

工业厂房钢筋混凝土框架结构设计策略

朱晓霞

博罗县建筑设计院, 广东 惠州 516100

DOI:10.61369/ADA.2025020051

摘 要： 文章以某工业厂房项目为研究对象，围绕工业厂房钢筋混凝土框架结构设计展开系统分析。文章阐述工程概况，深入探讨工业厂房钢筋混凝土框架结构设计的重要性，剖析设计过程中的关键难题，提出针对性设计策略，旨在为同类工业厂房钢筋混凝土框架结构设计提供可借鉴的思路与方法，保障工业厂房结构安全稳定、功能适配生产需求，同时提升工业建筑设计的整体质量与经济性。

关 键 词： 工业厂房；钢筋混凝土框架；结构设计；策略

Design Strategies for Reinforced Concrete Frame Structures of Industrial Buildings

Zhu Xiaoxia

Boluo County Architectural Design Institute, Huizhou, Guangdong 516100

Abstract： This paper systematically analyzes the reinforced concrete frame structure design of an industrial plant building, using a specific industrial facility project as the research subject. The paper outlines the project overview, emphasizes the significance of reinforced concrete frame structure design for industrial plants, dissects key challenges during the design process, and proposes targeted design strategies. It aims to provide reference ideas and methods for similar reinforced concrete frame structure designs in industrial plants, ensuring structural safety and stability while meeting production requirements. Concurrently, it seeks to enhance the overall quality and economic efficiency of industrial building design.

Keywords： industrial plant; reinforced concrete frame; structural design; strategy

引言

钢筋混凝土框架结构凭借承载能力强、稳定性佳、空间可塑性高的优势，成为工业厂房的主流结构形式之一。某工业厂房项目作为典型案例，涵盖地下消防水池、电梯基坑、多标高吊车梁等复杂设计内容，在满足工业生产多样化功能需求的同时，也面临荷载复杂、多专业协同难、地下结构防水等一系列设计挑战。深入研究此类项目的钢筋混凝土框架结构设计策略，不仅能有效解决项目实际设计问题，更能为行业内同类项目提供参考，具备重要的工程实践价值与行业指导意义。

一、工程概况

本研究依托的某工业厂房项目，项目整体布局为地上4层、地下1层，其中地下1层为无等级人防工程，同时包含地下消防水池，地下室防水等级需严格遵循相关规范要求。基础设计方面，项目采用天然地基基础，基础埋深暂定内地台下2000 mm，同时配套静压预应力混凝土管桩基础设计与施工，管桩类型涵盖摩擦桩、端承桩等，需通过试桩确定单桩承载力特征值。厂房内部包含多组楼梯结构、5.30米及12.00米标高处吊车梁、电梯基坑等关键设施，各结构构件混凝土强度等级覆盖C20（素混凝土垫层）、C25（预制构件）、C30（梁板、天面）、C35（基坑、柱）、C50（特殊受力构件）等，钢筋主要选用HRB400级，部分构件涉及CRB550级钢筋，全面呈现了工业厂房钢筋混凝土框架结构

的复杂性、功能性与专业性。

二、工业厂房钢筋混凝土框架结构设计的重要性

（一）有利于规避安全风险

工业厂房的生产场景具有荷载大、设备重、作业环境复杂的特点，如重型设备长期运行、货物集中堆放、吊车频繁作业等，对结构的承载能力与稳定性提出极高要求。钢筋混凝土框架结构作为厂房的受力核心，其设计质量直接决定整体结构的安全底线。科学的钢筋混凝土框架结构设计，通过精准计算恒载、活载、吊车荷载、地震作用等各类荷载，优化结构布置与构件选型，合理确定材料强度等级，能确保结构在各类工况下保持稳定，有效抵御荷载冲击与环境影响，从根本上规避安全风险，为

