

基于性能的抗震设计方法在高层建筑中的应用研究

张玉芳

山东筑为建设工程有限公司

摘要：面对众多的自然灾害，地震对于人类社会所带来的影响无疑是显著且深远的。从地震震级的角度来看，震级数值越高，引发的各类危害的程度也随之增强。伴随着人类社会在建筑高度层面上不断突破，建筑物的抗震性能面临着前所未有的挑战与考验，这也更进一步突出了抗震设计的必要性。我们更需加大对相关理论研究及实践探索的投入力度，努力探索新的技术手段以及实践方法，完善高层建筑结构的抗震体系，以此来保障公众生命财产的安全。本文就分析和探讨了高层建筑中，基于性能的抗震设计的相关问题，期望能够为当前高层建筑建设工作的开展提供一些可行的借鉴经验。

关键词：高层建筑；结构抗震设计；优化措施

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.017

一、引言

我国处于地球地质活动较活跃地带，遭受地质灾害的情况是客观存在。此外，近年来我国各地环境问题日益加剧，也增加了引发地震等自然灾害频发的诱因。这些灾害所带来的巨大损失是难以估量的，尤其是在高层建筑日趋增多的当今社会，一旦遭遇重大地震灾害，其可能产生的影响远远超出我们的预料。因此，确保建筑物具有足够优秀的抗震性能就显得尤为关键，这也是检验建筑能否抵抗地震等大自然灾害的核心标准。为此，在现代化的建筑设计中，深度融合抗震设计理念已经成为整个行业各界共同关注且不可忽视的焦点。在高层建筑结构抗震设计的实施进程中，首要任务便是如何将抗震技术有效运用于建筑的主体框架，如此才能最大程度减轻建筑在面对地震及洪涝等灾害时所受到的严重冲击。同时，在具体的设计和建设过程当中，也必须对高层建筑的防震能力有清晰而准确的认识，并深入了解影响抗震性能的各项关键要素，从而持续改进和提升高层建筑结构抗震体系的特性及其实际运用效果，使之更好地满足现代高层建筑建设的各方面需求。

二、高层建筑的抗震设计理论分析

高层建筑物结构抗震设计是建筑工程项目规划设计领域的重要课题之一，对于复杂且专业性的内容，需要深入地研究和细致地分析高层建筑结构抗震的规划设计理念、设计策略以及对此问题制定的相应对策。各类

房屋建造结构抗震标准，凝结着大量的建筑抗震实践经验，是指导建筑物抗震设计，包括结构动态计算、结构抗震措施，以及对地基抗震情况进行深入分析的重要依据和基础^[1]。其不仅仅反映了各个国家在社会发展和经济建设方面所取得的巨大成就，同时也展现了广大建筑建设部门在应对地震灾害方面的具体实践成果。在遵循抗震科学理论的基础上，应寻求符合技术和经济效益的可行发展道路，并始终把施工可行性以及施工安全性放在首位，避免任何风险隐患。

通常在面对建筑遭受剧烈震动时，其所具备的抗震构造将不可避免地出现塑性变化状态。为确保建筑物能够达到所期望的抗震性能满意结果，要在建筑抗震设计过程中充分重视并深入考虑其变形行为。然而，结构的弹塑性分析确实属于抗震设计中的一大难题，针对其弹性模量的准确界定以及求解方法存在显著差异。在现行的建筑结构抗震设计规范体系之中，主要遵照反应谱理论法则来完成抗震设计计算工作，同时采用弹性分析的方法实施位移及内力的深度解析，通过极限状态分析法进行建构设计分析。而对部分有特殊需求或特定重要性的建筑物，或者涉及的某个重点建筑群落，便需运用更为复杂精密的时程分析技术手段，对施加加载操作运算^[2]。只有做好科学设计和准备，才可在面对大规模的地震事件时，精准计算出相关的变形情况变化，并在极少见的极端地震状况之下完成对结构弹塑性变形的深入剖析。

