

天津市建筑节能气象服务研究

郭虎 郭军 李明财 孟凡超
(天津市气象局, 天津 300074)

摘要: 我国建筑能耗占总能耗的1/3左右, 而且随城市化水平提高建筑能耗所占比例将进一步增加。建筑能耗特别易受气象条件影响, 科学、及时和准确的气象服务对建筑节能至关重要。介绍了建筑节能气象服务需求分析, 综述了建筑节能气象服务研究进展, 最后展望了未来建筑节能气象服务前景, 以期为建筑节能气象服务工作提供参考。

关键词: 建筑节能, 气象服务, 室外气象条件, 气候变化, 天津市

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.01.014

Meteorological Service for Building Energy Efficiency in Tianjin

Guo Hu, Guo Jun, Li Mingcai, Meng Fanchao
(Tianjin Meteorological Bureau, Tianjin 300074)

Abstract: Building energy consumption accounts for approximate one-third of the total energy consumption in China, and it is projected to increase with the improvement of urbanization level. Due to the building energy consumption is closely related to outdoor meteorological conditions, the scientific, timely and accurate meteorological services are particularly essential to the building energy efficiency. The present paper introduces the requirements of the building energy efficiency for meteorological services, and summarizes the related research progress, then puts forward the prospect of meteorological services for building energy efficiency. This study aims to provide useful information about meteorological service for building energy efficiency in the future.

Keywords: building energy efficiency, requirement, meteorological service, outdoor meteorological condition, Tianjin

0 引言

建筑能耗一般指使用能耗, 包括采暖、空调、热水、炊事、照明及电器等, 建筑能耗在社会需求中占比较大的比重。当前我国建筑能耗占社会终端能源总消耗的30%左右, 随着城镇建设发展和人们对建筑环境要求提高, 比例将进一步增加, 至2020年将达35%左右^[1]。建筑节能成为我国三大节能(建筑、交通和工业)领域之一, 近年来得到前所未有的重视。在经济高速发展和居民对室内环境舒适度要求不断提升的背景下, 可通过精细的节能设计和高效的用能管理实现建筑节能, 而这些都必须以精确的气象参数、设计标准及运控决策为支撑。气象与建筑耗能(尤其是采暖空调耗能)之间关系密切, 一栋建筑从设计到今后的使用是否节能, 气象都起着关键性作用。精准的气象数据或气象条件是建筑节能设计和高效节能运行的

基础, 科学、及时和准确的气象服务是提升建筑节能和人居环境的关键。

1 建筑节能气象服务需求分析

特定气候条件下, 建筑物从设计、建设以及建成后使用都需要以气象数据为基础, 充分体现当地的气候条件以节省能源消耗。例如: 建筑节能设计过程中围护结构传热系数、窗墙比、暖通空调系统容量等; 建筑建成后使用过程中采暖空调系统运行调控、采暖系统热源调配、能源调配策略等。

1.1 建筑节能设计气象服务需求

从设计层面来看, 建筑节能设计气象参数的确定、节能设计标准(比如围护结构、采暖空调系统容量以及设备的选型等)制定均与气象要素密切相关。气象参数在建筑节能设计中主要有两方面作用: 一是作为室内负荷计算的初始条件; 二是作为暖通空调设备容量计算的初始条件。建筑设计气象参数是建筑围护结构性能和暖通空调系统整体性能优劣的先决条件。我国每年新增建筑面积18~20亿m², 而且每年建设部有近亿平方米的既有建筑的节能改造任务。如何使新建建筑建设和既有建筑的改造更加节能, 其中

收稿日期: 2016年11月9日; 修回日期: 2017年1月5日
第一作者: 郭虎(1962—), Email: guohu@263.net
资助信息: 中国气象局气候变化专项(CCSF201614);
中新天津生态城中新科技合作计划项目

