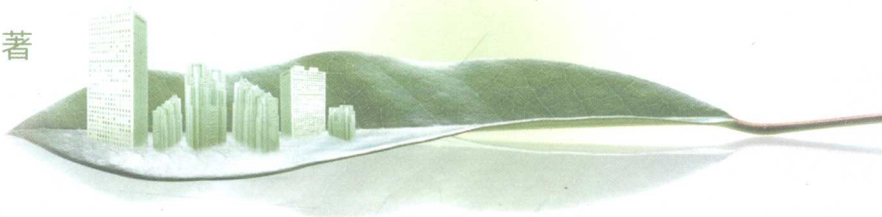


江苏沿海绿色居住建筑 节能设计研究

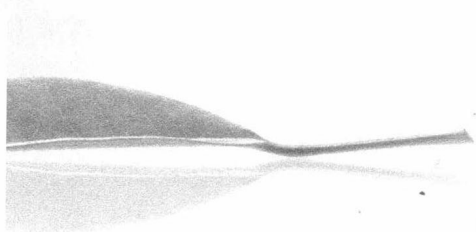
王进 著



本书由江苏理工大学环境工程出版基金资助

江苏沿海绿色居住建筑 节能设计研究

王进 著



 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇江

图书在版编目(CIP)数据

江苏沿海绿色居住建筑节能设计研究 / 王进著. —
镇江: 江苏大学出版社, 2016. 5
ISBN 978-7-5684-0186-9

I. ①江… II. ①王… III. ①生态建筑—节能设计—
研究 IV. ①TU201.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 115128 号

江苏沿海绿色居住建筑节能设计研究

Jiangsu Yanhai Lüse Juzhu Jianzhu Jieneng Sheji Yanjiu

著 者/王 进

责任编辑/柳 艳 韦雅琪

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编:212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/虎彩印艺股份有限公司

经 销/江苏省新华书店

开 本/890 mm×1 240 mm 1/32

印 张/6.375

字 数/200 千字

版 次/2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-5684-0186-9

定 价/38.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

建筑热环境关系到人的生存状况和生活品质。现在,虽然我们可以通过采暖、通风与空调控制技术实现各种需求的热环境指标,但这是以消耗大量能源为代价的,高能耗带来的热舒适是急功近利的。同时,由于不同地区的人对气候的适应能力不同,所以热舒适的指标可以依地区有不同的范围。例如,就整体而言,江苏沿海地区居民对气候的适应能力强于北方寒冷地区的居民。

建筑师若在设计居住建筑时对此有所意识,就能建造出满足热舒适的低能耗绿色居住建筑。刘加平教授说过,如果在设计时缺乏物理环境和生态建筑设计方面的知识,那建筑室内物理环境通常是有缺陷的。这种融于建筑设计过程中的建筑环境设计是建筑师应该掌握的,国内外建筑学术界习惯将其称为“被动式设计”的理论和方法。这类“建筑技术”一般无法设立专业工程师。它融于建筑设计过程之中,如建筑物的形体选择、平面布局、表面处理等,并可决定建筑室内热环境和建筑能耗指标;而且将建筑热环境设计的知识看作是建筑热工专业人员的专利是一种误解。任何舒适、健康的建筑室内环境,任何绿色生态建筑,都是通过建筑师之手实现的。

本书由盐城工学院学术专著出版基金资助,是住建部科技计划项目(项目编号:2014—K1—050)、江苏省建设厅科技项目(项目编号:2014ZD054)及江苏社科应用研究精品工程(15SYC—092)的重要组成部分。本书以江苏沿海地区绿色居住建筑为研究对象,根据江苏沿海地区自身的特点和热舒适的基础理论,从居住建筑设计的视

角研究热舒适,以使江苏沿海地区居住建筑最经济地达到本地热舒适指标,成为低能耗热舒适绿色居住建筑。笔者首先研究适合江苏沿海地区的热舒适指标并分析其低能耗的优势。其次,通过实际工程和模拟计算,并结合江苏沿海地区的特点,研究江苏沿海地区低能耗热舒适绿色居住建筑设计。最后,提出建立江苏沿海地区热舒适绿色居住建筑体系的建议,旨在推动江苏沿海地区热舒适绿色居住建筑的发展。

