



土木工程施工与管理前沿丛书

装配式混凝土建筑 生态激励机制研究

ZHUANGPEISHI HUNNINGTU JIANZHU
SHENGTAI JILI JIZHI YANJIU

李丽红 孔凡文 居理宏 著

中国建筑工业出版社

工与管理前沿丛书

装配式混凝土建筑生态激励机制研究

李丽红 孔凡文 居理宏 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

装配式混凝土建筑生态激励机制研究/李丽红, 孔凡文, 居理宏著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.9

(土木工程施工与管理前沿丛书)

ISBN 978-7-112-22582-8

I. ①装… II. ①李… ②孔… ③居… III. ①装配式混凝土结构-研究 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 195289 号

PC 建筑激励机制的研究成果可作为政府对 PC 建筑企业制定激励政策的重要依据, 是长效解决 PC 建筑经济外部性问题的最佳途径。研究同时发现, PC 建筑的消费者是碳排放的主要贡献者, 理应成为碳排放责任的首要承担者。本书为政府部门制定针对 PC 建筑生态效益激励机制提供参考, 以通过制定政策激励、激励政策的方式增强其市场推动力。

* * *

责任编辑: 张智芊

责任校对: 王雪竹

土木工程施工与管理前沿丛书

装配式混凝土建筑生态激励机制研究

李丽红 孔凡文 居理宏 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

北京红光制版公司制版

北京京华铭诚工贸有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 8 $\frac{3}{4}$ 字数: 181 千字

2018 年 11 月第一版 2018 年 11 月第一次印刷

定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-22582-8

(32562)

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)

本书得到 2016 年辽宁省教育厅人文社科基金项目现代建筑产业的生态补偿机制研究——以装配式混凝土建筑为例 (WJZ2016008), 以及 2017 年辽宁省科技厅博士启动基金项目 PC 建筑碳排放测算体系研究 (20170520044) 的资助, 在此特别表示感谢!

前 言

目前,我国正大力推广装配式建筑,《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》提出,要大力推广装配式建筑,减少建筑垃圾和扬尘污染,缩短建造工期,提升工程质量,制定装配式建筑设计、施工和验收规范,完善部品部件标准,实现建筑部品部件工厂化生产,鼓励建筑企业装配式施工,现场装配,建设国家级装配式建筑生产基地。《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》提出建筑八字方针“适用、经济、绿色、美观”,力争用10年左右时间,使装配式建筑占新建建筑的比例达到30%。发达国家的实践表明,装配式建筑的优势表现在提高劳动生产率,改善工人作业环境,还有利于节能减排,对转变行业发展方式意义重大。近几年,国家对可持续发展和建筑工业化的重视程度加大,装配式建筑的推广和研究再次成为热点。

装配式建筑包括装配式混凝土建筑、装配式木结构建筑、装配式钢结构建筑。而装配式混凝土建筑作为装配式建筑的重要载体,在现代建筑产业化中发挥了重要作用。因此我们将研究重点放在装配式混凝土建筑在推广过程中遇到的问题和瓶颈。

通过文献收集和企业调研发现,我国装配式混凝土建筑的设计和施工技术研水平还无法满足社会需求,也跟不上建筑技术发展的变化,根本原因是装配式混凝土建筑发展缺乏动力,就投入产出比来讲,发展装配式混凝土建筑的速度仍然有待提高,目前装配式混凝土建筑主要体现在保障性住房等公益性建筑方面,普通民用商用建筑上的应用仍有很大的发展空间。政府出台了一系列的政策鼓励装配式建筑工程的发展,但政策实施效果不一;公众对装配式混凝土建筑工程的认知水平还有较大的差异。在该背景下我们又进一步明确研究方向,选择了对装配式混凝土建筑的生态效益核算和激励机制的研究。

