

石化行业钢结构框架平台梁设计、工程量优化及成本控制

刘翔宇 (中国石化工程建设有限公司, 北京 100101)

摘要: 目前钢结构平台梁设计方案中平台次梁数量较多, 导致产生较多的节点消耗更多钢材。由于平台梁布置较密则容易与石油化工管道发生碰撞等问题。本文对钢结构平台梁进行了布置优化, 对平台梁的整体稳定、局部稳定、挠度以及应力等方面进行了验证与对比, 得出更加经济、更高利用率的布置方案, 从而达到控制成本的目的。

关键词: 布置优化; 平台梁验算; 工程量优化; 成本控制

Abstract: Nowadays, the usage quantity of secondary beams is large in many design schemes leading to produce more nodes and more cost of steel. Because of dense arrangement of secondary beams, it becomes more easily to overlap petrochemical pipes. This paper optimized the layout of steel beams of petrochemical industry steel frames. The checking calculations of overall stability, local stability, deflection and stress were conducted to make comparisons among different new layout plans, which could give a more economical and reasonable layout scheme saving the cost of project.

Key words: The optimization of layout; Checking calculation of steel beams; Steel quantities optimization; Cost control

1 工程实例概况

石化行业设计中, 平台次梁间距一般取 1m-1.2m 平台主梁间距则为 2m-3m。在钢结构冷换框架设计中钢格栅板使用较多, 平台铺板的跨度影响平台梁布置。本文针对不同型号钢格栅板、不同铺板方式、不同平台梁布置方式做了对比分析。最后对平台梁布置方案及工程量进行了合理优化。文中选取某工程项目中单层框架进行分析对比, 框架结构形式为框架-支撑结构, 横梁承重体系, 钢材材质为 Q235。

2 方案布置、工程量、材料使用分析

选取石化设计行业两种常用型号钢格栅板, G255/30/50W 最大跨度为 1400mm, G325/30/50W 最大跨度为 1800mm。针对每种钢格栅板沿纵梁、横梁不同的传力方式, 平台梁采取对应不同的布置方案, 对比不同方案最终优化出一个较为经济合理的布置。

2.1 钢格栅板 G255 平台梁布置

2.1.1 铺板沿纵梁方向传力布置

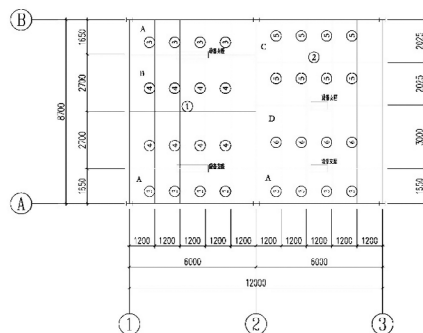


图1 G255 纵梁方向传力平台梁布置图

框架-支撑结构形式为横梁承重体系, 平台铺板最大跨度 1.4m, 考虑板的传力方向与纵向间距, 平台次梁间距取 1.2m。本层平台 B、C 区域跨中布置一道平台主梁, D 区域则不再布置平台主梁。本框架 7m 层平台梁布置如图 1 所示。

本布置方案所有型号平台梁应力、挠度、整体稳定、截面及用钢量等信息见表 1。

表 1 平台梁信息表

梁编号	梁截面	抗弯强度应力比	抗剪强度应力比	挠度 (限值) mm	整体稳定	局部稳定	用钢量 (kg)	预估价格 (元)
1	I28a	0.67	0.10	19.8 (24)	不用验算	不用验算	261	5198.64
2	I25a	0.63	0.09	21.1 (24)	不用验算	不用验算	228.6	
3	I10	0.24	0.08	1.5 (8.25)	不用验算	不用验算	224.74	
4	I10	0.65	0.13	10.8 (13.5)	不用验算	不用验算	244.08	
5	I10	0.37	0.10	3.4 (10.13)	不用验算	不用验算	183.06	
6	I12	0.54	0.08	9.27 (15)	不用验算	不用验算	168	

2.1.2 铺板沿横梁方向传力布置

受限于平台铺板最大跨度, 平台主梁间距需不大于 1.4m。平台次梁由于不受力, 截面选择最小槽钢即可, 布置间距仅需考虑主梁整体稳定。本框架 7m 层平台梁布置如图 2 所示。此布置图未布置平台次梁, 待平台主梁截面确定后由主梁截面确定平台次梁布

