

空调水系统冬季循环水泵的选择

山东省建筑设计院 李宜浩 勇俊宝 牟灵泉

提要 通过理论分析及实例验证,剖析了空调循环水系统冬夏季不同的水力工况,提出了选用冬季循环水泵的两种方案。

关键词 循环水量 系统阻力 变频调速 循环水泵

Choice of circulating pumps in winter operation of an air conditioning system

By Li Yihao, Yong Junbao and Mou Lingquan

Abstract Analyzes the differences of hydraulic status in air conditioning water systems in winter and summer, compares the economics of using the same circulating water pumps. Provides two methods for sizing the pump for winter operation.

Keywords quantity of circulating water, system resistance, speed control by inverter, circulating pump

1 问题的提出

在舒适性空调水系统设计中,系统的循环温差夏季为 $\Delta t_x = 5^\circ\text{C}$ ($7^\circ\text{C}/12^\circ\text{C}$), 冬季为 $\Delta t_s = 10^\circ\text{C}$ ($60^\circ\text{C}/50^\circ\text{C}$); 而建筑物夏季的冷负荷数值, 以我国中部地区为例, 约为冬季热负荷数值的 1.5 倍。从而空调循环水量夏季约为冬季的 3 倍。在此种情况下, 如何选取循环水泵, 以适应冬、夏两季的不同要求, 达到既满足使用要求又节能的目的, 就成为空调设计者必须解决的课题之一。

2 理论分析

正常运行的空调循环水系统中, 水在管路系统中的流量特性为

$$H = SQ^2 \quad (1)$$

式中: H ——管路系统压力损失, Pa;

Q ——流量, m^3/s ;

S ——综合阻力特性系数,

$\text{Pa} \cdot \text{s}^2/\text{m}^6$ 。

在管网构造(包括阀门开度)不变的情况

下, S 为定值。所以, 管路系统压力损失 H 与管路流量存在如下关系:

$$Q_1/Q_0 = (H_1/H_0)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

由上式可知, 冬季管网的总水头损失仅为夏季的 1/9。若冬、夏两季采用一台(或一种组合)水泵运行, 就可能出现两种情况: ①冬季也采用夏季的大流量, 这势必使系统的循环温降减小到原来的 1/3; ②人为地关小阀门, 加大系统阻力, 以达到冬季的循环水量。显然, 这两种情况, 水泵的耗电量都未减少, 并且后一种情况易产生水击, 引起管路振动。所以, 冬季热水供暖若使用夏季循环水泵就很不合理了。

3 工程实例分析

以江苏省人民医院门诊急救中心为例, 其建筑面积为 $30\,000\text{ m}^2$, 空调冷、热负荷及循环水量见表 1。

作者通讯地址: 250001 济南市经四路小纬四路 4 号

表 1

	装机负荷 指标	装机负荷 /kW	循环水温/℃		环水量 /t/h	系统最大 压降 /MPa
			供	回		
夏季	116	3 500	7	12	600	0.32
冬季	93	2 800	60	50	240	

水泵选为三台组合(另设一台备用泵),性能见表 2。

表 2 夏季循环水泵选配

水泵型号	IS150-125-315			IS150-125-315			IS150-125-315		
	H	Q	N	H	Q	N	H	Q	N
	/kW	/MPa	/m ³ /h	/kW	/MPa	/m ³ /h	/kW	/MPa	/m ³ /h
铭牌性能	0.29	240	30	0.29	240	30	0.29	240	30
并联运行时的性能	0.32	200	30	0.32	200	30	0.32	200	30

将 $Q_{\text{夏}} = 600 \text{ m}^3/\text{h}$, $H_{\text{夏}} = 0.32 \text{ MPa}$, $Q_{\text{冬}} = 240 \text{ m}^3/\text{h}$ 代入公式(2), 计算得 $H_{\text{冬}} = 0.0512 \text{ MPa}$, 也就是说由于冬季循环水量只有 $240 \text{ m}^3/\text{h}$, 其所需克服的阻力只有 0.0512 MPa 。

