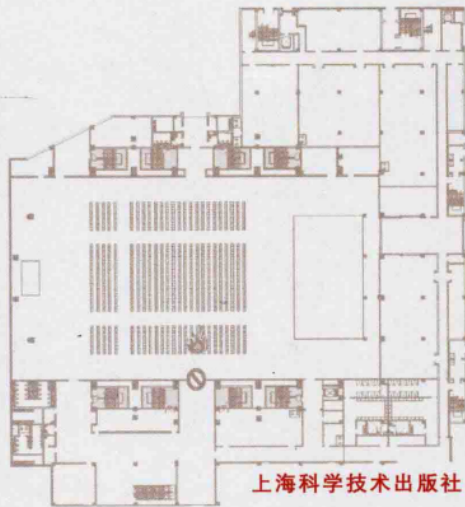
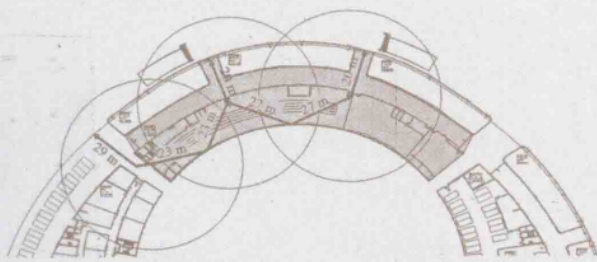


丛书主编 李引擎

城市建设灾害防御 技术应用

于文 等 编著



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市建设灾害防御技术应用 / 于文等编著. — 上海:
上海科学技术出版社, 2023. 11
(城市建设综合防灾丛书)
ISBN 978-7-5478-6324-4

I. ①城… II. ①于… III. ①城市—灾害防治 IV.
①X4

中国国家版本馆CIP数据核字(2023)第178271号

城市建设灾害防御技术应用
于文等 编著

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海市闵行区号景路159弄A座9F-10F)
邮政编码 201101 www.sstp.cn
上海颀辉印刷厂有限公司印刷
开本 787×1092 1/16 印张 17.5
字数 360千字
2023年11月第1版 2023年11月第1次印刷
ISBN 978-7-5478-6324-4/TU·337
定价: 120.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向印刷厂联系调换

编撰人员名单

丛书主编

李引擎

本书编撰人员

于文 李磊 相坤 岳煜斐
陈凯 王曙光 唐曹明 聂祺
郭小东 朱立新 申世元 李娜
房玉东 李振平 范乐

本书主审

孙旋

内容提要

本书整理归纳了近年来典型灾害防御技术在实际中的应用案例,旨在通过典型案例向读者介绍城市建设领域灾害防御相关技术的具体应用。根据应用对象的不同,本书内容分为建筑工程灾害防御技术应用、城市区域灾害防御技术应用和灾害防御信息化技术应用三部分。

建筑工程灾害防御技术应用介绍特殊消防设计、超高层建筑抗风研究、结构加固改造等技术在一些代表性工程中的应用;城市区域灾害防御技术应用介绍综合防灾规划、消防规划、抗震防灾规划的编制内容以及城市洪涝动态模拟的方法、系统和案例;灾害防御信息化技术应用介绍城市安全韧性影响评价系统、应急指挥中心应急决策系统、大震巨灾仿真模拟系统的总体架构、功能模块、系统应用等内容。

本书可为本行业领域和相关专业的工程技术人员、科研人员、管理人员、高校师生提供借鉴和参考。

丛书序

我国城市建设正处于规模扩大、建设提速的阶段,与此同时人口的高度集中、资源依赖的加重、城市系统的日趋庞大和复杂也带来了一系列社会问题。城市发生灾害的潜在风险日益加大,城市综合防灾能力建设面临着严峻的考验。如何加强主动防御能力,应对灾害威胁,减轻灾害影响,保障人民生命财产安全,维护城市功能的正常运行,是防灾减灾领域面临的新挑战。

