

光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭再生控制系统

赵 聪

(河南省机械设计研究院有限公司, 郑州 450001)

摘要: 对光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭进行了分析, 利用光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭的再生机理, 提出了光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭的制备方法及光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭再生控制系统的设计实现过程, 论述了控制系统硬件原理, 对 TGS2600 空气质量传感器电路、活性炭换层控制单元、再生用 TL-D 15W/10 紫外灯控制单元进行了描述和方案设计, 对软件设计流程进行了讨论和说明; 在光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭再生控制系统, 利用再生过程紫外灯光照强度连续监测及动态在线调整, 结合程序计算反馈调整, 运用碳层连续换层设计, 使得光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭的再生效率好, 光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭再生控制系统对其它的类似设计提供了借鉴。

关键词: 光催化; 二氧化钛 (TiO₂); 活性炭; 再生

Photocatalytic Titanium Dioxide (TiO₂) Activated Carbon Regeneration and Control System

Zhao Cong

(Henan Machinery Design & Research Institute Co., Ltd., Zhengzhou 450001, China)

Abstract: At present, analysis of photocatalytic titanium dioxide (TiO₂) activated carbon is made by, using photocatalytic titanium dioxide (TiO₂) activated carbon regeneration mechanism, Photocatalytic titanium dioxide (TiO₂) activated carbon regeneration and control system design are proposed, The paper introduced the mechanism of TiO₂ activated carbon regeneration, the preparation methods and design scheme of the control system; Puts forward a control system hardware principle, TGS2600 air quality sensor circuit design, activated carbon layer conversion control unit design, regeneration with TL - 15 w/D 10 uV lamp control unit design and software design, The above are discussed and illustrated. In the photocatalytic titanium dioxide (TiO₂) activated carbon regeneration and control system, Using the UV light intensity continuous monitoring and on-line dynamic adjustment, In combination with feedback, Using carbon layer continuous change design, Photocatalytic titanium dioxide (TiO₂) activated carbon regeneration efficiency is very high, This design provides a reference for other similar design.

Keywords: photocatalytic; titanium dioxide (TiO₂); activated carbon; regeneration

0 引言

活性炭是一种多孔材料, 具有极其发达的空隙结构和极大的比表面积, 它作为一种优良吸附材料被广泛的应用于液相领域和气相领域, 在气相领域可广泛应用于烟气脱硫脱硝、汽车尾气净化、室内空气净化、防毒面具的毒气防护、工业有机蒸气和有毒化合物的去除等, 而且可以在化工领域中可作接触催化及催化剂载体^[1]。

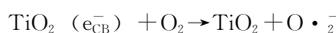
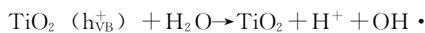
国内工业发展和城市建设日新月异, 经济快速发展的同时也破坏了我们赖以生存的环境, 尤其是水污染、空气污染已经严重影响了日常的健康生活, 为了能改善室内空气的质量, 各种空气净化系统就应用而生了。

将空气净化系统活性炭滤网的活性炭, 由普通的柱状或颗粒活性炭, 替换成光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭, 当光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭吸附接近饱和时, 由光催化二氧

化钛 (TiO₂) 活性炭再生系统控制将吸附在光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭中的各种有机物质分解成 H₂O 和 CO₂, 从而让空气净化系统的光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭滤网永久使用无需更换。

1 再生机理

锐钛型二氧化钛 (TiO₂) 受到波长小于或等于 387.5 nm 的紫外光照射时, 价带的电子就会获得光子的能量而跃前至导带, 形成光生电子 (e⁻_{CB}); 而价带中则相应地形成光生空穴 (h⁺_{VB})。



空穴 (h⁺_{VB}) 可把吸附在二氧化钛 (TiO₂) 表面的 OH⁻ 和 H₂O 分子氧化成 OH[·] 自由基, 电子 (e⁻_{CB}) 可把氧气分解成超氧离子自由基。(OH[·]) 自由基和超氧离子自由基 (O[·]₂) 具有非常强的氧化能力, 能将吸附在光催化二氧化钛

