

可拓判别划分旧工业建筑再生利用项目评价阶段

闫瑞琦^{1,2}, 李慧民¹, 李小娟³

(1. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055,

2. 中国城乡发展有限公司, 北京 100036, 3. 中铁建设集团有限公司, 北京 100131)

摘要:旧工业建筑再生利用项目已经成为现阶段新城镇建设的重要模式, 目前该类项目的实施还没有健全完善的评价体系. 研究旧工业建筑再生利用项目的评价体系, 要对评价阶段进行合理划分. 借鉴工程项目管理程序和项目全寿命周期的划分方式, 运用可拓判别的方法, 根据旧工业建筑再生利用项目的特点, 设定判别阶段总体和特征值, 建立可拓判别模型和关联函数, 对旧工业建筑再生利用项目全过程评价阶段界定划分. 由此可以根据每个阶段的评价重点设定分阶段的评价指标体系, 建立具有阶段性、层次性、递进性的旧工业建筑再生利用评价体系.

关键词:旧工业建筑; 再生利用; 可拓判别法; 关联函数

中图分类号: TU 20

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2013)04-0533-07

从新中国成立后, 我国经历了半个多世纪的工业化发展模式, 数以万计的工业企业从立项建设到初步发展、扩大规模、达到兴盛、再到逐步衰退, 形成了东北、西北、华东、华南、华中等老工业基地. 随着我国经济发展进入到一个新的阶段, 城市建设的不断扩张和城市职能的变化与工业企业的改革发展和产业结构调整发生碰撞, 导致大量工业建筑的闲置和废弃. 旧工业建筑的再生利用, 已经成为一种具有明显时代特色的城镇建设活动.

旧工业建筑再生利用项目在广泛开展的同时, 目前还没有健全完善的评价体系指导实施. 根据我国现阶段对于建设项目绿色评价的极力倡导, 也就是可持续发展理论的全面贯彻, 旧工业建筑再生利用项目的评价要体现可持续性. 该类项目不同于一般的建设项目, 其自身特点非常鲜明, 可持续评价指标在不同的阶段侧重点不同, 评价标准在全过程评价中也很难实现统一. 为保证旧工业建筑再生利用项目评价的阶段性、层次性、递进性, 需要将项目评价过程划分阶段, 提出旧工业建筑再生利用项目评价阶段的概念.

在工程项目管理程序和全寿命周期分析中, 已经对项目管理过程进行了阶段划分, 且每个阶段都设定科学合理的流程, 但旧工业建筑再生利用项目的评价阶段不是简单地项目管理程序, 运用可拓学中的可拓判别法在此基础上将旧工业建筑再生利用项目全过程所需评价的内容进行新的判别划分, 建立旧工业建筑再生利用项目全过程评价阶段.

1 评价阶段设定

借鉴工程项目管理全寿命周期的阶段划分, 依然对旧工业建筑(群)再生利用项目的全过程评价设置四个评价阶段, 决策阶段、设计阶段、施工阶段、使用维护阶段.

1.1 决策阶段

对于旧工业建筑再生利用项目实施的全过程中, 决策应该是贯穿始终的, 但在项目实施前期所进行的一系列关键决策直接把握了整个再生利用项目的实施方向, 是项目具有良好可持续性和可行性的第一步, 为项目实施确定基调.

收稿日期: 2012-05-04 修改稿日期: 2013-07-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51178386)

作者简介: 闫瑞琦(1982-), 男, 博士, 山东青岛人. 主要从事土木工程建造与管理研究.

