

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	宁波吉利罗佑发动机零部件有限公司	
实践单位地点	浙江省宁波市杭州湾新区滨海四路 918 号	
实践岗位名称	前瞻技术研发岗主任工程师	
专业实践训练时间	集中进行	2020 年 06 月 30 日开始 至 2021 年 07 月 30 日结束
		专业实践训练累计 395 天（单位考核前），其中项目研究天数 240 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>宁波动力总成研究院：从事乘用车和商用车动力总成系统开发，包含发动机系统、变速器系统、电驱动和电池系统开发。</p> <p>实践内容：碳化硅控制器以及高功率密度油冷发电机开发以及试验验证</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：电气化专项</p> <p>项目来源：企业</p> <p>项目经费：500 万</p> <p>主要研究目标：电机有效功率密度$\geq 6\text{kW/kg}$，效率$\geq 95\%$；控制器最高效率$\geq 99\%$。</p> <p>技术难点：高功率密度电机的散热和 NVH 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, 研发团队分工、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: 采用油冷电机技术和 SiC 功率半导体等控制器技术, 开发高效油冷电机及电机控制器, 提高电机及电机控制器的效率, 以匹配高效混动系统, 满足整车油耗要求。

方案及技术路线: 电机采用圆线、油冷、集中式绕组技术; 控制器采用碳化硅功率半导体、水冷技术。

团队分工: 总工 1 名, 项目经理 1 名, 技术经理 1 名, 结构设计 3 人, 热管理 2 人。

本人承担的任务: 作为技术经理承担完成了技术指标的落实, 图纸数模的审核, 生产制造过程风险管控, 解决过程的问题, 同时负责简易油冷台架设备方案的确认以及试验策划、试验结果的验收等工作。

问题与改进简易:

问题 1. 电机绕组的槽满率太高, 导致实际生产无法满足, 缺乏生产制作工艺的经验。

改进建议: 电磁方案评审时, 需考虑可生产工艺及制造性, 要结合制造商的生产实际来设计方案。

问题 2. 采用齿轭分离结构, 过盈量设计不合理导致难以压入以及压溃问题, 主要由于叠片的齿部和轭部过盈量设计需要按照测试情况进行评估后调整, 缺乏经验。

改进建议: 考虑制造精度以及样块压装验证不同过盈量的影响, 而后确定最终过盈量的大小。

本项目在实施过程中, 通过整合预研项目资源与量产开发团队资源, 将预研课题与量产开发需求紧密结合, 使预研课题的研究成果有效提升量产车型竞争力的最终目标服务, 但过程中也由于预研课题的前瞻性与现有量产开发阶段的资源限制, 使得部分预研课题的技术思路与技术策划, 无法得到试验验证。面对本项目中遇到的这些挑战, 建议后续在预研项目的实施中, 针对有产业化应用的前瞻技术思路与技术方案, 量产项目能够给予更多关注, 投入更多资源, 以最小的成本和更高效的资源整合, 进一步挖掘前瞻预研课题研究的潜力, 将量产阶段技术疑点与风险在预研阶段提前验证, 缩短开发周期, 为最终面向客户端的产品提升创造价值。

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. 知识掌握方面：通过本次实践深入了解电机和控制器开发的全过程，掌握了电机设计方法，明确了电机各关键指标；通过电机生产过程的全程跟踪，确切了解的电机的制造工艺；通过电机试验的跟踪，熟悉了电机的 DV 内容以及容易出现的问题，使得自身对于电机标定测试也有了一定的了解。

2. 能力提升方面：

本项目发电机系统是白盒化开发，包括了电机从目标属性定义-概念设计-详细设计-样件试制-系统验证全流程，掌握了电机的设计流程，初步掌握电磁设计的要点，例如电机绕组分数槽设计：电机采用 36 槽 24 极的分数槽设计，可以削弱磁极磁场非正弦分布所产生的高次谐波电势，还能有效地削弱齿谐波电势的幅值，改善电动势的波形，并且减小了因气隙磁导变化引起的每极磁通的脉振幅值，减少了磁极表面的脉振损耗。

电机热设计方面，通过结合电机油冷仿真与油冷快速验证台架试验验证结合，实现了高效的电机油冷设计结构，定子的喷油冷却及转子的通油冷却：电机的输出功率的能力受限于电机的热极限能力，定、转子的油冷却技术，可以大幅提高电机的冷却效率，达到 35%的提升，相应电机的输出功率也可以提升 35%。

电机制造工艺方面，通过对标以及供应商交流确定采用定子铁芯齿轭分离结构的应用：齿轭分离的铁芯结构是由呈“齿轮状”的定子轭部和呈“楔形结构”的定子齿部，对应拼装固定的，从而形成适用于永磁电机的定子结构，其定子齿部和定子轭部的成型简单，成型精度和成型效率较高，能有效简化现有定子结构的成型工艺，提升定子结构成型的精度，且定子齿部与定子轭部的拼装便捷，能大大提升定子结构的成型效率，降低永磁电机定子结构的加工成本，具有较好的推广应用价值。

电机试验方面，制定完备的电机试验，包括了性能、NVH 以及热等多个方面，完成了发电机的性能测试，其中包括旋变角度的调零，空载反电势，空载试验，额定/峰值功率及扭矩的测试，电机转速转矩特性，发电机的最高效率及高效区的标定及发电机的额定/峰值工况的温升等实验；完成了发电机的 24、36、48、72 及 144 阶的阶次噪声及振动的测定，对比了 1DHT 发电机及本项目发电机的噪声水平，综合评价与当前 1DHT 的 NVH 水平相当，为电气化的技术提升，积累了经验及数据。完成了 30 多组冷却设计的快速验证，最终选择最佳的设计方案，使得电机冷却效果极佳，电机温度均低于 130℃，很好的完成了电机的开发验证，达成了电机开发目标。

