

气候变化下未来西安几种类型建筑暖通空调 负荷分析预测

李红莲^{1,2}, 吕凯琳¹, 杨 柳¹

(1. 西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学 信息与控制工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 气候变暖已对建筑全生命周期的运行状况产生了不可忽略的影响, 准确评估气候变化对建筑能源需求的影响, 对建筑方案设计和既有建筑的节能改造具有重要意义. 论文以中国西安历史 30 年观测数据为基础, 基于 IPCC 报告中 SRES 下的 A1B 情景, 使用变形法进行降尺度处理, 预测了该地区未来的逐时气象数据, 用于高层住宅、办公、商场及酒店建筑进行全年负荷模拟, 预估了西安几种不同类型建筑的负荷在未来 100 年里的变化趋势. 结果表明不同类型的建筑制冷负荷均显著增加, 采暖负荷呈现降低趋势. 由于负荷是指导冷热源设备和调控的依据, 因此研究气候变化下各类型建筑的负荷变化对全国范围内的节能及建筑环境相关政策的提出有参考价值.

关键词: 气候变化; 建筑类型; 负荷预测

中图分类号: TU111.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2018)04-0549-07

Analysis and prediction of the different building HVAC load under climate change for Xi'an

LI Honglian^{1,2}, LÜ Kailin¹, YANG Liu¹

(1. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. School of Information and Control Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: Climate is the basis for building energy simulation. The global warming will cause the change of building energy demand. Based on the historical observation data over 30 years in Xi'an, the paper got the recent-term, mid-term and far-term hourly meteorological data of the typical meteorological year in Xi'an by choosing recent prediction of SRES A1B of Inter-governmental Panel on Climate Change (IPCC) and using a statistical downscaling method-“Morphing”. The office, residential, hotel and store buildings were simulated to predict the different building HVAC load. Result shows that the climate change in terms of global warming would lead to less energy use for winter heating and more for cooling during the summer months. The heating/cooling loads could guide the choice of the equipment and control, so it could have important implications for nationwide energy and environmental policy for the building environment.

Key words: climate change; different type of buildings; cooling heating prediction

能源对环境的影响逐渐引起了全世界的广泛关注, 如何平衡建筑、能源和环境三者之间的关系, 成为建筑行业和能源政策制定者亟待解决的问题^[1]. 我国自改革开放以来, 能源消耗呈现稳步增长, 2001 年建筑能耗占全国总能耗的 27.5%, 预计 2020 年, 建筑能耗将达到 35%, 将占目前煤产量的 40%和发电量的 65%^[2]. 建筑能耗的显著增长的主要原因是为了在冬季采暖月和夏季制冷月给室内提供更好的舒适性, 因此, 分析气候变化下建筑物的能源使用变得愈来愈重要.

1 研究现状

政府间气候变化专门委员会 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)是由世界气象组织(WMO)和联合国环境规划署(UNEP)联合建立的评估有关气候变化问题的科学信息. 自 IPCC 成立起, 于 1990 年、1995 年、2001 年和 2007 年撰写了一系列的评估报告、技术文件、方法报告等, 这些报告已经成为标准参考著作而被决策者、科学家等广泛引用^[3]. IPCC 中的 SRES 情景是目

前广泛使用的气候预测情景,分为探索可替代发展路径的四个情景族(A1, A2, B1 和 B2)。A1 情景的经济和人口增长较快,分为三组分别是化石燃料密集型(A1FI)、非化石燃料能源(A1T)以及各种能源之间的平衡(A1B);B1 情景的经济结构倾向于服务;B2 情景描述了一个人口和经济增长处于中等水平的世界;而 A2 情景描述了一个人口和经济不均衡发展的世界。当前中国处于经济稳步增长的发展时期,新的和更高效的技术被迅速引进,能源结构由化石燃料密集型向能源平衡型结构过渡,故 A1B 情景较为符合中国发展模式。