中国建筑科学研究院有限公司多年来致力于地震、火灾、风灾等典型灾害的防御研究,解决建筑工程和城乡防灾中的关键技术问题;紧密围绕防灾科技发展战略需求,着力提高创新能力,增强核心竞争力,保持在全国建筑防灾减灾领域的领先地位;在国家科技支撑项目、863项目、973项目、国家自然科学基金项目、科研院所科技开发专项和标准规范项目、实验室建设等方面开展了一系列卓有成效的工作,成果斐然。

本丛书依托中国建筑科学研究院有限公司和合作单位的相关科研成果与推广应用经验,在持续性的科研成果积累基础上,以灾害管理和综合防灾理念为指引,对多年来的科研成果进行凝练和提升,强调新技术应用和新思路的探索。在防灾性能化设计、规划指引、决策分析、新技术应用等方面进行了深入、全面的阐述,给出了最新的灾害防御理论。许多研究成果已成功应用于我国防灾减灾建设实践,综合提升城市建设的防灾减灾能力。

本丛书将城市建设灾害防御中的技术问题进行广度和深度要求有机结合,提出新对策,贯彻新理念,分享先进的防灾技术,可供专业技术人员参考。

本丛书分为《建筑工程灾害防御理论与技术》《城市区域灾害防御理论与技术》《城市建设灾害防御技术应用》三个分册,从不同维度阐述了工程建设和城市建设综合防灾相关研究成果和技术的应用。

《建筑工程灾害防御理论与技术》主要介绍单体建筑防灾技术,包括建筑防火、抗风、抗震和地基基础防灾等多个方面,针对不同灾害的作用特点提出不同灾种下的防灾性能设计方法,并应用数字化分析手段进行模拟、仿真和计算,提高分析精度和效率,助力防灾性能化设计目标的实现。

《城市区域灾害防御理论与技术》主要介绍区域防灾技术,从确保城市长期、可持续发展角度针对火灾、洪灾和地震灾害等,开展城市灾害风险评估,并在此基础上编制城市防灾规划;从灾害监测预警、应急处置和韧性提升等方面提出防灾对策;应用信息化技术进

行系统研发,提升灾害管理的整体水平和防灾应急效率。

《城市建设灾害防御技术应用》主要介绍工程应用案例,包括单体建筑和区域防灾相关实施案例的展示。

本丛书内容覆盖了城市建设面临的典型灾害防御关键技术,以深入、全面的研究成果为支撑,全方位构建城市建设综合防灾技术体系,将为持续加强城市综合防灾、减灾、抗灾、救灾能力,提升我国城市安全发展水平提供有力支撑。

城市综合防灾的核心价值就是进行灾害的关联升级研究。关联研究就是通过寻找事物间的关联点,探索关联间的互助与抵消的规律,将互利的部分整合与提升,实现最好的社会互补与时效。

建筑记录着人类发展的历史,推动着社会走向更美好的未来。城市应在综合防灾科学的基础上,通过现代科学技术去最终实现人与自然的和谐。

李引擎

前 言

我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一,灾害种类多,分布地域广,发生频率高,造成损失重。近年来,工程建设的发展使得城市对灾害的敏感性和脆弱性极高,同时灾害对社会公共安全的威胁也愈加严重,小灾大损、大灾巨损的情况屡见不鲜。为了保障人民生命安全和经济的可持续发展,加强城市建设灾害防御研究和相关技术的应用推广迫在眉睫。

党中央、国务院历来高度重视灾害防御工作,党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央将防灾减灾救灾摆在更加突出的位置,多次就防灾减灾救灾工作做出重要指示,提出了一系列新理念、新思路、新战略。在此背景下,为了提高城市建设抵御自然灾害的综合防范能力、切实维护人民群众生命财产安全,推广先进的防灾减灾技术在城市建设中的应用,组织编写了《城市建设灾害防御技术应用》一书。

本书的主要内容和编写工作安排如下:

第1章建筑工程灾害防御技术应用。1.1 张家口奥体中心特殊消防设计,由李磊、相坤执笔。该节以张家口奥体中心为例,针对设计中面临的问题和解决方案,介绍了此类建筑特殊消防设计方法与思路。1.2 “中国尊”超高层结构抗风研究,由岳煜斐、陈凯执笔。该节以北京最高建筑“中国尊”为例,介绍了此类超高层结构的风洞试验情况和结构风振响应分析方法。1.3 国家博物馆结构加固改造工程,由唐曹明、聂祺执笔。该节以国家博物馆为例,介绍了此类加固改造工程的加固原则、设计方案、主要技术措施和加固后的效果。

第2章城市区域灾害防御技术应用。2.1 综合防灾规划,由郭小东执笔。该节以北京市门头沟区为例,对综合防灾规划的研究背景、编制目的、技术路线、主要内容等进行了介绍。2.2 消防规划,由许镇、李磊执笔。该节以北京市通州区潞城镇为例,对消防规划中的安全布局、装备、通道、给水、通信、投资估算、实施保障等主要内容进行了介绍。2.3 抗震防灾规划,由朱立新、于文、申世元执笔。该节以江苏省宿迁市泗阳县为例,阐述了抗震规划的编制背景和基本要求,并对其中的城市用地、生命线系统、城区建筑、次生灾害、避震疏散、灾后应急与恢复重建等主要规划内容进行了介绍。2.4 城市洪涝动态模拟分析,由李娜执笔。该节以广东省佛山市为例,对城区的内涝模型建立、计算结果分析、预警系统设计等方面进行了介绍。

第3章灾害防御信息化技术应用。3.1多灾种下特大城市安全韧性影响评价系统,由范乐、于文执笔。该节介绍了“多灾种、多尺度、多系统”的城市安全韧性影响评价系统的总体架构、基本功能模块、灾情推演与韧性评估模块的开发与实现,以及在天津市滨海新区的示范应用。3.2应急指挥中心应急决策系统,由房玉东、李振平执笔。该节以应急决策系统在应急指挥中心的应用为例,介绍了系统的总体架构和信息采集与分析功能,以及智能辅助决策支持系统和现场应急协同联动系统两大核心系统。3.3朝阳区示范区域大震巨灾仿真模拟,由聂祺、于文执笔。该节介绍了城市地震灾害风险评估的基本方法,并基于抗震防灾信息管理系统介绍了大震巨灾情景构建与仿真模拟平台的研发集成,以及在北京市朝阳区示范区域的应用。

本书读者对象为具有一定相关知识背景和政府防灾部门管理人员、工程建设技术人员、科研工作者和高校师生等。

本书为“城市建设灾害防御理论与技术应用丛书”之一,在编写过程中得到中国建筑科学研究院有限公司、住房和城乡建设部防灾研究中心、应急管理部通信信息中心、北京工业大学、北京科技大学、中国水利水电科学研究院等单位的大力支持,凝聚了所有参编人员和审查专家的集体智慧,在此一并表示诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中难免会有一些疏漏及不当之处,敬请广大读者提出宝贵意见。

作者

2023年10月

目 录

第 1 章 建筑工程灾害防御技术应用

►001

- 1.1 张家口奥体中心特殊消防设计 / 001
 - 1.1.1 项目概述 / 001
 - 1.1.2 消防设计问题及解决方案 / 002
 - 1.1.3 特殊消防设计方法与思路 / 009
 - 1.1.4 人员疏散安全性分析 / 026
 - 1.1.5 评估结论 / 077
- 1.2 “中国尊”超高层结构抗风研究 / 084
 - 1.2.1 项目概述 / 084
 - 1.2.2 风洞试验 / 084
 - 1.2.3 结构风振响应试验 / 086
 - 1.2.4 基底剪力和弯矩响应 / 089
- 1.3 国家博物馆结构加固改造工程 / 090
 - 1.3.1 项目概述 / 090
 - 1.3.2 原建筑存在的主要问题 / 091
 - 1.3.3 加固原则及绿色技术措施 / 091
 - 1.3.4 结构加固及节点设计 / 093
 - 1.3.5 加固、改造效果 / 097

