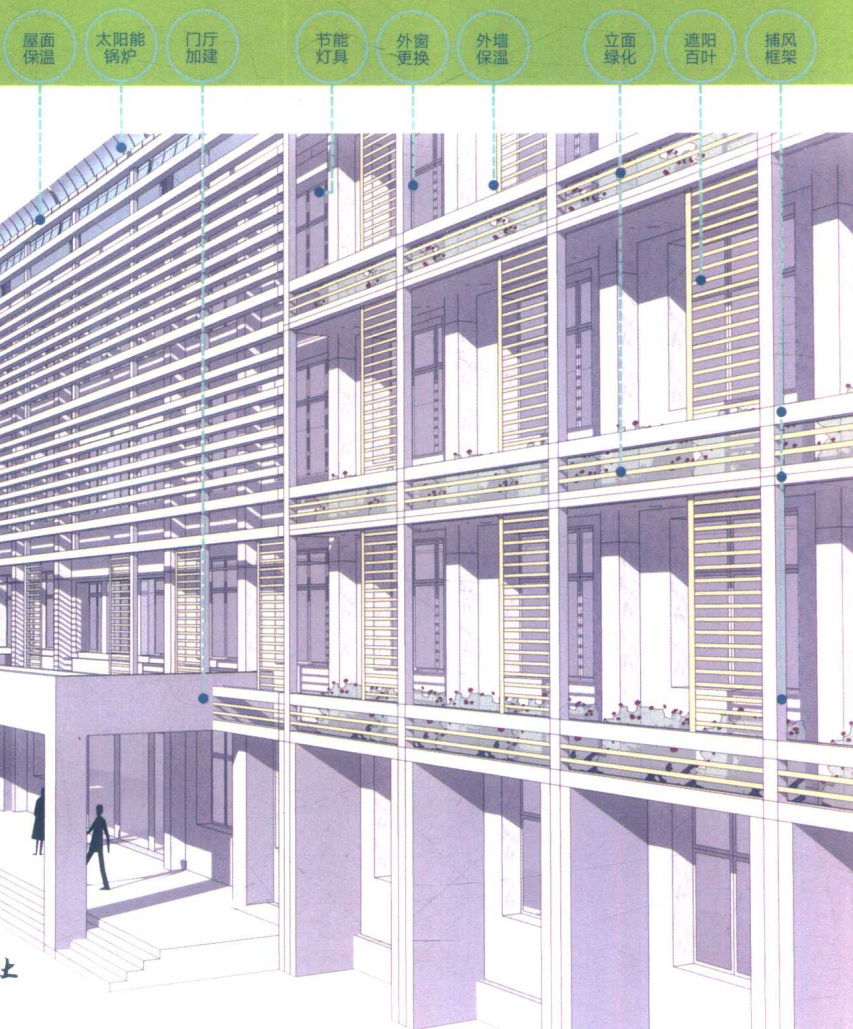


既有建筑绿色改造 性能化设计与预测

Performance-based Design and Prediction for Green Retrofit

杨鸿玮 刘丛红 [英] 菲利普·琼斯 著



1 建筑工业出版社

基金资助项目名称：

“十三五”国家重点研发计划项目（项目编号：2016YFC0700200）

国家自然科学基金（项目编号：51338006；51808383）

国家国际科技合作专项项目（项目编号：2014DFE70210）

高等学校学科创新引智计划（项目编号：B13011）

既有建筑绿色改造 性能化设计与预测

杨鸿玮 刘丛红 [英] 菲利普·琼斯 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

既有建筑绿色改造性能化设计与预测/杨鸿玮, 刘丛红,
(英) 菲利普·琼斯著. —北京: 中国建筑工业出版社,
2018.7

ISBN 978-7-112-22221-6

I. ①既… II. ①杨… ②刘… ③菲… III. ①生态建
筑-建筑设计 IV. ①TU201.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 100263 号

责任编辑: 陆新之 何楠

责任校对: 张颖

既有建筑绿色改造性能化设计与预测

杨鸿玮 刘丛红 [英] 菲利普·琼斯 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京佳捷真科技发展有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17¼ 字数: 426 千字

2019 年 1 月第一版 2019 年 1 月第一次印刷

定价: 68.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-22221-6

(32092)

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)

近年来,由于建筑活动产生的资源、能源消耗和温室气体排放已引起全球的普遍关注,节能减排成为建筑行业发展进程中严控的主要目标。在我国,绿色建筑在新建建筑中已大量开展,并取得良好成效,但已建成的既有建筑存在规模存量、围护结构老化、系统设备陈旧等问题,导致其能耗和碳排放居高不下。我国的既有建筑绿色化改造存在诸多问题,主要体现在以下三个方面:使用经验措施弥补建筑缺陷,缺乏设计阶段的改造措施权衡判断;以指令性的定性措施付诸实施,缺乏针对建筑性能提升的量化研究;缺乏整合舒适度、碳排放和造价的多目标优化设计方法。因此,如何构建既有建筑绿色化改造设计方法,如何量化技术策略的环境效益,如何进行多目标的综合择优成为亟待解决的问题。

