

作者：李运强

适用课程：AutoCAD计算机辅助设计（UG）

z3040摇臂钻床工作台钻孔装置建模与虚拟仿真

摘要：以黑龙江齐四机床有限公司 z3040 摇臂钻床工作台研发项目为背景，深入剖析了运用 AutoCAD、SolidWorks、UG 等软件实现装置参数化建模、虚拟仿真分析及创新优化的全流程。通过参数驱动设计与虚拟装配仿真技术，将企业真实研发需求转化为教学载体，助力学生在计算机辅助设计课程中掌握从三维建模到性能仿真的核心技能，有效提升其运用 CAD 工具解决复杂工程问题的创新能力。展示了数字化制造技术在机械设计中的应用，还为高校与企业协同育人提供了实践范例。

关键词：参数化建模；虚拟仿真；计算机辅助创新设计；CAD 技术；数字化制造

一、背景介绍

在现代机械制造领域，钻孔装置作为常见的加工设备，其性能和精度直接影响生产效率和产品质量。随着市场竞争的加剧，企业对钻孔装置的高精度、紧凑型设计提出了更高要求。黑龙江齐四机床有限公司作为行业内的知名企业，启动了“高精度集成钻孔装置”研发项目，旨在通过先进的设计技术优化现有产品，提升市场竞争力。本案例正是基于该项目的实际需求，将企业的真实研发任务转化为教学案例，引入到计算机辅助设计课程中，旨在培养学生的工程实践能力和创新能力。

（一）行业背景

机械制造业是国民经济的支柱产业，其发展水平直接影响国家的工业竞争力。随着科技的不断进步，数字化制造技术逐渐成为机械制

造业的核心技术之一。数字化制造通过计算机辅助设计、计算机辅助工程和计算机辅助制造等技术，实现了产品设计、分析和制造的数字化流程。这种技术不仅提高了设计效率，还降低了研发成本，缩短了产品上市时间。在这一背景下，企业对掌握数字化制造技术的高素质人才需求迫切。

（二）企业需求

黑龙江齐四机床有限公司在钻孔装置的研发过程中，面临的主要挑战包括：

1. 高精度要求：钻孔装置需要在不同的加工条件下保持高精度，这对设计的精确性和可靠性提出了严格要求。
2. 紧凑型设计：为了适应现代工厂的空间限制，钻孔装置需要在保证性能的前提下尽量减小体积。
3. 快速响应市场：市场竞争要求企业能快速响应客户需求，及时调整产品设计。

（三）教学背景

计算机辅助设计课程是机械设计制造及其自动化专业的重要课程之一，旨在培养学生运用计算机软件进行产品设计的能力。传统的教学多以理论讲解和简单操作练习为主，学生难以将所学知识应用于实际工程问题。因此，将企业的真实研发项目引入课程教学，不仅能够激发学生的学习兴趣，还能提高其解决实际问题的能力。

二、项目案例

（一）项目案例内容

本项目案例围绕“z3040 摇臂钻床工作台钻孔装置建模与虚拟仿真”的研发需求展开，涵盖了需求分析、参数化建模、虚拟仿真、创新优化等关键环节。项目的核心目标是通过参数化建模技术实现钻孔

装置的高效设计，并利用虚拟仿真技术对装置的性能进行验证和优化。

1. 需求分析

与企业技术团队深入沟通，明确钻孔装置的功能需求，包括加工精度、尺寸范围、加工材料等。基于这些需求，确定了钻孔装置的关键参数，如主轴转速、进给速度、钻孔深度等。需求分析阶段的工作重点是确保设计目标与企业实际需求一致，避免因需求不明确导致的设计反复。

2. 参数化建模

采用 UG 软件，对钻孔装置的核心部件进行参数化建模。通过建立参数关联体系，实现了根据加工需求快速调整部件参数的功能。通过参数驱动，可以快速调整钻头的尺寸和形状，以适应不同的加工任务。参数化建模的关键在于建立参数之间的关联关系，实现设计的高效性和灵活性。

