

姜早龙,吴晗,王家,等.免拆模框架结构建筑高质量建造管理[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2021,36(1):37-44.  
doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2021.01.006

JIANG Z L, WU H, WANG J, et al. High-quality Construction Management of Frame Structure Building with Non-demolition Template [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2021, 36(1):37-44. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2021.01.006

# 免拆模框架结构建筑高质量建造管理

姜早龙<sup>1,2\*</sup>, 吴晗<sup>1</sup>, 王家<sup>1</sup>, 杜命知<sup>2</sup>, 蒋文<sup>1</sup>

(1.湖南大学 土木工程学院,湖南 长沙 410082;2.湖南湖大建设监理有限公司,湖南 长沙 410082)

**摘要:**建筑行业的高质量发展需要建筑结构和建造管理的协同创新.首先,阐述了免拆模框架结构建筑的基本概念,初步分析了其实际应用情况;其次,在质量链和质量门模型理论研究的基础上,构建出了一种“工程总承包+全过程工程咨询服务”的高质量建造组织方式;最后,设计出了一种免拆模框架结构建筑的高质量建造管理流程,并从纵向质量链和横向质量链2个方面研究了其高质量建造管理目标的实现途径.研究成果能为免拆模框架结构建筑高质量建造管理目标的实现提供理论上的指导,客观上也可以推动这种新型装配式建筑的工程应用.

**关键词:**免拆模框架结构建筑;高质量建造管理;质量链;质量门;工程总承包;全过程工程咨询服务

**中图分类号:**TU375.4; TU712 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2021)01-0037-08

## High-quality Construction Management of Frame Structure Building with Non-demolition Template

JIANG Zaolong<sup>1,2</sup>, WU Han<sup>1</sup>, WANG Jia<sup>1</sup>, DU Mingzhi<sup>2</sup>, JIANG Wen<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;

2. Hunan Huda Construction Supervision Co., Ltd., Changsha 410082, China)

**Abstract:** The high-quality development of the construction business required the collaborative innovation of building structure and construction management. First, the basic concept of the frame structure building with non-demolition template was expounded. And the practical application condition of this building was analyzed initially. Secondly, on the basis of studying the theory of the quality chain and quality gate model, a high-quality construction organization method of “project general contracting+whole process engineering consulting service” was established. Finally, the high-quality construction management process of the frame structure building with non-demolition template was designed. And the way to achieve the goal of high-quality construction management was studied from two aspects of vertical and horizontal quality chain. The study results provided theoretical guidance for the realization of the goal of high-quality construction management of the frame structure building with non-demolition template. And it can also promote the engineering application of this new prefabricated building objectively.

**Keywords:** frame structure building with non-demolition template; high-quality construction management; quality chain; quality gate; project general contracting; whole process engineering consulting service

收稿日期:2020-02-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51308204)

\*通信作者,E-mail:jiangzaolong70@163.com

近年来,伴随着我国建造技术水平的大幅提升、人口老龄化现象的日趋严重,以及政府对装配式建筑的大力支持,我国的建筑产业正由粗放式的劳动密集型迈向精细化的技术集约型,“预制装配式”的建造生产方式正成为工程建设领域新的发展方向.本文研究的免拆模框架结构建筑是一种新型的装配整体式建筑,具有整体性好、生产便捷、施工快速、节能环保等优点,应用前景广阔.

高质量建造管理是指建造组织中的管理者,通过计划、组织、领导、协调、控制等多种方式,使基本安全与物理性能、用户体验性能以及可持续发展性能等综合建造指标高于行业平均水平的系统活动<sup>[1]</sup>.国内外相关的研究与实践,能够提高免拆模框架结构建筑全产业链上的建造水平,使其结构的可靠度趋近乃至高于既有的现浇式建筑.国外方面,Sanghavi 等<sup>[2]</sup>分析了 EPC(Engineering-Procurement-Construction,即工程总承包)模式在工程建设项目管理中的应用前景;Nahmens I 等<sup>[3]</sup>提出可应用精益建造的理念、技术以及工具等来提高装配式结构的可靠度;Kim 等<sup>[4]</sup>研究了精益建造和敏捷建造的理念对装配式建筑可持续发展性能的影响效应.国内方面,毛志兵<sup>[5]</sup>提出了一种新型的技术、装备与组织管理方法 QSEE,其能在建造全过程中提高质量(Quality)、保证安全与健康(Safety&health)、保护环境(Environment)以及提高生产效率(Efficiency).曹春光等<sup>[6]</sup>指出建筑行业高质量发展目标的实现,需要精益建造、数字建造、绿色建造以及装配式建造等手段作为内在驱动;孙军等<sup>[7]</sup>在工法经验的基础上研发出了一种新型的高质量建造体系 SSGF,其具有安全共享(Safety-sharing)、科技创新(Sci-tech innovation)、绿色可持续(Green&sustainable)以及优质高效(Fine&efficient)等特点.