在研究过程中,研究团队陆续在国内外期刊上发表相关论文20余篇,不断地丰富和提升了本书的研究广度和深度。此外,本书在撰写过程中还先后成功

获得辽宁省教育厅人文社科基金（WJZ2016008）和辽宁省自然科学基金（20170520044）等课题的支持。

两年多的研究过程中，得到了沈阳建筑大学管理学院齐宝库教授的大力支持，为研究成果的完善与丰富做出了巨大贡献。

感谢中国建筑工业出版社的张智芊编辑为本书出版不辞辛苦，数次沟通与修改完善，被张编辑严谨的工作态度和孜孜以求的专业精神所感动！

本书的出版，参考了业内同仁们出版的著作、教材、期刊和学位论文，一并表示感谢！

本书虽然对研究内容和研究方法几度推敲和校阅，但由于水平和能力所限，仍会有不遂人意之处，恳请各位专家和读者对我们的疏漏之处进行批评和指正，提升本书的研究深度和行业引领性！

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 “减排”背景下政府主推装配式混凝土建筑的发展	1
1.1.2 PC 建筑的正外部性没有得到科学认知	1
1.1.3 对 PC 建筑的激励制度设计缺乏系统性	2
1.2 研究目的和意义	3
1.3 研究假设的提出	4
1.4 国内外研究现状	5
1.4.1 装配式混凝土建筑的研究现状	5
1.4.2 PC 建筑的发展历程	9
1.4.3 碳排放测算内容的研究现状	11
1.4.4 碳排放测算方法研究现状	14
1.4.5 PC 建筑激励研究现状	15
1.4.6 系统动力学研究现状	18
1.4.7 文献评析与研究趋势	19
1.5 研究内容和研究方法	19
1.5.1 研究内容	19
1.5.2 研究方法	20
1.6 研究技术路线与创新点	21
1.6.1 研究技术路线	21
1.6.2 创新点	21
第 2 章 研究理论基础	25
2.1 装配式混凝土建筑生态效益及碳排放	25
2.1.1 装配式混凝土建筑的概念与特征	25
2.1.2 装配式混凝土建筑的生态效益	27
2.1.3 建筑物的碳排放及其测算方法	29
2.2 生态激励机制的内涵	34
2.2.1 生态学视角下的生态激励	34
2.2.2 经济学视角下的生态激励	35
2.2.3 生态激励与激励机制	35

2.3	生态激励的理论基础	36
2.3.1	外部性理论	36
2.3.2	激励理论	36
2.3.3	可持续发展理论	37
2.4	系统动力学理论	38
2.4.1	系统动力学定义	38
2.4.2	系统动力学特点	38
2.4.3	系统动力学构建模型的步骤	39
2.4.4	系统动力学方法在装配式激励中的适用性分析	39
第3章	装配式混凝土建筑碳排放测算概念模型构建	41
3.1	PC建筑碳排放测算边界	41
3.1.1	针对全生命周期的碳排放测算	41
3.1.2	针对清单要素的碳排放测算	42
3.1.3	针对产业链上全员的碳排放测算	42
3.2	PC建筑碳排放测算概念模型设计	43
3.2.1	过程维度	43
3.2.2	要素维度	43
3.2.3	视角维度	43
3.3	PC建筑碳排放各阶段内容分析	44
3.3.1	规划设计阶段	45
3.3.2	构件生产运输阶段	46
3.3.3	安装施工阶段	48
3.3.4	使用及维护阶段	49
3.3.5	拆除及回收阶段	50
3.4	本章小节	52
第4章	装配式混凝土建筑碳排放测算方法的选择和应用	54
4.1	PC建筑碳排放测算方法比选	54
4.1.1	PC建筑碳排放测算方法对比分析	54
4.1.2	数学模型法的应用模式分析	55
4.2	PC建筑全生命周期碳排放测算	55
4.2.1	规划设计阶段	56
4.2.2	构件生产运输阶段	57
4.2.3	安装施工阶段	63
4.2.4	使用及维护阶段	66
4.2.5	拆除及回收阶段	68

