

钢结构工业化建造与施工技术丛书

装配式钢结构建筑施工与安装 技术评价体系

张海霞 许伟 李帼昌 著

中国建筑工业出版社

钢结构工业化建造与施工技术丛书

装配式钢结构建筑 施工与安装技术评价体系

张海霞 许伟 李帼昌 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

装配式钢结构建筑施工与安装技术评价体系/张海霞,许伟,李帼昌著. —北京:中国建筑工业出版社,2018.7

(钢结构工业化建造与施工技术丛书)

ISBN 978-7-112-22149-3

I. ①装… II. ①张… ②许… ③李… III. ①钢结构-建筑工程-工程施工-评价②钢结构-建筑结构-结构安装-评价 IV. ①TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 089480 号

本书主要介绍装配式钢结构建筑施工与安装技术评价体系,共包括 8 章内容,分别是:绪论,评价方法,装配式钢结构建筑施工与安装技术评价体系分析,基于层次分析法的技术评价指标体系的构建,装配式钢结构建筑施工能耗,评价指标权重的计算与分析,装配式钢结构建筑施工与安装评价模型,评价体系界面的开发。

本书适用于从事结构设计与施工的研究、技术、管理人员使用,也可供大中专院校相关专业师生参考使用。

责任编辑:万 李

责任设计:李志立

责任校对:李欣慰

钢结构工业化建造与施工技术丛书 装配式钢结构建筑施工与安装技术评价体系

张海霞 许伟 李帼昌 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

北京科地亚盟排版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:10½ 字数:256千字

2018年7月第一版 2018年7月第一次印刷

定价:45.00元

ISBN 978-7-112-22149-3

(32046)

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

建筑业是我国的支柱产业之一，是为国民经济、社会发展服务的重要产业。近几年来，随着国家全面深化改革的实施和新型城镇化建设进程的加快，对建筑行业提出了转型发展的新要求，而建筑业的转型升级，当以改变传统高消耗型生产方式为主，即发展建筑工业化。钢结构建筑是一种绿色建筑，容易实现设计的标准化、构配件生产的工厂化、现场施工的装配化，是最适合预制装配式的工业化建造方式的建筑结构。装配式钢结构在建造施工与安装过程中能够有效地减少人工作业误差，降低劳动强度，减少现场施工所产生的能耗及环境污染，可提高建设速度和施工质量、提升建筑品质，其推广应用可促进建筑产业向绿色、节能、可持续发展的方向发展，真正实现建筑建造技术的根本转变，推动我国经济的国际化发展。

然而，装配式钢结构建筑的发展离不开有效的管理和对相应技术的评价，目前现有的评价方法主要针对建筑完工后工程质量的合格与否，结构的安全可靠性检验等，缺乏对整个建筑施工过程的评价与控制，尤其是国内尚属新兴技术的装配式钢结构建筑施工技术评价方面的资料更是很少，对整个建设周期内的控制也缺乏深入的研究。故此，有必要对装配式钢结构建筑建造过程中的新技术、新方法和新工艺以及应用其带来的各种效益进行评价，以促进装配式钢结构建筑的发展，同时为装配式建筑施工过程的管理做有益的补充和完善，更为监督机构以及建设决策者提供一定的参考意见。

故此，本书开展装配式钢结构建筑施工与安装技术评价体系的研究，共分为8章，第1章详细介绍了国内外关于建筑施工方面的评价体系，介绍了建筑施工能耗研究进展，阐述了本书的研究内容。第2章简要介绍了从经济学和运筹学中总结而出的几种常用的评价方法。第3章论述了装配式钢结构建筑施工与安装技术评价的内涵，并对其结构进行了分析，建立了以技术、经济、可持续及产业政策效应四个空间维度为主的评价体系框架，同时提出了装配式钢结构建筑施工与安装技术评价的等级，明确了其含义。第4章通过层次分析法和灰色聚类评估方法相结合的研究手段，构建了评价指标体系，并对具体指标进行了说明与解释。第5章通过绘制装配式钢结构建筑施工流程图，对施工能耗进行全面分析，建立计算模型，利用VB6.0制作能耗计算程序；进行施工过程中非绿色因素分析，提出四节能一环保的绿色施工专项方案。第6章基于层次分析法，建立各个评价指标的权重系数，同时尝试利用BP神经网络的方法，对评价体系中的主体结构 and 围护结构下的指标进行分析和预测。第7章结合装配式钢结构建筑施工与安装评价指标相关的现行规范、标准以及国家、行业和地方出台的相关政策，提出了装配式钢结构建筑施工与安装技术评价指标的具体评价标准及具体评价方式；进而建立了基于灰色聚类和基于模糊隶属度原理的评价模型，并通过举例验证了评估模型的实用性。第8章详细介绍了利用VF编制装配式钢结构建筑施工与安装技术评价可视化界面的过程及软件的使用方法。