目前,国内对免拆模框架结构建筑的研究侧重于基本受力性能、抗震性能以及施工过程等层面,建造管理方面则明显不足.为此,本文基于质量链和质量门模型理论,同时融合了“工程总承包”模式和“全过程工程咨询服务”方式,对免拆模框架结构建筑的高质量建造管理进行理论层面的研究,致力于提高其全产业链上的建造水平,确保结构可靠度设计目标得以真正实现.

## 1 免拆模框架结构建筑

### 1.1 基本概念

免拆模框架结构建筑由 3 类核心的结构构件——免拆模混凝土叠合柱(以下简称“叠合柱”)、免拆模混凝土叠合梁(以下简称“叠合梁”)以及免拆模混凝土叠合板(以下简称“叠合板”)相互连接而成<sup>[8]</sup>,如图 1 所示.

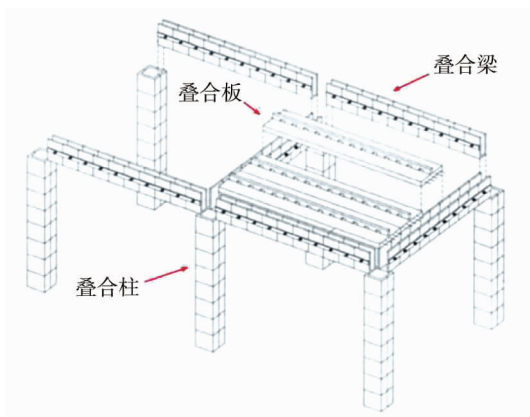


图 1 免拆模框架结构建筑

U 形素混凝土模块(以下简称“U 形模块”)是叠合柱和叠合梁上的预制构件.叠合柱和叠合梁上的永久模板由一定数量的 U 形模块通过榫卯构造相互咬合而成.永久模板、钢筋网架以及现浇混凝土在施工现场相互叠合形成整体.U 形模块上预留有孔洞,用来安装模块定位构件.叠合柱和叠合梁的细部构造如图 2 和图 3 所示.

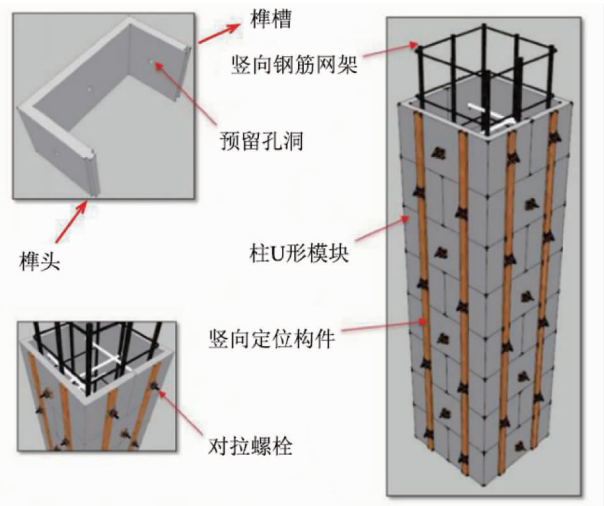


图 2 叠合柱的细部构造

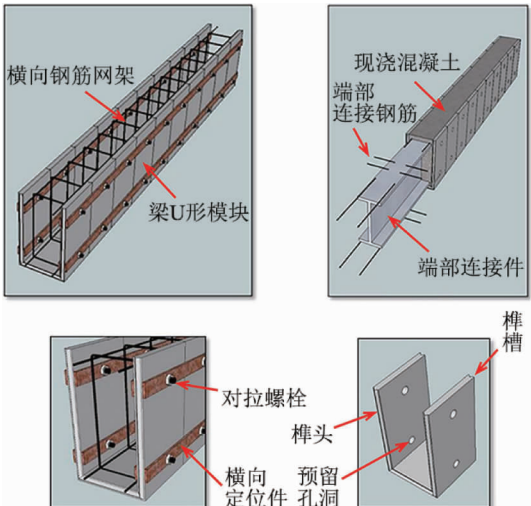


图 3 叠合梁的细部构造

PK 预应力混凝土带肋模板(以下简称“PK 模板”)是叠合板上的预制构件.叠合板底部的永久模板是由一定数量的 PK 模板相互拼合而成.永久模板、穿孔钢筋、折线钢筋以及现浇混凝土在施工现场相互叠合形成整体<sup>[9]</sup>.叠合板的细部构造如图 4 所示.

