|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 91.040.01 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png **CASMES** |   P 30 |

     团体标准

T/CASMES XXXX—2025

楼宇建筑结构整体设计技术要求

Building structure overall design technology requirements

2025 - XX - XX发布

2025 - XX - XX实施

中国中小企业协会  发布

目次

[前言 II](#_Toc195607944)

[1 范围 1](#_Toc195607945)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc195607946)

[3 术语和定义 1](#_Toc195607947)

[4 基本要求 1](#_Toc195607948)

[5 性能设计 2](#_Toc195607949)

[6 结构分析 5](#_Toc195607950)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由浙江朋行建设有限公司提出。

本文件由中国中小企业协会归口。

本文件起草单位：浙江朋行建设有限公司。

本文件主要起草人：

楼宇建筑结构整体设计技术要求

* 1. 范围

本文件规定了楼宇建筑结构整体设计的术语和定义、基本要求、性能设计和结构分析相关内容。

本文件适用于楼宇建筑结构整体设计。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 50010 混凝土结构设计标准

GB/T 50011 建筑抗震设计标准

JGJ 3 高层建筑混凝土结构技术规程

JGJ 99 高层民用建筑钢结构技术规程

* 1. 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

楼宇建筑 tall building

指具备特定使用功能，由基础、墙体、梁柱、楼板、屋盖等结构构件以及围护、分隔、装饰等非结构构件组成，用于人类居住、办公、商业、生产等各类活动的竖向空间实体。

房屋高度 building height

指从室外设计地面至屋面结构板（或檐口）的垂直高度，是衡量楼宇建筑规模及结构受力特征的重要参数。

混合结构 mixed structure

指由两种或两种以上不同受力性能的结构材料（如钢筋混凝土与砌体、钢材与混凝土等）组合而成，共同承担楼宇建筑荷载的结构体系。

* 1. 基本要求

楼宇建筑可采用钢筋混凝土结构、钢结构或混合结构，并根据抗震设防类别、设防烈度、房屋高度、场地地基条件、使用要求、建筑体型、结构材料和施工等因素综合分析选用合适的结构体系。

楼宇建筑不应采用严重不规则的结构体系，应符合以下规定：

1. 楼宇建筑结构应具有合理的结构布置、明确的计算简图和合理的荷载与作用传递途径，应使结构具有必要的承载能力、合适的刚度和良好的延性；
2. 结构宜具有多道防线，并应对薄弱部位及薄弱层采取有效的加强措施；
3. 当房屋高度、平面及竖向不规则性和结构复杂性等多项控制指标超过现行标准及有关规定时，应提出更高的抗震设防性能目标及具体的加强措施，保证结构的抗震安全性。

楼宇建筑宜采用有利于减小横风向振动影响的建筑形体，并应计入相邻楼宇建筑对风荷载的影响。

楼宇建筑填充墙及隔墙宜采用轻质材料，应与主体结构可靠连接。

当竖向构件采用高强混凝土时，应采取以下抗震构造措施：

1. 当柱采用C70及以上的高强混凝土时，宜提高配筋率和配箍率，或采用钢管混凝土柱、型钢混凝土柱或钢管混凝土叠合柱；
2. 当剪力墙采用C60及以上的高强混凝土时，宜提高分布筋的配筋率和边缘构件的配筋率及配箍率，必要时可设置型钢或钢板。

楼宇建筑结构的最大适用高度和适用高宽比计算时，对于平面和竖向复杂体型房屋的计算宽度，可采用结构侧向刚度等代换算的等效宽度。

* 1. 性能设计
     1. 基本要求

建筑结构的抗震性能化设计应包括结构体系、关键部位、薄弱部位、耗能部位、关键构件、节点和连接等性能化设计内容，并应根据设防标准和建设需求，制定明确的结构抗震性能目标和性能设计指标。

