



# 高压变频器在高压水除磷节能上的应用

王 红 殷晓冰 王瑞文

(莱芜钢铁集团板带厂 山东 莱芜 271104)

**[摘 要]** 本文描述了高压变频器在高压水除磷上节能效果的应用, 利用高压变频恒压供水技术的特点, 消除由阀门调节带来的问题, 实现了恒压供水, 电机负荷随水泵负荷上下波动, 节能效果显著。

**[关键词]** 高压变频器 高压水除磷系统 恒压供水 节能

中图分类号: TH 文献标识码: A 文章编号: 1009-914x(2011)10-0133-01

高压除磷泵站是为粗除磷供给高压水, 其作用是用高压水除去板坯表面的氧化铁皮, 提高成品板带的表面质量。采用调节阀的大小进行调节供水量, 过去根据供水的高低峰进行人为调节, 并且调节精度不够, 造成水资源和电能的浪费。因此, 改进水泵的调节方式是降低水泵耗电量的最有效途径。采用高压变频调速系统恒压供水, 节能效果显著。

## 1、未采用高压变频存在的问题

高压除磷泵站共3台泵, 一用两备。电机额定电压: 10KV; 额定电流: 206A; 额定转速: 2981r/min; 功率因数: 0.92; 额定功率: 3150KW。水泵流量: 350M<sup>3</sup>/h 出口压力: 20MPa 入口压力: 0.3~0.5MPa 转速: 3953r/min。

改系统运行过程中存在如下问题:

1.1 该机组属于小流量, 大压力工作机组, 电机工频运行, 不喷水时压力过高, 造成能源浪费, 原本20MPa就可以完成的工作, 现在由于水泵不能有效调整, 目前能达到22MPa, 浪费了2MPa的压力。

1.2 由于流量和压力的不能调节, 使水泵不能运行在最佳工况点, 管网阻力曲线发生变化, 泵的扬程损失较大, 电机的能耗浪费较大, 设备运行不经济。是以降低系统效率, 耗费大量能源为代价的。

1.3 3150千瓦的高压电机在工频电网下依托电网容量软启动。大容量的高压电机软启动会产生巨大的冲击电流与冲击转矩, 巨大的冲击电流能够造成定子绕组绝缘的机械损伤和磨损, 从而导致定子绝缘绕组击穿。直接启动时的冲击电流还会引起铁芯振动, 引起电机发热, 电机的损耗增加。

1.4 工人的劳动强度大, 往往根据供水的高低峰进行人为调节。并且调节精度不够, 造成水资源和电资源的浪费。

1.5 原高压电机以工频电源驱动时, 电机低速运行, 不仅浪费能源, 而且会产生“憋泵”现象, 对管网造成巨大的危害, 无形中增加了维修维护的费用。

## 2、高压变频在此系统上的应用

高压除磷泵站变频采用AMB-HVI系列高压变频调速系统, 其基本原理: 采用单元串联多电平技术, 属于高-高电压源型变频器。变频器主要由移相变压器、功率单元和控制柜组成。移相变压器: 电网电压经过二次侧隔离变压器降压后给变频器功率单元供电, 输入隔离变压器采用多重化设计, 以达到降低输入谐波电流的目的。功率柜: 功率柜由三组输入、单组输出的交一直交SPWM电压源型逆变器结构, 功率单元通过整流、逆变过程实现对驱动电机供电电源的频率调节。变频器采用6个独立功率单元串联的方式来实现高压输出。

控制器: 控制器是变频器的控制中心, 它完成变频器频率调节的全过程控制、变频器电气保护功能实现、以及变频器的人机交互与通讯接口功能实现。

现将系统1#高压配电室到高压除磷泵站1#、2#泵的10kv进线, 从原进线柜拆除, 接到新上变频器的进线柜(旁路柜)。变频器的出线接到原1#、2#泵的进线高压柜下端。简单的说就是变频器和原来的1#、2#泵高压柜串联起来。使1#、2#泵具备变频运行或者工频运行从1#高压配电室到高压除磷泵站1#、2#泵的10kv进线, 从原进线柜拆除, 接到新上条件: 正常情况下, 1#2#泵变频运行(QS1、QS2、QF合状态, QS3分状态), 一旦变频器出现问题, 从变频器的旁路柜将变频器切除(QS1、QS2分状态, QF、QS3合状态), 由旁路柜将电源引到1#2#泵原来的进线高压柜, 由热变电阻启动1#2#泵工频运行。具体电路图如图:

其中: QF: 1#电气室高压除磷1#2#泵电源出线断路器(219AH) QS1、QS2、QS3: 高压变频器旁路柜单刀隔离刀闸

## 3、高压变频恒压供水技术的特点

3.1 变频器采用液晶显示数字界面, 调整触摸式面板, 可随时显示电压电流、频率、电机转速, 可非常直观地显示电机在任何时间

的实时状态;

3.2 由于多功率单元具有相同的结构及参数, 便于将功率单元做成模块化, 实现冗余设计, 即使在个别单元故障时也可通过单元旁路功能将该单元短路, 系统仍能正常或降额运行;

3.3 保护功能齐全: 变频器有过压, 过流, 欠压和变频器故障保护功能, 具有电力电子保护和工业电气保护功能, 保证变频器和电机在正常运行和故障时的安全可靠;

3.4 电机可实现软启动、软制动; 启动电流小, 电机启动时间可连续可调, 减少了对电网影响; 同时电机的软启动消除了水锤效应, 减小了水锤效应对管网的危害;

3.5 变频运行, 降低了水泵的转速, 可有效减少配件的损耗, 延长设备使用寿命, 提高劳动生产效率;

3.6 由于采用功率单元串联, 采用技术成熟, 低压IGBT组成逆变单元, 通过串联单元的个数适应不同的输出电压要求;

3.7 由于多功率单元具有相同的结构及参数, 便于将功率单元做成模块化, 实现冗余设计, 即使在个别单元故障时也可通过单元旁路功能将该单元短路, 系统仍能正常或降额运行;

3.8 由于采用恒压供水控制功能, 可不需要人员调节阀门, 使控制精度更高, 降低工人的劳动强度。

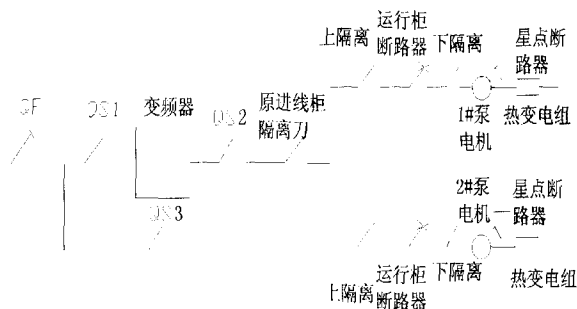


图1 电路图

## 4、节能效果

采用高压变频调速后取消了阀门调节, 阀门全开, 电机负荷随水泵负荷上下波动, 节能一般在20%以上。由流体力学三定律可知, 流量与转速成正比, 扬程与转速平方成正比, 功率与转速立方成正比, 也就是说当流量降低50%时, 电机的轴功率降87.5%。因此采用变频调速可大幅度降低电机的电耗。由相似定律可知, 流量跟转速成正比, 扬程跟转速的平方成正比, 功率跟转速的三次方成正比, 因此, 从理论上得出转速降10%的时候, 会带来30%的功率下降, 由于功率的大幅度下降, 可获得显著的节电效果。

以除磷高压水泵为例: 功率3150KW, 额定电流206A 额定电压10KV, 实际工作电流为180A, 功率因数0.92, 工作压力为22MPa, 实际需求压力为20MPa即可, 工作时间按8000小时/年, 变频系统效率97%, 变频系统功率因数≥0.96, 电机工频时, 电机的输入功率  $P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \theta$ ,  $P = 1.732 \times 10 \times 180 \times 0.92 = 2888 \text{ kW}$

按照流体力学相似定律, 风机、水泵的流量Q、压头(扬程)H、轴功率P与转速n之间有如下比例关系:

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2; H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2; P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3$$