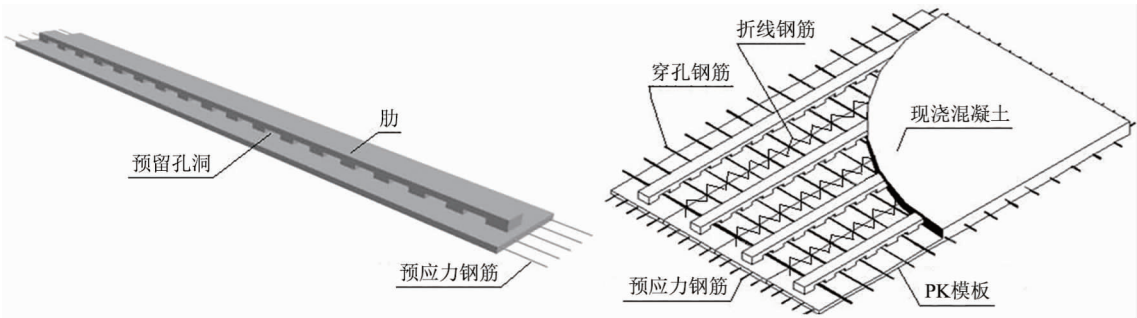


图 4 叠合板的细部构造

1.2 应用分析

免拆模框架结构建筑是对现有混凝土框架结构建筑的继承与发展,其在受力性能、工程设计、模板生产、吊装运输以及现场施工等维度都具有明显的应用优势,具体的分析如表 1 所示.

表 1 免拆模框架结构建筑的应用优势分析

分析维度	应用优势
受力性能	叠合梁端部的型钢连接件使梁柱节点处保持连续,提高了结构的整体受力性能
工程设计	各专业的图纸表达可沿用常规的设计习惯,学习成本较低,设计人员易于接受
模板生产	叠合柱和叠合梁上的 U 形模块为素混凝土材料,工艺简单,适合工厂大规模生产
吊装运输	U 形模块的尺寸、体积和自重较常规的预制构件小,受吊装和运输条件的限制较小
现场施工	现场施工时可少用临时支撑体系,同时减少模板拆除工序,有效缩短了施工工期

尽管免拆模框架结构建筑具有一系列明显的应用优势,但是目前却缺乏与之相适应的建造管理理论,制约了其进一步的工程实践应用.因此,对其高质量建造管理的研究,是现阶段推动这种新型装配式建筑由理论走向实践的关键.

2 高质量建造管理的理论基础

2.1 质量链模型理论

作为建筑产品的所有者和使用者,建设单位和使用单位会对建筑产品的品质提出宏观上的需求.在质

量链模型理论中,这种宏观上的品质需求可用质量特性指标进行细化分解.建筑产品的品质是质量特性指标信息在建造全过程中定向流动、协同耦合以及积累转化的最终产物.质量特性指标概念的引入,明确了建筑产品在各建造阶段上的品质需求.建筑产品的整个建造过程如同一条具有质量属性的链条,称为质量链<sup>[10]</sup>.质量链中定向有序流动的质量特性指标信息,称为质量流.

如图5所示,质量链是一种具有动态性、耦合性、系统性的多维链式结构.黄恒振<sup>[11]</sup>按照不同的维度,将质量链分解为横向质量链和纵向质量链.横向质量链是外部质量链,以质量流在各建造阶段之间的流动方向为维度,由图5中 $n$ 个阶段及若干横向链节点构成.纵向质量链是内部质量链,以质量流在各建造阶段内部各项工序之间的流动方向为维度,由图5中各阶段内部的 $m$ 道工序及若干纵向链节点构成.

