

# 团体标准

T/SHJNXH0017—2025

## 液化天然气冷能发电系统 调试导则

Commissioning Guide for LNG Cold Power Generation System

2025-04-28发布

2025-04-29 实施

# 目 次

前 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 调试准备 .....	2
4.1 机构组成 .....	3
4.2 机械完工状态确认 .....	3
4.3 安全设施检测验收取证 .....	3
4.4 技术准备工作 .....	3
4.5 调试物资准备 .....	3
4.6 安全环保准备 .....	3
4.7 人员培训工作 .....	4
4.8 调试前的工艺设施条件检查确认 .....	4
4.9 投料调试前最终检查确认和审批 .....	4
5 单体设备调试 .....	4
5.1 循环工质填充 .....	4
5.1.1 条件确认 .....	4
5.1.2 实施步骤 .....	4
5.2 IFV 调试 .....	5
5.2.1 条件确认 .....	5
5.2.2 实施步骤 .....	5
5.3 循环工质泵调试 .....	5
5.3.1 条件确认 .....	5
5.3.2 实施步骤 .....	6
5.4 发电机控制系统调试 .....	6
5.4.1 条件确认 .....	6
5.4.2 实施步骤 .....	6
5.5 透平机启动 .....	6
5.5.1 条件确认 .....	6
5.5.2 实施步骤 .....	7
5.6 发电机并网前调试 .....	7
5.6.1 条件确认 .....	7
5.6.2 实施步骤 .....	7
6 并网发电调试 .....	8

6.1 条件确认 .....	8
6.2 并网发电 .....	8
6.3 发电机带负荷测试 .....	9
7 冷能发电系统测试 .....	9
7.1 性能测试 .....	9
7.2 可靠性测试 .....	9
附录 A .....	10
附录 B .....	11
附录 C .....	12
附录 D .....	14

国家标准

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由上海液化天然气有限责任公司提出。

本文件由上海市节能协会归口。

本文件起草单位：上海液化天然气有限责任公司、上海能源建设工程设计研究有限公司、上海明华电力科技有限公司、上海电力安装第一工程有限公司、上海交通大学、上海市能效中心。

本文件主要起草人：王振宇、严艺敏、孙永康、钟君儿、金罕、张红斌、张晋玮、章润远、胡静、颜茂华、林文胜、秦宏波、周炯、张德旭、李小燕、李文正、王红艳。

本文件承诺执行单位：上海液化天然气有限责任公司、上海能源建设工程设计研究有限公司、上海明华电力科技有限公司、上海电力安装第一工程有限公司、上海交通大学。

本文件属于首次发布。

# 液化天然气冷能发电系统调试导则

## 1 范围

本文件适用于以液化天然气（Liquefied Natural Gas（LNG））为冷源、常温流体或热流体为热源，采用低温朗肯循环系统，循环工质为烃类或其衍生物的 LNG 冷能发电系统的调试。

本文件规定了 LNG 冷能发电系统调试的调试准备、单体设备调试、并网发电调试和冷能发电系统测试等要求。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

SY/T 6711 液化天然气接收站运行规程

SY/T 6928 液化天然气接收站技术规范

DL/T 1270 火力发电建设工程机组甩负荷试验导则

DL/T 5294 火力发电建设工程机组调试技术规范

## 3 术语和定义

### 3.1

#### **LNG 冷能发电系统 LNG cold power generation (CPG)**

以 LNG 为冷源、常温流体或热流体为热源，以烃类或其衍生物为循环工质，采用低温朗肯循环，通过透平机将热能转化为机械能，再通过发电机转化为电能输出的系统。案例项目 LNG 冷能发电系统示意图详见附录 A。