从夏季 3 台水泵的并联运行曲线图(图 1)可知, 夏季最大负荷时 3 台泵并联运行, 工

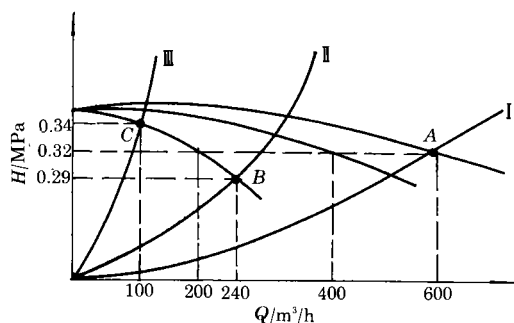


图 1

作点为 A。若冬季采用夏季的一台循环泵工作, 虽然流量 $240 \text{ m}^3/\text{h}$, 可以满足要求, 但压头为 0.29 MPa , 远大于实际需要的 0.0512 MPa 的压头。所以, 多余的压头只能靠关小阀门来消耗掉, 管道特性曲线由 I 调至 II, 冬季工作点定在 B 点, 本工程的使用情况是除白天上班时间内, 大部分房间只需维持值班温度, 热负荷减小。冬季工况流量只需 $100 \text{ m}^3/\text{h}$, 阀门需继续关小, 进行节流, 使工作点

移至 C 点, 对应的管网阻力为 0.34 MPa (实际只需要 0.009 MPa), 运行是极不合理的。据此分析, 设计空调系统时, 应根据冬季运行工况选取合适的低扬程循环水泵, 以达到节能的目的。但由于国产水泵规格所限, 难以选到合适的低扬程泵, 只能尽量选用扬程接近冬季工况的水泵。本工程选择的冬季运行水泵规格型号见表 3(二用 1 备)。

表 3 冬季循环水泵选配

水泵型号	IS125-100-250(J)			IS125-100-250(J)		
	H	Q	N	H	Q	N
	/MPa	/m ³ /h	/kW	/MPa	/m ³ /h	/kW
铭牌性能	0.16	140	11	0.16	140	11
并联运行时的性能	0.185	120	11	0.185	120	11

运行曲线如图 2 所示。冬季最大负荷的

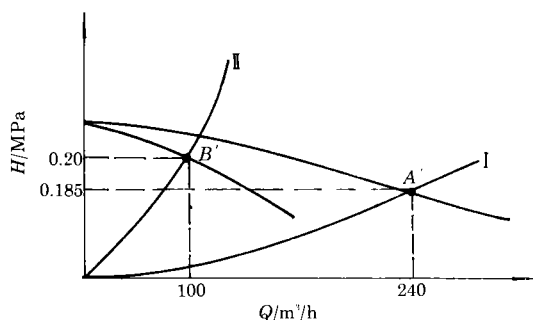


图 2

工作点为 A' ($H = 0.185 \text{ MPa}$, $Q = 240 \text{ m}^3/\text{h}$), 管线特性曲线 I', 夜间由于大部分房间只需维持值班温度, 其流量为 $100 \text{ m}^3/\text{h}$, 相应 $H = 0.20 \text{ MPa}$, 故夜间采用 1 台泵运行, 关小阀门, 管线特性曲线为 II', 工作点 B'。

将图 1、图 2 绘于同一坐标中, 如图 3 所示,

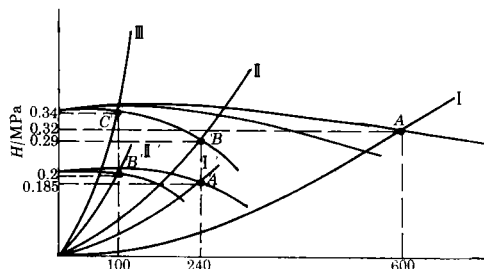


图 3

则可看出两者的差别,在同样循环水量的条件下,水泵的扬程相差 36% ($Q = 240 \text{ m}^3/\text{h}$) ~ 44% ($Q = 100 \text{ m}^3/\text{h}$),耗电量相应也有很大差别。下面以南京地区电价为例,进行粗略的经济分析。

