

摆杆输送系统出口塔结构设计分析

李 华, 王海军, 王新峰, 高超波, 王 源, 吉晓雄, 渠立源, 周 季, 陶 禹
(中国汽车工业工程有限公司, 天津 300113)

摘要: 出口塔的稳定对于摆杆输送系统的正常运行至关重要, 本文通过对摆杆输送系统出口塔的结构进行改进, 提出 3 种加固方式并通过 ANSYS 静力学分析, 给出了超高摆杆塔优化结构。该研究为超高摆杆塔的涂装车间输送系统的整体稳定运行提供了有益的方案。

关键词: 出口塔; 摆杆输送系统; ANSYS 静力学分析

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)05-0021-03

Structural Design Analysis of the Outlet Tower in the Pendulum Chain Conveyor System

LI Hua, WANG Hai-jun, WANG Xin-feng, GAO Chao-bo, WANG Yuan, JI Xiao-xiong,
QU Li-yuan, ZHOU Ji, TAO Yu
(Automotive Engineering Corporation, Tianjin 300113, China)

Abstract: The stability of the outlet tower is very essential for the normal operation of pendulum chain conveyor system, this paper improves the structure of outlet tower of pendulum chain conveyor system, proposes three reinforcement methods and carries out ANSYS statics analysis to optimize the structure of the ultra-high outlet tower. This research provides a beneficial scheme for the overall stable operation of conveyor system in painting workshop with ultra-high outlet tower.

Key words: outlet tower; pendulum chain conveyor system; ANSYS statics analysis

0 引言

汽车工艺过程中涂装是个至关重要的环节, 涂装质量不仅影响到车身外观装饰性能, 还决定了车身耐腐蚀性和使用寿命, 其工艺流程的重要性不言而喻。摆杆输送系统已广泛应用于汽车涂装生产线上, 它适用于高质量大节拍的前处理电泳生产线, 对产能的适应性较广, 20~80 JPH 均可以使用, 并能保持较高的经济性能。

出口塔作为摆杆输送系统的主要组成装置, 承受着巨大的输送链张力, 控制塔的变形对于摆杆输送系统的正常运行至关重要。本文结合实际的项目需求, 在设计过程中采用不同的设计思路对出口塔结构进行改

进, 并基于 ANSYS 软件进行静力学分析, 得到直观的结果对比及验证, 最终形成满足设计需要的优化结果。

1 摆杆输送系统及出口塔简介

1.1 摆杆输送系统简介

摆杆输送机主要由出口塔、驱动站、入口塔、输送链导向轨道、摆杆返回导向轨、输送机链条、摆杆、触头清洗装置、出入口滚床、沥水滚床、锁紧/解锁站、检查锁紧装置、电泳槽体等组成。

白车身运行到涂装车间时, 首先转接至电泳槽体上, 在锁紧工位锁紧并检查, 接着进入预清理工位, 然后运行至前处理入口滚床处, 完成与前后摆杆交接, 完成前处理各道工艺流程后, 到达前处理出口处, 在出口滚床处实现滑橇与摆杆分离, 前处理摆杆继续前行并来到返回轨道处, 在此依次返回并到达前处理入口进行下一个循环。与此同时车身在滑橇上沥水后进入电泳入口滚床处, 进行电泳工艺流程。由此, 出口塔的结构

收稿日期: 2024-07-18

作者简介: 李华(1993—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事汽车涂装线机械输送设备设计等工作。E-mail: lihua6466@chinaaie.com.cn。

构决定了整个摆杆输送系统能否平稳运行,从而影响到车身的涂装效果。

1.2 摆杆输送系统出口塔筒介

出口塔整体框架主要由方钢管组成,主要通过螺栓连接和焊接连接两种方式进行连接。横梁与塔立柱,横梁与横梁主要通过螺栓连接。塔的顶层横梁上焊接驱动站安装板,用于安装减速机、电机等设备。塔顶层横梁侧面焊接安装板,用于与轨道连接。出口段轨道通过螺栓连接在驱动装置上。二层平台上设置了滚床地脚支撑梁,用于滑橇和摆杆交接。轨道支撑梁侧面焊接有张紧装置安装板,用于安装张紧装置维修平台。