### 3.2

#### **中间介质气化器 intermediate fluid vaporizer (IFV)**

IFV 是利用一种中间介质蒸发冷凝的相变过程，将外界热源的热量传递给液化天然气，使其气化外输的组合型管壳式气化器。

案例项目中该气化器由三个换热器组成：

- a) 蒸发器：热源和循环工质进行换热；
- b) 冷凝器：循环工质和 LNG 进行换热；
- c) 过热器：用热源对 LNG 气化后的天然气（NG）加热。

案例项目中的 LNG 和循环工质组分详见附录 B。

### 3.3

### **循环工质泵 working medium pump**

在有机朗肯循环系统中，将液态循环工质加压至蒸发器，使其在蒸发器中吸收热量并转化为蒸汽，进而推动透平机做功的一种泵。

3.4

### **分散控制系统 distributed control system (DCS)**

在控制系统中，DCS 是指通过分布在被控过程各处的智能来实现控制，而不是由一个集中位置的单个单元来实现控制。

3.5

### **紧急切断系统 emergency shutdown device (ESD)**

ESD 是一种独立于 DCS 系统的安全仪表系统，安全级别更高，且仅在紧急状态下触发，属于“静态”系统。其核心功能是通过预设的逻辑程序，在工业过程出现异常或危险工况时，快速触发保护动作（如切断设备、隔离流程等），使系统进入安全状态，以保障人员、设备及环境的安全。

3.6

### **机组控制系统 unit control panel (UCP)**

UCP 是集成了控制逻辑、人机交互和通信接口的一体化操作平台。案例项目中是指对透平机及其润滑、轴密封和控制油系统和辅助设备系统进行监测、控制和保护的系统。

3.7

### **发电机控制系统 generator control panel (GCP)**

GCP 是一种集成化的监控与自动化装置，用于实时监测和控制发电机组的运行状态，确保其安全、稳定、高效地输出电能。

3.8

### **旁路模式 bypass mode**

LNG 冷能发电系统仅进行气化外输，来自蒸发器的循环工质蒸汽直接进入冷凝器被 LNG 冷凝，冷凝器的液态循环工质依靠重力直接回到蒸发器，透平发电机组不运行。

3.9

### **发电模式 generation mode**

蒸发器中的液态循环工质被加热为蒸汽后，进入透平机膨胀并驱动发电机发电，从透平机出来的减压后的蒸汽进入冷凝器并被 LNG 冷凝，之后冷凝的液态循环工质由循环工质泵升压再次输送到蒸发器，LNG 冷能发电系统的气化设备和发电设备同时运行。

3.10

### **模式切换 operation mode switching**

LNG 冷能发电系统从旁路模式转为发电模式或发电模式转为旁路模式的切换过程。

## **4 调试准备**

调试条件应遵守 SY/T 6711 和 SY/T 6928 等标准要求，主要内容如下。

#### 4.1 机构组成

冷能发电系统调试前应建立调试机构，对调试工作统一指挥和协调，直至移交使用。调试机构应包含建设单位、勘察设计单位、监理单位、施工单位、主设备厂家等。

#### 4.2 机械完工状态确认

应进行机械完工状态检查并签署确认，主要检查内容有：

- a) 应完成建设工程竣工验收；
- b) 冷能发电系统各类设备设施的管道、阀门和仪表等应按图纸安装就位、测试合格，具备投入使用条件；
- c) 所有 DCS 控制回路、安全仪表系统应测试合格，具备投入使用条件；
- d) 供电系统应投运正常，UPS、应急发电系统处于备用状态。

#### 4.3 安全设施检测验收取证

- a) 压力容器、压力管道、行车等特种设备须经过特种设备监管部门的许可；
- b) 可燃气体检测报警系统、火灾检测报警系统、消防设施和器材等须通过相应的检测并通过消防验收；
- c) 防雷接地设施须通过气象部门验收；
- d) 防爆电气须检测合格。

#### 4.4 技术准备工作

- a) 应编制安全运行操作技术规程及相关管理制度并审批颁布；
- b) 应编制调试方案和计划时间表经评审及颁布，调试方案应包括冷能发电系统调试全部内容，包括 IFV、循环工质泵（附录 A 中 d）、透平机（附录 A 中 e）和发电机（附录 A 中 f）等单机调试方案以及联动调试方案，应包含调试全过程的风险分析，调试方案应遵守应急管理部以及 LNG 行业和电力行业相关规范要求；
- c) 应编制调试专项应急预案经评审后颁布；
- d) 应准备调试报表、工作记录。

