

大型建筑自喷系统合理缩减报警阀数量

肖睿书 王 峰 赵永代 陈永锦 陈顺霞

提 要 面积达到 10 万 m² 以上的高层大型建筑按传统方法设计, 自动喷水灭火系统需排列众多的湿式报警阀与配套干管; 笔者通过某些工程实践, 合理缩减其数量, 采用科学方法达到系统安全兼顾经济的目的。

关键词 大型建筑自喷系统 合理缩减报警阀数量 工程实践 安全运行

1 历史沿革

1.1 旧规范

《自动喷水灭火系统设计规范 GBJ84-85》^[1] (以下简称“旧喷规”) 第 5.2.1 条规定: 每个自动喷水灭火系统 (以下简称“自喷系统”) 应设有报警阀、控制阀、水力警铃、系统检验装置和压力表。控制阀应设有启闭指示装置。宜设水流指示器、压力开关等辅助电动报警装置。“旧喷规”施行日期是 1986 年 7 月 1 日, 当时我国经济比较落后, 水流指示器和压力开关才刚刚起步研制, 产品质量没有可靠保证, 更不用说电气感烟探测器、信号阀、气压罐、减压阀等新产品的配套问题。为了强调报警阀的重要性, 故在条文说明中, 主要谈它的三个作用: ①接通或切断水源; ②输出报警信号和防止水倒流回供水源; ③通过报警阀可对系统的供水装置和报警装置进行检验, 由于报警阀是通过水力输送报警信号, 因此它报警的可靠性和稳定性好, 尽管目前 (注: 指 1986 年 7 月 1 日以前) 有各种电动报警装置, 美国、英国、联邦德国等国规范中都规定每个系统都应

有一套包括控制阀与报警阀的控制装置, 所以每个系统应有一套控制装置。

归根到底“旧喷规”强调的关键词正是报警 (alarm), 毋庸置疑, 在 20 世纪 80 年代以前, 我国面积达到几万甚至几十万平方米的大体量建筑较少, 需要设置“自喷系统”报警阀 (ALV) 面积所占工程总面积的比例较少, 众所周知, “旧喷规”颁布前大多数建筑的报警阀 (ALV) 设计数量一般为个位数, 很少超过 3 组, 系统依据“旧喷规”设计没有任何困难。

1.2 电气规范

到了上世纪 90 年代初期, 我国电气方面的感烟探测报警应用技术已很发达, 信号阀 (SNV) 产品质量改进工作也日臻完善; 值得一提的是此时期小型稳压增压气压罐供水系统配套使用压力开关 (PSW) 和电接点压力表 (ETG) 十分普遍, 重要建筑要求按一级负荷双回路供电, 或备用柴油发电机 (GRT) 供给失火时万一停电所需的消防电源, 对于“自喷系统”的电气控制问题, 《民用建筑电气设计规范 JGJ/T16-92》^[2] (以下简称“电规”) 24.6.2.2

中明确指出,“自喷系统”的控制应符合下列要求:(1)设有自动喷头需早期火灾自动报警的场所,宜同时设置感烟探测器(SMD)。(2)“自喷系统”中设置的水流指示器(FLI),不应作自动起动消防水泵的控制装置。报警阀(ALV)压力开关(PSW1)、水位控制开关和气压罐压力开关(PSW2)等可控制消防水泵自动起动。条文说明阐述得更加清楚,推荐有水喷洒同时设置感烟探测器(SMD)的目的是,它能对火灾起早期预报警作用,闭式喷头的定温玻璃泡与感烟探测器(SMD)相比较,前者灵敏度低得多(注:目前快速响应喷头FRS另当别论),在同等温度条件下,玻璃泡比探测器(SMD)晚动作5min。水流指示器(FLI)顾名思义,主要用以指示管网中是否有水流通过。或是自动喷水灭火、或是因管网中有水流压力突变、或受水锤影响、或是在管网末端放水试验和管网检修等,都有可能使水流指示器动作。因此它不能用作起动消防水泵,应该用作使管网水压变化(喷水灭火时水压降低)而动作的水流(湿式)报警阀(ALV)压力开关(PSW1)和气压罐压力开关(PSW2,可另加电接点压力表ETG2)等动作信号启动自动喷洒消防水泵(以下简称“自喷泵”)。“电规”的施行日期是1993年8月1日。

“电规”的颁布为大型建筑合理缩减报警阀数量打开了新局面。从1993年8月1日至2001年6月30日,我院设计的广西商业大厦(二期)、宝都大厦(超高层)、广西壮族自治区成立40周年大庆重点工程——广西民族宫、江南香格里拉商住大厦以及美国NEB设计集团中标并由华南理工大学建筑设计研究院分包设计的广东奥林匹克体育场^[3]等五项大型

建筑,把报警阀数量由9~25组缩减到1~3组,现将上述五项大型建筑报警阀(ALV)配置概况列于表1。

从表1可见,其中广西部分的工程都设有大容量高位消防水箱,储备超过1h的“自喷系统”用水量,高区顶部数层以下比例较大的面积范围,可利用水箱重力流往下供水,不存在流量大、扬程高的“自喷泵”的软起动问题。报警阀(ALV)的三种功能:其一可通过高位水箱的出水阀门接通或切断水源;其二可通过每层水平干管安装的水流指示器(FLI)向消防控制室输出声光信号报警,由于是重力流供水,不可能倒流回供水源——高位水箱;其三可通过水流指示器(FLI)、信号阀(SNV)及压力表等对每层管网进行检验,不但输出声光信号,还能在控制室显示出信号阀(SNV)的启闭状态。

