1.前六学期本科成绩

1.1 成绩单

杭州电子科技大学学生成绩单

Hangzhou Dianzi UniversityStudent Transcript

姓名：李嘉瑞　　学号：23080440　　学制：4 年

出生日期：2005年01月21日　　入学日期：2023年09月　　性别：男

院系：通信工程学院　　专业：通信工程　　毕业年月：

课程名称	性质	成绩	学分	绩点
2023-2024学年 第1学期				
高等数学A1	必修	77	5.00	3.2
大学英语精读1B	必修	80	2.00	3.5
大学英语听说1B	必修	81	1.00	3.6
体育1	必修	84	1.00	3.9
大学生心理健康教育1	必修	88	1.00	4.3
线性代数	必修	89	3.00	4.4
中国近现代史纲要	必修	91	3.00	4.6
改革开放史	任选	93	1.00	4.8
C语言程序设计	必修	93	4.00	4.8
通信学科导论	必修	95	1.00	5.0
军训	实践	良好	2.00	4.0
形势与政策1	必修	优秀	0.25	5.0
本学期平均学分绩点：4.13			24.3	51.1
2023-2024学年 第2学期				
体育-足球(男)	必修	70	1.00	2.5
高等数学A2	必修	76	5.00	3.1
大学物理1	必修	79	3.00	3.4
大学英语听说2B	必修	79	1.00	3.4
电路分析	必修	80	4.00	3.5
大学英语精读2B	必修	83	2.00	3.8
大学物理实验A1	实践	85	1.00	4.0
电路分析实验	实践	89	1.00	4.4
思想道德与法治	必修	90	3.00	4.5
工程伦理学	必修	90	1.00	4.5
大学军事	必修	92	2.00	4.7
工程制图	必修	93	2.00	4.8
计算机仿真基础	实践	94	1.00	4.9
人际沟通艺术	任选	94	2.00	4.9
大学生职业发展与就业指导4	必修	94	0.50	4.9
大学生心理健康教育2	必修	95	1.00	5.0
大学生职业发展与就业指导2	必修	95	0.50	5.0
认识实习	实践	96	1.00	5.0
形势与政策2	必修	优秀	0.25	5.0
金工实习	实践	优秀	2.00	5.0
本学期平均学分绩点：4.07			34.3	86.3
本学年平均学分绩点：4.09			58.5	137.4
2024-2025学年 第1学期				
体育-篮球(男)	必修	70	1.00	2.5
大学物理2	必修	79	3.00	3.4
数字电路与逻辑设计	必修	83	3.00	3.8
跨境电商网络店铺的创建与运营	任选	83	1.00	3.8
概率论与数理统计	必修	85	3.00	4.0
信号与系统	必修	86	3.00	4.1
模拟电子技术	必修	87	3.00	4.2
成本核算与管理	任选	90	2.00	4.5
中国茶文化	任选	90	2.00	4.5
数字电路与逻辑设计实验	实践	90	1.00	4.5
毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论	必修	91	3.00	4.6
模拟电子技术实验	实践	92	1.00	4.7
大学物理实验A2	实践	93	1.00	4.8
大学生职业发展与就业指导1	必修	97	0.50	5.0
大学生职业发展与就业指导3	必修	98	0.50	5.0
形势与政策3	必修	优秀	0.25	5.0
本学期平均学分绩点：4.14			28.3	68.4
2024-2025学年 第2学期				
通信电路	必修	61	3.00	1.6
数学物理方法	必修	69	3.00	2.4
体育-羽毛球(男)	必修	73	1.00	2.8
随机信号原理	必修	77	2.00	3.2
企业专家系列讲座与职业规划	实践	83	1.00	3.8
信息论与编码	必修	85	2.00	4.0
电路与生产工艺实习	实践	87	1.00	4.2
离散数学及应用	必修	88	2.00	4.3
习近平新时代中国特色社会主义思想概论	必修	90	3.00	4.5
当代美国社会与文化	必修	90	2.00	4.5
——转右栏——				

课程名称	性质	成绩	学分	绩点
综合创新实践1	实践	92	1.00	4.7
创业运营仿真	任选	93	1.00	4.8
项目管理	任选	93	2.00	4.8
通信电路实验（软件）	实践	94	0.50	4.9
文献检索与科技写作	任选	94	1.00	4.9
通信电路实验（硬件）	实践	95	0.50	5.0
电信法律法规	任选	97	1.00	5.0
Python程序设计及应用	任选	优秀	2.00	5.0
形势与政策4	必修	优秀	0.25	5.0
本学期平均学分绩点：3.88			29.3	79.4
本学年平均学分绩点：4.01			57.5	147.8
2025-2026学年 第1学期				
电磁场与电磁波	必修	71	3.00	2.6
数据结构	任选	78	2.00	3.3
通信原理（甲）	必修	87	4.00	4.2
马克思主义基本原理	必修	90	3.00	4.5
移动通信网络优化	任选	90	3.00	4.5
数字信号处理	必修	91	3.00	4.6
专业英语	任选	92	2.00	4.7
综合创新实践2	实践	96	1.00	5.0
通信原理实验	实践	97	1.00	5.0
形势与政策5	必修	优秀	0.25	5.0
数据结构课程实践	任选	优秀	1.00	5.0
数字信号处理实验	实践	优秀	1.00	5.0
本学期平均学分绩点：4.23			24.3	53.4
2025-2026学年 第2学期				
综合创新实践3	实践	86	1.00	4.1
通信交换技术	任选	87	2.00	4.2
移动通信	任选	89	3.00	4.4
计算机系统	任选	89	3.00	4.4
通信系统设计	实践	90	1.00	4.5
认知软件无线电技术	任选	95	2.00	5.0
形势与政策6	必修	优秀	0.25	5.0
移动通信实验	实践	优秀	1.00	5.0
本学期平均学分绩点：4.50			13.3	36.6
本学年平均学分绩点：4.33			37.5	90.0

