

某带式输送机高架通廊在线封闭改造设计

周恺稜

中冶焦耐上海工程技术有限公司 上海 宝山 201900

摘要: 本文介绍了敞开式带式输送机高架通廊进行在线封闭改造设计的相关构造及计算, 主要从封闭结构、原有支架和基础的改造设计几方面进行了阐述。该项目具有新增荷载大、原有支座不适用、施工时无法停产等诸多不利因素, 通过精心设计和计算, 对通廊所承受的荷载(作用)进行了核校, 并制定了合理的构造形式, 确保在不停产的情况下现场可以顺利安装并投产, 取得了预期的效果。

关键词: 封闭; 不停产改造; 钢结构; 桁架

1 绪论

工程所在厂区位于长江三角洲冲积平原, 现场毗邻长江岸线, 易有暴雨大风天气。厂区内原有带式输送机均处于开敞状态, 虽采取了皮带罩、落料挡板等防护措施, 但在风力及雨水冲刷作用下仍存在扬尘、洒落的情况。为进一步贯彻落实《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》的精神, 传统敞开式的带式输送机已不能满足生产企业的环保要求, 因此拟对原有输送机通廊进行封闭改造, 以减少对环境的影响及运输物料的损失。

2 工程概况

2.1 原带式输送机通廊概况

经过查阅原有高架通廊的结构施工图, 其结构形式为钢结构桁架, 支座间距1710mm, 带式输送机位于桁架中部, 检修钢走台及电缆桥架由悬挑梁支撑在桁架两侧。

2.2 现场踏勘记录

- (1) 原有通廊上及有大量附属设施不可移动, 如走台、电缆桥架等, 设计中需考虑避让;
- (2) 原有通廊已出现锈蚀及变形, 不宜继续增加荷载;
- (3) 通廊周边已布置有房屋、管道支架、转运站等其它设施, 场地空间狭小, 为支架及基础的改造设计带来困难。

3 设计要求及主要问题

3.1 设计要求

- (1) 实现全封闭并考虑巡检方便: 原有通廊仅承载了带式输送机设备, 电缆桥架、巡检走台等附属设施架设在悬挑梁上, 因此需考虑采用新增封闭结构将原有设施全部包围;
- (2) 本项目为不停产在线改造, 原有通廊必须予以保留且设备运转不得中断;
- (3) 鉴于原通廊的锈蚀情况, 设计中必须通盘考虑

原有通廊和新增封闭结构的荷重。

3.2 设计中需解决的主要问题

- (1) 新增封闭结构的构造形式: 为满足在线改造要求, 新构件无法全部由工厂整体加工拼装, 部分安装工作不得不在现场进行, 因此需采取合适的构造形式及连接方式, 即节点设计至关重要;
- (2) 新增封闭结构的荷载: 现场原有通廊结构已出现锈蚀、变形的情况, 且为便于今后设备的更换, 需考虑将原有通廊、设备及巡检走台的荷载全部转移到新增封闭结构处;
- (3) 支架的改造: 由于新通廊的尺寸、竖向荷载、水平荷载相比原有结构均有较大增加, 需对原有支架的承载力进行验算并确定其改造方案;
- (4) 基础的改造: 由于通廊迎风面积的增加, 支架传至基础的倾覆力矩亦随之提高, 需对原有基础进行抗倾覆计算, 以确定是否需要改造设计。

4 通廊封闭的相关设计与计算

4.1 主要设计依据

4.1.1 原始条件及主要数据:

- (1) 基本风压: 0.5kN/m^2 (距地面10米高处), 地面粗糙度B类;
- (2) 基本雪压: 0.4kN/m^2 ;
- (3) 抗震设防烈度: 6度, 场地土类型为软弱场地土, 建筑场地类别属IV类, 设计基本地震加速度值为0.05g;
- (4) 抗震设防类别: 丙类;
- (5) 建筑结构安全等级: 二级;
- (6) 工程地质: 地基土主要为粉质粘土和淤泥质粘土, 地基承载力特征值 $f_k = 125\text{kPa}$;
- (7) 采用材料: 钢材为Q235-B, 焊条为E43型, 基础混凝土为C30。

4.1.2 通廊荷载标准值汇总:

(1) 恒荷载:

新增封闭结构自重: 5kN/m (整个通廊合计);

檩条: 0.15kN/m², 即1.5kN/m;

墙板、屋面板: 0.13kN/m², 即1.3kN/m;

原有皮带、机桥设备重: 1.5kN/m;

原有通廊桁架结构重: 2kN/m;

原有电缆桥架重: 2kN/m (作用在单侧);

(2) 活荷载:

单皮带输送物料重: 2kN/m;

