

doi: 10.7690/bgzdh.2013.04.017

恒流源型电源在静电除尘中的特性研究

杨文霞¹, 张连永¹, 杨明印²

(1. 济宁技师学院数控技术系, 山东 济宁 272000; 2. 河北工业大学控制科学与工程学院, 天津 300130)

摘要: 通过比较电压型电源与恒流源型电源的伏安特性曲线, 推导多依奇除尘效率公式等, 从理论上揭示了恒流源型电源在静电除尘中的技术特点和能够提高除尘效率的原因。介绍了恒流源型除尘电源的电路原理, 给出了恒流源型电除尘系统的设计方案, 并以实例进行实验测试。实验结果表明: 恒流源型电源不但具有输出功率大、提高工作电压、电压自动跟踪的技术特点, 还能够保证电晕电流和提高收尘效率。

关键词: 电路原理; 技术特点; 系统方案; 实验

中图分类号: TP302 **文献标志码:** A

Characteristics Research of Constant Current Source Power Supply in Electrostatic Precipitation

Yang Wenxia¹, Zhang Lianyong¹, Yang Mingyin²

(1. Department of CNC Technology, Jining Technician Institute, Jining 272000, China;

2. School of Control Science & Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: By compared current-voltage curves between voltage-mode power supply and constant current source power supply and deduced Deutsch precipitation efficiency formula, reveals the technical characteristics of the constant current source power supply in electrostatic dust, and the reasons to improve the precipitation efficiency. Secondly, introduce the power supply circuit principle of the constant current source, put forwards design scheme of electrostatic precipitation of constant current source power supply, and carry out the experimental tests. Experimental results show that the constant current source-type power not only has the technical features of large outputting power and improving the working voltage, voltage automatic tracings, but also ensure the corona current and improve the collection efficiency.

Key words: circuit principle; technology characteristics; system solutions; experiment

0 引言

随着我国环保要求的提高, 工业粉尘排放的标准也越来越严格。为了提高除尘效率, 除了研究改进除尘本体的结构外, 供电方式的影响也是国内外研究的热门。磁饱和放大器电源, 可控硅移相供电, 脉冲叠加直流供电等方式, 都先后得到了应用。其中以智能芯片控制来实现最佳火花频率控制的可控硅移相电源, 应用最为广泛^[1]。从气体放电角度看, 可控硅移相供电方式的火花放电的临界电压低, 电晕电流不可控制, 影响除尘效率。L-C 恒流高压直流电源不但能够很好地解决上述问题, 而且该电源比其他类型的电源可靠性高, 安装、调试、操作、维修都非常简便; 因此, 笔者对恒流源型电源在静电除尘中的特性进行研究。

1 电路原理

恒流高压直流电源装置将电网的交流电压源转换成可调的恒流源^[2], 其等效电路如图 1, 输出电

流为 $I_0=aU_i$, 输入电流为 $I_i=bU_0(I_0)$, 式中 a、b 均为常数, 与设计规格有关, 由上式可知, 输入电压与输入电流同相, 功率因数接近 1, 输出电流由输入电压决定, 对一定值的电网电压 U_i , 输出电流总是恒定不变。输入电流只与负载电压有关, 负载电压愈高, 输入电流愈大, 反之亦然。正是这种特性使产品具有极强的实用性, 当负载短路(电场击穿)时, 输入电流下降到零, 有效地保护了设备及负载。

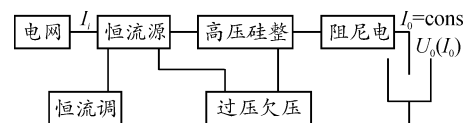


图 1 恒流源型电源等效电路

2 技术特点

无论是磁饱和放大器还是晶闸管相控调压的供电方式, 均是电压源的特性, 能直接调控的量是电压, 而恒流源是一种电流源的概念, 能直接控制、调整的是电流。通过调控电流可以实现最高临界电