4 经济分析

4.1 条件:冬季供暖期四个月,1995 年南京市电价为 0.55 元/(kW·h)。

4.2 耗电量

4.2.1 采用 1 台夏季工况循环水泵

上班时间: $30(\text{kW}) \times 8(\text{h/d}) \times 30$
(d/月) $\times 4(\text{月/a})$

值班时间: $30 \times 16 \times 30 \times 4$

合计: 86 400 kW·h。

4.2.2 改用表 3 中的两台小泵

上班时间: $11(\text{kW/台}) \times 2(\text{台}) \times 8(\text{h/d}) \times$
 $30(\text{d/月}) \times 4(\text{月/a})$

值班时间: $11 \times 1 \times 8 \times 30 \times 4$

合计: 42 240 kW·h

4.2.3 按计算冬季应选用的低扬程水泵(理论工况:流量 $240 \text{ m}^3/\text{h}$,需克服 0.015 2 MPa 阻力),每台泵耗电 5.5 kW。

上班时间: $5.5(\text{kW/台}) \times 2(\text{台}) \times 8$
(h/d) $\times 30(\text{d/月}) \times 4(\text{月/a})$

值班时间: $5.5 \times 1 \times 16 \times 30 \times 4$

合计: 21 120 kW·h/a

4.3 因设低扬程泵增加初投资比较

4.3.1 本工程选用泵(2 用 1 备共 3 台)

水泵价格: $12\ 533 \times 3 = 37\ 600$ (元)
(1995 年价)

安装费: $37\ 600 \times 5\% = 1\ 880$ (元)

电气部分费用: $37\ 600 \times 2\% = 752$ (元)

占地费用:占机房面积 10 m^2 , 450 元/ m^2 ,
共计 4 500 元

合计: 44 732 元

4.3.2 理论选用泵(2 用 1 备共 3 台)

水泵价格: $2\ 340 \times 3 = 7\ 020$ 元(1995 年
价)

安装费: $7\ 020 \times 5\% = 351$ 元

电气部分费用: $7\ 020 \times 3\% = 211$ 元

占地费用:占机房面积 7 m^2 , 550 元/ m^2 ,
计 3 850 元

合计: 11 387 元

5 选用变频调速水泵的经济技术分析

空调水系统夏季运行采用调速水泵的经济分析已有较多的文章,本文不再详述,仅对冬季工况进行分析比较。

根据公式(2)由冬季不同月份热水循环量(100%, 80%, 60%)确定相应的压头,就可以根据出口压力信号,调节泵的转速和运行台

数,以最佳状态运行。由相似律: $\frac{Q_1}{Q_0} = \sqrt{\frac{H_1}{H_0}}$
 $= \sqrt[3]{\frac{N_1}{N_0}} = \frac{n_1}{n_0}$ 得出节电效果见表 4(以江苏省人民医院门诊楼为例)。

表 4

		n_1/n_0	Q_1/Q_0	H/H_0	N_1/N_0	运行时间
		r/min	/m ³ /h	/10 ⁴ Pa	/kW	月
上班时间	100%	1 450/1 450	240/240	29/29	30/30	1
	80%	1 160/1 450	192/240	18.56/29	15.36/30	1
	60%	870/1 450	144/240	10.44/29	6.48/30	2
值班时间	50%	725/1 450	120/240	7.25/29	3.75/30	1
	40%	580/1 450	96/240	4.64/29	1.92/30	1
	30%	435/1 450	72/240	2.61/29	0.81/30	2

