基于“查算融合”的房屋体检结构安全综合指数快速评估方法

蒋利学　李占鸿*　马福栋
（上海市建筑科学研究院有限公司上海市工程结构安全重点实验室，上海 200032）

摘　要　房屋体检可以及时发现房屋重大安全隐患，是房屋安全管理的长效措施。房屋体检通过定期对房屋进行全面检查和评估，及时发现和处理安全隐患，确保建筑物使用安全的过程，具有周期性、批量化和初步性的特点。本研究分析了房屋体检时结构检查的要点，针对破坏无预兆的脆性构件，以可靠度理论为基础，建立构件承载能力快速估算方法。综合考虑建造与加固改造年代、建造改造专业性、结构的完损性与结构受力构件承载能力、房屋变形情况、结构体系，提出基于查算融合的房屋体检综合指数快速评估方法。该方法兼顾效率与精度，可实现房屋体检的定量评价。

关键词　房屋体检，结构安全，查算融合，现场检查，综合指数法
中图分类号：TU312　　**文献标志码**：A　　**DOI**：10.15935/j.cnki.jggcs.20260506.002

A Rapid Evaluation Method of Comprehensive Index for Building Diagnostic Structural Safety Assessment Based on Inspection-Computation Integration

JIANG Lixue　LI Zhanhong*　MA Fudong
（Shanghai Key Laboratory of Engineering Structural Safety, Shanghai Academy of Building Sciences Co., Ltd., Shanghai 200032, China）

Abstract　Building diagnostic assessments enable the timely detection of critical structural hazards, serving as a sustainable mechanism for building safety management. Building diagnostics involves the systematic process of conducting periodic comprehensive inspections and evaluations of houses to promptly identify and address safety risks, thereby ensuring safe occupancy. This process is characterized by its periodicity, batch-processing capability, and preliminary nature. A rapid estimation method for the load-bearing capacity of brittle components exhibiting non-ductile failure modes was developed based on reliability theory. By integrating factors such as construction and renovation age, the quality of workmanship, existing structural damage, component capacity, building deformation, and the structural system, a rapid comprehensive evaluation method for building physical examinations is proposed, utilizing an Inspection-Computation Integration approach. This method effectively balances efficiency and accuracy, enabling quantitative evaluation in building diagnostic assessments.

Keywords　building diagnostic assessment, structural safety, inspection-computation integration, on site inspection, comprehensive index method

收稿日期：2025-06-23
基金项目：上海市住房和城乡建设管理委员会科研项目（沪建科 2024-002-027），上海市自然科学基金项目（24ZR1460600）
作者简介：蒋利学，男，1971 年出生，硕士，教授高级工程师。E-mail：jianglx1971@163.com
* **联系作者**：李占鸿，男，1982 年出生，博士，教高。E-mail：lizhanhong@sribs.com

0 引 言

近年来，我国多地发生房屋倒塌及外墙高坠安全事故，多为房屋老化和管理维护不到位，房屋安全隐患不断增加。上海经济发展较早，率先面临房屋“老龄化”的问题，截至2022年，上海市各类居住类房屋面积已超过7亿m^2，建成于2000年以前的居住类房屋约2.2亿m^2，占全市总量的31.4%[1]。为消除房屋安全隐患，上海市相继出台多项房屋安全隐患排查相关政策，全面排查房屋安全隐患。2024年8月20日，上海市委副书记、市长龚正在上海市第十六届人大常委会第十五次会议上提出，上海将探索实施房屋体检、房屋保险及房屋养老金制度，构建全生命周期房屋安全管理长效机制[2]。

房屋体检是指通过定期对房屋进行全面检查和评估，及时发现和处理安全隐患，确保建筑物使用安全的过程，它是建筑全生命周期管理的重要环节，也是实现建筑可持续发展的有效途径[3]。在美国洛杉矶，出租物业需要定期检查，以确保它们符合安全和建筑规范标准。洛杉矶住房局（LAHD）通过系统法规执行计划（SCEP）进行检查[4]。德国、比利时等欧洲国家，要求出租房屋、公共建筑和多户住宅需定期检查（如电气、消防、电梯系统），而私人住宅的检查多为自愿或在交易时进行[5]。英国的房屋体检制度的核心是“住房健康与安全评级系统（HHSRS）”，这是一种基于风险的评估工具，主要适用于评估住宅房屋中可能对居住者或者访客的健康和安全构成风险的危害因素，该系统多应用于私人租赁住房和社会租赁住房的监管，旨在督促房东维护房屋的良好状态，保障租户的合法权益[6-7]。

