

性能化建筑防火 分析与设计



XINGNENGHUA JIANZHU FANGHUO
FENXI YU SHEJI

霍 然 袁宏永 编著

本书概述了性能化建筑防火分析与设计的研究现状，是中国第一部系统介绍性能化建筑防火理论、方法及应用的著作



 安徽科学技术出版社

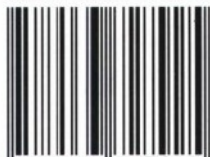
PDG



责任编辑: 邵 梅

封面设计: 冯 劲

ISBN 7-5337-2792-4



9 787533 727925 >

ISBN 7-5337-2792-4

定价: 28.00 元



本书得到国家“十五”科技攻关项目和
科技奥运专项的资助

性能化建筑防火 分析与设计

霍 然 袁宏永 编著

安徽科学技术出版社

PDG

图书在版编目(CIP)数据

性能化建筑防火分析与设计/霍然,袁宏永编著. —合肥:安徽科学技术出版社,2003.9

ISBN 7-5337-2792-4

I. 性… II. ①霍…②袁… III. 建设物-防火系统-建筑设计 IV. TU972

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 032407 号

*

安徽科学技术出版社出版
(合肥市跃进路 1 号新闻出版大厦)

邮政编码:230063

电话号码:(0551)2825419

新华书店经销 合肥义兴印务有限责任公司印刷

*

开本:850×1168 1/32 印张:13.25 字数:330 千

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印数:2 000

定价:28.00 元

(本书如有倒装、缺页等问题,请向本社发行科调换)

PDG

序 一

建筑防火是消防工作的一个重要方面。建筑物的消防安全水平直接关系到国家财产和人民群众生命安全,直接关系到经济发展和社会稳定。为了使建筑物达到一个合理的消防安全水平,首先必须保证建筑防火设计满足国家有关强制性技术法规的要求。如果建筑防火设计存在先天不足,将给建筑物的消防安全留下难以消除的火灾隐患。因此,提高建筑防火设计水平,是一个非常重要的课题。我国消防科技工作者在建筑防火领域开展了大量的科学研究,取得了丰硕的科研成果,建筑防火的理论和实践水平不断提高,新方法、新技术、新产品层出不穷,为不断提高建筑消防安全水平提供了强有力的技术支撑。与此同时,我国的建筑防火技术法规也日趋完善,初步形成了较为科学合理的法规体系,为指导和规范建筑防火设计、实施消防监督提供了科学依据和法律保障。但是,随着我国经济建设的发展和科学技术的进步,各种大型复杂建筑工程越来越多,这些建筑物的结构形式、造型和使用功能越来越复杂,传统的防火设计方法已难以完全适应这些建筑物提出的新要求。

国外从20世纪80年代初开始提出了“性能化防火设计”这一新的理念。他们的研究成果和实践经验表明,性能化防火设计方法是一种先进、有效、科学、合理的防火设计方法,特别是在解决大型复杂建筑物的防火设计问题方面,弥补了传统设计方法的不足。近几年,性能化防火设计方法在国外各类新型建筑物中的应用越来越多,成为当前消防技术领域最前沿、最具影响力的高新技术。现在,我国已进入一个全面建设小康社会、加快推进中国特色社会主义现代化的新的历史时期,经济建设面临许多新的机遇和挑战。特别是我国加

入 WTO 以后,建筑市场将进一步对外开放。发展性能化防火设计,对于提高我国建筑物消防安全的水平,促进我国消防科学技术的发展,提升我国建筑与消防行业应对国际竞争的能力,具有十分重要的意义。同时,发展性能化防火设计还有利于促进我国“火灾科学与消防工程”学科的建设 and 我国消防工程技术专家队伍的发展,对于我国消防监督机制与国际接轨也有积极的推动作用。

中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室多年来在火灾理论方面开展了大量的研究,取得了可喜的成就。《性能化建筑防火分析与设计》一书是在研究国内外建筑防火设计方法和法规、吸收国外先进成果的基础上,并结合作者多年来在该领域的研究心得编写而成的。本书比较系统地介绍了性能化防火设计的方法和技术,分析了一些典型的性能化防火设计案例,并对我国发展性能化防火设计进行了展望。这是我国第一部系统介绍性能化防火设计方法的著作,对于国内广大读者了解性能化防火设计的原理和方法,无疑将会发挥很好的作用。