三、高层建筑结构抗震设计的基本原则与理论依据

在结构抗震设计工作时，要坚持以建筑物的全局为导向，在既定的安全标准范围之内合理并有效地使建筑底部的稳定度与完整性得到保障。通过将结构运动的能量单独集中并最终转化至惯性的作用之下，满足垂直倒置地震结构功能需求。除此之外，在开展结构抗震设计工作时，也要必须确保各个子系统具备足够的抗震能力，以此提升整体的抗震性能。针对房屋结构抗震设计方面，也必须严格遵循结构理论基础，促使对建筑物的位移特性、内部受力状况、薄弱环节等因素进行全面而精确的分析与计算，进而采取相应措施加以保护，以期能够显著提升工程项目的设计水平及综合效益。另外，当突发地震事件发生时，建筑物的稳定性和抗震能力必

将遭受全方位的冲击。因此，在进行整体结构的设计过程中，还要充分考虑所有可能涉及刚性问题的因素，如此便可防止各种方向的震动对建筑物产生不利影响，降低整体结构扭曲与失衡的风险，同时也可大幅度减轻暴雨天气对建筑物的损坏程度。

四、高层建筑结构抗震设计思路分析

（一）做好全面充分的地质勘查和地基处理

在工程实施前的选址环节中，除了需要关注地震强度这一重要因素外，也要高度重视地质勘查工作的开展^[3]。设计人员应详尽细致地了解与场地抗震能力密切相关的各类因素，包括岩层的构造形态、其所具有的力学特征特性、工程地质条件的优劣以及地下水的分类和其具体分布状况等方面。为达到科学、精准的勘测效果并确保所得数据资料的完整性和精确性，地质勘查工作需按照阶段性原则来有计划地组织展开，并且我们也应该根据各个阶段需要达到的勘查目标，严格控制 and 把握作业的整体质量，从而为高层建筑结构抗震设计筑造坚实且稳固的根基。同时，结合现有的地貌形态和地形特点，也应制定出专门针对地基处理方式的施工方案，特别关注诸如松散的软弱土层、风化严重破碎岩石层、断层区、泥化软弱结合层、岩溶通道、土洞等特殊地质状况，通过精心设计和实施措施来提升地基的承载力和稳定性，最大程度减少因不良地质环境带给工程建设带来的负面影响。在根据地质状况及地基处理需求的基础上，也要选择最适合的基础型式。常见的基础型式主要包括以下几类：独立基础、条形基础、筏形基础、箱形基础以及桩基础。对那些地基处理难度较大或经济成本较高的情况，常规做法是使用桩基础，它能跨越较大范围的不良地质区域，为上部建筑物提供更加稳定可靠的支撑。

（二）第一道防线的构件选取

建筑结构各有其特色，无论是砖石砌筑的外墙，或是支撑屋面的承重柱体系，抑或作为整个建筑骨骼的剪力墙结构，它们都需要具备一定的抗震性能以适应可能发生的地震灾害。通常，从事相关工程的工程师们都会针对建筑物结构所要承受的重力情况进行全面而深入的分析 and 考量。比如，那些轴压力不大的防震墙体结构，工程师在具体施工操作中通常都会将此类墙体作为第一道抗震设防的抗侧力构件使用。当选定轴压力较小的防震墙体作为首选后，即使受到地震等自然灾害的侵袭导致结构出现局部破坏，也不易对整栋建筑的主体结构产生重大影响。如果选择那些轴压力较大的防震墙体作为首道抗震防线，那么一旦这些抗侧力构件遭受严重破

坏，则可能会引发整体构架柱的竖向承载力瞬时大幅下降，从而给整座建筑带来风险^[4]。因此，工程师们在设计 and 建造过程中便应该遵循“强柱弱梁”的原则，以此来进一步提升整体架构的韧性。

