

建筑给水排水 设计论文集

方汝清 著



西南交通大学出版社

TU82/18

2008

建筑给水排水设计论文集

方汝清 著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

建筑给水排水设计论文集 / 方汝清著. — 成都: 西南交通大学出版社, 2008.6

ISBN 978-7-81104-998-5

I. 建… II. 方… III. ①建筑—给水工程—工程设计—文集②建筑—排水工程—工程设计—文集 IV. TU82-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 081606 号

建筑给水排水设计论文集

方汝清 著

*

责任编辑 汪启明 李 岗

特邀编辑 吴 迪

封面设计 杨 艳

西南交通大学出版社出版发行

成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 140 mm × 203 mm 印张: 5.625

字数: 161 千字

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-998-5

定价: 20.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

序

方汝清先生要编纂一本论文集，邀请我写序。我的第一感觉是从未写过这类文体，难以着手。继而一想，这部论文集对于建筑给水排水是一件大事，是具有里程碑意义的大事，不会写序也要学着写。

在建筑给排水的成长和发展史上，20世纪70年代，方总就成为规范(当年称为《室内给水排水和热水供应设计规范》)最年轻的联络员；80年代，建筑给水排水全国性学术组织在西安组建成立，方总是第一代委员、常委；90年代，建筑给水排水终于有了第一批教授级高工，方总位列前茅；进入新世纪，方总是建筑给排水第一位设计大师，截至目前，还是唯一的一位建筑给排水大师级专家。

这本论文集收集了方汝清先生各个时期的论文。这些论文在时间跨度上将近半个世纪，论文内容充分反映了时代的特征，从中也可以看到建筑给水排水技术发展的轨迹。在空间跨度上涉及建筑给排水的许多领域，文章观点明确，文理致密，有个人特色，言之有物，言之有理。因此，论文集的出版，其意义不仅在于总结和回顾，在于它的现实指导作用和前瞻引领功能，每个人从中都会得到教益和收获。

其实，建筑给排水领域内的同行都知道，方总擅长的不仅仅是论文，还有演讲。记得在过去的两委会〔中国工程建设标准化协会建筑给水排水委员会(即标委会)，和中国土木工程学会水工业分会建筑给水排水委员会(即学委员)〕的年会和换届会上，闭幕词都是

由方总撰写并在闭幕式上宣讲，听了以后，您就会领悟什么是激情，什么是文采，可惜这些文章，论文集未能收录。

回顾半个世纪以来，建筑给排水从房屋卫生设备起步，到室内给排水工程，再到建筑给水排水工程，可以说一路走来，一路坎坷；但同时也是一路阳光，一路凯歌。我们曾经有过那么多的技术突破，论文集就记录了这已有的成绩和辉煌。衷心祝贺论文集的出版，更由衷地感谢方汝清先生为建筑给排水事业所做的杰出贡献。最后用伟人的一句诗作为本序的结尾：数风流人物，还看今朝。

姜文源

2007年7月

前 言

方汝清同志 1960 年毕业于重庆建筑工程学院给水排水专业，毕业后一直在我院从事建筑给排水设计及专业技术管理工作。曾任四川省建筑设计院副总工程师，现任院顾问总工程师、高级工程师（正高级）。是享受国务院政府津贴专家，四川省委、省政府有突出贡献的优秀专家，2005 年荣获四川工程设计大师。

他从事建筑给水排水设计及专业技术管理 40 余年，具有丰富的设计实践经验及解决专业关键技术难题的能力。作为国内知名设计大师，他培养了大量青年技术骨干，并对他们的工作予以无私的指导和支持。他主持设计了大量的建筑工程，均取得了良好的社会效益，受到各界赞誉，为工程建设事业的发展做出了巨大的贡献。

方总具有坚实的理论基础及专业知识，有较强的科研能力，在工程设计给排水专业理论上具有较高的造诣，公开发表论文数十篇，主编、参编四川省地方标准 10 项，多次获得建设部、公安部、四川省及成都市优秀工程设计奖、科技进步奖、优秀标准设计奖。其中“建筑硬 PVC 排水管阻火圈的研究”荣获 2001 年公安部科学进步三等奖，打破了国外对此项技术的垄断，居国内领先水平，其主要性能指标达到国际同类产品先进水平。

方总的论文集是他一生心血、经验和智慧的结晶，非常荣幸为论文集拟此前言。此书的出版不仅是我院的幸事，也是建筑给排水同行的幸事，将为建筑给排水的发展起到指导和引领的作用。希望我院同仁能以方总为榜样，在技术上孜孜不倦、潜心钻研。在此，衷心祝贺论文集的出版，更感谢他为四川省建筑设计院的发展所做的非凡努力和杰出贡献！