企业生产安全提供坚实保障^[1]。

（二）有利于提升运营效率

工业生产对厂房空间布局、层高、楼面荷载、设施配套的需求具有显著多样性，如办公室需满足人员办公的轻便荷载与舒适空间，车间需适配大型设备安装与物料运输的大跨度、大空间，实验室需承载精密仪器的集中荷载。钢筋混凝土框架结构凭借良好的空间可塑性，能通过灵活的柱网布置、合理的层高设计与差异化的荷载适配，满足工业生产的个性化需求。合理的框架结构设计能使厂房空间布局与生产流程高度契合，减少空间限制对生产的影响，提升企业运营效率。

（三）有利于优化工程成本控制

工业厂房建设投资规模大，结构设计阶段对工程成本的影响占比超60%，科学的设计是实现成本优化的关键。钢筋混凝土框架结构设计中，材料选型、构件尺寸确定、施工工艺选择等环节均与成本直接挂钩。某工业厂房项目在成本控制方面提供了典型参考，在基础设计结合地质勘察报告下，优化静压预应力混凝土管桩的桩长与桩型，在确保单桩竖向承载力特征值满足要求的前提下，避免不必要的桩长增加；在混凝土强度等级选择上，根据构件受力特性差异化配置，如垫层用C20、梁板用C30、基坑与柱用C35，实现材料性能与受力需求的精准匹配；在钢筋连接方式上，明确直径大于25 mm时采用机械连接，既保障连接质量，又避免焊接工艺的额外成本。通过此类设计优化，能在保障安全与功能的基础上，有效控制工程建设成本，实现项目经济合理性。

三、工业厂房钢筋混凝土框架结构设计的难题

（一）复杂荷载下结构受力分析的精准性难题

工业厂房承受的荷载类型远复杂于民用建筑，除自重、楼面荷载等常规荷载外，还包含吊车冲击荷载、设备振动荷载、温度应力荷载、地质水文荷载（如地下水浮力）等，且部分荷载具有随机性（如吊车作业位置变化）与动态性（如设备运行振动），给结构受力分析带来极大挑战^[2]。

某工业厂房项目中，吊车梁需承受100 kN竖向荷载及附加冲击系数，同时传递水平制动力至框架柱，导致梁柱节点产生复杂的内力响应；地下结构需抵抗地下水浮力，若浮力计算偏差，可能导致底板开裂；此外，厂房跨度较大，需考虑温度变化引发的结构伸缩变形，避免裂缝产生。设计过程中，若荷载计算遗漏荷载组合系数取值不当，或未充分模拟动态荷载对结构的影响，可能导致结构设计偏于不安全或过于保守，难以精准把握结构真实受力状态，增加设计风险。

（二）多专业协同设计的衔接性难题

工业厂房设计涉及结构、建筑、电气、给排水、暖通、消防等多个专业，各专业设计内容相互关联、相互制约，钢筋混凝土框架结构设计需与其他专业深度协同，才能避免设计冲突。但实际设计过程中，多专业协同常面临三大问题：一是设计进度不同步，如建筑专业调整墙体布局后未及时反馈结构专业，导致结构

梁、柱受力体系需重新验算；二是设计标准不统一，如电气专业管线预留孔洞尺寸与位置未结合结构钢筋布置，导致孔洞与主筋冲突，需重新调整钢筋配置；三是信息沟通不及时，如给排水专业消防管道走向与框架梁冲突，未提前协调导致后期施工凿梁，影响结构安全。

（三）地下结构防水与抗渗的设计挑战

包含地下设施（如地下消防水池、地下室）的工业厂房，地下结构防水与抗渗是设计的重点与难点。地下环境长期受地下水侵蚀，若防水设计不当，易出现渗漏问题，不仅影响地下空间使用功能，还会腐蚀钢筋、损害混凝土结构，缩短结构使用寿命。