3. 虚拟仿真

利用 SolidWorks 和 UG 的虚拟仿真模块，对钻孔装置的装配过程和工作过程进行仿真分析。通过设置运动极限位置约束和载荷约束，模拟了钻孔装置的实际工作状态，提前发现并解决了装配间隙、过盈等问题，确保了设备的运行稳定性。虚拟仿真不仅能够直观展示设备的运行过程，还能通过仿真结果分析设备的性能指标，为后续优化提供依据。

4. 创新优化

结合企业反馈的设备使用中的问题，如结构强度不足、运动不顺畅等，对钻孔装置的底座、立柱等承重部件进行了结构拓扑优化。通过有限元分析，对优化后的结构进行了性能验证，确保其满足实际使

用需求。创新优化阶段的工作重点是通过技术手段解决实际问题，提高设备的性能和可靠性。

（二）关键点

1. 参数化建模的关键技术

参数化建模的核心在于建立参数之间的关联关系，实现设计的高效性和灵活性。在本案例中，通过定义关键参数的类型和取值范围，确保了钻孔装置的设计能够快速响应加工需求的变化。例如，通过参数驱动，可以快速调整钻头的尺寸和形状，以适应不同的加工任务。参数化建模不仅提高了设计效率，还降低了设计成本。

2. 虚拟仿真的约束条件设置

虚拟仿真需要结合实际工况设置合理的约束条件，以确保仿真结果的准确性。在本案例中，设置了主轴箱的运动极限位置约束，防止因过度运动造成设备损坏；同时，根据工作台的实际承重，施加了相应的载荷约束，确保仿真结果能真实反映设备的受力状态。合理的约束条件设置是虚拟仿真成功的关键。

3. CAD 与 CAE 工具的协同

通过将 UG 建立的三维模型无缝导入 CAE 软件进行有限元分析，实现了设计与分析的紧密衔接。这种协同工作模式不仅提高了设计效率，还降低了研发风险。CAD 与 CAE 工具的协同是现代机械设计的重要发展趋势，能够有效提高产品的设计质量和可靠性。

（三）教学使用

1. 教学组织

采用“项目导向+问题驱动”的教学模式，将学生分为若干小组，每组负责完成从方案设计到虚拟验证的全流程任务。通过模拟企业研发场景，强化学生的工程认知。项目导向教学模式能够激发学生的学

习积极性，提高其团队协作能力和解决实际问题的能力。

2. 过程设计

教学过程分为需求分析、参数化建模、虚拟仿真、创新优化四个阶段。每个阶段都设置了明确的任务和目标，引导学生逐步深入学习。例如，在参数化建模阶段，学生需要掌握如何添加配合关系、设置运动参数等关键技能。过程设计阶段的工作重点是确保学生能够系统地掌握每个阶段的知识和技能。

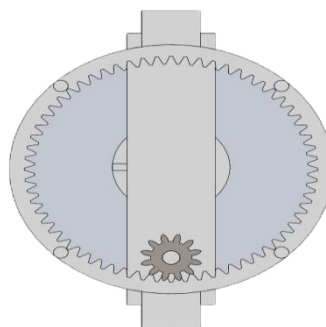
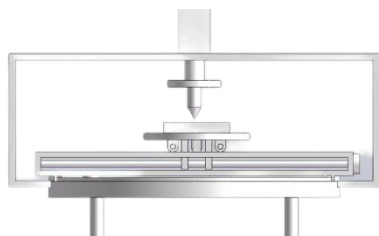
3. 考核方法

考核分为过程性考核和结果性考核。过程性考核主要考察学生在项目实施过程中的参与度、团队协作能力以及问题解决能力；结果性考核则通过学生的最终设计方案和仿真报告进行评价。合理的考核方法能够全面评价学生的学习效果，激励学生积极参与项目实施。

