

建筑能耗
分析夏热冬冷地区居住建筑
节能技术适用性分析*重庆大学 王建辉[☆] 李百战 刘 猛
英国雷丁大学 姚润明

摘要 从建筑围护结构隔热保温、各种玻璃窗的热工性能参数对比、家用空调系统形式的对比、可再生能源在建筑节能中的应用等方面分别对夏热冬冷地区相应的节能技术进行了适用性分析。总结出了适合该地区的建筑节能技术,包括节能窗、遮阳设施、家用集中空调系统的选择和可再生能源利用等。认为充分结合该地区的气候和空调系统特点,合理选择相应的节能技术可以达到降低该地区居住建筑能耗的最终目的。

关键词 节能技术 适用性分析 居住建筑 空调 能耗

Applicability analysis on energy efficiency techniques of
residential buildings in hot summer and cold winter zones

By Wang Jianhui[★], Li Baizhan, Liu Meng and Yao Runming

Abstract Analyses the applicability of energy efficiency techniques in hot summer and cold winter zones from the aspects of the building envelope's heat insulation, thermal performances of various windows, room air conditioning modes and renewable energy using. Sums up the applicable techniques in these areas such as the energy efficiency windows, window shading, house central air conditioning and renewable energy using. Considers that decreasing energy consumption can be achieved in these areas with the energy efficiency technique properly selected under the local meteorologic conditions.

Keywords energy efficiency technique, applicability analysis, residential building, air conditioning, energy consumption

★ Chongqing University, Chongqing, China

①

建筑节能技术的适用性分析是建筑节能设计^[1]、空调方案优选、节能评价^[2]、能效标识和相关建筑节能政策制定等建筑节能工作的重要理论依据^[3]。本文重点分析不同节能技术在夏热冬冷地区的适用情况,研究各种建筑节能技术在该地区的适用性程度,为该地区选择经济适用的建筑节能技术提供参考^[4-5]。

1 夏热冬冷地区气候特点和热环境状况

根据我国的建筑热工气候区划,夏热冬冷地区包括重庆、上海 2 个直辖市;湖北、湖南、安徽、江

西、浙江 5 省;四川、贵州 2 省东部;陕西、河南、江苏 3 省南部;广西、广东、福建 3 省北部,共涉及 15 个省、市、自治区。代表城市有成都、重庆、武汉、长沙、南京、杭州和上海等,该地区的气候特点是冬季湿冷、夏季炎热。全年炎热季节有 3~4 个月,最热月室内平均气温达 30~33℃,夏季相对湿度在 80%左右,太阳辐射量大于 1 000 MJ/m²;寒冷天气有 2~3 个月,最冷月室内平均气温只有 0~6

* 国家科技支撑计划课题“建筑能耗统计方法与能效标识技术研究”(编号:2006BAJ01A13),国家自然科学基金重点项目(编号:50838009)

①[☆] 王建辉,男,1979 年 8 月生,在读博士研究生
400030 重庆市沙坪坝区沙正街 174 号重庆大学城市建设与
环境工程学院

(O) 13648436962

E-mail:jiayingsi@126.com

收稿日期:2009-07-14

修回日期:2009-09-29

℃, 冬季太阳辐射量小于 750 MJ/m^2 ^[6]。该地区全年的供暖期、空调使用期较长, 相应能耗也较高。因此该地区居住建筑的节能不但要考虑冬季保温, 还要考虑夏季隔热, 同时还需考虑春、秋过渡季节的通风问题^[7]。

2 墙体保温技术适用性分析

表 1 为我国部分城市冬季最冷日/夏季最热日室内外温差和冬季供暖季/夏季空调季温差度时数, 前者决定空调设备容量, 后者决定夏季空调能耗^[8]。

表 1 部分城市冬季最冷日/夏季最热日室内外温差和冬季供暖季/夏季空调季温差度时数

	冬/夏季最冷/热日室内外温差/℃	供暖/空调季温差度时数/(℃·h)
北京	32.2/11.2	69 156.4/3 702.8
上海	22.5/10.8	38 679.2/3 810.3
重庆	15.2/11.7	27 254.3/5 722.8
福州	14.2/12.0	18 357.4/7 471.2
长沙	21.2/12.2	38 085.1/5 640.4

