

同行专家业内评价意见书编号： 20250861027

附件1

**浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）
同行专家业内评价意见书**

姓名： 王伟

学号： 22260177

申报工程师职称专业类别（领域）： 交通运输

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月26日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别（领域）工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

本人就读于交通运输专业电气方向，期间主要研究方向为高速超导电动磁浮列车电磁力计算及结构优化，对本专业基础理论知识，如电路原理、电机学等，专业技术知识，如超导技术应用、高速超导磁浮列车悬浮系统与驱动系统电磁力解析计算和结构优化等均有系统学习，掌握程度良好，对高速超导磁浮列车的国内外技术前沿发展现状与趋势及该领域采用的新技术、新方法和新材料较为清楚。基本掌握参与工程建设所需的基本技能，能综合运用专业软件如MATLAB、ANSYS

Maxwell，和企业现场数据采集与算法分析等现代研究工具和研究方法开展项目研究工作；具有一定的技术应用创新及工程创新实践能力，能综合运用所学知识解决复杂工程问题，如1000公里级时速下极距变大时线圈式超导磁浮列车悬浮与驱动系统结构优化问题；具有一定参与工程规划、设计研发、实施运作、科学管理的决策和行动能力；具有跨多工种、跨专业领域的团队工作经历，富有团队合作精神，具备良好的人际沟通、组织协调、激励授权等领导能力；能有效指导他人进行项目产品设计开发和优化提升工作。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

本人读研期间参与了企业应用性课题研究项目，即高速超导电动磁浮列车悬浮与驱动系统电磁力解析计算与结构优化，完成了对企业项目具有指导作用的有关情报资料的搜集、整理、汇编，并提出系统报告，通过分析国内外对超导电动磁浮列车研究现状发现，目前针对结合低真空管道、时速达1000公里级的高速超导磁浮列车结构设计及优化工作较为空白，为解决该问题，首先根据动态电路理论与虚位移法建立了高速超导磁浮列车悬浮与驱动系统电磁力参数化解析模型，研究了1000公里级时速、极距变大条件下悬浮系统中悬浮线圈尺寸变化对悬浮、导向和磁阻力的影响规律和驱动系统中电枢线圈和励磁线圈尺寸变化对牵引力的影响规律，据此总结了一套悬浮与驱动系统各线圈尺寸设计及结构优化方法，并对优化前后电磁力大小及波动值进行了对比，结果表明优化后参数更适应超高速运行工况，但仍存在很多改进空间，如进一步研究悬浮线圈和电枢线圈实际厚度、超导线圈饼数及单饼匝数对计算结果的影响，也可结合现有多目标优化算法，对悬浮系统结构参数进行多目标优化，实现工程造价和悬浮导向性能最优化，以及考虑超导线圈延长后实际的机械特性、充磁和损耗等问题对结果的影响等。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

本人读研期间参与了企业应用性课题研究项目，即高速超导电动磁浮列车悬浮与驱动系统电磁力解析计算与结构优化，完成了有关情报资料的搜集、整理、汇编，并提出系统报告，通过分析国内外对超导电动磁浮列车研究现状发现，低温超导电动磁浮列车自稳定悬浮导向，车辆重量轻，悬浮气隙大，运行速度高，是发展高速及超高速轨道交通的主要技术研究方向之一，具有广阔应用前景，发展最成熟的是以日本山梨线为代表的线圈式低温超导电动磁浮列车，但目前针对结合低真空管道、时速达1000公里级的高速超导磁浮列车结构设计及优化工作较为空白。

为解决该复杂工程问题，以时速提升到1000km/h的线圈式超导电动磁浮列车为研究对象，针对车载超导线圈极距增大条件下的悬浮和牵引系统结构优化问题，从模型建立、特性分析和结构优化三个方面展开了研究，主要内容如下：首先，建立了悬浮系统和牵引系统三维电磁力参数化解析计算模型，包含了超导线圈、悬浮线圈和电枢线圈的结构尺寸、定动子位置偏