某工业厂房项目地下消防水池与地下室设计中，面临多重防水挑战：一是混凝土自身抗渗性能要求高，需控制混凝土配合比、确保施工密实度，同时明确抗渗等级P8，但实际设计中需结合地下水腐蚀性，额外考虑防腐措施；二是节点防水处理复杂，如底板与墙体交接处、管桩与承台连接节点、预留孔洞周边，易形成防水薄弱环节，需专项设计止水带、密封膏等构造；三是排水系统协同设计，需合理设置集水井、排水沟，避免地下水积聚导致水压过大。若上述环节设计疏漏，可能导致地下结构渗漏，后期维修难度大、成本高。

（四）大跨度与重型构件的设计与施工协调难题

工业厂房为满足设备安装与物料运输需求，常设置大跨度梁、板及重型构件，此类构件设计需兼顾受力安全与施工可行性，但两者间易存在矛盾，从受力角度，大跨度构件需增大截面或增加配筋以控制挠度与裂缝；从施工角度，过大截面或承重构件会增加模板支撑、吊装运输的难度，甚至受现场施工条件限制无法实施。此外，重型构件的节点连接（如吊车梁与框架柱连接）需专项设计，确保传力可靠，但连接构造的复杂性可能增加施工难度，若设计与施工衔接不畅，易影响施工质量^[3]。

（五）抗震与耐火设计的双重适配难题

工业厂房作为重要生产设施，需同时满足抗震与耐火设计要求，但两者在部分设计环节存在协同难度：抗震设计要求构件具备一定延性（如钢筋锚固长度、节点构造需满足抗震等级），耐火设计要求构件具备足够的耐火极限（如钢筋保护层厚度需满足防火规范），若设计未统筹考虑，可能导致两者无法同时适配。

四、工业厂房钢筋混凝土框架结构设计策略

（一）基于荷载精细化分析的结构优化设计策略

针对工业厂房荷载复杂的特点，需采用“荷载分类—精准计算—动态模拟—优化适配”的全流程设计策略，确保结构受力分析精准可靠。按荷载类型分类梳理，恒载需细化构件自重、装修面层重量，活载按不同区域功能明确标准，特殊荷载（吊车冲击、设备振动）需结合设备参数与规范要求确定；其次，采用专业结构计算软件进行荷载组合计算，严格遵循建筑结构荷载规范，考虑基本组合、偶然组合等不同工况；再者，对动态荷载（如设备振动）采用有限元分析软件进行动态模拟，验算结构共振频率，避免共振风险；最后，基于荷载分析结果优化结构布置，

如吊车梁区域采用框架柱加密布置，大跨度梁采用“宽扁梁”形式减少截面高度对空间的影响，同时优化钢筋配置。某工业厂房项目通过此类策略，针对5.30米、12.00米标高处吊车梁，专项计算竖向荷载、水平制动力及冲击荷载，优化梁截面尺寸与配筋，确保构件受力安全；地下结构结合地下水浮力计算，优化底板厚度与配筋，同时设置抗浮锚杆，有效抵御浮力影响^[4]。

（二）多专业协同的一体化设计策略

为解决多专业协同衔接难题，需构建“前期统筹－过程同步－成果校验”的一体化设计机制。前期阶段，组织各专业召开设计启动会，明确设计范围、技术标准与协同节点；过程阶段，采用BIM技术搭建协同设计平台，各专业在同一模型中同步设计，实时碰撞检测，及时发现并解决冲突；成果校验阶段，设计完成后组织多专业会审，重点核查结构与其他专业的衔接内容，同时明确施工阶段的协同要求。

