

重庆市酒店类建筑空调 工程设计能效比调研

重庆大学 林真国[☆]

后勤工程学院 张素云

重庆大学 付祥钊 肖益民 杨李宁

摘要 调研了重庆市 12 个酒店建筑的空调工程设计,从冷热源系统、水系统、风系统和整个空调工程等方面分析了空调设计能效比。结果表明,冷热源系统设计能效比对整个空调工程设计能效比的影响最大,设计中要避免冷热源系统装机容量超出设计负荷过多和空调冷热水泵兼用而不作调节,尽量减少采用定风量全空气系统等,可有效提高空调工程设计能效比。调研结果反映出重庆市酒店类建筑空调工程节能设计水平参差不齐,如以各设计能效比的平均值作为设计最低标准,将使公共建筑空调工程的节能设计水平得到提升。

关键词 建筑节能 酒店建筑 空调工程 设计能效比

Survey of design energy efficiency ratio of air conditioning systems for hotel buildings in Chongqing

By Lin Zhenguo[★], Zhang Suyun, Fu Xiangzhao, Xiao Yimin and Yang Lining

Abstract Surveys the air conditioning design of 12 hotel buildings in Chongqing, analyses the design energy efficiency ratio from the aspects including cold and heat sources, water circulation system, air system and whole air conditioning engineering. The results show that the cold and heat sources have prominent impacts on the air conditioning design energy efficiency ratio (EER_{ACD}), and it should be avoided in design process to make the cold and heat sources oversized, use the same pump as chilled water and hot water supply equipment without adjustment, and overuse of all-air systems, thus to improve EER_{ACD} . The surveying results show that the energy efficiency design status of hotel buildings in Chongqing is diverse from each other. Compares and analyses the difference of EER_{ACD} in these hotels, and proposes a mean value of the EER_{ACD} as the minimum energy efficiency design standard, aiming to promote enhancement of energy efficiency in public buildings.

Keywords building energy efficiency, hotel building, air conditioning engineering, design energy efficiency ratio

[★] Chongqing University, Chongqing, China

①

0 引言

据调查,公共建筑单位面积能耗可达一般居住建筑的 10~20 倍^[1]。在公共建筑的全年能耗中,大约有 50%~60% 消耗于空调制冷与供暖系统^[2]。提高空调系统的能源利用效率,是实现公共建筑节能的关键。优化公共建筑空调工程的设计,对提高能源效率至关重要。提高空调工程及其子系统的设计能效比,是提高空调工程节能设计水平、实现空调工程运行节能的重要途径。因此,如

果在公共建筑空调设计规范中对空调工程及其子系统提出设计能效比的具体要求,无疑对提高公共建筑节能设计水平具有现实意义。

①☆ 林真国,男,1976 年 8 月生,博士,讲师
400045 重庆大学城市建设与环境工程学院
(023) 65120756 (0) 13983745886
E-mail: lzgcqu@126.com

收稿日期:2007-08-14

一次修回:2007-11-15

二次修回:2008-12-30

我国自 2005 年 7 月 1 日起实施的《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)规定了锅炉、制冷机组等空调设备在额定工况下的性能系数和能效比,对空调风系统和水系统的输送能效也提出了要求。但是,整个空调系统的能效取决于空调主机、末端设备和冷热量输送设备各项能效的匹配,单机能效高并不一定表示空调系统的能效高。此外,空调系统大部分时间是在部分负荷下运行,额定工况的满负荷能效与实际部分负荷的运行能效往往也相差较大。

另一方面,虽然现行《采暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2003)明确要求空调系统冷负荷应逐项逐时计算,但实际设计中采用冷热负荷指标估算确定空调设备容量的现象十分普遍,加上设计中保守的因素,空调设计中设备冷热量偏大的现象普遍存在,因而出现了系统在部分负荷下“大马拉小车”的现象。根据已有的测试和调研结果,空调设备装机容量过大、部分负荷调节能力差、系统设备匹配不合理等是导致整个空调系统运行能效低的主要原因之一。

