

工业建筑结构设计常见问题分析

贾新朋

中煤科工集团北京华宇工程有限公司 北京 100120

摘要：工业建筑结构设计直接关系到生产安全与运营效率，其合理性受结构类型、荷载特性、专业协同等多因素影响。当前工业建筑结构设计中，普遍存在体系选型不当、荷载计算偏差、构件与节点设计不合理及专业协同不足等问题，易引发安全隐患与资源浪费。本文通过梳理钢结构、混凝土结构等核心类型特征，系统剖析设计各环节常见问题，从体系优化、荷载精准计算等方面提出针对性解决策略，为提升工业建筑结构设计质量提供实践参考。

关键词：工业建筑；结构设计；问题；解决策略

引言：工业建筑作为工业生产的重要载体，其结构设计至关重要，不仅关乎生产安全，更直接影响运营效率与成本控制。然而，在实际设计过程中，受结构类型多样、荷载特性复杂、专业协同困难等多重因素影响，诸多问题频发，给工业建筑的质量与安全埋下隐患。本文聚焦工业建筑结构设计，深入剖析常见问题，并针对性提出解决策略，旨在为提升工业建筑结构设计水平、保障工业生产稳定运行提供有益参考。

1 工业建筑结构类型

1.1 钢结构

钢结构在工业建筑中应用普遍，以钢材为受力核心，有轻质高强、施工便捷之长。钢材密度与强度比值小，相同荷载下，其构件截面尺寸比混凝土结构小很多，能提升厂房空间利用率，适用于大跨度、重荷载的冶金、机械加工厂房。施工采用预制拼装，构件工厂标准化生产、现场吊装拼接，施工周期比传统结构缩短超30%，可快速投产。它抗震性能好，但耐腐蚀性差，需涂刷防腐涂层或用耐候钢等防护，防止工业环境侵蚀致性能降低。

1.2 混凝土结构

混凝土结构以钢筋混凝土为主，因成本可控、耐久性强，在工业建筑中地位重要。混凝土材料来源广、施工成熟，适用于荷载稳定、防火要求高的通用厂房，如食品加工、电子组装车间。它刚度大、变形小，能为精密设备提供稳定安装基础，减少振动影响。防火性能优于钢结构，高温下可延缓失效^[1]。不过自重较大，需强化地基处理，施工依赖现场浇筑，受天气影响大、工期长。有振动荷载时，需采取开裂、减震措施提升抗振性能。

1.3 混合结构

混合结构结合钢结构与混凝土结构的优势，根据工业建筑功能分区特性进行差异化设计，实现性能与经济

的平衡。常见形式包括“混凝土柱+钢梁”“混凝土核心筒+钢框架”等，在多跨工业厂房中应用较多，如中间主体区域采用钢梁满足大跨度需求，周边附属区域用混凝土柱降低成本。这种结构能针对性解决单一结构的缺陷，例如利用混凝土结构承载竖向重荷载，借助钢结构抵抗水平风荷载与地震作用，提升整体抗灾能力。混合结构还可优化施工流程，混凝土构件与钢构件可并行生产与施工，缩短建设周期。设计时需重点关注两种结构的连接节点，确保力的有效传递，避免因材料性能差异导致节点破坏。

2 工业建筑结构设计常见问题分析

2.1 结构体系选择问题

结构体系选择不当是工业建筑设计的首要问题，直接影响整体安全性与经济性。部分设计仅依据经验选型，未结合工业生产特性与场地条件，导致体系与需求脱节。例如在软土地基区域，盲目采用自重大的混凝土结构，增加地基处理成本与沉降风险；在大跨度厂房设计中，选用普通门式钢架而非空间桁架结构，导致构件截面过大，浪费材料。部分设计忽视工艺升级需求，结构体系未预留荷载余量，后期新增设备时需大规模改造结构。还有些高烈度地震区的工业建筑，选用抗侧移刚度不足的纯框架体系，无法满足抗震要求，存在严重安全隐患^[2]。体系选择缺乏系统性分析，未综合考量荷载、地质、工艺等因素，易引发连锁问题。

2.2 荷载计算与取值问题

荷载计算与取值偏差是引发结构安全隐患的核心因素，主要表现为计算维度不全与取值标准混乱。工业建筑荷载类型复杂，部分设计仅计算自重、活荷载等常规荷载，忽略设备振动荷载、物料堆放集中荷载、高温应力等特殊荷载，导致结构承载能力不足。例如冶金厂房设计中，未考虑钢水包吊装产生的冲击荷载，易引发吊

车梁变形；化工车间忽视设备运行的振动荷载，导致结构共振破坏。取值方面，部分设计为简化计算随意套用荷载规范，未结合工业实际调整，如将精密仪器车间的楼面活荷载按通用厂房取值，无法满足设备安装需求。还有些设计过度放大荷载取值，造成结构冗余，增加工程成本。