移等关键参数,能准确描述各线圈形状、数量和分布,实现了参数化设计。以山梨线为例进行了计算,结果与三维瞬态场有限元结果和实测数据进行了对比,误差在10%以内,验证了解析模型准确性。模型没有使用经验参数和谐波近似表达互感,快速真实反映输入参数与输出电磁力间关系,适用于特性分析和结构优化研究。其次,针对运行时速提升到1000km/h的列车,研究了悬浮线圈结构参数对三维电磁力的影响规律,并对其进行了结构优化。首先基于参数化解析模型分析了单元结构三维电磁力变化,其次研究了悬浮线圈长度和高度对三维电磁力平均值与波动值的影响规律,最后对超导励磁磁极极距增大后的悬浮线圈进行了结构优化,并研究了优化前后其它因素对三维电磁力的影响,提出了根据任意给定超导线圈结构参数对悬浮线圈参数进行优化的方法。最后,研究了牵引系统初次级线圈结构参数对牵引力的影响规律,并针对运行时速提升到1000km/h条件下研究了不同频率和极距下牵引系统线圈参数对推进力影响。首先基于牵引系统解析模型分析了跑道形超导线圈相比矩形超导线圈存在的优势,其次分别研究了三相电枢线圈和超导励磁线圈各结构参数对牵引力影响,并据此总结了一套已知极距设计三相电枢线圈和超导励磁线圈结构参数的方法,最后针对运行时速提升到1000km/h工况下研究了不同频率和极距下牵引系统线圈参数对牵引力影响,结果为超高速工况下如何平衡好极距大小和变流器最高频率提供了参考。

解决该工程问题思路总结如下:在1000km/h工况下设计超导线圈极距时先按实际情况平衡好极距大小和变流器最高频率。确定极距以后即可确定初次级线圈最佳尺寸,然后根据次级线圈结构参数设计悬浮线圈尺寸,即先按照单个超导线圈覆盖悬浮线圈的数量为X.5个粗略计算相应悬浮线圈长度和极距,调整悬浮线圈高度找到单位长度超导线圈产生悬浮力和导向力最大时的最优悬浮线圈高度,综合考虑三维电磁力波动性与单位长度超导线圈产生电磁力大小,确定悬浮线圈覆盖数量,在此基础上对悬浮线圈长度进一步作单目标优化,找到电磁力波动系数最小时的悬浮线圈长度。

(二) 取得的业绩（代表作）【限填3项，须提交证明原件（包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等）供核实，并提供复印件一份】

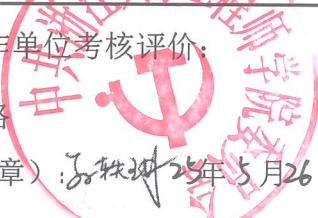
1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	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	备注
高速超导磁浮列车悬浮系统电磁力解析模型与结构优化研究	核心期刊	2025年04月28日	微特电机	1/2	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 85 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1.1 年 (要求1年及以上) 考核成绩： 84 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！	
申报人签名：王伟	

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

<p>日常表现考核评价</p>	<p>非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>优秀 <input type="checkbox"/>良好 <input type="checkbox"/>合格 <input type="checkbox"/>不合格</p> <p>德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：  25年5月26日</p>
<p>申报材料审核公示</p>	<p>根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下：</p> <p><input type="checkbox"/>通过 <input type="checkbox"/>不通过（具体原因： ）</p> <p>工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日</p>

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260177	姓名：王伟	性别：男	学院：工程师学院	专业：交通运输	学制：2.5年
毕业时最低应获：24.0学分	已获得：26.0学分	入学年月：2022-09	毕业年月：		
学位证书号：	毕业证书号：	授予学位：			
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	92	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	90	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期	工程伦理		2.0	86	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	研究生论文写作指导		1.0	88	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	85	专业学位课
2022-2023学年秋冬学期	研究生英语		2.0	76	公共学位课
2022-2023学年春季学期	电气装备健康管理		2.0	89	专业选修课
2022-2023学年春季学期	数学建模		2.0	74	专业选修课
2022-2023学年春季学期	研究生英语基础技能		1.0	81	公共学位课
2022-2023学年夏季学期	自然辩证法概论		1.0	76	公共学位课
2022-2023学年春夏学期	优化算法		3.0	87	专业选修课
2022-2023学年春夏学期	高阶工程认知实践		3.0	82	专业学位课
2022-2023学年夏季学期	智能交通系统与实践应用		2.0	96	专业学位课
	硕士生读书报告		2.0	通过	

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：
成绩校核人：张梦依
打印日期：2025-06-03

高速超导磁浮列车悬浮系统电磁力解析模型与结构优化研究

王伟, 卢琴芬

(浙江大学 电气工程学院, 杭州 310027)

摘要: 高速超导悬浮列车采用电动悬浮方式, 悬浮高度高, 无需悬浮控制, 在高速与超高速领域具有优势。基于日本山梨线磁浮列车结构, 采用动态电路理论建立了转向架单侧超导线圈的三维电磁力参数化解析模型, 计算结果与山梨线测试值的对比误差小于10%。基于该解析模型分析了悬浮线圈长度和高度对三维电磁力平均值与波动值的影响规律, 结果表明, 随着悬浮线圈长度增加, 感应电流和电磁力平均值及波动性都增大; 随着高度增加, 悬浮力和导向力都先增大后减小。针对运行时速提升的需求, 对悬浮线圈进行了结构优化。