关于气候变化对建筑能源需求的影响,Wong 等人采用围护结构总传热值(Overall Thermal Transfer Value, OTTV)法评估了气候变化对建筑围护结构热特性的影响,研究表明 21 世纪制冷负荷增加 11.4%~14.2%^[4];Wan 等人采用气象要素(干球温度、相对湿度及太阳辐射)的综合主成分值 Z 与累年建筑能耗回归的方法,预测了我国五大气候区办公建筑的能耗,结果表明我国严寒地区采暖的减少量大于制冷的增加量,气候变化对能耗影响最大的是降温需求起主导作用的夏热冬暖地区,增加夏季设定温度、减少照明负荷密度对节约能源有着重要的作用^[5-7];澳大利亚学者对五星级建筑在稳定排放场景下的能源需求预测表明,截止到 2050 年,总的采暖/制冷能源需求将从 26%增至 101%,在 2100 年将由 48%增长至 350%,对七星级建筑的能耗预测表明,能源消耗将增加 120%到 530%,对于商业建筑,假设 CO₂ 排放量翻倍的情景下,总能耗增加 10%~17%^[8-10];美国学者 Scott 等对办公、商业建筑的能耗模拟表明全球气候变暖将导致能源的消耗降低,采暖能耗的减少补偿了制冷能耗的增加且年平均温度每增加 1℃,采暖能耗减少 2%^[11];而 Frank 等人通过研究表明气候变化导致瑞士采暖能耗减少 36%~58% 而制冷能耗增加 223%~1 050%^[12]。上述研究表明,采暖能耗减少和制冷能耗增加的程度与当地的气候条件及能源利用措施息息相关,需要针对特定的地区和特定的建筑更加细致的研究和分析。

2 研究方法

全球气候变暖引起夏季不舒适度在过去的几十年呈现增长趋势,这导致了更多的制冷需求。而制冷能耗增加会导致温室气体排放量的增加,

将会反作用于全球气候^[13-15]。我国城市化进程的推进会未来城市建筑量不断增加,其中高层住宅、办公、商场、酒店四类建筑为人们日常室内活动的主要场所,对室内舒适性有着较高的要求,是建筑能源消耗大户,且四种建筑的设计、室内热负荷以及热环境参数设置各有特点。研究表明,在严寒地区或寒冷地区采暖能耗降低、制冷能耗增加,但最终建筑物整体能源需求及其对环境的影响并不明确。因此,探讨气候变化下不同建筑采暖制冷能源需求显得十分必要。西安地处中国中部,北纬 33°22′,经度 114°02′,海拔 1 027 m,四季分明,气候特征明显,故选用寒冷地区的典型气候城市西安进行研究,且以西安地区上述四种不同类型建筑为研究对象,探讨气候变化下几种类型建筑的用能特点。进行建筑负荷模拟的动态分析,必须拥有长时间尺度的气象数据。

本文拟至本世纪末,每隔三十年生成未来 2011—2040,2041—2070,2071—2100 时间段的典型年逐时气象数据,典型年表征着一个地区的气象特征,世界气象组织认为三十年的资料长度能够反映出当地相对稳定的气候特征^[16],国内外选取典型年的方法有 Finkelstein-Schafer 统计方法、标准偏差方法和主成分分析法^[17],前两种方法对气象参数的类型和权重做了规定,后一种方法立足气象参数间的相关关系选取典型年。由于未来气候预测数据和历史观测数据间存在气象参数类型的差异,故采用主成分法选取了未来的典型气象年。未来预测气象数据与历史观测数据之间需要通过降尺度的方法进行结合,才能得到既不偏离地面气候又能准确并精细化地反映出长期气候特征的气象数据,故论文基于 IPCC 提供的 A1B 排放模式下的预测气象数据,利用统计降尺度中广泛应用的变形方法^[18]生成未来三个时间段的逐时气象数据,用于高层办公、住宅、酒店及商场建筑模型进行全年负荷模拟,预估几种建筑的能源需求在未来 100 年里的变化趋势。

3 未来气候变化趋势

通过历史观测数据(1971—2000 年)选取了典型年作为基准,与 IPCC 预测的 A1B 情景下月均值气象数据,采用变形的获取了未来的逐时气象数据。图 1 显示了 21 世纪干球温度、含湿量、