本书的研究成果是在国家“十二五”科技支撑计划课题的资助下完成的，在编写过程

中参考并引用了已公开发表的文献资料和相关教材与书籍的部分内容，并得到了许多专家和朋友的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书是课题组开展装配式钢结构建筑施工与安装技术评价体系研究工作的总结。在课题研究过程中，研究生张德冰、郑海涛、徐伟、孟凡文等协助作者完成了大量问卷调查的发放、收取、数据处理及分析工作，黄妍、刘琪参与了本书稿的校对工作，他们均对本书的完成做出了重要贡献。作者在此对他们付出的辛勤劳动和对本书面世所作的贡献表示诚挚的谢意。

由于作者的水平有限，书中难免存在不足之处，某些观点和结论也不够完善，恳请读者批评指正！

张海霞、许伟、李帼昌

2018年3月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 国外研究现状	2
1.2.2 国内研究现状	5
1.3 本书的研究内容	9
本章参考文献	9
第2章 评价方法	12
2.1 层次分析法	12
2.1.1 概述	12
2.1.2 层次分析法的运用步骤	12
2.2 灰色聚类分析法	14
2.2.1 灰色关联聚类	15
2.2.2 灰色变权聚类	15
2.2.3 灰色定权聚类	17
2.3 关联矩阵法	17
2.3.1 关联矩阵法概述	17
2.3.2 关联矩阵法的分析步骤	18
2.4 神经网络	19
2.4.1 人工神经网络	19
2.4.2 BP神经网络基本方法	20
2.5 本章小结	22
本章参考文献	22
第3章 装配式钢结构建筑施工与安装技术评价体系分析	24
3.1 评价的内涵	24
3.1.1 技术评价含义	24
3.1.2 建筑施工技术评价含义	25
3.2 评价体系结构分析	27
3.2.1 评价依据	27
3.2.2 评价原则	28

3.2.3 评价主体和内容	29
3.3 评价体系空间维度分析	29
3.4 评价等级及含义	32
3.5 本章小结	32
本章参考文献	32
第4章 基于层次分析法的技术评价指标体系的构建	34
4.1 目标层的构建	34
4.2 准则层的构建	34
4.3 指标层的构建	34
4.3.1 技术性能指标	34
4.3.2 技术性能指标之质量控制模块	37
4.3.3 技术性能指标之安全控制模块	44
4.3.4 经济性能指标	47
4.3.5 绿色可持续性指标	49
4.3.6 产业政策效应指标	52
4.4 本章小结	55
本章参考文献	55
第5章 装配式钢结构建筑施工能耗	56
5.1 施工能耗分析与计算	56
5.1.1 施工流程图	56
5.1.2 施工能耗的构成与分析	61
5.2 施工能耗指标建立及计算	66
5.2.1 编程界面的制作	66
5.2.2 使用方法	68
5.3 绿色施工专项方案	73
5.3.1 非绿色因素分析	73
5.3.2 专项方案	78
5.4 本章小结	85
本章参考文献	85
第6章 评价指标权重的计算与分析	87
6.1 权重系数的计算方法	87
6.1.1 判断矩阵的建立	87
6.1.2 判断矩阵一致性检验	88
6.2 各层评价指标的权重系数	89
6.3 基于BP神经网络的主体结构 and 围护结构评价指标的权重系数	97
6.3.1 主体结构指标权重系数预测	97

6.3.2	围护结构指标权重系数预测	105
6.3.3	权重系数预测结果分析	114
6.4	本章小结	116
第7章	装配式钢结构建筑施工与安装评价模型	117
7.1	指标评价标准	117
7.1.1	技术性能指标	117
7.1.2	经济性能指标	126
7.1.3	绿色可持续性指标	129
7.1.4	产业政策效应指标	136
7.2	施工与安装技术评价模型的建立	137
7.2.1	基于灰色聚类的评价模型	137
7.2.2	基于模糊隶属度原理的评价模型	141
7.3	本章小结	143
第8章	评价体系界面的开发	144
8.1	编程软件的选择	144
8.2	主程序的创建	144
8.3	表单及页框结构的创建	145
8.4	界面设计与功能开发	148
8.5	本章小结	155
附录	156

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景及意义

建筑业是我国的支柱产业之一，是为国民经济、社会发展服务的重要产业。近几年来，随着国家全面深化改革的实施和新型城镇化建设进程的加快，对建筑行业提出了转型升级的新要求，而建筑业的转型升级，必然带来行业生产方式的重大变革。以往我国传统的建筑业生产方式以手工操作为主，使得施工现场制作多，湿作业多，材料浪费多，高空作业多以及扬尘、噪声等环境污染严重，这些问题一直制约着建筑业的快速发展。为了加快建设速度，降低劳动强度，提高施工质量和劳动生产率，彻底改变传统高消耗型生产方式，就必须发展建筑工业化。相较而言钢结构建筑是一种绿色建筑，容易实现设计的标准化、构配件生产的工厂化、现场施工的装配化，最适合预制装配式的工业化建造方式。数据显示，钢结构相对于传统混凝土建筑，得房率增加 5%~8%，施工效率提高 4~5 倍，建设周期缩短 1/3，碳排放量减少 35%，现场作业人数减少约 60%。由此可见，在这个大变革时期，钢结构工业化建筑作为转型方向之一已经越来越明朗。钢结构工业化建筑不仅可以提高建设效率、提升建筑品质，而且可以引领现代建筑建造新模式，促进建筑产业向绿色、节能、可持续的方向发展，真正实现建筑建造技术的根本转变，推动我国经济的国际化发展。

