

慕尼黑工业大学 TUM International 2027冬季未来技术项目

量子科学与技术

Quantum Science and Technology

TUMint Future Technology Programs

TUMint

TUM International GmbH
The University Company

TUMint Future Tech Summer & Winter Programs

量子圣地慕尼黑

星光璀璨：百年量子物理史的黄金原点

伊萨尔河之畔，自古就流淌着创新的密码。19世纪末，少年的爱因斯坦曾在这里眺望星空；欧姆也在此处破译了电学规律，定义了电阻。这里更是海森堡的故乡，这位土生土长的慕尼黑天才与导师索末菲一起，为量子物理学踢出了关键的“临门一脚”。翻开当年的学术版图：玻尔兹曼在此传道授业，伦琴在此坐镇执印，并亲自引进了索末菲与劳厄——后者凭借在慕尼黑完成的晶体X射线衍射实验，登顶诺贝尔奖。

量子重镇：慕尼黑量子谷

如今，以慕尼黑工业大学（TUM）为旗舰，联合慕尼黑大学、马普所、弗劳恩霍夫协会，这一全明星阵容构成了慕尼黑量子中心（MQC）。作为德国巴伐利亚州的国家级战略芯片，它正打破物理、数学、计算机的学科壁垒，从量子微观理论一路狂奔至量子通信与未来量子计算的最前线。

量子未来：全球新引擎

今天的慕尼黑工业大学，依然是欧洲量子物理当之无愧的灯塔，吸引着包括诺贝尔物理学得主安东·塞林格在内的全球顶尖大脑。在这里，TUM将硬核的理论前沿与慕尼黑顶级的实验室群完美融合，带着沉淀了几个世纪的人文思考，去解答属于未来的终极物理之问。

慕尼黑工业大学

慕尼黑工业大学 (Technische Universität München, 简称 TUM)

始建于1868年，坐落于德国南部的经济与科技中心巴伐利亚州首府慕尼黑。作为德国最负盛名的顶尖理工大学，TUM是德国首批三所“精英大学”（Universities of Excellence）之一、德国理工大学联盟（TU9）的核心成员，也是欧洲乃至全球享誉盛名的“超级大学”之一。慕尼黑工业大学（TUM）对标全球工业发展，专注前沿科研，攻坚社会重大问题，依托TUM2030规划，学校重点布局AI、量子技术、可持续能源，深耕跨学科研究与国际化人才培养。未来TUM将持续引领全球科创，以创新赋能科技与产业升级、助力全球可持续发展。

