



复杂建筑结构 计算分析方法及工程应用

焦 柯 主 编
焦 柯 赖鸿立 吴桂广 欧妍君 欧旻韬 编 著

中国城市出版社
CHINA CITY PRESS

复杂建筑结构计算分析及工程应用

焦 柯 主 编
焦 柯 赖鸿立 吴桂广 欧妍君 欧旻韬 编 著

中国城市出版社
· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

复杂建筑结构计算分析方法及工程应用 / 焦柯主编;

赖鸿立等编著. —北京: 中国城市出版社, 2013.11

ISBN 978-7-5074-2902-2

I. ①复… II. ①焦… ②赖… III. ①建筑结构—计算方法 IV. ①TU311.4

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第292663号

本书由13章组成, 第1章、第2章分别介绍了建筑结构常用弹性分析与设计软件和非线性分析软件的主要功能对比及适用条件; 第3章介绍了复杂结构建模及结构分析软件之间数据转换的方法; 第4章介绍了结构设计中若干计算问题的处理方法; 第5~9章分别介绍了超限高层结构、高层双塔连体结构、带转换层高层结构、高层钢-混凝土组合结构、隔震和消能减震 (振) 结构的分析计算技术及工程实例; 第10章介绍了大跨度空间结构的计算要点及工程实例; 第11章介绍了现浇混凝土空心楼盖结构计算方法及工程实例; 第12章介绍了深基坑开挖仿真分析方法及工程实例; 第13章介绍了型钢与混凝土组合构件和节点的有限元仿真分析技术及工程实例。

* * *

责任编辑: 常 燕

复杂建筑结构计算分析方法及工程应用

焦 柯 主 编

焦 柯 赖鸿立 吴桂广 欧妍君 欧旻韬 编 著

*

中国城市出版社出版、发行 (北京市西城区广安门南街甲30号)

各地新华书店、建筑书店经销

广州市友间文化传播有限公司制版

广州市一丰印刷有限公司印刷

*

开本: 880×1230毫米 1/16 印张: 29 $\frac{3}{4}$ 字数: 921千字

2013年12月第一版 2013年12月第一次印刷

定价: 68.00元

ISBN 978-7-5074-2902-2

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100053)

本社网址: <http://www.citypress.cn>

前 言

结构计算分析已成为复杂结构设计的主要技术手段和保证设计质量的关键。众所周知，抗震设计要以抗震概念设计为指导，对复杂结构来说结构计算分析是概念设计的最主要依据。结构或构件试验也是结构设计的重要依据，但试验的成本较高，目前只有少数特殊工程进行振动台试验，及少数关键构件进行承载力试验。有限元仿真计算分析可较真实模拟结构实际受力状况，准确得到结构变形、承载能力等详细结果，直接用于复杂结构的设计中。

复杂建筑结构由于造型、功能的需要，受力体系千差万别，对不同结构体系应采用不同的计算手段和可靠性控制指标，但在实际工程设计中往往由于各种原因，计算手段单一，计算假设或简图不合理，计算深度不够，抗震性能设计执行不到位，已严重影响到复杂结构的设计质量。我们具有十多年建筑结构与设计软件研发的基础，通过本书我们力图结合近年来完成的数十项复杂工程计算成果，对各种类型结构的计算技术进行深入研究和总结，作为复杂建筑结构的分析指导和应用参考。

本书由 13 章组成，第 1 章、第 2 章分别介绍了建筑结构常用弹性分析与设计软件和非线性分析软件的主要功能对比及适用条件；第 3 章介绍了复杂结构建模及结构分析软件之间数据转换的方法；第 4 章介绍了结构设计中若干计算问题的处理方法；第 5 ~ 9 章分别介绍了超限高层结构、高层双塔连体结构、带转换层高层结构、高层钢 - 混凝土组合结构、隔震和消能减震（振）结构的分析计算技术及工程实例；第 10 章介绍了大跨度空间结构的计算要点及工程实例；第 11 章介绍了现浇混凝土空心楼盖结构计算方法及工程实例；第 12 章介绍了深基坑开挖仿真分析方法及工程实例；第 13 章介绍了型钢与混凝土组合构件和节点的有限元仿真分析技术及工程实例。

广东省建筑设计研究院的同事们为我们提供了大量复杂工程案例，赵云龙、黎国彬、易诗轩、茹卫东、荆栋、陈永辉等也参与部分工作，在此一并致以诚挚的谢意。

由于本书涉及工程案例多属于大型复杂结构，数据整理及分析工作量很大，文中所提出来的分析结论难免有不恰当之处，恳请读者批评指正。

焦 柯

目 录

前 言

第 1 章 建筑结构弹性分析与设计软件	1
1.1 设计软件计算参数剖析	1
1.1.1 总体信息	1
1.1.2 地震信息	6
1.1.3 风计算信息	11
1.1.4 调整信息	13
1.1.5 时程分析信息	16
1.1.6 梁构件属性信息	17
1.1.7 柱构件属性信息	19
1.1.8 剪力墙构件属性信息	21
1.2 计算单元和单元剖分	23
1.2.1 杆单元	23
1.2.2 墙单元	23
1.2.3 楼梯	27
1.2.4 构件的单元剖分	27
1.3 计算假定和约束条件	28
1.3.1 楼板的弹性与刚性假设	28
1.3.2 地下室侧约束	29
1.3.3 杆与杆的连接刚度	29
1.3.4 位移边界条件	30
1.4 荷载和地震作用	30
1.4.1 荷载工况	30
1.4.2 风荷载	31
1.4.3 温度效应	31
1.4.4 地震作用	32
1.5 内力调整及组合	34
1.5.1 总原则	34
1.5.2 内力组合公式	34
1.6 计算输出的主要结果	35
1.6.1 扭转效应的控制	35
1.6.2 竖向不规则的控制	37
1.6.3 结构稳定性控制	38
1.6.4 正常使用状态控制	39
1.6.5 其他控制指标	40
1.7 不同软件计算结果对比	41
1.8 五款常用设计软件功能对比	42
第 2 章 建筑结构非线性分析软件	46
2.1 常用非线性分析软件功能介绍	46
2.1.1 ABAQUS	46
2.1.2 SAP2000	50
2.1.3 ETABS	52
2.1.4 PERFORM-3D	53

