

石化建筑性能化 防火设计方法

张宏涛 白玉星 著

中国建材工业出版社

石化建筑性能化 防火设计方法

张宏涛 白玉星 著



中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

石化建筑性能化防火设计方法/ 张宏涛, 白玉星著

—北京: 中国建材工业出版社, 2018. 3

ISBN 978-7-5160-2144-6

I. ①石… II. ①张… ②白… III. ①石油化工—防火系统—建筑设计 IV. ①TU276

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 007073 号

内 容 简 介

本书通过具体工程实例建立石化火灾性能化计算和设计方法, 解决石化建筑和装置结构的性能化防火设计问题, 从整体上使防火设计达到国际化水平, 解决“处方法”设计中的设防过度或设防不足的问题, 节省工程投资, 使设计达到科学合理、安全可靠等目的。

本书具体分析了三个工程实例, 分别是石化仓库、石化仓库扩建和压缩机厂房的火灾性能化设计要求, 根据可信最不利原则进行了火灾场景设计, 利用 FDS 数值模拟软件, 根据火灾安全要求对防火分区、防火间距和消防排烟系统进行了分析, 提出了满足火灾消防安全要求的设计条件和基本方法。

石化建筑性能化防火设计方法

张宏涛 白玉星 著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 10.25

字 数: 200 千字

版 次: 2018 年 3 月第 1 版

印 次: 2018 年 3 月第 1 次

定 价: 48.00 元

本社网址: www.jcbs.com 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

据相关统计,石油化工企业火灾约占城市重特大火灾的 25%。石化产品的生产是以石油和天然气为主原料,大量易燃、易爆液体通过管道在钢结构管廊和设备框架中传递,其产品则通常储存在大空间的钢结构仓库中。石化建筑空间内部发生的火灾多为烃类火灾,烃类火灾与建筑火灾的主要区别是升温曲线不同,建筑火灾 30min 火焰温度达到 700~800℃,而烃类火灾升温速度快,10min 内温度即可达到 1000℃。在我国现行《建筑设计防火规范》和《石油化工企业防火规范》中,石化建筑防火设计的火灾报警系统、火灾灭火系统和屋面钢结构涂料保护系统等存在一些缺陷,比如不能考虑实际火灾场景和规模,不能考虑火灾燃烧和蔓延的影响等。这些缺陷导致在以往的防火设计中,或因设防不足造成不安全,或因过度设防造成浪费。

性能化防火设计是建立在消防安全工程学基础上的一种新的防火设计理念,是一种以建筑物在火灾中的性能为基础的防火设计方法。其基本思想是在确保建(构)筑物使用和观赏功能的前提下,针对建(构)筑物的消防安全目标,通过工程分析和计算来确定最优化的消防安全设计方案。

本书通过具体工程实例建立石化火灾性能化计算和设计方法,解决石化建筑和装置结构的性能化防火设计问题,从整体上使防火设计达到国际化水平,解决“处方法”设计中的设防过度或设防不足的问题,节省工程投资,使设计达到科学合理、安全可靠等目的。

本书具体分析了三个工程实例,分别是石化仓库、石化仓库扩建和压缩机厂房的火灾性能化设计要求,根据可信最不利原则进行了火灾场景设计,利用 FDS 数值模拟软件,根据火灾安全要求对防火分区、防火间距和消防排烟系统进行了分析,提出了满足火灾消防安全要求的设计条件和基本方法。

全书由张宏涛和白玉星编写,其中张宏涛编写第 1、4、5 章,白玉星编写第 2、3 章,课题组的杨彦海、韩宁杰和鹿小燕等研究生参与完成了数值模拟工作。感谢北方工业大学出版基金对本书的资助,使得出版工作顺利完成。