巡检走台活荷载: 2kN/m², 按单侧走台宽度0.8m计, 即1.6kN/m。

4.1.3 设计荷载取值:

对于承载能力极限状态, 单侧结构竖向荷载效应设计值按基本组合取为14kN/m, 按标准组合取为10.3kN/m。

4.2 各部分结构设计

4.2.1 封闭结构设计

本次改造采用的做法为: 在原有通廊外部新增封闭结构, 作为围护构件的结构载体; 考虑到通廊的跨距较大, 新增封闭结构仍采用钢结构桁架形式。

此部分的设计内容包括新旧桁架连接构造设计、桁架横截面、立面、上下弦平面设计几部分, 是该项目所有工作的核心。

4.2.1.1 新旧桁架连接构造

新增封闭桁架就位后, 将下弦纵梁与原有通廊桁架的竖腹杆焊接, 使原通廊的荷重全部转移至新增封闭结构处。

由此, 在不影响现有输送机的生产的前提下即可实现通廊的封闭, 同时也为今后更换输送机设备并拆除原有通廊提供了方便, 做法如图-1所示:

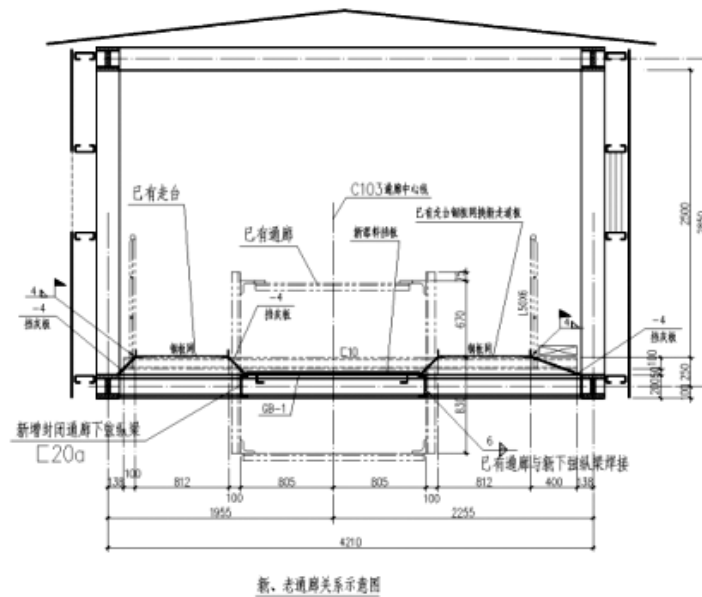


图-1 新增封闭桁架与原有通廊关系示意图

4.2.1.2 封闭桁架横截面设计:

横截面设计主要是确定通廊截面的空间布局, 即根据新增封闭桁架横截面方向的净空要求, 以确定新通廊的高度、宽度方向的尺寸。

(1) 高度方向: 根据业主单位的相关规定, 当胶带机带宽为650~1200mm时, 上弦杆件底部与巡检走台顶部之间至少需2.5m净空; 下弦杆件中心距走道板顶部250, 计入型钢高度后得出桁架上下弦杆中心距为2850mm;

(2) 宽度方向: 需考虑的内容包括已有输送机、巡检走台宽度; 同时为便于检修和维护, 需将电缆桥架也设置在封闭结构内。将上述各部分宽度相加, 得出桁架

宽度为4210mm;

4.2.1.3 封闭桁架立面设计

新增封闭桁架的高度即为上下弦杆中心距, 在前一步中已确定; 长度及倾角与原通廊相同即可。主桁架需考虑承受前述的全部竖向荷载, 轴力计算时所有杆件均采用节点铰接假定, 杆件长细比需满足《钢结构设计标准》GB50017-2017 (以下简称《钢标》) 中表7.4.6、7.4.7的相关规定, 并结合前述荷载初步确定杆件型号。本项目中上下弦杆件均采用H200X200X8X12, 腹杆采用双角钢T形截面组合。

立面图中所注桁架杆件的轴力由端斜杆和上下弦杆的

抗压(拉)承载力确定,桁架所承受的荷重取为20kN/m, 算,桁架结构的轴力包络图(单位:kN)如图-2所示: 作为详图深化节点设计的依据。通过使用PKPM软件计

