

聚合装置出料泵变频调速系统的增容改造

宋万清

徐 刚

(上海工程技术大学电子电气工程学院, 上海 201620) (江苏仪征化纤集团公司工程塑料厂, 扬州 211900)

摘要 总结了聚合装置出料泵变频调速控制系统增加熔体过滤器之后能提高产品质量、产能可提高到 120%、并能在满负荷下长时间稳定运行的增容改造情况。重点介绍了控制系统主电路和控制电路的设计、电机和变频器的选型、变频器的安装与调试过程, 并对如何提高变频器抗电网波动能力进行了探讨。

关键词 聚合装置 变频器 变频电机 齿轮泵 增容改造

在液相聚合装置终缩反应后的熔体由圆盘反应器下方的出料齿轮泵送到熔体过滤器滤除杂质, 再到铸带头挤成料条, 经脱盐水冷却固化后由切料机切粒, 主要流程为: 经圆盘反应器、出料齿轮泵、过滤器、铸带头到切料机。齿轮泵依靠齿轮相互啮合过程中引起的工作空间容积的周期性变化实现熔体的输送。泵的转速决定了反应器的出料速度和装置产量, 主要受对苯二甲酸 (PTA) 的流量所控制。切料机速度动态匹配出料速度, 保证正常生产且使切片外观符合要求。

当初引进 2 万 t 聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 装置时未设计安装过滤器, 因此使产品质量受到影响。后来安装上过滤器运行一段时间后, 过滤器的过滤能力逐渐下降, 在 50%、75% 负荷下熔体泵电机的功率还能满足生产需求, 但是, 当负荷达到 100%、粘度达到 1.00 dL/g、泵出口压力不到 7 MPa、过滤器压差约 5.5 MPa 时, 电流已经明显超过额定值 28.5 A, 导致变频器保护动作。齿轮泵负荷也随之增加, 过滤器使用周期仅 5 d 左右, 泵的出口及过滤器压差逐渐上升, 到达规定压力后必须及时切换、清洗过滤器以保证产品质量。频繁切换、排废清洗, 严重影响生产, 经济损失也大。为了确保 100% 负荷的稳定正常运行及增容 20% 的需要, 增加熔体输送泵电机功率已迫在眉睫。

选定的工艺条件为: 温度 248℃, 粘度 0.75 ~ 1.05 dL/g, 负荷 50% ~ 130% 即 1 250 ~ 3 250 kg/h, 过滤器压差 10 MPa, 1481P01 熔体泵最大出口压力 12 MPa。

对于增容改造项目, 首先应尽可能利用现有资源, 优化系统运行。该装置中央控制采用 Honeywell TDC3000X DCS, 因此出料泵变频调速系统也由 DCS 控制。出料泵转速主要受 PTA 流量、圆盘反应器液位等工艺参数的影响。

笔者试图通过对聚合装置出料泵变频调速系统增容改造项目的总结, 为其它通用设备的改造提供一些经验和借鉴作用。

1 齿轮泵电机功率的推算^[1,2]

由于齿轮泵缺少结构参数, 无法进行精确计算。经与制造厂家、设计单位进行交流, 对现行使用的齿轮泵的运行参数进行实测, 求出总效率。

齿轮泵损耗功率的分析应进行下列计算。

1.1 齿轮计量泵驱动功率的计算

齿轮计量泵输送熔体所需的功率用 (1) 式计算:

$$N = N_y + N_j + N_R + \sum N_{vi} \quad (1)$$

式中: N_y ——有效功率, 是泵输送熔体的进出口压差与单位时间熔体体积流量之积;

N_j ——克服轴密封、齿轮啮合等处摩擦损耗的功率;

N_R ——熔体漏流损耗的功率;

