

# 工业化建筑标准体系优化 ——以装配式混凝土结构为例

付光辉, 董 健, 潘欣维

(南京工业大学 经济与管理学院, 江苏 南京 211816)

**摘 要:** 工业化建筑标准体系优化是为了使标准体系可以更好地达到预期效果和输出所采取的措施,盲目地制修订标准,只会导致标准内容重复、交叉和矛盾等问题出现。本文通过云模型和相对偏好模糊数的信息处理,消除工程建设领域评价的模糊性带来的影响;再利用 QFD 构建的需求-标准化要素的需求模型,客观反映需求与标准化要素内容的联系,可以得出标准化要素的重要度;最后通过装配式混凝土结构实证分析,结果显示,该方法可以很好地为标准的制修订提供依据,为标准编制方案的选取提供参考。

**关键词:** 工业化建筑; 标准体系; 优化

中图分类号: F407.9 文献标识码: A 文章编号: 2095-0985(2020)01-0037-06

DOI:10.13579/j.cnki.2095-0985.2020.01.005

## Optimization of Industrial Building Standard System: Taking Assembled Concrete Structure as an Example

FU Guang-hui, DONG Jian, PAN Xin-wei

(School of Economics & Management, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, China)

**Abstract:** The optimization of industrial building standard system is the measure taken to make the standard system achieve the expected effect and output better. Blind revision of standards will only lead to duplication, cross-cutting and contradiction of standard content. Through the information processing of cloud model and relative preference fuzzy number, this paper eliminates the influence of the fuzziness of evaluation in the field of engineering construction, and then objectively reflects the relationship between the demand and the content of standardized elements by using the demand-standardized element demand model constructed by QFD, so as to obtain the importance of standardized elements. Finally, the empirical results of the assembled concrete structure show that the method can provide a good basis for the revision of the standard, and provide a reference for the selection of the standard formulation scheme.

**Key words:** industrial building; standard system; optimization

建筑行业在为社会发展贡献力量的同时,也积累了一定的施工技术基础和项目实践经验。但是,相应的劳动生产率不高、质量问题大、技术发展缓慢等弊端逐渐显现,已经开始阻碍建筑行业的发展。为了更好地满足人民对美好生活的向往,建筑企业开始谋求新的出路。建筑工业化作为新兴生产方式,不但能提高生产效率,而且可以减少污染。在《深化标准化工作方案改革》中,强

调了标准化在保障安全、促进产业转型和经济发展中的作用,指出现行的标准体系和标准化管理体制已经不能适应社会日益增长的发展需求。工业化建筑作为工程建设领域的一个复杂系统工程,其标准体系也具备技术与管理的复杂性。现有的标准也已不能满足科学管理、完善建筑行业等作用。建立以需求为导向的、集成的标准体系可以规范工业化建筑各个阶段的建设行为,有利

收稿日期: 2019-03-18 修回日期: 2019-08-22

作者简介: 付光辉(1979-),男,山东青州人,博士,副教授,研究方向为建筑工业化(Email: njtechfugh@126.com)

通讯作者: 董 健(1993-),男,安徽马鞍山人,硕士研究生,研究方向为建筑工业化(Email: 760927994@qq.com)

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0701601)

