

某肿瘤医院大楼消防灭火系统设计的探讨

穆绮琪

广州市设计院集团有限公司

摘要：现代医疗建筑功能复杂，其消防设计是否合理极其重要。以某肿瘤医院重离子医学中心为例，总结了该类医疗建筑消防灭火系统的设计特点及重难点，针对该类建筑中特殊功能区域的特点，提出了一些消防灭火系统方面的可行技术措施及设计方案，为类似工程的消防灭火系统设计提供思路和参考。

关键词：医疗建筑；重离子；设计特点；消防灭火系统；高压细水雾

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.18.119

一、项目概况

项目总用地面积约6300平方米，总建筑面积约20000平方米，该肿瘤医院重离子医学中心为院区的新建大楼，属于多层公共建筑。地下一层，主要包括重离子治疗装置及其工艺配套用房、影像检查功能用房、患者及其陪同使用的公共用房、医护用房以及后勤等相关配套等功能用房。地上主要包括配套设备房、诊室、医护办公、会议室等功能区域。

二、医院重离子装置区的消防设计重难点及其措施

（一）消防设计重难点

重离子装置区主要分为设备区和治疗区，尤其设备区域建筑空间关系复杂，有异形高大空间。由于设备区及治疗区的工艺使用要求，会使部分消防设计无法满足现行消防规范的要求。本项目的消防设计难点如下：

①在建筑空间布置方面，设备区既有净高超过14米的加速器大厅，又集中了大量电气工艺装置。由于工艺装置连续性、整体性的布置要求而无法采取防火隔离，整个装置区需作为一个防火分区，其建筑面积超过了《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018版）中第5.3.1条中最大防火分区面积 $\leq 1000\text{m}^2$ 的要求。同时为满足辐射防护的要求，疏散口数量和位置受到严格的限制，导致疏散出口和疏散距离无法满足以上规范的相关要求。^[1]

②在消防灭火系统选用方面，由于装置区内的辐射环境，会使该环境内的水受到辐射的污染，而且水对重离子装置设备造成毁坏，因此装置区内无法设置室内消火栓系统、自动喷淋灭火系统等用水量大的消防设施。同时鉴于设备区的放射性环境且容积较大，也难以采用气体灭火系统^[2]，如图1所示：



图1 重离子装置区剖面图

（二）特殊消防设计措施

根据《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》，针对以上的消防重难点，进行了特殊消防设计评审。

考虑重离子装置区设备内采用了不燃或阻燃材料，发生火灾的可能性较小，而且只有在设备维护保养时才有人在内活动。针对此区域的特殊性，分别从加强防火和其他控制措施方面，避免或尽早探测到火灾的发生。

1. 火灾预防措施

在预防火灾措施方面，所有室内装修材料均采用A级不燃材料。在重离子设备区，设置管路吸气式感烟探测器，能及时探测到火灾；在电缆夹层的强电桥架内设置缆式线型感温火灾探测器，治疗区内设烟温感组合探测器。在装置设备区和治疗室入口前的公共走道设置应急广播扬声器和安全出口指示标识；装置区人员可达位置均设置了应急照明和疏散指示。

2. 消防灭火及加强措施

在消防设计上，因受重离子装置区受特殊工艺装置的限制，无法直接套用目前现有的《建筑防火设计规范》GB50016-2014、《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014、《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084-2017或其他现行相关规范。由于无法设置常规的消防灭火系统（如室内消火栓系统、自动喷淋系统、气体灭火系统等），仅能按《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140-2005，配置灭火器。根据特殊消防设计专家评审会的意见：“重离子装置区应按A类及E类火灾、严重危险等级配置灭火器，并适当加强”。因此，装置区除了按照现行规范要求设置了手提式灭火器之外，还另外设置了推车式灭火器作为加强措施。

此外，为了更好避免火灾发生，消防设计上还采取了其他加强措施。其中包括：重离子装置区采用甲级防火门以及高于规范要求的防火墙进行分隔；对重离子装置区制定全面、完备的灭火和应急疏散预案，定期组织员工开展预案演练等一系列措施。