收稿日期: 2017-05-09; 修回日期: 2017-05-25。

作者简介: 赵 聪 (1979-), 女, 河南新乡人, 硕士研究生, 主要从事自动控制系统方向的研究。

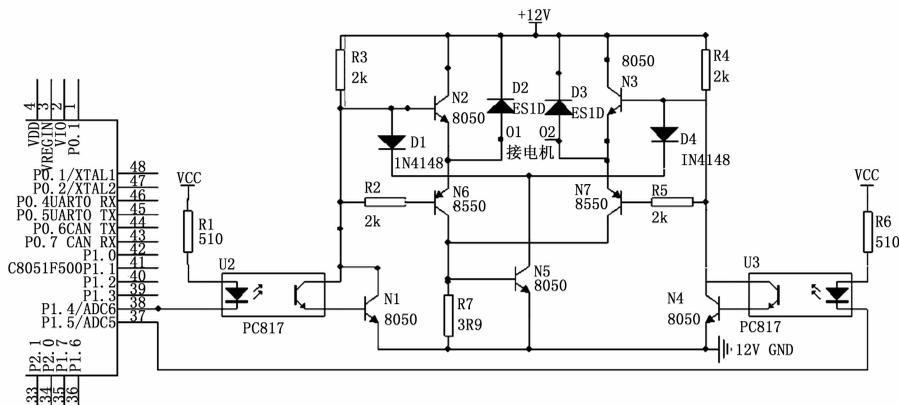


图 3 驱动电路图

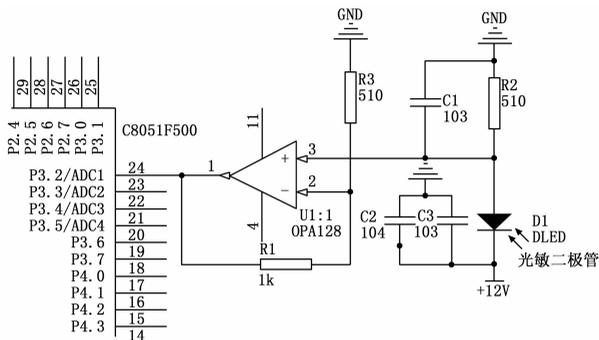


图 4 检测电路图

号很弱，故采用高精度、高输入阻抗的精密运放 OPA128，将光敏二极管的信号放大后，再接入 C8051F500 采集端口 ADC 管脚采集运算，计算后的结果用于 UV 灯光照强度的反馈控制。

光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭再生控制系统 UV 灯光强调制电路，如图 5 所示。

UV 灯工作时需要较高的电压，而且还要稳定才能产生波长恒定的光源，所以电路设计上用 C8051F500 的 I/O 端口 P3.7 和 P4.0。

3.5 软件设计流程

光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭再生控制系统再生模式

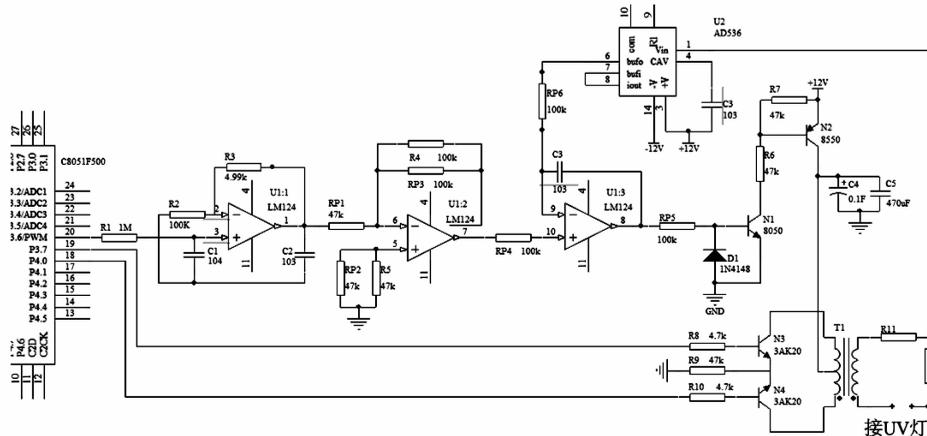


图 5 电路图

软件设计和实现流程如图 6 所示。

做控制端，控制开关管 N3、N4 的导通和截止，从而控制变压器将电压调制成 UV 灯所需的电压；C8051F500 的 P3.6/PWM 端口经过 RC 滤波、多级放大驱动后，与 AD536 计算的反馈的信号调制输出控制 UV 灯的灯光强度。