于保证和提高工业化建筑质量和进度,确保工程的安全性和经济性,为社会发展和建筑行业转型带来福利。

我国的工程建设标准体系构建分为建立、评价和优化三个阶段,并且在标准体系实施过程中不断循环<sup>[1]</sup>。标准化是一个动态的过程,技术更新是标准化最优状态的体现,并且会影响技术经济<sup>[2]</sup>。动态的标准体系一旦被优化,不但可以适应复杂的外界环境,而且标准化行为在复杂系统中能构建出满足需求的标准体系<sup>[3]</sup>。体系结构优化可以采用计算机辅助进行相关关系分析,将技术归类整合形成组成方案,通过评估来不断完善方案<sup>[4]</sup>。为了使工业化建筑标准化取得最佳效益,不少学者对标准体系优化进行研究。李敏等<sup>[5]</sup>基于对土壤环境的风险评价,对土壤环境保护标准体系框架结构进行优化。严建文等<sup>[6]</sup>提出利用模块化理论对架构进行模块化划分,并考虑影响因素对模块化架构进行优化。在工程建设标准体系领域,董胜华<sup>[7]</sup>提出使用 BP (Back Propagation) 神经网络来评价工程建设标准体系的适用性和预测标准体系的使用期。孙智<sup>[8]</sup>提出将 QFD (Quality Function Deployment) 与基元理论结合,建立适用多主体的工程建设标准编制模型,通过统一的流程与沟通协议完成标准化的优化。张智博等<sup>[9]</sup>对绿色建造标准是否适用工业化建筑进行了研究,通过构建适用的评估模型,选取适用于工业化建筑的现行绿色建造标准。雷妍<sup>[10]</sup>对我国装配式混凝土结构建筑标准体系的适用性进行了评估,发现标准体系结构日益合理,但是适用性还比较一般,有待进一步优化加强。张军等<sup>[11]</sup>将 BSE 设计框架运用到标准体系层次划分中,设计出满足最大效益的工业化建筑装饰装修标准体系结构。王富强等<sup>[12]</sup>通过解释结构模型将工业化建筑标准模块化,通过计算得出高聚合、低耦合的模块,将标准体系进行合理的划分。

在工业化建筑生产实践中,外部需求在一定的条件下会发生变化,导致标准体系无法到达预期效用,所以需要对标准体系进行优化来应对需求变化的问题。因此,面向现有技术水平和市场对工业化建筑标准化的需求,通过构建需求模型评价标准化要素重要度,为工业化建筑标准的制修订提供依据。相关部门可以根据标准化要素重要度,对提交上来的标准编制方案进行优劣评判,选择最优的编制方案实施,有助于工业化建筑标准的编制。

## 1 工业化建筑标准体系优化

### 1.1 工业化建筑标准化要素优化

工业化建筑标准化是从标准制定到贯彻,再到优化的过程,用来指导建筑工业化生产活动的统一规定,即制修订标准和构建标准体系。工业化建筑标准化体系是一个具备技术与管理特性的巨大复杂系统,由多个标准化要素所组成。标准体系优化是为了使标准体系可以更好地达到预期效果和输出所采取的方法措施<sup>[13]</sup>。当标准无法满足当前建筑工业化活动规范和指导要求,盲目的制修订标准,只会导致标准内容重复、交叉和矛盾等问题出现。根据标准化需求,通过对标准化要素优化,即标准的更新替换,使标准体系达到预期效果。

### 1.2 需求信息的获取与处理

工程建设领域存在大量比较模糊、不确定的信息,仅靠人的主观意识来判断评估<sup>[14]</sup>。对于工程建设标准而言,使用者大多使用经济实用、科学合理等含糊不清的词语来表达对标准化的需求,可以看作使用者对需求的重视程度。在描述目标需求与设计指标、施工工艺等技术方法之间的关系程度时,也通常使用相关、不相关、一般等定性的语言进行评价。因此,本文将利用云模型来获取定性的评价信息,再利用模糊数和相对偏好来处理模糊的评价信息。

#### (1) 云模型的定义

李德毅院士于 1995 年第一次提出了云模型,是一种可以很好地处理定性和定量之间相互关系的模型。云模型由云发生器进行计算,分为可以实现由定性到定量转变的正向云发生器,和可以实现有定量到定性转变的逆向云发生器。云是由多个云滴所组成的,云滴是定性的定量化形式,呈现正态分布。云模型的表现形式为:

$$(Ex, En, He) \quad (1)$$

模型中<sup>[15]</sup>,  $Ex$  为期望值,表示定性评价的数值;  $En$  为熵,表示定性评价所能被接受的范围的数值,熵值越大,能被接受的范围越大,表示该定性评价越模糊;  $He$  为  $En$  的熵,即超熵,表示云滴的离散程度。

