



2023

季刊 NO.138

构筑未来 力创卓越 新天地

# PKPM-PC 2023 R2.0装配式建筑设计软件

## 构筑智能建造生态·助力新型建筑工业化发展



中国建筑科学研究院有限公司 | 北京构力科技有限公司

地址:北京市北三环东路30号C座17层, 100013 | 联系电话:010-64518235

技术咨询:400-8000-900 | 网址:www.pkpm.cn | 邮箱:pub@pkpm.cn



构力科技



构力学堂



北京构力科技有限公司是我国建筑行业计算机技术开发应用的最早单位之一，前身为中国建筑科学研究院建筑工程软件研究所，1988年创立了PKPM软件品牌，历经三十多年的发展历程。2017年3月，经国资委批准，整合中国建筑科学研究院所有软件与信息化业务，成立北京构力科技有限公司，为首批国资委国有控股混合所有制企业开展员工持股十家试点单位之一。



构力科技积极承担解决建筑行业“卡脖子”关键技术“BIMBase平台”的自主研发，打造自主知识产权的BIMBase平台，成为建筑行业国产BIM二次开发平台，建立我国自主BIM的软件生态。基于自主BIMBase平台推出PKPM-BIM全专业协同设计系统、装配式建筑全流程集成应用系统、BIM报建审批系统、智慧城区管理系统等BIM全产业链整体解决方案，助力我国建筑行业数字化转型与升级。



构力科技根植于中国建筑科学研究院博大精深的技术底蕴，一直肩负着成为中国建筑业软件与信息化发展的引领者的使命，坚持自主创新研发，PKPM产品涵盖了建筑、结构、机电、绿色建筑全专业应用，以及面向设计、生产、施工、运维各阶段的应用软件或系统，其中PKPM结构设计软件市场覆盖率达95%以上，成为国内房屋建筑的主要设计软件，为国内工程建设做出了卓越贡献！



构力科技承担了多项“九五”~“十三五”国家科技攻关课题、国家自然科学基金项目、国家重点研发计划项目，始终站在我国建筑行业科学研究的前沿，先后获得多项国家科技进步奖和住建部科技进步奖，PKPM软件产品连续多年被中国软件行业协会评为全国优秀软件。

# 构筑未来 力创卓越

建筑行业专业软件及集成应用解决方案

## 电子报建/审批

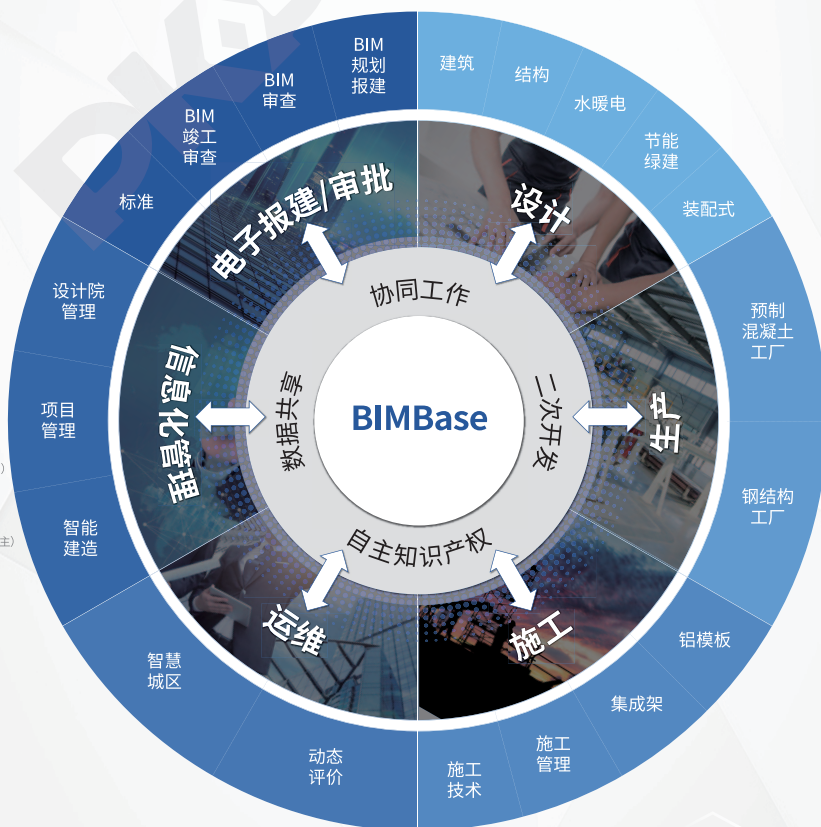
BIM规划报建审查审批系统  
BIM全专业审查系统  
BIM竣工模型审查  
标准(交付标准、数据标准)

## 信息化管理

设计综合管理系统  
BIM施工项目管理系统  
智慧建造协同管理平台(EPC或EMPC项目)  
全过程工程咨询管理系统  
钢结构全生命周期智慧建造平台  
工程项目全过程精细化监管平台(业主)

## 运维

绿色健康动态评价系统GOS  
城区智慧管理平台GCIM



## 设计阶段

建筑设计软件  
结构设计软件  
水暖电设计软件  
节能与绿建设计软件  
装配式建筑设计及深化软件  
(混凝土、钢结构)

## 生产阶段

PC构件智慧工厂管理系统  
钢结构智慧工厂管理系统

## 施工阶段

铝模板设计系统  
集成架设计软件  
施工管理系列软件  
施工技术系列软件



TECHNICAL ADVISOR  
EDITOR IN CHIEF  
ASSOCIATE EDITOR  
EXECUTIVE EDITOR  
COMMISSIONER

顾问 金新阳 邵 弘  
主 编 朱 伟  
副 主 编 史建鑫 王新花  
执行编辑 刘孝国 刘丽珍 吴海楠

**编 委**

陈晓明 崔 静 顾维平  
黄吉锋 黄立新 黄琢华  
黄怡萍 姜 立 李书阳  
刘苗苗 马恩成 沈文都  
王良平 王梦林 夏绪勇  
张晓龙 张 欣 张永炜  
(按姓氏拼音排序)

EDITOR  
E-MAIL  
ADD  
ZIP  
TEL  
FAX

编 辑 《PKPM 新天地》编辑部  
邮 箱 editor@cabrtech.com  
地 址 北京市北三环东路 30 号  
中国建筑科学研究院主楼 17 层  
邮 编 100013  
电 话 010-64693443( 投稿 )  
传 真 82476106

**投稿须知**

请提供稿件的电子文档以及稿件中相关图片的电子文档 ( 涉及到 DWG 文件, 请提供 DWG 文件 )。  
请在电子邮件的主题中注明“投稿”字样。  
本刊图文版权所有, 未经同意不得转载或摘编。

**快来挑错**

《PKPM 新天地》广大读者朋友, 我们的传统“挑错”活动会一直进行下去, 欢迎大家指正。凡是参加“挑错”活动的读者, 都会得到我们一份小礼品!  
挑错专用信箱: editor@cabrtech.com  
感谢大家对我们的支持!

# CONTENTS 目录

## ◆ 工程师手记 Engineer's Notes

- 001 隔震结构楼面加速度验算 / 侯晓武
- 007 楼板假定对于不同长宽比框剪结构抗震计算的影响 / 张元琦

## ◆ 软件应用 Structure Software

- 015 水平风荷载的确定、简化和特殊风荷载的实现 / 吴海楠
- 028 基于国产BIM的GDB数据简介 / 郑鹏

## ◆ 更上一层楼 Higher Level

- 033 基于PKPM-PHenergy软件探究  
湖北超低能耗居住建筑能耗指标 / 王佳员 朱珍英 刘平平 李杏 梁丽华 裴尚慧
- 043 某框筒结构通过智能辅助设计软件调整的案例分析 / 徐卫东

## ◆ 应用技巧 Application Skills

- 051 如何基于自定义地震波生成反应谱 / 胡志超
- 055 砼柱计算配筋异常的处理流程探究 / 吴海楠
- 064 减隔震模块应用中的问题汇总 / 冯发阳

## ◆ 技术支持中心 Technical Support Center

- 071 结构系列软件常见问题解析（一） / 王宇

## ◆ PKPM 最新动态 Latest News

- 080 构力科技入选国资委中央企业数字协同创新平台最佳实践成果
- 083 “十四五”国家重点研发计划“支持非线性几何特征建模的建筑信息模型（BIM）平台软件”项目启动暨实施方案论证会顺利召开
- 084 住房和城乡建设部党组书记、部长倪虹到中国建筑科学研究院调研

# 隔震结构楼面加速度验算

侯晓武

广州建研数力建筑科技有限公司 北京 100013

**[摘要]** 对于两区八类建筑，《建设工程抗震管理条例》规定要满足设防地震时正常使用的要求。《基于保持建筑正常使用功能的抗震技术导则》中明确了结构要满足正常使用的具体要求，包括构件抗震承载力设计、结构变形以及楼面水平加速度等方面的规定。本文重点介绍了《导则》中对楼面加速度的相关规定，绝对加速度与相对加速度的关系，并以一个实际隔震工程为例，介绍 SAUSG 软件在楼面水平加速度方面的一些考虑。

**[关键词]** 减隔震结构；楼面加速度；

## 1 规范背景

《建设工程抗震管理条例》第十六条规定，对于两区（高烈度设防地区、地震重点监视防御区）八类建筑（新建学校、幼儿园、医院、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等）应采用隔震减震技术，保证发生本区域设防地震时能够满足正常使用要求。对于何谓“满足正常使用要求”，不同的人有不同的理解，因而住建部组织专家编写了《基于保持建筑正常使用功能的抗震技术导则》（以下简称导则），希望能够帮助工程师更好的贯彻和落实《建设工程抗震管理条例》的相关要求。

《导则》中明确了“设防地震时满足正常使用要求”需要保证结构和建筑非结构构件基本完好，建筑附属机电设备和仪器设备正常工作。对于建筑主体结构构件抗震承载力验算方法、结构变形和楼面水平加速度验算等内容进行了详细的规定。其中构件抗震承载力验算以及层间位移角验算等内容与《建筑隔震设计标准》（GB/T 51408-2021）基本一致。本文重点对楼面加速度进行研究。

### 1.1 《导则》中对于楼面加速度的规定

《导则》第 4.4.1 条对地震时正常使用建筑的最大楼面水平加速度限值进行了规定，I 类和 II 类建筑在设防地震和罕遇地震时的最大楼面水平加速度限值如下表所示。

地震水平	地震时正常使用建筑的最大楼面水平加速度限值	
	设防地震	罕遇地震
I 类建筑	0.25g	0.45g
II 类建筑	0.45g	-

对于楼面水平加速度进行规定，主要目的是为了保证建筑非结构构件在地震作用下能够正常使用。非结构构件在建筑结构建造成本中占有很高的比重，非结构构件破坏会导致较为严重的经济损失和人员伤亡，影响建筑结构功能的可恢复能力。非结构构件可以分为位移敏感型和加速度敏感型两种，填充墙、楼梯、隔墙、玻璃幕墙、门窗等属于位移敏感型，吊顶以及仪器设备属于加速度敏感型。

《导则》条文说明中指出，地震时正常使用建筑的最大楼面水平加速度可取结构各层质心处楼面绝对水平加速度响应时程的最大值。因而进行楼面加速度验算时，节点位置可以取为质心位置，加速度为绝对加速度而非相对加速度。

### 1.2 绝对加速度与相对加速度

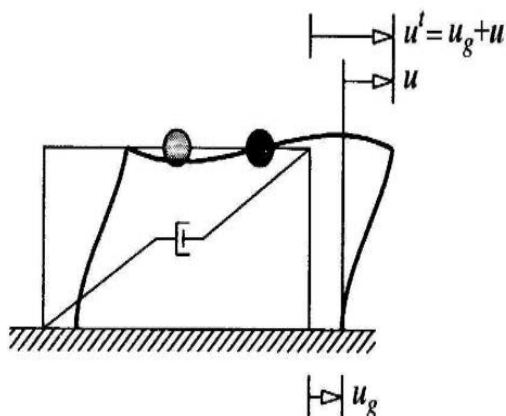


图1 结构相对运动与绝对运动

假定地面位移为  $u_g$ ，上部结构节点相对于地面的位移为相对位移  $u$ ，则上部结构节点的绝对位移为  $u' = u + u_g$ 。由于惯性力与绝对加速度成正比，弹性恢复力与相对变形相关，阻尼力与相对速度相关。

$$f_I = m(\ddot{u} + \ddot{u}_g) \quad (1)$$

$$f_s = ku \quad (2)$$

$$f_D = c\dot{u} \quad (3)$$

根据平衡方程  $f_I + f_D + f_s = 0$ ，可以得到动力学方程式  $m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g$ 。

求解动力学方程式得到的加速度为相对加速度。如果要得到绝对加速度，还应该在此基础上叠加地面加速度  $\ddot{u}' = \ddot{u} + \ddot{u}_g$ ，如图2所示。

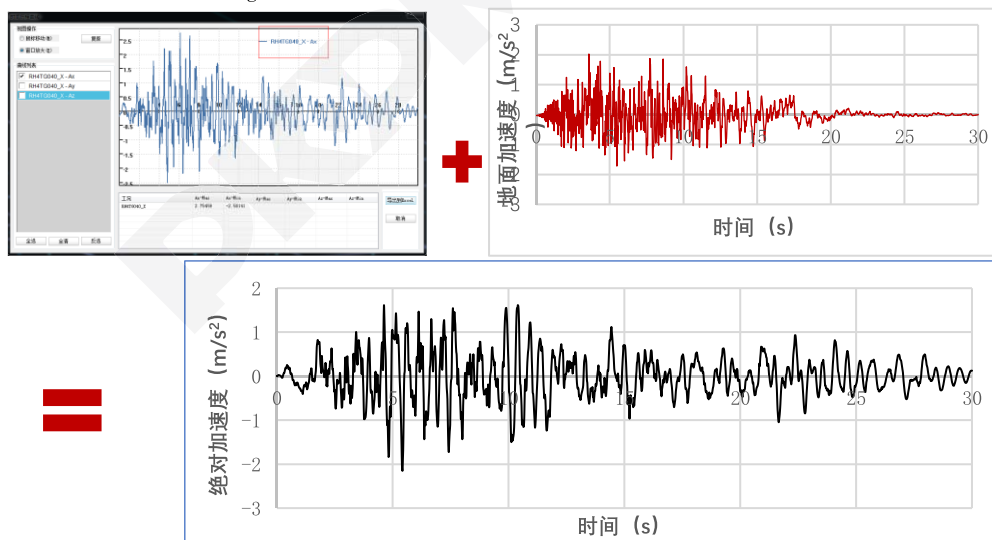


图2 相对加速度与绝对加速度

## 2 工程实例

### 2.1 工程概况

某隔震结构如图3所示，上部结构为6层框架结构，采用基底隔震。设防烈度为8度(0.2g)，设计地震分组为第二组，场地类别为II类。隔震支座分别采用普通叠层橡胶支座和铅芯橡胶隔震支座，隔震支座布置图如图4所示。

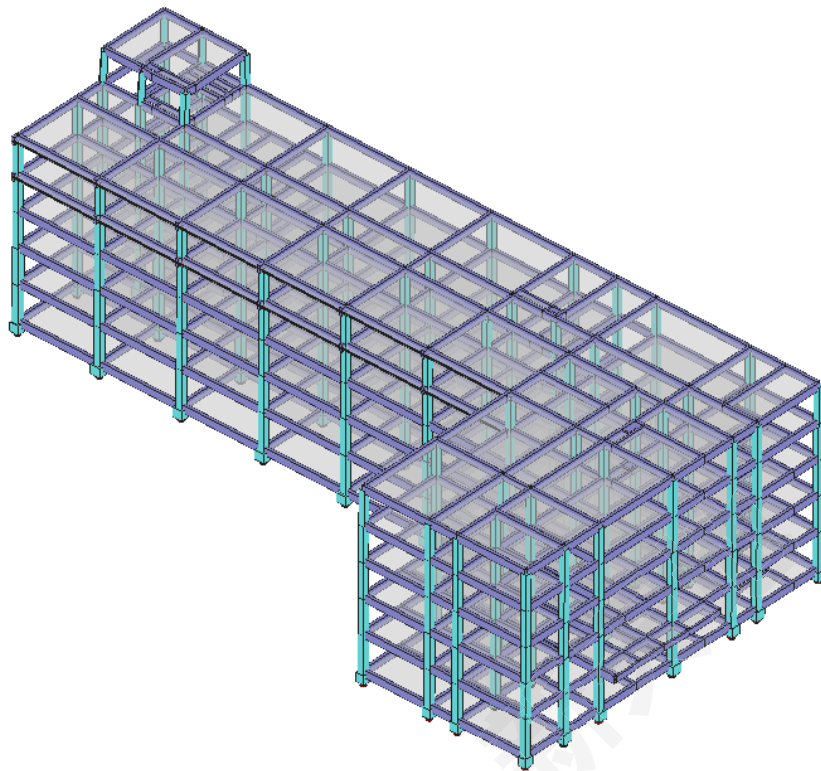


图 3 隔震结构

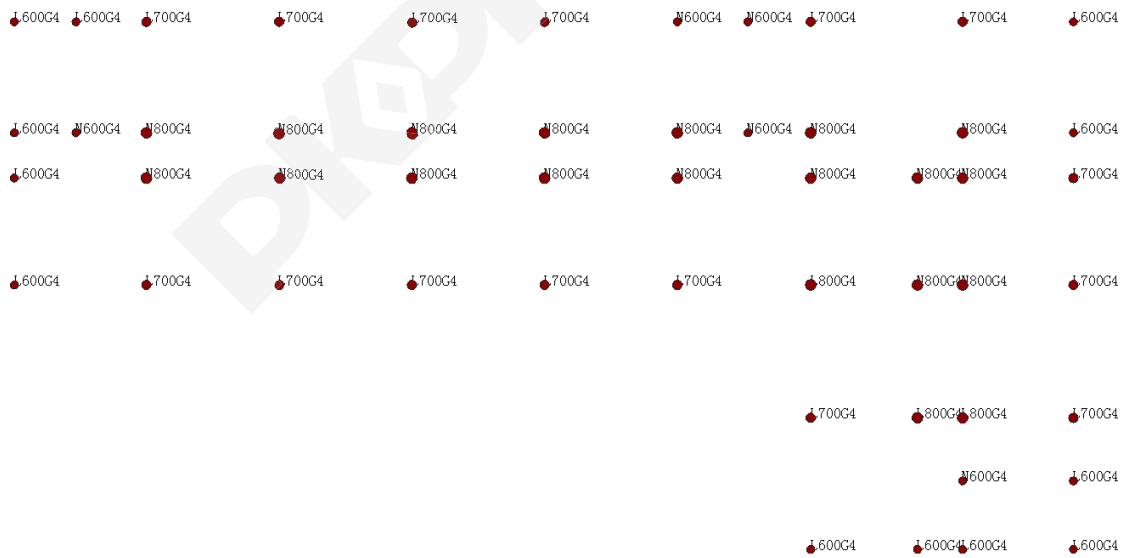


图 4 隔震支座布置图

## 2.2 地震动

选取一条人工地震动进行大震弹塑性分析，地震动如图 5 所示。

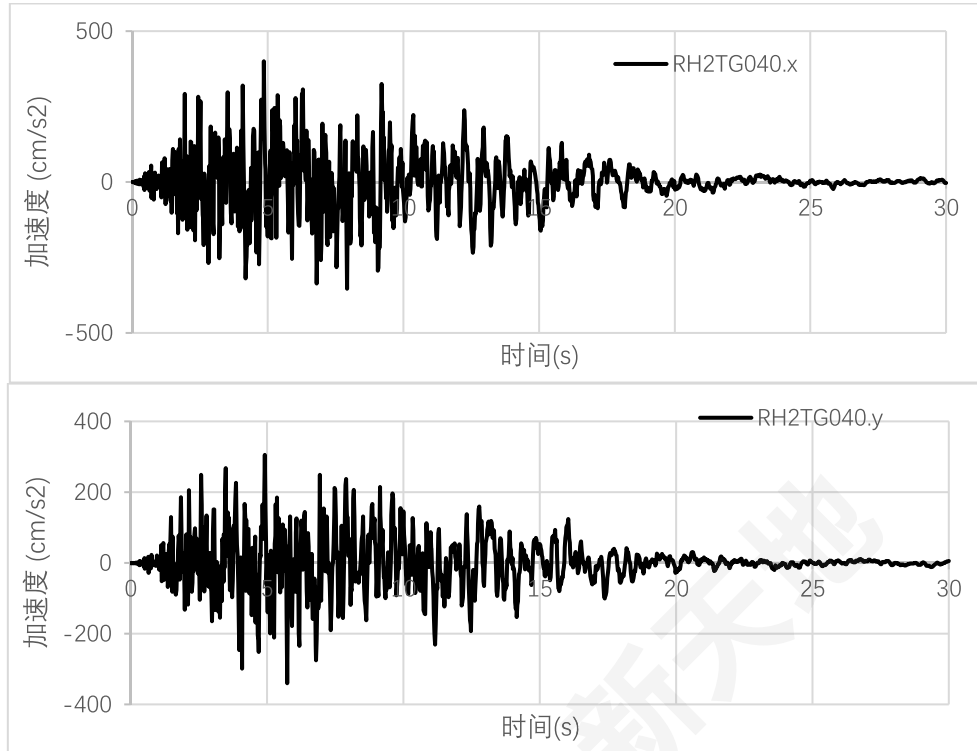


图 5 人工地震动

采用图 5 所示地震动进行罕遇地震弹塑性分析，峰值加速度取为  $400\text{cm/s}^2$ ，采用双向加载，两个方向的地震波按照 1:0.85 的比值进行调幅。

## 2.3 层间位移角

层间位移角结果如图 6 所示，X 方向层间位移角最大值为  $1/141$ ，满足罕遇地震作用下  $1/100$  的限值要求。

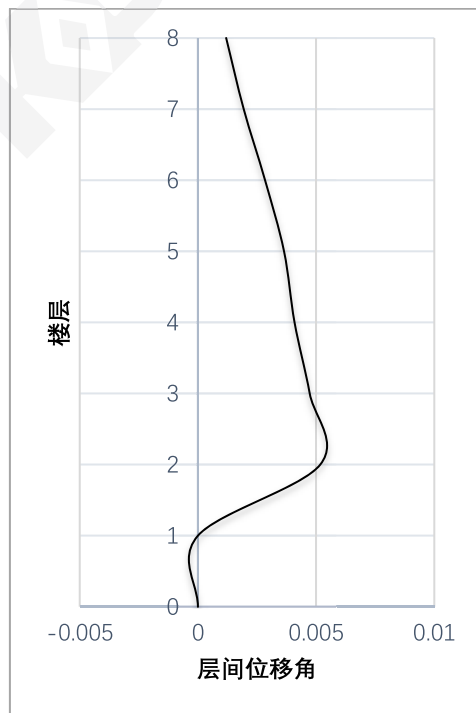


图 6 层间位移角



## 2.4 构件性能

罕遇地震作用下结构的构件性能水平如图 7 所示。大部分框架柱处于轻微或轻度损坏，少量框架柱达到中度损坏。框架梁大部分处于轻微或轻度损坏，一部分框架梁达到中度损坏。

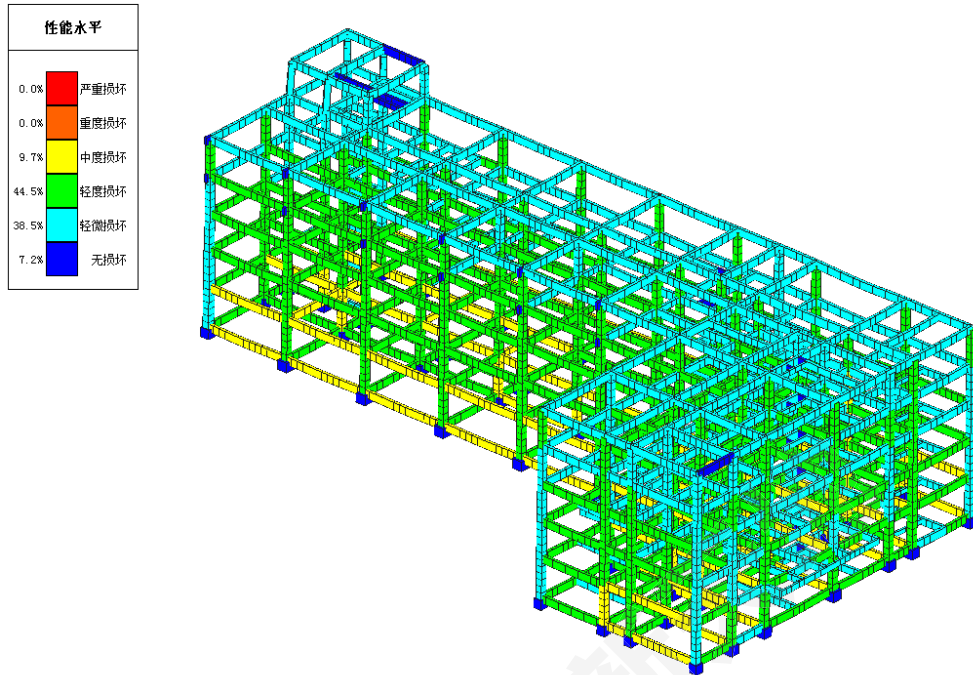


图 7 构件性能

## 2.5 楼面水平加速度

软件中有两个位置可以查看楼面水平加速度。

(1) 大震验算→层间位移

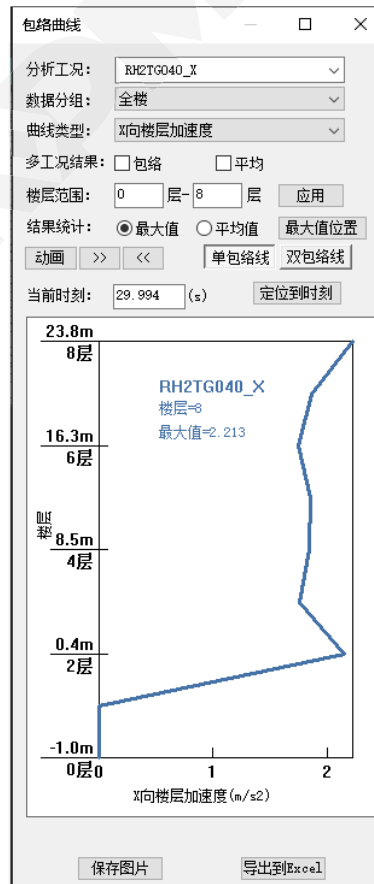


图8 楼面水平加速度

(2) 大震验算→节点位移→节点加速度

楼层	质心X坐标(m)	质心Y坐标(m)	质心Z坐标(m)	节点编号	X向绝对加...	Y向绝对加...	验算
1	82.52	17.75	-0.60	94	1.63	1.09	OK
2	83.86	17.76	0.40	3262	1.60	1.05	OK
3	84.28	17.52	4.60	3628	1.61	0.95	OK
4	83.30	17.92	8.50	10014	1.54	0.97	OK
5	83.09	18.05	12.40	12640	1.50	1.04	OK
6	83.25	17.86	16.30	16475	1.49	1.05	OK
7	80.99	18.12	20.20	18943	1.54	1.18	OK
8	43.24	27.23	23.80	21798	2.14	2.19	OK

图9 楼面水平加速度验算

方法 1 中输出的是每个楼层各个节点楼面绝对加速度的最大值，方法 2 输出的是各楼层质点处的绝对水平加速度，二者输出数值有一些差别，一般方法 1 输出数值大于方法 2。《导则》中规定的是质心处的楼面加速度限值，因而可以通过方法 2 来进行查看。工程师也可以在对话框中输入楼面加速度的限值，程序会自动根据用户输入的限值进行验算，如果满足要求，则验算结果为 OK，否则验算结果为 NG。

### 3 结论

本文介绍了《导则》中关于楼面水平加速度的相关要求以及对楼面加速度进行限制的原因。软件一般输出的加速度为相对加速度，要进行楼面水平加速度验算，还需要将相对加速度转换为绝对加速度。本文以一个隔震结构为例，介绍了隔震结构直接分析与设计软件 SAUSG-PI 中查看楼面水平加速度的方法与流程。

#### 参考文献

- [1] 广州建研数力建筑科技有限公司. SAUSG-PI 隔震结构直接分析与设计软件用户手册 [M]. 2022.  
 [2] 基于保持建筑正常使用功能的抗震技术导则(报批稿) [S], 2022.

# 楼板假定对于不同长宽比框剪结构 抗震计算的影响

张元琦

中石油吉林化工工程有限公司 吉林 132002

**[摘要]** 为研究楼板假定对不同楼板长宽比框架剪力墙结构抗震计算结果的影响, 本文以某综合楼为原型, 采用某国外通用有限元软件, 建立不同房屋高度和楼板长宽布置的框架剪力墙模型, 分别采用刚性及弹性楼板假定。计算结果表明, 中高烈度地区在小震弹性工况下, 当楼板长宽比满足规范限值要求时, 刚性楼板假定下的位移及内力计算结果仍无法满足精度要求, 应考虑楼板平面内变形或采用弹性楼板假定。

**[关键词]** 框架剪力墙结构; 刚性楼板假定; 弹性楼板假定; 抗震设计

## 0 引言

《高规》<sup>[1]</sup>第 8.1.8 条及《抗规》<sup>[2]</sup>第 6.1.6 条, 对框架剪力墙结构的剪力墙间楼盖长宽比给出了相同的指导性规定, 如表 1 所示, 表中 B 为剪力墙之间的楼盖宽度。

楼板形式	抗震设防烈度		
	6 度、7 度	8 度	9 度
现浇	4.0B, 60 米	3.0B, 40 米	2.0B, 30 米
装配整体	3.5B, 50 米	2.5B, 30 米	不应采用

并在条文说明中补充说明, 具有狭长楼板的框架剪力墙结构, 在抗震分析中应考虑楼板平面内变形。但当楼板长宽比符合规定时刚性楼板假定是否适用, 以及该假定带来的计算偏差, 规范 [1][2] 中未进一步说明。本章针对 4 层/7 层/10 层的框架剪力墙结构设置不同楼板长宽比, 分为刚性/弹性楼板假定进行分析对比, 并对计算结果进行线性拟合, 得出在不同长宽比条件下刚性楼板假定的适用性, 以及其对于框架剪力墙结构抗震性能的影响程度。

## 1 模型建立

工程原型为西安市新城区某商住两用综合楼, 结构形式为框架剪力墙结构, 地上 7 层, 地下 1 层, 房屋高度 22 米, 首层层高 4 米, 标准层层高 3 米。由于在该结构设计中, 其地下一层与首层侧向刚度比满足《抗规》<sup>[2]</sup>6.1.4、《高规》<sup>[1]</sup>5.3.7 规定, 地下室顶板可视作嵌固端, 故只建立上部结构模型。地区抗震设防烈度 8 度 0.2g, 场地类别 II 类。建筑抗震设防类别为丙类, 工程设计使用年限为 50 年。

原工程楼板长宽比  $L/B=2.8$ , 平面布置编号记为 LB3; 地上 7 层, 房屋高度编号为 D7。为探究不同长宽比对于该框架剪力墙结构的影响, 设置长宽比  $L/B=2.0$ 、3.6 的对照组, 编号记为 LB2 及 LB4, 如图 1~图 3 所示; 房屋高度设 4 层、10 层框架剪力墙对照组, 分别命名为 D4、G10。建筑平面轴网尺寸均为  $12.5\text{m} \times 45\text{m}$ , 标准层梁板平面布置全部相同, 通过变更剪力墙布置以调整楼板长度。将上述平立面布置的框架剪力墙结构分别设置为刚性/弹性楼板假定, 使用某国外通用有限元软件建立结构模型。

根据《抗规》<sup>[2]</sup>5.1.2 规定, 8 度 0.2g 小震加速度最大值  $70\text{cm/s}^2$ 。使用同厂商软件的选波功能, 选取 3 条地震波如图 4 所示, 调整信息列于表 2 中。

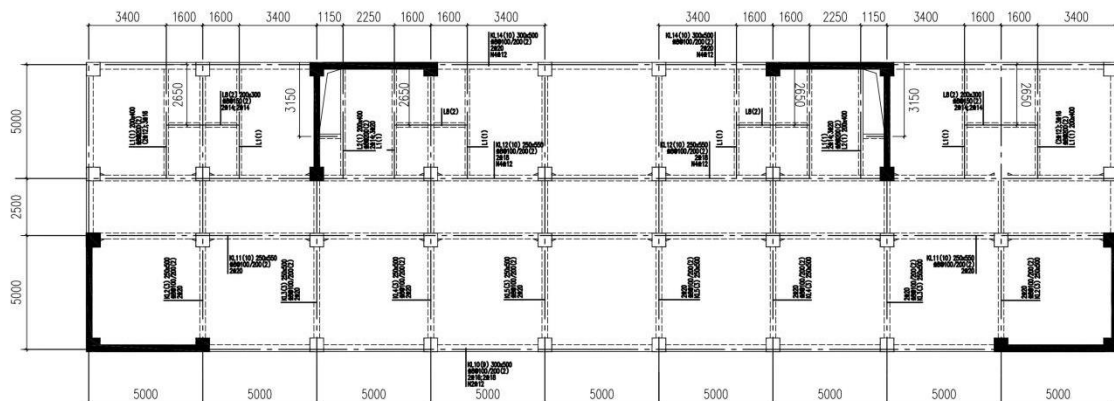


图 1 LB2 (长宽比 2:1) 平面布置

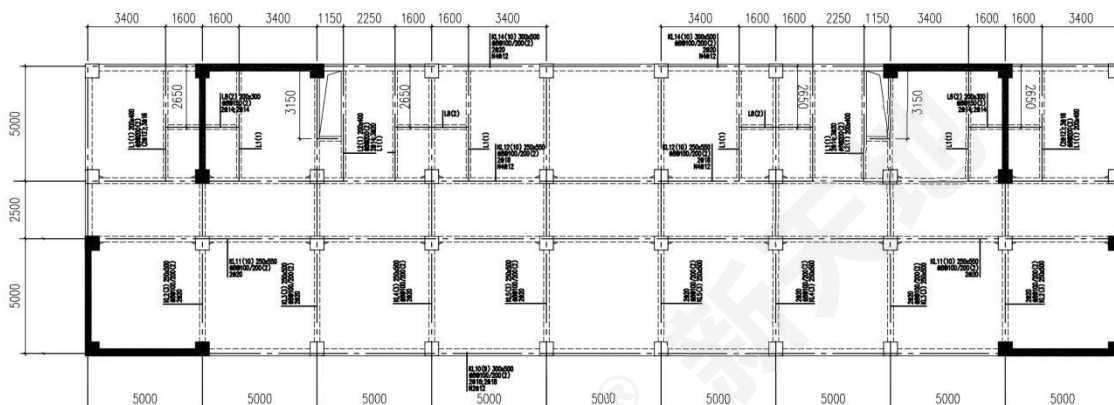


图 2 LB3 (长宽比 2.8:1) 平面布置

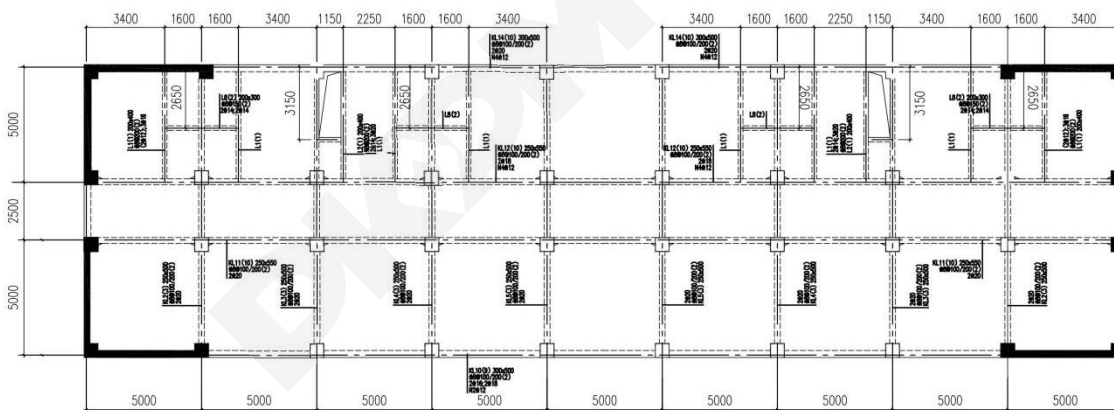
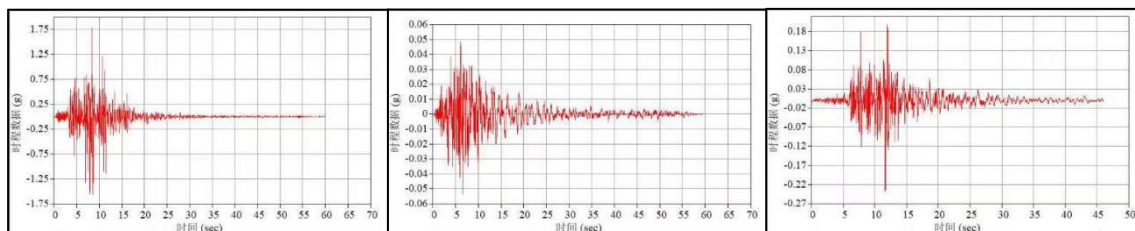


图 3 LB4 (长宽比 3.6:1) 平面布置



a) Tar\_90 (1994)

b) N.Palm (1986)

c) Sgs\_ew (1994)

图 4 地震波波形

地震波参数及调整信息

表 2

地震波	EPA (g)	GPA (g)	EPA 调整系数	设计 EPA (g)
Tar_90	1.3555	1.77832	0.05266	0.071385
N.Palm	0.053429	0.0533	1.3556	
Sgs_ew	0.180765	0.23837	0.394905	

## 2 计算结果及分析对比

### 2.1 基本动力特性及底部总剪力

弹性楼板模型和刚性楼板模型的第一阶振型均为 Y 向平动，4 层、7 层、10 层框剪模型第一自振周期如表 3 所示，结构底部总地震剪力如表 4 所示。

结构第一周期表

表 3

模型编号	楼板长宽比	刚性假定 $T_1$ (sec)	弹性假定 $T_{1P}$ (sec)	周期比 $T_{1P}/T_1$
D4-LB2	2	0.38	0.387	1.018
D4-LB3	2.8	0.38	0.394	1.037
D4-LB4	3.6	0.381	0.4	1.05
D7-LB2	2	0.659	0.662	1.005
D7-LB3	2.8	0.647	0.651	1.006
D7-LB4	3.6	0.778	0.793	1.019
G10-LB2	2	0.996	0.999	1.002
G10-LB3	2.8	0.981	0.985	1.004
G10-LB4	3.6	1.14	1.16	1.018

