



近年国内低温装置的进展

中科富海 高金林

2025.11.07



1

国内低温装置现状

2

国内低温装置技术突破

3

国内低温装置研制单位

4

国内低温装置应用案例

5

国内低温装置应用前景





1

国内低温装置现状

1.1 国内低温装置现状

国内大型氦制冷机现状:

- ✓ 百瓦级4.5K氦制冷机，已形成系列化标准化产品
- ✓ 千瓦级4.5K氦制冷机，4000W @4.5K制冷量，助力同位素研究，已投入运行
- ✓ 百瓦机2K氦制冷机，500W@2K制冷量，完成成果鉴定
- ✓ 万瓦级氦制冷机，18000W@4.5K制冷量，研制及调试阶段



4000W@4.5K制冷机



2500W@4.5K/500W@2K制冷机



18000W@4.5K制冷机

1.2 国内低温装置优势及发展趋势

□ 对标国际产品优势

- ✓ 制冷量、制冷机性能达到国际先进水平
- ✓ 突破核心技术，核心装备自主可控
- ✓ 成本控制出色，供货周期短

□ 发展趋势

- ✓ 大型化、高效化、智能化、模块化
- ✓ 发挥成本优势，提高国际竞争力



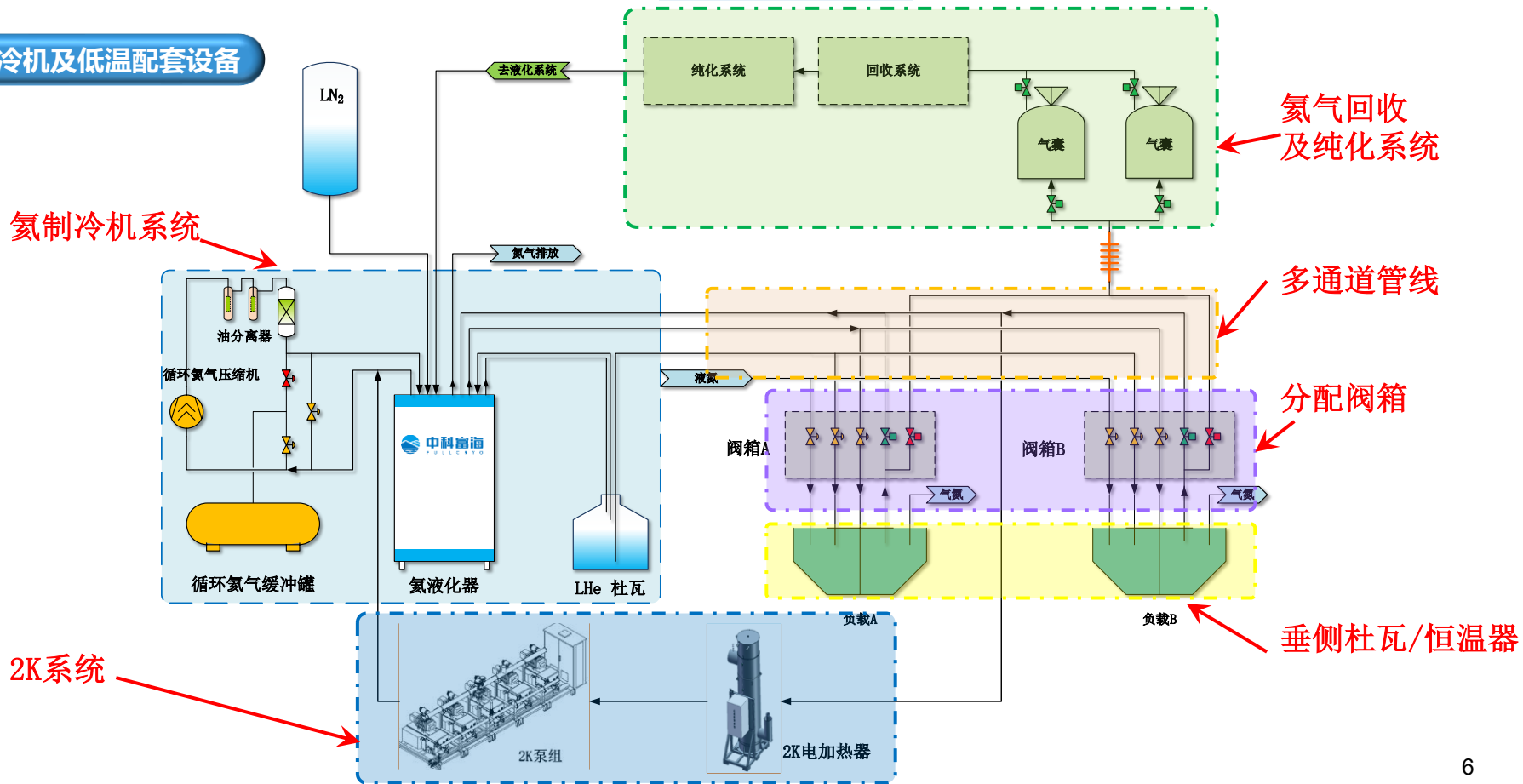


2

国内低温装置技术突破

2.1低温技术核心工艺包

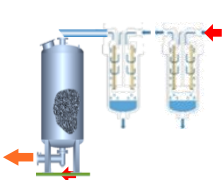
氮制冷机及低温配套设备



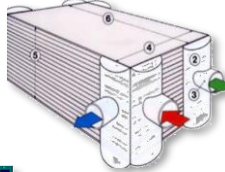
2.1 低温技术核心工艺包

- ❑ 中科富海是中国科学院理化技术研究所的产业化高科技公司
- ❑ 氢/氦液化、超流氦制冷机等“卡脖子”技术的完整知识产权。
- ❑ 以高速高效氦气体轴承透平膨胀机为基础的，多技术、多工艺和多材料融合的的大型低温制冷核心技术

