

天津文化中心博物馆防火设计难点分析

薛奕¹ 肖鹏让², 王宗存²

(1 天津市公安消防总队, 天津, 300070,

2 公安部天津消防研究所, 天津, 300381)

摘要: 天津文化中心博物馆因使用功能的需要, 其文物库区防火分区难以按照现行防火技术规范的规定进行设计。本文提出了文物库区的防火分隔要求, 并采用数值计算模拟的方法进行了安全疏散分析。

关键词: 博物馆、防火分区、安全疏散

1 工程概况

天津博物馆位于天津文化中心南侧, 建筑东侧临近天津美术馆, 西侧临近天津自然博物馆。天津博物馆南侧为 7m 宽的文化中心内部道路, 西侧为 32m 宽的越秀路, 北侧为 7m 宽的景观步行道, 东侧为 7m 宽的步行道。

天津博物馆由主体和裙房两部分组成, 主体长、宽均为 115.7m, 总建筑面积 63883m², 地上 5 层, 地下 1 层, 建筑高度 30.0m。建筑主体西侧和北侧直接落地, 在东侧和南侧裙房凸出主体 15m, 高 8.5m。该博物馆按现行国家标准《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045 进行防火设计, 耐火等级为一级。

2 防火设计难点

博物馆地下一层, 主要为博物馆文物库区、库区前区及设备用房区, 建筑面积 14031m², 其中文物库区总面积 7927m², 各个库房在 100m²~200m² 之间。现行行业标准《博物馆建筑设计规范》JGJ 66 第 5.1.1 条规定, 藏品库区的防火分区面积, 单层建筑不得大于 1500 m², 多层建筑不得大于 1000 m², 同一防火分区内的隔间面积不得大于 500 m²。现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 第 3.3.2 条表 3.3.2 规定, 地下仓库火灾危险性为丙类时, 防火分区面积不应大于 300m²。

因文物库区平时无人, 需要进入时人员很少, 均为熟悉环境的工作人员, 且有严格的保安全管理需要, 博物馆地下室设置为单一防火分区, 设 5 个独立安全出口直通室外, 编号为 LT0-1~LT0-5 如图 1 所示。

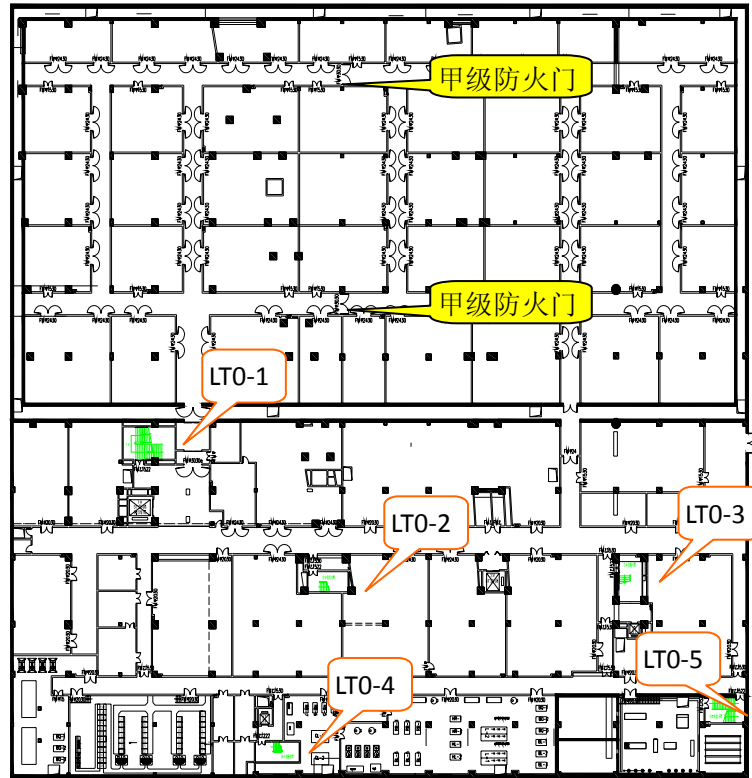


图 1 地下一层平面布局示意图

文物库房面积大都为 $100\text{m}^2 \sim 200\text{m}^2$ ，每个库房只设 1 个疏散门，此外文物库区内未设置直通室外的安全出口，其最远点至库门距离 86m 超出了现行规范的规定。

针对博物馆文物库区的使用功能需要，结合该建筑的空间特点，对地下一层的防火分隔提出如下要求：

1、博物馆文物库区、库区前区及设备用房区内部通过防火墙和甲级防火门划分为相对独立的 4 个防火分区。

2、在文物库区，按储存文物火灾危险性的不同如织物、书籍、字画、陶瓷、金属制品等分区存放，并设置相应的自动灭火系统。

3、各个文物库房作为一个独立的防火单元，采用防火墙与其他库房进行防火分隔，库房的门采用甲级防火门。在文物库区内的走道上设置 2 道甲级防火门，将库区分成 2 个防火分区，如图 1 所示。

