

电机拖动平台在电工学课程实践教学中的应用

李勇伟¹, 张靓靓², 张婧婧³

(新疆农业大学 1. 机电工程学院; 2. 经济与贸易学院; 3. 计算机与信息工程学院, 新疆乌鲁木齐 830052)



摘 要: 由于电工及拖动实验台将其组成的元器件封闭在内部, 教学中配置教学用电动机。电工学、机电传动、可编程控制器等实验课程中拖动类实验项目只能空载演示, 这给学生掌握实验课程中的继电器控制动作原理、电动机拖动负载工作时电流与输出功率之间关系等相关知识带来一定难度。设计了面向生产现场的电机拖动实践教学平台, 学生在教师的指导下完成课程设计。通过完成设计、制作电气控制装置、与电机拖动平台联机调试, 既可以帮助学生解决实验教学过程中遇到的困惑, 也能提高实践工作中的动手能力。

关键词: 新工科; 电工学; 实践教学; 课程设计; 电机拖动

中图分类号: G642.0 文献标识码: B doi: 10.3969/j.issn.1672-4305.2022.04.002

Application of motor drag platform in electrical engineering course practical teaching

LI Yongwei¹, ZHANG Liangliang², ZHANG Jingjing³

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering; 2. College of Economics and Trade; 3. College of Computer and Information Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Because the experimental teaching platform encloses the components inside and is configured with the teaching electric motor, the motor-driven experiment can only be demonstrated without load in experimental courses of electrotechnics, electromechanical transmission and programmable logic controller. The inadequacy confuses the students to understand the action principle of relay contactor control and the relationship between the current and output power when the motor drives the load. Through the teaching platform of electric motor drive oriented to the actual production site, students complete the course design of electrotechnics under the guidance of teachers. By completing the design and debug of electrical control devices with the motor driving platform, students can solve the puzzles encountered in the process of experimental teaching and improve their ability in practical work.

Key words: new engineering; electrotechnics; practical teaching; curriculum design; motor driving

1 电工学课程实践教学短板与改善思路

与传统工科相比, 教育部发布的《高等教育司关于开展“新工科”研究与实践的通知》强调工科实用性、交叉性与综合性^[1-2]。非电类的农业机械、新能源、机械制造及其自动化、水利水电、农田水利、交通运输、交通工程、食品科学等专业更着重关注将电工学课程的理论教学、实践能力培养与本专业教学有机结合, 从而培养出与时俱进的高技能人才。为

收稿日期: 2020-09-17 修改日期: 2021-04-05

作者简介: 李勇伟, 硕士, 副教授, 研究方向为农业设备检测技术。

E-mail: llyyww126@126.com

通讯作者: 张婧婧, 硕士, 高级实验师, 研究方向为嵌入式技术与应用。E-mail: zjj@xjau.edu.cn

基金项目: 教育部高等教育司协同育人项目(项目编号: 201702064028); 新疆维吾尔自治区普通高等学校教学改革研究项目(项目编号: 2017JG044)。

了使学生在社会生产中能够针对设备拖动环节存在的问题^[3]做出基本判断,各高校在加强实践应用性背景下针对课程实践教学环节中存在的不足进行了研究^[4]。

1.1 电工学课程实践教学存在问题

“电工学”课程内容教授过程中,通常采用理论教学与实践教学相结合方式帮助学生理解和掌握电动机工作原理以及典型电机控制方式^[5]。理论课程讲授时,结合仿真软件模拟电动机使用时启动、调速、制动等阶段的电路中主要物理量变化关系^[6-7]。实验课程采用浙江天煌科技公司生产的电工及拖动实验台,帮助学生完成电动机使用中相关设计性实验。为便于维护,制造厂家生产的实验台将元件封闭^[8],从而导致实验教学环节实现教学目标存在以下问题:(1)对通过面板插线完成实验的学生而言,将实验结果与产生该结果的元器件联系起来存在困难;(2)鉴于实验台挂箱内主电路的封闭,电工学、机电传动、可编程序控制器等课程电机拖动类实验只能空载演示,学生无法印证理论课讲述的电动机使用过程中启动、调速、制动时功率、电压、电流与转矩之间的关系^[9]。实践教学中的工作现场实习或进企业的生产实习过程中,尽管学生能够直接观察甚至参与生产设备的运行或检修,仍难以接触提供动力的电气装置,也难以理解电气维护工作人员各类操作的理论基础。从历届毕业生回访中了解到,由于不熟悉设备电气柜结构,实践中对集散控制生产线操作界面提示的设备报警信息,难以迅速判断故障源发生在电气柜内中的哪个部位。