变频调速节电量预算表: 按水泵一年运行7000小时正常工作时间, 1000小时换辊时间换辊时间可节约60%的电费,  $2888 \times 60\% = 1731 \text{ KWH}$ , 总节约电量为  $1731 \times 1000 = 1731000 \text{ KWH}$ , 工作时后节约电量为68KWH, 7000小时可节约  $68 \times 7000 = 476000 \text{ KWH}$ , 总共节约电量为  $1731000 + 476000 = 2207000$  单位电价为0.6元/度计算, 则

# 丙酮氰醇装置精制回收系统的改进

刘升芳 宋兴龙 陈泽强

(大庆石化公司化工二厂 黑龙江 大庆 163714)

**[摘要]** 通过统计缩合釜、结晶釜中丙酮氰醇转化率, 以及分析精制塔顶回收液组分、PH 值, 判断精制塔顶返回合成预冷釜的回收液抑制反应的顺利进行, 将回收液由预冷釜改至缩合釜后, 产品转化率提高, 丙酮氰醇产品质量更加稳定。

**[关键词]** 丙酮氰醇 回收液 缩合釜 预冷釜 PH

中图分类号: TE 文献标识码: A 文章编号: 1009-914x(2011)10-0134-01

## 一、装置简介

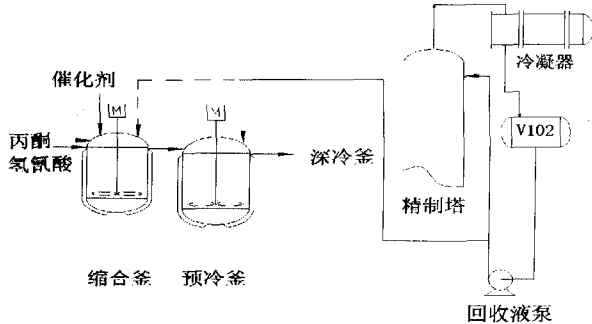
大庆石化公司化工二厂丙酮氰醇装置原设计是用原料丙酮和氢氰酸在碱性催化剂作用下进行缩合反应制取纯度为 98% 以上的精丙酮氰醇, 年生产能力 20000 吨<sup>[1, 3]</sup>。

2008 年 9 月, 装置经过试验摸索, 将无机催化剂氢氧化钠更新为有机催化剂二乙胺<sup>[2]</sup>, 并对改造后的工艺指标进行试验总结, 现工艺指标已经确定可以满足工业化生产的要求。

## 二、工艺流程简述

丙酮氰醇装置合成系统是原料丙酮和氢氰酸在碱性催化剂作用下进行缩合反应, PH 值控制在 6.9~7.1 反应完成约 88% 以上, 反应液在缩合釜中停留半个小时后, 逐渐溢流至预冷釜、深冷釜和中合釜, 反应趋于稳定, 转化率达 90% 后, 溢流至结晶釜。在结晶釜中加入纯度为 93% 以上的浓硫酸中和, PH 值控制在 2.6~2.9。结晶釜中的物料经过滤器送到精制系统, 作为精制塔进料。

精制系统是将 90% 的粗丙酮氰醇提纯, 塔顶脱除未反应的氢氰酸、丙酮、水等轻组分, 塔釜产出纯度为 98% 的精丙酮氰醇。塔顶冷凝液一部分回流, 一部分返回合成系统重新反应。在用氢氧化钠做催化剂时, 精制塔顶轻组分一部分回流, 一部分作为精制回收塔进料, 回收塔除杂后, 塔顶的轻组分返回合成预冷釜进行进一步反应; 2008 年 9 月改用新催化剂二乙胺后, 回收塔停用, 精制塔顶回收液除一部分回流外, 大部分直接返回合成系统回收。如图 1 中实线部分。



## 三、存在问题

改用二乙胺后, 精制塔顶轻组分全部返回合成预冷釜继续反应, 通过表一可以看到: 缩合釜及结晶釜中丙酮氰醇含量基本相同, 丙酮氰醇在预冷釜、深冷釜及中合釜中的转化率不高。转化率不高, 进入精制系统的轻组分增多, 而轻组分在系统中循环无法排除, 最终影响精制塔顶真空, 影响产品质量。