万一失火突然停电时,巧遇另一回路电源没有接通,又适逢备用柴油发电机未能及时发电,不受任何影响,蓄电池直流供电装置会立即供给消火栓按钮、指示灯、水流指示器(FLI)、信号阀(SNV)、压力开关(PSW)、电接点压力表(ETG)等,故声光报警系统十分完善,仅靠水力警铃(hydraulic alarm bell)才能报警的年代已一去不复返了。需特别提醒的是,即使水力警铃(HAB)也存在“电规”谈到的类似水流指示器(FLI)的问题,一旦管网中有压力突变时,水力警铃(HAB)容易误动作敲响;例如我院1965年设计的广西玉林烤烟厂,就曾因为烤烟机报警阀(ALV)与地下水源井水泵出水管连通,开停水泵时总是没事作响,不得已另从水塔接一条专用供水管;又如1990年设计的柳州钢铁厂大礼堂,生活区有DN300供

表 1 五项大型建筑 ALV 配置概况

项目名称	设计年份	建筑面积 (m ²)	ALV 数量(个)		层数	建筑高度 (m)	消防水箱容量 (m ³)	有无双回路 SMD 蓄电池	气压罐		有无备用 GRT	喷头指数 RTI	有无 ABA
			初步设计	施工图					ETG 配置数	PSW 配置数			
广西商业大厦(二期)	1997	50310	9	1	9	30.2	123	有	2	1	有	> 50	无
宝都大厦(超高层)	1997	181250	25	1	50	178.9	450	有	2	1	有	> 50	无
广西民族宫	1997	143890	19	2(1)	28	98.4	129	有	2	1	有	> 50	无
江南香格里拉(二期)	1998	125780	10	2	26	99.6	144	有	2	1	无	36	有
广东奥林匹克体育场	1999	145560	21	3(5)	7	27.5	气压罐	有	2	1	有	> 50	有

注:①民族宫 2 个 ALV 中有 1 个是按 GB50045-95 之 5.4.4 设计的防火卷帘闭式喷头而配置的。②体育场共设 5 个 ALV, 运动场地采用环状供水管网, 两组 ALV 均为一用一备, 另一个供 7 层宾馆无备用。③SMD = smoke detector。④ETG = electric touch gauge。⑤PSW = pressure switch。⑥GRT = generator。⑦香格里拉施工图阶段跨两个世纪, 有条件采用 fast response sprinkler(FRS), 其 response time index(RTI) = 36 < 50。⑧宝都大厦消防水箱为 44 层 300m³, 22 层 150m³, 合计 450m³。⑨管道倒流防止器 ABA = anti-backflow apparatus。⑩香格里拉水箱共 2 座各 72m³。

水环网, 水压 $\geq 0.4\text{MPa}$, 由环网直接供水的“自喷系统”水力警铃(HAB)时而误动作发出假火警(false alarm of fire), 经研究, 决定拆除水力警铃(HAB)以息事宁人, 因该系统配有完善的水流指示器(FLI)和感烟探测器(SMD), 一旦喷头洒水, 在消防控制室有声光信号显示, 可不必由水力警铃(HAB)来扮演报警的主角。新世纪伊始, 笔者在南宁康迈公司利客隆大方园超市等多项只有一层的大面积公共建筑设计中, 均由市政管网直接供水, 节约“自喷系统”投资, 在总说明中, 暗示“若遇到市政自来水管网压力波动引起报警阀(ALV)误动作敲响水力警铃(HAB)的现象时, 可取消水力警铃(HAB)。”既满足“旧喷规”对报警阀(ALV)匹配水力警铃(HAB)的基本要求, 又可在设计有感烟探测器(SMD)、感温探测器(heat fire detector)、水流指示器(FLI)和信号阀(SNV)等的条件下, 让水力警铃(HAB)充当配角, 达到科学防止早期火灾并兼顾经济利益的两全其美之目的。

1.3 新规范

《自动喷水灭火系统设计规范 GB50084-2001》^[4] (以下简称“新喷规”) 施行日期是 2001 年 7 月 1 日。与本文主题有关的强制性条文是 6.2.1。为加强设计、消防建审、施工图审查和业主等各界人士的联系, 做好求大同存小异的协调工作, 笔者提出以下几点浅见, 供大家参考。

1.3.1 “新喷规” 6.2.1 比“旧喷规”第 5.2.1 条在前两段写法上有了很大进步。“新喷规”开门见山提出“自动喷水灭火系统应设报警阀组”。删去最关键的“每个”两字, 为大型建筑“自喷系统”在按常规设计必然出现众多报警阀组的情况下, 采用科学方法合理缩减报警阀组数量提供规范依据。值得一提的是广西柳州谷埠街国际商城总面积高达 49 万 m² 的商住大楼正在进行设计, 按“旧喷规”理念布置, 预计多达 49 组(手册^[6]要求一用一备则为 98 个报警阀)兵马俑式的报警阀组、水力警铃、林立的供水干管、减压阀组、Y 型过滤器等平面立体交叉排列将极为壮观。

