

进阶 PBL 模式融合云计算环境的研究生课程改革探索 ——以“钢结构有限元分析实例与二次开发”课程为例

赵 曦 李心霞 张艳霞

北京建筑大学 土木与交通工程学院, 北京 100044

[摘要]为应对新工科建设对研究生创新能力与实践能力提出的更高要求,本文以“钢结构有限元分析”研究生课程为实践载体,提出一种融合进阶 PBL (Problem-Based Learning, 问题导向学习) 教学模式与云计算技术环境的课程改革方案。文章系统阐述了传统教学模式面临的挑战,分析了进阶 PBL 模式与云计算技术在促进深度学习、赋能复杂工程问题解决方面的优势。详细介绍了课程改革的核心内容,包括“云计算”技术模块开发、进阶 PBL 项目式教学设计、校企协同的实践创新机制以及动态评估反馈体系的构建。本研究旨在为工科研究生课程提供一条以学生为中心、以技术为驱动、以能力产出为导向的教学改革路径,为培养适应智慧建造时代的高素质复合型人才提供参考。

[关键词]进阶 PBL; 云计算; 研究生教育; 课程改革; 有限元分析; 新工科

DOI: 10.33142/fme.v7i8.20467

中图分类号: G642.4

文献标识码: A

Exploration on Graduate Course Reform Integrating Advanced PBL Mode with Cloud Computing Environment — Taking the Course of "Finite Element Analysis Examples and Secondary Development of Steel Structures" as an Example

ZHAO Xi, LI Xinxia, ZHANG Yanxia

School of Civil and Transportation Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing, 100044, China

Abstract: In response to the higher requirements for graduate students' innovation and practical abilities in the construction of emerging engineering education disciplines, this paper proposes a course reform plan that integrates advanced Problem Based Learning (PBL) teaching mode and cloud computing technology environment, using the graduate course of "Finite Element Analysis of Steel Structures" as a practical carrier. The article systematically elaborates on the challenges faced by traditional teaching models and analyzes the advantages of advanced PBL models and cloud computing technology in promoting deep learning and empowering complex engineering problem-solving. The core content of curriculum reform was introduced in detail, including the development of "cloud computing" technology modules, advanced PBL project-based teaching design, practical innovation mechanisms for school enterprise collaboration, and the construction of a dynamic evaluation feedback system. The purpose of this study is to provide a student-centered, technology driven, and ability oriented teaching reform path for engineering graduate courses, and to provide reference for cultivating high-quality composite talents that can adapt to the era of smart construction.

Keywords: advanced PBL; cloud computing; graduate education; course reform; finite element analysis; emerging engineering education

引言

在当代钢结构的工程范畴内,从复杂的超高层构造到大规模的体育馆,它的结构解析以及设计越发依靠有限元解析这一关键方法。借助数值模拟来精准预估结构在各类荷载以及环境影响下的力学变化与性能状况,这是达成结

构方案的优化,保障最终设计能够安全稳固的科学基础所在^[1]。但是高精度有限元的分析常常意味着极为繁杂的模型,数量众多的单元网络以及漫长的运算时长,这给本地的计算机硬件方面的算力带来了严峻的挑战,在某种程度上限制了该技术于教学和科研当中的深入运用。云计算

兴起成为解决这个瓶颈的关键途径,依靠互联网所提供的具有弹性以及可扩展性的数据资源,可以明显提升复杂的钢结构解析的效率和能力,给结构工程朝数字化,智能化方向转变输入新的动力^[2,3]。

但是,当下高校开展有限元解析课程的教学,其涵盖的内容大多仅局限于对商业有限的软件图形的用户界面进行操作。尽管此教学模式能够助力学生快速进入初级阶段,但是从根本上而言,其实质是“点击鼠标”的被动行为,使得学生难以领会软件底层运行的逻辑以及数据的组织模式。更为关键的是,此基于界面操作的模式效率较低且难以重现,无法契合科研活动中对众多参数开展批量且自动化的分析及优化的要求。实际上通过编写 Python, APDL 这类代码来生成输入的文件,并且直接调用具有有限元解析引擎核心功能的求解器,能够实现建模,分析,后处理的整个流程的自动操作。此方法不仅大幅提升了分析的效率以及模型的可复制性,还是达成参数化探究,结构优化以及复杂的非线性解析等高层次科研工作的必要技能。所以将教学重心从图形的界面进行操作转变为由代码驱动来进行的自动化解析,是提高研究生在科研创新方面能力的重要环节。