收稿日期: 2012-10-12; 修回日期: 2012-11-30

作者简介: 杨文霞(1982—), 女, 山东人, 硕士, 讲师, 从事车辆工程及高压电源转换研究。

压控制、恒流输出控制、最佳火花频率控制等^[3]。

2.1 恒流源能够增大输出功率实现节能

通过电压源、恒流源供电的伏安特性^[4]曲线(如图 2、图 3)可看出, $0 \sim I_1$ 为线性区, $I_1 \sim I_M$ 为饱和区, $I_M \sim I_2$ 为负阻区, 电压源调控的是电压, 一个电压对应多个电流值, 所以电压源只能工作在线性区, 即 I_1 以下, 电流源调控的是电流, 一个电流值对应一个电压值, 工作点可以任意选取, 可以工作在 I_M 之上, 由于工作点的提高, 通过改变供电方式, 使二次电流至少有 1 倍以上的提高, 注入功率提高 50% 以上, 排放降低至少三分之二, 减少损耗 50%, 使得注入到除尘器的功率提高, 进而提高收尘效率。

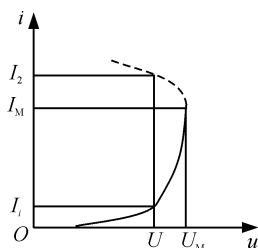


图 2 电压源供电伏安特性曲线

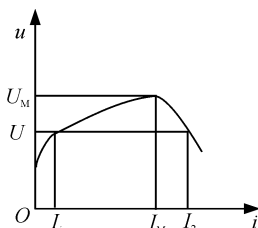


图 3 恒流源供电伏安特性曲线

2.2 恒流源能够提高工作电压以及除尘效率

除尘器电场某一部由电晕放电发展为火花放电, 是需要功率和时间的。对于恒流源供电电源, 当电场由电晕状态向火花放电发展时, 放电通道的等效电阻 R 随着电离程度的增强而减小, 由于电晕电流 I 不变, 因此电源输出功率 I^2R 减小, 将有效地抑制火花放电的发展。这一过程相当于一个负反馈的物理过程, 因此火花击穿的临界电压明显提高, 使得除尘器的伏安特性曲线的线性区得到了大幅度延伸, 临界火花工作电压大幅提高。

恒流源是由几个并联的 L-C 转换模块组成, 根据工况情况不同, 通过改变投入的模块数量从而改变电晕电流的大小, 保证足够的电晕电流。通过多依奇根据除尘效率公式^[5]可知, 在集尘板面积为 A , 气体流量 Q 确定的情况下, 对除尘效率 η 起决定作用的是粉尘的驱进速度 ω 。

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{A}{Q}\omega\right) \quad (1)$$

假设粉尘饱和状态下的荷电量是 q , $q \propto E_f$, 荷电尘粒在静电场中受到的电场力 $F = qE_j$, 当静电力等于空气阻力时, 作用在尘粒上的外力之和等于零, 尘粒在横向作等速运动这时的运动速度称为驱进速度:

$$\omega = \frac{qE_j}{3\pi\mu d_c} \quad (2)$$

为了简化数量关系, 笔者假定:

$$E_f = E_j = \frac{U}{B} = E_p \quad (3)$$

式中: E_f 为放电电极周围电场强度; E_j 为收尘极周围电场强度; U 为电除尘器工作电压; B 为电晕极至集尘极的距离; E_p 为除尘器的平均电场强度。由公式 (2) 知, 在粉尘特性一定的情况下。粉尘的驱进速度 ω 取决于收尘电场强度 E_j 和尘粒的荷电量 q , 再由公式 (3) 不难得出 $\omega \propto E_p^2$ 。显然, 恒流源型除尘电源在相同粉尘性质的工况下可以大幅度提高除尘器的工作电压, 工作电压的升高意味着平均电场强度的增强, 粒子的驱进速度及除尘效率也会大幅提高。此外, 电晕线放电释放的自由电子的数目直接与电晕电流相关, 恒定的电晕电流可以保证自由电子的浓度, 尘埃荷电的几率增加, 荷电量 q 会加大, 粒子的驱进速度 ω 也会增大, 除尘效率同样也会提高。综上所述, 电流源型除尘电源能够同时满足影响除尘效率的 2 大因素, 使除尘效率显著提高。