因此,从设计这个源头出发,规定整个空调系统的设计能效比(而不是设备单机的能效比),为空调系统的设备匹配提出能效比的限值,避免出现空调设备设计容量过大,无疑对空调系统在部分负荷下的动态能效的提高具有重要作用。

为了了解重庆市公共建筑空调工程的设计现状,为下一步制定相应的空调工程设计能效比标准做好技术准备,2006 年 7~8 月,在重庆市建设技术发展中心的组织下,重庆大学成立了调查组,与重庆市 6 家主要设计单位合作,对重庆市(包括重庆气候区内)自 2000 年以来设计完成的 78 个不同类型(包括办公楼、商场、宾馆酒店、医院和其他类型)公共建筑空调工程的设计能效比情况进行了调查统计与分析。本文介绍其中酒店类建筑空调工程设计能效比的调研情况。

1 所调查空调工程的设计能效比

空调工程设计能效比 EER_{ACD} (air conditioning design energy efficiency ratio)、冷热源系统设计能效比 EER_{CHSD} (cooling and heating source design energy efficiency ratio)、水系统设计能效比 EER_{WSD} (water system design energy efficiency ratio)、风系统设计能效比 EER_{ASD} (air

system design energy efficiency ratio)的定义及计算方法见文献[3]。

本次调查的酒店类公共建筑集中空调工程共 12 项,其中大型酒店(建筑面积 20 000 m² 以上)5 项,一般酒店(建筑面积 20 000 m² 以下)7 项。工程均在重庆市,主城区有 10 项,其余两项在郊县。空调冷热源形式如表 1 所示,表 2 汇总了本次调查中收集的酒店类建筑空调工程设计能效比。

表 1 空调冷热源设置概况

	冷热源形式	工程 所占比例/ 数量 %		备注
		数量	%	
夏季 冷源 形式	水冷冷水机组	5	41.67	均设置了制 冷系统
	溴化锂直燃型冷热水机组	4	33.33	
	风冷式冷水机组	2	16.67	
	水环热泵机组	1	8.33	
冬季 热源 形式	燃气(油)热水锅炉	4	44.44	有 3 项工程 未设计供 热系统
	溴化锂直燃型冷热水机组	4	44.44	
	空气源热泵热水机组	1	11.12	

目前市场销售的空调冷热源设备的性能系数基本都满足节能设计标准要求。但是,设计师在注重单机额定工况下的能效时往往忽略了机组容量配置对冷热源效率的影响。如果设计师对冷热源容量配置过于保守而加大机组冷热容量,从表 2 的计算可知,空调冷热源总装机容量比设计负荷大时对 EER_{CHSD} 不利,计算的 EER_{CHSD} 将比机组本身额定工况下的性能系数小。因此,即使设计选用的是性能系数达到标准要求的冷热源机组,如果过于加大其总装机容量,设计状况下的 EER_{CHSD} 将偏小,从而造成空调工程的 EER_{ACD} 偏小和运行过程中的效率降低,对节能不利。

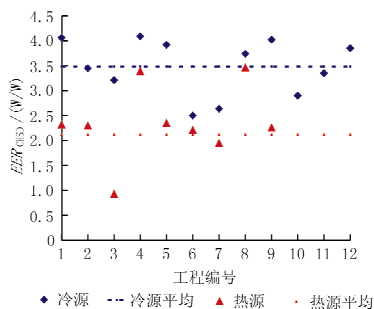
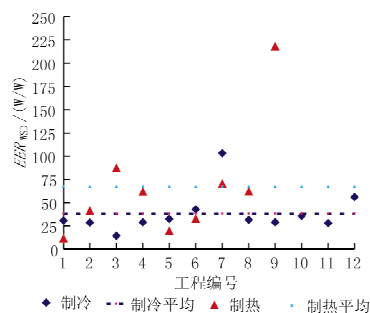
对于采用 LiBr 直燃型机组的空调工程, EER_{CHSD} 需先经折算才能进入表 2 计算,因此燃料的耗量和种类对 EER_{CHSD} 有直接影响。计算 EER_{CHSD} 时,燃料应只包括用于空调的燃料消耗。表 2 反映出采用 LiBr 直燃型机组的空调工程的 EER_{CHSD} 波动较大,这一方面与工程规模造成的冷热源机组效率有关,另一方面与设计图纸所标的设备参数的准确性有很大关系。酒店类建筑空调冷热源经常同时负担空调和生活热水供应,冷热源的燃料消耗可能包括这两部分,设计师却未加区分地把它作为空调的燃料消耗,这必然引起 EER_{CHSD} 的下降。图 1 是各项目的 EER_{CHSD} 散点分布图。

