

# 工业设计专业机械基础课程教学改革理论与实践

芮晓光<sup>1</sup>,刘鑫培<sup>2</sup>,王传洋<sup>2</sup>

(1. 苏州市职业大学,江苏 苏州 215104; 2. 苏州大学,江苏 苏州 215021)

**摘要:**针对工业设计专业“机械基础”教学中存在的问题,依据机械基础教学内容与工业设计专业课程相结合的原则,根据学科特点并结合多年教学实践,提出工业设计“新机械基础”课程改革方案,构建了“新机械基础”教学内容,建议通过“新机械基础”实际案例教学法和加强实践环节几方面进行课程教学改革来提高工业设计专业学生设计能力和创新水平,使所设计的工业产品不但具有时代性,而且也具有较好的可制造性,使教改“新机械基础”课程在提高工业设计专业学生的综合素质方面发挥重要的作用。

**关键词:**工业设计;机械基础;教学改革

**中图分类号:**G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2022)06-0040-05

## Teaching Reform Theory and Practice of Mechanical Foundation Course in Industrial Design Specialty

RUI Xiaoguang<sup>1</sup>, LIU Xinpei<sup>2</sup>, WANG Chuanyang<sup>2</sup>

(1. Suzhou Vocational University, Suzhou 215104, China; 2. Soochow University, Suzhou 215021, China)

**Abstract:** Aiming at the problems in the teaching of Mechanical Foundation of industrial design specialty, based on the principle of combining the teaching content of Mechanical Foundation with the curriculum of industrial design specialty, and by integrating its discipline characteristics with years of teaching practice, this paper puts forward the curriculum reform scheme of New Mechanical Foundation of industrial design, structures the teaching content of New Mechanical Foundation, and proposes the curriculum teaching reform by the actual case teaching method of Mechanical Foundation and strengthening the practical links in order to promote the design ability and innovation level of students. With the reformed scheme, the designed industrial products are expected to be not only imprinted with the characteristics of the times, but also of good manufacturability, playing an important role in improving the comprehensive quality of industrial design majors.

**Keywords:** industrial design; Mechanical Foundation; teaching reform

## 0 引言

“机械基础”是工业设计专业重要的技术基础课程。工业设计专业开设该课程目的是培养工业设计专业的学生不但要具有较好的艺术知识,同时也要具有一定的机械基础知识和机械结构设计能力。工业设计不仅包含产品色彩、造型及人机工程学等要素,还涉及材料选用、机械结构设计以及产品制造工艺等技术性基础要素。作为一个优秀的工业设计师只有掌握了机械设计等相关知识,深入了解产品工作原理、结构及相关制造工艺,才能设计出结构合理、造型美观、可制造性好的工业产品。因此,“机械基础”课程对工业设计专业学生的工业产品设计及创新能力的培养至关重要<sup>[1]</sup>。

## 1 工业设计专业“机械基础”课程教学现状

### 1.1 教材与工业设计专业贴近度不够

目前,工业设计专业大多借用非机类的“机械基础”等相

关教材,由于教材不是为工业设计专业需要而编写的,其讲解的内容有些是该专业学生很少接触到的带传动、齿轮传动、轴系零部件、螺纹连接、联轴器、轴承等知识,工业设计专业学生很难将“机械基础”内容与美术类工业设计专业联系起来。传统“机械基础”教学内容往往以机械中的传动、零件和机构等原理为例,缺少贴近工业设计专业相关的“机械基础”内容,使得工业设计专业学生在进行工业产品设计时,无法将所学机械基础知识有效地应用到工业产品设计中去。因此,学生在学习“机械基础”课程时觉得乏味、无用而缺乏学习的兴趣和动力<sup>[2-3]</sup>。

### 1.2 以“教”为主的教学方式不适合时代发展要求

工业设计专业中课程教学与其他理工科专业教学方式不同,大多是以专题设计或设计大作业的方式开展教学工作,课堂以学生为主体,采用开放教学管理模式让学生自主学习和独立设计,教师主要起指导和咨询作用;师生互动交流频繁又随性,课堂气氛轻松又活跃。而传统“机械基础”课程采取以教师理论讲授为主,工业设计专业的