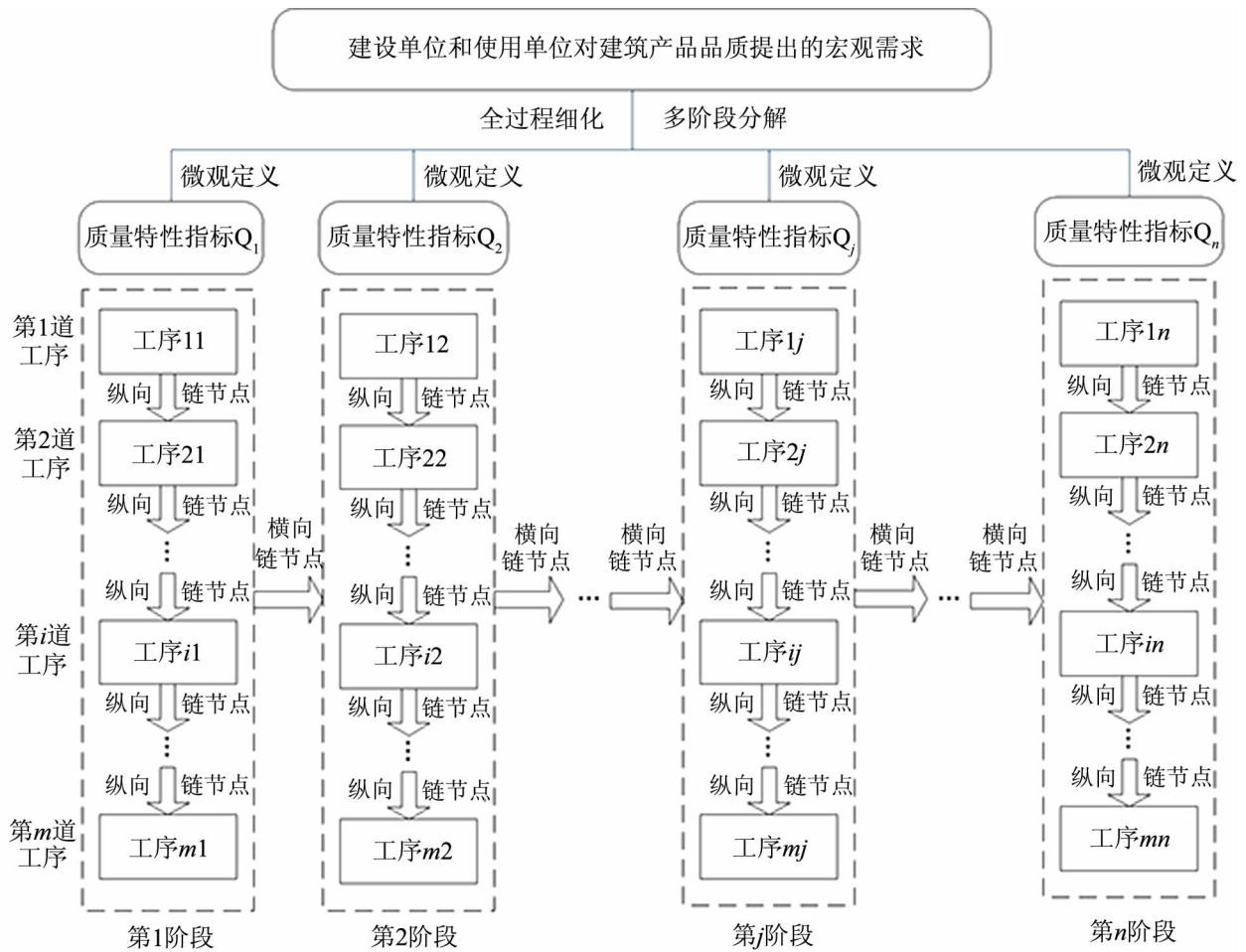


图5 质量链的简化模型

## 2.2 质量门模型理论

质量门是在建筑产品的建造过程中设置的一系列监控节点,用来评估当前建造阶段下的产出品质<sup>[12]</sup>.通常将整个建造过程划分为若干阶段,每个阶段对应唯一一道质量门,设置于当前阶段与后续阶段之间,如图6所示.在对产出品质进行评估时,既要着重考量当前阶段质量特性指标的反馈信息,也要适当兼顾后续阶段质量特性指标的需求信息.

若当前阶段的产出品质符合特定的标准,则可顺利进入到下一阶段;若当前阶段的产出品质尚未达到特定的标准,则须回溯至当前阶段仔细查明品质缺陷或潜在隐患.在对品质缺陷或潜在隐患深入分析的基础上,通过改进建造装备、技术、流程以及组织管理方法等来提高当前阶段的产出品质<sup>[13]</sup>.

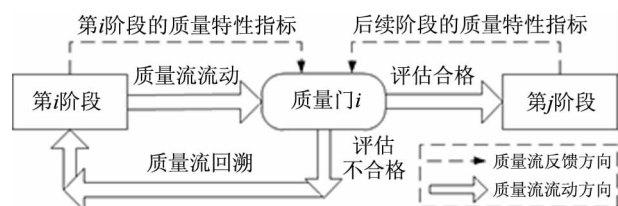


图6 第 $i$ 阶段与第 $j$ 阶段间的质量门 $i$



质量链和质量门模型理论分别从过程控制和结果控制2个层面阐述了提升建筑产品品质的方法.上述方法同免拆模框架结构建筑的建造生产方式相适应,可为其高质量建造管理的研究提供理论上的支撑.

### 3 高质量建造组织方式的构建

#### 3.1 建造组织方式的现状分析

免拆模框架结构建筑的建造生产方式由工程设计→设备及材料采购→现场施工的平行建造转变为结构研发→工程设计→模板生产→模板储放→模板运输→现场施工的耦合建造.多阶段、多参建方、多耦合的新型建造生产方式,加大了质量流在各阶段以及各参建方之间有效传递的难度.建造生产方式的转变需要相适应的建造组织方式.

在传统的 DBB(Design-Bid-Build,即设计-招标-建造)发承包模式中,各阶段以及各参建方之间过于分立,相互协作的集约化程度较低,并不适合免拆模框架结构建筑的建造.为避免建造产业链上出现质量链封闭乃至断裂的情形<sup>[14]</sup>,近年来“工程总承包”模式受到积极鼓励与推广,以求在集约化的建造组织下实现装配式建筑产品品质的预期目标.