装配式建筑是指预制部品部件在工地装配而成的建筑，其具有标准化设计、精细化设计、工厂化生产、装配式施工、一体化装修、信息化管理六大特征。装配式钢结构建筑最早以装配式钢结构住宅体系的形式源于欧美，近几十年的发展，已经形成一整套十分成熟的技术，并在日本得到了进一步的研究和开发，使之成为 21 世纪改善人类居住环境的理想产品^[1-2]。

在英国，装配式钢结构住宅结构体系根据其构件预制单元的工厂化程度从构件到整体单元的不同被划分为三个等级：

1) “Stick” 结构：钢构件在工厂进行加工制作后运输至现场再用螺栓或自攻螺栓进行连接；

2) “Panel” 结构：将钢构件的主体结构、墙、屋面板等围护结构在工厂内进行预制，再运输到施工现场进行安装；

3) “Modular” 结构：将整个房间设计为一个预制单元进行生产，再运输到施工现场进行拼装。

在法国，住房部于 1978 年提出钢结构工业化住宅体系的概念，经历了 30 年的发展目前已经成功过渡到钢结构住宅应用体系^[3]。

典型的欧美装配式钢结构住宅采用的是轻钢龙骨体系。该体系的承重墙体、楼盖、屋

盖及围护结构均由冷弯薄壁型钢及其组合件组成，通过螺栓及扣件进行连接，一般适用于3层以下的独立或联排住宅。作为“密肋型结构体系”之一，轻钢龙骨住宅主要具有以下优点：①自重轻、基础造价和运输安装造价低；②各种配件均可工厂化生产，精度高、质量好；③房间空间大、布置灵活；④良好的抗风和抗震性能；⑤施工安装简单、施工速度快、建筑垃圾少、材料易回收；⑥室内水电管线可暗藏于墙体和楼板结构中，可保证室内空间完整；⑦不需要二次装修。

国内装配式钢结构住宅的主要结构形式和对装配式钢结构住宅体系的研究起步较晚，直到1994年才正式提出住宅产业化的概念。经历20多年的快速发展，我国现阶段装配式钢结构住宅体系的主要发展方向可分为低层轻钢装配式住宅和多、高层轻钢装配式住宅两类。结构形式较为多样，按照受力体系主要有：框架—支撑体系、纯框架体系、交错桁架体系、框架—核心筒体系、框架剪力墙体系等。近几年来，由于我国大力推进建筑工业化的发展，新型装配式钢结构体系层出不穷，如北新集团研制的北新薄板钢骨住宅体系、宝业集团改进开发的一种新型分层装配式支撑钢结构体系、远大集团开发的节点斜撑加强型钢框架结构体系、杭萧钢构的钢管束组合结构体系、宝钢的装配式钢结构住宅技术体系（二代产品）、SI技术体系、同济大学的束柱结构体系、卓达集团的模块化轻钢结构住宅体系（SIP）等，大大加快了现场施工速度。

然而，装配式钢结构建筑的发展离不开有效的管理和相应技术的评价手段，目前现有的评价方法主要集中于建筑完工后工程质量的合格与否，结构的安全可靠性检验等，缺乏对整个建筑施工过程的评价与控制，而对国内尚属新兴技术的装配式钢结构建筑施工技术评价方面的资料更是很少，对整个建设周期内的控制也缺乏深入的研究。故此，有必要对装配式钢结构建筑建造过程中的新技术、新方法和新工艺以及应用其带来的各种效益进行评价，以促进装配式钢结构建筑的发展，同时为装配式建筑施工过程的管理做有益的补充和完善，更为监督机构以及建设决策者提供一定的参考意见。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

1. 评价体系方面

在欧美等发达国家和地区，质量概念已经不仅仅局限于产品质量本身，质量评价也不单单是对产品性能的评价，而是包括对产品、业绩及过程进行评价的综合过程，其目标也不在于得出一定的评价结果，而更注重通过质量评价来促进质量的持续改进，从而提高企业或行业的质量水平，为此，国外学者提出了基准评测的概念。Fisher等指出持续改进是全质量管理（TQM）的基本原则之一^[4]，为了衡量持续改进的程度以及持续改进策略是否成功，需要确定一定的“函数”，通过实际状态函数值与特定状态函数值的比较得出对成功程度的判断，这个过程即为“基准评测”。基准评测最先应用于制造业，它被认为是一种广义上的竞争力分析，在日本、美国、英国等国家的多个行业领域中得到了广泛的应用^[5]。然而，国际基准评测情报交换中心的研究表明，由于缺乏适当的评测标准，在建筑业中应用基准评测方法仍需较长时间。国外学者Belle、Hamiton、Winch、Kaka及Garnett

