

· 工程师论坛 ·

无缝钢管生产线电力拖动调速系统的合理选用

黄 建 荣

(湖南衡阳钢管(集团)有限公司 工程项目管理部, 湖南 衡阳 421001)

摘要:根据无缝钢管生产线工艺设备对电力拖动调速系统的要求,通过对全数字直流及交流电力拖动调速系统特点和性能的比较分析,从性价比的角度对无缝钢管生产线电力拖动调速系统的合理选用进行了深入的探讨。对无缝钢管及类似生产线的电力拖动调速系统的合理选用有所借鉴。

关键词:无缝钢管生产线;电力拖动调速系统;全数字直流调速系统;交流调速系统;变频器

中图分类号: TG334.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7059(2009)03-0049-03

Rational selection of electric drive speed regulation system in seamless steel tube production line

HUANG Jian-rong

(Engineering Project Management Department, Hunan Hengyang Steel Tube (Group) Co., Ltd., Hengyang 421001, China)

Abstract: According to requirement of process equipment in seamless steel tube production line to electric drive speed regulation system, and through analysis and comparison of characteristics of all digital AC and DC electric drive speed regulation system, selection of electric drive speed regulation system for seamless steel tube production line is discussed based on cost performance in-depth. It is able to be used for reference in reasonable selection of electric drive speed regulation system for seamless steel tube and similar production line.

Key words: seamless steel tube production line; electric drive speed regulation system; all digital DC speed regulation system; AC speed regulation system; inverter

0 引言

钢管生产线有大量电力拖动系统。就工艺设备而言,有主机、辊道、拔料装置、过渡运输装置、风机、水泵等需电力拖动的设备且相当大的部分需要调速控制。目前,市场推出了大量能满足此类调速控制的全数字直流及交流变频调速系统。特别是随着交流变频调速系统的高速发展和此类产品的成熟,目前无缝钢管制造业电力拖动中已大量使用交流变频调速系统,如近几年建成的华菱管线衡阳钢管集团有限公司及成都无缝钢管厂的 340 mm 连轧机组,全线需调速控制的设备都选用了高性能交流变频调速系统进行拖动。因此,下面从工艺要求及性价比的角度探讨如何合

理在无缝钢管制造业选用相应的电力拖动调速系统。

1 工艺要求

1.1 主机设备

主要包括穿孔机、轧管机、张力减径机(或定径机)。由于轧制规格不同,因此这些设备皆需要调速控制。其中穿孔机调速的控制精度要求远低于轧管机组,对普通的两辊穿孔机,若穿孔规格不是很宽,甚至可以采用常规的不用调速的电气拖动控制。轧管机组中以连轧管机组对电气拖动调速系统要求最高,其与张减机类似,属连续变形加工设备,故控制精度要求较高,表 1 列出了连轧管机组对电气拖动调速系统的品质要求。

收稿日期: 2008-07-18; 修改稿收到日期: 2008-11-17

作者简介: 黄建荣(1960-),男,湖南衡阳人,高级工程师,从事电气工程的设计、安装、调试等技术工作及工程管理工作。

表 1 连轧管机组对拖动调速系统的品质参数要求

Table 1 Mandrel mill demand of the character parameter of the velocity control system

设定精度 / %	特性硬度 / %	动态速降 / %	动态恢复时间 / s	调速范围	调速快速性 / m/s
0.05 ~ 0.1	0.5	1 ~ 2	0.2 ~ 0.5	1 : 100	< 100

注:调速快速性即为要求主机运行于最高速度时,用额定电流调节 1% n_{\max} 转速所需的时间。

正常轧制时,以上三大主机都是单方向运行轧制方式,但必须考虑事故发生及调整时,需要紧急制动和反向运转的情况。

此三大主机在目前先进的钢管轧制线上都是多台电动机成组拖动其中的一台设备。如锥型穿孔机是两台电动机拖动,则相应的拖动系统必须保证两台电动机的转矩一致;连轧机和张减机都是由多机架组成且每个机架由一台电动机拖动,相应的拖动系统必须保证机架间轧制钢的秒流量相等且调整时需带微张力。

