

采用变频器增大皮带机启动力矩的应用

石登超

舟山鼠浪湖码头有限公司 浙江 舟山 316281

摘要:港口干散货输送系统一般由卸船机、堆取料机、装船机与皮带机组成,是一种以连续方式运输物料的机械系统,其能力大小取决于流程中能力最薄弱的部分。当皮带机处于爬坡状态或易于积料时,其需求的启动力矩较大,如无法满足则变成系统的能力瓶颈,直接制约生产。变频器驱动电机能产生较大的启动力矩,是提升皮带机启动能力的良好解决方案。

关键词:散货;皮带机;变频器;启动力矩

1 引言

长三角及长江沿线地区是我国钢铁工业布局的重点地区,对外贸进口铁矿石依赖度高,铁矿石进口需求旺盛。某码头地处长江入海口,是铁矿石入境的深水良港,经码头中转大大降低了长江沿线及周边地区钢铁企业的运输成本。随着散货船舶吨位的日益变大,提升装

卸能力、保障干散货输送系统稳定性也变得日益重要。

2 设备缺陷简介

码头装船机设计额定能力为7500t/h,最大通过能力9000t/h。装船机的中继皮带机为两台电机通过减速箱同时驱动一个滚筒的“一滚双驱”配置,驱动结构为:软启动器+电机+液力耦合器。

| | 液力耦合器 | 电机 | 软启动器 |
|----|-----------|---|----------------|
| 型号 | 24CCKRG3 | QABP355L4A | PSTB570-600-70 |
| 参数 | 带双标准延迟充液腔 | 额定转速 1490r/min 功率因素 0.93 额定电流 556A 额定转矩 2006Nm | 额定电流 570A |

该装船机存在中继皮带机无法带3000t/h以上物料启动的情况。当以较大流量作业发生流程故障后,装船机中继皮带机无法带载启动,需派遣大量人力清理,极大的增加了故障恢复时间,严重影响生产经营。

3 改造思路

3.1 中继皮带机的特点分析

由于给装船机中继皮带机供料的地面皮带为长皮带,受惯性原因,流程故障时地面皮带机制动时间较长,导致装船机中继皮带机尾部料斗发生积料。此时装船机中继皮带机上物料重量大于作业时流量的预期重量,故装船机中继皮带机启动能力需大于额定流量的启动能力才能满足实际工况需求。

3.2 启动力矩传递的薄弱点分析

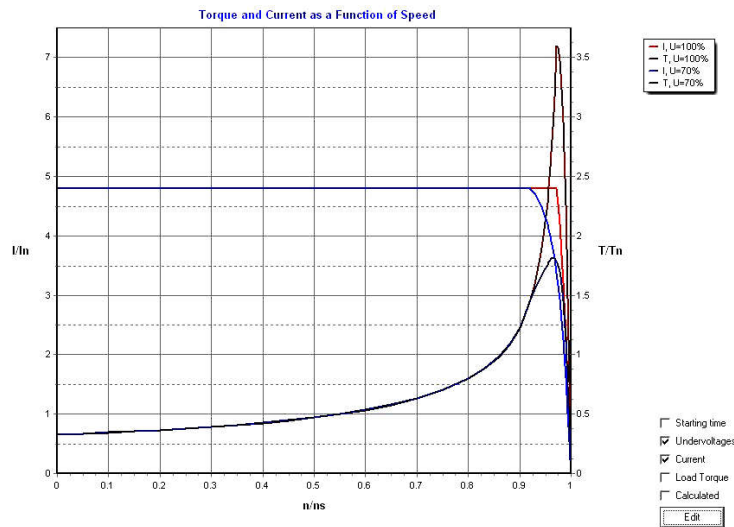
| 电机输出 | $U_0 = 50U_e$ $IMAX = 4.3I_e$ | $U_0 = 70U_e$, $IMAX = 3.5I_e$ | $U_0 = 70U_e$, $IMAX = 4.3I_e$ | $U_0 = 70U_e$, $IMAX = 4.6I_e$ | $U_0 = 70U_e$, $IMAX = 4.8I_e$ | $U_0 = 70U_e$, $IMAX = 5.0I_e$ |
|-------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0%转速 | 26% | 18% | 26% | 30% | 34% | 36% |
| 50%转速 | 37% | 26% | 38% | 44% | 47% | 48% |
| 70%转速 | 45% | 35% | 50% | 59% | 63% | 64% |
| 80%转速 | 50% | 43% | 67% | 75% | 81% | 82% |
| 90%转速 | 67% | 65% | 98% | 113% | 120% | 122% |

由于电机直接启动时会产生高达电机额定电流5-8倍的启动电流,使系统电压受到影响,并影响其他电气设备的正常工作。软启动器是一种集电机软启动、软停车和保护功能于一体的电机控制装置。液力耦合器是一种用来将电机与减速箱连接起来,靠液体动量矩的变化传递力矩的液力传动装置。原设计中软启动器与液力耦合器的组合旨在限制电流的同时,满足皮带机重载启动需求。

