

PKPM

02

2019

NO. 123

构筑未来 力创卓越 **新天地**

PKPM V5 10大亮点

- PKPM一键式安装，系统优化，轻量化，瘦身50%
- 新一代CAD图纸翻模，准确率行业领先
- 钢结构防火一键输出符合审图要求的专项审查计算书
- 创新的结果联动显示，所见即所得
- 更灵活、更丰富的层指标自定义统计
- 一站式解决网架网壳等复杂空间结构整体和局部分析及设计问题
- 解决基础设计地域差异，全面引入广东、上海、南京、重庆等地方标准
- 全新的三维交互体验
- 紧密结合《钢结构工程量计算规则》，精细化统计用钢量
- 云授权，在家设计

北京构力科技有限公司（简称：构力科技）是中国建筑科学研究院有限公司（简称：中国建研院）下属子公司，是国资委批准的混合所有制企业开展员工持股首批十家试点单位之一，于2017年3月成立。

构力科技全新整合中国建研院自1988年发展起来的PKPM软件业务，依托强大的科研实力，采用自主知识产权的PKPM-BIM平台，致力于建筑业整体解决方案。

以自主BIM平台为依托，解决BIM报建、智慧城市、工业化、绿色化、信息化领域的关键应用技术问题，形成PKPM-BIM平台，结构、装配式、绿建、铝模等建筑全产业链的集成应用系统。

实现建筑业的信息化管理，形成基于BIM技术的建研构力城区智慧管理平台、装配式智慧工厂管理平台、设计院管理平台、智慧建设多方协同管控平台、数字城市、构力云平台、高校BIM全过程仿真教学等解决方案。

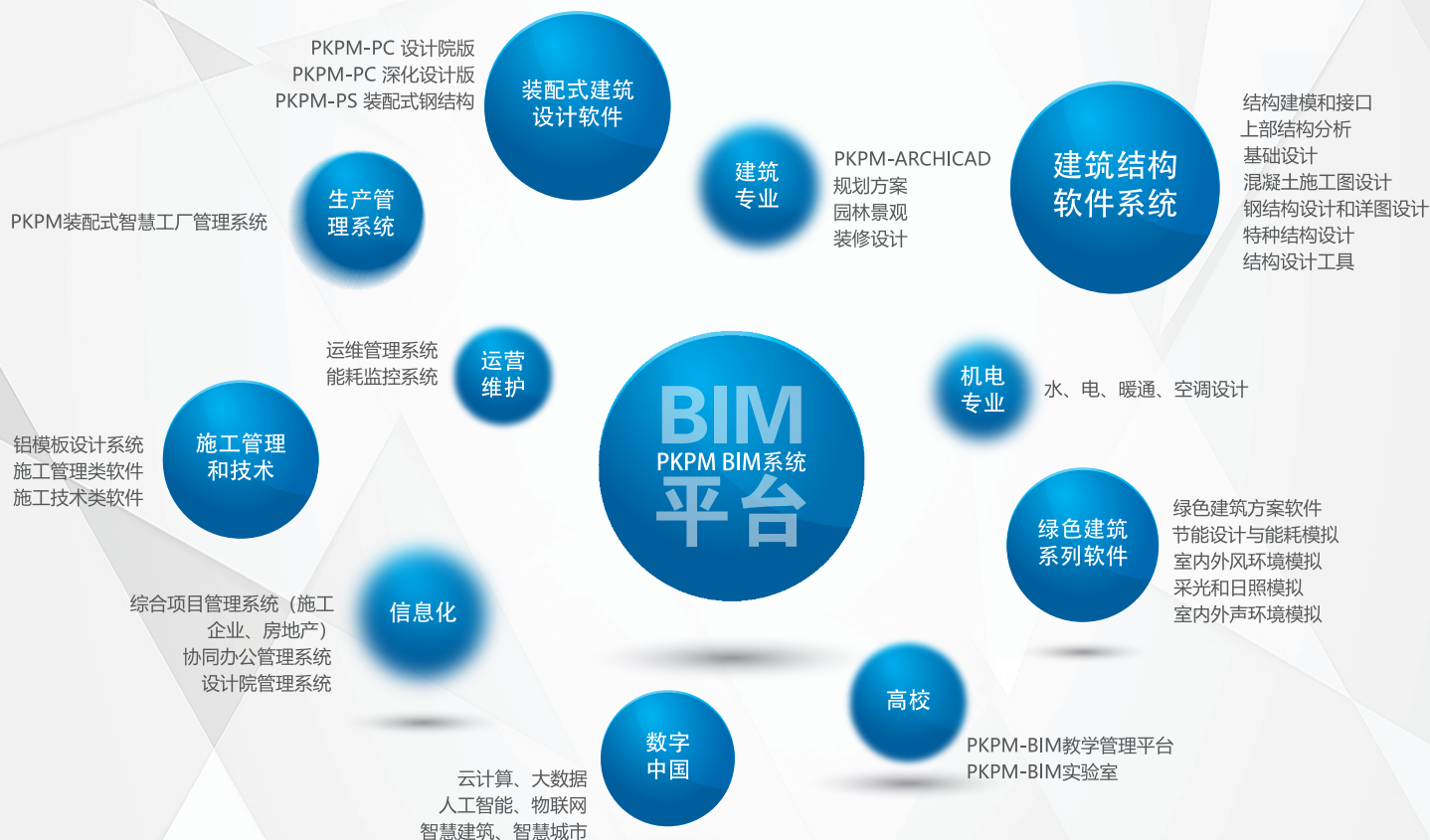
以信息化技术为依托，广泛合作，在多个领域与行业标杆企业共建合作，在装配式、智慧城市、云应用、全过程咨询管理、GIS等领域与伙伴共同携手、精诚合作，共同促进行业发展、变革。

构力科技聚焦建筑全生命周期，致力于打通建筑、结构、设备、施工、运维等阶段的数据链，不断突破创新边界，创造和引领市场需求。

构筑未来，力创卓越。

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





TECHNICAL ADVISOR
EDITOR IN CHIEF
ASSOCIATE EDITOR
EXECUTIVE EDITOR
COMMISSIONER

顾 问 金新阳
主 编 黄吉锋
副 主 编 沈耀军
执行编辑 蔡国强 吴海楠
编 委

顾维平 黄立新 姜 立
马恩成 邱顺冬 沈文都
夏绪勇 杨志勇 朱春明
邹 军 朱 伟 张永炜
(按姓氏拼音排序)

EDITOR 编 辑 《PKPM 新天地》编辑部
E-MAIL 邮 箱 editor@cabrtech.com
ADD 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
ZIP 邮 编 100013
TEL 电 话 010-64693443(投稿) 64517624(订阅)
FAX 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。
发现装订错误或缺页, 请将杂志寄回本刊编辑部即可得到调换。

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 坡屋面结构体系抗震设计问题探讨
- 007 Nu-Mu相关曲线方程在结构鉴定中的运用
- 013 装配式模块化可拆集装箱房屋应用与发展
- 018 装配式模块化折叠集成房屋研究及应用

◆ 软件应用 Structure Software

- 024 PKPM软件中地下室相关参数解析
- 039 结合SATWE软件解读《高规》9.1.11-2条
- 044 基于.NET技术的节能报审审查系统设计
- 048 “PKPM刚度比计算”的八问八答
- 054 PKPM-PC在装配式混凝土框架项目中的应用（下）

◆ 更上一层楼 Higher Level

- 062 冷弯薄壁结构墙体钢构件防火设计方法探究
- 067 铝模板配模设计软件浅谈

◆ 应用技巧 Application Skills

- 073 不同种类玻璃幕墙对北京地区公共建筑能耗影响及经济性分析
- 079 如何应用现有软件实现《建筑结构可靠性设计统一标准》

◆ 技术支持中心 Technical Support Center

- 084 钢结构檩条墙梁设计常见问题解析（一）

◆ PKPM 最新动态 Latest News

- 089 第五届“基于BIM的预制装配建筑体系应用技术”高峰论坛在上海成功举办

坡屋面结构体系抗震设计问题探讨

宋光东

(蓬莱市建筑设计院有限公司 烟台市 265600)

[摘要] 坡屋面结构的坡屋顶层侧移刚度非常大，机械套用规范计算，下部的部分楼层会成为软弱层，使竖向本来非常规则的结构变成了不规则结构体系，与实际情况不符，而结构师不合理的处理方法对结构体系又可能造成新的安全隐患。本文对此类问题进行了探讨，并给出了设计建议。

[关键词] 坡屋面结构；侧移刚度；刚度比；软弱层

0 概述

一些地区的建筑大量采用坡屋面造型，尤其一些公共建筑，例如中小学校舍楼等。坡屋面作为一层在水平力作用下水平方向变形非常小，所以其侧移刚度非常大，按抗震规范^[1]3.4.3规定计算势必造成下部楼层出现软弱层的现象，虽然下部各层很规则侧移刚度基本一致，也可能造成竖向不规则的假像。这种情况是否真的如软件计算属于竖向不规则结构呢？这个问题对结构师困扰很大，处理方法也不统一，有些处理方法对结构的抗震性能影响非常大。如果不搞清楚这种结构类型的结构概念，机械套用规范只按计算结果设计审查，带来的安全隐患也是非常大的。本文通过一个小型工程的实例展开，结合本人对结构体系的理解提出相应观点，供大家参考。

1 工程实例

这是一所职业中学的教学楼，共计5层，层高均为4.2m，尺寸分别见图1~图3，由于各层基本一致，故只给出第四层平面图。从图中可看出，平立面非常规则简单，属抗震有利结构。

本工程抗震设计烈度8度(0.2g)，地震分组第二组，场地类别为II类，采用钢筋混凝土框架结构。采用中国建筑科学研究院V4.3版SATWE软件进行建模计算分析，由于基础埋深大地下部分设一层，坡屋面部分单独设为一层，故分7层建模，三维模型见图4。

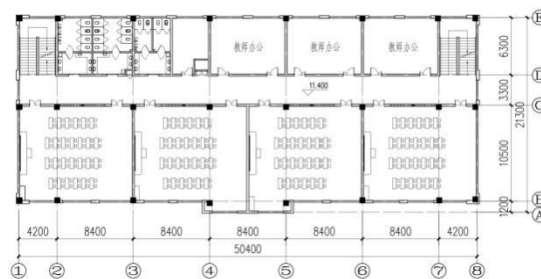


图1 四层平面图



图2 正立面图

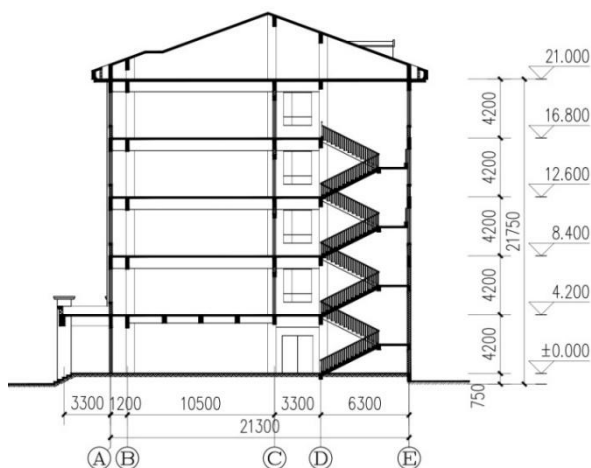


图3 剖面图

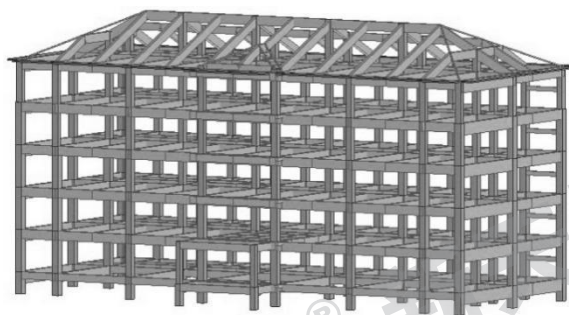


图4 建筑三维模型

计算结果表明，第4、6层为软弱层，x向和y向侧向刚度比最小分别为0.16和0.20，说明竖向刚度相差非常悬殊，仅从指标上看，结构的竖向应属于特别不规则。见表1：

表1 楼层

层号	Ratx1	Raty1
7	1.00	1.00
6	*0.16*	*0.20*
5	1.47	1.48
4	*0.39*	*0.48*
3	1.46	1.50
2	1.50	1.60
1	6.27	7.32

注：Ratx1, Raty1(刚度比):X、Y方向本层塔侧移刚度与上一层相应塔侧移刚度70%的比值或上三层平均侧移刚度80%的比值中之较小值(按抗规[1]3.4.3;高规[2]3.5.2-1)。根据表1计算结果需调整第4、6层的地震剪力，见表2：

表2 薄弱层调整系数

层号	方向	软弱层	C_def	C_final
7	X		1.00	1.00
	Y		1.00	1.00
6	X	√	1.25	1.25
	Y	√	1.25	1.25
5	X		1.00	1.00

层号	方向	软弱层	C_def	C_final
	Y		1.00	1.00
4	X	√	1.25	1.25
	Y	√	1.25	1.25
3	X		1.00	1.00
	Y		1.00	1.00
2	X		1.00	1.00
	Y		1.00	1.00
1	X		1.00	1.00
	Y		1.00	1.00

注：根据高规[2]3.5.8条“侧向刚度变化、承载力变化、竖向抗侧力构件连续性不符合本规程第3.5.2、3.5.3、3.5.4条要求的楼层，其对应于地震作用标准值的剪力应乘以1.25的增大系数”。

2 坡屋面造成的影响

现以第3、4层柱子配筋计算结果为例说明其影响程度，图5和图6分别为按实际计算软弱层调整的配筋。由于第4层是软弱层，地震作用标准值的剪力乘以1.25的增大系数后柱子配筋加大非常明显，且部分柱子的节点域剪压比超限，其中，3轴与6轴交接处柱子的单侧配筋达73cm²，柱子断面为750*750，单侧纵向钢筋配筋率=73/75/75=1.3%>1.2%，不满足抗规[1]6.3.8.3条要求。对比第3、4层上、下层柱子配筋，上、下层柱子配筋的变化幅度很大，很不均匀。

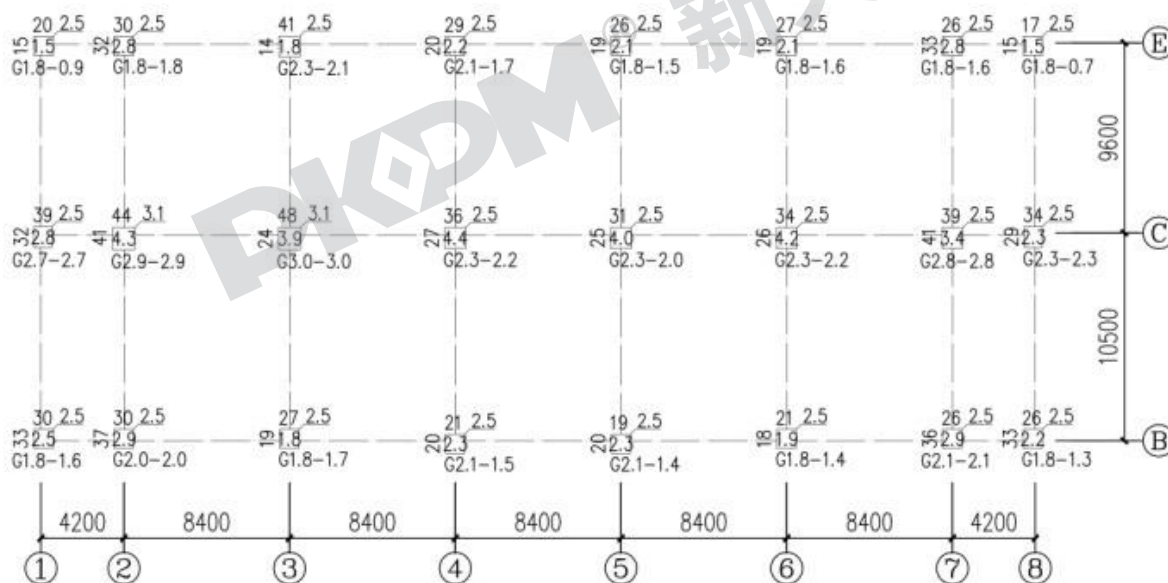


图5 第3层混凝土构件配筋简图(单位:cm*cm)

由于人为加大了第4层和第6层的地震作用，使其计算配筋加大较多，承载力相应也有较大的提高，而本工程除坡屋面层和地下层侧移刚度非常大之外，其它各层都比较均匀。鉴于此，带来一个不可忽视的问题，由于人为增加了第4层和第6层的侧移刚度，使本来与其刚度一致的相邻层变得不均匀，本来很规则的结构却被人造成了竖向不规则，这是非常不合理的现象，也与抗震概念设计理念不相符。

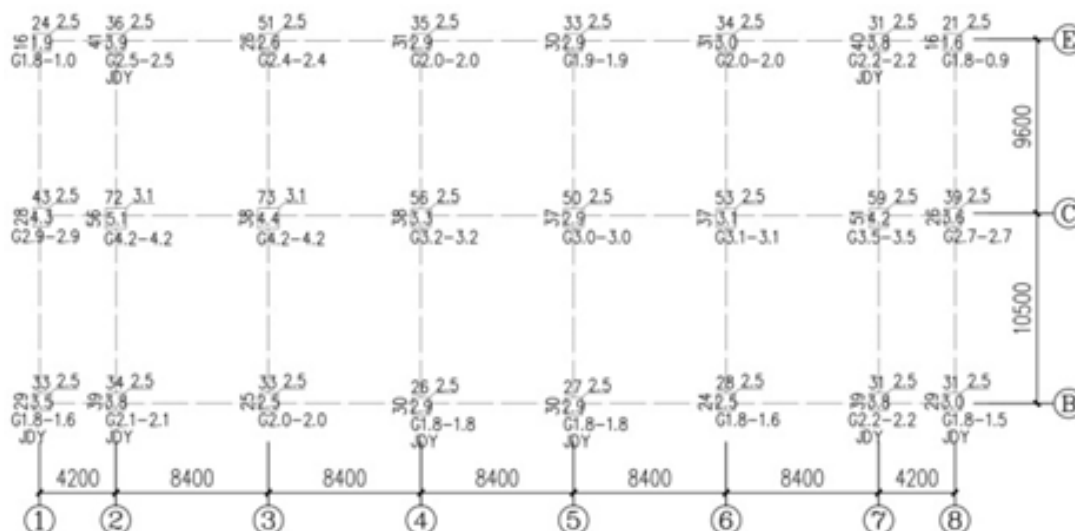


图 6 第 4 层混凝土构件配筋简图(单位:cm*cm)

3 引起软弱层的原因分析

表 3 数据可看出, 除第一层是地下层, 第 2~6 层的侧移刚度值变化比较均匀, X、Y 方向本层塔侧移刚度与上一层相应塔侧移刚度 70% 的比值均大于 1, 但是第 7 层侧移刚度值很大, 比相邻层接近高一个数量级, 这是造成第 4、6 层刚度比非常小的真正原因。

各楼层的侧移刚度值

表 3

层号	RJX3(kN/m)	RJY3(kN/m)
7	7.2305E+06	5.7911E+06
6	8.0273E+05	8.1872E+05
5	8.2382E+05	8.4776E+05
4	9.1315E+05	9.5098E+05
3	9.8596E+05	1.0439E+06
2	1.0893E+06	1.2119E+06
1	4.9985E+06	6.2582E+06

上述实例可以看出, 一座竖向非常规则的建筑, 由于采用了钢筋砼坡屋顶结构, 计算结果变成了竖向特别不规则的结构, 这看起来有悖于常理, 但按层建模的结构分析计算结果确实如此。是什么原因造成这一有悖常理的结果呢? 显然是坡屋面结构层, 在水平力作用下, 坡屋面结构层的水平变形非常小以至于可以忽略不计, 这也是造成第 7 层侧移刚度值非常大的原因, 见图 7 和图 8, 图 7、8 分别为在 X、Y 向地震作用下的 X、Y 向水平变形。

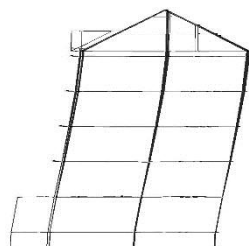


图 7 X 向位移

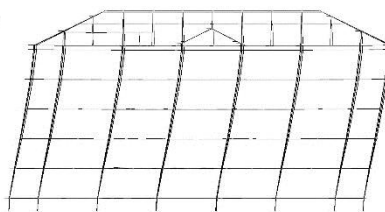


图 8 Y 向位移

坡屋面结构层是由斜梁斜板组成,没有水平面结构,如何分层是不明确的。斜梁相当于斜撑,更为关键的斜板在竖向刚度的分量使其在受水平力作用时的侧向变形非常小,因此坡屋面结构层看起来更像是三角形刚接桁架结构。仔细研究图 7、8,坡屋面结构层更像一个刚体,可以简化为一个整体的屋面刚性隔板,按此考虑,结构概念已非常清晰。

根据以上分析,将坡屋面结构作为顶层屋面刚性隔板,从力学概念上理解是说的通的。由于坡屋面部分本身的侧移变形非常小,视为与顶层平盖共同移动,故可将坡屋顶与平楼盖组合为一个整体的顶层屋面刚性隔板,按六层结构考虑,第 6 层的层间位移可近似直接取第 6 层的计算结果。按此计算, x 向和 y 向侧向刚度比换算值均大于 1,属竖向规则结构,无需调整楼层的地震作用,与实际情况相符。

4 目前设计现状

在一些地区,坡屋面形式的建筑比较多,在抗震设防烈度较高的地区,尤其中小学教学用房,这类建筑的抗震设计问题比较突出。笔者所在地区的中小学校舍大多采用 5 层左右的坡屋面建筑,建设方为了安全耐久方便维护,要求采用钢筋砼坡屋面和钢筋砼平屋盖同时组合的屋面结构形式,这种要求给抗震设计计算带来了正如上述的一系列问题,如果不解决后患无穷。下面列出目前针对坡屋面结构计算问题结构师的普遍处理手段:

4.1 坡屋面结构转换成平屋面结构的做法

笔者所在院设计的这种工程在图审时,面对计算书刚度比异常的结果,笔者近期参加了一个学校项目的抗震审查工作,这也是一个钢筋砼多层坡屋面框架结构,查阅计算书发现各层侧移刚度非常均匀,与笔者的计算经验差异太大,笔者猜测为了得到一个漂亮的计算结果,设计人员将坡屋面部分改为平屋面进行建模计算,后来在审查会上证实了笔者的猜测。

为了得到合理有效的分析数据,目前有限元结构分析软件允许和鼓励结构师对结构模型进行必要的简化处理,但这种简化处理必须符合原结构的力学特性。而以计算结果漂亮为目的,不按实际情况建模分析计算是一个非常危险的做法。力学分析中边界条件是非常重要的要素,不合理的边界条件会得出不合理的分析计算结果,这是结构师的基本素质。试想本来是斜板和斜梁构件组成的结构,硬是人为的改为平板和水平梁组成的结构,计算结果能合理吗?见图 9。

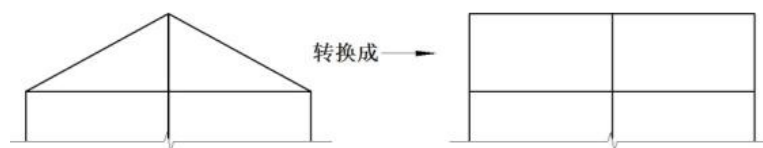


图 9 结构转换示意简图

4.2 不做任何处理直接采用软件计算结果

这种方法除了刚度比计算结果难看,表面上看其它方面均符合抗震规范的要求,应是大多数结构师采用的方法。正如第二节所述,坡屋面部分由于斜板和斜梁的存在在水平力作用下水平变形非常小,所以侧移刚度非常大。机械的套用规范要求计算,势必使下部的部分楼层成为软弱层,通过地震力放大,人为的增大了这些理论上软弱层的侧移刚度,使本来侧移刚度非常均匀的上、下层发生了突变,结构反而变成了实质上的竖向不规则结构体系,损害了结构的抗震性能,带来的危害显而易见。

5 对策

目前国内常用建筑结构分析软件大多分层建模组装计算,由于坡屋面的存在,导致了楼层计算侧移刚度比异常情况的发生,结构师应对此有清醒的认识,为了得到合理的设计,应进行必要的人工干预。

以 PKPM V4.3 版 SATWE 软件为例,该软件在“分析和设计参数补充定义”的“调整信息 2”中有薄弱层地震内力放大系数开放接口,而且属优先级,用户可以在这里控制所需要楼层的地震内力放大系数,使其计算达到合理的结果。

本文的实例分别将第 4、6 层的薄弱层地震内力放大系数定义为 1.0,分析计算后,第 3 层柱子配筋计算结果没有变化,同第 2 节图 5,第 4 层柱子配筋计算结果见图 10。对比本文第 2 节的图 6,由于将地震内力放大系数调整为 1.0,第 4 层柱的配筋降低非常多,且不存在柱子的节点域剪压比超限问题,其中,3 轴与 6 轴交接处柱子的单侧配筋也由 73cm² 降到 57cm²,单侧纵向钢筋配筋率= $57/75/75=1.0\% < 1.2\%$,满足抗规[1]6.3.8.3 条要求。第 3、4 层上、下层柱子配筋的变化幅度较小,比较均匀,与实际情况吻合。

由于采用了符合实际的三维建模计算,顶层楼盖的实际刚度得到了准确计算,其边界条件以及结构内部的刚度分配及力的传递均得到准确模拟,所以按此理念设计完全符合结构安全要求。

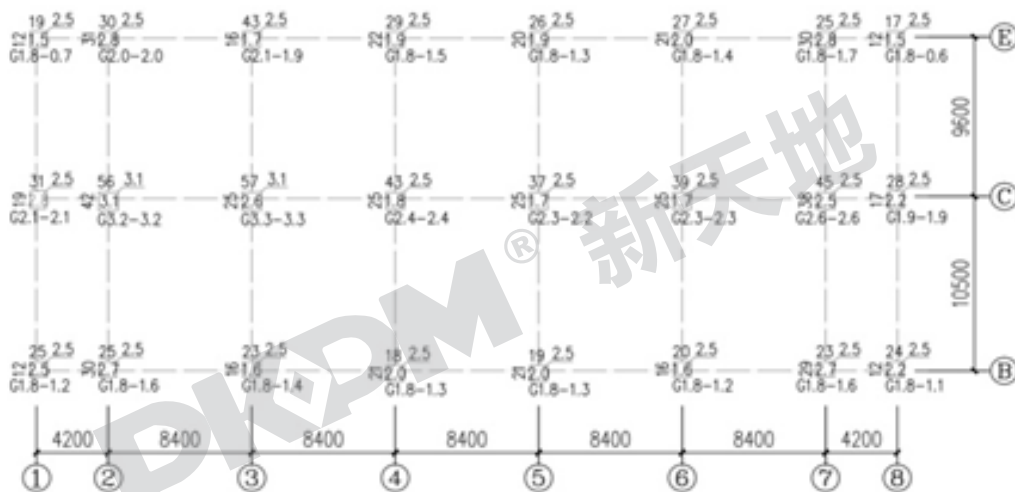


图 10 第 4 层混凝土构件配筋简图(单位:cm*cm)

6 结论

坡屋面结构体系刚度比的合理计算关系到整个结构体系的抗震性能,应该引起结构师的充分重视,结构师不应为了取得漂亮的计算结果随意更改计算模型的结构形状。目前结构分析计算软件功能虽然十分强大,计算的结果也应该进行认真的分析比较,确认是否合理、是否符合结构基本概念。坡屋面结构体系的顶部坡屋面按常规概念的楼层建模时,其计算的刚度比不应作为设计依据,应该通过人为干预将不合理的地震内力放大系数改正。

参考文献

- [1] 建筑抗震设计规范 GB 50011-2010 (2016 年版) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] 高层建筑混凝土结构技术规程 JGJ3-2010 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010

Nu-Mu 相关曲线方程在结构鉴定中的运用

廖俊斌

(浙江求是工程检测有限公司, 浙江 杭州 310021)

[摘要] 目前既有结构鉴定承载力评定时, 通常以既有构件配筋与鉴定结构计算配筋之比来代替规范中抗力与效应之比的思路, 本文通过 Nu-Mu 相关曲线的运用直接计算既有构件柱的承载力即规范中的抗力阐述其在工程中的应用。

[关键词] Nu-Mu 相关曲线方程; 结构构件; 抗力

0 前言

随着房屋建筑市场的不断发展, 大量既有房屋需要进行相应的结构鉴定, 以确保房屋能够继续使用, 如下列情况所示需要进行相应的结构鉴定:

- 1) 建筑物大修前;
- 2) 建筑物改造或增容、改建或扩建前;
- 3) 建筑物改变用途或使用环境前;
- 4) 建筑物达到设计使用年限拟继续使用时;
- 5) 遭受灾害或事故时;
- 6) 存在较严重的质量缺陷或出现较严重的腐蚀、变形、损伤时;
- 7) 原设计未考虑抗震设防或抗震设防要求提高的建筑;
- 8) 其他有必要进行结构鉴定的建筑。

在进行结构安全鉴定时, 有一项重要鉴定就是构件承载力评估, 根据现场实测数据来复核既有构件承载能力是否符合鉴定要求。

规范基本上都是以结构构件抗力 R 与结构构件作用效应 S 比值大小来评估构件承载力的状态, 而目前抗力 R 与效应 S 的比值多数以既有配筋与鉴定计算配筋的比值代替, 这种做法好处在于可以利用现有的结构设计软件进行计算, 但既有配筋与鉴定计算配筋的比值和抗力 R 与效应 S 的比值并不完全具有一致性, 本文将以此既有结构中的对称配筋柱为例利用 Nu-Mu 相关曲线直接计算构件抗力 R 的方法进行探讨, 本文只讨论构件非抗震单向受力中的抗弯与抗压承载力。

1 对称配筋 Nu-Mu 相关曲线

根据文献[1]图 1 是西南交通大学所做的一组偏心受压试件, 在不同偏心距作用下所测得的承载力 Mu 与 Nu 之间的试验曲线图, 图中曲线反映了: 小偏心受压情况下随轴向压力增加, 正截面受弯承载力随之减小, 但在大偏心受压情况下, 轴向压力的存在反而使构件正截面受弯承载力提高。在界限破坏时, 正截面受弯承载力达到最大值。

这表明, 对于给定截面尺寸、配筋和材料强度的偏心受压构件, 可以在无数组不同的 Nu 和 Mu 的组合下达到承载能力极限状态, 或者说给定轴力 Nu 时就有唯一的 Mu , 反之, 给定弯

矩时就有唯一的 N_u 。

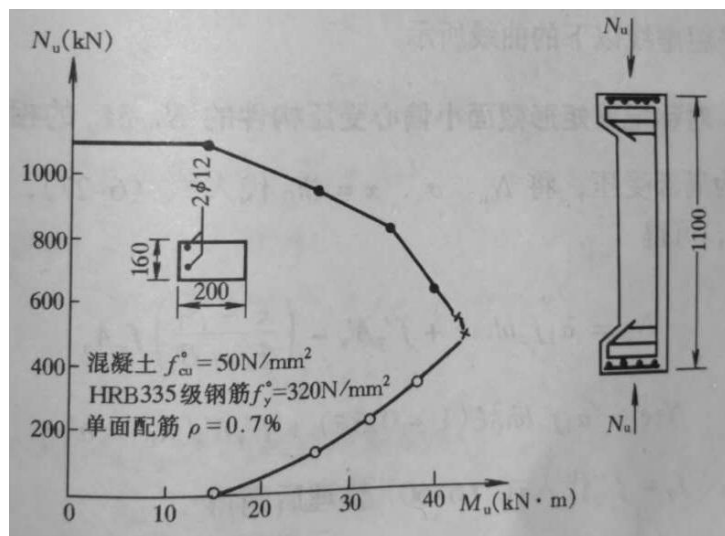


图 1

1.1 对称配筋大偏心受压构件 N_u - M_u 相关曲线

根据《混凝土结构设计规范》[2]（以下简称规范）中 6.2.17 条：

取 $A_s = A'_s$, $f_y = f'_y$

代入规范公式（6.2.17）整理得

$$Ne_i = -\frac{N^2}{2\alpha_1 f_c b} + \frac{Nh}{2} + f'_y A'_s (h_0 - a'_s)$$

令 $Ne_i = M_u$ 及 $N = N_u$ 得对称配筋大偏心受压构件 N_u - M_u 相关曲线方程（一）：

$$M_u = -\frac{N_u^2}{2\alpha_1 f_c b} + \frac{N_u h}{2} + f'_y A'_s (h_0 - a'_s)$$

1.2 对称配筋小偏心受压构件 N_u - M_u 相关曲线

同理根据规范中 6.2.17 条：

取 $A_s = A'_s$, $f_y = f'_y$, $\xi = \frac{x}{h_0}$, $\sigma_s = \frac{\xi - \beta_1}{\xi_b - \beta_1} f_y$

代入规范公式（6.2.17-1）整理得

$$\xi = \frac{\beta_1 - \xi_b}{\alpha_1 f_c b h_0 (\beta_1 - \xi_b) + f'_y A'_s} N + \frac{\xi_b f'_y A'_s}{\alpha_1 f_c b h_0 (\beta_1 - \xi_b) + f'_y A'_s}$$

令

$$\lambda_1 = \frac{\beta_1 - \xi_b}{\alpha_1 f_c b h_0 (\beta_1 - \xi_b) + f'_y A'_s}$$

$$\lambda_2 = \frac{\xi_b f'_y A'_s}{\alpha_1 f_c b h_0 (\beta_1 - \xi_b) + f'_y A'_s}$$