置。本布置方案所有型号平台梁信息见表格 2。

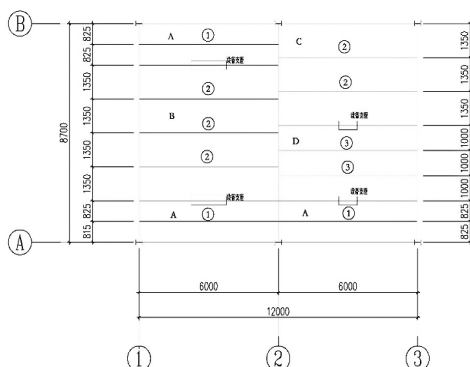


图 2 G255 横梁方向传力平台梁布置图

表 2 平台梁信息表

梁编号	梁截面	抗弯强度应力比	抗剪强度应力比	挠度 (限值) mm	整体稳定	局部稳定	用钢量 (kg)	预估价格 (元)
1	I20a	0.46	0.08	18.8 (24)	不用验算	不用验算	502.2	7265.10
2	I22a	0.57	0.09	21.4 (24)	不用验算	不用验算	993	
3	I20a	0.55	0.10	22.7 (24)	不用验算	不用验算	334.8	

由平台主梁型号可得若需满足主梁整体稳定，平台次梁为平台主梁的侧向支撑，受压翼缘自有长度为 1，需满足：

$$\frac{l}{b} = \frac{1}{100} < 16$$

则 $l < 1600\text{mm}$ ，即平台次梁间距小于 1.6m，根据图中 6m 跨度布置，平台次梁间距为 1.5m 型号为槽钢 6.3。

2.2 钢格栅板 G325 平台梁布置

2.2.1 铺板沿纵梁方向传力布置

G325 钢格栅板平台铺板最大跨度 1.8m，沿纵向平台次梁间距取 1.5m。平台主梁间距减小做优化尝试，平台 B 区域跨中布置两道平台主梁，C、D 区域跨中布置一道平台主梁。本方案平台梁布置如图 3 所示。

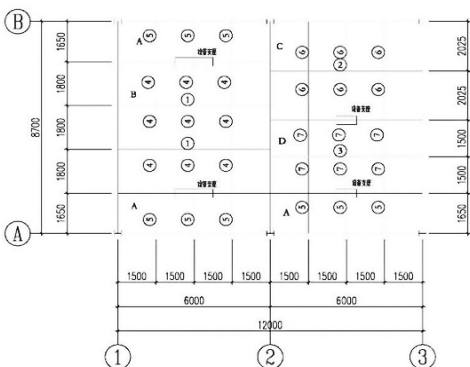


图 3 G325 纵梁方向传力平台梁布置图

表 3 G325 平台梁信息表

梁编号	梁截面	抗弯强度应力比	抗剪强度应力比	挠度 (限值) mm	整体稳定	局部稳定	用钢量 (kg)	预估价格 (元)
1	I25a	0.59	0.07	18.4 (24)	不用验算	不用验算	457.2	5852.81
2	I25a	0.66	0.08	20.7 (24)	不用验算	不用验算	228.6	
3	I22a	0.64	0.08	22.6 (24)	不用验算	不用验算	198.6	
4	I10	0.36	0.11	2.7 (9)	不用验算	不用验算	183.06	
5	I10	0.30	0.10	1.9 (8.25)	不用验算	不用验算	167.8	
6	I10	0.46	0.12	4.3 (10.13)	不用验算	不用验算	137.3	
7	I10	0.25	0.09	1.3 (7.5)	不用验算	不用验算	101.7	

2.2.2 铺板沿横梁方向传力布置

相比于 G255 钢格栅板，由于 G325 钢格栅板最大跨度为 1.8m 则平台主梁布置较为灵活。平台次梁不受力截面选择最小槽钢即可，布置间距仅需考虑主梁整体稳定。本框架 7m 层平台梁布置如图 4 所示。此布置图未布置平台次梁，待平台主梁截面确定后由主梁截面确定平台次梁布置。

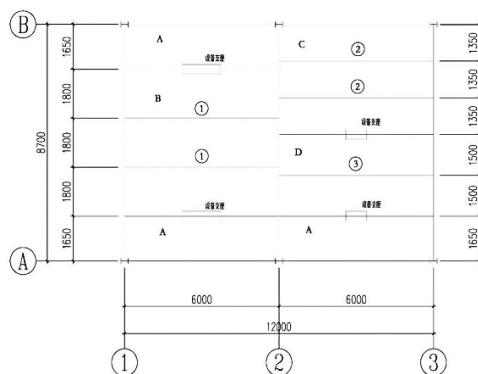


图 4 G325 横梁方向传力平台梁布置图

参考 G255 横梁传力方案计算，本布置方案所有型号平台梁信息见表格 4。

表 4 平台梁信息表

梁编号	梁截面	抗弯强度应力比	抗剪强度应力比	挠度 (限值) mm	整体稳定	局部稳定	用钢量 (kg)	预估价格 (元)
1	I25a	0.59	0.09	19.3 (24)	不用验算	不用验算	457.2	4299.51
2	I22a	0.57	0.09	21.4 (24)	不用验算	不用验算	397.2	
3	I25a	0.49	0.08	16.1 (24)	不用验算	不用验算	228.6	