（三）地下结构防水抗渗的专项设计策略

针对地下结构防水抗渗难题，需采用“材料－构造－施工”三位一体的专项设计策略。材料层面，选用抗渗混凝土（如抗渗等级P8），合理添加防水剂与膨胀剂，同时控制混凝土水胶比（不大于0.5），提升混凝土自身抗渗性能；在构造层面，重点强化防水薄弱节点：底板与墙体交接处设置钢板止水带，管桩与承台连接节点采用密封膏封严，预留孔洞周边增设环形加强筋与止水环，地下消防水池内壁采用防水砂浆抹面；施工层面，在设计文件中明确施工要求：混凝土浇筑需连续进行（避免施工缝），振捣密实，养护时间不少于14天，回填土前需排除积水、清理虚土，分层夯实（压实系数不小于0.94）。某工业厂房项目地下消防水池设计中，通过上述策略，混凝土采用C35P8，墙体与底板交接处设300宽钢板止水带，预留孔洞周边配置 $\phi 12@150$ 环形加强筋，有效保障地下结构防水抗渗性能，避免渗漏风险。

（四）大跨度与重型构件的设计－施工协同策略

大跨度与重型构件设计需提前与施工环节衔接，采用“设计优化－施工可行性论证－专项方案协同”的策略。设计优化阶段，在满足受力要求的前提下，尽量减小构件自重与截面尺寸

（如大跨度梁采用预应力混凝土，吊车梁采用工字形截面），同时明确构件分段划分（如超长梁设置后浇带）；施工可行性论证阶段，联合施工单位对重型构件（如吊车梁、大型柱）的吊装方案进行论证，确定吊装点位置、起重机选型与运输路径，设计中预留吊装预埋件；专项方案协同阶段，针对模板支撑、构件安装等关键施工环节，设计单位需提供技术支持，如大跨度模板支撑体系需按危大工程专项设计，明确支撑间距、立杆选型，同时验算支撑体系承载力。

（五）抗震与耐火的统筹适配设计策略

针对抗震与耐火设计的协同难题，需采用“参数统筹－构造协同－性能验证”的设计策略。参数统筹阶段，明确抗震等级与耐火等级的对应关系，如二级抗震等级与二级耐火等级下，梁、柱钢筋保护层厚度需同时满足抗震锚固要求与耐火极限要求（如梁保护层厚度不小于25 mm）；在构造协同阶段，优化节点设计：抗震设计中，梁端箍筋加密区长度按规范要求（如一级抗震 $\geq 2h_b$ ， h_b 为梁高），同时确保加密区钢筋间距满足耐火要求（避免间距过大导致混凝土剥落）；柱纵筋连接采用机械连接，既保障抗震延性，又避免焊接接头的耐火薄弱点；性能验证阶段，采用专业软件验算构件耐火极限，如梁、柱在标准耐火时间内的温度场分布，确保钢筋温度不超过临界值，同时验算抗震性能（如层间位移角）满足规范要求^[5]。

五、结束语

工业厂房钢筋混凝土框架结构设计是一项融合安全、功能、经济、施工的系统工程，需结合项目实际需求，针对性解决荷载复杂、多专业协同、地下防水等难题。此类设计策略不仅能有效解决某工业厂房项目的实际问题，也为同类工业厂房钢筋混凝土框架结构设计提供参考。未来工业厂房设计中，还需进一步结合BIM、装配式等新技术，推动结构设计向更高效、更绿色、更智能的方向发展，为工业高质量发展提供坚实的建筑结构支撑。

参考文献

- [1] 姜军强. 分析工业厂房钢筋混凝土框架结构设计[J]. 居业, 2020(5):30-31.
- [2] 高兴晋. 钢筋混凝土框架与金属屋面组合结构施工技术研究[J]. 城市情报, 2020(2):214-215.
- [3] 周忠. 加固在混凝土框架结构工业厂房应用[J]. 中华建设, 2020(3):182-183.
- [4] 李其成, 吴珂, 徐彬, 等. 某超限框架结构厂房动力弹塑性分析及改进[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2020, 38(2):24-28.
- [5] 阮晓赞, 崔扬, 屈靖, 等. 钢筋混凝土结构梁柱增大截面低损伤加固施工技术研究[J]. 建筑技术, 2025, 56(11):1391-1394.