

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2024.04.012

# 智能时代应用型本科学生计算机系统能力培养模式

韦良芬, 王洪海, 房丙午

(巢湖学院计算机与人工智能学院, 安徽 合肥 238024)

**摘要:**在智能时代背景下,针对计算机软硬件协同人才的能力需求,基于OBE(outcome based education)理念,提出了一种面向应用型本科学生的分层计算机系统能力培养模式。该模式构建了“贯通、递进、融合”的课程及实践体系,并通过KT-SQEP(Knowledge Thinking-Sequence Example Practice)教学体系设计,结合翻转课堂、项目驱动、以赛促学等多种教学策略及多元化的评价与反馈机制,全面落实教学过程。教学实践证明,该培养模式有效提升了学生的综合素质和工程实践能力,达到了预期的教学效果,为智能时代计算机专业人才的培养提供了有益的探索和借鉴。

**关键词:**智能时代;应用型本科;计算机系统能力;OBE理念;分层培养

中图分类号:TP3-4;G642 文献标志码:A 文章编号:1673-1891(2024)04-0088-07

## The Education Mode of Computer System Capability for Students in Application-Oriented Universities in the Intelligent Era

WEI Liangfen, WANG Honghai, FANG Bingwu

(School of Computer and Artificial Intelligence, Chaohu University, Hefei 238024, Anhui, China)

**Abstract:**Against the background of the intelligent era and in response to the capability requirements for computer software and hardware coordination talents, this paper proposes a hierarchical computer system capability education mode for undergraduate students in application-oriented universities, based on the OBE (outcome based education) concept. This model develops a curriculum and practical system characterized by “incorporation, progression, and integration”. Through the design of the KT-SQEP (Knowledge Thinking-Sequence Example Practice) teaching system, it incorporates various teaching strategies such as flipped classrooms, project-driven learning, and competition-based learning, along with diversified evaluation and feedback mechanisms to comprehensively implement the teaching process. Teaching practices has demonstrated that this education mode effectively improves students' comprehensive qualities and engineering practice abilities, achieves the expected educational outcomes, and provides valuable exploration and reference for the cultivation of computer professionals in the intelligent era.

**Keywords:**intelligent era; application-oriented undergraduate; computer system capability; OBE concept; hierarchical education

收稿日期:2024-09-02

基金项目:安徽省高等学校“四新”研究与改革实践项目(2022sx099);安徽高校自然科学研究重点项目(KJ2021A1028);安徽省高等学校教学创新团队(2022cxt097);安徽省高等学校新建专业质量提升项目(2022xjzlt028)。

作者简介:韦良芬(1975—),女,安徽舒城人,教授,硕士,研究方向:计算机教育和智能系统,e-mail:054073@chu.edu.cn。

## 0 引言

随着信息技术的迅猛发展,智能时代的到来使得人机物的融合愈加紧密,计算机技术正经历着系统形态的多极化发展。高性能计算系统、智能移动终端系统、智能机器人系统等新兴形态的广泛应用,推动了对计算机系统能力人才的需求不断增长。当前,计算机人才的需求已从“程序性开发能力”转变为“系统性实现能力”。这一转变要求从事计算机开发与应用的专业人员不仅要具备系统的设计、实现和应用能力,还需要掌握计算机系统的内部工作机制和原理<sup>[1-3]</sup>。

在此背景下,计算机教育亟须关注计算机系统的机理、结构及其交互能力的培养。清华大学、北京航空航天大学、南京大学等作为系统能力培养示范单位,在学生计算机系统能力培养方案、知识架构、培养模式等方面为各高校提供了很多借鉴<sup>[3-4]</sup>,但这些重点高校的培养方式对于普通本科院校来说,实施难度较大。本文以应用型本科院校计算机类专业为例,结合巢湖学院(以下简称我院)在系统能力人才培养方面的实践,基于 OBE(outcome based education)理念,深入调查、分析与研究智能时代对计算机系统人才的能力需求,明确人才定位,提出了一种分层系统能力人才培养模式,旨在实现理论与实践的有机结合,并通过 KT-SQEP(Knowledge Thinking-Sequence Example Practice)教学设计,落实人才培养的全过程。通过对该人才培养模式的研究,期望为应用型本科院校计算机类专业培养适应智能时代的计算机系统能力人才提供有益的参考与借鉴。