为提升土木工程人才的实践与创新能力,我国自 2012 年起持续推动“国家级大学生创新创业训练计划”,并于 2017 年后密集部署“新工科”建设战略,旨在推动高等教育观念革新与人才培养模式改革,培育符合创新型国家建设需求的高素质人才^[4-6]。同时,PBL (Problem-Based Learning, 问题导向学习) 教学模式以其“以学生为中心、以问题为起点”的核心理念,为工科教育改革提供了新的视角。该模式在国外顶尖院校如奥尔堡大学的成功实践,证明了其在激发学生学习动机、培养其自主探究与团队协作能力方面的显著优势^[7]。本研究团队前期在本科阶段实施的“基于进阶 PBL 教学方法的新工科人才培养模式研究”也已取得显著成效^[8],学生评价与竞赛成果斐然,为在研究生课程中深化应用奠定了基础。

为了提高土木工程领域人才的实际操作能力,国家自 2012 年开始持续推进“国家级青年创新创业培训计划”,在 2017 年之后紧紧围绕“新工业”建设这一战略进行部署,目的在于推进高等教育的观念革新以及人才培养的模式变革,培养符合创新性国家建设要求的高水平人才^[4-6]。与此同时 PBL 这种教学模式秉持“以学生作为核心,以问题作为起始点”此类核心观念,给工科教育方面的改革带来了全新的视野。此模式在奥尔堡这类顶尖院校中成功开展实践,这充分证实了其在激励学生学习兴趣,培育学

生自主探究以及团队协作水平等方面具有明显优势^[7]。在本科期间,本研究队伍前期开展的“以进阶 PBL 为教学手段的新工科学生培养模式探究”已取得明显成果;学生评价及竞赛取得的成果卓有成效^[8],为研究生在课程中的深入应用奠定基础。

另一方面,云计算技术的成熟为破解上述教学困境提供了强大技术支撑。云计算凭借其高效的数据处理能力、无限的存储空间和灵活的资源调度机制,能够轻松应对结构工程中海量、复杂和实时的数据计算需求^[9,10]。它将学生从本地计算机的算力束缚中解放出来,使其能够进行更高精度、更大规模的有限元模拟,并为实时协同设计与分析提供了可能,极大地契合了现代工程实践的网络化、协同化特征^[11]。

从另一方面来看,云计算的技术已经成熟,这为解决上述教学方面的难题提供了强有力技术层面的支撑。借助自身高效数据处理的能力,无限存储空间以及灵活资源调度的机制,可轻松满足结构工程当中海量、复杂且实时数据的计算需求^[9,10]。它把学生从当地计算机算力的束缚当中解脱出来,使得他们能够开展更高精度,更大规模有限元的模拟,并且给实时协同的设计以及分析创造了可能性,很大程度上符合现在工程实践网络化,协同化的特点^[11]。

为切实提升研究生的科研创新效率,本课程以代码化编程作为云计算的基础实现手段,通过运用互联网分布式计算资源,突破本地算力限制,实现高性能、大规模并行的有限元分析。本研究将这一技术路径与进阶 PBL 教学模式深度整合,构建“钢结构有限元分析”研究生课程新范式。该范式以云端计算平台为技术基座,以层层递进的项目为驱动,引导研究生在代码编写、任务提交和结果分析的全流程实践中,系统掌握自动化建模与高性能计算的核心能力,培养其解决复杂工程问题的科研创新能力。

1 融合创新教学模式的理论基础与核心内涵

工科教育核心环节中的实践教学,是培育学生解析与应对问题能力,熟悉专业技术以及具备动手能力的关键所在。为了培育具备优良工程素质,扎实实践技能以及出色工程应用技能的创新型学生,本课程的改革构建起以进阶 PL (问题引导学习) 为基础的教学架构,并且深度融入云计算技艺作为其达成载体的全新教学模式。此模式的目的在于借助系统项目的实践,深度融合理论课程的内容以及软件操作,实现从知识传授向能力培养核心教学理念的转变。

此课程构建起一个以进阶的 PBL 教学方式作为核心,以云计算的技术作为支撑来进行创新教学的体系。此体系

依据建构主义的理论,重点在于学生于真实工程场景中借助项目实践积极构建知识,其关键在于借助三个有机结合的教学环节,实现学生从对知识的接纳到问题的解决者的蜕变。

1.1 理论基础与三阶段设计理念

本教学模式把建构主义的理论当作基础,深深地和维果茨基所提出的“最近发展的区域”理论相互融合,构建起三阶段呈螺旋状上升此类教学架构。最近的发展区域理论着重弥补学生现有的发育水平和潜在的发展水平之间存在的差距。

