

某主厂房钢结构方案设计选型论证优化

刘景春

石横特钢集团有限公司 山东 肥城 271612

摘要：通过研究新建生产线钢结构厂房结构具体参数，精准选择钢结构厂房从柱系统到吊车梁系统、制动系统、屋盖系统等结构体系，根据拟建项目的工况参数进行厂房钢结构进行结构选型设计论证优化，在保证建筑结构可靠度符合设计规范标准前提下，实现设计选型精准合理、工程经济性最佳、降低工程投资及施工难度的控制目标。

关键词：钢管混凝土柱；吊车梁系统；型钢格构柱；桁架结构；屋面梁

1 前言

不同工业类别钢结构厂房因生产工艺和工况不同，厂房结构选型千差万别，如何精准选择钢结构厂房从柱系统到吊车梁系统、制动系统、屋盖系统等结构体系，直接关系到工程投资的经济性与结构安全可靠性以及建设难度和工期，并且与厂房结构长期在动静荷载作用下运行的稳定可靠性。设计选型必须考量其结构类型的结构安全性、安全适用性和耐久性，同时考量其选型设计的工程经济性指标，否则就会与设计参数的匹配度太差，造成结构设计严重浪费、投资增加、施工难度增加等一系列问题。所以必须要根据拟建项目的工况参数进行厂房钢结构进行结构选型设计论证优化，在保证建筑结构可靠度的三项要求的基础上，实现设计选型精准合理、工程经济性最佳、降低工程投资及施工难度的控制目标。

通过项目技术研究和方案论证，实现了项目主厂房钢结构方案设计选型优化的各项目标，在行业内处于领先地位。

2 新技术开发应用条件

拟建设生产线项目主厂房采用多跨连续钢结构厂房，建筑面积约31038.33m²，轴线面积约29953.08m²，不同跨中设置天车共计12台套，工作机制A5~A7之间，标高5米的轧线平台嵌固大部分内部厂房钢柱。工业建筑工程项目的钢结构厂房因使用的工艺条件、荷载、天车设置及工作机制、使用工况等参数不同，设计选型的结构类型也会千差万别。结构类型的结构安全性、安全适用性和耐久性、选型设计的工程经济性指标等是衡量设计成功与否的重要评价要素，要从设计阶段介入管理，精准控制，通过建筑功能需求等要素在结构设计时的明确落地，指导结构设计任务的落地执行，实现设计选型精准合理、方案最佳的目的。

3 技术研究思路或方案、方法

3.1 技术开发思路和路线

3.1.1 根据行业内、公司内同类型生产线钢结构厂房选型情况，为优化结构选型形成参考性基础数据依据。

3.1.2 根据拟建项目生产工艺，结合工艺布置、吊车、荷载、高度、跨度布置参数，分解各项工程设计参数等要素，建立基础性技术支撑。

3.1.3 分析对比不同类别钢结构厂房的结构选型方案差异性，着重考量每个工程项目的综合情况和参数区分度不同，对不同系统结构选型差别进行分析，确定功能系统选型的方向。

3.1.4 进行内部论证，联动设计部门，进行钢结构厂房各功能系统选型进行核算对比，优化结构类型选择方案，并与建筑设计进行无缝对接，优化提升结构选型，各功能系统结构选型落实到具体施工图设计^[1]。

3.2 开发（研究）技术方案及方法

3.2.1 收集新建生产线项目的各项工程设计参数等要素。

(1) 建筑使用环境、通风和采光、建筑节能、建筑面积、轴线间距（柱间距）、跨度、平面布局、内部平台设置、层高、基础类型等参数，用于确定厂房结构采用钢结构还是混凝土结构的意见。

(2) 内部天车台数和分布、天车的起重荷载和工作机制、运行参数、起重高度、轮压和轮距、轨顶标高、道轨形式等重要参数，确定钢结构主体的结构类型。

3.2.2 推动设计部门初步确定厂房的荷载计算，确定厂房荷载等级类别，用于指导钢柱、吊车梁、屋面结构等作为选型优化参考要素。

设计部门要根据《建筑结构荷载规范》GB50009、《建筑抗震设计规范》GB50011、《钢结构设计标准》GB50017等相关的设计规范，结合新建生产线的运行实验工况参数，初步提出钢结构厂房的荷载参数和厂房荷载等级，以及初步确定厂房柱基础的类型，用于指导上部

钢柱、吊车梁、屋面结构等结构类型的选型。

3.2.3 根据确定的荷载和天车参数等情况，分析对比不同类别钢结构厂房的结构选型方案差异性，着重考量每个工程项目的综合情况和参数区分度不同。对钢管混凝土格构柱结构形式、实腹式H型截面柱结构形式、型钢格构柱结构形式进行适用性分析。

