



T/CECS 545-2018

中国工程建设标准化协会标准

建筑易建性评价标准

Standard for building buildability assessment

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

建筑易建性评价标准

Standard for building buildability assessment

T/CECS 545-2018

主编单位：哈尔滨工业大学（深圳）

深圳市建设（集团）有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2019年3月1日

中国计划出版社

2018 北 京

中国工程建设标准化协会标准

建筑易建性评价标准

T/CECS 545-2018

☆

中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座3层

邮政编码:100038 电话:(010)63906433(发行部)

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 1.875印张 44千字

2019年1月第1版 2019年1月第1次印刷

印数1—3080册

☆

统一书号:155182·0397

定价:22.00元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010)63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

中国工程建设标准化协会公告

第 374 号

关于发布《建筑易建性评价标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2016 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2016〕084 号)的要求,由哈尔滨工业大学(深圳)和深圳市建设(集团)有限公司等单位编制的《建筑易建性评价标准》,经本协会建筑产业化分会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS 545-2018,自 2019 年 3 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会

二〇一八年十月十五日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2016 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2016〕084 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考国内外有关标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分为 4 章和 1 个附录,主要技术内容是:总则、术语和符号、基本规定、评价方法。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理,由哈尔滨工业大学(深圳)负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送解释单位(地址:深圳市南山区西丽大学城哈工大校区 E407,邮政编码:518055)。

主 编 单 位: 哈尔滨工业大学(深圳)

深圳市建设(集团)有限公司

参 编 单 位: 深圳市建筑科学研究院股份有限公司

深圳市市政设计研究院有限公司

中建钢构有限公司

深圳市建筑设计研究总院有限公司

深圳中建科技有限公司

深圳大学建筑设计研究院

中民筑友建筑设计有限公司

深圳市建安(集团)股份有限公司

海南大学

主要起草人: 查晓雄 陈振基 汪清波 刘 丹 翟喜梅

陈宣言 陈振明 郭满良 刘 畅 田 间

刘 慧 王洪欣 秦培成 韩良君 郭 明

刘冠杰 江 磊 张大权 黄晓东 寇寅客
主要审查人：赵晓龙 马欣伯 吴 洁 刘 健 洪 勤
隋庆海 王锦文 隋莉莉 丁 娟

目 次

1 总 则	(1)
2 术语与符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 符号	(2)
3 基本规定	(5)
4 评价方法	(7)
4.1 设计阶段	(7)
4.2 施工阶段	(14)
附录 A 建筑易建性评分表	(18)
本标准用词说明	(20)
附:条文说明	(21)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Basic requirements	(5)
4	Assessment method	(7)
4.1	Planning stage	(7)
4.2	Construction stage	(14)
Appendix A Table for building buildability		
	assessment	(18)
Explanation of wording in this specification		(20)
Addition: Explanation of provisions		(21)

1 总 则

1.0.1 为设计和建造更易建的建筑以及开拓出更节省劳动力的高效技术和方法,提高行业劳动生产率和建筑质量,同时使建筑节约资源、保护环境,评价建筑项目的易建程度,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于一般民用建筑的易建程度评价。

1.0.3 建筑易建性评价应遵循因地制宜的原则,提高劳动生产率和建筑质量,采用绿色建材,促进行业的技术进步和装配化生产方式的转变及环保节能建筑的发展。

1.0.4 建筑易建性评价除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术 语

2.1.1 易建性 buildability

在满足建筑功能及质量等项目整体目标要求的前提下,采用易于建造的方案和技术方法,以降低设计施工成本,便于施工,提高劳动生产率。

2.1.2 易建性指数 index of buildability

在设计阶段评价项目不同类型的竖向受力构件、楼盖系统、围护墙、内隔墙、屋盖系统的易建性程度的指标 BI ,取值范围为 $0 \leq BI \leq 1$,易建性程度越高, BI 值越大。

2.1.3 易建设计分值 buildable design score

根据本标准易建设计评分公式计算得出的易建设计分值。

2.1.4 易建施工分值 constructability score

根据本标准易建施工评分公式计算得出的易建施工分值。

2.1.5 最小易建设计分值 minimum buildable design score

根据本标准建筑易建设计评分体系,规定参评项目应满足的最低易建设计分值。

2.1.6 最小易建施工分值 minimum constructability score

根据本标准建筑易建施工评分体系,规定参评项目应满足的最低易建施工分值。

2.2 符 号

BA —— 建筑易建性评价总分值;

BA_s —— 设计阶段的易建设计分值;

BA_c —— 施工阶段的易建施工分值;

- w_s —— 设计阶段的评分值权重；
- w_c —— 施工阶段的评分值权重；
- w_v —— 竖向受力构件的总占分；
- w_F —— 楼盖系统的总占分；
- w_E —— 围护墙的总占分；
- w_p —— 内隔墙的总占分；
- w_w —— 屋盖系统的总占分；
- BI_v —— 竖向受力构件的总易建性指数；
- BI_F —— 楼盖系统的总易建性指数；
- BI_E —— 围护墙的总易建性指数；
- BI_p —— 内隔墙的总易建性指数；
- BI_w —— 屋盖系统的总易建性指数；
- BA_o —— 其他易建设计特点的易建设计分值；
- BA_D —— 加分/扣分项的易建设计分值；
- V_i —— 参评建筑采用某一种竖向受力构件的体积，竖向受力构件间连接部分的后浇混凝土全部计入现浇混凝土体积计算；
- V —— 参评建筑采用竖向受力构件的总体积；
- BI_{v_i} —— 竖向受力构件的易建性指数；
- A_{1i} —— 参评建筑采用某一种楼盖的水平投影面积，其中，在施工现场免支模的楼盖均计入水平投影面积，水平受力构件间连接部分的后浇混凝土全部计入现浇混凝土水平投影面积计算；
- A_1 —— 参评建筑采用楼盖系统的总水平投影面积；
- BI_{F_i} —— 某种楼盖系统的易建性指数；
- A_{2i} —— 参评建筑采用某一种围护墙的外表面积，其中，计算时可不扣除门、窗及预留洞口等的面积；
- A_2 —— 参评建筑围护墙的总外表面积；
- BI_{E_i} —— 围护墙的易建性指数；

A_{3i} —— 参评建筑采用某一种内隔墙的墙面面积,其中,计算时可不扣除门、窗及预留洞口等的面积;

A_3 —— 参评建筑内隔墙的总墙面面积;

BI_{P_i} —— 内隔墙的易建性指数;

A_{1i} —— 参评建筑采用某一种屋盖的水平投影面积,其中,在施工现场免支模的屋盖均计入水平投影面积,水平受力构件间连接部分的后浇混凝土全部计入现浇混凝土水平投影面积计算;

A_1 —— 参评建筑屋盖的总水平投影面积;

BI_{W_i} —— 屋盖的易建性指数;

BA_{O_i} —— 某种其他易建设计特点的易建设计分值;

BA_{D_i} —— 某种加分/扣分项的易建设计分值;

BA_{T_i} —— 某种土建施工工法的易建施工分值;

BA_{M_i} —— 某种机电、管道体系施工工法的易建施工分值;

BA_{N_i} —— 某种其他施工方法的易建施工分值。

3 基本规定

3.0.1 建筑易建性评价应以单体建筑作为计算和评价单元。评价建筑群时,当不同的单体建筑采用不同的建筑构件或技术方法,应按每个单体建筑的建筑面积占整个建筑群建筑面积的比例,以加权方法计算整个建筑群的易建性评分值。

3.0.2 申请评价时,应提交项目申请评价报告、相关评价文件和证明材料,可按本标准附录 A 进行评价计算。

3.0.3 建筑易建性评价分为设计评价、施工评价,并应符合下列规定:

- 1 设计评价应在施工图设计文件通过审查后进行;
- 2 施工评价应在满足设计评价要求且通过竣工验收后进行。

3.0.4 易建性建筑评价应满足表 3.0.4 中最低分值要求。

表 3.0.4 易建性建筑最低分值

阶段划分	最低分
设计阶段	50
施工阶段	50

3.0.5 建筑易建性评价应采用计分制,按式(3.0.5)计算。易建性建筑评价等级应划分为 A 级、AA 级、AAA 级,并应符合表 3.0.5 的规定。

$$BA = w_s BA_s + w_c BA_c \quad (3.0.5)$$

式中: BA ——建筑易建性评价总分值;

BA_s ——设计阶段的易建设计分值;

BA_c ——施工阶段的易建施工分值;

w_s ——设计阶段的评分值权重,为 60%;

w_c ——施工阶段的评分值权重,为 40%。

表 3.0.5 建筑易建性等级划分

等 级	分 值 划 分
A	$60 \leq BA < 75$
AA	$75 \leq BA < 90$
AAA	$90 \leq BA \leq 100$

注:分值保留 2 位小数。

4 评价方法

4.1 设计阶段

4.1.1 设计阶段的易建设计分值应按下式计算:

$$BA_S = w_V BI_V + w_F BI_F + w_E BI_E + w_P BI_P + w_W BI_W + BA_O + BA_D \quad (4.1.1)$$

