

设计经验

管网叠压供水技术存在的主要问题及解决途径

樊建军¹, 魏晓安¹, 王峰²

(1 广州大学 土木工程学院, 广东 广州 510006; 2 华南理工大学 建筑设计研究院, 广东 广州 510641)

摘要: 指出目前管网叠压供水系统存在水泵运行效率低、连续供水可靠性下降等问题, 叠压供水设备设计、安装、使用不当都会对供水系统产生不利影响。小型气压罐与叠压供水设备联合工作、不同扬程水泵联合工作可进一步增强节能效果, 适当降低叠压供水设备的设置高程、缩短引入管长度、放大引入管直径, 可增加系统连续供水的可靠性、减小稳压平衡器的体积。

关键词: 叠压供水; 水泵效率; 供水可靠性

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602 (2006) 22 - 0039 - 04

Problems in Network Pressure-superposed Water Supply and Corresponding Solution

FAN Jian-jun¹, WEI Xiao-an¹, WANG Feng²

(1 School of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 2 Architectural Design and Research Institute, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: It was pointed out that there exist some problems in the network pressure-superposed water supply, such as low efficiency of pumps and low reliability of continuous water supply. If the facilities of pressure-superposed water supply are not designed or fixed or operated properly, they may affect water supply system badly. Their combination with small pneumatic tank or pumps with different head can save more energy. By means of lowering the elevation of the facilities, shortening the length of inlet pipe and increasing the diameter of inlet pipe, the reliability of water supply may be improved and the volume of pressure balancer be reduced.

Key words: pressure-superposed water supply; efficiency of pumps; reliability of water supply

管网叠压供水系统由调速水泵、稳压平衡器和变频数控柜组成, 取消了贮水池, 使水厂到用户水龙头成为一个密闭系统, 完全避免了来自外界的二次污染, 并使得市政管网剩余压力得到利用, 近年已经在国内很多大中城市推广应用。

1 管网叠压供水技术存在的问题

虽然水在稳压平衡器中有一定时间的停留, 从而带来水质下降的风险, 但总体上来讲, 管网叠压供水技术在避免来自外界的二次污染和利用市政管网剩余水压两个方面具有明显的技术优势, 将会成为

二次供水的主导技术。由于叠压供水技术尚处于工程应用的起步阶段,目前的应用水平还比较低,大量技术问题还有待研究解决,其中主要有以下几点:

1.1 缺乏相关的技术标准

管网叠压供水技术使市政管网与建筑内部管网成为一个整体,市政管网出流不再由液位阀控制,二次加压水泵的静扬程也不再保持不变,市政管网的水力参数(管道直径、节点水压、流量等)和周边用户的用水情况都将对叠压供水系统的工作效率、供水可靠性产生直接影响,建筑物内部用水量的变化也会反过来影响市政管网及周边用户。

由于目前对市政供水系统与建筑内部供水系统的相互影响还缺乏研究,《城市供水条例》明确规定不允许外接设备在市政管网上直接抽水,所以很多城市的供水管理部门出于保证供水管网运行安全的考虑,对叠压供水技术的推广应用心存顾虑,叠压供水技术在总体上仍处于试用阶段,亟待制订允许叠压供水系统接入市政管网的技术标准。

1.2 水泵运行效率低

叠压供水的最大特点在于系统的工况点同时受用水量变化和市政管网水压变化的影响,变动范围更大。图 1 为叠压供水系统流量扬程变化示意图, H_{ST1} 、 H_{ST2} 分别对应于市政管网最低水压和最高水压时的净扬程, $Q \sim \Sigma h$ 为管道特性曲线, Q_{max} 为叠压供水的最大流量,显然 b 点是最不利工况点。当系统的用水量不变、市政管网水压波动时,工况点将沿铅垂线移动;当市政管网水压稳定、用水量变化时,工况点将沿水平线移动;当用水量与市政管网水压同时发生变化时工况点将随机移动,但系统的全部工况点都必定落在由 abdc 围成的矩形之中。

