

# 基于PKPM系列软件结构的抗震分析和应用研究

王珏

中誉设计有限公司

**摘要：**在建筑工程领域，抗震设计和分析的精准性与建筑物的稳定性和安全性息息相关。PKPM系列软件被用于计算和分析建筑物的楼层剪力与剪重比，这些参数是评估结构地震反应的重要依据，能够预测建筑物在地震中的表现和稳定性。依据抗震设计规范，对于地震加速度为0.15g的地区，建筑物的地震影响系数最大值应为0.12，而楼层剪重比不应小于2.4%。研究表明，在X向和Y向地震工况下，所有楼层的剪重比均大于2.4%，可见楼层具有足够的地震抗力，展示出良好的稳定性和安全性。本次研究有助于提高建筑物的安全性和耐久性，对于保证人们的生命安全和财产安全具有重要的实践意义。

**关键词：**高层建筑；PKPM；抗震设计；砌体结构；混凝土板墙

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.03.020

## 引言

地震作为一种自然灾害，对人类社会带来了严重的破坏，全球范围内的建筑结构尤其是在地震多发区的建筑结构，面临着严峻的抗震挑战<sup>[1]</sup>。在现代建筑工程中，PKPM系列软件以其独特的计算模式和精准的建模能力，已被广泛应用于结构抗震分析<sup>[2]</sup>。然而，随着建筑设计复杂度与抗震技术需求的日益增长，对PKPM软件的优化和提升需求也越发显著<sup>[3]</sup>。PKPM系列软件作为在中国广泛应用的结构设计软件，其在结构设计中的应用，尤其是在抗震设计中的贡献<sup>[4]</sup>。尽管其已有的功能和性能在一定程度上满足了日常的设计需要，但相对于不断发展的建筑工程技术和日益严格的抗震设计要求，仍存在着进一步开发和研究的广阔空间<sup>[5]</sup>。因此，本次研究提出基于PKPM系列软件结构的抗震分析和应用研究。从理论和实践两个方面进行考虑，通过对现有的抗震设计方法和PKPM系列软件结构的应用进行综合比较和评估，以确定最佳的抗震分析和设计方法。旨在对其在抗震分析中的应用进行全面的研究和评估，以期提高其在抗震设计中的应用效率和精度。

## 一、基于PKPM系列软件结构的抗震研究

### （一）抗震设防的目标分析研究

在基于PKPM系列软件的结构抗震研究中，抗震设防是一个核心领域。抗震设防是指在建筑设计中考虑地震力，通过特定的工程措施，使建筑物在地震发生时能够抵御地震作用，达到防止或减少地震灾害的目的。在PKPM软件中，抗震设防主要依靠软件内置的力学模型和抗震标准。软件将建筑结构建模，并根据相关规定，应用地震力进行分析。地震力的应用则需要考虑地震区划、地震烈度、土壤类型等相关参数<sup>[6]</sup>。PKPM软件必须具备准确的计算能力和灵活的应用性，能够在复杂的工程条件下进行有效的抗震设计。抗震设防目标的核心在于提供安全、可靠的建筑环境，以保障人类生命和财产安全。其主要涉及多遇地震、设防地震、罕遇地震三个

层面。对于多遇地震，目标要求建筑在地震作用下能保持正常使用，不产生破坏。设防地震的目标是在预计的最大设防地震作用下，建筑物能保持结构完整，不发生倒塌，确保人类生命安全。其中，针对罕遇地震，设防目标是即便在极端地震条件下，建筑结构也能以一种可接受的破坏方式来消耗地震能量，避免全面破坏，保护人类生命安全。假定结构为刚性，不考虑地震作用下机构的动力特性，其计算公式如式（1）所示。

$$P_i = (Q_i - Q_n) / Q_n \times 100\% \quad (1)$$

式（1）中， $\alpha_{\max}$ 表示地震动产生的最大水平加速度； $G$ 表示建筑物自重； $K$ 表示地震动力系统。而对于多层砌体房屋的鉴定标准，采用楼层综合抗震能力指数法，其计算公式如式（2）所示。

