

工业建筑结构设计优化与抗震性能提升研究

张伟峰 崔富强

陕西永安工程设计咨询有限公司 陕西 西安 710000

摘要: 本文聚焦于工业建筑结构设计优化与抗震性能提升这一重要课题。首先阐述了工业建筑结构设计优化的必要性和目标,接着从结构体系选择、荷载分析、构件设计等方面详细探讨了设计优化的具体方法。随后深入分析了影响工业建筑抗震性能的因素,并针对性地提出了提升抗震性能的策略,包括加强结构整体性、设置抗震构造措施、采用新型抗震技术等。最后通过实际案例进一步验证了结构设计优化与抗震性能提升措施的有效性和可行性,旨在为工业建筑的安全、经济、适用设计提供理论支持和实践指导。

关键词: 工业建筑; 结构设计优化; 抗震性能提升

1 引言

工业建筑作为工业生产的重要载体,其结构设计的合理性和安全性直接关系到工业生产的正常进行以及人员的生命财产安全。随着工业技术的不断发展和对建筑功能要求的日益提高,工业建筑结构设计面临着新的挑战 and 机遇。一方面,企业希望在保证建筑安全的前提下,降低建设成本,提高空间利用率,这就对结构设计优化提出了迫切需求;另一方面,地震等自然灾害的频繁发生,使得工业建筑的抗震性能成为关注的焦点。如何通过科学合理的设计优化手段,有效提升工业建筑的抗震性能,是当前建筑领域亟待解决的重要问题。

2 工业建筑结构设计优化的必要性与目标

2.1 必要性

工业建筑投资巨大,结构设计优化能在保障安全与功能前提下,有效控制成本。如优化结构体系,合理选定构件截面与布置,可减少材料用量、降低施工难度,显著缩减造价。工业生产工艺持续更新,对建筑内部空间、设备安装、物流运输等要求提升。结构设计优化能提供灵活高效的布局,适配不同生产流程。当下倡导可持续发展,优化设计可提升资源利用率,降低环境影响。采用新型材料与节能技术,可减少建筑能耗与碳排放,助力绿色建筑建设。

2.2 目标

保障建筑在正常使用及可能荷载下,具备足够强度、刚度与稳定性,确保人员和设备安全。优化设计需以安全为先,经合理计算分析,确保结构可靠。在安全与功能达标基础上,追求造价最小化。通过优化选型、确定合理构件尺寸、采用经济工艺,实现资源优化配置,提高投资效益。使设计适配不同工艺与使用需求,提供灵活便捷空间。充分考虑设备安装、维修、更新

等,为生产创造良好条件。

3 工业建筑结构设计优化的具体方法

3.1 结构体系选择优化

(1) 框架结构体系: 框架结构具有空间分隔灵活、自重轻、抗震性能较好等优点,适用于多层工业建筑。在设计优化时,应根据建筑的使用功能、高度、跨度等因素,合理确定框架的柱网尺寸和梁柱截面尺寸。通过采用高强材料、优化节点构造等方式,提高框架结构的承载能力和刚度,同时减少材料用量。

(2) 排架结构体系: 排架结构常用于单层工业厂房,具有构造简单、施工方便的特点。优化排架结构设计时,可重点考虑柱的布置和截面形式。采用变截面柱可以根据柱的内力变化情况,合理调整柱的截面尺寸,既满足强度要求,又能减轻柱的自重。此外,合理设置屋架与柱的连接节点,提高结构的整体性和稳定性。

(3) 刚架结构体系: 刚架结构结合了框架和排架的特点,适用于跨度较大、高度适中的工业建筑。在刚架结构设计中,优化刚架的形状和尺寸,合理确定刚架的跨度、高度和坡度,以充分发挥材料的力学性能^[1]。同时,采用轻型屋面和墙体材料,减轻刚架的自重,降低地震作用。

3.2 荷载分析优化

(1) 永久荷载: 永久荷载主要包括结构自重、固定设备重量等。在设计优化过程中,应准确计算永久荷载的大小和分布情况。通过采用轻质高强材料,如新型墙体材料、轻型屋面系统等,可以有效降低结构自重,从而减少永久荷载对结构的影响。

(2) 可变荷载: 可变荷载包括活荷载、风荷载、雪荷载等。对于活荷载,应根据工业建筑的使用特点,合理确定活荷载的标准值。例如,对于存放轻型物品的仓

库,可适当降低活荷载标准值;对于有重型设备运行的厂房,则应准确评估活荷载的大小。对于风荷载和雪荷载,应根据当地的气象资料和建筑规范,精确计算其作用效应,并通过合理的建筑体型和结构布置,减小风荷载和雪荷载对结构的不利影响。