基金项目:2021年国家自然科学基金项目(52075354);苏州科技项目资助(2015A14001)

第一作者简介:芮晓光(1980—),男,讲师,硕士,从事工业产品设计教学、科研等工作。

学生难以适应“黑板上开机器”的教学方式,以致教学效果不理想。而“机械基础”课程理论性较强,如直接让学生进行工业产品设计,当涉及到“机械基础”知识的应用时,学生不知从何下手。

## 2 工业设计“机械基础”课程教学改革设计

从上述讨论可以看出,工业设计专业“机械基础”课程教学改革的内容主要涉及到教材和教学方式两个方面。

### 2.1 教材的更新

传统工业设计专业教学中所选用的“机械基础”教材涵盖专业多,大多以机械工程专业为主编写的,不利于工业设计专业学生对机械知识认知的需要。通常美术专业的学生设计的产品其美感都比较好,但其对工业产品可制造性的认知通常一般,而好的工业产品设计不但需要美感好,而且还需要可制造性好、产品物美价廉。因此,工业设计专业所选用的“机械基础”教材要求专业贴合度高,课程教学内容要以生产实际、市场需求为导向,教材内

容要以工业设计、艺术设计与机械基础等相结合的方式,基于上述理念,本文提出了“新机械基础”教学改革方案。

教学内容从学生熟悉的简单机械结构、材料、基本原理、可制造性认识入手。比如,可调整、可伸缩的书桌,让学生了解可动、可调的机械机构都有哪些形式以及其结构稳定性、外部形状、材料、连接方式、可制造性对产品的影响等。再如可通过对家用豆浆机、折叠自行车、洗衣机等工业产品来分析其机械结构、可制造性以及外观造型等影响因素及其关联性。

这些实际案例教学,不但能让学生认识到不同内部结构是如何影响到其外部造型的,同时也能让学生深刻理解“机械基础”是工业设计专业重要的技术基础课程。工业设计师只有较好地掌握了机械、材料、制造等相关工程知识,深入了解产品工作的结构原理及相关制造工艺,与工业产品设计知识相结合,才能设计出可制造性好、物美价廉的工业产品来<sup>[4-6]</sup>。

### 2.2 工业设计“新机械基础”课程策划

针对工业设计专业策划的“新机械基础”课程教材主要目录如表1所示。

表1 工业设计“新机械基础”课程目录

课程目录	讲解内容	课时
概论	主要介绍课程讲解内容	2
工业产品设计机械认知基础	主要介绍工业产品设计所涉及到的机械传动(带、齿轮、螺旋等传动)与工业产品外型支撑框架结构等	6
工业产品设计材料及加工认知基础	主要介绍常用金属和非金属等材料机械加工切削、焊接、冲压、注塑等常用加工方法	6
工业产品创新设计基础	主要介绍创新学基本原理、TRIZ理论和创新40条目录及其实际应用方法	6
机械设计美学	主要介绍机械结构设计中对称和非对称美学	4
工业产品创新设计实例	通过2~3个工业产品设计实例的讲解,将“新机械基础”理论与工业设计课程串起来	8

## 3 工业设计“新机械基础”课程教学与实践

### 3.1 采用“新机械基础”与工业产品设计相结合

“新机械基础”与工业产品设计相结合课程教学的目标是通过这种方式来提高学生的学习能力和创新能力。工业产品内部相关工作原理、机械结构、制造方法是学习难点之一,因此,课堂理论教学中应利用多媒体课件将有关机械基础实体模型和工作原理通过录像、动画仿真等直观形式演示出来,有助于学生对抽象的机械原理的理解,了解各机械机构的组成和运动传递关系等;同时录像、动画的演示能让学生感受工业设计的机械结构美感,以提升学生对工业产品设计中的审美能力,激发工业设计专业学生对“新机械基础”的学习兴趣。

