

新工科背景下流体力学教学方法 研究与实践

于梅春

(湖南科技大学 土木工程学院,湖南 湘潭 411201)

摘要:针对新工科建设背景和需求,分析流体力学在建筑环境与能源应用工程专业中的地位,探索流体力学的教学新模式。在课程设置上进行学科交叉、融合;在理论教学过程中,结合专业综合实验台进行讲述;课程实验打破学科之间的壁垒,锻炼学生的动手能力,拓宽学生的知识领域,增强学生的专业技能。

关键词:新工科;流体力学;微压计;风量测量

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2019)03-0041-05

2017年教育部发起“新工科”发展研究工作,复旦共识、天大行动和北京指南构成了新工科建设的三部曲,奏响了人才培养主旋律。新工科建设提出我国工程教育的研究与实践需要以立德树人为引领,以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,目的在于建立中国模式,制定中国标准,培养创新型工程人才,全面提升工科人才培养质量,适应社会需求和引领经济发展^[1]。

根据新工科建设背景,本文针对流体力学教学内容,在教授课程经典理论知识的基础上,引入喷水室性能测定综合实验台,通过设备测试加深对理论知识的理解和掌握。学院在“双一流”学科建设的大背景下,建立流体力学综合实验室和流体力学虚拟实验室,实验室融合土木工程(包含建筑工程、路桥工程和城市地下工程三个方向)、建筑环境与能源应用工程和给排水工程三个专业的特点,向学生开放具有层次性的实验项目^[2],锻炼了学生的动手能力,达到以课程为纽带,贯通本研培养,将知识工程化、科研化,实现新工科的培养目标。

1 流体力学的教学地位及教学现状

流体力学是研究流体运动规律及其应用的学科,是建筑环境与能源应用工程专业一门必修的专业基础课。流体在供热通风和燃气工程中应用非常广泛,空气的调节、热的供应、冷剂的循环、燃气的输配、降温除尘、排湿排毒等都是以流体作为工作介质,通过流体的各种物理作用对流体的流动加以有效组织和控制来实现。

流体力学涉及领域广,概念多,公式繁,计算量大,其理论体系与高等数学、大学物理、工程力学、理论力学等基础课程关联紧密。并且,按照本专业历年来的培养方案要求,流体力学一般安排在大二学年中开设,而主要专业课程一般安排在大三、大四两个学年中教学。由于学生在学习流体力学之前缺乏对专业知识的全面了解,因此总是感觉流体力学与专业知识的联系不够紧密,从而导致学习兴趣不够浓厚,学习效果不够理想。

根据上述现实情况,笔者在给建筑环境与能源应用工程专业讲授流体力学的过程中,结合本专业的课程体系、知识结构和综合实验台性能情况,将流体力学教材的一些基本概念、基本原理通

收稿日期:20180601

基金项目:2017年湖南科技大学教学改革研究项目(902-G31704)

作者简介:于梅春(1971-),女,湖南祁阳人,硕士,副教授,主要从事空调节能与控制研究。

过实际空调系统性能测试装置反映出来,取得了较好的教学效果。

2 注重绪论的引领作用,激发学生的学习热情

学生的学习热情对于学习效果具有显著的影响^[3]。绪论中结合人类历史有效利用流体资源,变害为利的成功案例^[4],如李冰父子组织修建都江堰,使成都平原成为沃野千里的天府之国;京杭大运河贯通中国南北地区之间的经济、文化发展与交流;南水北调工程对于解决北方缺水问题,增加水资源承载能力,提高水资源的配置效率的巨大作用;西气东输工程对于西部能源基地建设、调整我国能源结构、促进环境状况改善的重大意义。其教学目标是激发学生的学习兴趣,引导学生进入流体力学领域,让学生理解流体力学主要研究任务是流体的运动规律以及流体流动过程中动量、能量和质量的传输。对于建筑环境与能源应用工程专业的学生来说,最重要的是如何将流体力学知识应用到工程实际,如在空调房间的气流分布的计算中需要应用流体力学中的气体射流理论。冷风降温,热风采暖,有效结合温差射流结构和有限空间射流结构理论知识,才能造就空调房间合理的气流组织。通风除尘、水膜除尘等都是利用流体流动的作用和性质来满足气流的除尘效果。

