

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2018.06.009

欢迎按以下格式引用:鲁正,夏子祺.中外土木工程防灾专业工程结构抗火课程比较研究[J].高等建筑教育,2018,27(6):52-57.

# 中外土木工程防灾专业 工程结构抗火课程比较研究

鲁正<sup>1</sup>,夏子祺<sup>2</sup>

(同济大学 土木工程学院 结构防灾减灾工程系,上海 200092)

**摘要:**灾害防治是土木工程专业必须考虑的重要课题,对保护人身、财产安全起关键作用。火灾是发生频率最高、造成损失最严重的灾害之一,因此工程结构抗火不可忽视。文章主要分析了工程结构抗火课程的发展情况,以同济大学、重庆大学、武汉大学、东南大学、香港理工大学、伊利诺伊大学香槟分校等高校为例,在课程设置、课程要求和课程内容等方面对其进行讨论和研究,发现高校对教学重视程度的不同极大影响课程教学内容的选择和最终的教学效果。根据比较研究的结果,提出适合中国国情的教学改革方案。

**关键词:**工程结构抗火;课程设置;教学改革;高等教育;高等工程教育

**中图分类号:**G642.3;TU352.5

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2018)06-0052-06

土木工程防灾是一门旨在提高工程结构抗灾能力,隶属土木工程学科的二级学科。在结构面临的灾害中,火灾是发生频率最高、造成损失最严重的灾害之一<sup>[1]</sup>。钢筋混凝土结构是中国主要建筑结构形式,在火灾的高温作用下,材料性能将严重劣化,危及结构的安全。随着中国城市社会经济的发展,火灾发生频率和损失也在迅速增加,因此工程结构抗火日益受到重视。

目前,国内对此做过研究的高校主要有清华大学、同济大学、浙江大学、重庆大学、武汉大学、西南交通大学、哈尔滨建筑大学、东南大学和中南大学等。国外的高校,如东京大学,专门开设了一个系所从事结构抗火的研究。文章主要以同济大学、清华大学、重庆大学、武汉大学、东南大学、香港理工大学、伊利诺伊大学香槟分校、爱丁堡大学为例进行对比分析,提出相应的教学改革建议。

## 一、课程概况

工程结构抗火主要研究结构物的抗火性能,包括结构承载力的变化、耐火稳定性、耐火完整性和耐火隔热性,以及研究结构受火后性能,包括力学性能和残余承载力的鉴定和评估方法<sup>[2]</sup>。

修回日期:2017-11-13

基金项目:同济大学教学改革研究与建设项目资助(11080)

作者简介:鲁正(1982—),男,同济大学土木工程学院教授,博士,主要从事课程体系对比研究,(E-mail) luzheng111@tongji.edu.cn。

同济大学土木工程学院在防灾减灾工程及防护工程方向开设了工程结构抗火课程。课程主要采用课堂教学、小组讨论、课后作业以及期末开卷考试的方法,使学生掌握基本的抗火计算和设计原理。

清华大学在防灾减灾工程及防护工程方向开设了建筑工程抗火性能及其计算课程,为土木系研究生的专业必修课。此外,还开设有混凝土结构的抗火性能及其计算,为跨二级学科专业选修课程。

重庆大学在建筑学专业设置建筑减灾防灾课程,旨在培养学生熟练掌握防火规范,并能结合建筑设计进行综合应用,解决工程设计中的减灾及防灾问题。

武汉大学在土木建筑工程学院开设建筑性能防火设计理论、建筑消防理论及应用、灾害学课程,其中建筑消防理论及应用为硕士生课程,建筑性能防火设计理论和灾害学为博士生课程。灾害学课程为通识教育,主要介绍多类灾种(含火灾),其他两门课程的内容均针对结构抗火展开。

东南大学在土木工程专业开设工程结构抗震与防灾课程,作为五选二之中的一门课。以课堂教学与实践教学相结合的方式,将工程结构与防灾减灾相结合,其中教材第七章对建筑结构的抗火设计进行了详细讲解。但此门课程的重点在于抗震设计,对抗风和抗火内容涉及的相对较少。

香港理工大学无防灾专业,但其结构工程专业设置的课程与同济大学防灾核心课较为类似,包括高等钢筋混凝土、楼宇抗震设计、风工程等。其中,在高等钢筋混凝土课程中涉及了结构抗火等内容,共计3学分。