第 2 章 城市区域灾害防御技术应用

►099

- 2.1 综合防灾规划——北京市门头沟区 / 099
 - 2.1.1 项目概述 / 099
 - 2.1.2 规划主要内容 / 100
 - 2.1.3 规划成果 / 101
- 2.2 消防规划——北京市通州区潞城镇 / 112
 - 2.2.1 项目概述 / 112
 - 2.2.2 消防安全布局规划 / 112

- 2.2.3 消防站布局规划 / 117
- 2.2.4 消防装备规划 / 118
- 2.2.5 消防通道规划 / 119
- 2.2.6 消防给水规划 / 121
- 2.2.7 消防通信规划 / 123
- 2.2.8 消防与其他专项规划 / 125
- 2.2.9 消防宣传规划 / 127
- 2.2.10 建设规划与投资概算 / 127
- 2.2.11 规划实施保障措施 / 128
- 2.3 抗震防灾规划——江苏省宿迁市泗阳县 / 129
 - 2.3.1 项目概述 / 129
 - 2.3.2 抗震防灾基本要求 / 130
 - 2.3.3 防灾分区与资源布局 / 135
 - 2.3.4 城市用地抗震防灾规划 / 138
 - 2.3.5 生命线系统抗震防灾规划 / 140
 - 2.3.6 城区建筑抗震防灾规划 / 144
 - 2.3.7 地震次生灾害防御规划 / 146
 - 2.3.8 避震疏散规划 / 147
- 2.4 城市洪涝动态模拟分析——广东省佛山市 / 150
 - 2.4.1 案例区域概况 / 150
 - 2.4.2 佛山市城区内涝模型 / 155
 - 2.4.3 内涝预警系统设计 / 174
 - 2.4.4 系统主要功能模块 / 181
 - 2.4.5 应用实践 / 208

第3章 灾害防御信息化技术应用

► 210

- 3.1 多灾种下特大城市安全韧性影响评估系统 / 210
 - 3.1.1 总体架构 / 210
 - 3.1.2 功能模块 / 211
 - 3.1.3 系统基本功能开发与实现 / 214
 - 3.1.4 灾情推演与韧性评估模块开发与实现 / 217
 - 3.1.5 应用实践 / 224
- 3.2 应急指挥中心应急决策系统 / 241
 - 3.2.1 总体架构 / 241
 - 3.2.2 应急信息采集与分析系统 / 242

- 3.2.3 智能辅助决策支持系统 / 249
- 3.2.4 应急指挥系统 / 254
- 3.3 朝阳区示范区域大震巨灾仿真模拟 / 258
 - 3.3.1 项目概述 / 258
 - 3.3.2 基础数据收集 / 258
 - 3.3.3 抗震防灾信息管理系统的构建 / 259
 - 3.3.4 地震灾害风险评估 / 261
 - 3.3.5 基于单体的地震易损性评估及震害预测与模拟 / 265
 - 3.3.6 情景构建集成软件系统开发 / 266

1.1 张家口奥体中心特殊消防设计

1.1.1 项目概述

张家口作为冬奥会举办城市,未来也将被打造为冬季冰雪运动之都。张家口奥体中心既包含了常规的夏季项目场馆,又包含了富有特色的冰上项目场馆,因此夏季与冰上项目场馆在总体布局、功能设计上的兼顾成为新建奥体中心区别于其他城市体育中心的重要特色(图 1-1、图 1-2)。

张家口奥体中心的体育建筑包括体育场、体育馆、游泳馆、速滑馆,以及训练馆、配套服务设施和室外场地。未来体育场馆可承办国际单项及国内综合性运动会,体育场、体育馆、游泳馆、速滑馆均为甲级体育建筑。因此,本项目的体育竞赛功能要求及相关的体育工艺标准较高。