2.1.5	MIDAS	55
2.1.6	EPDA	63
2.1.7	GSNAP	64
2.1.8	小结	66
2.2	静力弹塑性分析软件	66
2.2.1	六款软件计算模型对比	66
2.2.2	塑性铰的参数定义及应用	78
2.2.3	软件计算参数设置	83
2.2.4	剖分尺寸对计算结果的影响	85
2.2.5	静力推覆分析适用范围讨论	87
2.2.6	实际工程推覆分析对比	89
2.2.7	小结	93
2.3	动力弹塑性分析软件	94
2.3.1	动力弹塑性分析基本方法	94
2.3.2	六款软件计算模型对比	94
2.3.3	参数设置及对计算结果的影响	97
2.3.4	不同软件计算结果对比	103
2.3.5	动力弹塑性分析软件的选择	108
2.3.6	小结	112
2.4	几何非线性分析软件	112
2.4.1	建筑结构分析中的几何非线性因素	112
2.4.2	几何非线性分析的软件实现	115
2.4.3	几何非线性分析算例	123
2.4.4	几何非线性分析的难点及解决方法	127
第3章	软件之间数据交换	130
3.1	几何模型与有限元分析模型数据交换	130
3.2	犀牛几何模型导入 ABAQUS、MIDAS/Gen 和 SAP2000	131
3.3	结构分析软件之间数据交换	134
3.3.1	DWG 图形导入广厦和 PKPM	134
3.3.2	PKPM 导入广厦和 MIDAS/Gen	136
3.3.3	MIDAS/Building 导入 MIDAS/Gen	137
3.3.4	MIDAS/Gen 与 SAP2000 双向数据交换	138
3.3.5	GSSAP 与 ETABS 双向数据交换	140
3.4	数据交换的技术总结	141
第4章	结构设计中若干计算问题的处理方法	143
4.1	地震波选取及超高层结构地震响应	143
4.1.1	地震波选取	143
4.1.2	超高层结构选波实例	143
4.1.3	长周期波对超高层结构的影响	145
4.1.4	小结	155
4.2	符合规范反应谱的天然波修正	156
4.2.1	NewWave 程序简介	156
4.2.2	天然波修正方法	156
4.2.3	NewWave 程序验证	157
4.3	多向多点地震输入分析	160
4.3.1	地震波的输入与调整	161
4.3.2	多向多点地震输入分析的实现方法	163

4.3.3	大跨度空间结构分析案例	166
4.3.4	小结	169
4.4	竖向地震力的计算	170
4.4.1	竖向地震的计算方法	170
4.4.2	竖向地震力对长悬挑结构影响	170
4.4.3	竖向地震力对大跨度转换梁影响	172
4.4.4	小结	173
4.5	楼梯参与结构抗震计算	174
4.5.1	楼梯参与结构空间整体计算的方法	174
4.5.2	楼梯对框架结构的影响	176
4.5.3	基于弹塑性分析的楼梯参与整体计算	182
4.5.4	小结	187
4.6	框架柱二阶效应分析	187
4.6.1	规范要求	187
4.6.2	混凝土柱二阶效应计算	188
4.6.3	超高层结构钢管柱计算长度分析	190
4.6.4	小结	193
4.7	多连梁的计算方法及抗震性能分析	194
4.7.1	多连梁等效计算方法	194
4.7.2	单片开洞剪力墙分析	196
4.7.3	双连梁抗震性能分析	197
4.7.4	小结	198
4.8	分块分塔结构的计算	198
4.8.1	分块分塔计算的软件实现	199
4.8.2	分块分塔对计算的影响	201
4.8.3	小结	202
4.9	楼板采用不同计算假定比较	203
4.9.1	常用楼板计算模型及软件设置	203
4.9.2	楼板采用不同计算假定的对比分析	205
4.9.3	小结	207
4.10	模拟施工及后浇设计计算	207
4.10.1	模拟施工的计算方法	207
4.10.2	框架结构模拟施工计算	210
4.10.3	框架-核心筒结构模拟施工计算	211
4.10.4	后浇斜撑构件的模拟施工计算	212
4.10.5	小结	214
4.11	高层建筑温差效应计算	214
4.11.1	高层建筑温差效应的分类	215
4.11.2	高层竖向温差效应算例	216
4.11.3	水平温差收缩效应算例	218
4.11.4	小结	219
4.12	大体积混凝土施工阶段水化热分析	220
4.12.1	计算方法及原理	220
4.12.2	水化热计算软件应用	224
4.12.3	工程案例	227
4.12.4	小结	235

