

# 长距离皮带机钢桁架结构比选及其经济性分析

胡中威 钱光浩 吕天舒

中交武汉港湾工程设计研究院有限公司 武汉 430056

DOI:10.12238/ems.v7i7.14285

**[摘要]** 通过调研大量砂石骨料长距离皮带机钢桁架结构案例,选择通廊式结构及一体式结构常用标准跨,采用 MIDAS CIVIL 有限元模型分析,在保持相同较高应力比的条件下对钢桁架杆件进行选型,从而得出两种桁架结构形式不同跨度下的结构用钢量。选择相同长度的廊道结构,结合不同跨度对钢立柱数量的影响,进一步比较廊道结构(钢立柱、钢桁架)的整体用钢量,合理确定廊道结构形式及经济跨度。

**[关键词]** 钢桁架; 通廊式结构; 一体式结构; 有限元分析; 经济跨度

近年来,我国砂石行业朝着规模化、绿色化良性方向发展,砂石开发企业也在加速向“绿色矿山、绿色基地、绿色运输体系”转变。千万吨级的砂石开发项目已不再少见,设计产能超过亿吨的超大型项目也开始涌现。

由于矿产资源分布往往与砂石骨料出口码头位置有一定距离,传统汽车运输成本高、污染大、对现状交通影响大,且难以满足大规模生产连续性运输需求<sup>[1]</sup>。长距离皮带机廊道运输系统应运而生,承担了砂石骨料从矿山生产线运往码头陆域中转堆场的任务。

长距离皮带机廊道运输系统主要包含运输皮带系统及承载运输皮带系统的钢桁架结构。钢桁架结构形式可分为通廊式和一体式两种<sup>[2]</sup>,本文在大量调研两种结构形式的运用实例,结合蕲春县彭思五岳廊道工程对上述两种钢桁架结构进行有限元计算分析,合理确定一般段廊道结构形式及其经济跨度。

## 1 项目概况

### 1.1 工程概况

本项目位于湖北省黄冈市蕲春县彭思镇。项目起点为彭思镇东侧的五岳矿区,终点为蕲春港茅山港区茅山作业区陆域中转堆场。长距离皮带机运输廊道长度约为 10.319km,廊道高度为 0~20m,年设计输送量 950 万吨。

### 1.2 主要设计荷载条件

#### (1) 风荷载

风压取值:  $0.35\text{kN/m}^2$ ;

#### (2) 皮带机支腿荷载

支腿荷载  $12\text{kN}/\text{个}$ ,支腿横向间距  $2.15\text{m}$ ,支腿纵向间距  $3\text{m}$ ;

#### (3) 人群荷载

人群荷载取值:  $2\text{kN/m}^2$ ;

## 2 两种钢桁架结构形式简介

### (1) 通廊式桁架

通廊式结构可分为两部分:一是承载主桁架、二是外封闭结构。通廊桁架为承重主桁架,为外框桁架。承载主桁架外部采用彩钢板或隔音(岩棉板)围护结构封闭,内部走皮带机,两侧设置检修通道。带式输送机支腿焊接固定在桁架底部纵向钢梁上,两侧检修通道铺设钢板作为走道板<sup>[3]</sup>。

### (2) 一体式桁架

一体式桁架可分为三部分:一是承载主桁架、二是外围护骨架、三是外封闭。承载桁架内部可直接支撑皮带机上、下托辊,省去了皮带机中间架和支腿,带式输送机位于承载桁架中心线上,两侧检修通道铺设钢板作为走道板。

## 3 结构方案比选

### 3.1 研究方法思路

选择通廊式结构及一体式结构常用标准跨,采用 MIDAS CIVIL 建立有限元模型进行计算,在保持相同较高应力比的条件下对钢结构杆件进行选型,从而得出两种结构形式不同跨度下的钢桁架用钢量。对标准跨度下的钢立柱进行计算选型,得出不同标准跨下钢立柱用钢量。选择相同长度的廊道结构,结合不同跨度对立柱数量的影响,进一步比较廊道结构(钢立柱、钢桁架)的整体用钢量,合理确定廊道结构形式及经济跨度。

