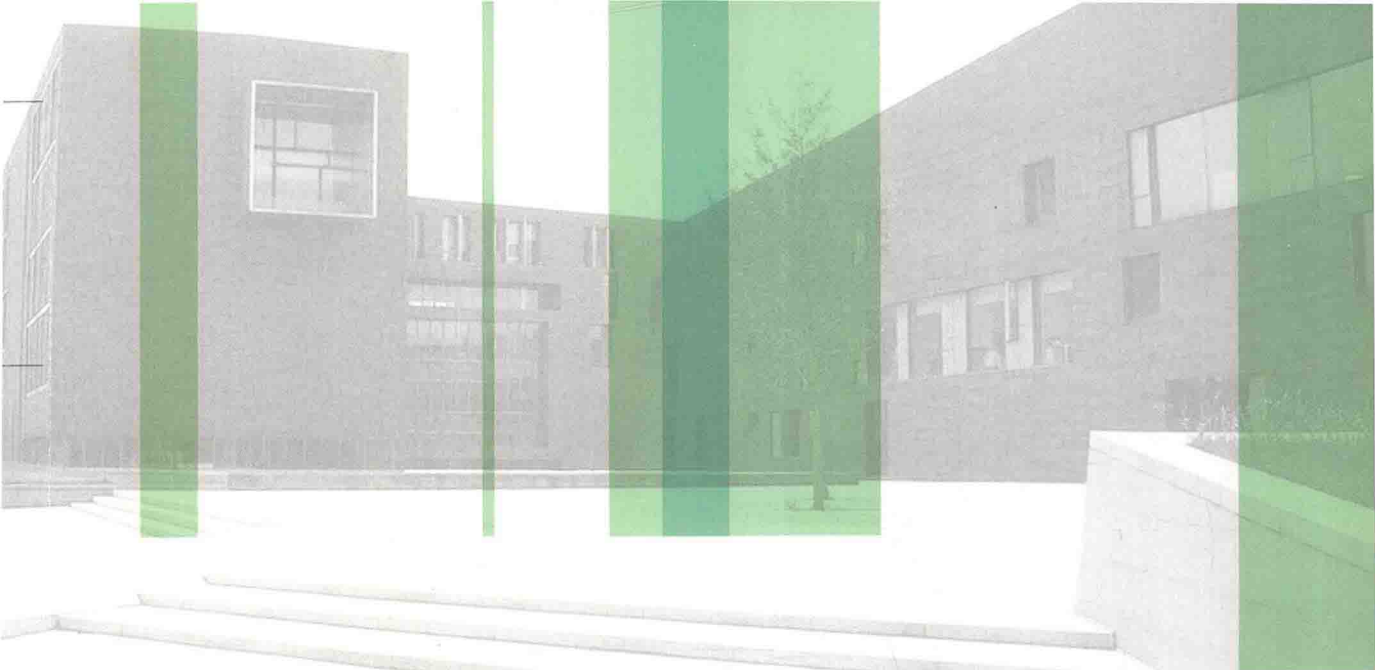




寒冷地区居住建筑 体形设计参数与建筑节能的 定量关系研究

Study on Quantitative Relationship of the
Design Parameters of Residential
Buildings and Building Energy Efficiency in Cold Regions

张海滨 著

中国建筑工业出版社



寒冷地区居住建筑体形设计参数 与建筑节能的定量关系研究

Study on Quantitative Relationship of the
Design Parameters of Residential Buildings
and Building Energy Efficiency in Cold Regions

张海滨 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

寒冷地区居住建筑体形设计参数与建筑节能的定量
关系研究/张海滨著. —北京: 中国建筑工业出版社,
2016. 12

ISBN 978-7-112-20083-2

I. ①寒… II. ①张… III. ①寒冷地区-住宅-建
筑设计-关系-节能-研究 IV. ①TU241.99②TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 273392 号

本书从目前我国居住建筑节能设计的实际状况出发, 采用理论分析、计算机模拟、实际工程检测等方法相结合, 深入探讨了寒冷地区居住建筑的能耗特点以及建筑体形设计参数与节能的定量关系, 并在模拟实验的基础上开发出用于比较建筑节能效果的软件, 提出了居住建筑节能体形优化设计策略。

本书可供建筑设计人员及有关专业师生参考。

责任编辑: 许顺法

责任设计: 李志立

责任校对: 王宇枢 焦 乐

寒冷地区居住建筑体形设计参数
与建筑节能的定量关系研究

张海滨 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀区三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 7 $\frac{3}{4}$ 字数: 192 千字

2017 年 5 月第一版 2017 年 5 月第一次印刷

定价: 25.00 元

ISBN 978-7-112-20083-2

(29527)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



前 言

随着世界能源问题的日益严重,节能研究,尤其是针对建筑节能的研究已成为全球各界共同关注的主题。目前,世界各国均对建筑节能进行了深入的研究,在建筑新材料、新工艺、新的建筑构件及构造方式以及新能源等方面都有了很大的发展,但是缺少在考虑太阳辐射因素对能耗的影响的情况下,对建筑的节能体形设计的研究。研究建筑体形设计参数与节能的定量关系,可以促进建筑节能设计理论的发展,能够在建筑方案阶段就很好地控制节能效果,这将十分有利于整个节能设计工作的开展。

本书首先分析了寒冷地区居住建筑体形设计的特点,提取出对建筑节能具有影响的建筑体形设计参数——平面形状、平面长度、宽度以及建筑高度,并选择天津市已建成的住宅进行调研,对得到的设计参数进行阈值确定。

其次,通过对目前主流能耗模拟软件的对比分析,确定选择 DesignBuilder 软件对居住建筑设计参数与能耗的关系进行模拟研究,并结合该软件的特点,对能耗模型的边界条件及模拟方法进行确定。

再次,分别以住宅平面形状、平面长度、平面宽度以及建筑高度为变量,进行能耗模拟实验。采用统计学的方法,对模拟结论进行回归分析,对相应的变量进行方差分析,得到建筑能耗随设计变量的变化趋势、各个变量对能耗的影响程度以及与能耗的定量关系式。

然后,综合之前得到的所有能耗模拟数据,得出表示平面长度、宽度、建筑高度与能耗关系的函数关系式,以达到最小能耗为条件,求出最有利节能的各设计参数的取值,并用窗墙比、围护结构传热系数对得到的体形进行约束。按照得出的定量关系式,开发“居住建筑节能体形优化设计系统”,用于对住宅设计方案进行节能效果判断。

最后,对天津市既有住宅进行现场能耗检测,并采用“居住建筑节能体形优化设计系统”进行节能效果对比,分析四种数据的差异性,验证建筑节能设计系统的可靠性。

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 建筑节能现状	1
1.1.2 建筑节能设计现状	3
1.2 国内外研究动态	3
1.2.1 居住建筑围护结构节能设计研究(不含外窗)	3
1.2.2 居住建筑窗体节能设计研究	4
1.2.3 居住建筑节能检测与评价	5
1.2.4 居住建筑体形与节能	6
1.2.5 建筑节能设计存在的问题	10
1.3 本课题研究目的、意义、内容	11
1.3.1 课题研究目的	11
1.3.2 课题研究意义	12
1.3.3 课题研究内容	12
1.3.4 技术路线	13
第二章 居住建筑设计中节能相关因素	14
2.1 寒冷地区居住建筑节能设计概述	14
2.1.1 寒冷地区气候特点	14
2.1.2 寒冷地区居住建筑体形设计影响节能因素概述	16
2.2 居住建筑设计中节能相关因素	17
2.2.1 建筑类型	18
2.2.2 建筑平面形式	19
2.2.3 建筑体形系数	21
2.2.4 建筑窗墙比	26
2.2.5 建筑围护结构	29
2.3 住宅设计参数对能耗影响程度分析	31
2.3.1 耗热量指标统计	31
2.3.2 设计参数对能耗影响程度分析	32
2.4 本章小结	33
第三章 建筑能耗模拟方法	34
3.1 建筑能耗分析方法	34
3.1.1 建筑负荷算法	34

3.1.2 建筑能耗软件模拟计算	36
3.1.3 建筑能耗现场检测方法	37
3.2 能耗模拟软件	38
3.2.1 能耗模拟软件概述	38
3.2.2 DeST	38
3.2.3 Ecotect	39
3.2.4 PKPM	40
3.2.5 DOE-2	41
3.2.6 EnergyPlus	42
3.2.7 DesignBuilder	43
3.2.8 软件比选	44
3.2.9 DesignBuilder 可靠性验证	45
3.3 模型边界条件	46
3.3.1 气象条件	46
3.3.2 Activity Template	47
3.3.3 Construction Template	47
3.3.4 Glazing Template	49
3.3.5 Lighting Template	49
3.3.6 HVAC	49
3.4 模拟方法	50
3.4.1 物理模型	50
3.4.2 模拟方法	53
3.4.3 模拟评价指标	55
3.5 本章小结	56
第四章 不同设计参数下的居住建筑能耗模拟研究	57
4.1 住宅平面形状与节能的关系研究	57
4.1.1 物理模型设定	57
4.1.2 不同平面形状的多层、小高层、高层住宅能耗模拟研究	60
4.1.3 不同平面形状的独栋住宅(别墅)能耗模拟研究	64
4.2 建筑长度(面宽)与节能的关系	65
4.2.1 物理模型	65
4.2.2 模拟结论及定量关系	65
4.3 建筑宽度(进深)与节能的关系	69
4.3.1 物理模型	69
4.3.2 能耗模拟分析	70
4.4 建筑高度(层数)与节能的关系	73
4.4.1 物理模型	73
4.4.2 能耗模拟分析	73
4.5 建筑体形系数与能耗的关系	77

4.5.1 不同平面形状住宅的体形系数与能耗的关系	77
4.5.2 不同体量住宅的体形系数与能耗的关系	79
4.6 本章小结	79
第五章 居住建筑节能体形优化设计系统	81
5.1 居住建筑最佳节能体形	81
5.1.1 建筑平面形状	81
5.1.2 建筑平面尺寸	81
5.1.3 建筑高度	83
5.1.4 最佳节能住宅体形	84
5.2 最佳节能住宅的修正	84
5.2.1 窗墙比	84
5.2.2 建筑围护结构热工性能	86
5.3 居住建筑节能体形优化设计系统	87
5.3.1 设计原理	87
5.3.2 系统界面	88
5.3.3 开发完成设计系统	89
5.3.4 该系统的应用前景	91
5.4 本章小结	91
第六章 天津既有居住建筑节能检测	93
6.1 检测对象	93
6.2 检测方法	99
6.2.1 典型房间的选择	99
6.2.2 围护结构传热系数检测	100
6.2.3 住宅热工缺陷检测	101
6.2.4 热桥部位内表面温度检测	101
6.2.5 建筑气密性检测	101
6.3 建筑耗热量计算	102
6.3.1 计算方法	102
6.3.2 耗热量指标计算	103
6.4 检测数据与节能系统的验证	103
6.4.1 住宅的检测能耗数值比	103
6.4.2 节能设计系统的验证	104
6.5 本章小结	107
第七章 结论与展望	108
7.1 研究结论	108
7.2 展望	110
参考文献	112

第一章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 建筑节能现状

20 世纪 70 年代初,出现了全球石油危机,而后能源问题引起全球重视,它被列为人类面临的除粮食、人口、环境之外的四大问题之一。世界能源的总消耗量随着人类消费的飞速增长而有增无减,常规能源已经面临枯竭。另外,资源分布的不均衡让人们越来越意识到能源问题的严重性和长期性。

为此,各个国家纷纷进行研究,针对能源危机采取相应的对策,节约常规能源成为很多国家的主要执行措施,而且取得了比较明显的效果。“节能”已经被称为石油、煤炭、天然气、核能之外的第五大能源。

在全球日益增长的能源消耗中,无论是发展中国家还是发达国家,建筑能耗均在社会总能耗中占据很大的比例。建筑能耗是指从建筑材料生产加工、建筑施工、建筑正常使用,一直到建筑拆除的全过程能耗。其中比重最大的是建筑日常运转能耗,约占 80% 以上,主要为空调、采暖、照明、热水、炊事、洗衣等用能。随着各个国家工业化和人民生活水平的提高,建筑的蓬勃发展,尤其是居住建筑的迅速发展,建筑耗能占国家总能耗的比重将越来越大。根据相关的调查统计,发达国家的建筑能耗占国家总能耗的 30%~45%,如日本约为 30%,美国约为 35%。因此,很多国家都把建筑节能作为节能工作的重点。

据相关统计,2008 年,我国总的建筑能耗为 6.55 亿吨标准煤,相比 1996 年的总建筑能耗 2.59 亿吨标准煤增加了约 1.5 倍。2008 年的建筑能耗占社会总能耗的 23%,其中电力消耗为 8230 亿 kW·h,约占 2008 年社会总电耗的 21%。1996~2008 年,我国北方城镇建筑面积由不到 30 亿 m² 增长到超过 88 亿 m² (图 1-1),其中住宅面积已经超过 50 亿 m²,数量相当庞大,2008 年,北方城镇采暖能耗占到建筑总能耗的 23%。

目前,我国正在迅速发展,人民生活水平正逐步提高,人们对居住环境的要求日益提高,因此,居住建筑必须严格根据相关规范标准实行建筑节能。我国建筑节能的形势十分严峻,国家对此也给予了极大的重视,开展了大量的工作,相继颁布了一系列居住建筑设计标准和规范、规定。国家在 1986 年颁布了《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26—1986,首次对民用建筑节能制定规范;1995 年,国家对之前的规范进行修编,实行新的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26—1995;在 2000 年,国家针对建筑节能的管理工作,发布了《民用建筑节能管理规定》;2001 年,国家颁

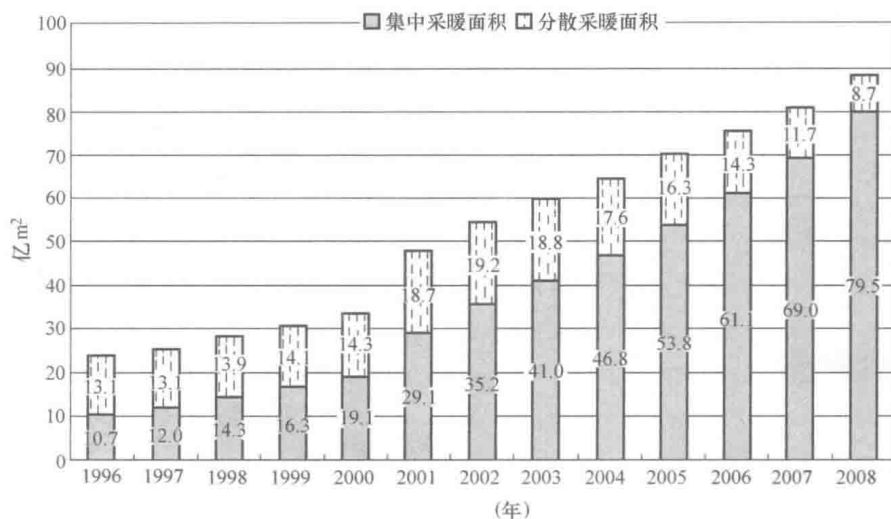


图 1-1 北方城镇建筑面积的逐年变化

图片来源: 参考文献 [2] P7

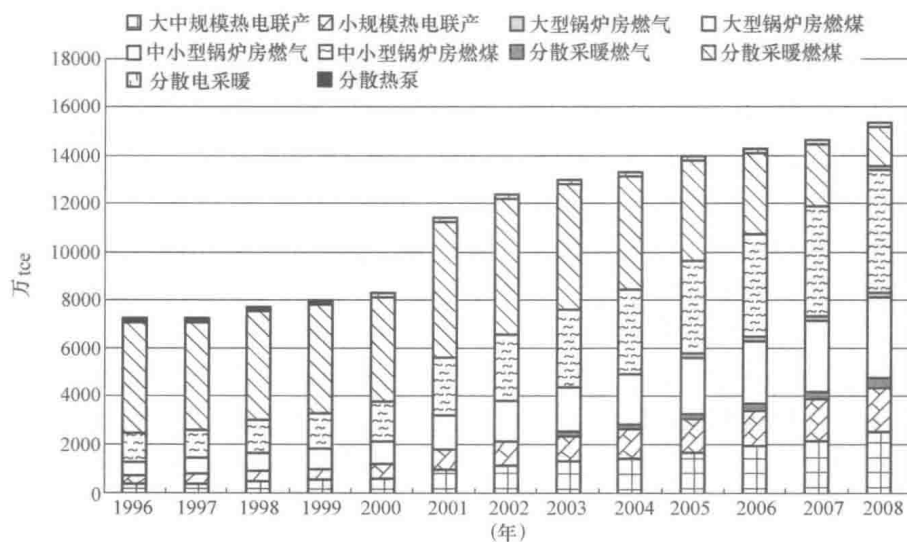


图 1-2 北方城镇采暖用能逐年变化情况

图片来源: 参考文献 [2] P6

布了针对夏热冬冷地区的行业标准——《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134—2001；2003年，颁布了针对我国夏热冬暖地区的行业标准——《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75—2003；2006年原建设部修订了新一版的《民用建筑节能管理规定》；2008年，国家颁布了《民用建筑节能条例》；2010年，国家颁布了新的《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26—2010。和《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134—2010。同时，国家采取了针对建筑节能、有利节能推广的产业政策，加快了节能技术的研究。但居住建筑节能的推广应用工作仍然有诸多的不足，我国目前现有建筑中的绝大多数仍为高能耗建筑，居住建筑节能工作仍存在很多问题，形势不容乐观，要真正达到期望的节能效果还需要进行大量的工作。

1.1.2 建筑节能设计现状

目前我国的建筑节能设计涉及众多的技术领域,从建筑体形及围护结构设计到空调系统、照明系统设计,从建筑结构设计到建筑材料、建筑运行方式管理,无不涉及建筑节能的理念与意识。现有的众多建筑节能手段和设计手法,主要集中于对建筑新材料、新构造、新施工工艺以及新的能源供给方式比如太阳能、地源热泵等新技术的研究开发,但是对建筑方案设计阶段的节能设计却鲜有关注,甚至很多建筑师认为建筑节能就是简单地在建筑构造、新能源的选择上采取些措施即可。恰恰相反,在建筑设计中提高建筑师的主观能动性,加强在建筑方案设计阶段的节能设计,对于提高建筑的节能效果具有很大的作用。

当前我国实行的建筑设计节能标准《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134—2010 与《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26—2010 中对建筑节能的强制性要求是通过建筑体形系数、窗墙比、建筑围护结构热工设计以及采暖、通风、空调调节系统设计的参数指标进行限制来实现的,这些参数指标都体现在建筑设计阶段的末端,无法真正发挥建筑师在节能设计中的积极作用。虽然建筑体形系数或者窗墙比的设计一定程度上反映在方案设计阶段,但是这仅仅是对设计结论的约束,无法真正指导建筑师的设计,无法让建筑师在方案设计中更灵活地运用节能手段。

我国建筑设计领域(包括居住建筑和公共建筑),对于建筑节能的要求仅体现在初步设计阶段,在方案设计和施工图设计阶段皆没有具体要求,而对建筑能耗的评价则是在建筑施工过程中或者建成交付使用后进行,无法真正解决建筑节能的问题。在建筑方案设计过程中,配合建筑师的方案创作,在进行建筑设计的同时进行节能设计,将会取得技术和艺术两方面的突破,实现二者真正的交融。

1.2 国内外研究动态

早在 20 世纪 50 年代,国内外的一些学者就相继开始了对居住建筑节能设计及相关领域的研究工作。这些研究主要集中在行业标准的制定、居住建筑围护结构热工性能研究(不含外窗)、居住建筑外窗节能设计研究、居住建筑节能检测与评价研究、建筑体形节能设计研究等方面。

1.2.1 居住建筑围护结构节能设计研究(不含外窗)

由于采暖、空调能耗在建筑日常运转能耗以至整个建筑能耗中占的比重很大,外围护结构热工性能的研究自然就成为了许多国家建筑节能工作的重点。丹麦在 1977 年和 1982 年两次修改了规范对建筑各部位热损失值的规定,1982 年,在规范中对建筑各部位的材料、构件都作了具体规定。1992 年,Barozzi 建立了二维模型模拟屋顶太阳能烟囱的被动冷却效果,并以 1:12 的小模型进行了实验验证。同年 Kossecka 等人开始研究房间的结构特性对热工性能的影响,重点研究了中、重型墙体结构的能耗,分析了不同复合墙体下的建筑能耗影响因素。2000 年,Bouchlaghem 提出通过建筑围护结构设计来优化建筑物

的热工性能,从而达到节能与舒适的最佳效果。作者提出了在给定的条件下,什么是使舒适偏离最小的热工设计指标。2006年,Collet等研究得出,传统的土墙具有较高的热工性能,应该被用在现代建筑中。同年,Lollini等研究了意大利新建居住建筑在冬季热负荷条件下,围护结构各个构件最佳保温层的传热值,重点讨论了采用不同厚度材料的经济效益问题。2008年,Utama和Gheewala对印度尼西亚居住建筑围护结构的能耗构成进行了研究,分析了不同围护结构构件材料与空调系统能耗之间的关系。

我国对建筑围护结构节能的研究工作开始于 80 世纪 80 年代,并一直将其作为国内生产企业和科研机构在建筑节能研究中的重点。90 年代,重庆大学的陈启高就针对建筑墙体的热湿传递进行了研究,并编著了《建筑热物理基础》。2000 年,余力航、杨星虎介绍了上海地区坡屋面保温层的设计技术,包括构造方法、保温材料选用以及保温层厚度计算与确定,并且提出了可供选用的多种保温材料的最小厚度。2003 年,孙洪波针对夏热冬冷地区的气候特点,着重探讨了居住建筑西山墙面遮阳隔热设计,以降低“西晒”的影响。2004 年,清华大学的薛志峰、江亿对北京市大型公共建筑用能状况与节能潜力进行了分析,同时对北京市的住宅、普通公共建筑的用能现状与节能途径进行了分析。2007 年天津大学的徐晓丽采用 CFD 技术对天津地区居住建筑常用的复合墙体——太阳墙及双层通风玻璃幕墙进行分析,并在 Matlab 仿真分析的基础上,设计了建筑内人工冷热源智能控制系统。2008 年,重庆大学的丁小钟、王沛对夏热冬冷地区居住建筑围护结构的保温构造进行了研究,采用计算机模拟分析的方法,重点对双层保温构造进行了研究。2009 年,西安建筑科技大学的桑国臣针对西藏拉萨地区居住建筑的特点,建立了数学物理模型,从集热、蓄热、保温、热量分配等方面,对低能耗居住建筑的构造体系进行研究。2009 年,湖南大学的于靖华等人针对夏热冬冷地区居住建筑围护结构整体热工性能,提出了围护结构 EETP 评价指标,分析了上海、长沙、韶关、成都四个城市的诸多居住建筑的围护结构,提出了全寿命周期围护结构经济性分析及能效标识体系。2010 年,武汉理工大学的王乾坤、万畅利用计算机仿真技术对武汉的三栋建筑进行了能耗模拟计算,分析了建筑围护结构的节能潜力。2010 年,华南理工大学的 Masoud Taheri 以伊朗的居住建筑为例,采用实验室测量和软件模拟的方法对采用保温材料的新型墙体进行了研究,并根据现场实际建筑测试的结果,得出了新型外墙的节能特点。

1.2.2 居住建筑窗体节能设计研究

居住建筑外围护结构的改进包括外窗性能的改进。美国劳伦斯·伯克利国家实验室对外窗的长期研究已取得了令人瞩目的成就,1982 年 Rubin 研究了玻璃传热计算模型和玻璃光学性能计算模型,并开发出计算程序,研发出多种相关的计算软件,包括用于整个建筑能耗模拟的 DOE-2 和 EnergyPlus,专门用于外窗热工性能模拟的 Window 及专门用于窗户玻璃光学性能模拟的 Optics 等计算软件,建立了玻璃的光学性能数据库 NFRC 300,这些软件的开发及数据库的建立对于用户选用节能窗和玻璃、生产厂家开发新型节能窗和玻璃产品以及建筑设计工程师和科研工作者都有着重要的意义。2001 年 Baird 研究了普通玻璃传热及光学性能的计算,得到了比较广泛的认可,但对于覆膜单层玻璃的理论计算,全球学者尚未取得共识,还在进一步探索中。美国劳伦斯·伯克利国家实验室的

Klems 等人在 ASHRAE 研究课题的资助下,从理论上推导出了内遮阳和外遮阳的太阳辐射得热系数 (SHGC) 的详细计算公式,并测试了复杂遮阳系统的双向光学性能。Wright 等人在 1997 年推导出了玻璃之间的遮阳设施的太阳辐射得热系数的理论计算公式。2007 年,荷兰学者 R. Bokel 通过对朝阳面外窗对建筑节能的影响的研究,建立了外窗位置、尺寸、外形与建筑全年制冷、供热能耗的函数关系。

2002 年我国颁布了建筑外窗保温性能、采光性能、气密性能和水密性能分级及其检测方法的标准,并在 2008 年进行了修编,原建设部标准定额研究所对门窗节能分级与认证标识体系进行了系统的研究,并取得了许多研究成果。重庆大学的董子忠对炎热地区外窗得热、窗户热工性能以及外窗遮阳进行了较为详尽的研究,得出了窗户得热的简化计算方法。2003 年浙江大学的张雯采用 DOE-2 软件对杭州市居住建筑外窗的能耗进行模拟计算,得出了外窗节能设计的要点,并归纳了影响因素。深圳市建筑科学研究院的卜增文与清华大学的杨云桦等人都模拟分析了不同气候条件下 Low-E 玻璃的传热系数和遮阳系数对空调负荷和能耗的影响。天津大学的解勇等人分析了不同地区内遮阳在居住建筑中的节能效果。北京工业大学的简毅文等人采用 DeST 软件分析了不同朝向,窗墙比参数对建筑全年供暖能耗、全年空调能耗以及全年总能耗的影响规律。湖南大学的方珊珊采用能耗模拟软件 eQUEST,对北京、长沙、深圳三个地区的居住建筑的外窗玻璃性能、外窗朝向、窗墙比及建筑朝向进行了深入研究。天津大学的王立群对北方寒冷地区居住建筑外窗窗框、玻璃、通风、气密性的节能设计进行了研究,并就外窗与太阳辐射的关系进行了深入研究。

1.2.3 居住建筑节能检测与评价

居住建筑节能检测方面,1976 年英国开始对建筑物的能耗进行调查,而美国那时已经由华盛顿的国家标准局开始对建筑能耗进行调查,对已经存在的建筑进行建筑节能改造。希腊用 5 年的时间对 1200 栋建筑进行了节能测试与节能潜力研究,包括宾馆、办公楼、商业建筑、学校、康复中心;印度对首都新德里的 50 余栋 5~10 层办公楼进行能耗调查后提出了节能措施;美国则建立了建筑能耗统计数据库,并且可用简单的方法使能耗数据一目了然;加拿大和美国能源部合作开发了设备使用和更新数据库软件,为住宅建筑能耗模拟提供了科学可靠的方法。1989 年开始,以建筑节能专家涂逢祥为首的“中国建筑节能经济技术政策研究组”,对我国北方采暖地区和长江沿岸的重庆、宜昌、武汉、南京四个城市的建筑热环境与能耗状况进行了调查,得到了城市单位建筑面积能耗数据,是我国历史上最早的全方位建筑能耗调查研究。1990 年沈阳建筑工程学院对东北地区的建筑能耗进行了调查,为建筑节能研究工作提供了充分的理论依据,并从中得到了有效的建筑节能途径。1992 年,哈尔滨建筑大学对嵩山小区进行了住宅供暖能耗测试,并对其进行了评价,提出了嵩山小区的综合节能规划和设计运行的方案。2004 年华中科技大学的杨红等人分析了目前建筑保温墙体热工测试的方法,提出了科学完善的测试方法,即墙体传热系数现场测试和红外线诊断墙体热工缺陷两种方法相结合的现场测试手段,用以评价建筑的节能效果。2005 年哈尔滨工程大学的孙刚、马刚通过对哈尔滨地区的居住建筑进行节能检测,对建筑耗热量、外墙主体部位传热系数及不稳定传热进行了分析。2006 年西安建筑科技大学的田斌守、闫增峰等人用数值分析

的方法对传热过程进行模拟研究,提出了一套建筑围护结构传热系数检测装置,并采用实验室热箱法和现场测试的方法进行了验证。2009年耿雷、秦宪明等人在分析居住建筑节能检测和能效评价的必要性的基础上,采用计算机模拟技术,并结合现场测试数据提出了居住建筑能效评价的一种新方法。2010年天津大学的李胜英采用热流计法和红外热像仪相结合的方法,研究了针对建筑外围护结构的热工缺陷、隔热性能、气密性、热桥部位温度等方面的检测方法。

居住建筑节能评价方面,1993年英国建筑研究部和英国环境、食品与农村事务部共同开发了针对英国住宅建筑能耗标识的标准评价程序,它是一套关于住宅采暖、照明、通风、卫生热水的能耗计算方法。经过1998年和2001年的修改,现在最新的版本是“标准评价程序2005”。由美国环保署和能源部共同开发的美国能源计划项目——能源之星,旨在对住宅建筑进行节能指导。2004年国际住宅规范提供了两种住宅能效评价方式,为3层及3层以下的居住建筑提供了最低的建筑能耗综合标准。国内于2001年由清华大学的聂梅生、秦佑国、江亿等人编著的《中国生态住宅技术评估手册》。是我国第一部生态住宅评估标准,2002年、2003年、2007年相继出版了该手册的第二版、第三版和第四版,第四版的名称改为《中国生态住区技术评估手册》。2003年由清华大学、中国建筑科学院、北京市建筑设计研究院等科研机构、院校共同开发了绿色奥运建筑评价体系,这是国内第一个有关绿色建筑方面的评价、论证体系。2005年国家颁布了《绿色建筑评价标准》及《住宅性能评定标准》,对住宅建筑的综合性能进行评定。2003年同济大学的陈岩松以物质和能量流动线索建立了住宅建筑节能评价方法,从太阳辐射、通风、水资源利用、电力系统、建筑材料、新能源系统六个方面建立了评价的父因子和子因子,对住宅建筑进行评价。同年,中南大学的丁力行等人以夏热冬冷地区建筑节能设计标准为主要参考,构建了一个包含17个指标的居住建筑节能评价指标体系。2004年东南大学的傅秀章提出在住宅建筑能耗模拟的基础上进行节能评价。2005年清华大学的江亿院士等人在提出了基于建筑能耗模拟的住宅建筑能耗标识体系。2006年天津大学的尹波从政府管理的角度对建筑能效标识进行了研究。孝感学院的王建华所建立的一套19个指标的3层建筑综合节能评价指标偏重于建筑围护结构热工性能。2007年沈阳建筑大学的丛娜等人提出了一套19个指标的建筑节能综合评价指标体系。2009年重庆大学的杨玉兰以Delphi作为开发工具,开发出了基于Windows的夏热冬冷地区居住建筑节能评价和能效标识软件工具。华中科技大学的薄海涛针对建筑外墙外保温系统进行耐久性分析和评价,提出了一套相关的方法。

1.2.4 居住建筑体形与节能

1989年瑞士的Faist等人根据不同的建筑主题提出了一个完整的设计系统,其中包括与节能相关的建筑结构设计,电气设备和成本估算等数据输入。2001年波兰的Hanna等人为了提升私人住宅及公寓的节能水平,通过优化建筑物的外围护结构、建筑平面形状以及建筑采暖系统,达到建筑节能的目的,其中采用数学分析的方法研究了矩形和梯形平面的节能设计对比,得到了建筑平面尺寸跟节能的影响关系式。2002年G. A. Florides等人用TRNSYS软件对一个典型建筑的通风、遮阳和各种形式的外窗、朝向以及墙体进行了综合模拟分析,强调了建筑保温隔热研究的重要性。在对建筑朝向的研究中指出,从节能

的角度出发,长方体的建筑长边以南北向最为合理。2006年加拿大的 Weimin Wang 等人采用遗传算法 (Genetic Algorithm) 研究了在绿色建筑设计中建筑平面形状对建筑性能的影响,通过建立模型,探讨了由于建筑平面具有很大的可变性,而产生的对建筑性能的影响的多种变化。2010年意大利的 Eddine 等人采用方差分析的方法,研究了办公建筑概念设计阶段各个设计变量对建筑节能的贡献度,以指导建筑师更好地进行建筑节能设计。作者以意大利五个典型城市的建筑为例,提取出影响节能的六大因素——体形系数、表面积系数、太阳辐射系数、外遮阳系数、建筑朝向以及建筑内部有效热容量,得出:这几个因素对建筑的采暖和空调能耗的影响显著不同,对采暖能耗影响最大的是体形系数,影响比率为 0.54~0.69,而对建筑空调能耗影响最大的是表面积系数,影响比率为 0.8 以上,影响最小的因素为建筑外遮阳系数,影响比率仅有 0.07。

在 20 世纪 80 年代,我国著名的建筑物理学家胡璘对住宅和公共建筑的建筑平面、体形和朝向与节能的关系进行了研究,得出:从减少建筑外露面积的角度考虑,圆柱形建筑节能效果最佳。另外,通过分析建筑体形、高度、体形系数三者的对比关系,得出:最经济实用的板式住宅的层数为 4~6 层,进深为 9~13m,住宅长度为 25~50m。最后分析建筑朝向与节能的关系,得出住宅平面以南北朝向为最有利。

1983 年冯永芳和向松林对建筑体形系数和建筑能耗的关系进行了研究,提出:“建筑节能与否不只与建筑物的外露面积有关,还同时与建筑围护结构热工性能以及建筑内部各种负荷有关。”作者采用能耗计算的方法,得到了理想节能建筑体形为边长 $\sqrt[3]{2V}$ 、高度 $\sqrt[3]{V/4}$ (V 为建筑体积) 的正方体,并得出:理想节能建筑体形不仅要有较小的外露面积,并且应该使该建筑围护结构热工性能较差的部位的面积减小到最小。另外,通过改变建筑体形参数,探讨与建筑节能效果的相互关系,得出了建筑能耗指标与建筑体积的立方根成反比,多层建筑有利于节能等结论。

1990 年清华大学建筑学院的蔡君馥等人在对北京、西安、哈尔滨三个地区常用的条形居住建筑在不同体量下的传热耗热量指标进行计算分析的基础上,得出了住宅建筑体量增加与单位建筑面积热耗下降的关系曲线,并得到以下结论:

- (1) 单幢建筑的体量越大,其单位建筑面积的传热耗热量越小,且随着体量的不断增大,耗热量的下降趋势越来越小,到一定阶段后趋于平缓;
- (2) 单幢建筑的层数相同而幢深不同,则幢深越大,由体量加大而导致的节能效果越显著;
- (3) 单幢建筑的幢深相同而层数不同,则层数越多时,体量增大导致的节能效果越显著;
- (4) 不同体量的建筑均有其耗热量最低的体形。

另外,作者分析了节能体形的影响因素和相互关系以及各种体形对朝向的敏感程度,提出:从节能方面考虑,适宜的住宅幢深为 12~14m,当建筑面积在 2000m² 以下时,层数以 3~5 层为宜,建筑面积在 3000~4000m² 以上时,层数以 6 层以上为宜。此外,在住宅平面设计方面,提出了温度分区和设置温度阻尼区的观点。

2000 年同济大学的宋德萱、张峥首先从建筑体形系数的角度,研究了与能耗的关系,得出了联列递减律、高度反比律、正方极限律、 L/A 替代律等四个规律,然后对不同平面组合与建筑节能的影响关系进行研究,得到了建筑朝向、平面形状与建筑能耗的关系曲

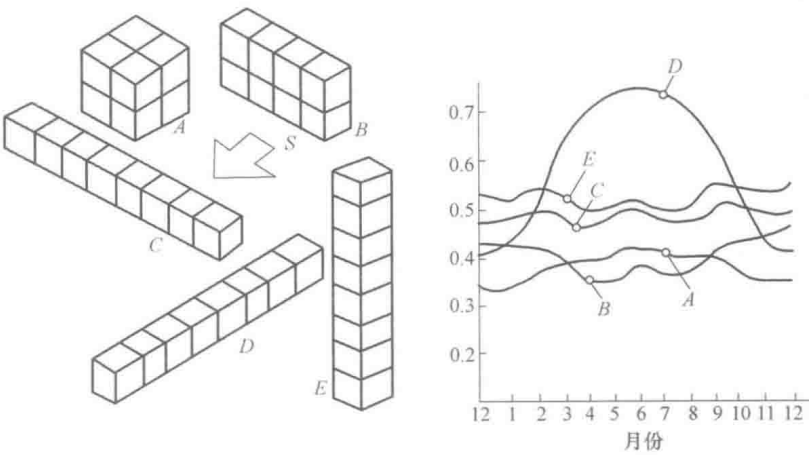


图 1-3 蔡君馥等人研究同体积不同体形建筑日照辐射得热量

图片来源：参考文献 [91] P101

线，并对建筑体形系数与建筑平面尺寸、建筑高度、建筑排列方式的关系进行了研究，提出了与控制建筑体形系数相关的节能设计原则，通过模型实验，具体分析了在风、热等环境条件下的不同平面形状建筑的节能效果，得到以下结论：

- (1) 圆形平面最利于节能，三角形平面最不利于节能；
- (2) 分析建筑物平面形状时应充分考虑太阳辐射的影响；
- (3) 应充分考虑角系数的影响，在节能设计中，尽量减小角系数；
- (4) 严格控制建筑的外表面积是节能控制的关键；
- (5) 改善环境小气候指标对控制节能有重要意义。

1997 年，房志勇等人以及随后的宋德萱、王立雄、李德英等人各自编著的建筑节能教材中，将前人的研究结论进行整理归纳，得到了建筑平面尺寸与建筑能耗的定量关系表（表 1-1～表 1-3），同时将建筑朝向、建筑体形与建筑节能的关系进行了量化整理。

建筑平面形状与能耗关系 表 1-1

平面形状	正方形	长方形	细长长方形	L 形	回字形	U 形
A/V	0.16	0.17	0.18	0.195	0.21	0.25
热耗(%)	100	106	114	124	136	163

表格来源：参考文献 [95] P54

建筑长度与热耗的关系（单位%） 表 1-2

室外计算温度 (℃)	住宅建筑长度(m)				
	25	50	100	150	200
—20	121	110	100	97.9	96.1
—30	119	109	100	98.3	96.5
—40	117	108	100	98.3	96.7

表格来源：参考文献 [95] P54

建筑宽度与热耗的关系 (单位%)

表 1-3

室外计算温度 (℃)	住宅建筑宽度(m)							
	11	12	13	14	15	16	17	18
-20	100	95.7	92	88.7	86.2	83.6	81.6	80
-30	100	95.2	93.1	90.3	88.3	86.6	84.6	83.1
-40	100	96.7	93.7	91.9	86.2	87.1	84.3	84.2

表格来源：参考文献 [95] P55

2005 年西安建筑科技大学的王锦研究了建筑方案创作阶段的节能构思，提出要重视建筑师在建筑节能设计中的作用，总结了控制建筑体形系数的影响因素以及在方案设计过程中需要注意的方面。

2007 年重庆大学的彭家惠、操雪荣通过分析重庆居住建筑的特征，采用 DOE-2 能耗模拟软件分析了建筑平面形状和建筑物的长度、进深、高度与建筑体形系数及建筑节能的定量关系，得到了表示各影响关系的回归方程，并得出结论：