#### (2) 基于云模型的评价信息获取

##### 1) 获取定性评价集

建立评价指标集合  $P = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\}$ , 其中  $P_i (i \in [1, n])$  是集合的第  $i$  个指标。选取  $t$  个工程建设领域的专家,他们对工业化建筑及其

标准体系有着深刻的研究和理解,并且各自研究的侧重点有所不同,要全方面覆盖到工程建设各专业领域。对评价指标集合  $P$  进行评价,可以得到定性评价集  $V$ 。

### 2) 基于云模型的定性评价集

工业化建筑标准体系需求的定性评价集  $V$  可以由{完全不重要,不重要,一般,重要,非常重要}组成,云参数则采用双边约束法确定,如表 1 所示。

表 1 工业化建筑标准化需求评价的云模型参数值

需求评价集 $V$	完全不重要	不重要	一般	重要	非常重要
区间	(0, 0.2]	(0.2, 0.4]	(0.4, 0.6]	(0.6, 0.8]	(0.8, 1.0]
期望值 $E_x$	0	0.3	0.5	0.7	1
熵值 $E_n$	0.0167	0.0333	0.0333	0.0333	0.0167

表 1 中,需求评价的约束范围为  $[V_{\min}, V_{\max}]$ , 则:

$$E_x(\text{评价}) = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2} \quad (2)$$

$$E_n(\text{评价}) = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{6} \quad (3)$$

中间段三个评价的云参数值根据式(2)(3)得出。两端的评语则是用半云模型得到,即“完全不重要”和“非常重要”分别取“0”和“1”来表示期望值  $E_x$ ,熵值  $E_n$  则为相对对称云模型熵值的一半<sup>[16]</sup>。规定  $[0, 1]$  为一个数域,将每个评价等分到相对应的区间之内。

### 3) 定性评价转化为定量

按照表 1 中个工程建设领域专家的定性评价通过云模型的正向发生器,可以得到集合  $P$  指标对应的云模型的云参数,计算如下:

$$E_x = \frac{E_{x_1} + E_{x_2} + \dots + E_{x_i} + E_{x_l}}{E_{n_1} + E_{n_2} + \dots + E_{n_l}} \quad (4)$$

$$E_n = E_{n_1} + E_{n_2} + \dots + E_{n_l} \quad (5)$$

由此,可以得到一组评价信息的云参数值  $A_i$  ( $E_{x_i}, E_{n_i}, H_{e_i}$ )。

### (3) 基于模糊数与相对偏好的信息处理

云模型使得定性评价转为定量的云模型参数,但得到的还是一组模糊的数字,并不能作为体系需求重要度的参考依据。因此,本文将模糊数与相对偏好结合处理云模型的参数信息,以一组云模型参数的均值为相对偏好关系的基准,计算各个云模型的相对偏好  $RP(F_i, \bar{F})$ ,从而得出精准的数值,具体公式为:

$$RP(F_i, \bar{F}) = \frac{1}{2} \left( \frac{(f_{il} - f_{ul}) + 2(f_{ih} - f_{hl}) + (f_{iu} - f_{lu})}{2\|T_s\|} + 1 \right) \quad (6)$$

式中<sup>[17]</sup>:  $\|T_s\| =$

$$\begin{cases} \frac{(t_{sl}^+ - t_{su}^-) + 2(t_{sh}^+ - t_{sh}^-) + (t_{su}^+ - t_{sl}^-)}{2} t_{sl}^+ - t_{su}^- \geq 0 \\ \frac{(t_{sl}^+ - t_{su}^-) + 2(t_{sh}^+ - t_{sh}^-) + (t_{su}^+ - t_{sl}^-)}{2} + 2(t_{su}^- - t_{sl}^+) t_{sl}^+ - t_{su}^- < 0 \end{cases};$$