则

$$\xi = \lambda_1 N + \lambda_2$$

将以上各式代入规范公式 (6.2.17) 整理得

$$N e_i = \alpha_1 f_c b h_0^2 [(\lambda_1 N + \lambda_2) - 0.5(\lambda_1 N + \lambda_2)^2] - \left(\frac{h}{2} - a_s\right) N + f'_y A'_s (h_0 - a'_s)$$

令 $N e_i = M_u$ 及 $N = N_u$ 得对称配筋小偏心受压构件 Nu-Mu 相关曲线方程 (二):

$$M_u = \alpha_1 f_c b h_0^2 [(\lambda_1 N_u + \lambda_2) - 0.5(\lambda_1 N_u + \lambda_2)^2] - \left(\frac{h}{2} - a_s\right) N_u + f'_y A'_s (h_0 - a'_s)$$

根据规范 6.2.17 条当计算计入受压纵筋时不满足规范公式 (6.2.10-4) $x \geq 2a'$ 时应按规范公式 (6.2.14) 条计算, 其中 M 以 $N e'_s$ 代替, 如下所示:

$$N e'_s = f_y A_s (h - a'_s - a_s)$$

其中

$$e'_s = e_i - \frac{h}{2} + a'_s$$

则

$$N e_i = N \left(\frac{h}{2} - a'_s\right) + f_y A_s (h - a'_s - a_s)$$

令 $N e_i = M_u$ 及 $N = N_u$ 得对称配筋受压区高度不满足规范公式 (6.2.10-4) $x \geq 2a'$ 时的 Nu-Mu 相关曲线方程 (三):

$$M_u = N_u \left(\frac{h}{2} - a'_s\right) + f_y A_s (h - a'_s - a_s)$$

注: 以上未注明相关参数含义同规范。

2 Nu-Mu 相关曲线方程的运用

根据上述 Nu-Mu 相关曲线方程注意到:

$$M_u = N_u e_i = N_u (e_0 + e_a) = N_u e_0 + N_u e_a$$

根据上式可知方程中抗弯极限承载力 M_u 其实是包含两部分, 其中一部分是构件轴向压力对截面重心的偏心距产生的弯矩 $N_u e_0$, 另外一部分是考虑实际存在的荷载作用位置不定性、混凝土质量的不均匀性及施工的偏差等因素产生的偏心距引起的附加偏心弯矩 $N_u e_a$ 。

若已知组合弯矩 M_1 、轴力 N_1 来求当前组合下的构件受弯承载力 M_u 和受压承载力 N_u 如下所示:

- 1) 将组合中轴力 N_1 代入上述 Nu-Mu 相关曲线方程中的 N_u 解得受弯承载力 M_u 为抗弯

- 抗力 R ，与之对应的作用效应 S 为 $(M1+N1e_a)$ ；
- 2) 将组合中弯矩 $e_i = e_0 + e_a$ 代入上述 N_u-M_u 相关曲线方程 M_u 中解得受压承载力为 N_u1 为抗压抗力 R ，与之对应的作用效应 S 为 $N1$ ；
 - 3) 以上述抗力与效应比值 R/S 的较小值作为该组合承载力评定的依据；
 - 4) 最后将所有组合中的抗力与效应比值 R/S 的较小值作为该构件承载力状态评定的依据。

总之，偏压构件的受弯承载力大小与其对应内力组合的轴力大小相关，反之受压承载力大小与其对应内力组合的弯矩相关，也就是偏压构件受弯承载力与受压承载力都是相对而言的。

3 算例

某工程采用 PKPM-V4.3 计算，柱短边实配面积为 1473mm^2 ，柱实配钢筋如下图 2 所示：

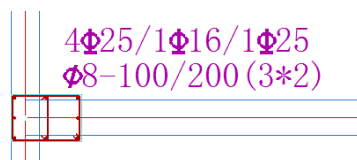


图 2

该柱相关几何材料信息如图 3 所示：

一、构件几何材料信息

层号	IST=2
塔号	ITOW=1
单元号	IELE=65
构件种类标志 (KELE)	柱
上节点号	J1=1191
下节点号	J2=544
构件材料信息 (Ma)	混凝土
长度 (m)	DL=4.50
截面类型号	Kind=1
截面参数 (m)	B*H=0.600*0.400
箍筋间距 (mm)	SS=100.0
混凝土强度等级	RC=24
主筋强度设计值 (N/mm ²)	300
箍筋强度设计值 (N/mm ²)	210
保护层厚度 (mm)	Cov=15

图 3

根据结构鉴定计算该柱计算配筋及控制内力如下图 4 所示：

四、构件设计验算信息

Asxt, Asxb	---	矩形截面B边上下端单边配筋面积(含两根角筋)
Asyt, Asyb	---	矩形截面H边上下端单边配筋面积(含两根角筋)
Asxt0, Asxb0	---	矩形截面B边上下端单边计算配筋面积(含两根角筋)
Asyt0, Asyb0	---	矩形截面H边上下端单边计算配筋面积(含两根角筋)
Asvx, Asvx0	---	矩形截面B边加密区配箍面积和非加密区配箍面积
Asvy, Asvy0	---	矩形截面H边加密区配箍面积和非加密区配箍面积
项目	内容	
轴压比:	(0)	$N=-855.5 \quad U_c=0.31 \leq 1.05$ (限值)
剪跨比(简化算法):	Rmd=4.01	
主筋:	B边底部(1)	$N=-999.02 \quad M_x=-1.08 \quad M_y=114.14 \quad A_{sxb}=624.03 \quad A_{sxb0}=0.00$
	B边顶部(1)	$N=-999.02 \quad M_x=0.06 \quad M_y=302.44 \quad A_{sxt}=480.00 \quad A_{sxt0}=0.00$
	H边底部(1)	$N=-999.02 \quad M_x=-1.08 \quad M_y=114.14 \quad A_{syb}=576.02 \quad A_{syb0}=0.00$
	H边顶部(1)	$N=-999.02 \quad M_x=0.06 \quad M_y=302.44 \quad A_{syt}=835.11 \quad A_{syt0}=835.11$

图 4

3.1 根据实配钢筋面积与鉴定计算钢筋面积比值方法计算:

根据图 4 中可知柱短边计算面积为 835.11mm^2 , 抗力与效应之比 $R/S=\text{实配钢筋面积}/\text{计算配筋}=1473/835.11=1.76$, 以此比值作为承载力状态评定依据。

3.2 根据 Nu-Mu 相关曲线方程直接计算相应承载力方法:

相关已知条件:

根据图 3-3 所示控制内力, 依据规范 6.2.4 条考虑杆件二阶效应(略)后组合为:
 $N=999.02\text{kN}$, $M=302.44\text{kN}\cdot\text{m}$, 根据规范 6.2.17 条计算得受压区高度 $x=217.8\text{mm} \geq 2a'=2(15+10+10)=70$, 当前组合属大偏心受压。

根据规范 6.2.17 条: 轴力对截面重心的偏心距 $e_0=M/N=302\text{mm}$, 根据规范 6.2.5 条附加偏心距 $e_a=\max(20, 600/30)=20\text{mm}$, 重要性系数 γ_0 取 1.0。

计算过程:

将 $N=999.02\text{kN}$ 代入曲线方程(一)解得当前组合下受弯承载力 $M_u=425.1\text{kN}\cdot\text{m}$, 与之对应的效用为 $S=M+N\cdot e_a=302.44+999.02 \times 0.02=322.4\text{kN}\cdot\text{m}$, 抗力与效应之比 $R/S=425.1/322.4=1.32$ 。

将 $e_i = e_0 + e_a = 302 + 20 = 322\text{mm}$ 代入曲线方程(一)解得当前组合下受压承载力 $N_u=1365\text{kN}$, 与之对应的效应 $S=999.02\text{kN}$, 抗力与效应之比 $R/\gamma_0 S=1365/999.02=1.37$

最后以以上较小比值 1.32 作为当前组合承载力状态评定的依据。

根据以上两种方法计算结果, 以《民用建筑可靠性鉴定标准》[3]为例构件不同安全性等级之间比值之差为 0.05, 如下图 5 所示:

表 5.2.2 按承载能力评定的混凝土结构构件安全性等级

构件类别	安全性等级			
	a_u 级	b_u 级	c_u 级	d_u 级
主要构件及节点、 连接	$R/(\gamma_0 S) \geq 1.00$	$R/(\gamma_0 S) \geq 0.95$	$R/(\gamma_0 S) \geq 0.90$	$R/(\gamma_0 S) < 0.90$
一般构件	$R/(\gamma_0 S) \geq 1.00$	$R/(\gamma_0 S) \geq 0.90$	$R/(\gamma_0 S) \geq 0.85$	$R/(\gamma_0 S) < 0.85$

图 5

而以上两种方法比值差值 $1.76-1.31=0.45$ 是不同等级之间比值差值 0.05 的 9 倍, 可见实配钢筋面积与鉴定计算钢筋面积比值方法代替抗力 R 与效应 S 的比值具有较大误差, 误差远大于按 0.05 比值之差分级的要求。

4 结语

本文通过 $Nu-Mu$ 相关曲线方程的运用直接计算构件承载力与利用现有设计软件计算配筋的方法比较, 计算结果显示利用现有设计软件实配配筋面积与计算配筋面积之比进行承载力状态评估误差较大, 采用 $Nu-Mu$ 相关曲线方程的直接计算构件承载力与相应组合效应之比进行承载力状态评估较为合适。

参考文献

- [1] 东南大学、天津大学、同济大学、清华大学. 《混凝土结构》上册 混凝土结构设计原理(第三版) [M].北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [2] 中华人民共和国国家标准. 混凝土结构设计规范: GB50010-2010(2015年版) [S].北京: 中国建筑工业出版社, 2016
- [3] 中华人民共和国国家标准. 民用建筑可靠性鉴定标准: GB50292-2015[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

装配式模块化可拆集装箱房屋应用与发展

彭志丰¹ 张弘弢¹ 王俊德¹ 张伟²

(1 多维联合集团有限公司 北京 100070 2 霸州市万顺彩钢钢构制造有限公司 霸州 065700)

[摘要] 装配式模块化可拆集装箱是一种预制装配化程度较高、模块化程度较高的新型工业化建筑。本文结合工程实践,详细介绍了装配式模块化可拆集装箱房屋的构成、工程做法,对装配式模块化集装箱房屋理论研究和试验研究现状进行概括,通过工程实践项目,探讨装配式模块化可拆集装箱房屋的未来之路。

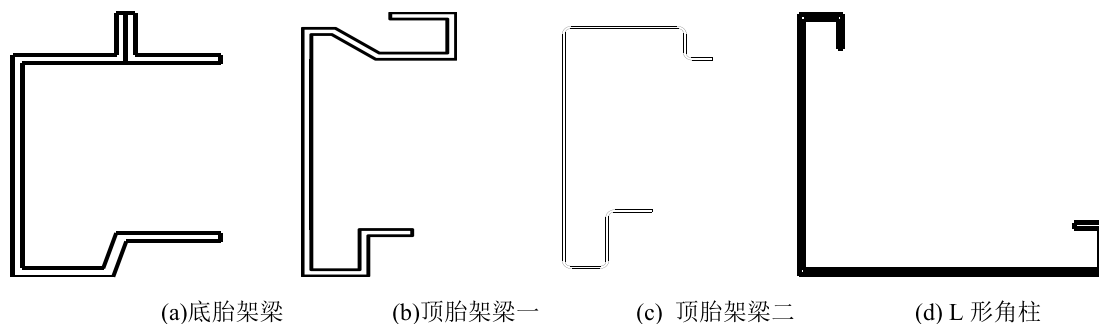
[关键词] 可拆集装箱; 模块化; 装配式; 集成房屋

0 引言

我国建筑工人老龄化和精湛技工难求问题日益严重,优先发展工业化的、标准化的绿色装配式建筑体系成为我国构建资源节约型、环境友好型社会的重大战略。传统的装配式轻钢结构房屋分为 K 房、T 房,虽然它们标准化程度相对较高,但是其施工安装速度受到构件种类繁多的限制,而且重复利用率较低,造成材料的严重浪费。装配式模块化集装箱房屋是一种能够快速安装的绿色建筑体系,能够满足人们的保温和多样化功能的需求。装配式模块化集装箱房屋包含整体式集装箱房屋和可拆集装箱房屋,前者主要由退役的运输集装箱构成,而后者是长宽高模数化的,由若干零件和构件可工厂或施工现场组装成的房屋,可通过自身结构作为高度较低的运输载体,大幅度降低了运输成本。装配式模块化可拆集装箱房屋成我国集装箱发展的一个大趋势。本文结合工程实践,详细介绍了装配式模块化可拆集装箱房屋的构成、工程做法,对装配式模块化集装箱房屋理论研究和试验研究现状进行概括,通过不同工程实践项目,探讨装配式模块化可拆集装箱房屋的未来之路。

1 装配式模块化可拆集装箱房屋的构成

装配式模块化可拆集装箱房屋主要顶胎架梁、底胎架梁、箱角、L 形角柱、节能夹芯板、门窗装置、电气装置和给排水装置组成。顶胎架梁、底胎架梁、箱角、L 形角柱(见图 1.(a)-(d))通常由钢板冷弯轧制而成,厚度通常为 3.0-4.0mm,材质为 Q235 或 SGC340。节能夹芯墙板(见图 1(e))通常为新型岩棉夹芯板、新型玻璃丝棉夹芯板、聚氨酯夹芯板等,夹芯墙板的外侧金属涂层彩钢板可做成纯平、浮雕等多种效果,外墙可做成咖啡色、林地迷彩、红砖纹、木条纹等多种图案,节能夹芯墙板厚度通常为 50mm、75mm、100mm。标准的装配式模块化可拆集装箱分为两种常用规格,第一种长宽高为 6055mmX2435mmX2896mm,该集装箱适合国内外运输,尤其是顶胎架、底胎架、打包柱、胶合板组成的打包箱特别适合国外运输,因为其本身的模数与运输集装箱相同;第二种长宽高为 6055mmX3000mmX2896mm,该规格集装箱因适合国内运输和较大的空间在国内市场比较深受欢迎。

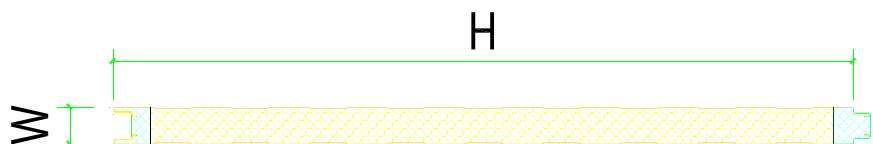


(a)底胎架梁

(b)顶胎架梁一

(c) 顶胎架梁二

(d) L 形角柱

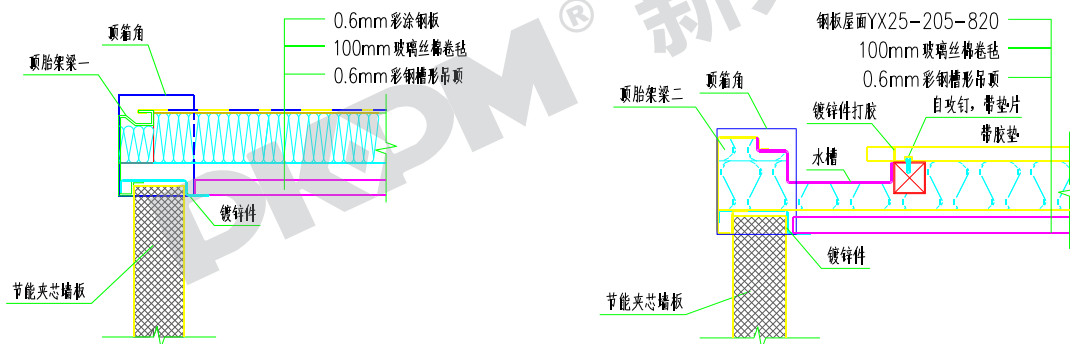


(e) 节能夹芯墙板

图 1

2 装配式模块化可拆集装箱房屋的工程做法

装配式模块化可拆集装箱房屋的集成程度和施工现场的安装速度取决于其标准设计的模块和工程做法。装配式模块化可拆集装箱房屋标准设计模块通常包括标准模块、卫生间模块、走廊模块、楼梯模块、雨棚模块[1]。各个模块之间通过螺栓连接，施工现场没有焊接作业，便于施工。装配式模块化可拆集装箱房屋主要工程做法包括地面做法、屋面做法、拼箱做法等。地面做法从下至上依次为彩色涂层钢板、带铝箔的 100mm 厚玻璃丝棉卷毡、18mm-22mm 厚水泥纤维压力板、2.0mmPVC 地板革或 11mm 厚木地板。屋面做法从下至上通常依次为金属条形吊顶板或 PVC 吊顶板、带铝箔的 100mm 厚玻璃丝棉卷毡、彩涂钢板（360 度咬口无钉型或明钉型），详见图 2。拼箱做法通常为对 10.9 级 M20 高强螺栓施加一张紧力，使两项胎架之间间隙进行缩紧，通过箱角之间 10mm 厚橡胶片保证间隙缩紧到位，使装配式模块化可拆集装箱之间特定橡胶条处在压缩状态，达到拼箱连接处密封防雨与保温的目的。当装配式模块化可拆集装箱长度较大时，为防止 L 型钢柱可能会发生屈曲导致钢柱之间密封性差问题，需要在沿箱体钢柱设置 8.8 级 M16 螺栓进行对拉。



(a) 360 度咬口无钉型屋面做法

(b) 带天沟明钉型屋面做法

图 2

3 装配式模块化集装箱房屋研究现状

刘淑芬[2]对整体运输集装箱强度较弱的侧板开洞部分采取支撑柱和斜拉梁增强措施，来抵抗冲击载荷的影响。通过试验验证了有限元软件 Workbench 数值模拟的可行性，增加了整体式集装箱的安全性，降低了加工制造成本。李英磊[3]等通过有限元软件 ANSYS 数值模拟了 6m 和 12m 运输整体集装箱在不同开洞率和顶梁刚度下的纵向抗剪刚度，并给出了纵向抗剪刚度的计算拟合公式。查晓雄[4,5]等基于整体运输集装箱的波纹板蒙皮效应和侧板开洞因素影响推导了集装箱房的抗侧刚度公式，便于指导整体运输集装箱房屋的设计工作。刘乐[6]通过有限元软件建立整体式集装箱模型，对集装箱单箱、单层多跨集装箱结构、多层单跨集装箱结构和多层多跨集装箱结构在水平集中力作用下的侧移公式进行了验证，证明了公式的正确性，为工程设计提供了借鉴。曾毓鑫[7]通过 ABAQUS 对集装箱房进行了热力耦合分析，研究表明火灾下情况下运输集装箱 1 个小时内不倒塌，保持结构整体稳定，最大温度小于极限温度 800℃。查晓雄[8]等采用

ABAQUS 软件对整体式集装箱顶端荷载——位移曲线进行了数值模拟，研究表明十字板卡件不仅便于现场安装，而且增加了整体集装箱房的安全性能。集装箱模块组合房屋技术规程[9]系统地整体式运输集装箱房屋的材料、工程做法、抗风与地震作用计算做了明确规定，为工程师的设计工作提供了准则。

余术刚[10]等对装配式模块化可拆集装箱在严寒和夏热冬冷地区的热工性能进行计算，研究表明节能夹芯墙板能够有效提高集装箱房屋节能效果，并给出了不同芯材保温材料的能耗情况。田磊[11]等在假定柱脚刚接的条件下，对三层装配式模块化可拆集装箱受力进行了 ANSYS 有限元模拟计算；张俊峰[12,13]等对装配式模块化可拆集装箱进行了 1:1 足尺底框受力性能试验和竖向承载力试验研究，研究表明底框架梁叉车开洞处截面下翼缘因焊接加强板，导致中性轴上移，虽然梁上翼缘发生轻微局部变形，但截面强度仍能满足要求；同时也表明立柱与顶底胎架连接节点为半刚性节点，对整体结构承载力具有一定影响，设计中应考虑节点的半刚性性能；可拆集装箱立柱在竖向荷载施加初期，发生轻微的扭转变形，但随着竖向荷载的增加，立柱以弯曲变形为主，并表现出明显的极值点屈曲特性。杨大雍[14]对立柱与顶底胎架半刚性节点建立了只考虑连接螺栓变形的弯矩-转角模型，该模型仅能用于线弹性阶段的工程分析计算，同时也忽略了连接板变形对半刚性力学模型的影响。陈世云[15]对装配式模块化可拆集装箱进行力学分析，以梁的截面尺寸为变量，以强度和刚度作为条件，以总质量最轻为目标函数为进行优化设计，得出临界屈服荷载为主要限制条件，优化后总质量减少 23%。尹静[16]等对装配式模块化可拆集装箱打包单元进行了整体刚性试验，并通过有限元软件 ABAQUS 进行了数值模拟分析，试验和数值模拟表明打包单元在横向和纵向具有良好的抗侧刚度，在运输过程中能够满足集装箱检验规范的要求，装配式模块化可拆集装箱打包单元可以采用船舶进行运输。王新亮[17]等采用有限元软件 ABAQUS 针对模块化集装箱房屋堆垛和吊装作业两种工况进行数值模拟分析，指出顶、底胎架梁及角柱与角件连接的地方容易发生屈服，在工程设计中应该采取加强措施。霸州市某公司根据《室内环境标准》(GB/T18883-2002)对可拆箱房屋的室内甲醛、苯、二甲苯等五项指标进行检测，结果表明可拆箱房屋室内空气质量优良，适合居住与办公使用。

国内对装配式整体运输集装箱研究相对较为成熟，但对于装配式模块化可拆集装箱的理论研究和试验研究较少，而且缺少行业规范指导可拆集装箱行业的健康发展。

4 装配式模块化可拆集装箱房屋工程应用

装配式模块化可拆集装箱凭借标准化、装配化、轻质高强、绿色环保、施工便捷、设计灵活等优点，广泛应用便利店、儿童医院、度假酒店、阅兵村、办公楼、别墅、学校等多种场所（见图 3），满足了人们多样化的对保温、美观和快装的需求。但是模块化可拆集装箱房屋产品国家标准、行业标准缺失，造成市场上质量参差不齐，需要国内较大的生产商进行行业自律，促进装配式模块化可拆集装箱健康协调发展。装配式模块化可拆集装箱是一种预制装配化程度高、模块化程度高的新型工业化建筑，对我国装配式钢结构低多层房屋设计和安装具有十分重要的借鉴意义。装配式模块化可拆集装箱的标准模块对折叠快装模块房屋也具有重要的参考价值。



(a) 赤峰便利店



(b) 北京市儿童医院



(c) 中铁建工崇礼项目部



(d) 某阅兵村项目



(e) 中铁城建宿舍楼



(f) 北京通州二层别墅楼



(g) 廊坊市第十八中学教室



(k) 葫芦岛某部队机动站点

5 结论

因装配式模块化可拆集装箱模块高度标准化、便于运输与安装等特点，已经广泛地应用于许多行业，但是装配式模块化可拆集装箱房屋产品国家标准、行业标准缺失，导致市场上产品质量参差不齐现象发生，需要行业尽快出台规程等保证装配式模块化可拆集装箱房屋健康持续发展。装配式模块化可拆集装箱房屋底梁与立柱节点属于半刚性节点，需要建立考虑连接板变形、螺栓

受拉变形等因素的力学模型,考虑节点半刚性对可拆式集装箱整体抗侧刚度的影响,保证装配式模块化可拆集装箱房屋的安全性,是研发工程师亟待解决问题。装配式模块化可拆集装箱房屋高度化的标准模块,对于我国装配式低-多层钢结构集成设计和安装具有重要的工程参考和借鉴意义。

参 考 文 献

- [1]刘华存, 集装箱房屋室外散件模块化设计方案[J]. 集装箱化, 2014 (07): 18-19.
- [2]刘淑芬, 郑美玲, 李宝玉. 模块化集装箱房屋横向刚性有限元分析[J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版), 201 (01): 33-37.
- [3]李英磊, 马荣奎, 李元齐. 集装箱模块化组合房屋单体纵向抗侧刚度及承载力数值分析[J]. 建筑钢结构进展, 2014 (01): 28-33+41.
- [4]查晓雄, 范坤杰. 集装箱房抗侧刚度分析 I:整箱蒙皮效应[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2017, 49 (06): 102-108.
- [5]范坤杰, 查晓雄. 集装箱房抗侧刚度分析 II:侧板开洞影响[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2017 (06): 109-116.
- [6]刘乐. 常高温水平荷载作用下集装箱轻钢结构力学性能研究[Z]: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [7]曾毓鑫. 集装箱房抗侧及防火性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
- [8]查晓雄, 钟建伟. 节点对集装箱房性能影响的研究[C]/2011 全国钢结构学术年会论文集, Vol.26. 中国宁夏银川, 2011: 46-47,98.
- [9]CECS 334-2013 . 装箱模块化组合房屋技术规程[S], 2013.
- [10]余术刚, 姚珊珊. 轻钢活动房屋热工性能分析[J]. 河南建材, 2015 (04): 52-53.
- [11]田磊, 宋新利, 胡文悌, 等. 一种模块化建筑体系在建筑中的应用[C]/钢结构建筑工业化与新技术应用, 2016: 224-231.
- [12]张俊峰, 杨大雍, 郭庆, 等. 拆装式箱型房屋竖向承载力试验研究[J]. 工业建筑, 2017 (10): 162-167.
- [13]张俊峰, 杨大雍, 胡文悌, 等. 拆装式箱式房屋底框受力性能试验研究[J]. 建筑结构, 2017 (10) 22-27.
- [14]杨大雍. 拆装式箱型房屋结构受力性能研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2017.
- [15]陈世云. 箱式集成房构件和整体的优化设计研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.
- [16]尹静, 查晓雄. 箱式集成房折叠单元刚性试验及有限元分析[J]. 工业建筑, 2010 (1): 446-448,40.
- [17]王新亮, 陶西如. 模块化集装箱房屋的有限元计算[J]. 江苏船舶, 2017 (05): 17-18,40.

装配式模块化折叠集成房屋研究及应用

彭志丰 张弘弢 王俊德

(多维联合集团有限公司 北京 100070)

[摘要] 虽然市场上的折叠房屋实现了房屋的折叠功能,便于运输和现场安装,但是房屋的密闭性和保温性相对较差,尤其是折叠铰链处和转角连接处。市场上的装配式房屋因构件种类繁多导致标准化程度低、工厂预制化程度较高的模块体积较大导致运输成本上升、集成化程度低。为此,我们专门对装配式模块化折叠集成房屋进行研究,通过标准模块技术解决构件种类繁多问题,通过折叠技术缩减标准模块体积,通过高度集成技术解决装饰问题,通过封堵模块和转角模块解决密封和保温难题。本文将结合工程实际,详细介绍装配式模块化折叠集成房屋的标准模块划分、铰链连接、封堵模块和角件模块等新技术。

[关键词] 装配式 模块化房屋 折叠房屋 双轴铰链 集成房屋

0 引言

文献^[1]中对折叠集装箱进行了系列试验研究和有限元分析,并对折叠集装箱的铰链和底侧梁缺口应力集中问题进行了改进。虽然折叠集装箱通过设置牵引装置提高了空箱的装卸和运输效率,很大程度降低集装箱的调运成本,但是其密闭性和保温性较差限制折叠集装箱的推广和使用^{[2][3]}。虽然太阳能折叠应急救灾房屋便于运输和现场安装,但是其密闭性较差,集成程度较低^[4]。虽然市场上的折叠房屋实现了房屋的折叠功能,便于运输和现场安装,但是房屋的密闭性和保温性相对较差,尤其是折叠铰链处和转角连接处。近几年,国家和地方政府相继出台一些列促进装配式建筑的政策,明确要求新建建筑的装配率,各家企业积极响应国家和党的号召,相继开展装配式建筑研究工作,完成一些装配式建筑的初步研究工作和工程案例。然而市场上的装配式房屋因构件种类繁多导致标准化程度低、工厂预制化程度较高的模块体积较大导致运输成本上升、集成化程度低。为此,我们专门对装配式模块化折叠集成房屋进行研究,通过标准模块技术解决构件种类繁多问题,通过折叠技术缩减标准模块体积,通过高度集成技术解决装饰问题,通过封堵模块和转角模块解决密封和保温难题。本文将结合工程,详细介绍装配式模块化折叠集成房屋的标准模块划分、铰链连接和封堵模块和角件模块等新技术。

1 工程背景

本工程为冰岛某小型旅游度假酒店,单坡屋面,长为11.5m,宽为6.6m,檐口高度为3.7m,屋脊高度为4.1m,该酒店布局为两室一厅两卫,高度集成化和高度装配式有效的解决当地人工安装费用高昂难题。该折叠房屋为钢木组合体系,钢矩形管梁柱构件作为主要受力构件,木方作为次受力构件,该体系不仅能够满足结构安全需求,而且木方构件能够形成热传递断桥,提高了房屋的保温性能。在装配式模块化折叠集成房屋的墙体和屋顶靠外侧位置设置空腔,通过内外部空气密度的差异进行浮力驱动通风,在炎热的夏日最需要通风的时候可随时启用,在严寒的冬季不需要通风的时候可关闭。通过控制冷热空气流动,来达到降低外界温度对室内温度的影响,从而降低建筑的能耗,实现环保与节能的目的。



图 1 装配式模块化折叠集成房屋外观图



图 2 装配式模块化折叠集成房屋室内图

2 模块化折叠集成房屋的模块划分与折叠方式

一个长 11.5m 宽 6.6m 装配式模块化集成房屋如何通过折叠功能实现便于运输的目的就涉及房屋的折叠方式，折叠方式需要通过房屋不同模块折叠组合实现。装配式模块化折叠集成房屋如何实现高度集成化和高度装配式，这就涉及房屋标准模块的具体划分与巧妙的连接。

房屋的折叠功能、集成化、装配式三者相互影响，相互制约，房屋的折叠功能将会降低房屋的集成化程度，并带来房屋折叠处的密封性、保温性难题。高度集成化和装配式制约折叠功能的实现。但折叠功能、集成化、装配式需要解决一个共性问题——房屋模块的划分（折叠功能决定了模块划分），然后是解决房屋的连接问题。

装配式模块化折叠集成房屋是将某户型房屋划分为地板模块、墙板模块、屋面板模块、阳角件模块、封堵模块等模块，通过铰链和连接件将各模块连接成一个装配式可折叠房屋。地板模块不仅具有折叠功能，还实现了暗藏地暖功能，达到室内美观的效果。墙板模块由骨架和多层保温材料 and 防潮材料复合而成，不仅具有保温、美观等特点，还实现了暗装水管、电线的功能。屋面板模块由骨架和多层保温材料和防潮材料复合而成，不仅具有保温、美观等特点，还实现了暗装电线的功能。阳角件模块解决了横向纵向墙体模块之间的难连接、密封性差、保温性差的难题；封堵模块解决了折叠处密封性差、保温性能差、不美观的难题[5]。装配式模块化折叠集成房屋具体折叠方式见图 3、图 4 和图 5。

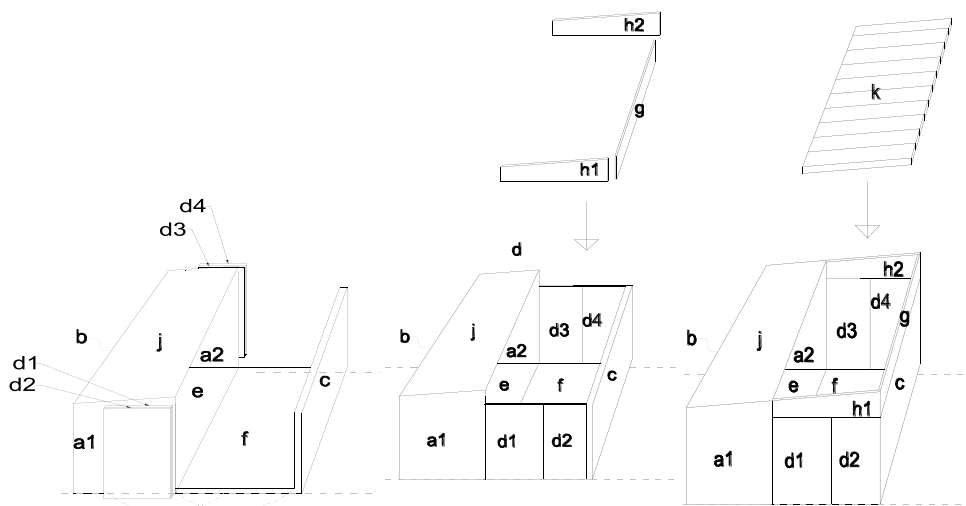


图 3 装配式模块化折叠集成房屋折叠方式



图4 装配式模块化折叠集成房屋骨架折叠方式



图5 装配式模块化折叠集成房屋折叠过程

3 模块化折叠集成房屋的铰链

装配式模块化集成房屋折叠功能的实现取决于铰链技术和封堵模块技术。根据折叠位置的不同，分为单轴铰链、双轴铰链和异型铰链。单轴铰链用于地板模块之间的折叠，异型铰链用于地板模块与墙板之间的折叠，双轴铰链用于三片墙体之间的折叠，并且该铰链具有 90 度限位功能。单轴铰链是一种常规铰链，异型铰链主要是为满足地板模块与墙板模块折叠处构造的需要。双轴铰链技术能够巧妙实现装配式模块化集成房屋墙体（包含墙体做法）的折叠，而且有效避免了折叠处墙体的损坏[6]。



(a) 单轴铰链

(b) 异型铰链

(c) 双轴铰链

图 6 装配式模块化折叠集成房屋的铰链

双轴铰链通过 90 度限位功能保护墙体在折叠过程不受损坏，双轴铰链 90 度限位功能的实现：第一种方式：在铰链套管外部焊接限位零件，当铰链旋转 90 度后，限位装置将限制铰链继续转动。既可以在双轴的每个轴套管上添加限位零件，也可仅在双轴的某个轴套管上添加限位装置。第二种方式：通过两个轴之间连接板厚度大于轴两侧连接板厚度的方式限制轴的转动。当轴外侧板旋转 90 度后，其被两轴之间的板限制继续旋转。第三种方式：将铰链轴的套管设置凹凸卡槽，通过上下套管凹凸形式实现每个铰链的 90 度限位。