4、现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 第 3.8.2 条规定，当库房防火分区的建筑面积小于等于 100m^2 时，可设置一个通向疏散走道的出口。当文物库房因平面布置等原因只能设置一个门时，建议该库房仅存放丁、戊类的火灾危险性物品。

5、虽然文物库房的使用人数较少，但考虑到疏散距离较长，建议在文物库区内设置保持视觉连续的疏散指示标志，并提高应急照明的照度。

3 安全疏散分析

3.1 火源位置

在设计火灾场景时，应设定火源在建筑物内的位置，考虑建筑的空间几何特征。为对博物馆内文物库区的安全疏散进行分析和评估，将火源设置在地下一层书画库区内，如图 2 所示，为储存的书画发生火灾，考虑库房灭火系统失效且防火门未正常关闭的情况，走道机械排烟系统正常开启，走道防火门正常关闭，以计算走道烟气影响到人员疏散的时间以及人员逃离受烟气影响的走道的时间。

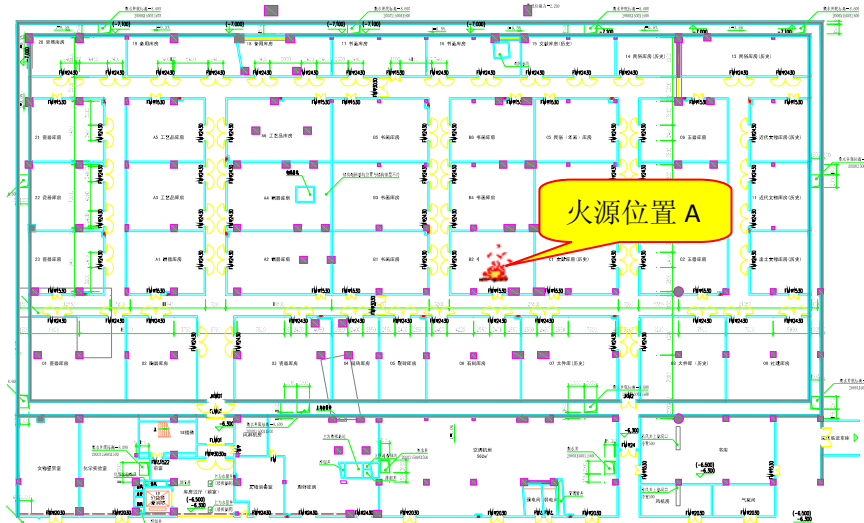


图 2 地下一层火源位置示意

3.2 火灾热释放速率

火灾增长速率是衡量火灾危险性的重要指标。同样的火灾荷载可能支持较小的火燃烧较长时间，如得到消防人员及时扑救则所造成的损失较小，或可能支持较大的火燃烧较短时间，则这种情况的危险性更高，造成的损失更大。火灾的增长速度与可燃物的燃烧特性、储存状态、空间摆放形式、是否有自动灭火系统、火场通风排烟条件等因素密切相关。

地下文物库房内的主要可燃物为木制家具、字画和图书，由于火源所在的库房面积较小，库房面积大都为 $100\text{m}^2\sim 200\text{m}^2$ ，在消防人员开始灭火战斗前火灾可能已经达到轰燃状态，此时火灾的最大热释放速率为轰燃时的热释放速率，其值由房间表面积和通风状况决定。文物库房发生轰燃时的热释放速率可以利用托马斯轰燃公式进行计算，该公式是在室内火灾轰燃试验的基础上得到的经验公

式，如公式 1 所示：

$$Q = 7.8A_t + 378A_w\sqrt{H_w} \quad (\text{公式 1})$$

其中：Q—发生轰燃时的热释放速率（kW）；

A_t —房间的内表面积（m²）；

A_w —通风口面积（m²）；

H_w —通风口高度（m）。

根据火源所在库房具体几何参数，得出：

$$Q = 7.8 \times 127 + 378 \times 4 \times 2 = 4014 \text{ (kW)}$$

到达最大热释放速率时间为 293s，而消防队员到达现场并展开救援的时间一般为 600s。可见，文物库房火灾在消防人员展开灭火战斗前已经达到了轰燃状态。考虑到经验公式 1 进行了一些简化和假设，在分析文物库房火灾时，考虑 1.5 倍的安全系数确定其火灾最大热释放速率为 6.0MW。

3.3 安全疏散分析

结合设定的火灾场景，对博物馆地下文物库房设计如下疏散场景：对应火源位置 A，待疏散人员为地下一层的工作人员，疏散人数 24 人，重点观察地下一层的人员疏散情况。无疏散出口、疏散通道堵塞，各区的人员通过疏散楼梯正常进行疏散。

