



重慶大學  
CHONGQING UNIVERSITY

# LNG余冷利用及零碳供冷技术

主讲人：卢军 教授、博导

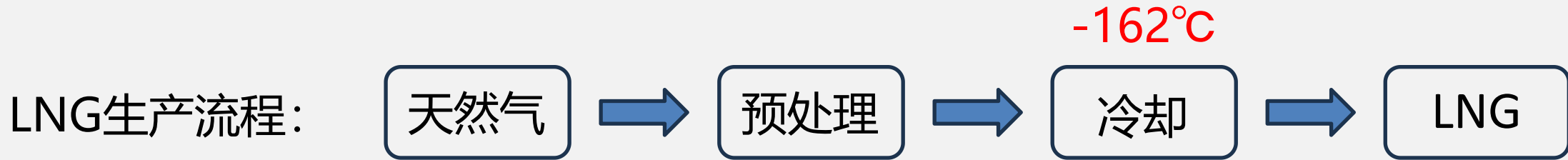
电话：13808379613



重慶大學  
CHONGQING UNIVERSITY

# 01 背景

## 1.1 我国LNG发展现状



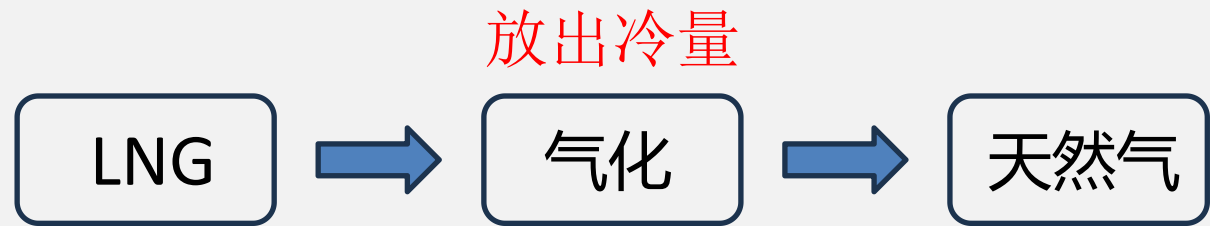
LNG市场容量： 2021年我国LNG进口量和生产量分别为7941万吨和1545万吨，同比增长18.3%和15.9%

2021年我国LNG表观消费量为9486.6万吨，同比增长17.9%

**LNG具有广泛的市场前景**

## 1.2 我国LNG余冷利用现状

LNG气化流程:



LNG蕴含 $-162^{\circ}\text{C}$ 的高品位冷能。以2021年我国LNG进口量7941万吨计算，考虑换热器效率和冷能运输损失（总效率75%），每吨LNG可提供余冷173kWh，合计可利用的LNG余冷量为137亿kWh。

## 1.2 我国LNG余冷利用现状

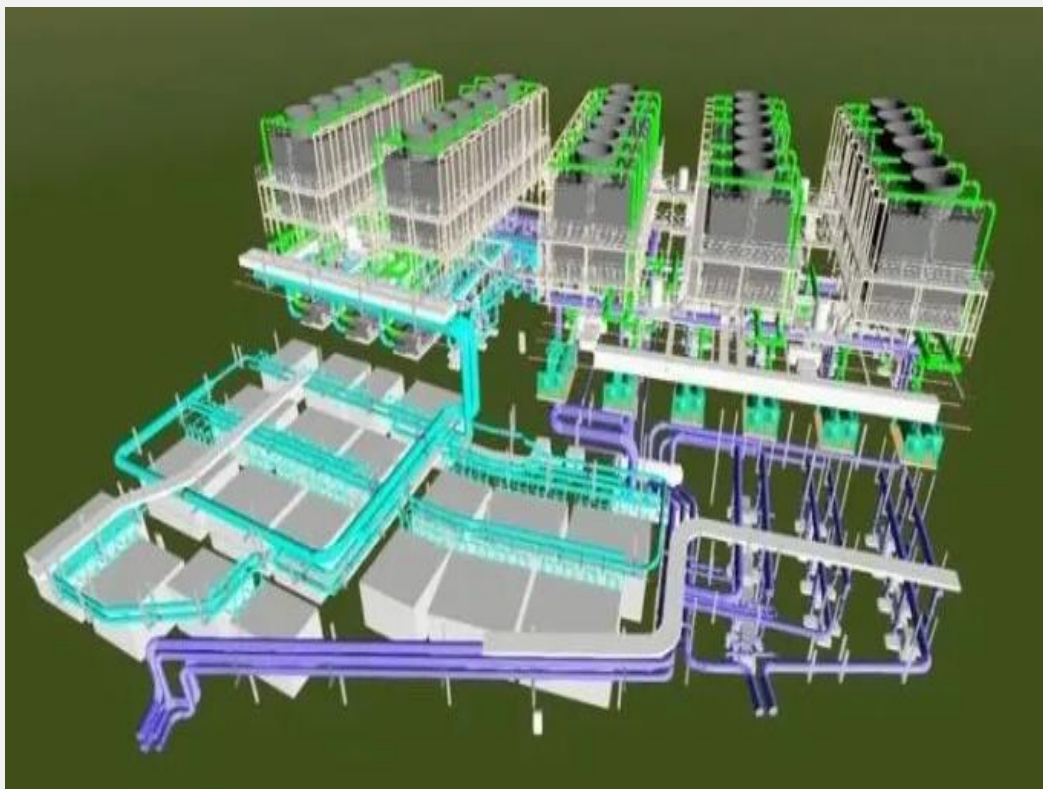
LNG余冷在国内、国外均有相当多的应用案例，根据LNG冷能利用过程可分为**直接利用**和**间接利用**。

