

汽轮机与电机拖动现状分析与比较

张 强

(宝钢集团八一钢铁有限公司 能源中心制氧分厂, 新疆 乌鲁木齐 830022)

摘要:随着科技的发展,国家产业结构的调整,冶金企业面临高能耗和用电紧张的严峻挑战,为了缓解企业面临的成本等压力,深入分析、比较了 40 000 m³/h 制氧机组空压机采用汽轮机或电机拖动的优缺点,通过对比目前电网及蒸汽的实际现状以及两种拖动方式的投资分析,运行成本分析,安全运行经济性、可靠性分析,得出了具有一定工程指导价值的结论。其结果表明,该分析研究为大型设备进一步优化设计奠定了基础。

关键词:蒸汽;汽轮机;电机;比较;节能降耗

中图分类号:TH9

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)11-0029-04

Turbine and electric drag analysis and compariso

ZHANG Qiang

(Energy Centre Oxygen Factory, Baosteel Group Bayi Iron & Steel Co., Ltd., Urumqi 830022, China)

Abstract: With technology development, national industrial structure adjustment, metallurgical enterprises are faced with high energy and power challenges of tension. In order to ease the cost pressures facing businesses, the advantages and disadvantages of 40 000 m³/h oxygen with steam or motor compressor unit drag were analyzed and compared. And by comparing the actual status of current network and the steam, the two drag mode of investment analysis, operational cost analysis, security, economic operation, reliability analysis, the conclusions of certain value engineering guidance were obtained. The results show that it lays the foundation for the further optimization of the large scale equipment.

Key words: steam; turbine; motor; compare; energy saving

0 引 言

工业汽轮机在现代工业企业中得到了广泛应用,主要原因是:在所有既需动力又需热量,或者有副产热能的各种生产流程中,合理配置工业汽轮机,可提高能源利用率,达到节能的目的。工业汽轮机有较高的转速和较大的功率适用范围,转速高达 20 000 r/min 以上,功率可从几千瓦到十万千瓦以上。它能直接驱动生产流程中的泵、鼓风机和压缩机等机械,并可平稳、灵敏地与这些被驱动机械相互协调地变速运行,以适应生产流程工况条件的变化。这是其它动力机械所不能比拟的。汽轮机具有轴对称的高速旋转部分,因而

运行平稳、磨损微小、连续运行时间长,能满足现代生产流程的要求^[1]。

钢铁企业产能的不断提高,高炉、焦炉、炼钢等机组也趋于大型化、生产工艺先进化,同时对用氧、氮、氩气体的需求也在不断的提高;所以大型空分装置开始兴建,国产空分装置可达到 60 000 m³/h;作为空分装置的原料空气压缩机功率也比较大,一套 40 000 m³/h 制氧机组空压机电机功率为 19 800 kW。

本研究主要探讨汽轮机与电机拖动在空压机上应用现状的分析与比较。

1 汽轮机与电机拖动现状分析

电动机现在已是生产过程中不可缺少的旋转驱动

设备,它以工作运行平稳、启停控制简单、技术含量低、维修成本价格相对低廉等优点覆盖了各行各业的生产环节;但大型电机(额定功率较大)在启动时对电网容量要求较高,很容易影响周围设备正常运行;其设备技术含量高、控制方式及调速方式复杂、维修成本及价格较高。

汽轮机目前已广泛应用于电力、化工、石油、冶金、建材、环保、纺织、造纸等工业领域,并因性能优越,节能效益好,结构简单得到了广泛好评。

2 空气压缩机采用电机拖动的初设及投资分析

空气压缩机是制氧机设备中的关键设备,又称“原料压缩机”。由于 40 000 m³/h 制氧机所需220 000 m³/h的 0.45 MPa~0.5 MPa 的空气量,所以空气压缩机的旋转轴功率为 18 500 kW^[2]。

首先在没有工厂设计之前,笔者认为应当与空压机生产厂家进行技术交流,空压机配套拖动设备如选用电机拖动,额定电压为 10 kV,电机功率为 19 800 kW;国内无法生产,只有采用进口 ABB 或西门子电机;电机的采购费用较高,交货周期为 18 个月。

2.1 空压机电机拖动设计及分析

同等工艺条件下空压机配套电机参数:电压为 10 kV;功率为 19 800 kW;电流为 1 283 A;功率因数为 0.9。由于空压机直接启动时扭矩过大,启动电流是额定电流的 6 倍,母线的压降也很大(要求不能大于 15%),所以采用特殊的启动方式^[3]:

- (1) 采用变压器-电动机组启动。
- 如采用这种启动方式,则需新建一座 3×25 MVA、35/10 kV 变电所为 3 台空压机电机供电。3 台 20 MW 空压机电机采用变压器-电动机组供电方式。

根据 35 kV 母线最小短路容量 $S_{\min}=632$ MVA 计算可得出实际启动电流 $I_q=4\,697.446$ A。

计算电机启动时间为:

$$\text{电机启动时间} = (GD)^2 N_{r2} / [365Prm (U_{qm2} M_{qp} - M_j)] = 8.000 \times 1\,470.000\,2 / [365 \times 20\,000.000 \times (0.610\,2 \times 1.100 - 0.300)] = 21.664$$

计算得到 35 kV 母线压降为 12%,但 35 kV 变电站占地面积较大,而且 35 kV 母线压降超过热轧机组变频器对电压波动的要求,将对其它在线机组变频器运行产生影响,会造成变频器跳停。

- (2) 采用热变电阻降压启动。
- 如采用这种启动方式,则需新建一座 3×50 MVA、

35/10 kV 制氧变电所为 3×40 000 m³/h 制氧机供电,3 路 35 kV 供电电源引自钢东变^[4]。

根据 35 kV 母线最小短路容量 $S_{\min}=632$ MVA 计算出 10 kV 侧最小短路容量为 $S_{\min}=299.4$ MVA。

根据计算出的 10 kV 母线最小短路容量,又因热变电阻降压启动可以将电流控制在 2~4 倍以内,满足启动要求;然而采用热变电阻降压启动,本身占地面积较大,液阻随温度变化剧烈,导致启动过程中电流、时间不好控制,不能恒定某一个值,相对危险性较大;对设备会产生不良的影响。

- (3) 采用高压变频器启动。

根据 10 kV 母线最小短路容量可知满足启动条件,启动平稳,对电网无冲击;但投资费用较高,国内无法生产,国外采购周期很长,会影响施工进度及投产日期。

表 1 投资分析表

序号	供电方案	启动方式	投资费用	备注
1	新建 35 kV 变电站	采用变压器-电动机组启动	5 000 万元	×
2	新建 35 kV 变电站	采用热变电阻降压启动	3 500 万元	×
3	新建 35 kV 变电站	采用高压变频器启动	4 000 万元	√

投资分析表如表 1 所示。综合分析可知:保证上级变电站提前改扩建完成是制氧项目投产的前提,根据以上的计算分析,为避免影响系统内其他单位的供电,笔者建议采用高压变频启动方式,但结合项目的投产日期,因而以上都不能满足要求。

2.2 空压机的运行成本分析

- (1) 3×40 000 m³/h 制氧机组 1 台空压机年耗电量:

年平均运行功率:19 800 kW×0.9;

平均电价:0.4 元/kWh;

年运行小时:350 天×24 小时=8 400 小时;

年电费:19 800 kW×0.9×8 400 小时×0.4 元/kWh=59 875 200 元。

- (2) 其中不含每次启动时的电费和日常维护保养费用。

3 空气压缩机采用汽轮机拖动的初设及投资分析

锅炉所产生的初次蒸汽,温度高、压力大,可以很好地利用到汽轮机上,利用汽轮机拖动压缩机做功^[5-6]。

针对此种情况,其可取代电机来驱动空压机做功,以节省企业电能。根据以上空分配套压缩机所需的重

要参数,可选 4.5 MPa,450 ℃,19 800 kW 的饱和蒸汽汽轮机,相当于替代 19 800 kW 的电动。利用汽轮机来拖动空压机这种形式,不但控制简单、成本低,并且运行能耗远远低于电动机运行所耗的电能,为企业连续地创造经济效益。

3.1 空压机汽轮机拖动设计及分析

按同等工艺条件下配套为 4.5 MPa,450 ℃,19 800 kW 的饱和蒸汽汽轮机。为了满足汽轮机所需要的 70 t/h 蒸汽量,综合考虑后,需新建 2 台 220 t/h 的锅炉,建设周期较短,可在制氧项目投产前完成。