第5章 超限高层结构计算分析	237
5.1 超限高层建筑工程结构	237
5.1.1 超限高层结构定义	237
5.1.2 超限高层结构分析的主要依据	237
5.1.3 超限高层建筑工程主要范围	238
5.2 超高层结构特点及工程案例	239
5.2.1 超高层结构特点	240
5.2.2 工程案例	240
5.3 计算内容和模型建立	243
5.3.1 计算内容	243
5.3.2 模型建立	244
5.4 建筑结构抗震性能分析	244
5.4.1 规范相关内容	244
5.4.2 不同抗震性能水准的结构构件承载力设计要求	245
5.4.3 抗震性能水准设计实现方法	247
5.4.4 选用适宜的结构抗震性能目标和水准的案例	249
5.4.5 小结	255
5.5 计算控制指标及其分析	255
5.5.1 扭转效应的控制	255
5.5.2 竖向不规则的控制	260
5.5.3 结构稳定性控制	264
5.5.4 正常使用状态控制	264
5.5.5 其他控制指标	266
5.6 计算问题及结果判断	267
5.6.1 一般性判断	267
5.6.2 罕遇地震下验算结果判断	269
5.7 总结	269
第6章 高层双塔连体结构计算分析	271
6.1 高层连体结构的特点	271
6.2 计算分析要点	271
6.2.1 计算内容	271
6.2.2 计算软件参数设置	272
6.3 东莞海德广场计算分析	274
6.4 番禺金山谷花园计算分析	282
6.5 总结及设计建议	285
第7章 带转换层高层结构计算分析	287
7.1 带转换层高层结构的特点	287
7.2 整体计算分析要点	288
7.2.1 计算内容	288
7.2.2 计算软件参数设置	288
7.3 框支梁及转换梁的计算	291
7.3.1 转换梁受力特点	291
7.3.2 局部有限元分析	291
7.4 桥西大厦计算分析	292
7.5 揭阳玉都广场计算分析	293
7.6 江门时代广场办公楼计算分析	294
7.7 总结及设计建议	297

第 8 章	高层钢 - 混凝土组合结构计算分析	299
8.1	钢 - 混凝土组合结构的特点	299
8.2	计算分析要点	299
8.2.1	计算内容	299
8.2.2	计算软件参数设置	301
8.3	珠江新城 F2 - 4 南塔计算分析	303
8.4	昆明万达办公楼计算分析	305
8.4.1	构件承载力复核	306
8.4.2	节点有限元分析	307
8.5	总结及设计建议	309
第 9 章	隔震和消能减震(振)结构计算分析	311
9.1	隔震支座的参数定义和计算	311
9.1.1	隔震支座的参数及计算结果	311
9.1.2	不同软件计算结果对比	315
9.1.3	隔震支座参数的敏感性分析	316
9.1.4	小结	317
9.2	粘滞阻尼器的参数定义和计算	317
9.2.1	粘滞阻尼器的参数及计算结果	318
9.2.2	粘滞阻尼器计算结果对比	321
9.2.3	粘滞阻尼器参数确定	323
9.2.4	小结	326
9.3	大跨度高位隔震结构计算分析	326
9.3.1	结构模型及计算参数	327
9.3.2	大震时程计算结果	328
9.3.3	小结	330
9.4	高层悬挑结构消能减震计算分析	330
9.4.1	计算模型	330
9.4.2	阻尼器参数及布置方案	330
9.4.3	动力时程计算分析	331
9.4.4	小结	335
9.5	高层悬挑结构的楼板减振分析	335
9.5.1	步行荷载的输入	335
9.5.2	减振分析	336
9.5.3	小结	340
9.6	超高层结构的风荷载响应及舒适度分析	341
9.6.1	风荷载计算	341
9.6.2	隔震支座参数	342
9.6.3	风振响应分析	342
9.7	总结	344
第 10 章	大跨度空间结构计算分析	345
10.1	大跨度空间结构工程案例	345
10.2	计算软件和模型建立	347
10.2.1	计算软件	347
10.2.2	结构模型建立	351
10.2.3	构件偏心	351
10.2.4	铰接处理	352
10.2.5	屋盖与下部结构	353

10.3	风荷载作用下结构的静力分析	355
10.4	模拟施工对结构的影响	356
10.5	温度荷载的计算	357
10.5.1	温度荷载的施加	358
10.5.2	温度工况的组合	358
10.5.3	计算结果的判断分析	359
10.6	屈曲稳定分析	361
10.6.1	特征值屈曲分析	361
10.6.2	非线性屈曲分析	363
10.7	结构动力分析	365
10.7.1	模态分析	365
10.7.2	反应谱计算	366
10.7.3	弹性动力时程计算	368
10.7.4	弹塑性动力时程分析	372
10.8	基于非线性分析的空间结构优化	380
10.8.1	大跨度屋盖消能减震的优化	381
10.8.2	核心筒剪力墙的优化	385
10.8.3	大跨度网架变形的优化	386
10.8.4	大跨度网壳刚度的优化	387
10.8.5	小结	390
10.9	总结	390
第 11 章	现浇混凝土空心楼盖结构计算分析	393
11.1	五种计算方法及算例分析对比	393
11.1.1	拟板法	393
11.1.2	拟梁法	394
11.1.3	经验系数法	395
11.1.4	等代框架法	395
11.1.5	空间板壳元法	396
11.1.6	结果比较	397
11.2	空间板壳元法的分析要点	398
11.2.1	计算单元和单元剖分	398
11.2.2	板的自重和最小配筋率	398
11.2.3	板的剪切计算	399
11.2.4	柱帽的冲切计算	400
11.2.5	暗梁的计算	400
11.3	混凝土空心楼盖在超高层结构中应用	403
11.3.1	工程概况	403
11.3.2	建筑结构布置和选型	403
11.3.3	计算结果	405
11.3.4	新型板柱-核心筒结构的设计及构造加强措施	408
11.4	混凝土空心楼盖在超大规模框架结构中应用	411
11.4.1	工程概况	411
11.4.2	整体计算结果	412
11.4.3	节点有限元计算分析	414
11.4.4	小结	419
11.5	总结	420