$\sum N_{vi}$ ——被输送熔体在齿轮泵内各间隙中剪切摩擦损耗的功率。

1.2 有效功率计算

有效功率为泵输送熔体的进出口压差与单位时间熔体体积流量之积。

$$N_y = Q \cdot n \cdot \Delta p \cdot 10^{-6} \quad (2)$$

式中: Q ——熔体流量;

n ——熔体泵转速;

Δp ——熔体泵进出口压差。

1.3 机械摩擦损耗功率计算

计量泵相当于圆柱齿轮传动, 而且计量泵各零件的制造精度很高, 泵中的熔体起着一定的润滑作用, 在正常工作的情况下, 机械的传动效率应较高, 一般 $\eta_f = 0.97 \sim 0.98$ 。

1.4 熔体漏流损耗功率计算

$$NR = (Q_1 + Q_2 + Q_3/2) \cdot \Delta p \quad (3)$$

式中: Q_1 ——齿轮顶面与腔室之间隙的漏流量;

Q_2 ——齿轮侧面与腔室壁之间隙的漏流量;

Q_3 ——驱动轴与腔室壁之间隙的漏流量。

从工艺角度考虑漏流造成的损耗功率时,由于泵的出口压力增加,泵的效率会有所下降。根据外方提供的熔体出料泵出料量与出口压力、熔体粘度、温度之间的经验公式,计算出在 130% 生产负荷、特性粘度为 1.05 dL/g 条件下,熔体泵出口为常压和 12 MPa 时对应的转速分别 75.0 r/min 和 77.1 r/min,相差仅 2.7%,对计算和选型影响不大,故可以忽略不计。

1.5 齿轮计量泵各间隙中剪切摩擦损耗功率计算

各间隙主要包括:①齿轮顶面与腔室之间的间隙;②齿轮侧面与腔室之间的间隙;③驱动轴与腔室之间的间隙;④从动轴孔与固定轴之间的间隙。

由于缺少齿轮泵的数据,无法计算。但间隙中的剪切功耗在总功耗中所占的比重较大,特别是齿轮侧面与腔室壁之间的剪切功耗更为突出。

在粘度 1.05 dL/g、负荷 130%、进口压力 12 MPa 时,有效功率为 10.8 kW。取总效率为 0.348,则总功率是 31.03 kW。

2 电机选型^[3,4]

根据原设计的熔体粘度为 1.05 dL/g、负荷为 130%、过滤器压差为 10 MPa、泵出口压力为 12 MPa 计算增容后泵的转速(最高、最低)和转矩(起动、运行、加速、尖峰),首先确定机械要求的最大输入功率 $P = \frac{n \times T}{9550}$ (kW),然后参考减速箱的变比、效率等选择电机的极数和额定功率,要求工频转速处于调速范围的适当位置,尽可能发挥电机能力。

2.1 设备选型

根据计算并留有余量,选择额定功率 37 kW、变频范围 20 ~70 Hz 的电机符合使用要求。其额定转速为 1 800 r/min,根据公式 $M = 9.55P/n$,可以计算出电机的额定输出扭矩为 198 N·m。在负荷 50% ~130% 时,要求电机转速为 723 ~1 880 r/min,频率为 24.1 ~62.7 Hz。在这个频率范围内变频电机能够在较好的工作状态下运行。

根据查阅吉玛资料, 齿轮泵的最大扭矩为 $12.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

额定功率为参考,顾及长期运行电流和短时最大电流。同样条件下,电机在变频器供电时的电流要比电网供电时大,所以按照变频器输出功率和额定电流稍大于电机功率和电流的原则来确定变频器的容量。不同厂家对变频器容量的标法有所不同,因此变频器容量与电机功率之比并不统一。若变频器容量小了,则不能满足要求,而大了则增加高次谐波。