#### 4.5 调试物资准备

- a) 调试工作所需的管道和配件，仪表调试安全附件（包括压力表、温度计、流量计等）都应经过检验合格，完成现场安装和气密性测试；
- b) 应配置调试所需通讯工具、劳动防护用品等。

#### 4.6 安全环保准备

- a) 应配备调试应急物资；
- b) 应检查确认消防设施运行正常；

- c) 应落实职业健康保护和环境保护措施；
- d) 应划分安保警戒区域，落实保安管理工作；
- e) 应完成专项应急预案演练；
- f) 应落实现场消防监护。

#### 4.7 人员培训工作

参与调试的人员应完成相关培训：包括冷能发电系统消防培训，安全运行操作技术规程培训，机械、电气、仪表设备的操作维护培训，调试方案培训，以及专项应急预案的培训。

#### 4.8 调试前的工艺设施条件检查确认

- a) 公用系统工业水、工厂风、仪表风、氮气、火炬应运行正常；
- b) 安全阀、阻火器等机械保护设施应投运正常；
- c) 电力系统、仪表系统、控制系统应投运正常；
- d) 安全仪表、联锁保护系统应投运正常；
- e) 冷能发电系统施工时期的盲板应全部抽走；
- f) 工艺管道应完成氮气置换，露点应低于 $-40^{\circ}\text{C}$ ，氧含量宜低于1%，并处于氮气正压状态；
- g) 应明确标识管道设备需要冷紧的法兰；
- h) 管道的支架管托位移应做好标记，贴壁温度测点应位置明确，检测人员应配置到位。

#### 4.9 投料调试前最终检查确认和审批

- a) 调试安全条件应经过审批并报主管部门和上级安全生产监管部门备案；
- b) 所有参加调试工作的人员均应进行安全技术交底；
- c) 应完成调试前安全检查确认，《LNG冷能发电系统调试前安全检查表》见附录C；
- d) 应完成调试申请，并经调试机构审批通过。

### 5 单体设备调试

#### 5.1 循环工质填充

##### 5.1.1 条件确认

填充所需循环工质量应经过计算，循环工质量应准备充足且纯度满足设计要求，填充设备应准备就绪。

##### 5.1.2 实施步骤

- a) 循环工质填充可采用体积置换法或抽真空法进行；
- b) 体积置换法需进行多次；
- c) 使用抽真空法前应确认相关设备是否允许处于负压环境，否则应进行隔离；
- d) 采用抽真空法可通过真空泵将系统压力抽真空至目标压力，过程中应注意监控系统压力，如有

密封不严的情况应停止真空泵并检查系统隔离和法兰的密封性，填充时应先使用气态循环工质进行填充，系统压力达到饱和蒸气压力后，再引入液态循环工质；

- e) 应按顺序前后填充蒸发器（附录 A 中 a）液体、循环工质泵中液体和透平机中气体；
- f) 循环工质填充完成的标准是液位到达设计液位，气态压力平衡，气相组分符合设计要求。

## 5.2 IFV 调试

### 5.2.1 条件确认

- a) 冷能发电系统 IFV 设备应处于工艺隔离状态；
- b) 冷能发电系统 IFV 热源系统（如海水）应投运正常；
- c) 相关工艺管道应投运正常；
- d) 冷能发电系统 IFV 循环工质（如丙烷）应填充完成，循环工质液位在设计范围内。