关键词: 超导电动悬浮; 动态电路理论; 悬浮线圈; 电磁力; 优化设计

中图分类号: TM359.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-7018(2025)04-0001-09

DOI: 10.20026/j.cnki.ssemj.2025.0058

Investigation of Electromagnetic Force Analytical Model and Structure Optimization of Suspension System in High-Speed Superconducting Suspension Train

WANG Wei, LU Qinfen

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: High-speed superconducting suspension train adopts electrodynamic suspension method, which has advantages in areas of high-speed and ultra-high-speed due to large suspension height and without suspension control. The parametric analytical calculation model of three-dimensional electromagnetic force in superconducting coils located in one side of the bogie is established by adopting dynamic circuit theory based on the structure parameter of Yamanashi test train in Japan. The simulated results were compared with the experimental values of Yamanashi test line, the error was validated less than 10%. By this analytical model, the influence of length and height of the suspension coil on the average value and ripple of three-dimensional electromagnetic force was analyzed. It was found the induced current, average value and the ripple of the electromagnetic force are increased along with the increase of suspension coil length and the suspension force and the guidance force first increase and then decrease along with the increase of the suspension coil height. The structural of the suspension coil were optimized under the requirement of increased operating speed.

Key words: superconducting electrodynamic suspension, dynamic circuit theory, suspension coil, electromagnetic force, optimization design

0 引言

高速磁悬浮列车由于实现了车与轨间无接触稳定运行, 行驶阻力明显减小, 相比传统轮轨列车可以达到更快的行驶速度, 因此, 该列车成为了理想的地面高速交通运输工具。磁浮列车的悬浮方式主要分为常导电磁悬浮和超导电动悬浮^[1]。常导电磁吸引式磁浮列车以德国 TR 系列磁悬浮列车为代表, 悬浮高度为 8~10 mm 较低, 需要主动高精度闭环控制, 且控制难度会随着速度增加而增大; 超导电动斥力式磁浮列车以日本 MLX 系列低温超导悬浮列车为代表, 悬浮高度为 100~150 mm, 悬浮系统无需控制且能够实现导向^[2], 在超高速交通运输领域具有优势, 因此, 对其电磁力特性与结构优化的研究非常重要。

电磁力特性研究包括线路测试与理论方法分析。对于线路测试, 目前, 日本借助山梨线和宫崎线长距离运行进行了全速度范围的试验研究, 其他国家包括我国在内都是基于短线路的测试验证; 理论方法主要有解析法和有限元法^[3]。有限元法难以将零磁通式电动悬浮系统转化为二维模型, 该法需要建立三维瞬态场仿真模型, 计算速度慢且容易发散, 在优化设计中应用困难。目前, 应用较多的是基于动态电路原理^[4]的方法, 该法通过对超导电动悬浮系统建立等效电路模型, 计算车与轨线圈及轨道线圈间互感, 求解矩阵形式的轨道线圈电阻和电感电路常微分方程, 得到各轨道线圈的感应电流, 最后基于虚位移法计算得到电动悬浮系统三维电磁力。该方法的计算速度与准确性主要取决于车与轨线圈

收稿日期: 2025-01-10

主题 高速超导磁浮列车悬浮系统电磁力解析模型与结构优化研究



问答

结果中检索

检索设置

总库

中文

学术期刊

学位论文

会议

报纸

年鉴

图书

专利

标准

成果

主题

检索范围: 总库

博士0

硕士0

磁浮列车悬浮系统电磁力解析模型与结构优化研究

定制定制

检索历史

共找到 1 条结果

☐ 全选 ☒ 已选

下载

导出与分析

排序: 相关性

发表时间↓

被引

下载

综合

显示 20

来源类别

学科

年度

时间↓ 文献量↓

研究层次

☐ 技术研究 (1)

题名

作者

来源

发表时间

数据库

被引

下载

操作

☐ 1

高速超导磁浮列车悬浮系统电磁力解析模型与结构优化研究

王伟, 林井

微特电机

2025-04-28

期刊

54

相关推荐: 线型曲线

恒转矩率控制

超高速磁浮

高速磁浮车

直线HALBAC...

曹瑞武

E2-1000系动...

垂直电磁力

磁悬浮发展

K-E方程

山梨线

磁浮模块

制动力特性

永磁磁浮列车