等级考试成绩

CET6	447
CET4	523

成绩单总计

获得必修学分：	120.5	加权平均分：	86.24
获得选修学分：	33.0	平均学分绩点：	4.12
获得总学分：	153.5		

以下空白

扫码验证

杭州电子科技大学 教务处成绩专用章

Acade[illegible]ffairs Office (Stamp)

打印日期 Date Issued：2026年8月21日

第 1 页 共 1 页

1.2 成绩排名证明

证　明

李嘉瑞，男，学号 23080440，杭州电子科技大学通信工程学院通信工程专业本科生。2023 年 9 月入校，在校期间前六学期，平均学分绩点为 4.119，名次 73/343。

杭州电子科技大学

教务处

2026 年 3 月 20 日

2.英语水平证明

2.1 四六级证书

全国大学英语六级考试
成绩报告单

CET®

姓　　名：李嘉瑞
学　　校：杭州电子科技大学
院　　系：通信工程学院
身份证号：321323200501210931

笔 试

准考证号：330371241210506
考试时间：2024年6月

总分	听力 (35%)	阅读 (35%)	写作和翻译 (30%)
447	161	144	142

口 试

准考证号：S24233037110035
考试时间：2024年5月

成绩	合格

成绩报告单编号：241233037003741

教育部教育考试院
证书专用章

校验码：RCWH XD76 QEIT IU8O

说　明

1. 全国大学英语四、六级考试（CET）是由教育部主办的全国统一考试，考试对象为在校大学生。考试内容包括听、说、读、写、译等语言技能。
2. CET笔试考试时间为每年6月和12月；CET口试考试时间为每年5月和11月。
3. 考生可登录中国教育考试网（www.neea.edu.cn）查询、下载电子成绩报告单或自行办理纸质成绩证明。电子成绩报告单和纸质成绩证明与纸质成绩报告单具有同等效力。

大学英语六级口语考试能力描述

优秀	能用英语就一般性话题清晰地阐述自己的观点，明确地表达自己的态度；能开展深入的讨论，发表具有一定深度的见解。语言表达适切，自然流畅。
良好	能用英语就一般性话题阐述自己的观点，表明自己的态度；能开展较深入的讨论。语言表达准确连贯。
合格	能用英语就一般性话题进行交流；能参与讨论。语言表达基本准确。

全国大学英语四级考试
成绩报告单

CET®

姓　　名：李嘉瑞
学　　校：杭州电子科技大学
院　　系：通信工程学院
身份证号：321323200501210931

笔 试

准考证号：330371232103229
考试时间：2023年12月

总分	听力 (35%)	阅读 (35%)	写作和翻译 (30%)
523	164	196	163

口 试

准考证号：--
考试时间：--

成绩	--

成绩报告单编号：232133037003252

教育部教育考试院
证书专用章

校验码：YNIZ ZL18 Y758 QJFG

说　明

1. 全国大学英语四、六级考试（CET）是由教育部主办的全国统一考试，考试对象为在校大学生。考试内容包括听、说、读、写、译等语言技能。
2. CET笔试考试时间为每年6月和12月；CET口试考试时间为每年5月和11月。
3. 考生可登录中国教育考试网（www.neea.edu.cn）查询、下载电子成绩报告单或自行办理纸质成绩证明。电子成绩报告单和纸质成绩证明与纸质成绩报告单具有同等效力。

大学英语四级口语考试能力描述

优秀	能用英语就熟悉的话题进行有效的交流；能清晰地叙述或描述一般性事件和现象。语言表达清楚连贯。
良好	能用英语就熟悉的话题进行交流；能叙述或描述一般性事件和现象。语言表达基本准确。
合格	能用英语就熟悉的话题进行简单交流；能简单叙述或描述一般性事件和现象。

3.学术成果

3.1 科研项目

（1）2025 年教育部大学生创新创业计划国家级立项一项（负责人）

杭州电子科技大学文件

杭电学〔2026〕31 号

关于公布 2025 年国家级、省级大学生创新创业训练计划立项名单的通知

各学院、部处:

根据《教育部高等教育司关于开展 2025 年国家级大学生创新训练计划立项和结题验收工作的通知》《浙江省教育厅办公室关于开展 2025 年大学生创新训练计划立项和结题验收的通知》《教育部高等教育司关于公布 2025 年国家级大学生创新训练计划项目名单和结题验收结果的通知》及《浙江省教育厅办公室关于公布 2025 年省级大学生创新训练计划项目立项名单的通知》等文件要求，经学生申报、学院初审、现场答辩和校专家组评审、综合评定并推荐报送，教育部批准我校人文艺术与数字媒体学院、法学院《“AI”融红妆——针对宁海“十里红妆”非遗的数字化