基底总剪力表

表 4

模型编号	刚板假定 (kN)	弹板假定 (kN)	计算差异
D4-LB2	3336	3357	0.63%
D4-LB3	3333	3370	1.11%
D4-LB4	3321	3393	2.17%
D7-LB2	5199	5120	1.52%
D7-LB3	5211	5041	3.26%
D7-LB4	5180	4925	4.92%
G10-LB2	4847	4805	0.87%
G10-LB3	4865	4774	1.87%
G10-LB4	4876	4746	2.66%

对于长宽比为 2、2.8、3.6 的 10 层框剪结构，刚性/弹性楼板假定未改变前三阶振型形状，第 1、2 阶为 Y 向、X 向平动，第 3 阶均为 Z 向扭转，且前 3 阶振型在两种楼板假定下计算偏差小于 3%；4 层、7 层的各组模型第一平动周期计算偏差也均在 5% 以内，楼板刚度对低阶自振周期影响较小。两种楼板假定下 4 层、7 层、10 层框架剪力墙结构的基底总剪力计算结果差别不大，说明楼板假定对竖向构件地震总剪力影响较小。

### 2.2 层间位移

4 层框剪结构多遇地震地震下的层间位移计算结果如表 5 所示，并对层间位移角进行整理（图 5），计算结果取 3 组地震波均值与振型分解反应谱法进行包络，得到最大层间位移角分别为：1/1333、1/1282、1/1075，均满足 $[\theta]=1/800$ 的层间位移限值要求。

4 层框架剪力墙模型层间位移

表 5

模型编号	F4-LB2			F4-LB3			F4-LB4		
楼板假定	刚性假定 (mm)	弹性假定 (mm)	位移比	刚性假定 (mm)	弹性假定 (mm)	位移比	刚性假定 (mm)	弹性假定 (mm)	位移比
4 层	1.88	1.92	1.02	1.88	1.92	1.02	2.04	2.03	0.99
3 层	2.14	2.25	1.05	2.14	2.34	1.10	2.36	2.58	1.09
2 层	2.08	2.20	1.06	2.08	2.31	1.11	2.43	2.79	1.15
1 层	1.63	1.92	1.17	1.63	2.03	1.25	2.23	2.68	1.20

a) F4-LB4                      b) F4- LB3                      c) F4-LB2

图 5 四层框架剪力墙结构层间位移角

对于 4 层框架剪力墙结构，随着楼板长宽比增加，层间位移比随之增大。3 组模型最大层间位移出现在第 2-3 层，根据《抗规》<sup>[2]</sup>5.5.1 条规定，框剪-抗震墙结构弹性层间位移角限值为 1/800，4 层模型当楼板长宽比为 2、2.8、3.6 时，在最大层间位移处，弹性楼板假定下的层间位移与刚性假定下的计算差异分别为 5.5%、9.6%、14.9%。可见，LB3 模型楼板长宽比满足规范不大于 3（8 度区）的要求，且总长度 35 米亦满足《高规》<sup>[1]</sup>不大于 40 米的要求，但结构在弹性/刚性假定下的水平层间位移计算偏差仍接近 10%。由于结构平面布置均匀对称，质量中心和刚度中心基本位于平面同一点，无明显扭转效应，故层间位移计算差异均由楼板平面内变形引起，如图 6 所示。

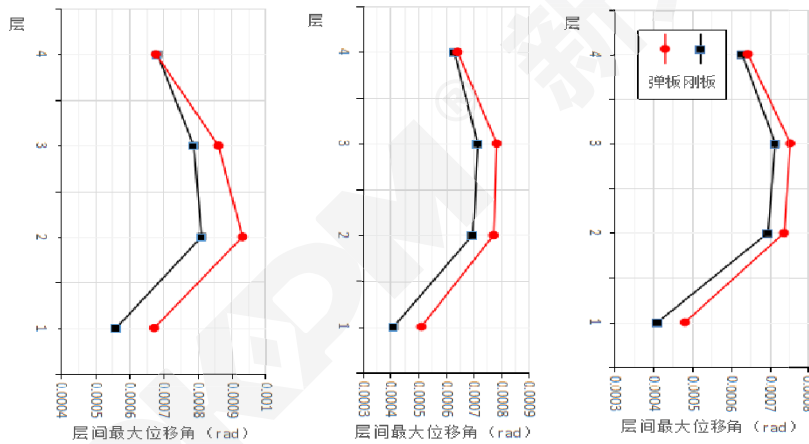


图 6 4 层框剪结构顶层楼板平面内变形

整理 7 层、10 层框剪结构多遇地震地震下的层间位移计算结果，如图 7、图 8 所示。

a) F7-LB2                      b) F7- LB3                      c) F7-LB4

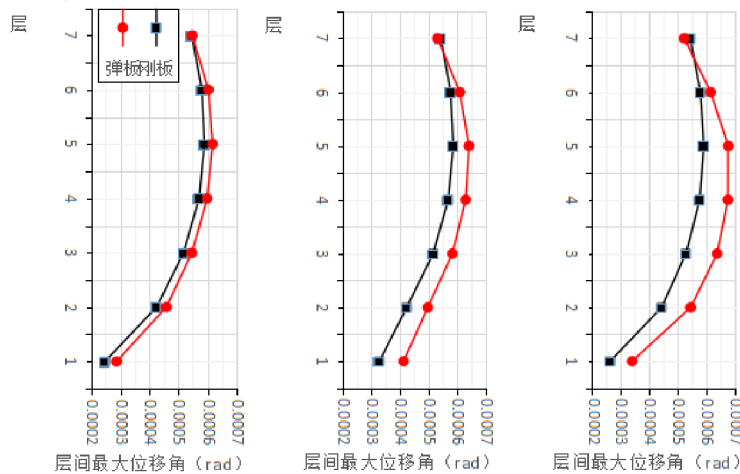


图 7 7 层框架剪力墙结构层间位移

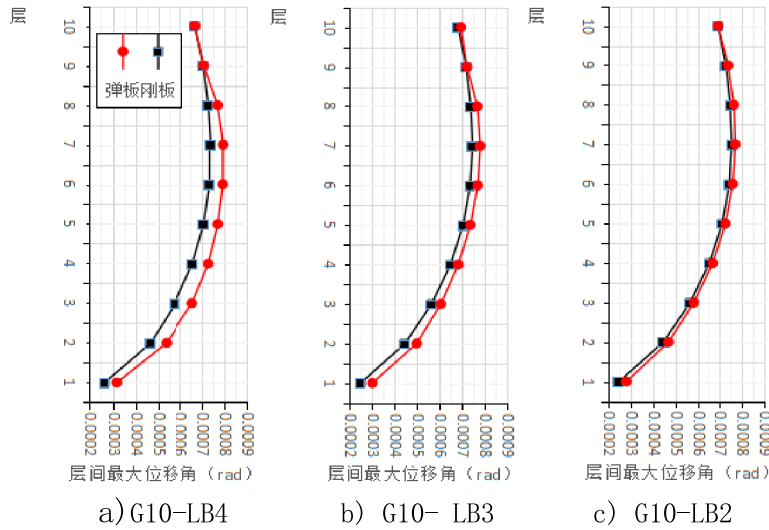


图 8 10 层框架剪力墙结构层间位移

对于 7 层框架剪力墙结构，随着楼板长宽比增加，Y 向层间位移比随之增大，最大层间位移均出现在第 5 层，当楼板长宽比为 2、2.8、3.6 时，层间位移角分别为：1/1630、1/1567、1/1491，弹性楼板假定下的层间位移与刚性假定下的计算差异分别为 4.9%、9.4%、14.4%，弹性楼板假定对 7 层框架剪力墙模型的影响略小于 4 层模型。

3 组 10 层框架剪力墙结构模型最大层间位移出现在 4-5 层，层间位移角分别为：1/1310、1/1288、1/1270，弹性楼板假定下的层间位移与刚性假定下的计算差异分别为 2.1%、4.7%、7.5%，该计算差异明显小于为多层结构的 4 层模型和 7 层模型，说明弹性楼板假定对高层框架剪力墙结构的影响不如多层框剪结构。

### 2.3 有关楼板的变形系数

引入无量纲楼板变形系数  $\beta$ （该式由文献<sup>[4]</sup>提出），以描述楼板平面内变形程度：

$$\beta = (\delta_{dia0}/h) / \phi_{all} \tag{1}$$

式中：

$\delta_{dia0}$ ——楼板平面内相对变形最大值

$h$ ——层高

$\Phi_{all}$ ——层间位移限值，框剪结构弹性位移取 1/800

根据 Fleisch man<sup>[4]</sup>等人的建议，变形系数宜控制在  $0 < \beta < 0.25$ ；当  $0.25 < \beta < 0.4$  时，应考虑楼板平面内变形的影响；当  $\beta > 0.4$  时，应减小周边抗侧构件（即剪力墙）的距离。以 G10-LB3 弹性模型第 7 层为例，相邻剪力墙水平绝对位移均为 16.77mm，楼板中央为 17.283mm，则： $\beta = (0.513/3000) / (1.25 \cdot e^{-3}) = 0.134$ 。取 9 组弹性模型层间位移最大的 2 处，手算并整理楼板变形系数  $\beta$  及上文弹性假定位移比（记为 F），如表 6 所示。

		楼板变形系数					
		LB2		LB3		LB4	
房屋高度编号	长宽比编号						
F4	$\beta$	0.068	0.057	0.197	0.166	0.363	0.307
	F	1.060	1.050	1.110	1.100	1.150	1.090
F7	$\beta$	0.092	0.082	0.231	0.250	0.443	0.418
	F	1.049	1.039	1.094	1.108	1.173	1.144

表 6

G10	$\beta$	0.055	0.056	0.134	0.141	0.293	0.269
	F	1.022	1.021	1.041	1.047	1.075	1.057

通过对变形系数及位移比进行线性拟合，得到位移比与变形系数  $\beta$  的关系如图 9 所示。

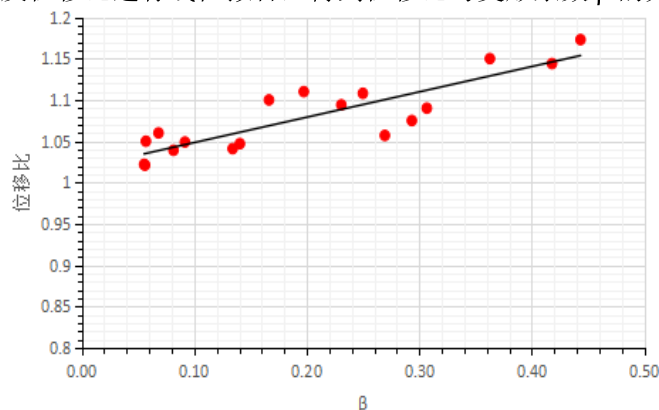


图 9 楼板变形系数 (F- $\beta$ ) 拟合图

图中纵坐标为位移比，横坐标为楼板变形系数，通过线性回归可得二者关系式见式 (2)。

$$F = 0.307\beta + 1.0177 \quad (2)$$

易知，当变形系数  $\beta=0.25$  时位移比为 1.094，即刚性假定下位移计算偏差略小于 10%；当  $\beta=0.10\sim 0.11$  时位移比约为 1.05，计算偏差为 5%，拟合结果与前文位移分析结果一致。故：当楼板长宽比为 2.8 时，虽满足规范要求限值，但刚性假定下的位移计算结果仍有较大误差，应采用弹性楼板假定。

## 2.4 内力分配

取前文 9 组框剪结构 18 个模型各层框架柱分配的地震总剪力列于表 7~9 及图 10 中。

框架部分楼层总剪力 (10 层框剪)

表 7

层	LB4			LB3			LB2		
	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比
10	1065.6	811.7	0.76	1100.4	938.9	0.85	1114.2	1021.2	0.92
9	840.4	893.6	1.06	860.6	914.0	1.06	869.2	918.9	1.06
8	923.5	961.0	1.04	943.3	963.2	1.02	951.7	956.3	1.00
7	945.5	994.8	1.05	960.9	988.1	1.03	968.1	979.1	1.01
6	952.3	1001.9	1.05	962.5	987.6	1.03	968.4	978.2	1.01
5	932.2	984.5	1.06	935.8	959.2	1.02	940.5	949.7	1.01
4	881.5	945.2	1.07	877.1	901.6	1.03	880.4	889.3	1.01
3	792.4	872.2	1.10	780.3	812.7	1.04	782.3	792.9	1.01
2	658.5	726.3	1.10	633.0	666.2	1.05	634.0	635.5	1.00
1	434.7	496.6	1.14	414.5	465.1	1.12	413.8	455.7	1.10

框架部分楼层总剪力 (7 层框剪)

表 8

层	LB4			LB3			LB2		
	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比
7	915.7	722.1	0.79	927.3	807.5	0.87	933.2	862.1	0.92
6	748.0	820.0	1.10	752.9	810.0	1.08	756.4	801.1	1.06
5	811.6	876.1	1.08	814.8	844.6	1.04	818.0	826.2	1.01
4	801.4	885.8	1.11	799.3	837.3	1.05	801.7	815.0	1.02



3	750.5	848.4	1.13	742.3	787.5	1.06	743.8	757.5	1.02
2	637.8	727.9	1.14	620.8	667.7	1.08	621.7	628.4	1.01
1	451.3	536.1	1.19	432.7	503.8	1.16	432.3	476.0	1.10

层	LB4			LB3			LB2		
	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比	刚性 (KN)	弹性 (KN)	剪力比
4	1196.9	1054.2	0.88	1184.3	1085.8	0.92	1184.2	1119.1	0.95
3	1114.8	1257.7	1.13	1106.7	1218.1	1.10	1106.7	1188.0	1.07
2	1244.3	1330.2	1.07	1236.1	1281.2	1.04	1236.1	1222.8	0.99
1	740.9	1017.0	1.37	738.6	908.3	1.23	738.6	835.7	1.13

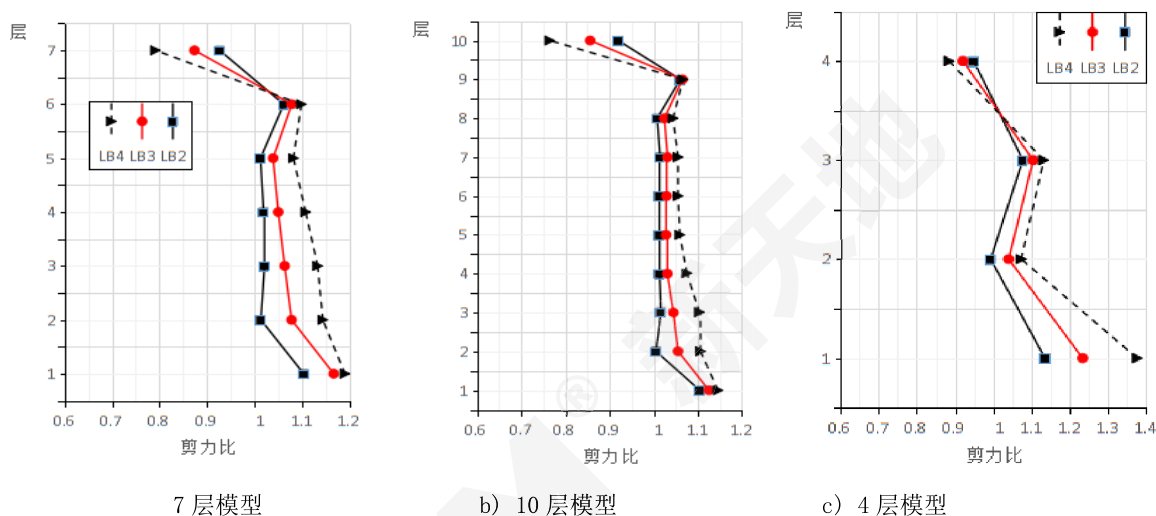


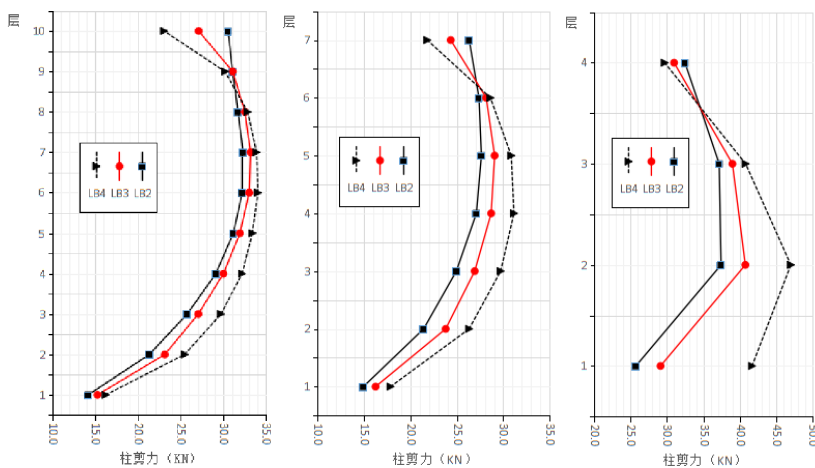
图 10 两种楼板假定下框架部分楼层总剪力比

观察得知:

1. 由于刚性楼板假定下楼板无平面内变形, 框架部分无额外水平力, 在中部楼层框架部分剪力比弹性假定结果小; 考虑楼板刚度后, 楼板发生平面内变形, 从而增大框架负担; 而在顶层恰好相反, 框架柱剪力主要来自顶层剪力墙侧向变形的反作用, 刚性楼板的协调位移能力会给顶层框架柱带来更多附加剪力, 因此顶层框架部分楼层剪力反而比弹性假定的结果偏大。

2. 楼板假定的影响程度与前文位移结论一致, 多层建筑的影响远大于高层, 楼板长宽比越大计算偏差越大, 当长宽比达到 2.8 时, 4 层模型中部楼层框架剪力计算结果偏差已经达到 10%, 7 层模型也在 5% 以上, 此时刚性楼板假定下已无法满足计算精度;

3. 在受力状态复杂的框剪结构首层和顶层, 两种假定下计算偏差最大; LB2、LB3 模型剪力



墙间距分别为 25m/35m、长宽比分别为 2/2.8，虽然间距、长宽比均满足 8 度地区限值，但顶层、首层框架部分层剪力计算偏差均大于 10%，当采用刚性楼板假定时，底层柱剪力偏小，顶层柱剪力偏大。

取 9 组模型在弹性楼板假定下中部框架柱单柱地震剪力列于图 11 中。当长宽比增大时，框架柱分配的地震剪力更大，且长宽比对于内力分配的影响，多层框剪较高层更为明显。

a) 10 层模型

b) 7 层模型

c) 4 层模型

图 11 中部框架柱剪力

### 3 结论

不同长宽比对框架剪力墙结构动力特性影响不大，自振周期、振型形态在弹性/刚性楼板假定下计算结果并无太大区别。当动力计算中出现局部振动振型时，可考虑指定强制刚性楼板假定过滤影响计算的振型。

楼板假定对于多层框剪结构弹性位移及内力计算的影响大于高层建筑，因为多层框剪结构的剪力墙高宽比较小，墙柱刚度比更为悬殊，受力形式较高层框剪更为复杂。

对于中高烈度地区，当楼板长宽比满足规范限值要求时，其位移计算结果仍有较大偏差；时程分析结果对比与线性拟合结果显示，当框架剪力墙结构楼板长宽比不小于 2.8 时，刚性楼板假定不适用，应考虑楼板平面内变形并采用弹性楼板假定。

由于框剪结构受力的复杂性，刚性楼板假定会低估底部、中部楼层的框架柱地震剪力，从而使计算结果偏向于不安全；对于顶层则相反，刚性假定会高估顶层框架柱分配的剪力，其偏差取决于楼板协调变形的能力，当长宽比较大时楼板出现明显平面内变形，从而使中部框架柱剪力计算结果明显偏小。

#### 参考文献

- [1] JGJ 3-2010 高层建筑混凝土结构技术规程(JGJ 3-2010)[S].北京:中国建筑工业出版社, 2010.
- [2](GB50011-2010)建筑抗震设计规范(2016 年版)( GB50011-2010) [S].北京:中国建筑工业出版社, 2016.
- [3]GB50009-2012 建筑结构荷载规范[S].北京:中国建筑工业出版社, 2012.
- [4]Fleisch man R B, Farrow K T, Eastman K. Seismic Performance of Perimeter Lateral System Structures with Highly Flexible Diaphragms.Earthquake Spectra, 2015,18(2):251-286

# 水平风荷载的确定、简化和特殊风荷载的实现

吴海楠

中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司 北京 100013

[摘要] 近年来, 建筑外形风格的多样化越来越多样化, 体型越来越复杂, 尤其是一些公共建筑, 在计算这些建筑物的风荷载时, 传统水平风荷载的简化方式计算风荷载难以准确的模拟风荷载的计算, 此时就需要更为精细的, 更加贴合实际的方式计算风荷载, PKPM 程序在很早时就提供了针对较复杂结构模型计算的特殊风荷载, 在实际工作中, 发现很多工程师还是对程序中的水平风荷载的简化方法和特殊风荷载如何应用有很大的疑惑, 本文就程序对于水平风荷载的简化方式和特殊风荷载的应用进行详细阐述。

[关键词] 风荷载; 特殊风荷载; 质心; 体型系数

## 0 前言

风荷载是空气流动形成的, 对建筑物的作用是不规则的, 风荷载实际上是一种随机时变活荷载, 但不同于一般活荷载(楼面和屋面活荷载、吊车荷载、雪荷载)。为了结构设计方便, 迄今为止, 世界各国的建筑结构设计, 都是将风荷载转换为等效静力风荷载。在程序中对于水平风荷载进行了较大幅度的简化, 水平风荷载适合规则的没有楼板大开洞的结构中。程序中提供的另一套风荷载确定方式-特殊风荷载则可以较为精细的考虑较复杂的风荷载加载。

## 1 水平风荷载标准值的计算

我国的现行规范《建筑结构荷载规范》(以下简称荷载规范), 对于风荷载也等效为静力风荷载来考虑, 即  $\omega_k = \beta_z \mu_s \mu_z \omega_0$  式中:

$\omega_k$  ——风荷载标准值(kN / m<sup>2</sup>);

$\beta_z$  ——高度 z 处的风振系数;

$\mu_s$  ——风荷载体型系数;

$\mu_z$  ——风压高度变化系数;

$\omega_0$  ——基本风压(kN / m<sup>2</sup>)。

### 1.1 基本风压

程序对于基本风压直接读取参数定义-风荷载信息中的“修正后的基本风压”, 这个修正后的基本风压, 这里的修正主要是针对的是一些受建筑本身及所在地区规定的定性的修正, 例如荷载规范 8.1.2 条中的“对于高层建筑、高耸结构以及对风荷载比较敏感的其他结构, 基本风压的取值应适当提高”。各个地区的荷载规范也有类似或相同的要求对基本风压的适当提高, 这里的修正后的基本风压就体现在这类条文中。

### 1.2 风振系数

风振系数是考虑风压脉动对结构产生顺风向风振的影响。勾选顺风向风振时, 程序根据荷载规范中的 8.4.3-8.4.6 条计算顺风向风振对应风振系数  $\beta_z$ , 如下图所示。

地面粗糙度类别	<input type="radio"/> A <input checked="" type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D
修正后的基本风压 (kN/m <sup>2</sup> )	<input type="text" value="0.3"/>
X向结构基本周期 (秒)	<input type="text" value="0.57"/>
Y向结构基本周期 (秒)	<input type="text" value="0.59"/>
<input type="checkbox"/> 自动读取上一次计算的结构自振周期	
风荷载作用下结构的阻尼比 (%)	<input type="text" value="5"/>
承载力设计时风荷载效应放大系数	<input type="text" value="1"/>
自定义风荷载信息	
<input type="checkbox"/> 保留分析模型上自定义的风荷载	
顺风向风振	
<input checked="" type="checkbox"/> 考虑顺风向风振影响	

图 1 考虑顺风向风振参数

《工程结构通用规范》GB55001-2021（以下简称工程通规）4.6.5-1 条规定“当采用风荷载放大系数的方法考虑风荷载脉动的增大效应时，风荷载放大系数应按下列规定采用；1 主要受力结构的风荷载放大系数应根据地形特征、脉动风特性、结构周期、阻尼比等因素确定，其值不应小于 1.2”，在执行规范选择了“通用规范（2021 版）”后，程序在计算顺风向风振时，就会控制风振系数的最小值按照 1.2 计算，风振系数在 SATWE 结果-文本及计算书-新版文本查看-风荷载信息中输出，如下图所示：

表 1 X 向风荷载信息

层号	本层风荷	楼层剪力	楼层弯矩	风振系数
8	58.2	58.2	192.0	1.52
7	54.4	112.5	563.3	1.47
6	50.6	163.1	1101.7	1.42
5	46.8	209.9	1794.5	1.37
4	42.8	252.8	2628.6	1.32
3	38.5	291.3	3590.0	1.28
2	33.5	324.9	4662.0	1.22
1	30.9	355.7	5835.8	1.20

图 2 顺风向风振系数输出

### 1.3 体型系数

对于风荷载体型系数，水平风荷载和特殊风荷载在风荷载信息里通过定义不同的参数来实现，如下图所示：

水平风体型系数

体型分段数

分段数	最高层号	X向体型系数	Y向体型系数
1	8	1.30	1.30

设缝多塔背风面体型系数

特殊风体型系数

体型分段数

分段数	最高层号	挡风系数	迎风面	背风面	侧风面
1	8	1.00	0.80	-0.50	-0.70

图3 水平风荷载和特殊风荷载体型系数参数

具体程序的简化方式将在下节详细介绍。

## 1.4 风压高度变化系数

### 1.4.1 风压高度变化系数的确定

程序根据参数定义-风荷载信息中用户选择的地面粗糙度类别做为依据，按照荷载规范 8.2.1 条条文说明公式，如下式，来计算层高处风压高度变化系数作为这一层的  $\mu_z$ 。

$$A\text{类: } \mu_z^A = 1.284 \left( \frac{z}{10} \right)^{0.24}$$

$$B\text{类: } \mu_z^B = 1.000 \left( \frac{z}{10} \right)^{0.30}$$

$$C\text{类: } \mu_z^C = 0.544 \left( \frac{z}{10} \right)^{0.44}$$

$$D\text{类: } \mu_z^D = 0.262 \left( \frac{z}{10} \right)^{0.60}$$

### 1.4.2 风压高度变化系数的起算位置

风压高度变化系数起算点的位置程序认为是室外地面，此时的室外地面和两个参数有关，一个是参数里的地下室层数，程序默认从首层地下室顶板位置以上开始计算风荷载，如下图所示的模型，地下室层数为2，其他参数不变，此时程序从第3层层底起算风荷载，一二层风荷载为0，而和楼层组装表里的底标高正负毫无关系。

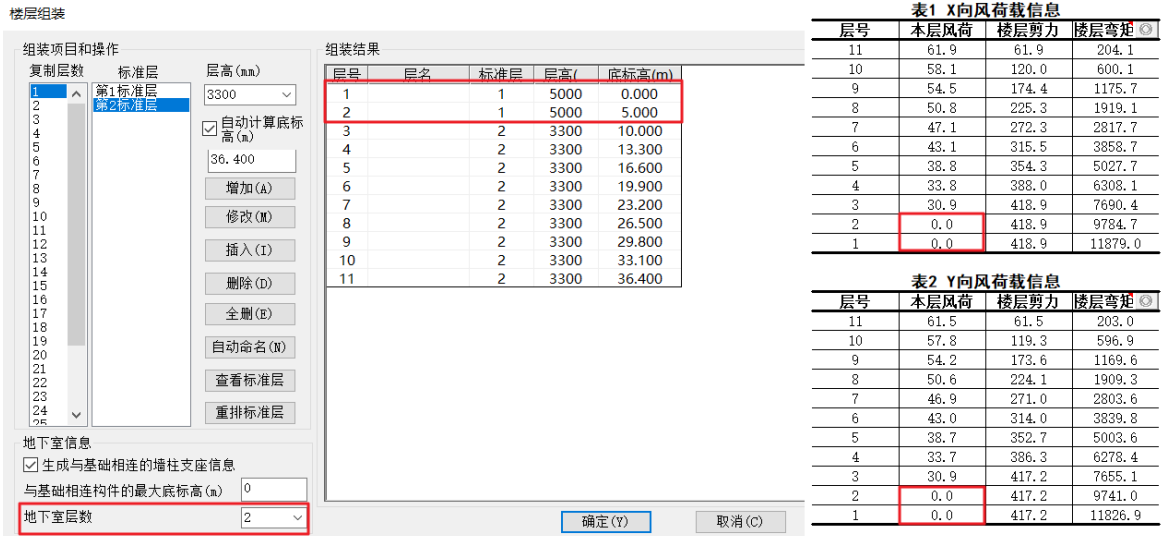


图4 带地下室模型的风荷载起算位置

程序中影响风压高度变化系数的另一个参数是“室外地面与结构最底部的高差”

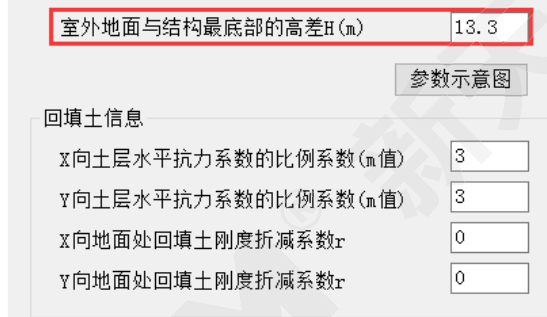


图5 室外地面与结构最底部的高差

该参数默认为0，0代表和地下室层数保持一致，当填写其他正数时，该参数对风压高度变化系数起控制作用，如下图所示：室外地面与结构最底部的高差填写为13.3m，此时地下室层数为2，风压高度变化系数从距离结构模型最底部13.3m处开始计算，也就是从第3层顶开始计算，此时1-3层风荷载为0，如下图所示：

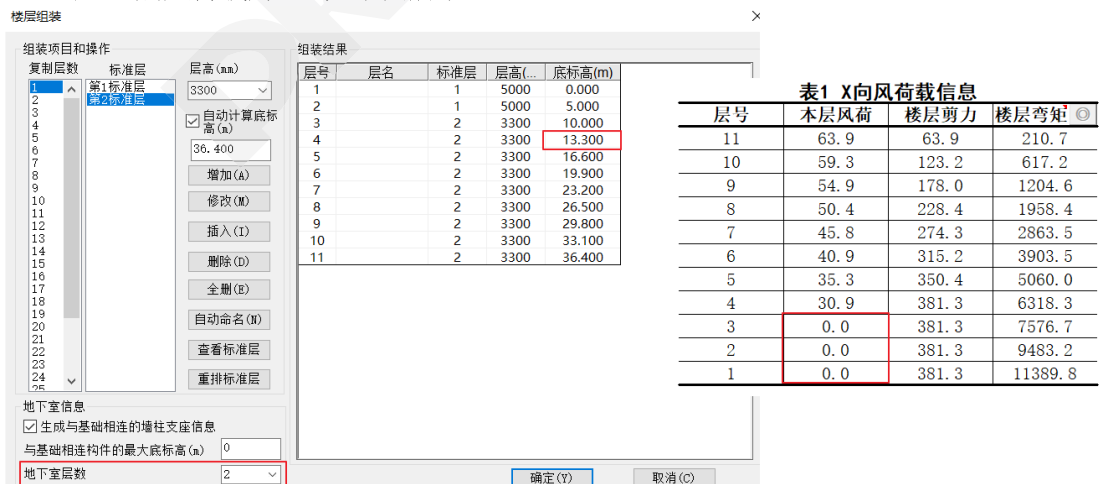


图6 室外地面与结构最底部的高差参数对风荷载的影响

## 2 风荷载受荷面积的计算

### 2.1 风荷载受荷面积

首先 SATWE 程序是以层为单位确定风荷载作用范围以及对应面积。根据各层在相应方向的

受荷宽度和受荷高度确定的矩形面积如下图所示：其中模型第  $i$  层垂直于纸面方向的风荷载受荷面积为阴影部分

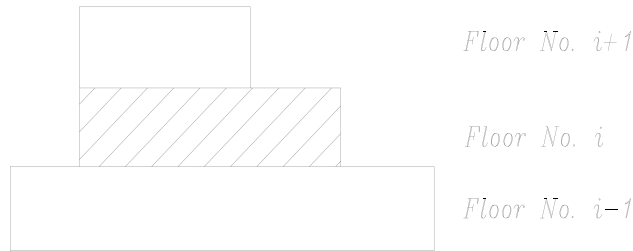


图 7 程序各层风荷载受荷面示意

那么受荷宽度和受荷高度如何确定的呢？首先程序计算出本层所有构件，包括悬挑构件两端节点沿与风荷载作用方向垂直方向上的投影，所有投影点的最外端的两个点之间的距离作为迎风面宽度，迎风面高度始终取本层楼层组装中的层高（忽略错层、坡屋面、其他调整上节点等情况）。迎风面即为迎风面宽度与迎风面高度的乘积。

如下图中的带悬挑构件的错层坡屋框架立面示意，在确定其垂直纸面方向作用的风荷载迎风面积时，对于第一层来说，其迎风宽度为 A 点到悬挑梁 B 点对应垂直方向上的投影点 B' 的直线 AB' 距离  $B_1$ ，迎风高度为一层层高  $H_1$ ，所以其第一层迎风面受荷面积即为  $B_1 \times H_1$ 。第二层风荷载迎风宽度为 C 点到 D 点之间的距离  $B_2$ ，受荷面的迎风高度楼层组装时的二层层高  $H_2$ ，并不考虑是否错层，所以二层迎风面受荷面积为  $B_2 \times H_2$ ，第三层范围内最外端距离与第二层相同，取为  $B_3$ ，三层受荷面的迎风高度不受坡面的影响，仍然取楼层组装高度  $H_3$ ，三层迎风面受荷面积为  $B_3 \times H_3$

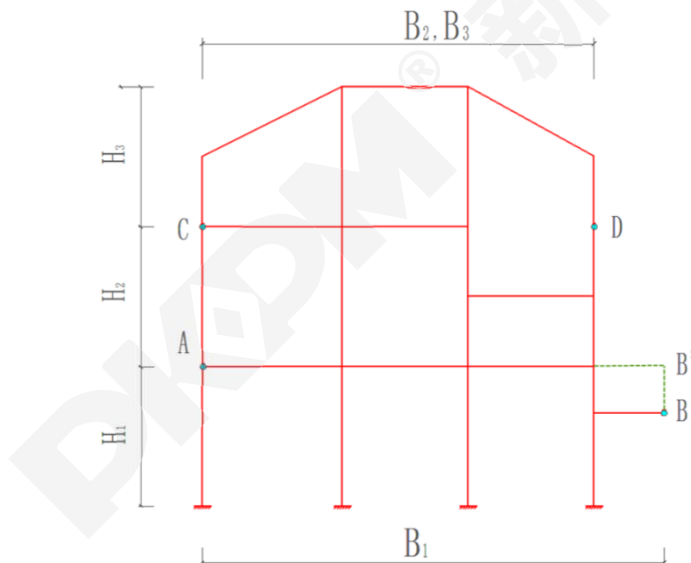


图 8 程序确定的风荷载受荷宽度和受荷高度

如下图:图中的坡屋面是采取将层高设为檐口处高度，通过抬升屋脊上节点高实现

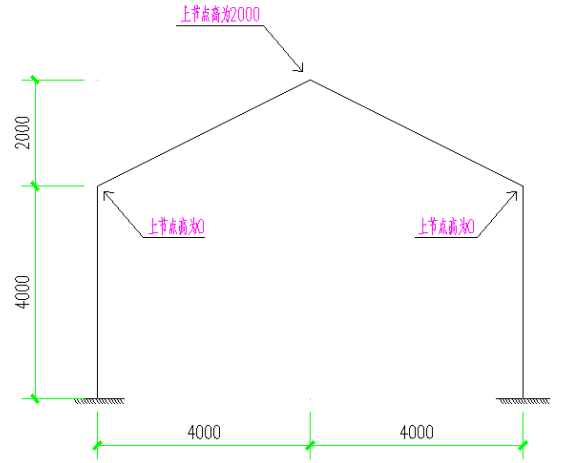


图9 坡屋面抬高上节点高的建模方式

下图中的坡屋面是将层高设为屋脊处高度,降低檐口上节点高度实现的:

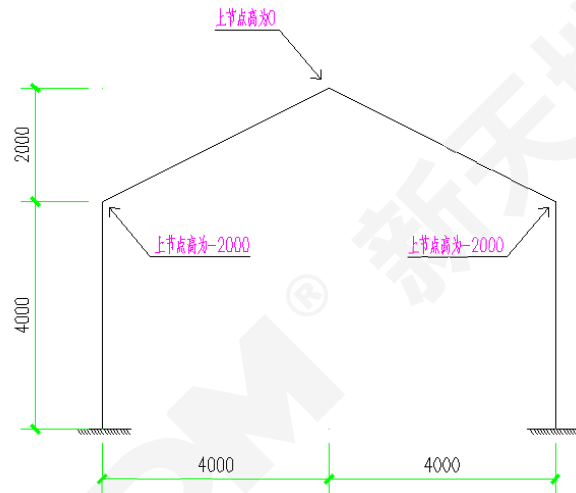


图10 坡屋面降低上节点高的建模方式

二者在几何上看并没有区别,但由于采用升还是降上节点高这一看似区别较小的建模方式,导致了层高取法的不同,进而导致风荷载受荷面积的差异。风荷载值确定时是按照迎风面宽度与楼层组合层高的乘积决定的,抬升节点的方式,层高在檐口处,确定的风荷载比实际的风荷载要小,风压高度变化系数也要小,导致坡屋面层的风荷载值偏小。两者对比降低节点的建模方式相比之下是基本可行的。

## 2.2 风荷载考虑结构镂空

一些建筑物由于使用功能等需求,一些楼层或者全楼没有外围护结构,风荷载是完全吹透建筑物的,此时如何考虑这些楼层或建筑物,成为设计人员的疑问之一,程序为了这样的需要,设置了风荷载考虑结构镂空层的定义,定义后程序对于该层的风荷载受荷面积就只考虑构件的截面面积作为水平风荷载的受荷面积来考虑,具体定义方法如下图所示:



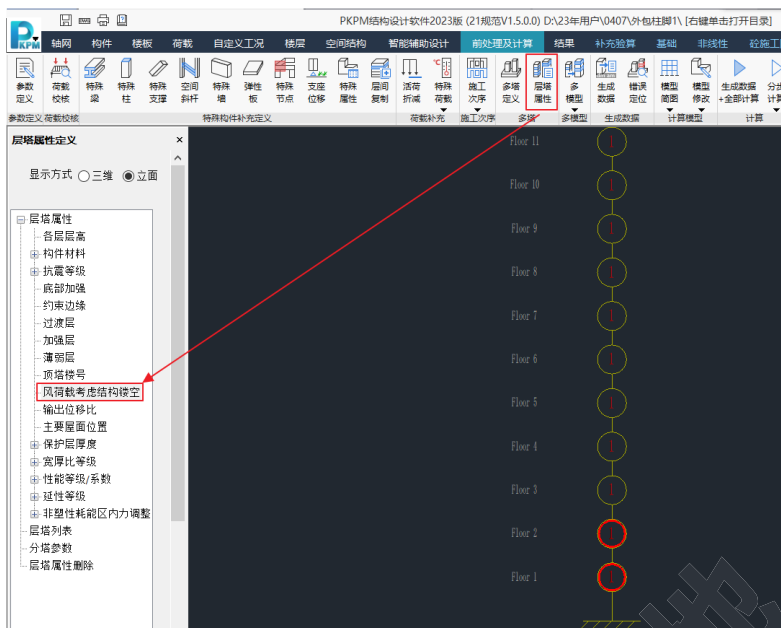


图 11 风荷载考虑结构镂空层的定义

特殊风荷载对于无围护结构的风荷载考虑结构镂空还要通过参数考虑，即挡风系数：挡风系数的含义是实际该楼层的风荷载受荷面积  $A'$  与程序确定的风荷载受荷面积  $A$  的比值  $A'/A$ ，有围护结构的一般结构该值一般为 1.0，无围护结构楼层的挡风系数就需要，此时就需要用户根据实际受荷面积计算后得出。如下图所示：模型中顶层为无围护结构，此时根据计算得到顶层的挡风系数假设为 0.05，首先需要将体型分段数修改为 2，然后修改最高层号和挡风系数，其他体型系数保持不变。



图 12 特殊风荷载的挡风系数

### 3 程序对于水平风荷载的简化

SATWE 水平风荷载的计算方法和加载方式是一种简化算法，它的简化体现在以下几个方面

- 1) 程序将风荷载作用在层高处，且不区分迎风面和背风面，输入的迎风面与背风面体型系数之和决定的风荷载直接在作用在结构上。
- 2) 有刚性楼板的结构，假定了每层风荷载作用于各层刚性楼板质心处，没有刚性楼板时，左右在所有弹性节点上且楼层所有节点平均分配风荷载，而此时就导致它忽略了侧向风的影响。
- 3) 不考虑屋盖的风吸力和风压力。
- 4) 程序在计算风荷载作用效应时，仅做正向风如 +X 向，+Y 向的内力计算，对于负向风如 -X 向，-Y 向不再做内力计算，直接取正向风的内力计算结果，在内力组合时，再取反号后作为负向风的计算结果。

按照上述普通风荷载生成原则在生成的水平风荷载，适用于模型较规则楼板连续结构的结构。楼板不连续、存在较大规模跃层及空旷结构按照节点数完全平均的加载的建筑平面的各个构件

上,不符合设计人员对于风荷载加载方式的预期的,计算得到的风荷载在结构构件上产生的内力效应可能与实际有所出入,所以对于不符合水平风荷载计算假定的结构需要采用另一类风荷载—特殊风荷载计算。

## 4 特殊风荷载的特点

特殊风荷载是 SATWE 程序提供的另一种较为精细化的考虑风荷载的方式,对于底层框架上层门式刚架这种结构形式而言,这种方式能够考虑楼板不连续、存在较大规模跃层及空旷结构和屋面风荷载,特殊风荷载在计算和加载方式有以下特点:

1) 程序将对各自然层自动生成 4 组不同方向的特殊风荷载,分别是+X 向、-X 向、+Y 向、-Y 向对应的风荷载,可以处理迎风面、背风面的受风面积不同,负向风荷载与正向风荷载不同的情况。

2) 程序在计算特殊风荷载时,是将楼层平面的最外围多边形向风荷载作用方向的垂直方向进行投影,投影长度作为受风面的宽度,以楼层组装表中的层高做为受风面高度确定受风面积,分配特殊风荷载时,只在模型最外围节点加载风荷载,是按投影后的节点两侧受风面宽度分配的,而不是均匀的分配到模型平面的各个节点。

3) 迎风面、背风面的风荷载加载到模型中对应各个外围节点,程序不会将迎风面和背风面的风荷载进行叠加考虑。

4) 可以生成平行于 X 或 Y 向方向的屋面风荷载,按照均布线荷载加载到对应方向的梁上。

## 5 采用特殊风荷载的实现过程

下面介绍采用特殊风荷载实现风荷载计算的具体过程。

### 5.1 设置特殊风荷载参数

首先在 SATWE 参数定义-总信息中的计算特殊风荷载,如下图所示:

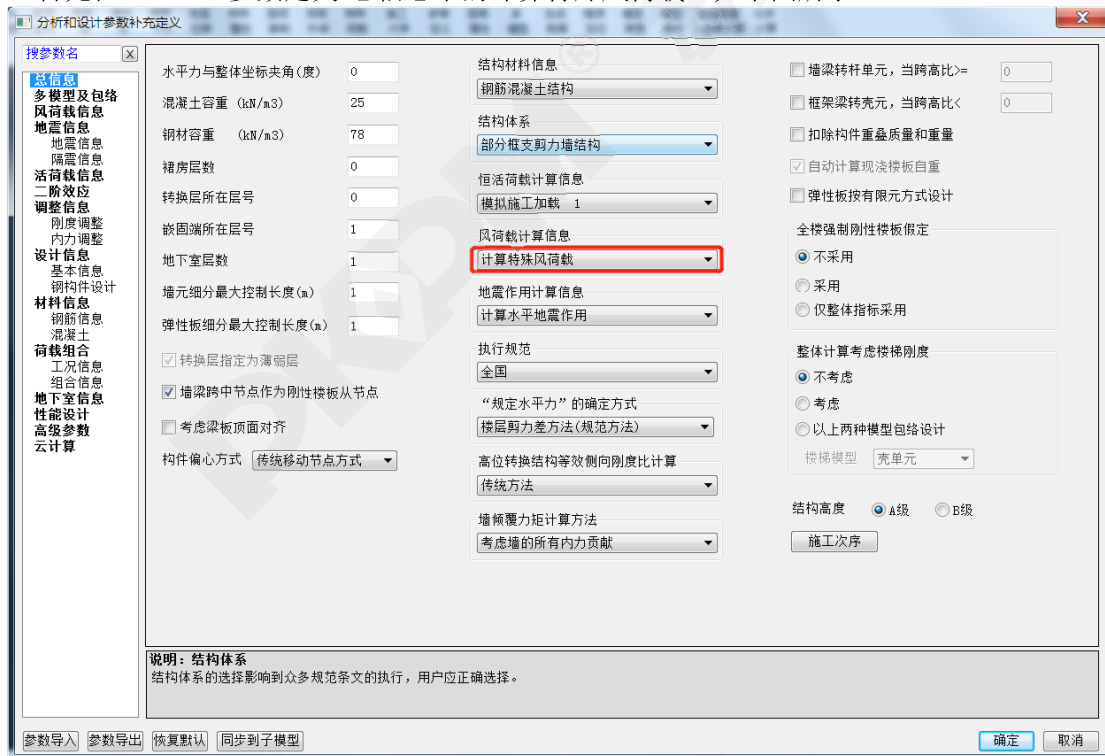


图 13 SATWE 参数定义计算特殊风荷载

当选择“计算特殊风荷载”时,风荷载信息页中的特殊风荷载计算参数将被激活。特殊风荷载将结构的体型系数分为迎风面体型系数、背风面体型系数、侧风面体型系数,同时还可以设置体型分段数和挡风系数,如下图所示:

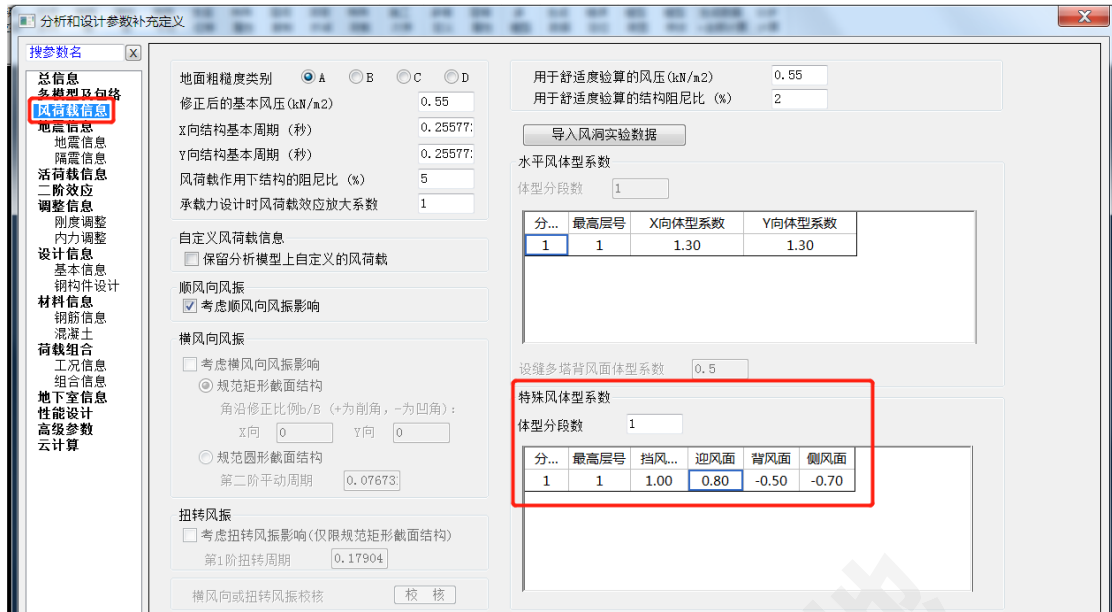


图 14 特殊风荷载定义的信息

### 5.2 设置特殊风荷载中的屋面体型系数

在 SATWE 特殊荷载-特殊风中定义屋面体型系数和生成屋面风荷载。以门式刚架为例，屋面倾角小于 15°，此时根据荷载规定要求体型系数为-0.6，此时定义+X(Y)、-X(Y)向体型系数为-0.6，同时配合自动生成参数里的结构横向方向确定生成的沿着哪个方向的屋面风荷载。

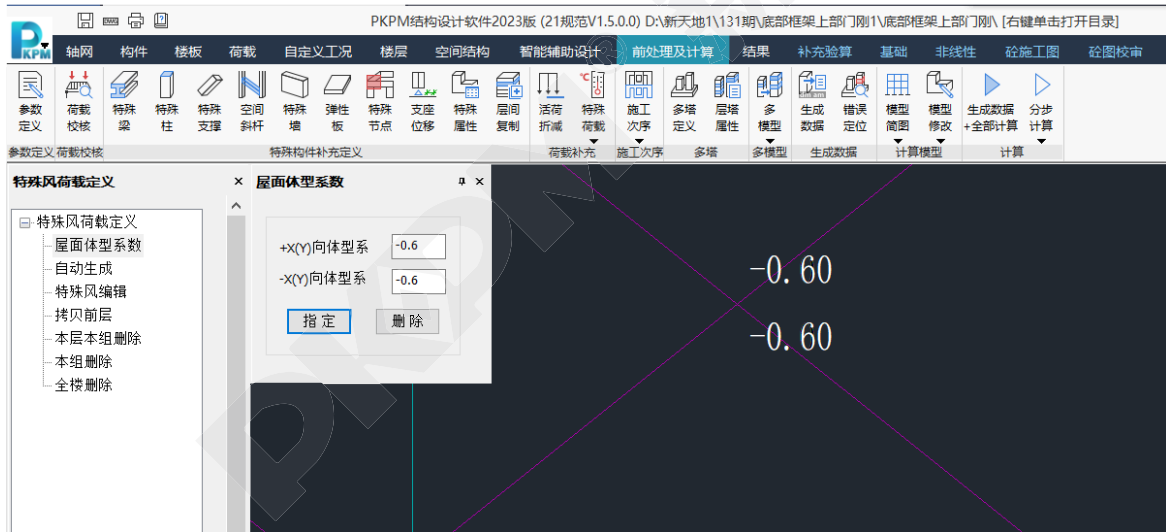


图 15 屋面风荷载体型系数的定义

### 5.3 设置结构横向方向

在下图中选择结构横向方向“横向 X”或“横向 Y(二者为或的关系、只能选择一个方向)，以确定屋盖层在哪个方向上生成风荷载，当结构横向方向为 X 方向时，屋面层与 X 方向平行的梁会生成根据设定的屋面风荷载体型系数对应的梁上均布风荷载，反之，当结构横向方向为 Y 方向时，屋面层与 Y 方向平行的梁就会生成对应的梁上均布风荷载。上面的上层门式刚架是沿着 Y 向起坡的，所以这里选择结构横向方向为 Y 向。

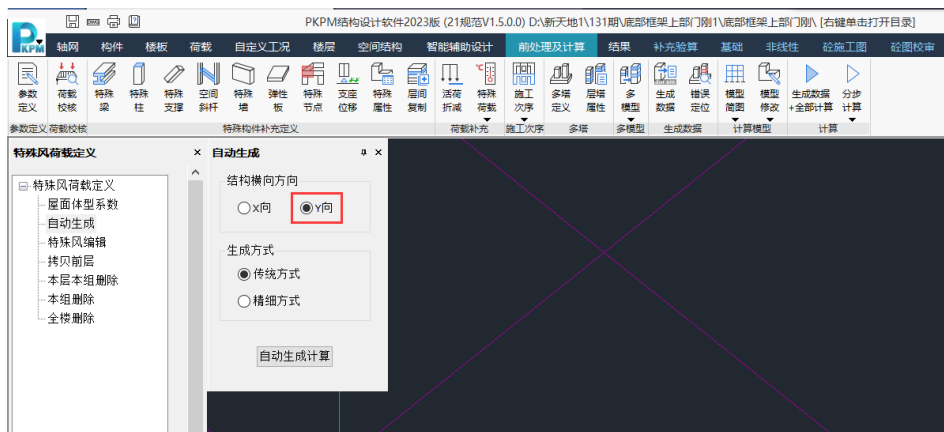


图 16 特殊风荷载中的结构横向方向

如下图所示：可以看到我们选择的结构横向方向为 Y 方向，在的第 3 组和第 4 组风荷载，即 $+W_y$  和  $-W_y$  向风荷载中我们可以看到程序在 Y 向梁上生成的均布荷载。

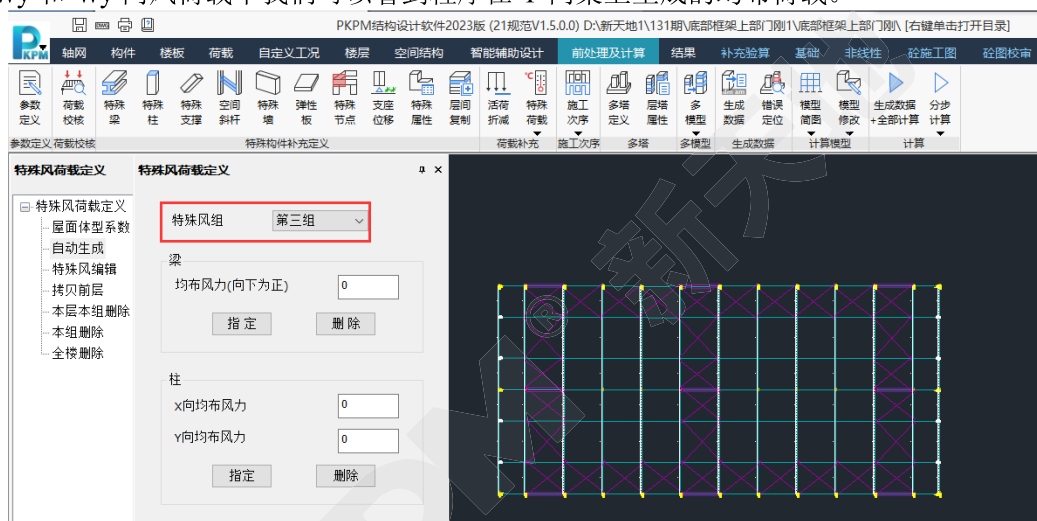


图 17 特殊风荷载自动生成的屋面和下部风荷载查看

#### 5.4 特殊风荷载的生成

选择了特殊风中的自动生成后，程序进行如下处理：

- (1) 首先自动搜索各塔楼平面，找出每个楼层的封闭多边形。
- (2) 计算不同方向的风荷载时，将此多边形向相应方向做投影，找出最大迎风面宽度以及属于迎风面边界和背风面边界上的节点。
- (3) 根据迎风面体型系数、迎风面宽度和楼层高度计算出迎风面所受的风荷载，
- (4) 将迎风面风荷载仅分配给属于迎风面边界上的节点。这里的节点是布置有杆件的节点。如果自动生成时选择了“精细方式”，则会将节点上的荷载平均分配到柱上，形成柱间均布风荷载。背风面、侧风面与迎风面的处理相似。程序将对各自然层自动生成 4 组特殊风荷载，程序默认第 1 组为  $W_x$ 、第 2 组为  $-W_x$ 、第 3 组为  $W_y$ 、第 4 组为  $-W_y$ 。

如果对某些部位的风荷载，如女儿墙柱、悬挑雨棚等位置的风荷载修改或者添加时，可以切换到对应风向的组中使用特殊风编辑功能进行风荷载的编辑和添加来满足实际的设计需求。



图 18 特殊风荷载编辑

### 5.5 特殊风荷载结果查看

特殊风荷载中的四个方向的风荷载会和其他的内力工况分别进行组合,从而计算得到配筋及应力比等结果,同时可以到内力、位移等相关的结果输出中查看特殊风荷载的结果。

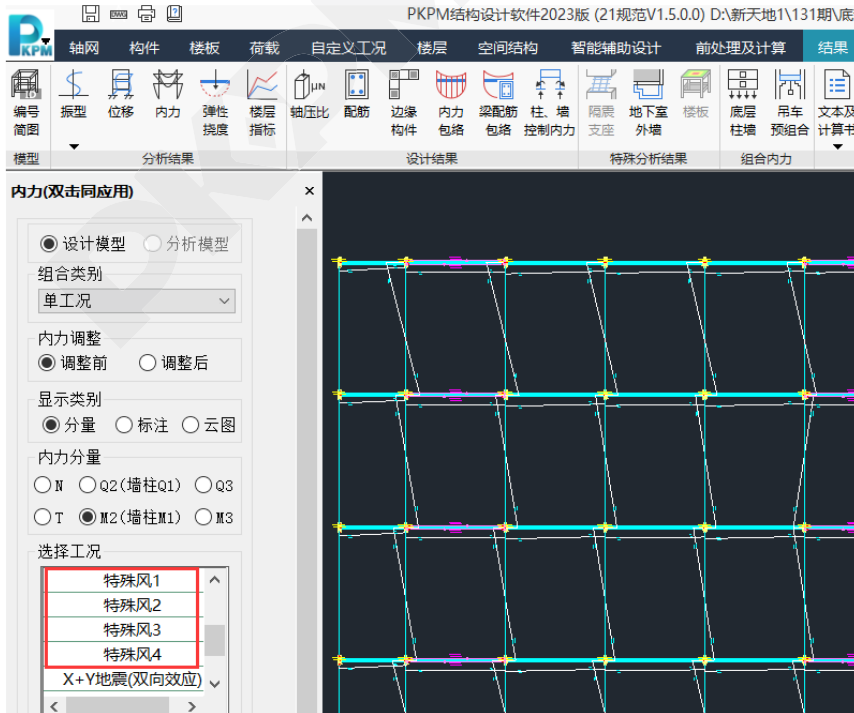


图 19 特殊风荷载内力结果

特殊风荷载的位移结果默认是不输出的,需要在新版文本查看中的-普通结构楼层位移指标统计中的右侧指标项勾选特殊风工况后刷新就可以显示特殊风荷载下的位移,如下图所示。



图 20 特殊风荷载位移结果

特殊风荷载组合情况可以在新版文本查看里的构件内力基本组合系数或者任意构件的构件信息里查看特殊风荷的组合情况。

### 五、荷载组合分项系数说明

- DL: 恒载
- LL: 活载
- LL2: 活载2(不利负包络)
- LL3: 活载3(不利正包络)
- C01: 特殊风1
- C02: 特殊风2
- C03: 特殊风3
- C04: 特殊风4
- EXY: X+Y地震(双向效应)
- EYX: Y+X地震(双向效应)
- CRN: 吊车荷载

编号	组合
1	1.30*DL + 1.50*LL
2	1.30*DL + 1.50*LL2
3	1.30*DL + 1.50*LL3
4	1.00*DL + 1.50*LL
5	1.00*DL + 1.50*LL2
6	1.00*DL + 1.50*LL3
7	1.30*DL + 1.50*C01

编号	组合
8	1.30*DL + 1.50*C02
9	1.30*DL + 1.50*C03
10	1.30*DL + 1.50*C04

图 21 特殊风荷载组合情况

## 6 总结

SATWE 程序中风荷载有两种考虑方式，一种是适用于较规则楼板连续结构的“水平风荷载”，另一种是适用于较复杂情况下，尤其是楼板不连续、空旷及需要考虑屋面法向风荷载的“特殊风荷载”。程序在计算水平风荷载时进行了简化，简化后的风荷载可能不满足设计人员您的需要，此时就需要使用特殊风荷载，本文在介绍水平风荷载计算的同时，也强调了在进行特殊风荷载生成的过程中要注意风荷载参数的定义，屋面体型系数的指定，结构横向方向的指定，对一些特殊部分的风荷载可以在特殊风编辑里进行添加和修改，以及结果的判断，希望本文能够对广大的设计人员有所帮助。

参 考 文 献

- [1] GB55001-2021 工程结构通用规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2021.
- [2] GB50009-2012 建筑结构荷载规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2012.
- [3] GB50017-2017 钢结构设计标准[S]. 北京，中国建筑工业出版社，2018.
- [4] 任卫教,张仲才.特殊风荷载在 PKPM08 版中的实现.哈尔滨[J].工程设计与计算机技术-第十五届全国工程设计计算机应用学术会议论文集. 2010
- [5] PKPM 软件说明书-多层及高层建筑结构分析与设计软件 SATWE 使用指南

PKPM® 新天地

# 基于国产 BIM 的 GDB 数据简介

郑 鹏

中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司 深圳 518000

**[摘要]** 为推广 BIM 技术应用, 实现图审目标, 统一 BIM 模型的数据报建及审批技术要求, 提高信息应用效率和效益, 支撑工程审批制度改革的推进, 广州市住建局及相关单位制定了 BIM 设计模型的数据交付要求即 GDB 数据。GDB 数据用公开、标准的数据库格式记录各行业交付的 BIM 数据, 以保证后续应用中对 BIM 数据的无损读取。GDB 数据库中的指标数据作为目标驱动定义出的 BIM 数据, 与常规 BIM 模型不同, GDB 数据主要考虑交付标准所涉及的专业数据, 满足特定需求目标的应用。

**[关键词]** GDB 数据; 信息表; 几何构件表; 关系表; 几何相关表;

## 1 背景

为进一步促进 BIM 技术的推广应用以及在建造全过程中与其它信息技术的集成与创新应用, 各地地方政府都出台相关 BIM 政策, 其中重点任务就包含推动基于 BIM 的审批监管, 建立基于应用 BIM 技术的项目批准、规划审批、施工图审查、施工许可、工程质量安全监督、竣工验收备案、工程档案管理、投资控制、工程审计等环节的审批和监管模式, 努力实现模型化审批, 简化审批流程, 探索数字化监管, 提高行政审批和监管效率, 逐步实现工程数据互通互联、行业资源有效整合和充分共享。全国各省市正式上线相关 BIM 报建审批系统约 12 个, 分别是湖南省、湖北省、广州市、南京市、厦门市、苏州市、雄安新区、天津市等。国内 BIM 设计软件种类繁多, 不同软件解决不同专业的问题, 因此也诞生了各种不同的数据格式, 比如市场常见的 rvt、IFC、pbims 等, 因此政府 BIM 审查系统首先需要解决不同软件数据问题, 如果针对每款 BIM 软件都开发相应的审查引擎会存在以下两个问题:

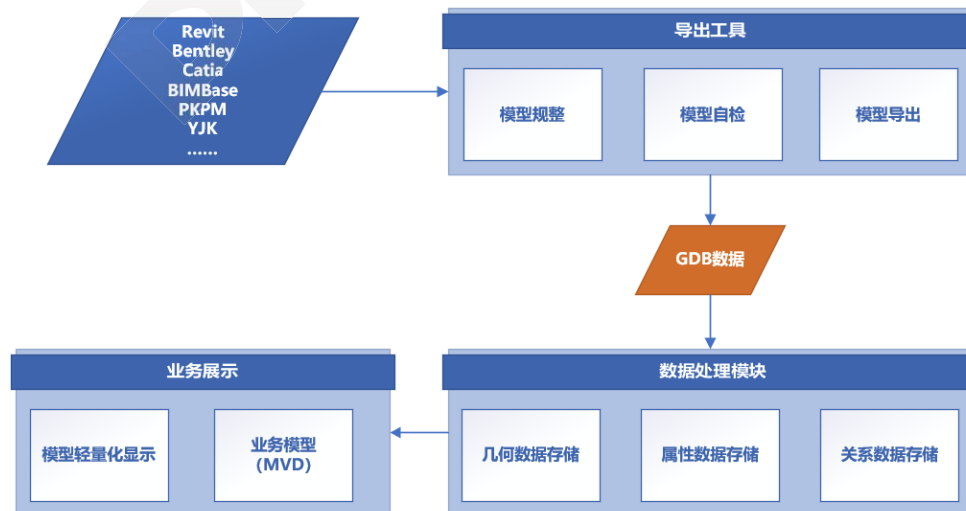
1) BIM 软件以国外为主, 数据存在安全不可控的问题;

2) 不同软件开发, 导致研发工作量巨大, 如果软件版本更新, 势必所有审查引擎都需要更新, 此种方法只能治标, 不能解决根本问题;

为了解决以上两个问题, 需要一个中间的 BIM 数据来保证数据安全, 且满足审查技术交付要求。该系统需要针对市场上常用 BIM 设计软件 (Revit、Bentley、RIB、PKPM 等) 开发对应插件, 导出中间数据格式, 同时满足审查要求的数据要求, 基于该需求研发 GDB 数据格式。

## 2 BIM 数据管理思路

采用各类专业软件进行设计的 BIM 模型通过相应专业插件进行模型规整、模型自检、模型导出数据, 数据进入平台进行数据处理, 首先将数据进行处理, 主要包括分几何数据、属性数据、关系数据分类处理及存储, 最后根据业务要求分为轻量化显示模块和业务子模型 (MVD) 模块进行展示和业务需求数据支撑, 如完成后续的指标审查及备案等业务需求, 整体流程如下图所示:



## 3 GDB 数据表格简介



GDB 数据做为公开数据格式，应具有开放性、可读性、可拓展性，满足审核指标相关数据内容，包括图形数据和非图形数据，BIM 模型的数据交付方应保障数据的准确性，所交付的信息模型、文档、图纸的一致性。GDB 数据具有一定的开创性，其中总图、市政、建筑单体、地址部分数据基本实现，控规、基础设施、城市家具、园林植物有待实现，整体体系图如下所示：

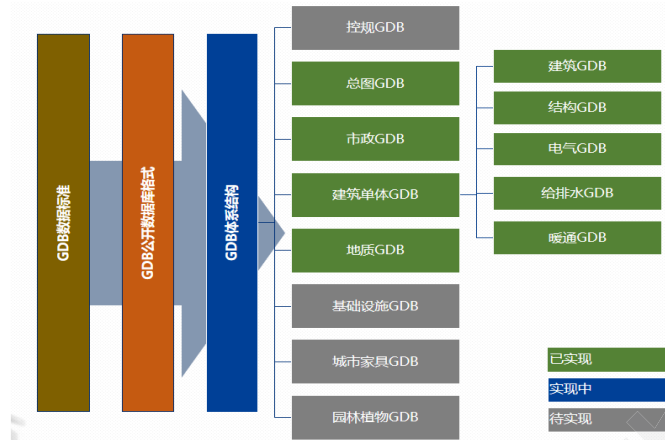


图 2 GDB 数据格式体系

针对建筑单体按照房建设计领域专业进行划分，主要分为五个专业的 GDB 数据即建筑、结构、电气、给排水、暖通。由于数据表格众多，本文重点介绍建筑专业 GDB 表格，其它专业表格类似只做简单介绍。

### 3.1 建筑数据表格简介

建筑 GDB 数据一共有 31 个表格，分别包含信息表 6 个、几何相关表 3 个、关系表 4 个、非几何构件表 1 个、几何构件表 18 个，如下图所示：

序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别
1	GDBInformations	GDB信息表	信息表	12	StoreyGraphicElementRelations	楼层构件关系表	关系表	23	Ramps	坡道表	几何构件表
2	GDBInternalDataInformations	GDB内部数据信息表	信息表	13	Storeys	楼层表	非几何构件表	24	Roofs	屋顶表	几何构件表
3	ProjectInformations	项目信息表	信息表	14	Balconys	阳台表	几何构件表	25	Slabs	板表	几何构件表
4	BuildingBCs	全局属性表	信息表	15	Columns	柱表	几何构件表	26	Spaces	空间表	几何构件表
5	BuildingInformations	建筑信息表	信息表	16	Curtains	幕墙表	几何构件表	27	Stairs	楼梯表	几何构件表
6	AttachedFile	附件表	信息表	17	Doors	门表	几何构件表	28	StairsRuns	梯段表	几何构件表
7	Geometrys	几何表	几何相关表	18	Elevators	电梯表	几何构件表	29	Stepss	台阶表	几何构件表
8	Materials	材料表	几何相关表	19	HandrailBreastBoards	栏杆扶手表	几何构件表	30	Walls	墙表	几何构件表
9	Textures	贴图表	几何相关表	20	Lanes	车道表	几何构件表	31	Windows	窗表	几何构件表
10	WallOfSpaceRelations	房间-墙关系表	关系表	21	Platforms	平台表	几何构件表				
11	LODRelations	精度关系表	关系表	22	Proxys	代理表	几何构件表				

图 3 建筑 GDB 数据相关表格

建筑信息表由以下六个表组成：

- 1) GDBInformations (GDB 信息表)，包含软件名称、软件版本、顶点单位类型（针对 Geometry 表里的顶点）；
- 2) GDBInternalDataInformations (GDB 内部信息表)，包含 GDB 版本名称、GDB 版本编号、GDB 类型（建筑、场地、道路、管线）；
- 3) ProjectInformations (项目信息表)，包含轴网信息、项目基点 basePoint, XbasePointY,basePointZ,basePointAngle（合模、对接 GIS）；
- 4) BuildingInformations (建筑信息表)，包含建筑名称、耐火等级；
- 5) BuildingBCs (全局属性表)，记录建筑属性、消防信息、车库信息、厂房仓库信息、人防信息等；
- 6) AttachedFile (附件表)，可以扩展存储任意文件，解决了 GDB 以往采用三角面片进行几

何存储和展示的技术路径所导致的问题，一是模型转换 GDB 时间长，二是压缩率不高；采用三角面片进行几何存储的 GDB 往往体积大，几何数据占整个 GDB 的 70%-90%，pmodel 的本质其实是三角面片+材质+贴图。

几何表由 Geometrys（几何表）、Materials（材料表）、Textures（贴图表）三个表格组成，基本思想是将几何构件离散为三角片，三个表格介绍如下：

Materials（构件材料表）：用于记录构件基础的材质信息，贴图 id、材料颜色等；

Textures（纹理贴图表）：用于存储纹理贴图文件的名称、类型、矩阵信息等；

3) Geometrys（构件几何表）：用于描述所有构件的几何三角面片信息并通过 LODRelations 表关联；

关系表由以下四个表格组成：

1) LODRelations（精度关系表）：LOD 关系类，构件在导出时可以根据 LOD 等级的不同分别导出，不同等级描述了模型的粗细程度，约定等级越高，模型越精细，等级越低模型越粗糙；

2) StoreyGraphicElementRelations（楼层构件关系表）：用于描述构件和楼层的关系情况，一个构件到底属于哪个楼层是通过该表来进行描述的；

3) WallOfSpaceRelations（墙与房间关系表）：用于描述房间与墙体的所属关系，房间 id 与房间边界上的墙体 id 会记录在此表；

4) Storeys（楼层表）：楼层属于非几何构件，用于描述楼层的基本属性信息，以及描述构件所在楼层的关系；

非几何构件表 Storeys（楼层表）包含楼层名称、楼层编号、标高、结构高度、楼层人数、楼层面积、楼层性质等，如下图所示：

storeyName	storeyNo	elevation	height	nNumberOfpeople	area	property
-4F	-4	-17200	4700	0	0	地下主体
-3F	-3	-12500	3500	0	0	地下主体
-2F	-2	-9000	3500	0	0	地下主体
-1F	-1	-5500	5500	0	0	地下主体
室外地坪	0	-150	150	0	0	室外地坪
1F	1	0	3000	0	0	首层
2F	2	3000	3000	0	0	普通层/标准层
3F	3	6000	2850	0	0	普通层/标准层
4F	4	8850	2850	0	0	普通层/标准层
5F	5	11700	2850	0	0	普通层/标准层
6F	6	14550	2850	0	0	普通层/标准层
7F	7	17400	2850	0	0	普通层/标准层
8F	8	20250	2850	0	0	普通层/标准层
9F	9	23100	2850	0	0	普通层/标准层
10F	10	25950	2850	0	0	普通层/标准层
11F	11	28800	2850	0	0	普通层/标准层
12F	12	31650	2850	0	0	普通层/标准层
13F	13	34500	2850	0	0	普通层/标准层
14F	14	37350	2850	0	0	普通层/标准层
15F	15	40200	2850	0	0	普通层/标准层
16F	16	43050	2850	0	0	普通层/标准层
17F	17	45900	2850	0	0	普通层/标准层
18F	18	48750	2850	0	0	普通层/标准层
19F	19	51600	2850	0	0	普通层/标准层
20F	20	54450	2850	0	0	普通层/标准层
21F	21	57300	2850	0	0	普通层/标准层
22F	22	60150	2850	0	0	普通层/标准层
23F	23	63000	2850	0	0	普通层/标准层
24F	24	65850	2850	0	0	普通层/标准层
25F	25	68700	2850	0	0	普通层/标准层
26F	26	71550	2850	0	0	普通层/标准层
27F	27	74400	2850	0	0	普通层/标准层
屋面	0	77250	32750	0	0	屋顶层
RF+	0	110000	3300	0	0	屋顶层

图 4 建筑楼层表

构件表几何构件如下图所示，包含 Wall、Column、Slab、Door、Window、Proxy…及构件特征信息（长、宽、高）、旋转矩阵、其他审查属性，构件几何信息，记录在 Geometry 表中，通过 LODRelations 表关联，如下图所示：

编号	字段列名	字段描述	数据类型
1	Id	ID	bigint(8)
2	IsOutsideComponent	是否是外窗	bit(1)
3	IsSmokeExhaust	是否是排烟窗	bit(1)
4	SillHeight	底高度	real(4)
5	Area	面积 (平方米)	real(4)
6	EffectiveArea	有效面积 (平方米)	real(4)
7	FromRoomId	来源房间 id	varchar(255)
8	ToRoomId	去向房间 id	varchar(255)
9	HostWallId	所在墙 id	varchar(255)
10	sFacingOrientation	开启方向(方向转成 string 存储)	varchar(255)
11	dHeight	高度	real(4)
12	dWidth	宽度	real(4)
13	isOpenable	是否可开启	bit(1)
14	fireResistanceRating	耐火极限	real(4)
15	oHeight	开启扇高度	real(4)
16	fixedHeight	开启扇下量子高度	real(4)
17	oWidth	开启扇总宽度	real(4)
18	name	构件名称	varchar(255)
19	domain	构件所属专业	integer(8)
20	transformer	构件的转换矩阵	varchar(255)
21	geometryId	构件导出的几何数据 id	bigint(8)

图 5 窗构件属性信息表

### 3.2 结构数据表格简介

结构 GDB 数据一共有 38 个表格，分别包含信息表 4 个、几何相关表 3 个、关系表 2 个、非几何构件表 7 个、几何构件表 22 个，如下图所示：

序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别
1	GDBInformation	GDB信息表	信息表	12	struct_gdbColumnSeg	柱	几何构件表	23	struct_gdb3dFloor	标准层表	非几何构件表
2	GDBInternalDataInformation	GDB内部数据信息表	信息表	13	struct_gdbBraceSeg	斜杆	几何构件表	24	struct_gdbBeamSect	梁类型表	非几何构件表
3	Dictionary	词典表	信息表	14	struct_gdbWallSeg	墙	几何构件表	25	struct_gdbColumnSect	柱类型表	非几何构件表
4	AttachedFile	附件表	信息表	15	struct_gdbSlab	楼板	几何构件表	26	struct_gdbBraceSect	斜杆类型表	非几何构件表
5	Geometrys	几何表	几何相关表	16	struct_gdbCantSlabSeg	悬挑板	几何构件表	27	struct_gdbWallSect	墙类型表	非几何构件表
6	Materials	材料表	几何相关表	17	struct_gdbJoint	节点表	非几何构件表	28	struct_gdbHoleSect	门窗洞口类型表	非几何构件表
7	Textures	贴图表	几何相关表	18	struct_gdbAxs	轴线表	非几何构件表	29	struct_gdbHoleSeg	门窗洞口布置信息表	非几何构件表
8	LODRelation	楼层关系表	关系表	19	struct_gdbGrid	网格表	非几何构件表	30	struct_gdbSlabHoleSect	楼板洞口类型表	非几何构件表
9	StoreyGraphicElementRelation	楼层图形关系表	关系表	20	struct_gdbLoadSect	荷载截面表	非几何构件表	31	struct_gdbSlabHoleSeg	楼板洞口布置信息表	非几何构件表
10	struct_gdbBeamSeg	梁	几何构件表	21	struct_gdbLoadSeg	荷载杆件表	非几何构件表	32	struct_gdbCantSlabSect	悬挑板类型表	非几何构件表
11	struct_gdbSubBeamSeg	次梁	几何构件表	22	struct_gdbFloor	自然层表	非几何构件表				