注: 1) 冬季供暖室内设计温度为 18°C , 夏季空调室内设计温度为 26°C 。

2) 气象数据来自中国建筑节能年度发展研究报告。

从表 1 中可以看出, 各地夏季围护结构两侧的温差较小。因此, 围护结构保温对夏季空调负荷的影响也相应较小。

结合模拟分析以及文献[9]对夏热冬冷地区 6 个代表性城市的典型居住建筑进行的动态能耗模拟, 笔者分析了不同外墙构造(不同传热系数 K) 与建筑能耗的变化规律; 同时调研了部分夏热冬冷地区城市墙体传热系数, 发现夏热冬冷地区外墙传热系数与全年耗电量有很强的正线性相关性, 如图 1~3 所示。

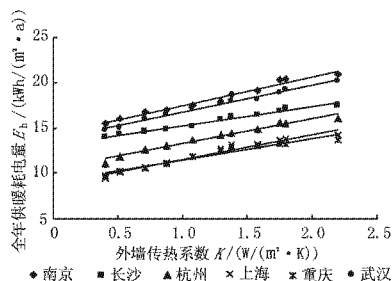


图 1 全年供暖耗电量与墙体传热系数的关系

综合表 1 和图 1~3 可以看到, 夏热冬冷地区全年供暖耗电量 E_h 随着外墙传热系数 K 的增大而明显增加^[10]。因此, 改善外墙保温性能对降低供暖能耗效果显著, K 值降低 50%, 能耗减少

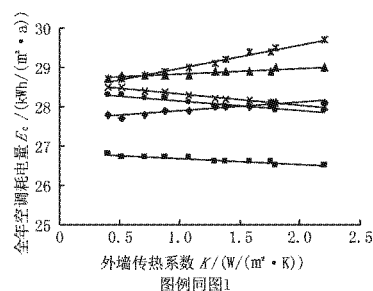


图 2 全年空调耗电量与墙体传热系数的关系

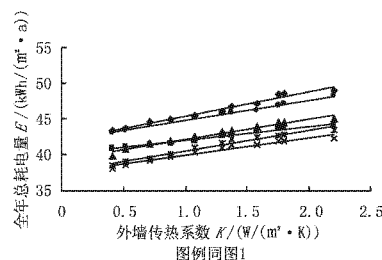


图 3 全年总耗电量与墙体传热系数的关系

10%~20%左右。然而, 夏热冬冷地区全年空调耗电量 E_c 随着外墙传热系数 K 的增大变化不明显。综合供暖季和空调季来看, 夏热冬冷地区全年总耗电量 E 随着外墙传热系数 K 的减小而小幅减少, K 值降低 50%, 能耗减少 5%~8%左右。因此, 要改善夏热冬冷地区建筑热特性, 降低空调能耗的关键不在围护结构的保温。

3 节能窗和遮阳措施适用性分析

目前玻璃窗按结构可分为单框单层玻璃窗、单框双层玻璃窗和双框双层玻璃窗三大类^[11]; 按窗玻璃光学性又可分为普通玻璃、吸热玻璃、热反射镀膜玻璃和 Low-e 玻璃。选择具有较好热工性能和光学性能的玻璃窗(见表 2), 不但可以满足玻璃窗的采光功能要求, 还可以利用其光学性能, 在夏季减少日射得热和室外热传导进入室内, 降低由窗户得热带来的空调负荷; 在冬季, 让更多的太阳光进入室内, 同时阻止室内的长波辐射热传到室外, 从而达到建筑节能的目的^[12]。

夏热冬冷地区夏季供冷能耗大于冬季供暖能耗。就夏季空调负荷来说, 以单层塑钢普通透明玻璃窗为基准, 单层普通透明玻璃+内遮阳的玻璃窗夏季的节能效果非常明显, 节能率达 23.85%。因此, 夏季空调时采用相应的遮阳是一项节能效果很好的技术措施, 这是因为遮阳可以大大降低太阳得热系数 SHGC。但考虑到冬季供暖负荷, 夏热冬

表 2 几种典型玻璃窗的特性参数

玻璃结构		太阳得热系数 SHGC	玻璃特性	
			可见光透射比 T_v	太阳光透射比 T
单层玻璃窗	CLR	普通透明玻璃	0.81	0.88
	BRZ	吸热玻璃	0.62	0.54
中空玻璃窗	CLR+CLR	普通透明玻璃	0.70	0.78
	CLR+BRZ	吸热玻璃+普通玻璃	0.50	0.47
	Low-e 1	高透射 Low-e 玻璃	0.65	0.73
	Low-e 2	中透射 Low-e 玻璃	0.51	0.72
	Low-e 3	低透射 Low-e 玻璃	0.37	0.70
	SS+CLR	金属反射膜玻璃+普通玻璃	0.22	0.18
三层玻璃窗	CLR+CLR+CLR	普通透明玻璃	0.61	0.70