第 12 章 深基坑开挖仿真计算分析 422

12.1 深基坑工程 422

12.2 常用计算方法及难点 423

12.3 常用地下结构分析软件 426

12.3.1 理正工具箱 426

12.3.2 MIDAS/GTS 426

12.3.3 ABAQUS 430

12.4 圆形支护开挖方案仿真分析 431

12.4.1 方案概述 431

12.4.2 计算模型及模型参数 432

12.4.3 仿真分析结果 433

12.4.4 小结 435

12.5 紧邻地铁隧道的基坑开挖仿真分析 436

12.5.1 有限元模型 436

12.5.2 施工过程 436

12.5.3 计算结果及分析 440

12.5.4 小结 442

12.6 分析总结 443

第 13 章 组合构件和节点有限元分析 445

13.1 概述 445

13.2 有限元分析常用软件及流程 447

13.3 有限元模型建立 448

13.4 钢管混凝土柱有限元分析 448

13.4.1 承载力的计算方法 448

13.4.2 有限元模型 449

13.4.3 构件极限承载力计算 450

13.4.4 计算结果比较 453

13.4.5 小结 454

13.5 钢管空心混凝土楼板节点有限元分析 455

13.5.1 钢管空心混凝土楼板的概念和特色 455

13.5.2 计算模型建立 456

13.5.3 计算结果及分析 456

13.5.4 小结 458

13.6 型钢混凝土组合构件节点有限元分析 458

13.6.1 有限元模型 458

13.6.2 计算结果及分析 461

13.6.3 小结 462

13.7 总结 463

第 1 章 建筑结构弹性分析与设计软件

1.1 设计软件计算参数剖析

弹性设计软件中的计算参数对结果正确性有很大影响，计算结果出现异常，往往是由于参数设置不当造成。各设计软件中的计算参数其物理意义基本一致，下面以 GSSAP 为例，剖析计算参数及其常见问题。

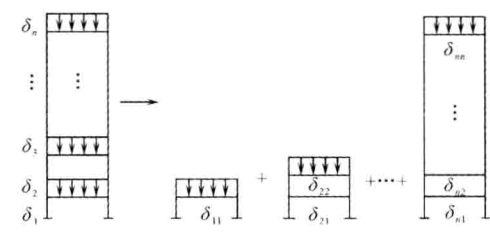
为简化表述，下文中《高规》代表《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ 3 - 2010），《抗规》代表《建筑抗震设计规范》（GB 50011 - 2010），《混规》代表《混凝土结构设计规范》（GB 50010 - 2010），《荷规》代表《建筑结构荷载规范》（GB50009 - 2012）。

1.1.1 总体信息

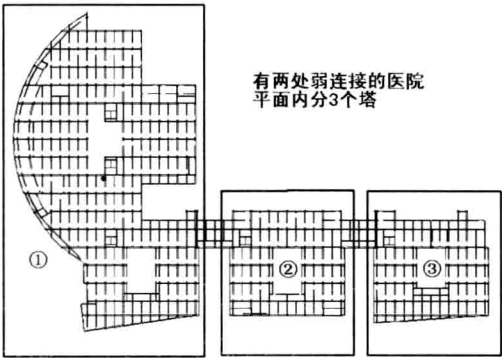
表 1.1.1

参 数	详解及疑难处理
结构计算总层数	取值范围：1 至 200 第一层下端墙柱节点自动嵌固。总层数包括参与计算的地下室和屋面小塔楼，结构层号从 1 开始到结构计算总层数。后处理生成的结构施工图是按建筑层编号，在配筋系统中，可选择“主菜单——参数控制信息——施工图控制”设置建筑二层对应结构录入的第几层来确定结构层号与建筑层号的对应关系。 对带夹层或错层结构，每一刚性楼板层可编为一个结构计算层。 该数影响软件判断是否高层结构，总层数减去地下室层数和小塔楼层数，若不小于 10，则为高层。 若总层数包含地下室和小塔楼层数，应填写地下室、小塔楼层数，在计算刚重比时软件自动减去这部分层数，否则稳定性验算不容易满足
地下室层数	地下室层数应小于等于总层数，无地下室填 0。该数应不小于有侧约束地下室层数。 影响风荷载计算和剪力墙底部加强范围判断。在“生成 GSSAP 计算数据”时，地下室部分无风荷载作用，在上部结构风荷载计算中自动扣除地下室高度。 当地梁或地下室底板作为一个结构层输入，则计算中地下室层数应加 1。 当地下室局部层数不同时，以主楼地下室层数输入。局部可做不等高嵌固处理
有侧约束地下室层数	填大于等于 0，小于等于地下室层数。 考虑侧土约束的地下室层数，回填土对地下室约束不大时，不能作为有侧约束地下室。采用有侧约束地下室后，程序按如下方式考虑： a. 带侧约束地下室各层加上侧向弹簧以模拟地下室周围土的作用； b. 高层结构判定时其控制高度（比如高宽比）扣除了带侧约束地下室部分和小塔楼部分； c. 底层内力调整时内力调整系数乘在带侧约束地下室的上一层； d. 剪力墙底部加强区的控制高度扣除了带侧约束地下室部分，带侧约束地下室的上一层为首层； e. 剪力调整时第一个 V_0 所在的层须设为带侧约束地下室层数 + 1； f. 带侧约束地下室柱长度系数自动设置为 1.0。 注意：若输入了地梁层，则有侧约束的地下室层数一定要填，因为首层柱的判断是有侧约束地下室层数的上一层。若不填，则首层柱的判断错误。 有侧约束时的约束强弱由地下室信息中的基床反力系数控制，若有地梁层，一般将该层设为嵌固层
最大嵌固层号	填 0，即首层柱底 6 个自由度约束。