3 结合实际设备讲述教学内容上的重点难点

3.1 流体力学静力学部分

液柱测压计是工程上很实用的内容。因此,学习流体力学必须掌握静止流体压强分布规律及任何一点的压强计算。工程实践中,也需要计算作用在结构物表面上的流体静压力,包括压力大小、方向和作用点。曲面上静水压力采用压力体^[5]进行计算。课堂上必须列出不同类型的压力体实例,分析其底面、顶面和中间面的不同表现形式,结合动画功能将压力体图形直观地展现给学生,帮助学生将压力体概念理解透彻。

液柱测压计部分包括测压管、压差计和微压计。其中,测量较小压强或压强差的仪器叫作微压计,如图1所示倾斜式微压计就是其中一种。

流体力学教学过程中介绍的微压计原理图,如图2所示,微压计是由一根倾角可调的玻璃管(截面积为 A_1)和一个盛液体的小容器(截面积为 A_2)组成,常用于测量气体压强。



图1 倾斜式微压计实物

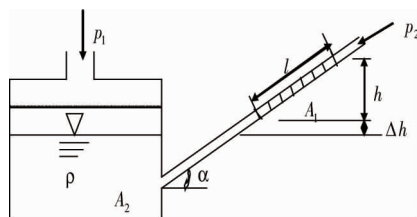


图2 微压计原理

微压计测压原理介绍如下:如图2,如果斜管入口压强 P_2 和容器入口压强 P_1 相等,则容器内液面与斜管中的液面齐平;当 P_2 和 P_1 不相等时,如 $P_1 > P_2$,则斜管中液面将上升,容器内液面下降。

因此,根据静水压强基本方程可得:

由于容器内液面下降的体积与斜管中液面上升的体积相等,即有: $\Delta h = \frac{A_2}{A_1} l$,

而 $h = l \sin \alpha$,

所以有 $p_1 - p_2 = \rho g \left(\sin \alpha + \frac{A_2}{A_1} \right) l \approx \rho g l \sin \alpha$ 。

3.2 流体力学动力学部分

流体动力学部分内容很多,连续性方程和能量方程是重点。能量方程中一个重要应用是毕托管,课堂上将实物和原理图对照讲述。如图3所示毕托管测压原理,管前端开口a正对气流或水流,a端内部有流体与上部a'端相通,管侧有多个开口b,它的内部也有流体通路与上端b'端相通,当测定气流时,a'和b'接液柱差压计,以测定a和b两处的气流压差。图4是毕托管实物图。

毕托管测定气体流速原理分析。由于气体密

度小,气柱大,通常无法直接采用毕托管测量出气柱差来,必须把两根管子连接到一个U形差压计上,从差压计上的液面差求得流速。

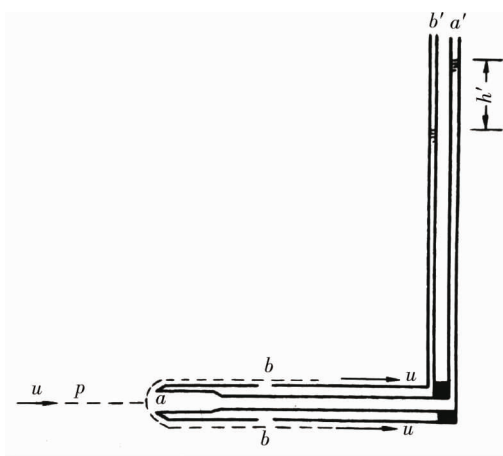


图3 毕托管原理



图4 毕托管实物

沿 ab 气流流线写元流能量方程:

$$z + \frac{p_b}{\rho_{\text{气}} g} + \frac{u^2}{2g} = z + \frac{p_a}{\rho_{\text{气}} g} + 0, \text{ 得到 } \frac{p_a}{\rho_{\text{气}} g} -$$

$$\frac{p_b}{\rho_{\text{气}} g} = \frac{u^2}{2g}。$$

差压计读数: $p_a - p_b = h_{\text{液}} g (\rho_{\text{液}} - \rho_{\text{汽}})$

得到:

$$u = \sqrt{2g \frac{\rho_{\text{液}} - \rho_{\text{气}}}{\rho_{\text{气}}} h_{\text{液}}} = \sqrt{2gh_{\text{液}} \left(\frac{\rho_{\text{液}}}{\rho_{\text{气}}} - 1 \right)} \approx$$

$$\sqrt{2gh_{\text{液}} \frac{\rho_{\text{液}}}{\rho_{\text{气}}}} = \sqrt{2 \frac{P_{\text{动压}}}{\rho_{\text{气}}}}。$$

