

变频调速技术在带式输送机上的应用分析

刘文利 (山西潞安矿业集团慈林山煤业有限公司夏店煤矿, 山西 长治 046203)

摘要: 为了提高带式输送机运行可靠性并降低设备运行能耗, 以 1506 运输大巷带式输送机控制改造为工程实例, 对改造技术方案、现场应用效果进行阐述。结果表明, 对 1506 运输大巷带式输送机完成变频调速改造后, 输送机综合能耗降低幅度为 15%, 年可节省电费约 28.5 万元, 同时可为后续的带式输送机智能化建设提供良好条件。

关键词: 带式输送机; 变频调速; 控制系统; PLC; 电动机; 能耗

变频调速控制技术是随着变频器在带式输送机的推广应用而逐渐发展起来的新型控制技术, 具有以下主要技术优点: 可实现软启动; 解决多驱动电机功率不平衡问题; 降低电动机启动过程中对输送胶带的冲击; 提高功率因素、降低能耗等^[1-4]。现阶段部分矿井新安装的机电设备多是采用变频调速方式, 但是一些已使用多年的带式输送机驱动装置仍是采取传统的电动机 + 液力耦合器 + 减速器组合驱动方式^[5-6]。根据矿井实际情况对带式输送机驱动装置进行变频改造具有重要意义。因此, 文中以山西某矿 1506 运输大巷带式输送机改造为工程背景, 对变频调速技术改造以及应用效果进行探讨, 以期能在一定程度上提升变频调速技术在煤矿中推广应用。

1 工程概况

山西某矿生产能力为 200 万 t/a, 开采的 5# 煤层赋存条件优越, 5# 煤层厚度平均 3.6m, 埋深 310m。井下生产的煤炭经过皮带输送机运输至选煤厂进行煤炭洗选。现阶段矿井采面运输顺槽内带式输送机采用变频调速控制系统, 由于 1506 运输大巷内带式输送机已使用超过 5a, 仍为传统的电动机 + 液力耦合器 + 减速器组合驱动方式。

1506 运输大巷内布置的带式输送机长度为 1800m, 安装倾角 10.5°, 输送带宽度 1400mm, 采用 3 台型号 TE3-315L₁-4 电动机驱动, 电动机额定功率为 160kW, 额定电流、电压分别为 287V、380V, 电动机功率因数为 0.803。受到输送机控制方式影响, 输送机运行时存在设备磨损严重、液力耦合器故障率高以及多台电动机功率不平衡等问题。为了提高 1506 运输大巷内带式输送机运行可靠性及运输效率, 提出采用变频调速技术对输送机控制方式进行改造。

2 带式输送机改造方案

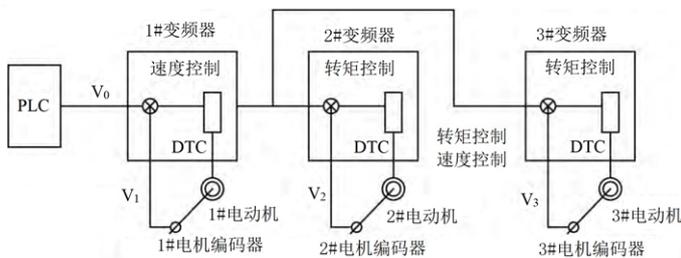


图 1 变频调速控制系统调速控制图

为了提高 1506 运输大巷内带式输送机运行效率及启动方式, 提出采用变频调速技术对带式输送机控制进行改造。改造完成后带式输送机变频器输出电流应能在 0~50Hz 范围内调整, 电动机功率因数在 0.9 以上, 较改造前电动机能耗降幅在 15% 以上。结合上述要求, 改造技术方案具

体为: 采用 1 台 PLC 控制器、1 台进线柜、3 台变频柜实现带式输送机变频控制。不仅可实现输送机多台驱动电机功率平衡, 而且可提高功率因数, 实现带式输送机远程监控等。