- 高效精滤油系统 1ppb



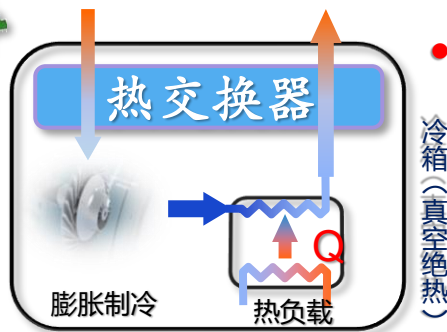
- 低漏率低温板翅式换热器 $10^{-9} \text{Pam}^3/\text{s}$



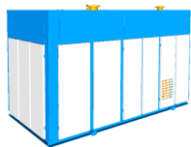
- 高速、高效氦气轴承透平膨胀机



功

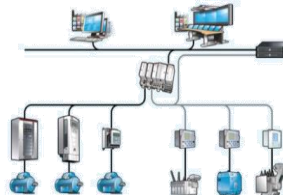


氮气喷油冷却压缩



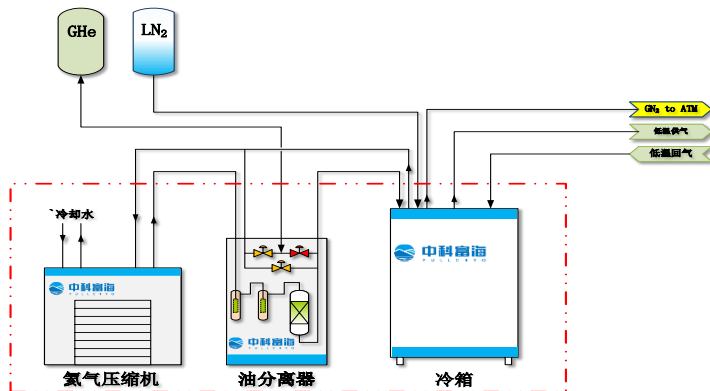
- 高真空绝热冷箱集成

- 系统集成及智能调控



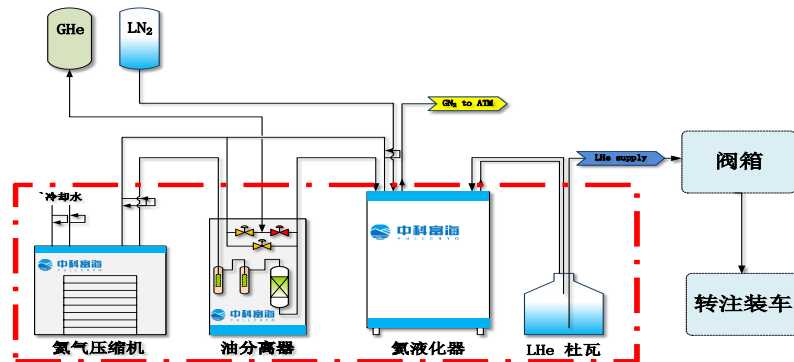
2.2 低温装置核心技术

20K制冷机



- 设备组成：氦气压缩机、油分离器、冷箱；
- 可选：氦气缓冲罐、液氮罐、管道及设备安装

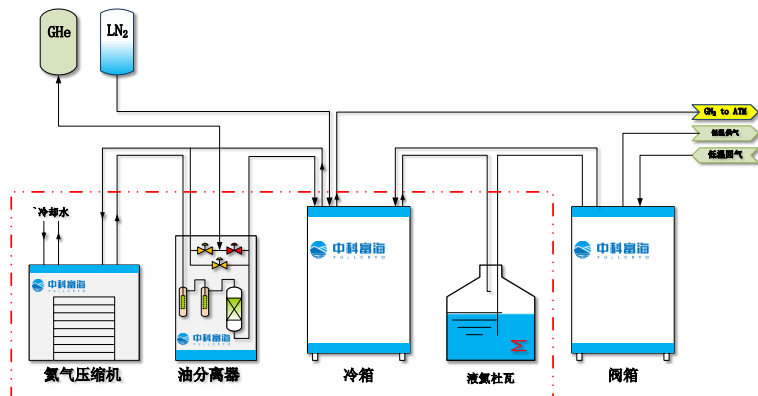
