

建筑工程项目中钢结构设计的稳定性分析

李乐乐

(山东纬剑工程设计有限公司, 山东 济南 250101)

【摘要】本文针对建筑工程项目中钢结构设计的稳定性进行了分析研究。首先,介绍了钢结构稳定性的重要性 and 影响因素,并概述了腐蚀、荷载分析、节点设计等关键问题。然后,详细探讨了钢结构稳定性设计的要点,包括结构稳定性分析、合理估算荷载、刚度设计、构造类型选择和连接件设计等。接着,阐述了防腐设计和细部设计的重要性,并给出了相应的建议和方法。最后,概括总结了钢结构设计稳定性分析的关键问题和措施,强调了科学设计和遵守规范的重要性。

【关键词】建筑工程; 钢结构; 稳定性

引言:

钢结构作为一种广泛应用于建筑工程项目中的结构形式,在建设过程中起到了重要的支撑和承载作用。然而,由于各种因素的影响,钢结构的稳定性成为设计中需要高度关注的问题。稳定性问题可能导致结构失效、倒塌或发生事故,给人们的生命财产安全带来巨大风险。因此,本文旨在对钢结构设计的稳定性进行分析研究,探讨如何科学设计和加强钢结构的稳定性,以确保结构的安全可靠。

一、影响钢结构稳定性因素分析

(一) 钢结构建筑框架设计缺乏合理性

部分钢结构建筑在框架设计中,由于未充分考虑建筑结构的功 能、荷载传递路径和力学特性,导致框架设计缺乏合理性。如,没有对荷载进行准确的估算和分析,或者忽略了不同部位承受荷载的差异,都会影响框架的稳定性和安全性。其次,梁柱比例的选择也属于关键问题。在框架设计中梁柱的尺寸和比例若缺乏合理性,容易导致某些部位的梁柱过于薄弱,无法承受设计荷载,或者在整体结构上产生过大变形。降低整个建筑的稳定性。此外,在钢结构建筑的框架一支撑结构、门刚、桁架和网架等部位的连接设计上,部分钢结构建筑项目忽略了连接件的强度、

刚度和布置规范,导致连接点的失效,引起结构的脱位或塌陷,严重危及整个建筑的稳定性。最后,钢材的选用以及构件制造和安装质量也是影响框架设计合理性的重要因素。使用不合格的钢材、采用不良的加工工艺或施工质量不达标,都会对框架设计的合理性和结构的稳定性产生不利影响^[1]。

(二) 焊接设计存在不足

焊接是钢结构连接的关键环节,焊缝的质量直接影响着结构的稳定性。若焊缝质量不达标,例如焊缝缺陷、焊缝结构强度不足等,易导致焊接部位的强度和稳定性不可靠,容易出现断裂和失效的风险。焊接材料与钢材的力学性能不匹配或不合适,也容易导致焊接接头的强度和稳定性受到影响,从而影响整个结构的稳定性。最后,焊接工艺和焊接操作缺乏规范和质量控制也是导致焊接设计不足的原因之一。由于没有严格遵循焊接规范和标准,缺乏必要的质量控制和检测,从而无法确保焊接质量和焊缝的稳定性。

(三) 腐蚀因素影响

钢结构在遭受腐蚀影响后,会出现腐蚀破坏、减小截面积、脆化等问题,从而降低结构的强度和刚度,使得结构在承载设计荷载时容易出现变形、屈曲或失效。其次,腐蚀会加速钢结构的老

化过程，缩短其使用寿命。特别是在一些潮湿、高湿度或腐蚀性介质环境下，如海洋、化工厂等，钢结构容易受到腐蚀的侵蚀，加快了钢材的腐蚀速度，缩小了结构的使用寿命。腐蚀引起的钢材腐蚀减薄或荷载承载能力下降，会导致结构的稳定性和安全性降低。