著者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 火灾危险性分类	3
1.2 防火分区概述	4
1.3 性能化防火设计研究现状	5
1.4 本书内容	7
第 2 章 性能化防火设计	8
2.1 性能化防火设计的概念	8
2.2 性能化设计的基本内容	9
2.3 性能化防火设计的基本步骤	10
2.4 性能化防火设计分析的要点	13
2.5 FDS 及 PYROSIM 简介	17
第 3 章 某乙烯聚合物仓库性能化防火设计	19
3.1 工程概况	19
3.2 仓库消防设计存在的问题	19
3.3 火灾场景设置	21
3.4 堆垛间防火间距的设计	24
3.5 火灾温度场及烟气危害性分析	28
3.6 小结	41
第 4 章 某聚合物仓库扩建工程性能化防火设计	42
4.1 新旧仓库防火分区火灾场景设计	43
4.2 新旧仓库设置全封闭通道时防火分区研究	54
4.3 新旧仓库设置半开敞通道时防火分区研究	72
4.4 新旧仓库设置全开敞通道时防火分区研究	91

4.5 新旧仓库消防设计 95

4.6 结论 106

第 5 章 某压缩机厂房性能化防火设计..... 108

5.1 工程概况 108

5.2 火灾场景设计 111

5.3 不同火灾场景下热释放速率 123

5.4 温度场及烟气可见度分析 133

5.5 某压缩机厂房火灾下的钢构件升温分析 151

5.6 结论 155

参考文献 156

第 1 章 绪 论

石化建筑空间内部发生火灾不同于其他性质火灾，多为烃类火灾，烃类火灾具有形式多样、火灾损失大、爆炸危险性严重以及影响大、消防力量耗费多、灭火难度大等特点。具体如下：

(1) 大面积流淌性火灾多

石油化工生产涉及许多可燃液体，而液体具有良好的流动特性，当其存放设备遭受严重损坏时，其中的液体便会急速涌泄而出，如伴随火源就会造成大面积的流淌状火场局面。大面积流淌性火灾易发生在存储油品的罐区或桶装油品库房，处理大量可燃液体的生产装置区也时有发生火灾的案例。例如，1997 年 6 月，北京东方化工厂储罐区因乙烯装置泄漏引发火灾爆炸事故，10 万 m^2 的罐区成为废墟，经济损失上亿元。

(2) 爆炸性火灾多

火灾中产生爆炸或爆炸引起火灾是烃类火灾的显著特点。这是因为，生产中所采用的原料、生产的中间产物及最终产品，多数具有易燃、易爆的特性；生产中所采用的设备以压力容器为多，且多为密闭或较为密闭的封装形式，如果因为操作等原因使设备内发生了超温、超压或异常反应，就会使设备发生爆炸；加之石油化工企业都是连续性的生产工艺过程，连续性操作，工艺流程中的各个设备相互串通，一旦某一设备发生爆炸，极易快速地波及相邻设备而导致系统性的连锁式爆炸。如 1989 年 8 月 12 日，青岛市港务局黄岛油库发生火灾，起火的 5 号油罐发生爆炸燃烧，其后，4 号、3 号、2 号和 1 号油罐依次发生爆炸，5 号罐还连续发生了 3 次沸溢和喷溅现象，大火燃烧了 5 天 4 夜才被扑灭。造成了惨重的经济损失，仅消防队员就有八十多人伤亡，12 辆消防车被毁，而且火灾中泄漏出的原油污染了周围大片海域。

(3) 火势发展速度快

石油化工企业的生产车间和库房是可燃物极为集中的场所，一旦着火，其燃烧强度大、火场温度高、辐射热强，加之可燃气体的快速扩散性和液体的流

动性、建筑的互通性等条件因素的影响,其火势蔓延速度都较快。据实验数据表明,烃类火灾的燃烧速度较普通建筑物火灾的燃烧速度快 1 倍以上。比如,汽油火灾可达 $80.9\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,苯可达 $165.4\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。燃烧区的温度一般要高于 500°C 以上,其火焰及热量传递不仅会使着火设备升温快,还会加热相邻设备及可燃物,造成爆炸和引燃危险,而使火势蔓延速度更为加快。2001 年 9 月 1 日,辽宁省沈阳市大龙洋石油有限公司储油罐区发生火灾,首先是于洪油库办公楼车库方向发生爆炸并有火球窜出,随后整个库区地面火光四起,紧接着于洪油库的 1 号至 8 号储罐连续发生爆炸,燃烧和爆炸速度之快,防不胜防。