4.3	项目实证分析	70
4.3.1	项目基本情况	70
4.3.2	项目碳排放的测算	70
4.3.3	碳排放测算结果分析	79
4.4	本章小结	82
第5章	装配式混凝土建筑激励机理分析及因果关系图建立	83
5.1	PC建筑激励的必要性分析	83
5.1.1	PC建筑发展内动力不足	83
5.1.2	PC建筑发展缺乏外推力	84
5.1.3	PC建筑效益没有得到正确衡量	85
5.2	PC建筑激励机理分析	86
5.2.1	政府政策影响因素分析	86
5.2.2	竞争影响因素分析	86
5.2.3	利益影响因素分析	87
5.3	PC建筑效益影响因子筛选	87
5.4	PC建筑激励因果关系图的建立与分析	90
5.4.1	PC建筑激励因果关系图的建立	90
5.4.2	PC建筑激励因果反馈关系分析	91
5.5	本章小节	94
第6章	装配式混凝土建筑激励系统动力学模型的构建及仿真——以沈阳市为例	95
6.1	PC建筑激励系统动力学模型的建立	95
6.1.1	系统建模的思路	95
6.1.2	PC建筑激励系统的动态性假说	95
6.1.3	模型建立的相关说明	96
6.2	模型参数的确定	96
6.2.1	模型参数确定的方法	97
6.2.2	模型参数确定的途径	97
6.2.3	变量初始值及关系的确定	98
6.2.4	模型方程的确立	98
6.3	PC建筑激励的系统动力学模型检验及仿真分析	100
6.3.1	PC建筑激励的系统动力学模型检验	100
6.3.2	PC建筑激励的系统动力学模型的仿真分析	103
6.4	本章小节	108

第7章 装配式混凝土建筑激励方案设计	109
7.1 激励方案设计的思路与原则	109
7.1.1 激励方案设计思路	109
7.1.2 激励方案设计原则	110
7.2 分阶段的激励方案细部设计	111
7.2.1 PC 建筑市场启动阶段	111
7.2.2 PC 建筑市场成长阶段	111
7.2.3 PC 建筑市场成熟阶段	112
7.3 激励政策制定	112
7.3.1 激励标准的确定	112
7.3.2 激励的途径与方式	113
7.3.3 激励方案运行环境	113
7.4 本章小节	114
第8章 研究结论与展望	116
8.1 研究结论	116
8.2 研究不足与展望	117
参考文献	119

第 1 章 绪 论

1.1 研 究 背 景

1.1.1 “减排”背景下政府主推装配式混凝土建筑的发展

近年来, CO₂ 的过度排放已严重威胁到人类生存和活动。2009 年哥本哈根联合国气候变化大会上, 我国正式做出减排承诺。目前建筑业消耗着大量能源资源, 极大地破坏了环境, 与我国构建“两型社会”严重相悖。相关文献表明, 建筑业潜在节能减排比例为 20%~50%^[1], 建筑业亟待转型升级。装配式混凝土建筑 (Prefabricated Concrete Buildings, 很多文献将其简称为 PC 建筑或 PCa 建筑, 文中统一简称为 PC 建筑) 可减少能源、资源和劳动力消耗, 减少建筑垃圾和环境有害物的产生等, 具有突出的生态效益。推动以 PC 建筑为代表的建筑产业现代化发展, 将助力实现建筑行业贯彻落实减排目标, 全面推进构建“两型社会”^[2]。

《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》提出建筑八字方针“适用、经济、绿色、美观”, 力争用 10 年左右时间, 使 PC 建筑占新建建筑的比例达到 30%。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》也强调大力推进我国以 PC 建筑为代表的绿色建筑的发展。北京、上海、沈阳、深圳、合肥等多地政府、企业都加大投入促进其发展。发达国家的实践表明, PC 建筑可提高劳动生产率, 改善工人作业环境, 还有利于节能减排, 对转变行业发展方式意义重大。近几年, 国家对可持续发展和建筑工业化的重视程度的加大, 住房城乡建设部和各地政府部门陆续出台很多文件要求推进 PC 建筑的发展。

1.1.2 PC 建筑的正外部性没有得到科学认知

在行业实践中, 笔者却发现以 PC 建筑为代表的建筑产业现代化发展市场遇冷。进一步分析发现, 这种“政府主推、市场遇冷”主要是由于以下两点原因 (图 1-1):

一是因为 PC 建筑具有突出的生态效益, 这种生态效益具有明显的正外部性。但目前这种正外部性并没有得到科学的认知。即其受益群体是整个社会, 而目前这种生态效益的成本却经由政府和开发商等经济主体转嫁到了需要 PC 建筑的消费者承担。这种对其正外部性的迷茫也导致了政府对建筑产业现代化的激励和激励政策力度不

