

从教学管理和教学过程两个方面落实“以学生为中心”理念 ——以物理实验课程为例

段秀铭 唐 军 王洪涛 易志军

(中国矿业大学材料与物理学院, 江苏 徐州 221116)

摘 要 “以学生为中心”是衡量大学办学质量的一个维度。物理实验课程是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开篇,相对于适宜小班化教学的专业课程,物理实验等“量大面广”的基础课程在如何践行“以学生中心”上存在更多的困难。本文介绍了作者所在高校如何在物理实验课程“教学管理”和“教学过程”两个方面践行“以学生为中心”理念,提升学生学习动力,提高学习效果,更好地达成毕业要求。

关键词 以学生为中心;物理实验;教学管理;教学过程

ACHIEVING “STUDENT-CENTERED” BY TEACHING MANAGEMENT AND TEACHING PROCESS: TAKING AN EXAMPLE OF PHYSICS EXPERIMENT COURSE

DUAN Xiuming TANG Jun WANG Hongtao YI Zhijun

(School of Materials Science and Physics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract “Student-centered” is one criterion to measure the quality of university running. The physics experiment course is the beginning of the training of systematic experimental methods and experimental skills for undergraduates. Compared with the professional courses suitable for small class teaching, the basic courses such as physics experiment with “large quantity and wide scope” have more difficulties in how to practice the “student-centered”. This paper presents the strategies adopted by our university to apply the “student-centred” philosophy to physics lab courses in both teaching management and teaching process, aiming to enhance students’ motivation and learning outcomes and better meet graduation requirements.

Key words student-centered; physics experiment; teaching management; teaching process

《高等教育法》第三十一条中论述:高等学校应当以培养人才为中心,开展教学、科学研究和社会服务,保证教育教学质量达到国家规定的标准。随着中国加入《华盛顿协议》以及“新工科”建设的

提出,对人才培养的细节要求越来越明确^[1-3],既包含专业知识技能硬实力的培养,又包含了人文素养、家国情怀、社会责任道德等方面软实力的培育。各高校也在不断改革以提升办学质量^[4,5]。

收稿日期:2024-04-05

基金项目:中国高等教育学会2023年度高等教育科学研究规划课题(23LK0414);江苏省高等教育教改研究立项课题重点项目(2023JSJG683)。

通信作者:段秀铭,xiumingd@163.com。

引文格式:段秀铭,唐军,王洪涛,等.从教学管理和教学过程两个方面落实“以学生为中心”理念——以物理实验课程为例[J].物理与工程,2025,35(5):84-89.

Cite this article: DUAN X M, TANG J, WANG H T, et al. Achieving “Student-centered” by teaching management and teaching process: Taking an example of physics experiment course[J]. Physics and Engineering, 2025, 35(5): 84-89. (in Chinese)

大学在办学实践过程中开展的教学服务和管理等活动,均应“以学生为中心”开展,使得学生的学习效果获得提升^[6,7],成为社会所需要的既有技术能力又有修养情怀的合格人才。

物理实验课程位于高等学校理工科专业的专业大类基础实践课程之首,是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开篇。作为理工科专业的支撑课程之一,物理实验课程的教学管理及教学过程等服务,也应该围绕“以学生为中心”的理念开展。

1 “以学生为中心”的教学管理

“以学生为中心”是高校工作的行动指南,不仅体现在教学模式从“教”向“学”的转变,也体现在教学管理方面是否有利于学生毕业目标的达成。具体设计实施如图1所示。

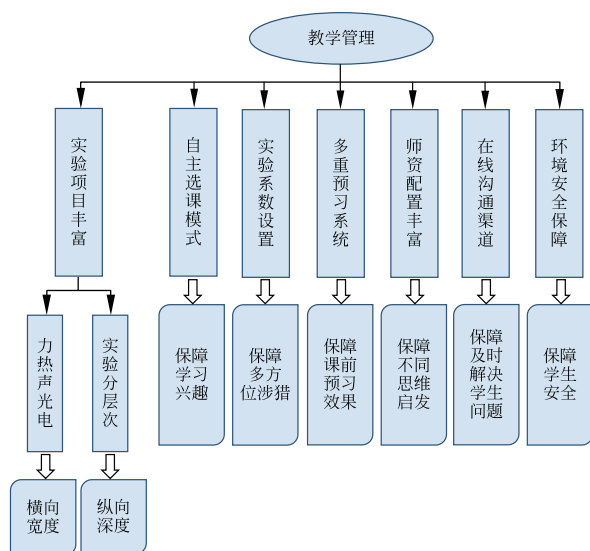


图1 教学管理设计及其作用

1.1 丰富的实验项目让学生“见多识广”