#1
Best University

European Union
QS world University
Ranking

#16
among the top 20
in engineering

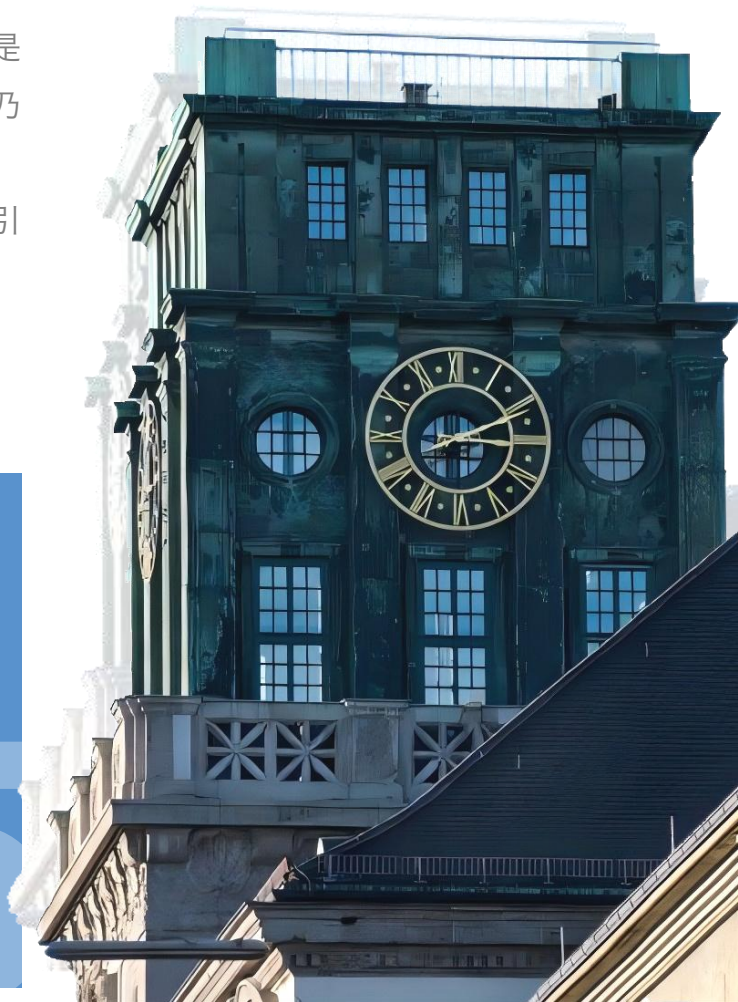
QS World University
Subject Ranking

#19
among the top 20
in natural
sciences

QS World University
Subject Ranking

#25
Best University

QS world University
Ranking



项目概览

本项目以慕尼黑工业大学“TUM 2030计划”中的“**三维课堂**”为理念引领，从**学术、实践与产业**三大维度切入，引领学生深度探索TUM在量子科学与技术领域的全球顶尖布局，切身参与由巴伐利亚“高科技议程”催生的核心引擎——慕尼黑量子谷（MQV）生态圈的前沿研究。

学术前沿

课程聚焦“量子2.0”核心领域，教学内容与TUM、马普所等国际顶尖研究小组的实时成果同步。区别于偏向纯理论的传统物理系课程，本项目以“叠加与纠缠的应用落地”为导向，全面覆盖量子硬件、量子软件和量子理论三大核心板块。

实践项目

依托慕尼黑量子谷（MQV）的硬件支撑，学生可直接触达中性原子、超导、离子阱三大主流真机平台及经典超算集群。通过四个难度梯度递进、学科交叉的科研实践项目，切实提升学生在“经典-量子”融合架构下的实操与工程能力。

产业应用

凭借慕尼黑量子谷的产业集聚优势，项目引导学生深入企业参访攻克量子计算、量子感知等前沿应用。通过与工程师的交流、企业实地参访，获得最新的理论-产业实践。这一模式成功将面向未来的科学理论，转化为当下具备完整软硬件生态与商业闭环的现代工程学科。

1

量子系统基础与核心硬件

从量子力学的数学控制出发，深入TUM最擅长的两大硬件路线：超导电路与冷原子/光子。随后立刻进入TUM的工程强项——解决退相干与噪声控制，并实现硬件与底层控制软件的对接。

量子物理与数学基石 (Foundations & Formalism)

- **核心内容：**本课题从希尔伯特空间、狄拉克符号及态叠加原理等量子力学基本数学表示出发，系统阐述量子状态的操控与测量机制；通过解构量子测量坍缩、量子纠缠与贝尔不等式的物理本质，并运用 Bloch 球表示法实现微观量子态的视觉化呈现。

超导量子比特底座 (Superconducting Qubits)

- **核心内容：**课题聚焦约瑟夫森结与固态量子电路的核心机理，深入剖析约瑟夫森效应及超导电路中的能量量子化过程；在线性上演进推导不同类型的量子比特，并攻克 Transmon 量子比特控制与读取中的电荷噪声抑制、微波驱动调控（Rabi 振荡）与分散式读取机制。

核心硬件与低温工程 (Systems Engineering)

- **核心内容：**本课题立足于系统工程视角，解析极低温环境营造与稀释制冷技术中的热传导与热隔离挑战，展示毫开尔文（mK）级别的极限界温环境营造；同时涵盖微波链路与低温电子学设计，切实解决同轴线缆热损耗、低温放大器（LNA/TWPA）部署及微波衰减器与隔离器的布线优化问题。

前沿量子材料研究 (FRM II 专题)

- **核心内容：**课程将深入探讨中子作为磁性探针在凝聚态量子材料分析中的独特优势，系统梳理拓扑绝缘体与非常规超导体的结构表征方法；并结合 Garching 校区 FRM II 研究型核反应堆的实地学术流线，剖析中子引导管与三轴谱仪等大科学装置的运行机理，深度解密如何利用中子束流在原子尺度给量子材料“做 CT”以挑选最佳比特基底材料。