参 数	详解及疑难处理
最大嵌固层层号	填大于 0，小于等于地下室层数，则所设结构层的 X 和 Y 向平动自由度受约束（其他 4 个自由度不约束），水平位移约束为零。 无地下室但将地梁作为结构 1 层输入的计算模型，嵌固层号填 1。 当有侧约束地下室层数小于最大嵌固层层号，计算时自动把侧约束地下室层数设为最大嵌固层层号。 嵌固层的刚度不应小于上层的 2 倍。大多数工程地下室与首层刚度比 <2，不能设为嵌固层，需设有侧约束地下室层数来确定首层结构层号，否则首层柱根判定有错，导致首层柱底的构造加强和内力放大错误。 该数影响底部加强部位的判定、影响首层柱底内力放大的判断。 地下室作为上部嵌固时，已调整地下一层柱钢筋每侧大于上层柱的 1.1 倍。嵌固层的梁程序没有自动放大 1.3 倍，因为一般情况下已经自动满足下柱加梁的承载力大于上柱 1.3 倍的要求。若统一自动放大梁配筋 1.3 倍，则梁配筋过大。个别不满足要求的，可通过人工调整即可。 当该数等于总层数，应关闭地震计算，否则动力方程求解出错。 注意嵌固层约束与柱底约束不同，它只约束 X、Y 两平动自由度，比如两层地下室结构，若嵌固层填 2，计算自振周期一般要大于去掉地下室的结构周期，也就是要比去掉地下室结构柔一些
裙房层数	对于底部裙房上部塔楼结构，需输入裙房层数。裙房层数包括地下室部分的层数。 对多塔结构，塔楼以下部分定为裙房。 对单塔结构，一般情况下将平面尺寸大于塔楼平面尺寸 2 倍以上的楼层，作为裙房层数，塔楼外伸一、两跨的平面，不应作为裙房层数。 该数影响底部加强部位、约束边缘构件的判断，影响侧刚比、刚重比、周期比等输出。 裙房层数影响墙柱的活荷载折减，裙房顶层之上无构件，则软件自动判断不折减，对塔楼范围内，软件根据其上层数，自动判断折减
转换层所在的结构层号	可输入多个转换层号，最多 8 个，每个逗号分开，影响如下计算内容： a. 在整体分析结果的结构信息中输出转换层上下刚度比； b. 在高层结构中每个转换层号 + 2 为剪力墙底部加强部位。 当转换层号大于等于三层时，用户需在录入系统中人工指定落地剪力墙和框支柱的抗震等级（通常增加一级）。程序中对框支柱已自动提高抗震等级，但未对剪力墙底部加强部位提高，由用户自己设定。凡用户没有设置抗震等级的构件，程序按照总信息的抗震等级确定。 框支柱和框支梁（托剪力墙）由程序自动判断。转换梁地震放大系数由用户指定，程序内定最小为 1.25，也可在录入系统中人工设定。 转换构件尚应按《高规》4.3.2 考虑竖向地震的影响。 转换层的楼板宜设置弹性楼板，转换大梁一般应将中梁刚度放大系数取 1.0，且为不调幅梁。转换层程序内定为薄弱层，自动进行地震内力放大（多层 1.15，高层 1.25）
薄弱的结构层号	可输入多个薄弱层号，最多 10 个层号，每个用逗号分开。 程序中薄弱层的判断有两个指标：刚度比和承载力比。刚度比不满足的楼层程序已经自动放大地震力；楼层抗剪承载力比不满足的楼层需要填薄弱的结构层号。刚度比严重不满足规范限值应该调整方案
加强层所在的结构层号	可输入多个加强层号，最多 8 个，每个逗号分开。 加强层是指刚度和承载力加强的层，如连接内筒与外围结构的水平外伸臂（梁或桁架）结构的楼层为加强层。 所有框架剪力调整中，框架部分最大楼层地震剪力不包括加强层及其相邻上下楼层的框架剪力。 1) 加强层及其相邻层的框架柱和墙抗震等级自动提高一级； 2) 加强层及其相邻层的框架柱轴压比限值减少 0.05，箍筋需人工在施工图上修改，应全柱段加密； 3) 加强层及其相邻层的墙自动设置约束边缘构件，相邻层若有部分墙不是约束边缘构件，可在录入系统墙属性中设置约束边缘构件
结构形式（1 框架，2 框剪，3 墙，4 核心筒，5 筒中筒，6 巨框筒，7 复杂，8 板柱墙，0 排架）	按接近的结构形式选择，选择范围：0 至 8。 不同的结构形式，程序按《抗规》6.2.2~6.2.10 的规定调整构件的组合内力设计值。不同结构体系的风振系数不同；采用结构自振周期不同，影响风荷计算。不同的结构形式重力二阶效应及结构稳定验算不同。复杂高层结构内力调整系数不同；钢框架混凝土筒体结构的剪力调整与框剪结构不同。宜在给出的多种体系中选最接近实际的一种。 所有结构形式都会判断短肢剪力墙，短肢剪力墙定义为剪力墙截面高度与厚度之比大于 4 且小于 8、厚度不大于 300mm 的剪力墙。