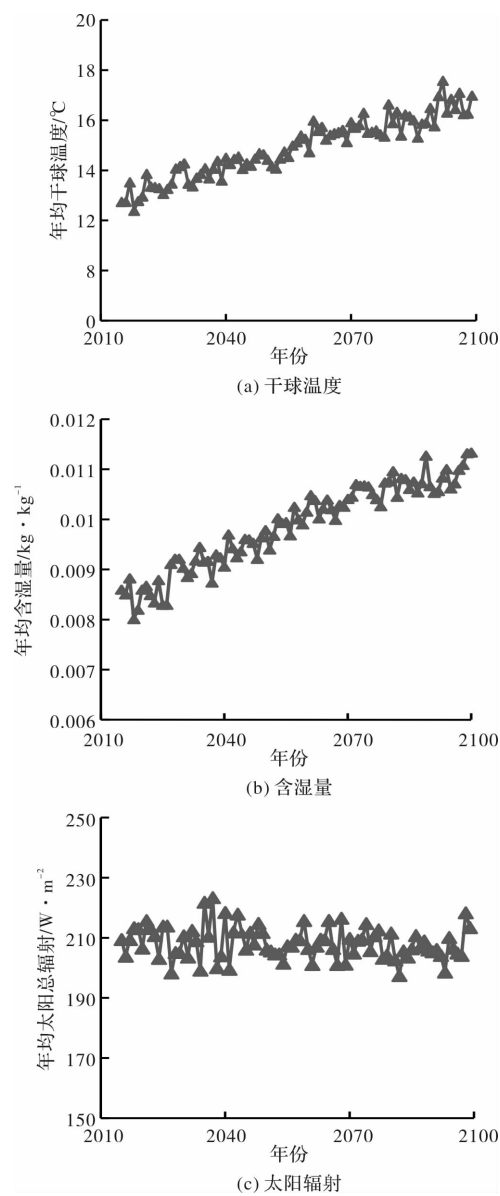


图 1 21 世纪干球温度、含湿量以及太阳辐射的变化
Fig. 1 The change of dry bulb temperature, moisture content and solar radiation in the twenty-first century

太阳辐射长期变化规律, 由图可知, 干球温度和含湿量随着时间的推移均呈现出增加的趋势, 干

球温度从 2010 年起到本世纪末平均增加了 4.5℃, 年均含湿量平均增加 0.0025 kg/kg; 太阳辐射变化不明显, 但直至本世纪末, 由于气溶胶及温室气体的排放呈轻微的下趋势.

4 西安不同类型建筑的负荷模拟

建筑的负荷是指为达到期望状态需要补充或去除热量的大小, 负荷是一个瞬时的物理量, 而能耗则是一个过程量, 从负荷转换成能耗, 不仅与冷热源的能效比有关, 还与系统管网特性有关. 影响建筑负荷的因素有内因和外因两大部分, 内因是指建筑体型系数、窗墙比、围护结构等, 而外因又分外扰(室外气象状况)及内扰(照明、设备及室内人员)^[19]. 研究建筑能耗规律应着眼于冷热源设备投入运行时段负荷及耗热量和耗冷量^[20]. 本文的研究目的侧重于气候变化对建筑热性能的影响, 故在模拟中, 采用了建筑的冷/热负荷来分析气候变化对不同类型建筑热性能的影响, 未对空调系统设备效率等参数进行详细设置.

论文参照相关国家及地方建筑标准^[21], 建立了西安地区各类型建筑包括高层住宅、高层办公、酒店和商场建筑模型, 并采用建筑能耗模拟工具 EnergyPlus^[22]进行了基准年、近期、中期和远期典型年逐时动态模拟. 高层住宅、高层办公、酒店和商场建筑基本概况及基本参数的设置如表 1 所示. 办公、酒店和商场室内人员、照明和设备的时间表依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)进行设置. 住宅的时间表依据人员活动规律进行设置, 具体设置为 07:00—09:00 和 16:00—23:00 两个时间段人员在室, 照明及设备满负荷运行; 其他时间段无人员在室, 照明关闭, 设备运行比例为 0.3.

表 1 高层住宅、高层办公、酒店和商场建筑基本概况及基本参数的设置

Tab. 1 The overview and device parameters of the residential, office, hotel and store buildings

建筑类型	渗透率	基本概况				传热系数/ $\text{W}^2\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$			室内负荷密度		
		层数	总面积/ m^2	体型系数	窗墙比	外墙	屋面	窗户	人员/ $\text{m}^2\cdot\text{p}^{-1}$	照明/ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	设备/ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
住宅	0.5	13	3 250	0.306	0.15	0.499	0.445	2.729	30	5	5
办公		12	19 200	0.124	0.4			2.365	8	9	15
酒店		12	19 200	0.151	0.4			2.284	16	7	15
商场		7	29 575	0.097	0.1			2.995	6	10	13