采用抗震性能化设计的建筑结构，应重视结构的抗震概念设计。

建筑结构抗震性能化设计时，应根据竖向荷载传递和抗侧能力的重要性，将结构中的构件划分为关键构件、普通竖向构件和耗能构件，具体为：

1. 对其失效可能引起结构连续破坏或危及生命安全的构件，应划为关键构件；
2. 对剪力墙的连梁、耗能支撑、框架梁等构件，宜划为耗能构件；
3. 对关键构件以外的竖向构件可划为普通竖向构件。

经抗震性能化设计的建筑结构，应具有合理的屈服机制和良好的耗能能力，弹塑性耗能应发生在预设的区域、构件上，结构在罕遇地震时应具有合适的承载能力和足够的变形能力，避免因局部构件或节点的破坏而导致整个结构丧失承载力。

结构第一自振周期宜为平动周期。当结构第一自振周期为扭转周期时，应考虑楼层及竖向构件抵抗扭矩的作用，并应按GB/T 50010的要求验算竖向构件的抗剪扭承载力。

结构抗震性能评价应包括结构性能整体评价和构件性能评价。

楼宇建筑结构抗震性能化设计流程宜符合以下规定：

1. 根据建筑方案确定结构体系及结构布置；
2. 确定建筑结构的抗震性能目标；
3. 划分结构的关键构件、普通竖向构件和耗能构件，确定不同地震动水准下构件的性能设计指标；
4. 多遇地震作用下的结构弹性设计；
5. 不同地震动水准下结构和构件的抗震性能评价；
6. 当结构和构件的抗震性能评价不满足预设目标时，应采取进一步抗震加强措施，直至各水准地震作用下结构和构件的抗震性能均满足预设要求。
   * 1. 性能目标

结构抗震性能水准可根据地震作用下结构和构件的损坏程度及继续使用的可能性分为1、2、3、4、5五个水准。结构和构件在不同抗震性能水准下的预期震后性能状况和损坏程度可按表1确定。

1. 结构的抗震性能目标

| 结构抗震性能水准 | 结构宏观损坏程度 | 关键构件 | 普通竖向构件 | 耗能构件 | 继续使用的可能性 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 完好、无损坏 | 无损坏 | 无损坏 | 无损坏 | 不需修理即  可继续使用 |
| 2 | 基本完好、  轻微损坏 | 无损坏 | 无损坏 | 轻微损坏 | 稍加修理即  可继续使用 |
| 3 | 轻度损坏 | 轻微损坏 | 轻微损坏、  个别轻度损坏 | 轻度损坏、  部分中度损坏 | 稍加修理即  可继续使用 |
| 4 | 中度损坏 | 轻度损坏 | 部分构件  中度损坏 | 大部分中度损坏、  部分比较严重损坏 | 修复或加固  后可继续使用 |
| 5 | 比较严重损坏 | 中度损坏 | 中度损坏、部分  比较严重损坏 | 比较严重损坏 | 需排险大修 |
| 1. “部分”指同类构件中占比30%及以下。 | | | | | |

结构抗震性能目标可分为A、B、C+、C、D+、D六个等级，每个性能目标应与一组在指定地震动水准下的结构抗震性能水准相对应。不同抗震性能目标对应的最低抗震性能水准宜符合表2的规定。

1. 结构的抗震性能目标

| 目标 | A | B | C+ | C | D+ | D |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 小震 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 中震 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 大震 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |

楼宇建筑结构的抗震性能目标应根据以下因素，经技术和经济可行性分析比较后确定：

1. 结构在高度、不规则指标、结构类型等方面的超限程度；
2. 设防烈度和场地条件；
3. 建筑功能和抗震设防类别；
4. 结构初期造价和遭受地震后的直接和间接经济损失、震后修复难易程度；
5. 业主对设防标准等方面的特殊要求等。

楼宇建筑结构的抗震性能目标不应低于D级。以下建筑结构的抗震性能目标不宜低于D+级：

1. 结构高度超过最大适用高度50%及以上；
2. 存在5项及以上不规则类型或某一项不规则类型的指标远超规定限值；

以下楼宇建筑结构的抗震性能目标不宜低于C级：

1. 结构高度超过最大适用高度100%及以上；
2. 同时具有转换层、加强层、错层、连体、多塔等复杂类型中的3种及以上。

对于甲类建筑和需满足震后特殊功能要求的建筑结构，应根据建筑物重要性以及使用功能在设防或罕遇地震作用下的特殊要求，确定结构的抗震性能目标。对于设防地震作用下需满足正常使用要求的建筑，结构的抗震性能目标不宜低于C+级。