依据此理论本课程规划了依次推进的三个阶段教学,第一阶段借助系统讲授构建知识根基,使学生从既有的水平提升至能够独立完成基本任务的崭新境界;第二阶段通过项目践行创设“最近发展地带”,让学生于教师指导与同伴协作中突破原本的能力界限;在第三阶段借助评估反馈来巩固学习所取得的成果,进而为后续能力的提升构建基础。此设计保证每个教学环节都精准契合学生的最佳发展范围,借助“搭建支架,探索实践,内化提升”的循环运作机制,达成教学成效的最大化。这三个阶段相互独立并且相互衔接起来,构成一个持续促使学生能力提升的教学闭合环路。

1.2 三阶段教学实施路径

1.2.1 阶段一: 理论基础教学与技能奠基

本阶段着重构建知识体系。教师借助理论授课的方式,系统地去讲解云计算平台基本的原理以及有限元的分析核心的理论,并且通过典型的案例来演示这两项技术应用的方法。在教学进程中,重于两项技术相互交融,以此助力学生构建完备的知识体系。此阶段教学目标在于为后续项目实践筑牢稳固的理论根基。

1.2.2 阶段二: 项目驱动式实践探索

学生在理解必要的理论知识之后,就进入到项目实践的阶段当中。教师去设计有着真实工程情况的钢结构解析项目,让学生综合利用云计算以及有限元解析技术来解决实际的问题。学生在编写程序,构建模型,完成计算这类实践环节中,逐渐掌握把理论知识运用到实践技能上的方法。此阶段凸显学生自主探索以及创新能力的培育。

1.2.3 阶段三: 多元评估与反思提升

本阶段聚焦于学习成效的评估以及能力的提升。借助项目报告的评审、代码的审查以及成果的展示等许多途径,全方位评估学生学习的成效。教师借助个性化的反馈指引学生优化的方案,并且开展反思交流的活动来推动学生能力的内化。重于技术运用准确性的评估重点,更重于学生

创新思维以及解决问题的能力。

借助三个阶段有机衔接的这个教学模式,达成理论教学和实践训练深度融合的情况。每一个环节都有清晰的教学目的和方法,这样既保证知识传授是系统的,又增强能力培育的实际效果。尤其是于第二阶段项目实践里,学生不但掌握云计算与有限元解析这两项重要技术,还培育出综合运用各学科知识应对复杂工程状况的能力。三阶段呈螺旋上升态势的教学规划,确保学生在逐步推进的进程中达成能力的全方位提升。借助理论指导、项目实践以及评估反馈相互融合的方式,为培育具有创新性的工程人才铺设了切实可行的途径。此教学模式不仅重于当下教学成效的达成,还重于学生未来发展潜力的培育。

2 基于进阶 PBL 教学模式的课程设计与实施路径

2.1 课程设计的理论基础与架构

本课程以进阶 PBL 的教学模式为依托,构建起“理论引导、实践探索、反馈提升”的三阶段式教学架构。依据建构主义的理论,课程设计借助教师示范、学生实践、成果展示以及反馈的完备教学流程,达成知识传授和能力培育的有机融合。课程总共有 16 学时,理论教学以及学生展示这些环节都在课堂当中完成,保证教学效果达到最大程度。

2.2 理论教学与示范 (8 学时)

2.2.1 有限元分析理论基础与软件操作 (4 学时)

教师拿典型的钢构件模型当作例子(如图 1 所示),系统地展示运用 ABAQUS 或者 CAE 界面来进行有限建模的整个过程。教学的内容包含几何建模方面的技巧,材料参数的设定,网格划分的策略,边界条件的界定等关键的技术要素。借助逐步演示的方式,助力学生构建起完备的有限元解析知识架构:

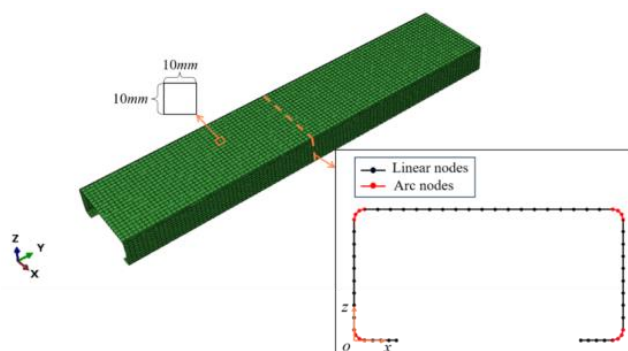


图 1 典型钢结构构件模型

截面节点这一环节,课程先按照已知的构件尺寸来产生模型节点的坐标,在横截面的直线区域设置线性的节点,在圆弧的区域均匀地布置弧形的部分,并且沿着构件长度

的方向用 10 毫米的间隔来进行设置。

材料属性设置方面,数值模拟所采用的材料参数主要包括杨氏模量 (E)、泊松比 (ν)、0.2%屈服强度 ($\sigma_{0.2}$)、0.5%屈服强度 ($\sigma_{0.5}$) 以及极限强度 (σ_{ult})。为体现材料非线性并避免模拟中产生残余应力,设定单元厚度积分为 5。具体材料参数如下表所示:

表 1 材料参数

试件名称	杨氏模量 (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\sigma_{0.5}$ (MPa)	σ_{ult} (MPa)
Test1-2.0	190000	455	489	556
Test2-2.5	196000	440	477	551
Test3-3.0	195000	392	431	506

边界条件设置包含加载条件与约束条件,本文假定构件边界为铰接。首先在构件两端设置参考点 RP1 与 RP2。其中,RP1 位于一端截面质心,并与该截面所有节点建立刚性绑定,仅允许轴向位移与绕弱轴旋转;RP2 位于另一端截面质心,同样与该截面节点绑定,且仅允许绕弱轴旋转。轴心受压通过位移加载实现,即在 RP1 处施加沿构

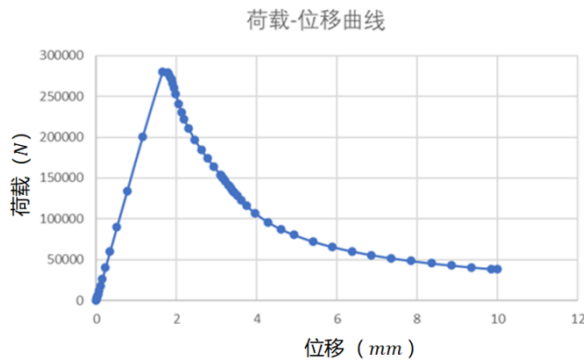


图 2 荷载-位移曲线与失效变形模式

2.2.2 云计算技术原理与应用实践 (4 学时)

依据同一结构的实例,教师细致地讲解如何运用 Python 脚本来实现自动化分析的流程情况。重点包含云计算的资源调用办法,参数化的建模技术,分析任务的提交以及监控,结果数据的提取和分析等关键方面的内容。借助代码演示的方式,培育学生借助编程技术应对工程问题的能力。

此教学模块的核心目标在于引导学生去掌握一套契合现代的工程仿真模式并且具有云端拓展可能性的自动化解析流程。借助脚本化以及参数化的云计算核心思想,我们将计算资源精准地调度以及任务流自动地管理起来。课程的目标在于超越单一软件操作的训练,旨在培育学生构建可重复且可拓展的完整解析链条。此链条起始于参数

件轴向的位移,位移量取构件长度的 1/100,以模拟轴向变形。

在分析步设置中,针对薄壁结构常采用的“Static, general”、“Static, Riks”与“Static, Stabilize”三种静力分析方法进行了比较。由于基于机器视觉检测技术获取的节点数据包含实际几何缺陷,易导致“Static, Riks”分析中断,因此该方法不适用于基于激光扫描的高精度模型。本研究最终选用“*Static, Stabilize”作为数值模拟的分析步类型。

力学性能分析阶段,按照计算机的硬件配置去设定分析的参数,CPU 的核心数是 12, GPU 的数量是 0,对构件开展求解的计算,在计算的过程当中使用隐式的求解器,经过逐步地迭代来得到收敛的解,以此来保证数值模拟具有稳定性以及精度。最后提取构件荷载和位移的曲线以及失效变形的模样,如图 2。把底部的中心节点当作监测点,去记录它在加载的时候竖向的位移以及对应的反力。经过后处理的模块可以进行可视化的失效模式,着重去查看构件局部的屈曲以及整体的失稳特性。

化的建模,把自动化的求解以及资源的管理当作核心,把智能的后处理和知识的挖掘当作终点。在本地方案里模拟云端的工作逻辑之后,学生深刻领会到,未来工程分析的能力不单单是会运用工具,还在于能够设计并且把控高效、智能的运算流程,从而为应对比如大规模的科学计算以及数字孪生这类前沿的应用场景打下基础。