- ◆ **直接利用**：低温发电、低温空分、轻烃回收、冷冻仓库、制造液化CO<sub>2</sub>、海水淡化、空调、制冰和低温养殖、栽培等。
- ◆ **间接利用**：用空分后的液氮、液氧、液氩来低温破碎、冷冻干燥、低温干燥、低温制药、水和污染物处理及冷冻食品等。

LNG余冷可利用于区域供冷、冷链物流、数据中心等，**属于余冷利用，国家政策鼓励范围。**

**传统方式受到项目环境、技术和经济的制约，难以推广应用**

## 1.3 传统区域供冷及蓄冷存在的问题



传统区域供冷模式采用**电制冷机组及冷却水系统**，能耗高，碳排放大，耗水大。

蓄冷是一种中央空调储能调峰技术，对**电网安全**具有重要的意义。现有的蓄冷技术主要是冰球、动态冰浆和盘管。存在储冷系统能效低、负荷响应速度慢、初投资大等亟待改善的问题。



重慶大學  
CHONGQING UNIVERSITY

## 02 LNG冷能利用

## 2.1 存在问题



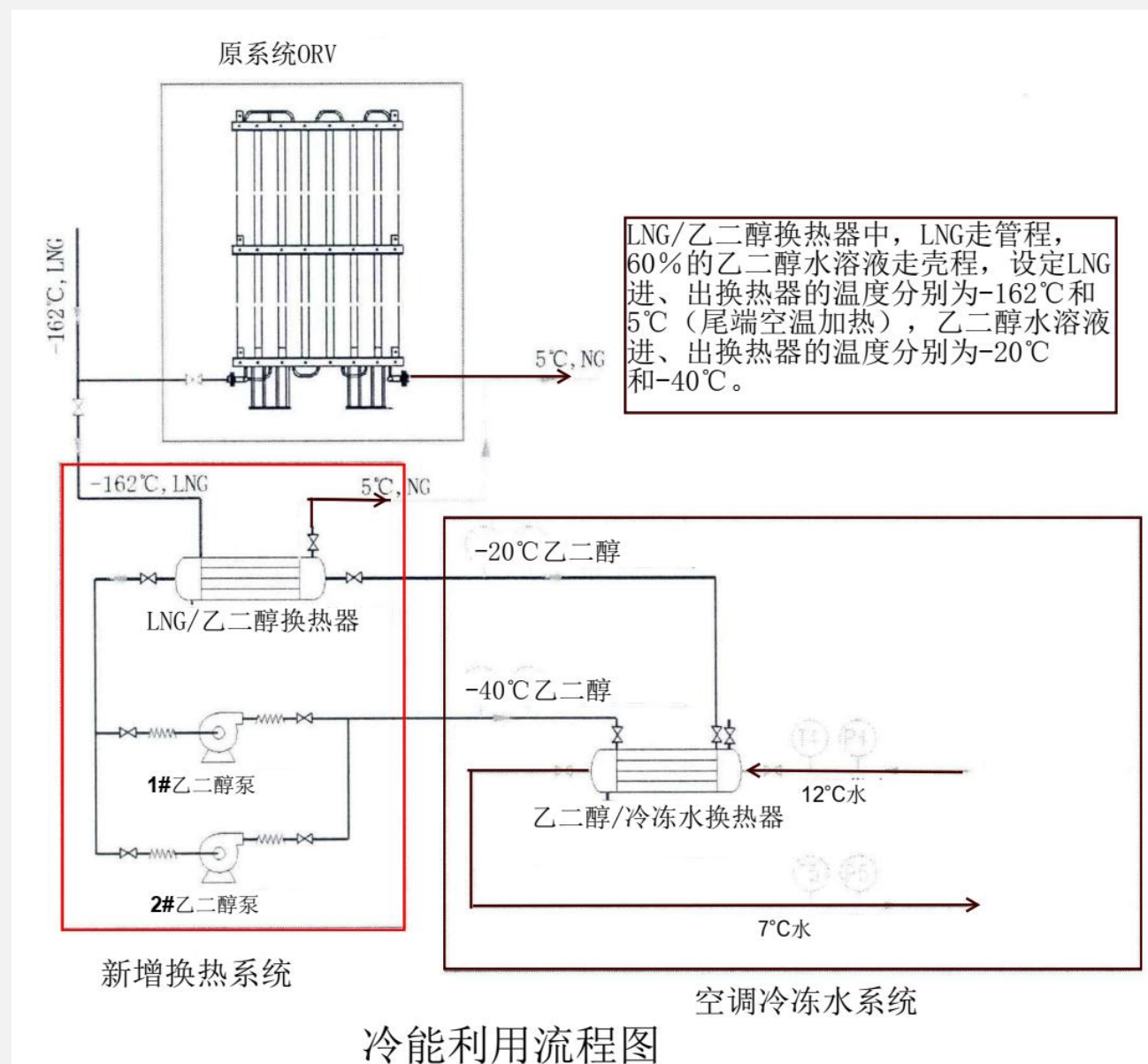
急需**高效LNG气化技术**、**蓄冷技术**和**冷能输送技术**及**区域供冷技术**的集成应用，增强高峰期电网安全性，有利于燃气行业的可持续发展，实现能源行业的节能减排。