(1) 随着建筑长度或者进深的增大，体形系数减小并趋于一个定值，体形系数变化与能耗变化呈线性正相关关系；

(2) 随着建筑层高的减小，体形系数增大，建筑能耗减小；

(3) 随着建筑高度的增加，体形系数减小，建筑能耗随之减小，且体形系数变化对采暖能耗的影响大于对空调能耗的影响。

2007 年西安建筑科技大学的杨柳、王丽娟采用动态模拟软件 DOE-2IN 对我国寒冷地区办公建筑设计参数与节能的关系进行研究，并用统计学的方法分析了北京、西安、拉萨三个地区的建筑节能设计参数与能耗的综合关系，得出：

(1) 随着窗墙比的增大，北京、西安地区建筑能耗增大，而拉萨地区建筑能耗减小；

(2) 随着墙体传热系数的增大，北京、西安地区建筑的采暖能耗增大，而拉萨地区建筑的空调能耗稍微减小，总能耗显著增大；

(3) 随着屋面传热系数的增大，三个地区办公建筑的采暖能耗均增大较多，而空调能耗相对不变；

(4) 建筑高度增加导致建筑空调能耗减小，采暖能耗增大；

(5) 对于不同平面面积的建筑，建筑平面长宽比的变化对建筑空调能耗、采暖能耗的影响不同，且不同地区的影响变化也不同；

(6) 随着建筑平面面积的增大，北京、西安地区建筑能耗减小，而拉萨地区建筑的能耗增大。

2008 年重庆大学建筑城规学院的周异端对重庆地区居住建筑平面形式对节能的影响进行研究，通过对重庆地区居住建筑常用平面形式的总结，提取了五种典型平面——凹字形、“Y”形、风车形、工字形以及板式，研究在建筑功能布局、节地、通风、采光等因素的影响下建筑设计参数与建筑能耗的关系，得出：

(1) 重庆地区建筑体形系数增大 0.1，板式建筑能耗随之增大约 0.7%，点式住宅的总能耗增大约 1.7%。

(2) 相同体形系数下，板式建筑能耗比塔式建筑高。凹字形与工字形住宅最为节能，风车形与“Y”形住宅节能效果稍差。

2009年西安建筑科技大学的刘加平、谭良斌等人在其著作《建筑创作中的节能设计》中提出提升建筑师在建筑节能工作中的作用,从建筑平面布局、体形系数、建筑体形形态等方面论述了与能耗的关系,提出了指导建筑师进行建筑设计的要点。

除了以上所述几个研究方面外,在居住建筑节能设计理论研究方面也开展了许多工作。另外,在建筑采光及空调系统等方面,目前所作的研究主要集中在公共建筑领域,居住建筑的采光主要体现在外窗的研究方面,上文已有讲述,而在空调系统的节能研究方面,华南理工大学的何秉辉、梁剑麟在2005年从广州地区中高层住宅夏季建筑降温问题入手,调查当前广州地区住宅的空调能耗状况,分析影响空调能耗的因素,同时分析了广州地区中高层住宅状况及建筑手法对空调能耗的影响,提出了控制广州地区中高层住宅空调能耗的手段并分析了其节能效益。2007年清华大学的江亿、李兆坚对我国城镇住宅空调生命周期能耗和材料资源消耗进行了研究,提出了空调能耗简化计算方法和可再生材料生命周期能耗的新算法,并从生命周期的角度进行评价,确定了节能空调器在我国的适用范围。

1.2.5 建筑节能设计存在的问题

(1) 纵观所有的研究成果,有关居住建筑节能的研究,一部分是针对建筑物自身热工特性开展的工作,比如建筑围护结构和空调采暖设备等,研究与建筑节能的相互影响关系,另一部分是针对建筑投入使用后的节能效果测试或评价,而针对建筑方案设计阶段的节能问题的研究,比如建筑体形与节能的关系,相对比较少,而且目前的相关研究成果不够细致深入,没有考虑建筑所有环境因素的影响以及相应的定量关系。

(2) 纵观目前有关建筑体形与节能关系的研究,大部分是研究建筑体形系数与建筑节能的关系,而没有直接研究建筑设计参数如建筑长度、宽度与建筑能耗的定量关系。分析以往的研究成果,并没有考虑太阳辐射对住宅能耗的影响,没有将此因素纳入到建筑体形与节能的关系中去,并且在以前的《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26—1995中,计算建筑物耗热量时,也没有考虑太阳辐射的影响,而在新的节能设计标准《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26—2010中,将太阳辐射作为重要因素,计算通过外窗的传热量时,必须计算太阳辐射对建筑得热量的贡献度。

(3) 目前国内外针对建筑体形与节能关系的研究,基本上都是通过研究建筑设计参数,比如建筑进深、开间、高度与建筑体形系数的关系,然后根据体形系数与建筑节能的关系,推导出设计参数与节能的关系。这种方法无法直接表示建筑设计参数与建筑能耗之间的关系,很少有研究者采用计算机能耗模拟的方法,深入研究建筑体形设计参数与能耗的关系,并由此得出建筑体形设计参数与建筑节能的定量关系。

(4) 由于气候环境的变化以及居住建筑的发展,20世纪90年代对于建筑体形与节能的影响关系的研究成果已经不适用于现在的住宅设计。纵观当时的研究,并没有采用动态模拟的方法,没有在全气候条件下进行逐时动态模拟。另外,居住建筑设计参数相对于20世纪也有了较大的发展变化。近年来,在这个领域的研究仅考虑了采暖(寒冷地区)或者空调(夏热冬冷地区)能耗,而没有综合考虑两者的共同影响。在选择建筑设计对于节能的影响因素方面,仅是单方面地考虑设计参数比如建筑进深、面宽、层数等对体形系数(建筑能耗)的影响,而没有综合考虑建筑材料热工性能及建筑新技术对建筑能耗产生