氦液化器



- 设备组成：氦气压缩机、油分离器、冷箱、液氮杜瓦；
- 可选：氦气缓冲罐、液氮罐、阀箱、管道及设备安装。

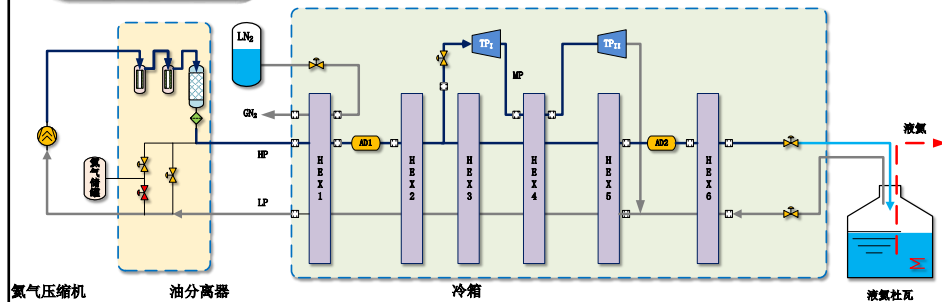
2.3 低温装置核心技术

4.5K制冷机

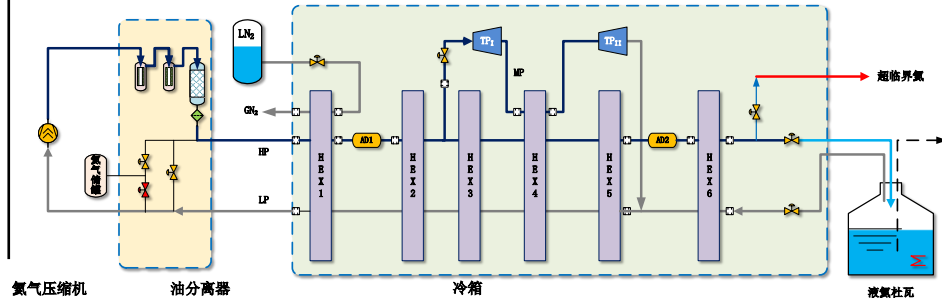


- 设备组成：氦气压缩机、油分离器、冷箱、液氮杜瓦；
- 可选：氦气缓冲罐、液氮罐、阀箱、管道及设备安装。

液氮



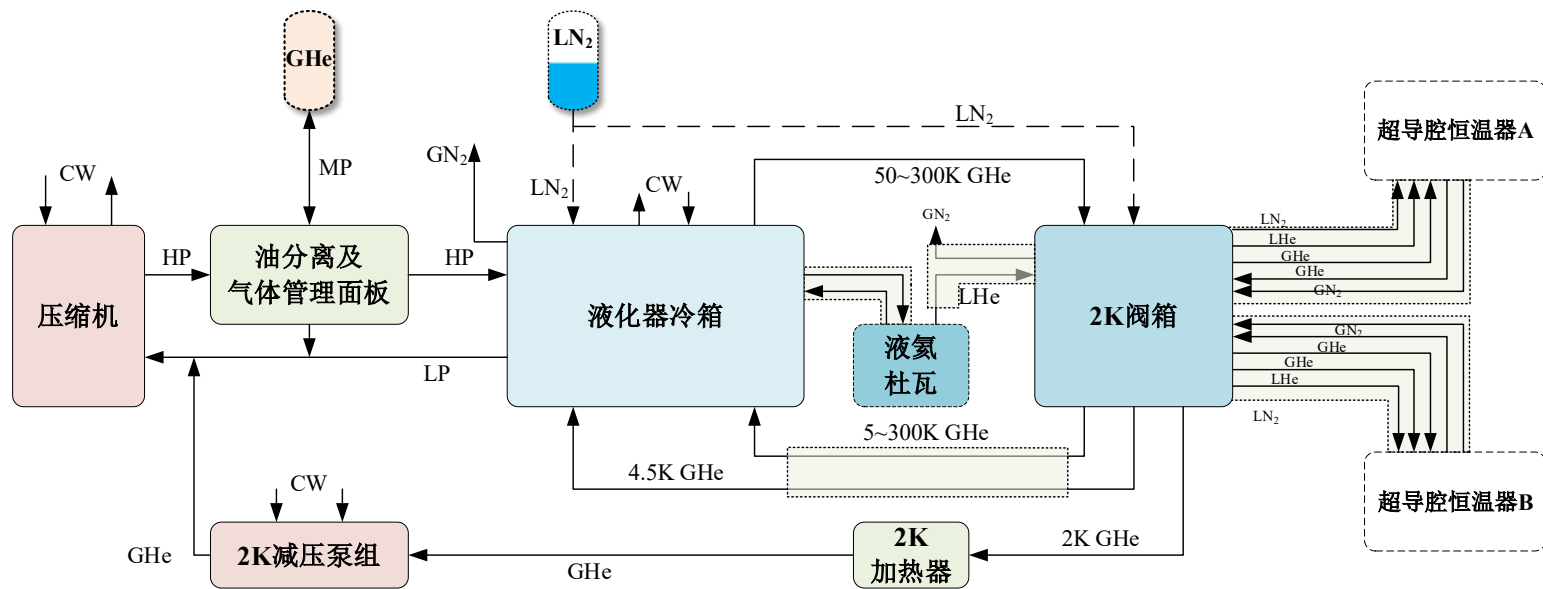
超临界氦



2.3 低温装置核心技术

□ **2K系统**设备组成：氦气压缩机、油分离器、冷箱、液氮杜瓦，2K阀箱，2K加热器，2K减压泵组，多通道管线；

□ 可选：氦气缓冲罐、液氮罐、阀箱、管道及设备安装。

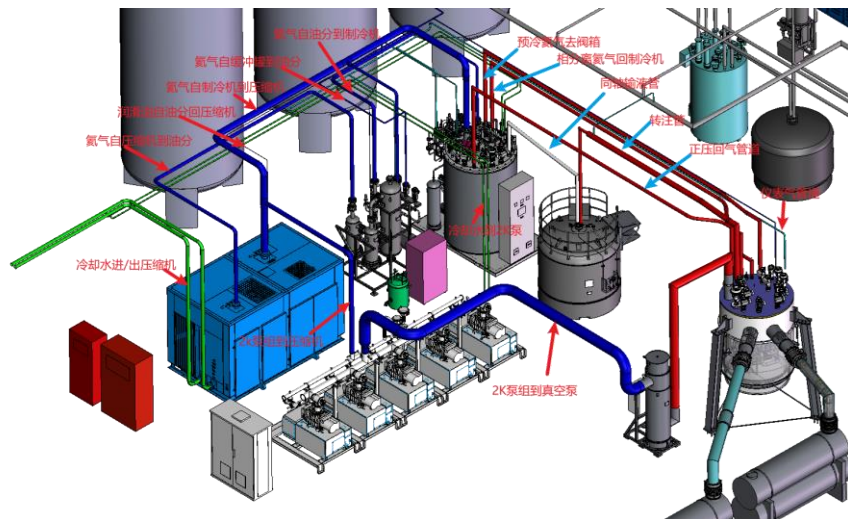


