

钢结构建筑设计中抗震技术的最新发展与应用

梁 罡

工程代建管理办公室, 北京 100094

[摘要] 现代建筑设计中, 以高强度和良好塑性著称的钢结构, 因其卓越的抗震性能, 已然成为首选建筑材质。钢结构凭借其得天独厚的重量优势和布局的灵活性, 在抗震设计方面可以更加便捷地依照规范进行优化。采用高强度螺栓连接和全渗透焊接等先进的结构连接技术, 显著提升建筑物的抗震功能。低屈服点钢和高韧性钢这类高性能钢材, 能为建筑物在地震中提供安全保障。高端钢材的革新与模块化建筑技术的突破, 为抗震构造带来前所未有的新机遇, 加速建筑业朝向绿色、可持续与生态友好的方向发展。

[关键词] 钢结构建筑; 抗震设计; 结构分析; 高性能钢材; 建筑案例

DOI: 10.33142/ec.v7i8.12948

中图分类号: X43

文献标识码: A

Latest Development and Application of Seismic Resistance Technology in Steel Structure Building Design

LIANG Gang

Engineering Agency Management Office, Beijing, 100094, China

Abstract: In modern architectural design, steel structures, known for their high strength and good plasticity, have become the preferred building material due to their excellent seismic performance. Steel structures, with their unique weight advantage and flexible layout, can be optimized more conveniently in seismic design according to regulations. The use of advanced structural connection technologies such as high-strength bolt connections and full penetration welding significantly enhances the seismic performance of buildings. High performance steels such as low yield point steel and high toughness steel can provide safety guarantees for buildings during earthquakes. The innovation of high-end steel and breakthroughs in modular building technology have brought unprecedented new opportunities for earthquake resistant structures, accelerating the development of the construction industry towards green, sustainable, and eco-friendly directions.

Keywords: steel structure building; seismic design; structural analysis; high performance steel; architectural cases

引言

在当代建筑行业中, 以钢材为主要材料的建筑体系因其出色的承重能力和无限的设计创新空间, 备受业界瞩目。在地震防范领域, 钢结构的强大支撑力、适宜变形能力和杰出延伸性, 为抵御地震这类灾害构筑更为坚固的防线。随着科技进步, 新型结构连接技术和高性能材料的应用, 使钢结构建筑的抗震性能成为衡量科技实力的重要指标, 推动了建筑行业向更安全、更高效的方向发展。

1 钢结构建筑的特性及其在抗震设计中的应用

1.1 钢结构建筑的特性

以钢铁为主要材料的框架结构建筑, 以其轻便而坚固、易于变形的特点著称。这种建筑体系的易于拼装和快速建设的特性, 为建筑领域带来划时代的革新。钢材的高抗拉性能, 使建筑物能够承受更重的负担; 同时, 它卓越的塑性保证在地震等极端情况下, 能有效吸收并分散冲击能量, 从而减轻建筑结构的损害。

1.2 抗震设计中的应用

在抵御地震方面, 钢结构建筑展现出众多优点。专门

设计的抗震连接元件与能量耗散装置, 能够有效增强建筑结构的抗震能力^[1]。采用高强度螺栓配合焊接工艺, 能够为建筑结构的接合部位提供更牢固的连接, 在地震发生时, 这种设计能够显著减少构件间的碰撞与摩擦, 降低潜在的损伤风险。通过合理设置支撑体系并采用分级抗震设计方法, 可以显著提升建筑的整体安全系数。

2 提高钢结构建筑抗震能力的构造设计

2.1 结构连接技术的创新

钢结构建筑在抗震能力上, 很大程度取决于各个接合部位的精心设计和精确施工。采用摩擦型高强度螺栓和全渗透焊接技术, 能够显著增强建筑连接部分的抗震能力。摩擦连接方式在地震发生时能更好地滑移, 吸收更多能量, 减少建筑物的受损程度。全渗透焊接工艺则极大地增强了构件间的结合强度, 确保在剧烈震动冲击下建筑结构的稳固。

2.2 高性能钢材的应用

为了使钢结构建筑具有强抗震性, 选择合适的建材是至关重要的。低屈服点钢和高韧性钢等高性能钢材非常适

合用于构筑抗震能力强的建筑结构。在地震发生时，使用这种钢材能显著增强建筑结构的抗震性能，更好地消化和分散地震能量，从而大幅提升建筑的安全性能^[2]。

2.3 结构抗震分析与模拟

为确保钢结构建筑在地震发生时能如预期般稳定表现，进行周密的结构分析和模拟是必不可少的。利用当代计算机与有限元分析等先进软件工具，可以对建筑物在遭遇地震时的动态反应进行事先模拟和评定。工程师们通过再现各种曲折多变的地震情景，能够事先洞察潜在的脆弱环节，并在设计之初便实施针对性的加强和改进，以保障每个建筑元件在地震发生时都能履行其职责。

