

无锡太湖学院 学报

Journal of Wuxi Taihu University

2021年3月15日出版 Published on March 15, 2022



主 管：无锡太湖学院

主 办：无锡太湖学院

编辑出版：无锡太湖学院学报编辑部

地 址：江苏省无锡市钱荣路68号
无锡太湖学院学报编辑部

邮 编：214064

电 话：0510-85500093

电子邮箱：gjs@wxu.edu.cn

Administrated by Wuxi Taihu University

Sponsored by Wuxi Taihu University

Edited and published by Editorial Department of Journal of Wuxi
Taihu University

Address: 68 Qianrong Road, Wuxi, Jiangsu, China

Postcode: 214064

Tel: 0510-85500093

Website: gjs@wxu.edu.cn



无锡太湖学院学报

2022 第一期

无锡太湖学院

Journal of Wuxi Taihu University

学报

2022

第1期

自强不息 经世致用

无锡太湖学院

Journal of Wuxi Taihu University

学报

编辑委员会

顾 问：徐从才

主 任：金秋萍 李廉水

副 主 任：金 成 丁 涛 陈鹏飞 阙明坤

委 员：惠 晶 袁惠新 于安林 孔玉生 唐建荣 肖 辉

张秋平 蒋 勇 周鸣鸣 董志强 周志平 朱中伟

郑 斌 赵移山 吴学林 邹山花 王朝忠 刘文社

薛德祥

学报编辑部

主 编：金 成 阙明坤

副 主 编：许 松 张 乐

编 辑：康亚华 倪 涛

校 对：朱姝潼 洪叶子

设计制作：陈 镭



■党建思政

- “课程思政”理念指导下的贝叶斯公式教学 李广玉,田 研(01)
- 大学生树立正确幸福观对高校思想政治工作的意义 谢旭燕,吕金泽,吕秀斌(05)

■应用型人才培养

- 基于企业需求视域的会计专业人才就业竞争力培养路径研究 刘 亚(07)

■教育教学改革

- 基于“互联网+”的大学英语翻转课堂教学效果实验研究 刘 荔,齐丽红(10)
- 应用型本科院校青年教师信息化教学能力现状及发展研究 翟文清,高网芹(14)

■文学与艺术

- 可视化动画在新闻报道中的应用分析 刘 兴,陈 玮(18)
- 中国译学研究的诗意哲思构式 包通法,喻旭东(21)

■经济管理研究

- 新冠肺炎疫情对我国经济影响的评估:基于 GTAP 模型的实证
..... 朱启荣,孙明松,杨伟东(28)
- 资本市场对外开放能够促进企业创新吗?
——基于“沪港通”交易制度的经验证据 朱 琳,伊志宏(36)

■新工科研究

- 采用分数阶临界阻尼控制律的动力吸振器研究 陈炎冬,陈 宁,徐 俊(50)
- 3D 打印 CNTs/TC4 复合材料微观结构及摩擦学性能研究
..... 白亚雯,刘志超,程智明等(58)
- 咖啡胶囊铝箔焊接设备设计与仿真 丁劲锋,徐晓佐,徐 江(63)

■生命健康研究

- 2 次克隆转基因山羊的重构胚发育分析 宋绍征,陆 睿,张 婷等(71)

■ 党建思政

“课程思政”理念指导下的贝叶斯公式教学

李广玉¹, 田 研²

(无锡太湖学院, 江苏 无锡 214000)

摘要:秉承“课程思政”理念,打破传统观念,活学活用,结合学生特点编制适合题目,逐步从旧知识,过渡到新知识,加深对贝叶斯公式的理解及运用。从大学生恋爱到工作再到人际关系,进行价值引领。真正的优化教学内容,提升教学实效,增加课程解释力,提升课堂吸引力,充分发挥思想政治教育与课程的学科对话和理论引导。

关键词:课程思政;贝叶斯公式;概率树

Bayes Formula Teaching under the Guidance of the Idea of Course Ideology and Politics

LI Guangyu¹, TIAN Yan²

(Wuxi Taihu Lake College, Wuxi 214000, Jiangsu, China)

Abstract: Adhering to the concept of “ideological and political course”, we explored to break the traditional concept, to learn actively by doing things at the same time, with the combination of the characteristics of students to prepare for the suitable topics. In this way, we gradually shifted from the old knowledge to new knowledge, deepened the understanding and application of Bayes formula. The topics ranged from college students' love and work to interpersonal relationships, to value leadership. Real optimization of the teaching content can enhance the effectiveness of teaching, increase the explanatory power of the curriculum, add the attractiveness of the classroom, and give full play of the ideological and political education as well as the curriculum subject matter dialogue and theoretical guidance.

Key words: curriculum politics; Bayes Formula; probability tree

“课程思政”的核心思想就是要从高等教育的育人本质出发,从国家意识形态战略高度出发,抓住课程这个载体,充分发挥课堂教学在育人中主渠道作用,着力将教书育人落实于课堂教学的主渠道中。“课程思政”理念下的大学数学教学,不仅让学生能用数学来分析问题、解决问题,更重要的是挖掘数学知识背后的育人功能。“课程思政”理念是始终贯穿课程的,但是要根据实际情况进行设计,不是每个教

学内容都适合融入,对于可以开展“课程思政”的课堂也不一定都浓墨重彩,而应详略得当。恰到好处的引发思考就好,每一堂课都进行“课程思政”容易产生疲劳厌烦情绪。因此,有时可进行课程内容相关的“课程思政”,有时只是学习方法、态度、时间管理方面的,有时是课后进行的。总之,“课程思政”要讲时机、讲方法,贝叶斯公式非常适合进行“课程思政”教学内容。贝叶斯公式的引入方式通常有以下几种:其

作者简介:李广玉(1979-),女,黑龙江齐齐哈尔人,副教授,硕士,研究方向为随机微分方程及其应用、大学数学教育。

基金项目:江苏省高校哲学社会科学研究一般项目(2019SJA0807)。

一,复习条件概率,乘法公式和全概率公式,然后启发引导出贝叶斯公式^[1]。其二,通过简单实例,引入贝叶斯公式,如摸出红色球,问是哪个箱子的,或者是出现次品问是哪个工厂生产的传统题目^[2]。其三,以趣味性、知识性、应用性等角度引入、阐述贝叶斯公式^[3]。纵观文献资料,未见到从“课程思政”角度进行的课程设计。

1 贝叶斯公式教学设计背景及思路

贝叶斯公式是《概率论与数理统计》课程的教学内容,通常是在《高等数学》后大二开设的课程,此时学生已适应大学生活,初步的大学计划目标已确定,生活进入正轨,除了正常的学习和社团活动外,大学生谈恋爱现象越来越普遍,恋爱观是人生价值观的重要组成部分,如果能引导学生追求爱情的同时注重提升自己,将更好的自己呈现出来。当学生有更高的追求目标,能更理性看待恋爱时,就不容易被不良思潮影响,能在恋爱生活中勇敢而谦恭,自制而真诚。用贝叶斯公式去理性的分析恋爱,是一个自我审视的过程,可以帮助找到自己的不足,提升获得幸福恋爱的概率,进而转向工作就业的问题上,面对心仪的公司,如何能更好的争取到理想的工作岗位,一样需要查缺补漏,弥补自己的短板,从而提高竞争力以更大的概率去获得职位,更进一步,工作关系中如果遇到“众口烁金”的情况又该如何看待?可见,“课程思政”理念指导下的贝叶斯公式教学是全方位从恋爱、工作、生活方面进行积极的引导。课程最后讲一个传统的假阳性问题,加深贝叶斯公式的理解及应用,然后拓展贝叶斯公式的用途。

2 贝叶斯公式教学实践

引例:恋爱表白失败什么原因?怎么办?上次课我们学习了全概率公式,可以简单看成“由原因推结果”的概率求解方法,有同学回去后做了一个大胆的恋爱尝试,他把恋爱目标通常最看重的三个方面作为一个完备组,设 $A_1=\{\text{相貌}\}$, $A_2=\{\text{品行}\}$, $A_3=\{\text{家境}\}$,并且主观赋予概率分别为 $1/4,1/2,1/4$,再设 $B=\{\text{恋爱表白成功}\}$,根据经验设

$$P(B|A_1)=0.7, P(B|A_2)=0.5,$$

$$P(B|A_3)=0.4,$$

然后利用全概率公式,计算出恋爱表白的概率

为

$$P(B)=\sum_{i=1}^3 P(A_i) \cdot P(B|A_i)=\frac{1}{4} \times 0.7 + \frac{1}{2} \times 0.5 + \frac{1}{4} \times 0.4 = 0.575$$

概率虽然不高,但是超过一半,于是采取行动去表白,结果表白失败,问我什么原因?怎么办?我们来帮他分析。

分析:首先,失败的概率 $P(\bar{B})=1-0.575=0.425$ 对失败这个结果刚才的三个方面的原因各自要负多大的责任呢?到底是相貌不占优势,还是品行不过关,还是家境减分了?也就是求条件概率,比如另外两个一样可以计算,谁的概率大,谁负的责任就大,由条件概率公式,乘法公式,全概率公式经过计算

$$P(A_2|\bar{B})=\frac{P(A_2\bar{B})}{P(\bar{B})}=\frac{P(A_2) \cdot P(\bar{B}|A_2)}{1-P(B)}=\frac{\frac{1}{2} \times 0.5}{0.425}=0.588$$

品行方面的原因所占概率较大,上面的公式就是贝叶斯公式,只需用到条件概率、乘法公式和全概率公式,分母是全概率公式,分子是分母的一部分。此时可给出贝叶斯公式完整的严格的叙述,已知结果,求产生结果的原因概率,可帮助寻找产生结果的最可能原因。然后回到第二个问题上,表白失败了怎么办?从贝叶斯公式的结果出发,当然是想办法提升自己的品行方面,也就是提高自身修养,做有责任心、善良、追求上进的青年,展现出大学生的精神等,使概率增加,当然还可以从相貌上注意,改善自己的仪表、气质、谈吐,或者从自己的工作就业方面改善家境情况。就业也一样,对于自己心仪的公司,理想的职位,对照用人单位的专业、敬业、忠诚度等标准,逐步改进自己,就可以更大概率接近自己的工作目标。这个例题容易理解,而且同学一定印象深刻,会自动复习,引例所解决的问题是“由结果推原因”的概率计算方法,引导学生为了达到理想的恋爱、工作目标,需要不断完善和提高自己的,可以起到一种激励作用。接下来用贝叶斯公式解释生活谚语,拓展学生思维,了解生活中的智慧。

例1:生活中你有没有过这样的经历:不被身边的人理解,受人排挤,但是深信自己的对的,真理掌握在少数人手中的感觉,比如寝室的室友或者班级的同学,认为你有点不合群,有点格格不入,而你觉得是“别人笑我太痴癫,我笑别人看不穿”这样的过程是复杂的,有点痛苦的,因为“三人成虎,人言可

畏”。

假设事件A本身可信的概率为0.2,现有10个人,相互独立,若每人说谎的概率为0.4,传到第十个人时,认为事件A可信度是多少呢?

解:记 A_i ={第i个人说A可信}, ($i=1,2,\dots,10$), 则

$$P(A)=0.2, P(\bar{A})=0.8, P(A_i | \bar{A})=0.4$$

$$P(A_i | A)=0.6,$$

利用贝叶斯公式, 当在第一个人说A可信后,A的可信度可修正为

$$P(A | A_1) = \frac{P(A)P(A_1 | A)}{P(A)P(A_1 | A) + P(\bar{A})P(A_1 | \bar{A})}$$

$$= \frac{0.2 \times 0.6}{0.2 \times 0.6 + 0.8 \times 0.4} = 0.27$$

当第2个人说A可信后,A的可信度又进一步修正为

$$P(A | A_1 A_2) = \frac{P(A)P(A_1 A_2 | A)}{P(A)P(A_1 A_2 | A) + P(\bar{A})P(A_1 A_2 | \bar{A})}$$

$$= \frac{0.2 \times 0.6^2}{0.2 \times 0.6^2 + 0.8 \times 0.4^2} = 0.36$$

以此类推, 当第10个人说A可信后,A的可信度又进一步修正为0.9351, 接近于1, 也说明这10个人很有可能都说了真话,A确实是可信的^[4]。但是不要忘记前提条件是假设10个人相互独立的。通常所遇到的情况往往相反, 一般都是周围有某些利益关系, 或者共同目的相近心理的人, 并可不是独立的, 而是众口同声, 不要被吓倒, 要坚持自己的信念, 不违背意愿, 不降低节操, 不妥协于不正之风, 相信公道自在人心。要判断众人说的真假, 关键看评论的人是否相互独立, 要理性分析, 辨别真假, 做个有智慧的人。如果学生感兴趣还可以讨论一个例子, 为什么找工作的时候要笔试、面试, 面试还可能有一面、二面, 其实也是个逐步判定你是否真的适合这份工作的过程。

例2:(假阳性问题) 某地区患有癌症的人占0.005, 患者对一种试验反应是阳性的概率为0.95, 正常人对这种试验反应是阴性的概率为0.98, 现抽查一人, 试验反应是阳性, 问此人是癌症患者的概率有多大?

解: 记 A_1 ={抽查的人患有癌症}, A_2 ={抽查的人没有癌症}, B ={实验结果是阳性}, 可画概率树图来帮助

分析(见图1), 理清关系。

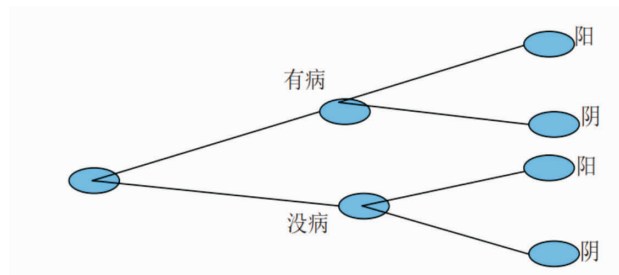


图1 概率树图

$$P(A_1 | B) = \frac{P(A_1 B)}{P(B)} = \frac{P(A_1)P(B | A_1)}{\sum_{i=1}^2 P(A_i)P(B | A_i)}$$

$$= \frac{0.1972 \times 0.95}{0.1972 \times 0.95 + 0.8078 \times 0.02} = 0.9189$$

$$P(A_1 | B) = \frac{P(A_1 B)}{P(B)} = \frac{P(A_1)P(B | A_1)}{\sum_{i=1}^2 P(A_i)P(B | A_i)}$$

$$= \frac{0.005 \times 0.95}{0.005 \times 0.95 + 0.995 \times 0.02} = 0.1927$$

$$\frac{1}{1 + \frac{0.005 \times 0.95}{0.995 \times 0.02}} = \frac{1}{1 + \frac{0.995}{0.95} \times \frac{0.02}{0.005}} \approx \frac{1}{1 + 1 \times \frac{0.02}{0.005}}$$

用贝叶斯公式计算的结果为0.1927, 概率很小, 那么这种试验对于诊断一个人是否患有癌症有无意义? 检出阳性是否一定患有癌症? 当然是有意义的, 因为 $0.1927 \div 0.005 = 38.54$, 说明提高了38倍。但是检出阳性不一定患有癌症, 这要求理性分析, 通过复查就可以进一步确定, 此时 $P(A_1) = 0.1927$, 重复上面的算法, 新的可见, 复查呈阳性, 那么基本可以确诊为患有这种癌症。原来的 $P(A_1|B)$ 小的原因是 $P(A_1) = 0.005$ 太小, 因为可看出为什么人们喜欢找有经验的医生。所谓“假阳性”, 即阳性结果完全不足以说明病人得病。其实医院在确诊前不会只做一种或一次检查, 还会辅以其他指标, 如心电图、脑CT、胸透等, 有时结合计算机综合诊疗。

以上例子都是加强原有结果即先验概率, 事实上, 也可以减弱先验概率, 比如“狼来了”故事, 以及贝叶斯本人的生平事迹等。后来的学者依据贝叶斯公式的思想发展了一整套统计推断方法, 叫“贝叶斯”统计, 它建立在主观判断的基础上, 可以不需要客观证据, 先估计一个值, 然后根据实际结果不断修

正。可见贝叶斯公式的影响,它已在疾病诊断、安全监控、质量控制、安全部门的招募、药剂检测等方面发挥着重要作用。

综上,“课程思政”需要逐步开展,进行贝叶斯公式这样的专题研究,充分发挥和体现课程的育人功能和教师的育人责任。“课程思政”的有效进行,还需提升教师的德育意识和能力及自身的德育水平,这样才能融会贯通,否则例子用不好会显得牵强,甚至错误。

参考文献

- [1] 姜琴,朱晖,冯军词.贝叶斯公式的教学设计[J].课程教育研究,2018(31):128.
- [2] 徐彬.关于贝叶斯公式的教学设计与实践[J].学科探索,2017(5):51-52.
- [3] 刘国祥,杨永霞.基于应用型人才培养模式下的贝叶斯公式教学[J].赤峰学院学报(自然科学版),2015(31):227-229.
- [4] 王君.贝叶斯公式应用教学的一种新设计[J].新疆师范大学学报(自然科学版),2011(30):71-74.

大学生树立正确幸福观对高校思想政治工作的意义

谢旭燕¹, 吕金泽², 吕秀斌²

(1.无锡太湖学院会计学院, 江苏 无锡 214064; 2.江南大学环境与土木工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘要:高校思想政治工作是大学生思想政治教育的主渠道,是促进大学生自由全面发展的主阵地。感悟和追寻幸福是教育的内在之义。帮助当代大学生树立科学幸福观,是促进大学生全面健康发展的有效方法。

关键词:正确幸福观;思想政治;全面发展

大学生树立正确幸福观的目的是分清幸福的现象和本质,分清需要的性质和结构功能,认识并遵循幸福的客观规律,掌握幸福的衡量方法,实现自我认知、真实自我与理想自我的统一,消除拜金主义、享乐主义和极端个人主义等形形色色错误思潮的消极影响,只有树立起一个合乎自然规律的、健康和諧的、积极进取的科学幸福观,才能成为德才兼备、全面发展的人才。大学生树立正确幸福观的现实意义有以下几个方面:

一、有利于切实提高大学生的幸福水平

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上指出:“思想政治工作从根本上说是做人的工作,必须围绕学生、关照学生、服务学生,不断提高学生思想水平、政治觉悟、道德品质、文化素养,让学生成为德才兼备、全面发展的人才。”幸福学是研究人类幸福的本质、规律,指导人们获得更多幸福的应用性学科。帮助大学生树立正确幸福观就是要在阐明幸福原理的基础上,教给大学生一套衡量个人幸福的方法,使他们客观地评估自己的幸福指数,全面系统地认识自己之所以幸福或者不幸福的原因,并且一目了然地知道自己的短板和改进方向。这样做会非常

有效地强化大学生的自我保健意识,使他们养成良好的生活习惯,不断提高他们的健康水平;会非常有效地强化大学生的和谐意识,使他们更加看重亲情、注重友情、珍视爱情,更加谦虚谨慎,尊敬师长,处理好各种人际关系;会非常有效地强化大学生的责任意识 and 利他精神,使他们更愿意刻苦学习,更加积极进取,为他人和社会多作贡献。不仅如此,还会产生良性循环的社会引导作用和关联效应,使大学生更好地平衡个人、家庭和学校三者间的关系。

二、有利于高校把立德树人的根本任务落到实处

当前大学生道德建设必须回答这样的问题:我为什么要遵守道德?遵守道德我能得到更多的幸福吗?一些人不遵守道德不也能获得金钱、享受快乐吗?如果这些问题不能得到令人信服的回答,道德建设的难题就难以破解。我们之所以要讲仁爱、讲孝道、讲礼仪、讲诚信,是因为它们确实是幸福的源泉、根本、保障和基石;我们之所以要友善而不作恶,是因为善与幸福、恶与痛苦之间存在着必然的因果关系。大学生只有懂得了这一点,才会从思想根源和根本动机上愿意做善事而不愿意做恶事。如此,道德教

作者简介:谢旭燕(1990-),女,无锡太湖学院讲师,研究方向:应用经济、环境经济研究。

基金项目:无锡太湖学院2019年度高教研究课题“基于行动学习的高校教师教育技术能力发展研究”(B-2019014)的阶段性成果。

育就不再是抽象空洞的说教,而是大学生自我实现和全面发展的行动指南。幸福的知识是美德形成的条件,美德是实现幸福的途径,幸福是知识和美德的目的。高校只有融入幸福学教育,才能把立德树人的根本任务落到实处。

三、有利于高校创建平安校园

由于家长和教师对有关幸福的知识普遍了解不多,加上应试教育的弊端,学生在进入大学后,虽然已经长大成人,但他们并不知道人生的终极意义,也不知道幸福的本质,更没有形成正确的价值判断准则。他们或多或少地会受到社会上日益盛行的拜金主义、享乐主义、极端个人主义的影响。部分大学生不知感恩、不知礼让、不知改过,不守纪律、自私自恋、狭隘嫉妒,从而使得与同学之间、与老师之间矛盾冲突不断。曾经轰动全国的“复旦投毒案”凶手林森浩是这样反思的:“当我还在自由世界里的時候,我在思想上是无家可归的。没有价值观,没有原则,无所坚守,无所拒绝。要成为一个什么样的人,对我而言,是很不清晰的。这迷茫与想要有所改变的内心诉求成了我身上最主要的矛盾。”探究各种校园治安案件发生的根本原因,多与不知道幸福的本质、不知道人生的终极目的、心灵无处安放有关,与不知道自己应当成为一个什么样的人有关。

树立正确的幸福观,就是要让大学生把幸福的具体表现形态与幸福的本质区别开来,把合理需要与非合理需要区别开来,把生存需要、情感需要和成就需要区别开来,看到终极目的,明白做一个什么样的人才是真正的幸福者。这样,他们就不会轻易犯一叶障目不见泰山的错误,眼前就不再是一团迷雾,生活就不再是一座迷宫。就不会无所坚守、无所拒绝,也不会随波逐流、随风飘荡,更不会产生害人害己的念头,这样校园治安案件就会大幅度下降。

四、有利于大学生明辨大是大非,维护社会和谐稳定

党的十八大以来,我国社会治理受到高度重视,民意表达、矛盾化解等工作机制逐步完善。但是,各种考验更加严峻,各种危险更加尖锐地摆在我们面前。随着我国改革开放的不断推进,在思想领域出现

了各种纷繁复杂的社会思潮,这些思潮中既有积极向上的社会思潮,如爱国主义思潮;也有消极反动的社会思潮,如民主社会主义思潮、新自由主义思潮、消费主义思潮等。它们相互碰撞、相互影响,并且渗透到各个领域,已对我国的社会生活和社会发展造成严重的冲击和影响,对大学生的思想产生了不可小觑的影响,成为危及社会和谐稳定的隐患。

树立正确幸福观,就是要让大学生认清幸福的本质,不仅学会算个人和家庭幸福的小账,还要学会算全国人民幸福的大账。使大学生懂得国民幸福总量的最大化是政治的最高原则。制度好不好,最高的判断依据是人民幸福指数的高低,是社会幸福总量的大小,是真正的幸福者占国民总数的比例。改革是实现公共治理、科学执政、民主执政、依法执政的正确选择;要使大学生懂得,封闭僵化的老路和不考虑时机、条件、方法、步骤而盲目照搬西方模式,必然会中断中国人民的幸福梦,甚至完全摧毁已经获得的幸福成果,使中国人民再度陷入痛苦深渊。这样一来,大学生就不会盲从,他们的爱国热情就会建立在深刻的理性认识的基础上,就会成为人民幸福梦的积极践行者和社会和谐稳定的坚定维护者。

总之,树立正确幸福观既是紧扣为人民谋幸福的时代主题,又充分体现了立德树人和以人为本的教育理念,使社会主义核心价值观教育更接地气。高校应站在学生的角度,为学生着想,使他们真正明白幸福的科学内涵和规律,客观地发现并改正自己的缺点和不足,逐步成为真正的幸福者。

参考文献

- [1] 荆蕙兰,董雷.论高校开展“不忘初心、牢记使命”主题教育的时代价值与实践逻辑[J].内蒙古统战理论研究,2021(02):39-44.
- [2] 吕秀斌.论幸福[J].宁夏社会科学,2009(02):138-142.
- [3] 柴于博.浅析高校思想政治理论课中大学生的幸福观教育[J].长江丛刊,2021(07):195-196.
- [4] 舒练,崔健.建构幸福高校思想政治理论课的三维审思[J].学术探索,2021(02):144-151.
- [5] 张锦涛.自我实现视野下高校学生的心理幸福感建构探究[J].科学咨询(教育科研),2021(02):99-100.
- [6] 王东维,杨豆豆.高校思想政治教育提升大学生幸福感的内在逻辑和实施路径[J].教育评论,2020(12):68-74.

■ 党建思政

基于企业需求视域的会计专业人才培养路径研究

刘 亚

(无锡太湖学院, 江苏 无锡 214064)

摘要:经济新常态下,现代企业制度的不断完善与广泛普及催生了对会计专业人才的客观需求。但随着市场经济制度的持续优化、就业竞争的日趋激烈以及人才综合素养的持续提升,企业对于会计专业人才的要求也日趋严格,探索提升会计专业人才培养路径已经成为当前人才培养领域的重要课题之一。本文基于经济新常态的宏观和微观背景,探究了提升会计专业人才培养路径,结论显示:经济新常态下,必须注重会计专业人才职业道德素养培育、加速会计专业人才培养体系持续完善、强化会计专业人才复合能力的培养。

关键词:经济新常态;会计专业人才;就业竞争力;培养路径

随着我国市场经济的持续发展,我国各类企业的发展也日趋规范,无论是国有企业还是民营企业都逐步建立起规范的现代企业管理制度,由此衍生了大量的会计人才需求。经济新常态下,我国经济结构、增速及驱动都发生了极大的变化,我国会计人才供求状况开始出现失衡,会计专业人才就业出现结构性供求矛盾。一方面,优质的综合型会计人才非常稀缺,大量企业缺乏能给予企业管理赋能的优质财会人才,尤其是上市公司,由于对会计规范性要求较高,专业化的会计人才成为其规范自身财务管理工作的关键支撑点;另一方面,由于初级会计人才的培育门槛较低,每年会计专业毕业生数量不断创新高,叠加高校会计专业人才培养方案相对滞后,造成大量基础性会计人才难以匹配满意的工作岗位,就业压力逐年增大,这无疑给企业与高校均带来了极大的压力。鉴于此,笔者立足高校对会计专业人才的培育,探究如何提升会计专业人才在就业市场的竞争力,以期对我国会计人才培育和推动我国企业规范化运营有所裨益。

一、经济新常态下会计专业人才培养路径的内涵剖析

为了更加科学、全面、精准地分析经济新常态下提升会计专业人才培养路径,本文首先对会计专业人才培养路径的内涵进行剖析,探究在当前市场环境下,什么样的会计专业人才能获得市场和企业的青睐?基于当前会计专业的培育特征及企业对会计专业人才的需求要素,笔者从会计专业人才的道德素养、实践能力、复合素养三个层面进行分析论述,具体如下。

1、市场优胜劣汰与企业竞争加剧共存,会计专业人才需强化“道德素养”

过硬的职业道德素养是会计专业人才必备的素养,也是最为基础但极其重要的素质。经济新常态背景下,各类市场主体(尤其是企业)在发展过程中面临诸多风险,其中不易发现并容易对市场主体造成重大损失的就是会计领域相关岗位。因此,职业道德素养是会计专业核心竞争力的重要内涵的基础

作者简介:刘亚(1993-),女,汉族,江苏无锡人,硕士,助教,研究方向:财务会计。

训练。众所周知,会计专业人才在市场经济规范化运行中起着至关重要的作用,会计专业人才的职业道德品质直接影响到会计信息的真实性、可靠性、精准性,继而对企业经营、管理及产业发展与投资产生极大的影响。从实践来看,近年来部分企业频频出现会计信息失真、会计信用下降等问题,这充分说明了会计人员职业道德素养培育的重要性。必须明确的是,会计职业道德不仅仅是强调会计人员要诚实、守信、严格遵守相关制度法规,而且还包括会计从业人员必须拥有过硬的技能,良好的心理素养及岗位的责任感,这是会计专业人才职业道德素养的重要内涵。

2、制度持续完善与企业发展迭代共进,会计专业人才需善于“持续迭代”

改革开放以来,我国经济取得了巨大发展,各类企业的业务类型、规模及综合实力也实现了跨越式发展。在这个过程中,我国的市场经济制度也在持续完善,尤其是会计制度,更是在不断地适应市场经济发展的客观需求中持续完善与优化。并且,企业面临的会计形式、竞争格局也在不断变化。因此,在经济新常态背景下,会计专业人才必须是具备能快速适应市场新规则的优秀人才,其知识体系必须不断地被完善,以期满足市场及企业对专业会计人才专业性的客观要求。例如,为加速会计准则的国际趋同,并不断完善我国会计制度的不足,明确相关会计准则要求与细节,我国在会计制度上进行了持续的迭代更新,会计专业人才必须了然于心,进而能适应企业的客观需求。

3、科技迭代加速与专业应用交叉并行,会计专业人才需具有“复合素养”

随着科技的持续发展,科技对传统行业的赋能已经成为常态,各学科的交叉应用现象越来越普遍,会计领域也不例外。经济新常态下,会计专业领域的应用工具、手段、方式、思维、路径均发生了翻天覆地的变化,以人工智能技术为代表的科技对于传统各行业、各岗位的影响也在加速显现,会计领域也难以例外。譬如,目前人工智能对于基础会计岗位的替代在不断加速,目前国际著名的会计师事务所都普遍开始采用人工智能工具来逐步替代基础性会计工作和岗位,从而实现了工作效率的提升和工作失误的减少。在此背景下,会计人员的专业性体现在其具有

多元化、跨学科的复合专业背景与技能背景。同时,在思维、技能上,会计专业人才都具有多元性,以满足竞争压力日益增大,且经营环境日渐复杂的市场主体需求。

二、经济新常态下提升会计专业人才就业竞争力的培养路径

基于前文的理论分析,本文从经济新常态的背景下,重点探究高校应该如何通过培育方案的优化和培训方式的迭代来提升会计专业人才的就业竞争力,具体从会计人才道德素养培育,专业能力塑造及复合能力构建三个层面进行开展。

1、立德树人,注重会计专业人才职业道德素养培育

注重会计专业人才职业道德素养培育是经济新常态下提升会计专业人才就业竞争力的基础性举措。第一,在会计专业人才培养的过程中,要把会计职业道德建设放在首位,让每一位会计专业人才都对制度有敬畏心,尊重规则,严守底线,从而为会计专业人才在就业市场上站稳脚跟奠定扎实的道德品质基础;第二,在会计专业人才培养的过程中,对于会计人员职业道德的培育必须要立足新方式、新方法、新内容,不能简单地采取枯燥的理论教育,照本宣科,这样不仅难以提升会计从业人员的道德素质,而且还会使得会计专业人才对于道德规范内容的轻视。建议培育单位要多采取案例教学,以强烈的事业心、责任感和高度负责的精神来推动会计专业人才的道德职业、道德规范培育工作,要明确爱岗敬业、熟悉法规、客观公正、廉洁奉公、搞好服务、保密守信等六大基本要求。

2、与时俱进,加速会计专业人才培养体系持续完善

加速会计专业人才培养体系持续完善是经济新常态下提升会计专业人才就业竞争力的关键性举措。首先,要加速会计专业人才培养体系的持续迭代,这是适应我国市场经济飞速发展及会计制度不断完善的客观需求与必要举措。高校对于会计专业人才的会计理论准则教学,要基于会计实务工作中各项规章制度的变化而变化,要将理论与实务相结合,主动引导学生去熟悉新的规章制度,举一反三,不断提升会计专业人才的实务操作能力与职场适应

能力;其次,要基于会计专业人才的个体特征和优势,引导会计专业人才去制定职业规划,避免走弯路,不断地提升自身的专业性;再者,要鼓励会计专业人才探索管理会计的应用,熟悉管理会计的基本方法、框架及工具,从而满足企业对于管理会计人才的客观需求。

3、技术赋能,强化会计专业人才复合能力的培养

强化会计专业人才复合能力的培养是经济新常态下提升会计专业人才就业竞争力的重要补充性策略。会计专业人才的复合能力是多维度、多层次、多方向的综合性表达,复合能力既包括复合的知识、复合的技巧、复合的思维,还包括复合的视野。复合型的人才最直接的特征就是能有效地应对学科交叉知识的融合、应用及技术集成,能熟悉新技术、新工具、新环境,从而为企业适应市场竞争提供有力的保障。鉴于此,对于会计专业人才的培育必须要重视对其进行多学科能力的培养,鼓励学生多学习跨学科的知识,并且要为其提供必要的学习平台和条件。

三、结语

经济新常态背景下探索会计专业人才就业竞争力的提升不仅仅是高校会计专业人才培养的必然趋势与重要使命,同时也是满足市场经济环境下各类企业对高素质会计专业人才需求的客观需求。展望未来,随着经济结构的加速升级、经济驱动的持续转

化及经济增速的逐步换挡,职业道德素质过硬、综合应用能力突出、多元复合技能强悍的高素质人才将成为就业市场中的“香饽饽”,必然是各类企业竞相争夺的优势资源。因此,高校会计专业人才的培育必须坚持并扎实实施立德树人、与时俱进及技术赋能这三大路径,最终为企业的发展提供一批守道德、有技能、善实战的综合化会计人才队伍,全面赋能企业的高效、稳健、可持续发展。

参考文献

- [1] 许丽,会计专业学生就业竞争力影响因素及对策[J].现代企业,2017(5):69-70.
- [2] 蒋翠,张永杰.新形势下会计专业就业现状探讨[J].山东纺织经济,2018(9):8-10.
- [3] 叶会,会计就业面临的挑战及提高就业竞争力的突围之道[J].科教导刊(上旬刊),2013(4):148-150.
- [4] 刘湘,提升会计专业本科学生就业竞争力的研究——基于在校会计学生和企业需求的调查 [J]. 企业科技与发展, 2020(1):194-197,200.
- [5] 刘慧凤,姜苏娉,我国会计教育研究文献评述——基于比较研究视角[J].会计研究,2015(6):80-86,97.
- [6] 李鸿奎,新形势下会计专业就业现状探讨[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2019(12):83-84.
- [7] 宋亚伟,独立学院会计专业学生就业竞争力提升研究[J].中国集体经济,2019(34):113-115.
- [8] 朱婷,提高会计专业毕业生就业竞争力分析[J].现代营销(经营版),2020(4):12-13.

■ 教育教学改革

基于“互联网+”的大学英语翻转课堂教学效果实验研究

刘 荔¹, 齐丽红²

(无锡太湖学院, 江苏 无锡 214064)

摘要:“互联网+”教学模式下的“翻转课堂”是新时代发展的产物,它推动了高校教育的创新与转型。针对无锡太湖学院大学英语教学现状,对“互联网+”背景下我校大学英语翻转课堂教学效果进行了实验研究,以期推进现代教育技术与课堂教学的深度融合,提升课堂教学效果。

关键词:“互联网+”;“翻转课堂”;英语教学;效果探究

Research on Effects of “the Flipped Classroom” in College English Teaching Based on “Internet+”

LIU Li¹, QI Lihong²

(School of Foreign Languages, Wuxi Taihu University Wuxi Jiangsu 214064)

Abstract: “The Flipped Classroom” is a product of the development of the new era under the “Internet +” teaching mode, which promotes the innovation and transformation of college education. This article studies the effects of “the Flipped Classroom” teaching model in our college English teaching under the background of “Internet+”. It discusses the current status and analyzes the role of flipped classrooms on college English teaching. Based on this, some suggestions and effect evaluations are put forward to effectively build a college English flipped classroom teaching mode based on “Internet+”.