在“工程总承包”模式下,工程建设项目前期的项目建议书、可行性研究以及初步设计的工作深度能够得到很大程度的提高,项目中后期的施工图设计、设备及材料采购、模板生产、模板储放、模板运输以及现场施工等众多阶段能够实现深度融合,理论上满足免拆模框架结构建筑精细化、集约化的建造要求.但是,免拆模框架结构建筑应用推广前期,结构研发水平还不成熟,建造产业链尚不完善,从业人员素质能力较低,市场利益存在恶性驱动,工程监理趋于边缘化等等,均会影响到“工程总承包”模式的实际效果,质量链封闭乃至断裂的情形仍会发生,难以真正达到建筑产品品质的宏观预期.

#### 3.2 高质量建造组织方式的构建

为应对“工程总承包”模式下可能出现的上述问题,打破质量链上信息流动的封闭界限,在对《房屋建筑和市政基础设施建设项目全过程工程咨询服务技术标准(征求意见稿)》研究的基础上,将“工程总承包”模式与“全过程工程咨询服务”方式融合,构建出一种“工程总承包+全过程工程咨询服务”的高质量建造组织方式.在这种建造组织方式下,建设单位、全过程工程咨询服务单位(以下简称“全咨单位”)以及工程总承包单位(以下简称“总包单位”)呈现“三足鼎立”之势,各负其责的同时又在相互制衡,共同推动免拆模框架结构建筑高质量建造管理目标的实现.

建设单位分别委托具有相应资质条件的总包单位和项目管理单位各自独立开展工程总承包和全过程工程咨询服务:项目前期由全咨单位负责项目建议书、可行性研究以及初步设计等专项咨询服务;项目中后期则由总包单位负责施工图设计、设备及材料采购、模板生产、模板储放、模板运输以及现场施工等阶段的工程承包;工程承包阶段的项目管理咨询服务也由全咨单位代为负责.在“三足鼎立”之下,建设单位承担着工程的首要责任,总包单位承担着工程的主体责任,全咨单位则对建设单位负责.

在高质量建造组织方式下,免拆模框架结构建筑产品品质的监管机制可分为宏观品质层级、信息集成层级以及微观品质层级,如图7所示.在宏观品质层级中,建设行政主管部门广泛向高等院校、科研院所、行业协会及企业单位等各方征集意见,通过商讨制定出相关的建设规定、管理办法、技术规范、标准以及图集等,为全咨单位的咨询服务提供具体依据.建设单位和使用单位根据工程的具体情况,向全咨单位提供建筑产品的宏观品质需求.在信息集成层级中,技术实力雄厚、项目管理经验丰富的全咨单位将建筑产品的宏观品质需求汇总、分解并细化到以数字技术(BIM、物联网、云计算、人工智能等)为基础的建筑质量链信息管理平台中,形成各阶段下主要的微观质量特性指标(如表2所示),作为衡量总包单位是否达到高质量建造的重要尺度.在微观品质层级中,结构研发单位首先需要确保研发阶段的产出品能够满足工程的具体要求;总包单位其次根据建筑质量链信息管理平台实时共享的质量特性指标要求,在高质量建造管理流程(如图8所示)中实现免拆模框架结构建筑的全过程集约化建造.最后,由全咨单位将各阶段的质量特性指标信息实时采集并汇总到建筑质量链信息管理平台中,而后依据特定的指标标准对总包单位各

阶段下的产出质品进行专业的评估与管理.