陈中义
2008 年 2 月

目 录

高层建筑消防给水系统超压问题	1
高层建筑消火栓系统给水分区的确定	11
消防给水系统剩余水头的计算	17
高层建筑消防给水系统增压问题	26
消防给水设计与消防产品标准	29
高层建筑消防给水泵的选型	36
预作用自动喷水灭火系统的控制和运行	43
自动喷水灭火系统消防水箱的功能分析	51
自动喷水灭火湿式系统的末端试水和流量、压力检测试验装置	60
建筑水灭火系统的消防排水问题	68
厨房烹饪设备细水雾灭火系统的设计	78
建筑排水硬 PVC 管阻火圈的研究	87
调压孔板在室内给水系统中的应用	100
高位水箱供水系统对水质的影响	110
内筋嵌入式衬塑钢管用于消防给水管道的分析	116
关于吸气阀排水系统的思考	123
建筑排水 UPVC 管道设计问题	130
高层建筑应用硬聚氯乙烯排水管的防火措施	141
锰硅电炉煤气洗涤废水的闭路循环处理	150
珠海市南天酒店给水与消防设计	158
后 记	172

高层建筑消防给水系统超压问题

【提要】 在火灾发生初期，消火栓与自动洒水喷头一般都要逐步投入灭火，不可能立即达到设计流量，由于消防给水泵选择不恰当，系统布置不合理等原因，造成消防给水系统产生非正常超压，给扑救工作带来不利影响。如何防止消防给水系统非正常超压，本文提出了正确选择水泵、合理进行系统垂直分区、重力式消防给水系统、设置泄压装置和开发新产品等一系列措施。防止消防给水系统非正常超压是我们在工程设计中应引起重视的问题。

一、消防给水系统超压及非正常超压

高层建筑物火灾立足于自救，并以室内消防给水设备为主。按照现行《高层民用建筑设计防火规范》的规定：消火栓系统室内消防用水量，最低限为 10 L/s （2支水枪供水），最高限为 4 L/s （8支水枪供水），设计消火栓给水系统则根据此流量进行水泵选择。如果将室外消防用水量通过水泵接合器叠加到室内消火栓系统，则最低限为 25 L/s （5支水枪供水），最高限为 70 L/s （14支水枪供水）。按照《自动喷水灭火系统设计规范》（BJ84—85）*的规定：建筑物为轻危险级时，自动喷水灭火系统设计秒流量为 9 L/s （最少应有9只标准喷头释放），建筑物为中危险级时为 20 L/s 建筑物为严重危险级时为 $50\sim 75\text{ L/s}$ 。设计自动喷水灭火系统则根据此流量选择消防给水泵。

建筑物发生火灾一般都是从阴燃期（初起火灾）、成长期（初期和中期火灾）到最盛期（大火）。使用消火栓系统灭火，在火灾发生初期

* 国家有关设计技术规程。

着火点处燃烧面积较小,火势不大,一支口径 19 mm 水枪的控制面积在 $30 \sim 50 \text{ m}^2$ 时,用水供给强度在 $0.12 \sim 0.2 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 范围之内,就能满足灭火和控火的要求。灭火的实践也是这样,并不是一开始就使用若干支水枪,从而达到设计流量。对于自动喷水灭火系统来说,从火灾统计资料看,灭火有效率达到 97%,并且有 50% 的火灾,当喷头释放 1~2 只就扑灭了。一般情况下,火灾都是从点到面逐步扩展,自动喷水灭火系统的喷头则随着火势蔓延而逐步释放,不可能一开始就同时释放若干只而达到设计流量。

众所周知:水泵转速一定,叶轮圆周速度也一定,泵内水流变化将引起叶轮出口速度三角形变化。流量减小时,绝对速度流出角度变小,理论扬程增大,水泵给出的实际扬程与此相关也增大;反之,流量增加则扬程降低。对于消防给水系统来说,给水泵在小于设计流量下工作时,消防系统压力将超过设计确定值。如果超压值在恰当范围,消防给水系统可以正常使用,一旦超压过大将会使消防给水系统出现故障,情况严重还可能对系统产生破坏事故。非正常超压是我们在工程设计中应该避免的。

消防给水系统非正常超压的主要原因有下列两种情况:

1. 消防给水泵选择不恰当

给水泵种类很多,消防给水一般都采用离心式水泵,它的 $Q-H$ 特性曲线可以分为三种类型(见图 1)。

(1) 较平坦曲线:流量 Q 变动较大时,扬程 H 变化不大。这种特性曲线水泵适宜于作消防给水泵。当消防给水系统在小于设计流量情况下运行时,系统产生的超压可以保持在允许范围。

(2) 陡降型曲线:流量 Q 变动不大时,扬程 H 变化较大。这种特性曲线水泵如果作为消防给水泵,就容易产生非正常超压而出现对系统的危害。例如,某消火栓给水系统,设计流量为 30 L/s 、扬程 100 m,表 1 列出了两种不同型号水泵,在其他参数大体一致情况下,由于两种水泵 $Q-H$ 特性曲线不同,所出现的超压值也不同。第二种型号水泵 $Q-H$ 特性曲线较之第一种型号水泵更为陡降,在一支水枪出水控火灭火

时,所发生的消防给水系统超压值几乎相差一倍。

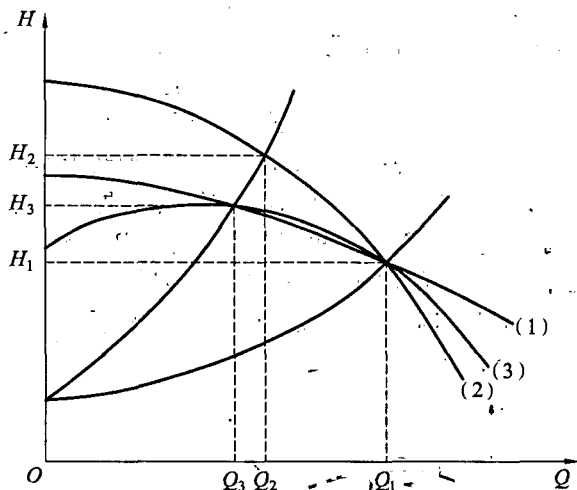


图1 水泵特性曲线与系统超压

表1 两种不同的曲线水泵的流量压力值

型号	流量 (L/s)	扬程 (m)	配电机 (kW)	泵轴功率 (kW)	效率 (%)
第一种水泵 5DA-8×5	30 (设计流量)	100	55	35	70
	10 (2支水枪)	125		25	40
	5 (1支水枪)	135		20	20
第二种水泵 DA ₁ -125×5	30 (设计流量)	100	55	35	75
	10 (2支水枪)	140		30	40
	5 (1支水枪)	160		25	20

(3) 具有峰值的曲线: 此种特性曲线水泵不适宜作消防给水泵, 使用这种特性曲线水泵的消防给水系统, 容易发生喘振现象。由于水是非压缩流体, 水泵喘振现象不仅是依照泵本身的特性, 而且是依照包含供水管路在内的全部系统的特性而定。为了灭火时供水迅速, 消防给水泵一般都是开阀启动, 其流量供给的变化调节是在最不利点的

消火栓、开关水枪处进行控制,自动喷水灭火流量变化则是随系统喷头释放数量而变。管路系统水流在静止状态时,空气集聚于顶部,在流动状态时,孔板、减压阀、弯头等地方因水流速度变化产生负压而释放空气;消防给水泵启动初期,系统在远比设计流量小得多的工况下工作。由于上述原因,消防给水泵较之生活给水泵更容易产生喘振。发生喘振时,水泵的工况点是在图 2 所示的封闭曲线上作逆时针旋转,移动一周后又回到原来状态,以后即重复相同的过程。这就使得水泵与管路共同工作点由 R_3 变到我们设计需要的 R_2 十分困难,不能顺利地提供设计需要的消防供水量 Q_2 ,扑救火灾争分夺秒,这种状况是不能允许的。喘振还将对水泵造成损坏,尤其是消防给水泵供水压力都比较高的情况下,这种损坏将更为严重。

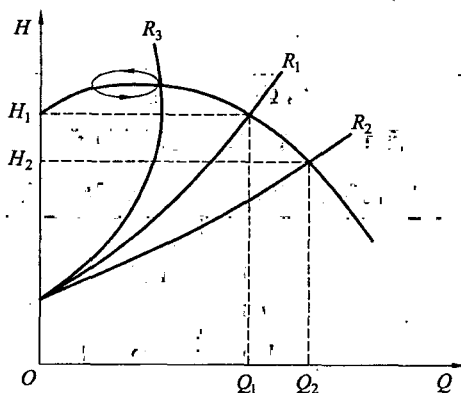


图 2 喘振发生时水泵工作点轨迹

2. 系统布置不恰当

室内消火栓给水系统和自动喷水灭火系统,是否可以共用消防给水泵?有关规范中没有明确规定。在实际工程中,可以见到以下两种做法。图 3 是两个系统分别设置工作泵,共用一台备用泵。消火栓给水系统与自动喷水灭火系统对水量、水压要求各不相同,管网布置也不相同,分别设置的工作泵型号必然不会相同。《高层民用建筑设计防火规范》要求:“消防水泵应设有工作能力不小于主要泵的备用泵。”

按此规定,合用的备用泵必然是按照两者中水量和扬程最大的一台进行选泵。同时,两系统有1 h共同工作时间,当水压要求低的系统供水泵有故障,由备用泵供水时,出现的超压问题将比系统分别设置要严重得多。

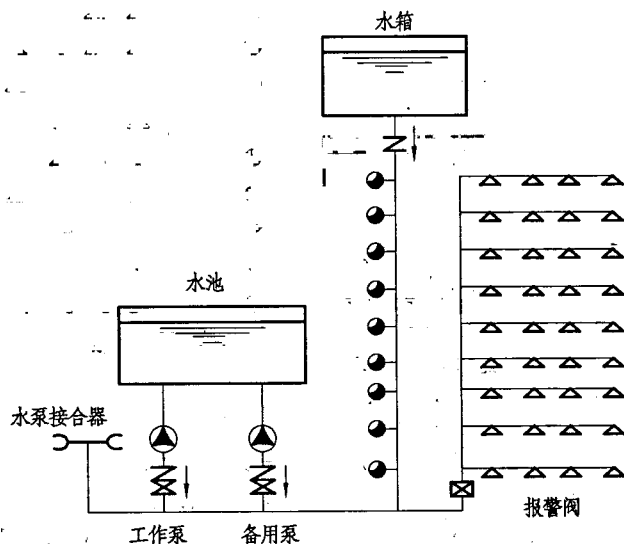


图3 独立工作泵,合用备用泵

图4所示为消火栓系统与自动喷水灭火系统合用工作泵、备用泵,此系统水泵选型须按两者用水量之和作为设计流量,并以其中所需扬程最大者作为选泵扬程依据。这种系统,当只有一两支水枪工作或仅仅释放一两只喷头时,非正常超压最为严重。同时,这种系统选择的水泵电机负荷大、启动电流也大,造成变配电设备容量增加。

这里还须指出,上述两种系统的消火栓给水管网与自动喷水灭火管网在报警阀前应分别单独设置。因为,这两种手段在控制和扑灭初、中期火灾的作用上是基本相同的,但自动喷水灭火系统在工作1 h后,仍未扑灭的大面积火灾,可能会出现两种情况:一种可能是自动喷水灭火系统局部损坏不能继续使用;另一种可能,即使设备未损坏,

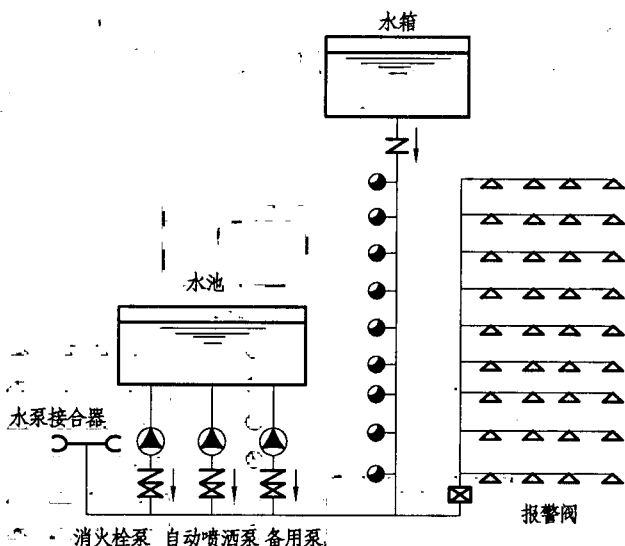


图4 合用工作泵与备用泵

由于火场区域燃烧面积扩大,开启喷头数量超过设计流量值。蔓延扩大的新火场区,使全部开启的喷头在水量、水压上受到严重影响,灭火效果明显降低,不利于控制火势蔓延和很快扑灭。因此,1 h 后一般要关闭报警阀,继续使用消防栓给水系统进行灭火。