$t_{sl}^+ = \max\{f_{il}\}$ ,  $t_{sh}^+ = \max\{f_{ih}\}$ ,  $t_{su}^+ = \max\{f_{iu}\}$ ,  $t_{sl}^- = \min\{f_{il}\}$ ,  $t_{sh}^- = \min\{f_{ih}\}$ ,  $t_{su}^- = \min\{f_{iu}\}$ 。其中,  $F_1\{f_{il}, f_{ih}, f_{iu}\}$  ( $i \in [1, n]$ ) 是一组三角模糊数,其均值  $\bar{F}_1\{f_{il}, f_{ih}, f_{iu}\} = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{il}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{ih}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{iu} \right\}$ 。

根据文献[18],三角模糊数  $F_1\{f_{il}, f_{ih}, f_{iu}\}$  中的三个数值可以用云参数来替换,将  $f_{il} = E_{x_i} - 3E_{n_i}$ ,  $f_{ih} = E_{x_i}$ ,  $f_{iu} = E_{x_i} + 3E_{n_i}$  代入式(6),可得出云模型的三角模糊数与均值相对偏好的计算公式:

$$RP(A_i, \bar{A}) = \frac{1}{2} \left( \frac{(E_{x_{il}} - E_{x_i}) + 2(E_{x_i} - E_x) + (E_{x_{iu}} - E_{x_i})}{2\|T_s\|} + 1 \right) \quad (7)$$

式中:  $\|T_s\| =$

$$\begin{cases} \frac{(t_{sl}^+ - t_{sr}^-) + 2(t_s^+ - t_s^-) + (t_{sr}^+ - t_{sl}^-)}{2} t_{sl}^+ - t_{sr}^- \geq 0 \\ \frac{(t_{sl}^+ - t_{sr}^-) + 2(t_s^+ - t_s^-) + (t_{sr}^+ - t_{sl}^-)}{2} + 2(t_{sr}^- - t_{sl}^+) t_{sl}^+ - t_{sr}^- < 0 \end{cases},$$

$t_{sl}^+ = \max\{E_{x_{il}}\}$ ,  $t_s^+ = \max\{E_x\}$ ,  $t_{sr}^+ = \max\{E_{x_{ir}}\}$ ,  $t_{sl}^- = \min\{f_{il}\}$ ,  $t_s^- = \min\{f_{ih}\}$ ,  $t_{sr}^- = \min\{f_{iu}\}$ ;  $A_i = (E_{x_i}, E_{n_i}, H_{e_i})$ ;  $\bar{A} = (E_x, E_n, H_e)$ ;  $E_{x_{il}} = E_{x_i} - 3E_{n_i}$ ;  $E_{x_{ir}} = E_{x_i} + 3E_{n_i}$ ;  $E_{x_i} = E_x - 3E_n$ ;  $E_{x_r} = E_x + 3E_n$ 。

### 1.3 需求模型的构建

#### (1) 质量功能展开(QFD)

日本质量专家 Akao 等在 1967 年提出了质量功能展开(QFD),是一种在产品开发全过程中通过需求转化,可以实现最大限度满足个体需求的分析方法。

#### (2) 需求-标准化要素的质量屋构建

QFD 分析最常用的基础工具是质量屋(House of Quality, HOQ),一种类似房屋造型的矩阵,能够确定个体需求和相应工程特性之间的相互关系<sup>[19]</sup>,如图 1 所示。

图中:①为“左墙”,即主体对标准体系的需求  $SR_n$  和需求重要度  $w_{SR_n}$ ,作为质量屋的输入;②为“屋顶”,即标准化要素  $TL_n$  和自相关矩阵  $Y_{ij}$ ,以正相关、不相关和负相关三种定性的方式来表示标准化要素之间的相关关系<sup>[20]</sup>,由于各个标准化要素是相对独立的个体,所以自相关矩阵  $Y_{ij}$  为零;③为“房间”,即标准体系需求与标准化要素