1.2 电工学课程实践教学完善方式

针对实践教学中学生实践能力培养与生产企业需求之间存在的差距,申请了教学研究课题。课题基于电机拖动的课程实践环节帮助学生掌握如下实践能力和知识技能:(1)完成电气控制装置的设计、制作;(2)连接拖动平台展开现场调试;(3)查找并处理指导教师在电气柜人为设置的缺陷;(4)基于调试电机拖动平台的过程,撰写课程设计文档。

此外,电工学的课程设计也贯彻了“新工科”的要求,它针对单位生产中多拖动设备容量、生产工艺对速度控制等具体生产需要,基于实用性角度,从现代化生产装置复杂控制中分解最基本的继电器接触器控制节^[9],开展实践教学环节。从教学组织实施的试点结果表明,学生学习兴趣高、动手制作与调试积极,教学互动过程反映达到教学预期。参照电子技

术课程实践教学方法^[10],学生通过实践教学的课程设计环节不仅熟悉电气控制装置设计、生产、出产检验的流程,而且能够熟悉生产设备的电气控制装置中常见故障与通常的处理方法。

2 教学设计与平台搭建

为了帮助学生使用拖动平台实践检验控制装置运行的可行性与稳定性,在相关课程理论与实验教学环节的特定节点,笔者编写了结合拖动平台的相应内容的教学文件,为机械制造及其自动化、机电一体化工程、水利水电工程、农田水利管理、电气工程及其自动化等相关专业“电工学”、“机电传动控制”、“电气控制与PLC”等课程设计编撰配套文件。拖动平台还适用于验证大学生创新电气柜自动控制装置的应用效果。开展科技创新与设计大赛的学生以及关于拖动控制毕业设计的学生,结合定制的触摸屏、PLC与变频器一体实践教学装置,可通过电子设计大赛、单片机控制^[11]案例进行拖动平台实际工程应用的验证。

2.1 电机拖动实践平台的设计

2.1.1 教学设计

电机拖动实践平台主要用于解决实践教学中没有拖动负载的问题,结合农业院校农业设施供水的实际需要,通过电动机拖动水泵完成了拖动系统设计。该平台除了能够满足课程理论与实践教学开展电动机拖动控制的课程设计上外,还可以应用于可编程控制器(PLC)开展的课程设计、毕业设计、大学生科技创新等控制装置设计的验证环节。

2.1.2 拖动平台的组成

电机拖动实践平台除了水箱、水泵、管路、压力检测元件用于满足电工学课程设计需要,为进一步拓展帮助开展相关毕业设计与创新项目,还包括变频器、无线传感器。

拖动平台采用三台水泵组成机组,每台水泵由异步电动机拖动。拖动平台用于课程设计调试或实践验证中观察电动机启动、调速应用中电流与电压变化,也能用于验证项目设计中自锁、互锁、多台电动机联锁(如机床主轴、喷淋、进给)等独立或组合控制环节^[9]。

管路用于连接水箱与水泵进水与出水回路。水箱总出水口经蝶阀进入三支路的分水器,每条支路通过蝶阀连接水泵。每个水泵抽出的水经蝶阀汇入总出水管,总出水管通过三通可以将来水送回水箱用于电控系统调试,也可以连接止逆阀将来水送入



供水管网用于实现无塔自动供水控制。总出水管留有采样口可以采集出水压力,压力变送器或远传压力表与电控装置组成压力闭环控制。

为了使实践教学直接面向工厂设备电机拖动的应用,电机拖动实践平台还设计了用于检验制作的电气柜,通过记录电流表与电压表的实验数据帮助同学理解与掌握电动机特性曲线。

2.2 配套的课程设计文件

课程设计文件依据生产企业电气控制装置生产的流程,编制适用于指导学生开展电气控制装置元件选型与设计、制作与检验、调试与故障处理等过程。课程设计文件主要包括任务书、选题库与指导手册。学生在课程设计过程中将理论与实验授课的重点、难点内容结合,在设计、调试环节有助于知识的掌握。例如将电机平台拖动水泵的异步电动机作为三相负载,展示电动机接线盒两种接线方式,即可验证与加深学生对三相负载星型与三角形接线方式的理解与掌握,从而更好地理解三相负载不同接法线、相电压与电流之间的关系^[9]。调试中观察水泵启动、自由停车与变频调速过程电流表与电压表的数据,帮助学生理解交流异步电动机各种启动方式电流变化,以及不同调速方式电压、电流、频率、功率之间的关系。针对控制要求展开的原理图设计,加深学生理解继电器接触器控制的设计思路与应用场合。