3. 素质养成：通过这次作为技术经理的经历，提升了自身的综合素质，不再是以前纯粹的设计工程师，而需要考虑更为全面周到。

(二) 取得成效

1. 通过技术应用创新、成果转化，解决企业工程实际问题等取得的经济和社会效益。

1) AES 发电机开发的收益

为公司下一代动力升级进行技术储备，需更高效率的电机及提高电机性能的关键技术进行预研，使吉利的混动系统及增程器总效率更高，集成化更高，搭载整车后，油耗及排放更低，满足下一阶段整车油耗及排放的要求。

本项目发电机系统是白盒化开发，完成了电机从目标属性定义-概念设计-详细设计-样件试制-系统验证全流程，为量产双电机混合动力及增程式混合动力积累了相关的开发技术文档、设计校核方法、电磁仿真模型、台架测试等相关的技术数据。

2) AES 发电机的先进技术

a) 电机绕组分数槽设计：电机采用 36 槽 24 极的分数槽设计，可以削弱磁极磁场非正弦分布所产生的高次谐波电势，还能有效地削弱齿谐波电势的幅值，改善电动势的波形，并且减小了因气隙磁导变化引起的每极磁通的脉振幅值，减少了磁极表面的脉振损耗。

b) 定子的喷油冷却及转子的通油冷却：电机的输出功率的能力受限于电机的热极限能力，定、转子的油冷却技术，可以大幅提高电机的冷却效率，达到 35% 的提升，相应电机的输出功率也可以提升 35%。

c) 薄硅钢片应用：电机定子铁心及转子铁心采用 0.25mm 的硅钢片，可以降低涡流损耗，减小铁损，提高电机的效率。

d) 定子铁芯齿轭分离结构的应用：齿轭分离的铁芯结构是由呈“齿轮状”的定子轭部和呈“楔形结构”的定子齿部，对应拼装固定的，从而形成适用于永磁电机的定子结构，其定子齿部和定子轭部的成型简单，成型精度和成形效率较高，能有效简化现有定子结构的成型工艺，提升定子结构成型的精度，且定子齿部与定子轭部的拼装便捷，能大大提升定子结构的成型效率，降低永磁电机定子结构的加工成本，具有较好的推广应用价值。

3) 电磁仿真模型

本项目完成了一版基于永磁同步发电机的电磁仿真模型，在仿真模型上验证了电机性能提升的电磁优化方案及 NVH 提高，减小电磁场径向力的磁极优化方法，仿真了不同电压下的电机系统特性及效率最优的电磁方案对整车油耗影响，为产业化开发提供数据及仿真验证。

4) 发电机台架试验

完成了发电机的性能测试，其中包括旋变角度的调零，空载反电势，空载试验，额定/峰值功率及扭矩的测试，电机转速转矩特性，发电机的最高效率及高效区的标定及发电机的额定/峰值工况的温升等实验；电机的四个工况点的性能，均满足开发要求，为适应工况要求，电机在 2500-3000rpm 转速区为电机的高效区，电机的最高发电效率达到 95.16%，整机的重量为 23kg，实现了小型化开发的意义。

5) 发电机的 NVH 台架测试

完成了发电机的 24、36、48、72 及 144 阶的阶次噪声及振动的测定，对比了 1DHT 发电机及本项目发电机的噪声水平，综合评价与当前 1DHT 的 NVH 水平相当，为电气化的技术提升，积累了经验及数据。

2. 与学位论文撰写的相关程度

通过本次实践更为了解了混动车型的整车能量管理架构，熟悉了电驱动系统与电池系统间的匹配，为后续学位论文打下基础。

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
一种发电机与发动机连接结构、增程器及车辆	发明专利	2021-12-21	ZL 20201079419 2.3	2/3	

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：



2022年5月25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： 胡攀同学在项目开展中作为项目经理和技术经理角色很好的保证了各技术指标的达成，以高投入敬业负责的态度完成项目工作。该同学遇到问题迎难而上，识别风险，高效解决问题。 在项目过程中，该同学掌握了电磁设计、电机热仿真以及电机制造工艺等多项核心技术能力，完成了电机快速油冷台架设备的搭建，解决了电机绕组绕线和齿距安装等多项工程问题，从而保证了项目按时达成高功率密度、低成本以及高效率电机开发的目标。原告完成了实践工作。 校外合作导师（或现场导师）签字：郭思聪 2022年5月27日 (现场导师)</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： 胡攀同学专业基础扎实，动手能力强，具有较强的创新能力和良好的科学素养，做事积极主动，在电动汽车、混合动力汽车的相关研究上已取得丰硕的成果。在完成该项目的过程中，通过油冷电机开发更好的理解了电机的工作特性，特别是电机与电池之间的匹配关系，为学位论文锂离子电容器在混合动力车辆上的应用打下基础，实践与论文关联性强，符合实践要求 校内导师签字：郭思聪 2022年5月27日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间: 2020年6月30日 实际实践结束时间: 2021年07月30日 专业实践训练累计天数: 395 其中项目研究天数: 240 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5月27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): 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</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）。