

温州某超高层住宅建筑消防供水系统设计与探讨

王宸奥

江苏正方园建设集团有限公司 江苏 无锡 214000

摘要：随着我国经济发展和工程技术进步，为了提高居民住房品质和最大化利用土地资源，超高层住宅建筑在我国各地不断涌现。超高层住宅拥有更多城市封面价值和土地利用效率，但同样伴随着消防灭火及疏散难度较大等问题。本文以温州某超高层建筑的消火栓系统为例提出若干设计优化措施，与诸位同行探讨。

关键词：超高层住宅；消防供水系统；消火栓系统

引言

根据中国《民用建筑设计统一标准》（GB 50352-2019）规定，建筑高度大于100m为超高层建筑^[1]。其通常具有功能复杂、人员疏散困难、火灾扑救难度大、火灾造成的损失严重等特点，因此超高层建筑的消防供水系统应立足自救，其设计合理性和可靠性就成了高层建筑设计的重中之重。本文以温州某140m超高层住宅项目为例，对比多种消防供水系统类型、分区设计方案，分析其合理性、可靠性、经济性，为超高层住宅建筑的消防供水系统设计提供参考。

1 工程概况

本工程位于温州市鹿城区，为住宅地块。主要1栋超高层住宅建筑（43层）、4栋高层住宅建筑（31~32层）、一座大地下室（地下2层）。

本项目设有室外消火栓系统、室内消火栓系统、自动喷水灭火系统、移动式灭火器等消防系统。同时发生火灾按1起设计。

本文着重分析室内消火栓给水系统设计。

2 消防供水系统设计

2.1 消防供水系统对比分析

超高层建筑的消防供水系统从供水方式区分，有临时高压制和高压制两种；从水的提升方式区分，有一泵到顶和水泵（或水泵+水箱）逐级串联两种方式。苏昶明等在上海中心大厦消防给水系统设计时，曾广泛征求有丰富设计经验的设计人员、消防部门的专业人士以及业主的管理人员的意见，对每一个层次各因素间相对重要性进行一定的判断，得到以下定性结果^[2]：

表2 消防供水系统的特点比较表

系统		初期投资	运营成本	占地面积	系统压力稳定	运行可靠性	系统控制难度	设备维护难度
供水方式	高压	大	低	大	稳定	高	易	易
	临时高压	小	高	小	相对不稳定	一般	一般	一般
转输方式	水泵串联	小	低	小	不稳定	低	逐级启动	易
	水泵水箱串联	大	高	大	稳定	高	相对易	稍难
	一泵到顶	小	一般	小	相对不稳定	一般	易	一般
转输减压水箱是否合用	合用	相对省	一般	相对省	一般	一般	比较困难	相对较易
	分开	一般	一般	一般	相对稳定	相对高	相对较易	一般
生活消防水箱是否合用	合用	小	低	小	一般	高	易	易
	分开	大	高	大	一般	底	一般	一般

本项目超高层住宅为1单元2户的塔楼，单层建筑面积约380m²，屋顶、避难层可用作设备用房的面积受限，故宜优先考虑占地面积较小的系统形式。高压系统需在屋顶设置高位消防水池，储存一次灭火所需的全部水量，本项目屋顶面积受限，故无法采用此种系统。水泵

水箱串联转输系统需在避难层设置有效储水容积不小于60m³的转输水箱、转输泵、供水泵等设施，受建筑条件限制，亦无法采用此种系统。因此本项目消防供水系统的备选方案为：水泵串联的临时高压系统；或一泵到顶的临时高压系统。

水泵串联的临时高压系统需设置二组(或多组)消防泵,其中主消防泵组从消防水池吸水,加压后为低区消防系统供水,并为接力泵组提供水源。接力泵组在主泵组供水压力基础上再次加压后为高区消防系统供水。该系统依靠不同泵组的出水压力来分区,因此不需采用减压阀或减压阀的减压比较小,减压阀失效后的危害较小。该系统在为高区消防系统供水时,消防泵需按从低到高的顺序逐级启动,因此系统控制难度相对较高。由于多组消防泵串联工作,任意一组消防泵无法正常启泵时高区均无法供水,因此该系统对设备维护有较高要求。

一泵到顶的临时高压系统仅设置一组消防泵,该泵组直接为高区消防系统供水,其他分区采用减压阀组减压分区后供水。该系统只适用于系统工作压力不大于2.4MPa的情况。由于消防泵只设置一组,该系统水泵、供电设备造价最低,消防水泵房占地面积最小,系统控制难度低。由于消防泵扬程较高,减压阀所需减压比较大,可能需要2组减压阀串联工作,因此对减压阀的可靠性要求较高。在合理设置超压泄压措施后,该系统可避免减压阀失效后低区超压爆管的情况。