(4) 立体性火灾多

由于石油化工生产设备具有密集布置的立体性、建筑孔洞多且相互串通性,一旦发生火灾,易使火灾造成立体燃烧。在气体火灾中,密度大于空气的气体是自上而下扩散,遇到火源也会形成立体燃烧;易燃、易爆液体受高温或热辐射的影响,挥发出的蒸汽可能会随风自下而上飘流、扩散,遇火源发生流淌或溅落火灾,也易形成立体燃烧现象。在 1989 年青岛市港务局黄岛油库火灾中,周围 25万 m^2 范围内一片火海。

(5) 火灾损失大、影响大

烃类火灾造成的损失较公共或民用建筑的火灾损失要大,根据火灾统计资料概算的结果指出,每次火灾的平均经济损失较其他生产企业要高 5 倍左右,而且经常出现单次火灾损失高达数百万元的火灾,全国范围内在扑救石油化工火灾中受伤的消防员平均每年达到一百多人。此外,有毒物质的泄漏扩散和易燃、易爆物喷溅流淌,形成立体、大面积或多火点燃,扩大且加重了灾害的范围与程度。同时,烃类火灾事故危害范围广、时间长,极易造成人民群众的不满情绪,致使人心不稳,影响社会的安定。

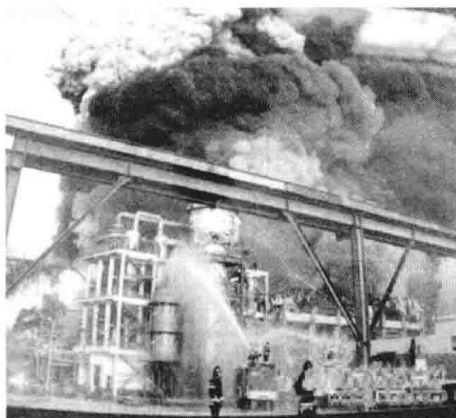
(6) 灭火难度大,消防力量耗费多

石油化工企业的火灾特点、火场形式等决定了其火灾扑救难度和消防力量的消耗不同于一般火灾。烃类火灾在初期不易控制,多以大火场的形式出现,或大面积火灾、立体火灾、多点火灾等。火势发展迅速猛烈,爆炸危险极大,燃烧物质和产物多有毒副作用,扑救火灾耗费的人力物力都很多,且扑救的技术要求也远非一般火灾所能比。