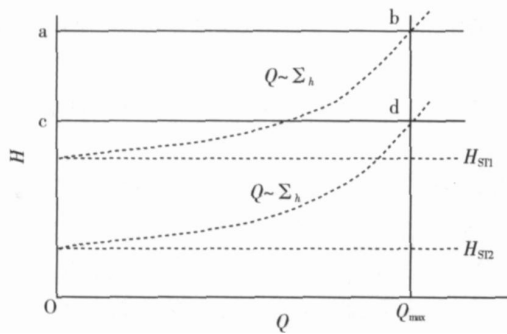


图 1 流量扬程变化示意图

Fig 1 Variety range of flow and pump head

图 2 为水泵特性曲线示意图。A、B 为 $Q \sim H$ 曲线高效段的端点,OA、OB 为相似工况抛物线,C、D

分别为水泵在有效调速范围的下限转速特性曲线与相似工况抛物线的交点。显然,曲边四边形 ABDC 是水泵能够高效运行的区间。当系统所需工况点不在此区间时机组不能高效运行,工况点偏离越远则机组效率越低。其中曲边四边形 MACN 内的工况点偏离了高效区,曲边三角形 OCD 内的工况点超出了有效调速范围,而曲边三角形 ONC 内的工况点则同时受到两方面因素的影响。

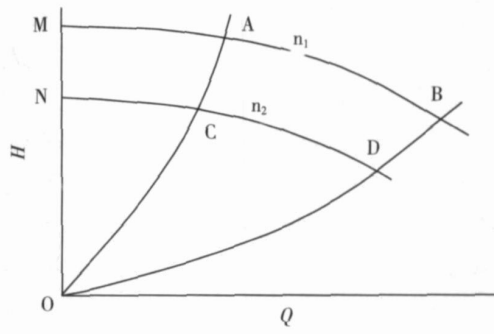


图 2 水泵特性曲线

Fig 2 Characteristic of pumps

进行叠压供水系统设计时,应保证系统在最不利情况下正常工作。对照图 1、2 可知,b 点不得位于水泵特性曲线上方,理想的选泵结果是正好落在特性曲线上。显然,水泵高效工作区域与系统所需流量扬程区域不匹配,选泵时如果使 b 点靠近 B 点,当市政管网水压范围变化很大的系统出现高压时,水泵运转速度将远低于有效调速范围的下限。但如果将 b 点向 A 点方向移动,当用水量变化范围很大的系统出现小流量时,水泵工况点会远离高效区。两种情况都可能造成水泵机组效率下降,导致能量浪费。也表明单一型号的水泵较难使叠压供水系统稳定地高效运行,用水量变化幅度大的系统更为突出。工程实例中水泵运行效率 < 40% 的现象并不少见,特别是夜间无人用水时,水泵机组空转,电耗完全用于维持系统设定的水压,有效功率接近于零。

1.3 设备设置高程受限制

尽管叠压供水系统中的稳压平衡器与气压罐同属于密闭容器,都具有一定的贮水量,但两者存在诸多区别。首先是稳压平衡器安装在加压水泵之前,而气压罐安装在加压水泵之后;其次是气压罐压力始终高于大气压,而稳压平衡器的压力可能等于大气压;最根本的区别在于气压罐可根据需要设置在建筑内部任何高程上,而稳压平衡器的设置高程则

受到比较严格的限制。

图 3 为市政管网水压对叠压供水设备设置高程影响的示意图,、、均为最大用水量条件下引入管水力坡度线,、、分别为三种不同高程布置,a 点代表市政管网正常情况下可保证的水压,b 点代表水泵抽水时市政管网必须得到保障的水压。显然,叠压供水设备布置高程只能介于与之间,高于时系统容易出现断水现象,低于时可能对市政管网产生不利影响。在的布置方式中,cd 管段产生负压,此时不仅附近用户的水压得不到保障,而且一旦在出现负压的管段上有淹没出流的出水口或地下水位较高且管道有渗漏点时,就会导致回流污染或地下水侵入。