4. 教学效果

通过多轮教学实践，学生在参数化设计和虚拟仿真应用方面的能力显著提升。学生能够独立完成从零件参数化建模到整机虚拟验证的设计闭环，设计效率和方案创新性得到了企业技术人员的认可。教学效果的提升不仅体现在学生的技能水平上，还体现在其工程实践能力和创新能力的提高上。

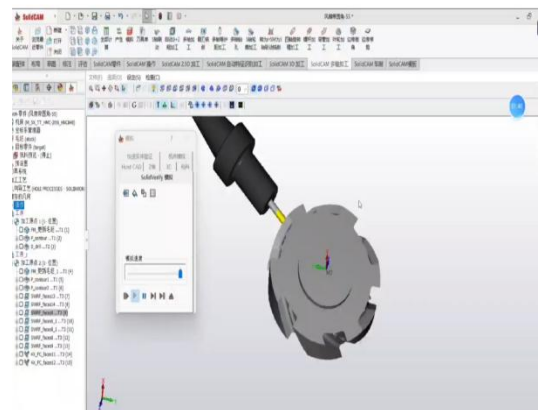
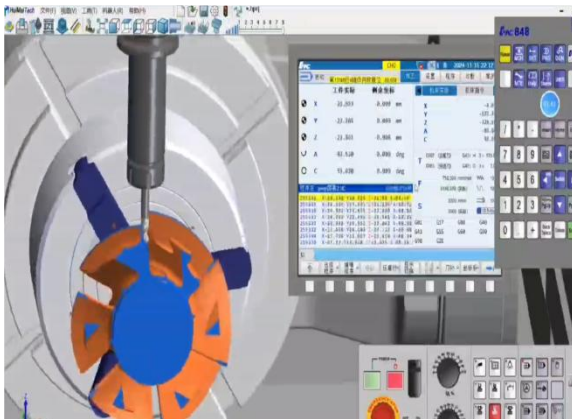
（四）其他相关说明和附件



三维设计装配体



3D打印模型



加工仿真



现场研讨项目

z3040摇臂钻床工作台偏心关节机构建模与装配

摘要：以偏心关节机构为研究对象，系统阐述了基于计算机辅助设计技术的三维建模与数字化装配设计方法。通过参数化建模、数字化装配约束、运动干涉检测等关键技术，将企业真实研发需求转化为教学案例，有效提升了学生运用数字化工具解决复杂机械结构设计问题的能力。案例实施过程中，学生深入理解了偏心关节机构的空间结构与运动特性，掌握了从零件建模到整机装配的完整设计流程。

关键词：偏心关节机构；计算机辅助设计；三维建模；数字化装配；CAD 技术

一、背景介绍

偏心关节机构作为机械传动系统中的重要组成部分，广泛应用于工业机器人、自动化生产线、航空航天设备等领域。其结构复杂性和运动精度要求对设计人员提出了较高要求。传统的二维设计方法难以准确表达其空间结构和运动特性，而三维建模与数字化装配技术能够有效解决这一问题。

本案例以企业真实研发项目为背景，将偏心关节机构的设计需求转化为教学载体，引入到计算机辅助设计课程中。通过案例教学，学生能够深入理解偏心关节机构的设计原理，掌握三维建模与数字化装配的关键技术，提升工程实践能力和创新能力。

二、项目案例

（一）项目案例内容

围绕偏心关节机构的三维建模与数字化装配展开，涵盖了参数化建模、数字化装配约束、运动干涉检测等关键环节。项目的目标是使学生掌握从零件建模到整机装配的完整设计流程，提升其运用 CAD 工具解决复杂机械结构设计问题的能力。

1. 参数化建模

参数化建模是本案例的核心内容之一。学生需要运用UG和SolidWorks等软件,对偏心关节机构的关键零件进行参数化建模。建模过程中,学生需要定义零件的关键参数,如尺寸、形状、材料特性等,并建立参数之间的关联关系。通过参数驱动,可以快速调整零件的尺寸和形状,以适应不同的设计需求。