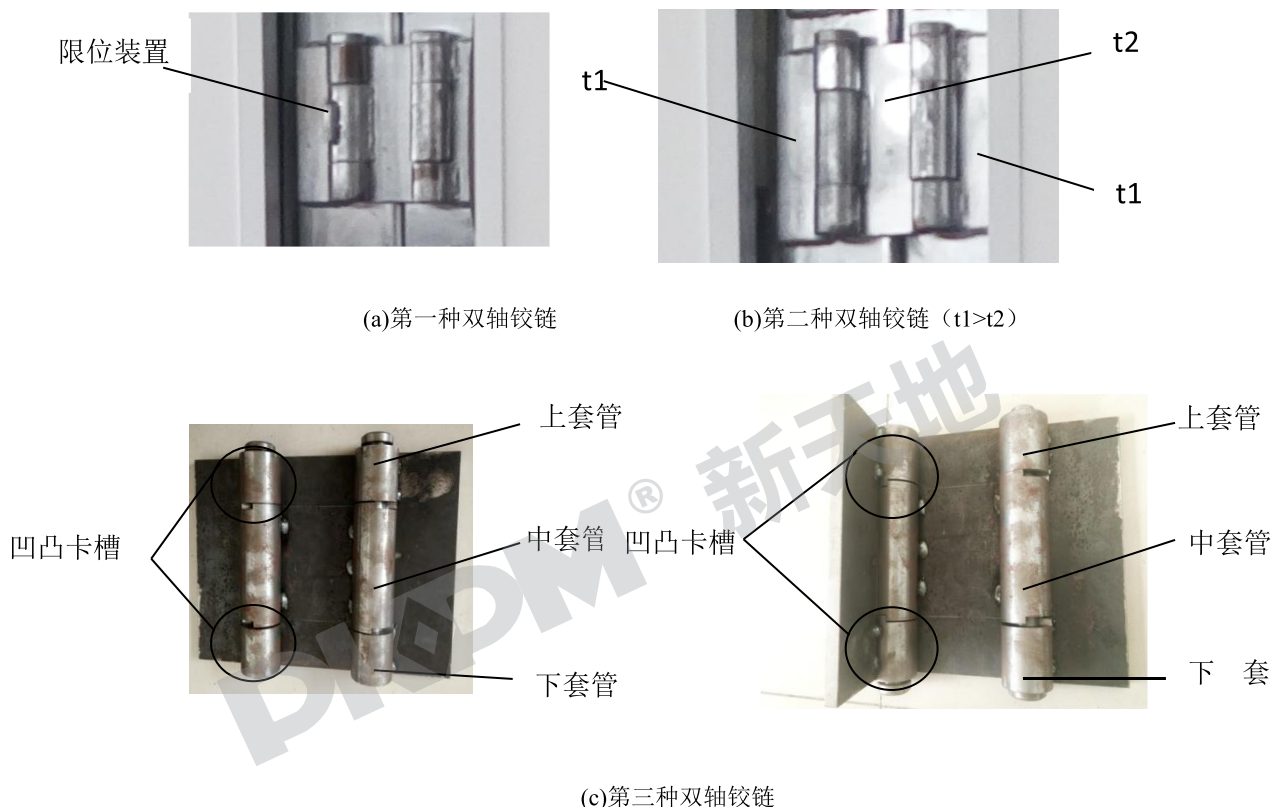


图 7 装配式模块化折叠集成房屋的双轴铰链

4 模块化折叠集成房屋的封堵模块

装配式折叠房凭借优良的折叠性具有运输便利的优点。但通常情况下，折叠房在折叠处的密封性与保温性差。为解决折叠处的保温性差、密封性差、不便于拆卸等难题，特设计了封堵模块。通过装配式模块化折叠集成房屋的封堵模块，解决铰链折叠处的保温性差、密封性差、不便于拆卸等难题，提高了装配式模块化折叠集成房屋的美观性和舒适度[7]。

封堵模块分为外墙封堵模块和内墙封堵模块。外墙封堵模块由外墙装饰板、保温层、防水透气膜、OSB 板、方木、磁铁或螺栓组成。外墙装饰板可以为金属装饰板、木装饰板、铝装饰板等，保温层可以为 XPS、玻璃丝棉、岩棉等保温材料。外墙封堵模块通过螺栓与外墙骨架连接在一起。外墙封堵模块的外墙装饰板悬挑长度为 L_1 ，根据外墙效果调整 L_1 的大小。在悬挑外墙装饰板内侧设置适当厚度的密封垫片或密封条，用于增加封堵模块的密封性和保温性。内墙封堵模块由内墙装饰板、OSB 板、方木、磁铁或螺栓组成。内墙装饰板可以为金属装饰板、木装饰板、铝装饰板等，内墙封堵模块通过螺栓与外墙骨架（矩形管）连接在一起。内墙封堵模块的内墙装饰

板悬挑长度为 L_2 ，根据内墙效果调整 L_2 的大小。在悬挑内墙装饰板内侧设置适当厚度的密封垫片或密封条，用于增加封堵模块的密封性和保温性。封堵模块保证了装配式折叠房屋在墙体折叠处的密封性和保温性，使室内外效果更加美观。

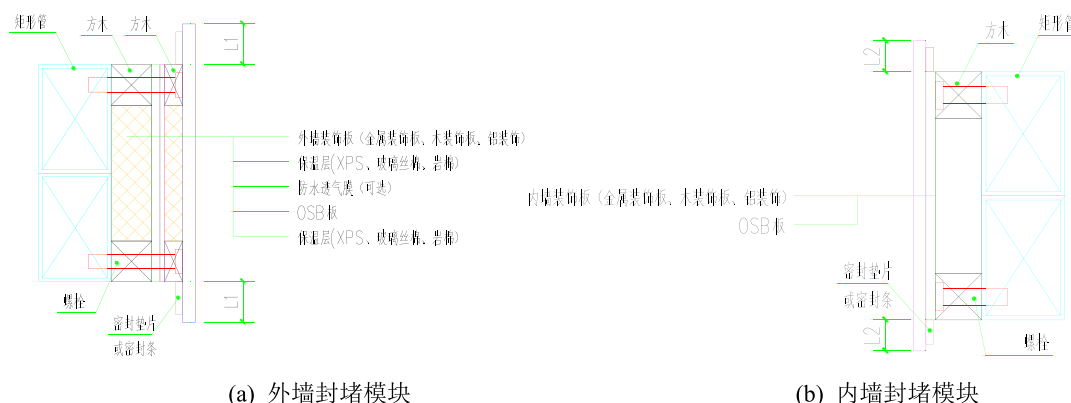


图 8 装配式模块化折叠集成房屋的封堵模块

5 模块化折叠集成房屋的转角模块

一般情况下，单独整片横向墙体模块与单独整片纵向墙体模块在连接处的密封性、保温性和美观性较差。为了实现纵横墙体模块连接处的美好密封性和保温性，专门设计了装配式折叠房屋的转角模块。通过装配式模块化折叠集成房屋的转角模块，解决了纵横墙体连接处的美好密封性差和保温性差，提高了装配式模块化折叠集成房屋拐角处的美观性。转角模块分为阳角件模块与阴角件模块，阳角模块用于室外，阴角模块用于室内。

阳角件模块可设置凸出的装饰件，增强装配式折叠房屋外墙的美观性。阳角件模块由外墙装饰板、保温层、防水透气膜、OSB 板、保温层、方木、螺栓组成。外墙装饰板可以为金属装饰板、木装饰板、铝装饰板等，保温层可以为 XPS、玻璃丝棉、岩棉等保温材料。阳角件模块通过螺栓与外墙骨架连接在一起。阳角件模块的外墙装饰板悬挑长度为 L_3 ，根据外墙效果调整 L_3 的大小。在悬挑外墙装饰板内侧设置适当厚度的密封垫片或密封条，用于增加阳角件模块的密封性和保温性。阳角件模块保证了折叠房屋纵横墙模块连接处的密封性和保温性，使室外效果更加美观。

阴角件模块是装配式折叠房屋室内装修一重要组成部分。阴角件模块由内墙装饰板、OSB 板、方木、螺栓组成。内墙装饰板可以为金属装饰板、木装饰板、铝装饰板等，阴角件模块通过螺栓与外墙骨架连接在一起。阴角件模块的内墙装饰板悬挑长度为 L_4 ，根据内墙效果调整 L_4 的大小。在悬挑内墙装饰板内侧设置适当厚度的密封垫片或密封条，用于增加阴角件模块的密封性和保温性。阴角件模块保证了折叠房屋纵横墙模块连接处的密封性和保温性，使室内效果更加美观。

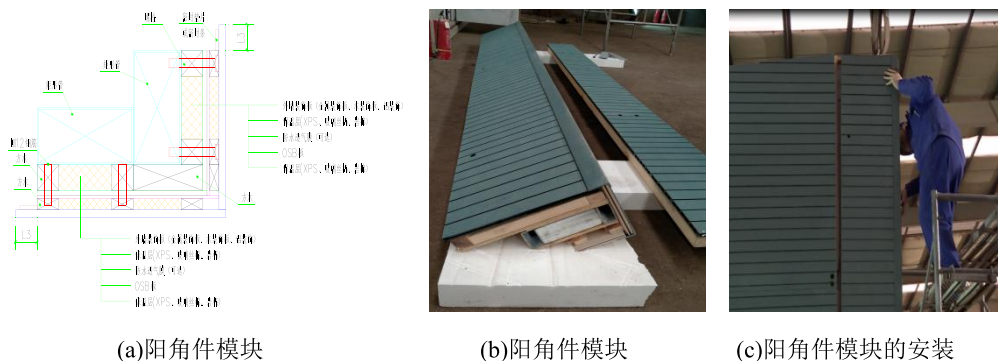


图 9 装配式模块化折叠集成房屋的阳角件模块

6 结论

(1) 通过装配式模块化折叠集成房屋的标准化设计划分和折叠技术缩小房屋运输的空间,通过高度集成技术缩短房屋施工现场的安装时间。

(2) 通过双轴铰链限位功能能够巧妙实现装配式模块化集成房屋墙体(包含墙体做法)的折叠,而且有效避免了折叠处墙体的损坏。

(3) 通过装配式模块化折叠集成房屋的封堵模块,解决铰链折叠处的保温性差、密封性差、不便于拆卸等难题,提高了装配式模块化折叠集成房屋的美观性和舒适度。

(4) 通过装配式模块化折叠集成房屋的角件模块,解决了横纵墙体连接处良好密封性差和保温性差,提高了装配式模块化折叠集成房屋拐角处的美观性。

该装配式模块化折叠集成房屋工厂预制程度高达 95%,现场仅需进行模块之间简单的拼装,便可拎包入住使用,现场安装无焊接作业、无湿作业。具有工厂预制程度高、装配程度高、保温、节能、美观、便于运输等优点。装配式模块化折叠集成房屋为我国折叠集成房屋提供了借鉴和参考。

参考文献

- [1] 黄牛. 折叠式集装箱设计分析与试验[D]. 广州: 中山大学, 2009.
- [2] 孔河清, 郭光荣. 折叠式集装箱研发综述[J]. 集装箱化, 2015, 26(3): 12-16.
- [3] 张志松, 戴晓俊, 范井齐. 全折叠式集装箱的设计开发[J]. 集装箱化, 2015, 26(8): 26-29.
- [4] 魏秋晨. 一种新型太阳能折叠式应急救灾房屋的实现[J]. 绿色科技, 2018(第18期): 145-147.
- [5] 彭志丰, 张弘弢, 陈涛, 等. 装配式折叠房屋: 中华人民共和国, CN207194160U[P]. 2017-08-25.
- [6] 王俊德, 彭志丰, 张弘弢, 等. 一种折叠房双轴铰链及折叠房: 中华人民共和国 N207130884U[P]. 2017-08-25.
- [7] 彭志丰, 张弘弢, 王俊德, 等. 一种折叠房封堵模块及折叠房: 中华人民共和国 N207130883U[P]. 2017-08-25.

PKPM 软件中地下室相关参数解析

赵珊珊 林庚浩

(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 PM 和 SATWE 中有很多和地下室相关的参数，地下室的定义对于土体约束、水土作用、剪力墙加强层的定义及相关构件的内力调整等内容对计算结果都有很大的影响，所以，我们需要明确这些参数的含义及其对计算的影响。

[关键词] 地下室；参数

0 前言

结构设计中，随着建设条件的复杂和建筑要求的多样化，结构设计中地下室部位也不再是整楼整层，地下室相关参数与土体对结构整体的约束作用、风荷载计算起始高度、地下室外墙的水土作用等直接相关，不同的参数填写，对于计算结果有很大影响。本文将针对这些参数的位置和对程序影响进行说明。

1 PMCAD 中的参数

PM 中有关于地下室层数和结构起算高度的填写，对于结构计算的影响不同，在进行填写时需要注意。

1.1 结构地下室层数

地下室层数信息可以通过楼层组装—>设计信息—>总信息进行填写，如图 1 所示。

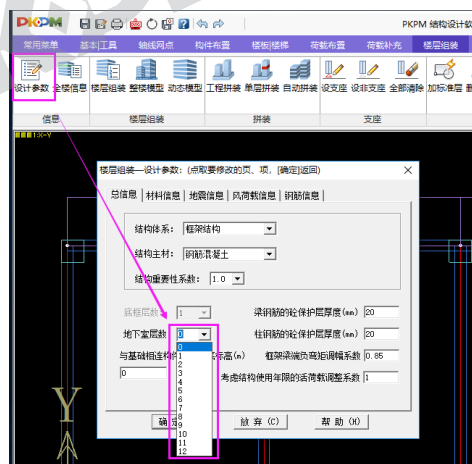


图 1 地下室层数设置

需要注意：只有在地下室中才能定义人防荷载，非地下室结构无法定义人防荷载，如果在非地下室楼层定义人防荷载，程序会在 PM 退出时给出提示，如图 2 所示。

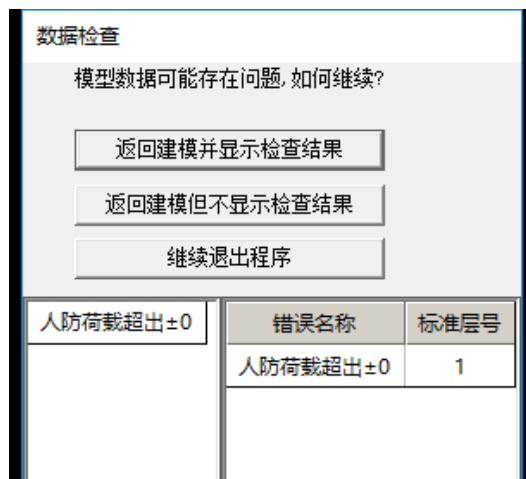


图 2 人防荷载超出地下室层数报错

程序可以计算多层人防和局部人防。对于输入了人防荷载的地下室楼层，程序可对该楼层及以下的地下室楼层的梁、柱、墙完成人防设计。

1.2 结构起算高度

在 PM 楼层组装—>楼层组装中，用户可以自定义结构起算高度，对于有地下室结构，用户可以根据实际情况填写结构起始高度，比如，-3.6m，如图 3 所示。



图 3 楼层组装表

需要注意，结构起算高度和地下室层数是相互独立的参数，结构起始高度会传给 JCCAD 模块以供计算基础起始高度、覆土高度等信息；在 SATWE 计算中，结构起算高度只对结构构件绝对坐标有影响，对地震、风荷载等内力计算没有影响。

1.3 结构与基础相连构件的最大底标高（m）

在进行上部结构计算时，我们认为竖向构件底部是固接，需要在结构底部增加固定支座进行约束，如果出现底部高度不同的情况如图 4 所示，如果不增加设置，程序可能只在最底部增加支座约束，上部楼层无法约束的情况。

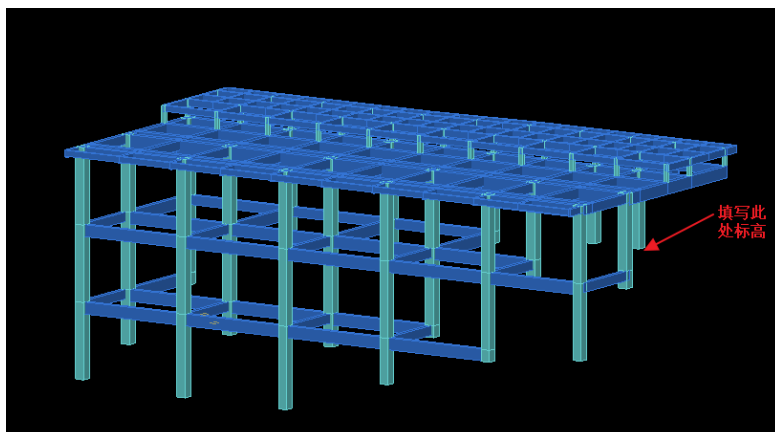


图 4 底层标高不一致结构

此时，在楼层组装—>设计信息—>总信息中根据楼层组装表中的层底标高设置“与基础相连构件的最大底标高（m）”，可以对此填入高度下的所有竖向构件节点施加支座约束。

此参数与支座约束，以及基础读取的标高相关，与地下室相关信息和计算无关，与上文中提到的结构起算高度有关，可以按照楼层组装中，非底部高度楼层底部的标高进行填写，如图 5 所示。

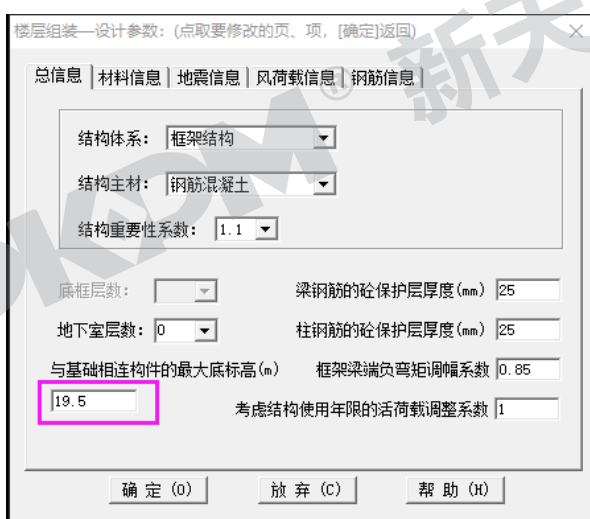


图 5 与基础相连构件最大底标高

2 SATWE 中地下室相关参数

2.1 总信息中地下室层数

SATWE 参数定义—>总信息中地下室层数，其参数是接入 PMCAD 数据设计参数中的地下室层数，二者可以互通修改，如图 6 所示。

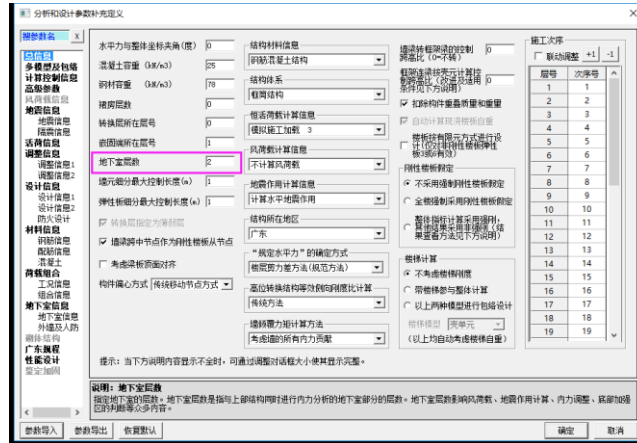


图 6 参数设置

地下室层数是指与上部结构同时进行内力分析的地下室部分的层数。地下室层数影响风荷载和地震作用计算、内力调整、底部加强区的判断等众多内容，是一项重要参数。

结构在进行计算的时候，会按照地下室层数进行计算，而非 PMCAD 中输入的结构底标高。

2.2 地下室信息

2.2.1 “室外地面与结构最底部的高差 H”

此参数与土体对结构整体约束及风荷载计算起始高度相关，H 取值不同，风荷载计算起始高度及土体约束计算也不同。此参数需要用户手动进行定义，程序默认为 0。

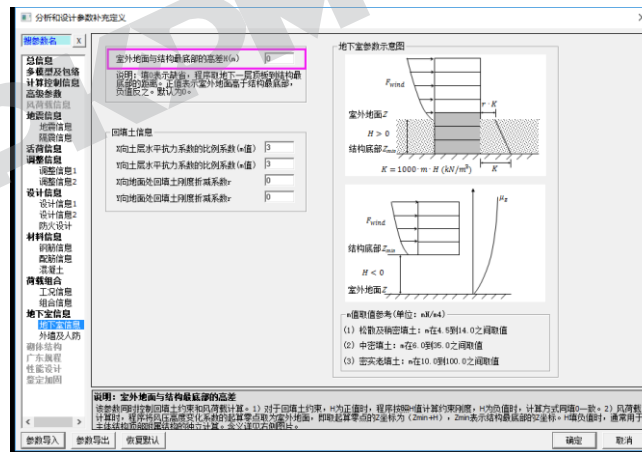


图 7 室外地面与结构底标高

- 1) 当 $H=0$ 时，风荷载计算起始高度为地下室顶板，土体约束为地下室顶板以下，其中，地下室按照总信息中地下室层数进行计算。
- 2) $H \neq 0$ ，程序按照 H 确定风荷载和土体约束计算起始位置，二者含义如下：
 - I. $H < 0$ 时，含义为室外地面低于结构底标高，如图 8 所示

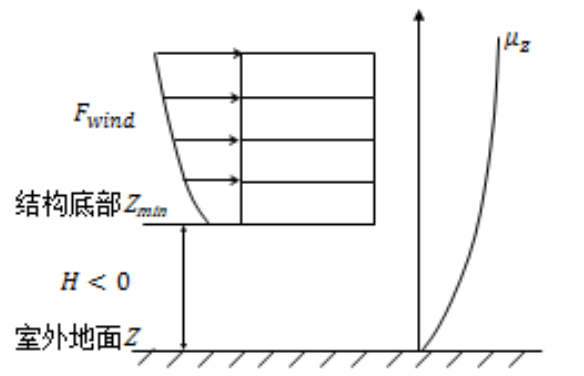


图 8 室外地面低于结构底标高

风荷载计算起始高度室外地面±0.00 处，结构底部距离±0.00 为|H|m（适用于上部部分结构计算，比如，单独计算网架结构）。

此时，没有土体约束计算。

II. $H > 0$ ，含义为室外地面高于结构底标高，如图 9 所示

其中，风荷载计算起始位置从 H 处开始计算。

土体对地下室顶板约束刚度为：

$$k = (r \cdot K + K_h) \cdot h \cdot A \quad (\text{公式 2.2.1-1})$$

其中：

m ——土体水平抗侧力系数比例

H ——整个结构土体约束高度

h ——首层土体约束高度

$K = 1000 \cdot m \cdot H$ (kN/m^3) 结构底部刚度

K_h ——由线性计算取得的 h 处的土体约束刚度

A ——首层所在范围内结构对应土体约束面积

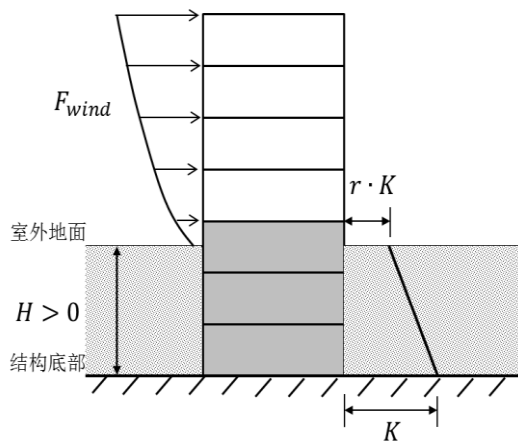


图 9 室外地面高于结构底标高

2.2.2 m 值的确定和影响

对于 m 值，在进行填写时注意：

- 1) $m < 0$ 时，m 为负数，对结构|m|层以下完全约束。

注意：

程序无法对 m 和地下室层数 M 大小进行判断，如果|m|大于地下室层数 M，在应用程序进行计算时，程序会对结构底部|m|层进行完全约束，可能会产生有效质量系数不足的问题。

- 2) $m = 0$ ，土体对结构没有约束作用（无论是否有地下室）
- 3) $m > 0$ ，程序会按照公式 2.2.1-1 计算土体的侧向约束作用。

其中，m 值是参考桩基规范相关规定进行定义如下图所示。

表27 非岩石类土的比例系数m值表

土基地类别	预制桩、钢桩		灌注桩	
	m (MN/m ⁴)	相应单桩地面处水平位移 (mm)	m (MN/m ⁴)	相应单桩地面处水平位移 (mm)
淤泥、淤泥质土和湿陷性黄土	2~4.5	10	2.5~6.0	6~12
液塑 ($I_L > 1$)、软塑 ($0 < I_L \leq 1$) 状黏性土、 $e > 0.9$ 粉土、松散粉细砂、松散填土	4.5~6.0	10	6~14	4~8
可塑 ($0.25 < I_L \leq 0.75$) 状黏性土、 $e = 0.9$ 粉土、湿陷性黄土、稍密和中密的填土、稍密细砂	6.0~10.0	10	14~35	3~6
硬塑 ($0 < I_L \leq 0.25$) 和坚硬 ($I_L \leq 0$) 的黏性土、湿陷性黄土、 $e < 0.9$ 粉土、中密的中粗砂、密实老黄土	10.0~22.0	10	35~100	2~5
中密和密实的砾砂、碎石类土			100~300	1.5~3

图 10 m 值取值参考

对于有地下室结构，m 值不同，计算结果有很大不同。

本文将图 11 模型为例，进行计算对比，可以发现 m 值修改对于结构整体计算有很大影响。

此模型为地下两层，地上 24 层的剪力墙结构。对比模型设置其他参数完全一致的情况下，只是修改模型 m 值。

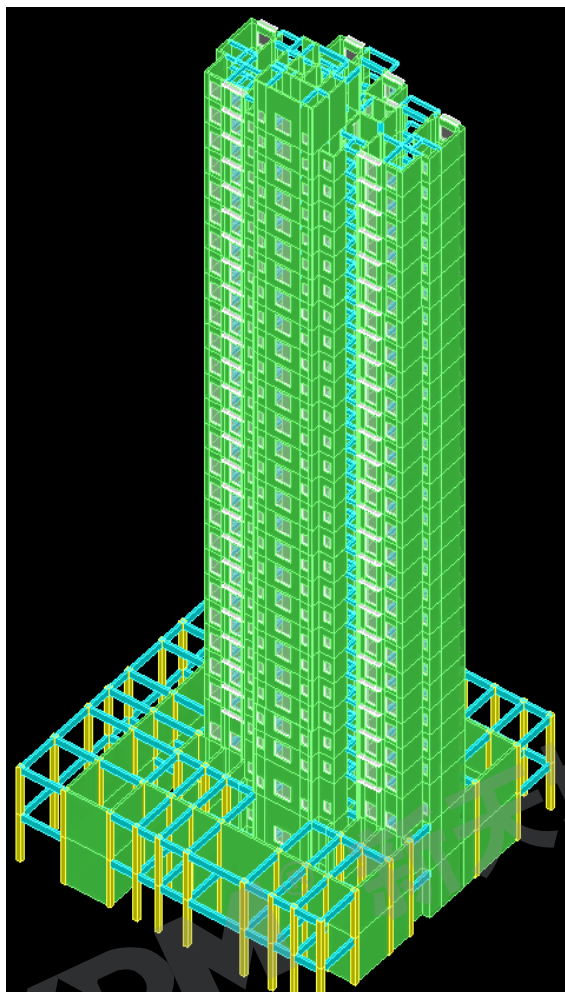


图 11 结构模型图

各模型 m 值如下表所示

不同模型 m 值 表 1

振型号	模型 1	模型 2	模型 3
m 值	5	20	-2

结构计算结果如下表所示

结构周期 (s) 表 2

振型号	模型 1	模型 2	模型 3
1	1.3157	1.3136	1.304
2	1.2665	1.2638	1.2539
3	0.7505	0.7498	0.7473

X 方向基底剪力 V_x (KN) 表 3

层号	模型 1	模型 2	模型 3
3	14140	13921.1	13274.8
2	19779.4	18988.4	13274.8
1	24916.1	23330.1	13274.8

Y 方向基底剪力 V_y (KN) 表 4

振型号	模型 1	模型 2	模型 3
3	15082.7	14844.7	13831.8
2	20584.4	19622	13831.8
1	24988.9	23447.2	13831.8

通过工程对比发现，结构的基底剪力随着 m 值的增大而减小，土体约束作用随着 m 值的增大而增大。

2.3 外墙及人防

结构地下室外墙相关参数如下图所示

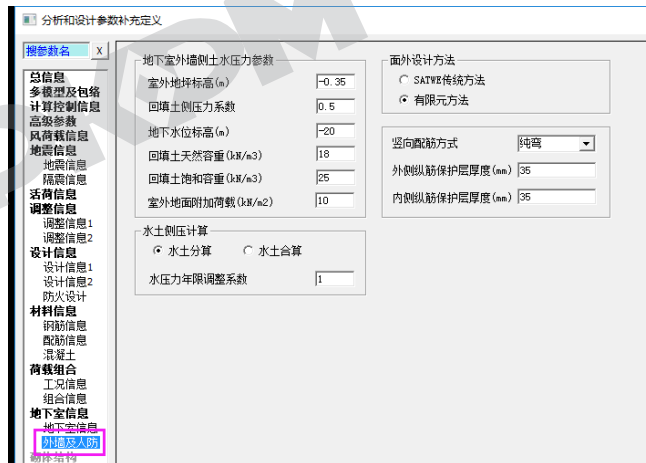


图 12 地下室外墙相关参数

2.3.1 参数设置

1) 高度定义

其中，室外地坪标高 (m) 的 ± 0.00 位于为结构地下室顶板，即参考总信息中的地下室层数的顶板，与地下室信息中的室外地面与结构最底部高差 H 无关。

地下水位标高 (m) 的 ± 0.00 位于为结构地下室顶板，室外地坪标高的 ± 0.00 位置一致。

2) 水土合算与分算

水土侧压计算可以通过参数选项控制是否将水压力和土压力分开计算，其工况分项系数可以通过工况信息中相关选项进行调整。

如果采用水土合算，分项系数可在恒荷载处进行调整，如下图所示。

编号	工况名称	工况属性	参与计算	分项系数(不利主控)	分项系数(不利非主控)	分项系数(有利)	重力荷载代表值系数
1	恒荷载	--	是	1.35	1.20	1.00	1.00
2	水土压力	--	是	1.35	1.20	1.00	0.00
3	地震荷载	--	是	--	1.20	--	0.00

图 13 水土合算工况表

采用水土分算，则土压力为恒荷载，水压力为活荷载，如下图所示。

编号	工况名称	工况属性	参与计算	分项系数(不利主控)	分项系数(不利非主控)	分项系数(有利)	重力荷载代表值系数
1	恒荷载	--	是	1.35	1.20	1.00	1.00
2	土压力	--	是	1.35	1.20	1.00	0.00
3	地震荷载	--	是	--	1.20	--	0.00
1	活荷载	--	是	1.40	--	0.70	0.50
2	风荷载	--	是	1.40	0.20	0.60	0.00
3	水压力	--	是	1.40	--	--	0.00

图 14 水土分算工况表

3) 计算方法

目前，程序提供了“SATWE 传统方法”和“有限元方法”两种平面外设计方法。

其中，传统方法在进行面外内力计算时，是按照单片剪力墙下端固接，顶部铰接与顶部固接两种情况分别计算，对两种情况计算得到的内力取平均值。

有限元方法在进行面外内力计算时，剪力墙与相连构件均为固接，而相连构件对剪力墙的约束按照构件的尺寸和实际连接形式考虑，剪力墙底部与基础固接，对剪力墙进行有限元剖分后进行内力分析计算，最终按照得到有限元内力进行积分，在后处理中各个节点显示。

