

# 抗震要求下工业建筑钢结构设计关键技术解析

夏林林, 张佳男, 杨金瑞

(中机十院国际工程有限公司洛阳分公司, 河南 洛阳 471000)

**摘要** 相较于传统建筑设计理念, 钢结构设计技术操作更加简便、施工成本更低, 而结合起重机、测量手段以及焊接工艺等选择, 能够使工业建筑建设格局更加合理。目前, 在工业建筑设计和施工过程中, 对防灾减震的要求越来越高, 因此, 如何提高工业建筑的抗震性成为当前工业建筑钢结构设计的关键点。本文就抗震要求下的工业建筑钢结构设计关键技术展开分析, 以为后续工业建筑设计提供有益的参考。

**关键词** 抗震要求; 工业建筑; 钢结构设计

中图分类号: TU391

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.002

## 0 引言

随着工业化的快速发展, 工业建筑作为生产活动的重要载体, 其安全性、稳定性和耐久性日益受到人们的广泛关注。尤其是在地震频发的地区, 抗震设计已成为工业建筑结构设计的重要组成部分。而钢结构因其高强度、高韧性、施工速度快等优点, 在工业建筑中得到广泛应用。然而钢结构在地震作用下的受力特点复杂, 如何确保其在地震中的稳定性和安全性, 成为钢结构抗震设计的重要问题。因此, 本文深入解析抗震要求下工业建筑钢结构设计的关键技术, 旨在为保障工业建筑的安全提供参考。

## 1 钢结构抗震设计技术分析

### 1.1 Pushover 分析法

静力弹塑性分析 (PUSH-OVER ANALYSIS, Pushover) 是一种有限元模拟技术, 主要用于研究建筑物在地震情况下的反应和抗震性能<sup>[1]</sup>。此方法基于对预设地震波输入信号进行仿真计算, 以评估建筑物在地震影响下的动态响应。通过复杂的计算, 研究人员可以获得展示建筑物在不同强度地震作用下位移、加速度等关键参数变化的响应曲线, 如图 1 所示。此外, 这种方法还能分析建筑物的损坏状况, 如结构损伤的程度和可能的倒塌风险, 为抗震性能评价提供重要的数据支持。

与传统的地震动力学分析相比, Pushover 分析法有多个显著优点, 能高效地生成多种地震波输入信号, 提高分析效率和灵活性。在处理地震波作用下的结构非线性问题时, 该方法展现了强大的能力, 可精确捕捉强震引起的弹塑性变形和材料强度退化等非线性现

象, 提供更符合实际情况的结果。同时, 还可以考虑建筑材料特性差异和构造细节等多种因素的影响, 确保了分析结果的全面性和准确性。Pushover 分析法是评估各类结构抗震性能的一种广泛应用的技术, 适用于高层建筑、工业设施以及地下结构等多种场景。这种方法不仅对常规框架结构的评价至关重要, 而且对于特殊结构如悬索桥和斜拉桥等复杂桥梁也有独特价值。借助 Pushover 分析, 工程师可以深入理解这些结构在地震影响下的力学行为, 为设计提供科学依据。此方法能够处理不同强度级别的地震波输入, 从轻微震动到强烈地震都能进行模拟与分析, 这赋予了它在抗震设计中的灵活性和实用性。不过, 在面对超高层建筑或多层板壳结构这类具有复杂形式和独特受力特征的情况时, Pushover 分析法可能不足以全面满足分析需求, 此时需结合其他专业方法以确保结构安全。

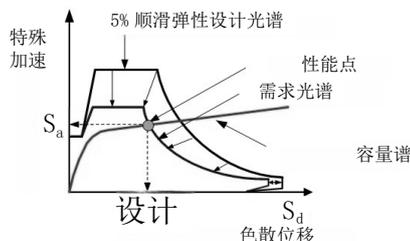


图 1 Pushover 分析法

### 1.2 IDA 增量动力分析法

增量动力分析法 (Incremental Dynamic Analysis, IDA) 是钢结构在地震条件下反应力计算中广泛使用的一种技术, 通过细致地分解和模拟加载过程, 超越了静态力学分析的局限, 深入研究结构在动态荷载下的

实际响应。IDA能够捕捉加载过程中每一个细微的变化，绘制详细的结构响应曲线，从而精确计算出结构在地震中的反应力矩，为抗震性能评估提供可靠的数据支持<sup>[2]</sup>。与传统的静力学方法相比，首先，IDA更准确地反映结构的真实运动状态，不再将结构视为静止不变的对象，而是充分考虑其在地震作用下的动态特性，使分析结果更贴近实际情况。其次，通过动态加载方式，IDA能更好地处理结构的非线性行为，如弹塑性变形和材料强度退化等复杂现象，确保分析结果更为科学和全面。此外，IDA拥有广泛的适用性，适用于框架、梁柱组合以及复杂的钢结构体系等多种类型的结构形式，使其在工业建筑设计和评估中扮演着关键角色。在实际应用中，IDA通常与其他计算方法协同工作，以获得更精准的地震反应力计算。例如，工程师们可以在结构上设定多个监测点，实时记录这些位置的位移和加速度数据，以跟踪结构在地震影响下的动态变化。然后，利用先进的计算机模型对这些实验数据进行仿真计算，不仅提升了分析结果的准确性，还保证了结果的实际相关性，为工业建筑的安全设计提供了强有力的技术支撑。

