



2025中国制冷学会第十一届理事会青年
工作委员会会议-“新青年”论坛

光伏制冷系统应用于非洲农场的探索- 全国大学生互联网+大赛纪实

周文杰 邱利民

浙江师范大学

2025年11月14日

@浙江·杭州



探索期

创业期

发展期



1995年，浙江师范大学对非合作起点



2010年，时任国家副主席习近平出席纪念中非合作论坛成立10周年研讨会



2011年，我校举办第一届中非智库论坛



2024年，与喀麦隆雅温得第二大学的合作持续近30年



2024年，从浙师大走出去的索马里驻华大使**阿布迪·和丹**

国家主席习近平亲切复信浙江师范大学非洲学者，鼓励继续为构建高水平中非命运共同体、维护“全球南方”共同利益提供智力支持



8月27日

国家主席习近平复信非洲50国学者
鼓励他们继续
为构建高水平中非命运共同体、
维护“全球南方”共同利益
提供智力支持

中国新闻网
WWW.CHINA-NEWS.COM

非洲学者们：

你们好！14年前，我在访问南非期间出席了纪念中非合作论坛成立10周年研讨会开幕式，同你们就中非关系进行了友好交流。得知你们多年来坚持开展中国和中非关系研究，为非洲朋友深入了解中国的历史、文化和新时代奋进征程提供重要平台，我十分赞赏。

新时代以来，中国共产党和中国人民奋发有为、昂扬进取，推动党和国家事业取得伟大历史性成就。不久前，中国共产党二十届三中全会胜利召开，吹响了以进一步深化改革、开辟中国式现代化广阔前景的时代号角。一个追求和平发展、矢志改革开放的中国不断发展壮大，必将进一步增强世界和平与国际正义的力量，为世界现代化进程特别是“全球南方”发展振兴注入源源不断的动力。

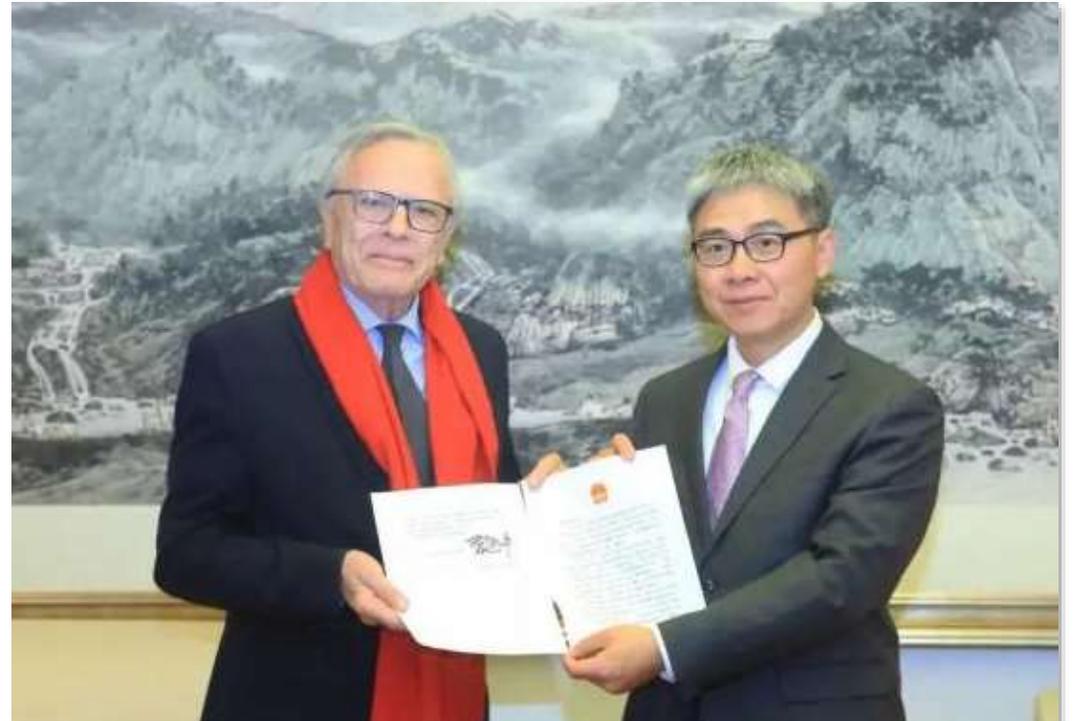
中国和非洲从来都是命运共同体。面对变幻莫测的世界形势，中国和非洲比以往任何时候更加加强团结合作。新一届中非合作论坛峰会即将召开，中非双方领导人再次齐聚一堂，共商中非合作大计，将开辟中非关系更加壮丽的前景。期待你们在“中非达累斯萨拉姆共识”基础上，加大对“全球南方”国家发展道路、中非和南南合作的研究探索，继续为构建高水平中非命运共同体、维护“全球南方”共同利益提供重要智力支持。