图 6 结构 GDB 数据相关表格

由于结构专业特殊性，主要分为交换文件基本信息、用户模型、设计模型、施工图模型四大类。交换文件基本信息主要包含单体基点、用户软件名称、版本号、对应楼层 ID、构件三角化几何数据、贴图、材质、构件所在楼层；用户模型主要分为各构件截面、建模属性、荷载、节点、网格、轴线、自然层、标准层、工程参数等；设计模型主要包含构件设计信息、计算分析条件、计算参数等；施工图模型主要包含构件钢筋等相关信息。

### 3.3 电气数据表格简介

电气 GDB 数据一共有 26 个表格，分别包含信息表 5 个、几何相关表 3 个、关系表 3 个、非几何构件表 1 个、几何构件表 14 个，如下图所示：

序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别
1	GDBInformations	GDB信息表	信息表	13	ElecSensors	电气温感器信息	几何构件表	24	MepConnectionRelations	电气连接关系	关系表
2	GDBInternalDataInformation	GDB内部数据信息表	信息表	14	Gasdetectors	气体探测器信息	几何构件表	25	LODRelations	电气几何与构件的关系表	关系表
3	ProjectInformations	项目信息表	信息表	15	Lamps	电气灯具信息	几何构件表	26	Storeys	楼层表	非几何构件表
4	AttachedFile	附件表	信息表	16	Sockets	电气插座信息	几何构件表				
5	ElecBCs	电气全局属性表	信息表	17	Broadcasts	电气广播信息	几何构件表				
6	Geometrys	几何表	几何相关表	18	Transformers	电气配电柜信息	几何构件表				
7	Materials	材料表	几何相关表	19	DistributionBoxes	电气配电箱信息	几何构件表				
8	Textures	贴图表	几何相关表	20	MepElecSpaces	电气电气竖井空间信息	几何构件表				
9	Conduits	电气线管信息	几何构件表	21	EarthElectrodes	电气接地极构件信息	几何构件表				
10	DistributionBoards	电气配电箱信息	几何构件表	22	MepOtherComponents	其他机电构件信息	几何构件表				
11	ElecFireAlarms	电气消防设备信息	几何构件表	23	MepStoreyGraphicElementRelations	电气构件楼层关系	关系表				
12	Cabletrays	电气桥架信息	几何构件表								

图 7 电气 GDB 数据相关表格

电气信息表除与建筑信息表类似外，还增加电气专业的专有全局属性如火灾自动报警系统、照明供电系统、技术夹层、自备电源、防雷等级等；关系表除类似建筑表外，还记录了电气构件之间的连接关系信息；几何相关表用于记录和存储构件的材质、贴图、颜色及描述构件几何三角面片信息；构件表主要用户记录电气构件属性信息如变压器表、插座表、灯具表、桥架、配电箱等。

### 3.4 给排水数据表格简介

电气 GDB 数据一共有 43 个表格，分别包含信息表 5 个、几何相关表 3 个、关系表 3 个、非几何构件表 1 个、几何构件表 31 个，如下图所示：

序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别
1	GDBInformations	GDB信息表	信息表	13	MEPPipes	给排水主管信息	几何构件表	24	FirePumpAdapters	消防水泵泵头器信息	几何构件表	35	MapOtherComponents	其它构件属性信息	几何构件表
2	GDBInternalDataInformations	GDB内部数据信息表	信息表	14	Pipe3Ts	给排水主管三通信息	几何构件表	25	FireExtinguishers	消防灭火器信息	几何构件表	36	PipeSofts	给排水管软接信息	几何构件表
3	ProjectInformations	项目信息表	信息表	15	Pipe4Ts	给排水主管四通信息	几何构件表	26	FireSprinklers	消防喷淋头信息	几何构件表	37	Pumps	给排水泵信息	几何构件表
4	AttachedFile	附件表	信息表	16	PipeElbows	给排水管弯头信息	几何构件表	27	FloorDrains	给排水地漏信息	几何构件表	38	SanitaryWares	给排水洁具、卫生器具	几何构件表
5	WaterBCs	给排水专业属性表	信息表	17	PipeReducers	给排水管变径信息	几何构件表	28	MepFundations	给排水设备基础信息	几何构件表	39	MepFundations	给排水设备基础信息	几何构件表
6	Geometries	几何表	几何相关表	18	TotalPans	给排水水盘信息	几何构件表	29	Bathtubs	给排水浴缸信息	几何构件表	40	Tanks	给排水水箱信息	几何构件表
7	Materials	材料表	几何相关表	19	Traps	给排水水封信息	几何构件表	30	Bidets	给排水坐便器信息	几何构件表	41	WaterClosets	给排水水箱器信息	几何构件表
8	Textures	贴图表	几何相关表	20	PipeValves	给排水水阀信息	几何构件表	31	Sinks	给排水水槽信息	几何构件表	42	WaterMeters	给排水水表信息	几何构件表
9	MepStoreyGraphElementRelations	给排水构件楼层关系	关系表	21	AssemblyFirehydrantBoxes	给排水组合式消防栓箱信息	几何构件表	32	Urinals	给排水小便器信息	几何构件表	43	WaterTraps	给排水水封头信息	几何构件表
10	MepConnectionRelations	给排水连接关系	关系表	22	WaterPumpGroups	给排水泵组信息	几何构件表	33	WashBasins	给排水洗脸盆信息	几何构件表				
11	LODRelations	给排水几何与构件的关系表	关系表	23	FireHydrants	消防栓水头信息	几何构件表	34	MapWells	给排水水井信息	几何构件表				
12	Storeys	楼层表	非几何构件表												

图 8 给排水 GDB 数据相关表格

信息表、几何相关表、关系表、非几何构件表、几何构建表与电气表格类似，主要体现为给排水专有属性构件及系统如自动喷水灭火系统、泡沫灭火系统、消火栓系统、自动灭火系统、给水系统、污水系统、废水系统、雨水系统等；

### 3.5 暖通数据表格简介

暖通 GDB 数据一共有 46 个表格，分别包含信息表 5 个、几何相关表 3 个、关系表 3 个、非几何构件表 1 个、几何构件表 35 个，如下图所示：

序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别	序号	数据表项	中文描述	所属类别
1	GDBInformations	GDB信息表	信息表	13	AirTerminals	暖通风口信息	几何构件表	24	Duct4Ts	暖通风管四通信息	几何构件表	35	DirectExpansionUnits	暖通直排式空调机组信息	几何构件表
2	GDBInternalDataInformations	GDB内部数据信息表	信息表	14	AssemblyAHUs	暖通组合式空调机组信息	几何构件表	25	DuctElbows	暖通风管弯头信息	几何构件表	36	DistributionManifolds	暖通分水器信息	几何构件表
3	ProjectInformations	项目信息表	信息表	15	AssemblyUnits	暖通组合式空调机组元信息	几何构件表	26	DuctReducers	暖通风管变径信息	几何构件表	37	FanCoils	暖通风机盘管信息	几何构件表
4	AttachedFile	附件表	信息表	16	DuctDampers	暖通风阀信息	几何构件表	27	WaterMeters	暖通水表信息	几何构件表	38	MepOtherComponents	其它几何构件信息	几何构件表
5	HVACBCs	暖通专业属性表	信息表	17	Ducts	暖通风管信息	几何构件表	28	GasMeters	暖通燃气表信息	几何构件表	39	Pipe3Ts	暖通水管三通信息	几何构件表
6	Geometries	几何表	几何相关表	18	DuctSofts	暖通软风管信息	几何构件表	29	EnergyMeters	暖通能量表信息	几何构件表	40	Pipe4Ts	暖通水管四通信息	几何构件表
7	Materials	材料表	几何相关表	19	HVACFans	暖通风机信息	几何构件表	30	Boilers	暖通锅炉信息	几何构件表	41	PipeElbows	暖通水管弯头信息	几何构件表
8	Textures	贴图表	几何相关表	20	MepSpaces	暖通空间信息	几何构件表	31	Chillers	暖通冷水机组信息	几何构件表	42	PipeReducers	暖通水管变径信息	几何构件表
9	MepStoreyGraphElementRelations	暖通构件楼层关系	关系表	21	FlexibleShortTubes	暖通柔性短管信息	几何构件表	32	AbsorptionChillers	暖通吸收式冷水机组信息	几何构件表	43	PipeValves	暖通水阀信息	几何构件表
10	MepConnectionRelations	暖通连接关系	关系表	22	MepPipes	暖通水管信息	几何构件表	33	OutdoorUnits	暖通室外机信息	几何构件表	44	Pumps	暖通水泵信息	几何构件表
11	LODRelations	暖通几何与构件的关系表	关系表	23	Duct3Ts	暖通风管三通信息	几何构件表	34	CeilingScreens	暖通吊顶百叶	几何构件表	45	Radiators	暖通散热器信息	几何构件表
12	Storeys	楼层表	非几何构件表									46	RoofTopAHUs	暖通屋顶式空调机组信息	几何构件表

图 9 暖通 GDB 数据相关表格

表格内容与电气、给排水内容基本类似，主要为暖通专业构件及属性信息。

## 4 小结

GDB 数据来源于广州市 BIM 报批报建数据交付的要求，能够规范设计单位 BIM 数据交付质量，有助于广州市建筑数字化工作，同时引导 BIM 正向设计技术的应用。后期将进一步完善 GDB 数据，增加更多构件及相关属性，提高 GDB 数据的应用范围，例如设计阶段的 BIM 模型的数字化交付、施工阶段衔接设计 BIM 数据等问题。

### 参考文献

- [1] DBJ43/T 012-2020 湖南省建筑信息模型审查系统数字化交付数据标准[S].2020.
- [2] DB4401/T 131-2021 城市信息模型（CIM）平台施工图审查数据规范[S].2021.

# 基于 PKPM-PHenergy 软件探究湖北超低能耗 居住建筑能耗指标

王佳员 朱珍英 刘平平 李杏 梁丽华 裴尚慧

中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司 北京 100013

**[摘要]** 本文采用能耗模拟方法研究以三种典型居住建筑为对象采用中国建筑科学研究院北京构力科技有限公司自主开发的国产 PKPM-PHenergy 软件在《被动式超低能耗绿色建筑技术导则（试行）》的技术指标基础上，局部调整了适应当地经济及气候特点的气象参数，研究了湖北不同气候区分别以武汉、房县为代表的 A 区和 B 区的建筑年供暖需求、年供冷需求和供暖、空调及照明年一次能源消耗量。结果表明，在基于本文参数设定下，三种典型建筑的年供暖需求、年供冷需求供暖、空调及照明年一次能源消耗量均可达到国家标准《被动式超低能耗绿色建筑技术导则（试行）》的要求。其中以选取武汉所在地的三种居住建筑（低层、多层、高层）的一次能源消耗量分别为 46.33 kWh/(m<sup>2</sup>·a)、35.02 kWh/(m<sup>2</sup>·a)、32.89 kWh/(m<sup>2</sup>·a)。以房县为对象的三种居住建筑一次能源消耗量 45.12 kWh/(m<sup>2</sup>·a)、31.12 kWh/(m<sup>2</sup>·a)、29.08 kWh/(m<sup>2</sup>·a)。基于上述数据结合考虑湖北全地区经济型、技术操作性方面年供暖、供冷和照明一次能源消耗量指标宜控制在 ≤60 kWh/(m<sup>2</sup>·a)。其中在 A 区，建筑层数 ≤3 层的居住建筑年供冷需求限值建议控制 ≤25 kWh/(m<sup>2</sup>·a)，年供暖需求 ≤12 kWh/(m<sup>2</sup>·a)，建筑层数 >4 层的居住建筑年供暖需求限值建议控制 ≤17 kWh/(m<sup>2</sup>·a)，年供暖需求 ≤8 kWh/(m<sup>2</sup>·a)；在 B 区，建筑层数 ≤3 层的居住建筑年供冷需求限值层建议控制 ≤22 kWh/(m<sup>2</sup>·a)，年供暖需求 ≤12 kWh/(m<sup>2</sup>·a)，大于或等于 4 层居住建筑年供冷需求限值建议控制 ≤22 kWh/(m<sup>2</sup>·a)，年供暖需求 ≤10 kWh/(m<sup>2</sup>·a) 另外基于上述的参数可得出三栋超低能耗节能率平均到达了 89%。

**[关键词]** PKPM-PHenergy 软件；被动式超低能耗住宅；夏热冬冷地区；一次能源消耗量；

## 1 引言

随着习近平主席在七十五届联合国大会一般性辩论上表示，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，将在 2030 年达到碳达峰，到 2060 年到达碳中和的双碳目标后，全国各行业积极相应国家政策号召，出台了一系列碳中和行动方案。人类活动与建筑紧密联系，快速城镇化带动建筑业持续发展，建筑作为能源消耗的三大“巨头”之一，是温室气体排放的重要来源。经研究统计，2018 年全国建筑全过程消耗总量为 21.47 亿 tce，占全国能源消耗总量比重 46.5%，所以建筑行业的节能节排对于我国“3060 双碳目标”的实现有着重要的意义。超低能耗建筑多采用被动式建筑技术相对于主动式建筑技术的优势在于不过渡依赖自身耗能的建筑设备来维护室内的舒适度，多采用高性能围护结构，良好的气密性，无热桥设计，采用可再生能源提供能源供给，使室内舒适度达到较高水平<sup>[1]</sup>。

目前对于夏热冬冷地区的超低能耗建筑技术体系研究相对来说较少，目前仅上海地区已经实施超低能耗建筑设计相关标准，而其夏热冬冷其他城市的相关研究较少。所以本文研究目标在于进一步完善湖北地区被动式超低能耗建筑标准体系，在居住建筑的年供暖、供冷需求满足《被动式超低能耗绿色建筑技术导则（试行）》<sup>[2]</sup>中夏热冬冷地区的能耗指标的前提下，给出了湖北地区超低能耗建筑指标限值。

本文以武汉、房县作为夏热冬冷 A 和 B 区的代表城市为例，使用 PKPM-PHenergy 软件分别对底层（3 层）、多层（8 层）、高层（26 层）住宅建筑，结合国家及当地相关节能设计规范进行逐时动态计算。PKPM-PHenergy，是实现我国开展被动式超低能耗专项研究与分析的专业软件工具。软件密切结合被动式超低能耗标准要求，面向众多初级用户，提供围护结构系统设置、空调系统设置、新风热回收计算等模块，便于设计师解决各种能耗模拟难题。软件支持国家及地方的被动式超低能耗居住建筑节能设计标准，通过模拟计算可以准确得到建筑一次能源消耗量，为优化建筑围护结构和整体设计方案提供指导。

## 2 模拟建筑信息

项目地点：武汉、房县

气候分区：夏热冬冷地区 A、B 区

建筑类型：居住建筑

包含 3 种居住建筑：低层建筑（凹形 3 层）、多层建筑（8 层）和高层建筑（26 层）

## 3 设计参数

### 2.1 室外设计参数

室外气象参数一般采用典型气象年的数据，PKPM-PHenergy 软件采用的室外气象参数来自于《建筑节能气象参数标准》JGJ/T346-2014。项目模拟地位于湖北省，属我国夏热冬冷地区，夏季酷热，冬季湿冷，空气湿度较大。湖北省主要城市气候分区区属划分成为表 4.1 所示的两个子气候区[3]，A 区以武汉市为代表、B 区选取房县为代表，分别将上述地区典型气象年逐时气象参数用于本项目冷热负荷及其能耗计算。

湖北居住建筑设计气候分区

表 1

气候分区	地名
A 区	除 B 区以外的地区
B 区	房县、竹溪、五峰、咸丰、利川、神农架

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 附录 A 中 A 区武汉地区供暖期起止时间范围（即日平均温度 $\leq 8$ 度供暖起止日期：11 月 27 日~3 月 4 日，供暖天数 98 天；B 区房县地区供暖期起止时间范围（即日平均温度 $\leq 8$ 度供暖起止日期：11 月 15 日~3 月 15 日，供暖天数 122 天；制冷期起止时间范围我国尚未有明确的规定，计算用空调期天数自 6 月 1 日~9 月 15 日，共计 107 天。

## 2.2 室内设计参数

被动式超低能耗建筑设计标准对室内舒适度有明确的要求，室内环境标准达到现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 中的 I 级热舒适度，室内环境设计参数详见下表：

被动式超低能耗建筑室内环境设计要求

表 2

室内环境设计参数	冬季	夏季
温度（℃）	$\geq 20$	$\geq 26$
相对湿度（%）	$\geq 30$	$\leq 60$
新风量（ $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ ）	$\geq 30$	
围护结构内表面温度与室内温度差值（℃）	$\leq 3$	
室内无结露发霉		

模拟住宅建筑各个房间温度控制在 20 至 26 度，相对湿度控制在 30%至 60%之间，厨房、卫生间等功能房间均按供暖空调房间统计。新风量则根据室内人员数量、按每人每小时 30 $\text{m}^3$  新风量的需求设置，并且新风系统设有高效热回收装置，本项目属夏热冬冷地区，夏季室外空气相对湿度大，宜选用全热回收装置（全热回收效率不低于 70%），与显热回收相比，具有更好的节能效果。

被动式超低能耗建筑具有高气密性，对室内外温差小的南方地区可适当降低气密性的要求。根据《近零能耗建筑技术标准》GB/T51350-2019 夏热冬冷地区超低能耗居住建筑气密性的要求和《上海市超低能耗建筑技术导则》中对供暖空调能耗计算时采用的常压下渗漏换气次数的计算，确定本项目建筑气密性指标[4]：

$$n_{50} \leq 1.0 \text{ h}^{-1} \quad \text{且} \quad n \quad (\text{常压}) = n_{50} / 17 = 0.06 \text{ h}^{-1}$$

参考《实用供热空调设计手册》中静坐状态下成年男子的散热量和散湿量分别为 62 W 和 68 g/h，低层住宅每栋共 2 户，每户考虑 8 人（3 名成年男性、3 名成年女性及 2 名儿童），高层住宅每户考虑 4 人（1 名成年男性、1 名成年女性及 2 名儿童），考虑人员的年龄和性别不同时，群集系数不同，其散热量和散湿量不同，如成年女子的散热量、散湿量约为成年男子散热量的 85%，儿童散热量、散湿量约为成年男子散热量的 75%。

房间设计参数选取

表 3

楼层	户数	人数	人均散热量	人均散湿量	照明发热量	设备发热量	新风量	是否
	户	人/户	W	g/h	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /h.人	供暖/空调

低层建筑	3	2	8	55	60	2.0	4.3	30	是
多层建筑	8	16	4	52	57	2.0	4.3	30	是
高层建筑	26	52	4	52	57	2.0	4.3	30	是

### 2.3 供暖、空调系统运行模式

参考《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T449-2018[5], 供暖空调系统设置为全天 24 小时开启模式, 参考《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 的规定武汉地区(A 区)设计计算用供暖期天数及起止时间为: 日平均温度 $\leq 8$  度供暖起止日期: 11 月 27 日~3 月 4 日, 供暖天数 98 天; 房县地区(B 区)设计计算用供暖期天数及起止时间为: 日平均温度 $\leq 8$  度供暖起止日期: 11 月 15 日~3 月 15 日, 供暖天数 122 天; 计算用空调期天数自 6 月 1 日开启至 9 月 15 日结束, 共计 107 天。

## 4 围护结构热工性能参数

A 区建筑主要围护结构热工性能参数控制指标详见如下表 4:

A 区超低能耗居住建筑关键部位性能参数

表 4

建筑关键部位	参数及单位/楼层	$\leq 3$ 层	4~8 层	$\geq 9$ 层
体形系数		$\leq 0.55$	$\leq 0.40$	$\leq 0.30$
外墙	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 0.25$	$\leq 0.30$	$\leq 0.35$
屋面	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 0.20$	$\leq 0.20$	$\leq 0.25$
地面	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 0.60$	$\leq 0.60$	$\leq 0.60$
外门窗	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 1.40$	$\leq 1.50$	$\leq 1.50$
户门	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 2.0$	$\leq 2.0$	$\leq 2.0$
接触室外空气楼板	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 0.25$	$\leq 0.30$	$\leq 0.35$
与供暖空调空间相邻非供暖空调空间楼板、地下室顶板	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 0.40$	$\leq 0.40$	$\leq 0.45$
与供暖空调空间相邻非供暖空调空间隔墙	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$
分户墙	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$
分户楼板	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$

B 区建筑主要围护结构热工性能参数控制指标详见如下表 5

B 区超低能耗居住建筑关键部位性能参数

表 5

建筑关键部位	参数及单位/楼层	$\leq 3$ 层	4~8 层	$\geq 9$ 层
体形系数		$\leq 0.50$	$\leq 0.35$	$\leq 0.26$
外墙	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 0.20$	$\leq 0.25$	$\leq 0.30$
屋面	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 0.15$	$\leq 0.15$	$\leq 0.20$
地面	传热系数 K 值[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\leq 0.60$	$\leq 0.60$	$\leq 0.60$

外门窗	传热系数 K 值 $[W/(m^2 \cdot K)] \leq 1.40$	$\leq 1.50$	$\leq 1.50$
户门	传热系数 K 值 $[W/(m^2 \cdot K)] \leq 2.0$	$\leq 2.0$	$\leq 2.0$
接触室外空气楼板	传热系数 K 值 $[W/(m^2 \cdot K)] \leq 0.20$	$\leq 0.25$	$\leq 0.30$
与供暖空调空间相邻非供暖空调空间楼板、地下室顶板	传热系数 K 值 $[W/(m^2 \cdot K)] \leq 0.35$	$\leq 0.35$	$\leq 0.40$
与供暖空调空间相邻非供暖空调空间隔墙	传热系数 K 值 $[W/(m^2 \cdot K)] \leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$
分户墙	传热系数 K 值 $[W/(m^2 \cdot K)] \leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$
分户楼板	传热系数 K 值 $[W/(m^2 \cdot K)] \leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$

## 5 计算结果及分析

### 5.1 计算结果汇总及分析

基于上述设计参数和运行模式，对不同类型的居住建筑分别建立数字模型，采用全年逐时的计算方法进行能耗计算与分析，各种方案总体计算结果及其对比分析情况见表。

#### 5.1.1 模型信息

##### (1) 模型 1

模型一建筑信息

表 6

气候分区	A 区（武汉）/ B 区（房县）
建筑朝向	南
建筑面积（地上）	721.17 m <sup>2</sup>
建筑体积（地上）	2163.51 m <sup>3</sup>
建筑面积（地下）	-
建筑体积（地下）	-
总建筑面积	721.17 m <sup>2</sup>
建筑表面积	1095.07 m <sup>2</sup>
建筑总体积	2163.51 m <sup>3</sup>
建筑层数	地上:3 层，地下:0 层
体形系数	0.5
层高	3m

主要功能房间类型划分

表 7



层数		3 层
总面积		721.17 m <sup>2</sup>
标准层面积	1F	306.37 m <sup>2</sup>
	2F	244.28 m <sup>2</sup>
	3F	170.52 m <sup>2</sup>
单层客厅面积 (32%)	1F	98.04 m <sup>2</sup>
	2F	78.17 m <sup>2</sup>
	3F	54.57 m <sup>2</sup>
单层卧室面积 (48%)	1F	147.06 m <sup>2</sup>
	2F	117.25 m <sup>2</sup>
	3F	81.85 m <sup>2</sup>
单层厨卫面积 (10%)	1F	30.64 m <sup>2</sup>
	2F	24.43 m <sup>2</sup>
	3F	17.05 m <sup>2</sup>
单层书房面积 (10%)	1F	30.64 m <sup>2</sup>
	2F	24.43 m <sup>2</sup>
	3F	17.05 m <sup>2</sup>

各朝向窗墙比汇总表

表 8

朝向	外窗 (包括透明幕墙) (m <sup>2</sup> )	朝向面积 (m <sup>2</sup> )	朝向窗墙比	最不利开间窗墙比
东	25.19	152.71	0.15	0.15
南	61.48	138.32	0.35	0.35
西	25.16	152.74	0.15	0.15
北	48.38	151.43	0.25	0.25
合计	160.13	595.29	0.21	--

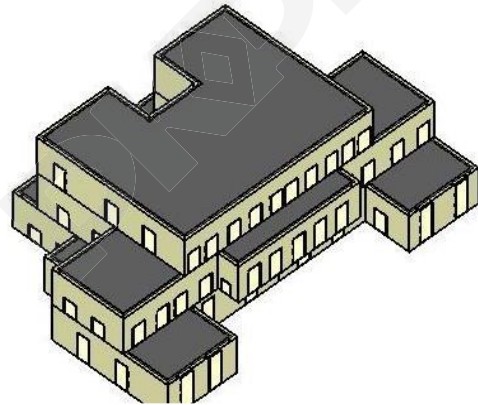


图 1 3 层凹型建筑轴测图

## (2) 模型 2 (8 层建筑)

模型二建筑信息

表 9

气候分区	夏热冬冷 A 区 (武汉) / 夏热冬冷 B 区 (房县)
建筑朝向	南
建筑面积 (地上)	4071.81 m <sup>2</sup>
建筑体积 (地上)	12215.42 m <sup>3</sup>

建筑面积（地下）	-
建筑体积（地下）	-
总建筑面积	4071.81 m <sup>2</sup>
筑表面积	3508.98 m <sup>2</sup>
建筑总体积	12215.42 m <sup>3</sup>
建筑层数	地上:8层, 地下:0层
体形系数	0.29
层高	3m

主要功能房间类型划分

表 10

层数	26层
总面积	4071.81 m <sup>2</sup>
标准层面积	508.98 m <sup>2</sup>
单层客厅（32%）	162.87 m <sup>2</sup>
单层卧室（48%）	244.31 m <sup>2</sup>
单层厨卫（10%）	50.90 m <sup>2</sup>
单层书房（10%）	50.90 m <sup>2</sup>

各朝向窗墙比汇总表

表 11

朝向	外窗（包括透明幕墙）/m <sup>2</sup>	朝向面积/m <sup>2</sup>	朝向窗墙比	最不利开间窗墙比
东	25.19	152.71	0.15	0.15
南	61.48	138.32	0.35	0.35
西	25.16	152.74	0.15	0.15
北	48.38	151.43	0.25	0.25
合计	160.13	595.29	0.21	--

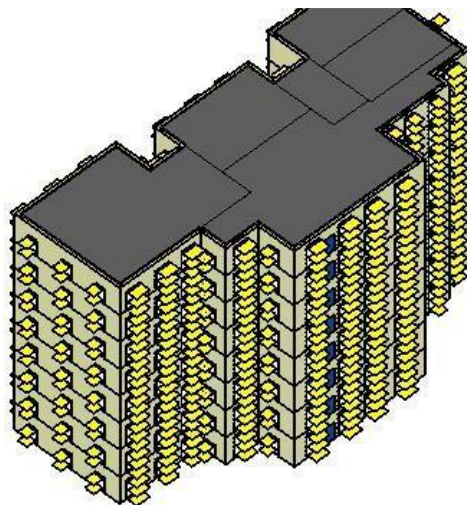


图 2 8层建筑轴测图

## (3) 模型 3 (26 层高层建筑)

模型一建筑信息

表 12

气候分区	A 区 (武汉) / B 区 (房县)
建筑朝向	南
建筑面积 (地上)	13233.37 m <sup>2</sup>
建筑体积 (地上)	39700.12 m <sup>3</sup>
建筑面积 (地下)	-
建筑体积 (地下)	-
总建筑面积	13233.37 m <sup>2</sup>
建筑表面积	10259 m <sup>2</sup>
建筑总体积	39700.12 m <sup>3</sup>
建筑层数	地上:26 层, 地下:0 层
体形系数	0.258
层高	3m

参考以往居住建筑各功能房间的面积比例进行划分, 即客厅 32%、卧室 48%、厨房 (含卫生间) 10%、书房 10%。

主要功能房间类型划分

表 13

层数	26 层
总面积	13233.37 m <sup>2</sup>
标准层面积	508.98 m <sup>2</sup>
单层客厅 (32%)	162.87 m <sup>2</sup>
单层卧室 (48%)	244.31 m <sup>2</sup>
单层厨卫 (10%)	50.90 m <sup>2</sup>
单层书房 (10%)	50.90 m <sup>2</sup>

各朝向窗墙比汇总表

表 14

朝向	外窗 (包括透明幕墙) /m <sup>2</sup>	朝向面积/m <sup>2</sup>	朝向窗墙比	最不利开间窗墙比
东	289.12	1645.28	0.15	0.15
南	1029.21	1911.39	0.35	0.35
西	290.16	1644.24	0.15	0.15
北	735.15	2205.45	0.25	0.25
合计	2343.64	7406.36	0.24	--



图3 26层建筑轴测图

建筑能耗模拟计算结果统计 (A区-武汉)

表 15

项目统计	单位	低层建筑/ (凹型3层)	多层建筑/ (8层))	高层建筑/ (26层)
总建筑空调面积	m <sup>2</sup>	721.17	4071.81	13233.37
供暖能耗需求	kWh/a	8120.37	32574.48	76224.21
空调能耗需求	kWh/a	16096.51	63723.83	217953.60
供暖能耗需求	kWh/ m <sup>2</sup> .a	11.26	8.00	5.76
空调能耗需求	kWh/ m <sup>2</sup> .a	22.32	15.65	16.47
供暖、空调总能耗需求	kWh/ m <sup>2</sup> .a	33.58	23.65	22.23
照明能耗需求	kWh/a	1976	11156.76	36259.43
照明能耗需求指标	kWh/ m <sup>2</sup> .a	2.74	2.74	2.74
供暖一次能源消耗量	kWh/a	10803.15	43336.34	101406.93
空调一次能源消耗量	kWh/a	16825.62	66610.28	227826.06
照明一次能源消耗量	kWh/a	5783.43	32653.93	106125.16
供暖一次能源消耗量指标	kWh/ m <sup>2</sup> .a	14.98	10.64	7.66
空调一次能源消耗量指标	kWh/ m <sup>2</sup> .a	23.33	16.36	17.21
照明一次能源消耗量指标	kWh/ m <sup>2</sup> .a	8.02	8.020	8.020
总一次能源消耗量 (供暖+空调+照明)	kWh/a	33412.2	142600.55	435358.20
总一次能源消耗量指标 (供暖+空调+照明)	kWh/ m <sup>2</sup> .a	46.33	35.02	32.89

建筑能耗模拟计算结果统计 (B区-房县)

表 16

项目统计	单位	低层建筑/ (凹型3层)	多层建筑/ (8层)	高层建筑 (26层)
总建筑空调面积	m <sup>2</sup>	721.17	4071.81	13233.37

供暖能耗需求	kWh/a	7947.29	38478.60	94618.60
空调能耗需求	kWh/a	15483.52	41003.13	146228.74
供暖能耗需求	kWh/ m <sup>2</sup> .a	11.02	9.45	7.15
空调能耗需求	kWh/ m <sup>2</sup> .a	21.47	10.07	11.05
供暖、空调总能耗需求	kWh/ m <sup>2</sup> .a	31.92	19.52	18.23
照明能耗需求	kWh/a	1976	11156.76	36259.43
照明能耗需求指标	kWh/ m <sup>2</sup> .a	2.74	2.74	2.74
供暖一次能源消耗量	kWh/a	10572.89	51191.04	125878.40
空调一次能源消耗量	kWh/a	16184.86	42860.41	152852.34
照明一次能源消耗量	kWh/a	5783.43	32653.93	106125.16
供暖一次能源消耗量指标	kWh/ m <sup>2</sup> .a	14.66	12.57	9.51
空调一次能源消耗量指标	kWh/ m <sup>2</sup> .a	22.44	10.53	11.55
照明一次能源消耗量指标	kWh/ m <sup>2</sup> .a	8.02	8.020	8.020
总一次能源消耗量 (供暖+空调+照明)	kWh/a	32541.18	126705.38	384855.90
总一次能源消耗量指标 (供暖+空调+照明)	kWh/ m <sup>2</sup> .a	45.12	31.12	29.08

#### 4.2 节能率计算

基于上述设计条件进行建筑相对节能率计算,供暖空调系统运行时间、室内温度、照明作息、人员在室率、人员新风量及其作息、电气设备功率密度及其作息与设计建筑一致,参照建筑照明功率密度取 6 W/m<sup>2</sup>,其他未明确的围护结构热工性能及冷热源性能参数与设计建筑一致(说明:超低能耗建筑其建筑能耗水平(供暖、空调、照明)应较湖北当地节能 65%标准《低能耗居住建筑节能设计标准》DB42T 559-2013 降低 60%以上,即相当于我国节能 86%建筑)。

模型	三种建筑的相对节能率				表 17	
	设计建筑		参考建筑		A 区	B 区
	A 区武汉	B 区房县	A 区武汉	B 区房县	相对节能率	相对节能率
低层建筑	46.33	45.12	119.56	117.94	61.25%	61.74%
多层建筑	35.02	32.45	118.45	117.63	70.43%	72.41%
高层建筑	32.89	29.08	118.47	117.38	72.24%	75.23%

## 6 结论

参考上述 PKPM-PHenergy 软件模拟计算结果,对湖北地区居住建筑提出供暖空调能耗 需求指标、年一次能源消耗量指标控制范围建议:

1) 在 A 区, 低于或等于 3 层居住建筑年供冷需求限值建议控制 $\leq 25$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ), 年供暖需求限值建议控制 $\leq 12$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ); 在 B 区, 低于或等于 3 层居住建筑年供冷需求限值建议控制 $\leq 22$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ), 年供暖需求限值建议控制 $\leq 12$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ );

2) 在 A 区, 大于等于 4 层居住建筑年供冷需求限值建议控制 $\leq 17$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ), 年供暖需求限值建议控制 $\leq 8$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ); 在 B 区, 大于等于 4 层居住建筑年供冷需求限值建议控制 $\leq 22$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ), 年供暖需求限值建议控制 $\leq 10$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ );

3) 供暖、空调及照明年一次能源消耗量建议限值 $\leq 60$  ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ );

4) 基于本文设定参数, 超低能耗建筑节能率最高可达约 89%。

### 参考文献

- [1] 周雯.夏热冬冷地区被动式超低能耗住宅节能设计与经济性研究--以湖北省武汉市为例[D]. 湖北:华中科技大学,2019.
- [2] 被动式超低能耗绿色建筑技术导则(试行)[S].
- [3] DB42/T 559-2022 湖北省低能耗居住建筑节能设计标准[S].2022
- [4] 上海市超低能耗建筑技术导则[J]. 建筑玻璃与工业玻璃,2019(5):45-46.
- [5] 民用建筑绿色性能计算标准 JGJ/T/449-2018[S].2018

# 某框筒结构通过智能辅助设计软件调整的案例分析

徐卫东

中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司 北京 100013

[摘要] 随着国民经济的快速增长, 建筑工程行业进入高度发展的时代, 数字化和智能化技术也开始逐步应用在建筑工程行业, 大大提高了城市建造的效率和质量。目前建筑结构设计中, 存在依赖设计人员经验、反复的手动调整模型效率低、经济性安全度取舍难等问题。针对以上问题, PKPM 与 ARUP 合作, 依托 PKPM 软件平台, 结合 ARUP 成熟高效的智能化算法, 共同研发 PKPM-AID 智能辅助设计软件, 提升设计效率和设计水平。智能辅助设计软件应用场景主要包括对已调整好的模型进行优化, 节省成本; 对初设模型进行智能调整, 在满足规范的要求下达到造价最小等。软件分为截面优选模块和高级指标控制模块, 仅可使用一个模块, 也可根据工程需要使用两个模块对模型进行调整。智能辅助设计软件上手快, 应用场景丰富, 是结构设计工作的好帮手。本篇文章以结构设计中遇到的一种场景为例, 介绍软件的功能和使用步骤。

[关键词] 智能辅助设计; AID; 智能截面优选; 高级指标控制;

## 1 模型情况说明

本工程项目如图 1 所示, 地下部分共 3 层, 主体结构底标高-15.2m, 地下室主要建筑功能为地下车库及设备用房, 地上结构共 36 层, 周边局部带有裙房 6 层, 裙房为框架结构。塔楼为框架-核心筒结构形式, 主要建筑功能为办公及商业。工程拟建于 7 度区 (0.1g), 设防地震分组第三组, 场地类别 II 类, 地面粗糙度 B 类, 基本风压 0.45kN/m<sup>2</sup>。

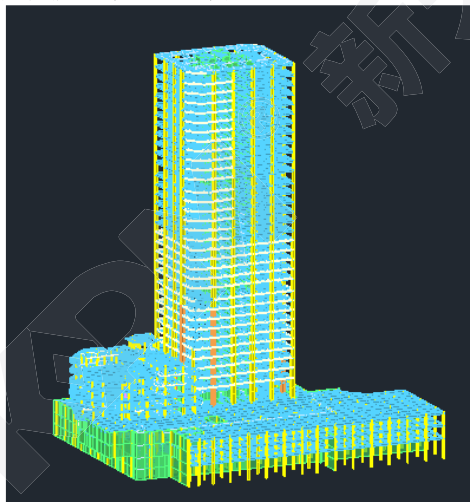


图 1 模型整体显示

该模型经过多次计算调整, 构件承载力方面基本都处于比较好的状态, 但是在指标层次位移比还存在超限, 最大值为 1.78, 回到模型中尝试各种调整, 均未能很好的调过, 相关指标如图 2 所示。

结构自振周期 (s)	T1	4.3656 (Y)	T3/T1 ≤ 0.90	满足		
	T2	4.1638 (X)				
	T3	3.5200 (T)				
有效质量系数	X	95.56%	> 90%	满足		
	Y	91.12%		满足		
地震底部剪重比	调整前	X	1.55%	≥ 1.42%	满足	5层 1塔
		Y	1.55%	≥ 1.37%	满足	5层 1塔
水平力作用下的楼层间最大位移与层高之比 (Δu/h)	地震	X	1/1015	< 1/800	满足	16层 1塔
		Y	1/857	< 1/800	满足	21层 1塔
	风荷载	X	1/2140	< 1/800	满足	16层 1塔
		Y	1/1530	< 1/800	满足	27层 1塔
地震力作用下(偶然偏心)塔楼扭转参数	最大位移/平均位移	X	1.23	< 1.50	满足	4层 1塔
		Y	1.58		不满足	8层 1塔
	最大层间位移/层间平均位移	X	1.61	< 1.50	不满足	4层 1塔
		Y	1.78		不满足	4层 1塔
结构刚重比	X	1.69	> 1.40	满足	考虑重力	
	Y	1.55		满足	二阶效应	