(7) 易出现复燃易爆

在烃类火灾中,气体类或油类火扑灭后,若未及时进行适当的处置,残余的仍会再次燃烧或爆炸,这一点在扑救火灾中必须引起我们的高度注意。

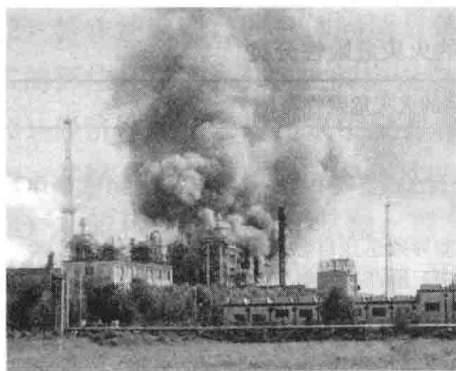
部分石化企业火灾实例如图 1-1 所示。



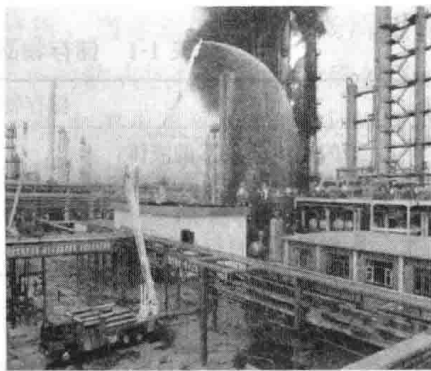
(a)吉林石化公司双苯厂爆炸



(b)茂名石化乙烯裂解装置火灾



(c)大庆石化总厂化工一厂一车间爆炸



(d)兰州石化火灾

图 1-1 石化企业火灾

1.1 火灾危险性分类

烃类火升温速度比纤维素火（普通火灾）升温快、温度高、时间短，经过 10min，烃类火约为纤维素火升温速度的 1.48~1.52 倍，经过 90min，烃类火约为纤维素火升温速度的 1.17~1.22 倍（图 1-2）。

根据《石油化工企业防火设计规范》（GB 50160—2015）第 3 条及《建筑设计防火规范》第 3.1.3 条规定，储存物品的火灾危险性应根据储存物品的性质和储存物品中可燃物的数量等因素，分为甲、乙、丙、丁、戊类，并应符合表 1-1 的规定。

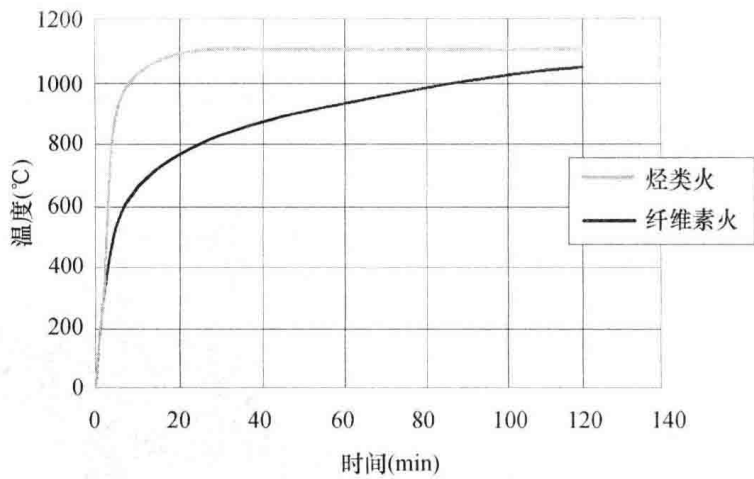


图 1-2 火灾的时间—温度关系曲线示意图

表 1-1 储存物品的火灾危险性分类

仓库类别	储存物品的火灾危险性特征
甲	1. 闪点小于 28℃ 的液体； 2. 爆炸下限小于 10% 的气体，以及受到水或空气中水蒸气的作用，能产生爆炸下限小于 10% 气体的固体物质； 3. 常温下能自行分解或在空气中氧化能导致迅速自燃或爆炸的物质； 4. 常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质； 5. 遇酸、受热、撞击、摩擦以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂； 6. 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质
乙	1. 闪点大于等于 28℃，但小于 60℃ 的液体； 2. 爆炸下限大于等于 10% 的气体； 3. 不属于甲类的氧化剂； 4. 不属于甲类的化学易燃危险固体； 5. 助燃气体； 6. 常温下与空气接触能缓慢氧化，积热不散引起自燃的物品
丙	1. 闪点大于等于 60℃ 的液体； 2. 可燃固体
丁	难燃烧物品
戊	不燃烧物品

1.2 防火分区概述

1.2.1 概念

在建筑内部，通过设置耐火楼板、防火墙及其他防火分隔设施分隔而成的

密闭空间即为防火分区,它能在一定时间内有效防止火灾向建筑其余部分蔓延,它是一种事后控制,在发生火灾时可以有效地限制火灾只发生在一定的区域,从而减少人员伤亡及财产损失。

按照其防止火灾蔓延的功能,防火分区可分为两类,即竖向防火分区和水平防火分区。竖向防火分区用以防止建筑物层与层之间在竖向发生火灾蔓延,而水平防火分区则用以防止火灾在水平方向扩大蔓延。当防火分区的面积超过该类建筑性质规范所允许的最大建筑面积时,应设置合理的防火分隔^[1]。