注:表中分子为变速运行数据,分母为不变速运行数据。

5.1 冬季采用变频调速泵耗用电量

① 100% 负荷 1 个月的耗电量

上班: $30(\text{kW}) \times 8(\text{h/d}) \times 30(\text{d/月})$
 $\times 1$ 月

值班: $3.75 \times 16 \times 30 \times 1$

合计: 9 000 kW·h

② 80% 负荷 1 个月的耗电量

上班: $15.36 \times 8 \times 30 \times 1$

值班: $1.92 \times 16 \times 30 \times 1$

合计: 4 608 kW·h

③ 60% 负荷 2 个月的耗电量

上班: $6.48 \times 8 \times 30 \times 2$

值班: $0.81 \times 16 \times 30 \times 2$

合计:3 888 kW·h

- ④ 采用变频泵冬季运行耗电 17 496 kW·h/a

5.2 因设变频控制增加初投资

3 台 30 kW 泵全采用变频控制,总投资 118 658 元(因控制柜占地很小,故占地费用略去不计)。

5.3 该工程采用变频调速控制,循环水泵系列工作点如图 4 所示。

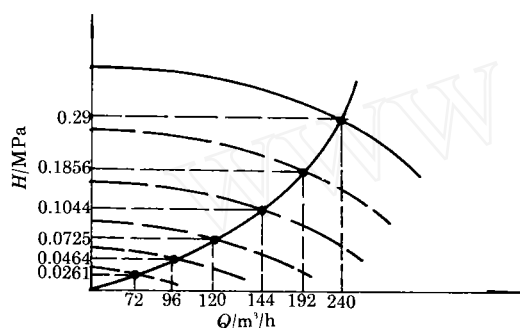


图 4

6 各种运行情况经济性比较(见表 5)

表 5

运行工况	运行费用比较		增加的初		增加的初投
	总用电量 /kW·h	电价 /元/(kW·h)	总电费 /元	投资总额 /元	资回收年限 /a
1. 采用夏季泵运行	86 400	0.55	47 520	0	
2. 按本工程实际选用泵运行	42 240	0.55	23 232	44 732	1.84
3. 理论工况运行	21 120	0.55	11 616	11 387	0.32
4. 按调速泵运行	17 496	0.55	9 623	118 658	3.13

7 结论

7.1 在水—空气空调系统中,冬季循环水泵采用夏季泵运行是不合理的。虽然泵台数较少,占地较少,但运行费太高,且工作不合理。

7.2 采用适合冬季工况的低扬程泵,再加上按空调负荷变化采用阶段变流量运行,是一种合理的设计方案(表 6 工况 2),它可以减少因设置变频泵而来的初投资增加。

7.3 空调水系统冬季采用变频调速泵,可以

实现空调自控,完全适应负荷的变化,,是较为理想的设计方案(表 6 工况 4),但初投资较高。表 6 中变频泵的经济比较,是仅就冬季的情况。夏季不同月份及昼夜负荷不同而采用变频控制节省的电费将更加显著,这一内容因不在本文讨论范围内,故在此不作深入剖析。

8 参考文献

- 1 周谟仁主编.流体力学泵与风机.北京:中国建筑工业出版社.

(上接第 80 页)

另一方面,负荷估计恰当,设计成功的冰蓄能系统能弹性运用储冰槽与冰水机容量,使整个系统达到控制最优化、运行最省钱的优良效果。

考虑周到、能使系统优化运行的控制软件,也是冰蓄冷系统成功的重要因素。因为一般建筑大部分的时间多能在全蓄能情况下运行,好的控制可以让系统尽量以“用冰优先模式”运转。如果同时使用“每日循环模式”,好的控制软件也可以在每天终了时用完当天所制成的冰量。如果使用“每周循环模式”,好的控制软件更可以有效地利用周末的低廉电价来制冰蓄能。国内已开始实施周末休假两天制度,“每周循环模式”是值得考虑的运转方式。

冰蓄冷系统的应用并没有限制。这是我们从实际经验所得的结论。起先我们以为办公大楼才是冰蓄冷的最好对象。因为这样的大楼一般都有很规律的上下班时间以及稳定的负荷曲线。后来我们发现这并不全面。我们的设计经验包括医院、商场、学校、剧院、运动设施、实验室、饭店、机场大厦以及超高层多用途大楼。我们的工程经验可能没有包括全部的建筑类型,可是已经足够证明冰蓄冷空调的应用弹性。