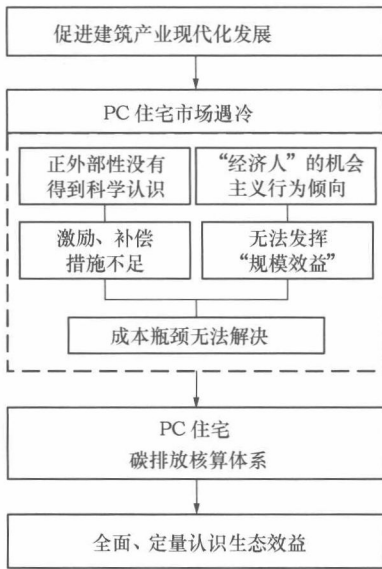


图 1-1 研究背景

够、效果不好，抑制建筑产业现代化的市场推动力。

二是因为作为“经济人”的消费者具有完全的理性，做出的都是让自己利益最大化的选择^[3]。因此，基于“机会主义行为倾向”，消费者们往往不会选择 PC 建筑，而这也进一步导致了建筑产业现代化无法发挥“规模效益”降低其成本，致使建筑产业现代化的发展陷入困境之中。

在经济学中，“外部性内部化”是解决问题的根本思路，即通过制度安排经济主体经济活动所产生的社会收益或社会成本，转为私人收益或私人成本，使技术上的外部性转为金钱上的外部性，在某种程度上强制实现原来并不存在的货币转让。

由于 PC 建筑的正外部性无法得到合理激励，因此其存在成本略高的发展劣势，目前市场对其接受程度普遍不高^[4-5]。本书致力于全面、定量地认识其生态效益，进一步促进 PC 建筑的合理激励的政策方案设计，即可有效解决 PC 建筑这一发展瓶颈，促进建筑产业现代化的快速发展。因此，基于这个前提，如何对 PC 建筑碳排放进行全面、定量的测算，并制定碳排放测算标准模型，是最亟待解决的根本问题，也是研究重点所在。

1.1.3 对 PC 建筑的激励制度设计缺乏系统性

我国 PC 建筑设计和施工技术研发水平还无法满足社会需求，也跟不上建筑技术发展的变化，根本原因是 PC 建筑发展缺乏动力，就投入产出比来讲，发展 PC 建筑的速度仍然有待提高，目前 PC 建筑主要体现在保障性住房等公益性建筑方面，普通民用商用建筑上的应用仍有很大的发展空间。激励机制是 PC 建筑得以推广的重要因素之一，是实现 PC 建筑经济上可行的关键所在。政府出台了一系列的政策鼓励 PC 建筑工程的发展（详见本书 1.4 节），但政策实施效果并不理想；公众对 PC 建筑工程的认知水平仍有较大的差异^[6]。研究 PC 建筑发展的瓶颈并给出相应解决对策是理论研究者、实践推行者和政策制定者的当务之急。

PC 建筑激励机制作为一项解决 PC 建筑可持续发展问题的重要政策工具，本质上是一种激励与约束相容的制度安排^[7]，其核心思路是激励对 PC 建筑系统施加初始推动力，逐步增强持续推动力——市场内动力，最后推动 PC 建筑外部性内部化的实现，解决生态环境资源开发利用过程中“搭便车”的现象，探索建立健全 PC 建筑激励的公共财政政策与产业扶持政策。

1.2 研究目的和意义

PC建筑集聚了工业化和绿色建筑的优点。可充分利用资源、提高生产效率、减少污染,是建筑业未来发展的方向。目前,相关政府部门大力推动PC建筑的发展,出台了一些有利于PC建筑发展的政策,但是由于PC建筑的造价仍远高于传统建筑模式,增加了企业的成本和消费者的负担,导致企业的主动性不高,消费者的认可度不够,没有形成良好的市场氛围,因此亟须解决PC建筑发展推动力不足的问题,让消费者接受这一新理念。