1.2.2 划分原则

合理的划分防火分区需要按照一定的原则^[1]:

(1) 法律原则,即划分防火分区必须符合规范规定。

(2) 特殊性原则,即具体问题具体分析,当建筑物内特殊场所或有特殊防火要求的部位,在防火分区之间应设置更小的防火区域或设置特殊的防火分隔。

(3) 经济性原则,当建筑中设有自动喷水灭火系统时,防火分区面积可适当加大,并结合安全疏散情况综合考虑最终确定防火分区面积。

(4) 功能和安全一致性原则,划分防火分区还必须结合建筑物平面形状、使用功能及人员疏散要求等情况,正确选择防火分隔物类型,合理设定防火分区。

1.2.3 防火分区的规范规定

《建筑设计防火规范》按仓库的储物性质将建筑物进行分类,根据火灾危险性类别、建筑耐火等级和楼层情况等确定防火分区的占地面积和防火墙间的最大允许面积。根据《建筑设计防火规范》第 3.3.2 条规定,依据仓库的层数、耐火等级和面积而确定的防火分区最大建筑面积;依据规范第 3.3.3 条,当仓库中设置自动灭火系统时,每个防火分区最大允许面积可在规范基础上增加一倍。聚乙烯等高分子制品仓库,当建筑的耐火等级不低于二级时,则防火分区最大的允许建筑面积可在规范基础上增加一倍。

以上为《建筑设计防火规范》对于防火分区的规定,据规范 1.0.3 条,当石油化工企业的建筑防火设计有专门的国家现行标准时,宜从其规定。

■ 1.3 性能化防火设计研究现状

随着我国经济的快速发展,建筑业得到了空前的发展,各种复杂的、多功

能的大型建筑迅速增多，新工艺、新材料、新技术和新的建筑结构形式不断涌现，现行的消防技术规范已经不能涵盖建筑的所有消防安全要求，也不能适应社会经济快速发展的要求。基于这种情况，需要寻求一种新的、承认建筑具有个性化的理念，又能基本保障建筑物中人的生命安全和财产安全的规范，这样就产生了基于性能化的防火设计。

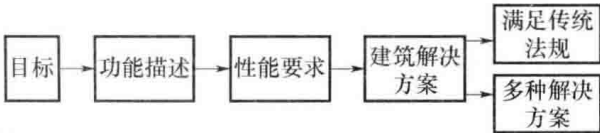
性能化防火设计是建立在消防安全工程学基础上的一种新的防火设计理念，是一种以建筑物在火灾中的性能为基础的防火设计方法。其基本思想是在确保建（构）筑物使用和观赏功能的前提下，针对建（构）筑物的消防安全目标，运用工程分析和计算的手段来确定最优化的消防安全设计方案的防火设计方法。它可由设计者根据建筑的不同功能条件、空间条件及其他外部条件，自由选择 and 确定各种防火措施，并将其有机组合，最终形成满足消防安全目标要求的总体防火安全设计方案，为建（构）筑物提供最科学合理的消防安全保护。与传统的处方式设计方法相比，它所关注的是具体安全目标的实现，而不是拘泥于满足规范的最低要求。

20 世纪 80 年代，英国火灾科学研究人员首先在理论上提出了“以性能为基础的消防安全设计方法”（Performance-based fire safety design method，简称“性能化防火设计”）的概念。之后，世界上多个国家在研究火灾科学领域取得了较大的进展，且得到了大量的丰硕成果。目前，全世界有多于 13 个发达国家（如英国、澳大利亚、加拿大、法国、日本、芬兰、荷兰、新西兰、波兰、挪威、西班牙、瑞典和美国等）和 2 个国际组织——国际标准组织（ISO）和国际建筑研究与文献委员会（CIB），先后投入了大量的研究经费，积极开展消防性能化设计技术和方法的研究。而且发展中国家如埃及、南非、巴西等也都纷纷开展了这方面的研究工作。世界各国都在积极推行性能化设计方法的应用，并且取得了巨大成就。国内外性能化防火设计研究现状见表 1-2。