等从项目质量改进、国家、产业之间比较等对基准评测方法在建筑业中的实际应用进行了论述，其中 Garnett 和 Pickrell 综合 Camp、Codling、Coppers 和 Lybrand 等学者的研究成果提出了建筑业应用基准评测的“七步模型”^[6-10]，

- (1) 研究是否需要变革、是否已经做好变革的准备以及由谁来负责组织变革。
- (2) 基准评测是否一直进行下去，考察相关的人、材、机等资源是否已经具备。
- (3) 识别评测对象。分析组织的业务水平和业务范围，确认关键成功因素。
- (4) 基准评测设计。确定基准评测的类型、具体参与人员以及前期研究框架。
- (5) 数据收集与分析。首先分析可以从组织中的哪个部门获得所需的数据，进一步完善和细化数据收集方法；然后进行数据收集并对获得的数据进行分析和必要的交流，确定最佳操作方法。
- (6) 实施。根据上一步确立的基准确定改进目标并对过程进行监控与调整。
- (7) 反馈。分析现有的检查和持续改进战略，研究可引入基准评测的新领域。

该模型以评价为基础，以质量改进为核心，其实施的关键和难点在于确定最佳操作方法。通过分析过程了解目标的问题所在，为评价目标的控制和改进提供建议与参考。基准评测由于建筑业的分散性以及项目建设的一次性等特点，如由单个建筑业企业依靠自己力量针对自身业务实施基准评测过程，投入较大且收效甚微。为此，英美等国出现了一些基准评测咨询组织，如休斯顿商业圆桌组织等，以第三方身份对企业实施基准评测并向会员提供有关的信息和服务。一个完整的基准评测过程，不仅包括质量评价活动本身，还包括了评价成果的应用与反馈，以及质量改进过程。从这个过程来看，20世纪80年代末期至90年代初期在新加坡和我国香港诞生的建设工程质量评价体系可称得上是基准评测方法应用于建筑业的成功示例。与基准评测方法在欧美国家建筑业由学术界研究至行业应用的发展途径不同，新加坡和香港的工程质量评价是由政府管理部门推行的，其评价成果也主要为当地的政府管理部门所用，并通过与政府部门管理措施和有关政策的结合，对当地的建筑业质量改进和水平提高起到了重要的推动作用。

20世纪末，新加坡建筑业飞速发展，建筑工程量不断增大，同时建筑工程屡屡出现质量问题，为了改变建筑工程质量水平低下的局面，新加坡建筑主管部门采取了一系列的措施，1989年开始推行 CONQUAS 体系，1990年推行与 CONQUAS 体系相配的建设工程质量奖励方案 (Bonus Scheme for Construction Quality, BSCQ)，1994年开始对从事不同规模工程的承建商提出相应的 ISO 认证要求。在上述措施中，CONQUAS 体系的建立核实现性具有重要的导向作用，其影响非常深远。

CONQUAS 体系自提出和实施以来，一共经历了四次修改，目前，该体系的有效版本是 2000 年发布的 CONQUAS 21 版，通过政府部门、相关机构、承建商、发展商等多方磋商讨论并反复修改，CONQUAS 体系的评定标准集中体现了质量法规和技术规范的要求，而且始终随着工程技术的不断完善，可使用不同类型的建设工程，其评价内容主要包括，结构工程、装饰装修工程和机电工程三个部分，将各大项又分别分为若干小项，然后对各小项赋予不同权重。各部分的评价均按照工程的进度分段进行，评价过程一般包括抽样、现场检查 and 评价及评分，现场评分结束后，评价人员统计首次评价中记为合格的检查数量项目，与实际检查项目数目总数相比，得出该部分评价的百分之得分，最后根据各个部分评价的得分和相应的权重，汇总计算出项目的 CONQUAS 分数。该体系结合相应

的激励惩罚措施,实现了对建筑工程的有效管理和控制^[11-14]。表 1-1 为 CONQUAS 体系评价各部分的权重系数,该权重系数综合考虑不同建筑类型、不同部分的造价比例和适用性要求。

CONQUAS 体系权重系数

表 1-1

评价部分	A 类商业、工业及其他	B 类公寓及其他	C 类公共住宅	D 类地产
结构工程	30%	35%	45%	40%
装饰装修工程	50%	55%	50%	55%
机电工程	20%	10%	5%	5%
合计	100%	100%	100%	100%

根据此种评价模式,国外学者塔姆指出,施工管理团队的管理经验和施工人员的质量意识是工程质量管理中两个最重要的因素,而这两个因素究其根本是企业文化在工程施工、组织管理与相关人员身上的体现,因此若想从根本上提高工程质量管理,应该首先从以上两点入手,这也是质量改进的原动力,同时也正是推行质量评价体系的目的所在^[12-14]。

2. 施工能耗方面

随着世界能源危机的加剧,节能环保问题日益成为人们关注的焦点。根据国际能源署关于不同部门二氧化碳排放量的统计数据显示,碳排放量最高的三大领域分别是建筑业、工业、交通运输业,其中建筑业的二氧化碳气体的排放量占人类温室气体排放总量的 30%~50%^[15],这一比例远远高于工业和交通运输业,由此可见,建筑业是降低二氧化碳排放量的关键领域。相关学者通过对建筑物二氧化碳排放量的调查得出:建筑物二氧化碳的排放量与能耗基本成正比。因此,通过降低建筑物能耗能够达到减少二氧化碳排放的效果,可以取得节能与环保的双赢。