房屋结构安全是房屋整体安全的前提，也是房屋体检中难度最大的工作，目前关于房屋结构的体检技术研究相对较少，而房屋结构体检又区别于现有的检测鉴定和安全排查，是介于二者之间，兼顾效率与精度的一种新的安全风险筛查模式。为此，本文所研究的房屋体检主要针对房屋结构安全，提出基于“查算融合”的房屋结构安全和综合指数快速评估方法，为房屋结构安全和隐患识别提供技术支撑。

1 房屋体检的特点

房屋体检区别于常规检测鉴定，是一种较为精细的风险筛查方式。检测鉴定通常针对特定问题，在出现需求时被动进行，旨在解决具体的质量问题或安全隐患，属于问题导向型操作，范围较窄但针对性强。而房屋体检是一种主动行为，以预防和发现潜在安全风险为主要目的，通过检查房屋的损伤变形情况，识别可能存在的安全隐患，防范房屋安全事故的发生。房屋体检具有周期性、批量化、初步性的特点。

1.1 周期性

由于房屋的结构材料、使用功能和设施设备等都随着时间不断变化，其间还存在自然灾害、人为损坏的可能，其安全隐患出现的概率会随使用时间的增长逐渐增大，因此，区别于针对已有问题的房屋一次性检测鉴定，房屋体检是周期性的，通过持续发现房屋的安全隐患，监控房屋损坏趋势，主动捕捉房屋安全隐患的早期信号，避免安全事故发生。

1.2 批量化

房屋体检是一项周期性的主动发现安全风险的活动，其范围具有全面性，需对规定区域内所有的房屋进行风险排查。城市房屋数量庞大，尤其是老旧住宅存量众多，体检工作量巨大，为确保持续性和有效性，体检需要周期性进行，因此为应对大规模排查需求，房屋体检工作必须采用批量化实施方式，提高房屋体检工作效率。

1.3 初步性

与房屋检测鉴定相比，房屋体检仅以发现安全隐患为目的，并且为提高体检效率，采用批量化实施方式，房屋体检的筛查较为粗略，通常只能识别较为显著的重大隐患，而难以深入诊断复杂或隐蔽的安全问题。房屋体检作为一种广覆盖、低成本的风险管理手段，适合大规模初步筛查，无法支撑单体房屋最终安全性结论，发现问题后，往往需进行检测鉴定，进一步确认和处理问题，以确保房屋安全管理的全面性和科学性。

由于房屋体检现场通常不具有详细检测的条件，获取的信息往往非常有限，因此对房屋体检人

员的专业能力和经验提出了很高的要求，经验丰富的专家能根据有限的信息尽可能发现房屋存在的安全隐患，如果能将专家的经验以模型进行定量化总结，提出一套房屋体检综合指数快速评估方法，使普通结构工程师、现场检测员也可掌握应用，则对房屋体检的落地实践具有重要的现实意义。

2 结构受力构件安全评估

2.1 现场检查

基于房屋体检具有周期性、批量化、初步性的特点，房屋现场检查应快速、精准、无损，房屋检测鉴定中的许多精细指标在检查中难以实现，部分房屋可能存在严密的装饰装修，现场不具备破损条件，无法进行全面的结构体系核查和损伤缺陷调查，更无法进行材料强度检测。应该充分利用现场有利条件，对房屋结构体系、使用情况、损伤状况等进行调查，尽量获取更多的结构安全评价指标，使房屋体检结果更加准确。

2.1.1 房屋结构体系缺陷

由于房屋结构设计是渐进发展的，在特殊的历史时期可能存在一些结构体系先天不足的情况，例如20世纪50年代，部分工人住宅采用小梁薄板和夹沙楼板结构；部分承重墙体采用空斗墙，墙体材料采用煤渣砖、粉煤灰硅酸盐中型砌块砌筑，或者墙厚小于180 mm，独立砖柱承重，板式阳台板等；如遇到以上情况均应格外重视，在安全评估时考虑其不利影响。

2.1.2 房屋使用情况

随着房屋服役时间的增长，房屋在使用过程中往往会出现改变使用功能的情况，可能会导致使用荷载增大；使用环境改变，如房屋处于潮湿或氯盐等恶劣环境，会直接影响房屋的耐久性，进而影响结构安全性；部分房屋甚至出现改建扩建的情况，由于改扩建本身技术上存在一定难度，若采用不规范的做法，往往存在较多安全隐患。

2.1.3 房屋损伤调查

目前房屋损伤调查主要依据《危险房屋鉴定标准》(JGJ 125—2016)[8]、《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—2015)[9]等检测鉴定规范，结合现场检查的实际情况进行。针对砌体构件、混凝土构件、木构件、钢构件等，其损伤调查各有不同的侧重。如砌体构件侧重于其裂缝、风化，特别要注意的是，受压导致的砌体墙、柱的竖向裂缝，是建筑即将被压溃的前兆，尤其危险；混凝土构件侧重于其裂缝、变形、蜂窝、露筋、钢筋锈蚀等损伤；木构件侧重于其腐朽、虫蛀、木材缺陷、构造缺陷、节点构造等；钢结构侧重于结构构造、钢材锈蚀等。由于现场检查条件限制，体检过程中可能只有部分损伤可以调查，需根据现场条件具体情况具体分析。

2.2 结构受力构件承载能力估算

由于体检现场检查的条件非常有限，难以对房屋损伤情况进行全面调查，且部分脆性构件(如柱、墙等)的安全隐患不一定体现为表观病害，仅凭现场目视检查，往往会漏判很多安全性不足但表观尚可的构件。2012年12月30日凌晨2时50分，上海市黄浦区四川大楼西南翼的六层、七层和八层发生局部坍塌。经调查发现，此大楼原设计为六层，1941年建造至五层，1948年加建一层，1984至1985年再次加建第七层，房屋建造质量较差，柱根普遍存在构造缺陷、部分柱位存在偏位，混凝土实测强度为C15，施工时屋面保留了较厚的面层，楼面荷载较大。2004年在七层屋面上，加建局部八层轻钢结构，进一步增大了房屋荷载，且六层中柱最小截面仅约250 mm×250 mm。此大楼部分混凝土柱长期处于小偏心受压受力状态，破坏前无表观病害。然而在局部扰动诱发作用下，混凝土柱发生破坏，从而引起房屋局部倒塌。因此，针对脆性破坏构件(砖墙、砖柱、混凝土柱等)，提出承载力估算方法作为房屋体检检查的一个补充，以提高房屋体检安全评估的准确性，防止遗漏重大安全隐患。

2.2.1 结构材料强度估算

结构材料主要包括混凝土、砖、砂浆、钢材和木材，材料强度的判定是既有建筑安全性评估的前提之一。限于现场条件，无法对既有建筑材料强度进行检测。但不同时期建造的房屋，其材料强度分布具有一定规律性，例如砖、砂浆、混凝土的强度都是随着社会经济的发展逐步提高的，近代砌体材料主要采用青砖、黏土砂浆等，抗压强度基本集中于MU7.5(青砖)和M1(黏土砂浆)，混凝土强度等级一般为C18，钢筋强度一般为HPB235。因此，通过对不同时期规范和书籍资料

的调研，梳理材料强度的相关要求，分析不同结构材料特性的时代特征和规律，对历史建筑材料强度进行统计分析，确定具有一定保证率的材料强度经验取值，可用于构件承载力的估算。

2.2.2 混凝土柱承载力估算

框架柱的承载力估算主要针对高轴压比的小截面（长细比较大）框架中柱，由于轴力设计值和混凝土强度设计值均具有一定的保证率，设计轴压比约为试验轴压比的2.3倍[10]。因此对设计轴压比不超过1.0的柱，实际仍具有较大的安全储备，一般可不进行估算，柱设计轴压比的计算公式如下：

$$\xi_N = \frac{N}{f_c A} \tag{1}$$

式中：N为轴压力设计值，可参考《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3—2010）[11]对于框架结构取12~14 kN/m^2；f_c为混凝土立方体抗压强度设计值，根据建造年代以经验取值，如20世纪70年代前的混凝土强度可经验性取C18。