## 1 智能时代应用型本科计算机系统能力人才培养目标

应用型本科教育以应用为导向,旨在培养学生解决复杂工程问题的能力。计算机系统能力的培

养涵盖了系统知识和工程实践2个方面。系统知识要求学生掌握计算机核心系统的工作原理、构造方法及软硬件的协同关系,理解各层次之间的逻辑关联;而工程实践则强调学生运用工程方法开发计算机应用系统的能力。这种能力的培养具有显著的工程教育特征,是解决复杂工程问题的直接体现<sup>[2]</sup>。

在智能时代,培养学生的系统观和系统能力,使其具备“系统思维”能力,能够从系统的高度理解和解决相关应用问题,成为计算机专业人才的重要标志。这不仅是提升计算机专业人才培养质量的目标,也是适应未来技术发展的必然要求<sup>[2]</sup>。因此,应用型本科计算机系统能力培养需要具备以下能力<sup>[2,5-6]</sup>:(1)计算机系统思维能力,认知计算机系统的机理,理解其组成部分,并通过协同性、整体性和交互性等方面的训练,构建系统观使其具备系统思维能力;(2)计算机系统设计能力,能够全局把握一定规模计算机系统,并进行计算机系统或应用系统的创新设计和优化;(3)计算机系统开发能力,能够实现计算机系统或应用系统的综合开发和功能集成,并对系统功能性、实时性和可靠性进行验证和优化;(4)计算机系统应用能力,能够对面向特定领域及应用场景的系统进行需求分析,并进行系统管理及优化。

综上所述,智能时代的应用型本科院校计算机系统能力人才培养目标,旨在通过系统知识与工程实践的结合,培养具备全面系统能力的高素质计算机专业人才,以适应快速发展的信息技术和智能化需求。

## 2 “贯通、递进、融合”的分层课程及实践体系

在智能时代背景下,计算机系统的快速发展和多样化需求促使高等教育必须与时俱进,培养适应新技术和新产业的应用型本科人才。为此,构建了围绕“软硬件贯通,层次递进,理论实践融合”的课程体系,制定了系统化的分层人才培养方案,旨在

培养具备计算机系统设计与应用能力的专门人才<sup>[6-10]</sup>。“贯通、递进、融合”的分层课程及实践体系

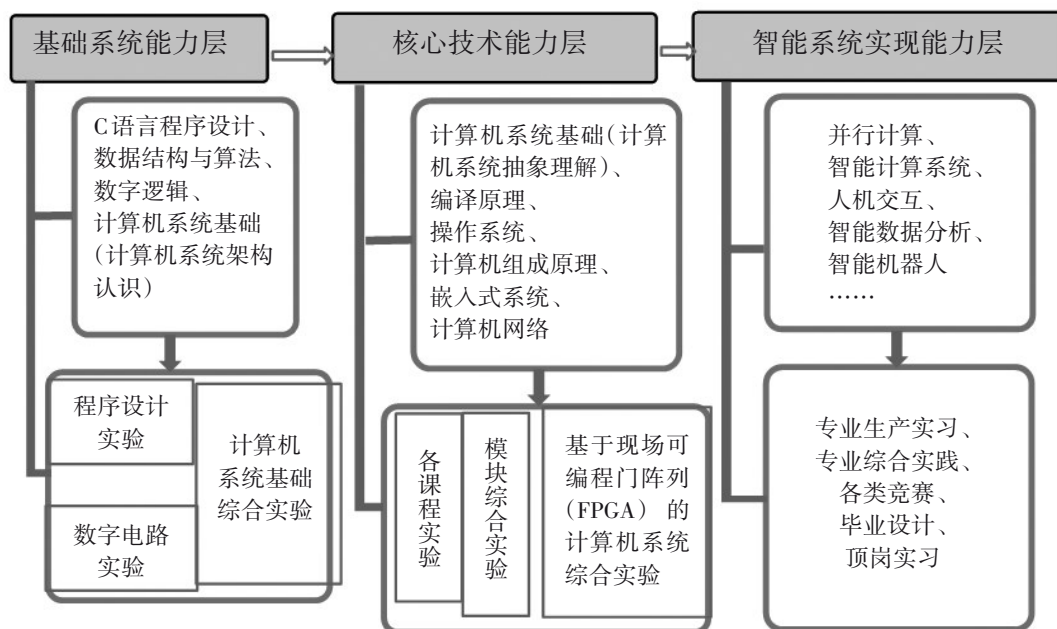


图1 “贯通、递进、融合”的分层课程及实践体系

### 2.1 理论与实践融合课程体系结构

课程体系分为3个层次,分别对应计算机基础系统能力、核心技术能力和智能系统实现能力。每一层次的课程及实践环节设计都紧密围绕学生能力的逐步提升,确保知识的系统性和连贯性。