(1) 公司现已建成的冶炼车间、高线车间、棒材车间、热连轧车间等，下柱均采用钢管混凝土格构柱结构形式。通过对规范和设计参数、运行工况、天车荷载等分析对比，在项目的天车起重量和厂房荷载参数、综合工况下，采用钢管混凝土格构柱结构形式能充分发挥混凝土的抗压性能和钢材的抗弯能力强的特点，提高建筑结构可靠度，可以节约钢材投资，降低工程投资，提高工程经济的性价比。同比型钢柱方案和钢管混凝土柱方案，钢管混凝土柱方案可减少单位面积用钢量至少8Kg/m²以上（已剔除钢管内混凝土部分的影响因素），工程设计方案经济性更佳。

(2) 比对主厂房钢结构设计方案。当行车起重量大于32t时，厂房下柱采用型钢格构柱耗钢量低于实腹式H型截面柱，特别是当行车轨面标高较高时。钢管混凝土柱具有强度高、重量轻、延性好等优越的性能，充分发挥了混凝土的抗压性能和钢材的抗弯能力强的特点，两者结合在一起，共同发挥作用，能大大提高构件的承载力。特别是各跨行车起重量全部都在32t以上，多台行车在50吨、100吨以上，且行车轨面标高较高运行机制在A7以上的综合情况下，钢管混凝土格构柱结构形式的可靠度和经济性优势更加突出。

(3) 施工难度方面，采用钢管混凝土柱的技术要求高，细节和节点控制点多，且构件质量要求较高，施工难度大于低等级的荷载厂房的型钢格构柱和实腹式H型截面柱，但是同比同样荷载厂房时，其难度不高于其他结构类型柱，相关混凝土质量控制难度在施工中就不突出了。

3.2.4 钢结构厂房下柱结构形式选型论证研究。通过分析新建生产线项目厂房结构参数，综合考虑耗钢量、材料价格、施工质量及进度等因素，经过与设计院联动标准榀钢架的试算结果，确定主厂房下柱结构选型为：采用型钢格构柱，同等条件下优先采用成品热轧H型钢。可节约钢材约181.8吨，节省投资，缩短工期。

一般当吊车起重量大于32t时，厂房下柱采用钢管混凝土格构柱有优势，特别是在吊车在50吨以上，吊车吨位越大优势越突出，轨面标高在15m及以下采用双肢格构柱（大于15m时单肢直径比较大，柱平面外稳定确定），15m及以上采用四肢格构柱（单肢稳定确定，减小单肢柱直径）。同时，钢管一般要求采用直缝焊管或无缝管（螺旋焊管用在结构中有争议），材料单价高，加工费用高。钢管混凝土需有经验的队伍施工，对管内混凝土质量有严格要求^[2]。

本项目各跨吊车均不大于32t，厂房轨面标高为15.5m相对较高，确定厂房下柱采用型钢格构柱，可节省投资，降低制作安装施工难度，缩短工期。

(1) 统计分析新建生产线主厂房各跨间的相关参数及起重运输设备参数。各跨间相关参数及起重运输设备运行表本项目各跨吊车均不大于32t，厂房轨面标高为15.5m，行车工作机制A5~A7之间，绝大部分在A6以下。

序号	跨间名称	跨距	长度	轴线面积	轨面标高	吊车参数			
		m	m	m ²	m	名称	吊车轨距m	数量	工作制度
1	坯料跨((1-A)-(1-B))	33	104	3432	15.5	16+16t下旋转夹钳桥式起重机	31	2	A7
2	主轧跨(C-E)	27	199	5373	15.5	32/5t吊钩桥式起重机	25	1	A5
						20/5t吊钩桥式起重机	25	2	A5
						20/5t吊钩桥式起重机	38	2	A5
3	冷床跨(B-D)	40	147	5880	15.5	16/3.2t吊钩桥式起重机	20.5	1	A5
4	精整跨(B-C)	22	199	4378	15.5	16+16t下旋转电磁挂梁桥式起重机	31	3	A7
5	成品跨(A-B)	33	220	7260	15.5	20/5t吊钩桥式起重机	31	1	A6
						32/5t吊钩桥式起重机	31	1	A6
6	轧辊加工跨(A-B)	33	110	3630	15.5				

(2) 以C列柱为例，采用钢管混凝土柱时规格为直缝电焊钢管或无缝钢管Φ500*10，重量为钢管123.2kg/m，采用型钢格构柱规格为HN500×200×10×16，重量为88.1kg/m，对比得出本项目钢管混凝土从耗钢量来说无优势，