根据文献[12]定义短柱轴压承载力的钢筋贡献系数：

$$\xi_s = \frac{f_{sy} A_s}{f_c A + f_{sy} A_s} \tag{2}$$

式中：f_{sy}根据建造年代以经验取值，如20世纪80年代前建造的房屋一般可取HPB235；A_s可保守按照最小配筋率0.6%计算。

短柱轴压承载力指数为

$$I = \frac{1}{\xi_N(1-\xi_s)} \tag{3}$$

细长柱轴心受压承载力指数为

$$I = \frac{0.9\varphi}{\xi_N(1-\xi_s)} \tag{4}$$

式中：φ为轴心受压构件稳定系数。

长柱偏心受压承载力指数为

$$I = \frac{\eta}{\xi_N(1-\xi_s)} \tag{5}$$

当偏心距较小时（小偏心受压柱），ξ_s的影响很小，可忽略不计；而当偏心距较大时（大偏心受压柱），ξ_s的影响很大。我国多地风荷载作用下框架中柱多处于小偏压状态，因此偏心受压折减系数η仅与相对偏心距e_i/h有关（图1），相对偏心距可按下式计算（反弯点法）：

$$\frac{e_i}{h} = 0.5 \cdot \frac{V}{N} \cdot \frac{H}{h} + \frac{20}{h} \tag{6}$$

根据文献[13]和[14]，可推导得到：

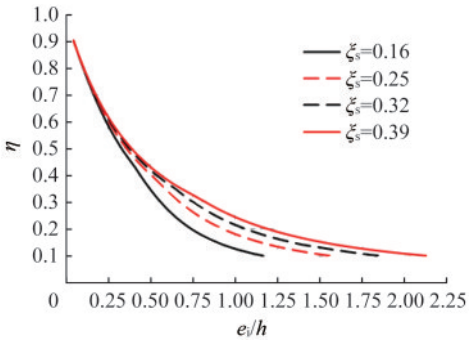


图1 相对偏心距对柱偏心受压折减系数η的影响[12]

Fig.1 The effect of relative eccentricity on the reduction factor η of column eccentricity under compression [12]

$$[I_{bc}] = \frac{\exp\left(\beta_T^T \delta\right)}{\exp\left(\beta_T^{50} \delta\right)} = \exp\left(\Delta\beta_T \delta\right) \tag{7}$$

结合《危险房屋鉴定标准》（JGJ 125—2016）[8]基本安全、不安全、危险之间的阈值约为0.85和0.75，对混凝土柱进行分级，见表1。

表1 构件承载力等级

Table 1 Bearing capacity grades of components

分级	构件承载能力指数I
A级	$I \geqslant 0.85$
B级	$0.75 \leqslant I < 0.85$
C级	$I < 0.75$

以四川大楼六层混凝土柱为例说明承载力估算方法。该房屋基本情况见表2，计算结果见表3。计算可得到该柱承载力指数为0.54，小于阈值0.75，因此该柱承载力等级评定为C级。

2.3 构件完损性综合评价方法

结合现场检查的完损性和构件承载能力计算结果，对构件安全性进行综合评价，可将构件完损性评为基本完好、中等损坏、严重损坏三个等级，将构件承载能力不足的程度分为A级、B级、C级三个承载力等级，对构件安全状况评估时考虑承载能力等级的影响，综合评价构件安全性。

3 房屋结构安全综合指数评估

在对房屋构件进行检查和承载力估算后，需对房屋整体结构进行评估，从构件评估到结构评估目前主流的方法是参考《民用建筑可靠性鉴定标准》（GB 50292—2015）[9]，但该方法相对复杂，在房屋体检中现场检查的条件非常有限，该方法难以适用。故参考文献[15]提出的结构综合指数评价方法对整体结构进行评估。

表 2　房屋概况

Table 2　Overview of the building

建造时间	1941 年
加层扩建情况	1948 年加至六层(一次设计分两次建造),1984 年加至七层,2004 年局部轻钢结构加至八层
层数	5+1+1+1(局部)
最薄弱部位(首先失效构件)	六层柱(顶部第二层)
横向跨度	4.45~5.01 m
纵向跨度	5.78 m
顶部第二层中柱截面	254 mm×254 mm (10″×10″)
钢筋的短柱轴压承载力占比	0.37
实测混凝土强度	C15(局部 C10)
层高	3.9 m
原屋面层改造做法	原屋面层未清除,总厚度达 700 mm,总重量达 10 kN/m^2
事故发生前状况	事故发生前房屋正常使用,无明显损坏;顶部两层正在装修改造,有一定堆载,但结构改造动作不大
特别说明	六层柱脚纵筋未与下层柱顶纵筋焊接,实际连接构造接近铰接