Key words: “Internet+”; “the Flipped Classroom”; English teaching; effect exploration

在现代教育技术飞速发展的背景下,“互联网+”、“人工智能+教育”的教育模式受到了人们的广泛关注,它打破了传统单一的教学方式,实现了线上与线下学习的紧密结合。近年来,我校翻转课堂开始逐渐被应用到大学英语教学中去,线上、线下结合的教学模式重新定义了大学英语课堂。现阶段,我校大学英语翻转课堂教学还存在一定的不足,如何充分发挥“互联网+”的技术优势,切实提高大学英语翻转

课堂教学成效,值得我们进一步探讨。

一、我校大学英语教学现状

(一)过度依赖多媒体技术

随着现代教育技术的飞速发展,各高校形成了线上与线下结合的教学模式,尤其是创设模块化教学,切实推进了大学英语教学创新发展。但从目前我校的大学英语教学现状来看,部分教师过度依赖多

作者简介:刘荔(1963-),女,吉林省吉林市人,无锡太湖学院副教授,主要从事大学英语教学方面的研究。

基金项目:无锡太湖学院2018年校级教改重点课题(JGY2018014)。

媒体教学。一方面,教师将授课内容全部呈现在多媒体上,而多媒体技术的应用并未发挥现代教育技术的作用,缺乏师生互动与交流。另一方面,部分教师为了应用而应用,偏离了课堂教学的核心目标,将所有的教学内容都借助多媒体手段,未充分考虑教学内容的实际情况,为了减少麻烦而一味地使用或过多依赖多媒体,也为学生带来了不良影响,如:注意力不集中、不做笔记等^[1,2,3]。

(二)创新与技能存在差距

由于慕课、超星等线上课堂受到了各高校的青睐,线上与线下结合的教学模式得到了广泛应用。在享受现代教育技术便利的同时,教师承担的责任更多,过去基本的电脑操作及制作课件的能力已不能满足当前教学模式的需要,多种线上课堂都需要教师具备录课的能力,其中涉及做动画设计、导入课外超链接、课后习题检测等内容,都需要教师熟练地掌握现代教育技术^[4]。部分老教师无论在心态还是学习能力方面,都存在一定的不足,导致线上与线下结合的教学模式仅仅流于形式。

(三)教学理念落后

传统的教学理念是以应试教育为主。如何帮助学生通过四、六级考试,成为教师英语教学的重要目标,导致部分教师在教学中主要是针对四、六级的考点进行备课与教学。这种只为应对考试的教学理念,往往忽略了学生英语的实际运用能力。所以,就算学生通过了四、六级考试也只是会应试而不是会真正地运用^[5,6]。因此,针对以上情况,我们将基于“互联网+”翻转课堂引入大学英语教学课堂。

二、大学英语教学中引入翻转课堂模式的作用

翻转课堂主要是指对课堂内外的时间进行新的调整与分配,学生可以利用互联网进行提前的学习,或是利用互联网与同学进行及时的讨论,学生的时间安排将会更加灵活^[7,8,9]。同时,教师也可以利用线上学习的模式对知识点进行讲解。结合大学英语课堂教学效果来看,翻转课堂的作用主要体现在以下几个方面。

(一)转变教师角色

相对传统的英语教学模式中教师常常扮演主导者的角色,在翻转课堂的教学模式之下,教师不再是

单一的指令发出者,而是学生学习的指引者。在教学中,教师为学生指出相应的学习内容,引导学生学习,给予学生充分的权力。同时,师生间的沟通也进一步提高了学生学习兴趣。当学生英语学习出现问题时,教师能够进行准确的指导,帮助学生解决学习难点,使学生创新思维能力得到了锻炼。

(二)突出学生主体地位

以学生为中心的课堂能有效增强学生学习能力,尤其是自主学习能力、独立学习能力以及自主思考习惯三部分,这也是翻转课堂教学明确要求的內容。在教学过程中,我们除了注意对学生的基础知识进行把控,还进行针对性的教学,以达到提升学生的学习能力目的。同时鼓励学生利用多媒体现代技术进行辅助学习,使学生通过多样化的途径获取学习资源,从而养成课前预习、自主探究的良好习惯。

三、基于“互联网+”的大学英语翻转课堂教学模式的研究实验

(一)研究目的

影响学生英语自主学习过程因素为学生自身内因与外部介入的外因。本研究通过调研问卷和软件数据分析结合模式,研究在相同外因条件下学生成绩与翻转课堂之间的关系。本研究有如下假设:(1)翻转课堂学习与学生英语学习成绩相关;(2)内因(自信心、学习动机等)有助于学习者英语成绩提高;(3)外因(教师教导、团队互助等)与学生英语成绩相关。

(二)研究方法

笔者与课题组成员以问卷调查的方式先了解研究对象的情况。研究问卷调查是封闭式问卷,主要调查信息:学生的个人情况、学生自主学习的动机、学生的学习归因、学生的自我效能感、学生的学习焦虑度、学生的学习态度、学生合作学习的情况、学生自主学习意识培养等。

设计李克特量表问卷调查太湖学院艺术学院学生。本次问卷调查发出300份,收回157份,实际有效问卷126份,其中女生82份,男生45份。首先对126名问卷调查学生入学英语考试分数进行分析,如图1所示。

本研究中有效问卷调查对象入学英语考试中成绩分数如图2所示。从分布来看,呈较为明显的正态分布。将本次调查对象平均分为80.135,其他统计量

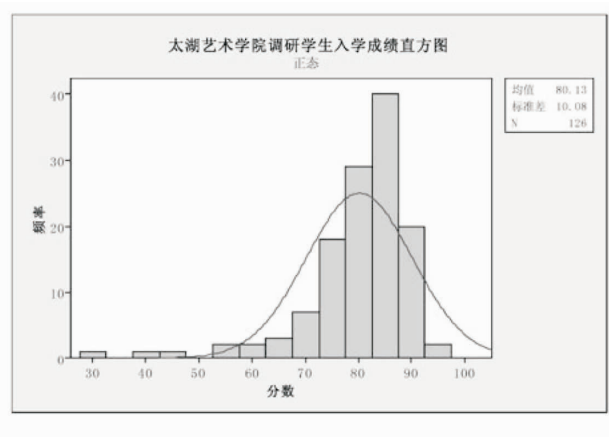


图1 太湖艺术学院调研学生入学成绩直方图

如图2所示,最小值为28,最高值94,中位数为82。95%均值置信区间为78.358~81.912,95%中位数置信区间为81%~84%标准差置信区间为8.971~11.506为了较为明显地看到后续自主学习对学生学习效果的相关性,笔者将82~94分数段选取40名学生作为高分组,另外在60~82分选取40名作为低分组作为调研对象,其余日常学习均无差异。

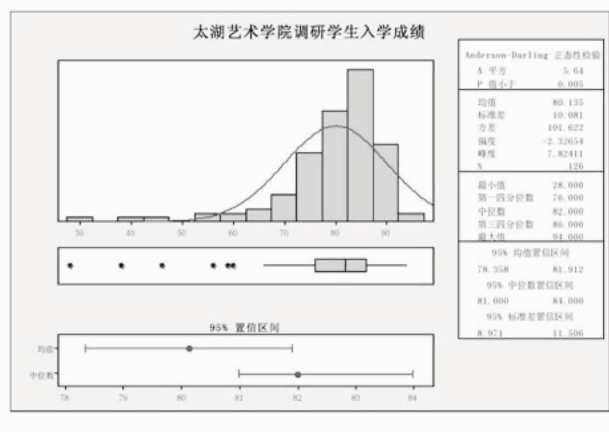


图2 太湖艺术学院调研学生入学成绩正态性检验图

(三)研究过程

基于“互联网+”的大学英语翻转课堂教学设计,先学后教,课上师生角色互换,对于课前预习的难、疑点,学生开动大脑去思考问题、探究知识,然后给出自己的答案,最后教师给予解答。这不但突出了学生的主体性地位,还及时地进行解惑和评价,提升了课堂教学效率。

1. 自主在线预习

(1)熟读课文,在平台上观看预习视频,结合视频,熟悉课文结构和主旨大意。并在平台上回答与课

文内容相关的问题。

(2)结合课文语境,基于平台预习词汇表中所有单词和词组(除专有名词以外)。完成平台上的相关习题。

(3)课前在QQ群中完成投票,选出你认为需要在课堂上进行讲解的词汇。

2. 线上练习和智能批阅

结合课堂教学任务设计相应的练习,学生在网络平台完成练习并提交作业,调用智能评阅系统进行机评,实现智能批改练习,从而提高练习反馈效率,如在大学英语写作教学中IWrite智能评阅系统的应用等。

3. 小组讨论并完善任务

基于线上练习,依据翻转课堂设计,先学后教,课上师生角色互换。学生以小组为单位或随机的形式进行互评探讨,对于重难点,学生发挥同伴互评的作用,结合互评量表充分保障互评有效性。既突出了学生的主体性地位,又及时地进行释疑解惑,提升了课堂教学效果。

4. 课后信息反馈

基于平台监测学生完成进度和掌握程度,实现精细化学情管理,并根据学生正确率为下一节课的备课做调整。学生如有问题,教师进行线上评价,并做出相应的反馈。

5. 及时评价

学生自我评价,让学生能根据教师的评价或他人的评价,客观地看待存在的不足,进而不断反思,从而完善翻转课堂考评机制,让学生在师生、个人及生生地促成步骤后,实现个人产出,从而提高英语学习效率。

(四)研究成果

研究对象同一个老师指导,没有中途放弃或者退出。期末由指导老师进行出题,题目难度与入学考试难度相近,题量相当,考试时间相等,观察两次考试结果,研究翻转课堂学生学习与考试成绩的相关性。

表1中看到两次考试高分组学生成绩提高明显,再由上表2中得,无论是整体均分还是个人分数,都有较大幅度提高,高分组学生翻转课堂学习后效果较好,皮尔逊相关性达到了0.953,接近上限,正相关性显著。

表1 高分组两次考试描述统计

	个案数	最小值	最大值	平均值	标准差
高分组1	40	82.00	94.00	90.3250	4.58754
高分组2	40	86.00	98.00	93.5250	14.88931
有效个案数(成列)	40				

表2 高分组两次考试描述统计

		高分组1	高分组2
高分组1	皮尔逊相关性	1	.953**
	显著性(双尾)		.001
	个案数	40	40
高分组2	皮尔逊相关性	.953	1
	显著性(双尾)	.001	
	个案数	40	40

注:**在0.01级别(双尾),相关性显著。

表3中看到两次考试低分组学生成绩提高同样明显,再由表4可得,无论是整体均分还是个人分数,都有较大幅度提高,低分组学生翻转课堂学习后效果较好,正相关性显著。

表3 低分组两次考试描述统计

	个案数	最小值	最大值	平均值	标准差
低分组1	40	60.00	82.00	63.3250	4.18754
低分组2	40	64.00	90.00	71.5250	9.88931
有效个案数(成列)	40				

表4 低分组两次考试描述统计

		高分组1	高分组2
低分组1	皮尔逊相关性	1	.960**
	显著性(双尾)		.001
	个案数	40	40
低分组2	皮尔逊相关性	.960**	1
	显著性(双尾)	.001	
	个案数	40	40

注:**在0.01级别(双尾),相关性显著。

四、总结与反思

上述的实践和研究表明,基于“互联网+”的翻转课堂教学,不但提高了大学英语课堂教学效果,激发

了学生的学习兴趣,同时也提升了学生学习效率。

2020年国家新出台的高校培养计划着重强调了“人工智能+X”复合发展模式,“互联网+”“人工智能”技术的应用,为线上、线下结合的课堂教学创设了良好的环境,同时也为创新大学英语翻转课堂提供了新的方向。在“互联网+”背景下,我们希望通过不断反思与总结,找到我们在大学英语翻转课堂方面存在的不足;通过汲取信息技术与教育融合创新发展的经验,打造我校智能教学及管理一体化模式,围绕教学内容、教学设计以及学生学习成果等方面进行反思,总结出线上授课存在的优缺点,从而不断地优化教学方案。其次,鼓励学生畅所欲言,从而及时了解学生实际学习情况,以此积累经验,结合人工智能技术,不断优化升级教学方式方法,发挥先进技术的优势,科学地做到扬长避短,有效提升教学效果,使我校的大学英语教学再上新台阶^[10]。

参考文献

- [1] 孙宇.论“互联网+教育”背景下大学英语翻转课堂教学模式构建[J].江西电力职业技术学院学报,2019(4):46-47.
- [2] 付思,马俊.基于“互联网+”的大学英语翻转课堂教学效果研究[J].黑龙江教育学院学报,2018(11):39-41.
- [3] 高原.互联网+背景下的大学英语翻转课堂教学研究[J].黑龙江科学,2018(2):140-141.
- [4] 廖淑梅.“互联网教育”背景下大学英语翻转课堂教学模式构建[J].佳木斯职业学院学报,2016(7):360-363.
- [5] 叶玲,章国英.“互联网+”时代大学英语翻转课堂的研究与实践[J].外语电化教学,2017(6):3-9.
- [6] 杨祖丽.互联网背景下大学英语翻译混合式教学策略研究[J].外语教育与翻译发展创新研究,2020,9(6):311-313.
- [7] 雷隽博.基于MOOC的大学英语翻转课堂教学模式探究[J].黑龙江教育学院学报,2019,38(8):139-141.
- [8] 于霞,梁琦兰.利用在线MOOC资源开展无机化学课程理实共建混合式教学探索——以北华大学应用化学专业为例[J].吉林化工学院学报,2020(8):39-43.
- [9] 曾文斯.“互联网+”背景下英语专业学生“双创”能力培养路径[J].吉林化工学院学报,2019(12):34-37.
- [10] 林天英.“互联网+”时代大学英语课程与思想政治教育融合教育研究[J].湖北开放职业学院学报,2020(16):34-37.

应用型本科院校青年教师信息化教学能力 现状及发展研究

翟文清¹, 高网芹²

(无锡太湖学院, 江苏 无锡 214064)

摘要:在课堂中运用信息化技术已经成为教育的发展趋势之一。在高校教学课堂中,信息化技术不仅是辅助教学手段之一,而且成为教学中的重要组成部分,教师的信息化教学能力也成为了考核其能力的重要因素之一。该文主要探讨了应用型本科院校青年教师教学能力现状及发展。

关键词:应用型本科院校;青年教师;信息化教学能力

Research on the Current Situation and Development of Young Teachers' Information Teaching Ability in Application-oriented Universities

ZHAI Wenqing¹, GAO Wangqin²

(Wuxi Taihu University, Wuxi Jiangsu 214064)

Abstract: The use of information technology in the classroom has become one of the development trends of education. In the teaching classroom of colleges and universities, information technology is not only one of the auxiliary teaching means, but also an important part of teaching. The information teaching ability of teachers has also become one of the important factors to assess their ability. This paper mainly discusses the current situation and development of young teachers' teaching ability in application-oriented universities.

Key words: Applied undergraduate colleges; Young teachers; Information teaching ability

教育改革已经成为大势所趋,在“互联网+”的时代背景下,在各大高校的教学课堂中也开始广泛的使用信息技术,在对教师进行考核的过程中,青年教师的信息化教学能力也成为考核的重要内容之一,可以说在课堂中运用信息化技术可以为学生带来全新的教学体验。

1 在课堂中运用信息化教学方式的意义

采用信息化教学方式传统教学课堂注入了新

的活力,具有十分重要的意义,这主要体现在以下几个方面。

1.1 优化课堂教学

由于学生的学习能力以及专业素养存在着一定的差异,需要进行分层教学,信息化教学为分层教学提供了新的路径。利用信息技术进行教学时,可以将较为简单的知识或某些教学活动发放于课前进行,从而优化了课堂教学结构,提升了课堂教学效率^[1]。

1.2 提升学习效果

作者简介:翟文清(1992-),女,江苏盐城人,硕士研究生,助教,研究方向:建筑设计。

基金项目:无锡太湖学院2019年高教研究课题《应用型本科青年教师发展与教学能力提升研究》。

在教学课堂中运用信息技术可以提升学生的学习效果,针对学生的不足进行有针对性地提高。学生可以在课后利用教师提供的课件或微课复习课堂知识,较为薄弱的环节需要重点复习,在这一过程中学生将会获得全新的学习体验,有针对性地提高对知识点的掌握程度。除此之外,信息技术将会为课堂注入新的教学活力,激发学生的学习兴趣以及学习动力,从而帮助学生更好地理解相关知识,从而提升学生自主学习的能力以及综合运用知识的能力^[2]。

1.3 激发学习兴趣

由于部分专业课的知识枯燥难懂,学生们在课堂中常常会出现注意力分散、缺乏兴趣等现象。在教学课堂中利用信息技术的教学形式将会有效地唤回学生的注意力,学生也会通过新颖的课堂模式激发学习专业知识的兴趣和热情,从而提高课堂的整体教学效果。

1.4 尊重学生差异教学

由于学生的智力因素、文化课基础等都有所不同,因此,他们在开始进行大学阶段的学习时会有着不同的知识结构。当教师采用统一的教学方法时,就会出现部分学生已经掌握这部分知识从而降低了学习积极性,部分学生从未接触过这部分内容,无法较好的理解相关知识点,从而失去了学习的兴趣。因此教师就需要根据学生的差异采用不同的教学方法,从而达到促进各层次学生发展的目的^[3]。

2 教师运用信息化教学遵循的原则

教师在运用信息化教学时需要遵循因材施教以及主体性原则。

因材施教是指教师在进行信息化教学过程中需要密切关注学生的变化,了解学生的知识水平和能力差异,并根据学生的掌握情况及时调整教学计划,从而使学生能够较好地进行学习活动^[4]。

教师在进行信息化教学时需要遵循主体性原则,主体性原则是在教学过程中以学生为主体。教师需要认识到教学对象是全体学生,并不能只关注成绩较好的学生,接受并正确认识学生间存在的差异性,从而使学生在学习知识的过程中形成发现问题、解决问题的能力,最终达到预期的培养目标^[5]。

信息化教学模式对青年教师的教学能力提出了更高要求,要适应现代化的教学模式,教师应从教学

理念、授课水平、工作态度与兴趣爱好等方面全方位提升自身的职业素养与专业技能,积极适应信息化、现代化社会发展对人才培养的客观要求^[6]。对于现阶段乃至未来的高校教学来说,对信息化技术的充分利用必然是核心的教学手段之一,无论是教师还是学生,均可以便捷地利用信息平台查找并搜集所需的信息资源与学习资料,与此同时,在课堂教学环境中引入信息化技术还能够立体化的授课环境,打造生动灵活的教学内容,进而有效地激发学生的学习热情,促进课堂教学实效性的大幅提升^[7]。

3 教师信息化教学能力的现状

受传统教学观念影响,很多教师在上课时较少运用信息技术,采用传统的教学模式,从而导致部分教师的信息化教学能力出现不足,这主要体现在以下几个方面。

3.1 滥用多媒体,讲授方式缺少直接化

教育部在推行教育改革措施的初衷是好的,但这些措施下放到实际课堂却出现了许多出乎意料的现象。如“自主性学习”“探究性学习”教育理念的提出是为了减少学生的压抑性,促进学生思维具有开拓性,调动学生学习的积极性,但是在很多课堂中教师把主动权完全交给了学生,自己在课堂上并没有起到一个积极的引导作用,从而导致了课程秩序混乱学习效率低下^[8]。多媒体在课堂中应当起到的是一个辅助性的作用,但是有些教师上课只会通过多媒体播放图音影,和学生之间缺少互动甚至自己一节课都没有说过几句话,达不到应有的教学效果。

更为灵活地设计教学内容、丰富教学资源与课堂学习内容是运用信息化教学手段的主要目的与优势所在,但若是教师对信息化手段过于依赖,只是单纯地依托其完成既定的教学目标,则难以达到想要的教学效果,对学生学习能力的提升无法起到更好的辅助作用^[9]。通过分析与观察当前大部分高校课堂教学对信息化技术的实际应用情况可以发现,其实际使用范围与利用模式依然存在一定的局限性,即教师有时仅仅利用其展示课件,或演示相关的教学视频,作为整节课堂教学的引入阶段,这一现象对信息化教学手段在课堂环境中的高效运用带来了一定影响,对教师的自我能力的发展与教学实践的深入具有不同程度的制约作用^[10]。

3.2 教师缺乏设计教学资源的精力

虽然说慕课、微课等教学形式已经出现,但是大部分教师都没有充分利用这种新型信息化教学资源。大部分教师都初步形成了信息化教学资源,但是很多教师都没有足够的精力制作微课,从而使得信息技术与课程教学资源没有得到充分地结合^[11]。这说明尽管信息化教学理念已经逐渐渗透到了高校教学活动中,但教师对这种授课理念的认知程度还不足,因而没有足够的动力去思考信息化技术在课堂教学环境中的高效运用方法。要想实现课程教学与信息化教学手段的有机结合,教师需要对这一教学方法予以深入研究,构建完善可行的相应教学体系,进而提升自身对信息教学技术的掌握能力^[12]。

3.3 信息化教育理念存在不足

信息化教学已经成为青年教师必备的一项技能,在课堂中信息化教学包括微课、视频以及教学课件等多方面内容,其丰富了课堂教学内容,能够激发学生的学习兴趣帮助学生更好地理解教学内容。但是,在实际的教学课堂中,使用范围主要是PPT,其他的信息化技术使用的并不广泛^[11]。与此同时,这也说明高等学校应对信息化教学手段的引入与应用提高重视,针对教师群体开设相关的专项技术培训活动,构建相应的激励机制,引导教师积极主动地研究并利用信息化教学法,避免对现代信息技术的应用长期处于浅层发展阶段,实现其与课堂教学的深度融合。

3.4 教学中忽略了动态管理

教师在设计教学内容的过程中需要对学生进行分层并依据教学大纲,设立不同的教学目标,但是教师往往会按照成绩较好的学生制订计划、确定教学目标、进行授课,忽略了各层次学生的动态发展过程,疏于对学生的动态管理,不利于激励学生上进。教师在设计信息化教学课堂内容时,要认识到教学主体是存在差异性的全体学生,并且这些差异会随着时间的推移而改变。因此,教师在上课时需要了解全体学生掌握知识的情况,并不能只关注某一小部分学生,教师要指导不同层次的学生学好相关知识,不断提升各层次学生学习能力,从而促进学生的全面发展^[12]。

4 信息化教学能力的发展途径

高校、教师可以从以下几个方面提升信息化教

学能力。

4.1 加强教师信息化教学能力的培训

首先,教师需要学习制作课件、信息化教学设计以及微课等信息化技术教学技能。其次,教师需要及时了解前沿科学的发展。因此,高校需要定期组织全体教师进行系统化培训,培训内容包括信息化教学技能、课堂教学等多方面内容,从而提升青年教师信息化教学技能,使得教师成为信息化时代背景下的复合型人才^[13]。

与此同时,学校可以结合自身的发展情况与实际需求,组建基础信息化服务部门,以完善与提升信息化技术应用效果为核心,科学规划校园内网络建设,为教师开展信息化课堂教学提供充分保障。在针对教师开展信息化教学技能培训时,应切实了解其实际学习需求,不仅应注重其对理论知识层面的了解与把握,更应引导其学会信息技术的使用方法,依照系统化的培训教育体系全方位提升教师的现代化教学水平,为其提供参与各类学术会议的良好学习机会。

4.2 营造信息化教学氛围

良好的教学氛围可以有效地提高教学效果。高校可以有意识地在校园内营造信息化教学氛围。例如,将信息化教学效果作为教师考核效果之一,定期举办研讨会,青年教师可以在研讨会中讨论、交流教学内容以及信息化运用等方面内容,从而在讨论、交流中获得提高。除此之外,教师还可以与学生进行沟通,了解学生对信息化教学的建议,从而使信息化教学课堂与学生的需求更加相符。

4.3 强化青年教师自主学习能力

信息化技术已经在生活中得到了广泛的运用,在教学课堂中也不例外。教师在提升信息化教学能力的过程中不能只依赖于校内培训,教师需要自主学习信息化技能,以便能够在教学课堂中运用信息化技术。除此之外,教师还学要在信息化教学的过程中,不断提高自己的信息化技能并强化实践运用能力,以便为学生带来更好的教学体验^[14]。

4.4 提高教师的信息化教学水平

开展信息化教学工作有利于帮助学生学习知识,获取相关技能,使学生在日常生活中培养良好的学习习惯。因此这就要求教师不断提高自己的信息化教学水平。

例如,教师可以在日常生活中学习多媒体技术、视频技术等方面的信息技术,不断提高自己的专业水平和教学设计水平,并将信息技术和专业知识有机的融合在一起,为学生提供具有良好体验的网络课程。

5 结语

信息化技术为人们的生产生活带来了诸多便利,也给青年教师的课堂教学提出了更高的要求。这就要求教师及时了解前沿技术,发现自己在信息化教学能力中存在的不足并及时进行改进,从而为学生带来更好的教学体验。

参考文献

- [1] 谷华菩.应用型本科院校青年教师信息化教学能力现状及发展研究[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2019(9):84-85.
- [2] 李天龙,马力.高校青年教师信息化教学能力发展现状与对策研究——以西安地区高校为例[J].现代教育技术,2013,23(6):34-37.
- [3] 李静,郑自辉. On the Development Strategy of Application-oriented University Teachers Information Teaching Ability[J].科教导刊,2014(5):55-56,73.
- [4] 梁维意,李秋阳.“互联网+”时代地方本科高校有效提升青年教师教学能力的途径[J].中国管理信息化,2018,21(1):199-201.
- [5] 凤鹏飞.新建民办应用型本科院校师资队伍建设的探讨——以安徽三联学院为例分析[J].赤峰学院学报:自然科学版,2012(21):230-231.
- [6] 周琬馨.应用型大学教师教学能力评价体系研究[D].厦门:厦门大学,2017.
- [7] 杨哲.新建本科高校青年教师信息化教学能力发展现状与对策探讨——以陕西高校为例[J].中国教育信息化,2015(14):61-64.
- [8] 张蕾,董恩国,何睿可.应用型本科院校教师专业能力研究[J].天津职业技术师范大学学报,2018,28(4):47-51.
- [9] 张琛,燕姣,潘峰.应用型本科院校青年教师教学能力提升策略研究[J].教育现代化,2019,6(A4):122-124.
- [10] 魏丹丹,邱乐兴,江婕.职业院校青年教师信息化教学能力发展调查研究——以江西科技师范大学为例[J].科技广场,2012(10):176-180.
- [11] 李文静,马秀峰.新世纪以来我国职业教育教师专业发展研究透视——基于CNKI的文献计量分析[J].职教论坛,2020(3):69-76.
- [12] 常直杨.高职青年教师信息化教学能力研究[J].西部素质教育,2017,3(16):134-135,142.
- [13] 徐学敏.高职院校青年教师信息化教学能力发展现状研究——以常州某高职院校为例[J].南昌教育学院学报,2017,32(5):76-78,87.
- [14] 赵呈领,陈智慧,邢楠,等.职业院校教师信息化教学能力现状调查分析与模型建构的启示[J].工业和信息化教育,2015(8):8-14.

■文学与艺术

可视化动画在新闻报道中的应用分析

刘兴¹, 陈玮²

(无锡太湖学院, 江苏 无锡 214064)

摘要:新闻报道可视化传播已然成为时下流行的趋势。可视化动画能通过强大的叙事能力和视觉美感,利用简单却意义丰富的表现手法将宣传者内在的、抽象的思想或情绪进行具体展现,以直观、生动、高效的表达方式迎合当代人心理。这种传播方式不仅改变了传统观看习惯,而且能使人在信息社会中获得更广泛的认知。

关键词:动态图形;新闻报道;新闻可视化;应用价值

如今,新闻报道的可视化传播已然成为时下流行趋势,与二维平面可视化如图表、图形、标注、动效等相结合的可视化新闻,以其简洁、高效的传播效果在新闻可视化表达中占据一席之地。本文所探讨的可视化动画简称MG动画,近年来被广泛应用于电视、PC端、移动端等媒体平台。由于MG动画具有简洁、直观、大气、符号性强等优势与特点,因此迅速受到广泛关注,在广告宣传、H5页面推广、交互动效设计、影视宣传等领域均有应用。

一、MG动画在新闻报道中的应用范畴

最适合使用MG动画来报道的新闻类型主要有以下几种:一是数据新闻报道,即需要将数据可视化展现的新闻报道;二是解释性新闻报道,属于深度报道的一种,适合使用以解释功能见长的MG动画来表现;三是新闻评论,即利用MG动画的表现张力对新闻评论的观点立场及情感倾向进行表达。

鉴于MG动画的特性,并非所有新闻都适合用MG动画来报道,在实际应用中避免使用MG动画的新闻有以下几种。一是严肃新闻报道,如关于国内国际政治新闻事件的严肃官方报道,不宜使用明快时尚的MG动画,但可以使用MG动画来评论或解读。二

是突发型紧急新闻报道,如地震、台风等自然灾害以及突然爆发的恐怖袭击等,不适宜用时效性较差的MG动画进行报道。三是过于简短的新闻报道。由于MG动画容纳信息量较大,一些一句话新闻并不适合使用MG动画来报道,但可以将数条简短直白的新闻合在一起通过MG动画呈现,或使用MG动效制作而成的GIF图片来辅助说明新闻涉及的内容。

二、MG动画新闻报道的具体制作流程

基于新闻报道的MG动画,其主线与核心必然来自新闻报道本身,因此在制作动画前,要将所表达的新闻主要内容进行精简和提炼,形成剧本,再根据剧本估算大体要制作多长时间的视频,以及要做多少分镜头,如何配动画的台词等,最终形成一个具体的制作思路,确定动画整体的制作基调。事先确定旁白的好处在于,可以根据配音的时间长短、台词节奏来安排画面,否则可能会出现画面和配音不搭的情况。音乐的功能与旁白一样,也可以根据音乐的节奏、旋律高低起伏等来安排画面。

分镜头与动画调试是制作流程中最重要的一环,每个分镜头都应该是画面当中完整的一个镜头,包含各个要素和图形,因此在制作时需要考虑以下

作者简介:刘兴,男,汉族,黑龙江哈尔滨人,硕士,讲师。研究方向:招贴图形设计。

基金项目:江苏高校哲学社会科学研究基金(专题)项目“体育赛事形象如何提升城市形象的研究——以视觉形象为例(2018SJA1949)”

几点:一是在数据可视化,需选择合适的静态信息图或动态信息图配合展示,确保数据与图像等意替换;二是使用合适的图形动态与分镜,以还原新闻本身的事实;三是准确且高效地活用图形变换技巧来扩大表现的张力,增强说服力。在MG动画主体完成后便可添加音效与背景音乐,虽然背景音乐在MG动画中没有过多实际作用,但可表达整个作品的情绪基调,因此大部分MG动画都会选择活泼、欢快、跳跃的旋律作为背景音乐。

三、MG动画的信息传播优势

1.化无为有

在传统新闻报道中,如果需要用画面呈现事实,我们通常会选择摄像机等设备实拍现场。实拍现场画面虽然具有还原客观事实的优点,但对已经发生或未发生事件的过程未能做到如实呈现。而MG动画是一系列动态变化的图形集合,在叙事和解释方面见长,因此在内容表达上不仅弥补了抽象化元素带来的缺憾,还能提高信息表达的精准性。运用MG动画的主观想象力,可以突破时空限制,还原已经发生的事实,设想未来的图景,还可通过原理演示对难以拍摄的画面进行再现,给受众带来更加直观的视觉体验。

2.化繁为简

MG动画在传播中属于对原始信息的二次加工,因此在选择传播信息时要对原始信息进行筛选,通过对事件的整体把握,将烦琐、宏观、复杂的事件及概念进行系统归纳与整合,从报道侧重角度上进行精简处理,为受众带来简洁直观、脉络清晰、逻辑流畅而又不失内在意义和思考深度的观看体验。

3.化抽象为具象

一些侧重于交互体验的MG动画,可通过H5、JavaScript等技术在PC端和移动端后台操作制成,不带任何倾向地还原事实,让受众根据个人需求有选择性地了解。因此,MG动画成为连接抽象客观事实与受众理解力之间的桥梁,综合利用图形、动效等处理方法,把客观事实转换成为人们更易理解的信息,不仅提升了新闻的传播效率,也增强了新闻的可信度。

由于3D画面传递的信息比2D画面更多,在2D动画无法表达的情况下,MG动画亦可使用Cinema 4D

软件制作3D立体视觉动态图形动画,通常称为“3D合成”。3D合成能使平面图形动画表现出立体动画效果,表达需要以360度视角观察的信息。

4.信息传递高质高效

由于MG动画使用电脑软件制作,因此MG动画可作为视频的后处理手段对重要信息进行特效处理,以凸显重点,吸引受众的注意力,提高受众的理解力。如在对一些社会现象的报道中,MG动画凭借张力较强的画面表现力及多种表达方式,不仅将平淡无奇的故事讲得引人入胜,还将复杂深刻的道理说得通俗易懂,给受众带来轻松愉悦的视听体验,这比单一的文字、图片或声音传播更具交互性。

5.丰富的交互选择

MG动画在新媒体平台新闻应用上更具优势。新媒体的去中心化传播使受众不再被动地接收信息,而是根据个人兴趣与需要主动搜索信息。新媒体通常利用编程语言对数据新闻进行可视化开发,受众可自主点击与选择可视化产品内容,在整个信息接收过程中保持主动性。

6.逻辑清晰,说服力强

MG动画制作有一条清晰的逻辑线,特别是在复杂数据的提取整合上更能体现其理性的取舍,从一个话题过渡到另一个话题,其间每个图形、文字、背景甚至转场方式都不是无意义的堆砌,而是连贯性非常强的动画形式。以天猫“双11”购物节宣传视频为例,天猫利用MG动画展示过去数年的数据,虽然画面跳跃繁杂,但始终围绕宣传话题,使用合适的图形符号表达大量数据,配以幽默的台词和音效传达更多的信息,以抓住受众心理,使传播结果更具针对性。

四、MG动画是实现新闻可视化的重要途径

1.可视化发展的需求

MG动画是实现新闻可视化的一个重要手段。在表现方面,MG动画不仅能通过点、线、面的结合表达各式各样的内容,还能利用3D技术制作立体图表来更清晰直观地辅助数据报道,如越来越多的新闻媒体网站出现Infographic新闻。Infographic通常被称为“图说新闻”“图解新闻”“新闻一图流”等,主要使用制图软件PS、AI等绘制而成,因信息量集中而备受欢

迎。但Infographic所包含的信息量小于MG动画,前者是单帧的静态图片,后者是一连串图片与音乐旁白元素的集合。因此在信息的表达广度上,MG动画无疑具有更大潜力。

2.时代发展的需求

随着社会生活节奏的加快,人们早已不满足于接收以文字为主的信息,以视觉为中心的视觉文化符号向传统语言文字符号提出了挑战。传统新闻行业应增强行业活力,以在互联网信息时代取得更好的发展;应积极结合互联网优势,利用各个平台与终端进行传播;加强对新兴技术的应用,如利用“眼球追踪”来争取受众的视觉焦点。MG动画在前端技术的发展助推下,能使新闻报道的形式更加丰富和多元化,如在新媒体报道中加入视频或加载动效,达到出色的交互效果。

3.受众视觉审美的需求

互联网带动了社交媒体的成长,社交媒体反过来促进网络信息文化的传播和发展。随着受众信息需求的增长,普通的文字与声音已经无法满足受众的需求。MG动画的图形、音效、文字等元素也是一种重要符号,制作者通过有意识地排列组合赋予其更深的含义,从而将传者内在的、抽象的思想或情绪进行具体而准确的表达。大众的审美随着物质生活的丰富而相应提升,对视觉文化的审美要求也逐渐提高。MG动画通过令人愉悦的颜色搭配与构图法则,并配以恰到好处的音乐特效,契合受众对视觉审美的要求。

4.新闻传播效率的需求

互联网时代使技术普及与交流的成本降低,MG动画的技术表现力也随之增强,更具艺术性、观赏性和表达张力。图像的真正价值在于传达其他代码无法表达的信息,MG动画通过强大的叙事能力和视觉审美,利用简单却意义丰富的表现手法,让受众在轻松的氛围中思考。在信息接受方面,特色鲜明又幽默的MG动画不容易使受众感觉枯燥乏味,加上背景音乐的辅助,能更有效地传达信息,增强新闻报道的效果。

5.媒体竞争加剧的需求

现代信息社会,新媒体不断涌现,人们获取信息的渠道成倍增长,媒体间的竞争愈演愈烈。新闻媒体

若想在激烈竞争的大环境下持续发展,就必须努力吸收包括可视化技术在内的多种媒介技术和传播手段,不仅要对传统的新闻传播思想、内容、模式进行创新,还要将传统媒体与新兴信息技术相结合,全方位、多层次地满足受众信息需求,提升自身的竞争力。

五、结语

目前,国内的MG动态图形设计产业尚处于起步阶段,由于技术和审美的不足,MG动画新闻报道大多显得稚嫩和简单,缺乏观赏性与吸引力。因此,吸纳、培养优秀的专业技术人员,是保证MG动画新闻报道质量的重要手段。对传统媒体来说,运用动画技术进行新闻报道,还需要从业人员与动画专业技术人员建立良好的合作关系,以更好地发挥技术的作用,提高整个团队的新闻报道水平。



参考文献

- [1] 王申河.动画在电视新闻生产中的价值探讨[J].传媒,2019(8):52-53.
- [2] 向伶俐,刘婧,罗盈.数据新闻动画视频的传播学分析[J].传媒,2018(12):36-38.
- [3] 韩文利.动画新闻创作的新特色——以“一带一路”新闻为例[J].出版广角,2017(17):86-88.
- [4] 严琰.“微时代”的MG动画网络传播[J].传媒,2017(7):78-81.
- [5] 尹兴.动态“图解新闻”的编辑出版与视觉传播[J].编辑之友,2017(5):90-94.

中国译学研究的诗意哲思构式

包通法¹, 喻旭东²

(1.无锡太湖学院, 江南大学, 江苏 无锡 214000; 2.上海大学, 上海 200444)

摘要:本文尝试将翻译所涉及的一般问题,包括中华典籍外译所涉及的问题,纳入中国诗意哲学的义理和问题框架内,提出中国译学研究的知性构式与体系:(1)对事关翻译本身“是”进行中国哲学属性的追问,构建翻译的“道”论,为翻译建构安身立命的家园;(2)在思维方式上以“象思维”为认识基石、以“道象互为”为一般认识范式,建构文本此在象的翻译“知”论;(3)在言语实践层面上,以文本话语为翻译行为本体,在翻译语言转换中强调以形喻神的“器”论,其构式既是科学化的信,又是艺术化的易、异、艺而致一的语言践行,从而构建具有中国诗意文化精神构式和话语形态的翻译学知性体系。

关键词:中国译学研究;诗意哲思构式与体系;象思维

1.问题与概念

在讨论本文所提出的中国译学研究知性构式与体系之前,有必要厘定何谓“天道”概念。中国文化首先是理论假设“天道”的终极性、旨归性,其精神构式是将“天道”嫁接于人事,而认识构式是由常识(经验世界与社会事件)出发,将其置于“象思维”框架内思辨、由心致性而构建的知性体系。这是中国文化精神问题框架、思维构式与体系,同样也是本文中国译学研究的问题框架、思维构式、认识样态与体系。

其次,何谓“知性”?康德(2004:84)认为“知性是思维能力”——即“知性”就是主体对感性对象进行思维,把特殊的没有联系的感性对象加以综合处理,并且联结成为有规律的自然科学知识的一种先天认识能力。而中国先哲们则认为,知性就是把握“物与人”的本性的根本认识。《孟子·尽心上》:“尽其心者,知其性也,知其性则知天矣。”由此可见,西人与国人对于“知性”的内涵界定大相径庭。西人知性是一种与生俱来的认知能力,而我先哲则认为知性不仅具有心知论的意义,更具有道性论的根本性义理。由

此,我们可以这样认为,所谓知性体系“道统”或“学统”就是中国文化与哲学的精神构式与体系。

2.本研究的问题框架

本文就翻译研究的“是”问题进行哲学追问,基于理论假设和知性体系化论证与论述,将翻译这一问题纳入中国诗意哲学的问题框架内,用中国的概念与范畴以及话语建构翻译研究的问题框架、理论假设、术语给予、要素与关系、认识与方法等论证的知性体系,在研究中发展这种自觉意识;并基于此,从我华夏文化的学术资源中汲取学养,以中国“诗意的哲学,哲思的诗学”(胡军玲,2012)——写意认识构式与样态为基础,以“象思维”为认识基石和单位,以“道象互为”为一般认识论范式,以文本话语样态为研究本体,强调以象致思、以形御神,实施求真与求美、理性与人文、科学与艺术、仿真与异化的统一性语言践行,致达“以象致道”的翻译认识构式践行范式,构建“抱朴致一”的中华文化哲思样式和话语形态的译学知性体系,论证翻译的“道性”、诠释翻译的“心知”、建构翻译的“器用”。

作者简介:包通法,无锡太湖学院、江南大学教授,研究领域:翻译哲学;喻旭东,上海大学外国语学院博士研究生,研究领域:翻译理论与实践。

基金项目:江苏省社科应用研究精品工程外语类课题“商务文本译后编辑能力培养研究”(编号:20SWC-38)。

3. 中国诗意哲学的问题框架与知性体系

3.1 中国诗意哲学的问题框架

中国传统哲学是以“善”为主线的哲思和问题框架,因而是人文的、诗意的,虽存在思辨逻辑但是非形式的,因此是诗意哲学。因此,理清中国诗意哲学的问题框架和概念体系、思维构式与样态,对于构建中国翻译学研究学派具有根基性的作用,将有助于建构中国翻译学的问题框架、认识范式、思维构式、概念范畴、价值识度等知性体系和术语群。一般认为,民族文化的深邃处就是她的哲学精神构式范式。因此,我们认为,抓住了中国哲学诗意精神与构式就可以把握其文化知性体系,同时也就把握住了中国译学研究知性体系的来龙去脉。因为中国译论的范畴、概念、价值判断标准和方法诠释皆源于中国传统诗意哲学。

中国诗意哲学知性传统总的问题框架和认识构式可以概括为“天人合一”模态,其范畴和概念至少可分本体范畴属性和关系属性范畴两大类:(1)属本体范畴属性的:如“道与象”“天与人”“有与无”“常与易”“道与器”“乾与坤”“阳与阴”“心与物”“神与形”“性与情”“善与恶”等;(2)属关系属性的:如辩证互为关系性的“体与用”“本与末”“因与果”“虚与实”“一与多”“知与行”“众与害”“动与静”“消与自”“翕(amicable)与辟(break)”等。

综览中国传统诗意哲学知性传统,我们认为,“天”(天道)和“人”(人道)是一对最基本的问题框架和概念,是关于宇宙和人生的最基本的问题与概念,属于“真与善”的形而上问题框架和价值判断,天道谓真、人道是善,天道是准绳、人道是器用。

在“知”的层面上,中国传统哲学不仅关怀自然之真与伪的问题,而且将此嫁接于社会人伦问题,因而又范畴出“体道与私见”“道常与可道”“道与象”“道与器”“无与有”“性与情”“体和用”“一与多”“动与静”“本”和“末”等认识范畴;而由“天”“人”这对基本概念可推演出“情与景”这对属于“美”的问题概念,如“情与景”概念范畴在语言层面上有“象与境”“虚与实”“言与意”“隐与秀”“神韵与风骨”“言志与缘情”等等。那么,由此出发,就可以追问何谓中国诗意哲学的“道论”或曰“常道”了。

3.2 何谓“象思维”

《易经》的“象思维”将人置于“一”的问题框架内实施“天人合一”考量,把天与人、主体与客体置于“一”的框架内一起加以考察,以生命样态的、时空互为、整体一致的思维模式思辨,既反映了致一的求索的构式与识度,又强调认识过程,强调复杂性、时空性,强调此在关系性意义,强调圆融化生,虽体现了某种后现代“去一”、多元、动态的演绎和演异认识模态,但“象思维”关注的既是世界事件的全部,又是世界事件属性范畴意义、事件过程和时空关系意义的“致一”整合和演绎。这样,这个思维构式又为翻译范畴与要素、认知与行为过程、语际转换等复杂关系意义整合提供了一般思维范式。