图 1-1 张家口奥体中心效果图

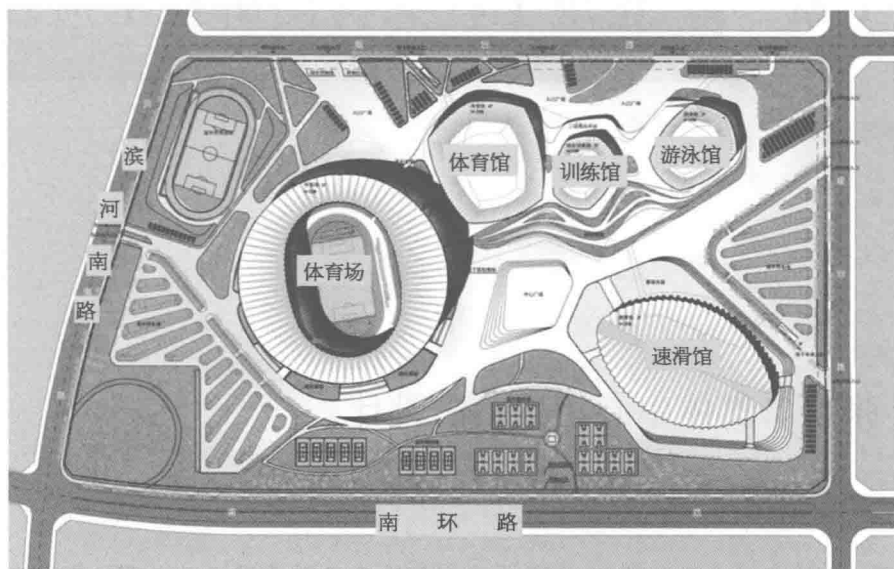


图 1-2 张家口奥体中心总平面图

1.1.2 消防设计问题及解决方案

1.1.2.1 消防设计问题

针对张家口奥体中心内体育场、体育馆、训练馆、游泳馆、速滑馆的项目特点,整理总结其特殊消防设计问题,见表 1-1。其中防火分区面积的参考标准为 $5\,000\text{ m}^2$ 。

表 1-1 张家口奥体中心特殊消防设计问题汇总

区域	防火分区扩大	疏散距离超长	汽车环道用于人员疏散
体育场	—	—	最长开口间距 80 m, 通行大巴, 规范没有明确规定
体育馆	$39\,199\text{ m}^2$ (超 $5\,000\text{ m}^2$)	观众休息厅疏散距离最长 18.5 m, 超出规范 12.5 m 的距离要求	—
训练馆	$5\,301\text{ m}^2$ (超 $5\,000\text{ m}^2$)	—	—
游泳馆	$8\,702\text{ m}^2$ (超 $5\,000\text{ m}^2$)	楼梯间在首层出室外距离 22 m、40 m, 超出规范 15 m 的距离要求; 观众厅疏散距离 39 m、比赛大厅疏散距离 46 m, 超出规范 37.5 m 的距离要求	—

(续表)

区域	防火分区扩大	疏散距离超长	汽车环道用于人员疏散
速滑馆	28 722 m ² (超 5 000 m ²)	比赛场地疏散距离最大 120.5 m, 超出规范 37.5 m 的距离要求	—
体育馆与速滑馆之间地下车库通道	—	通道内至最近疏散楼梯距离为 81.5 m, 超出规范 60 m 的距离要求	—

1.1.2.2 针对高大空间防火分区扩大与疏散距离超长的问题策略

针对本项目大空间防火分区面积扩大的问题,本小节从火灾烟气控制、人员疏散安全性等方面进行综合分析,认为该空间在消防设施的安全保护下,可达到规范要求的安全水平,该防火分区划分方式可行。

场馆所有人员必须全部逃生至室外才能保证安全,因此本项目人员疏散计算将以全部人员疏散至室外的时间作为安全标准。规范中的计算方法主要用于计算观众厅的出口所需宽度与出观众厅的疏散时间。参照规范对场馆疏散距离、疏散宽度、疏散人数进行校核计算,并用瞬态疏散和步行者移动模拟(simulation of transient evacuation and pedestrian movements, STEPS)软件进行仿真模拟人员疏散过程,分析找出体育中心各个部分可能影响人员疏散的安全隐患。