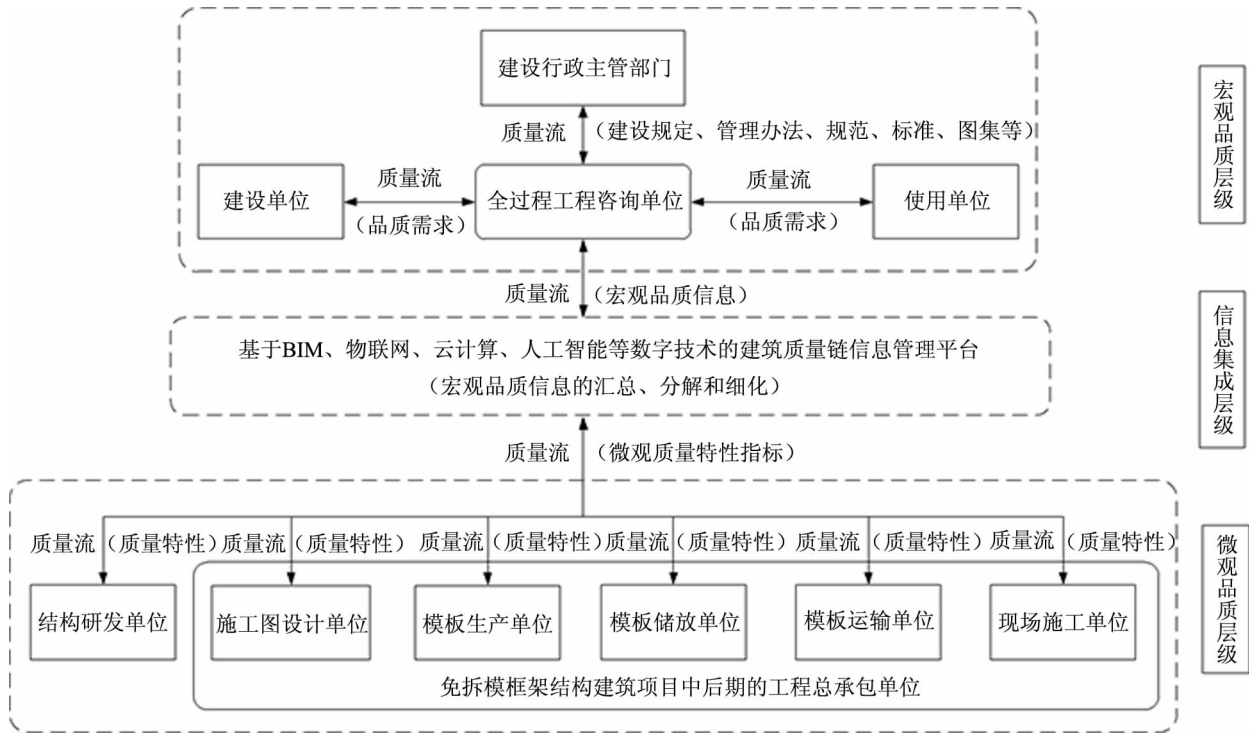


图 7 免拆模框架结构建筑产品品质的监管机制

表 2 各阶段下主要的微观质量特性指标

一级指标	二级指标
结构研发阶段的产出质品 $X_1$	结构设计理论与结构实际受力的契合度 $X_{11}$
	永久模板与现浇混凝土间黏结的牢固性 $X_{12}$
	U 形模板间榫卯连接的牢固性 $X_{13}$
	柱梁节点处相互连接的可靠性 $X_{14}$
	现场施工过程的可行性 $X_{15}$
	现场施工技术的先进性 $X_{16}$
	现场施工装备的机械化程度 $X_{17}$
施工图设计阶段的产出质品 $X_2$	结构整体施工图的设计品质 $X_{21}$
	模板施工详图的设计品质 $X_{22}$
	模板生产详图的设计品质 $X_{23}$
模板生产阶段的产出质品 $X_3$	混凝土原材料的供应品质 $X_{31}$
	钢筋原材料的供应品质 $X_{32}$
	模板生产尺寸与设计尺寸的误差率 $X_{33}$
	模板混凝土生产强度与设计强度的契合度 $X_{34}$
	模板的生产效率 $X_{35}$
模板储放阶段的产出质品 $X_4$	模板厂内吊运过程的可靠性 $X_{41}$
	模板厂内吊运储放后的完好度 $X_{42}$
	模板厂内储放的有序性 $X_{43}$
模板运输阶段的产出质品 $X_5$	模板厂外运输后的完好度 $X_{51}$
	模板厂外运输的效率 $X_{52}$
现场施工阶段的产出质品 $X_6$	混凝土原材料的供应品质 $X_{61}$
	钢筋原材料的供应品质 $X_{62}$
	柱、梁、板的现场施工品质 $X_{63}$
	柱梁节点的现场施工品质 $X_{64}$
	现场施工的效率 $X_{65}$

## 4 高质量建造管理流程的设计

基于前文所构建的高质量建造组织方式,综合应用 IPO( Input-Process-Output,即输入-过程-输出)逻辑结构理论、质量链理论以及质量门理论,设计出一种适用于免拆模框架结构建筑的高质量建造管理流程,如图8所示.在高质量建造管理流程中,整个流程划分为结构研发、施工图设计、模板生产、模板储放、模板运输以及现场施工6个阶段.各阶段及阶段间的横向链节点构成了免拆模框架结构建筑的横向质量链;阶段内部的各项工序及工序间的纵向链节点则构成了免拆模框架结构建筑的纵向质量链.