同时钢管的价格高于型钢，钢管内还需浇灌C40高强混凝土，施工费用较高。

(3) 由于能用于本项目采用的钢管直径较小，并且管壁较薄，钢管内混凝土的浇灌质量是控制难点，容易

出现浇筑不密实、胀管、钢柱防腐二次污染等问题；浇灌过程检查较难控制，出现质量、二次污染等问题，后期处理比较困难，并且后续在钢管柱上焊接结构件，会对钢管柱性能产生影响。

3.2.5 钢结构厂房吊车梁系统结构类型选型。根据吊车的荷载参数及跨度情况，钢吊车梁选用焊接H型钢吊车梁系统，对应匹配制动系统和走道。

3.2.6 屋面结构系统的选型。分析焊接格构桁架类型（或梯形钢屋架）和变截面焊接H型钢屋面梁的工程经济性和施工难易程度。本项目的跨度大，同等跨度、荷载情况下，会造成屋面标高增加3米以上，同时上柱用钢量增多，桁架类型屋面结构用钢量大于变截面焊接H型钢屋面梁约 $4\text{Kg}/\text{m}^2$ 以上，且焊接工程量大，焊接施工吊装难度高。屋面梁选择变截面焊接H型钢形式，屋面檩条仍选择高频焊接H型钢方案。

上述设计优化实践均及时进行内外部专业论证，并与设计部门联动推动，联系沟通解决具体设计中存在的问题，有效推动钢结构主厂房建筑和结构设计的优化提升^[3]。

4 开发（研究）结果和分析

4.1 开发（研究）结果

该创新项目已经全部完成，从工程的技术经济性、技术安全、技术创新性等方面进行优化论证，该项目全面达到立项目标。

通过项目技术研究和方案论证，实现了新建项目主厂房钢结构方案设计选型优化的各项目标。

4.2 验证实验和应用结果

4.2.1 充分发挥团队专业优势，经专业论证和设计联动，依据设计规范结合项目各类参数要素推动主厂房钢结构方案选型设计的研究与论证，精益专业管理，实现了精准确定钢结构的结构设计方案、工程经济性最佳、降低工程投资及施工难度的控制目标。

4.2.2 确定厂房下柱采用型钢格构柱，节省投资，降低制作安装施工难度，缩短工期。

4.2.3 钢吊车梁选用焊接H型钢吊车梁系统，对应匹配制动系统和走道。

4.2.4 通过屋面结构的优化选型，采用变截面焊接

H型钢屋面梁结构形式，降低钢材使用量，节约工程投资。屋面檩条仍选择高频焊接H型钢方案。

4.3 在确保建筑结构可靠度的基础上，使工程经济性与实际工程项目需求相匹配，降低厂房钢结构工程投资约229.6万元，缩短工期40天，降低施工难度。

5 总体性能比较和技术创新点

5.1 通过研究规范标准和项目工艺布置及厂房钢结构情况，结合厂房各跨的天车布置和吨位等参数，充分论证优化主厂房钢结构方案设计选型，实现设计选型精准合理、工程经济性最佳、降低厂房钢结构工程投资及施工难度的控制目标。

5.2 技术研究在国内行业领域中处于领先水平，为企业同类工程建设选型论证提供了模式依据。

5.3 新建生产线项目主厂房钢结构优化论证方案均及时落实到设计图纸中，并已全面完成项目建设。

6 结论

6.1 通过项目实施和实践应用，为钢结构厂房结构选择与优化提供了行动模式参考，实现了结构安全稳定、大幅降低工程造价、缩短工期等目标。

6.2 充分发挥团队专业优势，依据设计规范结合项目各类参数要素推动主厂房钢结构方案选型设计的研究与论证，精益专业管理，准确选定钢结构的结构设计方案。

6.3 在确保建筑结构可靠度的基础上，使工程经济性与实际工程项目需求相匹配，降低厂房钢结构工程投资229.6万元，缩短工期40天，降低施工难度。

6.4 技术研究在国内钢铁行业工程建设领域中处于领先水平，实现企业专业技术自我提升，为企业同类工程项目建设选型论证提供了模式依据。

参考文献

[1]夏研.多层轻钢结构工业厂房的设计与应用分析[J].能源技术与管理,2022,47(05):159-161+175.

[2]吕鹏飞.门式刚架钢结构设计要点[J].油气田地面工程,2021,40(11):83-86.

[3]叶鑫,张议梦,张议帆,等.不同类型厂房钢结构设计方案的经济性与可行性比较研究[J].工程建设与设计,2025(13):237-239.