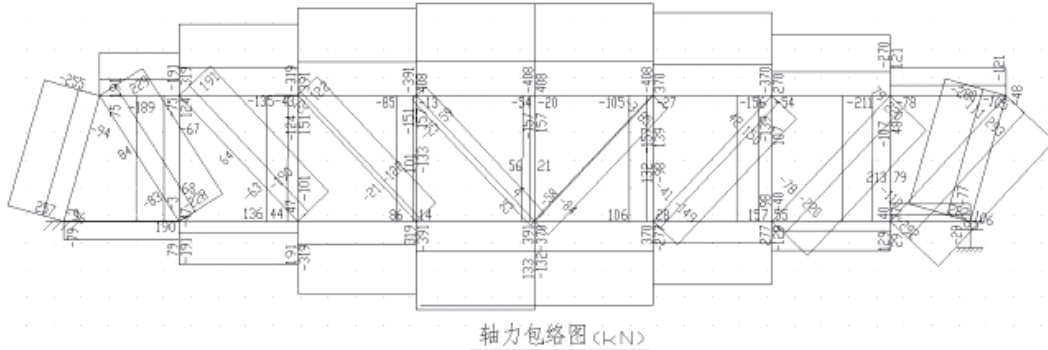


图-2 新增封闭桁架轴力包络图

4.2.1.4 桁架上下弦平面设计

此部分设计除了需考虑通廊的水平刚度,上下弦平面内均设置水平支撑之外,还需考虑通廊竖向荷载的传

递。本设计中的荷载作用在下弦纵梁处,并传至两侧的桁架。经过计算,纵梁采用H200X100X5.5X8,并设置 [20a次梁与原有通廊焊接,如图-3所示:

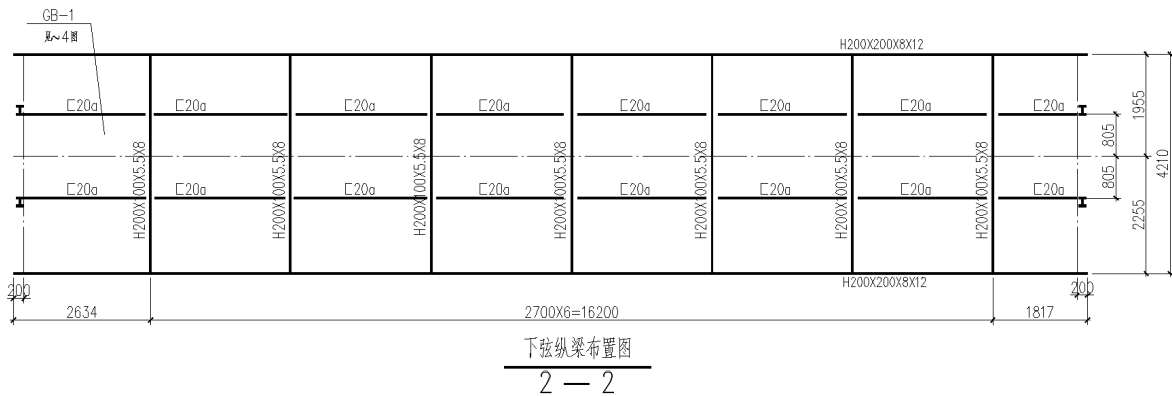


图-3 下弦杆件布置图(水平支撑未示出)

4.2.1.5 节点设计

由于新增封闭桁架上下弦纵梁的作用主要为传递垂直荷载,因此纵梁与主桁架之间的连接均采用铰结点即可。由于是不停产改造,部分构件必须现场安装,设计

方案为:新增封闭桁架主立面及上弦平面由工厂加工制作并完成焊接,整体吊装至改造完成的支座处;之后,下弦平面在现场空中安装,采用高强螺栓与桁架下弦杆相连,实现通廊的底部封闭,做法如图-4所示:

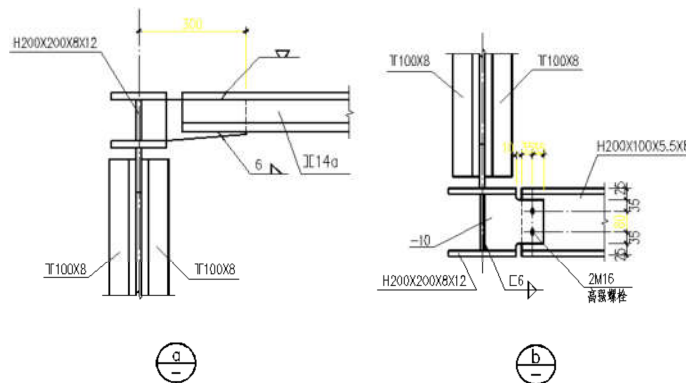


图-4 上弦、下弦连接节点(分别对应a、b节点)

4.2.1.6 结构位移计算

1) 竖向荷载作用下的位移

经PKPM软件计算,在恒、活荷载(10.3kN/m)共同作用及活荷载(3.6kN/m)单独作用下,跨中最大位移分别为16.3mm(1/1259)、7.7mm(1/2681),均满足《钢标》附录B中规定的变形容许值。