由于各治疗室内的设备也非常昂贵，并且经常有病人和操作员在治疗室内停留，治疗室内无法设置自动喷淋灭火系统及气体灭火系统。除了设置了上述的消防措施外，根据特殊消防设计评审会的专家意见，治疗室区域采用高压细水雾灭火系统。

三、高压细水雾系统的特点

（一）安全性及有效性

①高压细水雾系统的水雾颗粒细小，不会对电气设备产生损害。而且该系统的用水量较小，水渍损失容易受控制。

②水作为高压细水雾灭火系统的灭火剂，较为清

洁，不会对人体造成伤害，喷放时还可以降低火灾现场的烟尘、二氧化碳和一氧化碳。而气体灭火系统，在喷放前人员须撤离现场，否则可能造成人员伤亡。

③在灭火有效性方面，据美国统计资料表明，气体灭火系统的灭火成功率仅为40%左右。而高压细水雾系统的灭火成功率较高，且复燃的可能性小。^[3]

(二) 环保性

除了灭火效果好，高压细水雾灭火系统还具有节能环保的特点。传统灭火方式常常需要大量的化学灭火剂和水，不仅浪费了大量资源，而且还污染了环境。而高

压细水雾灭火系统只需要使用一套泵组，便可以产生高压细水雾，从而实现灭火的效果。这种方式不仅可以减少水的消耗，而且还能减少能源的消耗，降低对环境的污染。尤其是七氟丙烷灭火系统，在2019年5月《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》第九次缔约方大会批准了“关于全氟辛基磺酸及其盐类和全辛基磺酰氟的附件B修正案”，该修正案要求禁止全氟辛基磺酸及其盐类和全辛基磺酰氟的所有生产和使用（可接受用途和特定豁免除外），这意味着七氟丙烷将逐步被淘汰，如表1所示：

表1 高压细水雾灭火系统与常规气体灭火系统对比表

| 灭火系统 | 高压细水雾系统 | 七氟丙烷气体灭火系统 | IG541气体灭火系统 |
|----------|-------------|---------------------------------|-------------|
| 灭火机理 | 冷却、窒息、辐射热阻隔 | 冷却、窒息、化学抑制 | 窒息 |
| 灭火剂类型 | 纯净水 | 卤代烃类 | 惰性气体 |
| 适用火灾类型 | ABCE类 | ABCE类 | ABCE类 |
| 压力等级 | ≥10MPa | 2.5~5.6MPa | 15~30MPa |
| 输送距离 | —— | 30~150米 | ≤150米 |
| 灭火后的二次损失 | 用水量小，损失易控 | 高温下可能产生氢氟酸，对设备具有腐蚀性，对人的呼吸道具有刺激性 | 无水浸损失，无复燃保护 |
| 人员安全性 | 高 | 一般 | 一般 |
| 环保性能 | 高 | 低 | 高 |

(三) 安装简单及维护方便

高压细水雾灭火系统，对安装工人的要求不高，只需进行简单的卡扣连接，而且管道的管径较小，比传统管材更节省空间。系统管道材料为不锈钢，其使用寿命较长，维护也更加方便。

四、高压细水雾系统的系统设计

(一) 设置区域

本工程除了地下一层的4个重离子治疗室区域采用高压细水雾灭火系统外，还有CT室、中央控制室、IT控制室等，共10个防护区域。根据《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018版）的要求，可以选择气体灭火系统或细水雾系统。考虑到这些医疗设备房里有相当一部分属于有防辐射要求的医疗用房，如果采取气体灭火系统，泄压口会成为防辐射的薄弱环节，需设置防辐射泄压口。根据这些医疗设备房具有的特殊性，采用高压细水雾系统不失为一个好的选择。

(二) 系统的分类和选择

根据喷头形式，可分为闭式系统和开式系统，其中开式系统又分为泵组式和瓶组式，以及全淹没应用方式和局部应用方式。《细水雾灭火系统技术规范》（GB 50898-2013）中，关于开式及闭式系统的要求有：

①对于闭式系统，第3.4.3条，“闭式系统作用面积不宜小于140m²。每套泵组所带喷头数量不应超过100只。”