再生探索》等83项项目为国家级大学生创新创业训练计划立项项目，其中杭州电子科技大学圣光机联合学院《面向锂电池状态估计与隐式质性故障智能监测的混合驱动学习模型研究》、计算机学院（软件学院）《面向临床可解释性的眼科细粒度病灶智能检测研究》以及自动化学院（人工智能学院）《面向算力中心供电的高变比（48V-1V）混合式开关电源管理模块研究》为重点支持领域项目。

浙江省教育厅批准我校机械工程学院《“EXFILL”——土石方爆破炸药自动填装机》等140项为省级大学生创新创业训练计划立项项目。现将名单予以公布。

国家级大学生创新创业训练计划项目及部分优秀省级大学生创新创业训练计划项目将有相关经费支持。请相关学院及指导老师根据计划要求督促并指导学生及时开展研究工作,按时进行阶段性检查和结题验收。

特此通知。

附件：1.2025年国家级大学生创新创业训练计划项目立项名单

2.2025年省级大学生创新创业训练计划项目立项名单

杭州电子科技大学

2026年3月19日

杭州电子科技大学　　2026年3月19日印发

29	202510336029	一般项目	基于联邦学习的多模态医疗图像分割平台	创新训练项目	黄嘉炜	22270341	网络空间安全学院（浙江保密学院）	薛梅锦，金星
30	202510336030	一般项目	基于临床多模态数据的轻度认知障碍（MCI）预测与分析系统	创新训练项目	吴贝柠	24320125	杭州电子科技大学圣光机联合学院	秦飞巍，樊谨
31	202510336031	一般项目	基于人工智能的脑卒中病人的社区康复系统设计	创新训练项目	潘一鸣	23080706	通信工程学院	周雪芳，杨国伟
32	202510336032	一般项目	基于深度学习的数字病理切片中肿瘤区域自动分割与分类研究	创新训练项目	谭博午	24061212	自动化学院（人工智能学院）	马玉良
33	202510336033	一般项目	基于双重光谱分频的太阳能光伏发电/热泵梯级联用多产系统的研究	创新训练项目	邱天亮	23070625	理学院	郑光华
34	202510336034	一般项目	基于物理约束 Transformer 的三维智慧气象-电磁特性一体化预报系统	创新训练项目	詹婵瑜	23080807	通信工程学院	侯社玉，应娜
35	202510336035	一般项目	基于新型低介低损陶瓷材料的移动通信用毫米波天线	创新训练项目	许均燃	23040539	电子信息学院（集成电路科学与工程学院）	毛敏敏，宋开新
36	202510336036	一般项目	基于循环神经网络的前额叶皮层功能集群智能识别与认知建模	创新训练项目	孙翔月	23070201	理学院	刘芳雨
37	202510336037	一般项目	基于振动辅助型全场OCT和三维重构技术的水体微塑料检测方法	创新训练项目	王烜绍	23061704	卓越学院	许晨，杨志远
38	202510336038	一般项目	基于知识动态聚合的甲骨文数字化传承平台：以汉字基因解码助力中国式现代化文化传播	创新训练项目	郭典	24110508	外国语学院	邹戈斌，朱丹
39	202510336039	一般项目	基于智能传感技术的居民和社区饮用水质监测预警系统	创新训练项目	胡博仪	23180208	卓越学院	刘超然
40	202510336040	一般项目	健身训练机械手臂"Strong Arm"的研究与开发	创新训练项目	梁文鑫	23060212	自动化学院（人工智能学院）	尹克，吕强
41	202510336041	一般项目	精密零部件轴孔过盈装配工艺优化软件先驱者	创新训练项目	曹艺哲	23010914	机械工程学院	钱佳慧，王毅刚
42	202510336042	一般项目	壶上添花——基于菌丝体材料的一体化模塑装置	创新训练项目	魏苗	23280302	人文艺术与数字媒体学院、法学院	郎晶博
43	202510336043	一般项目	面向低空飞行器的通、导、算一体化模块研制	创新训练项目	叶嘉华	24030130	卓越学院	屈文敏
44	202510336044	一般项目	面向非结构化场景的AI视觉驱动多自由度灵巧手系统研究与开发	创新训练项目	周垂旺	23010917	机械工程学院	许明，梁晓乐
45	202510336045	一般项目	面向复杂高频环境的高效率自由相移GaN HEMT基谐波整流器的研究	创新训练项目	张启航	23040748	电子信息学院（集成电路科学与工程学院）	张志檀，程知群
46	202510336046	一般项目	面向高频应用的磁电复合纳米结构器件的研制	创新训练项目	陈帅	23040428	电子信息学院（集成电路科学与工程学院）	邓梁
47	202510336047	一般项目	面向绿色港口的资源调度决策优化研究	创新训练项目	余子裕	23030717	管理学院	林述敏，刘万安
48	202510336048	一般项目	面向脑电图模式识别的ADHD脑网络构建方法研究	创新训练项目	宋妍慧	23080607	通信工程学院	吴瑞敏
49	202510336049	一般项目	面向生物磁探测的算法驱动型梯度磁场设计	创新训练项目	吴崇瑞	23030135	理学院	孔嘉
50	202510336050	一般项目	面向新闻场景的多模态假新闻检测平台	创新训练项目	赵辰光	23270615	网络空间安全学院（浙江保密学院）	付兴兵，王冬
51	202510336051	一般项目	脑图心盾——基于图网络的抑郁障碍分级检测系统	创新训练项目	施星合	24061006	自动化学院（人工智能学院）	高云园
52	202510336052	一般项目	融生智测—智能便携式多维生命体征监测系统	创新训练项目	刚凯	23080241	通信工程学院	杨国伟，周雪芳
53	202510336053	一般项目	融生智诊——混合弱监督驱动的跨模态病理基因组生成与诊断预后	创新训练项目	徐辽曼	23320302	杭州电子科技大学圣光机联合学院	樊谨，王烨茹
54	202510336054	一般项目	拳动轨迹 —— 全场景球类智能教练	创新训练项目	张航宁	24061733	自动化学院（人工智能学院）	曹九稳，胡丁寒
55	202510336055	一般项目	绝缘膜的稳定性和应变耦合机制研究	创新训练项目	吴欣烨	23200401	材料与环境工程学院	杨湘鑫
56	202510336056	一般项目	时变因素下PTFE薄壁波纹管表面损伤机理及抑制方法研究	创新训练项目	胡新泓	23010524	机械工程学院	尚平，倪敬
57	202510336057	一般项目	数字破卷，韧性突围：反内卷视域下数字金融素养对平台从业者家庭经济韧性的赋能路径研究	创新训练项目	牛晓冉	23150908	经济学院	马良
58	202510336058	一般项目	双分支Infra-RGB融合的无人机自主检测-悬停-降落一体化系统	创新训练项目	李嘉阳	23050834	计算机学院（软件学院）	张辉，管昉立
59	202510336059	一般项目	压[illegible]复合材料[illegible]孔加工平台研制	创新训练项目	[illegible]	23010804	机械工程学院	何[illegible]
60	202510336060	一般项目	无扫描单通道太赫兹单光子雷达初视快速三维成像	创新训练项目	李嘉瑞	23080440	通信工程学院	甘风妹，江劲玮
61	202510336061	一般项目	无线充电技术的超薄柔性隔磁片研究	创新训练项目	顾佳	23040205	电子信息学院（集成电路科学与工程学院）	邓辉
62	202510336062	一般项目	物理机制约束的可解释深度海色反演算法研究	创新训练项目	史婉梅	23081003	通信工程学院	罗杰，许景录

