

中国城市规划
建筑学
园林景观

博士文库

主编：赵和生

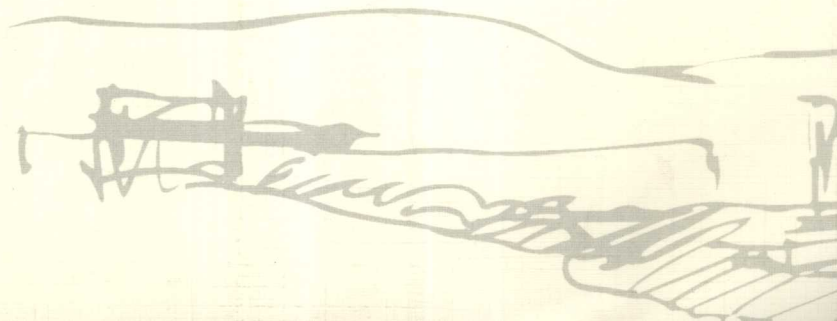
著者：杨 崑

导师：曾 坚

东南大学出版社

建筑存量模型建构

——未来 50 年中国城乡建筑发展策略



中国城市规划·建筑学·园林景观博士文库

-29

建筑存量模型建构

——未来 50 年中国城乡建筑发展策略

(教育部博士点新教师基金项目 项目编号:08D5016)

著者 杨 崑
导师 曾 坚
学科 建筑设计及其理论
学校 天津大学

F426.9

Y293

东南大学出版社
· 南京 ·

内容提要

建筑存量可持续性研究是城乡建设方面的前沿领域。其基本观点是通过量化分析和评价,考察建成环境与生态、经济、社会和文化环境的相互作用和影响。本书明确了建筑存量的相关概念,分析了该领域的国内外研究动态,并重点阐述了基于生命周期方法论的建筑存量可持续性评价,以及建筑存量系统分析和建模方法。在此基础上,从宏观、中观、微观三个层面量化分析当前中国建筑存量的规模、组成及其发展过程引起的物质和能量流量;进而通过演进模型预测了中国建筑存量在高速城市化和现代化过程中的演进趋势以及相关的资源消耗和环境影响,比较了不同发展策略和技术手段的效果。最后,根据模型分析结果得出我国建筑存量的中长期发展策略,并提出未来的研究方向。

本书可供建筑设计、城市规划、城市建设管理人员阅读,也可供相关专业人员及其师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑存量模型建构:未来50年中国城乡建筑发展策略 /
杨崑著. —南京:东南大学出版社,2010.1
(中国城市规划·建筑学·园林景观博士文库/赵和生主编)
ISBN 978-7-5641-1887-7

I. 建… II. 杨… III. 建筑业—可持续发展—研究—中国 IV. F426.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第173500号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼2号 邮编210096)

出版人:江汉

新华书店经销 江苏兴化印刷有限责任公司印刷
开本:700mm×1000mm 1/16 印张:14 字数:220千字

2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5641-1887-7

印数:1~2500 定价:45.00元

(凡因印装质量问题,可直接向读者服务部调换。电话:025-83792328)

主编的话

回顾我国 20 年来的发展历程,随着改革开放基本国策的全面实施,我国的经济、社会发展取得了令世人瞩目的巨大成就,就现代化进程中城市化而言,20 世纪末我国的城市化水平达到了 31%。可以预见:随着我国现代化进程的推进,在 21 世纪我国城市化进程将进入一个快速发展的阶段。由于我国城市化的背景大大不同于发达国家工业化初期的发展状况,所以,我国的城市化历程将具有典型的“中国特色”,即:在经历了漫长的农业化过程而尚未开始真正意义上的工业化之前,我们便面对信息时代的强劲冲击。因此,我国城市化将面临着劳动力的大规模转移和第一、二、三产业同步发展、全面现代化的艰巨任务。所有这一切又都基于如下的背景:我国社会主义市场经济体制有待进一步完善与健全;全球经济文化一体化带来了巨大冲击;脆弱的生态环境与社会经济发展的需要存在着巨大矛盾;……无疑,我们面临着严峻的挑战。

