

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	中海浙江宁波液化天然气有限公司	
实践单位地点	浙江省宁波市北仑区郭巨街道白中线峙北段 388 号	
实践岗位名称	检维修计划工程师	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 10 月 01 日开始 至 2022 年 04 月 01 日结束
		专业实践训练累计 182 天（单位考核前），其中项目研究天数 91 天（单位考核前）
<p>(1) 基本情况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>中海浙江宁波液化天然气有限公司主要运营浙江 LNG 接收站，包含六座 16 万方液化天然气储罐和一座可停靠 26.6 万方液化天然气船舶的接卸码头，并配套一系列的工艺装置进行气化加工。接收站通过气态管网外输和液态槽车分销两种方式对外提供天然气，保障浙江省接近一半的天然气用量。浙江 LNG 接收站内液化天然气气化的过程中有大量的冷能释放，除已配套建设的冷能制氮外，计划建设冷能利用（发电）项目，使冷能得到充分利用，提升项目的整体节能环保性，并创造效益。</p>		
<p>(2) 项目研究概述（含项目名称、项目来源、项目经费、主要研究目标和技术难点等）</p> <p>可在 LNG 接收站内配套建设的液化天然气冷能发电系统计划采用丙烷透平膨胀发电机。但此类设备目前均由国外制造商垄断，价格高昂，供货周期长，且售后维护需要外方支持，时效性差。国内设备厂商现已有相关技术积累，具备国产化条件。项目名称为冷能发电用丙烷透平膨胀发电机组国产化应用研究，项目来源于公司与中海石油集团有限公司共同设立的科技项目，项目经费主要是公司自筹。主要研究目标是开展液化天然气冷能发电用丙烷透平膨胀发电机组的国产化应用研究，开展性能测试，并进行实际应用，以此验证液化天然气冷能发电装置关键设备国产化的可行性。技术难点是需要根据配套的接收站工艺需求确定液化天然气冷能发电丙烷透平膨胀发电机组工艺参数，并在此基础上实现液化天然气冷能发电丙烷透平膨胀发电机组应用于液化天然气冷能发电系统的开车调试，分析和建立液化天然气冷能发电系统的开车阶段和流程，形成开车调试方案，制定完善的性能测试方案保证其运行可靠性。</p>		

(3) 项目开展情况（含项目研究内容、研究方案及技术路线，研究团队分工、本人承担任务及完成情况，存在问题与改进建议等，不少于 500 字。）

1. 主要研究内容包括：关键工艺参数设计、现场工程设计与安装、调试开车，性能测试方案设计，以此完成工业化测试。

1) 关键工艺参数设计：

结合现场条件，进行模拟计算，确定冷能发电用丙烷透平膨胀机组的相关工艺参数设计和优化研究，形成机组整体技术方案。

2) 现场工程设计与安装：

针对从制造场地到浙江 LNG 指定安装位置的转运过程，制定完善的包装、运输、吊装方案。依托浙江 LNG 接收站冷能利用（发电）项目进行冷能发电用丙烷透平膨胀机组现场施工，将所有能安装的附属结构，设备底座等安装到位，并进行系统连接。

3) 调试开车：

分析和建立 LNG 冷能发电系统的开车阶段和流程，形成开车调试方案，完成机械完工检查，对冷能发电用丙烷透平膨胀机组进行预调试，完成开车调试前检查后，进行开车调试工作。

4) 性能测试方案设计：

根据冷能发电用丙烷透平膨胀机组设计条件及实际运行参数，制定详细的性能测试方案，通过调节进口工艺参数，与现场数据相互配合，完成冷能发电用丙烷透平膨胀机组在设计条件下的性能测试，连续测试时间大于 72 小时并记录现场测试数据，通过对现场测试数据进行分析整理，评估冷能发电用丙烷透平膨胀机组的应用效果，验证国产冷能发电用丙烷透平膨胀机组的可靠性。

2. 团队分工

中海浙江宁波液化天然气有限公司牵头承担冷能发电用丙烷透平膨胀发电机组国产化应用研究工作，联合技术研发中心，及国内设备生产厂家共同完成项目工作。其中中海浙江宁波液化天然气有限公司负责总体实施，审核厂家设备设计文件，确定工程化方案，牵头组织样机调试开车、性能测试。技术研发中心负责制定技术路线，组织工艺计算，参与厂家的设计检查工作，组织设计审查会、科技成果鉴定工作。根据前期调研情况，设备厂家负责样机设计、制造、工厂试验，负责把样机运至项目现场，负责现场安装指导，配合现场测试。

