

住宅小区生活给水系统节能方案优选

张勤¹, 宁海燕²

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400030; 2. 西华大学 能源与环境工程学院, 四川成都 610039)

摘要:介绍了某高层住宅小区生活给水系统的节能方案,通过分析比较各备选方案的能耗情况,得出了屋顶水箱给水和变频泵给水的节能效果,论证了屋顶水箱给水和变频泵给水相结合的给水方式是较好的节能方式,同时进一步比较了各方案寿命期内的投资和运行总费用,得出了最优的给水方式。

关键词:高层住宅;给水方式;能耗;变频调速

中图分类号:TU-821 文献标志码:A 文章编号:1006-7329(2008)01-0088-04

The Energy Saving Design of Domestic Water Supply for a Residential Quarter of High-rise Buildings

ZHANG Qin¹, NING Hai-yan²

(1. College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China; 2. College of Energy and Environment, Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: The schemes of domestic water supply for a residential quarter of high-rise building are introduced. The energy consumptions of water supply schemes selected are compared and analyzed. The energy saving of the water supply schemes with water tank and variable velocity variable frequency pump are obtained. And demonstrated the domestic water supply system of combination the roof water tank and variable velocity variable frequency pump is good at energy saving. Furthermore, by the comparison of the investment and cost of these schemes in their lives, the best choice of domestic water supply system is gained.

Keywords: high-rise building; water supply scheme; energy consumption; VVVF (variable velocity variable frequency)

随着高层住宅小区的大量兴建,由于城市供水压力的限制,住宅内用水量又很不均匀,如何选择合理的供水方式来保证建筑小区的水压和水量,确保供水的安全稳定,同时又能达到节能的效果,是一个值得探讨的问题。高层建筑供水设计中,普遍采用两种供水方式:水泵+高位水箱和变频泵并联供水方式,这两种方式有各自的优缺点,而大多数人通常认为变频泵并联供水是最节能的方式,这种观点在实际工程中是不合理的。

1 工程概况

某高层住宅小区,小区内共有9幢高层住宅,其中1~4号楼、6号楼为28层,8、9号楼为29层,7号、10

号楼34层,层高均为3m。共有住户2000户,居住人口约7000人,地下一层为大型停车场,地上一层以上为标准层。住宅小区总建筑面积20.4万m²,最高一幢建筑高98.6m(小于100m)。

2 生活给水方案设计

该住宅小区的日用水量约1800m³,市政给水压力基本上与小区地面相平。为保证室内外给水量、水压,生活水池储存小区全部的用水量^[1]。同时该小区不能在各分区上部或各栋建筑底层设设备用房,因而只能在小区内设一个水泵房集中给水。以离水泵房最远、最高的一幢98.6m的住宅为最不利给水控制点,将给水系统分为高、中、低三个区。分区方案如表1所示。

* 收稿日期:2007-07-20

作者简介:张勤(1957-),男,重庆长寿人,教授,主要从事建筑给水排水工程、水工程经济等研究,(E-mail)cq-zhang qin@163.com。

表 1 生活给水分区方案

分区	楼号		
	1号~4号、6号	7号、10号	8号、9号
高区	1F~9F	1F~10F	1F~9F
中区	10F~21F	11F~22F	10F~19F
低区	22F~28F	23F~34F	20F~29F

小区内设集中加压水泵房,比选时作了以下 4 种方案^[2]:

①各楼屋顶设置 20 m³水箱(9 个),采用恒速水泵将全部生活用水供至室外高压给水管网,再分别供至各栋楼屋顶水箱,中、低区设减压阀供水。

②各楼屋顶设置 15 m³水箱(9 个),采用恒速水泵经室外高压给水管网,将生活用水供至各栋楼屋顶水箱,高区直接供水,中区设减压阀供水;低区由变频泵经室外低压管网直接供给。