表 3　承载力评估结果

Table 3　Results of bearing capacity evaluation

轴压比ξ_N	钢筋贡献系数ξ_s	I_0	剪压比 V/N	H/h	l_0/h	φ	0.9φ	e_i/h	η	$I=\eta I_0$
1.98	0.45	0.91	0.026	15.4	19.2	0.78	0.7	0.27	0.59	0.54

3.1　结构综合指数评价方法

为了充分分析有限的房屋相关信息,综合评价房屋的安全性,综合考虑房屋建造与加固改造年代可靠度的差异性、建造改造专业性以及结构受力构件的状况等因素,采用结构综合指数法对结构安全性进行综合评估,计算公式如下:

$$W=T\times M\times C\times S \tag{8}$$

式中:W为结构综合指数,可根据其数值对房屋结构安全性进行分类,阈值见表 4;T为建造与加固改造年代指数;M为建造改造专业性指数;C为现场检查条件指数;S为查算融合指数,其取值融合了现场检查情况和承载力估算结果。以下分别对各系数进行讨论。

表 4　结构综合指数 W 阈值

Table 4　Comprehensive index W threshold for structural classification

类别	结构综合指数 W	含义	处理措施
一类	$W\geqslant 0.8$	暂未发现安全隐患	不必进行安全性鉴定,正常使用与维护
二类	$0.5\leqslant W<0.8$	存在一定安全隐患	应进行安全性鉴定,视鉴定结果进行处理
三类	$W<0.5$	存在严重安全隐患	必须立即/及时进行安全性鉴定或危险性鉴定,明确危险点并立即排除险情

3.2　建造与加固改造年代指数 T

历版设计标准中各类构件的抗力设计可靠指标总体呈增大的趋势,因此不同年代房屋可靠度存在差异,对房屋结构安全评估应以一个相同的标准进行,因此以现行标准的可靠度为基准,在此基础上以“年代指数”作为修正,参考蒋利学等[16]对几代设计规范的可靠度校核,年代指数的取值见表 5,体检实践过程中可根据具体情况优化调整。

表 5　建造与加固改造年代指数 T

Table 5　Age index T for construction and reinforcement renovation

建筑或改造年代	年代指数 T
1989 年及以前	0.85
1990—2000 年	0.90
2001—2020 年	0.95
2021 年及以后	1.00

3.3　建造改造专业性指数 M

房屋结构设计理论成立的重要条件是规范地设计和施工,设计和施工的专业程度直接决定了房屋的安全性能。不同的历史时期、不同经济和技术发展条件,房屋的建造改造专业性存在较大差异。不同的建造、设计和施工单位的水平也参差不齐,甚至部分房屋未经正规的审批、设计和施

工，存在较大的安全隐患。为了衡量建造改造的专业性，可采用“建造改造与加固专业性指数”进行量化，推荐取0.9~1.0之间的系数，建造改造时的设计、施工等环节均专业时取1.0，多个环节不专业或某个环节特别不专业时取低值，其他情形根据实际情况取中间值。

3.4 现场检查条件指数 *C*

由于房屋体检现场检查条件限制，结构受力构件可能被外包装饰层覆盖，关键部位可能无法进入检查，可能会隐藏未知安全隐患，因此，根据现场检查条件的实际情况给定一个现场检查条件指数*C*，本文建议的取值范围为0.9~1.0，根据结构状况检查的现场条件综合确定（如关键部位能否进入，结构受力构件是否被外包装饰层覆盖，能否检查结构实际状况等）。

3.5 查算融合指数 *S*

按照房屋地基基础状况和上部结构状况分别进行评定，当房屋倾斜状况和上部结构状况的等级不同时，按其中较低的等级作为结构查算状况等级，见表6。

表6 查算融合指数*S*

Table 6 Inspection-computation integration index *S*

评定因素		地基基础状况等级		
		A	B	C
上部结构状况等级	A	0.9~0.95	0.65~0.75	0.4~0.5
	B	0.65~0.75	0.65~0.75	0.4~0.5
	C	0.4~0.5	0.4~0.5	0.4~0.5

3.5.1 地基基础状况

参考《危险房屋鉴定标准》（JGJ 125—2016）[8]和《民用建筑可靠性鉴定标准》（GB 50292—2015）[9]等规范，地基基础状况根据上部结构的倾斜状况进行判断，见表7。