在软启动器+电机+液力耦合器的配置中,可调节的主要参数为软启动器的初始启动电压、启动时间、启动限制电流、电子脱扣曲线。

通过电机性能特性与软启动器启动过程模拟,电机的转速与初始启动电压启动限制电流的关系如下:

(U_0 —软启设定初始电压, U_e —额定电压, $IMAX$ — 最大电流倍数, I_e —额定电流)



$$U_0 = 70U_e, IMAX = 5.0I_e$$

各皮带流量情况下所需要液力耦合器传递功率如下表

| | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 负载要求 | 空载 | 1000T/H | 2000T/H | 3000T/H | 4000T/H |
| 需要功率 | 40KW | 85KW | 130KW | 180KW | 227KW |
| 负载要求 | 5000T/H | 6000T/H | 7000T/H | 8000T/H | 9000T/H |
| 需求功率 | 277KW | 328KW | 380KW | 430KW | 485KW |

单个液力耦合器 (24CCKRG3) 在各规定转速情况 下能传递输出的功率表

| | | | | | | |
|-----|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 转速 | 750RPM | 900RPM | 1050RPM | 1200RPM | 1350RPM | 1470RPM |
| 百分比 | 50%额定 | 60%额定 | 70%额定 | 80%额定 | 90%额定 | 98%额定 |
| 功率 | 90KW | 135KW | 167KW | 210KW | 250KW | 325KW |
| 百分比 | 29% | 43% | 53% | 67% | 79% | 103% |

考虑到液力耦合器在高转差率下的效率, 经仿真, 需启动限制电流 $IMAX > 5I_e$ 才能满足额定7500t/h的启动需求。但因装船机变压器容量限制, 当电机启动电流为5倍时, 变压器理论压降大于11%。在实际现场试验中, 当 $IMAX = 4.3I_e$ 的情况下, 皮带机启动时变压器的压降变化已导致部分照明设备熄灭, 存在安全隐患。因此在不改变机械配置与供电条件的情况下, 无法通过大幅提高软启动器启动电压和限制电流提升中继皮带机启动能力。

3.3 改造方案

通过对原配置的分析与实验可知, 软启动器无法在限流值较低时提供足够大的启动转矩使该型号液力耦合器达到预定转速并带动额定负载的皮带机。为解决这直接制约生产的瓶颈问题, 提出了三种增大启动转矩的改造方案: (1) 优化机械配置, 调整电机与液力耦合器型号; (2) 采用高压电机直接启动; (3) 采用变频器替代软启动器。经过对各方案采购周期、成本与施工时间

的综合考量, 采用变频器替代软启动器的方案因采购周期较短、现场施工时间最短等优点更符合现有的运营实际, 成为改造的主要方向。

与软启动器限流限力矩的启动方式不同, 变频器具有更强的启动能力:

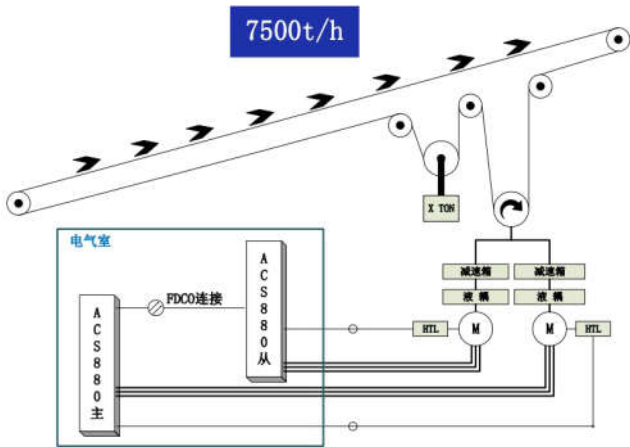
◆过载能力: 150% (1min/5min), 200% 2s。

◆控制方式: V/F控制模式, 开环矢量控制模式, 闭环矢量控制模式。

◆启动转矩: 150%/3Hz VF控制
200%/0.3Hz 开环矢量控制
200%/0Hz 闭环矢量控制

能满足皮带机带额定负载启动的需求。

本方案采用2台高性能矢量控制型变频器替换装船机下部电气房中继皮带驱动柜内的两台软启动器。变频器采用直接转矩控制 (DTC), 两台变频器构成主/从模式, 通过在电机上加装的HTL编码器采集电机速度, 配合现有控制系统完成所有的工艺控制和保护功能。



变频器控制要求:

- (1) DTC控制、主/从模式
- (2) 20s长加速时间
- (3) 使用DI控制,
- (4) 提供速度反馈

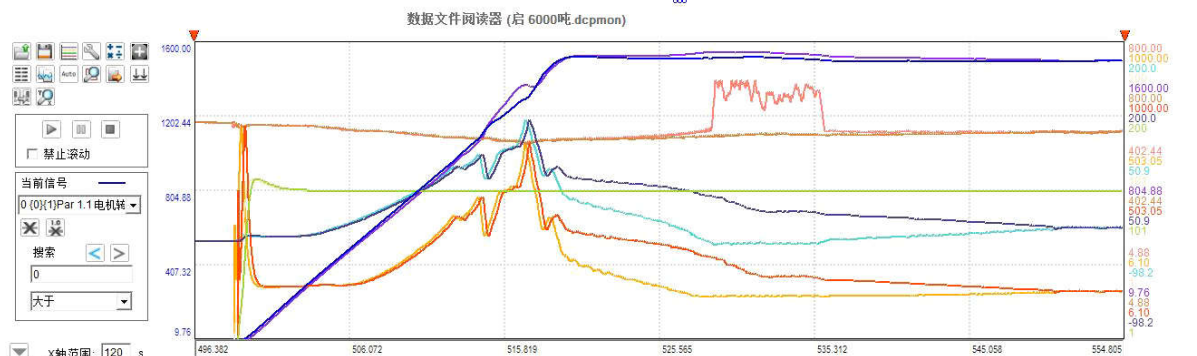
3.4 改造结果

变频器替代软启动器的方案顺利完成并进行了重载测试, 结果如下表:

通过重载实验证实变频器驱动能满足中继皮带机带6000t/h物料启动, 同时启动转矩余量较大能满足更大流量带载启动的需求(实际生产过程中发生过成功启动10000t/h冲击流量的事件)。

| 皮带带载情况 | | 启动电流达到峰值 | 液耦启动 | 液耦稳态 | 皮带稳定 |
|---------|----------|----------|--------|---------|---------|
| 空载 | 时间 (s) | 0.44 | 7.24 | 11.82 | 22.77 |
| | 电流(A) | 719.71 | 182.88 | 185.74 | 173.44 |
| | 转速 (rpm) | 3.25 | 495.31 | 837.83 | 1495.01 |
| | 转矩 (%) | 4.8 | 16.5 | 22.2 | 16 |
| 6000t/h | 时间 (s) | 0.43 | 13.76 | 19.43 | 20.35 |
| | 电流(A) | 719.29 | 419.7 | 373.78 | 343.24 |
| | 转速 (rpm) | 4.03 | 960.87 | 1426.29 | 1495.47 |
| | 转矩 (%) | 4.7 | 74.5 | 65.7 | 58.9 |

| 名称 | 记录笔 | 可见 | 插码 | 轴比例 | 最小值 | 最大值 | y1 | y2 | y2-y1 | x2-x1 | 报警下限 |
|----------------------------|-----|-------------------------------------|---------|-------------------------------------|--------|---------|----|---------|-------|-------|----------|
| (0)(1)Par 1.11 直流电压 (V) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.00 | 800.00 | - | 560.79 | - | - | 0.00 |
| (0)(1)Par 1.7 电机电流 (A) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.00 | 1000.00 | - | 167.77 | - | - | 0.00 |
| (0)(1)Par 1.10 电机转矩 (%) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | -100.0 | 200.0 | - | 12.9 | - | - | -1600.0 |
| (0)(1)Par 1.24 实际磁通百分比 (%) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | 0 | 200 | - | 100 | - | - | 0 |
| (0)(1)Par 1.11 电机转速 (rpm) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.00 | 1600.00 | - | 1496.43 | - | - | -3000.00 |
| (0)(1)Par 1.11 直流电压 (V) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.00 | 800.00 | - | 561.43 | - | - | 0.00 |
| (0)(1)Par 1.7 电机电流 (A) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.00 | 1000.00 | - | 167.34 | - | - | 0.00 |
| (0)(1)Par 1.10 电机转矩 (%) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | -100.0 | 200.0 | - | 13.9 | - | - | -1600.0 |
| (0)(1)Par 1.24 实际磁通百分比 (%) | | <input checked="" type="checkbox"/> | FFFFFFF | <input checked="" type="checkbox"/> | 0 | 200 | - | 100 | - | - | 0 |



带6000t/h物料启动时的波形数据

4 结语

本次改造成功的解决了装船机中继皮带机无法带3000T/H以上物料启动的问题, 中继皮带机启动能力满足其最大通过能力9000t/h, 完全满足了码头出场与直装流程的生产工艺需求。

参考文献

[1]王继玲.变频技术在矿用皮带运输机调速系统中的

应用.现代矿业.2015,31(12).

[2]刘进涛.浅谈变频器在带式输送机中的应用.科技风.2016(19).

[3]荆戈.煤矿皮带机变频技术改造.机械管理开发.2017,32(09).