教学实践的第一步,是培养学生将工程问题转化为标准化、可批处理的数值模型。在 Step 1 中,学生需要运用 Python 脚本,根据输入的冷弯 C 型钢截面尺寸(如翼缘宽、腹板高、板厚及弯角半径)与构件长度,全自动生成 ABAQUS 的输入文件(.inp)。这要求学生掌握几何与网格的智能生成逻辑:在直线段采用线性节点分布,在圆弧段按等角度原则加密节点,并沿构件纵向以固定间距(如

10mm) 布置网格。所有材料属性、分析步及边界条件均依据试验数据标准化集成。此外,脚本还需主动配置输出请求(如添加“U2”、“RF2”关键字),确保获取必要的力学响应数据。此环节的训练,使学生建立起“设计变量→参数化脚本→标准模型”的思维方式,为后续的批量计算提供了统一、规范的数据源头。

在具备批量模型的基础上,Step 2 教学的核心转向求解过程的自动化与计算资源的显式管理。学生需编写能在 ABAQUS/CAE 环境中运行的控制脚本,其关键是利用 Abaqus Python API(特别是模型数据库 MDB 对象)来替代所有图形界面操作。教学重点之一,是指导学生通过“JobFromInputFile”函数动态载入模型,并在此过程中以指令方式配置硬件资源,例如明确设置“numCpus=12”。这一步骤不仅是为了调用本地多核 CPU 实现并行计算提速,其更深层的教学意图在于,让学生亲身实践如何通过代码“调度”计算资源,从而深刻理解高性能计算及云计算中“资源按需分配”与“任务队列化执行”的核心原理。学生最终通过脚本实现作业的批量创建、提交与监控,完

成从“软件操作者”到“计算流程管理者”的角色认知转变。

在 Step 3 的教学实施中,本课程着力培养学生对荷载-位移曲线这一核心力学响应的自动化数据处理与可视化分析能力。通过前期建模时对“Set-1”集合的标准化定义(将端部截面耦合于重心),荷载与位移数据在结果文件中呈现出高度结构化的存储规律,具体表现为在“ASSEMBLY_SET-1”注释后按固定模式交替排列,其中目标数据位于该关键字后的第六个数值位置,如图 3 所示。教学中指导学生编写 MATLAB 脚本,系统实现数据文件的完整读取、基于精确位置索引的荷载与位移信息提取、数组矩阵的结构化存储,最终自动绘制出包含完整加载历程的荷载-位移曲线,绘制曲线如图 4 所示,分为荷载上升段和荷载下降段。这一训练环节不仅使学生掌握了从复杂文本中提取关键力学数据的技术方法,更重要的是培养了其通过程序化手段验证仿真结果、分析结构力学性能的系统思维,为后续的失效机理分析与工程决策提供可靠的数据基础。