笔者所在高校下设理工类二级学院13个,分设有人工智能,机器人等理工类专业46个。基于专业的多样性,大学物理实验课的实验项目设置也兼顾不同专业学生的特点,从基础实验到设计实验再到创新性实验,分层次开设了涵盖力学、热学、声学、光学、电磁学等分支科学领域的实验项目共41个。学生可以分两个学期在提供的41个实验项目中自主选择其中的20个内容完成规定学分。

1.2 自主选课模式助力学生能“选我所爱”

传统的物理实验课的上课模式是以专业班级为单位上课。班长代表班级进行实验项目选择。从2016年开始,物理实验课实行网上自主选课,由学生个体按照自主学习愿望和兴趣进行实验项目选择。此种模式,在一定程度上保证了学生的学习兴趣和学需求。

1.3 适度的系数约束确保学生涉猎多类型实验

在自主选课模式下,学生经常回避光学实验,为防止学生避重就轻,保障学生接触各类实验机会,实验中心提高了光学实验计分的权重系数,并且对其他电学、力学等实验项目所选个数做了限定,此系数与个数的双重举措基本确保了学生们接触各类实验的机会,使得学生实验技能获得均衡发展。

1.4 多重预习系统让学生课前“身临其境”

为确保学生在课堂时间内,更好地理解实验内容,完成实验操作,实验中心提供了多重物理实验预习的渠道。实验中心在2019年进行了物理实验课MOOC课程建设,现已向学生开放使用。慕课提供了41个实验课程视频,同时辅以预习思考题作为课前训练,促进学生课前对相关实验知识点的理解。除此,实验中心在2017年购置了虚拟仿真实验系统,学生可在线通过仿真实验系统做课前预习。

1.5 多种科研背景的师资配置和教学活动让课堂更多元生动

物理实验教学团队每学期约有50位不同科研背景的老师参与物理实验教学。不同的科研背景使得教师在课堂上与学生交流时会对学生有不同的启发。

另外,在每学期实验课开始之前,实验中心按各实验室分成实验教学组,由经验丰富的实验教师进行教学演示,大家再进行切磋,并对实验的评分标准进行探讨,以保证对学生评分时公平公正。授课老师也会根据学生实验报告上的情况及时调整教学策略。

1.6 实验课QQ群为学生顺利完成实验课程学习保驾护航

由于物理实验课的流动性(不同的实验室,不同的授课老师),所以,学生很难在课前和课后进行问题咨询。为搭建课外学习指导的桥梁,实验中心设置了多个物理实验QQ群,把学生按学院

纳入其中,群主由实验中心老师担任。QQ群功能为双向交互式,一方面,群主老师及时向学生发布关于物理实验课的各种信息;另一方面,学生如有物理实验方面的问题,也可以通过群主老师咨询,方便快捷,问题能够较快得到回应。

1.7 安全管理维护学生健康

保障学生安全也是教学管理过程中的重要一环,也是“以学生为中心”的体现^[8]。对各种危险源,及时张贴警示标识,比如带有激光设备的实验室。同时配置安全急救包,分散在实验教学区,以备学生不时之需。对实验中心的技术管理人员,进行安全管理应急培训,以做好实验教学区的安全保障。

以上教学管理工作,表面看只是方便了学生,从深层次看,这些工作是使得学生顺利完成学业、达成毕业要求的有力保障。

2 “以学生为中心”的教学过程

课程教学是提高人才培养质量的重要环节^[9]。大学物理实验课程的作用是培养学生的基本科学实验技能,提高学生的科学实验基本素质,使学生初步掌握实验科学的思想方法,培养学生的科学思维和创新意识,使学生掌握实验研究的基本方法,提高学生的分析能力和创新能力^[10]。