与基准年负荷对比, A1B 情景下西安地区高层住宅、高层办公、酒店和商场建筑在 21 世纪近

期、中期及远期的月累积负荷变化情况分别如图 2(a)、2(b)、2(c)和 2(d)及表 2 所示。

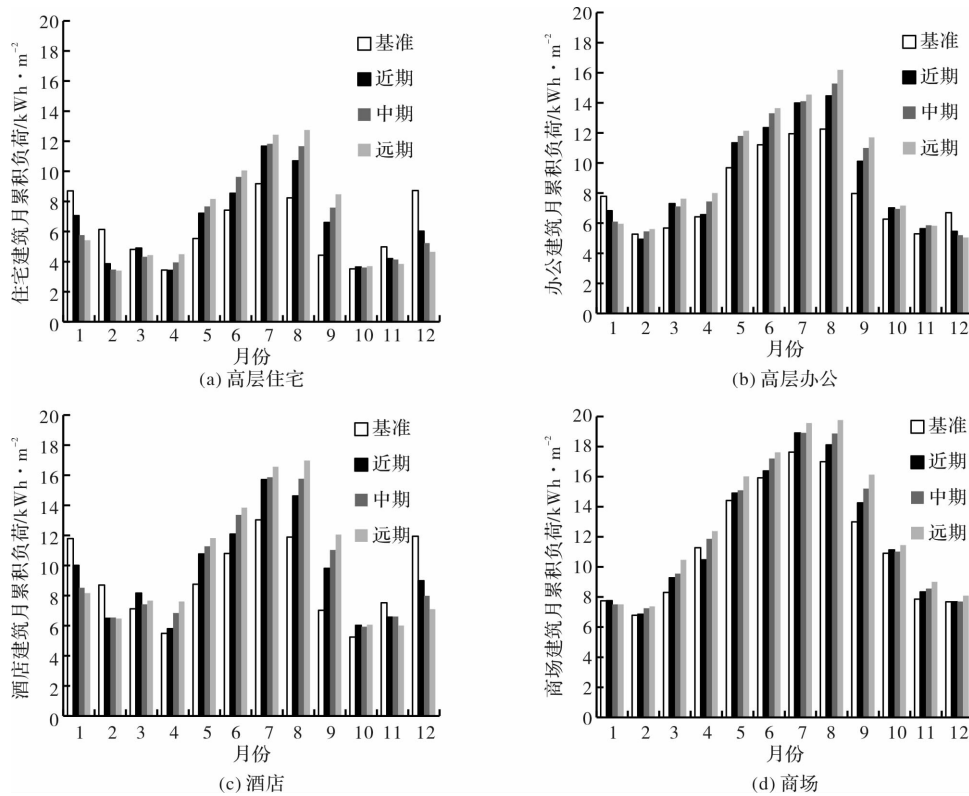


图 2 A1B 情景下西安各类型建筑近期、中期及远期的月累积负荷

Fig. 2 The monthly total load of different buildings in recent, middle and far term under SRES A1B

表 2 A1B 情景下西安各类型建筑近期、中期及远期的月累积负荷变化

Tab. 2 The monthly total load change of buildings in recent, middle and far terms

kWh · m⁻²

月份	办公			住宅			酒店			商场		
	近期	中期	远期	近期	中期	远期	近期	中期	远期	近期	中期	远期
1	-1.0	-1.7	-1.8	-1.7	-2.9	-3.3	-1.8	-3.3	-3.6	0.0	-0.2	-0.2
2	-0.3	0.2	0.3	-2.3	-2.7	-2.7	-2.2	-2.2	-2.2	0.1	0.5	0.6
3	1.6	1.4	2.0	0.1	-0.5	-0.4	1.0	0.3	0.5	1.0	1.3	2.2
4	0.1	1.0	1.6	0.0	0.5	1.1	0.3	1.4	2.1	-0.8	0.6	1.1
5	1.7	2.1	2.5	1.7	2.1	2.6	2.0	2.5	3.1	0.5	0.7	1.6
6	1.1	2.1	2.4	1.1	2.2	2.6	1.3	2.6	3.0	0.5	1.3	1.7
7	2.0	2.2	2.6	2.5	2.6	3.3	2.7	2.8	3.5	1.3	1.3	1.9
8	2.2	3.0	3.9	2.5	3.4	4.5	2.7	3.9	5.1	1.1	1.9	2.8
9	2.1	3.0	3.7	2.2	3.2	4.0	2.8	4.0	5.0	1.3	2.2	3.1
10	0.8	0.7	0.9	0.1	0.1	0.2	0.8	0.7	0.8	0.2	0.1	0.5
11	0.3	0.6	0.5	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	-0.9	-1.5	0.5	0.7	1.1
12	-1.2	-1.5	-1.6	-2.7	-3.5	-4.1	-3.0	-4.0	-4.8	0.0	0.0	0.4