作为工程型变频器, Siemens 公司的 6SE70 具有抗干扰能力强、保护功能好、起动转矩大、过载能力高等特点。零速起动转矩 150%, 允许 150% 额定电流运行 60 s、200% 额定电流运行 3 s。MM4 通用型变频器可以说是 6SE70 的简化型, 具有较高的性能价格比。除了功能、性能较 6SE70 差之外, 在元器件选用时余量太小, 耐压、耐温、抗电流冲击能力不够, 实际应用中发现問題较多。考虑到出料泵在装置中的重要性, 而且没有在线备台, 故应选择更加稳定可靠的 6SE7027-2ED61 工程型变频器。输入为 380 ~480 V、79.2 A、50/60 Hz, 输出为 0 ~380 ~480 V、72 A、0 ~500 Hz, 可满足使用要求。

2.2 主回路电路设计

主回路的设计如图 1 所示,元器件的选型应严格参照样本进行。

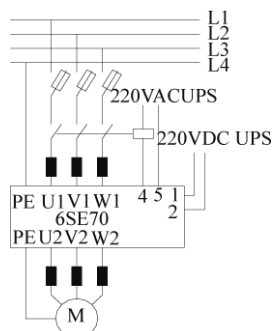


图 1 主回路控制电路

(1) 端子排 X9 用于外部辅助 DC24V 电源和控制主接触器, 只起停电隔离作用, 不应频繁开关冲击变频器。接触器线圈必须并联 RC 电路, 以有效抑制接触器得电时的干扰。

(2) 变频器到电机的动力电缆建议选用屏蔽电缆,可以减少电磁辐射和漏电流。如果电缆长度超过变频器允许的输岀电缆长度,低速运转时电缆的电压降会导致转矩不足,此时必须配置输岀电抗器。

(3) 变频器选用 SITOP 快速熔断器, 同时保护线路和半导体器件。

(4) 该电路没有热继电器,电机通过变频器加以保护。除了过流保护外,6SE70 具有热保护功能,

可通过设置电机发热时间常数和电机辨识, 模拟电机温升曲线, 实现过载保护。

(5) 进口电机大多装有热敏电阻, 通过电路实现温度保护。可在电机订货时要求厂方对电机采取更为先进的温度保护, 即制造电机时在定子的三相绕组内分别预埋 PT100 温度传感器, 通过 DCS 可以分析、发现异常, 相应处理。

2.3 控制电路设计

控制电路需要实现的功能为: ① DCS 启动、停止、给定; ② 现场按钮启动、停止; ③ 变频器运行、故障信号送 DCS; ④ 变频器频率、电流运行参数送 DCS; ⑤ 电机温度、齿轮泵转速送 DCS; ⑥ DCS 软件联锁、变频器硬件联锁; 熔体泵压差、电机温度联锁。

6SE70 的 CUV C 主板端子排包括开关量 X101、模拟量 X102、脉冲编码器和串行接口, 共有 4 个双向开关量输入和输出、3 个开关量输入及 2 个模拟量输入、2 个模拟量输出, 都具有可自由编程定义的功能。6SE70 可以通过变频器操作面板、开关量固定多速、模拟量给定和通讯控制 4 种方式实现变频调速, 视实际情况选择了 DCS 和操作面板两种方式。变频器的控制信号如图 2 所示。

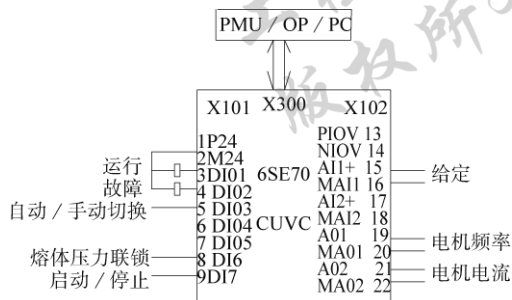


图 2 变频器控制信号

需要重视的是, 应先启动冷却风机, 再启动主电机。因此设计了如图 3 所示的电路, 以保证冷却风机与变频电机同时运行, 在风机跳闸的同时停泵, 充分保护电机。

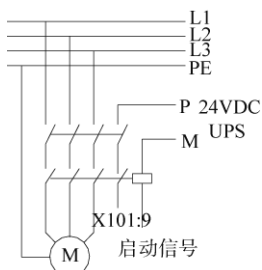


图 3 冷却风机电路

3 安装、调试^[5,6]