1.2 主要辅机设备

除以上三大主机以外,主要的辅机设备有推坯机、顶杆小车、芯棒小车、脱棒机。此类设备都是单电动机拖动,前三台设备需四象限运行,要求拖动系统精度稍低于连轧机。若轧制节奏较快,则顶杆小车拖动系统的动态指标不应低于连轧机。脱棒机是单方向运行工作方式,但需精确定位,同时必须考虑事故发生及调整时,需要紧急制动和反向运转的情况。

1.3 其他辅机设备

这类设备包括辊道、拔料装置、过渡运输装置、冷床、风机、水泵等。其中步进式冷床是典型的势能拖动设备,在下降过程中单靠机械制动较难有效阻止势能所产生的动力而引起的设备运动,故需拖动系统有一定的制动力矩并在制动时间内保持此力矩;同时开始上升时势能所产生的阻力非常大,拖动系统必须有一个预置的起始举力。拔料装置也属于这类设备。辊道的调速控制,主要是保证不同规格钢管的轧制节奏及准确定位。风机、水泵的调速控制主要是出于节能方面的考虑,对拖动系统要求不是太高。

1.4 对过载的要求

以上工艺设备对拖动系统的过载要求通常为:风机、水泵是其额定电流的 1.0 倍;辊道是各电动机额定电流之和的 1.5 倍;其余的是额定电流的 2 倍。图 1 给出了华菱衡阳钢管厂某钢管连轧机组 1[#] 机架负荷曲线。从图 1 可见,此连轧机组的轧制节奏为每分钟 3 ~ 4 支钢管,即约为 3.5

支 / min; 其次,理论上轧制的额定功率为 680 kW,而最大功率为 1 100 kW,若再考虑钢管温度较低,则拖动系统的过载系数取 2 较为合理。

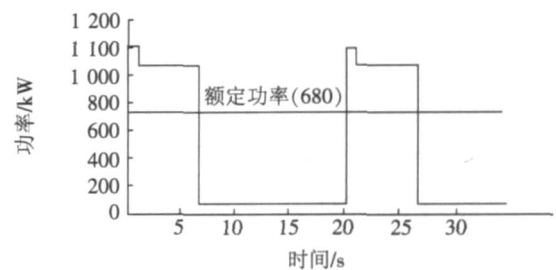


图 1 钢管连轧管机负荷曲线

Fig. 1 Load curve of mandrel mill

2 控制方式及性能指标比较

电力拖动调速系统从变流角度来分应为两大类,即直流调速系统和交流调速系统。直流调速系统历史长,特性硬,控制理论成熟,特别是随着 20 世纪 90 年代全数字直流调速系统的面世,其系统控制精度及自适应性大大提高。在交流调速系统面世前,钢管生产线大都采用直流调速系统,其典型产品有 ABB 的 DCS400 系列及西门子的 6RA70 系列。但直流调整系统功率因数不高,且直流电动机维护量大、转动惯量大于交流电动机且制造成本高于交流电动机,故自 20 世纪 70 年代开始,各发达国家投入了大量人力物力进行交流调速系统的研究和开发,并相继推出了 $U/f=C$ 的正弦脉宽调制 (SPWM) 控制方式、电压空间矢量 (SVPWM) 控制方式、矢量控制 (VC) 方式、直接转矩控制 (DTC) 方式的全数字交流变频调速装置。目前,国内外有 50 多个全数字交流变频调速装置的生产企业,在钢管生产线上大量使用的典型产品有电压空间矢量控制方式的 Fuji (富士) FRN5000G5/P5 和 Sanken (三垦) MF 系列; VC 方式的霍利韦尔 AB 公司 Power Flex700 系列及西门子 6SE70 通用型系列;直接转矩控制 (DTC) 方式的 ABB 的 ACS600, ACS800, ACS6000 系列等产品。各类变频器的主要性能如表 2 所示。

从表 1 及表 2 可知,钢管生产线上各类设备都能找到满足自身调速要求的不同控制方式的交

表 2 各类变频器主要性能

Table 2 Primary performance of different kind of AC-transducer

性能指标	$U/F=C$ 控制		电压空间矢量控制		矢量控制		直接转矩控制*
	不带 PG	带 PG或 PD调节器	无反馈装置	不带 PG	带 PG或编码器	无反馈装置	
调速范围	1:40	1:60	1:100	1:100	1:1000	1:100	
频率为 3 Hz时的 起动转矩 /%	150	150	150	150	零转速时为 150	零转速时 为 150~200	
动态恢复时间 (速度响应) /ms			<100	<25	<20	<25	
调速快速性 /ms	<100	<100	<100	<100	<60	<100	
静态速度精度 /%	$\pm(0.2 \sim 0.3)$	$\pm(0.2 \sim 0.3)$	± 0.2	± 0.2	± 0.02	± 0.2	