其次分析空调水系统。如表 2 所示,冬季平均 EER_{WSD} 高于夏季,图 2 是调查工程夏、冬季 EER_{WSD}

表 2 空调工程设计能效比计算表

序号	冷热源形式	设计总冷 (热)负荷/ kW	冷热源总装 机容量/ kW	冷热源输入 功率/kW	水系统输入 功率/kW	风系统输入 功率/kW	制冷(热)总 输入功率/ kW	空调工程能效比 $EER_{ACD}/$ (kW/kW)	冷热源能效比 $EER_{CHSD}/$ (kW/kW)	水系统能效比 $EER_{WSD}/$ (kW/kW)	风系统能效比 $EER_{ASD}/$ (kW/kW)	工程规模
夏季设计工况												
1	螺杆式冷水机组	3 413	3 480	841	111	42.84	994.84	3.43	4.06	30.75	79.67	一般
2	离心式冷水机组	3 108.1	3 693	900.74	108.22	232.11	1 241.07	2.50	3.45	28.56	13.39	大型
3	螺杆式冷水机组	1 060	1 166	330	74	12.95	416.95	2.54	3.21	14.32	81.85	一般
4	离心式冷水机组	4 347	4 570	1 062.16	150.16	157.30	1 369.62	3.17	4.09	28.95	27.64	一般
5	螺杆式冷水机组	980	980	250	30.15	27.50	307.65	3.19	3.92	32.50	35.64	一般
6	LiBr 直燃型机组	3 172	3 489	1 270.43	74.21	66.76	1 411.40	2.25	2.50	42.74	47.51	大型
7	LiBr 直燃型机组	227	230	85.92	2.2	11.45	100.01	2.27	2.64	103.18	19.83	一般
8	LiBr 直燃型机组	2 849.35	2 907	761.61	90.21	83.51	935.33	3.05	3.74	31.59	34.12	一般
9	LiBr 直燃型机组	1 744.19	1 745	434.4	60	34.03	528.43	3.30	4.02	28.90	51.25	一般
10	风冷冷水机组	250	264	86	7	38.61	131.61	1.90	2.90	35.71	6.48	一般
11	风冷冷水机组	2 080	2 208	620	74.3	79.02	773.32	2.69	3.35	27.99	26.32	大型
12	水源热泵机组	14 326.8	未统计	3 721.24	255.93	422.51	4 399.94	3.25	3.85	55.98	33.67	大型
平均值								2.80	3.48	38.46	38.13	
冬季设计工况												
1	燃气热水机组	1 287	1 400	555.2	111	42.84	709.04	1.82	2.32	11.60	30.04	一般
2	燃气热水机组	2 175.7	2 460	946.05	52.69	232.11	1 230.85	1.77	2.30	41.29	9.37	大型
3	燃气热水机组	250	250	269	2.87	38.61	310.48	0.81	0.93	87.11	6.48	一般
4	燃气热水机组	467	700	137.8	7.55	27.50	172.85	2.70	3.39	61.85	16.98	一般
5	空气源热泵机组	1 456	2 044	620	74.3	79.02	773.32	1.88	2.35	19.60	18.43	大型
6	LiBr 直燃型机组	2 430	3 766	1 098.15	74.21	66.76	1 239.12	1.96	2.21	32.75	36.39	大型
7	LiBr 直燃型机组	155	230	79.61	2.2	11.45	93.26	1.66	1.95	70.45	13.54	一般
8	燃油式热水机组	1 994.55	2 241.8	576.8	32.21	83.51	692.52	2.88	3.46	61.92	23.88	大型
9	LiBr 直燃型机组	872.09	1 349	385.4	4	34.03	423.43	2.05	2.26	218.02	25.63	一般
平均值								1.75	2.12	44.85	20.08	