3.2 论文专利产出

（1）以第一作者发表论文一篇（SCI 期刊，独立一作）

论文信息：**Jiarui Li**，Yao Zhang，Fengjiao Gan，Na Liu，Longxiang Yang，Hongbo Zhu，“On the Performance of Downlink Channel Estimation-Based Cell-Free Massive MIMO Systems Under Correlated Rician Fading Channels”后附检索报告与论文首页

杭州电子科技大学 HANGZHOU DIANZI UNIVERSITY 《Engineering Index》检索结果(收录情况)

经检索“Engineering Village 2”，下述论文被《Ei Compendex》收录(含“Ei controlled terms”的论文)。（检索时间：2026 年 3 月 5 日）。

<RECORD 1>

Accession number:20253419009202
Title:On the Performance of Downlink Channel Estimation-Based Cell-Free Massive MIMO Systems Under Correlated Rician Fading Channels (Open Access)
Authors:Li, Jiarui (1); Zhang, Yao (1, 2); Gan, Fengjiao (1); Liu, Na (1); Yang, Longxiang (3); Zhu, Hongbo (3)
Author affiliation:(1) School of Communication Engineering, Hangzhou Dianzi University, Zhejiang, Hangzhou, China; (2) Pingyang Institute of Science and Technology Innovation, Zhejiang, Wenzhou, China; (3) Jiangsu Provincial Key Laboratory of Wireless Communication, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Jiangsu, Nanjing, China
Corresponding author:Gan, Fengjiao(fengjiaogan@hdu.edu.cn)
Source title:Engineering Reports
Abbreviated source title:Eng. Rep.
Volume:7
Issue:8
Issue date:August 2025
Publication year:2025
Article number:e70340
Language:English
E-ISSN:25778196
Document type:Journal article (JA)
Publisher:John Wiley and Sons Inc
Classification code:101.1.1 Stem Cell Research - 103 Biology - 201.7.1 Heat Treatment Processes - 716 Telecommunication; Radar, Radio and Television - 716.1 Information Theory and Signal Processing - 716.5 Wireless Communication - 1106 Computer Software, Data Handling and Applications - 1106.2 Data Handling and Data Processing - 1106.3 Digital Signal Processing - 1201.7 Optimization Techniques
DOI:10.1002/eng2.70340
Funding text:The authors have nothing to report.
Database:Compendex
Open Access type(s): All Open Access, Gold, Green

注：
以上检索结果均得到被检索人的确认。

检索人：[illegible]
2026 年 3 月 5 日

《ESCI》收录及中科院期刊分区证明

经检索《Web of Science》及《中国科学院文献情报中心期刊分区表》数据库，《Emerging Sources Citation Index (ESCI)》收录论文及其中科院分区如下。（检索时间：2026 年 3 月 10 日）

第 1 条，共 1 条

标题: On the Performance of Downlink Channel Estimation-Based Cell-Free Massive MIMO Systems Under Correlated Rician Fading Channels

