

高压离心风机变频节能改造技术分析与应用

徐春华,徐建龙,倪春雷,伊恒,沈朋

(辽宁天利金业有限责任公司)

摘要:节能降耗是企业的生存之本,也是企业降本增效的有效途径之一。针对天利金业公司生物氧化提金厂高压离心风机的运行工况,通过变频控制及风机节能分析,进行了风机变频节能技术改造。技术改造实施效果表明,高压离心风机运行工况稳定,启动便捷,与改造前对比实际节电率为23.7%,年节约电费70多万元,经济及社会效益显著。

关键词:高压;离心风机;变频器;节能;改造

中图分类号:TD 679 文献标志码:A 文章编号:1001-1277(2013)01-0044-04

0 引言

辽宁天利金业有限责任公司(下称“天利金业公司”)是以生物氧化提金技术处理含砷、含碳、微细粒浸染型难选冶金矿资源的高新技术企业,同时还是高新技术、新设备研发与推广为主体的中国黄金集团技术中心实验基地。天利金业公司日处理150 t难选冶金矿,生物氧化提金工艺主要核心设备是生物氧化反应器,生物氧化反应器供风设备是1台高压离心风机,该风机电机功率为630 kW,是生物氧化工艺流程中最大的耗电设备,约占总功率的12%。通过对

高压离心风机的运行工况调研分析,天利金业公司决定采用国家重点推广的节能技术——高压变频调速技术对高压离心风机进行技术改造。

1 高压离心风机及运行工况

天利金业公司选用的高压离心风机为GM 35H-4型,高压离心风机进口风压为0.100 6 MPa,出口风压为0.25 MPa,进口流量为250 m³/min。

实际入口流量276 m³/min,实际出口风压0.224 MPa(报警值为0.270 MPa),主高速轴转速22 130 r/min。高压离心风机技术参数见表1。

表1 高压离心风机技术参数

电动机型号	电动机转速/(r·min ⁻¹)	额定功率/kW	额定电压/kV	额定电流/A	风门开度/%	运行电流/A	功率因数
YK 400-2	2 985	630	6	70	55	51	0.87

收稿日期:2012-12-06

作者简介:徐春华(1956—),男,辽宁昌图人,工程师,从事冶金企业机电技术及设备管理工作;辽宁省凤城市刘家河镇,辽宁天利金业有限责任公司设备动力部,118103

Analysis on simulation of boundary depth for omitting pillars in different mining depth

Yang Zhuzhou¹, Wang Hui¹, Zhu Wei², Shi Mingchao¹, Wang Wei¹, Liu Zhixiang²

(1. Sanshandao Gold Mine, Shandong Gold Mining (Laizhou) Co., Ltd.; 2. Central South University)

Abstract: Sanshandao gold mine of Shandong Gold Mining (Laizhou) Co., Ltd. is China's first large altered rock type coastal gold deposit, where the hydrogeological conditions in the mining area are complex. Sanshandao gold mine has been using the upward horizontal slice stoping and backfilling method with random pillars. With this method, barrier pillars, sill and crown pillars, random stope pillars, and hangingwall support pillars are left, as a result of which the loss of ore in slice stoping exceeds 13% and the total loss is as high as 23.1%. To solve the technical problems of safe stoping in direct mining area of Sanshandao gold mine, the proper locations to omit pillars are discussed. Through the simulation of boundary depth for omitting pillars in different mining depth, surface subsidence, comparison of equivalent strength, elastoplasticity and vertical deformation of the stope and so on are analyzed. The results show that the boundary depth should be -510m when the mining depth is less than 2 400 m.

Keywords: mining near coast; direct mining area; omitting pillars; boundary depth

(编辑:邢万芳)

通过现场实际调研及了解,高压离心风机在运行时进口阀门只开了一部分,由于采用挡板调节,大部分的能量都被挡板消耗,且挡板的开度越小则耗能就更多。在一般情况下,采用挡板调节的风机其实际消耗功率与风量大致成正比,与挡板的开度也大致成正比。

对高压离心风机运行工况进行分析,可以得出以下几点认识:

1) 高压离心风机实际风量约为额定风量的一部分,高压离心风机远离额定点运行,其实际运行效率很低。

2) 由于挡板的存在,挡板前后存在压差,消耗了很大一部分能量。

3) 由于实际所需风量(风压)低于风机的额定风量(风压),高压离心风机在配备电动机的时候,电动机功率有较大富余。

挡板调节方式虽然简单易行,并已成习惯,但它是以增加管网损耗、耗费大量能源为代价的。对于大功率高压离心风机,耗能则更大。当采用变转速调节时,其效率最高,因为风量随转速的一次方下降,而其轴功率则按转速的三次方规律下降,而目前性能最佳的调速方式则是国际上公认的交流变频调速控制技术。所以从改善高压离心风机的运行工况,减小损耗,可达到节能的目的^[1]。