表一、改造前 5# 及 9# 转化率

2009 年	1 月 3 日	1 月 5 日	1 月 8 日	1 月 13 日	平均
5# ACO	90.23	91.24	91.10	91.66	91.06
9# ACO	90.32	92.03	90.85	90.64	90.96

注: 5# 为缩合釜化验分析, 9# 为结晶釜化验分析

## 四、原因分析

改用二乙胺后精制塔顶轻组分较多, 证明合成系统反应效果不好, 过多的丙酮、氢氰酸未能参加反应。这部分轻组分在系统里长时间积累, 影响产品质量。通过化验分析精制塔顶冷凝液 PH 值为 4 左右, 酸度较大, 这部分物料返回合成量约占合成进料的十分之一, 而预冷釜内无在线 PH 计也没有化验分析采样点, 更没有催化剂加入, 因此判断这部分回收液返回合成预冷釜影响预冷釜 PH 值, 从而影响后三个釜中丙酮氰醇的反应。

## 五、解决方案

针对以上问题提出将返回合成回收液由预冷釜改至缩合釜, 通过缩合釜 PH 值控制, 减弱这部分酸性物料对反应转化率的影响。

## 六、改进结果

改造工艺如图 1 中虚线部分。改造后缩合釜 PH 值控制 6.9~7.1, 催化剂二乙胺的加入量有所增加。

改造后 5# 及 9# 转化率见表二:

表二、改造后 5# 及 9# 转化率

2009 年	2 月 27 日	3 月 5 日	3 月 8 日	3 月 13 日	平均
5# ACO	89.95	90.48	88.28	88.88	89.40
9# ACO	93.69	92.70	93.09	92.97	93.11

注: 5# 为缩合釜化验分析, 9# 为结晶釜化验分析

通过表一、表二改造前后 5#、9# 样中丙酮氰醇含量对比可以看出:

1、改造前缩合釜反应转化率 91.06%, 但到结晶釜后转化率却有所降低 (90.96%), 说明回收液返回预冷釜对预冷釜、深冷釜及中合釜中丙酮氰醇的转化率影响较大, 反应的稳定性差。

2、改造后 5# 样中丙酮氰醇含量有所降低, 但 9# 样中丙酮氰醇含量提高明显, 精制塔轻组分减少, 合成系统反应稳定性好, 转化率高。

## 七、结论

丙酮氰醇装置改用二乙胺作为催化剂后, 又将精制塔顶返回合成回收液由预冷釜改至缩合釜, 精制塔顶轻组分明显减少, 缩合釜加碱量虽有所增加, 但 9# 转化率明显提高, 产品质量稳定。

## 参考文献:

[1] 大庆石化公司化工二厂《丙酮氰醇装置操作规程》2007-7-1.

[2] 王延吉. 有机化工原料. 北京. 化学工业出版社

[3] 大庆石油化工总厂化工二厂 2 万吨/年丙酮氰醇提纯装置. 大庆石油化工设计院. 1989. 10.

## 作者简介:

刘升芳, 女, 助理工程师, 2006 年毕业于大庆石油学院, 现工作于大庆石化公司化工二厂丙酮氰醇车间。

宋兴龙, 男, 助理工程师, 2006 年毕业于大庆石油学院, 现工作于大庆石化公司化工二厂丙烯腈车间。

陈泽强, 男, 助理工程师, 2005 年毕业于齐齐哈尔大学, 现工作于大庆石化公司化工二厂丙烯腈车间。

节约电费为  $2207000 \times 0.6 = 1324200$  元。

年可节约电费: 132400, 一百三十二万多元, 如果按设备使用寿命为 15 年计算, 高压变频器可直接带来两千多万元的节电费。

高压变频调速技术以其良好的特性被广泛的应用, 综合经济效益也较高。除磷泵采用高压变频系统后, 运行更可靠, 降低了工

人的劳动强度, 延长了电机的使用寿命, 且有显著的节能效果。

## 参考文献:

[1] 罗祯伟 江业泰. 高效节能高压水除磷系统的开发及应用.

[2] 李德华主编. 交流调速控制系统.

[3] 韩安荣主编. 通用变频器及应用.