作者: Li, JR(Li, Jiarui);Zhang, Y(Zhang, Yao);Gan, FJ(Gan, Fengjiao);Liu, N(Liu, Na);Yang, LX(Yang, Longxiang);Zhu, HB(Zhu, Hongbo);

来源出版物:ENGINEERING REPORTS **卷:**7 **期:**8 **文献号:**e70340 **DOI:**10.1002/eng2.70340 **出版年:**AUG 2025

入藏号:WOS:001561325800002

文献类型: Article

地址:

[Li, Jiarui; Zhang, Yao; Gan, Fengjiao; Liu, Na] Hangzhou Dianzi Univ, Sch Commun Engn, Hangzhou, Zhejiang, Peoples R China.

[Zhang, Yao] Pingyang Inst Sci & Technol Innovat, Wenzhou, Zhejiang, Peoples R China.

[Yang, Longxiang; Zhu, Hongbo] Nanjing Univ Posts & Telecommun, Jiangsu Prov Key Lab Wireless Commun, Nanjing, Jiangsu, Peoples R China.

通讯作者地址:

Gan, FJ (corresponding author), Hangzhou Dianzi Univ, Sch Commun Engn, Hangzhou, Zhejiang, Peoples R China.

电子邮件地址:fengjiaogan@hdu.edu.cn

IDS 号:6TA6D

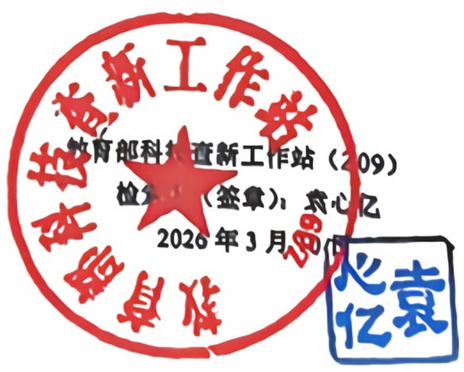
eISSN:2577-8196

期刊《Engineering Reports》2025 年升级版的中科院期刊分区情况为：

刊名	Engineering Reports		
年份	2025		
ISSN	2577-8196		
	学科	分区	Top 期刊
大类	材料科学	4	否
小类	COMPUTER SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS 计算机：跨学科应用	4	-
小类	ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY 工程：综合	4	-
小类	MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY 材料科学：综合	4	-

注：

1. **期刊分区情况最新数据以《中国科学院文献情报中心期刊分区表》最新数据为准。**
2. **以上检索结果来自 CALIS 查收查引系统。**
3. **以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。**



教育部科技查新工作站（209）

检索员（签章）：袁心亿

2026 年 3 月 10 日

Check for updates

Engineering Reports

WILEY

Engineering Reports

RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

On the Performance of Downlink Channel Estimation-Based Cell-Free Massive MIMO Systems Under Correlated Rician Fading Channels

Jiarui Li[1] | Yao Zhang[1,2] | Fengjiao Gan[1] | Na Liu[1] | Longxiang Yang[3] | Hongbo Zhu[3]

[1]School of Communication Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou, Zhejiang, China | [2]Pingyang Institute of Science and Technology Innovation, Wenzhou, Zhejiang, China | [3]Jiangsu Provincial Key Laboratory of Wireless Communication, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing, Jiangsu, China

Correspondence: Fengjiao Gan (fengjiaogan@hdu.edu.cn)

Received: 30 April 2025 | **Revised:** 14 July 2025 | **Accepted:** 30 July 2025

Funding: This work was supported by the Fundamental Research Funds for the Provincial Universities of Zhejiang Province (GK249909299001-013, GK259909299001-020, GK259909299001-030), the General Scientific Research Project of Zhejiang Province Education Department (Y202455208), and the Zhejiang Provincial Natural Science Foundation of China (LQ23F010010, LQN25F010009).

Keywords: cell-free massive MIMO | downlink channel estimation | genetic algorithm | pilot assignment

ABSTRACT

The prevailing research on cell-free massive multiple-input multiple-output (MIMO) systems posits that, due to channel reciprocity and channel hardening properties, user equipment (UEs) can decode downlink data solely based on uplink statistical channel state information (CSI). However, the phenomenon of channel hardening is not pronounced in cell-free massive MIMO systems, leading to unsatisfactory spectral efficiency (SE) performance with the aforementioned decoding approach. To address this limitation, this paper examines a downlink channel estimation (DL-CE) strategy for cell-free massive MIMO systems. We present a closed-form expression for the downlink achievable SE, considering a correlated Rician fading channel and imperfect CSI, enabling quantitative assessment of SE performance across diverse system configurations, such as varying numbers of access points, UEs, and antennas per AP. Subsequently, we formulate a joint optimization problem with respect to both uplink and downlink pilots to maximize the sum-SE. Given the intricate and nonconvex nature of the problem, we propose a genetic algorithm (GA)-based pilot assignment strategy to facilitate an effective resolution. Simulation outcomes indicate that the implementation of DL-CE markedly enhances SE performance relative to cell-free massive MIMO systems reliant on uplink channel estimation (UL-CE) alone. Moreover, the proposed joint pilot assignment scheme yields significant SE improvements over benchmark pilot assignment strategies.

