

文章编号: 1671-6612 (2023) 04-608-05

“新工科”视域下科研成果转化为优质教学资源的探索——以管式间接蒸发空气冷却器研究为例

王 芳 崔飞飞

(陕西国防工业职业技术学院 西安 710300)

【摘 要】 “新工科”建设是一场人才培养模式的重大变革,是对专业发展提出的新要求。将“管式间接蒸发空气冷却器”科研成果转化为优质教学资源,应用到课堂教学、课程设计、毕业设计、课程实训、技能大赛,提高了学生自主学习、工程创新的兴趣和能力,也是对教师在教学改革中提出的新要求。

【关键词】 新工科;管式间接蒸发空气冷却器;科研成果;教学资源
中图分类号 TU83 文献标识码 A

Exploration on the Transformation of Scientific Research Achievements into High Quality Teaching Resources from the Perspective of "New Engineering"—Take the Tubular Indirect Evaporating Air Cooler as an Example

Wang Fang Cui Feifei

(Shanxi Institute of Technology, Xi'an, 710300)

【Abstract】 The construction of "new engineering" is a major reform of talent training mode and a new requirement for professional development. In this paper, the scientific research achievements of "tubular indirect evaporative air cooler" are transformed into high-quality teaching resources and applied to classroom teaching, curriculum design, graduation design, curriculum training, skill competition, which improves students' interest and ability of independent learning and engineering innovation, and also puts forward new requirements for teachers in teaching reform.

【Keywords】 new engineering; the tubular indirect evaporating air cooler; scientific research achievement; teaching resources

0 引言

2017 年,教育部发布的《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》,提出工程教育需要新理念、新结构、新模式、新质量、新体系,以适应新经济的蓬勃发展。

随着新技术、新材料、新设备的不断涌现,教育改革的不断深入,课堂教学模式出现了诸多新的模式,教材形式也是不断革新,但是教材内容基本

上没有变化,引入的新规范、新技术并不多。《制冷技术》作为供热通风与空调工程技术专业的专业核心课,普遍主要以机械制冷、吸收式制冷作为讲述重点,对于蒸发冷却技术基本上没有涉及。以培养高素质、实践性强、技能型人才为目标的高职院校,学生掌握传统知识的同时,也需要对新型的知识有所了解,这样既能培养学生创新能力,又能引导学生对新技术的探索。

基金项目:陕西省教育科学“十三五”规划 2020 年度立项课题:“职业院校科研成果有效转化为教学资源的探索与实践”(课题批准号:SGH20Y1578)

作者(通讯作者)简介:王 芳(1981-),女,硕士,讲师,E-mail: wangfang9902@163.com

收稿日期:2023-01-14

1 科研成果简述

1.1 项目简介

蒸发冷却空调技术是利用空气的干球温度与露点温度差,空气和水的直接或者间接接触,通过水和空气的热质交换来冷却空气的一种高效环保的冷却方式。蒸发冷却技术不需要传统的制冷剂,能够减少温室气体和CFC的排放,且其制冷过程中只有水泵和风机的能耗,被称为“零费用制冷技术”、“绿色空调”和“仿生空调”^[1,2]。其中“间接蒸发冷却的关键技术研究”就被列为“十一五”国家科技支撑计划重大项目—“建筑节能关键技术与示范”课题研究内容。

蒸发冷却技术根据其工作原理可以分为直接蒸发冷却器,间接蒸发冷却器,复合式蒸发冷却器三种。循环水直接和空气接触进行热湿交换的过程称为直接蒸发冷却,空气与水直接接触,空气与水表面的饱和空气层之间存在温差及水蒸气分压力差,在温差和水蒸气分压力差的推动下,水蒸发进入空气进行热质交换,空气的温度下降,含湿量增加,水的温度升高,经过一段时间后,水温会达到空气的湿球温度而动态稳定下来,此过程近似为是等焓冷却加湿过程^[3]。