期待听到你们更多真知灼见。

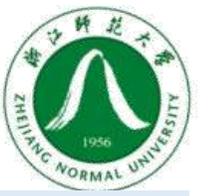
中华人民共和国主席



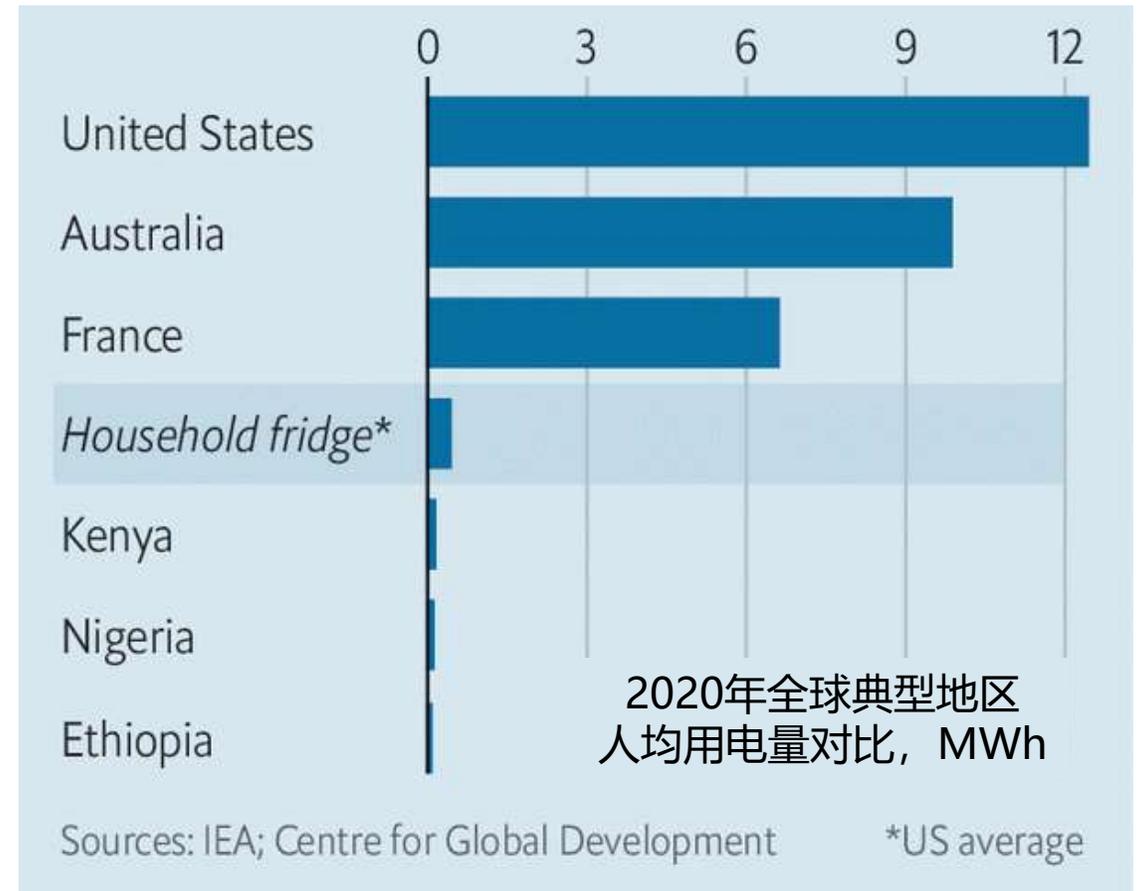
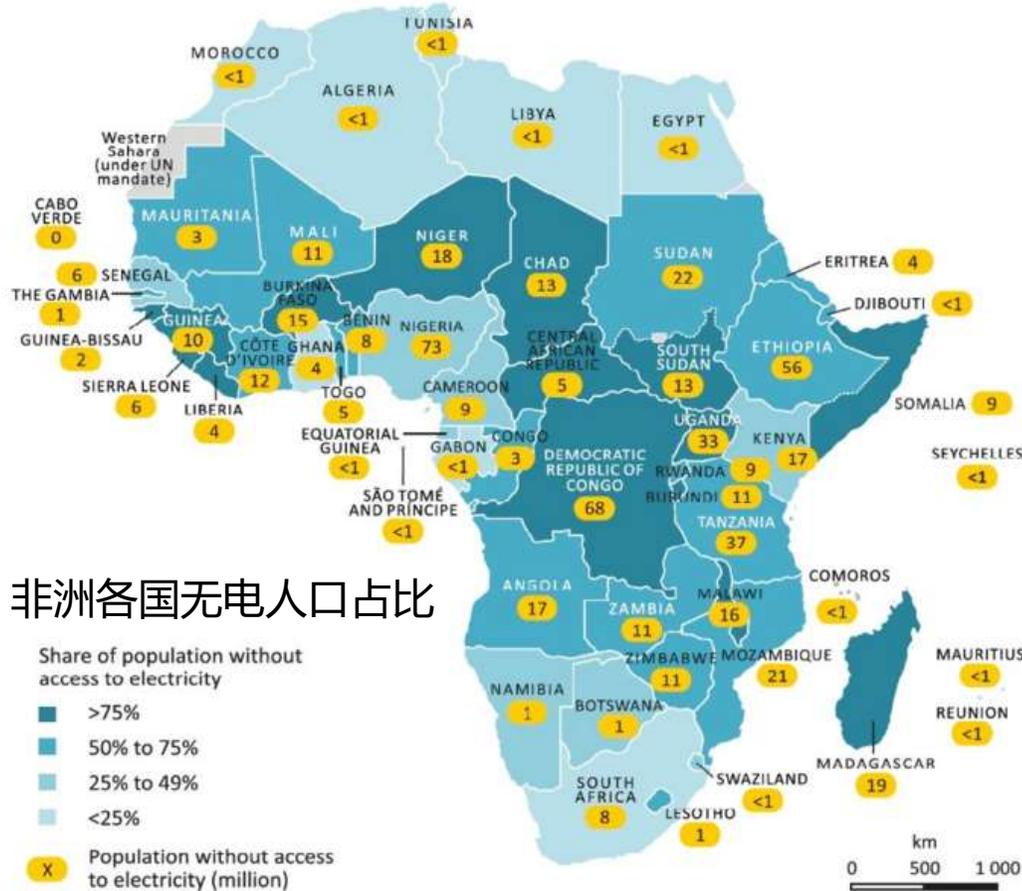
2024年8月27日于北京