1.2 设计阶段

设计是建筑工程项目由构想方案变为实施蓝图并为项目实施提供具体措施的重要环节,以各种法规、规范、地方条款为依据,将多专业,多学科融合到一起后,从社会、经济、环境等方面实现良好的可持续性和可行性,是决定项目实施成功与否的关键。

1.3 施工阶段

建设项目施工就是将设计图纸中所表达的所有内容,以实物的形式体现出来。旧工业建筑再生利用项目评价过程设置施工阶段评价,主要侧重事前和事中的评价,因为旧工业建筑再生利用项目本身的施工是从有到有,这类项目的施工要求前期构想的方案必须周详考虑,并在施工过程中严格执行。

1.4 使用维护阶段

旧工业建筑再生利用项目的实施让闲置、废弃的旧工业建筑焕发新生,具有了新的使用功能使其寿命得到延续。科学合理的使用维护完成再生利用后的旧工业建筑尤为重要,对于旧工业建筑再生利用项目使用维护阶段的评价,是再生利用项目可持续性和可行性持久存在的保证。

通过对每个阶段的特征进行分析,确定实施主体、时间阶段、实施方式对于每个评价阶段都属于本质特征(表1)。

表1 旧工业建筑(群)再生利用项目评价阶段特征

Tab.1 Characteristics of old industrial buildings recycling project evaluation phase

特征	评价阶段			
	决策阶段	设计阶段	施工阶段	使用维护阶段
实施主体	决策者	设计单位	参建单位	使用者或管理者
接受对象	环境评估、历史文化鉴定、安全评估、经济分析	总体方案、细部方案、材料设备、施工工图	闲置的旧工业建筑	再生利用后的建筑物
时间阶段	决策期间	设计期间	施工期间	使用期间
实施方式	依据政策法规、综合评价、专家论证会、公开听证会	规范规定、计算分析、图形绘制	主体施工、装修施工、设备安装、水暖电安装、园林施工	清扫、保养、维修
实施地点	零散的、不固定的	设计单位办公驻地	旧工业建筑所在地和外加工场地	再生利用项目本身所在地
影响程度	可持续性和可行性	可持续性和可行性	可持续性和可行性	可持续性和可行性
成果形式	决策结论	设计图纸和计算书	建筑实体中呈现	再生利用项目保持状态,持续存在

2 可拓判别法

可拓学中的可拓判别法及其应用是从实际问题出发,考虑到决定一个样品特性的各个指标往往不是相互独立的,而是具有某种内在的联系,并且它们对总体特性影响的大小各不相同,通过建立各总体和待判样品的事物元模型,利用经典域、节域计算出待判样品(事物元)与各总体(事物元)的关联度,样品事物元与某总体事物元的关联度越大,则它们的符合程度就越贴近,故应将样品判属与其关联度最大的总体。可拓判别法是多指标参数的计算判别模型,其判别计算结果完全是一种数量结果,具有较强的可操作性。

考虑到决定一个样品的各个指标对总体 G_i 相应指标的“贴近”程度,以及各个指标对总体特性的影响的大小,通过建立各总体和待判样品的事物元模型,利用经典域、节域计算出待判样品(事物元)与各总体(事物元)的关联度,如果样品物元与某总体物元的关联度越大,则它们的符合程度就越好,故应将样品判属与其关联度最大的总体。

2.1 建立各总体和待判样品的事物元模型

m 个总体的事物元模型为

$$R_{oi} = (N_{oi}, C, V_{oi}) = \begin{bmatrix} N_{oi} & c_1 & V_{oi1} \\ & c_2 & V_{oi2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_p & V_{oi p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{oi} & c_1 & \langle a_{oi1}, b_{oi1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{oi2}, b_{oi2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_p & \langle a_{oi p}, b_{oi p} \rangle \end{bmatrix}$$

其中 N_{oi} 表示第 $i (i = 1, 2, \dots, m)$ 个总体的名称, $c_j (j = 1, 2, \dots, p)$ 表示 N_{oi} 的特征, $V_{oi j}$ 为 N_{oi} 关于特征 c_j 所规定的量值范围——经典域.