4) 配筋

地下室剪力墙平面外配筋可以选择两种方式，分别为按梁进行纯弯配筋，和按照压弯构件进行配筋。

2.3.2 水土荷载查看

水土压力可以通过设计前处理—>外墙及人防进行查看，如下图所示。

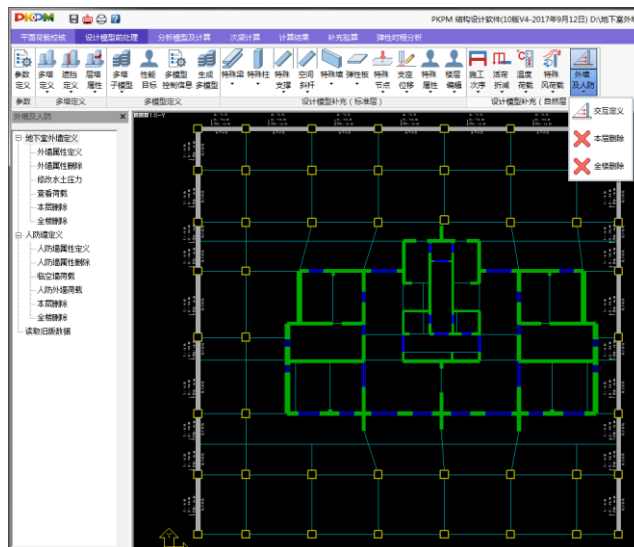


图 15 水土压力查看

水土压力沿楼层高度呈梯形（或三角形）分布，沿墙长方向单位长度的外墙作为计算单元。荷载分布形式如下图所示。

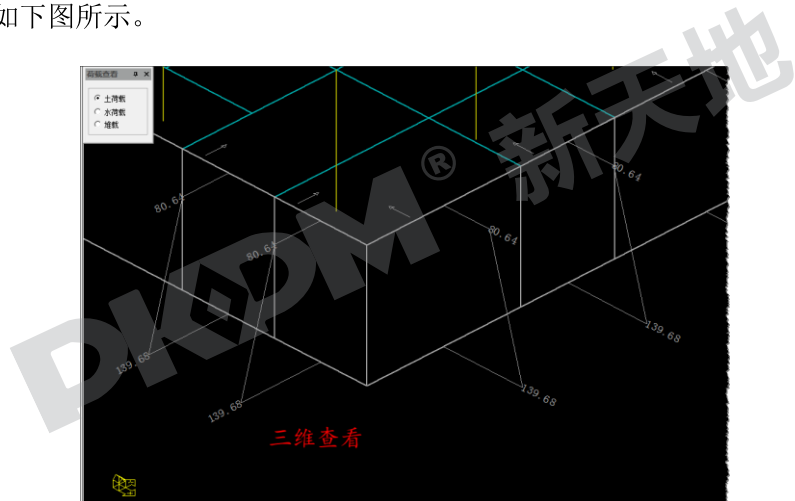


图 16 荷载三维查看

同时，可以通过此菜单定义地下室外墙属性，通过菜单修改水土压力大小和方向，如图 17 所示。

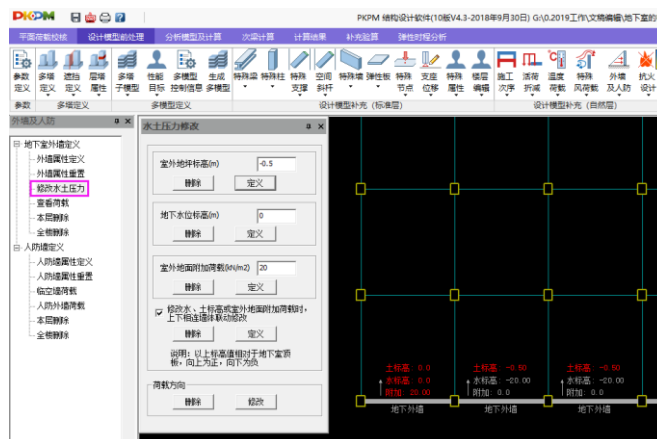


图 17 修改水土压力和荷载方向

全楼结构整体考虑水土压力作用，但是仅对地下室外墙进行面外设计。

2.3.3 结果展示

地下室外墙计算完成后，如果选择采用 satwe 传统方式计算，可以在计算结果—>配筋中看到墙面外配筋结果，如下图所示。

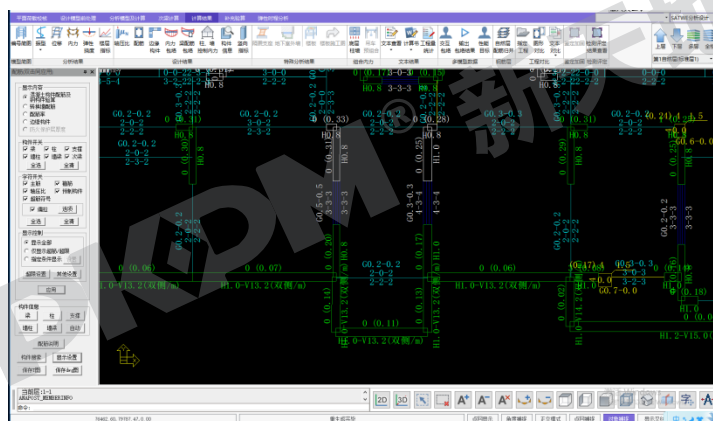


图 18 传统方法计算结果查看

如果选择有限元方式进行计算，在配筋中只给出剪力墙面内配筋计算结果，可以在计算结果—>地下室外墙查看墙面外计算内力和配筋结果，如下图所示。

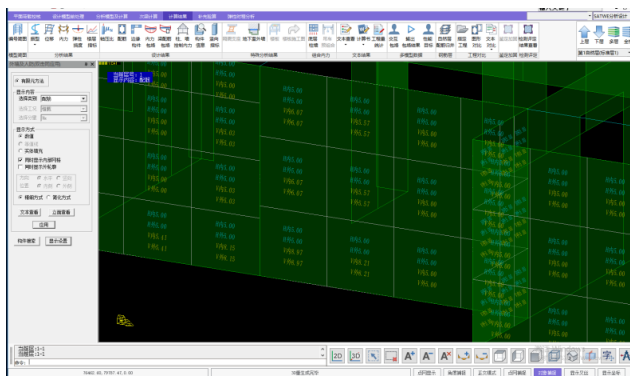


图 19 有限元方法计算结果查看

3 特殊情况下参数输入

现在结构布置和周边环境越来越多样化，针对特殊情况，也会有特殊的处理，接下来简单介绍两种比较常见的情况。

a) 非四面围土结构

一般结构建设完成后，都会进行周边土体回填，形成四面围土的情况，然而一些坡地建筑或者有地下庭院的结构中，可能会出现三面围土或者单面围土的情况，这种情况下，地下室信息的填写直接影响结构的受力情况。

一般，土体对结构的约束是单向的，这是由土体本身特性决定的，土体只能受压不能受拉。

在结构计算中，由于地震和风荷载都是对称计算的水平荷载，在土体对称分布时，土体对于结构整体约束也是对称的，可以按照实际情况进行填写。

对于对称方向，只有单侧土体的情况，如下图所示，无土体侧无法承担水平荷载，有土体侧只能受压不能受拉，目前程序无法按照单压弹簧单元对于土体进行模拟，鉴于土体受压时对结构受力有利，所以，当出现图 20 情况时，建议本方向 m 值可以填写为 0。

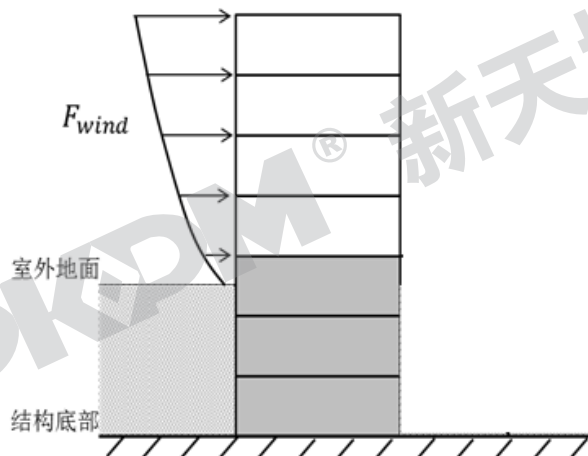


图 20 非对称围土简图

在地下室信息中，可以分别填写 X 向和 Y 向 m 值，针对两面围土，可以选择非对称围土方向 m 值为 0。

针对一面围土，三面为空的情况，可以不进行地下室层数和室外地面与结构最底部高度的定义；或者填写地下室层数后， m 值修改为 0。

b) 半地下室结构

i. 结构主体结构完整，室内无土体填埋

在一些结构中，如图 21 所示，结构布置正常，只是某些楼层土体和地下室顶板高度不一致。

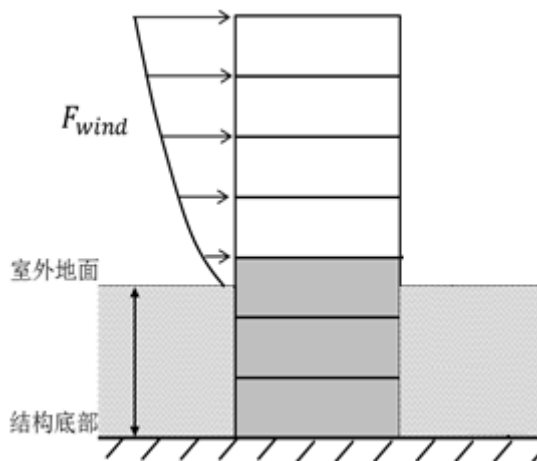


图 21 半地下室结构土体约束

在地下室层数填写正确的情况下，正确填写地下室信息中室外地面与结构最底部的高差 H (m) 即可。此时，风荷载其实高度会按照 H 进行修改，土体约束按照 H 进行计算。与地下室相关的内力调整会按照填写的地下室层数进行调整。

ii. 无地下室结构，一层结构柱埋入土体

在一些结构中，如下图所示，模型中无地下室结构，底层埋入土体，室外地面到基础顶有一定距离。根据

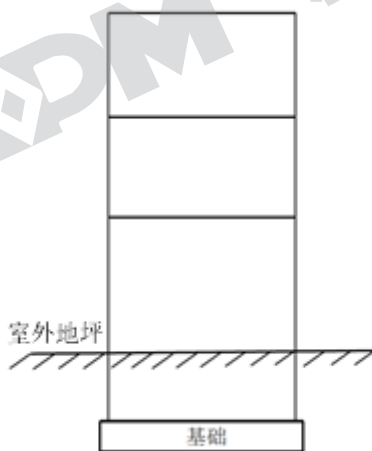


图 22 模型示意图

可以有两种形式进行建模：

- 1) 底层在建模时分为两层建模，在室外地坪标高处分层，地下室层数为 1，如图 23 所示

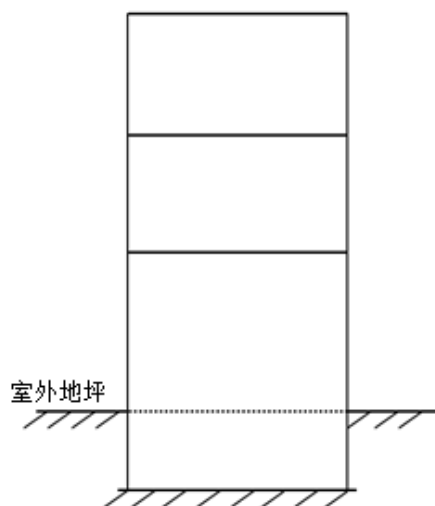


图 23 分层示意图

这种建模形式优缺点也比较明显：

优点：能够比较好的考虑土体约束作用和风荷载起算高度。

缺点：

- a. 结构整体指标查看时，楼层位移/楼层位移比与实际情况不符；
 - b. 结构下面两层形成跃层柱，在进行剪切刚度计算时，由于层高的影响，会使剪切刚度增大；
 - c. 这种情况下建模，填写地下室层数为 1，地下室柱配筋比上层配筋要放大 1.1 倍。
- 2) 底层在建模时为一层建模，地下室层数为 0，正确填写室外地面与结构最底部高差 H (m)

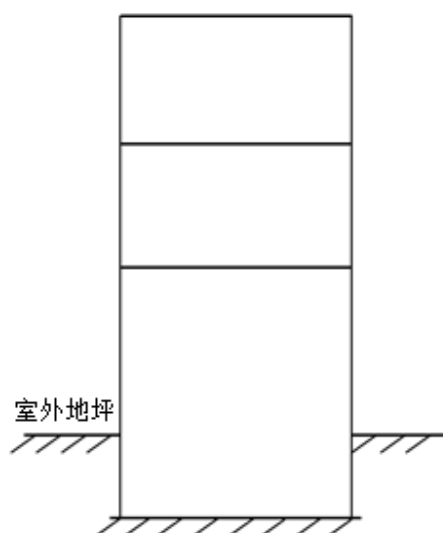


图 24 未分层示意图

按照这种建模方式，优缺点也很明显：

优点：

- a. 程序也可用正常考虑风荷载作用；
- b. 查看结构整体指标时，剪切刚度与实际相符，楼层位移/楼层位移比与实际相符。

缺点：无法准确模拟土体约束，因为土体约束是添加到本楼层顶部，不是直接添加到土体所在位置。

- 3) 两种计算结果各有利弊，如果为了结构安全考虑，可以参照以上两种方法分别计算，计算结果取包络。

4 小结

1) 地下室层数的定义在会影响人防荷载的输入、风荷载和地震作用计算、内力调整、底部加强区的判断等众多内容，是一项重要参数，需要正确填写。

2) 在室外地坪高度与地下室顶板不一致的时候，还可以通过室外地面与结构最底部高差进行土体约束和风荷载计算起始高度的确定。

3) 土体约束的大小和三面围土的情况，可以通过调整 m 值的大小近似考虑。

4) 全楼结构整体考虑水土压力作用，但是仅对地下室外墙进行面外设计，其水土荷载的起始高度，以总信息中地下室层数的顶板为参照进行计算。

参考文献

- [1] 中国建筑科学研究院.PKPM 多高层建筑计算软件应用指南[M].北京：中国建筑工业出版社，2010.
- [2] 中国建筑科学研究院.SATWE 多层及高层建筑结构空间有限元分析及设计软件（墙元模型）用户手册

结合 SATWE 软件解读《高规》9.1.11-2 条

王文婷

(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] 《高规》9.1.11 条对框筒结构二道防线调整作了详细规定, 本文针对该条在 PKPM 软件中如何实现作了详细解读。

[关键词] 框筒结构; 二道防线; SATWE 软件

0 前言

框筒结构是外周框架与核心筒协同工作的双重抗侧力结构体系。实际工程设计中, 常出现外周框架刚度过低, 核心筒刚度过高, 结构底部剪力主要由核心筒承担的情况。这种情况遇到强震时, 核心筒墙体如果损伤严重, 外周框架将会承担较大地震作用, 故《高规》第 9.1.11 条, 对筒体结构承担的地震剪力做了相关规定。由于篇幅所限, 本文主要针对《高规》第 9.1.11-2 条(第 9.1.11-3 条同理)进行软件解读, 并结合工程实例, 让我们明明白白做设计。

1 软件实现方式

当框架部分地震剪力小于结构底部总地震剪力 10%时, 意味着筒体结构的外周框架刚度过弱, 此时 $1.5V_{f,max}$ 可能远小于 $0.2V_0$ 。如果仍按框剪方式调整的话, 则调整后框架承担的总剪力仍较小。根据《高规》第 9.1.11-2 条, 此时各层框架剪力按照结构底部总地震剪力的 15%进行调整, 同时要求对核心筒的设计剪力和抗震构造措施予以加强。

软件的调整方式为 $\max[0.15V_0, \min(0.2V_0, 1.5V_{f,max})]$ 即先取 $0.2V_0$ 和 $1.5V_{f,max}$ 较小值, 然后再取和 $0.15V_0$ 比较的较大值作为最终的调整值, 输出调整系数, 并对剪力墙地震剪力放大 1.1, 抗震构造措施的抗震等级提高一级。

以 PKPM-SATWE 软件为例, 程序可以自动计算框架部分承担的地震剪力比, 在[新版文本结果查看]-[通用的 $0.2V_0$ 调整系数]中, 程序会输出本层的框架剪力, 以及对应的 $0.2V_0$ 、 $1.5V_{f,max}$, 以及 $0.15V_0$ 对应的剪力值, 根据以上三者综合判断, 输出最终调整后的剪力值 $V_{c,f}$, 并输出各层对应的调整系数, 如下图所示。

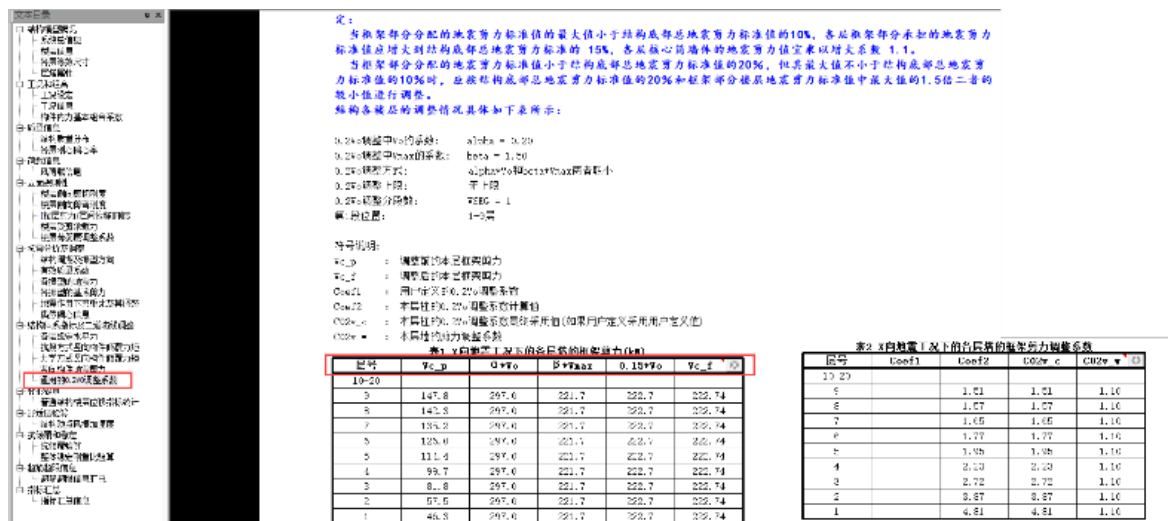


图1 结果查看示意图

2 工程实例校核

某框筒结构，地上 34 层，地下 3 层，地震设防烈度 7 度 (0.15g)，第二组，III 场地类别，结构轴侧三维效果如下图：

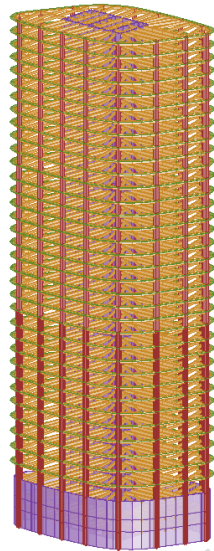


图 2 工程实例轴测图

以 X 向地震工况为例，计算后，通过查询[新版文本结果查询]- [竖向构件地震剪力]可获知结构底部总剪力。程序取调整范围内起始层的地震剪力作为此段结构总剪力，我们建议对结构±0 以上结构进行调整计算。本工程 3 层地下室，二道防线调整起始层号填 4，结构底部总剪力大小为 $V_0=26342.7\text{kN}$ ，前处理参数填写情况及计算结果如下图所示。

竖向构件地震剪力及百分比

表1 X向地震工况下的剪力及百分比(单位 kN)			
层号	框架柱	墙及支撑	总剪力
37	2121.3(83.1%)	1832.1(71.8%)	2551.4
36	1650.9(34.3%)	3692.6(76.7%)	4813.1
35	1834.9(27.1%)	5406.9(79.9%)	6771.1
34	APPA_0(22.7%)	6902.8(82.0%)	8418.8
8	1416.7(5.9%)	22835.6(94.4%)	24178.4
7	1518.5(6.1%)	23443.5(94.2%)	24898.0
6	1448.7(6.7%)	24130.4(94.5%)	25527.2
5	1180.1(4.5%)	24870.6(95.6%)	26015.7
4	2406.7(9.1%)	24002.1(91.1%)	26342.7
3	0.0(0.0%)	24733.6(100.0%)	24733.6
2	0.0(0.0%)	23432.1(100.0%)	23432.1
1	0.0(0.0%)	21810.0(100.0%)	21810.0

图 3 前处理及结果输出示意图

第 4 层框架柱承担的地震剪力为该段中的最大值 $V_4=2406\text{kN} < 10\%V_0=2634.2\text{kN}$ ，故执行《高规》第 9.1.11-2 条。该层调整后地震剪力 $V_{c_f4}=\max[0.15V_0, \min(0.2V_0, 1.5V_f, \max)] = \max[3951.48, \min(5268.7, 3811.8)] = 3951.48\text{kN}$ ，其他层同理。程序计算结果如下图所示。



图4 调整结果示意图

第4层调整系数 $C_{02v} = 3954.48 / 2406.7 = 1.64$, 其他层计算同理。同时, 各层核心筒墙体地震剪力需放大1.1, 抗震构造措施按抗震等级提高一级。程序计算结果如下图所示。这里需要说明的是, 规范要求对核心筒墙体做内力调整, 但目前程序暂时不能判断哪些墙体为核心筒墙体, 故对所有墙肢均进行了放大。

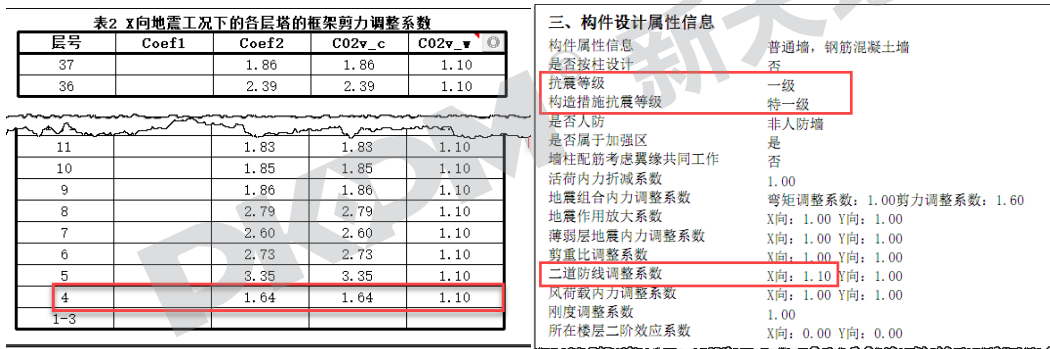


图5 调整系数及构件信息结果

若需要对与二道防线调整的柱子相连的梁弯矩、剪力进行相应调整, 可在前处理【高级参数】中相关选项进行控制。程序根据《高规》规定默认勾选, 如果需考虑《广东高规》第9.1.10条不进行调整, 可取消勾选, 具体如下图所示。

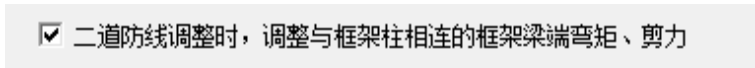


图6 参数设置

对于带加强层的工程, 由于其层刚度较大, 地震剪力相对其他楼层也会相应增大。程序会根据《高规》第9.1.11条, 框架部分地震剪力最大值自动剔除加强层及加强层上下层的框架部分剪力。

3 精细化的前处理设置

对于二道防线调整, PKPM-SATWE 软件前处理提供了非常细致的参数信息, 具体介绍如下:

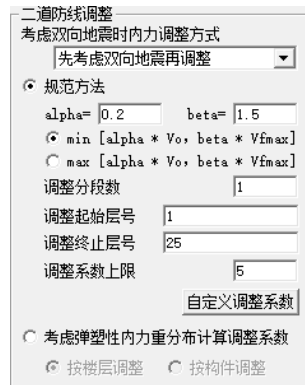


图 7 二道防线调整参数

3.1 Alpha、beta

分别为 V_0 和 $V_{f,max}$ 前系数。对于钢筋砼结构或混合结构，默认为 0.2 和 1.5；对于钢结构，根据《抗规》第 8.2.3-3 条为 0.25 和 1.8。



图 8 前处理参数设置

3.2 0.2V0 调整方式的选择

“规范方法”中，软件既提供规范的各层框架总剪力取 $0.2V_0$ 和 $1.5V_{f,max}$ 二者较小值方式，也提供二者取大的调整方式。这主要是考虑达到对于某些超限工程，审查专家建议此处两者取大，故程序增加此功能。

3.3 分段调整

若框架柱数量沿竖向有规律分段变化时，按规范精神应分段调整。定义分段后，程序取分段后各段范围内底层剪力作为对应的底部总剪力。因各段范围内地震剪力最大值不同，故可能会按照《高规》第 9.1.11-2 或第 9.1.11-3 条进行调整。

以某高层框筒结构为例，二道防线分 2 段调整，第 1 段 1-19 层，第 2 段 20-44 层，具体参数设置如下：

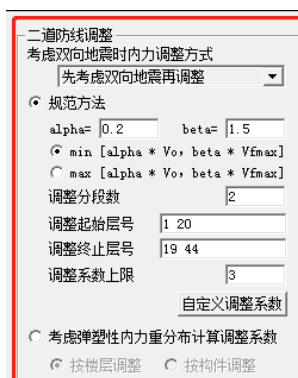


图 9 分段调整参数设置

以第 1 段中第 6 层为例，结构底部剪力 V_0 为 33451.5kN， $V_{c_p6}=5753.7\text{kN}$ 介于 $(10\%V_0, 20\%V_0)$ ，故执行《高规》第 9.1.11-3 条，调整后地震剪力 $V_{c_f6}=\max[0.15V_0, \min(0.2V_0, 1.5V_f, \max)]] 0.2V_0=6690.27\text{kN}$ ，墙内力不放大。程序计算结果如下图所示。

层号	V_{c_p}	$\alpha * V_0$	$\beta * V_{max}$	$0.15 * V_0$	V_{c_f}
10	2559.6	6690.3	8805.8	5017.7	6690.27
9	5870.5	6690.3	8805.8	5017.7	6690.27
8	3220.5	6690.3	8805.8	5017.7	6690.27
7	4639.6	6690.3	8805.8	5017.7	6690.27
6	5753.7	6690.3	8805.8	5017.7	6690.27

图 10 第 1 段计算结果示意

以第 2 段中第 20 层为例，结构底部剪力 V_0 为 17520kN， $V_{c_p20}=1162.7\text{kN}$ $< 10\%V_0=1752\text{kN}$ ，故执行《高规》第 9.1.11-2 条，调整后地震剪力 $V_{c_f20}=\max[0.15V_0, \min(0.2V_0, 1.5V_f, \max)]] =0.15V_0=2628.13\text{kN}$ ，墙体地震内力放大 1.1，抗震构造措施提高一级，程序计算结果如下图。

层号	V_{c_p}	$\alpha * V_0$	$\beta * V_{max}$	$0.15 * V_0$	V_{c_f}
26	1147.4	3504.2	2513.3	2628.1	2628.13
25	1403.6	3504.2	2513.3	2628.1	2628.13
24	1220.1	3504.2	2513.3	2628.1	2628.13
23	1213.4	3504.2	2513.3	2628.1	2628.13
22	1204.6	3504.2	2513.3	2628.1	2628.13
21	1179.7	3504.2	2513.3	2628.1	2628.13
20	1162.7	3504.2	2513.3	2628.1	2628.13

图 11 第 2 段计算结果示意

3.4 考虑弹塑性内力重分布计算调整系数

针对复杂工程，例如立面开大洞、布置大量斜柱外立面收进、连体等情况，规范调整算法已不适用，故 PKPM 软件提供一种基于性能设计理念的新调整系数计算方法。新方法基本计算原理、操作流程可参见“satwe 用户手册第九章第二节”。

参考文献

[1] 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

基于.NET 技术的节能报审审查系统设计

林林

(中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司, 上海 200023)

[摘要] 目前绝大多数地区的节能审查工作还处于人工作业状态, 此做法不仅效率不高, 而且有一定概率由于管理的疏忽、操作的不当出现纰漏。为了能够积极推进绿色建筑和建筑节能的发展, 使我司节能系列产品形成一个闭环系统, 根据上海市住房和城乡建设管理委员会项目管理的要求, 迫切需要一个实现办公自动化的绿色节能审查系统。基于以上需求, 节能报审审查系统采取 B/S 结构, 运行于 .NETFramework4.5 架构, 采用 SQLServer2012 数据库, 开发环境 MicrosoftVisualStudio2015。

[关键词] B/S 模式; 节能报审审查系统; .NET 技术; SQLServer 数据库

0 引言

随着信息技术的高速发展, 当今社会已处于一个信息爆炸的时代, 各行各业所需处理的数据信息量都日益庞杂。面对建筑项目的不断增多, 项目数据的不断精细化, 项目体量的日益累积, 随之而来的节能报审内容就大幅度增多, 也加大了节能报审人员、审查人员以及管理部门的工作负担和工作成本。因此根据上海市住房和城乡建设管理委员会项目管理要求和多地实际项目考察要求, 开发设计此节能报审审查系统, 以期达到能够帮助节能报审人员、审查人员以及管理部门实现节能报审审查办公自动化、节约成本、提升节能报审审查效率的目的。

1 系统开发环境

1.1 开发工具

开发使用平台: VisualStudio2015; .NETFramework4.5 框架, 部署服务器: Windows Server 2012, 数据库: SQLServer2012, 开发语言: C#。

1.2 技术概述

1.2.1 ASP.NET 技术

ASP.NET 是基于 .NETFramework 的 Web 开发平台, 是得到广泛应用的网站开发技术, 完全集成了 Web Service 服务, 其在性能、安全性、稳定性、可扩展性等各个方面都有良好的表现, 是目前开发网站运用最多的技术之一。运行于 IIS(InternetInformationServer 服务, 微软公司开发的 Web 服务器)之中的程序。

1.2.2 SQLServer2012

SQLServer 具有使用便捷、安全性高、可用性高、性能优良、可扩展性好, 运用 .NET 技术调用方便等优点, 是应用最广泛的数据库平台之一, SQLServer 数据库引擎为关系型数据和结构化数据提供了更安全可靠的存储功能, 使用户可以构建和管理用于业务的高可用和高性能的数据应用程序。

2 概要设计

2.1 功能模块

该节能报审审查系统由 4 个基本模块构成, 分别是报审端模块、审查端模块、后台管理模块

和文件管理系统模块。

2.2 功能模块图

系统的功能模块关系图如下图（图 1）所示：

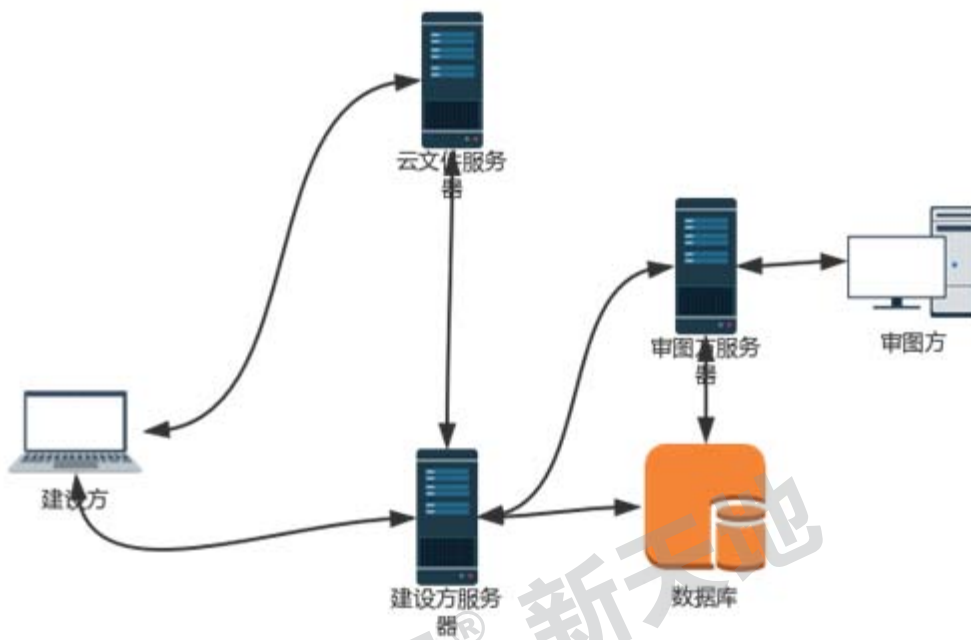


图 1 各功能模块关系图

系统的数据流程图如上图所示，其中报审端模块主要是建设方使用，有一台建设方服务器进行提供给建设方进行报审工作（包括上传文件、申请审查等操作）；审查端模块主要是审图方使用，主要是在审查服务器上进行节能审查工作；后台管理人员主要在建设方服务器上进行相关后台操作；管理方主要是在云文件服务器上进行数据管理备份工作，在建设方服务器上进行数据整理查看工作。

2.3 数据库

系统共创建了 33 张表，主要包含三类：用户管理类、项目类和文件解析类。这里主要罗列几个主要的功能表讨论：存储项目对应表：BEE_Project，单位工程对应表：BEE_UnitProject。其中项目信息和单位工程信息都是从管理部门给的 webservice 中读取并写入到我们的数据库的。BEE_Project 中主要有用字段为：ProjectId（项目唯一 ID），BJBH（报建编号，与管理部门交互凭证），ProjectName（项目名称）和 State（项目状态），具体表结构见下图（图 2）所示：

BEE_Project			
Field	Type	Extra	
P ProjectId	int	Auto Increment	
BJBH	nvarchar(50)		
password	nvarchar(50)		
ProjectName	nvarchar(250)		
ProjectAddress	nvarchar(250)	Allow Null	
CheckedTime	datetime	Allow Null	
RecordArea	nvarchar(50)	Allow Null	
State	nvarchar(10)	Allow Null	
RecordState	nvarchar(10)	Allow Null	
City	nvarchar(10)	Allow Null	
QualitySupervisionDepartmentId	uniqueidentifier	Allow Null	
ReviewCompanyId	uniqueidentifier	Allow Null	
DesigningInstituteId	uniqueidentifier	Allow Null	
ReviewCenterId	uniqueidentifier	Allow Null	
GreenBuilding	nvarchar(5)	Allow Null	
Starlevel	nvarchar(10)	Allow Null	
EnergyMonite	nvarchar(5)	Allow Null	
Index	Fields	Extra	
PK_BEE_Proj__761ABEF0AC2B0646	ProjectId	Unique	

图 2 BEE_Project 结构

BEE_R_P_NoUnit 来存储项目和审图公司之间的关系；BEE_ReviewCompany_Project 用来显示哪些项目的哪些单位工程是对哪家审图公司；BEE_UnitProject_Doc_Num 主要用来存储变更记录。部分关系图如下图（图 3）所示：

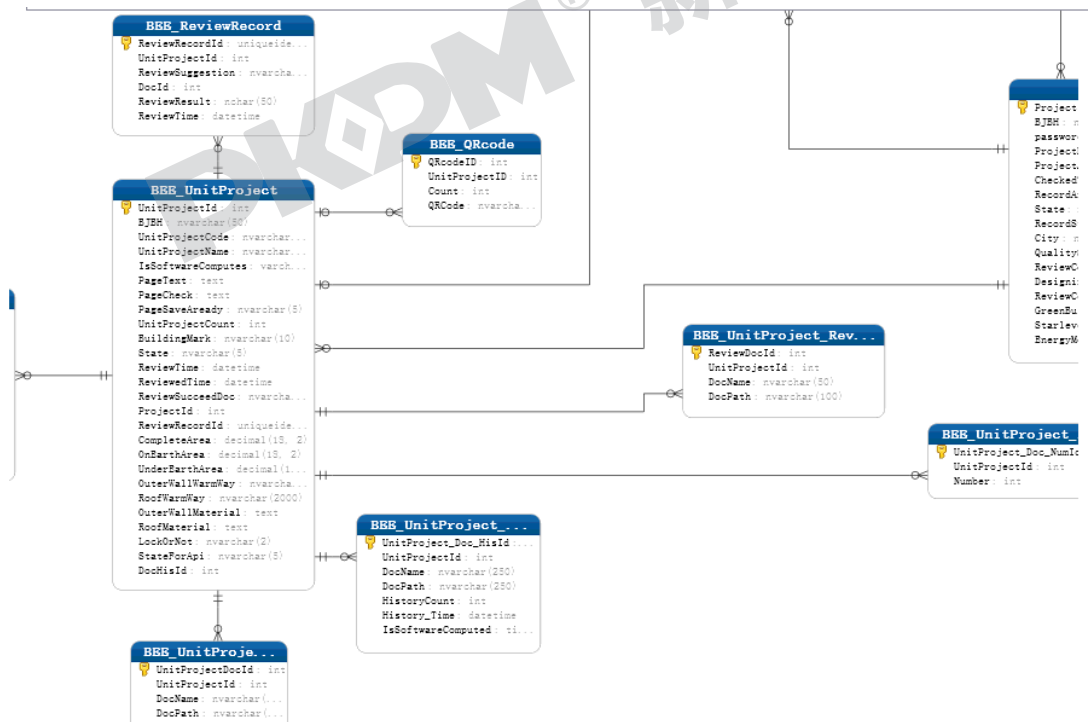


图 3 部分表关系图

3 模块说明

3.1 报审模块

报审人员通过给定 URL 进入节能信息确权认证页面，此页面中报建编号和机构代码为必填项（与管理部门 webservice 交互使用的确权信息），点击提交进入节能申报页面，进入节能申报页面，即可进行单体项目的节能申报工作。

3.2 审查模块

审查人员通过给定 URL 进入审查人员审查项目列表页面，此页面中审查人员可以通过项目的状态（已审查、待审查）、项目名称、报建编号等筛选出需要审查的项目，点击进入审查之后，即可进入项目的单体项目界面，再选择需要审查的单体项目，即可开展节能审查的工作。

3.3 后台管理模块

管理人员通过给定 URL 进入后台管理界面，此界面中管理人员可以进行三部分的主要工作：1) 控制报审文件版本，通过版本筛选出不符合审查要求文件；2) 给与报审人员和审查人员报审和审查要点，规范其相关工作；3) 数据导出，将需要导出的内容进行导出，便于管理工作开展。

3.4 文件管理模块

文件管理模块是供运维人员使用，运维人员通过 URL 进入文件管理页面，在此模块中运维人员主要可以开展如下工作：1) 管理项目解析信息，保留那些信息，筛除哪些信息，是保持数据库结构与上传文件结构的必要操作；2) 文件备份管理，可以对上传文件进行定期管理，将文件进行定期保持筛选。

4 结语

本文讨论了节能报审审查系统的设计与开发。此系统可以解决人工管理中存在的种种弊端，有效规范报审人员、审查人员的操作，提高他们的工作效率，节约管理部门的管理成本，提升整个节能报审审查过程的准确、高效、安全和稳定。

参考文献

- [1]吴杨,孙蔚. B/S 模式下 ADO. NET 数据库访问技术的设计及应用[J].电子测试, 2014 (2): 126-127.
- [2]毛奇.基于 SQL 的 ADO. NET 数据库访问技术应用分析[J].信息通信, 2015(3): 123.
- [3]方开红. ADO. NET 数据库访问技术在 ASP. NET 开发中的研究与应用[J].软件工程师, 2015(7): 19-21.
- [4]钟大利,黄宗正.三层架构下 ADO. NET 数据库访问技术的应用探究[J].电脑知识与技术, 2013 (5): 961-962.