## 2.2 实现路径一

1、 $-162^{\circ}\text{C}$ 的LNG进入“LNG/乙二醇换热器”与乙二醇进行热量交换，低温LNG释放冷量后气化升温成 $5^{\circ}\text{C}$ 的气态天然气，之后外输管网。原有ORV不使用。

2、乙二醇在“LNG/乙二醇换热器”内吸收LNG的冷量后降温，经过乙二醇泵输送至“乙二醇/冷冻水换热器”，与 $12^{\circ}\text{C}$ 的空调冷冻水进行热量交换，乙二醇释放冷量后重新回到“LNG / 乙二醇换热器”，与换热器内的LNG重新换热，完成循环。



## 2.3 实现路径二

冰浆是水和冰晶的混合物，是一种良好的载冷和储冷介质。本项目利用吸收LNG冷量后的或**制冷剂或防冻剂制取冰浆**，以冰浆作为蓄冷介质，通过汽车、轮船运输冰浆至需要供冷的场所如：冷藏库、低温粮仓、数据机房、区域供冷系统，实现LNG冷能的跨区域利用，达到低碳供冷和电网调峰的目的。



## 2.4 创新点

### LNG气化技术和余冷综合利用

在保证不影响LNG气化的前提下，实现提高换热效率、降低换热面积的目标，保证中间液体的温度控制

### 零碳供冷全流程控制技术

利用LNG余冷进行供冷，不额外消耗能量，实现零碳供冷

### 动态冰浆配送技术

采用冰浆作为冷载体，实现快速、低损耗潜热供冷，输配经济性好

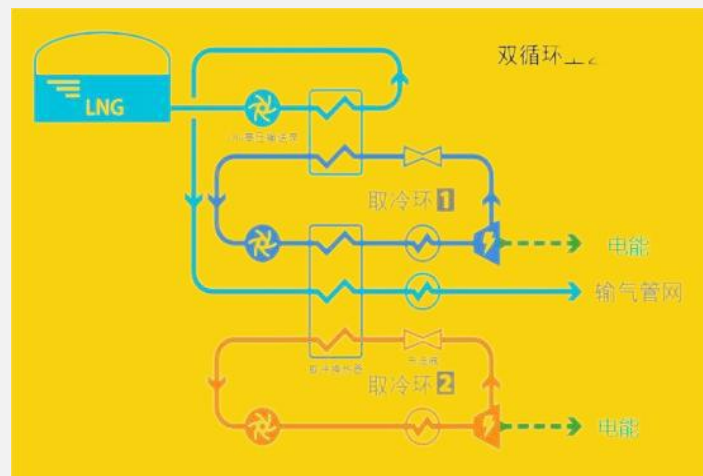
## 2.5 技术难点

### 汽化器高效传热技术

既要保证换热效率、降低换热面积，又要保证气化效果和中间液体的温度控制



### 冷能发电技术



### 高效冰浆生产设备及加工工艺

提升冰浆生产设备及蓄冷设备的效率，保证输送系统的高效运行





重慶大學  
CHONGQING UNIVERSITY

# 03 社会效益

## 3.1 经济效益

以2021年我国LNG进口量7941万吨计算，换热器效率和冷能运输效率按75%计算，每吨LNG可提供余冷173kWh，合计137亿kWh。

本项目市场份额按20%计算，每年可利用冷能27.2亿kWh。冷量单价按0.4元/kWh计算，每年可产生直接经济效益10.88亿元。同时减少接收站每年用能用水费用约2亿元，可以合同能源管理模式分享利益。

配套工程和维护建设投资约20亿元，可以参与专用设备和工程的建设管理。

## 3.2 节能减碳效益

按区域供冷系统综合能效5.0计算，本项目每年可减少用电量5.44亿kWh，可减少二氧化碳排放52.2万吨。

## 3.3 其他效益

本项目可以减少制冷设备和制冷剂的使用。采用冰浆蓄冷，实现LNG冷能的跨区域利用。在电网用电峰值期使用冰浆供冷，达到电网调峰，提升电网有效性的目的。



## 4.1 团队介绍

### 重庆大学LNG冷能利用团队

团队以重庆大学为支撑单位，基于国家“双一流”建设学科平台——土木工程，与中国化学成达公司联合培养LNG方向博士，与南方电网能源公司联合共建低碳研究中心，在海南昌江核电站开展混凝土低温冷却技术与示范。