国外对建筑施工能耗的研究起步较早,绿色施工的推广应用研究比较成熟,绿色施工作为建筑施工企业可持续发展的主要途径,其理论可追溯到 20 世纪 30 年代。当时,美国建筑师富勒将“少费而多用”的思想为绿色施工奠定了理论基础,该思想主要指充分利用有限的物资资源,在满足人类日益增长的生存需要的同时逐渐减少资源消耗^[16]。由于全球资源浪费与环境恶化已经愈演愈烈,世界各国已经注意到绿色施工的重要性与紧迫性。

1993 年,学者 Charles J. Kibert 首次提出了可持续在施工中应用的概念,深入研究了可持续如何应用于施工中节约能源、减少排放,为可持续施工的发展奠定了基础^[17]。

1997 年,学者 Adalbert 对北欧地区常用建筑物能耗的研究表明:在建筑物 50 年的寿命中,建筑材料的内含能占建筑物全生命周期能耗的 10%~15%,对一些注重减低使用能耗的建筑来说,建筑材料的内含能量可以达到建筑总能耗的 60%^[18]。

1999 年,学者 Harris 研究发现,建筑物中使用的外围绝热材料不一定越厚越好,当建筑外围绝热材料超过一定的尺寸后,采用过厚绝热材料减低建筑能耗的方法将得不偿失^[19]。

2001 年,学者 T. Y. Chen 分析了我国香港的两栋高层住宅建筑的能耗,并对比了其能量消耗的具体情况,结果表明钢材是能量消耗最大的建筑材料,为减少建筑物能耗的研究奠定了基础^[20]。

2008年,学者 A. Dimoudi 对建筑物中的不同建筑材料所起的作用大小进行了能量换算对比分析,结果表明钢筋及混凝土占建筑物总内能的 59.5%~66.7%,同时比较了建筑物建造能耗与建筑物运行能耗,约占 50 年运行总能耗的 12.5%~18.5%^[21]。

2010年,学者 Jamie Goggins 采用爱尔兰数据资料,利用能耗计算模型计算了钢筋混凝土建筑的建造能耗,结果显示:混凝土的能耗占总能耗的 70%左右,如果在混凝土中添加高炉矿渣水泥,能够很大程度降低混凝土的能耗量,对研究细部材料对施工能耗的影响奠定了基础^[22]。

2011年,Hasim Altan 就内含能和二氧化碳的排放量,对我国台湾地区的钢筋混凝土结构、钢结构和木结构所用的建筑材料进行了研究,结果表明:木结构比较适合于台湾的建筑环境^[23]。

2012年,新加坡颁布了绿色施工标准,新加坡环球影城就是通过一系列施工标准如节约施工材料、节约施工用水、施工用电、施工机械以及施工人员管理,降低了建筑施工的能源消耗;德国主要利用政策手段,规定建筑只有经过设计师论证已经达到标准后,才可以领取建筑许可证。在新建筑的节能效果达到标准、满足要求之后才可以领取使用许可证;英国则是通过建筑法规,规定了墙体、窗户、楼面和屋面以及建筑总外表面积的最大能耗值,规定计算用能率必须满足目标值。

2014年,Taehoon Hong 为了评估能源消耗和温室气体排放量,研发了一个基于 LCA 的输入输出模型,并利用所建立的模型对某住宅楼工程进行分析,结果表明:材料制造阶段的能源消耗和温室气体排放量是最大的,材料制造,运输和现场施工阶段的能源消耗分别占施工阶段能耗的 94.89%, 1.08%和 4.03%^[24]。

1.2.2 国内研究现状

1. 评价体系方面

我国 20 世纪 90 年代中期起,一些国内学者对于建设工程质量的评价方法和数学模型进行了研究。郑周练等指出通过划分质量等级来对工程质量进行评价具有模糊性,因而构建了应用模糊数学理论评判工程质量的数学模型。模型中一一确定了基本项目和允许偏差项目在各种条件下的模糊隶属函数,依据隶属函数得出基本项目和允许偏差项目的模糊评判矩阵,根据最大隶属度原则对基本项目和允许偏差项目的质量等级进行模糊综合评定,并在此基础上对分项工程、分部工程、单位工程的质量等级进行模糊综合评判^[25]。李田、雷勇、陶冶等除提出类似的模糊综合评判基本模型外,还分别给出了实施模糊综合评判方法对工程质量进行评价的实例,并就工程质量评价实例计算过程中涉及的权重问题提出自己的见解^[26-28]。李田认为在模糊综合评判中,权重是至关重要的,它反映了各个质量影响因素在综合评判中所占有的地位或所起的作用,并直接影响到综合评判的结果^[26]。陶冶等指出模糊综合评价中可以根据实际需要和各种评价模型的特点,选取比较适宜的方法来生成权重^[28]。上述文献中的权重主要是根据专家的经验判断直接确定,其客观性和合理性值得商榷。周焯华、刘迎心、吕云南、梁爽等则在应用模糊数学理论的基础上,引入了层次分析法来构建项目质量评价指标体系并计算指标的权重^[29-32]。通过数学变换得出的权重结果更客观地吸收了专家的经验 and 意见,从而提高了模糊综合评判模型的可靠性。除在建设工程质量评价中引入新的数学方法之外,国内学者也对评价的对象和内容即建设工程