(3)地震作用:地震作用是工业建筑结构设计必须考虑的重要因素。在进行地震作用分析时,应准确确定建筑所在地区的地震基本烈度、场地类别等参数。采用合理的地震作用计算方法,如底部剪力法、振型分解反应谱法等,对结构进行地震作用下的内力分析和变形分析。通过优化结构的抗震性能指标,如周期比、位移比等,提高结构在地震作用下的安全性。

3.3 构件设计优化

(1)梁设计优化:梁是工业建筑结构中重要的受力构件之一。在梁的设计优化中,应根据梁的受力情况,合理选择梁的截面形式和尺寸。对于受弯梁,可通过调整梁的高宽比,提高梁的抗弯能力;对于受剪梁,应合理配置箍筋和弯起钢筋,增强梁的抗剪性能。同时,采用预应力技术对梁进行加固和优化,可以有效减小梁的截面尺寸,提高梁的跨度能力。

(2)柱设计优化:柱是承受竖向荷载和水平荷载的关键构件。在柱的设计中,应根据柱的内力特点,合理确定柱的截面形状和尺寸^[2]。采用型钢混凝土柱或钢管混凝土柱等组合结构形式,可以充分发挥钢材和混凝土的力学性能,提高柱的承载能力和延性。此外,合理设置柱的箍筋加密区,增强柱的抗剪和抗震性能。

(3)基础设计优化:基础是工业建筑结构的重要组成部分,其设计合理与否直接影响到建筑的安全和稳定。在进行基础设计优化时,应根据建筑的上部结构形式、荷载大小、地质条件等因素,选择合适的基础类型。对于地质条件较好的地区,可采用天然地基上的浅基础,如独立基础、条形基础等;对于地质条件较差的地区,应考虑采用桩基础或复合地基等深基础形式。同时,通过优化基础的尺寸和埋深,提高基础的承载能力和稳定性,减少基础的沉降差异。

4 影响工业建筑抗震性能的因素及提升策略

4.1 影响因素

(1)建筑场地条件:场地条件对工业建筑的抗震性能有着重要影响。不同的地质类型、地形地貌和地下水位等因素,会导致地震波的传播特性发生变化,从而影响建筑所受的地震作用。例如,软弱地基在地震作用下容易发生较大的变形,导致建筑结构破坏;而坚硬地基则相对有利于建筑结构的抗震。

(2)结构体系与布局:结构体系的选择和布局是否合理,直接关系到工业建筑的抗震性能。一些结构体系如框架-剪力墙结构、筒体结构等具有较好的抗震性能,而一些结构体系如纯框架结构在抗震方面可能存在一定缺陷。此外,建筑平面的规则性、立面的均匀性等也会影响结构的抗震能力。不规则的建筑平面和立面会导致结构在地震作用下产生应力集中和扭转效应,增加结构的破坏风险。

(3)材料性能:建筑材料的力学性能对结构的抗震性能起着关键作用。钢材具有良好的延性和强度,能够在地震作用下吸收较多的能量;混凝土则具有较高的抗压强度,但延性相对较差。在工业建筑中,应合理选择和使用建筑材料,通过采用高强、高性能的建筑材料,提高结构的抗震能力。同时,材料的施工质量也会影响其性能发挥,如混凝土浇筑不密实、钢筋连接不牢固等问题,都会降低结构的抗震性能。

(4)施工质量:施工质量是保证工业建筑抗震性能的重要环节。在施工过程中,如果存在偷工减料、不按设计要求施工等现象,会导致结构构件的实际强度、刚度和延性等与设计不符,从而影响结构的抗震能力^[3]。例如,混凝土强度不达标、钢筋间距不符合要求等,都会降低结构在地震作用下的承载能力和变形能力。

4.2 提升策略

(1)加强结构整体性:通过合理的结构布置和连接设计,增强工业建筑结构的整体性。在建筑平面和立面设计中,应尽量保持规则、对称,避免出现过大的偏心 and 扭转。采用可靠的连接方式,如梁柱节点刚性连接、墙与墙、墙与柱之间的可靠拉结等,确保结构在地震作用下能够协同工作,共同抵抗地震力。

(2)设置抗震构造措施:在工业建筑结构设计中,应设置一系列抗震构造措施,以提高结构的延性和抗震能力。例如,在框架结构中,设置梁柱箍筋加密区,增强梁柱节点的抗剪能力;在剪力墙结构中,合理设置边缘构件,提高剪力墙的抗弯和抗剪性能。此外,还应设置构造柱、圈梁等构造措施,加强墙体与结构主体之间的连接,提高墙体的抗震能力。

(3)采用新型抗震技术:随着建筑技术的不断发展,一些新型抗震技术逐渐应用于工业建筑中。例如,隔震技术通过在建筑基础与上部结构之间设置隔震层,隔离地震波向上部结构的传递,从而减小上部结构所受的地震作用;消能减震技术则通过在结构中设置消能装置,如阻尼器等,消耗地震输入结构的能量,降低结构的动力响应^[4]。这些新型抗震技术可以有效提高工业建筑

