

自循环多功能离心泵教学实验台 研制与教学实践

刘在伦¹, 王仁忠², 王东伟¹

(1. 兰州理工大学 能源与动力工程学院, 甘肃 兰州 730050;

2. 松溪县中等职业技术学校, 福建 松溪 353500)

摘要:介绍了自循环多功能离心泵教学实验台的结构及功能特点,从开拓学生视野、提高学生实验兴趣和实验动手能力等角度出发,在实验台设计中解决了实验台的稳定性与精度、功能集成与小型化、指针式仪表与传感器并存、同一参数用不同测量仪表测量等教学实验中的问题,也为教师的科研成果紧密融入实验教学中、自主研发高精度度、多功能实验教学设备提供了值得借鉴的经验。

关键词:离心泵; 教学实验台; 参数测量; 教学实验

中图分类号:TH311;G484 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-4956(2015)4-0083-03

Development and teaching practice of teaching experimental bench for self-loop multifunctional centrifugal pump

Liu Zailun¹, Wang Renzhong², Wang Dongwei¹

(1. College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. Songxi secondary vocational and technical school, Songxi 353500, China)

Abstract: This paper introduces the structure and functional characteristics of teaching experimental bench for the self-loop multifunctional centrifugal pump. From the points of view of opening up students' horizons, improving their experimental interest, ability, etc., the teaching experimental bench is built. Some teaching experimental problems such as the stability and precision, functional integration and miniaturization, coexistence of dial instruments and sensors, measuring the same parameter with different measuring instruments, etc., are solved during the design of experimental bench. This paper is valuable for closely integrating teachers' mature achievement in scientific research into experimental teaching. In addition, this paper provides the experience which is worth learning for the independent research and development of high precision and multi-functional experimental teaching equipment.

Key words: centrifugal pump; teaching experimental bench; parameter measurement; teaching practice

高校实验教学水平的提高,离不开先进的完善的实验教学条件,其中实验设备的更新改造尤为重要^[1]。兰州理工大学流体机械及工程专业是我国最早的水力机械专业,始建于1954年的哈尔滨工业大学,1965年该专业整建制(包括水泵、水轮机实验室)迁至兰州理工大学(原甘肃工业大学)。实验室建有水泵的开式和

闭式实验台、水轮机闭式实验台,开设的实验项目有水泵性能实验、水泵汽蚀性能实验、水泵振动与噪声测量、水轮机能量实验,实验台在专业教学中发挥了重要作用。由于水泵实验台庞大、占地面积大、测试仪表分散、测量误差较大,已越来越不能满足不断扩大的学生人数和提升教学质量的要求。为了突出工科人才的工程实践能力与创新能力的培养,对实验教学提出了更新、更高的要求^[2-4]。将教师成熟的科研成果融入实验教学中、自主研发高精度度多功能实验教学设备势在必行^[5]。为此,在总结原实验台的优缺点和借鉴国内企业及高校的相关设备的基础上,结合理论和实验教学的要求,研制了自循环多功能离心泵教学实验台(以

收稿日期:2014-08-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51269010);兰州理工大学教学研究重点资助项目(JY201218)