学生依据课程设计文档,结合电机拖动实践平台完成电气控制装置设计与制作、拖动系统调试、运行监测与故障检修与维护。电工学课程设计文档应该包含指导学生如何开展负荷计算、元件选型、图纸设计、电气柜配线、通电前检测、与电机拖动平台联机调试、排除故障^[12]、记录实验结果、撰写设计说明书等过程的实施细则与目标要求。

3 课程实践教学实施

课程设计的目标通常是检验理论与实验教学成效,考核学生掌握的理论与实践知识应用于工程实际的能力。教学课程实施则是培养学生的实际动手与语言文档等技术交流能力,包括:拖动项目设计、电气控制装置的制作和系统调试。

3.1 拖动项目设计

课程设计小组根据选题库与任务书的设计要求,开展负荷计算与图纸设计,为控制设备的制作提供依据。

指导教师提供定期更新的题库,课程小组的学

生讨论后既可以从题库中选题,也能根据小组成员熟悉的生产现场拖动需求自主选题。根据生产工艺要求,机械设备具备的输入功率、转矩、效率、使用性能的需要,经过负荷计算得出拖动电动机的类型与容量、接线方式、启动制动与调速方式等,可以确定电气控制装置主线路与控制线路的电气元件、导线规格、柜体的几何尺寸。

设计图纸主要包括原理图、电气元件位置图与端子接线图。原理图表明电气元件构成的控制系统按照设计要求保持或改变机器、机构或其它设备内部可变的量。设计过程中用于确定电气元件位置图与端子接线图,设备调试中用于设备故障源的确定。

课程小组依据选型元器件与布线要求,规划电气元件在控制柜内部安装位置与主令元件在面板上的分布,设计电气元件位置图,主要用于指导电气元件的安装与固定。

为便于电气控制装置主接线与控制接线的配置与施工,课程设计小组设计端子接线图,用于指导完成导线在电气元件接线端子间的连接。

3.2 电气控制装置制作

电气控制装置制作过程通常将电气元件或电力电子驱动单元固定在柜体中,然后参考配线工艺的端子接线图,配给主电路与控制电路导线。

依照电气布置图在柜体面板打孔安装主令电气,柜体内安装条架或背板上打孔用于固定断路器、继电器与接触器等电气元件,学生实际操作如图 1 所示。

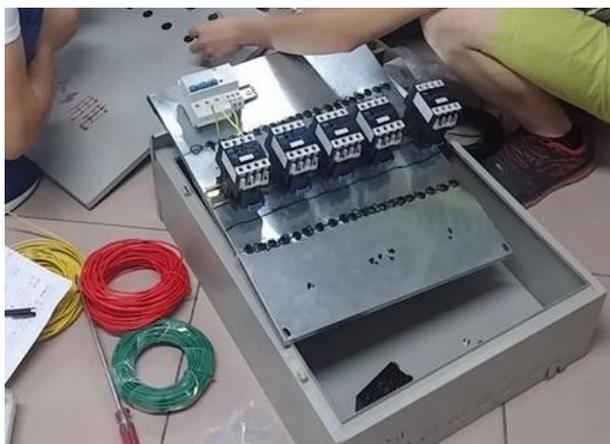


图 1 安装电器元件

按照主电路导线采用支架分层或平行走向方式并进行捆扎,控制电路导线采用屏背面走向方式并用线槽或捆扎固定的原则,参照端子接线图连接电气元件主回路与控制回路导线^[12]。课程小组制作

完成电气控制装置如图 2 所示,接线工作完成后,能够对照原理图使用万用表检测导线是否存在接错线、漏接、虚接(紧固端子压接导线绝缘)等问题。

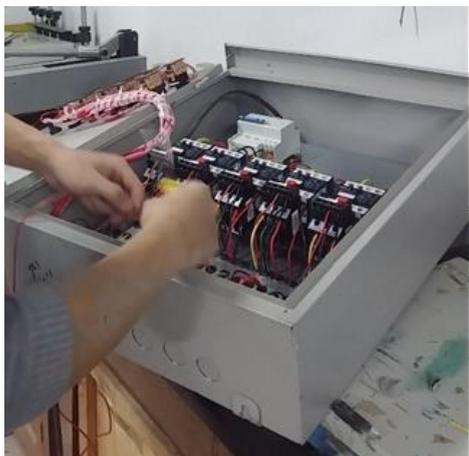


图 2 电气装置配线

3.3 调试与故障处理

调试前,首先对电气控制装置检查是否按照图纸安装配线,再次使用仪表检查是否存在接线问题。检查无误后确定三相五线电源相间电压、相线对零线及对地电压、零线对地电压是否正常,检查无误后将控制柜连接三相五线电源。确定电气控制装置满足控制动作要求后,检查水泵是否存在堵转、管路阀门开合情况然后连接电动机与电气柜接线,如图 3 所示。接线检查后操作电气控制装置并观察拖动平台是否按照设计要求工作,拖动装置正常工作,如图 4 所示。