表7 地基基础状况等级

Table 7 Classification of foundation condition

地基基础状况等级	单层房屋倾斜率	多层房屋倾斜率
A	≤1%	≤0.7%
B	1%~3%	0.7%~2%
C	>3%	>2%

3.5.2 上部结构状况等级

上部结构状况由结构体系状况等级和承重结构查算状况等级确定，见表8。

表8 上部结构状况等级

Table 8 Classification of upper structure condition

评定因素		结构体系状况等级		
		A	B	C
承重结构查算状况等级	A	A	B	C
	B	B	C	C
	C	C	C	C

不同的结构形式具有不同的结构体系、布置及连接构造，砌体结构需注意承重墙体布置的规则性，是否设置圈梁、构造柱，楼屋面板与墙体的连接构造等；混凝土结构需重点关注竖向承重构件的连续性，关注不合理的结构体系，如板柱结构、单跨框架结构、单向框架结构等；钢结构重点关注支撑构造、节点连接形式（刚接、铰接或半刚接）等；木结构重点关注节点连接构造等。结构体系状况等级根据结构布置及连接构造合理性的综合情况，将结构体系等级分为A级、B级、C级。

承重结构查算状况等级取主要竖向/转换构件、主要水平构件、次要/围护构件的最低等级，按照表9确定。表10中的构件查算状况等级根据构件完损性、承载力等级综合评定，按其中的较差值取，若未进行承载力估算，则只按照构件完损性评定，见表10。

表9 承重结构查算状况等级

Table 9 Assessment of the condition level of load-bearing structures

结构查算状况等级	主要竖向/转换构件	主要水平构件	次要/围护构件
A	未发现b类和c类构件	未发现b类和c类构件	未发现c类构件，允许发现个别b类构件
B	单一楼层：发现个别c类构件（但未发现濒临破坏构件），或发现少量b类构件	单一楼层：发现少量c类构件，或较多b类构件。多、高层时，不多于2个楼层	单一楼层：发现较多c类构件。多层时，不多于3个楼层；高层时，不多于50%楼层
C	超过2级限值	超过2级限值	超过2级限值

注：“个别”表示构件数量在5%以下且少于10个；“少量”表示构件数量在20%以下；“较多”表示构件数量在20%~50%。

表 10　　构件查算状况等级

Table 10　Classification of component calculation status

评定因素		现场检查完损状况		
		基本完好	中等损坏	严重损坏
承载力等级	A级	a类	b类	c类
	B级	b类	b类	c类
	C级	c类	c类	c类

注：现场检查完损状况可根据《房屋完损等级评定标准（试行）》[17]确定。

同样以2.2节的四川大楼六层混凝土结构为例，说明综合指数评估方法，评估流程如图2所示，查算状况等级评定结果见表11，综合指数评价等级评定结果见表12。通过现场检查，未发现构件存在结构性损伤，因此评定为基本完好；但根据表3的承载力快速估算结果，个别构件承载力等级评定为C级，因此根据表9承重结构查算状况等级评定为B级；结合房屋结构体系状况，评定上部结构状况等级为B级；再结合地基基础状况等级，评定结构查算状况等级为B级；根据表6可以得到查算融合指数S的取值，根据经验可取建造与加固改造年代指数T、建造改造专业性指数M和现场检查条件指数C，根据公式(8)计算得到结构综合指数W，进而根据表4可以得到综合评价等级为三类，存在严重安全隐患，必须立即/及时进行安全性鉴定或危险性鉴定，明确危险点并立即排除险情。