在中国诗意哲学中,“象思维”对于认识对象的把握在空间维度上是双义的,它既可以指一般“在”(一般意义的存在的属性范畴和义理“象”,就是中国古代道家哲学中常道)的共性(being-in-general),又可以指“在者”的基础或此象(ground-of-being)。中国古代哲学中对于“道”的求索——“道可、道非、常道;名可、名非、常名”(董子竹,2002:10)“有无互证,道象互为”(包通法,2015)的认识样态亦包含这两维度和对这两者的双重肯定,承认“无”是世界存在的一般常态,同时又承认“有”是时空中具体存在者,即“承认复杂性是从简单性中生成演化而来,并不妨碍承认复杂性是世界的基本属性”(吴彤,2000:7)。这给译学提供了问题框架、思维构式和翻译旨归的理论营养钵。

4. 中国译学研究知性构式与体系

基于中国诗意哲学“象思维”构式的翻译学“道论、知论和器论”的知性体系,就是翻译学这一命题中国化构式的内涵和外延,并按中国哲学的问题框架切分为“道论”“知论”和“器论”。必须指出的是,本文所提出的“道论、知论和器论”术语不是笔者为了标新立异,而是因为它们的哲学范畴、认识构式、内涵与体系是基于中国“象思维”诗意哲思的,不同于西学的经验与科学理性的本体论、认识论与方法论的范畴、范式与内涵。

4.1 中国译学研究“道论”

中国诗意哲学所基于的“象思维”——“天人合一、道象互为”整体一致的认识构式和样态,是中国文化的根本性认识范式。道家基于自然之“常道”、儒

家基于伦理“天道”、理学基于“天理”等概念义理而求索“致一”旨归,同时中国诗意哲学又关注天地万物和人世间万事过程性变易和多维关系性义理。但这种关注此在或此在“象”只是认同世界存在演化的复杂过程和现象,并不认为“此在”象的变易是世界意义的根本性,不同于怀特海“实体就是过程,过程就是实体(To be is to become;being is becoming)”(王寅,王天翼,2019:205)、将过程视为本体的认识构式。按照上述中国诗意哲学的问题框架、认识范畴和概念,我们首先将翻译研究的“道论”问题与范畴纳入中国诗意哲学“象思维”认识构式与体系内加以考察。

所谓翻译道论,其一就是以人类一般语言实践这一社会行为作为自己的研究对象,探索先验的价值标准,呈现形而上的终极关怀,求索一般翻译行为的理想标准、规范与旨归。如翻译中“天人合一”命题就是属于翻译道论的根本性命题,讨论翻译中的整体致一旨归与标准、认同文本元意义常量存在的理论承诺以及翻译活动主体的能动范围与额度等,给翻译行为和标准提供了“致一标准”的理论承诺或假设,设立翻译唯一性价值标准和行为规范。在“天人合一”的翻译道论的问题框架内,“天”可以解读为原文的意义常量的规定和假设,如西方本质主义译观认为的那样:“意义是稳定和客观的,……”(宋美华,2019:7)。而“人”可以理解为翻译活动主体及其致达“一”的所涉人文要素,而“合”是翻译主体在言语翻译活动中能动认识、关系整合的过程。“合”在对原作认知上体现为原作者与翻译主体间的“心”有灵犀的心灵契合,也就是作者、译者和读者心神的契合,而“一”则是基于文本意义常量,考量翻译所涉诸多关系而致达重现原作意义常量的最大公约化,包括排除人文社会因素的干扰而“循本译旨”。故“天人合一”问题框架内的翻译研究就是诠释翻译事件中“天与人”“有与无”“道与器”“常与易”“道与象”“意与象”“心与物”“神与形”“性与情”“一与多”“翕(amicable)与辟(break)”等命题,以及致“一”旨归的理论假设与规定。这就为翻译研究构建了一个精神家园,可以消解后现代对翻译标准和文本意义的解构性影响,使翻译研究和翻译实践有据可依、有规可循、有法可判;不仅关怀了翻译行为“致一”的道性承诺,同时又关注了“致一”终极目标的过程性变易、多维要

素和人文情怀。这样,“致一”由多维与人文要素参与构建,呈现有容乃大“一与多”的样态,但多维和人文参与又受制于“致一”,因而呈现出整体关系“天人合一”的中庸和谐样态与旨归。

其二,这种对翻译文本意义道性(文本意义常量)的假设和承诺是为了更系统、更方便地处理个别的、孤立的经验感觉材料,比如字、词、句、章的“义”和“意”处理,文体意义(字辞义、组织义、语法意义、系统义)即言语、意象、辞义、辞意、文气、文势、文脉、情素、风味的处理。文本意义先验道论的给予和认同,使得那些在不同时空和条件下获得的信息,有一个终极旨归和整合的基底。

其三,翻译道论承诺(Daoist commitment)给出和规定的标准是一致的和唯一的(即翻译之“常道”,近似于Logos),而不是多元的。因为翻译中不能把翻译道论的承诺与翻译标准、结果割裂开来,不能把所翻译的文本意义道性的承诺(著者的彼在意义)与译者对经验文本此在意义的获得与处置割裂开来。蒯因曾经提出过一个旗帜性的口号: no entity without identity(没有同一性就没有实体)。(Quine,1969:23)说的是一个实体必须有足以表征自己、以使它足以与他物区分开来的特定的属性(同一性),它才是一个独立自存的实体。如果被翻译的文本不存在意义常量(像后现代解构主义宣示的那样),那么,翻译就失去了基本依据、准则、规范和道德操守。这就是翻译道论承诺的一个基本的、终极标准的合理性,使原文本元意义的存在成为约束翻译中变元和变量的根本值。

其四,基于“象思维”翻译道论有关原文本存在元意义常量的承诺是高于具体的经验翻译文本的,但又存在于所经验的翻译文本的效用之中,成为翻译旨归“一”的一个有效性结构要素。这恰是我们把翻译道论承诺作为翻译知论认识的出发点、目的和归宿;也是翻译道论在某种程度上优于传统经验主义(语文学翻译观)和逻辑实证主义(结构主义的语言学翻译观)和后现代解构(多维度、去中心翻译观如后殖民主义翻译观等)认识样态的根本差异。因为翻译道论是基于“象思维”的时空互为“致一”的认识构式和样态——我们的“象”,既是世界事件的全部,又是世界事件属性范畴意义和时空关系意义整合和演绎的“一”。

基于这种思维构式与样态而实现翻译研究和行为“一”的道性旨归,是翻译自身追求“道常”自身需求,但同时又是翻译的魂魄和精神家园。没有它,翻译将没有本体,没有标准和精神魂魄;没有它,译者和翻译研究者将会变得无家可归,没有了归属。

在翻译语言层面上,基于“天人合一”的翻译价值与规范的先验规定,人在翻译语言行为上,则体现为译语表征样态与原作话语表征样态的自然而致一性的契合。在实现这一目标中,其语言践行就是依据“道法自然”,任何话语表征的牵强附会、生硬僵化皆应在“道法自然”语言践行中得以消解无形。为实现这一翻译价值规范假设,在言语实践上就应关注两个重点:(1)基于原文本的意象;(2)解析出原文本的言辞意义、篇章意义和境界意义,最终致达融“信、易、艺、一”为一体的翻译“化境”旨归。

而在翻译伦理问题框架内,就应思考“天道”与“人欲”“真与伪”“名与实”“知与行”“理与事”“情与景”等等命题归属,即“人欲”(个性化理解、历史理解)必须纳入“天道”的翻译规范内,而不是西方“翻译不是对固有意义的表现,而是对意义的积极创造”这种反本质主义译观的认同(Pym,2014:105),其旨归就是“寻找和恢复”先验意义本质主义观。这样,翻译的道论规定就使我们有充分理由视作者是“主人”,译者的天职就是忠实于原作和原作者,任何译者自己的思想和趋向皆可视为红杏出墙。

4.2 中国译学研究的“知论”

“‘道’即言,派生万物之言。”(王智锋,王和平,2019:41)中国译学知论就是基于中国诗意哲学这一命题与“象思维”认识构式,关注翻译事件发生过程此在意义和人文把握的认识构式而建构的,是时空、人以及情景关系意义的认识构式和样态。世界事件发生过程的易与变是《易经》“象思维”过程意义关注的要旨,是时间维度统辖空间维度思维范式的体现。《易经》“爻变情伪”这一立论与认识构式为翻译知论提供了内涵丰厚的理论营养钵。

何谓“情伪”?楼宇烈先生解释为“情欲、智慧巧诈等”。“由于情欲巧伪而产生变动,这不是万物自然本性的要求”,所表达的是“本体和情欲,本性和愿望相违反”。(楼宇烈,1980:598-599)所谓“情伪”者就是人智,也是人的认识局限。由此可见,基于“象思维”的中国诗意哲学在关注事与物的变易过程意义

时,总是不断警惕人智的讹释,认识到人自身在把握世界事件的不足和局限。

故《易经》“象思维”将人置于“一”的问题框架内,将天道、地律与人事之理、主体、客体与时间放在一起加以考察与把握,体现了“三才融为一体”的时空象意义互为而致达“一”的终极旨归。将这一认识范式与义理嫁接于翻译研究这一世界事件,就体现在关注翻译事件的发生时间意义,关注人文因素的介入。这样,在跨文化跨语际翻译中,翻译言语实践“致一”效度上就会充满着矛盾和张力。虽然致达“一”的终极旨归是我们翻译的道论的承诺和给予,而要实现这一承诺却必然会呈现出致达目标的矢量过程样态。所以,中国译学研究的“知论”认同,基于“象思维”整体与过程动态的认识构式,由于时间一维统辖空间实体发展,又由于人的人文诗性能动作用,在对原文本的解读和传输中,文本元意义的常量存在与现量释解和获得、语义与语意、结构与文脉、语势与气韵、修辞与风格、语言与文化、历时与共时、著者与译者等张力是不可能消解的。因此,通向终极旨归(100%重现原文意义)必然呈现出矢量样态的过程与现象,“翻译作品”这一“器”物既是“开合往来”“象思维”的静态呈现,又是“象”的动态生成之果,是各种关系意义的此在生成意义。

正如西方过程哲学奠基人怀特海认同Process is reality and vice versa的宇宙观和本体论一样,“‘Actual entities’also termed ‘actual occasions (此在事件)’are the final real things,of which the world is made up”(Whitehead,1978:45)。但必须指出的是,西学中的矢量过程呈线性运动形态,中国哲学的知论不是线性矢量过程,而是全维关系的矢量样态,是全方位时空互作的过程和模态,翻译知论亦然。

如是,我们认为,中国译学研究的知论的认识构式就是“象思维”构式的翻译事件过程意义的知性体系,它是实体性的,但又是人文诗意能动作用加时间流变样态中一个个矢量节点的翻译认识和语言实践结果——即如《老子》所言:“道生一,一生二,二生三,三生万物。”亦如本雅明认为的那样:翻译就是将纯语言存在于各个具体语言之中。个别语言的独特意指方式有其局限性,表明他们需要互相补充,汇合成一个整体,才能完整地表达意思。(Venuti,2000:18-24)正是从发生学(世界事件发生过程)意义上,

《易经》的“象思维”不仅是生命样态与属性意义的一般归纳,同时也是世界事实和事件的发生生态学意义的给予。如此,我们可以把实际翻译语言践行行为看作一个过程。“象思维”构式下的翻译研究知论就是以我们的“看”(文本),首先就是采取某种断取式和综合性认识活动,以义、意、语法结构、语境关系以及主体解读时空节点等多维度去获取显现的文本意义,并加以综合与构建;即把不同质或不同时空的不相干的意义加以断开,同时对同质、同时空的义、意、语法结构、语境关系以及主体解读所处时空节点进行综合整合。语言与结构意义也总是以义、意、语法结构、文脉语势、关系、时空、人文等这些维度被“看”、被“关注”。“意义+语法结构+文脉语势+综合的看”就是对呈现出来的杂多意义进行断取与综合,从而构建为一个“趋一性”的综合整体表象——翻译成果。这种时空维度与节点观照下的综合整体表象不仅可以作形态学的分析(空间静态),还可以进行发生学的分析(时间流动)。这样中国译学知论就必然呈现出实体性、动态性、人文性的多元流变“趋一性”的矢量样态与体系,而不是“不把‘对等’作为一个条件在翻译行为发生之前规定出来……”(Toury,1986:1114-1115),其翻译效度张力就会在这样的框架中服从于“致一”而演化流变。

即,在翻译“心知”的认识层面上,翻译研究、认识、行为和结果就可以纳入“天与人”“有与无”“常与易”“道与器”“心与物”“性与情”“本与末”“因与果”“虚与实”“情与景”“义与意”等问题框架内互为作用,从而呈现出一个个过程范畴与概念内的考辩,呈现出“体道与私见”“道常与可道”“体与用”“道与象”“神与形”“一与多”“动与静”“情和性”的认识效度,而翻译过程和结果则呈现出上述范畴的效度与张力样态。

而在翻译语言行为层面上,可以纳入有关语言态势与表征的问题框架内攷辨:如“义与意”“动与静”“消与自”“翕(amicable)与辟(break)”“虚与实”“言与意”“隐与秀”“神韵与风骨”“言志与缘情”“意象和意境/境界”等等关系框架内进行攷辨,实施语言与结构形式、语言形态与文势文脉的凝定。

关涉翻译主体的翻译伦理、态度则可纳入“信与悖”“性与情”“真与伪”“诚与妄”“良知与良能”“未发与已发”等范畴概念内加以考量;涉及翻译主体的认

知能力的思考拟可置入“能与所”“道可与道非”“本义与心意”“格物与致知”的范畴和问题框架内。所有这些对翻译过程相关要素的考量,就是基于“象思维”对翻译事件和翻译行为的义理、现象、过程的内外要素,实施时空识度、人文诗性识度的圆融,力图做出“趋一性”整体识度的思辨、描述以及规定,由此构建出中国译学知论知性体系。

应该说,基于“象思维”中国译学的知论既有某种西方复杂性哲学某种认识构式与样态,但又不同于后现代哲学那种将世界的属性碎片化、去中心样态。中国译学知论虽关注翻译过程的种种要素,其中包括此在人文要素,但从来不认同人自身的认识缺陷和局限,从来不忘翻译“致一”本性(肯定的表述:信达雅、信达美;否定的表述:翻译是遗憾的语言事件与艺术),翻译的“致一”本性永远统辖翻译知论所有过程要素,认同由人发明的(而非发现的)翻译知识体系是对翻译的研究和探索归纳,它本身就具有可错性和可修正性,因而其永远处在发展演化的行进之中,是一个动态的、开放性“致一”的构式、样态和体系,并基于此建立能够解释和预测这些现象的一般和具体的原则与参数考量体系。

4.3 中国译学研究的“器论”

中国译学道论、知论的认识旨归、构式和样态,应用于实践层面上就决定了翻译研究与言语实践“器论”的给出。中国译学“器论”是“道与象”互为为认识构式,时空互为为路径,融体验性和分析性为一体,将空间实体置于时间流变的认识框架内,理性思辨与诗性创化互作,对翻译所涉及的要素和关系做整体全息性考量而凝定翻译成果的过程形态,在翻译语言实践上体现诚、真、易、移、异、艺、似、化的语言诗性践行。因此,基于“象思维”的基本翻译“器用”就是据于经验文本、以原作“意象”为抓手,观察、描摹、思辨、阐释、整合、化生而摠住翻译思维体认的语言表征行为。

在基于“象思维”的空间实体维度,一般认为,其翻译器论就是本源性的属性,文本的“象”或“意象”就是本源性的抓手。“象/意象”既是文本意义的本体,又是文本意义的载体,因而文本“象”具有思维本体和意义载体的双重属性和功能。“象思维”在意的是写意,不在写生的属性就具有空间和人文互为的诗性认识构式和样态——即“象”不是“相”,所以“道

象互为”的认识度和构式不同于“道相互为”。“象思维”在意形似和神似互作。故“象思维”的构式与译度的翻译器论是具有经验属性和人文诗性双重属性的。

在基于“象思维”的时间流变维度上,中国译学研究器论视规约性翻译研究是本、是根、是体,而时间流模态的一切描述性翻译研究皆应基于此的“用”,其人文性、此在性、个体性的表达必须受制于“合一”的价值观和翻译伦理规范。基于这一认识构式,对于原文本的解读与表征,虽可按照时间流变之象的问题框架,但翻译文本言语之象,文本意象与本义是翻译的根,是基于彼象实施时间流此象的考量。为便于分析,基于“象思维”的翻译语言行为辨识器用拟可分解为:

空间存在之象:物象、事象、表象(形象)、景象、单体象、复体象、整体象;

心知认识之象:心象、意象、境象(背景象、关系象)、超象(意境象)、境界象;

时间流变之象:基于上述空间经验之象而摠定人文之象(象外之象)的表征呈象;

整体本然之象:基于空间、心知、时间流之象整体考量、调和致一之整体本然象。

空间存在之象就是“象思维”空间经验属性体现在事物的生命存在形态——实在性、真实性。它既是自然世界的本然之“象”,又是由自然之象范畴升华的“道性”之象的本源,就是基于自然之象经由人文心象而致达“对象性与非对象性”之象——抽象性、精神性本质属性之象。因此,摠住了文本的意象就等于把握住了文本意义的根本和底基。

在心知之象语言翻译表征框架内,在“天”与“人”(原作和译文)的关系内实施规约性翻译语言表述,其认识与方法构式维度可以切分为语言学、诗学、文化,历时、共时等维度。这里所谓“天”,就是原作意义常量,而“人”就是译者对原作元意义的人文性认知,但这一认识构式把握的意义必须与原作“天”的本义驾驭与协调而致“合一”。虽然这一翻译旨归有理论假设性的味道,但与传统简单性翻译规约认识和西方后现代解构性翻译认识构式是有本质性不同的:一是它认同原作文本元意义常量的道性承诺;二是承认在翻译行为过程中人文性、时间流认知的不可避免性;在翻译语言层面上,认同“一与多”

“性与情”“真与伪”“情与景”“静与动”“言与意”“实与虚”“隐与秀”“言志与缘情”等言语表达现象张力的存在性,但又不给予其合法性认同,所有出现的语言表征的张力必须置于“天”“人”这对关系中规约调节而“致一”,即“天人合一”,始终在“翕与劈”的关系中寻求翻译语言表征的“和谐”而追寻“合一”的“神韵与风格”。

时间流之象器用研究内涵既存在“六经注我”的人文诗性现象,但又规约为“天人合一”的问题框架内,具有“性与情”“消与自”“翕(amicable)与辟(break)”“形与神”“因与果”“虚与实”“一与多”“动与静”等方法器用;在翻译研究“器用”的时间向度上,基于“象思维”时间为经、空间为纬的认识构式,又可将其切分为Longitudinal纵向(历时:过去现在将来)、Altitudinal横向(共时)和Case study(个案研究)。翻译研究结果价值评价有恒常性、必然性和或然性这三向度。

因此,基于“象思维”的整体本然之象的中国译学研究“器论”就是基于原作文本空间、心知、时间流之象整体考量,调节而“致一”的翻译语言践行过程。时间流文本之象解读与呈现必须置于“象思维”的认识框架内辨识、规约、协调而合于“一”的翻译旨归。如果把翻译行为过程比作抵达彼岸(致一)之途,那么翻译认识论所构建的一个个知性体系就是一步步逼近致达那彼岸行进留下的历史性与个性化脚印。尽管它们是致达终极目标的必须,但本身不是翻译的本然和旨归,只能视为我们人自身无法克服的缺陷和无可奈何而已,而基于这一认识的翻译“器论”亦然。

5. 结论

本质上讲,言说方式之异取决于言说者对翻译义理的理解。我华夏言语方式,尤其是我古代经典之言说皆呈现为:哲学—诗意表征式的、心理—心境美学式的、学案—学理阐释式的、批评—随机评点式的。言说方式不仅仅是一个形式问题,它本身体现言说者从特定的精神构式而构成思想样态。本文就是基于这一认识,以不同于西方翻译译论的话语方式、术语体系,力图用自己的话,说自己的事,诠释翻译所涉及的相关问题以及建构富有中国文化精神格局的翻译学知性体系。

参考文献

- [1] Pym A.Exploring Translation Theories [M].London and New York :Routledge ,2014.
- [2] Quine W.V.Ontological Relativity and Other Essays[M].Cambridge,Mass. :Harvard University Press ,1969.
- [3] Toury G.Translation:A cultural semiotic perspective [A]. Thomas ,A. (ed.) Encyclopedic Dictionary of Semiotics [Z]. Amsterdam ;Mouton de Gruyter ,1986 :1111-1124.
- [4] Venuti L.The Translation Studies Reader[M].London and New York :Routledge ,2000.
- [5] Whitehead, Alfred N.Process and Reality [M].New York :The Free Press ,1978.
- [6] 包通法.论“象思维”样式与汉典籍外译[J].外语学刊,2015 (6):89-94.
- [7] 董子竹.老子我说[M].武汉:长江文艺出版社,2002.
- [8] 胡军玲.语言本体论观照下刘禹锡咏史怀古诗英译文本研究[D].无锡:江南大学,2012.
- [9] 康德.纯粹理性批判[M].邓晓芒译.北京:人民出版社,2004.
- [10] 楼宇烈.王弼集校释[M].北京:中华书局,1980.
- [11] 宋美华.本质主义,还是非本质主义?——翻译研究传统、现代与后现代哲学意义观的思考[J].上海翻译,2019 (5):7-13.
- [12] 王智锋,王和平.翻译的“道”与“器”——对我国翻译理论构建之建议[J].上海翻译,2019(2):39-44.
- [13] 王寅,王天翼.西哲第四转向的后现代思潮——探索世界人文社科之前沿[M].上海:上海外语教育出版社,2019.
- [14] 吴彤.“复杂性”研究的若干哲学问题[J].自然辩证法研究,2000(1):6-10.

■ 经济管理研究

新冠肺炎疫情对我国经济影响的评估： 基于GTAP模型的实证

朱启荣¹，孙明松²，杨伟东¹

(1.无锡太湖学院 商学院，江苏 无锡 214064；2.山东财经大学 国际经贸学院，济南 250014)

摘要：新冠肺炎疫情是新中国成立以来发生的最为严重的重大突发公共卫生事件，经过我国人民的共同努力，新冠疫情已得到有效控制。文章运用GTAP模型评估了新冠肺炎疫情对我国宏观经济和产业的影响，并检验我国应对疫情的对策效果，得到以下结论：疫情对GDP、居民收入和消费支出、社会福利、资本净收益率和外贸的负面影响较大，对我国总产出水平的负面影响也比较明显；若将“增加技能型劳动力供给”“增加资本供给”“降低企业税费”与“提振消费”的对策方案并用，能够大幅减少上述负面影响。

关键词：新冠肺炎疫情；经济影响；应对措施；GTAP模型

Assessment of Impact of COVID-19 Epidemic on China's Economy: An Empirical Study Based on GTAP Model

Zhu Qirong¹, Sun Mingsong², Yang Weidong¹

(1.School of Business, Wuxi Taihu University,Wuxi Jiangsu 214064,China;

2. School of International Trade and Economics,Shandong University of Finance and Economics,Jinan 250014,China)

Abstract: The COVID-19 epidemic is the most serious major public health emergency that has occurred since the founding of People's Republic of China. The epidemic has been effectively controlled through efforts of the people across the country. This paper uses GTAP model to assess the impacts of the COVID-19 epidemic on China's macro economy and industries, and tests the effectiveness of the countermeasures to reduce the impacts, coming to the conclusion as follows: The epidemic has a relatively greater negative impact on GDP, residents' income and consumption expenditure, social welfare, net return on capital and foreign trade; If China adopts the combined strategies of increasing skilled labor supply, increasing capital supply, reducing enterprise taxes and fees, and boosting consumption, the above negative effects can be greatly reduced.

Key words: COVID-19 epidemic; economic impact; countermeasure; GTAP model

引言

新冠肺炎疫情发生后，我国迅速启动疫情防控

应急机制，采取了各种防治措施，使疫情得到了有效控制。我国抗击新冠肺炎疫情的胜利已定，但疫情防控工作面临着“内防反弹，外防输入”压力，以及全面

作者简介：朱启荣(1962—)，男，安徽无为，人，教授，博士生导师，研究方向：国际贸易与国际金融政策。孙明松(1997—)，男，山东德州人，硕士研究生，研究方向：国际贸易理论。杨伟东(1985—)，男，江苏无锡人，博士，讲师，研究方向：国际金融。

基金项目：国家社会科学基金资助项目(17BJY068)；山东省自然科学基金资助项目(ZR2017MG031)。

建成小康社会、打赢脱贫攻坚战与“十三五”规划收官等一系列经济社会发展目标的完成,每一项任务都很艰巨,责任重大。因此,科学量化评估新冠肺炎疫情对我国经济的影响,提出有效的应对方案,对于国家出台相关政策,尽快消除疫情对我国经济的负面影响,努力完成国内各项经济发展目标具有重要的现实意义。

流行性疾病对经济的影响问题一直为学界关注。Verikiosa等(2012)^[1]评估了H1N1流感对澳大利亚经济的影响,他们发现该流感在短期内会对澳大利亚宏观经济造成很大影响,降低人们的投资意愿,同时,还导致澳大利亚居民消费需求大幅下降,尤其对食宿餐饮和旅游等服务业造成很大冲击。Martin等(1999)^[2]研究了美国大流感对经济的冲击,结果表明流感疫情最大的经济损失是人员的死亡以及停工停产直接影响到商品的生产 and 消费。Chou等(2004)^[3]研究发现SARS对中国台湾、香港与内地服务业和制造业31个部门产出产生了不同程度的负面影响。Diao等(2009)^[4]研究H5N1流感爆发对尼日利亚经济的影响发现,禽流感对该国畜产品价格的影响很大,但如果养殖户的养殖收入在他们家庭总收入中的占比很小,禽流感对他们收入的冲击有限,家禽收入下降不会对尼日利亚的经济产生很大影响。Dixon等(2010)^[5]评估了甲型H1N1流行病对美国影响,结果表明流感高峰期对美国旅游业需求侧的影响明显大于供给侧。Meltzer等(1999)^[6]、Prager等(2017)^[7]分别就大流行性潜在流感爆发对美国的影响进行研究,发现政府采取防控措施可以有效减轻GDP损失。刘学良和张晓晶(2020)^[8]研究发现SARS对我国经济增长产生了显著的负面影响。Wen等(2020)^[9]研究Covid-19对中国经济冲击,发现停工直接影响了企业生产,导致企业资本利用率与投资减少,还造成消费需求下降。尹彦辉等(2020)^[10]研究表明新冠肺炎疫情对中国消费和投资需求冲击很大。

现有有关新冠肺炎疫情对我国宏观经济和产业影响的研究很少,无法全面揭示疫情对我国经济影响。另外,国内学者探讨了新冠肺炎疫情对我国生产、投资和消费影响,并提出一些减少疫情对我国经济影响的政策建议,但他们的研究多属于局部、定性的探讨,没有全面分析疫情对我国经济增长、社会福利、居民收入和消费、进出口贸易以及产业的影响,

更没有就我国应对新冠肺炎疫情负面影响的对策及其效果进行定量分析。

本文采用全球可计算一般均衡模型(Global Trade Analysis Project,简称GTAP模型)全面评估新冠肺炎疫情对我国经济的影响;探讨我国有效应对疫情的政策措施,并用GTAP模型检验各种应对措施的效果,为政府管理部门制定相关政策,为减轻疫情对我国经济影响提供有价值的参考。

1 理论基础、模型选择和情景设定

1.1 理论基础和模型选择

瓦尔拉斯的一般均衡理论(General Equilibrium Theory)认为,经济活动中存在着套价格系统,一方面,它能够使消费者在给定价格下提供自己所拥有的生产要素,并在其预算约束下购买产品来实现自身的消费效用最大化;另一方面,生产者在给定的价格水平下购买各种生产要素进行生产以谋求自身利润最大化,消费者和生产者的上述逐利行为使得商品市场和要素市场实现供求平衡(均衡),即市场出清,实现消费者效用最大化与生产者利润最大化^[11]。此时,经济效率最高,社会福利水平最大,实现了帕累托最优。kurabayashi等(1961)^[12]根据一般均衡理论,创建了可计算一般均衡模型(Computable General Equilibrium,CGE),用于分析税收政策变动对经济的影响。CGE模型已经成为一种常用的政策分析工具,被学术界和研究机构广泛应用。

CGE模型的经济学原理是:商品及其生产要素的供求关系与价格之间存在着相互作用关系。当一种或多种生产要素供给发生变化时,该种或多种生产要素供求关系和价格会发生变化,进而引起各生产部门产量变化,导致商品供求关系和价格变化。在开放条件下,一国市场上各种商品供求关系和价格变化,还会通过国际贸易的方式,引起本国进出口贸易变化,进而引起经济体各种经济活动发生连锁反应,使该经济体的经济系统进入一种新的均衡,使经济体各种商品和生产要素供求关系和价格出现新的均衡值,从而得到生产要素变动对经济体的产量、GDP、居民收入与消费、资本收益率、社会福利和进出口贸易等影响。此外,税收和补贴等变化也会引起商品生产成本和产量等变化,造成各种商品和生产要素供求关系和价格发生变化,进而引起整个经济

系统发生连锁反应,使一国经济系统进入一种新的均衡,使该国各种商品和生产要素供求关系和价格出现新的均衡值,从而得到税收和补贴等因素变动对经济各方面的影响。

目前被学术界广泛使用的GTAP模型是美国普渡大学Hertel(1997)^[13]根据新古典经济理论设计的多国家、多部门的CGE模型。GTAP模型通过构建单个国家(地区)生产、消费、政府支出等行为子模型,然后通过国际贸易关系,将各子模型连接成一个多国和多部门的一般均衡模型。GTAP模型可以分析和评估政策等因素对一国或多国的宏观经济(GDP、居民收入和消费、社会福利水平、资本收益率、贸易收支等)和产业(产量和产品价格等)的冲击^[14,15,16]。本文采用2019年7月31日美国普渡大学发布的最新GTAP数据库(GTAP10数据库),评估新冠肺炎疫情对我国宏观经济和产业的影响,并探讨应对其不利影响的对策与效果。为满足GTAP模型运算所需要的短期闭合条件,本文利用GTAPagg软件将GTAP10原有的65个产业部门合并为36个产业部门。此外,为了提高计算精度,利用2018年世界银行和联合国贸易数据库中我国的人口、GDP、资本存量、进出口贸易与进口关税等数据对GTAP10数据库进行更新,并采用Gragg 2-4-6法提升精准度,然后,以此为基准,分析疫情对我国经济影响以及我国采取应对政策的效果。

1.2 新冠肺炎疫情对我国经济影响与对策情景的设置

1.2.1 新冠肺炎疫情对我国生产(供给)、消费(需求)以及贸易环境影响的情景设定

(1)在生产影响方面,为了防控疫情,全国各地纷纷加强交通管制,禁止人员流动,还采取延长春节假期、延迟复工等人员隔离措施,使得劳动力的流动受到严格限制甚至中止,影响了企业正常生产经营,使工业和服务业增加值损失严重。基于此,本文设定疫情导致全国一线劳动者歇工30天,导致我国一般劳动力供给减少12%(从全年日历时间365天中扣除52周的公休日104天,再扣除法定的节假日11天,得到我国劳动者的全年工作日为250天,劳动者30天的停工时间占其全年工作日250天的12%)。疫情也影响了政府和企事业单位管理人员的正常工作。考虑到政府和企事业单位管理人员在疫情期间仍能够借助于网络等通讯方式在家办公,开展部分业务工作,因

此,本文将疫情造成的政府官员与企事业单位管理人员劳动力损失做减半处理,即疫情造成这些管理人员歇工15天,使我国技能型劳动力减少6%,由此形成表1中的情景1。

(2)在消费影响方面,疫情严重期间,居民基本上停止了外出就餐、旅游与看电影等娱乐活动,给餐饮业、交通、酒店、旅游业和电影等行业带来很大损失。国家统计局数据显示,2020年一季度全国居民人均消费支出实际下降12.5%。考虑今年二季度以后疫情对国内消费负面影响明显降低,而且日常生活类消费和服务消费线上化,也减少了疫情的影响,据此本文将我国全年总消费下降幅度设定为4%,由此形成表1中情景2。

(3)在外部环境影响方面,新冠肺炎疫情发生后,一些外国公民暂时取消到我国旅游,影响了我国旅游业的外汇收入;再者,随着新冠肺炎疫情在全球范围内迅速蔓延,从2020年1月下旬开始,各国纷纷对外国公民入境实施限制,自2020年3月28日0时起,我国也暂停持有有效中国签证、居留许可的外国人入境,影响了我国居民出境旅游,以及我国跨境商务、个人境外文化和娱乐等服务贸易。本文乐观估计,如果美国和欧洲等主要贸易国的疫情在2020年年底也能够得到有效控制,各国于年底解除对外国居民的入境限制,则入境限制对我国服务贸易影响的期限为11个月,疫情使我国11%贸易额的便利化遭受不利影响。此外,新冠疫情还加剧全球经济衰退风险,导致国际需求减少,本文设定国际市场需求减少5%。由此形成表1中的情景3。

(4)为了全面考察疫情对我国经济的影响,本文设定了情景4,以反映疫情通过上述三个方面对我国经济造成的总体影响。

1.2.2 我国应对疫情不利影响的对策情景设定

面临着内外形势变化,2020年7月21日,习近平总书记在接见企业家时提出“双循环新发展格局”思想,即通过发挥内需潜力,逐步形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。当前情况看,内外需低迷凸显,促进国内经济发展、畅通国内循环是我国的当务之急。为此,本文从以下几个方面设定我国应对新冠肺炎疫情的政策方案(见表1)。

表1 新型冠状病毒疫情影响中国经济的途径与对策设定情景

影响与对策	情景	情景描述
影响途径	情景1	疫情使我国非技能型和技能型劳动力供给量分别下降2%和6%
	情景2	疫情使我国居民消费水平下降4%
	情景3	疫情使国际贸易便利化程度和国际需求分别下降11%和5%
	情景4	情景1、情景2和情景3对我国经济的叠加效应,即疫情对我国经济总的的影响
应对措施	情景5	针对疫情(情景4)的影响,我国增加技能型劳动力供给,使其供给损失下降5%;并将资本供给量提高5%;将企业税费降低10%;通过发放消费券和补贴等方式使国内消费水平降幅减少2%

(1)增加高级(技能型)劳动力要素供给。Porter(1990)^[17]将生产要素划分为初级生产要素和高级生产要素,他认为高级生产要素对于一国获取竞争优势具有重要作用。Schultz(1961)^[18]的人力资本理论认为,人力资本是一切资源中最重要资源,它能够给企业带来长期收入,充分开发人力资源能够大幅提高投入产出比,提高经济增长质量。各地纷纷出台人才政策,鼓励发掘人力的投入产出比。据此,本文设定我国采取有效措施充分调动政府和企业管理者的积极性,增加高级生产要素供给量,使我国技能型劳动力供给损失减少5%。

(2)增加资本(资金)供给。很多企业因疫情停业,不但没有盈利,还需要负担员工的工资、设备折旧等费用,造成许多企业资金周转困难,亟须加大融资支持力度。为此,中国人民银行实施了“扩总量、保供应、促增长、降利率、调结构、保主体”举措,2020年初以来央行开展了专项再贷款、下调存款准备金率、提高市场流动性等举措,为“稳企业、保就业”提供了资金支持。为此,本文将国内资本供给量提高幅度设定为5%。

(3)降低企业税费。降低社保费率和企业所得税率,减轻企业的负担,提升企业活力,减轻疫情的影响。一是将社保缴费率下调3个百分点(养老、医疗保险缴费率分别下调1个和2个百分点),二是将企业所得税税率下调至21%,与美国相当,即将我国企业所得税税率下调4个百分点。此外,还需要减少企业其他的不合理负担。据此,本文设定将我国企业税费负担降低10%。

(4)提振国内消费。为减轻疫情影响,各级政府通过向居民发放各类消费券、购物券和生活补贴等方式,促进消费回流。由此,本文假设各级政府采取

各种措施,促进居民消费,使全年国内居民消费水平降幅减少2%。

(5)综合上述应对疫情举措,本文设定情景5。该情景是将上述四种对策加以综合运用。

2 新冠肺炎疫情对我国经济贸易与产业影响的评估

2.1 疫情对我国宏观经济的影响

运用GTAP模型模拟得到上表1中新冠疫情(情景1至情景4)及我国采取对策(情景5)对我国宏观经济的影响。下文对这些情景的影响进行分析。

情景1(疫情使我国非技能型和技能型劳动力供给量分别下降12%和6%)可能导致我国GDP下降1.76%,居民收入和消费支出分别下降2.10%和1.98%,社会福利减少1833.29亿美元,还可能导致资本净收益率下降2.86%,进口下降1.96%,出口增加0.08%,导致贸易顺差增加431.29亿美元。

情景2(疫情使我国居民消费水平下降4%)可能导致我国GDP下降3.78%,居民收入和消费支出分别下降3.77%和5.47%,社会福利减少3415.57亿美元,资本净收益率增加0.75%;此外,可能导致进口额和出口额分别下降3.69%和1.25%,贸易顺差增加451.96亿美元。

情景3(疫情使国际贸易便利化程度和国际需求分别下降11%和5%)可能导致我国GDP下降1.94%,居民收入和居民消费支出分别下降2.37%和2.18%,社会福利下降2049.58亿美元,资本净收益率下降5.1%,还可能导致出口额和进口额分别下降6.05%和7.33%,贸易顺差减少3.93亿美元。

情景4(情景1、情景2和情景3对我国经济的叠加效应,即疫情各种影响的叠加效应)可能导致我国GDP下降4.75%,造成居民收入和消费支出分别下降5.18%和6.72%,社会福利减少4436.44亿美元,资本净收益率下降4.64%,还导致出口额和进口额分别下降6.1%和10.08%,贸易顺差扩大556.37亿美元。这说明此次疫情不但对我国对外贸易产生了较大冲击,而且对国内其他宏观经济效益也具有较大负面影响,这需要引起我们的高度重视。

情景5(我国增加技能型劳动力供给,使其供给损失下降5%;并将资本供给量提高5%;将企业税费降低10%;通过发放消费券和补贴等措施使国内消

费水平降幅减少2%)，可能导致我国GDP下降2.98%，居民收入和消费分别下降3.41%和5.24%，社会福利减少2914.05亿美元，资本净收益率减少4.92%，出口和进口分别下降3.87%和7.94%，贸易顺差扩大671.97亿美元。

与情景4对我国宏观经济的影响程度相比，情景5能够大幅减少疫情对我国GDP、居民收入、居民消费支出和社会福利等宏观经济效益的不利影响。这说明，我国采取多措并举的方法，将“增加技能型劳动力供给”“增加资本供给”“降低企业税费”“提振消费”的对策方案结合起来使用，能够大幅减少新冠肺炎疫情对国内宏观经济的冲击。

综合各种情景影响，见下页表2。

表2 各种情景对我国经济贸易的影响

宏观经济指标	情景1	情景2	情景3	情景4	情景5
GDP(单位:%)	-1.76	-3.78	-1.94	-4.75	-2.98
社会福利(单位:亿美元)	-1833.29	-3415.57	-2049.58	-4436.44	-2914.05
居民收入(单位:%)	-2.10	-3.77	-2.37	-5.18	-3.41
居民消费支出(单位:%)	-1.98	-5.47	-2.18	-6.72	-5.24
资本净收益率(单位:%)	-2.86	0.75	-5.10	-4.64	-4.92
出口额(单位:%)	0.08	-1.25	-6.05	-6.10	-3.87
进口额(单位:%)	-1.96	-3.69	-7.33	-10.08	-7.94
国际贸易收支(单位:亿美元)	431.29	451.96	-3.93	556.37	671.97

数据来源:根据GTAP模型计算结果整理得到,下表同。

2.2 疫情对我国各部门产出水平的影响

运用GTAP模型计算得到情景1至情景5中我国各部门产出(产量)的变化情况(见表3)。

情景1(疫情使我国非技能型和技能型劳动力供给量分别下降12%和6%):国内总产出水平下降1.68%;其中,服务业受到的冲击较大,产出受到较大冲击的前五位分别是科教文卫、建筑业、休闲娱乐、保险服务、食宿服务,这些服务行业的产出水平下降2.04%~2.67%;此外,还可能对运输设备、基础药品、矿产品、林业、木制品、机械设备、纸制品、金属和金属制品等部门产生明显冲击,导致这些部门的产出水平下降1.59%~2.07%。