2.4 低温系统定制化解决方案



- 氦气回收及纯化低温
- 氦制冷机系统
- 多通道等低温传输管线
- 阀箱、恒温器、多通道管线
- 智能调控集中控制系统

- 标准化氦液化器产品
- 非标定制氦制冷机系统
- 完整的制冷系统解决方案
- 单台设备供货及项目EPC





3

国内低温装置研制单位

3.1 集团成立-中科富海

- 以中国科学院理化技术研究所**两代院士**领军的数十年大型低温工程技术成果为基础，以两期3.6亿**国家重大科研装备专项支持**产生的研究成果为核心。
- 于2016年8月成立于**北京**，注册资本**3.3亿元**人民币。
- **国内唯一、全球第三家**具有自主知识产权的2K、4.5K 和20K大型低温制冷装备制造与工程系统解决方案供应商。



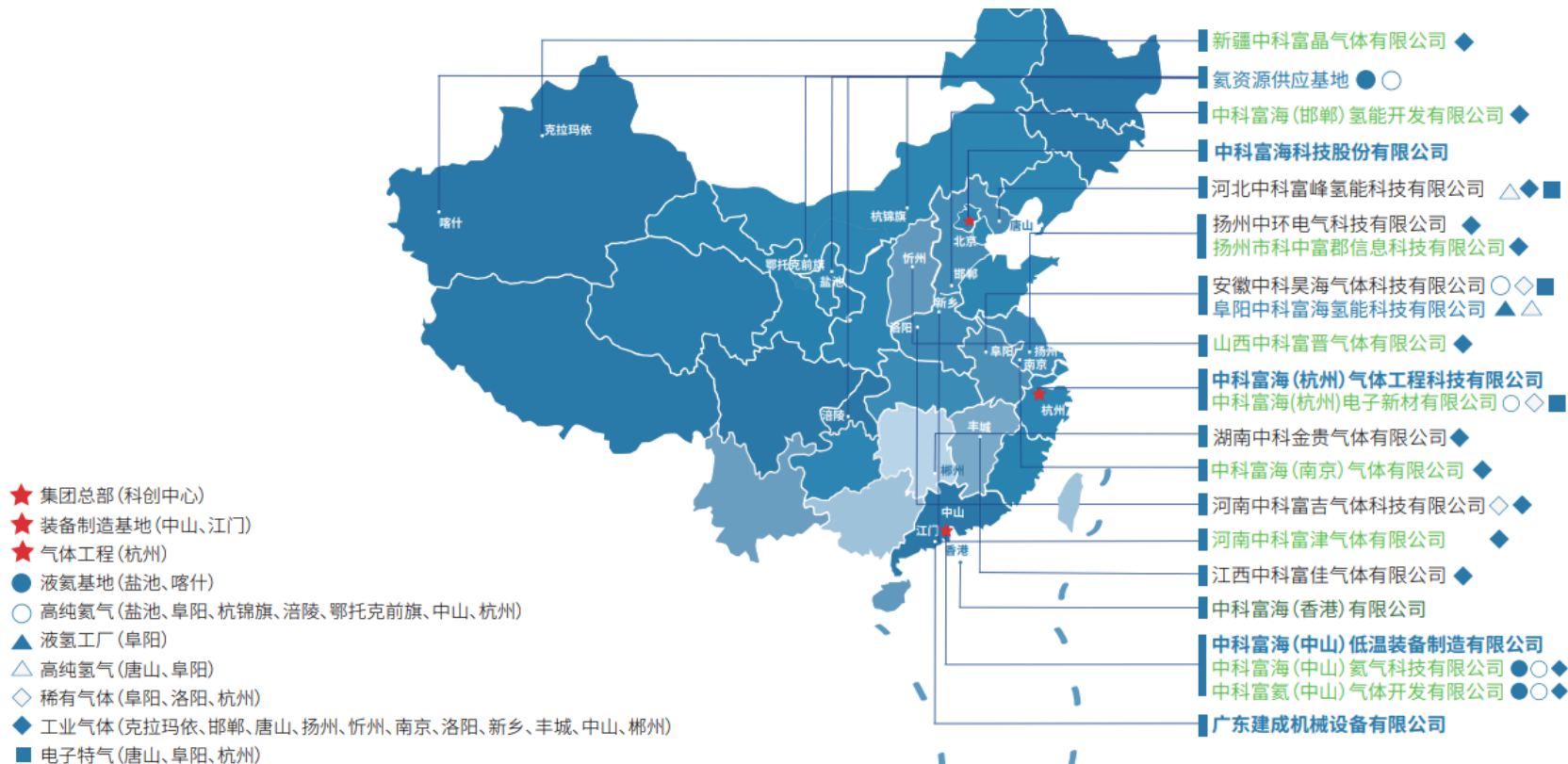
洪朝生 院士
(1920—2018)