间接蒸发冷却器中,空气与水并不直接接触,空气通过换热器的一侧,水通过换热器的另外一侧。被冷却的干侧空气称为一次空气,蒸发冷却发生的湿侧空气称为二次空气,循环水和二次空气进行热湿交换的过程中,二次空气蒸发吸热,使得一次空气侧的温度下降^[1]。常称被冷却的干侧空气为一次空气,而蒸发冷却发生的湿侧空气称为二次空气。目前,间接蒸发冷却器主要有板翅式、管式和热管式三种。

直接蒸发冷却器,空气达到的极限温度为空气的湿球温度。间接蒸发冷却器,空气达到的极限温度为二次空气的湿球温度,由于单独使用接蒸发冷却器或间接蒸发冷却器达到的温度有限,因此需要将直接蒸发冷却器和间接蒸发冷却器结合,构成复合式蒸发冷却器。复合式蒸发冷却器常见的复合形式有以下三种:间接蒸发冷却器+直接蒸发冷却器;冷却塔供冷型间接蒸发冷却器+其他形式间接蒸发冷却器+直接蒸发冷却器;间接蒸发冷却器+机械制冷空气冷却器+直接蒸发冷却器^[1]。

《公共建筑节能设计标准》(GB 50189-2015)

4.2.1.7条规定:夏季室外空气设计露点温度较低的地区,宜采用间接蒸发冷却冷水机组作为空调系统的冷源^[4]。《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB 50736-2012) 7.3.17条规定:夏季空调室外设计露点温度较低的地区,经技术经济比较合理时,宜采用蒸发冷却空调系统。《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》7.3.15条文说明中规定:当室外新风湿球温度对应的绝对含湿量低于要求的新风送风含湿量时,宜采用直接蒸发冷却方式处理新风;宜采用间接蒸发冷却方式处理新风;当室外新风露点温度高于要求的新风送风露点温度时,宜采用冷凝除湿、转轮除湿或溶液除湿等^[5]。

文献[6]在分析管式间接蒸发空气冷却器传热、传质过程各环节及其影响因素的基础上,建立了针对管式间接蒸发空气冷却器的整体热工性能模拟的数学模型。基于模型中管外二次空气侧空气与水膜之间的传热、传质系数是影响模型精度的重要因素,所以对管外二次空气侧空气与水膜之间的传热、传质系数进行了广泛的分析,将修正后的公式用于水平单管外蒸发传热、传质系数的计算,文献[7]将计算结果与文献[8]中的实验数据进行了对比,证明了所选模型的正确性。对所建立的热工模型采用下山单纯形法来求解。根据下山单纯形法求多元函数最小值的思想,使用Fortran语言自编了的计算程序。文献[9,10]用所编程序计算了一、二次空气流量、入口温、湿度以及换热器几何参数对管式间接蒸发空气冷却器冷却效率的影响,对管式间接蒸发空气冷却器工作参数和几何参数进行了性能优化。本文通过以上计算程序,将干燥地区的最佳空气质量流量比、最佳换热管间距、最佳管径进行优化确定。文献[11]对干燥地区管式间接蒸发空气冷却器进行了数值模拟,计算得出其最佳一、二次空气质量流量比,换热管间距和管径。计算结果表明,包头、赤峰、榆林、宝鸡、酒泉、乌鲁木齐、吐鲁番、克拉玛依地区最佳空气质量流量比为:0.38、0.54、0.4、0.3、0.58、0.5;最佳纵向管间距为:吐鲁番地区0.03m,其余地区0.035m;最佳横向管间距均为0.030m;最佳换热管管径均为0.02m。

1.2 该科研项目研究内容

(1)对管式间接蒸发冷却器水平单管外传热、传质过程建立理论模型;

(2)并利用建立的模型对管式间接蒸发冷却

器在与实验条件对应的边界条件下进行数值模拟,将数值模拟结果与实验结果进行对比,验证模型,修正模型;