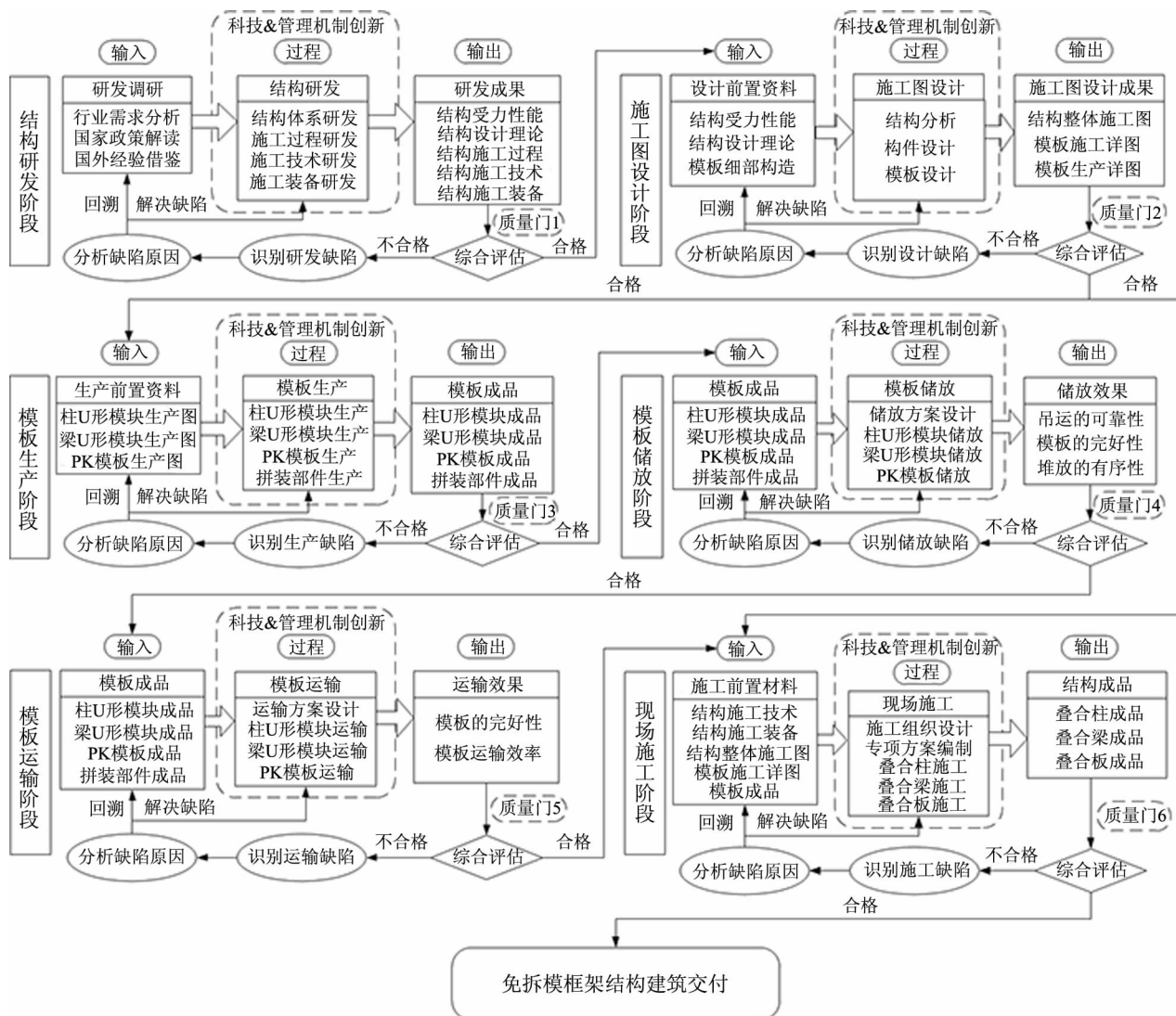


图8 免拆模框架结构建筑的高质量建造管理流程

### 4.1 纵向质量链的高质量建造管理

在免拆模框架结构建筑的纵向质量链上,可通过科技创新和管理机制创新来推动高质量建造管理目标的实现.

**科技创新层面:**在建造全产业链上研发并应用基于数字技术的建筑质量链信息管理平台,为结构研发、施工图设计、模板生产、模板储放、模板运输以及现场施工等阶段内部质量特性指标信息的精确管控提供数字化的技术与管理支持;在施工图设计及后续阶段对U形模块与PK模板应用二维编码分类技术,可在建筑质量链信息管理平台中实现对预制构件信息的实时、精确监管与追溯;在模板生产阶段应用BIM+人工智能+混凝土3D打印技术<sup>[15]</sup>,保证模板细部构造精准加工的同时,还使其摆脱了设计与生产阶段固定模数尺寸的限制.