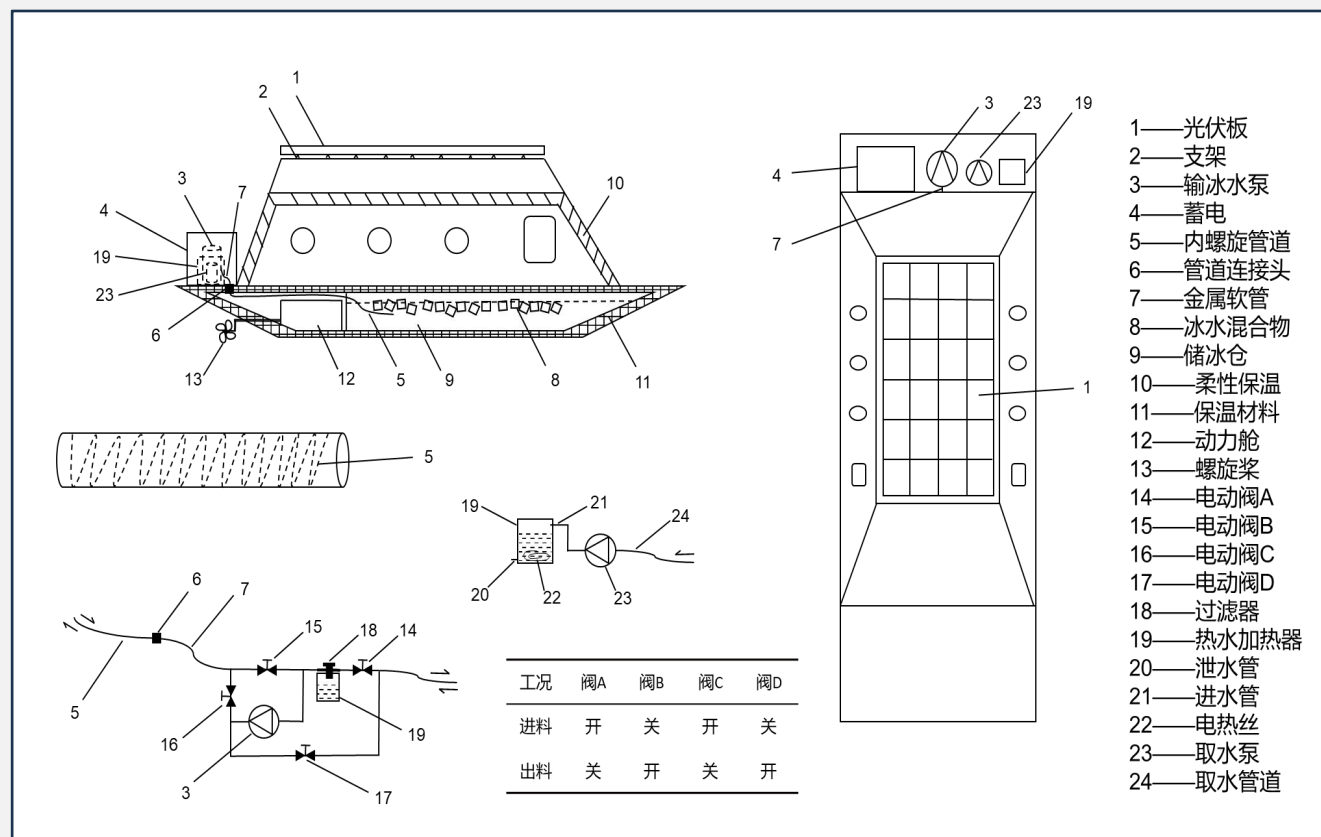
团队完成了国家科技攻关计划项目、国家自然科学基金项目、省部级和横向合作项目数十项。开发光伏光热利用、热泵技术、燃气分布式能源和高效输配等相关低碳技术专利数十项，主持完成设计、咨询和检测项目百余项。获得省部级各项奖励8项。