新建的锅炉采用纯烧煤气的运行方式,煤气由炼铁高炉产出;这样不但有效地利用了能源,而且还环保,使成本大大降低;其次根据地区发展的综合考虑新建 2 台 220 t/h 的锅炉不但解决厂区、生活区供热问题,还可以取缔、拆除小锅炉以达到环保要求。

3.2 空压机的运行成本分析

(1) $3 \times 40\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 制氧 1 台空压机年耗蒸汽量:

平均蒸汽价格:64 元/T;
每小时用量:64 元/T $\times$ 70 = 4 480 元/小时;
年运行小时:350 天 $\times$ 24 小时 = 8 400 小时;
年消耗费用:70 $\times$ 8 400 小时 $\times$ 64 元/T = 37 632 000 元。

(2) 不含日常维护保养费用。

4 运行经济性、可靠性分析

蒸汽汽轮机的进汽压力一般为 4.5 MPa,450 ℃,功率 19 800 kW,排气 -0.09 MPa,转速 4 550 r/min,在布置方式上,将汽轮机的油站布置在汽机本体的下部,在其上方直接安装汽机本体、调速器及水泵,占地面积小,安装使用方便。机组的调速系统采用电 - 液调节方式,并使用美国 ICS TC3000 控制系统,通过调节汽轮机导叶开度以达到调速目的^[7]。

电机拖动压缩机运行,由于压缩机转速较高,所以压缩机与电机之间必须安装变速箱连接才能满足实际运行需要;如图 1 所示,电机拖动负载起动时为了达到额定转速需要克服很大的负载转矩,而这样对电网造成的影响也很大。

而利用汽轮机取代电动机拖动负载,如图 2 所示,控制好汽轮机的高速调节阀可使转速缓慢的增加,直到额定转速,这样起动不但相对线性,转速逐渐上升,克服的力矩相对较小,而且运行平稳可靠^[8]。

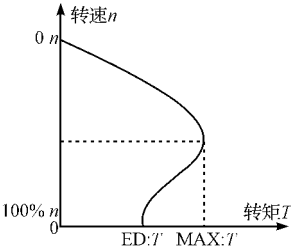


图 1 采用电机起动时的坐标

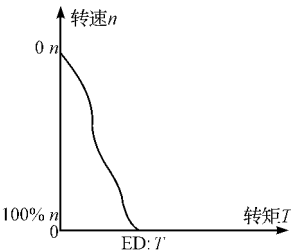


图 2 采用汽轮机起动时的坐标

0n—转速 0 转;100% n—额定转速;ED:T—额定转矩;MAX:T—最大转矩

5 投资成本

本研究选用电机拖动和配套高压变频装置及变电站建设费用共计 6 500 万元(1 台);选用上述汽轮机拖动需一台蒸汽汽轮机和辅助设备及锅炉,共投资 8 000 万元左右^[9]。

6 运行成本

若用电动机驱动,按一年满负荷运行 8 400 小时计算,每年需电费大约 59 875 200 元。而用上述蒸汽汽轮机机组驱动,消耗的蒸汽成本需费用 37 632 000 元左右,相对电机驱动,每年可节省成本为 22 243 200 元。

表 2 不同拖动方式比较

拖动型式	调速方式	调速范围	节能效果	综合投资	维护	运行成本	对电网的干扰
电动机拖动	变频	0 ~ 100%	优	高	较易	高	强
汽轮机拖动	电液调节	55 ~ 105%	最优	高	易	低	无

结合不同拖动方式的综合比较分析(如表 2 所示),虽然使用汽轮机拖动要比使用变频调速电动机的投资成本高,但运行成本远远低于后者;一年(运行 8 400 小时)为企业节约 2 224.32 万元,投资汽轮机可很快收回成本^[10-11]。

7 结束语

在具备饱和蒸汽的条件下,都可以利用蒸汽汽轮

机,作为动力源取代电机,避免直接排空或不合理的资源浪费。

随着化工、炼油、石油化工、冶金、轻工和纺织等工业的发展,以及节约能源的需要,工业汽轮机将得到更广泛的应用。随着石油化工等生产流程系统向大型、高效方向发展,工业汽轮机的蒸汽参数和功率等级范围也将相应地提高。为了更好地节约能源,合理利用品位较低的余热,开发利用蒸汽或其它工质的小型工业汽轮机将会日益受到重视。

参考文献(References):

- [1] 张 军. 工业汽轮机的广泛应用[Z]. 乌鲁木齐:八钢学习与创新,2008.
- [2] 张 强. 汽轮机拖动空压机运行可行性分析报告[R]. 乌鲁木齐:工程设计分析报告,2007.
- [3] 程 周. 电机拖动与电控技术[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [4] HOCHART C, GUY F, JEAN P. Wind turbine performance

under icing conditions[J]. **Wind Energy**, 2008, 11(4): 319 – 333.