该变频系统的安装充分利用已有的变频控制柜

14P08、14P09 的空间。控制柜顶部出风口要安装防护盖, 高度要合理, 不影响出风。所有风口和电缆孔一定要安装防护网, 防尘、防鼠。

动力电缆与信号电缆要分开敷设, 避免与其它电缆长距离平行走线, 模拟信号和数字信号电缆应分别屏蔽和走线。如果信号电缆和动力电缆交叉, 应尽可能按 90°角交叉。必须用随机配套的夹子将动力电缆和信号电缆的屏蔽层固定到安装板上。

调试工作分成两个阶段: 一是对变频器进行矢量控制的参数设置, 实现设计的控制、调速功能, 单机试运行; 二是 DCS 控制、系统联调, 检查是否满足实际生产要求。

由于参数设置过程中电机得电转动, 上电前, 除控制柜和变频器外, 必须仔细检查电机和机械情况, 避免设备损坏和人身事故。

变频器参数的优化设置是充分发挥变频器功能的保证。6SE70 的参数设置过程比较复杂, 其丰富的控制功能是由 EPROM 中的功能块完成的, 这些功能块的输入、输出可通过特有的连接器和参数自由组合。

调试采用 Windows 版本的 Simovis 软件, 也可以使用变频器的 PMU 或 OP1S 操作面板。Simovis 使用 USS 协议, 通过 PC 的 COM 直接与 PMU 的 RS232 点对点通信, 也可以通过 RS485 总线方式最多连接 31 套变频器。

首先需要手工设置部分参数, 变频器会辨识自动生成有关参数, 此时 6SE70 执行固化的子程序, 输出各种电压、电流信号, 再对采样数据计算处理可完成自动参数设置、静态电机辨识、空载测量和调节器优化, 得到精度较高的电机参数, 建立电机模型。

参数设置应按流程恢复到出厂时的设置。待设置完成后, 还需按照设计功能设置相关参数, 如输入输出等。6SE70 具有非常重要的参数化端子功能, 即开关量和模拟量的输入、输出, 采用参数定义的办法赋予不同的功能。目前越来越多的变频器采用了端子参数化设计。例如, 需要两套参数分别实现 DCS 控制和变频器面板控制, 即以自动/手动切换。在上述的电路设计时安排端子 DIO3 控制切换, 只需将代表 DIO3 的开关量连接器 B0014 赋予负责该功能的参数 P590 即可。

在调试过程中应注意以下问题:

(1) 标准电流信号 4 ~ 20 mA 并不是 6SE70 默认的。除了参数相应修改外, 还需要更改主板跳线。

(2) 电流、频率、电压等参数设置时,有的是有单位的,有的是百分比,需要仔细区分。

(3) P071 输入电压用于直流母线电压保护的计算。

(4) 应同时修改 DCS 有关点的量程、报警值等。

(5) 变频器的开关输出负载能力只有 20 mA,负载大时输出电压只有不到 20V,选用继电器时必须保证工作可靠。

4 结语

上述技术改造共投资 8 万元,其结果不仅达到了在设备原产能的基础上能 120% 满负荷运行,提高了产品产量,而且产品质量得到改善,泵的出口及过滤器压差稳定,连续运行 6 个月才清洗一次过滤

器,在目前工程塑料原料看好的市场价格下产生了巨大的经济效益。

参考文献

- [1] 张瑞平,许智丰,姜际昭,等. 聚酯生产设备[M]. 南京:东南大学出版社,1991.
- [2] 胡崇岳. 现代交流调速技术[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [3] 西门子电气传动有限公司. Simovert Masterdrives 矢量控制使用大全[M]. [出版地不详]:[出版者不详],2000.
- [4] 周志敏,周纪海. 变频调速系统设计中的问题分析[J]. 变频器世界,2004(10):43-45.
- [5] 方攸同,陆俭国,魏世泽,等. 变频器供电对异步电机绝缘系统可靠性的影响[J]. 电工技术杂志,2000(7):1-3.
- [6] 刘汝发. 电网瞬间停电对变频器的影响及其对策[J]. 电世界,1998(11):12-13.