参 数	详解及疑难处理
结构形式 (1 框架, 2 框剪, 3 墙, 4 核心筒, 5 筒中筒, 6 巨框筒, 7 复杂, 8 板柱墙, 0 排架)	复杂指复杂高层建筑结构, 包括带转换层的结构、带加强层的结构、错层结构、连体结构、多塔结构等。《高规》规定, 9 度抗震设计不应采用带转换层的结构、带加强层的结构、错层结构和连体结构。 排架结构柱截面计算时的挠曲效应和重力二阶效应与其他柱不同, 计算长度系数需人工设定
结构材料信息 (0 混凝土结构, 1 钢结构, 2 钢混凝土混合)	若没给出基本自振周期, 则程序在计算楼层风荷载时根据本信息按近似公式计算结构的基本自振周期, 从而影响风荷载大小。对钢结构, 本信息影响框剪结构剪力调整参数不同, 钢混凝土混合结构同混凝土结构一样调整
结构重要性系数	《混规》3.2.3 结构重要性系数: 在持久设计状况和短暂设计状况下, 对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1, 对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0, 对安全等级为三级的结构构件不应小于 0.9; 对地震设计状况下应取 1.0
竖向荷载计算标志 (1 一次性, 2 模拟)	1——一次性加载: 按一次加荷方式计算重力恒载下的内力; 2——模拟施工加载: 按模拟施工加荷方式计算重力恒载下的内力。 《高规》5.1.9 高层建筑结构进行重力荷载作用效应分析时, 柱、墙、斜撑等构件的轴向变形宜采用适当的计算模型考虑施工过程的影响; 复杂高层建筑及房屋高度大于 150m 的其他高层建筑结构, 应考虑施工过程的影响 GSSAP 计算采用准确的施工过程的模拟, 荷载和刚度同时变化, 没有使用简化方法。结构在竖向荷载作用下的变形形成过程如下图所示:  模拟施工包含后浇设计。后浇设计的构件可在模拟施工中指定和哪一层一起浇筑。当梁一端搭在柱上, 一端搭在墙上, 由于梁两端的竖向位移差产生的内力有时比梁上荷载产生的内力还大, 此时可考虑后浇设计的方法去除位移差的影响。后浇设计要考虑逻辑的合理性, 例如主梁已经后浇, 搭接在主梁上的次梁显然应该后浇; 另外后浇的模拟施工层要大于本层所在标准层对应的最大结构层号, 否则就会出现逻辑错误。 当有悬吊结构的构件建在模型的两层时, 这两层不应使用模拟施工, 否则将算不出悬吊结构的拉力
考虑重力二阶效应 (0 不考虑, 1 放大系数, 2 修正总刚)	0——不考虑: 不考虑重力二阶效应。程序将不输出刚重比计算结果。 1——放大系数: 按《高规》5.4 节放大系数法 (位移和内力放大系数) 近似考虑风和地震作用下的重力二阶效应, 只适用于高层建筑结构, 不影响结构计算的固有周期。 2——修正总刚: 通过修改总刚近似考虑风和地震作用下的重力二阶效应, 适用于多高层建筑结构, 影响结构计算的固有周期。当修正总刚出现非正定无法求解时, 只能采用放大系数法。 重力二阶效应也称为 $P-\Delta$ 效应, 当结构在水平力 (水平地震作用或风荷载) 作用下发生水平变形后, 重力荷载因该水平变形而引起附加效应, 会出现增大水平位移量, 及相应的内力, 这在本质上是一种几何变形非线性效应。当结构侧移越大时, 重力产生的 $P-\Delta$ 效应也越大, 从而降低构件性能直至最终失稳。 ● 《混规》5.3.4 当结构的二阶效应可能使使用效应显著增大时, 在结构分析中应考虑二阶效应的不利影响。 10 版《混规》对偏心受压构件二阶效应的计算方法进行了修订, 即除排架结构柱以外, 不再采用 $\eta-l_0$ 法。 ● 《抗规》3.6.3 当结构在地震作用下的重力附加弯矩大于初始弯矩的 10% 时, 应计入重力二阶效应的的影响。 注: 重力附加弯矩指任一楼层以上全部重力荷载与该楼层地震层间位移的乘积; 初始弯矩指该楼层地震剪力与楼层高度的乘积。 ● 《高规》5.4.1 在水平力作用下, 当高层建筑结构满足下列规定时, 可不考虑重力二阶效应的不利影响。 <1> 剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构:

参 数	详解及疑难处理
考虑重力二阶效应 (0 不考虑, 1 放大系数, 2 修正总刚)	$EJ_d \geq 2.7H^2 \sum_{i=1}^n G_i$ <2> 框架结构: $D_i \geq 20 \sum_{j=1}^n G_j / h_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$ ● 《高规》5.4.2 高层建筑结构如果不满足本规程第 5.4.1 条的规定时, 应考虑重力二阶效应对水平力作用下结构内力和位移的不利影响。 注意公式中重力荷载设计值不能用重力荷载代表值。有些软件用了重力荷载代表值, 造成刚重比偏大 20%。由于裙房重量很大, 基于高规的简化公式计算刚重比偏小, 因此 GSSAP 输出裙房之上塔楼的刚重比。若刚重比不满足要求, 应检查是否输入裙房屋数, 及小塔楼层数
梁柱重叠部分 简化为刚域 (0, 1)	1——梁柱重叠部分作为刚域计算, 结构变刚将影响到楼层的水平位移减小, 梁端的弯矩减小。一般建议选择梁柱重叠部分简化为刚域; 0——不考虑梁柱重叠部分作为刚域。 当梁柱截面尺寸越大, 长度越小, 则该参数对结构刚度影响越大。 《高规》5.3.4 在结构整体计算中, 宜考虑框架或壁式框架梁、柱结点区的刚域影响
钢柱计算长度系数 有无考虑侧移标志 (0, 1)	1——钢柱的计算长度系数按有侧移计算; 0——按无侧移计算
混凝土柱计算长度 系数计算原则 (0 按层, 1 按梁柱 刚度)	根据《混规》对一般的混凝土柱不需要考虑柱的计算长度系数, 该参数对计算没有影响。对排架结构的混凝土柱使用该参数, 一般选择 0 按层即可, 也可在柱属性中直接指定柱计算长度
梁配筋计算考虑 压筋的影响 (0 不 考虑, 1 考虑)	一般填 1。 计算梁拉筋时考虑压筋的影响, 程序按抗震等级、框架梁、次梁、梁不同截面等采用不同拉压筋比例考虑压筋贡献。 考虑压筋贡献可节省梁钢筋 5% ~ 10%
梁配筋计算考虑 楼板的影响 (0 不 考虑, 1 考虑)	一般填 1。 对现浇楼板和装配整体式结构, 宜考虑楼板作为翼缘对梁刚度和承载力的影响。 当梁侧两边的板采用刚性板或膜元时, 梁配筋计算可考虑每侧 3 倍板厚的影响。程序根据梁板标高自动判断板为梁的上翼缘还是下翼缘。当板为梁的上翼缘时, 对于负弯矩, 按板构造钢筋面积考虑对梁的影响, 对于正弯矩, 按板混凝土受压考虑对梁的影响; 当板为梁的下翼缘时, 对于负弯矩, 按板混凝土受压考虑对梁的影响, 对于正弯矩, 按板构造钢筋面积考虑对梁的影响。建议考虑板对梁配筋计算的影响, 进一步达到强柱弱梁的目的。 考虑楼板影响可节省梁钢筋 5% ~ 10%
填充墙刚度 (0 周 期折减来考虑, 1 考 虑且根据梁荷求 填充墙, 2 考虑但 不自动求填充墙)	填 0 考虑填充墙增加了结构的刚度, 在参数“周期折减系数”中根据填充墙多少对全楼进行刚度折减。对一般高层建筑填 0。对多层框架结构, 若填充墙在上下层或平面的布置不均匀, 采用周期折减方法有一定误差。 1 和 2 的不同在于是否自动根据梁荷布置填充墙, 当填 1 或 2 时 GSSAP 中周期折减系数会自动设为 1.0。 在梁的设计属性中“梁下填充墙宽度”, 主要用于设置首层填充墙, 当梁下填充墙宽度和根据梁荷所求填充墙宽度不同时 GSSAP 自动取大值。 选择 2, 需要在梁属性中指定填充墙宽度。 考虑填充墙的影响用来模拟填充墙不均匀分布影响。当没有输入地梁层时, 填 1 正好能自动考虑首层为架空层、商场等首层无填充墙, 二层以上有填充墙的情况。 考虑和不考虑填充墙的结果应该分别算一次, 取包络值。因为输入填充墙对于无填充墙部位是不利, 对于有填充墙部位是有利的。建议: (1) 对填充墙较少的楼层应视为薄弱层, 相应放大地震内力; (2) 填充墙刚度左右不均匀布置, 设计中首先应采用地震周期折减方法, 而后采用填充墙刚度参与空间分析的方法进行补充计算, 局部加强不安全的墙柱; (3) 填充墙刚度对结构常常是有利的, 设计中不应采取有利结果

参 数	详解及疑难处理
所有楼层分区强 制采用刚性楼板 假定 (0 实际, 1 刚性)	结构扩初或方案选型计算时选择“刚性”可提高计算速度; 在构件设计时应选择“实际”, 假如楼面整体性较好接近无限刚, 两种结果几乎相同。 注意: 选择“实际”不代表楼面自动采用弹性楼板, 若某块板建板时缺省选择刚性板, 则按“实际”计算时, 该板仍然是刚性板计算。 若选择按“实际”计算, 每一楼层的刚性板、弹性板和独立节点自动按实际刚度情况计算, 刚性板、弹性板和独立节点个数不限。 若选择按“刚性”计算, 所有楼层的塔内强制采用刚性楼板假定, 塔外节点自动为弹性, 如下图一个平面内有 3 个刚心, 3 个塔之间的节点自动为弹性节点。 在“实际”模型下, 若梁板降标高, 且超过梁高, 程序将自动在柱上增加节点。但是在“刚性”模型下, 标高不在楼面的构件将会拉平到楼面标高计算。因此即使只有一块刚板, 即使没有楼梯等层间构件, 选择“刚性”或者“实际”, 其结果还是有可能不同的。 在“实际”模型下, 模型有可能有多块刚性板, 同时有弹性板, 有楼梯、层间构件, 有降标高、悬挑构件, 所以其固有振型数有可能远大于 3 倍层数的估值。一般情况下只要增加振型数以满足振型质量参与系数达到 90% 就行了 
墙竖向细分最大 尺寸 (0.5~5.0)	这是在墙单元细分时需要的一个参数, 对于尺寸较大的剪力墙, 在作墙元细分形成一系列小壳元时, 为确保分析精度, 要求小壳元的边长不得大于所指定最大尺寸, 程序限定 $0.5\text{m} \leq \text{最大尺寸} \leq 5.0\text{m}$, 缺省值为最大尺寸 = 2.0m, 最大尺寸对分析精度有一定影响, 但不敏感, 对于一般工程, 可取最大尺寸 = 2.0, 对于框支剪力墙结构, 最大尺寸可取小些, 如最大尺寸 = 1.0
墙梁板水平细分 最大尺寸 (0.5~ 5.0)	剪力墙长度方向、弹性板及与之相连梁的单元细分时需要的尺寸。水平细分最大尺寸影响梁板的单元剖分长度。 对一般工程, 取 2.0 即可, 对楼面特别不规则或空心无梁楼盖, 可取 1.0。 当楼板采用板单元或壳单元计算时, 程序自动将板及周边的梁协调剖分单元, 内定最大控制剖分尺寸取墙水平细分最大尺寸, 并且 $\leq 1.0\text{m}$
异形柱结构 (0 不是, 1 是)	当选择是“异形柱结构”, 多层结构薄弱层地震剪力增大 1.2, 高层结构为 1.25
是否高层 (1 自 动判断, 2 高层, 3 多层)	主体结构 (扣除地下室和顶部小塔楼) 大于等于 10 层或高度大于 28m 时自动判断为高层。 高度大于 24m 小于等于 28m 的其他民用建筑指: 纯办公楼、酒店、综合楼、商场、会议中心和博物馆等属于高层结构, 要在这指定高层结构, 商住楼属于住宅建筑不属于其他民用建筑。 当处于高层判断的临界高度的房子, 因建坡屋面导致应为多层的房子被判断为高层时, 可指定为 3 (多层)