情景2(疫情使我国居民消费水平下降4%):我国总产出水平下降3.75%。其中,科教文卫、房地产租赁与物业、休闲娱乐、食宿服务、保险服务、基础药品等部门产出受到的冲击较大,导致部门的产出水平下降5.07%~6.25%,其他部门的产出水平下降幅度较小,在1.29%~4.60%范围内。

表3 各种情景对我国产业部门产出(产量)的影响

(单位:%)

产业部门	情景1	情景2	情景3	情景4	情景5
稻米和小麦	-1.03	-2.65	-0.04	-2.06	-1.18
水果和蔬菜	-0.99	-2.48	-0.08	-1.91	-1.00
油料和糖料	-0.86	-1.92	3.66	2.25	2.82
植物纤维	-0.71	-1.98	1.73	0.77	2.03
其他作物产品	-1.19	-2.78	0.53	-1.38	-0.12
畜产品	-1.24	-3.00	0.20	-2.01	-0.90
林业	-1.73	-3.26	2.63	0.57	2.18
水产品	-1.05	-2.76	-0.39	-2.55	-1.70
矿产品	-1.95	-3.40	1.08	-1.06	0.78
能源产品	-0.41	-1.29	4.24	3.58	4.07
油脂和奶类	-1.16	-3.07	1.42	-0.95	0.05
食品加工	-1.05	-2.80	-0.26	-2.39	-1.47
饮料和烟草	-1.47	-3.78	-0.30	-3.10	-1.68
纺织服装	-0.88	-2.61	-1.07	-2.52	-0.95
皮革制品	-0.46	-1.39	1.30	0.98	2.44
木制品	-1.71	-3.21	-0.14	-2.04	-0.26
纸制品	-1.64	-4.02	0.83	-1.88	0.01
金属和金属制品	-1.59	-3.43	0.87	-1.14	0.91
运输设备	-2.07	-4.00	2.01	-0.68	1.27
机械设备	-1.66	-3.54	0.05	-2.01	0.06
电器	-1.28	-3.29	-0.51	-2.27	-0.02
精密仪器	-0.90	-2.95	1.54	0.09	2.53
基础药品	-2.05	-5.72	0.61	-3.79	-1.50
石化产品	-1.29	-3.45	1.48	-0.77	1.10
橡胶和塑料产品	-1.47	-3.40	0.44	-1.61	0.34
建筑业	-2.56	-3.39	-1.97	-4.24	-2.52
房地产租赁与物业	-1.90	-5.97	-0.87	-5.49	-3.59
公共服务	-1.95	-5.07	-1.20	-4.97	-2.80
商贸	-1.87	-4.21	0.39	-2.53	-0.67
食宿服务	-2.04	-5.31	-0.85	-4.92	-3.23
交通运输	-1.65	-3.89	0.37	-2.30	-0.54
通讯服务	-2.02	-4.32	-0.61	-3.70	-1.84
金融服务	-1.84	-4.60	-0.09	-3.38	-1.47
保险服务	-2.15	-5.28	1.70	-2.29	-0.51
科教文卫	-2.67	-6.25	-1.26	-6.17	-3.75
休闲娱乐	-2.30	-5.60	-0.72	-4.97	-3.02
总产出	-1.68	-3.75	0.17	-2.33	-0.48

情景3(疫情使国际贸易便利化程度和国际需求分别下降11%和5%):使我国总产出水平增加0.17%。从各部门产出变动情况看,能源产品产出的涨幅最大,为4.24%;还使油料和糖料、林业、运输设备、植物纤维、保险服务、精密仪器、石化产品等实体部门的产业产量有所增加;但导致建筑业、科教文卫等16个部门产出水平下降,这些部门的产出水平下降幅度为0.04%~1.97%。

情景4(疫情各种影响的叠加效应):使我国总产出水平下降2.33%。这说明此次疫情对国内总产出的负面影响较大。从各部门产出受到的影响看,疫情使

我国能源产品、油料和糖料、皮革制品、石化产品、林业和精密仪器等部门的产出水平有所提高,但导致其余的30个部门产出水平出现不同程度下降,其中,科教文卫、房地产租赁与物业、公共服务、休闲娱乐、食宿服务等服务部门的产出降幅较大,为4.92%~6.17%。

情景5(我国通过增加技能型劳动力供给、增加资本供给量、降低企业税费和刺激消费来应对疫情影响);我国的总产出水平下降0.48%。从各部门产出受到的影响看,各种政策组合使能源产品、油料和糖料、精密仪器、皮革制品、林业和植物纤维等14个实体经济部门的产出水平有所提高,但可能使其余部门产出水平出现不同程度下降。其中,科教文卫、房地产租赁与物业、食宿服务、休闲娱乐、公共服务、建筑业等服务部门降幅最大,在2.52%~3.75%之间。

比较情景4对我国产出的影响程度,可以发现情景5中采取多措并举方法能够大幅降低疫情对我国生产部门产出的负面影响。

需要指出的是,本文根据当前疫情对我国劳动力供给和国内消费的影响情况设定了相关数值,但目前国内新冠肺炎疫情尚未完全解除,甚至在北京、大连、青岛、新疆等地区出现局部反扑,如果疫情在年底不能完全解除,将仍会对国内的生产和消费产生进一步的影响;再者,本文还设定了新冠肺炎疫情对我国贸易便利化与国际需求的影响程度,但目前全球防疫局势仍比较紧张,美国等国家的新冠肺炎病例还在不断增加,截止到2020年8月11日,全球疫情累计确诊病例数已超过2020万例,如果疫情继续持续下去,不能在2020年底结束,对世界经济的影响将会更大,我国外贸的外部环境受到影响的时间和范围会更长、更大,新冠肺炎疫情对我国经济短期影响可能要大于本文的计算结果。此外,出于计算方便,本文设定了各种应对措施的政策力度,如果政策力度能再加大,效果将更显著,从而进一步增强我国经济长期向好的预期。

3 结论及建议

首先,本文分析了新冠肺炎疫情下我国劳动力供给、国内消费和国际贸易环境恶化对国内宏观经济和产出的冲击,接着,评估了上述三方面因素对我国宏观经济和产出影响的叠加效应;最后,定量分析

了我国采用“增加技能型劳动力”“增加资本供给量”“降低企业税费”与“提振消费”多措并举的方法对于减少疫情影响的效果,得到以下结论和政策含义。

3.1 结论

(1)在宏观经济受到的影响方面,疫情所造成的国内消费下降对我国GDP、社会福利、居民收入和消费支出的负面影响最为明显,对进口和出口的冲击也比较大,对资本收益率略有提升作用;国际贸易环境恶化对我国资本净收益率、进出口贸易的负面影响最为明显,对国内其他宏观经济效益负面影响也比较大;疫情所造成的劳动力供给减少对我国宏观经济的总体影响相对较小。研究还表明,在劳动力供给和消费减少以及国际贸易环境恶化的共同影响下,我国GDP、居民收入和消费支出、社会福利、资本净收益率和进出口贸易均出现明显下降。如果我国将“增加技能型劳动力供给”“增加资本供给量”“降低企业税费”和“刺激消费”等多种政策并用,将能够大幅减少疫情对我国宏观经济的负面影响。

(2)在产业产出受到的影响方面,因疫情引起的国内消费下降以及劳动力供给减少对我国产出水平的负面影响比较明显,而国际贸易环境恶化对我国各部门产出的影响不大;在上述三方面共同影响下,我国总产出水平明显下降,其中,科教文卫、房产租赁与物业、公共服务、休闲娱乐、食宿服务、建筑业等服务行业产出水平降幅较大。如果我国将“增加技能型劳动力”“增加资本供给”与“降低企业税费”与“提振消费水平”加以综合运用,能够大幅减少疫情对我国总产出的冲击。

3.2 对策建议

第一,充分发挥政府部门管理者和企业家的作用。广大中小企业受疫情冲击最为严重。企业是经济活动的微观主体,企业家是企业发展的十分重要的要素,各级政府管理者在当前开展“六稳”(即稳就业、稳金融、稳外贸、稳外资、稳投资和稳预期)与“六保”(即保住各类主体、保居民就业、保基本民生、保市场主体、保基层运转与保产业链供应链)中最为关键的是要采取措施稳定民营企业家的信心、营造我国经济长期向好的预期。这就要求政府部门管理人员尽快制定相关的支持政策和激励措施,提高政府办事效率,为企业家营造良好的服务环境,帮助他们解决企业当前面临的困难。

第二,实施金融支持政策,支持企业复工与重点项目建设。建议对因受疫情影响经营暂时出现困难,但确有发展前景的企业不抽贷、不断贷、不压贷,为相关企业做好续贷服务,努力做到应续尽续、能续快续;采取适当下调贷款利率、增加信用贷款和中长期贷款等政策,帮助企业摆脱疫情灾害的影响。再者,提高和优化公共投资效率及结构,将资金更多地投向市场不能有效配置资源的公共卫生、城乡基础设施、生态环境保护、重大科技进步等公共领域,发挥公共投资对国内总需求的乘数作用,疏通国内经济大循环;此外,特高压、城际高铁、5G、新能源等“新基础设施”项目的规模大,拉动总需求的能力大,需要大量资金支持,应拓宽各种融资渠道,保证这些重点项目建设对资金的需求。

第三,稳定小微企业所得税优惠政策,助力保民生,保就业。2018年,国家有关部门针对小微企业出台了持续三年的所得税优惠政策。在广大小微企业因疫情冲击、生存面临空前压力的情况下,考虑到以国内大循环为主的战略需要,建议将这项疫情之前的政策长期化,以此来放水养鱼,稳定预期。一旦小微企业生机得到恢复,必将带动更多就业,进而推动经济向好的循环方向发展。

第四,适当扩大财政赤字,提振消费。通过宏观政策发放消费券等补贴,能够在一定程度上避免因直接发放现金而产生显著性通货膨胀,将消费券等消费补贴范围放到那些价格弹性较大的餐饮住宿、休闲娱乐、旅游服务等产品,能够使消费者增加对此类产品的消费力度,从而促进这些产业的全面恢复和发展。

第五,稳定外贸基本盘,助推国际经济大循环。新冠肺炎疫情导致国际市场需求萎缩,对我国外贸形成较大冲击。目前我国的疫情已得到有效控制,企业的生产活动已基本恢复,而许多国家和地区的疫情仍然很严重,国外对各种防疫物品与生活用品的需求量很大,而我国口罩、检测试剂和防护服等防疫物品以及生活用品的产量和生产能力很大,应积极扩大防疫物品和生活用品出口,以满足主要疫情国家对这些物资的需求,形成我国外贸新的增长点;同时,要积极扩大进口,带动出口国经济的恢复,以我国超大市场的吸引力反制国际贸易保护主义、单边主义与“脱钩论”,加快形成于我有利的国际经济大

循环。

第六,做好对重点行业失业人员的救助工作。本文的研究表明,此次疫情对我国建筑业、休闲娱乐、房地产租赁与物业、食宿服务等行业产出的负面影响较大。这些劳动力密集型行业吸纳了大量的劳动力就业,疫情造成这些行业产出规模的下降,会导致一批企业破产和职工失业。可采用发放失业保险基金或生活救济等方式,对这些失业群体实施定向救助,减少失业者的收入损失和生活困难;同时,要做好受疫情严重影响行业下岗人员的再就业工作,加强对下岗与转岗人员的就业技能培训,运用就业基金方式,鼓励和支持下岗人员自主创业,以减少疫情对我国就业的影响。

参考文献

- [1] Verikiosa G, Mc Caw J M, Mc Vernon J, et al. H1N1 Influenza and the Australian Macro-economy[J]. Journal of the Asia Pacific Economy, 2012, 17(1).
- [2] Martin I M, Nancy J C, Fukuda K. The Economic Impact of Pandemic Influenza in the United States: Priorities for Intervention[J]. Emerging Infectious Disease, 1999, 5(5).
- [3] Chou J, Kuo N F, Peng S L. Potential Impacts of the SARS Outbreak on Taiwan's Economy [R]. Asian Economic Papers, No.3, 2004.
- [4] Diao X, Alpuerto V, Nwafor M. Economy Wide Impact of Avian Flu in Nigeria——A Dynamic CGE Model Analysis[R]. Controlling Avian Flu and Protecting People's Livelihoods in Africa and Indonesia, No.15, 2009.
- [5] Dixon P B, Bumsoo L, Muehlenbeck T, et al. Effects on the US of an H1N1 Epidemic: Analysis With a Quarterly CGE Model [R]. Centre of Policy Studies and the Impact Centre Working Papers, No. G-202, 2010.
- [6] Meltzer M I, Cox N J, Fukuda K. The Economic Impact of Pandemic Influenza in the United States: Priorities for Intervention[J]. Emerging Infectious Disease, 1999, 5(5).
- [7] Prager F, Wei D, Rose A. Total Economic Consequences of an Influenza Outbreak in the United States [J]. Risk Analysis, 2017, 37(1).
- [8] 刘学良, 张晓晶. 疫情冲击与经济增长——SARS的实证分析及新冠肺炎的潜在影响[J]. 产业经济评论, 2020, (4).
- [9] Wen Y, Zhang T, Du Q Y. Quantifying the COVID-19 Economic Impact [R]. Infinite-Sum Modeling Inc Working Papers, 2020.

- [10] 尹彦辉,孙祥栋,徐朝.新冠肺炎疫情与宏观经济波动:基于DSGE模型的分析及启示[J].统计与决策,2020,(7).
- [11] 吴福象,朱蕾.可计算一般均衡理论模型的演化脉络与应用前景展望——一个文献综述 [J]. 审计与经济研究,2014,(2).
- [12] Kurabayashi, Yoshimasa. Leif Johansen, A Multi-sectoral Study of Economic Growth [J].Economic Review,1961,12(2).
- [13] Hertel T. Global Trade Analysis Using the GTAP Model[M]. New York:Cambridge University Press,1997.
- [14] 李敬,雷俐,林黎,等.特朗普税改的世界影响及我国对策[J].管理世界,2018,34(2).
- [15] 郭晴,陈伟光.基于动态CGE模型的中美贸易摩擦经济效应分析[J].世界经济研究,2019,(8).
- [16] 朱启荣,任飞.日欧、美欧及美日自贸协议对中国经济的影响——基于GTAP模型的模拟分析 [J]. 国际贸易问题,2019,(11).
- [17] Porter M E. Competitive Advantage of Nations [M].New York:Competitive Intelligence Review,1990.
- [18] Schultz T W. Investment in Human Capital[J].The American Economic Review,1961,51(1).

资本市场对外开放能够促进企业创新吗？

——基于“沪港通”交易制度的经验证据

朱琳^{1,2}, 伊志宏¹

(1.中国人民大学商学院, 北京 100872; 2.无锡太湖学院会计学院, 江苏 无锡 214063)

摘要:作为资本市场对外开放的改革创新机制,沪港通交易制度的实施吸引了众多学者的关注。但现有研究主要考察了沪港通交易制度对资本市场信息效率的影响,对其是否会影响微观企业行为,尤其是企业的创新投资行为研究不足。基于此,本文采用2010—2016年A股上市公司为样本,利用沪港通交易制度实施这一事件作为准自然实验,构建双重差分模型,实证检验了沪港通交易制度对企业创新的影响。研究发现:(1)沪港通交易制度实施后,沪股通标的企业的创新水平显著上升。(2)经理人职业忧虑在沪港通交易制度影响企业创新的过程中既发挥了中介作用,又具有调节效应。表明缓解经理人职业忧虑,抑制经理人短视行为是沪港通交易制度促进企业创新的重要途径。(3)沪港通交易制度对企业创新的促进作用受到上市公司信息环境的调节影响,二者之间的正向关系在上市公司信息环境较差时更加强烈。本研究为沪港通交易制度影响微观企业行为的研究提供了新的实证证据,并揭示了沪港通交易制度影响企业创新的作用机制,对于深刻理解沪港通交易制度,持续推进资本市场对外开放进程,提高企业创新能力,实现创新驱动发展战略,具有重要的启示意义。

关键词:企业创新;沪港通交易制度;职业忧虑

Does the Hong Kong-Shanghai Stock Connect Spur Corporate Innovation?

ZHU Lin^{1,2}, YI Zhi-hong¹

(1.School of Business,Renmin University of China,Beijing 100872,China;

(2.School of Accounting,Wuxi Taihu University,Jiangsu 214063,China)

Abstract: As an representative and innovative financial system reform,the Hong Kong-Shanghai Stock Connect (hereafter HSC) is introducing for improving the interconnection between Shanghai and Hongkong stock market,which has significance impact in optimizing the structure of investors and promoting the development in China's capital market.However,the main purpose of financial system reform is to better promote the development of real economy,so we are wondering whether the HSC has realized the expected effect at the micro level.Since Corporate innovation is not only fundamental to firm performance and value,but also a key factor to promote social productivity and economic growth.Therefore this paper investigate the effect of the HSC on corporate innovation. According to the existing literature,there is no clear answer about the effect between the HSC and corporate innovation.On the one hand, market liberalization can produce the spillover effect on the emerging markets.Specifically,foreign investors from the developed capital markets will bring mature investment ideas to the emerging markets and lead the local investors to do value investment,which will

作者简介:朱琳,女,博士研究生,讲师,研究方向是证券分析师、企业创新。伊志宏,女,教授,博士生导师,研究方向为资本市场、公司金融。

基金项目:国家自然科学基金面上项目“上市公司社会关系与创新信息定价”(71872175);江苏省社会科学基金项目“创新驱动发展战略下非业绩型员工持股计划的创新促进效应研究”(18CLB004)。

reduce short-term investment, and lower the managers' performance pressure, thus alleviating manager's career concerns and then promote innovation. Meanwhile, foreign investors can also provide efficient governance, they can supervise the opportunistic behavior, urge managers making efforts to take innovation activities. Based on the above analysis, the HSC can spur corporate innovation. On the other hand, foreign investors may also be short-term speculators. They make their investment decisions based on the companies' short-term performance, which will aggravate the managers' performance pressure and intensify their career concerns, making them to avoid high risk investment such as innovation investment. And because they are short-term speculators, they have no desire to supervise managers' innovation activities. In this framework, the HSC can hinder corporate innovation. So which effect is the real one that the HSC affects corporate innovation? To answer the question, we use Chinese A-share listed firms from 2010 to 2016 as samples, construct a DID model, and test the impact of the HSC on corporate innovation. We find that the implementation of HSC is associated with increase in corporate innovation, indicating that market liberalization will spur the HSC listed firms' innovation ability. Further evidences show that manager's career concerns have both mediating and moderating effects on the process of the HSC which affects corporate innovation, suggesting that alleviating manager's career concerns is important channel through which market liberalization spur corporate innovation. Finally, we find that the positive correlation is significantly attenuated by firms with better information environment. We contribute to the literature in three ways. First, most of the prior researches about the HSC, they all focus on the impact of stock price, take little attention on the micro level. Some researches made a useful attempt, they investigate the influence of the HSC on corporate investment decisions. However, unlike normal corporate investment decision, innovation decisions are more complex and always risky. The influence and mechanism of the HSC on normal corporate investment decisions are not necessarily applicable to innovation decisions. Thus this paper associates the HSC with corporate innovation, provides new empirical evidences for the impact of capital market liberalization on the micro level. Second, the effect of foreign investors on innovation has been discussed in the literature, but they all focus on the Qualified Foreign Institutional Investors (hereafter QIFF). Different with QIFF, non-institutional investors can also trade under the HSC policy, which reduces investment restrictions and open the capital market more. So this paper use the HSC setting and find that market liberalization will spur the HSC listed firms' innovation ability, which enriching the literature on influential factors underlying corporate innovation. Third, our findings show that the HSC implementation, reduce the short-term investment, alleviates managerial career concerns and thus promote corporate innovation. Overall, the research provides insights into the role that the HSC on corporate innovation, and has implications on accelerating market liberalization, which may help promote the healthy development of the economy.

Key words: corporate innovation; Hong Kong-Shanghai stock connect; career concerns

一、引言

资本市场对外开放作为各国对外开放政策的重要内容,不仅能够推动本国金融体制改革、促进经济和社会发展(连立帅等,2019)^[1],还能分享经济、金融全球化利益,满足海外资本共享本国经济增长意愿(邹洋等,2019)^[2]。鉴于资本市场对外开放的重要性,世界各国尤其是发展中国家陆续对外开放了本国资本市场。自党的十八大以来,我国在习近平总书记提出的“建设开放型世界经济”理念的指导下,不断加深经济全球化,在全面推进资本市场对外开放的道路上不断取得新突破。特别地,2014年开通的沪港通股票市场交易试点(简称沪港通),作为资本市场对外双向开放的一种金融创新机制,实现了我国内地资本市场与香港资本市场的互通互联(罗梭心和伍

利娜,2018)^[3]。这无疑是中国资本市场迈向双向开放的重要举措,对于改善中国资本市场投资者结构,深化金融体制改革具有重要意义。

但值得注意的是,金融体制改革的重要目的即为助力实体经济更快更优地发展。那么,以沪港通为代表的资本市场对外开放的金融创新机制能否在微观层面实现政策预期效果呢?围绕这一问题,学者们分别从股价定价效率、公司决策行为等多个角度进行了积极的探索。但是,鲜有研究考察沪港通交易制度对于企业创新的影响。企业创新作为企业一项重要的战略投资决策,不仅能够提升企业自身的竞争优势(Porter,1992)^[4],还是促进国家经济增长的关键因素(Solow,1957)^[5]。如此,在我国实施创新驱动发展战略及十九大报告提出的“深化金融改革开放,增强金融服务实体经济能力”的现实背景下,对沪港通

交易制度是否及如何影响企业创新这一问题展开研究,具有重要的理论及现实意义。

然而,根据现有文献的研究结论,并不能先验性地给这一问题提供明确的答案。一方面,资本市场对外开放能够引入成熟的境外投资者,他们能够向新兴市场传递成熟的投资理念(陈运森等,2019)^[6],引导本地投资者回归价值投资。这将有利于减少短线投资,增加投资者对企业短期业绩失败的容忍,缓解经理人短期业绩压力,促进企业创新。同时,境外投资者还能发挥一定的监督作用(Ferreira和Matos,2008^[7];Aggarwal等,2011^[8]),约束经理人享乐主义的机会主义行为,督促经理人积极开展创新活动。但另一方面,境外投资者也可能存在短视行为(Brennan和Cao,1997^[9];Choe等,2005^[10])。这将会加剧经理人因短期业绩压力诱发的短视行为,抑制企业创新。并且,短期投机的境外投资者,参与监督治理的意愿较低。对于经理人创新不作为的机会主义行为,短视的境外投资者未必能够提供有效的监督。如此,沪港通交易制度对企业创新究竟会产生何种影响,是一个有待实证的话题。

为此,本文以2010—2016年A股上市公司为样本,利用沪港通交易制度实施这一事件作为准自然实验,构建双重差分模型,实证检验了沪港通交易制度对企业创新的影响。本文主要关注以下三个方面的问题:第一,沪港通交易制度的实施能否提升沪股通标的企业的创新能力?第二,如果沪港通交易制度的实施能够提升沪股通标的企业的创新能力,其作用机制是什么?具体而言,沪港通交易制度引入的境外投资者,是通过纠正本地投资者的投资理念,减少短线投资,从而缓解经理人职业忧虑,促进企业创新?还是通过发挥有效的监督作用,抑制经理人创新不作为的机会主义行为,进而促进企业创新?第三,沪港通交易制度对企业创新的影响是否会受到企业信息环境的调节影响?

本文的研究贡献主要体现在以下两个方面:第一,在理论贡献上,本文的研究为资本市场对外开放与企业创新领域的研究提供了新的经验证据,揭示了沪港通交易制度促进企业创新的作用机理,能够更加全面地认识资本市场对外开放对于微观企业发展乃至整个宏观经济增长的重要影响。第二,在实践意义上,本文的研究表明,沪港通交易制度的实施取

得了显著成效,能够推动我国实体经济持续发展。因此,在沪港通交易制度顺利实施的经验之上,政府应持续地推动资本市场开放进程,优化资本市场资源配置效率,助力我国经济的转型升级。

二、理论分析与研究假设

新兴资本市场对外开放,放松了跨境资本流动的限制,允许境外投资者购买本国股票,从而引入成熟市场的投资者。境外投资者的引入不仅能够影响资本市场定价效率,例如降低股价波动性(Henry,2000)^[11],增加股价信息含量(Rejeb和Boughrara,2013)^[12],提高国内股票市场价值(Bekaert和Harvey,2000)^[13]等。部分研究还考察了其对实体经济所产生的影响,例如Henry(2000)^[11]及Bekaert等(2005)^[14]的研究均发现,资本市场开放能够降低资金成本从而影响企业投资。但由于事件识别误差、内生性等问题,使得上述研究结论的可靠性遭受质疑(Mitton,2006^[15];连立帅等,2019^[11])。

沪港通交易制度的实施作为我国资本市场对外开放的一个里程碑事件,为分析资本市场对外开放的经济后果提供了一个有利的契机(钟凯等,2018)^[16],吸引了众多学者的关注。基于沪港通交易制度背景的研究发现,资本市场开放增加了股价信息含量(钟覃琳和陆正飞,2018)^[17]、抑制了股价的异质性波动(钟凯等,2018)^[16]及股价崩盘风险(李沁洋和许年行,2019)^[18],提升了股票市场的稳定性(刘海飞等,2018)^[19]。此外,部分文献还从沪港通交易制度实施的“治理”效应出发,研究发现资本市场开放提升了上市公司现金股利支付水平(陈运森等,2019)^[6],抑制公司违规行为(邹洋等,2019)^[2]。

然而,少有研究关注沪港通交易制度对企业投资活动,尤其是对企业创新,这一决定企业兴衰成败的关键性战略投资活动的影响。连立帅等(2019)^[11]在这一方面进行了有益的尝试,考察了沪港通交易制度对企业投资的影响。他们的研究发现,通过增强股价信息含量及影响企业融资,沪港通交易制度能够增加股价对企业投资的引导作用。但与企业常规投资活动不同,创新活动投资周期长、投资风险高、决策难度大(Holmstrom,1989)^[20],一旦决策失败,企业将会遭受严重的损失(Hall,2002)^[21]。这就使得相比普通投资决策,创新投资决策过程及驱动机制更加

复杂(Mukherjee等,2017)^[22]。沪港通交易制度对普通投资决策的影响及其作用机理并不必然适用于企业创新投资。

特别地,在竞争全球化的背景下,企业创新对于企业的生存以及提升竞争优势具有极为重要的战略意义(李梅和卢程,2019)^[23]。但在经营权和所有权分离的情况下,经理人职业忧虑所引发的短视行为(Graham等,2005)^[24]及其对安逸生活的追求(Wright等,1996)^[25]等代理问题均会削弱企业的创新意愿,抑制创新活动的投入与开展。而沪港通交易制度的实施,能够向本地市场引入成熟的境外投资者,并且可能会通过以下两种方式促进企业创新。

第一,减少短线投资,缓解经理人职业忧虑。

与发达资本市场不同,我国股票市场投资者仍以短线投资者为主(李志强和涂雄琴,2015)^[26],他们更加关注企业短期业绩的变化,不断评估所持股票的价格,进而频繁的执行交易操作,容易引发股价的暴涨暴跌(连汇文等,2004)^[27]。倘若企业短期业绩未达预期,短线投资者便会执行短线交易,可能导致企业股票被大量抛售,进而使得股价大跌,经理人声誉受损,从而引发职业忧虑。由此将增加经理人的短期业绩压力,使其减少失败概率高、投资回报周期长的创新活动,以维护短期业绩。与此同时,短线投资交易将会增加股票交易的次数,从而提升股票的流动性。而股票流动性的增加,也会加剧经理人的短期业绩压力(Fang等,2014)^[28],使得经理人以牺牲企业长期业绩(例如放弃创新活动)为代价来维持短期业绩。因此,短线投资交易将会抑制企业创新活动的开展。而沪港通交易制度的实施,成功向国内资本市场引入了成熟的境外投资者,他们不仅拥有绝对信息优势,能够有效提升股价信息含量(钟覃琳和陆正飞,2018)^[17]。并且,成熟境外投资者的投资理念也更加规范,能够引导本地投资者回归价值投资(陈运森等,2019)^[6],树立长期价值投资理念。这将有利于减少短线投资交易,使得投资者更多地基于企业长期价值进行投资决策,从而对企业短期业绩的下滑表现出更多的容忍。而这种对短期业绩失败的容忍恰恰是缓解经理人职业忧虑、促进企业创新的重要因素(Manso,2011)^[29]。

第二,发挥监督治理作用,约束经理人机会主义行为。

委托代理问题的存在往往使得经理人主动创新的意愿不足,例如经理人对安逸生活的追求而非努力为股东创造价值是抑制其主动创新意愿的重要体现(Wright等,1996)^[25]。特别地,企业的创新活动对于经理人而言是存在昂贵的私人成本的(江轩宇等,2019)^[30],不仅需要其投入大量的精力,还可能造成原有人力资本的贬职(Wright等,1996)^[25]。在这种情况下,企业需要投入更多的监督以保证创新活动的顺利进行(Bernstein,2015)^[31]。而境外投资者具有参与公司治理的意愿和能力(杨嘉琳等,2018)^[32],能够发挥有效的监督作用,约束经理人的机会主义行为。例如,Ferreira和Matos(2008)^[7]的研究发现,境外投资者通过有效监督,减少了企业的资本支出,从而抑制了经理人的过度投资行为。Aggarwal等(2011)^[8]的研究发现,境外投资者可以通过投票权和威胁出售股票(用脚投票)来改善公司治理,约束经理人机会主义行为。因此,沪港通交易制度实施所引入的境外投资者,可能会发挥有效的外部监督作用,抑制经理人的享乐主义行为,进而促进企业创新活动的开展。

但值得注意的是,沪港通交易制度的实施也可能会对企业创新产生抑制作用。首先,境外投资者可能存在短期投机行为(Choe等,2005)^[10]。“热钱”效应往往会使境外投资者追逐短期利润较高的投资,而并不关注企业长期业绩的提升(Brennan和Cao,1997)^[9]。公司短期业绩一旦下滑,短期逐利的境外投资者可能会采取“用脚投票”的消极方式来表达其对经理人的不满(Parrino等,2003^[33];Admati和Pfleiderer,2009^[34])。这无疑会增加经理人短期业绩压力,加剧其短视行为,使得经理人放弃那些高风险但却有益于提升公司长期价值的创新投资。其次,监督作用的发挥是需要时间和成本的(Admati和Pfleiderer,2009)^[34]。而存在短期投机特征的境外投资者(Choe等,2005^[10];Callen和Fang,2013^[35]),其投资行为并非基于公司长期价值的考虑。由于提供监督需要付出一定的时间和成本,短期投机的境外投资者未必能够发挥有效的监督作用,降低了其监督经理人创新不作为的可能。

基于上述分析可见,沪港通交易制度对企业创新的影响是一个有待实证的话题。沪港通交易制度的实施既可能促进企业创新活动的开展,也可能抑制企业创新意愿。因此,本文提出如下互为竞争的研

究假设:

H_a:沪港通交易制度实施后,沪股通标的企业的创新水平显著上升。

H_b:沪港通交易制度实施后,沪股通标的企业的创新水平显著下降。

三、研究设计

1.样本选取与数据来源

本文选取2010—2016年沪深A股上市公司为研究对象。沪股通标的企业的初始样本包括上证180指数成分股、上证380指数成分股,以及在上海证券交易所与香港联合证券交易所共同上市的A+H股,共568家上市公司。本文在初始样本的基础上剔除了被调离标的的名单样本,最终得到541家处理组上市公司样本,控制组样本包括未纳入沪股通的A股上市公司。除机构持股数据来自WIND数据库外,本文所使用的其他数据均来自CSMAR数据库。在具体的样本选择过程中,进行了如下处理:(1)剔除金融行业样本;(2)剔除研究所需数据不完整的样本。经过上述处理,最终得到14379年公司-年观测值。同时,为降低变量异常值对研究结论的干扰,对模型中的相关连续变量在1%和99%的水平上进行Winsorize处理。

2.主要实证模型与变量定义

本文主要通过如下双重差分模型检验沪港通交易制度对企业创新的影响。

$$RD_{it} (RDSA)_{i,t+1} = \alpha + \beta_1 TREAT_{it} \times POST_{it} + \beta_2 TREAT_{it} + \gamma Control\ Variables_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)^{\textcircled{1}}$$

本文相关变量的具体定义如下。本文相关研究变量的定义如表1所示。

(1)企业创新。参考鲁桐和党印(2014)^[36]以及倪晓然和朱玉杰(2016)^[37]的做法,本文主要采用研发投入来衡量企业创新。具体地,分别以研发费用支出占期初总资产的比重与100的乘积(RDTA)及研发费用支出占期初销售收入的比重与100的乘积(RDSA),衡量企业创新。

(2)沪港通交易制度。TREAT为沪股通标的公司哑变量,若样本公司属于沪股通标的公司,则TREAT取值为1,否则为0。POST为时间维度哑变量,如样本期间属于被调入沪股通的当年及以后,取值为1;否则取值为0。

(3)经理人职业忧虑。借鉴Li等(2016)^[38],采用超

额换手率(TURN1)来衡量经理人职业忧虑。超额换手率越高,短期交易者越多,经理人面临的业绩压力越大,职业忧虑越严重。具体地,首先,根据公司日换手率的年度均值计算公司年换手率。其次,将公司年换手率减去其年度行业均值得到超额换手率(TURN1)。

(4)经理人权利大小。参考吕长江和赵宇恒(2008)^[39]及江轩宇等(2017)^[40]方法,采用经理人任期TENURE衡量经理人权利大小,经理人任期越长,权利越大。具体地,根据沪港通交易制度实施前一年经理人任期中位数进行分组,大于该中位数的,HIGH_TENURE取值为1,视为经理人权利较大组。反之,HIGH_TENURE取值为0,视为经理人权利较小组。

(5)上市公司信息环境。1)内部信息环境。借鉴Hutton等(2009)^[41]、梁上坤(2017)^[42],采用公司累计的操控性盈余(ACCM)衡量上市公司内部信息环境。具体地,首先,取模型(6)回归残差的绝对值衡量绝对操控性盈余(DA)。然后,将t-2至t年的DA加总衡量累积操控性盈余(ACCM)。最后,根据沪港通交易制度实施前一年的ACCM中位数对样本公司进行分组,大于该中位数的,HIGH_ACCM取值为1,视为内部信息环境较差组。反之,HIGH_ACCM取值为0,视为内部信息环境较好组。2)外部信息环境。参考Bushman等(2004)^[43]、钟覃琳和陆正飞(2018)^[17],采用分析师跟踪人数(AF)来衡量上市公司外部信息环境。具体地,根据沪港通交易制度实施前一年的分析师跟踪人数的自然对数(AF)的中位数对样本公司进行分组,大于该中位数的,HIGH_AF取值为1,视为外部信息环境较好组。反之,HIGH_AF取值为0,视为外部信息环境较差组。

(6)其他控制变量。参考以往文献(江轩宇等,2019)^[30],主要控制如下变量:分析师关注程度(AF);机构投资者持股比例(INS);企业产权性质(SOE);总资产的自然对数(SIZE);经营活动净现金流量占总资产的比值(CFO);总资产利润率(ROA);财务杠杆(LEV);固定资产净值占总资产的比值(PPETA);托宾Q值(Q);管理层持股比例(MHOLD);第一大股东持股比例(TOP1);股票年换手率(TURN)。此外,还加入了年度哑变量(Year)及行业哑变量(Industry),以分别控制年度和行业固定效应。

表1 变量定义

变量类型	变量符号	变量定义
因变量	$RDTA_{t+1}$	公司研发费用支出占期初总资产的比重与100的乘积
	$RDSA_{t+1}$	公司研发费用支出占期初销售收入的比重与100的乘积
自变量	TREAT	若样本公司属于沪股通标的公司,则TREAT取值为1,否则为0
	POST	若样本期间属于被调入沪股通标的当年及以后年份,则POST取值为1;否则为0
	TREAT×POST	TREAT×POST的交互项

续表1

变量类型	变量符号	变量定义
中介变量	$TURN1$	首先,根据公司日换手率的年度均值计算公司年换手率。其次,将公司年换手率减去其年度行业均值得到超额换手率 $TURN1$
分组变量	$HIGH_TENURE$	根据沪港通交易制度实施前一年经理人任期中位数进行分组,大于该中位数的 $HIGH_TENURE$ 取值为1,否则为0
	$HIGH_ACCM$	首先,取模型(6)回归残差的绝对值衡量绝对操控性盈余 DA 。然后,将 $t-2$ 至 t 年的 DA 加总衡量累积操控性盈余 $ACCM$ 。最后,根据沪港通交易制度实施前一年的 $ACCM$ 中位数对样本进行分组,大于该中位数的 $HIGH_ACCM$ 取值为1,否则为0
	$HIGH_AF$	根据沪港通交易制度实施前一年的分析师跟踪人数与1之和的自然对数(AF)的中位数对样本公司进行分组,大于中位数的 $HIGH_AF$ 取值为1,反之为0
控制变量	AF	公司分析师跟踪人数加1后取自然对数
	INS	公司机构投资者持股数量
	SOE	公司产权性质,为国有产权时, SOE 取值为1,否则为0
	$SIZE$	公司总资产的自然对数
	CFO	公司经营活动净现金流量占总资产的比值
	ROA	公司总资产利润率
	LEV	公司的资产负债率
	$PPETA$	公司固定资产净值占总资产的比值
	Q	公司的托宾 Q 值
	$MHOLD$	公司管理层持股比例
	$TOP1$	公司第一大股东持股比例
$TURN$	根据日换手率计算的公司股票年均换手率	

资料来源:本文整理

四、实证结果

1.描述性统计及相关系数检验

主要变量的描述性统计及相关系数检验结果如表2所示。从表2的A栏中可见, $RDTA_{t+1}$ 的均值(标准差)为1.786 (2.099), $RDSA_{t+1}$ 的均值(标准差)为

3.534(4.760)。表明我国上市公司平均研发投入水平仍然较低,且不同公司之间存在较大差异。表2的B栏列示了本文主要变量间的Pearson(下三角)和Spearman(上三角)相关系数。从B栏的下三角Pearson相关系数可见,TREAT×POST与企业RDAt+1、RDSAt+1之间的Pearson相关系数分别为0.085、0.068,且均在1%的置信水平下显著;上三角部分的Spearman相关系数也呈现出相似的结果。这表明沪港通交易制度实施后,沪股通标的企业的创新投入水平显著上升,初步支持了本文的研究假设H_a。

2.主要实证结果

表3列示了沪港通交易制度的实施对企业创新的回归结果。在第(1)列中,以RDAt衡量企业创新时,TREAT×POST的回归系数为0.147,在1%的水平下显著。在第(2)列中,以RDSA衡量企业创新时,TREAT×POST的回归系数为0.322,在1%的水平下显著。上述结果表明,在其他因素相同的情况下,沪港

通交易制度实施后,沪股通标的企业的创新水平显著上升,从而支持了本文的研究假设H_a。这说明沪港通交易制度能够减少短线投资,缓解经理人职业忧虑,抑或是发挥了有效的监督作用,抑制了经理人创新不作为的享乐主义行为,进而促进了企业创新。

从控制变量来看,分析师关注程度(AF)越高、机构投资者持股比例(INS)越大,越能促进企业创新活动的开展,分别与陈钦源等(2017)^[44]及Aghion等(2013)^[45]的研究结果保持一致。SIZE的回归系数显著为负,表明与大企业相比,小企业在创新激励上具有一定的优势,这与Zenger和Lazzarini(2004)^[46]的研究结果保持一致。固定资产投资对企业创新存在一定的挤出效应,故PPETA与企业创新的关系显著为负,以及企业成长能力Q与企业创新显著正相关,表明拥有更多投资机会的上市公司可能会更注重企业创新能力的培养,这与江轩宇等(2019)^[30]的研究结论保持一致。MHOLD回归系数显著为正,表明管理