本书梳理并比较了英国、美国、德国、中国在既有建筑改造设计方面相关的法规、标准和工具,研究发现欧美各国建筑法规体系是以性能表现为主导,进行政策法规、设计标准、评价标准、模拟工具的一体化构建,而我国法规体系基本是以技术措施占绝对主导,在部分条例无法满足时,辅以性能条例,这将导致以下两方面问题:无法穷举指令性条款,限制创新;考核目标单一,与实际情况差别大。据此,确立了本书以性能为研究方向,以风、光、热环境为评价指标,以动态模拟为量化手段进行改造设计方法的探索。同时,从各国设计标准或行业协会认证的软件模拟工具中筛选出准确性较高且性能模拟可靠的 Ecotect-Radiance-Daysim 联动平台、PHOENICS、DesignBuilder 进行光环境、风环境、热环境触发的能耗和碳排放模拟分析。在此基础上,研究了既有建筑绿色化改造设计的影响因素,提出了相应的形式、构造、系统、设备改造优化策略,并结合寒冷地区绿色化改造样本库的建立和典型实例剖析,形成以热工、采光、通风性能判断为原则的寒冷地区建筑分类(住宅三类、办公四类),扩充寒冷地区改造策略框架下适用的具体措施。

在以上研究的基础之上,构建了针对设计阶段、基于量化模拟技术并耦合风、光、热环境的绿色化改造设计方法,详细探讨了其在“性能诊断—改造设计—预测反馈”设计过程中的风、光、热性能指标,技术实现方法,参数设置。继而,基于性能表现的建筑分类,筛选典型模型进行绿色化改造设计方法应用,研究得到每一个有代表性的典型建筑中对风、光、热优化效果明显的不同单项措施所带来的节能敏感度、减排敏感度和成本效益敏感度,为绿色化改造中策略措施的权衡提供定量依据,同时为建筑形式创新提供设计逻辑。研究发现,经过合理设计的致力于风、光环境优化的被动形式策略,不会对能耗与碳排放产生明显负面影响,甚至能够达到节能减排效果;城镇住宅典型模型以节能为目标的前提下应优选构造策略,以减排为目标应优选系统策略;办公建筑典型模型以节能为目标应优选系统策略,以减排为目标应优选设备策略。在此基础上,运用非支配精英遗传算法的遍历和变异计算,依据“环境提升优先—碳排放与舒适度优选—性价比平衡”的串联选

辑实现典型模型的多目标综合优化，探究在舒适度提升与碳排放降低目标下最优的策略组合，辅以成本增量因素的判断，确定性能导向改造的最优解。为了方便建筑师使用，本书基于 JAVA 编程开发了多目标优化敏感度预测模型。本书的最后，应用多目标敏感度计算工具对一栋 20 世纪 80 年代的普通住宅进行设计辅助和决策支持，验证预测模型的应用意义。

本书提出的基于性能表现的既有建筑绿色化改造整合优化设计方法和设计阶段基于动态模拟的既有建筑绿色化改造敏感度预测模型，从理论和应用的角度完善了既有建筑绿色化改造设计研究。

第 1 章 导言	1
1.1 既有建筑绿色化改造研究的必要性	1
1.1.1 建筑行业能耗与碳排放现状	3
1.1.2 既有建筑节能减排潜力显著	4
1.1.3 既有建筑绿色改造需求紧迫	5
1.1.4 既有建筑绿色改造面临的问题	6
1.2 既有建筑改造的国内外研究现状	7
1.2.1 “更新保护”导向的建筑改造研究	7
1.2.2 “能效优化”导向的建筑改造研究	8
1.2.3 “成本控制”导向的建筑改造研究	11
1.2.4 “性能表现”导向的建筑模拟研究	11
1.2.5 既往研究的启示与局限	12
1.3 既有建筑绿色化改造的相关概念界定与研究范畴	13
1.3.1 概念界定	13
1.3.2 研究范畴	15
1.3.3 本书涉及物理量及其缩写	16
1.4 既有建筑绿色化改造研究的目标与意义	17
1.4.1 研究目标	17
1.4.2 研究意义	17
1.5 本书的研究内容及技术路线	18
1.5.1 研究内容	18
1.5.2 研究方法	19
1.5.3 技术路线	19
1.6 创新点	21
第 2 章 典型国家既有建筑改造法规、标准与工具	22
2.1 英国既有建筑改造设计相关法规、标准和工具	22
2.1.1 英国建筑法规 L 部分 (BRUK, Part L)	23
2.1.2 英国国家计算方法 (NCM)	24
2.1.3 英国评价标准 (BREEAM UK Refurbishment)	27
2.1.4 模拟工具	29
2.2 美国既有建筑改造设计相关法规、标准和工具	32

2.2.1	美国能源政策法 (EPAct)	33
2.2.2	美国建筑节能标准 (ASHRAE 90)	33
2.2.3	美国评价标准 (LEED EBOM)	34
2.2.4	模拟工具	35
2.3	德国既有建筑改造设计相关法规、标准和工具	36
2.3.1	德国建筑节能法规 (EnEG)	36
2.3.2	德国建筑节能标准 (EnEV 和 EnerPHit)	37
2.3.3	德国评价标准 (DGNB)	38
2.3.4	模拟工具	39
2.4	中国既有建筑改造设计标准和认证工具	39
2.4.1	中国建筑节能政策法规	39
2.4.2	中国建筑节能标准	40
2.4.3	既有建筑改造绿色评价标准	41
2.4.4	模拟工具	41
2.5	既有建筑改造设计相关标准和工具的综合比较	42
2.5.1	设计标准对比——技术措施标准与性能标准	42
2.5.2	评价标准对比——风、光、热综合性能评价	44
2.5.3	模拟软件对比——工具筛选	45
2.6	小结	49
第3章	性能导向的绿色化改造设计影响因素与技术策略	50
3.1	既有建筑绿色化改造设计的影响因素	50
3.1.1	外部环境因素	51
3.1.2	建筑本体因素	57
3.1.3	经济效益因素	62
3.2	既有建筑绿色化改造设计的技术策略	63
3.2.1	形式策略	64
3.2.2	构造策略	68
3.2.3	系统策略	69
3.2.4	设备策略	70
3.3	小结	71
第4章	性能导向的既有建筑分类研究	72
4.1	寒冷地区典型居住建筑用能现状与实例解读	72
4.1.1	我国居住建筑发展现状	72
4.1.2	我国寒冷地区居住建筑用能分布	73
4.1.3	寒冷地区与类寒冷地区既有城镇住宅绿色化改造样本库	74
4.1.4	寒冷地区与类寒冷地区典型住宅实例剖析	80
4.2	寒冷地区典型公共建筑用能现状与实例解读	89
4.2.1	我国公共建筑发展现状	89