浙师大非洲研究院名誉教授 格罗布勒大使
接受习近平主席亲笔复信



非洲电力需求集中在城市地区，但能源资源多分布在偏远与内陆地区，造成能源供需差距巨大，**超过60%人口无法获得稳定的电力供应，人均用电量不到美国的2%**



项目缘起

直面非洲储粮痛点，多元声音催生 Solar-Food-Bank



莫桑比克留学生 (Carlos Muthe)

向我们展示自己家乡因**传统制冷设备匮乏、电力供应不稳定**导致农作物的惨痛损失

邱利民校长与 农场老板邵先生

校长调研莫桑比克赛赛农场粮仓时邵先生指出他们因**高温高湿**的严重粮损并提出配置**太阳能制冷系统**需求

项目负责人 雷奕

作为工学院的一名学生在听闻这项需求后决定**组建团队**运用所学研究解决方案



赛赛农场的种子仓库



农场用鼓风机降温



团队与非洲研究院学者探讨非洲粮食保存方面的具体需求



粮食安全是民生稳固的根基，能源合作是发展跃升的重要保障

双方认为，保障**粮食安全**事关人民福祉、社会稳定和国家发展。非方将与中方共同维护粮食供应链安全，携手应对全球粮食安全挑战。双方认为，能源是关乎非洲经济社会发展的重点领域，也是中非合作的重要内容。中方将鼓励对非洲包括**太阳能**、风能等可再生能源项目投资。中国和非洲国家将就可再生能源领域的专业经验、最佳实践和创新想法进一步深入交流，开展**综合性能力建设项目**。