伊利诺伊大学香槟分校无防灾学科设置,但在结构工程及力学分析中开设的相关课程与防灾关系较为密切。其中开设的结构材料退化课程中包含对结构抗火的研究,为4学分。

爱丁堡大学开设结构和消防安全硕士学位,课程涵盖火灾动态和防火工程设计课程、隧道火灾课程等,支持结构和防火工程学位课程及一些短期课程。相比其他高校将抗火作为结构工程学习的一部分,爱丁堡大学与东京大学类似,将抗火研究提升为一个系所的研究大类,可见这两所高校对结构抗火的重视程度。

从上述几所高校的课程设置中不难发现,同济大学、清华大学在防灾方向专门开设结构防火相关课程;重庆大学、武汉大学主要为建筑防火,从宏观上进行控制;东南大学的课程则涉及多个灾种,而抗火并非其重点。这主要与不同高校的研究重点和培养计划有关。爱丁堡大学、东京大学均将抗火作为一个系所的研究大类,对比香港理工大学和伊利诺伊大学香槟分校仅在部分结构课程中涉及抗火内容的课程设置而言,其对抗火的重视可见一斑。这可能与不同学校、不同国家面临的主要灾害和不同灾害带来的损失情况有关。

## 二、课程要求

以同济大学、清华大学、重庆大学、东南大学、香港理工大学和伊利诺伊大学香槟分校为例,其课程要求对比见表1。

从课程要求上来看,清华大学和重庆大学将抗火相关内容设置为必修课程,清华大学还开设另一门选修课程用于加深学习。而其他高校则均将其设置为选修课程,其中,与将其设置为选修课程的香港理工大学和伊利诺伊大学香槟分校相比,同济大学的学分明显偏少,东南大学的学分虽多,但其教学重点主要在于抗震,对抗火的内容涉及较少。

表1 代表性高校的抗火课程概览

学校名称	课程名称	课程性质	学分
同济大学	工程结构抗火(Fire Resistance of Engineering Structures)	选修	1
	建筑工程防火理论与发展(Theory and Development of Fire Resistance)	必修	2
清华大学	混凝土结构的抗火性能及其计算(Fire Resistance and Calculation of Concrete Structure)	选修	2
重庆大学	建筑减灾防灾(Architectural Disaster Reduction and Prevention)	必修	1.5
东南大学	工程结构抗震与防灾(Engineering structure earthquake and disaster prevention)	选修	2.5
香港理工大学	高等钢筋混凝土(Advanced Reinforced Concrete)	选修	3
伊利诺伊香槟分校	结构材料退化(Construction Materials Deterioration)	选修	4

由此可见,清华大学和重庆大学对抗火课程给予了足够的重视,要求研究生必须对其进行学习,香港理工大学、伊利诺伊大学香槟分校虽然将此课程设置为选修,但对该门选修课程的讲解比较精细深入,有助于研究生的细化发展。同济大学和东南大学对抗火工程的重视稍有欠缺,在学时或在教学内容方面都无法为学生提供深入学习此门课程的机会。

### 三、课程内容对比

以同济大学、重庆大学、武汉大学、东南大学、香港理工大学、伊利诺伊香槟分校为例,其课程内容对比见表2。

以课程设置而言,重庆大学、武汉大学以及东南大学均开设多灾种的防灾大类课程,在其中涉及一定抗火知识。其中,东南大学在抗震为主的基础上,对抗火进行一定的介绍,相应的抗火内容较少,重庆大学和武汉大学均重点介绍了结构抗火的相关内容,且武汉大学在灾害学这门课程外,还为抗火单独开设建筑性能防火设计理论和建筑消防理论及应用课程,对抗火进行了深入讲解。

重庆大学设置的建筑减灾防灾课程,虽然为多门灾种介绍,但是一方面此门课程为专业必修课,另一方面其将结构抗火设计作为教学核心部分,因此其对于抗火是足够重视的。重庆大学的教学内容强调系统性、综合性和互补性,旨在培养全面发展、重视安全的研究型人才。其教学方式也十分多样,包括课前预习防火规范、课上多媒体教学与小组讨论、课后完成调研报告等,有助于学生切实掌握设计方法。

武汉大学累计开设3门抗火相关课程,且均为2学分。但仅有灾害学要求预修混凝土结构、钢结构和组合结构,将课程的教学重点放在材料及结构在火灾下的退化情况,而建筑消防理论及应用、建筑性能防火设计理论则均建立在建筑物整体消防的教学重点上,包括火灾时烟气的流动、人员的疏散等,侧重于对建筑体系抗火的教学,学生可根据兴趣选修不同的课程。