在讲到齿轮传动时以机械手表为例,讲解机械手表如何计时,包括时针、分针和秒针及其结构设计美学等。机械手表实际案例教学能使学生体会到机械基础在工业产品设计中的重要性和艺术性<sup>[7-8]</sup>。

#### a) 机械手表机械结构

机械手表传动系统一般采用齿轮传动。齿轮除了把能源装置的力矩输送给擒纵调速器,维持振动系统作不衰减的振动外,还把擒纵轮的转角按一定比例关系传递到秒轮、分轮及时轮,使指针机构指示出时刻、日期或星期。机械手表机械结构如图1所示。

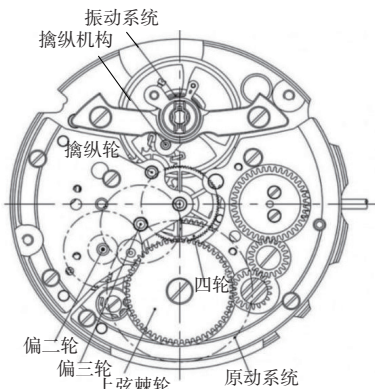


图1 机械手表机械结构

#### b) 机械手表基本工作原理

机械手表基本工作原理如图2所示,主传动系统将能源装置输出的能量传递给擒纵机构以维持摆轮游丝系统

不衰减的振动,同时在不增加发条圈数的条件下,延长手表一次上弦的持续工作时间。

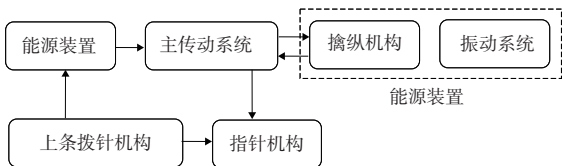


图2 机械手表工作基本原理

摆轮游丝系统的能量是由擒纵机构供给的,游丝擒纵机构如图3所示。

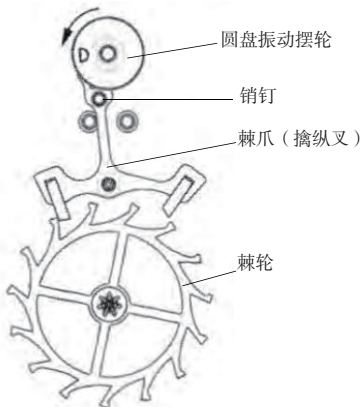


图3 游丝擒纵机构

杠杆式擒纵机构主要由擒纵轮、擒纵叉和双圆盘三部分组成,它的特点是利用擒纵轮齿与擒纵叉上的拨叉在释放与传动过程中将原动系统输出的能量传递给擒纵叉,同时擒纵叉口又会与圆盘销钉相互作用,擒纵叉通过圆盘销钉将来自擒纵轮输入的能量传递给摆轮游丝系统。通过这一系列的杠杆原理,摆轮游丝系统源源不断地得到原动系统输出的能量以维持该系统不衰减地振动,从而完成机芯指示装置准确走时的使命。

通过上述机械手表机械传动原理使学生认识到机械传动在现实生活中是如何应用的,提高对“新机械基础”课程的认识感和兴趣感。

c) 材料与结构设计

在工业产品设计中常常涉及到材料和结构设计问题,在讲解材料和结构关系时,以图4所示的不同材料变元和结构变元产生的不同效果为例,讲解了材料与结构的关系。

1) 材料变元

材料变元有两类:一是改变材料的物性,二是改变材料工作位置。改变材料的物性,即选用不同的工程材料,往往同时伴随着加工工艺的变化。

2) 结构变元

结构变元有两层含义:其一,什么是机械构造的基本元素;其二,如何系统地、有规律地改变这些元素,从而产生多个可能性设计方案。

由图4可看出3种不同材料(木材、塑料、金属)与结构制作的夹子。由于3种材料性能相差很大,其结构形状也相差甚远<sup>[9]</sup>,在实际设计中要根据实际应用情况选择不同材料和不同的变元结构。