图 2 原始模型的位移比情况

当今的建筑设计日趋复杂，复杂的外形，复杂的功能布置，对广大设计人员的设计要求也越来越高，而设计时间却越来越短，设计质量，成本控制的要求越来越高；同时，结构工程师要考虑的因素也日益多元化，除了传统的安全、成本外，比如减碳、装配率等要求也逐步提出，但我们的设计费用却没有明显增加。在这样的背景下我们结构工程师唯有不断提升自己的能力，提升我们设计的价值，为业主和项目创造更多的价值，才能赢得尊重和提高我们设计人员的地位。也是基于此背景下，PKPM 与 ARUP 合作，依托 PKPM 软件平台，结合 ARUP 成熟高效的智能算法，共同研发 PKPM-AID 智能辅助设计软件，提升设计效率和设计水平。智能辅助设计软件应用场景主要包括对已调整好的模型进行优化，节省成本；对初设模型进行智能调整，在满足规范的要求下达到造价最小等。软件分为截面优选模块和高级指标控制模块，如图 3 所示，可使用一个模块，也可根据工程需要使用两个模块对模型进行调整。

了解到 PKPM 的智能设计软件 AID 可以实现模型指标层次的调整，借助智能辅助设计软件进行模型的调整，主要目标就是使得位移比等整体指标满足规范的要求，位移比指标控制到小于 1.5 的限值。



图 3 智能辅助设计界面

PKPM 的智能辅助设计软件有智能截面优选和高级指标控制两个模块。智能截面优选，可以对截面大小进行优选，去寻找在设计组各备选截面库中的最优截面；高级指标控制，可以在满足规范的前提下，调整模型达到造价最低或者质量最小。

本次调整主要利用高级指标控制模块进行针对模型做指标层次的调整，在指标层次的调整时，不同于智能截面优选模块，高级指标控制模块的自动调整只需针对模型进行设计组划分，而不需要定义备选截面，只需针对每一个需要调整的设计组变量给定出歧变化的范围即可，如下图 4 所示。



图 4 设计组变量范围设置

## 2 高级指标控制

全楼整个最大位移比发生在第四层，为 1.78，如图 5 所示，同时在 Y 正向偶然偏心作用规定水平力工况下，位移比超标的楼层范围在 4 至 9 层范围，图 6 所示，所以接下来的调整目标放在 4 至 9 层的范围。



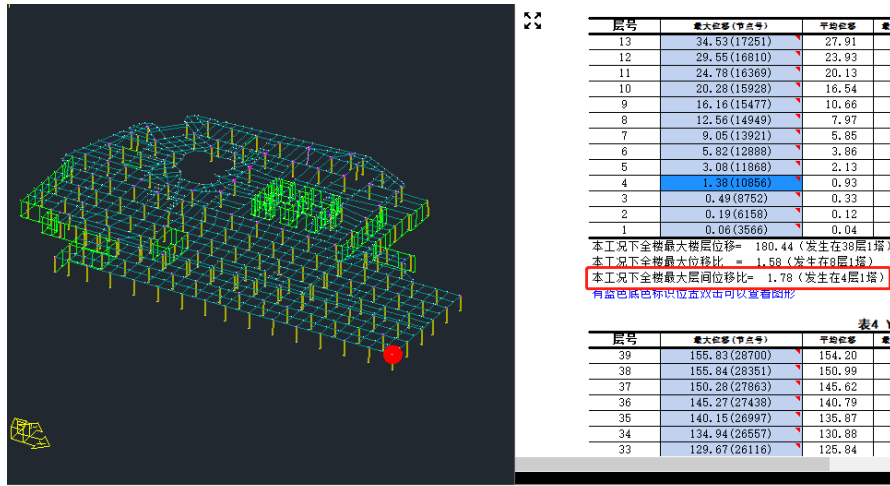


图 5 最大层间位移比点

层号	最大位移(节点号)	平均位移	最大层间位移	平均层间位移	位移比	层间位移比
13	34.53(17251)	27.91	4.98	3.98	1.24	1.25
12	29.55(16810)	23.93	4.78	3.80	1.24	1.26
11	24.78(16369)	20.13	4.49	3.58	1.23	1.25
10	20.28(15928)	16.54	4.12	3.31	1.23	1.25
9	16.16(15477)	10.66	3.60	2.39	1.52	1.51
8	12.56(14949)	7.97	3.51	2.15	1.58	1.63
7	9.05(13921)	5.85	3.23	2.01	1.55	1.61
6	5.82(12888)	3.86	2.74	1.76	1.51	1.56
5	3.08(11868)	2.13	2.00	1.35	1.45	1.48
4	1.38(10856)	0.93	1.07	0.60	1.48	1.78
3	0.49(8752)	0.33	0.31	0.21	1.00	1.00
2	0.19(6158)	0.12	0.13	0.08	1.00	1.00
1	0.06(3566)	0.04	0.06	0.04	1.00	1.00

本工程下全楼最大楼层位移= 180.44 (发生在38层1塔)  
 本工程下全楼最大位移比= 1.58 (发生在8层1塔)  
 本工程下全楼最大层间位移比= 1.78 (发生在4层1塔)

图 6 位移比超限的楼层范围

查看结构振动的形态，图 7 所示，塔楼的结构布置上右侧整体偏弱，因此可以使用智能辅助设计软件 PKPM-AID 以最经济的方式把位移比调回来，同时可以找到哪部分构件对于位移比是最敏感的，帮助我们设计人员进行模型的自动调整，快速实现该模型的整体指标满足规范的要求。

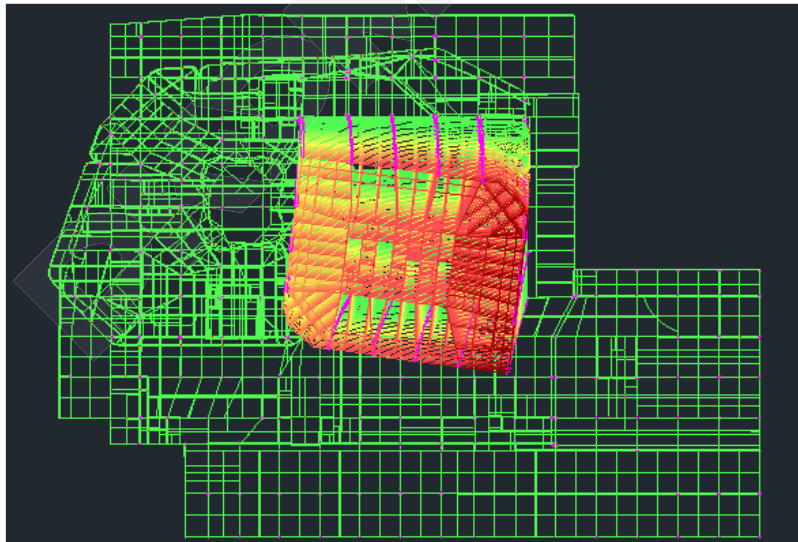


图 7 结构振型形态

在进行设计组的定义是，可以针对墙、柱、梁等构件分别设置各自的设计组，因为该工程中的指标超限部分主要集中在第 4 层至第 9 层，所以在该工程中为了更好的把指标调整通过，设计组也主要围绕第 4 层至第 9 层进行设置。

柱设计组设置时，把 4-9 层的框架柱分为两个设计组，定义设计组 1，与各个专业沟通后，截面尺寸的下限可设置到原截面的 0.8 倍；再定义设计组 2，截面尺寸可以最多放大到原截面的 1.1 倍，设计组 1 与设计组 2 的柱构件如图 8 所示。

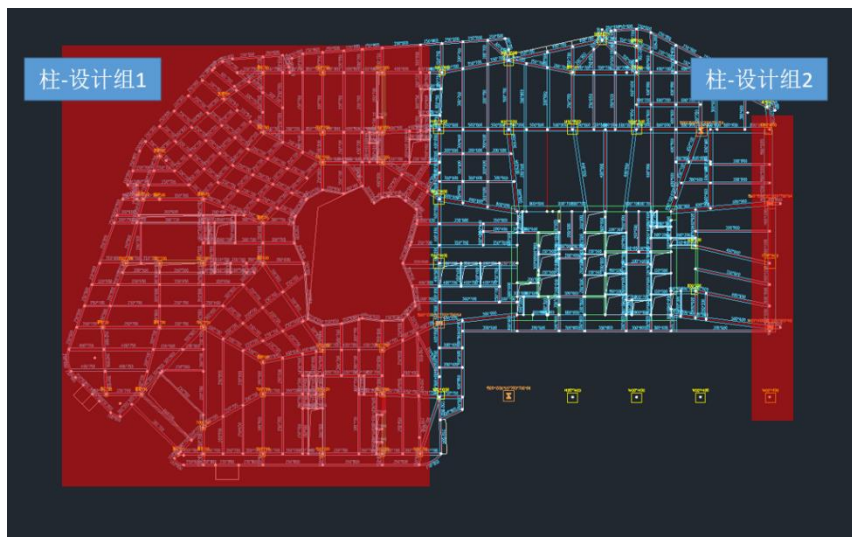


图 8 柱设计组设置思路

在定义墙设计组的设置时，把 4-9 层最右侧的核心筒墙设为一个设计组，经过各专业间沟通，允许墙厚最大调整到原厚度的 1.2 倍，墙设计组的构件选取如图 9 所示。



图 9 墙设计组的设置

梁设计组的设置时，把 4-9 层关键的 Y 向梁分为如图 10 中所示的四组，由于建筑专业对于该项目的净高要求，梁高卡的比较紧，所以梁高在本工程中不做调整，只调梁宽，分别设定调整的上下限条件，具体不同设计组的梁设置的范围略有差别，如图 11 所示。

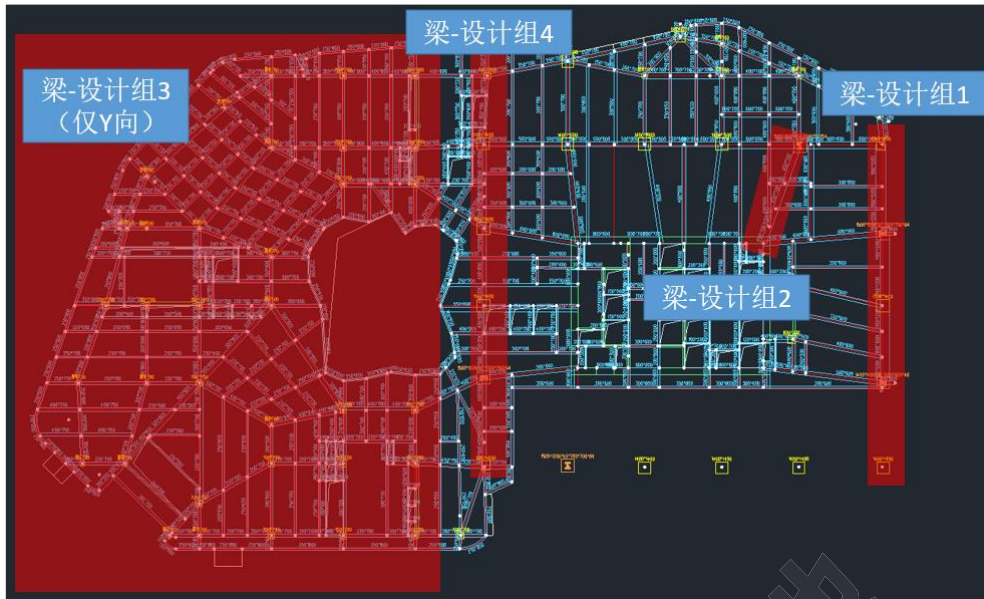


图 10 梁设计组调整

设计组设置好后,在变量设置菜单下的指标优化设置对话框中针对已设置好的设计组变量调整策略及调整的上限及下限范围,同时考虑到该模型主要在扭转方面存在超限,所以在优化目标与约束对话框中,把周期比及位移比作为优化约束,优化目标设为结构的总质量,优化方向往最小化方向进行优化,也就是通过智能辅助设计软件让程序在已设定的调整范围内把指标调整过,同时使得项目的总质量最小,相关设置如下图 12 所示。



图 11 变量调整策略及调整范围设置

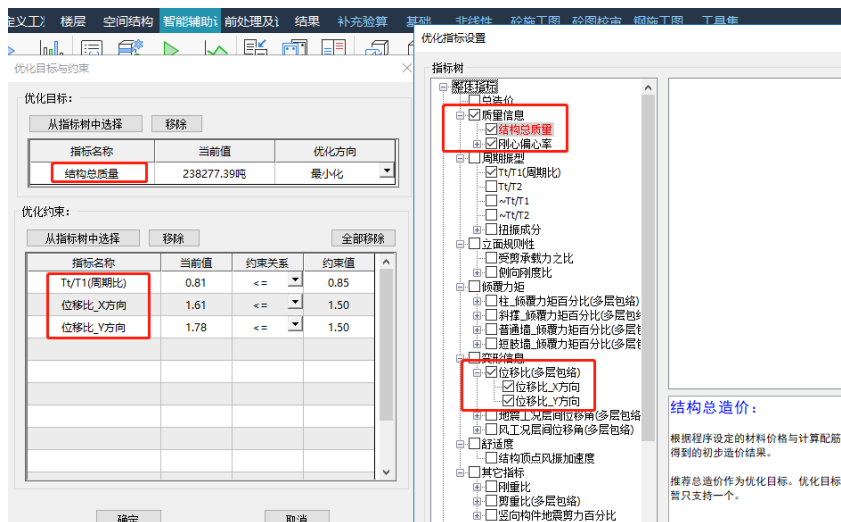


图 12 优化目标的与约束的设置

设置好相关参数后,启动软件,软件开始自动迭代,优化窗口的截面中可以随时查看总质量,位移比,周期比的每一步优化结果,其中位移比及总质量的迭代曲线如下图 13,图 14 所示,结合位移比的迭代曲线及总质量迭代曲线可以看出,程序在第 13 步至 15 步优化迭代结束后,位移比降到了 1.5 以下,总质量在 13 步至 15 步相较于初始状态还有所降低,从迭代曲线可以推测这几步以满足规范的要求,程序计算迭代,达到第 30 部迭代结束后,从整个曲线来看优化结果接近区域平衡,所以不再让程序计算迭代。

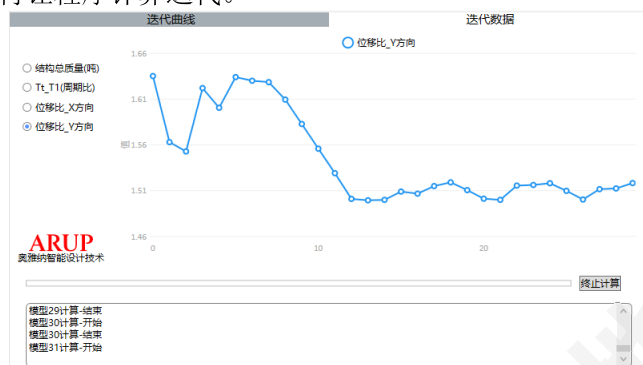


图 13 迭代过程中位移比变化曲线



图 14 迭代过程中总质量变化曲线

PKPM-AID 软件优化结束后,进入程序中,进行模型回滚查看中间的具体迭代数据,如图 15 所示,综合位移比,周期比及总质量等因素可以判断出第 17 步的计算结果为最佳的模型,对应该步的设计组截面尺寸具体趋势如下: 4-9 层左侧的框架柱均缩小到原截面的 0.8 倍,说明减小该柱是最有效的;右侧的框架柱保持原截面不变;右侧的剪力墙保持原厚度不变;右侧的梁宽基本调整到原截面的 1.1 倍;左侧的梁基本调整到原截面的 0.86 倍。

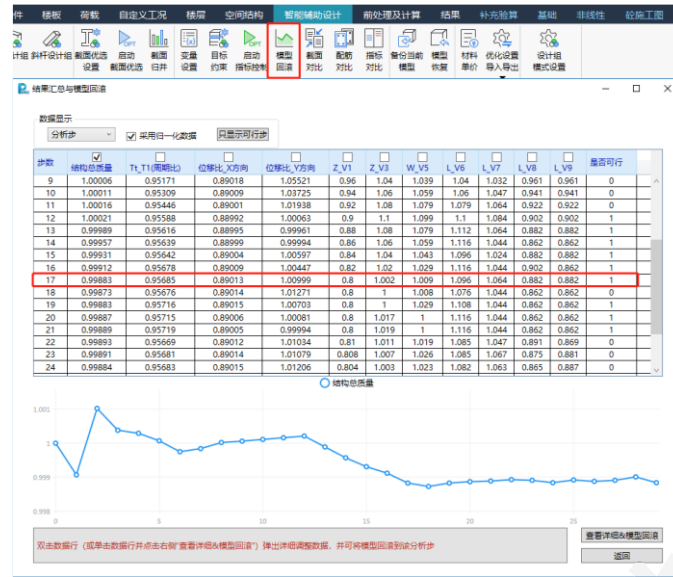


图 15 模型回滚页面显示

在模型回滚对话框中，双击第 17 迭代步这一行可，可以查看模型调整的具体情况，如图 16 所示。由于模型自动调整过程中，截面可能存在碎数，此处程序会自动规整为整数，也可以进行手动调整。调整后，点击“规整后截面回滚到模型”，程序会把模型调整为当前的尺寸，即变成满足约束条件的模型。



图 16 模型规整

之后需要再切换到 SATWE 中进行一次完整的计算分析，PKPM 的智能辅助优化设计软件 AID 在整个模型优化计算中，只保留了最后一次的计算结果，中间的而每一步都没有保留计算结果，所以如果查看中间步，采用中间步的截面尺寸，回带到模型后，一定需要再到 SATWE 里面进行一遍完整的计算，该工程中的第 17 步的截面尺寸回带到模型计算完后，指标层次的结果如图 17 所示，该模型已不存在指标层次的超限的情况，通过智能辅助设计软件使得该模型在指标层次得到了较为完美的解决。

结构自振周期(s)	T1	4.3517(Y)	T3/T1 ≤ 0.90	满足		
	T2	4.1689(X)				
	T3	3.5310(T)				
有效质量系数	X	95.54%	≥ 90%	满足		
	Y	90.99%				
	Y	90.99%				
地震底部剪重比	调整前	X	1.55%	≥ 1.42%	满足	5层 1塔
	调整前	Y	1.55%	≥ 1.37%	满足	5层 1塔
水平力作用下的楼层层间最大位移与层高之比(Δw/h)	地震	X	1/1015	< 1/800	满足	16层 1塔
		Y	1/863	< 1/800	满足	21层 1塔
	风荷载	X	1/2134	< 1/800	满足	16层 1塔
		Y	1/1526	< 1/800	满足	27层 1塔
地震力作用下(偶然偏心)塔楼扭转参数	最大位移/平均位移	X	1.23	< 1.50	满足	4层 1塔
		Y	1.49			
	最大层间位移/层间平均位移	X	1.33			
		Y	1.49			
结构刚重比	X	1.69	> 1.40	满足	考虑重力二阶效应	
	Y	1.55				

图 17 经过高级指标控制调整后的模型计算结果

### 3 总结

通过本案例的调整过程中,可以感受到PKPM的智能辅助设计针对复杂模型调整的智能性,程序调整相对于人工干预调整要快的多,人为调整起来往往存在困难,而AID软件正好解决了我们人为调整过程中的困难。

智能辅助设计程序应用场景非常多,不仅仅可以帮助设计师在方案阶段进行模型调整,也可以在后期对模型进行成本方面的优化。本次给大家分享的仅仅是设计中指标层次的调整,希望PKPM的智能辅助设计软件可以给更多的设计人员在设计中带来更多的便利,从此让大家没有难做的设计。

#### 参考文献

- [1] PMCAD 结构平面 CAD 软件用户手册.
- [2] PKPM-AID 智能辅助设计用户手册.

PKPM® 新天地

# 如何基于自定义地震波生成反应谱

胡志超

中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司 北京 100013

[摘要] 据中国地震台网正式测定，北京时间 2023 年 2 月 6 日 9 时 17 分（当地时间 2 月 6 日 4 时 17 分），在土耳其发生 7.8 级地震。针对此种特殊情况，目前国内软件均无法实现准确模拟，但 PMPM 提供导入地震波，并根据地震波生成反应谱的功能。本文主要以如何在 PKPM 中进行导入地震及生成反应谱为主要内容，旨在帮助用户实现对超越规范反应谱等特殊情况进行模拟。

[关键词] 地震波；计算步长；反应谱；

## 1 数据准备

对于地震的数据记录，通常就是我们提到的地震波文件，他是加速度与时间的函数曲线，PKPM 支持将其导入程序进行计算，但需要对数据以及格式进行处理：

1 使用 txt 文本文件进行自定义地震波的数据写入和编辑。文本文件的默认后缀名为.txt，需要将其修改为.x、.y 和.z，其中.x 文件为地震波主方向数据文件，.y 文件为地震波次方向数据文件，.z 文件为竖向地震波文件，对于同一条波的两个方向数据文件名应完全一致，导入后程序会自动识别为同一条波。修改文件后缀名时注意要将文件的后缀名显示出来，否则无法修改，win10 系统更改方式如下图。



图 1 打开文件扩展名

2 打开地震波文本文件，第一行输入该条波的采样点总数，空一格第二列为采样点记录步长，此处没有数值时，程序默认按照 0.02s 考虑。第二行第一列起为地震波各采样点加速度值，单位为 m/s<sup>2</sup>，注意采样点数必须要与采样点总数一致。如果导入的波为人工波还需要在第一行采样点记录步长后空一格，输入 m 作为人工波的标志，天然波则不需要。

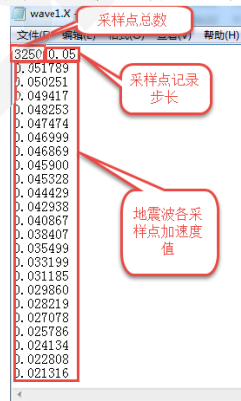


图 2 自定义地震波文件数据格式

## 2 将波文件导入程序

1 将上述文件准备完毕后（如将“土耳其地震”形成上述波文件），可以在程序中将地震波导入，并自动形成反应谱：在 SATWE 参数定义中切换到【地震信息】，选择“自定义地震影响系数曲线”，然后勾选“用户自定义地震影响系数曲线”，点击“选波”命令，然后导入准备好的波文件。

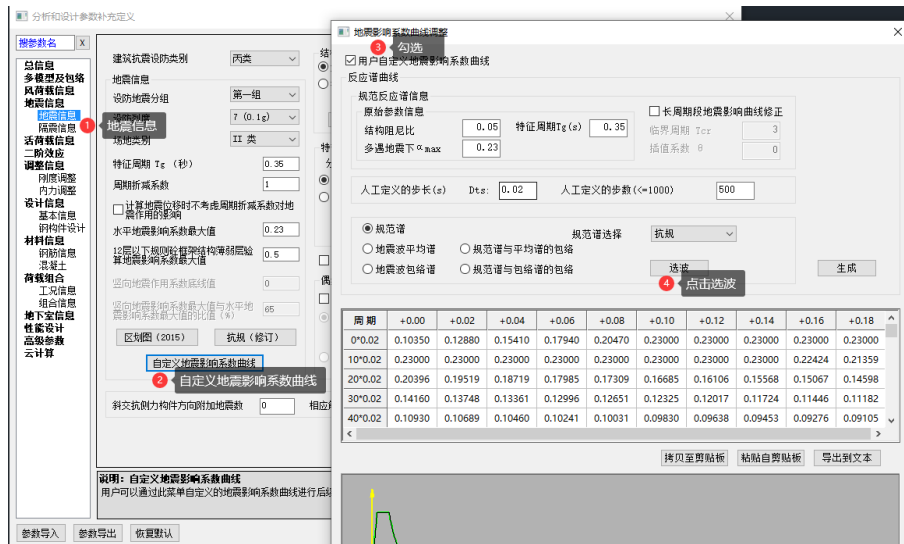


图3 自定义地震影响系数曲线

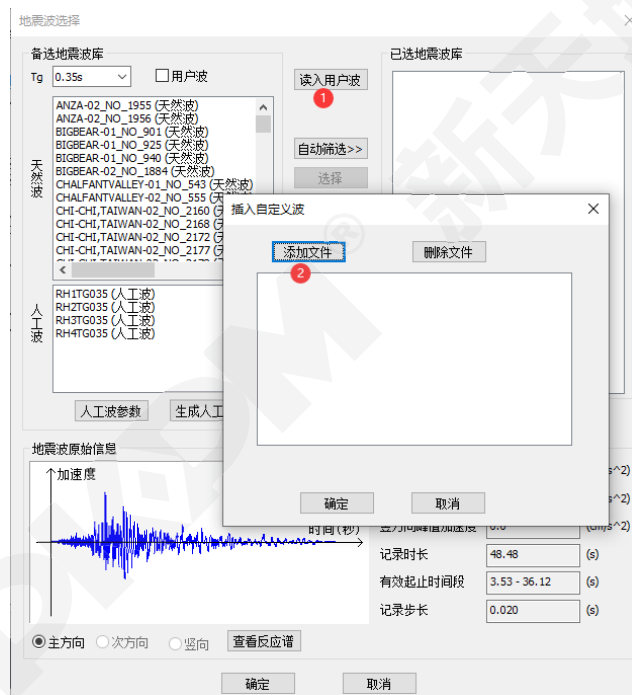


图4 导入自定义地震波的过程

将波文件成功导入以后，会在备选波库列表里展示，并自动添加到已选波库，并在名字后面加上说明“用户定义波”，用以区分其他天然波，如下图所示。导入的波源文件可以在任意位置，执行完导入以后，程序会在当前工程目录下生成“UserWave”的文件夹，并将导入的波文件自动备份在此文件夹中，当不需要此条波时，可直接将其删除。



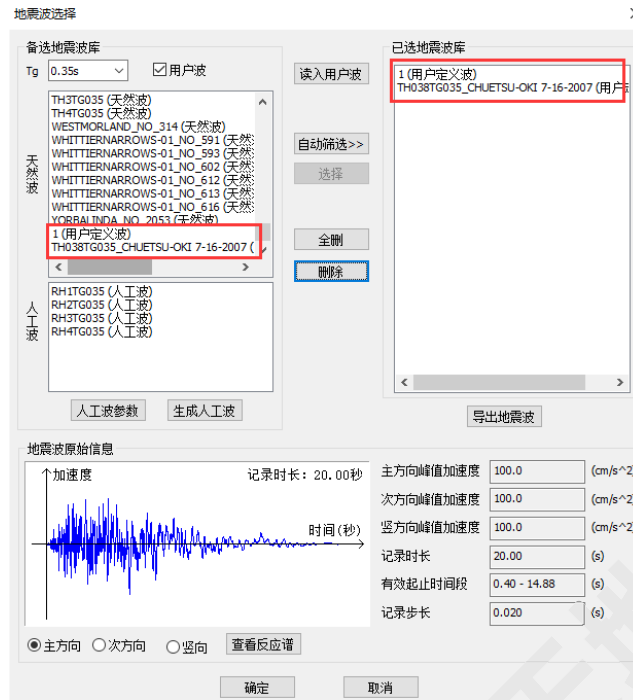


图5 自定义地震波的查看

在导入地震波界面可直接查看当前波转化成反应谱的图形预览，并可与规范反应谱对比。

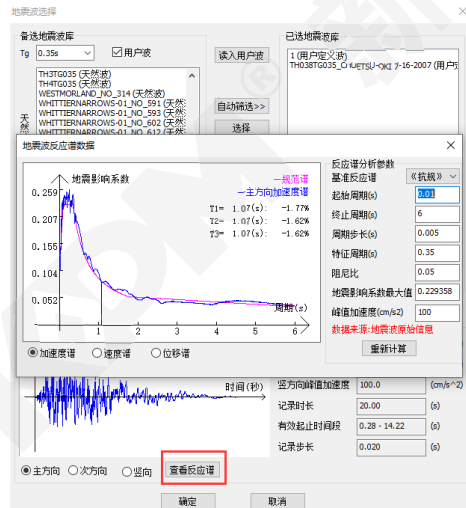


图6 自定义地震波的反应谱预览

### 3 形成地震波反应谱

将波文件成功导入以后，在参数界面执行“生成”命令，程序将自动按设置的“步长”与“步数”，根据运动方程的求解与变换，将加速度与时间的函数转化成地震影响系数与时间的函数，即反应谱。

同时程序也会将生成后的反应谱图值，以表格的形式展示，用户可直接双击对其进行修改，注意此时表中数值的概念已变为“地震影响系数”。最终通过“自定义反应谱”的取值方式，决定如何进行计算。

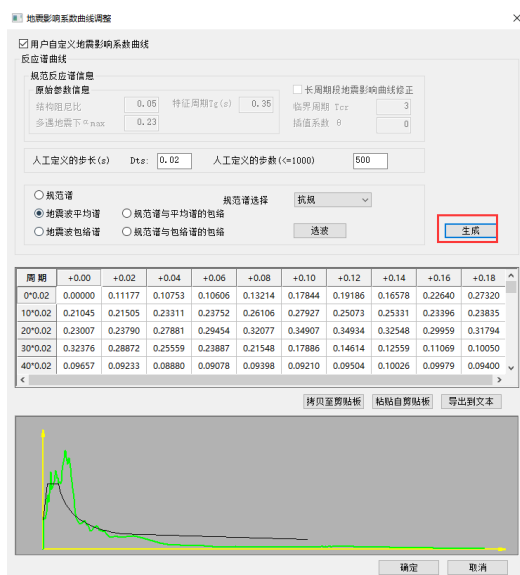


图7 生成反应谱

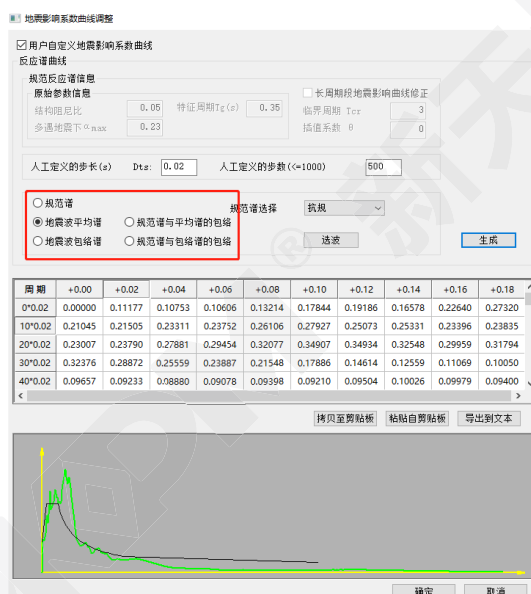


图8 反映谱计算取值的选择

## 4 总结

对于需要采用地震波转化的反应谱的方式采用振型分解法计算地震作用时,程序可以提供从自定义地震波的数据输入、导入、采用地震波形成规范谱等一系列操作,进而实现对于像土耳其地震这种特大地震探索和研究提供一定的技术支撑。

## 参考文献

- [1] GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] GB50008-2021 混凝土结构通用规范[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2021.

# 砼柱计算配筋异常的处理流程探究

吴海楠

中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司 北京 100013

[摘要] 在混凝土结构中, 柱计算长度系数一般会影响轴心受压稳定系数和混凝土柱挠曲二阶效应的计算, 如果计算长度系数的确定不合理会导致计算上的异常, 而这些错误常常和模型建立中一些细节处理不当有关, 因此, 本文通过一柱托双梁配筋异常和构件内力与配筋严重不匹配两个问题的查找过程, 探究此类计算配筋问题的处理流程, 让我们的设计人员更有效率的做设计。

[关键词] 计算长度系数; 挠曲二阶效应计算; 刚性杆;

## 1 规范背景

计算长度系数的影响主要体现在两个方面, 一方面根据《混凝土设计规范》(以下简称混规)

6.2.4 条考虑构件挠曲二阶效应系中的弯矩增大系数有关, 原文如下:

除排架结构柱外, 其他偏心受压构件考虑轴向压力在挠曲杆件中产生的二阶效应后控制截面的弯矩设计值, 应按下列公式计算:

$$M = C_m \eta_{ns} M_2 \quad (6.2.4-1)$$

$$C_m = 0.7 + 0.3 \frac{M_1}{M_2} \quad (6.2.4-2)$$

$$\eta_{ns} = 1 + \frac{1}{1300(M_2/N + e_a)/h_0} \left( \frac{l_c}{h} \right)^2 \zeta_c \quad (6.2.4-3)$$

$$\zeta_c = \frac{0.5 f_c A}{N} \quad (6.2.4-4)$$

当  $C_m \eta_{ns}$  小于 1.0 时取 1.0; 对剪力墙及核心筒墙, 可取  $C_m \eta_{ns}$  等于 1.0。

式中:  $C_m$  —— 构件端截面偏心距调节系数, 当小于 0.7 时取 0.7;

$\eta_{ns}$  —— 弯矩增大系数;

$N$  —— 与弯矩设计值  $M_2$  相应的轴向压力设计值;

$e_a$  —— 附加偏心距, 按本规范第 6.2.5 条确定;

$\zeta_c$  —— 截面曲率修正系数, 当计算值大于 1.0 时取 1.0;

$h$  —— 截面高度; 对环形截面, 取外直径; 对圆形截面, 取直径;

$h_0$  —— 截面有效高度; 对环形截面, 取  $h_0 = r_2 + r_s$ ; 对圆形截面, 取  $h_0 = r + r_s$ ; 此处,  $r$ 、 $r_2$  和  $r_s$  按本规范第 E.0.3 条和第 E.0.4 条确定;

$A$  —— 构件截面面积。

其二, 在柱按照轴心受压构件验算时, 轴心受压稳定系数就和构件的计算长度直接相关, 即按照混规 6.2.15 条考虑

$$N \leq 0.9\varphi(f_c A + f'_y A'_s) \quad (6.2.15)$$

式中:  $N$ ——轴向压力设计值;

$\varphi$ ——钢筋混凝土构件的稳定系数,按表 6.2.15 采用;

$f_c$ ——混凝土轴心抗压强度设计值,按本规范表 4.1.4-1 采用;

$A$ ——构件截面面积;

$A'_s$ ——全部纵向普通钢筋的截面面积。

当纵向普通钢筋的配筋率大于 3% 时,公式 (6.2.15) 中的  $A$  应改用  $(A - A'_s)$  代替。

表 6.2.15 钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数

$l_0/b$	$\leq 8$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$l_0/d$	$\leq 7$	8.5	10.5	12	14	15.5	17	19	21	22.5	24
$l_0/i$	$\leq 28$	35	42	48	55	62	69	76	83	90	97
$\varphi$	1.00	0.98	0.95	0.92	0.87	0.81	0.75	0.70	0.65	0.60	0.56
$l_0/b$	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
$l_0/d$	26	28	29.5	31	33	34.5	36.5	38	40	41.5	43
$l_0/i$	104	111	118	125	132	139	146	153	160	167	174
$\varphi$	0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

注: 1  $l_0$  为构件的计算长度,对钢筋混凝土柱可按本规范第 6.2.20 条的规定取用;

2  $b$  为矩形截面的短边尺寸,  $d$  为圆形截面的直径,  $i$  为截面的最小回转半径。

## 2 一柱托双梁计算长度问题

为什么上下两个一柱都是托双梁的情况,上面的柱配筋是构造控制,下面的柱配筋超限,出现了两种截然不同的情况?