2

量子网络安全、计算架构与超算一体化

从底层脉冲到抽象门电路的编译开始，直接进入针对当前嘈杂硬件（NISQ）的专属算法实战。随后攻克量子计算的终极圣杯——量子纠错架构，并外延至量子网络通信，最终完成全栈黑客松的交付。

量子算法与经典危机 (Algorithms & Crypto-Crisis)

- 核心内容：**本课题深度剖析 Shor 质因数分解算法与 Grover 数据库搜索算法的数学逻辑与二次加速原理；直击传统 RSA/ECC 公钥密码学在量子计算冲击下脆弱的底层防线，并前瞻性地探讨基于格（Lattice-based）的抗量子加密算法（PQC）的设计与防御构建。

量子通信与密钥分发 (Quantum Communications)

- 核心内容：**课题完整推导基于 BB84 协议的量子密钥分发（QKD）全流程与量子不可克隆定理；通过数字化软件平台模拟 QKD 协议的光路规划与网络安全架构，演示单电子发射、信道窃听探测与密钥纠错计算的完整闭环。

量子计算架构与纠错 (Architectures & Error Correction)

- 核心内容：**课题围绕容错量子计算与表面码的核心原理展开，理清物理比特向逻辑比特演进中的量子纠错与逻辑门纠错机制；同时聚焦 NISQ（含噪声中型量子）时代的混合计算架构，探讨当前硬件阶段的局限性，并运用变分量子求解器演示经典-量子混合流的运行与优化。

量子-超算一体化前沿 (LRZ 专题)

- 核心内容：**本课题将全面解析高性能计算与量子加速器集成技术的底层逻辑，介绍将量子计算机作为类似于 GPU 的 HPC 卡接入调度系统的编程框架（如 Qiskit/XACC）与互操作性；并结合 莱布尼茨超算中心（LRZ）量子集成实验室的物理布局，客观展示超导量子计算机硬件与超级计算机的物理连接与联合工作流，研讨未来量子计算在产业端的落地路径。

实践项目

1

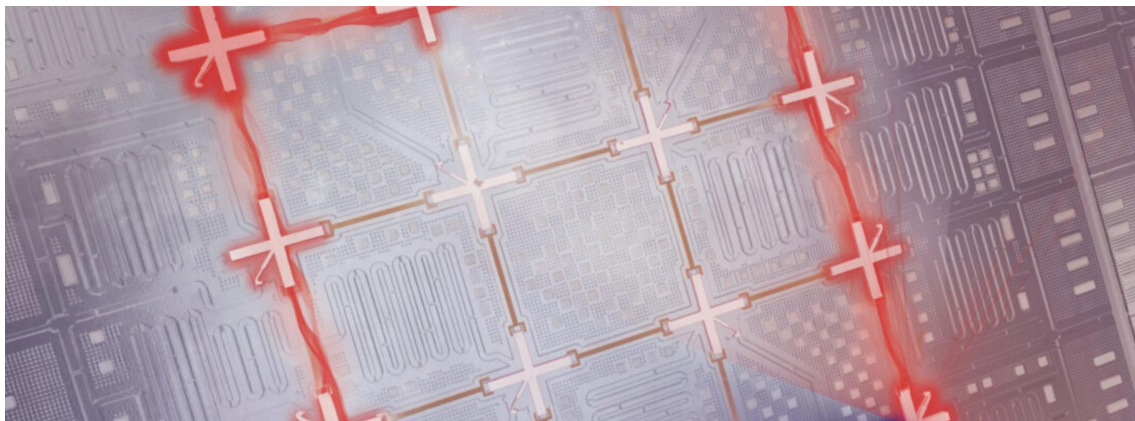
基于 Qiskit 的超导量子比特控制仿真

项目任务：

- 学生需使用 IBM Qiskit （或 TUM 推荐的仿真工具）在计算机上模拟一个单比特超导系统。
- 核心挑战：编写代码实现 Rabi 振荡（Rabi Oscillation）仿真，计算出精确的微波脉冲幅度和持续时间，以实现完美的 π 脉冲（将比特从 $|0\rangle$ 状态翻转到 $|1\rangle$ 状态）。