传统的以教师“教”为中心的灌输式教学导致学生兴趣不高,学习效果差,对学生知识技能、人文素养、道德责任等软硬综合实力的培养作用有限。为提升学生学习效果,起到为学生达到毕业要求所应有的课程支撑作用,物理实验教学要以课程目的为指导,围绕“以学生为中心”开展,教学过程除了要教授学生基本的实验技能,还要侧重如下方面:如何吸引学生兴趣,发现、分析、解决问题的能力培养,对实验现象以及数据的探究能力的培养,工程观的培养,家国情怀、社会责任道德等内心世界情感的熏陶和塑造等。在各教学环节变换策略以达到不同的教学目的。

具体教学过程设计如图2所示。

2.1 开篇有趣

如果实验项目的引入介绍能够做到开篇有趣,可以大大提升学生对课堂的关注度,提高学习效果。

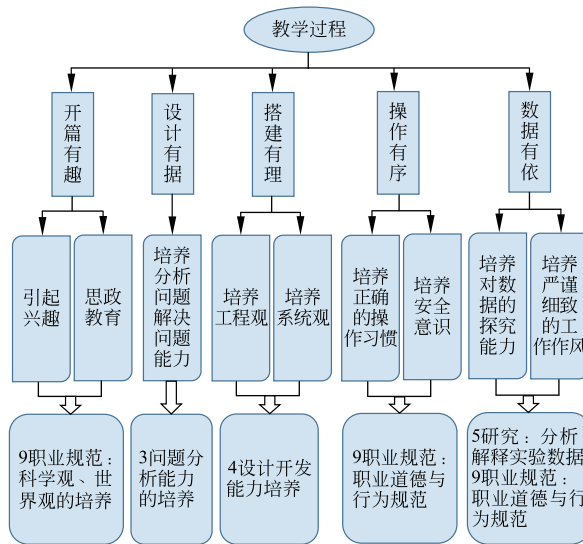


图2 教学过程模式及作用(图中3、4、5、9等数字为毕业要求12条中序号)

要做到开篇有趣,授课教师平时要多收集与实验相关的素材。对一些经典实验,可以引入历史花絮。比如弗兰克-赫兹实验,该实验为玻尔原子理论提供了有力证据,然而在实验结果获得后的一段时间,弗兰克和赫兹却不认为自己的实验与玻尔理论相关。再如迈克尔孙干涉仪实验,最初的仪器设计目的,是证明“以太”物质的存在,而实验结果却否定了这个想法,进一步引申,探测引力波的激光干涉引力波天文台(LIGO)等诸多地面激光干涉引力波探测器的基本原理就是通过迈克尔逊干涉仪来测量由引力波引起的激光的光程变化。

要做到开篇有趣,还可以从当下热点或者实际应用着手。比如非良导体导热系数测量实验的引入,可以从这两年中国开展的如火如荼的空间站研究说起,宇宙飞船所处的近地空间环境有光照时温度可达 200°C ,无光照时也可达零下 200°C ,所以需较低导热系数的材料来隔热隔冷,如何测量材料的导热系数呢?再如金属线胀系数测量实验的引入,可以以问题切入:为什么老式普通火车会有间歇的“咣当”声?由问题引发实验项目测量的意义。

上述课题的引入模式,一方面,可以吸引学生兴趣,提高课堂生动性;另一方面,也可以给学生内心世界以一定影响,比如弗兰克、赫兹严谨的科学态度,我国太空研究走在世界前列所带给我们

的自豪感,中国航天人努力探索所带给我们的家国情怀等。

2.2 设计有据

实验原理部分是课堂重点,采用合适的教学过程,可以培养学生分析问题、解决问题的能力^[11,12]。用启发引导式教学代替传统以教师为中心的授课模式,将会促进学生设计思维的构建。

比如金属线胀系数测量实验,学生在了解线膨胀系数定义公式后,教师引导学生对公式中各量探讨研究,了解每个量的含义,对各量的测量方法进行探讨,找出测量难点,对难测量量进行方法设计,由此引出微小型变量的测量方法之一:光杠杆放大法。此为设计有据,教师教学时注意引导学生层层深入地研究,以培养学生分析问题、解决问题的能力,构建设计性思维。这些能力也是学生毕业要求的能力之一。