4.2.2	我国寒冷地区公共建筑用能分布	89
4.2.3	寒冷地区与类寒冷地区既有办公建筑绿色化改造样本库	90
4.2.4	寒冷地区与类寒冷地区典型办公建筑实例剖析	100
4.3	寒冷地区既有建筑绿色化改造性能分类	108
4.3.1	基于性能表现的分类依据与特点	108
4.3.2	基于性能表现的城镇住宅分类	110
4.3.3	基于性能表现的办公建筑分类	111
4.4	寒冷地区既有建筑绿色化改造措施选型	112
4.4.1	形式策略的措施筛选	114
4.4.2	构造策略的措施筛选	115
4.4.3	系统策略的措施筛选	115
4.4.4	设备策略的措施筛选	117
4.4.5	寒冷地区城镇住宅与办公建筑措施筛选	118
4.5	小结	118
第5章	耦合风、光、热环境的既有建筑绿色化改造设计方法	119
5.1	多因素耦合的绿色化改造设计方法	120
5.1.1	方法框架	120
5.1.2	基于模拟的性能诊断	121
5.1.3	耦合多因素的改造设计	121
5.1.4	多次试验的预测反馈	122
5.1.5	敏感度分析	122
5.2	多性能评价的绿色化改造指标筛选	122
5.2.1	风环境指标筛选	122
5.2.2	光环境指标筛选	124
5.2.3	热环境指标筛选	125
5.2.4	寒冷地区城镇住宅与办公建筑的多性能指标	126
5.3	绿色化改造设计的技术集成及参数设置	127
5.3.1	气象参数	128
5.3.2	PHOENICS 风环境模拟	128
5.3.3	ECOTECT-Desktop Radiance-Daysim 光环境模拟	131
5.3.4	DesignBuilder 能耗模拟	134
5.3.5	可再生能源利用	139
5.3.6	碳排放计算	141
5.3.7	成本增量计算	141
5.4	小结	142
第6章	既有建筑绿色化改造单一目标敏感度预测分析	143
6.1	城镇住宅典型模型单一目标敏感度分析	144
6.1.1	寒冷地区城镇住宅模型的典型性分析	144

6.1.2	典型模型Ⅰ：1966—1985年住宅	146
6.1.3	典型模型Ⅱ：1986—1995年住宅	156
6.1.4	典型模型Ⅲ：1996—2005年住宅	167
6.1.5	寒冷地区城镇住宅绿色化改造典型模型对比	179
6.2	办公建筑典型模型单一目标敏感度模拟	180
6.2.1	寒冷地区办公建筑模型的典型性分析	180
6.2.2	典型模型A：“重质结构-表皮主导-单元空间”	183
6.2.3	典型模型B：“重质结构-内部主导-开放空间”	198
6.2.4	典型模型C：“轻质结构-内部主导-开放空间”	210
6.2.5	典型模型D：“轻质结构-表皮主导-单元空间”	224
6.2.6	寒冷地区办公建筑绿色化改造典型模型对比	238
6.3	小结	240
第7章	既有建筑绿色化改造多目标综合优化预测模型	241
7.1	多目标优化的模型与分类	241
7.1.1	多目标优化	242
7.1.2	帕累托最优	242
7.2	多目标优化的算法与工具	242
7.2.1	遗传算法原理与框架	242
7.2.2	非支配精英遗传算法 NSGA II	243
7.2.3	DesignBuilder Optimisation 综合优化模块	245
7.3	既有建筑绿色化改造多目标综合优化	246
7.3.1	构架建立	246
7.3.2	风、光环境提升优先——形式策略优先	247
7.3.3	碳排放与热舒适优化——构造、系统、设备优化	247
7.3.4	经济性平衡——增量成本计算	248
7.4	多目标综合优化实例分析——以典型模型Ⅰ为例	248
7.4.1	风、光环境提升优先	248
7.4.2	碳排放与不舒适小时数优化	249
7.5	既有建筑绿色化改造“多目标优化”预测模型开发	251
7.5.1	预测模型界面	251
7.5.2	预测模型功能	251
7.5.3	预测模型应用	253
7.6	小结	256
第8章	结语	257
8.1	结论	257
8.2	后续研究	258
	参考文献	259

第1章 导 言

面对持续恶化的气候环境和日益枯竭的能源前景，平衡“发展与环境”的可持续观点已成为世界化的共识。建筑能耗是全球总能耗的重要组成部分，我国建筑能耗占全社会总能耗的 27.8%^①。随时代发展，不同年代的既有建筑都将面临结构老化、设备陈旧、功能过时、舒适性差等局面，这些“先天不足”导致的高能耗现状使既有建筑这个庞大的群体受到全球可持续建筑研究的广泛关注，本章通过梳理国内外既有建筑改造研究，提出问题，明确既有建筑绿色化改造设计与预测的研究意义和研究方法（图 1-1）。