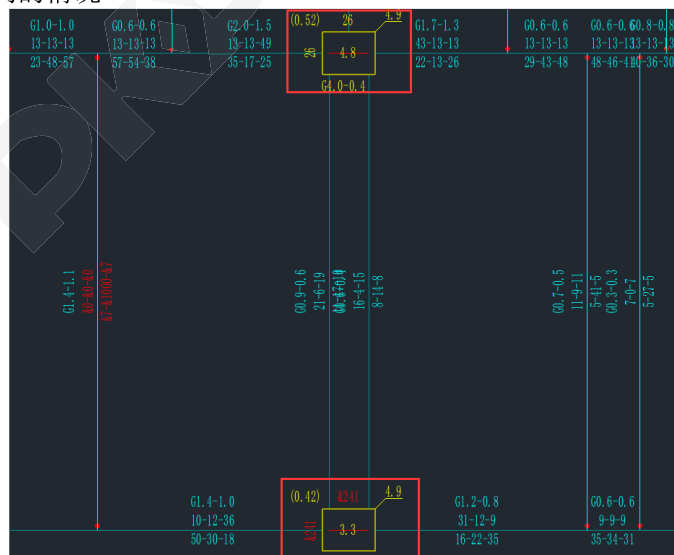


图 1 模型上下侧柱配筋

第一步查看两根柱的构件信息,对于控制内力进行对比:

Uc=0.52 < 0.65(限值) 出轴压比值.						Uc=0.42 < 0.65(限值) 出轴压比值.					
上侧柱控制内力						下侧柱控制内力					
反弯点位于柱高中部的框架柱, 剪跨比可取柱净高与计算方向2倍柱截面有效高度之比						反弯点位于柱高中部的框架柱, 剪跨比可取柱净高与计算方向2倍柱截面有效高度之比					
N=-12505.48	Mx=73.06	My=-20.33	Asxb=2560.03	Asxb0=0.00		N=-9189.08	Mx=0.00	My=0.00	Asxb=24801.34	Asxb0=24801.34	
N=-12505.48	Mx=255.17	My=-167.40	Asxt=2560.03	Asxt0=0.00		N=-9189.08	Mx=0.00	My=0.00	Asxt=24801.34	Asxt0=24801.34	
N=-12505.48	Mx=73.06	My=-20.33	Asyb=2200.02	Asyb0=0.00		N=-9189.08	Mx=0.00	My=0.00	Asyb=19993.07	Asyb0=19993.07	
N=-12505.48	Mx=255.17	My=-167.40	Asyt=2200.02	Asyt0=0.00		N=-9189.08	Mx=0.00	My=0.00	Asyt=19993.07	Asyt0=19993.07	
N=-9454.05	Vx=601.30	Vy=-798.71	Asvx=398.68	Asvx0=39.73		N=-9106.03	Vx=-42.39	Vy=207.31	Asvx=345.53	Asvx0=0.00	
N=-9454.05	Vx=601.30	Vy=-798.71	Asvy=398.68	Asvy0=30.03		N=-9106.03	Vx=-42.39	Vy=207.31	Asvy=345.53	Asvy0=0.00	

图2 上下侧柱控制内力对比

我们发现了配筋小的上侧柱的控制内力反而大于配筋超限的下侧柱,配筋和内力虽然不存在明确的线性关系,但是这个现象说明,构件的控制内力差异不是造成配筋相差悬殊的主要原因,我们还得接着往下分析。

第二步根据已有内力和构件的相关信息采用工具箱校核有疑问构件的配筋

我们针对超限的柱的超限原因疑点较多,因此先校核超限柱的配筋,构件的尺寸和其他计算信息如下:

#### 一、构件几何材料信息

层号	IST=6
塔号	ITOW=1
单元号	IELE=11
构件种类标志(KELE)	柱
上节点号	J1=4383
下节点号	J2=4101
构件材料信息(Ma)	混凝土
长度(m)	DL=4.75
截面类型号	Kind=1
截面参数(m)	B*h=1.000*0.800
箍筋间距(mm)	SS=100.0
混凝土强度等级	RC=50
主筋强度设计值(N/mm <sup>2</sup> )	435
箍筋强度设计值(N/mm <sup>2</sup> )	360
保护层厚度(mm)	Cov=20

图3 下侧柱几何材料信息

#### 三、构件设计属性信息

构件两端约束标志 两端刚接

构件属性信息	普通柱,混凝土柱
柱配筋计算原则	单偏压
抗震等级	一级
构造措施抗震等级	一级
宽厚比等级	
是否人防	非人防构件
长度系数	Cx=8.95 Cy=1.25
活荷内力折减系数	0.90
消防车荷载折减系数	0.80
地震作用放大系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
薄弱层地震内力调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
剪重比调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
二道防线调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
风荷载内力调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
地震作用下转换柱剪力弯矩调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
刚度调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
地震组合内力调整系数	柱顶弯矩调整系数: 1.70 柱底弯矩调整系数: 1.70
所在楼层二阶效应系数	柱剪力调整系数: 2.55
结构重要性系数	X向: 0.05 Y向: 0.06 1.10

图4 下侧柱设计属性信息

工具箱结果校核如下:

由于柱配筋轴心受压控制的全截面配筋,因此,整体模型中该柱的全截面配筋为四侧配筋减去四根角筋后的全截面配筋:

$$(24801.34+19993.07) - 4*380=88068.82\text{mm}^2$$

二者是一致的。

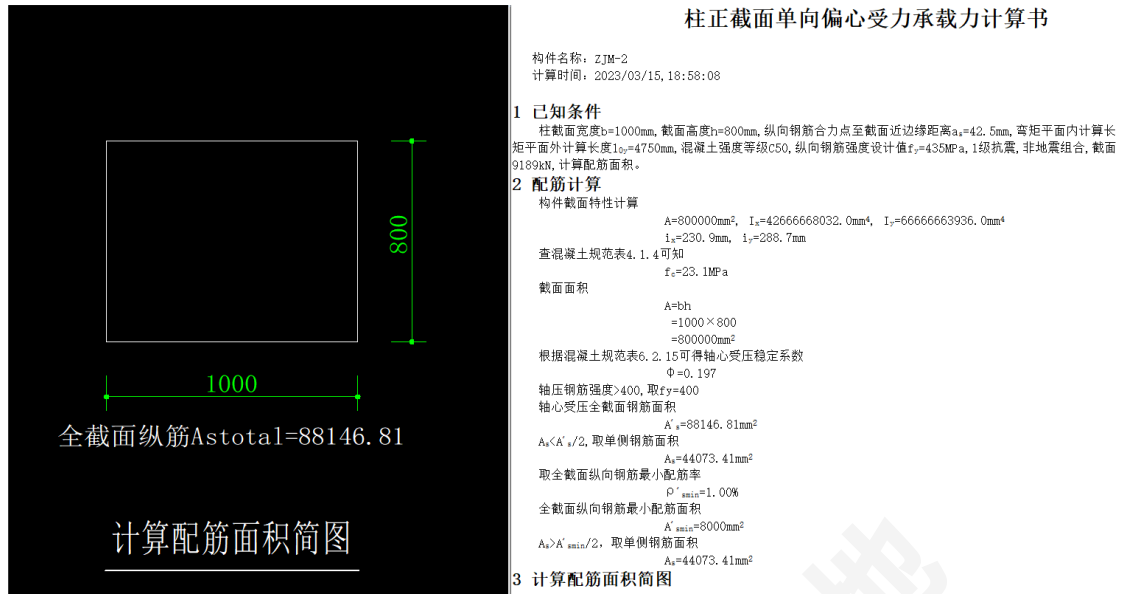


图5 下侧柱工具箱校核结果

进一步分析发现, 该柱 X 向 (绕轴) 计算长度系数为 8.95, 导致其计算长度为 42.5 米, 使其稳定系数很小, 导致配筋超筋, 而它的 Y 向有两根与它连接为什么计算长度系数如此之大呢? 问题转化为计算长度系数为什么这么大?

近看模型我们发现了其中的端倪, 柱布置在中间节点上, 竖向梁布置在两侧节点上。

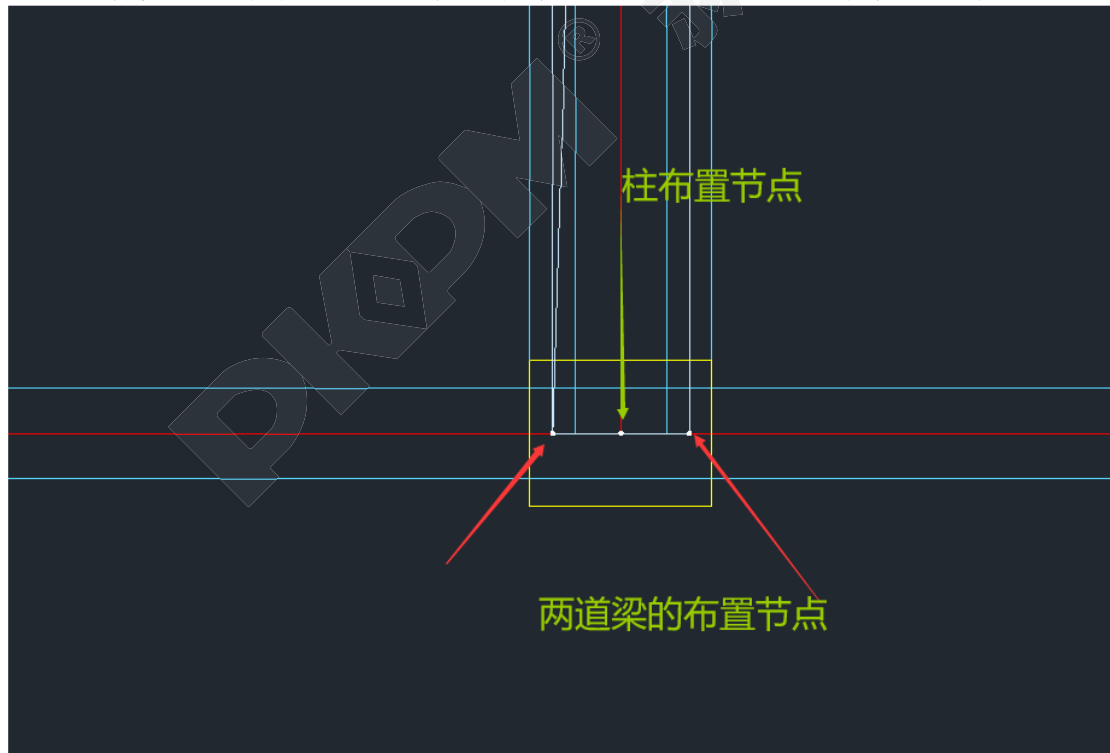


图6 下侧柱模型布置情况

计算模型如下图: Y 向两道梁没有直接与柱相连, 而是通过程序在柱内生成的两根刚性杆与柱相连, 这样的建模方式计算受力是可以考虑一柱托双梁的情况的, 但是由于 Y 向两道梁没有直接与柱相连, 中间又开了洞, 该模型 6-10 层都是这样的建模方式, 导致下层柱成了“跃层柱”, 引起计算长度系数的异常, 导致配筋大到超限。

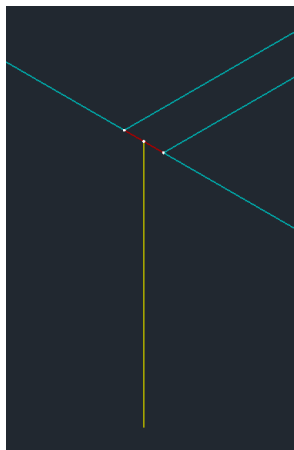


图7 下侧柱有限元模型情况

那么同样的位置，上侧柱为什么配筋很小呢？我们看计算模型，上侧柱除了这两道梁外，上面还有一根 Y 向梁与它直接相连，所以它没有被识别为“跃层柱”计算长度系数是正常的。

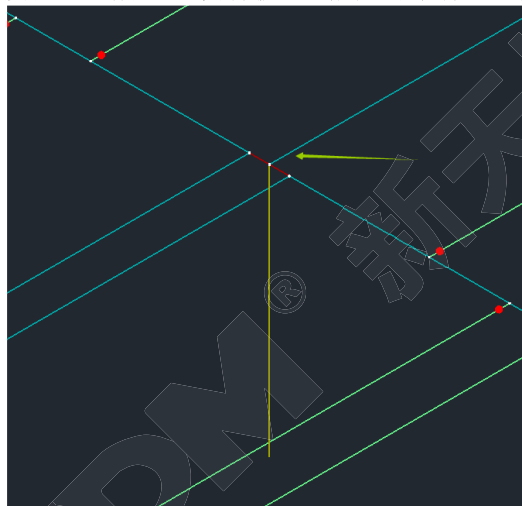


图8 上侧柱有限元模型情况

最后一个问题，模型该如何修改呢？

该模型从受力角度没有特别大的问题，可以将柱偏心布置在 Y 向两道梁的其中一个节点上，另一根梁通过柱内节点之间的刚性杆与柱相连，还可以在 SATWE 前处理里的模型修改-设计属性性下拉菜单下人工修改各层柱的计算长度系数，也可以使配筋正常。

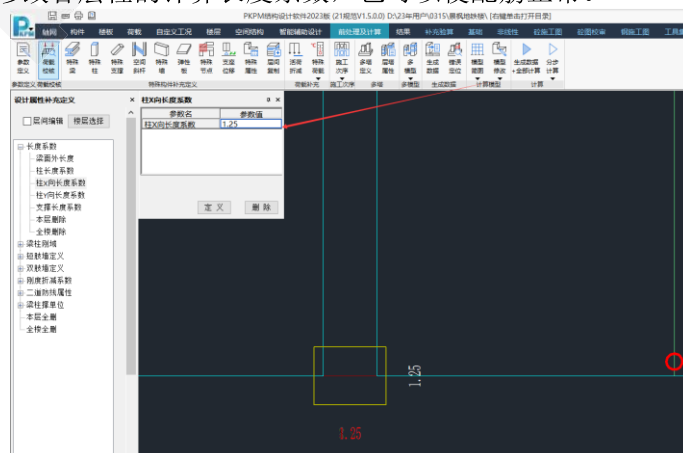


图9 计算长度系数修改

### 3 构件内力与配筋严重不匹配

为什么受力不大的柱是计算配筋不是构造配筋？

异常柱所在位置如下图:

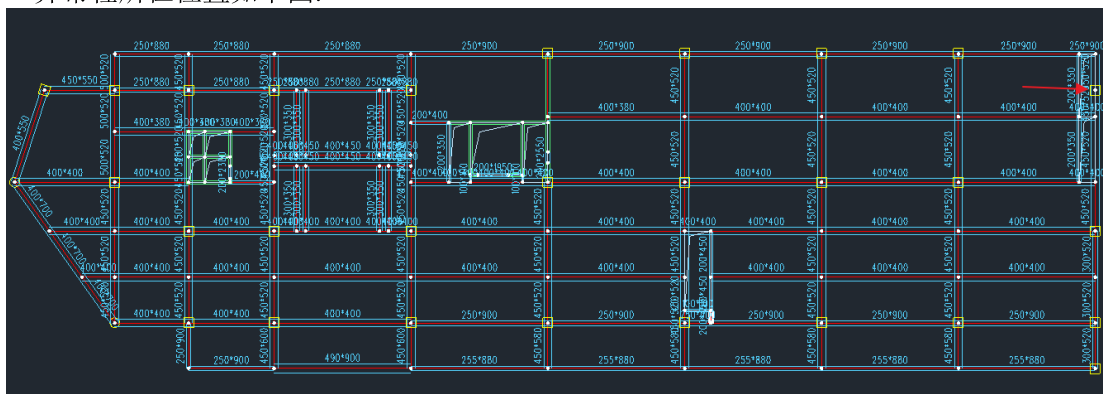


图 10 异常柱的位置

如下图所示: 设计人员认为该柱受力较小, B 边和 H 边一样也应该是构造配筋才合理。

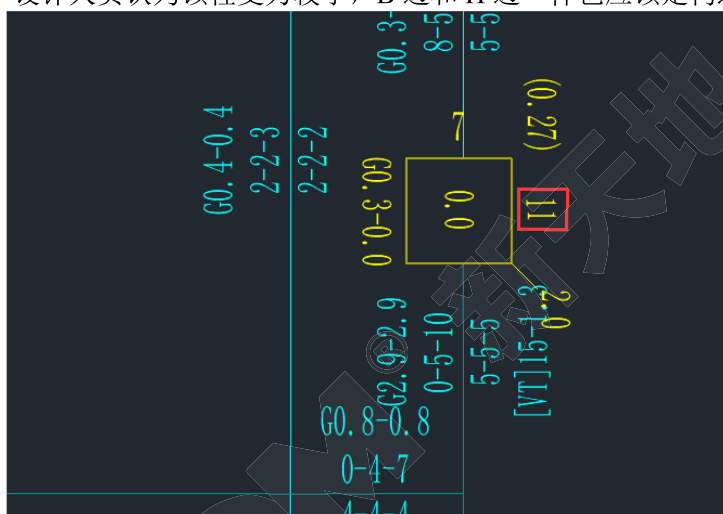


图 11 相对柱的配筋

我们第一步查看构件信息: 构件信息中柱顶部 B 边的控制轴力和弯矩并不大。

项目	内容					
轴压比:	(0) $N=-1073.4$ $U_c=0.27 \leq 1.05$ (限值) 《高规》6.4.2条给出轴压比限值.					
剪跨比(简化算法):	$R_{md}=4.15$ 《高规》6.2.6条: 反弯点位于柱中部的框架柱, 剪跨比可取柱净高与计算方向2倍柱截面有效高度之比值					
主筋:	B边底部(1)	$N=-1209.26$	$M_x=-9.17$	$M_y=-4.85$	$As_{xb}=654.77$	$As_{xb0}=0.00$
	B边顶部(1)	$N=-1209.26$	$M_x=-52.08$	$M_y=-43.99$	$As_{xt}=1065.73$	$As_{xt0}=1065.73$
	H边底部(1)	$N=-1209.26$	$M_x=-9.17$	$M_y=-4.85$	$As_{yb}=654.77$	$As_{yb0}=0.00$
	H边顶部(1)	$N=-1209.26$	$M_x=-52.08$	$M_y=-43.99$	$As_{yt}=605.00$	$As_{yt0}=0.00$
箍筋:	(1)	$N=-1209.26$	$V_x=-11.63$	$V_y=14.58$	$As_{vx}=25.00$	$As_{vx0}=0.00$
	(1)	$N=-1209.26$	$V_x=-11.63$	$V_y=14.58$	$As_{vy}=25.00$	$As_{vy0}=0.00$
角筋:	$Asc=201.00$					
全截面配筋率:	$Rs=0.84\%$					

图 12 异常柱控制内力

第二步根据已有内力和构件的相关信息采用工具箱校核配筋  
构件的尺寸和其他计算信息如下:



## 一、构件几何材料信息

层号	IST=2
塔号	ITOW=1
单元号	IELE=27
构件种类标志 (KELE)	柱
上节点号	J1=392
下节点号	J2=179
构件材料信息 (Ma)	混凝土
长度 (m)	DL=4.20
截面类型号	Kind=1
截面参数 (m)	B*H=0.550*0.550
箍筋间距 (mm)	SS=100.0
混凝土强度等级	RC=28
主筋强度设计值 (N/mm <sup>2</sup> )	300
箍筋强度设计值 (N/mm <sup>2</sup> )	210
保护层厚度 (mm)	Cov=20

## 三、构件设计属性信息

构件两端约束标志	两端刚接
构件属性信息	普通柱, 混凝土柱
柱配筋计算原则	单偏压
抗震等级	五级
构造措施抗震等级	五级
宽厚比等级	
是否人防	非人防构件
长度系数	Cx=4.94 Cy=1.25
活荷内力折减系数	0.70
地震作用放大系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
薄弱层地震内力调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
剪重比调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
二道防线调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
风荷载内力调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
地震作用下转换柱剪力弯矩调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
刚度调整系数	X向: 1.00 Y向: 1.00
地震组合内力调整系数	柱顶弯矩调整系数: 1.00 柱底弯矩调整系数: 1.00
所在楼层二阶效应系数	柱剪力调整系数: 1.00
结构重要性系数	X向: 0.00 Y向: 0.00 1.00

图 13 异常柱的尺寸和其他计算信息

## 砼构件验算工具箱参数和计算书

计算类别  
 正截面计算  
 单偏压  双偏压  
 斜截面计算

截面尺寸 (mm)  
 截面宽度 b: 550  
 截面高度 h: 550  
 上翼缘宽度 (+形>b): 0  
 上翼缘高度 (+形>0): 0  
 下翼缘宽度 (+形=0): 0  
 下翼缘高度 (+形=0): 0  
 上翼缘偏心 (右方正): 0  
 下翼缘偏心 (+形>0): 0

钢筋合力点至边缘距离 42.5  
 X向平面计算长度 20748  
 Y向平面计算长度 5250  
 形心主轴与X夹角(度) 0

材料  
 混凝土强度等级 f<sub>cu,k</sub>: C28  
 纵向钢筋设计强度 f<sub>y</sub>: 300  
 箍筋设计强度 f<sub>yy</sub>: 270

构件名称: ZJM-1

截面内力  
 设计轴力 (压+) N (kN): 1209.23  
 绕X轴设计弯矩 (kN·m): 51.3  
 绕Y轴设计弯矩 (kN·m): 0  
 另端绕X轴弯矩 (kN·m): -9.09  
 另端绕Y轴弯矩 (kN·m): 0

(注: 另端弯矩与设计弯矩同侧受压同号, 异侧受压异号)

设计垂直剪力 V<sub>y</sub> (kN): 200  
 设计水平剪力 V<sub>x</sub> (kN): 0  
 设计扭矩 T (kN·m): 0

导入多组设计内力 >>>

其它参数  
 剪跨比 λ (h<sub>n</sub>/2h<sub>0</sub>): 1  
 箍筋间距 s (mm): 100  
 矩形指定角筋直径: 0  
 上侧筋根数, 直径: 0  
 左侧筋根数, 直径: 0  
 柱类别: 0 普通柱  
 抗震等级: 5 非抗震  
 内力组合: 非抗震组合  
 结构体系为框架结构  
 考虑轴压二阶效应

全截面纵筋 A<sub>stotal</sub> = 2100.66

计算配筋面积简图

计算书内容:  
 \*\* 矩形截面柱正截面承载力计算 \*\*  
 轴心受压构件稳定系数 φ = 0.36  
 轴心受压计算全截面配筋面积 (不控制) A<sub>sa</sub> = 0.00mm<sup>2</sup>  
 轴压二阶效应弯矩增大系数 C<sub>ms</sub> = 6.93  
 截面相对受压区高度 ξ = 0.32  
 单侧计算配筋面积 A<sub>s</sub> = 1050.33mm<sup>2</sup>  
 全截面最小构造配筋面积 A<sub>smir</sub> = 1215.00mm<sup>2</sup>  
 全截面计算配筋百分率 ρ = 0.69%  
 全截面容许最大配筋百分率 ρ<sub>max</sub> = 5.00%

图 14 采用工具箱校核的参数输入

## 2 配筋计算

构件截面特性计算

$$A=302500\text{mm}^2, I_x=7625521152.0\text{mm}^4, I_y=7625521152.0\text{mm}^4$$

$$i_x=158.8\text{mm}, i_y=158.8\text{mm}$$

查混凝土规范表 4.1.4 可知

$$f_c=13.4\text{MPa}$$

由混凝土规范 6.2.6 条可知

$$\alpha_1=1.00$$

$$\beta_1=0.80$$

由混凝土规范公式 (6.2.1-5) 可知混凝土极限压应变

$$\varepsilon_{cu}=0.0033$$

由混凝土规范表 4.2.5 可得钢筋弹性模量

$$E_s=200000\text{MPa}$$

相对界限受压区高度

$$\xi_b=0.550$$

截面面积

$$\begin{aligned} A &=bh \\ &=550 \times 550 \\ &=302500\text{mm}^2 \end{aligned}$$

截面有效高度

$$h_0=h-a_s=550-42.5=507.5\text{mm}$$

根据混凝土规范表 6.2.15 可得轴心受压稳定系数

$$\Phi=0.361$$

轴心受压全截面钢筋面积

$$A_s=0.00\text{mm}^2$$

根据混凝土规范 6.2.3 条, 判断是否需要考虑轴压力在挠曲杆件中产生的附加弯矩

$$N/(f_c A)=1209230/(13.4 \times 302500)=0.30 < 0.9$$

$$M/M_0=-9.09/51.30=-0.18 < 0.9$$

$$1/i=20748/158.8=130.7 > 34-12(M/M_0)=34-12 \times (-8/51)=36.1$$

需要考虑轴压力在挠曲杆件中产生的附加弯矩影响

根据混凝土规范 6.2.4 条考虑二阶效应,  $\eta=0.70$ ,  $\eta_{ns}=9.90$ ,  $C_m \eta_{ns}=6.93$

$$C_m \eta_{ns} M=6.93 \times 51.30=355.49$$

偏心距

$$e_s=355494528/1209230=293.98\text{mm}$$

根据混凝土规范 6.2.5 条可知附加偏心距

$$e_a=20\text{mm}$$

初始偏心距

$$e_0=e_s+e_a=293.98+20=313.98\text{mm}$$

假定截面为大偏心受压, 则截面相对受压区高度

$$\begin{aligned} \xi &=N/(\alpha_1 f_c b h_0) \\ &=1209230/(1.0 \times 13.4 \times 550 \times 507.5) \\ &=0.324 \end{aligned}$$

$\xi < \xi_b$ , 截面为大偏心受压。

截面受压区高度

$$x=\xi h_0=164.37\text{mm}$$

单侧钢筋面积

$$\begin{aligned} A_s &=(Ne-\alpha_1 f_c b x (h_0-0.5x))/f_y (h_0-a_s) \\ &=(1209230 \times 546.48-1.0 \times 13.4 \times 550 \times 164.37 \times (507.5-0.5 \times \\ &164.37))/300/(507.5-42.5) \\ &=1050.33\text{mm}^2 \end{aligned}$$

取全截面纵向钢筋最小配筋率

$$\rho_{min}=0.60\%$$

全截面纵向钢筋最小配筋面积

$$A_{smin}=1815\text{mm}^2$$

$A_s > A_{smin}/2$ , 取单侧钢筋面积

$$A_s=1050.33\text{mm}^2$$

图 15 工具箱校核的过程输出

经过工具箱校核过程我们发现, 首先校核的结果是程序整体得到的计算配筋的结果是一致的, 接下来我们分析为什么会出现这样的配筋, 原因在于根据规范 6.2.3 条考虑的挠曲二阶效应后的弯矩效应较大, 达到了 355.49KN\*m, 这么大的弯矩顺理成章产生了较大的计算配筋, 而为何存在这个大的挠曲二阶效应呢?

我们接着分析, 发现该柱的计算长度在 B 边方向, 也就是局部坐标系 X 向 (该柱布置了 90 的轴转角) 达到了 20.748 米, 计算长度系数为 4.94, 这个柱位于二层, 数值不是一般楼层的 1.25, 进一步查看模型发现该柱在其向没有梁拉结, 同时梁柱所在的房间没有楼板, 一到五层都是这样的情况, 此时程序判断为在构件 x 向是跃层的, 按照跃层柱确定的计算长度系数是 4.94, 至此就解释了为何该柱在 B 边出现了计算配筋的谜团。

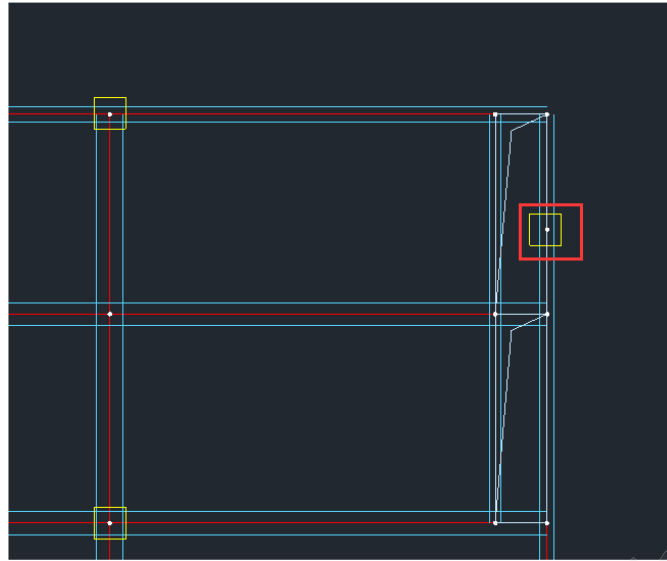
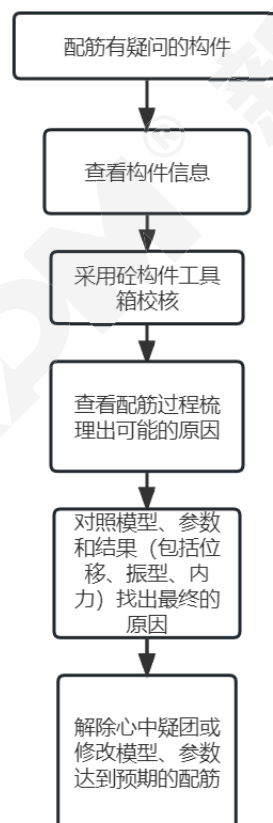


图 16 异常柱位置示意

#### 4 总结

当对于某根杆件的配筋计算有疑问时，不妨可以采取下面的流程去查找原因：



这样可以对于一些看起来异常，或者存在异常问题尽量暴露出来，提高我们设计人员的工作效率。

#### 参考文献

[1] GB50010-2010 混凝土结构设计规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2016.

# 减隔震模块应用中的问题汇总

冯发阳

中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司 北京 100013

[摘要] 在 PKPM 减震和隔震模块使用过程中，常常遇到程序实现或者处理方式上的疑问。如果不能准确把握程序的处理原则，或者采用了不合理的建模方式，会直接导致计算上的错误。因此，本文对于在减隔震模块中遇到的多个常见的问题为例，解释程序的处理原则，引导软件使用者正确利用软件进行设计。

[关键词] 抗风设计；减震；消能器；隔震支座；

## 1 隔震计算书中，隔震层抗风承载力验算，隔震支座的屈服荷载设计值如何求得？

### 13· 隔震层抗风承载力验算

《抗规》规定：采用隔震的结构风荷载和其他非地震作用的水平荷载标准值产生的总水平力不宜超过结构总重力的 10%。本结构总重力荷载代表值为 137518.7kN，其 10% 大于风荷载产生的水平力 1310.6kN，满足规范要求。

#### 13.1 X 向顺风向风荷载验算

隔震层必须具备足够的屈服前刚度和屈服承载力，以满足风荷载和微振动的要求。《建筑隔震设计标准》第 4.6.8 条规定抗风承载力应符合下式规定：

$$\gamma_w V_{wk} \leq V_{Rw}$$

即  $1.4V_{wk} = 1397.6 < 4940.2 \text{ kN}$ ，满足要求；

式中， $V_{Rw}$ —抗风装置的水平承载力设计值。当不单独设抗风装置时，取隔震支座的屈服荷载设计值；

…… $\gamma_w$ —风荷载分项系数，取 1.4；

…… $V_{wk}$ —风荷载作用下隔震层的水平剪力标准值。

《抗规》规定：采用隔震的结构风荷载和其他非地震作用的水平荷载标准值产生的总水平力不宜超过结构总重力的 10%。本结构总重力荷载代表值为 137518.7kN，其 10% 大于风荷载产生的水平力 931.8kN，满足规范要求。

#### 13.2 Y 向顺风向风荷载验算

隔震层必须具备足够的屈服前刚度和屈服承载力，以满足风荷载和微振动的要求。《建筑隔震设计标准》第 4.6.8 条规定抗风承载力应符合下式规定：

$$\gamma_w V_{wk} \leq V_{Rw}$$

即  $1.4V_{wk} = 1965.9 < 4940.2 \text{ kN}$ ，满足要求；

式中， $V_{Rw}$ —抗风装置的水平承载力设计值。当不单独设抗风装置时，取隔震支座的屈服荷载设计值；

…… $\gamma_w$ —风荷载分项系数，取 1.4；

…… $V_{wk}$ —风荷载作用下隔震层的水平剪力标准值。

图 1 隔震层抗风承载力验算

A:

PKPM-GZ 模块在 21 版 V1 系列中可全面支持《建筑隔震设计标准》GB/T51408-2021（以下简称“《隔标》”）的相关设计，《隔标》4.6.8 条规定：

隔震层抗风承载力应符合下式规定：

$$\gamma_w V_{wk} \leq V_{Rw}$$

式中： $V_{Rw}$ —隔震层抗风承载力设计值（N），隔震层抗风承载力由抗风装置和隔震支座的屈服力构成，按屈服强度设计值确定；

$\gamma_w$ —风荷载分项系数，可取 1.4；

$V_{wk}$ —风荷载作用下隔震层的水平剪力标准值（N）。

这里规范的含义很明确，换句话说，当不单独设抗风装置时，隔震层抗风承载力设计值取隔震支座的屈服荷载设计值，即隔震支座总的水平屈服力，如图，隔震支座使用统计中汇总了隔震层隔震支座的各项属性，将隔震支座数量与对应的水平屈服力乘积累加即可得到隔震层抗风承载力设计值： $12*68.3+9*114.8+10*152.8+6*97.5+5*195=4940.8 \text{ kN}$ ，与问题中 4940.2kN 基本一致。

表 1·隔震支座使用情况统计

类别	使用数量	有效直径	剪切弹性模量	一次形状系数	二次形状系数	限界变形	有效面积	竖向初始刚度	水平初始刚度	水平屈服力	屈服后水平刚度	水平等效刚度	等效阻尼比
符号	N	d	G	S1	S2	/	A	K <sub>v</sub>	K <sub>u</sub>	Q <sub>d</sub>	K <sub>d</sub>	K <sub>eq</sub>	ξ <sub>eq</sub>
单位	套	mm	N/mm**2	/	/	%	cm**2	kN/m	kN/m	kN	kN/m	kN/m	%
支座 1	12	600	0.4	24.3	5.4	400	2826	2200000	12610	68.3	970	1540	24
支座 2	18	600	0.4	20.3	5.4	400	2826	1800000	840	0	0	840	0
支座 4	9	800	0.4	25.8	5.4	400	5024	2800000	16630	114.8	1280	2000	23
支座 6	10	900	0.5	29.8	5.4	400	6358	3300000	18690	152.8	1440	2290	23
支座 10	6	700	0.4	25.8	5.4	400	3848	2600000	14440	97.5	1110	1810	25
支座 11	1	700	0.4	24.5	5.4	400	3839	2100000	990	0	0	990	0
支座 12	5	1400	0.4	32.6	5.4	400	7693	5200000	28880	195	2220	3620	25

图 2 隔震支座使用情况统计表

## 2 PKPM-JZ 模块中的减震模型，参数设置中勾选了时程计算，模型运行报错？

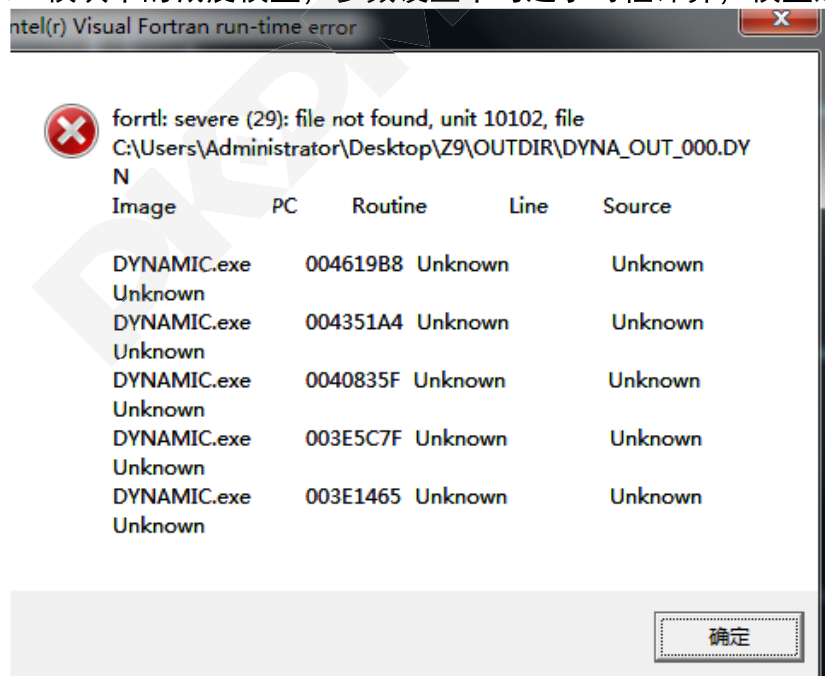


图 3 报错截图

A:

如图 4，模型框剪结构，需要采用梁式消能器进行减震设计，连梁采用框架梁，模拟剪力墙开洞，连梁上布置了位移型阻尼器。图 3 所示，出现此类弹窗报错示意弹性时程计算出错，一般有两个原因，一个是由于勾选了时程计算但未选择地震波导致，此时重新选择合适的地震波即

可正常计算；二是由于建模不合理导致，此模型属于第二类，如图 5，在布置了连梁阻尼器未知的上一层是整片剪力墙，此时在进行时程分析时，阻尼器相当于被固定，无法进行迭代计算导致报错。处理方式可以将下层该位置的连梁阻尼器删除或者将上层该位置采用框架梁模拟剪力墙开洞解决此类无法计算的情况。

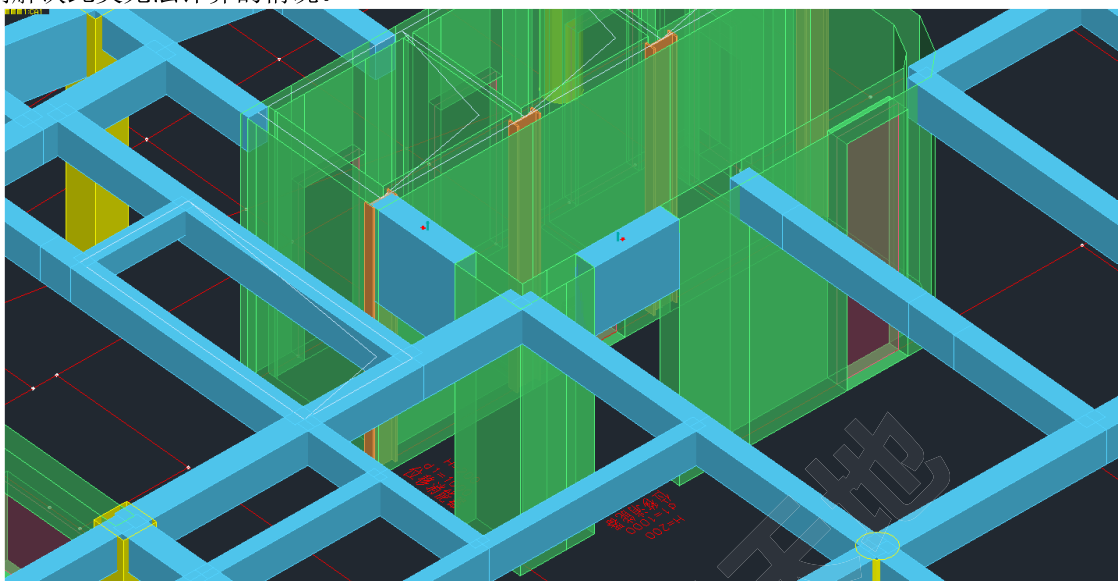


图 4 连梁消能器 PKPM 的模型

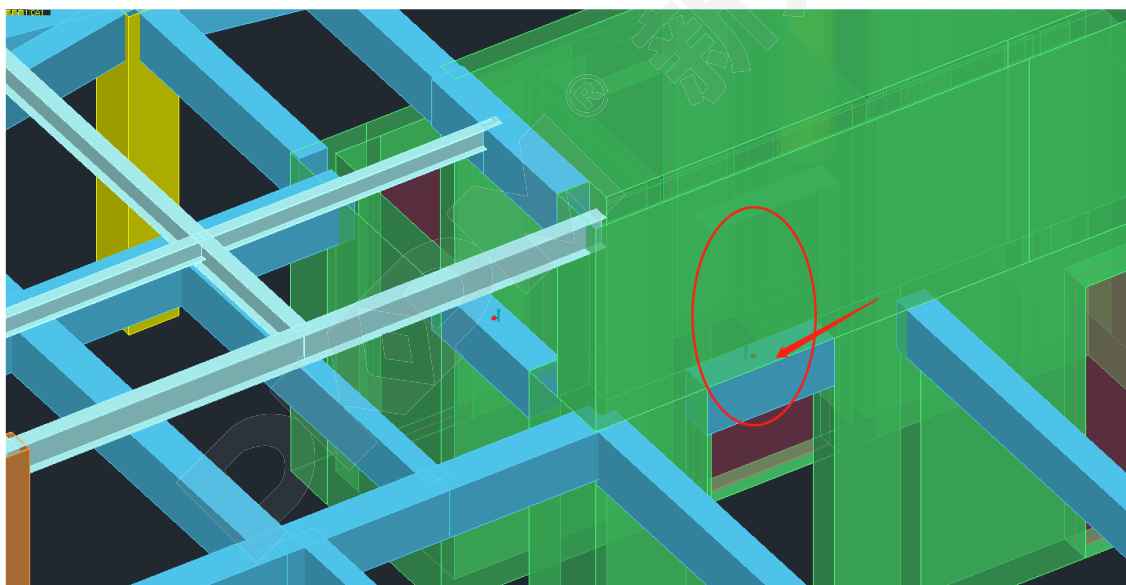


图 5 不合理的建模方式

3 在进行隔震结构设计时, 针对于下部混凝土上部网架结构, 网架采用橡胶支座, 在 PKPM-GZ 模块应如何操作进行模拟, 需要在网架层也布置一层隔震支座吗?