在这一宏大的背景之下,我国的城镇体系、城市结构、空间形态、建筑风格等我们赖以生存的生态及物质环境正悄然地发生着重大的改变,这一切将随着城市化进程的加快而得到进一步强化并持续下去。当今城市发展的现状与趋势呼唤新思维、新理论、新方法,我们必须在更高的层面上,以更为广阔的视角去认真而理性地研究与城市发展相关的理论及其技术,并以此来指导我国的城市化进程。

在今天,我们所要做的就是为城市化进程和现代化事业集聚起一支高质量的学术理论队伍,并把他们最新、最好的研究成果展示给社会。由东南大学出版社策划的《中国城市规划·建筑学·园林景观》博士文库,就是在这一思考的基础上编辑出版的。该博士文库收录了城市规划、建筑学、园林景观及其相关专业的博士学位论文,鼓励在读博士立足当今中国城市发展的前沿,借鉴发达国家的理论与经验,以理性的思维研究中国当今城市发展问题,为中国城市规划及其相关领域的研究和实践工作提供理论基础。该博士文库的收录标准是:观念创新和理论创新,鼓励理论

研究贴近现实热点问题。

作为博士文库的最先阅读者,我怀着钦佩的心情阅读每一本论文,从字里行间我能够读出著者写作的艰辛和其锲而不舍的毅力,导师深厚的学术修养和高屋建瓴的战略眼光,不同专业、不同学校严谨治学的风格和精神。当把这一本本充满智慧的论文奉献给读者时,我真挚地希望每一位读者在阅读时迸发出新的思想火花,热切关注当代中国城市的发展问题。

可以预期,经过一段时间的“引爆”与“集聚”,这套丛书将以愈加开阔多元的理论视角、更为丰富扎实的理论积淀、更为深厚的人文关怀而越来越清晰地存留于世人的视野之中。

赵和生

序

建筑与城市的可持续发展,是当今建筑学科领域迫切需要研究的重要课题。本书针对我国城市化进程中出现的问题,围绕建筑存量演进过程中引起的资源消耗和环境影响展开研究,探讨了城乡建设可持续性研究的新领域。其选题具有很大的前瞻性,其成果对我国建成环境的可持续发展,有重要的理论参考意义和实际应用价值。

在研究中,作者借鉴了国外对建筑存量可持续性的研究手段,应用系统方法和生命周期评价方法,科学分析了我国建筑存量的现状特征,揭示了其动态演进规律,并建立了相关理论模型;同时,综合社会需求、技术进步及建筑生命周期等因素,量化分析和预测了2005—2050年中国建筑存量的演进趋势,并比较了不同策略和技术手段所取得的作用及所产生的相关影响。这些研究将对我国建筑与城市的可持续发展在方法论方面提供有益的借鉴。

杨崴自硕士期间进入“中国现代建筑研究”课题组,在大量实地调查和文献研究的基础上,完成了《中国地域性建筑分析》论文,其中特别强调了地域文化和传统生态建筑营造方式在当代的发展。博士期间,她继续深入研究我国当代建筑和城市规划在生态、文化和社会方面的可持续发展,发表了多篇相关论文。

在讨论她的博士论文选题时,我们强调了两方面的科学问题:一是如何在规划和设计中综合考虑生态、经济和社会文化因素,并把考察的范围扩展到建筑的整个生命周期过程;二是如何突破传统的定性分析方法,用科学的量化方法研究建筑的可持续性。

2003—2005年,她获得DAAD奖学金资助,作为中德联合培养博士生,赴德国卡尔斯鲁厄大学进行交流学习。在此期间接触到了建筑存量可持续发展研究领域。德国在这方面已经形成了一套比较成熟的方法论体系。欧洲已经完成了城市化并进入后工业时代,建成环境趋于稳定。在这一前提下,德国的研究主要关注对既有建筑的可持续利用。因此,当杨崴开始尝试应用德国的方法研究中国建筑存量的时候,我希望她能够充分考虑我国城市化的大背景下建筑存量快速发展和更替的特点,意识

到当前很多拆旧建新的行为并非是由于建筑自身的老化;另外,还要特别注意参考国内同行的相关研究成果。

杨巍在研究过程中充分重视了上述建议,与德方导师 Niklaus Kohler 教授深入讨论,运用基于生命周期方法论的建筑存量可持续性评价方法以及相关的动态模拟方法研究中国建筑存量;另一方面,她克服种种困难,收集了大量关于中国建筑存量的数据资料,在联合培养期间几次回国,进行实地调查和专家访谈,以获取第一手的资料,改进研究方法。