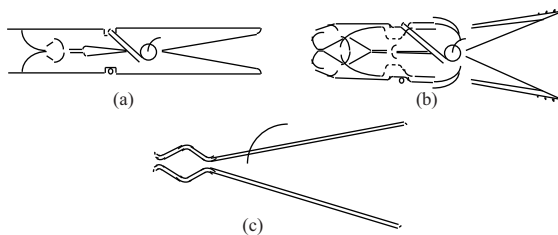


图4 不同材料变元和结构变元产生的不同效果

### 3.2 TRIZ 创新理论与工业设计课程教学相融合

传统教学授课以老师讲授为主,缺乏以问题为导向的学生思维创新能力的培养过程,学生的思维受到教材书本的禁锢,最终导致思维惯性和惰性。近年来,陆续有些学校工业设计专业开设前苏联根里奇·阿奇舒勒先生为主研发的一种发明创新技术方法(简称TRIZ理论)课程。

比如以工业设计专业核心课程——造型设计基础课程为例,其中重要的章节有“形态的创造及其方法”。采用传统教学方法,在讲形态的创造时老师反复会说要以创新的思想去构思形态美,具体用什么创新方法,往往又很难给学生讲清楚工业设计是怎样与创新理论相结合的,如何对工业产品进行创新的等等。

基于TRIZ理论思维教学的老师在讲解这一章节时,以著名的LCW座椅为例(图5)来讲解如何用TRIZ理论进行创新设计。



图5 LCW椅造型设计

LCW坐椅最大特点是它由一组模压胶合板组成,每一部分都最大程度地突显了它的特定功能,它将产品的优点组合在一起,较好地实现了结构简洁、造型美、材料省、舒适性好等工业造型设计,获得了制造商和使用者较高的满意度<sup>[10]</sup>。

a) 设计思维方式的创新

学生学习了TRIZ理论体系后,受LCW坐椅的启发,依据工业产品设计情感性、舒适性设计原则,抽取座椅创新设计中存在的物理矛盾和技术矛盾,根据查询矛盾矩阵得到发明原理的方法,在老师的引导下,结合自己专业知识,运用TRIZ理论40条发明创新原理的目录中非对称、曲面化和动态化原理的组合,提出并设计了一款“基于TRIZ的舒适座椅”(图6)。





图6 基于TRIZ的舒适座椅  
创新设计

在舒适座椅设计过程中,运用了学生们学过的造型设计基础、新机械基础和发明创新的TRIZ理论等知识,为舒适座椅创新设计奠定了基础,而且学生们在心理上也很有成就感。课程教学中将零碎的机械基础知识与产品设计联系起来,让学生明白所学“新机械基础”在产品设计中是如何应用的。

#### b) 教学方式的创新

在授课中采取多师同堂的教学模式,邀请与本课程相关的工业设计、机械设计、TRIZ理论课程相关的老师和企业工程师等进行同堂讲授,依据每节课教学内容结合实际案例进行面对面讲授,必要时可以现场进行演示教学。教学内容上注重工程性指导教学,将工程案例引入课堂教学中。

用工程项目贯穿课堂内容主线,将教学内容、工程实践、专业领域新技术进行融合。引导学生大胆质疑,放飞思想,让学生领会技术与方法,知识与实践的贯通,促进创新能力和创造力的发展<sup>[11]</sup>。

#### c) 毕业设计方式的创新

毕业设计通常来说是“总结设计”,也就是说通过毕业设计的方式,让学生对几年来所学的知识进行汇集总结,是为了让学生能更好地作好毕业设计工作,在有条件的情况下能以工业产品设计的实际课题完成毕业设计工作。