#### 2.1.1 第1层:计算机基础系统能力层

在大学前3个学期,学生将学习C语言程序设计、数据结构与算法、数字逻辑和计算机系统基础课程。这一阶段的目标是培养学生的编程能力和对计算机系统底层实现的理解。通过C语言程序设计和数据结构与算法课程的学习,学生能够掌握基本的编程技巧和数据处理能力;数字逻辑课程则帮助学生理解计算机硬件的基本构成;而计算机系统基础课程则帮助学生了解计算机系统层次结构。

在第3学期结束时,学生将通过计算机基础系统综合实验,深入理解程序运行的内部机理及计算机软硬件之间的依赖关系。这一阶段的学习使学生能够建立起单处理器计算机系统的整机概念,构建计算机系统基本架构。

#### 2.1.2 第2层:计算机系统核心技术能力层

在大学的第4~6学期,学生将学习计算机组成原理、操作系统、编译原理、嵌入式系统、计算机系统基础等课程。这一层次的课程旨在深化学生对计算机系统的理解,使其能够掌握计算机的具体实现细节。通过计算机系统基础课程的学习,学生能够将各门课程之间的知识进行有效衔接,理解程序从编译到生成可执行目标文件的过程。嵌入式系统课程的学习,使学生掌握软硬件接口、运行协同机理及功能设计等知识,提升其解决复杂工程问题的能力。

第6学期,学生将进行基于FPGA开发板的综合实验,逐步从门电路设计到完整计算机硬件系统的构建。这一实践环节不仅提升了学生的系统设计能力,还让他们体验到全系统开发流程的各个环节,包括编码、测试和调试等。

#### 2.1.3 第3层:智能系统实现能力层

在大学的第7~8学期,学生可以根据专业培养方向选择相关的选修课程。通过前2层的学习,学

生已经具备了传统计算机系统的开发能力,但在智能时代背景下,学生需要具备更强的扩展能力和多学科融合能力。

这一层次的课程将重点培养学生在系统设计中的应用场景分析、智能算法优化、新型硬件与智能软件的协同设计等能力。通过这些学习,学生将能够在复杂的技术环境中进行创新设计,满足智能时代的需求。

## 2.2 综合实践与能力提升

在大学四年级,学生将通过学科竞赛、专业生产实习、综合工程实践、顶岗实习、毕业设计等多种形式,进一步提高其工程实践、问题分析和综合运用能力。这些实践环节不仅帮助学生将理论知识应用于实际问题,还促进了学校与企业之间的衔接,为学生未来的职业发展奠定了坚实的基础。

## 3 基于KT-SQEP教学体系设计

在智能时代背景下,人才培养需要与时俱进,计算机系统的软硬件协同能力要求比传统的计算机软件人才及计算机硬件人才的能力要求明显增加,尤其是应用型本科教育中计算机系统能力的培

养,必须探索创新的教学方法,以适应快速变化的技术环境。KT-SQEP (Knowledge Thinking-Sequence Example Practice)<sup>[11]</sup>是一种基于知识图谱的教学设计与教学评价,强调知识、思维、知识间的逻辑关系,同时强调问题导向、教学案例和实践练习等教学过程的实施,提供了一个系统化的教学设计框架,不仅适用于课程教学设计,同样适用于教学体系的设计。其中,“K”表示知识型教学内容;“T”表示思维或本质观点型教学内容;“S”表示知识/思维的逻辑关系或教学的先后次序;“Q”表示问题或以问题提问方式引导学生思考;“E”表示示例教学;“P”表示让学生习练来完成。

基于KT-SQEP构建的教学体系,遵循知识的认知及思维形成→问题导向及案例训练→动手实践及创新这样一个教学过程,这个过程符合知识的认知及转换过程,通过该教学体系的学习及训练,学生不仅能够牢固地掌握必要的计算机软硬件理论知识,还能够将知识转换为思维,并在实践中灵活运用,从而培养学生“解决复杂工程问题”的综合素质及创新能力。基于KT-SQEP的计算机系统能力培养教学体系设计如图2所示。