图 1-1 本章逻辑框架
来源：笔者自绘

1.1 既有建筑绿色化改造研究的必要性

现代经济是建构在化石能源基础上的经济。有学者预言现代经济的资源载体将在 21 世纪上半叶迅速接近枯竭^②。国际能源署（International Energy Agency, IEA）^③ 于 2014 年 11 月发布《世界能源展望 2014》（World Energy Outlook 2014）。报告中预计，到 2040 年全球能源需求将增长 37%，其中一半以上集中在中国。

众所周知，气候变化已经严重影响到人类的生存环境。2013 年 10 月联合国政府间气候变化专门委员会（intergovernmental panel on climate change, IPCC）^④ 在其发布的全球第五次气候评估报告摘要（AR5）中指出，气候系统的变暖是毋庸置疑的，在 1880—2012

① 清华大学节能研究中心. 绿色建筑（中国城市研究系列报告）[R]. 北京：中国建筑工业出版社，2012：25-26.
② 赫尔曼·舍尔. 阳光经济：生态的现代战略 [M]. 董风祝，巴黑，译. 北京：生活·读书·新知三联书店，2000：76.
③ 国际能源署由经济合作发展组织为应对能源危机于 1974 年 11 月设立。国际能源署致力于预防石油供给的异动，同时亦提供国际石油市场及其他能源领域的统计。
④ IPCC 是一个附属联合国之下的跨政府组织，在 1988 年由世界气象组织、联合国环境署合作成立，专责研究由人类活动所造成的气候变迁。IPCC 评估报告已成为国际社会建立应对气候变化制度、采取应对气候变化行动最重要的科学基础。

年期间,温度升高了 0.85°C 。^① 21 世纪末期及以后的全球地表变暖主要取决于累积的 CO_2 排放量,自工业化以来, CO_2 浓度已增加了 40%。^② IEA 统计的 1980—2012 年各国由能源消耗产生的碳排放量变化趋势如图 1-2 所示。

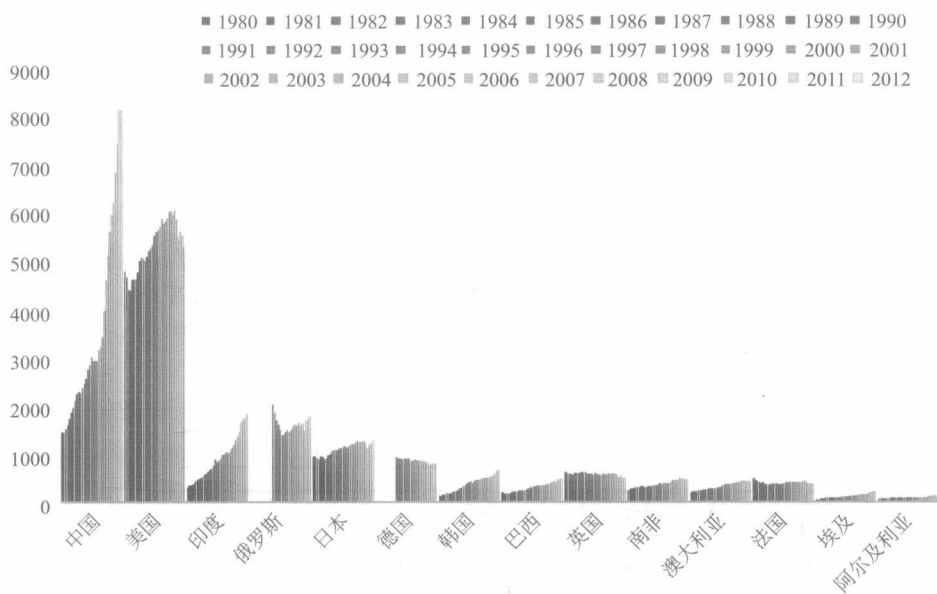


图 1-2 1980—2012 年各国由能源消耗产生的碳排放

来源: 笔者根据 IEA 数据整理

从 1992 年《联合国气候变化框架公约》^③ 的缔结、1997 年《京都议定书》^④ 的制定至 2007 年的“巴厘路线图”^⑤ 的描绘,全球在应对气候变暖,全面控制温室气体排放方面,一直在不懈努力。这其中作用突出的是 2009 年 12 月在哥本哈根召开的 UNFCCC 第 15 次会议,讨论了以中国和印度为代表的发展中国家温室气体的排放控制机制与目标。^⑥ 各个国家均在会上做出自己的减排承诺,中国承诺到 2020 年单位 GDP 的 CO_2 排放量将比 2005 年基准下降 40%~45%。

① 此数据大于第四次评估报告(2007 年)中 1906—2005 全球平均气温上升了 0.74°C ,以及第三次评估报告(2001 年)中的 1901—2000 年 0.6°C 的增长趋势。

② 联合国. 全球环境展望年鉴(2006) [EB/OL]. [2014-06-01] <http://www.un.org/chinese/esa/environment/outlook2006/global3.htm>.