我校2021年工业设计专业与某汽车4S店合作,以一种“可调摆臂式智能雨刮器”创新设计为课题,组织了工业产品设计专业3名学生联合来完成课题。其中1名学生进行总体造型设计,1名学生进行机械系统设计,1名学生进行电气系统设计。毕业设计计划进度安排如表2所示。

表2 毕业设计计划进度表

毕业设计步骤	设计内容	计划时间节点
1	课题调研	3月1日-3月8日
2	课题总体方案设计	3月9日-3月16日
3	子课题设计	3月17日-3月24日
4	结构方案设计	3月25日-4月3日
5	实验和试验研究	4月4日-4月20日
7	撰写毕业论文	4月21日-5月20日
8	毕业论文答辩	5月21日-5月30日

#### 1) 课题调研

通常课题调研是毕业设计的先期工作,通过课题调研会使学生了解到市场上现有雨刮器有哪些形式,各有什么优缺点,对雨刮器都有什么要求及期望。

通过调研,学生们了解到目前市场上雨刮器主要有有骨架雨刮器、无骨架雨刮器等多种类型。市面上的雨刮器主要存在着如下问题:有骨雨刮器压力传递不均匀、刮水效果差、金属支架重、驱动电动机负担大、结构复杂、噪声大等;无骨雨刮器规避有骨雨刮和三段式雨刮的缺点,用整体式钢片代替金属支架,胶条受力均匀,简化了结构和减轻了质量,电动机负荷相对小,但是这种雨刮器也存在着雨刮器速度和喷水量不可调,水痕、擦痕大等问题。

调研工作结束后,组织毕业设计调研的学生开展讨论,最后确定“可调摆臂式智能雨刮器”创新设计方案和每位学生的分工及主要设计内容。

#### 2) 课题设计

在课题确定的基础上,开始课题设计工作(包括总体方案设计、子课题设计、结构方案设计、实验和试验研究、撰写毕业论文和论文答辩等工作)。

汽车雨刮器是由电动机驱动、刮刷风窗玻璃外表面上雨水、雪霜和灰尘等物质的装置。一般由永磁式电动机、曲面型刮片(曲刮)或平面型刮片(平刮)、弯钩式刮杆或插入式刮杆组成。

##### ① 汽车雨刮器刮片活动方式的选择

课题组学生通过对汽车雨刮器系统的种类学习,了解到刮片工作方式分为平行式、对向式和交叉式3种形式。经过分析讨论认为平行刮片式最易制造,会使司机视觉更舒服。创新设计的平行刮片可调式智能雨刮器如图7所示<sup>[12]</sup>。

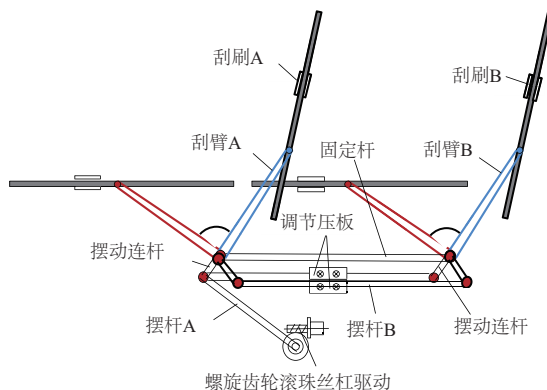


图7 螺旋齿轮滚珠丝杠驱动

在设计该雨刮器时,将“新机械基础”课程中学到的平行四连杆机构原理应用到雨刮器刮臂中。当雨刮器安装后刮臂位置不理想时,可通过对推杆A、B上压板螺栓调整来改变雨刮器两臂的初始与终止位置。当刮臂的刮刷角度不理想时,可通过更换偏心臂及摆臂两轴的中心距来调整刮刷角度,满足摆臂之间距离调整的要求。

##### ② 汽车雨刮器减速变方向驱动设计

考虑到传统雨刮器左右摆动通常采用蜗轮蜗杆减速(滑动摩擦)方式,驱动摩擦力较大的问题,学生经过研究讨论,把“新机械基础”课程中学到的螺旋齿轮传动可以改变传动方向和滚珠丝杠可变回转运动为直线运动的原理