式中: BA_S ——建筑易建设计分值, 保留 2 位小数, 最高 100 分;

w_V ——竖向受力构件的总占分, 取值为 30;

w_F ——楼盖系统的总占分, 取值为 20;

w_E ——围护墙的总占分, 取值为 10;

w_P ——内隔墙的总占分, 取值为 10;

w_W ——屋盖系统的总占分, 取值为 5;

BI_V ——竖向受力构件的总易建性指数, 保留 2 位小数;

BI_F ——楼盖系统的总易建性指数, 保留 2 位小数;

BI_E ——围护墙的总易建性指数, 保留 2 位小数;

BI_P ——内隔墙的总易建性指数, 保留 2 位小数;

BI_W ——屋盖系统的总易建性指数, 保留 2 位小数;

BA_O ——其他易建设计特点的易建设计分值, 保留 2 位小数, 最高 10 分;

BA_D ——加分/扣分项的易建设计分值, 保留 2 位小数, 最高 15 分。

4.1.2 竖向受力构件的总易建性指数为参评建筑中各种竖向受力构件占有所有竖向受力构件的体积比乘以各自对应的易建性指数之和, 应按下式计算:

$$BI_V = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_i}{V} \times BI_{V_i} \right) \quad (4.1.2)$$

式中: V_i —— 参评建筑采用某一种竖向受力构件的体积, 竖向受力构件间连接部分的后浇混凝土全部计入现浇混凝土体积计算;

n —— 参评建筑采用竖向受力构件的种类数, 分类按表 4.1.2 采用;

V —— 参评建筑采用竖向受力构件的总体积;

BI_{V_i} —— 竖向受力构件的易建性指数, 按表 4.1.2 采用。

表 4.1.2 竖向受力构件的易建性指数

竖向受力构件体系	分 类	易建性指数 BI_{V_i}
钢结构	钢柱	1.00
	钢管混凝土柱	0.98
	钢管柱	0.40
	钢板剪力墙	0.98
	普通钢支撑	0.98
	外包钢管混凝土型屈曲约束支撑	0.92
	外包钢筋混凝土型屈曲约束支撑	0.85
	全钢型屈曲约束支撑	0.95
	轻体板构墙	0.98
叠合墙	预制双面叠合式墙	0.85
	预制单面叠合式墙	0.80
预制	预制钢筋混凝土柱	0.85
	预制钢筋混凝土剪力墙	0.85
现浇	现浇钢筋混凝土柱	0.65
	现浇钢筋混凝土剪力墙	0.65
砌体	配筋砌块剪力墙	0.50

4.1.3 楼盖系统的总易建性指数为参评建筑中各种楼盖类型占所有楼盖系统的水平投影面积比乘以各自对应的易建性指数之和, 应按下式计算:

$$BI_F = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{1i}}{A_1} \times BI_{F_i} \right) \quad (4.1.3)$$

式中： A_{1i} ——参评建筑采用某一种楼盖的水平投影面积，其中，在施工现场免支模的楼盖均计入水平投影面积，水平受力构件间连接部分的后浇混凝土全部计入现浇混凝土水平投影面积计算；

n ——参评建筑采用楼盖系统的种类数，分类按表 4.1.3 采用；

A_1 ——参评建筑采用楼盖系统的总水平投影面积；

BI_{F_i} ——楼盖系统的易建性指数，按表 4.1.3 采用。

表 4.1.3 楼盖系统的易建性指数

楼盖系统	分 类	易建性指数 BI_{F_i}
钢结构/木结构	钢梁、压型钢板混凝土组合楼板、 钢筋桁架楼承板组合楼板	0.98
	轻钢密肋楼板系统、木梁空腹楼面系统	1.00
预制	预制空心楼板	0.90
	预制肋形楼板	0.85
	预制框架梁、预制普通楼板	0.83
叠合	叠合梁、U 型梁、叠合楼板	0.85
现浇	现浇梁、现浇楼板	0.65
其他预制水平构件	预制阳台板	1.00
	预制楼梯、钢梯	1.00
	预制空调板	1.00
	预制水平遮阳板	1.00

4.1.4 围护墙的总易建性指数为参评建筑中各种围护墙类型占所有围护墙的外表面积比乘以各自对应的易建性指数之和，应按下式计算：

$$BI_E = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{2i}}{A_2} \times BI_{E_i} \right) \quad (4.1.4)$$

式中: A_{2i} —— 参评建筑采用某一种围护墙的外表面积, 其中, 计算时可不扣除门、窗及预留洞口等的面积;

n —— 参评建筑采用围护墙的种类数, 分类按表 4.1.4 采用;

A_2 —— 参评建筑围护墙的总外表面积;

BI_{E_i} —— 围护墙的易建性指数, 按表 4.1.4 采用。

表 4.1.4 围护墙的易建性指数

围隔墙	分 类	易建性指数 BI_{E_i}
当竖向承重墙体兼备围护墙功能时	保温装饰	1.00
	保温无装饰	0.98
幕墙	单元式幕墙	0.95
	构件式幕墙	0.85
预制混凝土外墙	无凸窗	0.85
	有凸窗	0.80
灌浆外墙板	无龙骨	0.85
	轻钢龙骨灌浆墙板	0.90
双面预制复合/叠合外墙板	—	0.80
现浇钢筋混凝土外墙	无凸窗	0.65
	有凸窗	0.55
砌块墙/砖墙	薄抹灰的精确砌块墙	0.55
	实心或空心、需抹灰或不需抹灰的砖墙/砌块墙	0.30
预制遮阳板	竖向遮阳板	1.00

4.1.5 内隔墙的总易建性指数为参评建筑中各种内隔墙类型占所有内隔墙的墙面面积比乘以各自对应的易建性指数之和, 应按下式计算:

$$BI_P = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{3i}}{A_3} \times BI_{P_i} \right) \quad (4.1.5)$$

式中: A_{3i} —— 参评建筑采用某一种内隔墙的墙面面积, 其中, 计算时可不扣除门、窗及预留洞口等的面积;

n —— 参评建筑采用内隔墙的种类数, 分类按表 4.1.5 采用;

A_3 —— 参评建筑内隔墙的总墙面面积;

BI_{P_i} —— 内隔墙的易建性指数, 按表 4.1.5 采用。

表 4.1.5 内隔墙的易建性指数

内隔墙	分 类	易建性指数 BI_{P_i}
当竖向承重墙体 兼备内隔墙功能时	装饰	1.00
	无装饰	0.98
全高玻璃隔断、 干隔墙	—	0.95
预制混凝土墙	预制空心墙板, 装饰	0.85
	预制空心墙板, 无装饰	0.80
	预制实心墙板, 装饰	0.80
	预制实心墙板, 无装饰	0.75
轻体墙板	轻钢龙骨墙板, 灌浆装饰	0.90
	轻钢龙骨墙板, 不灌浆装饰	0.95
	灌浆墙板, 装饰	0.90
砌块墙/砖墙	薄抹灰的精确砌块墙	0.55
	实心或空心、需抹灰或不需抹灰的砖墙/ 砌块墙	0.30

4.1.6 屋盖系统的总易建性指数为参评建筑中各种屋盖类型占所有屋盖的水平投影面积比乘以各自对应的易建性指数之和, 应按下式计算:

$$BI_w = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{4i}}{A_4} \times BI_{w_i} \right) \quad (4.1.6)$$

式中: A_{4i} —— 参评建筑采用某一种屋盖的水平投影面积, 其中, 在施工现场免支模的屋盖均计入水平投影面积, 水

平受力构件间连接部分的后浇混凝土全部计入现浇混凝土水平投影面积计算；

n —— 参评建筑采用屋盖的种类数，分类按表 4.1.6 采用；

A_1 —— 参评建筑屋盖的总水平投影面积；

BI_{w_i} —— 屋盖的易建性指数，按表 4.1.6 采用。

表 4.1.6 屋盖的易建性指数

分 类	易建性指数 BI_{w_i}
采用的屋盖与楼盖系统相同	屋盖可采用楼盖的易建指数
钢桁架一体化金属屋面	1.00
钢桁架式金属屋面、木桁架式金属屋面	0.95
钢梁/预制混凝土梁/木梁式金属屋面	0.90
钢梁/预制混凝土梁/木梁式瓦屋面	0.80
现浇梁式金属屋面	0.70
现浇梁式瓦屋面	0.50