本书从PC建筑生态激励的角度出发,结合国内外已有的激励理论,对PC建筑生态效益及碳排放的概念、理论基础,以及现有激励政策存在的问题,进行全面、深入地探讨,以期通过碳排放的核算、激励机理的分析,科学设计激励路径与标准,明晰科学合理的激励方案等方式完善沈阳市的PC建筑激励政策,建立符合PC建筑发展的政策体系,探索运用经济手段解决PC建筑效益不能被正确衡量的问题。并以沈阳市PC建筑激励为典型实证研究,提高相关企业运用PC建筑技术的主动性,提高消费者对PC建筑的认可度,增强市场推动力,从而使得PC建筑在沈阳市得到发展长远。

研究意义:

(1) 为了达到相关产业化发展的目标,全国各省市政府在推进以PC建筑为代表的现代建筑产业发展方面均推出了众多利好措施。但PC建筑在实践中的发展速度依然缓慢,其原因也众说纷纭。究其本质来说,由于PC建筑的成本较现浇高,投入的施工机械增加,建设单位和施工单位对此的积极性并不高。本项目旨在结合沈阳地区的PC建筑的发展现状,研究其生态效益,制定装配式混凝土建筑的生态激励措施和具体方案的制度设计,解决好目前“政府主推”与“市场遇冷”冰火两重天的现实窘境。

(2) 通过碳排放测算体系得出PC建筑全生命周期内的碳排放,以定量分析取代以往的定性分析,凸显其相较于传统现浇建筑在节能减排方面的优越性;同时也为探索更加完善的针对PC建筑碳排放量化方法,为建筑领域的碳排放标准化计算提供理论依据。

(3) 分析PC建筑的碳排放源情况,有助于从建筑全生命周期源头——设计阶段出发,以项目进展过程中的不同参与方——政府部门、开发商、设计单位、构件生产厂商、建筑方、材料和设备供应商、消费者、物业管理单位等视角,定量分析其碳排放情况,为后续研究提供严谨可靠的数据支撑。

(4) 有利于丰富PC建筑生态激励机制的系统性理论研究。目前还没有文献针对PC建筑的生态激励机制进行系统的研究,甚至对现代建筑产业的生态效益核算应该包括哪些内容、用何种方法进行现代建筑产业的生态效益核算更合理、现代建筑产业

的外部正效益较大的背景下传统的市场配置资源是否有效、生态效益激励政策推进现代建筑产业发展的效果如何评价等问题都没有文献进行深入的研究，因此本书将在装配式混凝土建筑的生态效益评价及生态激励机制方面进行创新性的研究。

1.3 研究假设的提出

如何推进现代装配混凝土建筑发展，在解决这些制约发展的瓶颈因素——技术、管理和成本这三个方面的同时，还需要进行更深层次的思考。如“经济人”机会主义行为现象的存在，针对装配混凝土建筑的正外部性没有科学的评价以及缺少切实有效的激励措施等。因此可提出两个假设（图 1-2）：

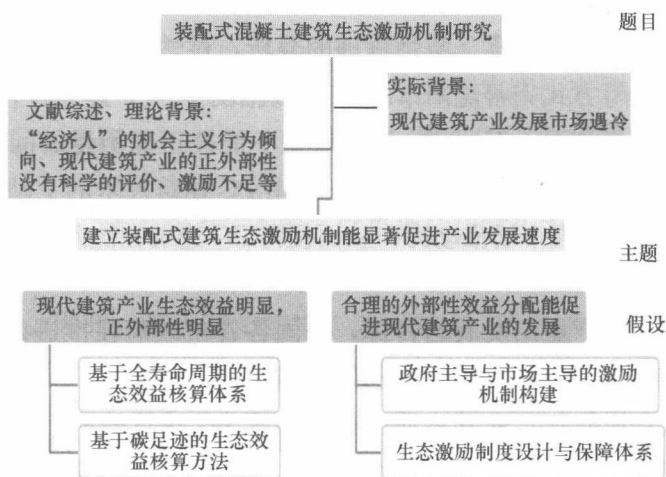


图 1-2 研究假设的提出

1. PC 建筑的生态效益、正外部性明显

根据该假设，需要基于某种方法进行其生态效益的核算，本书分别基于全寿命周期建立生态效益核算体系、基于碳足迹建立生态效益核算方法进行核算。

2. 合理的外部性效益分配能促进 PC 建筑产业的发展

外部性效益分配即建立相应的生态激励机制，而该机制可以显著地促进产业发展。对此应构建设计生态激励制度与保障体系，以及确定政府主导与市场主导的在激励机制中的关系。该假设的验证需要解决：测定蛋糕有多大——PC 建筑产业生态效益核算体系和方法；蛋糕由谁来分——政府主导激励和市场主导激励的博弈关系与绩效对比；怎么分蛋糕——将生态效益的价格激励与实体激励机制比较，根据激励机制保障体系的建设情况决定。