INNOVATION OF INVERTER CONTROL SYSTEM OF DISCHARGING PUMP IN POLYMERIZATION EQUIPMENT

Song Wangqing

(College of Electron and Electric Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Xu Gang

(Engineering Plastics Plant, Sinopec Yizheng Chemical Fibre Co. Ltd., Yangzhou 211900, China)

ABSTRACT The innovation that adding melt filter to inverter control system of discharging pump in polymerization equipment can improve the output and increase the capacity to 120% is summarized. After innovating, the equipment can run in long-term stable status under full load. The design of main circuit and control circuit of the control system, the selection of motor and inverter, inverter installation and debugging process, and how to improve the capacity of resistance to power fluctuations are presented in emphasis.

KEYWORDS polymerization equipment, inverter, variable frequency motor, gear pump, innovation

北京推出透明隔热涂料

建筑物门窗玻璃、顶棚玻璃、汽车玻璃和船舰玻璃对可见光的透过性有较高的要求,因为采光时需要在可见光透过的同时,太阳光热量也随之传递,这样对室内热环境和空调制冷能耗影响很大,玻璃门窗的隔热保温刻不容缓。

由北京国邦技术发展中心推出的一种应用于玻璃的既透明又隔热的无机纳米专用涂料对太阳光谱具有选择性,在玻璃表面形成 10 ~20 nm 的涂膜,玻璃的可见光透过率仍高达 75%,红外热屏蔽率达 72%,不但保持原有玻璃的透明性,而且能有效隔绝太阳光的红外热辐射,使室内外温差相差较大,同时还能阻挡室内热能通过玻璃传导外泄,达到‘夏凉冬暖’的节能效果。

该产品选用纳米无机材料,具有优异的耐老化、耐沾污、自洁、防静电、防眩光、防辐射等功能,有着良好的市场开发前景。

(中塑机)

超级阻隔性 BOPET 薄膜能替代玻璃

在前不久于布鲁塞尔举办的阻隔性薄膜和立式蒸煮袋会议上,德国 Fraunhofer 工程研究院展示了含有机/无机复合阻隔材料的新材料 Ormcers。这是一种由亚微米层厚的有

机阻隔材料和无机阻隔材料复合于 BOPET(双向拉伸聚酯)基材的新材料,具有高的气体和湿气阻隔性,据称可代替玻璃。

Ormcers 是通过辊涂工艺在 BOPET 薄膜表面先涂覆 100 ~1000 nm 厚的有机改性陶瓷,这种有机陶瓷是用有机交联剂交联的网状二氧化硅,然后再与 20 ~100 nm 厚的无机氧化铝或二氧化硅复合而得到超级阻隔性薄膜。此种由 Fraunhofer 工程研究院与奥地利 Isovolta 公司合作开发的超级阻隔性 BOPET 薄膜,膜厚 12 μm。Isovolta 公司计划在今年下半年工业化生产这种薄膜,替代玻璃用于小型光电电池。

(工塑)

改善滚塑复合材料的创新技术

美国知名的塑料复合材料供应商 A. Schulman 通过自开发的一项命名为‘快速高品质制品(BPF)’的创新技术,改善了滚塑成型用的现有复合材料。这种重新设计的材料与传统的复合材料相比,能以更快的速度使制品达到最佳的物理性能。例如用 BPF 技术增强的材料达到其最佳固化速度要比标准方法快 30%。此外,材料的冲击强度、拉伸强度、断裂伸长率和弯曲强度等性能也得到提高。(Specialchem)