产出成果：

脉冲序列控制脚本、比特状态翻转概率随脉冲时间变化的曲线图。



2

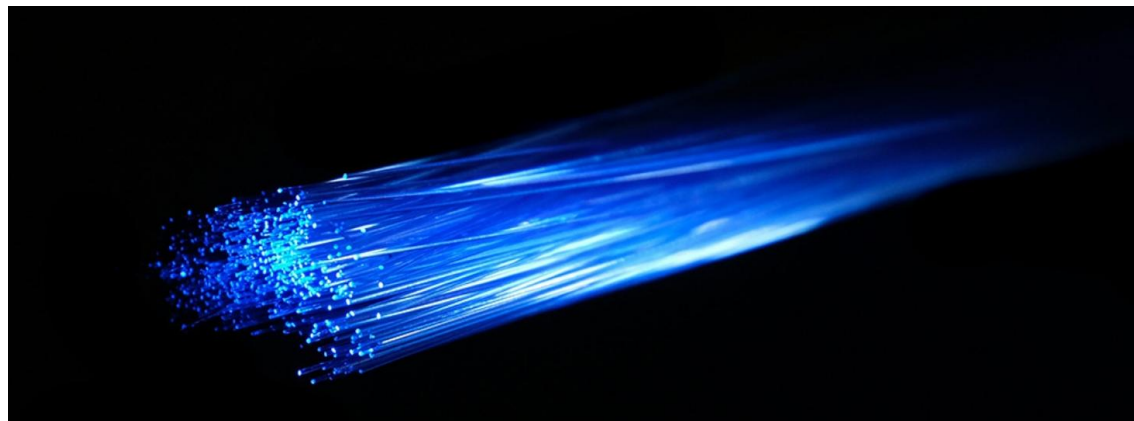
LRZ 模式： 量子-高性能计算（HPC）一体化调度与算力规划

项目任务：

- 学生需模拟一个未来超算中心的“量子加速器”调度引擎。
- 核心挑战：面对一个混合计算任务（例如包含经典大数据处理和高复杂度量子仿真），设计一个任务流分配架构。明确哪些计算部分应该留在经典 HPC（如 CPU/GPU 集群）上，哪些异构任务应该分发给具有逻辑纠错限制的超导量子计算机处理。重点评估通信延迟、量子比特重置时间对整体系统吞吐量（Throughput）的影响。

产出成果：

量子-HPC 混合调度系统架构设计图（拓扑图）、工作流伪代码及算力性价比评估报告。



项目师资（部分）

Prof. Dr. Harald Weinfurter

哈拉尔德·魏因富特（Harald Weinfurter）教授是国际著名的实验量子物理学家，现任德国慕尼黑大学物理系教授，同时也是马克斯·普朗克量子光学研究所的资深研究员。他长期致力于量子力学基础问题及量子信息科学的研究，在量子纠缠、量子隐形传态、量子密钥分发以及贝尔不等式的实验检验等领域做出了奠基性的贡献。魏因富特教授早年曾与诺贝尔奖得主安东·蔡林格紧密合作，完成了多项里程碑式的量子通信实验。作为该领域的领军人物，他推动了量子信息技术从理论走向实用化的进程。



Prof. Dr. Barbara Kraus

芭芭拉·克劳斯（Barbara Kraus）教授是国际顶尖的量子信息理论学家，现任慕尼黑工业大学量子算法与应用讲席教授，并担任慕尼黑量子科学与技术卓越集群的联合发言人。她长期处于量子纠缠理论、多体量子系统以及量子网络协议研究的最前沿。克劳斯教授在多粒子纠缠的分类、量子验证算法以及分布式量子计算等领域做出了多项奠基性工作。作为“慕尼黑量子谷”计划的核心科学家，她的理论研究正直接赋能新一代量子计算机算法和安全量子网络架构的开发，是当前欧洲量子信息科学界最具活力与影响力的女性领军学者之一。