图 3 电动机接线

为了提高学生现场检测与排除电控系统故障的能力,控制柜按照设计要求动作后,指导教师依据电控柜常见故障设置虚接、漏接或错接导线等人为故障。课程设计小组根据控制柜误动作现象,讨论故障的原因并利用万用表与电气原理图检查故障源并排除故障。



图 4 拖动系统调试

4 结语

由于实验台验证与实际生产装置运行的现实差距,非电专业与“电工学”课程有机结合的实践教学存在不足。为响应“新工科”强调的实用性、交叉性与综合性,设计电机拖动平台并仿照企业生产电气控制装置设计制作、调试与检验环节,研究与实施“电工学”课程设计的实践教学环节。结果表明由于面向生产实际,学生不仅能够更好地掌握电路分析方法、三相交流电路相、线电压电流之间关系、拖动控制系统设计、电动机启动、调速、制动在生产实践中的应用等课程要点与难点,并且提高了实际工作中处理生产设备拖动环节电气故障的能力。

电机拖动平台结合传感器与 PLC 实验室的设备,还可以为利用开放实验室的高年级学生科技创新项目和毕业设计搭建控制系统的平台。

参考文献(References):

- [1] 宋树杰,赵武奇,张清安.“新工科”背景下食品科学与工程专业“电工学”课程教学体系改革的探索[J].农产品加工,2019(5):98-102.
- [2] 王玲,张浩,晋艳云,等.“新工科”背景下非电类工科专业电工学课程教学改革探索[J].河南科技学院学报,2018,38(6):65-68.
- [3] 赵蕾.机电设备的电气线路故障分析及检测方法[J].机械研究与应用,2018,31(3):207-208.
- [4] 罗成名,黄国铭,张学武,等.加强电力拖动控制实践教学培养新工科学生创新能力[J].实验技术与管理,2018,35(12):36-39.
- [5] 刘蕴络,史雪飞,张兰.继电器接触器控制系统教学初探[J].电气电子教学学报,2010,32(9):87-88.
- [6] 陈丽兰.“电力拖动系统”课程实践教学的探索[J].实验室研究与探索,2011,30(10):389-391.
- [7] 张敬南,彭辉.电力拖动控制系统课程教学改革与实践[J].实验室研究与探索,2014,33(9):236-239.

结构变化与精子是从附睾头到附睾尾时成熟的结论一致^[17]。另外,有研究表明,小鼠附睾管周围存在 I、Ⅲ和Ⅳ型胶原纤维, I 型胶原纤维存在于附睾管外围,且其含量从附睾头至附睾尾逐渐增加^[8]; Keene 等^[6]发现 I 型胶原纤维有较强的伸展性。通过对牦牛、藏绵羊附睾组织的研究,发现牦牛、藏绵羊附睾各部分管腔外围的胶原纤维丰富,但附睾尾胶原纤维的分布较其他部位明显增多,这与其他学者的研究类似,说明胶原纤维的伸展性能够促进附睾尾的收缩,为精子运输至输精管提供动力。本研究发现,牦牛、藏绵羊的输精管管壁厚,黏膜层的纵行皱襞较多,肌层发达,输精管具有的结构特点与其分泌功能密切相关,推测可能在精子运送过程中起着重要的缓冲作用。但是,作为能长期适应高原低氧环境中的牦牛和藏绵羊且能维持正常繁殖能力的调控机理需深入研究。

4 结语

本研究发现,牦牛、藏绵羊的睾丸被膜结构紧密,实质部分叶明显,血管丰富,间质有丰富的胶原纤维及网状纤维;其附睾管壁薄,附睾头和附睾体管腔内纤毛较长,附睾尾管腔内纤毛较短且丰富;二者的输精管管壁厚,黏膜层的纵行皱襞较多,肌层发达。结果提示,牦牛、藏绵羊的睾丸、附睾及输精管具有较强的收缩能力及运输精子的能力,可能与其在高原环境下正常繁殖能力的维持有关。

参考文献(References):

[1] Novak S, Treacy B K, Almeida F R C L, et al. Regulation of IGF-I and porcine oviductal secretory protein (pOSP) secretion into the pig oviduct in the peri-ovulatory period, and effects of previous nutrition [J]. *Reprod Nutr Dev*, 2002, 42(4):355-372.