非常重要的一点就是要准确地把握特定地区的气候特征,充分考虑气候变化对建筑节能设计气象参数和设计标准的影响,从而为政府和建筑设计部门提供决策依据。

一些欧美国家及日本都充分考虑气候变化,为适应气候变化,美国规定《新建多层住宅建筑节能设计标准》每5年左右修订一次。日本也不断完善节能设计标准,新西兰20世纪90年代开始探讨气候变化及极端气候事件对建筑性能、设计和标准产生的影响,挪威从2000年起研究气候变化对建筑环境的影响,提出修订施工标准和规范的技术依据。

通过对天津、海南等地多栋建筑能耗监测、调研发现,暖通空调系统建成后运行过程中普遍存在“大马拉小车”、设备选型偏大、长期在低效区间运行等现象,其中最重要的原因就是气象参数以及设计标准的滞后,没有考虑气候变化的影响,这也是我国建筑用能浪费的重要原因。另外,当前建筑设计是以过程气候条件作为依据,没有考虑对未来建筑能耗预估,从而做好前瞻性布局。目前还十分缺乏气象对建筑能耗影响评估,缺乏精准的气象服务。

1.2 建筑节能运行气象服务需求

与发达国家相比,我国建筑节能还有很大的差距,单位面积能效较同气候条件下发达国家明显偏低。这一方面与建筑节能设计中没有充分考虑气候/气候变化的影响有关;另一方面,与暖通空调运行没有根据气象要素进行精细调控有关。建筑节能设计、暖通空调运行、节能技术应用以及太阳能、风能等可再生能源利用均与气象关系密切,气候变化对建筑节能有直接影响,影响到暖通空调能耗总量。因此,暖通空调运行、节能技术利用,尤其是可再生能源和不可再生能源调配应用都需要精准气象服务做为支撑。

目前来看,建筑运行管理模式粗放导致的能源损失约占建筑总耗能的5%~15%。由于缺乏气候/气候变化对建筑能耗的影响评估以及建筑能耗的预测,无法实现建筑用能动态调控;同时,缺乏根据建筑能耗需求实现可再生能源与一次性能源的动态调配技术,无法精准完成复合能源运行调度。因此,无法指导可再生资源的科学应用,限制了开发应用潜力。

2 天津建筑节能气象服务研究

天津市气象局联合中国建筑科学研究院、天津大学设计院、南京信息工程大学等部门,针对面向建筑设计节能与气象的关联开展了系列研究,在此基础上,为政府、行业提供了建筑节能的决策和设计气象服务。

2.1 气候变化对建筑能耗影响评估

建筑能耗与室外气象条件息息相关,气候变化改变了室外的气象条件,影响到采暖和空调能源的使用。气候变化背景下,如何提升建筑用能效率成为国内外政府部门和相关学者普遍关注的问题。开展气候变化对建筑能耗影响评估,尤其是定量评估气候/气候变化对采暖空调能耗的影响,可为政府部门节能应对、设计部门制订节能对策、用能部门制订采暖空调调控策略提供依据,从而促进能源的可持续发展和减少污染气体排放工作。

以往气候变化对能耗影响评估主要基于度日数法或者能耗统计数据^[2-4]。度日数可以分离经济影响,但是仅考虑气温的影响。事实上能耗不仅与气温有关,还与辐射、湿度、风速等关系密切^[5-6]。统计能耗不仅与气候变化有关,更多受经济社会发展和人口增加的影响,难以评估气候变化的影响。最近研究利用能耗模拟软件得到能耗可以去除经济的影响,定量评估气候/气候变化的影响。天津市气象局联合中国建筑科学研究院、天津大学等应用国际上通用的能耗模拟软件 TRNSYS (Transient System Simulation Program, 瞬态系统模拟程序),通过将建筑参数固定,输入逐小时气象要素,得到逐时能耗数据,包括供热和制冷负荷(负荷是维持一个稳定的室内热环境所需的供热或者供冷量)。模拟过程中将建筑参数固定,因此该能耗仅受气候条件影响,有利于定量评估气候/气候变化对建筑能耗的影响。基于此开展了系列研究工作,评估了气候/气候变化对不同建筑类型(比如办公、商场及不同节能水平居住建筑等)能耗的影响,也评估了我国不同气候条件下(从严寒到南方夏热冬暖地区)气候变化对建筑能耗影响。研究证实不同建筑对气候/气候变化的响应明显不同,需针对不同类型建筑制订节能对策;不同气候区建筑能耗的主要影响因子明显不同,比如在哈尔滨夏季空调能耗主要受温度的影响,而天津、上海和广州等地区,夏季空调能耗受温度和湿度的共同控制,而且越到热带地区,湿度的影响越为明显^[7];冬季采暖能耗可基于单一温度进行预测,而夏季制冷能耗需考虑多个气象要素进行预测。研究成果作为决策服务材料提交到天津市政府相关部门,得到主管市领导的批示。另外,基于评估模型建立了能耗预测模型,应用到企业空调系统运行调控。