$$\beta_{ci} = \varphi_1 \varphi_2 \beta_i \quad (2)$$

式（2）中， $\varphi_1$ 表示体系影响系数； $\varphi_2$ 表示局部影响系数； $\beta_i$ 表示为石柱的转角。而楼层面积率简化的计算公式如式（3）所示。

$$\beta_i = A_i / (A_{bi} \xi_{oi} \lambda) \quad (3)$$

式（3）中， $A_i$ 表示石柱与柱础的最大静摩擦力； $\lambda$ 表示烈度影响系数； $A_{bi}$ 为最大静摩擦力和滑动摩擦力的数值差异； $\xi_{oi}$ 为构架的最大静摩擦力。本次研究为现有建筑物的抗震改造设计提供科学依据，进一步提高其抗震能力，实现更为全面的抗震设防目标。由此可见，本次研究不仅可以提供科学的抗震设计方法，还可以对现有建筑物进行抗震性能评估和改造设计，进一步保证人类生命安全。

### （二）基于PKPM软件结构的抗震设计研究

PKPM软件作为一种广泛使用的结构工程设计工具，对于抗震设计有着重要的应用价值。抗震设计是一种主要考虑地震作用的建筑设计方式，其目标是在地震发生时保障建筑物的结构安全，减少人员伤亡和财产损失。结构抗震分析是PKPM软件的一项重要功能，能够对结构在地震作用下的动态响应进行模拟，并提供各种设计参数。其中，钢筋混凝土板墙法加固后墙体承载力的计算中，其砌体构件的正面承载力计算公式如式（4）所示。

$$N \leq \varphi_{com} (fA + \alpha_c f_c A_c + \alpha_s f_s' A_s') \quad (4)$$

式（4）中， $\varphi_{com}$ 表示轴心受压构件的稳定系数； $A$ 表示水平与竖向加速度； $N$ 表示物理参数径高比设计值； $S$ 表示现实中原有砌体结构构件的性能效果； $\alpha_c$ 、 $\alpha_s$ 混凝土强度和钢筋强度的利用系数； $f_c$ 表示混凝土轴心抗压强度设计值； $A_c$ 表示进行钢筋混凝土板墙加固后的构件截面面积； $f_s'$ 表示板墙加固中纵向钢筋的抗压强度设计值； $A_s'$ 表示板墙加固中纵向钢筋的截面面积。PKPM方法可以更充分地利用结构本身的塑性 deformation

capacity, 通过控制结构层间位移角, 合理分配延性需求到关键构件, 从而实现结构形成塑性机制的目标。其基于PKPM结构的抗震设计流程如图1所示。

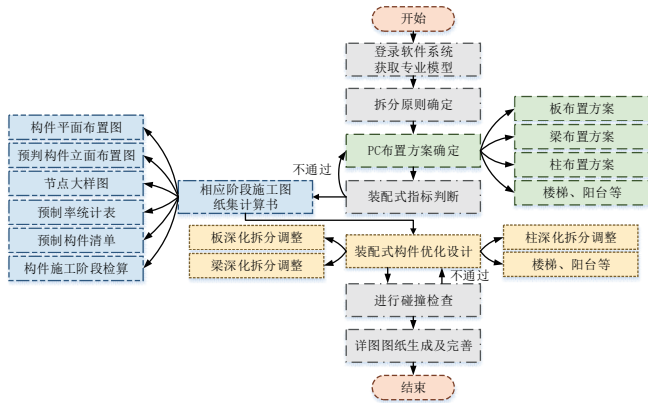


图1 基于PKPM结构的抗震设计流程

PKPM软件在抗震设计中的应用流程主要由五个步骤构成。首先进行建筑结构的几何建模, 需确立全体结构的配置、连接情况、材料属性等基本信息, 为之后的抗震分析提供前提。其次设定地震动参数, 根据地震设防要求, 设定地震作用参数, 包括地震动强度、地震动谱等, 作为后续动力分析的输入。而后通过PKPM软件的有限元分析功能, 模拟地震加载时建筑结构的动态响应, 得到结构各部分的受力、位移等情况。再者通过对PKPM软件动力分析结果的解读, 评估结构的抗震性能, 判断是否满足相关抗震设计规范的要求。最后, 若评估结果不满足要求, 需根据PKPM软件的分析结果进行设计优化, 以提高结构的抗震性能。柱的滑移与否由系统自身的物理特征, 如式(5)所示。

$$V \leq 1/\gamma_{RE} [\eta_c f_{VE} (A - A_c) + \zeta f_t A_c + 0.08 f_y A_s] \quad (5)$$