综上所述,对于本项目一泵到顶的临时高压系统具有初期投资小、占用面积小、系统控制和维护难度低等优势,因此优先考虑该方案。

2.2 一泵到顶的临时高压系统可行性

根据《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974-2014)(以下简称《消水规》)规定,当系统的工作压力大于2.40MPa时,应采用消防水泵串联或减压水箱分区供水形式,故还需计算本工程/system工作压力,以确定本项目能否采用一泵到顶的临时高压系统。

室内消火栓系统从消防水池至最不利消火栓的管线共包括:DN200消火栓泵吸水管、DN150消火栓横干管、DN100消火栓立管。室内消火栓用水量为20L/s,故消火栓泵吸水管、消火栓横干管流量均按20L/s计算。高区消火栓系统共2根消火栓立管,为保证一根立管检修时,其他管线能够通过该系统的全部设计流量,故立管流量按20L/s计算。

根据《消水规》,消防水泵的设计扬程按下式计算^[3]:

$$P = k_2(\sum P_f + \sum P_p) + 0.01H + P_0 \quad (1)$$

$$P_f = iL \quad (2)$$

$$i = 2.9660 \times 10^{-7} \left[\frac{q^{1.852}}{C^{1.852} d_i^{4.87}} \right] \quad (3)$$

式中 P —— 消防水泵或消防给水系统所需要的设计扬程或设计压力(MPa);

k_2 —— 安全系数,可取1.20~1.40,本案取1.40;

P_f —— 管道沿程水头损失(MPa);

P_p —— 管道局部水头损失(MPa),本案以Pf的30%计算;

H —— 最低有效水位至最不利水灭火设施的几何高差(m),本案为143.8m;

P_0 —— 消火栓栓口处压力(MPa),取0.35MPa;

i —— 单位长度管道沿程水头损失(MPa/m);

L —— 管道直线段的长度(m);

C —— 海澄-威廉系数,镀锌钢管取120;

d_i —— 管道的内径(m)。

计算得 $P = 1.98\text{MPa}$,故拟采用消火栓泵扬程 $H = 2.00\text{MPa}$ 。临时高压消防给水系统的系统工作压力应根据系统在供水时,可能的最大运行压力确定,故还应考虑消防泵在零流量工况下的出口压力。查水泵特性曲线可得,当消防泵在零流量工况下出口压力约为2.38MPa~2.4MPa,未超过2.4MPa。考虑到水泵实际出口压力还需叠加入口水面压力,为保证消防水池在高水位时该系统工作压力不超过2.4MPa,还需在深化设计时采取其他措施,如适当增大管径以减少水损,降低水泵扬程;在水泵出水干管上设置持压泄压阀等。

经上述计算,本项目消防供水系统采用一泵到顶的临时高压系统具备可行性,且具有系统形式简洁、占用面积小、系统控制难度低等优点。

2.3 消防供水系统分区

根据《消水规》,消火栓栓口处静压大于1.0MPa时,消防给水系统应分区供水。本项目最低处消火栓至高位消防水箱高差约150m,静压远大于1.0MPa,故需竖向分区供水。消防供水系统的分区方案是否合理将很大程度上影响该系统的可靠性、造价、维护难度等。

本项目设计初期的消火栓系统分区方案有以下2种:

方案一:消火栓系统分2个区,21层及以下为一区,22层~43层为二区。该方案设计思路为:以超高层住宅为主体,在各分区静压不超过规范限制1.0MPa的前提下,尽量减少分区数量,简化系统复杂度,减少管线总长度,从而提高系统可靠性、降低造价、提高易维护性。

方案二:消火栓系统分3个区,13层及以下为一区,14层~31层为二区,32层~43层为三区。该方案设计思路为:本项目超高层建筑仅有一栋,而高层建筑共有四栋,故先将四栋高层建筑作为主体,设置2个分区,再将超高层建筑31层以上部分单独分区,从而大幅减少高压管线的长度,降低接口渗漏、阀门失效等故障的概率。