4.1.7 参评建筑的其他易建设计特点的易建设计分值 BA_{O_i} 应按表 4.1.7 采用：

表 4.1.7 其他易建设计特点的易建设计分值

其他设计特点		使用单位	易建设计分值 BA_{O_i}	
			使用率	
			$70\% \leq \text{使用率} < 90\%$	使用率 $\geq 90\%$
1 标准化				
1.1	柱,3 个最常用的尺寸	个数	0.5	1.0
1.2	梁,3 个最常用的尺寸	个数	0.5	1.0
1.3	门洞宽,5 个最常用的尺寸	个数	0.3	0.5

续表 4.1.7

其他设计特点		使用单位	易建设计分值 BA_{O_i}	
			使用率	
			$70\% \leq \text{使用率} < 90\%$	使用率 $\geq 90\%$
1.4	窗洞宽, 5 个最常用的尺寸	个数	0.3	0.5
1.5	标准层层高, 适用于 6 层以上, 不计底层、顶层及以上高度	个数	0.3	0.5
	标准层层高, 适用于 6 层以下, 不计底层、顶层及以上高度。仅适用于除底层外仍有 2 层以上的建筑	个数	0.3	0.5
2 简单化				
2.1	基本单元/基本户型布置高度重复, 使用最多的三个基本单元/基本户型	面积	1.0	2.0
3 集成化				
3.1	集成卫生间、集成厨房	个数	2.0	3.0
4 其他				
4.1	公寓单元楼地面没有高差, 例如厨房、卫生间处	个数	0.3	0.5
4.2	预制仪表间	个数	0.3	1.0

注: 评价建筑项目时, 没有某项内容时, 如预制厨房, 可直接取该项分值。

4.1.8 参评建筑的加分/扣分项的易建设计分值 BA_D 应按表 4.1.8 采用:

表 4.1.8 加分/扣分项的易建设计分值

1 加分项		易建设计分值 BA_{D_i}
1.1	应用 BIM 技术	5
1.2	对于钢结构, 使用全螺栓连接或类似连接方式	2
1.3	使用自密实混凝土, $80\% \geq \text{使用率} \geq 30\%$, 其中使用率为自密实混凝土体积占总的混凝土体积的比例	1~2*
1.4	使用钢筋网、钢筋笼、钢筋桁架等成型钢筋制品, $80\% \geq \text{使用率} \geq 60\%$, 其中使用率为使用成型钢筋制品的总重量占结构体系中钢筋总重量的比例	1~2*

续表 4.1.8

1 加分项		易建设计分值 BA_{D_j}
1.5	现浇时预拌混凝土,使用率 $\geq 80\%$,其中使用率为预拌混凝土体积占全部现浇混凝土体积的比例	2
1.6	现浇时预拌砂浆,使用率 $\geq 80\%$,其中使用率为预拌砂浆体积占全部现浇混凝土砂浆的比例	2
2 扣分项		
2.1	复杂形式设计,例如有锥形、扭曲曲面外形	-2
2.2	有转换梁、转换层	-2
2.3	超 15m 高支模	-2
2.4	超 4m 大悬挑	-2
2.5	斜柱	-2

注:表中带“*”项的分值采用“内插法”,计算结果取小数点后 2 位。

4.1.9 包含多个单体工程的项目的易建设计分值计算时,应按下式计算:

$$\text{项目工程易建设计分值} = \sum [\text{单体工程易建设计分值} \times \text{单体工程建筑面积} / \text{项目工程总建筑面积}] \quad (4.1.9)$$

4.2 施工阶段

4.2.1 施工阶段的易建施工分值应按下式计算:

$$BA_C = \sum BA_{T_j} + \sum BA_{M_j} + \sum BA_{N_j} \quad (4.2.1)$$

式中: BA_C ——建筑易建施工分值,最高 100 分,保留 2 位小数;

$\sum BA_{T_j}$ ——土建施工工法的易建施工分值,最高 45 分,按本标准表 4.2.1-1 采用;

$\sum BA_{M_j}$ ——机电、管道体系施工工法的易建施工分值,最高 35 分,按本标准表 4.2.1-2 采用;

$\sum BA_{N_j}$ ——其他施工工法的易建施工分值,最高 20 分,按本标准表 4.2.1-3 采用。

表 4.2.1-1 土建施工工法的易建施工分值

土建施工工法		易建施工分值	BA _{T_i} 计算方法		
1 外部爬升体系					
1.1	无外部脚手架	10	Σ(外部爬升体系的长度或无外部脚手架的长度×所得分值)/总的建筑外围		
1.2	附着式升降脚手架	8			
1.3	起重机外围脚手架/吊篮	7			
1.4	传统外部脚手架	3			
2 模板体系					
2.1	垂直接触面积		Σ(某一种垂直模板接触面积)×所得分值/总的垂直模板接触面积		
	(i)无模板	10			
	(ii)传统的木模板	3			
	(iii)钢模板	5			
2.2	(iv)铝模板	7	Σ(某一种模板的楼面面积)×所得分值/总的楼面面积		
	楼面面积				
	(i)无模板	10			
	(ii)传统的木模板	3			
	(iii)钢模板	5			
	(iv)铝模板	7			
	3 其他				
	3.1	使用液压固定式布料杆浇筑		1	分数只给一次
3.2	使用塔式起重机	2	分数只给一次		
3.3	无支柱的深地基施工	3	适用于场地有限制的情况		
3.4	无须砂浆找平的地面	3	无须找平楼面面积×所得分值/总的楼面面积		
3.5	免抹灰墙	3	免抹灰墙长度×所得分值/总的墙长度		
3.6	喷雾涂漆的使用	3	使用率≥50%,使用率为喷雾涂漆面积占总的上漆区域的面积的比例		

表 4.2.1-2 机电、管道体系施工工法的易建施工分值

项次	机电、管道体系施工工法	易建施工分值	BA_{M_i} 计算方法
1	预制绝缘冷水管	2~5*	$80\% \geq \text{使用率} \geq 60\%$, 使用率为预制绝缘冷水管长度占总的冷水管长度的比例
2	空调风道(预制或预安装的风道) (i) 预制风道 (ii) 预制绝缘热风道	2~3* 2~5*	$80\% \geq \text{使用率} \geq 60\%$, 使用率为某种空调风道长度占总的空调风道长度的比例
3	预制排烟道	2~5*	$80\% \geq \text{使用率} \geq 60\%$, 使用率为预制排烟道长度占总的排烟道长度的比例
4	预制管道井	2~5*	$80\% \geq \text{使用率} \geq 60\%$, 使用率为预制管道井长度占总的管道井长度的比例
5	设备管道中机械连接的使用	2~5*	$80\% \geq \text{使用率} \geq 60\%$, 使用率为机械连接处的个数占所有连接处的个数的比例
6	生活给水系统使用柔性软管	2	使用率 $\geq 80\%$, 使用率为柔性软管的长度占总的的生活给水系统水管长度的比例
7	成品机电支架	3	使用率 $\geq 80\%$, 使用率为成品机电支架数占总的机电支架数的比例
8	管线分离	2~5*	$80\% \geq \text{使用率} \geq 60\%$, 使用率为各楼层管线分离的长度占各楼层电气、给水排水和采暖管线的总长度的比例

注:表中带“*”项的分值采用“内插法”计算,计算结果取小数点后2位。

表 4.2.1-3 其他施工方法的易建施工分值

项次	其他施工工法	易建施工分值(BA_{N_i})
1	应用 BIM 技术	5
2	非承重内隔墙采用装配式施工技术,现场无湿作业和二次加工	3
3	墙和地面瓷砖、石材等装修材料工厂加工编号,无现场切割	3
4	各种柜体、木门等木制品和木装饰采用工厂定制,无现场切割	2
5	各种设备管线,连接部位提前预留接口、孔洞,无现场剔凿	2
6	项目采用新技术获得国家发明专利/国家实用新型专利	2
7	项目采用新技术获得国家级/省级奖项或示范工程	3
8	未经设计允许,擅自对预制构件进行切割、开洞的	每发现一处扣 1 分
9	特种作业工人未持证上岗或证件失效的	每发现一人扣 1 分
10	首个标准层安装等施工关键节点未见建设、设计、生产、施工、监理等单位技术负责人同时到现场的	每发现一次扣 2 分
11	结构连接、防水处理等重要隐蔽工程施工,未进行现场施工过程摄影(相)留真实资料的	每发现一处扣 2 分

4.2.2 包含多个单体工程的项目的易建施工分值计算时,应按下式计算:

$$\text{项目工程易建施工分值} = \sum [\text{单体工程易建施工分值} \times \frac{\text{单体工程建筑面积}}{\text{项目工程总建筑面积}}] \quad (4.2.2)$$