为了降低成本并提高控制系统运行可靠性, 本次改造采用技术成熟的设备串联控制, 从而降低外购的设备数量。1506 运输大巷内带式输送机采用 3 台电动机驱动, 其中 1# 电动机单独带动 1 个驱动滚筒运转、2#、3# 电动机共同作用带动 1 个驱动滚筒运转。在输送机运行过程中 1#、2# 电动机需保持力矩相同, 3# 电动机需保持设定的速度运转。具体变频调速控制系统调速控制图见图 1, 其中 V_0 为输送带运行速度给定值; T_0 为力矩给定值; V_1 、 V_2 、 V_3 分别表示输送带运行速度反馈值。从图中看出, 当带式输送机启动时, PLC 控制器会给 2#、3# 电动机一定的启动力矩, 并依据输送带运行速度与设定值比较结果, 调整给定力矩, 从而实现输送机的恒速运行。

将带式输送机控制方式改为变频调速方式后, 通过上位机显示屏可直观的现实带式输送机驱动电机电流、电压、转速以及转矩、变频器运行温度等参数。通过对监测数据比对, 即可掌握不同变频器以及电动机运行状态差异。具体上位机监控画面见图 2 所示。

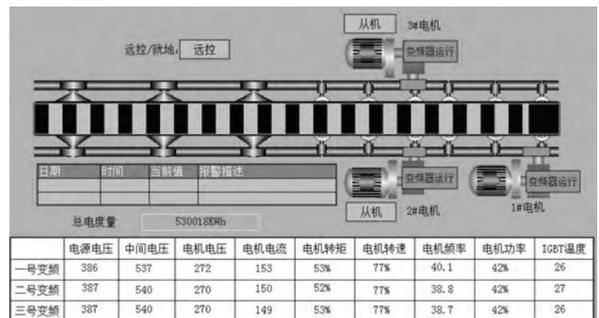


图 2 上位机监控画面

3 变频调速系统应用效果分析

3.1 现场应用效果

1506 运输大巷内带式输送机于 2020 年 7 月完成技术改造实现变频调速控制。在带式输送机运行过程中变频控制系统均可高效、平稳运行, 表现出较为显著的应用效果。改造完成后的带式输送机控制采用 PLC+ 变频控制技术, 可实现 3 台电动机同步运行, 从而有效解决电动机功率不平衡问题, 电动机电能消耗较变频调速系统应用前降低 15% 以上; 采用变频控制方式有带式输送机可实现软驱动以及软停机, 避免重载启动时给供电电网较大冲击以及输送机自身较大机械冲击问题, 可起到保护输送带、滚筒等进行一定保护。电动机功率因数得以有所 (下转第 136 页)

台缠绕管式换热器的换热面积达到了 4000m², 热端温差可以满足 20℃的换热需求; 而 5 台传统管壳式换热器的换热面积为 3644m², 热端温差为 40℃。从设备材质和质量看, 缠绕管式换热器的设备成本接近于应用前的设备成本, 投资影响不大。缠绕管式换热器为立式, 高度达到 23m。应用后, 缠绕管式换热器传热效率高, 表现优异, 实现了零的高压蒸汽消耗。

5 应用效果

缠绕管式换热器 (E-765) 应用后, 高压蒸汽加热器 (E-764) 已停用, 而且热侧的旁路阀门开度仅在 65% 左右, 换热余量充足, 说明缠绕管式换热器的换热效率非常高。

运行 7 个月以来, 高压蒸汽消耗量降为 0, 平均可节约 2000kg/h。按年操作时间 8000h、高压蒸汽单价 128.87 元/t、凝结水单价 10.62 元/t 计算, 每年可节约运行成本 (含税) = 2 × 8000 × (128.87 - 10.62) × 1.06 = 189 万元。

6 存在问题与建议

①缠绕管式换热器由于管束采用缠绕型式, 管程压降偏大, 如果管束内产生结垢, 传热系数下降后管束的清洗也比较困难, 无法采用机械清洗的方法及时处理; ②由于

(上接第 134 页) $d_2 \leq 2/3 \cdot A$, 压力低的 d_2 取较大值;

R4: 与 R2 同心, 是否加筋及加筋的宽度自定; 变形较大的隔膜室盖可以用平端面。

3 结论

以工作压力 10MPa 的隔膜室结构为原型, 通过一系列对比分析, 得出了以上的结构及尺寸优化结果。受分析软件及单元规模的限制, 应力结果不够准确, 仅能说明应力及位移变化趋势, 具体的隔膜室盖设计可以参考以上优化结果, 适当调整结构尺寸来满足设计要求。

