

# 变频调速技术在内冷低压供水系统中的应用

胡 俊

(贵州轮胎股份有限公司, 贵州 贵阳 550008)

**摘要:** 介绍变频调速技术在恒压供水系统中的应用, 使用中显示变频调速系统动态响应好、压力稳定、工作效率高、维护方便、故障率低的特点, 很好的满足了轮胎硫化条件, 节能降耗的效果也非常显著。

**关键词:** 变频器调速; 节能降耗

## 1 前言

我公司用于生产工程轮胎的硫化罐共有 13 台, 由一台型号为 D85 45×7、电机是 132kW 的水泵(以下称为 132kW 水泵)和一台型号为 DG46 30×10、电机是 75kW 的水泵(以下称为 75kW 水泵)提供内冷、低压水。两台水泵以连续工作方式运行。在轮胎硫化过程中, 由于生产的轮胎规格品种以及每个硫化罐的进出灶时间不同, 内冷水和低压水的流量和压力是动态变化的, 工艺要求的内冷低压的压力是 2.8MPa, 在实际的生产中, 内冷低压的压力在 2.4~3.6MPa 之间波动, 波动的幅度为 1.2MPa, 由于电机的转矩基本恒定, 在内冷低压用水量少时, 管网压力升高, 节流功率损失严重, 水泵的效率下降, 电能白白浪费。寻求新的管网压力控制方式, 使消耗得以降低成了攻关的课题。

## 2 控制方法的选用

我们做了以下的试验, 首先将内冷低压水的管道用一个联通阀连接起来, 见图 1。

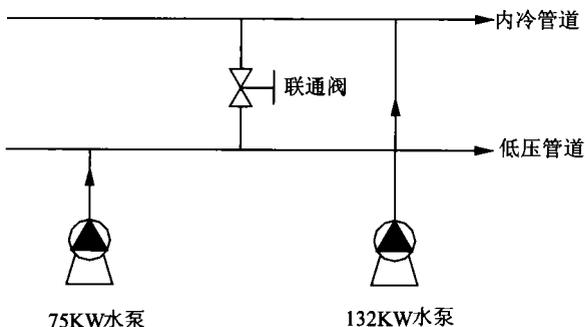


图 1 内冷低压管理连通图

在内冷低压用水量不大时, 仅开一台 75kW 的水泵就能满足生产的需要, 而在用水量小时, 管网的压力下降幅度大, 这时启动 132kW 水泵就能将压力立即补上去, 内冷低压供水系统就能满足生产需求。因此, 形成了用 75kW 水泵长期运行来保压, 用 132kW 的水泵来补压的改造雏形。

但 132kW 水泵的启动和停止用人工来控制有很多的弊端, 从技术上说频繁的起停会对电网产生冲击, 对水泵的损坏极大, 瞬间的停泵造成的水锤效应会对阀门和泵体产生破坏, 增加了维修的费用和工作量, 从管理的角度上说, 人为的因素就更难控制了。采用变频器对 132kW 的水泵进行控制, 能实现软启动和压力自动控制, 可以解决人工控制的缺点, 并且变频器具有过流、欠压、过载、短路等多样保护功能, 有利于延长水泵的使用寿命。

在轮胎硫化时, 内冷、低压的用水量总是不断变化的, 也就是管网的流量和压力在不停地变化, 这种情况相当于在水泵的出口管道上安装了一个自动调节阀门, 节流损耗非常大, 而且内冷低压用水量越低, 浪费的能耗就越多。而用调速控制时, 管网的特性曲线  $R$  不变, 水泵电机的转速特性曲线在不同的电源频率下是一组互相平行的曲线, 如图 2 所示, 把转速  $n_1$  降到  $n_2$ , 特性曲线也从  $n_1$  移到  $n_2$ , 运行工况点从  $B_1$  移到  $B_2$ ,  $H_1$  降到  $H_2$ , 流量从  $Q_1$  减少到  $Q_2$ 。流量  $Q$ 、扬程  $H$ 、功率  $P$ 、转速  $N$  之间的关系为:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \frac{H_1}{H_2} \quad \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 = \frac{P_1}{P_2}$$