2.3 搭建有理

在传统实验教学中,对仪器介绍是直接切入,没有过渡,学生没有从宏观上考虑实验平台系统是如何组建的,为什么会用到这样的仪器,以及在给定仪器情况下,如何设计测量过程。以学生为中心的教学,要考虑对学生系统观的培养。

在仪器介绍部分,抛开教师的主讲角色,教师应设问引导学生分析:根据实验测量内容,要选择哪些仪器?根据测量精度等需求,仪器应该有怎样的结构功能?比如电磁感应法测交变磁场实验,实验测量内容包括“载流圆线圈轴线上磁场的分布,亥姆霍兹线圈沿轴线的磁场分布及径向磁场分布,验证公式 $\epsilon_m = NS\omega B_m \cos\theta$,研究励磁电流频率改变对磁场强度的影响”等。在教师引导下,学生通过对实验原理及测量内容的回顾,能归纳出所需仪器:圆线圈、电源、导线、探测线圈。其中,圆线圈要轴向可移动,探测线圈要轴向及径向可调,并且角度可调,供电仪器要有电流及频率大小可调功能。学生在获得理论的分析认知后,再看到仪器时会有意料之中的熟悉感,对仪器的操控会更容易。

通过上述形式的训练,可以培养学生的工程观、系统观,可以培养学生设计开发能力——理工科学生培养方案中的毕业要求所包含的能力之一。

2.4 操作有序

抛开传统的演示模式,引导学生按照测量之

间的逻辑关系来设计操作顺序,可以训练学生的逻辑思维能力。比如双棱镜干涉测波长实验,波长公式中虚光源间距的测量依赖于虚光源像点间距的测量,而公式中的条纹间距与虚光源像点间距成“关联”状态,即测这两个量时,仅存在这样的差别:在双棱镜和接收屏之间是否有凸透镜,其他各器件位置恒定不变。有部分学生在测量时,调试出干涉条纹就开始测量条纹间距,然后再改变各器件位置调出虚光源像点进行像点间距的测量,导致两个测量量非同一状态的关联项,两个数据不能同时用于计算波长。正确操作是先调试出干涉条纹,然后在此基础上调出虚光源像点现象(为达到满意的虚光源像点,可能需要修正双棱镜的位置),如果在开始就测量了干涉条纹间距,则该数据可能因仪器位置调整而不能作为最终数据使用。所以,引导学生分析实验操作逻辑,可以强化学生的逻辑思维,也可以促进学生对实验原理的理解。

“注意事项”也是实验操作过程中不可忽视的环节。教学不仅仅是理论知识的传授,还应包括人文修养、伦理道德、社会责任等软能力的培养^[13]。生硬地告知学生不要这样做,不要那样做,其效果总不理想。如果引导学生自己总结相关注意事项,有事半功倍的效果。比如,引导学生注意事项要从三方面考虑:人身安全、仪器安全、数据安全。教学过程中主要引导学生观察危险源,避免人身伤害,引导学生观察仪器,比如精密仪器或者光学器件等,要防止接触性污染、蛮力使用等,保障仪器不被损坏。数据安全,是指为了采集准确度高的数据,要避免错误的读数习惯,比如使用光杠杆放大法测量杨氏模量的实验,要引导学生注意到手臂压在桌面读数和没有压在桌面读数的差异性。再如金属线胀系数测量实验,要引导学生观察某一温度出现后不同时刻标尺示数的差异性,分析原因,然后总结出为减小实验误差应该在温度变换的瞬间记录。

通过引导学生总结注意事项,可以培养学生的安全意识,间接培养其职业道德及社会责任感等,这些素质意识恰是各专业学生毕业要求的能力之一。

2.5 数据有依

在实验过程中,引导学生观察数据,分析数

据特征的来源依据,不仅可以改变枯燥的测量过程,还可以培养学生分析数据,探究实验现象的能力。

比如金属线胀系数实验,可在实验测量前让学生猜一猜:升温和降温在同温度时,所采集到的标尺读数会基本一样(抛开读数误差)吗?多数学生带着“会一样”的猜测开始实验,结果却大相径庭,升温时标尺读数明显高于降温时标尺读数。教师给出仪器结构信息:膨胀仪的温度传感器与铜管没有接触。基于这样的信息,学生想到升温时显示温度明显滞后于铜管温度,而降温时,仪器结构所产生的滞后作用基本消失。引导学生对数据的观察分析,能够培养学生对实验现象的探究能力,同时也可以培养学生严谨细致的工作作风。