结构抗震性能化设计时，应根据选定的性能目标确定结构和构件的抗震承载力、变形等具体设计指标。在不同地震动水准作用下，结构和构件的抗震性能设计指标应包括以下内容：

1. 结构的层间位移角；
2. 构件的抗震承载力；
3. 构件的变形、损坏程度及相应的延性构造要求。

不同抗震性能水准对应的结构层间位移角宜符合以下规定：

1. 第1性能水准的结构，宜小于弹性层间位移角限值；
2. 第2性能水准的结构，宜小于1.2倍弹性层间位移角限值；
3. 第3性能水准的结构，宜小于2倍弹性层间位移角限值；
4. 第4性能水准的结构，宜小于4倍弹性层间位移角限值；
5. 第5性能水准的结构，宜小于弹塑性层间位移角限值。

结构的各抗震性能水准对应的构件抗震承载力设计指标，应满足表3的要求。

1. 各性能水准构件承载力性能设计指标

| 结构性能水准 | 构件截面类型 | 关键构件 | 普通竖向构件 | 耗能构件 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 正截面 | 应满足弹性设计 | 应满足弹性设计 | 应满足弹性设计 |
| 斜截面 | 应满足弹性设计 | 应满足弹性设计 | 应满足弹性设计 |
| 2 | 正截面 | 应满足弹性设计 | 应满足弹性设计 | 宜满足不屈服设计，允许个别屈服 |
| 斜截面 | 应满足弹性设计 | 应满足弹性设计 | 应满足弹性设计 |
| 3 | 正截面 | 应满足不屈服设计 | 宜满足不屈服设计，  允许个别屈服 | 允许部分屈服 |
| 斜截面 | 应满足弹性设计 | 应满足弹性设计 | 应满足不屈服设计 |
| 4 | 正截面 | 应满足不屈服设计 | 允许部分屈服，但应满足极限承载力设计 | 允许大部分屈服 |
| 斜截面 | 应满足不屈服设计 | 应满足极限承载力设计，并满足最小截面条件 | 宜满足最小截面条件 |
| 5 | 正截面 | 宜满足不屈服设计，允许个别屈服 | 允许部分屈服 | 允许大部分屈服 |
| 斜截面 | 宜满足不屈服设计 | 应满足最小截面条件 | 宜满足最小截面条件 |
| 1. “个别”指同类构件中占比5%及以下；   “部分”指同类构件中占比30%及以下；  “大部分”指同类构件中占比50%及以上。 | | | | |

以下关键构件在设防地震作用下宜满足弹性设计的性能要求，罕遇地震作用下宜满足正截面不屈服、斜截面弹性的性能要求：

1. 框支柱或转换柱；
2. 框支梁、转换梁或转换桁架；
3. 高位连体结构的主要受力构件、及支承连体结构的竖向构件；
4. 加强层处与伸臂桁架或环带桁架相连的外框柱、核心筒等竖向构件；
5. 与斜柱直接相连的框架梁等对竖向抗侧力构件具有显著影响的重要水平构件；
6. 大悬挑结构的主要受力构件；
7. 巨型框架-混凝土核心筒结构的巨柱；
8. 其他对结构整体刚度或局部承载具有显著影响的构件。

关键部位的楼面系统应具备足够的协调变形能力，结构应具有整体性和可靠传力，不同地震动水准作用下的混凝土楼板面内主拉应力应符合以下规定：

1. 在多遇地震作用下，不宜超过混凝土抗拉强度设计值；
2. 在设防地震作用下，不宜超过混凝土抗拉强度标准值；
3. 在罕遇地震作用下，楼板或楼面水平支撑不应出现大范围的中度及中度以上损坏。