3.3 毕托管和微压计用于喷水室热工性能测定综合实验台

喷水室热工性能测定实验室的实验装置和测点布置如图5所示。

喷水室的热工性能是用热交换效率系数和接触系数来评价的。对于某一个既定的空气处理过程,在喷水室实验台上测出的空气初态和终态的干、湿球温度,水的初温、终温,就可以按经验公式求出实验中喷水室的两个热交换效率。影响喷水室的两个热交换效率的因素很多^[6],但对一定的空气处理过程而言对它们起主要影响的是:

- 1) 空气质量流速 $v\rho$ ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$);
- 2) 喷水系数 $\mu = W/G$ (W —水量, kg/h ; G —空气量, kg/h);
- 3) 喷水室的结构特性。

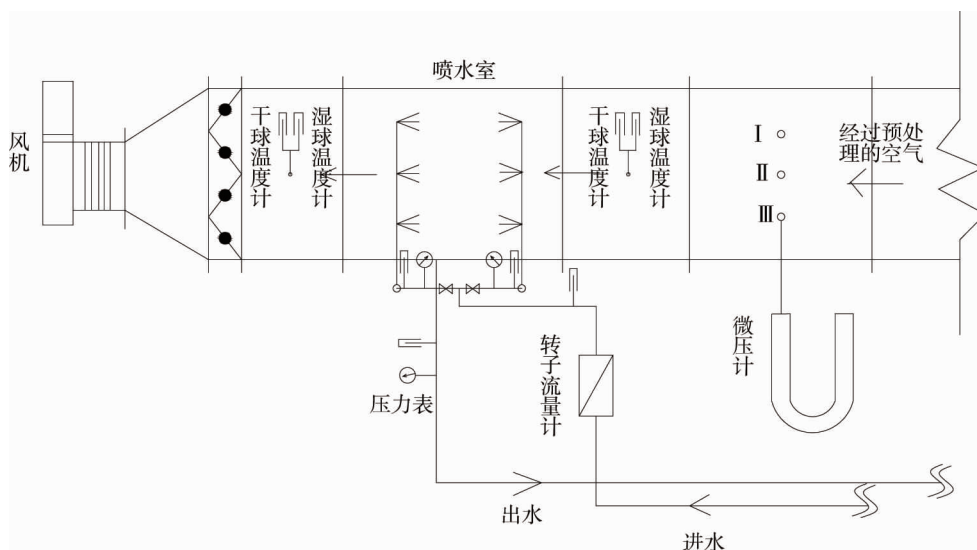


图5 喷水室热工性能测定实验装置和测点布置

实验中风速的测定就是通过毕托管和倾斜式微压计共同完成。毕托管和微压计安排在喷水室后面的方形风管处,以测定该处断面上的平均风速。微压计如图6,校零和测压通过顶部的旋钮切换实现。然后,教导学生用橡皮管将毕托管与微压计相连,用吹气的方法检查毕托管是否堵塞,检查橡皮管是否漏气,检查连接是否正确。与此同时,按照风管断面尺寸布置测点,在毕托管上作有测点位置标记。置旋钮“测压”位置时进行测压,如图7所示,喷水室风量G测定如下。

$$\text{动压: } P_d = L \cdot K \cdot g \text{ (Pa);}$$

$$P_{dp} = \sum_{i=1}^9 P_{di}/9;$$

$$\text{各测点平均动压: } P_{dp} = \sum_{i=1}^9 P_{di}/9 \text{ (Pa);}$$

$$\text{测速风管断面平均流速: } u_p = \sqrt{2P_{dp}/\rho} \text{ (m/s);}$$

$$G = 3\,600 \times F_{\text{风管面积}} \times u_p,$$

$$\text{测速风管断面风量: } G = 3\,600 \times F_{\text{风管面积}} \times u_p \text{ (m}^3/\text{h)}.$$



图6 倾斜式微压计校零和测压切换



图7 喷水室风管测速装置

以上是流体力学教学过程的部分举例。将设备实物、学生操作与多媒体理论教学相结合^[7-8],要求学生分析实验误差产生的原因。实验部分的教学研究既锻炼了学生的动手能力,又能将理论知识形象化,学生的思路容易打开,学习热情因此大涨,也为其进入研究生阶段的科学研究起到了很好的引领作用。