王 进

2016年1月

目 录

- 1 绪论 001
 - 1.1 研究背景 001
 - 1.2 研究目的和意义 004
 - 1.3 创新之处 007
 - 1.3.1 研究视角的创新性 007
 - 1.3.2 预期成果的创新性 007
 - 1.4 国内外研究调查现状 007
 - 1.4.1 建筑能耗调查 007
 - 1.4.2 建筑节能改造 010
 - 1.4.3 存在的问题 013
 - 1.5 研究的技术路线 014

- 2 热舒适的理论基础 016
 - 2.1 人体冷热感与热舒适 016
 - 2.2 影响人体热舒适的因素 018
 - 2.2.1 环境要素 018
 - 2.2.2 人体因素 019
 - 2.3 热舒适方程 020
 - 2.3.1 人体热平衡方程 020
 - 2.3.2 人体热舒适方程 023
 - 2.4 热舒适评价指标 024
 - 2.4.1 PMV-PPD 指标 024
 - 2.4.2 其他指标 025

- 3 江苏沿海绿色居住建筑热舒适标准研究 027
 - 3.1 热舒适标准 027
 - 3.2 江苏沿海地区概况 028
 - 3.3 测试仪器及测试要求 029
 - 3.3.1 实验测试的目标、方法及仪器的选择 029
 - 3.3.2 测试要求 031
 - 3.4 现场调查步骤及结果统计 032
 - 3.4.1 调查步骤 032
 - 3.4.2 人员背景 033
 - 3.4.3 室外环境参数 033
 - 3.4.4 室内热环境状况 034
 - 3.5 现场调查结果分析 034
 - 3.5.1 实际热舒适不满意百分数 035
 - 3.5.2 相对湿度的影响 036
 - 3.5.3 热接受率和江苏沿海地区热舒适度 037
 - 3.6 本章小结 038

- 4 江苏沿海地区热舒适指标的经济性及动态分析 039
 - 4.1 引言 039
 - 4.2 江苏沿海地区热舒适环境指标经济性分析 040
 - 4.2.1 计算参数 040
 - 4.2.2 计算模型 041
 - 4.3 本章小结 077

- 5 基于江苏沿海地区热舒适标准的绿色居住建筑设计 078
 - 5.1 引言 078
 - 5.2 基于江苏沿海地区热舒适标准的住区规划设计 079
 - 5.2.1 住区选址与布局 080
 - 5.2.2 优化住区建筑朝向 081
 - 5.2.3 优化住区风环境对热舒适的作用 085

- 5.3 基于江苏沿海地区热舒适标准的居住建筑平面与体量设计 102
 - 5.3.1 优化建筑设计平面形式 102
 - 5.3.2 居住建筑平面尺寸优化设计 104
 - 5.3.3 热环境的合理分区及温度阻尼区的设置 116
 - 5.3.4 建筑平面组合优化设计 123
 - 5.3.5 确定适当的居住建筑总建筑面积 129
 - 5.4 基于江苏沿海地区热舒适标准的居住建筑立面设计 132
 - 5.4.1 优化围护结构面积 132
 - 5.4.2 居住建筑层高优化设计 137
 - 5.4.3 优化建筑体形系数 142
 - 5.5 江苏沿海既有绿色居住建筑节能设计总结 146
- 6 江苏沿海地区热舒适居住建筑体系的建立与展望 149**
- 6.1 江苏沿海地区热舒适居住建筑发展存在的问题 149
 - 6.1.1 缺乏低能耗热舒适居住建筑的基本知识和节能意识 149
 - 6.1.2 江苏沿海生态节能型新农村居住区规划设计研究迫在眉睫 150
 - 6.1.3 设计水平落后 156
 - 6.1.4 区域性建筑节能政策法规出台滞后 157
 - 6.2 对建立江苏沿海地区热舒适居住建筑体系的建议 157
 - 6.2.1 推广低能耗热舒适居住建筑设计理念 157
 - 6.2.2 加强建筑节能改造性能检测及其效果测评 158
 - 6.2.3 制定相关政策,政府率先垂范 159
 - 6.2.4 鼓励在居住建筑中采用绿色建筑先进技术 160
 - 6.3 展望 165

7 江苏沿海地区既有居住建筑节能改造调查	169
7.1 所调查居住区建筑的各类基本信息	169
7.1.1 建筑年代和节能设计	170
7.1.2 建筑结构和建筑面积	170
7.1.3 家庭人口和建筑户型	170
7.1.4 建筑高度和楼梯间	171
7.2 所调查居住区建筑的建筑设备和围护结构材料信息	171
7.2.1 热水、照明等相关建筑设备信息	171
7.2.2 屋顶、外窗和外墙信息	173
7.3 调查总结	173
8 结语	175
参考文献	178
附录 1 江苏沿海地区居住建筑热舒适状况调查问卷	182
附录 2 江苏沿海典型年室外全年温度统计	184

1 绪 论

1.1 研究背景

江苏沿海地区,包括连云港、南通和盐城三市,陆域面积 3.25 万平方公里,海岸线长 954 公里。地处我国沿海、沿长江和沿陇海—兰新线三大生产力布局主轴线交汇区域,是长江三角洲的重要组成部分,区位优势独特,土地后备资源丰富,战略地位重要。本书探讨研究的所在区域即为江苏沿海地区。

调查表明,在现代社会,人们平均有 35% 以上的时间是在居住建筑内度过的,“居住建筑热舒适”一直是人们关注的话题。随着经济技术的发展和人民生活水平的不断提高,人们对居住建筑热舒适的要求也越来越高。良好的居住建筑热舒适环境不仅可使人们精神愉快,而且有助于居民的身体健康。

资源和能源是制约人类社会可持续发展的重要因素。地球上的能源是有限的,历史上曾爆发多次能源危机,最近的一次是在 2005 年由于供求关系失衡而导致的石油价格上扬。因此,人类必须大力发展可再生能源,并且用可再生能源替代传统能源,进行一场新的工业革命,使经济获得持续的发展。

世界经济的现代化得益于化石能源,如石油、煤炭、天然气与核裂变能的广泛应用。然而,这些资源在 21 世纪几近枯竭。根据《BP 世界能源统计年鉴 2012》的数据,2011 年底,世界石油储量为 1.6 亿桶,还可以满足全球 54 年的使用;天然气储备约 208.4 万亿立方米,约可满足全球 63 年的使用;煤储量约 8 609 亿吨,还可满足全球 112 年的使用。按目前每年开采铀量 6 亿吨,据世界能源委员会 1993 年的估计,到 21 世纪 30 年代中期,铀将接近枯竭。因

此,世界能源形势严峻,危机即将到来。近年来,中东及海湾地区与非洲的战争都是由争夺化石能源的控制权引发的,这种冲突在今后将更加频繁和猛烈。

从资源总量绝对数上来说,我国是一个资源大国;2006年,煤炭资源保有量有10 345亿吨,探明的可采储量约占全世界的13%,位列世界第三,煤层气、页岩油等非常规化石能源储量潜力比较大。然而,从相对数来看,我国又是一个资源小国,人均资源低于世界平均水平,能源形势非常严峻,必须控制能源消耗、发展可再生能源。

近百年来,地球气候正在经历一次以变暖为主的显著变化,引起这种变化的原因可以概括为两种,即自然的气候波动和人类活动的影响。前者指太阳的辐射变化、地球的运动轨道变化和气候系统内的行为控制等;后者主要指由于人类燃烧化石燃料、毁林造木及各种农业活动导致的大气中温室气体的浓度增加等。传统能源的大量使用使得环境受到严重破坏。比如,煤及燃料油等含硫物质燃烧会产生 SO_2 、氮氧化物、粒子状污染物、 CO 和氟化物等多种污染物。自18世纪工业革命以来,人类消耗的化石燃料(煤、石油、天然气等)不断增多,导致大气中的 CO_2 等“温室气体”浓度骤然增加,这类气体可以透过太阳短波辐射,阻挡地球向宇宙发射长波辐射,从而使地球表面和大气温度升高。随着 CO_2 等“温室气体”的持续增加,全球变暖逐渐成为影响人类生存和发展的重大环境问题。为减少温室气体的排放,实现低碳经济和低碳发展,人类必须加大清洁能源的使用比例,如太阳能、地热能、风能、生物能、海洋能和氢能等。

居住建筑热舒适离不开能源的消耗,江苏沿海气候条件较为恶劣,尤其是冬季和夏季,能源消耗大。20世纪西方发达国家爆发的能源危机也对建筑能耗提出了新的要求。众所周知,建筑能耗已成为一个国家总能耗的重要组成部分,发达国家的建筑能耗占其总能耗的30%~40%,我国建筑能耗约占全国总能耗的25%。^①因此,我

^① 周鑫发:《应用可再生能源技术实现长三角地区建筑节能的探讨》,《能源工程》,2004年第1期。

们要研究既舒适又经济的热环境标准,使居民在江苏沿海热舒适标准下既舒适又最经济。经济性在于挑选出更节约的技术措施,使居住建筑在自然通风或非空调状态下达到热舒适标准;而在非空调状态不能达到标准时,在最低造价和最小能耗下达到热舒适标准。现在很多楼盘声称自己是科技节能建筑,但当问到每年的能耗、节省的运行费用等问题时,却很少能提供明确答案。一个真正的生态节能设计,应当是可以量化的,应当是可以明确地说出整个建筑的能源消耗、资源消耗等数据的。^①

世界各国在热舒适领域的研究,主要由三部分组成:节能环保、生态绿化和健康舒适。美国制定的供暖、制冷与空调工程师协会标准即 ASHRAE Standard 55-1992^②,将热舒适与人们对热环境的满意程度紧密联系在一起。ASHRAE Standard 55-1992 是基于热感觉处于某种适宜状态下发展起来的热舒适程度标准。国际标准化组织制定了另一套热舒适标准即 ISO7730^③,它通常适用于温度、湿度、风速等物理环境参数相对稳定的室内环境,而国内外的许多现场研究测试表明,对于自然通风状态下的居住建筑或空调关闭时的居住建筑,这些指标并不能准确地推导出人体的热舒适程度,甚至会有较大的误差。尤其是对于夏热冬冷的江苏沿海地区来说,经济相对落后,使得江苏沿海地区居住建筑不可能一直处于稳定的室内热环境中,大部分时间处于自然通风状态或者空调关闭的状态。因此,实验室得出的热舒适指标不适合江苏沿海地区,江苏沿海地区居住建筑热舒适应该独立研究,以现场实测和调查问卷为主。如今建筑界对节能理论和实践的研究非常丰富,但在研究的过程中有三点需要进一步思考:第一,对建筑的研究应该全面,充分考虑不同类型建筑的

① 吴必龙,李颖:《借鉴德国,思考我国节能建筑设计》,《工业建筑》,2006年第9期。

② ASHRAE. ANSI/ASHRAE 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 2004.

③ ISO. International Standard 7730. Moderate thermal environments—Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva: International Standards Organization, 1984.

特殊性,可以促进特殊的建筑类型节能研究。同时生态设计研究并非以建筑功能类型或结构类型为研究对象,而多以空间尺度为研究对象。第二,建筑生态设计应该立足于地域性的研究。第三,大空间公共建筑系统设计研究,应能真正做到建筑系统设计、节能理论与技术的综合应用。本书以节能理论为基础,用一种全新的思维方式来研究大空间公共建筑设计节能趋势,以现代大空间公共建筑调研为线索,深入研究其生态设计的措施与技术,通过对现代大空间公共建筑节能理念的产生、存在、发展进行多方面的研究,以了解当代大空间节能建筑形态产生的理论基础、原因和发展状况,对节能思想在大空间公共建筑中的运用形成一个比较清晰的认识,来解析当今越来越多的大空间公共建筑所表现出来的节能理念特征,梳理总结这些建筑的设计策略与手法。

1.2 研究目的和意义

建筑,最初是人类为了抵御恶劣的自然气候,改善生存条件的“遮蔽所(shelter)”,它可以使其间的微气候适合人类的生存。随着技术与文明的进步,在生存问题解决以后,人们追求的是舒适的居住环境,通过空调设备等人工控制手段,虽然可以使室内气候达到绝对舒适的标准,但是却导致了所谓的“病态建筑”的产生。^① 建筑热环境的设计目标是舒适、健康、高效,以最少的能源消耗提供舒适、健康的工作和居住环境,提高生活质量。^②

建筑领域是全世界能源消耗和环境污染的重要领域。据联合国环境规划署统计,全世界范围内,建筑领域的能耗占到全社会总能耗的30%~40%。

在我国,随着经济的发展和人民生活水平的提高,建筑能耗呈稳步上升趋势。据2011年统计,我国总建筑商品能耗从1996年的

^① World Health Organization Regional Office for Europe. Indoor air pollutants: Exposure and health effects. Report on a WHO meeting, Norlingen, 1982.

^② 刘念雄,秦佑国:《建筑热环境》,清华大学出版社,2005年,第1页。

2.59亿吨标准煤(tce)增长到6.87亿吨标准煤(tce),增长了1.6倍,约占当年社会总能耗的19.24%。建筑能耗的增长,一方面是由于室内环境的改善,建筑舒适度的提高,从全国范围来看,单位面积建筑能耗从 $10.5 \text{ kgce} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$ 增加到 $14.7 \text{ kgce} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$;另一方面是由于建筑总面积从247亿平方米增加到431亿平方米,增长了74.5%。

中国目前正处于高速城市化和工业化的过程中,每年新建建筑多达20亿平方米,占全世界每年新建建筑的40%,并且这一过程可能还要持续20年。随着建筑总量的不断攀升和居住舒适度的不断改善,如果不加以合理引导和约束,建筑能耗可能将呈爆发性增长趋势,中国节能减排的任务将十分严峻。因此,中国建筑节能重任在肩,任重道远。建筑能耗包括公共建筑与居住建筑的能耗,其中比重最大的是居住建筑能耗(建筑日常运转能耗如采暖、空调、热水、照明、电器等)。长期以来,人们对住房的要求主要集中在建筑类型、居住面积、房间布局和周边环境等方面,而忽略了直接影响健康、工作和生活质量的居住空间的室内热湿环境。随着我国城市化、工业化进程的推进及人民生活水平的不断提高,空调、采暖、热水、电气等日常设备日趋普及,居民能源、资源消耗强度将逐步提高,民众对建筑人居环境质量的要求也不断提高,从而导致居住建筑能耗显著持续增长。例如,我国2007年每100户居民空调拥有量是2002年的2倍,近年来空调销售的增长率每年在20%以上。1996—2006年,建筑总能耗从2.43亿吨标准煤增加到5.63亿吨标准煤,10年时间增长了1.3倍,其中,2006年城镇居住建筑能耗为2.72亿吨标准煤,占建筑总能耗的44%,可见在全社会终端能耗中居住建筑能耗占比很大。可以预见,随着我国国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,居住建筑能耗所占比重将越来越大。

研究影响居住建筑能耗的关键因素,根据社会和经济变化科学合理地预测区域的居住建筑能耗,并据此提出切实可行、行之有效的居住建筑节能措施就显得尤为紧迫。然而,居住建筑能耗受到环境、经济、社会、政策及人们的行为习惯等多种因素的影响,具有时变性、

复杂性、随机性、地域性等特点。各个地区的居住建筑能耗又因为自身环境和条件的不同,而具有不同的特点和影响指标。因此,必须将居住建筑能耗作为相对独立的统计对象,系统地统计区域内居住建筑能耗的基础数据,并调查当地居民的消费行为习惯,才能全面地了解我国各地居住建筑能耗的基本情况,为国家能源结构的调整、相关能源政策的制定提供有力的理论依据和基础数据,对于推动建筑节能工作具有重要的现实意义。

居住建筑与一般性民用建筑内部发热量相对较低,体表比偏小,因此,此类建筑的热性能就更多地依赖于外界气象环境。我国地域辽阔,不同地区气象条件差异很大,要在低能耗的条件下获得较好的室内热舒适,所需要采取的主要措施也大不相同,绝不是简单地采用外墙保温和窗保温等措施就能解决的。应该根据当地的特点确定适宜的方案。^① 在江苏沿海地区,除了材料与建筑构件选用、空调采暖系统选择外,更应该研究绿色居住建筑的方案设计、施工图设计、住区整体规划设计等环节。

建筑设计的基本法则是“以人为本”。基于热舒适的建筑设计的前提就是满足居住者的热舒适要求。无论是节能还是环保,都不应该以影响居住者的生活水平和降低居住者的生活舒适度为代价,而应在保证具有相应的舒适条件下尽量降低能耗,使之有相当长时间的发展并由此带来良性循环。在江苏沿海地区,只有具备了这种功能的居住建筑才能够被称作江苏沿海地区热舒适绿色建筑。我们要从设计的角度入手,使江苏沿海地区绿色建筑最经济地达到热舒适指标。目前,我国建筑能耗成倍于气候条件相近的发达国家。^② 所以,利用最少的能源提供最舒适的热环境是江苏沿海地区居住建筑建筑设计的目标和课题研究的意义。

① 江亿,林波荣,曾剑龙,等:《住宅节能》,中国建筑工业出版社,2006年,第14页。

② 桂学文:《适度技术本质设计》,《建筑学报》,2008年第6期。

1.3 创新之处

1.3.1 研究视角的创新性

本书从居住建筑设计的视角定量地研究热舒适,使江苏沿海地区居住建筑最经济地达到热舒适指标。目前关于热舒适的研究更多的是从建筑保温隔热材料的选用、空调采暖系统选择、居住建筑的建筑细部构造等角度入手,且这些方面的理论系统已经比较完善。本书选取了区域性气候建筑设计的研究角度,目前从建筑设计角度更多的是宏观的定性研究,即什么样的居住建筑是绿色节能居住建筑,而本书的区域性气候建筑设计的研究角度,则是定性定量的研究。不仅解释了什么样的居住建筑是节能舒适的,还得出了具体的能耗数据,以便分析比较。总之,本书通过居住建筑设计,结合模拟分析软件,研究江苏沿海地区居住建筑热舒适,并得出量化的结果。

1.3.2 预期成果的创新性

江苏沿海地区居住建筑能耗比较大、居住环境差,如冬季,在我国广大夏热冬冷地区,居住建筑室内温度普遍处于低于 10°C 的状态。^①为适应可持续发展的要求,结合研究课题,从建筑设计角度入手,研究满足热舒适的居住建筑,得出一套关于江苏沿海地区区域性气候居住建筑热舒适设计的系统理论和数据,为将来江苏沿海地区居住建筑设计发展方向提供参考。

1.4 国内外研究调查现状

1.4.1 建筑能耗调查

1.4.1.1 国外研究现状

早在20世纪70年代,许多西方国家就开始采用统一的统计方法在全国范围内进行建筑能耗统计。美国的建筑能耗审计开始于20世纪70年代。目前,美国能源部每隔四年对全国范围的居住建筑能

^① 史勇,徐延安:《建筑节能是提高居住水平的必由之路》,《建筑知识》,2006年第2期。

耗情况进行一次详细统计,并及时公布居住建筑能耗的相关信息,为国家能源管理规划提供支持。美国能源审计所涉及的内容也非常详细,调查项目主要有建筑物的分类、太阳辐射、建筑概况、采暖空调系统、家庭其他能耗设备、燃料消耗及能源开销等,并且研究出一套分项能耗的估计方法,从统计调查得到的总能耗数据中计算出采暖空调、照明等各分项能耗量。加拿大对建筑能耗进行较大规模的统计始于1993年,并于1997年再次进行。调查采用电话和信件的方式在全国范围内进行抽查,调查对象是居住建筑中的单体建筑(每个家庭自己所拥有的独立建筑),该类建筑在加拿大约占60%;调查的目标人口为加拿大所有住户。通过调查获得了以下具体信息:居住建筑特点,供热设备及其所耗能源,制冷设备、热水设备、主要能耗设备的特征,供热、供冷设备的使用情况,并通过对调查数据的统计分析得到了居住建筑末端用能分布、能源结构、居住建筑末端用能所带来的总温室气体排放量、能耗影响因素与发展趋势,在五年内提交了“加拿大照明用能”“主要设备单位能耗”等18份报告,并以调查数据为基础,得出了加拿大能耗趋势估算公式。

Tuan 等对越南北方四省的居住建筑能源进行调查,分析了燃料种类、不同终端用途的能耗特点及家庭收入对不同类型居住建筑能源特点的影响,结果表明家庭收入越高越倾向于使用清洁、便利的能源(电能),住户能源主要用于饮食(占家用能耗的91%),这与巴西(85%)、肯尼亚(97%)等发展中国家相似。日本全国性的居住建筑能耗调查最早开始于1976年在全国各省会进行的家庭经济调查,该调查中涉及能源消费量的推算。1978年日本对9个城市1300户住户进行了问卷,详细调查了采暖空调设备、热水设备及其他设备的普及率和使用情况。此外利用多元回归方法分析了年收入、建筑面积、家庭人数和采暖空调、热水炊事和照明等能耗的关系。择地孝男等于1992—1993年对日本8个城市的2000户住户进行了能源、年收入等关系的分析,推算了不同用途的能源消费量构成。

总体来说,国际上,特别是欧美国家对居住建筑室内环境和能耗的调查与实测研究开展得比较早,研究方法也比较成熟、系统,成果卓然可见。