表2 主要变量的描述性统计及相关系数检验

A栏:主要变量的描述性统计						
变量	观测值	均值	标准差	中位数	下四分位数	上四分位数
RDAt+1	14379	1.786	2.099	1.238	0.032	2.701
RDSAt+1	14379	3.534	4.760	2.344	0.061	4.767
AF	14379	1.592	1.126	1.609	0.693	2.565
INS	14379	0.062	0.095	0.022	0.003	0.079
SOE	14379	0.439	0.496	0	0	1
SIZE	14379	22.06	1.285	21.897	21.141	22.806
CFO	14379	0.040	0.074	0.040	0.001	0.083
ROA	14379	0.037	0.053	0.034	0.013	0.063
LEV	14379	0.446	0.218	0.443	0.271	0.617
PPETA	14379	0.230	0.170	0.195	0.097	0.331
Q	14379	2.119	2.006	1.562	0.845	2.679
MHOLD	14379	0.110	0.190	0	0	0.143
TOP1	14379	0.354	0.152	0.333	0.233	0.460
TURN	14379	0.023	0.017	0.019	0.011	0.031
B栏:主要变量的相关系数检验						
变量	RDAt+1	RDSAt+1	TREAT	TREAT*POST		
RDAt+1		0.920***	0.072***	0.082***		
RDSAt+1	0.810***		0.032***	0.079***		
TREAT	0.096***	0.037***		0.571***		
TREAT×POST	0.085***	0.068***	0.571***			

注:下半部分为Pearson相关系数,上半部分为Spearman相关系数;***表示1%的显著性水平
资料来源:本文整理

层激励有利于提升企业创新水平,与李春涛和宋敏(2010)^[47]的研究结论保持一致。

表3 沪港通交易制度的实施对企业创新的影响

变量	RDTA _{t+1}	RDSA _{t+1}
	(1)	(2)
TREAT×POST	0.147*** (2.656)	0.322*** (2.622)
TREAT	0.266*** (6.601)	0.199** (2.218)
AF	0.267*** (15.677)	0.400*** (10.542)
INS	1.494*** (8.610)	3.656*** (9.472)
SOE	0.137*** (4.070)	-0.071 (-0.951)
SIZE	-0.283*** (-14.803)	-0.141*** (-3.319)
CFO	1.191*** (5.728)	0.231 (0.500)
ROA	2.405*** (7.263)	-7.815*** (-10.609)
LEV	-0.133 (-1.574)	-3.912*** (-20.760)
PPETA	-0.530*** (-5.147)	-1.559*** (-6.807)
Q	0.026*** (2.819)	0.177*** (8.672)
MHOLD	0.629*** (7.140)	2.397*** (12.223)
TOP1	0.066 (0.700)	-0.506** (-2.397)
TURN	-0.918 (-0.925)	5.569** (2.522)
截距	5.435*** (13.094)	3.936*** (4.261)
Year	控制	控制
Industry	控制	控制
样本数	14379	14379
调整 R ²	0.435	0.456

注:圆括号内为T值;*,**、***分别表示10%、5%和1%的显著性水平;为简化表格,之后表格仅对主要变量的回归结果进行列示,控制变量的选取与表3一致,备索

资料来源:本文整理

3.稳健性检验

为保证研究结论可靠,本文将从如下四个方面对主要研究结论进行稳健性检验。

(1)考虑遗漏变量的影响。为降低遗漏变量对研究结论的影响,本文首先在年度哑变量的基础上对公司固定效应进行控制,重新回归。结果如表4所示,可以发现在控制公司固定效应后,TREAT×POST的回归系数依然显著为正,本文的研究结论保持不变。

表4 稳健性检验1:固定效应模型1

变量	RDTA _{t+1}	RDSA _{t+1}
TREAT×POST	0.180*** (5.281)	0.206** (2.571)
控制变量	控制	控制
Year	控制	控制
Firm	控制	控制
样本数	14379	14379
组内 R ²	0.070	0.055

注:圆括号内为T值;*,**、***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

资料来源:本文整理

(2)变更企业创新的衡量方法。参考江轩宇等(2019)^[30]的研究,分别以研发投入、发明专利申请数量加1后取自然对数构建LN(1+RD)及LN(1+PAT)衡量企业创新,对模型(1)重新进行回归。回归结果如表5所示,TREAT×POST的回归系数依然显著为正。这说明,在更换企业创新的衡量方式后,本文的研究结论保持不变。

表5 稳健性检验2:更换企业创新的衡量方式

变量	LN(1+RD _{t+1})	LN(1+PAT _{t+1})
TREAT×POST	0.374** (2.028)	0.095** (2.020)
TREAT	0.351*** (2.611)	0.276*** (9.101)
控制变量	控制	控制
Year	控制	控制
Industry	控制	控制
样本数	14379	14379
调整 R ²	0.501	0.459

注:圆括号内为T值;*,**、***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

资料来源:本文整理

(3)检验沪港通交易制度开通前后企业创新投入强度的动态变化。虽然2014年沪港通交易制度的

推出对于企业创新而言是相对外生的冲击,但这一改革也可能是落实创新驱动发展战略的具体措施,从而导致反向因果的内生性问题。此外,沪股通标的公司创新水平的提升可能在沪港通交易制度实施以前就已经存在。换言之,即使没有沪港通交易制度的实施,两类公司的创新活动也会随着时间趋势呈现出显著差异。为了缓解上述问题对研究结论的干扰,本文参考倪晓然和朱玉杰(2016)^[37]的方法,采用如下动态DID模型重新进行估计:

$$RD_{i,t+1}(RDS_{i,t+1}) = \alpha + \beta_1 \text{Before}_{i,t}^{-2} \times \text{TREAT}_{i,t} + \beta_2 \text{Before}_{i,t}^{-1} \times \text{TREAT}_{i,t} + \beta_3 \text{Current}_{i,t} \times \text{TREAT}_{i,t} + \beta_4 \text{After}_{i,t}^1 \times \text{TREAT}_{i,t} + \beta_5 \text{After}_{i,t}^2 \times \text{TREAT}_{i,t} + \varphi_1 \text{Before}_{i,t}^{-2} + \varphi_2 \text{Before}_{i,t}^{-1} + \varphi_3 \text{Current}_{i,t} + \varphi_4 \text{After}_{i,t}^1 + \varphi_5 \text{After}_{i,t}^2 + \varphi_6 \text{TREAT}_{i,t} + \gamma \text{Control Variables}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

其中, $\text{Before}^{-2(-1)}$ 表示样本所处年份是否在沪港通交易制度实施前两(一)年,若为2012(2013)年样本, $\text{Before}^{-2(-1)}$ 取值为1,否则为0; Current 表示样本所处年份是否在沪港通交易制度实施当年,若为2014年样本, Current 取值为1,否则为0; $\text{After}^{1(2)}$ 表示样本所处年份是否在沪港通交易制度实施后第一(二)年,若为2015(2016)年样本, $\text{After}^{1(2)}$ 取值为1,否则为0。其他变量的选取和定义与模型(1)相同。

回归结果如表6所示。从中可见, $\text{Before}^{-2} \times \text{TREAT}$ 及 $\text{Before}^{-1} \times \text{TREAT}$ 的回归系数均不显著,表明在沪港通交易制度实施之前,沪股通标的公司和非沪股通标的公司之间的创新投入强度并无明显的趋势变化。 $\text{Current} \times \text{TREAT}$ 、 $\text{After}^1 \times \text{TREAT}$ 及 $\text{After}^2 \times \text{TREAT}$ 的系数均显著为正,表明沪港通交易制度实施后,沪股通标的企业的创新投入出现了显著提升。动态DID的结果较为清晰地揭示了沪港通交易制度的实施与企业创新在时序上的因果关系。

(4) 采用PSM-DID的方法控制处理组和控制组之间的差异。考虑到本文结果可能是由两组样本之间本身存在的系统性差异所导致,为了进一步缓解内生性问题,本文采用PSM方法,对沪股通标的公司进行1:1配对处理。为保证沪股通标的公司与非沪股通标的公司之间在控制变量上不存在显著差异,本文将两组之间的PS值的差异限定在0.002之内。然后利用匹配上的样本重新进行DID回归,结果如表7所示。1)从A栏中可见,PSM配对后的处理组和控制组

表6 稳健性检验3:动态DID检验

变量	RD _T _{i,t+1}	RDS _A _{i,t+1}
Before ⁻² ×TREAT	0.015 (0.172)	-0.016 (-0.080)
Before ⁻¹ ×TREAT	0.129 (1.483)	0.171 (0.884)
Current×TREAT	0.201** (2.261)	0.351* (1.773)
After ¹ ×TREAT	0.214** (2.363)	0.407** (2.020)
After ² ×TREAT	0.149* (1.657)	0.345* (1.727)
TREAT	0.225*** (3.947)	0.154 (1.218)
控制变量	控制	控制
Year	控制	控制
Industry	控制	控制
样本数	14379	14379
调整 R ²	0.435	0.456

注:圆括号内为T值;*、**、***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

资料来源:本文整理

样本在控制变量上,基本不存在显著差异。这说明PSM配对有效,采用PSM配对后的样本重新回归,能够控制沪股通标的样本和非沪股通标的样本之间存在的系统性差异。2)从B栏中可见,采用PSM-DID重新回归后, $\text{TREAT} \times \text{POST}$ 的回归系数均为正,且当使用RD_T衡量企业创新时, $\text{TREAT} \times \text{POST}$ 的回归系数显著为正,研究结论基本保持不变。

五、进一步研究

1.作用机制检验

在前文的研究假设中,本文认为缓解经理人职业忧虑及抑制经理人享乐主义行为是沪港通交易制度促进企业创新的重要途径。在这一部分的研究中,本文尝试对沪港通交易制度影响企业创新的作用机理提供进一步的经验证据。

(1) 缓解经理人职业忧虑。Fang等(2014)^[28]的研究认为短线投资者的存在会增加经理人的业绩压力,从而引发职业忧虑所导致的短视行为,抑制企业创新。而沪港通交易制度的实施能够引入发达资本市场的投资者,他们拥有比较成熟的投资理念,能够引导本地投资者回归价值投资(陈运森等,

表7 稳健性检验4:PSM-DID检验

A栏:PSM配对 效果检验	沪股通标的 样本(均值)	配对样本 (均值)	差异的T值
AF	1.722	1.712	0.239
INS	0.067	0.065	0.421
SOE	0.521	0.550	-1.663
SIZE	22.391	22.427	-0.986
CFO	0.046	0.047	-0.126
ROA	0.043	0.042	0.252
LEV	0.492	0.486	0.817
PPETA	0.231	0.233	-0.468
Q	1.805	1.808	0.057
MHOLD	0.043	0.046	-0.877
TOPI	0.351	0.369	-3.131
TURN	0.021	0.020	0.512
样本数	1603	1603	
B栏:PSM-DID检验	RD _{TA,t+1}	RDS _{A,t+1}	
TREAT×POST	0.229** (2.060)	0.349 (1.641)	
TREAT	-0.094 (-1.277)	-0.334** (-2.368)	
控制变量	控制	控制	
Year	控制	控制	
Industry	控制	控制	
样本数	3206	3206	
调整R ²	0.441	0.435	

注:圆括号内为T值;*,**,***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

资料来源:本文整理

2019)^[6]。这将有利于减少短线投资,降低企业短期业绩压力,缓解经理人因职业忧虑诱发的短视行为,促进企业创新。如果该假设成立,那么,可以预期,经理人职业忧虑将会在沪港通交易制度与企业创新的关系中发挥显著的中介效应。

为此,本文参考Li等(2016)^[38]采用换手率来衡量经理人职业忧虑,个股换手率越高,短期交易者越多,经理人面临的业绩压力越大,职业忧虑越严重。具体的计算方法参见表1。然后,将TURN1作为中介变量,参考温忠麟等(2004)^[48]以及姜军等(2017)^[49]的研究方法,构建中介效应检验模型如下:

$$RD_{TA} (RDS_{A})_{i,t+1} = \alpha + \beta_1 TREAT_{i,t} \times POST_{i,t} + \beta_2 TREAT_{i,t} + \gamma ControlVariables_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$TURN1_{i,t} = \alpha + \chi_1 TREAT_{i,t} \times POST_{i,t} + \chi_2 TREAT_{i,t} + \gamma ControlVariables_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$RD_{TA} (RDS_{A})_{i,t+1} = \alpha + \lambda_1 TREAT_{i,t} \times POST_{i,t} + \lambda_2 TURN1_{i,t} + \lambda_3 TREAT_{i,t} + \gamma ControlVariables_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

参照温忠麟等(2004)^[48]的方法,以模型(3)中的 β_1 显著为前提,考虑中介效应的显著性。如果模型(4)中的 χ_1 及模型(5)中的 λ_2 的回归系数均显著为负,则表明中介效应显著,沪港通交易制度确实通过减少短线投资,缓解经理人职业忧虑,促进了企业创新。在此基础上,如果模型(5)中 λ_1 显著为正,则表明经理人职业忧虑充当了部分中介因子。

表8列示了回归模型(4)及模型(5)关于经理人职业忧虑中介效应的检验结果。从结果中可以看出,TREAT×POST对TURN1的回归系数 χ_1 显著为负,表明沪港通交易制度实施后,个股超额换手率得以降低。这表明沪港通交易制度确实减少了短线投资交易,与前述逻辑相符。TURN1对企业创新RD_{TA}、RDS_A的回归系数 λ_2 均显著为负,说明换手率的降低能够促进企业创新,这与Fang等(2014)^[38]的研究结论相吻合。在控制中介变量TURN1后,TREAT×POST对RD_{TA}、RDS_A的回归系数 λ_1 依然显著为正。根据温忠麟等(2004)^[48]提出的中介效应检验步骤,上述结果表明经理人职业忧虑是沪港通交易制度影响企业创新的部分中介因子,即缓解经理人职业忧虑是沪港通交易制度促进企业创新的重要途径。

表8 缓解经理人职业忧虑的中介效应检验

变量	TURN1 _t	RD _{TA,t+1}	RDS _{A,t+1}
TREAT×POST	-0.002*** (-4.449)	0.148*** (2.685)	0.325*** (2.649)
TURN1		-14.465*** (-2.752)	-18.609** (-2.029)
TREAT	-0.001*** (-2.747)	0.265*** (6.585)	0.197** (2.197)
控制变量	控制	控制	控制
Year	控制	控制	控制
Industry	控制	控制	控制
样本数	14379	14379	14379
调整R ²	0.191	0.435	0.456

注:圆括号内为T值;*,**,***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

资料来源:本文整理

(2) 缓解经理人职业忧虑vs抑制经理人享乐主义。在委托代理理论的框架下,因职业忧虑诱发的经

理人短视及享乐主义行为,均是导致企业主动创新意愿不足的重要原因,抑制了企业创新活动的开展(Bernstein,2015)^[31]。本文在前述研究假设部分也提及,沪港通交易制度引入的境外投资者,既能够纠正本地投资者的投资理念,减少短线投资,降低经理人业绩压力,缓解其职业忧虑,促进企业创新。同时,境外投资者还能够发挥一定的监督作用,抑制经理人的享乐主义行为,督促其开展创新活动。那么,沪港通交易制度促进企业创新的积极作用究竟更多的体现在上述两种渠道中的哪个方面呢?

为了进一步探究上述问题,本文借鉴Bernstein(2015)^[31]以及江轩宇等(2017)^[40]的方法,根据经理人权利大小对职业忧虑假说和享乐主义假说进行区分。经理人权利越大,职业忧虑程度越小,但此时更容易产生由于激励不足而追求享乐主义的机会主义行为。如果沪港通交易制度主要通过降低经理人职业忧虑促进企业创新,可以预期,当经理人权利越大时,该促进作用将减弱。

因此,本文参考吕长江和赵宇恒(2008)^[39]及江轩宇等(2017)^[40]的方法,采用经理人任期TENURE衡量经理人权利大小,经理人任期越长,权利越大。具体地,根据沪港通交易制度实施前一年经理人任期TENURE中位数进行分组,大于该中位数的,HIGH_TENURE取值为1,为任期较长组,表示经理人职业忧虑程度较低。反之,HIGH_TENURE取值为0,为任期较短组,表示经理人职业忧虑程度较高。

回归结果如表9所示,从中可见,在经理人职业忧虑程度较高即HIGH_TENURE取值为0的组别中,TREAT×POST均显著为正,而在经理人职业忧虑程度较低即HIGH_TENURE取值为1的组别中,TREAT×POST均不显著。这表明,沪港通交易制度对企业创新的促进作用在经理人职业忧虑越大时更加强烈。即沪港通交易制度对企业创新的影响主要体现在缓解经理人职业忧虑这一路径上。同时,这一结果也表明,经理人职业忧虑在沪港通交易制度影响企业创新的过程中既发挥了中介作用,又具有调节效应。

2.考虑上市公司信息环境的影响

在前述研究假设及实证检验中,本文发现沪港通交易制度的实施主要通过缓解经理人职业忧虑,促进了企业创新。但这一关系受到上市公司信息环

表9 降低经理人职业忧虑 vs 抑制经理人享乐主义

变量	RDTA _{t+1}		RDSA _{t+1}	
	HIGH_ TENURE=1	HIGH_ TENURE=0	HIGH_ TENURE=1	HIGH_ TENURE=0
TREAT×POST	0.025 (0.320)	0.250*** (3.150)	0.189 (1.109)	0.400** (2.230)
TREAT	0.298*** (5.668)	0.227*** (3.666)	0.225* (1.959)	0.198 (1.410)
控制变量	控制	控制	控制	控制
Year	控制	控制	控制	控制
Industry	控制	控制	控制	控制
样本数	7159	7220	7159	7220
调整 R ²	0.421	0.441	0.440	0.463

注:圆括号内为T值;*,**、***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

资料来源:本文整理

境的调节影响。已有研究表明,良好的信息环境有助于缓解经理人职业忧虑对企业创新的负面作用(江轩宇等,2017)^[40]。因此,本文预期,在信息环境较差的上市公司中,沪港通交易制度通过缓解经理人职业忧虑促进企业创新的作用更强。基于此,本文分别选取上市公司内部信息环境及外部信息环境来考察信息环境对研究问题的影响。

首先,借鉴Hutton等(2009)^[41]、梁上坤(2017)^[42],采用公司累计的操控性盈余衡量上市公司内部信息环境。上市公司累计操控性盈余越大,盈余管理越严重,内部信息环境越差。具体地,根据Dechow等(1995)^[50]采用模型(6)计算样本公司每年的操控性盈余。

$$TA_{i,t}/A_{i,t-1} = \alpha + \beta_1 I/A_{i,t-1} + \beta_2 (\Delta REV_{i,t} - \Delta REC_{i,t})/A_{i,t-1} + \beta_3 PPE_{i,t}/A_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

其中,TA_{i,t}为公司i第t年的总应计利润,A_{i,t-1}为公司i第t-1年末总资产,ΔREV_{i,t}为公司i第t年营业收入增加额,ΔREC_{i,t}为公司i第t年应收账款增加额,PPE_{i,t}为公司i第t年末的固定资产。第一,估计模型(6),取其回归残差的绝对值衡量绝对操控性盈余DA。第二,将t-2至t年的DA加总,得到累积操控性盈余ACCM。第三,根据沪港通交易制度实施前一年的ACCM中位数对样本进行分组,大于该中位数的,HIGH_ACCM取值为1,视为内部信息环境较差组。反之,HIGH_ACCM取值为0,视为内部信息环境较好组。

其次,参考Bushman等(2004)^[43]、钟覃琳和陆正飞(2018)^[17]采用分析师跟踪人数来衡量上市公司外部信息环境。分析师作为资本市场有效的信息中介,能够缓解上市公司信息不对称(陈钦源等,2017)^[44]。上市公司分析师跟踪人数越多,对信息不对称的缓解作用越大,外部信息环境越好。具体地,本文根据沪港通交易制度实施前一年的分析师跟踪人数的自然对数(AF)的中位数对样本公司进行分组,大于该中位数的,HIGH_AF取值为1,视为外部信息环境较好组;否则,HIGH_AF取值为0,视为外部信息环境较差组。

回归结果如表10所示,从Panel A中可见,当企业内部信息环境较差时,即HIGH_ACCM取值为1时,TREAT×POST均显著为正。当企业内部信息环境较好时,即HIGH_ACCM取值为0时,TREAT×POST均不显著。从Panel B中可见,当企业外部信息环境较差

时,即HIGH_AF取值为0时,TREAT×POST均显著为正,而在外部信息环境较好时,TREAT×POST均不显著。上述结果与前述逻辑相符,即沪港通交易制度对企业创新的促进作用在上市公司信息环境较差时更加强烈。

六、研究结论与启示

在党的十八大号召“建设开放型世界经济”的政策背景下,我国一直致力于推动资本市场对外开放进程。其中,以沪港通为代表的互通互联机制正是在这一政策背景下应运而生的重大金融改革创新,其主要目的在于改善我国上市公司的治理水平,引导本地投资者回归价值投资(陈运森等,2019)^[6],对于优化我国资本市场投资者结构,促进资本市场健康平稳发展具有重要意义。但金融体制改革创新的重要目的即为更好地推动实体经济发展。那么,以沪港通为代表的资本市场对外开放的改革创新能否在微观层面实现政策预期效果呢?本文聚焦于企业创新这一决定企业兴衰成败的关键性战略投资决策,研究沪港通交易制度对企业创新的影响,试图对这一问题进行回答。

本文以2010—2016年A股上市公司为样本,构建双重差分模型,实证检验了沪港通交易制度对企业创新的影响。研究发现,沪港通交易制度实施后,沪股通标的企业的创新水平显著上升,并且这一研究结论在采用多种稳健性检验后依然成立。由此说明,沪港通交易制度能够发挥积极的作用,提升上市公司的创新能力。进一步地,本文检验了沪港通交易制度促进企业创新的作用机制。研究结果表明,经理人职业忧虑是沪港通交易制度影响企业创新的有效中介因子,缓解经理人职业忧虑是沪港通交易制度促进企业创新的重要途径。最后,本文还发现,沪港通交易制度对企业创新的促进作用受到上市公司信息环境的调节影响。当上市公司内外部信息环境较差时,沪港通交易制度对企业创新的促进作用更加强烈。

本文的研究具有重要的理论贡献与实践意义。在理论贡献上,本文的研究为资本市场开放与企业创新领域的研究提供了新的经验证据,揭示了沪港通交易制度促进企业创新的作用机理,并通过构建双重差分模型,缓解了内生性问题,能够更加全面地

表 10 沪港通交易制度、信息环境与企业创新

Panel A: 以 ACCM 衡量内部信息环境				
变量	RDTA _{t+1}		RDSA _{t+1}	
	HIGH_ACCM=1	HIGH_ACCM=0	HIGH_ACCM=1	HIGH_ACCM=0
TREAT×POST	0.221*** (2.907)	0.057 (0.719)	0.618*** (3.648)	-0.016 (-0.087)
TREAT	0.149*** (2.693)	0.383*** (6.528)	-0.133 (-1.079)	0.601*** (4.599)
控制变量	控制	控制	控制	控制
Year	控制	控制	控制	控制
Industry	控制	控制	控制	控制
样本数	7244	7135	7244	7135
调整 R ²	0.489	0.362	0.520	0.373

续表 10

Panel B: 以 AF 衡量外部信息环境				
变量	RDTA _{t+1}		RDSA _{t+1}	
	HIGH_AF=1	HIGH_AF=0	HIGH_AF=1	HIGH_AF=0
TREAT×POST	0.048 (0.637)	0.169* (1.894)	0.201 (1.213)	0.376* (1.873)
TREAT	0.286*** (5.140)	0.260*** (4.343)	0.296** (2.434)	0.208 (1.542)
控制变量	控制	控制	控制	控制
Year	控制	控制	控制	控制
Industry	控制	控制	控制	控制
样本数	7539	6840	7539	6840
调整 R ²	0.488	0.353	0.525	0.375

注:圆括号内为T值;*,**、***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

资料来源:本文整理

认识资本市场开放对于微观企业发展乃至整个宏观经济增长的重要影响。在政策启示上,首先,本文的研究为资本市场对外开放的经济效应提供了微观层面的实证证据,表明沪港通交易制度的实施取得了显著成效,能够推动我国实体经济持续发展。因此,在沪港通交易制度顺利实施的经验之上,政府应持续的推动资本市场开放进程,进一步扩大资本市场开放水平,优化本地资本市场资源配置效率,助力我国经济的转型升级。其次,沪港通作为资本市场对外开放的金融制度创新,对后续实施的深港通、债券通等机制改革具有重要的借鉴意义。政府不仅要着力完善沪港通,也应当积极探索新的金融创新模式,持续推动内地资本市场和香港资本市场融合。

但不可否认的是,本文仍然存在以下局限与不足。首先,本文仅考察了沪港通交易制度的实施对企业创新的影响,尚未考察其他互通互联制度创新例如深港通、债券通交易制度的实施可能带来的影响。在未来的研究中,如果能借助沪港通、深港通、债券通等多种互通互联制度的错落放开时间节点,设计多时点的双重差分模型,将会进一步提高本文研究结论的可靠性。其次,本文未能获取有关沪股通标的公司中香港投资者的持股比例以及持股周期的数据。如果能够进一步获取这一数据,区分持股比例高低组以及持股周期长短组,考察沪港通交易制度对企业创新的影响,将会进一步丰富本文的研究结论。

参考文献

- [1] 连立帅,朱松,陈超.资本市场开放与股价对企业投资的引导作用:基于沪港通交易制度的经验证据[J].北京:中国工业经济,2019,(3):100-118.
- [2] 邹洋,张瑞君,孟庆斌,侯德帅.资本市场开放能抑制上市公司违规吗?——来自“沪港通”的经验证据[J].北京:中国软科学,2019,(8):120-134.
- [3] 罗梭心,伍利娜.资本市场开放对公司审计的影响——基于“陆港通”背景的实证研究[J].北京:审计研究,2018,(5):65-73.
- [4] Porter, M.E. Capital Disadvantage: America's Failing Capital Investment System [J]. Harvard Business Review, 1992, 70, (5): 65-82.
- [5] Solow, R.M. Technological Change and the Aggregate Production Function [J]. Review of Economics and Statistics, 1957, 39, (3): 312-320.
- [6] 陈运森,黄健峤,韩慧云.股票市场开放提高现金股利水平了吗?——基于“沪港通”的准自然实验[J].北京:会计研究,2019,(3):55-62.
- [7] Ferreira, M.A., and P. Matos. The Colors of Investors' Money: The Role of Institutional Investors around The World [J]. Journal of Financial Economics, 2008, 88, (3): 499-533.
- [8] Aggarwal, R., I. Erel, M. Ferreira, and P. Matos. Does Governance Travel around the World? Evidence from Institutional Investors [J]. Journal of Financial Economics, 2011, 100, (1): 154-181.
- [9] Brennan, M., and H. Cao. International Portfolio Investment Flow [J]. Journal of Finance, 1997, 52, (5): 1851-1880.
- [10] Choe, H., B. Kho, and R.M. Stulz. Do Domestic Investors Have an Edge? The Trading Experience of Foreign Investors in Korea [J]. Review of Financial Studies, 2005, 18, (3): 795-829.
- [11] Henry, P.B. Stock Market Liberalization, Economic Reform, and Emerging Market Equity Prices [J]. The Journal of Finance, 2000, 55, (2): 529-564.
- [12] Rejeb, A.B., and A. Boughrara. Financial Liberalization and Stock Markets Efficiency: New Evidence from Emerging Economies [J]. Emerging Markets Review, 2013, 17, (17): 186-208.
- [13] Bekaert, G., and C.R. Harvey. Foreign Speculators and Emerging Equity Markets [J]. Journal of Finance, 2000, 55, (2): 565-613.
- [14] Bekaert, G., C.R. Harvey, and C.T. Lundblad. Does Financial Liberalization Spur Growth? [J]. Social Science Electronic Publishing, 2005, 77, (1): 3-55.
- [15] Mitton, T. Stock Market Liberalization and Operation Performance at the Firm Level [J]. Journal of Finance Economics, 2006, 81, (3): 625-647.
- [16] 钟凯,孙昌玲,王永妍,王化成.资本市场对外开放与股价异质性波动——来自“沪港通”的经验证据[J].北京:金融研究,2018,(7):178-196.
- [17] 钟覃琳,陆正飞.资本市场开放能提高股价信息含量吗?——基于“沪港通”效应的实证检验[J].北京:管理世界,2018,(1):177-187.
- [18] 李沁洋,许年行.资本市场对外开放与股价崩盘风险——来自沪港通的证据[J].天津:管理科学学报,2019,(8):108-127.
- [19] 刘海飞,柏巍,李冬昕,许金涛.沪港通交易制度能提升中国股票市场稳定性吗?——基于复杂网络的视角[J].天津:管理科学学报,2018,(1):97-110.
- [20] Holmstrom, B. Agency Costs and Innovation [J]. Journal of E-

- conomic Behavior & Organization, 1989, 12, (3): 305-327.
- [21] Hall, B. The Financing of Research and Development [J]. Oxford Review of Economic Policy, 2002, 18, (1): 35-51.
- [22] Mukherjee, A., M. Singh, and A. Aldokas. Do Corporate Taxes Hinder Innovation? [J]. Journal of Financial Economics, 2017, 124, (1): 19-221.
- [23] 李梅, 卢程. 研发国际化与企业创新绩效——基于制度距离的调节作用 [J]. 北京: 经济管理, 2019, (1): 39-55.
- [24] Graham, J.R., C.R. Harvey, and S. Rajgopal. The Economic Implications of Corporate Financial Reporting [J]. Journal of Accounting and Economics, 2005, 40, (1-3): 3-73.
- [25] Wright, P., S.P. Ferris, A. Sarin, and V. Awasthi. Impact of Corporate Insider, Blockholder, and Institutional Equity Ownership on Firm Risk Taking [J]. The Academy of Management Journal, 1996, 39, (2): 441-463.
- [26] 李志强, 涂雄苓. 我国股市波动信息沿时间尺度流动的非对称性 [J]. 北京: 统计研究, 2015, (8): 79-85.
- [27] 连汇文, 车宏生, 杨六琴. 个体投资者股市行为的调查分析 [J]. 北京: 经济管理, 2004, (6): 87-93.
- [28] Fang, V.W., X. Tian, and S. Tice. Does Stock Liquidity Enhance or Impede Firm Innovation [J]. The Journal of Finance, 2014, 69, (5): 2085-2125.
- [29] Manso, G. Motivating Innovation [J]. Journal of Finance, 2011, 66, (5): 1823-1860.
- [30] 江轩宇, 朱琳, 伊志宏, 于上尧. 工薪所得税筹划与企业创新 [J]. 北京: 金融研究, 2019, (7): 135-154.
- [31] Bernstein, S. Does Going Public Affect Innovation? [J]. The Journal of Finance, 2015, 70, (4): 1365-1403.
- [32] 杨嘉琳, 王满仓, 任晓燕, 杨水利. 境外机构投资者持股周期与公司治理绩效关系的实证研究 [J]. 合肥: 运筹与管理, 2018, (7): 156-164.
- [33] Parrino, R., R.W. Sias and L.T. Starks. Voting with Their Feet: Institutional Ownership Changes Around Forced CEO Turnover [J]. Journal of Financial Economics, 2003, 68, (1): 3-46.
- [34] Admati, A.R. and P. Pfleiderer. The "Wall Street Walk" and Shareholder Activism: Exit as a Form of Voice [J]. Review of Financial Studies, 2009, 22, (7): 2645-2685.
- [35] Callen, J.L. and X. Fang. Institutional Investor Stability and Crash Risk: Monitoring versus Short-Termism? [J]. Journal of Banking & Finance, 2013, 37, (8): 3047-3063.
- [36] 鲁桐, 党印. 公司治理与技术创新: 分行业比较 [J]. 北京: 经济研究, 2014, (6): 115-128.
- [37] 倪晓然, 朱玉杰. 劳动保护、劳动密集度与企业创新——来自2008年《劳动合同法》实施的证据 [J]. 北京: 管理世界, 2016, (7): 154-167.
- [38] Li, O., H. Liu, C. Ni, and K. Ye. Individual Investors' Dividend Tax and Corporate Payout Policies [J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 2016, (3): 963-990.
- [39] 吕长江, 赵宇恒. 国有企业管理者激励效应研究——基于管理者权力的解释 [J]. 北京: 管理世界, 2008, (11): 99-109.
- [40] 江轩宇, 申丹琳, 李颖. 会计信息可比性影响企业创新吗? [J]. 天津: 南开管理评论, 2017, (4): 82-92.
- [41] Hutton, A.P., A.J. Marcus and H. Tehranian. Opaque Financial Reports, R2 and Crash Risk [J]. Journal of Financial Economics, 2009, 94, (1): 67-86.
- [42] 梁上坤. 媒体关注、信息环境与公司费用粘性 [J]. 北京: 中国工业经济, 2017, (2): 156-175.
- [43] Bushman, R.M., J.D. Piotroski, and A.J. Smith. What Determines Corporate Transparency? [J]. Journal of Accounting Research, 2004, 42, (2): 207-252.
- [44] 陈钦源, 马黎珺, 伊志宏. 分析师跟踪与企业创新绩效——中国的逻辑 [J]. 天津: 南开管理评论, 2017, (3): 15-27.
- [45] Aghion, P., J.V. Reenen, and L. Zingales. Innovation and Institutional Ownership [J]. American Economic Review, 2013, 103, (1): 277-304.
- [46] Zenger, T.R., and S.G. Lazzarini. Compensating for Innovation: Do Small Firms Offer High-Powered Incentives That Lure Talent and Motivate Effort? [J]. Managerial & Decision Economics, 2004, 25, (6-7): 329-345.
- [47] 李春涛, 宋敏. 中国制造业企业的创新活动: 所有制和CEO激励的作用 [J]. 北京: 经济研究, 2010, (5): 135-137.
- [48] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 刘红云. 中介效应检验程序及其应用 [J]. 北京: 心理学报, 2004, (5): 614-620.
- [49] 姜军, 申丹琳, 江轩宇, 伊志宏. 债权人保护与企业创新 [J]. 北京: 金融研究, 2017, (11): 128-142.
- [50] Dechow, P.M., R.G. Sloan, and A.P. Sweeney. Detecting Earnings Management [J]. Accounting Review, 1995, 70, (2): 193-225.

注释:

1. 在模型(1)中已经控制年度固定效应, POST单独项的效应已被年度固定效应所吸收, 故在模型中未加入POST单独项。
2. (1)TREAT单独项已被公司固定效应所吸收, 故在表4中未列式TREAT单独项的回归结果。

■新工科研究

采用分数阶临界阻尼控制律的动力吸振器研究

陈炎冬¹, 陈宁², 徐俊³

(1.无锡太湖学院 机电工程学院, 无锡 214064;

2.南京林业大学 机械电子工程学院, 南京 210037)

摘要:利用分数阶临界阻尼的理论针对动力吸振器模型来设计分数阶临界阻尼主动控制律。为了更加清楚说明控制律设计过程,先介绍了单自由度振动系统的分数阶临界阻尼理论,然后根据主对角线占优的原理对经典动力吸振器模型进行近似解耦,分析结果表明近似系统与实际系统的误差在可以接受的范围之内。因此,根据单自由度振动系统的设计思路,在该解耦的动力吸振器模型基础上设计了分数阶临界阻尼控制律,并在实际动力吸振器中试验。试验结果表明,分数阶临界阻尼当其对项分数阶阶次 $\alpha \in (0, 1)$ 时,其减振效果比传统的整数阶和分数阶阶次 $\alpha \in (1, 2)$ 临界阻尼更好,而且分析了临界阻尼附近的减振效果,发现临界阻尼时的性能较好,调节控制律中的比例系数可进一步提高减振性能,说明提出的控制律是有效的,而且控制律参数选取方便。

关键词:分数阶临界阻尼;动力吸振器;解耦;减振控制

Research on dynamic vibration absorber using fractional critical damping control law

Chen Yandong¹, Chen Ning², Xu Jun³

(1.School of Mechanical and Electrical Engineering,Wuxi Taihu University,Wuxi 214064,China;

2.School of Mechanical and Electronic Engineering,Nanjing Forestry University,Nanjing 210037,China)

Abstract: Using the theory of fractional critical damping, the active control law of fractional critical damping is designed for the dynamic vibration absorber model. In order to explain the design process of the control law more clearly, the fractional critical damping theory of the single-degree-of-freedom vibration system is first introduced, and then the classical dynamic vibration absorber model is approximately decoupled according to the principle of dominant diagonal line. The analysis results show that the approximate system The error with the actual system is within the acceptable range. Therefore, according to the design idea of single-degree-of-freedom vibration system, a fractional order critical damping control law is designed on the basis of the decoupled dynamic vibration absorber model, and tested in the actual dynamic vibration absorber. The experimental results show that the fractional critical damping, when its counterpart fractional order $\alpha \in (0, 1)$, has better vibration damping effect than the traditional integral and fractional order $\alpha \in (1, 2)$, critical damping, and the vibration reduction effect near the critical damping is analyzed, and it is found that the performance of the

作者简介:陈炎冬(1983-),男,讲师,博士,研究方向为车辆动力学与控制、非线性动力学。

基金项目:国家自然科学基金项目(11272159);江苏省高校自然科学基金项目(18KJD460006);江苏高校‘青蓝工程’资助;无锡市科协软科学研究课题(KX-18-D35)。

critical damping is better. Adjusting the proportional coefficient in the control law can further improve the vibration reduction performance, indicating that the proposed control law is effective, and the control law parameters are easy to choose.