样品 X 的节域的事物元模型为

$$R_{oX} = (X, C, V_{oX}) = \begin{bmatrix} X & c_1 & V_{oX1} \\ & c_2 & V_{oX2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_p & V_{oX p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & c_1 & \langle a_{oX1}, b_{oX1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{oX2}, b_{oX2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_p & \langle a_{oX p}, b_{oX p} \rangle \end{bmatrix}$$

于是待判样品 X 的事物元模型为

$$R_X = \begin{bmatrix} X & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_p & v_p \end{bmatrix}$$

由于 X 是由特征和量值所确定, 下面也记 $X = (v_1, v_2, \dots, v_p) T$, 其中 v_j 为 X 关于 c_j 的量值, 即为待判样品检测所得的具体数据.

2.2 确定各特征指标的权系数

对非满足不可的特征 c_k , 记其权系数为 Δ , 若待判样品 X 的相应量值 $v_k \notin V_{ok}$, 则样品 X 不属于 R_{ol} 或 $G_l, 0 \leq l \leq m$, 此时将总体 G_l 排除. 其它特征 $c_j (j \neq k)$ 的权系数记为 $\partial_j, \partial_j (j = 1, 2, \dots, p, j \neq k)$,

显然 $\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^p \partial_j = 1.$

2.3 确定关联度进行判别

对 $v_k \in V_{ok}, i = 1, 2, \dots, m, i \neq l$, 待判样品 X 的各特征指标关于各总体的相应指标的关联度为

$$K_i(v_j) = \frac{\rho(v_j, V_{oij})}{\rho(v_j, V_{Xj}) - \rho(v_j, V_{oij})} \tag{1}$$

根据距的定义, 其中 $\rho(v_j, V_{oij}) = \left| v_j - \frac{a_{oij} + b_{oij}}{2} \right| - \frac{b_{oij} - a_{oij}}{2}$ (2)

$$\rho(v_j, V_{Xj}) = \left| v_j - \frac{a_{oXj} + b_{oXj}}{2} \right| - \frac{b_{oXj} - a_{oXj}}{2} \tag{3}$$

$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, p.$

于是待判样品 X 关于总体 R_{oi} 或 G_i 的关联度

$$K_i(X) = \sum_{j=1}^p \partial_j K_i(v_j), (i = 1, 2, \dots, m, i \neq l) \tag{4}$$

如果 $K_{i_0}(X) = \max_{i_0 \in \{1, 2, \dots, m\}} K_i(X)$ (5)

则将样品判属 G_{i_0} .

3 旧工业建筑再生利用项目评价阶段判别划分

3.1 评价阶段的总体事元和样本事物元的设定

旧工业建筑(群)再生利用项目评价阶段设定为:决策阶段、设计阶段、施工阶段、使用维护阶段, 故这四个阶段为总体事物元 $R_{o1}, R_{o2}, R_{o3}, R_{o4}$.

根据表 1 中个评价阶段的属性特征, 实施主体、时间阶段、接收对象和实施方式对于每个评价阶段

来说都属于本质特征,因此选取这四个特征多为可拓判别方法中描述总体事物元主要特征指标.建立总体经典域事物元模型为:

$$R_{oi} = (X_{oi}, C, V_{oi}) = \begin{bmatrix} X_{oi} & c_1 & V_{oi1} \\ & c_2 & V_{oi2} \\ & c_3 & V_{oi3} \\ & c_4 & V_{oi4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{oi} & c_1 & \langle a_{oi1}, b_{oi1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{oi2}, b_{oi2} \rangle \\ & c_3 & \langle a_{oi3}, b_{oi3} \rangle \\ & c_4 & \langle a_{oi4}, b_{oi4} \rangle \end{bmatrix} (i = 1, 2, 3, 4).$$