（三）早期规划阶段中的地震防护设计策略

在许多建筑工程设计流程之中，部分建设单位并未将对建筑物主体结构的设计方案置于同等重要的地位上，更多关注点则集中于如何使建筑外形更能满足业主审美偏好。在此情况下，由于设计单位需满足业主特定需求，常常导致在具体施工过程中，对建筑物自身的结构耐受性能缺乏严谨的把控。此外，鉴于目前建筑行业的竞争日趋激烈，不少项目的总体开发周期被压缩至相对短暂的期限内。因此，为适应这种迅速变化的市场环境，某些设计单位有时可能会忽视或放弃基于结构设计的相关计划。然而，在建筑设计过程当中，应合理地平衡结构与建筑设计两者的关系，确保它们各自具有相当高的科学性。只有做好科学设计和管理，建筑才能在保持高标准质量与安全保障的基础上，兼具优美的外观形象。为此，设计师团队在设计过程中，也要高度重视建筑物介质、平面立面和内部支撑构件等各方面的性能设计，从而显著提升整个建筑物应对地震灾害的效能水平^[5]。

（四）结构体系架构的优化

依照建筑物受力主体结构材质进行分类，当前高层建筑应用的结构体系中包括了钢筋混凝土构架、钢制架构、以及型钢混凝土混合架构等，尤其值得关注的是后两类因钢材具备显著优异的性能表现，具有极佳的抗震防御功能及强大的化解变形能力优势。按承载厚重结构体系来划分，适用于高层建筑的结构体系包括有框架构造、剪力墙构筑、框剪性结构、筒状结构等类型。在实际设计中，框架结构具有空间布局上的灵活便利，然而其侧向刚度却相对偏低，若是使用不当时往往易导致非结构性部件的损毁。剪力墙结构虽拥有强大的侧向刚度，然在平面布置方面缺乏足够的自由度。相比之下，框剪性结构综合吸取了框架结构与剪力墙结构各自的优点。再者，筒状结构是抵御水平荷载效果最为明显的结构体系之一，特别适用那些高度较高大的建筑项目。因此，在进行地震防灾设计过程中，必须全面审视各类结构体系的地震防护效能，依据实际状况，合理设定并构建多重保护屏障，以提高建筑物整体结构的安全性及其稳定性。

（五）科学地运用结构抗侧力体系中的额外杆件

在抗震设计的主要目标方面，建筑物的主体架构显

得尤为重要，其作用在于防止结构的彻底垮塌现象。特别是在建筑物受到了较为严重的外力冲击而出现破坏的情形之下，主体结构应能够维持较为稳定的状态。因此，对建筑物主体结构的设计重，可以在其内部加入适量的杆件，这些杆件与主体构件之间的强度差异需严格控制在国家规定的规范之内，同时配合适宜的钢筋配置，以确保主体构件及附加杆件拥有良好的伸缩性能。在遭遇地震灾害时，这部分杆件设施可以有效对抗因地震带来的压力，充分运用其塑性变形的特性，将地震过程中所释放出的破坏力量进行有效分散^[6]。例如，针对两片或更多片的单肢抗震墙，可以利用水平的抗弯梁将其联合组成一座多肢的抗震墙，并且使其能够与同一平面内的框架巧妙地构成并联结构，从而显著提升其抗震性能。这种设计策略既可以实现对整个结构动力特性的有效掌握，又能通过杆件间的能量消耗以及内部力量的双重分布，将外部压力逐步转化为内部应力，最终建立起更为稳定的建筑结构系统。对于新建筑的总体设计规划，在建筑设计过程中，除了对基础部分采取相应的特殊处理措施之外，还可以考虑引入消能减震设备以及相关部件来降低地震对建筑物结构的冲击力度。同时，也要注意新建成建筑物的抗震加固措施，根据实地情况，在构建建筑之前就进行隔震设计，采取针对性的积极措施确保项目实施质量。具体施工环节中，在建筑物核心部位设置专门的隔震设备。而在建筑竣工后，要进一步提高建筑物的抗震安全性，工作人员可以选择增设阻尼器等手段，在建筑结构方面增设减能装置。

（六）建筑平面和空间设计

柱子、墙壁等承受主要载荷的结构平面与空间的配置和设计，都对高层建筑结构的防震性能有着显著影响。在设计阶段，应充分研判各类工程特性、施工技术以及现场环境状况等诸多影响因素，提升建筑物的结构平面与空间布局简洁性，并且注意分布的科学性，确保各个部位的受力能够均衡分配，从而大幅度压减弱点的出现概率。通常情况下，建筑质量中心应与刚度重心保持协调稳定，在设计楼宇竖向结构时，应当适当地调低刚度重心，严格管控竖向结构的位移频率，确保地基稳定性。除此之外，科学设置构造柱能够极大提升垂直方向墙之间的连接强度，有助于提高建筑物在抵抗地震时的韧性。另外，防震缝的设计也是不容忽视的关键环节，从基础房屋顶部逐步铺设，依据楼房高度与抗震等级，严格精准调控相应缝宽的尺寸。

（七）优先选择并运用合适的建筑材料

随着人们对高层建筑结构抗震设计重视程度日益提

升，对高层建筑结构体系及其材料的选择也越来越受重视。在部分工程应用中，弯曲变形移动现象较为凸出，部分钢架刚度不足导致水平位移减小，进而促使钢梁承载力增强。设计阶段应适当加大混凝土筒的伸臂结构和刚度，确保达到侧向极限位移。当柱间距和结构系统发生变化时，需及时设计结构转换层。通过转换层和强化层来实现机械刚性的提升，加强与转换层相关联的结构稳定性。针对这一需求和特点，选择适当的构造方式至关重要，应尽量减弱自身刚度以避免产生不良影响。此外，在高层建筑结构抗震设计过程中，需充分考虑优化材料和结构配置的重要性。虽然钢铁产量丰富且种类繁盛，钢结构生产工艺也取得了长足进步，但某些项目仍优先选用钢骨混凝土结构、钢结构、钢管混凝土结构等，降低柱子截面积，提高结构耐久性。当建筑高度超出某一标准后，因钢构件本身质量较轻，常采用钢骨混凝土、混凝土材料等作为抵御风振的首选。

五、结束语

总而言之，钢筋混凝土结构抗震设计是高层建筑设计核心所在，对其安全性与稳定度起到决定性作用。随着经济繁荣与社会进步，高层建筑不断增加，成了现代都市的标志性景观。然而，由于其易受地震冲击波侵害，极有可能造成重大损失。为此，本文深入探讨了高层建筑结构抗震设计的相关内容，期望能对实际抗震设计的工作提供指导，有效提高高层建筑结构抗震设计水准，减轻地震灾害带来的损失。

参考文献

- [1] 齐能斌. 分析抗震概念设计在高层建筑结构设计中的运用[J]. 建材与装饰, 2022(27): 63-65.
- [2] 张洪极. 高层建筑结构抗震分析和设计的探讨[J]. 建筑·建材·装饰, 2022(13): 178-180.
- [3] 邵李娜, 华全庆. 高层建筑结构抗震设计存在的问题及其对策[J]. 工程建设与设计, 2019(22): 24-25.
- [4] 卢一麟, 尹凤霞, 郭献洲. 超限高层建筑结构抗震设计加强措施和建议: 以某超限高层建筑为例[J]. 地震工程学报, 2020, 40(6): 1252-1258.
- [5] 李子懿, 肖从真, 李建辉, 等. 复杂高层建筑结构抗震设计方法研究现状与展望[J]. 建筑科学, 2019, 35(9): 120-125.
- [6] 肖从真, 王翠坤, 黄小坤. 高层建筑结构抗震设计方法及结构体系创新[J]. 建筑科学, 2020, 34(9): 33-41.