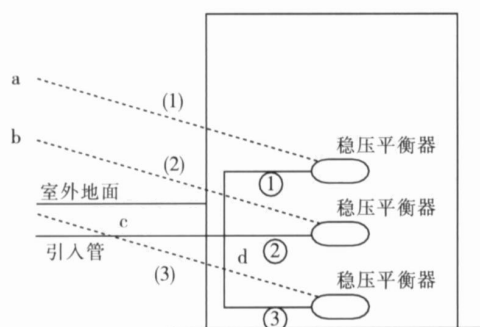


图 3 水压对设备设置高程的影响

Fig 3 Influence of water pressure on elevation of facility

1.4 连续供水的可靠性降低

《建筑给水排水设计规范》(GB/T 50015—2003)第 3.7.3 条规定:建筑物内的生活用水贮水池的有效容积应按进水量与用水量变化曲线经计算确定;当资料不足时,宜按最高日用水量的 20%~25%确定。由于贮水池的调节作用,建筑物引入管的设计流量可按不低于建筑物最高日平均时生活用水量确定。当市政管网水压较低时,只要市政管网的供水量不低于平均小时流量,就可保证连续供水。在水池蓄满水的情况下,市政管网发生故障抢修时,仍然可继续供水 4~6 h。

采用叠压供水技术时,引入管的设计流量应不小于建筑物的设计秒流量。当市政管网供水量小于建筑物设计秒流量时,稳压平衡器的压力迅速降至与大气压相等,容器内水位随之开始下降。由于存水量很少,水位在短时间内降至最低控制水位而使系统停止工作。随着叠压供水技术的进一步推广应用,管网中水池水箱数量逐渐减少,对流量的调节作

用逐渐消失,这会导致各建筑物用水高峰对市政管网的影响趋于同步,容易出现供水中断现象。

2 解决途径

加强相关理论研究

叠压供水技术将市政供水系统与建筑内部供水系统连接成为一个整体,加压水泵串联在管网中运行,要研究采用叠压供水技术时市政供水系统与建筑内部供水系统的相互影响及其规律,应该将二者作为一个整体建立管网水力模型,通过理论分析、数值计算、现场数据测试验证等步骤,研究在不同的市政管网状态参数下,叠压供水系统在运行效率和可靠性方面所受影响,以及加压水泵直接从市政管网抽水时,可能对市政管网所产生的不利影响及其影响范围。对主要技术参数提出控制性指标,完善叠压供水技术的理论体系。

小型气压罐与叠压供水设备联合工作

对用水量变化较大的系统,可采用小型气压罐与叠压供水设备联合工作方式解决小流量工况点严重偏离高效区的问题。小型气压罐已成功用于普通变频调速供水系统,有效地解决了小流量情况下的节能问题。但由于叠压供水系统不仅受用水量变化的影响,还受到市政管网压力变化的影响,小型气压罐与叠压供水系统联合工作时,为取得最佳的节能效果,不仅需要研究两者交替工作的界限流量问题,更重要的是需要合理确定气压罐的最低与最高工作压力。

在传统的二次供水系统中,由于静扬程保持不变,水泵运行时的扬程变化主要由水头损失改变所致,一般说来变化幅度不是很大,不需要考虑不同扬程水泵交替工作。叠压供水系统中,水泵扬程受水头损失和市政管网压力的双重影响,变化幅度往往超出水泵高效区扬程的覆盖范围。对市政管网压力变化大的系统,可采用不同扬程水泵交替工作的方式解决高水压情况下水泵转速远远超出有效调速范围下限的问题,此时需要根据建筑物引入管与叠压供水系统出水管的压力差对水泵进行切换。