**管理机制创新层面:**推行“工程总承包+全过程工程咨询服务”的高质量建造组织方式.由全咨单位对

各阶段质量特性指标信息进行实时分解与汇总,有利于对各阶段内部工序品质的高效管理;在模板生产及储放阶段实行预制构件的驻厂监造制度,由全咨单位组织专业的技术人员与管理人员在预制工厂内进行驻厂监造,以保障模板生产及储放阶段的工序品质;推行建筑师责任制与质量责任追溯机制,对设备与建材供应、模板生产、模板储放以及模板运输等监管容易疏漏的中间环节实现质量责任的明确界定与可追溯。

#### 4.2 横向质量链的高质量建造管理

在免拆模框架结构建筑的横向质量链上,可综合应用质量门理论与模糊综合评价理论来实现横向链节点的有效控制,进而推动高质量建造管理目标的实现。

当横向质量链上的第 $i$ 阶段结束后,对应的质量特性指标信息便会流入第 $i$ 阶段的质量门 $i$ 中。此时由全咨单位对流入质量门 $i$ 内的质量特性指标信息进行综合评估。鉴于高质量建造管理的特性,可应用模糊综合评价的理论与方法对第 $i$ 阶段实际的产出品质进行综合评估。由于免拆模框架结构建筑的建造过程具有较强的协同耦合性,因此综合评估的标准既要着重考虑当前阶段的质量特性指标,同时也要兼顾到后续阶段的质量特性指标。

若质量门 $i$ 的评估合格,则质量闸门开启,第 $i+1$ 阶段开始;若评估不合格,则质量闸门关闭,质量流回溯到第 $i$ 阶段。回溯到第 $i$ 阶段后,须由总包单位对当前阶段的工程品质缺陷或潜在隐患进行初步识别与分析,而后在阶段内部可应用PDCA循环的理念与方法,在过程计划(Plan)、过程执行(Do)、过程检查(Check)以及过程处置(Act)的不断循环中<sup>[16]</sup>使当前阶段的产出品质螺旋上升,最终实现横向质量链上高质量建造管理的目标。

### 5 结论

1)在对建造组织方式现状分析的基础上,将“工程总承包”模式和“全过程工程咨询服务”方式融合,构建出了一种“工程总承包+全过程工程咨询服务”的高质量建造组织方式。

2)在对高质量建造组织方式研究的基础上,综合应用质量链模型理论和数字建造理念,提出了一种免拆模框架结构建筑产品品质的监管机制。

3)在对高质量建造组织方式研究的基础上,综合应用IPO理论、质量链理论以及质量门理论,设计出了一种高质量建造管理流程,并从纵向质量链和横向质量链2个方面分别阐述了免拆模框架结构建筑高质量建造管理目标的实现途径。

#### 参考文献:

- [1] 张国强. 中国建造高质量发展的思考与建议[J]. 城乡建设, 2018(19):16-19.
- [2] Sanghavi V D. EPC contracting striving for success[J]. Chemical Engineering World, 2001,36(8):66-67.
- [3] Nahmens I, Ikuma L H. Effects of lean construction on sustainability of modular homebuilding[J]. Journal of Architectural Engineering, 2012, 18(2): 155-163.
- [4] Kim Y W, Bae J. Assessing the environmental impacts of a lean supply system; Case study of high-rise condominium construction in Korea[J]. Journal of Architectural Engineering, 2010, 16(4): 144-150.
- [5] 毛志兵. 发展新型建造方式 推进建筑业供给侧改革——2019年新年寄语[J]. 施工技术, 2019,48(1):1-3.
- [6] 曹春光,林敏. 中建八局上海分公司:打造“江苏建造”高质量发展新样板[J]. 建筑,2019(4):58-61.
- [7] 孙军,杨泓斌,蔡晋,等. 新型建筑工业化解决方案——SSGF高质量建造体系研究[J]. 建筑经济,2019,40(2):11-16.
- [8] 左瑞. 免拆模混凝土梁的试验研究与分析[D]. 长沙:湖南大学,2017.
- [9] 曾垂军,吴方伯,刘锡军,等. 新型叠合结构体系的设计与施工[J]. 建筑科学,2006(4):67-71.
- [10] Troczynski T. The quality chain[J]. Quality Progress, 1996, 29(9): 208.
- [11] 黄恒振. 装配式建筑质量链管理研究[J]. 建筑经济,2019,40(9):90-94.
- [12] 裴小兵,张丽丽. 基于质量门和CMM的复杂产品开发过程的质量评价方法[J]. 科技管理研究,2015,35(20):50-55.
- [13] Ambartsoumian V, Dhaliwa J, Lee E. Implementing quality gates throughout the enterprise it production process[J]. Journal of Information Technology Management, 2011, 22(1): 28-38.
- [14] 王甦雅,钟晖. 基于“1+N”项目管理思维的全过程工程咨询分析[J]. 建筑经济,2019,40(3):5-8.
- [15] 李红豫,陈治尹. BIM+3D打印技术的装配式建筑研究进展[J]. 施工技术,2019,48(s1):276-279.
- [16] 王斯馨,区建超,张淑卿,等. PDCA循环在广州新电视塔工程管理中的应用[J]. 施工技术,2009,38(7):8-10.