③ 由 150 多个国家制定的世界上第一个控制碳排放的国际立法。

④ 《京都议定书》中规定“共同但有区别责任的原则”,设立了以国际排放贸易、联合履行机制和清洁发展为目标的合作机制,其中清洁发展机制允许工业化国家的投资者从其在发展中国家实施的并有利于发展中国家可持续发展的减排项目中获取“经证明的减少排放量”。此外首次在法规中明确温室气体减排额度:“第一承诺期”(2008—2012)期间,基于 1990 年排放基准,主要工业发达国家的温室气体排放量平均减少 5.2%,其中欧盟削减 8%,美国 7%,日本 6%。

⑤ 讨论了“第一承诺期”之后进一步降低温室气体的排放的“后京都”问题。

⑥ 长期行动目标是将全球平均温升控制在工业革命以前 2°C 。

1.1.1 建筑行业能耗与碳排放现状

建筑行业能源消耗占全球的 32%（24%来源于居住建筑，8%来源于公共建筑），其中建筑采暖能耗占总用能的 32%~34%。^① 建筑活动产生的碳排放是引起全球大气中 CO₂ 浓度增加的主要人类活动之一。据 IPCC 第五次评估报告（2014）计算，全球 19%温室气体排放来源于建筑行业。预计 2050 年，全世界建筑行业 CO₂ 排放将会达到 152 亿 t。^② 科学技术发展、建筑施工进步以及人们用能行为的优化将有效降低新建建筑和既有建筑能源需求。发展低碳建筑将使建筑行业的 CO₂ 排放量降低到基准情景的 17%。^③

建筑使用寿命较长，对于环境的影响深重。建筑行业中，直接温室气体排放量^④在 1970—2010 年的 40 年内呈现出停滞状态，大多数的温室气体排放来源于建筑运行过程中用电或其他能源产生的间接 CO₂ 排放（6.02 Gt CO_{2eq}^⑤），在图 1-3 中间接排放呈现动态增长趋势，2010 年间接 CO₂ 排放量（9.18Gt CO_{2eq}）是 1970 年的 2 倍，其中居住建筑间接排放量和商业建筑总排放量均为 1970 年的 5 倍之多。建筑类型不同，其能源利用情况有明显差异，例如在办公建筑中，照明和电器设备的能源消耗无法回避，而在居住建筑中烹饪能耗和生活热水能耗尤其突出，继而导致碳排放有所不同。

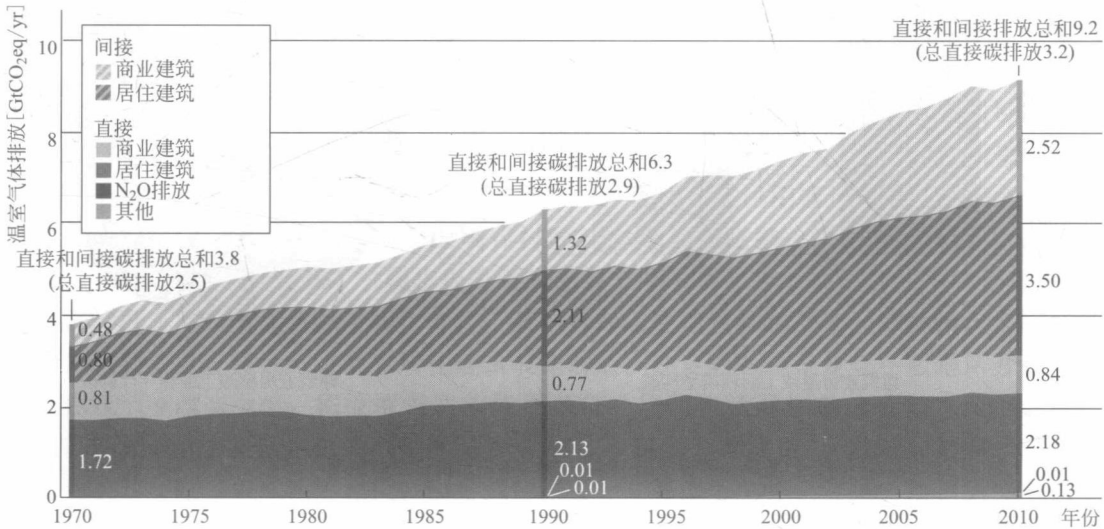


图 1-3 1970—2010 年全球建筑碳排放变化趋势

来源：[http://ipcc.ch/report/graphics/index.php? t=Assessment Reports&r=AR5-WG3&f=Chapter 09](http://ipcc.ch/report/graphics/index.php?t=Assessment+Reports&r=AR5-WG3&f=Chapter+09)

① IPCC. Climate Change 2014: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. London: Cambridge University Press, 2001.

② IPCC. Climate Change 2014: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. London: Cambridge University Press, 2001.

③ IEA. Energy technology perspectives 2006 [R]. 2010: 79.

④ 直接碳排放是指在建筑建造和运行过程中直接燃烧，产生的温室气体排放；间接碳排放是指除此之外的碳排放。

⑤ CO₂.eq 即二氧化碳当量，1Gt CO_{2eq}=10⁹t CO_{2eq}。

根据数据分析,在建筑业全面推进节能减排工作已刻不容缓。对运行阶段建筑能源消耗产生的间接碳排放的控制又是重中之重。

1.1.2 既有建筑节能减排潜力显著

研究证实,针对既有建筑的“深度改造”可以使其能耗降低 50%~90%^①,从而大幅降低建筑业运行阶段的间接碳排放,这种改变不能一蹴而就,使改造发挥作用需要很长的“发酵期”和“投资回收期”。

截至 2013 年,我国共有建成房屋面积 670.48 亿 m²,包含居住建筑 485.79 亿 m²^②(其中城镇住宅 208 亿 m²),非住宅面积 184.69 亿 m²。依据年代分析,如图 1-4 所示,71%的竣工房屋建于 2005 年及以前,自 2006 年至 2013 年逐年新增建设量以 2%~5%的比例稳步增长。面对如此庞大的建筑存量,仅依靠新建建筑达到节能标准,远远无法达到整个建筑行业的减碳目标。

