

火灾科学与社会发展

范维澄* 程晓舫

(中国科技大学)

〔提要〕 火灾科学是一门新兴的交叉学科。本文叙述了人类与火灾斗争的历史,火灾科学诞生的社会 and 科学背景;介绍了火灾科学研究的特点及其内容;讨论了火灾科学研究对社会经济活动和人类传统认识的影响。文章指出:火灾安全及其防治的机理和技术的研究成果,目前已经以“工程”这样的角色,正在全面介入和服务于社会的各个方面。需要对火灾科学的研究给予进一步重视,并及早建立我国的火灾科学研究体系和火灾安全工程体系。

一、人类与火灾斗争的历史及层次

火是人类文明的象征。它是人类首先支配的自然力,并成为人类改造自然、推动社会前进的强大手段。

任何事物都有两面性:一方面,受到控制的火,促进着人类文明社会的发展;另一方面,失去控制的火,又给人们的生命财产和地球上的自然资源带来损失和破坏。这种失控并造成危害的火,称为火灾。

人类对火灾现象的认识由来已久。早在原始社会,森林火灾作为一种自然现象,就威胁着原始人居住和生活的环境,迫使他们迁移别处。

人类与火灾的斗争,差不多与人类文明的历史一样源远流长。其发展历史,正是人类在与火灾长期斗争的过程中能力不断提高的历史。

最初,一旦出现火灾,是组织人力,利用大小桶、洒子、麻搭、斧子、梯子、火杈、大索等救火器械进行扑救,这是一种被动式的火灾扑救,当然造成的损失较大。

后来,在总结火灾起因的基础上,人们有了防火设计的思想,并把这种思想体现在实践之中。我国明清北京故宫就是一个关于建筑方面的防火设计的典型范例:它的主要建筑独立成院,客观上提供了一定的防火距离;相连的廊屋,每隔一段距离设有一防火间,全为砖石结构,以防止火的蔓延;各独立建筑群组均以高墙分隔,自成一院,失火不致引烧一大片;各官区均有火道、火墙分开,即是防火隔断,又便于火灾时安全疏散及进行抢救;宫内有水沟、水池、水井,主要建筑前面和主要官院内多放置蓄水缸,以备水防火;宫城外有城池围绕,且城墙和城门楼高耸,以防火攻。17 世纪的欧洲,则更制定了城市火灾的法规和各种各样的标准。这一时期,人类与火灾的斗争,几乎完全是经验性的,所制定的各种法规标准,缺乏必要的科学依据。

* 火灾科学国家重点实验室主任。

这种状况一直持续到 20 世纪中叶。

19 世纪工业革命的兴起,导致了大量工厂的建立。为了增强承受意外损失的能力,工厂业主们大都参加了保险。但对于像纺织厂这类火灾危险性大的工厂,保险商们不愿为他们承保。针对这种情况,在 100 多年前的美国,由人们研制出固定式水喷淋灭火装置,它能够在火灾的早期,及时开启水喷淋系统进行自动扑救。人类与火灾的斗争有了新的进步,进入到对火灾进行早期主动扑救的新阶段。

以前,人类面对的可燃物质,大多来自于自然界。化学工业的发展,在我们的生活中,出现了许多聚合物;能源工业的发展,人类用上了石油、天然气和电力……,如此等等。人类面对的火灾,就不仅仅是使用水就能进行扑救的。因此,针对各种特殊火灾,研制出不同的灭火剂,如干粉、二氧化碳、泡沫、哈龙等等。

电子技术革命的飞速发展,使得人们得以利用它来进行火灾的监测和早期火灾的报警。这项技术已经在宾馆、工厂、仓库的火灾安全工程中广为应用。

水喷淋技术、各种灭火剂、火灾探测技术的研制和应用,是人类将他们的智能以技能的方式在与火灾进行主动斗争中的体现。

在很长一段时期内,建筑火灾是人类与火灾斗争的主要重点。随着环境、资源问题日益引起国际社会的高度重视,人类对于油品火灾、森林火灾等与人类社会生存发展息息相关的火灾问题也给予越来越多的重视和研究。火灾的研究最近甚至进入到宇航领域,开始用计算机模拟和实验的手段探讨航天器中的火灾问题。这些都在拓展着人类与火灾斗争的范围。