本书对生态激励机制的研究更多引用和使用经济学的方法及观点,将生态激励机制视为一种制度安排。因此其与其他制度安排一样,需要通过微观主体的行为发挥作用。在PC建筑产业中,产业的利益相关者众多,这些微观主体行为受诸多因素的影响。这也就说明了特定生态激励机制的成功不足以说明这种激励机制具有通用性,需要建立动态调整的激励制度。因此需要分析不同生态激励机制对装配式混凝土建筑产业发展发挥作用的机理,对生态激励机制进行设计,开拓一种新的研究思路。

1.4 国内外研究现状

装配式混凝土建筑中的生态激励机制涵盖了生态效益核算及激励机制设计两个核心问题。前者解决“激励多少”的问题,后者解决“给谁激励”与“激励多少”的问题。因此在确定选题和研究过程中参阅了大量国内外文献,包括国内外PC建筑的概念及发展现状、国内外学者对于PC建筑的研究现状、碳排放效益核算、碳排放计算方法、系统动力学研究现状以及其他领域的激励研究相关的文献,通过对文献的梳理可知目前为止PC建筑研究的薄弱部分,确定研究方向,且可借鉴其他学者是如何运用系统动力学研究其他问题的,除此之外,其他领域的激励机制的研究思路对本书具有重要的借鉴与指导意义。

1.4.1 装配式混凝土建筑的研究现状

通过对中国知网系列数据库中2013—2016年间发表的国内关于“PC建筑”“装配式混凝土建筑”“PCa建筑”的相关文献的统计与分析,尝试以文献资源为依据,梳理我国近三年来关于装配式混凝土建筑的研究成果和趋势走向。

笔者选用中国知网(CNKI)的中国期刊全文数据库、中国博士学位论文全文数据库、中国优秀硕士学位论文全文数据库、中国重要会议论文全文数据库、国际会议论文全文数据库作为文献数据的来源,检索时段限定为2013—2016年,使用文献覆盖面广且准确率高的“主题”检索项^[8],选取“PC建筑”或含“PCa建筑”“预制装配式”作为检索词进行检索。经过人工反复筛选剔除非恰当文献,并修改主题检索条款以搜寻遗漏文献,截至2016年10月20日,共收集到1173篇与主题相关的文献作为研究对象,经统计后的数据分析如表1-1所示。

相关文献数据统计分析表(单位:篇)

表 1-1

	技术类	经济类	管理类	其他类	合计
2013年度	105	15	28	59	207
2014年度	111	41	43	81	276
2015年度	124	55	61	115	355
2016年度	126	38	53	118	335
合计	456	159	185	373	1173

由此可分析出，相关文献数量逐年增加表明了 PC 建筑研究已经成为研究热点，需要更多有价值、有意义的研究成果指导 PC 建筑的发展。根据进一步数据分析可得出，针对 PC 建筑的管理类研究文献数量在逐年增长，对 PC 建筑生态效益和激励政策的研究都具备了一定的研究基础，这些都为 PC 建筑的宏观政策管理控制初步提供了思路。除去综述类研究，针对 PC 建筑生态效益和激励政策的研究也在递增，这也说明了该研究也越来越得到学者们的重视。