作者简介:刘在伦(1961—),男,甘肃景泰,教授,博士生导师,主要从事泵设计理论与测试技术研究。

E-mail:liuzl88@sina.com

下简称实验台)。本文介绍在开拓学生视野、提高学生实验兴趣和实验动手能力等方面,自循环多功能离心泵教学实验台设计中的一些做法。

1 实验台的结构及功能

实验台由机械管路系统和操作柜组成,如图 1 所

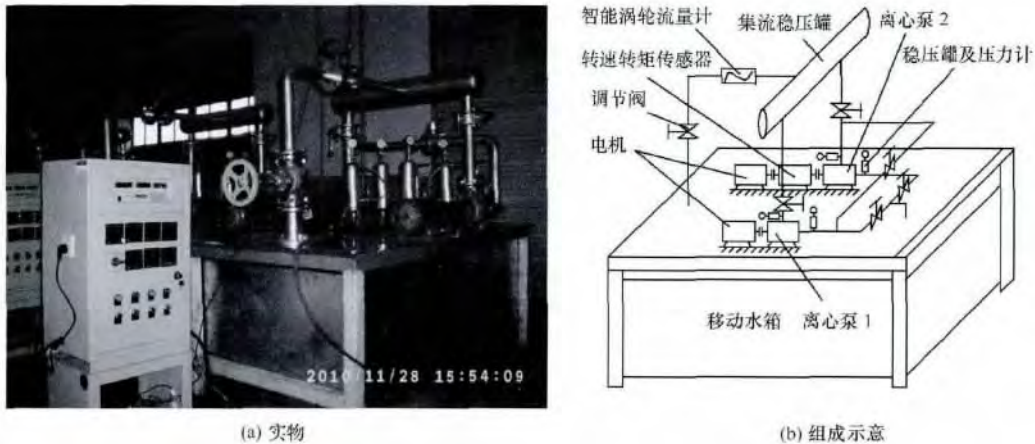


图 1 自循环多功能离心泵教学实验台

离心泵 1 与电机直联,离心泵 2 与电机之间装有转速转矩传感器。离心泵 2 的出水管设有一旁路,且与离心泵 1 的进水管路联通。智能涡轮流量计安装在总出水管路,其一端通过管路与集流稳压罐联通,另一端通过管路与调节阀联通,与调节阀另一端联通的总出水管路穿过实验平台伸到移动水箱量里。2 台离心泵的进水管路上都装有水封闸阀,水封闸阀另一端与总进水管路联通,总进水管路穿过实验平台伸到移动水箱量里,总进水管路的底部安装有止回阀。通过切换阀门可实现如下功能:单台离心泵的性能实验和汽蚀性能实验;2 台离心泵的并联性能实验和串联性能实验;泵的振动与噪声测量。

2 参数测量方法

参数测量方法^[6-8]简述如下。

2.1 流量测量

在总出水管路上装有一台精度为 0.5 级的智能涡轮流量计,用于测量单台泵或 2 台泵联合运行的流量,该流量计可就地显示,具有 4~20 mA 输出和 RS232/RS485 串口。

2.2 压力测量

2 台离心泵进、出口液体压力通过压力软管引至稳压罐,在稳压罐上面装有压力表或真空表。精度为 0.4 级压力表用于测量泵出口液体压力,精度为 0.4 级真空表用于测量泵进口液体压力。离心泵 2 出口液体压力同时采用精度为 0.5 级、程量为 0~0.7 MPa

示。机械管路系统主要由 2 台 IS50-32-125 型单级离心泵、智能涡轮流量计、转速转矩传感器、压力计、移动水箱及管路系统组成;操作柜由 2 台电机的启停控制按钮、3 块数显电压表、3 块数显电流表和转速转矩仪组成。

电容式压力传感器测量,电容式压力传感器可就地显示,具有 4~20 mA 输出。

2.3 离心泵输入功率和转速的测量

因离心泵 1 与电机直联,其输入功率即为三相异步电机输出功率。离心泵输入功率为

$$P_1 = \frac{\sqrt{3}\bar{V}\bar{I}\cos\varphi}{1\ 000} \quad (1)$$

式中: P_1 为离心泵 1 的输入功率, kW; \bar{V} 为三相电压的平均值, V; \bar{I} 为三相电流的平均值, A; $\cos\varphi$ 为三相异步电动机的功率因数; η 为三相异步电动机效率; $\bar{V} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$, $\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$, V_1 、 V_2 、 V_3 为 3 块数显电压表的读数值; I_1 、 I_2 、 I_3 为 3 块数显电流表的读数值。

式(1)中的三相异步电动机的功率因数 $\cos\varphi$ 和效率 η 可从电机铭牌获取。三相异步电动机的功率因数和效率随负载而变化情况可按表 1 进行估算。

表 1 三相异步电动机的效率和功率因数与负载率的关系

负载率/%	0(空载)	25	50	75	100
功率因数	0.2	0.5	0.77	0.85	0.89
效率	0	0.78	0.85	0.88	0.875

在离心泵 1 的联轴器外径上沿周向贴黑白相间的反光条,采用反射式光电转速传感器测量离心泵 1 的转速。离心泵 2 与三相异步电动机之间装有输入转速转矩传感器,其输入功率和转速可从安装在操作柜上

的转速转矩仪直接读出。转速转矩仪具有 4~20 mA 输出和 RS232/RS485 串口。

2.4 离心泵振动与噪声测量

备有 CD-2 型磁电式速度传感器和 GZ2 六通道测振仪,测量离心泵振动的位移、速度和加速度;备有 DN2 精密声级计测量的 A 声级和频谱。

3 解决教学问题的方法

(1) 实验台严格按照 GB/T3216—2005《回转动力泵-水力性能验收试验》(2级)设计制造。选用了国内通用、先进、精度高的测量仪表,且在压力计和流量计前设有稳压罐,消除了压力脉动引起的测量误差。该系统稳定性好,测试精度高。先进的测试技术和精确的测试结果,提高了实验教学质量,培养了学生严谨细致的科学作风。