由于出口塔的结构复杂,不仅塔自身的零件较多,需要多处安装定位等,而且塔与其他装置对应连接处也较多,目前均采用三维软件进行正向设计,不仅能直观地看到塔的结构,减少设计错误,而且方便设计人员对其结构进行优化仿真,提高设计效率。

2 摆杆输送系统出口塔结构设计分析

2.1 常规高度出口塔结构分析

目前常规项目上的摆杆出口塔高度一般是 11 m 左右,主体框架由 200 mm×200 mm×6 mm 的方钢管连接而成,如图 1 所示。

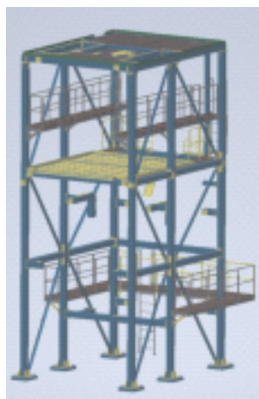


图 1 常规高度出口塔

采用某项目出口塔三维模型进行计算分析。首先对出口塔进行简化,保证仿真要求的同时,以实现网格划分、计算和仿真,本文采用去除模型中次要零部件的简化方法。主要简化的零部件包括:顶部铺板、踢脚板、二层平台接水盘、驱动维修平台、张紧维修平台、螺栓连接部件等,将此模型导入 ANSYS 中。

模型材料在建模时已经指定,型钢材料为 Q235B。划分网格时,单元尺寸设置为 50 mm,其余采用默认设置。将出口塔地脚与埋板连接处设置固定约束。

出口塔受力主要包括塔自重、驱动重量、轨道、摆杆、滑橇、车身、配重与链条张力这几方面。其中塔自重可以在三维软件中计算出来,并且在 ANSYS 分析软件

中自动加载出受力位置。驱动重量包括驱动底座装配重量、驱动电机装配重量、减速机装配重量。出口段轨道、摆杆、滑橇、车身和一半配重的重量等效至驱动底座处,摆杆、链条张力和一半配重的重量等效至轨道支撑梁处,出口段轨道处的链条张力等效至出口塔顶侧面安装板处,返回轨道处的链条张力等效至出口塔立柱相应高度处。具体受力分布如图 2 所示,塔上载荷位置与大小如表 1 所列。

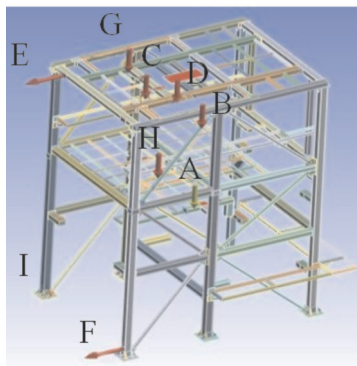


图 2 受力分布

表 1 载荷分布位置与大小

载荷序号	载荷名称	载荷位置	载荷大小/N
A	塔自重	软件中自动设置	124 890
B	驱动底座装配重量	塔顶驱动底座安装处	25 700
C	驱动电机装配重量	塔顶电机安装板	3 500
D	减速机装配重量	塔顶减速机安装板	11 170
E	塔顶侧面链条张力	塔顶侧面安装板	73 000
F	返回轨道处链条张力	塔立柱相应高度上	2 000
G	轨道+摆杆+滑橇+ 车身+一半配重重量	塔顶驱动底座安装处	34 960
H	摆杆+链条张力+ 一半配重重量	轨道支撑梁处	24 800
I	固定约束	塔地脚与埋板连接处	

仿真结果显示,此模型最大变形量 4.9 mm,位于驱动装置减速机安装板横梁处,最大等效应力值为 108.5 MPa。根据钢结构设计标准,此结构挠度允许值为 10.7 mm,刚度要求最大形变量需小于结构挠度允许值,刚度符合设计规范要求。此结构安全系数为 2.2,根据机械设计手册,强度要求安全系数 ≥ 1.5 ,符合设计规范要求。此出口塔模型,在其边界条件和加载载荷下满足刚度和强度要求。常规高度的出口塔适合采用此结构,并已应用于多个摆杆输送系统项目。