根据旧工业建筑再生利用项目的特点结合项目管理流程中的相关程序,提出旧工业建筑再生利用项目流程:资产评定、城市总体规划、主管单位审批、文化部门论证、环境评估、项目规划、方案初步设计、可行性研究、详细设计、材料设备选定、施工招标、施工图会审、施工方案拟定、施工设备选定、施工设施料选定、竣工验收、后期修补施工、使用说明编制、使用维护方案,维修施工等等,作为评价阶段的 n 个样品 X (n 为 $1, 2, 3, \dots$). 建立样本 X 的节域事物元模型:

$$R_{oX} = (X, C, V_X) = \begin{bmatrix} X & c_1 & V_{oX1} \\ & c_2 & V_{oX2} \\ & c_3 & V_{oX3} \\ & c_4 & V_{oX4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & c_1 & \langle a_{oX1}, b_{oX1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{oX2}, b_{oX2} \rangle \\ & c_3 & \langle a_{oX3}, b_{oX3} \rangle \\ & c_4 & \langle a_{oX4}, b_{oX4} \rangle \end{bmatrix}$$

则待判别样品 X 事物元为:

$$R_n = \begin{bmatrix} X & c_1 & V_{n1} \\ & c_2 & V_{n2} \\ & c_3 & V_{n3} \\ & c_4 & V_{n4} \end{bmatrix}$$

3.2 确定特征指标的权重系数

分析实施主体、时间阶段、接收对象和实施方式四个特征指标,根据特征对所表述事物元的必要性和重要性,通过向旧工业建筑再生利用项目的业内专家和参与该类项目的具体实施者发放问卷,根据问卷打分确定特征指标的权重系数分别为: $\lambda_1 = 0.3, \lambda_2 = 0.2, \lambda_3 = 0.3, \lambda_4 = 0.2$.

3.3 评价阶段总体事物元经典域赋值

对于评价阶段总体事物元经典域的赋值原则如下:① 实施主体比较集中明确,则简单地分别赋值为 $(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4)$;② 时间阶段以 $0 \sim 1$ 为时间轴,对四个阶段分别划分;③ 接受对象比较离散,各阶段也有一定的相容,所以也可以赋值为 $(0, 1.2), (1, 2), (1.8, 3), (2.7, 4)$;④ 实施方式的赋值也等同于接受对象,简单赋值为 $(0, 1), (1, 2), (2, 3), (3, 4)$.

因此仅时间阶段需要通过征求专家意见,综合评价阶段的特征赋值见表 2. 根据各评价阶段的特征赋值,总体事物元的经典域可以表示如下:

表 2 各评价阶段特征赋值

Tab. 2 Characteristics of the evaluation phase assignment

评价阶段	赋值			
	实施主体	时间阶段	接受对象	实施方式
决策阶段(R_{o1})	(0, 1)	0 ~ 0.25	(0, 1.2)	(0, 1)
设计阶段(R_{o1})	(1, 2)	0.25 ~ 0.4	(1, 2)	(1, 2)
施工阶段(R_{o1})	(2, 3)	0.4 ~ 0.9	(1.8, 3)	(2, 3)
使用维护阶段(R_{o1})	(3, 4)	0.9 ~ 1.0	(2.7, 4)	(3, 4)

$$R_{o1} = \begin{bmatrix} X_{o1} & c_1 & \langle 0, 1 \rangle \\ & c_2 & \langle 0, 0.25 \rangle \\ & c_3 & \langle 0, 1.2 \rangle \\ & c_4 & \langle 0, 1 \rangle \end{bmatrix} \quad R_{o2} = \begin{bmatrix} X_{o2} & c_1 & \langle 1, 2 \rangle \\ & c_2 & \langle 0.25, 0.4 \rangle \\ & c_3 & \langle 1, 2 \rangle \\ & c_4 & \langle 1, 2 \rangle \end{bmatrix}$$

$$R_{o3} = \begin{bmatrix} X_{o3} & c_1 & \langle 2, 3 \rangle \\ & c_2 & \langle 0.4, 0.9 \rangle \\ & c_3 & \langle 1.8, 3 \rangle \\ & c_4 & \langle 2, 3 \rangle \end{bmatrix} \quad R_{o4} = \begin{bmatrix} X_{o4} & c_1 & \langle 3, 4 \rangle \\ & c_2 & \langle 0.9, 1 \rangle \\ & c_3 & \langle 2.7, 4 \rangle \\ & c_4 & \langle 2.8, 4 \rangle \end{bmatrix}$$