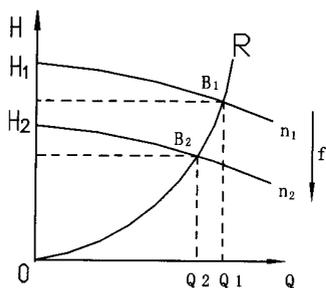


图 2 水泵调速时的 H Q 曲线

如果将 132kW 水泵的出口压力设置到 2.8 MPa, 这时的功率为 P<sub>1</sub>, 相对于工频工作方式时的最高出口压力 3.6MPa 时的功率为 P<sub>2</sub>, 那么, 根据流量 Q、扬程 H、功率 P、转速 N 之间的关系, 将压力从 3.6MPa 调到 2.8MPa, P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 的关系式为:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{H_2}}\right)^3 = \left(\frac{\sqrt{2.8}}{\sqrt{3.6}}\right)^3 = \frac{4.685}{6.83}$$

则电机可节约的电耗为: (P<sub>2</sub> - P<sub>1</sub>) / P<sub>2</sub> = 31.4%。而在用水量小时, 管网压力超过 2.8MPa 时, 132kW 的水泵停止运行, 节约的电能将更多,

当然还需考虑由于转速降低引起的效率下降以及附加控制装置的电耗等影响, 即便是这样, 其节能的潜力是很大的。

### 3 变频器的选型及控制设计

以上分析可以判定采用变频器调速是切实可行的。根据分厂实际情况, 决定选用一台 ABB 生产的型号为 ACS604 140 3 的变频器, ABB600 系列的变频器自带调节控制功能, 为交流电机提供了编制好的应用宏, 可方便的根据自身的控制要求编程, 输入/输出出口也可编程, 可按需要添加模拟或数字模块, 用控制盘就可实现本地控制, 并在控制盘中能方便地调出和调整各种运行参数, 内置的故障存储器可存储最近发生的 64 个故障信息, 为准确快速地解决故障提供了方便。

公司有三台 132kW 的水泵, 可用一台变频器对新车间 3 台内冷泵中的任一台进行控制, 并保留一台工频控制柜, 以便当变频控制柜出现故障时替代保证生产。控制原理图见图 3。

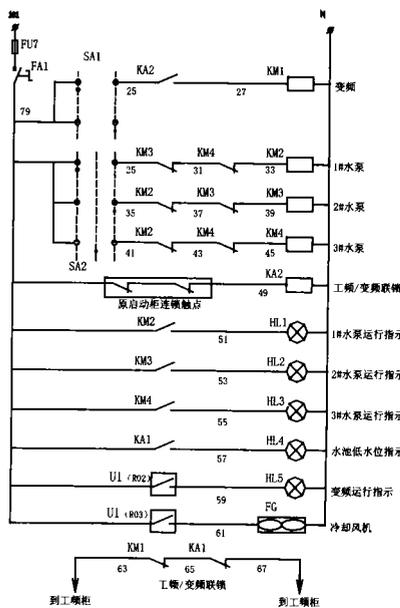
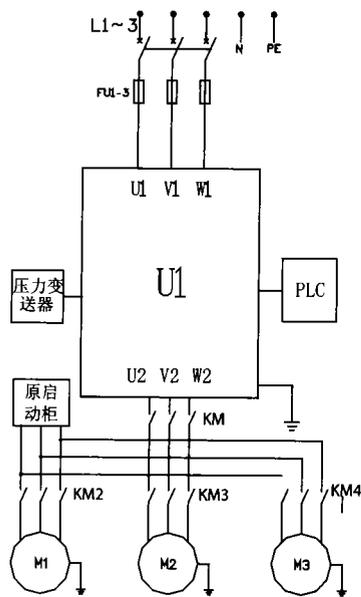


图 3 内冷泵变频控制原理图

在工频柜的控制电路中串联变频柜的常闭触点 KM1、KA1, 在变频柜中也接上原启动柜的连锁触点, 使两个控制柜工作时能互锁。变频器安全工作的条件是变频器在运行之前接通负载, 即变频器的负载端 U2、V2、W2 与电机 M1、M2、M3 中的任一台接通, 用三档旋转开关 SA2 满足此条件, 利用压力变送器检测过来的信号经变频器处

理后对管网的压力进行自动控制, 控制原理图 4。

将 132kW 电机的出口压力用变频的控制盘设定到 2.8MPa, 75kW 的电机以工频工作方式连续运行, 当管网压力大于或等于 2.8MPa 时, 75kW 的水泵工作, 132kW 的水泵休眠; 当压力小于 2.8MPa 时, 132kW 的水泵被唤醒, 与 75kW 的水泵同时运行。