1.3.2 “新喷规” 6.2.1 末尾一句话“水幕

系统应设独立的报警阀或感温雨淋阀”的说法值得推敲，它与术语 2.1.4 水幕系统 drencher system 的解释发生冲突，因其定义“由开式洒水喷头或水幕喷头（注：也是开式）、雨淋报警（注：deluge 和 alarm 硬凑在一起，令人费解）阀组以及水流报警装置（水流指示器或压力开关）等组成，用于挡烟阻火和冷却分隔物的喷水系统。”就有问题，既然是开式喷头或水幕喷头，理应匹配雨淋阀（deluge valve），而不应出现水流指示器（FLI），同时“雨淋”和“报警”扯在一起模棱两可。虽然雨淋阀也具有报警功能，但报警只起非常次要的作用，应予弱化。此外《高层民用建筑设计防火规范 GB50045-95（2001 年版）》^[5]（以下简称“高规”）5.4.4 后半段“当采用不包括背火面温升作耐火极限判定条件的防火卷帘时，其卷帘两侧应设独立的闭式自动喷水系统保护，系统延续时间不应小于 3.00h。”就与 2.1.4 之 2 款大相径庭，姑且不谈“高规”3.00h 有待修正为 1h 的问题，究竟“防护冷却水幕 drencher for cooling protection”应按雨淋系统 deluge system 抑或闭式系统 close-type sprinkler system 设计才符合规定？笔者认为包括 2.1.4 之 1 款“防火分隔水幕 water curtain for fire compartment”在内，答案是以“高规”准水幕系统 para-drencher system 为主，这里提出准水幕 para-drencher 的新术语，以示区别，以广西南宁广播电视技术大楼为例，该工程于 1995 年设计并于 2000 年才正式验收，采用准水幕系统的防火分隔准水幕，其准水幕总长 300m，闭式喷头安装高度 4.2m，喷水强度可取 2L/s·m，计算流量按常规达到 600L/s，按“高规”（1997 年版）5.4.4 条文说明要求，满天星斗喷头布置的“自喷系统”设计流

量是 23~26L/s，故 2000 年参照“高规”（1997 年版）精神，这种独立的匹配报警阀、闭式喷头和水流指示器的防火分隔准水幕系统设计流量顺水推舟地取 23~26L/s，2000 年工程竣工验收时各方人员按当时“高规”（1997 年版）和“旧喷规”予以认可。后来“高规”（2001 年版）5.4.4 条文说明作了进一步解释，明确喷头的喷水强度取 0.5L/s·m，上例计算流量可变成 150L/s，笔者认为“高规”（2001 年版）条文说明需增加两句话：…0.5L/s·m，“当实际计算流量超过被准水幕系统分隔的最大一个防火分区的闭式系统流量时，可取该闭式系统的流量”，喷头间距应为…。并把前一行“喷水延续时间不低于 3.00h”改为“喷水延续时间不低于 1h”。该大楼实例说明对于大型建筑有必要研究“准水幕系统”的课题，缩减这类报警阀数量。

1.3.3 建议“新喷规”5.0.10 之“注”补写另一段：“当实际计算流量超过被水幕系统分隔的最大一个防火分区的闭式系统流量时，可采用准水幕系统代替水幕系统。”增加“5.0.10A 准水幕系统的设计基本参数应符合表 5.0.10A 的规定。”

表 5.0.10A 准水幕系统的设计基本参数

准水幕类别	喷水点高度 (m)	喷水强度 (L/s·m)	喷头工作压力 (MPa)
防火分隔准水幕	4~12	1~2	0.1
防护冷却准水幕	≤4	0.5	

注：①防护冷却准水幕的喷水点高度每增加 1m，喷水强度应增加 0.1L/s·m，但超过 9m 时的喷水强度仍采用 1L/s·m。②当实际计算流量超过被准水幕系统分隔的最大一个防火分区的闭式系统流量时，可采用该闭式系统的流量。

1.3.4 “新喷规”6.1.5A

“新喷规”6.1.5 列有水幕系统的喷头选

型。建议补充“6.1.5A 准水幕系统喷头选型应符合下列规定。

1 防火分隔准水幕宜采用 $K = 115$ 的非标准快速响应喷头；

2 防护冷却准水幕宜采用 $K = 80$ 的标准快速响应喷头。

1.3.5 “新喷规”4.2.9

本文丰富了“新喷规”4.2.9的2款第1句规定。以香格里拉为例,1998年开始设计,2000年施工完成地下二层至地上一层 ± 0.00 标高结构工程量,时至2003年才做大量修改设计,消防水池设在地下一层,池内底标高 -4.90 ,有效容量只有 360m^3 不足 540m^3 ,尚有 180m^3 的缺口。原设计室外环网DN150并以两条DN150输水管从两路市政自来水干管引来,无法填补 180m^3 的这个缺口,故除将上述环网和输水管放大至DN200外,还在屋顶设置容量超过常规 18m^3 而达到 144m^3 的高位消防水箱,额外增加 126m^3 的贮水量,尚缺 54m^3 可由大口径环网进行少量补给。水箱水位108m,与19层喷头标高79m相差29m,据此地下二层至地上十九层各层喷水管网均由屋顶水箱向下按重力流维持恒定静水压力,遵照该款“控制管道静压的区段宜分区供水或设减压阀”的规定,在十层供水立管上约41m标高设2:1比例式减压阀,出口静压为 0.335MPa ,动压系数取0.85,则出口动压为 0.285MPa ,减压阀进出口静或动压差均控制在效果较佳的 $0.2 \sim 0.4\text{MPa}$ 之间,减压阀以上立管服务10~19层中区管网,减压阀以下立管服务-2~9层低区管网。如此安全可靠的供水系统,完全符合该款第1句规定。

1.3.6 “新喷规”6.2.6、6.2.8、8.0.1、8.0.5与

9.3.5

“新喷规”6.2.6要求报警阀距地面高度宜为1.2m是合理的规定,无可非议。争论焦点在于大型建筑按习惯做法布置众多报警阀的难题。查8.0.1,配水管道的工作压力不应大于 1.2MPa 。当水泵设计扬程达到 $1.2 \sim 1.6\text{MPa}$,同时与高位消防水箱、“自喷泵”、“自喷系统”消防水泵接合器连通的中低区段,系统长时期处在高位水箱(或设有气压罐装置)静止水头作用下,集中排列在地下室的报警阀的静压小于或稍大于 1.20MPa ,无须考虑报警阀的减压,但失火时立即启动“自喷泵”、使用接合器或突然停电时,管网压力波动很大,按4.2.9之2款第2句规定,又宜设减压孔板,鉴于报警阀及其配套附件最大工作压力是 1.2MPa ,在9.3.5条规定的导向下,为安全起见,大家不约而同地选择在报警阀组入口前设减压阀代替减压孔板的所谓“上策”;难以落实6.2.6的执行。

顺应9.3.5之4款“水流宜向下”的要求,约占六成报警阀组入口前管道上的减压阀组均采用S形或U形拐大弯方式与报警阀连接,为满足报警阀离地1.2m的要求,Y型过滤器、减压阀、控制阀等连接管道上下左右令人眼花缭乱地排列,确实为难减压阀。值得一提的是,这种设计倒是符合规范,但存在安全隐患。其一是减压阀进出口静或动压差应控制在 $0.2 \sim 0.4\text{MPa}$ 的较佳工作范围内,而动压系数可因不同时期各个厂家的产品而差异很大,我国比例式减压阀早期产品 $\beta = 0.6 \sim 0.7$,目前一般提高至 $\beta = 0.6 \sim 0.8$,某厂自称 β 可达 $0.85 \sim 0.95$,领先于国外 $\beta = 0.8 \sim 0.9$ 。眼下设计取 $\beta = 0.85$ 的居多。万一失火出现减压阀动作后

出口压力偏离设计值较远的工况，压力高了，所在分区最低层最近点喷头压力偏大，压力低了，分区最高层最远点喷头压力偏小，没有达到保证分区各层管网流量和压力基本平衡的设计初衷，减压阀只是摆设而已。笔者认为有必要重新审视 9.3.5 条文，以免干扰了 4.2.9 之 2 款末尾一句话的贯彻执行。其二是约占三成的减压阀组可能要串联成两个或甚至三个，“新喷规” 8.0.5 不可等闲视之，它要求轻危险级、中危险级场所中各配水管入口的压力均不宜大于 0.4MPa，设置在地下室的中 II 级车库，当设计“自喷泵”扬程达到 1.6MPa 时，不言而喻就可能串联三个减压阀，除非采用报警阀入口设减压阀和配水管入口另设减压孔板双重减压的方式才可由三个变成二个，查“新喷规”附录 D 便可知道， $\xi_{\max} = 292$ 暗示减压孔板进出口压差也控制在大约 0.4MPa 以内。其三是当“自喷泵”或消防车专用泵采用零流量或小流量对应压力骤增与 $Q \sim H$ 曲线较陡且设计工况点靠右的多级泵时，因高位水箱与报警阀入口管道连通，水箱出水管上按 10.3.3 之 1 款规定设有止回阀，又只有 1~2 个喷头动作喷水，流量很小，此时管道可能严重超压，设在地下室构造上类似于减压阀的安全泄压阀，若其入口未串联减压阀逐级减压至 $\leq 0.4\text{MPa}$ 的较佳工作压力值，泄压阀将可能在超压作用下破坏并大量放水，造成高区缺水而底层淹水的双重不良后果。其四是 8.0.1 和 6.2.8 条文引发的问题。先查 8.0.1，要求配水管道的工作压力不应大于 1.2MPa，遇到高层建筑“自喷泵”扬程接近 1.6MPa 时，根据相关国标图集可选用额定压力 1.6MPa 的报警阀为高区管网服务，事实上只要在设计总说明或在材料表强调

ALV 的关键词“PN = 1.6MPa”，便允许高区 ALV 在地下室 ALV 之林中占有一席之地，但偏偏 8.0.1 条文说明又暗示 ALV 出口后的管道相当于配水管道，那怕仅有 40m 以下的下部上升立管工作压力才在 1.2~1.6MPa 的范围，也宁愿将高区 ALV 逐出地下室，搬到大约 10 层以上的立管上，如果碰上商业公寓大厦，却正好是公寓所在楼层。

2 方案比较

2.1 规范依据

随着“新喷规” 6.2.1“自动喷水灭火系统应设报警阀”的出台，以广东奥林匹克体育场为首的两广五项大型建筑（以下简称“五项”）“自喷系统”有了展示“合理缩减报警阀数量”设计成果的机会。“五项”有着共同的特点，在“旧喷规”关键词“每个”的限制下，都在初步设计阶段布置了众多的报警阀，可想而知，生搬硬套“旧喷规”方案（以下简称“旧方案”）肯定能得到审批部门的顺利通过。但真刀真枪地步入施工图准备阶段，给排水设计人员总是绞尽脑汁向建筑专业索占庞大的报警阀间、自喷立管竖井、空间立体排列的横管通道并请求空调、电气相关专业为“自喷系统”让路，谈何容易，各专业寸土必争各司其职的情景至今仍历历在目，特别是众多横管欲穿越挡道的承重暗柱或剪力墙，成十上百孔洞给结构的安全造成极大威胁。笔者根据实际情况，最终结果是将报警阀云集的中低水压分区管网创新成为由设在屋顶大容量水箱重力供水的方案（以下简称“新方案”）。“新方案”本质上并不违反“旧喷规”，因“报警阀”的三种作用完全可以由屋顶大容量水箱、电气感烟探测器、蓄电池低压直流装置、压力开关、水流指示器、信号阀等来共