②对于开式系统，第 3.4.5条，“采用全淹没应用方式的开式系统，其防护区数量不应大于3个。单个防护区容积，对于泵组系统不宜超过3000m³，对于瓶组系统不宜超过260m³。”^[4]

根据上述规范条文的要求，单套闭式系统泵组所带的喷头数量不超过100只，限制了单套泵组细水雾系统的保护面积及防护区数量，若只采用闭式系统需设置2套闭式系统。因此，本工程采用开式高压细水雾系统。

(三) 系统设计参数

本系统最大一个防护区域为变配电房，采用开式喷头，喷头数量为38只；设计流量342L/min，系统用水量10.3m³，设计用水量约11.3m³。系统工作压力则根据最不利点喷头的最低工作压力来进行水力计算，采用达西-魏斯巴赫公式。

(四) 系统组成及控制方式

该系统包括储水水箱（有效容积12m³）、高压细水雾泵组（5台高压柱塞泵，主泵参数：Q=100L/min，H=14MPa，N=33kw；4用1备）、稳压泵（2台，参数：Q=11.8L/min，H=1.4MPa，N=0.55kw；1用1备）、补水增压泵（2台，参数：Q=22m³/h，H=41m，N=4kw，1用1备）、分区控制阀及开式喷头、火灾自动报警系统等。

平时状态下，系统分区控制阀后管道在不充水的状态下。当防护区域发生火灾时，由手动按下相应区域的控制阀或火灾自动报警系统联动开启，系统管网的压力开始下降；当系统管网中的压力下降至1.0MPa时，稳压泵将自动启动，以维持系统的压力稳定；当稳压泵运行10s后，系统管网压力依然无法达到设定值1.2MPa时，稳压泵将停止运行，同时高压细水雾系统的主泵将启动。此时，系统管道内的水迅速达到工作压力，进行灭火^[5]，如图2所示：

在高压细水雾灭火系统设计中，值得注意的是，分

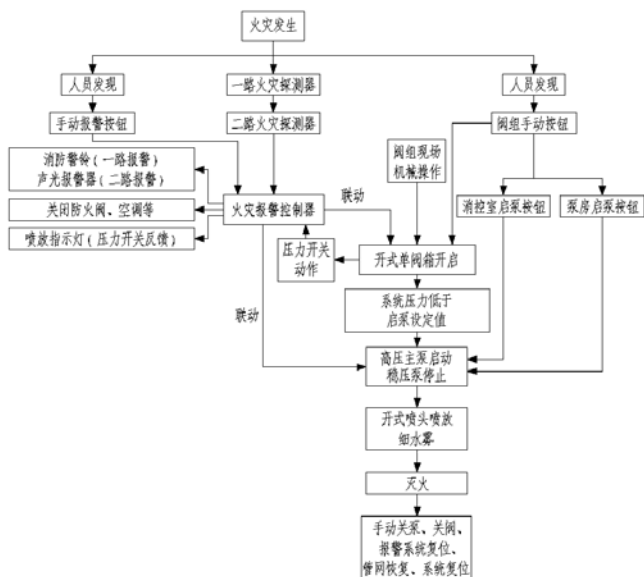


图2 开式系统控制原理图

区控制阀设置在防护区的外侧。这样既可方便机械应急启动，也可避免辐射的污染。分区控制阀设置在分区控制阀体内，箱体尺寸较大，接近消火栓箱体，尽早与建筑专业协调，确定阀箱安装方式（明装、暗装或半暗装）。进出水口的连接管道也需在分区控制阀箱定位后进行安装。分区控制阀箱如图3所示。^[2]