## 2 钢结构抗震设计技术在工业建筑中的应用分析

### 2.1 在焊接中的应用

在钢结构的制造与构建过程中，焊接工艺的实施受到多种复杂因素影响，这些因素除了包括材料的选择，还涉及具体的焊接条件设定和精细的焊接方法选择。对于钢结构设计的专业人员来说，正确选择最合适的焊接方式是设计流程中的核心任务之一，直接影响到结构的强度、稳定性和安全性。在钢结构施工中，不同类型的焊接技术各具特色，共同展示了高超的焊接技艺，而气体保护焊以其特有的防护机制，能够有效地防止钢材表面因接触氧气而氧化，通过使用惰性气体（如二氧化碳或混合气体）在焊接区域周围形成保护层，确保了焊缝的质量和外观。而利用氩气作为保护气体，则可以产生稳定且集中的电弧，实现焊接过程中的精准热量控制，保证焊缝的高质量和准确尺寸，此方法特别适合于对焊缝外观和内部质量有高标准的项目<sup>[3]</sup>。电弧焊通过电弧产生的高温使焊条和工件熔化形成焊缝，但在焊缝质量和尺寸控制上存在一些问题。为解决这些问题，通常会采取额外的质量控制措施，例如焊后处理和无损检测等。除了选择焊接方法外，焊接材料和温度也是决定焊接质量的重要因素，优质焊接材料可以增强焊缝的机械性能和耐腐蚀性，并有助于延长钢结构的使用寿命。合理的焊接温度设置可以在确保焊缝充分融合的同时，避免变形或裂纹等缺陷。此外，焊接后的检验工作也不可或缺，进行外观检查、无损检测（如超声波检测、射线检测）

及力学性能测试，可以及时发现并处理潜在的焊接问题，确保焊接质量符合预期。

### 2.2 在屋面板安装中的应用

在屋面板安装前，施工准备阶段的主要任务是全面检查承重的檩条和梁，确保其保持平直与稳定。作为屋面板支撑结构的关键部分，这些构件的平整度和稳定性直接影响到屋面板的安装质量及使用安全。因此，需要仔细检查每一个细节，对于任何发现的歪斜或不平整问题，必须及时修正，以满足安装要求，为屋面板安装打下坚实的基础，保障施工顺利进行。对于施工工艺方面，屋面板铺设有一套严格的流程，如图2所示，首先依据设计图纸规划屋面板排版，保证每块板的位置和尺寸准确无误。然后安装并固定支架，为屋面板提供稳固支持。接着铺设岩棉层以增加保温效果。在此基础上安装屋面板，这是屋面板的主要部分。随后安装屋面附件，例如收边条和泛水板，完成屋面的整体构建。最后，清理屋面，移除所有杂物，确保其整洁美观。在屋面板安装中，应严格按照设计图纸定位，并用自攻螺钉固定，确保每块板都牢固可靠，屋面板作为一种柔性组件，其接合端应支撑在檩条上以维持其稳定。同时，需严格控制接合长度，确保其不仅符合规范，而且超过规定的最小值。这有助于增强屋面板的整体强度，并防止雨水渗透等问题<sup>[4]</sup>。除了确保安装的安全性和可靠性之外，屋面板还需满足建筑的功能需求和使用寿命的要求，尤其是防水和密封性能，这对建筑物的使用体验和耐久性有着直接的影响。所以，在安装过程中，需要对所有接缝部位进行处理，确保良好的密封效果。同时，对屋面执行严格的防水测试，以确认其防水性能达到预期标准，通过这些措施，可确保屋面板的安装质量符合设计要求，为建筑的长期使用提供了坚实的保障。

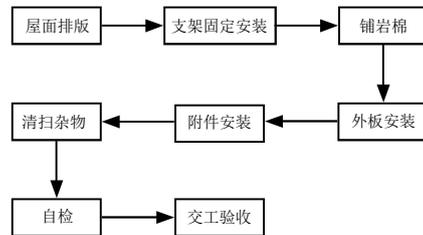


图2 屋面板安装施工工艺流程图

### 2.3 在钢柱施工中的应用

在工业建筑领域，钢结构因其出色的力学性能、快速施工能力和设计灵活性而成为众多项目中的首选。钢柱作为钢结构系统的关键支撑组件，构成现代工业建筑的骨干。在设计 and 建造钢柱时，首先是材料的选择，材料质量的好坏直接影响到钢柱的承载力、耐腐蚀性