构件的抗震构造措施应满足在罕遇地震作用下的构件变形要求。

* + 1. 结构性能整体评价

结构性能整体评价应包括位移指标、基底剪力、屈服机制及次序等。

位移指标评价应包含弹塑性层间位移角、顶点位移时程曲线、整体结构残余变形等，并应符合以下规定：

1. 结构薄弱层（部位）弹塑性层间位移角应满足各章节的限值要求。
2. 宜根据罕遇地震下弹塑性计算的塑性残余变形判断结构薄弱部位，并与弹性计算的薄弱部位比较，当两者不一致时宜对各薄弱部位均采取加强措施。
3. 任一楼层的残余层间位移角不应过大。

预定的罕遇地震作用下，结构弹塑性计算的基底剪力最大值与弹性计算的基底剪力之比宜控制在0.7~0.9。

在罕遇地震作用下的结构性能应满足以下要求：

1. 首先屈服的构件应为耗能构件，其次为普通竖向构件，最后为关键构件。
2. 除嵌固端外，同一楼层竖向构件的屈服数量不宜超过50%。
3. 当构件损坏程度较小无法判断其屈服顺序时，宜提高地震作用进行评价。

预定的罕遇地震作用下，结构弹塑性时程分析结果出现以下情况之一时，可认为其在地震作用下发生倒塌：

1. 地震动输入结束后，在重力荷载代表值作用下，结构位移呈增大趋势或位移时程曲线呈发散趋势；
2. 任一楼层的层间位移角峰值的包络值大于0.045;
3. 结构竖向变形量影响结构安全使用空间或冲击到下部楼层构件。
   * 1. 构件性能评价

构件性能评价应包括截面抗震承载力验算和损坏程度评价。对结构中的关键构件和不允许屈服的构件，应验算其截面抗震承载力；对允许屈服的构件，应验算其受剪承载力，并评价其损坏程度。构件损坏程度可采用基于材料应变或构件广义变形进行评价。

构件抗震承载力验算时，构件内力宜采用弹性分析方法或等效弹性分析方法；当构件内力采用弹塑性分析方法时，应符合以下要求：

1. 当采用弹塑性时程分析方法时，应采用七组弹塑性时程分析得到的最大内力平均值；
2. 当采用静力弹塑性分析方法时，应采用两种或两种以上侧向力加载模式推覆得到的构件内力包络值。

对于框架-核心筒、框架-剪力墙等具有多道抗震防线的结构，框架部分除采用弹性分析或等效弹性分析方法进行构件抗震承载力验算外，宜采用弹塑性分析方法计算的构件内力进行抗震承载力补充验算。

* 1. 结构分析
     1. 基本要求

楼宇建筑结构的计算分析应符合以下规定：

1. 风及多遇地震作用下的结构，应采用弹性分析方法进行承载力、变形验算和截面设计；
2. 设防地震和罕遇地震作用下，第1、第2抗震性能水准的结构，可采用弹性分析方法进行承载力、变形验算；
3. 设防地震和罕遇地震作用下，第3抗震性能水准的结构可采用等效弹性方法进行承载力、变形验算，并宜采用弹塑性方法复核；第4、第5抗震性能水准的结构可采用等效弹性方法进行承载力、变形验算，并应采用弹塑性方法复核。

楼宇建筑中影响结构抗震性能的幕墙体系、顶部突出屋面的构架、塔冠等结构应参与整体结构分析，应符合以下规定：

1. 宜采用时程直接积分法进行补充分析计算；
2. 采用振型分解反应谱法或振型叠加法进行计算时，应判别计算振型是否包含突出屋面结构的高阶振型。

结构构件内力和承载力计算时，应采用带地下室的结构模型；当结构嵌固端位于地下室顶板以下时，构件内力宜采用地下室顶板嵌固与嵌固端嵌固两个模型分别计算，并取较大值进行承载力计算。

楼宇建筑顶部结构刚度明显薄弱时，或对于竖向体型收进结构，应考虑鞭梢效应的不利影响，采用振型分解反应谱计算时振型数宜使各振型参与质量之和不小于总质量的95%，采用弹性时程分析法复核，适当放大地震作用。