2021年11月

国务院
《新时代中非合作》白皮书

推进减贫惠农、卫生健康等八大行动，支持非洲**农业现代化**和**清洁能源转型**

2022年8月

科技部、国家发展改革委
《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022-2030年）》

统筹提出支撑2030年前实现碳达峰目标的**科技创新行动**和保障举措，并为2060年前实现**碳中和目标**做好技术研发准备

2023年5月

联合国粮农组织
全球粮食安全倡议

中非合作**“智慧粮仓”**项目，推广数字农业技术

2025年1月

国务院办公厅
《中非合作“九项工程”中期评估报告》

中非共建15个农业科技园区，非洲粮食自给率提升12%，**绿色能源装机容量**达5GW

2022年7月

农业农村部
全国粮食安全工作会

落实**“藏粮于技”**，强化农业科技装备支撑，深化与非洲农业技术合作

2022年9月

国家能源局
《“十四五”可再生能源发展规划》

规划中非绿色能源合作，支持非洲**光伏**、风电及储能项目，共建**“绿色长城”**

2023年8月

中非合作论坛第九届部长级会议
《北京会议》

设立中非绿色创新基金（50亿美元），支持**非洲光伏**、地热能 and 生物质能项目

国家政府机构**2次**

国家专业部门**2次**

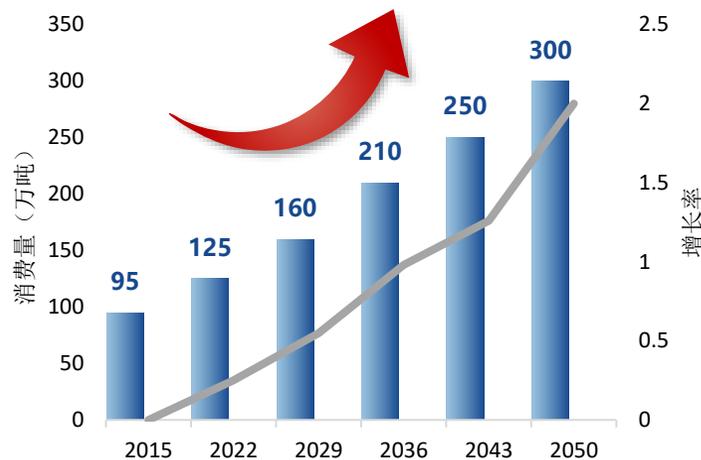
国际组织与论坛**2次**相关政策文件



粮食安全形势严峻，非洲人民的饱腹问题亟待解决

粮食需求量大： 2024年非洲粮食需求达 **1.5 亿吨**

产后损失多： 产后损失率高达 **30%**，年均损失的粮食 **1.3亿吨**，其中因储存条件损失的数量高达**1500万吨**



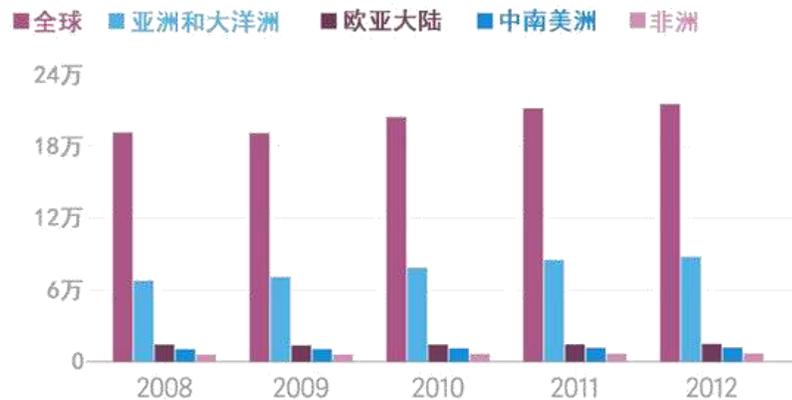
非洲粮食需求不断增长

非洲制冷条件恶劣，储粮技术落后亟待解决

制冷成本高： 大型农场传统制冷业务外包成本达 **200,000美元/年**，运输与关税占比超 **40%**

电力短缺： 非洲农村地区**60%** 的农场处于无电或不稳定供电状态

净发电量总额 (亿千瓦时)



数据来源：国际能源署

非洲电力缺口巨大



市场现状

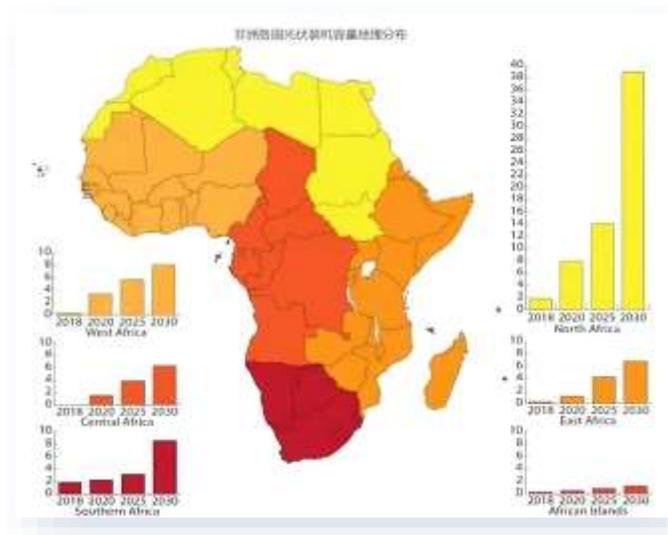
从阳光到冷链，我们看见了非洲的未来温度

太阳能资源禀赋



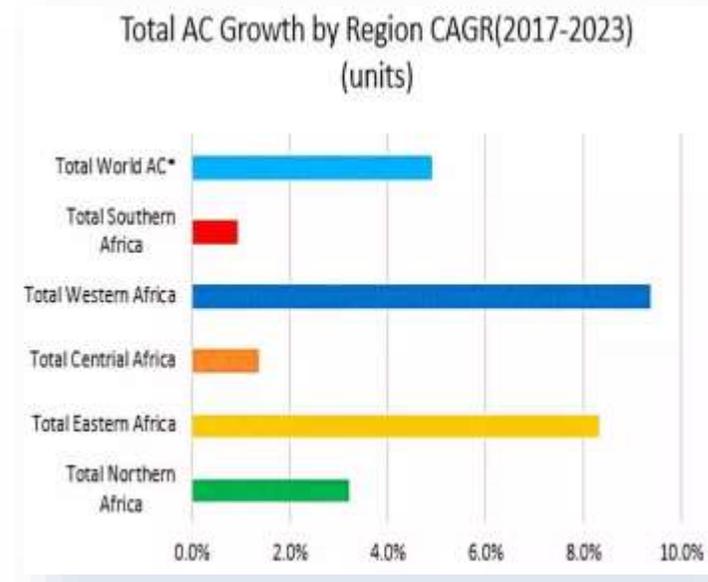
非洲多数地区年太阳辐射量
1800-2500 kWh/m²

光伏发电需求大



非洲光伏发电新增装
机量预计以**30%**的
年复合增长率增长

制冷市场广阔



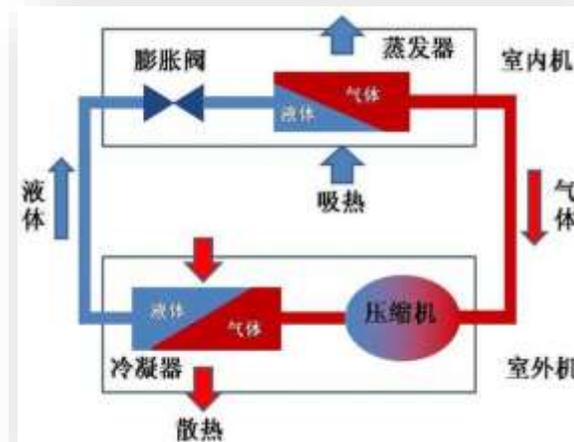
非洲制冷市场不断扩大
2029年预计**突破148.5亿美元**



电网不稳定、电价高

传统生产线难以改变

高温工况下制冷效率不足



电网基础设施建设差

传统设备体积大、配件多

制冷不稳定

非洲地区供电**不稳定**
用电量**需求大**
电价**高昂**

传统制冷设备
部件冗余
运输成本高

非洲地区**高温**
传统机器生产
制冷效率落后



所有团队成员均深度参与项目

项目负责人：雷奕

智能制造工程专业

申请发明专利

参与所有项目产品开发

具有丰富组织比赛经验

担任

多项
学科竞赛
负责人



研发部



宋忻恒 | 智能制造工程专业

申请多篇发明专利
负责微管制冷系统开发



杨宗奇 | 物理学（师范）专业

申请多篇发明专利
负责微管制冷系统开发



姜周 | 智能制造工程专业

申请多篇发明专利
负责离网太阳能系统开发



牟怡鑫 | 智能制造工程专业

申请多篇发明专利
负责微管制冷系统开发

财务部



陈佳媿 | 财务管理专业

负责项目财务工作
获得省政府奖学金



来宁萌 | 美术学专业

参与项目外观设计工作
拥有丰富的竞赛经历

市场部



范家骏 | 国际经济与贸易专业

负责项目市场调研
了解非洲农场相关背景和需求



戴雅 | 智能制造工程专业

参与项目市场调研
了解系统相关原理



强大的专家顾问团队与专业的指导老师，为项目保驾护航



王凯建 浙江师范大学 教授

提供关键核心技术指导
国家千人计划科技创新领军人才
日本富士通将军研究所任职（部长）
2021年入选双龙计划
发表论文80余篇、授权发明专利30余件