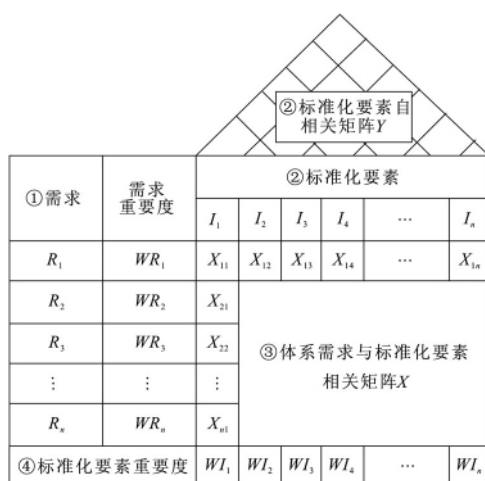


图1 标准化需求-要素质量屋

的关联矩阵  $X_{ij}$  用来表示主体对标准体系需求与标准化要素之间的关系程度, 则  $x_{ij}$  表示的意思为第  $i$  个需求与第  $j$  个标准化要素的相关程度, 通常以 5, 3, 1, 0 这四个数值来表示关系的强、中、弱、无关; ④为“地面”, 即标准化要素重要度  $w_{Ti_n}$ , 通过需求重要度与关联矩阵合成运算得到。

### (3) 标准化要素重要度的计算

$$w_{Ti_n} = w_{SR_n} X_{ij} \quad (8)$$

式中: 标准化需求重要度  $w_{SR_n} = RP(A_i, \bar{A})$ ; 同理, 标准化要素重要度也是专家的定性评价, 存在模糊性, 所以  $w_{Ti_n}$  也要经过式 (7) 的信息处理, 得出精准的标准化要素重要度  $RP(w_{Ti_n}, \bar{w}_{Ti_n})$ 。

依据标准化要素的重要程度, 可以对现行标准或需要制定的标准功效进行审查评价, 可以弄清楚标准化的优先顺序和标准体系中标准的适用情况, 得出在编、待编、适用、修订的结论。

## 1.4 标准化方案的选择

标准体系是运动发展的, 原先制定的发展方向必然会随着时间不再适用。为了面对新环境和新需求, 标准化要素的发展方向还需要相关部门制定标准化方案。本文利用 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) 方法比选最适合的标准化方案, TOPSIS 方法可以考虑到正负理想的距离, 选择出最佳的标准化方案, 具体步骤如下:

(1) 根据各个标准化方案与标准化要素之间的关系, 建立如下决策矩阵  $R$ :

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} \end{bmatrix} \quad (9)$$

式中:  $r_{ij}$  为第  $i$  个标准化方案对于第  $j$  个标准化要素

发展的支撑情况。

(2) 规范化决策矩阵  $R$ , 得到矩阵  $Y$ , 其中元素  $y_{ij}$  为:

$$y_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^j r_{ij}}} \quad (10)$$

(3) 对矩阵  $Y$  进行加权, 得到矩阵  $G$ , 其中元素  $g_{ij}$  为:

$$g_{ij} = w_j y_{ij} \quad (11)$$

式中:  $w_j$  为权重向量, 即标准化要素的重要度, 将标准化要素重要度作为权重选取标准化方案, 并以此为依据选出最佳的标准化方案。

(4) 正理想解和负理想解的确定。正理想解  $x^+ = \max x_{ij} = \{x_1^+, x_2^+, \dots, x_m^+\}$ ; 负理想解  $x^- = \min x_{ij} = \{x_1^-, x_2^-, \dots, x_m^-\}$ 。

(5) 计算距离。每个解到正理想解的距离  $S_i^+$  为:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^+)^2} \quad (12)$$

每个解到负理想解的距离  $S_i^-$  为:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^-)^2} \quad (13)$$

(6) 计算理想解与每个解的相对接近度  $C_i^+$ 。

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)} \quad (0 \leq C_i^+ \leq 1) \quad (14)$$

标准化方案优先次序排列,  $C_i^+$  越大, 方案越优。相关部门可以根据以标准化要素重要度为权重的 TOPSIS 法, 对提交上来的标准编制方案进行优劣评判, 选择最优的编制方案实施。