火灾发生之后，并不是所有人员均马上开始疏散。根据研究，人员疏散的必需疏散时间 TRSET 一般包括几个不同的时间间隔。为了能方便、统一地描述人员疏散的必需疏散时间，消防安全工程大致将必需疏散时间简化为三个阶段：报警时间 TA、响应时间 TR 和疏散行走时间 TM。即人员疏散的必需疏散时间 TRSET 可按公式 2 计算。

$$TRSET = TA + TR + 1.5 \times TM \quad (\text{公式 2})$$

报警时间是指从火灾发生到火灾自动报警系统报警这段时间。触发报警器报警的方式有 3 种：

- 1) 自动喷水灭火系统的喷头破裂触发报警；
- 2) 火灾探测器探测到火灾而报警；
- 3) 人员感知到火灾发生后手动启动报警设备。

本建筑采用感烟探测器，该类型探测器通常能在火灾发生后 30s~60s 探测到火情，展览开放期间存在人员活动，能及时发现火灾，故本报告中将火灾报警时间 TA 确定为 60s。

人员响应时间是指人员接收到警报之后到疏散行动开始之前的这段时间间隔。不同场所的人员响应时间不同，统计表明，火灾时人员的响应时间与建筑内采用的火灾报警系统的类型有直接关系。表 1 是根据经验总结出的各种用途的建筑物采用不同火灾报警系统时的人员响应时间。

表 1 各种用途的建筑物采用不同火灾报警系统时的人员响应时间

建筑物用途及特性	响应时间 (min)		
	报警系统类型		
	W1	W2	W3
办公楼、商业或工业厂房、学校（建筑内的人员处于清醒状态，熟悉建筑物及其报警系统和疏散措施）	<1	3	>4
商店、展览馆、博物馆、休闲中心等（建筑内的人员处于清醒状态，不熟悉建筑物、报警系统和疏散措施）	<2	3	>6
旅馆或寄宿学校（建筑内的人员可能处于睡眠状态，但熟悉建筑物、报警系统和疏散措施）	<2	4	>5
旅馆、公寓（建筑内的人员可能处于睡眠状态，不熟悉建筑物、报警系统和疏散措施）	<2	4	>6
医院、疗养院及其他社会公共福利设施（有相当数量的人员需要帮助）	<3	5	>8

注：W1—实况转播指示，采用声音广播系统，例如闭路电视设施的控制室；

W2—非直播（预录）声音系统、视觉信息警告播放；

W3—采用警铃、警笛或其他类似报警装置的报警系统。

本建筑内设置有声音广播系统，火灾报警方式属于 W1 类型，博物馆文物库区的工作人员均处于清醒状态，具有熟悉环境且能够及时的应对相应的报警信息，火灾信息在人员之间传播的速度较快，人员需要的行动准备时间较短，因此，将博物馆文物库区内的工作人员疏散响应时间确定为 60s。

采用疏散软件 PathFinder 进行疏散模拟分析，该软件为三维网络模型，是基于美国《消防工程手册》有关安全疏散的计算方法而开发的，可以模拟紧急状况下的人员疏散情况。该软件已经成功用于世界各地许多大型、复杂建筑的疏散模拟，具有较高的可信度和准确度。在我国已运用于许多大型公共建筑的人员疏散过程模拟计算。

按照确定的各个参数，建立文物库区的疏散场景的 PathFinder 模型。

将模拟计算的疏散行走时间加上报警时间和响应时间，最后可得到文物库区的必需疏散时间为 272s。

3.4 小结

保障人员生命是消防性能化设计最重要的目标。人员疏散是否安全，需要将不同火灾场景下的火灾情景与人员疏散的情况联系起来分析。根据设定火灾

场景对地下一层文物库房火灾的烟气运动进行模拟计算分析,按照火灾产生的烟气、辐射热和环境能见度等因素达到影响人员安全疏散时的时间,得到可用疏散时间为 304s。由于文物库区内人数较少最多为 24 人,且均为工作人员熟悉环境,能够及时对火灾等紧急情况作出反应。通过对文物库区人员安全疏散进行计算模拟分析,得到其必需疏散时间 272s,与可用疏散时间相对比,可以判定在文物库区内的人员能够安全疏散。

从消防安全管理角度,应制订灭火和应急疏散预案,定期对建筑内的使用人员进行消防培训和疏散演习,使他们能在火灾情况下迅速、准确地找到出口,并协助其他人员安全撤离,以提高工作人员的安全疏散能力。

4 结论

综上所述,天津文化中心博物馆文物库区因使用功能的需要,平时无人,需要进入时人员较少,均为熟悉环境的工作人员,且有严格的保安全管理需要,博物馆地下一层设计为单一防火分区。各个文物库房作为一个独立的防火单元,采用防火墙与其他库房进行防火分隔,库房的门采用甲级防火门。通过对文物库区人员安全疏散进行计算模拟分析,得到其必需疏散时间小于可用疏散时间,可以判定在文物库区内的人员能够安全疏散。

参考文献:

- [1] GB 50016-2006,建筑设计防火规范[s].
- [2] GB 50045-1995 (2005 年版),高层民用建筑设计防火规范[s].
- [3] JGJ 66 -1991,博物馆建筑设计规范[s].

——本文发表于《消防科学与技术》(2011 年第 8 期)