场馆排烟设计目标是保证人员的安全疏散。因此,排烟系统的设计应保证在疏散过程中烟气不会对人员产生危害,这可以通过分析火灾中烟气的蔓延状态、烟气温度与能见度等指标进行判断。烟层应保持的清晰高度(与储烟仓烟气厚度有关)设定为距看台区最高点 2 m 处,最终实际排烟系统的性能采用计算机模拟验证确定。

体育馆和速滑馆比赛大厅设置包厢、观众服务用房等火灾危险性较高的区域。针对这些区域,提出如下消防设计要求:

(1) 敞开包厢应采用不燃烧材料装修,家具采用不燃烧或难燃烧材料制作。

(2) 封闭包厢面向大空间采用 C 类防火玻璃分隔。

(3) 观众服务用房按封闭舱设计,墙体采用耐火极限不低于 2 h 的防火隔墙,顶棚采用耐火极限不低于 1.5 h 的防火顶板;不能设置墙体的部位应采用耐火极限不低于 2 h 的防火卷帘或 C 类防火玻璃等分隔。

(4) 以上区域的顶棚下应安装火灾自动报警系统、自动喷淋系统,当房间面积大于 100 m²,还需要设置排烟系统。

1.1.2.3 门厅疏散距离超长问题的策略

游泳馆存在疏散距离超长的问題,且该门厅作为大空间外的疏散走道进行设计,其疏散距离为 18.5 m(图 1-3),超出规范要求的 12.5 m。由于门厅空间层高低,不具有大空

间的蓄烟条件,因此该门厅按《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)第 5.5.17 条第 2 款规定的扩大前室进行设计,从而解决疏散距离超长的问题。

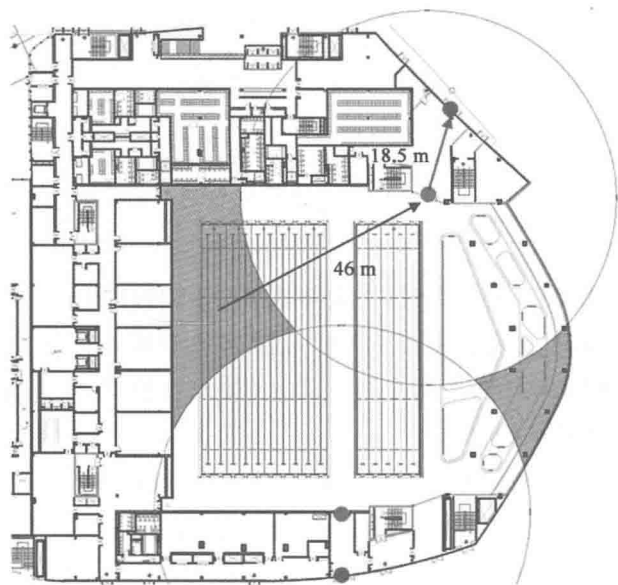


图 1-3 游泳馆首层门厅超距离示意

1.1.2.4 楼梯间首层出室外超距离问题的策略

游泳馆楼梯间首层出室外超距离,超距离的楼梯布置如图 1-4 所示。图中楼梯 1 难以调整位置,故按《建筑设计防火规范》第 5.5.17 条第 2 款规定进行设计,即在首层采用