发展性能化防火设计,是一项复杂的系统工程,它涉及到火灾科学消防科研、立法、监督、教育、培训以及工程实践等诸多领域,并将对消防工作的许多方面产生影响。党的十六大为我国经济建设和社会发展描绘了宏伟的蓝图,也对我们的各项工作提出了新的要求。我们要坚持改革和创新的精神,不断研究新情况,解决新问题,与时俱进,开创消防工作的新局面。消防科学技术的进步是消防工作得以不断发展的重要动力来源,衷心祝愿广大消防科技工作者多出成果,为我国消防事业的发展多做贡献。

陳家強

2002 年 11 月 20 日

PDG

序二

建筑火灾对人民生命财产的危害最为直接、最为严重,一直是火灾防治的主要方面,而搞好建筑物的防火设计是保证建筑火灾安全的基本措施。合理的建筑防火设计必须建立在对火灾规律的科学认识的基础之上。本书从火灾科学应用基础理论出发,运用性能化火灾风险分析的新概念,研究建筑火灾的防治特点,系统论述了性能化防火设计方法和步骤,是一部内容新颖、富于创新、系统性较强的专著。它不仅对在我国推广建筑物的性能化防火分析和设计具有重要作用,而且对我国的“火灾科学和消防工程”学科的发展具有一定影响。

近代和现代科学技术的蓬勃发展又带来了社会文明的大进步。许多新思想、新理念、新发现推动着新兴学科、交叉学科的不断涌现。在传统学科的基础上,有的派生出新的分支学科,也有的通过原学科间的相关渗透、交融,形成了新的交叉学科。“火灾科学与消防工程”(Fire Science and Fire Protection Engineering)就是在近、现代科学技术发展成果和全球火灾形势严峻的大背景下孕育、诞生的一门多学科交叉的综合学科。1985年成立的“国际火灾安全科学学会”(International Association for Fire Safety Science, IAFSS),这在一定程度上标志着这一学科获得国际消防科技界的共识。1992年又成立了“亚澳火灾科学技术学会”(The Asia-Oceania Association for Fire Science and Technology, AOAFST),这反映了亚洲和大洋洲地区的火灾科学研究发展到了一个新阶段。在今年召开的国际火灾安全科学学会(IAFSS)上决定,委托中国消防协会于2005年在北京承办“第8届国际火灾

安全科学大会”，这集中反映了我国火灾科学和消防工程研究取得的重大进步，并得到了国际同行的认可。2001年，中国科学技术协会开始将“火灾科学与消防工程”作为一个独立学科列入了由周光召主席主编的《21世纪学科发展丛书》之中，并在《2001年学科发展蓝皮书》中阐述了这一新兴学科的内容。以上这一切都标志着新兴的“火灾科学与消防工程”学科在我国科学技术学科体系中已拥有了应有的地位，获得了广泛的社会支持，并开始产生重要的社会影响。

“火灾科学与消防工程”学科主要包括基础理论、应用基础理论和应用技术三大部分。基础理论即火灾科学(Fire Science)，它是在燃烧学、传热学、流体力学、弹塑性材料力学、工程力学、有机无机化学、应用物理学、应用数学等传统学科基础上建立起来的“聚焦”研究火灾规律的相关理论；应用基础理论主要包括火灾模化、火灾危险性评估、性能化防火设计、性能化防火规范、火灾统计分析、人在火场中的反应与行为规律、火灾防治的有效性与经济分析等，它是本学科应用前景最强的理论部分；应用技术部分则是指那些范围非常广泛的各种消防工程与管理技术的研究。实际上，作为一门应用科学，研究火灾的根本目的是要解决工程存在的主要问题，预防建筑火灾无疑是一种最主要的社会需求。可以说“性能化分析”是本学科应用基础理论的核心，也是各种有关火灾研究的基本落脚点。

近年来，在国际消防科技领域里，关于性能化分析和设计方法以及性能化建筑防火设计规范的研究非常活跃。美、英、澳、日及北欧等国先后取得了一些研究成果，有的国家还颁布了性能化建筑防火设计规范和设计指南等，但目前都还处在进一步发展完善的过程中。我国也已开始了这方面的研究，不少专家、学者都参与了这项工作，发表了一些学术论文。但至今尚缺少系统介绍性能化分析概念和性能化防火设计方法的专著。本书的作者针对这种情况，搜集和分析了国内外大量有关的论著资料，经过精心筛选，并结合多年的教学和研究心得撰写成本书。