的抗震性能,为建筑安全提供更可靠的保障。

(4)加强施工质量管理:确保工业建筑施工质量是提升抗震性能的关键。在施工过程中,应加强对原材料、构配件的质量检验,严格控制施工工艺和操作规程。加强对关键部位和隐蔽工程的验收,如基础工程、梁柱节点等,确保施工质量符合设计要求。同时,建立健全质量保证体系,加强对施工人员的培训和管理,提高施工人员的质量意识和操作技能。

5 实际案例分析

5.1 项目概况

某工业园区新建一座多层工业厂房,建筑面积约为15000平方米,建筑高度为24米,采用框架结构体系。该厂房主要用于机械加工生产,内部设备较多,对空间布局和结构承载能力有一定要求。同时,项目所在地区地震基本烈度为7度,设计基本地震加速度值为0.15g,场地类别为Ⅱ类。

5.2 结构设计优化措施

(1)结构体系优化:在原设计方案基础上,对框架结构进行优化。通过调整柱网尺寸,将原设计的8.4米×8.4米柱网优化为9米×9米,在满足生产工艺要求的前提下,减少了柱的数量,增加了室内空间的有效利用率。同时,对梁柱截面尺寸进行优化,采用高强混凝土和高强钢筋,在保证结构承载能力的前提下,减小了构件截面尺寸,降低了工程造价。

(2)荷载分析优化:对厂房内的活荷载进行详细调查和分析,根据不同区域的使用功能,合理确定活荷载标准值。对于存放轻型机械设备的区域,活荷载标准值由原来的5kN/m²降低为3kN/m²;对于有重型设备运行的区域,通过实地测量和计算,准确确定活荷载大小。在风荷载和雪荷载计算方面,根据当地的气象资料和建筑规范,精确计算其作用效应,并通过调整建筑体型,减小风荷载对结构的不利影响。

(3)构件设计优化:在梁设计方面,采用变截面梁,根据梁的弯矩变化情况,合理调整梁的截面高度,既满足了梁的抗弯要求,又减轻了梁的自重。在柱设计方面,采用型钢混凝土柱,提高了柱的承载能力和延性。基础设计采用独立基础与条形基础相结合的方式,根据地质勘察报告,合理确定基础尺寸和埋深,确保基础的承载能力和稳定性。

5.3 抗震性能提升措施

(1)加强结构整体性:对建筑平面和立面进行优化设计,保持平面规则、对称,避免出现较大的偏心和扭转。在梁柱节点设计中,采用刚性连接方式,确保节点具有足够的强度和刚度。加强墙体与结构主体之间的连接,设置拉结钢筋,提高结构的整体性。

(2)设置抗震构造措施:在框架结构中,严格按照规范要求设置梁柱箍筋加密区,加密区长度和箍筋间距均满足抗震设计要求。在剪力墙结构部分(厂房局部设置剪力墙),合理设置边缘构件,提高剪力墙的抗震性能。同时,在墙体中设置构造柱和圈梁,增强墙体的抗震能力。

(3)采用新型抗震技术:在该厂房的基础与上部结构之间设置隔震层,采用橡胶隔震支座作为隔震装置。通过隔震层的设置,有效隔离了地震波向上部结构的传递,降低了上部结构所受的地震作用。经计算分析,采用隔震技术后,上部结构的地震响应减小了约50%,显著提高了厂房的抗震性能。

结语

工业建筑结构设计优化与抗震性能提升是保障工业建筑安全、经济、适用运行的关键环节。通过合理选择结构体系、优化荷载分析、精心设计构件等措施,可以实现工业建筑结构设计的优化,降低建设成本,提高空间利用率和建筑的功能性。同时,针对影响工业建筑抗震性能的因素,采取加强结构整体性、设置抗震构造措施、采用新型抗震技术等策略,能够有效提升工业建筑的抗震性能,减少地震灾害对工业建筑造成的损失。实际案例表明,科学合理的设计优化和抗震性能提升措施在实际工程中具有良好的可行性和有效性。在未来的工业建筑设计中,应进一步加强结构设计优化与抗震性能提升的研究和应用,不断创新设计理念和新技术方法,为工业建筑的安全发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]张华敏.冶金工业建筑结构设计中的抗震性能优化研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(03):190-192.
- [2]段绍沛.冶金工业建筑的结构设计与安全考量[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(22):81-83.
- [3]闫锋.工业与民用建筑结构设计安全性存在的问题与优化措施[J].居舍,2024,(11):118-121.
- [4]王彩香.现代工业建筑结构设计研究[J].居舍,2023,(17):110-112+176.