式(5)中,  $A_c$ 表示墙体竖向合力的面积;  $f_c$ 表示中部构造柱的混凝土抗拉强度设计值;  $A_s$ 表示中部构造柱的纵向钢筋截面面积;  $\zeta$ 表示中部构造柱参与工作系数;  $\eta_c$ 表示墙体约束修正系数;  $f_{VE}$ 为在阶梯形状的截面破裂时砌体的抗剪强度设计值;  $\gamma_{RE}$ 表示减震承载力摇摆系数。PKPM软件的结构抗震分析研究主要依赖软件的精确模拟和分析能力, 对建筑物在地震作用下的反应进行深入剖析<sup>[15]</sup>。此外, PKPM软件还能对抗震设计优化提供有效支持, 通过改良结构配置、增强承重元素等方式, 有力提升建筑的抗震性能。因此, PKPM软件在结构抗震研究中, 能实现从理论到实践的全过程辅助, 对于抗震设计具有重大的实践指导价值。

## 二、基于PKPM的抗震性能分析

为验证基于PKPM系列软件结构的抗震性能的稳定性和可靠性, 对本次实验设定统一的实验环境。首先, 软件环境选择PKPM系列最新版本的PKPM-3D软件, 以支持复杂的三维建模和精细的力学计算。PKPM-3D的运行环境为Windows 10专业版操作系统, 确保软件能稳定运行, 并充分利用操作系统的高级功能。同时, 为了适应大型建筑结构分析的计算需求, 配备了Intel Core i9-10900K处理器, 其核心数达到10核20线程, 主频3.7 GHz, 睿频可达5.3 GHz, 可为计算提供强大的支持。内存选用了64GB DDR4 3200MHz内存, 既能保证大规模模

型的运行, 又能提高计算效率。硬盘为1TB NVMe固态硬盘, 其高速读写能力能够大幅度降低数据交换时间, 进一步优化运行效率。为了支持PKPM-3D软件的图形处理需求, 选用了NVIDIA Quadro P2200专业级图形卡, 其4GB GDDR5显存和1280 CUDA核心能够支持复杂的三维建模和可视化处理。并配备1000Mbps以太网接口, 以满足大数据交换和远程协作的需要。另外, 为了保证电源稳定, 采用了1000W高效能电源供电, 并安装了UPS不间断电源系统, 以防止电力故障影响抗震分析测试。其中, 工程的位移比与层间位移比结果如图2所示。

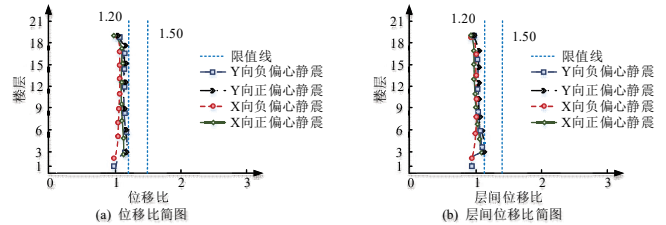


图2 工程的位移比与层间位移比结果

由图2可知, 在建筑物的结构分析中, 最大位移比和最大层间位移比是两项关键的指标, 用于衡量建筑物在特定工况下的稳定性和安全性。图2(a)中, 全楼的最大位移比为1.07, 在该工况下, 整个建筑物的最大偏移量是其自身高度的1.07倍。全楼的最大层间位移比为1.08, 在该工况下, 相邻两层之间的最大位移差距是其自身高度的1.08倍。图2(b)中, 全楼的最大位移比为1.15, 在工况下, 整个建筑物的最大偏移量是其自身高度的1.15倍。而全楼的最大层间位移比为1.19, 相邻两层之间的最大位移差距是其自身高度的1.19倍。且全楼的最大位移比发生在3、4层, 数值为1.14。全楼最大层间位移比出现在3层, 数值为1.15。由此可见, 这些建筑物在给定的工况下, 都表现出了良好的稳定性和安全性。其工程结构在地震各工况下的楼层剪力与剪重比结果如图3所示。