Key words: fractional order critical damping; dynamic vibration absorber; decoupling; vibration reduction control

引言

在振动的结构上附加吸振器是控制结构振动的有效措施之一^[1]。动力吸振,在受控对象上附加一个质量-刚度-阻尼子系统,用它产生的控制力来部分或完全抵消受控对象受到的激振力。这时,子系统“吸收”了主系统的振动,故称子系统为动力吸振器。经典的吸振器技术是通过耦合辅助系统使主系统的振动发生转移,也就是使主系统的振动能量在主系统和从系统之间重新分配达到控制主系统的振动,缺陷是有效的吸振频带是在一个很狭小的带宽范围,并且不可调节。为了解决这些问题,出现了一些自适应调谐减振器^[2-4],以及变质量、变刚度甚至是零刚度、负刚度的吸振器^[5-8],正在成为研究热点。

上世纪三十年代, Gemant, A.^[9] 观察到粘弹性材料动刚度的数学模型,如果引入分数导数可以得到更理想更准确的表达。从此分数阶在工程中的应用研究越来越多,其中带分数阶阻尼的动力吸振器研究开始出现^[10-12],陈宁^[10]等研究了具有分数阶阻尼的吸振器,通过数值仿真结果表明,分数阶阻尼吸振器的减振作用正介于无阻尼吸振器和粘性阻尼吸振器之间,则可以调和无阻尼和粘性阻尼吸振器的矛盾,选择最佳的被动式吸振器。但阻尼大小采用试凑或采用优化的方法选取。关于动力吸振器的控制研究和参数优化的方法也在不断涌现^[13-17],但目前还很少用临界阻尼来设计控制律,而本文将从临界阻尼定义^[18]出发,将传统整数阶临界阻尼拓展到分数阶临界阻尼,在研究其特性的基础上针对经典的主动动力吸振器进行分数阶临界阻尼的控制律设计并对其进行试验验证,得出合理选取控制参数的方法和步骤。

1 分数阶临界阻尼理论

首先基于单自由度分数阶自由振动系统如式(1)所示,讨论分数阶临界阻尼理论。

$$m\ddot{x}(t) = c_0 D^\alpha x(t) + kx(t) = 0 \quad (1)$$

$x(t)$ 表示位移, ${}_0 D^\alpha x(t)$ 表示位移的分数阶导数, m, c, k 分别为质量、阻尼和刚度系数。这里 ${}_0 D^\alpha x(t)$ 采用Caputo定义,如式(2)所示。

$${}_0 D^\alpha x(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha-m)} \int_0^t \frac{(x^{(m)}(\tau)) d\tau}{(t-\tau)^{\alpha-1-m}} \quad (2)$$

$\Gamma(z)$ 是Gamma函数,如下所示:

$$\Gamma(z) = \int_0^\infty e^{-t} t^{z-1} dt, (\text{Re}(z) > 0) \quad (3)$$

满足下式: $\Gamma(z+1) = z\Gamma(z)$ 。对式(1)进行以下归一化变换:

$$\sqrt{l\omega} = km, t = \omega t', y(t') = x(\omega t'), \mu = c\omega^\alpha k$$

可得:

$$\ddot{y}(t') = \mu {}_0 D^\alpha y(t') + y(t') = 0 \quad (4)$$

对上式进行拉氏变换得:

$$s^2 + \mu s^\alpha + 1 = 0 \quad (5)$$

s 是复数,用复指数的形式表示为 $s = re^{i\theta} = r\cos\theta + r\sin\theta i$,代入上式得:

$$r^2(\cos 2\theta + i\sin 2\theta) + \mu r^\alpha(\cos \alpha\theta + i\sin \alpha\theta) + 1 = 0 \quad (6)$$

根据等式两边实部虚部分别为0,当特征根虚部 $r\sin\theta$ 不为0时,系统会产生振荡,为了避免振荡和发散,特征根实部必须是负的即 $r\cos\theta < 0$,且虚部为 $r\sin\theta = 0$ 。假设 $\theta = (2k_1+1)\pi$, k_1 为整数,则上式可简化为:

$$\begin{aligned} r^2 + \mu r^\alpha \cos \alpha\theta + 1 &= 0 \\ \mu r^\alpha \sin \alpha\theta &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

由式(7)有 $\sin \alpha\theta = 0, \cos \alpha\theta = \pm 1$ 因此:

$$\alpha\theta = \alpha(2k_1+1)\pi = k_2\pi \quad (8)$$

进而可得:

$$\alpha = \frac{k_2}{2k_1+1} \quad (9)$$

从式(9)可以看出 α 只有分母为奇数,分子为与分母互为质数的整数时才存在。如 $3/5, 7/9, 8/11, 14/11$ 等等。从式(7)可以看出当 $\cos \alpha\theta = 1$ 时,可以算出特征根实部是正的,表示有外界的能量输入系统,振荡会越来越强,系统是发散的,相反,当 $\cos \alpha\theta = -1$ 时,可以算出特征根实部是负的,系统是稳定的。

综合上述推导可得到存在临界阻尼的条件:当

k_1, k_2 为整数,且互为质数, $\alpha \in (0, 2)$, $\cos\alpha\theta = -1$ 时有:

$$\mu = \frac{1+r^2}{r^\alpha} \quad (10)$$

其中 $r \in R^+$, 式(10)当 $du/dt=0$ 时, 可得在极值位置时的 r 值, $r = (\alpha/(2-\alpha))^{1/2}$, 当系统参数确定后, 归一化后的系统只能通过分数阶阶次来改变其临界阻尼, 将式(4)的变换条件代入式(10)得原系统的阻尼与特征值幅值之间的关系式:

$$C_c = \frac{k(1+r^2)}{\omega^\alpha r^\alpha} = m^{\frac{\alpha}{2}} k^{\frac{1-\alpha}{2}} (1+r^2) \quad (11)$$

当 $\alpha=1$ 时, 极值位置时的 $r=1$, 代入上式可得临界阻尼为 $C_c=2mk$, 与传统二阶系统临界阻尼一致。

下面探讨: 1) c 与 r 之间的关系; 2) 分数阶阶次对系统响应的影响; 3) 系统阻尼与系统振荡之间关系; 4) 当有干扰后, 分数阶临界阻尼与整数阶阻尼的作用影响。固定仿真参数: 初始位移 $x_0=0.01m$, 初始速度 $v_0=0m/s$, $m=10kg$, $k=1000N/m$ 。

根据式(11)可以绘制出 c 与 r 之间的关系图, 如图1所示。

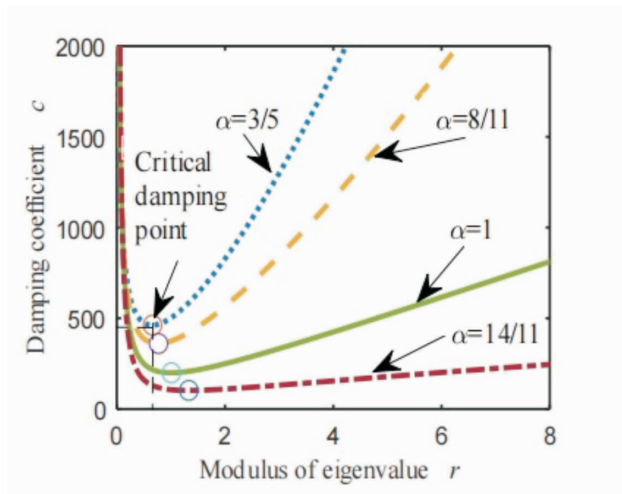


图1 不同 α 时系统阻尼随特征值幅值变化曲线

图1为不同分数阶阶次 α 时系统阻尼随特征值幅值变化的关系曲线, 从图1中看出当系统存在分数阶阻尼项后, 临界阻尼大小可以通过改变分数阶阶次来设计系统需要的值, 但是必须满足前面理论推导的临界阻尼存在条件。

图2为在初始位移 $x_0=0.01$, 初始速度 $v_0=0$, α 分别等于 $8/11, 1, 14/11$ 时系统位移响应曲线, 可以看出当

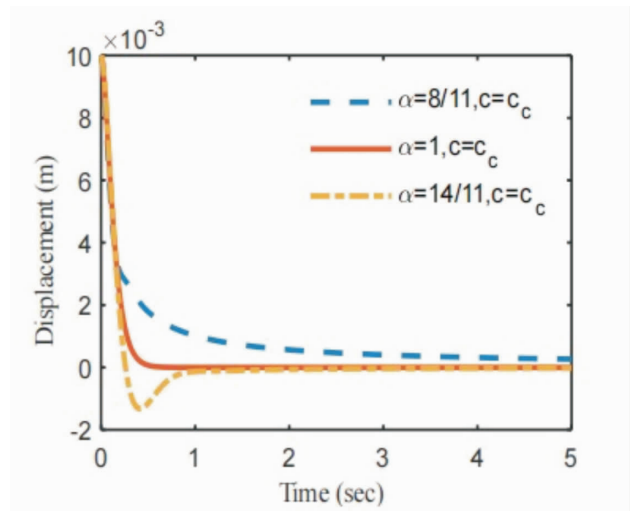


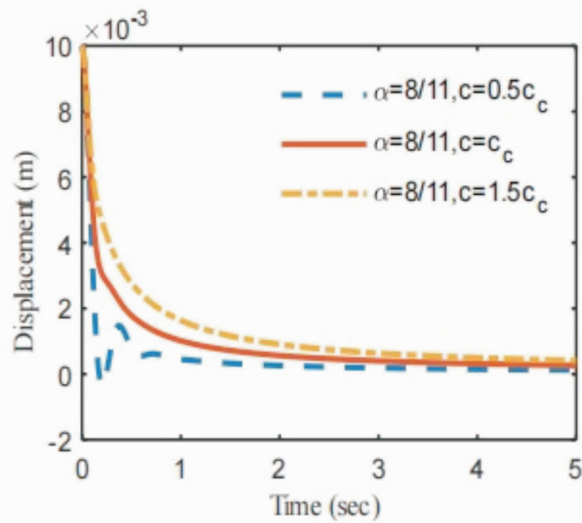
图2 不同 α 时系统位移响应曲线

分数阶阶次小于等于1时系统没有振荡, 大于1会有一些的振荡, 说明当分数阶阶次 $\alpha \in (1, 2)$ 时从物理角度解释该材料特性已经不是 $\alpha \in (0, 1)$ 粘弹性材料特性, 而是介于粘性和刚性之间的混合材料, 所以在刚性部分作用下会有一些的超调量。

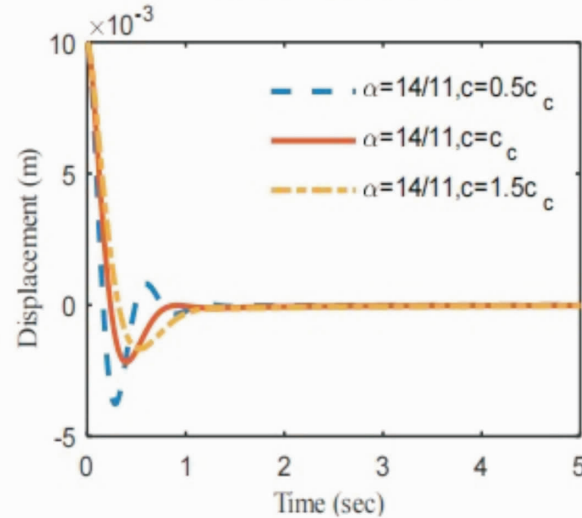
图3为在初始位移(0.001m)激励下的系统位移响应, 其中图3(a)和图3(b)分别表示 $\alpha=8/11$ 和 $\alpha=14/11$ 时, 不同系统阻尼时系统位移的响应曲线。讨论了临界阻尼的作用, 当 $\alpha=8/11$ 系统阻尼大于等于临界阻尼时, 系统响应指数收敛, 且看出 $c > c_c$ 时收敛速度小于临界阻尼时的收敛速度, $c < c_c$ 时虽然响应快, 但是有明显的振荡。当 $\alpha=14/11$ 系统阻尼大于等于临界阻尼时表现出来的响应和 $\alpha=8/11$ 时有一定的区别, 虽然取了临界阻尼但是存在小幅度的超调量, 也印证了图2中 $\alpha=14/11$ 的曲线现象, $\alpha=8/11, c < c_c$ 时一样有明显的振荡。

图4是在阶跃力激励作用下, 不同 α 时系统位移响应, 同样可以看出 $\alpha \in (0, 1]$ 时, 取临界阻尼时系统没有振荡, 而 $\alpha \in (1, 2)$ 系统有振荡。

综合上述可以得出一个结论, 对于单自由度振动系统, 当采用阻尼项的分数阶阶次 $\alpha \in (0, 1]$, 阻尼系数采用临界阻尼 c_c , 可使振动系统有效的避免振荡; 当 $\alpha \in (1, 2)$, 该项表现出既有阻尼又有刚性的作用, 此时系统在理论临界阻尼时也有振荡, 因此无法避免振荡, 但可以通过设计小于临界阻尼的阻尼, 使系统振动尽量小。



(a) $\alpha=8/11$ 不同系统阻尼时系统位移



(b) $\alpha=14/11$ 不同系统阻尼时系统位移

图3 在初始位移(0.001m)激励下的系统位移响应

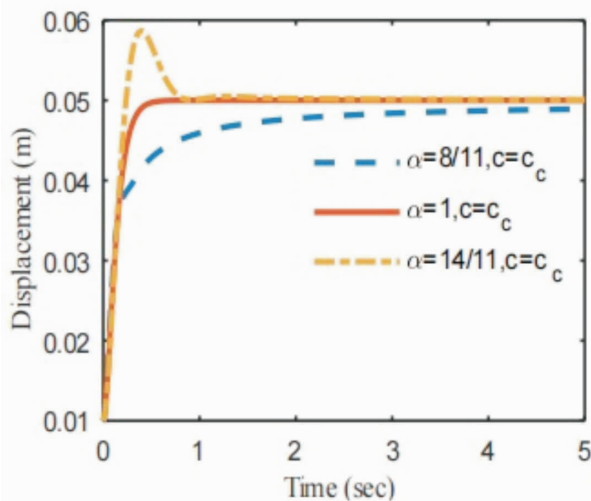


图4 不同 α 时系统位移阶跃响应

2 动力吸振器的分数阶临界阻尼控制律设计

2.1 动力吸振器建模和解耦

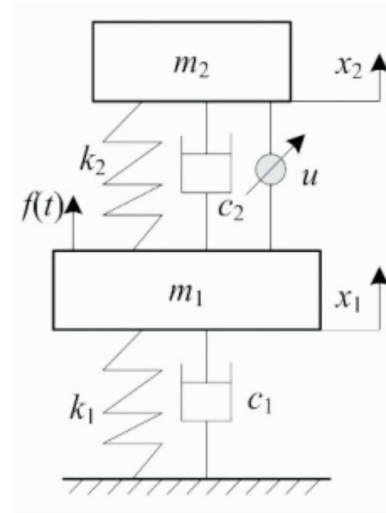


图5 动力吸振器模型

根据牛顿第二定律可得动力吸振器的动力学模型:

$$\begin{cases} m_1\ddot{x}_1 + c_1\dot{x}_1 + k_1x_1 - c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - k_2(x_2 - x_1) - u = f(t) \\ m_2\ddot{x}_2 + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2(x_2 - x_1) + u = 0 \end{cases} \quad (12)$$

m_1, m_2 为主系统、吸振器的质量, k_1, k_2 分别为主系统、吸振器的刚度, c_1, c_2 分别为主系统、吸振器的阻尼, u 为控制输入, $f(t)$ 为主系统上受到的干扰。

根据式(12)改写为如下矩阵形式:

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + kx = F + U \quad (13)$$

其中质量矩阵、刚度矩阵、阻矩阵尼、控制矩阵及干扰矩阵如下表示:

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix}, K = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 \end{bmatrix}, K_f = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, R = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

假设 Φ 为该系统的特征向量矩阵, 令 $X = \Phi\eta$, 并代入式(14)得:

$$\ddot{\eta} = \bar{C}\dot{\eta} + \bar{K}\eta = \bar{F} + \bar{U} \quad (15)$$

其中:

$$\bar{M} = I; \bar{C} = \Phi^T C \Phi; \bar{K} = \Phi^T K \Phi;$$

$$\bar{F} = \Phi^T K_f F; \bar{U} = \Phi^T R U$$

如果C为对角阵,则系统可以完全解耦,现实中大部分系统的阻尼是无法完全解耦的,本文的动力吸振器的结构参数下也无法得到对角阵,因此这里根据主对角线占优^[9]的方法来设计系统阻尼,即主对角线元素绝对值之和大于次对角线元素绝对值之和,从而忽略阻尼矩阵次对角线上的,则阻尼矩阵转化为对角阵 $C=diag(C_{p1},C_{p2})$,从而系统实现近似解耦,下节设计分数阶临界阻尼控制律以此近似模型来推导。

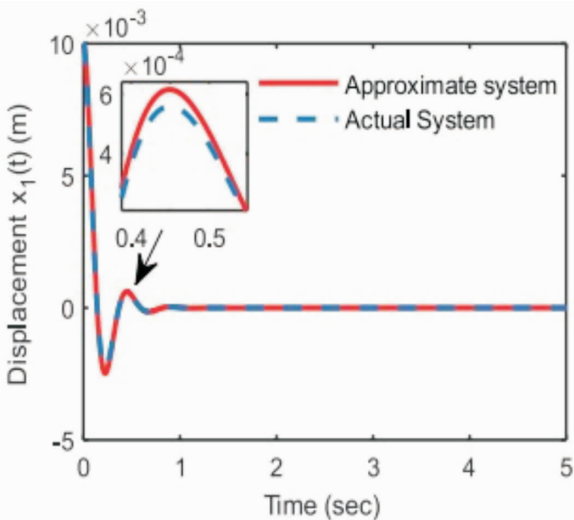
当然这里必须讨论下忽略次对角线元素带来的误差大小。为了分析近似解耦模型和原模型之间的误差大小,假设系统没有外界激励 $F=0$ 和控制输入 $U=0$,则式(15)可以表示如下形式。

$$M\ddot{\eta}+\bar{C}\dot{\eta}+\bar{K}\eta=0 \quad (16)$$

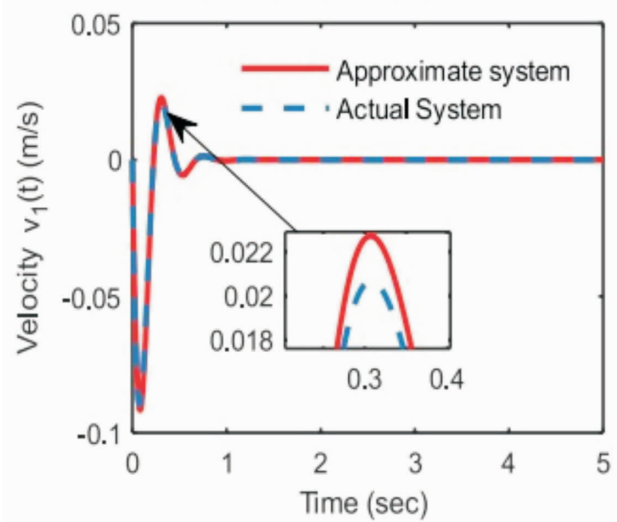
其中:

$$\bar{M}=\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \bar{K}=\begin{bmatrix} K_{p1} & 0 \\ 0 & K_{p2} \end{bmatrix} \quad \bar{C}=\begin{bmatrix} C_{p1} & 0 \\ 0 & C_{p2} \end{bmatrix} \quad (17)$$

根据式(12)和式(16)、式(17)分别绘制在相同初始条件下,近似系统和实际系统响应曲线的对比图如图6所示,主系统的位移和速度响应图如图6(a)、图6(b)所示。从图中可以看出近似系统和实际系统的位移和速度存在误差,对实际系统和近似系统在5秒里的主系统位移和速度的比较分析如表1所示,从表中可以两个系统的均值和均方差存在一定的误差,但是还可以看出两个系统位移、速度之差绝对值的均方差的数量级比原系统的均方差小两个数量级左右,说明利用近似模型来进行设计分数阶临界阻尼



(a) 近似系统和实际系统位移曲线



(b) 近似系统和实际系统速度曲线

图6 近似系统和实际系统响应曲线的对比图

表1 主系统位移与速度均值和均方差

	主系统			
	位移均值	速度均值	位移均方差	速度均方差
实际系统	0.0012	0.0159	0.0023	0.0255
近似系统	0.0013	0.0165	0.0024	0.0260
两个系统位移、速度之差绝对值的均方差			7.8752e-05	0.0016

是有一定精度保证的。

2.2 分数阶临界阻尼控制律设计

根据2.1的推导,可将动力吸振器系统进行近似解耦,看成两个独立的单自由度振动系统,因此根据第2部分的单自由度分数阶临界阻尼的理论分析,对其进行分数阶临界阻尼控制律设计。动力吸振器的分数阶临界阻尼项,具体形式如下所示。

$$\bar{U}=-K_{pd}\eta-C_{pd}\frac{D^\alpha\eta}{Dt^\alpha} \quad (18)$$

其中 C_{pd} 为控制输入分数阶导数项系数,代入式(15)有:

$$\ddot{\eta}=\bar{C}\dot{\eta}+\bar{K}\eta=\bar{F}-K_{pd}\eta-C_{pd}\frac{D^\alpha\eta}{Dt^\alpha} \quad (19)$$

这里先假设 $\bar{F}=0$,可得解耦后的自由振动系统有:

$$\ddot{\eta}+\bar{C}\dot{\eta}+C_{pd}\frac{D^\alpha\eta}{Dt^\alpha}+(K_{pd}+\bar{K})\eta=0 \quad (20)$$

根据第2部分,单自由度振动系统的分数阶临界阻尼推导,同理可推得动力吸振器分数阶临界阻尼的关系式如下:

$$C_{pdi} = \frac{r_i^2 - \bar{C}_i r_i + (\bar{K}_i + K_{pdi})}{r_i}, i=1, 2 \quad (21)$$

对式(21)求导,导数为0时,得到:

$$r_i = \bar{C}_i(1-\alpha) + \sqrt{\bar{C}_i^2(1-\alpha)^2 + 4\alpha(2-\alpha)(\bar{K}_i + K_{pdi})}, i=1, 2 \quad (22)$$

将其代入式(21),可得到最优临界阻尼系数 c_c ,因此控制律中阻尼项系数 $C_{pdi} = c_c = \text{diag}(C_{pdi}), i=1, 2$,而且控制律中还有一个比例系数 K_{pd} ,这里考虑主系统为不可调参的固定系统,因此其中的 K_{pd1} 取0,只需要调节另一个 K_{pd2} 就可以快速寻到最优参数。

最后将 $X = \Phi \eta$ 代入 U 得分数阶临界阻尼控制律:

$$U = -(\Phi^T R)^{-1} \left(K_{pd} \Phi^{-1} X + C_c \Phi^{-1} \frac{D^\alpha X}{Dt^\alpha} \right) \quad (23)$$

由于式(23)中的 $\Phi^T R$ 不是方阵,所以这里用 $(\Phi^T R)^+$ 表示广义逆矩阵。

3 仿真试验分析

动力吸振器的结构参数: $m_1=50\text{kg}, m_2=10\text{kg}, k_1=15000\text{N/m}, k_2=8000\text{N/m}, c_1=800, c_2=400$ 。首先分析 $K_{pd}=0$ 时,即控制律中只有一项分数阶临界阻尼项进行控制,来分析分数阶阶次 α 和其系数 C_{pd} 对系统振动大小的影响。

图7和图8分别为当分数阶阶次分别为8/11, 1, 14/11的分数阶临界阻尼控制和当 $U=0$ 时的被动控制。在阶跃幅值为0.1干扰激励下主系统的位移响应和在采样周期为0.1s,功率0.001的白噪声干扰激励下主系统的位移响应。

从图7中可以看出,没有补偿阻尼项的被动控制最敏感且振动幅度最大,分数阶阶次取8/11时上升时间最大,5秒后振动幅度最低。从图8中白噪声激励干扰下同样可以看出,普通的整数阶临界阻尼效果比阶次大于1和被动控制时的效果好,但是分数阶阶次8/11的性能明显比整数阶时更好,说明本文提出的设计方法,只要合理选择分数阶阶次和其对应的临界阻尼,就可以进一步提升减振效果,印证了上一部分的结论。

进一步分析在临界阻尼附近的特性,选择分数

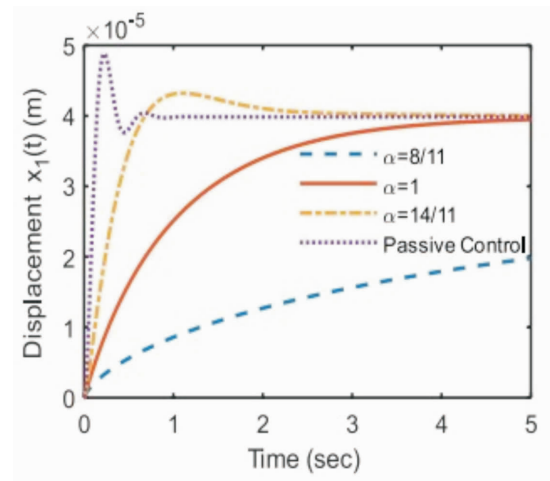


图7 主系统的阶跃位移响应

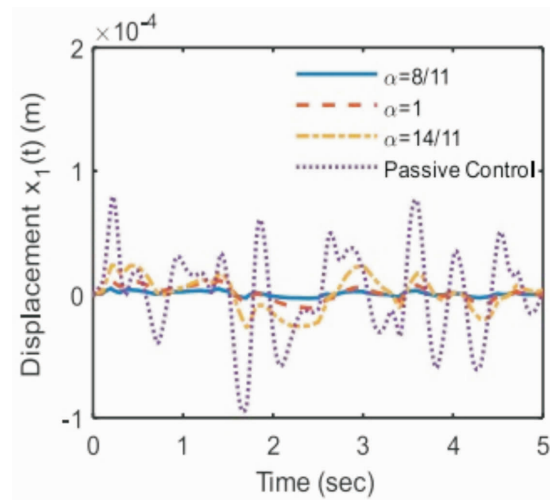


图8 不同 α 时主系统的白噪声位移响应

阶阶次为8/11,阻尼取 $0.5c_c, c_c$ 和 $1.5c_c$ 时,比较其减振效果。图9为不同阻尼时主系统的白噪声响应,其中图9(a)、图9(b)分别为当分数阶阶次8/11时的采用不同阻尼时的主系统和吸振器位移比较图。从图中可以看出,取小于分数阶临界阻尼振动波动大,而且发现大于分数阶临界阻尼时,减振效果提升的幅度很小,说明取0~1之间满足分数阶临界阻尼条件的数,就可以有效的提升系统减振性能,而不需要进行复杂的在线优化,而且满足该条件的数有限,使动力吸振器的控制律参数设计更加简洁。

当然本文提出的控制律还有比例控制项,即当 K_{pd} 不等于0时,从式(21)看出,通过调节其大小可以改变临界阻尼的大小,同时还从式(20)看出,会改变系统的固有频率大小,从而改变吸振器的减振效果。

这里绘制了当激励为 $0.1\sin(\omega t)$, ω 为主系统的固有频率, $\alpha=8/11$; $K_{pd1}=0$; $K_{pd2}=0$, $K_{pd2}=1000$, $K_{pd2}=2000$ 时的对比分析, 如图10所示, 可以看出当 $K_{pd1}=0$; $K_{pd2}=0$ 时系统振动幅度最大, 而通过调节吸振器的比例控制系数, 避开主系统固有频率, 从而在合理选择 α 的基础上进一步有效的降低了主系统的振动幅度。

4 结语

本文给出了单自由度振动系统分数阶临界阻尼存在条件, 并在此基础上进行了动力吸振器的减振控制研究, 得出以下结论。

1) 通过对单自由度振动系统在初始干扰下的振动分析, 发现分数阶阶次变化体现出一些特殊物理意义, 当阻尼项分数阶阶次 $\alpha \in (0, 1)$ 时, 阻尼材料具有粘弹性特性通过调节 α 使粘性和弹性特性比重进行调节, $\alpha=1$ 时就是传统的粘弹性材料特性, 而当 $\alpha \in (1, 2)$ 时, 该项表现出材料既有粘性又有刚性的特性, 当然也可以调节 α 使粘性和刚性特性比重进行调节。

2) 采用主对角线占优原则对动力吸振器模型进行解耦和误差分析, 近似模型引起的误差较小, 下一结论验证了方法的有效性。

3) 利用近似模型设计了分数阶临界阻尼控制律, 并在实际模型进行试验是有效的, 而且该控制律参数选取方便。(参数选取步骤: 取小于1同时满足分数阶临界阻尼条件时的分数阶阶次 α , 然后通过调节控制律中的吸振器对应的比例系数 K_{pd2} , 最后根据式(21)、式(22)计算得到分数阶临界阻尼系数 c_c)。

参考文献

[1] 徐鉴. 振动控制研究进展综述[J]. 力学季刊, 2015, 36(04): 547-565.
 [2] KELA L. VAHAJOJA P. Recent studies of adaptive tuned vibration absorbers/neutralizers[J]. Applied Mechanics Reviews, 2009, 62(6): 1469-1474.
 [3] Bonello P. Brennan M. J. Elliott S. J. et al. Designs for an adaptive tuned vibration absorber with variable shape stiffness element [J]. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2005, 461(2064): 3955-3976.
 [4] Rustighi E. Brennan M. J. Mace B. R. Real-time control of a shape memory alloy adaptive tuned vibration absorber [J].

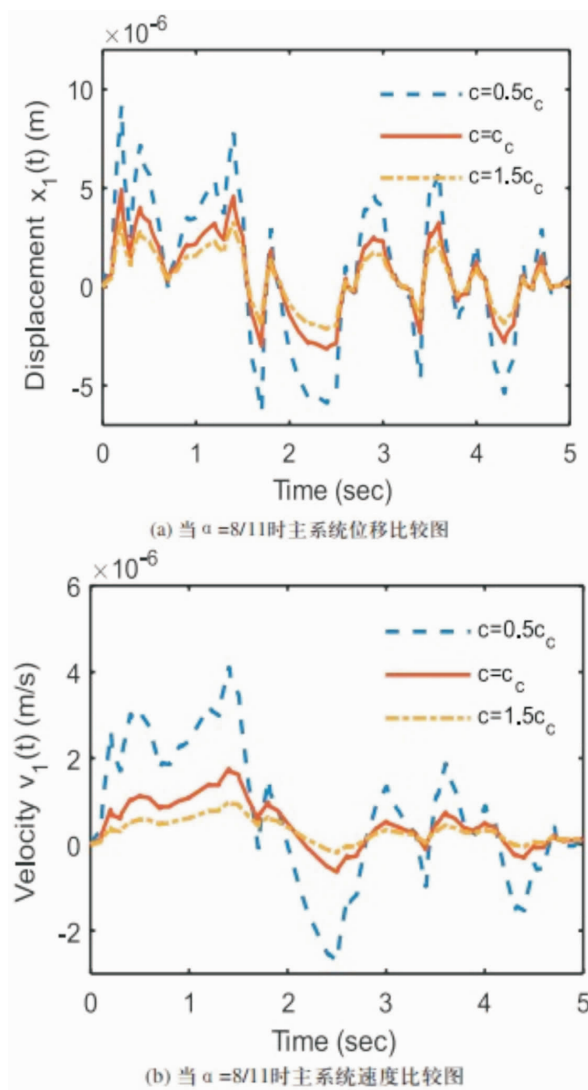


图9 不同阻尼时主系统的白噪声响应

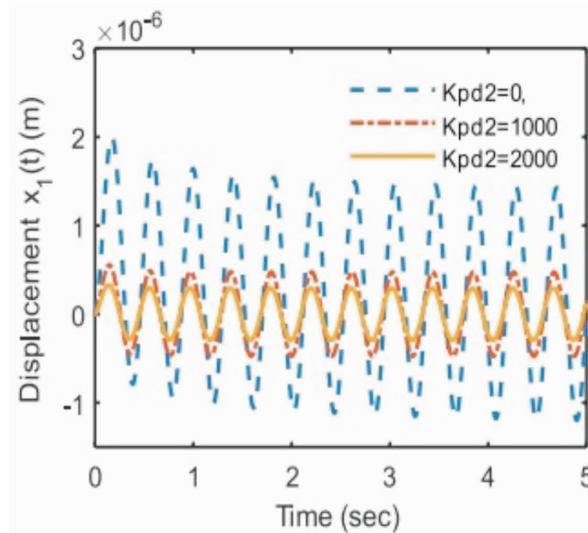


图10 当 $\alpha = 8/11$ 时, 不同比例系数时的简谐响应

- Smart Materials & Structures, 2004, 14(6): 1184.
- [5] Shen Y, Peng H, Li X, et al. Analytically optimal parameters of dynamic vibration absorber with negative stiffness [J]. Mechanical Systems & Signal Processing, 2017, 85: 193–203.
- [6] Sireteanu T., Mitu A. M., Ghita G. A novel vibration absorber with variable stiffness controlled by electromagnetic force [C]. International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering. IEEE, 2017, 866–871.
- [7] Liu X, Liu Q, Wu S, et al. Research on the performance of damping boring bar with a variable stiffness dynamic vibration absorber [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017, 89(9–12): 2893–2906.
- [8] 刘刚, 郑大胜, 丁志雨, 姚红良. 变质量-负刚度动力吸振器试验研究 [J]. 中国机械工程, 2018, 29(05): 538–543.
- [9] Gemant, A., A method of analysing experimental results obtained from elasto-viscous bodies, Physics 7, 1936, 311–317.
- [10] 陈宁. 具有分数阶阻尼动力吸振器的隔振系统分析 [A]. 中国振动工程学会、中国力学学会. 第十一届全国非线性振动学术会议暨第八届全国非线性动力学和运动稳定性学术会议论文集 [C]. 中国振动工程学会、中国力学学会: 中国力学学会, 2007, 4: 403–406.
- [11] 张媛媛. 分数阶阻尼项发展方程解的长期动态 [J]. 华中师范大学学报 (自然科学版), 2018, 52(03): 293–297.
- [12] 刘力力. 线性分数阶阻尼振动系统分析 [D]. 上海应用技术大学, 2017.
- [13] 陈炎冬, 陈宁, 杨敏, 刘洁. 对分数阶非线性悬架的遗传优化 PI- λ D- μ 控制 [J]. 现代制造工程, 2019(01): 13–17+150.
- [14] Wu S T, Shao Y J. Adaptive vibration control using a virtual-vibration-absorber controller [J]. Journal of Sound & Vibration, 2007, 305(4–5): 891–903.
- [15] 贾富淳, 孟宪皆, 王琳燕. 基于 PID 控制算法的主动式动力吸振器 [J]. 山东理工大学学报 (自然科学版), 2018, 32(01): 75–78.
- [16] 付江华, 张博涵, 陈哲明等. 基于智能算法的动力吸振器多参数优化研究 [J]. 噪声与振动控制, 2018, 38(04): 208–212.
- [17] Wang P, Wang Q Y, Xu X M, Chen N. Fractional critical damping theory and its application in active suspension control [J]. Shock and Vibration, 2017: 1–8.
- [18] Bulatovic R. M. On the critical damping in multi-degree-of-freedom systems [J]. Mechanics Research Communications, 2002, 29(5): 315–319.
- [19] Takahashi N., Hirata D., Jimbo S. & Yamamoto H. Band-restricted diagonally dominant matrices: Computational complexity and application. Journal of Computer and System Sciences, 2019, 101, 100–111.

3D 打印 CNTs/TC4 复合材料微观结构及 摩擦学性能研究

白亚雯¹, 刘志超², 程智明³, 王 涛⁴

(1.无锡太湖学院江苏省物联网应用技术重点建设实验室, 江苏 无锡 214064;

2.江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要:钛合金(TC4)具有良好的生物相容性、优异的力学性能及耐腐蚀等优点,因此被作为医用人工关节材料,但其较差耐磨损性能限制了其在临床医学应用方面的应用和发展。本文通过填充碳纳米管(CNTs),采用激光增材制造(3D 打印)技术成形 CNTs/TC4 复合材料,并通过金相显微镜和排水法对其微观结构组织、孔隙率进行了研究,并在模拟体液环境下,对其生物摩擦学性能进行了分析。结果表明:填充 CNTs 可以显著提高 TC4 基底的显微硬度,当 $w(\text{CNTs})=1.0\%$ 时,显微硬度较纯 TC4(328.3 HV0.2)提高了 31.82%,且随着 CNTs 含量的增加,CNTs/TC4 复合材料的孔隙率逐渐增加,其中 1.5-CNTs/TC4 孔隙率最大为 9.64%,而磨损体积却随着孔隙率的增加逐渐降低。

关键词:钛合金(TC4);碳纳米管(CNTs);激光增材制造;生物摩擦学

Study on Microstructure and Tribological Properties of 3D Printed CNTs/TC4 Composites

Bai Yawen¹, Liu Zhichao², Cheng Zhiming³, Wang Tao⁴

(1.Jiangsu Key Construction Laboratory of IoT Application Technology, Taihu University of Wuxi,Wuxi Jiangsu 214064,China;

2.Jiangnan University,Wuxi Jiangsu 214122,China)

Abstract: Titanium alloy(TC4) has been widely used as an artificial joint material due to its good biocompatibility, excellent mechanical properties and corrosion resistance. However, its poor wear resistance limits its application and development in clinical medical applications. In this paper, carbon nanotubes (CNTs) were filled, CNTs/TC4 nocomposites were manufactured by laser additive manufacturing technology(3D printing).The microstructure and porosity of the composites were studied by metallographic microscope and drainage method. Furthermore,the biotribological properties were analyzed under the condition of simulated body fluid. The results show that the addition of CNTs can significantly improve the microhardness of TC4 substrate. When $w(\text{CNTs})=1.0\%$, the microhardness value is 31.82% higher than that of pure TC4(328.3 HV0.2), and the porosity of CNTs/TC4 nacomposites are increased gradually with the increase of CNTs content, while the wear volume is decreased, and in which the maximum porosity is 1.5-CNTs/TC4 sample with the value of 9.64%.

Key words: titanium alloy(TC4);carbon nanotubes;3D printing;bio tribological

作者简介:白亚雯(1989-)女,硕士,助教,研究领域:智能制造、控制工程;刘志超(1985-),男,安徽安庆人,博士生,讲师;程智明(1991-),男,研究生,助教,研究领域:控制工程、自动化;王涛(1990-),男,硕士研究生,助教,研究方向:工业机器视觉与人工智能,工业机器人故障检测。

引言

钛合金(TC4)由于具有良好的生物相容性、高比强度、优异的力学性能、耐腐蚀性能,被广泛应用于人体医用植入材料^[1,2]。但是由于钛合金的熔点高、活性高、变形抗力大和切削加工能力差等本征特性使得工艺操作难度系数大,所需成本高,降低了生产效率。而选区激光熔化(SLM)技术是一种自下而上材料累加的制造方法,可以成型任意复杂形状的零件,提高零件的加工效率,具有经济环保、成型性能好、适应性强等特点^[3,4,5]。因此国内外研究人员对SLM成型TC4合金方面做了大量的研究。

Wang等^[6]研究了SLM制备的TC4合金的耐蚀性和生物相容性,并将其与传统铸轧工艺比较,结果表明,SLM制备的TC4合金比传统工艺具有更好的耐蚀性和生物相容性。Zhang等^[7]研究了选择性激光熔化、电子束熔化和常规锻造工艺制备的Ti-6Al-4V合金的磨损性能,结果表明,由于较高的硬度值和较弱的分层倾向,SLM和电子束熔化样品显示出比锻造样品更好的耐磨性。梁晓康、陈济轮等^[8]研究了TC4合金激光选区熔化成型件表面粘粉现象及表面残余应力分布状态,发现成型件沿生长方向存在较大的拉伸残余应力,在保证熔池充分熔化的前提下,减少熔池热输入可有效缓解成型件表面的粘粉现象。肖振楠等^[9]研究了退火、两相区固溶、固溶时效三种热处理方法对SLM成形TC4钛合金微观组织和力学性能的影响,发现退火处理后,TC4钛合金的显微组织由 $\alpha+\beta$ 相构成,具有较高的强度和塑性;固溶处理后,形成交错的 $\alpha+\beta$ 网篮组织,强度明显下降,塑性提高;固溶时效处理后,形成了均匀弥散的 $\alpha+\beta$ 相, α 相粗化,强度降低,塑性小幅提高。宦君等^[10]研究了激光功率和扫描速度对TC4成型效果和表面形貌的影响机理,发现激光功率和扫描速度对熔道宽度和高度均有较大影响,过高激光功率会导致“爆粉”现象。但目前关于TC4成型件的微观结构与生物摩擦学性能之间的关系研究较少。

由于碳纳米管(CNTs)是具有极高的机械强度、低的热膨胀系数、优异的导热性、耐高温和耐腐蚀性能,是复合材料的理想增强相^[11,12]。因此,本文采用激光选区熔化技术成型CNTs/TC4复合材料,并对其微观结构组织、孔隙率和模拟体液环境下的生物摩擦

学性能进行了分析。

1 实验材料及方法

1.1 实验材料

研究所用的TC4粉末由无锡飞而康快速制造科技有限公司提供,粉末粒径范围为15~53 μm ,TC4粉末成分如表1所示。采用日本日立公司型号为Su1510的扫描电子显微镜观察TC4粉末形貌,如图1所示,粉末的球形度较高。碳纳米管直径为10~30nm,长度为160~200 μm ,纯度>98%。

表 1 TC4 粉末成分(质量分数/%)

元素	Fe	C	O	Ni	H	Al	V	Ti
含量	0.20	0.011	0.077	0.007	0.024	6.490	4.240	Bal.

