

机械制造实验室简介

机械制造实验室系天津市机电装备重点实验室的重要组成部分，始建于 20 世纪 60 年代建校初期，经过六十多年的发展，其实验室建设以“高精度、数字化、智能化”为核心导向，聚焦培养学生的先进制造实践能力与创新思维，紧密结合本校纺织特色与制造业前沿技术，构建“理论-实验-科研”一体化的实践教学体系。实验室通过引入国际领先的加工、测量与仿真设备，引导学生深入掌握金属及复合材料的高效加工、精密检测、智能装备操作等关键技术，助力培养适应数字化、虚拟化、网络化制造需求的高素质工程人才。

目前系室已形成六大功能实验室集群，硬件实力与教学成果显著。实验室现有在编固定人员 15 名，包括正教授 1 人，副教授 6 人。其中，具有博士学位人员 8 人，其余均具有硕士学位。依托实验室资源，教师带领学生参与全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛、全国大学生机械创新设计大赛等赛事，多次斩获佳绩；同时，实验室为教师开展高速高效加工、精密装配等科研项目提供关键平台支撑，实现教学与科研的深度融合。

实验室总建筑面积超 800 m²，拥有各类先进教学与科研设备 60 余台（套），资产总值逾 1200 万元，涵盖普通数控加工、多轴精密制造、精密测量、特种加工、虚拟现实等多个领域。实验室承担机械工程专业及相关方向（如智能制造、机械电子工程、空天工程等）本科生、研究生的相关实验教学任务，覆盖课内基础实验、综合设计实验、科研创新实验三大类型，并为学生课外科技活动、毕业设计及教

师科研项目提供开放式服务。

一、普通数控车、铣实验室

普通数控车、铣实验室是机械制造专业基础实验教学的核心场所，专注于培养学生数控加工的基础操作能力与程序设计思维，为后续高精度、复杂零件加工实验奠定基础。



数控车床



数控铣床



Kistler9257B 型三向测力仪

（一）设备特点

实验室配备 7 台高性能数控车床 CY-K350n 与 2 台 XK714D 数控铣床,以及一台 Kistler9257B 型三向测力仪。设备采用模块化设计,兼容 FANUC、西门子等主流数控系统,支持手动编程与 CAD/CAM 自动编程两种模式,可实现轴类、盘类零件及平面、斜面、沟槽等复杂结构的精准加工。设备进给系统采用高精度滚珠丝杠与伺服电机驱动,定位精度达 0.01mm,重复定位精度 0.005mm,加工表面粗糙度 $Ra \leq 1.6 \mu m$,完全满足工业级中小批量零件的加工需求,与企业实际生产设备无缝衔接。

（二）开设实验课程及项目

1. 《机械制造技术基础》：作为机械工程专业核心实验课程,依托数控车、铣床开设“数控铣削切削力测量”“夹具自动化实验”等实验项目,覆盖机械、机电、空天专业班级,帮助学生掌握数控加工工艺规划、程序编写与设备操作的完整流程。

2. 《数控技术与数控加工编程》：针对机械工程专业开设“轴类零件数控车削加工”“数控机床结构认知”等实验,利用设备的在

线检测功能，让学生理解数控系统的误差补偿与精度控制原理。

（三）教学与科研支撑作用

设备年均使用机时数超 900 学时，除满足本科生基础实验教学外，还为研究生开展“数控加工表面质量优化”“难加工材料切削参数研究”等课题提供实验平台。通过该实验室的训练，学生可熟练操作企业常用数控设备，毕业后能快速适应机械加工、汽车零部件、纺织机械制造等领域的岗位需求，近年来已有多名学生凭借扎实的数控操作能力入职三一重工、天津赛象科技等企业。

二、多轴精密加工实验室

多轴精密加工实验室是实验室的“技术标杆”，聚焦复杂曲面、异形零件的高精度加工，代表机械制造领域的先进技术水平，主要服务于高年级本科生综合实验与研究生科研项目。



五轴联动数控加工中心



五轴加工中心数控仿真系统



三轴精密数控铣床

（一）设备特点

实验室核心设备为 1 台德国 DMG 五轴加工中心、6 台五轴加工中心数控仿真系统与 1 台三轴精密数控铣床，其中 DMG 五轴加工中心为国际顶尖品牌设备，具备“五轴联动+高速主轴”双重优势：

- 主轴最高转速达 12000r/min，支持钛合金、复合材料等难加工材料的高效切削；
- 采用海德汉 iTNC530 高级数控系统，具备自适应控制、实时误差补偿功能，定位精度达 0.003mm，重复定位精度 0.0015mm，可加工航空发动机叶片、复杂模具型腔等空间曲面零件；

- 配备自动换刀系统(刀库容量 24 把),实现多工序连续加工,减少装夹误差,加工效率较传统三轴设备提升 30%以上。
- 五轴加工中心数控仿真系统搭载斯沃数控编程软件进行 CAD/CAM 编程操作。
- 三轴精密数控铣床作为辅助设备,与五轴加工中心形成“基础-进阶”搭配,其定位精度达 0.005mm,可用于复杂零件的粗加工与工艺验证,为五轴加工提供前期技术支撑。

(二) 开设实验课程及项目

《智能制造装备设计》:为智造 2201-02 班开设“制造装备认知”实验,结合五轴加工中心的数字化接口,实现加工过程的实时数据采集与远程监控,让学生理解智能制造中“设备-系统”的协同原理。

(三) 教学与科研支撑作用

该实验室是学校“高端装备制造”科研方向的核心平台,教师依托五轴加工中心开展“纺织机械精密零件加工技术”“复合材料构件多轴切削机理”等课题研究,已发表 SCI/EI 论文 10 余篇。设备年均使用机时数超 800 学时,其中科研与竞赛训练占比达 40%,充分体现“教学-科研-竞赛”三位一体的支撑模式。

三、精密测量实验室

精密测量实验室是保障加工精度、验证产品质量的关键场所,专注于培养学生的“精度意识”与先进检测技术应用能力,设备精度与检测能力达到行业先进水平。



精密三坐标测量仪

（一）设备特点

实验室核心设备为 1 台加拿大产精密三坐标测量仪 LH65，该设备为国际知名品牌，具备以下技术优势：

- 测量范围达 $800\text{mm} \times 600\text{mm} \times 500\text{mm}$ ，支持大尺寸复杂零件的全尺寸检测；
- 采用接触式探头与光学扫描探头双模式，接触式测量精度达 $(2.5+3L/1000) \mu\text{m}$ （L 为测量长度，单位 mm），光学扫描精度达 $5 \mu\text{m}$ ，可实现零件表面轮廓、形位公差、装配间隙等参数的高精度检测；
- 配套专业测量软件（如 PC-DMIS），支持 CAD 模型导入、自动测量路径规划、数据可视化分析，可生成符合 ISO 标准的检测报告，与汽车、航空航天等高端制造领域的检测流程完全一致。

（二）开设实验课程及项目

1. 《机械制造技术基础》：在“零件精度检测”实验中，学生可利用三坐标测量仪对数控加工后的轴类、盘类零件进行形位公差（如

圆度、圆柱度、同轴度)检测,对比设计图纸与实际加工精度的差异,理解“加工-测量-修正”的闭环控制流程。

2.《机械制造装备设计》:可开设“装备关键零部件精度检测”实验,检测内容包括导轨直线度、齿轮齿距偏差等,帮助学生掌握装备装配前的精度验证方法。

(三) 教学与科研支撑作用

该设备不仅满足本科生“从加工到检测”的全流程实验需求,还为研究生开展“精密零件误差溯源”“检测数据驱动的加工工艺优化”等课题提供数据支撑。此外,实验室与天津本地制造企业(如天津一汽、天津工程机械研究院)合作,承接企业委托的零件检测任务,学生可参与实际检测项目,积累行业经验。设备年均使用学时数超 800 学时,其中企业合作项目占比约 20%,实现“产教融合”的实践教学目标。

四、特种加工实验室

特种加工实验室聚焦“非传统加工技术”,涵盖电火花、线切割、激光加工等先进工艺,主要培养学生对难加工材料、复杂结构零件的加工创新能力,设备技术参数与工业应用场景高度匹配。



电火花加工机床



线切割加工机床



数控等离子增材制造系统

（一）设备特点

实验室现有 1 台 ACTSPARK 电火花加工机床 SE1、1 台汉奇线切割机床 HQ40GZ-AS，1 台数控等离子增材制造系统，并正在建设飞秒激光加工实验室，设备核心优势如下：