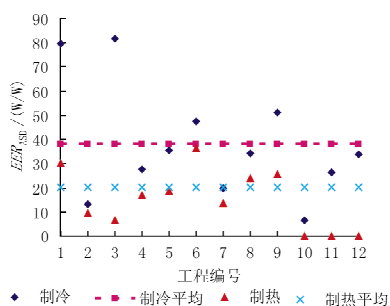
注:工程规模大型指建筑面积 20 000 m² 以上,一般指建筑面积 20 000 m² 以下。

图 1 EER_{CHSD} 散点分布图图 2 EER_{WSD} 散点分布图

的散点图。从图 2 可以看出,夏季 EER_{WSD} 处于平均值以上有 3 项,处于平均值以下有 9 项;冬季 EER_{WSD} 处于平均值以上有 3 项,处于平均值以下有 6 项。夏季 EER_{WSD} 最大值为 103.20 W/W,该

工程规模偏小(制冷总面积约 2 000 m²),冷水循环泵功率仅 2.2 kW;夏季 EER_{WSD} 最小值为 14.32 W/W,该工程选用冷水泵偏大,单位冷量所配置水泵功率明显高于其他工程;冬季 EER_{WSD} 最大值为 218.02 W/W,该工程规模偏小,热水循环泵功率仅 4 kW,而设计热负荷为 872.09 kW;冬季 EER_{WSD} 最小值为 11.60 W/W,该工程采用热水泵和冷水泵兼用的方式,水泵功率明显偏大。冷热水泵的输入功率对 EER_{WSD} 具有直接的影响。从表 2 可看出,冷热水系统输入总功率相同时(冷热水泵兼用而未作任何调节)冬季 EER_{WSD} 均偏小。设水泵时注意冬夏季负荷差异而使冷热水泵分开设置或对水泵进行变频控制,对提高 EER_{WSD} 有利,对整个系统的运行能效比也有利。遗憾的是,所调查的工程中有近 30% 的项目冷热水输配采用相同的水泵,设计说明中也没有对冬夏季水泵的运行台数和调节方式作任何说明,没有一个项目对水泵进行变频调节。

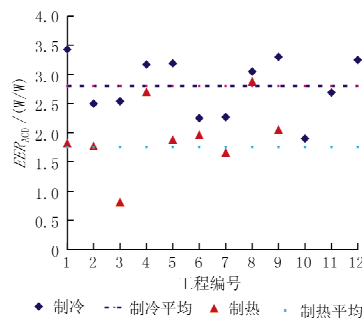
再分析空调风系统。从表 2 可看出,冬季 EER_{ASD} 平均值低于夏季。图 3 是调查工程夏、冬季 EER_{ASD} 的散点图。从图 3 可以看出,夏季 EER_{ASD} 处于平均值以上的有 4 项,处于平均值以

