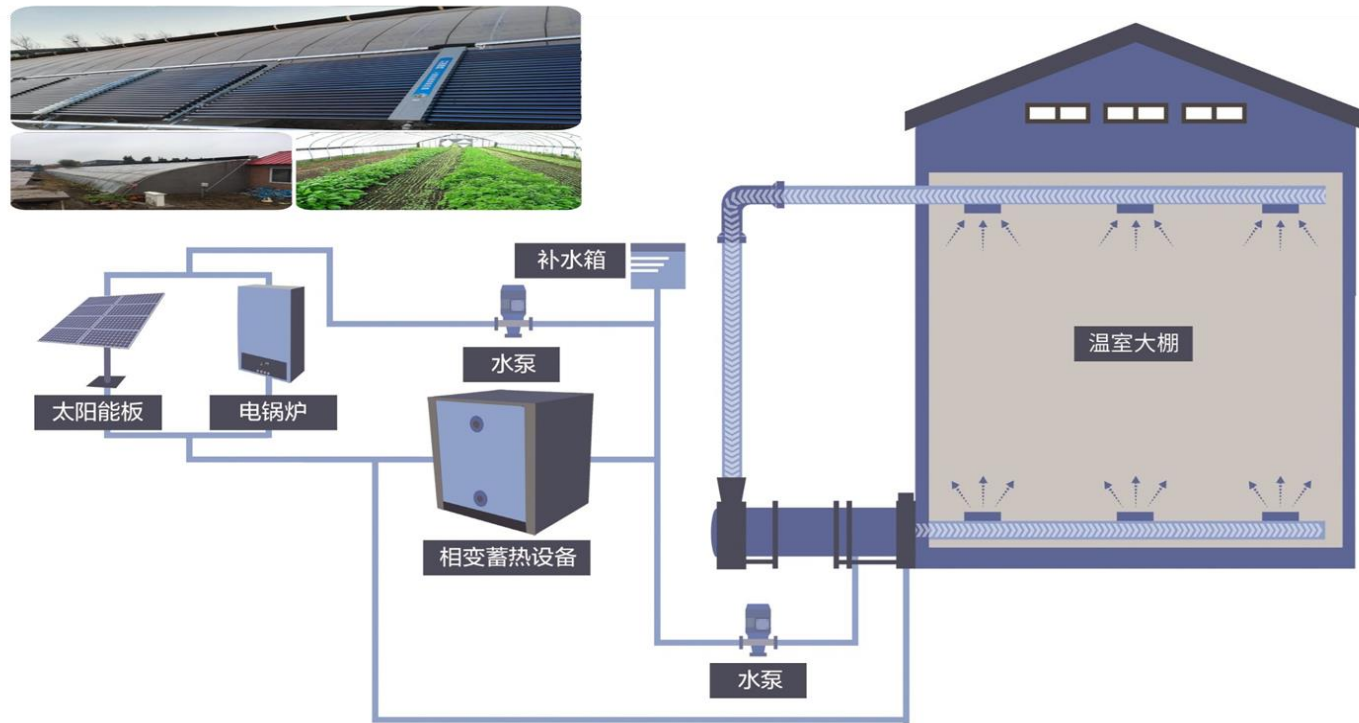


三. 热储能技术应用探索—太阳能光热/光伏+储热



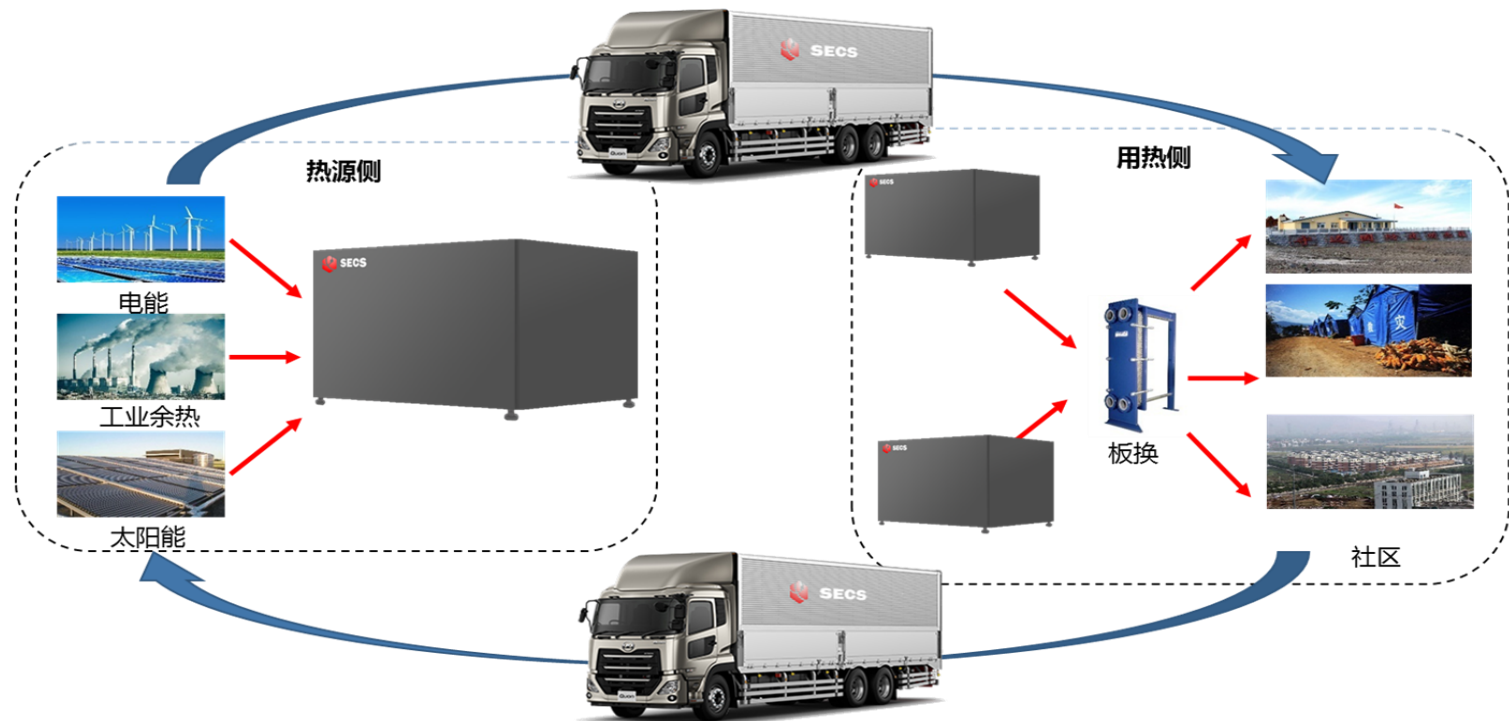
三. 热储能技术应用探索—太阳能+储热 农业应用

- 农业大棚养殖供暖
- 农产品及木材蓄热式烘干



三. 热储能技术应用探索—移动式供热/应急供热

- 大型运输车辆移动储热设备实现分布式供热。
- 供热管网抢修使用移动储热车应急供热，保障用户供暖



三. 热储能技术应用探索—储热应用场景

应用场景-概述

热源的多元化

工业余热



谷电



太阳能光热



弃风弃光



热泵



电锅炉



地热



低成本高密度储热



储热密度是传统水箱的3-6倍

应用场合的多元化



民用住宅、别墅



商业楼、学校



医院、哨所、海岛



各类电厂、可再生能源