3 高性能钢材的研究与在抗震设计中的重要性

3.1 高性能钢材的特性

高性能钢材的研究旨在增强其在极端环境下的优异表现，尤其是在地震防护领域的应用。低屈服点钢材（LYP Steel）在较低的应力状态下迅速屈服，通过塑性变形消耗和疏散地震能量，显著增强了建筑物的抗震能力。在构筑物框架设计中，使用低屈服点钢材可以显著降低地震作用下的结构损害，确保建筑物的主体结构不受重创。这种钢材在地震中能够有效地吸收能量并分散应力，从而提升建筑整体的抗震性能和安全性。它通过将地震产生的巨大能量转化为可控的变形，减少了对关键结构部件的冲击，使建筑在地震后的恢复时间大大缩短，并保障了人员和财产的安全。

3.2 高性能钢材的研究进展

随着科技的进步，在材料和工程领域，研究和发高性能钢材已经取得重大突破，尤其在增强建筑结构的抗震性方面表现突出。科研人员精准调控合金的成分，并运用尖端的热处理技术，终于研制出既有卓越屈服力又具备良好延展性的新型钢材。这些建材能够在地震发生时，有效承担并分散来力，从而减轻建筑物的破损。冷加工技术的革新为钢材性能的提高探寻新的道路^[3]。调整钢铁材料的冷加工程度与方式，能有效提升其屈服强度和综合韧性，这在增强建筑结构的抗震能力上起着至关重要的作用。在冷轧过程中调节压下率，能生产出位错密度高的钢材，这种钢材在抗震方面展现出卓越性能。在构建链接的艺术上，焊接工艺的优化让高端钢材在承重领域的使用变得更为牢靠，诸如激光焊接和摩擦搅拌焊接等创新焊接技术和材料，不但提升焊接接缝的品质，同时也加强其在抗震抗冲击方面的卓越性能。

3.3 高性能钢材在抗震设计中的应用

在抗击地震的架构设计中，运用高性能钢材极大地拓宽现代建筑的风格与功能范畴。借助这些建材，建筑设计师得以打造轻盈、节省成本且持久耐用的建筑构造。在打造多层及高层大厦的过程中，采用高强度钢材，得以打造更为纤细的支撑体系，此举不但减少建筑的整体负重，同

时也降低对于地基的负荷要求。减轻结构自重，直接效应是减缓地震时对建筑物的作用力，进而增强其抗震能力。凭借优质钢材的卓越特性，建筑设计师得以缩小梁柱的断面，为建筑物内部带来更宽敞的空间和更自由的布置方案。这种对建筑设计的灵活性增强，不仅改善建筑的使用效能，还提高它的审美档次。在构筑物的骨架规划方面，具备优良韧性与塑性的金属材料，能够在地震这类自然灾害发生时，帮助建筑物更有效地吸收能量并分散冲击，从而降低结构可能遭受的损害。利用尖端地震动力分析工具，工程师们可以细致地再现各种强度地震对建筑物的作用效果，据此对钢材的运用和建筑结构进行精细化调配，以保障在最为剧烈的地震情况下，建筑物的结构稳固性得到充分确保。

表1 中国部分高性能钢材的力学性能参数

材料名称	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	主要用途
Q345B	345	470-630	22	建筑结构
Q460C	460	550-720	17	高层建筑框架
低屈服点钢	275	380-510	24	地震抵抗结构
高韧性耐候钢	355	490-630	21	桥梁及其他户外结构

在构筑抗震建筑的过程中，采用高性能钢材不仅能赋予结构以强大支撑，更通过其出色的韧性及卓越的抵御恶劣天气能力，大幅增强现代建筑的安全防护。随着材料科学的不断发展，预计高性能钢材的应用前景将更加广泛，性能效果也将更上一层楼。

4 钢结构建筑抗震技术的实际应用效果

4.1 高层建筑的抗震性能优化实例

位于南京的紫峰大厦，作为高层钢结构建筑的典范，在抗击地震方面应用诸多前沿科技。特别是利用位于建筑物顶端的调谐质量阻尼器（TMD），这一装置安在屋顶，通过实时调节建筑物的质量分布，以中和风振或地震带来的摇晃^[4]。这项技术有效地减轻自然灾害对建筑物摇摆的制约，从而提升建筑物的抗震能力。在模拟地震的试验中，紫峰大厦显示出出色的抗摇摆能力，尤其是在遭遇7级地震波冲击时，其顶部加速度的减少尤为突出，这数据充分验证TMD系统在减轻地震灾害效果上的显著性。这样的构思不仅加强建筑的稳固性，也让生活在里面的人们得到更坚固的防护。

4.2 抗震设计技术在现代建筑中的应用

隔震技术的运用，关键在于隔震支座的设计与实际运用。这类支座主要由橡胶和钢铁层叠交替制成，通过这种创新材料组合，旨在提升能量的吸收与分散效能。当地震来袭，具备良好弹性的隔震层使得建筑物能在一定幅度内自由晃动，有效减少地震对高层结构的直接冲击，这种构造技术大大阻断地震能量的直接传递。在打造隔震系统时，设计者精细考量建筑结构的动态特点，保障系统在任何种