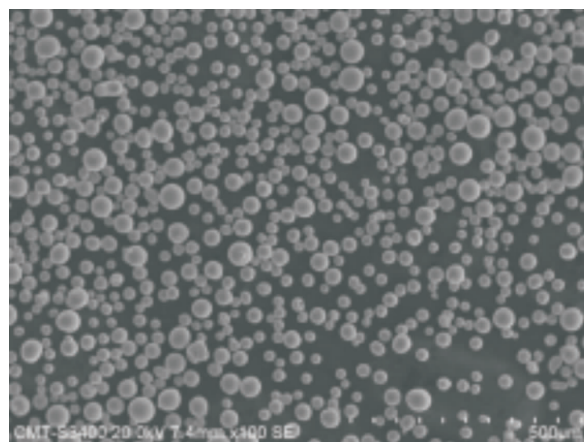


图 1 TC4 粉末形貌

1.2 实验设备

如图2所示,本实验激光选区熔化设备选用永年



图 2 YLM-120 SLM 设备

激光的YLM-120, 激光器为200W的单模光纤激光, 最小光斑直径可达40 μm , 成形零件致密度大于98%。加工激光功率为180W, 扫描速度为1000mm/s, 光斑直径为0.05mm。复合粉末球磨混合所用设备为南京南大仪器有限公司型号为QM-3SP2的行星式球磨机。

将CNTs质量分数为0.5%、1.0%、1.5%的CNTs/TC4复合粉末分别置于球磨罐中, 在行星球磨机中以400r/min的转速球磨混合1h。经SLM扫描加工线切割成尺寸为40mm \times 40mm \times 10mm的试样(TC4、0.5-CNT/TC4、1.0-CNT/TC4和0.5-CNT/TC4)。实验前用规格为400#、800#、1000#、1500#、2000#、2500#的砂纸依次打磨。显微硬度测试仪器为上海索岩检测仪器仪表有限公司型号为HVS-1000ZCM-XY的数字显微硬度计, 在试样表面等距测6个点, 加载载荷1000g, 保荷时间为15s, 计算试样平均显微硬度值。微观形貌测试选用上海金相机械设备有限公司型号为YMP-2的金相显微镜。摩擦磨损实验仪器为美国RTEC公司的MFT-5000多功能摩擦磨损试验机, 载荷范围为10mN~1000N。摩擦磨损实验对磨小球材料为Si₃N₄, 往复摩擦, 施加载荷15N, 频率为1Hz, 实验在模拟液体环境下进行。

2 实验结果及讨论

2.1 显微硬度

如图3所示为CNTs/TC4复合材料的显微硬度, 由图可以看出, 混入CNTs后, CNTs/TC4复合材料较纯TC4的显微硬度明显提升, TC4、0.5-CNTs/TC4、1.0-CNTs/TC4和1.5-CNTs/TC4分别为328.3 HV0.2、369.4 HV0.2、432.8 HV0.2、和410.6 HV0.2, 这是由于在激

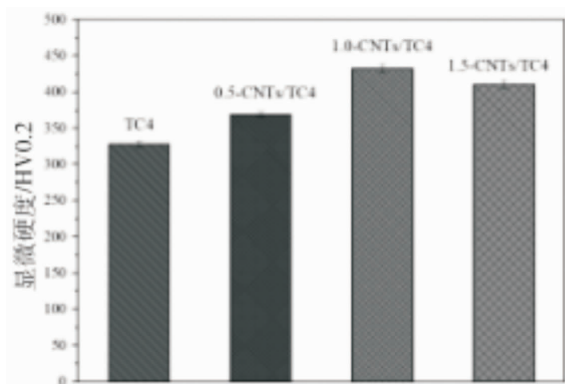


图3 CNTs/TC4复合材料的显微硬度

光增材成型过程中, TC4基体会析出Ti、Al等元素, 与混入的CNTs发生反应, 生成TiC、Al₃C₄等硬质相, 显著提高基体的硬度, 随着CNTs混入量达到1.5%时, 少量CNTs未能与基体反应, 残留在基体内部, 降低了基体自身的结合, 导致CNTs/TC4复合材料的显微硬度下降, Hu Zengrong等人的研究也证明了这一结论^[13]。

2.2 微观形貌

如图4所示为CNTs/TC4复合材料的微观结构, 图4(a)、4(b)、4(c)和4(d)分别表示TC4、0.5-CNTs/TC4、1.0-CNTs/TC4和1.5-CNTs/TC4。由图可以看出, 3D打印件表面存在大量孔隙, 随着CNTs的混入, 孔隙逐渐增多, 但是少量的CNTs明显可以起到细化孔径的效果, 但是当CNTs混入量为1.5%时, 孔隙孔径再次变大。大量孔隙的存在, 是3D打印件综合性能比传统铸造件差的一个重要原因。

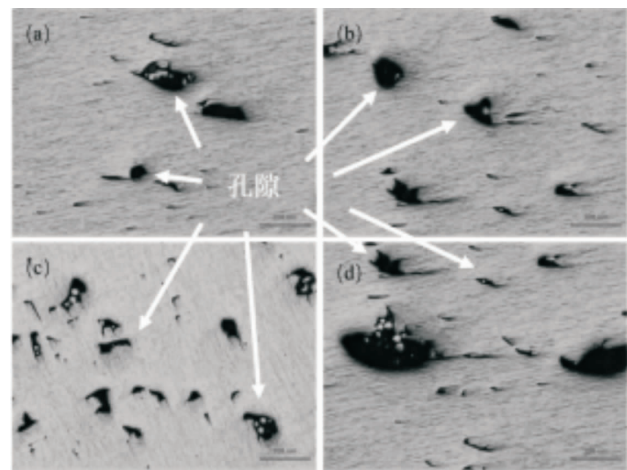


图4 CNTs/TC4复合材料的二维表面形貌
(a)TC4 (b)0.5-CNTs/TC4 (c)1.0-CNTs/TC4 (d)1.5-CNTs/TC4

2.3 孔隙率

本文通过排水法对CNTs/TC4复合材料的孔隙率进行了研究, 结果如表2所示, 随着CNTs的混入量的增加, CNTs/TC4复合材料的孔隙率也呈现逐渐递增的趋势, 且当CNTs的混入量达到1.5%时, 1.5-CNTs/TC4的孔隙率达到9.64%, 较纯的TC4增加了190.36%。这是由于混入CNTs虽然会生成硬质相, 但

表2 CNTs/TC4复合材料的孔隙率

试样	TC4	0.5-CNTs/TC4	1.0-CNTs/TC4	1.5-CNTs/TC4
孔隙率	3.32%±0.60	4.89%±0.80	7.45%±0.80	9.64%±1.00

是残余的CNTs也会阻碍TC4基体自身之间的结合,使得CNTs/TC4复合材料的孔隙率逐渐增加。

2.4 生物摩擦学性能

如图5所示,CNTs/TC4复合材料在模拟体液环境下的实时摩擦系数5(a)、平均摩擦系数5(b)、磨损体积5(c)和磨痕三维形貌(d)。由图5(a)可以看出CNTs/TC4复合材料的摩擦系数稳定在0.26~0.35之间,在0~600s时间段时,Si3N4对磨球和CNTs/TC4复合材料处于磨合阶段,摩擦系数显著下降,当超过600s时,摩擦系数开始变得相对稳定,其中,纯TC4试样的摩擦系数最平稳,混入CNTs的摩擦系数相对波动较大,这与混入CNTs后生成的硬质相密切相关。由图5(b)可以看出,随着CNTs的混入量增加,平均摩擦系数逐渐降低,这是由于试样的孔隙率增加,在模拟体液润滑介质下,孔隙内装满润滑液,可以起到减摩的作用,因此摩擦系数逐渐降低。图5(c)为CNTs/TC4复合材料在模拟体液环境下的磨损体积,并通过三维形貌仪内置软件计算磨损体积,且磨损体积随着摩擦系数的降低而减少。图5(d)为1.0-CNTs/TC4复合材料的磨损三维形貌图。

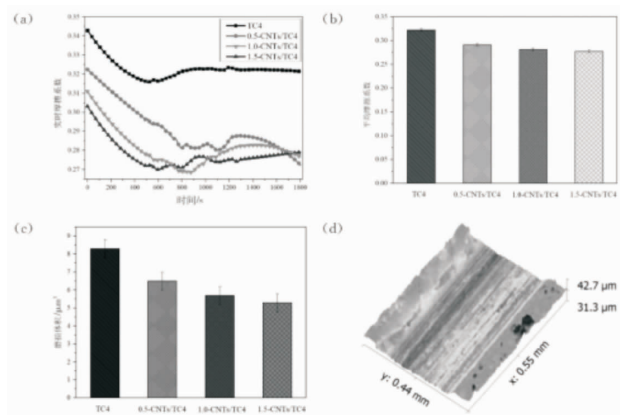


图5 CNTs/TC4 复合材料在模拟体液环境下摩擦学性能测试 (a)实时摩擦系数 (b)平均摩擦系数 (c)磨损体积 (d)磨痕三维形貌

图6为1.0-CNTs/TC4复合材料的SEM磨损形貌,由图可以看出在模拟体液润滑介质下,CNTs/TC4复合材料不仅受到模拟体液的减摩作用,还会在其表面发生磨损腐蚀现象。由磨损形貌可以看出,CNTs/TC4复合材料主要发生犁沟磨损和磨粒磨损,但是由于混入了CNTs,增加了TC4基体的微孔结构,可以有效减少基体的磨损,且硬质相的生成也可以进一步降低基体的磨损,提高TC4复合材料的生物摩擦学

性能。

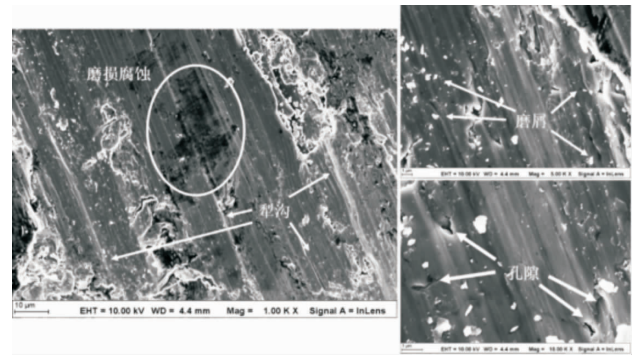


图6 1.0-CNTs/TC4 复合材料的 SEM 磨损形貌

3 结论

(1)在激光的作用下,CNTs的混入可以显著提升TC4基体材料的显微硬度,且当CNTs的混入量为1.0%时,CNTs/TC4复合材料的显微硬度最高,达到432.8 HV0.2。

(2)少量的CNTs可以起到细化CNTs/TC4复合材料微观结构的效果,孔隙率随着CNTs混入量的增加而增加。

(3)在模拟体液润滑介质下,CNTs和TC4基底作用生成的硬质相以及孔隙可以显著提升TC4基体材料的生物摩擦学性能,且其磨损形式主要为犁沟磨损和磨粒磨损。

参考文献

- [1] 邹涛,张敏,陈长军,等.激光增材制造(3D打印)制备钛合金的微观组织研究[J].应用激光,2016,36(3):286-189.
- [2] 夏木建,章跃,周广宏.医用Ti6Al4V合金表面改性研究进展[J].腐蚀与防护,2012,33(8):645-647.
- [3] 朱加雷,王凯,马桂殿,等.TC4钛合金激光选区熔化成形性能研究[J].应用激光,2017,37(6):793-800.
- [4] 马方正.AZ91D镁合金粉末选区激光熔化成形工艺的研究[D].石家庄:河北科技大学,2017.
- [5] O'BRIEN C M,HOLMES B,FAUCETT S,et al.Three-dimensional printing of nanomaterial scaffolds for complex tissue regeneration [J].Tissue Engineering Part B:Reviews, 2015,21(1):103-114.
- [6] WANG Y,JIANG J,QIAO L,et al.Study on biological corrosion and biocompatibility of TC4 alloy by selective laser melting[J].Journal of Chongqing University,2015,38(3):21-27.

- [7] ZHANG WEIWEN, QIN PEITING, WANG ZHI, et al. Superior wear resistance in ebn-processed tc4 alloy compared with slm and forged samples [J]. *Materials* (Basel, Switzerland), 2019, 12(5): 782-785.
- [8] 梁晓康, 陈济轮, 严振宇, 等. 激光选区熔化成形TC4钛合金表面粘粉及残余应力研究[J]. *电加工与模具*, 2016(5): 52-55.
- [9] 肖振楠, 刘婷婷, 廖文和, 等. 激光选区熔化成形TC4钛合金热处理后微观组织和力学性能[J]. *中国激光*, 2017(9): 87-95.
- [10] 宦君, 田宗军, 梁绘昕, 等. 选区激光熔化钛合金成形工艺和表面形貌研究[J]. *应用激光*, 2018, 38(2): 25-31.
- [11] 易健宏, 杨平, 沈韬. 碳纳米管增强金属基复合材料电学性能研究进展[J]. *复合材料学报*, 2016, 33(4): 689-703.
- [12] 何天兵, 胡仁伟, 何晓磊, 等. 碳纳米管增强金属基复合材料的研究进展[J]. *材料工程*, 2015, 43(10): 91-101.
- [13] HU Z, FENG C, XU J, et al. 3D printing graphene-aluminum nanocomposites [J]. *Journal of Alloys & Compounds*, 2018 (746): 269-176.

咖啡胶囊铝箔焊接设备设计与仿真

丁劲锋¹, 徐晓佐², 徐江³

(1.无锡太湖学院, 江苏 无锡 214064; 2.华中科技大学, 湖北 武汉 430074)

摘要:为改善咖啡胶囊底部铝箔焊接质量,设计了基于槽型凸轮传动的咖啡胶囊铝箔焊接设备。对咖啡胶囊铝箔焊接设备的关键传动系统进行了详细设计,包括传动系统结构设计、槽型凸轮运动曲线计算、凸轮轨迹曲线推导等。在ADAMS中,建立铝箔焊接设备中关键传动系统模型,搭建仿真环境对设计的传动系统进行运动学分析。并对其中传动轴这一关键零部件进行刚柔耦合分析。通过仿真结果验证了铝箔焊接设备设计的可行性。

关键词:咖啡胶囊;铝箔焊接;结构设计;动力学仿真;刚柔耦合分析

Design and simulation of coffee capsule aluminum foil welding equipment

Ding Jingfeng¹, Xu Xiaozuo², Xu Jiang³

(1.School of Mechanical and Electrical Engineering,Wuxi Taihu University,Wuxi Jiangsu 214064,China;

2.Department of Instruments School of Mechanical Science and Engineering,Huazhong University of Science and Technology,Hubei Wuhan 430074,China)

Abstract: In order to improve the welding quality of the aluminum foil at the bottom of the coffee capsule,a coffee capsule aluminum foil welding device based on a grooved cam drive was designed.The key transmission system of coffee capsule aluminum foil welding equipment was designed in detail,including the transmission system structure design, the calculation of groove cam motion curve,the derivation of convex contour curve,etc.In ADAMS,the key transmission system model in aluminum foil welding equipment was established,and a simulation environment was built to perform kinematic analysis on the designed transmission system.Rigid-flexible coupling analysis was carried out on the key component of the transmission shaft.The feasibility of the design of aluminum foil welding equipment was verified by simulation results.

Key words: coffee capsule;aluminum foil welding;structural design;dynamics simulation; rigid-flexible coupling analysis

胶囊式咖啡是一种新型的咖啡产品^[1,2],在很短的时间便以其便利、口感独特等优势占据了咖啡消费市场中的重要位置。咖啡胶囊的生产主要由咖啡胶囊预制、咖啡胶囊填充封装两个部分组成。其中咖啡胶囊的预制过程包括9个关键工序:储杯落杯、杯体冲孔、铝箔焊接、滤水盘放置、滤水盘焊接、滤纸冲

焊、成品检测、紫外消毒以及良品下线。在这9个工序中,咖啡胶囊底部铝箔的焊接是最为复杂和关键的工序,其焊接质量的好坏直接决定了整个咖啡胶囊的生产质量。在中国,由于咖啡饮品被人们接受的时间晚,同时咖啡胶囊也是近几年才进入大众的视野,国内咖啡胶囊生产设备的研发近乎于空白,为了满

作者简介:丁劲锋(1976-),男,无锡太湖学院副教授,博士;徐晓佐(1995-),男,硕士研究生,研究领域:机械制造及图像处理;徐江(1978-),现在华中科技大学机械科学与工程学院攻读博士学位,研究领域:磁性无损检测的理论及应用研究。

足国内市场对于胶囊咖啡配套设备的需求,文章拟从其功能需求出发,确定铝箔焊接设备的基本工作原理,并对咖啡胶囊底部铝箔焊接设备进行设计以满足实际咖啡胶囊生产的需要。

1 咖啡胶囊底部铝箔焊接设备方案设计

1.1 铝箔焊接设备功能需求分析

咖啡胶囊底部铝箔焊接的目的是将杯体冲孔工序过后的杯体底部焊接上食用级PP铝箔。因此在这一工序中,需要同时完成铝箔上料收料、铝箔冲切,以及铝箔与杯体焊接3个步骤。根据实际生产需要,咖啡胶囊底部铝箔焊接设备的功能需求:(1) 铝箔卷料自动上料收料;(2)可控制铝箔卷料张紧;(3)从铝箔原料上冲切出直径为9mm的圆形铝箔;(4) 铝箔整平机构,以避免铝箔边缘披锋及表面不平整的情况;(5)焊接过程中应给铝箔与杯体间提供足够的焊接压力,以保证焊接效果最佳;(6)焊接机构与其他机构之间做隔热处理。

1.2 铝箔焊接设备工作原理

咖啡胶囊底部铝箔焊接设备是整个咖啡胶囊生产线中的一个工位,因此铝箔焊接设备的运动动作应该符合整个生产线的生产节拍,按照生产节拍的需求,整个铝箔焊接设备的运动动作需要在1.2s内完成。结合生产线中传送链板的动作,咖啡胶囊底部铝箔焊接设备的运动动作如图1所示。

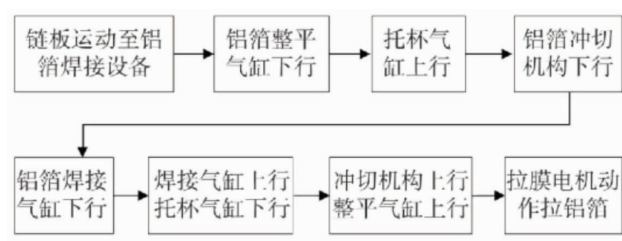


图1 铝箔焊接设备动作流程图

2 铝箔焊接设备传动系统设计及其仿真分析

2.1 铝箔焊接设备传动系统设计

铝箔焊接设备的主要传动系统是控制冲切机构中铝箔冲切平台工作。实际生产中,冲切平台需要完成一定的间歇运动以满足生产节拍的需要。该套传动系统由电机提供驱动力,带动槽型凸轮传动装置,

进而带动传动轴旋转,给冲切执行机构提供驱动。其中,槽型凸轮传动装置起到了对整个设备工作动作的控制^[3]。铝箔焊接设备中槽型凸轮传动装置原理图如图2所示。

在实际咖啡胶囊生产过程中,单台设备的工作周期为1.2s,其中0.2s的时间为设备等待链板运动时间,因此设备实际工作时间为1.0s。对于铝箔焊接设备,在其工作时间内需要预留0.2s的焊接时间,将凸轮旋转一周作为一个工作周期,可以得出凸轮的近休止角与远休止角均为60°;根据减速机的输出轴直径设定凸轮基圆为20mm,可以得到如表1所示的槽型凸轮设计参数。

在铝箔冲切与焊接过程中,必须保证末端执行机构,即冲切平台的运动平稳且无冲击,这就需要槽型凸轮传动装置的输出速度、加速度曲线是连续变化且无突变的。由于槽型凸轮传动装置的运动输出依赖于凸轮运动曲线,因此需要选取合理的凸轮运动曲线。凸轮运动曲线主要包括多项式运动曲线和三角函数运动曲线。三角函数运动曲线中,余弦曲线在推程、回程起止点存在柔性冲击,正弦曲线虽然在推程、回程阶段加速度无突变,但由于其加工难度大,且无法保证实际加速度与理论符合。在多项式运动曲线中一次曲线、二次曲线在推程、回程起止点存在刚性冲击。根据现有文献^[4,5]对高次多项式凸轮曲线的分析,其中五次曲线在运动过程中的速度、加速度无突变,即无刚性冲击、也无柔性冲击,因此将其作为槽型凸轮传动装置运动曲线。

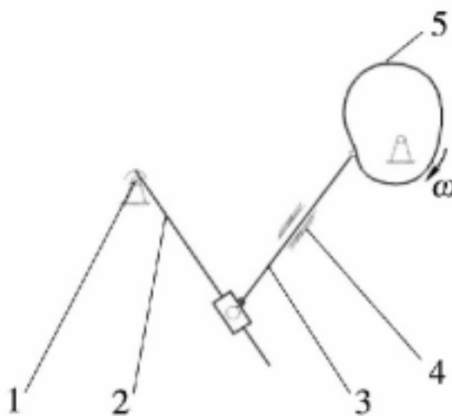


图2 槽型凸轮传动装置原理图

1.传动轴 2.摆杆 3.推杆 4.直线轴承座 5.槽型凸轮

表 1 槽型凸轮设计参数

参数	单位	数值
基圆半径	mm	20
偏心距	mm	0
行程	mm	90
推程运动角	°	120
回程运动角	°	120
远休止角	°	60
近休止角	°	60

五次凸轮曲线表达式为:

$$\begin{cases} s_1(\varphi) = C_0 + C_1\varphi + C_2\varphi^2 + C_3\varphi^3 + C_4\varphi^4 + C_5\varphi^5 & | \varphi \in (0, \delta_0] \\ s_2(\varphi) = h & | \varphi \in (\delta_0, \delta_0 + \delta_1] \\ s_3(\varphi) = C_0 + C_1\varphi + C_2\varphi^2 + C_3\varphi^3 + C_4\varphi^4 + C_5\varphi^5 & | \varphi \in (\pi, \pi + \delta_2] \\ s_4(\varphi) = 0 & | \varphi \in (\pi + \delta_2, 2\pi] \end{cases} \quad (1)$$

式中:

C_i ——运动多项式系数 ($i=0, 1, \dots, 5$);

h ——凸轮运动行程, mm;

δ_i ——凸轮运动角 ($i=0, 1, 2$), °;

φ ——运动转角, °;

$s_1(\varphi), s_3(\varphi)$ ——凸轮的推程与回程运动曲线;

$s_2(\varphi)$ ——远休止运动曲线

$s_4(\varphi)$ ——近休止运动曲线。

式(1)中 $s_1(\varphi)$ 与 $s_3(\varphi)$ 未知,需要通过凸轮的运动边界条件进行求解,槽型凸轮的运动边界条件如式(2)所示。

$$\begin{cases} s_1(\varphi) |_{\varphi=0} = 0 \\ \dot{s}_1(\varphi) |_{\varphi=0} = 0 \\ \ddot{s}_1(\varphi) |_{\varphi=0} = 0 \\ s_1(\varphi) |_{\varphi=\delta_0} = h \\ \dot{s}_1(\varphi) |_{\varphi=\delta_0} = 0 \\ \ddot{s}_1(\varphi) |_{\varphi=\delta_0} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

将式(1)代入式(2)可以得到非齐次线性方程组:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \omega & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2\omega^2 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & \delta_0 & \delta_0^2 & \delta_0^3 & \delta_0^4 & \delta_0^5 \\ 0 & \omega & 2\omega\delta_0 & 3\omega\delta_0^2 & 4\omega\delta_0^3 & 5\omega\delta_0^4 \\ 0 & 0 & 2\omega^2 & 6\omega^2\delta_0 & 12\omega^2\delta_0^2 & 20\omega^2\delta_0^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{t0} \\ C_{t1} \\ C_{t2} \\ C_{t3} \\ C_{t4} \\ C_{t5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ h \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

式中:

ω ——凸轮的角速度, rad/s;

t ——推杆的推程, mm。

求解式(3)即可得到推程阶段的五次凸轮曲线多项式:

$$s_1(\varphi) = \frac{10h}{\delta_0^3} \varphi^3 - \frac{15h}{\delta_0^4} \varphi^4 + \frac{6h}{\delta_0^5} \varphi^5 \quad (4)$$

同理可得到回程阶段的五次凸轮曲线多项式:

$$\begin{aligned} s_3(\varphi) = & \frac{10h}{\delta_0^3} (-\varphi + 2\delta_0 + 2\delta_1)^3 - \frac{15h}{\delta_0^4} (-\varphi + 2\delta_0 + 2\delta_1)^4 \\ & + \frac{6h}{\delta_0^5} (-\varphi + 2\delta_0 + 2\delta_1)^5 \end{aligned} \quad (5)$$

根据槽型凸轮的设计参数以及得到的凸轮五次凸轮曲线表达式^[6],可以绘制出图3所示的槽型凸轮

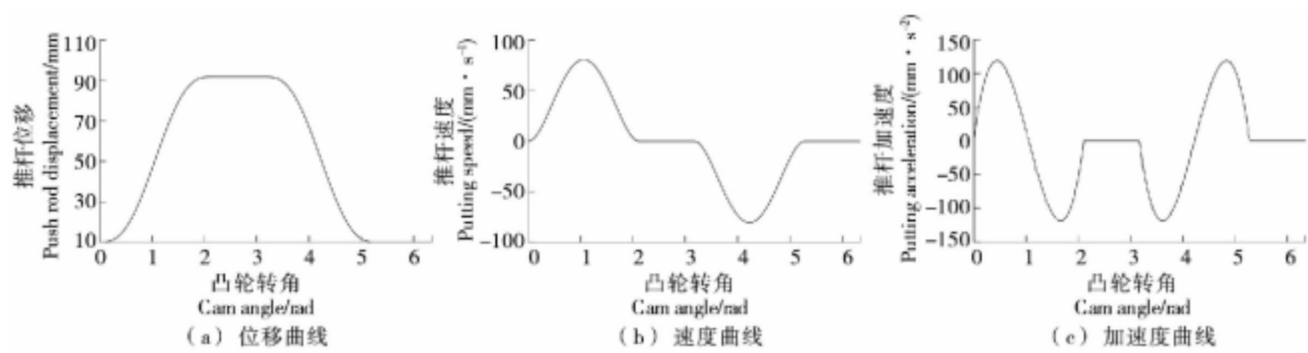


图 3 推杆运动曲线

传动装置中推杆的位移曲线、速度曲线以及加速度曲线。

确定槽型凸轮的轮廓曲线后,为了求得槽型凸轮的轮廓曲线,需要使用反转法原理,最终得到凸轮理论的轮廓曲线的参数方程:

$$\begin{cases} x=[r+s(t)]\cos\varphi-esin\varphi \\ y=[r+s(t)]\sin\varphi+ecos\varphi \end{cases} \quad (6)$$

式中:

r ——槽型凸轮基圆半径,mm;

$s(t)$ ——推杆位移,mm;

e ——槽型凸轮的偏心距,mm。

根据式(1)以及式(6),可以绘制出槽型凸轮的轮廓曲线,如图4所示。

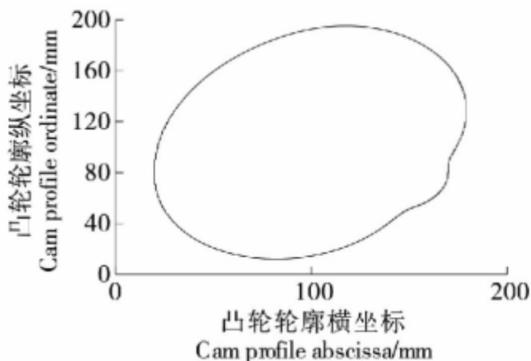


图4 槽型凸轮理论轮廓曲线

铝箔焊接设备将铝箔上料收料机构与凸轮传动装置安放在侧面的T形柜中,实现了铝箔上料收料机构与铝箔冲切焊接部位分体式安装,给两套部分都预留了很大的安装与操作空间。对于凸轮传动装置,则将槽型凸轮与驱动电机布置在T形柜两侧,槽型凸轮传动装置的结构图如图5所示。

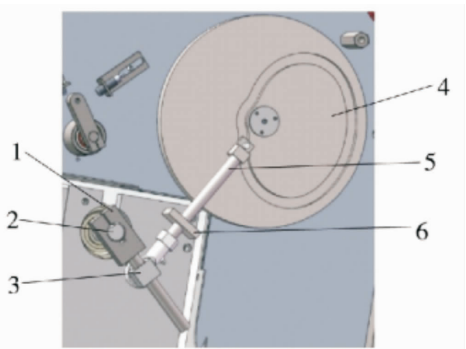


图5 槽型凸轮传动装置结构图

1.传动摆杆 2.传动轴 3.摆杆滑块 4.槽型凸轮 5.推杆 6.直线轴承

2.2 基于Adams的传动系统运动学仿真

通过SolidWorks对传动系统进行参数化建模,并将建立的传动系统模型导入至Adams中,根据整个传动系统的实际运动情况对导入的模型进行材料及约束的设置^[7],其约束设置如表2所示。

表2 铝箔焊接设备动力学模型约束设置

序号	约束	部件1	部件2	序号	约束	部件1	部件2
1	固定副	导轨	大地	11	固定副	轴承座	大地
2	移动副	导轨	滑块	12	转动副	轴承座	传动轴
3	固定副	滑块	立板	13	固定副	传动轴	摆杆
4	固定副	立板	三角块	14	圆柱副	摆杆	摆杆滑块
5	固定副	三角块	底板	15	转动副	摆杆滑块	推杆
6	固定副	三角块	下连接头	16	固定副	直线轴承	大地
7	转动副	下连接头	轴承连杆	17	圆柱副	直线轴承	推杆
8	转动副	上连接头	轴承连杆	18	转动副	推杆	导轮
9	固定副	上连接头	上转座	19	点线副	导轮	槽型凸轮
10	固定副	上转座	传动轴	20	转动副	槽型凸轮	大地

设定仿真时间为两个工作周期,即2.4s,最终得到推杆的运动曲线图如图6所示。

推杆运动的位移、速度与加速度曲线呈周期性变化,且与所设计的槽型凸轮运动曲线一致。铝箔焊接设备传动系统的末端执行件是冲切平台,因此对冲切平台的运动曲线进行绘制并分析,冲切平台的运动曲线如图7所示。

由冲切平台的运动曲线可知,冲切平台行程、速度与加速度曲线呈周期性变化,且冲切平台的加速度曲线没有突变以及断点,各个位置的过渡平滑,没有刚性冲击以及柔性冲击,因此可得该铝箔焊接设备传动系统符合设计以及实际生产要求。

2.3 传动系统的刚柔耦合分析

在铝箔焊接设备传动系统中,传动轴作为传动的主要零部件,其受力点多且各个受力点受到力的大小与方向均不同,因此选择传动轴作为柔性件对其在运动过程中的应力及形变进行分析^[8]。

将在SolidWorks中建模生成的传动轴模型导入至ANSYS有限元分析软件中进行网格划分以及模态分析计算^[9]。传动轴采用的材料是45号钢,因此在材料参数中设置其密度为7890kg/m³,杨氏模量为2.09×10¹¹,泊松比为0.269。划分网格后,需要在传动轴上设定与其他零部件接触的刚性区域^[10]。

在ANSYS有限元分析软件中,生成传动轴的36阶模态,并将ANSYS中生成的模态中性文件(.mnf)导入至Adams,将原先的刚性件传动轴替换成柔性件^[11]。同样设定仿真时间为两个工作周期,即2.4s,步

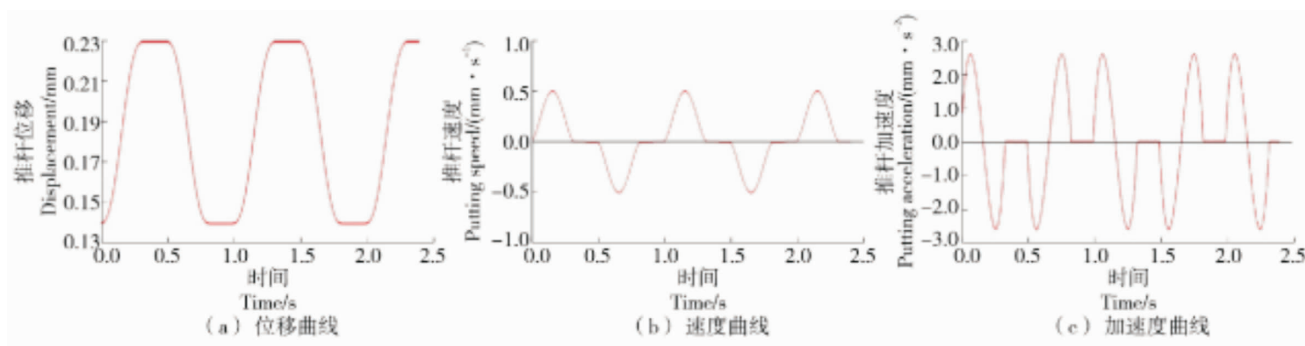


图6 推杆运动曲线

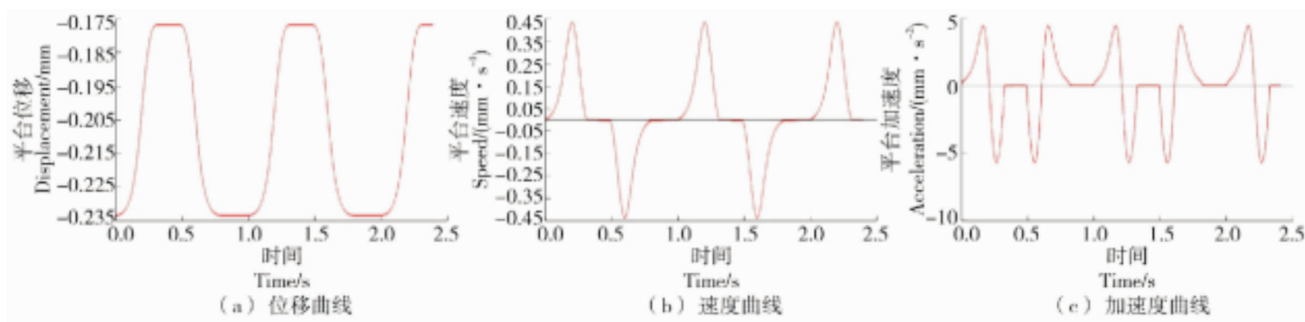


图7 冲切平台运动曲线

长设定为190,完成仿真过程后,在绘图界面添加其运动状态中的形变动画以及形变云图,最终得到传动轴在运动过程中发生的最大形变量为 $3.85 \times 10^{-3} \text{mm}$,且根据热点追踪得知,其最大的形变发生在最左端,与摆轴的连接处。

为了得到传动轴在运动过程中的应力,需要先加载Adams中的Durability插件,并添加传动轴运动过程中的等效应力,最终得到的传动轴运动过程传动轴所受的最大应力为21.8 MPa,且根据热点追踪得知,发生最大应力是在传动轴最左端,与摆轴的连接处。最后分析传动轴在运动过程中各个时刻的最大等效应力图,如图8所示。

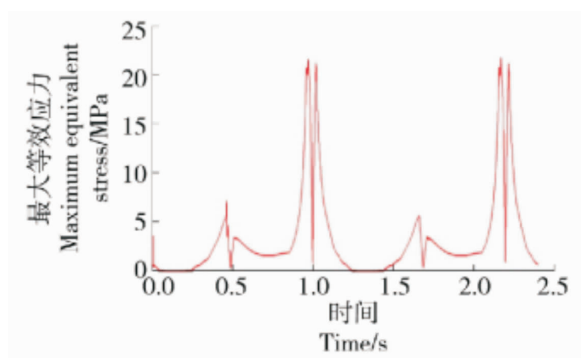


图8 各个时刻传动轴最大等效应力

传动轴在运动过程中各个时刻的最大等效应力呈周期性变化,且各个阶段中等等效应力最大值出现在凸轮曲线的推程与回程过程中,其中推程产生最大的等效应力(21.8 MPa)。

由传动轴在运动过程中的形变及最大等效应力可知,在铝箔焊接设备时,其传动轴的形变量很小,并且其最大等效应力小于传动轴所用材料45号钢的屈服应力,因此该传动轴的设计合理,满足实际生产中的要求。

3 铝箔焊接设备整体结构设计

咖啡胶囊底部铝箔焊接设备根据其功能,由铝箔整平机构、托杯机构、铝箔冲切机构、铝箔焊接机构以及铝箔上料收料机构五大部分组成,咖啡胶囊底部铝箔焊接设备的整体结构如图9所示。

铝箔整平机构的主要组成是两个对称的气缸以及通过气缸控制上、下行的铝箔压板组成,其整体结构如图10所示。铝箔整平机构的运动是通过气缸驱动铝箔压板的上、下行来实现,当气缸行至行程结束时,铝箔下压板与铝箔游行板表面贴合,以达到铝箔整平的功能。

托杯机构的目的是为了保护杯体在焊接过程中

不受损坏。托杯机构的整体结构如图11所示。

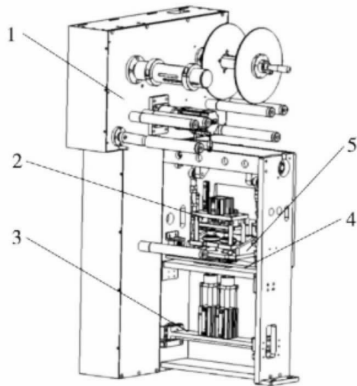


图9 铝箔焊接设备整体结构图

- 1.铝箔上料收料机构 2.铝箔焊接机构 3.托杯机构
4.铝箔整平机构 5.铝箔冲切机构

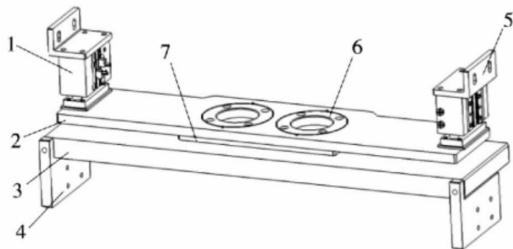


图10 铝箔整平机构

- 1.气缸 2.铝箔压板 3.铝箔游行板 4.铝箔游行板支撑块
5.气缸固定板 6.压板隔热圈 7.铝箔下压板

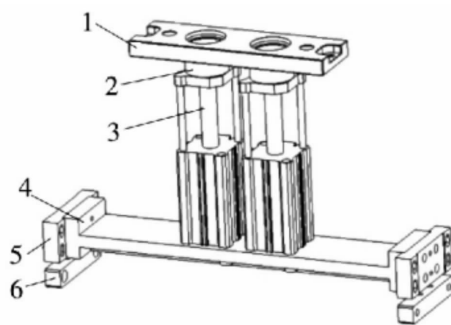


图11 托杯机构

- 1.链板 2.托杯顶升件 3.气缸 4.顶升气缸支撑板
5.支撑板固定块 6.调节块

托杯机构主要由托杯顶升件、气缸、顶升气缸支撑板、支撑板固定块以及调节块组成。托杯机构和铝箔整平机构都是为铝箔冲切与焊接的动作作前期准备,当设备开始一个工作周期的动作时,托杯机构的气缸与铝箔整平机构中的气缸同时动作,使得咖啡胶囊杯体脱离生产线链板。并且托杯顶升件内部按

照咖啡胶囊杯体底部的尺寸设计出焊接平台,其能保证在施加一定的焊接压力时,杯体底部不会在外力的作用下损坏。

铝箔上料收料机构由上料部分与收料两个单独部分组成。上料部分负责铝箔卷料的放出,当拉膜伺服电机运动时,实现铝箔卷料的运动;收料部分与上料部分结构相同,只是收废料轴由单独的电机带动,以实现铝箔废料的回收。

铝箔上料部分的机构简图如图12所示。铝箔上料部分主要由气胀轴、重力辊、重力辊摆杆、滑动辊以及负责拉膜的拉膜辊和压膜辊组成^[12]。在铝箔上料部分中,拉膜辊依靠伺服电机驱动,在压膜辊的配合下拉动铝箔卷料运动。其中滑动辊与重力辊摆杆上的重力辊起到了控制铝箔卷料张紧以及控制气胀轴旋转放料的作用。通过重力辊的自然下垂,使得在铝箔表面形成1/2倍单根重力辊重量的张紧力,以保证铝箔表面平整。

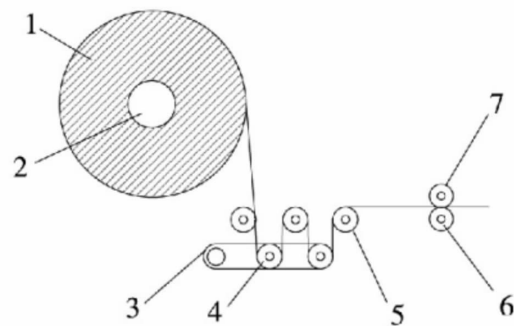


图12 铝箔上料机构简图

- 1.铝箔卷料 2.气胀轴 3.重力辊摆杆 4.重力辊 5.滑动辊
6.拉膜辊 7.压膜辊

重力辊皮带机构的目的是实现重力辊对于气胀轴旋转放料的控制。重力辊皮带机构简图如图13所示。在重力辊皮带机构中,摩擦轮布置在气胀轴的尾端,同时后摆杆处于重力辊摆杆轴的尾端。当重力辊自然下垂时,皮带与摩擦轮间存在压力,它们之间的摩擦力使得气胀轴无法旋转;而当拉膜辊拉动铝箔时,重力辊被抬起,当后摆杆运动至一定角度时,皮带与摩擦轮间的摩擦力减小,气胀轴在重力辊的带动下实现旋转,此时重力辊下摆,当皮带再次被拉紧时,气胀轴停止旋转并被抱死。