2.2 未来气候条件下能耗预估

目前,我国建筑能耗占社会终端总能耗的30%左右,而随着城市化水平的提高,建筑能耗的比例将进一步增加,至2020年将达到35%左右^[1,8-9]。如果考虑

气候变化的影响,这一比例可能会更高。根据IPCC第五次评估报告,相对于1986—2005年,2081—2100年全球平均地表气温将升高 $0.3\sim 4.8^{\circ}\text{C}$,且2100年之后仍将持续变暖^[10],将直接影响到建筑能耗。另外,建筑一旦建成后将会持续使用几十年,根据2001年《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001),纪念性和特别重要建筑使用寿命100年,普通楼房设计使用寿命50年。如此长的使用年限,气候将发生明显变化,对建筑采暖和制冷能耗产生明显影响。目前采暖空调系统容量设计仅基于过去30年气候平均值,其设计值必然难以适应未来气候,造成采暖空调系统的偏大或偏小,一方面浪费能源,另一方面影响室内环境的舒适度,在极端天气气候条件下也会影响采暖空调系统运行安全。因此,需要考虑未来气候条件下建筑能耗,提前采取措施适应和应对未来气候变化。

李明财等^[11]针对未来气候条件下不同建筑气候区以及相同气候区不同类型建筑的采暖和制冷能耗进行了定量评估。研究证实采暖能耗将会持续下降,而制冷能耗则明显升高,但采暖能耗的下降幅度明显大于制冷能耗的升高幅度,对节能是有利的;不同节能水平的建筑对未来气候变化的响应不同,建筑节能水平的提高更有利于应对未来气候变化(能耗降低且对气候变化敏感性降低);不同气候区采暖和制冷能耗的变化幅度明显不同,不同区应采取不同策略^[11-12]。这些研究成果将有助于为建筑部门在新建建筑设计时提供可靠的数据,应对未来气候变化和节能减排。研究成果也写进国家发展和改革委员会以及住房和城乡建设部联合发布的《城市适应气候变化行动方案》,提出要提前做好前瞻性布局。

2.3 气候变化及城市热岛对建筑节能气象参数影响评估

准确的气象参数和设计标准是新建建筑节能设计和既有建筑节能改造的基础。开展气候变化对建筑节能设计气象参数和设计标准的影响,可为建筑节能设计提供依据,保证建筑设计部门在建筑节能设计中节能措施的合理性和科学性,保证建筑高效节能的运行和使用,提高政府相关部门的应对气候变化能力。另外,从目前建筑节能设计来看,一个城市仅用一两个气象台站数据(比如天津一个,北京两个)做为依据进行暖通空调设计,没有考虑城市空间差异带来的热岛对建筑节能气象参数的影响,也必然使得暖通空调系统容量偏大或偏小,不能满足室内热环境舒适度要求或采暖空调系统不必要的空转而能源浪费。

评估了我国五个建筑气候区气候变化对建筑节

能气象参数(比如:采暖室外计算温度;冬季空调室外计算温度;夏季空调室外计算温度等)的影响,同时应用《实用供热空调设计手册》(第二版)(以下简称设计手册)计算了气象参数的变化对建筑采暖、冬季空调和夏季空调设计负荷的影响。研究证实气候变暖降低了冬季空调设计负荷,仅考虑近20年气候变暖的影响,在严寒地区和寒冷地区就可以节能约 $3\%\sim 5\%$,在实际设计中应充分考虑以达到节能减排的目的;就不同气候区来看,不同建筑气候区冬夏空调设计负荷的变化幅度不同,各区需根据不同幅度进行节能设计^[7]。

此外,以天津为例评估了城市热岛对建筑节能气象参数及设计负荷的影响。研究证实,不但气候变化对气象参数有明显影响,热岛对气象参数的影响甚至超过20年气候变化的影响;城市中心跟近效或远效比,冬季采暖设计负荷降低 $3.5\%\sim 5.4\%$,冬季空调设计负荷降低 $2.5\%\sim 3.8\%$,而夏季空调设计负荷仅升高 $0.6\%\sim 0.9\%$,建筑节能设计应充分考虑城市热岛影响,提高居住环境舒适度,降低建筑采暖空调能耗。

基于以上研究成果,天津市气象局提交了2014和2016年天津政协提案,2014年获优秀提案,推动了天津节能工作进程。天津市建委与气象局共同研制考虑气候变化及满足建筑节能需求的典型气象年数据集,修订天津建筑节能标准。

2.4 气候变化对典型气象年数据影响

气象数据具有随机性,不同年份之间存在较大差异,需从多年气象数据中挑选出代表典型天气条件的全年逐时气象数据,也即典型气象年,以充分反映长期的气象变化规律。典型气象年是由12个均具有气候代表性的典型气象月组成的一个“假想”气象年,有Sandia实验室方法和Danish方法可以生成典型气象年。目前,典型气象年数据已成为建筑能耗动态模拟与分析,从而评估建筑的热/能耗性能以及进行节能设计的基础性数据。

以天津为例,基于1961—1990年、1971—2000年和1981—2010年3个长度为30年的时间段的气象数据,评估了气候变化对典型气象年以及年动态能耗的影响。结果发现,在气候变化背景下,三个时间段的典型气象年数据存在较大的差异,采暖期的变化较制冷期更为明显:从30年均值差异看,1981—2010年相对于1961—1990年,采暖负荷减少 5.2% ,制冷负荷增加 1.6% 。基于研究成果,将典型气象年数据集及能耗评估成果提交相关设计部门,推动了天津市建筑节能相关标准的修订。

3 讨论与展望

从设计层面上来看,随着建筑和节能技术的革新,现有建筑节能设计气象参数是否能适应节能需求,要进行准确评估,对现有建筑气象参数也需要不断扩展,建立新的建筑节能气象指标,以使其更具针对性和实用性^[5, 13]。此外,当前低能耗(低碳)等高性能建筑的大量开发应用,需要更多要素和更精细化气象参数支持建筑节能设计,建立城市尺度的建筑节能设计气象参数,并对其节能效果进行评估,以满足设备选型和运行的精细化要求,提高适应和应对气候变化的能力^[13]。

从运行调控层面上来看,因为建筑能耗与室外气象条件有密切关系,气候变化背景下,建筑设计室外气象环境发生明显改变,建筑运行调控中应充分考虑。天津市气象局仅是基于部分城市的代表性建筑针对其节能设计参数、设计负荷、典型气象年数据以及能耗的影响进行了评估,未涉及建筑能耗运行调控的相关气象服务。未来工作要根据各城市气候变化特征、节能需求以及建筑和节能技术的革新,积极推进建筑能耗运行调控气象服务。

从总体来看,我国缺乏基于负荷预测的建筑用能精细化气象动态调控,也缺乏复合能源(不可再生能源与可再生能源)的调配技术,导致建筑用能浪费严重。事实上,建筑建成以后运行中,尤其是暖通空调的运行与室外气象条件更是有密切关系,我国当前暖通空调运行效率低下与缺乏基于室外气象条件的运行