4 推行培养创新能力的实验教学方法

学院在“双一流”学科建设和新工科建设的大背景下,建立流体力学综合实验室和流体力学虚拟实验室,实验室融合土木工程、建筑环境与能源应用工程和给排水工程三个专业的教学需求,设置了相应的实验项目,实验内容由浅入深、由易到难、由专业到学科融合,让学生最终达到应用能力与创新能力递进式提升。

4.1 改革传统,全面开放

传统的实践教学要求以教师为主导,学生统一要求的情况下进行试验,这种情况严重限制了学生自主选择和创新意识。在新的教学模式下,流体力学实验室根据实验内容的难易,实行分层次教学和自主选择的多种教学方案。实验室的开放不只是时间的开放,还包括空间的开放和对象的开放,鼓励各专业学生不局限于本专业的实验项目,而要积极参与其他专业实验项目的学习和操作。

4.2 整合教学资源,实现平台共享

流体力学不仅是建筑环境与能源应用工程专业的一门专业基础课,在土木工程(包含建筑工程、路桥工程和城市地下工程三个方向)和给排水工程专业中也是很重要的基础课程,但在不同的专业中又有不同的教学范围和教学侧重点。在围绕创新人才培养模式的基础上,各专业根据自身的发展需要,委派专业教师,协同实验教师,建立流体力学课程组,立足现有的理论教学与实践教学平台,全方位整合教学资源^[9],分析创新能力培养需求,形成既能满足自身教学目标,又能实现平台共享的实验环境。

4.3 培养实践能力,培育竞赛项目

学生可以根据自身的兴趣提出某个课题,自行进行实验参数、实验过程的设计,通过对实验数据的观察、分析,形成课题的可行性报告,然后进行合理评估。实验室鼓励学生申报大学生创新实

验项目和其他各类创新项目和竞赛,比如挑战杯、大学生创新训练计划项目、开放性实验等。学生通过组织和参与土木方向的各类学科竞赛、力学大赛等,培养自身的创新能力、合作能力、科研能力和工程意识。

5 结语

针对新工科背景下的人才培养目标,本文以流体力学部分章节的教学为载体,在讲授经典知识的基础上,采用引入实际设备和装置的教学手段,融合土木相关专业的教学资源 and 教学经验,提高了学生的学习能力。当然,流体力学教学内容丰富,各种思考题和习题繁多,学生实验项目多,课程教学方法改革和实践要想取得全面的进展,还需要不懈的努力。今后我们将进一步优化流体力学的教学模式,将知识综合化、工程化和科研化,倡导贯通本研培养,提高学生分析问题、解决问题的能力。

参考文献:

[1] 纪佳馨,吴宝贵,祁斌飞,等.面向新工科的滚动轴承

章节实验分析教学案例[J].实验技术与管理,2018(6):193-197.

[2] 代树红,宋维源.新工科建设中力学实验教学内容体系的优化设计[J].教育教学论坛,2018(22):276-278.

[3] 常金秋.工程热力学课程教学探讨[J].高等建筑教育,2018(2):61-63.

[4] 王玉敏,余冉.对土木专业《流体力学》教学的几点体会[J].高教学刊,2016(5):69-70.

[5] 蔡增基,龙天渝.流体力学泵与风机(第五版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.

[6] 赵荣义,范存养,薛殿华,等.空气调节(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.

[7] 万蕾.应用型本科院校环境工程专业流体力学教学的几点思考[J].大学教育,2017(1):38-39.

[8] 祝会兵,戴文琰,李建.工程流体力学实验教学的改革与创新[J].宁波大学学报(教育科学版),2008(2):107-109.

[9] 夏春琴,刘莞健.新工科背景下创新人才培养模式的探索与研究[EB/OL].[2018-06-06](2018-11-10).实验科学与技术, <http://www.doc88.com/p-4601791360654.html>.

Research and Practice on Fluid Mechanics Teaching Method under New Engineering Background

YU Meichun

(School of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: According to the construction background and demand of the new engineering, this paper analyzes the status of Fluid Mechanics in architectural environment and energy application engineering, explores a new teaching model of Fluid Mechanics. The cross-disciplinary integration of multidisciplinary is used in curriculum setup, and the emphasis contents are narrated with professional comprehensive laboratory platform. The curriculum experiments break down barriers between disciplines, train students' practical ability, broaden students' knowledge and enhance students' professional skills.

Key words: emerging engineering; Fluid Mechanics; differential micro-manometer; air volume

(责任校对 刘兰霞)