二、钢结构稳定性设计分析

（一）钢结构稳定性设计

在设计阶段，需要进行结构稳定性分析，通过计算和模拟确定结构构件和连接件的稳定性。合理估算荷载是钢结构稳定性设计的基础。需要根据国家规范和标准，考虑建筑物所承受的静力和动力荷载，应包括永久荷载、活荷载、风荷载、地震荷载等，并合理分配到各个结构构件上。在钢结构的稳定性设计中，刚度起着重要的作用，需要合理设计各个结构构件的刚度，确保结构具有足够的刚度以抵御荷载产生的变形和挠度。根据建筑物的使用功能、荷载特征和环境条件等，选择合适的构造类型。不同的构造类型具有不同的稳定性和抗震性能，需要选择最适合的构造类型以满足结构稳定性的要求。构件的布置和连接设计需要充分考虑构件之间的相互作用和力传递路径，采取合适的连接方式和节点设计，确保连接的强度、刚度和稳定性^[2]。

（二）防腐设计

防腐设计中需进行环境评估，了解建筑物所处环境的腐蚀特性，包括大气环境、土壤条件、水质等。不同环境中的腐蚀介质和腐蚀程度不同，需要根据评估结果选择适当的防腐措施。同时，选择抗腐蚀性能良好的钢材或用防腐材料进行涂覆或包覆。常见的抗腐蚀材料包括防腐涂料、防腐漆、环氧涂层等。根据实际情况选择合适的材料进行使用。其次，需设计合适的防腐涂层系统，包括底漆、中间涂层和面涂层。防腐涂层的选择和施工应符合相关标准和规范，确保涂层的附着力和耐久性。对于暴露在腐蚀环境中的钢结

构表面，可以采用除锈、清洗、喷涂防腐剂等方法进行预处理，去除表面的污物、氧化物和锈蚀物，为防腐涂层的施工提供良好的基础。最后，对防腐涂层进行定期检测和维护，确保其状态良好且具有良好的防腐性能。及时修复和更换受损的防腐涂层，以延长钢结构的使用寿命和防止腐蚀的扩展^[3]。

（三）加强钢结构稳定性估算

为了估算钢结构的稳定性，需要使用适当的计算方法和公式。如结构稳定性计算方法、材料特性和截面形状参数的选取等。在进行稳定性估算时，要考虑到各种不确定性因素，如荷载的变化、材料性质的偏差、计算模型的精度等。

钢结构稳定性设计在新《钢标》中属于独立章节，一阶分析法、二阶P- Δ 分析法与直接分析法为钢结构稳定性估算的主要使用方法。在一阶分析法中，首先对结构进行初始刚度矩阵的建立，即根据结构的几何形状、材料特性和连接方式计算每个构件的刚度。然后根据结构的边界条件和受力情况，将荷载施加到结构上，计算各个构件的内力，利用位移相容性原理和力的平衡条件，通过解线性方程组求解结构的位移。最后，根据位移和刚度矩阵，计算各个构件的应力和变形。然而，一阶分析法无法考虑结构的非线性行为和稳定性问题，对于存在大变形、非线性材料或不规则结构的情况，其精度和适用性可能不足。

为了更准确地分析这些复杂结构，可以采用二阶弹性法。二阶弹性法考虑了结构的刚度非线性和几何非线性，并通过引入二阶效应修正，提供更准确的结构响应预测。另外，直接分析法是通过使用更为精确的数值方法（如有限元法或有限差分法）来进行结构分析，该方法考虑到结构的非线性行为和复杂边界条件，更加适用于复杂结构的分析。需要注意的是，在选择合适的分析方法时，应根据具体的结构特点、设计要求和分

析资源等因素进行综合考虑。同时，应遵守国家和行业相关的规范和标准，以确保结构的安全可靠性。

（四）对钢结构构件与节点科学设计

构件设计中需选择适当的截面形状和尺寸：根据结构的受力情况和荷载要求，选择合适的构件截面形状和尺寸，以满足结构的强度和刚度要求。并考虑局部失稳：在构件设计中，要注意局部失稳的问题，特别是在长、细构件和承受压力的构件中，采取适当的强化措施，以增加构件的稳定性。对于需要防止碰撞的构件，需要进行碰撞检验和设置防撞装置。对于承受循环荷载的构件，需要进行疲劳检验和疲劳寿命评估。