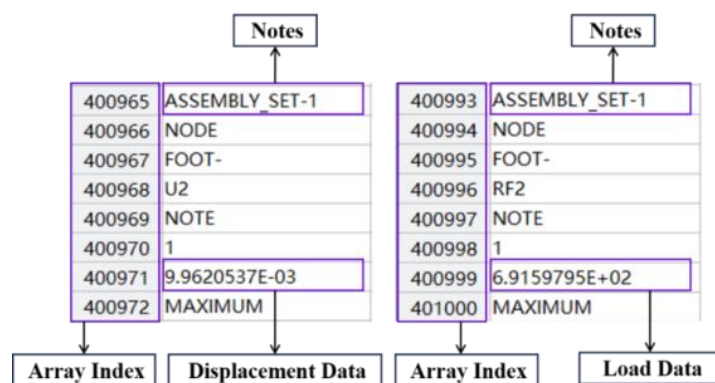


图 3 目标数据位置

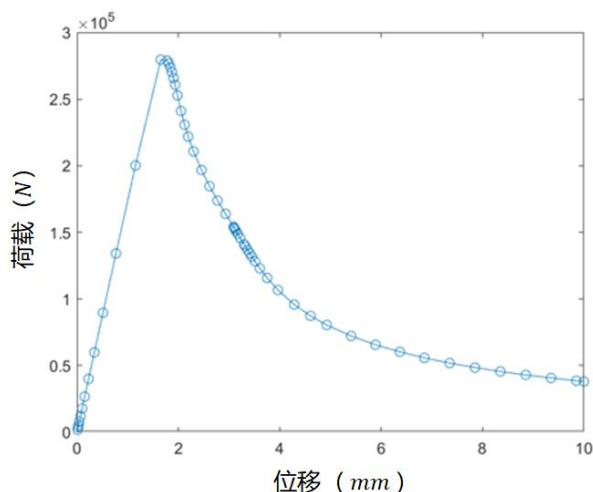


图 4 荷载位移曲线

在 Step 3 的教学深化环节,课程着力培养学生对失效变形模态的自动化数据解析与科学可视化能力。基于 ABAQUS 结果文件的结构化输出特征,教学设计指导学生编写 MATLAB 脚本,通过精确定位“UR3”与“MAXIMUM”等关键字段,并运用两者相对位置差与固定比例关系(1/7),自动计算每个增量步的节点总数 n 。在此基础上,脚本依据“COOR3”关键字后的固定偏移

规律,如图 5 所示,以及 U1、U2、U3 的顺序排列规则,编程实现逐节点位移字符串数据的自动化提取与数值转换,最终构建完整的三向位移矩阵,并自动绘制出直观的变形模态云图,如图 6 所示。这一教学过程不仅使学生掌握了从复杂文本中重构三维变形场的关键技术,更培养了其通过程序化方法深度挖掘仿真数据、将数值结果转化为力学机理直观认知的系统性科学思维。

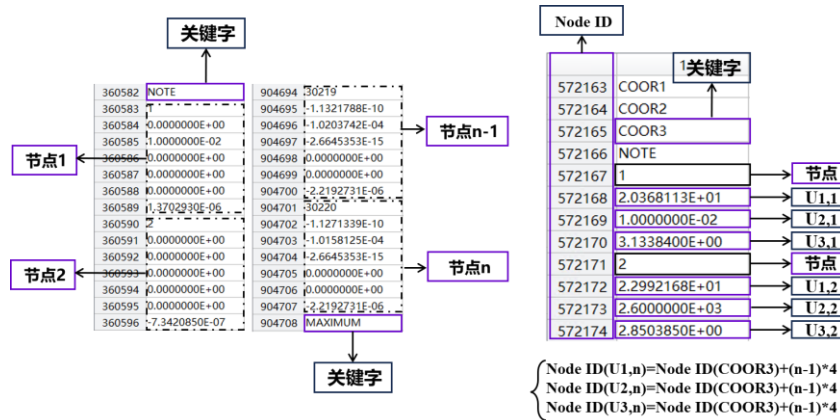


图 5 “COOR3” 关键字后的固定偏移规律

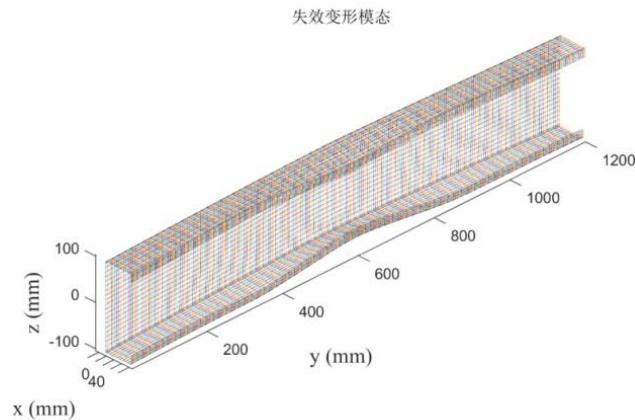


图 6 变形模态云图

2.3 实践探索与项目实施 (6 学时)

2.3.1 学生实践环节

学生在掌握了基础理论之后,在课堂当中把新的工程实例当作对象,去进行有限元的建模以及分析工作。具体包含:运用 ABAQUS 这个软件来进行图形界面方面建模方面的分析,并且编写 Python 这个脚本来达成云端自动进行建模分析此类操作。并且对两种模型的分析结果开展对比,以此来检验建模分析办法的正确程度。在实践进程中,学生于建模时遇到的困难,可借助自主探索以及教师的提示予以解决,在此过程中学生把理论知识变为实践方

面的能力,进而培养独立应对问题的本领。

2.3.2 项目报告撰写

学生需要提交完整项目报告包含两种建模的方法过程,参数设置的依据,计算结果的分析以及两种方法的对比等内容。报告需要展现学生对于专业知识理解的深度以及分析问题逻辑的性质。

2.4 成果展示与教学反馈 (2 学时)