同完成,中低区管网无须考虑加压设施,而高区面积较小的少数几层管网,则一个塔楼仅需设一个报警阀而已。

2.2 “自喷泵”功率

“新方案”把“自喷泵”从地下室搬到顶层设备间,其功率将随流量和扬程的减少而降低,以香格里拉为例,“旧方案”选用 XBD30-140-HY 切线泵, $Q=0\sim 33\text{L/s}$, $H=1.36\sim 1.40\text{MPa}$,电动机匹配功率 $P=75\text{kW}$,一用一备。而“新方案”选用 XBD15-30-HY 切线泵, $Q=0\sim 16.5\text{L/s}$, $H=0.28\sim 0.30\text{MPa}$,功率 $P=7.5\text{kW}$,仅为初步设计的 10%。这是因为“自喷泵”从标高 -4.9m 地下一层升至标高 104.2m 顶层,静扬程相差近 1MPa,其次是“旧方案”考虑车库在内的“自喷系统”流量应为 26L/s,比“新方案”仅供高区公寓管网流量 13L/s 正好大一倍,选泵流量留有余地也相应大一倍。

2.3 “自喷泵”起动

根据“新喷规”11.0.1 规定,“自喷系统”喷头动作后,应由压力开关(PSW)直接连锁自动起动供水泵。“新方案”中低区喷头动作后,来自大容量屋顶水箱源源不断的水流可以保证供给其任何一层管网的喷洒水量和水压,无须起动“自喷泵”。只是少数几层高区喷头动作后,才存在“自喷泵”的起动问题。因“新方案”一般仅需一个塔楼设一个报警阀(ALV),可以做到除 ALV 的 PSW1 外,气压罐稳压增压系统(以下简称“气压系统”)另加 1 个 PSW2 和 1 个电接点压力表 ETG2,以香格里拉为例,当“气压系统”压力骤然依次下降至 0.16、0.14、0.12MPa 时,都可向消防控制室输送声光信号并指令“自喷泵”起动。形成十分安全的三保险

直接起动小功率“自喷泵”的方式。而“旧方案”ALV 林立,所有 PSW 都被用来指令在火情发生喷头洒水时降压启动大功率“自喷泵”,平时众多 PSW 的维护管理工作相当繁重,一旦某个 PSW 失灵损坏又巧遇它控制的管网喷头洒水,则“自喷泵”起动不了。

2.4 水力警铃

“新方案”水力警铃(HAB)很少,一旦敲响 HAB,可不假思索地分辨出这是高区顶部某层在着火。而“旧方案”HAB 群集在有人值班的地点附近,某个 HAB 动作,耳朵再灵也弄不清楚是那个 HAB 发出声响。可见“新方案”HAB 具有少而精的特点优于“旧方案”。

2.5 水池水箱有效容量

“新方案”地下水池容量减少到 500m³ 以下,另将超过 100m³ 的“自喷系统”1h 水量贮存在屋顶水箱内,可以充分利用其有效容量。而“旧方案”地下水池容量超过 500m³,按“高规”7.3.3 规定,应分成两个能独立使用的消防水池,为此必须设 DN300~400 的连通吸水总管。即使各有一个吸水大坑为总管服务,但由于总管上并联诸如消火栓泵、“自喷泵”、水幕泵、喷雾泵等多根吸水支管,若设计选用立式多级泵,泵壳顶排气孔位置较高,当水池水位下降到最高气孔以下时,总管真空引水将受到破坏,一般总有效水深为 3.6~4.2m 的水池,会出现约 1.2~1.4m 的死水无法抽吸,以香格里拉为例,“旧方案”须设 540m³ 的水池,分两格,能被有效利用的水量只占 2/3 相当于 360m³;欲获得 540m³ 能派大用场的有效水量,就必需设计 810m³ 的虚拟水量,否则,无法满足设计初衷的要求。当然可按自来水厂泵房正规途径,建立一套完整的水泵自动真空吸引系

统,避免这种尴尬处境。但平时闲置的真空吸引设备,不符合节能要求。顺便补充的是,“新方案”布置在顶层设备间的“自喷泵”吸水管处在十分有利的消防水箱正压水头作用下,启动水泵轻而易举的优势是“旧方案”无法比拟的。

2.6 室外消火栓与水泵接合器数量

根据“高规”7.2.2、7.3.6和7.4.5规定,高度超过50m的一般大型建筑,室内外消火栓(HDR)用水量通常分别为40和30L/s,“自喷系统”用水量为30L/s,按“新方案”设计的“准水幕”系统用水量也是30L/s,但按“旧方案”设计的水幕系统用水量将达到30L/s的数倍,例如民族宫按“旧方案”初步设计流量就达到90L/s以上,施工图阶段变成“准水幕”系统;上述各种水量可通过室外HDR向水泵ADT加压来获得。以下列出一般大型建筑新旧方案室外HDR与水泵接合器adapter(ADT)数量对比于表3。

