

## 一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	浙江中控技术股份有限公司	
实践单位地点	杭州市滨江区六和路 309 号	
实践岗位名称	硬件工程师	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 09 月 01 日开始 至 2022 年 04 月 30 日结束
		专业实践训练累计 241 天（单位考核前），其中项目研究天数 160 天（单位考核前）
<p><b>(1) 基本情况（含实践单位简介、实习实践内容等）</b></p> <p>1、浙江中控技术股份有限公司简介：中控技术成立于 1993 年，同年推出第一代具有 1:1 热冗余技术的 DCS 产品：JX-100，就此打破了中国 DCS 市场长期被国外垄断的局面；1994 年，JX-100 系统在合成氨项目中成功投运，中国第一台无纸记录仪（JL-20）也于这一年横空出世。1997 年，JX-100 系统获得国家科技进步三等奖。2001 年，“现场总线控制系统”开发项目获国家科技进步二等奖。2007 年，中控成功中标中石化武汉分公司 500 万吨炼油项目，这标志着国产控制系统第一次在大型关键炼油项目主装置上取得了突破，同年，中控发布的 EPA 标准成为中国第一个被国际认可的自动化标准。2009 年，“新一代控制系统高性能现场总线-EPA”获得国家技术发明二等奖。2011 年，中控 DCS 市场占有率首次位居第一，并延续至今。中控的发展分为三个阶段：从成立至 2006 年，以中小项目为主的 DCS 产品供应商；2007 年-2015 年，全面突破中大型项目，成为自动化系列产品供应商；2016 年以来，逐步发展成为能够帮用户实现智能化转型的智能制造解决方案供应商。</p> <p>2、本次实习是研究大型旋转机械的振动监测技术。在石化、化工、电力等典型流程工业领域，存在大量的大型旋转机械，如汽轮机、压缩机，这些设备在长期工作中如果存在故障或隐患，容易产生巨大的经济损失和负面社会影响，因此需要针对这些设备进行全生命周期的健康诊断。本次实践内容就是基于中控技术公司在研究的振动监测系统，进行产品和技术研究。</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)**

项目名称: TSI 控制系统产品化项目

项目来源: 企业自主立项

项目经费: 企业自筹

主要研究内容:

- 1、TSI 产品行业调研
- 2、TSI 主流厂商和产品调研
- 3、振动传感器技术
- 4、振动采样方案和分析算法调研
- 5、TSI 系统发展趋势分析

主要技术难点:

- 1、行业范围窄, 开放性信息较少;
- 2、TSI 产品系统性强, 覆盖传感器、硬件、嵌入式、算法;
- 3、监测的设备比较特殊, 要开展专项研究。

**(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、本项目研究内容**

本项目的研究内容是振动信号检测技术的研究。以大型汽轮机、压缩机为主的透平设备, 因其内部较为精密, 设备高速运行中会产生各种振动, 如无法进行有效的监测, 可能导致振动加剧或设备故障, 使企业生产受到重大影响。通过对透平设备的振动信号进行检测和分析, 可以提前预判设备状态, 实现预先维护, 有效制定企业的维修计划。透平设备监测仪表通过非接触测量等方法对转子在高速状态下的位移偏差, 并结合频域分析方法, 实现透平设备振动状态和键相状态等重要信号的监测和分析。

**2、实施方案**

- (1) 分析大型透平设备的工作机理、故障特点, 充分理解控制对象的特性;
- (2) 通过多维度的信息汇聚, 了解行业内技术发展的现状、国外先进企业的技术状态、产品的应用需求;
- (3) 通过测试标杆企业的产品, 深入理解调研对象的特性;
- (4) 通过技术样机的开发、调试、对比验证, 实现大型透平设备监测系统的技术探索;

**3、技术路线**

- (1) 传感器技术, 大型透平设备常用的振动传感器可以分为电涡流传感器、速度与加速度传感器、压力传感器、阀门位置传感器等, 本次实践重点以电涡流传感器作为非接触式振动传感器的研究对象;
- (2) 振动信号采集技术, 透平设备属于高速运动的信号, 其转速可达 60000 转/分钟, 振动信号的采集和处理过程较直流静态信号复杂; 为了实现转子振动分析, 需同步采

集转子的相位信息，一般使用键相信号作为相位参考，而键相信号的边沿精度直接影响整体分析效果。因此具有高精度、高采样率的 TSI 系统具备更好的系统监测和分析能力。

(3) 振动数据的时频域转换，在设备监测过程中，时域数据主要表征转子和定子之间的距离，通过该距离的大小判断不同部件之间是否具备足够的安全间隙，而该距离常态的波动范围小于 1mm，叠加系统运行过程中的扰动因素之后，其波动特征愈发不明显，无法清晰地表征机组设备运行状态的发展趋势和状态隐患。为了将振动状态进一步显性化，可以在采集机组工作频率和振动信号之后，通过离散傅里叶变化，将时域信号转成频域信号，系统再对 1 倍、2 倍、3 倍频率的幅值进行监测，可以强化机组运行的状态特征，从而为频谱分析提供基础，同时 TSI 系统也可以同时结合时域和频域数据状态，进行多维的连锁保护，进一步提升机组安全保护的能力。

(4) 振动图谱分析，机组振动状态监测一般采用伯德图、极坐标图、频谱瀑布图、极联图、轴心位置图、轴心轨迹图、振动趋势图等多种图谱。这些图谱结合时域、频域等多种状态数据，是机组故障诊断分析的核心基础。通过构建振动图谱，可以更直观地呈现机组运行状态。

#### 4、团队分工

整个技术团队分为：用户代表、需求分析师、设计师、项目经理、架构师、硬件工程师、嵌入式工程师、算法工程师、测试工程师等角色。

我在团队内部承担设计师的角色，开展并完成了产品应用需求的调研、产品整体框架的架构。

#### 5、问题和建议：无

## 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）

#### 1、知识掌握

通过本次专业实践课程，我不仅找到了毕业论文的方向，也通过本次实践深入到一个全新的、有意义的领域。在石化、化工等流程工业的仪控领域，传统数据采集和控制以静态的模拟信号为主，数据变化慢、控制响应要求不那么高，技术较为成熟。面对大型透平设备的检测，不仅监测对象属于全新的研究对象，其快速旋转下的数据快速、高精度采集以及时频域的数据分析能力，都是全新的研究方向。通过本次专业实现，增强了本人在大型透平设备监测方向的技术知识、行业知识、产品知识的积累和提升，开拓了知识面、打开了更多的技术研究方向。

#### 2、能力提升

大型透平设备监测系统研究过程中，不仅需要深入用户、深入一线了解应用需求、也需要进行产品系统化架构设计，具备技术路线构建能力，实现技术成果的有效落地。在本次技术研究项目中，我对本特利、艾默生等国际一线品牌的主流产品进行了深入的分析和推演，对产品的技术架构和实现思路有了深入的认识。通过查询专业论文，了解了目前业界相关技术的发展现状和未来的发展趋势。通过技术方案的设计，对新技术和新方案的设计有了更有效的实践。通过最终产品的验证测试，验证了产品设计方案的有效性。总体来说，通过本次专业实践，我的控制系统产品设计能力有进一步的提升。

#### 3、素质养成

产品总体架构能力素质培养：本次系统采用组件化的系统架构模式，将振动采集模块、键相信号采集模块、继电器模块、通信模块进行平台化组合，可以实现系统灵活扩展；

系统总体设计能力素质培养：系统研发过程立足于控制对象的研究，以高精度、高速信号采样技术、时频域转换技术、图谱分析和构建技术，实现系统方案落地。

在本次专业实践过程中，不仅实现了专业能力的提升，也通过专业的 CMMI 项目管理流程，提升了本人在项目管理方向的能力和素养。

#### 4、相关成果

通过本次专业实践，不仅实现了大型透平设备监测系统的研发，项目过程中产生了一系列的技术和管理资料，包括项目的需求文件、总体设计文件、概要设计文件、详细设计文件、测试报告等等，也包括各类开发原理图、PCB 和源代码等。同时在项目初期，基于对行业和产品的调研，也输出了一份调研报告，可以为相关工程师提供行业了解的参考。

## (二) 取得成效

### 1、经济和社会效益

在石化化工行业中，有大量的大型透平设备（以下简称透平设备），如压缩机、汽轮机、风机、泵等，本次实践以大型透平设备中的汽轮机为研究对象。汽轮机在工业现场主要作为动力设备，拖动大功率设备进行做功，从而将蒸汽的热能转化成动能，在发电行业，它拖动发电机并网发电，在石化化工行业，它拖动压缩机、风机等旋转设备，它是工业制造业的核心动力装置，属于“工业心脏”。汽轮机主要由定子和转子构成，两者配合极其精密，而它们之间又不可避免存在机械振动，当振动信号过大，会导致转子损坏、叶片损毁等严重后果。汽轮机由于功率大、转速高、流量大、压力高、结构复杂、运行及检修要求高，因此在设计、制造、安装、检修、运行等诸多环节上稍有不妥，都会造成机组在运行时发生种种故障。汽轮机本身价格昂贵，其故障停机又会引起整个生产装置的全面停产，尤其在工业领域能源“双限”的背景下，汽轮机停机会导致电网波动，发电量骤减，会给企业、社会、国家造成巨大的经济损失，因此汽轮机的安全性和稳定性对企业的经济效益有重大影响。如果能够实现汽轮机在线监测和故障诊断，可以避免恶性事故的发生、降低故障停机次数、缩短故障停机检修时间、减少企业的经济损失，整个企业的核心设备和生产装置也可实现长生命周期管理。


汽轮机内部的转子弯曲、叶片开裂、轴承故障等异常故障一般可以通过设备振动的形式表征，通过监测振动信号，可以快速分析汽轮机的运行状态。由于汽轮机的叶片数量多、在线监测探头安装困难、叶片动力学特性复杂等因素，目前还没有准确评估叶片运行状态的有效手段，通常也只能依靠转子轴振监测和分析系统来间接地反映叶片健康状况。因此，通过研究汽轮机的振动状态监测及振动频谱图分析，可以及时掌握设备的运行状态异常或故障的早期征兆，分析故障原因，将故障消灭在萌芽阶段，避免或减少重大事故的发生。

本课题在研究振动信号的成因、机理和振动传感器特性的基础上，以美国 GE 本特利的 3500 系统为标杆，研究高精度、大带宽的振动信号测量方法，设计一款能够兼容振动信号采集、键相信号采集、转速信号采集的监测系统，并具备自适应动态数据采样和快速傅里叶变换的能力。同时，研究典型透平设备的典型振动状态的智能分析方法，能够为设备维护工程师提供直观的维护指导。本课题基于振动特性参数的故障诊断、故障类型特性参数等，提取量化参数，通过故障树、模糊理论、神经网络等人工智能理论方法的研究，设计与开发一款具备透平设备振动特征参数高精度采集的监测和分析系统，并对其采样精度、故障模式识别效果进行验证。

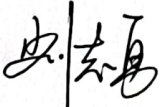
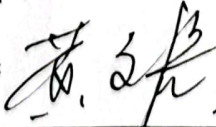
### 2、与学位论文撰写的相关程度


本人学位论文的开题方向是《面向大型透平设备的监测和分析系统研究》，与本次专业实践的内容紧密相关。本次专业实践的内容是学位论文的重要基础。

### 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
一种滤波系统以及获取振动信号倍频幅值与相位的方法	发明专利	2022-05-20	CN114520658 A	1/4	无
基于 DSP 的振动信号自适应采样设计	论文	2022-01-20	化工自动化及仪表. 2022, 49(01)	3/4	无
<b>本人承诺</b>					
<p>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。</p> <p>签字:  2022年6月1日</p>					

### 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>该同学在实际阶段体现了良好的自动化专业 能力，认真负责，积极沟通，攻克了TSL产品的振动 信号采集、时频域转换、振动图谱分析关键核心 技术，顺利完成了项目方案的设计与开发工作，为 TSL控制子国产化产品的研制起到积极推动作用。 达到专业硕士实践训练的基本要求，表现与成果突出。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字：  2020年 6月 2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>该生结合振动检测系统与振动信号处 理开展相关研究与实践，具有钻研精神， 创新能力好，目前已完成信息处理、信号 处理与存储传输模块的研究与样机研 发，项目研究进度正常，已取得显著研究成果。</p> <p>校内导师签字：  2020年 6月 2日</p>

实践单位过程考核意见	实际实践开始时间2021年9月1日 实际实践结束时间2022年4月30日 专业实践训练累计天数：200 其中项目研究天数：160 实践单位过程考核结果： <input checked="" type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 审核签字并盖公章：  2022年6月2日
最终考核结果审核备案	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）： 是否重修： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 教学管理部（或相关分院）审核签字（公章）： 年 月 日



#### 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、社会效益、个人贡献说明及相关照片等）。