图 2 和表 2 表明了在 A1B 的排放情景下, 高层办公、高层住宅、酒店、和商场建筑在 21 世纪近期、中期、远期的月累积负荷对比基准年的月

累积负荷变化情况。由图可知四种不同类型的建筑, 从近期、到中期至远期对于特定月份建筑月累积负荷较基准负荷的增减趋势具有一致性, 对

于高层办公建筑，12 月、1 月建筑的累积负荷减少，而其余月份累积负荷增加；对于高层住宅，10 月、11 月、12 月、1 月、2 月、3 月建筑的累积负荷减少，而其它月份建筑的累积负荷增加；对于酒店建筑，11 月、12 月、1 月、2 月建筑的累积负荷减少，其余月份相对基准累积负荷增加；对于商场建筑，1 月份建筑的累积负荷增加，其它月份整体呈现增加趋势。随着全球气候的逐年变暖，对于各类型建筑，在以制冷为主的月份累积负荷在三个阶段呈现递增趋势，而以采暖为主的月份累积负荷在三个阶段呈现递减趋势。由上可见，气候变暖对建筑负荷的影响由于建筑类型不同而有所区别。

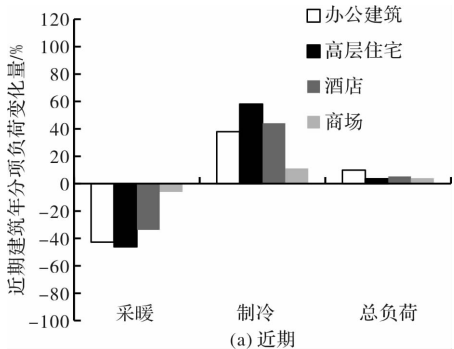


表 3 A1B 排放情景下各建筑在近期、中期及远期的耗热量、耗冷量和总负荷变化百分比

Tab. 3 The percentage change of cooling, heating and total load of different building in recent, middle and far term under SRES A1B %

时期	办公			住宅			酒店			商场		
	采暖	制冷	总	采暖	制冷	总	采暖	制冷	总	采暖	制冷	总
近期	-43	38	10	-46	58	4	-34	44	5	-6	11	4
中期	-63	53	14	-65	82	5	-49	62	7	-62	21	7
远期	-73	67	18	-75	107	9	-58	79	10	-80	35	12

图 3 与表 3 表明了在 A1B 的排放情景下相对基准年西安高层办公、高层住宅、酒店及商场建筑的近期、中期及远期典型年的采暖负荷、制冷负荷和总负荷变化情况。结果表明，在 IPCC 的 A1B 预测情景下，直至本世纪末，温度和湿度呈逐渐增加趋势，西安地区的四种类型建筑采暖负荷均呈现降低趋势，而制冷负荷增加；分析气候变化下的未来三个时间段，对于同一地区西安的各建筑，高层住宅制冷负荷增长和采暖负荷降低幅度明显，商场制冷负荷增长最小、采暖负荷降低最小。原因主要是，由于各类型建筑同属寒冷地区西安，在建模时外墙、屋面、及外窗参数设置相近，但是住宅的内热源负荷所占总负荷比重较小，同时住宅的体形系数(0.306)较大引起外围护结构受室外气候环境影响最为敏感，导致采暖