由此得出的节域为:

$$R_{oX} = \begin{bmatrix} X_{o4} & c_1 & \langle 0, 4 \rangle \\ & c_2 & \langle 0, 1 \rangle \\ & c_3 & \langle 0, 4 \rangle \\ & c_4 & \langle 0, 4 \rangle \end{bmatrix}$$

评价内容样本事物元特征赋值

对于评价内容样本事物元特征赋值同样是通过专家问卷调查的形式,对四个特征按以下规则打分:
 ① 根据每个评价内容所对应的实施主体在 0 ~ 4 之间赋值;② 根据每个评价内容所处的时间在 0 ~ 1 之间赋值;③ 根据每个评价内容所对应的接受对象在 0 ~ 4 之间赋值;④ 根据每个评价内容所对应的实施方式在 0 ~ 4 之间赋值.

则经过大量专家问卷打分计算后的各特征的赋值见表 3

根据公式(1)~(3)计算各评价内容对于四个评价阶段的关联度 $K_i(x)$,见表 4,同时比较关联度大小,判别所属阶段.

表 3 各评价内容特征赋值

Tab. 3 Characteristics of assignment

评价阶段	特征			
	实施主体	时间阶段	接受对象	实施方式
城市规划方案(R_1)	0.6	0.16	0.7	0.7
文化文物部门审批(R_2)	0.7	0.14	0.8	0.7
项目构想(R_3)	0.9	0.15	0.7	0.9
环境评定(R_4)	0.7	0.18	1	0.9
安全鉴定评估(R_5)	0.6	0.2	1	0.9
可行性研究报告(R_6)	0.9	0.24	1.1	0.8
园区规划方案(R_7)	1.1	0.18	1.1	0.9
初步设计方案(R_8)	1.1	0.24	0.9	0.9
加固设计方案(R_9)	1.5	0.28	1.5	1.8
材料设备选型方案(R_{10})	1.2	0.3	1.6	1.4
设计概算(R_{11})	1.5	0.4	1.8	2
详细施工图设计(R_{12})	1.5	0.4	1.8	2
图纸审查(R_{13})	1.8	0.43	1.5	1.8
图纸会审(R_{14})	1.9	0.45	1.8	2
施工现场准备(R_{15})	2.5	0.47	2.5	2.2
施工预算(R_{16})	2.5	0.49	2.5	2.3
施工方案(R_{17})	2.5	0.49	2.5	2.3
施工组织设计(R_{18})	2.5	0.49	2.5	2.3
施工设备选定(R_{19})	2.5	0.49	2.6	2.3
施工设施料选定(R_{20})	2.5	0.49	2.6	2.3
竣工验收修补工作(R_{21})	2.8	0.9	2.7	2.8
使用说明书(R_{22})	3.2	0.91	2.8	2.8
保养维护方案(R_{23})	3.2	0.92	2.9	3.3
维修措施方案(R_{24})	3.2	0.92	3	3.2