关于 PC 建筑的概念仍在不断的发展变化之中，目前并没有一个明确的定义。表 1-2 列举了一些学者对 PC 建筑的定义。

PC 建筑定义梳理

表 1-2

学者	文献	定义
李丽红等 ^[9-10]	1. PC 建筑经济装配率测算； 2. 装配式住宅构件预制率的测算及构件类型的选择	PC 建筑是将各类通用预制构件经专有连接技术提升为工厂化生产，在现场主要采用机械化装配的专用建筑技术体系
齐宝库等 ^[11]	PC 建筑建造方案综合评价指标体系构建与评价方法研究	装配整体式混凝土结构（PC）是将预制混凝土构件通过连接部位的后浇混凝土、浆锚或叠合方式，组装成具有可靠传力和承载要求的结构
张伟 ^[12]	装配整体式混凝土结构钢筋连接技术研究	装配整体式混凝土建筑是指结构的部分混凝土构件在预制构件厂进行加工制作，将质量验收合格的预制构件运输到施工现场，在现场用安装机械吊装就位，各个构件之间采用可靠的连接方式连接成为整体
刘康 ^[13] 李颖 ^[14]	预制装配式混凝土建筑在住宅产业化中的发展及前景、基于价值链模型的 PC 建筑成本分析研究	PC 建筑是各类通用预制构件，经专有连接装配而成的建筑。预制混凝土制品构件全部在工厂里完成，运输至施工现场进行吊装
李滨 ^[15] 徐雨濛 ^[16]	我国预制 PC 建筑的现状与发展 我国 PC 建筑的可持续性发展研究	PC 建筑是预制式 PC 建筑或者预制装配式住宅的简称，表示部分建筑构件的完成是在预制工厂生产，然后运输到施工现场，以机械吊装或其他的可信任的手段连接，用零散的预制构件组装成整体，以此形成具有使用功能的房屋
蒋勤俭 ^[17]	国内外装配式混凝土建筑发展综述	装配式混凝土建筑指现浇和预制相结合，以工厂化生产的混凝土预制构件为主，通过现场装配的方式设计建造的混凝土结构类房屋建筑

按照学者对其特征的解释，PC 建筑的特征可归纳如下：

- (1) 结构形式采用现浇整体式结构与预制装配式结构相结合的结构体系；
- (2) 建筑的部分构件需要在预制构件工厂内统一生产；
- (3) 预制构件需由预制构件工厂运输至施工安装现场保存，且需塔吊、起重机等

机械设备辅助构件就位；

(4) 构件之间以及构件与建筑物之间采用钢筋、连接件、混凝土灌注等方式进行固定连接；

(5) 对于未应用预制构件的建筑部位，仍采用现场浇筑的方式进行建造。

在此基础上可总结出，与传统现浇建筑相比，PC 建筑具有表 1-3 所列的特征。

PC 建筑增加的阶段及工作

表 1-3

阶段	阶段内增加、节省的工作或影响
规划设计阶段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 深化设计； 2. PC 建筑施工方案制定； 3. 备案
构件生产运输阶段 (新增阶段)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 预制构配件在预制工厂内工业化生产； 2. 预制构件的运输； 3. 预制构件在现场的存放
安装施工阶段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大型吊装设备安装及拆除； 2. 预制构配件的吊装就位； 3. 预制构配件之间及预制构配件与建筑体的连接； 4. 减少现场湿作业、钢筋制作等作业量； 5. 减少模板、脚手架等的使用； 6. 减少现场工人需求量
使用及维护阶段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 保温外墙的使用可以使房屋达到更好的保温效果； 2. 预制墙板因其高质量可延缓材料的损耗，减少其维护和更换率
拆除及回收阶段	<ol style="list-style-type: none"> 1. PC 建筑的预制构配件部分可实现整体拆除； 2. 拆除后的部分预制构配件可回收再利用

PC 建筑相比传统现浇整体式建筑具有诸如提高工程质量、缩短施工周期、节约劳动力、“四节一环保”等优势^[9-10]。

与预制装配式混凝土建筑相比，其一次投资较少，因更加简单的结构节点连接和更加清晰的结构传力路径而具有更好的结构整体性，且具有更高效的装配效率^[14, 16, 18]。因此其较高的适用性也得到了广泛的应用。

目前，很多研究学者主要针对制约 PC 建筑发展的成本因素展开研究。李丽红等人^[19]通过实证研究对现有 PC 构件的价格影响因素及影响程度进行了归纳总结，将影响因素分为土地、厂房、设备、税费四种，并分析了不同影响因素的影响程度，其研究成果对于确定激励形式具有指导意义。齐宝库等人^[20]整合了 PC 建筑产业链。除此之外，国内学者对于 PC 建筑在技术、结构体系以及其他方面也做了一系列研究，具体研究成果归纳为表 1-4。