### 5.2.2 实施步骤

- a) 应对冷能发电系统 IFV 设备的 LNG 入口紧急切断阀（附录 A 中 g）、NG 出口紧急切断阀（附录 A 中 h）和 LNG 流量调节阀（附录 A 中 i）进行开关和行程测试；
- b) 应确认热源总管压力无异常后，将其引入冷能发电系统 IFV 热源管道中，过程中应将热源管道和设备中的空气排净；
- c) 热源引入完成后，应进行热源大流量满负荷测试，检查热源流量计、压力表和温度计情况，检查设备管道振动和泄漏情况；
- d) IFV 设备天然气管道升压应缓慢分阶段进行，每完成一个阶段的升压应进行一次检漏，直至设备压力与天然气外输总管压力平衡；
- e) IFV 设备和工艺管道预冷应通过 LNG 入口紧急切断阀旁路管道进行，预冷降温速度应满足设备要求；
- f) 预冷过程中应注意检查设备管道法兰、阀门和仪表测点接口等的泄漏情况，监测保温层的情况；
- g) 预冷结束后，应对 LNG 入口紧急切断阀进行冷态开关测试，开关时长应满足设计要求；
- h) 预冷完成后应在 LNG 保冷流量下打开 LNG 管道入口隔断阀和 LNG 入口紧急切断阀，隔离预冷管道并泄压升温；
- i) 应缓慢开大 LNG 流量调节阀来逐渐提升 LNG 流量，过程中应注意检查设备的泄漏、振动情况。在达到 25%、50%和 75%负荷时应分别保持运行 0.5 小时，并记录相应数据；
- j) 调试过程中应进行手动和自动控制模式的切换测试、压力和流量主控制模式的测试、PID 参数的整定，完成性能曲线对比等相关的测试工作，IFV 性能测试记录表详见附表 D.1；
- k) 应确保在投运过程中天然气出口温度不低于设计下限，进出热源温差不超过设计范围。

## 5.3 循环工质泵调试

### 5.3.1 条件确认

- a) 应完成循环工质填充，循环工质泵吸入液位应符合要求；

- b) 应完成 IFV 调试, IFV 正常投运中, 冷能发电系统处于旁路模式;
- c) 应完成循环工质泵电缆接头、振动接头氮封的吹扫干燥, 压力应符合设备要求;
- d) 循环工质泵出口调节阀 (附录 A 中 n) 处于 5%-10% 的开度状态。

### 5.3.2 实施步骤

- a) 循环工质泵启动前, 应将 IFV 入口 LNG 流量设置至合适值, 循环工质泵回流阀 (附录 A 中 m) 开度处于 50-60% 开度的自动调节状态, 确保循环工质泵在允许流量范围内运行;
- b) 循环工质泵启动时, 应检查电机电流、泵出口流量和压力是否正常, 泵体是否有异常振动或声响, 确认泵转向正确, 检查泵盖是否泄漏, 如发现任何异常情况, 应先停泵并进行问题排查;
- c) 循环工质泵启动后, 应通过调节泵回流阀开度, 让泵在回流状态下达到最大和最小设计流量, 观察出口压力、流量、电流、振动情况是否满足设计要求;
- d) 循环工质泵运行正常后, 将泵出口调节阀设置为自动控制模式, 系统运行稳定后, 应结束循环工质泵回流运行, 通过泵维持冷凝器 (附录 A 中 b) 和气化器间的循环工质流通;
- e) 循环工质流通稳定后, 应通过手动或自动将冷能发电系统的节流膨胀阀 (附录 A 中 o) 逐渐关小, 使冷凝器的压力达到设定值;
- f) 应将 IFV 入口 LNG 流量逐步调至设计负荷并观察循环工质泵运行状态, 循环工质泵测试记录表详见附表 D.2;
- g) 循环工质泵停机后应确认相关阀门的阀位恢复至初始状态。

## 5.4 发电机控制系统调试

### 5.4.1 条件确认

- a) 单个设备校验应完成;
- b) 电气保护定值应校核。

### 5.4.2 实施步骤

- a) 进行计量、保护、励磁、辅助设备等的传动试验;
- b) 同期装置手动、自动同期控制功能和参数的静态校验;
- c) 检查保护装置工作正常, 检查保护功能投退状态正确, 核对装置保护定值与整定单一致。

## 5.5 透平机启动

### 5.5.1 条件确认

- a) 冷能发电系统 IFV 和循环工质泵应运行正常并处于旁路模式;
- b) 透平发电机组的控制系统 UCP 和 GCP 应预调试完成;
- c) 冷能发电系统油加热器应正常投运;
- d) 冷能发电系统润滑、轴密封、油控制系统和辅助设备应预调试完成;
- e) 透平发电机组应处于未投运状态。