理结合起来,设计了一种如图 8 所示的滚珠丝杠与螺旋齿轮复合传动减速器。在答辩时,参加答辩的老师认为,该雨刮器变滑动摩擦为滚动摩擦,可以有效地降低能耗,机构具有较好的创新性。

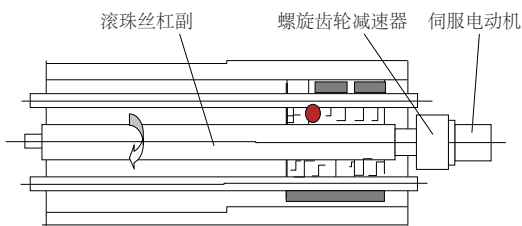


图 8 滚珠丝杠与螺旋齿轮复合传动减速器

### ③ 汽车雨刮器智能控制技术的设计

根据课题设计总体思路要求,设计的可调摆臂式智能雨刮器控制系统如图 9 所示。该系统的硬件主要包括红外雨量检测和雨刮器控制。此外人机界面包括按键输入、LCD 显示。

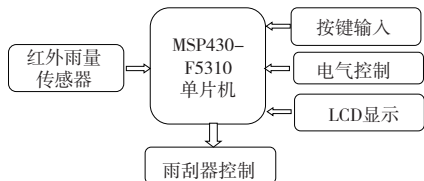


图 9 可调摆臂式智能雨刮器控制原理框图

图 10 为雨量传感器的红外发射电路,由红外 LED、NPN 型功率三极管和 PNP 型三极管组成。频率调制的方波信号 IFRP 通过电阻 R6 加载到 NPN 型功率三极管 Q1 的基极,三极管 Q1 工作在放大状态,红外 LED 发出调制的脉冲红外光,反馈电压加载在 PNP 型三极管 Q5 的基极,反馈电压增大红外 LED 发光强度增强,反馈电压降低红外 LED 发光强度减弱。由此,红外 LED 的发光强度受反馈电压的控制,发光频率受调制频率控制。

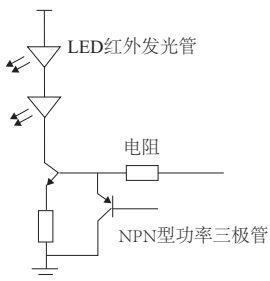


图 10 雨量传感器的红外发射电路

雨刮电机控制采用专用的雨刮器控制芯片 SX5125,控制雨刮器的多种工作状态,如快刮、正常刮、洗刮、间歇刮等,应用电路及电路板分别如图 11、图 12 所示。实际电路为了确保 MSP430 芯片和 SX5125 芯片之间的电平匹配,还加入 3.3 V~5 V 电平转换芯片 SN74ALVC164245。

### 3) 制造安装调试

学生设计好新型汽车智能雨刮器后,安排实验室老师指导学生设计的可调式智能雨刮器进行制造(包括机

械加工、电气控制以及安装调试),最后完成了整个新型智能汽车雨刮器开发工作。

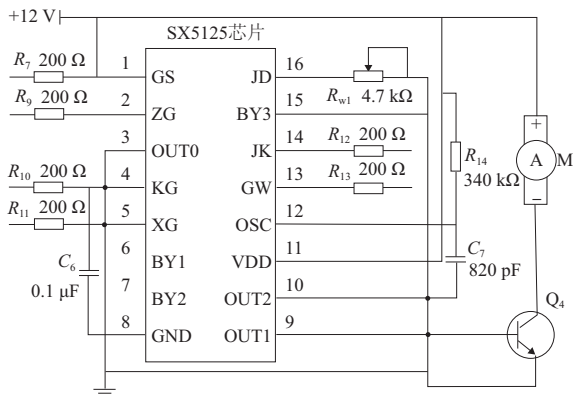


图 11 智能雨刮器控制电路



图 12 智能雨刮器控制电路板

## 4 结语

针对工业设计专业的“机械基础”课程教学中存在的问题和不足,通过对其分析探讨和教学改革,研究构建了“新机械基础”课程教学目录。

该“新机械基础”与传统的“机械基础”课程教学目录不同点在于:

- 1)增加了产品设计材料及加工认知基础内容部分,侧重介绍了常用机械制造方法,教学生在进行工业产品设计时需要考虑制造问题,即产品的可制造性问题;
- 2)增加了产品设计创新设计内容,重点介绍了 TRIZ 理论和 40 条发明创新原理内容,为工业产品创新设计提供了新科学理论方法;
- 3)在教学方式方面,创新地提出了多师同堂的教学和设计工程案例引入课堂的模式来改变社会对高职院校学生只能动手不能作创新设计的刻板印象;改变学生对自身能力的认知,打破学习的局限,提高学生学习的主动性;
- 4)通过实例毕业设计方式来教学生懂得工业产品设计工作通常有哪些步骤,是怎样进行工业产品设计的,为学生进入社会能迅速开展工作奠定好基础。通过理论结合实际的设计使学生能够改变对自身能力的认知,打破学习的局限,提高学生学习的主动性,强化自身的专业技术,养成良好的职业素养,培养终身学习能力;
- 5)通过工业设计专业“新机械基础”课程教学改革来着力培养学生理论联系实际的能力、产品设计和创新能力,提升学生的社会竞争能力。让工业设计专业学生展开

(下转第 105 页)

本文研究方法与近年来国外在 MIT-BIH 数据库上的心电信号自动识别方法进行对比,主要比较 S 和 V 两类。根据 AAMI 标准,S 和 V 类的识别分类更具有临床意义,其结果如表 4 所示,最好效果已加粗。可以看出,本文的方法在 V 和 S 类上虽然 Pre 值略低,但是效果基本持平,而且 Sen 和 F1 值高于其他文献。作为综合指标,S 和 V 类的 F1 相较于其他文献最好的结果分别提高了 2.3 和 0.9。说明本文方法能在不同层面上更深提取 ECG 的特征,以此来达到更好的分类精度效果。

表 4 本文与其他方法比较 单位: %

论文方法	V 类			S 类		
	Sen	Pre	F1	Sen	Pre	F1
文献[9]	93.8	92.4	93.1	76.8	74.0	75.4
文献[10]	93.0	<b>98.2</b>	95.5	66.9	<b>95.7</b>	78.7
文献[11]	95.4	97.1	96.2	81.1	90.0	85.3
本文方法	<b>97.1</b>	97.1	<b>97.1</b>	<b>84.2</b>	91.4	<b>87.6</b>

## 4 结语

本文针对传统 CNN 模型对细节特征方面提取的不足,使用多支路的 CNN 来提取更深层次的特征,同时考虑到 ECG 作为时序信号,结合 BiLSTM 模型对序列信号优势特点,将其应用在网络模型的搭建中,分析和讨论了在训练过程中该模型的训练和验证准确率变化情况。模型在测试集上的分类效果,重点比较了该模型与其他论文的 Sen、Pre 和 F1 值。实验结果表明:在训练阶段,该模型无论在准确率还是拟合效果方面都优于之前的传统模型;在测试阶段,模型对每类的分类在不同指标上都有良好的效果;与其他论文相比,在细节与综合得分上持平或者高于其他论文模型。综上可知,该模型在心电信号的自动分类上具有良好的应用前景。

### 参考文献:

[1] 国家心血管病中心. 中国心血管健康与疾病报告 2019[J].

心肺血管病杂志,2020,39(10):1157-1162.