质量进行了一些探讨。陶冶等提出将建筑工程质量分为设计质量和施工质量。周焯华等提出现有质量评价方法不符合工程质量的系统性、模糊性和客观性要求,应运用质量学原理,以系统层次分析法和模糊综合评价法为技术手段对工程质量及其内涵进行全面客观的分析与评价^[29]。刘迎心等提出应从工程项目实体质量、质量保证资料、工程观感质量、设计质量以及对环境影响等因素入手,对工程质量进行综合评判和控制^[30]。这些观点较对建设工程质量的一般认识有所深入,但仍未能从整体的、系统的、全面的角度理解建设工程质量的概念及其评价采用的方法。此外,上述多以得出工程质量等级评定结果为目标,而评定结果只是一个水平体现,对于结果较为相近的项目评定存在一定的偏差,例如评价的两个工程实际质量水平差距不大,但二者评价结果恰巧处于某个评价等级的分界点,这样就造成了两个工程评价等级的差别,而此评价并不能反映工程之间的真实差距,评定等级的方式以及理论偏重于讨论项目质量评价方法的科学性,较少涉及对质量评价制度以及宏观质量数据的研究和探讨。

近年来,随着我国工程质量监督体制改革的展开和不断深化,一些国内学者从保证评价结果客观性和公正性的角度,对我国现行的建设工程质量等级评定制度及评价模式进行了分析和研究。何伯洲等提出建立一种以用户评价为主,建筑业协会提供组织技术支持的新型评优机制,将工程质量监督机构彻底从评优工作中解放出来,新的评优组织应包括施工单位、设计单位、监理单位、质量检测单位和工程质量监督机构^[33]。顾胜提出由建设方组织由建设、监理、施工三方组成的综合打分小组评定单位工程的观感质量,综合三方评价结果得出工程质量评价结果的方式^[34]。

上述为国内学者对建设工程质量评价的数学方法和评价模型进行了较为深入的研究,取得了有益的成果。然而,数学方法是工具,评价模型是基础,要对建设工程质量进行全面的、科学的评价,而不能仅仅依靠方法和所建立的模型。尽管国内研究中提出的评价方法和评价模型都臻于完善;然而由于这些模型和方法多以建设工程项目的安全性或施工质量评价为出发点,对建设工程质量缺乏宏观的、系统的和整体的考虑,并且由于缺乏对政府管理部门工作需要的分析,导致模型和方法在实际应用和操作上存在一定难度。

国内目前关于建筑工程评价体系应用比较好的是香港的 PASS 体系(承建商表现评分系统),该体系由香港政府制定,评价工作由香港房屋委员会管理和执行,其评价结果与相应的政策相结合,推动了香港建筑工程质量水平的提高。20 世纪中后期,香港经济飞速发展,为了改善香港民众的住房问题,香港政府修建了大量公共房屋。但是由于缺乏有效的质量管理体系,并且过度关注公屋的建设数量,导致这一时期建设的公屋质量水平参差不齐,质量问题颇多,这个问题当时并未引起重视,但在公屋投入使用后,各种质量问题凸显出来,过高的维修、维护费用使得香港政府意识到建筑工程管理的重要性。为此,香港政府学习新加坡 CONQUAS 评级系统,于 1991 年建立了“承建商表现评分系统”(PASS—Performance Assessment Scoring System),目的就是控制在施工和后期维护上对承建商行为进行考核和控制,对各类建筑承建商的施工水平和产品质量水平进行评价判断,同时作为建筑水平的依据,可为表现优异的承建商给予更多的投标机会^[35]。

PASS 系统由三部分组成:输出评分、投入评分和保修期评分。从对承建商评价因素这个角度看,PASS 系统较国内其他的一些评价理论更加全面,不仅考虑了施工阶段的质量反馈,同时对这个工程的经济性(比如工期、进度等方面)以及工程完工后的维修保修