周远 院士



3.2 业务布局

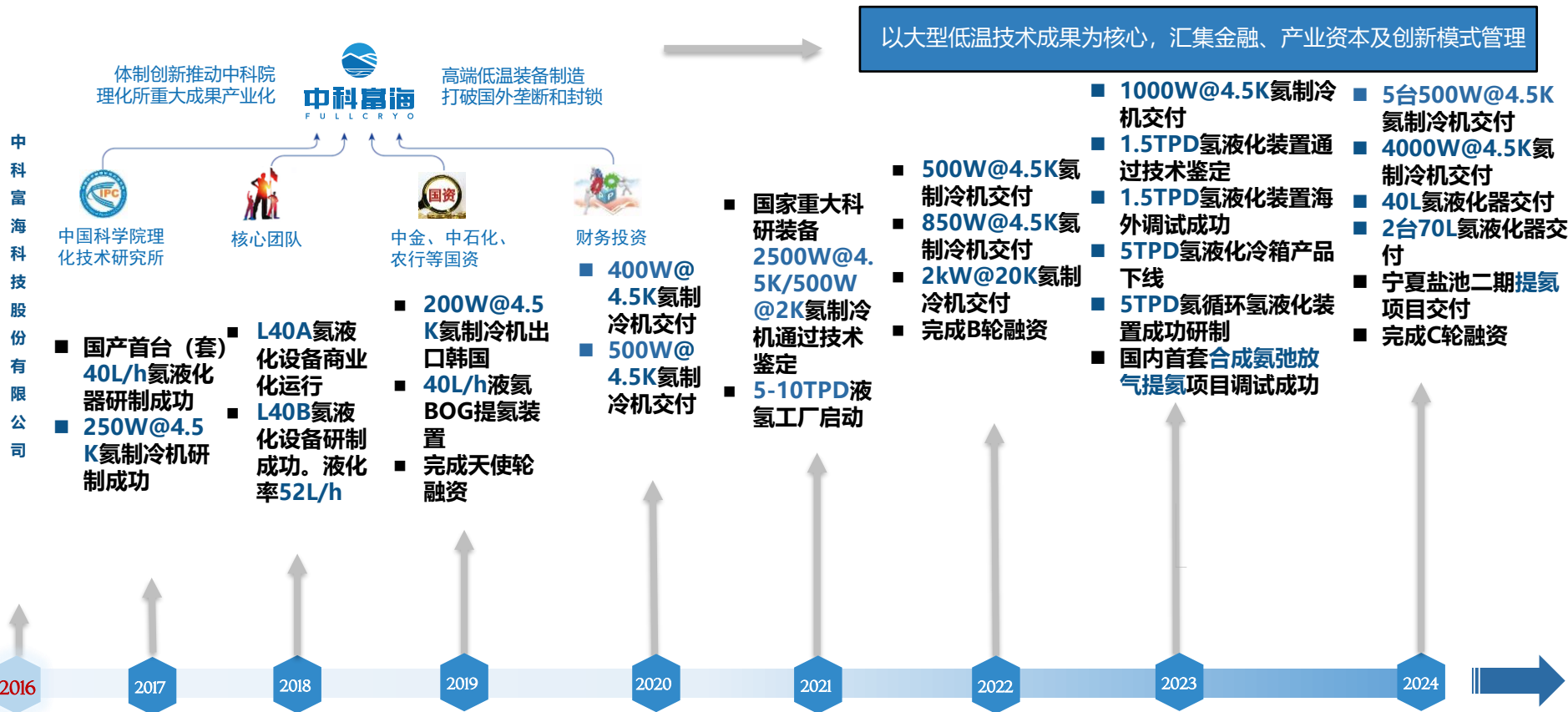


3.3 装备基地

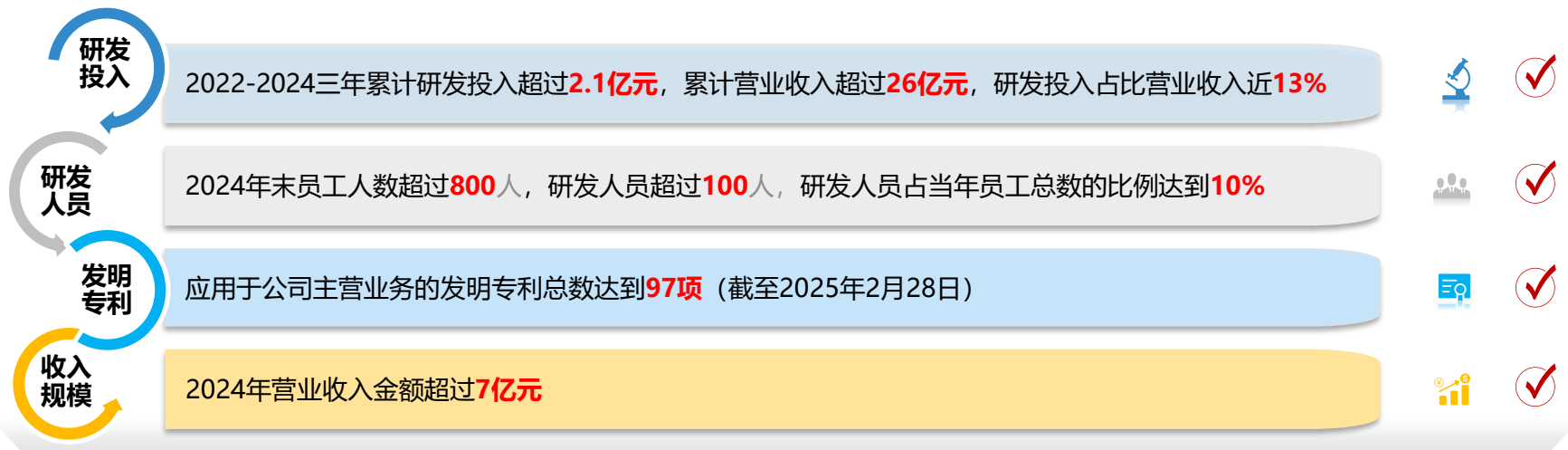
- 中科富海（中山）低温装备制造有限公司（大型超低温装备制造基地）于2017年8月1日在**广东省中山市翠亨新区**正式成立，注册资本**3.9亿元**。
- 占地面积**55亩**，总规划建筑面积是**8.3万平方米**。