表 1-2 国内外性能化防火设计研究现状

国家	时 间	规 范	内 容 简 介
英国	1985 年	第一部性能化防火规范	凡设计的建筑在各项性能上均能达到规范的要求，就可自行确定各项设计指标和采用的方法
	1997 年	正式推出标准草案 (BS DD240)	包括“建筑中的消防安全工程学”，详细说明了运用消防安全工程学原理进行性能化的建筑防火设计方法；并且引入了风险分析方法
新西兰	1992 年	第一步建筑安全法规 (NCBC, New Zealand Building Code)	为建筑设施规定了明确的目标、功能要求、具体性能要求
	1993—1998 年	—	制定了性能化建筑消防安全框架，其中主要功能要求包括防止火灾的发生、措施和通道要求、安全疏散以及火灾相互蔓延五部分

续表

国家	时 间	规 范	内 容 简 介
澳大利亚	1996 年 10 月	澳大利亚建筑设计规范 (Building code of Australia, 简称“BCA”)	性能分级如下:  <pre> graph LR A[目标] --> B[功能描述] B --> C[性能要求] C --> D[建筑解决方案] D --> E[满足传统法规] D --> F[多种解决方案] </pre>
巴西	1999 年	南美首次制定的建筑标准, “对建筑结构耐火极限的要求”和“钢结构防火设计”	引入了风险评估方法、时间计算方法以及其他消防安全工程设计方法等性能化的新概念, 允许建筑物的火灾安全根据其建筑物高度、火灾荷载、建筑总面积以及灭火设备的安装与否等条件确定, 而对建筑物的耐火等级不作要求
日本	1982 年	—	五年计划, 开发“建筑物综合消防安全设计体系”
	1990 年	—	启动“建筑构件耐火性能评估方法的开发”
	1993 年	—	五年计划, 制定了性能化建筑消防安全框架
	1996 年	修改“建筑基准法”	引入了一些有关性能化设计的内容
	2000 年	发布实施该规范	建筑物结构耐火性能和人员安全逃生等内容
瑞典	20 世纪 90 年代初	修订规范	性能规范文本包括性能要求和设计指南, 建筑防火和人员安全均满足所规定的边界条件
美国	1999 年 8 月	美国防火性能化设计规范的草案	规范的条款如下: 管理部分、性能设计水准、明确的目的要求、结构与组成
中国	2006	建筑钢结构防火技术规范	第 3.0.10 条: “对于多功能、大跨度、大空间的建筑, 可采用有科学依据的性能化设计方法, 模拟实际火灾升温, 分析结果的抗火性能, 采取合理、有效的防火保护措施, 保证结构的抗火安全”

1.4 本书内容

本书从性能化设计基本内容和步骤出发, 通过三个具体石化建筑工程防火设计实例, 从火灾场景设计出发, 根据火灾安全要求对防火分区、防火间距和消防排烟系统进行了设计分析, 提出了满足火灾消防安全要求的设计条件和基本方法, 为相关类似工程问题提供了借鉴。



第2章 性能化防火设计

■ 2.1 性能化防火设计的概念

火灾科学在最近得到了突飞猛进的发展，现在已到了应用现代科学技术进入定量分析的阶段。近期发展起来的火灾安全学为性能化防火设计及性能化规范的建立，奠定了坚实的理论基础。性能化防火设计与现行的消防设计方法存在着很大的不同。现行的消防设计主要应用条文式的设计方法，即工程师根据规范规定的条文做出符合规范规定的消防设计方案，这些条文是硬性规定必须满足的，是不能违反的。性能化防火设计方法是当前建筑防火领域先进的方法，是人们关注的前沿，是比较活跃的研究领域。