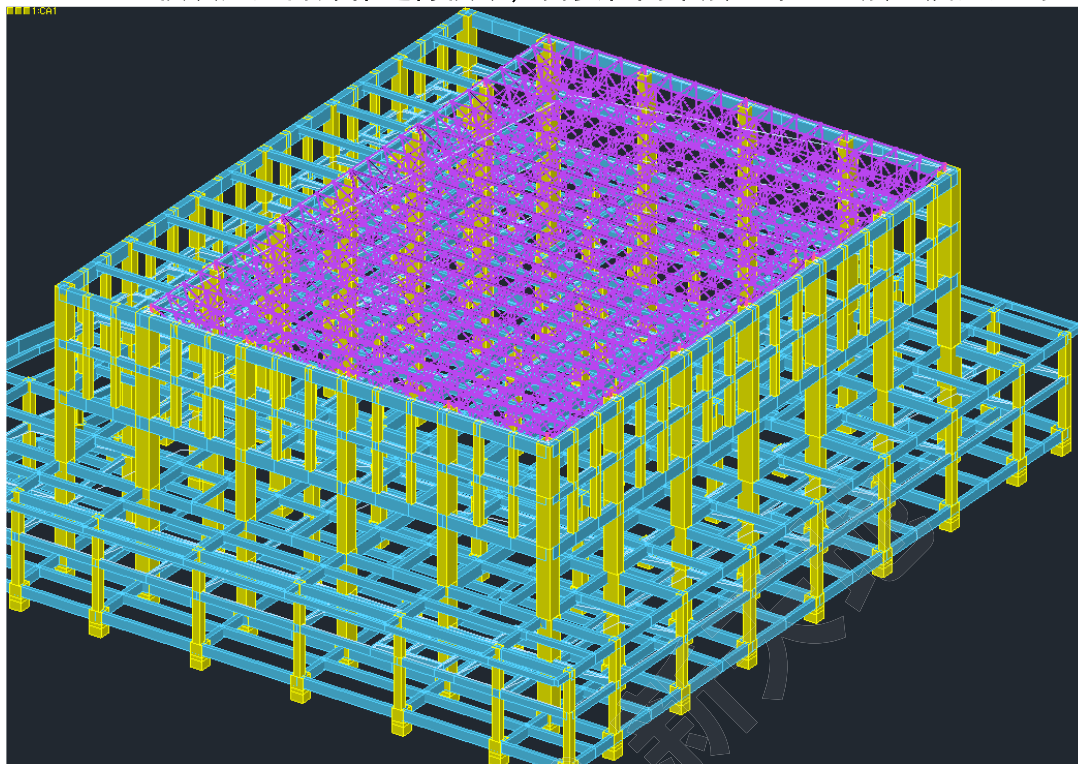


图 6 带有网架的隔震模型

A:

其实这个问题可以拆分成两部分就很容易明白, 带有网架的混凝土结构隔震模型建模时, 下部混凝土建模上与普通结构无差异, 仍按照下支墩、隔震直支座层、上支墩层和上部结构建模, 上部网架 (自建或者其他软件导入) 支座处生成或布置竖直斜杆模拟实际工程的支座, 此时可在 PMCAD 建模模块的空间结构中找到“两点连接”, 根据支座厂商的技术参数定义相应的六个自由度的刚度 (数量级超过 10 的 6 次方可认为刚接) 与阻尼系数 (也可不定义), 后布置在竖直斜杆上即可, 后续切换至前处理按隔震设计设置参数计算即可。

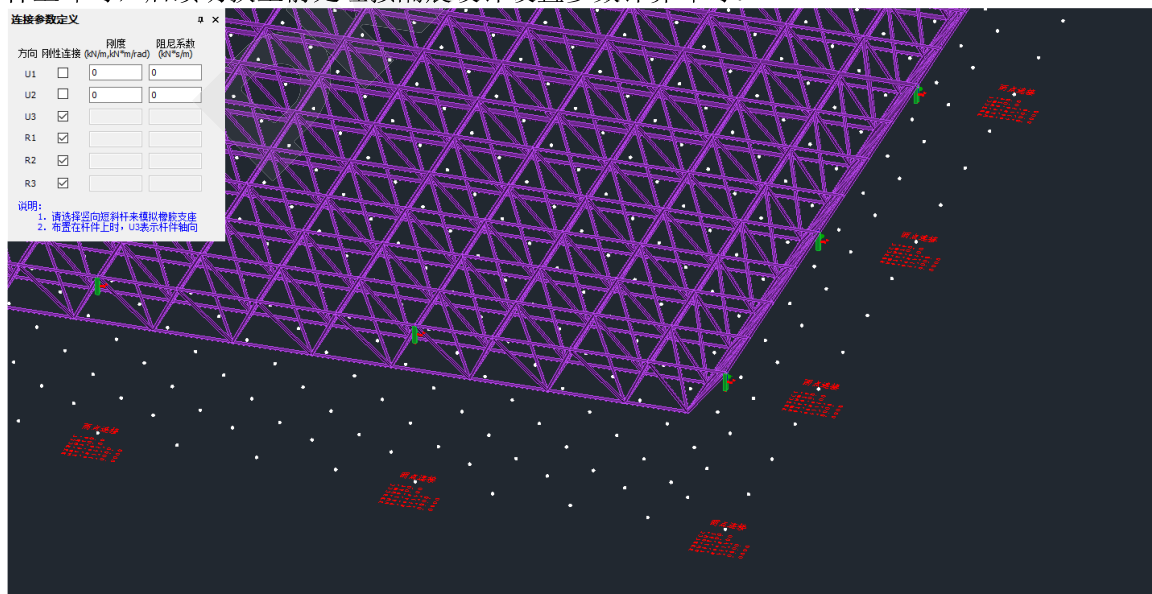


图 7 两点连接模拟橡胶支座

4 减震模型，采用弹性时程分析模块计算，当地震波的添加顺序不同时，计算结果也不一样？

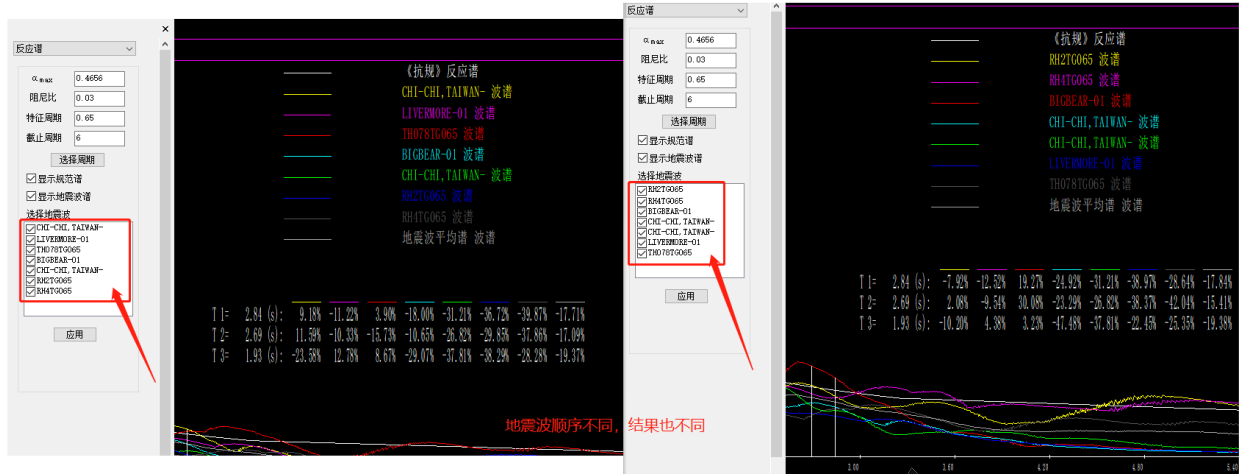


图 8 地震波顺序不同结果差异大

A:

对于体量较大结构或者减隔震等结构经常会需要进行时程分析以保证结构安全。PKPM 程序补充验算中提供了实用的弹性时程分析模块，支持弹性算法和 FNA 法，设计师仅需要进行简单的定义即可计算。需要注意的是，其中某项参数在使用过程中较少被用到，“第一、二、三条波地震力放大系数”，默认为 1.0，此参数经常被误解为地震波分三个方向的地震力放大系数，实则不然，其含义仅为字面意思，按地震波添加顺序的第一、二、三条波进行地震力放大。再次仔细观察图 8，发现波谱结果中的“CHI-CHI”绿色展示的结果，两者是一致的，这也就是因为填写了此参数的原因。当按默认值 1.0 时顺序不同，相同波结果一致。

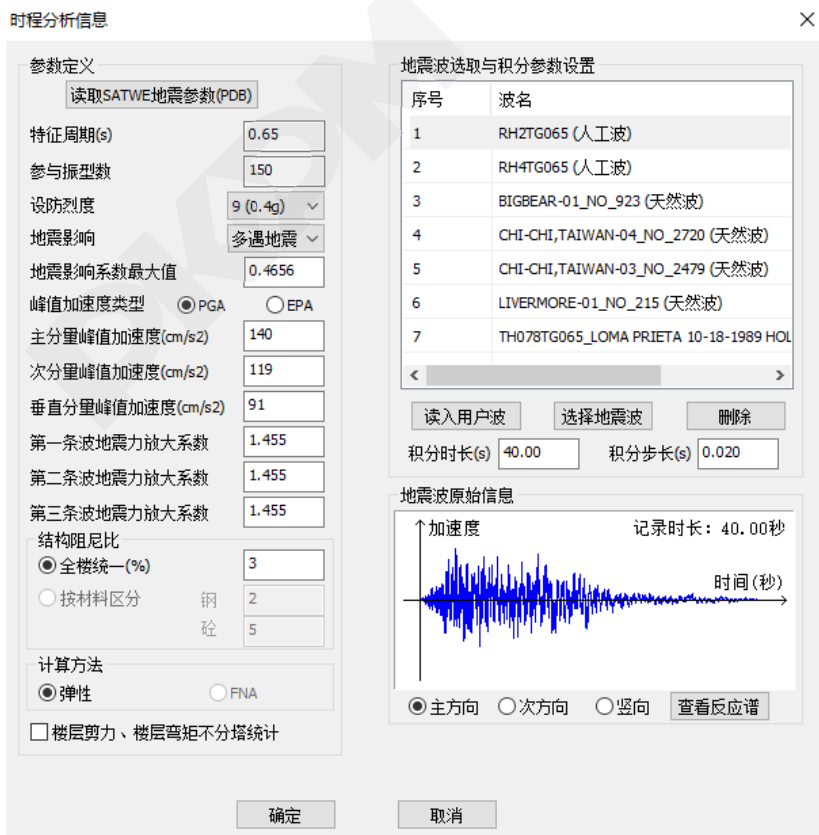


图 9 弹性时程分析参数页



## 5 隔震模型进行方案对比时，错层隔震模型计算的周期剪力等与等效同层隔震模型的结果差异较大？

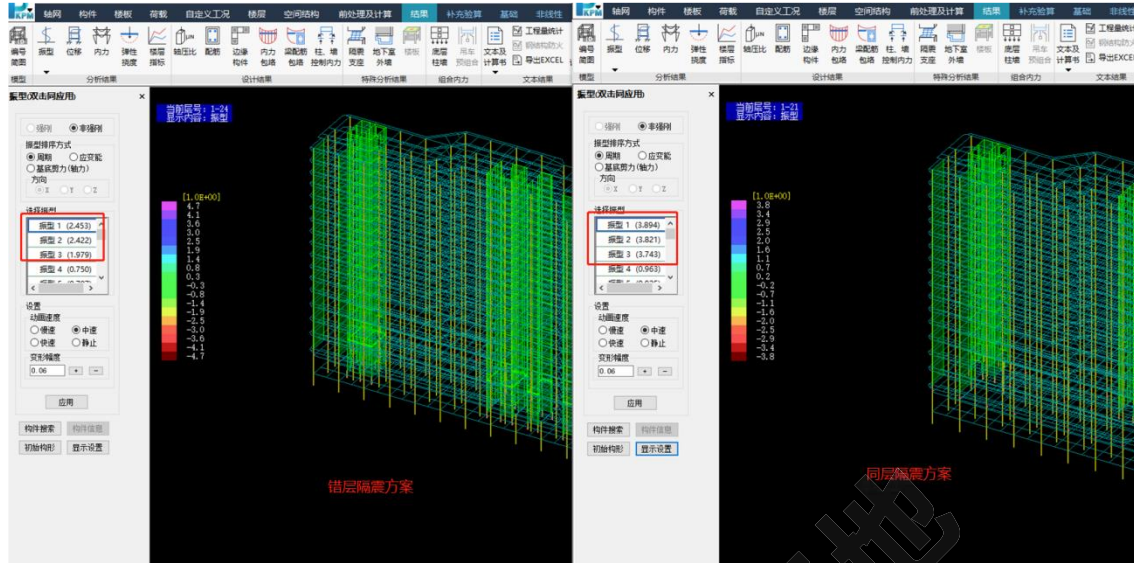


图 10.错层隔震与同层隔震方案周期对比

A:

根据设计师估算，错层隔震周期应和等效同层隔震周期相差不大。下面通过结果分析一下具体原因：在查看了两模型的振型图，可以明显看到错层隔震模型的隔震支座变形受限，起的作用不大，由此可知隔震支座受到了某种约束，造成此类情况的原因通常有以下两点：

- 1、电梯井在错层处未与主体断开（楼板或者构件相连）；
- 2、定义了地下室并考虑了回填土约束刚度；

在根据以上检查完后发现此模型并无上述问题，那么仅剩下一个隐藏较深的原因，某构件被定义了大地支座，导致隔震支座无贡献。可检查模型-楼层-支座，此时发现在两隔震层中的某层存在剪力墙节点处遗留的未删除的大地支座，也因这一个约束导致隔震支座收到了约束。在删除此处支座后重新计算，两个方案各项指标等较为接近。

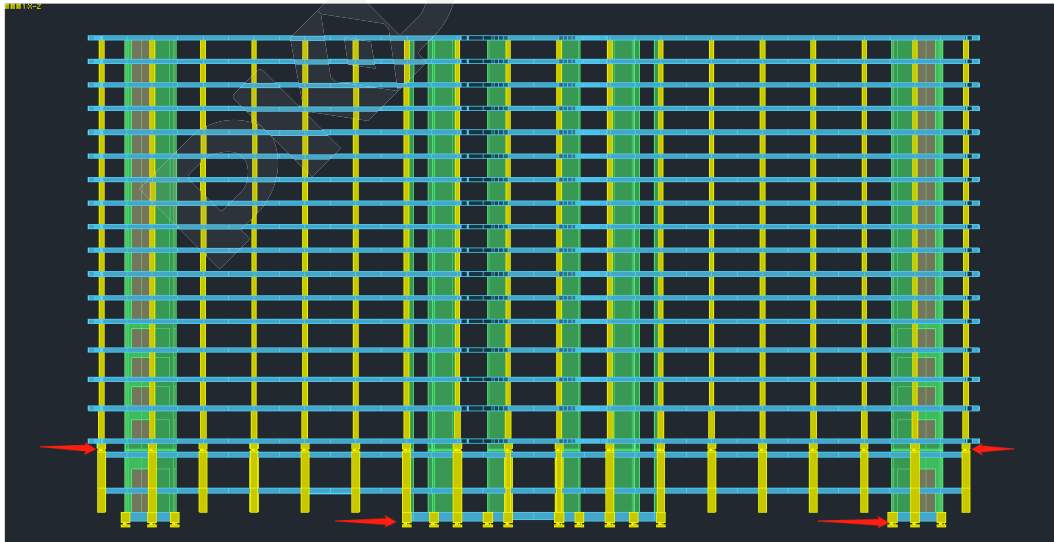


图 11 错层隔震位置示意

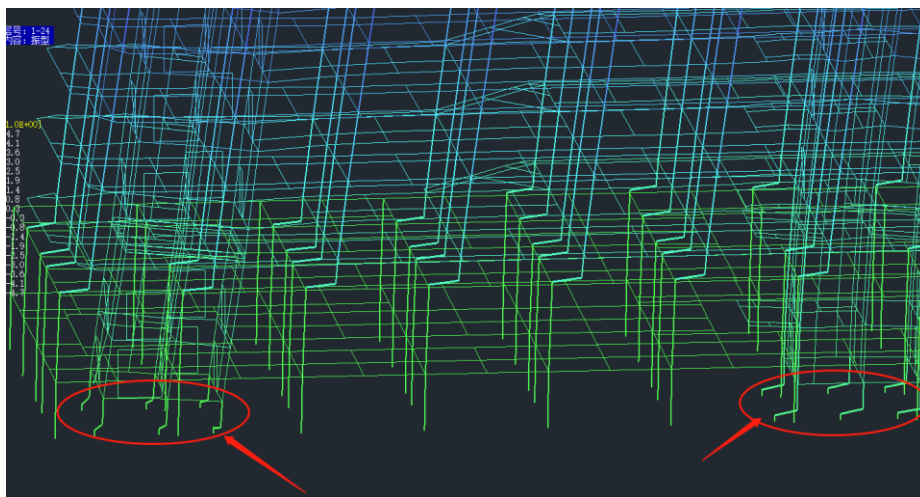


图 12 错层隔震振型图

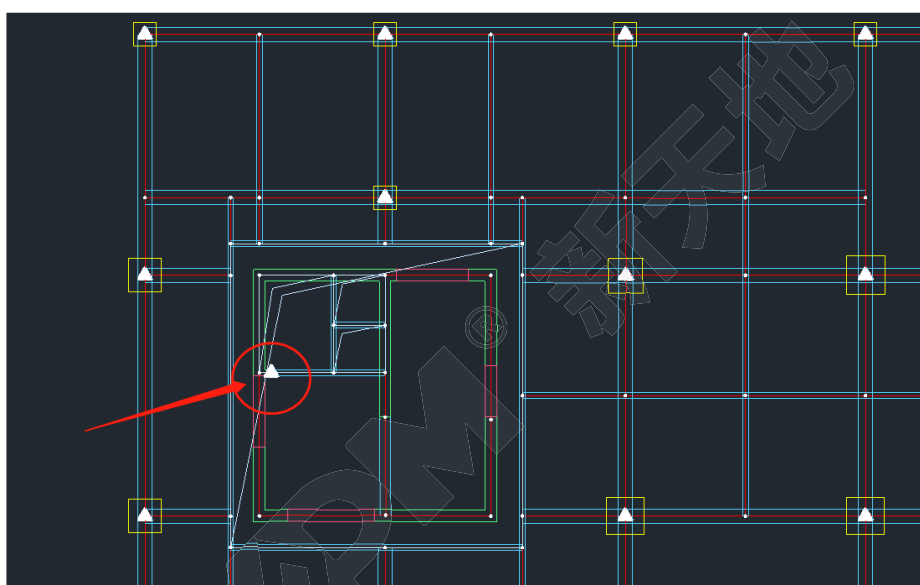


图 13 错层隔震建模不合理之处

## 参考文献

- [1] GB/T51408-2021 建筑隔震设计标准[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
- [2] GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [3] JGJ297-2013 建筑消能减震技术规程[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

# 结构系列软件常见问题解析（一）

王宇

中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司 北京 100013

[摘要] 在 PKPM 软件使用过程中，常常遇到操作或者程序处理方式上的疑问。如果不能准确把握程序的处理原则，或者不了解程序的操作方式，会直接导致计算上的错误。因此，本文对于模型和施工图中遇到的多个常见的问题为例，解释程序的处理原则，引导软件使用者正确利用软件进行设计。

[关键词] 梁端标高；腰筋；地基梁；水平分布筋；

## 1 建模时调整了梁的两端标高，但 satwe 结果中，梁成波浪状的位置变化是什么原因？

A:

建模时调整了梁的两端标高，见下图中的位置，但 satwe 结果中，梁成波浪状，见下图中箭头位置。

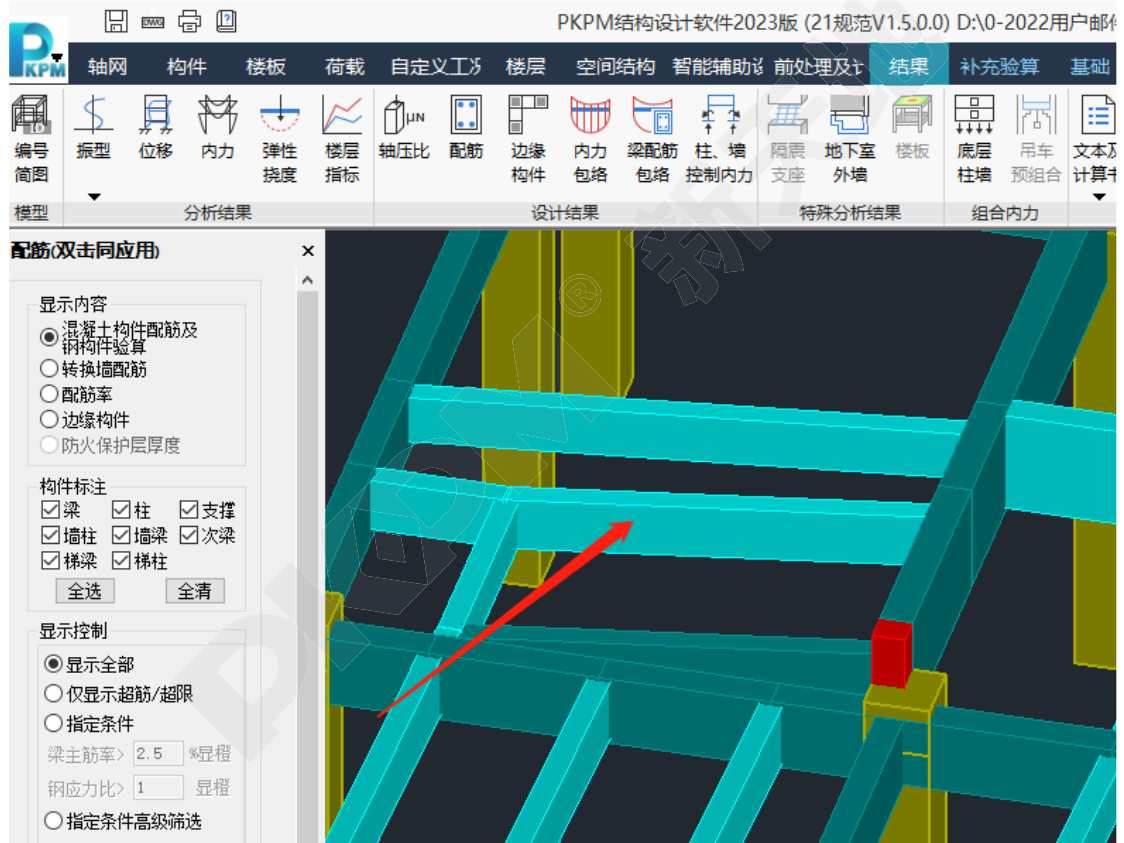


图 1 梁波浪状

这是由于梁连接的时候连的是顶点引起的，可以在参数定义中勾选“高低跨自动设置为桁架”解决这个显示问题，如下图。

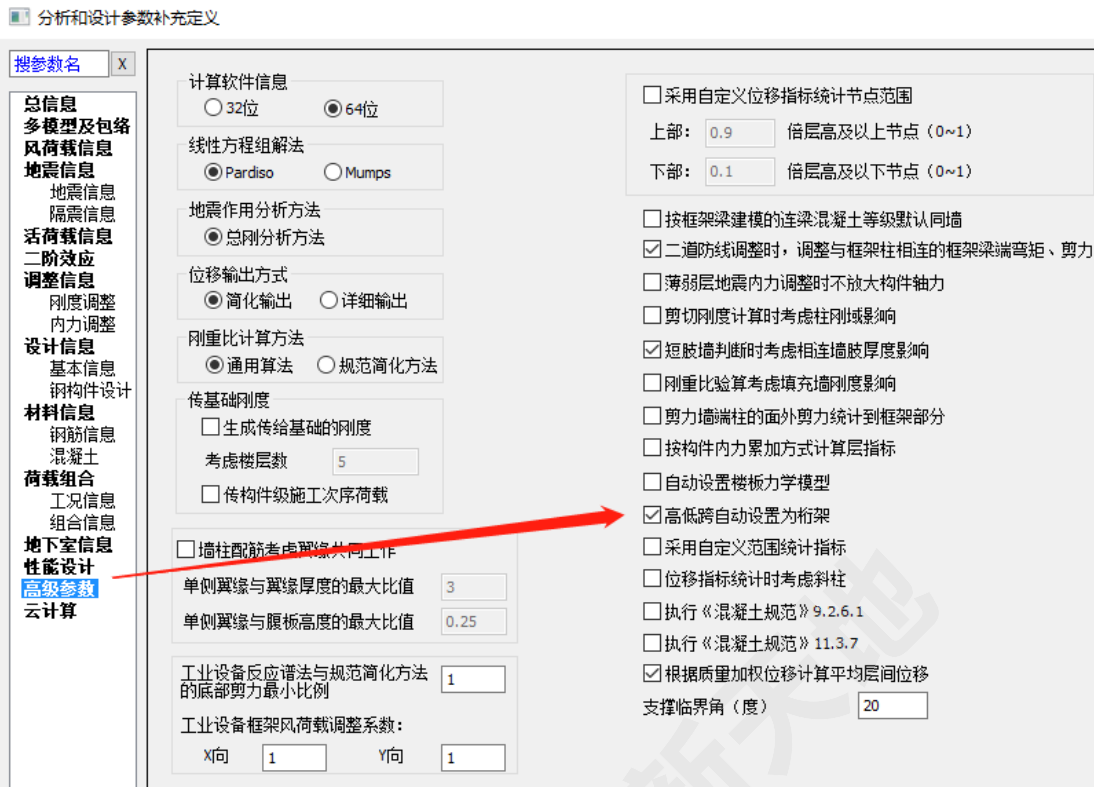


图2 计算书输出风荷载组合

勾选高低跨自动设置为桁架后的效果如下图。

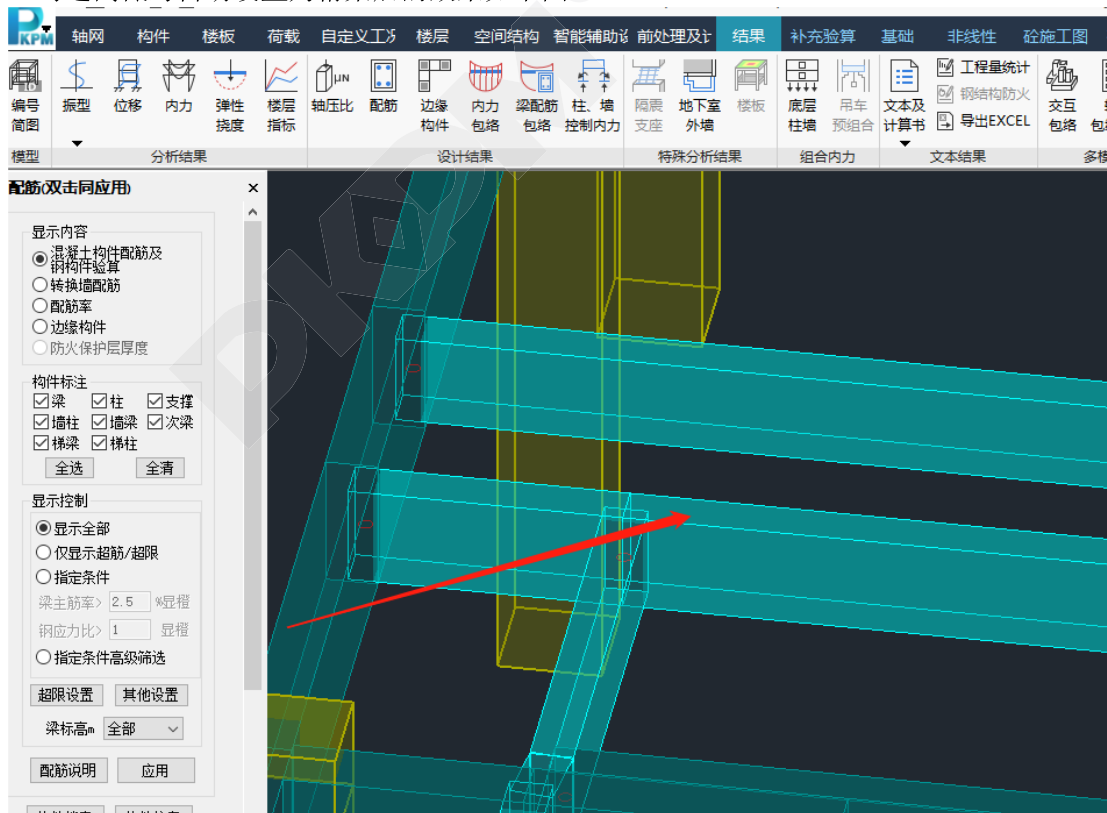


图3 勾选后计算模型效果

2 梁施工图中，LL2 的截面高度是 400，却配置 G2C12D 的腰筋。右边的 KL3 的截面也是 400 没有配腰筋，为什么？



图 4 LL2 和 KL3

A:

LL2 是连梁，按照剪力墙连梁标注配筋；KL3 是框架梁，按照梁标注配筋。所以是腰筋的规则不一样。

KL3 按照砼规 9.2.13 条规定，梁的腹板高度  $h_w$  不小于 450mm 时，在梁的两个侧面应沿高度配置纵向构造钢筋。

LL2 是“按照高规 7.2.27-4 条，连梁高度范围内的墙肢水平分布钢筋应在连梁内拉通作为连梁的腰筋。连梁截面高度大于 700mm 时，间距不应大于 200mm。”软件参照这一条，对腹板高度  $h_w$  大于 200 的连梁都配置了腰筋。

3 基础参数设置的箍筋强度为三级的，为什么基础梁施工图里箍筋输出一级的？

A:

看一下问题：下图是基础梁施工图的平法表示，箍筋 A14@200(4)，可以看出箍筋级别的是 1 级的，再看一下计算时的设计参数里设置的箍筋的级别；

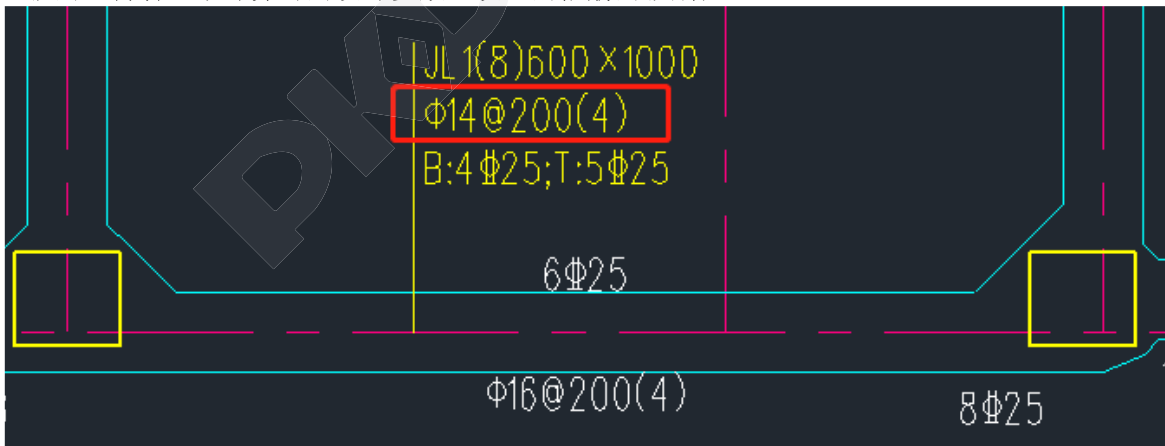


图 5 箍筋直径 14

设计参数里设置的箍筋间级别为 3 级；



图 6 基础材料参数

看一下计算结果：箍筋 3 级

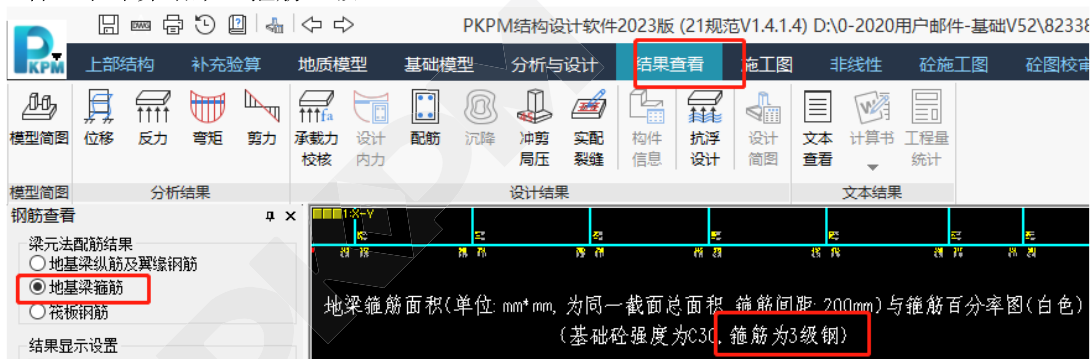
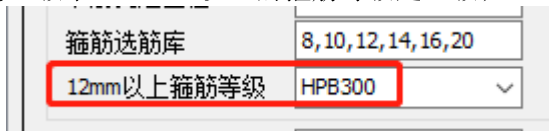


图 7 结果

看一下施工图

施工图参数里指定为 1 级了，12mm 以上的箍筋等级是 1 级；



将参数 12mm 以上的箍筋等级改成 3 级：

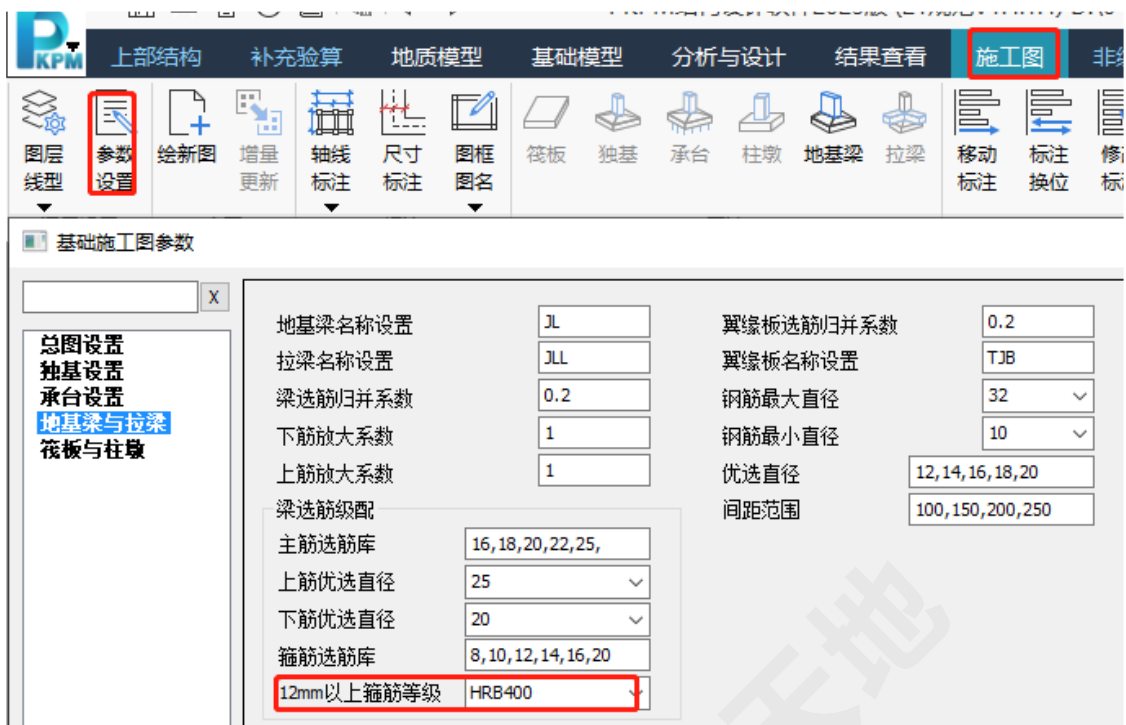


图8 结果参数

查看基础梁平法施工图，此时箍筋输出为3级。所以这个问题是参数设置的问题。

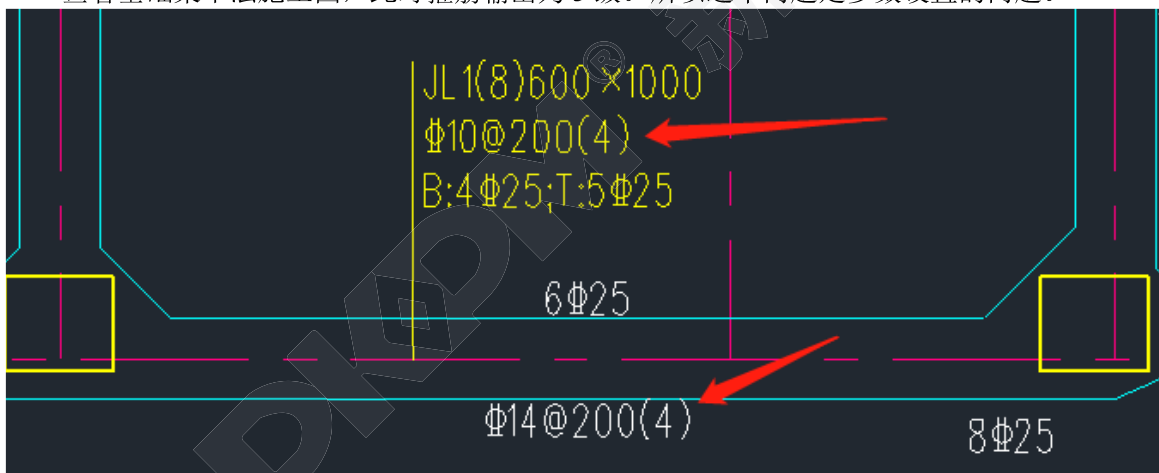


图9 级别改变为3级

#### 4 结构建模中楼板开矩形洞口 250mm\*250mm，楼板上的恒载是否扣减？

A: 结构建模 PM 软件中某块楼板上开矩形洞，SETWE 软件接力计算时，会考虑扣减楼板的恒荷载。

本例题，在结构建模中，楼板上开了 250mm\*250mm 的洞口，楼板上布置恒载 10KN/平米。下面给出 SETWE 软件的计算结果核对。

下图是没有开洞口的情况：恒载质量为 157.5。

根据《高规》3.5.6条的规定，楼层质量沿高度宜均匀分布，楼层质量不宜大于相邻下部楼层满足规范要求。

表1 质量分布

层号	质心X, Y, Z(m)	恒载质量(t)	活载质量(t)	层质量(t)	质量比
1	5.00, 5.00, 3.00	157.5	0.0	157.5	1.00