3 成果

自2019年以来,物理实验教学管理和教学过程改革不断完善,相比2019年之前,学生学习效果以及学生毕业目标达成方面都有一定的提高。学生在物理实验课程的优秀率有显著提高,如表1所示,优秀率从改革前的9%提高到21%,不及格率从原来的7%下降到3%。从2019年到2023年,学生在全国大学生物理实验竞赛等各种实验类竞赛中获奖丰富,其中获得国内省级及以上赛事总计获奖30+项,国际物理实验竞赛中获奖近200项,具体参见表2。

表1 物理实验课程优秀与不及格率统计

成绩情况	年份					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
优秀率	9%	8%	8%	18%	20%	21%
不及格率	7%	6%	6%	4%	3%	3%

表2 学生竞赛获奖统计

	国内省级及以上物理实验类竞赛				国际大学生物理竞赛		
	特等奖	一等奖	二等奖	三等奖	银奖	铜奖	优胜奖
项数	3	5	7	9	31	63	103

改革实施以来,物理教学实验中心助力全校20个理工专业顺利通过工程教育认证。2023年选择就业的毕业生中有800人进入世界500强企业,占总就业人数的23%。

4 结语

综上所述,本文践行“以学生为中心”的物理实验课程管理及教学活动。“以学生为中心”的“教学管理”和“教学过程”两个方面创新模式不仅提升了作者所在高校学生的学习动力,学习效果,也更好地达成了毕业要求。今后将在学生学习成效反馈的基础之上,进一步优化和完善“教学管理”和“教学过程”,落实做到“以学生为中心”的根本理念,不断提高本校的物理实验课程教学。“以学生为中心”的教育教学理念已被高等教育领域广泛接受,如何在人才培养的各环节实践从“教师中心”向“学生中心”的转变是当前教育教学改革的热点问题,本文介绍的“以学生为中心”为理念的“教学管理”和“教学过程”两个方面的创新模式对今后其他高校物理实验教学也能够起到借鉴和参考作用。

参 考 文 献

- [1] “新工科”建设复旦共识[J]. 高等工程教育研究, 2017, 162(1): 10-11.
Fudan Consensus on the Construction of “New Engineering” [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017, 162(1): 10-11. (in Chinese)
- [2] 杨佳玲, 刘敏, 范留明, 等. 工程教育专业认证背景下的人才培养方案研究——以土木工程专业为例[J]. 教育现代化, 2017, 4(42): 16-17, 32.
YANG J L, LIU M, FAN L M, et al. Research on talent cultivation plan under the background of engineering education professional certification—Taking civil engineering as an example[J]. Education Modernization, 2017, 4(42): 16-17, 32. (in Chinese)
- [3] 孙晶, 张伟, 任宗金, 等. 工程教育专业认证毕业要求达成度的成果导向评价[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(4): 117-124.
SUN J, ZHANG W, REN Z J, et al. Practice on OBE evaluation architecture for the achievement of graduation requirements based on the engineering education accreditation system[J]. Tsinghua Journal of Education, 2017, 38(4): 117-124. (in Chinese)
- [4] 张映辉. 适应新工科的大学物理、物理实验课程改革方向与路径初探[J]. 物理与工程, 2018, 28(5): 101-105.
ZHANG Y H. Study the direction and path of the reform of college physics and physics experiment courses adapted to the new engineering[J]. Physics and Engineering, 2018, 28(5): 101-105. (in Chinese)