1 | Introduction

Leveraging the benefits of massive multiple-input multiple-output (MIMO), distributed architecture, and multi-access point (AP) cooperative processing ability, cell-free massive MIMO systems offer substantial macro-diversity gain and enhanced interference management, thereby providing ubiquitous communication services to user equipment (UE) with improved spectral

Jiarui Li, Yao Zhang, Fengjiao Gan, Na Liu, Longxiang Yang and Hongbo Zhu contributed equally to this work.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

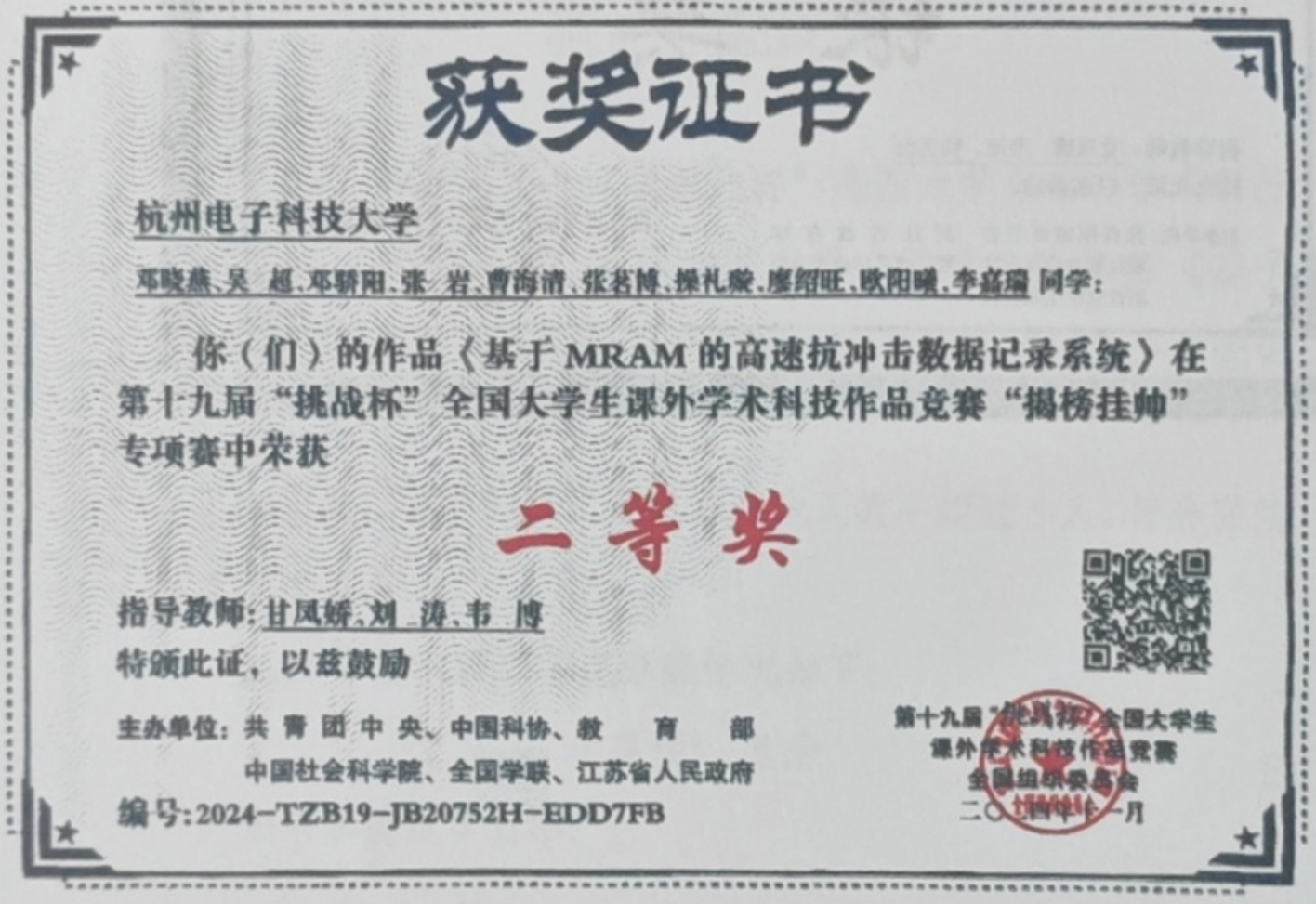
© 2025 The Author(s). *Engineering Reports* published by John Wiley & Sons Ltd.

4.获奖证书

4.1 学科竞赛获奖证书

国家级奖项两项：

（1）第十九届“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛“揭榜挂帅”专项赛全国二等奖



获奖证书

杭州电子科技大学

邓晓燕、吴 超、邓骄阳、张 岩、曹海清、张若博、操礼骏、廖绍旺、欧阳曦、李嘉瑞 同学：

你（们）的作品《基于 MRAM 的高速抗冲击数据记录系统》在第十九届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛“揭榜挂帅”专项赛中荣获