③各楼屋顶设置 8 m³水箱(9 个),采用恒速水泵

经室外高压给水管网,将生活用水供至各栋楼屋顶水箱,由屋顶水箱供高区;变频泵经室外中、低压管网直接供给中、低区用户。

④变频水泵将生活用水分别送至室外高、中、低压给水管网,再分别供给各栋楼各个分区用户。

各方案的设备选择和价格按照以下原则:(1)水泵:高位水箱供水时,按照“最大小时流量”选配,变频泵供水时按“设计秒流量”选配,并采用相同生产厂家的同期报价;(2)减压阀组为 2 组并联(国内产品);(3)屋顶水箱均为玻璃钢装配式水箱;

3 各方案的能耗和投资比较

各方案的设计参数、水泵电耗量比较如表 2。各给水方案的主要材料及设备费用比较如表 3。

表 2 各方案的设计参数、水泵选型及耗电量比较

方 案	分 区	设计取值	泵 型	主要参数			日耗电量 /kWh	节电率 /%
				Q/L·s	H/m	N/kW		
①	高、中、低区	$Q_s=51.3$ L/s $H=110$ m	DL100-20×6(两用一备)	20~35	135~102	55	1 100.00	0
	高、中区	$Q_s=35.5$ L/s $H=110$ m	DL150-20×6(一用一备)	30~50	135~102	75		
②	低区	$Q_s=19.5$ L/s $H=50$ m	DL80-20×3(变频一用一备)	8.89~18	63~52.5	15	931.89	15
			DL65-16×3(恒速) DL50-15×4 (两用一备 配 5 m ³ 的气压罐)	5~10 52.5~42 2.5~5	64~48	4		
③	高区	$Q_s=15.5$ L/s $H=110$ m	DL80-20×6(一用一备)	8.89~18	126~105	30	823.49	25
			DL80-20×5(变频一用一备)	8.89~18	105~87.5	30		
	中区	$Q_s=23.2$ L/s $H=85$ m	DL65-16×6(恒速) DL50-15×6 (两用一备 配 5 m ³ 的气压罐)	5~10 105~84 2.5~5	96~70.5	5.5		
			DL80-20×3(变频一用一备)	8.89~18	63~52.5	15		
	低区	$Q_s=19.5$ L/s $H=50$ m	DL65-16×3(恒速) DL50-15×4 (两用一备 配 5 m ³ 的气压罐)	5~10 52.5~42 2.5~5	64~48	4		
			DL80-20×6(变频一用一备)	8.89~18	126~105	30		
④	高区	$Q_s=18.6$ L/s $H=110$ m	DL65-16×7(恒速) DL50-15×8 (两用一备 配 5 m ³ 的气压罐)	5~10 122.5~98 2.5~5	128~96	7.5	913.81	17
			DL80-20×5(变频一用一备)	8.89~18	105~87.5	30		
	中区	$Q_s=23.2$ L/s $H=85$ m	DL65-16×6(恒速) DL50-15×6 (两用一备 配 5 m ³ 的气压罐)	5~10 105~84 2.5~5	96~70.5	5.5		
			DL80-20×3(变频一用一备)	8.89~18	63~52.5	15		
	低区	$Q_s=19.5$ L/s $H=50$ m	DL65-16×3(恒速) DL50-15×4 (两用一备 配 5 m ³ 的气压罐)	5~10 52.5~42 2.5~5	64~48	4		
			DL80-20×6(变频一用一备)	8.89~18	126~105	30		