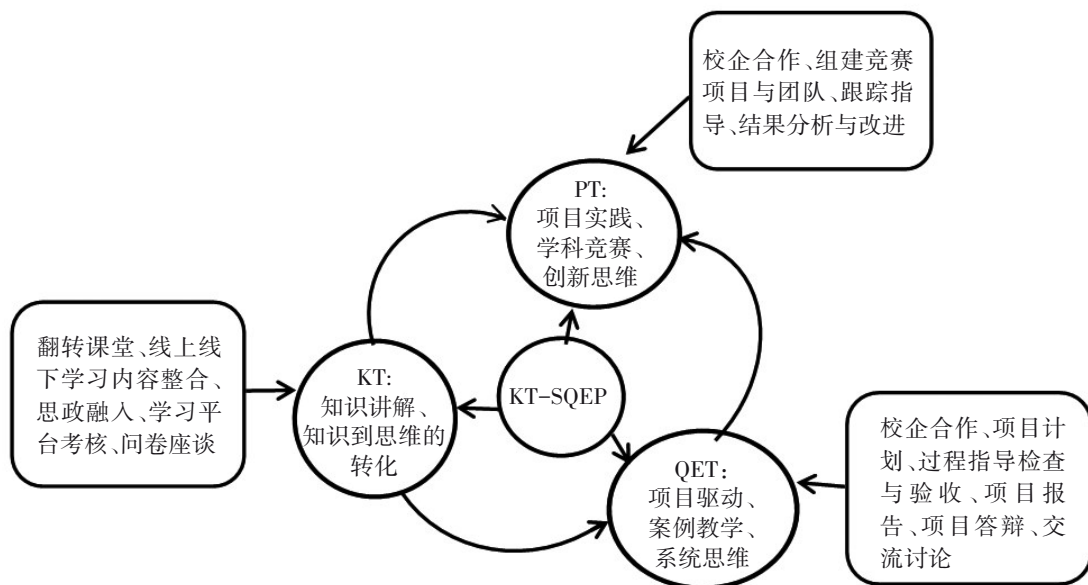


图2 基于KT-SQEP的计算机系统能力培养教学体系设计

### 3.1 结合现代教学手段,落实KT-SQEP教学体系

KT-SQEP教学体系将整个教学过程融入KT-SQEP教学设计中,为学生提供一个全面的学习框架。结合现代多样化的教学手段,可以更好地落实教学体系,将所学所练转化为思维。

#### 3.1.1 线上线下结合教学,实现知识到思维的转化(KT)

传统的线下教学具有互动性、实践性、针对性等特点。而线上教学则具有时空灵活性、资源共享性、个性化学习等特点。两者互为补充,可以拓展知识的深度和广度,并有助于搭建知识体系。但实施线上线下结合教学需要制定合理的教学安排,否则容易导致教学过程混乱,耽误学生有效学习时间。在实施线上线下结合教学时做了如下安排:(1)合理分配线上和线下教学内容,确保知识的完整性和系统性;(2)整合线上线下教学资源,为学生提供优质简明的学习材料;(3)采用翻转课堂激发学生的学习自主性和主动性;(4)利用线上实验虚拟平台、实验室、实训基地为学生提供多样化的实践环境。

通过以上线上线下结合教学手段,确保学生获得完整的知识体系,并逐步将获得的知识转化为思维灵活运用。

#### 3.1.2 项目驱动,培养系统思维(QET)

项目驱动教学能够为学生提供真实的工程实践环境,在完成项目的过程中,不仅能够有效帮助学生建立系统思维,提高系统能力,同时还能够提高学生的综合能力发展。

案例教学、课程设计、专业方向综合实践、专业生产实习、毕业实习、毕业设计(论文)等课程均以各类项目为载体进行教学。下面以专业方向综合实践课程为例,介绍校企合作、项目驱动实施过程:(1)邀请企业工程师进行为期1周的集中培训,培训内容包括行业背景、技术技能、项目管理、团队协作等;(2)分组并确定选题,每组3~5人,“软硬件协同”

方向以嵌入式系统开发为主;(3)项目实施,要求学生严格按照项目开发流程完成项目的硬件设计、选择与组装,软件烧制、设计与实现,工程师和校内指导老师定期检查阶段性成果并给予指导;(4)撰写项目报告,并进行项目展示与答辩。项目评审及答辩阶段,工程师和校内指导老师给予学生客观的评价及修改意见,帮助学生完善提升。