Prof. Dr. Michael Knap

迈克尔·克纳普（Michael Knap）教授是活跃在凝聚态理论与量子信息科学交叉前沿的杰出中青年物理学家，现任慕尼黑工业大学集体量子动力学讲席教授。他专注于研究远离平衡态的强关联量子多体系统，并在量子模拟、非平衡态物质相（如时间晶体和多体局域化）、以及量子信息流穿梭等领域取得了多项具有重要国际影响力的理论成果。克纳普教授的研究善于将抽象的理论物理与最前沿的实验（如超冷原子、离子阱等系统）紧密结合。作为欧洲研究委员会重大项目的获得者，他是慕尼黑量子学术生态圈中极具科研爆发力的核心骨干。

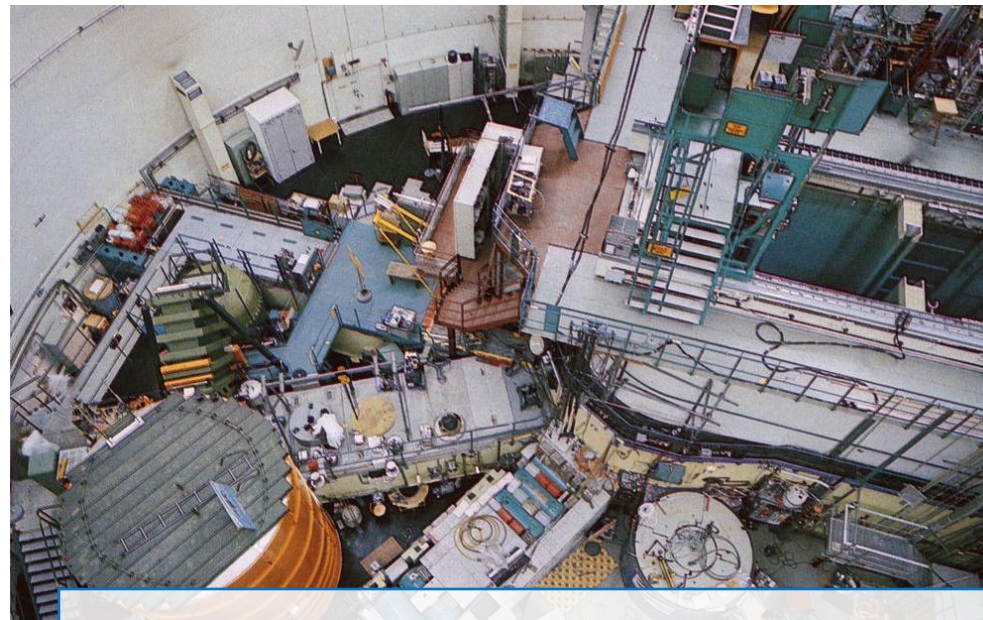


产业课堂



莱布尼茨超级计算中心

莱布尼茨超级计算中心（LRZ）是德国重要的高性能计算研究机构，隶属于巴伐利亚科学院和人文学院、德国莱布尼茨协会。它拥有先进的高性能计算集群与 PB 级存储系统。在气候、生命科学、工程材料等领域应用广泛，助力科研发展。此外，中心开展教育培训提升人员能力，还积极进行国际合作，共额享成果，在高性能计算领域具有重要地位和广泛影响力。

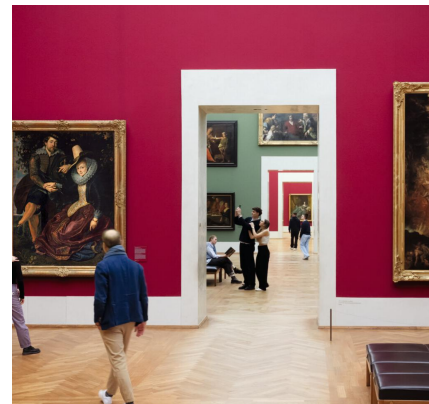
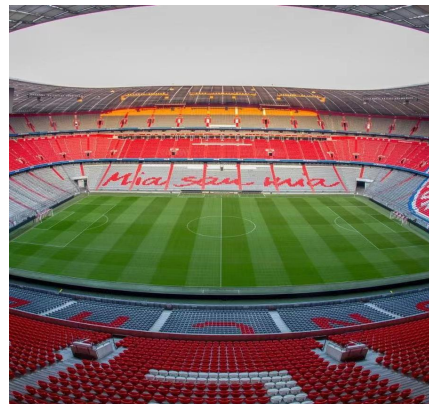


