

基于美国规范的建筑消防与生命安全设计流程研究

——以迪拜车站为例

杨洋 汪佳 蒲玥潼

中国建筑西南设计研究院

DOI:10.12238/etd.v6i4.15457

[摘要] 美国在建筑消防与生命安全设计领域的标准,因其严谨性、科学性及实践成果,享誉全球。随着国内建筑设计行业国际化加速,掌握美国建筑消防规范,尤其是美国国家消防保护协会(NFPA)系列规范,成为国内建筑团队“走出去”的核心竞争力。但中美消防规范体系差异显著,NFPA规范结构复杂,学术研究不足。本文深入研究美规体系下的建筑消防设计,通过系统梳理NFPA规范内容、设计准则,整理出了NFPA规范中建筑专业消防与生命安全设计一般流程,包括项目概括、功能定性、人员荷载计算、疏散设计、耐火等级和室外消防设计等。并结合中东迪拜车站案例展示了流程应用过程,旨在助力国内建筑团队快速理解并应用NFPA规范,提升国际项目合作能力。

[关键词] 国际工程; 建筑消防; NFPA; 设计流程

中图分类号: TU998.1 **文献标识码:** A

Research on the Design Process of Building Fire Protection and Life Safety Based on American Standards

—Taking Dubai Station as an example

Yang Yang Jia Wang Yuetong Pu

China Southwest Architectural Design and Research Institute

[Abstract] The standards of the United States in building fire protection and life safety design are globally recognized for their rigor, scientific approach, and practical effectiveness. As China's architectural design industry accelerates its internationalization, mastering U.S. fire protection codes—particularly the National Fire Protection Association (NFPA) standards—has become a core competency for domestic architectural teams seeking to expand globally. However, significant differences exist between Chinese and U.S. fire safety code systems, compounded by the structural complexity of NFPA standards and a lack of academic research in this field. This paper conducts an in-depth study of fire protection design under the U.S. regulatory framework. By systematically analyzing the content and design principles of NFPA standards, it outlines a general workflow for architectural fire protection and life safety design under NFPA regulations, covering project overview, functional classification, occupant load calculation, evacuation design, fire resistance ratings, and exterior fire safety planning. The application of this workflow is demonstrated through a case study of Dubai Station in the Middle East. The research aims to assist Chinese architectural teams in rapidly understanding and applying NFPA standards, thereby enhancing their capabilities in international project collaboration.

[Key words] International engineering; Building fire protection; NFPA; Design workflow

引言

“一带一路”倡议为我国建筑行业带来“走出去”的重大机遇,然而在海外工程实践中,文化适应性冲突、技术标准认知差异及本土化技术人才储备不足等挑战日益凸显。基于国际工

程实践经验研判,消防与生命安全设计是海外建筑设计项目的重难点,国际项目遵循的消防规范与国内差异大,适应不同国家和地区建筑规范体系成为迫切课题。尤其在主流规范体系中,美国国家消防协会(NFPA)标准凭借其技术体系的完备性与

全球适用性,已被中东、东南亚等地区广泛采用。以中国建筑西南设计研究院承接的海外项目为例,超过60%的工程合同明确要求执行美标体系。因此,构建基于NFPA标准体系的建筑消防与生命安全设计方法,对提升我国建筑企业国际工程履约能力具有重要现实意义。

1 美国建筑技术法规综述及NFPA规范简述

1.1 美国建筑技术法规体系简述与分类

美国是联邦制国家,与中国政府领头编制建筑规范的方式不同,联邦政府不负责且很少涉足建筑标准事务,这部分事务属于各州政府职责范围。专业和非专业标准制定组织、各行业协会和专业学会在标准化活动中发挥主导作用,这些机构多属于独立的非营利民间、私营机构,不受政府机构和组织的管理^[1],美国早期成立的主要建筑协会相关信息整理见表1。

表1 美国主要建筑协会相关信息整理

组织机构	全称	中文全称	成立时间(年)	机构性质	工作内容
NFPA	National Fire Protection Association	美国国家消防协会	1896	非盈利民间组织	样板法规
BOCA	Building Officials and Code Administrators International Inc	国际建筑官员与法规管理师联合会	1915	非盈利半官方组织	样板法规
ANSI	American National Standards Institute	美国国家标准学会	1918	非盈利半官方组织	审批组织
ICBO	International Conference of Building Officials	国际建筑官员大会	1926	非盈利组织	样板法规
SBCCI	Southern Building Code Congress International Inc	美国南方国际建筑法规委员会	1940	非盈利半官方组织	样板法规
ICC	The International Code Council	国际规范委员会	1994	非盈利半官方组织	样板法规

资料来源:整理自:刘刚.美国建筑规范体系介绍(I)[J].商品与质量,2010.

19世纪末,美国建筑技术法规的制定工作就已经开始。1896年,美国国家消防协会NFPA成立,至今一直是消防界的绝对权威,并在世界范围内得到应用。20世纪上半叶,美国先后成立了性质具有同一性的三个非营利的民间机构:国际建筑官员与规范管理者联合会(BOCA,1915)、国际建筑官员联合会(ICBO,1926)和南方建筑规范国际联合会(SBCCI,1940)。这三个机构也就是美国早先主要的规范制订组织,他们分别出版的法规也是美国早先三个主要建筑样板法规。由于三个机构的高度同质性,1994年BOCA,SBCCI,ICBO合并成立了ICC。ICC的宗旨是建立和发展一套系统、完整、统一的全国性样板法规,其出版的国际建筑规范体系I-Code系列在大多数美国境内的州、市和县应用。1918年,美国国家标准学会(ANSI)成立,他不同于其他进行法规标准制定的组织,本身很少制订标准,而是作为联邦政府和民间标准组织系统之间的协调者,指导着全国的标准化活动。

1.2 建筑消防与生命安全设计中常用的美国建筑技术法规

在探讨美国建筑领域广泛应用的规范体系时,I-Code系列与NFPA系列均占据核心地位。ICC的宗旨一直是建立和发展一套系统、完整、统一的全国性样板法规,出版的规范I-Code系列广

泛应用于美国各州县,包含了一系列针对建筑及其附属系统的详细规范,如《国际建筑规范》(International Building Code)、《国际住宅规范》(International Residential Code)、《国际防火规范》(International Fire Code)等(见图1),其中与建筑消防紧密相关的仅《国际防火规范》一本。相比之下,美国国家消防协会(NFPA)的宗旨是推行科学的消防规范和标准,开展消防研究、教育和培训;减少火灾和其它灾害,保护人类生命财产和环境安全,提高人们的生活质量。由于NFPA基本上不赞同ICC所发展的I-Code法规,于是自行发展建筑样板法规,并每三到五年修订和更新一次。其制定的NFPA系列规范,更侧重于消防、电气、化工及生命安全等领域。自1896年成立以来,NFPA已编制了超过300部安全规范和标准,并在世界范围内得到应用。其中许多直接关联到建筑消防安全,如《国家电气规范》(NFPA 70)、《国家火灾报警和信号规范》(NFPA 72)、《生命安全守则》(NFPA 101)等(见图2)。这些规范为建筑消防安全提供了全面而深入的指导。



图1 I-Code推出部分规范展示

图片来源: I-Codes Building Codes - ICC Digital Codes (iccsafe.org)



虽然都是针对建筑安全的技术法规,但两者之间的区别很显著, I-Code系列侧重于建筑的整体规范与标准,因其统一性和全面性,在美国多数州县得到采用,规范涵盖了建筑的各个方面,内容较为广泛,是进行以美标为基础的建筑设计中不可绕过的一环;而NFPA系列更专注于消防及生命安全等特定领域,以其专业性和深入性在特定领域内具有不可替代性,规范专注于消防与生命安全设计进行细分,如生命安全法规、防火法规、施工与安全法规、建筑紧急出口规范等,内容在消防与安全方面更为专业且深入具体。本文对两者具体发表的规范中与建筑及消防相关的内容进行对比后(见图3),可明显发现NFPA在消防及生命安全领域更为专注和细分。因此NFPA系列规范也是国际建筑项目设计中的消防设计部分最需要掌握的规范,对其应用的流程可研究性也更强。

防设计规范能有较为清晰的上手方式,流程图见图4,详细阐释见下文。

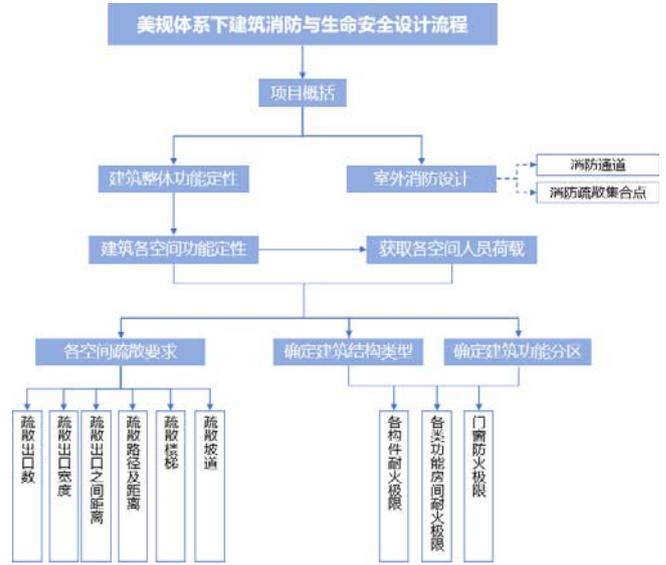


图4 美规体系下建筑专业消防与生命安全设计一般流程图

图片来源: 笔者自绘

2.2 第一步: 项目概括

拿到海外项目时首先应对项目的类型、功能、规模和需要依据的规范进行梳理,以确保后续工作的有效性。

2.3 第二步: 建筑整体功能定性 (Classification of Architecture Occupancy)

同国内一样,在项目基本信息获取后,应根据NFPA规范中的建筑功能分类对建筑整体功能进行定性,这也是后续建筑专业和其他专业所有消防设计分析的基础。

2.4 第三步: 建筑空间功能定性 (Classification of Room/Area Occupancy)

这一步与国内有较大区别,建筑在整体功能定性后,还需要对各空间进行更细致的定性,这一步与后续的人员荷载计算及结构类型确定紧密相关。

2.5 第四步: 人员荷载计算 (Occupant Load)

根据空间功能,可计算出每个空间相应的消防疏散人数及当层楼的人员荷载总数。

2.6 第五步: 疏散设计 (Means of Egress)

这是整个流程中最关键的一步,在此要确定疏散出口数量、宽度、距离,以及疏散路径和距离、疏散楼梯和坡道。

2.7 第六步: 建筑耐火等级 (Fire Resistance Rating)

根据建筑的类型、面积、高度、人员荷载和是否有喷淋等信息综合判定建筑结构类型并由此确定建筑结构中各种构件的耐火等级,同时部分空间应根据功能空间确定耐火等级,以及门窗的耐火等级在这一步应进行确定。

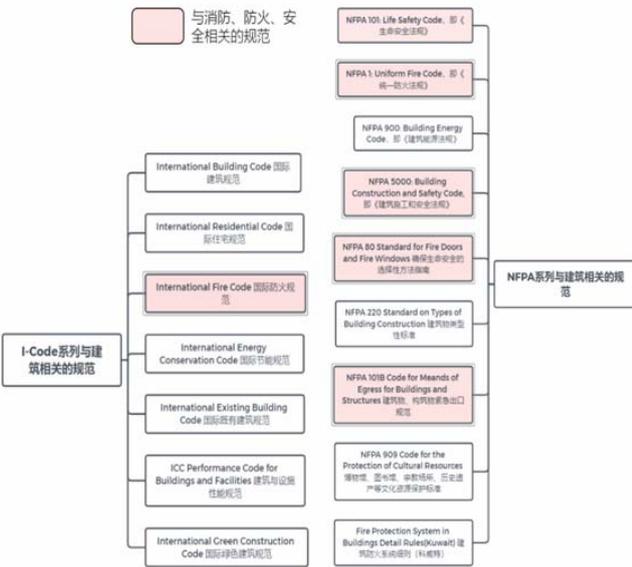


图3 ICC与NFPA推出与建筑相关的规范中涉及消防、防火的规范对比

图片来源: 作者自绘

在NFPA系列规范中,与建筑消防及生命安全息息相关、具有重大实践意义的主要包括: NFPA1统一消防规范、NFPA101生命安全规范和NFPA 5000建筑结构和安全规范,也是本次研究最主要的参考对象。

2 NFPA规范中建筑专业消防与生命安全设计一般流程

2.1 NFPA规范体系下建筑专业消防与生命安全设计流程

在项目实践中,建筑专业应用NFPA规范进行消防与生命安全设计时具有设计流程上的高度一致性,比如都需要先进行建筑功能类别分类,并在此基础上进行疏散相关的计算,结构类型和各构建的防火耐火要求获取流程也基本一致,因而笔者梳理总结出NFPA规范中建筑专业消防与生命安全设计的一般流程,为国内建筑师在进行国外项目设计时面对繁复消

2.8第七步: 室外消防设计

除了建筑内部的消防设计, 室外还有与建筑专业紧密相关的消防通道和疏散集合点的设计。

在进行这几步的设计后, 建筑的消防与生命安全设计基本上已完成, 特殊部分和更细节的部分还需进一步完善。

3 中东迪拜车站的建筑消防与生命安全设计实践

基于以上归纳总结研究, 本文将依托实际项目, 展示NFPA系列规范在建筑消防与生命安全设计时如何应用的一般流程, 以便国内建筑师对规范更好的理解和应用。

中东迪拜车站(图5)占地6000m², 车站主体建筑为地上两层地下一层, 总建筑面积8835.74m², 本项目的消防设计主要采用NFPA系列消防规范和迪拜当地的阿联酋消防和生命安全实践规范(UAE FLSCP), 本文将项目中具体采用的部分规范及标准整理如下表所示(表2)。



图5 中东迪拜车站效果图

图片来源: 作者提供

表2 中东车站项目中涉及的设计规范和防火标准(节选)

标准	名称	版本
NFPA1	消防规范	2018
UFC	阿联酋消防法规	2018
NFPA5000	建筑施工与安全规范	2018
NFPA101	生命安全准则	2018
NFPA10	手提式灭火器标准	2018
NFPA13	自动喷水灭火系统安装标准	2019
NFPA14	立管和软管系统安装标准	2019
NFPA16	泡沫水喷雾器和泡沫水喷雾系统安装标准	2019
NFPA20	消防固定泵安装标准	2019

资料来源: 作者整理

3.1建筑功能定性

在NFPA101第六章中, 对建筑的功能定性进行了明确的定义, 根据建筑的使用人数、人员对象和使用时间等特征, 将建筑划分为12类功能, 分别为聚集类、教育类、日托类、医疗保健类、日间手术中心、拘留监管类、住宅类、康养建筑类、商业类、办公类、工业类和仓储类^[2]。

迪拜车站属于交通类建筑, 具有人流量大、使用功能和目的较为明确的特征, 在功能定性表中进行查阅可知其属于聚集类

建筑(表3)。

表3 建筑功能定性的实例

项目名称	项目特征	建筑分类	分类定义
迪拜车站	交通用途、集结超过50人	聚集类 (Assembly)	用于集结50人或更多人进行研讨、礼拜、娱乐、饮食、消遣、等待交通或类似用途的场所

资料来源: 课题团队自绘

3.2空间功能定性

迪拜车站整体被归类为聚集类, 同时该项目包含许多不同的空间/区域, 在消防安全方面存在不同程度的风险。每个空间/区域都根据NFPA 101中定义的给定占用类型进行分类, 这反过来又会影响空间/区域的规定性消防安全规定。本文以迪拜车站Ground Level层为例, 对部分功能区进行类型确定(表4)。

表4 迪拜站Ground Level层建筑类型分类(部分)

楼层	使用功能	建筑类型分类
Ground Level	CLEANERS STORE	STORAGE
	RETAIL	BUSINESS
	STAFF ROOM	ASSEMBLY

资料来源: 课题团队自绘

3.3人员荷载计算

在确定空间功能之后, 根据NFPA101中的常用建筑功能对应人员荷载系数, 可根据不同的功能分类计算得出该区域或房间的人员荷载, 以此为基础为后续安全出口与疏散宽度设计提供依据, 并汇总得出建筑总人数。本文以功能较少的平台层(Platform Level)为例(表5), 展示单层总人数的统计方式。

表5 迪拜Expo站Platform Level层各功能空间对应人员荷载梳理

楼层	使用功能	建筑类型分类	面积 (m ²)	人员荷载系数 (人/m ²)	人数 (人)
Platform Level	BOH ROOM 4	CIRCULATION	8.54	4.6	2
	RETAIL 9	BUSINESS	24.53	9.3	3
	BOH ROOM 2	CIRCULATION	61.52	4.6	13
	WOMEN & CHILDREN WAITING AREA	CIRCULATION	25.31	1.4	18
	GENERAL WAITING AREA	CIRCULATION	139.73	1.4	100
	RETAIL 8	BUSINESS	48.2	9.3	5
	WOMEN & CHILDREN WAITING AREA	CIRCULATION	141.67	1.4	101
	BOH ROOM 1	CIRCULATION	8.26	4.6	2
	REFUSE AND CLEANERS ROOM 1	STORAGE	11.28	27.9	1
	REFUSE AND CLEANERS ROOM 2	STORAGE	11.28	27.9	1
	REFUSE AND CLEANERS ROOM 3	STORAGE	11.28	27.9	1
	REFUSE AND CLEANERS ROOM 4	STORAGE	11.28	27.9	1
	CONCOURSE 1	CIRCULATION	581.61	9.3	63
	AIRLOCK AREA 3	STORAGE	21.33	27.9	1
	AIRLOCK AREA 6	STORAGE	21.33	27.9	1
	CONCOURSE 2	CIRCULATION	703.34	9.3	76
	PLATFORM	CIRCULATION	1172.2	9.3	126
TOTAL OCCUPANT LOAD					514

资料来源: 课题团队自绘

3.4 疏散设计

3.4.1 确定疏散出口数量

NFPA101对安全疏散出口的数量与国内《建规》中的规定基本类似, 根据建筑火灾危险性分类和建筑使用人数确定。楼层人数和本层最小出口数的设置关系见表6, 以迪拜站的Platform Level为例, 通过上文的计算方法可得出本层总荷载人数为514人, 根据NFPA101规定, 人数>500, ≤1000人, 出口数量应至少3个。

表6 NFPA101中人员荷载与最小出口数对应表

人数	最小出口数
<500	2
500-1000	3
>1000	4

资料来源: 作者根据NFPA101第七章内容整理

3.4.2 确定疏散出口路径及距离

NFPA疏散走道分为通用路径(Common Path)、尽端疏散路径(Dead End)、最远点疏散路径(Travel Distance)三类(图6)。NFPA101第七章规定了各类型功能与其相应的疏散距离限制。Common Path为从最远点到可有两条以上疏散路径选择的点位之间的路径; Dead End为尽端疏散路径, 可通过增设门来满足最远尽端疏散距离的限制, 但由于与Common Path存在重合的部分, 同时需满足Common Path距离限制的要求; Travel Distance为房间最远点至疏散出口的距离。三者部分重叠, 长度均不能超过NFPA101规定(表7)。图7为迪拜车站Ground Level的疏散路径示意图。

表7 NFPA中部分功能空间对应最大疏散路径长度梳理

建筑功能类型	最远点疏散路径最大	通用路径最大	尽端疏散路径最大距
	距离	距离	离
集合(≤50人)	76m	23m	6.1m
办公	91m	30m	15m
工业	122m	30m	15m
储存	122m	30m	15m

资料来源: 作者整理

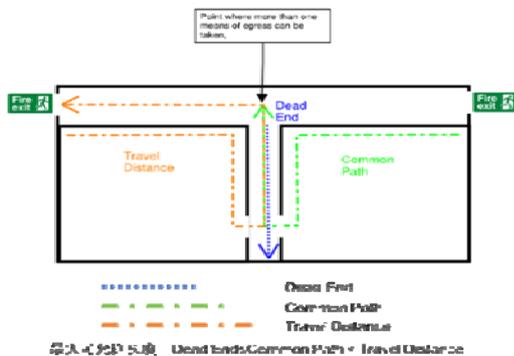


图6 NFPA中的不同疏散路径及相互关系示意图

图片来源: 作者自绘



图7 迪拜车站Ground Level疏散路径示意图

图片来源: 作者自绘

3.4.3 确定疏散出口宽度

NFPA中, 总额定出口及楼梯宽度=人员荷载*NFPA101表7.3.3.1系数, 其中人员荷载是指与其相关的楼层的人员荷载的总和, 计算得出疏散楼梯所能承担总疏散流量。表8为迪拜车站Ground Level的疏散宽度计算表。