本文优化结果未考证是否适用于低压或高压隔膜泵产品。

(上接第 132 页) 提升, 同时降低了无功损失, 提高了电动机使用寿命。同时采用变频调速控制后可为后续矿井带式输送机运输系统智能化升级创造良好条件。

3.2 经济效益

1506 运输大巷内 3 台功率 160kW 电动机综合能耗降低幅度按照 15% 计算, 带式输送机每天运行时间为 22h, 则 3 台电动机可节省电能消耗为 47520 度/月, 电费按照 0.5 元/度计算, 则每月可节省电费约 2.4 万元, 年可节省电费约 28.5 万元。同时改造完成后带式输送机驱动装置结构更为简单, 选用的设备可靠性及安全性均较高, 可明显降低作业人员后续维护、保养劳动强度。

4 结束语

随着矿井综合机械化、自动化以及智能化水平的不断提升, 带式输送机原采用的电动机 + 液力耦合器 + 减速器组合驱动方式由于启动时会给供电电网、输送带较大冲击, 同时设备可靠性不强等问题, 已不能适应矿井现代化建设。为此, 提出采用变频调速控制系统对带式输送机进行改造。

改造完成后 1506 运输大巷内带式输送机可实现软启动, 不仅可降低输送机启动时给供电电网、电动机等设备

缠绕管式换热器是焊接结构, 壳体内部检查与检修作业比较困难; ③缠绕管式换热器在裂解汽油加氢装置上的应用还是第一次, 可能还有不可预见的问题, 需要在以后的操作中不断摸索与发现。

7 结论

①缠绕管式换热器在裂解汽油加氢装置上的应用, 使得二段加氢反应流程实现了一次变革, 不仅使传统的反应流程更加简捷, 而且减少了换热器的数量, 采用 1 台缠绕管式换热器的流程, 替代了原来 5 台传统管壳式换热器的流程; ②节能效果明显。对于 1 套 70 万 t/a 的裂解汽油加氢装置, 每年可以减少 189 万元的运行成本; ③流程的简捷减少了设备的使用台数, 使装置的泄漏点减少, 装置的安全性和可靠性得到进一步提高。

参考文献:

- [1] 陈永东, 陈学东. 我国大型换热器的技术进展 [J]. 机械工程学报, 2013, 49(10): 134-143.
- [2] 闵旻. 螺旋管缠绕式换热器的特点及在电厂中的应用 [J]. 化学工程与装备, 2017, (1): 157-158.
- [3] 何文丰. 缠绕管式换热器在加氢裂化装置的首次应用 [J]. 石油化工设备技术, 2008, 29(3): 14-17.

参考文献:

- [1] 《活塞式压缩机设计》编写组. 活塞式压缩机设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1974.
- [2] 郁永章. 容积式压缩机 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [3] 成大先. 机械设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

作者简介:

李文明 (1981-), 内蒙古通辽人, 工程师, 中国有色 (沈阳) 泵业有限公司副总经理。

通讯作者:

陈扬 (1986-), 辽宁沈阳人, 高级工程师, 研究方向: 为长距离管道输送隔膜泵的设计与研发。

冲击, 而且可延长电动机、输送带等实用寿命。同时由于采用的设备可靠性性强, 技术成熟, 可明显降低后续带式输送机驱动系统维修、保养工作量及投入。

参考文献:

- [1] 蒿宇升. 变频调速节能技术在带式输送机上的应用 [J]. 机械工程与自动化, 2020(06): 200-201+204.
- [2] 宋涛. 变频调速节能控制技术在带式输送机上的应用 [J]. 机械管理开发, 2020, 35(10): 263-265.
- [3] 高鹏飞. 变频调速技术在带式输送机上的节能应用 [J]. 机电工程技术, 2019, 48(12): 209-210+247.
- [4] 苟学亮. 变频调速节能控制技术在带式输送机上的应用 [D]. 西安: 西安科技大学, 2019.
- [5] 刘夫军, 何磊. 变频驱动控制技术在煤矿井下带式输送机上的应用分析 [J]. 煤矿机电, 2018(05): 91-93+96.
- [6] 杨晋华. 变频调速技术在煤矿带式输送机中的应用及分析 [J]. 山东煤炭科技, 2017(12): 117-119.

作者简介:

刘文利 (1972-) 男, 汉族, 山西大同人, 副总工程师, 从事煤矿机电工作。