冷地区采用双层中空普通透明玻璃+内遮阳的结构形式更为可行,冬、夏空调能耗的总降低率可达 19.79%。Low-e 系列的玻璃窗与普通透明玻璃相比节能效果更加明显,但在没有遮阳措施的情况

下,其节能率仍低于普通透明玻璃+遮阳措施的节能率。因此,在经济条件允许的地区可以选择 Low-e+遮阳措施的节能技术,其节能效果会更好。表 3 为不同玻璃窗空调能耗比较。

表 3 不同玻璃窗空调能耗比较

玻璃构造		传热系数/ (W/(m ² ·K))	太阳得热系数 SHGC	供暖季耗热量/ (kWh/m ²)	空调季耗冷量/ (kWh/m ²)	总能耗/ (kWh/m ²)	总节能率/ %
单层塑钢窗	CLR	4.42	0.69	19.33	30.10	49.43	0
	CLR+遮阳	4.42	0.42	19.33	22.92	42.25	14.53
双层中空玻璃窗	CLR+CLR	3.13	0.52	17.44	28.25	45.69	7.57
	CLR+CLR+遮阳	3.13	0.31	17.44	22.21	39.65	19.79
	BRZ+CLR	3.13	0.42	19.36	25.93	45.29	14.85
	Low-e 1	2.09	0.58	15.24	26.85	42.09	14.85
	Low-e 2	2.39	0.39	17.62	25.36	42.98	13.05
	Low-e 3	2.43	0.34	18.57	24.41	42.98	13.05

4 空调系统形式适应性分析

空调系统形式的选择需要考虑供热供冷量负荷大小和建筑的规模、用途等。一般受室外气象条件影响较小。因此,空调系统形式的选择和优化技术适应性应从系统本身出发,根据不同的制冷系统特点来分析其不同的节能技术适应性问题。本文以一个实例来进行分散式和家用集中空调形式的适应性分析。

杨迪等人以上海某居住建筑为例,对比研究了传统家用空调型式和家用集中空调的用能情况^[13];笔者研究了地源热泵和水源热泵的能耗特点。在此,在前人对居住建筑空调系统能耗研究^[14]的基础上,进行了各种空调系统的节能适用性分析。

1) 家用分体式空调系统

家用分体式系统形式简单,管道占较少的建筑空间,安装施工简单,操作使用方便,可以实现分户分房间独立控制,更好地适应各个功能房间的空调需求。虽然家用分体式空调的额定能效比较低,但是所有房间同时开启空调的概率却很小,多数时间为少数房间空调器开启,可以满足部分负荷要求。分体式空调方式的能耗是几种空调方式中最低的。

2) 地(水)源热泵系统

地源热泵系统初投资较大,地埋管占地面积大,

受地下空间限制较大。热舒适性和传统分体式空调相差不大,运行费用则相对较低。水源热泵系统受地理位置限制较大,一般选择在江边、湖边或海边的建筑中使用。该系统结构相对复杂,运行费用较低。

3) 冷(热)水家用集中空调系统

冷(热)水家用集中空调系统虽然从理论上可以单独控制每个房间的冷(热)量,满足各个房间不同的空调需求。而实际上,冷(热)水空调系统通常是连续工作的,这就决定了其系统长期处于低负荷状态下工作,系统的实际能效就会变得很低,虽然可以利用变频调控技术改善系统的运行性能,但其节能效果十分有限。节能潜力无法和家用分体式空调相比。

4) 风管式家用集中空调系统

风管式家用中央空调系统初投资较大,新风系统使空气质量提高,人体舒适度提高,但风管系统的空调运行能耗和空气输配系统的能耗也相应增多,而且室外机较大,噪声也较大。能耗特性与冷(热)水家用集中空调相似。