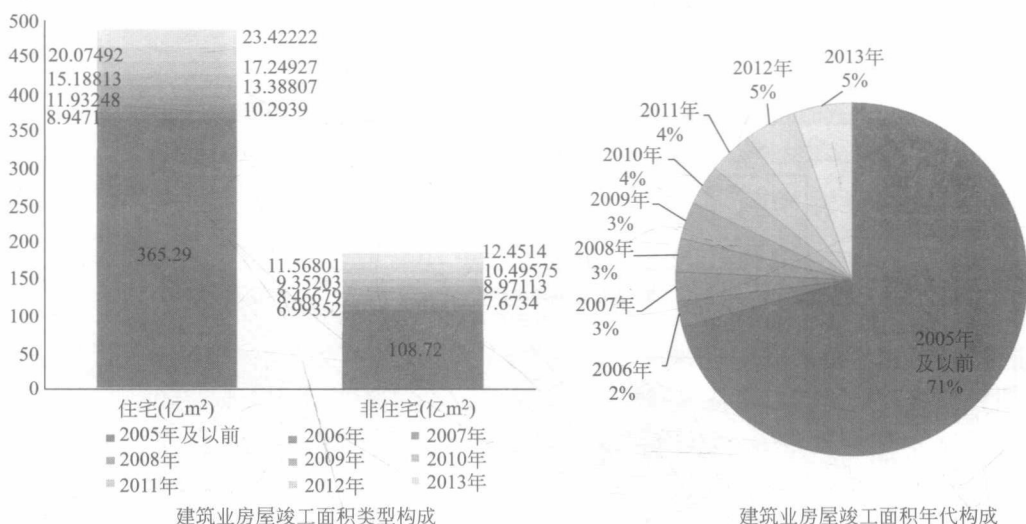


图 1-4 建筑业房屋竣工面积构成

来源:笔者根据 1987—2013 年中国统计年鉴整理

其次,建筑的发展与科学技术的进步密不可分。在我国,新中国成立初期建设的建筑,其能耗及碳排放性能受限于当时的经济条件和建设技术,建筑的设计和建造标准偏低,导致既有建筑存在能耗水平偏高,碳排放情况不明,环境负面影响大,室内环境质量急需改善和使用功能亟待提升等方面的问题。

显然,将存在问题的建筑全部拆除是不现实的,也背离了可持续发展的理念。解决问题的有效途径是进行合理、有效、高性价比的改造设计,确保改造之后能够降低能源使用,改善建筑环境影响,提升使用舒适度。

① Lucon R, ürge-Vorsatz D. IPCC work group 3, article 5, chapter 9, Building [R] //Climate Change 2014: mitigation of climate change, 2014: 671-738.

② 笔者根据住建部 2005 年城镇房屋概况统计公报、2005 年村镇建设统计公报、中国建筑业统计年鉴(2006—2013)整理计算得出。

1.1.3 既有建筑绿色改造需求紧迫

除了能源和环境问题,多数既有建筑面临舒适性差的局面,无法营造健康的生活和工作空间。在21世纪初,我国就大力开展既有建筑改造实践工作,累积了宝贵的经验。

为了推动我国既有建筑综合改造技术研究,科技部、建设部于2006年批准了“十一五”(2006—2010年)国家科技支撑计划重大项目“既有建筑综合改造关键技术与示范”。^①该项目囊括既有建筑综合改造政策法规、标准规范、功能与设备提升技术、示范工程等多个方面。此时的改造是以安全舒适为目标,力求全面推进既有建筑改造进程。

2012年,科技部发布“十二五”(2011—2015)绿色建筑科技发展专项规划,将“既有建筑绿色化改造”作为重点任务之一。2013年,住房和城乡建设部发布《“十二五”绿色建筑和绿色生态城区发展规划》。其中“规划目标”和“重点任务”都包含既有建筑绿色化改造的相关内容,开展既有建筑节能改造。“十二五”期间,完成北方采暖地区既有居住建筑供热计量和节能改造4亿 m^2 以上,夏热冬冷和夏热冬暖地区既有居住建筑节能改造5000万 m^2 ,公共建筑节能改造6000万 m^2 ;结合农村危房改造实施农村节能示范住宅40万套。^②同年,国务院发布《绿色建筑行动方案》,其中的一个焦点就是公共建筑和公共机构办公建筑节能改造。随后,北京、天津、河北各省市纷纷出台相应的实施方案,积极推动既有建筑节能改造。

2017年,《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》发布,在其规划编制基础中明确“既有居住建筑节能改造全面推进”的发展现状。针对既有建筑改造的具体目标为“完成既有居住建筑节能改造面积5亿 m^2 以上,公共建筑节能改造1亿 m^2 ,全国城镇既有居住建筑中节能建筑所占比例超过60%。城镇可再生能源替代民用建筑常规能源消耗比重超过6%。经济发达地区及重点发展区域农村建筑节能取得突破,采用节能措施比例超过10%”。该规划进一步明确了“稳步提升既有建筑节能水平”为专项规划的主要任务之一,并开辟“既有建筑节能重点工程”专栏:其中针对居住建筑“在严寒及寒冷地区,落实北方清洁取暖要求,持续推进既有居住建筑节能改造。在夏热冬冷及夏热冬暖地区开展既有居住建筑节能改造示范,积极探索适应气候条件、居民生活习惯的改造技术路线。2020年前基本完成北方采暖地区有改造价值城镇居住建筑的节能改造”。针对公共建筑“开展公共建筑节能改造重点城市建设,引导能源服务公司等市场主体,寻找有改造潜力和改造意愿的建筑业主,采取合同能源管理、能源托管等方式投资公共建筑节能改造,实现运行管理专业化、节能改造市场化、能效提升最大化”^③。同年6月,由住房和城乡建设部办公厅、中国银行业监督管理委员会办公厅联合发布的《关于深化公共建筑能效提升重点城市建设有关工作的通知》中提出“规模化实施公共建筑节能改造,直辖市公共建筑节能改造面积不少于500万 m^2 ,改造项目平均节能率不低于15%”^④。

① 王清勤,唐曹民编.既有建筑改造技术指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2012:4-5.