附录 A 建筑易建性评分表

表 A 建筑易建性评分表

一、易建设计评分				
说明		覆盖率	易建性指数	易建设计得分
1 竖向受力构件易建设计分值 $BI_V = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_i}{V} \times BI_{V_i} \right) =$				
1.1				
1.2				
2 楼盖系统易建设计分值 $BI_F = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{1i}}{A_1} \times BI_{F_i} \right) =$				
2.1				
2.2				
3 围护墙易建设计分值 $BI_E = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{2i}}{A_2} \times BI_{E_i} \right) =$				
3.1				
3.2				
4 内隔墙易建设计分值 $BI_P = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{3i}}{A_3} \times BI_{P_i} \right) =$				
4.1				
4.2				
5 屋盖系统易建设计分值 $BI_W = \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{4i}}{A_4} \times BI_{W_i} \right) =$				
5.1				
5.2				
6 其他设计特点易建设计分值 $BA_O =$				
6.1				
6.2				
6.3				

续表 A

一、易建设计评分				
说明		覆盖率	易建性指数	易建设计得分
7 加/扣分易建设计分值 $BA_D =$				
7.1				
7.2				
7.3				
项目易建设计分值 $BA_S =$				
二、易建施工评分				
说明		覆盖率	易建施工分值	易建施工得分
1 土建施工工法的易建施工分值 $\Sigma BA_{T_i} =$				
1.1				
1.2				
1.3				
2 机电、管道体系施工工法的易建施工分值 $\Sigma BA_{M_i} =$				
2.1				
2.2				
3 其他施工工法的易建施工分值 $\Sigma BA_{N_j} =$				
3.1				
3.2				
项目易建施工分值 $BA_C =$				
项目建筑易建性评价总分值		$\Sigma BA = w_S BA_S + w_C BA_C =$		

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

建筑易建性评价标准

T/CECS 545-2018

条文说明

目 次

1	总 则	(25)
2	术语和符号	(27)
3	基本规定	(31)
4	评价方法	(33)
4.1	设计阶段	(33)
4.2	施工阶段	(45)

1 总 则

1.0.1 我国建筑行业长期采取劳动密集型的粗放式建造方式,在设计和施工阶段很少考虑是否容易建造,建筑业总体科技含量低、用料多、能耗高、工期长、低素质劳动力密集、安全事故频繁,同时环境污染严重。随着我国人口老龄化以及新生劳动力供给不足,人工成本日益增加。因此,为节省劳动力,推进建筑领域内的供给侧结构性改革,倡导易建的设计方案和高效的施工方法,同时能减少资源浪费、建筑垃圾排放,借鉴国内外先进的易建性理念,结合我国建筑工业化发展的具体特点,构建一套适合我国国情的建筑易建性评价体系,对其实施科学、统一、规范的评价。

本标准评价分为两个阶段,分别进行易建设计评价和易建施工评价。评价指标具有科学性、先进性、系统性、导向性和可操作性。评价内容和方法结合了目前工程建设整体发展水平,并兼顾了远期发展目标及各地区的自主创新空间。

本标准参考了已有研究《深圳市住宅建筑易建性研究》、新加坡《Code Of Practice on Buildable Design》2017 Edition、《装配式建筑评价标准》GB/T 51129—2017、《绿色建筑评价标准》GB/T 50378—2014、《珠海市建筑易建性评价导则》等内容。今后标准内容会随着时间和技术成熟,做出一些更新和修订。

1.0.2 本标准适用于一般民用建筑的评价,同样也适用于装配式建筑和现浇建筑。

1.0.3 当前我国大力推广和发展装配式建筑,但本标准强调以下目标:

(1)本标准推广易建设计,但并非牺牲好的建筑设计来单纯换取易建性。易建设计同样提倡设计的多样性和创造性,满足客户

的需求。许多实例证明,独特的设计同样可以得到较高的易建分值;

(2)易建性并非单纯推广预制化,固然预制化的易建分值较高,但简单的现浇建筑仍能得到较高分值;

(3)易建设计和施工能够提高建筑质量。原因在于施工相对容易,对熟练工的要求会相应降低;

(4)根据各地的建筑特点和区域发展,因地制宜,采用当地绿色建材,避免因过分追求高易建分值,忽略经济性和便利性。

2 术语和符号

2.1.1 易建性是由 Buildability 翻译过来的,意思为可建造性,是由英国人于 1962 年提出的概念,即在保证建筑物质量的前提下,使施工更有效和更容易(美国和澳大利亚提出的是 Constructability,同 Buildability 的意思相近,更强调实际施工,译为易施工性),这里将“易施工性”归为“易建性”的范畴内。

使建筑变得易建是实现工业化的突出效果之一。易建性(Buildability)是由英国人于 1962 年提出的概念,即在保证建筑物质量的前提下,使施工更有效和更容易,主要目的在于提高劳动生产率、节约材料、保证质量、便于施工、降低成本。它把工业化落实到易建性分数上,将工业化建筑这样一个技术概念进行量化,提高了计算建筑物工业化程度的方法,可以对易建性差的设计予以限制和纠正。新加坡二十多年经验证明,采用易建性指标对推进住宅产业化和建筑工业化的发展意义重大。

各个国家对易建性的理解和侧重点不同。例如新加坡政府颁布强制法令,要求建筑审批前建筑方案必须满足最低易建性分值;在英国,研究人员强调设计和施工的集成,使有经验的专家参与到设计阶段以获得易建性的提高;在香港,由于大部分建筑工地处在繁华的城市地区,环境拥挤及条件有所限制,在确保项目交付平稳实施的方面,易建性变得至关重要;在美国和澳大利亚,更注重实践方法的使用,美国建筑业协会和澳大利亚建筑业协会发布了实施易施工性概念的指南。

为此对易建性的研究需基于劳动力状况、经济水平、资源条件等基本国情,各国各地对易建性的定义如表 1 所示。

表 1 各地区易建性定义

国家或地区	易建性定义
英国 Buildability	在满足建筑物全部要求的前提下,设计的方案使施工简易的程度;把楼宇有效率地、更符合经济效益地建成之余,物料和组合件的要求也能同时达到一定要求
美国 Constructability	能适当地运用建筑知识,并实践有关规划、设计、采购和建造的经验,以达致整体的项目目标
澳大利亚 Constructability	在设计时使建筑易建,且考虑美观、质量、成本、工期等因素;使建筑知识运用在项目的各个阶段,并平衡不同的项目和环境限制,以达致整体的项目目标和楼宇表现
新加坡 Buildability	易建性是一个建筑的设计促进施工简易的程度,以及影响建筑工作中劳动率水平的施工技术和方法流程等的使用程度
马来西亚 Buildability	通过优化改进设计提高整体建设过程中的效率
中国香港 Buildability	指设计方案促使有效运用施工资源的程度;在保证质量和安全的前提下,提高施工效率,缩短工期及减少成本,符合业主要求
中国深圳 Buildability	在满足建筑功能及质量等整体目标要求的前提下,采用易于建造的方案,以降低设计施工成本,便于施工,提高劳动生产率
中国珠海 Buildability	在满足建筑功能和保证建筑物质量的前提下,通过优化设计,采用工业化的建造方式,以便于生产和施工,提高劳动生产率。反映建筑物容易建造的程度,以及设计、生产和施工过程先进技术和工艺的采用对建筑工程质量和效益的影响程度

2.1.2 设计阶段中用来评价不同类型的竖向受力构件、楼盖系统、围护墙、内隔墙、屋盖系统的易建性程度的指标,称为易建性指数 BI ,表示某一种类型构件的相对的易建性程度。

建筑物易建性的影响因素可能有许多,例如成本、工期、劳动生产率、材料用量、环境影响等。对易建性的影响因素,各国学者做了许多研究,所有这些因素都是设计阶段可以控制的,也就是说,设计阶段考虑因素周全是提高易建性的关键,具体如表 2 所示:

表 2 易建性影响因素

地区	马来西亚	香港
筛选办法	马来西亚学者将世界各国学者对易建性影响因素的 15 份论著做了分析,提出了 19 个易建性影响因素	香港学者通过问卷调查和现场研讨的方式,采用因素分析法,将 63 个因素合并为 9 个因素
影响因素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提高模数化和标准化程度,每层尽量重复 2. 简化安装程序,尽快拆除临时脚手架 3. 尽量使用可替换材料。合理使用,避免浪费 4. 注意施工的连续性 5. 合理使用劳动力/熟练工人,避免重复装卸 6. 最大的预制率,采用管线安装好的预制卫生间 7. 简化节点设计,尽量使用标准节点 8. 简化节点设计,尽量使用标准节点 9. 灵活性设计,尽量使用可替换的部件 10. 创新和有效的施工方法,选用合理的结构体系 11. 简化地下工程,减少地下作业对周边的影响 12. 合理的工地平面布置,尽量避免对环境的干扰 13. 使用提高效率的工具,安装结果要便于检查 14. 与设计人保持紧密联系,尽量避免返工 15. 标明各相邻部件的精度要求 16. 气候影响,避免在恶劣气候条件下进行室外作业 17. 吊运和安装环节的施工安全 18. 完整和清晰的施工图,避免细节上的矛盾 19. 鼓励可持续性施工方法,使用不污染环境材料 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 允许承包商的资源的经济性利用 2. 场地工作人员对设计要求可视化并进行协调 3. 承包商推广和接受替换性的施工细部 4. 承包商克服限制的场地条件 5. 标准化和重复性 6. 使装配和现场工作自由选择 7. 在无重复性构件情况下,使施工细部简单化 8. 通过灵活的施工程序或方法,使不利天气影响最小化 9. 设计出安全的场地施工顺序