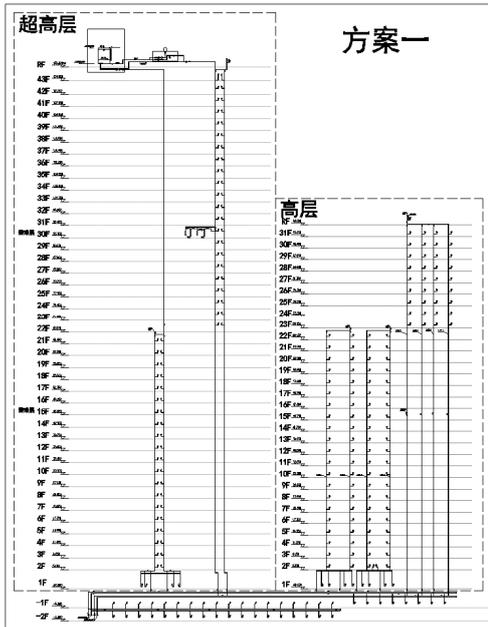


图1 消火栓系统原理图（方案一）

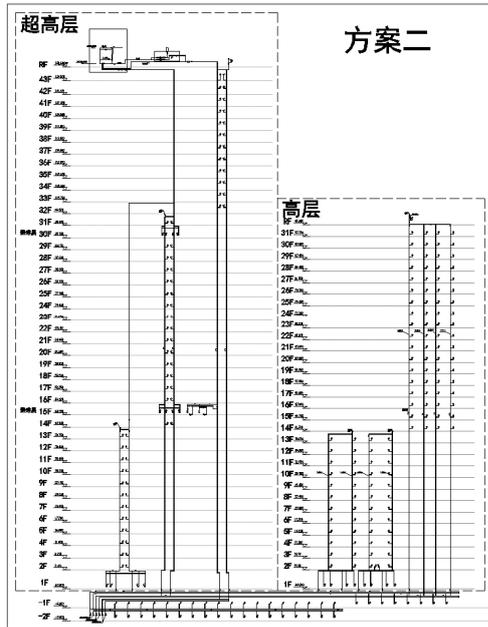


图2 消火栓系统原理图（方案二）

管材选用：工作压力小于等于1.20MPa处采用热浸镀锌钢管；工作压力大于1.20MPa且不大于1.6MPa处采用热浸镀锌加厚钢管；工作压力大于1.60MPa处，采用热浸镀锌无缝钢管。

经统计，方案一消火栓系统主要管道长度约为：内外壁热浸镀锌钢管（DN100~DN150）共2874m，用于一区全体、二区27F及以上；内外壁热浸镀锌加厚钢管（DN100~DN150）共770m，用于二区14F~26F；内外壁热浸镀锌无缝钢管（DN100~DN150）共1516m，用于二区-2F~13F。

方案二消火栓系统主要管道长度约为：内外壁热浸镀锌钢管（DN100~DN150）共2919m，用于一区全体、二区14F~31F、三区32F~43F；内外壁热浸镀锌加厚钢管（DN100~DN150）共1461m，用于二区-2F~13F、三区14F~31F；内外壁热浸镀锌无缝钢管（DN100~DN150）共315m，用于三区-2F~13F。

管采购价为47.02万元，方案二消火栓系统立管、横干管采购价为43.16万元。

经对比可见，方案二相比方案一具有以下优势：1.消火栓系统大部分区域工作压力较低，仅三区消火栓系统底部工作压力超过1.6MPa。管网接头渗漏、阀门失效等故障出现的概率更低，系统可靠性较高，维护难度较低。2.消火栓系统横干管、立管的管材总价格较低，经济性更优。因此本项目最终选定方案二的消火栓系统分区形式。

3 结语

本文以温州某超高层住宅项目为依托，综合对比多种供水系统类型与分区方案，根据项目实际情况，选定一泵到顶的临时高压系统，经计算与分析，验证了其可行性。该系统兼具简洁高效、占地小、控制维护便利等优势。在分区方案上，通过对比管材用量与造价，确定了竖向三个分区的方案，其降低了高压管线长度，提升可靠性的同时兼具经济性。

综上所述，超高层建筑消防系统设计需全方位权衡安全、经济、实用等要素，依据项目特性因地制宜。期望本文的研究成果能为同行提供有益参考，打造更多安全、宜居的超高层建筑典范。

参考文献

[1]GB 50352-2019 民用建筑设计统一标准[S].
 [2]苏昶明,归谈纯,王振华.上海中心大厦消防给水技术可靠性研究[J].给水排水,2015(5):41-79
 [3]GB 50974-2014 消防给水及消火栓系统技术规范[S].

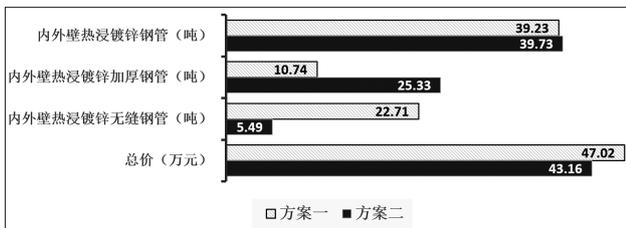


图3 消火栓系统管材数量、造价对比图

内外壁热浸镀锌钢管和内外壁热浸镀锌加厚钢管当时市场价以6000元/吨估算，内外壁热浸镀锌无缝钢管市场价以7500元/吨估算，则方案一消火栓系统立管、横干