2. 数字化装配

数字化装配是本案例的另一个重要环节。学生需要运用装配模块,对偏心关节机构的各个零件进行装配。装配过程中,学生需要合理设置装配约束,确保零件之间的正确配合。通过数字化装配,可以直观地展示机构的装配关系和运动特性,提前发现并解决装配过程中可能出现的问题。

3. 运动干涉检测

运动干涉检测是确保机构正常运行的关键步骤。学生需要运用SolidWorks和UG的干涉检测功能,对偏心关节机构的运动过程进行仿真分析。通过设置运动参数和约束条件,模拟机构的实际运动过程,检测零件之间是否存在干涉现象。如果发现干涉,需要及时调整设计,确保机构的正常运行。

(二) 关键点

1. 参数化建模的关键技术

参数化建模的关键在于建立参数之间的关联关系,实现设计的高效性和灵活性。在本案例中,学生需要掌握如何定义零件的关键参数,如何建立参数之间的关联关系,以及如何通过参数驱动快速调整零件的尺寸和形状。参数化建模不仅提高了设计效率,还降低了设计成本。

2. 数字化装配的关键技术

数字化装配的关键在于合理设置装配约束，确保零件之间的正确配合。在本案例中，学生需要掌握如何设置装配约束，如何分析装配关系，以及如何通过数字化装配直观地展示机构的装配关系和运动特性。数字化装配不仅能够提前发现并解决装配过程中可能出现的问题，还能够提高装配效率和质量。

3. 运动干涉检测的关键技术

运动干涉检测的关键在于合理设置运动参数和约束条件，确保仿真结果的准确性。在本案例中，学生需要掌握如何设置运动参数，如何设置约束条件，以及如何分析干涉检测结果。运动干涉检测不仅能够提前发现并解决机构运动过程中可能出现的问题，还能够提高机构的可靠性和稳定性。

（三）教学使用

1. 教学组织

本案例采用“任务驱动+角色扮演”的教学模式，学生以“数字化设计工程师”的身份参与项目实践。教师扮演企业项目负责人，负责发布任务、技术指导和质量把控。学生分为若干项目小组，每组3-4人，分别承担机构设计工程师、建模工程师、装配工程师、仿真分析工程师等角色，明确分工，协同完成偏心关节机构的三维建模与数字化装配任务。这种模式能够充分调动学生的积极性和主动性，培养学生的团队协作意识和工程责任感。

2. 过程设计

教学过程分为三个阶段，逐步递进，环环相扣：

教学阶段	核心任务	教师指导内容
第一阶段 零件参数化建模训练	根据给定的偏心关节机构设计图纸，运用UG软件完成关键零件的参数化建模	重点讲解参数化建模的原理、方法和技巧，指导学生建立参数之间的关联关系
第二阶段 数字化装配与约束分析训练	学生将第一阶段完成的零件模型导入装配环境，进行数字化装配	分析机构的装配关系，合理设置装配约束，理解不同配合类型的适用场景和约束原理
第三阶段 运动仿真与干涉检测训练	学生利用运动仿真模块，对装配好的偏心关节机构进行运动学仿真分析	设置运动参数和约束条件，模拟机构的实际运动过程，确保机构设计的合理性和可靠性