2.3 构件设计问题

构件设计不合理在工业建筑中较为普遍，涉及梁、柱、楼板等核心构件，影响结构整体性能。梁构件设计中，部分大跨度梁未采用预应力技术，导致截面尺寸过大，占用空间且增加自重；有些梁体配筋不合理，受拉区钢筋不足或箍筋间距过大，易出现开裂现象。柱构件设计存在截面选型不当问题，如在重荷载区域选用矩形截面柱，承载力不足，而在轻荷载区域选用异形柱，增加施工难度与成本。楼板设计中，工业厂房楼板常因厚度不足或配筋稀疏，无法承受设备与物料荷载，出现渗漏、开裂问题；部分厂房楼板未考虑设备安装需求，预留孔洞位置与尺寸偏差，后期开凿破坏结构整体性。

2.4 节点设计与构造问题

节点设计与构造缺陷是工业建筑结构的薄弱环节，易成为结构破坏的突破口。钢结构节点设计中，部分螺栓连接节点未按受力要求确定螺栓数量与规格，或焊接节点焊缝高度不足，导致节点承载力低于构件本身，受力时率先破坏；有些节点未设置加劲肋，在荷载作用下出现塑性变形^[3]。混凝土结构节点中，梁柱节点箍筋加密区长度不足，核心区混凝土强度等级未提高，地震作用下易发生剪切破坏；节点区钢筋锚固长度不够，影响力的传递。构造方面，部分结构未设置沉降缝与伸缩缝，温度变化与地基沉降导致结构开裂；钢结构节点防腐、防火处理不到位，加速节点锈蚀与老化，降低结构耐久性。

2.5 与其他专业协同设计问题

工业建筑结构设计工艺、机电等专业协同不足，易引发设计冲突与施工返工。结构与工艺专业脱节较为常见，未充分考虑设备布置与安装需求，导致设备基础与结构地基冲突，或厂房柱网间距无法满足大型设备吊装。与机电专业协同问题突出，结构构件与管线布置冲突频繁，如梁体与给排水管道、柱体与电缆桥架位置重叠，后期需拆改结构或管线，增加成本与工期。协同不足还体现在信息传递滞后，工艺专业调整设备参数后未及时反馈给结构设计，导致结构荷载计算偏差；机电专业管线走向修改后，结构预留孔洞失效，需二次开凿，破坏结构完整性，影响使用安全。

3 工业建筑结构设计问题解决策略

3.1 优化结构体系选型

优化结构体系选型需建立“需求导向、多因素综合评估”的决策机制，确保体系与工程实际精准适配。首先需全面梳理项目核心需求，包括工艺生产特性、设备荷载参数、空间跨度要求及工期目标，以此作为选型基础。针对不同地质条件制定差异化方案，软土地基优先选用自重轻的钢结构或桩基础结合的混合结构，降低地基承载压力；地震高发区优先选用延性好的钢混框架结构，提升抗震性能。引入方案比选机制，从技术可行性、经济成本、施工难度等维度对多个体系方案进行量化分析，如大跨度厂房对比网架结构与门式刚架的用钢量、施工周期及后期维护成本。同时需预留结构冗余，考虑后期工艺升级与设备改造需求，选用模块化、易拆改的结构体系，如螺栓连接的钢结构，便于后续调整。建立选型评审制度，组织结构、工艺、施工等多专业人员共同论证，确保选型科学合理^[4]。

3.2 精准荷载计算与取值

实现工业建筑荷载的精准计算与取值，核心在于完善计算体系，强化参数获取的准确性与规范应用的有效性。构建全荷载维度计算框架，全面涵盖自重、活荷载、设备静荷载、振动荷载、冲击荷载、温度应力等各类荷载。针对不同工业类型，进一步细化荷载参数，例如冶金厂房需精确计算吊车梁冲击系数，化工车间则要考虑设备振动频率与结构共振风险，确保计算结果贴合实际工况。采用精细化计算方法，借助PKPM、ABAQUS等专业软件，结合现场实测数据对计算模型进行修正。如通过设备运行测试获取实际振动荷载，以此替代规范通用取值，提高计算的精准度。建立严格的荷载取值审核机制，依据《建筑结构荷载规范》，结合工业建筑的特殊性对取值进行合理调整。例如精密仪器车间楼面活荷载按设备重量的1.2倍取值，确保结构具有足够的安全储备。加强与工艺专业的协同合作，实时同步设备参数变化，动态更新荷载计算结果，避免因信息滞后导致的计算偏差，为结构设计提供可靠依据。