工业领域



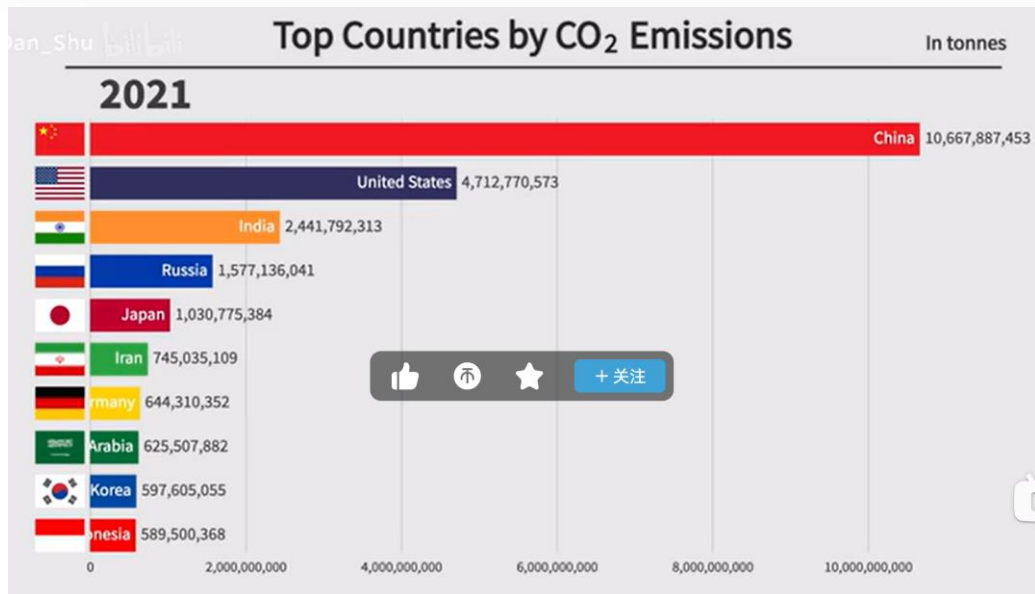
农业大棚、烘干

汇报内容

- 一. 储能技术研究背景
- 二. 热储能技术研究挑战
- 三. 热储能技术应用探索
- 四. 热储能技术与碳中和**

四. 热储能与碳中和——碳排放形势严峻

- 2022年我国碳排放量达到114.8亿吨，约占全球总排放量30%
- 2022年我国能源消费结构：煤炭56.2%、非化石能源17.4%



Cumulative CO₂ emissions in tons by country (1750 - 2020)

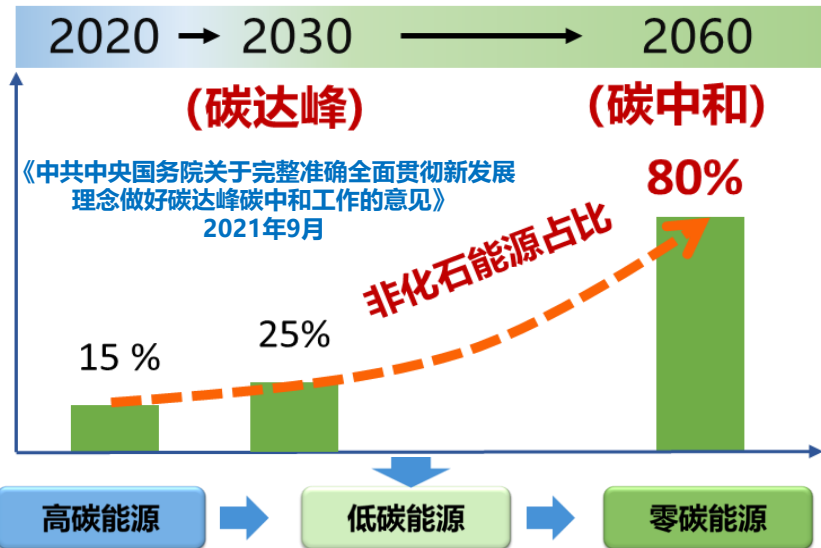


数据来源：《2023年中石油经研院能源数据统计》

Total cumulative emissions per continent:
 Asia: 533B Africa: 48B Europe: 531B North America: 478B Oceania: 21B South America: 43B

四. 热储能与碳中和—高比例可再生能源低碳采暖

未来能源结构将由化石能源为主转型为可再生能源为主化石能源为辅



图表1：2018-2023年1-4月中国光伏累计装机容量及增速(单位：GWh, %)



资料来源：国家能源局 前瞻产业研究院

@前瞻经济学人APP

2022年我国新增光伏装机容量**105.5GW** (集中式和分布式比较均衡)

“顶天立地” — 基础研究与产/学/研/用结合



中国南方电网
CHINA SOUTHERN POWER GRID



储能材料



储能装置



储能系统



规模化储能

**感谢国家基金委和科技部的大力支持！
感谢各位前辈和同仁的帮助和指导！**



谢 谢！

致力于探索高效节能、绿色环保、低成本运行的新能源利用技术！