本书重点介绍了建筑火灾的计算机模拟方法、建筑防火性能化分析方法与设计计算工具、火灾危险性评估程序、火场中人的行为与安全疏散模型、建筑防火技术对策以及编制性能化设计文件的要求等,同时还就我国推行性能化设计方法及如何处理这种方法和处方式设计规范的关系、如何向性能化设计规范过渡等提出了一些建议。我认为,本书的出版对于传播性能化防火分析的新概念,促进我国建筑防火性能化设计方法的推广应用,并对逐步建立适合我国国情的性能化建筑防火技术法规体系都有一定的积极意义。

火灾过程的性能化分析与工程的性能化防火设计是一个方兴未艾的新的研究领域,进一步加强这方面的研究,拓展它的应用范围是我国消防科技界的一项长期任务。我相信,本书的出版定会对“火灾科学与消防工程”学科应用基础理论的发展、对建筑防火设计技术的进步及提高我国的火灾防治科学水平做出贡献。

吴 启 鸿

2002年11月9日



前 言

近年来,我国的火灾形势比较严峻,连续发生了多起特大和重大火灾。迅速采取有力措施减少火灾损失已成为社会各界密切关注的重大课题。搞好建筑物的防火安全设计是预防建筑火灾的关键一环。建筑防火设计方案中存在的问题是一种本质性的缺陷,这可为火灾的发生和蔓延埋下祸根。制定良好的防火设计规范或标准以指导设计人员的工作是保证建筑物火灾安全的重要措施。

多年来,各国的建筑防火设计规范基本上采用指令性的条文,一般称之为“处方式”防火设计规范(Prescriptive Fire Protection Design Code)。但随着城市现代化的发展和建筑工程技术的进步,大型的、复杂的建筑迅速增多,其中很多防火问题是传统的处方式设计规范无法解决的。对此,很多专家学者均指出,应当以火灾安全工程学的思想为指导,采用以火灾性能为基础的建筑防火设计方法,并逐步制定相应的防火设计规范(Performance-based Fire Protection Design Code)。现在国内通常将这种规范简称为性能化防火设计规范。

性能化防火设计要求依据具体建筑物的火灾发展特性来决定其防火的需要,而以定量计算为基础的火灾危险分析是了解火灾过程的主要手段。性能化防火分析与设计能够使防火安全目标、火灾损失目标和工程设计目标之间达到较好协调,从而有助于实现火灾防治的科学性、有效性和经济性的统一。近年来,性能化防火分析与设计一直是国际火灾防治研究的热点问题之一。

本书简要分析了处方式设计规范的特点和局限性,概述了性能化防火设计方法的研究现状,讨论了性能化防火设计的基本步骤及

实施过程中需要注意的问题,并对我国发展性能化防火设计提出了一些看法。与许多发达国家一样,在我国采用性能化防火设计也是大势所趋,希望本书的编写能够对这方面的工作起到一定的推动作用。

公安部消防局陈家强局长对本书的编写十分关心,不仅提出了很多宝贵的意见,而且为本书作序;中国工程院院士、中国科学技术大学副校长、火灾科学国家重点实验室主任范维澄教授自始至终关注着本书的编写;公安部消防局首任总工程师、中国消防协会前秘书长、专家委员会副主任吴启鸿高级工程师仔细审阅了全部书稿,做了逐字逐句的修改,并为本书写了序言;公安部消防局科技处的肖学锋博士提供了大量宝贵的资料,并对在我国发展性能化防火分析与设计部分做了仔细润色;火灾科学国家重点实验室的王清安教授对本书的结构和论述提出了许多具体建议;姚斌博士、李元洲博士、陈涛博士及王浩波、胡隆华、陈智明等参与了部分章节的编写或修改。本书引证的资料,为了体现原作者的研究贡献,在参考文献中均尽力给予客观全面的说明。我们对以上各位的支持和帮助表示衷心感谢。