等有所考虑，PASS 系统的评价框架如图 1-1 所示。

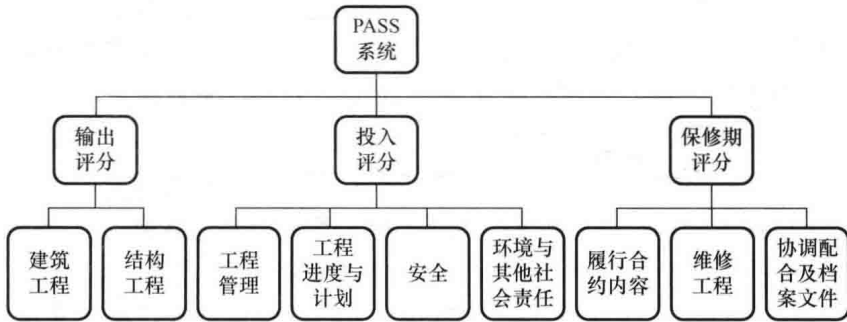


图 1-1 PASS 体系评价框架

PASS 系统输出评分由建筑工程与结构工程两部分组成。建筑工程指标的构成主要包含地面、内墙、外墙、顶棚、窗、上下水管道、预制构件、防水等。结构工程指标的构成主要包含钢筋、模板和脚手架、混凝土外观质量、现场施工质量和检测。投入评分由安全、环境和其他社会责任、工程进度和计划、工程管理四部分组成。投入评分用于衡量承建商的现场综合管理能力，按季度进行。安全评分为每季度 2 次；环境、工程进度和计划以及工程管理三部分评分分别为每季度 1 次。保修期评分由保修期内承建商应履行合约的内容、维修工程、协调配合及档案文件三部分组成。保修期评价用于工程竣工验收至保修期内的评价（保修期为 2 年）。保修期评分为每季度 1 次。PASS 体系的评分程序是施工现场工程师在评价系统中输入工程进度。施工现场与房委会联网，共用一套 PASS 系统。房委会官员在现场评价系统中随机抽样，并将抽查到的房间按顺序编号。承建商代表出席时实施评估。房委会项目组官员和项目评估组官员（PAT）分别将评价结果填入评分手册，将评价结果输入电脑系统。我国香港 PASS 系统通过十几年的不断完善已逐渐成熟，其作为评定公共建筑质量的标准方法对香港建筑质量的提升起到了巨大的推动作用。与新加坡 CONQUAS 评价体系相比，我国香港 PASS 系统更细致，考虑了涉及质量的更多方面，不仅包含施工阶段，还考虑了施工后的保修期、施工各个责任方的影响，总体偏向于整个工程寿命内的各个方面的管理控制。

深圳市建筑质量评价体系则考虑了涉及质量的更多方面，不仅包含施工阶段，还考虑了施工后的保修期、施工各个责任方的影响，总体偏向于整个工程寿命内的质量控制。评价内容不仅包含项目评价、承建商评价、分包商评价，还包含监理单位、建设单位、设计单位、勘察单位、检测单位、审图机构的评价。评价结果更为丰富，除针对评价内容得到的结果外，还可得到深圳地区的房建工程质量状况、公共建筑工程质量状况、市政工程质量状况、燃气工程质量状况、各方责任主体行为质量状况及行业质量状况等。评价指标的权重设计建立在一定的数学理论基础之上，应用层次分析法、调查问卷等方式进行权重的计算，较 PASS 系统更具科学性和可靠性。

综上所述，目前评价体系均是对工程质量，绿色施工等方面的研究，缺乏对新技术应用于整个建筑施工过程的评价与控制，而对装配式钢结构建筑施工与安装技术评价方面的资料更是很少，对整个建设周期内的控制也缺乏深入的研究。

2. 施工能耗方面

目前国内学者主要研究了建筑物全寿命周期的能耗，尤其是建筑在运行阶段的能量消

耗。对于施工阶段的能量消耗,我国研究仍处于起步阶段,相关研究很少,也没有规范的计算模型。在计算施工能耗时很少能完整和全面的研究施工的初始能耗、能量消耗路径以及计算方法。因此,目前我国研究学者在这个领域的研究仍处于滞后阶段。我国正在积极推进绿色施工和生态施工,力争在施工中将能耗降到最低。随着绿色建筑体系的深入研究,我国的研究体系也在逐渐趋于完善,研究也在逐渐深入。

2002年,甄兰平以系统工程原理为基础,深入研究了住宅建筑全生命周期的评选程式,运用多层次模糊综合评价建立了东北地区节能方案的表达式,评价了全生命周期中建筑物的能耗情况^[36-37]。

2003年,黄志甲针对一次能源开采和部分二次能源生产建立了能源上游阶段清单模型,对柴油、汽油、电和燃料油进行了清单分析,同时也对水泥、石灰、灰砂砖、粉煤灰砌块以及一些经常使用的围护结构进行了清单分析,为相关领域的研究奠定了一定的数据基础^[38]。

2006年,李思堂主要从建筑材料的角度分析了建筑施工初始能耗的计算过程,分析了大型项目建设初始能耗的概念,并对集成图进行了分析,为大型项目施工能耗的计算奠定了基础,得出节能减排的主要途径是降低主要建筑材料的生产能耗及降低建筑材料的使用量^[39]。

2007年,《绿色施工导则》作为推广绿色施工的重要导则,为推行四节一环保起到核心指导作用,在此基础上颁布了《建筑节能工程施工质量验收规范》,能够更好地监督施工能耗的管理工作。

2008年,杨克红、张根凤、孙永强等为提高环境保护意识,提出在建筑施工现场环境应达到标准,施工企业应积极推行绿色施工技术。应该重点控制相关环境指标如建筑材料、污水处理、施工粉尘、施工设备等,在全过程中对施工进行低碳控制。为达到上述要求,应根据实际情况建立绿色指标评价体系,加大施工管理力度。相比混凝土建筑,钢结构的优越性很强,对其热工性能的研究是目前最主要的研究问题之一^[40-42]。