建筑防火设计的最终安全目标应该是：①防止起火及火势扩大，阻碍火势蔓延；②保证人员的安全疏散，确保建筑物内人员生命安全；③保护建筑结构不致因火灾而损坏从而波及邻近建筑；④提供必要的消防设施。因此，建筑物防火安全设计必须对建筑总体规划、防火分区、结构的耐火性能、防火设备、内部装修、防排烟系统以及避难对策等方面做出综合的考虑。现行的条文式的防火设计方法对上面提到的问题都有相对独立、完整的考虑。但这种方法存在的最大缺点是没有设定清晰、统一的安全标准，不能体现出各消防系统间的协同功效，从而导致综合经济性较低。因此，这种条文式的设计方法常常无法满足业主、设计人员、审查部门的要求。尤其对于一些特殊的建筑，这种设计方法适用性更差。

性能化设计与条文式设计相比，具有以下优越性^[4]：

- (1) 性能化设计方法体现了不同建筑的不同用途及需要。
- (2) 性能化设计根据实际工程的需要，为消防设计提供了不同的可供选择的方案（当规范规定与实际情况产生矛盾时）。

(3) 性能化设计要求在设计过程中使用多种设计方法以及多种分析工具,从而有利于提高工程精度,并可产生更加符合要求的、新颖的设计方案。

(4) 性能化设计可在安全性能方面与原先的设计方案进行比较。通过这种相互对比,可以确定安全目标要求与成本之间的最佳结合点。

(5) 性能化设计体现了一种新的消防设计理念,即将消防系统看作是一个整体来考虑的,而不是孤立地进行各项指标的设计。

性能化设计的关键在于如何规定某一建筑物所必需的消防性能指标。要针对建筑物火灾发生时各方面的危险性制定确定的功能目标,例如在阻燃、人员疏散安全、烟气的排放、防止火焰传播、确保建筑物结构安全以及确保防火分区功能等方面。为了确保人员的安全,必须设立避难区和疏散通道,从而使建筑物内的人员不受热辐射及有毒气体的伤害;对于火灾传播的抑制,必须做到限制其传播速度并保证其周围空间不被引燃;对于防火分区的控制,必须做到将火灾控制在一定的范围之内,确保其邻近建筑不被引燃。这些针对消防安全的功能目标涵盖了很多方面的内容,其中包括火源形式、后续的火焰和烟气的传播以及人员的安全疏散等各个方面。性能化设计的核心就是针对上述的功能目标来确定所需的边界条件。在工程的消防设计中,其消防性能指标是很多的,不可能做到一一满足,因此只需满足与自身建筑有关的那部分防火性能指标即可,而消防指标的选取也会对评估结果产生重要的影响。

2.2 性能化设计的基本内容

性能化设计和性能化规范是两个不同的概念。一般来说,规范规定的是建筑物内的安全程度、健康程度和舒适程度。在设计的过程中,规范一般都会制定或规定建筑设计过程中的各个方面的具体要求,如结构要求、防火要求、电气系统、消防系统等。

在性能化规范中,这些对建筑物内的安全程度、健康程度和舒适程度的要求都要通过整体编制的总体目标、功能目标和性能要求来体现。一般情况下,规范不会明确规定解决某个问题的具体方案,而是给出了可以达到规范要求的可以接受的方法。在所有使用性能化规范的情况下,设计者都可以找到以性能为基础替代的设计方法,如果选用了这种替代方法,那么其设计就是性能化设计。从根本上来说,性能化设计就是描述一个能达到某种规定性能水平的设计过程。基本包括:

(1) 确定火和火流在工程中蔓延和传播的基本信息。包括：火势在房间中蔓延的计算；建筑物和类似工程中火流运动的评价；火源所在房间的建筑物内外，火势扩展的估计。

(2) 对作用进行评估。包括：对人和所建工程的热辐射和火流辐射；对建筑结构或工程的力学作用。

(3) 对暴露在火灾中的建筑产品、构件的性能进行估计。包括：火灾发生时，产品和构件的可燃性、火焰扩展速度、热释放率以及产生的烟雾和毒气的数量和种类等；由于承载力、不同分隔以及不同的移动物品，火对结构抗力的影响等。