邱利民 浙江师范大学 校长

教育部长江学者特聘教授
国家万人计划科技创新领军人才
国际制冷学会气体液化与分离(A2) 副主席
国际低温权威期刊CRYOGENICS国际编委
中国制冷学会低温专业委员会副主任



周文杰

浙江师范大学 教授
工学院双龙学者特聘教授

提供技术和装备研发指导

- 美国威斯康星大学麦迪逊分校机械与能源工程专业毕业
- 全国博士后创新创业大赛铜奖
- 浙江省钱江人才计划支持



张巧文

浙江师范大学 副教授
非洲研究院学术副院长

提供管理与财务指导

- 博士毕业于南非斯坦陵布什大学教育部
- 浙江师范大学中国-南非人文交流研究中心副主任
- 中国非洲史研究会理事



廖思傲

浙江师范大学
教育部中国-南非人文交流研究中心秘书长

提供中非合作指导

- 浙江师范大学非洲区域国别学学科
学科建设办公室副主任
- 咨询报告获得中联部等中央有关部门
采纳3篇



崔雪萍

浙江师范大学工学院
党委书记、副院长

提供创业指导

- 长期从事创新创业教育、产教融合等
方面的研究
- 指导学生参加中国国际大学生创新大赛以及
A类学科竞赛20余项，获得3个全国金奖



研究平台 —— 院校助力，产教融合，培养创新创业高科技人才



✓ 学院提供实验室平台



深入实验室进行设备完善



- ✓ 十六年创业指导经验
- ✓ 举办十余场究盟对接会
- ✓ 培育数十家初创公司
- ✓ 定期开展创新创业训练营



创新项目孵化场地：众创空间



参与创业项目分享会

国际合作特色鲜明

省级科研平台支撑



学校提供中非交流平台，团队多次参加与关注学校中非论坛





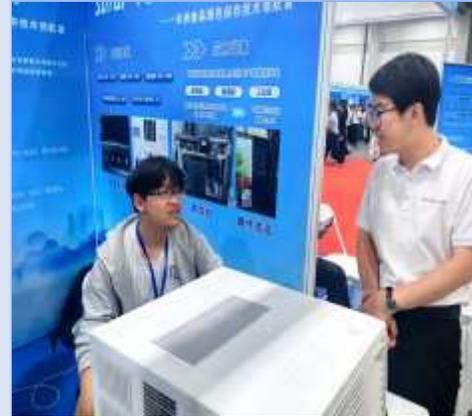
团队成长

聚焦成果转化应用，团队于实践验证中稳健成长

“精益实践-成果转化-韧性成长” 成长三部曲

应用验证，精益实践

团队成员积极参与成果转化会议
将技术原型推向真实场景验证
实现团队韧性成长



**项目参加浙江省高校学生
科技创新优秀成果展**

2022年5月 浙江省高等学校学生科技竞赛委员会

团队成员前往南非调研派遣信

浙江师范大学 (Zhejiang Normal University)