险,有害无益。

3 讨论

3.1 “新喷规”8.0.1、9.3.1与9.3.5

“新喷规”8.0.1“配水管道的工作压力不应大于1.20MPa”是在已有百年历史的ALV老产品的背景下形成的规定,而目前市场上工作压力为1.6MPa或2.5MPa的ALV新产品方兴未艾。对于“自喷系统”极关键的喷头,查阅厂家样本,均按习惯标称额定压力1.2MPa,试验压力是3.0MPa,而四川消防机械总厂PN=1.6MPa的报警阀,强度试验与破坏试验压力为3.2MPa与6.4MPa,都留有很大安全余地。为解决热镀锌钢管 hot galvanized steel pipe (HGSP)、管道配件和附件的额定压力等级通常采用1.0MPa和1.6MPa与1.2MPa的矛盾,建议调整8.0.1内容如下:8.0.1配水管道的工作压力不应大于1.6MPa,并不应设置其他用水设施。喷头的静或动压不应大于1.6MPa或1.2MPa。如此修改后,再删去9.3.5。加大使

表3 一般大型建筑新旧方案室外HDR与水泵ADT数量对比

采用方案	水泵 ADT(个)					室外 HDR(个)		
	室内高区 HDR 系统	室内低区 HDR 系统	自喷系统	准水幕或水幕系统	∑ADT	匹配 ADT	室外 HDR 系统本身	∑HDR
新方案	3	0	※2	2	7	7	2	9
旧方案	3	3	2	≥6	≥14	≥14	2	≥16

※新方案自喷系统本身不需要设ADT,为了支援室内HDR系统,增加屋顶水箱消防补给水量,也设2个。

在大型建筑仅设共用屋顶消防水箱和一套高区HDR系统消防泵的条件下,借助减压阀减压后形成的所谓低区HDR系统,不属于“高规”7.4.5.2的内容,往往曲解“高规”原意另设3个ADT,可酿成低区管网超压的潜在危

用4.2.9之2款第2句规定的力度;落实6.2.6条文的执行。

3.2 减压孔板

“新喷规”9.3.1比“旧喷规”第7.2.1条在内容上有了进步,明确孔口直径 $dk \geq 0.3DN$ 比

$dk \geq 0.5DN$ 的旧规定上了一个台阶；以 $Q = 30L/s$ 、 $DN = 150$ 为例，前者孔板 $dk \geq 46mm$ ，后者 $dk \geq 77mm$ ；孔板的水头损失前者 $H_k \leq 37$ (10kPa)，后者 $H_k \leq 3.7$ (10kPa)。为更好地发挥减压孔板的作用，建议 9.3.1 之 2 款更改如下：

9.3.1 之 2 孔口直径不应小于设置管段直径的 25%，且不应小于 20mm；上例基本不变， $dk \geq 38$ ， $H_k \leq 80$ (10kPa)。 H_k 由原条文 ≤ 37 (10kPa) 扩大到 ≤ 80 (10kPa)。根据广西南宁市车用消防泵分中低两档的现实情况，中与低档水泵扬程为 1.0 ~ 2.0MPa 与 0.1 ~ 1.0MPa 两个区段。PN = 1.6MPa 报警阀的强度试验压力是 3.2MPa。故当高层建筑高区“自喷泵”扬程达到 1.6MPa 时，所有 ALV 都可聚集在底层，高区 ALV 不必上楼。此外，低区 ALV 入口无须设减压阀，ALV 出口则能腾出 1.5m 高度的立管段，布置减压孔板，施展孔板减少动压值达到 ≤ 80 (10kPa) 的功能。把 4.2.9 之 2 第 2 句规定用好用活。

3.3 管道倒流防止器

“新喷规”6.2.1 条文说明之 1 款阐述了报警阀的重要功能之一是防止水倒流回供水源。这是因为报警阀在百年前问世时，低层或二、三层以下的建筑，“自喷系统”往往由市政管网直接供水。自来水既是第一水源也是唯一水源，那时必须义无反顾地设计报警阀，以防止充满管网的非洁净水倒流回第一水源，报警阀迄今充当着管道倒流防止器 anti-backflow apparatus (ABA) 的重要角色，它们都是止回阀 check valve (CHV) 所不能替代的产品。到了廿

世纪八十年代以来，大型建筑“自喷系统”发生了根本变化；一般都强调有三个水源，原则上以消防水池和消防泵作为第一水源，以小容量水箱和水泵接合器作为第二水源，并以市政干管引入管和建筑红线范围内的室外环网组成第三水源。此时此地，防止脏水倒流回供水源的质量控制要转移到保护第三水源不受水质污染的管理点上。报警阀说到底只能扮演不被系统管网滞留水倒流回同样不卫生的消防水池，已没有实质上的保护意义。鉴于广东奥林匹克体育场和香格里拉工程设计正处在国产 ABA 十分成熟的时期，都在节骨眼上设有 A-BA，认真保护上述第三水源不受水倒流污染。

3.4 水泵接合器

从本文表 2 可看出，为发挥“自喷系统”ADT 的作用，有必要先深入讨论“高规”7.4.5.2 的内容。7.4.5 条文说明之二款有两句话谈得很清楚，“分区时各分区消防给水管网各自独立，因此在消防车供水压力范围内的每个分区均需分别设置水泵接合器”。如何界定管网各自独立？笔者认为若高或低区管网、高或低位水箱和高或低区消防泵分别组成毫不相干的高或低区系统，才是条文说明真正意义上的“独立”，表 2 备注所指以减压阀为纽带形成的低区管网充其量是半独立的性质，认识不清就会在设计上摔跟头。譬如某高层建筑高低区管网以十层为界，十层（含十层）以下属低区，十一层以上为高区，减压阀设在十层吊项内，低区接合器与低区管网避开减压阀入口而径直连通，假定九层在凌晨着火，忙中出错用

中压泵向低区管网加压,扬程 1.0~2.0MPa 的相对高压导致水龙带爆裂发生水灾,不但影响灭火效果,反而加重排涝工作负担,人员疏散受阻滑倒伤亡意外事故接踵而至;反之,误用低压泵向高区管网加压,又可因止回阀失灵反向将高位水箱存水向第三水源(自来水引入管未设 ABA)过早地流失殆尽并污染市政管网。故这种半独立的竖向分区,分别设 ADT 确实无补于事。

“新方案”则可利用“自喷系统”ADT 支援室内高低区 HDR 系统,以车用中压泵通过 ADT 向中低区“自喷系统”加压送水,例如香格里拉工程 19 层着火,若仅有 1~2 个喷头洒水灭火,流量很小,中低区 19 层喷头比屋顶水箱水位低 29m,水箱向中低区供水的出水放大下降管上无止回阀,剩余的丰富水量可通过流速很小的下降管逆向补给水箱;支援室内 HDR 系统。

3.5 止回阀

“新喷规”10.3.3 之 1 款规定“消防水箱出水管应设止回阀,并应与报警阀入口前管道连接”是正确的;可防止“自喷泵”的供水倒流入水箱并保证及时报警。以香格里拉为例,高区“自喷系统”水箱出水管兼作“自喷泵”吸水管,负责 20~24 层管网的用水,严格地执行条文规定,设有低水头能开启且水头损失很小的止回阀。但对于中低区“自喷系统”水箱出水管而言,不可同日而语,它与“自喷泵”和“报警阀”毫无关系,不存在“水倒流”和“报警”这两个敏感问题。

“新方案”在屋顶水箱贮备有 1h 以上的

“自喷系统”用水量,而能供给室内 HDR 系统的水量很少,只有 18m³ 左右。在双电源可靠和备用 GRT 正常使用时,没有任何问题。但若遇到万一失火又适逢双电源和 GRT 都发生故障的情况下,“新方案”为“自喷系统”设计的两个 ADT 正是大显身手的好机会,由于这些 ADT 只与屋顶水箱中低区出水下降主立管连通,此区最高层喷头与水箱水位有 29m 的高差,可源源不断地向水箱补给消火栓用水的不足。这种“水倒流”不同于消火栓出水下降主立管的水力条件,“新方案”要求最不利喷头静压 $\geq 280\text{kPa}$ 是 HDR 系统最不利消火栓栓口静压 $\geq 70\text{kPa}$ 的 4 倍左右,从水力学角度来看,“新方案”在上述喷头静压 $\geq 280\text{kPa}$ 的特定水力条件下,不会影响中低区管网的水压和水量;对于高区少数几层设有报警阀和“自喷泵”的管网,在无动力配电的罕见工况下,ADT 及时大量补水,使水箱处于溢流高水位状态,顶层喷头静压维持 90kPa,也比传统设计高出 10~20 kPa,尚能实施高区“自喷系统”灭火任务。

3.6 安全泄压阀

“新方案”将“自喷泵”从底层搬到顶层设备间,缩小扬程并减轻了管网意外发生瞬时超压的程度。例如某工程按新旧方案设计的“自喷泵”扬程分别为 0.3MPa 与 1.4MPa,“自喷泵”没有匹配多功能水泵控制阀,若突然起动产生管网水锤时,“自喷泵”水锤压力可能高达 0.6MPa 与 2.8MPa,新方案水锤影响很小,而旧方案必须设安全泄压阀进行泄压。究竟泄压阀应如何设计才能达到安全保护“自喷系统”之目的,很值得商榷。“旧方案”常将

构造上类似于可调式减压阀的泄压阀设在地下室,设计口径与主管相等或小一、二号者居多,传统安全阀出口要求无背压即动压为零,而减压阀要求出口静压 $\geq 0.05\text{MPa}$,在水流作用下动压也接近于零。为很好地发挥泄压阀作用,笔者认为,令主管管径为DN,泄压阀口径为DN1,则 $\text{DN1} \approx 0.2 \sim 0.25\text{DN}$ 为宜。假定 $\text{DN} = 150$,则DN1取32~40,原则上满足《消防水泵接合器安装》99S203/11和17页国家标准图集的要求,该图集 $\text{DN} = 100$ 或150, $\text{DN1} = 32$,顺便指出的是图集将DN32安全阀直接装在DN100或DN150止回阀主阀体上,颇令人费解。若DN1取100,设计上未考虑串联减压阀使泄压阀入口静压 $\leq 0.4\text{MPa}$,则 $\text{DN1} = 100$ 泄压阀有可能在水锤压力高达 2.8MPa 的作用下被破坏,“自喷泵”工况点

骤然右移使流量增至正常 30L/s 的150%, $v_1 = 5.2\text{m/s}$,如此巨大的泄水量,将造成高区水压不足而地下室水灾泛滥的严重后果。为安全起见,按“旧方案”设计的泄压阀,除减小口径外,尚需从地下室搬至屋顶干管上,并设定入口泄压值为 0.38MPa ,控制在减压阀入口 $\leq 0.4\text{MPa}$ 的较佳压力范围内,虽然水锤压力 2.8MPa 不变,但屋顶干管比地下室主管高出108m,水锤压力在屋顶上由 2.8MPa 降为 1.72MPa ,按流速与入口压力的0.5次方成正比的关系,算出 $v_1 = 4.08\text{m/s}$, $\text{DN1} = 32 \sim 40$, $Q_1 = 3.87 \sim 5.13\text{L/s}$,说明小口径泄压阀设在屋顶的优点在于水锤压力在屋顶能够减缓,而泄流量亦可控制在“自喷泵”QP值的13~17%,没有水淹地下室和顶层管网水压下降之虞,确保了系统的安全。

