

热电偶综合实验改革与实践

黄晓璜, 崔国民, 赵志军, 胡晓红, 李 晨, 林树秀

(上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093)

摘要: 培养和提高大学生实践动手能力、创新能力是实验教学的重要目标, 是现代高等教育教学发展的客观要求, 也是“卓越工程师教育培养计划”的内在要求。针对上海理工大学“动力工程测控技术实验”的教学目标, 探索将热电偶标定实验设计为集热电偶制作、标定、自动化采集为一体的热电偶综合实验。实践表明, 热电偶综合实验的改革与实践对提高教学质量, 加强学生对综合知识的理解与运用, 锻炼学生分析问题解决问题能力方面具有明显的效果。

关键词: 热电偶制作; 热电偶标定; 数据采集; 综合实验

中图分类号: G 642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-895X(2017)03-0277-04

DOI: 10.13256/j.cnki.jusst.sse.2017.03.015

Reform and Practice of Synthetical Experiment of Thermocouple

Huang Xiaohuang, Cui Guomin, Zhao Zhijun, Hu Xiaohong, Li Chen, Lin Shuxiu

(School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Training and improving the practical and innovative ability of college students are an important goal of experimental teaching. It is an objective requirement of modern higher education, and also an inherent requirement of the Education Program of Outstanding Engineers. Aiming at the teaching goal of Power Engineering Measurement and Control Technology experiment in University of Shanghai for Science and Technology, the thermocouple calibration experiment is designed as a thermocouple synthesis experiment, which integrates thermocouple manufacture, calibration and automatic acquisition. It is shown that the reform and practice of synthetical experiment of thermocouple can significantly improve the teaching quality, strengthen the understanding and application of the comprehensive knowledge, and exercise students' ability to solve problems.

Keywords: thermocouple production; thermocouple calibration; data acquisition; synthetical experiment

教育教学质量是高校的立校之本, 在构成教育教学质量的诸要素中, 实验教学所起的作用毋庸置疑^[1]。实验教学是高等学校教学的重要组成部分^[2-3], 也是培养学生实践动手能力和创新精神的重要途径, 对巩固学生所学的基础理论知识和专业知识具有重要意义。因此, 高校实验教学的作用已

从过去仅仅作验证理论知识、加深对已有理论知识的理解, 转变为把实验作为培养大学生创新精神, 提高理论实践能力, 增强工作能力的重要手段^[4]。近年来, 各高校对实验教学越来越重视, 从实验教学内容、教学方法和教学手段等各个环节进行实践教学改革, 将学生基础理论知识、能力和

收稿日期: 2016-08-15

基金项目: 2016 年度教师教学发展研究一般项目 (CFTD16002Y); 2015 年度上海市大学生创新创业训练计划 (SH2015008); 上海市科委部分地方院校能力建设计划 (16060502600)

作者简介: 黄晓璜 (1988-), 女, 实验师。研究方向: 动力工程测控技术实验教学与研究。E-mail: huangxiaohuang@126.com

素质的培养有机地结合起来,注重学生创新意识和创新能力的培养^[5-6]。鉴于此,提高实验教学水平,提高学生实验兴趣,培养学生的实践动手能力是教学改革的目标。

一、教学现状

“动力工程测控实验”是能源动力类专业学生的一门重要专业基础实验课程,其主要内容包括热工过程的温度、压力、流量、流速等热工基本量的测试技术,计算机数据采集与控制技术,测控系统的基本特性、测量系统(传感器、变送器、显示记录器)的原理与构成等。该实验课程包括8项实验项目,其中,热电偶标定实验是该实验课程的重要实验之一。

然而,经过近几年的实验教学发现,热电偶标定实验内容单一,实验时间较长,过程单调、枯燥。在实验过程中,很多学生出现了知其然不知其所以然的现象,学生缺乏实验的主动性和积极性,教学效果并不理想。因此,探索将热电偶标定实验改革设计为集热电偶电焊法制作、热电偶比较法标定、热电偶温度数据采集设计为一体热电偶综合实验。热电偶综合实验具有系统化、分层次、阶梯化,由浅入深。学生不仅系统学习热电偶知识,动手制作热电偶,动手标定热电偶,还可以利用所学的计算机数据采集与控制技术,将其应用于热电偶温度采集中。该措施使得学生完成制作、校准、应用的过程,既激发学生的学习兴趣,也符合现代社会对热能专业学生提出的更高要求。