由平台主梁型号可得若需满足主梁整体稳定，平台次梁为平台主梁的侧向支撑，受压翼缘自有长度为

1, 需满足:

$$\frac{l}{b} = \frac{1}{110} < 16$$

则 $l < 1760\text{mm}$, 即平台次梁间距小于 1.76m , 根据图中 6m 跨度布置, 平台次梁间距为 1.5m 型号为槽钢 6.3。

3 方案及工程量、使用材料对比分析

综合对比分析后, 对每个区域进行优化重组得出最终方案, A 区域采用 G325 横梁传力方案仅布置 3 根槽钢 6.3 梁, B 区域跨中一道平台主梁, 主梁两侧各 3 根平台次梁, C 区域同 B 区域, D 区域采用 G325 纵梁传力方案。最后优化方案如下图所示。最终方案平台梁信息表见表 5。对以上所有方案的用料汇总见表 6。

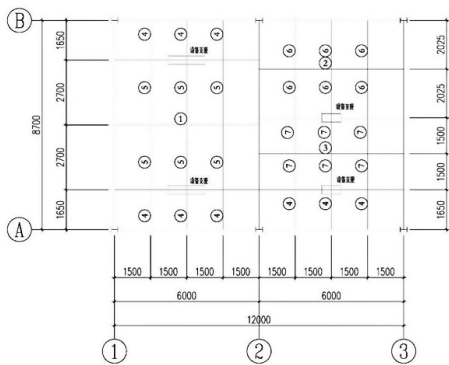


图 5 最终优化平台梁布置图

表 5 最终方案平台梁信息表

梁编号	梁截面	抗弯强度应力比	抗剪强度应力比	挠度(限值) mm	整体稳定	局部稳定	用钢量 (kg)	预估价格 (元)
1	I28a	0.70	0.09	19.4 (24)	不用验算	不用验算	261	4798.78
2	I25a	0.66	0.08	20.7 (24)	不用验算	不用验算	228.6	
3	I22a	0.64	0.08	22.6 (24)	不用验算	不用验算	198.6	
4	槽钢 6.3	不受力, 无需验算					98.5	
5	I10	0.81	0.16	13.5 (13.5)	不用验算	不用验算	183.06	
6	I10	0.46	0.12	4.3 (10.13)	不用验算	不用验算	137.3	
7	I10	0.25	0.09	1.3 (7.5)	不用验算	不用验算	101.7	

表 6 用料汇总表

方案	平台梁用钢量	节点数量	节点用钢量 (平台梁用钢量的 20% 预估)	总用钢量	预估价格 (元)
G255 纵梁方向传力	1308.48kg	68	261.7kg	1570.2kg	6233.69

G255 横梁方向传力	2176kg	116	435.2kg	2611.2kg	10366.46
G325 纵梁方向传力	1474.26kg	68	294.8kg	1769.1kg	7023.33
G325 横梁方向传力	1429kg	76	285.8kg	1714.8kg	6807.76
优化方案	1208.76kg	60	241.7kg	1450.5kg	5758.49

4 结论

通过表格 6 可以看出最终方案平台梁总用钢量为 1450.5kg , 均小于其余方案用钢量。节点数量也是各方案中最少。除此之外, 优化方案截面选择较为合理, 应力比控制在一个合理的范围内, 充分高效利用构件性能。

实际工程中, 设备梁位置一般固定, 可根据实际中不同间距布置平台次梁与平台主梁。当平台铺板沿纵梁方向传力时, 平台次梁间距 1500mm 左右较为合适, 可根据实际距离做调整, 平台次梁在跨度 2700mm 以下时, I10 截面基本满足所有要求, 平台次梁截面统一, 便于采购和施工, 平台主梁间距为 $1.5\text{m}\sim 2.7\text{m}$ 是布置较为优化的范围。部分平台区域铺板可选择横梁方向传力, 两种方式结合做到最大程度优化。

在工程项目中, 钢结构节点做法统一的前提下, 优化钢梁用量、减少节点数量, 不仅节省钢材、减少损耗、高效利用构件, 与此同时项目现场平台梁之间的较大空间可以减少管道碰撞问题, 进一步避免了钢材的浪费与返工。通过各项汇总表格的预估价格对比可以看出, 优化后的方案预估总价不仅最低, 而且为预估最高价的 55.6% , 节约将近一半的成本。钢结构节点数量较少更是便于施工, 减少人力消耗。从钢结构用量、人力费用、返工费用等方面达到成本控制的目的。

参考文献:

[1] GB50017-2017. 钢结构设计标准 [S]. 北京: 中国住房和城乡建设部, 2018.

[2] GB51006-2014. 石油化工建(构)筑物结构荷载规范 [S]. 北京: 中国石化工程建设有限公司, 2014.

[3] SH/T 3077-2012. 石油化工钢结构冷换框架设计规范 [S]. 北京: 中国工业和信息化部, 2012.

[4] 国振喜, 张树义. 实用建筑结构静力计算手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.

[5] YB/T 4001.1-2007. 钢格栅板及配套件 第 1 部分: 钢格栅板 [S]. 北京: 中国国家发展和改革委员会, 2007.