1.1.2 地震信息

表 1.1.2

参 数	详解及疑难处理																																									
地震力计算 (0 不算, 1 水平, 2 水平竖向)	0——不计算地震作用: 即不考虑地震作用; 1——计算水平地震作用: 计算用户指定水平方向的地震作用; 2——计算水平和竖向地震作用: 计算用户指定水平方向及重力方向的地震作用。 由于抗震设防烈度为 6 度时, 某些房屋可不进行地震作用计算, 但仍应采取抗震构造措施, 因此可以选择不计算地震作用, 设防烈度、框架和剪力墙抗震等级仍应按实际情况填写, 其他参数可任意填写。 振型分解反应谱方法计算竖向地震时, 设计特征周期自动按设计第一组采用, 增加了考虑竖向地震为主的荷载组合。 《抗规》5.3.3 条规定, 长悬臂构件和不属于本规范第 5.3.2 条的大跨结构的竖向地震作用标准值, 8 度和 9 度可分别取该结构、构件重力荷载代表值的 10% 和 20%; 《高规》4.3.2 条规定, 高层建筑中的大跨度、长悬臂结构, 7 度 (0.15g)、8 度抗震设计时应计入竖向地震作用; 9 度抗震设计时应计算竖向地震。 《高规》10.2.4 条规定, 转换结构构件应按本规程第 4.3.2 条的规定考虑竖向地震作用																																									
计算竖向振型 (0 不算, 1 计算)	当上一个参数填 2 时, 本参数可填 1。 当考虑竖向地震时, 计算竖向自由度的质量, 计算的竖向振型参与反应谱地震内力计算 (竖向地震影响系数最大值取水平地震影响系数最大值的 65%) 和弹性动力时程分析, 此时不再采用《抗规》5.3 节的简化计算方法。此方法比简化计算方法更能反映局部竖向地震振动情况。大跨度悬臂和连体结构应采用计算竖向振型方法计算地震力。 若选择计算竖向振型, 则弹性动力时程分析中可采用 3 向地震波。 计算竖向振型还可以用于楼板舒适度分析。方法是: 截取要进行分析的局部模型, 经过 GSSAP 动力分析, 在图形方式下观察三维振型可判断楼板振动的基本频率																																									
地震水准 (1 多遇, 2 设防, 3 罕遇)	水平地震影响系数最大值输入为零时, 程序自动按规范查多遇地震、设防地震和罕遇地震的水平地震影响系数最大值。与性能要求 (性能 1~4) 一起实现高规要求的性能设计。 如果用户手工填入水平地震影响系数最大值和特征周期, 那么在计算设防和罕遇地震时同样要手工设定相应的地震影响系数最大值和特征周期。 以 50 年的设计基准期, 超越概率为 63.2% 的为多遇地震烈度; 超越概率为 10% 的为设防地震烈度; 超越概率为 2%~3% 的为罕遇地震烈度。 程序根据《高规》3.11 条的要求实现性能 1、2、3 和 4 的计算功能, 每次只进行一种破坏程度的性能计算; 当关键构件和耗能构件采用不同性能验算公式时, 要进行两次计算, 两次性能计算取大值才能完成整个计算																																									
地震设防烈度 (6、7、7.5、8、8.5、9)	选择范围: 6、7、7.5、8、8.5、9。 一般工程抗震设防烈度按《抗规》1.0.4 条, 1.0.5 条, 3.2.4 条, 附录 A。按规定需作场地地震安全性评估 (动参数) 的工程, 可按报告提供的参数																																									
场地类别 (0, 1, 2, 3, 4)	选择范围: 0、1、2、3、4, 分别代表全国的 I_0、II、II、III 和 IV 类土。 《抗规》4.1.6 建筑的场地类别, 应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度按表 4.1.6 划分为四类, 其中 I 类分为 I_0、I_1 两个亚类。当有可靠的剪切波速和覆盖层厚度且其值处于表 4.1.6 所列场地类别的分界线附近时, 应允许按插值方法确定地震作用计算所用的设计特征周期。 表 4.1.6 各类建筑场地的覆盖层厚度 (m) <table><tr><th rowspan="2">等效剪切波速 (m/s)</th><th colspan="5">场 地 类 别</th></tr><tr><th>I_0</th><th>I_1</th><th>II</th><th>III</th><th>IV</th></tr><tr><td>$V_s > 800$</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$800 \geq V_s > 500$</td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$500 \geq V_{se} > 250$</td><td></td><td><5</td><td>≥ 5</td><td></td><td></td></tr><tr><td>$250 \geq V_{se} > 150$</td><td></td><td><3</td><td>3~50</td><td>>50</td><td></td></tr><tr><td>$V_{se} \leq 150$</td><td></td><td><3</td><td>3~15</td><td>15~80</td><td>>80</td></tr></table> 注: 表中 V_s 系岩石的剪切波速。	等效剪切波速 (m/s)	场 地 类 别					I_0	I_1	II	III	IV	$V_s > 800$	0					$800 \geq V_s > 500$		0				$500 \geq V_{se} > 250$		<5	≥ 5			$250 \geq V_{se} > 150$		<3	3~50	>50		$V_{se} \leq 150$		<3	3~15	15~80	>80
等效剪切波速 (m/s)	场 地 类 别																																									
	I_0	I_1	II	III	IV																																					
$V_s > 800$	0																																									
$800 \geq V_s > 500$		0																																								
$500 \geq V_{se} > 250$		<5	≥ 5																																							
$250 \geq V_{se} > 150$		<3	3~50	>50																																						
$V_{se} \leq 150$		<3	3~15	15~80	>80																																					