同济大学虽单独设置工程结构抗火课程,但在这几所高校中,其学时和学分最少,且为专业选修课,其讲解的也多为概念性知识,对具体的结构设计计算涉及较少,钢结构和混凝土抗火设计的教学也仅限于课堂讲授和小组讨论,无法进行深入的案例研究。同济大学近年进行教学改革,将工程结构抗火、抗风及抗震内容由原本的一门工程灾害学,拆分到三门课程分别开设,体现了对各个灾种防灾的重视。

表2 各大学工程结构抗火课程内容对比

学校名称	开课院系	课程名称	课程内容
同济大学	防灾减灾工程及防护工程	工程结构抗火 (Fire Resistance of Engineering Structures)	主要研究工程结构抗火设计基本原理、结构抗火试验相关内容、结构在火灾下的性能表现、钢结构抗火计算与设计以及混凝土结构的抗火设计等。包括热传导的相关知识、截面温度场的计算以及火灾下结构升温计算
重庆大学	建筑学	建筑减灾防灾 (Architectural Disaster Reduction and Prevention)	将建筑防火设计作为重点,次要介绍防震、防涝、防风、防雷以及防灾规划相关知识。从规划和设计角度探讨构建课程体系,进而从建筑设计角度来诠释建筑防火设计,按建筑设计程序逐步深入。先从建筑定性、分类出发,再逐一阐述总体布局、防火分区、安全疏散、耐火构造,以及设备的防排烟设计、报警设备及灭火系统等防火设计问题
武汉大学	环境工程 市政工程 防灾减灾	建筑性能化防火设计理论 (The Theory of Performance-based Fire Engineering)	在介绍建筑火灾的发展与蔓延规律的基础上,主要研究性能化防火评估方法基本原理、基本步骤和设计常用定量分析方法。对大型现代建筑性能化火灾评估应用进行介绍
	市政工程	建筑消防理论及应用 (The Principle and Application of Fire Protection Engineering)	介绍火灾基本常识、建筑防火区划、建筑材料防火方法。涉及消防给水系统基本理论及设计方法、建筑防排烟基本原理、人员安全疏散基本规律。对大型土木工程的消防设计进行案例分析
	建筑工程	灾害学 (Catastrophism)	介绍建筑结构灾害材料学、城市灾害源和城市灾害学原理。针对混凝土、钢结构及组合结构,讲述相关的灾害检测学和灾害加固学
东南大学	土木工程 交通工程	工程结构抗震与防灾 (Engineering structure earthquake and disaster prevention)	重点为抗震设计,其中抗火部分的教学内容主要包括:1.了解火灾的发生、发展及其对结构的影响;2.了解建筑防火的主要技术措施,了解结构构件抗火设计的一般步骤;3.了解混凝土、钢筋、结构钢的高温性能;4.了解建筑物的耐火等级,了解构件和结构耐火极限及其主要影响因素;5.了解钢筋混凝土构件在高温下的受力特点和承载力计算的基本方法;6.了解钢构件在高温下的受力特点和计算方法
香港理工大学	结构工程	高等钢筋混凝土 (Advanced Reinforced Concrete)	混凝土配合比与性能、钢筋混凝土的耐火性能、钢筋混凝土构件的弯曲、剪力和扭转模型、混凝土结构的维修与改造、FRP加固混凝土构件等
伊利诺伊大学香槟分校	结构工程	结构材料退化 (Construction Materials Deterioration)	基建筑材料劣化机理;水泥基材料的退化,包括冻结和解冻;硫酸盐侵蚀;钢筋腐蚀;有机材料的光氧化和老化降解

东南大学关于大类灾害学的教学,如前文所言,虽然这门课程为2.5学分,但为5选2的专业选修课,且将抗震作为重点,实际抗火内容很少。其对于抗火方面的教学仅局限于对火灾、抗火设计的一般原则、混凝土和钢筋在火灾下受力性能的了解方面,在实际设计应用方面与同济大学类似,并不深入。

香港理工大学并未对灾害防治专门开设系所,但在其结构工程方面开展了抗震、抗风的专门课程。其对抗火的重视程度则明显逊色于其他学校,与抗火有关的内容体现在高等钢筋混凝土课程

中,虽然此门课程为4学分的专业必修课,但仅有一小部分对钢筋混凝土的耐火性能进行介绍,对于具体的结构抗火内容几乎没有涉及。

伊利诺伊大学香槟分校虽然没有专门的防灾学科设置,但是专门开设了结构材料退化课程,对于材料在高温情况下性能的退化进行了深入学习,为4学分的专业课程。涉及的材料包括金属、水泥基、有机材料等,适用于目前建筑行业的大部分结构抗火设计。