“PKPM”刚度比计算的八问八答

王文婷

(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] 刚度比计算是高层结构设计的重要指标, 本文系统梳理规范关于刚度比的相关条款, 并对软件的实现进行了详细解读。

[关键词] 薄弱层; 转换层; 刚度比计算; SATWE 软件

0 前言

刚度比计算, 是高层建筑结构设计的重要指标之一, 是设计人员绕不开的话题, 下面的八问八答, 我们将结合 PKPM-SATWE 软件向大家做一个简明且完整的说明。

1 规范中涉及层刚度的条款有哪些

《高规》第 3.5.2 条、第 5.3.7 条、第 10.2.3 条及附录 E,《抗规》第 6.1.14-2 条、第 3.4.3 条,《高钢规》第 3.3.10 条。

2 侧向刚度的计算方法是什么

剪切刚度、剪弯刚度、楼层剪力/层间位移三种算法。

3 按刚度比如何判断薄弱层

以 PKPM-SATWE (V4.3.4 版) 软件为例,“前处理-调整信息 2”中, 按刚度比判断薄弱层的方式提供了 4 种方式, 具体见下图:

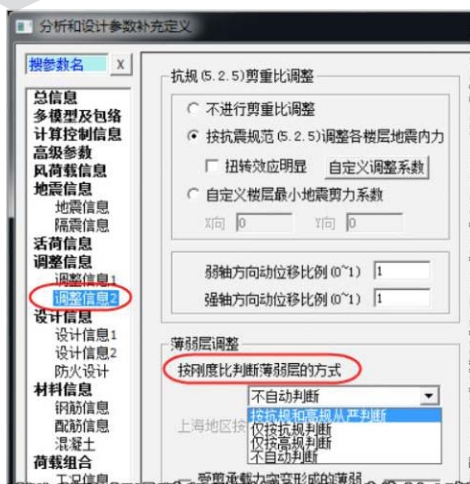


图 1 薄弱层判断方式

当选择“按抗规和高规从严判断”时, 程序根据《高规》第 3.5.2 条和《抗规》第 3.4.3 条, 采用楼层剪力/层间位移算法, 同时且分别输出对应的刚度比, 如果不满足要求, 程序判断为薄弱层, 并按“薄弱层地震内力放大系数”自动对地震内力进行放大。

下图是非框架结构输出的刚度比结果示意图。Ratx1/Raty1 是根据《抗规》第 3.4.3 条、《高

规》第 3.5.2-1 条计算，已经除以了规范限值的结果，设计人员只需与 1 作比较，判断是否满足要求；Ratx2/Raty2 是根据《高规》第 3.5.2-2 条计算，Ratx2_min 是控制限值，结果与 Ratx2_min 进行比较。程序仅当嵌固端所在层号为 1 时，才会按照《高规》要求取限值为 1.5。

PKPM

[楼层剪力/层间位移]刚度(强刚)

《高规》3.5.2-2条规定：对非框架结构，楼层与其相邻上层的侧向刚度比，本层与相邻上层的比值不宜小于0.9；当本层层高大于相邻上层层高的1.5倍时，该比值不宜小于1.1；对结构底部嵌固层，该比值不宜小于1.5。结构并无侧向刚度不规则的情况。

《抗规》3.4.3-2条对于侧向刚度不规则的定义为：该层的侧向刚度小于相邻上一层的70%，或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的80%；结构并无侧向刚度不规则的情况。

Ratx1, Raty1(刚度比1):X、Y 方向本层塔侧移刚度与上一层相应塔侧移刚度70%的比值或上三层平均侧移刚度80%的比值中之较小值(按抗规3.4.3;高规3.5.2-1)

Ratx2, Raty2(刚度比2):X、Y 方向本层塔侧移刚度与本层层高的乘积与上一层相应塔侧移刚度与上层层高的乘积的比值(高规3.5.2-2)

表1 楼层刚度比

层号	Ratx1	Raty1	Ratx2	Raty2	Rat2_min
35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
34	15.99	14.57	6.12	5.58	0.90
33	2.17	2.21	1.52	1.55	0.90
32	1.75	1.79	1.22	1.26	0.90
31	1.58	1.62	1.11	1.13	0.90
30	1.50	1.53	1.05	1.07	0.90
29	1.37	1.40	1.03	1.03	0.90
28	1.32	1.32	1.02	1.01	0.90
27	1.30	1.28	1.02	1.01	0.90
26	1.30	1.27	1.02	1.01	0.90
25	1.30	1.29	1.02	1.02	0.90
5	1.78	1.69	1.10	1.09	0.90
4	2.04	2.00	1.19	1.16	0.90
3	1.12	1.06	1.35	1.29	1.10
2	6.40	5.77	5.32	4.99	0.90
1	5.07	5.09	2.51	2.52	0.90

图2 结果输出示意图

同理，当选择“仅按抗规判断”时，结果输出 Ratx1/Raty1 部分；当选择“仅按高规判断”时，若为框架结构，结果输出 Ratx1/Raty1 部分；若为非框架结构，结果输出 Ratx2/Raty2 部分。

4 如何判断嵌固层

根据《高规》第 5.3.7 条、《抗规》第 6.1.14-2 条要求，采用剪切刚度计算楼层侧向刚度，通过“新版文本查看-楼层侧向剪切刚度”查看计算结果，如下图所示。

PKPM

楼层侧向剪切刚度

按照《抗规》6.1.14-2条，地下室顶板作为上部结构的嵌固部位时，地上一层的侧向刚度，不宜大于相关范围地下一层侧向刚度的0.5倍，结构嵌固层X方向剪切刚度比(0.31)，满足规范要求。结构嵌固层Y方向剪切刚度比(0.36)，满足规范要求。

Ratx, Raty(刚度比): X、Y 方向本层塔侧移刚度与下一层相应塔侧移刚度的比值

表1 楼层侧向剪切刚度比

层号	Ratx	Raty
35	0.09	0.06
12-34	1.00	1.00
11	0.95	0.95
10	1.00	1.00
9	0.94	0.94
8	0.98	1.00
7	1.40	1.56
6	0.74	0.81
5	1.00	1.00
4	1.70	1.60
3	0.31	0.36
2	0.55	0.64
1	1.00	1.00

某高层住宅，地下室2层，地上33层，地下室顶板是否可以作为嵌固端，查阅软件结果一目了然

图3 剪切刚度结果输出

如果地下室顶板可以满足嵌固要求，需将“嵌固端所在层号”按“地下室层数+1”的原则填写，以保证后续的准确计算。“嵌固端所在层号”这个参数不同于力学概念中的嵌固端，是与计算调整相关的一项参数，涉及《抗规》第 6.1.14 条、《高规》第 12.2.1 条梁配筋柱内力的调整、《抗规》第 6.2.3 条/第 6.2.10-3 条柱内力放大、《高规》第 3.5.2-2 条刚度比限值的取值、底部加强区下延等几方面的调整。

5 转换结构的刚度比如何控制

转换结构其结构布置应尽量避免发生明显的刚度突变，防止产生软弱层，故在设计中对带转换的高层建筑沿竖向侧向刚度作严格控制。对于这部分的分析，分为转换层设置在地上 1、2 层和高位转换两种情况。

当“转换层所在层号减去地下室层数”为 1 或 2 层的时候，按照剪切刚度计算等效侧向刚度，可通过[转换层下部与上部结构的刚度比]查看结果，这里面直接给出了结论，抗震设计 Y_{e1} 按 0.5，非抗震设计 Y_{e1} 按 0.4 控制，比较直观，如下图所示。

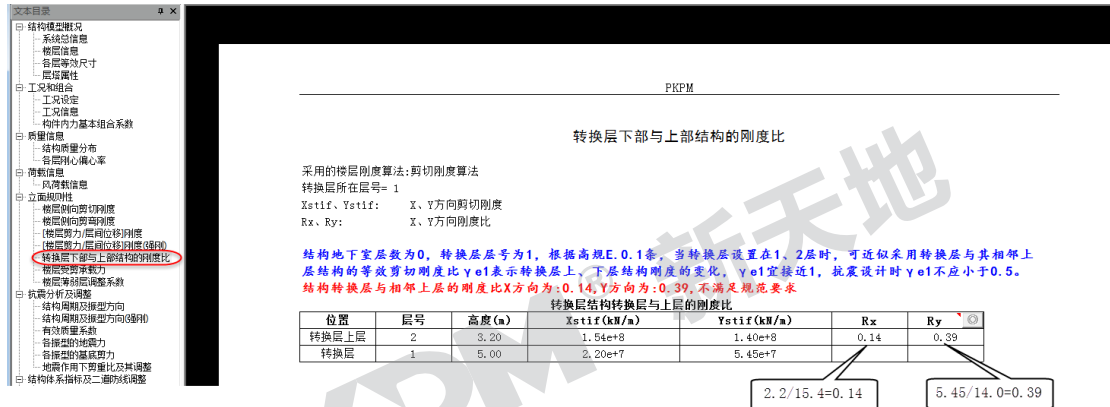


图 4 转换层刚度比结果输出

结构地下室层数为0，转换层层号为2，根据高规E.0.1条，当转换层设置在1、2层时，可近似采用转换层与其相邻上层结构的等效剪切刚度比 Y_{e1} 表示转换层上、下层结构刚度的变化， Y_{e1} 宜接近1，非抗震设计时 Y_{e1} 不应小于0.4

图 5 转换结构刚度比控制条款

当然，也可以查看[楼层侧向剪切刚度]，需要说明的是，此处输出的是本层与下一层的剪切刚度比，而上述文本是转换层与相邻上一层的刚度比，二者是倒数关系。

当“转换层所在层号减去地下室层号”大于 2，即高位转换时，需要根据《高规》附录 E.0.2、E.0.3 条控制刚度比。设计人员可以在[楼层剪力/层间位移刚度]中查看附录 E.0.2 的结果，只是这里程序输出的是本层与下一层的侧向刚度比，《高规》中的描述是“转换层与相邻上层侧向刚度比不应小于 0.6”，并且这里未直接给出结论性语句，需要人工换算判断；

以下图某高位转换工程为例，转换层位于地上 6 层，点击[楼层剪力/层间位移刚度]结果，手工找到第 7 层，可知该层与下一转换层侧向刚度比 1.22/1.31，即满足附录 E.0.2 要求。



图 6 E.0.2 结果查看

[转换层下部与上部结构的刚度比]中输出附录 E.0.3 的结果，此处有明确结论性语句，用蓝色字体标识。



图 7 高位转换刚度比结果查看

6 PKPM 对于剪弯刚度是如何计算的

高位转换结构，软件对于剪弯刚度提供两种算法：

第 1 种：“传统方法”是刚度串联模型，即先将上部或下部结构各层的侧向刚度求倒数再求和，然后再求倒数得到上部或下部结构的刚度，从而得到上部或下部结构的等效侧向刚度比。

第 2 种：“采用高规附录 E.0.3 方法”程序自动分别建立转换层上下部结构的有限元分析模型，并在层顶施加单位力计算上下部结构的顶点位移，进而获得上下部结构的刚度和刚度比。

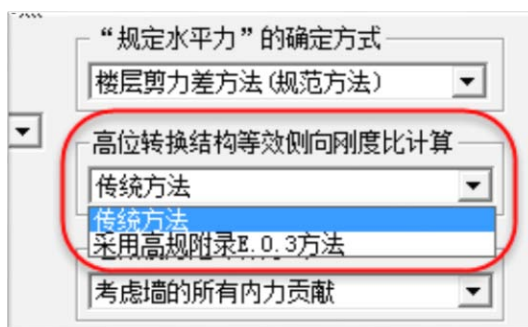


图 8 参数设置示意图

7 考虑上海地区相关设计规程薄弱层判断的规定

工程如需考虑上海市《建筑抗震设计规程》(DGJ08-9-2013)相关规定,则可按下图方式进行参数定义,计算时程序将采用等效剪切刚度计算侧向刚度判断薄弱层。

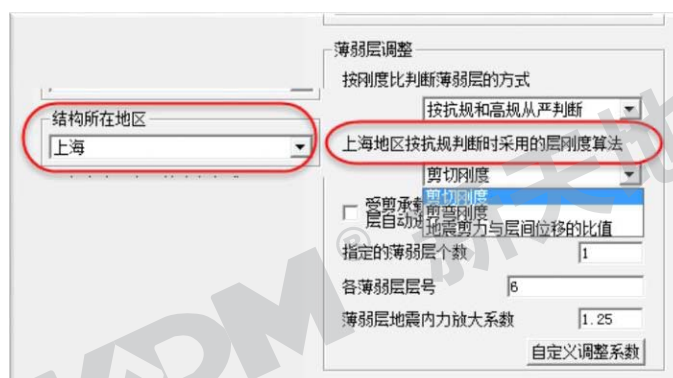


图 9 参数设置示意图

8 剪切刚度的优化计算

【高级参数】中勾选“剪切刚度计算时考虑柱刚域影响”,即剪切刚度计算取柱净高,结果更加准确,使用此选项时,需在【设计参数】中勾选考虑柱刚域。

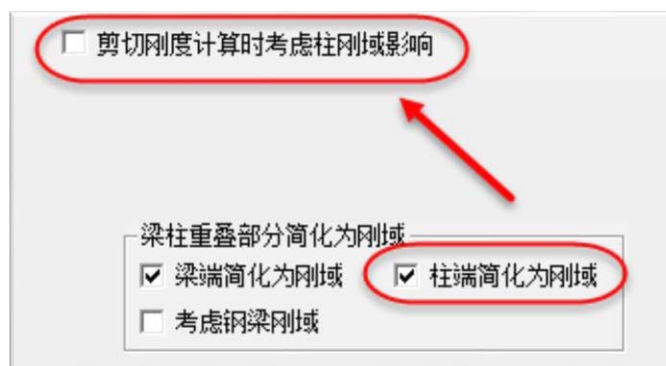


图 10 参数设置示意图

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2010

PKPM® 新天地

PKPM-PC 在装配式混凝土框架项目中的应用（下）

樊昊

（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 10013）

[摘要] 装配式建筑是指将预制构件通过可靠性措施连接建造为整体的建筑。目前，在我国建筑行业内，常见的装配式建筑包括装配式钢结构建筑、装配式混凝土建筑及装配式木结构建筑等。近年来，在国家政策的推动和技术工艺的革新下，装配式混凝土建筑在全国范围内得到大力推广。而伴随装配式建筑的推广，部分关键问题也日益显现，例如：构件碰撞及机电提资处理不周导致的构件废品率高、预制构件图纸量大导致的设计负担重等。基于国家十三五重点研发计划项目《基于 BIM 的预制装配建筑体系应用技术》，PKPM-PC 应运而生，PKPM-PC 立足于 BIM 技术的优势，力图解决装配式设计阶段的几大突出问题。本文将从某装配式混凝土框架实际项目入手，阐述 PKPM-PC 在该类项目中的应用流程，由于应用内容较多，将分两篇表述。

[关键词] 装配式混凝土框架；BIM；PKPM-PC

0 前言

PKPM-PC 是集成于我国自主知识产权的 BIM 平台(PKPM-BIM)上的装配式结构设计模块，可完成常规装配式项目的一体化、全流程设计，包括：模型创建、方案设计、结构分析、构件设计及深化、设计成果输出等功能。PKPM-PC 将 BIM 技术的优势与装配式结构设计理念相结合，有效解决了装配式结构在传统二维设计中容易出现的细节考虑不周、绘图工作量大等问题。上篇文章中已介绍了本项目的概况、结构建模阶段应用及方案设计阶段应用，本篇文章将继续阐述 PKPM-PC 在结构分析阶段、构件设计及深化阶段、成果输出阶段的应用。

1 PKPM-PC 在各设计阶段的应用

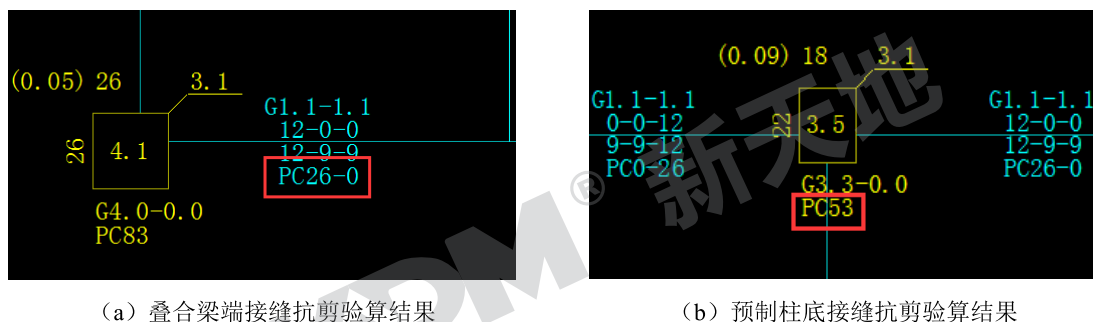
1.1 装配式结构分析阶段

在装配式结构分析阶段，结构工程师需设置结构整体的计算假定参数，根据所设计的预制构件布局，进一步验算各类预制构件接缝位置的抗剪承载力，并将验算结果作为构件配筋设计的依据。在本阶段，结构工程师可通过【整体计算】功能将所设计的结构 BIM 模型导入 SATWE 中进行运算，并根据结构计算结果进一步优化设计方案（图 1）。

根据《装配式混凝土结构技术规程》中 6.5.1 条的相关规定，结构工程师需对叠合梁两端竖向接缝和预制柱底部水平接缝的抗剪承载力进行复核，保证其满足设计要求。通过 PKPM-PC 内置的 SATWE 模块，结构工程师可直接在 SATWE 后处理的【配筋简图】中查看相关结果（图 2）。当叠合梁下方出现图 2（a）中的“PC 26-0”字样时，代表穿过其左端竖向接缝的纵筋面积需至少达到“26”才能满足该接缝处的抗剪承载力要求。图 2(a)中叠合梁左端顶筋和底筋面积均为“12”，其求和面积不能满足“26”的要求，则该接缝处需额外补充可伸出的纵筋并使伸出钢筋总面积达到“26”，方能满足设计要求。同理，图 2（b）中预制柱底部接缝处的配筋面积也要满足“PC 53”的方为满足设计要求。



图1 整体计算对话框



(a) 叠合梁端接缝抗剪验算结果

(b) 预制柱底接缝抗剪验算结果

图2 预制构件接缝处抗剪验算结果

1.2 预制构件设计及深化阶段

如所设计的装配式方案可满足结构分析计算要求，则结构工程师可根据结构计算结果进行预制构件内部的钢筋和埋件设计，并进一步对其进行深化调整和检查，以确保设计结果“无构件碰撞、无提资遗漏”。

1.3 预制构件设计

进行预制构件配筋设计时，结构工程师应充分考虑《混凝土结构设计规范》、《建筑抗震设计规范》、《装配式混凝土结构技术规程》等规范的条文内容，并将构件生产及施工的便捷性纳入设计参考范围。

单向钢筋桁架叠合板的设计相对较为简单，钢筋规格和排布可由计算结果确定，钢筋桁架的排布规则根据《装配式混凝土结构技术规程》确定，并由【设计参数】对话框内的参数值控制，完成构件设计的单向钢筋桁架预制板 BIM 模型如图 3 (a) 所示。

在本项目中，结构工程师选用了内径较大、较易施工对齐的全灌浆套筒来完成上下层柱纵筋的连接，在柱顶埋设了吊装所需的吊钉，在每根柱互相垂直的两个侧面埋设了连接施工斜撑的螺母，以此对接现场施工。考虑到预制柱在生产时一般侧向水平放置，故柱其中一个侧面的螺母可兼做脱模时的吊件，减少埋件预留数量，降低成本。上述设计内容均可通过 PKPM-PC 内的功能和参数实现，如【柱安装面指定】可设置脱模吊件所在面、斜撑连接埋件所在面及套筒灌浆操作

面，而【设计参数】可设置柱钢筋的具体锚固形式、所选用套筒的型号等。最终，完成构件设计后的中间层预制柱 BIM 模型如图 3（b）所示。

设计叠合梁时，需考虑梁端支座的情况选择适宜的纵筋锚固形式。由于梁柱节点区域内钢筋数量多，情况复杂，建议梁底筋采用直锚、锚固板的锚固形式，避免在节点区域出现三维弯折的钢筋，降低施工难度。完成构件设计的预制梁 BIM 模型如图 3（c）所示。

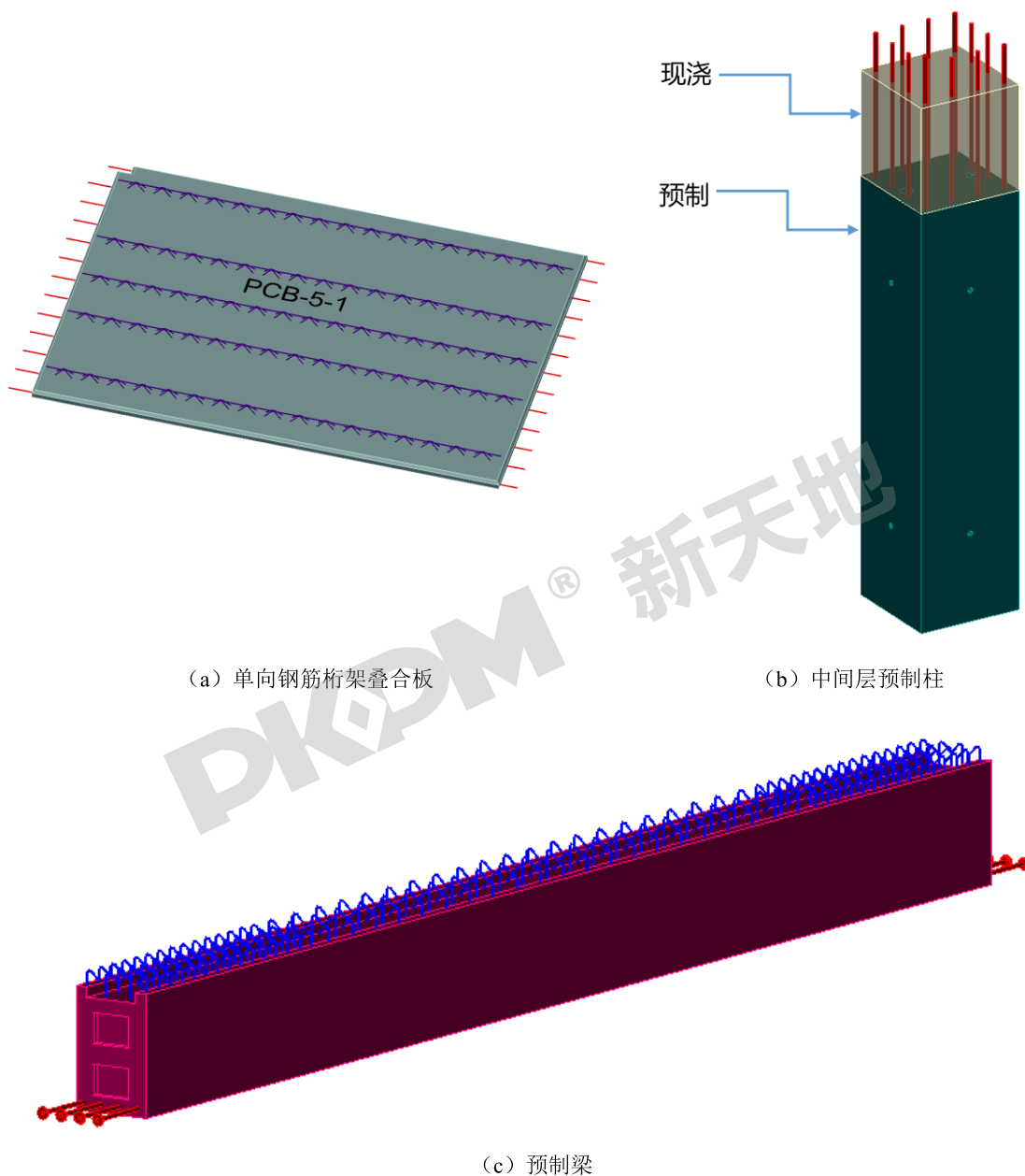


图 3 预制构件 BIM 模型

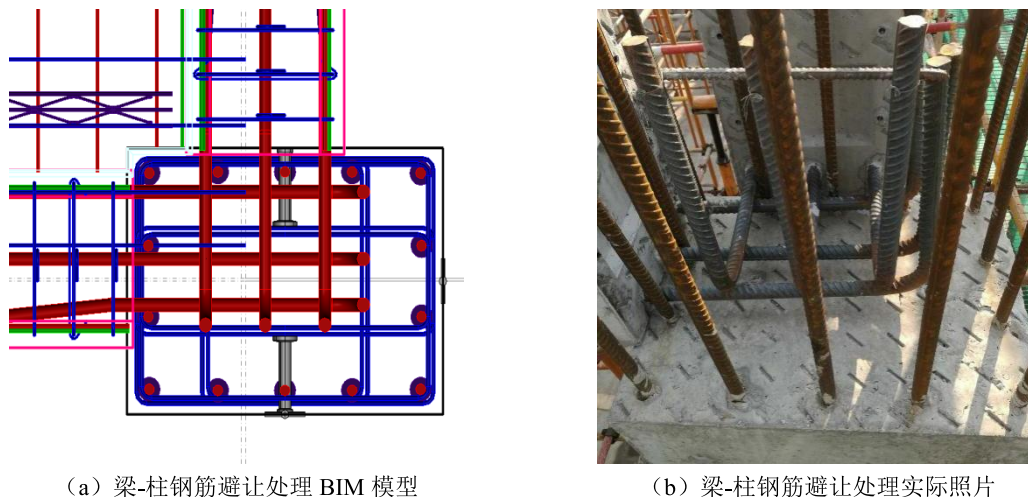
初步完成各类构件的设计后，需对模型整体进行进一步的深化调整，包括：梁柱节点区域钢筋处理、机电预留预埋设计、碰撞检查等。

1.4 梁柱节点区域钢筋处理

在框架项目中，梁柱节点区域的钢筋较为复杂，常出现梁-柱纵筋碰撞和梁-梁纵筋碰撞。处理梁-柱纵筋碰撞时，结构工程师常保持柱纵筋位置，尽可能调整梁纵筋纵筋，以此完整梁-柱纵

筋避让，效果如图 4 所示。

为快速有效的解决该类问题，PKPM-PC 提供了参数化、三维可视化的处理工具。结构工程师可通过 PKPM-PC 内的【装配单元参数修改】功能，设置单根梁底筋的水平偏移距离，并使弯折段满足 1:6 的比例要求（图 5）。



(a) 梁-柱钢筋避让处理 BIM 模型

(b) 梁-柱钢筋避让处理实际照片

图 4 梁-柱钢筋避让处理

纵筋类型	纵筋预制内部水平弯折
左侧出头(e1)	350
右侧出头(e2)	350
左侧连接方式	直角弯头
弯折长度1(b1)	0
右侧连接方式	直角弯头
弯折长度2(b2)	0
弯折偏移1(Δh_1)	0
弯折偏移2(Δh_2)	-30
竖向弯折偏移1(ΔV_1)	0

图 5 PKPM-PC 内的梁底筋水平弯折参数

进行梁-梁钢筋碰撞处理时，可采用与梁-柱钢筋避让类似的弯折避让法，但对于四面有梁搭接的梁柱节点，需同时考虑梁底筋的水平弯折和竖向弯折，设计难度较大。本项目中，构件和节点的标准化程度较高，同向梁截面尺寸相同且中心对齐，可通过套筒或机械接头连接同向底筋，使同向底筋间不需水平弯折，有效降低设计难度。设计人员首先使同向底筋对齐，之后整体平移梁底筋避让柱纵筋，无需考虑底筋水平弯折，仅考虑不同向梁底筋间的竖向弯折避让即可（图 6）。

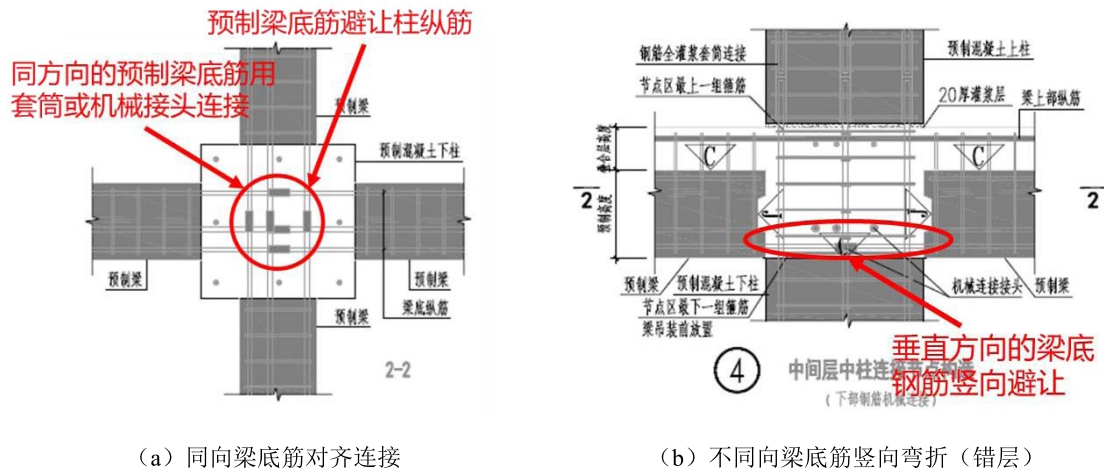


图 6 梁-梁底筋连接处理

1.5 机电提资处理

在传统二维 CAD 设计模式中，机电提资信息常以二维 CAD 图纸体现，结构工程师需根据平面图纸，进一步换算确定机电洞口和埋件在各个预制构件中的位置。由于流程上的断档，传统设计模式中易产生提资处理的遗漏或错误，且缺乏有效的检查手段。作为 PKPM-BIM 平台上的装配式设计模块，PKPM-PC 可直接读取 PKPM-BIM 机电模块创建的三维机电模型信息（图 7）用于预制构件上的机电提资预留预埋设计。