而在桁架节点板在斜腹杆压力作用下的稳定性计算中，可参考图1的内容进行计算。

图1 桁架节点板在斜腹杆压力作用下的稳定性计算

对桁架节点板在斜腹杆压力作用下的稳定性	对有竖腹杆相连的节点板，当 $c/t \leq 15\epsilon_k$ 时，可不计算稳定。其中 c 为受压腹杆连接肢端面中点沿腹杆轴线方向至弦杆的净距离， t 为节点板厚度， ϵ_k 为杆的屈曲边缘延性系数；在任何情况下， c/t 不得大于 $22\epsilon_k$ 。
	对无竖腹杆相连的节点板，当 $c/t \leq 10\epsilon_k$ 时，节点板的稳定承载力可取为 $0.8bt\epsilon_k$ ；当 $c/t > 10\epsilon_k$ 时，应按规定进行稳定计算，但在任何情况下， c/t 不得大于 $17.5\epsilon_k$ 。
计算桁架节点板时，应符合以下规定	节点板边缘与腹杆轴线之间的夹角不应小于 15° 。 斜腹杆与弦杆的夹角应为 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。 节点板的自由边长度 l_f 与厚度 t 之比不得大于 $60\epsilon_k$ ，其中 ϵ_k 为杆的屈曲边缘延性系数。

在节点设计中，要确保节点的强度和刚度与相邻构件匹配，以保持结构的整体稳定性。节点的连接材料和连接方式应合理选择，以满足设计要求。对于暴露在腐蚀环境中的节点，应采取适当的防腐措施，包括防腐涂层、防腐处理等，以延长节点的使用寿命和避免腐蚀损坏。在节点设计中要考虑施工和维护的便利性，合理设置检修孔、方便进行维护和检查。在构件和节点设计中，可借助先进的分析工具和计算方法，如有限元分析、参数化设计等，以更精确地评估结构的稳定性和性能。在进行构件和节点设计时须严格遵守相关的标准和规范，如国家标准、行业规范

等，以确保结构的设计和施工符合规范要求。如图2所示，结构构件最低延性等级，结构构件和节点的延性等级应根据设防类别和塑性耗能区最低承载性能等级按照下图2所示的方法确定。

图2

设防类别	塑性耗能区最低承载性能等级						
	性能1	性能2	性能3	性能4	性能5	性能6	性能7
适度设防类 (丁类)	—	—	—	V级	IV级	III级	II级
标准设防类 (丙类)	—	—	V级	IV级	III级	II级	I级
重点设防类 (乙类)	—	V级	IV级	III级	II级	I级	—
特殊设防类 (甲类)	V级	IV级	III级	II级	I级	—	—

结语：

钢结构的稳定性是设计中不可忽视的重要问题，只有加强稳定性分析和科学设计，才能确保结构的安全可靠。建筑工程项目中的钢结构设计需要综合考虑荷载分析、结构稳定性、防腐设计、节点设计等多个方面因素，合理思考和处理，才能满足结构的强度和稳定性要求。通过加强钢结构的稳定性分析和设计，可以有效提高结构的抗震性能、延长使用寿命，并确保钢结构在承载荷载时具备足够的强度和稳定性。在未来的建筑工程项目中，应继续深化对钢结构设计稳定性的研究，不断完善设计理论和方法，促进结构的安全可靠发展。

参考文献：

[1]叶啸飞.建筑工程项目中钢结构设计的稳定性分析[J].中国建筑金属结构, 2021 (05) .
[2]马玉朝, 刘博纶.建筑工程项目中钢结构设计的稳定性分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(10): 2.
[3]张传花.建筑工程中钢结构设计的稳定性与设计要点分析[J].2021 (9) .