FRM II 研究型反应堆

慕尼黑研究反应堆（FRM II）是慕尼黑工业大学（TUM）运行的、全球性能最顶尖的研究型中子源之一。它以高通量、高精度的束流著称，作为世界级大科学装置，它产生的强中子束是人类观测微观物理、解析前沿量子材料和推进化学工业转型的“超级探针”。

跨文化交流

*活动内容仅供参考，具体参访行程与内容以实际安排为准



慕尼黑老城参访

慕尼黑保留着当地传统的古朴风情和浓郁的文化气息，以玛利亚广场为中心，雄伟的新市政厅定时上演钟琴表演，高耸的圣母教堂双塔引人瞩目，古老的王宫与皇家啤酒屋则诉说着数百年的辉煌历史与豪迈风情。

德意志博物馆

德意志博物馆是世界上最大的科技博物馆，拥有超过50个展厅，从古埃及的科技到现代航天技术，它展示了人类科技的辉煌历程。这里不仅是科学探索的宝库，也是慕尼黑文化和知识传承的重要场所。

德式传统晚宴

步入慕尼黑的巴伐利亚风格餐厅，餐厅中厚重的木质长桌、温暖的灯光和传统的阿尔卑斯风格装饰，营造出热情而粗犷的德意志酒馆氛围。学生们将品尝到地道的巴伐利亚菜肴，体验纯正的巴伐利亚风情。

安联球场

安联球场是拜仁慕尼黑足球俱乐部的荣耀主场，以其变色LED外膜和现代设计而成为全球足球的地标。球场内配备顶尖技术，可容纳75,000名热情球迷，是观赏顶级赛事和举办大型活动的梦幻舞台。

慕尼黑老画廊

慕尼黑老画廊是世界上最古老、最著名的艺术博物馆之一，以其宏伟的文艺复兴和巴洛克时期艺术作品而闻名。馆内珍藏着达芬奇、提香等大师的杰作，是艺术爱好者领略欧洲艺术精髓的必游之地。

SCHEDULE

行程安排

项目时间为2周 2027年1月18日-1月31日

WEEK 1	Mon.	Tue.	Wed.	Thu.	Fri.	Sat.	Sun.
上午	德国机场接机 入住登记 熟悉周边环境	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐
		开营仪式 TUM主校区 校园参访	核心课程	核心课程	核心课程	跨文化交流 与 社会实践	跨文化交流 与 社会实践
		核心课程	企业参访	跨文化交流活动	实践课程		
下午							
WEEK 2	Mon.	Tue.	Wed.	Thu.	Fri.	Sat.	Sun.
上午	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐	回到国内 项目结束
	核心课程	核心课程	核心课程	科研实践 成果展示	结业汇报	离开校园 机场送机	
下午	实践课程	跨文化交流活动	实践课程	企业参访	结业仪式		

*Provisional: 此日程仅供参考，不代表最终行程安排；具体行程将根据慕尼黑当地情况进行调整，请以实际安排为准

PROGRAM FEES

项目费用明细

项目费用： 4400 欧元/人

包括课程、签证服务及保险、住宿及部分餐饮、社会实践及参访、当地交通、项目申请及服务。

课程费用	签证服务及保险	住宿及餐饮	社会实践及参访	交通	项目申请及服务
• 课程费用 • Workshop费用 • 教学场地相关费用 • 实验室参观费用 • 实践项目费用	• 个人申根国家旅行意外保险 • 申根签证申请的相关材料准备及指导	• 校区周边酒店（双人间） • 每日早餐 • 巴伐利亚德式传统晚宴	• 跨文化交流及社会实践探访费用 • 企业参访实践费用	• 慕尼黑当地集中安排的指定时间接送机交通费 • 用	• 项目申请费 • 外方院校管理费用

申请链接&咨询

项目申请二维码

项目咨询老师 Franky
13262917817
(手机/微信)

感兴趣的同学可以扫码申请/咨询

慕尼黑工业大学 TUM International 2027冬季未来技术项目

DANKE!
THANK YOU!

TUMint

TUM International GmbH
The University Company

TUMint Future Technology Programs