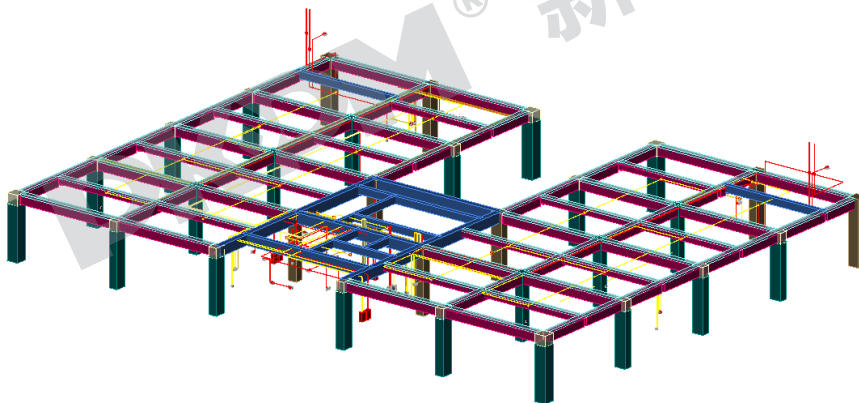


图 7 机电 BIM 模型（单层）

基于【自动开洞】功能，PKPM-BIM 的机电模块将自动判断判断机电模型与装配式模型的重合点，并生成提资列表供机电工程师复核。机电工程师复核无误后，结构工程师可在 PKPM-PC 中查看提资列表（图 8），审核无误后可一键生成预留预埋，如管线洞口、线盒线管等（图 9）。PKPM-BIM 平台上的机电提资设计将基于三维模型提供准确的提资点位，有效避免传统设计中提资内容遗漏和位置换算错误问题。

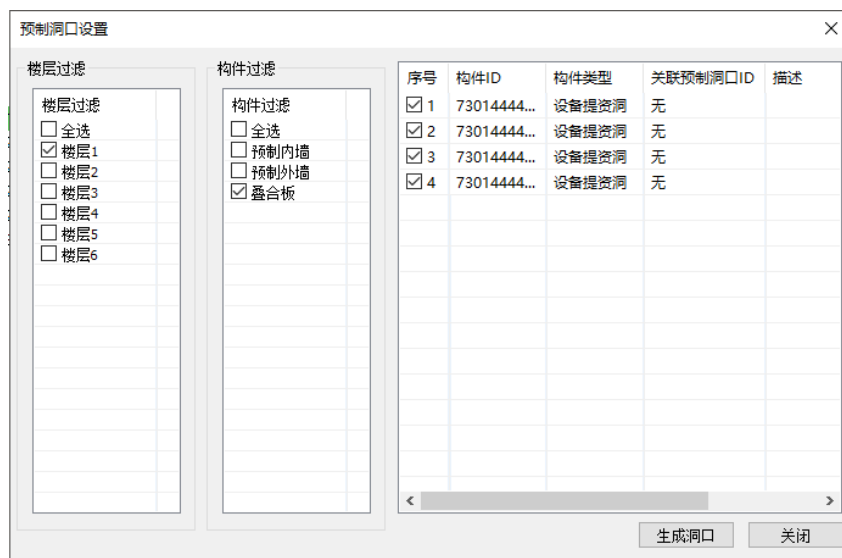


图 8 提资预留预埋对话框

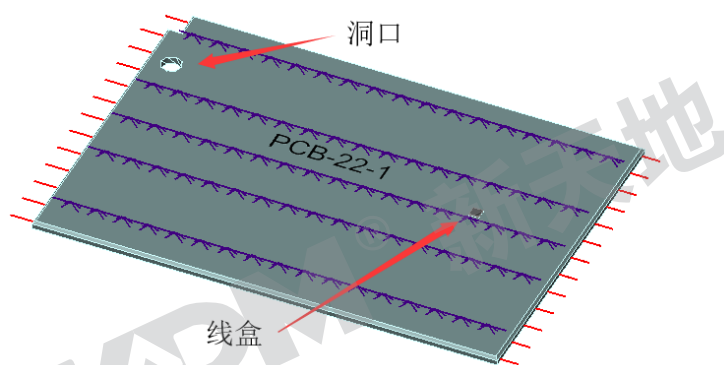


图 9 提资设计后的叠合板

1.6 碰撞检查

当构件设计及深化调整基本完成后，结构工程师可通过 PKPM-PC 内的【碰撞检查】功能检测模型内有无碰撞点并查看相应提示，以此避免传统二维 CAD 设计中对构件碰撞难以考虑周全的问题。进行碰撞检查时，结构工程师首先需要选择参与碰撞检查的楼层和构件类型，之后运行检查命令（图 10）。检查结果将以列表形式体现，在碰撞结果列表中可以看到相互碰撞的构件 ID 和类型，双击列表可以在模型中定位并高亮显示相互碰撞的构件，同时以绿色圆圈标明碰撞点的位置，如图 11 所示。

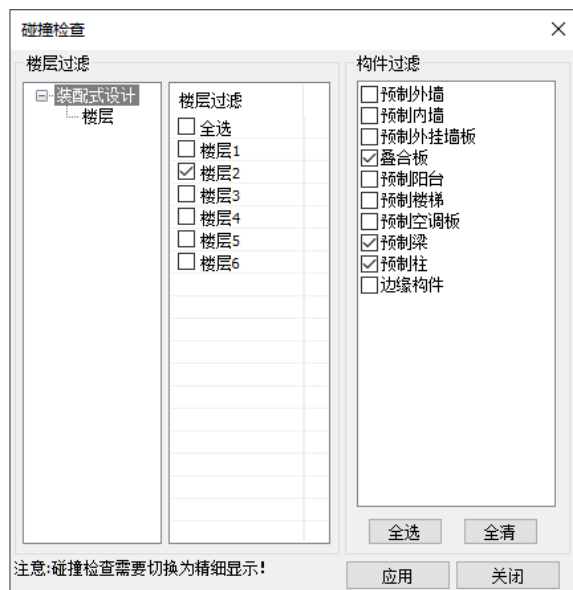


图 10 碰撞检查对话框

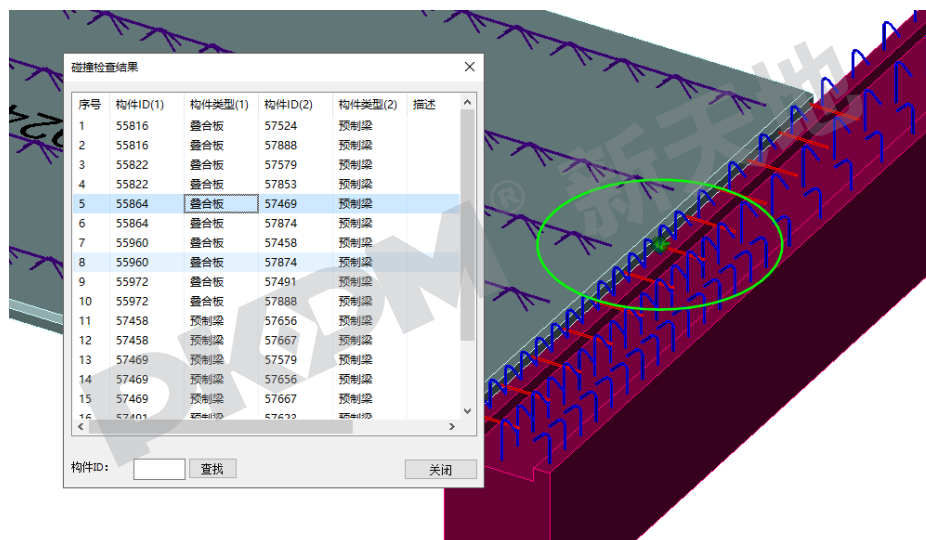


图 11 碰撞检查结果列表与碰撞点提示

1.7 设计成果输出阶段

当完成上述的各类设计步骤和碰撞检查后，设计人员需输出报审、生产和施工所需的各类资料，包括但不限于平面施工图纸、构件加工详图、短暂工况验算书等。在 PKPM-PC 的【图纸清单】选项卡内，设计人员可通过【图纸配置】功能调整各类图纸的图幅、出图比例、字高字宽、标注信息类型等（图 12），之后可通过【施工图生成】功能输出所需的平面施工图。本项目作为装配式混凝土框架项目，设计人员除出现浇结构施工所需的结构模板图、平法配筋图外，需补充输出各类预制构件的平布置图，而上述图纸的批量生成均可通过【施工图生成】实现。



图 12 图纸配置对话框

与施工图纸的输出类似，设计人员可通过【批量详图生成】快速获得整个项目中全部预制构件的加工详图并导出为.dwg 格式文件编辑存档，也可通过【构件清单】和【材料清单】功能快速获得整个项目中预制构件的统计结果，包括各类材料的型号和用量等。基于精细化设计的 BIM 模型，PKPM-PC 可直接准确获取图纸和清单所需的各类信息并加以输出，此举将在设计成果准确性的前提下大大减轻设计工作量，提高设计效率。

2 结语

经过实际项目验证，PKPM-PC 中的各类功能已贯通装配式混凝土框架结构的各个设计阶段，实现了“结构建模—方案设计—结构分析—构件设计—深化调整—成果输出”的完整设计流程。基于精细化的三维 BIM 模型，PKPM-PC 可有效解决传统二维设计中算量统计、钢筋避让、机电提资、碰撞检查等方面的常见问题，在保证设计质量的前提下提高设计成果的输出效率，助力建筑产业转型升级。

参考文献

- [1] 夏绪勇, 张晓龙, 鲍玲玲等. 基于 BIM 的装配式建筑设计软件的研发[J]. 土木工程信息技术, 2018, 46(2): 44-49.
- [2] 张晓龙, 夏绪勇, 张雷. 基于 PBIMS 平台的装配式混凝土结构设计软件研发[J]. 土木工程信息技术, 2015, 7(6): 67-71.
- [3] 郭学明. 装配式混凝土结构建筑的设计、制作与施工[J]. 北京: 机械工业出版社, 2017

冷弯薄壁结构墙体钢构件防火设计方法探究

许天祎

(中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司 100013)

[摘要] 防火设计在欧美国家已经受到广泛的重视，在国内也不断吸引更多的关注。不受控制的火灾会导致人员伤亡和经济损失等重大问题，因此提供一种防火设计的方法在工程实践中具有重要意义。本文中的这项研究将集中在建筑物的墙体中的冷弯薄壁构件的防火设计，通过对研究欧美规范中相关内容的分析，总结更好的防火设计方法。冷弯薄壁构件具有许多优点，包括制造生产工艺简便，安装简单，易运输和搬运，质量均匀，并且它们可以作为承重构件，这种墙体通常用于低层住宅建筑。目前，对于不均匀温度下的直接强度法还是欠缺的，本文提出了一种方法，目的使这种方法应用于生产实践中。

[关键词] 水池；超长；优化设计

前言

防火设计在欧美国家已经受到广泛的重视，在国内也不断吸引更多的关注。不受控制的火灾会导致人员伤亡和经济损失等重大问题，因此提供一种防火设计的方法在工程实践中具有重要意义。

本文中的这项研究将集中在建筑物的墙体中的冷弯薄壁构件的防火设计，通过研究欧美规范中的相应内容的分析，总结更好的防火设计方法。冷弯薄壁构件具有许多优点，包括制造生产工艺简便，安装简单，易运输和搬运，质量均匀，并且它们可以作为承重构件，这种墙体通常用于低层住宅建筑。图 1 所示为一个典型该种墙体的结构，包括螺旋钢立柱，石膏板和绝缘层。冷弯薄壁墙体和螺旋钢柱的两侧由石膏板覆盖，这些石膏板不承受垂直荷载，但是它们为螺旋钢柱提供侧向刚度和耐火特性，在内部有绝缘层，这样做也是通常用于改善墙体的保温隔热性能。

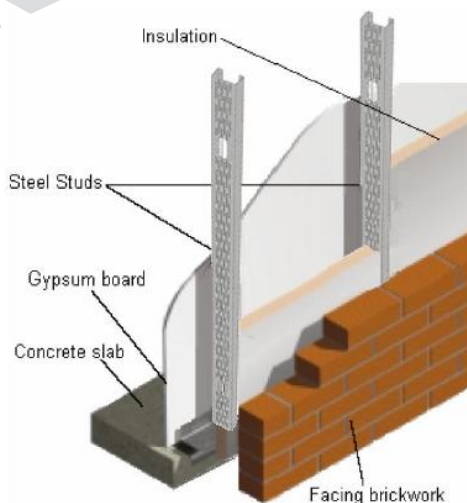


图 1 墙体结构图

冷弯薄壁构件被广泛用作低层房屋建筑中的承重构件，这种构件的设计应考虑环境温度和耐火程度等因素。对于环境温度设计，传统方法是有效宽度方法。现在有越来越多采用直接强度法取代有效宽度法，因为后者在处理具有多个加强件的部分时具有优势。对于耐火性计算，由于横截面中的温度分布不均匀，直接强度法有可能比有效宽度法更有优势，从而有效地将环境温度

下具有均匀机械性能的横截面转变为与火灾中的机械性能不均匀。

一般来说，结构的防火设计需要传热分析来获得结构温度，并进行结构分析来获得结构阻力。虽然现在所有的热分析和结构分析都可以通过使用商业上可用的通用有限元软件（如 ABAQUS）来完成，但这种计算在实际应用中非常耗时。这个项目的目的是开发简化的计算方法，可以在实际设计中采用。特别是对于结构分析，本研究将考察直接强度法是否适用于计算非均匀高温的冷弯薄壁型钢的抗压强度。当使用直接强度法时，需要两个量作为输入：临界弹性屈曲载荷（局部，变形和整体）和塑性抗压强度。还有必要结合这两个数量来获得结构的强度。

0 常温下的直接强度法

直接强度法（AISI, 2004）适用常温下冷弯型钢的计算。轴向受压构件的强度是取整体稳定验算、畸变屈曲验算和局部屈曲验算的最小值（AISI, 2004）：

弯曲，扭转或扭转屈曲（整体屈曲）：

当 $\lambda_c \leq 1.5$ 时，

$$P_{ne} = (0.658^{\lambda_c^2}) P_y$$

当 $\lambda_c > 1.5$ 时，

$$P_{ne} = \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) P_y$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{P_y}{P_{cre}}}$$

局部屈曲：

当 $\lambda_l \leq 0.776$ 时，

$$P_{nl} = P_{ne}$$

当 $\lambda_l > 0.776$ 时，

$$P_{nl} = \left(1 - 0.15 \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0.4} \right) \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0.4} P_{ne}$$

$$\lambda_l = \sqrt{\frac{P_{ne}}{P_{crl}}}$$

畸变屈曲:

当 $\lambda d \leq 0.561$ 时,

$$P_{nd} = P_y$$

当 $\lambda d > 0.561$ 时,

$$P_{nd} = \left(1 - 0.25 \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} \right) \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} P_y$$

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{P_y}{P_{crd}}}$$

注: 荷载取欧拉的临界弹性屈曲载荷, 局部屈曲和畸变屈曲

Rusch 和 Lindner (2001) 评论说, 如果直接强度法是一个普遍的设计概念, 在某些情况下, 当质心发生变化时, 直接强度法将不适用。Schafer (2002b) 报道了直接强度法的进展。他提到交互公式可能用于扩展梁柱的直接强度法, 如下所示:

$$\frac{P}{P_n} + \frac{M_x}{M_{nx}} + \frac{M_y}{M_{ny}} \leq 1.0$$

Schafer (2008b) 注意到“在 Schafer (2002b, 2003) 中提出了应用梁柱直接强度法的基本方法和使用 Schafer (2006) 中提供的这种方法的完整设计实例”。基本和以前一样, 但不同之处在于, 在梁柱中, P 和 M 的组合导致第一屈服和弹性屈曲。但是, 直到现在, 他们并没有发表关于梁柱的工作。在这项研究中, 作者在直接强度法计算强度时使用了一些考虑因素, 将在后续中进行解释。

1.1 高温下的直接强度法

到目前为止, Ranawaka 和 Mahendran (2009) 在高温条件下对直接强度法进行的唯一研究工作是收集了超过 150 次冷成型钢压缩构件的试验研究, 这些试件在环境温度和均匀高温下受到畸变屈曲 (20 摄氏度到 800 摄氏度)。这些研究考虑了三种不同厚度的板材 (0.6mm, 0.8mm 和 0.95mm)。这些报告中, 直接强度法在常温下结构具有良好的收敛性。然而, 对于高温, 他们提到, 即使他们使用钢的机械性能降低, 仍然需要进一步改进。他们修改了畸变屈曲的直接强度基本方程。他们提到直接强度在高温下比 AS/NZS 4600 的预测更不安全, 并得出结论认为这些修改后的方程式需要对高温进一步改进。然而, 他们可以保守地使用考虑折减因子 0.75 来降低产能。Mahendran 和 Ranawaka (2007) 检查了他们修正后的畸变屈曲方程以进行更多的试验, 并与 ABAQUS 的有限元模型进行了比较, 他们开发了修正后的方程, 使其在高温下更精确, 如下所示:

当 $\lambda d \leq 0.43$ 时,

$$P_{nT} = Af_{nT} = Af_{yT}$$

当 $\lambda d > 0.43$ 时,

$$P_{nT} = Af_{nT} = Af_{yT} \left(1 - 0.37 \left(\frac{f_{0dT}}{f_{yT}} \right)^{0.31} \right) \left(\frac{f_{0dT}}{f_{yT}} \right)^{0.58}$$

本研究将对非均匀温度下冷弯薄壁结构设计提供帮助。因此，AISI (2004) 的直接强度法基本方程将用于计算高温下的强度。

1 改进的直接强度法

在本研究中，临界弹性屈曲荷载已通过使用有限条法（比较弹性屈曲曲线法）和有限元法（ABAQUS）来确定。本章将使用比较弹性屈曲曲线法呈现结果。图 2 为研究截面大小为下图所示（100*54*15*1.2）：

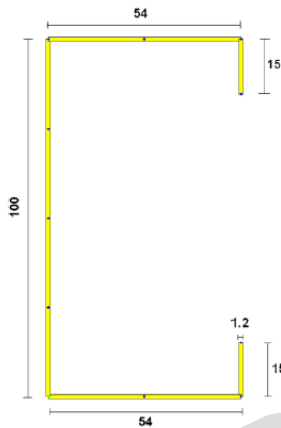


图 2 截面尺寸

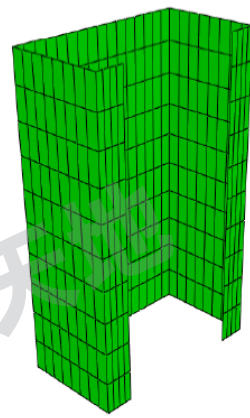


图 3 ABAQUS 模型

图 4 比较了有限条方法（比较弹性屈曲曲线法）和有限元方法模拟之间的弹性屈曲曲线和屈曲形状。其吻合度很好，ABAQUS 产生局部屈曲的结果略低。根据前面的弹性临界载荷，塑性阻力以及直接强度法的修改建议，来确定变温条件下的强度。

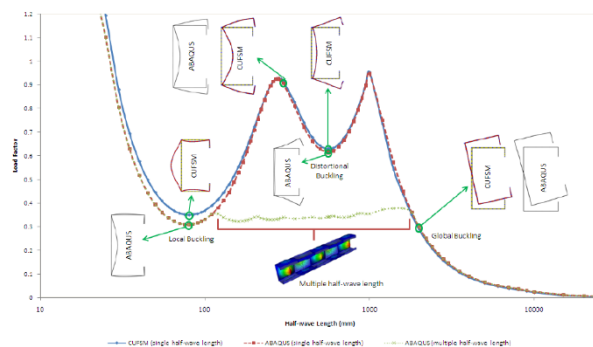


图 4 比较施加 96 中荷载情况下弹性屈曲曲线法和 ABAQUS 程序结果对比

在本节中，使用比较弹性屈曲曲线法程序，通过有限条带法确定的临界弹性屈曲荷载，在 96 个模型（不同施加载荷）的总弹性屈曲荷载下被确定为直接强度方法的输入，以确定在升高温度，ABAQUS 结果进行比较。利用 ABAQUS 程序对的非均匀温度下的弹性屈曲曲线进行了确定，并将结果与比较弹性屈曲曲线法进行了比较，结果表明吻合良好。由于更快的模拟和更少的运行时间来计算使用的比较弹性屈曲曲线法的弹性屈曲荷载。另外，发现由热弯曲和质心位移引起的弯矩对荷载分布有明显的影响。

2 结论

通过对常温下和高温下冷成型薄壁钢构件的直接强度法的研究。可以提出了一种改进直接强度法,补充了冷弯薄壁结构在不均匀温度下的防火设计。根据迄今为止所做的工作和采用的方法,主要结论如下:改进方法与有限元分析结果吻合度很大,但是构件类型较为单一,需要对大量不同截面类型的构件进行测试验算,来确定此种方法是否可以运用到实际工程中。

参考文献

- [1] AISI, 直接强度法在冷弯薄壁钢结构中的应用[S].华盛顿:美国钢铁协会,2004.
- [2] Rusch, A. & Lindner, J.直接强度法的说明[J].薄壁结构,2001, 39(9).
- [3] Schafer, B. W. 墙弹性屈曲的有限元分析[J].薄壁结构,2008, 16(2).
- [4] Schafer, B. W. 冷弯薄壁结构中的的局部屈曲,畸变屈曲和欧拉屈曲,[J]结构工程,2002, 128(3).
- [5] Mahendran, M. & Ranawaka, T. 轻型钢结构中构件在高温下的结构性能,[J]钢结构改进,2007, 763 (9) .
- [6] Ranawaka, T. & Mahendran, M. 高温下冷弯型钢压弯构件的失稳屈曲试验,[J]建筑钢结构研究,2009, 65

PKDM® 新天地

铝模板配模设计软件浅谈

郑鹏, 苏欣

(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分公司 广东 518000)

[摘要] 本文结合铝模设计市场实际情况, 分析常见铝模设计软件优缺点, 如神机妙算、铝巨人、i 配模、PKPM-LMB 等。只有真正融合 BIM 技术的软件, 才能够满足三维的生产要求, 并能切实的提高生产效率, 其中 PKPM-LMB 软件使用三维 BIM 技术代替工厂预拼装的方法, 大幅降低设计周期、人工成本、场地成本, 给公司实现价值利益最大化。

[关键词] PKPM-LMB; 模板预拼装; 建筑信息模型 (BIM)

0 概述

铝合金模板在整个建筑行业市场占有率越来越高, 相对于传统的木模板、钢模板, 铝模板具有自重轻、施工方便和承载强度高、周转次数多、易于安装的优点, 尤其是结合铝合金模板快拆系统, 能大大减少单层建筑施工工期, 带来较大的施工工期效益, 200 多次的周转之后还具有铝合金材料的回收经济效益, 减少资源浪费和环境污染。

配模设计作为铝合金模板加工生产及项目应用的前提, 其作用是不言而喻的, 配模设计质量的高低将对铝合金模板在实际工程应用中的好坏将产生重要的影响。因此本文主要论述铝合金配模设计过程中的常见问题, 及设计单位在应用信息化软件方面的一些调查信息及 PKPM-LMB 三维铝合金配模设计软件在解决以上常见问题所做的工作, 希望 PKPM-LMB 铝模设计软件能给铝合金模板在当前建筑行业的健康、高效及可持续发展带来价值。

1 铝合金模板配模设计常见问题

随着近些年铝合金模板在国内的应用比例逐步提升, 应用过程中暴露和发现了很多问题, 其中配模设计主要有以下两个问题:

1.1 铝模设计流程问题

当前采用铝模板设计, 主要分为以下三个阶段:

- 1) 建筑设计单位出具建筑施工图;
- 2) 针对施工图进行配模设计, 形成编号图、生产图、构件图及材料清单等;
- 3) 构件加工及预拼装流程;

在构件加工和预拼装过程中, 二维图纸与构件及预拼装过程中会存在一定误差, 会导致设计周期进一步加长, 传统的二维 CAD 软件进行手动配模, 是无法解决当前设计周期长、误差大、效率低等问题。预拼装是对设计方案的一次验证过程, 现阶段 BIM 三维模型应用非常普遍, 完全可以利用三维 BIM 相关软件替代这个步骤, 加快设计生产周期。

1.2 设计质量问题

建筑行业在高周转的压力下, 施工现场经常会出现临时变更的情况, 对于传统的木模板, 可以通过工人和设计师加班加点来解决这个痛点, 但是对于铝模板, 牵涉到工厂生产, 容错率非常低, 采用传统的方法很难解决这个问题, 经常会影响到工程的整体工期。同时铝模板设计要求非

常精细化，错误率必须在可控范围之类，否则会影响整个应用成本及现场的安装。

2 铝合金模板配模设计应用软件

目前很多信息化软件研发商根据当前的市场需求在铝模板配模软件方面做了很多工作，也有很多在当下应用较为广泛的产品软件，但每个软件产品都有各自的优点和局限性，以至于整个铝模配模行业还没有具有完全压倒性优势的产品。以下将根据市场调查，对当前市场中应用较多的铝模板设计软件进行分析介绍：

市场对应软件常见功能对比分析

表 1

软件名称	类型	识图功能	布置方式	三维编辑	改孔性能	大样图	预拼装	图纸	编号	清单	BIM平台
PKPM-LMB	三维	识别构件 贴片滴水 精细模型	自动 半自动 手动	非常强	任意修改	自动匹配	免	自定义出图	自定义+定制开发	自定义+定制开发	是
神机妙算	三维	识别构件	自动	不方便	不方便	不支持	免	支持	支持	支持	否
铝巨人	三维	识别构件	自动 半自动 手动	基于面片编辑	不方便	不支持	免	支持	支持	支持	否
鑫能创	二维	无	手动 半自动	平面编辑	不方便	不支持	需要	无	无	无	否
牛魔王	二维	无	手动 半自动	平面编辑	不方便	不支持	需要	无	无	无	否
i配模	二维	无	手动 半自动	平面编辑	不方便	不支持	需要	无	无	无	否

只有真正三维类型的铝模板软件才能实现真正的工厂预拼装，从而解决铝模配模过程中的最大痛点，上面满足该功能的软件主要有，PKPM-LMB、神机妙算、铝巨人。神机妙算、铝巨人最大的痛点在于，后期修改不方便，如修改孔性能、三维编辑、大样图等，在用户体验及专业性上面稍微有所欠缺。理想中解决铝模配模的方法如下：

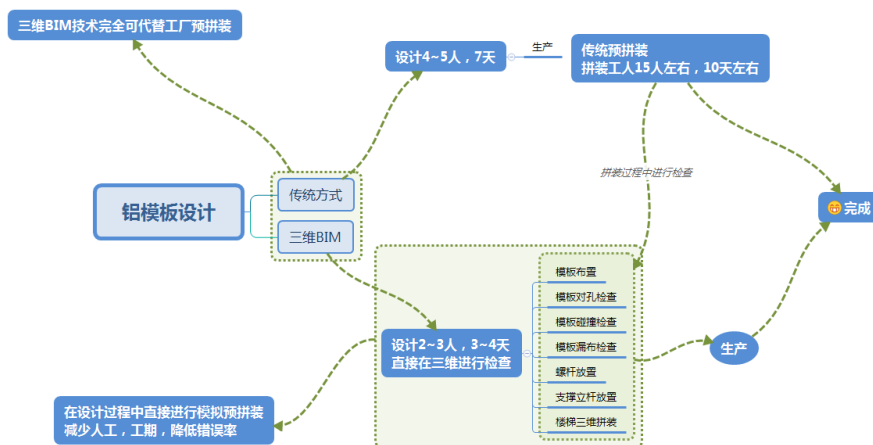


图1 三维技术实现铝模拼装图

3 基于 BIM 平台的 PKPM-LMB 三维配模设计软件

PKPM-LMB 铝模板三维配模设计软件是由中国建筑科学研究院北京构力科技有限公司开发的一款基于中国自主知识产权 PKPM-BIM 平台的三维可视化铝模设计软件，是信息化技术在建筑工业化发展过程中的有利体现，是中国自主 BIM 平台在绿色施工过程中的有效结合，是推动铝合金模板在国内快速发展的重要保障。其具有如下特点：

3.1 基于中国自主知识产权 PKPM-BIM 平台

PKPM-BIM 平台是十三五国家重点研发计划项目“基于 BIM 的预制装配建筑体系应用技术”中的成果之一，是当前国内唯一的具有中国自主知识产权的 BIM 平台，是推动国内建筑行业由二维制图向三维 BIM 信息化发展的基本工具。

PKPM-LMB 三维配模软件正是基于 PKPM-BIM 平台研发而成的配模软件，是国家推动建筑工业化和绿色化发展的重要信息化工具，也是 PKPM-BIM 生态系统的重要组成部分。

3.2 灵活的自动识图建模

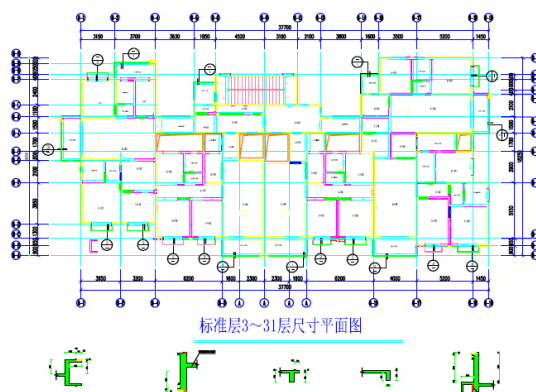


图2 CAD 地图

软件根据打开的图纸，一般按照排序识别轴线、梁、墙、下挂梁、下挂梁标注、反坎、反坎标注、顶板、板洞口、飘窗板、滴水线、贴片（外转角企口碰撞位置，深化建模过程中需注意）、楼梯。最后根据图纸转换成三维模型如下图所示：

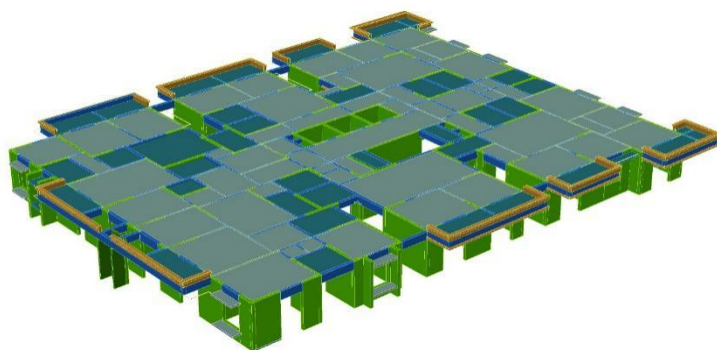


图3 识别三维效果图

同时支持异形对象建模，如弧形梁、工字钢、型钢、飘窗、变截面等各种复杂截面建模功能，如下图所示：

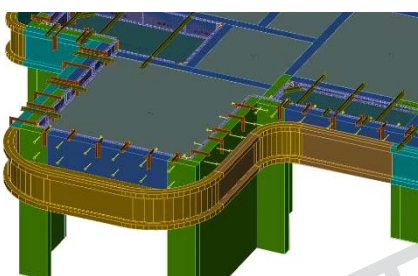


图4 弧形建模效果图

3.3 多重方式的配模设计

软件主要分为自动和手动配模两种方式，以构件为单位自动配模，以板为单位自动配 C 槽、P 板、铝梁等；以梁段为单位，自动配 C 槽、P 板、D 板（堵板）等；墙集为单位自动配 C 槽、P 板、D 板、角铝等；在自动配模基础上，进行人工干预，如合并角铝，如下图所示：

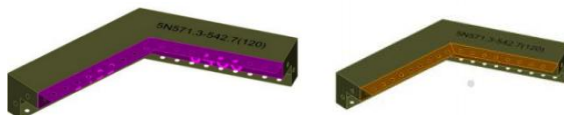


图5 角铝合并前后

3.4 一键式导出图纸清单

导出图纸过程中，软件先根据从上到下，从左到右对节点自动生成编号功能，一个节点生成一个包。按照墙、梁、板、节点、吊模、楼梯类型进行统计，生成相应清单。

(铝件)销售明细清单									
项目名称:					日期: 2018.11.16				
设计员: 张三					电话:				
序号	规格名称	模板编号	规格尺寸 (mm)			单件面积	数量	面积 (m ²)	
			W1	W2	L				
1	7字角铝	D-JL430K200	430		200		18		
2	7字角铝	D-JL430K450	430		450		4		
3	7字角铝	D-JL530K200	530		200		1		
4	7字角铝	D-JL530K450	530		450		1		
5	7字角铝	J-JL230K100	230		100		6		
6	7字角铝	J-JL230K250	230		250		7		
7	7字角铝	JL330K200	330		200		33		
8	C槽	20C100	150	200	100	0.04	6	0.21	
9	C槽	20C1400	150	200	1400	0.49	6	2.94	
10	C槽	20C1400-150K300/950	150	200	1400	0.49	1	0.49	
11	C槽	20C1400-K1-L	200	150	1400	0.49	1	0.49	
12	C槽	20C1400-K2-L	200	150	1400	0.49	1	0.49	
13	C槽	20C150	150	200	150	0.05	8	0.42	
14	C槽	20C200	200	150	200	0.07	4	0.28	
15	C槽	20C2100	200	150	2100	0.74	4	2.94	
16	C槽	20C2100-50K1000	150	200	2100	0.74	1	0.74	
17	C槽	20C2100-50K1300	150	200	2100	0.74	1	0.74	
18	C槽	20C2100-50K700	150	200	2100	0.74	1	0.74	
19	C槽	20C250	200	150	250	0.09	9	0.79	