(4) 对探测、行动、灭火进行评估。包括：探测系统的效率；控制系统、灭火系统的反应时间；消防队、使用者的行动时间；探测系统探测时间的估计；灭火系统和其他消防设施的相互作用。

(5) 对疏散和营救规定的评估和设计。目前已开发出疏散模拟软件，但只是针对防火工程的某个方面开发，通用的、综合的模拟软件尚需大量的研究。

2.3 性能化防火设计的基本步骤

性能化防火设计过程可分为若干个步骤，各个步骤之间相互联系，并且各个步骤最终将会形成一个完整的整体。美国防火工程学会（SFPE）《建筑物性能式防火分析与设计工程指南》将性能防火设计分为九步，而在有些文献中则将这一过程分为七步。总体来说，无论是划分为七步还是划分为九步，其基本内容都是一样的。本文将分为七步，叙述如下^[10]：

1. 确定工程参数及具体评估内容

性能化防火设计的第一步就是要确定工程的具体范围及相关的工程参数。

这一步要做的工作是了解工程各方面的具体信息，包括建筑特征、使用功能等。对于大跨度、大空间结构，人员密集的场所如商场、礼堂、运动场等须进行特别的关注。

要对建筑的不同使用功能的分区进行讨论，如贵重文物区、要求比较特殊作业区、危险品存放区等。

不同建筑的使用功能不同，那么使用者的特征也会不同，使用者的特征包括：使用者的年龄、智力水平、体能状态等。

2. 确定消防安全总体目标、功能目标和性能要求

(1) 总体目标。对工程的具体参数及评估内容掌握以后应该确定消防安全

总体目标。

在建筑消防安全设计中,总体目标是一个广义的概念,总体目标表示社会大众对安全水平的期望值。用该属性的语言进行描述的话,那就是保护建筑内人员生命和财产的安全,并保证相邻建筑的安全。也就是说,消防安全的总体目标应该达到保护生命、保护财产、保护环境、保护使用功能的目的。

(2) 功能目标。功能目标是用工程的语言来把总体目标进行量化,它是消防安全设计总目标的基础。

概况来说,功能目标表述了如何设计建筑物才能满足上面提到的消防安全总体目标。功能目标可以通过量化的术语来表述。一旦功能目标或损失目标确定,就必须有一个确定的建筑以及各种配套系统发挥性能水平作用的方法,而这项工作是要通过性能要求来完成的。

(3) 性能要求。性能水平的具体描述就是性能要求。为了达到消防安全总体目标和功能目标,所有的建筑材料、建筑构件以及配套系统、组件和建筑的方法都必须满足性能水平的要求。对所有参数不仅要进行量化,还要对其进行计算和计量。例如要求:“必须将火灾的蔓延限制在起火房间内,及时通知建筑物的使用者,保证疏散通道处于安全可用状态直到使用者安全疏散”。这些要求中的每一项都能涉及建筑及其配套系统如何工作才能满足总体目标和功能目标,要对每一项要求进行计算。性能判定标准包括材料温度、能见度、气体温度以及热辐照量等的临界值。

3. 制定设计目标

设计目标是为了满足上面提到的性能要求而采用的具体的手段和方法。这里有两种方法来满足性能要求,在运用这两种方法时可以联合使用,也可以独立使用。

(1) 视为合格的规定。这包括建筑材料、构件、设计方法等,如果采用了,则认为其结果满足性能要求。

(2) 替代方案。如果能证明某设计方案能够达到相关的性能要求,或者与视为合格的规定等效,那么对于与上述(1)款中“视为合格的规定”不同的设计方案,仍可以被批准为合格。

这种方法为使用性能化设计提供了更多的可能性,对于多种可行的设计方案可以完全展示出来。

4. 确定火灾场景

火灾场景是对特定火灾从引燃或者从设定的燃烧到火灾增长至最高峰以及火灾所造成的破坏的描述。这是性能化防火设计中很重要的一步。建立火灾场