和使用寿命,如表 1 所示,为钢柱材料选择相关参数表。高强度低合金钢因为其优秀的强度和韧性而被优先选用,这种钢材可以在确保结构安全的同时减少自重,并提供对外部环境侵蚀的有效抵抗力。对于特定环境下,如潮湿或有强腐蚀性的工业环境中,不锈钢由于其卓越的抗腐蚀特性而更为适用<sup>[5]</sup>。为了保证钢柱的质量,从原材料采购到最终加工,每个步骤都必须严格遵守质量控制和检测标准,以确保每根钢柱符合设计规范。在尺寸和形状的设计上,钢柱应与建筑物的整体布局和功能需求相匹配。在高度方面,钢柱需适应建筑物的高度,同时满足结构稳定性和视觉美观的要求。在支座设计时,其作为连接钢柱与基础的部分,

应该考虑到钢柱所承受的荷载性质、大小以及环境条件,基础材料的选择既要坚固又要易于施工。通过增加锚栓或扩大基础面积等加固措施,可增强支座的抗震能力,确保结构在恶劣天气或地质变动下的安全性。此外,钢柱周围的地质状况、地下水位及周边设施等因素可能对钢柱的稳定性产生影响,因此应在设计初期进行全面评估并制定相应的对策。总之,钢柱在工业建筑中的设计和施工必须综合考量材料选择、尺寸和形状设计、支座设计以及环境因素等方面,以确保结构性能既满足使用要求,又兼顾经济性、安全性和可持续性。通过科学规划、精细施工和严格质量控制,钢柱将为现代工业建筑的发展提供坚实的支撑。

表 1 钢柱材质规格参数表

材质	规格 (mm)	重量 (kg/m)	材质	规格 (mm)	重量 (kg/m)
Q235B	100×100×6×8	16.7	Q345B	100×100×6×8	17.2
Q235B	125×125×6.5×9	23.6	Q345B	125×125×6.5×9	24.8
Q235B	150×150×7×10	31.1	Q345B	150×150×7×10	32.3
Q235B	200×200×8×12	50.5	Q345B	200×200×8×12	52.6
Q235B	250×250×9×14	72.4	Q345B	250×250×9×14	75
Q235B	300×300×10×15	94.5	Q345B	300×300×10×15	97
Q235B	350×350×12×19	137.8	Q345B	350×350×12×19	141.2
Q235B	400×400×13×21	171.7	Q345B	400×400×13×21	175.6

### 2.4 在钢柱砼浇筑中的应用

钢柱混凝土浇筑的特点在于将预制的钢管嵌入特制的混凝土中,以实现钢管的有效保护和增强结构支撑,而这种方法除简化了施工过程外,还降低了成本,并因其优异的强度和稳定性,在工业建筑、桥梁以及大型公共设施等多个领域表现出显著的应用价值。在进行钢柱混凝土浇筑时,需考虑多个因素来确保结构的安全性和耐久性,其中,混凝土的质量直接影响钢管承载能力和混凝土长期稳定性的发挥<sup>[6]</sup>。因此,从原材料的选择、配比的设计,到搅拌和浇筑的每个步骤,都必须遵循严格的技术标准,以保证混凝土符合设计要求。而钢管则需严格按照设计要求定位,防止不必要的应力集中或结构变形,避免影响到整体结构的稳定性和安全性。与此同时,还需要注意环境条件的变化,如温度和湿度的变化,会影响混凝土的凝结和硬化过程,从而影响最终结构的性能。因此,施工前应对现场环境进行全面评估,并根据实际情况调整施工方案,以适应外部条件的变化。

### 3 结束语

抗震要求下工业建筑钢结构设计是一项复杂的工作,通过对焊接、屋面板安装、钢柱施工以及钢柱砼浇筑等多个方面的技术应用,可以显著提高钢结构建

筑在地震作用下的稳定性和安全性。同时,基于抗震性能化设计的应用,能够为工业建筑钢结构设计提供更高的灵活性和合理性。在未来的工业建筑设计中,应进一步加强抗震设计的研究和实践,不断提高钢结构的抗震性能,才能为人们的生命财产安全提供更加坚实的保障。

### 参考文献:

[1] 尹春燕,刘永锋,彭岚平,等.成达万高铁渠江特大桥主桥结构设计和关键技术研究[J].铁道勘察,2024,50(06):88-94,100.  
 [2] 劳伟康.某地埋式污水处理厂地基基础与结构设计关键技术[J].特种结构,2024,41(05):76-80.  
 [3] 陈希.水利工程建筑物结构设计的技术关键探究[J].水上安全,2024(20):187-189.  
 [4] 黄艳,王东.开合式建筑钢结构厂房的关键节点设计与施工技术研究[J].四川水泥,2024(10):140-142.  
 [5] 赵欣玲,刘钊.关于 BIM 装配式结构设计及建设关键技术探究[J].中国住宅设施,2024(09):19-21.  
 [6] 吴玉洁,熊鹰.建筑钢结构防火设计关键技术与应用[J].今日消防,2024,09(08):113-115.