2009年,祁翠琴、冯向东等人初步分析了公路工程施工过程中的节能减排问题。通过改进施工技术降低了施工能耗,对施工资源的回收利用起到关键作用,并指出我国应该将绿色施工纳入法律条规以及激励措施促进绿色施工的推行^[43-44]。

2010年,朱嫵、陈莹利用住宅建筑生命周期能耗及环境排放模型对实际工程实例进行了计算分析,计算结果表明建材开发生产与建筑施工两阶段能耗在全生命周期中所占比例最大,达到了80%左右^[45]。Hui Yan等人分析了建筑材料在生产与运输以及资源开采过程中的能量消耗。研究表明,钢筋和混凝土的能源消耗在整个建筑全生命周期中所占比例最大^[46]。

2012年,金珍宏在对白鹤滩水电站施工期能耗进行分析(主要涉及主体及临建工程施工、施工辅助生产系统、施工临时建筑、施工管理区及工程建设生活区等项目的主要用能设备、能耗种类、能耗分布点、负荷水平)时提出了单位工程量能耗、能耗总量及分年度能耗量的分析方法,为建筑物施工能耗的分析提供设计借鉴^[47]。

2013年,薛洁静针对建筑施工污染严重、能耗巨大等问题,介绍了慈溪大剧院项目在绿色施工与节能减排方面采取的技术措施,以及此项目多个主要绿色施工技术在施工过程中的应用,体现了绿色施工所带来的经济效益与社会效益^[48]。

2014年,靳连晨在浅谈工民建施工节能技术一文中论述了建筑施工能耗的表现形式以及对环境的影响深度,优化了施工措施,得出如下结论:只有全方位采取节能措施,加强对建筑材料运输、施工全过程的控制,才能将建筑施工初始能耗降低,降低其对环境的影响,达到低碳施工的要求^[49]。刘庆龙阐述了施工过程分析法、现场实测法、投入产出法三种施工能耗分析方法,提出了施工能耗定额评价体系,并在此基础上提出了节能施工的措施^[50]。

研究表明:在建筑物全生命周期能耗中,建筑物的施工初始能耗占20%左右,在低能耗建筑中,施工初始能耗所占比例高达60%。只有全方位采取节能措施,加强对建筑材料运输、施工全过程的控制,才能将建筑施工能耗降低,同时降低其对环境的影响,以达到低碳施工的要求。

1.3 本书的研究内容

本书首先对与建筑工程施工安装技术评价体系相关或者类似的国内外现有文献进行了回顾,并对这些文献进行深入研究,一方面总结了钢结构施工和安装与混凝土结构施工过程中的不同之处,归纳了装配式钢结构的技术特点,另一方面,了解了国内外关于钢结构建筑的发展状况。其次,本书简要介绍了几种评价方法,为装配式钢结构建筑施工与安装技术评价体系的建立奠定理论基础。第三,本书针对装配式钢结构建筑的特点以及工业化建造技术的发展,深入讨论装配式钢结构建筑工业化建造施工与安装技术的评价模型和评价机制,结合技术评价理论,建立了以性能、经济、政策为基础导向的评价模型,围绕此评价模型从施工技术和技术评价两方面着手,就技术性能、经济性能、绿色可持续性和产业政策效应方面的评价开展深入分析,同时采用灰色聚类和层次分析法相结合的方法,构建评价体系的准则层和指标层,并采用专家问卷调查的方式,确定各个指标的权重系数。第四,本书依据装配式钢结构建筑建造特点,绘制施工流程图,对施工能耗进行全面分析,建立计算模型,结合施工流程图,利用VB6.0制作了民用钢结构建筑施工能耗计算程序,便于装配式钢结构建筑工业化建造施工能耗的计算。进行装配式钢结构建筑施工过程中非绿色因素的分析,提出装配式钢结构建筑“四节一环保”的绿色施工专项方案,为装配式钢结构建筑施工与安装技术提供有效的参考。

最后,利用编程软件将评价指标体系编制成钢结构建筑施工与安装技术评价体系的操作软件,为装配式钢结构建筑施工与安装技术的评价提供直观、便捷、智能的平台,为监督机构提供有效的参考。

本章参考文献

- [1] 樊则森,李张苗,鲁晓通. BIM技术在装配式建筑中的应用和实施方案. 建筑工业化装配式建筑网 <http://mp.weixin.qq.com/s/QLStHBAW05-Pqi7icVm2cQ>.
- [2] 卢俊凡,王佳,李玮蒙,郭嘉欣. 装配式钢结构住宅体系的发展与应用[J]. 城市住宅. 2014, (8): 26-29.
- [3] 曹杨,陈沸镔,龙也. 装配式钢结构建筑的深化设计探讨[J]. 钢结构, 2016 (31): 72-76.
- [4] Deborah Fisher, Suan Miertschin, David R Pollock. Benchmarking in construction industry