## 5.5.2 实施步骤

- a) 透平机首次启动调试时应使用人工操作逐步确认；
- b) 透平机启动前，应先调整 IFV 入口 LNG 流量，确保循环工质泵运行状态达到预设条件且冷凝器中的压力达到设定值并稳定运行，应将透平机相关 ESD 联锁逻辑投运，并确保所有故障和跳车信号已消除；
- c) 系统降压过程中，应在冷凝器压力降至与透平机内压力相同时打开透平机出口阀(附录 A 中 r)，减小系统内压差对透平机和循环工质泵的冲击；
- d) 透平机调试过程中应注意系统压力、LNG 流量、循环工质流量、循环工质泵液位等，参数超过设计范围时应及时调节 LNG 流量保持系统稳定运行；
- e) 透平机冲转前，应确保将透平机缸壳内的密封油等可能存在的液体物质排放干净，确认所有润滑辅助系统都工作正常且无故障/报警信号；
- f) 透平机启动应先通过启动管路带动透平叶轮转动，并确认透平机快速切断阀（QCV，附录 A 中 q）和泄放阀（附录 A 中 u）保持关闭状态；
- g) 透平机开始冲转时，入口导叶（IGV，附录 A 中 t）开度应合理设置，防止透平超转速，透平机启动阀（附录 A 中 s）开度应与阻力扭矩和入口压力相匹配；
- h) 透平机冲转转速应通过调节 IGV 和透平机启动阀开度，按照厂家技术手册由低到高逐步分阶段升速，到达相应阶段转速后应保持并观察；
- i) 宜在升至同步转速前完成超速保护功能的动态测试，超速保护功能应可靠动作；
- j) 透平机启动后应按设计要求完成各项保护跳机试验，确认透平机的保护功能能够正确触发，到达同期转速前应将超速保护恢复至原设计值；
- k) 透平机在完成跳机试验后可重新启动将转速升至同期转速。到达同期转速后应检查机组各点温度、振动和系统压力；
- l) 透平机停机程序启动后应首先通过控制节流膨胀阀开度逐步提高透平机出口压力，降低 IFV 入口 LNG 流量和调小透平机 IGV 开度，具备停机条件后通过关闭 IGV 和启动阀实现停机。

## 5.6 发电机并网前调试

### 5.6.1 条件确认

- a) 冷能发电系统 IFV 和循环工质泵应运行正常；
- b) UCP 和 GCP 应调试完成且运行正常；
- c) 透平机冲转正常且达到同步速度；
- d) 应确认五防操作逻辑正确；
- e) 电能质量监测装置的安装位置和精度应满足 DL/T 5294 标准要求；
- f) GCP 和发电机开关柜应处于试验位置状态。

### 5.6.2 实施步骤

发电机空载测试时应使透平机带动发电机到达同步转速后完成相应测试。空负荷试运阶段调试应遵守 DL/T 5294 等标准，主要要求如下：

a) 发电机或发电机变压器组短路试验，检查各组电流互感器极性、二次幅值、相位、变比符合设计要求，保护、测量、计量装置采样显示正确，校验发电机、主变压器、高压厂用变压器（如有）等差动保护，录取发电机短路特性和励磁机负荷特性曲线，整定励磁调节器相关参数；

b) 发电机或发电机变压器组空载试验，零起升压后检查各组电压互感器二次幅值、相序、变比符合设计要求，确认保护、测量、计量装置采样显示正确，录取发电机空载特性曲线，测量发电机轴电压，整定励磁调节器相关参数；