二、教学改革内容

将原有的“动力工程测控技术实验”中的热电偶标定实验改进为热电偶综合实验,该实验设计内容分为三个层次:热电偶制作实验(基础实验)、热电偶标定实验(设计实验)和热电偶数据采集设计实验(创新实验)。实验采取循序渐进、先易后难、逐步提升的教学方法,争取提高实验教学质量,加强学生对综合知识的理解与运用,锻炼学生的实验能力,提高学生解决问题的能力。

(一) 热电偶制作实验

热电偶的制作是学生最感兴趣的实验环节,在

兴趣的驱动下,学生去动手体验、实践探索,真正实现一个从无到有的过程,从而培养学生的工程实践能力和工程创新能力,实现知识向能力的转化,在这个过程中,满足了学生获得成功的成就感。

热电偶的制作实验主要是依据热电偶的工作原理而来的,电热偶是工业上最常用的一种测温元件,它是由两种不同的导体丝A和B,焊接组成一个闭合回路而构成的。如图1所示。因此,热电偶的制作主要是材质不同的热电偶丝并排焊接在一起,使其在测量端形成一个圆形小球。

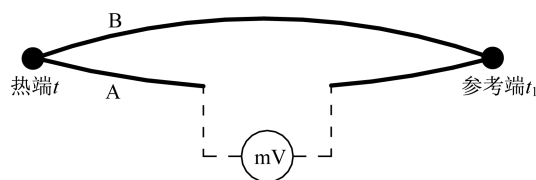


图1 电热偶原理图

Fig.1 Thermocouple principle diagram

热电偶测量端的焊接方法很多,如电弧焊、水银焊接、盐水焊接、盐浴焊、对焊、压接焊、锡焊等方法^[8]。实验室焊接方法主要采用电弧焊的方法,如图2。首先,学生在焊接前应仔细去掉热电偶丝靠近待焊端部的绝缘层,然后将这两根被焊的热电极绞成麻花状并将两端部剪齐平。然后,通过电压调节旋钮调节电压到一定值为焊接电源。最后,用金属夹子夹住待焊端作为一个电极,用炭棒作为另一个电极,当炭棒与被焊热电偶丝顶端接近时,产生的瞬间电弧将两根热偶顶部熔接在一起而形成一个小圆球制作,此时制作过程完成。

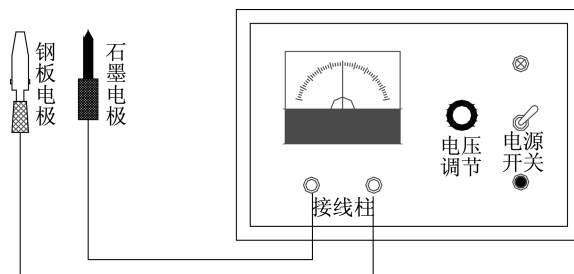


图2 焊接方法

Fig.2 Welding method

焊接的质量直接影响热电偶测温的可靠性。因此,学生应该独立对制作好的热电偶进行分析与判断。实验教师采取提问的方式,让学生了解对热电偶的可靠性的判断。比如向学生提问:热电偶是否

焊接牢固?是否具有金属光泽结点表面圆滑?是否有沾污变质和裂纹的现象?焊点直径是否约为热电偶丝直径的两倍?电极是否出现折损、扭曲现象?等等。

热电偶测量端焊接好后,实验教师再引导学生制作热电偶冷端。将已经选取好的两根合适的连接导线与参考端的两个热电偶丝分别焊接,将制作好的热电偶的冷端置于冷冻液中,用绝热硅胶对冷端采取保护措施。在这个过程中,也会以问题的方式,引导学生自己提出热电偶冷端的制作方法。为何采用此种制作方法?有没有其他制作方法?怎样制作?