采用时程法进行补充计算时，宜采用双向或三向地震动，地震加速度峰值宜满足GB/T 50011的要求。以下结构的时程分析宜考虑竖向地震作用：

1. 七度抗震设防时，高度超过350 m的楼宇建筑结构；
2. 带转换层的结构；
3. 连体结构；
4. 悬挑结构、吊挂结构；
5. 大跨度和长悬臂结构。

长度不小于300 m的超长结构，应按多点地震作用进行弹性和弹塑性动力分析，并计入地震行波效应和局部场地效应的影响。

带转换层、加强层、错层、连体等受力复杂的结构，应在整体分析的基础上进行局部的内力或应力分析，并按应力进行配筋设计校核，对于受力复杂的节点或结构构件，应进行应力分析，并应按应力进行配筋，必要时宜进行结构模型试验验证。

对结构分析软件的计算结果，应进行分析判断，确认其合理、有效后方可作为工程设计的依据。

* + 1. 结构计算

楼宇建筑结构分析模型应能较准确地反映结构中各构件的实际受力状况，符合以下要求：

1. 梁、柱、支撑构件可采用杆单元；
2. 楼板可采用刚性板假定，需计入面内变形影响的楼板宜采用弹性板或弹性膜单元；
3. 剪力墙宜采用壳单元；
4. 连梁可采用杆单元或壳单元；
5. 单元数量应能反映构件的实际变形；
6. 采用钢结构时，其计算模型尚宜考虑初始缺陷条件。

结构分析中阻尼参数的选取应符合以下规定：

1. 多遇地震下弹性计算的结构阻尼比宜满足GB/T 50011、JGJ 3和JGJ 99的要求；
2. 设防烈度和罕遇地震作用下的等效弹性分析，等效阻尼比可根据结构体系和材料类型在弹性分析阻尼比的基础上增加0.01~0.03，但罕遇地震作用下的等效阻尼比不宜大于静力弹塑性推覆结果或弹塑性时程分析结果反算得到等效阻尼比；
3. 罕遇地震作用下的弹塑性分析可采用瑞利阻尼、振型阻尼等方式。当采用瑞利阻尼时，不应进行影响计算结果的简化处理。

楼宇建筑结构多遇地震作用效应计算时，可对剪力墙连梁刚度予以折减，折减系数不宜小于0.5;设防地震作用下结构承载力校核时不宜小于0.3。结构抗风设计时，连梁刚度折减系数不宜小于0.8。

在竖向荷载作用下，由于竖向构件变形差导致钢筋混凝土框架梁、型钢混凝土框架梁端产生的弯矩可适当调幅，弯矩增加或减小的幅度不宜超过30%，且应按静力平衡条件调整梁跨中弯矩、梁端剪力及竖向构件内力。

结构内力和位移计算时，应考虑梁与钢筋混凝土楼板的共同作用，应符合以下规定：

1. 结构梁为钢筋混凝土梁、型钢混凝土梁且与楼板整浇时，仅单侧有楼板的梁刚度增大系数可取1.3~1.5，两侧有楼板的梁刚度放大系数可取1.5~2.0；
2. 结构梁为钢梁，应保证钢梁与混凝土楼板有可靠连接，仅单侧有楼板的梁刚度增大系数可取1.2~1.4，两侧有楼板的梁刚度放大系数可取1.4~1.8；
3. 设防地震和罕遇地震作用下，梁刚度放大系数的取值应计入楼板损伤的影响；
4. 转换层及加强层的伸臂构件、带状桁架、转换桁架上下弦等，不宜考虑梁刚度放大系数；
5. 对于无现浇面层的装配式楼盖，不宜考虑其对梁刚度的增大作用。

楼宇建筑结构楼面梁受扭计算时应考虑楼板对梁的约束作用。当计算中未考虑楼板对梁扭转的约束作用时，可对楼面梁的计算扭矩予以折减，折减系数应根据周围楼板的约束情况确定，且不应小于0.3。独立梁、上翻梁和钢梁不应考虑楼板对梁受扭的有利作用。