例如,某饭店工程设置消防栓给水系统和自动喷水灭火系统,两系统共用工作泵和备用泵,设计流量 50 L/s、扬程 94 m,选用离心水泵 150TSW $\times$ 4 型,该水泵是具有峰值特性曲线水泵,当流量在 0~27 L/s 范围工作容易发生喘振,当两支水枪工作或 8 只喷头释放时,系统超压近 40 m。如果改用 6DA-8 $\times$ 4 型水泵,流量、扬程、轴功率等都十分相似,但此泵特性曲线没有峰值,可避免发生喘振,出水阀门全关(即零流量)时,超压 26 m,超压值比前一种水泵减少了 70%。从表 2 还可以看出,第二种水泵在 0~20 L/s 间流量变化时,扬程几乎不变。当火灾发生,自动喷水灭火系统喷头逐次开启;或消防栓水枪逐支参加灭火,水泵都能够平稳地工作,消防给水系统不会出现超压问题。

表2 两种型号水泵性能比较

型 号	流量 (L/s)	扬程 (m)	配电机 (kW)	泵轴功率 (kW)	效率 (%)
第一种型号水泵 150TSW×4	50	94	75	64	60
	10	134		44	30
第二种型号水泵 6DA-8×4	50	94	75	64	65
	40	110		60	70
	30	116		56	65
	20	120		48	50
	10	120		44	30
	5	120		40	20
	0	120		40	0

二、消防给水系统非正常超压的危害

(1) 影响直流水枪工作。高层建筑室内消火栓要求设置 $\phi 19$ mm 直流水枪、充实水柱 10~13 m, 相应的水枪口压力为 13.5~20.5 mH_2O , 水枪反作用力 75.54~117.72 N (7.7~12 kg)。经过训练的消防队员能承受的水枪最大反作用力不应超过 196.2 N (20 kg), 一般不宜超过 147.15 N (15 kg)。在灭火初期消防给水系统发生超压时, 水枪出口压力剧增, 反作用力也随之剧增。从表 1 所示例子, 使用第二种水泵的消防系统将会使第一支水枪反作用力达到 441.45 N (45 kg), 两名消防队员同时工作也很难将水枪把持住, 即使勉强握住也不能准确射击, 影响灭火速度和效果。

(2) 影响消火栓与水龙带接口。目前, 我国室内消火栓与水龙带连接采用的是内扣式, 这是一种由管筒和圆套盘组成的快速接口, 水密性依靠旋紧插入斜面沟槽的凸面来压紧端头橡胶密封圈。当消火栓给水系统非正常超压时, 将会冲脱这种内扣式接口, 消防队员只得临时用铅丝绑扎, 既延误灭火战机, 又造成接口处漏水, 严重影响灭火。

(3) 影响消防给水系统垂直分区。《高层民用建筑设计防火规范》规定: 消火栓处静水压不应超过 80 mH_2O , 当超过此水压时, 需采用

分区给水或设减压设备。《自动喷水灭火系统设计规范》(GBJ84—85)规定:自动喷水灭火系统内压力不超过 1.177 MPa (12 kg/cm^2), 否则也要采用分区给水或设减压设备。两本规范规定的实质是一致的, 因为消火栓静水压为 $80 \text{ mH}_2\text{O}$, 形成“规范”要求 13 m 紧密射流需要 $25 \text{ mH}_2\text{O}$, 再加之管道系统水头损失, 消火栓系统的压力同样不能超过 1.177 MPa (12 kg/cm^2)。因此, 在消防给水工程设计中, 我们不能只考虑设计流量时消防给水系统压力, 还要考虑系统超压时的工作压力, 后者将影响消防给水系统垂直分区的几何高度, 消防给水系统垂直分区的增加将影响工程投资的增加, 还对消防给水系统的控制和使用带来影响。

三、防止消防给水系统非正常超压的措施

1. 正确选择消防给水泵

(1) 采用较平坦 $Q-H$ 曲线特性的水泵作为消防给水泵, 它不会造成消防给水系统出现非正常超压, 例如表 2 所示的第二种型号水泵。

(2) 在无法找到上述特性曲线水泵适用于我们设计的消防给水工程时, 可采取两用一备消防给水泵: 两台工作泵一大一小, 火灾初起使用小泵, 以后两台泵共同工作。如果大小两台水泵并联工作效果不佳, 或不能并联工作, 可采取两台单独工作水泵, 火灾初起用小泵, 避免因水泵在小流量下工作形成超压, 以后则停小泵只用大泵工作。此种大小水泵供水系统, 水泵切换的自动控制应安全可靠。