2 节能改造可行性分析

2.1 高压变频控制节能分析

从流体力学的原理得知,使用感应电动机驱动的风机,轴功率(P)与风量(Q)及风压(p)的关系为:

$$P \propto Q \times p \quad (1)$$

当电动机的转速由 n_1 变化到 n_2 时, Q 、 p 、 P 与转速的关系如下:

$$Q_2 = Q_1 \times \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

$$p_2 = p_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad (3)$$

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \quad (4)$$

可见风量(Q)和电动机的转速(n)是成正比关系的,而所需的轴功率(P)与转速的立方成正比关系。所以当需要 80% 的额定风量时,通过调节电动机的转速至额定转速的 80%,即调节频率到 40 Hz 即可,这时所需功率将仅为原来的 51.2%^[2]。

如图 1 所示,从高压离心风机的运行曲线图来分析采用变频调速控制后的节能效果。

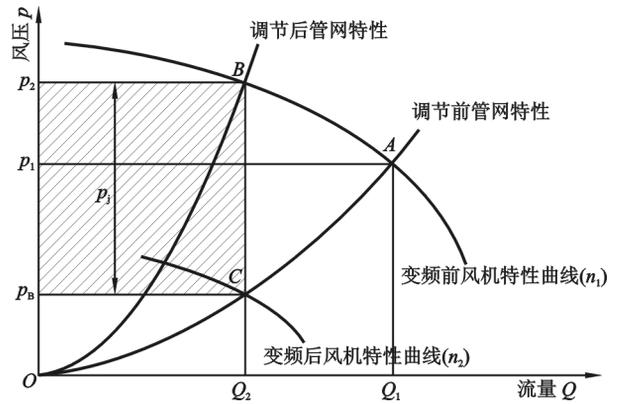


图 1 高压离心风机的运行曲线示意图

当所需风量从 Q_1 减小到 Q_2 时,如果采用调节风门的办法,管网阻力将会增加,管网特性曲线上移,系统的运行工况点从 A 点变到新的运行工况点 B 点运行,所需轴功率 P_2 与面积 $p_2 \times Q_2$ 成正比;如果采用调速控制方式,风机转速由 n_1 下降到 n_2 ,其管网特性并不发生改变,但高压离心风机的特性曲线将下移,因此其运行工况点由 A 点移至 C 点。此时所需轴功率 P_3 与面积 $p_B \times Q_2$ 成正比。从理论上分析,所节约的轴功率(P_j)与 $(p_2 - p_B) \times Q_2$ 的面积成正比。

考虑减速后效率下降和调速装置的附加损耗,通过实践统计,高压离心风机通过调速控制可节能 20% ~ 50%。

2.2 变频改造节能分析

1) 改造前,工频运行功率。

$$P_1 = 1.732UI \cos \phi \quad (5)$$

式中: P_1 为单一负荷下工频运行功率(kW); U 为电动机线电压(kV); I 为电动机线电流(A); $\cos \phi$ 为单一负荷下运行功率因数,小于额定功率因数。

$$C_1 = t \sum (P_i \delta) \quad (6)$$

式中: t 为全年平均运行时间(h); δ 为全年运行时间比例(%); C_1 为改造前总耗电量(kW·h)。

2) 改造后,变频控制运行预计功率。

$$\text{利用公式: } \frac{Q_1}{Q_{\text{额}}} = \frac{P_1 p_{\text{额}} \eta_1}{P_{\text{额}} p_1 \eta_{\text{额}}} \quad (7)$$

式中: Q_1 为改造前风量(m^3/min); P_1 为工频运行功率(kW); $Q_{\text{额}}$ 为额定风量(m^3/min); $P_{\text{额}}$ 为额定轴功率(kW); $\frac{p_{\text{额}} \eta_1}{p_1 \eta_{\text{额}}}$ 为运行工况与额定工况下的效率、风压比,小功率电动机取 1,大功率电动机取 0.9。

计算出 $\frac{Q_1}{Q_{\text{额}}}$ 的比。根据改造风量不变的原则,有 $Q_1 = Q_2$,其中 Q_2 为改造后的风量。所以 $\frac{Q_1}{Q_{\text{额}}} = \frac{Q_2}{Q_{\text{额}}}$ 。再根据 $\frac{P_2}{P_{\text{额}}} = \left(\frac{Q_2}{Q_{\text{额}}}\right)^3 / \eta$,即 $P_2 = P_{\text{额}} \times \left(\frac{Q_2}{Q_{\text{额}}}\right)^3 / \eta$ 计算出