表 4 各评价内容相对于四个评价阶段的关联度

Tab. 4 Evaluation of the content relative correlation of four evaluation phases

评价内容	关联度				所属总体
	$K_1(x)$	$K_2(x)$	$K_3(x)$	$K_4(x)$	
城市规划方案(R_1)	1.76	-0.34	-0.65	-0.78	R_{o1}
文化文物部门审批(R_2)	1.41	-0.30	-0.63	-0.76	R_{o1}
项目构想(R_3)	1.21	-0.22	-0.59	-0.73	R_{o1}
环境评定(R_4)	0.45	-0.17	-0.56	-0.71	R_{o1}
安全鉴定评估(R_5)	0.77	-0.18	-0.56	-0.72	R_{o1}
可行性研究报告(R_6)	0.14	-0.05	-0.49	-0.68	R_{o1}
园区规划方案(R_7)	0.16	-0.02	-0.48	-0.66	R_{o1}
初步设计方案(R_8)	0.16	-0.03	-0.48	-0.67	R_{o1}
加固设计方案(R_9)	-0.21	0.35	-0.22	-0.49	R_{o1}
材料设备选型方案(R_{10})	-0.18	0.28	-0.28	-0.54	R_{o2}
设计概算(R_{11})	-0.27	0.19	-0.09	-0.42	R_{o2}
详细施工图设计(R_{12})	-0.27	0.19	-0.09	-0.42	R_{o2}
图纸审查(R_{13})	-0.26	0.20	-0.10	-0.43	R_{o2}
图纸会审(R_{14})	-0.30	0.03	-0.01	-0.37	R_{o2}
施工现场准备(R_{15})	-0.43	-0.20	0.41	-0.26	R_{o3}
施工预算(R_{16})	-0.44	-0.21	0.44	-0.25	R_{o3}
施工方案(R_{17})	-0.44	-0.21	0.44	-0.25	R_{o3}
施工组织设计(R_{18})	-0.45	-0.23	0.40	-0.23	R_{o3}
施工设备选定(R_{19})	-0.45	-0.23	0.40	-0.23	R_{o3}
施工设施料选定(R_{20})	-0.45	-0.23	0.40	-0.23	R_{o3}
竣工验收修补工作(R_{21})	-0.63	-0.47	0.23	-0.04	R_{o3}
使用说明书(R_{22})	-0.69	-0.55	0.06	0.15	R_{o4}
保养维护方案(R_{23})	-0.73	-0.62	-0.09	0.73	R_{o4}
维修措施方案(R_{24})	-0.74	-0.63	-0.13	0.80	R_{o4}

通过定性分析和定量分析,对于旧工业建筑(群)再生利用项目评价阶段的划分是一致的,通过图 1 可以直观看到每个阶段的评价内容.

城市规划方案		施工现场准备	
文化文物部门审批		施工预算	
项目构想	加固设计方案	施工方案	
环境评定	材料设备选型方案	施工组织设计	
安全鉴定评估	设计概算	施工设备选定	使用说明书
可行性研究报告	详细施工图设计	施工设施料选定	保养维护方案
园区规划方案	图纸审查	竣工验收修补工作	维修措施方案
初步设计设计	图纸会审	施工阶段	使用维护阶段
决决策阶段	设计阶段		

图1 旧工业建筑再生利用项目评价阶段划分图

Fig. 1 Zvaluation Phases Figure of old industrial building recycling project

4 结 论

借鉴工程项目管理程序和全寿命周期对建设工程的划分,设定决策阶段、设计阶段、施工阶段和使用维护阶段为旧工业建筑再生利用项目全过程的评价阶段,运用可拓判别方法,考虑了决定样品 X 特性的各个指标(即 X 各分量)与总体事物元 G_i 相应指标的“贴近”程度,以及各个具体指标对样品总体特性影响的大小,符合旧工业建筑再生利用项目评价阶段划分中各指标对样品 X 的总体特性影响的大小不同的特点,使得评价阶段科学合理划分。旧工业建筑再生利用项目评价阶段的合理划分,为分阶段评价指标体系的建立提供基本依据,是构建具有阶段性、层次性、递进性旧工业建筑再生利用项目评价体系的基础。