3.4 发展历史



3.5 研发与专利



- 一种卧式冷箱装配系统
- 一种氢气生产系统和生产方法
- 一种从BOG气体中提氢与能源利用的系统和方法
- 液体空分及氦氖预浓缩一体化设备

自主知识
产权
工艺包

- 大型低温装备与低温容器
- 氢液化与氢储运
- 氮资源综合利用
- 工业气体与特种气体

- 拥有自主知识产权2K-20K核心技术
- 液氢、液氮到超流氮温区大型低温制冷装备、液化装备、LNG-BOG提氮装备
- 电子特气新材料业务

3.6 低温技术

- ❑ 低温技术为物理学、化学、材料科学等领域的研究提供了重要手段
- ❑ 在现代化高科技发展中具有不可替代的重要作用。

低温制冷技术

通过各种制冷方法实现低温环境，如气体膨胀制冷、相变制冷等

低温液化技术

将气体在低温条件下转变为液体状态的技术

低温绝热技术

旨在减少热量传入低温系统，常用的绝热材料包括泡沫材料、多层绝热材料等

低温存储技术

用于长时间保存低温下的物质，如液氢、液氦等的储存

低温流体输送技术

保证低温流体在管道中的安全、高效输送

低温测量技术

精确测量低温环境下的温度、压力、流量等参数

低温真空技术

在低温条件下实现高真空环境，减少热传导和对流传热

低温技术

低温分离技术

是利用物质在低温条件下物理性质（如沸点、熔点、溶解度等）的差异，通过降温、降压等手段将混合物中的不同组分分离开来的一种技术。常用于气体分离，如从空气中分离氧气、氮气等

低温吸附技术

在低温环境下，利用吸附剂对某些气体或物质具有选择性吸附的特性，从而实现分离、提纯或去除的目的。吸附剂通常在低温下具有更高的吸附容量和选择性

低温换热技术

在低温条件下，利用特殊的换热器结构和传热介质，实现高效的热量传递。常用于低温制冷系统、液化天然气等领域，以提高能源利用效率和保证低温过程的稳定运行

低温精馏技术

基于混合物中各组挥发度的差异，在低温条件下进行多次部分汽化和部分冷凝，从而实现组分分离和提纯的过程。是一种高效、精确的分离技术，常用于工业上大规模分离和提纯气体混合物，如空气分离、石油化工等领域

3.7 低温产品类别

从研发、设计、集成、现场安装、调试等提供整套的低温解决方案。

超低温装备



氮资源系统



低温工程及配套



氢氮制冷机&液化器

- 20K氮制冷机
- 4.5K氮制冷机&液化器
- 2K氮制冷机
- 应用于反应堆冷中子源CNS、宇宙深低温环境模拟、氢气液化和储运等领域

资源氮装备

- 包括催化脱氢、脱甲烷、脱氮等模块
- 配套自有氮液化器实现液氮规模生产

低温工程及配套

- 配套低温工程：低温系统规划、设计与制造
- 低温恒温器、低温分配阀箱制造：承接各类设计、加工和集成工作
- 液氮杜瓦：蒸发率达到国外同类产品指标

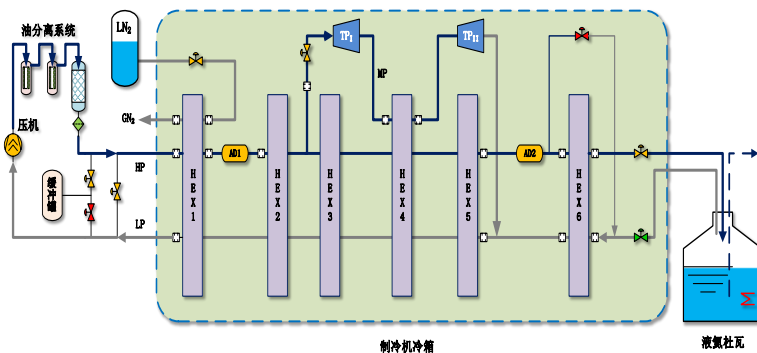
非标定制

- 相关低温系统、低温部件的非标设计及产品定制，例如低温精馏系统及部件、低温异形恒温器、低温测试平台、各种尾气的回收处理等

3.8 标准化及系列化低温装置



氮液化器系列	FHL-40	FHL-70	FHL-100	FHL-140	FHL-180	FHL-240	FHL-280	FHL-400	定制产品
液化率L/h	40~70	70~100	100~140	140~180	180~240	240~280	280~310	310~420	≥420
压缩机额定功率kW	75~90	90~132	132~160	160~200	200~250	250~315	315~355	355~425	
氮制冷机系列	FHLR-40	FHLR-70	FHLR-100	FHLR-140	FHLR-180	FHLR-240	FHLR-280	FHLR-400	定制产品
制冷量W	160~250	250~320	320~450	450~580	580~750	750~900	900~1000	1000~1400	≥1400
压缩机额定功率kW	75~90	90~132	132~160	160~200	200~250	250~315	315~355	355~425	