她在博士论文中,系统介绍了国内外建筑存量可持续性研究领域的基本内容、理论与方法,并对中国建筑存量的现状和发展问题进行了深入的分析;在此基础上,首次从可持续发展的角度,提出了中国建筑存量演进的量化模型,反映出当前中国建筑存量的实际情况和发展趋势。论文提出的建筑存量发展策略,对旧城更新、既有建筑改造和新建建筑策略等,都有很强的现实指导意义和理论价值。

杨巍的博士论文突破了以往建筑理论研究的定性分析和静态分析方法,上升到理性、量化和动态发展的高度,提高了研究的科学性。论文成功地将国外的新领域、新方法与中国现实问题相结合,为未来的研究开创了一个新的视角。

中国建筑存量可持续性演进涉及多方面的因素,并需要大量的数据支持,而目前我国这方面的信息还比较有限。另外,对这一复杂系统的量化模拟,要求研究者具有相当广博的专业知识和丰富的经验,这对一个青年学者是有相当难度的,但她均一一克服并加以妥善解决。

作为对这一课题的初步探索,本书提出的模型采用了简化的分类方法和模拟方法,以便在数据量有限的情况下,分析中国建筑存量的基本发展趋势和影响。在未来的研究中,需要通过开展更加系统和深入的实地调研,扩充和验证基础数据,并通过与相关领域专家的交流与合作,使研究方法得到改进和发展,从而提高模型的精确性,更好地发挥实践指导作用。

目前,杨巍在教育部博士点新教师基金和天津大学青年教师培养基金的资助下继续深化这项研究。

杨巍是我指导的第一位建筑设计及其理论博士生。留德的学习经历,对她的成长起到重要的作用——在德国严谨、理性的科学精神熏陶下,她不仅打下了扎实的理论研究基础,也掌握了更多先进的建筑知识和研究手段。这些都为她日后的科学研究工作,奠定了更加良好的基础。

其实,早在中学期间她就十分优秀,是天津市重点中学——耀华中学超常班毕业的优秀学生。考入天津大学建筑学院后,无论在大学期间还是在硕士、博士阶段,她出色的表现,都给教师和同学留下了良好的印象;当她留校成为教师后,更是以良好的教学效果、出色的工作表现和认真负责的学者精神,得到师生的众口称誉。

感谢东南大学出版社博士文库为她提供了一个交流和学习的良好契机。另一方面,作为导师,我所指导的博士论文能再次被东南大学出版社选中出版,我感到十分荣幸!希望本书的出版,能够引起有关专家学者对建筑存量可持续性的关注,从而在这一领域探索出一条跨学科研究的道路。

曾 坚

2009年3月16日于天津大学建筑学院

目 录

0 绪 论	1
0.1 引言:中国建筑存量的现状和发展	1
0.2 建筑存量可持续性研究	2
0.2.1 基本概念和观点	2
0.2.2 建筑存量可持续性研究方法	3
0.2.3 国内外建筑存量研究比较	3
0.3 中国建筑存量可持续性演进研究	4
0.3.1 研究目的和内容	4
0.3.2 研究方法	5
0.4 主要内容和结构框架	6

第一部分

1 建筑存量及其可持续性研究	8
1.1 建筑存量概念辨析	8
1.1.1 建筑和建筑存量	8
1.1.2 相关概念的辨析	10
1.2 建筑存量研究领域综述	11
1.2.1 国外建筑存量研究	11
1.2.2 中国建筑存量研究	18
1.3 建筑存量可持续性研究	22
1.3.1 建筑存量可持续性评价标准	23
1.3.2 建筑存量可持续性研究方法	26
1.3.3 建筑存量可持续性研究应用	28
1.4 本章小结	29
2 建筑存量可持续性评价方法	30
2.1 生命周期评价方法	30
2.1.1 生命周期评价概况	30
2.1.2 生命周期评价方法论	31
2.1.3 复合生命周期分析	35