图3 EER_{ASD} 散点分布图

下的有 8 项;冬季 EER_{ASD} 处于平均值以上的有 4 项,处于平均值以下的有 5 项。所调查工程均未采用 VAV 方式,空调风系统冬夏季的功率相同,因为重庆地区夏季冷负荷明显高于冬季热负荷,所以夏季 EER_{ASD} 的平均值比冬季高 89.9% (以冬季为参考)。从调查结果的分析中发现,采用全空气系统方式较多的工程,输送空气耗能量较大,风系统能效比 EER_{ASD} 明显比其他工程小(可小于平均值 80% 以上)。而采用风机盘管较多的工程,由于风机盘管能耗相对较小,其 EER_{ASD} 一般在平均值以上。文献[4]指出,由于空气的比热容小,用它来输送冷热量的效率低,对采用定风量方式的全空气空调系统,其风机的电耗远高于风机盘管空调系统的水泵电耗,风机的电耗可占空调系统总用电量的 40%~60%。说明采用全空气系统不利于空调风系统能效比 EER_{ASD} 的提高,尤其是当空气输送距离过长、风机功率配置较大时, EER_{ASD} 偏小,对空调工程设计和运行的能效比都不利。但采用定风量方式的全空气空调系统,在过渡季能最大程度地利用室外新风,提高室内空气质量的同时,也有利于减少制冷机组的能耗。在过渡季节较长的地区,该种空调方式是节能可取的,应分别看待。

最后分析空调工程的设计能效比。 EER_{ACD} 是决定整个空调系统设计节能水平的综合参数,空调工程如果优化冷热源系统、水系统、风系统的配置,使冷热源系统装机容量与设计负荷合理匹配、空调冷热水泵分开设置或采用变频控制、空气输配尽量避免采用定风量全空气系统,则 EER_{CHSD} , EER_{WSD} , EER_{ASD} 都将得到提升,整个空调工程 EER_{ACD} 也将增大,对空调系统的节能非常有利。从所调查的酒店类公共建筑看, EER_{ACD} 夏季为 1.90~3.43 W/W,平均值为 2.80 W/W,处于平均值以上和以下的各 6 项;冬季为 0.81~2.88 W/

W,平均值为 1.75 W/W,处于平均值以上的有 7 项,平均值以下的有 2 项,这样的分布规律与冷热源设计能效比 EER_{CHSD} 一致,再次说明 EER_{CHSD} 对 EER_{ACD} 影响最大。夏季 EER_{ACD} 的平均值比冬季高 60% (以冬季为参考)。图 4 是调查工程夏、冬季 EER_{ACD} 的散点图。根据冷热源形式的不同对 EER_{ACD} 作进一步的分析,结果见表 3,4。

图4 EER_{ACD} 散点分布图表3 制冷工况时 EER_{ACD} 分析

冷源形式	最大值/ (W/W)	最小值/ (W/W)	平均值/ (W/W)	最大值与平均 值偏差/%	最小值与平均 值偏差/%
水冷冷水机组	3.43	2.50	2.97	15.49	15.82
LiBr 直燃型冷 水机组	3.30	2.25	2.72	21.32	17.28
风冷冷水机组	2.69	1.90	2.30	16.96	17.39
水源热泵机组			3.25		

注:采用水源热泵机组制冷的工程仅 1 项。

表4 供热工况时 EER_{ACD} 分析

热源形式	最大值/ (W/W)	最小值/ (W/W)	平均值/ (W/W)	最大值与平均 值偏差/%	最小值与平均 值偏差/%
燃气(油)热 水锅炉	2.70	0.81	1.78	51.69	54.49
LiBr 直燃型 热水机组	2.88	1.66	2.14	34.58	22.43
空气源热泵 机组			1.88		

注:采用空气源热泵机组供热的工程仅 1 项。

从表 3,4 可看出,夏季 EER_{ACD} 最大值和最小值偏离平均值的范围为 15%~22%,冬季 EER_{ACD} 最大值和最小值偏离平均值的范围为 20%~55%。夏季 EER_{ACD} 分布比冬季均匀。表 3,4 也反映了调查工程在不同空调冷热源形式下冬夏季 EER_{ACD} 的大小顺序。

2 结语

提出公共建筑空调工程设计能效比的具体要求,能够提高公共建筑节能设计水平。通过调研已有的公共建筑空调工程设计状况,能够反映现有的设计水平和存在的问题,为制定科学合理的空调工程设计能效比提供基础数据。

(下转第 104 页)