铝箔收料部分与铝箔上料部分的结构相同,但是铝箔收料部分无重力辊皮带机构,其收废料轴是

由电机驱动,以实现铝箔废料的持续回收。

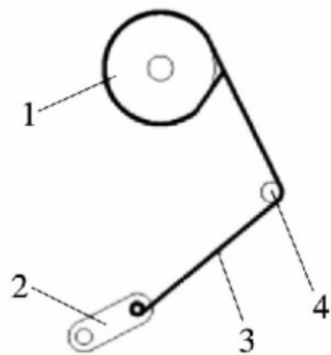


图 13 重力辊皮带机构

1.摩擦轮 2.后摆杆 3.皮带 4.档杆

铝箔冲切机构的功能是在铝箔卷料上冲切下直径为9mm的圆形铝箔,为铝箔焊接过程提供原料。铝箔冲切机构的整体结构图如图14所示。铝箔冲切机构采用的是摇杆滑块机构来实现铝箔的冲切动作。通过槽型凸轮传动系统的驱动,使得传动轴转动,传动轴带动上转座摆动一定的角度,进而使得轴承连杆带动冲切平台通过滑块以及固定在外框架的导轨实现上下运动^[3]。通过槽型凸轮的控制,能够实现冲切平台按照规定的工作节拍进行动作,进而完成铝箔冲切的功能。

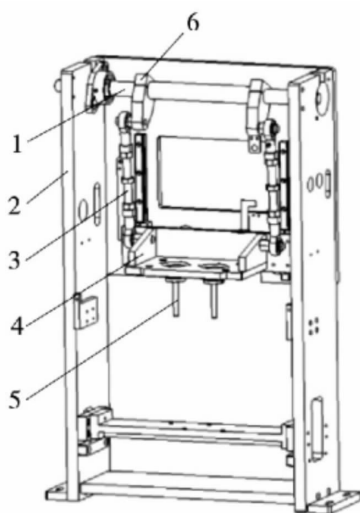


图 14 铝箔冲切机构

1.传动轴 2.外框架 3.轴承连杆 4.冲切平台
5.铝箔切刀 6.上转座

铝箔焊接机构的功能是通过热焊头将冲切出的铝箔与咖啡胶囊杯体焊接至一体,在焊接过程中需

要保证一定的焊接时间和焊接压力。铝箔焊接机构结构如图15所示。

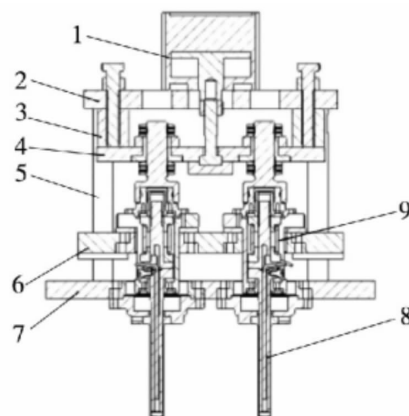


图 15 铝箔焊接机构结构图

1.气缸 2.气缸固定板 3.缓冲块 4.推板 5.导杆 6.下底板
7.冲切平台 8.热焊头 9.矩形弹簧

当铝箔冲切机构完成冲切动作后,铝箔焊接机构中的气缸运动。推动推板在导杆的导向向下做向下运动,当焊头与杯体底部接触时,铝箔焊接机构中的气缸并未行至最终行程,此时气缸持续顶出使得铝箔焊接机构的矩形弹簧发生形变,进而产生一定的焊接压力,进一步改善焊接质量。

4 结论

设计了一套基于槽型凸轮传动的咖啡胶囊铝箔焊接设备,其主要由铝箔整平机构、托杯机构、铝箔冲切机构、铝箔焊接机构以及铝箔上料收料机构五大部分组成。并对铝箔焊接设备中最主要的铝箔冲切机构传动系统进行了详细设计及仿真。在ADAMS环境下,通过对所设计的传动系统进行运动学分析,以及对其中传动轴这一关键零部件进行刚柔耦合分析,验证了该套铝箔焊接设备设计的可行性。该套咖啡胶囊铝箔焊接设备采用的送料方式为直拉膜形式,相比于斜拉膜送料,其材料利用率不高,因此在未来的工作中需改进结构,将铝箔送料机构设计为斜拉膜送料的方式,以实现物料利用率的最大化。

参考文献

- [1] 丁莉,侯媛媛.中国咖啡产业形势分析及发展建议[J].热带农业科学,2019,39(3):105-109.
- [2] 孙娟,熊惠波.世界咖啡产销情况及中国咖啡产业发展分

- 析[J].世界农业,2010(2):38-40.
- [3] 王景巍,王海滨。动式蓝莓采摘机槽型凸轮传动装置的设计与分析[J].东北林业大学学报,2017,45(10):88-93.
- [4] 巨刚,袁亮,刘小月。凸轮机构高次多项式运动规律曲线研究及仿真分析[J].机械设计与制造,2015(5):107-109,114.
- [5] 金杜挺,郁元正。基于多项式型运动规律凸轮配气机构运动仿真[J].内燃机与配件,2020(3):21-24.
- [6] 王海滨,李志鹏,姜雪松,等.基于槽型凸轮传动的蓝莓采摘机设计与试验[J].农业机械学报,2018,49(10):80-91.
- [7] 张焱,黄松和。基于ADAMS的凸轮连杆系统中凸轮的CAD系统开发及机构仿真分析[J].包装工程,2018,39(9):171-176.
- [8] 耿雷。基于刚柔耦合动力学分析的蓝莓采摘机理与影响因素研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2017:104-110.
- [9] 朱阳。基于刚柔耦合的前移式叉车门架系统动应力分析[J].机械设计,2020,37(3):107-112.
- [10] 付君。张屹晨,程超,等.刚柔耦合式小麦脱粒弓齿设计及试验[J].吉林大学学报(工学版),2020,50(2):730-738.
- [11] 张政,冯广斌,孙华刚,等.齿轮传动系统刚柔耦合建模及载荷特性研究[J].机械强度,2020,42(1):239-245.
- [12] 林仿。铝箔轧机皮带助卷器装置的优化改进[J].科技创新与应用,2019(30):54-55.
- [13] 郑翔。凸轮机构在QFP自动冲切成型系统中的应用[J].机械工程师,2017(5):118-120.

■ 生命健康研究

2次克隆转基因山羊的重构胚发育分析

宋绍征^{1△}, 陆睿^{3△}, 张婷^{2△}, 潘生强¹, 成勇^{2*}, 周鸣鸣^{1*}

(1.无锡太湖学院, 江苏 无锡 214000;

2.扬州大学, 江苏省转基因动物制药工程研究中心, 江苏 扬州 225009;

3, 江苏食品药品职业技术学院制药工程学院, 江苏 淮安 223003)

摘要: 为了提高体细胞核移植生产转基因克隆山羊的效率, 本研究针对2次克隆转基因山羊的重构胚发育情况进行了比较分析。首先, 剖宫产从35日龄奶山羊胎儿中分离培养原代胎儿成纤维细胞, 分别电转染BLYZ和Blac乳腺特异性表达载体, 500mg/L G418筛选、PCR检测以获得转基因细胞株。然后, 以此转基因细胞株作为供核细胞用于山羊体细胞核移植。最后, 剖宫产获取转基因胎儿克隆细胞系, 以此作为供核细胞进行2次克隆生产转基因山羊, 并比较分析重构胚发育情况。结果显示: 共获得74株LYZ转基因细胞, 62株hα-LA转基因细胞; 通过第1轮体细胞核移植后, BLYZ和Blac载体的重构卵融合率分别为79.4%(235/296), 77.0%(221/287), 2~4细胞发育率分别为35.7%(84/235)和33.0%(73/221), 移植受体妊娠率分别为38.5%(5/13)和36.4%(4/11); 2次克隆后, BLYZ和Blac载体的重构卵融合率分别为90.1%(118/131), 87.6%(127/145), 2~4细胞发育率分别为66.9%(79/118)和68.5%(87/127), 移植受体妊娠率分别为58.3%(7/12)和61.5%(8/13)。以上结果表明, 2次克隆的转基因山羊重构胚融合率、发育率和移植受体妊娠率均明显高于传统的体细胞核移植, 这为今后高效生产转基因山羊和转基因动物的遗传育种奠定基础。

关键词: 体细胞核移植; 转基因动物; 2次克隆; 重构胚; 山羊

Analysis on the development of reconstituted embryos of secondary cloned transgenic goats

SONG Shaozheng^{1△}, LU Rui^{3△}, ZHANG Ting^{2△}, PAN Shengqiang¹, CHENG Yong^{2*},
ZHOU Mingming^{1*}

(1.College of Nursing, Wuxi Taihu University, Wuxi, Jiangsu 214000,China;2.Jiangsu Provincial Research Center for Animal

Transgenesis and Biopharming, College of Veterinary Medicine, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China;

3.School of Pharmaceutical Engineering, Jiangsu Food and Pharmaceutical Science College, Huai'an, Jiangsu 223003, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of the production of transgenic cloned goats by somatic cell nuclear transfer(SCNT), we compared and analyzed the development of reconstructed embryos of secondary cloned transgenic goats. Firstly, the primary fetal fibroblasts were isolated from 35-day-old goat fetuses by cesarean section and cultured. Mammary gland-specific expression vectors

作者简介: 宋绍征(1984-), 男, 副教授, 博士; 陆睿(1987-), 男, 讲师, 博士; 张婷(1989-), 女, 博士研究生; △共同第1作者; *通讯作者, E-mail: chengyong12@yeah.net; zmm19770@126.com。

基金项目: 江苏省高校自然科学基金资助项目(19KJB180030); 国家转基因生物新品种培育重大专项基金资助项目(2014ZX08008-004); 无锡市科协软科学研究重点课题资助项目(KX-19-B28)。

BLYZ and Blac were electrotransfected into the primary fetal fibroblasts, respectively. The transgenic cells were screened by 500 mg/L G418 and identified by PCR. Then, the transgenic cells were used as donor cells for goat somatic cell nuclear transfer. Finally, the cloned fetal cell lines were obtained by cesarean section and were used as donor cells for secondary cloning to produce transgenic goats, and the development of reconstructed embryos was compared and analyzed. In this study, we obtained 74 LYZ transgenic cell strains and 62 h α -LA transgenic cell strains. After the first round of somatic cell nuclear transfer, the fusion rates of BLYZ and Blac were 79.4% (235/296), 77.0% (221/287), respectively, and the development rates of 2-4 cells were 35.7% (84/235), 33.0% (73/221), respectively, and the pregnancy rates of the recipients were 38.5% (5/13) and 36.4% (4/11), respectively. After the second cloning, the fusion rate of BLYZ and Blac was 90.1% (118/131) and 87.6% (127/145) respectively, and the development rate of 2-4 cells was 66.9% (79/118) and 68.5% (87/127), respectively, and the pregnancy rate of transplant recipients was 58.3% (7/12) and 61.5% (8/13), respectively. The above results showed that the fusion rate, the development rate and the pregnancy rate of the reconstructed embryos of the secondary cloned transgenic goats were significantly higher than those of the traditional somatic cell nuclear transfer, which laid a foundation for the efficient production of transgenic goats and genetic breeding of transgenic animals in the future.

Key words: somatic cell nuclear transfer; transgenic animals; secondary cloning; reconstructed embryo; goat

从20世纪70年代开始,转基因动物技术逐渐成为生物医学研究最广泛的手段之一^[1]。通过转基因技术将预先设计的外源基因导入动物细胞或配子内,构建整合有外源基因的重构胚来生产转基因动物^[2]。目前,制备转基因动物的方法较多,最常见的是显微注射和体细胞核移植^[3,4,5]。自1997年英国科学家WILMUT等^[6]获得了世界首例体细胞克隆羊“多莉”以来,体细胞核移植迅速成为生产转基因动物应用最广泛的一种技术。该方法主要是通过细胞转染将外源基因导入体外培养的动物体细胞,筛选鉴定后将阳性整合细胞株作为供核细胞进行动物克隆,已经成功地在牛、羊、猪、兔和小鼠等多种转基因动物中应用^[7,8,9,10,11,12,13]。

通过体细胞核移植制备转基因动物的前提是获得可控性的供核细胞,胎儿成纤维细胞具有全能干细胞潜能,容易分离获得和培养转染,是一种比较合适的供核细胞^[14]。但原代胎儿细胞的体外培养传代次数也是有限的,山羊胎儿成纤维细胞有40~120个细胞分裂代次^[15,16]。长期的体外转染、筛选和传代培养,将会导致细胞变得衰老,活力和生长潜能下降,同时也增加了遗传突变几率。2次克隆是指通过剖宫产获取克隆胎儿细胞进行的再次动物克隆,避免了供核细胞长期体外培养所造成的老化现象。根据相关研究报告^[17,18,19],利用转基因克隆动物的胎儿成纤维细胞作为供核细胞进行再克隆,能够提高重构胚的发育率和受体妊娠率,挽救早期可能隐性流产的胎儿,从而提高转基因动物的制备效率。

因此,本研究应用体细胞核移植技术制备LYZ和

Blac转基因山羊,并通过2次克隆的方法来再次制备转基因山羊,比较2次克隆的转基因山羊重构胚发育情况,旨在为今后高效生产转基因山羊和转基因动物遗传育种奠定基础。

1. 材料与方法

1.1 菌种与质粒

BLYZ质粒菌种(图1A,含山羊BLG调控序列、LYZ cDNA、NEO基因、CMV增强子等),Blac质粒菌种(图1B,山羊BLG调控序列、h α -LA cDNA、NEO基因、CMV增强子等)以及宿主菌DH5 α 均由本实验室保存。

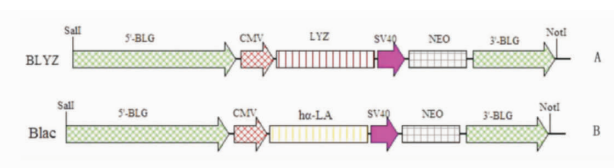


图1 BLYZ和Blac乳腺特异性表达载体结构示意图

1.2 引物

本研究所有的PCR引物均借助于Primer Premier 5.0软件设计完成,由上海生工生物工程技术有限公司合成(表1)。

表1 检测所用引物

名称	序列(5'→3')	长度/bp
CMV-LYZ-F	TTCCCATAGTAACGCCAATA	852
CMV-LYZ-R	ATCACGGACAACCCTCTTT	
CMV-LA-F	TGTTCCCATAGTAACGCCAAT	843
CMV-LA-R	AGCGAAACTCCACCTCAAA	

1.3 主要试剂

DMEM/F12 (Hyclone,CatNo.D2906)、G418(Amesco,CatNo.0344)、FBS (Hyclone,CatNo.SH30070.03)、Trypsin (Amresco,Cat No.0458)、促黄体素释放激素(LHRH,Cat No.20071203)、氯前列烯醇(PG,Cat No.070102)和促卵泡生长激素(FSH,Cat No.20080509)均购自宁波激素厂;M2、M16、青链霉素、透明质酸酶、细胞松弛素B、核荧光染料Hochest 33342、6-甲基氨基蝶呤、离子霉素等均购自美国Sigma公司;DNA 胶纯化回收试剂盒购自QIAGEN 公司;各种限制性内切酶、DNA连接酶和DNA聚合酶购自宝生物工程(大连)有限公司;其他未说明试剂均为国产分析纯,分别购自上海药剂有限公司、上海生工生物工程有限公司和南京生兴生物有限公司。

1.4 实验动物

试验中使用的萨能奶山羊和徐淮白山羊均来自于扬州大学实验农牧场,常规饲养管理。

1.5 山羊胎儿成纤维细胞的分离培养

无菌手术剖宫产获取35日龄奶山羊胎儿,D-Hank's缓冲液洗涤2次,去除头、四肢和内脏团,剪碎剩下组织成约1 mm³大小,D-Hank's缓冲液洗涤2次后,置于洁净离心管内,添加5 mL消化液(含0.05% 胰酶 + 0.04% EDTA),移液管反复吹打消化15 min,静置1 min,取上层浑浊液于另一洁净离心管,D-Hank's缓冲液离心洗涤3次。细胞计数并用正常培养液(含DMEM/F12+10% FBS)调整密度至5×10⁵个/mL接种于6孔细胞培养板中,置于37℃、5% CO₂、饱和湿度的二氧化碳培养箱内静置培养,24 h后更换新鲜培养液。剩余未消化组织按照上述步骤继续消化至组织块基本消失。

1.6 转基因细胞株的建立

待山羊胎儿成纤维细胞生长汇合至约80%时,收集细胞进行转染。BLYZ和Blac乳腺特异性表达载体经Sal I、Not I双酶切线性化和QIAGEN试剂盒纯化后,分别与细胞悬液混合,用电转染液调整细胞密度为1×10⁶个/mL、基因终质量浓度为20 mg/L时,开始电转染。转染条件为2 mm间隙电极杯、2.0 kV/cm、300 μs、电击2次,静置2 min。转移到正常培养液(含DMEM/F12+10% FBS)中,接种于6孔板中,置于37℃、5% CO₂、饱和湿度下的二氧化碳培养箱内继续培养。同时设置未转染的正常细胞作阴性对照。转染

48 h后,添加含500 mg/L的G418培养液进行筛选培养,每2 d换液1次。筛选培养10~14 d后,即所有正常细胞对照组均死亡时,挑取单克隆细胞株于48孔板内,更换正常培养液(含DMEM/F12+10% FBS)继续培养,后续传代于12孔板内扩大培养。待细胞生长汇合到约80%~90%时,收集细胞,其中一部分细胞冻存(含DMEM/F12 + 10% DMSO + 20% FBS)以作体细胞核移植的供核细胞;另一部分细胞提取DNA以作PCR检测。应用CMV-LYZ-F/R引物进行人溶菌酶基因整合检测,应用CMV-LA-F/R引物进行人α-乳白蛋白基因整合检测,引物序列见表1。

1.7 供质羊和受体羊的准备

选取正常成年雌性徐淮白山羊作为供质羊,查情后9~13 d开始肌肉注射FSH,连续3 d,每天早晚各1次,总剂量300 IU/只。第4天肌肉注射氯前列烯醇0.1 mg/只,第5天肌肉注射LHRH 100 μg/只。同步发情处理寄母羊。

1.8 核移植、融合与激活

37℃复苏冷冻细胞后,置于12孔板内以正常培养液(含DMEM/F12+10% FBS)培养至细胞汇合度达到80%左右时,更换为含0.5% FBS的DMEM/F12培养液,饥饿培养48 h,使用M2溶液收集细胞备用。卵母细胞置于含7.5 mg/L CB和5 mg/L Hochest 33342的M2溶液中处理0.5 h,在荧光倒置显微镜下去除第一极体和细胞核后,移入供核细胞,形成重构卵。

重构卵在M16溶液中培养30 min后,进行融合,融合液为0.3 mmol/L甘露醇+0.05 mmol/L氯化钙+0.05 mmol/L硫酸镁+2% BSA,融合参数为1.0 kV/cm、50 μs、2个脉冲。M16溶液培养0.5 h后观察,未融合卵进行二次融合。

融合卵在M16溶液中培养5 h后,开始激活(激活液:M16培养液+7.5 mg/L CB +5 μmol/L 离子霉素),精确控制5 min,然后在含7.5 mg/L CB和2 mmol/L 6-DMAP的M16溶液中培养5 h,最后转移到正常M16溶液中培养,直到胚胎移植^[14]。

1.9 胚胎移植与妊娠诊断

第2天观察重构胚发育情况,挑取发育至2~4细胞的重构胚通过无菌手术移植入同步发情的寄母山羊输卵管内,每只受体山羊移植4~10枚胚胎,经30~35 d后进行B超妊娠诊断,妊娠羊统一加强饲养管理。

1.10 胎儿细胞的再克隆

挑取B超诊断为妊娠的山羊,无菌手术剖宫产获取35日龄转基因克隆胎儿,按照1.5的方法获得细胞系,通过PCR进行外源基因整合检测,应用CMV-LYZ-F/R引物进行溶菌酶基因整合检测,应用CMV-LA-F/R引物进行人 α -乳白蛋白基因整合检测。确定胎儿细胞整合外源基因后,冻存细胞(DMEM/F12+20% FBS+10% DMSO)保存于液氮中备用。

37℃复苏胎儿细胞,按照1.7、1.8和1.9的方法分别重新制备LYZ和 α -LA转基因山羊,30~35 d后进行B超诊断,妊娠山羊定期复检,加强饲养管理直至分娩。

2. 结果

2.1 山羊胎儿成纤维细胞的培养

利用胰蛋白酶消化获得的山羊胎儿成纤维细胞属于一种贴壁细胞,形态较小,呈梭形长条状、涡旋状、放射状或不规则状。肉眼可见细胞群内有散落的白色集落形成,密度过大时细胞相互挤压呈细长条状,典型的山羊胎儿成纤维细胞如图2所示。

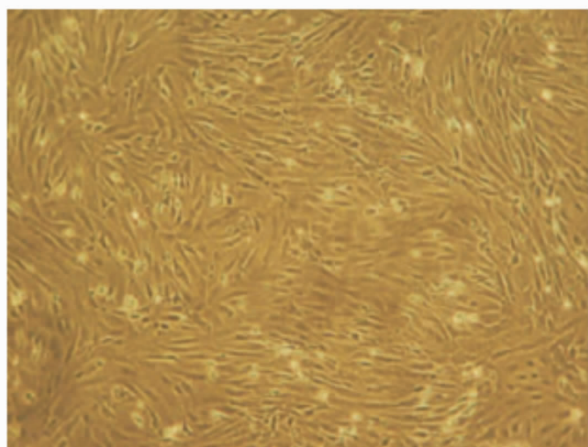


图2 山羊胎儿成纤维细胞(100×)

2.2 转基因细胞株的获得

BLYZ和Blac载体分别电转染山羊胎儿成纤维细胞 2×10^6 个,经G418筛选,BLYZ载体获得83株药物抗性细胞,Blac获得69株药物抗性细胞。应用CMV-LYZ-F/R引物进行LYZ基因整合检测,获得74株LYZ转基因细胞,PCR扩增产物大小均为852 bp(图3)。应用CMV-LA-F/R引物进行 α -LA基因整合检测,获得62株 α -LA转基因细胞,PCR扩增产物大小均为843 bp(图4)。

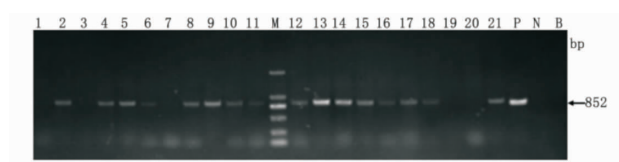


图3 部分LYZ基因整合检测PCR图

M.DL2000 DNA Marker;P.BLYZ vector;N.Untransfected normal cells;B.Blank control;1~21.transfected cell samples

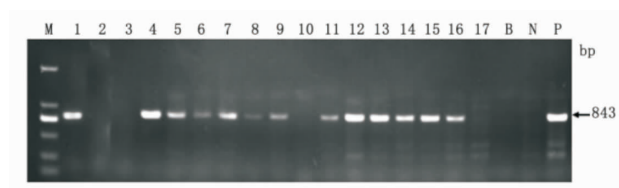


图4 部分 α -LA基因整合检测PCR图

M.DL2000 DNA Marker;P.Blac vector;N.Untransfected normal cell;B.Blank control;1~17.transfected cell samples

2.3 重构胚的发育情况与转基因克隆胎儿验证

BLYZ载体共超排获得382枚山羊卵母细胞,去核卵296枚,去核率为77.5%(296/382);融合后获得235枚重构卵,融合率为79.4%(235/296);激活后培养至第2天观察,发育为2~4细胞的重构胚有84枚,发育率为35.7%(84/235);挑取2~4细胞的重构胚移植入13只受体山羊体内,30~35 d进行B超妊娠诊断,5只妊娠,妊娠率为38.5%(5/13),见表2。

Blac载体共超排获得353枚山羊卵母细胞,去核卵287枚,去核率为81.3%(287/353);融合后获得221枚重构卵,融合率为77.0%(221/287);激活后培养至第2天观察,发育为2~4细胞的重构胚有73枚,发育率为33.0%(73/221);挑取2~4细胞的重构胚移植入11只受体山羊体内,30~35 d进行B超妊娠诊断,4只妊娠,妊娠率为36.4%(4/11),见表2。

分别无菌手术剖宫产获取35日龄BLYZ克隆胎儿和Blac克隆胎儿各1只(图5),并建立细胞系,PCR检测验证该2只克隆胎儿及建立的细胞系均为转基因克隆胎儿,如图6所示。

2.4 2次克隆重构胚的发育情况

剖宫产获取的35日龄BLYZ和Blac转基因克隆胎儿建立细胞系进行的2次克隆重构胚发育情况详见表2,分别超排获得172和190枚山羊卵母细胞,去核

表2 体细胞核移植生产LYZ和Blac转基因克隆胎儿统计(含二次克隆)

供体细胞	超数排卵数/枚	去核卵/枚	重组胚胎/枚	2~4细胞/个	受体/只	30~35 d 受孕/只
LYZ transgenic cells	382	296(77.5%)	235(79.4%)	84(35.7%)	13	5(38.5%)
h α -LA transgenic cells	353	287(81.3%)	221(77.0%)	73(33.0%)	11	4(36.4%)
Total one	735	583(79.3%) ^a	456(78.2%) ^b	157(34.4%) ^d	24	9(37.5%) ^f
Cloning fetal cells of LYZ	172	131(76.2%)	118(90.1%)	79(66.9%)	12	7(58.3%)
Cloning fetal cells of h α -LA	190	145(76.3%)	127(87.6%)	87(68.5%)	13	8(61.5%)
Total two	362	276(76.2%) ^a	245(88.8%) ^c	166(67.8%) ^e	25	15(60.0%) ^g

注:同一列中具有不同字母上标的的数据间差异显著(P<0.05)

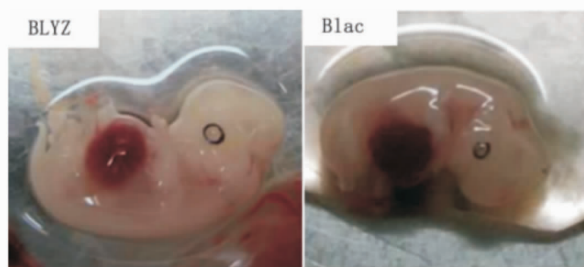


图5 35日龄的BLYZ和Blac转基因克隆胎儿图片

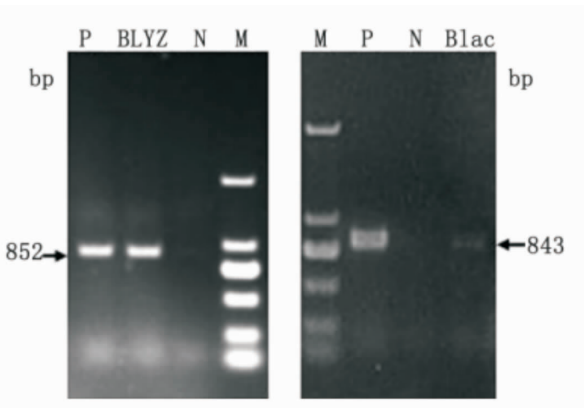


图6 BLYZ和Blac转基因克隆胎儿整合检测PCR图

M.DL2000 DNA Marker;P.BLYZ vector;N.Un-transfected normalcells;B.Blank control;1~21.transfected cell samples

卵分别为131枚和145枚,去核率分别为76.2%(131/172)和76.3%(145/190);融合后分别获得118枚和127枚重构卵,融合率分别为90.1%(118/131)和87.6%(127/145);激活后培养至第2天观察,发育为2~4细胞的重构胚分别有79枚和87枚,发育率分别为66.9%(79/118)和68.5%(87/127)。挑取2~4细胞的BLYZ重构胚移植入12只受体山羊体内,30~35 d进行B超妊娠诊断,7只妊娠,妊娠率为58.3%(7/12);挑取2~4细胞

的Blac重构胚移植入13只受体山羊体内,30~35 d进行B超妊娠诊断,8只妊娠,妊娠率为61.5%(8/13)。通过2次克隆获得的转基因重构胚融合率、发育率和移植受体妊娠率均明显高于传统的体细胞核移植。

3.讨论

动物转基因技术主要包括显微注射法、逆转录病毒感染法、精子载体法、胚胎干细胞介导法、体细胞核移植法等,能够打破种间隔离,使特定的基因按照人类的要求在不同物种间进行交流,是生命科学研究最常见的技术之一,已在基因表达调控研究、人类疾病模型制作、人体器官生产与器官移植、动物生物反应器、动物品种改良等方面得到了广泛的应用^[20]。体细胞核移植是目前生产大中型转基因动物应用最广泛的一种方法^[9],大部分体细胞核移植的供核细胞均来自于长期的体外培养,存在细胞生长潜能下降、容易老化等缺陷,影响重构胚的融合和发育情况,且出生的转基因动物健康状况也存在一定的风险,最终导致生产转基因克隆动物的效率低下。因此,如何积极探索一种能够保持供核细胞活力的方法至关重要。

本研究采用2次克隆来再次制备转基因动物,无论在重构胚的融合率、发育率还是移植受体妊娠率方面均明显高于传统的体细胞核移植,这一结果提示应用2次克隆法制备转基因动物是高效可行的。该方法主要是直接利用克隆胎儿建立的细胞系作为供核细胞来进行核移植制备转基因动物,这样供核细胞在体外培养时间较短,也无需转染、克隆化筛选和检测等繁琐程序,细胞能够保持原有的生长潜能,活力较高,可使其具有重编程潜在在重构胚胎后发育到完整个体,挽救早期隐性流产的胎儿,提高转基因动物制作效率^[21,22]。BRESSAN等^[17]比较了以长时间体

外筛选培养的整合外源基因的猪胎儿成纤维细胞作为供核细胞进行的第1轮克隆和以克隆胎儿细胞系作为供核细胞的2次克隆情况,发现2次克隆的重构胚发育率和移植受体的妊娠率明显提高。FUJIMURA等^[18]报道,在基因打靶动物的制作中,通过2次连续再克隆能有效提高基因打靶动物制作的效率。AHN等^[19]报道了通过2次再克隆挽救了在第1轮克隆中出生后死亡的基因打靶动物,从而使具有珍贵基因型的动物复活。2次克隆虽然能够提高转基因动物的制作效率,但是在转基因山羊中的应用报道较少。

本研究通过电转染法分别获得LYZ转基因细胞74株、hα-LA转基因细胞62株。第1轮通过这种长期体外筛选培养的细胞作为供核细胞制备转基因山羊,其中BLYZ载体的重构卵融合率为79.4%(235/296),2~4细胞的发育率为35.7%(84/235),移植入同步发情的山羊受体妊娠率为38.5%(5/13);Blac载体的重构卵融合率为77.0%(221/287),2~4细胞的发育率为33.0%(73/221),移植入同步发情的山羊受体妊娠率为36.4%(4/11)。以剖宫产获取克隆胎儿建立的细胞系作为供核细胞制备转基因山羊的2次克隆法,BLYZ载体的重构卵融合率为90.1%(118/131),2~4细胞的发育率为66.9%(79/118),移植入同步发情的山羊受体妊娠率为58.3%(7/12);Blac载体的重构卵融合率为87.6%(127/145),2~4细胞的发育率为68.5%(87/127),移植入同步发情的山羊受体妊娠率为61.5%(8/13)。综上结果所示,首轮体细胞核移植制备转基因山羊的重构胚发育率和受体妊娠率平均为34.4%和37.5%,而通过2次克隆再次核移植制备转基因山羊的重构胚发育率和受体妊娠率平均为67.8%和60.0%,明显高于传统的体细胞核移植。此外,本研究中设计了2种基因(BLYZ和Blac)进行比较研究,发现基因之间无明显差异,这2种转基因的2次克隆法均明显高于传统的第1轮体细胞核移植法。这与其他学者在不同动物中的2次连续克隆研究报道相吻合^[17,18,19,23]。

总之,本研究对第1轮体细胞核移植和2次克隆的重构胚发育情况进行了比较分析,结果表明2次克隆法获得的重构胚融合率、发育率和受体妊娠率均显著高于传统的体细胞核移植法,其中发育率和妊娠率分别高达67.8%和60.0%。这为今后大量生产转基因山羊和其他转基因动物提供了科学依据,也为转基因动物遗传育种奠定扎实的基础。

参考文献

- [1] LEPLUS A, LAURITZEN I, MELON C, et al. Chronic fornix deep brain stimulation in a transgenic Alzheimer's rat model reduces amyloid burden, inflammation, and neuronal loss[J]. *Brain Struct Funct*, 2018, 224(1): 363-372.
- [2] TILEY L. Transgenic animals resistant to infectious diseases [J]. *Rev Sci Tech*, 2016, 35(1): 121-132.
- [3] NEERUKONDA M, PAVULURI S, SHARMA I, et al. Functional evaluation of a monotreme-specific antimicrobial protein, EchAMP, against experimentally induced mastitis in transgenic mice[J]. *Transgenic Res*, 2019, 28(5/6): 573-587.
- [4] KATANO I, NISHIME C, ITO R, et al. Long-term maintenance of peripheral blood derived human NK cells in a novel human IL-15- transgenic NOG mouse [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 17230.
- [5] MUSHENKOVA N V, SUMMERHILL V I, SILAEVA Y Y, et al. Modelling of atherosclerosis in genetically modified animals[J]. *Am J Transl Res*, 2019, 11(8): 4614-4633.
- [6] BAGUISI A, BEHBOODI E, MELICAN D T, et al. Production of goats by somatic cell nuclear transfer [J]. *Nat Biotechnol*, 1999, 17(5): 456-461.
- [7] SU F, WANG Y, LIU G, et al. Generation of transgenic cattle expressing human β -defensin 3 as an approach to reducing susceptibility to *Mycobacterium bovis* infection [J]. *FEBS J*, 2016, 283(5): 776-790.
- [8] CARNEIRO I S, MENEZES J N R, MAIA J A, et al. Milk from transgenic goat expressing human lysozyme for recovery and treatment of gastrointestinal pathogens [J]. *Eur J Pharm Sci*, 2018, 112: 79-86.
- [9] 宋绍征, 朱孟敏, 袁玉国, 等. 转录激活因子样效应物核酸酶介导的山 β -乳球蛋白基因敲除和人乳铁蛋白基因定点整合[J]. *生物工程学报*, 2016, 32(3): 329-338.
- [10] LEE S E, HYUN H, PARK M R, et al. Production of transgenic pig as an Alzheimer's disease model using a multicistronic vector system [J]. *PLoS One*, 2017, 12(6): e0177933.
- [11] SONG S, GE X, CHENG Y, et al. High-level expression of a novel recombinant human plasminogen activator (rhPA) in the milk of transgenic rabbits and its thrombolytic bioactivity in vitro[J]. *Mol Biol Rep*, 2016, 43(8): 775-783.
- [12] SONG S Z, HE Z Y, MEI J Y, et al. Affinity purification of recombinant human plasminogen activator from transgenic rabbit milk using a novel polyol-responsive monoclonal antibody[J]. *Trop J Pharm Res*, 2016, 15(5): 905-911.

- [13] OKUDA M, FUJITA Y, SUGIMOTO H. The additive effects of low dose intake of ferulic acid, phosphatidylserine and curcumin, not alone, improve cognitive function in APP^{swe}/PS1^{dE9} transgenic mice[J]. *Biol Pharm Bull*, 2019, 42(10): 1694-1706.
- [14] YUAN Y G, SONG S Z, ZHU M M, et al. Human lactoferrin efficiently targeted into caprine beta-lactoglobulin locus with transcription activator-like effector nucleases[J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2017, 30(8): 1175-1182.
- [15] DENNING C, DICKINSON P, BURL S, et al. Gene targeting in primary fetal fibroblasts from sheep and pig[J]. *Cloning Stem Cells*, 2001, 3(4): 221-231.
- [16] YOU S, HEO M, MOON J H, et al. Establishment of life-span extended bovine fibroblast cells carrying the characterization of primary cells[J]. *Mol Cells*, 2004, 18(2): 261-268.
- [17] BRESSAN F F, DOS SANTOS MIRANDA M, PERECIN F, et al. Improved production of genetically modified fetuses with homogeneous transgene expression after transgene integration site analysis and recloning in cattle[J]. *Cell Reprogram*, 2011, 13(1): 29-36.
- [18] FUJIMURA T, MURAKAMI H, KUROME M, et al. Effects of recloning on the efficiency of production of alpha 1,3-galactosyltransferase knockout pigs [J]. *J Reprod Dev*, 2008, 54(1): 58-62.
- [19] AHN K S, KIM Y J, KIM M, et al. Resurrection of an alpha-1,3-galactosyltransferase gene-targeted miniature pig by recloning using postmortem ear skin fibroblasts [J]. *Theriogenology*, 2011, 75(5): 933-939.
- [20] 杨艳伟, 刘甦苏, 吕建军, 等. 我国临床前药物致癌试验转基因动物模型研究进展[J]. *中国药事*, 2019, 33(8): 880-886.
- [21] ROCHA-MARTINS M, CAVALHEIRO G R, MATOS-RODRIGUES G E, et al. From gene targeting to genome editing: Transgenic animals applications and beyond [J]. *Ann Acad Bras Cienc*, 2015, 87(2): 1323-1348.
- [22] YIN Y, HAO H, XU X, et al. Generation of an MC3R knock-out pig by CRSPR/Cas9 combined with somatic cell nuclear transfer (SCNT) technology [J]. *Lipids Health Dis*, 2019, 18(1): 122.
- [23] 安礼友. α -LA在山羊胎儿成纤维细胞BLG基因座的定点整合及基因打靶克隆山羊的制备[D]. 江苏扬州: 扬州大学, 2012.

《无锡太湖学院学报》 征稿启事

《无锡太湖学院学报》是无锡太湖学院主管主办、涵盖人文社会科学和自然科学等学科领域的综合性学术期刊。本刊旨在搭建学术交流桥梁、推动学术研究开展、提升科研质量和水平,打造高学术品质和强实践指导性的综合性学术期刊。刊物设有民办高等教育、党建思政、应用型人才培养、学科专业建设、课程教学改革、新工科建设、新文科建设、师资队伍建设和等栏目,主要刊载民办高等教育、应用型本科教育等方面的论文、研究报告等。

为进一步提升无锡太湖学院科研水平和综合实力,营造浓厚的学术研究氛围,搭建学术交流平台,学报编辑部特面向广大教师和科研人员征集《无锡太湖学院学报》稿件,诚邀各位专家学者不吝赐稿。

一、征稿要求

1. 作者必须自觉遵守我国著作权法和科研学术规范。来稿应有较强的理论意义和学术价值,论点明确,数据可靠,论证严密,文字精炼,来稿内容符合《无锡太湖学院学报》栏目设置要求。全文以6000-10000字为宜。

2. 来稿请在标题署名后书写文章的内容摘要(主要观点)及关键词,文后附标题、作者姓名、工作单位、内容摘要(主要观点)及关键词的英文译稿。

3. 本刊奉行文责自负原则。编辑可对来稿进行技术性修改和删节,重大修改则应征求作者意见。

4. 本刊为内部发行,不影响作者公开发表,已发表和未发表论文均可投稿。

二、联系方式

投稿邮箱:《无锡太湖学院学报》编辑部(无锡市滨湖区钱荣路68号,6号楼310办公室)

投稿邮箱:gjs@wxu.edu.cn

邮编:214064

电话:许老师 18912389577;

倪老师 18912389083

《无锡太湖学院学报》编辑部

无锡太湖学院高教研究所