2.1.3~2.1.6 本标准将建筑易建性评价分为设计评价和施工评价,设计阶段的评价分值称为易建设计分值 BA_s ,施工阶段的评价分值称为易建施工分值 BA_c ;并设立了最低易建设计分值和最低易建施工分值,不符合最低分值的建筑不能评为易建性建筑。

3 基本规定

3.0.1 规定评价对象为单体建筑或若干个建筑组成的建筑群。以单体建筑为评价对象,主要基于单体建筑可构成整个建筑活动的工作单元和产品,能全面、系统地反映建筑易建性的特点,具有通用性和可操作性,同时以单体建筑为基础,来计算建筑群的易建性评分值。

3.0.2 建筑易建性的评价涉及房屋建造的各个方面,因此要求申请项目评价的单位应提交评价项目申请报告、主要生产建造环节的设计文件、施工文件以及验收文件等。建筑易建性的评价分为设计和施工两阶段,在设计阶段由于构件生产与施工尚未进行,难以提供完整的评价文件,因此,可按评价阶段的要求分阶段提供相应的评价文件资料。

在设计阶段提交的申请报告应包括项目概况、参与单位情况、主要设计指标、项目关键技术等主要内容,以及与本标准第4章设计阶段评价要求相关的指标和要求;在施工阶段提交的申请报告应包括项目概况、参与单位情况、项目关键技术、工厂制作、施工组织、项目管理模式等主要内容,以及与本标准第4章施工阶段评价要求相关的指标和要求,内容应该完整、详实。进行评价时,可参照附录A进行计算。

3.0.3 2011年,新加坡建设局提出易施工性的要求,要求承建商采用劳动效率更高的技术和方法来提高施工效率,将新加坡易建性规范分为易建设计评价体系(Buildable Design Appraisal System)和易施工性评价体系(Constructability Appraisal System),开始重视施工阶段的具体工法。本标准在其他标准的基础上,对国内建筑构件类型进行分类总结,并征求行业各方意见,在设计阶

段将建筑易建性评价分为竖向受力构件、楼盖系统、围护墙、内隔墙、屋盖系统、其他易建设计特点、加/扣分 7 个方面,满分 100 分。并采用新加坡易施工性的理念,设立施工阶段,并将施工阶段评价分为土建施工工法和机电、管道体系施工工法及其他施工工法 3 个方面,满分 100 分。设计阶段的评价以报建审批的施工图为主要依据,施工阶段的评价以竣工图及工程建设过程相关文件为依据。申请评价方应根据有关要求,对设计与施工阶段进行过程控制,并提交相关文件。

3.0.4 2013 年新加坡为加快建设环境部门效率的提高,特别是有效减少外来劳工的供应,建设局进一步提出易建设计分值和易施工分值的最低标准,强制执行。新加坡是国家权威主义的国家,易建性要求可以以建设局文件的方式推行,而且新加坡建设住宅的 80% 是公屋,所以新加坡得以成功推行易建性制度。在香港易建性评分不能强制推行,因为香港法律没有规定私人建筑一定要执行易建性这类的房屋署文件,公屋建设可以。我国许多城市,政府有权审批设计图纸,故本标准中设立最小易建设计分值和最小易施工分值,不符合最低分值的建筑不能评为易建性建筑。本标准最低分经真实案例试算(含现浇、钢结构、预制等不同形式建筑),得出普遍的分值,设置的最低分值略高于各种类型建筑的普遍分值,促使建筑项目采取一些易建措施。低于最低分值的建筑不能评为易建性建筑。

3.0.5 在工业化生产链条中,设计阶段具有重要决定作用,可以较大程度上影响后续施工难易,上游设计阶段提出的高效理念,可在下游施工阶段节省劳动力。经过问卷调查和专家意见,最终将设计阶段和施工阶段的权重重定为 60%、40%。将易建性建筑进行等级划分,等级划分的分值均经过真实案例试算。计算结果应按照四舍五入法保留 2 位小数。

4 评价方法

4.1 设计阶段

一、易建性指数 BI 的来源

本标准的易建性指数 BI 通过层次分析法得出。

层次分析法把目标和解决目标的具体手段分为:最高层目标层 A 和最低层具体手段层 C ,为得到最低层具体手段层 C 对最高层目标层 A 的权重,中间设一个实现目的的准则或约束条件作为中间层 B ,通过调查问卷、走访等数据采集形式得到中间层 B 对 A 层的权重和 C 层对 B 层的权重,通过数学分析最终得到最低层 C 对最高层 A 的权重,所有专家调查问卷的权重平均值就是最低层具体手段层 C 中每一项对 A 层的易建性指数 BI 。

下面以楼盖系统的易建性指数 BI_{Fi} (条文中表 4.1.3 楼盖系统的易建性指数)的计算过程进行说明:

(1)确定最低层具体手段层 C 各项,设立准则或约束条件中间层,得到最终层次结构模型。如图 1 所示:

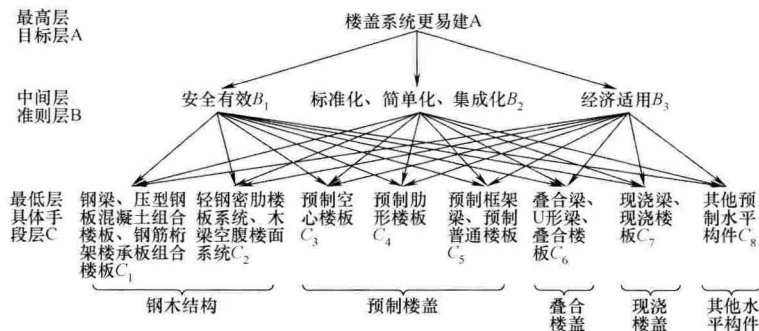


图 1 楼盖体系层次结构模型

(2) 基于关系标度,通过调查问卷、走访等数据采集形式得到中间层 B 每一项 B_i 对 A 层的判断矩阵和 C 层每一项 C_i 对 B 层的判断矩阵。判断矩阵的形式为以上一层的某一要素 A 作为评价准则,计算本层的各要素 B_1, B_2, \dots, B_n 任意两者的重要性之比作为矩阵的元素,如表 3 所示,计算 $b_{ij} = B_i/B_j$ 的值。

表 3 判断矩阵示意图

A	B_1	B_2	...	B_n
B_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1n}
B_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2n}
...
B_n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nn}

表 4 判断矩阵标度法

1	表示两个元素相比,具有同样重要性
3	表示两个元素相比,前者比后者稍微重要
5	表示两个元素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比,前者比后者极端重要

注:可取上述两相邻判断的中间值和上述值的倒数。

基于表 4,通过调查问卷、走访等数据采集形式得到某一位专家关于中间层 B 每一项对 A 层的关系和 C 层每一项对 B 层的关系的相关意见。表 5~表 8 为该专家调查问卷中针对楼盖系统形成的判断矩阵。

表 5 B 层每一项对 A 层的判断矩阵 B_{ij}

A	B_1	B_2	B_3
B_1	1	1	2
B_2	1	1	2
B_3	1/2	1/2	1

表 6 C 层每一项对 B_1 判断矩阵 C_{ij}

B_1	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
C_1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1
C_2	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1
C_3	1/1.5	1/1.5	1	1.1	1.15	1	0.90	0.90
C_4	1/1.5	1/1.5	1/1.1	1	1.1	1.1	0.85	0.85
C_5	1/1.5	1/1.6	1/1.2	1/1.1	1	1	0.80	0.80
C_6	1/1.5	1/1.5	1	1/1.1	1	1	0.90	0.90
C_7	1	1	1/0.90	1/0.85	1/0.80	1/0.90	1	1
C_8	1	1	1/0.90	1/0.85	1/0.80	1/0.90	1	1

表 7 C 层每一项对 B_2 判断矩阵 C_{ij}

B_2	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
C_1	1	0.98	1.2	1.3	1.4	1.5	3	1
C_2	1.02	1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.8	1
C_3	1/1.2	1/1.2	1	1.2	1.3	1.2	2	0.95
C_4	1/1.3	1/1.3	1/1.2	1	1.1	1	1.8	0.90
C_5	1/1.4	1/1.4	1/1.3	1/1.1	1	0.95	1.6	0.88
C_6	1/1.5	1/1.5	1/1.2	1	1/0.95	1	1.5	0.90
C_7	1/2.5	1/2.8	1/2	1/1.8	1/1.6	1/1.5	1	0.65
C_8	1	1	1/0.95	1/0.9	1/0.88	1/0.90	1/0.7	1