当光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭全部处于饱和状态，即达到它的平衡吸附量 a ，即静活度，根据朗格缪尔等温线，在吸附作用时间 ζ 内，活性炭吸附量为：

$$X = aSL\rho b$$

式中， X 为单位时间 ζ 内活性炭吸附量， a 为净活度重量%， S 为光催化活性炭的截面积， L 为光催化活性炭的吸附层厚度， ρb 为光催化活性炭的堆积密度^[8]。

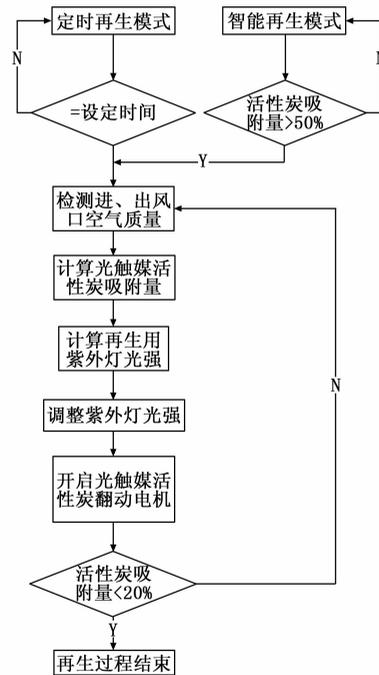


图 6 软件设计和实现流程图

在控制系统软件设计时，系统实时检测并计算进入光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭滤层前的空气质量浓度 A1，检测通过光催化二氧化钛 (TiO₂) 活性炭滤层后的空气质量浓度 A2。

3.5.1 定时再生模式

在定时再生模式下，系统时钟到定时时间，控制系统进入定时再生模式，控制系统开启紫外灯，实时检测活性炭吸附容量的变化，调整紫外灯的光照强度，保证再生效果。同时定

[7] 郭稳涛, 何怡刚. 智能家居远程监控系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2011, (09): 2109-2112.

[8] 高 鹏, 郑 超, 任岐鸣, 等. ARM 和 ZigBee 的智能家居监控网络设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, (10): 3206-3209.

[9] 周 晋. 燃气壁挂炉系统设计 [J]. 科技展望, 2014, (21): 198.

[10] 陈嘉源, 吴黎明. 模组壁挂炉温度协同控制系统设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2016, 16 (6): 58-61.

[11] 黄杰华. 一种多功能遥控式壁挂炉: 中国, CN203432091U [P]. 2014-02-12.

[12] 李 军. 燃气壁挂炉远程监控系统: 中国, CN102777972A [P].

2012-07-11.

[13] Zhao G, Li B. The design of gas boiler combustion system based on ADRC and μ COSII [A]. Control Conference (CCC), 2016 35th Chinese [C]. 2016; 5982-5985.

[14] Kciuk Mk. OpenWRT operating system based controllers for mobile robot and building automation system students projects realization [A]. 2014 15th International Workshop on Research and Education in Mechatronics (REM) [C]. 2014; 1-4.

[15] 李德强, 孙进生, 王超颖, 等. 基于 OpenWrt 的室内安防系统的研究与设计 [J]. 工业控制计算机, 2016, 29 (7): 36-37.

(上接第 75 页)