现在,人类又在问自己:能否就火灾监测对象提供的种种参数,对它的火灾危险性作出评估,从而了解和掌握监测对象所处的状况,以采取相应的对策和措施。

各类火灾现象的全面涵盖和对其火灾危险性的评估,是人类与火灾斗争的又一个更高的层次。这个层次已经出现并正在发展。

二、火灾科学的兴起与发展

今天的社会中,一门新兴学科的出现与发展,在客观上必须具备两大基本条件,即:社会需要和科学积累。

作为新兴交叉学科——火灾科学的兴起和发展,正是具备了以上两大基本条件。

原始社会,虽然也有森林火灾,但当时这种火灾并不危及人类对木材和环境的简单要求;在以平房建筑为主的年代,建筑火灾中的灭火和救人都比较方便,因此感觉不到有必要研究火灾烟气的运动;尚未发明并大量使用塑料和其他新型材料前,也不会有研究聚合物火灾的需要……,如此等等。20 世纪中期以后,随着科学技术的进步和物质生产的发展,一方面人类对生活及生存的质量有了更高的要求,另一方面,可燃物的种类愈加繁多,各种火灾也越来越多,造成的危害也往往越来越大。世界人口的增长、城市规模的庞大、高层建筑的出现、自然资源的匮乏、全球环境的恶化……,使得人类与火灾的斗争,不仅涉及面越来越宽:从通常着重关注的建筑火灾,扩展到油类火灾、森林火灾,甚至航天器中的火灾;而且预防和扑救的形势也变得越来越复杂、越来越困难。

长期以来,一直把火灾看成是偶然的、孤立的突发事件,所以采取的措施是哪里着火,就在

哪里扑救。对策的重点放在研究制造灭火装备和制定各种消防规范。这种与火灾斗争的传统方法,面对今天的火灾问题,已经显得越来越无能为力。虽然科学技术的进步在某种程度上增加了人类与火灾斗争的能力,但人们也越来越明确地意识到:为了有效地控制火灾,单纯依靠科学技术加强火灾监测和扑救装备,依然是一种被动的斗争形式。应当深入一个层次,去研究火灾发生、发展和扑救的机理与规律,从而把火灾的防治建立在对火灾过程的科学认识的基础上。社会发展的需要,呼唤着“火灾科学”的诞生。

人们早就认识到,火灾现象是一种极其复杂的过程。即使是对最简单的火灾过程进行研究,也需要有基本成熟的相关基础学科作为支持,同时还需要有足够强大的技术手段,以解决测量、计算、分析、处理等在科学研究中必然会遇到的技术问题。

20 世纪中期,科学的积累和技术的进步,为“火灾科学”的诞生奠定了必要的基础。物理学、燃烧学、流体力学等基础学科已进展到第一次有可能解决较为简单的火灾科学问题的程度;化学反应的性质、化学计算法和热力学已经发展得相当令人满意;电子技术日新月异的发展和计算机的问世,使得人们有了初步的技术手段,得以分析和处理简单的火灾问题。

70 年代初,美国哈佛大学的埃蒙斯教授把质量守恒、动量守恒、能量守恒和化学反应原理巧妙地运用到建筑火灾的研究上。他提出的区域模化的思想、理论和方法,为人们预测火灾及烟气的传播、为建筑防火设计提供了理论依据,至今仍在火灾研究领域里起主导作用。

于是,在本世纪 70 年代出现了火灾研究从单纯着眼于扑救到探讨火灾机理的转变,产生了“火灾科学”的萌芽。

经过科学家们的多年努力,现在已经形成和奠定了“火灾科学”的基本思想,鉴别了基本的火灾现象,并已经和正在弄清它们的基本特性。1985 年召开的第一届国际火灾安全科学大会,首次系统地概括出火灾科学的研究领域,它们是:火灾物理、火灾化学、烟的毒性、火灾统计和火灾危险性分析、人和火灾的相互作用、火灾探测、火灾结构、火灾的特殊问题、扑火技术和火灾研究的工程应用。由此可见,新兴的火灾科学是一门体现了物理学、化学、数学、心理学、电子学、流体力学、固体力学、传热学、燃烧学和多种工程科学相互交叉的学科。

今天的火灾及其防治的研究,是多层次的和综合性的,它包括:应用基础研究、工程应用研究和技术开发的纵向层次;城镇、森林、建筑、石油、化工、矿井等火灾防治科研部门的横向联合;国内外多种形式的交流与合作,从而形成了一个立体的火灾科研体系。在这样的火灾科研体系中,“火灾科学”属于应用基础研究,它是这个体系网络中的结合点。

火灾科学着重研究各类火灾的共性问题,例如,起火、火灾蔓延、烟气传播、灭火、火灾对人员的危害及火灾的防治等;同时也研究不同火灾中的特殊现象,如森林火灾中的火旋风、室内火灾中的轰燃、油罐火灾中的扬沸、自然界中的雷击火等,探讨它们产生的机理和条件、预兆和危害程度。

值得一提的是,火灾现象因为具有它确定性的一面,使得人们能够用传统的工程科学的研究方法去探索其机理和规律,从而突破了传统“灾害学”的限制;同时,作为一种灾害现象,火灾现象又有它随机性的一面,这是火灾科学区别于传统工程科学的显著特征,突破了传统工程科学的限制。

三、火灾科学与社会发展

与其它工程科学不同,火灾科学的研究本身并不能给社会发展带来和创造直接的经济效益。那么,火灾科学是如何对社会发展形成它的影响的呢?