表 8 C 层每一项对 B_3 判断矩阵 C_{ij}

B_3	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
C_1	1	0.98	1	1.1	1.12	1.1	0.9	1
C_2	1	1	1.05	1.1	1.1	1.1	0.9	1
C_3	1	0.95	1	1.05	1.2	1.05	0.95	0.95
C_4	1/1.1	1/1.1	1/1.1	1	1.1	1.05	0.9	1
C_5	1/1.12	1/1.1	1/1.2	1/1.1	1	1	0.88	1
C_6	1/1.1	1/1.1	1/1.05	1/1.05	1	1	1	0.98
C_7	1/0.9	1/0.9	1/0.95	1/0.9	1/0.88	1	1	1.2
C_8	1	1	1/0.95	1	1	1/0.98	1/1.2	1

(3)通过数学分析,得到中间层 B 每一项 B_i 对 A 层的权重和 C 层每一项 C_i 对 B 层的权重。计算过程如下:

将矩阵中每行元素相乘

$$\mu_{ij} = \prod_{j=1}^n b_{ij} \quad (1)$$

所得乘积分别开 n 次方

$$\mu_i = \sqrt[n]{\mu_{ij}} \quad (2)$$

将所得方根向量正规化,即得每一项的权重 W_i 为

$$W_i = \frac{\mu_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (3)$$

计算表 5-1 中间层 B 每一项 B_i 对 A 层的权重:

将 B 的元素按行相乘

$$\mu_{1j} = 1 \times 1 \times 2 = 2$$

$$\mu_{2j} = 1 \times 1 \times 2 = 2$$

$$\mu_{3j} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{4}$$

所得乘积分别开 3 次方

$$\mu_1 = \sqrt[3]{2} = 1.260$$

$$\mu_2 = \sqrt[3]{2} = 1.260$$

$$\mu_3 = \sqrt[3]{\frac{1}{4}} = 0.630$$

将所得方根向量正规化,即得每一项权重 W_i 为

$$W_1 = \frac{1.260}{1.260 + 1.260 + 0.63} = 0.4$$

$$W_2 = \frac{1.260}{1.260 + 1.260 + 0.63} = 0.4$$

$$W_3 = \frac{0.63}{1.260 + 1.260 + 0.63} = 0.2$$

所有权重结果如表 9~表 12 所示:

表 9 B 层次中每一项对 A 层权重表

A	W_{B_j}
B_1	0.4
B_2	0.4
B_3	0.2

表 10 C 层中每一项对 B 层中 B_1 项权重表

B_1	W_{C_i1}
C_1	0.1517
C_2	0.1517
C_3	0.1122
C_4	0.1086
C_5	0.1012
C_6	0.1077
C_7	0.1335
C_8	0.1335

表 11 C 层中每一项对 B 层中 B_2 项权重表

B_2	W_{C_i2}
C_1	0.1612
C_2	0.1603
C_3	0.1352
C_4	0.1188
C_5	0.1101
C_6	0.1115
C_7	0.0689
C_8	0.1339

表 12 C 层中每一项对 B 层中 B_3 项权重表

B_3	W_{C_i3}
C_1	0.1277
C_2	0.1286
C_3	0.1270
C_4	0.1212
C_5	0.1158
C_6	0.1203
C_7	0.1361
C_8	0.1233

(4) 检验权重结果是否合理。

计算每一个矩阵最大特征根为

$$\lambda_{\max} \approx \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{(nW_i)} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^n A_{ij} W_j}{W_i} \quad (4)$$

式中, A_{ij} 为需要计算的判断矩阵, n 为判断矩阵中的项数, W_j 为该判断矩阵的权重结果。

计算一致性指标 ($C. I.$)

$$C. I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

计算一致性比例 ($C. R.$)

$$C. R. = \frac{C. I.}{R. I.} \quad (6)$$

平均随机一致性指标 $R. I.$ 如表 13 所示:

表 13 平均随机一致性指标 $R. I.$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$R. I.$	0	0	0.52	0.89	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

当 $C.R. < 0.1$, 判断矩阵一致性检验通过。

B 层权重结果判断: 计算判断矩阵最大特征根 λ_{\max} 为

$$AW = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.4 \\ 0.4 \\ 0.2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.2 \\ 1.2 \\ 0.6 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{1.2}{0.4} + \frac{1.2}{0.4} + \frac{0.6}{0.2} \right) = 3$$

$$C.I. = \frac{3-3}{3-1} = 0$$

$$C.R. = \frac{0}{0.52} = 0 < 0.1$$

判断矩阵一致性检验通过。

同理, C 层对上层 B 中因素 B_1 权重判断: $C.I. = 0.001171$, $C.R. = 0.0008308 < 0.1$, 判断矩阵一致性检验通过。

C 层对上层 B 中因素 B_2 的权重判断: $C.I. = 0.001171$, $C.R. = 0.0008308 < 0.1$, 判断矩阵一致性检验通过。

C 层 8 个因素对上层 B 中因素为 B_3 的权重判断: $C.I. = 0$, $C.R. = 0 < 0.1$, 判断矩阵一致性检验通过。

(5) 通过数学分析, 最终得到最低层 C 对最高层 A 权重, 并检验是否合理。

通过以下公式, 得到最低层 C 层第 i 个因素对总目标最高层 A 的权重 W_{C_i-A} 为

$$W_{C_i-A} = \sum_{j=1}^m W_{B_j} W_{C_i j} \quad (7)$$

式中, W_{B_j} 为 B 层 m 个因素 $B_1, B_2 \cdots B_m$ 对总目标 A 的排序 ($j = 1, 2 \cdots m$); $W_{C_{ij}}$ 为 C 层 n 个因素 $C_1, C_2 \cdots C_n$ 对上层 B 中因素为 B_j 的排序 ($i = 1, 2 \cdots n$)。

具体过程如表 14 所示:

表 14 最低层 C 层第 i 个因素对总目标最高层 A 的权重计算表

$B \backslash C$	B_1	B_2	\dots	B_m	最低层 C 层第 i 个因素对总目标最高层 A 的权重
	W_{B_1}	W_{B_2}	\dots	W_{B_m}	
C_1	$W_{C_1^1}$	$W_{C_1^2}$	\dots	$W_{C_1^m}$	$W_{C_1-A} = \sum_{j=1}^m W_{B_j} W_{C_1^j}$
C_2	$W_{C_2^1}$	$W_{C_2^2}$	\dots	$W_{C_2^m}$	$W_{C_2-A} = \sum_{j=1}^m W_{B_j} W_{C_2^j}$
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
C_n	$W_{C_n^1}$	$W_{C_n^2}$	\dots	$W_{C_n^m}$	$W_{C_n-A} = \sum_{j=1}^m W_{B_j} W_{C_n^j}$

根据以上理论,得出楼盖系统最低层 C 层第 i 个因素对总目标最高层 A 的权重,如表 15 所示:

表 15 楼盖系统最低层 C 层第 i 个因素对总目标最高层 A 的权重

$B \backslash C$	B_1	B_2	B_3	楼盖系统最低层 C 层第 i 个因素对总目标最高层 A 的权重
	0.4	0.4	0.2	
C_1	0.1517	0.1612	0.1277	0.1507
C_2	0.1517	0.1603	0.1286	0.1505
C_3	0.1122	0.1352	0.1270	0.1244
C_4	0.1086	0.1188	0.1212	0.1152
C_5	0.1012	0.1101	0.1158	0.1077
C_6	0.1077	0.1115	0.1203	0.1117
C_7	0.1335	0.0689	0.1361	0.1082
C_8	0.1335	0.1339	0.1233	0.1316

归一化得到楼盖系统易建性指数 BI_{F_i} 如表 16 所示:

表 16 楼盖系统最低层 C 层第 i 个因素对总目标最高层 A 的权重

$\begin{matrix} B \\ C \end{matrix}$	B_1	B_2	B_3	楼盖系统最低层 C 层第 i 个因素对总目标最高层 A 的权重	楼盖系统易建性指数 BI_{F_j}
	0.4	0.4	0.2		
C_1	0.1517	0.1612	0.1277	0.1507	1.00
C_2	0.1517	0.1603	0.1286	0.1505	1.00
C_3	0.1122	0.1352	0.1270	0.1244	0.83
C_4	0.1086	0.1188	0.1212	0.1152	0.76
C_5	0.1012	0.1101	0.1158	0.1077	0.71
C_6	0.1077	0.1115	0.1203	0.1117	0.74
C_7	0.1335	0.0689	0.1361	0.1082	0.72
C_8	0.1335	0.1339	0.1233	0.1316	0.87

检验结果的合理性:

按式(8)进行一致性检验,当 $C.R. < 0.1$ 时,满足要求,否则需重新构造判断矩阵。

$$C.R. = \frac{W_{B_1} C.I._1 + W_{B_2} C.I._2 + \cdots + W_{B_m} C.I._m}{W_{B_1} R.I._1 + W_{B_2} R.I._2 + \cdots + W_{B_m} R.I._m} \quad (8)$$

式中:每一项一致性指标($C.I.$)同前面的结果,平均随机一致性指标 $R.I.$ 如表 13 所示。

$$C.R. = \frac{0.40 \times 0.001171 + 0.40 \times 0.006714 + 0.2 \times 0}{0.4 \times 1.41 + 0.4 \times 1.41 + 0.2 \times 1.41} = 0.002237 < 0.1$$

$$C.R. < 0.1$$

一致性满足要求。

(6)最后对所有专家的易建性指数进行加权平均,最终得出条文中表 4.1.3 的易建性指数: C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 、 C_8 的易建性指数 BI_{F_j} 分别为 0.98、1、0.95、0.90、0.88、0.85、0.65、1。

二、专家对现浇建筑易建性的观点

专家们对现浇建筑的易建性提出以下观点:

(1)装配式建筑竖向受力构件应该是建筑物中最重要、也是保

证建筑安全性最重要的构件。在我国将梁、柱、剪力墙分割为不同的构件,并采用各种方法进行连接,既提高了成本也无法完完全全保证其安全性。盲目推崇装配式建筑,容易诱导各地为追求高分而不顾设计、制造、安装等配套技术的不成熟、整体建筑的安全性,这将给装配式建筑的发展埋下极大的隐患。

(2)建筑工业化不应只限于装配式一种模式,20 世纪七八十年代,定型模板和机械化的现场浇灌混凝土对我国建筑工业化做出了很大的贡献,被誉为“具有中国特色的建筑工业化体系”。现浇混凝土技术在国内已经成熟,全国已有近万个预拌混凝土工厂,56 亿以上的生产能力,而且现浇混凝土建筑的结构整体性好,因而抗震性能好;其次,现浇混凝土工艺设备简单,技术容易掌握,已有产能仍有很大的供应能力,应该是装配式建筑之外的另一种可行又经济的建筑工业化模式。

(3)《珠海市建筑易建性评价导则》中表 4.2.6 将预制竖向承重构件应用比例定为 15%~80%(含 15%和 80%),没有《装配式建筑评价标准》GB/T 51129—2017 中 35%~80%(含 35%和 80%)要求高,了解到预制竖向承重构件的“难建性”,而提高了非承重围护墙的分值。

(4)新加坡的 *Code of Practice on Buildable Design* 2017 Edition 中“结构体系评分表”中对预制装配模式的竖向承重构件给予 0.75~1 的节约劳动力指数(相当于本标准中的易建性指数),但对于现浇体系给予 0.7~0.85 的节约劳动力指数,显示新加坡在推广预制的同时也不排斥现浇混凝土。

为此,基于专家以上观点,在计算得出的现浇建筑构件的易建性分值与预制装配式构件分值相差并不大,不否认和排斥现浇建筑。

4.1.1 设计阶段的评分项分别为竖向受力构件、楼盖系统、围护墙、内隔墙、屋盖系统、其他易建设计特点、加分/扣分项,各自分值所占的权重分别为 30%、20%、10%、10%、5%、10%、15%,该权

重值是经调查问卷所得。其中楼盖系统(包含楼梯、遮阳板、阳台板、空调板)为不包含屋面层的楼盖,屋盖系统包含屋顶的楼盖和屋面。

4.1.2 竖向受力构件包括柱、剪力墙(剪力墙形成核心筒)、支撑、轻体板构墙、叠合墙。其中钢板剪力墙包括非加劲钢板剪力墙、加劲钢板剪力墙、防屈曲钢板剪力墙、钢板组合剪力墙、开缝钢板剪力墙,屈曲约束支撑包括外包钢管混凝土型、外包钢筋混凝土型、全钢型,由于三种形式易建性差别较大,所以单独区分出来,轻体板构墙体为内含钢框架的预制轻质混凝土墙,可实现结构保温装饰一体化,在我国已有企业研发并生产。参考《装配式建筑评价标准》GB/T 51129—2017,计算各种竖向受力构件比例时,采用体积比的形式。例如:装配整体式框架-现浇混凝土墙或核心筒结构采用本标准进行评价时, V_1 取值包括所有预制框架柱体积, V_2 可取后浇混凝土体积; V 的取值应包括框架柱、剪力墙或核心筒全部混凝土体积。

4.1.3 这里的楼盖系统(包含楼梯、水平遮阳板、阳台板、空调板)为不包含屋面层的楼盖,金属楼承板如压型钢板、钢筋桁架楼承板等免模板,可多层同时浇筑,在钢结构建筑楼板中应用较多,比较易建。低多层轻钢龙骨建筑采用轻钢密肋楼板系统或木梁空腹楼面系统(也叫 dry floor),有些建筑夹层或既有建筑改造也有采用;预制空心楼板如 SP 预应力空心板、叠合楼板如 PK 预应力混凝土叠合板均可免模板,分值较高。由于同一个建筑的楼盖厚度基本相差不大,所以在计算各种楼盖比例时,采用水平投影面积比的形式。

4.1.4 剪力墙、叠合墙、轻体板构墙既可作为竖向受力构件,也可作为围护墙和内隔墙,当竖向承重墙体兼备围护墙功能时,在计算围护墙分值时,同样计算该部分墙体,由于这种墙体的存在减少了其他围护墙数量,节省了劳动量,分值较高。同时鼓励大中型板材、幕墙、木骨架或轻钢龙骨复合墙体等干法施工为主的墙体,可工厂生产、现场安装,方便快捷,减少污染,实现结构、保温、隔热、

装饰一体化。预制混凝土外墙保温装饰一体化(外饰面+外侧板+保温材料+内侧板),外侧和内侧板材料为普通混凝土、轻骨料混凝土、加气混凝土。灌浆外墙板包括无龙骨灌浆墙板(成品板+现场灌注保温浆体+成品板),成品板为纤维水泥板等市场上供应的防潮和防火性能好的板材。轻钢龙骨灌浆墙板(成品板+龙骨+灌注保温浆体+成品板),板内有轻质隔声材料。成品板为市场上供应的防潮和防火性能好的板材。双面预制复合/叠合外墙板(外侧预制板+保温混凝土+内侧预制板)面板内现场浇灌保温性混凝土。不提倡砌筑类型墙体,与普通砌块墙相比,精确砌块墙分值略高。由于同一个建筑的围护墙厚度基本相差不大,所以在计算各种围护墙比例时,采用外表面积比的形式。

4.1.5 当竖向承重墙体兼备内隔墙功能时,在计算内隔墙分值时,同样计算该部分墙体,由于这种墙体的存在减少了其他内隔墙数量,节省了劳动量,分值较高。围护墙应实现结构、管线、装饰一体化,实现墙体与管线集成、土建与装修集成。

预制混凝土墙的材料包括普通混凝土、轻骨料混凝土、加气混凝土;轻钢龙骨墙(成品板+龙骨+成品板),板内有轻质隔声材料,成品板为市场上供应的防潮和防火性能好的板材,根据具体情况可分为灌浆与不灌浆两种类型。灌浆墙板(成品板+灌注保温隔声浆体+成品板),可有龙骨或无龙骨,成品板为纤维水泥板等市场上供应的防潮和防火性能好的板材。由于同一个建筑的内隔墙厚度基本相差不大,所以在计算各种围护墙比例时,采用墙面积比的形式。

4.1.6 屋盖系统包括屋顶楼盖和屋面,如屋顶楼盖同其他层楼盖相同,可采用楼盖系统的易建指数;如有其他形式的屋盖形式,参照条文中表 4.1.6 进行计算。由于同一个建筑的屋顶楼盖厚度基本相差不大,所以在计算各种屋盖比例时,采用水平投影面积比的形式。

4.1.7 根据标准化、简单化、集成化的原则,设立了其他易建设计

特点。其中集成厨房为地面、吊顶、墙面、橱柜、厨房设备及管线等通过设计集成、工厂生产,在工地主要采用干式装配而成的厨房;集成卫生间为地面、吊顶、墙面和洁具设备管线等通过设计集成、工厂生产,在工地主要采用干式工法装配而成的卫生间。

其中使用率的范围区间,如果实际计算的使用率小于范围区间的最小值,则评价分值取 0 分。例如:柱(3 个最常用的尺寸)的使用率小于 70%,该项评价分值为 0 分。若计算过程中,评价项目为公共建筑,没有设置厨房,则该评价项分值只计厕所个数。

4.1.8 条文中表 4.1.8 的 1.1 项为在设计阶段采用 BIM 进行方案设计、施工图设计、构件图设计等,其中方案设计包括项目总体分析、性能分析、方案优化等,施工图设计包括专业协同、管线综合、信息模型制作、施工图信息表达等,构件图设计包括连接节点设计、钢筋碰撞检查、构件信息模型,完成构件图信息表达等。