2.3 恒流源具有良好的电压自动跟踪性能

恒流源的电晕电流是保持不变的, 而电压是随机量。电流源供电可以轻而易举地实现电压自动跟踪控制, 而且不需要任何反馈控制电路。当粉尘浓度增大时, 电路等效电阻增大, 电流不变, 电压增大, 输入功率增大; 反之, 电压减小, 输入功率减小。此外电流源还能有效的克服电晕“闭塞”现象, 对电极肥大的适应性也强, 当电极肥大或收尘板积尘较厚时, 电压也会自动地增加。

3 系统设计

主电路采用 5 组 LC 相并联的形式, 其中 LH1 是由 2 组并联的 LC 电路组成, 调节电流的幅度比较大, LH4 是较小的 LC 电路, 用于小电流的调整(如

图4所示)。主控单元采用 PLC 控制继电器的形式, 所有信号通过 CAN 总线传输到触摸屏上集中显示, 电除尘电源控制系统的触摸屏采用的是威纶通 (WEINVIEW) 公司的 MT6070iH 型触摸屏。采用

220 V 作为工作电压, 恒流源输入电压 0~220 V 可调, 恒流源电流大于 12 A, 电场运行电压 0~50 kV 自动跟踪, 电场运行电流 0~50 mA 连续可调, 总体功率为 50 kV/50 mA。

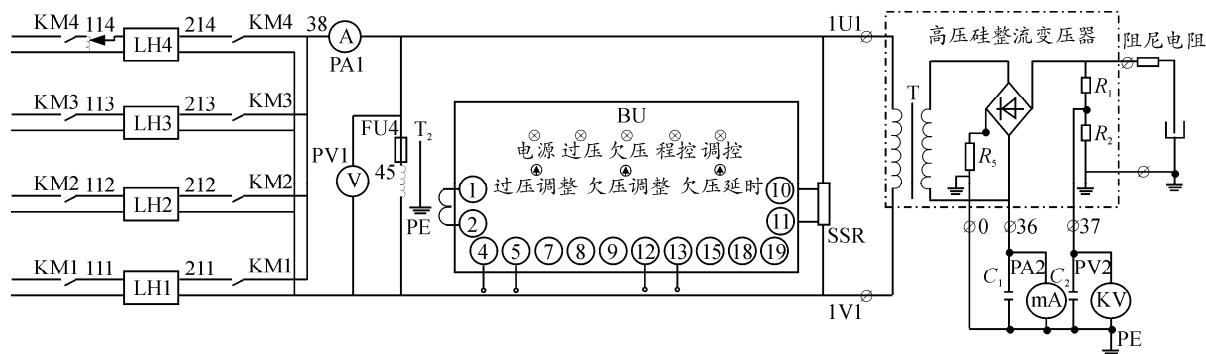


图4 恒流源电除尘系统组电路

4 实验设备及数据

现场实验设备如图5所示, 按照实验要求连接好线路, 确保除尘本体和控制柜接地线可靠接地。

给恒流源输入满负荷 220 V 电压, 测得除尘器一室三场的电压电流如表1所示。经长时间测试, 该除尘设备能够达到多数工况情况下的除尘要求。



图5 实验设备

表1 实验结果

运行电场	二次电压/kV	二次电流/mA
一电场	45	40
二电场	48	45
三电场	50	48

5 结束语

需要强调的是, “恒流”指的是一种电路特性。恒流供电时, 电场的电流同样可以根据不同工况加以调节, 通过检测电晕电流的大小控制投入的 LC 恒流模块的数量也可以实现微机智能控制。此外, 该电源中的主要环节不使用电子元器件, 而使用经久耐用的电抗器、电力电容器, 能经受高压突发短路和持续短路的冲击, 可靠性高、维修方便, 在冶

金烧结机以、电力除尘等行业中有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 柳超, 白志中, 李广志. 军用车载通信电源关键技术及发展趋势[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(2): 40.
- [2] 陈凯良. 恒流源及其应用电路[M]. 浙江: 科学技术出版社, 2004: 20-35.
- [3] 林佑祥. 恒流源技术在静电除尘系统的应用[J]. 冶金动力, 2011, 144(2): 8-10.
- [4] 陈鹏. 静电除尘器除尘效率影响因素的研究[D]. 东北大学环境工程系, 2009.
- [5] 严辉. 电除尘器伏安特性的实验研究[C]. 第十二届中国电除尘学术会议论文集, 2007-10-19: 423-426.