(2) 液体压力测量采用指针式仪表与传感器并存方式。2台离心泵的输入功率测量分别采用扭矩法和电测法测量,以便于比较,开拓了学生视野,让学生体验不同测试方法及技巧的效果。这些内容对激发学生学习兴趣、调动学生实验的积极性和主动性、培养学生的动手能力和实践能力将发挥积极的作用。

(3) 很好地解决了功能集成与小型化的问题。实验台体积为 1 450 mm×550 mm×1 800 mm,移动水箱与实验平台分离,实验台管路系统和水箱为不锈钢材质,外形美观大方,实验台适宜 1~3 人操作。水泵实验属多参数测量的综合性实验,实验台设计仍采用人员操作与记录实验数据,可使每个学生在切实感受每个测试环节的同时,对测试的过程产生系统性认识,培养学生组织常规测试方案的能力。达到“人人动手、配合实验、共享数据、系统认知”的教学目的,有利于培养学生动手能力和实践能力,提高了实验教学效率,提升了实验室的形象。

4 应用效果

(1) 学生受益面大,提高了学生的动手能力。水泵实验室每年承担 600 余名学生的实验教学任务。通过本项目的实施,水泵实验室构建了水泵开式实验台、水泵闭式实验台、6 台套自循环多功能离心泵教学实验台。水泵实验室可容纳 30 余名学生同时做实验,完全能满足本科实验教学,也能兼做研究生教学和科学研究,达到了开放式实验室的基本要求。水泵实验原来 5~6 名学生才能完成的实验,现在 1~3 名就能完成任何一项综合性实验。

(2) 实验教学质量高,教学效果好。我校每学期都要派专家组深入学院开展教学质量督查,对水泵实验学生分组、实验报告质量和实验分析报告进行全面的检查,水泵实验教学质量得到了专家的肯定。水泵实验成绩优良率在 80% 以上。

(3) 锻炼师资队伍,提升了教学水平。教师自主开发研制实验教学使用的仪器设备,是将教师科研成果转化到实验室建设和学生的实验教学中去的成果,提高了教师的系统知识水平。这对于人才培养、更新实验手段、增加实验教学内容、提高实验开出率、节约资金等诸多方面起到了积极的作用,不仅提高了教学水平,也促进了科学研究工作。

5 结论

研发高精度、多功能实验教学设备是提高实验教学质量、满足不同授课对象的重要措施。本文从开拓学生视野、提高学生实验兴趣和实验动手能力等角度出发,在实验台设计中解决了实验台的稳定性与精度、功能集成与小型化、指针式仪表与传感器并存、同一参数用不同测量仪表测量等教学实验中的问题,也为教师将科研成果紧密融入实验教学中,自主研发高精度、多功能实验教学设备提供了可供借鉴的经验。4 年使用效果表明,该教学实验台在提高教学质量、提升实验室形象方面发挥了积极的作用。

参考文献(References)

- [1] 周竟学,杨雨生,倪世琦.实践教学计划是培养创新人才的重要保障[J].实验技术与管理,2000,17(5):102-104.
- [2] 许建辉,潘琦.多功能流体力学性能实验台系统研究[J].实验室研究与探索,2005,24(4):53-54.
- [3] 马菊莲.大型综合性流体机械与设备系统实验装置研制[J].实验技术与管理,2011,28(3):195-197.
- [4] 张辉,张阳,陶冉.探索实验教学的改革与创新:以水泵组合参数测控实验平台研发为例[J].合肥工业大学学报:社会科学版,2012,26(2):119-122.
- [5] 叶钊,邱挺将.科研与专业实验教学嫁接,提高教学质量实验室研究与探索[J].实验技术与管理,2007,24(1):81-83.
- [6] 刘在伦,李琪飞.水力机械测试技术[M].北京:中国水利水电出版社,2009.
- [7] 刘在伦,车琴琴.基于 RS485 总线的离心泵性能测试[J].排灌机械,2007,25(5):47-50.
- [8] 刘在伦,梁森,呼艳芬.水泵自动测试软件设计方法的探讨[J].水泵技术,2007,178(6):15-17.