本书可作为高等学校安全工程与消防工程专业研究生和高年级本科生教材,也可供建筑防火设计、消防安全检查与管理、火灾安全咨询及相关科研人员参考。

由于编者的学识水平有限,书中定有许多不当之处,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2002 年 10 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 建筑火灾的特点及危害	1
第二节 建筑防火设计的方法及规范体系	3
第三节 处方式防火设计规范的发展概况	4
第四节 性能化防火设计方法的提出与兴起	9
第五节 火灾科学与火灾安全工程学的发展	12
第六节 本书的主要内容	15
第二章 处方式防火设计规范的特点与局限性	19
第一节 我国防火设计法规的发展沿革	19
第二节 我国现行防火设计规范的结构特点	25
第三节 处方式防火设计规范存在问题举例	32
第四节 处方式防火设计规范的主要缺点	43
第三章 国外性能化防火设计方法的研究概况	48
第一节 概述	48
第二节 英国与北欧国家的情况	54
第三节 澳大利亚与新西兰的情况	58
第四节 日本的情况	65
第五节 美国的情况	66
第六节 有关国际组织	69
第七节 国外发展性能化防火设计的特点	71
第四章 性能化防火设计的方法与步骤	75
第一节 火灾风险分析的基本内容	75

第二节	性能化防火设计的基本步骤	80
第三节	设计准备阶段	83
第四节	定量评估阶段	92
第五节	文件编制阶段	106
第六节	性能化设计方法的优缺点分析	109
第五章	建筑火灾发展过程的计算模拟	115
第一节	室内火灾的发展过程	115
第二节	火灾过程的常用计算公式	121
第三节	火灾过程的计算机模拟	126
第四节	设定火灾问题	135
第五节	性能化防火分析的专用计算工具研究	141
第六章	消防对策的综合应用分析	158
第一节	火灾综合防治的基本原则	158
第二节	起火的预防与控制	161
第三节	火灾自动报警技术	171
第四节	高效、清洁的灭火系统	183
第五节	烟气的控制与管理	190
第六节	消防系统的优化集成	200
第七章	建筑火灾中的人员安全疏散	216
第一节	人员安全疏散的基本条件	216
第二节	火灾烟气的危害及危险状态的判定	219
第三节	火灾中的人员行为	223
第四节	人员疏散模型的研究	227
第五节	人员疏散时间的简化计算	245
第六节	人员疏散的简化示例分析	251
第八章	建筑物的耐火设计	259
第一节	建筑物耐火设计的若干概念	259
第二节	标准火灾温升曲线的定义与应用	266

第三节	火灾条件下建筑构件温升的计算	269
第四节	建筑构件的耐火保护	283
第九章	性能化设计的不确定性分析与文件编制	292
第一节	概述	292
第二节	以概率统计为基础的火灾风险分析	295
第三节	性能化防火设计中的不确定性问题	304
第四节	性能化防火设计文件的编制	311
第十章	在我国发展性能化防火设计的若干讨论	326
第一节	我国性能化防火设计的研究现状	326
第二节	发展我国性能化防火设计规范的几个问题	329
第三节	性能化防火设计体系的基本模型	333
第四节	编制性能化防火设计规范的一些基础工作	335
第五节	有关技术人员的教育和培训	337
第十一章	火灾危险分析与性能化设计示例	340
第一节	某变电站的性能化防火设计	340
第二节	某冰球场的性能化防火设计	347
第三节	某大型游乐园的火灾危险分析	359
第四节	某家具商场的火灾危险分析	369
第五节	某机场航站楼火灾探测系统的性能分析	378
第六节	纽约世贸中心大楼坍塌的教训与启示	391
附录 1.	1993~2000 年期间我国城镇特大火灾概况	404
附录 2.	美国消防协会(NFPA)的若干建筑防火设计规范 和标准名录	407
附录 3.	常用气体的热物性参数	408
附录 4.	常用建材的热物性参数	409

第一章 绪 论

第一节 建筑火灾的特点及危害

在人类的社会生活中经常会遇到多种灾害,如水灾、火灾、风灾、旱灾、地震等。虽然各种灾害都会给人类的生活和生产造成严重的破坏,但是火灾显然是危害面最广、发生几率最高的一个灾种。

火灾是一种失去控制的燃烧所造成的危害。它可以无情地夺去许多人的宝贵生命,可以在顷刻间将人类多年创造的财富化为灰烬。根据联合国“世界火灾统计中心”提供的资料,近年来,在全球范围内,每年发生的火灾就有 600 万 ~ 700 万起,每年有 65 000 ~ 75 000 人死于火灾。由此可见,火灾防治是人类社会中的一项长期的重要任务^[1]。