- [5] 刘宇雷,余明.“新工科”背景下高校实验教学体系建设探索[J]. 实验技术与管理,2019,36(11):19-21,32.
LIU Y L, SHE M. Exploration on construction of university experimental teaching system under background of “new engineering” [J]. Experimental Technology and Management, 2019, 36(11):19-21, 32. (in Chinese)
- [6] 刘献君.论“以学生为中心”[J]. 高等教育研究,2012,33(8):1-6.
LIU X J. On the student-centered ideal [J]. Journal of Higher Education, 2012, 33(8): 1-6. (in Chinese)
- [7] 胡建波.应用型高校“以学生为中心”范式转型的案例研究——西安欧亚学院的实践与思考[J]. 高等教育研究,2021,42(11):57-68.
HU J B. Research on the case of normal form transformation in applied university based on the student-centered-practice and reflection on Xi'an Eurasia University[J]. Journal of Higher Education, 2021,42(11):57-68. (in Chinese)
- [8] 王建宏,常俊英,梁存珍,等.以学生为中心的实验室安全和文化建设[J]. 实验室研究与探索,2016,35(6):288-292.
WANG J H, CHANG J Y, LIANG C Z, et al. Preliminary establishment of the student-centered laboratorial safety and culture[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2016, 35(6):288-292. (in Chinese)
- [9] 王金旭,朱正伟,李茂国.成果导向:从认证理念到教学模式[J]. 中国大学教学,2017(6):77-82.
WANG J X, ZHU Z W, LI M G. Outcome oriented: from certification concept to teaching mode[J]. China University Teaching, 2017(6): 77-82. (in Chinese)
- [10] 潘小青,叶会亮,罗飞. OBE理念下的物理实验课程教学设计与评价[J]. 江西理工大学学报,2022,43(5):81-85.
PAN X Q, YE H L, LUO F. Teaching design and evaluation of physics experiment course under OBE concept[J]. Journal of Jiangxi University of Science and Technology, 2022, 43(5): 81-85. (in Chinese)
- [11] 刘溪涓,张雪萍.基于工程问题求解全流程的思维能力的培养初探[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估),2022(1):55-57.
LIU X J, ZHANG X P. Preliminary exploration of cultivating thinking ability based on the entire process of solving engineering problems[J]. Heilongjiang Education (Higher Educational Research and Evaluation), 2022 (1): 55-57. (in Chinese)
- [12] 郭永春.新工科课程体系中的工程设计思维[J]. 高等工程教育研究,2021(1):39-43,55.
GUO Y C. Engineering design thinking in the new engineering curriculum system[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2021(1):39-43, 55. (in Chinese)
- [13] 王章豹,朱华炳.面向新工科人才培养的工程文化教育的内涵、意义和路径[J]. 中国大学教学,2020(8):14-18.
WANG Z B, ZHU H B. The connotation, significance, and path of engineering culture education for the cultivation of new engineering talents[J]. China University Teaching, 2020(8): 14-18. (in Chinese)

(上接第 83 页)

- [2] 梅竹虚,原源,周峰,等.基于 Julia 加速的射频大地电磁法正演模拟与位移电流作用研究[J]. 煤田地质与勘探,2023,51(3):153-168.
MEI Z X, YUAN Y, ZHOU F, et al. Forward modeling of radio-magnetotelluric method based on Julia acceleration and study on effect of displacement current[J]. Coal Geology & Exploration, 2023, 51(3): 153-168. (in Chinese)
- [3] 廖明杰,王浩磊,张镭. Julia 编程语言在材料模拟中的应用[J]. 数值计算与计算机应用,2021,42(1):71-79.
LIAO M J, WANG H L, Zhang L. The application of Julia language to material simulation[J]. Journal on Numerical Methods and Computer Applications, 2021, 42(1): 71-79. (in Chinese)
- [4] 杜炳毅,徐岩.势垒隧穿含时演化的 Julia 数值模拟[J]. 物理与工程,2022,32(3):21-25.
DU B Y, XU Y. Numerical calculation of quantum tunneling based on Julia [J]. Physics and Engineering, 2022, 32(3): 21-25. (in Chinese)
- [5] 曾谨言.量子力学卷 I [M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2013.
ZENG J Y. Quantum mechanics volume I [M]. 5th ed. Beijing: Science Press, 2013. (in Chinese)
- [6] 王汉权,成蓉华.微分方程数值方法——有限差分法[M]. 北京: 科学出版社, 2020.
WANG H Q, CHENG R H. Numerical methods for differential equations—Finite difference method [M]. Beijing: Science Press, 2020. (in Chinese)
- [7] 王烈衡,许学军.有限元方法的数学基础[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
WANG L H, XU X J. Mathematical basis of finite element method[M]. Beijing: Science Press, 2004. (in Chinese)
- [8] GEUZAINEL C, REMACLE J. Gmsh: A 3-D finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities[J]. Int. J. Numer. Meth. Engng, 2009, 79: 1309-1331.