综合来看,由于东南大学、同济大学的课程设置对抗火的内容涉及较少,因此其课程内容也大多为了解、理解层面,不涉及深入的计算。而重庆大学、武汉大学则侧重于建筑消防方面,对于规范的研究和人员的疏散等较为重视,但结构性能的退化方面几乎没有涉及。作为计算方面的补充,武汉大学还开设了灾害学课程,其中抗火部分对材料及结构在火灾下的退化情况及相关的设计方法进行了介绍。这几门课程在武汉大学均为选修课程,研究生可进行选择性学习。伊利诺伊大学香槟分校也专门开设结构火灾下材料性能退化的相关课程,这说明在结构抗火设计中对材料性能的把控占据了重要地位。不同学校的教学重点有所区别,但对抗火的重视都在逐渐增加,因为在社会经济不断发展的情况下,火灾的灾害损失逐渐增加。

## 四、课程改革发展建议

### (一) 加强案例学习

由于工程结构抗火与实际工程概念联系密切,在教学过程中应适当引入案例教学,一方面可提升学生学习的积极性,另一方面可将零碎的知识系统化,让学生真正掌握实际情况下的具体设计方法,使学生参与到实践教学环节中<sup>[3]</sup>。选取符合教学目标的实际火灾案例,强调抗火的重要性,并结合理论授课内容,将工程结构抗火教学落到实处<sup>[4]</sup>。

### (二) 增加学分、课时

通过对各大高校课程内容的对比可以发现,课时少的课程大部分只局限于概念介绍,有关计算和设计的内容则一笔带过。但是由于国家经济水平的提升,对工程抗火的重视程度日益增强,对其课程教学内容的要求也必将随之提高,因此,增加学时、学分对于内容的扩展和深入是十分有效和必要的。

### (三) 加强与国家规范的结合

土建类专业的实践性、社会性、综合性和群体性很强<sup>[5]</sup>,有必要增强相关教学与实际工程应用的关联。与工程结构抗火最相关的规范为《建筑设计防火规范》《高层民用建筑设计防火规范》《建筑内部装修设计防火规范》《民用建筑设计防火统一技术措施》等<sup>[6]</sup>。在实际工程中,对于规范的学习是不可或缺的,因此,在教学中引入规范的相关内容,可拉近学生与实际工程的距离,有助于其掌握专业的最新动态。

#### 参考文献:

- [1] 范维澄,刘乃安.中国火灾科学基础研究进展与展望[J].中国科学技术大学学报,2006,36(1):1-8.
- [2] 张庆顺,章孝思.论高等建筑院校的建筑防火教育[C]//全国高等学校建筑学学科专业指导委员会.2005建筑教育国际学术研讨会论文集,沈阳:辽宁科学技术出版社,2005:122-126.
- [3] 郭铁男,傅智敏,黄金印.火灾科学与消防工程学发展现状及学科体系构架[J].消防科学与技术,2003(6):430-432.
- [4] 胡靓.建筑学专业《建筑防火》课程中实践教学环节的总结与思考[J].科技信息,2012(33):699,716.

- [5] 蒋永生,邱洪兴,陈以一. 土建类专业工程素质和实践能力培养的研究与实践[J]. 高等建筑教育,2003(2):14-16.
- [6] 张庆顺,马跃峰,魏宏杨. 重庆大学建筑学专业“建筑减灾防灾”课程教学改革及实践研究[J]. 室内设计,2012(4):30-34.

## Comparative study on the fire resistance of engineering structures course of civil engineering disaster prevention specialty in China and foreign countries

LU Zheng, XIA Ziqi

(College of Civil Engineering, Department of Disaster Mitigation for Structures,  
Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

**Abstract:** Disaster prevention and control is an important subject that must be taken into consideration in civil engineering. It plays a key role in protecting people's personal and property safety. As one of the highest frequency and the most serious losses, fire disaster cannot be ignored. This paper analyzes the course of fire resistance of engineering structures in Tongji University, Chongqing University, Wuhan University, Southeast University, The Hong Kong Polytechnic University, University of Illinois and other colleges and universities about the curriculum requirements content etc. Finally, according to the research results, offer proposals of the reform schemes.

**Key words:** fire resistance of engineering structures; curriculum provision; teaching reform; higher education; higher engineering education

(责任编辑 周 沫)