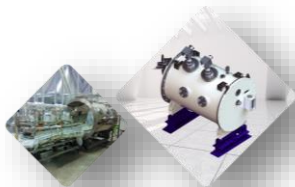


3.9 非标定制-低温配套

●液氮杜瓦



● 低温恒温器



●低温分配阀箱



●高精度油分离器（含气体管理系统）



●外置纯化器



●酷德宝

●透平水冷换热器



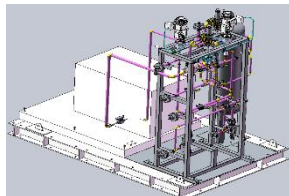
●氦气纯度分析仪



●真空低温管线



●非标定制化产品





4

国内低温装置应用案例

4.1 实际案例汇总

超流氦温区 (2K)

- ① 500W@2K氦制冷机大型低温制冷系统研制
- ② 500W@4.5K氦制冷机以及2K部分
- ③ 500W@2K液氦低温系统
- ④ 1000W@2K CSNS-II加速器低温系统氦制冷机
- ⑤ 500W@2K 超导腔垂测主系统

液氦温区 (20K)

- ① 600W@15K氦气深冷系统
- ② 2000W@20K 低温氦制冷机
- ③ 3000W@20K氦制冷机

液氦温区 (4.5K)

- ① 250W@4.5K氦制冷机
- ② 350W@4.5K 氦制冷系统实验样机
- ③ 400W@4.5K 氦制冷机
- ④ 500W@4.5K 氦制冷机
- ⑤ 500W@4.5K HL-2M氦制冷机
- ⑥ 500W@4.5K 氦制冷机
- ⑦ 500W@4.5K氦制冷机
- ⑧ 850W@4.5K 氦制冷机
- ⑨ 1000W@4.5K 测试低温系统氦制冷机
- ⑩ 1200W@4.5K&800W@4.5K氦低温制冷液化及分配系统
- ⑪ 4000W@4.5K 高能量密度平台4.5K氦制冷机

4.2液氢温区20K制冷机案例

600W@15K 氦制冷机

- ◆ 项目状态：2022年8月交付验收
- ◆ 航天八院



2kW@20K 氦制冷机

- ◆ 项目状态：2021年12月交付验收
- ◆ 九院七所



4.3 氮液化器应用案例

40L氮液化器

- ◆ 项目状态：2020年7月交付验收
- ◆ 深燃众源



70L氮液化器

- ◆ 项目状态：2023年5月交付验收
- ◆ 松山湖材料实验室



4.3 氮液化器应用案例

120L氮液化器

- ◆ 项目状态：2021年12月交付验收
- ◆ 四川杰瑞恒日天然气



280L氮液化器

- ◆ 项目状态：待调试
- ◆ 中石油



4.4 液氦温区4.5K百瓦级制冷机应用案例

200W@4.5K氦制冷机

- ◆ 项目状态：2019年交付
- ◆ 韩国KSTAR-NBI中性束注入器



400W@4.5K制冷机

- ◆ 项目状态：2020年11月交付
- ◆ 原子能院



4.4 液氦温区4.5K百瓦级制冷机应用案例

500W@4.5K制冷机

- ◆ 项目状态：2022年6月交付
- ◆ 西物院



850W@4.5K制冷机

- ◆ 项目状态：2022年6月交付
- ◆ 散裂中子源科学中心



4.5 液氦温区4.5K千瓦级制冷机应用案例

1000W@4.5K制冷机

- ◆ 项目状态：2023年6月交付
- ◆ 广东省先进能源实验室



4000W@4.5K制冷机

- ◆ 项目状态：2024年9月通过性能验收
- ◆ 广东省先进能源实验室



4.6 2K制冷机应用案例

100W@2K氦制冷机

- ◆ 项目状态：2023年6月完成首次调试
- ◆ 工程物理研究院



500W@2K氦制冷机

- ◆ 项目状态：2020年完成交付
- ◆ 中科院理化所





5

国内低温装置市场应用前景

5.1 大型低温装置市场需求

□ 大型低温制冷机国家战略应用

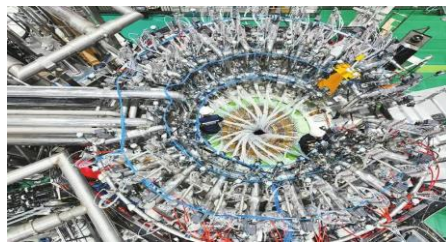
- 大型低温氦制冷机是超导磁体的“守护者”
- 粒子加速器的“能量源”
- 量子科技的“温床”

□ 产业链“补短板”