时启动活性炭换层电机, 将活性炭进行换层, 已经再生过的活性炭进入远光层, 未再生的活性炭换层到光照层, 保证所有活性炭再生。

当活性炭吸附量检定值 $W < W_2$ (活性炭吸附量 $< 20\%$) 时, 再生循环结束, 系统进入正常运行模式。

3.5.2 智能再生模式

在智能再生模式下运行时, 系统在 T 时间内, 将空气净化系统的检测风机运行频率从正常运行状态切换至检测状态, 空气净化器的通风量将在 T 时间内提高 N 倍 (一般为 5 倍)。由于活性炭吸附量在长时间吸附后, 将呈现吸附速度变慢并趋于饱和的情况, 所以在通风量增加的情况下, 由于活性炭吸附速度变慢, 在空气通过活性炭滤层的穿透时间为无法将有机物完全吸附, 系统的出口空气质量浓度将增加, 从而计算出过滤前后的空气质量差值 W 并计算出光催化活性炭饱和和吸附曲线下 $[0, T]$ 时间内的积分, 即为活性炭吸附量检定值, 用此检定值和设定的活性炭吸附量的阈值 W_1 (活性炭吸附量 $> 50\%$) 比较, 如果 $W > W_1$, 则控制系统进入智能再生模式, 控制系统开启紫外灯, 实时检测活性炭吸附容量的变化, 调整紫外灯的光照强度, 保证再生效果。同时定时启动活性炭换层电机, 将活性炭进行换层, 已经再生过的活性炭进入远光层, 未再生的活性炭换层到光照层, 保证所有活性炭再生。

当活性炭吸附量检定值 $W < W_2$ (活性炭吸附量 $< 20\%$) 时, 再生循环结束, 系统进入正常运行模式。

4 实验结果与分析

在通风柜内对光催化二氧化钛 (TiO_2) 活性炭再生控制系统进行吸附和再生性能测试。

在系统测试前, 对光催化二氧化钛活性炭取样进行比表面积测试, 再生控制系统工作一段时间再生模式启动时, 对光催化二氧化钛活性炭取样进行比表面积测试, 再生完成后, 再对光催化二氧化钛活性炭取样进行比表面积测试, 从而分析光催化二氧化钛 (TiO_2) 活性炭再生控制系统的再生效果。

测试数据如表 1 所示。

光催化二氧化钛 (TiO_2) 活性炭再生控制系统在吸附和再生测试中, 在两种再生模式下, 再生后的光催化二氧化钛 (TiO_2) 活性炭比较面积分别为 $1\ 480\ m^2/g$ 、 $1\ 497\ m^2/g$, 光催化二氧化钛 (TiO_2) 活性炭的吸附性能恢复到再生前的水平, 再生控制系统效果良好。

表 1 测试数据表

再生模式	测试点	比表面积 BET Surface Area
定时再生	测试前	$1\ 520\ m^2/g$
	再生模式启动时	$699\ m^2/g$
	再生后	$1\ 480\ m^2/g$
智能再生	测试前	$1\ 535\ m^2/g$
	再生模式启动时	$535\ m^2/g$
	再生后	$1\ 497\ m^2/g$

5 结论

国内工业发展和城市建设日新月异, 经济快速发展的同时也破坏了我们赖以生存的环境, 尤其是水污染、空气污染已经严重影响了日常的健康生活, 为了能改善室内环境的空气质量, 空气净化系统将不可缺少。

本文所提出的光催化二氧化钛 (TiO_2) 活性炭再生控制系统, 将光催化二氧化钛 (TiO_2) 和活性炭通过特殊工艺处理制作后, 结合再生系统的在线监测功能, 利用再生过程紫外灯光照强度连续监测及动态在线调整, 结合程序计算反馈调整, 运用碳层连续换层设计, 使得光催化二氧化钛 (TiO_2) 活性炭的再生效果良好。

所以, 光催化二氧化钛 (TiO_2) 活性炭再生控制系统对其它的类似应用设计有积极的参考作用。

参考文献:

[1] 姚仲鹏. 空气净化原理、设计与应用 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2014.

[2] 沈 毅, 任富建, 刘红娟. 掺杂二氧化钛 (TiO_2) 的光催化性能研究 [J]. 稀有金属材料与工程, 2006, 35 (11): 1841-1844.

[3] 李娟红, 雷闫盈, 王小刚. 半导体二氧化钛 (TiO_2) 纳米微粒膜光催化杀菌机理与性能的研究 [J]. 材料工程, 2006 (S1): 222-228.

[4] 孙春雨, 吴 鸣, 李文钊. 二氧化钛表面光学特性与光催化活性的关系 [J]. 催化学报, 1998, 19 (2): 121-124.

[5] 刘守新, 刘 鸿. 光催化及光电催化基础与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.

[6] 蒋建春. 活性炭应用理论与技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.

[7] 赵一丁. 自动控制系统 (第 2 版) [M]. 北京: 邮电大学出版社, 2007.

[8] 近藤精一, 石川达雄, 安部郁夫. 吸附科学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.