

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	江森自控日立空调科技（无锡）有限公司	
实践单位地点	江苏省无锡市新吴区长江路 32 号	
实践岗位名称	VRF 系统工程师	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 03 月 01 日开始 至 2021 年 08 月 31 日结束
		专业实践训练累计 183 天（单位考核前），其中项目研究天数 183 天（单位考核前）
<p>(1) 基本概况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>江森自控日立空调科技(无锡)有限公司是一家集楼宇自动控制系统、设备与配件、制冷及空调系统、通风系统、压缩机、控制器设备及配件的技术研究开发、技术转让、技术服务为一体的技术研发中心。本次专业实践着重于制冷及空调系统方面，对于风管式空调室内机的换热器进行了紧凑式设计开发与，替换了现有量产机中的换热器，降低了材料成本，并满足原型机的标称性能要求。</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>项目名称：风管式室内机降成本项目 项目来源：实践单位 项目经费：200 万元 主要研究目标：紧凑型换热器在现有量产空调风管式室内机产品上的替代应用 技术难点：此次换热器替换既需要满足与当前风管机所搭配的室外机的匹配要求，还需要满足现有产品的能力能效，保证产品性能参数不会降低，同时变更后的系统不能出现可靠性问题。</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。）

研究内容：本次实践项目致力于紧凑型换热器在现有量产空调风管式室内机产品上的替代应用，以江森自控日立空调公司芜湖工厂所生产的某系列风管机产品为目标，将其换热器的铜管外径由 7 mm 缩小为 6.35 mm，铝翅片的翅片间距由 1.4 mm 缩小为 1.2 mm。由于该系列风管机产品为成熟量产品，已在市场上销售多年，此次换热器优化变更后，既需要满足与当前风管机所搭配的室外机的匹配要求，还需要满足现有产品的能力能效，保证产品性能参数不会降低，同时变更后的系统不能出现可靠性问题。由于紧凑型换热器存在冷媒侧压降升高、换热器内容积减小等问题，在实际开发过程中通过流路优化、风量优化等方式避免这些问题带给整个冷媒系统的性能及可靠性的影响。

方案及技术路线：前期通过换热器仿真确定换热器流路及节流毛细管选型，为换热器优化方案的确认提供数据支撑，减少测试工作量；后续通过冷媒系统仿真确定换热器参数后的联机能效确认，以及针对内机换热器变更所带来的风险点的确认，在进行实验测试之前了解换热器变更后的整机能效，以及尽可能的规避方案风险点，减少测试工作量；总体方案确认后，通过实验测试性能、可靠性及能效是否满足国标和企标的要求。

团队分工：王楚——冷媒系统工程师，项目技术负责人；王一盼——结构工程师；沈峰——冷媒系统工程师。校内导师肖刚作整体理论知道，校外导师宫天泽对项目整体进行把控。

本人承担任务及完成情况：本人在该项目中担任冷媒系统工程师及项目技术负责人的任务，完成情况良好。

问题与改进建议：项目开发过程中，由于研发中心与生产中心分属两地以及两条不同的管理线，项目在研发与生产的沟通上效率较低，花费了不少时间，建议从流程上改善沟通效率，减少项目开发中不必要的时间浪费。

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）

换热器是制冷系统的重要组成部分之一，在空调产品中占据着较大部分的成本。特别是对于结构形式简单的室内机而言，换热器的材料成本是整台室内机材料成本的重要组成部分。采用紧凑型换热器设计，作为一种有效的降低成本的方案，主要有以下优点：

1) 明显减少换热器中铜的用量，降低材料成本的同时，也使得整机更加轻量化，结构更加紧凑化，从而可以实现节省资源的效果；

2) 紧凑型换热器的内容积更小，可以有效减少制冷剂的充注量，降低制冷剂对环境的影响。同时制冷剂充注量的降低也能够提升 R32 和 R290 等可燃性冷媒使用过程中的安全性；

3) 紧凑型换热器由于铜管管径较普通换热器要小，管内制冷剂的湍流更加剧烈，换热效率更高。

虽然紧凑型换热器有很多优点，但其缺点也不容忽视。首先，管径的减少会使制冷剂侧压降增加，蒸发器内的平均蒸发温度下降，降低系统能效。另外，换热器内容积的减少也会造成压缩机排气压力或排气温度的提升，带来系统可靠性风险。

本次专业实践是对现有量产风管式空调室内机进行紧凑型换热器的开发设计。在实践中，首先通过换热器仿真确定了适用于紧凑化设计后换热器的冷媒流路分布及毛细管选型。然后通过冷媒系统仿真，确定满足换热能力要求时的冷媒蒸发温度以及新换热器的能效情况。最后通过实验测试性能、可靠性及能效情况，并通过了能效认证以及节能认证。使用新换热器的风管式空调室内机，无论是在性能、能效还是噪音参数上，都能满足原有产品的标称要求，本次实践的项目具有很强的应用价值。