② 住房和城乡建设部.住房和城乡建设部关于印发“十二五”绿色建筑和绿色生态城区发展规划的通知[EB/OL].2013-04-03. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201304/t20130412_213405.html.

③ 住房和城乡建设部.建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划[EB/OL].2017-03-01. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201703/t20170314_230978.html.

④ 住房和城乡建设部办公厅,中国银行业监督管理委员会办公厅.关于深化公共建筑能效提升重点城市建设有关工作的通知[EB/OL].2017-06-14. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201706/t20170621_232302.html.

2017 年建筑节能与科技的工作要点之一仍然是提升建筑节能与绿色建筑发展水平,以既有建筑节能改造为重点,探索可实施的综合改造模式,加强公共建筑能耗动态监测平台建设。既有建筑节能改造需求紧迫。^①

综上,我国已经开展并将继续开展大量的既有建筑改造工作,绿色化改造工作将成为研究和实践的重点,因此对其进行深入研究,具有重要应用意义。

1.1.4 既有建筑绿色改造面临的问题

(1) 缺乏设计阶段的综合择优和改造措施的权衡判断

目前我国既有建筑绿色化改造设计阶段缺失,在改造实施项目中的主要问题表现在以弥补缺陷为目标、以经验主导做决策、以固定方式求优化:既有建筑改造通常使用经验措施弥补实际建筑缺陷,已建成的绿色化改造项目多以增加外围护结构保温层,更换外窗以及供热方式优化为主(图 1-5)。没有经过系统的改造设计,无法将改造效果发挥到最大。



图 1-5 天津市既有居住建筑常用改造措施

来源:笔者根据天津市房管局既有建筑改造项目照片整理

(2) 缺乏对建筑运行能耗与碳排放的量化预测

我国从“十二五”规划就不断强调大力发展低碳建筑。现阶段,低碳建筑设计研究仍然存在诸多问题,主要表现在:低碳建筑设计研究多以定性为主;往往将节能与减排混为一谈,以节能效果代替减排效果。^②因此,既有建筑改造设计急需对能耗与碳排放进行量化研究,为各方决策提供依据。

(3) 缺乏整合物理环境、舒适度、碳排放和造价的多目标优化设计方法

既有建筑改造设计比新建建筑受到更多制约,需要考虑更多问题,其中包含:既有建筑的物理环境、能耗与碳排放状况,改造需要投入的成本。因此改造设计需要根据建筑原始状况、技术、经济条件制定拟采用的节能减排技术,并对其做可行性分析和效果预测。既有建

① 住房和城乡建设部建筑节能与科技司关于印发 2017 年工作要点的通知 [EB/OL]. 2017-12-10. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201703/t20170323_231232.html.

② 高源. 整合碳排放评价的中国绿色建筑评价体系研究 [D]. 天津: 天津大学, 2014: 10-15.

筑改造牵一发而动全身,提升舒适度的策略会对碳排放产生影响。减排策略的使用亦有可能以降低舒适度为代价。多目标综合的精细化设计方法将为改造达到最高性价比提供参照。

1.2 既有建筑改造的国内外研究现状

既有建筑的绿色化改造设计有别于一般以空间优化为导向的旧建筑改造设计。绿色化改造设计为针对设计阶段,以量化模拟为手段,以改善使用舒适度、降低运行碳排放、提升性价比为目标的综合性能择优方法。优化涉及建筑的使用功能、能耗、CO₂ 排放、室内物理环境舒适性、建筑可持续利用以及环境资源保护等多方面问题。国内外的住宅绿色化改造设计都经历了从“技术措施”到“性能模拟”的技术提升,从“定性分析”到“定量分析”的方法优化,从“单一目标”到“多目标优化”的发展演进。

1.2.1 “更新保护”导向的建筑改造研究

国外研究方面,以空间再利用和保护为导向的旧建筑改造起步较早,受到持续广泛关注,研究内容从历史建筑的保护性更新策略到一般建筑的空间再利用都有涉及。1988年布伦特·C·布罗林所著的《建筑与文脉——新老建筑的配合》^①,1997年埃斯科·米耶蒂宁的《房屋改造中钢结构的使用》^②,2000年迈克尔·斯特拉顿编著的《工业建筑:保护与再生》^③和2006年再版的《建筑改造》(*Building Adaptation*)^④较全面地论述建筑改造的理论与实践,详述了建筑改造的一般原则、技术和程序。2009年吉贝勒·菲施·克劳泽所著《建筑改造手册:维修、转化和加建》(*Refurbishment Manual: Maintenance*)^⑤通过大量实际案例分析,对建筑改造提出修缮原则并详细叙述了各个历史时期建筑技术的特征。2011年,查尔斯·布洛斯契斯在《老建筑,新设计》(*Old Buildings, New Designs*)^⑥一书从可持续性和成本效益出发,提出既有建筑改造是在结构老化、业主冲突、新旧建筑共存等问题中权衡,旨在探索新老建筑的统一。全书通过“旧建筑的呼吁”“城市可持续性的关键组件”“文脉问题”重申既有建筑的意义,运用19个案例研究将改造分为轻度干预、深度改建、建筑重制和其他四类。

国内研究方面,以天津大学建筑学院张颀教授为代表的高校研究团队在近十年对建筑更新进行了深入研究,2004年天津大学贺静的博士论文《整体生态观下既存建筑的适应性再利用》^⑦从既存建筑再利用的生态观、历史文化观和经济价值观等广阔的宏观视角,对其在防止重复的资源消耗和倍增的环境污染以及历史文化遗产和经济价值等方面的可持续发展进行了全面的研究。2007年,天津大学郑宁在其博士论文《关于建筑改造之中西

① 布伦特·C·布罗林. 建筑与文脉——新老建筑的配合 [M]. 翁致祥, 叶伟, 石永良, 等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.