2.4.1 课堂展示与讨论

学生将开展成果展示活动,详尽阐述建模思路、解析方法以及关键发现。借助展示步骤,培育学生的表述能力

与专业沟通能力。

2.4.2 教师点评与指导

为达成教学目标可评估以及学习路径清晰的目标,本课程搭建起基于有限元的分析能力,以云计算的整合应用作为进阶的逐步递进的评价架构。此体系的目的在于分阶段且有侧重地审视学生:其一学生是否真正掌握了有关建模以及分析的关键方法;其二能不能把这些办法有效地运用到云计算的环境当中,解决更为繁杂的工程方面的难题。具体的评价框架的设计情况如下:

基础层:有限元建模与分析能力评价(占比 50%)

本部分聚焦评价学生对有限元方法基本原理与建模流程的掌握程度,是能力培养的基石。

(1) 模型构建的规范性与准确性(占比 20%):评价几何创建、材料定义、网格划分、边界与载荷设置等关键步骤是否符合有限元方法的基本规范,参数设定是否准确反映物理问题。

(2) 分析方法与求解策略的合理性(占比 15%):评价对分析步类型(静力、屈曲、动力等)、接触定义、非线性设置等核心求解策略的选择,是否基于对问题力学本质的正确理解。

(3) 结果分析与机理关联的深度(占比 15%):评价学生能否对计算结果(如应力云图、变形模式、荷载-位移曲线趋势)进行合理解读,并将其与材料力学、结构力学等基础理论进行关联,验证模型的有效性。

整合层:云计算平台应用能力评价(占比 50%)

在掌握有限元基础后,本部分重点评价学生利用云计算平台提升分析效率、管理复杂任务和解决大规模问题的进阶能力。

(1) 云端计算资源的适配与调用(占比 20%):评价学生能否根据有限元模型的规模与复杂度,合理配置云端的 CPU 核数、内存、并行计算策略等资源,并说明其经济性与效率考量。

(2) 云端分析流程的构建与优化(占比 15%):

评价学生能否利用脚本、任务队列或平台工具,在云端实现建模、提交、监控、结果收集的自动化或半自动化流程,体现工程效率意识。

(3) 云端问题的诊断与解决(占比 15%):

评价学生在云计算任务中出现的异常中断、性能瓶颈或结果异常等问题,是否具备基本的日志查看、原因分析和解决策略提出的能力。

借助以上递进式的评价架构,本课程把“掌握基本有限元的技术”以及“运用云计算的平台”这两个目标分解

成为有序并且能够被考量的能力方面的节点。这个设计不只是给教师提供明确的评分标准,还给学生明确自主完善以及深度学习方向,有力地推动“理论引领,实践探索,反馈提高”这样完整的工程思维的闭环在课堂教学当中的达成。

3 课程特色、创新与不足

3.1 课程特色

本课程改革具有鲜明的教学特色,主要体现在三个方面:首先,课程采用“理论引导-实践探索-反馈提升”的闭环教学模式,通过教师示范、学生实践、成果展示与反馈的完整教学循环,确保知识传授与能力培养的有机统一。其次,课程注重传统有限元分析软件操作与现代编程技术的结合,要求学生同时掌握 ABAQUS 图形界面操作和 Python 编程实现自动化分析,培养学生的多元化技能。最后,课程将云计算技术融入教学实践,使学生能够体验分布式计算的优势,为未来从事大规模工程计算奠定基础。

在实践教学环节,课程特别强调真实工程案例的应用。如图所示的十字形抗震节点试验装置,作为教学案例的重要组成部分,帮助学生直观理解结构性能与有限元分析的关系,增强理论与实践的联系。

3.2 创新之处

本课程主要的创新呈现于教学模式以及技术应用这两个层面上。在教学的模式方面,有创新性地把进阶的 PBL 教学方式运用到研究生的专业课程当中,依靠三个阶段逐步培养学生科研创新的能力。在技术运用范畴内,首次将云计算场景与有限元解析课程进行深度融合,以此引领学生掌握由代码驱动的自动化解析方法,摆脱传统教学的局限。

特别需要指出的是,该课程设置了独特的用于对比验证的环节,其要求学生借助图形界面以及编程这两种方式来完成同一项分析工作,并且借助结果对比来验证模型是否正确。此方法不仅深化了学生在理论知识方面的理解,还培育出其严谨且科学的态度。

3.3 存在的问题与改进方向

尽管该课程已取得明显成果,但是在实施进程中,也暴露出若干问题。其一,课程对于师资力量有较高要求,需教师同时熟练掌握有限元的理论以及编程的技术,而这在一定程度上阻碍了课程的开展。其二,云计算资料的配置以及使用成本相对较高,这可能会给教学的开展带来一定的困难。另外 16 学时课程的容量相对不足,难以涵盖所有关键内容。