3. 考核方法

本案例采用“过程性考核+结果性考核+答辩考核”相结合的多元化考核方式：

● 过程性考核（40%）

教师根据学生在项目实施过程中的表现进行评价，包括课堂参与度、团队协作能力、问题解决能力和技术文档撰写规范性等方面。

● 结果性考核（40%）

教师根据学生提交的最终设计成果进行评价，包括零件建模质量、装配约束合理性、运动仿真准确性和干涉检测报告完整性等方面。

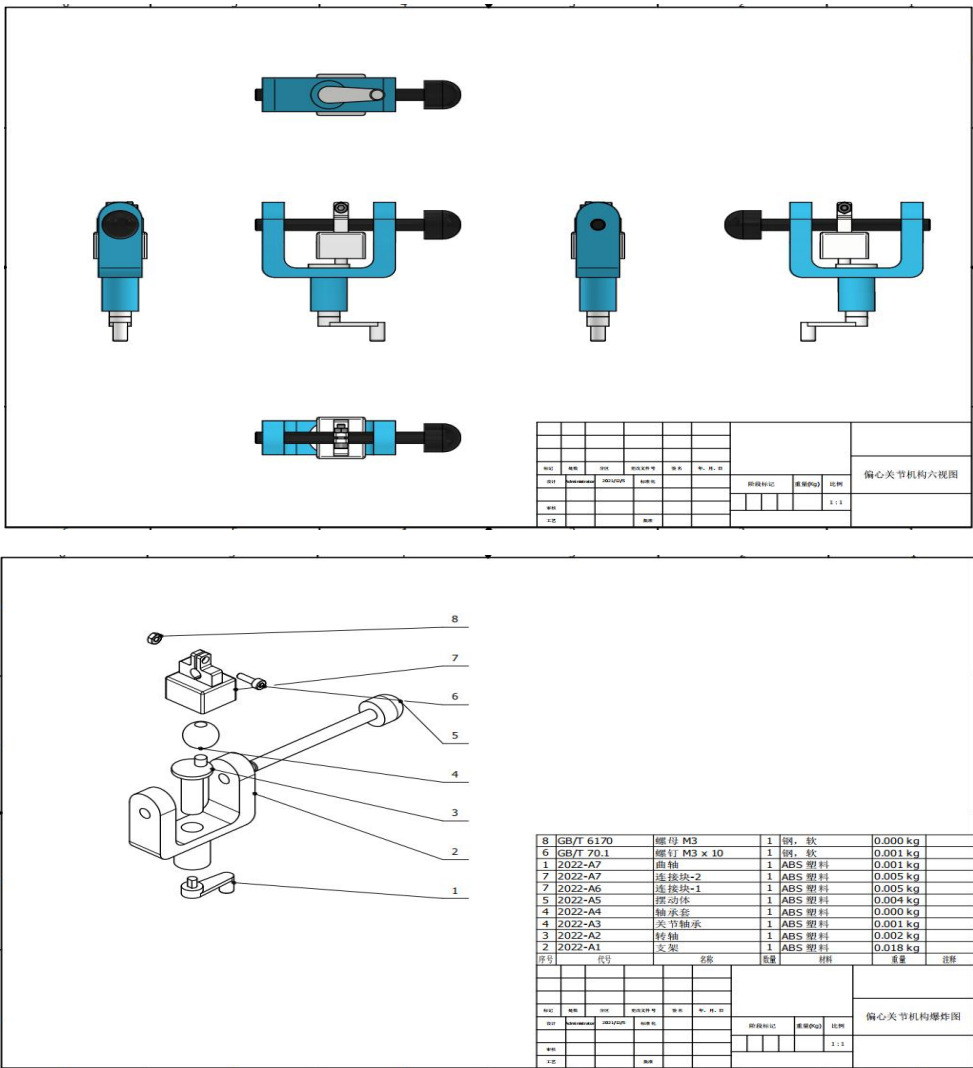
● 答辩考核（20%）

各项目小组以PPT汇报和现场演示的方式，展示设计成果，回答教师 and 同学的提问。答辩考核重点考察学生的表达能力、设计思路清晰度和对技术问题的理解深度。

4. 教学效果

学生熟练掌握了参数化建模、数字化装配和运动仿真分析等关键技术，能够独立完成复杂机械结构的设计任务。深入理解了偏心关节机构的结构关联性和设计规范，培养了严谨的工程思维和规范意识。通过角色扮演和小组协作，学生的沟通协调能力、团队合作意识和工程责任感明显增强。案例教学激发了学生的创新意识，部分学生在掌握基本设计方法的基础上，主动提出结构优化方案，体现了较强的创新能力。

(五) 其他相关说明和附件



偏心机构设计图