二等奖

指导教师：甘凤婿、刘 涛、韦 博

特颁此证，以兹鼓励

主办单位：共青团中央、中国科协、教 育 部
中国社会科学院、全国学联、江苏省人民政府

编号：2024-TZB19-JB20752H-EDD7FB

第十九届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛
全国组织委员会
二〇二四年十一月

（2）第十二届“大唐杯”全国大学生新一代信息通信技术大赛实践赛道全国总决赛二等奖

获奖证书

李嘉瑞同学：

在第十二届“大唐杯” 全国大学生新一代信息通信技术大赛工程实践赛道中，荣获本科A组全国总决赛二等奖，特此表彰！

参赛单位：杭州电子科技大学

参赛队员：李嘉瑞、陈坤

指导教师：甘凤婿、王海宝

证书编号：IITCHJDICT25024044

（3）第十九届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛主体赛省级银奖（成员第一）

获奖证书

AWARD CERTIFICATE

杭州电子科技大学

林国兴、李嘉瑞、吴昊、陆姆、袁俊杰、滕威、赵德闵、马锐健、孔小宇、朱航宇 同学。

你们的作品《“磁存稳录”——基于磁性存储器的高动态测量数据记录系统》在浙江省第十九届“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛主体赛中荣获

银 奖

指导教师：甘凤娇、韦博、姚英彪

特发此证，以兹鼓励。

主办单位：共青团浙江省委　浙江省教育厅
浙江省社会科学院　浙江省科学技术协会
浙江省学生联合会

浙江省大学生创新创业大赛组委会
二〇二五年五月
（三）

5.科研积分分配文件

积分分配证明

兹证明 2024 年第十九届挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛“揭榜挂帅”专项赛国家级二等奖团队作品《基于 MRAM 的高速抗冲击数据记录系统》的本科生科研积分分配如下:

国家级二等奖团队计分总本科生人数不超过 5 人，计分团队成员能获得 5 分。

2024 年国家级二等奖分配情况如下:

李嘉瑞: 5 分

所有参赛成员签字:

邓扬帆 耿若楠 操九旋 曹海清

指导教师签字:

甘凤娇

杭州电子科技大学校团委

积分分配证明

兹证明2025年浙江省第十九届“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛主体赛银奖团队《“磁存稳录”——基于磁性存储器的高动态测量数据记录系统》的本科生科研积分分配如下：

省银团队计分总本科生人数不超过5人，省银团队成员能获得3分。

2025年省银分配情况如下：

李嘉瑞：3分　　吴　昊：3分　　陆　嫣：3分

孔小宇：3分　　朱航宇：3分

所有参赛成员签字：

李嘉瑞 林国兴 朱航宇 陆嫣 吴昊

滕威 赵德岗 马锐健 袁俊杰 孔小宇

指导教师签字：

甘网妍

杭州电子科技大学校团委

推荐信

尊敬的评审委员会老师：

您好！

李嘉瑞同学在校期间学习认真，积极参与科研创新与学科竞赛，在专业学习、科研实践及综合素质等方面均有较为突出的表现。通过对该生本科阶段学习科研情况的了解，我认为其具备良好的科研创新能力和学术发展潜力，现同意并推荐其以学术专长生身份参加推荐免试研究生选拔。

在课程学习方面，该生学习态度端正，自律性强，专业基础较为扎实。本科期间课程绩点为 4.119，专业排名 73/343，其中 Python 程序设计、计算机仿真基础、C 语言、数字信号处理等课程成绩突出，通信原理、移动通信等专业核心课程基础良好。同时，该生英语四级 523 分、六级 447 分，具有一定的英文文献阅读能力。本科期间先后获得省政府奖学金、校一等奖学金、二等奖学金以及校优秀学生等荣誉，体现了良好的专业学习能力。

在科研学习方面，该生具有较强的科研兴趣和主动探索意识。其作为负责人承担国家级大学生创新创业训练计划项目“无扫描单通道太赫兹单光子雷达前视快速三维成像”，并推动项目提前结题。围绕该项目，该生针对低探测次数、低信噪比条件下的三维成像问题开展研究，并作为第一发明人申请发明专利“低探测次数下的太赫兹单光子雷达前视三维成像方法”，目前已公开。此外，该生还参与毫米波合成孔径雷达相关研究并取得一项授权发明专利，同时参与无蜂窝大规模 MIMO 系统研究并发表相关论文。多项科研经历使其在文献阅读、算法分析、程序仿真以及科研成果总结等方面得到了较为系统的锻炼。

在实践及学生工作方面，该生具有较强的责任意识和团队协作能力。本科期间累计获得国家级竞赛奖项 2 项、省级竞赛奖项 5 项，包括“大唐杯”全国二等奖、“挑战杯”揭榜挂帅专项赛全国二等奖等。同时，该生先后担任辅导员助理、班长及副班长兼组织委员，相关工作考核均为优秀，体现了良好的组织协调和沟通合作能力。

综合而言，李嘉瑞同学专业基础扎实，学习态度认真，在科研创新方面投入较多，并已取得专利、论文及国家级竞赛奖项等成果，具有较好的科研素养、创新意识和发展潜力。因此，我认为该生具备较为明显的学术专长，符合学术专长推免生的相关要求，同意并推荐李嘉瑞同学以学术专长生身份参加推荐免试研究生选拔，恳请评审委员会予以考虑！