2.2 超高出口塔结构设计分析

2.2.1 常规结构的超高出口塔结构分析

鉴于某项目需求,出口塔高度为 16 m 左右,塔一

层层高 8.5 m, 主体框架由 200 mm×200 mm×6 mm 的方钢管连接而成, 如图 3 所示。从图上看一层层高较高, 底部结构较分散, 加固件较少。对此结构进行仿真分析, 模型简化-模型导入 ANSYS-材料属性-划分网格-施加载荷与约束-仿真结果, 基本流程及仿真过程中载荷位置分布与 2.1 章节一致, 载荷大小如表 2 所列。仿真结果显示, 此模型最大形变量为 18.8 mm, 最大等效应力值为 199.8 MPa。根据钢结构设计标准, 此结构挠度允许值为 15.9 mm, 最大形变量大于结构挠度允许值, 刚度显然不符合设计规范要求, 此结构安全系数为 1.2, 强度安全系数小于 1.5, 显然也不符合设计规范要求。常规结构的超高出口塔结构不稳定, 为满足设计要求需对此结构进行设计改进。



图 3 常规结构的超高出口塔

表 2 载荷分布位置与大小

载荷序号	载荷名称	载荷位置	载荷大小/N
A	塔自重	软件中自动设置	137 740
B	驱动底座装配重量	塔顶驱动底座安装处	25 700
C	驱动电机装配重量	塔顶电机安装板	3 500
D	减速箱装配重量	塔顶减速箱安装板	11 170
E	塔顶侧面链条张力	塔顶侧面安装板	108 000
F	返回轨道处链条张力	塔立柱相应高度上	6 000
G	轨道+摆杆+滑橇+车身+一半配重重量	塔顶驱动底座安装处	34 960
H	摆杆+链条张力+一半配重重量	轨道支撑梁处	26 800
I	固定约束	塔地脚与埋板连接处	

2.2.2 增加壁厚的超高出口塔结构分析

将 2.2.1 章节出口塔的主体框架改进为 200 mm×200 mm×8 mm 的方钢管, 本文在立柱为 200 mm 方钢管的基础上进行研究探讨。通过 ANSYS 仿真结果, 最大形变量为 16.7 mm, 大于结构挠度允许值(15.9 mm), 最大等效应力值为 187.9 MPa, 安全系数为 1.3,

小于强度要求安全系数(1.5)。此出口塔结构的刚度和强度均不符合设计规范要求, 增加壁厚对超高出口塔结构的稳定影响不大。

2.2.3 增加立柱的超高出口塔结构分析

在将出口塔框架改进为 200 mm×200 mm×8 mm 方钢管的基础上, 增加一组立柱, 整体结构如图 4 所示。通过 ANSYS 仿真结果, 最大形变量为 13.5 mm, 位于驱动装置减速箱安装板横梁处, 最大等效应力值 151.3 MPa, 处在型钢连接交界处, 可以考虑为型钢的应力集中, 主体框架结构受力较小。此结构最大形变量 13.5 mm 小于挠度允许值 15.9 mm, 刚度符合设计规范要求, 此结构安全系数为 1.6, 大于 1.5, 符合设计规范要求。增加一组立柱能大大改进超高出口塔的结构。

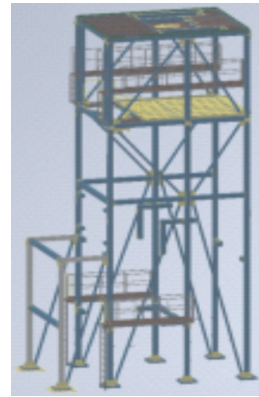


图 4 增加立柱的超高出口塔

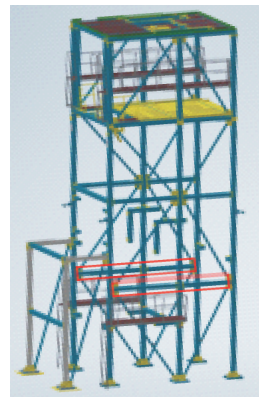


图 5 增加横梁的超高出口塔

为进一步优化结构, 提高超高出口塔的稳定性能, 在出口塔的一层塔高内合适位置处增加加固横梁, 如图 5 所示。通过仿真结果显示, 最大形变量为 9.9 mm, 形变量减小 27%, 最大等效应力值为 99.0 MPa, 安全系数增大 50%。在合适位置增加横梁, 能显著加固超高出口塔的结构。

如表 3 所列, 通过超高出口塔 3 (下转第 28 页)