(3) 利用验证后的模型对各种几何参数和工作参数的匹配关系进行数值模拟,找出规律,优化管式间接蒸发冷却器的结构参数和一、二次空气的工作参数。

(4) 最后提出强化管式间接蒸发冷却器传热、传质过程的手段和方法。

1.3 该科研项目的系统结构

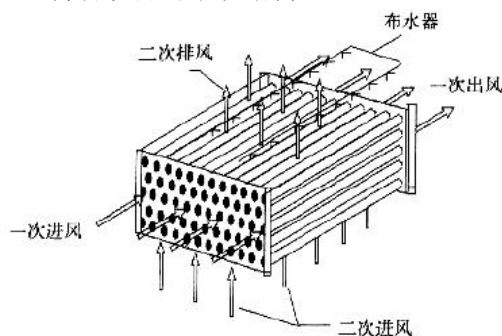


图1 管式间接蒸发冷却器的结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of tubular indirect evaporative cooler

1.4 该科研项目研究意义

(1) 从数值模拟结果获得的管式间接蒸发冷却器的冷却效率、一次空气出口参数与各种几何参数、工作参数之间的关系对管式间接蒸发冷却器的设计、运行管理、性能优化提供指导;

(2) 通过对模拟结果的分析,可以提出强化管式间接蒸发冷却器传热、传质工程的关键及手段、方法等。

2 本科研成果在教学资源中的应用实施

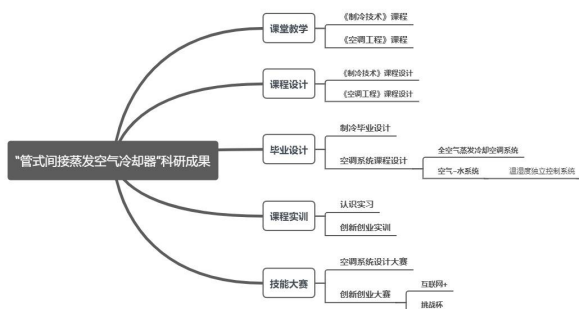


图2 “管式间接蒸发冷却器”科研成果转化为教学资源图示

Fig.2 "Pipe Indirect evaporative cooler" research

achievements into teaching resources graphic

该科研项目虽然属于数值模拟,但其管式间接蒸发冷却器的结构、原理、适用地区、条件等科研成果应用于教学资源,对高职院校学生的学习仍然有很大的促进作用。具体应用形式如图2所示。

2.1 该科研成果应用于课堂教学

“管式间接蒸发冷却器”在规范、论文中多有描述,但是并未编入高职院校的教材。作为一种新型、环保、节能的冷却方式,该科研成果可以应用到课程《制冷技术》和《空调工程》教学中。该科研成果可以先让学生查阅相关文献、规范学习、理解,加以课堂讨论,课后作业等形式让学生自主学习,而后教师作为冷源单独讲解,或者和空调系统设计结合起来讲解,和学生的理解进行对比。“新工科”背景下,该科研成果应用于课堂教学,即带动了学生主动学习的积极性,又培养了学生对新知识学习的方法。

2.2 该科研成果应用于课程设计

课程设计作为一门课程的总结、应用的环节,既要结合课本所学知识,又要灵活应用,加以自己的理解、思路,学以致用。课程设计应在班级进行分组进行,这样可以避免抄袭,也可以对学生课程设计结果进行比较。该科研成果应用于课程设计,带动小组学生共同查阅文献、规范,设计新型、环保、节能的制冷设备或者空调系统设计,“新工科”背景下,促进学生工程创新的能力。

2.3 该科研成果应用于毕业设计

毕业设计是高职学生毕业前,综合应用理论知识进行设计、实践的过程。整个周期比较长,学生独立思考,独立完成,是对以前知识的系统总结、应用和回顾。毕业设计是学生走向工作岗位的前奏,该科研成果应用到毕业设计,让学生理解知识更新的日新月异,制冷空调系统发展的趋势,新型制冷空调系统的应用方式,引导学生主动、积极学习新知识、新设备、新系统,也是对学生就业方向有一定的导向作用。