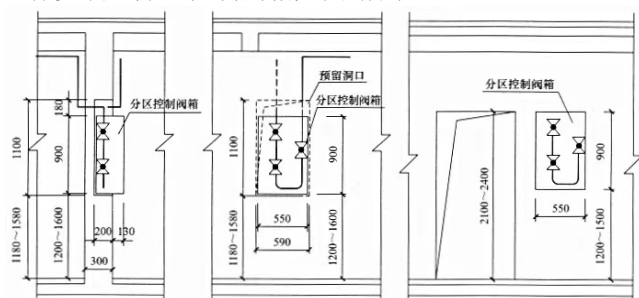


图3 分区控制阀箱示意图

五、洁净区的消防系统设计

（一）洁净区消防给水系统的规范要求

在医疗建筑内洁净区是否设置消防给水系统以及如何设置，也较为重要。因此本工程根据以下相关的消防设计规范进行设计：

（1）《综合医院建筑设计规范》GB 51039-2014中6.7.1条规定，“室内消火栓的布置应符合下列要求：1. 消火栓的布置应保证2股水同时到达任何位置，消火栓宜布置在楼梯口附近。2. 手术部的消火栓宜设置在清洁区域的楼梯口附近或走廊。必须设置在洁净区域时，应满足洁净区域的卫生要求。”6.7.4条规定，“血液病房、手术室和有创检查的设备机房，不应设置自动灭火系统。”^[4]

（2）《医院洁净手术部建筑技术规范》GB50333-2013中12.0.7条规定，“洁净手术部应设置自动灭火消防设施，洁净手术室内不宜布置洒水喷头”；12.0.8

条规定，“当洁净手术部需设置消火栓系统时，洁净手术室不应设置室内消火栓，但设置在手术室外的消火栓应能保证2支水枪的充实水柱同时到达手术室内的任何部位。当洁净手术部不需设置室内消火栓时，应设置消防软管卷盘等灭火设施。洁净手术部应按现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB50140的规定配置气体灭火器。”^[5]

（二）洁净区消防给水系统的设置形式

1. 对室内消火栓给水系统而言，各相关规范均要求设置。因此，医疗建筑内洁净区域应按规范要求设置消火栓给水系统，尽量布置在非洁净区或缓冲区。如果不可避免需在洁净区内布置时，尽量布置在洁净级别较低的区域，洁净区内采用带灭火器的消火栓柜并嵌入式安装，减少消火栓箱对洁净环境造成的影响。

2. 对自动喷水灭火系统，结合相关规范、实际工程案例以及院方要求，笔者认为是否设置自动喷水灭火系统根据不同的情况来确定。

①对于洁净用房等级较高区域（如手术室、无菌操作的房间、有创检查用房等），考虑到这些区域内的病人处于有创伤状态，根据以人为本的理念，不设置自动喷水灭火系统，仅按现行国家标准布置室内消火栓以及配置气体灭火器。

②对于洁净用房等级较低区域（如一般手术室辅助区、一次品库等），设置了预作用自动喷水灭火系统，以免误喷。此外，在洁净区布置的喷头采用隐蔽型吊顶喷头，且自动喷水灭火系统的试水管、末端试水装置等需设置在洁净区以外。

六、结语

医疗建筑是一种特殊建筑，本文从重离子医院工程中消防灭火系统设计遇到的问题，提出了消防灭火系统设计的解决方案，为提高医疗建筑消防安全设计水平提供一些参考。

随着现代科学技术的快速发展，先进的医疗设备以及医疗技术层见叠出。本文根据重离子医学中心的实际工程案例，针对该类医疗建筑设计中的特点，提出了消防灭火系统设计的解决方案，为以后类似的医疗建筑消防设计提供一些参考。希望通过此文与各位设计师分享并共同思考，也欢迎各位同行批评和指正。

参考文献

[1] 建筑设计防火规范GB50016-2014（2018版）[D]. 中华人民共和国住房和城乡建设部。
 [2] 吴荣，傅敏俊，朱亮. 重离子医学中心大楼项目特殊消防设计的实践与思考 [J]. 中国医院建筑与装备, 2021, 12: 62-65.
 [3] 戴晶. 高压细水雾灭火系统在数据中心机房中的应用探讨 [J]. 科学研究, 2020, 43 (8): 1676-1679.
 [4] 细水雾灭火系统技术规范GB 50898-2013 [D]. 中华人民共和国住房和城乡建设部。
 [5] 汤慧，郭汝艳. 高压细水雾灭火系统在医院建筑中的应用 [J]. 给水排水, 2020, 46 (11): 91-97.