2.2	其他评价方法	37
2.2.1	生命周期成本评估	37
2.2.2	物质流量分析	39
2.3	整合的建筑生命周期评价方法	41
2.3.1	从建筑生命周期评价到建成环境可持续性评价	41
2.3.2	标准化的建筑表达方式	42
2.3.3	通用的基础数据库	44
2.3.4	综合的影响评价	45
2.3.5	多因素的方案优化	46
2.4	不同层面的建筑存量的可持续性评价	48
2.4.1	在单体建筑层面的应用	48
2.4.2	在建筑群层面的应用	50
2.4.3	在城市片断层面的应用	52
2.4.4	在国家层面的应用	56
2.5	本章小结	59
3	建筑存量系统分析与建模	60
3.1	建筑存量系统	60
3.1.1	建筑存量系统定义	60
3.1.2	建筑存量系统描述方法	61
3.1.3	建筑存量系统动态	63
3.2	建筑子系统	64
3.2.1	建筑子系统边界	64
3.2.2	建筑子系统元素	66
3.2.3	建筑子系统动态	67
3.3	建筑存量模拟中的时间层次	71
3.3.1	建筑子系统的时间层次	71
3.3.2	建筑存量模拟的时间范畴	73
3.3.3	建筑存量动态模拟的时间因素	74
3.4	建筑存量系统的环境影响	76
3.4.1	物质流量及其环境影响	76
3.4.2	物质储备的环境影响	78
3.5	建筑存量系统的流量模型	79
3.5.1	自上而下的宏观模型	79

3.5.2 中观层面的分类和描述·····	80
3.5.3 自下而上的微观模型 ·····	80
3.5.4 模型的验证 ·····	80
3.6 本章小结 ·····	81

第二部分

4 中国建筑存量概况 ·····	82
4.1 城市化进程与中国建筑存量 ·····	82
4.1.1 中国城市化发展历程与趋势 ·····	82
4.1.2 中国建筑存量发展概况·····	85
4.2 中国建筑的寿命 ·····	89
4.2.1 中国建筑的短寿现象 ·····	89
4.2.2 中国建筑存量寿命的影响因素 ·····	90
4.2.3 关于建筑寿命的辩证讨论 ·····	96
4.3 中国建筑的使用能耗·····	97
4.3.1 中国建筑能耗量及其发展 ·····	97
4.3.2 建筑节能潜力和措施 ·····	99
4.4 中国建筑材料消耗及其环境影响 ·····	102
4.4.1 主要建材的生产和消耗 ·····	102
4.4.2 建筑材料的环境问题及其对策 ·····	105
4.5 中国建筑存量的环境影响 ·····	106
4.5.1 全球性环境影响·····	106
4.5.2 区域性和局域性环境影响 ·····	112
4.6 本章小结 ·····	114
5 中国建筑存量系统分析和流量模型 ·····	115
5.1 建立中国建筑存量可持续性评价模型 ·····	115
5.1.1 研究目的 ·····	115
5.1.2 模型的思路与框架 ·····	115
5.2 中国建筑存量系统分析 ·····	118
5.2.1 中国建筑存量系统范畴 ·····	118
5.2.2 中国建筑存量系统层次 ·····	120
5.2.3 中国建筑存量系统分类方法 ·····	120
5.2.4 中国建筑存量子系统定义 ·····	130

5.3	中国建筑存量流量模型	131
5.3.1	自上而下的宏观流量计算	131
5.3.2	自下而上的微观流量模型	139
5.3.3	计算结果的讨论	145
5.4	本章小结	146
6	中国建筑存量动态演进模型	147
6.1	演进模型的思路和方法	147
6.1.1	建立模型的步骤	147
6.1.2	中国建筑存量动态模拟方法	148
6.2	模型参量及其量化关系	151
6.2.1	需求:与存量规模、组成和动态有关的参量	152
6.2.2	生命周期:建筑的拆除率和维修频率	157
6.2.3	效率:与功能单位基准流量有关的参量	159
6.3	模型计算方法	164
6.3.1	材料消耗量	164
6.3.2	一次能源消耗量	165
6.3.3	排放量	167
6.3.4	物质总输出量	167
6.3.5	总投资量	168
6.4	情景分析及预测	168
6.4.1	四种情景设定	168
6.4.2	基准情景分析结果	173
6.4.3	四种情景比较分析	177
6.4.4	对分析结果的讨论	182
6.5	成本-价值模型	184
6.5.1	基本假设和预设情景	184
6.5.2	两种情景分析结果	184
6.5.3	讨论和结论	186
6.6	本章小结	186
7	结 论	188
7.1	模型分析结论:中国建筑存量发展策略	188
7.1.1	有限度的满足	188
7.1.2	把握时机,质量优先	189