用何种面层材料,而热阻不同的面层材料构成的地面辐射供暖散热面的散热量差别是很大的,如以陶瓷砖等为面层的地面比以木板为面层的地面的散热量高 30%~60%,因此,对实际运行的效果很难预料,面层材料是随机的,地面散热量和实际效果也是随机的,设计时难以掌握,审图时也难以甄别。有文献指出,面层材料的影响、家具的遮挡可以忽略不计^[5]。但这只是个案,不能成为定论。针对这种情况,笔者建议:1) 设计者初次只给出准确的房间所需散热量 Q 和建议的加热管地面面积,不出具管路布置图,由业主根据面层材料和实际面积委托专业公司进行二次设计;2) 设计者初次布置加热管时,应明示设计所用的面层材料及热阻、加热管地面计算面积和单位地面面积散热量等,实际施工时,由原设计者或专业公司进行必要的修改,使设计更符合实际;3) 不论采用以上哪种方法,都应在“设计说明”中明示面层材料热阻的最大限度,即要求面层材料的热阻宜小于 $0.05 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$,以规范面层材料的采购,进而保证设计的效果。

4 结论

4.1 低温热水地面辐射供暖工程设计应遵守国家、

行业的标准规范,特别应严格执行标准规范中的强制性条文,对塑料管的选择与连接方式、分室温度控制、系统中加热管的布置等应引起足够的重视。

4.2 为了减少设计计算的不确定因素,使设计更接近实际,建议设计人员在施工图文件中明确指出计算的前提条件,包括地面面层材料及热阻、家具及覆盖物的影响程度、加热管的计算面积等,当实际施工情况与前提条件不同时,再进行必要的修改。

参考文献:

- [1] 中国有色工程设计研究总院. GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2004
- [2] 中国建筑科学研究院. JGJ 142—2004 地面辐射供暖技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2004
- [3] 北京建筑设计研究院. 北京建筑设计技术细则(设备专业)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004
- [4] 刘艳峰,申健. 住宅地面辐射供暖系统中因地板覆盖产生的散热量安全系数[M]. 暖通空调,2007,37(11):104-106
- [5] 赵兵,彭勇,张嘉. 五栋大楼地板辐射供暖系统设计[J]. 暖通空调,2007,37(10):103-107

(上接第 30 页)

本次调研中发现,空调设计师对空调工程的节能性重视不够,设计中常常忽略了对运行调节的说明,由于设计保守,冷热源容量选配过大,空调设备的参数标注也不够详细。各项目在空调工程设计能效比,冷热源系统、水系统、风系统的设计能效比方面水平参差不齐。处于平均水平以下的项目往往是忽略了系统的节能性而过于顾及系统冷热供应的可靠性,如果设计中稍加修改或限定,其设计能效比是完全可以提高的。因此,作为空调设计能效比的限值,以 EER_{ACD} 的平均值作为设计标准,既能满足标准推行逐步化原则,技术上也是可行的,设计单位只要注意考虑系统节能性就容易达到要求,并不会增加太多设计难度。调查结果表明,重庆市酒店类公共建筑空调工程设计能效比提升的空间较大,如以各类冷热源形式下设计能效比的平均值作为设计最低标准,将使公共建筑空调工程的节能设计水平得到明显提升。

3 致谢

本次调研得到重庆市建筑技术发展中心的支

持,并得到机械部第三设计研究院艾为学总工,重庆市设计院周强总工,重庆钢铁设计院王为民总工,重庆煤炭设计院吴敏总工,重庆医药设计院陈泽嘉总工、重庆大学刘宪英教授、王勇老师、陈金华老师等的大力帮助;重庆大学闵晓丹、魏明华、刘刚、刘希臣等同学做了大量的资料统计与计算工作,在此一并表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 涂逢祥. 建筑节能 46 建筑节能怎样为单位 GDP 能耗降低 20% 做贡献[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006
- [2] 中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005
- [3] 肖益民,付祥钊,杨李宁,等. 重庆市商场类建筑空调工程设计能效比统计分析[J]. 暖通空调,2007,37(8):130-134
- [4] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2007[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007