c) 发电机同期系统定相试验，带母线零起升压试验，核查同期用电压互感器极性，发电机变压器组与系统侧电压互感器二次定相；

d) 假同期试验，核查增、减速回路和增、减磁回路是否正确，分别进行手动、自动假同期试验，根据测录波形整定并网开关导前时间；

e) 自动准同期并网试验，同时录波。

## 6 并网发电调试

并网发电调试应遵守 DL/T 5294 和 DL/T 1270 等标准，主要步骤如下。

### 6.1 条件确认

a) 发电机并网前调试完成，各项测试结果合格；

b) 应与电网达成并网协议。

### 6.2 并网发电

a) 并网前应向电网调度申请开机并网；

b) 达到启励转速时，励磁应自动激活，由 GCP 调节透平机启动阀开度以实现和电网同步，使发电机转速达到 100%同步转速，过程中应检查机组各点温度、振动和系统压力；

c) 达到同步转速后如果仅调节透平机启动阀难以使发电机转速达到稳定，可适当调节 IGV 开度；

d) 达到允许并网的转速范围且稳定运行后，GCP 应发送并网命令，并网开关合闸；

e) 实现并网后，透平机启动阀应逐步开大至完全打开。之后 QCV 应自动打开，QCV 应装有位置反馈器显示阀门开度，开启时间应遵守设计要求；

f) QCV 100%开启后，应由 IGV 控制透平机运行状态，同时透平机启动阀应自动关闭；

g) 发电机并网正常运行后，应按设计要求调整透平机的轴向推力控制阀门，并将阀门锁定到位；

h) 发电机并网发电后，应由 UCP 和 GCP 实施发电机出力控制，确保发电机功率输出小于等于预设报警值；

i) 节流膨胀阀应保持在线调节状态以防止冷凝器压力低于设计值；

j) 透平发电机组并网成功后应带载初始负荷测试运行，初始负荷为设计发电功率 10%时检查各

项参数。

### 6.3 发电机带负荷测试

- a) 应检查励磁调节器的动态性能，检查发电机的设计性能；
- b) 应投入各自动控制回路并完成其调整试验；
- c) 应按设计要求通过阶跃式调节 IFV 入口 LNG 流量完成变负荷试验，测试和掌握发电机的有功调节特性；
- d) 应测试和掌握发电机的无功和电压调节特性，结合调相能力测试设置励磁相关参数；
- e) 应通过瞬间改变电力负荷验证微网扰动对发电系统运行的影响；
- f) 甩负荷试验宜参照 DL/T 1270 标准要求进行。

## 7 冷能发电系统测试

### 7.1 性能测试

- a) 冷能发电系统并网发电调试完成后，应进行系统性能测试，其测试时间不宜低于 4 小时；
- b) 性能测试时，相关工艺参数宜按设计要求设置，并在设计工况条件下进行测试，并尽可能保持工况稳定；
- c) 性能测试时，应确保不会激活发电机功率过载保护；
- d) 性能测试时，应记录包括透平进口循环工质流量、压力和温度，透平出口循环工质温度和压力、IFV 进口热源温度、发电机输出的电压、电流、有功功率和频率参数，透平调试和性能测试表详见附表 D.3；
- e) 性能测试数据应与装置设计性能曲线进行比对，以检验实际性能是否达到设计要求。

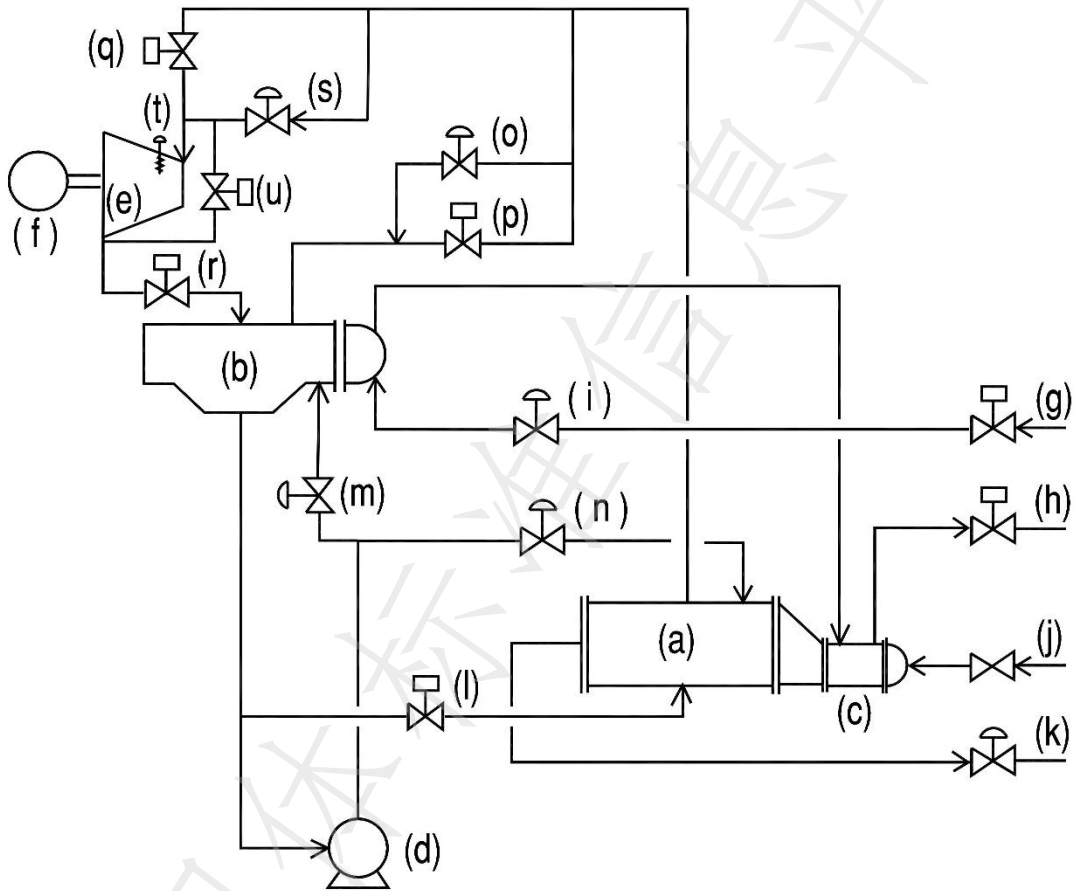
### 7.2 可靠性测试

- a) 冷能发电系统的调试和性能测试完成后应进行系统可靠性测试，其测试时间应为连续 168 小时；
- b) 冷能发电系统在整个测试周期内都应处于发电模式，且在设计范围内满足运行要求。

## 附录 A

(资料性)

### 案例项目 LNG 冷能发电系统图



- |                 |                |              |
|-----------------|----------------|--------------|
| a: 蒸发器;         | h: NG 出口紧急切断阀; | o: 节流膨胀阀;    |
| b: 冷凝器;         | i: LNG 流量调节阀;  | p: 透平机旁路阀;   |
| c: 过热器;         | j: 热源入口阀;      | q: 透平机快速切断阀; |
| d: 循环工质泵;       | k: 热源出口阀;      | r: 透平机出口阀;   |
| e: 透平机;         | l: 循环工质泵旁路阀;   | s: 透平机启动阀;   |
| f: 发电机;         | m: 循环工质泵回流阀;   | t: 入口导叶;     |
| g: LNG 入口紧急切断阀; | n: 循环工质泵出口调节阀; | u: 透平机泄放阀    |

## 附录 B

(资料性)

### 案例项目 LNG 组分表和循环工质组分表

案例项目装置进料 LNG 的典型规格如下表所示：

表 B.1 LNG 组分表

组分	组分占比 (mol%)		
	贫液	富液	典型
甲烷	96.64	89.39	92.13
乙烷	1.97	5.76	4.17
丙烷	0.34	3.30	2.43
异丁烷	0.07	0.78	0.54
正丁烷	0.08	0.66	0.55
戊烷及 C5 以上组分	0.00	0.00	0.00
氮	0.90	0.11	0.20

案例项目循环工质选用制冷剂级丙烷，丙烷的最低纯度应为 98mol%，出于装置设计目的，使用以下丙烷成分。

表 B.2 循环工质组分表

组分	组分占比 (mol%)
甲烷	0.00
乙烷	2.00
丙烷	98.00
异丁烷	0.00
正丁烷	0.00
戊烷及 C5 以上组分	0.00
氮	0.00