## 2 实证分析——以装配式混凝土结构为例

### 2.1 需求评价信息获取

装配式混凝土结构是由工厂生产的预制混凝土构件, 再运输到施工现场经过连接装配而成的结构, 是我国建筑工业化的重要表现形式。装配式混凝土结构建筑标准数量较多, 但是无法形成系统, 各个标准之间功能划分不清晰, 彼此重复、缺乏实用性, 通用标准较多, 但针对性不强, 例如《抗震设计规范》《混凝土结构设计规范》等。这类标准内容分散, 细节规定不多, 涉及整体结构设计、构建连接、施工阶段验收等关键技术的规定不够详细, 本文以装配式混凝土结构为实证, 采用所构建的需求模型确定标准化要素的重要度, 为装

配式混凝土结构标准的制修订提供依据。

通过问卷调查,获取 8 项标准化需求:发展部品部件通用体系  $R_1$ 、对经济的促进作用  $R_2$ 、构建合理的标准体系  $R_3$ 、技术内容的先进性  $R_4$ 、模数协调  $R_5$ 、接口标准化  $R_6$ 、设计标准化  $R_7$ 、与工业化建筑相关性  $R_8$ 。根据装配式混凝土结构特征,由专家经过讨论对装配式混凝土结构标准化要素进行划分,得到 18 项标准化要素:楼盖板  $I_1$ 、框架

结构  $I_2$ 、剪力墙结构  $I_3$ 、多层剪力墙结构  $I_4$ 、非结构部件  $I_5$ 、相关配件  $I_6$ 、预制构件  $I_7$ 、构件进场  $I_8$ 、安装连接  $I_9$ 、工程验收  $I_{10}$ 、结构检测  $I_{11}$ 、结构鉴定  $I_{12}$ 、运营  $I_{13}$ 、管理  $I_{14}$ 、加固  $I_{15}$ 、改造  $I_{16}$ 、拆除  $I_{17}$  和再利用  $I_{18}$ 。

采用问卷调查的方式,邀请 10 位对装配式混凝土结构熟悉的专家,对标准化需求进行评价,评价结果如表 2 所示。

表 2 需求重要度评价

需求	指标									
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$	$P_9$	$P_{10}$
$R_1$	较重要	较不重要	一般	较不重要	一般	一般	一般	较重要	一般	一般
$R_2$	较不重要	不重要	较不重要	较不重要	不重要	较不重要	一般	一般	一般	一般
$R_3$	一般	一般	一般	较重要	较重要	重要	较重要	一般	一般	一般
$R_4$	一般	一般	一般	较重要	较重要	重要	重要	较重要	较重要	重要
$R_5$	重要	较重要	重要	重要	重要	较重要	较重要	较重要	重要	重要
$R_6$	重要	重要	一般	较重要	重要	重要	较重要	一般	重要	重要
$R_7$	较重要	重要	重要	一般	一般	较重要	较重要	较重要	较重要	重要
$R_8$	一般	一般	一般	较重要	较重要	较重要	重要	较重要	一般	一般

同理,再由 10 位专家对需求与标准化要素的关联性进行打分,以 5、3、1、0 这四个数值来表示关系的强、中、弱、无关,表 3 所示 10 位专家中的 1 位评分情况。

表 3 需求与标准化要素的关联评分

标准化要素	需求							
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$R_7$	$R_8$
$I_1$	1	0	5	5	3	3	5	5
$I_2$	1	0	5	5	3	3	5	3
$I_3$	1	0	3	5	3	3	5	5
$I_4$	1	0	3	5	3	3	5	3
$I_5$	5	0	3	5	3	5	5	5
$I_6$	5	0	3	1	5	5	3	3
$I_7$	5	0	3	3	5	5	5	5
$I_8$	0	0	1	1	0	0	0	3
$I_9$	5	0	5	5	5	5	5	5
$I_{10}$	0	0	5	5	3	3	1	3
$I_{11}$	3	0	3	1	1	1	1	5
$I_{12}$	0	0	5	3	1	1	1	5
$I_{13}$	0	1	0	0	0	0	0	1
$I_{14}$	1	3	5	0	0	0	0	0
$I_{15}$	1	1	0	3	3	3	3	3
$I_{16}$	0	3	0	3	3	1	3	0
$I_{17}$	0	0	0	1	0	0	0	1
$I_{18}$	1	5	0	1	0	1	0	0