- 打破了国外企业超低温制冷机的长期垄断。
- 突破关键技术，实现制冷机关键技术自主可控
- 核心部件全国产化，填补国内空白

□ 提升产业竞争力

- 带动上下游产业链的发展
- 培养专业人才队伍
- 提高国际竞争力



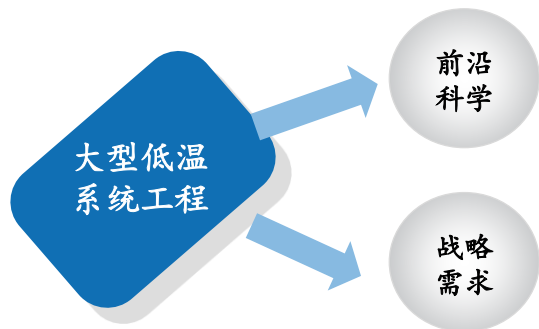
中国环流三号可控核聚变装置



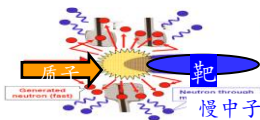
1.3 GHz超导腔模组

5.2 大型低温装置市场应用前景

- 50%以上大科学装置其核心部件需要极低温环境
- 2012-2030年重大科技基础设施建设规划中，16个重大专项的其中8项与低温技术相关。
- 实现从无到有“零的突破”，最终领先与超越国际先进水平



高能物理
强子对撞机



基础科学
散裂中子源



先进材料
磁悬浮列车



太空探测
实验验证相对论



环境安全
核废料处理



能源安全
可控核聚变



国防安全
航天火箭



战略资源
液氦

大科学工程市场规模

- 低温制冷系统为大科学装置提供必须的极端低温环境，
- 未来5-10年预计万瓦级低温设备需求约20台
- 制冷机投资预计超30亿
- 低温配套设备投资约60亿

序号	装置	等效制冷量
1	SHINE(上海硬X射线自由电子激光装置)	3x18kw@4.5K
2	HIAF(强流重离子加速装置)	10kw@4.5K
3	CIADS(加速器驱动嬗变研究装置)	2x10kw@4.5K
4	CFETR(中国聚变工程实验堆)	3x25kw@4.5K
5	CEPC(环形正负电子对装机)	8x18kw@4.5K

5.3 量子计算战略需求

❑ 国家战略：通用量子计算机用大型超低温制冷系统

◆ 行业龙头企业已着手布局

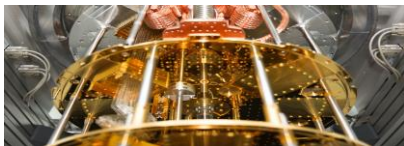
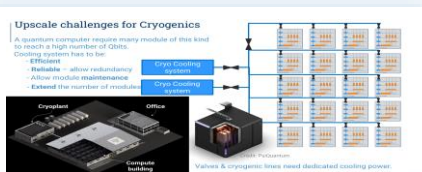
◆ 工信部量子科技创新任务（2025年揭榜挂帅项目）



法液空 (AI.PA) 通过合作研发为通用量子计算机建设大型超低温装置



林德 (LIN.O) 正为全球首台实用型量子计算建设低温冷却系统



- ❑ 超导量子计算机的工作温度低至mK级
- ❑ 需要庞大的制冷机，用于营造超低温环境

- ❑ 量子科技创新任务——参与工信部揭榜挂帅项目
- ❑ 研制用于量子计算机的大冷量稀释制冷机

- ❑ 2026年，研制满足容纳超过1000量子比特的大冷量、可互联稀释制冷机
- ❑ 可装载线缆数 ≥ 4000 条，混合室冷盘面积 $\geq 1.6\text{m}^2$
- ❑ 稳定实现空载最低温 $\leq 12\text{mK}$ ，空载 100mK 制冷功率 $\geq 3000\mu\text{W}$
- ❑ 多台设备互联门接口温区从mK级到 300K 全覆盖

氢能源领域：打通液氢全产业链示范,可助力实现双碳目标

- ◆ 牵头承担国家科技部重点研发计划：“可再生能源与氢能技术重点专项” - 液氢制取、储运与加注关键装备及安全性研究项目，建成国内首个民用液氢工厂（5吨/天）及首座液氢储存型加氢站（2吨/天）

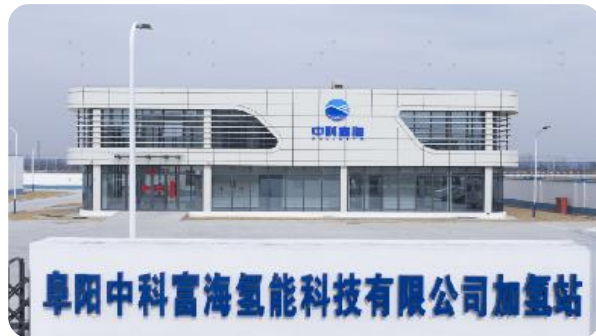
5吨/天国产民用液氢工厂



- 透平膨胀机绝热效率83.52%
- 氢液化能力5.27吨/天
- 单耗11.8 kW·h/kg-LH₂

核心装备国产化率将达到
90%以上
工信部2025揭榜挂帅项目

国内首座液氢储存加氢站



- 增压气化系统输出压力45.2MPa
- 氢气加注能力35MPa和70MPa

- 1.5吨/天氢液化装置出口加拿大；参与科学院先导专项项目，完成首套5吨/天氢循环氢液化冷箱的设计制造
- 具备10吨/天以上的氢循环制冷氢液化器及其关键设备氢透平膨胀机研发设计、制造及工程实施能力，将使氢液化综合成本预期可降低50%以上，为未来大规模、低成本的氢储运提供经济可行的解决方案

感谢您的关注

Thank you for your attention



姓名：中科富海

电话：010-86468866

邮箱：info@fuhacryo.com

网址：www.fuhacryo.com