## 4.2 团队成果

# 专利《一种零碳输冰船》

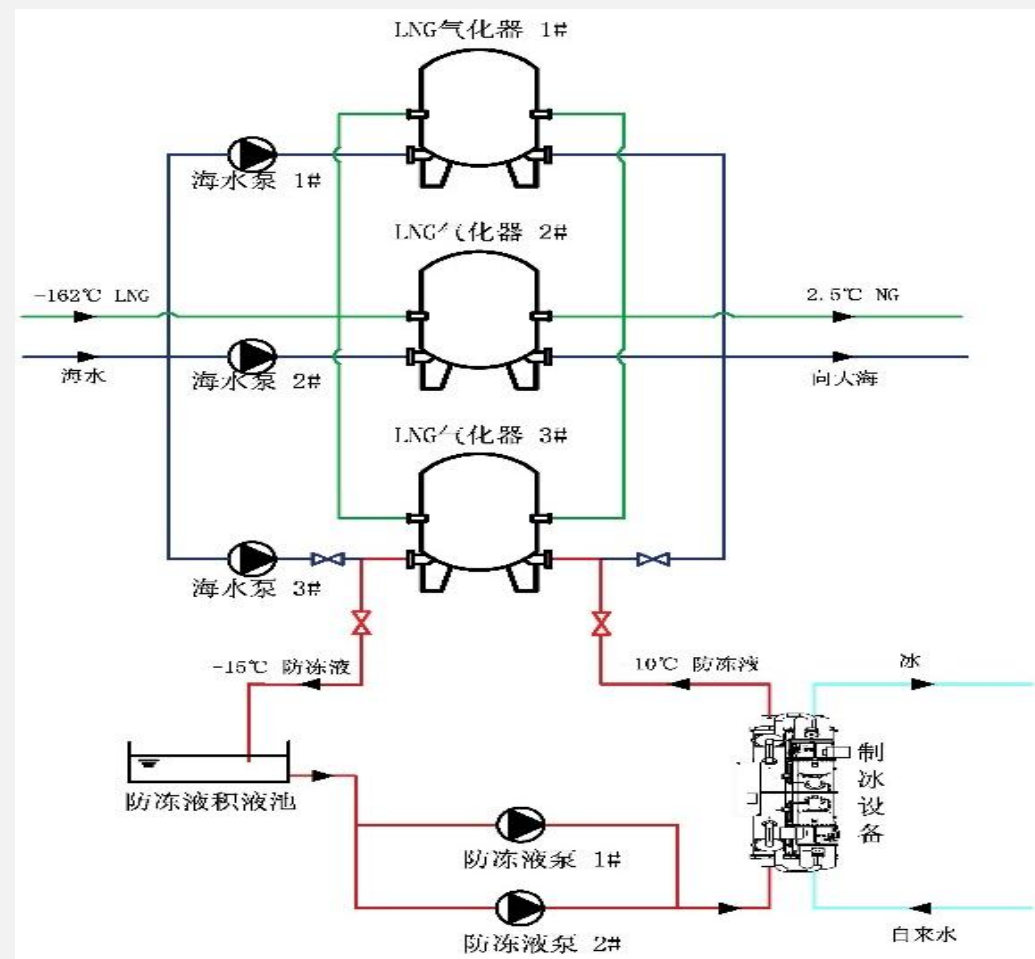
- 船体采用光伏板做顶棚，利用太阳能发电和蓄电系统供电，做为动力驱动船体。
- 船体舱内做内保温，储藏冰浆或加盐的冰浆，通过泵并利用带有内螺旋的管道输送冰水混合物，实现向远处输送冷量。



## 4.2 团队成果

### 专利《一种LNG冷能回收利用装置》

- 所述LNG气化器具有一个LNG入口和一个NG出口，LNG气化器包括气化器本体和设置在气化器本体上的海水换热结构，海水换热结构具有连接到外部的海水入口和海水出口，各海水入口和海水出口分别通过一个海水支路管道连接到一个海水总路管道上，各海水支路管道上安装有海水泵，其特征在于，海水换热结构还并联有一个防冻液进液管道和一个防冻液回液管道并连接到一个制冰机。





# 团队成果

## 先后授权美国和中国发明专利《联合制冰循环的热源塔热泵系统》

证书号第6771845号




### 发明专利证书

发明名称: 联合制冰机的热源塔热泵系统  
发明人: 卢军;吕悛非;卢芳琪;谢玲;杨鑫露  
专利号: ZL 2020 1 0062321.X  
专利申请日: 2020年01月19日  
专利权人: 重庆大学  
地址: 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号  
授权公告日: 2024年03月08日 授权公告号: CN 110986443 B