NELSON MANDELA UNIVERSITY

2022年5月12日



队员共同商讨修改
可行措施



导师与队员打磨
产品修改方向



2024年首次自主研发太阳能离网微管智能制冷技术，经过技术迭代升级 实现离网太阳能技术与微管制冷一体化系统，并搭载人工智能恒温恒湿检测系统

2024.10

原型机

原型开发测试



2024.12

V1.0

离网太阳能制冷技术
低功耗设计



2025.01

V2.0

直流压缩机
不锈钢微管制冷



2025.03

V3.0

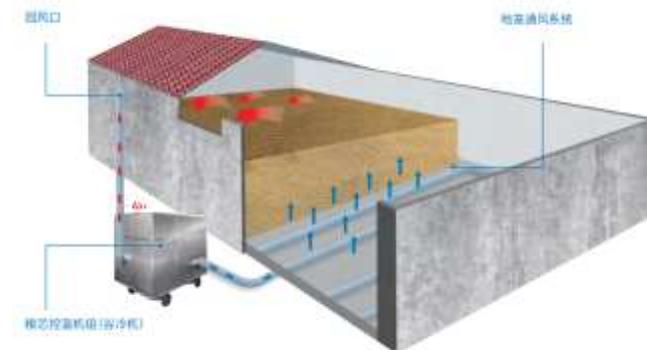
智能控制
微管技术



2025.06

V4.0

人工智能控制
恒温恒湿智能检测



方案概述 —— 突破核心技术，打造“懂非洲”的储粮制冷技术





核心技术1 —— 以直流压缩机破局，筑成光伏驱动的稳供能制冷体系



太阳能板

依托非洲太阳资源，避开接入传统电网

蓄电池

合理规划蓄能计划，为长期使用作保障

直流压缩机

采用低压(24V-48V)直流压缩机
避免大型逆变器需求
减小设备成本和体积

接入设备



1 供能稳

供电-储能-制冷自成体系



2 高效率

内外机一体化

体积缩小50%

减少25%运输成本

体积仅为0.081m³



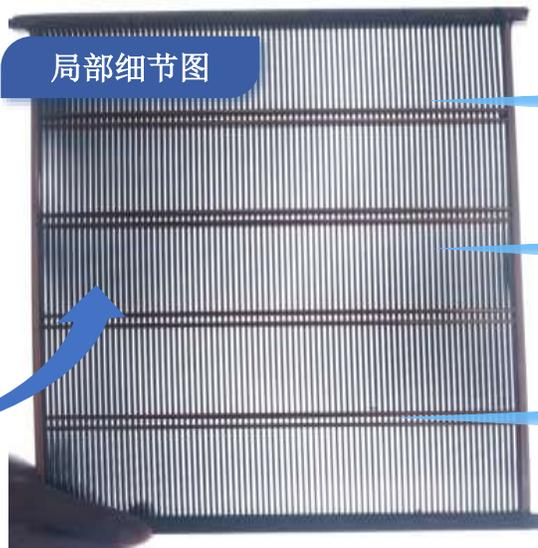
微管制冷系统



进风

出风

局部细节图



制冷剂充注管

直径为1mm的不锈钢微管

每排64根
一层3排

提升50%-80%传热效率

减少30%-50%制冷剂充注量



核心技术3

高效制冷技术与AI实时控制协同：精准降耗的智能制冷革新

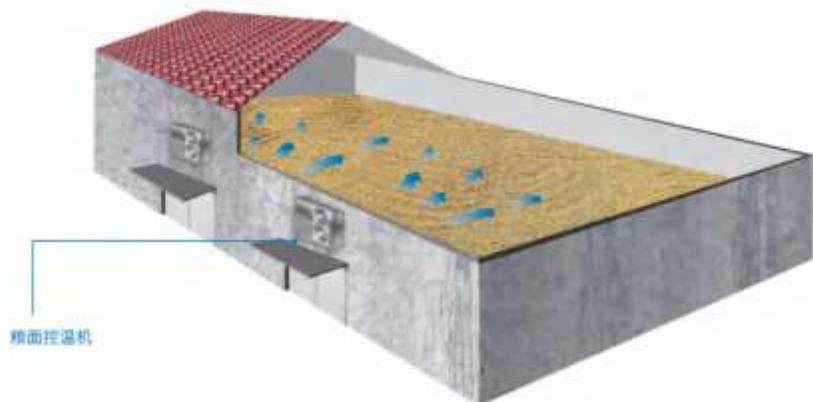
人工智能控制系统

传感器进行数据采集

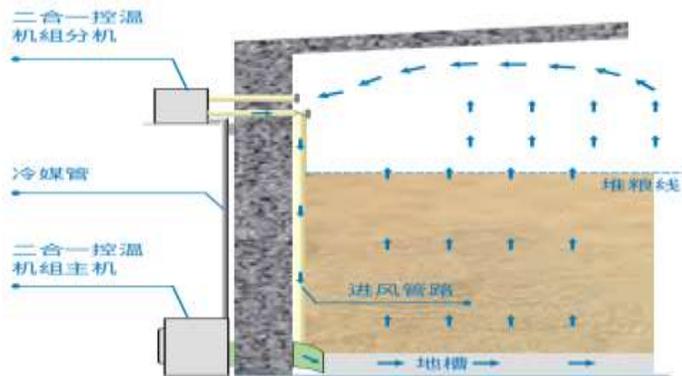
实时监测
冷凝压力、环境温度
制冷剂流量

引入AI算法和模型

液压驱动
实时调整冷凝器翅片间距



智能控制系统



技术原理图

自适应送风技术

温度升高时
自动提升送风的风量

控制精度达 $\pm 0.5\text{cfm}$
温度控制误差达
 $\pm 0.5^\circ\text{C}$

温度降低时自动减小
送风风量节省能耗

自适应调节送风风量，
根据进风侧温度和风速
与冷凝模式

智能制冷

聚焦严苛现实环境，适应环境能力由弱变强



产品专利

团队申请专利2项，申请外观专利1项，实用新型专利1项

2项发明专利申请



90%发明人为团队成员

均为学生一作

90%发明人为团队成员

1项外观专利、1项实用新型专利申请



名称	类型	申请号	第一发明人
一种采用微间隙隔板换热器的 太阳能制冷系统	发明专利	ZL202521216575.9	雷奕
一种基于微间隙隔板换热器的 太阳能吸附式空调系统	发明专利	ZL202521218671.1	杨宗奇



操作流程



适用场景



适用于大、中、小型非洲粮仓

1 键开机 秒速制冷