P_2 。其中 P_2 是变频控制改造后预计运行功率, η 为变频装置的效率。

$$C_2 = t \sum (P_2 \delta) \quad (8)$$

式中: C_2 为改造后总耗电量($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

2.3 高压离心风机节能分析

1) 改造前, 高压离心风机工频运行功率(P_{11}): 额定电流为 70 A, 运行电流为 60 ~ 65 A, 电动机运行时功率因数取 0.82 (估算值)。

$P_{11} = 1.732 UI \cos \phi = 1.732 \times 6 \times 60.3 \times 0.82 \approx 514 \text{ kW}$ (此功率也为 2010 年 1 月至 2011 年 8 月平均功率)。

2) 改造后, 高压离心风机变频控制运行预计功率(P_{21}): 适配高压离心风机的电动机容量一般为高压离心风机的 1.00 ~ 1.25 倍, 在此方案中取值 1.07。

功率参数 $\frac{P_{\text{额}} \eta_1}{P_1 \eta_{\text{额}}}$ 取 1, 变频控制装置的效率 η 取 0.96。

$$\frac{Q_1}{Q_{\text{额}}} = \frac{P_1 P_{\text{额}} \eta_1}{P_{\text{额}} P_1 \eta_{\text{额}}} \approx 0.76。$$

所以, 高压离心风机变频控制改造后经计算平均功率为 359 kW。

根据节能比例 $\frac{P_{11} - P_{21}}{P_{11}} \times 100\%$ 计算, 预计的节电率约为 30%。

3 高压离心风机变频改造实施及效果

3.1 原系统方案

原系统 6 kV 高压开关柜至电动机, 电动机与高压离心风机直接连接, 通过调解风机进口阀门的开度来调节风压和风量。

3.2 改造后系统方案

高压离心风机电动机和高压开关柜线路之间直接串联高压变频装置, 安装 1 台 630 kW 高压变频控制装置给 1 台 630 kW 高压离心风机电动机进行变频运行, 加装旁路柜进行工、变频转换。

3.2.1 手动切换方式

按手动切换方式改造, 改造后变频装置与电动机的连接方式见图 2。



图 2 手动切换方式一次接线示意图

6 kV 电源经变频装置刀闸 K 1 到高压变频装置, 变频装置输出经刀闸 K 2 送至电动机; 6 kV 电源还可经刀闸 K 2 切换至工频侧直接起动电动机。一旦变频装置出现故障, 即可马上断开输入侧 6 kV 开

关及刀闸 K 1, 将变频装置隔离, 切换刀闸 K 2 至工频侧, 在工频电源下起动电机运行。刀闸 K 1、K 2 之间具有闭锁和防止误操作功能。

3.2.2 自动切换方式

要求实现变频运行到工频旁路运行以及工频旁路运行到变频运行的自动切换功能, 按一拖一的方式配置 (即 1 台高压变频调速控制系统拖动一负载), 其电气接线见图 3。

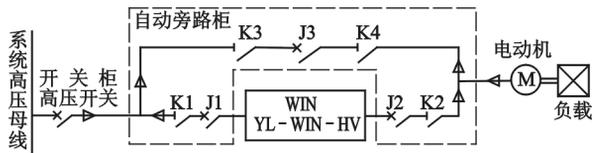


图 3 自动切换方式接线示意图

该方案在设计中考虑:

1) 刀闸 K 1、K 2、K 3、K 4 无机械闭锁功能, 只是在检修时由手动断开以形成明显的断开点, 确保工作人员的安全。在工频和变频运行状况下均处于闭合状态。

2) 工频旁路接触器 J 3 与变频进线接触器 J 1、变频出线接触器 J 2 具备电气闭锁功能, 不能同时闭合。

3) 在变频运行状况下, J 1、J 2 闭合, J 3 断开。如需自动切换至工频运行, 此时先停止变频器输出, 断用户 6 kV 开关柜, 再由电气控制依次断开 J 2、J 1, 然后闭合 J 3 使电机切换至工频侧, 在合闸开关柜, 使电机工频运行。

4) 在工频旁路运行状况下 J 3 闭合, J 2、J 1 断开。如需自动切换至变频运行, 此时由电气线路控制先跳闸 6 kV 开关柜, 再断开 J 3, 然后依次闭合 J 2、J 1, 再合闸开关柜, 启动变频装置, 完成由工频旁路运行到变频运行的自动切换。

3.3 高压变频调速及控制优点

1) 网侧功率因数提高: 原高压离心风机电机直接由工频驱动时, 满载时功率因数为 0.85 左右, 实际运行功率因数远低于 0.8。采用高压变频调速控制系统后, 电源侧的功率因数可提高到 0.9 以上, 无需无功补偿装置就能大大的减少无功功率, 满足电网要求, 可进一步节约上游设备的运行费用。