转换桁架、伸臂和环带桁架、连体桁架和悬挑桁架的杆件内力计算时，楼板应采用弹性膜单元模拟，应符合以下规定：

1. 重力荷载、风荷载和多遇地震作用下，楼板面内刚度应乘以折减系数，折减系数不宜大于0.2；
2. 罕遇地震作用下，宜按不考虑楼板面内刚度计算。

楼板应力分析时，宜采用弹性膜或弹性板模型；受力复杂或进入塑性状态的楼板，宜采用分层壳模型。对于作为转换构件的厚板结构，应采用实体单元或厚板单元进行有限元分析。楼板强度设计应采用楼板的主拉应力作为设计依据。

由于楼板开洞或存在局部夹层导致长、短柱共存的结构，长柱（穿层柱）的计算长度可由稳定分析确定，应计入设防地震和罕遇地震作用下短柱刚度退化后长柱地震效应放大影响。

对于错层结构、坡屋顶结构等，应根据结构实际变形情况计算扭转位移比、层间位移角等变形指标。

节点分析模型建模应满足以下要求：

1. 合理选择单元类型、单元划分尺寸及材料本构关系；
2. 准确处理模型边界条件和不同单元之间节点耦合关系；
3. 合理选择荷载控制工况及荷载施加方式。
   * 1. 弹性分析

多遇地震作用下结构弹性时程分析的计算结果应与振型分解反应谱法计算结果进行对比分析，并按两者的较大值进行构件的承载力验算。设防烈度和罕遇地震作用下，当结构采用等效弹性法验算构件承载力时，各楼层的地震作用也应相应放大。

设防地震作用下等效弹性分析时，结构的计算自振周期折减系数可适当加大；罕遇地震作用下等效弹性分析时，自振周期折减系数可取1.0。

对于框架-剪力墙、框架-核心筒结构，采用等效弹性方法进行框架部分承载力计算时，应计入剪力墙、核心筒连梁屈服后内力重分布的影响。

在结构整体内力和变形分析时，结构构件的刚度可按以下原则确定：

1. 端部加腋的混凝土结构构件，应考虑其截面变化对结构分析的影响；
2. 无端柱型钢混凝土剪力墙，可近似按相同截面的钢筋混凝土剪力墙计算截面刚度；
3. 有端柱型钢混凝土剪力墙，可近似按H形截面混凝土墙计算轴向和抗弯刚度，端柱中的钢骨可折算为等效混凝土面积后计入H形截面的翼缘面积。
   * 1. 结构弹塑性分析

结构弹塑性分析应采用符合实际受力状态的单元模型，应符合以下规定：

1. 弹塑性构件可采用基于材料或基于构件的非线性模型，必要时应与构件的实际非线性性能进行对比验证；弹塑性动力分析中材料或构件的非线性模型，应采用往复作用下的滞回本构关系模型；
2. 框架梁、框架柱和支撑可采用纤维束模型，框架梁和框架柱也可采用塑性铰模型或在构件塑性区采用非线性弹簧模型；采用塑性铰模型时，构件刚度应考虑混凝土开裂影响进行折减，抗弯刚度可取毛截面刚度的0.5~0.8倍，抗剪刚度可取毛截面刚度的0.4倍，轴向刚度不折减；
3. 剪力墙宜采用非线性分层壳模型，平面内单元网格尺寸以及平面外计算分层数量应能反映剪力墙的损伤破坏状态；剪力墙约束边缘构件的暗柱、端柱应采用合理的单元进行模拟，应与剪力墙的其他部位变形协调；
4. 混凝土连梁宜采用壳单元模型，当跨高比小于3时应采用非线性分层壳单元模型，连梁平面内单元网格尺寸应能反映连梁的损伤破坏状态；当连梁跨高比大于5时可采用梁单元模型；
5. 转换梁所采用的单元模型应能反映其真实受力状态，当被转换构件为剪力墙时，转换梁应采用三维实体单元或壳单元模型；被转换构件为框架柱时，转换梁可采用杆单元模型，当转换梁跨高比小于3时，应采用三维实体单元或壳单元模型；
6. 巨柱等大尺度构件可采用实体单元或壳元进行模拟，并应注意与梁单元或壳单元在连接处的变形协调性；
7. 钢管混凝土构件可考虑钢管约束对混凝土轴心抗压强度和受压变形能力的影响；普通混凝土构件宜考虑箍筋约束作用对变形能力的影响。