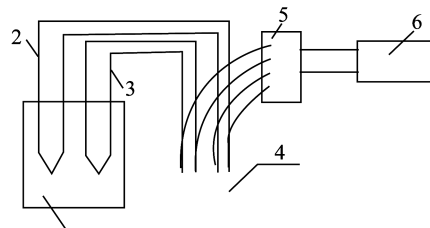
通过对热电偶的制作,让每位学生获得了属于自己的那一根热电偶。然后,实验教师继续引导学生,提出是不是将制作好的热电偶可以直接投入到生产实践中?通过学生的思考,引出热电偶标定实验。

(二) 热电偶标定实验

为了保证热电偶测量的准确可靠,在测量区域内更好地反映其真实特性,新制造或使用中的热电偶需要进行检定或校准。因此,在使用热电偶之前,都需要开展热电偶的标定实验。学生在掌握了热电偶的制作方法后,对热电偶的工作原理有了更进一步了解与掌握,在这个基础上,开展热电偶的标定实验,对学生巩固热电偶的相关知识具有重要的作用。通过该实验项目的学习,掌握了标定方法,将会对以后的工作或研究有所帮助。

热电偶标定的方法有两种:比较法和定点法。前者常用于校验工业用和实验室用热电偶。比较法是用待标定热电偶与标准热电偶测量同一温度,得到一组待标定热电偶和标准热电偶的热电势值,然后通过标准热电偶的标准分度表查得对应的温度,就可得到该温度下对应的待标定热电偶的热电势,并绘制出热电势-温度散点图,并通过拟合得到待标定热电偶热电势与温度的关系曲线。

实验过程中(见图3),根据标定温度范围选择恒温槽;将待标定的热电偶以及标准热电偶的热端按要求置于恒温槽内,冷端置于零度槽;打开恒温槽,调节恒温槽的温度至第一个工况点;待工况稳定后,通过数字毫伏电压表读取该工况下标准热电偶和待标定热电偶的电势值;改变5~8次工况,每次工况稳定并记录;拟合计算得到待标定热电偶温度 t 和电势 e 的关系。



1.恒温器 2.标准热电偶 3.待校热电偶 4.零度槽
5.转换开关 6.数字电压表

图3 热电偶标定系统示意图

Fig.3 Schematic diagram of thermocouple prover system

实验教师在开展实验时,让学生自己设计热电偶标定实验方案,根据已制作的热电偶,结合实验室提供的器材,搭建实验标定系统,完成热电偶标定实验。在学生搭建实验系统时,实验教师在旁巡视,适时对感到有难度的学生以问题的方式进行点拨。学生独立搭建实验系统并完成实验,这种方式往往让学生沉浸在实验学习中,这对学生的实验兴趣,动手能力的提高具有明显的效果。

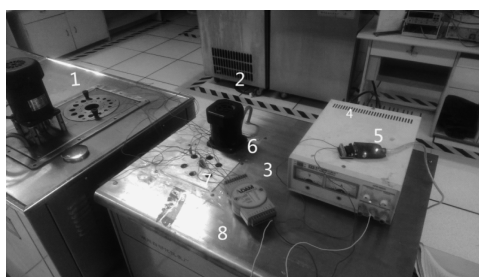
在热电偶标定中,测量方法采取读表和手工记录的方式,比如用到转换开关和数字电压表,该种方式具有手工测量反应慢,测试耗时,实验数据无法实时保存,需要专门的标定人员持续跟进,人为误差影响较大等缺点。因此,在这种情况下,对学生提出问题,是否能结合所学的计算机数据采集与控制技术对该标定装置进行改进,为下一步的实验设计做铺垫,也让学生真切地感受到开发更新更现代的实验装置的必要性和意义。

(三) 热电偶数据采集设计实验

为了改进热电偶标定装置,同时提高学生理论联系实际的能力,将计算机数据采集与控制技术、数据处理系统引入标定装置中,发挥学生的主观能动性,让学生动手探索实践。由于该实验是创新性实验,难度较高,对学生掌握计算机数据采集控制技术“动力工程测控技术”理论知识要求程度较高,这一层次的实验对学生提出了更高更难的要求。另外,由于实验课程学时有限,不允许课堂上安排实验。因此,一般在前两个实验的基础上,引出热电偶数据采集设计。实验教师提出疑问,再与学生探讨新的思路,学生可在实验室开放日的时间,进入实验室,动手实践对热电偶标定装置改进。