- [2] MONDÉJAR-GUERRA V, NOVO J, ROUCO J, et al. Heartbeat classification fusing temporal and morphological information of ECGs via ensemble of classifiers [J]. Biomedical Signal Processing and Control, 2019, 47: 41-48.
- [3] MATHEWS S M, KAMBHAMETTU C, BARNER K E. A novel application of deep learning for single-lead ECG classification [J]. Computers in Biology and Medicine, 2018, 99: 53-62.
- [4] MARTIS R J, ACHARYA U R, ADELI H, et al. Computer aided diagnosis of atrial arrhythmia using dimensionality reduction methods on transform domain representation [J]. Biomedical Signal Processing and Control, 2014, 13: 295-305.
- [5] JIANG W, KONG S G. Block-based neural networks for personalized ECG signal classification [J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2007, 18(6): 1750-1761.
- [6] ACHARYA U R, FUJITA H, LIH O S, et al. Automated detection of arrhythmias using different intervals of tachycardia ECG segments with convolutional neural network [J]. Information Sciences, 2017, 405: 81-90.
- [7] HE R N, LIU Y, WANG K Q, et al. Automatic cardiac arrhythmia classification using combination of deep residual network and bidirectional LSTM [J]. IEEE Access, 2019(7): 102119-102135.
- [8] MOODY G B, MARK R G. The impact of the MIT-BIH arrhythmia database [J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 2001, 20(3): 45-50.
- [9] ZHAI X L, TIN C. Automated ECG classification using dual heartbeat coupling based on convolutional neural network [J]. IEEE Access, 2018(6): 27465-27472.
- [10] SAADATNEJAD S, OVEISI M, HASHEMI M. LSTM-based ECG classification for continuous monitoring on personal wearable devices [J]. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 2020, 24(2): 515-523.
- [11] LI F T, WU J Q, JIA M H, et al. Automated heartbeat classification exploiting convolutional neural network with channel-wise attention [J]. IEEE Access, 2019(7): 122955-122963.

收稿日期: 2021-08-18

### (上接第 44 页)

机械工程知识、艺术美学和创新设计复合作用的翅膀,使未来的工业产品设计师们翱翔得更高更远。

### 参考文献:

- [1] 陈桃珍. 高职传媒类专业群产教融合课程建设“部门+项目”教学组织设计[J]. 当代教育论坛, 2017(3): 75-82.
- [2] 陈金亮, 赵锋, 邓哈. 工业设计专业机械设计基础课程教学改革研究[J]. 工业设计, 2018(1): 25-26.
- [3] 胡海星, 张春霞, 张春艳. 基于职业能力开发的高职实训教学评价模型及应用研究[J]. 当代教育论坛, 2015(4): 115-120.
- [4] 刘力夫. 工业设计专业“机械设计基础”课程教学改革与探索[J]. 机械设计, 2018, 35(增刊 2): 413-414.
- [5] 韩筠. 创新教与学 推动新时期高校教学改革[J]. 中国大学教学, 2017(6): 11-14.
- [6] 岳樱泽, 杨恒. 基于终身教育视角下高职院校学生关键能力的培养[J]. 当代教育论坛, 2016(5): 89-94.
- [7] 李桂霞, 钟建珍. 对构建合理的高职教育课程体系的探

讨[J]. 中国高教研究, 2007(6): 58-59.

- [8] 葛丽娜. 以学生为中心教育方式的思考与实践[J]. 现代计算机(专业版), 2016(15): 11-14.
- [9] 彭娟, 汪杉. 工业设计专业基础课程教学方式的反思与创新[J]. 黑龙江科技信息, 2016(29): 8.
- [10] 张冬梅. 工业设计专业“造型材料与工艺”课程教学改革初探[J]. 焦作大学学报, 2016, 30(3): 100-102.
- [11] MENG Q, LI F Y, ZHOU L R, et al. A rapid life cycle assessment method based on green features in supporting conceptual design [J]. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 2015, 2(2): 189-196.
- [12] BRANCO P T B S, ALVIM-FERRAZ M C M, MARTINS F G, et al. Indoor air quality in urban nurseries at Porto City: particulate matter assessment [J]. Atmospheric Environment, 2014, 84: 133-143.

收稿日期: 2022-08-03