这种校企合作、项目驱动的教学模式,不仅增强了学生的工程实施能力,锻炼了学生的表达能力和逻辑思维能力,为学生未来的职业发展提供了宝贵的经验,同时也让学生在项目实施过程中逐渐构建并完善自己的知识体系,从而形成自己的系统思维。

#### 3.1.3 以赛促学,培养创新思维(PT)

学生通过参与各类竞赛,不仅激发了学习兴趣,提升了实践能力,此外,比赛往往需要跨学科的知识背景,实现计算机科学与其他学科的交叉与融合,因此,参赛还能够拓宽学生的视野,激发学生实现创新思维,实现更具实用价值的项目<sup>[12]</sup>。

通过以上计算机系统能力培养模式教学实践,2023—2024年,我院学生在安徽省机器人设计大赛、安徽省大学生网络与分布式创新设计大赛、安徽省高校物联网创新大赛、互联网+大学生创新创业大赛等大赛中都取得了丰硕的成果,参赛过程中,学生表现出了极大的热情和潜力,参赛成绩有了明显的提升。

### 3.2 多元化评价与反馈机制

KT-SQEP教学体系各个教学环节都制定了多元化的评价与反馈机制,对学生进行全面的评价,并通过反馈及时调整教学策略或给予个性化的指导,从而形成教学改进的闭环模式。

1)知识及思维教学内容环节评价。利用线上教学平台跟踪在线资源的学习进度、记录学生的课堂参与、作业、实验完成、单元及随堂测试等情况,并通过平台数据分析及时了解学生的薄弱环节;线

下则通过小组讨论、课堂提问、座谈会等形式了解学习效果,并引导学生进行深度思考和互动。

2)项目驱动、案例教学环节评价。项目驱动教学的目标是培养工程实践能力和综合素养,因此,从学习态度、知识运用、项目设计与实现、分析及解决问题、团队协作、报告撰写、答辩语言表达等多方面能力进行评价,从而确保学生在项目中的表现得到全面反映<sup>[11]</sup>。

3)项目实践环节评价。项目实践不仅通过常规方式进行考核,以赛促教也为评价机制提供了新的视角。通过组织各类不同级别的竞赛,鼓励不同层次的学生大面积参与,让学生在竞争中激发潜能,提升创新能力和实践能力。竞赛结果是对学生能力的直接评价,同时通过赛后总结、反馈和反思,帮助学生认识自身的不足,明确改进方向。

另外,教学过程中还通过学生座谈会、问卷调

查、定期邀请学生一对一交流、学生互评等形式了解学生在学习过程中的困惑和需求,及时调整教学策略。

综上所述,基于KT-SQEP教学设计的创新教学方法与策略,不仅有效落实了应用型本科计算机系统能力人才的培养模式,还为学生的综合素质提升提供了有力保障。

#### 4 教学实践成果

本研究运用该计算机系统能力培养模式对我院2021级计算机科学与技术专业113名学生进行了教学实践,结果表明,该模式提高了硬件类课程的教学效果和学生对软硬件协同类项目的兴趣,同时也有效提升了学生的综合素质和工程实践能力(表1)。

表1 计算机系统能力培养模式实施前(2020级)与实施后(2021级)教学效果比较

年级(组别)	期末卷面平均成绩/分		综合实践类课程 软硬件协同类项目选题占比/%	学科竞赛获奖情况
	计算机组成原理课程	嵌入式系统课程		
2020级(对照组)	60.6	62.5	5	软硬协同类竞赛共5个队参赛,只获得1个奖项
2021级(试验组)	75.4	78.6	40	省机器人设计大赛获奖6项、省物联网创新大赛获奖5项,参赛获奖率70%

#### 5 结束语

“贯通、递进、融合”课程及实践体系可以帮助学生逐步搭建知识体系,建立系统观。KT-SQEP教学体系及创新教学方法从多方面激发学生的学习兴趣 and 创造力,将知识转化为思维和能力。多元化

的评价与反馈机制对学生的知识、能力及素养进行全面评估,并根据反馈结果及时调整教学策略,从而形成方案制定—教学落实—问题整改的闭环模式。因此,该培养模式不仅能够培养学生的计算机系统能力,同时也能够有效提高学生解决复杂工程问题的能力、创新能力和综合素养。