[2] Grippio A A, Luo Y, Rougeau B, et al. Monosaccharides are not detected in whole or isthmus bovine oviductal fluid collected throughout the estrous cycle, as analyzed by HPLC [J]. *Theriogenology*, 2000, 53(3):717-726.

[3] Visconti Westbrook P E, V A, Chertihin O, et al. Novel signaling pathways involved in sperm acquisition of fertilizing capacity [J]. *Journal of Reproductive Immunology*, 2002, 53(1-2):133-150.

[4] Havlicek V, Wetscher F, Huber T, et al. In Vivo Culture of IVM/IVF Embryos in Bovine Oviducts by Transvaginal Endoscopy [J]. *Journal of Veterinary Medicine*, 2010, 52(2):94-98.

[5] Lam, P. M. Vascular Endothelial Growth Factor in the Human Oviduct: Localization and Regulation of Messenger RNA Expression In Vivo [J]. *Biology of Reproduction*, 2003, 68(5):1870-1876.

[6] Hoflack G, Broeck W V D, Maes D. et al. Testicular dysfunction is responsible for low sperm quality in Belgian Blue bulls [J]. *Theriogenology*, 2008, 69(3):323-332.

[7] Fakoya F A. Reticulin fibres in the tunica albuginea and peritubular tissue of seminiferous tubules of adult male Wistar rats [J]. *Acta Histochemica*, 2002, 104(3):279-283.

[8] Fakoya F A, Caxton-Martins E A. Morphological alterations in the seminiferous tubules of adult Wistar rats; the effects of prenatal ethanol exposure [J]. *Folia Morphol (Warsz)*, 2004, 63(2):195-202.

[9] NseAbasi NsikakAbasi Etim. Testicular and Epididymal Morphometric Characteristics; Viable Indicators of Reproductive Ability of Farm Animals [J]. *American Journal of Biomedical Science and Engineering*, 2015, 1(4):85-89.

[10] 李琳,周利华,任冬仁,等.附睾功能及其对精子成熟的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2007(1):79-82.

[11] 徐明堂,何春年,张秀智,等.苏木精染液的配制及染色方法的改进 [J]. *临床与实验病理学杂志*, 2008(3):371-372.

[12] Youn JS, Cha SH, Park CW, et al. Predictive value of sperm motility characteristics assessed by computer-assisted sperm analysis in intrauterine insemination with superovulation in couples with unexplained infertility [J]. *Clin Exp Reprod Med*, 2011, 38(1):47-52.

[13] Madrid E, Reyes J G, Hernández B, et al. Effect of normobaric hypoxia on the testis in a murine model [J]. *Andrologia*, 2013, 45(5):332.

[14] 孙英,袁莉刚,赵海涛.成年高原藏羊睾丸小叶内微血管分布和形态特征 [J]. *解剖学报*, 2011, 42(1):114-118.

[15] 袁莉刚,张勇,李聪,等.高原地区藏绵羊与小尾寒羊睾丸细胞外基质组织分布特征比较 [J]. *解剖学报*, 2017, 48(2):179-186.

[16] Pop O T, Cotoi Corina Gabriela, Pleșea I E, et al. Histological and ultrastructural analysis of the seminiferous tubule wall in ageing testis [J]. *Morphologie et embryologie*, 2011, 52(1 Suppl):241-248.

[17] Hovatta O, Venäläinen E R, Kuusimäki L, et al. Aluminium lead and cadmium concentrations in seminal plasma and spermatozoa, and semen quality in Finnish men. [J]. *Human Reproduction*, 1998(1):115-119.

(上接第7页)

[8] 崔远慧,牟俊,祈建广,等.面向工程教育的电工学实验教学改革方法初探 [J]. *实验技术与管理*, 2012, 29(4):291-292.

[9] 秦曾煌.电工学-电工技术 [M]. 7 版.北京:高等教育出版社, 2009:231-240.

[10] 张婧婧,李勇伟.数字电路的实验教学改革与探索 [J]. *计算机教育*, 2014(4):29-31.

[11] 张婧婧,李勇伟.单片机课程的项目驱动教学研究与探索 [J]. *实验科学与技术*, 2015, 13(2):77-80, 95.

[12] 任清晨.电气控制柜设计制作-电路篇 [M].北京:电子工业出版社, 2014:54-80.