5) 多联机家用集中空调系统

多联机系统一次性投资较高,与冷(热)水和风管式集中空调系统相比,其运行特性相似,长期处于低负荷运行状态下,空调运行能耗虽较这两种系

统低,但仍高于家用分体式空调器,而且室外机较大,安装困难,美观性也较分体式空调差。

几种家用空调系统的用能负荷和年耗能量分别见图 4,5。

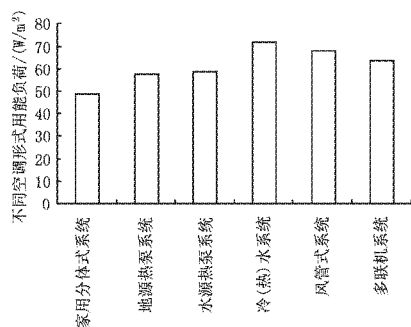


图 4 不同空调形式用能负荷对比

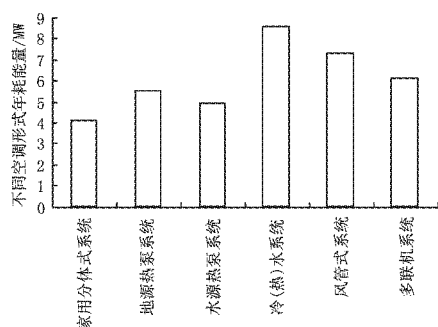


图 5 不同空调形式年总耗能量对比

对于夏热冬冷地区居住建筑空调用能来说,不同用户的用能行为和空调形式千差万别,空调消费需求也相差巨大,这就决定了同一个家庭结构,采用不同的空调形式就可能造成空调能耗的很大差别。由图 4,5 可以明显看出,对于同一户型,家用分体式空调以其灵活的独立控制方式,年用能量只是集中空调方式的 50%~80%,具有较大的节能潜力。并且该形式空调系统初投资小,结构简单,便于安装,能适应不同居民的空调需求。因此,家用分体式空调形式的节能适用性更强一些,适合绝大多数的家庭使用。

5 可再生能源适用性分析

我国夏热冬冷地区可再生能源蕴涵量十分丰富,包括地热能、自然通风、太阳能等,长江流域附近城镇还可以充分利用长江水,使用水源热泵空调系统,利用浅层地热能作为居住建筑提供生活热水,过渡季节夜间自然通风替代空调降温,太阳能充足的地区利用太阳制取生活热水,而且可利用被动式太阳能供暖技术降低冬季供暖能耗,同时夏季利用

太阳能制冷为降低居住建筑空调能耗提供了可能。

6 结语

我国各地区气候特征差别很大,即使是在夏热冬冷地区,不同的城市也存在着巨大的差距,同时不同的居住建筑自身也存在着较大的差异。因此不同的节能技术必须结合当地的气候特征,依据建筑自身的使用特点来采取相应的节能措施,这样才能充分发挥各种建筑节能技术的优势,以最低的能源成本换取最高质量的生活、学习和工作环境。

参考文献:

- [1] Li Baizhan. Sustainable Urbanisation: Energy and Environment in Chongqing [J]. Journal of Chongqing University: English Edition, 2005, 4(4)
- [2] Yao Runming, Steemer Koen, Li Baizhan. Energy efficient design for residential buildings in China [J]. Journal of Chongqing University: English Edition, 2003, 2(10): 41-45
- [3] Fong K F, Hanby V L. HVAC system optimization for energy management by evolutionary programming [J]. Energy and Buildings, 2006, 38(3): 220-231
- [4] Nassif N, Cai Wenjian, Kajl S, et al. Optimization of HVAC control system strategy using two objective genetic algorithm [J]. HVAC& Research Journal, 2005, 11(3): 459-486
- [5] Henry R, Dubrous F. Are window energy performance selection requirements in line with product design in heating-dominated climates? [G]//ASHRAE Trans, 1998, 104 (10): 799-805
- [6] 王昭俊. 夏热冬冷地区的节能住宅研究[J]. 暖通空调, 2002, 32(3): 24-26
- [7] 中国建筑科学研究院, 重庆大学. JGJ134—2001 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
- [8] 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 2008[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008
- [9] 闫成文, 姚健, 周燕, 等. 夏热冬冷地区外墙构造对住宅能耗的影响[J]. 新型建筑材料, 2006(12): 55-57
- [10] 胡平放, 江章宁, 冷御寒, 等. 湖北地区住宅热环境与能耗调查[J]. 暖通空调, 2004, 34(6): 21-22
- [11] 刘宇宁, 陈超, 屈璐, 等. 玻璃窗在建筑节能中的作用及其特性分析[J]. 建筑热能通风空调, 2006, 25(6): 80-84
- [12] 刘培琴. 几种节能窗的性能分析[J]. 建筑热能通风空调, 2003(5): 66-67
- [13] 杨迪, 张明星, 余博, 等. 户式中央空调的能耗分析[J]. 节能, 2006(5): 13-15
- [14] 李兆坚, 江亿. 住宅空调方式的夏季能耗调查与思考[J]. 暖通空调, 2008(2): 37-43, 64