3.3 合理设计结构构件

合理设计工业建筑构件，需紧密结合构件的受力特性与工业实际需求，对截面选型与配筋设计进行优化。在梁构件设计中，对于大跨度梁，采用预应力混凝土梁或钢-混凝土组合梁，可有效减少截面尺寸，提升跨越能力。根据梁的受力情况，合理优化配筋设计，受拉区采用高强度钢筋，提高梁的抗拉性能；箍筋加密区严格按照规范设置，有效控制裂缝宽度，确保梁的耐久性。

柱构件依据荷载大小选择合适的截面形式,在重荷载区域,采用圆形或方形混凝土柱,并配置螺旋箍筋提升抗剪性能;轻荷载区域可采用异形柱,优化空间利用,提高室内使用效率。楼板设计需充分匹配使用需求,工业厂房楼板厚度不低于120mm,采用双层双向配筋,增强楼板的整体刚度和承载能力。设备基础区域局部加厚并增设附加钢筋,以适应设备的特殊荷载要求。同时,提前与设备专业对接,精准预留孔洞位置与尺寸,避免后期开凿对结构造成破坏。此外,引入构件标准化设计理念,提高施工效率与质量,降低生产成本,实现结构构件的规模化生产与高效安装。

3.4 强化节点设计与构造

强化工业建筑结构节点设计与构造,重点在于聚焦力的有效传递与结构的耐久性,完善节点设计标准,确保结构在各种荷载作用下安全可靠。在钢结构节点设计中,螺栓连接节点要根据受力计算精确确定螺栓规格、数量与排列方式,确保螺栓承载力满足设计要求;焊接节点采用全熔透焊缝,焊缝高度不低于构件最小厚度,重要节点设置加劲肋增强刚度,提高节点的抗剪和抗弯能力。混凝土梁柱节点核心区,箍筋加密区长度延伸至柱净高的1/6与柱端外500mm中的较大值,核心区箍筋体积配筋率应加强并满足规范要求,钢筋锚固长度严格按规范执行,确保节点承载力高于构件,形成强节点的结 构体系^[5]。在构造设计方面,根据结构长度与地质条件合理设置沉降缝与伸缩缝,缝宽满足规范要求,有效减少结构因不均匀沉降和温度变化产生的裂缝。钢构件表面注意除锈和防腐,增强节点的耐腐蚀性能;混凝土节点采用防水砂浆处理,外露节点增设防火保护层,提高节点的防火和防水能力。建立节点设计专项审核制度,重点检查节点受力与构造细节,及时发现并纠正设计缺陷,确保节点设计质量。

3.5 加强专业协同设计

加强工业建筑各专业之间的协同设计,关键在于构建一体化协同机制,打破信息壁垒,实现各专业之间的无缝对接与高效协作。搭建BIM协同平台,为结构、工艺、机电等专业设计人员提供在线协作环境,各专业模型实时整合至统一平台,通过碰撞检测功能提前发现设

计冲突,及时进行调整和优化,避免后期施工中的返工和变更。建立标准化协同流程,明确各专业设计节点与信息传递要求,例如工艺专业在方案阶段提交设备布置图与荷载参数,为结构专业设计提供基础数据;机电专业在初步设计阶段提供管线走向图,结构专业据此开展设计并及时反馈结构限制条件,确保各专业设计协调一致。定期组织多专业协调会议,针对协同中出现的问题共同商讨解决方案,如结构梁体与管线冲突时,通过调整梁体标高或管线走向实现避让,实现各专业之间的优化整合。引入协同管理软件,跟踪设计变更记录,确保各专业同步获取最新设计信息,避免因信息不对称导致的设计偏差,提升整体设计效率与质量,为工业建筑的高质量建设提供有力保障。

结束语

工业建筑结构设计的科学性与合理性,是保障工业生产安全、提升运营效益的核心前提。当前结构体系选型不当、荷载计算偏差等问题,根源在于设计缺乏系统性考量与专业协同。通过建立多因素评估机制优化体系选型,借助专业软件实现荷载精准计算,强化构件与节点设计质量,构建一体化协同平台,可有效解决设计痛点。未来,随着BIM、AI等技术的深度应用,工业建筑结构设计将向数字化、精细化方向发展。设计人员需不断提升专业能力,坚守安全底线,兼顾经济与实用,推动工业建筑结构设计质量持续提升,为工业经济高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]王莎.关于工业建筑轻钢结构设计问题的研究[J].江苏建材,2022,(03):47-49.
- [2]贺星新,余露,朱金坤,刘斌.大跨度重载超长工业建筑结构设计与分析[J].四川水泥,2022,(02):108-110.
- [3]蒋冲.对我国现代工业建筑结构设计几个问题的探讨析讨论[J].城市建设理论研究(电子版),2023(6):146-148.
- [4]刘鑫鑫.工业建筑防腐设计与施工策略[J].全面腐蚀控制,2022,36(02):113-114.
- [5]韩晓丹.工业厂房建筑结构设计优化分析[J].中国建筑金属结构,2021,(05):78-79.