热电偶数据采集设计实验主要任务是在温度测

试过程中,在测量端温度上升的任意时刻,待标定热电偶和标准热电偶在同一温度下给出的模拟量(热电势信号),通过A/D转换将模拟量转换成数字量。通过语言(C#,C,LabVIEW,VB等)编写温度采集软件,根据标准热电偶的温度与其电势的函数关系,将标准热电偶输出的电势信号转换成温度,再拟合出待标定热电偶的热电势-温度(标准热电偶的温度)特性曲线,实时显示、记录,最终得到待标定热电偶的数学表达式。在这个标定系统中,实现了温度检测、数字显示、信息存储及实时控制。图4为学生设计的热电偶数据采集硬件系统。热电偶数据采集设计装置可以自动采集数据代替人工手动逐个记录数据,还能自动处理数据,生成检定结果记录。通过热电偶数据采集设计,学生不仅在这个过程中学会使用软件工具,而且搭建热电偶数据采集系统,最终得到热电偶数据自动采集。将理论与实践联系起来,使学生将课本知识应用到实践中,为实践服务,提高学生的动手能力及对本专业学习的兴趣。



1.恒温槽 2.0℃油槽 3.数据采集模块adam-4018
4.稳压电源 5.RS485转USB转换模块
6.标准热电偶7.待标定热电偶

图4 搭建的实验台

Fig.4 Built testing stand

三、教学改革成效

通过实践发现,学生对“动力工程测控技术实验”中热电偶相关知识掌握更系统,更全面。学生不仅掌握了热电偶工作相关知识,更掌握了利用计算机数据采集技术实现现代企业测温的方式。结合实验教学课堂情况及学生课后反馈的意见,发现学生反应良好。通过此次实验教学改革,有效激发了学生的学习兴趣,培养了学生严谨的科研作风,提高了学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。

四、结束语

现今,在高举面向工业界、面向世界、面向未来,培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为建设创新型国家、实现工业化和现代化、奠定坚实的人力资源基础、增强我国的核心竞争力和综合国力的旗帜下,国家提出了“卓越工程师教育培养计划”。该计划是教育部着力实施的针对高等工程教育的重大改革项目,也是促进我国由工程教育大国迈向工程教育强国的重大举措^[9-10]。上海理工大学是教育部“卓越工程师教育培养计划高校”,是上海市首批卓越工程师教育的试点学校。在这样的背景下,提高教学质量,特别是提高实验教学质量显得尤为重要,实验教学改革势在必行,其对培养卓越工程师技术人才有重要的作用^[11]。通过实验教学改革,提高实验教学质量,发挥实验教学功能,培养学生的创新能力、动手能力,对更好服务于“卓越工程师教育培养计划”具有重要作用。

参考文献:

- [1] 徐春放,王浩,王忠民.抓实验教师全程备课——上本科实验教学质量[J].实验室科学,2009,16(4):1-3.
- [2] 周童,曲占庆,陈德春.走自制设备之路——提高师生实验创新能力[J].实验室研究与探索,2010,29(2):168-169.
- [3] 王国强,傅承新.研究型大学创新实验教学体系的构建[J].高等工程教育研究,2006(1):125-128.
- [4] 郭美荣,俞爱辉,乐恺,等.热工自动检测与控制综合实验课程的整合与优化[J].实验室科学,2011,14(3):59-62.
- [5] 陈德碧,杨帆.应用型人才培养的实验教学改革实践[J].实验科学与技术,2010,8(4):42-43,133.
- [6] 易昆南,于菲菲.在综合性、设计性实验中培养学生的创新能力[J].实验技术与管理,2007,24(8):8-9,14.
- [7] 崔志尚.温度计量与测试[M].北京:中国计量出版社,1998.
- [8] 陈良,侯予,习兰.铜-康铜热电偶的标定与误差分析[J].低温工程,2008(6):18-23.
- [9] 林健.“卓越工程师教育培养计划”学校工作方案研究[J].高等工程教育研究,2010(5):30-36,43.
- [10] 王涛,王爱国,刘美.工程教育理念下实践教学体系建设的思考[J].广东石油化工学院学报,2011,21(5):29-32.
- [11] 黄晓璜,崔国民,田昌等.动力工程测控技术实验教学改革探索[J].上海理工大学学报(社会科学版),2015,37(4):386-400.

(编辑: 巩红晓)