图6 角铝合并前后构件清单图

3.5 基于规范的安全计算

软件根据相关规范，自动计算以下几点内容：

- 1) 剪力墙铝合金模板强度和刚度验算；
- 2) 剪力墙铝合金支模板销钉抗剪强度验算；
- 3) 剪力墙铝合金模板背楞抗弯强度验算；
- 4) 剪力墙铝合金支模板对拉螺杆抗拉强度验算；
- 5) 竖向铝合金模板斜撑体系强度验算；

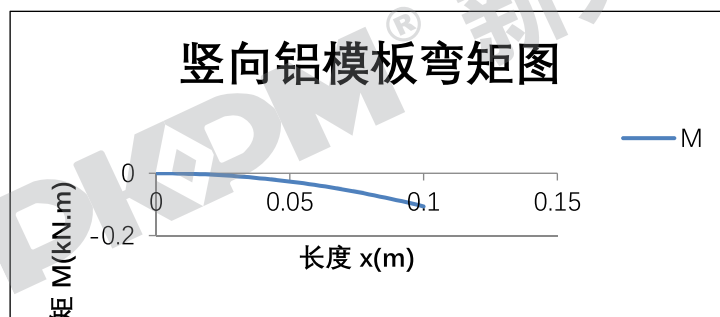


图7 角铝合并前后铝模板计算弯矩图

3.6 免预拼装

软件将实际铝模板尺寸按照等比例的关系建模于 BIM 三维模型当中，完成模拟预拼装。通过模板检查工具，对模拟预拼装后的三维 BIM 模型进行检查，输出问题列表，供设计人员对存在问题的位置进行修改。当模型检查无误后，对三维 BIM 模型中的铝模板进行编号，将三维模型划分为若干区域，并将每个区域内的铝模板按照构件类型划分成若干构件集合，最后根据最终完成模拟预拼装的三维 BIM 模型、编号后三维 BIM 模型、对铝模板的划分结果、最终确定的各个铝模板的数量和设计参数输出所需的生产、打包和拼装资料。

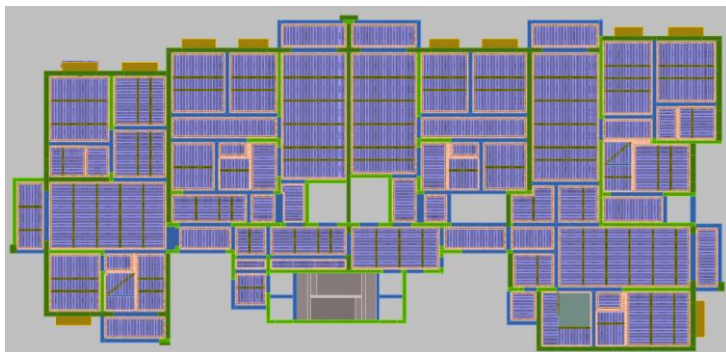


图 8 某工程模版自动配模效果图

3.7 PKPM-LMB 配模流程

结合实际工程项目，铝模板配模软件实际流程如下：

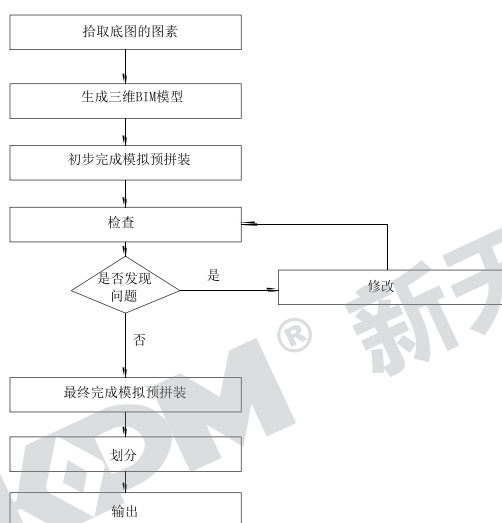


图 9 铝模板配模设计流程图

4 小结与展望

结合对比以上几款软件优缺点，并结合相关实际项目反馈，发现 PKPM-LMB 软件能即有三维建筑信息模型，同时也结合了铝模实际工程特点，使得原来需要 20 天的设计周期，缩短到 2~3 天时间，快速缩短实际工程项目周期，给铝模行业带来了极大的便利性，同时也推广了 BIM 技术在铝模板行业的应用。

参考文献

- [1] 铝合金模板[M].中国标准出版社，北京，2017.
- [2] 组合铝合金模板工程技术规程 [M].中国建筑工业出版社，2016.
- [3] 铝模板在高层建筑施工中的应用[J].建筑施工，2015.
- [4] 铝合金模板在建筑施工中的应用[J].中国住宅设施，2012.
- [5] 铝合金模板深化设计的创新与应用[J].模板与脚手架，2018.
- [6] 神机妙算 BIMAI 人工智能一键配模软件操作使用说明书[M].上海神机软件有限公司，2018.
- [7] 铝巨人-鸿业铝模 BIM 软件 2018 用户手册[M].2018.
- [8] I 配模 V3.0.0 使用手册[M].2018.
- [9] PKPM-LMB 铝模设计系统用户手册[M].北京构力科技有限公司，2018.

不同种类玻璃幕墙对北京地区公共建筑能耗影响及经济性分析

颜鼎峰, 刘剑涛, 刘彤

(中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司 上海 200000)

[摘要] 本文以北京某全幕墙办公楼为例, 使用 PKPM 能耗模拟软件, 分析不同种类玻璃幕墙, 包括吸热玻璃、热反射玻璃、低辐射 (Low-E) 玻璃、中空玻璃, 对于北京公共建筑的能耗影响, 同时根据常见种类的玻璃幕墙的增量成本与全年耗电量, 进行经济效益进行分析。得到不同种类玻璃幕墙的负荷指标、全年耗电量、投资回收周期、使用寿命内节约费用等。

[关键词] 公共建筑; 经济性分析; 常见玻璃幕种类; 建筑能耗; PKPM

0 前言

在现代高层建筑中, 玻璃幕墙由于其较好的装饰效果、现代化的外观、多样化的形式而被作为高层建筑的外围护结构广泛采用。它将建筑外围护结构中的墙与窗合二为一, 同时也巧妙地把建筑围护结构的使用功能与装饰功融为一体, 有效提高了建筑物更的现代感与装饰艺术性。据统计, 现阶段我国每年新增建筑幕墙面积达到 1000 万平方米, 玻璃幕墙重量轻因而减轻了建筑的承重压力从而节约成本, 并且还有采光率高、结构简单更换方便等优点。但由于玻璃的高热传导能力, 玻璃幕墙造成的建筑整体能耗远远大于混凝土结构^[1]。

我国建筑能耗的总量逐年上升, 在能源总消费量中所占的比例已从上世纪 70 年代末的 10% 上升到 27.45%。而发达国家的建筑能耗一般占全国总能耗的 33% 左右。国家建设部科技司研究表明, 随着城市化进程的加快和人民生活质量的改善, 我国建筑耗能比例最终还将上升至 35% 左右。如此大的比重, 建筑耗能已经成为我国经济发展的软肋, 然而建筑外窗是外墙围护结构的薄弱环节, 大片的玻璃幕墙无疑又加重了能量的流失^[2]。

于是, 本人曾经以北京某全幕墙办公楼为例, 使用 PKPM 能耗模拟软件, 分析不同玻璃的热工性能的全年累计冷热负荷。同时将单位面积的负荷指标与幕墙传热系数和遮阳系数作二元线性回归分析, 以上的分析为理论分析, 本文将继续应用此案例, 分析不同种类玻璃幕墙, 包括吸热玻璃、热反射玻璃、低辐射 (Low-E) 玻璃、中空玻璃, 对北京某全幕墙办公楼的能耗影响, 同时根据增量成本与全年耗电量, 进行经济效益进行分析。得到不同种类玻璃幕墙的负荷指标、全年耗电量、投资回收周期、使用寿命内节约费用等, 为实际项目提供经验。

1 计算工具及模型

1.1 计算工具

幕墙传热是导热、对流传热和热辐射传热三者共同的结果。建筑幕墙对建筑能耗高低的影响主要有两个方面: 一方面是夏季空调和冬季供暖时室内外的温差传热, 另一方面是通过建筑透明玻璃材料引起的太阳辐射热造成的建筑室内得热^[3]。因此, 要全面分析我国幕墙的能耗性能需要以各个地区的气候条件为基础, 详细分析幕墙各性能因素对不同地区建筑能耗的影响。本文使用 PKPM 能耗模拟软件, 该软件采用 DOE-2 计算内核, 通过建设部科技发展促进中心产品鉴定和中国建筑科学研究院性能测试, 能动态计算全年逐时的冷热负荷。

1.2 计算模型及参数

以北京地区某幕墙公建，用 PKPM 软件建立模型，建筑层数为 10 层，层高 4.2m，建筑为正南朝向，建筑面积 16293m²，各朝向的窗墙面积比都为 0.89。该建筑模型如图 1 所示。室内计算信息及时间表选择《北京市公共建筑节能设计标准》[4]，房间信息如下表 1 所示。为分析幕墙对建筑能耗的影响，屋顶采用 120mm 钢筋混凝土+80mm 挤塑聚苯板。

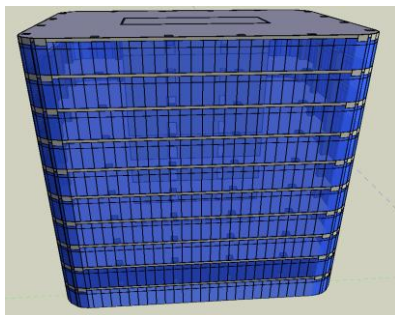


图 1 模型建筑立体图

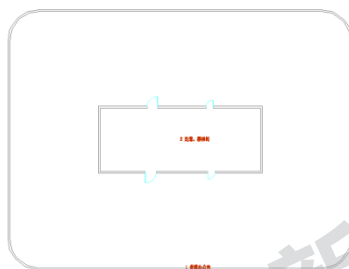


图 2 模型建筑平面图

室内计算参数

表 1

房间用途	累积面积m ²	室内设计温度℃		照明功率 W/m ²	电器设备功率 W/m ²
		夏季	冬季		
办公室	14330.44	26	18	9	15
楼梯间	1962.45	26	18	9	15

2 常见玻璃对能耗的影响

2.1 常见玻璃种类介绍

1) 吸热玻璃

吸热玻璃是一种能够大量吸收红外线辐射能，并且可以保持较高可见光透过率的平板玻璃，其与普通平板玻璃比能够吸收较多的太阳辐射热。生产吸热玻璃的方法有两种：一是在普通钠钙硅酸盐玻璃的原料中加入一定量的有吸热性能的着色剂；另一种是在平板玻璃表面喷镀一层或多层金属或金属氧化物薄膜而制成。吸热玻璃有灰色、茶色、蓝色、绿色、古铜色、青铜色、粉红色和金黄色等。我国目前主要生产前三种颜色的吸热玻璃。

2) 热反射玻璃

热反射玻璃又称阳光控制镀膜玻璃，是一种对太阳光具有反射作用的镀膜玻璃，通常是采用物理或化学方法在优质浮法玻璃的表面镀一层或多层金属或金属氧化物薄膜而成的，其膜色使玻璃呈现丰富的色彩。其节能原理是通过镀膜对波长范围为 350~1800 nm 的太阳光产生一定的控

制作用，按需要的比例控制太阳直射的反射、透过和吸收。此外，镀有金属层薄膜的热反射玻璃还有单向透射的作用，即白天在迎光面有如镜子一般，室外看不到室内的景象，而背光面又如同玻璃一般透明，使室内可以看到室外的景象。但是，由于其对可见光的高反射率容易对环境产生光污染，且反射膜对近红外辐射具有很高的透过率[4]。

3) 低辐射 (Low-E) 玻璃

低辐射玻璃即 Low-E 玻璃，它是通过在高质量浮法玻璃的表面涂覆金属或金属氧化物薄膜的低辐射涂层，由于这层膜的存在，使得 Low-E 玻璃能够很好地阻挡太阳光中的远红外辐射热，其红外线发射率最低可达到 3%，能够反射 80% 以上的红外线能量[5]，这一特性可以大大降低 Low-E 玻璃的传热系数 K 值，从而改善窗户的保温隔热特性。此外，它对可见光部分也具有较高的透过率（可达 70%~85%）[6]。

4) 中空玻璃

它是用两片（或三片）玻璃，使用高强度高气密性复合粘结剂，将玻璃片与内含干燥剂的铝合金框架粘结，制成的高效能隔音隔热玻璃。中空玻璃内部填入的气体通常为粘度系数大而导热系数小的惰性气体从而减小玻璃间层之间的对流换热，除了填充空气之外，还可以填充氩气、氮气等惰性气体。正是由于中间这层静止的具有热绝缘作用的气体间层存在，双层中空玻璃相较于单层玻璃的传热系数 K 值明显降低。此外，改变空气间层的厚度也能影响中空玻璃的传热系数 K 值，空气间层的厚度一般小于 12mm[7]。

2.2 不同种类玻璃的热工参数：

由上一章已知，目前常见的玻璃类型为普通单层玻璃、吸热玻璃、热反射玻璃、Low-E 玻璃、中空玻璃。于是本文以 6mm 普通单层玻璃为参照，选取 6mm 蓝色吸热玻璃、6mm 热反射低透玻璃、6mm 单层高透 Low-E 玻璃、普通中空玻璃（6+12A+6）五种不同类型的玻璃为研究对象，玻璃的主要热工性能参数为传热系数和遮阳系数，此两种指标按照《民用建筑热工设计规范 GB 50176-2016》[8]来选取。本文在模拟分析中均采用塑料型材的窗框且保持窗框比不变，窗框面积为整窗面积的 25%，各种玻璃热工性能参数见表。

不同种类玻璃的热工参数

表 2

玻璃类型	可见透射比	太阳光总透射比	遮阳系数 Sc	传热系数 K W/ (m ² ·K)
mm 单层透明玻璃	0.90	0.85	0.72	4.9
6mm 蓝色吸热玻璃	0.65	0.63	0.53	4.9
6mm 热反射高透玻璃	0.66	0.69	0.58	4.1
6mm 单层高透 Low-E 玻璃	0.8	0.69	0.58	3.4
6+12A+6 中空玻璃	0.81	0.75	0.63	2.8

注：遮阳系数为整窗的遮阳系数=玻璃遮阳系数×(1-窗框系数)

数据来源：《民用建筑热工设计规范 GB 50176-2016》

2.3 不同种类玻璃的能耗分析

将上述玻璃作为幕墙的材料，其他参数与 1.2 章节室内参数，计算结果如下表：

不同种类玻璃的负荷指标

表 3

玻璃类型	单位面积热负荷 kW·h/m ²	单位面积冷负荷 kW·h/m ²	单位面积总负荷 kW·h/m ²
6mm 单层透明玻璃	46.22	69.03	115.24
6mm 蓝色吸热玻璃	53.54	53.84	107.38
6mm 热反射高透玻璃	48.09	59.50	107.59
6mm 单层高透 Low-E 玻璃	44.61	61.42	106.03
6+12A+6 中空玻璃	39.34	67.76	107.11

由上表可以看出, 6mm 单层透明玻璃的单位面积总负荷最高, 6mm 单层高透 Low-E 玻璃的单位面积总负荷最低, 根据《北京市公共建筑节能设计标准》(DB11/687-2015) 第 B.3 章的要求, 可以使用如下的公式计算建筑物全年耗电量:

$$E = E_C + E_H \quad (1)$$

$$E_C = Q_C / 2.5 \quad (2)$$

$$E_H = \eta_e \cdot Q_H \quad (3)$$

$$\eta_e = \varphi / (\eta_1 \eta_2 \cdot q_1 \cdot q_2) \quad (4)$$

中:

E——建筑物供暖和供冷全年综合耗电量 (kWh);

E_C——建筑物全年供冷耗电量 (kWh);

E_H——建筑物全年供热耗电量 (kWh);

Q_C——建筑物全年累计耗冷量 (kWh), 通过动态模拟软件计算得到确定;

Q_H——建筑物全年累计耗热量 (kWh), 通过动态模拟软件计算得到确定;

η_e——电和热的转换系数, η_e=0.58;

φ——天然气与标煤折算系数, 根据《建筑能耗数据分类及表示方法》JG/T 358, φ=1.33kgce/m³;

η₁——燃气锅炉效率, 取 η₁=0.90;

η₂——管网输送效率, 取 η₂=0.93;

q₁——标准天然气热值, 根据《建筑能耗数据分类及表示方法》JG/T 358-2012, q₁ = 10.81 (kWh/m³);

q₂——发电标准煤耗, 根据北京市最新数据, 取 q₂=0.2534 (kgce/kWh)。

经过上述公式计算, 不同玻璃的供暖、空调全年综合耗电量如下表:

不同种类玻璃的耗电量

表 4

玻璃类型	供暖耗电量 kW·h/a	空调耗电量 kW·h/a	总耗电量 kW·h/a
6mm 单层透明玻璃	436743.48	449857.60	886601.08
6mm 蓝色吸热玻璃	505910.69	350903.77	856814.46
6mm 热反射高透玻璃	454426.33	387780.24	842206.57
6mm 单层高透 Low-E 玻璃	421521.10	400279.90	821801.00
6+12A+6 中空玻璃	371773.69	441626.52	813400.21

由上表可以看出：使用 6mm 单层透明玻璃的全年耗电量最高，使用 6+12A+6 中空玻璃的全年耗电量最低。这是由于供暖耗电量与空调耗电量的计算方法不同，导致总负荷最低的并不是耗电量最低的玻璃。

3 常见玻璃的经济性分析

3.1 增量成本分析

增量成本是指由于增量而引起的总成本的变化量，在实践应用中，可以用以下通用公式来表示增量成本：增量成本=使用新技术后的总费用-起算点总费用[9]。而在本文中讨论的增量成本是以 6mm 单层透明玻璃的成本为起算点的总费用，采用其他不同玻璃的成本后的总费用。在本文所研究的建筑中，建筑幕墙的面积为 5861.62 m²，收集市场上上述建筑用玻璃的价格，然后计算其总成本与增量成本如表所示。

不同种类玻璃的价格

表 5

玻璃类型	平均单价 (元/m ²)	总成本 (元)	增量成本 (元)
6mm 单层透明玻璃	66.15	387746.16	
6mm 蓝色吸热玻璃	82.28	482294.09	94547.93
6mm 热反射高透玻璃	110	644778.20	257032.04
6mm 单层高透 Low-E 玻璃	202.40	1186391.89	798645.73
6+12A+6 中空玻璃	182.42	1069276.72	681530.56

数据来源：造价信息网

3.2 经济效益分析

以采用 6mm 单层透明玻璃的建筑为基准模型，得到了 6mm 蓝色吸热玻璃、6mm 热反射低透玻璃、6mm 单层高透 Low-E 玻璃、普通中空玻璃（6+12A+6）建筑节能的建筑供暖及空调总能耗分别 856814kW·h、842206kW·h、821801kW·h、813400kW·h，目前北京市电价按照 1.2 元/kW·h 来收取，那么可以计算得到该栋建筑采用不同种类玻璃全年的空调供暖费用，在将其与 6mm 单层透明玻璃进行比较，得到全年节约的费用。不同幕墙玻璃的经济性可以通过其成本的静态投资回收期来衡量。幕墙玻璃投资回收期可以采用下式公式计算：

$$\text{投资回收期} = \text{增量成本} / \text{全年节约费用}$$

而工程实际经验表明，各种玻璃幕墙的使用寿命约为 15 年[10]，于是在回收增量成本后，不同玻璃的幕墙能节约不同的费用。经过计算，不同玻璃的回收周期及使用寿命内能节约的费用如下表：

不同种类玻璃的经济性分析

表 6

玻璃类型	增量成本 (元)	全年节约 费用 (元)	回收周期 (年)	使用寿命内节约费用 (元)
6mm 蓝色吸热玻璃	94547.93	35743.95	2.65	441611.27
6mm 热反射高透玻璃	257032.04	53273.41	4.82	542069.14
6mm 单层高透 Low-E 玻璃	798645.73	77760.10	10.27	367755.79
6+12A+6 中空玻璃	681530.56	87841.04	7.76	636085.04

通过上表可以看出,采用 6mm 蓝色吸热玻璃时投入成本最低,回收周期也最短;采用 6mm 单层高透 Low-E 玻璃时投入成本最高,回收周期也最长,且使用寿命内节约的费用也最低,经济性最差;从经济性角度,采用 6+12A+6 中空玻璃性价比最高,回收周期 7.76 年,寿命周期内节约的费用最高。采用 6mm 热反射高透玻璃,节约费用第二,回收周期 4.82 年,更短的回收周期,也是个值得提倡的方案。

4 结论

本文分析不同种类玻璃幕墙,包括吸热玻璃、热反射玻璃、低辐射(Low-E)玻璃、中空玻璃,对北京某全幕墙办公楼的能耗影响,同时根据增量成本与全年耗电量,进行经济效益进行分析。得到如下结论:

(1) 以采用 6mm 单层透明玻璃的建筑为基准模型,分析了 6mm 蓝色吸热玻璃、6mm 热反射低透玻璃、6mm 单层高透 Low-E 玻璃、普通中空玻璃(6+12A+6)玻璃的全年累计负荷及耗电量,发现 6mm 单层透明玻璃的单位面积总负荷最高,6mm 单层高透 Low-E 玻璃的单位面积总负荷最低;6mm 单层透明玻璃的全年耗电量最高,使用 6+12A+6 中空玻璃的全年耗电量最低。这是由于供暖耗电量与空调耗电量的计算方法不同,导致总负荷最低的并不是耗电量最低的玻璃。

(2) 对常见玻璃进行经济性分析,发现采用 6mm 蓝色吸热玻璃时投入成本最低,回收周期也最短;采用 6mm 单层高透 Low-E 玻璃时投入成本最高,回收周期也最长,且使用寿命内节约的费用也最低,经济性最差;从经济性角度,采用 6+12A+6 中空玻璃性价比最高,回收周期 7.76 年,寿命周期内节约的费用最高。采用 6mm 热反射高透玻璃,节约费用第二,回收周期 4.82 年,更短的回收周期,也是个值得提倡的方案。

参 考 文 献

- [1] 董昊,高层建筑玻璃幕墙结构、热工设计及其施技术研究[D].西安:西安建筑科技大学,2017.
- [2] 刘彦花,龙志义,耿红梅,田曼,论玻璃幕墙能耗问题[J].玻璃,2017(9):46-50.
- [3] 钟媛玲,李美霞,夏热冬暖地区南区居住建筑外窗节能影响分析[J].绿色建筑,2018(02):36-38.
- [4] 张强.LOW-E 玻璃在重庆地区的节能适应性研究[D].重庆大学,2007.
- [5] 王靖宇.LOW-E 玻璃在冀南地区的节能适用性分析[D].河北工程大学,2012.
- [6] 龙惟定、武勇.建筑节能技术[M]. 中国建筑工业出版社, 2009.8 (1): 1-13.
- [7] 江亿,林波荣,曾剑龙,朱颖心,等.住宅节能[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部.民用建筑热工设计规范(GB 50176-2016).北京: 中国建筑工业出版社出版社,2016

[9] 刘睿.绿色建筑管理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.

[10] 李胜杰.内置百叶中空玻璃窗系统对建筑室内光热环境影响研究[D].西安建筑科技大学,2014.

PKDM® 新天地

如何应用现有软件实现《建筑结构可靠性设计统一标准》

蔡国强

(北京构力科技有限公司, 北京, 100013)

[摘要] 新版《建筑结构可靠性设计统一标准》2019年4月1日正式开始执行, PKPM及时推出了符合新标准的程序升级包V4.3.4, 更新程序后只需勾选相应参数, 即可自动按照新标准进行设计。但是算了一半的工程, 该如何处理? 本文将具体介绍手工修改软件的荷载组合以使其满足新标准计算要求的操作方法。

[关键词] 《建筑结构可靠性设计统一标准》; PKPM软件; 计算方法

1 规范更新要点

2019年4月1日, 新版《建筑结构可靠性设计统一标准》正式执行。与旧标准相比, 最大的变化就是调整了荷载组合与分项系数。简言之, 新版《统标》取消了永久荷载控制的基本组合方式, 将永久荷载和可变荷载的分项系数取值由1.2和1.4提高到了1.3和1.5。

由于《建筑结构可靠性设计统一标准》是建筑结构设计之母标准, 规定了建筑结构可靠性设计的基本原则和方法, 故虽然《建筑结构荷载规范》和其他结构设计规范尚未进行修订, 但荷载组合与分项系数仍应根据新版《统标》的要求执行。

日前, 高规编制组梳理了《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010的有关条文, 形成了一致意见, 对规范条文作出解释:

1. 结构稳定验算

高规5.4.1和5.4.4分别规定了对框剪结构和框架结构刚重比的要求, 其中用到一个参数:

G_i 、 G_j ——分别为第*i*、*j*楼层重力荷载设计值, 取1.2倍的永久荷载标准值与1.4倍的楼面可变荷载标准值的组合值;

此处使用了“重力荷载设计值”的说法, 并直接进行了定义, “取1.2倍的永久荷载标准值与1.4倍的楼面可变荷载标准值的组合值”。

根据规范编制组讨论, 认为规范本条编制时考虑的系数即为1.2和1.4, 在本规范相应修改之前, 仍可按“取1.2倍的永久荷载标准值与1.4倍的楼面可变荷载标准值的组合值”执行。

2. 构件轴压比验算 构件轴压比涉及柱的轴压比和剪力墙的轴压比, 框架柱的轴压比采用的是考虑地震组合的轴压力设计值, 剪力墙的轴压比采用了重力荷载代表值的设计值, 此设计值的定义应根据《建筑抗震设计规范》GB50011执行。

图1 《高规》意见截图

由于《抗规》目前还没表态, 想必不少工程师“被迫”选择重力荷载分项系数仍按1.2进行设计。

小结一下, 按新规进行设计需要进行如下改动:

- 1) 永久荷载控制分项系数1.35取消;
- 2) 非抗震组合中, 永久荷载分项系数取1.3或1.0(有利), 可变荷载分项系数取1.5;

- 3) 刚重比计算保持不变, 仍取 1.2 恒+1.4 活;
- 4) 轴压比、抗震组合中的重力荷载分项系数仍取 1.2。

2 PKPM-V4.3.4 版的调整

PKPM 在新规执行前迅速颁布了与之适应的升级包, 以 SATWE 软件为例, 在“参数定义”中新增了是否执行新标准的开关选项, 见下图:

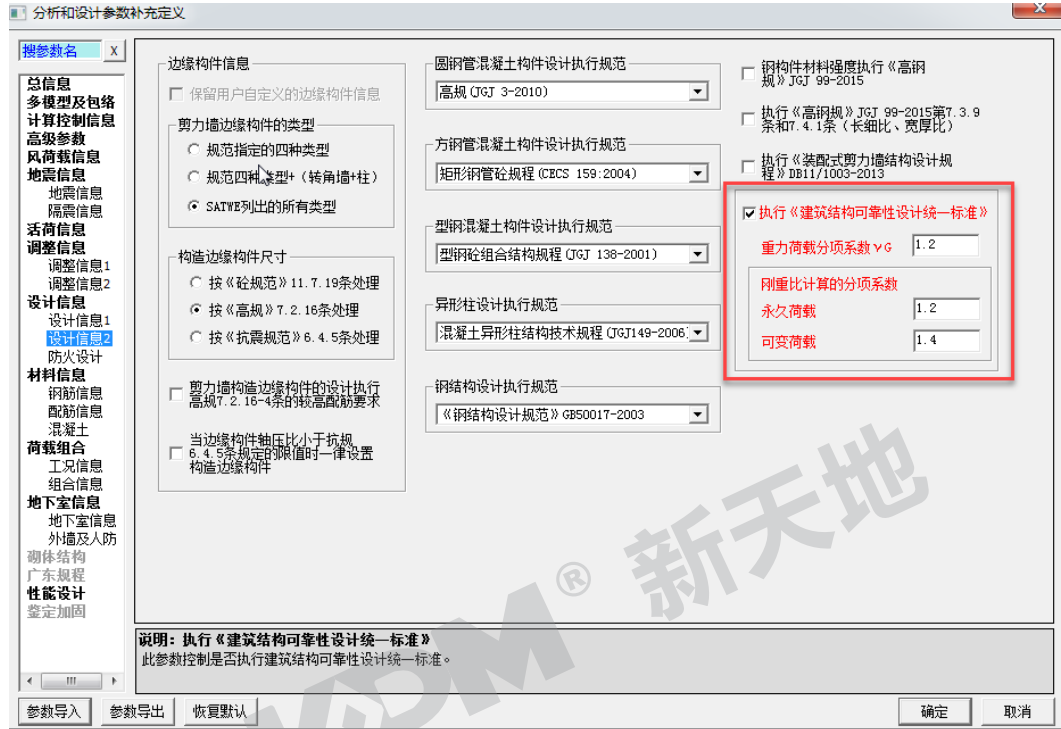


图 2 《可靠度统一标准》参数开关

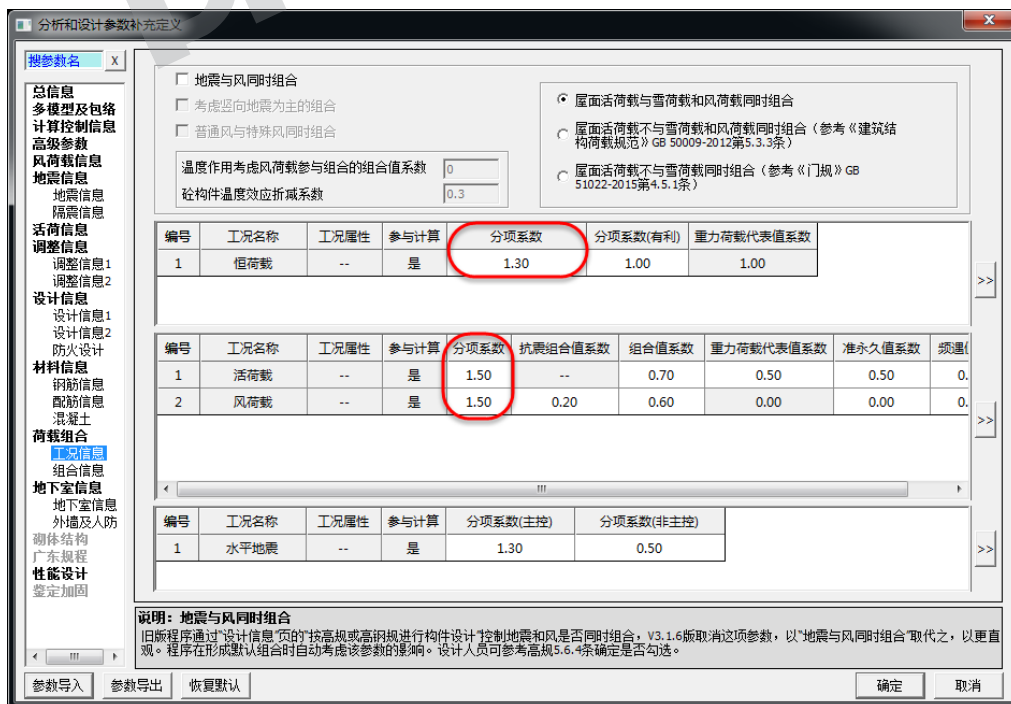


图 3 新分项系数调整

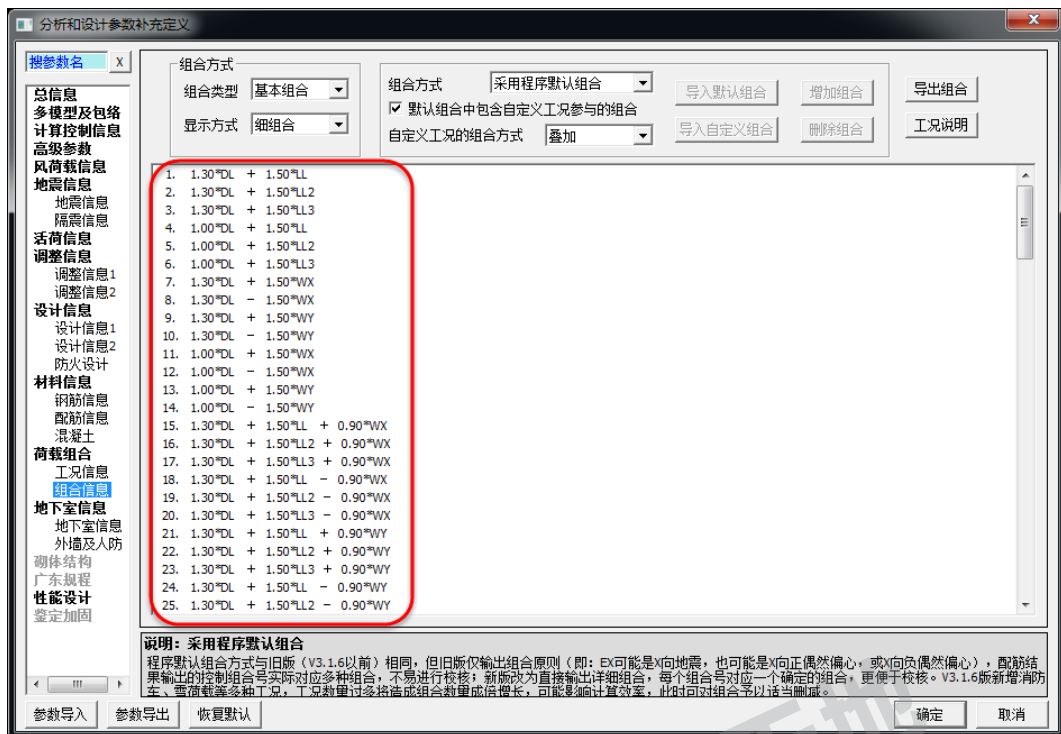


图 4 新荷载组合示意图

同理, 基础设计、钢结构、施工图等各模块也随之调整, 可帮助设计师快速完成符合新标准的设计, 具体功能详情可参见 V4.3.4 版软件改进说明, 这里不再重复介绍。