将 10 位专家的评分汇总,获取全部信息后,根据模糊数和相对偏好公式对信息进行处理,再利用模型计算出标准化要素的重要度。

## 2.2 需求模型的求解

根据式(2)(3)和表 2 需求重要度评价,通过云模型计算得出需求的期望值和熵值,如表 4 所示。

表 4 需求指标的期望值和熵值

需求	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$R_7$	$R_8$
$Ex_i$	0.5	0.36	0.59	0.68	0.83	0.77	0.71	0.61
$En_i$	0.33	0.3	0.32	0.28	0.23	0.23	0.28	0.32

根据需求指标的期望值和熵值,可以计算出相对期望值和相对熵值:

$$Ex = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Ex_i = 0.63, En = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n En_i = 0.29$$

通过式(7)的处理,可以得到需求的重要度,如表 5 所示。

表 5 需求重要度结果

需求	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$R_7$	$R_8$
$WR(A_1, A)$	0.46	0.41	0.49	0.51	0.56	0.54	0.52	0.49

由关联性评分可以得到矩阵  $X_{ij}$ ,根据需求重要度  $WR_n$  和质量屋构建模型,再结合公式(8),可以得到标准化要素的重要度,如表 6 所示。

表 6 标准化要素重要度结果

标准化要素	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$
重要度	13.81	12.83	12.83	11.85	15.75	12.81
标准化要素	$I_7$	$I_8$	$I_9$	$I_{10}$	$I_{11}$	$I_{12}$
重要度	15.85	2.47	17.85	10.29	7.43	8.05
标准化要素	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$	$I_{16}$	$I_{17}$	$I_{18}$
重要度	0.9	4.14	8.73	6.54	1	3.56

## 2.3 结果检验与结论

根据模型求解结果,得出标准化要素重要度按照从大到小的顺序,前 10 分别是安装连接  $I_9$ 、预制构件  $I_7$ 、非结构部件  $I_5$ 、楼盖板  $I_1$ 、框架结构  $I_2$ 、剪力墙结构  $I_3$ 、相关配件  $I_6$ 、多层剪力墙结构  $I_4$ 、工程验收  $I_{10}$ 、运营  $I_{13}$ 。为了验证模型结果的

准确性,本文选取 5 本已评估适用于装配式混凝土结构的标准,通过对标准条款内容的梳理,汇总相关条款内容的类别,反映标准里各专业内容的重要度,与标准化要素重要度进行对比,从而判断模型结果的准确性。

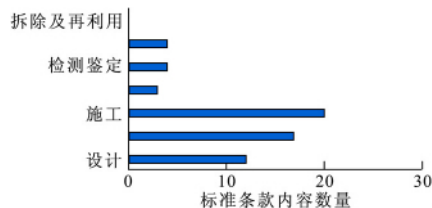


图2 标准条款内容数量

从图2可以看出,目前适用于装配式混凝土结构的标准中,关于施工、部品部件和设计的标准条款内容位列前三位,与标准化要素重要度施工中的安装连接 $I_9$ 、部品部件中的预制构件 $I_7$ 、设计中的非结构部件 $I_5$ 排序符合,模型结果基本符合实际需求。但是,由于选取的校对标准比较少,且只选取了一位专家的评分,具有一定的局限性,整体的标准化要素重要度还需后期进一步研究。