设备参数

风量(m³/h):2385

制冷量(W):3646

系统功率(W):990

制冷剂充注(g):248

EER/COP (W/W): 3.7

产品服务 —— 针对不同大小粮仓，提供不同型号制冷系统



小型制冷系统



中型制冷系统



大型制冷系统



功率

1匹

10匹

30匹

供能

2片太阳能板

20片太阳能板

60片太阳能板

储能

1度蓄电池

10度蓄电池

30度蓄电池

适用范围

1-2吨的小型粮仓

50吨的中型粮仓

150吨的大型粮库



产品试用效果和试用寿命**已得证实**

检验项目	要求标准	测试结果	验证限值	EER MEPS	结论
输入功率 (kW)	0.70	0.688	≤0.74	—	合格
制冷量 (Btu/h)	12000.00	12019.263	≥11400.00	—	合格
EER (Btu/h)/W	17.150	17.470	≥16.293	≥11.8	合格
年能耗 (kWh)	1890	1857.6	—	—	合格
低温工况	机组运行 3 小时，各部件不应损坏，低压、防冻及过载保护器不应跳开，机组应正常工作	正常工作	—	—	合格

产品获得SGS权威认证



- 1 在60度高温且电压极度不稳定的模拟环境下，可持续工作20天以上，实现局部降温10-11℃
- 2 在强风沙环境模拟实验中，产品始终维持工作不受影响，可证明其稳定性，使用寿命长



专家推荐 —— 专家力荐，院校赋能，共筑中非粮安科技桥

学校非洲研究院及工学院积极支持并协助我们的团队与非洲相关方建立联系

教育部长江学者特聘教授、浙师大非洲研究院院长刘鸿武大力推荐



建立便于小农户使用的制冷系统

莫桑比克农业和粮食安全部伊吉诺·马鲁莱



非洲研究院院长刘鸿武与莫桑比克农业和粮食安全部伊吉诺·马鲁莱对产品做出高度评价





应用案例 —— 在“金”示范运用，制冷效果显著

示范项目试运营，制冷技术成效获有力验证

▶ 已在浙江师范大学非洲研究院进行展示与测试

技术已在金华市示范应用



测试次数	第一次	第二次	第三次	第四次	平均
测试时间	2024.5.2	2025.5.5	2025.5.15	2025.5.20	
当时室内温度	30°C	24°C	26°C	29°C	27.25°C
测试空间大小	30m ³	30m ³	30m ³	30m ³	30m³
降低到20°C左右所需时间	40.5分钟	26.3分钟	30.4分钟	34.7分钟	32.975分钟

试运营成效显著



物流合作，“微管制冷”扬帆出海，踏足非洲大地

 美曙国际物流（上海）有限公司

设备已经运往非洲莫桑比克进行安装



工人正在做安装太阳能板的卡件



放在工作间内的太阳能板



已做好的放置太阳能板的架子



准备安装的制冷系统



上海外高桥港区



订箱装船



运输跟踪



马普托（莫桑比克）卸货



中非命运共同体

- 中非能源合作前景广阔
- 切实解决非洲食品储存难题



助力双碳政策实行

- 绿色能源助力节能减排
- 降低能耗保护生态环境





谢谢!