1. 电火花加工机床：采用浸油式加工模式，最大加工深度达 100mm，加工精度达 0.01mm，表面粗糙度 $Ra \leq 0.8 \mu m$ ，可加工硬质合金、模具钢等难切削材料，适用于模具型腔、异形孔等复杂结构的加工，支持手动编程与 CAD/CAM 自动编程。

2. 线切割机床：为快走丝线切割设备，最大切割厚度达 200mm，切割精度达 0.005mm，表面粗糙度 $Ra \leq 1.6 \mu m$ ，可加工冲裁模、样板等二维复杂轮廓零件，配备自动穿丝功能，提升实验效率与安全性。

3. 数控等离子增材制造系统可以通过电弧增材制造方式完成金属零件的直接 3D 打印成形。通过对零件模型进行分层切割，并赋予不同的焊接参数，通过数控系统实现零件轮廓轨迹的控制，从而完成零件的直接成形。

4. 飞秒激光加工实验室（建设中）：将引入飞秒激光加工系统，脉冲宽度达飞秒级（ 10^{-15} 秒），可实现金属、陶瓷、高分子材料的微纳尺度加工（如微孔、微槽），加工精度达微米级，无热影响区，代表特种加工领域的前沿技术方向。

（二）开设实验课程及项目

1. 《特种加工》：作为实验室核心课程，开设“电火花型腔加工”“线切割加工复杂轮廓零件”等实验项目，理解“以柔克刚”

的特种加工原理。

2. 《机械制造技术基础》：可开设“特种加工与传统加工对比”实验，通过加工同一零件（如异形孔），对比两种工艺的精度、效率与成本差异，帮助学生建立“工艺选型”的系统思维。

（三）教学与科研支撑作用

特种加工实验室是学校“难加工材料制造技术”科研团队的主要平台，教师依托设备开展“纺织机械硬质合金零件电火花加工”“航空航天材料激光微加工”等课题研究；同时，实验室为学生开展“特种加工设备创新设计”等课外科技活动提供支持。设备年均使用机时数超 1000 学时。

五、虚拟现实实验室

虚拟现实实验室是机械制造“数字化、虚拟化”发展的核心载体，通过“虚实结合”的实验模式，打破传统实验的时空限制，培养学生的数字化设计与虚拟调试能力，技术水平处于国内高校前列。



虚拟现实系统



虚拟外设及交互系统

（一）设备特点

实验室配备一套完整的工业级虚拟现实系统，包括：

- 硬件：VR 头显、虚拟外设及交互系统、虚拟操作手柄、高性

能图形工作站（GPU 为 RTX 4090）；

- 软件：搭载达索 Delmia 等工业级虚拟仿真软件，可构建数控加工、装配生产线、设备维护等三维虚拟场景；

- 功能：支持“沉浸式操作”（如虚拟数控编程、虚拟装配）、“虚拟调试”（如生产线节拍优化、故障模拟）、“协同作业”（多用户同时进入同一虚拟场景），场景还原度达 95%以上。

（二）教学与科研支撑作用

虚拟现实实验室是学校“数字化制造”教学改革的核心平台，已建成“数控加工”“智能装配”“设备维护”3 个标准化虚拟实验模块。同时，实验室为教师开展“虚拟制造系统优化”“数字孪生技术应用”等科研课题提供平台，已与天津纺织集团合作开发“纺织机械虚拟维护系统”。设备年均使用机时数超 800 学时，覆盖机械、智能制造、空天等多个专业。

实验室发展展望

在学校与天津市机电装备重点实验室的支持下，机械制造实验室将持续推进设备升级与功能拓展：一方面，完成飞秒激光加工实验室建设，引入增材制造（3D 打印）设备，完善“减材-增材-特种加工”一体化制造体系；另一方面，深化“虚实结合”实验模式，建设“数字孪生实验平台”，实现虚拟场景与物理设备的实时数据交互。未来，实验室将进一步加强与行业龙头企业的合作，引入企业真实生产案例，打造“产教融合、科教融汇”的高水平实践教学基地，为机械制造领域培养更多“懂技术、能创新、接地气”的高素质工程人才。