从模型结果大致可以得出,当前装配式混凝土结构急需对安装连接、预制构件生产和非结构部件设计标准化,而模数协调、接口标准化和设计标准化是标准化的关键。模数协调保证了各个部件之间的统一,有助于部品部件之间的互通互用和预制构件的生产。接口标准化和设计标准化,使部品部件尺寸大小和组合形式得到统一,有助于现场的安装连接和缩短建设生产周期。

## 4 结 语

本文从需求的角度为工业化建筑标准体系优化提供思路方法。标准体系优化的措施主要是对标准的更新替换,根据现有技术发展水平和市场对标准体系的需求,对标准化要素的重要度进行评价,从而对现有标准进行修订。同时,以标准化要素重要度为评价依据,可以评定相关部门制定的标准化方案,选择最优的标准化方案来编制新的标准。最后以装配式混凝土为例,通过专家调查获取数据,得到装配式混凝土结构标准化要素的重要程度。将已评估的标准条款内容比重与标准化要素的重要程度进行对比,证明该方法的可行性。标准体系的优化还可以从标准体系结构优化的角度出发,有待后面进一步的研究。

### 参 考 文 献

- [1] 孙 智. 我国工程建设标准体系的构建研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
- [2] Goluchowicz K, Blind K. Identification of future fields of standardisation: an explorative application of the Delphi methodology [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2011, 78: 1526-1541.
- [3] Braa J, Hanseth O, Heywood A, et al. Developing health information systems in developing countries: the flexible standards strategy [J]. MIS Quarterly, 2007, 31(2): 381-402.
- [4] 安 波, 石东海, 沈雪石, 等. 装备技术体系结构优化设计理论及其关键技术研究[J]. 装备学院学报, 2014, 25(2): 14-17.
- [5] 李 敏, 李 琴, 赵丽娜, 等. 我国土壤环境保护标准体系优化研究与建议[J]. 环境科学研究, 2016, 29(12): 1799-1810.
- [6] 严建文, 袁成明, 张 强, 等. 面向服务的复杂成形装备产品架构设计与优化[J]. 中国管理科学, 2018, 26(11): 153-165.
- [7] 董胜华. 工程建设标准体系框架建立与评价研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- [8] 孙 智. 建筑工程标准化系统多主体协同优化研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [9] 张智博, 苏义坤, 武艾琳, 等. 绿色建造标准对工业化建筑的适用性评估研究[J]. 建筑节能, 2018, 46(12): 27-31.
- [10] 雷 妍. 装配式混凝土结构建筑标准体系适用性评价研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- [11] 张 军, 翟羽佳, 苏义坤. 工业化建筑装饰装修标准体系的构建[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2018, 39(12): 1926-1932.
- [12] 王富强, 苏义坤. 基于ISM的工业化建筑标准体系模块构建[J]. 山西建筑, 2018, 44(11): 35-37.
- [13] 麦绿波. 标准体系优化的方法[J]. 中国标准化, 2018, (7): 58-65.
- [14] 凤亚红. 基于模糊QFD的工程项目过程协同管理[J]. 软科学, 2013, 27(3): 55-58.
- [15] 吴 慧, 王道平, 张 茜, 等. 基于云模型的国际邮轮港口竞争力评价与比较研究[J]. 中国软科学, 2015, (2): 166-174.
- [16] 徐晓静, 付光辉. 政策调整中的社会稳定风险评估——基于南京市集体土地上房屋征收政策调整的实证研究[J]. 科技与管理, 2015, 17(6): 27-31.
- [17] 耿秀丽, 徐轶才. 基于云模型QFD的产品服务系统工程特性重要度分析[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(6): 1494-1502.
- [18] 曾庆臻, 韩 鑫, 黎 荣, 等. 基于联合分析和QFD构建高速列车需求模型[J]. 机械设计与研究, 2018, 34(2): 154-158.
- [19] 曹衍龙, 赵 奎, 杨将新, 等. 质量屋技术特性自冲突识别与消除方法[J]. 浙江大学学报(工学版), 2014, 48(11): 1994-2001.