表3 各方案的主要材料和设备费用比较

方案	分区	泵型	功率 /kW	数量	设备费/元			管材费/元		总费用 /元	
					水泵	变频控制柜	高位水箱	减压阀组	室外		室内
①	高区										
	中区	DL100-20×6	55	3	43 500	—	162 000	35 640	154 350	313 560	738 030
	低区							28 980			
②	高区										
	中区	DL150-20×6	75	2	37 600	—	108 000	28 980	79 262.4		
		DL80-20×3	15	2	20 000	24 000	—	—			
	低区	DL65-16×3	7.5	1	8 500	—	—	—		309 186	666 350
		DL50-15×4 (两用一备配 5 m ³ 的气压罐)		1 套	13 000	—	—	—	79 321		
③	高区	DL100X-20×6	45	2	29 000	—	54 000	—	37 396.8		
		DL80-20×5	30	2	25 000	42 000	—	—			
	中区	DL65-16×6	15	1	11 500	—	—	—	48 451.2		
		DL50-15×6 (两用一备配 5 m ³ 的气压罐)		1 套	16 000	—	—	—			306 999 715 168
		DL80-20×3	15	2	20 000	24 000	—	—			
	低区	DL65-16×3	7.5	1	8 500	—	—	—	79 321		
		DL50-15×4 (两用一备配 5 m ³ 的气压罐)		1 套	13 000	—	—	—			
		DL80-20×6	30	2	28 000	42 000	—	—			
④	高区	DL65-16×7	18.5	1	12 000	—	—	—	37 396.8		
		DL50-15×8 (两用一备配 5 m ³ 的气压罐)		1 套	17 900	—	—	—			
		DL80-20×5	30	2	25 000	42 000	—	—			
	中区	DL65-16×6	15	1	11 500	—	—	—	48 451.2	293 877	718 946
		DL50-15×6 (两用一备配 5 m ³ 的气压罐)		1 套	16 000	—	—	—			
		DL80-20×3	15	2	20 000	24 000	—	—			
	低区	DL65-16×3	7.5	1	8 500	—	—	—	79 321		
	DL50-15×4 (两用一备配 5 m ³ 的气压罐)		1 套	13 000	—	—	—				

注:表中室内管材选用PP-R管,室外管材选用PE管。

4 各方案的能耗和投资分析

从表2的比较可以看出,各方案日耗电量大小依次为:①>②>④>③。方案①采用屋顶水箱+减压阀分区给水方式,由于水泵流量和扬程不变,始终工作在高效区,电耗较小,但中、低区采用了减压阀,能量浪费,因此能耗较大^[3];

方案②采用了变频泵“恒压变量”^[4]分区给水方式。“恒压变量”给水系统是将压力传感器设在水泵机组出水口上,使水泵出水口压力值(一般设定为最不利工况时水泵出水口所需压力)保持恒定。本例采用了变频泵(大泵)与恒速泵(小泵)并联运行的方案^[5]。当管网流量减小时,变频泵通过减速运行,保持扬程不变而减小出水量。根据水泵比例律^[6]: $\frac{Q_1}{Q} = \frac{n_1}{n}, \frac{H_1}{H} =$

$$\left(\frac{n_1}{n}\right)^2, \frac{N_1}{N} = \left(\frac{n_1}{n}\right)^3, \text{在低负荷的情况下,变频泵变速运行,水泵相应做低负荷运行,水泵的轴功率减少。}$$

由于水泵出口压力不变,恒速泵保持在高效区工作,从而达到节能的目的。但是,在较小流量工况时,变频泵和恒速泵运行滑出高效区,效率较低,不仅达不到节能的目的,而且折损水泵寿命。

方案②③④都采用了变频方案,但各方案中采用变频给水的分区不同,分区高度越低,节能越明显。因此,方案②虽然只在低区采用了变频方案,但相对方案①节电率达到了15%,节能较明显;尤其方案③的中、低区均采用变频方案,只在高区采用屋顶水箱给水,没有使用减压阀造成能量浪费,因此能耗最小,节电率达到了25%。

从投资角度看,表3中各方案的投资从大到小的

顺序是:④>③>①>②。投资最高的是方案④,变频泵供水方案。原因在于变频器的投资较大,且室外要敷设高、中、低压三套管网,管材投资费用也较高。方案③,由于只在中、低区采用变频泵给水,费用相对低一些。但室外也要设置三套管网,所以总费用较高。方案①中由于每栋楼顶均设置屋顶水箱,数量较多,水箱投资增加。同时不能忽视减压阀的费用。但此方案室外只需设置一套管网,管材投资节省较大,故总费用较低。