7.1.3 延长建筑寿命	190
7.2 模型的验证和发展	192
7.2.1 模型的验证	192
7.2.2 分类方法	192
7.2.3 模型的改进和发展	193
7.3 研究前瞻	194
7.3.1 建筑存量可持续性评价范围的扩展	194
7.3.2 地区和城市层面的研究	195
7.3.3 建筑存量信息系统	195
7.4 结 语	195
参考文献	197
后记	209

0 绪 论

0.1 引言：中国建筑存量的现状和发展

近年来,我国快速的城市化^①和现代化进程导致了建筑需求量激增。1998年以来,全社会每年房屋建筑竣工面积达到18亿~20亿平方米,其中城乡住宅年需求量保持在13亿~15亿平方米左右。^②到2005年底,我国建筑存量规模已超过440亿平方米(参见表5.6)。

未来几十年,我国城市化率将继续增长。为满足新增城市居民的住房和工作需要,同时提高现有城市人口的生活质量,城镇建设量将保持在较高的水平(平均每年约10亿平方米建筑面积),同时伴随着大批旧建筑的拆除。既有建筑的短寿现象进一步加大了需求力度。城市人口规模和建成区面积的扩大以及生产生活标准的提高,给交通和基础设施也带来很大的压力。“资源短缺是中国人类住区发展必须面对的又一挑战,由于技术水平不高、利用不当,更增加了这些问题的严重性。”^③前所未有的城市发展和建设速度导致能源、资源大量消耗,固体废弃物和各种污染物排放量增加,土地占用和退化现象日趋严重;建成环境作为历史文化的物质载体,面临着遭到破坏的危机(Carter,2003)。

与此同时,农村地区也需要应对与建设活动有关的环境问题。例如:城市扩张引起耕地占用;黏土砖等建材生产毁坏田地,并造成大量污染物排放;生物质能使用效率低,建筑能耗日益增长,产生的有害气体导致酸

① 1980年,中国城市数量是223个,小城镇数2874个;城市人口占全国人口(10亿)的20%。截至2005年底,城市数增长至661个,小城镇数20226个;城市总人口占全国人口(13亿)的43%。

② 国家统计局国民经济综合统计司. 中国统计年鉴1998—2006

③ 中国21世纪议程编制组. 中国21世纪议程:中国21世纪人口、环境与发展白皮书(第10章). 北京:中国环境科学出版社,1994

雨,对森林植被和农作物造成破坏。此外,随着村镇的现代化建设,很多地区放弃了因地制宜的地方性营造方法,盲目追求城镇的生活方式和建筑模式,如果继续这样的发展趋势,尽管农村人口已经呈下降趋势,村镇建筑存量的更替和运行也将对资源和环境造成很大的压力。

为促进建筑可持续发展,建设部颁布了相关的规定和标准,如民用建筑节能管理规定、居住建筑和公共建筑节能设计标准等;2001年以来先后出台了《中国生态住宅技术评估手册》(聂梅生等,2001)、《绿色奥运建筑评估体系》(江亿等,2004)和相应软件;2006年,又推出了《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378)。中国建筑的可持续性评价体系正在逐步建立起来。

然而,目前还缺乏量化评价建筑整个生命周期资源消耗和环境影响的有效工具;对建筑生态方面的评价也有待与经济、社会和文化方面的标准相结合,实现统一框架下可持续性评价;更重要的是,除了关注单体建筑的节能环保性能,还需要从更广阔的视角审视城市、地区乃至国家范围的建筑存量,从总体上考察其长期动态,才能为达到综合可持续发展的目标提供参考。

因此,有必要建立量化模型来分析中国城市化过程中建筑存量的演进趋势及其引起的资源消耗和环境影响,并进一步考察不同发展策略和技术革新的中长期效果。

0.2 建筑存量可持续性研究

0.2.1 基本概念和观点

建筑存量是某个范围内、按照某一时点测度的建筑的积累量。广义的建筑存量把基础设施也包括在内。建筑和基础设施组成的人工环境可以称为建成环境(详见本书1.1节)。

建筑存量可持续性研究是建筑学科的一个前沿领域。其基本观点是将建筑存量作为具有物质、经济和文化属性的开放系统,通过一系列量化分析和评价方法,考察它与生态环境、经济环境和社会文化环境的相互作用和影响。建筑存量研究能够为城乡建设的科学规划、设计和管理提供决策参考信息,也可以用于评估具体项目在整体建成环境中的影响。

0.2.2 建筑存量可持续性研究方法

1) 系统分析和模拟方法

建筑存量可以被视为一个复杂的开放系统,与外部环境进行物质、能量、信息流量的输入和输出交换。从可持续性的角度研究建筑存量,需要以系统方法分析其结构、功能和动态,并在此基础上建立数学模型。

建筑存量系统可分为部分存量、建筑、建筑构件等层面。在模型中,可以通过定义一定数量的“参考建筑”来描述系统特征。在此基础上,从不同系统层面建立模型,考察建筑存量的输入输出流量。

模拟建筑存量的动态,要选择合适的时间范畴;根据系统元素的变化速度定义时间层面;并获取关于新建速度、建筑寿命、维修更新频率等方面的数据信息。

2) 整合的建筑生命周期评价方法

整合的生命周期评价方法是建筑和建筑存量的可持续性研究的有效工具。它综合生命周期评价、生命周期成本和物质流量分析等方法,不仅能够兼顾生态、经济和社会文化维度,而且能够考察建筑存量在长期时间范畴内的流量和影响。这一方法可以加以扩展,应用于城市片断、区域或国家层面的建筑存量研究。

建筑存量可持续性研究整合了环境影响评价和生命周期评价方法论,既关注特定时间和空间范围内的流量和影响,又考察长期的、区域和全球范围内的影响。具体方法是通过“参考建筑”生命周期各个过程的“基准流”估算每个部分存量在特定时期的输入输出流量(详见 2.5)。各个部分存量在该时期处于生命周期的不同过程,对这些过程流量的汇总可以理解为“共时性”的生命周期分析。而单体建筑的生命周期清单分析是为了估算建筑在其整个生命周期内的流量,是一种历时性的研究。

0.2.3 国内外建筑存量研究比较

建筑存量可持续性研究的主要成果集中于发达工业化国家。欧洲从不同层面、不同角度关注建成环境的综合长期发展,形成了一系列研究方法和技术手段。而日本和美国则从能耗、建材等某个特定的角度进行探讨。这些研究均是针对已经趋于成熟建筑存量,其研究目的和方法主要适用于现有建筑存量的科学管理和合理更新。

而中国正处在迅速城市化、现代化进程中,建筑存量增长、更替速度

快;地域环境在气候条件、城市化层面和经济发展水平上差异大。其现状特征与演进动态均与先进工业化国家的建筑存量有很大的不同。因此,中国建筑存量研究首先要在城市化和现代化的大背景下,详细了解和析其基本情况,并找出影响其可持续发展的主要因素。

0.3 中国建筑存量可持续性演进研究

0.3.1 研究目的和内容

本书建立建筑存量可持续性演进模型的基本目的是量化分析当前中国建筑存量和流量的基本信息,预测其在城市化和现代化过程中的发展趋势以及相关的资源消耗和环境影响,并比较不同发展策略对实现可持续发展的效果。

基于上述目标,根据可获取的数据和时间限制,研究内容和范围如下:

(1) 根据建筑存量研究领域的基本理论和方法,结合中国建筑存量的现状特征和动态发展规律,提出可持续性演进模型的基本框架。

(2) 量化分析中国建筑存量(包括居住建筑、公共建筑和工业建筑)在参考年份(2005年)的基本信息,包括其规模、组成,及其发展和运行过程引起的物耗、能耗、成本^①和相关排放量。基础设施存量作为一个参考系统也被考虑在内。

(3) 考察与中国建筑存量的生命周期流量有关的全球和区域性环境影响,包括温室气体排放、能源消耗、酸化等;并通过物质总输入和总输出量,从总体上衡量资源消耗量以及未知的环境影响。

(4) 分析中国建筑存量在城市化进程中的演进规律;适应动态模型,预测2005—2050年中国建筑存量和流量的发展趋势,并比较不同发展策略的效果;分析建筑寿命和维修频率与建筑存量总体环境影响和成本的关系。

(5) 根据模型分析结果提出中国建筑存量可持续发展的建议,并提出模型改进和发展的方法。

^① 建筑使用功能引起的流量和成本(例如工业生产活动、食品、设施等),不在研究范围之内。