类及程度的地震冲击下，依旧能发挥出色的抗灾能力。借助严谨的工程技术手段，精确确定支座所需的弹性与减震特性，确保在保障建筑物正常使用及安全的基础上，充分发挥其隔绝震动的功能。这项技术能够融入新建筑的设计方案之中，同时也可通过改造现有建筑的项目来加以利用，以此增强其抵御地震的能力。在全球范围内，避震技术已成为许多地震频发区建筑设计不可或缺的标配。实践证明，运用隔震措施的建筑，在遭遇强烈地震波及时，可以大幅降低建筑物的损毁程度，同时确保人员的安全，这充分展示隔震技术的高效与实用价值。

4.3 结构分析与性能评估

作为城市天际线的地标性高楼，紫峰大厦在抗击自然灾害的设计上下足功夫，运用前沿的建筑科学和高质量的建材，使其在大地的摇晃中也能展现卓越的稳定性。评估结果显示，采用高强度 Q460C 钢材的建筑，在应对强烈地震冲击方面表现出色。这种金属材料不仅拥有极强的一股劲，而且展现优秀的变形能力，地震发生时，它能在不断裂的前提下，承受较大的变形。紫峰大厦的抗震设计着重于结构的细致工序，特别是对那些关键构件的加强处理。设计团队通过精密的工程技术手段，对建筑物的每个接合部位进行细致的分析，确保即使在剧烈的地震中。这些部位也能保持稳固，同时，他们对整体结构在地震情况下的反应进行优化处理。深入剖析与精心规划共同作用，极大增强建筑整体的稳固性与抗地震能力，紫峰大厦的抗震系统不仅确保这座建筑的安全稳固，也让里面的人们生命财产得到坚实保护。

5 钢结构抗震技术的创新与应用

5.1 智能材料与传感技术的整合

钢结构的建筑物，未来的发展前景与智能材料的融入及先进传感技术的应用密不可分。在钢铁架构内安装感知装置，能够及时跟踪楼宇的状况，包括应力、形变和温度等关键数据。这些资料对于判断建筑物在自然灾害，特别是地震发生后的稳固状况具有极其重要的作用。智能材料如变形记忆合金，具备在特定条件下自我重塑形态的本领，这一特性可以在地震来临时，自动纠正建筑物的形变，从而提升建筑的自我修复功能。

5.2 模块化和预制技术的进步

模块化建筑技术的进步，为钢结构抗震新技术的应用开辟道路。在工厂里预先制造好钢结构部件，再在工地实现快速拼装，此举极大提升建设作业的效率，同时标准化制造流程亦增强建筑架构的品质与稳定性^[5]。这项技术让建筑结构的每一个组成部分都能在严密的控制条件下运作，从而保证抗震能力的高度统一与最优化。未来，模块

化建筑的组装可能携手机器人实现自动化，借此提高建造的精确性与效率。

5.3 生态设计和可持续发展的结合

未来在提升抗震技术的钢结构建筑设计中，将更加重视生态融合与持续发展。采用循环再利用的材料，并通过精心设计，钢结构建筑能显著降低资源耗用，进而实现更佳的环境效果。改良钢铁应用并提升建材回收利用率，能有效降低建工活动的碳排放量。融合绿色建筑技术，比如太阳能的综合利用和雨水的循环利用，钢结构建筑不仅具有较强的抗震能力，而且在节能降耗方面起到关键作用。

5.4 全球化视角下的技术标准统一

随着钢结构建筑技术在全球范围内的广泛运用，迫切需要对其抗震设计标准进行国际统一。通过国际的协作以及技术资料互通有无，能够制订出统一的对抗地震的设计规范，确保全球钢结构建筑物在安全和性能方面达到统一的标尺。这样做不仅有利于增强建筑的结构稳固性，还能激发全球范围内建筑技艺的互动与配合，助力建筑领域持续向前演进，并催生新颖观念。

6 结语

在现代建筑行业中，钢结构建筑逐渐成为亮点，尤其是在抗震方面的设计，展现出非凡的能力和巨大的发展空间。深入剖析钢结构的特点及在抗震方面的运用，明确在建筑构造设计中，关键技术的掌握、使用高性能钢材和融合智能化技术，这些措施大大增强建筑的安全性与实用性。进一步的实例检验已经确认这些技术的实际功效和它们在实际中的应用价值。展望将来的岁月里，抗震的钢结构技术将不断吸纳新颖材质、尖端生产技艺以及绿色环保的方针，助力全球建筑规范的统一升级，在自然灾害面前提供更为坚固的防线。

[参考文献]

- [1] 辛爱华. 多高层钢框架结构抗震设计研究[J]. 新疆有色金属, 2022, 45(3): 101-102.
 - [2] 张海滨. 多高层钢框架结构抗震设计研究[J]. 低碳世界, 2021, 11(6): 184-185.
 - [3] 孙超. 钢结构装配式住宅建筑标准化设计及抗震设计优化分析[J]. 四川水泥, 2024(3): 33-35.
 - [4] 李秋林. 高层建筑钢结构抗震设计原则及优化研究[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(10): 151-153.
 - [5] 谷军明. 钢结构建筑抗震设计研究[J]. 四川水泥, 2023(6): 110-115.
- 作者简介：梁罡（1990—），男，北京工业大学建筑工程学院，本科，土木工程专业。