表8 迪拜车站Ground Level层疏散宽度计算表

要素	楼梯	门	走廊/平台	坡道
疏散宽度	7.6mm / 人	5mm / 人	5mm / 人	5mm / 人
最小宽度	1200 mm < 2000 人	915mm (一般)	1200 mm	1200 mm
最小净高	2030 mm	2030 mm	2285 mm (允许向下突出至 2030 毫米)	2285 mm (允许向下突出至 2030 毫米)

资料来源: 课题团队自绘

3.5 耐火等级设计

3.5.1 确定结构类型

与国内防火等级以建筑整体为一个单位来确定不同, 在美规体系下的消防设计非常重要的一环就是确定建筑的结构类型, 从而确定建筑各防火区域的天、墙、地等界面的耐火极限。在进行结构类型定性时, 需根据建筑各空间的类型、面积、高度、人员荷载数、是否有喷淋等信息综合判定, 在NFPA5000中, 共将结构类型分为5大类10小类^[3]。

根据建筑的功能类型、总人数、单层最大面积、建筑最大层数及高度、是否设置喷淋, 迪拜站属于结构类型II (111) (表9), 其中3个数字分别代表墙、柱、楼板的耐火极限。

表9 迪拜车站结构类型

站名	车站分类	结构类型(NFPA220)
迪拜站	封闭式车站, 地面以上独立建筑	类型II (111)

资料来源: 作者自绘

3.5.2 确定构件耐火极限

根据确定的结构类型, 便可查询NFPA5000的表7.2.1.1以获取结构类型对应的各构件耐火等级。迪拜站构件耐火极限如表10所示:

3.5.3 确定功能空间耐火等级

在防火分隔上, NFPA涉及到“防火区间、防火墙、防火隔板、

防火隔墙”等概念。防火区间不分建筑面积大小,不论房间还是设备,主要是为了采取防火隔离措施,以达到阻止火灾蔓延的目的,防火区间从属于功能分区。

表10 迪拜车站构件耐火极限

迪拜站	
结构元素	类型II (111)
外承重墙	1
内承重墙	1
柱	1
楼板	1
屋顶	1
内部非承重墙	1
外部非承重墙	1

资料来源: 作者自绘

本文以迪拜Expo站Ground Level为例进行各区域耐火等级的图纸示意分析,使该部分的理解更为清晰。



图8 迪拜站Ground Level1层各区域耐火极限分析图

图片来源: 作者自绘

通过以上梳理,建筑疏散路径、疏散距离、疏散宽度和各区域各构件的耐火极限等内容基本设计完成,若存在特殊功能需求的空间,需同步结合消防性能化分析进行研究。

4 总结

工欲善其事,必先利其器。做好海外项目的前提是熟悉项目所在国别的设计规范,而其中美规是应用范围最广的规范体系,NFPA更是国际项目消防设计中建筑师必须掌握的系列规范。研究美国建筑消防与生命安全设计流程,借鉴先进经验,可为国际工程设计提供基础,提升建筑师设计水平和企业国际竞争力。本文分析了美国建筑技术法规的发展历程和应用现状,并通过中东迪拜车站项目实践,总结出应用NFPA进行消防设计的主要步骤和应用方法,旨在为国内建筑团队提供直观清晰的国际建筑项目消防设计流程。

[参考文献]

- [1]刘刚.美国建筑规范体系介绍(I)[J].商品与质量(建筑与发展),2010(7):1-3.
- [2]NFPA 101.Life Safety Code[S].National Fire Protection Association,Quincy,MA,USA,2018.
- [3]NFPA 5000. Building Construction and Safety Code[S]. National Fire Protection Association,Quincy,MA,USA,2018.

作者简介:

杨洋(1983—),男,汉族,重庆人,硕士研究生,高级工程师,研究方向为建筑设计研究。