推荐人签名：

推荐人职称：教授

推荐时间：2026年 8月31日

推荐信

尊敬的评审委员会老师：

您好！

李嘉瑞同学本科期间在专业学习、科研创新、学科竞赛及学生工作等方面均有良好表现，尤其能够主动参与科研实践，在本科阶段形成了较为丰富的科研成果。通过对该生学习及综合表现的了解，我认为其具有良好的学术素养和科研发展潜力，现推荐其以学术专长生身份参加推荐免试研究生选拔。

在课程学习方面，该生具有良好的学习习惯和较强的自主学习意识，课程绩点为 4.119，专业排名 73/343。在专业课程中，Python 程序设计绩点 5.0、计算机仿真基础 4.9、C 语言 4.8、数字信号处理 4.6，同时在通信原理、移动通信等专业核心课程中保持良好表现。此外，该生本科期间累计获得 6 项奖学金、5 项荣誉称号，包括省政府奖学金、校优秀学生和优秀学生干部等，体现了认真踏实的学习态度和较好的专业素养。

在科研实践方面，该生具有较强的执行能力和钻研精神。其作为负责人开展国家级大学生创新创业训练计划项目“无扫描单通道太赫兹单光子雷达前视快速三维成像”，在团队协作完成研究任务的同时推动项目提前结题，并围绕低探测次数下的三维成像问题开展研究，最终以第一发明人身份申请一项已公开发明专利。此外，该生还参与毫米波合成孔径雷达成像研究并取得授权发明专利，参与无蜂窝大规模 MIMO 系统相关研究并发表科研论文。多方向科研实践使其在信号处理、算法仿真、问题分析和科研总结方面积累了较好的实践经验。

在综合素质方面，该生责任心较强，具有良好的组织协调和团队协作能力。本科期间先后担任通信工程学院 2023 级辅导员助理、班长以及副班长兼组织委员，各项工作考核均为优秀。同时，他积极参加社会实践，参与福建龙岩暑期支教及儿童关怀、红色文化调研等工作，并获评暑期社会实践先进个人。此外，该生积极参加科研竞赛，累计获得国家级奖项 2 项、省级奖项 5 项，体现出了较强的实践能力和综合素质。

综合而言，李嘉瑞同学具有较为扎实的专业知识基础、良好的科研素养和较强的实践能力，在本科阶段能够兼顾课程学习、科研项目、学科竞赛和学生工作，并在科研创新方面取得了较为突出的阶段性成果。其科研经历能够较好地体现主动探索意识、创新能力及科研发展潜力。因此，我认为该生符合学术专长推免生的相关要求，同意并推荐李嘉瑞同学以学术专长生身份参加推荐免试研究生选拔，恳请评审委员会予以审核！

推荐人签名：王西

推荐人职称：教授

推荐时间：2026年8月31日

推荐信

尊敬的评审委员会老师：

您好！

李嘉瑞同学是我院通信工程专业本科生。该生本科期间勤奋认真，在完成专业课程学习的基础上，积极投入科研项目和学科竞赛，在科研创新方面取得了较为丰富的阶段性成果。结合其本科期间的整体表现，我认为该生具有较好的科研能力与学术潜力，特推荐其以学术专长生身份参加推荐免试研究生选拔。

在专业学习方面，李嘉瑞同学学习认真，自主学习能力较强。本科期间课程绩点达到 4.119，专业排名 73/343，在 Python 程序设计、计算机仿真基础、数字信号处理、C 语言等课程中取得较好成绩，并系统学习了通信原理、移动通信等通信工程专业课程。同时，该生通过大学英语四、六级考试，并先后获得省政府奖学金、校一等奖学金、二等奖学金等多项奖励，具有较为扎实的专业知识基础和良好的学习能力。

在科研创新方面，该生表现出了较强的主动性和实践能力。其作为负责人承担国家级大学生创新创业训练计划项目，围绕太赫兹单光子雷达前视快速三维成像开展研究，并推动项目提前完成结题。在项目研究过程中，该生针对低探测次数条件下成像质量下降的问题开展算法研究，将光子统计处理与深度学习网络相结合进行深度重建，并以第一发明人身份申请相关发明专利，目前已公开。除上述研究外，该生还参与基于弧形天线阵列的毫米波合成孔径雷达成像研究，作为发明人之一取得授权发明专利；同时参与无蜂窝大规模 MIMO 系统研究并发表科研论文。上述经历体现出其较好的科研实践能力以及持续探索专业问题的意识。

在学科竞赛和团队实践方面，该生能够积极将专业知识应用于实际问题。本科三年累计获得国家级竞赛奖项 2 项、省级奖项 5 项，其中包括“大唐杯”全国二等奖、“挑战杯”揭榜挂帅专项赛全国二等奖、“大唐杯”浙江省一等奖等。在多次项目与竞赛实践中，该生能够较好地完成团队分工，具有良好的执行能力、沟通能力和团队合作意识。

综合而言，李嘉瑞同学专业学习基础良好，科研兴趣浓厚，能够主动参与科研问题的分析、算法研究及实验验证，本科阶段已在雷达成像、信号处理和无线通信等方面积累了一定的科研经验，并形成专利、论文及学科竞赛成果。综合其科研经历和发展潜力，我认为该生具有较为突出的科研创新能力，符合学术专长推免生的推荐条件，同意并推荐李嘉瑞同学以学术专长生身份参加推荐免试研究生选拔。

推荐人签名：

推荐人职称：教授

推荐时间：2026 年 8 月 3 日