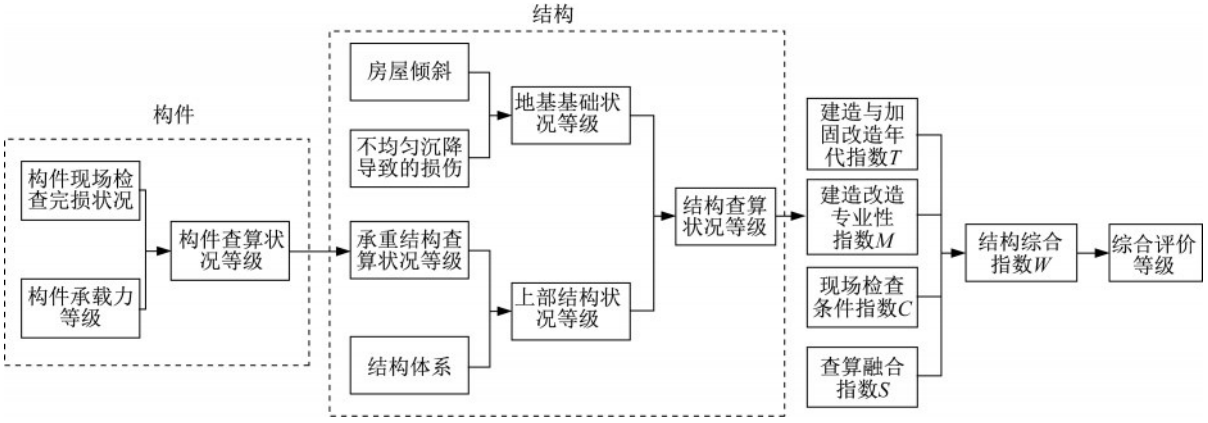


图2　基于“查算融合”的房屋体检综合指数快速评估方法流程图

Fig.2　Flowchart of the rapid assessment method for the comprehensive index of building condition based on "inspection-computation integration"

表 11　　四川大楼查算状况等级

Table 11　Structure check-calculation level of Sichuan Building

构件			上部结构			地基基础状况等级	结构查算状况等级
构件现场检查完损状况	构件承载力等级	构件查算状况等级	承重结构查算状况等级	结构体系状况等级	上部结构状况等级		
基本完好	C级（个别）	C级（个别）	B级	A级	B级	A级	B级

表 12　　四川大楼综合指数评价等级

Table 12　Evaluation grade of Sichuan building composite index

建造与加固改造年代指数T	建造改造专业性指数M	现场检查条件指数C	查算融合指数S	结构综合指数W	综合评价等级
0.85	0.9	0.95	0.68	0.49	三类

4　结　论

房屋结构体检区别于现有的检测鉴定和安全排查，是介于两者之间，兼顾效率与精度的一种新的安全风险筛查模式，具有周期性、批量化、初步性的特点，对房屋体检现场检查提出了快速、精准、无损的要求。基于以上特点提出面向房屋体检的结构安全查算融合综合指数快速评估技术，得到以下结论：

（1）本文提出的房屋结构受力构件查算融合快速估算方法作为结构体检的补充，主要针对破坏没有预兆的脆性构件，以混凝土柱为例进行了说明，可提高房屋体检安全评估的准确性，防止遗漏重大安全隐患。

（2）综合考虑建造与加固改造年代、建造改造专业性、结构的完损性与结构受力构件承载能力、房屋变形情况、结构体系，提出了基于查算融合的房屋体检综合指数快速评估方法。

（3）以上海市四川大楼六层混凝土结构为例，对基于“查算融合”的结构受力构件的快速估算方法和综合指数快速评估方法进行了实例分析和验证。

（4）房屋体检本身是初步的风险筛查，因此对其评估结果的精度无法苛求精确，本文部分指标取值包含经验成分，经实践可不断优化调整。

参 考 文 献

[1] 上海市房屋管理局.对市十五届人大六次会议第0009号代表建议的答复[EB/OL].(2022-08-03)[2025-06-23]. https://fgj. sh. gov. cn/bljg/20220803/e47f40d3b7664007907733ca66b43558.html.
Shanghai Municipal Housing Administration Bureau, Reply to the representative's suggestion No.0009 of the sixth session of the 15th Shanghai Municipal People's Congress[EB/OL].(2022-08-03)[2025-06-23]. https://fgj.sh.gov.cn/bljg/20220803/e47f40d3b7664007907733ca66b43558.html.(in Chinese)

[2] 龚正.上海市十六届人大常委会第15次会议举行扩大会议报告[EB/OL].(2024-08-20)[2025-06-23]. https://www. shanghai. gov. cn/nw4411/20240821/66c8438df583431c8a34b611d0b5cccc.html.
Gong Zheng. Report on the enlarged meeting of the 15th session of the Standing Committee of the 16th Shanghai Municipal People's Congress [EB/OL]. (2024-08-20) [2025-06-23]. https://www. shanghai. gov. cn/nw4411/20240821/66c8438df583431c8a34b611d0b5cccc.html.(in Chinese)

[3] 常乐，李娜.我国房屋体检技术标准化建设研究[J].建设科技，2024(23)：9-14.
Chang Le, Li Na. Research on the standardization construction of housing physical examination technology in China [J]. Construction Science and Technology, 2024(23): 9-14.(in Chinese)

[4] Los Angeles County Department of Public Health. Rental Housing Habitability Inspection Guide [S]. 2025.