当结构的高度超过300 m时，应采用2个不同力学模型的软件进行弹塑性分析。

结构弹塑性分析模型的总质量、周期、振型应与多遇地震弹性分析结果基本一致。

结构弹塑性分析应以重力荷载代表值施加完毕的状态作为初始状态，并计入施工过程的影响。

结构宜采用时程分析法进行弹塑性分析。高度不超过150 m、平立面规则、以第一阶平动振型为主、且高阶振型影响不显著的楼宇建筑结构，可采用静力推覆方法进行弹塑性分析。以下结构应采用时程分析法进行弹塑性分析：

1. 高度超过150 m的结构；
2. 平面或竖向特别不规则的结构，有明显薄弱部位的结构；
3. 高度或高阶振型影响较大的楼宇建筑，容易出现扭转变形的结构；
4. 大底盘多塔结构、连体结构、竖向构件多次转换等复杂结构；
5. 竖向收进较大或竖向刚度突变较多的结构；
6. 其他有必要进行弹塑性时程分析的结构。

采用静力弹塑性方法进行抗震性能分析时，结构每个主轴方向应从下面两组侧力模式中分别选取至少一种侧力模式进行推覆分析：

1. 第一组侧力模式，包括以下方面：
   1. 高度影响侧力模式；
   2. 第一振型侧力模式；
   3. 振型组合侧力模式等；
2. 第二组侧力模式，包括以下方面：
   1. 倒三角形分布模式；
   2. 均布侧力模式；
   3. 自适应侧力模式等。

每个主轴正负方向均应进行侧向力加载分析，并依据其最大地震效应进行设计。对于有斜交抗侧力构件的结构，当斜交角度大于15度时，应补充各抗侧力构件方向的推覆分析。当结构存在地震最不利方向时，应补充沿最不利方向的推覆分析。结构基本对称时，位移控制点宜取结构顶部楼层的质心。

静力弹塑性分析成果应提供以下结果：

* 1. 基底剪力；
  2. 楼层剪力及位移；
  3. 构件出铰状态；
  4. 材料应变；
  5. 塑性铰骨架曲线；
  6. 纤维的应力-应变曲线等。

静力弹塑性分析成果应结合性能目标及多遇地震作用下的结构响应，综合判断弹塑性计算结果的可信程度。

静力弹塑性分析应根据计算结果评价结构及构件的损坏等级和抗震性能。当推覆性能点无法得到时，应采取提高结构抗震能力或采用消能减震技术增加结构附加阻尼等措施，并重新验算。

弹塑性时程分析采用隐式积分法求解时，应保证各加载时间步的收敛性和非线性迭代的内、外力平衡；采用显式积分法求解时，积分时间步长不应大于计算方法的稳定步长。

弹塑性动力时程分析宜计入几何非线性的影响。

动力弹塑性分析成果应包含结构整体性能指标和构件性能指标，并结合性能目标及罕遇地震下弹性时程分析，综合判断弹塑性计算结果的可信程度。

* + 1. 结构稳定分析

钢、钢筋混凝土楼宇建筑结构当采用刚重比指标验算结构整体稳定时，应按开展模型研究进行验算。

对于多塔结构、采用弱连接的连体结构，当采用刚重比指标验算结构整体稳定时，应按各单塔独立模型分别验算。

当采用三维有限元法进行屈曲分析验算楼宇建筑结构整体稳定时，钢筋混凝土结构和混合结构的临界屈曲因子不应小于10，钢结构的临界屈曲因子不应小于5。