针对此类问题未来可从下述方面予以改进:构建教学

团队协作机制,彰显不同教师专业方面的优势;探寻校企合作的途径,降低数据资源运用的成本;对课程内容进行优化,凸显重点,以此来提升教学的效率。与此同时可考虑开发在线的教学资源以此为学生创造更多自主进行学习的契机。

4 结论与展望

4.1 研究结论

本研究借助构建融入进阶 PBL 的教学模式以及云计算的技术的“钢结构的有限元解析实例以及二次开发”课程,去探寻工科学生课程革新的新途径。实践表明此课程模式切实提高了学生实践的能力以及创新的思维,具体体现在如下几个方面:

首先,课程三阶段的设计使得教学过程具备系统性以及完整性,自理论奠基起始于实践探索直至反馈提升每个阶段均有清晰的教学目的与实施途径,进而构建出良好的课程闭环。其次,把云计算的技术融入有限元的分析课程当中,使得学生可以掌握前沿技术的办法,符合行业发展的要求。最后借助项目驱动此类教学模式,培养出学生应对复杂工程难题的综合能力。

4.2 未来展望

基于本研究的成果和经验,未来可以在以下方面进一步深化课程改革:一方面,可以扩大课程的应用范围,将这种教学模式推广到其他工程专业课程;另一方面,可以进一步完善教学评估体系,建立更加科学的考核标准。此外,随着人工智能技术的发展,可以考虑将智能算法引入有限元分析课程,丰富教学内容和方法。

从长远的角度来看,这个融合创新的教学模式给工程教育的改革带来了有益的借鉴。它不只是适合有限元解析课程,而且对于很多需要理论和实践紧密融合的工科方面的课程也有借鉴的价值。未来会持续对课程设计进行优化,健全教学架构,以此为培育高素质的工程人才贡献更多力量。

本研究借助体系化的课程规划以及独特的教学手段,为研究生教育的改革提供实践方面的实例。课程推行的成果显示,此教学模式可高效推动学生的全方位发展,进而

为其后续的学术探究与工程实践构建稳固基础。

基金项目:北京市高等教育学会面上课题:进阶 PBL 模式下的课程建设探索——以“云计算”环境下的钢结构有限元分析研究生课程为例 (MS2024375)。

[参考文献]

- [1]张洪伟,席军,许月梅.基于应用能力培养的本科有限元法课程的教改探讨[J].中国现代教育装备,2016(7):68-70.
 - [2]陶润仪,高山,刘博豪,等.多学科协作与案例导向学习组合教学方法与传统教学模式下的住院医师规范化培训学员影像诊断能力比较[J].临床医学研究与实践,2024,9(20):177-180.
 - [3]张莹.翻转课堂教学模式对英语专业学生口语学习成效影响之研究[J].校园英语,2024(3):25-27.
 - [4]孙韬,熊兰,侯世英.澳大利亚维多利亚大学 PBL 课程的教学模式浅析[J].电气电子教学学报,2008(1):42-44.
 - [5]梁宇,初阳,姜明燕.临床药理学 PBL 教学实践中教师的定位与授课技巧[J].中国高等医学教育,2015(1):89-90.
 - [6]朱蕴兰,马大龙,徐晓军,等.RISE 与 PBL 教学模式在医学免疫学教学中的探索[J].中国高等医学教育,2006(11):93-94.
 - [7]缪鹏.土建专业生产实习的 PBL 教学模式初探[J].高等建筑教育,2009,18(1):109-112.
 - [8]赵曦,张艳霞.“钢结构设计原理”课程双语授课模式的探索与研究[J].中国建设教育,2022,1(1):52-57.
 - [9]中华人民共和国教育部.教育部关于印发《国家级大学生创新创业训练计划管理办法》的通知[J].中华人民共和国教育部公报,2019(6):44-48.
 - [10]苗晶良,邓元慧,王国强.云端旅程:追溯云计算的发展历程[J].张江科技评论,2023(6):40-45.
 - [11]严莉,李忠.“云计算”环境下课程智慧教育云平台研究[J].无线互联科技,2015(7):42-43.
- 作者简介:赵曦(1988—),女,土木工程博士研究生,北京建筑大学副教授/对外交流合作处副处长。研究方向为钢结构,数字孪生,人工智能。