#### 参考文献:

- [1] 张苏慧.智慧未来看AI,“软硬件”协同缺一不可[N].出版通信信息报,2023-03-08(006).
- [2] 教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会,智能时代计算机专业系统能力培养研究组.智能时代计算机专业系统能力培养纲要[M].北京:机械工业出版社,2021.
- [3] 樊媛媛,梁庆中,胡成玉,等.数字经济视域下的计算机系统能力培养模式[J].教育教学论坛,2024(5):21-24.
- [4] 鲍培明,吉根林.新工科背景下计算机系统能力培养实践探索[J].软件导刊,2020,19(12):6-9.

- [5] 黄建忠,彭红梅,刘树波,等.融合“两学两育”的嵌入式系统能力培养[J].计算机教育,2024(10):56-60.
- [6] 袁春风,陶先平,汪亮,等.面向计算机系统能力培养的课程实验体系构建[J].实验技术与管理,2018,35(6):12-16.
- [7] 王文杰.基于FPGA的卷积神经网络软硬件协同设计与实现[D].上海:华东师范大学,2021.
- [8] 鄢秋荣,王玉峰,王艳庆.面向软硬件协同设计的嵌入式系统教学改革与实践[J].实验室研究与探索,2016,35(6):190-193.
- [9] 古金宇,华志超,李明煜,等.软硬件协同的操作系统安全能力创新与应用[J].科学通报,2022,67(32):3861-3871.
- [10] 谭婧炜佳,魏晓辉.面向解决复杂工程问题能力培养的计算机系统结构课程教改探索[J].计算机教育,2023(3):145-153.
- [11] 李雪,战德臣,聂兰顺,等.基于KT-SQEP的课程设计与课程建设——以“101计划”计算概论(计算机科学导论)课程为例[J].计算机教育,2024(5):1-8.
- [12] 宋鑫,张瑜,伊开.计算机系统能力培养教学改革与实践——“以赛促学”的模式[J].教育教学论坛,2021(19):67-70.

---

(上接第 87 页)

- [13] 丁飞,董亚琦.中日青少年足球人才培养体系比较及启示[J].四川体育科学,2022,41(2):20-24.
- [14] 邱林,秦旻.我国校园足球与职业足球青训深度融合的选择逻辑与推进路径[J].北京体育大学学报,2021,44(2):59-69.
- [15] 梁伟.中国足球职业联赛商业战略联盟稳定性及联盟治理研究[J].成都体育学院学报,2021,47(4):12-18.
- [16] 郑雯婷,张大为.非经济要素分配与体育职业决策模型:行动视角下的校园足球人才流失问题[J].体育科研,2023,44(6):70-77.
- [17] 喻和文,刘东锋,谢松林.职业足球俱乐部青训与校园足球合作探析[J].体育文化导刊,2019(2):22-23.
- [18] 耿瑞楠,宋冰,邓晓磊,等.全国足球发展重点城市青训治理路径研究[J].体育学刊,2024,31(2):57-63.
- [19] 吴超伟.基于共生理论的城乡校园足球差距审视及其发展研究[J].大理大学学报,2023,8(12):58-65.
- [20] 教育部:校园足球与职业足球应共生发展[EB/OL].(2018-07-08)[2024-09-10].[http://www.sohu.com/a/240001900\\_99925888](http://www.sohu.com/a/240001900_99925888).
- [21] 蔡志强,张响芹,宁尚斌,等.廊坊市校园足球特色初中足球课程的设置与实施[J].廊坊师范学院学报(自然科学版),2021,21(2):92-95.
- [22] 钟远金,郭紫敏.五大发展理念引领下校园足球生态模式研究[J].哈尔滨体育学院学报,2023,41(6):68-72+78.
- [23] 郝文鑫,尤佳,郭振,等.新时代全国足球发展重点城市建设:经验、问题与策略[J].天津体育学院学报,2024,39(4):483-490.
- [24] 李培,沈苗,刘鸿优,等.我国青少年足球高质量发展的历史镜鉴、现实困境与改革路径[J].西安体育学院学报,2022,39(6):584-592.
- [25] 李纪霞,徐仰才,游松辉.我国校园足球与职业足球共生机制研究[C]//中国体育科学学会.第十一届全国体育科学大会论文摘要汇编,2019:3258-3260.