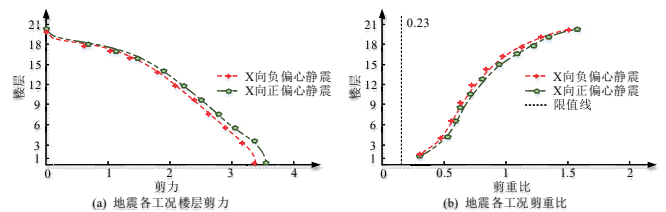


图3 工程结构在地震各工况下的楼层剪力与剪重比结果

由图3可知, 在地震工程中, 楼层剪力与剪重比是评估结构地震反应的重要参数, 这些参数能够预测出建筑物在地震事件中可能的行为和稳定性。根据中国的《抗震设计规范》规定, 对于地震加速度为0.15g的地区, 建筑物的地震影响系数最大值应为0.12。同时, 建筑物的楼层剪重比, 即楼层剪力与楼层重量的比值, 不应小于2.4%。图3(a)中, 在X向地震工况下的楼层剪重比, 所有楼层的剪重比的值都大于2.4%, 这些楼层具有足够的地震抗力。图3(b)中, 在Y向地震工况下的楼层剪重比情况, 所有楼层的剪重比的值都大于2.4%, 这些楼层同样具有足够的地震抗力。由此可见, 无论是在X向还是Y向地震工况下, 这些建筑物在地震时具有良好的稳定性和安全性。其工程结构最大位移与最大层间

位移角简图如图4所示。

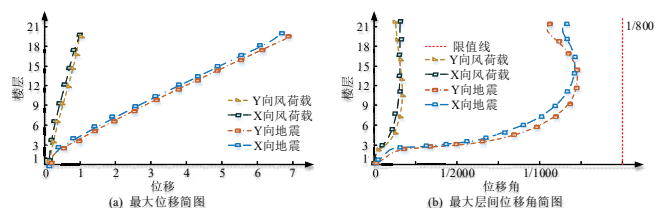


图4 工程结构最大位移与最大层间位移角简图

由图4可知，在工程结构的稳定性和安全性分析中，最大位移和最大层间位移角是两项重要的指标。图4(a)中，对于X向风荷载工况，数据表明全楼的最大楼层位移为8.67mm。由于电梯机房层位于建筑物的最高处，受到风荷载影响最大。图4(b)中，最大层间位移角为1/7140，出现在模型的第13层。这个数值在可接受的范围内，满足了相关的规定要求。

由此可见，无论是最大楼层位移还是最大层间位移角，这座建筑物在X向风荷载工况下都展现出了良好的稳定性和安全性。其工程质量分布结果如图5所示。

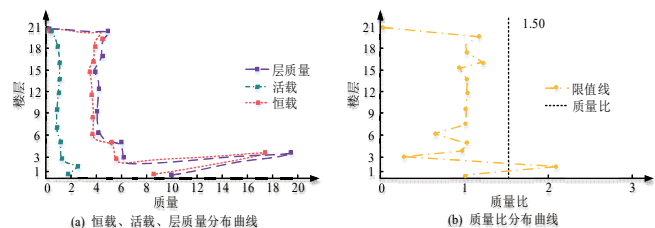


图5 工程恒载、活载、层质量与质量比质量部分结果

由图5可知，在工程结构分析中，恒载、活载、层质量与质量比等参数的测量和掌握，是评估结构稳定性和安全性的重要依据。图5(a)中，随着楼层的增加，层质量逐渐降低。在20楼以上，质量落在1至5.6的区间内。而在4楼以下的楼层，质量则相对较高，达到了17.87至19.98。恒载质量与楼层质量呈正比关系，验证了结构的稳定性和承载能力。4楼以下的楼层，其恒载质量最高，达到了17.96，这可能是由于这些楼层承受的静态荷载较大。而在活载质量方面，最高的楼层为2楼，其余楼层的活载质量基本在0.12至1.89之间。图5(b)中，质量比最低的是20楼以上的楼层，而3楼和6楼的质量比也相对较低。相比之下，1楼和2楼的质量比最高，这可能是因为这两层楼承受了更大的荷载，或者其结构设计较为复杂，因此质量相对较大。