② Esko Miettinen. Use of Steel in Housing Renovation [M]. The Finnish Constructional Steelwork Association Ltd., 1997.

③ Michael Stratton. Industrial Building: Conservation and Regeneration [M]. New York: E & FN Spon, 2000.

④ James Douglas. Building Adaptation [M]. 2nd Edition. Butterworth-Heinemann, 2006.

⑤ Giebeler Fisch Krause. Refurbishment Manual: Maintenance, Conversions, Extensions [M]. Gestalten, 2009.

⑥ Charles Bloszies. Old Buildings, New Designs [M]. Princeton Architectural Press, 2011.

⑦ 贺静. 整体生态观下既存建筑的适应性再利用 [D]. 天津: 天津大学, 2004.

比较研究^①中对中西方旧建筑改造理论与实践进行梳理与比较,提出以“适时、适度、适量”为原则的适宜改造观,基于马斯洛模型提出“补救型—改良型—置换型—舒适型—持续型”的改造层次。2011年,天津大学刘寅辉的博士论文《基于目的性的既有建筑再利用技术策略研究》^②提出:既有建筑再利用过程在不同层面上(历史价值保护、功能转换、性能提升)的技术整合和优化策略。同年,贺耀萱的博士论文《建筑更新领域学术研究发展历程及其前景分析》^③中全面总结中西方建筑更新研究的既往学术研究发展脉络,通过多角度论证得出其背后影响因素,对未来我国建筑更新领域学术研究的正确发展方向进行前瞻性指导。近年来,一些关于建筑改造的书籍著作相继出版,2013年出版的《非标准改造:当代旧建筑“非常规改造”技巧》^④和2015年出版的《旧建筑改造设计:基本原则与案例分析》^⑤通过对国内及欧美国家旧建筑改造更新中具有创意的代表性作品的翔实剖析,为设计师们提供了旧建筑改造设计所应遵循的基本原则、策略和设计方法。此外,王峙^⑥、陈静^⑦、徐强^⑧等分别以特定建筑类型或特殊建筑空间为研究对象,对建筑外部形态、内部空间的改造设计方法、空间更新和材料应用进行全面研究。

空间设计导向的建筑改造倾向于对既有建筑结构修缮、功能置换、文化继承和空间艺术品质的提升,也有将参数化技术等新概念、新现象与建筑理论结合的设计策略。

1.2.2 “能效优化”导向的建筑改造研究

欧盟的既有建筑节能改造研究起步较早,1973年的能源危机之后,欧洲各国纷纷开始制定针对本国建筑的节能法规。欧盟基金项目“提升能耗表现和工作环境的办公建筑被动改造研究”(OFFICE-Passive Retrofitting of Office Buildings to Improve their Energy Performance and Indoor Working Conditions),旨在研究运用被动措施降低办公建筑能耗^⑨的方法,研究依据空间类型和建筑围护结构等因素对建筑进行分类。2002年,希腊的达斯卡拉基和圣塔莫瑞斯基于上述分类根据本地气候分区进一步解读办公建筑能耗表现与节能潜力。^⑩此后,针对不同建筑类型改造设计的各种措施有效性分析和量化模拟研究纷纷涌现,其中涵盖:建筑围护结构(外窗、外墙)的环境影响^⑪与经济性评价^⑫,照明系

① 郑宁. 关于建筑改造之中西比较研究 [D]. 天津: 天津大学, 2007.

② 刘寅辉. 基于目的性的既有建筑再利用技术策略研究 [D]. 天津: 天津大学, 2011.

③ 贺耀萱. 建筑更新领域学术研究发展历程及其前景分析 [D]. 天津: 天津大学, 2011.

④ 赵劲松. 非标准改造: 当代旧建筑“非常规改造”技巧 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2013.

⑤ 徐光. 旧建筑改造设计: 基本原则与案例分析 [M]. 北京: 中国书籍出版社, 2015.

⑥ 王峙. 住宅建筑改扩建研究 [D]. 天津: 天津大学, 2004.

⑦ 陈静. 建筑外部形态更新 [D]. 天津: 天津大学, 2005.

⑧ 徐强. 材料在旧建筑改造与更新中的应用研究 [D]. 天津: 天津大学, 2006.

⑨ Hestnes A G, Kofoed N U. Effective retrofitting scenarios for energy efficiency and comfort results of the design and evaluation activities within the OFFICE project [J]. Building & Environment, 2002, 37 (6): 569-574.

⑩ Dascalaki E, Santamouris M. On the potential of retrofitting scenarios for offices [J]. Building and Environment, 2002, 37 (6): 557-567.

⑪ Gustafsson S I. Optimisation of insulation measures on existing buildings [J]. Energy & Build, 2000, 33 (1): 49-55; Morelli M, Rønby L, Mikkelsen S E, et al. Energy retrofitting of a typical old Danish multi-family building to a “nearly zero” energy building based on experiences from a test apartment [J]. Energy & Build, 2012, 54: 395-406.

⑫ Deutsche Bank Climate Change Advisors (DBCCA). United States building energy efficiency retrofits: market sizing and financial models [R]. Frankfurt am Main: DBCCA, 2012.