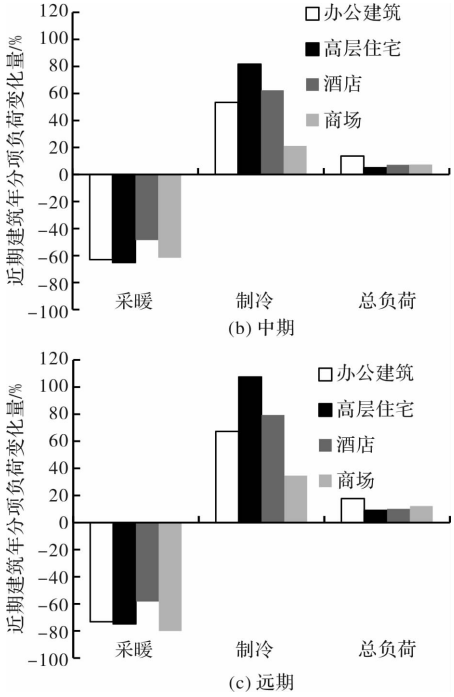


图 3 A1B 排放情景下各建筑在近期、中期及远期的耗热量、耗冷量和总负荷变化情况对比

Fig. 3 The increment of cooling, heating and total load of different buildings in recent, middle and far term under SRES A1B

制冷增长幅度最大；商场建筑体形系数最小，而内热源较大，所以气候变化下采暖、制冷负荷的增减幅度不明显。

四种类型建筑总负荷的变化情况：(1)办公建筑在未来近期、中期及远期总负荷约分别增长 10%、14%、18%。虽然制冷负荷的增加百分比小于采暖负荷降低百分比，但是制冷负荷的增加量大于采暖负荷的减少量，由于办公建筑的人员密度 8 m²/p，照明及设备分别为 8 W/m²、15 W/m²，室内热负荷所占总负荷比重较大，一年中多以供冷为主，导致办公建筑总负荷增加较其它三种建筑更为明显；(2)在近期典型年，高层住宅建筑冷负荷增长、采暖负荷降低，总负荷仅增长 4%，上升趋势不明显，可以预测，在寒冷地区(部分)或者严寒地区某些对采暖需求更大的建筑，总负荷

可能呈现下降趋势;随着未来温度和湿度的持续增加,住宅建筑制冷负荷的增加幅度超过了采暖负荷降低的幅度,在未来中期和远期典型年总负荷分别增加了5%和9%;(3)对于酒店建筑的年总累积负荷变化,在未来近期、中期与远期制冷负荷的增加量均大于采暖负荷的减少量导致酒店建筑的总负荷呈现增长趋势,至本世纪末总负荷的增加在5%及10%之间;(4)对于商场建筑的年总累积负荷变化,在未来近期、中期及远期制冷负荷的增加大于采暖负荷的减少,年总累积负荷的增加原因主要是由于制冷负荷的增加量远大于采暖负荷,尽管采暖负荷较基准变化幅度较大,但是其对总负荷的影响微小,导致商场总能耗的增加在4%到12%之间。

5 结论

论文选用IPCC报告中A1B排放情景的气候预测数据,并选取了未来近期、中期和远期三个时段的典型气象年,以1971—2000年的历史真实记录数据选取的典型年为基准气候,利用变形法得到了未来三个时段典型年的逐时气象数据,针对建筑能耗模拟软件Energyplus,制作了气象数据文件。对地处中国地理位置中部的城市西安的几种类型建筑进行了建模,并对基准气候和未来气候预测下的典型气象年进行了动态模拟,得出以下结论:

(1)直至本世纪末,随着全球气候的逐年变暖,对于西安各类型建筑,在以制冷为主的月份负荷在未来近期、中期及后期时段呈现递增趋势,而以采暖为主的月份负荷在三个阶段呈现递减趋势;

(2)西安地区的四种类型建筑,采暖负荷均呈现降低趋势,而制冷负荷增加,这是气候变暖导致的必然结果;

(3)在不同阶段对于同一地区西安的四种类型建筑来说,高层住宅制冷负荷增长和采暖负荷降低幅度明显、商场制冷负荷增长最小、采暖负荷降低最小(中期、远期采暖负荷例外),主要是受体型系数及内热源比重不同的影响;对于四种不同类型总负荷的变化情况,办公建筑总负荷增加较其它三种建筑更为明显;高层住宅建筑采暖负荷降低抵消了增长的制冷负荷,上升趋势不明显;对于酒店建筑,至本世纪末年总能耗的增加在5%

及10%之间;对于商场建筑,年总负荷的增加原因主要是由于制冷负荷的增加量远大于采暖负荷的减少,采暖负荷对总负荷的影响微小。

6 结语

采暖主要的能源是石油或燃气锅炉,而降温主要依靠电力设备,气候变化将使能源消耗向供电系统转型,太阳能空调系统表现出很好的能源特性来解决在气候变化下夏季制冷用电量的增加,这对全国节能及建筑环境相关政策的提出有重要意义。