调控有直接关系。今后需构建建筑节能运行精细化气象服务技术以及气象服务决策支撑平台,为节能减排提供服务。

参考文献

- [1] Cai W G, Wu Y, Zhong Y, et al. China building energy consumption: situation, challenges and corresponding measures. *Energy Policy*, 2009, 37: 2054-2059.
- [2] 陈莉,方修琦,李帅.气候变暖对中国严寒地区和寒冷地区南界及采暖能耗的影响. *科学通报*, 2007, 52(10): 1195-1198.
- [3] 谢庄,苏德武,虞海燕,等.北京地区热度日和冷度日的变化特征. *应用气象学报*, 2007, 18(2): 232-236.
- [4] 姜逢清,胡汝骥,李珍.新疆主要城市的采暖与制冷度日数(II)—近45年来的变化趋势. *干旱区地理*, 2007, 30(5): 629-636.
- [5] 李明财,熊明明,任雨,等.未来气候变化对天津市办公建筑制冷采暖能耗的影响. *气候变化研究进展*, 2013, 9(6): 398-405.
- [6] Martinaitis V, Bieksa D, Miscviciute V. Degree-days for the energy analysis of buildings. *Energy and Buildings*, 2010, 42: 1063-1069.
- [7] 李明财,曹经福,陈跃浩.气候变化对我国不同气候区建筑供热制冷能耗的影响//王伟光,等. *应对气候变化报告(2016)——《巴黎协定》重在落实*.北京:社会科学文献出版社,2016.
- [8] Yao R, Li B, Steemers K. Energy policy and standard for built environment in China. *Renewable Energy*, 2005, 30: 1973-1988.
- [9] 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. *Building and Environment*, 2011, 46: 223-234.
- [10] IPCC. Summary for Policymakers of Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [11] Li M C, Guo J, Tian Z, et al. Future climate change and building energy demand in Tianjin, China. *Building Services Engineering Research and Technology*, 2014, 35(4): 362-375.
- [12] 李明财,郭军,史珺,等.气候变化对天津市商场和居住建筑极端能耗的影响. *高原气象*, 2014, 33(2): 574-583.
- [13] 李明财,郭军,田喆,等.气候变化对华北4个城市建筑节能设计气象参数的影响. *气候变化研究进展*, 2011, 7(6): 407-411.

《中国气象百科全书·气象服务卷》出版

■ 王萃萃 黄海燕 崔晓军

《中国气象百科全书·气象服务卷》作为《中国气象百科全书》分卷之一,首次将气象服务作为一项基本业务纳入气象百科体系,也是广大社会公众和专业人士非常关注的一卷。自2012年组成编委会以来,经191位撰稿人和25位审稿专家的努力,已于2016年12月出版。

《气象服务卷》设卷前文章,气象服务、决策气象服务、公众气象服务、专业气象服务、专项气象服务、气象灾害、气象灾害防御、农业气象、人工影响天气、雷电防护、气候可行性论证11个分科,附录和索引等,共有条目258条。文前配有具有纪念意义或代表性的彩色图照。《气象服务卷》充分体现了《中国气象百科全书》的定位,以公共气象服务和气象防灾减灾的业务知识为基本内容,在概述基础理论的同时,重视气象服务业务应用的介绍,具

有一定的实用性和专业深度;既阐述了基本概念、基本原理和技术方法,又全面反映了决策、公众、专业、专项气象服务和气象防灾减灾的领域、内涵和服务效果;同时,既重点介绍了具有基础业务支撑和影响力的农业气象体系,又详细介绍了雷电防护、人工影响天气、气候可行性论证等社会关注的气象服务工作,并对具体服务事件进行介绍,有助于广大读者进一步了解气象服务工作在保障经济社会发展、社会和谐稳定、人民安全福祉等方面的重要作用,是一本服务现代气象业务的工具书、传播气象科学知识的科普书、记载气象事业发展的典籍书。

(作者单位:气象出版社)