### 3.2 标准段对比分析

#### (1) 通廊式结构标准段对比

根据设备厂家调研,通廊结构常用标准跨为  $18\text{m}$ 、 $24\text{m}$ 、 $36\text{m}$ 。对上部钢桁架结构按照轴心受力构件进行分析,采用 MIDAS CIVIL 建立有限元模型进行计算。模型及结果汇总如下:

表 1 通廊式结构计算结果汇总

结构形式	跨度	主桁架选型	应力验算			变形验算		单跨重量 (t)	每米重量 (t/m)
			最大应力 (MPa)	容许应力值 (MPa)	应力比	最大挠度 (mm)	挠度允许值 (mm)		
通廊	18m	HM194×150×6/9	176	215	0.82	11	45	12.78	0.71
	24m	HM194×150×6/9	166		0.77	20	60	17.8	0.74
	36m	HM244×175×7/11	175		0.81	45	90	28.8	0.80

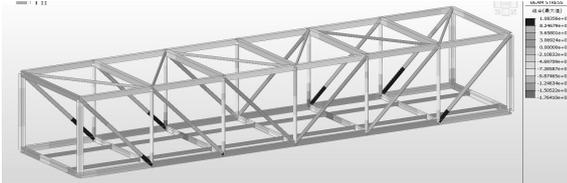


图 1 通廊式结构 18m 跨计算模型云图

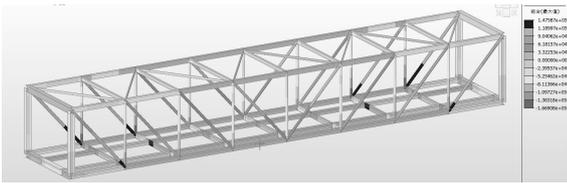


图 2 通廊式结构 24m 跨计算模型云图



图 3 通廊式结构 36m 跨计算模型云图

根据通廊结构标准化选型结果: 18m 标准跨每延米用钢量最低, 24m 标准跨次之, 36m 标准跨每延米用钢量最大。

(2) 一体式结构标准段对比

根据设备厂家调研, 一体式结构常用标准跨为 18m、24m。计算构件模型及结果汇总如下:

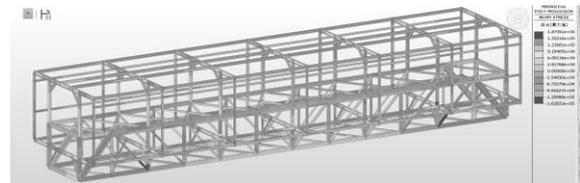


图 4 一体式结构 18m 跨计算模型云图

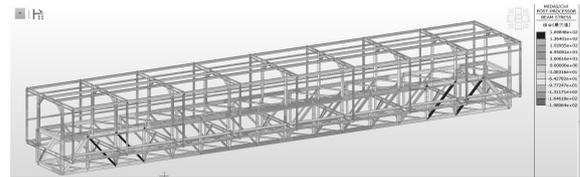


图 5 一体式结构 24m 跨计算模型云图

表 2 一体式结构计算结果汇总

结构形式	跨度	主桁架选型	应力验算			变形验算		单跨重量 (t)	每米重量 (t/m)
			最大应力 (MPa)	容许应力值 (MPa)	应力比	最大挠度 (mm)	挠度允许值 (mm)		
一体式	18m	HW125×125×6.5/9	187	215	0.87	14.8	45	11.34	0.63
	24m	HW150×150×7/10	183		0.85	30.0	60	16.13	0.672

根据一体式结构标准化选型结果: 18m 标准跨较 24m 标准跨每延米用钢量低。

(3) 钢支腿不同高度用钢量分析

对钢支腿按照压弯构件进行分析, 采用 MIDAS CIVIL 建立有限元模型进行计算。

在相同跨度、相同支腿高度条件下, 通廊结构与一体式结构的自重、上部荷载对钢立柱的受力及稳定性影响差异较小。故以通廊结构为代表, 钢立柱前后桁架跨度分别为 24m+24m、36m+36m 两种工况, 均按照本项目代表性立柱高度

(5~10m) 进行分析, 结果汇总如下:

表 3 钢支腿代表高度 (5~10m) 构件计算结果 (24m+24m)