2.4 该科研成果应用于课程实训

《认识实习》是新生入学的第一次实训,认识实习一般都是以讲解、参观为主,使学生对专业、课程、就业方向等有个初步认识,让学生对大学学习有个系统了解和规划。《创新创业实训》,一般和互联网+大赛相结合,带动学生积极创新,提升学

生创新创业的素质。该科研成果应用到《认识实习》和《创新创业实训》中,让学生了解到前沿的科研成果以及科研成果获得的日积月累,让学生既要积极创新又要脚踏实地。

2.5 该科研成果应用于技能大赛

蒸发冷却空调系统可分为全空气式和空气-水式蒸发冷却空调系统两种形式。全空气式蒸发冷却空调系统可以采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却和组合式蒸发冷却系统。室外设计湿球温度低于 16°C 的地区,可采用直接蒸发冷却方式;夏季室外计算湿球温度较高的地区,可采用组合式蒸发冷却方式;当室外空气设计露点温度较低时,可采用间接蒸发冷却冷水机组制取高温冷水,温度控制末端设备可以采用地面冷辐射或者干式风机盘管。此设计

理念可以应用到空调设计大赛,或者管式间接蒸发冷却器加以改造、改进应用到创新创业大赛中,可以培养学生独立思考,自主创新的能力。

2.6 该科研成果转化为教学资源的效果分析

通过对人才培养方案的调整和修订,将该科研成果融入到2019、2020、2021级学生的课堂教学、课程设计、毕业设计、课程实训、技能大赛中,受到了学生的一致好评。将优质科研成果应用于教学、大赛中,连续三届学生教学改革的实践探索,成绩显著。学生课程设计、毕业设计内容更加丰富、创新,学习主动性提高,如图3、图4、图5所示,通过多元化课程评价,学生课程成绩显著提高,比赛成绩更加优异。

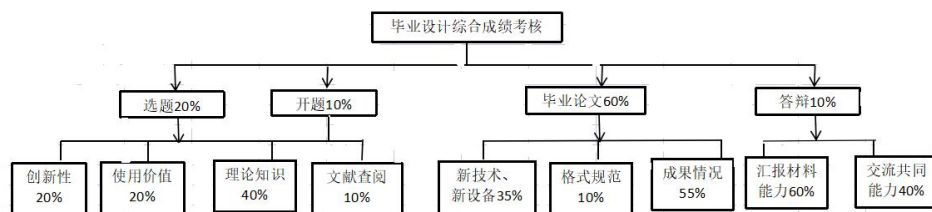


图3 毕业设计综合成绩考核标准

Fig.3 Comprehensive achievement assessment standard of graduation project

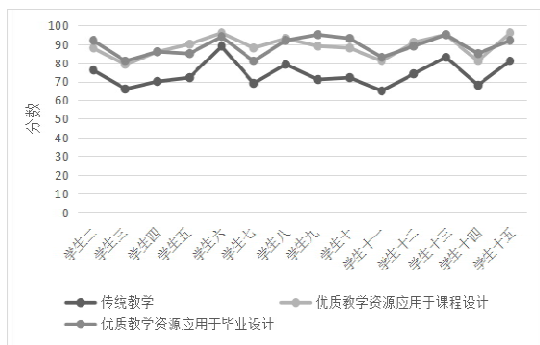


图4 相同学生课程设计、毕业设计成绩对比

Fig.4 Comparison of course design and graduation design scores of the same students