*直接转矩控制,在带 PG或编码器后速比拓展至 1:1000,静态速度精度可达 $\pm 0.01\%$ 。

流变频器来进行拖动。但总体来说,交流变频器目前的性能还不能说优于全数字直流调速系统,只能说是相当接近了全数字直流调速系统的性能。表 3 将两者作一个大致的比较。

表 3 全数字交流变频和全数字直传动对比
(以最优参数比较)

Table 3 Comparison between total digital AC-transducer and total digital DC-drive system (based on optimum parameter)

性能	交流变频	直传动	比较结果
稳速精度	0.02%	0.01%	直流优于交流
动态响应	较好	好	直流优于交流
特性硬度	较硬	硬	直流优于交流
可靠性	好	好	都好
维护	交流电动机 维护容易	直流电动机 维护量较大	交流优于直流
	装置的维 护量较大	装置的维 护量较小	直流优于交流
功率因数	高	低	交流优于直流
效率	高	较高	交流优于直流

3 电力拖动调速系统的合理选用

从以上论述可知:无论直流调速系统还是交流调速系统,单从技术方面选择都能得到满足无缝钢管生产线工艺设备要求的相应调速设备。但从性价比及合理性方面尚待探讨。

首先探讨无缝钢管生产线容量较大的穿孔、轧管机电力拖动调速系统的选择。穿孔、轧管机容量一般在 1~5MW 之间。不论是选择直流还是交流调速系统其投资额都在整条生产线的电气投资中占据了相当大的比例。在我们最近的一个改造项目中,就这两台主机的电力拖动调速系统进行了性价比的比较。首先,我们将直流调速系统与交流调速系统两个方案在投资价格上作了较详细的比较,其中包括变压器、调速装置本体、电动机及功率因数补偿装置,结果是建设期交流调速

方案比直流调速方案投资高近 40%左右,这还不包括交流调速装置所要求的变频电缆及功率单元水冷系统所增加的费用。其次,我们对交、直流两种调速方案的运行费用作了初步评估:(1)从系统硬度特性要求考虑,通常,交流电动机的容量不小于 1.2 倍直流电动机的容量,虽然直流调速系统的功率因数低于交流调速系统,但在直流调速系统中我们已配置了功率因数自动补偿装置,故在运行中交流调速系统的电耗高于直流调速系统。

(2)由于交流调速系统功率元件开关频率非常高,大功率交流调速系统功率元件必须采用水冷方式,水冷循环系统的工作增加了交流调速系统的运行费用。由此可知,交流调速系统的运行费用略高于直流调速系统。综上所述,我们决定选用直流调速装置。目前,一方面交流调速作为电力拖动的发展方向,各个工程都在大量使用;另一方面,作为大容量的所谓中、高压变频装置价格居高不下,因此,我们认为在大容量电力拖动调速系统的选择决策中,特别是在技改项目中,应在性价比上作充分比较,从而真正做到合理选择。这样在拥有同等技术性能及运行成本相当的前提下,可大大降低企业投资成本,增强企业产品的竞争力。

其次探讨除风机、水泵以外的钢管生产线上其他设备电力拖动调速系统的选择。这类设备容量都在 1MW 以下,对交流变频调速系统而言,都是其所谓的低压调速范围。有人做过比较,22 kW 以下系统交流调速装置便宜,22 kW 以上直流调速装置便宜。这仅仅是装置本身而已,若考虑包括电动机在内,这类设备调速系统的交、直流调速两种方案,在价格上已相差无几。更何况在钢管生产线上这类设备分布范围较广,环境相对较差,交流电动机比直流电动机更适应这样的环境。故我

(下转第 62 页)

图 4 中,当步进梁上升条件满足且在 AB 段上升时执行此程序,PLC 扫描时间上升脉冲沿是指每 32 ms 触发一次。为避免对步进机械产生冲击,比例阀放大板的给定输出从 0 加到 5 800 mV 约需 0.4 s,通过计算得出斜坡值 a 约为 450 mV。当给定不小于 5 800 mV 后步进梁以 5 800 mV 的速度给定匀速运动,直至到达 B 点。实际应用中,通过改变步进梁比例阀的给定值和斜坡值调节步进梁运动速度,实现步进梁对板坯的轻拿轻放功能。

4 结束语

自 2002 年投产以来,2 号加热炉运行至今基

本稳定,未出现大的问题,步进梁自动运行情况良好,故障率小于 2%。经过实践证明,步进梁比例阀控制系统设计合理、稳定性强、故障率低,能满足生产的需要。

参考文献:

- [1] 陈晓岚,胡晓波. 用 PLC 实现步进梁的速度控制 [J]. 电气应用, 2006, 25 (6): 33-35.
CHEN Xiao-lan, HU Xiao-bo. The velocity of the beam controlled by PLC [J]. Electrical Applications, 2006, 25 (6): 33-35. [编辑:魏方]

(上接第 51 页)

人们认为选用 VC 方式或 DTC 方式的交流变频调速系统较为合理。特别是势能型负载的设备,须具备“励磁预置”功能,在选用交流调速系统时,必须选用 VC 方式或 DTC 方式的交流变频调速系统。如 AB 公司的 Power Flex 700、西门子公司的 6AS70 及 ABB 公司的 ACS800 等系统。

最后是风机、水泵类设备的电力拖动调速系统的选择,这类设备对调速系统的精度要求不高,其主要是基于节能的考虑,故我们认为这类设备

的调速拖动仅选用 $U/f=C$ 的正弦脉宽调制 (SPWM) 控制方式的变频器即可。若需参与流量闭环调节,即可选用电压空间矢量 (SVPWM) 控制方式的变频器。

4 结语

在无缝钢管生产线或类似生产线,特别是这类生产线的改造工程中的电力拖动调速系统的选择决策上,宜从经济、实用、维护方便、备件易购的角度出发,对性价比进行充分论证,作出对本企业最有利的判断和选择。 [编辑:沈黎颖]

(上接第 58 页)

从图 4 可以看出系统在达到温度平衡点时,加热炉温度非常平稳。通过这次对原有加热炉控制系统的升级改造,有效解决了温度滞后及受环境因素影响造成的系统反应慢、波动大等问题。

4 结论

以西门子 S7-300 PLC 为核心的加热炉温度控制系统,实现对 PD 控制参数的自整定,既保留了 PLC 控制系统的可靠性和灵活性等特点,又提高了控制系统的智能化程度,确保了模糊 PD 温度控制系统在加热炉温度控制系统中达到良好效

果。

参考文献:

- [1] 韦魏. 智能控制技术 [M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
[2] 刘普寅. 模糊理论及应用 [M]. 长沙:国防科技大学出版社, 1998.
[3] 周荣富. 模糊 - PD 复合控制在燃烧控制系统中的应用 [J]. 自动化信息, 2006, 57 (1): 75-79.
ZHOU Rong-fu. Application of fuzzy-PD complex control in combustion control system [J]. Automation Information, 2006, 57 (1): 75-79. [编辑:魏方]

首矿大石河铁矿选矿 7 号布料小车远程控制试运行

为最大限度保护粉尘区岗位职工身体健康,给职工创造一个健康的工作环境,首钢大石河铁矿积极推进小车布料岗位远程控制项目。从 2007 年 11 月开始,他们与计控室合作,以破碎 7# 布料小车为试点开展小车远程手动控制改造试验。试验采用摄像头获取现场信息的方式,代替岗位现场监视,并通过电气改造将小车控制系统复制到远端,从而使岗位远离粉尘区。在改造过程中,有关技术人员攻关创新,解决了封闭滑线供电中断造成小车失控、8# 料斗满仓和 6# 皮带机头堵料以及自动运行等一系列问题,试验取得了初步成功,达到了操作岗位人员迁移到碎矿集中操作室进行远程操作的条件,不仅使岗位人员远离了粉尘现场,同时也为另外两辆小车改造提供了经验。该项目于 2008 年 4 月 14 日完成初步试验,进入试运行阶段。
(首钢矿业公司 党委宣传部 齐瑞普,乔玉良)