- [5] 张 强. 电机拖动空压机运行可行性分析报告[R]. 乌鲁木齐:工程设计分析报告,2007.
- [6] MARTINEZ E, SANZ F, PELLEGRINI S. Lifecycle assessment of a multi-megawatt wind turbine[J]. **Renewable Energy**, 2009, 34(3): 667 – 673.
- [7] 哈尔滨工业大学《节能技术》编辑部. 节能技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1983.
- [8] MECROW B C, JACK A G. Efficiency trends in electric machines and drives[J]. **Energy Policy**, 2008, 36(12): 4336 – 4341.
- [9] 张 强. 汽轮机与电机投资报价书[Z]. 乌鲁木齐:工程设计投资分析报告,2007.
- [10] 朱红永. 基于 555 定时器的三相异步电动机电子控制设计[J]. 现代制造技术与装备, 2009(1): 19 – 21.
- [11] 胡 静, 宋海波. 三相混合式步进电机驱动器设计[J]. 机电技术, 2010(2): 70 – 72.

[编辑:张 翔]

(上接第 25 页)

测到系统压力下降,将自动启动油泵进行压力补偿,油缸活塞收缩,直到触动限位开关 23,液压油泵电机将自动断开,保证油缸不继续收缩,并把信号反馈至输煤系统远程 PLC,实现皮带保护性停机。液压油缸拉杆拉伸行程限位开关 24 的作用是防止油缸活塞拉杆过量拉伸,当液压系统出现严重故障系统无法建立压力时,活塞拉杆将被拉伸,直到触动限位开关 24,输煤系统远程 PLC 接收到停机信号后紧急停机,达到既保护油缸又保护皮带的目的。

5 结束语

笔者以厦门华夏国际电力发展有限公司嵩屿电厂输煤系统#11 皮带液压拉紧系统为例,对燃煤火力发电厂输煤系统拉紧装置进行比较,阐述了皮带输送机加速启动、匀速正常运行和停机三种状态的特性及其相互关系,把皮带液压拉紧系统的液压回路和电气控制相结合,介绍了其工作原理和工作过程,突出了皮带液压拉紧系统的优势,并详实地分析了液压系统存在的缺点与故障,并提出了具体可行的改进措施,以完善和提高皮带液压拉紧系统的安全可靠性。该研究对已经使用皮带液压拉紧系统和即将引进该系统的同行具有一定的参考价值。

参考文献(References):

- [1] LODIEWIJKS G. Two decades dynamics of belt conveyor systems[J]. **Bulk Solids Handling**, 2002, 22(2): 124 – 132.
- [2] 黄东东. 皮带机液压自动张紧装置结构和液压系统设计[D]. 安徽:安徽理工大学机械工程系,2007:7 – 24.
- [3] 李福霞. 长距离带式输送机自动张紧装置的研究[D]. 西安:西安科技大学机械工程学院,2009:17 – 63.
- [4] NORDELL L K, COIZDA Z P. Transient belt stresses during starting and stopping: elastic response simulated by finite element methods[J]. **Bulk Solids Handling**, 1984, 1(1): 93 – 98.
- [5] HARRISON A. Simulation of conveyor dynamics[J]. **Bulk Solids Handling**, 1996, 16(1): 43 – 49.
- [6] GB50431—2008 带式输送机工程设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2008.
- [7] 吴春信,薛本峰. 带式输送机输送带的张紧与张紧装置[J]. 煤矿机械, 2004(8): 91 – 93.
- [8] 王建生,杨寅威,黄嘉兴,等. AHD 型带式输送机全自动液压张紧装置[J]. 矿山机械, 2007, 35(2): 79 – 80.
- [9] 陈兴根,潘 骏,陈文华,等. 电液伺服机构故障树分析[J]. 机电工程, 2009, 26(4): 25 – 27.
- [10] 侯 波. 带式输送机液压张紧装置设计探讨[J]. 煤炭工程, 2008(1): 23 – 24.

[编辑:张 翔]