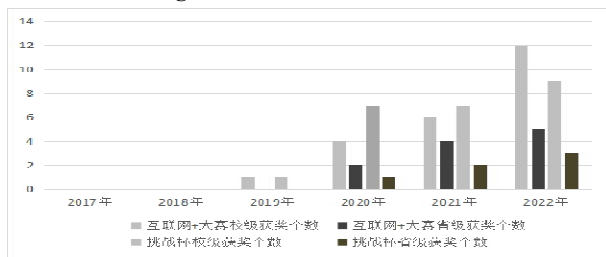


图5 创新创业大赛成绩对比

Fig.5 Comparison of results of innovation and

entrepreneurship competition

3 结论

“新工科”建设是一场人才培养模式的重大变革,是学科融合现代科技与生产实践紧密结合,对专业发展提出的新要求。科研成果转化为优质教学资源,教师带动学生探索新知识,新设备,培养了学生自主学习、工程创新的兴趣和能力,也是对教师在教学改革中提出的新要求。

参考文献:

- [1] 黄翔.空调工程[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [2] 黄翔.国内外蒸发冷却空调技术研究进展(1)[J].暖通空调,2007,37(2):24-30.
- [3] 宣永梅,黄翔,武俊梅.两种直接蒸发冷却空调机的性能研究[J].冷藏技术,2001,(1):12-13.
- [4] GB 50189-2015,公共建筑节能设计标准[M].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [5] GB 50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.

- [6] 王芳,武俊梅,黄翔,等.管式间接蒸发空气冷却器传热传质模型的建立及验证[J].制冷与空调,2010,10(1):45-50.
- [7] 王芳,武俊梅,黄翔.管式间接蒸发空气冷却器热工模型的求解方法[J].制冷与空调,2013,27(3):272-274.
- [8] 鱼剑琳.管式间接蒸发冷却器水平单管外对流传质的实验研究[J].西安交通大学学报,1999,33(3):69-70.
- [9] 王芳,武俊梅,黄翔.管式间接蒸发冷却器热工性能模拟结果[J].制冷与空调,2013,27(2):208-212.
- [10] 王芳,武俊梅,黄翔.典型地区管式间接蒸发空气冷却器的性能优化[J].制冷与空调,2018,32(3):242-246.
- [11] 王芳,武俊梅,黄翔.干燥地区管式间接蒸发空气冷却器的数值模拟[J].制冷与空调,2021,35(5):670-673.
- [12] 曹振华.科研成果转化为教学资源的探索——以地源热泵空调控制系统的设计与研究为例[J].制冷与空调,2020,34(1):104-107.

（上接第567页）

（5）对一、二次侧循环水泵、板式换热器进行设备选型。

（6）查当地典型气象年逐时参数^[2]，统计冷却塔供冷的时间，进行经济性分析。在第（4）步和本步仍可调整部分参数，以延长冷却塔供冷时间。

（7）提出系统运行控制策略。

冷却塔供冷技术已经在暖通设计中广泛应用，但在实际工程设计中还缺乏统一的，便于设计理解的设计方法。本文结合实际工程探讨了一种冷却塔供冷系统的设计方法，希望能有利于冷却塔供冷系统的合理设计和运用。

参考文献：

- [1] 北京市建筑设计研究院.北京地区冷却塔供冷系统设计指南[M].北京:中国计划出版社,2011.
- [2] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系.中国建筑热环境分析专用气象数据集[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [3] 叶大法,杨国荣.变风量空调系统设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2007:23.
- [4] 王翔.冷却塔供冷系统设计方法[J].暖通空调,2009,39(7):99-104.
- [5] 苗培,张杰,石鹤.冷却塔供冷系统设计方法总结与探讨[J].暖通空调,2008,38(5):74-78.
- [6] 孙敏生,诸群飞,万水娥,等.冷却塔供冷关键技术问题分析[C].全国暖通空调制冷 2008 年学术文集,2008:89-94.
- [7] 姜红.烟台某办公楼冷却塔供冷系统设计与分析[J].暖通空调,2021,51(5):91-97.
- [8] 冯源.冷却塔免费供冷在成都地区大型商业内区的适用性分析[J].制冷与空调,2016,30(1):42-46.