条文中表 4.1.8 的 1.2 项只针对钢结构建筑,若参评项目为纯现浇建筑,1.2 项分值直接计入,若参评项目为纯钢结构建筑,1.5~1.6 项分值直接计入。1.3、1.4 项在评价过程中,如果实际计算的比例小于比例范围的最小值,则评价分值取 0 分;如果实际计算的评价比例大于比例范围的最大值,则评价分值取比例范围中最大值对应的评价分值。其他加分项针对所有参评项目,符合规定即可计分,不符合为 0 分。

4.2 施工阶段

本标准施工阶段易建性评价用于衡量下游施工方法和技术对现场生产效率的潜在影响,得出易建施工分值,如果易建施工分值较高,说明参评项目会使用更高效的施工方法和技术,因而提高现场劳动生产率。设计单位致力于易建设计的同时,施工单位也必须采取生产率较高的施工方法,两者相辅相成才能在建筑过程中带来更大的便利。采用易建施工分值来鼓励施工方从传统的劳动密集型施工方法向劳动率较高的施工方式转变。

4.2.1 施工阶段进行评分时,将评分项划分为土建施工工法、机电管道体系施工工法和其他施工工法,所占分值分别为45%、35%、20%,满分为100分。土建施工这一部分涉及外部爬升体系和模板体系,以及找平或抹灰等湿作业,是建筑工程中需要人力最大的部分,且通常要求最严格,因此土建施工如能采用生产率更高的施工体系,工地的劳动生产率必然会显著提升。机电管道工程同样需要使用大量人力,涉及给排水、机电、暖通等,因此分值较高。最后针对其他良好的施工工法,涉及建筑信息模型(BIM)、工地管理等,对提升工地生产率也十分重要。其中各项未纳入规定的施工技术和方法,由专门组成的专家组,按施工复杂程度和重要性,确定归类和确定基本分数,并应在评分时加以说明。

条文中表4.2.1-1~表4.2.1-3的内容参考了《新加坡易建性实施规范》2017版、《装配式建筑评价标准》GB/T 51129—2017、《工业化建筑评价标准》GB/T 51129—2015、《珠海市建筑易建性评价导则》等相关内容。

(1) 土建施工工法。

条文中表4.2.1-1内容参考了《新加坡易建性实施规范》2017版中的内容,根据我国工业化发展情况和专家提出的意见,做出适当的改良。

施工单位可能采用不同的外部爬升体系和样板体系,或是在建筑的不同部位采用不同的体系,为获得最实用和最经济的方式来达到易建施工的标准。例如,某种特定外部爬升体系的易建施工分值是指该种外部爬升体系所占的百分比与相应的分配分值相乘所得;各个外部爬升体系的分值相加,即得到整个外部爬升体系的易建施工分值。

各类建筑及市政工程的高度越来越高,体型变化越来越多,传统的落地脚手架层层悬挑脚手架以及多层一挑脚手架系统的施工工艺已经难以适应,若依靠起重吊装设备(如塔吊等)来完成脚手架操作架的提升在施工速度和辐射范围上也都相当困难和不太现实

故各类爬升或自升式脚手架体系的施工工艺相继出现并得以发展。条文表 4.2.1-1 外部爬升体系中附着升降脚手架在地面完成架体组装,避免了高空搭拆作业,且拥有防外倾和防坠落措施,安全性高;仅需 1 次搭设即可完成多次倒运,利用爬升系统实现自身升降;具有结构简单,易于操作控制,架子搭设高度低,用料省,一次升降幅度不受限制等特点。起重机外围脚手架/吊篮仅需在地面搭设 1 次,利用塔吊向上倒运,避免了高空搭拆作业,安全性较好;仅需 1 次搭设即可完成多次倒运,占用塔吊时间长;在安装和拆除施工中经常需要操作人员站在塔机吊起的架上操作。传统外部脚手架包括落地式、悬挑式脚手架等随主体结构进度逐层向上搭设的脚手架,搭设工程量大,资金和劳动力投入大。综合考虑成本、安全、工期等因素,在进行外脚手架方案选择时,应针对具体工程进行具体分析,按照“技术可行、安全适用、经济合理、因地制宜”的原则进行合理选择,以确定最佳的外脚手架技术方案。当然,面对建筑工业化发展,应研发新型脚手架技术,如阻燃型组合式整体提升脚手架体系等。另外,许多企业在选用结构体系时运用预制外墙等技术,已完全不需要外脚手架,这给我们建筑施工开辟了一种新的途径。

随着建筑的工业化和新型建筑材料的发展,各地区结合国情和当地的资源条件,开发出很多材质的模板,在我国各地都有应用。铝模板整浇混凝土技术不仅结构更加坚固,而且全面取消墙面抹灰,门窗采用干法施工,彻底解决了传统砌筑抹灰造成的外墙渗漏、空鼓、开裂等质量通病问题;相比传统木模板,具备施工更方便、精度更高、材料可循环利用等特点。与此同时,还有大钢模板体系应用较广;大钢模板具有劳动强度低、节省材料、工期较短等优点;我国的大型钢模板建筑施工主要应用在多层和高层承力墙承重结构的施工中,一般都是采用大型模板来进行混凝土浇筑。其他高分子类模板、胶合板类模板应用不广泛,所以在表格中不列出。

对于液压固定式布料杆和塔式起重机,只要使用即可得分,但分数只给一次。

对于无支柱的深地基施工,适用于场地有限制的情况,不包括有无混凝土衬砌的自然土坡。

无须砂浆找平的地面和免抹灰墙为后期装修等工作节省了大量劳动力,无须找平的地面面积占总的楼面面积的比值乘上对应分值,即可得出评价分值,由于大部分墙体高度为层高,可以使用长度进行计算,通过采用免抹灰墙的长度占总墙长的比值乘上对应分值,即可得出免抹灰墙的评价分值。

(2)机电管道体系施工工法。

条文中表 4.2.1-2 的 1、2、3、4、5、8 项中列出了使用率的区间,在评价过程中,如果实际计算的比例小于比例范围的最小值,则评价分值取 0 分;如果实际计算的评价比例大于比例范围的最大值,则评价分值取比例范围中最大值对应的评价分值。条文中表 4.2.1-2 中 6、7 项计算的评价比例大于 80%,即可得该项分值,否则评价分值取 0 分。

条文中表 4.2.1-2 的 4 和 5 项参考了论文《深圳市住宅建筑设计易建性研究》中的相关内容。采用预制排烟道和预制管道井等非结构构件不仅对结构安全影响不大,而且节省了相当部分的劳动力,为此在机电管道施工工法中列出。

条文中表 4.2.1-2 的 7 项参考了《装配式建筑评价标准》GB/T 51129—2017 的要求。管线分离的长度包括电气(强弱电、通信)、给排水、采暖等,管线分离的长度包括裸露于室内空间以及敷设在地面架空层、非承重墙体空腔和吊顶内的电气、给排水和采暖管线长度之和,不包括埋置在结构构件内部(不含横穿)或敷设在湿作业地面垫层内的管线。

(3)其他施工工法。

条文中表 4.2.1-3 的 1 项中提出生产、施工过程采用 BIM 管理信息系统,实施信息共享、有效传递和协同工作,是工业化建筑

建造过程中重要手段。

条文中表 4.2.1-3 的第 2、3、4、5 项内容参考了《工业化建筑评价标准》GB/T 51129—2015 中有关室内装修工程的有关技术措施,保证装修现场无湿作业、二次加工和现场加工制作现象,装修的材料、部品与主体结构、设施设备之间连接部位提前设计并预留接口、方便安装,尽可能做到现场装配施工。

条文中表 4.2.1-3 的第 6、7 项内容参考了《珠海市建筑易建性评价导则》第 7.2.5 条和第 7.2.6 条中相关内容,项目所采用的主要建造技术属国内领先技术,获得发明专利或实用新型专利或获得国家级、省级相关科技奖或示范工程项目,对房屋建造水平和质量效益的提升效果明显的,可进行计分。

条文中表 4.2.1-3 的第 8、9、10、11 项内容参考了《珠海市建筑易建性评价导则》第 7.2.7 条中内容,参评项目施工过程中检查发现影响建筑质量安全的主要问题,应给予扣分,严格确保建筑主体结构质量安全。

4.2.2 针对建筑群的易建施工评价,可以基于单体建筑进行评价,需要将单体工程的易建施工分值乘以单体工程建筑物面积占该项目工程总建筑面积比例;由于有些评价指标是针对该工程项目设定的,难以仅基于该单体建筑进行评价,此时,应以该栋建筑所属工程项目的总体为基准进行评价。

S/N:155182•0397



9 155182 039704 >

统一书号:155182•0397

定价:22.00 元