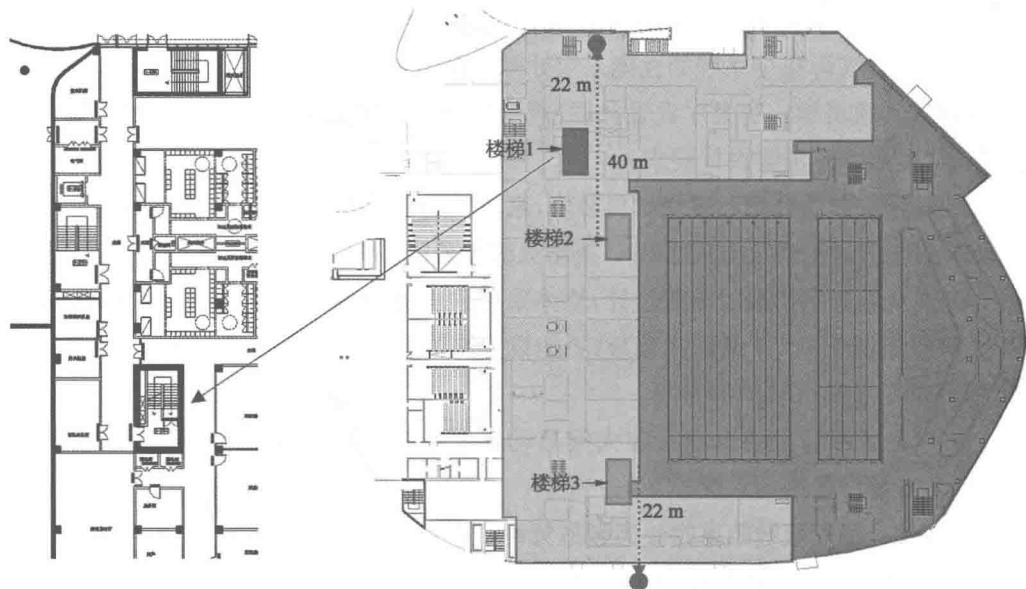


图 1-4 游泳馆楼梯间首层出室外超距离示意

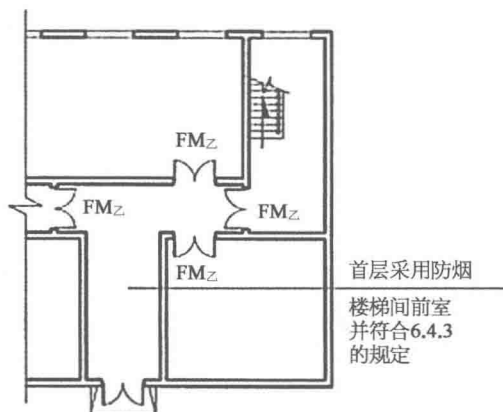


图 1-5 《建筑设计防火规范》13J811-1 改 5.5.17 图示 5

扩大前室,具体设计可参考《建筑设计防火规范》13J811-1 改 5.5.17 图示 5(图 1-5)。

对于楼梯 2、3,可疏散至二层,然后直通室外(图 1-6)。该楼梯即便布置在二层,也主要为地下人员疏散服务,因此在楼梯疏散指示标志时,可引导至二层疏散。

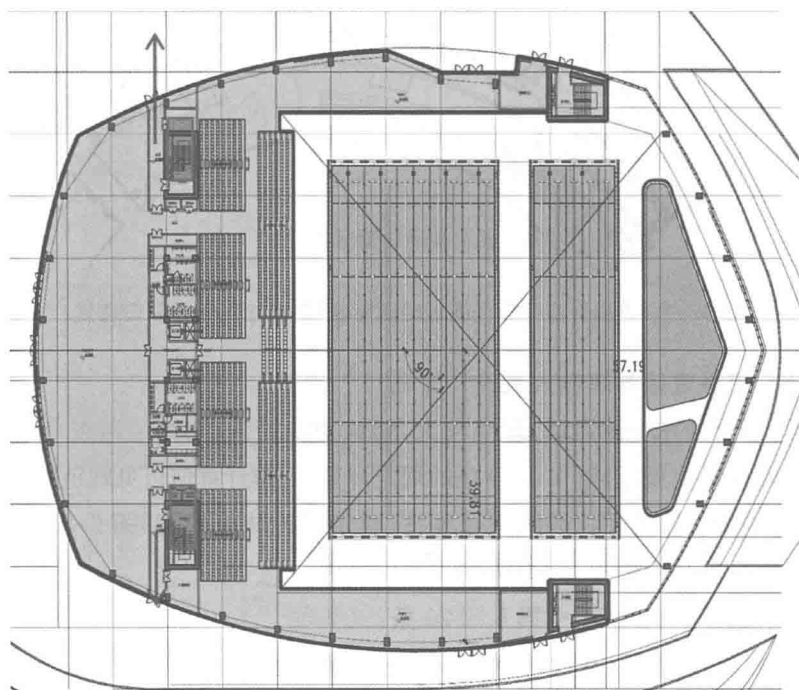


图 1-6 楼梯 2、3 在二层可直通室外

1.1.2.5 针对体育场环道作为人员疏散通道的策略

体育馆西侧的环路在人员疏散时具有重要的作用,部分人员必须经过环道才能到达室外。因此,该环道必须作为人员疏散的安全空间,即建筑内人员疏散至此即可认为是安

全的。

本项目的消防环道在设计时,结合车行流线设置了很多直通室外的开口,环道两个最近开口之间距离最长约 80 m(图 1-7),这些开口便于环道内发生火灾后的烟气蔓延和扩散,也提高了环道的疏散安全性。为保证西侧环路的消防安全水平,本项目提出如下消防策略:

(1) 环道与相邻功能房间之间应采用固定甲级防火玻璃窗,房间门采用甲级防火门,墙体采用耐火极限不低于 2 h 的防火隔墙进行分隔,防止火灾蔓延。

(2) 临近环道功能房间设置自动灭火系统、火灾自动报警系统、机械排烟系统,排烟量参照规范要求设置。

(3) 环道两侧为自然开口,对于长度大于 60 m 的环道,为保证烟气不在环道区域积聚,在环道内设置机械排烟系统,排烟量按地面面积的 $60 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 计算。

(4) 环道为安全通道,在日常使用中严格管理,该区域不应进行商业经营或堆放任何可燃物。当有比赛及相关活动时,该区域不应停放机动车。

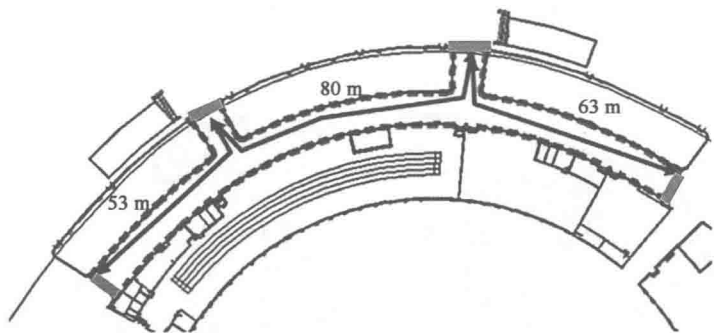


图 1-7 首层环道开口间最近距离示意(箭头指向处为开口位置)

1.1.2.6 疏散宽度与疏散人数设计原则

本项目为重要的体育馆建筑,规模较大,建筑功能复杂,比赛场地观众厅疏散宽度计算按照《建筑设计防火规范》第 5.5.20 条的规定计算,关键计算值可见规范的表 5.5.20-2。比赛场地周边的配套服务用房的疏散宽度按《建筑设计防火规范》第 5.5.21 条的规定计算,关键计算值可见其中的表 5.5.21-1。

根据《建筑设计防火规范》中第 5.5.20 条:

“5.5.20 剧场、电影院、礼堂、体育馆等场所的疏散走道、疏散楼梯、疏散门、安全出口的各自总净宽度,应符合下列规定:

.....

3 体育馆供观众疏散的所有内门、外门、楼梯和走道的各自总净宽度,应根据疏散人数按每 100 人的最小疏散净宽度不小于表 5.5.20-2 的规定计算确定。”

根据以上规范的要求,确定张家口奥体中心各场馆的疏散宽度指标如下: