

# KZY 电极升降自动调节器在钨铁电炉的应用

孔庆晨

(川投峨铁公司 峨眉山 614222)

**摘要** 比较表明 KZY 电极升降自动调节器应用于钨铁电炉,功能明显,经济效益显著。

**关键词** 电极升降 自动调节器 钨铁 电炉

中图分类号 TF333.3 文献标识码 B 文章编号 1001-1943(2002)02-0031-03

## APPLICATION OF KZY AUTOMATIC REGULATOR FOR ELECTRODE POSITIONING TO FERRO- TUNGSTEN ELECTRIC FURNACE

Kong Qingchen

(Chuantou Emei Ferroalloy (Group) Co., Ltd., Emeishan 614222)

**Abstract** The comparison shows the application of KZY automatic regulator for electrode positioning to ferrotungsten electric furnace can achieve obvious economical benefits, and the regulator is very effective.

**Keywords** electrode positioning, automatic regulator, ferrotungsten, electric furnace

### 1 前言

钨铁电炉不同于炼钢电弧炉,由于冶炼钨铁合金的主要原料为钨精矿、废钢铁或钢铁屑、返回品及少量的硅铁合金和焦炭,电弧因在金属表面进行,燃烧不稳定,时常会产生数倍于额定状况下的冲击电流及运行短路,这样冶炼工艺过程的作业时间就要延长,甚至破坏系统的工艺程序。欲使电炉正常工作,必须保证稳定的电气制度,即借助于调整电极至炉内金属炉料间相对位置,使得电弧长度、电弧电流的瞬间变化符合用电规范。因为钨铁电炉工艺性质的特殊性,选用怎样的电极升降自动调节装置和调试设定恰当运行参数,对钨铁电炉是至关重要的,本文就此谈谈笔者实践中的一些体会。

### 2 调节器满足钨铁电炉工艺的条件

电炉冶炼钨铁,大致分为四期,一是精炼初期或熔化期,二是精炼期、三是精炼取铁期、四是贫化期。精炼初期,炉内加入的大多是冷金属(废钢铁或

屑及返回品),炉内温度较低,分布电阻较小,依靠强力电弧率来加热炉衬并熔化金属,电能需用量大,弧柱为最短,电流和电弧长度变化强烈,即使调整炉变二次相电压 110 V 至 86 V,也会由于电弧电流所造成的强磁场对气态电弧导体形成压迫作用。沿电极中心产生的弧光和飞溅的熔化金属接触,电弧间隙几乎无法保持,电弧电流由 10% ~ 30%  $I_e$  到 200%  $I_e$  或更宽范围内波动,如果不能快速拉长弧柱增大弧隙阻抗,将使电炉保护电气装置跳闸,冶炼被迫终断;倘若弧柱被拉得过长,电弧会自行熄灭,因此,升降电极要求在足够的转力矩下快速抬起并及时定位,即调节器对弧柱的追踪性能要好。对钨铁炉而言,调节器应能满足 600 ~ 1 100 mm/min 的提升速度和 500 ~ 1000 mm/min 的下降速度,对弧流的不调区即非灵敏度适当宽一些,以 25%  $I_e$  为宜。

当炉内呈相对稳定状态,随着钨精矿的少许加入熔化贯通并出现了渣液,炉内分布阻抗相对增大,电流、电弧长度趋于平稳,这时则要求电极在炉

**作者简介** 孔庆晨 男,1957年6月出生,电气工程师。

**收稿日期** 2001-10-20



内的位置稳定,三相入炉功率均衡,灵敏度在 15%  $I_e$  - 20%  $I_e$  为宜,如果灵敏度过高,电极在炉内上下移动的频率增加,对重达 1.7 t 自焙烧电极及阻力臂重达 8.4 t 的升降机构,移动频繁的结果在电极端部易发生振荡致电极断裂;灵敏度过低,控制功率平衡不利,耗能增加。

当向炉内间断性少量投入焦炭,炉内渣层进一步沸腾增厚,形成保温层间,电弧基本上是在炉内相对固定的有效电阻上做工,符合  $Q_{电} = 0.24 I_e R_t$ 。炉内吸热,温度迅速升高,经 40 ~ 50 min 进入精炼取铁期,由于取铁过程是将挖铁勺伸进熔池内向外挖,勺子对炉内熔化金属的搅动较为强烈,电弧长度随之瞬时变化,这时要求调节器能够定值快速追踪电弧。

电炉最后工序——贫化期,由于大量钨精矿进入炉内及一定量的硅铁合金和焦炭进行强制还原并造渣,炉内熔池沸腾较为强烈,中后期只需输入 70%  $I_e$ ,便可满足要求。调节器应具有弧流弧压选定范围并平衡稳定。

从以上电气制度得出,钨铁电炉各期的工艺过程,实质上就是炉内电阻的变化过程,电炉取用功率的大小与弧长有关,但是当变压器二次电压一定时,则与电弧的等效电阻有关,此值较大,则电弧间隙相对稳定;小则电弧间隙变化频繁。因此,钨铁电炉工作的根本要求,就是在最合理的用电规范下,保持比较稳定的电极到炉料间的电弧长度。

### 3 钨铁电炉调节器的原状况

某公司钨铁电炉最早使用的调节器为交磁电机放大机式。它是用激磁绕组的纵向磁场和电枢绕组的横向磁场来激励,其调节对象为电流、电压;原电机为交流异步电动机。这种调节器体积大、辅助设备多、灵敏度低,维护修理程序复杂,因故障频繁而停止使用。随后采用可控硅——直流电动机式,通常情况下(炉内电阻分布较大时)能够维持电炉的工作,实际运用中,缺陷明显。

3.1 直流电机造价较高,且电枢工作不够可靠,在粉尘较多的场合使用,换向器及电刷易损坏。

3.2 因直流电机转子笨重,起动与制动过渡时间较长,加上转速正比于电压的平方,自调过程中,必须处于运转状态,这样,很难消除电炉运行的短路现象。

3.3 自动燃弧及追踪弧长性能差。

实践表明,1976年至1990年间使用直流电机式调节器,精炼期长,贫化期被迫缩短,各项经济指标呈下降趋势,停机损失呈上升状态,因此,维持生产并提高经济效益,必须针对钨铁生产的工艺特点,选择使用适合的调节器。

### 4 KZY 型调节器用于钨铁电炉可行性分析

KZY 即可控硅——空心转子双绕组异步电动机式电极升降自动调节器,适用于炼钢电弧炉,但用于矿热炉尚无首例。该型调节器由执行元件交流力矩电机、主控制元件可控硅、阻尼反馈元件直流测速发电机和信号模拟比较环节、速度调节、CK 逻辑电路等组成。工作原理基于被调节值  $Z = U_e / I_e$  ( $Z$ —电弧阻抗,  $U_e$ —二次相电压,  $I_e$ —二次线电流),由炉内检测  $B U_b - C I_b = 0$ ,差值  $\Delta U = U_p - U_{ct}$  作为传递信号,经放大、比较、鉴相、倒相等电路处理,输出脉冲信号,控制上升或下降移相触发器至可控硅,使之开通与关断至电机正转或反转与停止,实现抬起或降下电极。

做为执行元件的交流力矩电动机,转矩  $M$  与施于定子绕组电压  $U_e$  的  $a$  次方成正比,即转矩  $M = KU_e^a$ ,  $K$  为常数,经测试  $a = 1.97 \sim 2.71$ ,改变  $U_e$  (既调整可控硅导通角),转矩  $M$  发生变化,当载荷一定时,转速也发生变化,其速度近似为  $n_1 = \frac{975(P_d - P_f)}{M}$  (式中  $P_d$  为输入功率,  $P_f$  为损失功率)。由于钨铁电炉自焙烧电极自重较大,选用这种力矩大的电动机做为提升机械的原动机,对克服电炉运行短路、缩短升降过渡时间较为有利,再者,由于该电机的转子是空心钢柱形,表面光滑无齿槽,机械和电磁方面的平衡性较好,起动与制动的过渡时间仅取决于  $(GD^2/37S) \cdot [n_s / (m_s - m_t)]$  (式中  $GD^2$  表示折合到电机轴上的系统惯性量,  $m_s$  为平均起动转矩,  $m_t$  为负载静转矩,  $n_s$  为给定电压下的电机转速),另外,该调节器增设了执行元件动作预先制动环节,可以有效防止电弧被拉断,使得系统调节稳定性提高。基于上述, KZY 型调节器的性能完全符合钨铁冶炼的工艺要求,实际应用中只稍加修改个别环节参数,其使用是可行的。

### 5 KZY 型调节器在钨铁电炉的具体应用

西安电磁机械厂生产的 KZY-6-10T 型调节



器, 其上升速度为 3.5 m/min, 下降速度为 3 m/min, 对于钨铁电炉极不适宜; 对炼钢电弧炉而言, 因电流电压比小 (10~30), 克服运行短路需要不小于 2.5 cm/s 的提升速度, 若短路尚不能消除, 5~16 s 则电炉保护装置跳闸切断电源。而钨铁电炉电流电压比大 (50~120), 运行短路不象炼钢炉那样陡烈, 只要满足 1.2 cm/s 的提升速度, 便可消除 1.7I<sub>n</sub>~3I<sub>n</sub> 的运行短路, 这是由  $I_{短} = \sqrt{3} U_{短} / 2Z_{短}$  所决定, 它表明, 电炉运行时, 二相短路的可能性最大, 短路电流也最大。其短路保护通常选择有限反比时限 2.5I<sub>n</sub>~1.2I<sub>n</sub>, 0~120 s 动作跳闸, 较炼钢炉值低。再者, 钨铁电炉电极升降机械适宜自锁能力强的蜗轮蜗杆减速机械, 其传动系数为  $K = 2 D / i p_{\omega}$  (D—鼓轮直径, i—传递比, P<sub>ω</sub>—滑车绳数), 用于钨铁炉 D 取 500 mm, K 以 0.7 为宜, 实际生产中较该值小些仍可满足要求, 为了保证电动机有足够的功率抬起重达 8.4 t 的升降机构, 配重平衡尽可能高些 (以 75%~85% 为宜)。另外, KZY-6-10T 型调节器对弧流调节不感区即非灵敏度为 10%, 用于

钨铁电炉时应适当放宽为 20%~30% 较适合, 因为 10% 不感区仅占电炉周期时间的 1/6.5, 且易造成电极窜动导致电极软断事故的发生。

实际应用中, 我们将齿轮减速机变更为蜗轮蜗杆减速机, 将齿轮齿条传动改为钢绳拖动, 将原设计电动机立式安装改为卧式安装, 将功率平衡测量差值  $\Delta U = U_p - U_d = 4 V$  调整为 4.5 V, 将灵敏度选择 10% 档串 100 Ω 电阻降低灵敏度至 15%, 同时为了保证炉变二次电压不同情况下入炉功率恒定, 增设了电压切换匹配阻抗转换继电器及钢绳弹性阻尼作用, 取消了直流测速发电机反馈阻尼系统和装置。

## 6 应用效果比较

90 年代初期, KZY 型调节器经改造用于该公司 3.5 MVA 钨铁电炉, 运行至今, 效果一直良好, 对原 DDKZ 可控硅直流电机式调节器与 KZY 可控硅交流力矩电机式调节器于电炉运行数据收集整理, 统计比较结果如表 1 所示。

表 1 DDKZ 可控硅直流电机式与 KZY 可控硅交流力矩电机式调节器运行数据比较

统计号	一次电压/kV	比较对象	DDKZ 台班电耗		cosφ	KZY 台班电耗		cosφ	台班电炉运行时间/h	对比时间 DDKZ/KZY /a
			有功/kW	无功/kW		有功/kW	无功/kW			
1	10.7		20 800	8 800		21 600	8 800		8	89/97
2	10.5		19 200	8 800		20 800	8 000		8	89/97
3	10.6		19 200	8 000		21 600	8 000		8	89/97
4	10.7		20 000	8 000		22 400	8 000		8	89/97
5	10.2		20 800	8 800		21 600	8 800		8	89/97
6	10.5		22 400	8 800		20 800	8 000		8	89/97
7	11.00		20 800	8 000		21 600	8 000		8	89/97
8	10.7		20 800	8 000		22 400	8 800		8	89/97
9	10.7		20 800	9 600		22 400	8 800		8	89/97
10	10.9		21 600	9 600		22 400	8 800		8	89/97
11	10.5		20 800	8 000		21 600	8 000		8	89/97
12	11.00		20 000	8 000		20 800	8 000		8	89/97
13	10.5		21 600	8 800		22 400	8 000		8	89/97
14	10.7		21 600	8 800		22 400	8 000		8	89/97
15	11.2		23 200	8 800		21 600	8 000		8	89/97
16	11.1		21 600	8 800		22 400	8 800		8	89/97
17	11.1		21 600	8 000		21 600	8 000		8	89/97
18	10.7		20 800	8 000		21 600	8 000		8	89/97
19	10.8		21 600	8 800		22 400	8 000		8	89/97
20	10.8		21 600	8 800		19 200	7 200		8	89/97
平均	10.745		21 040	8 560	0.926	21 680	8 200	0.935	8	89/97

1976 年至 1991 年间, 钨铁合金月平均产量 560 t 左右, 1991 年~1999 年间, 钨铁合金月平均产量达 680 t 左右。KZY 调节器故障时间 1991 年~1999 年约停机 56 小时, 而 DDKZ 调节器 1976 年~1991 年年均故障停机就达 37 小时。

比较说明, KZY 调节器应用于钨铁电炉取得成功, 并获得明显的技术经济效果, 因其配置合理, 减少或杜绝了电炉冶炼钨铁过程中的断弧和跳闸, 使得入炉有效功率增加, cosφ 提高, 为精炼取铁期创造了时间条件, 进而保证了电炉稳产高产。