参考文献 References

- [1] 蔡文,杨春燕,林伟初.可拓工程方法[M].北京:科学出版社,1997:202-209.
CAI Wen, YANG Chun-yan, LIN Wei-chu. Extension Engineering Method[M]. Beijing: Science Press, 1997, 202-209.
- [2] 杨春燕,蔡文.可拓工程[M].北京:科学出版社,2007:82-97,331-345.
YANG Chun-yan, CAI Wen. Extension Engineering[M]. Beijing: The Science Press, 2007:82-97,331-345.
- [3] 李日华,毛凯,周刚. Bayes-可拓判别[J]. 系统工程理论与实践,2005(7):131-135.
LI Ri-hua, MAO Kai, ZHOU Gang. Bayes-Extension Discrimination[J]. System Engineering - Theory&Practice, 2005(7):131-135.
- [4] LI Hui-min, YAN Rui-qi. Study on Evaluation Indexes of Recycling for Old Industrial Buildings Based on the Theory of Sustainable Development [C]. CRIOCM2009, 2009(4):1949-1952.
- [5] ALFREY J, PUTNAM T. The Industrial Heritage Managing resources and uses [M]. London: Routledge, 1992.
- [6] LIU Wei, TANG Guo-an. The strategies for the sustainable development of the old industrial building in China[C]. Green Building Technologies and Materials, 2011, 224:216-219.

Study on defining the evaluation stage of old industrial building recycling projects

YAN Rui-qi^{1,2}, LI Hui-min¹, LI Xiao-juan³

(1. School of Civil Engineering of Xi'an Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. China Urban And Rural Construction Development CO. Beijing 100191, China;

3. China Railway Construction Group Co. Ltd. Beijing 100131, China)

Abstract: The project of old industrial buildings' recycling has become the main mode of new town's construction at this

stage, but there's no impeccable evaluation system for such projects. The study on this system is built upon the reasonable classification of evaluation stage. Referring to the classified methods of project management program and the project's life cycle, and using the extension discriminant method according to characteristics of the old industrial buildings' recycling project, the extension discriminant model as well as the correlation function is established to classify the evaluation stage of old industrial buildings' recycling in its entire life cycle. According to the key issue of each phase, each phase's evaluation system can be established, and is built a phased hierarchical and gradual evaluation system of the old industrial buildings' recycling.

Key words: *old industrial buildings; recycling; extension discrimination law; correlation function*

Biography: YAN Rui-qi, Ph. D., Xi'an 710055, P. R. China, Tel:18612255187, E-mail:yrq1982@163.com

(上接第 525 页)

- [15] 窦超, 郭彦林. 单轴对称截面圆弧拱弹性弯扭屈曲临界荷载[J]. 建筑科学与工程学报, 2011, 28(4): 69-85.
 DOU Chao, GUO Yan-lin. Elastic flexural-torsional buckling load of monosymmetric circular arches [J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2011, 28(4): 69-85.

Elastic flexural-torsional buckling load of I-Section circular arches

XI Kuan-tang¹, LI Jin¹, FAN Jun-jian², ZHOU Tie-gang¹

- (1. School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;
 2. Xi'an Engineering & Research Institute of Nonferrous Metals, Xi'an 710001, China)

Abstract: Finite element model was constructed with Beam 188, where loading positions into can be taken into consideration. Effects of different restraint conditions and load models on out-of-plane buckling were studied by comparing finite element analysis results of fixed arches with that of the pin-end arches under three kinds of loading model. Buckling loads of fixed and pin-end arches under the radial loading prove to be the same. The bigger rise-span ratio, the better out-of-plane stability of pin-end arches than that of fixed arches under circumferentially distributed vertical loadings and horizontally uniform distributed vertical loadings. Effects of different loading positions on out-of-plane buckling were also studied. Buckling loads of arches which are loaded on centre of figure are bigger than those on top flange, but smaller than those on the bottom flange.

Key words: *circular arch; I-section; out-of-plane instability; loading position*

Biography: XI Kuan-tang, Associate Professor, Xi'an 710055, P. R. China, Tel:0086-13165790118, E-mail: xasxzg@163.com