美国加利福尼亚大学伯克利分校研究并建立了以能量平衡原理为基础的火灾蔓延模型,并以此为依据开展扑火战略的研究。他们选择了大小相似的两个火场,一次采用完全由关联经验数据预测火灾的传统方法而制定的全面控制战略,扑火耗资 240 万美元;而另一次则以火灾蔓延模型为依据采用限制战略,合理调配扑火力量,只耗资 20 万美元。这个例子典型地说明了火灾科学的研究及其成果,在减少火灾防治的投入方面所产生的经济效益。

进一步地,火灾科学的兴起促进了火灾研究的发展和火灾损失的控制。以美国 1984 年与 1979 年的情况比较,火灾次数减少 30%,财产损失减少 13%,人员死亡减少 20%。

通过这些例子,人们逐渐地认识到火灾科学的研究在预防和减少火灾损失方面存在的巨大潜能和在人类社会发展中应有的地位。

1. 火灾科学的研究及其成果,为提高火灾防治技术的有效性和经济性指出了改进和完善的方向

例如,在火灾监测技术中,目前使用的火灾探测器大多只对火灾中相伴而生的光、烟、热所表现出来的辐射光强波、烟气浓度和温度三者中的某一个物理量进行监测,而且多采用定值火灾判据,即当监测参数超过设置阈值后,就给出火灾报警信号。这样的系统,有时会产生误报警。究其原因,人们认识到,必须以火灾早期现象及其发展的综合特征指标为依据,建立科学的火灾判据,才能从根本上降低并最终消除火灾探测的误报警。

再如,室内火灾的一个特殊现象是轰燃。当室内的可燃气体足够多,与空气充分混合并满足着火条件时,就会出现爆炸性的燃烧,即轰燃。一旦发生轰燃,不但很难扑救室内大火,而且大火还会迅速烧毁门窗向临近房间蔓延。经过对轰燃现象的深入研究后,美国已经制定了法规,将室内存放的可燃物质,在着火总功率上加以限制,以确保火灾时不发生轰燃现象。

2. 火灾科学的研究及其成果,已经成为人类社会活动中必不可少的组成部分

人类经济生产活动中,不可避免地存在着各种事故并因此造成损失,其中火灾是最经常发生的灾害。因此,许多工厂企业都把火灾安全工作作为经济活动的一个组成部分。火灾科学的研究将使他们有效地、经济地筹划火灾安全防治工程的投入和管理工作。

火灾科学的研究成果也越来越多地在城市规划、高层建筑、公共设施等人类生活、居住方面发挥着积极的作用,使人们在改善生活质量的同时,也充分享受生活中的安全保障。

环境和资源,是人类生存与发展的基本条件。但火灾的发生,会同时造成宝贵的自然资源的损失和人类生存环境以至地球生物圈的污染恶化。火灾科学的研究也正在深入到这个关系到人类与自然的相互关系的大领域中。

3. 火灾科学的研究思想,正在逐步改变人们对火灾的传统认识

作为一种灾害性现象,长期以来,人们一直把火灾视为偶然、孤立的突发事件。火灾科学

改变了把火灾作为单纯的偶发灾害进行研究的传统,认为火灾的规律具有确定性和随机性的双重性质。随着火灾科学研究的深入,将来的人类社会,会出现指导性而不是规定性的火灾法规。这种指导性法规的核心是:当火灾尚未发生时,就可根据可燃物分布情况、火灾空间情况等要素来预报火灾时财产与人员的损失及火灾的严重程度;新建筑尚在设计阶段,就有预测火灾的能力;给定森林可燃物分布、地形条件和气象条件,就应该能估计林火危险性和火灾时的损失情况等等。人类预测并能有效地控制火灾的时代不会很遥远了。

正是因为“火”在人类社会的发展过程中所扮演了特殊角色,今天,火灾科学及其防治技术的迅速发展,已经在我们的社会中形成“火灾安全工程学”这样一个新概念,火灾科学的研究成果正在以“火灾安全工程”这样的角色全面介入和服务于社会的各个方面,具体地说,就是:

- A. 建筑及厂房火灾安全的设计、检查和评价;
- B. 火灾安全产品的开发、发展和使用;
- C. 火灾安全的社会服务;
- D. 火灾安全的工程教育。

人类与火灾的斗争,从最初的被动式扑救,到发挥人类的技能,尽早发现并扑救火灾,发展到今天,已进入了“火灾安全工程”这样一个依靠火灾科学的机理研究、火灾防治技术的进步、火灾双重性规律的深刻认识、火灾危险的评估理论和方法的全新的火灾防治新阶段。

四、火灾科学在我国的发展

世界上的少数几个发达国家,如美国、英国、日本,早在本世纪 70 年代就出现了“火灾科学”的研究。将火灾科学作为一门新兴学科介绍到我国是在 80 年代后期。1987 年的大兴安岭森林大火,加速了火灾科学在我国的建立和发展。中国科学院以其敏锐的科学眼光,抓住了这一与社会发展息息相关的新兴学科,及时组织力量,进行了大兴安岭火行为调查,利用科学院的强大科技优势,开始森林火灾卫星遥感监测技术的研究……,为火灾科学在我国的起步,奠定必要的研究基础和条件。1989 年,国家利用世界银行的贷款,有远见地开始投资建设以“火灾科学”为主要研究方向的国家级实验室——中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室。国家各部门的火灾研究机构,也在继续发展火灾防治新技术的同时,把更多的精力投入到火灾科学的研究上来。

火灾科学的研究,得到了我国政府、社会各部门及广大科学工作者的理解、支持和参与。国家自然科学基金委员会从一开始就大力扶助这门新兴学科的起步,并一直给予重视;国家的消防、建筑、森林、石油等部门也给予了积极的合作与支持,并于 1992 年 10 月,齐心协力在我国举办了首届亚洲火灾科学与技术学术会议;由火灾科学国家重点实验室负责创办了一份反映火灾科学研究成果的国际性学术刊物——《火灾科学》;各部门的火灾防治机构的科学工作者们携手合作,共同开拓着我国“火灾科学”研究的良好学术环境。

改革开放后,我国的经济迅速发展。火灾安全工程作为一门新兴产业,也在迅速崛起。面对这种形势,关于火灾科学的研究,虽然也发展迅速,但仍然满足不了社会的要求。与此同时,作为多层次和综合性的火灾科研体系,它的研究成果的推广应用,也期盼着各方的更有效协调。

对火灾科学在我国的今后发展,笔者有以下一些粗浅的想法:

1. 需要进一步重视“火灾科学”的研究,并加大投入

火灾科学作为一门不直接产生经济效益的公益性研究,在我国目前的情况下,直接获得社会的支持尚存在困难。但是,火灾科学的研究对于有效地减少因火灾造成的财富损失,有着显著的作用。因此,随着经济的发展和环境保护的日益重视,有些国家已经注意增加火灾防治的投入。例如,经济高度发展的美国,在火灾科学的研究和火灾安全工程的投入上,每年已超过 1280 亿美元。带来的间接经济效益是,美国每年的火灾损失要小于 320 亿美元,相当于上述投入的四分之一。为了使我国的火灾防治工程的开支更经济合理,用有限的投入取得最佳的火灾防治效果,在迎接我国经济建设高潮到来的同时,有效地控制火灾损失的增长,需要对火灾科学的研究进一步给予重视,并加大投入。

2. 协调社会各火灾防治部门,协力建立一个完善的火灾科学研究体系

目前的火灾防治,已经涉及到人类生产、生活和生存的广泛领域。火灾科学着重研究各类火灾的共性问题,因此它的研究成果及其技术的应用,对于整个社会都有着积极的意义。我国目前的火灾防治工作,是按火灾类型如建筑火灾、森林火灾、油类火灾、粉尘爆炸等,分部门纵向管理,他们都相应地开展了体现本部门特点的火灾研究工作,其重点放在火灾监测和扑救等应用性技术的研究上。我们应当重视我国社会各火灾防治部门之间的协调,及早建立和完善我国的火灾科学研究体系,从而使火灾科学的研究成果和技术产生最好的时效性。

3. 继续广泛开展和加强国际合作

在火灾科学的形成和发展过程中,我国的科学工作者就一直十分重视引进和吸收国外火灾科学研究的最新成果,使我国的火灾科学研究从一开始就有一个较高的起点。今后需要继续广泛开展和加强国际间的学术和技术交流,汲取国外的先进研究成果和技术为我所用,并以国际标准为准绳,建立起我国的火灾安全工程体系,同时输出我们的火灾研究成果和技术,进入国际大市场,造福于人类社会。