2. 正确布置消防给水系统

(1) 自动喷水灭火系统与消火栓给水系统应分开布置。图 3、图 4 所示上述两个系统合并布置, 无非是想节省水泵和管道。实际上自动喷水灭火系统与消火栓系统合并节省投资并不明显, 由于两系统在自动喷水灭火报警阀后管道就必须分开, 这是洒水规范的要求, 因此节省管道甚少。合并布置系统的两台大泵与分开系统的四台小泵投资差异也不会太大。然而, 合并布置系统产生非正常超压影响安全供水方

面, 供电与备用柴油发电机容量增大方面等带来的缺点较多。因此, 自动喷水灭火系统与消火栓系统应分别布置为好。

(2) 合理进行消防给水系统垂直分区。在进行消防给水系统布置, 确定垂直分区几何高度时, 应考虑系统在检验时、灭火初期产生超压的影响, 控制其系统内压力在 1.177 MPa 范围以内。这样, 在平时消防给水系统检验和灭火初期水泵在小流量状态下工作产生超压时, 系统能够承担而不至于发生事故。

3. 重力式消防给水系统

这种消防供水方式国内外均有已建成的工程实例, 如图 5 所示。消防用水全部贮存在屋顶水箱, 当水箱高度不能满足顶层消火栓或自动喷水灭火系统水压要求时, 对最上层设置专门消防给水泵。这种消防供水方式在建筑地基条件较好、结构型式允许的情况下, 是一种很好的供水方式, 它具有如下几方面优点:

① 基本解决消防给水系统超压问题;

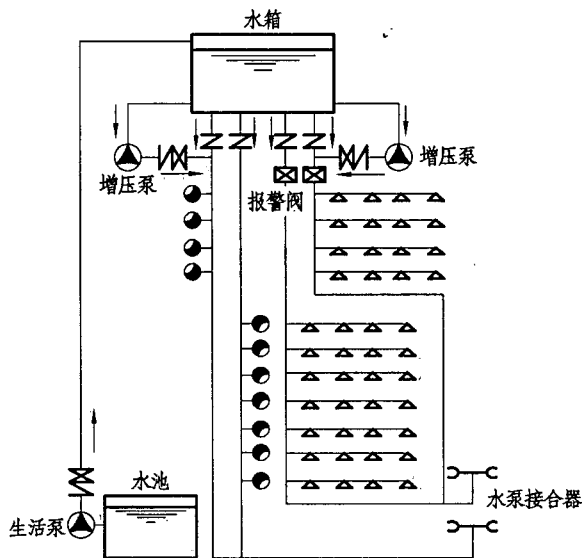


图 5 重力式消防供水系统

- ② 重力式消防供水不怕火灾时停电;
- ③ 不设高扬程、大流量消防泵。生活给水泵在满足最大小时供水时,能在消防规范确定的时间内将消防用水补充到水箱就行了;相应的可减少供电设备;
- ④ 消防供水控制简单,对于消火栓系统来说,只在顶层几层才设消火栓按钮;
- ⑤ 消防供水基本上处于常高压状态,灭火可靠性高。

4. 设置泄压装置

在消防给水系统中设置泄压装置,一旦出现非正常超压,则由泄压装置处通过泄流达到系统泄压的目的,从而保证消防给水系统正常工作。从工程实践来看,常在下列部位设置泄压装置:

- ① 消防给水泵出口处;
- ② 消防给水干管处;
- ③ 消火栓处;
- ④ 每层自动喷水灭火系统管网末端;
- ⑤ 水泵接合器处。

5. 开发新产品

(1) 消防给水泵:目前我国还没有专门的消防给水泵系列产品,工程设计中只好选择普通离心式给水泵代替,使得消防给水系统常常出现非正常超压现象。国外对消防给水泵有专门规定,例如,消防给水泵关阀压力(零流量)小于额定压力的 120%;当水泵供水量达到额定流量的 150%时,压力不得低于额定压力的 65%。这种特性曲线的消防给水泵,流量变化时扬程变化很小,只要消防给水系统布置正确,就可从根本上保证消防给水系统不出现非正常超压,提高了灭火的可靠度。

(2) 泄压消火栓:国外已有这种产品,当消防给水系统出现非正常超压时,由消火栓处泄压。使用这种消火栓既可保证要求的充实水柱,又不妨碍消防队员操作,10 min 消防用水储存也能够得到保证。

还有一些新产品,不在此一一列举。