参考文献

- 1 GBJ84-85 自动喷水灭火系统设计规范
- 2 JGJ/T16-92 民用建筑电气设计规范
- 3 王峰,肖裔平·广东奥林匹克体育场自动喷水灭火系统设计及调试,给水排水,2002,28(3):51
- 4 韩占先,何以申,等·GB50084-2001 自动喷水灭火系统设计规范
- 5 GB50045-95 高层民用建筑设计防火规范(2001年版)
- 6 黄晓家,姜文源·报警阀的串并联原则,自动喷水灭火系统设计手册,何以申,华瑞龙·等主审,中国建筑工业出版社,2002年7月:253,6.4.3
- 7 姜文源,等·对《自动喷水灭火系统设计规范》的四点意见(下),给水排水,2003,29(4):89

作者通讯处:530011 广西南宁华东路39号广西建筑综合设计研究院

电话:(0771)2438054 2438045 2424017

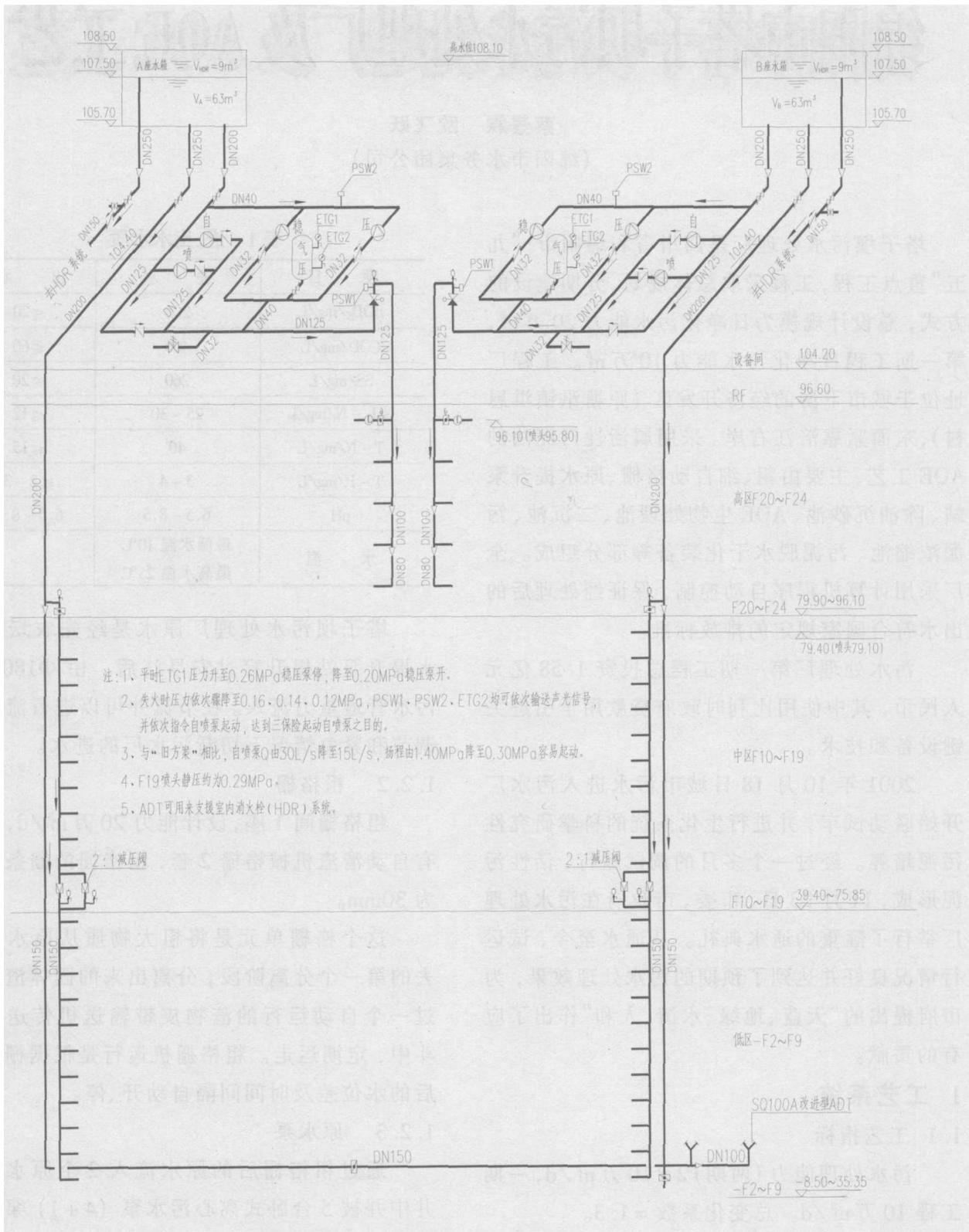
E-mail:cad@gacdri.com.cn

王峰 510641 广州五山华南理工大学建筑设计研究院

电话:(020)87110188-5012 013602866400

赵永代 530023 广西南宁东葛路111号 广西消防总队建审处

电话:(0771)5702089



附图 香格里拉“自喷系统”示意