通过此次专业实践，我更加充分的了解了蒸汽压缩制冷循环的特点及应用，对于换热器的开发、设计及使用有了更加深刻的认识。在动手进行换热器及冷媒系统仿真的过程中，更加生动的理解了冷媒流路、毛细管选型、压缩机频率、冷媒量、蒸发温度等参数对于冷媒系统能力能效的影响。在与生产企业的实际对接过程中，我对于空调器的生产流程有了系统的了解。本次专业实践不仅提升了我对于理论知识的理解，同时也使得我的动手能力得到了增强，养成了综合分析的素质，这些能力的提升与我这次的专业实践训练是分不开的。

(二) 取得成效

蒸汽压缩式制冷循环是一项应用非常成熟的制冷技术，在家用、商用空调器以及工业冷冻等各方面都有着广泛的应用，蒸发器、冷凝器、压缩机和节流装置是蒸汽压缩式制冷循环的四大关键部件。在 2060 年实现碳中和的目标驱使下，节能减排、低碳环保已成为各企业和研究机构所共同追求的理念。中国是空调生产和消费大国，具有巨大的空调设备保有量和生产量，2020 年我国居民每百户空调拥有量达 117.7 台，较 2019 年增长 1.8%；空调生产量即使受到疫情影响，仍高达 2.1 亿台。

面对如此庞大的生产量与保有量，空调产品的降本增效能带来巨大的收益，这也是本次专业实践的目的。

对于风管式空调室内机而言，换热器成本约占其总成本的 15%。本次专业实践将江森自控日立空调科技公司芜湖工厂生产的某系列风管式空调室内机的翅片管换热器的铜管尺寸由 $\phi 7.0 \text{ mm} \times 0.28 \text{ mm}$ 缩小为 $\phi 6.35 \text{ mm} \times 0.26$ ，铝翅片间距由 1.4 mm 缩小为 1.2 mm，减少了该系列风管机换热器中的铜和铝的用量，不仅降低了生产成本，而且能够节省铜铝资源。该系列风管机的年产量较大，采用新的紧凑式换热器设计后，总生产成本预计可下降 5.35%，年节约生产成本在 100 万元以上。

由于换热器管径及换热效果的变化，原有量产机中的一些结构件无法匹配新的换热器，因此对其也进行了相应的变更，其中包括：用于固定换热器的边板的变更、分流器的变更以及 2.2 kW~3.6 kW 机型换热器排数由 3 排缩小为 2 排，同时将换热器流路数由 4 条变更为 3 条。这些变更确保紧凑式换热器符合生产要求，同时达到效益最大化。

本人的研究生学位论文选题为“风管式空调室内机紧凑型换热器设计与开发”，正是由于在此次专业实践的过程中深刻意识到了紧凑式换热器对于节能减排、节省资源的意义。因此希望能够将此次专业实践中所积累的紧凑型换热器的开发经验系统性的整理出来，为后续更多紧凑型换热器的开发以及紧凑型换热器在现有产品上替代使用提供技术基础。而且近年来 5 mm 管径换热器已逐步应用于空调器中，对于空调设计制造商而言，开发紧凑型换热器已成为未来的趋势，解决好紧凑型换热器带来的问题，既能提升研发与生产实力，又可以使自己的产品更加紧凑、成本更低，提升产品的市场竞争力。所以选择此作为学位论文的选题。

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

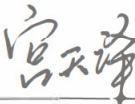
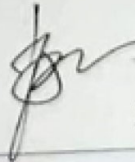
在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守学术道德、遵循学术规范。


签字：

王赞

2022 年 6 月 7 日

三、考核评价

<p>校外合作 导师(或现 场导师) 评价</p>	<p>该学生在专业实践中理论结合实际，具有很高的职业素养，对于制冷空调系统的原理及其应用有着深刻的认识，在项目开展过程中肯动脑动手，对各类工作环境适应性强，有很好的团队协作能力。通过该学生几个月的实践努力，实现了现有量产风管机的降本增效，给公司带来了显著的经济效益。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字： 2022年6月7日</p>
<p>校内导师 评价</p>	<p>该学生在专业实践中充分体现出应有的科学素质，对蒸汽压缩式制冷循环、传热学及流体力学方面的理论知识掌握充分，用于创新，专业实践中去的很好的研究成果，给企业和社会都带来了很好的效益。并且在专业实践过程中，发掘出与之相关联的论文选题，希望将在专业实践中所积累的经验进行系统性整理，对后续产品的开发进行指导，此选题对国家双碳目标的以及实现企业的经济效益有着积极的意义。</p> <p>校内导师签字： 2022年6月7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3月1日 实际实践结束时间: 2021年8月31日</p> <p>专业实践训练累计天数: 183 其中项目研究天数: 183</p> <p>实践单位过程考核结果: <input type="checkbox"/>优秀 <input checked="" 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:  2022年6月7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）。