根据火灾发生的场合,火灾主要可分为建筑火灾、森林火灾、工矿火灾、交通运输工具火灾等类型。其中建筑火灾对人们的危害最直接、最严重,因为各种类型的建筑物是人们生活和生产活动的主要场所,也是财产高度集中的场所。而保证建筑物内人员和财产的安全是设计建筑物时应当考虑的最重要的问题之一。可以说,建筑火灾一直是火灾防治的主要方面,在各个国家、各个历史时期都是如此。

我国的建筑火灾一直是比较严重的,这与我国的建筑结构形式、人民的生与活特点、我国的地理位置、气候条件、社会习俗等诸多因素有关。最近一二十年来,我国正处于火灾形势比较严峻的时期,建筑火灾的次数和损失均居高不下,尤其是发生了多起特大和重大火灾,有的还造成了严重的群死群伤事件。例如新疆克拉玛依友谊馆火灾、河南洛阳东都商厦火灾中的死亡人数均超过 300 人,其影响震惊中外。图 1-1-1 给出了最近十几年中我国每年的火灾直接损失统计数据,附录 1 则列出了最近 9 年中我国一些特大火灾概况^[2]。这些火灾损失大部分是建筑火灾造成的,这种情况已经引起我国政府及社会各界的广泛关注。如何防止建筑火灾的发生、减少建筑火灾损失已成为目前迫切需要认真研究的重大课题^[3,4,5]。

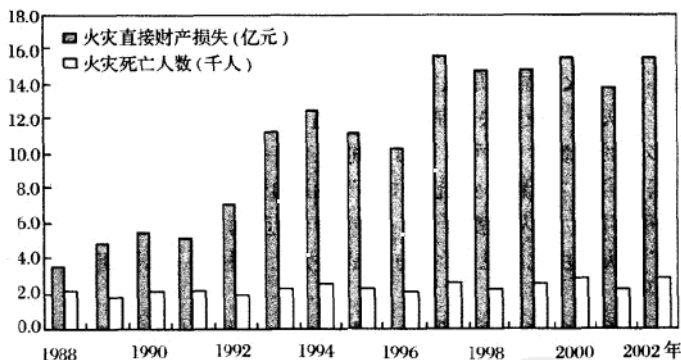


图 1-1-1 1988~2002 年我国火灾直接损失与人员死亡情况

(根据《中国火灾统计年鉴》的数据整理)

造成当前建筑火灾比较突出的因素是多方面的。应当注意,其中有不少因素与目前我国经济快速发展的状况有着密切关系。随着我国城市化水平迅速提高,建筑业得到了突飞猛进的发展,不仅各种

建筑物的数量大大增加,而且出现了许多新型、大型、高层和特殊类型的建筑。这些建筑的使用功能和所使用的建筑材料也发生了巨大变化,建筑物内使用的电力、热力设施大大增加,从而使其火灾危险程度发生了很大变化。而与之配套的火灾安全保障体系及措施的发展却相对滞后^[6,7,8]。

应当指出,有效防灾减灾必须依靠科技进步。近年来我国科学技术的快速发展为防治火灾提供了许多新的手段。在新形势下研究建筑火灾防治对策时更应当重视新技术的应用。

第二节 建筑防火设计的方法及规范体系

为了预防建筑火灾,人们研究制订了多种防治对策,例如建立各种形式的消防队伍和机构、设计制造不同的防火灭火设施、制订与发布各种防火用火法规和条例等,其中搞好建筑物的防火设计是防止火灾发生、减少火灾损失的关键环节。建筑设计方案中存在的问题是一种本质性的缺陷,它可为日后火灾的发生和蔓延埋下了祸根,也可为防火灭火带来很多困难。“隐患险于明火”所说的就是这个道理。

建筑防火设计是一种工程行为,它指的是结合建筑物的火灾防治要求,采用一定的方法、按照一定的步骤确定建筑物防火措施的行动。按不同方式设计出的建筑物,其防治火灾的能力是存在很大差别的。经过多年的实践和总结,人们认识到,通过制订一定的法令、法规、规定、标准或要求来指导和约束建筑设计人员的设计行为,是保证建筑物具有良好火灾安全状况的重要条件。起初,在民间建筑业中形成有关建筑安全的约定或标准,逐渐发展成为一种政府的执法行为,并以国家(或地区)法令、法规的形式发布,成为了全国(或某些大区域)建筑物的安全设计标准,这已成为保证整个国家或某些大