新版 V4.3.4 软件下载地址:

<https://www.pkpm.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=70&id=112>

3 采用现有软件实现新可靠度标准

对于由于工程原因, 暂时无法升级到 V4.3.4 版软件的设计师, 也可按以下操作实现新规设计: 以旧版 satwe 为例, 如果直接修改恒载、活载分项系数, 将影响轴压比、抗震组合中的重力荷载分项系数, 以及刚重比的计算, 而我们需要的是修改非抗震组合中的恒、活载分项系数, 故应按以下步骤实现精准地修改: 在“荷载组合”中勾选“采用自定义组合及工况”, 直接对默认组合进行修改 (v3 版本), 或者在“组合信息中”导出默认组合后修改 (v4 版本):

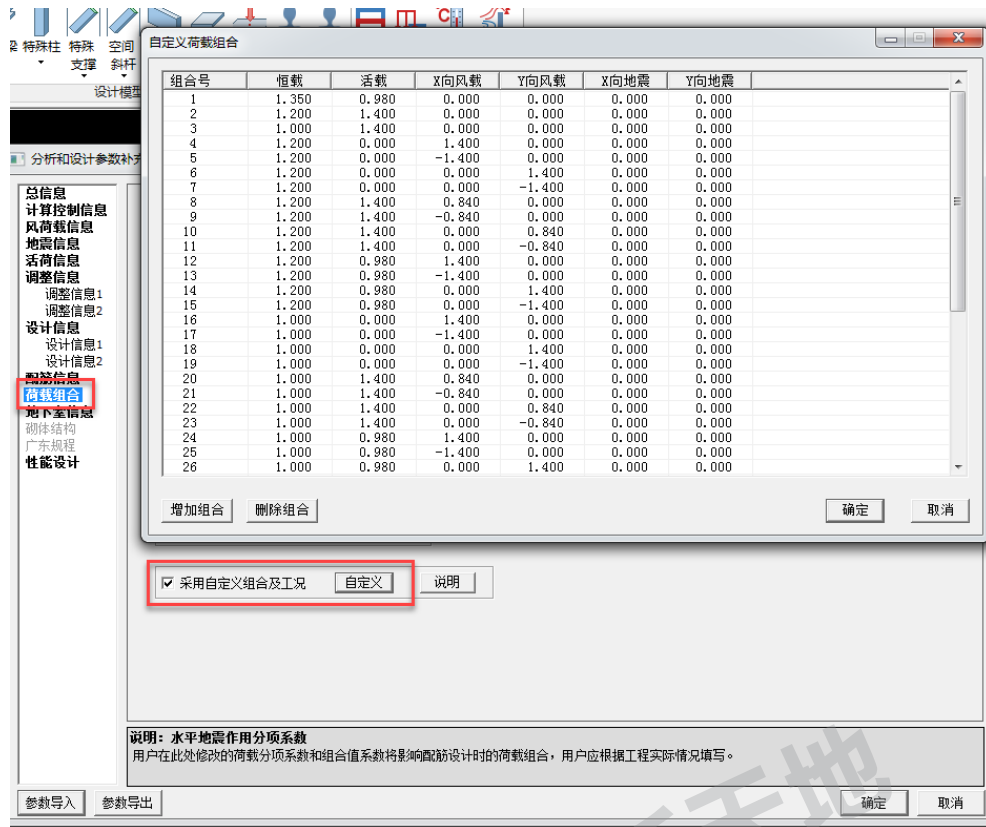


图5 参数设置示意图

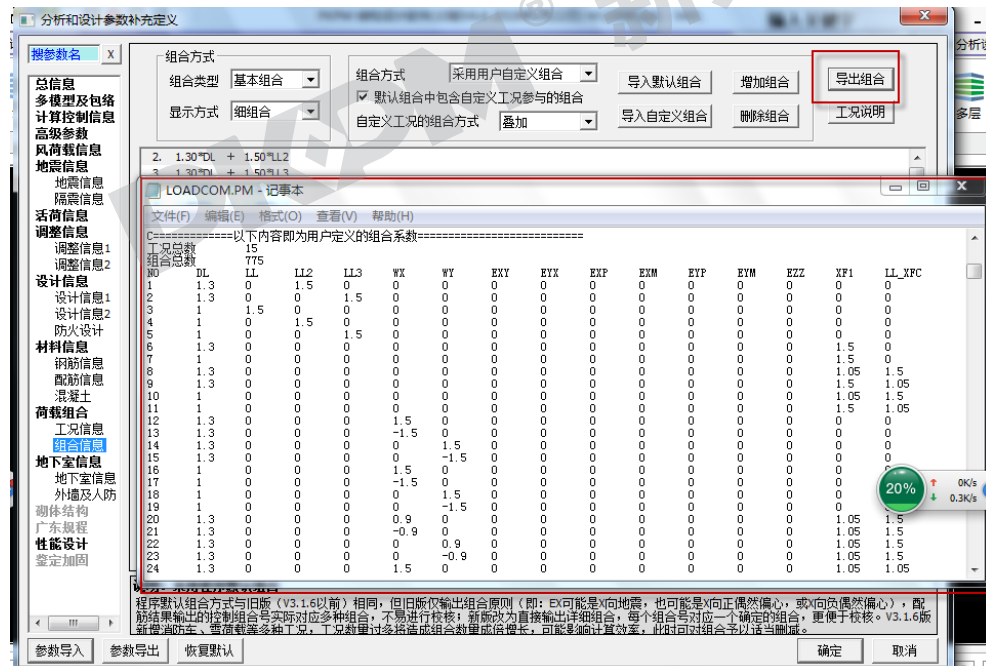


图6 自定义组合修改文本

删除 1.35 恒+0.98 活 组合。

非抗震组合中恒载分项系数改为 1.3；可变荷载分项系数改为 1.5。需注意，当活载、风载同时组合时，还需乘组合值系数。例如 1.2 恒+1.4 活+0.84 风 应改为 1.3 恒+1.5 活+0.9 风；1.2 恒+0.98 活+1.4 风 应改为 1.3 恒+1.05 活+1.5 风。

抗震组合中，如果地震与风同时组合，应修改风荷载分项系数为 1.5。如 1.2 恒+0.6 活+0.28

风+1.3 地震 应改为 1.2 恒+0.6 活+0.3 风+1.3 地震。

同理，对于其他软件如 JCCAD、STS 也可按上述方法进行修改。

4 总结

从上述修改的过程可知，当组合较多时，手动修改是一件十分繁琐且容易出错的工作。且旧版软件有的模块并未放开分项系数的修改功能，比如旧版施工图程序中计算附加箍筋及吊筋的组合并没有参数可以修改。故设计单位还应尽快升级软件，确保准确计算符合新标准的要求。

参考文献

[1] 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.

[2] 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，2010

PKPM® 新天地

钢结构檩条墙梁设计常见问题解析（一）

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深圳分公司 北京 100013）

[摘要] 钢结构中的屋面檩条和墙面墙梁作为屋面墙面系统中的受力和传力构件，一般不在整体模型中建立和分析（门式刚架三维中也是独立分析和计算），而是采用工具箱进行独立分析和计算，在应用工具箱进行檩条和墙梁设计时，设计人员常常会对一些工具箱中的参数究竟如何考虑以及影响不清楚，本系列文章将对这些问题进行解析。

[关键词] 檩条；墙梁；工具箱；稳定；

1 钢结构檩条、墙梁工具箱中“屋面板能阻止檩条上翼缘侧向失稳”、“墙板能阻止墙梁外翼缘侧向失稳”的选项何时可以勾选？

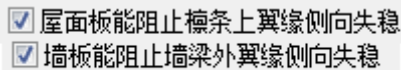


图 1 参数

首先勾选了“屋面板能阻止檩条上翼缘侧向失稳”、“墙板能阻止墙梁外翼缘侧向失稳”这个选项之后，程序不会进行檩条、墙梁在上翼缘、外翼缘受压时的整体稳定验算。

根据《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB50018-2002（以下简称薄钢规）中的要求：只有屋面板材与檩条有牢固的连接，即用自攻螺钉、螺栓、拉铆钉和射钉等与檩条牢固连接，且屋面板材有足够的刚度（例如压型钢板），才可认为能阻止檩条侧向失稳和扭转，可不验算其稳定性。此时可以勾选“屋面板能阻止檩条上翼缘侧向失稳”“墙板能阻止墙梁外翼缘侧向失稳”选项，不验算该稳定应力。

对塑料瓦材料等刚度较弱的瓦材或屋面板材与檩条未牢固连接的情况，例如卡固在檩条支架上的压型钢板（扣板），板材在使用状态下可自由滑动，即屋面板材与檩条未牢固连接，如下图[3]所示的连接片连接时，连接片是可滑移的，扭转刚度没有保证，不能阻止檩条侧向失稳和扭转，应按公式 8.1.1-2 验算檩条的稳定性，此时不能勾选该选项。墙板能约束墙梁外翼缘与屋面板的要求类似。

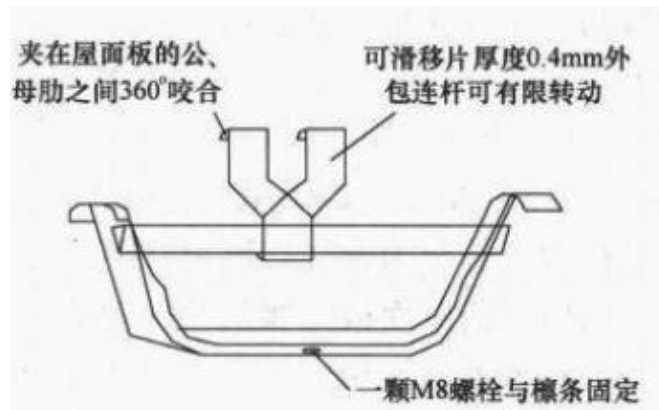


图 2

2 钢结构檩条工具箱中的“构造保证下翼缘风吸力作用稳定性”何时勾选？

檩条在风吸力作用下处于下翼缘受压的状态，此时需要进行风吸力组合下的稳定。应按照薄钢规进行验算，而在勾选了“构造保证下翼缘风吸力作用稳定性”后，程序将不再验算风吸力作用下的稳定应力。根据门式刚架规范中的 9.1.5-3 条“当受压下翼缘有内衬板约束且能防止檩条扭转时，整体稳定性可不计算”，也就是说在檩条下翼缘位置布置有内衬板，且内衬板与檩条之间是可靠连接时，可以考虑此项。

同时有人提出当设置下层拉条，且拉力位于距离下翼缘 1/3 腹板高度范围内时，也可以认为构造保证下翼缘稳定，事实是不是这样的呢？笔者认为设置下层拉条后不能保证下翼缘的稳定，此时下翼缘稳定仍然需要进行验算，门式刚架规范中对于内衬板对于檩条下翼缘的约束已经做出了解释，在 9.1.5 条条文中提到“当有内衬板固定在檩条下翼缘时，相当于有密集的小拉条在侧向约束下翼缘，故无需考虑整体稳定性”。考虑到拉条对于檩条的约束只是在拉条拉结位置的点约束，而拉条又不能布置很密集，一般的拉条间距大约为 2m~3m，还远达不到密集的程度，因此下层拉条对下翼缘的约束还达不到不需要验算稳定的条件。

3 拉条作用中的约束檩条上翼缘、约束檩条下翼缘、约束檩条上、下翼缘的参数应该如何选择？设置后会如何影响计算结果？

拉条作为檩条的侧向支撑点，主要限制檩条的扭转和侧向变形，对于拉结在距离上翼缘 1/3 腹板高度范围内时，可以认为其作为上翼缘扭转变形的支撑点，此时拉条左右为约束檩条上翼缘，同理对于拉结在距离下翼缘 1/3 腹板高度范围内时，可以认为其作为下翼缘扭转变形的支撑点，此时拉条左右为约束檩条下翼缘，当设置双层拉条，其上下两层各分布于距离上下翼缘各 1/3 腹板高度范围内时，拉条的作用为约束上下翼缘。

设置拉条作用后程序根据拉条设置的道数和檩条跨度确定出拉条间距，按照此间距确定拉条约束位置，即檩条上下翼缘稳定验算时的檩条面外计算长度，进而影响对应位置的檩条稳定验算结果

4 如下图：檩条设计工具箱提供了两本规范选项“薄钢规范 GB50018”“门规 GB51022-2015”，两本规范有何差异？



图 3 工具箱中两个规范的选择

《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB51022-2015（以下简称门式刚架规范）修订以来，新门式刚架规范对于檩条计算进行了较为详细的规定，同时结合薄钢规对于采用冷弯薄壁截面的檩条，两本规范的差异主要有以下四点：

1) 门式刚架规范 9.1.4 对于实腹式卷边檩条的宽厚比不大于 13，卷边宽度与翼缘宽度之比不宜小于 0.25，不宜大于 0.326 进行控制。这一条薄钢规是没有要求的。

2) 门式刚架规范 9.1.5-1 条规定还要根据公式 9.2.5-2 验算薄壁截面的腹板剪应力，而薄壁型钢规范没有相关要求。

3) 门式刚架规范 9.1.5-1 条还规定在验算檩条强度时，采用平行轴有效截面模量进行验算，而薄钢规规范规定强度和稳定验算始终采用主轴截面模量进行验算。虽然主轴有效截面模量比平行轴有效截面模量要大，但是对于檩条强度等计算，门式刚架规范按照单向受弯构件或单向压弯、拉弯构件计算其强度和稳定，薄钢规则会按照双向受弯、拉弯或压弯验算其强度和稳定，所以在水平向存在弯矩的情况下，薄钢规的计算结果很可能要比门刚规范的计算结果大。

4) 门式刚架规范中对于压型钢板屋面的檩条挠度按照 1/150 控制，薄钢规对于压型钢板屋面的檩条按照 1/200 控制。

5 钢结构墙面中的墙梁采用 C 型截面时，是口朝上有利还是口朝下有利？

首先我们要了解一下 C 型截面的特性，对于 C 型截面来说，它是一种单轴对称截面，其相对 X 轴是轴对称的，相对于 y 轴是非对称的，因此相对于 Y 轴其两侧的抵抗矩是不同的，如下图，截面中位于 Y 轴左侧部分对于 Y 轴的抵抗矩记为 W_1 ，位于 Y 轴右侧部分对于 Y 轴的抵抗矩记为 W_2 ， $W_1 > W_2$ ，且一般 W_1 是 W_2 的三倍左右。

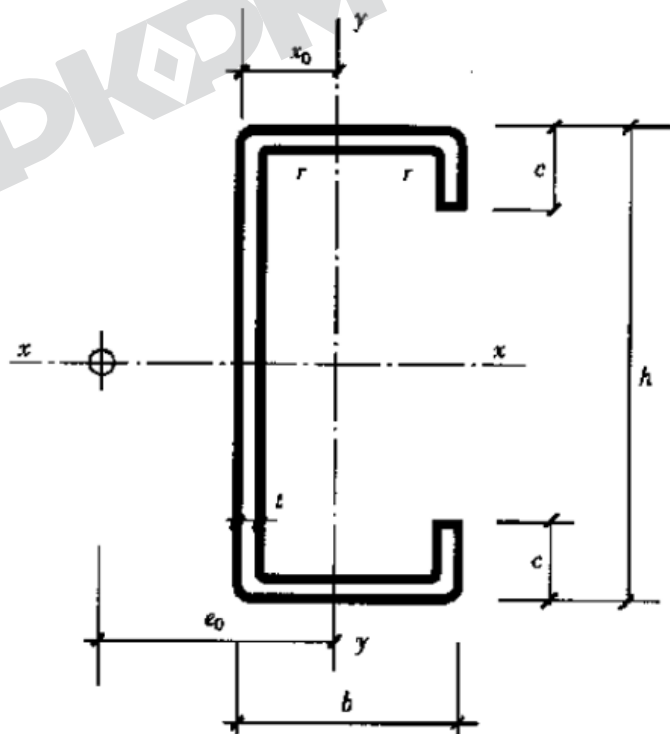


图 4 C 型截面

C 型截面多用于简支墙梁，下面针对于简支墙梁从墙梁承受的荷载作用和檩条来去进行分类

讨论：当墙梁只承担墙面传来的墙面风荷载墙板竖向荷载自承重时，口朝上与口朝下对风荷载作用下的强度和稳定没有影响，竖向荷载只考虑墙梁本身自重，口朝上和口朝下计算结果也是基本一致的。

当墙梁既承担墙面传来的墙面风荷载，墙板非自承重，墙梁又要承载竖向荷载时，对于简支墙梁，其在竖向荷载作用下墙梁截面下部受拉，上部受压。了解了 C 型截面的性质，我们接着来分析一下具体截面的应力情况，如果 C 型截面口朝上放置，其截面 Y 轴右侧部分受压，计算稳定应力时， W_2 参与计算，根据上面的截面性质 $W_1 > W_2$ ，所以口朝上的稳定应力要大于口朝下时的稳定应力，因此对于这种情况下，当截面是稳定应力控制时，其截面口朝下更能充分利用截面刚度和承载力。

6 钢结构檩条工具箱中的简支檩条计算结果输出了“檩条能够承受的最大轴力设计值为(KN)”，如何理解？

考虑到檩条有时候会兼做屋面的刚性系杆，程序在按照常规檩条的按照受弯构件计算强度和稳定的同时，如果按受弯构件计算的强度和稳定应力都满足要求的情况下，程序就根据压弯构件的计算公式，反算出檩条还能够承担的最大轴力值，予以输出。如果在参数中的“轴力设计值”输入一定的数值，程序则直接按照压弯或拉弯构件进行檩条验算。

7 连续檩条工具箱中“边跨檩条间距减少一半”有何作用？对计算结果有何影响？

由于山墙榀刚架一般要设置抗风柱、有的还要设置墙架柱，造成边榀的竖向刚度较相邻中间榀大很多，在竖向荷载作用下，山墙榀与相邻中间榀之间的竖向变形差较大，可能会引起屋面板局部变形，甚至塌陷，引发漏水等情况，因此有部分钢结构厂家习惯在檩条边跨时减小檩条间距，以此增强边榀与中间榀的连接，减小竖向变形差异，同时一定程度的增大了屋面刚度。如图：红色箭头所示位置会增加简支檩条。

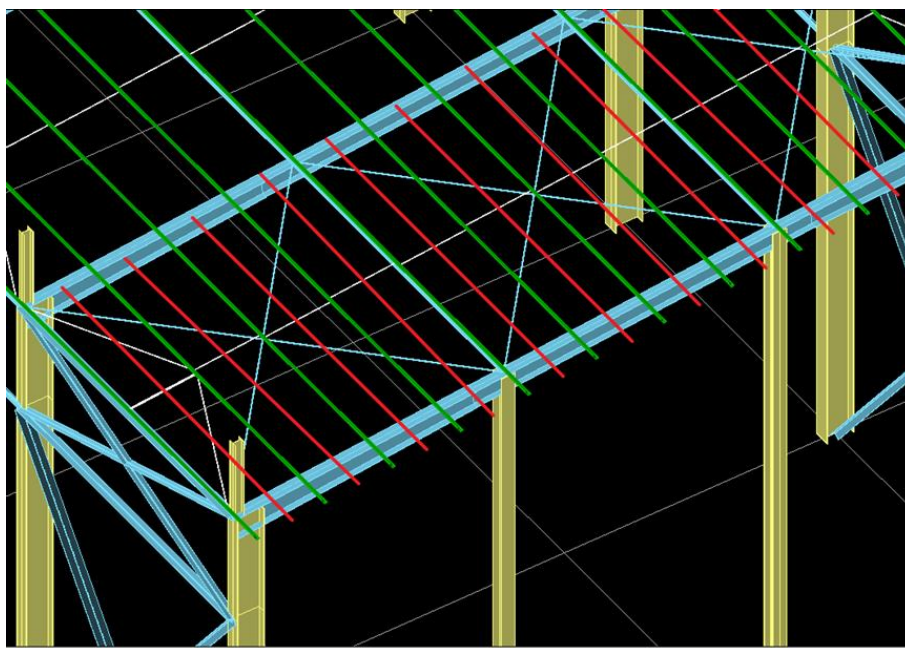


图 5“边跨檩条间距减少一半”的效果

增加简支檩条后，边跨檩条的导荷面积将减少一半，进而影响强度和稳定应力的计算结果，如下图所示。

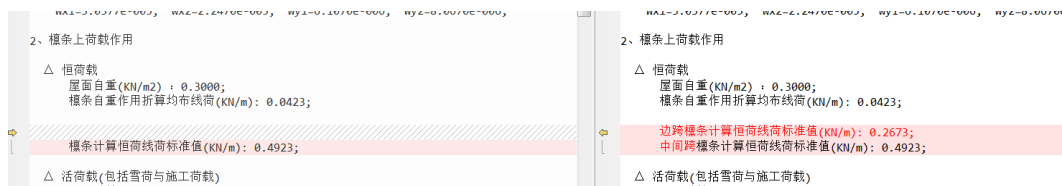


图 6

参考文献

[1] GB51022-2015 门式刚架轻型房屋钢结构技术规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2016
 [2] GB50018-2012 冷弯薄壁型钢结构技术规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2003.
 [3] 陈友泉.魏潮文.门式刚架轻型房屋钢结构设计与施工疑难问题释义[M].北京：中国建筑工业出版社，2009
 [4] 钢结构设计手册[M].北京：中国建筑工业出版社，2004
 [5] STS 技术条件



第五届“基于 BIM 的预制装配建筑体系应用技术”高峰论坛在上海成功举办

2019 年 7 月 25 日-26 日，由中国建筑科学研究院有限公司、“十三五”国家重点研发计划“基于 BIM 的预制装配建筑体系应用技术”项目部联合主办，北京构力科技有限公司和华东建筑集团股份有限公司承办的第五届“基于 BIM 的预制装配建筑体系应用技术”高峰论坛在沪成功举办，来自全国各地的 500 余名代表出席了本次论坛。



“十三五”国家重点研发计划项目“基于 BIM 的预制装配建筑体系应用技术”，由中国建筑科学研究院有限公司牵头，联合国内 22 家著名建筑企业和高校共同承担，研究通过 BIM 技术解决装配式建筑设计、生产、运输和施工各环节中协同工作的关键技术问题，形成装配式建筑的 BIM 技术全流程集成应用系统。

本届论坛以“数字装配 智造未来”为主题，通过专家报告、项目成果展示等方式，向与会代表分享了项目团队历经三年倾力研发的装配式建筑中 BIM 全流程集成应用研究成果，32 项实际工程项目的真正落地应用，展现了装配式建筑 BIM 全流程应用的真正价值。



许杰峰

叶浩文

高承勇

王广斌

欧阳仲贤

马恩成

周冲



金睿

田春雨

张守峰

陈振明

余金宝

夏绪勇

马海英

项目负责人、中国建筑科学研究院有限公司总经理许杰峰研究员代表项目团队，就项目的主要成果、关键技术与创新性、示范工程应用和发展展望等方面做了大会主题报告；项目各课题单位代表，就自主 BIM 平台和装配式建筑设计、生产、施工各环节中 BIM 创新应用进行了全面介绍；湖南省住建厅介绍了基于项目成果扩展研发的装配式建筑全产业链 BIM 智能建造平台的情况；国内十多位专家学者对装配式领域的标准、科研和产业的最新进展做了专题报告；论坛期间还安排了高峰对话的环节，对话专家畅谈了装配式行业的发展趋势，并与参会代表关注的问题进行了热情互动。



装配式建筑是集成了标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用的现代化建造方式，是实现建筑工业化的主要途径之一。装配式建筑适合采用 BIM 的一体化集成应用技术。

在本次大会上全面展示了项目的研发成果，通过 BIM 技术建立装配式户型库和装配式构件产品库，使装配式建筑户型标准化，提高预制构件拆分效率，实现精细化设计；通过 BIM 指导生产，使用具备可追溯性质量管控的生产管理系统对构件加工过程进行规范化管理，BIM 数据直接接力构件生产设备，使生产进度和质量得到有效管控；施工过程中通过 BIM 实现构件运输、安装及施工现场的一体化智能管理，利用拼装校验技术与智能安装技术指导施工，优化施工工艺，有效提高工程质量。



与会代表普遍认为，本次论坛水平高，专业务实，收获很大。项目研究成果通过 BIM 打通设计、生产、施工全流程，提升装配式建筑各阶段协同工作效率，提高建造质量，实现精益建造，必将引领国内装配式建筑的 BIM 应用模式，促进装配式建筑的健康发展。

专家预见，结合 BIM 平台、构件库、物联网、计算机辅助加工、虚拟施工安装等新技术，有望解决预制装配式建筑体系产业化发展中的诸多关键问题，给装配式建筑的全产业链生产方式带来全面提升。



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。

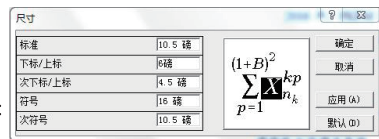
投稿邮箱: editor@cabrtech.com, 欢迎您来信投稿!



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/1c7voDn0kYr4EDFTt4Vs9w>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].中国数学学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@cabrttech.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领先的前沿专业技术、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理解以及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。

结构软件应用：

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

其他软件应用：

介绍APM、DEC、园林、节能等软件的使用方法以及运用，让您更了解我们；
介绍设计人员在实际工作中发现或使用的PKPM软件的实用操作技巧，让您的设计更快捷、更方便、更出色！

PKPM最新动态：

拥有最新软件更新说明、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。

技术支持中心：

将我们网站上知识堂的问题集中刊登，使一个问答服务于千万用户，是您答疑解惑的好去处。

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（知识堂）等服务

PKPM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

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。

PKPM系列微课堂

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微课堂。PKPM微课堂自2016年开课至今开展了100余期专题课程。已有逾50000建筑行业从业人员在线观看，逾500000人次下载观看。

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-BIM

PKPM BIM SYSTEM

PKPM BIM 系统(简称 PKPM-BIM),以信息数据化、数据模型化、模型通用化的 BIM 理念,致力于 BIM 技术在项目全生命周期的综合应用,通过统一的三维数据模型架构,建立建筑工程协同工作专业信息共享平台(PKPM-BIM 平台),集成多专业应用软件和管理系统,为建筑企业提供符合中国建筑规范和工作流程的 BIM 整体解决方案。

PKPM-BIM 平台获 2017 年住建部华夏建设科学技术一等奖。

PKPM BIM 集成应用体系



PKPM-BIM 的特点与优势

Characteristics and advantages



PKPM-PC

基于BIM平台的装配式建筑设计软件



PKPM-PC软件按照装配式建筑全产业链集成应用模式研发，在PKPM-BIM平台下实现预制部品部件库的建立、构件拆分与预拼装、全专业协同设计、构件深化与详图生成、碰撞检查、材料统计等，设计数据直接接力到生产加工设备。为广大设计和生产企业提供专业软件，提高设计效率和质量，助力建筑工业化发展。

◆ 高效便捷

可以快速完成国内各种装配式建筑的全流程设计，即时统计预制率和装配率，快速检查全楼钢筋碰撞情况，自动生成各类施工图和构件详图，相比传统CAD设计和采用其他通用性软件设计，效率大为提高。

◆ 智能优化

智能拆分、智能统计、智能查找钢筋碰撞点、智能开设备洞和预埋管线、构件智能归并。

◆ 成熟易用

与国内大型装配式企业联合研制，经大量实际项目应用，软件成熟稳定。

按照国标编制，内置预制构件库，与国外软件相比更符合国内设计院工作流程和设计师使用习惯。

◆ 功能全面

可以完成国内各种结构形式的装配式设计，包括装配整体式框架结构、装配整体式剪力墙结构、装配整体式部分框支剪力墙结构、装配整体式预制框架-现浇剪力墙结构等。

可以完成各类常见构件的预制设计，包括内外剪力墙、楼板、梁、柱、外挂墙板、阳台板、空调板及楼梯等其他建筑部品。

PC设计院版能完成结构建模、构件拆分、预制率统计、装配率统计、结构计算、施工图、结构计算书和专项说明等，满足施工图审查需求。

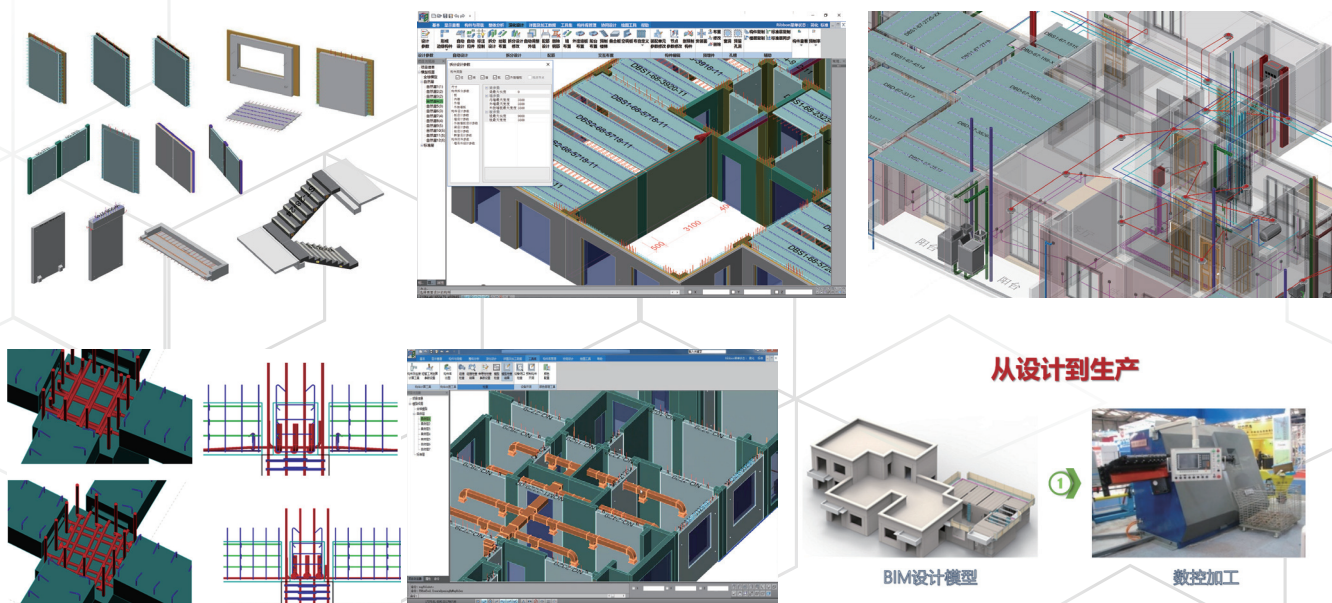
PC完整版除设计院版内容外，还能完成多专业协同的深化设计、钢筋碰撞检查、构件验算、构件加工详图和数据接力生产设备等。

◆ 一步到位

按照“一体两翼”理念，采用BIM技术，利于EPC建造模式，方案设计与深化设计无缝连接，避免二次设计。

国家“十三五”项目成果，是按照装配式全产业链（设计-生产-装配-运维）集成应用的思路研发，满足装配式设计发展方向，国家水准，政府力推，将广泛应用。

采用基于BIM平台的全专业协同深化设计，符合装配式建筑特点（精细化、一体化、多专业集成），满足加工和装配精度，有效降低成本。



中国建筑科学研究院有限公司 | 北京构力科技有限公司

北京市北三环东路30号 C座17层 100013 | 销售热线: 010-64518392, 13810972240
技术咨询 400-8000-900 | 传真 010-84276106 | 邮箱 pub@pkpm.cn | 网址 www.pkpm.cn



微信公众号



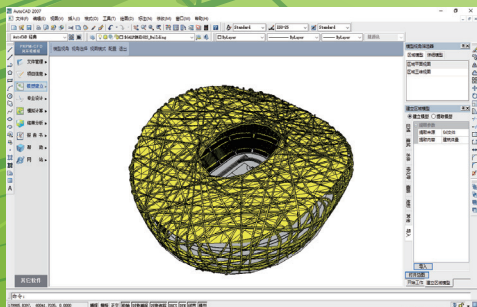
微课服务号

PKPM绿色建筑与节能系列软件

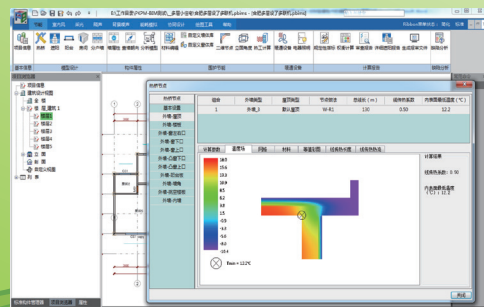
绿色建筑与节能系列软件是我国配套《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014及各省市地标的绿色建筑设计、模拟、评价软件工具，已通过建设部、检测机构、清华大学的三重鉴定。软件基于BIM理念开发，搭载于BIM平台及AutoCAD平台，完美实现一模多用和数据流动，全面覆盖绿建全生命周期过程。

单反性能，微单操作

- 绿色建筑与节能系列软件针对甲方、设计院、物业公司等不同客户群体，全面覆盖绿建全生命周期，旨在为用户提供绿色建筑方案设计、施工图设计、绿色运维等整体解决方案。
- 软件模块包括：绿建施工图设计软件、民用与工业节能软件、室内外风光声热性能设计软件、规划助手软件、防排烟设计软件、智慧运维管理平台。



AutoCAD平台版本



PKPM-BIM平台版本



PKPM 官方微信