参考文献 References

- [1] PARRY M L. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [J]. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report, 2007, 37(6):2407.
- [2] YAO R, LI B, STEEMERS K. Energy policy and standard for built environment in China [J]. Renew Energy 2005, 30(13):1973-1988.
- [3] 丁一汇. 气候变化国家评估报告(I):中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1):2-8.
DI Yihui. National assessment report of climate change (1):Climate change in China and its future trend[J]. Advances in Climate Change Research. 2006, 2(1):2-8.
- [4] WONG S L, WAN K K W, LI D H W et al. Impact of climate change on residential building envelope cooling loads in subtropical climates [J]. Energy & Buildings, 2010, 42(11):2098-2103.
- [5] WAN K K W, LI D H W, LAM J C. Assessment of climate change impact on building energy use and mitigation measures in subtropical climates [J]. Energy, 2011, 36(3):1404-1414.
- [6] WAN K K W, LI D H W, LIU D, et al. Future trends of building heating and cooling loads and energy consumption in different climates [J]. Building & Environment, 2011, 46(1):223-234.
- [7] WAN K K W, LI D H W, PAN W, et al. Impact of climate change on building energy use in different climate zones and mitigation and adaptation implications [J]. Applied Energy, 2012, 97(3):274-282.

- [8] WANG X, CHEN D, REN Z. Assessment of climate change impact on residential building heating and cooling energy consumption in Australia [J]. *Building and Environment*, 2010, 45(7):1663-1682.
- [9] REN Z, CHEN D, WANG X. Climate change adaptation pathways for Australian residential buildings [J]. *Building and Environment*, 2011, 46(11):2398-2412.
- [10] WANG X, CHEN D, REN Z. Global warming and its implication to emission reduction strategies for residential buildings [J]. *Building and Environment*, 2011, 46(4): 871- 883.
- [11] SCOTT M, WRENCH L, HADLEY D. Effects of climate change on commercial building energy demand [J]. *Energy Sources* 1994, 16(3):317-332.
- [12] FRANK T. Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland [J]. *Energy & Buildings*, 2005, 37(11):1175-1185.
- [13] LAM J. C, TANG H L, LI D H W. Seasonal variations in residential and commercial sector electricity consumption in Hong Kong [J]. *Energy*, 2008, 33(3):513-523.
- [14] LAM J C, WAN K K W, LAM T N T, WONG S L. An analysis of future building energy use in subtropical Hong Kong [J]. *Energy* 2010, 35(3):1482-1490.
- [15] KAHRL F, ROLAND D. Growth and structural change in China's energy economy [J]. *Energy* 2009, 34(7):894-903.
- [16] MARION W, URBAN K. User's Manual for TMY2's [R]. Golden, USA: National Renewable Energy Laboratory, 1995.
- [17] 李红莲, 杨柳, 于军琪, 等. 建筑能耗模拟典型年中气象参数权重的确定 [J]. *土木建筑与环境工程*, 2015, 37(1):23-28
- LI Honglian, YANG Liu, YU Junqi, et al. Determination of the weighing value of meteorological parameters in TMY of building energy consumption simulation [J]. *Architectural & Environmental Engineering*, 2015, 37(1):23-28
- [18] BELCHER S E, HACKER J N, POWELL D S. Constructing design weather data for future climates [J]. *Building Services Engineering Research and Technology*, 2005, 26(1):49-61.
- [19] 翟蕾. 气象变化对天津市办公建筑制冷和采暖能耗的影响 [D]. 兰州:兰州大学, 2014.
- ZHAI Lei. Climate change impact on cooling and heating energy consumption for office building in Tianjin [D]. Lanzhou: Lanzhou University.
- [20] 龙恩深. 建筑能耗基因理论与建筑节能实践 [M]. 北京:科学出版社, 2009:34-37.
- LONG Enshen. Theory of building energy consumption and practice of building energy efficiency [M]. Beijing: Science Press, 2009:34-37
- [21] 中华人民共和国建设部. 公共建筑节能设计标准:GB 50189-2009 [S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2009:2-70.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of P. R. China. Design standard for energy efficiency of public buildings: GB 50189-2009 [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2009
- [22] 潘毅群. 实用建筑能耗模拟手册 [M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2013:51-66.
- PAN Yiqun. Building energy simulation handbook [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2013:51-66.

(编辑 桂智刚)