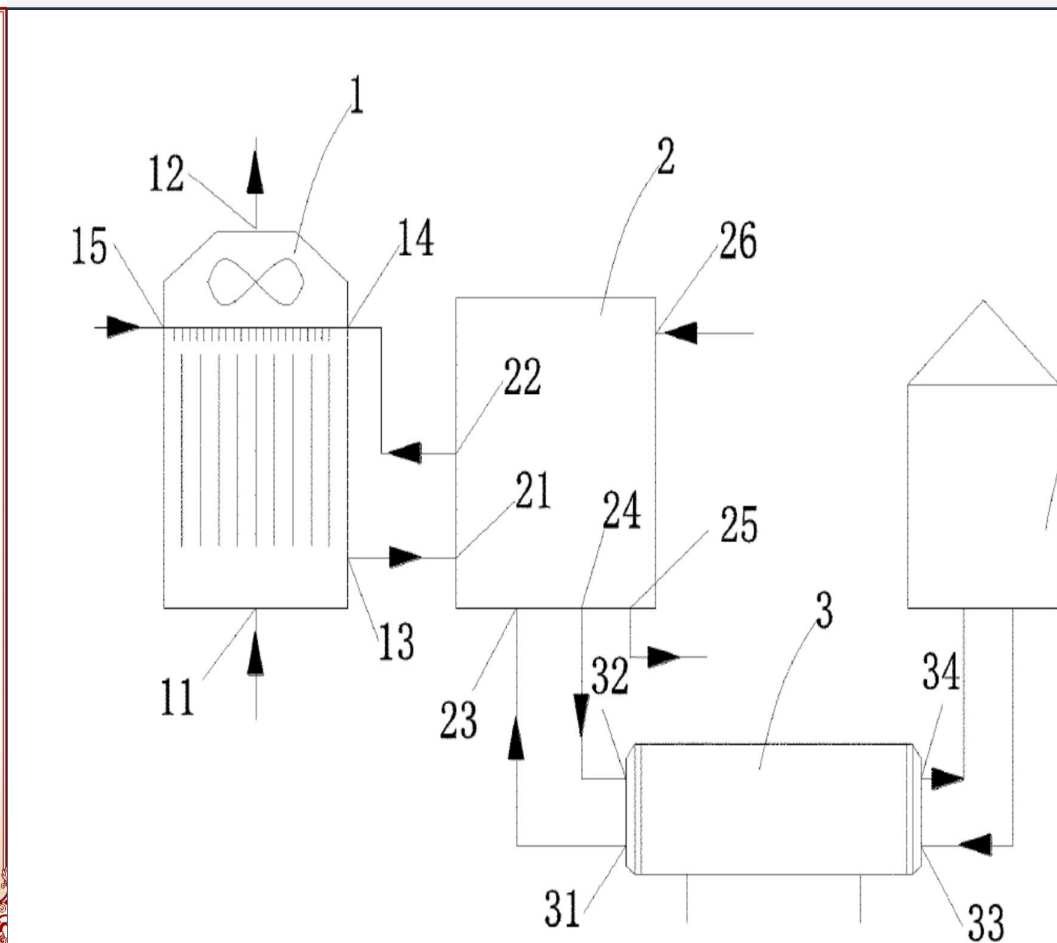

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查, 决定授予专利权, 颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年, 自申请日起算。

专利证书记载专利登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长 申长雨  
申长雨  
2024年03月08日

第1页(共2页)

United States of America

The Director of the United States Patent and Trademark Office has received an application for a patent for a new and useful invention. The title and description of the invention are enclosed. The requirements of law have been complied with, and it has been determined that a patent on the invention shall be granted under the law.

Therefore, this United States

# Patent

grants to the person(s) having title to this patent the right to exclude others from making, using, offering for sale, or selling the invention throughout the United States of America or importing the invention into the United States of America, and if the invention is a process, of the right to exclude others from using, offering for sale or selling throughout the United States of America, products made by that process, for the term set forth in 35 U.S.C. 154(a)(3) or (c)(3), subject to the payment of maintenance fees as provided by 35 U.S.C. 41(b). See the Maintenance Fee Notice on the inside of the cover.

Katherine Kelly Vidal  
DIRECTOR OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

32—hot inlet; 33—cold inlet; 34—hot outlet; 4—user.