高度	构件	截面选型	应力验算		稳定性验算			长度 (m)	合计重量 (t)
			钢支腿应力 (MPa)	容许应力 (MPa)	平面内	平面外	稳定性要求		
5m~10m	钢支腿	HN294×200×8/11	112	215	0.68	0.85	≤1	20	1.21
	剪刀撑	角钢 L50×4 (两排剪刀撑)	98					30.32	

表 4 钢支腿代表高度 (5~10m) 构件计算结果 (36m+36m)

高度	构件	截面选型	应力验算	稳定性验算	长度	合计重量 (t)
----	----	------	------	-------	----	----------

			钢支腿应力 (MPa)	容许应力 (MPa)	平面内	平面外	稳定性要求	(m)	
5m~10m	钢支腿	HN500×200×8/13	102.2	215	0.617	0.88	≤1	30	2.79
	钢联撑	角钢 L50×4 (三排剪刀撑)	100.3					47.58	

3.3 结构方案比选

(1) 通廊式结构

选取一定长度布置不同标准跨的结构方案, 进行钢结构(钢桁架及钢立柱)用钢量比选, 选择经济合理跨度作为一般段结构选型方案。

通廊式结构选用 18m、24m、36m 跨度作为标准跨度, 选取公倍数 720m 长度进行钢结构用钢量比选。

表 5 通廊式结构用钢量(钢桁架及钢立柱)对比

通廊结构	单跨桁架用钢量 (t)	单榀桁架钢立柱用钢量 (t) 采用代表性立柱高度 5~10m	720m 长用钢量 (t)	备注
18m 跨度	12.78	1.21	560.81	40×18m 跨+41 榀立柱; 18m 跨钢立柱用钢量取值同 24m 跨
24m 跨度	17.8	1.21	571.51	30×24m 跨+31 榀立柱
36m 跨度	28.8	2.79	634.59	20×36m 跨+21 榀立柱

通过造价比选, 相同结构段长度内, 通廊结构 18m 跨与 24m 跨用钢量基本相同, 36m 跨用钢量较高。根据经济性及施工便利性原则, 通廊式结构一般段选择 24m 跨度。

(2) 一体式结构段方案

一体式结构选用 18m、24m 跨度作为标准跨度, 选取公倍数 720m 长度进行钢结构用钢量比选。

表 6 一体式结构用钢量(钢桁架及钢立柱)对比

一体式结构	单跨桁架用钢量 (t)	单榀桁架钢支腿用钢量 (t) 采用代表性支腿高度 5~10m	720m 长用钢量 (t)	备注
18m 跨度	11.34	1.21	503.21	40×18m 跨+41 榀支腿
24m 跨度	16.13	1.21	521.41	30×24m 跨+31 榀支腿

通过造价比选, 相同结构段长度内, 一体式结构 18m 跨与 24m 跨用钢量基本相同。根据经济性及施工便利性原则, 一般段结构选择 24m 跨度。

同, 根据经济性及施工便利性原则, 一体式一般段结构选择 24m 跨度。

(3) 通廊结构与一体式结构段方案对比

(3) 结构跨度相同时(同为 18m 跨及同为 24m 跨), 一体式结构造价更低, 优先选用一体式结构。

通过(1)、(2)项内容造价比选, 结构跨度相同时(同为 18m 跨及同为 24m 跨), 一体式结构用钢量更低, 优先选用一体式结构。

[参考文献]

4 结语

[1] 曹玮. 钢结构通廊的设计与应用[D]. 山东: 山东大学, 2015.

(1) 同一种廊道结构形式, 跨度越小, 钢桁架用钢量越低。

[2] 李祯, 吴宝峰, 王清河. 桁架通廊和梁式通廊的技术方案比较[J]. 工程建设与设计, 2015 (5): 38-39.

(2) 考虑钢结构(桁架及钢立柱)综合用钢量比选时: 通廊式结构 18m 跨与 24m 跨用钢量基本相同且均低于 36m 跨造价, 根据经济性及施工便利性原则, 通廊式一般段结构选择 24m 跨度; 一体式结构 18m 跨与 24m 跨造价基本相

[3] 冯晓霞, 许先杰, 高雅如. 钢结构通廊的优化设计[J]. 山西建筑, 2015 (24): 45-46, 47.

作者简介: 胡中威(1989-), 男, 汉族, 湖北鄂州, 硕士研究生, 工程师, 港口航道工程。