适当降低叠压供水设备的设置高程

从保障建筑物供水安全性考虑,叠压供水设备的设置高程宜适当偏低,以不影响市政管网正常使用为控制标准,其安装高程可按下式计算确定:

$$Z_1 = H - ALQ^2 \quad (1)$$

式中 Z_1 ——以室外地面为零点,叠压供水设备不

影响市政管网水压的安装高程

H ——以室外地面为零点,引入管与市政管网连接处需要得到保障的最低水压

A ——引入管的比阻

L ——包括局部水头损失折合的当量长度在内的引入管计算长度

Q ——设计秒流量

需要指出的是,在进行管路布置时,应尽量避免管道轴线高出水压线(避免负压)。

合理确定稳压平衡器的调节容积

当设备安装高程受到限制不能降低时,稳压平衡器的有效调节容积可按下式计算确定:

$$W = (Q - \sqrt{\frac{H - Z_2}{AL}}) \cdot T \quad (2)$$

式中 W ——稳压平衡器的有效调节容积

Z_2 ——叠压供水设备安装高程($Z_2 > Z_1$)

T ——市政管网供水不足的最长持续时间

在设计叠压供水系统时,对于有可能出现供水中断的系统,为保障系统连续供水的可靠性,应最大限度地利用市政管网的供水能力,将叠压供水设备设置在允许安装高程的最低位置,并以最短的线路布置引入管。当按式(2)计算所得稳压平衡器的有效调节容积偏大时,可适当放大引入管直径重新计算,如计算结果仍然偏大,则说明该系统不适宜采用叠压供水技术。

推广应用管网叠压供水技术时,供水管理部门应当对可能出现的高峰流量增大现象予以足够的重视,提前做好防范工作,采取增大部分“关键”管段

(主要是街坊管)的直径等技术措施增强市政管网的供水保障能力。

3 结论

叠压供水技术理论体系还有待于完善,研究中应将市政供水系统与建筑内部供水系统作为一个整体来建立数学模型。

叠压供水系统在低流量下工作时,以小型气压罐替代或改用小泵运行,可进一步增强节能效果。

叠压供水设备的设置高程受设计流量、市政管网水压、引入管计算长度及直径的综合影响,合理低置有利于提高连续供水的可靠性。

稳压平衡器的调节容积应根据设计流量、市政管网可利用水压、引入管计算长度及直径计算确定,合理缩短引入管长度、适当增大引入管直径可有效减小稳压平衡器的体积。

参考文献:

- [1] 潘书通,张斌,孙建民. 直接管网叠压供水设备的工作原理与应用[J]. 给水排水, 2003, 29(12): 70 - 72
- [2] 李世英. 直接式管网叠压供水与传统供水方式的比较[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2002, 28(5): 41 - 43
- [3] 樊建军,王峰,胡晓东,等. 直接式管网叠压供水的优化设计[J]. 中国给水排水, 2005, 21(5): 59 - 61

电话: 13392659161

E-mail: gzfjj@163.com

收稿日期: 2006 - 04 - 09

· 信息 ·

西门子与西南大学合作建立自动化技术联合实验室

2006年8月西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团SCE-教育合作项目部门启动与西南大学的合作项目。根据双方协议,西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团协助西南大学建立先进的SMATIC自动化技术联合实验室,同时开展一系列标准化研究和学术交流活

动。另外,西南大学将聘请西门子(中国)有限公司高级顾问、教授级高工惠敦炎先生作为其自动化系兼职教授。通过和西南大学的进一步合作,西门子自动化与驱动集团将推动以实践为导向的工程能力和实践技能培训方式在高教领域的推广。

西南大学-西门子SMATIC自动化技术联合实验中心项目将通过实验室投入、自动化学科建设和人才培养、教师培训等方式,全面引入德国现代职业培训理念和培训模式。中心拥有现代化的培训设备,包括过程自动化控制系统、PROFNET以太网及现场总线系统和工业软件系统,代表了当今最先进的自动化技术平台,将承担流程工业、制造业自动化系统体系和应用的研究与教学。双方将围绕教材开发和教学改革等环节推动自动化学科建设。同时,西门子还将为西南大学自动化专业的毕业生提供更多的实习实践机会和工作岗位,承担培训优秀专业教师的责任。

(西门子<中国>有限公司)