## 4.4 应用案例-海南省泽盛利新能源科技有限公司

### 海南某LNG储备库冷能利用

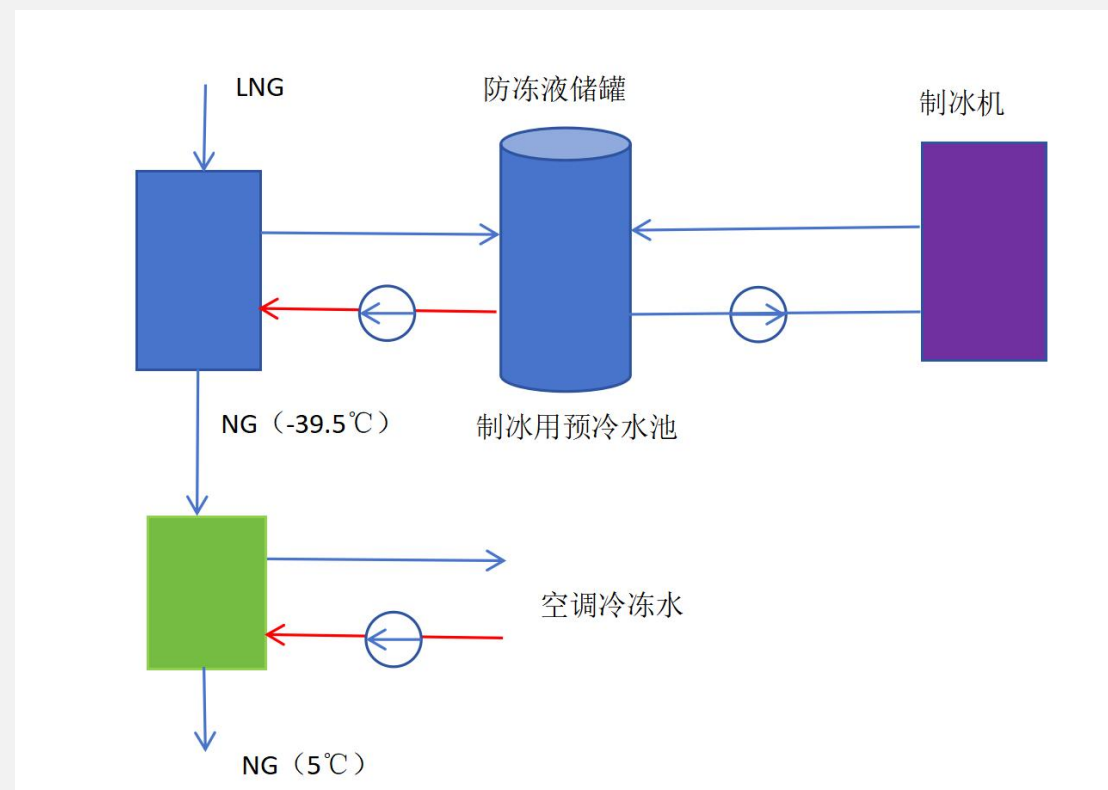
冷能利用方案：

LNG通过换热器与防冻液换热，制取 $-27^{\circ}\text{C}$ 的防冻液用于制冰。升温气化后的NG进入换热器制取空调冷冻水为厂区供冷

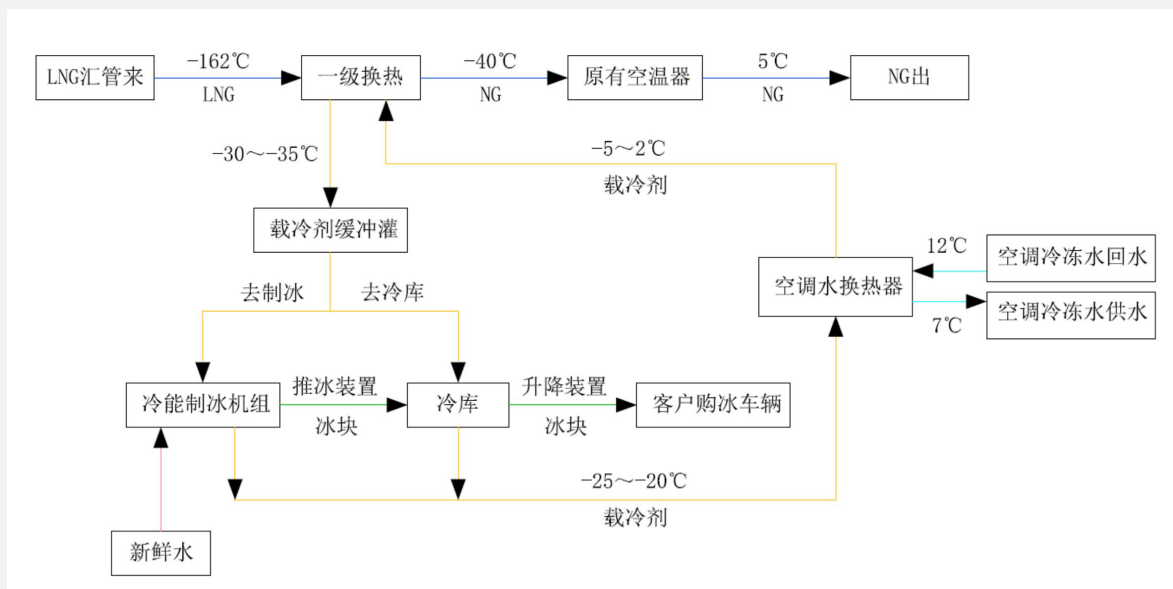
设计产量：

日产冰170吨，同时满足150kW空调冷水系统运行

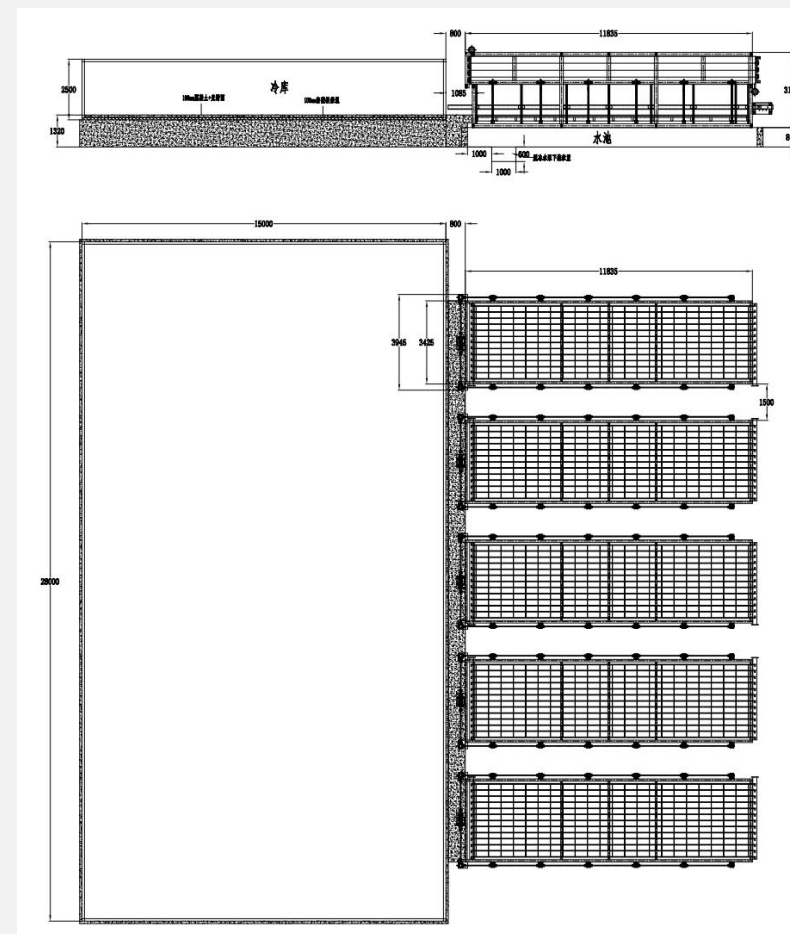
项目效益：



# 4.4 应用案例-海南省泽盛利新能源科技有限公司 海南某LNG储备库冷能利用方案



项目流程图



制冰厂房平面图

## 4.4 应用案例-海南省泽盛利新能源科技有限公司

### 广州某厂区汽化站

### 冷能利用方案

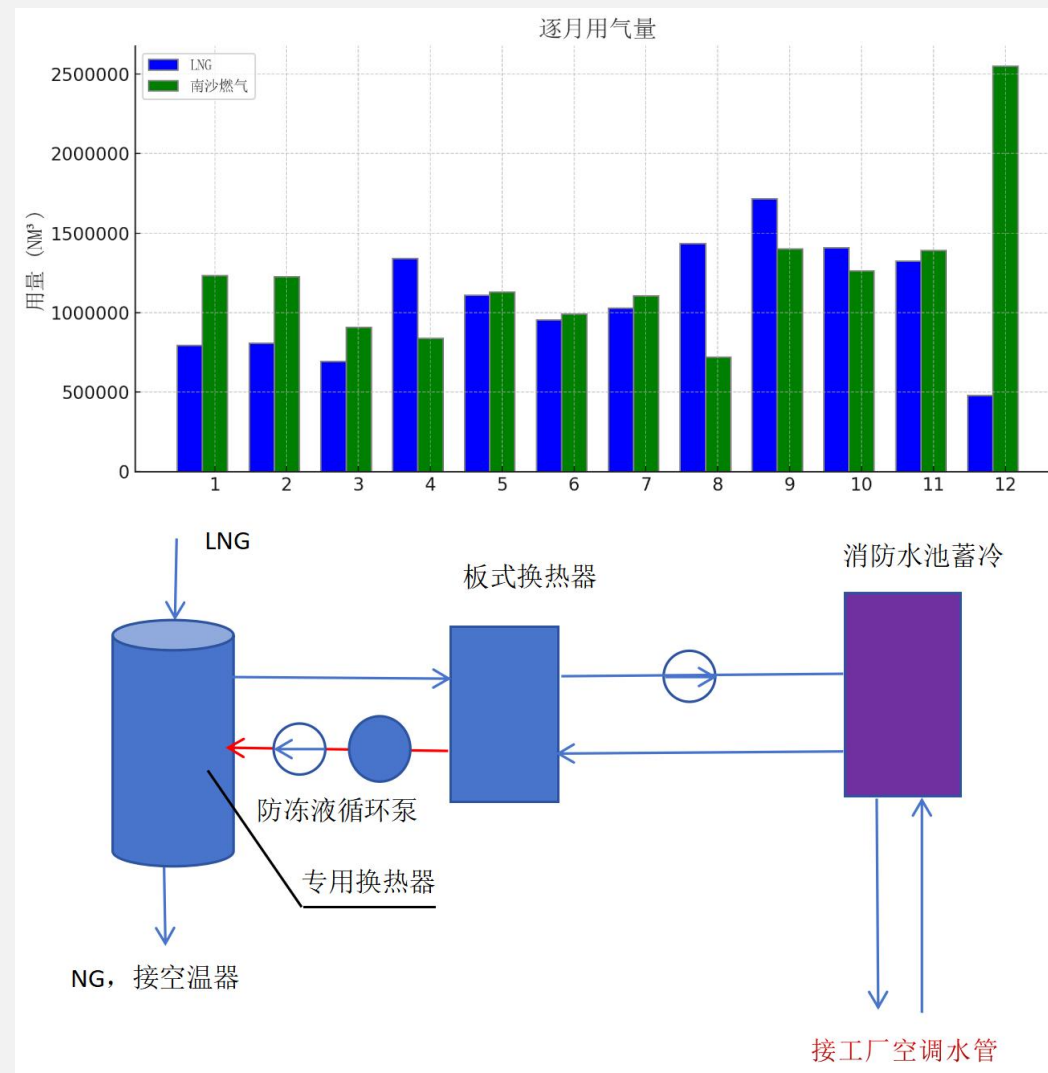
特点：LNG与管输燃气共同供气

设计供冷量：2000kW

冷能利用方案：LNG通过换热器与防冻液换热，制取-5℃的防冻液。防冻液与消防水池的水进行换热，利用消防水池蓄冷，保证工厂电机和食堂的空调用冷。

项目效益：

总投资	年收入	利润	投资回收期	年CO <sub>2</sub> 减放量
147万元	91.8万元	60.7万元	2.42年	1497.5吨



## 4.4 应用案例-海南省泽盛利新能源科技有限公司

### 其他低温液体冷能回收的探索

研究了液氧、液氮、液氩等低温液体的冷能回收，发现其单位质量气化余冷量低于LNG的230kWh/t，可能导致投资回收期变长。

物质	液氧	液态乙烯	液态丙烷	液氮	液氩
气化余冷 (kWh/t)	129.23	179.76	136.55	112.89	71.64





重慶大學  
CHONGQING UNIVERSITY

感谢聆听！