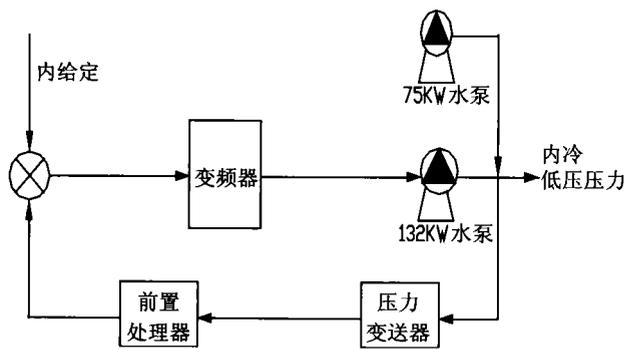


图 4 内冷管道压力自动控制图

采用日本三菱生产的 PLC 对电路进行控制, 设置了手动/自动转换、变频启动、换泵的延时启动、水箱低水位报警、管网超压报警、变频故障报警、变频故障复位、压力水位故障复位等控制功能。

#### 4 改造效果

用变频前和变频后的电能消耗数据进行对比, 见下表。

表 变频前后的电能消耗数据对比

控制方式	管网压力/ MPa	75kW 水泵 消耗功率/ (kW·h)	132kW 水泵 消耗功率/ (kW·h)	平均 日耗电/ (kW·h)
工频	2.2~3.6	890	1713	2603
变频	2.8~3.2	1153	505	1658

从表中数据对比可看出, 虽然 75kW 的水泵因 132kW 的水泵休眠功耗上升, 但 132kW 的水泵的功耗下降幅度远大于 75kW 水泵功耗的上升值, 变频使用后, 电耗的节约效率为:  $(2603 - 1658) / 2603 = 36.3\%$ , 比前面预计的 31.4% 提高了 4.9%。以表中数据计算, 恒压供水系统比工频方式运行时每天可节约  $2603 - 1658 = 945$  (kW·h), 按分厂一年生产日为 350 天, 一年可节约电耗为:  $945 \times 350 = 330750$  (kW·h), 电费以 0.38 元/kW·h 计算, 一年可产生的直接经济效益为:  $330750 \times 0.38 \approx 12.5$  (万元)。安装这套变频控制所需的各项费用是 11 万元, 在不到一年的时间里就已投资收回。

此外, 改造后水泵实现了软启动, 大大降低了水泵的机械和电器损耗, 提高了水泵的运行效率, 这部分的损耗也节省了, 改造后使用至今, 132kW 的水泵未出现过机械和电器部分的故障。变频控制柜运行稳定、易操作, 无工频柜的噪音, 改善了操作人员的工作环境。

水泵变频控制改造后, 内冷低压管网的压力达到生产工艺的要求, 提高了轮胎的产品质量, 同时还大幅度地节约了电能消耗, 降低了生产成本, 并在我公司内推广使用。

## 国际特种产品公司准备翻番乳聚丁苯橡胶生产能力

国际特种产品公司(下简称 ISP 公司)计划在未来两年内抓住市场良好机遇, 将其在德克萨斯州 Port Neches 厂的乳聚丁苯橡胶生产能力翻番, 以满足不断增长的终端市场的需求。

ISP 公司 2003 年收购了 Ameripol Synpol 公司的 Port Neches 厂。当时该厂乳聚丁苯橡胶产量已下降到 5000 万磅。国际特种产品公司接管后, 投资 2000 万美元, 2004 年产量已恢复到 3 亿磅。销售额从 2003 年的 2570 万美元增加至 1.701 亿美元, 而营业额则从 2003 年的亏损 330 万美元到 2004 年赢余 740 万美元。

ISP 公司正实施数百万美元的扩产计划, 计划将乳聚丁苯橡胶的生产能力从现在的 4 亿磅提高到 7.5 亿磅。该项目包括几个新的反应器及几条新的生产线。ISP 公司没有说明具体的投资规

模。此投资/扩产项目还包括提高产品品质及扩充产品等级范围。目前 ISP 公司的热塑性聚合物和热固性聚合物系列产品共有 40 个产品等级。

ISP 公司看好乳聚丁苯橡胶应用于轮胎及非轮胎领域的潜力。一是由于美国轮胎厂对乳聚丁苯橡胶的需求增加。尽管北美市场乘用车的产量下降, 但北美轮胎厂正增加大直径轮胎的产量, 这种轮胎耗胶量大, 使得北美地区橡胶消耗量总体上升。二是其它橡胶产品如软管、胶带、胶粘剂、密封剂及地板等对乳聚丁苯橡胶的需求增加。此外, 固特异化学部去年决定停止供货给外部客户, 等于将商机给了国内具有生产能力的供应商。现在美国每年从国外进口 3 亿磅乳聚丁苯橡胶。

除 ISP 公司外, 美国还有 DSM 共聚物公司生产乳聚丁苯橡胶产品。

陈维芳