## 附录 C

(资料性)

### LNG 冷能发电系统调试前安全检查表

序号	检查内容	检查要求	检查情况		备注
			符合	不符合	
1	试生产方案	试生产方案完成并通过专家评审			
2		试生产安全和保卫方案完成			
3		投料调试方案完成			
4		试生产组织机构、职责分工明确			
5		试生产操作规程和相关资料等准备情况			
6	安全培训	试生产安全技术交底完成			
7		应急处置培训完成			
8		设备操作培训完成			
9		控制系统培训完成			
10		消防和安保人员安全技术交底完成			
11	人员资质 及 值班	试生产相关人员资质和特种作业取证情况			
12		各专业小组、参建单位值班人员名单确定			
13		试生产人员安全防护用品已配置到位			
14	设备设施 条 件	现场通讯系统和通讯器材完好备用			
15		设备和管道试压、吹扫、气密、置换合格			
16		单体设备调试合格			
17		DCS 、ESD 、FAS 、GDS 调试合格			
18		压力容器和压力管道检验合格			
19		安全阀校验合格			
20		压力表、气体探测器检测合格			
21		消防系统验收合格			

22		防雷接地防护装置验收合格			
23		防爆电气检测合格			
24		现场设备、管道工艺标识明确、无造成误操作的可能			
25		现场消防系统投入使用，消防器材配备齐全			
26		影响试生产的“三查四定”已销项			
27		HAZOP 分析、安全完整性等级(SIL)定级评估和安全完整性等级(SIL) 等级验算及其他风险评估提出建议措施的落实情况			
28	安全警戒和应急管理	应急预案明确并开展专项应急演练			
29		应急物资准备齐全并放置在指定位置			
30		试生产警戒区域设置明确			
31		安全警示片、安全告知牌设置完成			
32		疏散路线、疏散点、疏散图布置完成			
33		消防队做好值守安排，指定位置待命			
34	人员、车辆出入管理	各类试生产人员出入管理措施落实			
35		车辆及材料物资管理措施落实			
36		试生产区域出入口设置安保人员			
37	现场管理	警戒区域内施工垃圾清理干净，无易燃易爆物			
38		与试生产无关的施工设备清理出警戒区域			
39		施工用电布置符合临电管理要求			
40		相关单位的告知与联络已确认			
41	JHA 管理	JHA 跟踪落实情况			
42	变更管理	发生的变更符合变更管理要求			
检查情况汇总		符合            项，不符合            项			
检查时间					
检查人员					

附录 D

(资料性)

LNG 冷能发电系统调试记录表

表 D.1 冷能发电系统 IFV 性能测试记录表

项目 时间	LNG			NG			循环工质				热源					冷凝器封头 温度	
	流量	保冷 流量	冷凝器 入口温 度	NG 中 间温度	NG 出口 温度	NG 出口 压力	温度	气化器 液位	冷凝器 液位	压力	流量	入口 温度	出口温 度	温差	出口压 力		
	t/h	t/h	℃	℃	℃	MPa	℃	%	%	MPa	m <sup>3</sup> /h	℃	℃	℃	MPa		℃
备注：性能测试各负荷点及对应的保持时间																	
负荷 (t/h):	50	100	150	205	150	100	50										
间隔 (min):	30	30	30	30	30	30	30	30									
															测试日期:		
															测试人:		

表 D.2 循环工质泵测试记录表

序号	项目 时间	入口 压力	出口 压力	出口 流量	入口 温度	泵桶 液位	进口温度	电流	电压	振动
		MPa	MPa	m <sup>3</sup> /h	℃	%	℃	A	kV	mm/s
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
测试日期：  记录人：										

表 D.3 透平机调试和性能测试表

序号	项目 时间	进口			出口		电输出				热源	备注
		流量 t/h	压力 MPa	温度 ℃	压力 MPa	温度 ℃	电压 V	电流 A	实际 功率 kW	频率 Hz	温度 ℃	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
											测试日期:	
											记录人:	