2) 水平荷载(风荷载)作用下的位移

封闭通廊桁架结构上、下弦平面在水平荷载作用下,水平方向的最大位移为1.7mm(1/12147),满足《钢标》附录B中规定的变形容许值。

4.2.2 原有支架的改造设计

本项目为在线施工,支架只可原地改造。以本项目中高度最大的GZJ-1为例,原有支架为钢结构、双立柱构造,其立柱采用的型钢为H400X200X8X13,顶部设有通廊支座,间距1710mm。

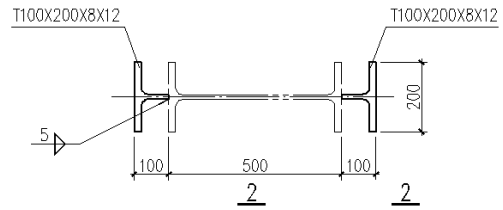
4.2.2.1 立柱加强设计

封闭改造后的通廊竖向、水平荷载均有所增加,因此一方面需对原有支架立柱的强度、稳定性进行验算,以判断是否需要加固改造

原有支架立柱稳定承载力797.6kN,通廊封闭改造后,由于竖向荷载及迎风面积增加等因素的作用,经计

算原有支架立柱的最大轴向力已增大至1352.6kN,超过其稳定承载力,因此需对原有立柱改造加强,设计方案为:在立柱两侧翼缘外侧各增设一个T100X200X8X12,以增加构件的横截面积和截面惯性矩。

经计算,加强后的立柱截面惯性矩 $I = 96391.6\text{cm}^4$,稳定承载力提高至22387.7kN,可满足改造后的承载要求,加固做法如图-5所示:。



加固做法

图-5 钢支架立柱加固

4.2.2.2 通廊支座设计

由于新增封闭桁架支座间距已增加至4210mm,本次改造设计采用了悬挑支座的构造,做法为:将原有支架顶部横梁向两端延长外悬作为支座横梁,在其上设置封闭桁架的支座,并在下部设置斜撑,将竖向力传至支撑节点处,如图-6所示:

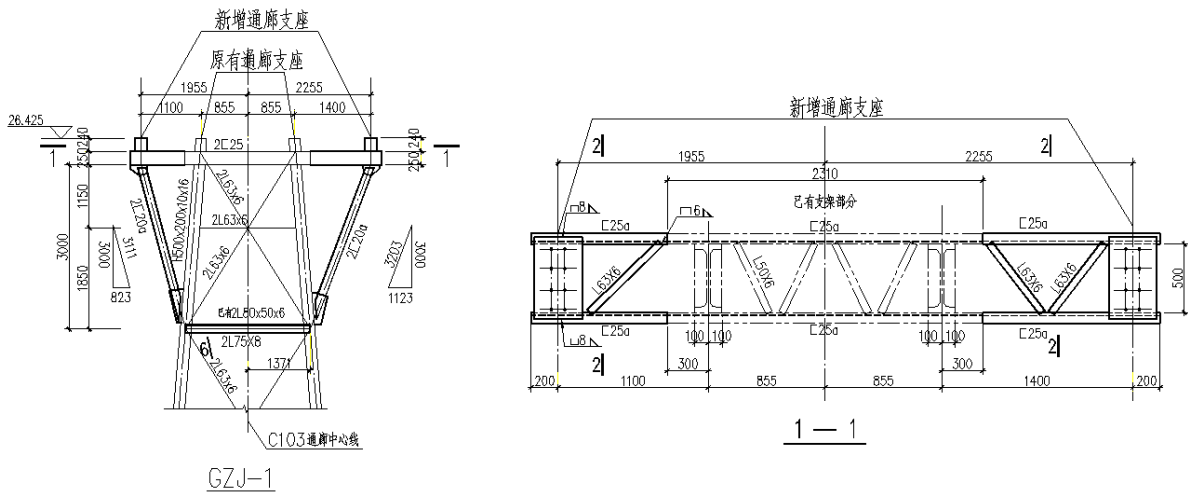


图-6 通廊支座改造

4.3 基础改造设计

原通廊采用桩基础,每侧承台下布置两个 $\phi 480$ 沉管夯扩灌注桩,桩长18米,单桩承载力特征值 $R_a = 875\text{kN}$ 。经计算,由于新通廊安装后水平荷载的增大,原基础桩基已出现拉力,不能满足改造后的承载要求。

提高基础的抗倾覆承载力的常用方法有增加基础自

重、补桩等,鉴于现场空间狭小不具备桩基施工机具的操作空间,且考虑到新通廊就位、竖向荷载增加后原有桩的竖向承载力仍有较大富余,因此该项目中采用的改造方法是:扩大原有承台体积以增加自重,提高抗倾覆力矩。

基础改造后的各项荷载计算结果如下所示:

