

建筑钢结构设计中稳定性强化要点分析

文 / 安 玉 天津易合工程设计有限公司

摘要：建筑钢结构具有良好的承载力与抗震性，建筑钢结构设计关系到建筑工程质量，还会对建筑节点的坚固程度产生突出的影响。我国当前时期的建筑钢结构设计技术日趋完善，工程设计人员更加关注建筑钢结构的稳定性指标，并通过模型设计、参数计算等方法评估稳定性。基于此，本文着重探讨建筑钢结构设计中的稳定性强化措施，结合建筑工程实例加以完善。

关键词：建筑钢结构设计；稳定性；强化要点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.106

引言

建筑钢结构指的是钢材为主的钢制组件结构，施工人员对于钢板、钢梁、钢柱采取铆接或焊接的组装拼接方法，形成稳固可靠的建筑支撑体系。在建筑钢结构设计的实践中，结构稳定性属于最基本的设计考虑要素。为避免以上情况的出现，建筑工程的设计人员需要全面考虑钢结构杆件的实际受力情况，着力优化建筑钢结构的长度系数，以期延长钢结构工程的使用寿命，维护建筑居民的人身安全。

一、建筑钢结构稳定性的常见影响因素

（一）材料强度因素

建筑钢结构主要由钢板、钢梁与柱体焊接成型，经过组装或拼接的建筑钢结构应具有良好的承载能力。建筑钢材相比于普通的建筑混凝土材料来讲，高强度钢材的韧性更强并且重量更轻，即使在较大的荷载作用下也不会轻易变形。影响建筑结构稳定性的关键因素即为钢材强度，符合建筑质量安全标准的钢材能够长期支撑建筑上部结构^[1]。反之，不具备良好承载力的钢材在建筑使用阶段容易出现弯曲变形，不利于保证建筑上部以及建筑地基的长期稳定性。

（二）外部环境因素

建筑钢结构的平衡受力点如果长期承受较大的外部压力，那么钢结构出现整体失稳的可能性就会增加。某些长期使用的建筑钢构件容易呈现金属疲劳的迹象，导致建筑整体结构无法获得稳定的支撑。例如在地震灾害的冲击下，建筑钢结构的某些节点就会出现松动，建筑梁柱部位的钢制支架也有可能出现裂缝，以上情况都会直接影响到建筑钢结构的安全使用^[2]。

（三）人为操作因素

建筑钢结构的工程设计图纸关系到建筑稳定性，钢结构施工人员需按照设计图纸的各项指标展开施工。某些建筑工程的设计人员未能充分考虑钢结构的失稳或变形风险，导致建筑设计方案不符合钢结构所在的特殊使用环境，还会埋下钢结构失稳的安全隐患。缺少施工质量保障的建筑钢结构还可能引发地基沉降、基础渗漏、墙体裂缝等重大事故，威胁到建筑居民的安全。

二、建筑钢结构稳定性设计的基本原则

（一）统一性原则

建筑结构中的各部分相互关联，通过相互作用而形成建筑的整体框架。建筑钢结构与其他结构件的关系非常密切，建筑钢结构在使用阶段的稳定程度主要取决于设计方案的统一性。建筑设计人员只有采用稳定性计算的技术手段，在加强各项参数计算的前提下才能保证建筑结构的高度统一性，达到改善建筑结构受力特性的目的。建筑工程的设计人员尤其需要考虑杆件长度系数，采用建构模型等方法计算得出杆件长度系数，将其作为建筑设计阶段的科学根据^[3]。

（二）稳定性原则

稳定性原则应作为建筑设计与施工阶段的首要考虑因素，建筑钢结构的设计方案需要经过可靠性检测，才能正式应用于指导建筑施工。工程设计人员应坚持“结构稳定性”的基本原则，采取有效措施改善钢结构的平面与立面设计效果。在目前的建筑设计实践中，应充分利用BIM的建模技术工具，将建筑钢结构的设计方案予以直观化、动态化地展现。工程设计人员还要灵活调整钢结构的节点布局方案，及时纠正钢结构设计图纸中的误差。

（三）配合性原则

建筑钢结构起到支撑建筑上部的作用，建筑钢结构的各构件应相互配合发挥支撑作用，工程设计人员需充分考虑各结构件的位置关系，使得建筑钢结构的各部分配合发挥最大化的功能^[4]。建筑钢结构中的各立柱、梁体等部件能够密切配合起到支撑作用，对于建筑上部结构的坚固与稳定提供可靠的保障。

三、建筑钢结构设计中的稳定性指标计算

（一）静力计算

计算建筑钢结构的承载力极限值，一般可采用静力计算方法（欧拉法）。应用静力计算方法来判断钢结构的弹性，前提在于设定符合实际情况的情境，然后利用微分方程的形式得出钢结构的力学特征指标。技术人员还要根据实际情境分析钢结构的最大应力值，通过建构“外部应力”与“材料应变”之间的线性关系，最终得

到建筑钢结构的静力指标。静力计算得出的结果可作为改善钢结构稳定性的重要参考,据此反映钢结构用于建筑框架时的弹性受力情况。为确保建筑钢结构的静力计算指标符合精确度的要求,主要可采用建构二维或者三维模型的做法,最好采用 BIM 的建模技术软件予以精确模拟。

相比于静力计算分析而言,对于建筑钢结构采用动力计算方法更加能够反映钢结构的载荷变化情况。随着时间推移,建筑钢结构的支撑体系将会改变原有形状,相应的载荷极限值也会有所改变。因此在动力计算方法的应用中,建筑设计人员需判断钢结构的变形加速度与变形方向是否一致,结合动力计算的数值结果来评价钢结构的最大负载值。例如,某些高层建筑物的地下室结构长期处于荷载极限的状态下,导致其钢结构中的钢柱部位发生弯曲。因此,建筑设计人员需充分考虑极限环境中的钢结构静力变化幅度。

(二) 阻尼数值分析

地震灾害直接影响到建筑钢结构的稳定与安全,还会对建筑居民带来人身安全以及财产损失。为避免建筑结构在强震作用下出现坍塌,则需通过调整钢结构阻尼比的方法予以实现。建筑钢结构具有稳定性较好的优势,钢结构的阻尼比应当控制在相对较小的数值变化范围。分析建筑钢结构的阻尼比,应当结合建筑所在区域的地震发生频率与地震强度因素,合理设计阻尼参数的最大变化范围。技术人员在计算阻尼数值的阶段,如果采用建筑钢结构的整体模型进行弹性屈曲指标的分析,那么由于钢结构属于不均匀受力的大跨度结构,导致其屈曲模态均为局部屈曲,因此很难正确反映建筑钢结构的整体破坏程度,不宜用于钢混框架柱的稳定性设计。建筑设计人员经过多次验算确定,针对建筑钢混框架结构进行屈曲分析主要针对单榀的横向框架,在计算时应当将钢混框架沿着纵向进行一定程度的位移,然后再去分析其弹性屈曲指标。技术人员可通过观察建筑钢结构的屈曲模态,准确找到钢结构中的薄弱构件,以便于建筑设计人员给出钢结构调整或补强的科学方案,有助于建筑钢混框架的结构荷载指标优化。建筑钢结构的屈曲模态表示的是钢结构在特定荷载作用下的失稳模式,其与钢结构极限荷载的关系非常紧密;技术人员可通过建立钢结构最低阶的整体屈曲模型,经过模拟计算得出钢结构的屈曲因子,即为阻尼数值的特性指标。

按照高层建筑设计的行业规范,对于罕见的地震弹性和塑性条件应控制在 0.05 的钢结构阻尼比;对于地震恒力矩超过钢结构倾覆力矩的情况,应控制在 0.025-0.045 的钢结构阻尼比;对于多遇地震的建筑区域,应控制在 0.02-0.04 的钢结构阻尼比。工程设计人员应全面评估影响钢结构阻尼比的地质条件,采取因地制宜的建筑结构设计指导思想。

如下表,为建筑钢结构的阻尼数值分析结果:

表 1 建筑钢结构的阻尼参数分析

编号	阻尼参数	对应情况
1	0.03	多遇地震
2	0.045	倾覆力矩小于地震恒力矩
3	0.05	罕见的地震弹性及塑性分析

(三) 长细比判断

对于建筑钢结构而言,长细比指的是钢构件在轴线受力的情况下,经过计算得到钢构件的长度与截面回转半径比值。建筑钢结构是否具有合理的长细比,关系到钢构件的最大承载限度及其稳定性,长细比应作为评价钢结构可靠性的关键参数。按照建筑钢结构的长细比不同,可将其分为细长、较长与较短的钢柱构件。建筑钢结构在风荷载的作用下,钢结构的变形满足应满足建筑物正常使用的极限状态要求;并且在地震作用的影响下,建筑钢结构的极限承载力指标也会起到重要的控制作用。采用线性分析的方法,对于钢筋混凝土的建筑框架结构进行一阶弹性分析,并得到钢混构件的轴线受力特性指标,得出钢结构在临界状态下的荷载强度。一般情况下,影响钢结构长细比的主要因素包括荷载极限值、几何形状、支撑条件、材料硬度等。此外,建筑钢结构在不同连接方式下的长细比也是有所差别的。例如,钢筋混凝土框架结构的建筑梁柱长期承受较大的载荷作用力,建筑钢构件容易出现塑性或弹性形变,导致其偏心值的增加。钢结构轴心部位的受压构件能否长期保持稳定,主要取决于钢构件的长细比参数。

(四) 局部稳定性计算

建筑钢结构的局部区域存在失稳风险,钢结构局部稳定性的计算结果可用于改进建筑图纸,有效防止建筑框架结构产生局部失稳的后果。评价钢结构的局部稳定性,应重点考虑钢结构的剪应力、弯曲压应力、临界弯曲值等指标,技术人员可采用有限元软件建构仿真模型,模拟建筑钢结构在不同荷载工况下的局部失稳特征,最终归纳得到钢结构局部稳定性的优化方案。建构有限元的仿真计算模型,关键在于模拟钢结构在假设极端条件下的最大弯曲程度,建筑设计人员应保证选取指标的精准性。

例如,天津地区的某住宅小区工程设计为钢筋混凝土框架的建筑结构,建筑设计部门选取高强度钢材用于布置建筑支撑体系。该住宅项目工程共包括 10 栋建筑物,各建筑物均包括 12 层的地上层数与 1 层的地下车库用房。具体在计算建筑钢结构的局部稳定性指标时,主要利用有限元分析软件予以实施,在计算机软件的辅助下评估建筑钢结构各部分的稳定性。工程技术人员通过计算钢结构的局部稳定性指标,判断为钢筋混凝土的建筑框架

结构已达到基本强度要求，由此证实建筑设计方案的合理性。

如下表，为建筑钢结构的局部稳定性计算结果：

表 2 建筑钢结构的局部稳定性计算结果

钢结构位置	腹板厚度 (t/mm)	支撑长度 (N/mm)	支座反力 (R/kN)
导梁	33.4	109.7	621.2
主梁	51.7	137.8	944.9

(五) 长度系数确定

建筑钢结构的“长度系数”概念来自受压杆件的稳定性指标，其主要用于判断钢结构杆件的长细比。钢结构的长度系数指的是在某一平面内的结构受力稳定性，即为钢结构在指定平面范围内的受力特性。建筑钢结构的长度系数可通过如下公式进行计算：钢结构的计算长度 = K (长度系数) * 几何长度。其中，代表钢结构长度系数的 K 数值可以大于 1 或者小于 1。

例如，天津地区某厂房建筑设计为单层双跨式的钢结构厂房，厂房建筑上部的钢结构跨度分别为 22.5m 与 27.9m。厂房建筑物的基础结构采用高强度钢材嵌入地下混凝土的形式，控制在 5% 的钢结构阻尼比。技术人员在确定钢结构的长度系数时，主要利用三维建模软件予以实现，对于厂房钢结构的各主要节点进行加载试验，判断钢结构失稳时的整体弹性变化。厂房钢结构的加载试验数据结果显示，钢结构中的边柱与中柱可承受较大的载荷作用，技术人员通过模拟实验得到钢结构平面内的长度系数计算结果。

如下表，为建筑钢结构柱平面内的长度系数计算结果：

表 3 建筑钢结构柱平面的长度系数计算结果

构件类型	二维模型	三维模型	屈曲分析
边柱 (包括上柱与下柱)	4.24	2.29	4.5
	1.29	1.85	2.6
中柱 (包括上柱与下柱)	3.18	2.76	4.3
	1.25	1.89	2.2

四、建筑钢结构设计中的稳定性强化要点

(一) 优化杆件连接形式

建筑钢结构的受力杆件需实现正确连接，优化建筑钢结构的受力杆件连接形式，有助于建筑钢结构的稳定性及可靠性得到改善。建筑设计人员需经过检测确定钢结构的受力强度指标，以此为根据改进“杆件受力指标”。经过安装就位的钢结构杆件应达到受力均衡的程度，符合重力扩散与传导的技术原理。例如，工程设计人员采用“二阶法”来计算柔性杆件的稳定性指标，并采取积极有效的措施减少柔性结构的变形量，在最大程度上加固建筑钢结构的节点部位。

(二) 加大防腐保护力度

处于潮湿、炎热气候环境中的建筑钢结构容易被

腐蚀，工程设计部门需加大建筑钢结构的防腐保护力度，延缓建筑钢结构的腐蚀速度并延长其寿命。通常来讲，建筑钢结构的常见腐蚀形式包括电化学腐蚀与化学腐蚀，以上两种腐蚀形式都有损于钢结构的耐久性，还会破坏建筑体系本身的完整。加大建筑钢结构的防腐保护力度，集中体现在表面抗腐蚀与抗氧化材料的使用。

例如，涂抹于钢结构表面的防腐薄膜可隔绝空气与水分，避免建筑钢结构在高盐度的气候环境下出现孔洞。近些年来，很多新型的抗氧化材料已投入建筑工程市场，建筑设计人员应重视采用绿色无毒的抗腐蚀与抗氧化保护膜，在减轻氧化腐蚀作用的同时维护生态平衡，减少建筑钢结构在使用阶段的污染排放。

(三) 提升建筑耐火等级

按照建筑工程的行业管理规定，建筑钢结构需达到指定的耐火等级标准，才能有效防止建筑居民在火灾情况下遭受重大损失。多数钢结构材料在超过 400℃ 的环境下，钢结构的载荷性能将会呈现大幅下降的特征，不利于钢结构保持稳定运行。

为提升建筑钢结构的耐火等级，工程设计部门应重视钢材采购方案的优化，在建筑设计阶段应当选取厚度较大的高阻燃性钢材，以期改善建筑物的防火性。改善钢结构的阻燃性，关键是要对于建筑结构的重点部位实施阻燃处理以及防锈处理，借助阻燃剂提高建筑耐火等级，在根源上预防建筑钢结构的大面积断裂。

结语

综上所述，建筑钢结构的稳定性主要取决于材料强度、杆件的长细比等，影响建筑钢结构稳定性的因素复杂多样，工程设计人员应当予以全面考虑。为充分发挥建筑钢结构的使用价值，关键就是要准确判断钢结构稳定性的常见影响因素，采用因地制宜的指导思想优化建筑设计方案。建筑设计人员应重视钢结构稳定性的验算与检测，在深入现场勘察的过程中收集相关数据，为改善建筑钢结构的安全性能打下坚实基础。

参考文献

[1] 张丹. 建筑钢结构设计中稳定性的设计方法研究 [J]. 新疆有色金属, 2024, 47 (05): 109-110.
 [2] 吕爽. 高层建筑钢结构设计及减震性能分析 [J]. 佳木斯大学学报 (自然科学版), 2024, 42 (06): 109-112+168.
 [3] 朱洪伟. 高层建筑钢结构设计的问题和优化改进措施 [J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23 (02): 150-152.
 [4] 叶伟. 某大跨度多层建筑钢结构设计 [J]. 建筑结构, 2023, 53 (S1): 1349-1353.

作者简介：安玉，1984 年 9 月，男，汉，黑龙江，本科，工程师，研究方向：钢筋混凝土框架结构、水池结构、钢框架结构、门式钢架结构等建构物设计。