2) 设备运行与维护费用下降: 采用变频调节后, 由于通过调节电机转速实现节能, 在负荷率较低时, 水泵转速也降低, 主设备及相应辅助设备如轴承等磨损较前减轻, 维护周期可加长, 设备运行寿命延长; 并且变频改造后阀门开度可达 100%, 运行中不承受压力, 可显著减少阀门的维护量。变频器运行中, 只需定期对变频器除尘, 不用停机, 保证了生产的连续性。

随着生产的需要,调节水泵的转速,进而调节水泵的流量,既满足生产工艺的要求,工作强度又大大降低。采用变频技术调速后,减少了机械磨损,维护工作量降低,检修费用下降^[3]。

3)用变频调速控制装置后,可对高压离心风机电机实现软启动,启动时电流不超过电机额定电流的1.2倍,对电网无任何冲击,电机使用寿命延长。在整个运行范围内,电机可保证运行平稳,损耗减小,温升正常。水泵启动时的噪音和启动电流非常小,无任何异常振动和噪声。

4)与原来旧系统相比较,变频器具有过流、短路、过压、欠压、缺相、温升等多项保护功能,更完善地保护了电机。

5)操作简单,运行方便。可通过计算机远程给定风量或压力等参数,实现智能调节。

6)适应电网电压波动能力强,电压工作范围宽,电网电压在-15%~10%波动时,系统均可正常运行。

3.4 改造应用效果

2011年7月天利金业公司对核心设备高压离心风机进行了变频技术改造,2011年8月正式运行。天利金业公司变电所离心风机回路电度表运行记录显示:改造前,2010年1月1日0时表字为11 467.67,2010年12月31日24时表字为13 341.35;电度表的倍率为2 400。2010年高压离心风机用电量为4 496 832 kW·h,用电天数为364 d(风机大修及系统停电、日常维修扣除1 d),平均每天用电量为12 353.93 kW·h,2010年平均每小时用电量为514.74 kW·h。改造后,2012年1月1日0时表字为

15 093.92,2012年11月30日24时表字为16 409.72。335 d用电量为3 157 920 kW·h,平均每天用电量为9 426.6 kW·h,平均每小时用电量为392.775 kW·h。

经计算:平均每天节约用电量2 927.33 kW·h,节电率23.7%。

4 结 语

高压变频调速技术作为国家重点推广的节能技术,是大力发展循环经济、建设资源节约型及环境友好型社会的重要途径,同时也是最大限度地提升用电能效、最大限度地节能降耗、缓解电力供需矛盾的有效方法之一。天利金业公司积极响应国家提倡的节能降耗方针,于2011年7月对生物氧化提金厂较高能耗的核心设备高压离心风机进行了变频节能技术改造。高压离心风机变频技术改造项目经过精心调研、设计、调试、安装投入生产后,运行正常,经过1年多的应用实践表明,技术改造达到了预期效果。不仅优化了高压离心风机的控制性能,可使风机无冲击平稳启动,而且节能效果好,与改造前对比实际节电率为23.7%,由于对高压离心风机变频节能改造,使主变压器的容量由2 500 kVA减少到2 000 kVA,减少了设备运营及维护费用,而且每年可节约电费70多万元,获得了很好的经济效益及社会效益。

[参考文献]

- [1] 同济大学电气工程系. 工厂供电[M]. 1版. 北京, 中国建筑工业出版社, 1981.
- [2] 张燕宾. 变频器应用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [3] 吴忠智, 吴加林. 变频器应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

Application and analysis of variable frequency energy-saving technique on high pressure centrifugal fan

Xu Chunhua, Xu Jianlong, Ni Chunlei, Yi Heng, Shen Peng
(Liaoning Tianli Gold Mining Limited Liability Company)

Abstract: Energy saving and consumption reduction is one of the fundamental objectives of enterprises and also an effective way to make more profits. Taking the working conditions of the high pressure centrifugal fan in biological oxidation plant of Tianli gold mining company as an example, the paper introduced the technical optimization of the variable frequency energy-saving technique. The technical renovation practice indicates a more stable working condition and a more quick start of the fan. The fan consumes 23.4% less power than it does before the optimization. With about 700 000 yuan power costs cut out, it shows better economical and social benefits.

Keywords: high pressure; centrifugal fan; frequency conversion device; energy saving; reform

(编辑:邢万芳)

高压离心风机变频节能改造技术分析与应用

作者: [徐春华](#), [徐建龙](#), [倪春雷](#), [伊恒](#), [沈朋](#)
作者单位: [辽宁天利金业有限责任公司](#)
刊名: [黄金](#)
英文刊名: [Gold](#)
年, 卷(期): 2013(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_huangj201301011.aspx