### 三、结论

在全球范围内，建筑物的抗震设计一直是建筑工程领域的重要研究内容。精确评估建筑物在地震等特定工况下的稳定性和安全性，成为建筑师和研究者关注的焦点。因此，本次研究提出了基于PKPM系列软件结构的抗震分析和应用研究，对建筑物的结构进行了抗震分析。首先对抗震设防的目标分析研究，以及建筑物的结构进行了建模和模拟，然后利用PKPM软件结构的抗震设计研究，以衡量建筑物在特定工况下的稳定性和安全性。研究结果表明，在给定的工况下，全楼的最大位移比为1.07，最大层间位移比为1.08。同时，全楼的最大位移比在3、4层达到了1.14。由此可见，建筑物具有良好的稳定性和安全性，对恒载、活载、层质量与质量比

等参数的测量和掌握。本次研究利用PKPM系列软件，对建筑物的抗震性能进行了深入研究，提供了一种实用的分析方法。然而，本次研究尚未对更多类型和规模的建筑物进行研究，因此在一定程度上限制了研究的通用性。在未来的研究中，将进一步扩大研究范围，包括更多类型和规模的建筑物，以提高研究的通用性和普遍性。

### 参考文献

[1]于新月,王超,丁鹏,等.基于PKPM软件对砖混结构的安全及抗震鉴定分析[J].建材发展导向,2023,21(8):13-15.

[2]Z Tang, Z Peng, X Liu.Numerical Study on Optimal Design and Seismic Capacity of Double-Span RC Frame Structures with Exterior Verandahs. Buildings, 2022, 12(11):2-19.

[3]刘重华,任翠玲.运用PKPM, YJK进行钢筋混凝土框架结构运算对比研究[J].智能建筑与智慧城市,2021,39(10):43-44.

[4]杨悠子.钢管混凝土柱的设计及PKPM设计工具实现[J].中国建筑金属结构,2021,19(4):114-116.

[5]严旭.结构专业Revit到PKPM贯通软件的开发[J].电力勘测设计,2023,17(1):5-15.

[6]Y Cheng, Y R Dong, G L Bai, Y Y Wang. IDA-based seismic fragility of high-rise frame-core tube structure subjected to multi-dimensional long-period ground motions. Journal of Building Engineering, 2021, 43(10):102-917.

[7]申坤.应用PKPM软件计算料仓框架上部混凝土结构案例分析与探讨[J].广东建材,2022,38(1):52-54.

[8]仇立松.基于框架结构PKPM和GSCAD结构建模的分析比较[J].四川建材,2021,047(10):70-71.

[9]S M Zhou, J Z Tong, G S Tong. Determining experimental ductile behavior of composite walls considering second-order effects: A case study for multi-celled CFST walls Structures. Elsevier, 2023, 57(10):105-121.

[10]马俊文,刘孝国,李俊春.建筑结构刚重比规范算法研究及PKPM软件实现[J].中国建材科技,2021,30(6):57-62.

[11]Y F Zou, W H Feng. Cost optimization in the construction of prefabricated buildings by using BIM and finite element simulation. Soft Computing, 2023, 27(5):1-13.

[12]葛辉.基于PKPM软件对混合结构的安全及抗震检测鉴定[J].中国建材科技,2021,30(5):29-32.

[13]Fu Y. Research on PKIM Energy Construction Engineering Software System Based on Building BIM Technology. Wireless Communications and Mobile Computing, 2022, 26(4):258-262.

[14]赵鸿涛,窦水霞,杜惠莹. PKPM在下湿壕工业园区调节水池结构计算中的应用[J].内蒙古水利,2023,26(5):43-44.

[15]王广林,武世地.基于PKPM计算机软件对高支模实例分析[J].科技创新与应用,2021(3):88-90.