恒载产生的总质量 (t): 157.500

活载产生的总质量 (t): 0.000

结构的总质量 (t): 157.500

恒载产生的总质量包括结构自重和外加恒载

结构总质量包括恒载、活载产生的质量和附加质量以及自定义工况荷载产生的质量

活载产生的总质量、自定义工况荷载产生的总质量和结构的总质量是活载折减后的结果 (1t = 1000kg)

有蓝色底色标识位置双击可以查看图形

图 10 无洞口恒载质量

下图是有开 250mm\*250mm 洞口的情况：恒载质量为 157.438。

250mm\*250mm 洞口上的恒载为  $=0.25*0.25*10=0.0625KN$

有洞口恒载  $157.438 + 0.0625 =$  无洞口恒载 157.5

结构质量分布

根据《高规》3.5.6条的规定，楼层质量沿高度宜均匀分布，楼层质量不宜大于相邻下部楼层满足规范要求。

表1 质量分布

层号	质心X, Y, Z(m)	恒载质量(t)	活载质量(t)	层质量(t)	质量比
1	5.00, 5.00, 3.00	157.4	0.0	157.4	1.00

恒载产生的总质量 (t): 157.438

活载产生的总质量 (t): 0.000

结构的总质量 (t): 157.438

恒载产生的总质量包括结构自重和外加恒载

结构总质量包括恒载、活载产生的质量和附加质量以及自定义工况荷载产生的质量

活载产生的总质量、自定义工况荷载产生的总质量和结构的总质量是活载折减后的结果 (1t = 1000kg)

有蓝色底色标识位置双击可以查看图形

图 11 有洞口恒载质量



5 连梁 LL8 和 LL2 有区别的，LL8 有 N2C12 的抗扭腰筋（方里框的），LL2 是构造腰筋 G2C12（椭圆里），为什么？

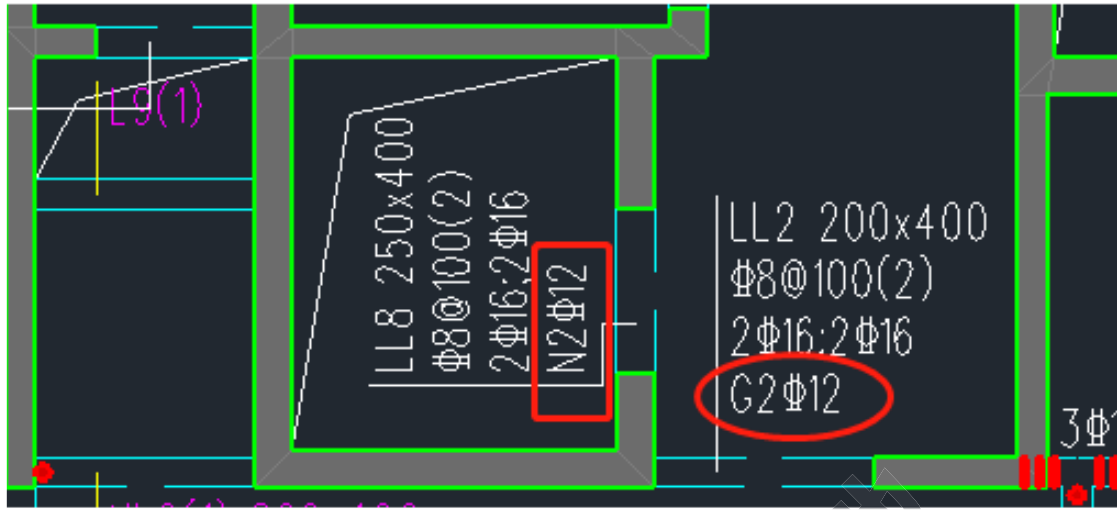


图 12 LL2 和 LL8

A:

先查看 SATWE 计算是否有抗扭钢筋的需要，ASTT 剪扭配筋纵筋面积，LL2 和 LL8 的都是 0，计算不需要配筋抗扭纵筋。



图 13 连梁计算结果

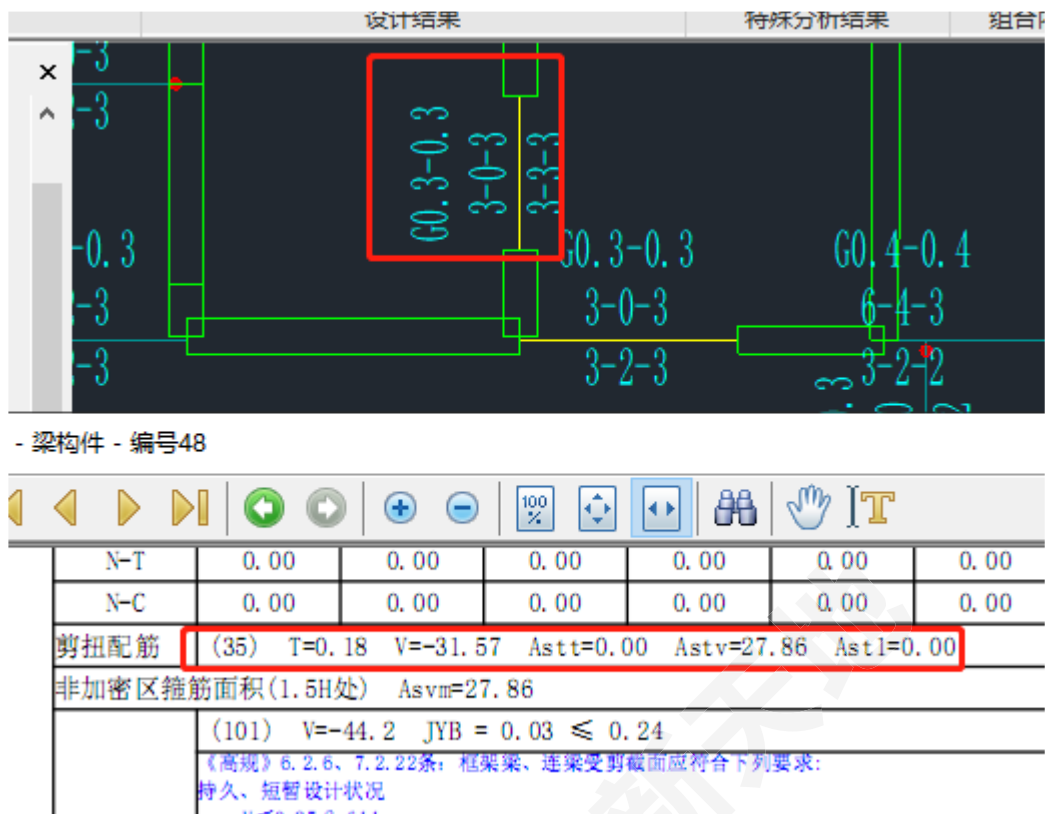


图 14 计算结果

看看参数有没有特别规则：有“边梁设置抗扭腰筋”选项，如果不勾选，LL2 和 LL8 都是构造腰筋 G2C12；下图。

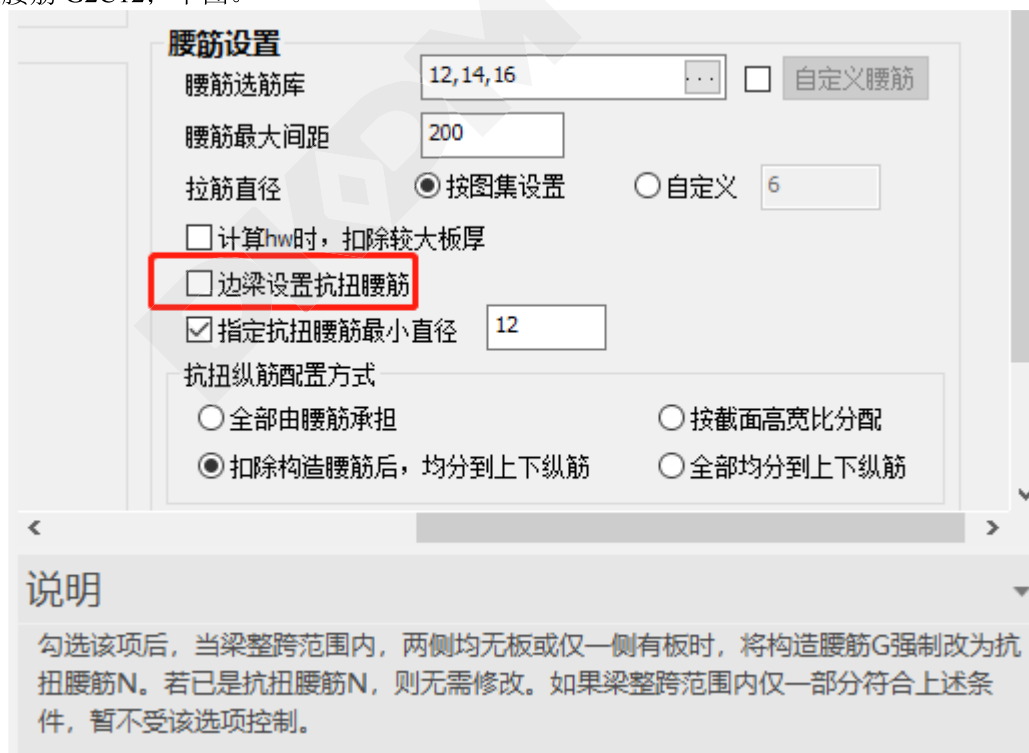
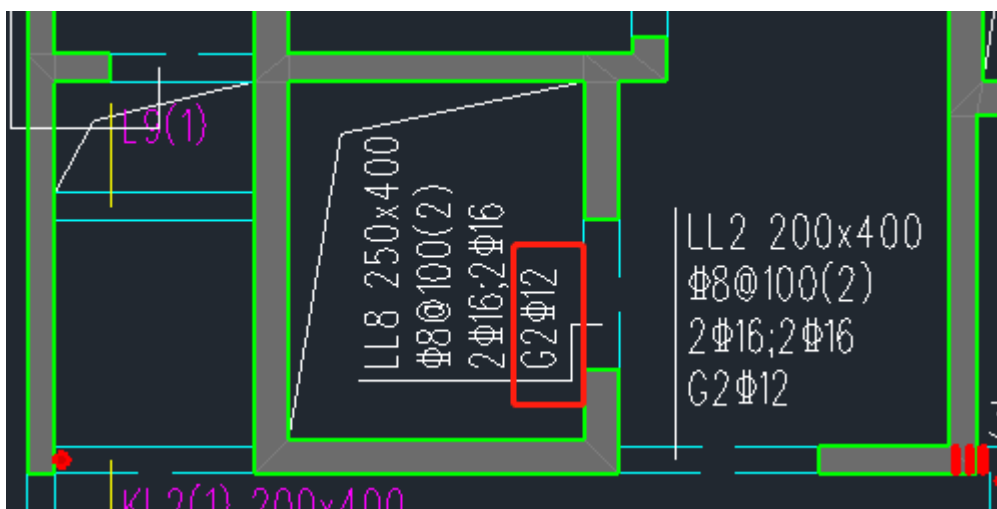


图 15 边梁设置抗扭腰筋参数



## 参考文献

- [1] GB50010-2010 混凝土结构设计规范[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] JGJ3-2010 高层建筑混凝土结构技术规程[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [3] GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [4] GB55008-2021 混凝土结构通用规范[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
- [5] GB50068-2018 建筑结构可靠性设计统一标准[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2019.

# 构力科技入选国资委中央企业数字协同创新平台最佳实践成果

## 2023 年中央企业数字协同平台交流活动

2月28日，国资委举办2023年中央企业数字协同平台交流活动，国资委副秘书长庄树新出席并讲话。活动现场发布了中央企业数字协同创新平台35项最佳实践成果。北京构力科技有限公司的建筑研发设计BIM智慧报建审查系统成功入选！



### 1.1 央企数字协同平台助力国资央企数字化转型再上新台阶

活动上庄树新表示，央企数字协同平台全力支持服务国资央企数字化转型工作，已经成为推动实施国企数字化转型行动计划的重要力量。各平台要统一思想，提高站位，增强推进国资央企数字化转型的大局意识、责任意识和忧患意识，提升赋能水平，强化协同创新，加强平台建设，助力国资央企数字化转型再上新台阶。

中央建筑企业数字化转型协同创新平台作为央企数字协同平台之一，于2022年11月5日由中国建筑科学研究院有限公司等十家建筑央企共同发起。平台旨在发挥中央企业引领作用，凝聚产业上下游企业及生态合作伙伴，搭建集战略协同、技术研发、标准制定、对标评估、供需对接等为一体的建筑产业数字化转型协同发展公共服务。自成立以来，聚焦共性关键核心技术攻关、创新成果应用推广和协同联动三大工作内容开展工作。

### 1.2 构力科技入选国资委中央企业数字协同创新平台最佳实践成果

北京构力科技有限公司（以下简称：构力科技）是我国建筑行业计算机技术开发应用的最早单位之一，前身为中国建筑科学研究院建筑工程软件研究所，1988年创立了PKPM软件品牌，公司于2017年成立，是国资委全国首批十家中央企业员工持股试点单位之一。构力科技在软件信息化方面已有三十余年积累，始终坚持科技自立自强，引领国产自主的建设行业工程软件平台发展。此次构力科技所申报的建筑研发设计BIM智慧报建审查系统成功入选中央建筑企业数字化转型协同创新平台最佳实践成果！

中央建筑企业数字化转型协同创新平台	31	建筑研发设计BIM智慧报建审查系统	北京构力科技有限公司
	32	建筑研发设计BIM智慧报建审查系统	北京构力科技有限公司
	33	建筑研发设计BIM智慧报建审查系统	北京构力科技有限公司
	34	建筑研发设计BIM智慧报建审查系统	北京构力科技有限公司

### 1.3 BIM 智慧报建审查系统提质增效，推动建设领域信息化、数字化、智能化发展

建筑研发设计 BIM 智慧报建审查系统（以下简称，BIM 智慧报建审查系统）是实现工程建设项目电子化审查审批，推动建设领域信息化、数字化、智能化的重要抓手。系统采用轻量化引擎技术实现全信息模型可视化浏览，研发智能审查引擎实现对建筑、结构、水、暖、电、人防、消防、装配式及节能等全专业智能审查，有效排除设计错误，提升设计质量，减少变更与返工。

### 1.4 BIM 智慧报建审查系统优势

- ① 统一标准数据格式：研发统一 BIM 报审数据，实现不同软件、专业、技术的数据互通，支撑 BIM 全生命周期的扩展应用，为工程建设项目审批及智慧城市建设奠定数据基础；
- ② 支持国产自主 BIM 报审：支持国产 BIM 报审，确保数据资产安全可控，以 BIM 技术引领新一代信息技术发展；
- ③ 可视化辅助指标审查：项目指标自动计算，审查准确快速，一键生成审查报告，指标自动关联模型，辅助业务人员快速决策。
- ④ 云端轻量化审查：采用浏览器端自主轻量化三维展示，方便设计单位、审查单位、建设单位、政府主管部门随时随地登录审查，审查结果可视化展示；
- ⑤ 全专业智能审查：解析规范条文，建立规则库，支持建筑、结构、给排水、暖通、电气五大专业，消防、人防、节能、装配式四大专项智能审查；
- ⑥ AI 技术赋能：AI 图形识别技术，AI 图模一致性对比，AI 设计说明审查。

### 1.5 BIM 智慧报建审查系统助力各省市施工图审查质量高效提升

目前系统已在湖南、广州、南京等 13 个省市上线试运行，3000 多个工程项目完成 BIM 报建审批，使各省市施工图审查质量和效率有了进一步提升。

雄安新区规划建设管理平台建设于 2018 年 11 月启动，列入住建部首批 BIM 审查审批和 CIM 平台建设的试点工作；湖南是全国范围内率先启动施工图 BIM 审查系统的建设工作，于 2020 年 8 月正式上线运行。广州市作为住建部 CIM 试点城市之一，于 2019 年底开始施工图三维数字化审查系统建设工作，系统对接广州市智慧城市 CIM 平台，2020 年 10 月上线运行。南京市于 2020 年启动了建设工程 BIM 智能审查系统的建设工作，目前该系统（一期）已融入原图审系统管理流程，于 2021 年 1 月开始试上线运行。

## BIM报审及CIM平台建设实践 承担十多个省市BIM报审应用



- 1 湖南省BIM施工图审查平台
- 2 湖北省BIM施工图审查系统
- 3 厦门市BIM规划报建审查审批系统
- 4 雄安BIM管理平台
- 5 雄安新区规划建设培训考核平台
- 6 广州城市信息模型(CIM)管理平台
- 7 中新天津生态城智慧城市CIM平台
- 8 南京市建设工程BIM智能审查管理系统
- 9 苏州市智能数字施工图审查系统
- 10 青岛市智能数字施工图审查系统
- 11 三亚崖州湾科技城BIM规划报建审查审批系统
- 12 宜昌城市大脑BIM数据管理子系统

# “十四五”国家重点研发计划“支持非线性几何特征建模的建筑信息模型（BIM）平台软件”项目启动暨实施方案论证会顺利召开

## 论证会顺利召开

3月8日，由中国建研院牵头承担的“十四五”国家重点研发计划“支持非线性几何特征建模的建筑信息模型（BIM）平台软件”项目启动暨实施方案论证会在成都顺利召开。



中国21世纪议程管理中心战略研究与区域发展处副处长孙新章，住房和城乡建设部工程质量安全监管司技术处处长周晓杰、标准定额司科研处副处长姚秋实出席会议并致辞。中国建研院总经理、项目负责人许杰峰作项目实施方案工作报告。会议由中国建研院科技标准部副主任谢尚群主持。

会议成立了由中国工程院院士丁烈云任组长，全国工程勘察设计大师谢卫、王长进等组成的专家组，对项目实施方案进行论证。课题负责人和课题参与单位70余名代表参加会议。

许杰峰及各课题负责人分别就项目和课题的目标任务、工作计划安排、经费预算等内容进行了详细汇报。论证专家组对项目 and 课题实施方案进行了点评，一致认为该项目面向国家重大基础设施的建设需求，对于城镇化高品质建设和可持续发展具有重大意义，项目及课题实施方案科学合理，课题设置与项目研究目标结合紧密，研究内容科学，技术路线明晰，考核方式和进度安排合理，并表示，项目牵头单位结合项目特点制定了科学的管理办法，责任落实到位，保障措施有力。

本次论证会圆满完成了各项议程，为按时高质量完成项目预定研发工作和示范任务起到了重要作用，为项目完成后续研究工作奠定了坚实基础。

中国建研院在“十三五”期间承担了我国工程软件中的关键核心技术重大攻关项目，开展自主BIM三维图形引擎、基础平台和BIM核心软件研发，实现了自主BIM技术从无到有。“十四五”期间，由中国建研院牵头，联合国内9家国有企业和高校共同承担的“十四五”国家重点研发计划项目“支持非线性几何特征建模的建筑信息模型(BIM)平台软件”，将持续攻关，通过研究支持非线性几何特征建模的国产BIM三维图形引擎和协同设计平台，研发建筑、铁路和电网工程领域BIM设计软件，进一步解决国家重大基础设施工程的三维建模精度和协同设计问题，实现核心软件国产替代，保障我国重要基础设施和重大工程的信息安全。

# 住房和城乡建设部党组书记、部长倪虹到中国建筑科学研究院调研

4月10日，住房和城乡建设部党组书记、部长倪虹到中国建筑科学研究院有限公司调研，考察近零能耗示范楼和光电建筑、参观 BIM 展厅、听取科研工作汇报。住房和城乡建设部总工程师李如生参加调研。



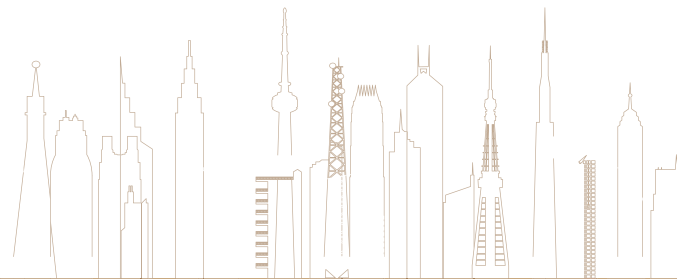
倪虹表示，今年是全面贯彻落实党的二十大精神开局之年，必须完整、准确、全面贯彻新发展理念，把中国式现代化落实到住房和城乡建设事业具体工作实践中。住房和城乡建设事业高质量发展必须科技赋能，要加强科技引领，把科技创新摆在各项工作突出位置，持续巩固提升世界领先技术，集中攻关突破“卡脖子”技术，大力推广应用新材料、新工法、新产品，把产品质量、科技含量提上去，以努力让人民群众住上更好的房子为目标，为全社会提供高品质的建筑产品。

倪虹强调，要举全行业之力打造一批住房和城乡建设领域科研基地、创建一批世界级建筑科研院所，努力造就住房和城乡建设领域更多大师、战略科学家、一流科技领军人才和创新团队、青年人才、卓越工程师、大国工匠、高技能人才。加强智库建设，让智库在政府制定重大政策时提供技术支持、在国家应急时担当参谋助手、在行业发展中发挥思想引领作用。

倪虹指出，住房和城乡建设领域承担两个支柱产业，一个是建筑业，2022年增加值占GDP6.9%；另一个是房地产业，2022年增加值占GDP6.1%，两个支柱合起来占13%。把两根柱子稳住，对稳定经济大盘有重要意义。要充分认识到我们在经济社会发展中的重要位置，增强责任意识。行业企业要充分发挥国民经济“顶梁柱”“压舱石”作用，自觉担当稳定宏观经济大盘使命责任，深入推进供给侧结构性改革，满足人民群众对美好生活的向往。

中国建筑科学研究院有限公司党委书记、董事长王俊表示，中国建筑科学研究院有限公司在建筑环境与节能、建筑软件、绿色建筑成套技术、防灾减灾技术等的研究与开发方面取得显著成果，研发出具有完全自主知识产权的 BIMBase 系统，已推广到 1000 多家建筑业企业，在 3000 多个实际工程中应用。将继续把服务公益事业、推进行业技术进步作为己任，对标世界一流建筑科研院所，加大科技研发力度、加强科技成果转化、加快人才培养，为推动住房和城乡建设事业科技进步作出新贡献。





PKPM在国内设计行业占有优势,拥有用户上万家,市场占有率达95%以上,是国内应用普遍的CAD系统之一。它紧跟行业需求和规范更新,不断推陈出新开发出行业所需的软件产品,使国产自主知识产权的软件十几年来一直占据我国结构设计行业应用和技术的主导地位。PKPM及时满足了我国建筑行业快速发展的需要,显著提高了设计效率和质量,为实现建设部提出的“甩图板”目标做出了重要贡献。

《PKPM新天地》杂志是由中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司主办,主要面向PKPM系列软件用户及广大工程设计人员发行的工程类期刊。

《PKPM新天地》杂志将时刻掌握行业的最新动态,也将立志为所有的从业人员提供最好的交流平台。

为了更好地服务于 PKPM 系列软件用户及广大工程设计人员,《PKPM 新天地》以 PKPM 软件的应用为核心,精心策划每一个栏目,认真组织每一项内容,对设计工作中的 PKPM 应用技巧进行全面剖析,为工程技术人员和企业的技术人员提供重要的参考。

如果您对 PKPM 软件有独到的见解;如果您在使用 PKPM 软件进行设计时有相关的经验技巧;如果您能担当答疑解惑的重任;如果您了解建筑设计行业所发生的大事、小事、新鲜事.....在此,我们向国内所有建筑设计单位的工程师及技术人员真诚约稿,广泛征集设计分析文章以及 PKPM 应用案例,包括在设计中的心得体会和宝贵经验,给广大设计师以参考借鉴。希望广大建筑设计院的朋友们踊跃投稿。稿件一经录用,将及时通知作者本人,并给予相应的稿费报酬。

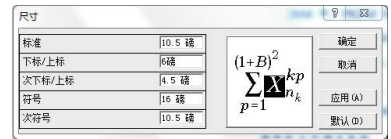
**投稿邮箱: [editor@cabrtech.com](mailto:editor@cabrtech.com), 欢迎您来信投稿!**



扫码下载格式模板

## 投稿方式

- 1、要求来稿理论和技术观点明确、数据准确可靠、内容充实、结构严谨、文字简明扼要、通顺易懂。
- 2、来稿内容应包括：题目、摘要和关键词、作者姓名及单位、正文、参考文献，并注明：第一作者的性别、出生年月、最高学历、学位、职称、职务等，以及详细通讯地址（含邮政编码）、电话号码和电子邮箱地址。
- 3、内文中如有公式，请用office自带公式编辑器编辑（Microsoft 公式3.0），尺寸见右图。如有CAD图的，最好能导出EPS格式的；图片另附（300dpi）电子邮件投递。
- 4、格式要求（可扫描右上方二维码或搜索网址<https://pan.baidu.com/s/1c7voDn0kYr4EDFITc4Vs9w>下载格式模板）：
  - 1) 纸张大小、页边距：A4、上下：2.6cm、左右：2.8cm。
  - 2) 页眉、页脚：页眉顶端距离、页脚底端距离分别为1.5、1.75cm，页眉宋体小五、右对齐，页码Times New Roman小五、居中
  - 3) 题目：黑体、二号、居中、段前0.5行、段后0.5行。
  - 4) 姓名：黑体、五号、居中。
  - 5) 单位信息：黑体、小五、居中、段后0.5行。
  - 6) 摘要：黑体、小五（空一格）摘要文本：宋体、小五
  - 7) 一级标题：黑体，四号，若有引言或概述，题号从0开始。
  - 8) 二级标题：黑体，小四，单倍行距，段前0.5，题号1.1, 1.2, ...。
  - 9) 三级标题或文中分段时，序号用（1）.....；（2）.....；.....。
  - 10) 正文：宋体、五号，单倍行距，段前距0.5行，段后距0，首行缩进2字符；文中所有英文和数字均为Times New Roman。
  - 11) 公式编号采用（1），（2），.....。在文中引用采用：式（1）。
  - 12) 图名：宋体、小五、居中；图号采用1, 2, ..., 大图中的各小图用（a），（b）.....来表示。如果图比较小，可以考虑两张图并排。
  - 13) 表格：表格名称宋体小五、居中；表号采用1, 2, ..., 表号右对齐；表格内文字，宋体、小五。删除左右两侧竖线，上下横线1.0磅，内部线条0.5磅。
- 5、问责由作者自负。引用他人作品应以引语、注解或列出参考文献等形式明确示知读者。常用的专业教科书和规范手册可不列入参考文献。文尾列出的参考文献不宜超过15篇。英文文献的作者名字为大写。参考文献标准格式示例如下：
  - 1) 图书类：[1] 钟善桐. 钢结构[M]. 北京：中国建筑工业出版社，1988。
  - 2) 期刊类：[1] 冯阳, 覃阳, 甘明等. 北京2008年奥运会国家体育馆 主体结构设计[J]. 建筑结构, 2008, 38(1): 1-5.
  - 3) 论文集类：[1] 钟文发. 非线性规划理论[C]. 中国数学协会十周年研讨会论文集. 北京：高等教育出版社，2006。
  - 4) 学位论文类：[1] 钟文发. 非线性规划理论研究[D]. 北京：北京大学数学学院，2007。
  - 5) 规范和标准类：[1] GB50010-2002混凝土结构设计规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2002。
- 6、投稿邮箱：editor@cabrtech.com
- 7、编辑部地址：北京市北三环东路30号中国建筑科学研究院老主楼17层  
电话：010-6469 3443 QQ邮箱：165673211
- 8、投稿时请单独附上文档：注明您的姓名、邮箱、QQ、手机号码、身份证号、身份证正反面扫描件或图片、银行开户行、银行账号（建议使用建行）、个人学历、职称、单位等简介。



## 《PKPM新天地》主要栏目介绍：

### 专家专栏：

PKPM专家、建筑信息化行业专家与您共同分享建筑行业最新的前沿专业技术、行业现状解析、未来发展趋势。

### 工程师手记：

介绍如何在实践工作中应用PKPM软件。实用性强，深受广大用户喜爱的栏目。

### 更上一层楼：

介绍相关规范的深入解析以及PKPM软件的高级使用技巧。让您使用软件技高一筹，更加得心应手。

### 应用技巧：

由软件开发人员根据实际工程为大家介绍软件的应用技巧。官方、权威，软件用户必看栏目。

### 技术支持专栏：

将我们网站上知识堂的问题集中刊登，使一个问答服务千千万万用户，是您答疑解惑的好去处。

### PKPM最新动态：

拥有最新软件说明、讲座通知、会议通讯等PKPM最新信息，让您及时了解PKPM的最新动态

### 服务网站

官网可为用户提供最新版本软件、软件用户手册下载以及常见问题解答(知识库)等服务

### 官方公众号

PKPM最新动态、行业最新资讯、优秀技术文章分享, PKPM线上活动以及“在线咨询”等功能应有尽有

### 构力知识平台

PKPM优质知识资源的汇集中心广大工程师可以在平台上就专业问题和我们交流, 互为肩膀, 共同提升

### 服务接触方式

提供电话咨询  
邮件咨询  
现场咨询  
网络服务等多种互动支持

### PKPM认证培训

致力于帮助PKPM用户熟练应用软件、具备实际项目软件应用能力。通过了解软件编制原理, 切实解决项目软件应用问题。

### 构力学堂

由北京构力科技有限公司发起的面向全国建筑行业关注者打造的线上公益课堂 PKPM构力学堂自2016年开课至今开展了400余个专题教学课程已有逾18W从业人员选择构力学堂超过200W人次观看学习

## 全方位服务体系 ——用智慧建设, 用真心服务

中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司以向用户提供优质、高效的软件产品和服务作为自身发展的根本宗旨。通过遍布全国的技术服务网络和广大用户建立紧密联系, 密切关注行业发展动态, 积极听取广大用户意见, 及时满足市场需求, 当好引领我国建筑行业技术进步的排头兵。

呼叫中心400-8000-900



# PKPM-AID

## 结构智能辅助设计软件

为解决结构设计行业痛点问题, **构力科技**与**奥雅纳合作**, 依托PKPM软件平台, 结合奥雅纳成熟高效的  
结构智能化算法, 共同研发结构智能辅助设计软件**PKPM-AID**。软件可高效完成构件截面优选以及整体  
计算指标的控制, 经综合测算, PKPM-AID软件可**节约经济指标约10%**, **提升设计效率50%**以上, 推动  
建筑结构设计的自动化、智能化发展, 提升设计效率和设计质量!

**解决**  
结构设计行业痛点  
**提升**  
设计效率和质量

智能截面  
优选

整体指标  
控制

多方案  
对比



算法



数据



模型

# 全新 2022 BIM

## PKPM-BIM

建筑全专业协同设计系统

PKPM-BIM 全专业协同设计系统(简称 PKPM-BIM)基于 BIMBase 自主平台研发,100% 自主可控。该系统涵盖建筑、结构、给排水、暖通、电气五大专业,支持快速建模、协同设计、规范审查、模拟分析、图纸清单、轻量化展示、对接智慧运维等多场景数字化应用,为建筑行业数字化转型升级提供符合中国建设标准和 workflows 的 BIM 整体解决方案。



## PKPM-BIM 整体特点



# 绿色建筑与节能系列软件

PKPM建筑节能与绿色建筑系列软件由中国建筑科学研究院有限公司北京构力科技有限公司组织研发，是一套服务于建筑节能与绿色建筑领域，国产自主研发的模块全面、应用广泛的建筑性能模拟分析软件。该系列软件全新推出的V3.3版本秉承设计分析一体化原则，采用即绘即模拟技术，可在设计师主要工作环境下（如AutoCAD、中望CAD、浩辰CAD、Revit、PKPM-BIMBase等）快速实现绿色建筑与建筑节能各项模拟分析。

软件功能全面覆盖民用建筑和工业建筑领域，包含民用和工业建筑、绿色建筑风、光、声、热、能耗、空气质量等模拟，以及绿色运维系统。该系列产品全国用户超过10000家；其中，建筑节能设计软件是上海、天津、重庆、成都等地建设部门官方指定产品，是国内研发时间早、应用范围广的节能设计分析类软件。

## 跨平台



## 面向设计师

- |                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| 绿色建筑施工图设计评价软件 GBD | 建筑节能设计软件 PBECA           |
| 绿色建筑计算工具箱 GBTools | 工业节能设计软件 PBECAIndustry   |
| 室内外风环境模拟软件 CFD    | 建筑能耗模拟分析软件 Energy        |
| 天然采光模拟软件 Daylight | 建筑能效测评软件 EEP             |
| 室内外声环境模拟软件 Sound  | 室内热舒适性设计评价软件 TCD         |
| 住区热环境设计评价软件 TED   | 室内空气质量设计评价软件 AQ          |
| 建筑设计助手 (Deputy)   | 被动式超低能耗建筑模拟分析软件 PHEnergy |
| 三维日照分析软件 Sunlight | 碳排放计算软件                  |

## 合作伙伴

- 防排烟智慧设计软件 PHSMOKE (华电源)
- 建筑评星智能协同平台 (爱绿帮)
- 绿色建筑方案优化软件 PKPM-MOOSAS (清华大学)
- 碳排放计算、城市热环境 (华南理工&PKPM)
- 动态水力平衡 (同济大学)

## 面向开发商物业单位

- 绿色建筑动态评价系统 (PKPM-GOS)
- 健康空间系统 (PKPM-Hroom)
- 绿色建筑运维智慧管理系统
- 智慧街区管理平台 (PKPM-ICM)
- 智慧城区绿色健康运维管理平台

## 面向政府部门

- 节能审查管理系统
- BIM审查系统
- 绿色建筑在线评审与信息管理系统

产品分类

# 构力教育行业解决方案

构力科技坚持以可持续发展为核心的教育理念，以科技赋能教育，运用引领行业发展的前沿信息化技术搭建校企合作协同育人的人才培养平台，面向高校和企业提供与时俱进的人才发展解决方案。



科学研究

依托中国建筑科学研究院，承接系列科研课题及相关标准工作，搭建以“产、学、研、用”为一体的合作平台。



培训认证

基于行业信息化技术，如BIM、装配式、绿色建筑、智能建造等，开展面向高校教师的培训与认证工作；可实现公司级认证及1+X职业技能等级认证。



专业建设

针对土木工程、工程管理、建筑学、建筑工程技术等相关专业提供数字化人才培养方案，实践教学课程体系。



产业学院

联合院校共办智能建造产业学院，培养产业急需的数字化人才。



技能竞赛

为建筑类高校打造技能竞赛平台，以赛促学，以赛促用；通过赛事带动师资队伍的建设与培养。



师资培养

持续为建筑类教师提供行业业务培养，软件应用技能培训，教学模式培训。

## 01 多家高校签约参与共建BIMBase生态

构力科技先后与包括华南理工大学、深圳大学、广州大学、中山大学、暨南大学、华南农业大学、佛山科学技术学院、东莞理工学院和广州理工学院等几十所高校就共建PKPM国产BIM软件生态达成合作意向，并实现成功签约。



## 02 教育部产学合作协同育人项目



- ◆ 东南大学土木工程学院
- ◆ 天津大学建筑工程学院
- ◆ 北京交通大学土木建筑工程学院
- ◆ 扬州大学建筑科学与工程学院
- ◆ 大连理工大学建设工程学部
- ◆ 合肥工业大学土木与水利工程学院
- ◆ 东北电力大学建筑工程学院
- ◆ 枣庄科技职业学院
- ◆ .....

## 03 “构力杯”国产BIM软件大学生精英邀请赛



29省份

近千家  
高校、企业的关注



115所

清华、同济、东南  
重庆、天津大学等高校



502支

参赛队伍



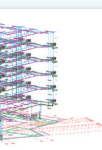
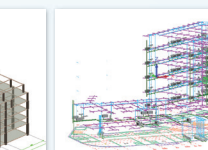
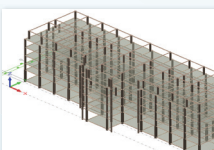
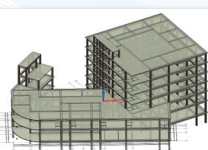
2005人

参赛学生



550位

高校老师指导



# BIMBase建模软件

BIMBase建模软件是中国建筑科学研究院北京构力科技有限公司发布的一款建模设计软件，基于国产自主BIMBase平台研发，实现关键核心技术自主可控，为工程建设行业提供数字化基础的赋能软件。2021年BIMBase平台入选国务院国资委国企科技创新十大成果(TOP10)，BIMBase建模软件作为基础工业软件列入国资委《中央企业科技创新成果推荐目录(2020年版)》。

平台

软件

生态

基于自主可控的国产化BIM平台

九大基础建模功能实现精准高效的行业数字化协同建模  
打造行业生态环境实现行业内及行业间的共建·共生·共赢



通过模型轻量化发布  
打通与BIMBase云端系统(图模大师信息管理平台)的数据衔接

BIMBase平台提供多语言的二次开发接口，搭建以“共建·共生·共赢”为目标的生态体系，目前已在建筑、电力、公路、铁路、石化、市政等领域开展深度合作，探索各行业全生命周期集成的应用解决方案。

构力科技将一如既往的坚持自主研发；为合作者提供全面开放的数字化平台、全方位的开发服务；与合作伙伴共创、共建行业生态，携手助力企业高质量的数字化转型与发展。





致力于成为建设行业软件  
与信息化发展的引领者



构力科技



构力学堂

**中国建筑科学研究院有限公司 | 北京构力科技有限公司**

地址:北京市北三环东路30号C座17层, 100013 | 联系电话:010-64518235, 64517256  
技术咨询:400-8000-900 | 网址:www.pkpm.cn | 邮箱:pub@pkpm.cn