3. 本人承担完成任务

1) 前期厂家调研情况：

经过对国内设备厂家的调研，发现国内有两家设备厂商具备有机朗肯循环发电机组的相关技术积累，拥有能够满足透平机械整套制造的机床、动平衡设备及大型动设备热态运转试验台，同时配备检验、检测设备。根据现场条件，需采用丙烷作为中间介质（-40℃）的低温朗肯循环透平膨胀发电机组，装机功率为 5MW，虽然这些设备厂家在有机朗肯循环发电系统方向有研发，工程应用项目已有数余项，但是基本针对石化行业余热回收项目，规模、循环工质、设计温度均不同于 LNG 冷能发电项目。

2) 关键工艺参数设计：

配合开展冷能利用（发电）项目初步设计，依托浙江 LNG 项目装置及环境数据设定冷能发电系统设计参数。海水温度取重现期 2 年的极端最低、最高以及中层海水年平均温度。海水进出口温差不大于 5℃，天然气出口温度不低于 1℃。假设发电机效率 95%，透平效率 85%，机械效率 95%（总效率 77%），计算发电功率的情况。

3) 配合拟定丙烷透平膨胀发电机组招标技术文件。审核工艺数据表、装置设备表、装置说明书、规格书和请购书，协调丙烷透平膨胀发电机组招标技术文件的审查。

二、专业实践训练收获

(一) 围绕考核评价指标体系，举例说明以下收获（不少于 800 字）

通过本次专业实践训练，掌握的知识有：

1. 对液化天然气冷能发电利用，尤其是液化天然气冷能发电现状有了更深入的了解。目前日本大阪接收站 53%的用电来自于 LNG 冷能发电，除供接收站自用外，多余电力还可以通过电网输送给用户使用。国内上海、舟山液化天然气项目都已或在建冷能发电项目。浙江 LNG 接收站已投产冷能空分项目年 LNG 用量 43.5 万吨，冷能利用率 7.7%，冷能项目建成后年 LNG 用量达 180 万吨左右，冷能利用率可提高到 30%左右。
2. 对液化天然气冷能发电的技术方案有更深入学习。LNG 冷能发电的方式主要分为两种，膨胀发电和温差发电，其中前者可进一步细分为直接膨胀法，朗肯循环法，联合循环法。在现存几种冷能发电技术中，利用二次媒体法的低温朗肯循环发电装置工艺简单，投资较少，同时朗肯循环中不需外界功输入，减少了系统本身能耗。结合目前我国 LNG 接收站特点（如外输管网压力较高，普遍在 7 MPa 以上，直接膨胀法和联合法不适用），以 IFV 装置为基础的低温朗肯循环冷能发电装置，增量投资小，对现阶段我国 LNG 接收站适用性较强。
3. 液化天然气冷能发电装备情况有更深入了解。尤其是通过对潜在国内厂家的调研和实地查看，国内生产透平膨胀发电机组的厂家主要有 711 动力、陕鼓动力、北京华航盛世等，相对热效率额定工况下可以达到 85%及以上。但是以丙烷为循环介质的大功率（ $\geq 3\text{MW}$ ）向心式透平，目前国产机组还没有应用案例，其运行稳定性、安全性等方面仍待进一步检验。进口机组主要有法国 Cryostar、美国 AP 以及 GE 等生产厂家，在大功率低温介质发电领域有实践运行案例。国产机组虽然在工业余热余压领域有较多应用实践，但是在 LNG 冷能发电项目上仍为空白。本项目工质为丙烷，应用地点为 LNG 的接收站，在密封防爆等安全性领域等需要较高的标准和要求。
4. 配合编制液化天然气丙烷透平膨胀发电机组招标技术文件。审核工艺数据表、装置设备表、装置说明书、规格书和请购书，协调丙烷透平膨胀发电机组招标技术文件的审查。对招标技术文件编制要求有了进一步深入了解。

通过本次专业实践训练，通过理论结合实际的方式，对研究项目有了进一步深入的了解。通过自己亲自参与到项目中，跟踪项目的实时进展，将理论的实际项目情况进行对照，尤其是通过对液化天然气冷能发电膨胀机厂家的实地调研，进一步对该设备有深入了解，不再停留在工艺流程图或是理论计算上，对设备的各个部件，在国产化中需要攻克的难点等都比项目开展前有了更立体形象的了解。通过自己参与到本项目中，还涉及到项目推进开展、各类证照获取、项目建设节点、商务招投标等知识，大大的丰富了自己的工程实践经验，取得了专业实践训练的良好结果。

(二) 取得成效

通过比对浙江 LNG 接收站 2020 年外输量约 547.5 万吨，其中气化外输 350 万吨，最大日气化外输量 2307 万方（1.65 万吨），最低日气化外输量 29 万方（0.02 万吨），最低小时气化外输量约 92t/h。目前已投产冷能空分项目年 LNG 用量 43.5 万吨，冷能利用率 7.7%，冷能项目建成后年 LNG 用量达 180 万吨左右，冷能利用率可提高到 30%左右。证明接收站冷能利用（发电）项目绿色环保性，提升整体 LNG 接收站项目的节能效益，带动 LNG 产业链的协调发展。

通过分析浙江 LNG 接收站 2020 年用电量，最大电负荷时间出现在 12 月，用电量为 8460000kWh，最大电负荷为 11.4MW；最小电负荷出现在 5 月，用电量为 5766300kWh，最小电负荷为 7.75MW。根据不同工况下的冷能发电功率测算，最大发电功率约为 4MW，膨胀发电机设备设计最大输出功率为 5MW，小于接收站的月份平均负荷日的最小电负荷，因此该项目所发的电可以被接收站全部消纳。采用并网不上网的方式增加冷能膨胀发电机，对项目建设建设了并网需向外部申请并网借入等一系列的许可审批和设备加钻给，减少项目难度和投资费用，提升项目的投资收益率。

学位论文的课题是基于液化天然气接收站的冷能发电项目优化及应用分析，与冷能发电用丙烷透平膨胀发电机组国产化应用研究项目关联性较高。论文主要研究内容前三部分内容是：（1）在已有的大量研究工作的基础上，列举冷能发电技术，分析各系统的结构和运行原理、主要特征和技术关键点，比较各工艺方案的优劣，从中选取最适合集于液化天然气接收站的冷能发电方案。（2）对选取集于液化天然气接收站的冷能发电方案进行工艺模拟，明确相关工艺流程图和关键运行参数、状态参数。

（3）针对 LNG 冷能发电工艺，选取常用的中间工质，通过模拟计算，分析不同工质对 LNG 冷能发电效率的影响。此三部分也是冷能发电用丙烷透平膨胀发电机组国产化应用研究项目的基础，通过参与冷能发电用丙烷透平膨胀发电机组国产化应用研究项目对论文的部分研究内容进行深入了解和分析。同时，论文中会建立模型，得出最优配置，与实际设计的液化天然气接收站冷能发电项目进行对比分析，分析理论研究在实际应用中的优劣，也可以给装置选型提供建议和参考。

3. 在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】

成果名称	类别含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	学校排名/总参与单位数
------	---	---------------	----------------	----------	-------------

本人承诺


在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守
学术道德、遵循学术规范。

签字：徐菲菲

2022年6月4日

三、考核评价

<p>校外合作 导师(或现 场导师) 评价</p>	<p>重点对研究生项目研究开展情况、职业素养、行业知识掌握、环境和岗位适应能力、工程实践能力、团队协作能力，以及通过技术应用创新、成果转化、解决工程实际问题等取得的经济和社会效益等方面的评价：</p> <p style="text-align: center;">积极</p> <p style="text-align: center;">认真参与了本次实践训练，适应本岗位要求， 取得了实训要求的良好结果。</p> <p style="text-align: right;">校外合作导师（或现场导师）签字：张雷 2022年 6月 6日</p>
<p>校内导师 评价</p>	<p>重点对研究生科学素质、基础及专业知识掌握、技术应用创新能力、取得的研究成果、项目研究与学位论文撰写的相关程度等方面的评价：</p> <p>按照实践计划，完成了实践内容，参加了 LNG 冷能发电系统方案设计、系统施工及测试工作及参数调试等工作，工作表明已经掌握了相关基础知识和专业能力，达到了实践目的。</p> <p style="text-align: right;">校内导师签字：刘勇刚 2022年 6月 6日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间:2021年10月 / 日 实际实践结束时间:2022年4月 / 日</p> <p>专业实践训练累计天数: 182 其中项目研究天数: 91</p> <p>实践单位过程考核结果: <input type="checkbox"/>优秀 <input type="checkbox"/>良好 <input type="checkbox"/>合格 <input type="checkbox"/>不合格</p> <p>审核签字并盖公章:  邓平 2022年6月6日</p>
<p>最终考核 结果审核 备案</p>	<p>考核总成绩 (由现场答辩考核成绩90%+单位过程考核成绩10%组成):</p> <p>是否重修: <input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否</p> <p>教学管理部 (或相关分院) 审核签字 (公章): _____ 年 月 日</p>

四、相关支撑材料

在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】证明材料原件扫描件，具体提交要求如下：

1. 产品与样机扫描件包含企业证明材料（含产品与样机功能及创新性介绍、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。

2. 授权专利扫描件包含专利证书授权页；未授权专利扫描件包含专利受理书扫描件和专利请求书扫描件。

3. 著作扫描件包含封面、封底和版权页。

4. 软件著作权扫描件包含著作权证书和登记申请表。

5. 论文扫描件包含封面、封底、目录和论文全文（含收录证明）。

6. 标准扫描件包含封面、版权页、发布公告、前言和目次。

7. 获奖扫描件包含显示单位和个人排名的获奖证书。

8. 成果转化扫描件包含企业证明材料（含成果技术说明、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。