[5] Sheridan L, Meijer F, Visscher H. Building regulations in Europe: Part II: A comparison of technical requirements in eight European countries (Housing and urban policy studies 24) [M]. Delft: OTB Research Institute, 2003.

[6] 罗忆宁.英国体面住房计划始末[J].城乡建设，2019(2)：70-75.
Luo Yining. The beginning and end of the UK's decent housing plan[J]. Urban and Rural Development, 2019(2): 70-75.(in Chinese)

[7] 单卓然，安月辉，袁满，等.中国与英国城市体检评估工作的对比解析及政策建议[J].规划师，2022，38(3)：53-60.
Shan Zhuoran, An Yuehui, Yuan Man, et al. Comparative analysis and policy recommendations on medical examination and evaluation work in Chinese and British cities[J]. Planner, 2022, 38(3): 53-60.(in Chinese)

[8] JGJ 125—2016 危险房屋鉴定标准[S].
JGJ 125—2016 Appraisal standard for dangerous houses[S].(in Chinese)

[9] GB 50292—2015 民用建筑可靠性鉴定标准[S].
GB 50292—2015 Standard for reliability appraisal of civil buildings[S].(in Chinese)

[10] 邓明科，马福栋，叶旺，等.局部采用高延性混凝土装配式框架梁-柱节点抗震性能试验研究[J].工程力学，2019，36(9)：68-78.
Deng Mingke, Ma Fudong, Ye Wang, et al. Experimental study on aseismic behavior of locally used HDC assembled frame beam-column joints [J]. Engineering Mechanics, 2019, 36 (9): 68-78. (in Chinese)

[11] JGJ 3—2010 高层建筑混凝土结构技术规程[S].
JGJ 3—2010 Technical specification for concrete structures of tall buildings[S].(in Chinese)

[12] 蒋利学，白雪，王卓琳，等.整体倾斜对钢筋混凝土框架受力性能的影响[J].结构工程师，2020，36(4)：1-9.
Jiang Lixue, Bai Xue, Wang Zhuolin, et al. The influence of overall tilt on the mechanical performance of reinforced concrete frames[J].Structural Engineers, 2020, 36(4): 1-9.(in Chinese)

[13] 蒋利学，王卓琳.基于评估使用年限的既有结构可靠度评定实用方法[J].结构工程师，2020，36(2)：10-19.
Jiang Lixue, Wang Zhuolin. Practical method for evaluating the reliability of existing structures based on their service life[J].Structural Engineers, 2020, 36(2): 10-19.(in Chinese)

[14] 蒋利学，王卓琳.钢筋混凝土梁的时变可靠度实用分析方法[J].结构工程师，2020，36(3)：1-8.
Jiang Lixue, Wang Zhuolin. Practical analysis method

for time-varying reliability of reinforced concrete beams[J].Structural Engineers,2020,36(3):1-8.(in Chinese)

[15] 史铁花,王翠坤,郭浩,等.基于普查的既有建筑抗震隐患评价技术研究[J].建筑结构,2026,56(3):1-7.
Shi Tiehua,Wang Cuikun,Guo Hao,et al.Research on seismic hazard assessment technology of existing buildings based on census [J]. Building Structure,2026,56(3):1-7.(in Chinese)

[16] 蒋利学,王卓琳.我国近几代混凝土和砌体结构设计规范的可靠度比较[J].结构工程师,2015,31(2):80-88.
Jiang Lixue, Wang Zhuolin. Reliability comparison of recent generations of concrete and masonry structure design codes in China[J].Structural Engineers,2015,31(2):80-88.(in Chinese)

[17] 城乡建设环境保护部.房屋完损等级评定标准(试行):城住字〔1984〕第678号[S].北京:城乡建设环境保护部,1984.
Ministry of Urban and Rural Construction and Environmental Protection. Standard for grading of building completeness (Trial): Chengzhuzi [1984] No. 678 [S]. Beijing: Ministry of Urban and Rural Construction and Environmental Protection, 1984.(in Chinese)