方案②中也采用了屋顶水箱给水,但屋顶水箱价格比变频器价格便宜,且只在低区采用了变频泵方案,低功率变频器相对便宜。此外,室外敷设高、低压两套管网,管材费用也较低。因此,整个给水系统投资比

较小。

5 结 论

由于泵站正常运行的耗能较大,因此平均使用寿命一般比较短。对于一般泵站,如仅考虑其枢纽部分的投资,机电设备的平均使用寿命约为 15 年,塑料管材的平均使用寿命在 50 年以上,混凝土建筑物的平均使用寿命在 50 年以上。因此,考虑管材使用寿命为 45 年,为保证正常情况运行,需要更新 2 次机电设备。考虑物价不变的条件下,若电费按照 0.5 元/kWh 计算,各方案静态投资和静态运行费用总和的比较见表 4。

表 4 各方案投资和运行费用静态比较

方案	总投资/元	运行费/(元·年 ⁻¹)	15 年后的总费用/元	30 年后的总费用/元	45 年后的总费用/元
①	738 030.00	200 750.00	3 792 780.00	6 847 530.00	9 858 780.00
②	666 349.60	170 069.82	3 320 496.87	5 974 644.15	8 525 691.42
③	715 168.20	150 287.82	3 158 485.45	5 601 802.69	7 856 119.94
④	718 946.20	166 769.88	3 480 394.41	6 241 842.63	8 743 390.84

由表 4 可知,泵站运行 45 年以后,方案③的总费用为 785.6 万多元是最经济的方案。因此是最佳方案。综上所述,可以得出以下结论:

1)该住宅小区最优的给水方案为高区采用屋顶水箱给水,中、低区采用变频泵给水方式。该方案是不仅是最节能给水方案,而且是总费用最低的给水方案。高位水箱给水方式虽然一次总投资相对降低,但是运行费用较高,多年以后的总费用最高,因此在高层住宅小区给水系统中不可取。

2)高层住宅小区生活给水设计应根据小区的用水特点,合理选择分区给水方式。将高位水箱供水方式和变频泵供水方式相结合是较好的节能供水方式。高区采用高位水箱供水,较低分区采用变频泵给水,可以获得较好的节能效果;同时需要在方案选择时,综合考虑各方案的运行费用和投资进行技术经济比较,选择总费用最小的方案作为最优方案。

参考文献:

- [1] 王增长. 建筑给水排水工程(第五版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.
 [2] 戎左俊. 高层建筑供水模式的选择与系统能耗分析[J]. 节能,2001,8:25-27.

RONG Zuo-jun, The Choice of Water Supply System and The Analyse of Energy Consumption [J]. Journal of Energy Conservation, 2001(8):25-27.

- [3] 叶翠莲. 建筑给水系统的节能问题探讨[J]. 给水排水, 2005,31(12):106-109.
 YE Chui-lian, The discussion of Energy Conservation of water supply for building [J]. Journal of Water and Wastewater engineering, 2005,31(12):106-109.
 [4] 黄海峰. 变频调速给水系统的几点节能措施[J]. 中国给水排水, 2001,17(10):39-40.
 HUANG Hai-feng, Several methods for Energy Consumption of Water Supply By Variable Velocity Variable Frequency Pump[J]. Journal of China Water and Wastewater, 2001,17(10):39-40.
 [5] 王圃,江志贤,石长恩. 城市供水系统的节能与优化[J]. 重庆建筑大学学报, 2002,24(4):53.
 WANG Pu, JIANG Zhi-xian, SHI Chang-en, Energy Saving and Optimization of the Municipal Water-supply Systems [J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2002,24(4):53.
 [6] 姜乃昌. 水泵及水泵站(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1998.

(编辑 王秀玲)